Analisi dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici in Svizzera:

Caso di studio del Cantone Ticino

Gruppo di lavoro formato da:

ingegneria (capofila)

bergwelten21

INNOVABRIDGE

consavis

atelier ribo+

Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

IMPRESSUM

Mandante Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Divisone clima, CH-3003 Bern. L'UFAM è un Ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Mandatario IFEC ingegneria SA (Capofila), Via Lischedo 9, 6802 Rivera (+41 (0) 91 935 97 00, info@ifec.ch, www.ifec.ch)
Bergwelten 21 AG, Bahnhofstr. 8a, 7260 Davos Dorf (+41 (0) 81 413 03 50, info@bergwelten21.ch, www.bergwelten21.ch)
InnovaBridge Foundation, Contrada al Lago 19, 6987 Caslano (+41 (0) 91 606 63 73, info@innovabridge.org, www.innovabridge.org)
Consavis SA, via G.B. Pioda 5, 6900 Lugano (+41 (0) 91 910 90 50, consavis@consavis.ch, www.consavis.ch)
RIBO architecture Sagl, Via Monte Ceneri 67, 6593 Cadenazzo (+41 (0) 91 930 62 20, info@ribo-architecture.ch, www.ribo-architecture.ch)

Autori Dr. Angelo Bernasconi (capoprogetto), Dr. Dario Bozzolo, Stefano Baggi, Dr. Andrea Ciani, Agnese Martignoni, Nicola Notari, Michael Fischli (IFEC ingegneria SA), Dr. Veronika Stöckli (Bergwelten 21 AG), Dr. Nicola Schönenberger, Ernst Schaltegger (InnovaBridge Foundation), Michele Passardi (Consavis SA), Christian Rivola (RIBO architecture Sagl).

Consulenza Carla Gross, Roland Hohmann, Pamela Köllner-Heck (UFAM) e Mirco Mirco Moser (Ufficio dell'aria, del clima e delle energie rinnovabili, Ct. Ticino).

Revisori Lorenzo Besomi (Ufficio natura e paesaggio, Ct. Ticino), Martine Bouvier Gallacchi (Ufficio del medico cantonale, Ct. Ticino), David Bresch (SwissRe), Timo Cadlolo (Ticino Turismo), Roland David (Sezione forestale, Ct. Ticino), Paul Filliger (UFAM), Patrizio Ghidossi (Ufficio coordinamento CMSC Ticino), Sven Kotlarski (MeteoSvizzera), Christian Küchli (Ufficio federale dell'ambiente), Juliette Lerch (UFAM), Daniela Linder Basso (Ufficio consulenza agricola, Ct. Ticino), Mark Lininger (MeteoSvizzera), Sandro Pitozzi (Ufficio dell'energia, Ct. Ticino), Filippo Rampazzi (Museo cantonale di storia naturale), Andrea Salvetti (Ufficio corsi d'acqua, Ct. Ticino), Chrisoph Schlumpf (SECO), Mauro Togni (Ufficio della gestione dei rischi ambientali e del suolo, Ct. Ticino), Mauro Tonolla (Laboratorio di microbiologia applicata), Damiano Urbinello (UFSP), Mauro Veronesi (Ufficio protezione acque e approvvigionamento idrico, Ct. Ticino), Gian-Reto Walther (UFAM), Martin Wüthrich (Associazione svizzera assicurazioni) e Samuel Zahner (UFAM).

Febbraio 2016

Nota Il seguente studio/rapporto è stato redatto su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). **La responsabilità dei contenuti è interamente del mandatario**.

RINGRAZIAMENTI

Questo studio è il risultato di una collaborazione fra diversi enti e persone. Si desidera dunque ringraziare tutte le persone e le istituzioni che hanno collaborato alla realizzazione di questo lavoro.

Si ringraziano in special modo la signora Carla Gross dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) per il fondamentale contributo e l'importante supporto e i revisori per la loro lettura della bozza del rapporto e i loro utili consigli e correzioni.

Desideriamo inoltre ringraziare i seguenti esperti esterni per la loro disponibilità, i loro preziosi consigli e la fornitura di dati: Michele Abderhalden (Museo cantonale di storia naturale, Ct. Ticino), Christian Ambrosi (SUPSI), Alessandro Antonucci (SUPSI), Laura Azzimonti (SUPSI), Ean Barelli (FFS), Charles Barras (Ticino Turismo), Nicola Barudoni (Ticino Sentieri), Giorgio Bassi (Ufficio dei miglioramenti strutturali e della pianificazione, Ct. Ticino), Andrea Baumer (Ofima), Matteo Bernasconi (Ufficio della consulenza agricola, Ct. Ticino), Marco Bigatto (AIL), Michele Broggini (AIL), Peter Brunner (SVV), Ivano Carattini (Sezione dell'agricoltura, Ct. Ticino), Carlo Cattaneo (AIL), Mevina Caviezel (FFS), Pier Angelo Ceschi (SES), Marco Conedera (WSL Bellinzona), Christian Crinari (Ufficio della protezione delle acque e dell'approvvigionamento idrico, Ct. Ticino), Paolo Degiorgi (Ufficio federale dell'agricoltura), Raffaele Domeniconi (SSIGA/VSA), Adriano Feitknecht (Masseria Ramello), Ulrico Feitknecht (Federazione Ticinese produttori di latte, LATI), Loris Ferrari (Sezione dell'agricoltura, Ct. Ticino), Andreas Fischer (Meteo Svizzera), Diego Forni (Ufficio dei pagamenti diretti, Ct. Ticino), Matthias Freiburghaus (SSIGA), Marco Gaia (MeteoSvizzera), Milko Gattoni (ESI), Sem Genini (Unione Contadina ticinese), Andrea Graf (SUPSI), Valeria Guidi (LMA, SUPSI), Marold Hofstetter (Ofima), Mauro Jermini (Agroscope), Dominique Kohli (Ufficio federale dell'agricoltura), Giampaolo Mameli (AIL), Cristina Monico (Azienda Moncucchetto), Nicola Patocchi (Fondazione Bolle di Magadino), Roberto Pedrazzini (FFS), Maurizio Pozzoni (SUPSI), Roberto Pronini (AET), Stefano Quartenghi (CDV), Lorenza Re (Sezione forestale, Ct. Ticino), Giovanni Realini (FFS), Francesco Rezzonico (Ufficio dei pagamenti diretti, Ct. Ticino), Corrado Rossini (AET), Cristian Scapozza (SUPSI), Fiorenzo Scerpella (AET), Camilla Soldini (Sezione forestale, Ct. Ticino), Claudio Valsangiacomo (SUPSI), Marco Zaffalon (SUPSI), Massimiliano Zappa (WSL), Elias Zubler (Meteo Svizzera), Vivian Zufferey (Agroscope).

INDICE

1. SINTESI E VALUTAZIONE D'ASSIEME 8

1.1. SINTESI DEI RISCHI E DELLE OPPORTUNITÀ 10

1.1.1. Salute 10

1.1.2. Agricoltura 12

1.1.3. Bosco e economia forestale 14

1.1.4. Infrastrutture e edifici 17

1.1.5. Gestione delle acque 19

1.1.6. Turismo 21

1.1.7. Energia 24

1.1.8. Biodiversità 26

2. INTRODUZIONE 28

2.1. ADATTAMENTO AL CLIMA 28

2.2. BREVE DESCRIZIONE DELLA REGIONE DI STUDIO 29

2.2.1. Clima (precipitazioni, temperature e venti) 30

2.2.2. Salute 31

2.2.3. Agricoltura 32

2.2.4. Bosco 32

2.2.5. Infrastrutture e edifici 32

2.2.6. Gestione delle acque 33

2.2.7. Turismo 33

2.2.8. Energia 33

2.2.9. Biodiversità 34

3. METODOLOGIA 35

3.1. PERICOLI E EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI 35

3.2. DEFINIZIONE DI RISCHI E OPPORTUNITÀ 35

3.3. SETTORI D'IMPATTO 37

3.4. INDICATORI E MONETIZZAZIONE 37

3.5. VALORE ATTESO E PERIODO DI RITORNO 38

3.6. INCERTEZZE 39

3.7. EVENTI ESTREMI 40

3.8. WILD CARD 41

3.9. ANALISI DI SENSITIVITÀ 42

3.10. ANALISI QUALITATIVA 42

4. SCENARI 44

4.1. SCENARI CLIMATICI 44

4.1.1. Scenari di emissione 44

4.1.2. Scenari climatici 45

4.1.3. Incertezza degli scenari 46

4.1.4. Fenomeni metereologici estremi ... 46
4.1.5. Indicatori climatici ... 47

4.2. EVOLUZIONE DEL CLIMA IN TICINO ... 49
4.2.1. Evoluzione climatica osservata ... 49
4.2.2. Clima odierno ... 54

4.3. TEMPERATURE E PRECIPITAZIONI 2060 ... 57
4.3.1. Temperatura nel 2060 ... 58
4.3.2. Precipitazioni nel 2060 ... 60

4.4. CAMBIAMENTI DI DIVERSI INDICATORI CLIMATICI NEL 2060 ... 63
4.4.1. Indicatori di caldo ... 64
4.4.2. Indicatori di freddo ... 68
4.4.3. Indicatori legati all'energia ... 71
4.4.4. Altri indicatori ... 75

4.5. PERICOLI E EFFETTI 2060 ... 81
4.5.1. Innalzamento della temperatura media ... 82
4.5.2. Variazione del regime delle precipitazioni ... 82
4.5.3. Precipitazioni intense ... 82
4.5.4. Frane/Colate detritiche ... 85
4.5.5. Riduzione manto nevoso/Ritiro ghiacciai ... 93
4.5.6. Forti nevicate ... 94
4.5.7. Valanghe ... 96
4.5.8. Alluvioni ... 101
4.5.9. Forti temporali/Grandine ... 102
4.5.10. Siccità generale ... 102
4.5.11. Incendi boschivi ... 103
4.5.12. Ondate di calore ... 104
4.5.13. Ondate di freddo ... 106
4.5.14. Gelo ... 106
4.5.15. Degradazione del permafrost ... 107
4.5.16. Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia ... 109
4.5.17. Tempeste/Uragani ... 113

4.6. SCENARIO SOCIOECONOMICO E DEMOGRAFICO ... 114

4.7. COMBINAZIONE DI SCENARI ANALIZZATI ... 130

5. RISCHI E OPPORTUNITÀ DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI PER SETTORE D'IMPATTO ... 131

5.1. MATRICE DI RILEVANZA ... 131
5.1.1. Settore d'impatto spazi liberi e aree verdi ... 133

5.2. SALUTE ... 135
5.2.1. Parametri principali: situazione attuale ... 135
5.2.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060 ... 136
5.2.3. Analisi quantitativa ... 157
5.2.4. Analisi qualitativa ... 161
5.2.5. Scenario socioeconomico 2060 ... 162

5.2.6. Riassunto settore salute ... 164

5.3. AGRICOLTURA ... 165
5.3.1. Parametri principali: situazione attuale ... 165
5.3.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060 ... 168
5.3.3. Analisi quantitativa ... 184
5.3.4. Analisi di sensitività ... 188
5.3.5. Analisi qualitativa ... 190
5.3.6. Scenario socioeconomico 2060 ... 191
5.3.7. Riassunto settore agricoltura ... 192

5.4. BOSCO E ECONOMIA FORESTALE ... 193
5.4.1. Parametri principali: situazione attuale ... 193
5.4.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060 ... 196
5.4.3. Analisi quantitativa ... 210
5.4.4. Analisi qualitativa ... 214
5.4.5. Scenario socioeconomico 2060 ... 215
5.4.6. Riassunto settore bosco e economia forestale ... 217

5.5. INFRASTRUTTURE E EDIFICI ... 218
5.5.1. Infrastrutture ed edifici in Ticino ... 218
5.5.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060 ... 222
5.5.3. Analisi quantitativa ... 245
5.5.4. Analisi di sensitività ... 250
5.5.5. Analisi qualitativa ... 252
5.5.6. Scenario socioeconomico 2060 ... 253
5.5.7. Riassunto settore infrastrutture e edifici ... 256

5.6. GESTIONE DELLE ACQUE ... 257
5.6.1. Parametri principali: situazione attuale ... 257
5.6.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060 ... 260
5.6.3. Analisi quantitativa ... 272
5.6.4. Analisi di sensitività ... 275
5.6.5. Analisi qualitativa ... 276
5.6.6. Scenario socioeconomico 2060 ... 277
5.6.7. Riassunto settore gestione delle acque ... 279

5.7. TURISMO ... 280
5.7.1. Parametri principali: situazione attuale ... 280
5.7.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060 ... 283
5.7.3. Analisi quantitativa ... 299
5.7.4. Analisi qualitativa ... 303
5.7.5. Scenario socioeconomico 2060 ... 304
5.7.6. Riassunto settore turismo ... 306

5.8. ENERGIA ... 307
5.8.1. Parametri principali: situazione attuale ... 307
5.8.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060 ... 311
5.8.3. Analisi quantitativa ... 324
5.8.4. Analisi qualitativa ... 328

5.8.5. Scenario socioeconomico 2060 ..... *329*
5.8.6. Riassunto settore energia *331*

5.9. BIODIVERSITÀ 332
5.9.1. Situazione attuale: biodiversità in Ticino *332*
5.9.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060 ..... *335*
5.9.3. Analisi qualitativa *349*
5.9.4. Scenario socioeconomico 2060 ..... *352*
5.9.5. Riassunto settore biodiversità *352*
5.9.6. Glossario Biodiversità *353*

6. BIBLIOGRAFIA 354

ALLEGATI

A1 CAMPI D'INTERVENTO E MISURE DELLA STRATEGIA D'ADATTAMENTO DEL CONSIGLIO FEDERALE
A2 PRESENTAZIONE IDSIA - COLATE DETRITICHE
A3 VALORE ATTESO E PERIODO DI RITORNO DEGLI IMPATTI SUL SETTORE SALUTE
A4 VALORE ATTESO E PERIODO DI RITORNO DEGLI IMPATTI SUL SETTORE AGRICOLTURA
A5 VALORE ATTESO E PERIODO DI RITORNO DEGLI IMPATTI SUL SETTORE INFRASTRUTTURE E EDIFICI
A6 VALORE ATTESO E PERIODO DI RITORNO DEGLI IMPATTI SUL SETTORE GESTIONE DELLE ACQUE
A7 ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI - SETTORE D'IMPATTO SALUTE
A8 ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI - SETTORE D'IMPATTO AGRICOLTURA
A9 ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI - SETTORE D'IMPATTO INFRASTRUTTURE E EDIFICI
A10 ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI - SETTORE D'IMPATTO GESTIONE DELLE ACQUE

1. SINTESI E VALUTAZIONE D'ASSIEME

I cambiamenti climatici hanno ripercussioni sulla società, l'economia e l'ambiente del nostro territorio. Entro la fine del XXI secolo, le condizioni climatiche in Svizzera muteranno considerevolmente. È dunque importante – oltre a impegnarsi prioritariamente per una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra – sviluppare e applicare una strategia di adattamento ai cambiamenti climatici. Essa dovrà tenere conto delle peculiarità di tutte le regioni svizzere. A questo proposito il Consiglio federale ha sviluppato una strategia di adattamento ai cambiamenti climatici che mira a limitare i rischi, a sfruttare le opportunità e a migliorare la capacità di adattamento di società, economia e ambiente.

Il presente caso di studio del Canton Ticino costituisce una delle basi per l'ulteriore sviluppo di questa strategia. Esso mira a evidenziare i rischi e le opportunità dei cambiamenti climatici (orizzonte 2060) al sud delle Alpi attraverso l'analisi dell'impatto che il clima potrebbe avere su diversi settori socioeconomici e ambientali. Sono stati trattati i settori d'impatto: salute, agricoltura, bosco e economia forestale, infrastrutture e edifici, gestione delle acque, turismo, energia e biodiversità.

La valutazione dei rischi e delle opportunità per il Canton Ticino è stata effettuata sulla base dei dati disponibili e del sapere attuale. Dove è stato possibile gli impatti sono stati valutati quantitativamente e, grazie ad appositi indicatori, sono stati monetizzati. Ciò ha permesso il confronto fra i rischi e le opportunità di diversi settori d'impatto. Per quegli aspetti che non si è potuto analizzare quantitativamente, è stata svolta un'analisi qualitativa. I risultati dell'analisi qualitativa sono poi stati analizzati e valutati in relazione agli impatti analizzati quantitativamente tramite fattori di conversione.

L'analisi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici è molto complessa anche a causa dell'orizzonte temporale futuro piuttosto lontano nel tempo. Per questo motivo la previsione dell'evoluzione futura di pericoli ed effetti associati ai diversi scenari climatici è talvolta molto incerta. Per evidenziare questo fatto per ogni rischio e opportunità sono state analizzate anche le incertezze. In alcuni casi non è stato possibile sviluppare previsioni delle tendenze future; in questi casi i possibili impatti sono stati identificati tramite un'analisi di sensitività. Un importante aspetto da considerare in relazione a pericoli naturali che si manifestano velocemente e sporadicamente sono gli impatti di possibili eventi estremi. Essi possono discostarsi anche di molto dal valore atteso annuo; gli eventi estremi permettono dunque una migliore comprensione del fenomeno e della sua variabilità.

Nel corso della presente indagine sono stati analizzati i rischi e le opportunità dei cambiamenti climatici sulla base di uno scenario di riferimento e di due scenari futuri per l'anno 2060 (più precisamente per il trentennio dal 2045 al 2074). Lo scenario di riferimento corrisponde al clima attuale e si basa sui dati climatici del trentennio 1981 - 2010. I due scenari futuri si differenziano per quanto riguarda le emissioni di gas a effetto serra e le conseguenti previsioni di temperatura e precipitazioni nel 2060: lo scenario debole è molto ottimistico e prevede una moderata variazione climatica, mentre lo scenario forte prevede che i cambiamenti climatici siano più accentuati.

L'analisi dei rischi e delle opportunità si basa sugli scenari climatici futuri ed è effettuata ipotizzando che a livello socioeconomico non si assista a cambiamenti. Lo studio analizza, inoltre, anche i rischi e le opportunità per uno scenario socioeconomico 2060, ipotizzando che il

clima resti invariato. Quest'analisi relaziona i rischi e le opportunità legati ai mutamenti climatici con quelli legati ai cambiamenti socioeconomici. Per alcuni settori d'impatto, gli impatti degli sviluppi socioeconomici possono essere più rilevanti rispetto ai quelli dei cambiamenti climatici.

L'analisi dei rischi e delle opportunità ha mostrato importanti differenze fra lo scenario debole e lo scenario forte e ha permesso di valutare se lo sviluppo socioeconomico mitigherà o accentuerà gli impatti dei cambiamenti climatici (vedi Figura 1).

Settore d'impatto	Scenario debole	Incer-tezza	Scenario forte	Incer-tezza	Scenario socioeco-nomico	Incer-tezza
Salute		++		++		++
Agricoltura		++		++		++
Bosco		++		++		++
Infrastrutture e edifici		++		++		++
Gestione delle acque		++		++		++
Turismo		++		++		++
Energia		+		+		+
Biodiversità		+++		+++		+++

LEGENDA

Classi (milioni di CHF)	Valutazione
> 50	Molto positivo
10 … 50	Positivo
0.5 … 10	Piuttosto positivo
-0.5 … 0.5	Neutro
-10 … -0.5	Piuttosto negativo
-50 … -10	Negativo
<-50	Molto negativo

Incertezza

+	Bassa
++	Media
+++	Gande

Scenario debole 2060
Scenario forte 2060

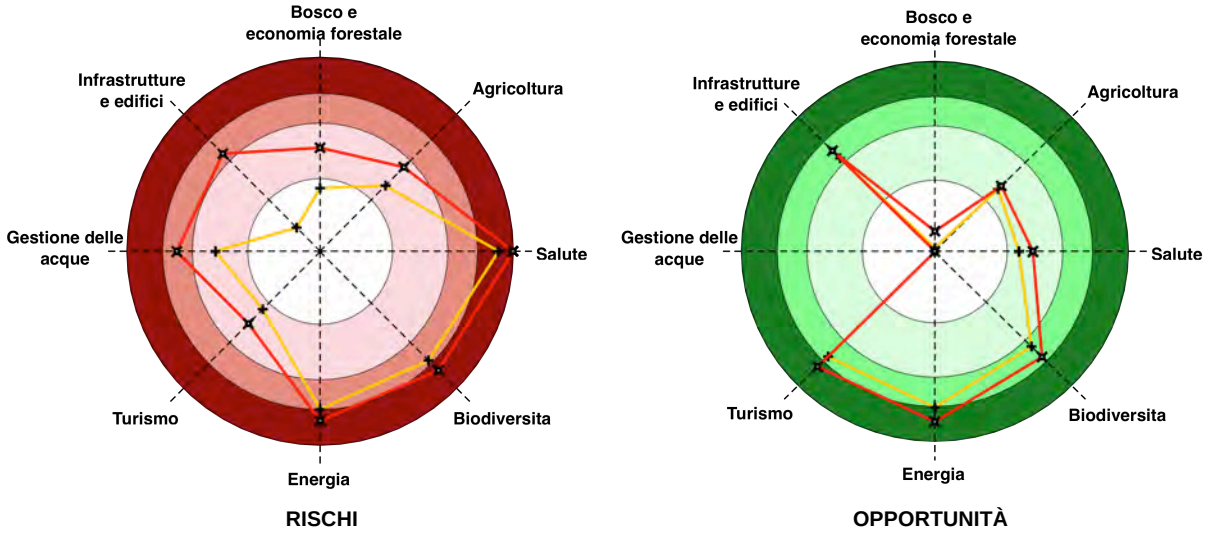


Figura 1: ***In alto: Bilancio totale e relativa incertezza degli impatti dei cambiamenti climatici sugli 8 settori d'impatto considerati per il Ticino (cambiamento rispetto allo scenario di riferimento) per lo scenario 2060 debole, lo scenario 2060 forte e lo scenario socioeconomico 2060. Il bilancio si basa sulla differenza fra i rischi e le opportunità degli scenari futuri considerati e quelli attuali.***

In Basso: Rischi (sinistra) e opportunità (destra) dei cambiamenti climatici sugli 8 settori d'impatto per lo scenario 2060 debole e lo scenario 2060 forte (scala logaritmica).

L'analisi ha evidenziato che a livello ticinese il rischio principale dei cambiamenti climatici è rappresentato dall'impatto che avrà l'aumento delle ondate di calore sulla salute della popolazione. Le sue principali conseguenze sono: l'aumento della mortalità, delle ospedalizzazioni e delle persone colpite dalla canicola e la diminuzione della resa sul lavoro. Nell'estate 2003 – estate caratterizzata da temperature molto superiori alla media – in Ticino si sono registrati, ad esempio, un aumento della mortalità del 2 % e un aumento delle ospedalizzazioni del 33 % rispetto alla media pluriennale. L'impatto sulla salute, che è molto rilevante per entrambi gli scenari, potrebbe essere mitigato dall'aumento delle abitazioni risanate energeticamente e di quelle provviste di un sistema di raffreddamento. Questa evoluzione è stata valutata nello scenario socioeconomico.

I cambiamenti climatici rappresentano un rischio importante anche per la biodiversità ticinese. In particolare l'innalzamento della temperatura media e la variazione del regime delle precipitazioni potrebbero causare la sparizione irreversibile di habitat umidi (torbiere) e legati a basse temperature (ad. es. nevai) con la conseguente sparizione di specie rare correlate ad essi.

Un altro rischio consistente – rilevante soprattutto per lo scenario forte – è l'aumento del fabbisogno di energia per il raffreddamento, che è una diretta conseguenza dell'innalzamento della temperatura nei mesi estivi. Per il settore d'impatto energia il bilancio è risultato tuttavia complessivamente positivo grazie all'importante diminuzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento in inverno. A livello socioeconomico per il settore energia si ipotizza un aumento dei costi dovuto principalmente al prezzo dei vettori energetici che in futuro sarà verosimilmente più elevato.

L'aumento della temperatura e la diminuzione delle piogge, soprattutto nella stagione estiva, rappresentano un'opportunità importante per il settore turistico. Occorre tuttavia considerare che il settore turistico è soggetto a influenze esterne molto più forti rispetto agli altri settori. Fra queste si contano ad esempio il cambio CHF/Euro, la tendenza verso una riduzione delle vacanze lunghe di famiglia, la riduzione dei prezzi per gli spostamenti aerei e la crescente offerta di vacanze in località esotiche. L'analisi ha ad ogni modo dimostrato che i cambiamenti climatici complessivamente non influenzeranno negativamente l'evoluzione del turismo in Ticino nel 2060.

1.1. SINTESI DEI RISCHI E DELLE OPPORTUNITÀ

Nei seguenti sotto-capitoli sono esposti i risultati principali dell'analisi dei rischi e delle opportunità per i diversi settori d'impatto socioeconomici e ambientali.

1.1.1. Salute

Nella Figura 2 sono raffigurati i principali risultati per il settore d'impatto salute.

L'analisi quantitativa degli impatti ha evidenziato che già attualmente il numero di vittime dei pericoli naturali (valanghe, frane/colate detritiche e processi di caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia) e degli incidenti stradali dovuti a neve e ghiaccio sulle carreggiate (analizzati per il pericolo forti nevicate) rappresentano un rischio ridotto. A seguito dei cambiamenti climatici si ipotizza un aumento delle frane/colate detritiche e una diminuzione di valanghe, forti nevicate e caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia. Per questi pericoli

naturali è da considerare un'incertezza dovuta alle fluttuazioni annuali dell'intensità e del numero di eventi. L'aumento delle frane per lo scenario forte potrebbe causare, in caso di un evento estremo, un aumento dei costi per la società maggiori a 110 milioni di CHF.

Frane/colate detritiche possono inoltre causare danni ad acquedotti che possono avere un'incidenza sull'acqua potabile a livello di diffusione di malattie. Questo rischio potrebbe accentuarsi a causa dei cambiamenti climatici.

Le ondate di calore rappresentano già oggi un importante rischio per la popolazione. Particolarmente a rischio sono le persone con un'età superiore ai 65 anni, i bambini e le persone attive all'esterno. Ondate di calore hanno già attualmente conseguenze molto rilevanti sul numero di decessi e di ospedalizzazioni e sulla diminuzione della resa sul lavoro. L'aumento stimato del numero di giorni di canicola – raddoppio per lo scenario debole e triplicazione per lo scenario forte – potrebbe rendere le ondate di calore il rischio più importante legato ai cambiamenti climatici per il Canton Ticino. Particolarmente importanti saranno inoltre gli eventi estremi (estati con un numero di giorni di canicola notevolmente superiore alla media pluriennale) i quali in futuro potrebbero causare costi sociali rilevanti per la nostra società. L'attribuzione corretta dei casi di decesso, ospedalizzazione o la diminuzione di resa sul lavoro a ondate di calore è molto difficoltosa e dunque piuttosto incerta.

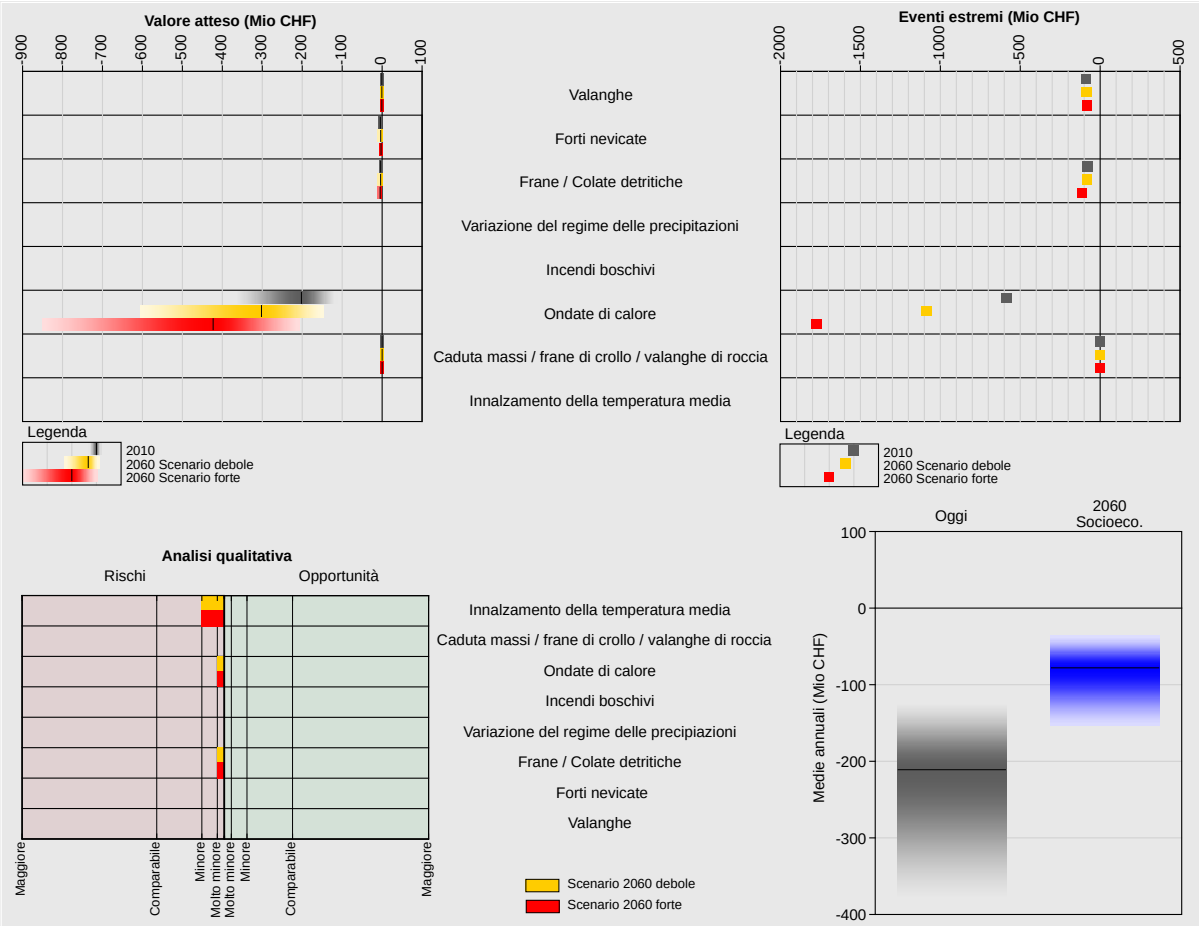


Figura 2: ***Principali risultati dell'analisi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto salute. In alto sono raffigurati gli impatti valutati quantitativamente: valore atteso (sinistra) e eventi estremi (destra). In basso sono raffigurati gli impatti valutati qualitativamente (sinistra) e i risultati dell'analisi socioeconomica (destra).***

L'aumento delle ondate di calore potrebbe inoltre provocare costi indiretti (valutati qualitativamente), come ad esempio l'accrescersi della necessità di spostamento degli orari di lavoro, per alcune professioni, in periodi della giornata più freschi. Siccome in Svizzera il lavoro svolto in orari non convenzionali ha prezzi superiori alla norma, un aumento degli spostamenti comporterebbe un aumento dei costi di produzione.

Tra gli impatti valutati qualitativamente risulta particolarmente importante l'ulteriore diffusione di vettori di malattie esotiche come zecche o zanzare (ad es. zanzara tigre). La diffusione di questi vettori sarà favorita dall'innalzamento della temperatura media – in particolare delle temperature minime invernali – oltre che dalla globalizzazione in atto del traffico di merci. L'innalzamento della temperatura media porterebbe inoltre favorire un allungamento della stagione dei pollini con un conseguente aumento della durata del periodo critico per chi soffre di allergie (nonostante il numero di persone allergiche non ne sarà influenzato). Altre conseguenze sulla salute dell'innalzamento delle temperature medie sono legate alle concentrazioni più elevate di inquinanti atmosferici, come ozono e polveri sottili e all' aumento delle infezioni legate a cibo avariato o alla diffusione di organismi patogeni nell'acqua (sia potabile sia balneabile).

A livello socioeconomico (scenario senza cambiamenti climatici) si ipotizza che gli impatti negativi del clima sulla salute in futuro saranno minori rispetto a oggi. Questa diminuzione è legata principalmente all'aumento previsto del numero di edifici ristrutturati energeticamente e dotati di un sistema di climatizzazione. Per la popolazione sarà più facile proteggersi dal caldo e di conseguenza, nonostante si preveda un aumento del numero di persone anziane più sensibili alla canicola, diminuirà il numero di decessi prematuri e di ospedalizzazioni. Le perdite dovute alla diminuzione della resa sul lavoro dovrebbero diminuire. Per quanto riguarda il numero di vittime dovute ai pericoli naturali è prevedibile un aumento a causa di una possibile edificazione in zone più a rischio. L'aumento del numero di veicoli (motorizzazione e popolazione) potrebbe rispecchiarsi in un maggior numero di incidenti.

Gli impatti dei cambiamenti climatici sul settore della salute sono nettamente più consistenti rispetto agli altri settori. Questa differenza è in parte dovuta all'alto valore di monetizzazione di una vita umana e di un ricovero ospedaliero.

In sintesi

La salute è il settore più sensibile ai cambiamenti climatici. L'aumento delle ondate di caldo estive rappresenta il maggior rischio per questo settore a causa del correlato aumento della mortalità, delle ospedalizzazioni e della perdita di resa sul lavoro. L'innalzamento della temperatura media potrebbe inoltre favorire la diffusione di vettori di malattie esotiche, la presenza di questi insetti rappresenta un rischio per la salute da monitorare. A livello socioeconomico questi rischi potrebbero essere in parte mitigati dall'aumento di abitazioni ottimizzate energeticamente e dotate di un sistema di climatizzazione.

1.1.2. Agricoltura

Nella Figura 3 sono raffigurati i principali risultati per il settore d'impatto agricoltura.

L'analisi quantitativa degli impatti ha evidenziato che per l'agricoltura ticinese l'aumento della siccità generale e delle ondate di calore è il rischio dei cambiamenti climatici più rilevante.

Durante periodi di siccità e ondate di calore si osserva un aumento del fabbisogno di acqua per le colture e il bestiame e in contemporanea con una riduzione della disponibilità di acqua. Lo stress idrico e le alte temperature limitano la produzione agricola con una conseguente diminuzione dei ricavi. L'atteso aumento di queste giornate in futuro porterà a perdite più elevate per l'agricoltura. Particolarmente critici saranno gli anni in cui il numero di giorni di canicola o di siccità sarà sopra la media; le perdite in simili anni potrebbero raggiungere i 2.5 milioni di CHF.

L'opportunità quantificata più rilevante per l'agricoltura sarà l'innalzamento della temperatura media, che permetterà un accrescimento delle colture più veloce e un allungamento del periodo di vegetazione. È ipotizzabile che queste condizioni porteranno a dei ricavi più elevati grazie ad un miglioramento nella quantità e nella qualità dei prodotti (vigna). L'aumento della temperatura media favorirà però la diffusione di organismi dannosi per l'agricoltura come ad esempio neofite invasive. Esso potrebbe causare maggiori spese per i trattamenti necessari per salvaguardare i raccolti. In generale è difficoltoso stabilire di quanto aumenteranno i ricavi grazie all'innalzamento della temperatura media (l'incertezza è rilevante).

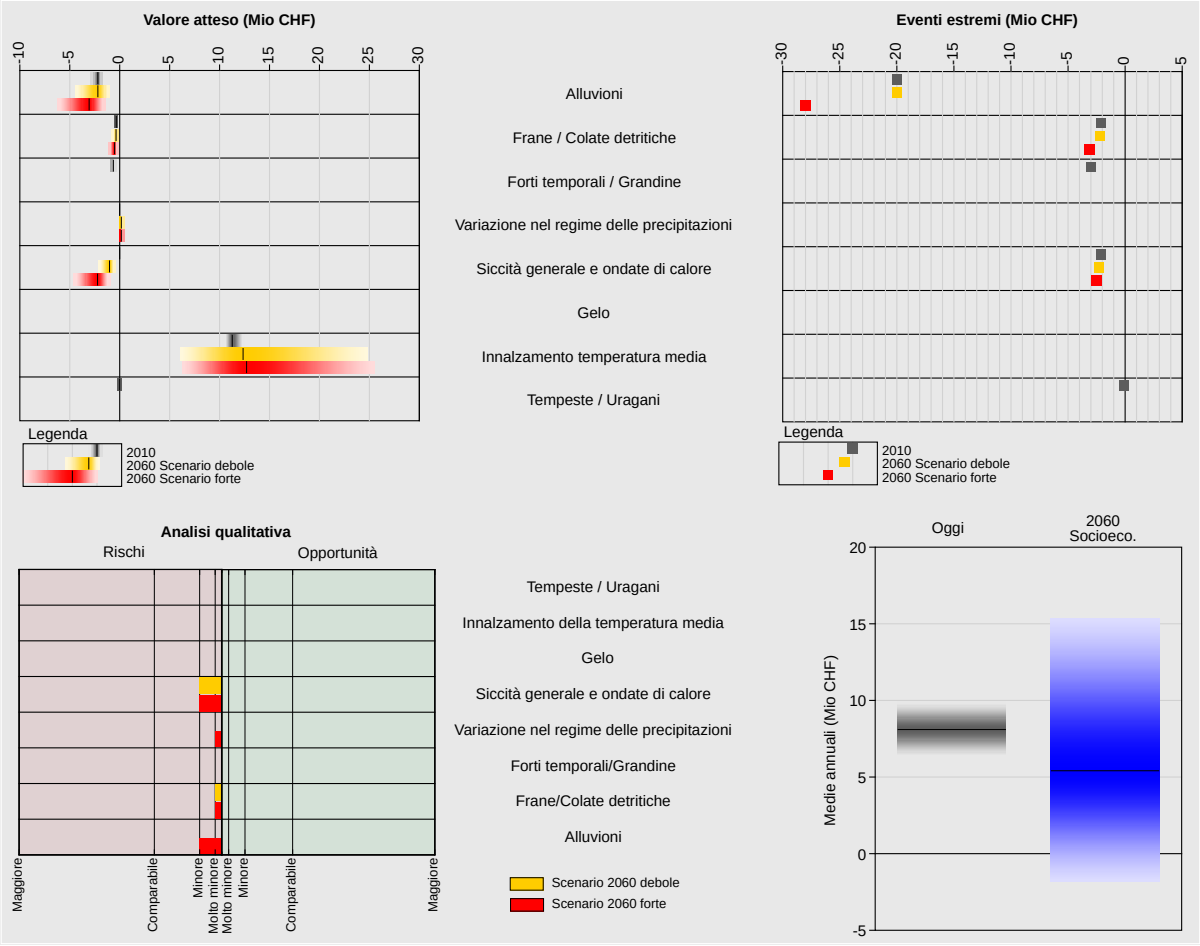


Figura 3: ***Principali risultati dell'analisi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto agricoltura. In alto sono raffigurati gli impatti valutati quantitativamente: valore atteso (sinistra) e eventi estremi (destra). In basso sono raffigurati gli impatti valutati qualitativamente (sinistra) e i risultati dell'analisi socioeconomica (destra).***

Entro il 2060, per entrambi gli scenari futuri, è stato ipotizzato un aumento delle precipitazioni primaverili e invernali e una diminuzione delle precipitazioni autunnali e estive. Determinati tipi di colture saranno avvantaggiate da questo mutamento; in particolare le colture con accrescimento primaverile godranno di una maggiore disponibilità d'acqua in questo periodo. Per le colture con un accrescimento soprattutto estivo, diminuiranno invece i ricavi a causa di una minor disponibilità idrica. Complessivamente gli impatti sull'agricoltura a causa della la variazione del regime di precipitazioni saranno molto ridotti.

I pericoli naturali causano danni a campi agricoli e conseguenti perdite di produzione e prodotti. Il pericolo naturale che già oggi ha un maggior influsso su questo settore sono le alluvioni, le quali causano danni di entità importante. In futuro si ipotizza un aumento delle alluvioni e delle frane/colate detritiche che porterà a danni causati da questi pericoli più elevati. Per quanto riguarda i forti temporali e la grandine nonché le tempeste e gli uragani non è attualmente possibile fornire una previsione affidabile delle loro variazioni future. Qualora i forti temporali e la grandine dovessero aumentare, il settore agricolo ne risentirebbe fortemente. Anche un evento estremo legato ai pericoli naturali potrebbe rappresentare un rischio importante per l'agricoltura; in particolar modo nello scenario forte un evento alluvionale nel 2060 potrebbe causare danni fino a 28 milioni di CHF.

Le perdite di rendimento (perdita di prodotti) delle colture causate da alluvioni, frane e colate detritiche non sono comprese nella stima quantitativa dei danni. L'aumento di queste perdite (valutate qualitativamente) causerà maggiori costi. Frane e colate detritiche provocano inoltre una perdita di fertilità dei terreni colpiti: fenomeno che in futuro è destinato ad aumentare.

L'economia alpestre è meno colpita dalle ondate di calore rispetto agli altri settori agricoli. Tuttavia, in caso di ondate di calore prolungate, anche questo settore può subire impatti piuttosto rilevanti come ad esempio la diminuzione della produzione di foraggio, la diminuzione della disponibilità di acqua per il beveraggio dei capi e la minor produzione di latte.

A livello socioeconomico si ipotizza che la superficie agricola e il valore aggiunto netto dell'agricoltura diminuiranno. Ciò avrà come diretta conseguenza una riduzione dei ricavi ma anche dei danni potenziali provocati da fenomeni metereologici.

In sintesi

Il possibile aumento delle alluvioni, e dei conseguenti danni, rappresenta il rischio più importante per il settore agricolo, soprattutto in caso di un evento estremo. Un ulteriore rischio per questo settore è rappresentato dall'aumento della siccità e delle ondate di calore durante la stagione estiva. A livello di opportunità è invece importante l'innalzamento della temperatura media, il quale potrebbe permettere un maggior accrescimento delle colture e una migliore qualità ad esempio della produzione viticola la quale è molto importante per il Ticino.

1.1.3. Bosco e economia forestale

Nella Figura 4 sono raffigurati i principali risultati per il settore d'impatto bosco e economia forestale.

Il bosco ticinese copre più della metà della superficie cantonale (circa il 53 %) e riveste un'importante funzione di protezione dai pericoli naturali, la sua funzione produttiva è invece

d'importanza secondaria. I pericoli naturali rappresentano una minaccia importante perché possono danneggiare i boschi di protezione, generando costi di sgombero e ripristino.

A livello ticinese il rischio quantificato più influente per il bosco e l'economia forestale sono gli incendi naturali (non legati a cause antropiche bensì climatiche). Già attualmente questo tipo di pericolo causa i maggiori danni ai boschi di protezione sia rispetto alla media annuale sia rispetto ai danni legati ad un evento estremo; in futuro a seguito dei più frequenti periodi siccitosi (scenario forte) il numero di incendi potrebbe aumentare con un conseguente aumento del rischio di danni. Altri pericoli naturali (valanghe, frane/colate detritiche e caduta sassi/frane di crollo/valanghe di roccia) rappresentano un rischio di entità più ridotta. Con i cambiamenti climatici le valanghe e i pericoli naturali gravitazionali e i conseguenti danni, secondo le previsioni, diminuiranno mentre le frane e le colate detritiche e i conseguenti danni dovrebbero aumentare.

Gli incendi boschivi provocano la morte di una gran parte delle piante ed espongono di conseguenza le aree colpite alla luce e alla colonizzazione di specie pioniere. Nel caso in cui queste specie dovessero risultare indesiderate ai fini della funzione di protezione del bosco (come ad esempio neofite invasive che ostacolano la ricrescita degli alberi), la funzione protettiva del bosco potrebbe indebolirsi (rischio analizzato qualitativamente). Nel 2060 è previsto un aumento degli incendi boschivi considerevole solamente per lo scenario forte.

Il manifestarsi di tempeste o uragani estremi su vasta scala ha un influsso sul mercato del legno. La grande quantità di legna che viene resa disponibile da questi eventi favorisce una perdita nel valore del legno. Attualmente non è possibile fornire una previsione affidabile della evoluzione di tempeste e uragani. Un evento estremo di questo pericolo può tuttavia avere un effetto importante.

Le forti nevicate, soprattutto di neve bagnata, possono provocare danni rilevanti al bosco. L'innalzamento della temperatura media e l'aumento delle precipitazioni intense causeranno un aumento dei danni per le forte nevicate nella fascia più alta del bosco. Questo pericolo può avere un effetto particolarmente importante in caso di un evento estremo.

L'aumento della siccità generale atteso per lo scenario forte rappresenta un rischio importante per il bosco (valutato qualitativamente). La siccità generale incrementa la mortalità degli alberi dovuta allo stress idrico, soprattutto in boschi con una capacità di ritenzione bassa, e favorisce la diffusione di specie neofite invasive che non garantiscono la funzione protettiva del bosco.

Le ondate di calore – che nel 2060 saranno con ogni probabilità più frequenti e più intense – possono parzialmente pregiudicare la funzione di protezione del bosco sia direttamente, con la morte di piante a causa di stress termico, sia indirettamente, mediante la diffusione di neofite invasive che non garantiscono questa funzione.

L'innalzamento delle temperature medie e gli inverni meno rigidi favoriranno la proliferazione di parassiti e organismi patogeni nei boschi. Questi organismi potrebbero attaccare con maggiore frequenza rispetto a oggi gli alberi dei boschi a basse quote. A quote superiori l'innalzamento della temperatura media rappresenta un'opportunità grazie soprattutto a un probabile allungamento della stagione vegetativa. In generale le temperature più alte favoriranno uno spostamento verso l'alto della flora e della fauna con conseguente innalzamento del limite del bosco.

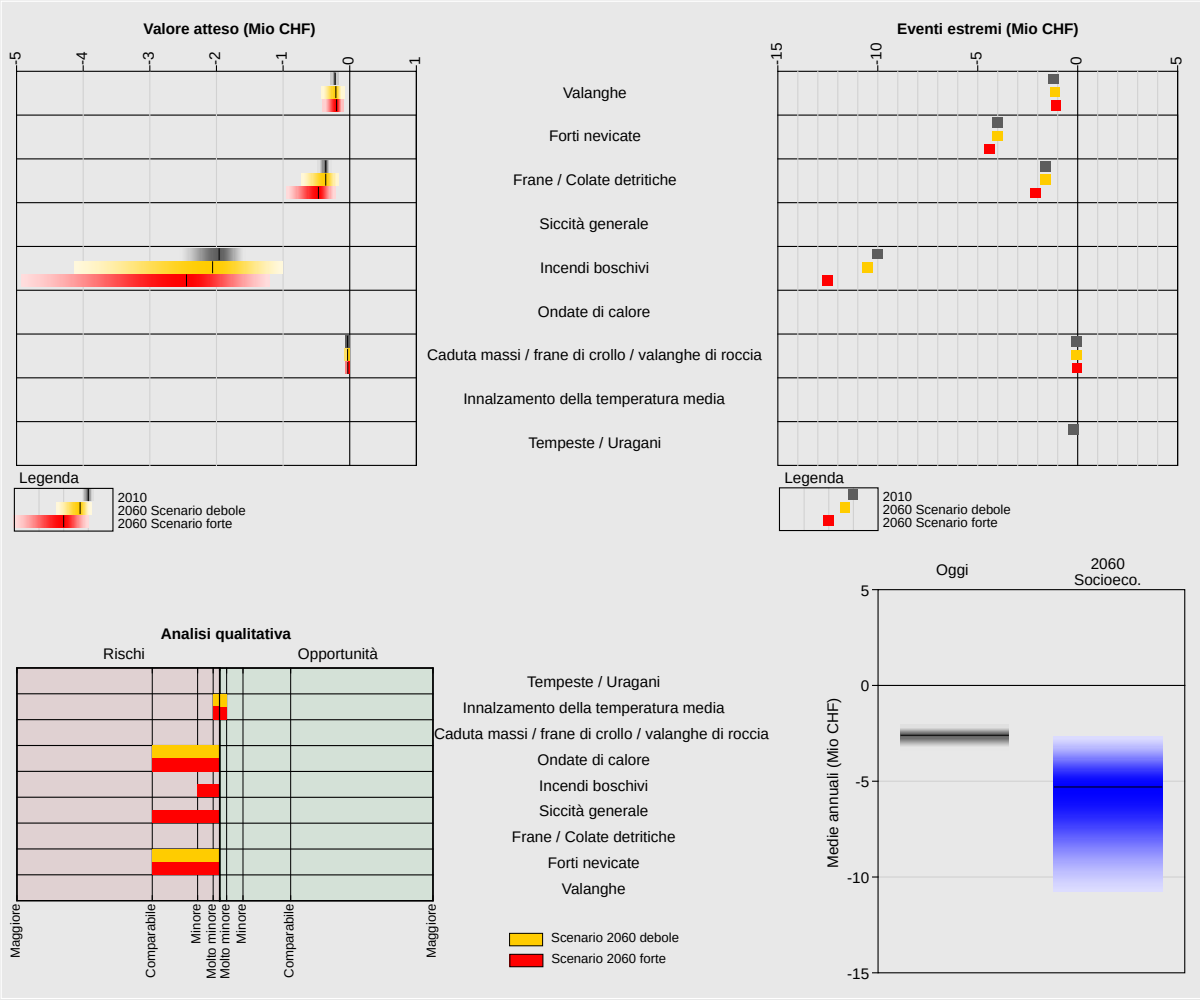


Figura 4: ***Principali risultati dell'analisi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto bosco e economia forestale. In alto sono raffigurati gli impatti valutati quantitativamente: valore atteso (sinistra) e eventi estremi (destra). In basso sono raffigurati gli impatti valutati qualitativamente (sinistra) e i risultati dell'analisi socioeconomica (destra).***

È da sottolineare che l'analisi quantitativa del presente rapporto valuta unicamente i rischi (stimati tramite costi) derivanti da attività di ripristino del bosco. Il metodo impiegato non prevede di considerare il valore effettivo del bosco, il quale è legato in particolar modo alla sua funzione protettiva (valore delle persone e dei beni protetti). Per il Cantone Ticino esso risulta ben superiore rispetto ai costi valutati nel presente documento.

In sintesi

Gli incendi sono il pericolo naturale che già oggi danneggia maggiormente i boschi di protezione in Ticino. L'aumento di questo pericolo a seguito di un aumento della siccità rappresenta il maggior rischio dei cambiamenti climatici per il bosco. La variazione di altri pericoli naturali inciderà invece meno. L'aumento dei costi di rispristino del bosco di protezione previsto a livello socioeconomico può inasprire i rischi legati al clima.

1.1.4. Infrastrutture e edifici

Nella Figura 5 sono raffigurati i principali risultati per il settore d'impatto infrastrutture e edifici.

L'innalzamento della temperatura media previsto per il 2060 sarà un'opportunità per quanto riguarda il dispendio per il servizio invernale delle strade. La diminuzione dei giorni con neve e ghiaccio sulle strade del Cantone porterà, infatti, a una diminuzione importante dei costi necessari per garantire la sicurezza e la capacità del traffico sulle strade in inverno.

I pericoli naturali come le valanghe, le forti nevicate, le alluvioni, le frane, le colate detritiche, i forti temporali, la grandine, le tempeste, gli uragani e i processi di caduta massi, frane di crollo e valanghe di roccia causano già oggi danni rilevanti a beni mobili, edifici, infrastrutture per i trasporti e alla rete di distribuzione dell'energia elettrica. A causa di questi pericoli è inoltre spesso necessaria l'evacuazione di persone. Il pericolo che causa i danni maggiori in Ticino sono le alluvioni, le quali interessano aree molto vaste soprattutto nei pressi dei grandi laghi ticinesi. Per il 2060 ci si attende un aumento del rischio di alluvioni, di frane e di colate detritiche che porterà a un aumento dei rispettivi danni a infrastrutture e edifici. Ad altitudini inferiori a 2'000 m s.l.m. – dove si concentra la maggior parte degli edifici e delle infrastrutture in Ticino – le valanghe, le forti nevicate e i processi di caduta massi saranno meno frequenti; per questi pericoli naturali in futuro è dunque probabile una diminuzione dei danni. Per quanto riguarda i forti temporali, la grandine, le tempeste e gli uragani non è attualmente possibile fornire una previsione affidabile della loro evoluzione futura. Un'analisi di sensitività ha dimostrato che una variazione di questi pericoli può incidere in maniera importante sui danni a infrastrutture e edifici. Nello scenario forte, nel caso più ottimistico, questi danni potrebbero diminuire del 52 % mentre nel caso più pessimistico potrebbero aumentare del 78 %. In generale si può osservare che eventi estremi possono rappresentare un rischio molto elevato per questo settore. Particolarmente critico appare un evento estremo per le alluvioni, che nello scenario forte potrebbe causare danni fino a 220 milioni di CHF.

I danni a infrastrutture ed edifici originati da pericoli naturali possono avere anche impatti indiretti sulla produzione di servizi e industrie. Danni a vie di comunicazione (strade o binari) possono ad esempio causare interruzioni o rallentamenti dei trasporti con conseguenti perdite di ricavi per le aziende toccate. Danni a edifici potrebbero inoltre toccare i beni, gli impianti di produzione o gli uffici di industrie e servizi provocando mancati ricavi. La variazione futura degli impatti indiretti di questo tipo, è stata trattata in un'analisi qualitativa sulla base dell'evoluzione della ricorrenza e dell'intensità dei diversi pericoli naturali. Il rischio più rilevante è l'aumento delle alluvioni previsto dallo scenario forte. Le alluvioni possono causare danni importanti in ragione delle vaste aree edificate che esse possono interessare. Considerando sia gli effetti diretti che gli effetti indiretti, un estremo alluvionale può infatti comportare danni complessivi pari a circa 440 milioni di CHF.

Anche se di minor entità rispetto ai pericoli naturali, le elevate temperature durante le ondate di calore in futuro potrebbero incidere maggiormente sugli edifici e le infrastrutture ticinesi, in particolare sulle pavimentazioni stradali (deformazioni). Nel 2060 questo rischio potrebbe aumentare a seguito del maggior numero di ondate di calore.

L'atteso innalzamento della temperatura media porterà a un aumento delle temperature minime invernali e a una conseguente diminuzione dei danni dovuti al gelo. In particolare i giorni di gelo e disgelo possono originare danni alla pavimentazione stradale. Grazie alla

diminuzione futura di queste tipologie di danni, i cambiamenti climatici rappresentano un'opportunità (valutata qualitativamente) per il settore d'impatto infrastrutture e edifici. Gli impatti sono però molto minori rispetto a quelli legati ai pericoli naturali.

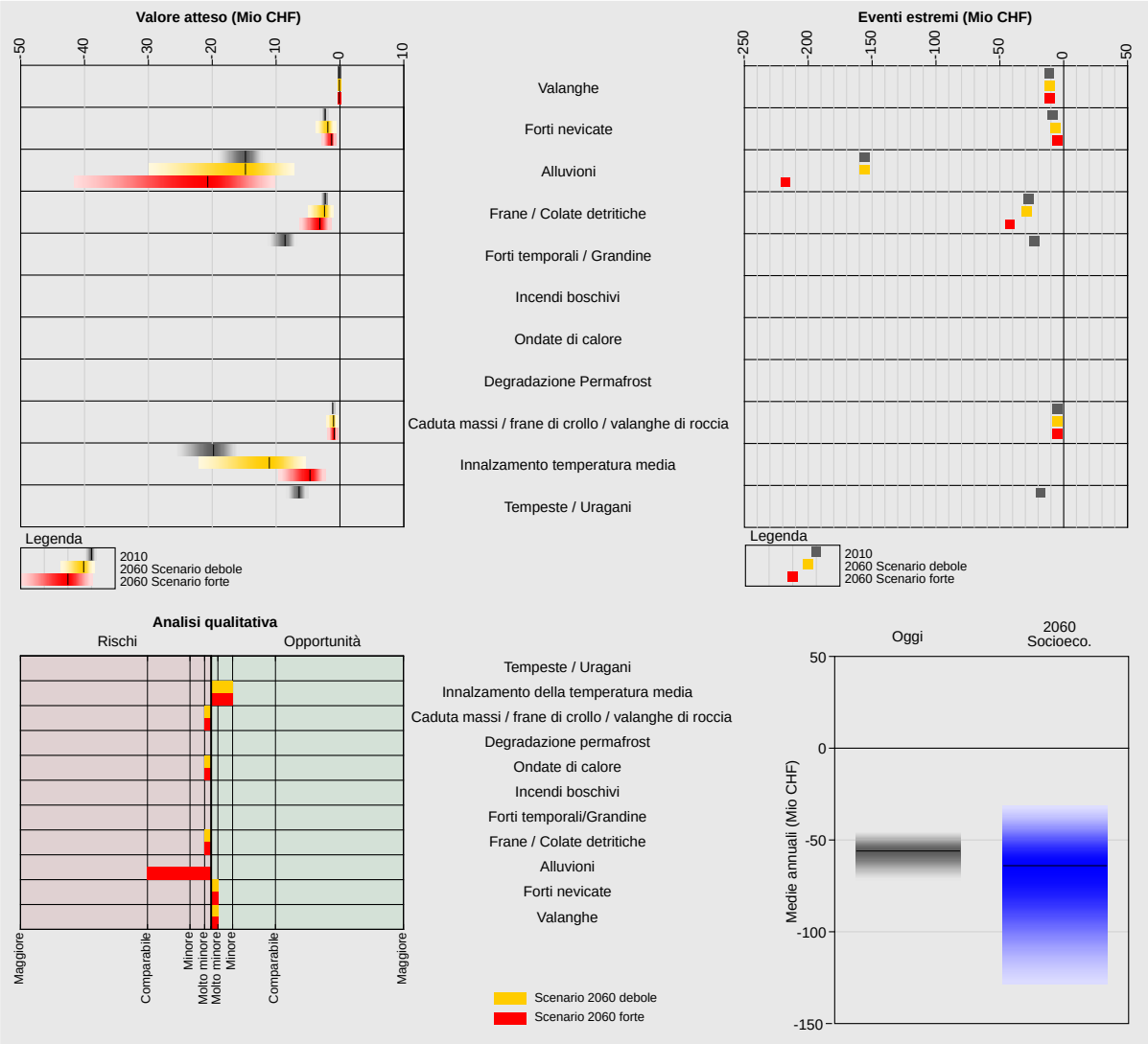


Figura 5: ***Principali risultati dell'analisi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto infrastrutture e edifici. In alto sono raffigurati gli impatti valutati quantitativamente: valore atteso (sinistra) e eventi estremi (destra). In basso sono raffigurati gli impatti valutati qualitativamente (sinistra) e i risultati dell'analisi socioeconomica (destra).***

È interessante notare come a livello di valore atteso annuo i cambiamenti climatici rappresentino complessivamente un'opportunità per il settore infrastrutture e edifici grazie soprattutto alla diminuzione dei costi per il servizio invernale, mentre a livello di eventi estremi comportino un rischio piuttosto importante principalmente a causa del possibile aumento dei danni provocati dalle alluvioni.

Il bilancio complessivo dello scenario forte risulta meno positivo rispetto a quello dello scenario debole a causa dei grandi rischi legati all'aumento delle alluvioni nel 2060.

Le tendenze socioeconomiche potrebbero portare a un aumento dei danni causati da pericoli naturali. Ciò è da ricondurre principalmente all'aumento delle infrastrutture e degli edifici

(aumento della popolazione) e all'aumento del loro valore. Gli impatti legati ai cambiamenti socioeconomici sono pressappoco comparabili a quelli legati al clima.

In sintesi

I cambiamenti climatici potrebbero avere un impatto negativo rilevante su infrastrutture e edifici principalmente a causa del possibile aumento dei danni provocati dalle alluvioni, in particolare nel caso di eventi estremi. Una grande opportunità è invece rappresentata dalla diminuzione dei costi per il servizio invernale stradale. Complessivamente il bilancio annuo degli impatti sul settore infrastrutture e edifici risulta essere positivo per entrambi gli scenari 2060 (le opportunità prevalgono).

1.1.5. Gestione delle acque

Nella Figura 6 sono raffigurati i principali risultati per il settore d'impatto gestione delle acque.

Durante le ondate di calore la temperatura è molto alta sia di giorno sia di notte e rende necessario un maggior utilizzo d'acqua, ad esempio per il riempimento di piscine, per la necessità di un utilizzo maggiore delle docce, per l'aumento del fabbisogno di irrigazione di campi e giardini privati, ecc. Complessivamente è stato valutato un fabbisogno aggiuntivo di 175 l pro capite per giorno di canicola. L'aumento dei giorni di canicola previsto per gli scenari futuri (+100 % nello scenario debole e +200 % nello scenario forte) e il conseguente aumento del fabbisogno di acqua rappresenta dunque un rischio per la gestione delle acque. A livello di evento estremo – cioè un'estate con un numero di giorni di canicola molto superiore alla media – si può notare come i costi per l'aumento del fabbisogno di acqua diventino importanti.

Inoltre durante le stagioni estive ci si attende per lo scenario 2060 forte un aumento dei periodi di siccità, che potrebbe portare a periodi prolungati con scarsità di acqua che abbinati al maggior fabbisogno idrico durante questi periodi potrebbe intensificare i conflitti tra i diversi utilizzi dell'acqua: agricoltura, raffreddamento, produzione idroelettrica, navigazione, pulizia, piscine, ecc.. A questi utilizzi si sommano inoltre se esigenze degli ecosistemi acquatici come ad esempio il rispetto dei deflussi residuali. Le maggiori conflittualità sul piano locale e internazionale sono valutate come l'aspetto più problematico per la gestione delle acque.

Le forti precipitazioni correlate a temporali possono causare esondazioni e alluvioni dei corsi d'acqua ed erosioni delle zone circostanti a essi. Il conseguente trasporto di materiale può contribuire, oltre al danneggiamento di infrastrutture e edifici, al danneggiamento di condotte per l'approvvigionamento e lo smaltimento idrico. I danni attuali dovuti a questo pericolo in Ticino sono tuttavia piuttosto ridotti anche in termini di eventi estremi. Una previsione affidabile dell'evoluzione futura dei temporali non è attualmente possibile. Per questo settore d'impatto è stato però appurato, tramite un'analisi di sensitività, che un aumento o una diminuzione di questo pericolo non avrebbe un effetto rilevante sui costi totali. L'evento estremo causa oggi danni piuttosto contenuti se paragonati a quelli provocati da un maggior fabbisogno di acqua potabile durante le ondate di calore. È inoltre importante evidenziare che questi rischi sono molto piccoli se paragonati al valore complessivo delle infrastrutture per l'approvvigionamento e lo smaltimento idrico in Ticino.

Le precipitazioni temporalesche apportano inoltre un elevato quantitativo di acque meteoriche nelle canalizzazioni miste che ha come conseguenza un riversamento delle acque luride nei ricettori superficiali che nuoce alla qualità delle acque e degli ecosistemi acquatici. Anche in questo caso, non essendo chiaro lo sviluppo futuro di fenomeni quali i temporali, non si può stabilire la variazione futura del manifestarsi di questa problematica.

Gli scenari 2060 prevedono una variazione nel regime di precipitazioni stagionali e una riduzione dello stoccaggio nivale. Questi cambiamenti possono influire sulla disponibilità di acqua potabile in sorgenti e falda. Per entrambi gli scenari si attendono deflussi fluviali più uniformi sull'arco dell'anno, ma complessivamente di poco minori rispetto a oggi. Per quanto attiene l'acqua potabile non si può escludere una diminuzione della disponibilità in estate. Questo rischio sarà di poca importanza a livello ticinese grazie ad acquedotti per la maggior parte interconnessi tra più Comuni.

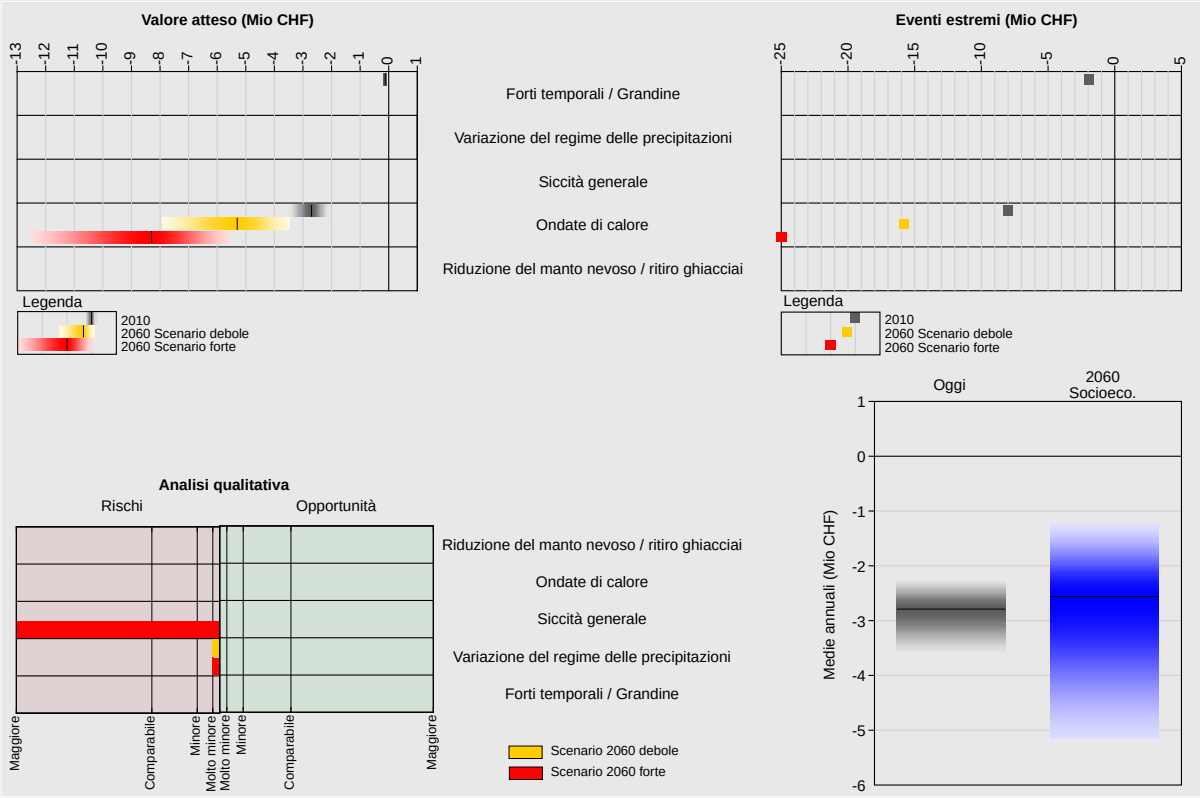


Figura 6: ***Principali risultati dell'analisi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto gestione delle acque. In alto sono raffigurati gli impatti valutati quantitativamente: valore atteso (sinistra) e eventi estremi (destra). In basso sono raffigurati gli impatti valutati qualitativamente (sinistra) e i risultati dell'analisi socioeconomica (destra).***

Per lo scenario socioeconomico del settore d'impatto della gestione delle acque sussiste un'incertezza piuttosto elevata. Per quanto riguarda l'acqua potabile si valuta una leggera diminuzione dei costi grazie alla riduzione del fabbisogno pro capite ottenibile con un aumento dell'efficienza delle nuove tecnologie e un'ulteriore sensibilizzazione della popolazione. La diminuzione dei costi è in parte attenuata dalla crescita della popolazione e dal conseguente aumento delle infrastrutture per l'approvvigionamento idrico. In futuro la disponibilità dell'acqua di falda potrebbe tuttavia essere messa sotto pressione dall'aumento degli insediamenti e della cementificazione (aspetto valutato solo qualitativamente).

Considerando anche i maggiori conflitti legati all'utilizzo dell''acqua si può affermare che i rischi correlati ai cambiamenti climatici sono maggiori rispetto a quelli prospettati per i cambiamenti socioeconomici. Le tendenze in atto nella gestione delle acque negli insediamenti comprendono, infatti, già diverse strategie di adattamento.

In sintesi

Per il settore d'impatto della gestione delle acque il rischio maggiore è rappresentato dall'aumento dei periodi prolungati di siccità che renderanno necessario un elevato impegno sul piano locale e internazionale per gestire i conflitti tra i diversi utilizzi dell'acqua: agricoltura, raffreddamento, produzione idroelettrica, navigazione, pulizia, piscine, ecc..

1.1.6. Turismo

Nella Figura 7 sono raffigurati i principali risultati per il settore d'impatto turismo.

Il turismo costituisce uno dei rami economici più importanti del Ticino. Esso contribuisce al prodotto interno lordo nella misura del 9.6 %, è dunque per questo motivo che gli impatti dei cambiamenti climatici per questo settore d'impatto assumono un peso importante.

Una delle opportunità dei cambiamenti climatici per il settore turistico risiede nella variazione futura del regime delle precipitazioni. Con la diminuzione delle precipitazioni prevista da entrambi gli scenari per la stagione estiva, che è la stagione più importante per il turismo in Ticino, è ipotizzabile una diminuzione delle perdite causate dal maltempo. Una stagione con brutte condizioni metereologiche (pioggia, ecc.), sfavorisce infatti il turismo ticinese.

In contrasto con la prevista diminuzione delle precipitazioni estive, in inverno è previsto un aumento delle precipitazioni, che in futuro saranno meno in forma di neve. L'aumento delle piogge e la diminuzione delle nevicate porteranno ad una diminuzione dei turisti e dei relativi ricavi durante la stagione invernale.

Il considerevole aumento delle ondate di calore atteso nel 2060 appare come un'opportunità per il turismo estivo in zone di montagna. Si ipotizza, infatti, che le persone residenti sui fondovalle e quindi esposte alla canicola, abbiano un fabbisogno maggiore di luoghi di ristoro con temperature più fresche, facilmente raggiungibili dalle città. Grazie a questi sviluppi i ricavi nelle zone di montagna e campagna aumenteranno.

Nelle zone dei fondovalle l'aumento delle ondate di calore può rappresentare un rischio per il turismo. In queste zone durante i periodi di canicola potrebbe diventare eccessivamente caldo disturbando in particolare il riposo notturno. La vicinanza con i laghi, che hanno un effetto refrigerante sulla temperatura dell'aria, e fattori socioeconomici come ad esempio la disponibilità di impianti come i sistemi di climatizzazione e di edifici ottimizzati energeticamente, potrebbero mitigare questo impatto.

Il probabile aumento delle ondate di calore rappresenta un rischio (seppur minimo) anche per la pesca a fine turistico. Periodi particolarmente lunghi con temperature molto alte potrebbero provocare morie di pesci in specchi d'acqua di dimensioni medio-piccole. A seguito della variazione dei deflussi fluviali e dell'aumento delle temperature delle acque superficiali potrebbe inoltre variare la presenza di pesci nei corsi d'acqua. Entrambi questi aspetti potrebbero influenzare la pesca, anche se dal punto di vista turistico essa ha un'importanza molto limitata.

L'innalzamento della temperatura nel 2060 rappresenta un'opportunità per il turismo ticinese di montagna. In entrambi gli scenari si assume un allungamento della stagione calda e quindi della stagione turistica, che porterà ad un aumento dei ricavi di capanne, impianti di risalita, ecc.

Per le stazioni sciistiche invernali in Ticino i cambiamenti climatici rappresentano un elevato rischio. A causa di una riduzione del manto nevoso si assisterà probabilmente, dove e quando possibile, a un aumento del fabbisogno d'innevamento artificiale e dunque dei costi. Oltre a ciò la stagione di apertura degli impianti sarà più breve a seguito della mancanza di neve. È tuttavia importante considerare l'importanza economica piuttosto contenuta del turismo sciistico in Ticino.

Le forti nevicate provocano già attualmente lo sradicamento e l'abbattimento di alberi nel bosco, il conseguente blocco di sentieri escursionistici rappresenta un rischio. Gli alberi sradicati dalle forti nevicate possono inoltre cadere su strade e incidere sul turismo di stazioni sciistiche, a seguito dell'interruzione delle vie di comunicazione che portano a questi comprensori, con conseguente riduzione dei ricavi. Questi impatti sono già oggi di poca importanza e in futuro saranno ancora minori grazie all'attesa diminuzione delle forti nevicate sotto i 1'900 m s.l.m. Anche gli eventi estremi sono di entità molto bassa se paragonati agli altri impatti quantificati per il settore turistico. La diminuzione delle forti nevicate e dunque la diminuzione di questi danni rappresenta un'opportunità, anche se limitata, per il turismo ticinese.

In maniera analoga alle forti nevicate anche le valanghe possono causare l'interruzione di vie di comunicazione di montagna con una relativa incidenza sui ricavi di alcuni comprensori sciistici. La diminuzione delle valanghe ipotizzata alle quote interessate da questo problema per il 2060 porterà a una diminuzione di questi danni. Anche quest'opportunità è di minima importanza se comparata agli altri impatti.

I pericoli naturali quali frane, colate detritiche, alluvioni e processi di caduta massi, frane di crollo e valanghe di roccia possono influenzare l'immagine turistica di una regione. Per questo motivo l'aumento atteso delle frane, delle colate detritiche e delle alluvioni rappresenta un rischio per il turismo ticinese – anche se contenuto – mentre l'attesa diminuzione dei processi di caduta massi può essere considerata un'opportunità.

L'innalzamento della temperatura media dell'aria potrebbe comportare temperatura delle acque superficiali più elevate, che possono permettere lo sviluppo di esplosioni algali nei laghi e la diminuzione dei deflussi fluviali. Entrambi questi aspetti rappresentano un rischio per i flussi turistici perché potrebbero pregiudicare la balneazione. Un altro rischio dell'innalzamento della temperatura media è quello legato alla diffusione di zanzare, le cui punture nella stagione calda recano disturbo ai turisti. Le temperature minime invernali più elevate potrebbero, infatti, facilitare la diffusione di questi insetti sul territorio.

L'innalzamento della temperatura media potrebbe inoltre rendere il Ticino più simile al resto della Svizzera per quanto riguarda le caratteristiche metereologiche e paesaggistiche. Questo cambiamento è stato valutato un rischio per quanto riguarda il turismo di origine svizzera in Ticino, ma contemporaneamente potrebbe rappresentare un'opportunità per il turismo estero siccome il Ticino potrebbe diventare una meta per i turisti che soggiornano in Svizzera anche solo per pochi giorni.

Il turismo ticinese non è incentrato sulla presenza di ghiacciai in alta montagna. Per questo motivo il ritiro dei ghiacciai avrà un influsso solo sull'attrattività turistica di pochi sentieri ticinesi. Le conseguenze sul turismo dovrebbero comunque essere minime.

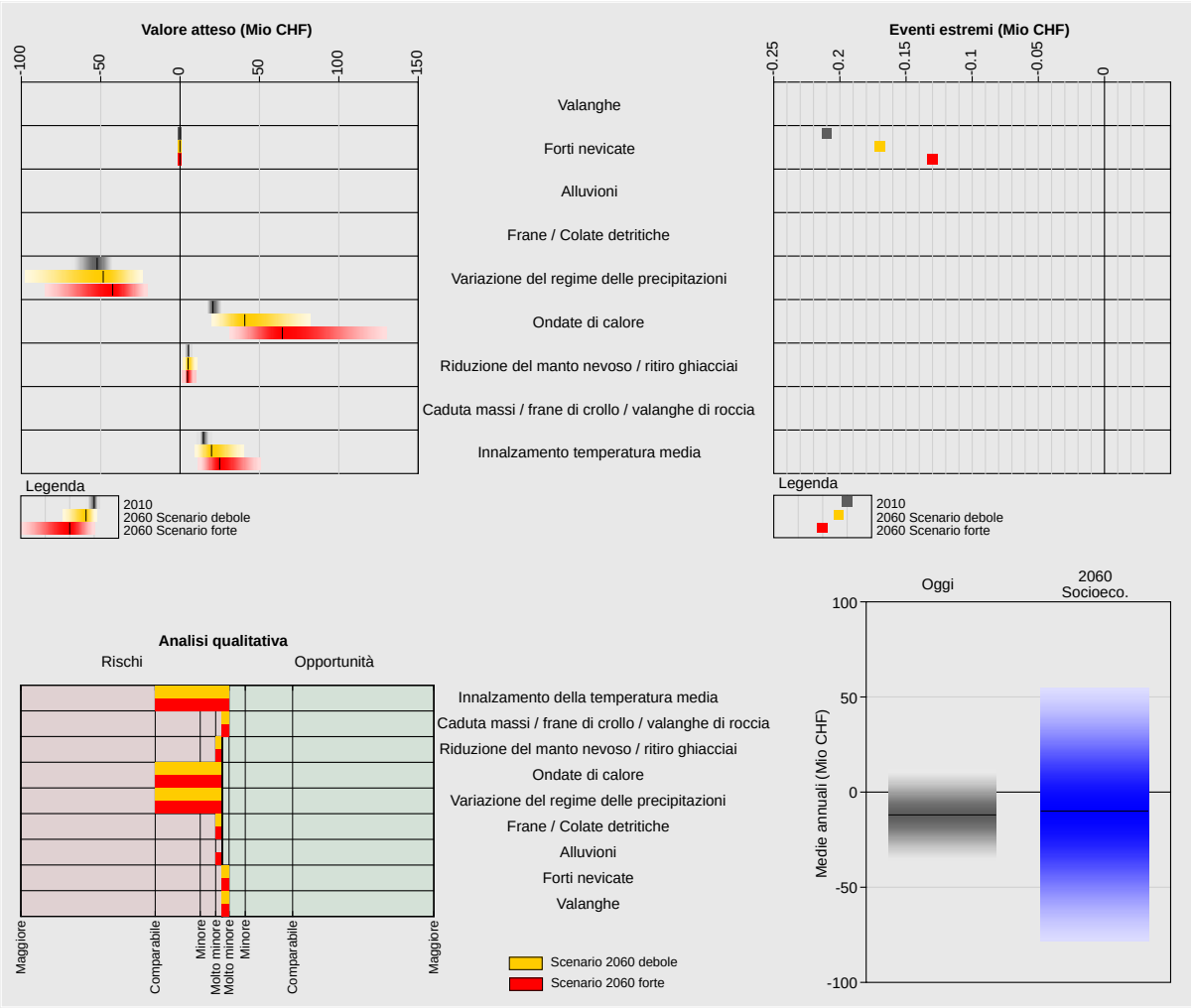


Figura 7: ***Principali risultati dell'analisi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto turismo. In alto sono raffigurati gli impatti valutati quantitativamente: valore atteso (sinistra) e eventi estremi (destra). In basso sono raffigurati gli impatti valutati qualitativamente (sinistra) e i risultati dell'analisi socioeconomica (destra).***

A livello socioeconomico è ipotizzabile che la domanda turistica ticinese resti complessivamente pressappoco constante. Tendenzialmente si dovrebbe assistere a un aumento del turismo di giornata e a una diminuzione dei pernottamenti. È inoltre probabile un aumento del turismo nelle zone di montagna e una diminuzione di quello legato allo sci. Complessivamente gli aspetti di questo settore influenzati dal clima saranno toccati in maniera meno influente dagli sviluppi socioeconomici rispetto che dai cambiamenti climatici.

Gli impatti dei cambiamenti climatici sul turismo saranno complessivamente positivi. È tuttavia da evidenziare che i ricavi di questo settore sono fortemente influenzati da una molteplicità di fattori dei quali è difficile fornire una previsione futura (come ad esempio il cambio CHF/Euro, la riduzione dei prezzi di vacanza in località esotiche, ecc.) e solo in parte dai cambiamenti climatici.

In sintesi

L'aumento della temperatura e la diminuzione delle piogge estive rappresentano la maggiore opportunità per il turismo estivo nelle zone di montagna e nelle zone lacustri. Uno dei maggiori rischi è invece rappresentato dalla diminuzione della disponibilità di neve nei comprensori sciistici.

1.1.7. Energia

Nella Figura 8 sono raffigurati i principali risultati per il settore d'impatto energia.

Sul settore d'impatto dell'energia l'innalzamento della temperatura media è l'aspetto più rilevante sia per i rischi sia per le opportunità. Nel 2060 si prevede, infatti, una diminuzione dei gradi giorno di riscaldamento (-15 % per lo scenario debole e -33 % per lo scenario forte) che influenzerà positivamente i costi per il riscaldamento i quali diminuiranno sia per gli edifici sia per i mezzi di trasporto. La diminuzione dei costi per il riscaldamento sarà in parte compensata da un aumento del fabbisogno di raffreddamento conseguente all'atteso innalzamento delle temperature estive. L'aumento dei costi per il raffreddamento di edifici abitativi, veicoli privati, mezzi pubblici, industria e servizi sarà inferiore rispetto alla diminuzione dei costi per il riscaldamento. L'innalzamento della temperatura media risulta dunque complessivamente un'opportunità per il settore energetico.

Un rischio dei cambiamenti climatici valutato quantitativamente è legato alla variazione del regime di precipitazioni. Le variazioni previste nell'intensità e nella ricorrenza delle precipitazioni porteranno a una variazione nei deflussi fluviali, i quali sono di fondamentale importanza per la produzione idroelettrica. Gli scenari 2060 prevedono che in futuro i deflussi diventino più costanti nel corso dell'anno e complessivamente leggermente minori rispetto ad oggi. Questa lieve diminuzione potrebbe portare, oltre ad una diversa gestione delle acque, a una contrazione dei ricavi legati alla produzione di energia idroelettrica.

Frane e colate detritiche provocano già attualmente costi per mancata produzione di centrali idroelettriche a causa del trasporto di materiale e detriti nei bacini. L'aumento delle frane e delle colate detritiche, previsto per il 2060, rappresenta dunque un rischio per la produzione idroelettrica. Un evento estremo di questo pericolo naturale può causare costi molto elevati dovuti a una chiusura di un impianto idroelettrico. Per lo scenario forte i potenziali costi di un evento estremo potrebbero ammontare a circa 150 milioni di CHF.

L'aumento dei periodi di siccità, previsto dallo scenario 2060 forte, potrebbe rappresentare un importante rischio (valutato qualitativamente) per le centrali idroelettriche. In periodi di siccità i deflussi fluviali diminuiscono e sono necessari maggiori sforzi da parte dei gestori di impianti idroelettrici per evitare ricadute negative sull'ambiente. In generale l'aumento dei periodi di siccità porterà ad un aumento dei conflitti per l'utilizzo di acqua che renderanno momentaneamente impossibile la turbinazione.

La diminuzione delle ondate di freddo in inverno rappresenta un'opportunità siccome porta ad una diminuzione dei periodi con un intenso consumo di energia per il riscaldamento. La diminuzione attesa nel 2060 permetterà di applicare una potenza più bassa agli impianti e di conseguenza allacciare nuove utenze a reti esistenti (teleriscaldamento o gas). Contrariamente alla diminuzione delle ondate di freddo, nel 2060 è ipotizzabile un aumento considerevole delle ondate di calore. Questo incremento avrà come conseguenza un aumento dei

periodi con un intenso fabbisogno puntuale di raffreddamento, con un aumento significativo della potenza necessaria per il raffreddamento degli edifici. Siccome una parte importante degli edifici ticinesi non è provvista di un impianto di raffreddamento (scenario socioeconomico 2010) questo rischio è considerato minimo rispetto ad altri rischi dei cambiamenti climatici.

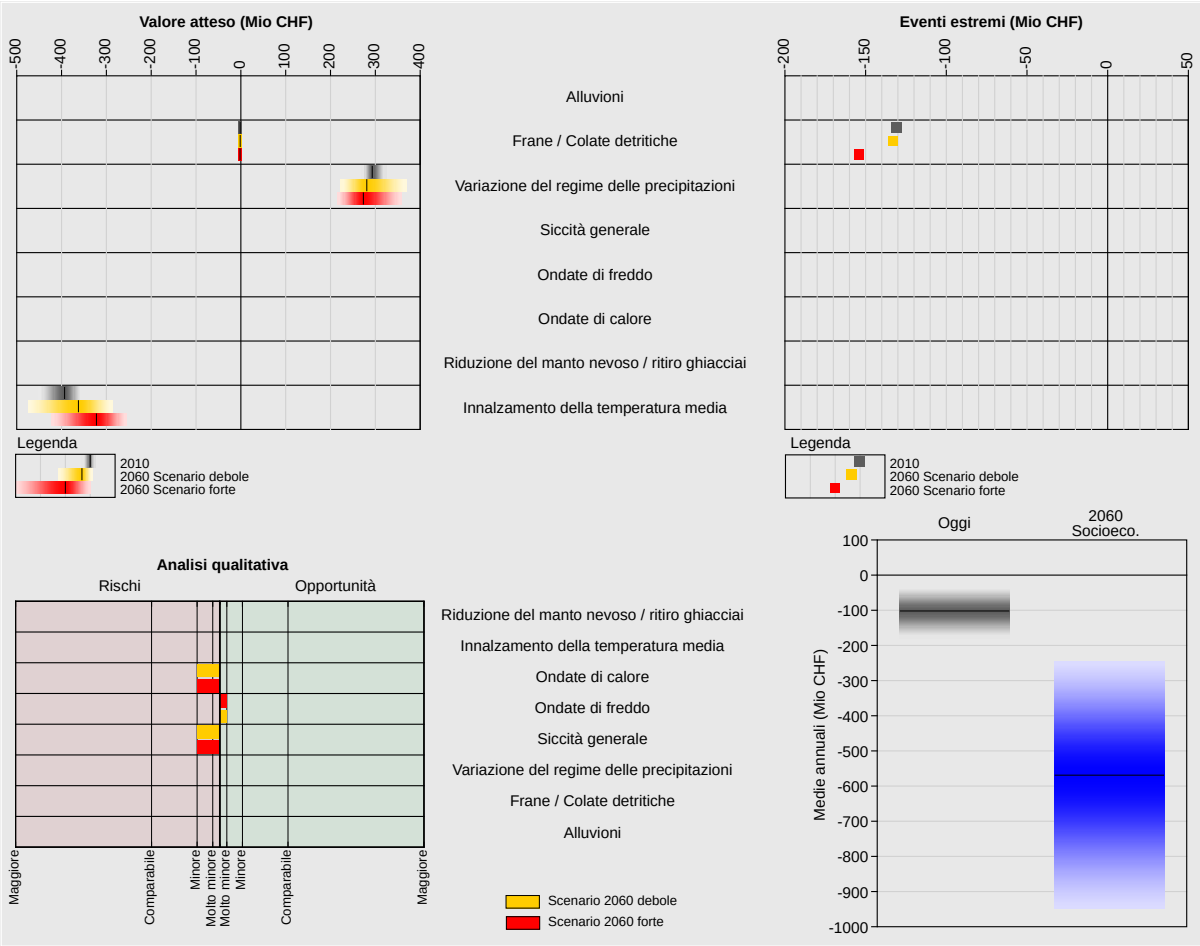


Figura 8: ***Principali risultati dell'analisi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto energia. In alto sono raffigurati gli impatti valutati quantitativamente: valore atteso (sinistra) e eventi estremi (destra). In basso sono raffigurati gli impatti valutati qualitativamente (sinistra) e i risultati dell'analisi socioeconomica (destra).***

A livello socioeconomico si assisterà a una crescita dei costi degli aspetti di questo settore influenzati dal clima. Questo aumento è principalmente legato a una probabile ripresa del costo dell'energia per il riscaldamento, al crescente numero di edifici e all'aumento dei sistemi di raffreddamento.

In sintesi

L'aumento della temperatura media invernale rappresenta, per il Canton Ticino, la maggior opportunità per il settore d'impatto energia. Grazie a questo cambiamento il fabbisogno di energia per il riscaldamento sarà minore. Il rischio più importante è invece rappresentato dall'aumento del fabbisogno di raffreddamento nei mesi estivi. La variazione del regime delle precipitazioni avrà un influsso presumibilmente meno rilevante sulla produzione idroe-

lettrica, anche se dovranno essere implementate significative modifiche di modalità di gestione e di produzione. Nel caso di un evento estremo di frane o colate detritiche, invece, la produzione idroelettrica potrebbe registrare perdite importanti. A livello socioeconomico una ripresa del costo dell'energia porterà a un aumento dei costi legati al clima.

1.1.8. Biodiversità

Nella Figura 9 sono raffigurati i principali risultati per il settore d'impatto biodiversità.[1].

Ai cambiamenti climatici inevitabilmente conseguono anche mutamenti nella biodiversità. Questi mutamenti sono tuttavia difficili da prevedere. L'aumento delle temperature e la diminuzione delle precipitazioni saranno i fattori che maggiormente colpiranno la biodiversità in Ticino.

In Ticino il riscaldamento climatico avrà impatti marcati sui biotopi alpini che si manifesteranno attraverso la risalita lungo i versanti di specie provenienti da altitudini inferiori e l'impossibilità delle specie adattate al freddo di sfuggire verso l'alto a causa della mancanza di superfici sufficientemente grandi o della sparizione dei loro ambienti. Biotopi legati alle basse temperature e specie alpine, in particolare le specie endemiche, potrebbero di conseguenza andare persi. D'altronde la diminuzione dei ghiacciai potrebbe creare nuovi habitat per specie pioniere in altitudine.

Nei boschi collinari il riscaldamento climatico provocherà il cambiamento nella composizione della vegetazione, dalle attuali foreste di latifoglie caducifoglie a comunità di piante dominate da laurofille esotiche. Similmente ad altri ecosistemi, anche quelli acquatici subiranno dei mutamenti della biocenosi in particolare a causa del graduale riscaldamento delle acque (in combinazione con eventi di siccità e ondate di calore). A causa di questo riscaldamento diminuirà la capacità delle acque di sciogliere l'ossigeno aumentando il rischio di morie di organismi acquatici e soprattutto aumenterà la tendenza alla stratificazione e all'eutrofizzazione nei laghi; negli strati più profondi si assisterà ad una diminuzione/sparizione dell'ossigeno disciolto. Cambierà inoltre la zonazione biologica dei fiumi. In maniera generale aumenteranno marcatamente le specie alloctone termofile a scapito delle specie indigene, favorite anche dalla rarefazione delle ondate di freddo e ne conseguirà una probabile perdita della diversità spaziale ("biotic homogenization").

La diminuzione e la ridistribuzione stagionale delle precipitazioni influenzeranno in primo luogo le specie e i biotopi acquatici. Primi fra tutti le torbiere e i piccoli specchi d'acqua che potrebbero scomparire localmente in maniera definitiva o quantomeno temporanea (per gli stagni). Anche il regime naturale dei deflussi dei corsi d'acqua si modificherebbe con possibili periodi di secca e con conseguenze negative sulla connettività ecologica. D'altro canto si assisterà in maniera generale a un aumento degli habitat xerici, come boschi e prati aridi. Le opportunità per le specie e gli habitat xerotermofili sono tuttavia difficili da valutare in ragione dell'incertezza legata alla velocità con la quale sono in grado di formare nuovi ecosistemi stabili e delle invasioni da parte di specie esotiche dominanti.

Una modifica del regime degli eventi di disturbo naturale (incendi, frane, inondazioni o uragani) avrebbe un impatto marcato e positivo sulla biodiversità in Ticino, ora spesso sottratta

[1] Al capitolo 5.9.6 è stato allestito un glossario dei termini tecnici specialistici del settore della biodiversità.

a tali dinamiche naturali. In particolare le specie pioniere o altre specie dipendenti da dinamiche naturali, come ad esempio le specie pirofile (dipendenti dagli incendi).

I rischi dei mutamenti climatici per la biodiversità e la funzionalità degli ecosistemi derivano in primo luogo dalla velocità con i quali essi avvengono. Se i cambiamenti saranno graduali e le componenti naturali in grado di adattarsi o di evolvere sufficientemente in fretta, le funzioni rimarrebbero verosimilmente conservate e assunte da specie diverse. Lo scenario forte implica senza dubbio molti più impatti negativi rispetto allo scenario debole, siccome i cambiamenti saranno più rapidi ed intesi. La funzionalità di alcuni ecosistemi sarebbe messa in gioco, e quindi anche i servizi che forniscono. Per alcuni ecosistemi è praticamente certo che in ambedue gli scenari climatici analizzati, questi mutamenti sopraggiungerebbero troppo in fretta, pregiudicando seriamente le componenti naturali legate ad essi. È l'esempio delle torbiere che rischiano di sparire completamente, oppure delle specie orofile endemiche, di cui il Ticino è relativamente ricco e che rischiano di estinguersi.

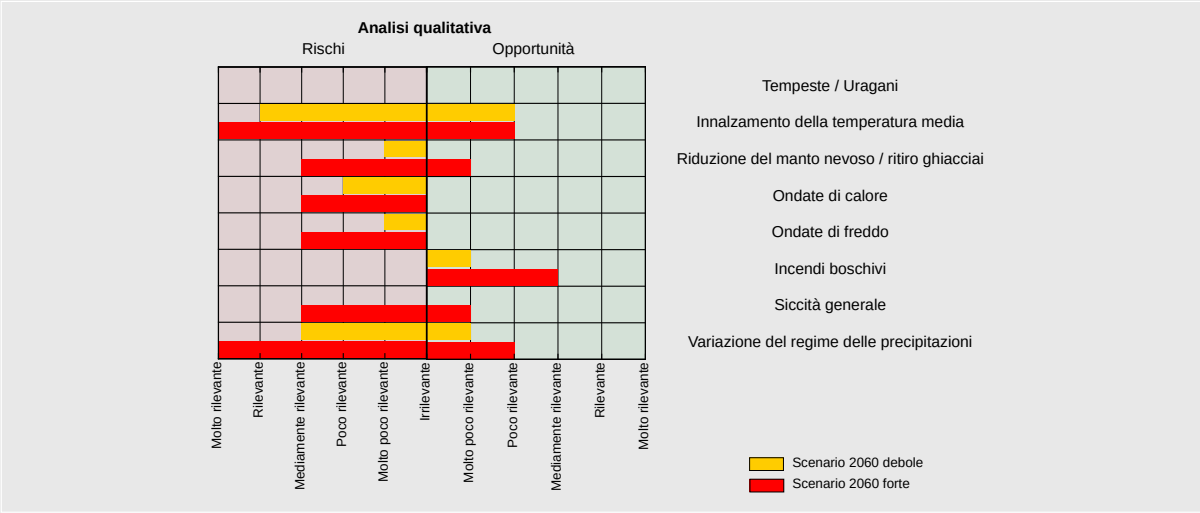


Figura 9: ***Principali risultati dell'analisi qualitativa dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto biodiversità.***

A livello socioeconomico si ipotizza che la biodiversità nei fondovalle ticinesi subirà ripercussioni negative a causa della crescita demografica e dell'aumento della superficie edificata che porteranno a una frammentazione del territorio, a un aumento dell'inquinamento e ad altri disturbi antropici. Nelle valli e nelle zone di montagna l'impatto sulla biodiversità sarà invece presumibilmente positivo a causa dell'atteso continuo abbandono di vastissime aree lasciate a un'evoluzione naturale.

In sintesi

Premettendo che è molto difficile prevedere i cambiamenti nella biodiversità a causa dei mutamenti climatici, i fattori che colpiranno maggiormente la biodiversità sia acquatica che terrestre (rappresentando soprattutto un rischio) sono l'innalzamento della temperatura media e la variazione del regime delle precipitazioni. I maggiori rischi consistono della sparizione di habitat caratterizzati da umidità o da basse temperature e delle specie correlate ad essi.

2. INTRODUZIONE

2.1. ADATTAMENTO AL CLIMA

I cambiamenti climatici hanno ripercussioni positive e negative sull'ambiente, l'economia e la società del nostro territorio. I cambiamenti climatici di origine antropica sono già oggi osservabili; a livello globale è ora prioritaria la mitigazione di questi cambiamenti. Anche in Svizzera le condizioni climatiche che determinano l'ambiente, l'economia e la vita dell'uomo sono destinate a mutare ulteriormente entro la fine del XXI secolo. Per questo motivo oltre a una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra è importante sviluppare una strategia di adattamento ai cambiamenti climatici che tenga conto delle peculiarità di tutte le regioni svizzere.

A questo proposito il Consiglio federale ha adottato la prima parte della sua strategia di adattamento il 2 marzo 2012 (UFAM, 2012a) e la seconda il 9 aprile 2014 (UFAM, 2014). Nella prima parte della strategia sono descritti gli obiettivi, le sfide e i campi d'intervento dell'adattamento e nella seconda parte sono illustrate le misure necessarie per raggiungere gli obietti prefissati. I rischi e le opportunità dei cambiamenti climatici in Ticino possono essere mitigati o sfruttati tramite misure di adattamento. La strategia di adattamento Svizzera ha definito in una prima parte (UFAM, 2012a) i campi d'intervento sui quali è necessario ricorrere a misure di adattamento ai cambiamenti climatici; queste misure sono esposte nella seconda parte della strategia (UFAM, 2014). Una lista dei campi d'intervento e delle misure per ciascun settore d'impatto è consultabile all'allegato A1.

L'analisi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici per il Canton Ticino si inserisce in questa strategia di adattamento e mira a identificare gli effetti e i pericoli legati ai cambiamenti climatici che si manifesteranno al sud della Svizzera e a valutare il loro impatto su diversi settori socioeconomici e ambientali: salute, agricoltura, bosco e economia forestale, infrastrutture e edifici, gestione delle acque, turismo, energia e biodiversità. Lo studio mira ad offrire una base importante per riuscire a minimizzare i rischi e sfruttare al meglio le opportunità dei cambiamenti climatici in Svizzera e a rafforzare la nostra capacità di adattamento.

L'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ha elaborato per questa analisi (nell'ambito di un progetto pilota) un metodo intersettoriale per valutare i rischi e le opportunità dei cambiamenti climatici (EBP/SLF/WSL, 2013b); il metodo è stato convalidato per il Canton Argovia (primo caso di studio, (EBP/WSL, 2013)). Questo studio ha permesso di costatare che è possibile identificare e valutare (quantitativamente e qualitativamente) i maggiori rischi e opportunità dei cambiamenti climatici futuri sulla base delle conoscenze attuali.

L'approccio metodologico sarà applicato su 6 regioni geografiche svizzere: l'Altipiano (rappresentato dal Canton Argovia), le Alpi (rappresentate dal Canton Uri e dal Canton Grigioni), le Prealpi (rappresentate dal Canton Friborgo), la Svizzera meridionale (rappresentata dal Canton Ticino) il Giura (rappresentato dal Canton Giura) e le grandi agglomerazioni (rappresentate dalle città di Basilea e Ginevra). Il Canton Grigioni sta elaborando una propria strategia climatica di mitigazione e adattamento (che tenga conto delle specificità del Cantone), l'analisi dei rischi di questa strategia è stata elaborata in collaborazione con l'UFAM ed è attualmente in fase di conclusione.

Nel presente studio il metodo citato in precedenza sarà applicato per il Canton Ticino (rappresentativo per la regione geografica sud delle Alpi). Da rilevare che il caso di studio per il

Canton Ticino deve permettere di estrapolare i risultati per tutta la regione della Svizzera meridionale (Sud delle Alpi) che comprende anche la Mesolcina e la Valposchiavo.

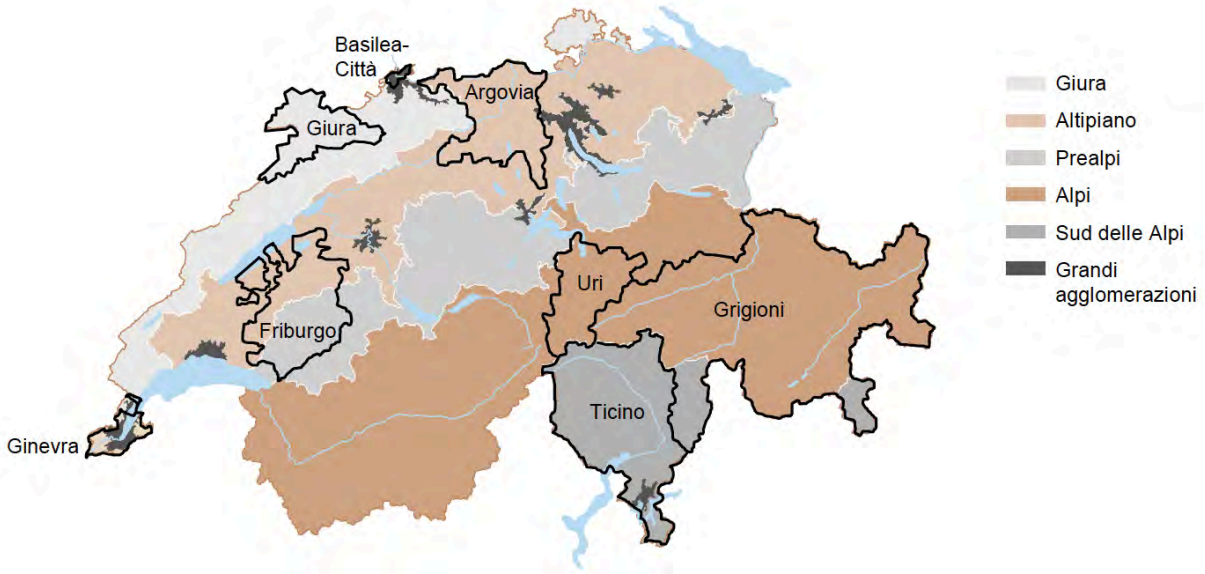


Figura 10: Grandi regioni della Svizzera per lo studio dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici (UFAM, 2015a).

2.2. BREVE DESCRIZIONE DELLA REGIONE DI STUDIO

Il Ticino è l'unico Cantone della Confederazione Elvetica che si trova interamente a meridione della cresta delle Alpi. Copre un'area di 2812 km^2, corrispondente a circa un quindicesimo della superficie della Svizzera. Si estende su una distanza di ca. 90 km in direzione nord-sud e 60 km in direzione est-ovest. Lungo il 59 % del suo perimetro, cioè 208 km, confina con l'Italia. La differenza di quota tra il punto più basso sulle rive del Lago Maggiore (193 m s.l.m.) fino alla cima dell'Adula (3'402 m s.l.m.) come pure l'orografia determinata da valli strette caratterizzano il territorio (SPAAS, 2003). Il Passo del Monte Ceneri divide il Cantone in due parti. Quella settentrionale – il Sopraceneri – è più montagnosa, con oltre la metà della superficie sopra i 1'500 m di altitudine, mentre il Sottoceneri dimostra un carattere più prealpino e si apre verso la Pianura Padana.

La popolazione ticinese ammonta a 346'500 abitanti (UStat, 2014b). La densità della popolazione, rapportata alla superficie totale, è di 123 abitanti/km^2. Si tratta di una quota bassa se confrontata alla media svizzera di 197 abitanti/km^2 (tutti i dati sono riferiti al 2013) o a quella del Cantone Zurigo di 825 abitanti/km^2 (dato riferito al 2013). Tuttavia, se rapportata alle superfici d'insediamento (principalmente sui fondivalle), la densità della popolazione raggiunge i 2400 abitanti/km^2.

Uno degli assi di transito Nord-Sud più importanti d'Europa attraversa il Cantone. Il Passo del Gottardo ha una grande importanza per il Cantone, come pure per l'intera Svizzera. Altri passi importanti che collegano il Sud delle Alpi con il Nord sono il Lucomagno e la Novena, nonché la Valle Mesolcina con il Passo del San Bernardino.

Il Sopraceneri si distingue dal Sottoceneri anche dal profilo socioeconomico. Ad es. nelle valli del Sopraceneri la densità della popolazione rimane generalmente sotto le 20 unità al

km^2 e i centri residenziali sono disposti lungo l'asse che collega Biasca, Bellinzona e Locarno (SPAAS, 2003).

2.2.1. Clima (precipitazioni, temperature e venti)

Il clima del Canton Ticino è influenzato dalla protezione offerta dall'arco alpino dalle correnti più fresche provenienti da nord e dalla presenza dei grandi laghi prealpini. A basse quote e presso i laghi il clima viene definito "insubrico" ed è caratterizzato da inverni soleggiati e secchi, con periodi di favonio da nord ma anche con precipitazioni nevose talvolta abbondanti, e da estati soleggiate e umide, con frequenti precipitazioni temporalesche spesso anche violente. Le piogge sono concentrate in primavera e alla fine dell'estate fino all'autunno (SPAAS, 2003).

Nonostante vi siano meno giorni piovosi rispetto al versante settentrionale delle Alpi, le precipitazioni sono quantitativamente più abbondanti in particolare a Nord-Ovest del Cantone (v. Figura 11).

I principali dati che caratterizzano le condizioni metereologiche del Canton Ticino (temperatura, precipitazioni e irraggiamento solare) sono esposti nella Tabella 1.

Il regime dei venti, oltre ad essere caratteristico per il territorio, è importante per la qualità dell'aria. Le correnti che attraversano le Alpi da Nord a Sud, o viceversa, sono quelli che incidono maggiormente sul ricambio d'aria e quindi sulla composizione dell'aria nel Cantone. Le Alpi riparano invece dai venti che in quota spirano da ovest e da est. I venti meridionali sono generalmente poco percettibili nelle valli, mentre in quota le velocità del vento sono spesso ragguardevoli (SPAAS, 2003).

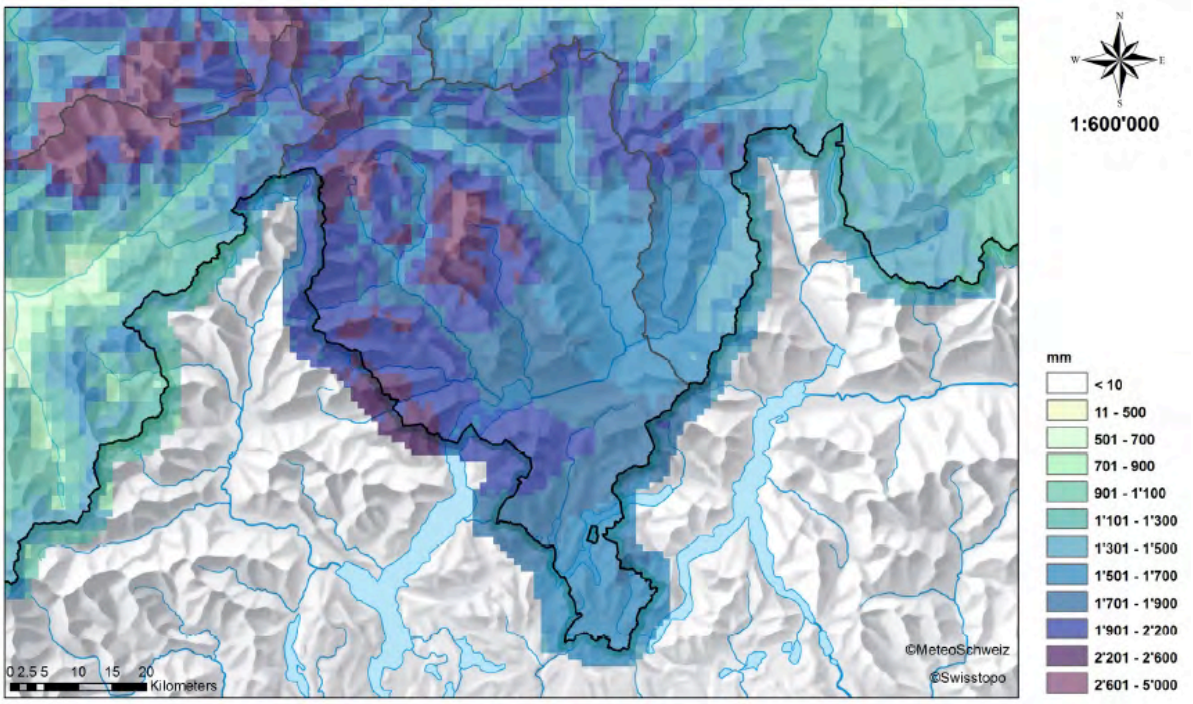


Figura 11: Distribuzione della precipitazioni (mm) al sud delle Alpi, valori medi annuali (periodo di riferimento 1981-2010) (MeteoSvizzera, 2012b).

Parametro meteo	Valore
Temperatura media del mese di luglio nel periodo 1981-2010	22.1°C
Temperatura media del mese di gennaio nel periodo 1981-2010	3.3°C
Precipitazioni medie annuali nel periodo 1981-2010	1'559 l/m^2
Irraggiamento solare medio annuale nel periodo 1981-2010	1'228 $\frac{kWh}{a \cdot m^2}$
Soleggiamento annuale medio nel periodo 1981-2010	2'069 ore

Tabella 1: Caratteristiche metereologiche del Canton Ticino. I dati si riferiscono ai valori medi registrati a Lugano nel periodo di riferimento 1981-2010 (MeteoSvizzera, 2012b).

2.2.2. Salute

In Ticino si contano 14 istituti ospedalieri, il settore sanitario offre impiego a circa 23'500 persone (UStat, 2014b). I costi sanitati cantonali in Ticino ammontano a circa 2.5 miliardi di CHF/anno (Gianocca, 2005), valore che corrisponde a circa il 13.4 % del PIL cantonale.

In Ticino, come nel resto della Svizzera, la mortalità e il numero d'interventi dei servizi di pronto soccorso legati a ondate di calore sono strettamente correlati con l'età della popolazione; le persone più anziane sono quelle più a rischio. Nell'estate 2003, nel corso della quale la temperatura estiva era superiore di 3-6°C alle medie pluriennali, si è osservato un aumento dell'1 % della mortalità per la popolazione con età ≥65 anni e del 4 % per la popolazione con età ≥75 anni (Cerutti, et al., 2004). Più significativo è stato l'aumento del numero di interventi di pronto soccorso con ambulanza; nel giugno 2003 si è osservato un aumento del 33 % per la popolazione con età ≥65 anni e del 36 % per la popolazione con età ≥75 anni (Cerutti, et al., 2004). Il limitato aumento della mortalità dovuto alle ondate di calore in Ticino, rispetto ad altre località europee potrebbe essere dovuto, al clima quasi mediterraneo (abitudine della popolazione a periodi d'intenso calore), all'assenza di grosse metropoli, alla situazione socioculturale (isolamento ridotto grazie a legami familiari e di vicinato in genere ben sviluppati) e al sistema di teleallarme diffuso sul territorio. Nei prossimi anni la vulnerabilità della popolazione ticinese alla canicola potrebbe aumentare a causa dell'invecchiamento e talvolta dell'impoverimento della popolazione e dell'affievolimento dei legami sociali.

Negli ultimi decenni i cambiamenti climatici e la globalizzazione del traffico di merci hanno inoltre portato in Ticino nuovi vettori di malattie esotiche come nuove specie di zanzare o di flebotomi (portatrici ad esempio della malattia infettiva Leishmaniosi) e vettori potenziali di patogeni virali come la dengue e la chikungunya. Si è osservato inoltre un aumento delle zecche (che trasmettono due importanti malattie: la Borreliosi di Lyme e l'encefalite da zecche) ad altitudini e latitudini più elevate e una diminuzione ad altitudini più basse a latitudini meridionali (UFSP/UFAFP, 2005).

Con l'aumento delle temperature sono cresciute anche la concentrazione e la durata di diffusione dei pollini (in particolar modo il polline di nocciolo, betulla e graminoidi) (UFSP/UFAFP, 2005). Le persone che soffrono di asma allergico e raffreddore da fieno sono soggette dunque a un periodo critico più lungo. Il riscaldamento del clima e i cambiamenti globali, sono concausa della diffusione sempre maggiore di nuove specie animali e vegetali invasive che possono avere un impatto sulla salute di persone e animali da reddito. L'*Ambrosia artemisiifolia*, altamente allergenica, *Heracleum mantegazzianum*, pianta fototossica

che provoca gravi dermatiti da contatto o *Senecio inaequidens*, specie che provoca cirrosi epatiche e epatocarcinomi negli animali da reddito, se sono solo alcuni esempi (UFSP/UFAFP, 2005).

2.2.3. Agricoltura

L'agricoltura ticinese si basa su 3 pilastri: economia lattiera, produzione ortofrutticola e produzione vitivinicola. Il settore agricolo occupa attualmente meno del 2 % della popolazione attiva del Ticino (percentuale diminuita drasticamente negli ultimi 100 anni) ovvero circa 3'000 persone. Nel 2011 vi erano in Ticino 1'177 aziende agricole (2 % delle aziende agricole svizzere), di cui 113 aziende biologiche (circa 300 impieghi). La superficie agricola utile copre circa il 5 % del territorio, corrispondente a 14'115 ha (-0.8 % dal 2000), di cui i 2/3 è costituita da prati e pascoli. L'agricoltura del piano è concentrata essenzialmente sul piano di Magadino, in valle Riviera e nel Mendrisiotto per le colture campicole, e nel Mendrisiotto, nel Luganese e nel Locarnese per quanto riguarda la superficie vignata.

Si tratta di un settore esposto ai cambiamenti climatici per antonomasia, la produzione agricola deve far fronte, oltre che ai cambiamenti delle temperature e dei regimi delle precipitazioni, anche all'arrivo sempre maggiore di nuovi insetti, fitopatologie e malerbe nocive. Il solo settore vitivinicolo è vittima, in misura sempre crescente, di nuovi fitofagi e malattie (ad esempio la flavescenza dorata presente in Ticino dal 2004, e la *Drosophila suzukii* dal 2011).

2.2.4. Bosco

Il 50 % ca. della superficie del Cantone è coperta da bosco. Oltre alle funzioni naturalistiche, paesaggistiche e di svago, il bosco ticinese riveste importanti funzioni di produzione (materia prima ed energia) e di protezione. Secondo i dati del progetto SilvaProtect, risulta infatti che ca. 1/5 dei boschi di protezione della Svizzera si trovano in Ticino. A livello cantonale si stima inoltre che ben il 39 % dei boschi ticinesi assume una funzione di protezione diretta nei confronti di insediamenti, infrastrutture e vie di comunicazione. Per la sua posizione geografica all'interno dell'arco alpino e per le caratteristiche topografiche e morfologiche, il territorio del Cantone Ticino è infatti soggetto alla maggior parte delle tipologie di pericolo naturale, dagli alluvionamenti alle esondazioni, dalle valanghe alle frane e alla caduta di sassi. In un simile contesto, la presenza di un'estesa area boschiva costituisce un elemento di fondamentale importanza per la mitigazione degli effetti di questi fenomeni naturali (Ceschi, Il bosco del Cantone Ticino., 2006). La composizione delle specie e lo sviluppo del bosco sono dunque considerevolmente dipendenti dal clima.

2.2.5. Infrastrutture e edifici

In Ticino ci sono 220'000 abitazioni e 103'227 edifici ad uso abitativo (dato relativo al 2011), l'83 % di queste abitazioni si trova negli agglomerati urbani di Lugano, Locarno, Bellinzona e Chiasso-Mendrisio. La superficie edificata in Ticino è di 158 km^2 ettari e copre il 2.3 % del territorio. Questa percentuale è aumentata significativamente negli ultimi anni; negli anni '80 essa si aggirava sull'1.7 % (UStat, 2014b).

In Ticino ci sono ca. 3'148 km di strade (dei quali 137 km sono di strade nazionali), la ferrovia si estende su circa 150 km ed esiste un solo aeroporto aperto a voli commerciali a Lugano-Agno (BFS, 2015).

Gli impianti di risalita in Ticino sono in totale circa 100, dei quali circa 2/3 sono sciovie. Diversamente dalla maggior parte degli impianti in Svizzera le funivie in Ticino sono utilizzate pressappoco egualmente in estate e in inverno (SBS, 2014).

Le reti di distribuzione dell'energia (in particolare dell'elettricità e del gas) rappresentano anche un'importante infrastruttura.

2.2.6. Gestione delle acque

Nel Cantone Ticino vi sono ca. 140 specchi d'acqua che possono essere suddivisi in: due laghi maggiori (lago Maggiore e lago di Lugano), i laghi di Origlio, Muzzano e Astano, i laghi sfruttati per la produzione di energia idroelettrica e i laghi alpini naturali (SPAAS, 2003).

Il deflusso dei fiumi è molto variabile. A causa dei pendii ripidi, dei suoli poco profondi e della scarsa permeabilità delle rocce, le precipitazioni si traducono in repentini aumenti della portata. Il clima è di importanza primaria per la determinazione dei deflussi e il fabbisogno di acqua.

L'acqua, limpida e bene ossigenata, scorre a velocità elevate soprattutto nella parte alta del corso d'acqua. Il letto dei torrenti e dei fiumi è costituito da rocce e grandi massi dove l'erosione del fondo prevale sull'accumulo di materiale. Solo nelle zone pianeggianti, di accumulo, lo scorrimento si fa più lento e il letto diventa ghiaioso o sabbioso (SPAAS, 2003).

L'acqua è una sostanza vitale e ricopre un ruolo fondamentale anche per diverse attività antropiche: per l'irrigazione nell'agricoltura, per la produzione di energia idroelettrica, per il raffreddamento di processi industriale, per il riscaldamento di edifici, per la navigazione, ecc.. Alla gestione delle acque spetta il compito di regolare l'utilizzo dell'acqua, senza trascurare le esigenze della biodiversità.

Per la gestione delle acque negli insediamenti – che comprende la distribuzione dell'acqua potabile e lo smaltimento delle acque luride – attualmente sono impiegate 729 persone (UStat, 2014b).

2.2.7. Turismo

Il Cantone Ticino vive soprattutto del terziario. Il turismo ne costituisce uno dei rami economici più importanti. In effetti, a livello cantonale, l'attività turistica nel 2012 ha generato un impatto del 12.0% sul totale dell'occupazione (ETP) e del 9.6% sul valore aggiunto lordo cantonale (PIL) (Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft, 2014).

Le condizioni climatiche, la bellezza del paesaggio, la ricchezza di beni culturali (EBP/SLF/WSL, 2013b) e la qualità delle strutture ricettive costituiscono le principali componenti dell'attrattività turistica tradizionale del Cantone (SPAAS, 2003).

2.2.8. Energia

Il settore energetico occupa circa 1'200 persone (ETP) (UStat, 2014b). Il costi annuali per l'energia in Ticino ammontano a circa 1.5 miliardi ci CHF il consumo medio pro capite di energia è pari a 29.6 MWh/a (nel 2013 il totale dei consumi sul territorio cantonale è stato di 10'265 GWh). Le fonti di questa energia sono per il 55 % prodotti petroliferi, per il 31 % elettricità (complessivamente 3'185 GWh/a), per l'11 % gas naturali e per il 3 % legna, calore ambiente o solare termico (SUPSI, 2014).

La mobilità e le abitazioni (riscaldamento in particolare) rappresentano i principali consumatori di energia (ca. il 60 % nel 2013). I processi industriali e i commerci sono responsabili del consumo di circa il 30 % di energia, di cui un'elevata quota è garantita dall'elettricità (SUPSI, 2014).

Il Canton Ticino è un importante produttore di energia elettrica. In particolare il settore idroelettrico fornisce ca. 3'664 GWh/a di energia rinnovabile (media pluriennale). Allo stato attuale le altre fonti di energia elettrica (piccoli impianti idroelettrici, impianti su acquedotti, impianti fotovoltaici e impianti di cogenerazione) hanno in termini assoluti un ruolo limitato (ca. 25-30 GWh/a) (SUPSI, 2014).

2.2.9. Biodiversità

Una moltitudine di fattori ecologici determina la straordinaria ricchezza degli ambienti naturali e quindi della diversità biologica del Ticino. Infatti, su un territorio relativamente limitato, si riscontra la presenza di substrati geologici completamente diversi e di contesti climatici che spaziano dai microclimi quasi subtropicali (Isole di Brissago) e submediterranei (es. a Castagnola), al mesoclima insubrico della zona dei grandi laghi prealpini, ai climi subatlantici delle valli occidentali (Centovalli, Verzasca), a quelli più continentali del sistema Riviera-Leventina, al clima boreale delle fasce subalpine e a quello polare delle quote sopra i 2'000 m. Il cospetto in epoca glaciale dei nunatak (aree libere dal ghiaccio) del Monte San Giorgio, del Generoso, del Tamaro, del Camoghè-Gazzirola e del Gridone, è all'origine della presenza di numerose specie e varietà endemiche su queste montagne.

L'essere umano, ha influenzato la vegetazione in punto tale che praticamente la totalità della superficie del Ticino ne ha subite le conseguenze. Una frazione importante della biodiversità, oggi spesso minacciata, è infatti legata ai sistemi agricoli tradizionali come gli alpeggi, i cedui e le selve, i prati e i pascoli estensivi, i vigneti e i frutteti tradizionali, i prati a strame e tutte le strutture a loro connesse. I cambiamenti climatici hanno un impatto crescente sulla biodiversità del Ticino, scombussolando potenzialmente gli equilibri ecologici che si sono istaurati negli ultimi 20'000 anni.

Si stima che il Ticino sia il cantone con la ricchezza floristica più importante, con circa 2'400 specie di piante vascolari. Le specie di briofite (muschi e epatiche) del Ticino sono circa 750, i funghi sono stimati a 3'500, i licheni a oltre 2'000 e gli animali a 40'000, la stragrande maggioranza dei quali sono invertebrati.

Anche la diversità genetica all'interno delle specie è una componente della biodiversità. Questa si aggiunge alla diversità degli ecosistemi e alla diversità delle specie. Per il Ticino (e per la Svizzera) esistono dati sulla diversità genetica solo per poche specie. Tuttavia è risaputo che nelle popolazioni con distribuzione disgiunta o situate in limite di area di distribuzione subentrano di norma processi di differenziazione genetica che portano all'evoluzione di genotipi unici. Rispetto alle specie con baricentro nel mediterraneo il Ticino si situa in limite di area e rispetto alle specie alpine si riscontrano numerose popolazioni disgiunte. Si può quindi ipotizzare che anche per quanto riguarda la componente genetica della biodiversità, il Ticino possieda un patrimonio assai importante (Museo Cantonale di Storia Naturale, 1990).

3. METODOLOGIA

3.1. PERICOLI E EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Le variazioni delle temperature, delle precipitazioni e dei venti a seguito dei cambiamenti climatici porteranno a una variazione nel manifestarsi (intensità e ricorrenza) di diversi pericoli e effetti naturali.

Nella Figura 12 sono rappresentati i pericoli e gli effetti dei cambiamenti climatici che verranno analizzati in questo studio. Questi pericoli/effetti sono stati selezionati per il caso di studio del Canton Argovia (EBP/SLF/WSL, 2013), e sono stati utilizzati anche per i casi di studio seguenti per facilitarne il confronto.

I pericoli e gli effetti sono suddivisi in base al fattore meteorologico a cui sono legati (vento, temperatura e precipitazioni) e in base alla durata del loro effetto (da ore a giorni, settimane e da mesi a anni).

Lo sviluppo futuro della ricorrenza e l'intensità di questi pericoli naturali è analizzato nel capitolo 4.5.

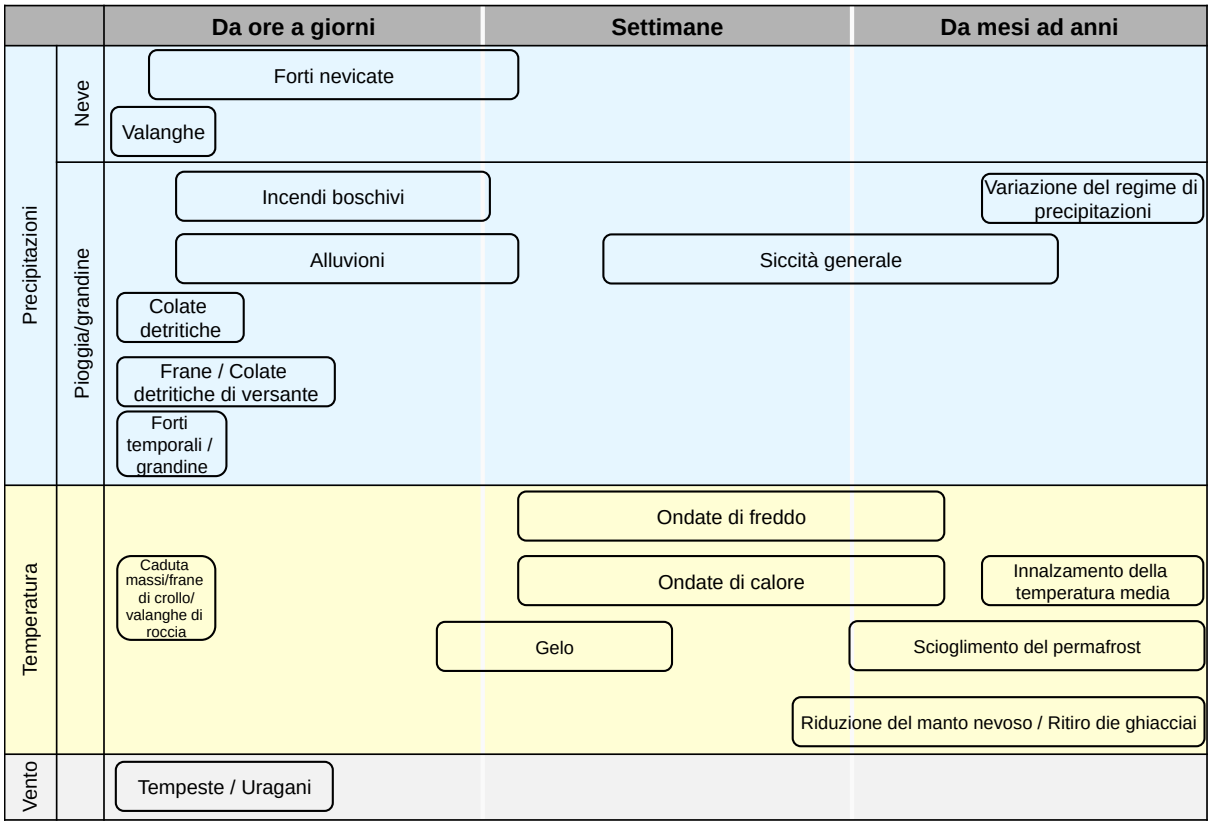


Figura 12: ***Pericoli ed effetti dei cambiamenti climatici analizzati. I pericoli e gli effetti sono suddivisi in funzione del fattore meteorologico a cui sono legati (vento, temperatura o precipitazioni) e della durata del loro effetto (EBP/SLF/WSL, 2013b).***

3.2. DEFINIZIONE DI RISCHI E OPPORTUNITÀ

Rischi e opportunità sono sovente da considerare come gemelli diversi. Sovente quello che per taluni è un'opportunità per altri può essere un rischio. Dipende dalla prospettiva che si

adotta. Ad esempio l'innalzamento della temperatura media è un'opportunità per la società che dovrà spendere di meno per il riscaldamento, ma è un rischio per le aziende che vendono olio combustibile o gas naturale. Nel presente rapporto la prospettiva che verrà adottata per valutare se un cambiamento è un'opportunità oppure un rischio è quella della società e della politica climatica.

I cambiamenti climatici possono portare a dei pericoli e a effetti che possono causare (potenzialmente) danni di diversa ampiezza.

In maniera semplificata i danni potenziali possono essere espressi come il prodotto di 3 fattori:

Danni potenziali = Minaccia × Valori × Vulnerabilità

Se i cambiamenti climatici portano ad un aumento dei danni potenziali si parla di rischi. I cambiamenti climatici possono anche avere effetti positivi, che se opportunamente sfruttati possono portare alla creazione di un valore aggiunto. Essi possono anche avere come conseguenza quella di ridurre i danni potenziali legati a pericoli già esistenti. In questi casi si parla di opportunità.

Nel presente documento la *minaccia* è rappresentata dai 16 pericoli e effetti. La minaccia di un pericolo naturale come ad esempio una colata di detriti è determinata dalla sua intensità (forza e estensione) e dalla frequenza rispettivamente dalla probabilità che si verifichi. I cambiamenti climatici influenzano soltanto la minaccia: un determinato pericolo naturale può diventare più o meno intenso oppure più o meno frequente. Nel concetto di *valori* rientrano le persone, gli animali, i beni materiali, gli edifici ecc. che sono esposti alla minaccia e che possono essere feriti o danneggiati. La *vulnerabilità* definisce il livello dei danni che i valori possono subire se vengono esposti ad una minaccia di una determinata entità. Essa è definita da 3 fattori: l'esposizione, la sensibilità (fragilità) e la capacità di adattamento (versatilità).

Si parla dunque di danni potenziali quando dei valori vengono esposti a una minaccia. I danni, quando si concretizzano, non sono dunque solo una questione della minaccia, ma anche dei valori e della loro vulnerabilità. I provvedimenti di una strategia di adattamento ai cambiamenti climatici hanno come obiettivo minimo quello di non far crescere i danni potenziali. Sulla base dell'equazione in alto ciò può solo riuscire se si riduce la vulnerabilità dei valori. La minaccia può essere solo ridotta con provvedimenti di protezione del clima (v. riduzione delle emissioni di CO_2).

Nel presente lavoro devono essere quantificati anche i rischi e le opportunità non direttamente riconducibili a danni potenziali. In parte questo compito è più difficile perché i danni si concretizzano direttamente come conseguenza di un pericolo o effetto e possono quindi essere meglio delimitati e stimati. Le opportunità non legate a danni potenziali devono essere ricercate in maniera attiva e affinché possano creare risp. mantenere un valore aggiunto a livello economico, ambientale o sociale. A differenza di un rischio non ha senso parlare di un'opportunità con un periodo di ritorno di 100 anni (ANU, 2015).

3.3. SETTORI D'IMPATTO

I rischi e delle opportunità legati ai pericoli e gli effetti dei cambiamenti climatici (vedi capitolo 3.1) vengono analizzati su diversi settori d'impatto: salute, agricoltura, bosco e economia forestale, infrastrutture e edifici, gestione delle acque, turismo, energia e biodiversità.

3.4. INDICATORI E MONETIZZAZIONE

Per quantificare e comparare i diversi effetti dei cambiamenti climatici vengono utilizzati degli indicatori. Gli indicatori sono stati definiti da (EBP/SLF/WSL, 2013b) e sono stati sviluppati per concretizzare e rendere misurabili i cambiamenti climatici attesi.

Gli indicatori devono soddisfare i seguenti criteri: devono essere rappresentativi per gli effetti in tutti i settori d'impatto, se possibile devono essere quantificabili, valutabili ("positivo o negativo"), nel limite del possibile devono essere confrontabili con altri indicatori (monetizzabili), devono essere disponibili dati o dev'essere possibile svolgere stime (almeno parzialmente, le incertezze possono anche essere molto vaste).

	Indicatore	**Unità**	**Monetizzazione (in CHF)**
Economia	Ricavi	in CHF	1:1
	Costi	in CHF	1:1
	Danni patrimoniali e di gestione	in CHF	1:1
Società	Persone colpite dalla canicola	N. di persone/giorni di canicola	50
	Persone colpite dal freddo	N. di persone/giorni di ghiaccio	10
	Persone evacuate	Numero	10'000
	Sinistrati	Numero	10'000
	Persone toccate dalla perdita di superfici abitate	Numero	100'000
	Posti di lavoro persi	Numero	100'000
	Posti di lavoro guadagnati	Numero	100'000
	Persone affette da allergie	Numero di persone-giorni	10
	Feriti e malati	Numero	100'000
	Morti	Numero	5'000'000
Ambiente	Valutazione qualitativa della variazione della diversità delle specie e della superficie di biotopi pregiati.		

Tabella 2: Indicatori per la monetizzazione degli impatti dei cambiamenti climatici sull'economia, la società e l'ambiente (EBP/SLF/WSL, 2013b).

Una lista degli indicatori utilizzati in quest'analisi è esposta nella Tabella 2. Il valore di monetizzazione dei diversi indicatori permette il confronto diretto e l'aggregazione dei rischi e le opportunità dei cambiamenti climatici sui vari settori d'impatto. I valori monetizzati non devono dunque essere utilizzati quali valori assoluti ma solo a scopo di migliorare la comparabili-

tà fra più settori. Gli impatti dei cambiamenti climatici sulla società monetizzabili sono definiti come costi.

Gli impatti dei cambiamenti climatici sull'ambiente (settore d'impatto biodiversità) non possono essere definiti quantitativamente come per gli altri settori. In questo studio i rischi e le opportunità dei cambiamenti climatici sulla biodiversità saranno dunque gli unici ad essere valutati qualitativamente e non quantitativamente.

3.5. VALORE ATTESO E PERIODO DI RITORNO

I rischi e le opportunità futuri sono valutati in base al cambiamento del valore attuale atteso. Nel caso di danni causati da pericoli naturali, il valore atteso è valutato sulla base di una suddivisione in classi dei valori annuali registrati. La suddivisione in classi è basata sul periodo di ritorno della somma annuale dei danni; ad esempio somme di danni che sono state raggiunte approssimativamente tutti gli anni nel periodo di osservazione hanno un periodo di ritorno di 1 anno, somme di danni che sono state raggiunte circa 6 volte negli ultimi 30 anni hanno un periodo di ritorno di 5 anni, somme che sono state raggiunte 3 volte di 10 anni e somme che sono state raggiunte 1 sola volta di 30 anni.

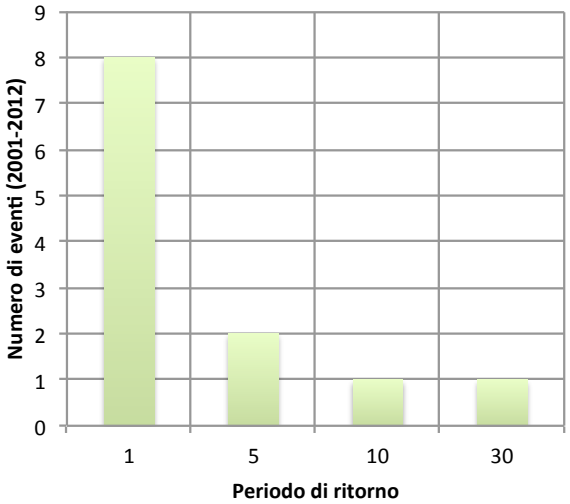


Figura 13: ***Esempio della suddivisione delle somme annuali dei danni a dipendenza del loro periodo di ritorno. In 8 dei 12 anni di osservazione la somma totale dei danni ha raggiunto valori per i quali si è stimato un periodo di ritorno di 1 anno, in 2 anni la somma dei danni ha raggiunto valori corrispondenti a un periodo di ritorno di 5 anni, mentre la somma corrispondente ad un periodo di ritorno di 10 e 30 anni è stata raggiunta una volta.***

Nella Figura 13 è raffigurata la suddivisione in classi adottata per i danni annuali causati da frane e colate detritiche a beni mobili. In questo caso il periodo di osservazione è di 12 anni (2001-2012). Le classi di danni annuali scelte per la suddivisione degli eventi a dipendenza del periodo di ritorno sono descritte nella didascalia dell'immagine. Ad un periodo di ritorno di 1 anno appartengono, in questo esempio, danni annuali minori di 0.4 milioni di CHF, ad un periodo di ritorno di 5 anni danni da 0.4 a 0.6 milioni di CHF, per un periodo di ritorno do 10 anni danni da 0.6 a 1.1 milioni di franchi mentre ad un periodo di ritorno di 30 anni danni maggiori 1.1 milioni di CHF.

Per permettere una maggiore comparabilità e proporzionalità fra i dati; la somma dei danni ad un settore specifico (ad esempio: edifici, beni mobili, ferrovia, evacuati, morti, feriti, ecc.) causati dai diversi pericoli naturali vengono suddivisi in classi proporzionali fra loro (vedi anche allegati A3-A6).

Il valore atteso della somma dei danni per il periodo di riferimento corrisponde alla somma media dei danni per ogni classe rapportata al periodo di ritorno definito. Nel caso esposto nella Figura 13 il valore atteso della somma dei danni è definito come:

$$S_{Danni} = \frac{0.2 \text{ milioni di CHF}}{1 \text{ anno}} + \frac{0.5 \text{ milioni di CHF}}{5 \text{ anni}} + \frac{0.9 \text{ milioni di CHF}}{10 \text{ anni}} + \frac{2.2 \text{ milioni di CHF}}{30 \text{ anni}} = 0.5 \frac{\text{milioni di CHF}}{\text{anno}}$$

Per il calcolo degli scenari futuri la variazione di tutti i pericoli naturali è valutata individualmente per i diversi periodi di ritorno.

3.6. INCERTEZZE

In questo studio per tutti gli impatti dei pericoli e degli effetti dei cambiamenti climatici sui diversi settori d'impatto vengono analizzate anche le incertezze.

Incertezza	**Fattore d'incertezza f**	**Esempi**		
		Incertezze nei modelli nella valutazione dei rischi e delle opportunità attuali.	Non conoscenza degli impatti degli scenari climatici sui rischi e le opportunità futuri.	Non conoscenza degli impatti degli scenari socio-economici sui rischi e le opportunità futuri.
Molto bassa	$0.93 \leq f \leq 1.1$	I rischi attuali possono essere ricavati da statistiche ticinesi.	-	-
Bassa	$0.8 \leq f \leq 1.3$	I rischi odierni possono essere ricavati da statistiche dei danni.		Sviluppo della popolazione, della superficie utile agricola e della superficie forestale.
Media	$0.5 \leq f \leq 2$	I rischi dipendono da eventi estremi e la loro ricorrenza è difficile da stimare.	Conseguenze di siccità e ondate di calore sull'agricoltura o sulla produzione energetica	Aumento di aziende agricole o forestali, aumento del numero di edifici e del loro valore medio.
Grande	f è al di fuori dell'intervallo: $0.5 \leq f \leq 2$	I rischi dipendono fortemente da eventi estremi, è solo possibile stimare approssimativamente la loro ricorrenza.	Cambiamenti nella ricorrenza di alluvioni a seguito dei cambiamenti climatici (variazioni nel regime medio di precipitazioni). Effetti dei parametri climatici sul turismo	Costi di produzioni per l'agricoltura, prezzo del legno, prezzo dell'energia, ecc.

Tabella 3: Classificazione delle incertezze dell'analisi quantitativa dei rischi e delle opportunità (EBP/SLF/WSL, 2013b).

La definizione dell'incertezza di ogni impatto viene assegnata sulla base del grado di non conoscenza, di insicurezza o di completezza dei dati da cui deriva l'impatto o dalla tipologia

di questi dati. Il fattore (ammontare) d'incertezza in questione viene scelto sulla base di 4 categorie (vedi Tabella 3). Le categorie dei fattori d'incertezza sono, anche in questo caso, state utilizzate anche per gli altri casi di studio, facilitandone il confronto.

3.7. EVENTI ESTREMI

Gli impatti di eventi estremi dei diversi pericoli/effetti su ciascun settore possono discostarsi anche di molto dai valori attesi.

Una problematica di attualità (SciLogs, 2013) è quella della persistenza delle condizioni metereologiche nel contesto dei cambiamenti climatici. Condizioni metereologiche critiche (per quanto riguarda i pericoli naturali) persistenti possono, infatti, essere determinanti nel manifestarsi di situazioni estreme (precorritrici degli eventi estremi), in particolare in relazione a fenomeni come precipitazioni intense siccità sull'arco di più settimane.

Per valutare anche gli effetti di questi tipi di eventi che potrebbero essere accentuati o ridotti dai cambiamenti climatici, il gruppo di lavoro valuta per ogni combinazione rilevante gli impatti di un evento con un periodo di ritorno di 100 anni (evento secolare).

La definizione del periodo di ritorno di un evento estremo è molto difficoltosa a causa della mancanza di dati storici dettagliati. Le serie storiche di danni disponibili sono molto spesso inferiori ai 100 anni e dunque non sufficientemente indicative per la definizione di un evento centennale. Le serie storiche sono inoltre rappresentative per gli eventi estremi del passato e non prettamente per la situazione attuale. Lo stesso evento in passato e oggi non porterebbe alle stesse conseguenze.

Talvolta i dati relativi ad esempio ai danni di un evento estremo non erano disponibili. Il gruppo di lavoro ha, in questi casi, analizzato le serie storiche (con un periodo d'osservazione limitato) tramite la distribuzione statistica degli eventi estremi di Gumbel, che consente un'analisi degli eventi estremi a partire da un numero ridotto di osservazioni (Gumbel, 1935).

Per ricavare la distribuzione degli eventi in base al loro periodo di ritorno è necessario calcolare la frequenza empirica F di ogni osservazione dell'evento in questione:

$$F = \frac{Rango}{Numero\ di\ osservazioni + 1} .$$

Il rango di un'osservazione corrisponde alla posizione che essa assume se tutte le osservazioni sono ordinate dal valore minore al valore maggiore (se ad esempio l'osservazione x presenta il secondo valore maggiore di una serie di 10 dati, il suo rango sarà 9).

Sulla base della frequenza empirica, per ogni osservazione, può essere calcolato anche il valore della variabile ridotta di Gumbel (u):

$$u = -\ln(-\ln(F)) .$$

Il valore delle osservazioni viene poi raffigurato in funzione della variabile ridotta di Gumbel. Nell'esempio riportato nella Figura 14 i danni a edifici (in milioni di CHF) causati da tempeste e uragani sono riportati in funzione dei corrispondenti valori di u.

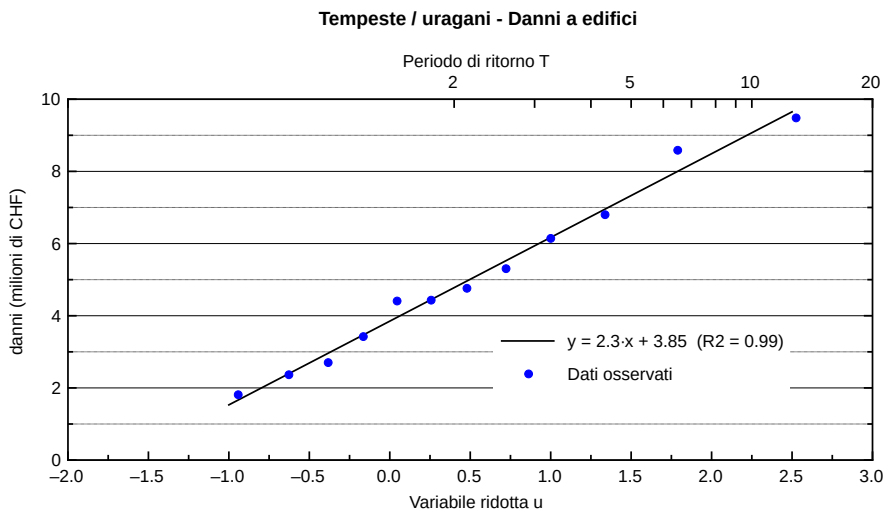


Figura 14: ***Esempio di applicazione della legge di Gumbel per il calcolo dei danni di un evento estremo. In questo caso i danni ad edifici causati da tempeste e uragani sono raffigurati in funzione della variabile ridotta.***

Come si può osservare nella Figura 14 dalla relazione fra la variabile ridotta u e l'ammontare dei danni per i diversi ranghi si può definire una retta di regressione lineare tramite la quale è possibile ricavare l'ammontare dei danni di un evento estremo (periodo di ritorno 100 anni). La frequenza empirica può essere messa in relazione con il periodo di ritorno (T) secondo la seguente equazione (per T = 100 anni):

$$F = \frac{T-1}{T} = \frac{100-1}{100} = 0.99 \qquad e \qquad u = -\ln(-\ln(0.99)) = 4.6$$

Dove T è definito come:

$$T = \frac{\text{Numero di osservazioni} + 1}{\text{Numero di osservazioni} + 1 - \text{rango}}\,.$$

Nel caso dei danni di tempeste e uragani a edifici si calcola ad esempio che un evento con un periodo di ritorno di 100 anni causi danni pari a:

$$\text{Danni evento estremo} = 2.32 \cdot 4.6 + 3.85 = 15 \text{ milioni di CHF}$$

Nei casi in cui i valori delle serie storiche presentavano diversi anni in cui l'ammontare di perdite era nullo (ad esempio morti a causa di frane e colate detritiche) per determinare la tendenza in funzione della variabile ridotta sono stati analizzati solo i dati con perdite diverse da zero.

3.8. WILD CARD

I rischi e le opportunità dei cambiamenti climatici analizzati quantitativamente in questo studio possono, in situazioni molto estreme, risultare nettamente maggiori rispetto a quanto atteso. Le wild card rappresentano una stima dei possibili rischi di grande entità dei cambiamenti climatici in circostanze particolarmente improbabili e rappresentate da una grande insicurezza. I possibili impatti possono essere in questi casi nettamente maggiori rispetto ad altre conseguenze dei cambiamenti. La valutazione delle wild card ha dunque come scopo quello di fornire una stima plausibile dell'impatto di eventi imprevedibili.

3.9. ANALISI DI SENSITIVITÀ

La previsione dell'evoluzione futura di pericoli ed effetti associati ai diversi scenari climatici è caratterizzata da un'importante incertezza. In alcuni casi, a causa dei molteplici fattori che entrano in gioco nella valutazione e della complessità del fenomeno sotto studio, l'incertezza è talmente elevata da non permettere previsioni delle tendenze future. Per valutare l'impatto di questo tipo di pericoli o effetti sui rischi e le opportunità dei cambiamenti climatici si ricorrerà ad un'analisi di sensitività. Essa permette di verificare quanto robusti siano i risultati in funzione di eventuali cambiamenti associati all'evoluzione dell'effetto sotto studio.

Per il presente caso di studio l'analisi di sensitività sarà limitata alla valutazione degli influssi dei pericoli "forti temporali/grandine" e "tempeste/uragani" sui diversi settori d'impatto. Più precisamente saranno analizzati gli effetti di un aumento, rispettivamente diminuzione di un fattore 1.5 nella frequenza di questi eventi meteorologici rispetto ad oggi. In tal modo possono essere testati gli influssi delle possibili evoluzioni future di questi due pericoli sul bilancio totale dei rischi e delle opportunità nei settori d'impatto interessati. Nei diversi scenari climatici la frequenza di "forti temporali/grandine" e "tempeste/uragani" sarà assunta uguale a quella odierna.

Per gli impatti dovuti a "forti temporali/grandine" e "tempeste/uragani" analizzati qualitativamente non è stata svolta un'analisi di sensitività poiché troppo incerta. Nei capitoli corrispondenti è stato però discusso approfonditamente (in maniera qualitativa) l'impatto in questione e la possibile incidenza che esso avrebbe se queste tipologie di pericoli naturali in futuro dovessero variare.

3.10. ANALISI QUALITATIVA

Non tutti gli effetti e i pericoli dei cambiamenti climatici possono essere valutati quantitativamente.

Per quegli aspetti che non possono essere valutati quantitativamente il gruppo di lavoro assieme ad esperti settoriali definisce una classe di rilevanza, tramite la quale è possibile dare un significato al totale dei rischi e delle opportunità di un settore d'impatto analizzati qualitativamente in confronto a quelli analizzati quantitativamente (vedi Tabella 4). Il fattore di conversione viene moltiplicato con i risultati quantitativi dello scenario corrispondente.

Valutazione qualitativa	Fattore di comparabilità
Maggiore	3
Comparabile	1
Minore	1/3
Molto minore	1/10
Non Rilevante	0

Tabella 4: Significato, in confronto con impatti quantificabili, di impatti non quantificabili (analizzati qualitativamente).

I fattori analizzati quantitativamente e quelli analizzati qualitativamente vengono infine aggregati in una valutazione qualitativa complessiva dei rischi e delle opportunità dei diversi

settori d'impatto (vedi capitolo 1). Questa valutazione complessiva dell'effetto dei cambiamenti climatici si basa sulle seguenti classi qualitative: molto positivo, positivo, piuttosto positivo, neutro, piuttosto negativo, negativo e molto negativo.

4. SCENARI

4.1. SCENARI CLIMATICI

Le oscillazioni e i cambiamenti del clima globale degli ultimi decenni sono ben documentati e misurabili. All'interno del mondo scientifico è presente un consenso diffuso nel ricondurre le cause dei cambiamenti climatici in atto negli ultimi decenni alle attività antropiche, in particolar modo all'emissione di gas ad effetto serra (IPCC, 2013). La concentrazione attuale di anidride carbonica – uno dei principali gas a effetto serra – nell'atmosfera (396 ppm nel 2013) supera in modo rilevante il valore medio delle oscillazioni degli ultimi 650'000 anni (150-300 ppm), misurato grazie a carotaggi effettuati nell'Antartide (IPCC, 2013). Queste misure hanno inoltre mostrato l'esistenza di una correlazione fra la concentrazione di CO_2 nell'aria e la temperatura media (Perroud & Bader, 2013).

La costruzione di previsioni per l'andamento del clima futuro necessita quindi di scenari per l'evoluzione futura delle emissioni di gas a effetto serra, in particolare di CO_2.

4.1.1. Scenari di emissione

Gli scenari climatici analizzati in questo studio sono basati su due scenari di emissione di gas a effetto serra (vedi Figura 15) (CH2011, 2011).

Lo scenario A1B non prevede un intervento a livello globale sulle emissioni di CO_2, ma considera un equilibrio tra energie fossili e rinnovabili dovuto ai progressi tecnologici. Esso considera inoltre una rapida crescita economica, una crescita della popolazione mondiale solo fino alla metà del secolo e una massiccia introduzione di nuove tecnologie più efficienti. Nello scenario RCP3PD – più ottimistico – le concentrazioni di gas a effetto serra vengono stabilizzate a un livello di 450 ppm di CO_2-equivalente. In tale maniera il riscaldamento globale rispetto all'era preindustriale dovrebbe non superare i 2°C; obiettivo fissato nell'ambito della conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici a Cancún/Mexico nel 2010

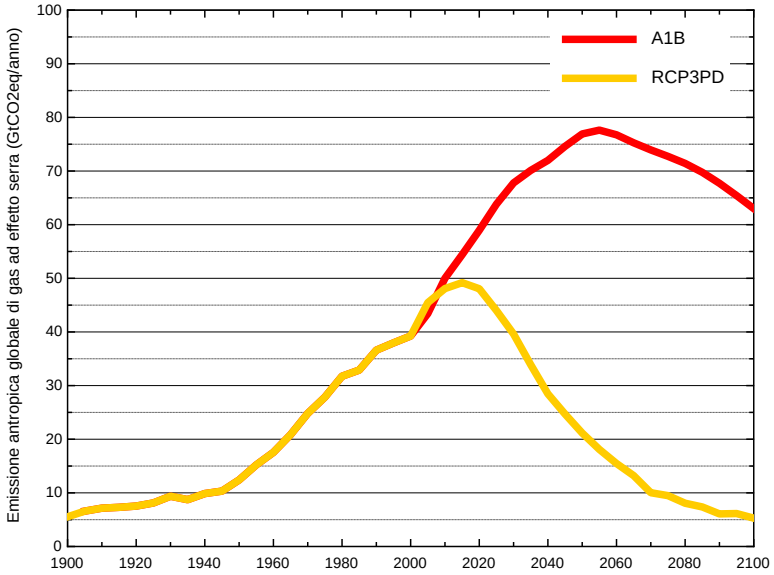


Figura 15: ***Scenari di emissione di gas a effetto serra A1B (scenario più pessimistico) e RCP3PD (scenario ottimistico) tratti da: (CH2011, 2011). In questo studio saranno analizzati i valori degli anni 2010 e 2060.***

4.1.2. Scenari climatici

Nel corso della presente indagine saranno analizzati i rischi e le opportunità dei cambiamenti climatici sulla base di uno scenario di riferimento e due scenari futuri per l'anno 2060.

Lo scenario di riferimento corrisponde al clima del 2010 ed è calcolato sulla base dei dati del trentennio 1980-2009 (rispettivamente 1981-2010). Per l'orizzonte temporale 2060 (basato sui dati del trentennio 2045-2074) sono stati analizzati due scenari. Lo scenario "2060 debole" è il più ottimistico e si basa sui valori di temperatura e precipitazione medi calcolati secondo lo scenario di emissione RCP3PD (CH2011, 2011) (vedi capitolo 4.1.1). Lo scenario "2060 forte" si basa invece sui valori peggiori di temperatura e precipitazione calcolati secondo lo scenario di emissione A1B (CH2011, 2011) (vedi capitolo 4.1.1). Come si può osservare nella Figura 16 e nella Figura 17 per quanto riguarda le temperature i valori peggiori corrispondono all'aumento massimo di temperatura previsto dallo scenario A1B. Per quanto riguarda le precipitazioni sono invece considerate le precipitazioni minime in estate e autunno e le precipitazioni massime in inverno e primavera.

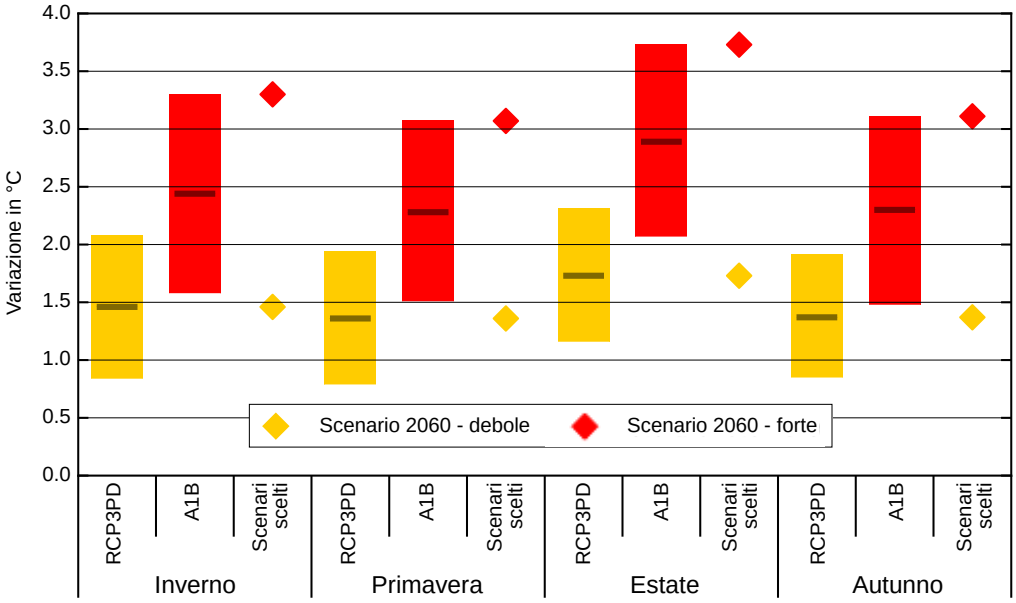


Figura 16: ***Variazione delle temperature stagionali al sud delle Alpi. La variazione (in °C) è riferita al confronto fra lo scenario di riferimento e lo scenario RCP3PD 2060 (giallo) e fra lo scenario di riferimento e lo scenario A1B 2060 (rosso) (CH2011, 2011). I valori contrassegnati da rombi gialli e rossi corrispondono alle variazioni degli scenari 2060 "debole" e "forte" (EBP/SLF/WSL, 2013b).***

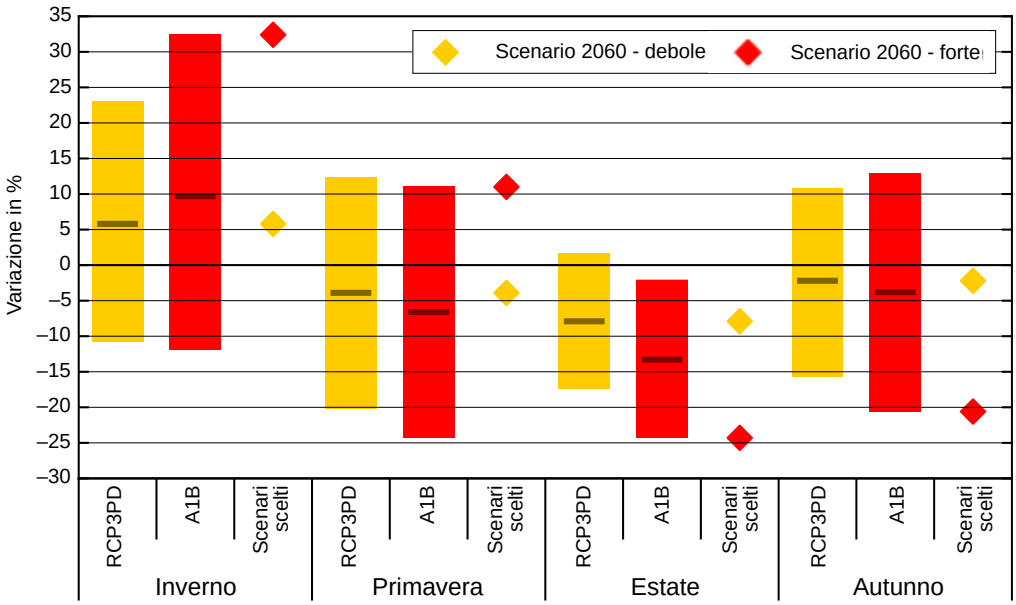


Figura 17: ***Variazione delle precipitazioni stagionali al sud delle Alpi. La variazione (in %) è riferita al confronto fra lo scenario di riferimento e lo scenario RCP3PD 2060 (giallo) e fra lo scenario di riferimento e lo scenario A1B 2060 (rosso) (CH2011, 2011). I valori contrassegnati da rombi gialli e rossi corrispondono alle variazioni degli scenari 2060 "debole" e "forte" (EBP/SLF/WSL, 2013b).***

4.1.3. Incertezza degli scenari

Le evoluzioni climatiche associate a diversi scenari di emissione, come illustrato nella Figura 16 e nella Figura 17, sono caratterizzate da una grande incertezza (vedi lunghezza delle banda d'incertezza della previsione). Esperti del campo valutano che, assumendo che il corrispondente scenario d'emissione si verifichi, la temperatura futura si situerà all'interno di queste bande d'errore con una probabilità del 66 % o maggiore (CH2011, 2011). L'incertezza sulle precipitazioni è invece maggiore; si valuta che l'evoluzione futura delle precipitazioni si situerà all'interno delle bande con una probabilità di circa il 50 % (CH2011, 2011).

Per quanto riguarda gli scenari climatici "debole" e "forte" non è presente alcuna banda di incertezza. La scelta di questi scenari ha infatti lo scopo di rappresentare gli estremi di una possibile evoluzione futura del clima. In questo senso l'insieme di valori compreso fra le previsioni dello scenario "debole" e "forte" può essere interpretato come un intervallo realistico in cui si situerà una probabile evoluzione futura. I due scenari devono quindi essere visti come limite inferiore e superiore di probabili futuri cambiamenti climatici.

4.1.4. Fenomeni metereologici estremi

Vista l'incertezza presente nell'allestimento di previsioni sull'evoluzione del clima, è necessaria particolare prudenza anche nell'interpretare i valori previsti degli indicatori climatici legati a fenomeni meteorologici estremi. Particolarmente sensibili sono gli indicatori che si trovano ai limiti delle distribuzioni di temperatura e precipitazioni, quali ad esempio giorni o notti tropicali, giorni di gelo e giorni con precipitazioni forti (vedi capitolo 4.1.5). Vista la forma delle distribuzioni delle frequenze, è sufficiente un piccolo cambiamento nell'ampiezza di distri-

buzione per far cambiare in modo importante i valori di questi indicatori; come illustrato nella Figura 18.

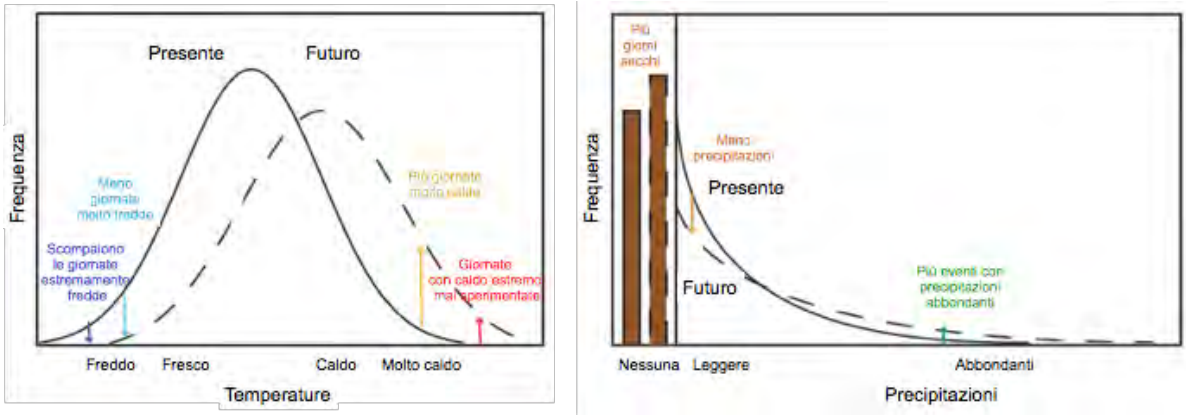


Figura 18: ***Rappresentazione schematica dei possibili effetti di cambiamenti nella distribuzione di frequenze di temperature e precipitazioni. La linea continua rappresenta la situazione attuale, mentre quella tratteggiata una possibile evoluzione futura. Cambiamenti nelle distribuzioni (valore medio, variabilità e forma) possono portare potenzialmente a variazioni nella frequenza e nell'intensità di estremi caldi, freddi, umidi e secchi. Fonte: CH2011 (2011).***

È inoltre importante sottolineare che i dati locali relativi all'evoluzione futura dei diversi indicatori climatici che saranno utilizzati in questo studio derivano da un modello con una risoluzione spaziale di 2x2 km. Il metodo di calcolo e le incertezze legate al "downscaling" delle proiezioni climatiche a livello locale su una griglia di 2x2 km sono descritti in (Zubler, Fischer, Liniger, Croci-Maspoli, Scherrer, & Appenzeller, 2014).

4.1.5. Indicatori climatici

Per caratterizzare l'evoluzione climatica del cantone Ticino, oltre ai valori medi di temperatura e precipitazioni, saranno utilizzati diversi indicatori climatici, costruiti a partire da grandezze meteorologiche classiche.

Questi parametri permettono di mettere in evidenza i diversi effetti dei cambiamenti climatici. A seconda delle caratteristiche della zona che si intende analizzare, saranno scelti parametri diversi adatti a descrivere il clima locale. Per le zone di montagna, ad esempio, il numero di giorni tropicali è poco rappresentativo dato che questi non si verificano mai, mentre parametri quali giorni di gelo o invernali risultano più idonei per descriverne il clima.

La descrizione degli indicatori che saranno usati in seguito è presentata in Tabella 5.

Nome dell'indicatore	Descrizione
Giorni estivi	Giorni con temperatura massima ≥ 25°C.
Giorni tropicali	Giorni con temperatura massima ≥ 30°C.
Notti tropicali	Giorni con temperatura minima ≥ 20°C.
Giorni molto caldi	Giorni con temperatura massima ≥ 35°C e temperatura minima ≥ 20°C.
Giorni di gelo	Giorni con temperatura minima < 0°C.
Giorni di gelo notturno	Giorni con temperatura massima > 0°C e temperatura minima ≤ 0°C.
Giorni invernali	Giorni con temperatura massima < 0°C.
Giorni di disgelo	Giorni con temperatura minima ≥ 0°C.
Giorni di raffreddamento	Giorni con temperatura media ≥ 18.3°C.
Giorni di riscaldamento	Giorni con temperatura media < 12°C.
Gradi-giorni raffreddamento	Somma delle differenze giornaliere tra la temperatura media dei giorni di raffreddamento e 18.3°C.
Gradi-giorni riscaldamento	Somma delle differenze giornaliere tra 20°C e la temperatura media dei giorni di riscaldamento.
Giorni con neve nuova	Giorni con precipitazioni > 1 mm d'acqua e temperatura media < 2°C.
Giorni con neve bagnata	Giorni con precipitazioni > 1 mm d'acqua e temperatura media tra -2°C e 2°C.
Giorni con neve al suolo	Giorni con coltre di neve al suolo ≥ 1 cm.
Durata del periodo di vegetazione	Intervallo di giorni dalla prima comparsa di un periodo di 6 giorni con temperatura media > 5°C fino alla prima comparsa di un periodo di 6 giorni con temperatura media < 5°C, dove l'ultimo deve avere luogo dopo il 1. di luglio. Se il primo periodo di 6 giorni ha luogo dopo il 1. luglio, o non si verifica un secondo periodo dopo il 1. luglio questo parametro è "non definito".
Indice di Huglin	Il calcolo dell'indice di Huglin è dato dalla seguente formula: $\sum 1.045 \cdot \left(\frac{T_{max}+T_{media}-20}{2}\right)$. Il fattore 1.045 corrisponde a una correzione per la latitudine. La somma viene effettuata su tutte le giornate con $T_{max}+T_{media} \geq 20°C$ del periodo 01.04-30.09.

Tabella 5: Elenco degli indicatori climatici utilizzati in questo rapporto (MeteoSvizzera, 2014a).

I dati degli indicatori climatici utilizzati in questo studio derivano da un modello con una risoluzione spaziale di 2x2 km (Zubler, Fischer, Liniger, Croci-Maspoli, Scherrer, & Appenzeller, 2014).

4.2. EVOLUZIONE DEL CLIMA IN TICINO

Prima di considerare le previsioni relative all'evoluzione futura dei parametri climatici, nel seguente capitolo sono brevemente analizzati l'andamento del clima in passato e la situazione climatica odierna in Ticino.

4.2.1. Evoluzione climatica osservata

Il Canton Ticino è caratterizzato da un territorio molto eterogeneo: si passa dagli oltre 3'000 m s.l.m. delle montagne del Nord del Cantone alle zone pianeggianti e collinari del Sud, a quote inferiori ai 300 m s.l.m. Il clima risulta di conseguenza essere molto variegato: le alte valli e le zone alpine sono caratterizzate da un clima prettamente invernale con nevicate e un numero elevato di giorni di gelo, mentre le pianure presentano un clima più mite con temperature elevate e giornate molto calde nei mesi estivi. La presenza della catena montuosa delle Alpi tende inoltre ad alterare gli effetti delle principali correnti atmosferiche, e a influenzare in modo marcato diversi fenomeni meteorologici che si verificano sul territorio. Anche la vicina pianura padana esercita un influsso sul clima della zona meridionale del Cantone, attraverso l'afflusso di nebbie, foschie e sostanze inquinanti (MeteoSvizzera, 2012).

Allo scopo di tenere conto di queste peculiarità del clima ticinese saranno analizzati i dati di due stazioni di misura: Lugano (273 m s.l.m.), quale rappresentante delle zone collinari e di pianura; e San Bernardino (1639 m s.l.m.) e Gran San Bernardo (2'472 m s.l.m) per le zone alpine di montagna.

Evoluzione del clima (1864-2014) nelle zone collinari e di pianura

I dati misurati a Lugano nel periodo 1864-2014 mostrano, a partire dal 1980, un chiaro aumento della temperatura media in tutte le stagioni (Figura 19). L'aumento risulta essere particolarmente marcato in primavera ed in estate, mentre in inverno e in autunno il cambiamento è meno pronunciato. A livello quantitativo la temperatura media annuale di Lugano mostra un aumento medio di 0.39°C per decade nel periodo 1961-2014. È inoltre interessante notare come i dieci anni più caldi (temperatura media annua più elevata) dal 1864 risalgano all'ultimo ventennio.

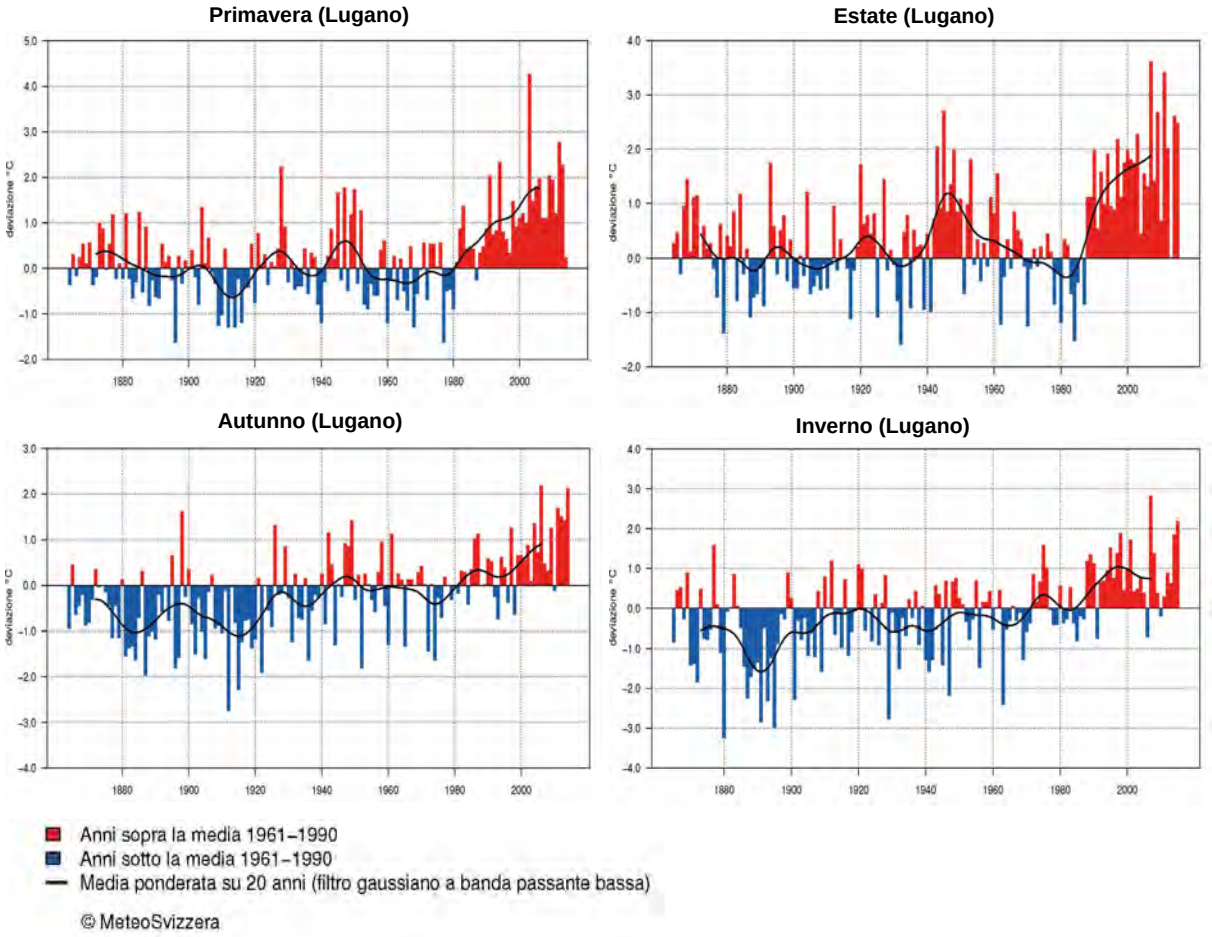


Figura 19: Evoluzione della temperatura stagionale[2] media misurata a Lugano durante il periodo 1864-2014 (deviazione rispetto alla media 1961-1990) (MeteoSvizzera 2014).

Un parametro particolarmente rappresentativo per l'evoluzione del clima a Lugano degli ultimi decenni è il numero annuo di giorni estivi (Figura 20).

Le misure mostrano chiaramente una tendenza verso un aumento dei giorni estivi annui: si è passati dai circa 40 giorni estivi attorno al 1970 ai 70 che caratterizzano l'ultimo decennio. Il picco più alto del grafico (112 giorni estivi) corrisponde all'anno 2003, caratterizzato da una particolare ondata di caldo.

2 Le diverse stagioni sono definite come segue: l'inverno è associato al trimestre dicembre-gennaio-febbraio, la primavera a marzo-aprile-maggio, l'estate a giugno-luglio-agosto e l'autunno a settembre-ottobre-novembre.

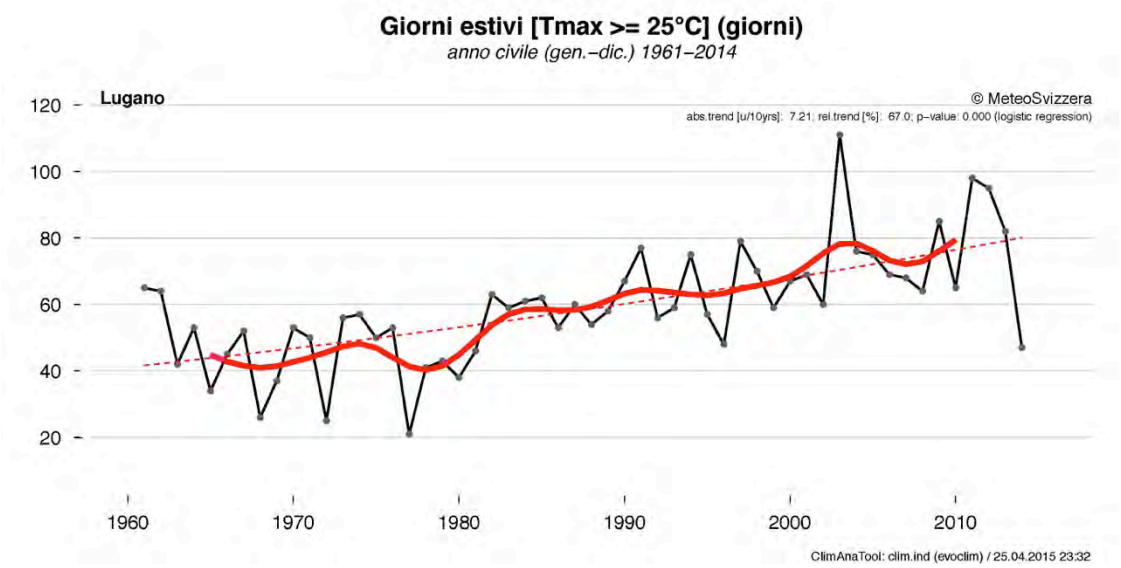


Figura 20: Evoluzione del numero annuo di gironi estivi a Lugano durante il periodo 1961-2014 (MeteoSvizzera 2014).

A differenza della temperatura, l'evoluzione della precipitazione annuale e stagionale misurata a Lugano non mostra trend significativi nel periodo 1864-2014 (Figura 21). Questa grandezza è caratterizzata da una grossa variabilità.

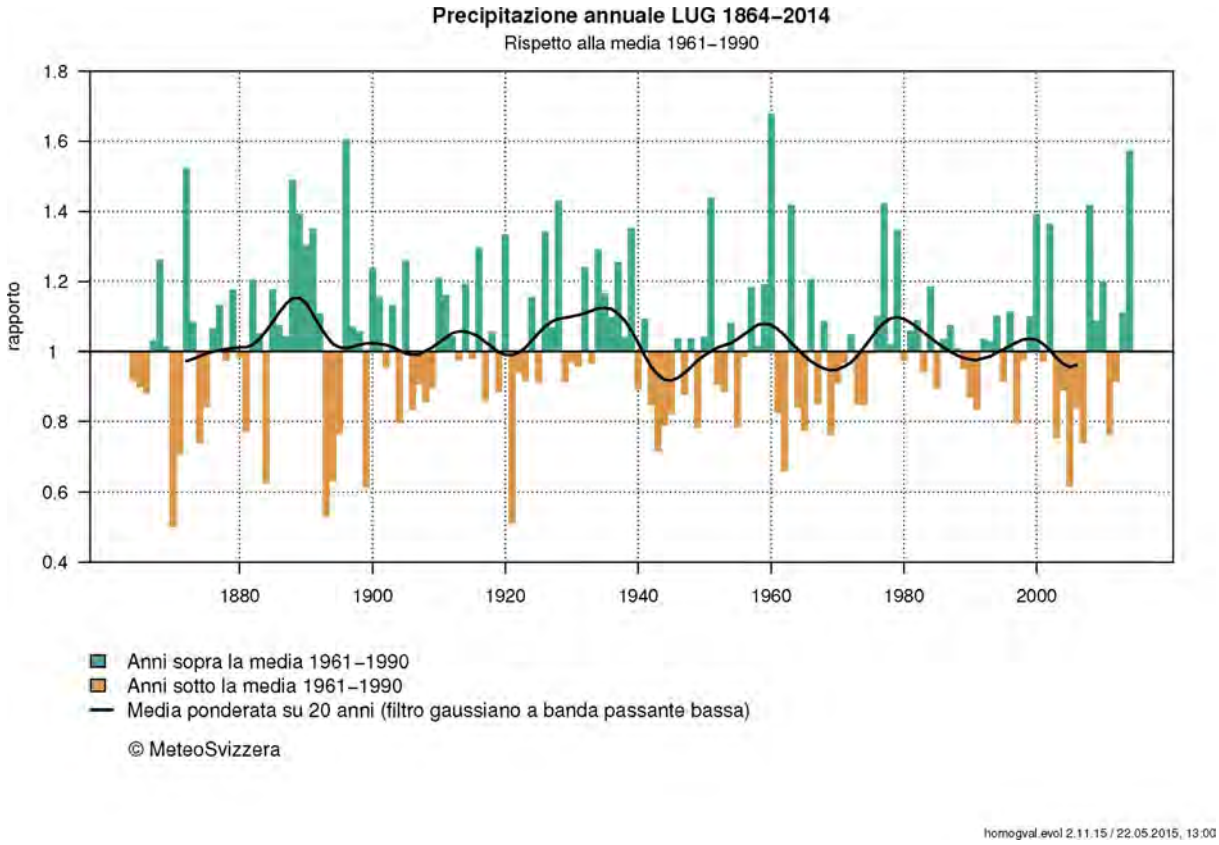


Figura 21: Evoluzione delle precipitazioni annue misurate a Lugano durante il periodo 1864-2014 (deviazione rispetto alla media 1961-1990) (MeteoSvizzera 2014).

Evoluzione del clima (1864-2014) nelle zone alpine di montagna

Un'analisi diretta dell'evoluzione del clima delle zone alpine in Ticino dal 1864 ad oggi non è possibile, dato che tutte le stazioni di misura in quota sul territorio sono state installate dopo questa data. La stazione di misura del Gran San Bernardo nel Vallese (2472 m s.l.m.) dispone di dati sull'interno periodo di tempo (in Ticino non esistono stazioni in altitudine con serie storiche di dati così lunghe). Nonostante sia situata a notevole distanza dal cantone Ticino, essa può fungere da riferimento per quanto riguarda l'evoluzione passata della temperatura media in quota.

In Figura 22 è presentato l'andamento della temperatura media stagionale misurata al Gran San Bernardo nel periodo 1864-2014. Analogamente a quanto visto per Lugano, si osserva, anche per questa stazione, un aumento della temperatura media a partire dal 1980 circa. Questo cambiamento risulta particolarmente evidente in primavera ed estate, mentre in autunno ed inverno non è praticamente distinguibile. Come nel caso di Lugano, l'evoluzione dei valori di precipitazioni stagionali non mostra trend significativi nel periodo 1864-2014.

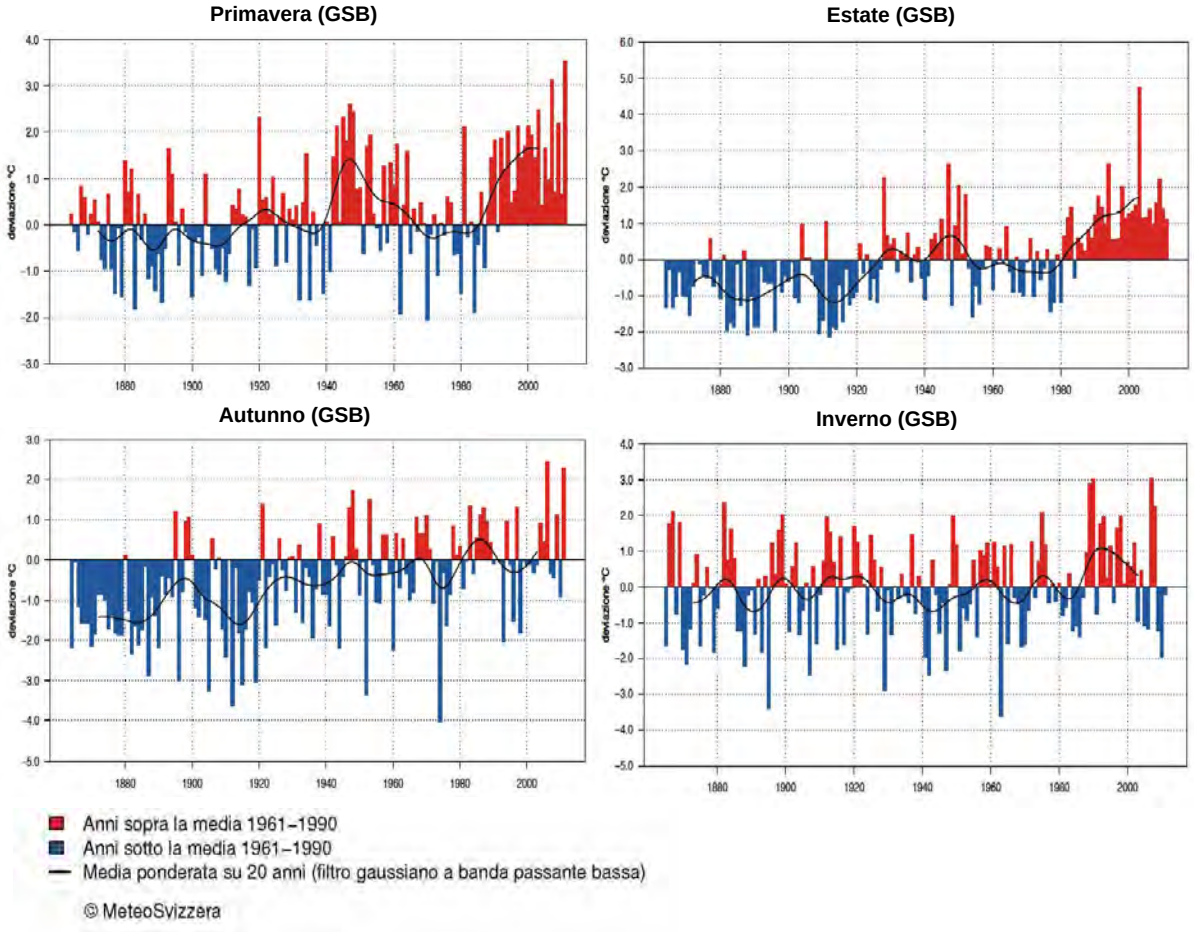


Figura 22: Evoluzione della temperatura stagionale media misurata al Gran San Bernardo durante il periodo 1864-2014 (deviazione rispetto alla media 1961-1990) (MeteoSvizzera 2014).

Particolarmente rappresentativi per quanto riguarda i cambiamenti del clima alpino sono i parametri relativi al numero annuo di giorni di gelo e di giorni con neve al suolo. Di seguito è

presentato l'andamento di questi parametri per San Bernardino (1'639 m s.l.m.) per il periodo 1968-2014[3].

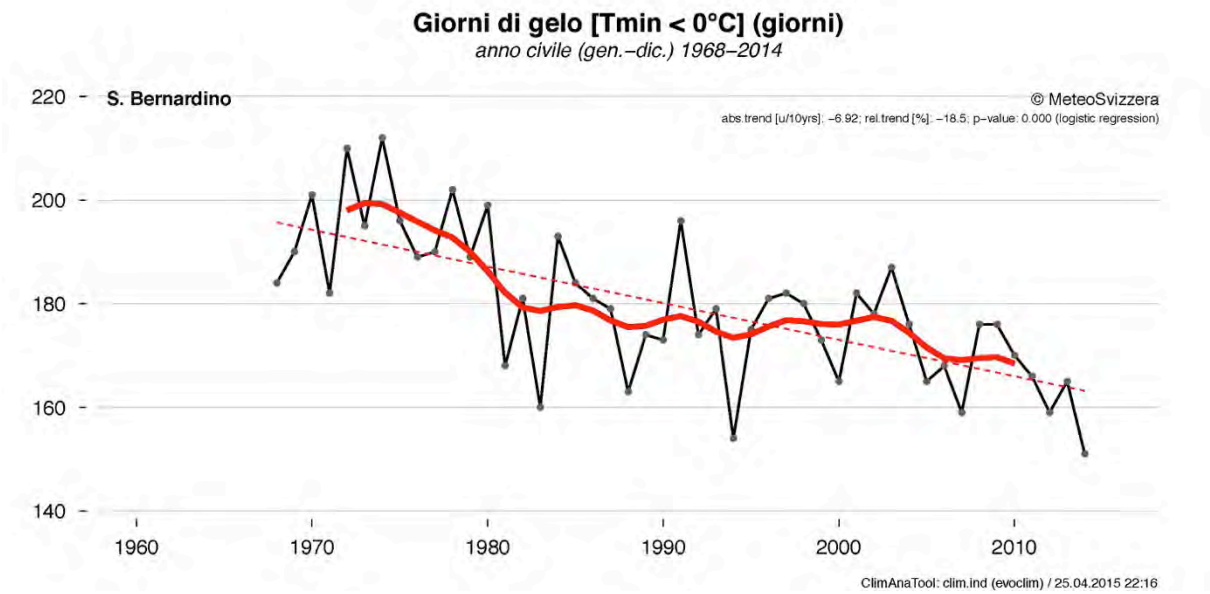


Figura 23: Evoluzione del numero di giorni di gelo misurati a San Bernardino durante il periodo 1968-2014 (MeteoSvizzera 2014).

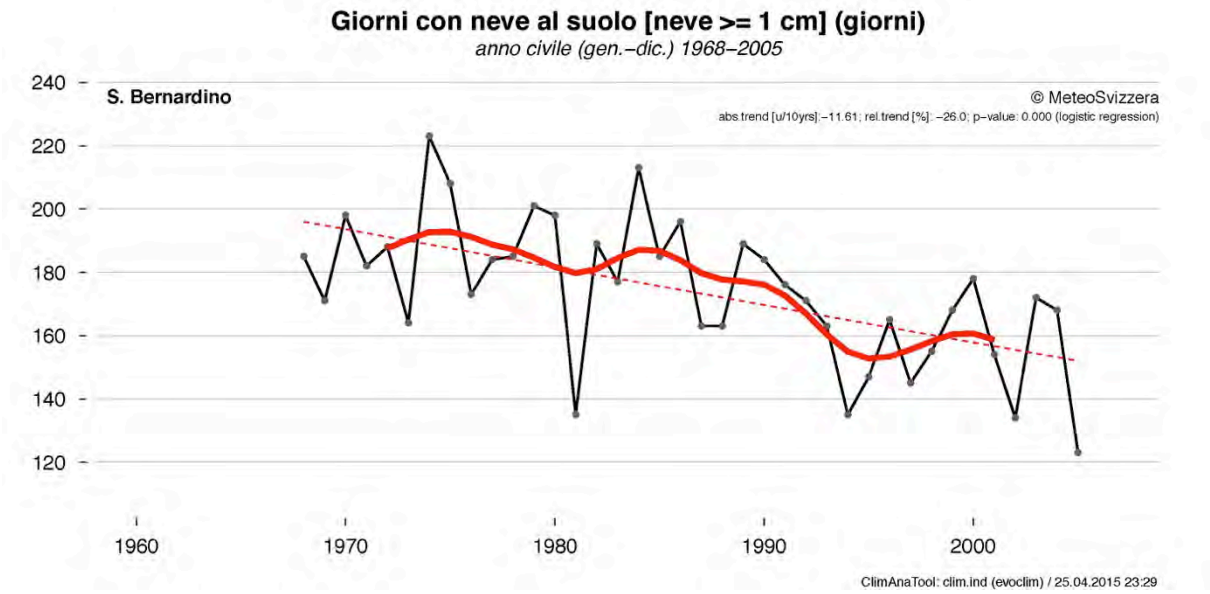


Figura 24: Evoluzione del numero di giorni con neve al suolo misurati a San Bernardino durante il periodo 1968-2005 (MeteoSvizzera 2014).

L'evoluzione del numero di giorni di gelo annui mostra una chiara tendenza alla diminuzione (Figura 23). Mentre attorno al 1970 erano misurati in media circa 190 giorni di gelo annui, negli ultimi anni questo valore si assesta attorno ai 160-170 giorni.

[3] La stazione di misura di San Bernardino è attiva dal 1968.

Anche il numero di giorni annui con neve al suolo mostra una tendenza al ribasso (Figura 24). Si è passati dai circa 190 giorni del 1970 ai 150-160 giorni che caratterizzano i primi anni del nuovo millennio.

4.2.2. Clima odierno

La regione a Sud delle Alpi, a causa dell'influsso di masse d'aria miti provenienti dal Mediterraneo, presenta una temperatura generalmente più elevata rispetto al resto della Svizzera. Il numero di gironi estivi annui in pianura risulta infatti relativamente elevato, mentre i giorni di gelo, soprattutto in prossimità dei laghi, vengono osservati raramente. Per quanto riguarda le precipitazioni, il Ticino è una delle regioni con gli accumuli annuali più elevati in tutta la Svizzera. Il numero di giorni con precipitazioni è relativamente basso, ma quando queste si verificano sono spesso di forte intensità (MeteoSvizzera 2014).

Per rappresentare quantitativamente il clima ticinese odierno sono presentati indicatori climatici associati alle stazioni di misura di Lugano (per le zone collinari e di pianura) e San Bernardino (per le zone alpine di montagna). I valori dei parametri climatici che costituiscono lo scenario del clima odierno sono ricavati dalle medie pluriennali delle misure effettuate nel periodo 1981-2010.

Clima odierno a Lugano 1981-2010

I valori del periodo normale 1981-2010 per Lugano sono caratterizzati da una temperatura media di 12.4°C. Sull'arco di un anno si misurano in media circa 28 giorni di gelo e 66 giorni estivi. Le precipitazioni annue medie sono di quasi 1'600 mm, e si registrano mediamente 4 giorni all'anno durante i quali le precipitazioni avvengono sotto forma di nevicate. La Tabella 6 presenta i principali valori climatologici della stazione di Lugano.

Valori climatologici Lugano	Media annuale del periodo normale 1981-2010
Temperatura media (°C)	12.4
Giorni invernali	0.7
Giorni di gelo	27.6
Giorni estivi	65.7
Giorni tropicali	8.1
Precipitazioni (mm)	1'559
Giorni con precipitazioni	98.1
Neve nuova (cm)	26.1
Giorni con neve nuova	3.7
Giorni con neve al suolo	11.9

Tabella 6: Valori climatologici della stazione di misura di Lugano, calcolati a partire dai dati misurati nel periodo 1981-2010 (MeteoSvizzera, 2014b).

Clima odierno San Bernardino 1981-2010

La temperatura media misurata a San Bernardino nel periodo 1981-2010 si assesta attorno ai 4°C. Durante l'anno si misurano in media 175 giorni di gelo, di cui 54 sono classificati come giorni invernali. La media della quantità di precipitazioni annue è simile a Lugano, con poco più di 1'600 mm, e il suolo mediamente resta coperto dalla neve depositata per un periodo di circa 166 giorni all'anno. I valori climatologici di San Bernardino sono presentati in Tabella 7.

Valori climatologici San Bernardino	Media annuale del periodo normale 1981-2010
Temperatura media (°C)	3.9
Giorni invernali	54
Giorni di gelo	175.1
Giorni estivi	0.8
Giorni tropicali	0.0
Precipitazioni (mm)	1622
Giorni con precipitazioni	120.4
Neve nuova (cm)	521.7*
Giorni con neve nuova	51*
Giorni con neve al suolo	166*

Tabella 7: Valori climatologici della stazione di misura di San Bernardino, calcolati a partire dai dati misurati nel periodo 1981-2010. I valori segnalati con * sono basati sulle misure del periodo 1981-2005 (MeteoSvizzera, 2014b).

A complemento dei dati presentati per le singole stazioni, in Figura 25 e Figura 26 sono illustrati i valori stagionali medi di temperatura e precipitazioni sul territorio ticinese per lo scenario di riferimento (1980-2009). Si nota chiaramente come, in Ticino, buona parte delle precipitazioni annuali si verifichi dalla primavera all'autunno, mentre l'inverno risulta essere relativamente secco.

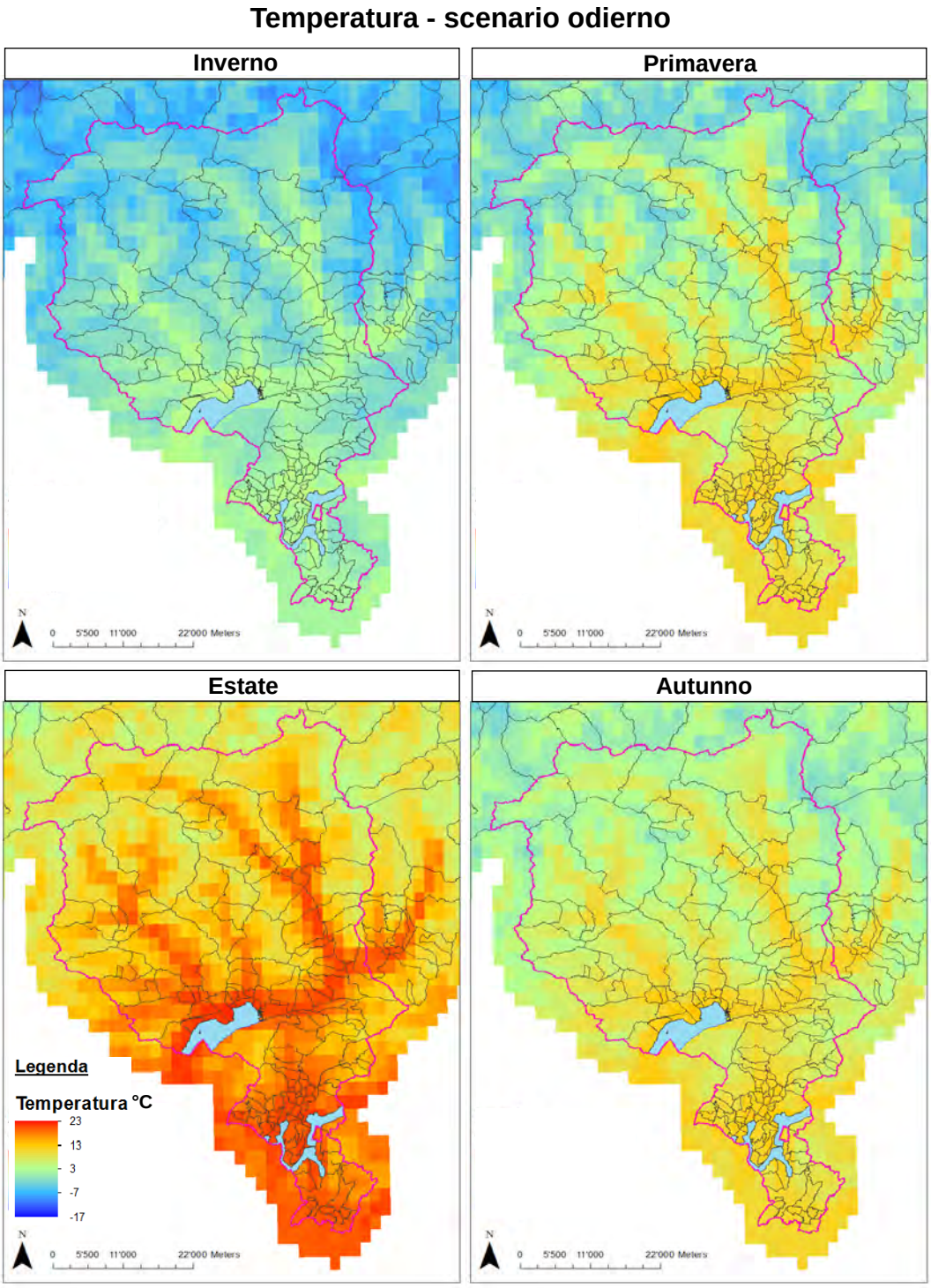


Figura 25: ***Distribuzione della temperatura media stagionale su suolo ticinese relativa allo scenario di riferimento (1980-2009) (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

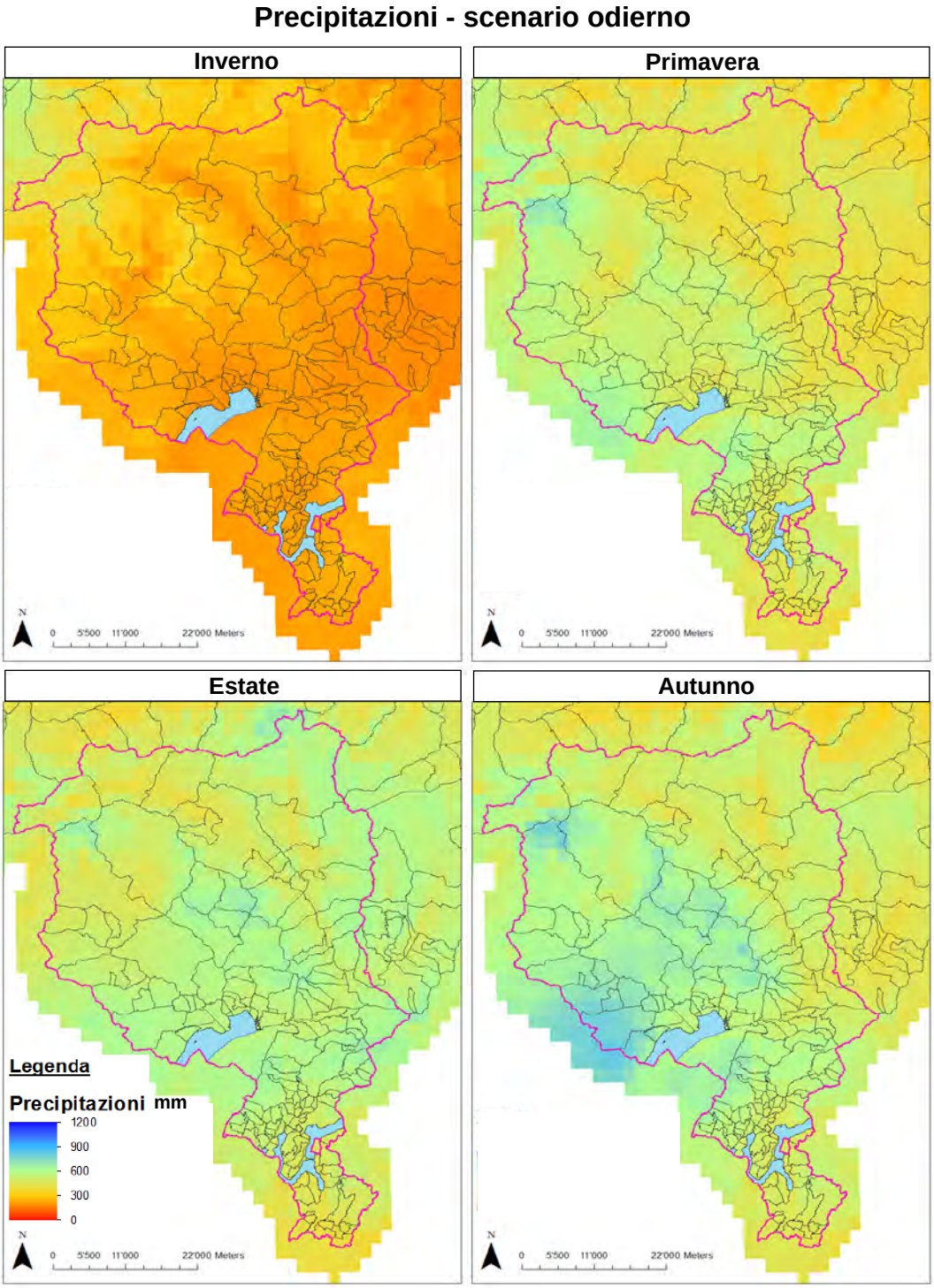


Figura 26: ***Distribuzione delle precipitazioni medie stagionali su suolo ticinese relativa allo scenario di riferimento (1980-2009) (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

4.3. TEMPERATURE E PRECIPITAZIONI 2060

La presentazione dei cambiamenti del clima previsti per l'orizzonte temporale 2060 avviene in un primo momento attraverso l'analisi dei valori stagionali previsti di temperatura (v. 4.3.1) e precipitazioni (4.3.2) associati agli scenari "debole" e "forte".

I valori dei parametri associati ai diversi scenari (attuale, debole e forte) sono presentati graficamente su una mappa del Cantone Ticino, con una risoluzione di 2x2 km. Il metodo di calcolo e le incertezze legate al Downscaling dalle proiezioni climatiche presentate in (CH2011, 2011) alle proiezioni locali del modello 2x2 km sono descritti in (Zubler, Fischer, Liniger, Croci-Maspoli, Scherrer, & Appenzeller, 2014). Questo tipo di rappresentazione permette una visualizzazione qualitativa dei cambiamenti previsti sull'intero territorio.

Una valutazione quantitativa viene invece effettuata attraverso l'analisi dei valori associati a 3 località rappresentative[4]: San Bernardino (1'639 m s.l.m.) quale riferimento per le zone alpine in quota, Biasca (291 m s.l.m.) per i fondovalle del Sopraceneri e Lugano (273 m s.l.m.) per le zone meridionali di pianura in prossimità dei laghi.

4.3.1. Temperatura nel 2060

Le previsioni dei cambiamenti di temperatura associate ad entrambi gli scenari 2060 sono relativamente affidabili (MeteoSvizzera, 2014). A San Bernardino lo scenario debole prevede un aumento della temperatura media annuale per l'orizzonte temporale 2060 di circa 1.5°C, mentre lo scenario forte di circa 3.4°C. Le previsioni per Biasca e Lugano mostrano invece un aumento un po' più contenuto di 1.4°C con lo scenario debole, e un aumento di 3.2°C con quello forte (vedi Figura 27).

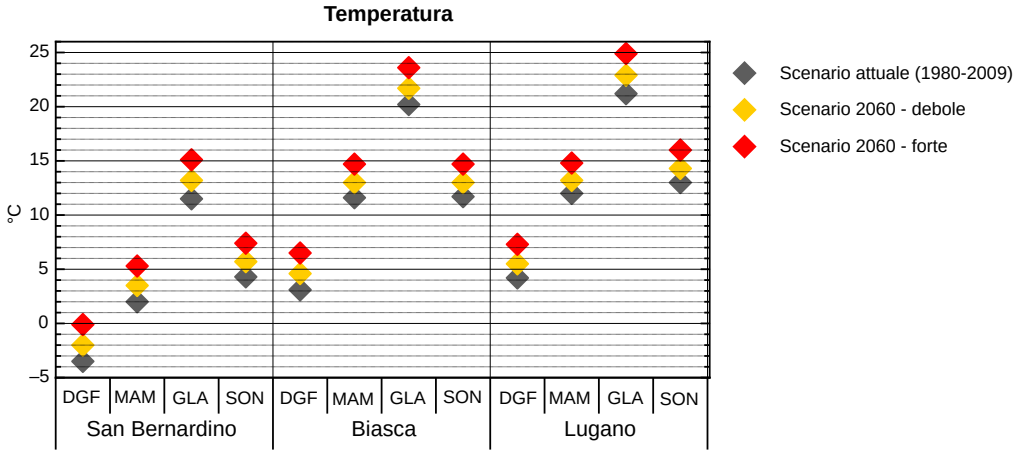


Figura 27: ***Temperature medie stagionali per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano relativa allo scenario di riferimento e agli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). L'acronimo DGF rappresenta i mesi invernali (dicembre, gennaio e febbraio), MAM i mesi primaverili (marzo, aprile e maggio), GLA i mesi estivi (giugno, luglio e agosto) e SON i mesi autunnali (settembre, ottobre e novembre).***

In Figura 28 e Figura 29 è presentata la distribuzione sul territorio ticinese della variazione della temperatura media stagionale prevista dagli scenari 2060. Entrambi gli scenari prevedono un aumento di temperatura particolarmente marcato nei mesi estivi in alta montagna:

[4] I valori utilizzati per le tre località sono stati estratti direttamente dalla mappa dello scenario associato e rappresentano il valore medio della corrispondente area di 2x2 km. Vista la complessità del territorio, questo valore può differire in modo sostanziale da quello misurato in un punto specifico all'interno della casella in questione. Per quanto riguarda lo scenario di riferimento, ad esempio, i valori presentati di seguito per le località di Lugano e San Bernardino sono leggermente diversi da quelli misurati dalle rispettive stazioni meteo presentati in Tabella 6 e Tabella 7.

per la zona del Gottardo, ad esempio, lo scenario debole prevede aumenti di temperatura estiva superiori ai 2°C, mentre in quello forte i cambiamenti previsti raggiungono i +4.5°C. Nelle zone di pianura e sui fondovalle la variazione della temperatura media estiva prevista è invece più contenuta con un gradiente Nord-Sud.

Variazione di temperatura - scenario debole

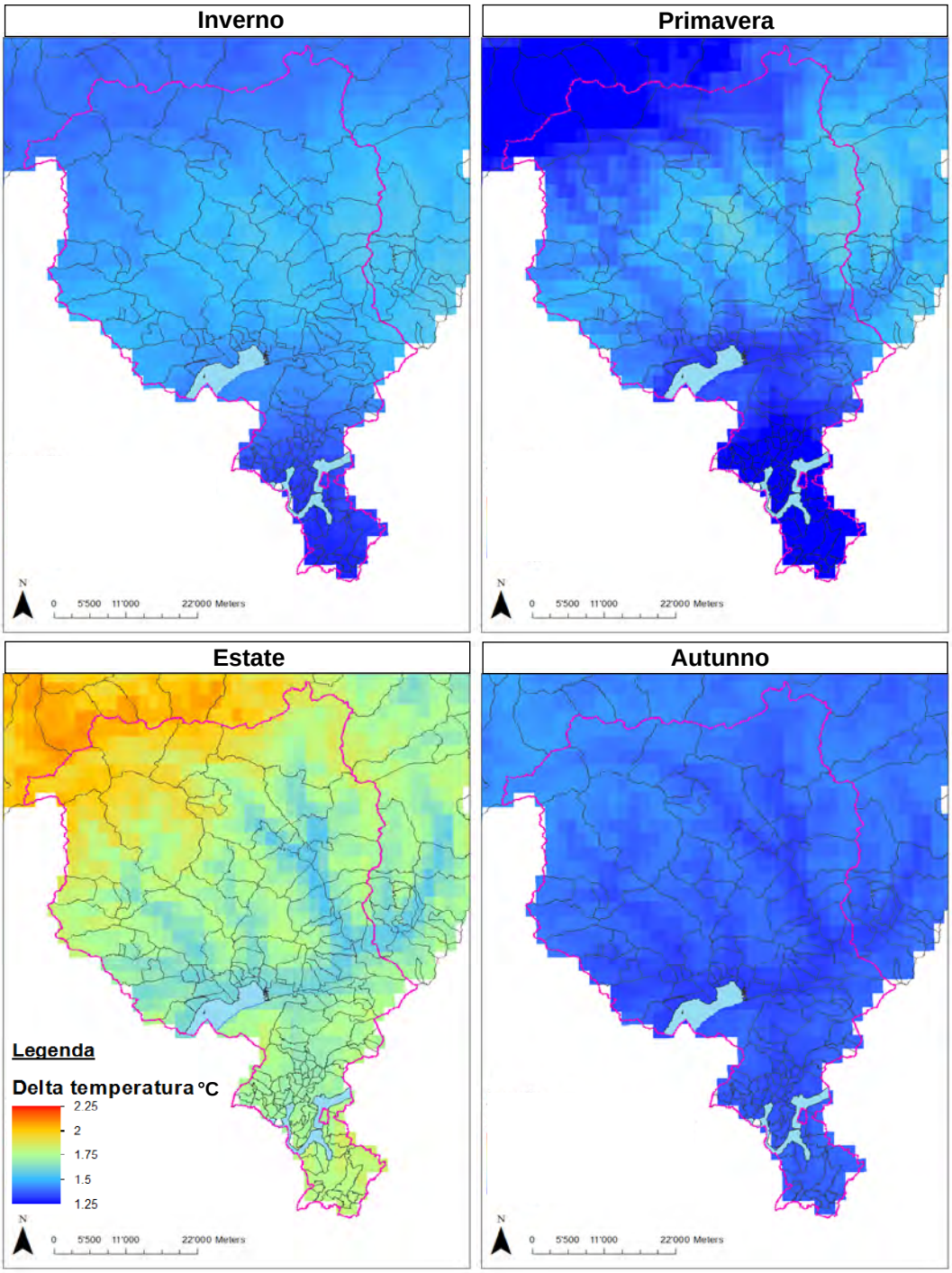


Figura 28: ***Variazione delle temperature medie stagionali, rispetto al periodo di riferimento 1980-2009, su suolo ticinese prevista per il 2060 dallo scenario debole (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

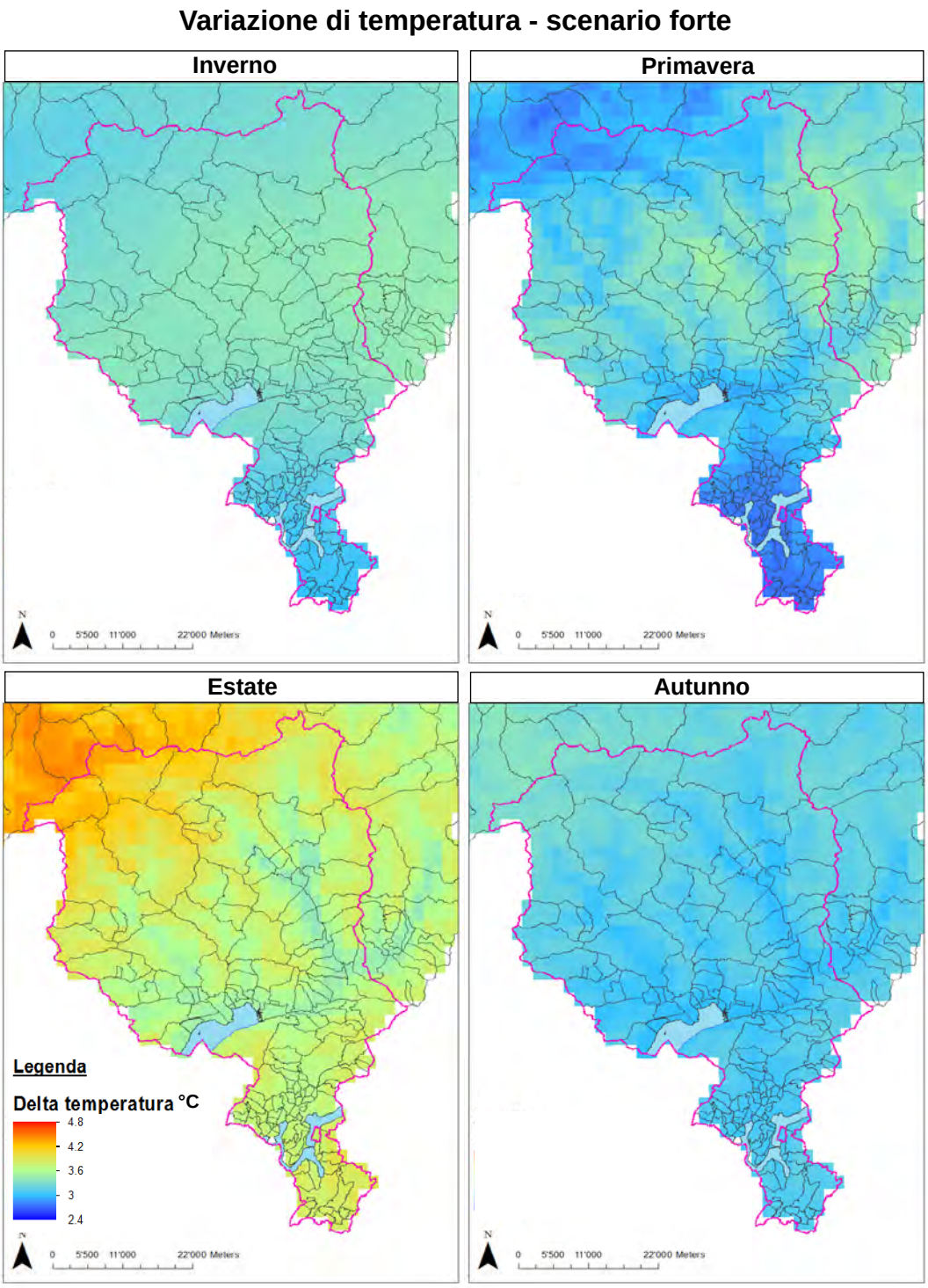


Figura 29: ***Variazione delle temperature medie stagionali, rispetto al periodo di riferimento 1980-2009, su suolo ticinese prevista per il 2060 dallo scenario forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

4.3.2. Precipitazioni nel 2060

A differenza della temperatura, le previsioni delle precipitazioni sono associate a valori di incertezza molto più importanti e devono essere utilizzate con cautela (MeteoSvizzera,

2014b). Particolare prudenza deve essere osservata con le previsioni dello scenario forte, dato che sono caratterizzati da intervalli di incertezza molto ampi (vedi Figura 17).

La Tabella 8 presenta le variazioni percentuali delle precipitazioni medie stagionali previste dagli scenari per il 2060.

	Scenario debole				Scenario forte			
	DGF	MAM	GLA	SON	DGF	MAM	GLA	SON
San Bernardino	4.3	-1.6	-6.0	-2.3	29.3	15.1	-20.9	-20.3
Biasca	6.7	-1.5	-8.4	0	38.1	17.4	-27.2	-19.3
Lugano	7.4	-3.9	-9.1	-1.0	36.5	11.7	-27.0	-19.3

Tabella 8: Variazioni percentuali (rispetto allo scenario di riferimento) delle precipitazioni medie stagionali previste per il 2060 dagli scenari forte e debole. Le variazioni positive sono indicate in blu, mentre quelle negative in rosso. (MeteoSvizzera, 2014b). L'acronimo DGF rappresenta i mesi invernali (dicembre, gennaio e febbraio), MAM i mesi primaverili (marzo, aprile e maggio), GLA i mesi estivi (giugno, luglio e agosto) e SON i mesi autunnali (settembre, ottobre e novembre).

Lo scenario debole prevede un leggero aumento delle precipitazioni in inverno e una leggera diminuzione in estate, mentre per primavera e autunno non sono previsti cambiamenti significativi. Nel caso dello scenario forte si prevede invece un netto aumento delle precipitazioni in inverno e un aumento più limitato in primavera; mentre in estate e in autunno esse dovrebbero diminuire considerevolmente.

Nella Figura 30 e nella Figura 31 è presentata la distribuzione sul territorio ticinese della variazione percentuale dei valori stagionali di precipitazioni prevista per il 2060 per lo scenario debole e rispettivamente quello forte.

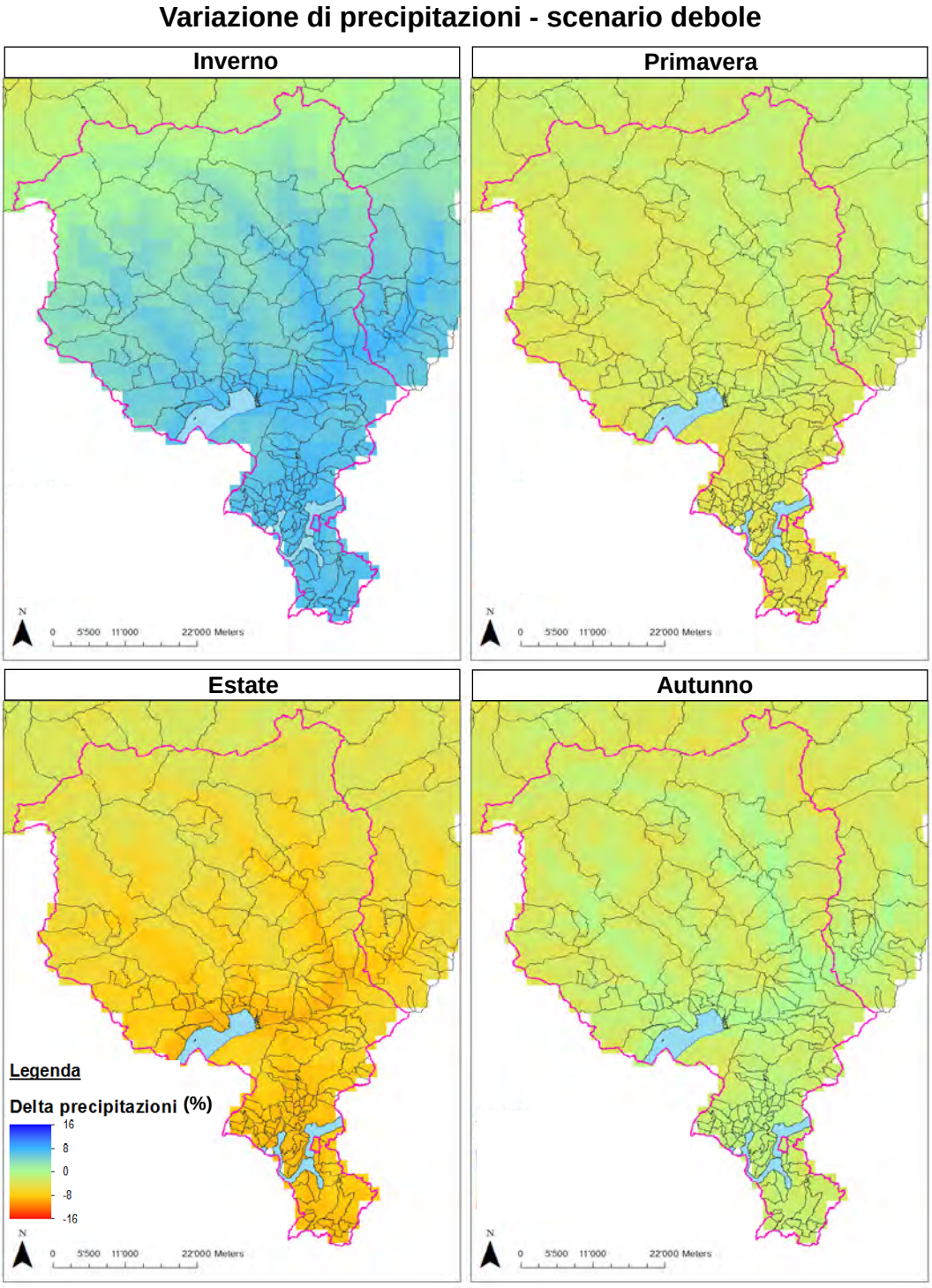


Figura 30: ***Variazioni percentuali delle precipitazioni medie stagionali, rispetto al periodo di riferimento 1980-2009, su suolo ticinese prevista per il 2060 dallo scenario debole (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

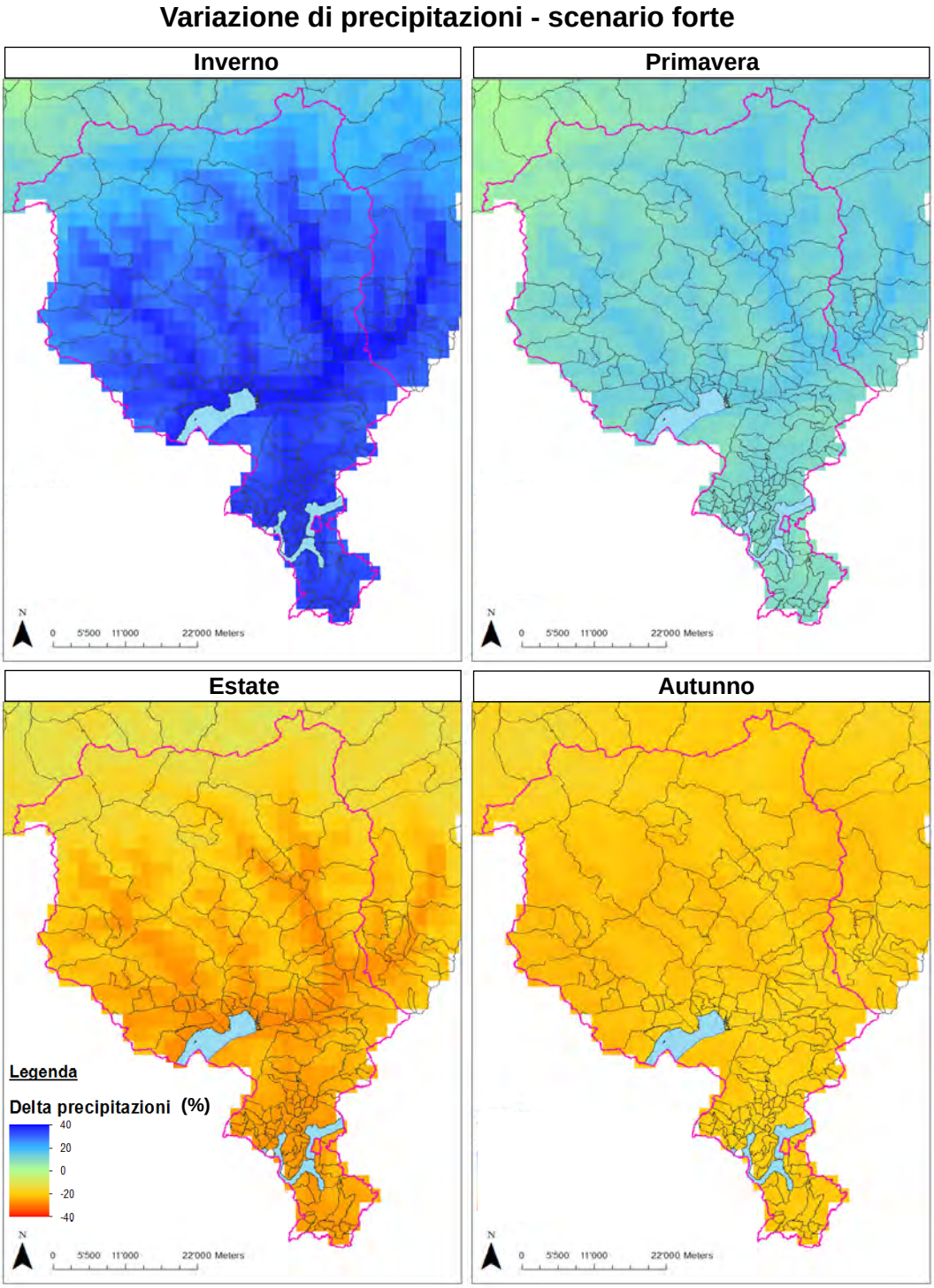


Figura 31: ***Variazioni percentuali delle precipitazioni medie stagionali, rispetto al periodo di riferimento 1980-2009, su suolo ticinese prevista per il 2060 dallo scenario forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

4.4. CAMBIAMENTI DI DIVERSI INDICATORI CLIMATICI NEL 2060

Gli effetti dei mutamenti climatici sui diversi settori d'impatto possono essere analizzati con l'ausilio di diversi indicatori, i cui valori si basano sulle previsioni delle temperature e delle

precipitazioni dei due scenari. Gli indicatori basati sulla temperatura sono dotati di una minore incertezza rispetto a quelli basati sulle precipitazioni.

L'analisi dell'evoluzione dei diversi indicatori viene effettuata in modo simile a quanto fatto per temperatura e precipitazioni precedentemente; attraverso la rappresentazione grafica su una mappa del Ticino unita all'analisi specifica delle località di San Bernardino, Biasca e Lugano.

4.4.1. Indicatori di caldo

Giorni estivi

Entrambi gli scenari futuri mostrano un incremento dei giorni estivi per l'orizzonte temporale 2060, soprattutto per quanto riguarda le pianure del Cantone. Oggi a Biasca e Lugano si misurano in media circa 66 giorni estivi. Per il 2060 lo scenario debole prevede, per queste località, un aumento a 89 giorni, mentre il valore associato allo scenario forte è di 112 giorni estivi. A titolo di confronto è utile sottolineare che a Lugano, nell'estate torrida del 2003, sono stati misurati 112 giorni estivi. Nelle zone di montagna l'aumento è meno marcato, dato che la temperatura è quasi sempre inferiore ai 25°C. A San Bernardino oggi viene misurato in media 1 giorno estivo all'anno; lo scenario debole ne prevede 2 mentre quello forte circa 9.

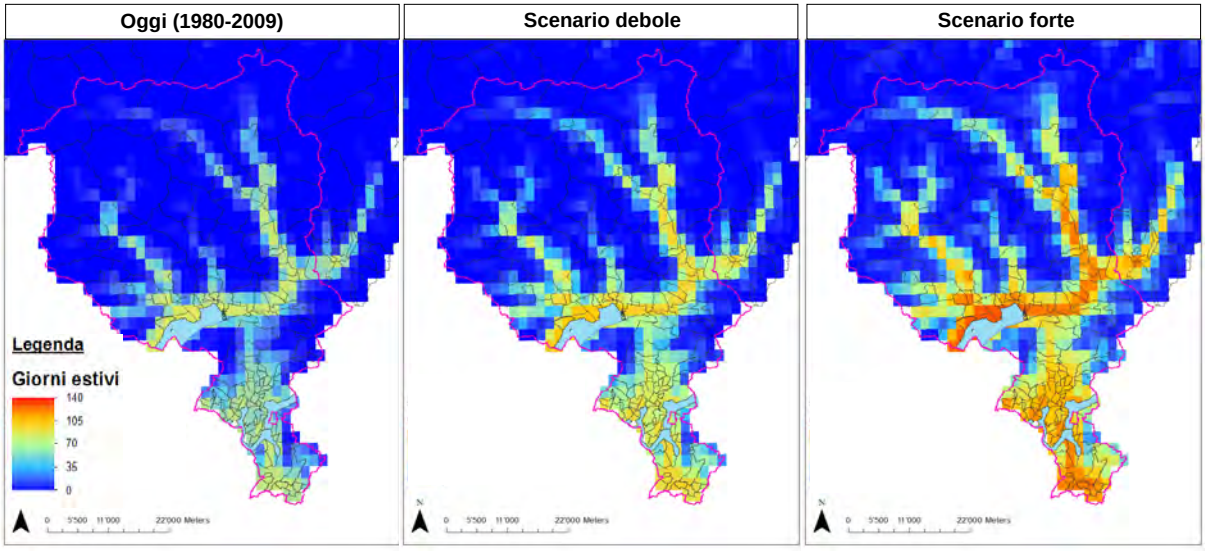


Figura 32: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di giorni estivi per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

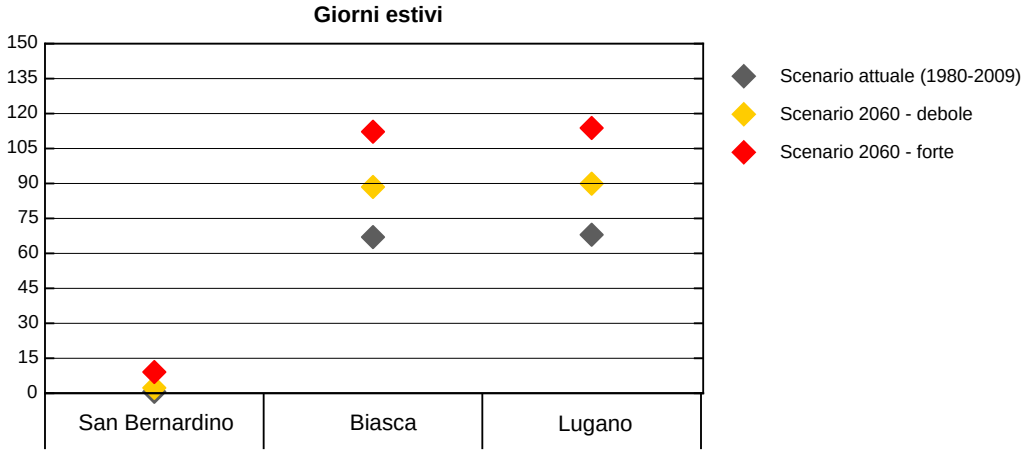


Figura 33: ***Valore annuo di giorni estivi associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

Giorni tropicali

I cambiamenti futuri nel valore dei giorni tropicali annui sono limitati alle zone di pianura e ai fondovalle a bassa quota. Per San Bernardino tutti gli scenari non prevedono infatti nessun giorno tropicale. A basse quote invece la variazione prevista è importante. A Biasca si passa dagli 8 giorni tropicali di oggi ai 21 dello scenario debole e ai 44 di quello forte. A Lugano oggi si misurano invece in media circa 9 giorni tropicali, lo scenario debole ne prevede 24 mentre quello forte 47.

È importante sottolineare che il valore di questo indicatore è molto sensibile a piccole variazioni nella distribuzione di temperatura, ed è quindi caratterizzato da una grossa incertezza (vedi sezione 4.1.2).

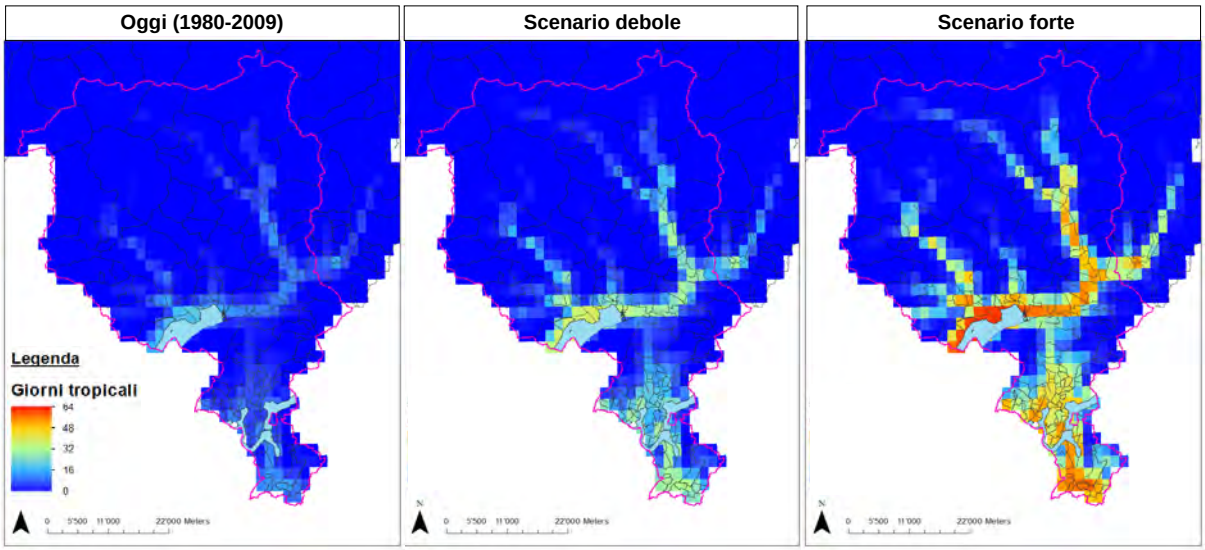


Figura 34: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di giorni tropicali per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

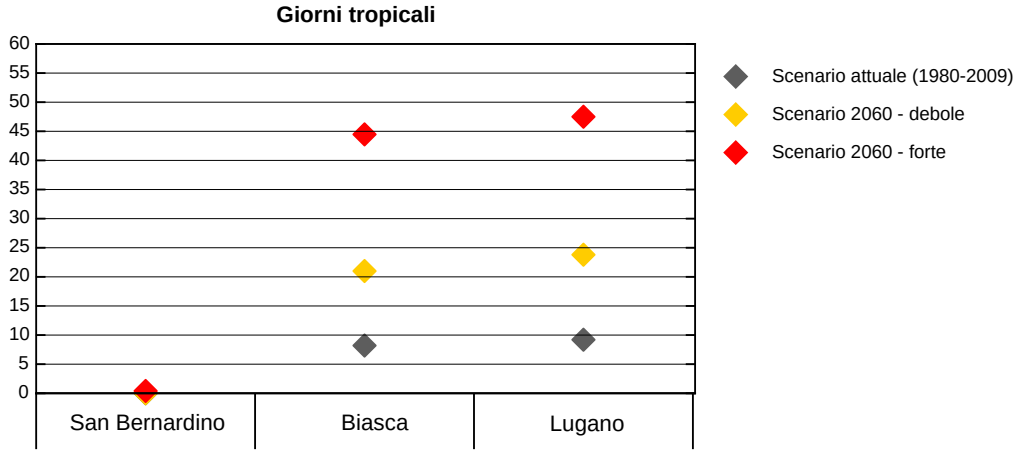


Figura 35: ***Valore annuo di giorni tropicali associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

Notti tropicali

L'aumento generale di temperatura previsto dagli scenari si riflette anche nell'aumento delle notti tropicali annue. I cambiamenti previsti sono particolarmente marcati nei bassi fondovalle e nelle pianure, mentre in quota e in montagna, vista la bassa temperatura minima, sono praticamente assenti. A San Bernardino non sono infatti previste notti tropicali in entrambi gli scenari. A Biasca si passa dalle 2 notti tropicali di oggi alle 10 previste dallo scenario debole e le 33 di quello forte. Lugano, nonostante si trovi ad una quota molto simile, presenta un numero nettamente superiore di notti tropicali (13 per lo scenario di riferimento). Diverse sono le cause dalle brezze di valle più intense a Biasca alla vicinanza del lago a Lugano, che tende a frenare l'abbassamento di temperatura notturno e quindi mantenere la temperatura minima giornaliera più elevata. A Lugano per il 2060 lo scenario debole prevede un aumento a 33 notti tropicali mentre quello forte a 63.

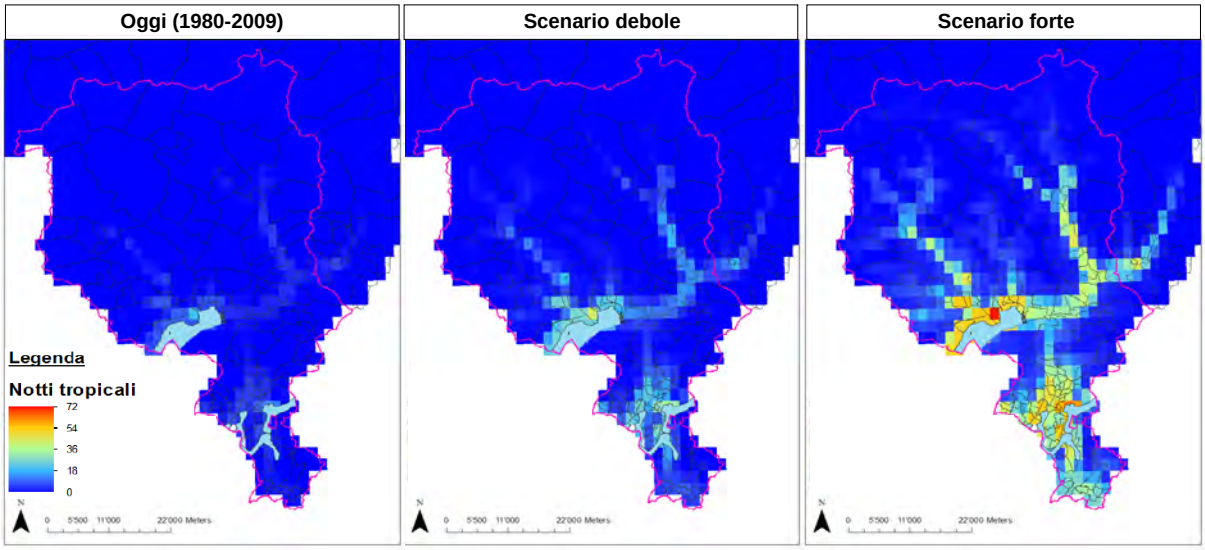


Figura 36: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di notti tropicali per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

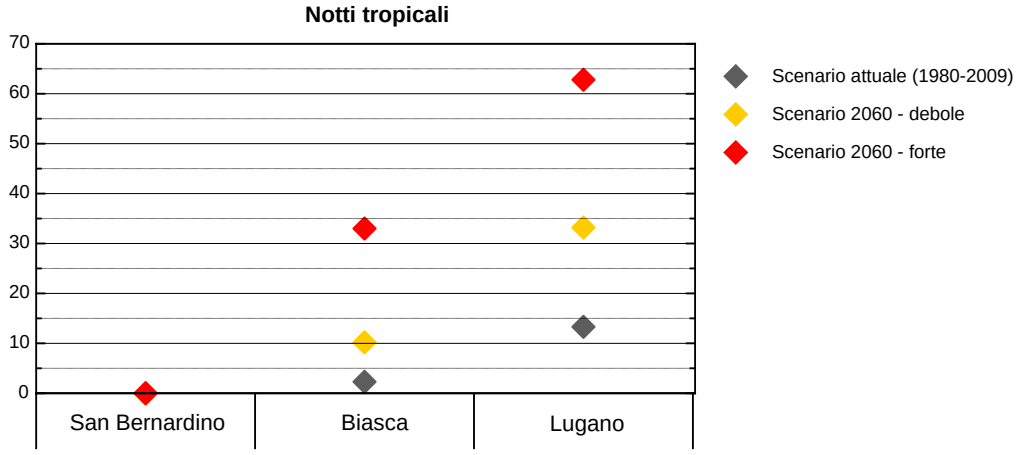


Figura 37: ***Valore annuo di notti tropicali associate agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

Giorni molto caldi

Un parametro associato agli eventi estremi di caldo è dato dal numero annuo di giorni molto caldi. Oggi non se ne osserva alcuno sulla quasi totalità del territorio cantonale, ad eccezione di Locarno dove in media se ne misura 1 ogni due anni. Lo scenario debole prevede che nel 2060 a Biasca e Lugano sarà osservato in media 1 giorno molto caldo ogni due anni. Quello forte prevede invece un aumento più marcato in pianura e sui fondovalle: in media 2.8 giorni molto caldi annui per Biasca, e 3.5 per Lugano.

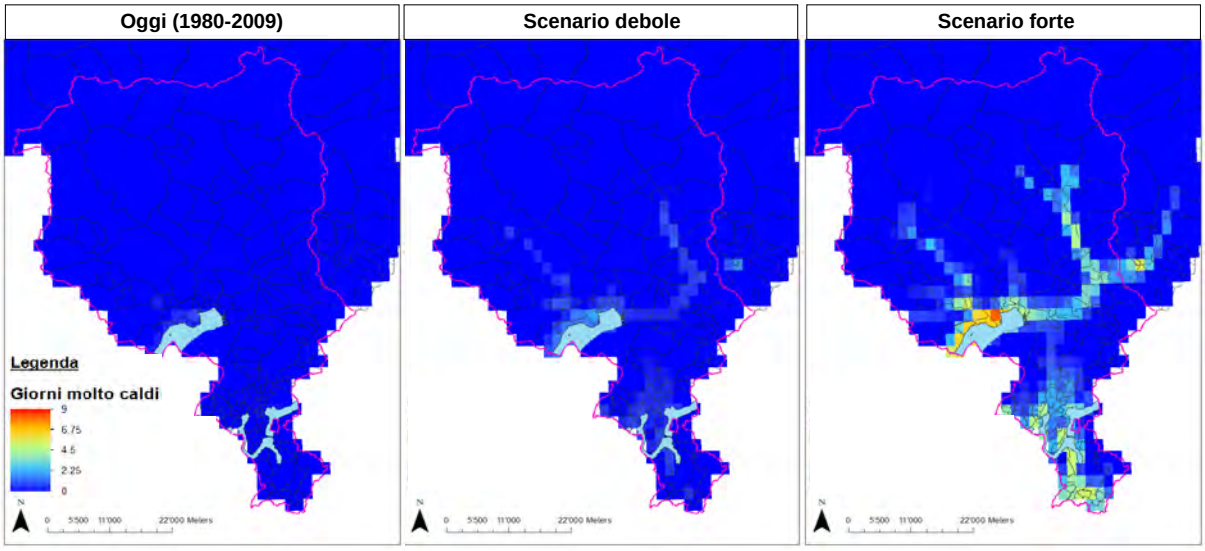


Figura 38: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di giorni molto caldi per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

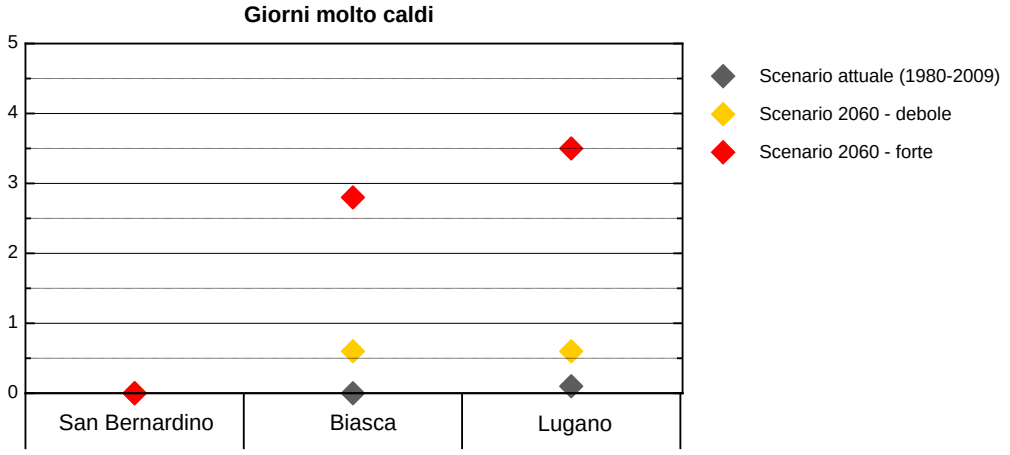


Figura 39: ***Valore annuo di giorni molto caldi associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

4.4.2. Indicatori di freddo

Giorni di gelo

Gli scenari di evoluzione per il 2060 mostrano una generale diminuzione dei giorni di gelo a tutte le quote. A San Bernardino si passa dai 184 gironi di gelo di oggi ai 155 dello scenario debole e i 121 di quello forte. A Biasca oggi si misurano nella media annua 56 giorni di gelo, lo scenario debole ne prevede 32 per il 2060, mentre lo scenario forte 13. È interessante notare come Lugano, nonostante si trovi ad una quota molto simile, presenti un numero nettamente inferiore di giorni di gelo (25 per lo scenario di riferimento) rispetto a Biasca. Il motivo principale è probabilmente da ricercare nella vicinanza del lago che attenua le escursioni termiche. Per il 2060 lo scenario debole prevede per Lugano circa 11 giorni di gelo, mentre quello forte ca. 2.

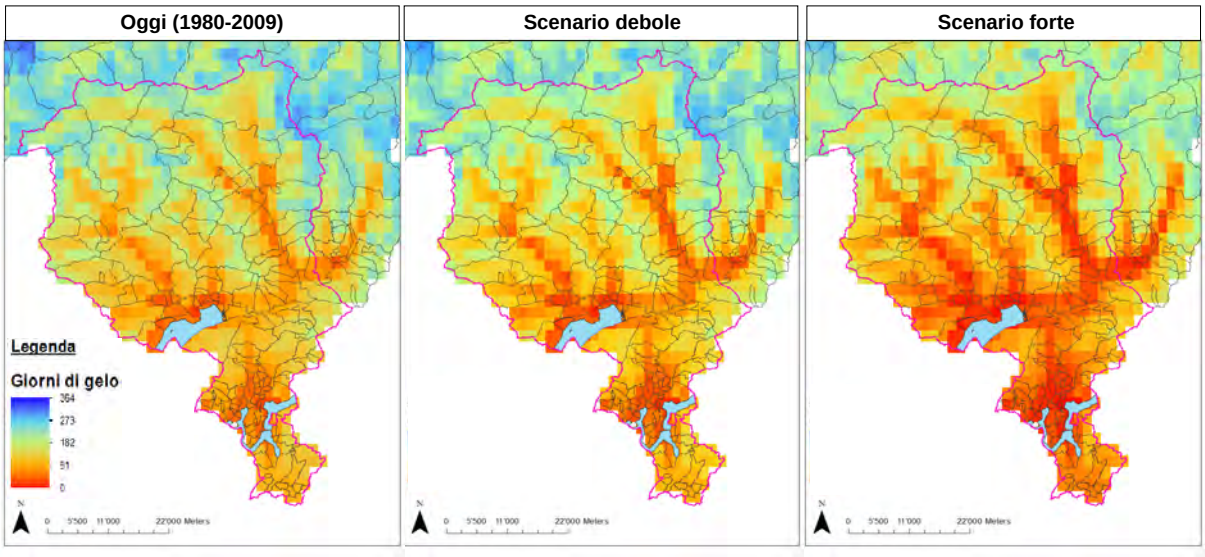


Figura 40: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di giorni di gelo per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

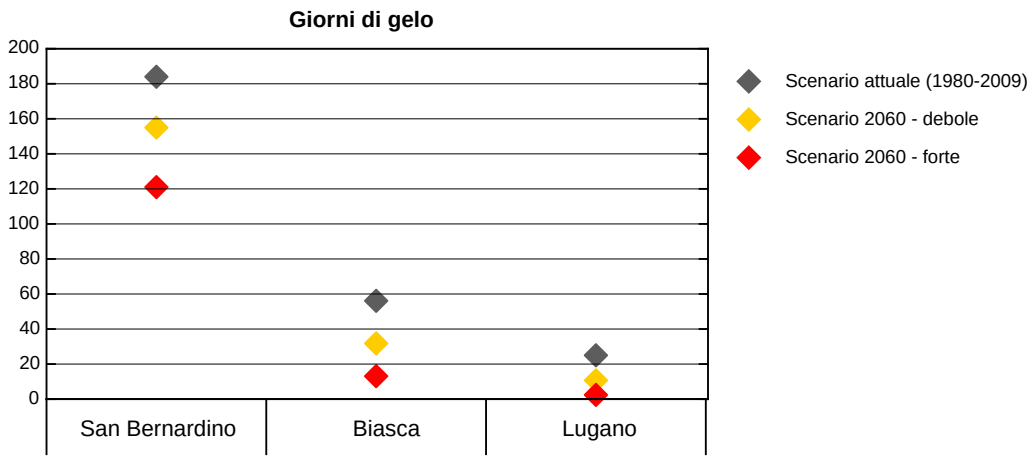


Figura 41: ***Valore annuo di giorni di gelo associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

Giorni di gelo notturno

Gli scenari 2060 prevedono anche una diminuzione generale dei giorni di gelo notturno. A San Bernardino oggi si misurano in media 126 giorni di gelo notturno, lo scenario debole ne prevede 116 mentre quello forte 100. A Biasca si passa dai 55 giorni odierni ai 31 dello scenario debole e i 13 di quello forte. Lugano è invece caratterizzata da un numero minore di giorni di gelo notturno: oggi se ne misurano in media 24, lo scenario debole ne prevede 10 mentre quello forte 2.

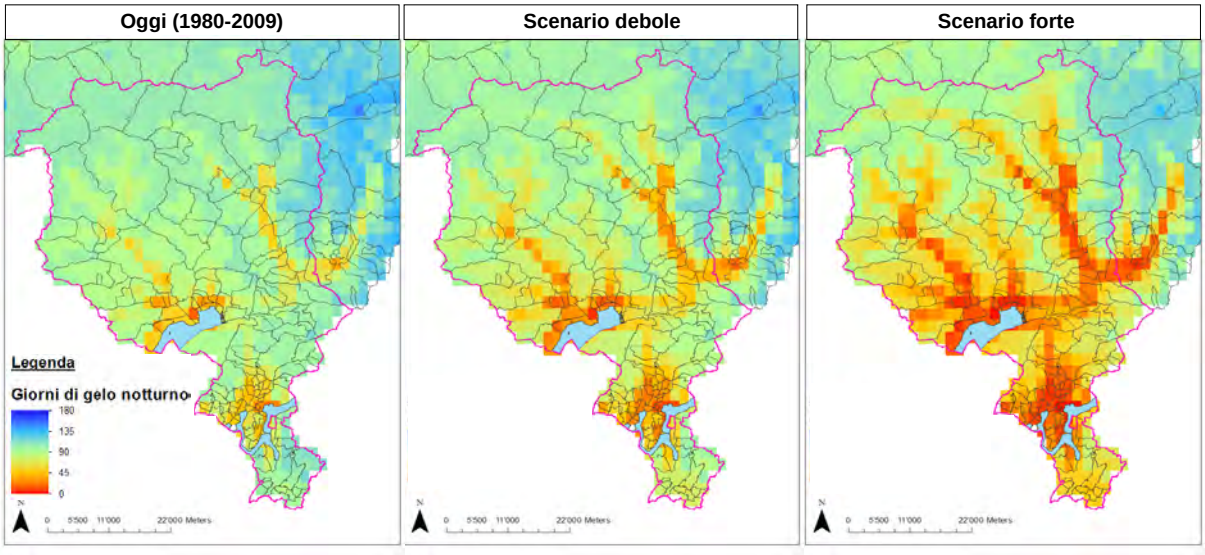


Figura 42: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di giorni di gelo notturno per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

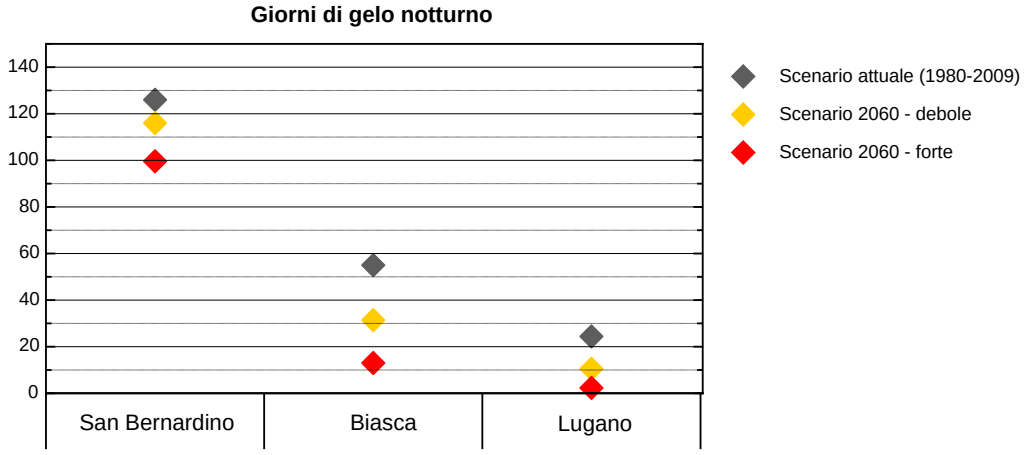


Figura 43: ***Valore annuo di giorni di gelo notturno associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

Giorni invernali

L'evoluzione dell'indicatore climatico giorni invernali è particolarmente interessante per le zone di montagna. Sui fondovalle e nelle pianure questi giorni si osservano molto raramente: a Biasca oggi se ne misura in media 1 all'anno mentre a Lugano circa 1 ogni 2 anni. In quota la situazione è diversa: a San Bernardino oggi se ne misurano in media circa 58, per il 2060 lo scenario debole ne prevede 39 mentre quello forte 21. Entrambi gli scenari mostrano una tendenza generale, a tutte le quote, alla diminuzione di giorni invernali.

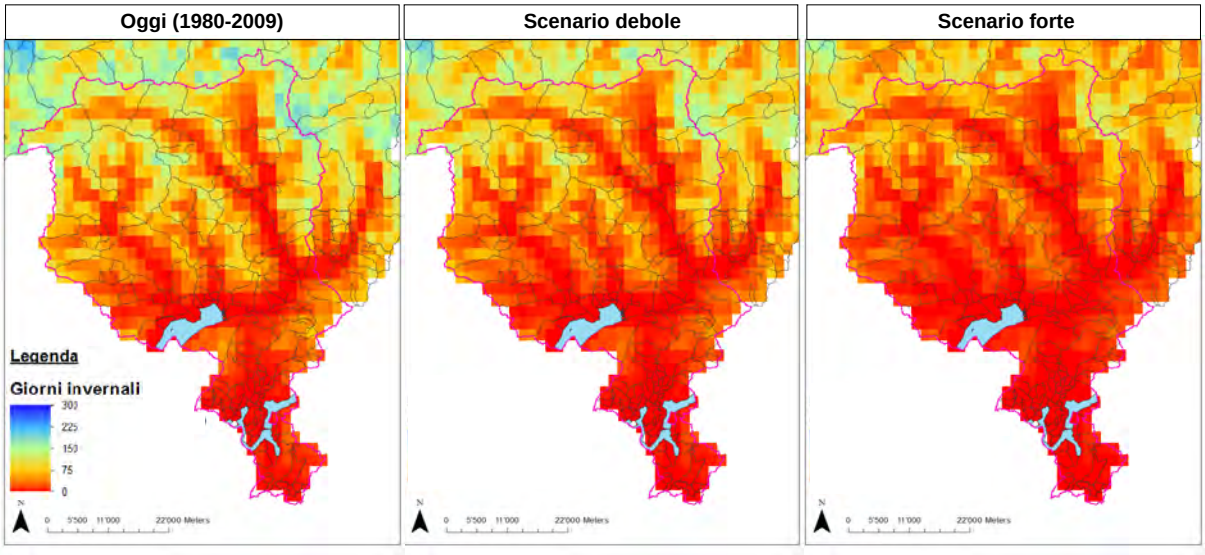


Figura 44: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di giorni invernali per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

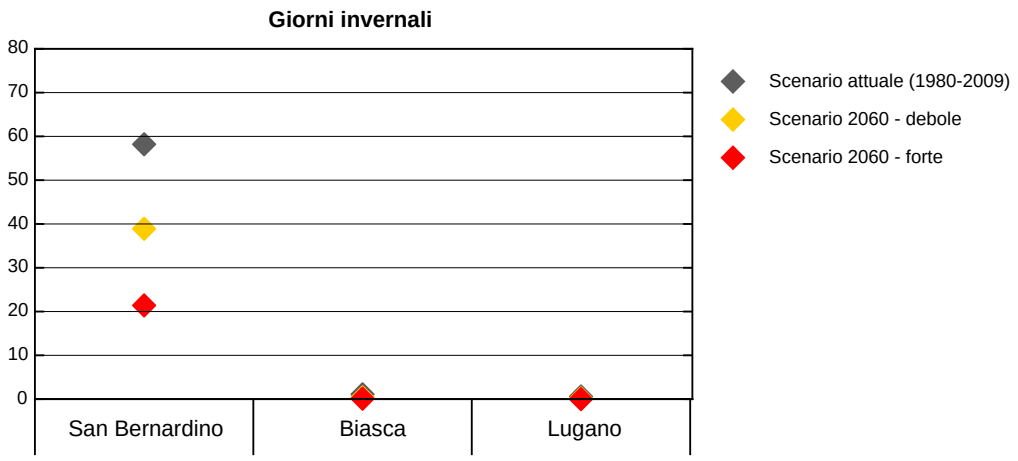


Figura 45: ***Valore annuo di giorni invernali associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

4.4.3. Indicatori legati all'energia

Giorni di raffreddamento

Un ulteriore effetto dell'aumento di temperatura previsto per il 2060 è l'incremento dei giorni di raffreddamento annui. In montagna gli scenari prevedono la comparsa di alcune giornate di raffreddamento: a San Bernardino si passa da 1 giorno annuo misurato in media oggi ai 4 dello scenario debole, rispettivamente 15 dello scenario forte. A basse quote il numero di giorni di raffreddamento è nettamente superiore: a Biasca oggi se ne misurano in media 84, lo scenario debole ne prevede 107 mentre quello forte 135. Lugano è invece caratterizzata oggi in media da 99 giorni di raffreddamento, mentre nel 2060 lo scenario debole ne prevede 121 e quello forte 144.

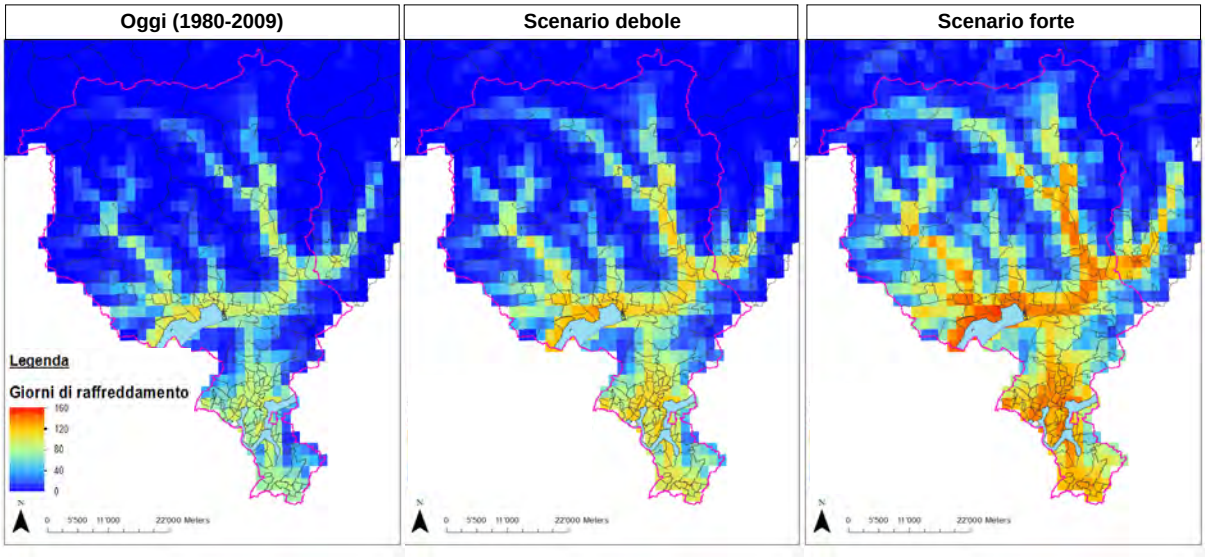


Figura 46: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di giorni di raffreddamento per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

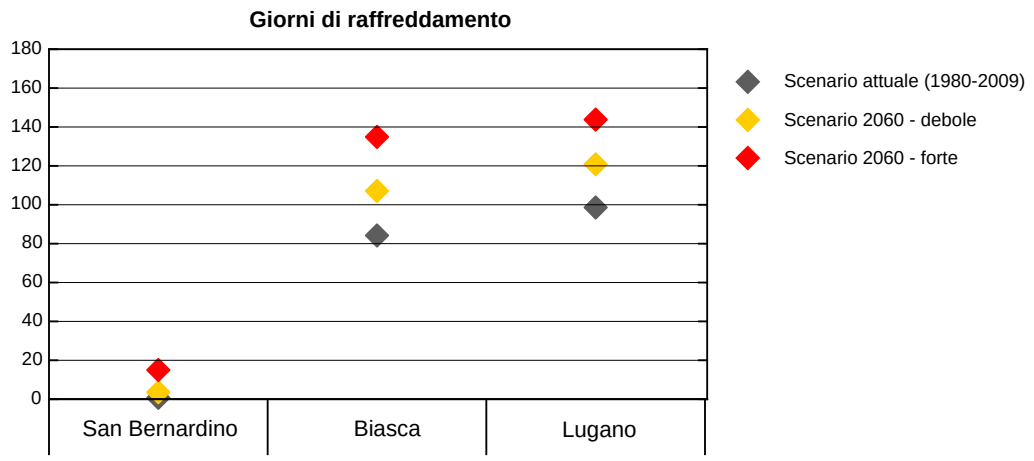


Figura 47: ***Valore annuo di giorni di raffreddamento associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

Gradi-giorni di raffreddamento

La crescita dei gradi-giorni di raffreddamento è particolarmente importante nei fondovalle del Sopraceneri e nelle zone di pianura nei pressi del lago nel Sottoceneri (vedi Figura 48). A Lugano si passa dai 326 gradi-giorni di raffreddamento di oggi ai 506 previsti dallo scenario debole e i 757 dello scenario forte. A Biasca invece oggi si misurano in media 240 gradi-giorni di raffreddamento, lo scenario debole ne prevede 384 mentre quello forte 603. In montagna i gradi-giorni di raffreddamento sono più limitati: oggi a San Bernardino ne viene misurato in media 1 all'anno, lo scenario debole ne prevede 4 mentre quello forte 20 (vedi Figura 49).

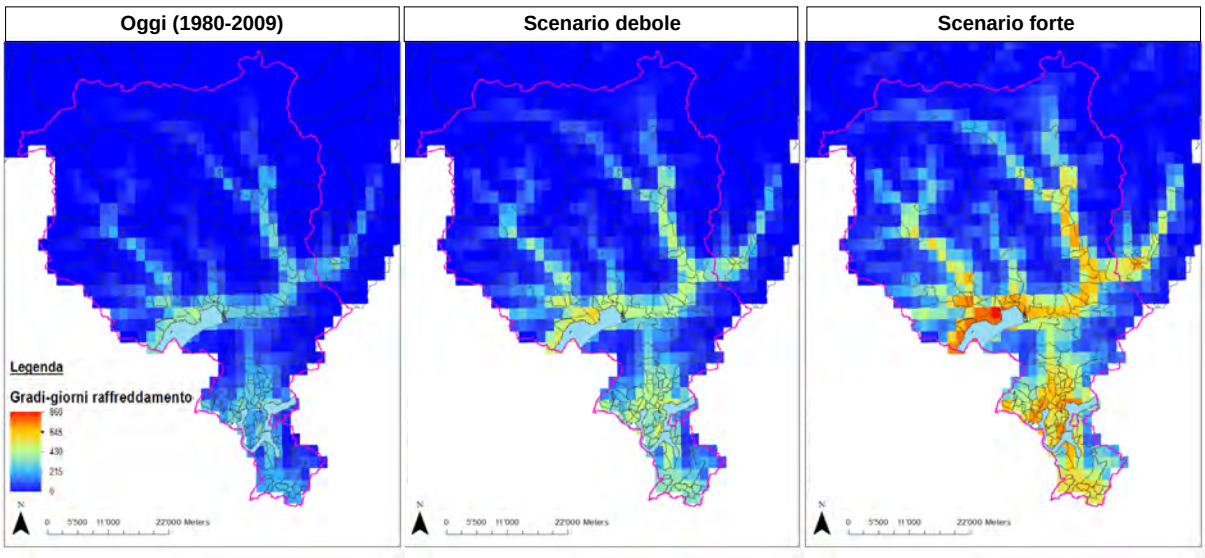


Figura 48: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di gradi-giorni di raffreddamento per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

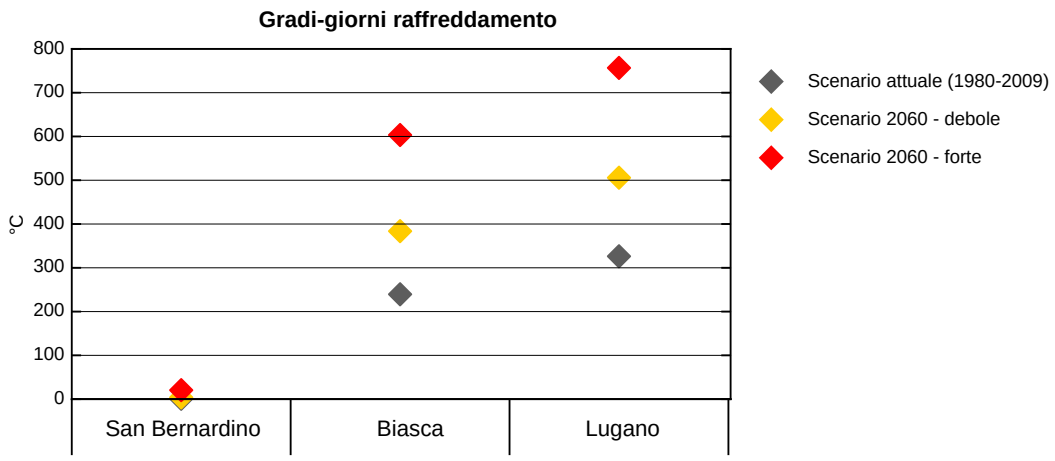


Figura 49: ***Valore annuo dei gradi-giorni di raffreddamento associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

Giorni di riscaldamento

Un indicatore climatico rilevante per i consumi energetici delle zone di montagna è invece dato dai giorni di riscaldamento. Entrambi gli scenari prevedono una diminuzione generale di questo parametro (vedi Figura 50). Le zone in quota sono ovviamente caratterizzate da un numero elevato di giorni di riscaldamento: a San Bernardino oggi si misurano in media 317 giorni di riscaldamento; lo scenario debole prevede una diminuzione a 293 giorni mentre quello forte a 264. Biasca è caratterizzata oggi in media da 186 giorni di riscaldamento, lo scenario debole ne prevede 165 mentre quello forte 142. A Lugano oggi si verificano invece in media circa 176 giorni di riscaldamento, gli scenari 2060 ne prevedono rispettivamente 157 (scenario debole) e 133 (scenario forte).

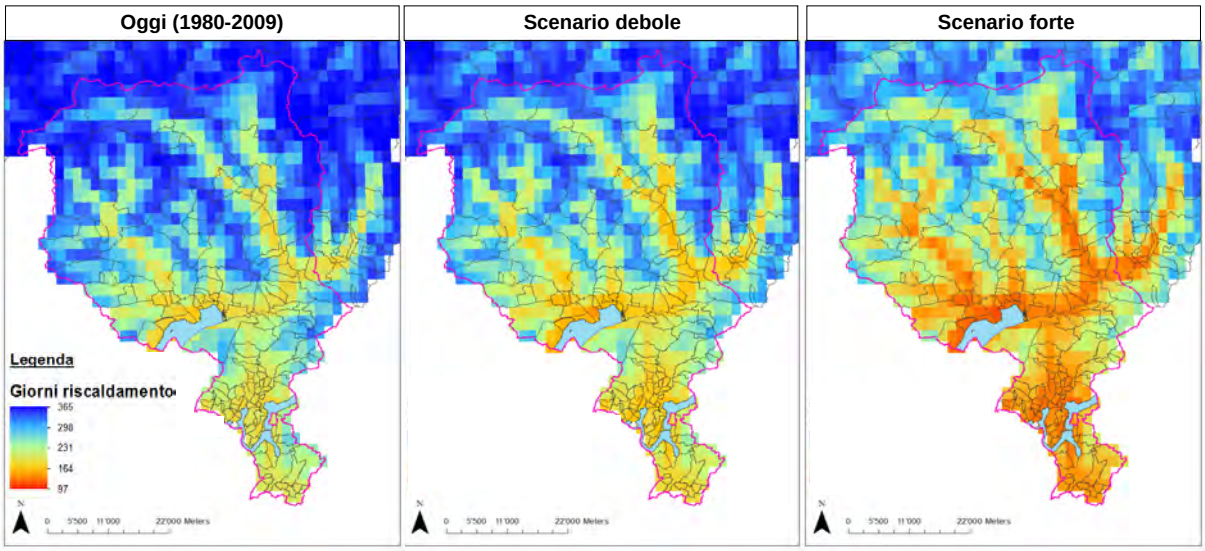


Figura 50: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di giorni di riscaldamento per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

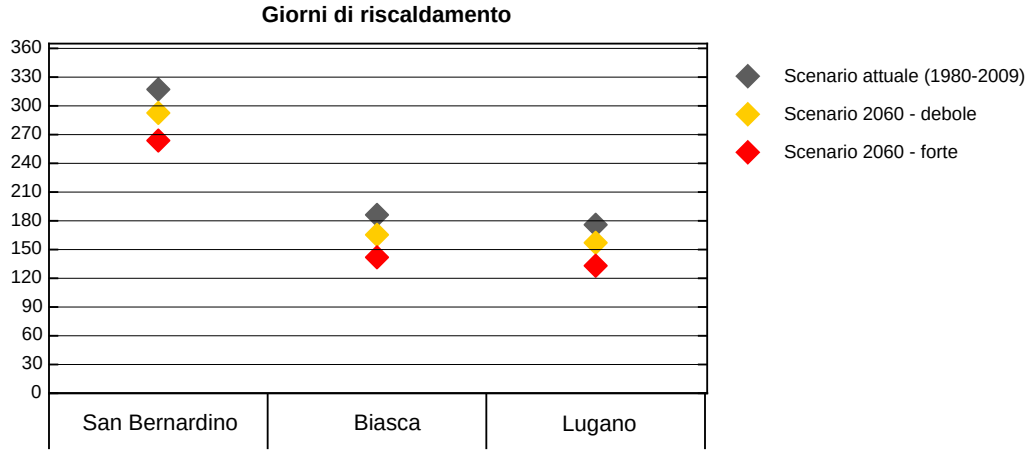


Figura 51: ***Valore annuo dei giorni di riscaldamento associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

Gradi-giorni di riscaldamento

A San Bernardino si passa dai 5'697 gradi-giorni di riscaldamento attuali ai 5'050 dello scenario debole e ai 4'315 di quello forte. I cambiamenti risultano rilevanti anche in pianura: a Biasca oggi si misurano in media 2'679 gradi-giorni di riscaldamento, lo scenario debole ne prevede 2'260 nel 2060 mentre lo scenario forte 1'795. A Lugano invece lo scenario di riferimento è caratterizzato da 2'403 gradi-giorni di riscaldamento annui, lo scenario debole da 2'041 e quello forte da 1'601.

È interessante notare come il valore dei gradi-giorni di riscaldamento sia molto superiore a quelli di raffreddamento. Ciò rispecchia la bassa temperatura media annua registrata in Ticino (12.4°C per Lugano) che è nettamente inferiore ai 20°C.

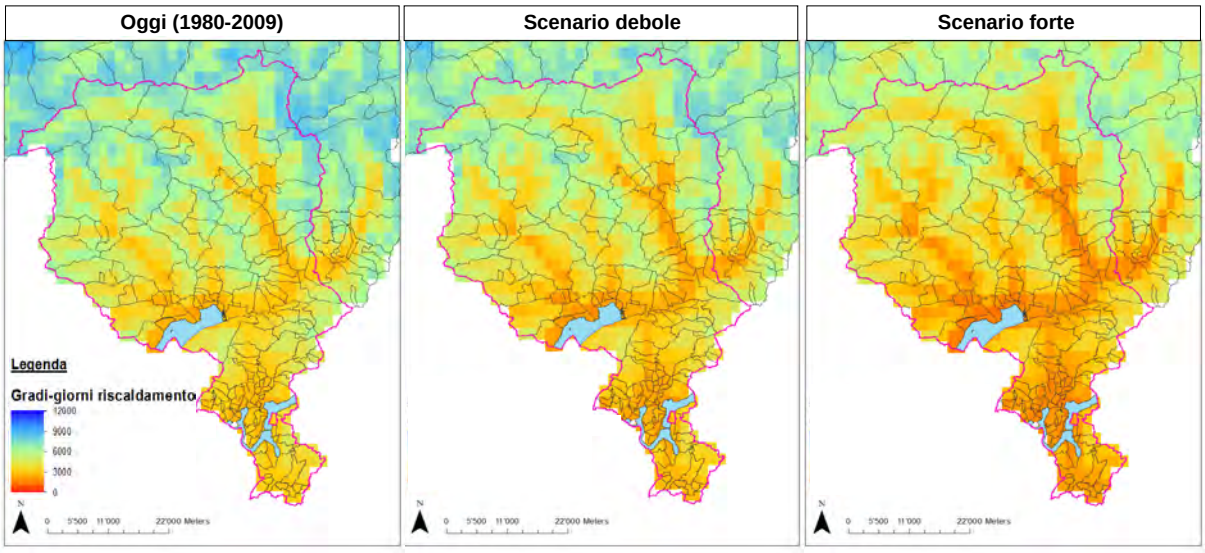


Figura 52: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di gradi-giorni di riscaldamento per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

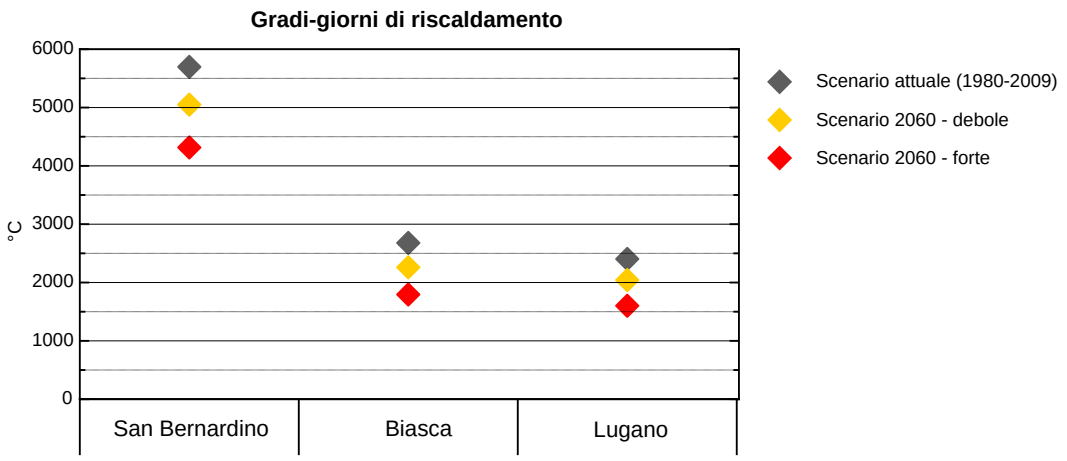


Figura 53: ***Valore annuo dei gradi-giorni di riscaldamento associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

4.4.4. Altri indicatori

Giorni con neve nuova

Il numero di giorni con neve nuova degli scenari futuri dipende sia dalla temperatura sia dalle precipitazioni previste. È interessante notare che, nonostante lo scenario forte preveda un aumento delle precipitazioni future in inverno (vedi capitolo 4.3.2), entrambi gli scenari mostrano una diminuzione generale del numero di giorni con neve nuova, causato dall'aumento di temperatura.

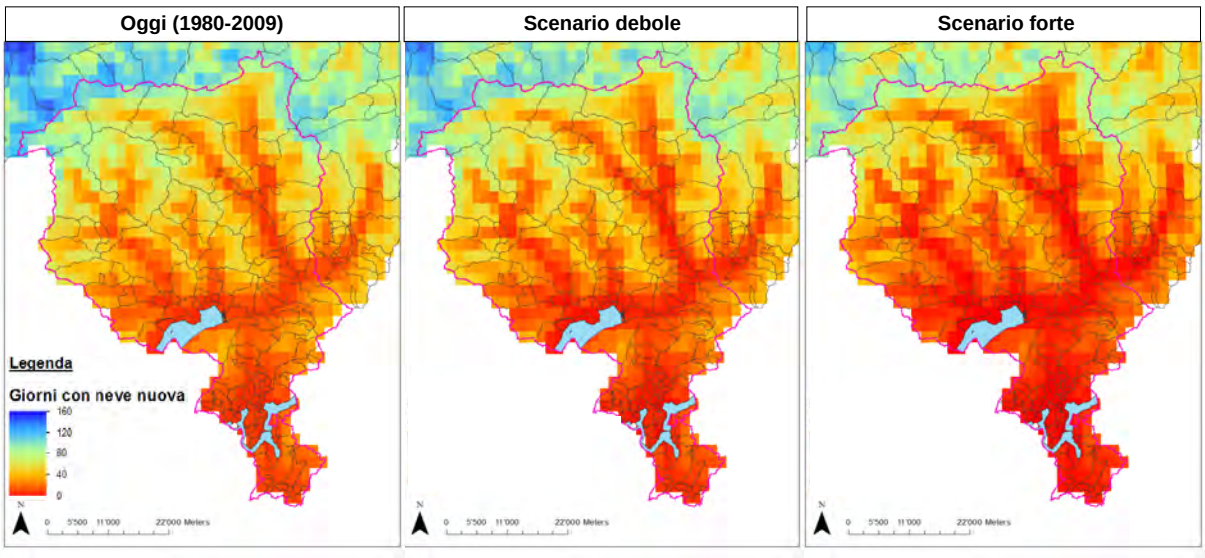


Figura 54: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di giorni con neve nuova per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

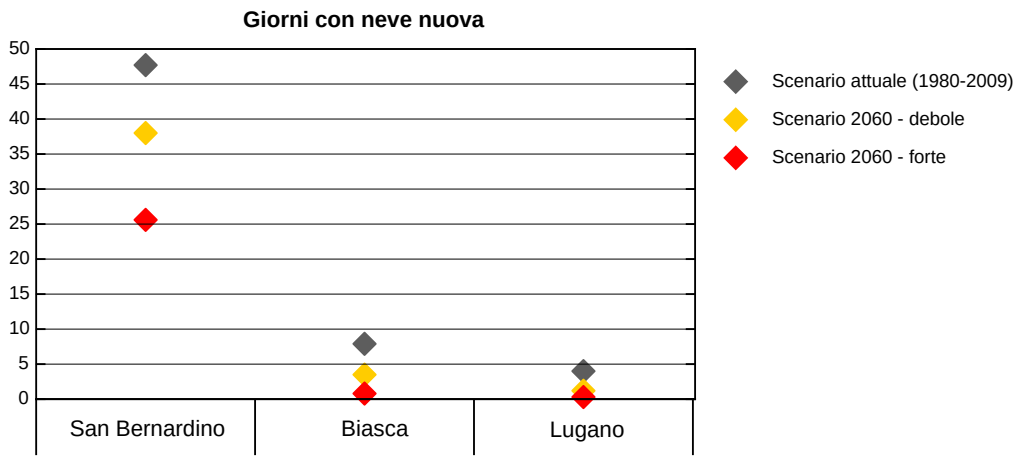


Figura 55: Valore annuo dei giorni con neve nuova associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).

A San Bernardino oggi si contano in media 48 giorni con neve nuova, lo scenario debole ne prevede 38 mentre quello forte 26. A Biasca si passa dai circa 8 giorni attuali ai 4 dello scenario debole e 1 dello scenario forte. Lugano è invece caratterizzata oggi in media da 4 giorni annui con neve nuova, 1 giorno all'anno per lo scenario debole e 1 ogni 3 anni per lo scenario forte (vedi Figura 55).

Giorni con neve bagnata

Insieme alla diminuzione dei giorni di neve nuova, i due scenari prevedono che anche i giorni con neve bagnata tenderanno a diminuire in pianura e alle quote di mezza montagna. A San Bernardino si passa dai 27 giorni di oggi ai 24 dello scenario debole, rispettivamente 18 dello scenario forte. A Biasca e Lugano, a causa delle temperature più elevate, il numero di giorni con neve bagnata corrisponde a quello di giorni con neve nuova per tutti gli scenari (incluso lo scenario di riferimento), vedi paragrafo precedente.

A differenza dei giorni con neve nuova, in alta montagna si prevede che quelli con neve bagnata tenderanno a rimanere costanti o ad aumentare leggermente, a causa dell'aumento di temperatura. Nella zona del Gottardo ad esempio (46°33' N, 8°42' E, 2377 m s.l.m.) lo scenario di riferimento ne prevede 30, mentre per il 2060 quello debole e quello forte circa 32 (vedi Figura 56 e Figura 57).

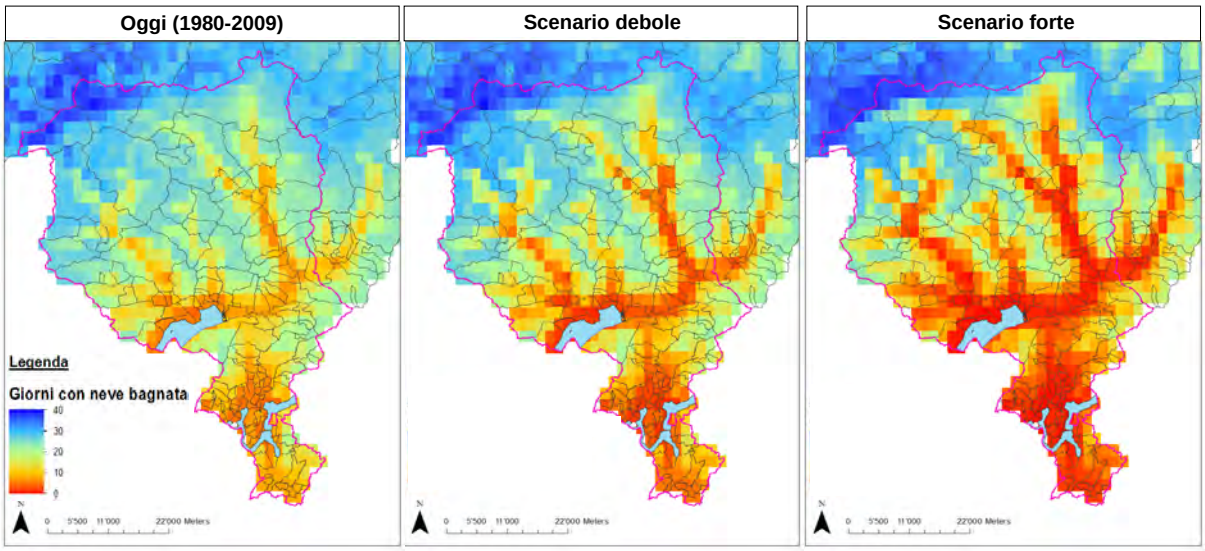


Figura 56: ***Distribuzione spaziale del numero annuo di giorni con neve bagnata per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

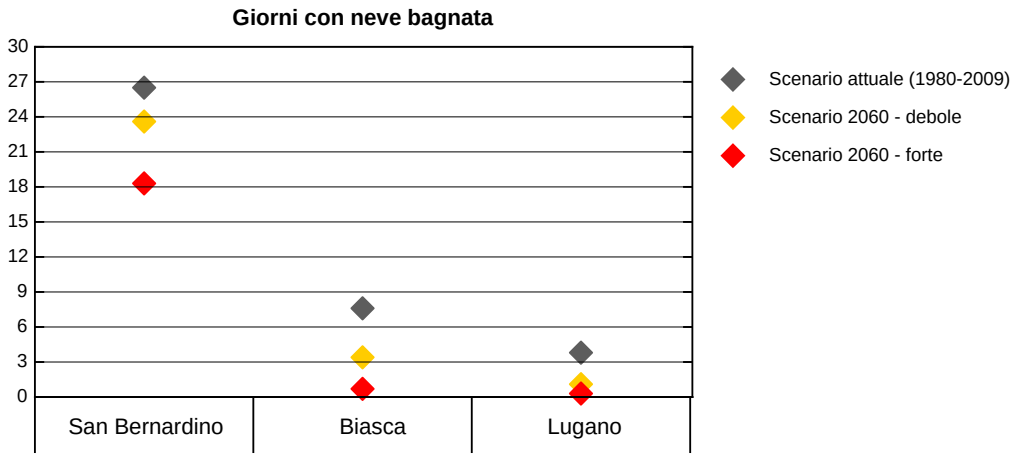


Figura 57: ***Valore annuo dei giorni con neve bagnata associati agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

Durata del periodo di vegetazione

La durata del periodo di vegetazione tende ad aumentare sull'intero territorio cantonale in entrambi gli scenari climatici 2060. A San Bernardino oggi viene misurato in media un periodo di vegetazione di 153 giorni; nel 2060 lo scenario debole prevede un aumento a 176 mentre quello forte a 214. A Biasca si passa dai 281 giorni attuali ai 305 (scenario debole) rispettivamente 342 (scenario forte) nel 2060. Lugano è invece caratterizzata oggi in media da 302 giorni di vegetazione, lo scenario debole ne prevede 327 per il 2060 mentre quello forte 352.

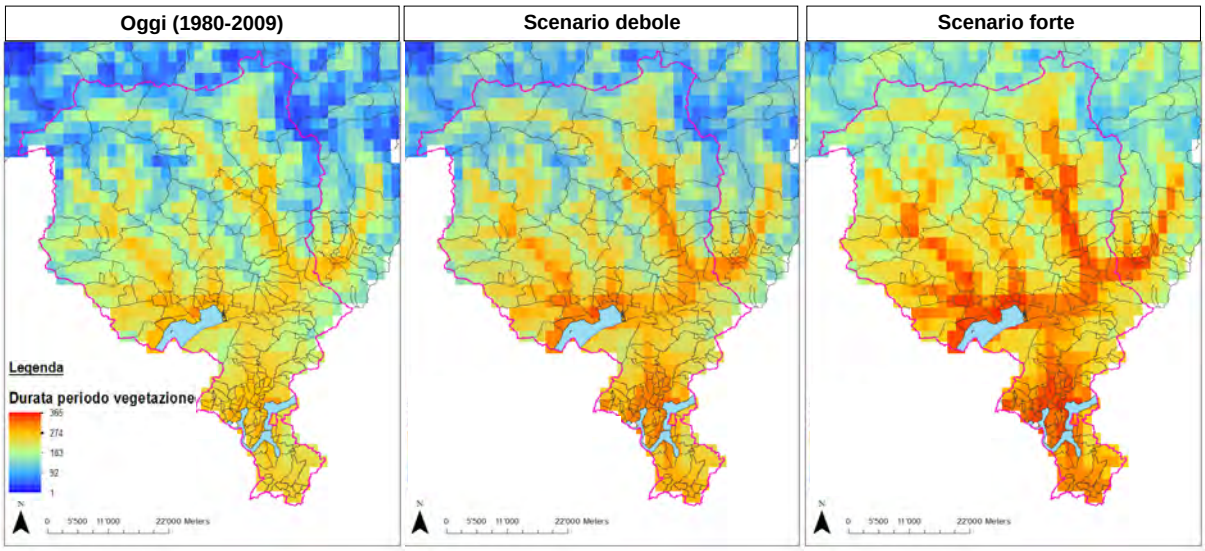


Figura 58: ***Distribuzione spaziale della durata del periodo di vegetazione (in giorni) per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

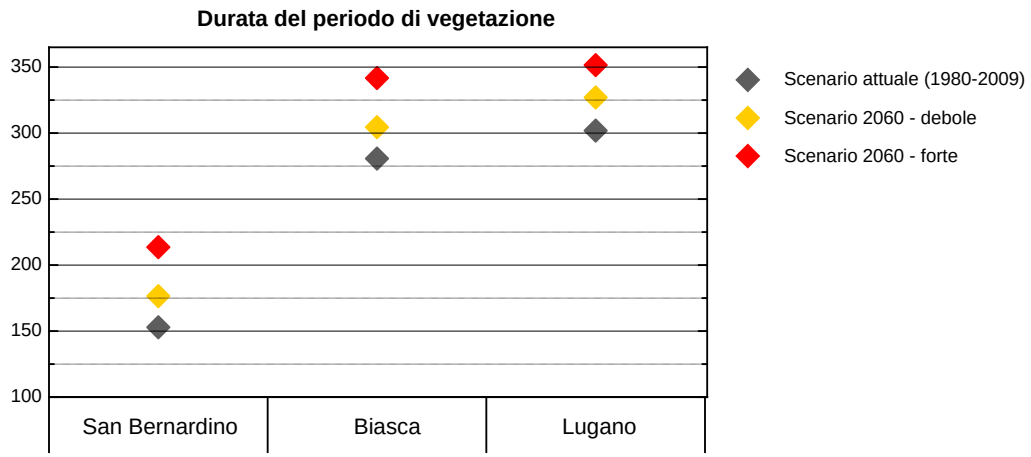


Figura 59: ***Durata del periodo di vegetazione annuo (in giorni) associato agli scenari attuale, debole e forte per le località di San Bernardino, Biasca e Lugano (MeteoSvizzera, 2014b).***

Indice di Huglin

L'indice di Huglin *H* è un parametro bioclimatico introdotto da Huglin nel 1978 allo scopo di quantificare il potenziale termico del clima di una regione. Viene utilizzato quale misura per il potenziale contenuto zuccherino di diversi tipi di uva e offre informazioni relative alle diverse varietà di vite che possono essere coltivate (Huglin, 1978).

Entrambi gli scenari 2060 prevedono un aumento del valore dell'indice di Huglin su tutto il territorio. Particolarmente interessanti sono i cambiamenti futuri nel valore di questo parametro nelle zone meridionali del Ticino e sui fondovalle, dove *H* supera il valore limite a partire dal quale è possibile la coltivazione della vite, fissato a circa 1'500 (vedi Figura 60 e Figura 61).

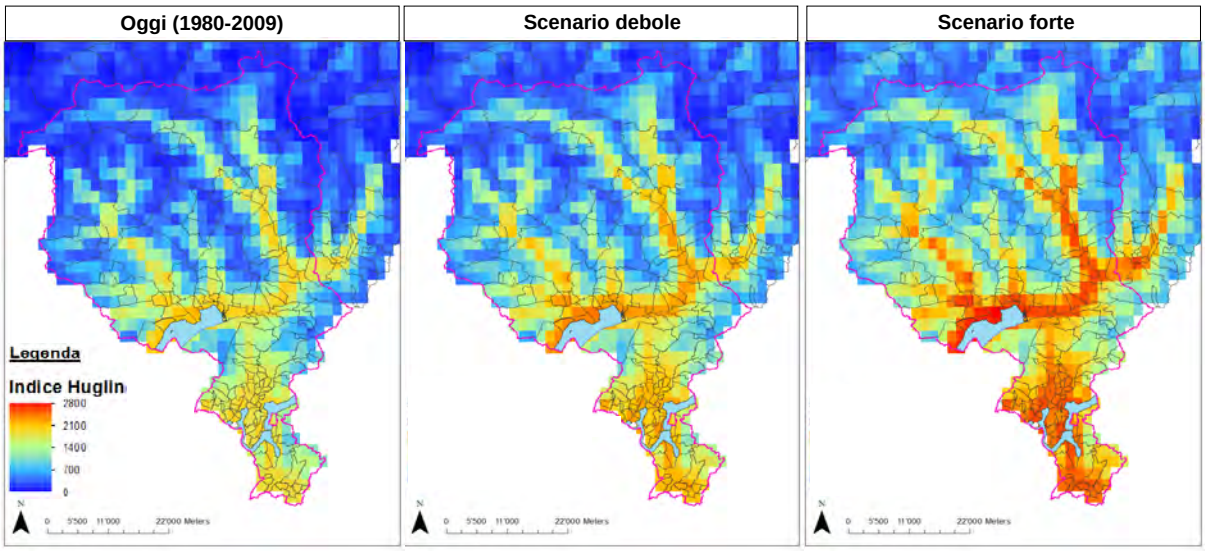


Figura 60: ***Distribuzione spaziale del valore dell'indice di Huglin per lo scenario di riferimento (1980-2009) e gli scenari 2060 debole e forte (MeteoSvizzera, 2014b). In rosa è rappresentato il confine del Canton Ticino mentre le aree azzurre rappresentano il lago Maggiore e il lago di Lugano.***

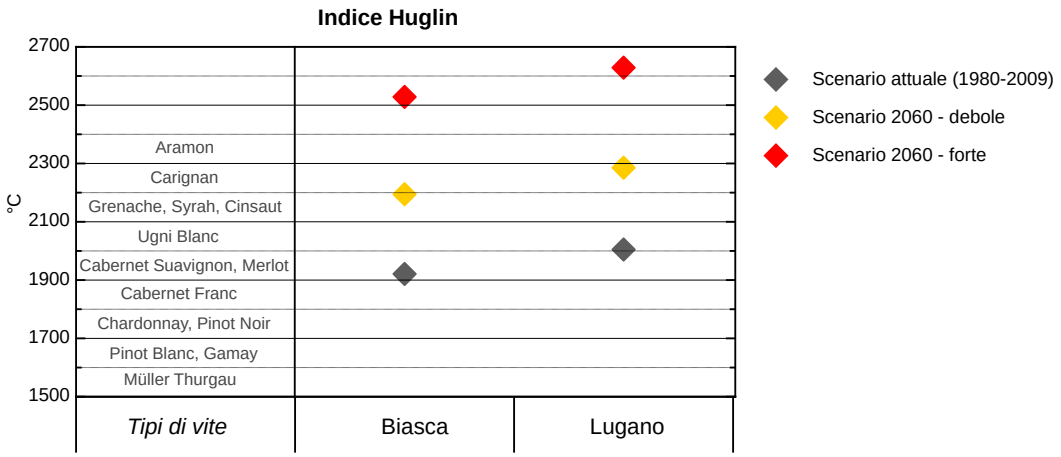


Figura 61: ***Valore dell'indice di Huglin associato agli scenari attuale, debole e forte per le località di Biasca e Lugano. Sulla sinistra sono presentati i tipi di vite coltivabili in funzione del valore dell'indice di Huglin (MeteoSvizzera, 2014b).***

A Biasca e Lugano oggi si misura in media un indice di Huglin di 1'927 gradi, rispettivamente 2'005 gradi, adatti alla coltivazione del Merlot. Lo scenario debole prevede per Biasca un aumento a 2'195 gradi, mentre nello scenario forte si dovrebbe raggiungere i 2'528 gradi. A Lugano invece per il 2060 è previsto che questo indice raggiunga un valore di 2'285 gradi (scenario debole), rispettivamente 2'629 gradi (scenario forte).

Secondo lo scenario debole sia a Biasca che a Lugano sarà possibile coltivare Granache, Syrah, Cisaut e Cargnan mentre a Lugano sarà possibile coltivare anche Aramon. Per lo scenario 2060 forte sia a Biasca che a Lugano l'indice di Huglin sarà superiore ai 2500 gradi. Siccome la massima produttività di un vigneto si osserva per un indice di Huglin

tra i 2300 e i 2500 gradi (Bucur & Dejeu, 2014), per questo scenario (soprattutto a Lugano) è da prevedere che la produzione viticola non sia ottimale.

L'aumento generalizzato della temperatura previsto per il 2060, con la conseguente crescita del valore dell'indice di Huglin comporterebbe, come illustrato in Figura 61, un ampliamento dei tipi di vite coltivabili, nonché una crescita della superficie sfruttabile per la sua coltivazione.

4.5. PERICOLI E EFFETTI 2060

La previsione dell'evoluzione dei pericoli e degli effetti dei cambiamenti climatici associata ai diversi scenari è particolarmente delicata. Molti dei pericoli naturali sono infatti influenzati, oltre che dalle variabili meteorologiche presentate in precedenza, da parametri associati ad eventi meteo di intensità e/o durata fuori dalla norma a livello di precipitazioni, temperatura e venti. Le previsioni della frequenza e dell'intensità di questi eventi è molto complessa ed è associata ad una grossa incertezza. Per questo motivo le valutazioni effettuate in questo capitolo non devono essere interpretate come previsioni certe, ma piuttosto come stime di una probabile tendenza che caratterizzerà il clima futuro nel 2060.

La frequenza e l'intensità dei diversi effetti e pericoli naturali trattati dipendono fondamentalmente da tre variabili meteorologiche: la temperatura, le precipitazioni e il vento. I diversi effetti e pericoli trattati in questo capitolo sono raffigurati nella Figura 12 in funzione della principale variabile meteorologica associata e della durata dell'evento. Si passa da pericoli che si generano e hanno una durata di poche ore (come ad esempio le frane) a effetti che si sviluppano sull'arco di anni (ad esempio degradazione del permafrost e dei ghiacciai).

La metodologia utilizzata per valutare i cambiamenti futuri di buona parte dei pericoli naturali è basata sugli scenari climatici (CH2011, 2011), sugli scenari degli indicatori climatici (Zubler, Fischer, Liniger, Croci-Maspoli, Scherrer, & Appenzeller, 2014) e sulla valutazione della sensibilità al clima dei pericoli naturali (geo7, 2015). Nel processo di quantificazione delle tendenze, nel caso in cui non sia possibile eseguire considerazioni a partire dai dati disponibili riguardanti i cambiamenti previsti dagli scenari, sono presentate delle stime basate sul sapere degli esperti nel campo.

L'analisi della sensibilità al clima dei pericoli naturali (geo7, 2015) si basa su un approccio a livello svizzero per analizzare la sensibilità dei pericoli naturali a fronte dei cambiamenti climatici. Questo metodo permette di effettuare una valutazione delle tendenze future in base alle previsioni associate ai diversi scenari.

Il metodo dell'analisi (geo7, 2015) si basa sulla suddivisione di tutte le variabili che influenzano un pericolo naturale in tre categorie principali: predisposizione di fondo, predisposizione variabile ed evento scatenante.

La *predisposizione di fondo* si compone di tutte le caratteristiche del sistema che restano stabili a lungo termine. Essa descrive quindi le proprietà dei luoghi in cui è più probabile che il pericolo si sviluppi. Rientrano in questa categoria ad esempio le caratteristiche geologiche del luogo. La *predisposizione variabile* contiene invece le proprietà del luogo che variano nel tempo e che influenzano la soglia di attivazione di un processo. Un esempio in questo senso è dato dal contenuto di acqua del terreno: più è alto, più è facile si sviluppi una colata di materiale. L'*evento scatenante* racchiude invece gli eventi meteorologici responsabili dell'attivazione di un determinato processo. Un esempio di evento scatenante è la precipitazione intensa che può innescare una colata di detriti.

In una prima fase si procede a valutare i cambiamenti futuri della predisposizione variabile e dell'evento scatenante in base alle previsioni dei diversi scenari climatici. Le due categorie vengono poi combinate per valutare i cambiamenti futuri di frequenza ed intensità del pericolo sotto studio. Tutti i cambiamenti sono valutati in modo qualitativo, assegnando ad ogni variabile uno dei seguenti valori:

++	Forte aumento;
+	Aumento;
+/-	Nessun cambiamento significativo;
-	Diminuzione;

I valori ottenuti vengono poi combinati attraverso schemi definiti.

È importante sottolineare che gli scenari climatici utilizzati a livello svizzero (geo7, 2015) non coincidono con quelli utilizzati nel presente studio e introdotti nel capitolo precedente. Le analisi presentate in questo capitolo sono quindi il risultato dell'applicazione della metodologia sopra descritta ai dati previsti dagli scenari climatici 2060 debole e forte.

4.5.1. Innalzamento della temperatura media

In futuro le temperature medie in Ticino aumenteranno in ogni periodo dell'anno. L'aumento previsto delle temperature per il 2060 dallo scenario debole e forte è descritto nel capitolo 4.3.1.

È inoltre utile sottolineare che gli indicatori gradi giorni di riscaldamento, gradi giorno di raffreddamento, giorni di riscaldamento e giorni di raffreddamento (descritti nel capitolo 4.4.3) sono correlati alle temperature medie giornaliere e sono rappresentativi per determinare l'impatto di questo pericolo/effetto sul settore energia.

4.5.2. Variazione del regime delle precipitazioni

Il regime delle precipitazioni annuali tenderà a cambiare in futuro. Per i diversi scenari è infatti prevista una tendenza verso l'aumento delle precipitazioni medie invernali e una diminuzione di quelle estive. Una descrizione delle variazioni delle precipitazioni stagionali previste a Sud delle Alpi per gli scenari 2060 debole e 2060 forte è descritta nel capitolo 4.3.2.

4.5.3. Precipitazioni intense

Un ruolo fondamentale nello sviluppo di diversi pericoli naturali, quali ad esempio alluvioni, frane e colate detritiche, è svolto dalle precipitazioni intense.

Dato che negli scenari climatici elaborati sotto la guida del Politecnico federale di Zurigo (ETHZ) e di MeteoSvizzera (CH2011, 2011) non sono presenti previsioni relative a frequenza e intensità di singoli eventi di precipitazione, saranno utilizzati quale base per la valutazione di questo parametro i risultati di un altro studio (Rajczak, Pall, & Schär, 2013), che non tiene però conto di precipitazioni intense che si sviluppano su una scala spaziale più ridotta, come ad esempio quelle causate da temporali.

I risultati di questo studio per la zona a Sud delle Alpi sono presentati nei grafici della Figura 62. La valutazione dei cambiamenti previsti viene effettuata osservando la variazione della quantità di pioggia (mm d'acqua) giornaliera associata ad eventi di precipitazione intensa con diversi periodi di ritorno[5] (da 2 a 100 anni).

[5] Per periodo di ritorno si intende l'intervallo di tempo medio che intercorre tra due eventi di precipitazione con una determinata intensità e durata.

Lo scenario utilizzato in questo studio - A1B medio, 2085 - non corrisponde agli scenari debole (RCP3PD medio, 2060) o forte (A1B estremo, 2060). Le variazioni che caratterizzano questi ultimi due scenari devono quindi essere stimate a partire dai risultati a disposizione.

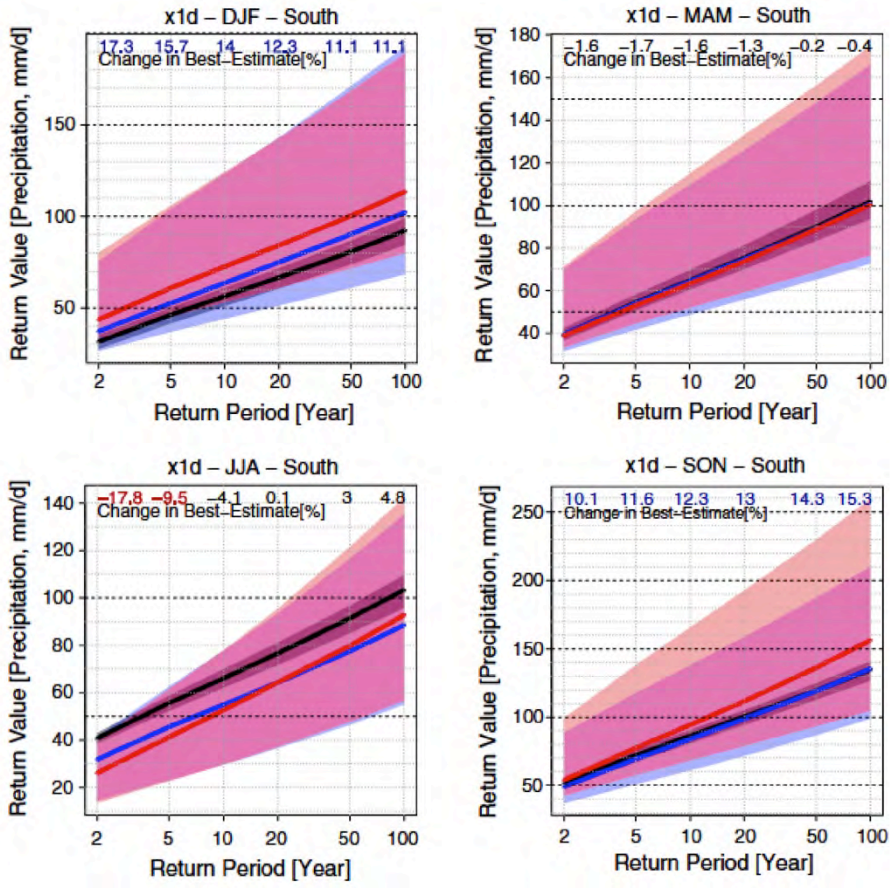


Figura 62: ***Grafici che presentano il valore di ritorno dell'intensità (mm/giorno) in funzione del periodo di ritorno (anni) delle precipitazioni per le quattro stagioni a Sud delle Alpi. In ogni grafico è presentata la curva associata ai valori medi misurati nel periodo di riferimento 1971-1998 (curva nera), quelli dei valori medi simulati per il periodo di riferimento 1970-1999 (curva blu) e i valori previsti per l'orizzonte temporale 2085 (2070-2099), basati sul valore medio dello scenario di emissione A1B (curva rossa). Le aree colorate corrispondono alle bande d'incertezza associate alle diverse curve. Sull'asse orizzontale superiore è indicata la differenza percentuale (%) fra il valore previsto per il 2085 (rosso) e il valore simulato per il periodo di riferimento (blu). Fonte: Rajczak et al. (2013).***

Per quanto riguarda lo *scenario forte* il gruppo di lavoro ha deciso di utilizzare direttamente i risultati di Rajczak et al. (A1B medio, 2085). Si assume infatti che i valori medi previsti per il 2085 siano rappresentativi di un limite superiore delle possibili evoluzioni previste per il 2060, e quindi adatti ad essere utilizzati nello scenario forte in inverno e primavera. Basandosi sui grafici di Figura 62 si può quindi ipotizzare che al Sud delle Alpi l'intensità delle precipitazioni estreme aumenterà in inverno. In primavera ed estate non dovrebbero esserci cambiamenti significativi. Per quanto riguarda l'autunno è utile ricordare che secondo la definizione di scenario forte si dovrebbe considerare la diminuzione massima delle precipitazioni medie. Tuttavia, in considerazione dell'incertezza alla base di queste previsioni, il gruppo di lavoro ha deciso di assumere anche in autunno un aumento delle precipitazioni

intense, come previsto dallo studio di Rajczak et al. (2013). Questa scelta risulta più adatta a descrivere uno scenario estremo nell'ottica dello sviluppo di pericoli naturali (vedi Tabella 9).

FORTE	DGF	MAM	GLA	SON
Precipitazioni intense (PI)	+	+/-	+/-	+

Tabella 9: Tendenze previste per i cambiamenti dell'intensità delle precipitazioni estreme nello scenario forte per il 2060 rispetto allo scenario di riferimento. Le valutazioni si basano principalmente sui dati degli studi (Rajczak, Pall, & Schär, 2013), (geo7, 2015) e (CH2011, 2011).

Per lo *scenario debole* non esiste invece alcuno studio su cui basare una valutazione dei cambiamenti. Il gruppo di lavoro ha deciso, dato che si tratta di uno scenario ottimistico, di assumere che con esso non ci saranno cambiamenti significativi nell'intensità degli eventi di precipitazione fuori dalla norma rispetto ad oggi.

DEBOLE	DGF	MAM	GLA	SON
Precipitazioni intense (PI)	+/-	+/-	+/-	+/-

Tabella 10: Tendenze previste per i cambiamenti dell'intensità delle precipitazioni estreme nello scenario debole per il 2060 rispetto allo scenario di riferimento.

Le tendenze presentate nella Tabella 9 e nella Tabella 10 saranno utilizzate quale base per la valutazione di diversi pericoli naturali. A partire dai risultati presentati Figura 62 è possibile eseguire anche una stima quantitativa dei cambiamenti nelle precipitazioni intense future. Per lo *scenario forte* la valutazione è basata sui cambiamenti previsti d'intensità di eventi di precipitazione con periodo di ritorno di 10 anni. Nello *scenario debole* si assume invece che non si verificheranno variazioni sostanziali rispetto allo scenario di riferimento. I cambiamenti previsti sono presentati nella Tabella 11 e nella Figura 63.

Precipitazioni intense (cambiamento %)	DGF	MAM	GLA	SON
DEBOLE	0	0	0	0
FORTE	+15	0	-5	+10

Tabella 11: Cambiamenti percentuali previsti per l'intensità delle precipitazioni intense negli scenari debole e forte rispetto allo scenario di riferimento.

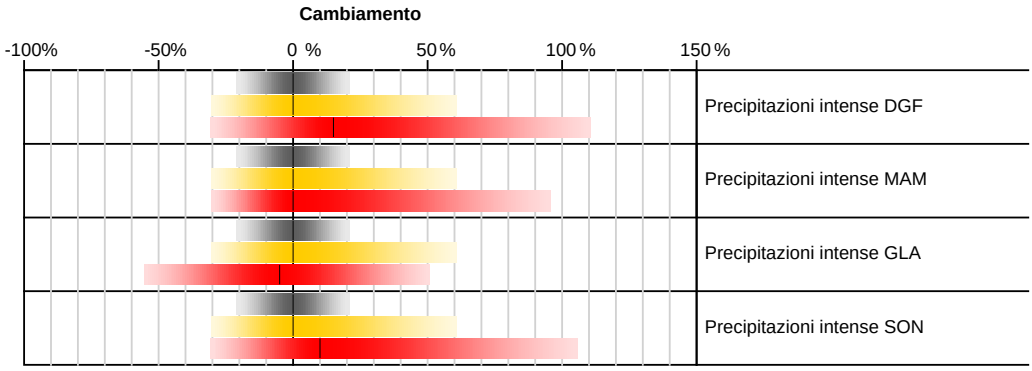


Figura 63: Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per l'intensità delle precipitazioni intense negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.

4.5.4. Frane/Colate detritiche

In generale viene fatta una distinzione tra due tipi di colate detritiche (geo7, 2015): le colate da pendii ripidi e quelle da ghiaione poco consolidato. Le prime, più frequenti su suolo ticinese, saranno analizzate in dettaglio, mentre le seconde saranno trattate in modo sommario. Esse sono infatti limitate a zone con residui di frane e morene formatesi durante la Piccola Era Glaciale, situate perlopiù ad alta quota e poco influenti a Sud delle Alpi.

I fenomeni meteorologici determinanti per lo sviluppo di colate detritiche da pendii ripidi sono simili a quelli legati alle frane superficiali. Si assume quindi che i cambiamenti futuri previsti per le colate da pendii ripidi siano rappresentativi anche per questo tipo di fenomeni.

Colate da pendii ripidi

Le colate di questo tipo si sviluppano soprattutto a quote medio-basse in zone con pendii ripidi e coinvolgono materiale non consolidato, spesso coperto da vegetazione.

Predisposizione di fondo: La predisposizione di fondo per le colate detritiche è determinata dalla morfologia e dalle proprietà geologiche del terreno. Le zone tipiche di distacco sono caratterizzate da pendii con pendenza elevata (> 35°) situati in zone in cui l'acqua tende a concentrarsi. Vi sono ovviamente anche molti altri fattori che entrano in gioco, quali ad esempio la struttura e la stratigrafia sotterranea del terreno, la presenza di vie preferenziali per l'acqua di deflusso, la granulosità del materiale, ecc. (geo7, 2015).

Predisposizione variabile: La predisposizione variabile è invece legata al livello d'acqua nel sottosuolo, che influenza fortemente la stabilità del terreno. Più è alto il livello d'acqua, più il terreno è instabile. I due fenomeni principali responsabili dell'aumento del livello d'acqua sono:

- Lunghi periodi di pioggia.
- Acqua di fusione della neve che penetra nel terreno.

Quale indicatore per i lunghi periodi di pioggia si è scelto di utilizzare i valori stagionali di precipitazione previsti dai diversi scenari. La valutazione del flusso d'acqua di fusione è invece basata sul rapporto riguardate la sensibilità al clima dei diversi pericoli naturali (geo7, 2015). La scelta delle quote di riferimento, così come la valutazione del rapporto pioggia/neve e la velocità di fusione della neve sono basati sulla temperatura prevista dagli scenari. I cambiamenti previsti di precipitazione e acqua di fusione vengono uniti per ottenere una valutazione complessiva dei cambiamenti del flusso d'acqua stagionale che penetra nel terreno. I risultati ottenuti sono presentati nella Tabella 12 per lo scenario debole e nella Tabella 13 per lo scenario forte.

Nello *scenario debole* non sono previste variazioni sostanziali della precipitazione stagionale media in inverno, primavera e autunno. In estate è invece prevista una diminuzione a quote medio-basse, mentre ad alta quota i cambiamenti sono più limitati (Figura 30). Per lo scioglimento della neve si assume che a quote basse (< 600 m s.l.m.) non vi saranno cambiamenti significativi, ad eccezione della primavera, dove, a causa dell'incremento di temperatura, diminuiranno i residui di neve invernali. A medie quote (600 – 1900 m s.l.m.) è invece previsto uno spostamento dello scioglimento della neve dalla primavera all'inverno, con conseguente aumento dell'acqua di fusione in inverno e diminuzione in primavera. A quote elevate (> 1'900 m s.l.m.) lo scioglimento della neve tenderà invece a spostarsi da inizio estate

alla primavera. In autunno non sono invece previsti cambiamenti significativi, dato che tutta la neve è già sciolta.

DEBOLE	DGF			MAM			GLA			SON		
Quota	P	SN	FAT	P	SN	FAT	P	SN	FAT	P	SN	FAT
< 600	+/-	+/-	+/-	+/-	-	-	-	+/-	-	+/-	+/-	+/-
600 - 1900	+/-	+	+	+/-	-	-	-	+/-	-	+/-	+/-	+/-
> 1900	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+	+/-	-	-	+/-	+/-	+/-

Tabella 12: Variazione del flusso d'acqua che penetra nel terreno (FAT) prevista per lo scenario debole rispetto a quello attuale; in funzione della quota e della stagione. P indica il flusso derivante dalle precipitazioni mentre SN quello dovuto allo scioglimento della neve.

Nello *scenario forte*, a causa delle temperature più alte, sono state scelte delle quote di riferimento più elevate. Nei diversi intervalli di altitudine il comportamento dello scioglimento della neve corrisponde a quello descritto sopra per lo scenario debole. In inverno le precipitazioni sotto forma di pioggia aumenteranno sotto i 2400 m s.l.m., in parte a causa dell'aumento di temperatura (rapporto pioggia/neve più alto) e in parte a causa dell'incremento di precipitazioni previsto. A quote più elevate le precipitazioni restano invece di tipo nevoso. In primavera è previsto un leggero aumento delle piogge a tutte le quote. In estate e autunno lo scenario forte prevede al contrario una diminuzione generalizzata delle precipitazioni.

FORTE	DGF			MAM			GLA			SON		
Quota	P	SN	FAT	P	SN	FAT	P	SN	FAT	P	SN	FAT
< 1100	+	+/-	+	(+)	-	-	-	+/-	-	-	+/-	-
1100 - 2400	+	+	++	(+)	-	-	-	+/-	-	-	+/-	-
> 2400	+/-	+/-	+/-	(+)	+	+	-	-	- (-)	-	+/-	-

Tabella 13: Variazione del flusso d'acqua che penetra nel terreno (FAT) prevista per lo scenario forte rispetto a quello attuale; in funzione della quota e della stagione. P indica il flusso derivante dalle precipitazioni mentre SN quello dovuto allo scioglimento della neve.

In entrambi gli scenari si prevede un aumento del flusso d'acqua che penetra nel terreno a media quota in inverno e ad alta quota in primavera, causato dall'aumento di temperatura che intensifica lo scioglimento della neve; mentre la disponibilità d'acqua a medie-basse quote in primavera e ad alta quota in estate tenderà a diminuire. Nello scenario forte il fenomeno è ulteriormente accentuato dall'aumento di precipitazioni medie previsto in inverno e dalla riduzione in estate. In autunno lo scenario debole non prevede cambiamenti rilevanti mentre quello forte una leggera diminuzione causata dalle minori precipitazioni.

Evento scatenante: Nella maggior parte dei casi il momento di distacco di una colata detritica è associato ad un rapido aumento del livello d'acqua nel sottosuolo. Per questo motivo sono soprattutto le precipitazioni intense a scatenare le colate. Quale indicatore per i futuri cambiamenti di questo parametro saranno quindi utilizzati i risultati riguardanti le precipitazioni intense presentati precedentemente (v. Tabella 9 e Tabella 10).

La combinazione dei cambiamenti previsti per il flusso d'acqua che penetra nel terreno (predisposizione variabile) e per le precipitazioni intense (evento scatenante) permette di valutare i futuri cambiamenti nella frequenza di colate detritiche da pendii ripidi in funzione dello scenario scelto, dell'altitudine e della stagione. I risultati ottenuti sono presentati nella Tabella 14 per lo scenario debole e nella Tabella 15 per lo scenario forte.

DEBOLE	DGF			MAM			GLA			SON		
Quota	FAT	PI	Freq.	FAT	PI	Freq.	FAT	PI	Freq.	FAT	PI	Freq.
< 600	+/-	+/-	+/-	-	+/-	-	-	+/-	-	+/-	+/-	+/-
600 - 1900	+	+/-	+	-	+/-	-	-	+/-	-	+/-	+/-	+/-
> 1900	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+	-	+/-	-	+/-	+/-	+/-

Tabella 14: Variazione della frequenza delle colate detritiche da pendii ripidi prevista per lo scenario debole rispetto allo scenario di riferimento; in funzione della quota e della stagione. FAT indica il flusso di acqua che penetra nel terreno, mentre PI le precipitazioni intense.

FORTE	DGF			MAM			GLA			SON		
Quota	FAT	PI	Freq.	FAT	PI	Freq.	FAT	PI	Freq.	FAT	PI	Freq.
< 1100	+	+	++	-	+/-	-	-	+/-	-	-	+	(?)
1100 - 2400	++	+	++	-	+/-	-	-	+/-	-	-	+	(?)
> 2400	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+	- (-)	+/-	- (-)	-	+	(?)

Tabella 15: Variazione della frequenza delle colate detritiche da pendii ripidi prevista per lo scenario forte rispetto allo scenario di riferimento; in funzione della quota e della stagione. FAT indica il flusso di acqua che penetra nel terreno, mentre PI le precipitazioni intense.

L'analisi non permette di effettuare previsioni sull'intensità (dimensione), bensì sulla frequenza delle colate (di una certa intensità).

I risultati ottenuti mostrano in generale una tendenza verso l'aumento della frequenza di colate detritiche da pendii ripidi in inverno e una diminuzione in estate e primavera. La frequenza di colate nello scenario debole è determinata dal flusso d'acqua nel terreno, dato che non viene assunta nessuna variazione nelle precipitazioni intense. Nello scenario forte l'aumento del flusso d'acqua nel terreno in inverno è invece accompagnato da un aumento delle precipitazioni intense. In inverno al di sotto dei 2400 m s.l.m. è quindi previsto un incremento marcato di colate da pendii ripidi. Un aumento è anche previsto a quote elevate in primavera, mentre a quote più basse e in estate è prevista una diminuzione dei fenomeni, a causa della minore disponibilità d'acqua dovuta a minori precipitazioni e scioglimento precoce della neve.

Le previsioni per la stagione autunnale – che è storicamente la più critica per le colate detritiche (Sezione forestale cantonale, 2015) – per lo scenario debole non mostrano cambiamenti significativi, mentre quelle per lo scenario forte sono più problematiche. Risulta infatti difficile bilanciare l'aumento di precipitazioni intense e la diminuzione del flusso d'acqua nel terreno per decidere quale dei due sia dominante. Il gruppo di lavoro ha deciso, per lo sce-

nario forte, di eseguire un'analisi di sensitività legata alla scelta della tendenza futura per le precipitazioni medie autunnali. La scelta dell'estremo negativo (A1B (-)) delle precipitazioni nella stagione più critica per le colate detritiche non sembra infatti adeguata a rappresentare lo scenario forte a Sud delle Alpi. Nella Tabella 16 è presentata la tendenza futura per i cambiamenti di frequenza di colate detritiche in autunno in funzione della scelta delle precipitazioni medie autunnali.

Analisi di sensitività autunno	Scelta precip. SON: -			Scelta precip. SON: +/-			Scelta precip. SON: +		
Quota	FAT	PI	Freq.	FAT	PI	Freq.	FAT	PI	Freq.
< 1100	-	+	(?)	+/-	+	+	+	+	++
1100 - 2400	-	+	(?)	+/-	+	+	+	+	++
> 2400	-	+	(?)	+/-	+	+	+	+	++

Tabella 16: Analisi di sensitività per la frequenza di colate detritiche da pendii ripidi in autunno nello scenario forte in funzione della scelta delle precipitazioni medie autunnali: estremo negativo dello scenario A1B (-), valore medio dello scenario A1B (+/-) ed estremo positivo dello scenario A1B (+).

L'analisi di sensitività mostra come, se invece dell'estremo negativo viene scelto il valore medio o l'estremo positivo dello scenario A1B nelle precipitazioni medie autunnali, si ottiene un aumento nella frequenza di colate detritiche autunnali, e quindi anche annuali. Per lo scenario forte si assume quindi che la frequenza annuale di colate detritiche da pendii ripidi tenderà ad aumentare in futuro.

Colate detritiche da ghiaione poco consolidato

Questo tipo di colate detritiche si sviluppa principalmente in alta montagna e coinvolge depositi di ghiaione instabile generati dal ritiro dei ghiacciai, da frane precedenti o dalla degradazione del permafrost.

Lo stato del permafrost in materiale detritico è particolarmente influente sulla **predisposizione variabile** di questi eventi. Un suo deterioramento porta infatti ad una riduzione della stabilità del ghiaione, con conseguente incremento del rischio di colate. Come nel caso delle colate da pendii ripidi, un ruolo importante è svolto anche dall'acqua presente nel materiale dovuta a lunghi periodi di pioggia e fusione della neve. L'**evento scatenante** è rappresentato solitamente da piogge intense di media durata (la quantità d'acqua necessaria a smuovere i detriti di ghiaione è superiore a quella delle colate da pendii ripidi).

Si prevede che, a causa della prevista degradazione del permafrost in materiale detritico in quota (v. capitolo 4.5.15), dell'aumento dell'afflusso d'acqua nel terreno in primavera e dell'incremento di precipitazioni intense in autunno, nello scenario forte la frequenza di colate detritiche da ghiaione poco consolidato in quota tenderà ad aumentare in modo significante mentre nello scenario debole l'aumento sarà leggero.

Colate detritiche: analisi quantitativa degli eventi storici

Allo scopo di ottenere una valutazione quantitativa della tendenza futura a livello annuale della frequenza di colate detritiche (sia da pendii ripidi che da ghiaione poco consolidato)

che causano danni sul territorio ticinese, e proporre un metodo d'indagine alternativo, di seguito è presentata un'analisi effettuata in collaborazione con l'istituto IDSIA della Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI) (vedi allegato A2).

L'approccio presentato di seguito si differenzia in modo importante da quello utilizzato in precedenza, e può essere descritto fondamentalmente in tre punti:

1. In una prima fase sono state raccolte in una banca dati le coordinate geografiche e le date in cui sono avvenute le diverse colate detritiche osservate in passato sul territorio ticinese (251 eventi nel periodo 2000-2014). In aggiunta sono stati raccolti i dati relativi all'intensità delle precipitazioni misurate dalle diverse stazioni meteorologiche disponibili.
   Ad ogni evento di colata detritica sono state assegnate una regione di riferimento e alcune stazioni meteo (le 5 più vicine). Per ogni colata sono stati analizzati i valori d'intensità delle precipitazioni misurati dalle stazioni associate durante la giornata in cui è avvenuta, e si è cercato di isolare il fenomeno meteorologico (con particolare riferimento a intensità e durata (minimo 1 ora, massimo 6 ore)) che ha scatenato l'evento. In particolare, per ogni stazione associata all'evento è stato rilevato un potenziale fenomeno scatenante. Tra questi potenziali fenomeni scatenanti è stato scelto il fenomeno meteorologico caratterizzato da intensità maggiore come evento da associare alla colata detritica.
2. Basandosi sui dati storici di misura delle stazioni meteo di MeteoSvizzera sono poi state calcolate le *curve annuali*[6] *di intensità-durata-frequenza* (IDF) attuali per diversi periodi di ritorno. Queste curve rappresentano l'intensità media delle precipitazioni (con un determinato periodo di ritorno) in funzione della loro durata (da 1 a 6 ore).
   Basandosi sullo scenario di emissione A1B e utilizzando il modello globale ECHAM5 e il modello regionale REMO (CH2011, 2011) è poi stata calcolata, decennio per decennio, l'evoluzione futura delle curve IDF fino al 2060. Questo approccio si differenza da quello degli scenari CH2011, i quali sono il risultato dell'applicazione di numerosi scenari climatici (anziché solo 1). A partire da queste curve, in base alla differenza di precipitazione annuale totale, sono state derivate anche quelle associate allo scenario RCP3PD.
3. I dati storici raccolti nel punto 1 sono poi stati confrontati con le curve IDF attuali e quelle previste per il 2060 basate sugli scenari A1B e RCP3PD. Quest'analisi ha permesso di valutare a livello quantitativo le distribuzioni dei tempi di ritorno per lo scenario attuale e l'orizzonte temporale 2060 dei diversi eventi che in passato hanno causato colate detritiche in Ticino.

Nella Figura 64 sono presentate le curve IDF relative allo scenario attuale per diverse stazioni di misura meteo. In aggiunta sono indicati i diversi eventi meteorologici associati a colate detritiche passate.

[6] I dati a disposizione non permettono di effettuare una valutazione a livello stagionale.

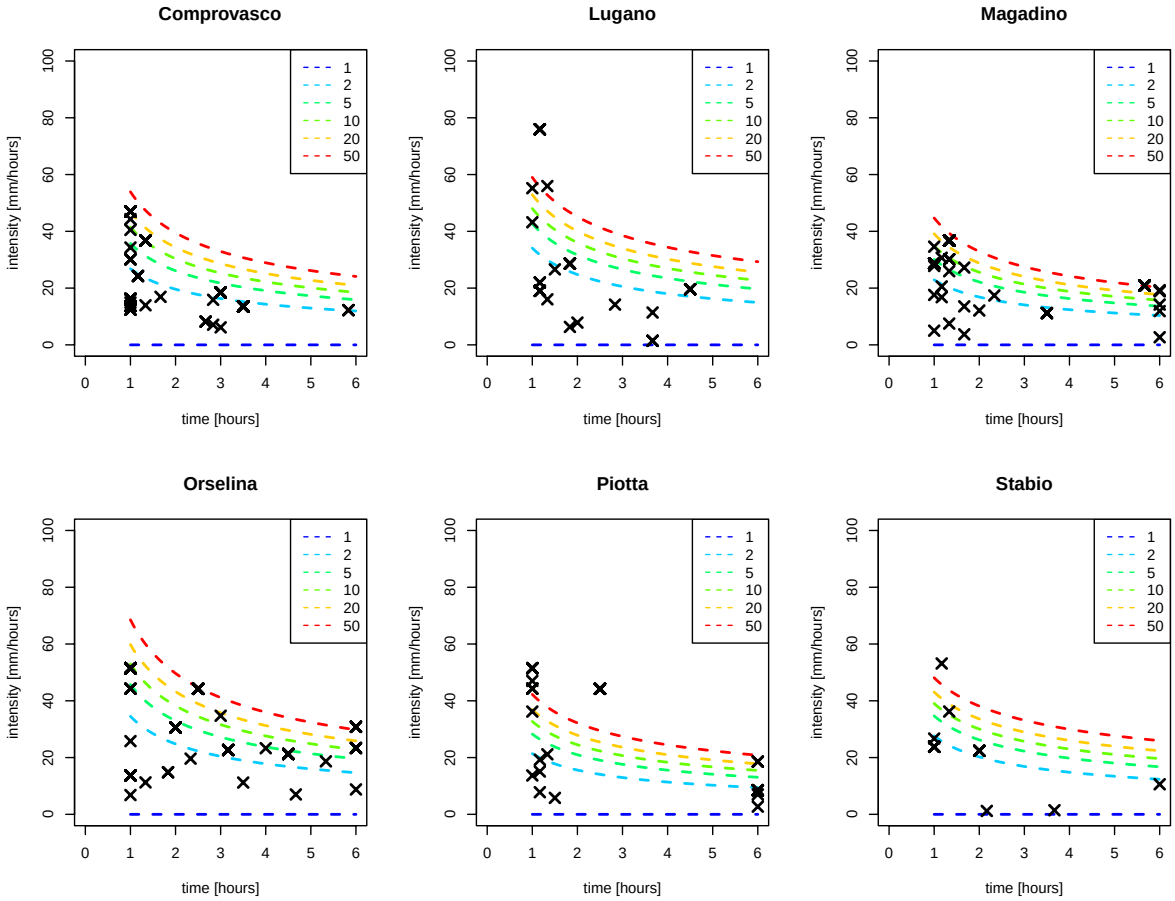


Figura 64: ***Curve IDF per lo scenario attuale associate alle diverse stazioni di misura. I numeri nella legenda indicano il periodo di ritorno (in anni) associato alle diverse curve. Le crocette nere indicano invece gli eventi meteo misurati dalla stazione sospetti di avere causato in passato una colata detritica nelle vicinanze.***

Lo stesso confronto dei grafici di Figura 64 è stato effettuato con le curve IDF previste per l'orizzonte temporale 2060 (con gli scenari di emissione A1B e RCP3PD). Il risultato per lo scenario A1B è presentato nella Figura 65.

Ad eccezione di Comprovasco, che presenta una situazione particolare[7], si nota bene dal confronto fra i grafici come la tendenza futura prevista per lo scenario A1B sia caratterizzata da un innalzamento generale delle curve IDF, sinonimo di un aumento della frequenza di precipitazioni intense. A Stabio ad esempio l'evento misurato con intensità più elevata (ca. 53 mm/h su 70 minuti) ha un tempo di ritorno, nello scenario attuale, superiore ai 50 anni. L'analisi prevede che nel 2060 (scenario A1B) questo evento sarà caratterizzato da un tempo di ritorno compreso fra i 10 e i 20 anni (v. Figura 65).

[7] Comprovasco è caratterizzata da un abbassamento delle curve. Questa anomalia potrebbe essere dovuta al fatto che la serie di dati storici associata a questa stazione è più breve rispetto alle altre. Anche il fatto che la stazione è situata nella zona interna delle Alpi sul fondo di una valle stretta può aver influito sulla capacità dei modelli di calcolare curve IDF rappresentative. È inoltre importante tenere conto della grossa incertezza che caratterizza le previsioni associate alle precipitazioni effettuate dai modelli climatici.

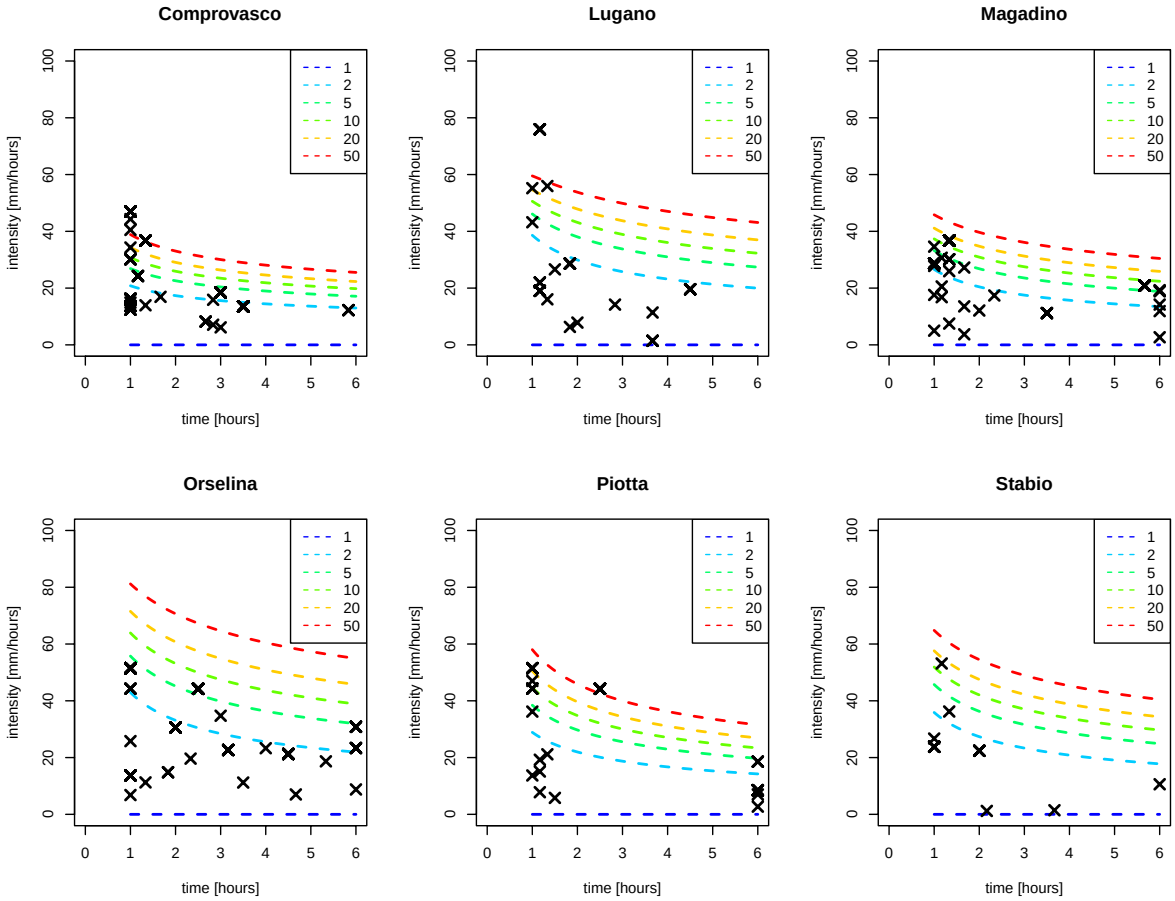


Figura 65: ***Curve IDF previste per lo scenario A1B nel 2060. I numeri nella legenda indicano il periodo di ritorno (in anni) associato alle diverse curve. Le crocette nere indicano invece gli eventi meteo misurati dalla stazione, sospetti di avere causato in passato una colata detritica nelle vicinanze.***

La stessa tendenza, meno marcata, si riscontra anche per le curve IDF associate allo scenario RCP3PD.

Gli eventi rari identificati quale causa di colate detritiche in Ticino tenderanno quindi, nel 2060, ad essere più frequenti. Allo scopo di esprimere a livello quantitativo questo cambio di frequenza sono state confrontate le distribuzioni degli eventi in funzione del periodo di ritorno associato per lo scenario attuale, per lo scenario A1B 2060 e per lo scenario RCP3PD 2060 (v. Figura 66). L'analisi è limitata agli eventi con periodo di ritorno inferiore ai 10 anni. Il periodo considerato per lo studio delle colate detritiche passate (14 anni) è infatti troppo breve per permettere un'analisi di eventi con periodo di ritorno superiore.

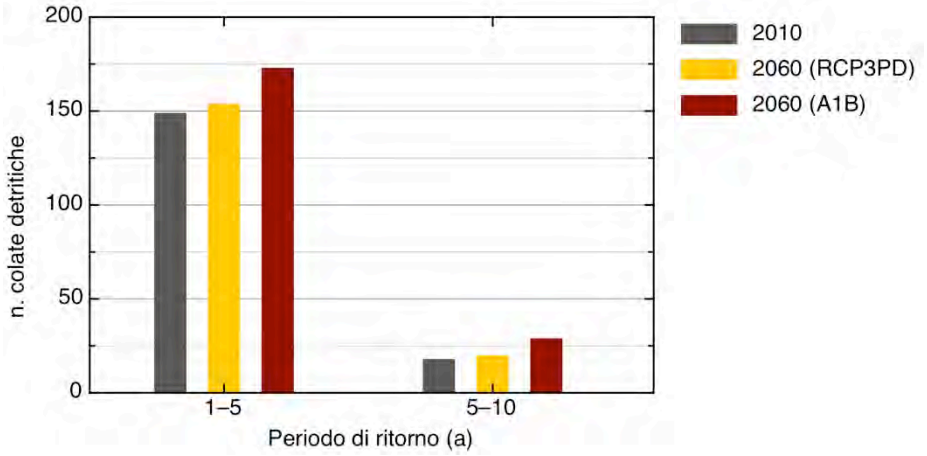


Figura 66: ***Distribuzione degli eventi meteo identificati quale causa di una colata detritica in passato in funzione del periodo di ritorno per lo scenario attuale (2010) e per gli scenari A1B e RCP3PD 2060.***

I risultati mostrano in generale una tendenza verso l'aumento di colate detritiche con periodo di ritorno inferiore ai 10 anni in Ticino. Più precisamente nello scenario A1B 2060 è previsto un aumento di 11 % della frequenza di colate detritiche con periodo di ritorno inferiore a 5 anni e di 60 % per quelle con periodo di ritorno compreso fra 5 e 10 anni.

In base a questi dati il gruppo di lavoro ha quindi deciso di assumere per lo scenario forte (A1B estremo) aumenti del 20 % (periodo di ritorno < 5 anni) rispettivamente 70 % (periodo di ritorno 5-10 anni) per il 2060. Lo stesso aumento (70 %) viene assunto per eventi con periodo di ritorno superiore a 10 anni. Nello scenario debole, che corrisponde allo scenario RCP3PD medio, l'aumento risulta invece meno marcato: non sono previsti cambiamenti significativi nella frequenza di eventi con periodo di ritorno inferiore a 5 anni, mentre per gli eventi più rari (periodo di ritorno superiore ai 5 anni) si prevede un aumento del 10 %.

Frequenza colate detritiche (cambiamento %)	**Periodo di ritorno ≤ 5 anni**	**Periodo di ritorno > 5 anni**
DEBOLE	0	+10
FORTE	+20	+70

Tabella 17: ***Cambiamenti percentuali previsti per la frequenza di colate detritiche per gli scenari debole e forte rispetto ad oggi. Si distingue fra eventi nella norma (periodo di ritorno ≤ 5 anni) ed eventi rari (periodo di ritorno > 5 anni).***

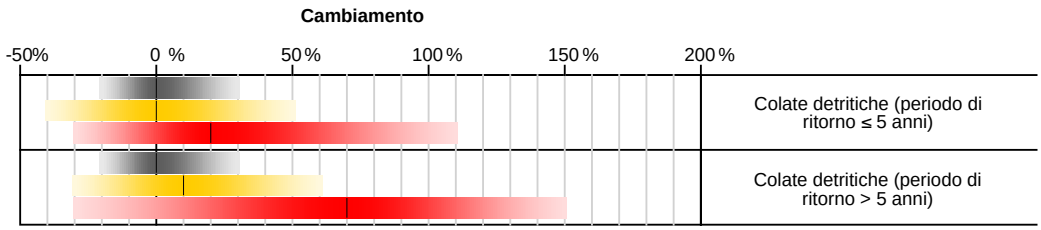


Figura 67: ***Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per la frequenza di colate detritiche negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.***

4.5.5. Riduzione manto nevoso/Ritiro ghiacciai

Il manto nevoso e i ghiacciai sono importanti fonti di immagazzinamento temporaneo di acqua nelle Alpi. I cambiamenti nella loro distribuzione e dimensioni sono quindi particolarmente importanti a livello idrico e di disponibilità di acqua.

Riduzione del manto nevoso

L'aumento di temperatura in corso, misurato negli ultimi decenni e previsto in futuro dai diversi scenari, ha come conseguenza una generale diminuzione da una parte della durata del periodo annuale con neve al suolo e dall'altra dello spessore del manto nevoso. A San Bernardino ad esempio è stata osservata una diminuzione in media di circa il 15 % di giorni con neve al suolo dal 1970 ad inizio anni 2000 (Figura 24)

Per il 2060 si prevede per entrambi gli scenari debole e forte una generale diminuzione dello spessore del manto nevoso e della durata del periodo con neve al suolo. La stima quantitativa dei cambiamenti di questi due parametri è basata sui risultati delle simulazioni dell'evoluzione del manto nevoso in base al clima (geo7, 2015) ed è presentata nella Tabella 18.

A medie quote (1500-2500 m s.l.m.) è prevista un'importante diminuzione dello spessore massimo del manto nevoso a causa dell'aumento di temperatura. A quote più elevate non sono invece previsti cambiamenti significativi in entrambi gli scenari (in quello forte l'aumento di temperatura è compensato dall'incremento delle precipitazioni medie invernali). Per quanto riguarda la durata del periodo con neve al suolo è prevista una diminuzione, a tutte le quote, di circa 20 giorni nello scenario debole e 40 in quello forte.

Manto nevoso (cambiamento %)	Spessore massimo		Durata periodo con neve al suolo	
	1500-2500	> 2500	1500-2500	> 2500
DEBOLE	-10	0	-10	-5
FORTE	-40	0	-20	-10

Tabella 18: Stima dei cambiamenti percentuali previsti nello spessore massimo raggiunto dal manto nevoso in inverno e nella durata del periodo con neve al suolo, in funzione dell'altitudine (1500-2500 m s.l.m. e > 2500 m s.l.m.) e dello scenario.

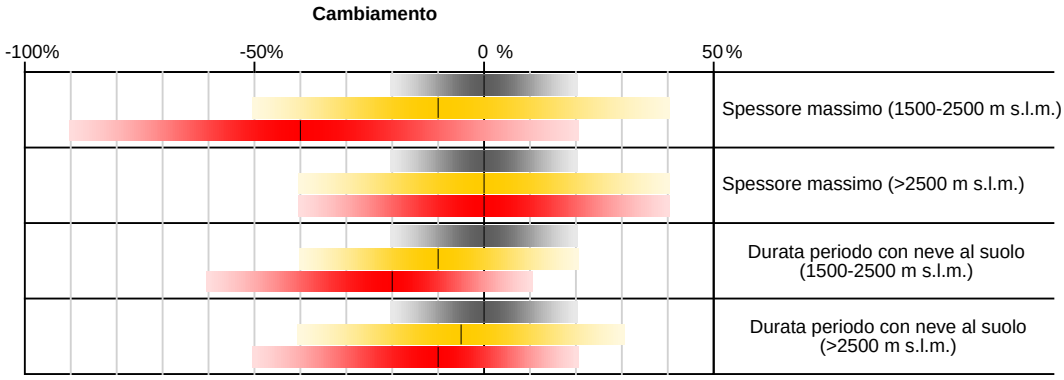


Figura 68: Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per lo spessore massimo del manto nevoso e la durata del periodo con neve al suolo negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.

Ritiro ghiacciai

Dal 1850 ad oggi i ghiacciai della Svizzera hanno perso in totale circa 2/5 della loro superficie e 3/5 del loro volume (Corti, Kappenberger, & Bauder, 2006). L'aumento di temperatura previsto da entrambi gli scenari avrà come conseguenza un'ulteriore riduzione nelle dimensioni e nel numero di ghiacciai, dato che quelli più piccoli tenderanno a sparire. Una stima della diminuzione futura della superficie e del volume dei ghiacciai ticinesi è presentata nella Tabella 19 ed è basata sui risultati dello studio di (Linsbauer, Paul, Machguth, & Haeberli, 2013).

Ritiro ghiacciai (cambiamento %)	Superficie	Volume
DEBOLE	-30	-40
FORTE	-50	-70

Tabella 19: Stima dei cambiamenti percentuali previsti nella superficie e nel volume dei ghiacciai ticinesi in funzione dello scenario.

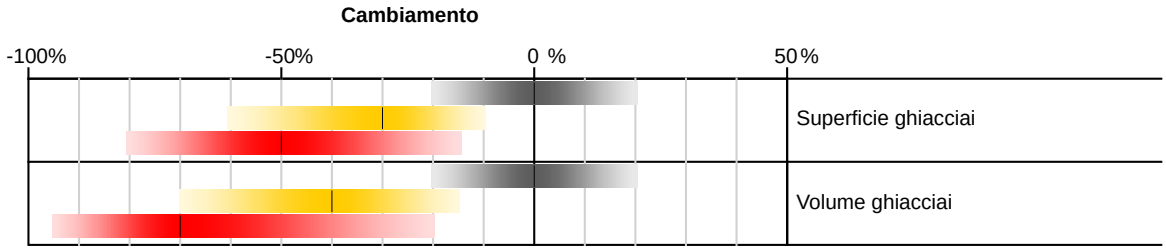


Figura 69: Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per la superficie e il volume dei ghiacciai negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.

4.5.6. Forti nevicate

Le forti nevicate dipendono fondamentalmente da due fattori: da una parte l'intensità delle precipitazioni, e dall'altra la temperatura che determina se la precipitazione avviene sotto forma di pioggia o neve.

In generale l'aumento di temperatura previsto avrà come conseguenza, a livello annuale, una diminuzione delle nevicate (giorni con neve nuova) a tutte le quote, come illustrato nella Figura 70. A basse quote la riduzione avverrà soprattutto in inverno, mentre a quote più elevate essa si manifesterà in autunno e primavera. I giorni con neve asciutta tenderanno inoltre a diminuire a tutte le altitudini, mentre quelli con neve bagnata diminuiranno a basse quote e aumenteranno lievemente al di sopra dei 2000 m s.l.m.

La variazione del regime di nevicate forti è particolarmente rilevante per la valutazione dei futuri cambiamenti legati alle valanghe. Dato che queste si sviluppano soprattutto in inverno, di seguito si provvederà a valutare i cambiamenti futuri nella frequenza di nevicate forti invernali.

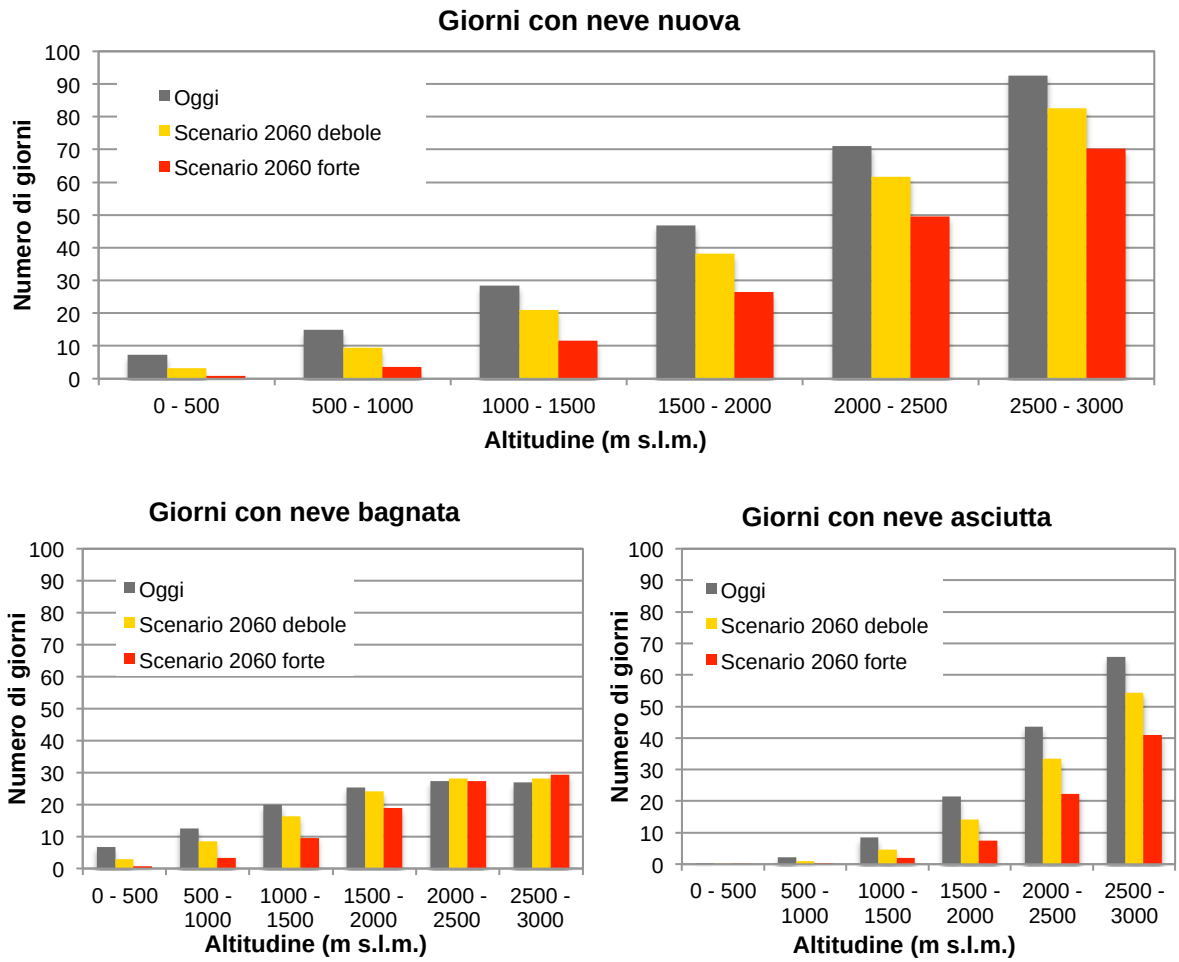


Figura 70: ***Numero di giorni con neve nuova in alto, con neve bagnata in basso a sinistra e con neve asciutta in basso a destra per lo scenario di riferimento e gli scenari 2060 debole e 2060 forte, classificati in base all'altitudine in Ticino.***

Per quanto riguarda le precipitazioni intense saranno utilizzati i dati presentati precedentemente (capitolo 4.5.3). Mentre nello scenario debole non sono previsti cambiamenti di rilievo, in quello forte si prevede un aumento delle precipitazioni intense in autunno e inverno, mentre in primavera la situazione resta invariata. A causa dell'aumento di temperatura previsto il limite delle nevicate tenderà ad aumentare, causando in generale a basse quote una diminuzione delle precipitazioni nevose intense.

Nello *scenario debole*, dato che si assume che non vi saranno cambiamenti significativi nella frequenza di precipitazioni intense, le variazioni saranno dovute unicamente all'aumento di temperatura. Più precisamente al di sotto dei 1900 m s.l.m. si assume che le nevicate intense invernali diminuiranno, mentre al di sopra la situazione rimarrà invariata rispetto ad oggi, dato che in inverno le precipitazioni saranno in gran parte ancora nevose.

DEBOLE	< 1900	1900-3200	> 3200
Forti nevicate invernali	-	+/-	+/-

Tabella 20: ***Tendenze previste per i cambiamenti nella frequenza di forti nevicate invernali nello scenario debole nel 2060 rispetto allo scenario di riferimento.***

Nello *scenario forte* è invece previsto un aumento delle precipitazioni intense in inverno. A causa del forte incremento di temperatura, a basse quote le nevicate intense tenderanno comunque a diminuire. A quote più elevate (> 1900 m s.l.m.) in inverno il rapporto pioggia/neve aumenterà leggermente, ma si assume che l'aumento di precipitazioni intense previste sarà dominante. Ad alta quota la totalità delle precipitazioni invernali avverrà ancora sotto forma di neve e si prevede quindi un aumento delle nevicate intense.

FORTE	< 1900	1900-3200	> 3200
Forti nevicate invernali	-	+	+(+)

Tabella 21: Tendenze previste per i cambiamenti nella frequenza di forti nevicate invernali nello scenario forte nel 2060 rispetto allo scenario di riferimento.

Frequenza forti nevicate invernali (cambiamento %)	< 1900	1900-3200	> 3200
DEBOLE	-20	0	0
FORTE	-40	+10	+15

Tabella 22: Stima quantitativa dei futuri cambiamenti nella frequenza di forti nevicate invernali per gli scenari debole e forte 2060.

Una stima quantitativa delle tendenze esposte precedentemente è illustrata nella Tabella 22. La diminuzione a basse quote è stata valutata in base alla riduzione dei giorni con neve nuova prevista a 1500 m s.l.m. L'aumento a quote superiori è invece basato sull'incremento di precipitazioni intense previsto (v. Tabella 11).

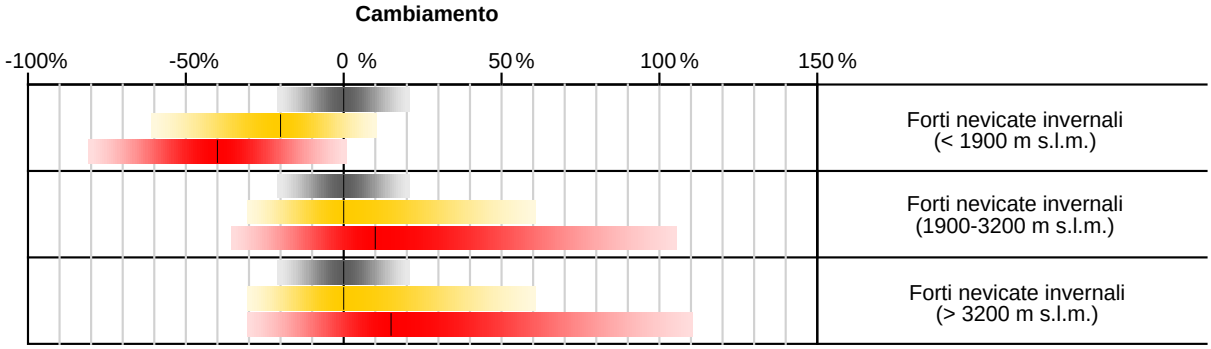


Figura 71: Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per la frequenza di forti nevicate invernali negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.

4.5.7. Valanghe

Le valanghe sono un pericolo naturale che si sviluppa soprattutto in zone di alta montagna e che, a seconda delle dimensioni e della conformazione territoriale, può raggiungere anche quote medio-basse.

Predisposizione di fondo: La predisposizione di fondo per lo sviluppo di valanghe è determinata fondamentalmente dalla morfologia del terreno. Il pendio di distacco deve essere caratterizzato da una pendenza sufficiente (dai 28°ai 60°), una superficie minima (> 5000 m^2) e una lunghezza minima (> 50 m).

Nella valutazione della predisposizione variabile e dell'evento scatenante è necessario distinguere fra due tipi di valanghe: le valanghe di neve asciutta e quelle di neve bagnata.

Valanghe di neve asciutta

Predisposizione variabile: La predisposizione variabile per le valanghe di neve asciutta è essenzialmente data dalla profondità del manto nevoso e dalla stratificazione dello stesso. Grosse quantità di neve fresca, periodi con forte vento, così come la presenza di strati di neve instabili sono fattori che aumentano la predisposizione per la formazione di valanghe di neve asciutta.

Evento scatenante: Il distacco spontaneo di valanghe asciutte è generalmente causato da un aumento del carico sul manto nevoso, generato da nevicate intense o da trasporto di neve causato dal vento. I dati del passato mostrano come le valanghe di grosse dimensioni si generino spesso in concomitanza con precipitazioni nevose intense su 3 o più giorni.

Questo tipo di valanghe viene osservato soprattutto in inverno e ad inizio primavera. Una valutazione dell'evoluzione futura di tutti gli effetti che entrano in gioco nella formazione di una valanga asciutta in funzione dei diversi scenari risulterebbe piuttosto complessa. In quest'analisi si tiene conto unicamente delle variazioni nella quantità di neve fresca e nella frequenza delle nevicate intense, date dai cambiamenti associati alle forti nevicate invernali (capitolo 4.5.6).

In aggiunta viene fatta una distinzione dei cambiamenti futuri in funzione del volume di distacco della valanga. Più precisamente si assume che l'aumento di neve fresca abbia effetti più limitati sulle valanghe con un piccolo volume di distacco rispetto a quelle grosse, che, quando scendono a valle, trascinano con se molta più neve. Nella Tabella 23 e nella Tabella 24 sono presentate le stime della futura evoluzione della frequenza e della dimensione delle valanghe di neve asciutta in funzione dell'altitudine e del volume di distacco per gli scenari debole e forte.

DEBOLE	Volume di distacco	Frequenza nevicate intense	Frequenza valanghe asciutte	Dimensione valanghe asciutte
< 1900	piccolo	-	-	-
< 1900	medio	-	-	-
< 1900	grande	-	-	-
1900 - 3200	piccolo	+/-	+/-	+/-
1900 - 3200	medio	+/-	+/-	+/-
1900 - 3200	grande	+/-	+/-	+/-
> 3200	piccolo	+/-	+/-	+/-
> 3200	medio	+/-	+/-	+/-
> 3200	grande	+/-	+/-	+/-

Tabella 23: Stima della variazione futura della frequenza e della dimensione delle valanghe asciutte in funzione dell'altitudine e del volume di distacco per lo scenario debole al Sud delle Alpi.

Nello *scenario debole,* al di sotto dei 1900 m s.l.m. è prevista una diminuzione della frequenza e della dimensione di valanghe asciutte a causa della riduzione del manto nevoso dovuta all'aumento di temperatura (vedi capitolo 4.5.5). Al di sopra di questa quota non sono

previste variazioni significative, dato che non si prevedono grossi cambiamenti nel regime di nevicate intense.

FORTE	Volume di distacco	Frequenza nevicate intense	Frequenza valanghe asciutte	Dimensione valanghe asciutte
< 1900	piccolo	-	-	-
< 1900	medio	-	-	-
< 1900	grande	-	-	-
1900 - 3200	piccolo	+	+/-	+/-
1900 - 3200	medio	+	+	+
1900 - 3200	grande	+	+	++
> 3200	piccolo	+(+)	+/-	+/-
> 3200	medio	+(+)	+(+)	+(+)
> 3200	grande	+(+)	+(+)	++

Tabella 24: Stima della variazione futura della frequenza e della dimensione delle valanghe asciutte in funzione dell'altitudine e del volume di distacco per lo scenario forte al Sud delle Alpi.

Anche nello scenario forte è prevista una diminuzione delle valanghe asciutte sotto i 1900 m s.l.m. a causa del riscaldamento. A quote più elevate si prevede che l'aumento della frequenza di forti nevicate invernali causerà un aumento della frequenza e della dimensione di valanghe asciutte di dimensioni medio-grandi. In particolare si prevede un aumento marcato nella dimensione di valanghe con un grande volume di distacco.

Valanghe di neve bagnata

Predisposizione variabile: Parametri che influenzano la predisposizione variabile per le valanghe di neve bagnata sono ad esempio il contenuto d'acqua del manto nevoso, così come la sua profondità e struttura interna.

Evento scatenante: Le valanghe bagnate si generano solitamente a causa di una rapida umidificazione del manto nevoso dovuta a temperature elevate o precipitazioni sotto forma di pioggia, che ne riducono la stabilità. Esse sono inoltre spesso caratterizzate dallo scivolamento dell'intero strato di neve (fino al livello del terreno).

Questo tipo di valanghe viene osservato soprattutto a fine inverno e durante la primavera, con l'aumento di temperatura e l'innalzamento del limite delle nevicate. La stima dell'evoluzione futura della frequenza e della dimensione di valanghe bagnate è basata sulle variazioni previste dei parametri temperatura, altezza del manto nevoso e precipitazioni intense. I risultati sono presentati nella Tabella 25 per lo scenario debole e nella Tabella 26 per lo scenario forte.

In entrambi gli scenari, a causa dell'aumento di temperatura, è prevista un'importante diminuzione dello spessore del manto nevoso al di sotto dei 1900 m s.l.m., con conseguente riduzione della frequenza e della dimensione delle valanghe bagnate. A quote più elevate, dove anche in primavera la gran parte delle precipitazioni avviene sotto forma di neve, il riscaldamento previsto ha come conseguenza un aumento della probabilità di una rapida umidificazione del manto nevoso. Si prevede quindi, per entrambi gli scenari, un aumento della frequenza di valanghe bagnate al di sopra dei 1900 m s.l.m.

La dimensione delle valanghe bagnate è invece valutata in base all'altezza del manto nevoso a fine inverno. Per lo scenario debole al di sopra dei 1900 m s.l.m. non si prevedono cambiamenti importanti rispetto ad oggi. Lo stesso vale per lo scenario forte a quote comprese fra i 1900 e i 2900 m s.l.m., dove il previsto aumento di precipitazioni medie invernali è compensato dall'incremento di temperatura. A quote superiori è invece previsto un incremento del manto nevoso invernale e, di conseguenza, della dimensione delle valanghe bagnate.

DEBOLE	Frequenza valanghe bagnate	Dimensione valanghe bagnate
< 1900	-	-
> 1900	+	+/-

Tabella 25: Stima della variazione futura della frequenza e della dimensione delle valanghe bagnate in funzione dell'altitudine per lo scenario debole al Sud delle Alpi.

FORTE	Frequenza valanghe bagnate	Dimensione valanghe bagnate
< 1900	-	-
1900 - 2900	+	+/-
> 2900	+	+

Tabella 26: Stima della variazione futura della frequenza e della dimensione delle valanghe bagnate in funzione dell'altitudine per lo scenario forte al Sud delle Alpi.

A partire dalle tendenze derivate in precedenza sono stati valutati quantitativamente i cambiamenti previsti nella frequenza e dimensione delle valanghe (sia di neve bagnata che di neve asciutta) che raggiungono le basse (< 1'500 m s.l.m.) e le medie quote (1'500-2'000 m s.l.m.). I danni maggiori legati a questo pericolo naturale si registrano infatti al di sotto dei 2000 m s.l.m. e riguardano il bosco, le diverse infrastrutture presenti sul territorio e le superfici edificate.

Per quanto riguarda le tipiche valanghe che si registrano annualmente e che raggiungono le basse quote in Ticino (v. Tabella 27) è prevista una diminuzione in frequenza e dimensione per entrambi gli scenari. La causa è da ricondurre all'importante riduzione del manto nevoso al di sotto dei 1900 m s.l.m., che limita le distanze raggiunte dalle valanghe che si staccano ad alta quota. Per gli eventi rari (valanghe particolarmente grandi) non sono previsti invece cambiamenti nello scenario debole, mentre nello scenario forte si prevede che tenderanno ad aumentare a causa del previsto incremento di frequenza e in particolar modo di dimensione di valanghe di grosse dimensioni che si staccano ad alta quota.

Valanghe che raggiungono le basse quote (cambiamento %)	Periodo di ritorno ≤ 5 anni		Periodo di ritorno > 5 anni	
	freq	dim	freq	dim
DEBOLE	-10	-10	0	0
FORTE	-20	-20	+10	+15

Tabella 27: Cambiamenti percentuali previsti per la frequenza e la dimensione di valanghe che raggiungono le basse quote (< 1'500 m s.l.m.). Si distingue fra eventi nella norma (periodo di ritorno ≤ 5 anni) ed eventi rari (periodo di ritorno > 5 anni).

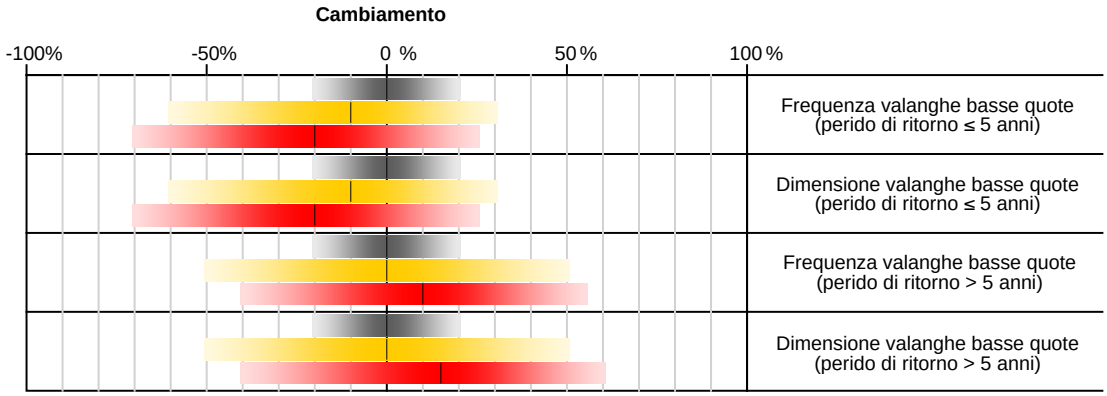


Figura 72: ***Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per la frequenza e la dimensione delle valanghe che raggiungono le basse quote negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.***

Per le valanghe con un periodo di ritorno superiore ai 5 anni che raggiungono le medie quote la valutazione è basata sullo stesso ragionamento seguito nel caso delle valanghe che raggiungono le basse quote. Si prevede che in generale anche le valanghe che raggiungono le medie quote con un periodo di ritorno inferiore tenderanno ad aumentare. Nello scenario debole il leggero aumento è dato dal previsto incremento di valanghe umide al di sopra dei 1900 m s.l.m., che nello scenario forte si combina con l'aumento di frequenza di valanghe asciutte e una maggiore dimensione dei fenomeni.

Valanghe che raggiungono le medie quote (cambiamento %)	Periodo di ritorno ≤ 5 anni		Periodo di ritorno > 5 anni	
	freq	dim	freq	dim
DEBOLE	+5	0	0	0
FORTE	+10	+10	+10	+15

Tabella 28: ***Cambiamenti percentuali previsti per la frequenza e la dimensione di valanghe che raggiungono le medie quote (1500-2000 m s.l.m.). Si distingue fra eventi nella norma (periodo di ritorno ≤ 5 anni) ed eventi rari (periodo di ritorno > 5 anni).***

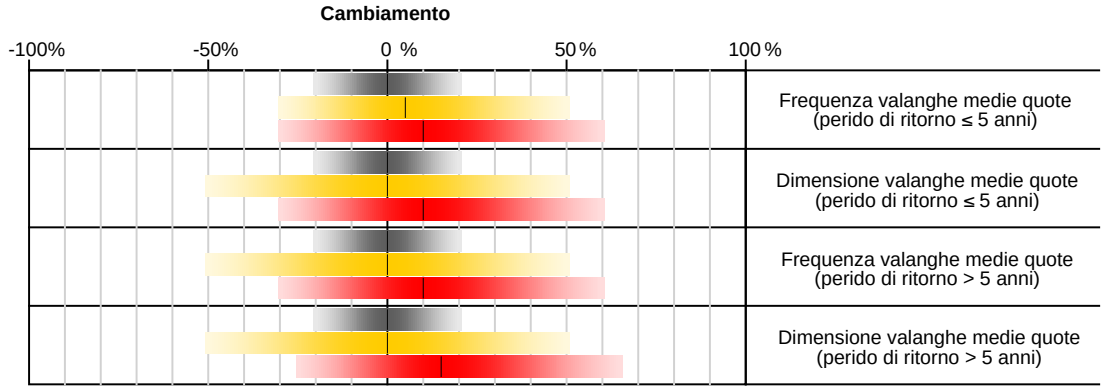


Figura 73: ***Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per la frequenza e la dimensione delle valanghe che raggiungono le medie quote negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.***

4.5.8. Alluvioni

La categoria alluvioni include fenomeni di straripamento di fiumi, corsi d'acqua e laghi. Particolarmente rilevanti per gli impatti su infrastrutture e popolazione in Ticino sono le esondazioni dei laghi, in special modo del lago Maggiore. I danni causati da piene di fiumi sono invece in gran parte dovuti a colate di materiale in corsi d'acqua di piccole dimensioni. Dato che questo tipo di fenomeni è già stato trattato nel capitolo colate detritiche/frane superficiali (4.5.4), di seguito saranno analizzati unicamente gli straripamenti dei laghi.

Le esondazioni associate ai due principali laghi su suolo ticinese, lago di Lugano e in particolare lago Maggiore, sono legate alla presenza di sbarramenti che hanno lo scopo di regolarne i deflussi. L'obiettivo di questa regolazione è mantenere un deflusso il più possibile costante, assicurando da una parte un afflusso idrico sufficiente alle località situate a valle, e dall'altra garantirne la sicurezza in caso di piene. Nei periodi con precipitazioni particolarmente intense e prolungate la regolazione ha tuttavia come conseguenza un aumento dell'altezza dei laghi, con conseguenti danni alle infrastrutture e agli ecosistemi lacustri situati sulle rive (come ad esempio nell'ottobre 2000, novembre 2002 e novembre 2014).

Allo scopo di valutare le tendenze future nella frequenza delle esondazioni dei laghi saranno utilizzati i risultati di uno studio effettuato all'interno del progetto STRADA (Regione Lombardia e Cantone Ticino, 2013), avente lo scopo di valutare le possibilità di un futuro miglioramento del sistema di regolazione dei deflussi del lago Maggiore e del lago di Lugano (Micotti & Weber, 2013). Nello studio vengono valutati gli effetti dei cambiamenti climatici previsti (utilizzando i dati dello scenario A1B medio 2041-2050) sui diversi settori di interesse per la regolazione dei deflussi. I risultati mostrano, per l'orizzonte temporale 2041-2050, una riduzione di circa il 30 % nel valore del parametro "soddisfazione" associato al settore "esondazione Verbano". Le simulazioni prevedono quindi un peggioramento della situazione, sinonimo di un aumento della frequenza di eventi di esondazione del lago Maggiore.

In base ai dati a disposizione il gruppo di lavoro ha quindi deciso di assumere per lo scenario forte (A1B estremo 2060) un incremento nella frequenza di esondazioni dei laghi ticinesi del 40 %. Per lo scenario debole, in considerazione delle limitate variazioni nel regime delle precipitazioni e delle relative incertezze, si assume che non vi saranno cambiamenti significativi rispetto ad oggi.

Scenario	Frequenza nelle esondazioni dei laghi ticinesi (cambiamento %)
DEBOLE	0
FORTE	+40

Tabella 29: Cambiamenti percentuali previsti per la frequenza delle esondazioni del lago Maggiore e del lago di Lugano nel 2060 rispetto ad oggi per gli scenari debole e forte.

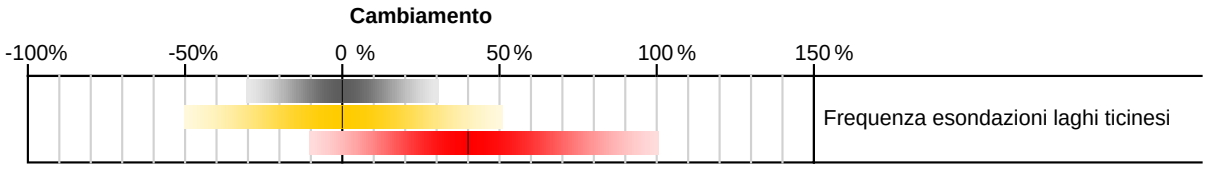


Figura 74: Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per la frequenza delle esondazioni dei laghi ticinesi negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.

4.5.9. Forti temporali/Grandine

La formazione di temporali e di grandine è determinata da processi convettivi su piccola scala. Dato che la risoluzione spaziale dei modelli climatici non è sufficientemente elevata per simulare questi processi, essi sono determinati da numerosi aspetti concorrenziali e il "livello di comprensione scientifica" dei fenomeni è molto basso, previsioni sicure delle tendenze future legate allo sviluppo di temporali forti e grandine non sono possibili (CH2011, 2011).

Vista la grossa incertezza e l'assenza di tendenze chiare per l'evoluzione futura, i rischi associati a questo pericolo saranno valutati attraverso un'analisi di sensitività. Saranno analizzati gli effetti di un aumento, rispettivamente diminuzione di un fattore 1.5 nella frequenza di forti temporali e grandine, in modo da testare gli influssi delle possibili evoluzioni future sull'intero bilancio dei rischi e delle opportunità.

4.5.10. Siccità generale

Nella letteratura si distingue fra tre tipi di siccità: la siccità meteorologica (assenza prolungata di precipitazioni), siccità agricola (umidità necessaria alle coltivazioni inferiore a quella media richiesta per un tipo di raccolto) e la siccità idrologica (riserve d'acqua sotto la media). Questi tre fenomeni si verificano spesso in contemporanea e sono legati fra di loro.

Simulazioni effettuate con diversi modelli per lo scenario medio A1B 2060 mostrano una chiara tendenza verso l'aumento della durata di periodi di siccità meteorologica (giorni consecutivi con precipitazioni inferiori a 1 mm d'acqua). L'incertezza relativa all'incremento è però importante: alcuni modelli non prevedono variazioni significative mentre altri prevedono aumenti fino al 50 % per l'orizzonte temporale 2060 (CH2011, 2011). Il gruppo di lavoro ha quindi deciso di assumere che nello scenario debole (ottimistico) non si verificheranno cambiamenti significativi nella durata di periodi di siccità meteorologica rispetto ad oggi mentre lo scenario forte (estremo) sarà caratterizzato da un aumento della durata del 50 % (v. Tabella 30).

Scenario	Durata periodi di siccità meteorologica (cambiamento %)
DEBOLE	0
FORTE	+50

Tabella 30: Cambiamenti percentuali previsti nella durata media dei periodi di siccità meteorologica per gli scenari debole e forte nel 2060.

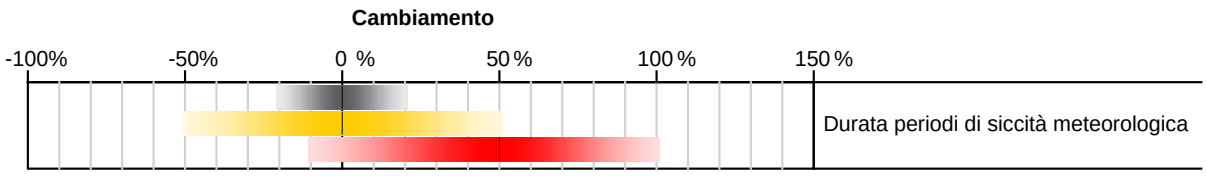


Figura 75: Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per la durata dei periodi di siccità meteorologica negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.

In aggiunta ai cambiamenti nel regime di precipitazione è inoltre importante sottolineare che altri fenomeni quali la maggiore evaporazione dovuta all'incremento della temperatura previ-

sto e l'anticipata fusione della neve tenderanno ad aumentare il rischio di siccità agricola, soprattutto durante l'estate.

Si prevede che anche il rischio di siccità idrologica in estate tenderà ad aumentare in futuro a causa della prevista diminuzione di precipitazioni estive e dello scioglimento precoce della neve in quota (UFAM, 2012c).

4.5.11. Incendi boschivi

Il Sud delle Alpi è la regione della Svizzera più toccata dagli incendi boschivi. Nell'ultimo cinquantennio la regione è infatti stata colpita da più della metà degli incendi boschivi verificatisi in Svizzera (Conedera, M.; Pezzatti, G. B., 2005).

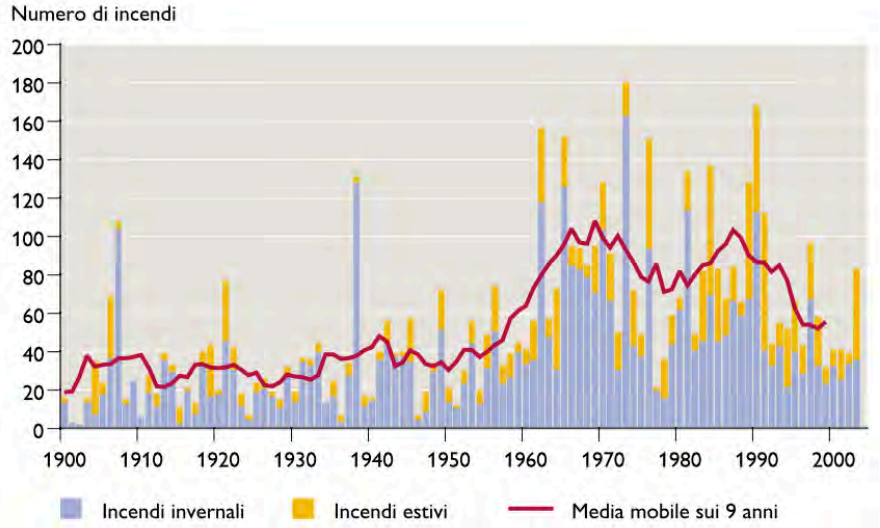


Figura 76: Evoluzione del numero d'incendi a Sud delle Alpi, suddivisi tra incendi invernali ed estivi. La curva rossa mostra la media mobile sui 9 anni calcolata sul numero totale di eventi. Fonte: (Conedera, M.; Pezzatti, G. B., 2005).

L'evoluzione passata del numero annuale di incendi boschivi a Sud delle Alpi (vedi Figura 76) presenta grosse oscillazioni. Esse possono essere in parte ricondotte a fattori meteorologici: periodi relativamente umidi corrispondono a frequenze di incendio minori rispetto a periodi tendenzialmente più secchi. I fattori che concorrono nella formazione di incendi sono tuttavia molteplici, e non tutti di natura meteorologica. Molte delle oscillazioni passate sono soprattutto da ricondurre a cambiamenti nelle condizioni socio-economiche, aumento della superficie forestale, introduzione del divieto di fuochi all'aperto e dal miglioramento dell'efficacia dell'organizzazione pompieristica. È inoltre importante osservare che buona parte degli incendi osservati, circa il 90 % di quelli invernali e il 70 % di quelli estivi (periodo 1991-2003), sono stati scatenati da attività umane (Conedera, M.; Pezzatti, G. B., 2005).

L'evoluzione futura della frequenza di incendi al Sud delle Alpi viene valutata unicamente in funzione dei cambiamenti climatici previsti dagli scenari. La predisposizione per la loro formazione è fondamentalmente influenzata dall'umidità del terreno e del sottobosco. Si prevede che a causa del previsto rialzo di temperatura, con conseguente aumento dell'evaporazione e fusione precoce della neve, e incremento nella durata dei periodi di siccità (capitolo 4.5.10) la predisposizione alla formazione di incendi tenderà ad aumentare soprattutto in estate. Una valutazione dei cambiamenti futuri per quanto riguarda i fattori scate-

nanti non è invece possibile. Il principale evento scatenante naturale di incendi sono infatti i fulmini, e una previsione sicura della tendenza futura dei fenomeni temporaleschi non è possibile (v. capitolo 4.5.9).

La stima quantitativa dei cambiamenti futuri di frequenza di incendi è quindi basata sui cambiamenti previsti di temperatura media e durata dei periodi di siccità. Nello scenario debole, dato che non sono previsti cambiamenti significativi nella durata dei periodi secchi, si prevede un leggero aumento del 5 % della frequenza dei fenomeni a causa dell'incremento di temperatura. Nello scenario forte invece, a causa del previsto allungamento dei periodi di siccità (+50 %), si prevede un aumento più significativo della frequenza degli incendi: +25 %.

Scenario	Frequenza degli incendi boschivi (cambiamento %)
DEBOLE	+5
FORTE	+25

Tabella 31: Cambiamenti percentuali previsti per la frequenza di incendi boschivi al Sud delle Alpi per lo scenario debole e forte rispetto ad oggi.

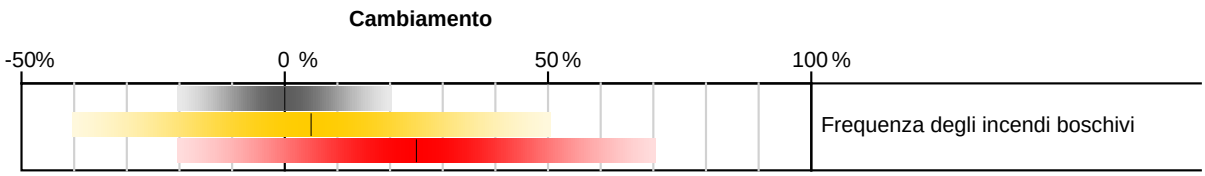


Figura 77: Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per la frequenza degli incendi boschivi negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.

Per quanto riguarda la dimensione dei fenomeni, dato che non si tiene conto dei possibili cambiamenti socioeconomici e si assume che l'efficienza nello spegnimento degli incendi rimarrà costante, si prevede che la superficie media bruciata per incendio boschivo non cambierà in modo significativo nel 2060.

4.5.12. Ondate di calore

Attualmente non esiste una definizione univoca di ondata di calore (o periodo di canicola). Fra paese e paese si riscontrano differenze importanti sia riguardo ai parametri di temperatura che influenzano questi periodi sia riguardo alla durata minima in giorni.

Nel presente studio è stata adottata la stessa definizione di ondata di calore utilizzata dalla Sezione sanitaria e dall'Ufficio del medico cantonale per analizzare gli effetti sulla salute della popolazione ticinese dell'estate 2003 (Cerutti, et al., 2004). Secondo questa definizione le ondate di calore sono caratterizzate da:

- Temperatura media giornaliera superiore a 24°C per 3 o più giorni successivi.
- La temperatura non deve scendere sotto questa soglia per più di un giorno.
- Sono inclusi anche i 3 giorni seguenti alla fine dell'ondata di calore.

I giorni compresi in un'ondata di calore sono definiti come **giorni di canicola**.

Analizzando le temperature medie giornaliere a Lugano e Locarno dal 2003 al 2014 (intervallo di tempo rappresentativo per la situazione attuale) (OASI, 2015a) è stato possibile sta-

bilire che mediamente in queste città si osservano 22 giorni[8] di canicola ogni anno distribuiti su circa 2 ondate di calore (periodi di canicola). Nella Figura 78 si può osservare che le differenze fra la città di Lugano e quelle di Locarno sono minime; si può dunque ipotizzare che questi valori siano rappresentativi per tutte le zone urbanizzate del Cantone.

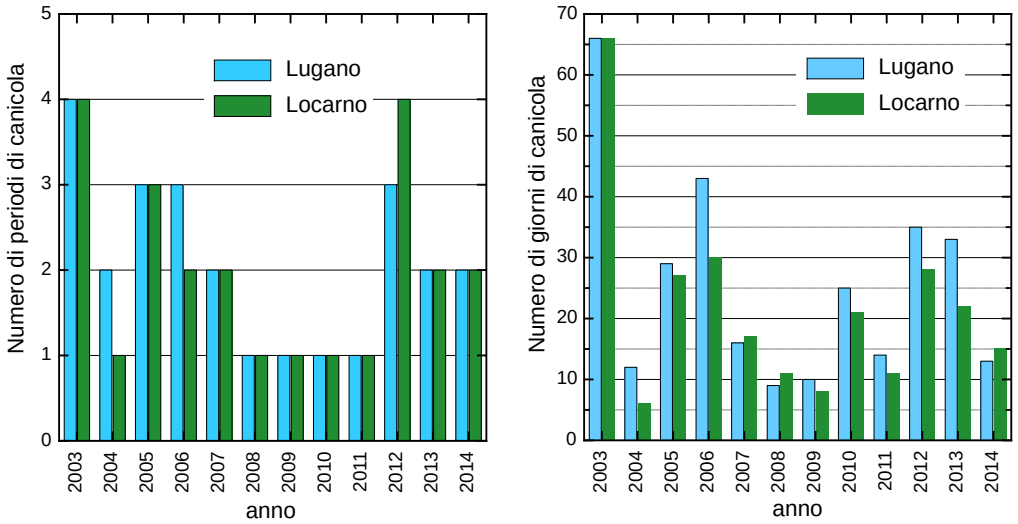


Figura 78: ***Numero di periodi di canicola (grafico a sinistra) a Lugano e Locarno (Orselina) tra il 2003 e il 2014. Numero di giorni di canicola (grafico a destra) a Lugano e Locarno (Orselina) tra il 2003 e il 2014 (OASI, 2015a).***

Analizzando il numero di giorni di canicola annuali a Lugano e Locarno in relazione alle temperature medie dei mesi di giugno, luglio e agosto si osserva una buona correlazione fra le due grandezze (v. Figura 79).

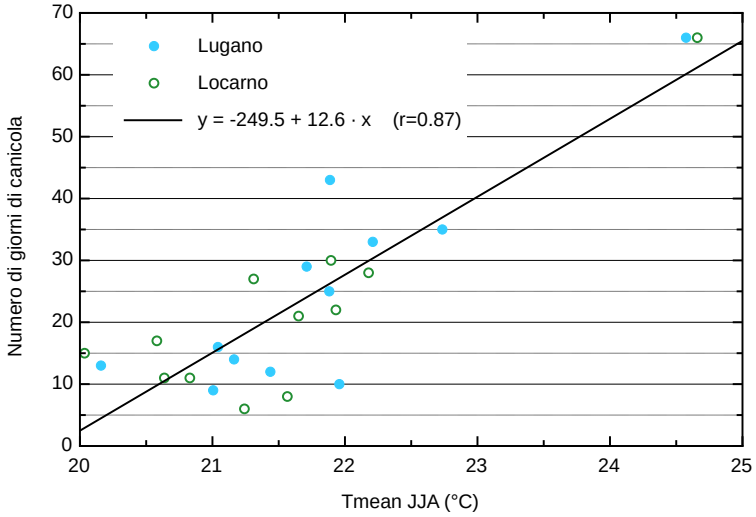


Figura 79: ***Correlazione tra il numero di giorni di canicola e la temperatura media dei mesi di giugno, luglio e agosto per le stazioni di Lugano e Locarno (Orselina). I dati si riferiscono agli anni dal 2003 al 2014.***

8 Calcolati senza tener conto dell'anno 2003, ritenuto un evento secolare.

Applicando la correlazione trovata fra giorni di canicola e temperatura media estiva si può ricavare che a seguito degli aumenti di temperatura previsti dagli scenari CH2011 (vedi cap. 4.3.1), per lo scenario 2060 debole si osserverà un aumento del 97 % dei giorni di canicola mentre per lo scenario 2060 forte un aumento del 212 % rispetto alla situazione attuale (v. Tabella 32). La valutazione si basa sull'ipotesi che la variabilità temporale dei giorni caldi e meno caldi per una data temperatura in futuro, corrisponderà alla stessa variabilità di oggi (per la stessa temperatura).

Scenario	Aumento T media GLA (°C)	Numero di giorni di canicola/anno	Aumento relativo n° giorni di canicola (%)
DEBOLE	+1.7	43	+97
FORTE	+3.7	69	+212

Tabella 32: Innalzamento delle temperature medie estive e conseguente aumento previsto del numero di giorni di canicola fra lo scenario di riferimento e gli scenari debole e forte.

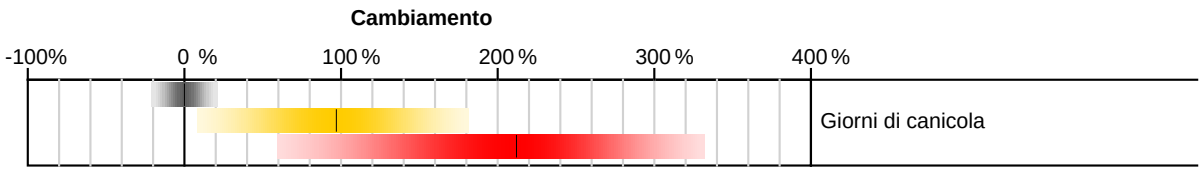


Figura 80: Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per il numero annuo di giorni di canicola negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.

4.5.13. Ondate di freddo

A livello meteorologico le ondate di freddo sono definite come periodo di tempo durante il quale la temperatura dell'aria è insolitamente bassa rispetto alle temperature medie usualmente misurate in una data regione. Particolarmente rilevanti per quanto riguarda i rischi e i possibili danni sono le ondate di freddo che si verificano in inverno, caratterizzate da temperatura anche molto inferiori ai 0°C.

In generale a livello svizzero si prevede che in futuro l'intensità (intesa come differenza fra la temperatura minima raggiunta e la temperatura media del luogo) e la durata delle ondate di freddo tenderanno a diminuire, soprattutto durante il periodo invernale (CH2011, 2011).

A causa della scarsa rilevanza di questo pericolo per il sud delle Alpi, si rinuncia ad analizzare più approfonditamente il suo sviluppo futuro.

4.5.14. Gelo

I giorni di gelo sono caratteristici della stagione invernale, ma vengono osservati anche in primavera e autunno e possono causare danni importanti alle infrastrutture e alla vegetazione. Negli ultimi decenni è stata osservata una tendenza verso la diminuzione del numero medio di giorni di gelo annui. A San Bernardino ad esempio dal 1970 al 2014 è stata misurata una diminuzione di circa il 15 % (v. Figura 23).

L'aumento di temperatura previsto da entrambi gli scenari avrà come conseguenza una generale diminuzione dei giorni di gelo a tutte le quote anche in futuro. I cambiamenti percen-

tuali previsti sono presentati nella Tabella 33 e nella Figura 81 e sono basati sui dati riguardanti i giorni di gelo presentati nel capitolo 4.4.2

Numero annuo di giorni di gelo (cambiamento %)	< 1500	> 1500
DEBOLE	-40	-15
FORTE	-70	-30

Tabella 33: Cambiamenti percentuali previsti del numero di giorni di gelo annui a bassa (< 1'500 m s.l.m.) e alta quota (> 1'500 m s.l.m.) per lo scenario debole e forte.

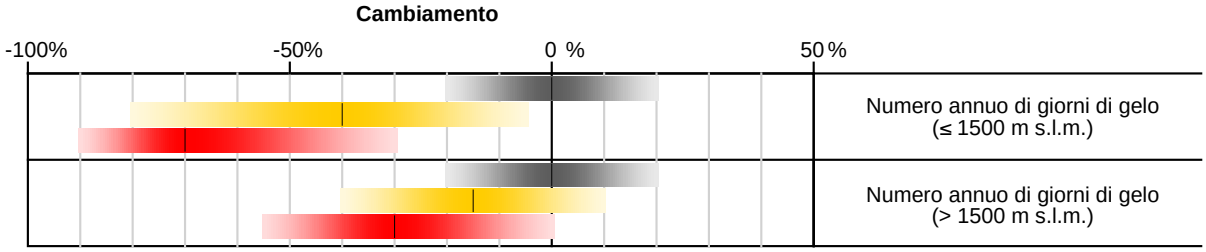


Figura 81: Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per il numero annuo di giorni di gelo negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.

4.5.15. Degradazione del permafrost

Il permafrost in Ticino è presente principalmente a quote superiori ai 2300 m s.l.m. sui pendii esposti a Nord e ai 2650 m s.l.m. su quelli esposti a Sud-Ovest (Scapozza & Mari, 2010) e si presenta spesso sotto forma di ghiacciai rocciosi.

Dato che l'influsso del clima su questo particolare fenomeno è molto complesso, di seguito ci si limiterà a descrivere le principali interazioni conosciute.

Il permafrost è caratterizzato da uno strato superficiale che durante l'anno si scioglie e poi rigela, detto active layer. In primavera ed estate, con l'aumento di temperatura, questo strato tende a degradarsi mentre in autunno, quando le temperature tornano a diminuire, lo strato ricomincia a gelare dall'alto verso il basso. La copertura nevosa gioca un ruolo di grande importanza nella dinamica del permafrost. Le sue proprietà isolanti permettono, infatti, una separazione tra il terreno dalla temperatura dell'aria. Questo ciclo annuale è influenzato da diversi fattori:

- Manto nevoso: un innevamento tardivo permette un raffreddamento più intenso del terreno. Uno scioglimento anticipato dello strato di neve porta ad un aumento del periodo di degradazione del permafrost.
- Temperatura dell'aria: Temperature più elevate in estate riscaldano maggiormente il terreno e aumentano lo spessore dell'active layer.

Un ruolo importante nella ripartizione del permafrost è svolto dall'esposizione: le pareti rivolte a Sud subiscono l'effetto della radiazione solare, che porta la temperatura superficiale ad assumere valori nettamente superiori a quella dell'aria. Il limite inferiore del permafrost risulta quindi essere collocato molto più in alto rispetto alle zone esposte a Nord, dove le condizioni termiche (temperatura superficiale) sono invece determinate prevalentemente dalla temperatura dell'aria.

L'influsso del clima dipende in modo importante anche dalle caratteristiche del permafrost stesso. Per la valutazione dell'impatto dei futuri cambiamenti climatici è quindi necessario distinguere tra due tipi di permafrost: il permafrost nel materiale detritico e il permafrost nella roccia.

Permafrost nel materiale detritico

Permafrost in materiale detritico con molto ghiaccio tendono generalmente a reagire più lentamente ai cambi di temperatura rispetto a quelli con poco. Il contenuto di ghiaccio dipende dal tipo di materiale in cui si sviluppa (quello in ghiaia grossa e massi ne contiene di più rispetto a quello in sabbia o ghiaia fine). Molto influente è anche lo spessore del permafrost: più è profondo e freddo, minore sarà l'effetto dei cambi di temperatura esterna; mentre permafrost estesi ma poco profondi e temperati sono i più soggetti a subire cambiamenti dovuti al riscaldamento.

In generale si prevede, per entrambi gli scenari debole e forte 2060, una generale degradazione del permafrost in quota, dovuta principalmente all'aumento di temperatura. Le stime della tendenza dei cambiamenti futuri previsti sono presentate nella Tabella 34.

Degradazione permafrost nel materiale detritico	Permafrost profondo e freddo		Permafrost superficiale e relativamente caldo	
	g-m	g-s	g-m	g-s
DEBOLE	+/-	+	+	+
FORTE	+	++	+	++

Tabella 34: Tendenze previste per la degradazione del permafrost nel materiale detritico negli scenari debole e forte. Si distingue fra permafrost freddi che vanno in profondità e permafrost temperati superficiali, permafrost in ghiaia grossa e massi (g-m) o ghiaia fine e sabbia (g-s).

La prevista futura degradazione del permafrost nel materiale detritico comporterà una maggiore disponibilità di detriti instabili a quote elevate, con conseguente incremento di colate detritiche da ghiaione instabile in alta montagna (v. capitolo 4.5.4).

Permafrost nella roccia

Il permafrost nella roccia è caratterizzato da un contenuto di ghiaccio molto più ridotto. Nelle zone ripide, a differenza di quello detritico, la copertura nevosa è generalmente più ridotta e il permafrost tende quindi a reagire in modo più veloce ai cambiamenti meteo esterni.

Anche per questo tipo di permafrost si prevede in generale una degradazione e riduzione dell'estensione sul territorio a causa dell'aumento di temperatura. Le stime della tendenza futura per quanto riguarda la degradazione del permafrost nella roccia sono presentate nella Tabella 35.

La degradazione del permafrost nella roccia prevista si manifesterà principalmente attraverso un incremento di fenomeni di caduta massi e frane di crollo ad alta quota (v. capitolo 4.5.16).

Una stima quantitativa della degradazione futura del permafrost in Ticino sarebbe molto complicata e caratterizzata da grosse incertezze. Gli impatti diretti di questo tipo di pericolo/effetto (infrastrutture e edifici costruiti su terreno con permafrost) risultano inoltre essere

molto limitati. In considerazione di questi elementi il gruppo di lavoro ha deciso di non eseguire una stima quantitativa dei cambiamenti futuri di questo pericolo/effetto.

Degradazione permafrost nella roccia	Permafrost profondo e freddo	Permafrost superficiale e relativamente caldo
DEBOLE	+/-	+
FORTE	+	++

Tabella 35: Tendenze previste per la degradazione del permafrost nella roccia nello scenario debole e forte. Si distingue fra permafrost freddi che vanno in profondità e permafrost temperati superficiali.

4.5.16. Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia

Gli eventi di crollo e di franamento di roccia possono essere suddivisi in tre categorie:

- Caduta massi (blocchi di roccia singoli di alcuni m^3 di grandezza),
- Frane di crollo (volume di materiale roccioso da 100 ai 1 milione di m^3).
- Valanghe di roccia (volume di materiale roccioso superiore ad 1 milione di m^3),

Al Sud delle Alpi i fenomeni di caduta massi si verificano spesso durante l'anno. I dati storici mostrano invece come le frane di crollo siano caratterizzate da un periodo di ritorno di alcuni anni, mentre le valanghe di roccia si verificano con una frequenza di un evento ogni diverse decine di anni.

Predisposizione di fondo: La predisposizione di fondo per il verificarsi di eventi di crollo e di franamento è data fondamentalmente dalla presenza di roccia instabile che può subire un distacco dalla montagna in seguito ad influssi meteorologici. Questa caratteristica è determinata dalle proprietà geologiche della roccia: più è fratturata, più facilmente l'acqua riesce a penetrare e causare alterazioni chimiche, aumentare la pressione idrostatica o eventualmente formare ghiaccio e di conseguenza incrementare ulteriormente l'instabilità.

Predisposizione variabile: Parte delle pareti di roccia situate in quota sono caratterizzate dalla presenza di permafrost. In generale il permafrost freddo (temperatura molto minore di 0°C) ha un'azione stabilizzante sulla roccia. Quando la temperatura del permafrost si avvicina ai 0°C la coesione interna tende a ridursi a causa della presenza, insieme al ghiaccio, di acqua nelle crepe. Lo stato di degradazione del permafrost nella roccia influenza quindi la predisposizione variabile per eventi di crollo e di franamento.

Evento scatenante: I distacchi di roccia possono essere scatenati da processi di diversa natura. I principali sono legati all'influsso del gelo, alla pressione idrostatica dell'acqua che penetra nelle crepe e all'effetto di "lavaggio" dell'acqua che scende dalle pareti ripide. L'influsso del gelo sulla stabilità della roccia è legato a due fenomeni principali:

- *Espansione volumica*: Il cambiamento di fase dell'acqua in ghiaccio è accompagnata da un aumento di volume di circa il 10 %. Un congelamento repentino dell'acqua situata nei pori e nelle fessure della roccia causa quindi una forte pressione che può fratturare la roccia. Ripetuti cicli di fusione e rigelo possono portare al distacco e alla caduta di blocchi di roccia. Questo processo è limitato ai decimetri superficiali dello strato di roccia ed è quindi solitamente associato allo sviluppo di cadute di massi.

- *Formazione di ghiaccio di segregazione*: Durante i periodi di gelo, nei pori e nelle piccole cavità nella roccia, possono formarsi delle lenti di ghiaccio. A seconda dei gradienti di temperatura l'umidità può migrare verso queste lenti di ghiaccio, ingrandendole e causando una pressione che può originare crepe e fratture. Questo processo si sviluppa prevalentemente in zone rocciose con permafrost ed è caratterizzato da una scala temporale che va da mesi a decenni o secoli. Lo scioglimento delle lenti di ghiaccio può rendere instabili grandi quantità di materiale e originare frane di crollo e valanghe di roccia.

La formazione di ghiaccio all'interno delle fratture nella roccia tende inoltre a creare tappi impermeabili e ad accumulare l'acqua che vi penetra. L'incremento di pressione idrostatica dovuto all'afflusso d'acqua può smuovere la roccia e causare franamenti.

Caduta di massi

Le stime delle tendenze future riguardanti la frequenza e la dimensione di cadute di massi sono basate sui cambiamenti previsti nel numero di giorni di gelo notturno e nel flusso d'acqua dovuto a precipitazioni intense e scioglimento di neve. Più precisamente il gelo notturno è assunto quale causa della fratturazione superficiale della roccia, che poi tende a cadere a valle in concomitanza con precipitazioni intense e importanti deflussi di acqua di fusione.

La valutazione delle tendenze future previste per il numero di giorni di gelo notturno in funzione della quota e dell'esposizione (v. Tabella 36) è basata sul rapporto sulla sensibilità al clima dei pericoli naturali (geo7, 2015).

DEBOLE		
Esposizione	**Altitudine (m s.l.m.)**	**Gironi di gelo notturno**
Sud	> 2200	+/-
Sud	< 2200	-
Nord	> 1200	+/-
Nord	< 1200	-

FORTE		
Esposizione	**Altitudine (m)**	**Gironi di gelo notturno**
Sud	2400 - 3200	+/-
Sud	< 2400	-
Nord	2400 - 3200	+
Nord	1600 - 2400	+/-
Nord	< 1600	-

Tabella 36: Tendenze previste per il numero di giorni di gelo notturno in funzione della quota e dell'esposizione (Sud o Nord) per gli scenari debole e forte.

In generale l'aumento di temperatura ha come conseguenza una diminuzione dei giorni di gelo notturno a basse (esposizione nord) e medie (esposizione sud) quote. A quote medie (nord) e alte (sud) i cambiamenti sono invece limitati mentre ad alte quote è previsto un leggero aumento dei giorni di gelo notturno nello scenario forte (v. Tabella 36). La differenza fra i pendii esposti a Nord e a Sud è legata all'effetto della radiazione solare, che tende a riscal-

dare in modo importante i versanti rivolti a Sud. I versanti in ombra (Nord) sono invece più sensibili ai cambiamenti di temperatura dell'aria.

DEBOLE	Flusso acqua (caduta massi)
> 1900	+
600 - 1900	+/-
< 600	-

FORTE	Flusso acqua (caduta massi)
> 2400	+
1100 - 2400	+
< 1100	+/-

Tabella 37: Tendenze previste per il flusso d'acqua, causa di cadute di massi in funzione della quota per gli scenari debole e forte.

Per causare la caduta di singoli massi sono sufficienti precipitazioni brevi e di una certa intensità o un importante flusso di acqua di fusione. Particolarmente rilevante per questo tipo di evento è il periodo che va dall'inverno a fine primavera dove, a causa del gelo notturno, la quantità di materiale instabile è maggiore. La valutazione delle tendenze future per il flusso d'acqua causa di cadute di massi è quindi basata sulle variazioni previste delle precipitazioni intense (capitolo 4.5.3) e della fusione di neve a fine inverno e primavera. I risultati sono presentati nella Tabella 37.

I cambiamenti nello scenario debole sono dovuti alla diminuzione della coltre nevosa prevista a basse quote (con conseguente riduzione dell'acqua di fusione) e allo spostamento dall'estate alla primavera della fusione della neve ad alte quote. Nello scenario forte è invece previsto un aumento della frequenza delle precipitazioni intense, che a basse quote è in parte compensato dalla riduzione del manto nevoso.

Queste tendenze sono state combinate per valutare i cambiamenti futuri nella frequenza e nell'intensità di cadute di massi. I risultati ottenuti sono presentati nella Tabella 38 per lo scenario debole e nella Tabella 39 per lo scenario forte.

A quote medio basse si prevede per entrambi gli scenari una diminuzione della frequenza e della dimensione di cadute di massi, dovute sostanzialmente alla prevista diminuzione di giorni di gelo notturno. Ad alte quote, al contrario, la tendenza prevista è verso l'aumento di questi fenomeni, soprattutto sui versanti esposti a Nord. Questo aumento è ulteriormente intensificato dalla degradazione del permafrost ad alta quota prevista in entrambi gli scenari (capitolo 4.5.15), di cui non si è tenuto conto durante l'analisi.

DEBOLE					
Esposizione	Altitudine	Gironi di gelo notturno	Flusso acqua (caduta massi)	Frequenza caduta massi	Dimensione caduta massi
Sud	> 2200	+/-	+	+	+/-
Sud	< 2200	-	+/-	-	-
Nord	> 1900	+/-	+	+	+/-
Nord	1200 - 1900	+/-	+/-	+/-	+/-
Nord	600 - 1200	-	+/-	-	-
Nord	< 600	-	-	-	-

Tabella 38: Tendenze previste per la frequenza e la dimensione degli eventi di caduta massi in funzione dell'esposizione e dell'altitudine per lo scenario debole.

FORTE					
Esposizione	**Altitudine**	**Gironi di gelo notturno**	**Flusso acqua (caduta massi)**	**Frequenza caduta massi**	**Dimensione caduta massi**
Sud	2400 - 3200	+/-	+	+	+/-
Sud	1100 - 2400	-	+	-	-
Sud	< 1100	-	+/-	-	-
Nord	2400 - 3200	+	+	+	+
Nord	1600 - 2400	+/-	+	+	+/-
Nord	1100 - 1600	-	+	-	-
Nord	< 1100	-	+/-	-	-

Tabella 39: Tendenze previste per la frequenza e la dimensione degli eventi di caduta massi in funzione dell'esposizione e dell'altitudine per lo scenario forte.

Frequenza caduta massi (cambiamento %)	**Nord**		**Sud**	
	< 1500	**> 1500**	**< 2300**	**> 2300**
DEBOLE	-10	+10	-10	+5
FORTE	-20	+15	-20	+10

Tabella 40: Cambiamenti percentuali previsti per la frequenza di cadute di massi in funzione dell'esposizione e della quota per gli scenari debole e forte.

A partire dalle tendenze derivate in precedenza sono stati stimati i cambiamenti percentuali previsti per la frequenza di cadute di massi nello scenario debole e forte in funzione della quota e dell'esposizione (vedi Tabella 40). A basse quote a seguito dei cambiamenti climatici ci si attende una diminuzione del pericolo di caduta massi, mentre in quota si prevede l'opposto: un aumento che dipende in entrambi gli scenari dall'orientamento del pendio. Nelle zone in quota esposte a Nord è previsto un aumento più forte a causa della maggiore sensibilità ai cambiamenti di temperatura dell'aria e della maggiore presenza di permafrost.

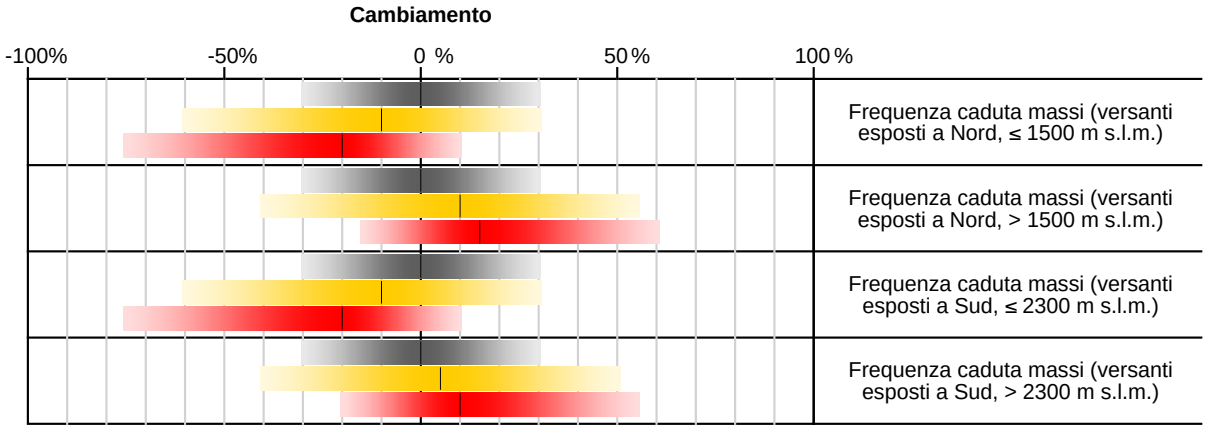


Figura 82: Rappresentazione grafica dei cambiamenti previsti per le frequenza di eventi di caduta massi negli scenari debole 2060 (giallo) e forte 2060 (rosso) rispetto allo scenario di riferimento (grigio). Per tutti gli scenari sono indicate le corrispondenti bande d'incertezza.

Frane di crollo/Valanghe di roccia

Una valutazione della tendenza futura della dimensione e della frequenza di frane di crollo e valanghe di roccia simile a quella fatta per la caduta massi risulta molto complicata. Questo tipo di fenomeni è infatti fortemente influenzato dalle proprietà strutturali e geologiche delle singole pareti di roccia e l'influsso esercitato dal clima è molto complicato.

Nonostante una valutazione precisa non sia possibile, si può prevedere che **ad alte quote la frequenza e la dimensione di frane di crollo di dimensioni ridotte (< 10'000 m^3) tenderà ad aumentare** in entrambi gli scenari a causa della prevista degradazione del permafrost.

Il distacco di frane di crollo di dimensioni maggiori e di valanghe di roccia avviene invece solitamente in concomitanza con periodi di precipitazione prolungata che causano un grosso apporto di acqua al terreno. In Ticino ad esempio i principali crolli registrati alla frana del Valegión di Preonzo (2000, 2002 e 2012) sono avvenuti in seguito a periodi con precipitazioni intense su più giorni.

I modelli climatici per il 2060 non prevedono cambiamenti significativi nel massimo di precipitazione accumulata in 5 giorni (CH2011, 2011). L'aumento di temperatura previsto tenderà tuttavia ad incrementare il rapporto pioggia/neve durante il periodo invernale e ad accelerare il processo di fusione della neve in primavera. A causa del previsto aumento di disponibilità di acqua si può quindi prevedere che in futuro la **frequenza di frane di crollo di dimensioni importanti e di valanghe di roccia tenderà ad aumentare leggermente nel periodo che va da fine autunno alla primavera.**

4.5.17. Tempeste/Uragani

Le tempeste e gli uragani rappresentano un potenziale importante di danni a boschi e infrastrutture. I dati storici mostrano che la Svizzera in media ogni 10-15 anni viene attraversata da un uragano.

Le previsioni dei diversi modelli climatici associate a venti forti e tempeste sono caratterizzate da una grossa incertezza e non mostrano trend significativi per il futuro (CH2011, 2011). Alcuni modelli suggeriscono una tendenza verso un incremento di intensità dei cicloni nel Nord dell'Europa e una diminuzione nella zona del Mediterraneo. Per la Svizzera, dato che si trova al centro di due zone con possibili tendenze contrapposte, le variazioni future non sono chiare. Alcune simulazioni indicano una diminuzione della frequenza accompagnata da un aumento dell'intensità di tempeste al Nord delle Alpi (CH2011, 2011).

Vista la grossa incertezza e l'assenza di tendenze chiare per l'evoluzione futura, i rischi associati a questo pericolo saranno valutati attraverso un'analisi di sensitività. Saranno analizzati gli effetti di un aumento, rispettivamente diminuzione di un fattore 1.5 nella frequenza di tempeste, in modo da testare gli influssi delle possibili evoluzioni future sull'intero bilancio dei rischi e delle opportunità.

4.6. SCENARIO SOCIOECONOMICO E DEMOGRAFICO

	Indicatori	Tendenze per il Ticino nel 2060	Incer-tezza[9]
Salute	Numero di abitanti	La popolazione del Canton Ticino ammonta attualmente a 346'500 abitanti (che rappresentano circa il 4 % della popolazione svizzera). Negli ultimi anni si è osservata una forte crescita della popolazione; nel 1970 la popolazione ticinese si aggirava attorno ai 250'000 abitanti (il 28 % in meno rispetto al tasso attuale). Tra il 2005 e il 2030 in Ticino è prevista una crescita della popolazione del 9.3 %, mentre a livello svizzero si attende un aumento del 9.2 % (BFS, 2007). Lo scenario A00-2010 dell'ufficio federale di statistica (BFS, 2010) prevede a livello svizzero un aumento della popolazione dal 2010 al 2060 (periodo di studio di quest'analisi) del 14 %. Confrontando questo valore al rapporto fra le previsioni di aumento della popolazione dal 2005 al 2030 fra Svizzera e Ticino, si prevede un aumento della popolazione ticinese fino al 2060 del 14.2 % che corrisponde a 395'700 abitanti circa.	2
Salute	Distribuzione della popolazione in base all'età	La popolazione ticinese (e Svizzera) in futuro tenderà sempre di più ad invecchiare. La variazione della distribuzione delle età della popolazione porterà a un cambiamento nei costi nell'ambito della salute (aumento del fabbisogno di cure). Tra il 2005 e il 2030 l'ufficio federale di statistica (BFS, 2007) ha previsto una crescita della percentuale di abitanti con età superiore a 65 anni dal 16 % al 26 % a livello svizzero e dal 19 % al 27 % a livello ticinese. Lo scenario A00-2010 prevede invece che la percentuale della popolazione svizzera con un'età superiore ai 65 anni passerà dal 17 % (valore 2010) al 28 % entro il 2060 (BFS, 2010). Tenendo conto di queste considerazioni si prevede che a livello ticinese la percentuale di abitanti con età superiore ai 65 anni passerà dall'attuale 21 % al 30.4 % nel 2060. Oltre ad aumentare le persone sopra i 65 anni si prevede che entro il 2060 anche le persone con un'età superiore ad 80 anni aumentino ulteriormente. Fra il 2005 e il 2030 è stato previsto un aumento della popolazione ticinese sopra gli 80 anni dal 5.3 % al 9.9 % e della popolazione svizzera dal 4.5 % all'8.3 % (BFS, 2007). Lo scenario A00-2010 ha invece previsto che a livello svizzero la percentuale di persone con più di 80 anni passera dall'attuale 5 % (2010) al 12 % nel 2060 (+140 %). Relazionando i dati di questi scenari si ottiene che in Ticino la parte di popolazione con età superiore a 80 anni passerà dall'attuale 6 % al 14.7 % nel 2060 (aumento del 145 %).	2

[9] 1 = bassa, 2 = media, 3 = elevata.

Salute	Numero di persone bisognose di cure	Siccome oltre ad un aumento marcato delle persone con più di 65 anni nel 2060 è prevista anche una forte crescita delle persone con età superiore a 80 anni è molto importante considerare nello scenario socioeconomico futuro un aumento considerevole del numero di persone bisognose di cure (aumento del fabbisogno di infrastrutture sanitarie). Secondo degli scenari sviluppati a livello svizzero (Höpflinger, Bayer-Oglesby, & Zumbrunn, 2011) si prevede che dal 2010 al 2030 la durata del periodo medio di fabbisogno delle cure rimanga costante e che il numero di persone bisognose di cure cresca del 46 % a causa dell'aumento del numero di persone con età superiore ai 65 anni (si passerà dalle attuali 125'000 persone bisognose di cure a 182'000 persone). Prevedendo che dal 2030 al 2060 questo numero aumenti ulteriormente di circa il 50 % (EBP/SLF/WSL, 2013a), nel 2060 si raggiungerà dunque a livello svizzero un numero di persone bisognose di cure di 290'000 (+132 % rispetto al valore 2010). Considerando che in Ticino è prevista una crescita meno marcata della popolazione con età superiore ai 65 anni (44.7 % rispetto al 64.7 % a livello svizzero), in questo studio si prevede un aumento del numero di persone bisognose di cure in Ticino dal 2010 al 2060 del 91 % più grande rispetto al valore attuale.	3
Salute	Numero di persone affette da polimorbidità.	Oltre ad anziani e bambini le persone più toccate dalle ondate di calore sono quelle affette da polimorbidità; combinazione di diversi tipi di malessere come ad esempio problemi cardiovascolari, problemi respiratori, problemi motori, ecc. È ipotizzabile che entro il 2060 le persone affette da polimorbidità aumentino del 10 % a causa dell'importante aumento del numero di persone di età superiore a 65 / 80 anni (EBP/SLF/WSL, 2013a).	3
Agricoltura	Valore aggiunto netto	Lo sviluppo dell'agricoltura ticinese nel 2060 sarà strettamente correlato con lo sviluppo dell'agricoltura svizzera, che ha un preciso mandato che consiste sostanzialmente nel contribuire a garantire l'approvvigionamento di dettate alimentari per la popolazione. Tra il 1960 e il 2000 l'agricoltura svizzera ha prodotto circa i 2/3 dei generi alimentari consumati nel paese (Repubblica e Cantone Ticino, 2013). In Ticino dal 1999 al 2011 si è osservata una diminuzione della produzione lorda dell'agricoltura del 5.4 % (UStat, 2012). È da notare che, seppure sia osservabile una diminuzione di questo valore, le fluttuazioni annuali sono importanti. Si potrebbe inoltre ipotizzare che in futuro questa diminuzione potrebbe essere parzialmente compensata da un aumento dei prodotti locali di qualità. Negli stessi anni a livello svizzero si è osservata una diminuzione del 4.7 % della produzione lorda agricola. Gli scenari socioeconomici svizzeri prevedono che dal 2010 al 2060 il valore aggiunto netto dell'agricoltura diminuisca del 0.51 % ogni anno (Ecoplan, 2005). Siccome negli ultimi anni la produzione lorda dell'agricoltura ticinese è diminuita similmente a quella svizzera, si può presumere che questa percentuale di riduzione sia significativa anche a livello ticinese. Entro il 2060 si prevede dunque che il valore aggiunto netto dell'agricoltura ticinese si riduca del 25.5 % rispetto al valore attuale (2010).	2

Agricoltura	Prezzo alla produzione	Il mercato agricolo futuro sarà sempre più aperto e competitivo; la limitata e fragile produzione ticinese sarà dunque sempre più sotto pressione. Dal 2000 al 2025 si prevede che i prezzi alla produzione agricola svizzera scendano di ca. il 20 %, avvicinandosi così sempre di più ai prezzi del mercato mondiale (EBP/SLF/WSL, 2013a). I prezzi alla produzione svizzeri saranno sempre più sotto pressione a seguito anche dei negoziati del ciclo di Doha. Aumenterà la volatilità dei prezzi a causa dell'aumento dei trattati sul mercato finanziario per i prodotti alimentari e i prezzi saranno sempre più soggetti a speculazioni (EBP/SLF/WSL, 2013a).	2
Agricoltura	Superficie agricola	In Ticino l'agricoltura è responsabile per la gestione del 13 % del territorio (superficie agricola utile, SAU, e alpeggi), cifra rilevante se si considera che il bosco e le zone improduttive ne costituiscono l'81 %. Dal 2000 al 2013 la superficie agricola utile in Ticino è aumentata dello 1.4 % (da 14'161 ha a 14'359 ha). (Repubblica e Cantone Ticino, 2014). Questo aumento è principalmente riconducibile all'integrazione di nuovi terreni in altura (meno produttivi). I terreni sul piano (che producono maggiormente e permettono una maggiore meccanizzazione dei processi) stanno già oggi diminuendo. In futuro è ipotizzabile una diminuzione del 6 % della SAU a causa dell'utilizzazione del suolo ad altri scopi (edifici, strade, ecc.). Questa cifra corrisponde all'aumento ipotizzato della superficie edificata, si assume dunque che l'avanzamento della superficie edificata andrà a discapito della superficie agricola utile. È da evidenziare che la diminuzione interesserà soprattutto le zone di pianura, dove si trovano i terreni migliori e più produttivi. Si prevede però un abbandono dei terreni con minor attività agricola – in particolare gli alpeggi in montagna – e un loro inselvatichimento. Ciò potrà generare effetti negativi dal profilo dei pericoli naturali, della varietà delle specie, del paesaggio e di conseguenza dell'attività turistica (Repubblica e Cantone Ticino, 2013).	3
Agricoltura	Numero di aziende	Dal 2000 al 2011 si è osservata in Ticino una diminuzione del numero di aziende agricole del 22 % (si è passati da 1'508 aziende a 1'177) (Repubblica e Cantone Ticino, 2014). Questa diminuzione è in parte dovuta all'unione di diverse aziende agricole piccole in aziende agricole di dimensioni maggiori per essere più competitive sul mercato. Si è infatti osservato un aumento della dimensione media per azienda agricola. In Ticino, come nelle altre regioni di montagna, la dimensione media per azienda rimane inferiore a quella delle zone di pianura e alla media nazionale. A livello svizzero dal 2000 al 2011 si è osservata una diminuzione del numero di aziende agricole del 18 % e si prevede che entro il 2060 esse diminuiscano del 30 % rispetto il valore attuale (2010). Rapportando i valori svizzeri a quelli ticinesi si può calcolare che in Ticino nel 2060 si osserverà una diminuzione del 37 % del numero di aziende agricole rispetto alla situazione attuale (2010).	3
Bosco e economia forestale	Numero di aziende forestali	Tendenzialmente il numero di aziende forestali si ridimensionerà. A seguito di fusioni e razionalizzazioni è da prevedere in Ticino una riduzione del numero di aziende di ca. il 10 %, in analogia alle previsioni nazionali per il settore forestale (EBP/SLF/WSL, 2013a).	3

Bosco e economia forestale	Valore di produzione lorda	Va precisato che la produzione del settore forestale del Cantone Ticino non è determinata dalla vendita e lavorazione del legname; il campo di produzione in questo settore è infatti dominato dai lavori forestali in genere. Le tendenze ricalcano sostanzialmente le previsioni nazionali (EBP/SLF/WSL, 2013a).	3
Bosco e economia forestale	Prezzo del legno	Attualmente in Ticino il prezzo del legname non copre generalmente i costi di taglio ed esbosco. In assenza di sovvenzioni (ad es. selvicoltura in boschi di protezione), il taglio e la vendita del legname risultano infatti deficitari. Ad oggi si assiste ad un incremento dell'uso del legname come vettore energetico (legna in pezzi, cippato e pellet). È prevedibile che questa tendenza si mantenga anche in futuro. Per quanto concerne l'evoluzione del prezzo del legname, in Ticino si prevede un incremento analogo ai valori nazionali (+ 20 %) (EBP/SLF/WSL, 2013a), compensato però da un aumento dei costi di lavorazione (taglio ed esbosco). In futuro il divario tra il prezzo del legname e il costo di produzione del legname verrà mantenuto, per cui il taglio e la vendita del legname risulteranno sempre deficitari.	3
Bosco e economia forestale	Prestazioni del bosco (servizi ecosistemici)	In analogia alle tendenze nazionali (EBP/SLF/WSL, 2013a) in Ticino non si prevedono variazioni di rilievo per quanto riguarda le prestazioni del bosco inerenti i servizi ecosistemici (come ad esempio la funzione di protezione, lo stoccaggio e il filtraggio dell'acqua oppure lo stoccaggio di CO2).	3
Bosco e economia forestale	Politica forestale	La politica forestale a livello cantonale ticinese rispecchia essenzialmente i principi e gli obiettivi della politica federale 2020. Gli stessi sono sostanzialmente ripresi nel Piano forestale cantonale (2006). Si presuppone pertanto che i medesimi principi e obiettivi siano validi anche per l'orizzonte temporale 2060. Nel Piano forestale cantonale si individuano i seguenti obiettivi principali: • Conservare l'area forestale esistente. Incremento della superficie forestale nei fondovalle e nelle aree densamente urbanizzate; • Garantire la funzione di protezione del bosco; • Assicurare e sostenere la funzione ecologica del bosco; • Mantenere la funzione di svago del bosco; • Incrementare lo sfruttamento del legname proveniente dal bosco ticinese, nel rispetto del concetto di sostenibilità.	3

Infrastrutture e edifici	Superficie di insediamento e superficie edificata pro capite.	Attualmente la superficie di insediamento ticinese copre il 5.6 % del territorio (2.9 % area edificata, 0.4 % area industriale e artigianale, 2 % superfici del traffico e superfici di insediamento speciali e 0.3 % zone verdi e di riposo) che corrisponde ad un area di 158 km^2. Rispetto allo scenario di riferimento la superficie d'insediamento in Ticino in futuro (2060) aumenterà ulteriormente a causa della crescita della popolazione (395'700 abitanti, +14.2 %) e della crescita economica (in particolare crescita di superficie edificata per i servizi). Il piano direttore Cantonale promuove, già da alcuni anni, uno sviluppo dei nuovi edifici più concentrato e un uso parsimonioso della zona edificabile. Lo scopo è quello di contenere l'estensione degli insediamenti utilizzando nel modo più razionale possibile i terreni già attribuiti alla zona edificabile con un conseguente incremento della densità d'insediamento (OST-TI, 2008). In futuro in Ticino la superficie di insediamento aumenterà limitatamente poiché aumenteranno anche le dimensioni degli edifici. Già dal 2005 al 2013 si è osservata una diminuzione della superficie edificata pro capite del 3.4 % (si è passati da una superficie di 467.6 m^2/abitante nel 2005 a una di 453.1 m^2/abitante nel 2013). Considerando che in quegli anni la popolazione ticinese è aumentata del 7.5 % si è registrata una diminuzione della superficie edificata pro capite dello 0.45 % per un aumento della popolazione dell'1 % (UStat, 2014b). Assumendo che la diminuzione della superficie edificata pro capite in funzione dell'aumento della popolazione in Ticino rimanga costante fino al 2060, con un aumento della popolazione del 14.2 % si calcola una diminuzione della superficie edificata pro capite del 6.4 %. Si prevede, dunque, che nel 2060 la superficie edificata raggiunga i 168 km^2 (aumento del 6 % rispetto alla situazione attuale). L'aumento in Ticino risulta meno marcato di quello previsto a livello Svizzero del 10 % (EBP/SLF/WSL, 2013a), a causa del numero limitato di zone pianeggianti.	2
Infrastrutture e edifici	Superficie abitabile pro capite	Nel decennio tra il 1990 e il 2000 in Svizzera si è osservato un aumento del fabbisogno di superficie abitabile pro capite del 33 % (da 33 m^2 nel 1990 a 44 m^2 nel 2000). I principali motivi di questo aumento sono l'elevato stato di benessere della popolazione e la diminuzione del numero medio di persone per economia domestica. Questa superficie continuerà verosimilmente ad aumentare anche in futuro (ARE, 2012). Si prevede che nel 2030 essa raggiunga i 55 m^2/capite (aumento del 25 % rispetto al 2000). Non disponendo di dati regionali i dati svizzeri vengono utilizzati anche per prevedere lo sviluppo ticinese. Tenendo conto dell'invecchiamento della popolazione, appare plausibile utilizzare per il 2060 l'ipotesi di crescita svizzera per l'anno 2030. Complessivamente si ottiene perciò un aumento del 25 % (si prevede che la superfice abitabile in Ticino nel 2060 raggiungerà i 55 m^2/abitante).	2

Infrastrutture e edifici	Dinamica regionale della popolazione	In Ticino la superficie di insediamento è principalmente localizzata nei fondovalle dove la densità della popolazione raggiunge i 2400 abitanti/km^2. L'83 % degli edifici ticinesi è inoltre localizzato negli agglomerati di Lugano, Locarno, Bellinzona e Mendrisio-Chiasso. Negli ultimi 20 anni in Ticino si è osservato un flusso migratorio dei residenti dalle valli superiori verso gli agglomerati urbani e la periurbanizzazione della popolazione residente che dalle aree centrali si è spostata verso i margini degli agglomerati. Quest'ultimo processo è particolarmente evidente per il Luganese, dove la popolazione tende a spostarsi, oltre che verso la periferia (Capriasca, Basso e Alto Vedeggio e Malcantone) anche significativamente verso il Mendrisiotto (OST-TI, 2008). A livello svizzero si prevede che entro il 2060 la popolazione residente negli agglomerati urbani aumenti ulteriormente (mediamente del 30 %) (EBP/SLF/WSL, 2013a). A livello ticinese si ipotizza dunque che entro il 2060 la popolazione degli agglomerati Cantonali aumenti considerevolmente a discapito della popolazione residente nelle Valli.	2
Infrastrutture e edifici	Valore di edifici e beni mobili.	In Ticino nel 2012 la sostanza immobiliare (edifici e terreni) ammontava complessivamente a 54'300 milioni di CHF (UStat, 2014b). Negli ultimi 15 anni si è osservato un aumento di questo valore di circa il 12 % (nel 2005 il valore era di circa 48'700 milioni di CHF). Lo scenario socioeconomico svizzero prevede che in futuro, a causa della crescita demografica, saranno costruiti nuovi edifici (EBP/SLF/WSL, 2013a). Congiuntamente all'aumento degli edifici è ipotizzabile anche un aumento del numero di beni mobili (mobilio, automobili, ecc.). Il prezzo delle costruzioni è aumentato significativamente negli ultimi decenni. In generale si può ipotizzare che esso continuerà ad aumentare anche in futuro. Nel 2060 il valore di un edificio nuovo sarà dunque superiore rispetto al valore che un edificio nuovo ha attualmente. Analogamente a quanto valutato a livello svizzero si può ipotizzare un aumento complessivo del valore dei beni mobili e degli edifici del 30 % rispetto al valore attuale (EBP/SLF/WSL, 2013a).	2
Infrastrutture e edifici	Valore delle infrastrutture per i trasporti	Nei prossimi anni è prevedibile un ampliamento delle infrastrutture dedicate ai trasporti (nuove strade e nuove ferrovie). Con l'apertura delle gallerie di base del San Gottardo e del Monte Ceneri (Alptransit) in Ticino saranno aggiunti all'attuale rete ca. 150 km di binari. Questo valore corrisponde a circa la lunghezza attuale dei binari ticinesi (aumento del 100 %). A livello autostradale è ipotizzabile che entro il 2060 l'attuale rete venga ampliata con un collegamento del Locarnese all'autostrada esistente di ca. 10 km (Consorzio BEL-LO, 2010). Per quanto riguarda invece le strade cantonali e comunali si può assumere un aumento proporzionale a quello delle superficie edificata (+ 6 %). Complessivamente si può dunque stimare un aumento del 15 % del valore delle infrastrutture per i trasporti in Ticino.	3

Gestione delle acque	Approvvigionamento e smaltimento idrico	L'incremento demografico, lo spopolamento delle valli e lo sviluppo di attività commerciali e industriali nei fondovalle osservato negli ultimi anni, ha portato ad un notevole incremento della pressione antropica su corpi idrici superficiali e sotterranei dovuta al restringimento degli alvei, all'eccessiva cementificazione, agli utilizzi agricoli ed industriali intensivi e all'impermeabilizzazione di grosse aree del territorio. In futuro, con l'aumento della popolazione e l'incremento delle zone edificate nei pressi della città, questa problematica andrà ad estendersi. Per permettere un miglior coordinamento fra lo sviluppo territoriale futuro e il fabbisogno idrico, il Cantone Ticino prevede di rendere la gestione delle acque più unitaria e completa del ciclo dell'acqua per aree più vaste. La creazione di acquedotti che raggruppino i singoli utenti in comunità consentirà di valutare le richieste complessive e metterle in relazione alle fonti in grado di soddisfarle. La nuova strategia – già in atto – permetterà ad esempio di risolvere i problemi di conflitto per l'utilizzo di acqua che si verificano durante la siccità estiva. Per garantire anche la qualità dell'acqua nel ciclo idrico, il Canton Ticino prevede di ridurre la presenza di canalizzazioni miste. Ciò implica che le acque cosiddette chiare (principalmente meteoriche) non si immettano più nelle canalizzazioni ma si infiltrino direttamente nel terreno (il quale svolge una funzione di primaria importanza per garantire la qualità dell'acqua). Per quanto concerne lo smaltimento delle acque si può ipotizzare che in futuro la depurazione migliorerà. Se la qualità dell'acqua depurata raggiungerà gli standard necessari è possibile che essa venga utilizzata direttamente per l'approvvigionamento idrico e non venga immessa nelle acque superficiali (CDV, S. Quarenghi). Questa tecnologia permetterebbe un utilizzo meno intenso delle fonti di acqua potabile (falda, sorgenti e laghi) le quali disporrebbero di conseguenza di un maggiore tempo di rigenerazione.	2
Gestione delle acque	Utilizzo termico dei laghi	In Ticino attualmente le acque dei laghi sono utilizzate solo limitatamente a scopo termico. La principale applicazione in tal senso è rappresentata dalla rete dell'acqua industriale delle AIL che serve raffreddare alcuni datacenter e i computer del Centro Svizzero di Calcolo Scientifico (CSCS). In analogia alle tendenze osservate negli ultimi 20 anni, si può ipotizzare che in futuro l'utilizzo termico (abbinato a pompe di calore) dei laghi aumenti, compatibilmente anche con la pianificazione energetica cantonale.	2
Gestione delle acque	Regolazione del livello dei laghi	Il bacino idrografico del lago Maggiore è suddiviso quasi equamente tra Svizzera e Italia, mentre la superficie del lago si trova per l'80 % in territorio italiano. Il bacino idrografico del lago di Lugano è un sottobacino del lago Maggiore la cui area è suddivisa fra Canton Ticino (60 %) e Lombardia (40 %). I due bacini sono collegati dal fiume Tresa (emissario del lago di Lugano). L'emissario del lago Maggiore è il Ticino sublacuale che confluisce nel Po dopo un percorso che tocca anche la città di Pavia. Entrambi i laghi sono regolati presso i loro emissari. La regolazione (dettata da accordi tra Svizzera e Italia che prevedono un limite	2

inferiore e un limite superiore di regolazione) ha come scopo l'ottimizzazione dell'utilizzo dell'acqua dei laghi. Attualmente i principali interessi in gioco sono quelli legati alla produzione idroelettrica, all'irrigazione di campi agricoli e alle esondazioni dei laghi e dei fiumi emissari.

La regolazione attuale dei laghi è stata definita intorno alla metà del secolo scorso e non considera dunque i nuovi interessi in gioco (ad esempio la salvaguardia degli aspetti ambientali).

Il progetto STRADA (Strategie d'adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio transfrontaliero) ha come obiettivo quello di stabilire, tramite una collaborazione tra Svizzera e Italia, una nuova regolazione dei laghi prealpini che tenga conto di tutti gli interessi in gioco e sia sviluppata sulla base degli strumenti tecnici e informatici attuali. Il progetto è stato sviluppato dal 2010 al 2013. Nella Figura 83 sono esposti tutti i settori d'interesse considerati nel progetto. Nella fase di studio è stata considerata anche la variazione dei deflussi dei fiumi e dei livelli dei laghi indotta dal cambiamento climatico.

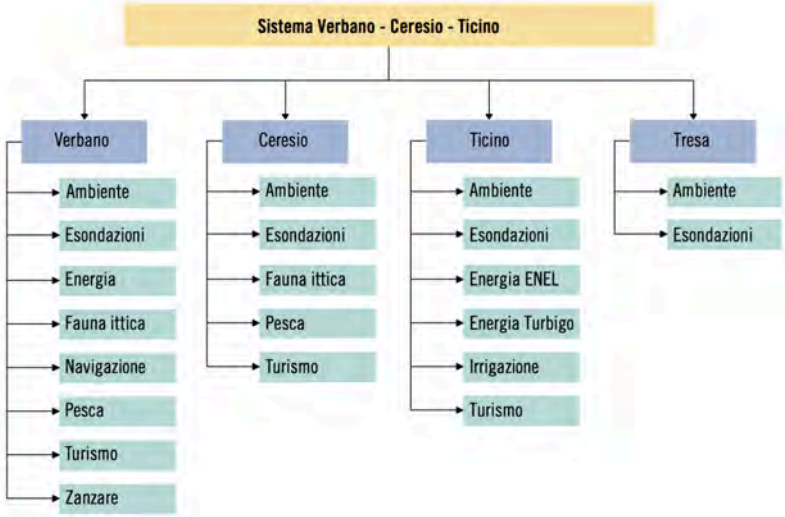


Figura 83: Settori d'interesse per le diverse parti coinvolte nel progetto STRADA (Salvetti, 2014).

Grazie al progetto STRADA è stata individuata una variante per la gestione del lago di Lugano che corrisponde al miglior compromesso fra gli interessi di tutte le parti coinvolte. Questa variante permetterà di regolare i deflussi della Tresa in modo che contribuiscano a migliorare l'utilità di gran parte dei settori d'interesse del lago Maggiore. L'alternativa selezionata per la gestione del lago Maggiore comprende un nuovo progetto di sbarramento del Ticino che permetterà di rilasciare più acqua, rispetto al sistema di sbarramento attuale, nell'emissario e porterà di conseguenza benefici alla gestione delle esondazioni. Questa alternativa porterà ad una soddisfazione complessiva superiore a quella della situazione attuale; è però da sottolineare che essa potrebbe portare a peggioramenti rispetto alla situazione attuale per quanto riguarda le esondazioni del fiume Ticino sublacuale che potrebbero colpire in particolare la città di Pavia (Salvetti, 2014).

		A seguito di queste migliorie si può ipotizzare che le esondazioni dei laghi sul territorio ticinese potrebbero diminuire del 12 % (mantenendo il clima attuale).	
Turismo	Pernotta-menti	In Ticino nel corso dell'anno 2012 ci sono stati 2.3 milioni di pernottamenti nel settore alberghiero. Occorre tuttavia rilevare che dal 1980 al 2012 si è costatata una forte diminuzione del numero di pernottamenti, con una riduzione del 31 % (-1.5 milioni di pernottamenti tra il 1981 e il 2010), questa diminuzione potrebbe essere legata in parte ai seguenti fattori socioeconomici: l'apertura del tunnel autostradale del Gottardo, la crisi economica e l'introduzione dell'euro. Contemporaneamente a questa diminuzione, negli ultimi 30 anni si è osservata anche una riduzione della durata media di soggiorno da 3 a poco più di 2 giorni (Besomi, 2015). Il numero complessivo di pernottamenti in Ticino (inclusi pernottamenti alloggi di gruppo, capanne, campeggi, residenze di vacanza, presso amici o conoscenti o in ospedali) nel 2012 è stato invece di 8.2 milioni (Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft, 2014), dei quali circa 4.1 milioni sono da ricondurre a residenze di vacanza ad uso proprio, ad alloggi presso parenti o conoscenti e ad ospedali. È inoltre da rilevare che dal 1980 (anno di apertura della galleria autostradale del San Gottardo) il numero di pernottamenti in Ticino è diminuito drasticamente. La maggior facilità a raggiungere il Ticino dalla Svizzera tedesca (zona con il maggior afflusso di turisti in Ticino) ha facilitato con ogni probabilità il turismo di giornata (o su pochi giorni) e le trasferte nel Nord-Italia. Nel 2060, grazie alla galleria di base del San Gottardo (apertura nel 2016), l'accesso rapido al Ticino potrebbe facilitare ulteriormente il turismo di giornata che, in assenza di una strategia adeguata, andrebbe a discapito del numero di pernottamenti negli alberghi ticinesi. A seguito dell'apertura della galleria di base del San Gottardo (AlpTransit) si può ipotizzare che il numero di pernottamenti in Ticino diminuirà. La diminuzione relativa sarà con ogni probabilità minore di quella osservata negli ultimi 35 anni, poiché una parte dei turisti di giornata che arriveranno in Ticino potrebbero decidere di alloggiare nelle strutture del Cantone. Inoltre la diminuzione dei pernottamenti sarà mitigata dall'aumento della popolazione svizzera e ticinese (+14 % ca.). Complessivamente si può stimare una diminuzione dei pernottamenti alberghieri dal 2010 al 2060 in Ticino del 15 % (la media annua si aggirerà probabilmente sui 2 milioni di pernottamenti). Siccome i pernottamenti in case secondarie proprie, presso parenti o conoscenti oppure in ospedali non saranno soggetti agli effetti delle nuove linee ferroviarie, si assume che la diminuzione di questi pernottamenti sia nulla, mentre per le altre tipologie di pernottamenti non alberghieri (campeggi, capanne e alloggi di gruppo) la riduzione corrisponda anche in questo caso al 15 %. Complessivamente si stima dunque una diminuzione del numero dei pernottamenti del 7 % (la media annua del numero complessivo di pernottamenti sarà di 7.6 milioni).	3

Turismo	Domanda	Nel 2012 in Ticino sono stati registrati oltre 21.3 milioni di turisti (per turisti si intendono tutte le persone che si spostano al di fuori del proprio luogo abituale al giorno), dei quali il 39 % hanno pernottato (in alberghi, alloggi di gruppo, capanne, campeggi, residenze di vacanza, ospedali/cliniche, istituti scolastici o presso conoscenti/parenti), il 20 % erano ospiti di giornata mentre il 41 % ospiti legati allo shopping, ai casinò o ospiti di transito (Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft, 2014). L'accesso rapido al Ticino fornito dall'apertura della galleria di base del San Gottardo (AlpTransit), oltre a sfavorire il numero di pernottamenti, potrebbe d'alto canto stimolare il turismo giornaliero (o il turismo di pochi giorni), soprattutto in inverno e in autunno (mesi in cui le temperature in Ticino sono già oggi molto più favorevoli che nel resto della Svizzera). L'apertura della galleria ferroviaria del Lötschberg ha portato ad esempio ad un forte aumento dei turisti di giornata, provenienti soprattutto bernesi, alle stazioni sciistiche di Zermatt e Saas-Fee. La facilità nel raggiungere il Ticino a prezzi contenuti (ad esempio tramite un abbonamento metà prezzo o generale) permetterà ai turisti provenienti dalla Svizzera interna di decidere sul momento di intraprendere un viaggio (anche di una sola mezza giornata). In questi casi le condizioni metereologiche avranno un influsso predominante. Va inoltre considerato che l'apertura della galleria base del Ceneri (AlpTransit) favorirà la mobilità all'interno del Cantone (collegamento rapido fra i centri di Bellinzona, Locarno e Lugano) la quale sarà molto apprezzata dai turisti. Gli organi cantonali preposti (promovimento economico ente turistico, enti regionali di sviluppo, ecc.) già da qualche anno stanno investendo molto per promuovere il turismo ticinese. I risultati di queste campagne sono osservabili a distanza di qualche anno. A Bellinzona, grazie alla stretta collaborazione fra Cantone e Città, sono stati realizzati diversi progetti con l'obiettivo di aumentare considerevolmente il numero di turisti annuali. In generale questi progetti mirano a stimolare sia il turismo "storico" (tedesco e dalla Svizzera interna) sia un nuovo turismo come quello asiatico (che in parte sta già interessando alcune delle regioni del Cantone). Un'ulteriore opportunità del turismo ticinese futuro sarà legata allo sviluppo demografico previsto sul territorio Cantonale nel 2060 (+14.2 %). L'aumento della popolazione potrebbe infatti favorire il turismo di giornata di persone residenti nella regione. Si prevede dunque che nel 2060 complessivamente la domanda turistica (includendo i pernottamenti) in Ticino rimanga pressappoco costante.	3
Turismo	Importanza economica	Le condizioni climatiche, la diversità del paesaggio, la ricchezza di beni culturali e la qualità delle strutture ricettive fanno del Canton Ticino una delle mete turistiche più importanti della Svizzera. Attualmente il turismo in Ticino rappresenta uno dei rami economici più importanti del settore terziario e contribuisce al prodotto interno lordo del Cantone nella misura del 9.6 % (valore 2012) e la quota totale di occupazione turistica corrisponde al 12 % (ETP; equivalenti a tempo pieno). Il 9.1 % del valore aggiunto lordo del turismo è da ricondurre al servizio di alloggi, il 6.3 % alla ristora-	3

		zione e il 5.7 % ai trasporti (Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft, 2014). In generale si può ipotizzare che la quota del turismo al PIL ticinese rimarrà anche in futuro importante, attorno al 9.5 % (il lieve calo è causato della possibile diminuzione del peso del servizio degli alloggi).	
Turismo	Tipologie di turismo	Attualmente in Ticino esistono 13 stazioni sciistiche alpine (6 con più di uno skilift). Negli ultimi 15 anni i costi relativi all'innevamento artificiale, alla preparazione delle piste, al sevizio di soccorso, alla caduta controllata delle valanghe e alla sicurezza sono cresciuti considerevolmente e la maggior parte dei turisti gode di tariffe scontate poco interessanti per le stazioni sciistiche (principalmente si tratta di turisti ticinesi di giornata). Tutte le stazioni sciistiche del Ticino lavorano di conseguenza in perdita, situazione che è destinata a peggiorare in futuro a causa dei costi legati al fabbisogno di rinnovo degli impianti (mediamente gli impianti ticinesi hanno un'età di quasi 17 anni). A queste condizioni nessuna delle stazioni sciistiche è in grado di sopravvivere. Una delle possibili strategie da adottare in futuro per far fronte a questo problema è il mantenimento (con l'aiuto di incentivi statali) di una stazione principale (ed eventualmente una stazione secondaria) e l'abbandono a medio termine delle restanti stazioni sciistiche. Si prevede che la stazione principale sia quella di Airolo (maggiore stazione invernale alpina del Ticino) mentre l'eventuale stazione secondaria Bosco Gurin o il Nara (Zegg, Küng, Bachmann, & Hubert, 2008). La chiusura di stazioni sciistiche alpine avrà come conseguenze dei costi per lo smantellamento degli impianti, la perdita di posti di lavoro e il deprezzamento delle residenze di vacanza della zona. Considerando un aumento dei ricavi del 10 % nelle stazioni di Airolo e Bosco Gurin e la chiusura delle altre stazioni, si stima che complessivamente i ricavi dei comprensori sciistici ticinesi diminuiranno del 48 %. Contrariamente al turismo invernale il volume di mercato delle stazioni estive ticinesi è in crescita. Giova inoltre rilevare che per le stazioni estive non esiste una particolare urgenza di interventi di rinnovo degli impianti. Le stazioni estive ticinesi sono tuttavia ancora ripartite su molte singole aziende; per evitare un numero eccedente di offerte troppo simili è probabile che in futuro il Cantone sovvenzioni le fusioni che permetteranno alle aziende un marketing comune più efficace e la riduzione delle spese amministrative, aumentando di conseguenza i ricavi (Zegg, Küng, Bachmann, & Hubert, 2008). Si può quindi desumere che i ricavi delle stazioni ticinesi estive aumentino di circa il 10 % nel 2060. A livello svizzero si prevede che l'interesse per il turismo di città rimanga vivo anche in futuro. Si può dunque assumere che in Ticino il turismo nelle città e nelle zone lacustri rimanga stabile fino al 2060 (EBP/SLF/WSL, 2013a).	3

Energia	Consumo di energia	Il consumo finale di energia a medio termine continuerà ad aumentare per poi diminuire a lungo termine. Se si tiene conto del numero crescente di abitanti, dell'aumento delle superfici delle abitazioni, della sempre maggiore richiesta di mobilità e dell'evoluzione verso l'alto dei consumi, la domanda di energia in un primo tempo aumenterà nonostante i miglioramenti a livello di efficienza. A lungo termine i miglioramenti a livello di efficienza come pure i provvedimenti tecnici e quelli di natura politica già adottati dovrebbero farsi sentire e consentire una riduzione dei consumi. La struttura dei consumi del Cantone è stata oggetto di un'attenta indagine nell'ambito dell'elaborazione del Piano energetico cantonale (DT/DFE, 2010). Essa è aggiornata annualmente dalla Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (SUPSI, 2014), che per il 2013 ha valutato un consumo complessivo pari a 10'265 GWh, di cui 3'185 GWh di energia elettrica. Questi quantitativi si suddividono tra diversi settori di consumo finale di cui i principali sono le abitazioni (riscaldamento in particolare) con 3'227 GWh, i trasporti con 2'821 GWh, l'industria e l'artigianato con 1'567 GWh e il commercio e i servizi con 1'509 GWh. Nell'ambito del Piano energetico cantonale sono stati definiti anche dei piani di azione per raggiungere degli obiettivi di riduzione differenziati per settore di consumo finale: 30 % per la climatizzazione delle abitazioni (caldo e freddo), 35 % per i trasporti, 33 % per il commercio e i servizi e 20 % per i processi di produzione.	1
Energia	Produzione elettrica cantonale	Il Canton Ticino è un importante produttore di energia elettrica. Particolarmente rilevante è il settore idroelettrico che con 31 centrali di grande e media potenza (> 300 kW) nel 2013 ha fornito 4'068 GWh di energia rinnovabile, vale a dire leggermente di più rispetto alla media pluriennale che ammonta a 3'664 GWh/anno. Per la presente analisi si è considerata l'intera produzione idroelettrica cantonale indipendentemente dalle concessioni. Allo stato attuale le altre fonti rinnovabili di energia elettrica (piccoli impianti idroelettrici, impianti su acquedotti e impianti fotovoltaici) hanno in termini assoluti un ruolo limitato (28.2 GWh nel 2013). In fine è importante rilevare che 128 GWh (dato riferito Al 2013) di energia elettrica sono prodotti annualmente in impianti di cogenerazione.	1
Energia	Potenziale della forza idrica	Il potenziale – fisico e ambientale – di ampliamento dello sfruttamento della risorsa idrica è stato pure affrontato nel quadro del Piano energetico cantonale. Grazie alla rimunerazione per l'immissione di energia da fonte rinnovabile a copertura dei costi (RIC) sono stati pianificati diversi impianti idroelettrici di piccola potenza, cosiddetti "mini-hydro". Allo stato attuale il mini-idro produce ca. 2.5 GWh/a. Anche il potenziale residuo della produzione idroelettrica delle grandi centrali è stato analizzato dal Piano energetico cantonale, che applicando gli stessi criteri dello studio condotto dall'Ufficio federale dell'energia ha valutato un potenziale di 135 GWh ottenibile sostituendo o rinnovando in parte le turbine e i generatori con un conseguente miglior rendimento e minori tempi di fermo mac-	1

		china. La produzione di energia idrica è sempre più confrontata con interessi divergenti legati alla risorsa naturale “acqua” – pesca, protezione delle acque, della natura, del paesaggio, svago, ecc. – che necessitano di una ponderazione globale. A tal riguardo giova rilevare che al momento del rinnovo delle concessioni si dovranno applicare integralmente le normative in materia di mantenimento di adeguati deflussi residuali (Legge federale sulla protezione delle acque, LPAc). I deflussi residuali sono stabiliti in base all’idrologia naturale del corso d’acqua e il Cantone può in alcuni casi derogare al deflusso minimo stabilito ai sensi di legge come pure aumentarlo in caso la ponderazione degli interessi lo esiga. Per questi motivi una valutazione precisa degli effetti dell’applicazione della LPAc al momento del rinnovo delle concessioni è difficile. Nell’ambito del PEC è stato stimato che la perdita di produzione legata all’applicazione della LPAc si situerà tra il 5 % e il 14 %. Essa corrispondente in media a una perdita assoluta di ca. 350 GWh/a.	
Energia	Potenziale di sviluppo delle nuove energie rinnovabili	Nell’ambito del Piano energetico cantonale è stato valutato il potenziale di sviluppo delle fonti rinnovabili e sono stati fissati i seguenti obiettivi (per l’energia elettrica) da raggiungere entro il più tardi il 2050: • 80 GWh per l’eolico; • 280 GWh per il fotovoltaico; • 27 GWh per la biomassa. L’aumento del numero di pannelli fotovoltaici, combinato con il possibile aumento del numero di ore di sole in futuro, potrebbe compensare in parte l’aumento del fabbisogno estivo di energia per il raffreddamento di edifici previsto dai cambiamenti climatici.	2
Energia	Costo dell’energia	Le tariffe dell’elettricità in Svizzera si differenziano oggi e anche in futuro tra cantoni e comuni. In media il costo dell’energia elettrica per l’utente finale si situa oggi attorno ai 16 cts CHF/kWh, di cui più del 50 % è da ricondurre a tasse e a costi per l’utilizzo della rete. In futuro per le ragioni sopra esposte si dovrà far conto con un aumento del costo dell’energia. Per il 2060 si può ipotizzare un costo dell’energia elettrica per il consumatore finale pari a 20 cts CHF/kWh. Il prezzo dei vettori per il riscaldamento, olio combustibile e gas, così come il prezzo della benzina e del diesel, è strettamente correlato al prezzo del petrolio, che dovrebbe aumentare da 34 $/b del 2009 a circa 83 $/b nel 2050 (+144 %) (IEA, 2011).	3
Energia	Prezzo dell’energia elettrica	Nel corso degli ultimi anni il valore dell’energia elettrica sul mercato ha subito una forte riduzione. Gli esperti ritengono che in prospettiva nel medio termine i prezzi di mercato rimarranno ancora depressi a causa dei seguenti fattori: • Consumi ridotti dovuti - alla crescita economica contenuta nel breve-medio termine, - alle politiche energetiche, a tutti i livelli istituzionali, sempre più orientate al risparmio e all’ambiente; • Abbondanza di elettricità anche in seguito alle forti sovvenzioni verso il nuovo rinnovabile sul mercato Europeo. Nel corso del 2014 le Aziende industriali Luganesi (AIL, 2014)	3

		hanno fatto sviluppare una proiezione della possibile evoluzione dei prezzi dell'elettricità. I risultati possono essere riassunti nel seguente modo: • A breve termine fino al 2018 i prezzi resteranno bassi come conseguenza della crisi economica, della promozione dell'energia rinnovabile e dei prezzi bassi della tassa sul CO_2); • A partire dal 2018 si dovrebbe assistere ad un aumento dei prezzi a causa dell'aumento della produzione da combustibili fossili e quindi aumento delle emissioni di CO_2 e del prezzo della relativa tassa; • In seguito i prezzi si stabilizzeranno a causa alla riduzione della domanda (effetto delle misure di efficienza energetica), all'aumento delle rinnovabili e alla stagnazione del prezzo della tassa sul CO_2; • Dal 2035, con l'uscita totale dal nucleare, l'aumento della quota parte di produzione rinnovabile porta ad una riduzione dei prezzi. L'aumento ipotizzato del prezzo dell'energia di 4 cts di CHF è ipotizzabile anche per il prezzo dell'energia elettrica (considerando che le tasse non varino). Si assume dunque che nel 2060 il prezzo dell'energia elettrica passerà dagli attuali 8 cts CHF/kWh a 10 cts CHF/kWh (+ 50 %).	
Biodiversità[10]	Prospettive della biodiversità in Svizzera	La biodiversità in Svizzera è sotto pressione: la metà degli habitat e un terzo delle specie sono minacciati. Con la diminuzione delle specie anche la diversità genetica si riduce. Lo stato della biodiversità nel 2060 dipenderà innanzitutto dall'evoluzione dei fattori che sono all'origine della perdita di habitat e del loro deterioramento qualitativo. Oltre al cambio climatico, l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM, 2015d), identifica diversi fattori, che spesso agiscono contemporaneamente, causanti danni alla biodiversità svizzera: l'intensificazione dell'utilizzazione agricola, l'abbandono delle terre agricole estensive, la frammentazione degli habitat, i carichi inquinanti, le specie alloctone invasive, il consumo non sostenibile di suolo e di risorse. Per contrastare il declino della biodiversità il Consiglio Federale ha adottato, nel 2012, la Strategia Biodiversità Svizzera che persegue l'obiettivo principale di «conservare la ricchezza e la capacità di reazione della biodiversità ai cambiamenti e preservare a lungo termine i servizi ecosistemici» (Confederazione Svizzera, 2012). Con l'adozione e la messa in opera di un piano d'azione per l'attuazione della strategia, tuttora al vaglio dei cantoni i quali sono chiamati a contribuire massicciamente al raggiungimento degli scopi del piano, alcune delle pressioni che causano danni alla biodiversità citate sopra dovrebbero essere mitigate. In particolare raggiungendo alcuni degli ambiziosi obiettivi della strategia quali l'utilizzo sostenibile della biodiversità, la realizzazione di un'infrastruttura ecologica, il miglioramento delle condizioni di vita delle specie prioritarie a livello nazionale e la salvaguardia e promozione della diversità genetica (UFAM, 2012b). Le misure pro-	3

[10] Al capitolo 5.9.6 è stato allestito un glossario dei termini tecnici specialistici del settore della biodiversità.

		poste riguardano da un lato la riduzione delle utilizzazioni dannose, il sostegno alle specie minacciate e la sensibilizzazione della popolazione e, dall'altro, la creazione e la gestione di zone protette e di corridoi ecologici. I pacchetti di misure dovranno essere attuati entro il 2040 (UFAM, 2015c). Malgrado ciò è prevedibile che numerosi fattori che attualmente causano danni alla biodiversità si accentuino ulteriormente nei decenni a venire. Con l'aumento della popolazione prospettata, che raggiungerà i 395'700 abitanti (+14.2 % rispetto al 2010) in Ticino nel 2060 e il conseguente aumento del fabbisogno di superfice e mobilità, è verosimile, ad esempio, che il consumo non sostenibile del suolo e delle risorse nonché la frammentazione degli habitat tenda a progredire. Similmente, visto il costante aumento di nuove specie alloctone introdotte attualmente, è accertato che in prospettiva l'incidenza di quelle invasive aumenterà globalmente e in modo marcato (Essl & al., 2011). Inoltre la Strategia Biodiversità Svizzera non affronta direttamente le pressioni sulla biodiversità quali i carichi inquinanti o i cambiamenti nei sistemi di produzione agricola (abbandono e intensificazione). Si assume che il trend verso un'ulteriore diminuzione della biodiversità in Svizzera continui. In base all'aumento della pressione demografica è anche ipotizzabile un'ulteriore diminuzione della superficie di biotopi pregiati quali torbiere, paludi, prati e pascoli secchi.	
Biodiversità[10]	Prospettive della biodiversità in Ticino	Come nel resto della Svizzera anche in Ticino la biodiversità è sotto pressione e verosimilmente continuerà a rimanere tale anche in futuro a causa dei numerosi impatti negativi che continuerà a subire, perlomeno in alcune porzioni del territorio. Dal profilo socioeconomico è ipotizzabile un'evoluzione tendenzialmente differente dei fattori influenzanti la biodiversità a seconda della regione: le pressioni nei fondovalle aumenteranno mentre nei rilievi rimarranno stabili o addirittura diminuiranno. Il fondovalle è definito in Ticino come superficie situata sotto i 500 m s.l.m. (OST, 2015). Essa rappresenta solo il 14.4 % della superficie cantonale ma ospita il 90 % della popolazione e il 94 % dei posti di lavoro. La maggior parte di habitat naturali come i corsi d'acqua lentici, le rive lacustri, le paludi, le zone golenali e anche parte dei prati secchi (Cotti & al., 1990) (Cotti & al., 1997), si concentrano nei fondovalle. Con l'avanzare dell'urbanizzazione e il completamento di grandi infrastrutture (p.es. Alptransit, il collegamento stradale tra Cadenazzo e Locarno, gli interventi previsti dal Piano dei trasporti del Luganese ecc.) inevitabilmente aumenteranno le ripercussioni negative sulla biodiversità dovute alla frammentazione del territorio (isolamento degli habitat), all'inquinamento, al disturbo antropico, alle attività di svago nelle zone naturali di prossimità e eventualmente anche a un ulteriore abbandono di terreni agricoli estensivi con le relative strutture (p.es. sottotetti accessibili alla fauna, muri a secco, terrazzamenti, frutteti ad alto fusto e vecchi alberi isolati con cavità). Eventuali grandi opere di rinaturazione dei fiumi di fondovalle in Ticino, in combinazione con la modulazione dei deflussi delle centrali idroelettriche e del risanamento delle captazioni in materia di deflussi mini-	3

		mi, controbilancerebbero almeno in parte tale tendenza. La superficie situata sopra i 500 m s.l.m., corrispondente all'85.6 % della superficie cantonale, è essenzialmente composta dalle fasce collinari superiori, dalle foreste montane e subalpine, dai prati e pascoli alpini e dalla fascia nivale (vette alpine e nevi perenni) (Cotti & al., 1990) (Cotti & al., 1997). Già dagli anni 1950 si assiste ad un'accelerazione della progressione della superficie boscata del Cantone (Ceschi, 1993), essenzialmente nelle fasce situate oltre gli 800 m di altitudine, che nel 2006 raggiungeva il 52.8 % della superficie del Ticino (Ceschi, 2014). L'aumento della superficie boscata in montagna avviene generalmente a scapito delle aree precedentemente dedicate all'agricoltura estensiva: prati da sfalcio, pascoli, campi, frutteti, selve, maggenghi e pascoli alpini. Ne consegue un impoverimento dei gruppi tassonomici e dei paesaggi legati all'agricoltura estensiva e alle aree aperte. D'altro canto progredisce la trasformazione del territorio verso uno stato di wilderness secondario (Ceschi, 2014), con vastissime aree lasciate a un evoluzione naturale e praticamente prive di pressioni antropiche. Con l'invecchiare dei popolamenti boschivi, il conseguente aumento della dinamica naturale e la creazione di vaste zone indisturbate, aumentano le componenti naturali legate a queste formazioni: il ritorno dei grandi predatori e il successo della reintroduzione del gipeto barbuto ne sono un esempio. In prospettiva è immaginabile che la perdita di biodiversità dovuta all'abbandono dell'agricoltura tradizionale sia perlomeno parzialmente compensata dall'aumento di superfici con formazioni mature, prossime allo stato naturale. La continuità dell'evoluzione in atto sarà anche garantita dalle numerose riserve forestali istituite e prospettate, e dall'eventuale creazione del Parco Nazionale del Locarnese e da Parc Adula. È per contro prevedibile un aumento della pressione antropica per le attività di svago in quelle aree facilmente raggiungibili attraverso strade e funivie.	

4.7. COMBINAZIONE DI SCENARI ANALIZZATI

Nel seguente studio i rischi e le opportunità verranno analizzati gli scenari descritti nella Figura 84.

Dapprima sarà analizzata la situazione attuale climatica e socioeconomica. Nell'analisi degli scenari climatici futuri 2060 (debole e forte) i rischi e le opportunità saranno analizzati mantenendo la situazione socioeconomica attuale (prezzi attuali, livello di risanamento termico di edifici attuale, attuale ripartizione della popolazione, ecc.).

Per considerare anche i cambiamenti socioeconomici del futuro (2060) i rischi e le opportunità dei diversi settori d'impatto saranno analizzati anche in uno scenario socioeconomico futuro ma mantenendo il clima attuale.

L'obiettivo principale del presente studio consiste nell'analizzare i rischi e le opportunità legati puramente ai cambiamenti climatici; per questo motivo è importante che l'analisi sia svolta per gli scenari socioeconomici attuali (l'unica variazione nel 2060 è il clima). Per meglio contestualizzare i rischi e le opportunità legati ai cambiamenti climatici è tuttavia importante considerare anche lo scenario socioeconomico futuro che consideri i cambiamenti in atto a livello socioeconomico che possono avere degli impatti di gran lunga più rilevanti dei cambiamenti climatici. In questo modo i cambiamenti socioeconomici possono essere valutati indipendentemente dall'evoluzione climatica. Questa ripartizione permette anche di contenere le incertezze.

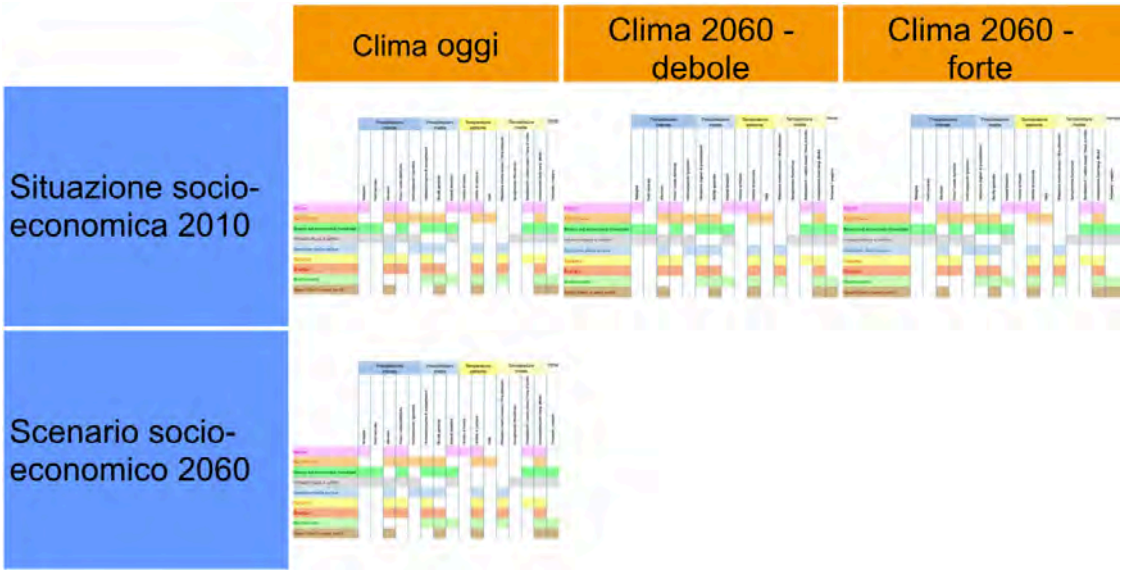


Figura 84: ***Scenari analizzati in questo studio. L'analisi degli scenari climatici futuri sarà effettuata mantenendo la situazione socioeconomica attuale (popolazione, struttura delle case, superficie forestale, ecc.) mentre lo scenario socio-economico futuro sarà analizzato mantenendo il clima attuale.***

5. RISCHI E OPPORTUNITÀ DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI PER SETTORE D'IMPATTO

5.1. MATRICE DI RILEVANZA

Pericolo/effetto:	Precipitazioni intense					Precipitazioni medie			Temperature estreme			Temperature medie				Vento
Settore d'impatto	Valanghe	Forti nevicate	Alluvioni	Frane/colate detritiche	Forti temporali/grandine	Variazione regime delle precipitazioni	Siccità generale	Incendi boschivi	Ondate di freddo	Ondate di calore	Gelo	Riduzione manto nevoso/ritiro ghiacciai	Degradazione permafrost	Caduta massi/frana di crollo/valanghe di roccia	Innalzamento della temp. Media	Tempeste/uragani
Salute																
Agricoltura																
Bosco																
Infrastrutture e edifici																
Gestione delle acque																
Turismo																
Energia																
Biodiversità																

- Molto importante, analisi quantitativa
- Molto importante, analisi qualitativa
- Importante, analisi quantitativa
- Importante, analisi qualitativa
- Non rilevante

Tabella 41: Matrice di rilevanza con una visione di assieme degli effetti e pericoli analizzati per ogni settore d'impatto.

Conformemente con la metodologia definita dal BAFU (EBP/SLF/WSL, 2013), il gruppo di lavoro in collaborazione con gli esperti esterni ha dapprima identificato gli incroci tra settori di impatto e pericoli/effetti che possono essere esclusi, perché non esistono le premesse per una simile situazione. Le combinazioni identificate come rilevanti sono poi state classificate in base alla loro importanza, rispondendo ai seguenti interrogativi:

1. Un pericolo risp. un effetto può causare degli impatti notevoli su un settore?
2. I possibili impatti di un pericolo/effetto sono così grandi che in confronto ad altri impatti risultano determinanti?

Conformemente con la metodologia impostata dal BAFU, per definire l'importanza degli effetti previsti a seguito dei cambiamenti climatici sui diversi settori d'impatto, sono quindi state definite 3 categorie:

Non rilevante

Sulla base delle conoscenze attuali si può tranquillamente escludere che il pericolo risp. l'effetto legato ai cambiamenti climatici presenti impatti percepibili sul settore in questione. Gli incroci non rilevanti sono lasciati in bianco nella matrice di rilevanza.

Importante

Sono definiti "importanti" gli incroci tra un pericolo risp. un effetto dei cambiamenti climatici e un settore d'impatto che presentano rischi e/o opportunità per il settore d'impatto che sono chiaramente percepibili, ma non determinanti per il settore rispetto a altri impatti. Gli incroci identificati come importanti sono illustrati con uno sfondo in tonalità blu nella matrice di rilevanza.

Molto importante

Sono definiti "molto importanti" gli incroci tra un pericolo risp. un effetto dei cambiamenti climatici e un settore d'impatto che – sulla base delle caratteristiche socio-economiche attuali e delle tendenze in atto – presentano elevati rischi e/o opportunità per il settore d'impatto tali da poter essere considerati determinanti. Gli incroci identificati come molto importanti sono illustrati con uno sfondo in tonalità rosso nella matrice di rilevanza.

Gli impatti definiti importanti o molto importanti sono stati analizzati a seconda della disponibilità di dati e dell'esistenza di una metodologia scientifica in maniera quantitativa o qualitativa.

Analisi quantitativa

Se esiste un'argomentazione scientifica per descrivere l'interazione tra cambiamento climatico e impatto che può essere ricondotta a una catena di cause ed effetti quantificabili, per i quali esistono informazioni quantitative di sufficiente qualità e se in generale sono disponibili tutti i dati di base (v. ad es. aspetti socio-economici), si procede a un'analisi quantitativa dettagliata dell'impatto dell'effetto/pericolo in questione. Il calcolo non deve contenere ipotesi troppo grossolane. Nei casi in cui i dati sono lacunosi o limitati nel tempo si procede con un'analisi quantitativa sommaria.

Analisi qualitativa

Se la catena di cause ed effetti mostra una certa complessità con molti fattori che possono concorrere a determinare l'impatto o se i dati necessari per quantificare i diversi punti della catena sono lacunosi, allora l'impatto dell'effetto/pericolo in questione verrà analizzato qualitativamente. L'analisi qualitativa si basa principalmente sulle competenze tecniche del gruppo di lavoro, su la ricerca di letteratura e sulle conoscenze degli esperti settoriali.

La matrice di rilevanza (Tabella 41) mostra (tramite le diverse colorazioni delle celle) la rilevanza delle conseguenze di ogni pericolo o effetto dei cambiamenti climatici sugli 8 settori d'impatto, viene inoltre specificato (per le combinazioni rilevanti) il metodo con cui esse sono analizzate.

5.1.1. Settore d'impatto spazi liberi e aree verdi

Con spazi liberi e aree verdi si intendono tutti i parchi, i giardini, le aree di gioco per i bambini e le aree di svago (es. piscine pubbliche) situati all'interno dei principali agglomerati

In Ticino l'83 % delle abitazioni si trova negli agglomerati urbani di Lugano, Locarno, Bellinzona e Chiasso-Mendrisio. La salute e la qualità di vita della popolazione urbana è influenzata positivamente dalle possibilità di rigenerarsi e vivere delle esperienze a contatto con la natura.

Le aree verdi urbane aiutano a filtrare le polveri fini (tramite le piante), creano ombra, contribuiscono alla regolazione delle temperature e abbelliscono e strutturano la città (migliorando l'immagine turistica della regione). Ampie superfici costruite e mezzi di trasporto trasformano infatti gli spazi urbani in zone calde e particolarmente secche (nelle grandi città la temperatura dell'aria può essere da 6 a 8°C superiore rispetto alle loro periferie); questo effetto trasforma le città in isole di calore. Oltre che per la popolazione le aree verdi in città favoriscono anche la biodiversità. Le specie in queste aree sono spesso molto diversificate; si stima ad esempio che nelle grandi città possano trovare rifugio circa 16'000 specie animali (perlopiù invertebrati).

Le città di Locarno, Lugano e Ascona sono caratterizzate da una forte presenza di parchi ed aree verdi caratterizzate anche da specie esotiche come palme e fiori che costituiscono una delle attrazioni turistiche di queste città.

I cambiamenti climatici potrebbero portare sia rischi che opportunità per il settore d'impatto spazi liberi e aree verdi. L'aumento della siccità generale potrebbe ad esempio causare un aumento delle spese di irrigazione e dei conflitti per l'utilizzo dell'acqua. L'aumento delle ondate di calore potrebbe invece portare ad un maggior fabbisogno di queste aree di svago (aumento della frequentazione). Infine l'aumento della temperatura media potrebbe essere da una parte un rischio a causa dell'aumento dei danni causati da organismi nocivi esotici (neofite invasive, neobiota invasivi come ad esempio insetti, ecc.) mentre d'altra parte permetterebbe l'allestimento di giardini con nuove specie esotiche che con il clima attuale non resisterebbero alle temperature minime.

Le città ticinesi hanno anche nei mesi estivi temperature solo leggermente superiori alle temperature in zone di campagna. La loro posizione nelle vicinanze dei laghi e di pendii ricoperti da una vegetazione rigogliosa (fonti di freschezza) e le loro dimensioni piuttosto ridotte rispetto ad altre città svizzere permettono, infatti, di limitare l'effetto delle isole di calore. L'importanza degli spazi liberi e delle aree verdi nei centri del Cantone non è perciò paragonabile a quella riscontrata in altre zone urbane svizzere dove questo effetto è molto più visibile (ad esempio gli agglomerati di Basilea, Zurigo e Ginevra).

Considerando dunque il numero e il significato piuttosto esiguo di spazi liberi e aree verdi in Ticino il gruppo di lavoro ha deciso di **non analizzare** nel dettaglio questo settore d'impatto.

È inoltre da sottolineare che le ripercussioni sulla biodiversità nelle zone urbane sono analizzate per il settore d'impatto "biodiversità" mentre quelle sulle zone di svago e ristoro (in zone urbane e non) per il settore d'impatto "turismo".

Nell'analisi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici per il Canton Basilea-città (INFRAS/Egli Engeneering, 2015) e Ginevra (INFRAS/Egli Engineering/Sofies/INDDIGO ,

2015) gli impatti legati a spazi liberi e aree verdi sono stati analizzati in maniera dettagliata. Siccome gli impatti dei cambiamenti climatici sugli agglomerati urbani svizzeri saranno pressappoco simile, si può, in parte, ipotizzare che queste analisi dettagliate dei rischi e delle opportunità siano rappresentative anche per il Ticino, anche se, come anticipato in precedenza, gli effetti saranno molto più moderati.

5.2. SALUTE

5.2.1. Parametri principali: situazione attuale

Popolazione in Ticino

La popolazione ticinese ammonta a 346'500 abitanti e la densità della popolazione, rapportata alla superficie totale, è di 123 abitanti/km^2 (dati riferiti al 2013). Si tratta di una quota bassa se confrontata alla media svizzera di 197 abitanti/km^2 (dato riferito al 2013) o a quella del Cantone Zurigo di 825 abitanti/km^2 (dato riferito al 2013). Tuttavia, se rapportata alle superfici d'insediamento (principalmente sui fondivalle), la densità della popolazione raggiunge i 2'400 abitanti/km^2.

Come si può osservare nella Figura 85 la popolazione in Ticino è attualmente caratterizzata da una bassa natalità ed una marcata presenza di persone anziane (solo il 14 % della popolazione ha un età inferiore ai 15 anni mentre il 21 % ha un età superiore ai 65 anni).

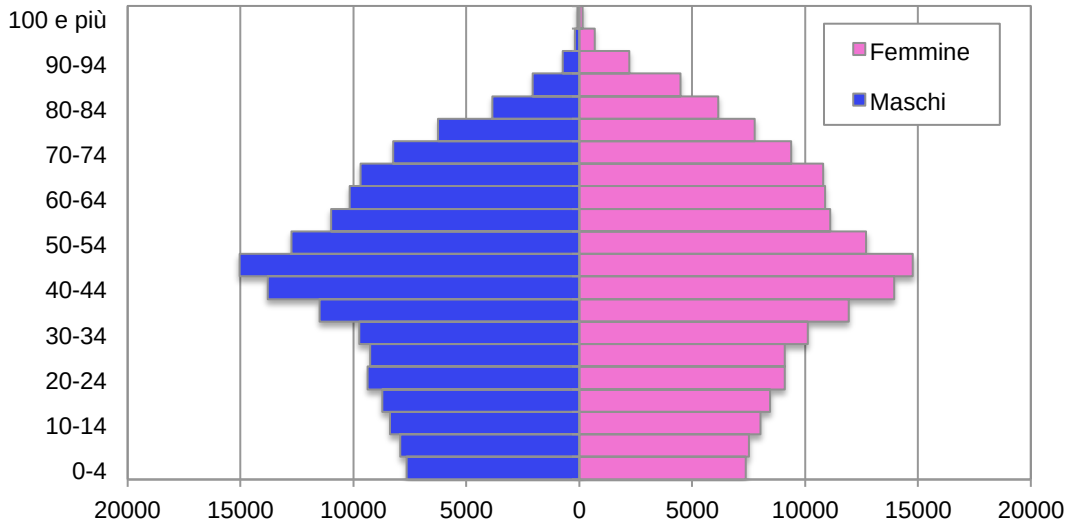


Figura 85: Piramide delle età secondo sesso in Ticino nel 2012. Nella parte destra del diagramma sono raffigurate le donne mentre nella parte sinistra gli uomini (UStat, 2014b).

In futuro si prevede che la percentuale di persone anziane aumenti ulteriormente e significativamente, aumentando così di conseguenza anche la sensibilità della popolazione ad elevate temperature (ondate di calore). Il sistema immunitario delle persone anziane è inoltre più debole e meno reattivo rispetto a quello delle persone giovani, questo fatto rende la popolazione anziana più vulnerabile ad ogni tipo di malattia (incluse nuove possibili malattie trasmesse da vettori esotici).

5.2.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060

Sulla base della matrice di rilevanza Tabella 41 nel caso del settore d'impatto della salute devono essere analizzati i seguenti pericoli e effetti: valanghe, forti nevicate, frane/colate detritiche, variazione del regime delle precipitazioni, incendi boschivi, ondate di calore, caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia e innalzamento della temperatura media. Gli impatti analizzati per ciascun pericolo e effetto sono riassunti nella Tabella 42. La tabella mostra anche il tipo di valutazione – quantitativa o qualitativa – adottata per i diversi impatti.

Una rappresentazione schematica degli impatti sul settore salute è consultabile nella Figura 86.

Nell'analisi di questo settore d'impatto sono considerati gli effetti diretti sulla salute (feriti, malati, morti e persone colpite dalla canicola) a causa di pericoli naturali e ondate di calore. Sono inoltre considerati gli effetti indiretti dell'innalzamento della temperatura (diffusione di malattie esotiche, aumento delle persone affette da allergie ed effetti sulla salute causati dall'inquinamento atmosferico), delle ondate di calore (diminuzione della resa del lavoro) e delle ondate di freddo (diminuzione degli incidenti stradali a causa di neve e ghiaccio).

Nel settore d'impatto salute sono considerati i seguenti indicatori: persone colpite dalla canicola, sinistrati, persone affette da allergie, feriti/malati e morti (vedi anche Tabella 2) indicatori comprendono i danni morali, le spese mediche e il mancato guadagno delle persone lese. Gli indicatori sono poi monetizzati. Non si tratta di costi o ricavi reali ma di valori monetizzati che consento il confronto con i rischi e le opportunità di altri settori d'impatto.

Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici

La Confederazione, nella prima parte della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, ha definito i diversi campi d'intervento. Nelle ultime colonne della Tabella 42 sono indicati i campi d'intervento della strategia svizzera corrispondenti ai diversi rischi e alle opportunità per il Canton Ticino e possibili misure per mitigare questi rischi e sfruttare le opportunità. Le misure sono state definite nella seconda parte della strategia d'adattamento (vedi capitolo 2.1). Una spiegazione delle abbreviazioni dei campi d'intervento e delle misure è data nell'allegato A1.

Per il settore d'impatto salute sono toccati in maniera particolare i campi d'intervento S1 (Malattie infettive trasmesse attraverso vettori) e S2 (Effetti del caldo). Questi rischi possono essere minimizzati tramite le misure su1 (Informazioni e raccomandazioni per la protezione da ondate di caldo) e su2 (Controllo e diagnosi precoce e prevenzione delle malattie infettive trasmesse all'uomo da vettori).

Pericolo/effetto	Valutazione quantitativa	Valutazione qualitativa	Campi d'intervento	Misure
Valanghe	Diminuzione di morti e feriti.		PN5	pn1 – pn7
Forti nevicate	Impatto sulle condizioni delle superfici stradali e diminuzione del rischio di incidenti con feriti e/o decessi.			
Frane/colate detritiche	Aumento di morti e feriti.		PN3; PN5	pn1 – pn7
		Maggiori rischi legati all'approvvigionamento e alla qualità dell'acqua potabile.	PN3; PN5; GA1	pn1 – pn7; ga3
Variazione del regime delle precipitazioni		Formazione di habitat ideali per vettori di malattie (ad es. le pozzanghere causate del ritiro dei laghi sono un habitat perfetto per alcune specie di zanzare)[11].	S1; B3	su2; su3; b6
Incendi boschivi		Diminuzione della presenza di zecche nei sottoboschi.	S1; B3	su2; su3
Ondate di calore	Aumento degli impatti sulla salute delle ondate di calore (morti, ricoveri e persone colpite).		S2; S3	su1
	Diminuzione della resa sul lavoro.		S2; S3	su1
		Conseguenze sull'organizzazione del lavoro.	S2; S3	su1
Caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia	Diminuzione dei feriti.		PN4; PN5;	pn1 – pn7;
		Minori rischi legati all'approvvigionamento e alla qualità dell'acqua potabile.	PN4; PN5; GA1	pn1 – pn7; ga3
Innalzamento della temperatura media		Aumento della stagione dei pollini per gli allergici e diffusione di nuove piante.	S2	
		Diffusione di nuove malattie trasmesse da vettori esotici (es. zanzare o zecche).	S1; B3	su2; su3; b6
		Aumento delle infezioni legate a cibo e acqua.	S3	sa1
		Aumento dell'inquinamento atmosferico.	S2	su1

Tabella 42: Impatti analizzati per il settore d'impatto salute. Gli impatti sono suddivisi per impatti valutati quantitativamente e impatti valutati qualitativamente. In rosso sono riportati i rischi e in verde le opportunità.

[11] Impatto correlato all'innalzamento della temperatura media.

Modello degli impatti

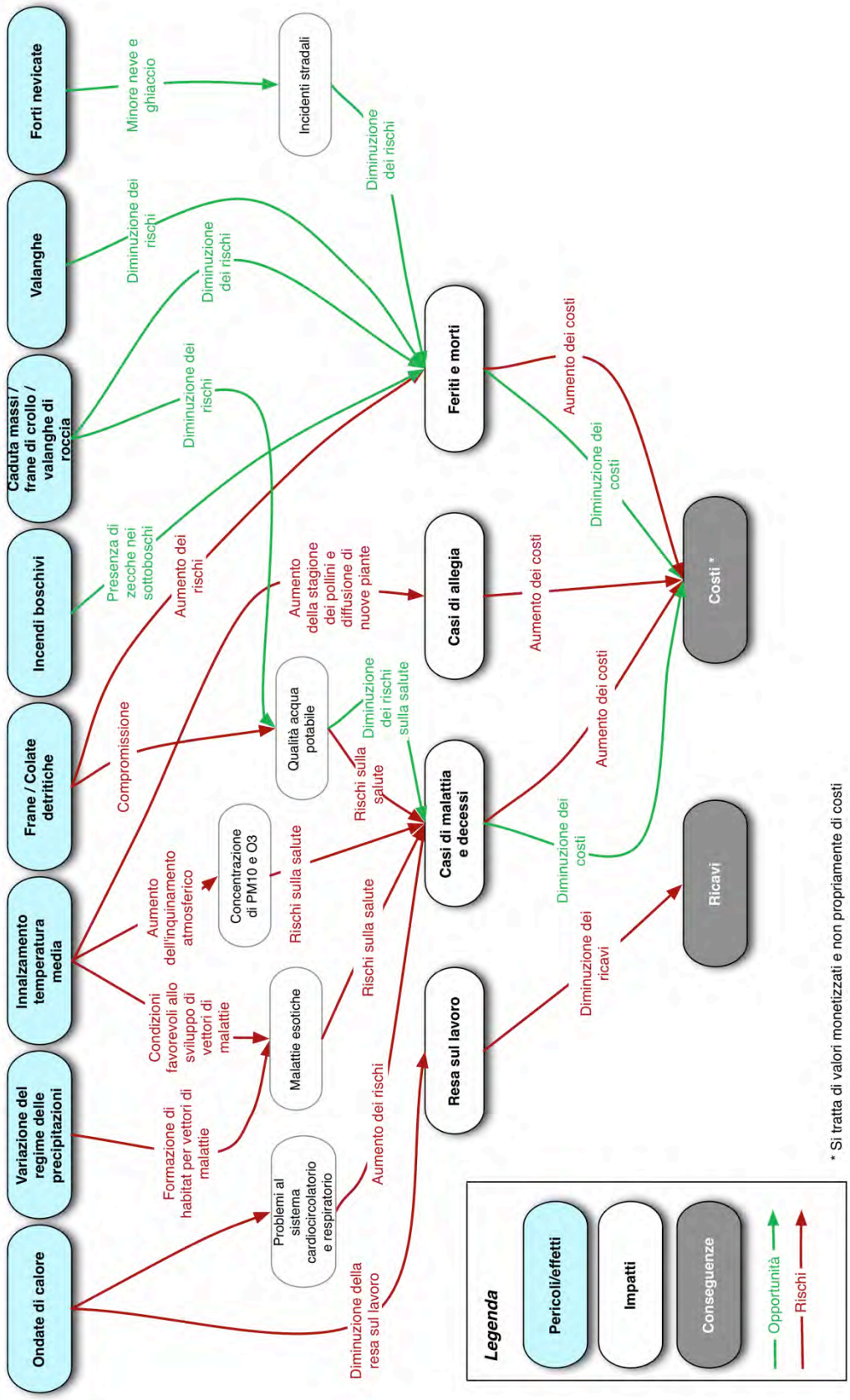


Figura 86: Rappresentazione schematica degli effetti dei cambiamenti climatici sugli impatti per il settore salute.

Valanghe

Impatti quantitativi

Morti e Feriti

In Ticino, seppur molto raramente, valanghe nei pressi dei centri abitati o di magnitudine molto elevata possono causare morti e feriti. In generale il numero di morti e feriti causati dalle valanghe dipende dalla magnitudine e dal tipo di neve. Il tempo di sopravvivenza sotto una valanga (determinato dall'ossigeno a disposizione) può infatti variare molto a seconda della densità della neve; una valanga di neve asciutta permette una maggior circolazione dell'ossigeno e quindi tempi di sopravvivenza più lunghi rispetto ad una valanga di neve bagnata.

Nel periodo di riferimento il valore atteso di morti a causa di valanghe, calcolato tramite la suddivisione in classi esposta nel capitolo 3.5, è pari a 0.13 morti/anno. Nel periodo di riferimento il valore atteso dei feriti a causa delle valanghe è invece pari a 0.92 feriti/anno (Sezione Forestale Cantonale, 2015). Monetizzando questi valori si ottiene una perdita annuale media di circa 0.7 milioni di CHF.

Nell'inverno 1951 nell'alta val Leventina, Vallemaggia e val Verzasca si sono verificate valanghe e nevicate di una magnitudine osservata raramente nel Canton Ticino. Nell'inverno 1950-1951 192 valanghe hanno causato danni catastrofici e svariati morti e feriti nei paesi ticinesi sopra i 1000 m s.l.m. e l'isolamento per parecchi mesi di alcune località come Bosco Gurin e la Valle di Peccia. Negli ultimi 100 anni l'anno in cui si sono registrati più morti a causa di valanghe in Ticino è stato infatti il 1951, anno in cui hanno perso la vita 17 persone e ne sono rimaste ferite 36 (Sezione Forestale Cantonale, 2015) e (Buzzi, Spinedi, & Kappenberger). In quest'analisi il 1951 è considerato come evento secolare e monetizzando la perdita (morti e feriti) si ottiene una spesa complessiva di 89 milioni di CHF.

Siccome le valanghe che hanno un maggiore influsso sulla salute umana sono quelle a basse quote (dove si concentra la maggior parte della popolazione), per il calcolo degli scenari futuri viene analizzata la variazione degli impatti delle valanghe sotto i 1500 m s.l.m. (vedi capitolo 4.5.7). Analizzando separatamente gli eventi con periodo di ritorno diverso si ottiene una diminuzione dei costi del 5.57 % per lo scenario 2060 debole e del 5.59 % per lo scenario 2060 forte.

L'incertezza nel numero di morti e feriti a causa di valanghe in Ticino per lo scenario di riferimento è principalmente dovuta alla fluttuazione annuale del numero di eventi con magnitudine e posizione tale da nuocere alla popolazione. Siccome tuttavia le serie temporali analizzate riportano valori su una scala di tempo molto ampia si può ritenere che l'incertezza per lo stato attuale sia **bassa**. Per le stime future è da considerare aggiuntivamente l'incertezza nella stima della variazione delle valanghe; l'incertezza è considerata **media**.

Forti nevicate

Impatti quantitativi

Incidenti stradali

A causa della neve e del ghiaccio sulle strade in Ticino ogni anno si registrano incidenti, alcuni dei quali con conseguenze sulla salute delle persone coinvolte (morti e feriti). Mediamente (per il periodo 2007-2011) in Ticino si osservano 142 incidenti l'anno legati alla neve a causa di ghiaccio, neve o poltiglia di neve sulla carreggiata. In 22 di questi incidenti sono state registrate vittime: feriti leggeri, feriti gravi e morti.

In Ticino nel periodo 2007-2011 si sono registrati 1'217 incidenti all'anno con vittime, di cui 19 morti, 357 feriti gravi e 1'173 feriti leggeri. Da questi dati si ricavano i seguenti indicatori statistici: 0.02 morti, 0.3 feriti gravi e 0.7 feriti leggeri per ogni incidente con vittime (Polizia cantonale ticinese, 2013).

Rapportando queste cifre con i 22 incidenti annuali con vittime causati dalla neve si ottiene un numero medio annuo di 0.3 morti e di 27 feriti (gravi e leggeri). Moltiplicando il numero di vittime con gli indici di monetizzazione si ottiene un costo annuo pari a 4.5 milioni di CHF.

Siccome la maggior parte delle strade ticinesi si colloca ad un'altitudine inferiore a 1'900 m s.l.m. per la stima dell'evoluzione delle forti nevicate in futuro si possono utilizzare i valori per queste altitudini (vedi capitolo 4.5.6). Per lo scenario debole si calcola dunque una diminuzione degli incidenti stradali causati dalla neve e dei relativi costi del 20 % mentre per lo scenario forte essa raggiunge l'40 %.

L'incertezza nel numero attuale di vittime di incidenti stradali dovuti alla neve in Ticino è principalmente dovuta alla normale fluttuazione annuale del numero incidenti con vittime e delle forti nevicate in Ticino e al relativamente breve periodo di osservazione con dati non specifici per incidenti dovuti alla neve. In considerazione di questi fattori l'incertezza è considerata **bassa**. Per quanto attiene le stime future è importante rilevare che i giorni con neve nuova non sono l'unico fattore che influenza il numero di incidenti con vittime; essi dipendono ad esempio anche dalla temperatura dell'aria e dalle quantità di neve caduta. Considerando anche queste incertezze si può valutare un'incertezza **media**.

Frane/Colate detritiche

Impatti quantitativi

Morti e feriti

A causa delle forti precipitazioni, che si osservano in Ticino soprattutto nei mesi autunnali, è possibile che si verifichino frane o colate detritiche che mettano in pericolo la vita o la salute della popolazione. Ad esempio nel novembre 2014, nel Canton Ticino sono cadute quantità di pioggia registrate solo molto raramente. Queste precipitazioni molto intense e continue hanno scatenato frane e colate detritiche di versante che hanno causato a Bombinasco e Davesco 4 morti e 2 feriti.

Le piogge molto intense possono causare il rigonfiamento improvviso di fiumi, che trasportando materiale a valle danno origine alle colate detritiche. Acqua o acqua e detriti possono causare l'abbattimento di edifici abitati o travolgere e trascinare a valle persone, con conse-

guenze gravi sulla salute di queste persone. La distinzione fra piene di fiume e colate detritiche è determinata solamente dalla concentrazione di sedimenti trasportata, è dunque difficile distinguere i danni da attribuire ai due singoli pericoli naturali. Siccome, inoltre, i dati StorMe ticinesi non fanno distinzione fra i due processi, in questo capitolo, essi sono classificati entrambi come frane/colate detritiche. È da sottolineare che l'ammontare di morti e feriti da attribuire alle esondazioni dei laghi ticinesi è praticamente nullo a causa della lentezza e della prevedibilità di questo processo.

Analizzando i dati del periodo di riferimento (1980-2009) tramite la metodologia esposta nel capitolo 3.5 risulta che frane e colate detritiche causano mediamente 0.7 morti e 0.4 feriti all'anno (Sezione Forestale Cantonale, 2015). Monetizzando questa perdita si ottiene un costo complessivo annuale di circa 3.6 milioni di CHF.

Analizzando le serie storiche di morti e feriti a causa di frane tramite la metodologia di Gumbel (vedi capitolo 3.7) si ricava che un evento secolare potrebbe provocare 3 feriti e circa 5 morti. Negli ultimi 100 anni, l'anno in cui colate detritiche e piene di fiume hanno causato il maggior numero di morti è invece il 1924[12] (11 morti) (Sezione Forestale Cantonale, 2015). Complessivamente si ricava che un evento estremo secolare potrebbe dunque causare una perdita monetizzata di 79 milioni di CHF.

Considerando la variazione di frane e colate detritiche in base al loro periodo di ritorno per gli scenari futuri (vedi capitolo 4.5.4), si può stimare che i morti e i feriti a causa di questo pericolo naturale aumenti del 4 % per lo scenario 2060 debole e del 42 % per lo scenario 2060 forte.

L'incertezza nel numero di morti a causa di frane e colate detritiche in Ticino è principalmente dovuta alla fluttuazione annuale del numero di eventi con magnitudine tale da nuocere alla salute della popolazione. Siccome però i dati analizzati riportano valori su una scala temporale piuttosto ampia si può desumere che l'incertezza sia **bassa**. In considerazione dell'incertezza nel calcolo della variazione delle colate detritiche e delle frane nel 2060 e di quella nell'attribuzione del loro relativo periodo di ritorno, per le stime future si considera un'incertezza **media**.

Impatti qualitativi

Qualità dell'acqua potabile

Un altro aspetto da considerare è quello legato alla qualità dell'acqua potabile, frane e colate detritiche potrebbero, infatti, toccare e danneggiare le reti di distribuzione o compromettere la qualità dell'acqua di sorgente. Un possibile effetto indiretto è quello della diffusione di un'epidemia. Questo pericolo si è fortificato negli ultimi anni considerando che le reti di distribuzione e di smaltimento delle acque sono sempre più vaste e condivise fra più comuni.

Siccome in Ticino le acque potabili vengono controllate costantemente e meticolosamente e, in caso di inquinamento, l'acqua viene rapidamente definita come acqua non potabile, è molto difficile che un epidemia si trasmetta tramite le acque e nuoccia alla salute della popola-

[12] È importante considerare che dal 1924 a oggi sono già state prese delle misure di adattamento per contrastare gli effetti dei pericoli naturali (innalzamento dei ripari fluviali, misure di protezione, ecc.). A contrastare questo aspetto socioeconomico c'è la crescita della popolazione ticinese, la quale ha portato ad una maggiore edificazione anche in zone potenzialmente a rischio di essere colpite dai pericoli naturali.

zione. Per questo motivo i rischi legati alla compromissione della qualità di acqua potabile e ai conseguenti effetti sulla salute della popolazione sono considerati (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) **molto minori** rispetto alla somma dei rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto salute.

Variazione del regime delle precipitazioni

Impatti qualitativi

Habitat di vettori di malattie esotiche

Con l'innalzamento della temperatura media è possibile che nuovi vettori di malattie esotiche si diffondano in Ticino. In sinergia con questo effetto anche la variazione del regime delle precipitazioni può facilitare l'insediamento di questi animali. Con formazione di pozzanghere di acque stagnanti a causa del ritiro dei laghi (soprattutto del lago Maggiore) si creano, infatti, habitat ideali per la proliferazione di zanzare proprie delle zone umide (ad es. Aedes vexans) che possono creare fastidio alla popolazione delle zone abitative adiacenti.

La problematica della diffusione di vettori di malattie esotiche è trattata anche per il pericolo/effetto "innalzamento della temperatura media". Siccome dunque gli effetti di questo rischio sono già considerati in un altro capitolo si può considerare che i rischi legati alla variazione del regime delle precipitazioni siano (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) **non rilevanti** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto energia.

Incendi boschivi

Impatti qualitativi

Zecche nei sottoboschi

Sulla base dei dati storici si può affermare che gli incendi boschivi alle nostre latitudini non hanno conseguenze dirette sulla salute; infatti l'estensione degli incendi è di solito limitata e non raggiunge gli insediamenti. I danni ai boschi di protezione sono trattati nel capitolo 5.4. A seguito di un incendio boschivo tutta la vegetazione dei sottoboschi (habitat di molte tipologie di zecche) viene distrutta. Un incendio boschivo può quindi avere, secondo gli esperti settoriali, una conseguenza indiretta sulla salute a causa dell'impatto sulle zecche e di riflesso sulle malattie virali di cui esse sono vettore (diminuzione del numero di malati).

In futuro la maggiore siccità nelle stagioni calde ha come conseguenza una maggiore frequenza degli incendi boschivi che può essere stimata pari al 5-25 % (vedi cap. 4.5.11). Essi toccano tuttavia solo una minima parte dei boschi ticinesi, che a loro volta non sono caratterizzati da un'elevata presenza di zecche portatrici di malattie. Per questi motivi si può assumere che l'effetto degli incendi boschivi sulla quantità di persone che contraggono malattie a causa di zecche **non sia rilevante** rispetto agli altri aspetti dei cambiamenti climatici trattati in questo capitolo.

Ondate di calore

Impatti quantitativi

Per il corretto funzionamento dell'organismo umano è necessario che la temperatura corporea sia sempre pressappoco costante. Per questo motivo le ondate di calore hanno un effetto negativo sulla salute. Come evidenziato anche da uno studio ticinese (Cerutti, et al., 2004) gli individui più sensibili a questi cambiamenti sono le persone con età superiore a 65 anni (probabilmente a causa della più limitata tolleranza ai cambiamenti di temperatura), i bambini piccoli e in generale tutte le persone malate (soprattutto di malattie cardiocircolatorie), i malati cronici e le persone che soffrono di una polimorbidità. Questo tipo di impatto nelle zone urbanizzate – dove risiede la maggior parte della popolazione ticinese – può diventare più accentuato a causa delle temperature tendenzialmente più elevate rispetto alle zone periferiche.

Non tutte le ondate di calore hanno lo stesso effetto; l'intensità, la durata e il periodo dell'avvenimento possono essere determinanti per la gravità delle conseguenze di questi eventi. È ad esempio dimostrato che le ondate di calore all'inizio della stagione estiva hanno un influsso maggiore sulla mortalità e sulle ospedalizzazioni rispetto alle ondate di calore (equivalenti in intensità e durata) che si verificano alla fine dell'estate (Thommen Dombois & Braun-Fahrländer, 2004).

Per l'analisi dell'impatto dei giorni di canicola sulla salute sono state utilizzate le serie storiche di dati relativi alle città di Lugano e Locarno, ritenute rappresentative delle condizioni climatiche degli agglomerati del Sottoceneri e rispettivamente del Sopraceneri (vedi capitolo 4.5.12).

Morti

Nell'anno 2003 (considerato evento secolare per i numerosi giorni di canicola regestati) si è osservata una mortalità complessiva (per tutta la popolazione ticinese) di poco superiore a quella degli anni 2000-2014. Complessivamente (per tutta la popolazione) l'aumento è stato solo di circa il 2 % (Cerutti, et al., 2004). In altre zone della Svizzera (agglomerati di Ginevra, Basilea e Losanna), della Francia e dell'Italia le differenze con gli anni precedenti sono state molto più sostanziali. Alcune possibili motivazioni del tasso di mortalità più basso in Ticino possono essere: i valori delle temperature non estremi come in Francia e in Italia, il clima quasi mediterraneo (abitudine della popolazione a periodi d'intenso calore), l'assenza di grosse metropoli urbane e la possibilità per la popolazione residente in zone urbane di raggiungere facilmente e velocemente zone più fresche e ad altitudini più elevate.

Nel 2003 è inoltre stato osservato che la prima ondata di calore di giugno è stata quella in cui è stato registrato il maggior numero di presunti decessi prematuri. Ciò porta a ipotizzare che la prima ondata di calore della stagione abbia un influsso superiore rispetto alle seguenti; le persone che superano indenni questo periodo dovrebbero riuscire a superare anche quelli successivi se la temperatura si mantiene sugli stessi livelli. Tale relazione è analizzata nella Figura 87 dove i tassi di mortalità estivi sono rappresentati in funzione del numero di giorni di canicola. Come si può osservare i tassi di mortalità estivi crescono inizialmente rapidamente con il numero di giorni di canicola, ma poi la crescita rallenta; questo stato di cose può essere espresso matematicamente affermando che l'aumento della mortalità è proporzionale alla variazione del numero di giorni di canicola ma inversamente proporzionale al

numero di giorni di canicola già sperimentati, che (integrando) si traduce in una relazione logaritmica:

$$\textit{Tasso di mortalità } (\cdot 1000) = 1.93 + 0.028 \cdot \ln\left(1 + N_{\textit{giorni di canicola}}\right).$$

dove il termine costante (1.93) e il coefficiente (0.028) di fronte al simbolo di logaritmo sono stati determinati con un'analisi numerica in maniera da riprodurre al meglio i dati misurati (v. Figura 87). Giova rilevare che la costante (1.93) corrisponde al tasso di mortalità estiva non legato alle ondate di calore.

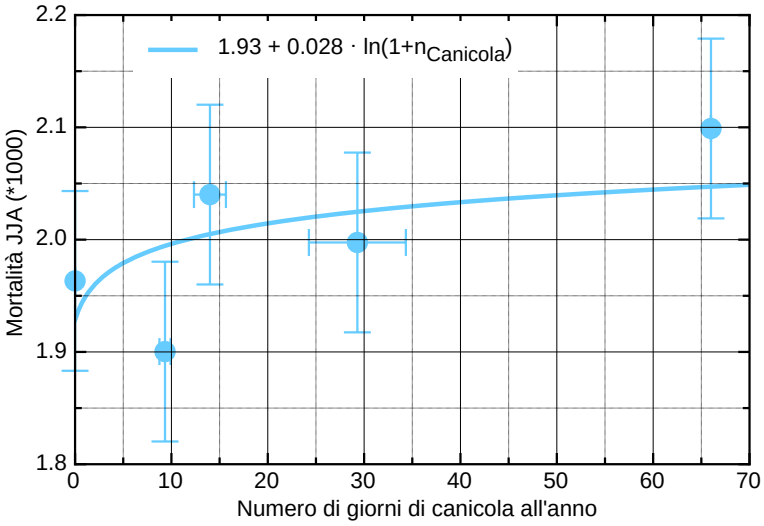


Figura 87: ***Mortalità ticinese nei mesi estivi (giugno, luglio e agosto) in funzione del numero di giorni di canicola dello stesso periodo. I dati del periodo 2000-2014 sono stati analizzati in classi in base al numero di giorni di canicola (0,1-10, 11-20, 21-40 e ≥ 41). Il punto sulla destra (con 66 giorni di canicola sull'ascissa) è quello dell'anno 2003.***

Sulla base del numero medio odierno di 22 giorni di canicola all'anno (escludendo il valore dell'anno 2003, vedi capitolo 4.5.12) si può quindi valutare che il tasso di mortalità nei mesi estivi raggiunga il $2.02 \cdot 10^{-3}$, detraendo il tasso di mortalità non legato alle ondate di calore ($1.93 \cdot 10^{-3}$) si può calcolare che i decessi prematuri attuali (30 per ogni anno) causano una perdita monetizzata pari a di 152 milioni di CHF/anno.

Per l'anno 2003 il tasso di mortalità osservato è stato del $2.1 * 10^{-3}$. Si può dunque ricavare che la perdita monetizzata dei decessi prematuri per un evento secolare (29 morti in più rispetto un anno medio) ammonta a circa 295 milioni di CHF.

L'effetto della canicola sulla mortalità della popolazione può essere valutato anche sulla base della temperatura registrata durante i giorni di canicola. Nella Figura 88 si osserva infatti una chiara correlazione tra la temperatura media dei giorni di canicola di un anno e la mortalità estiva dello stesso anno. Il tasso di mortalità aumenta di $0.108 \cdot 10^{-3}$ per ogni °C. Considerando che allo stato attuale un giorno di canicola ha una temperatura media di circa 24.5°C (media dei valori registrati a Lugano e Locarno nel periodo 2003-2014) e tenuto conto che nel 2003 durante i giorni di canicola si è registrata una temperatura media di 25.5°C, sulla base della curva di Figura 88 si valuterebbero per un evento secolare 37 decessi prematuri in più rispetto alla media pluriennale. Si tratta di un risultato comparabile a quello ottenuto sulla base dei giorni di canicola.

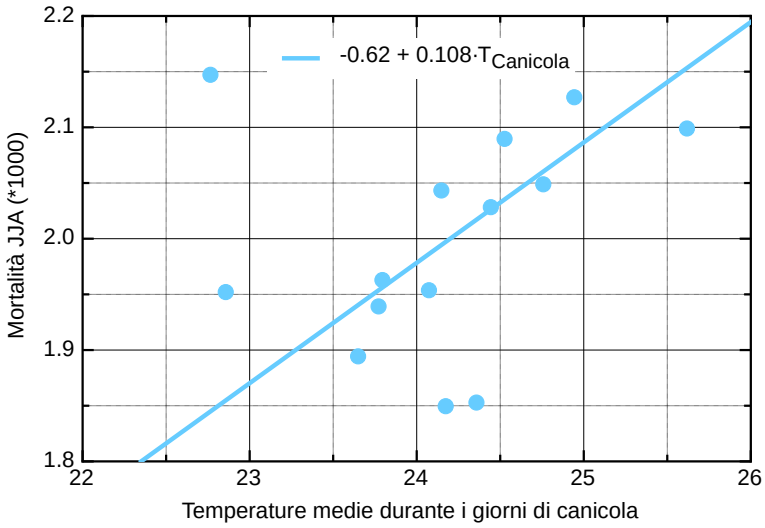


Figura 88: ***Relazione tra la mortalità ticinese nei mesi estivi (giugno, luglio e agosto) e la temperatura media registrata durante i giorni di canicola degli stessi mesi (dati 2000-2014). Si osservi nonostante la canicola inizi dai 24°C, la definizione di canicola ammette anche alcune giornate con temperature inferiori.***

In assenza di dati riguardanti la temperatura media durante i futuri giorni di canicola, il gruppo di lavoro ha preferito valutare l'impatto sulla mortalità delle ondate di calore sulla base del numero di giorni di canicola (v. Figura 87).

Per determinare l'aumento dei morti a causa della canicola in futuro si presuppone che essi siano correlati logaritmicamente all'aumento del numero di giorni di canicola, che come visto nel capitolo 4.5.12 possono essere messi in relazione con la temperatura media della stagione estiva. Per lo scenario 2060 debole si valuta un aumento del 97 % rispetto alla situazione attuale mentre per lo scenario 2060 forte del 212 %. Calcolando l'aumento dei costi legati alle morti a causa delle ondate sulla base dell'aumento del numero di giorni di canicola tramite la relazione esposta in precedenza si ottiene un aumento dei costi del 21 % per lo scenario debole e del 35 % per lo scenario forte. Si tratta di valori vicini a quanto verificatosi nell'anno 2003. Giova tuttavia rilevare che durante l'estate 2003 la temperatura media durante i giorni di canicola è stata di 25.5°C, cioè solo di 1°C superiore a quella media dello stato attuale. In futuro non solo aumenterà il numero di giorni di canicola, ma anche le temperature saranno molto più elevate e le aree colpite saranno più ampie.

L'incertezza per lo scenario di riferimento è principalmente collegata alla difficoltà di attribuire con certezza i casi di decesso prematuro alle ondate di calore e alla definizione della mortalità estiva non ricollegabile alle ondate di calore, essa è dunque classificata come **media.** Nel calcolo dei valori futuri le incertezze dello scenario di riferimento persistono ed è da considerare anche l'incertezza nel calcolo del numero di giorni di canicola nel 2060. È inoltre da osservare che gli effetti sulla salute legati alla canicola sono diversi a dipendenza se l'ondata di canicola si manifesta all'inizio o alla fine dell'estate (aspetto non considerato nell'analisi) e a dipendenza della temperatura media dei giorni di canicola. Anche la possibilità che la popolazione ticinese nel 2060 sia più adattata a temperature calde rispetto a oggi, non è stata considerata in quest'analisi. Per queste ragioni l'incertezza delle stime future viene considerata **media**.

Ricoveri

A causa delle ondate di calore il numero delle ospedalizzazioni di persone anziane aumenta considerevolmente. Siccome le persone con più di 65 anni sono le più soggette a questo pericolo, per il calcolo delle spese per le ospedalizzazione verrà considerata solo questa parte della popolazione. Attualmente (media 2001-2002) per estate circa 191 persone vengono ospedalizzate a causa della canicola. Monetizzando questo valore si ottiene una spesa attuale media di 19 milioni di CHF.

L'aumento del numero d'interventi di pronto soccorso con ambulanza nell'estate 2003, differentemente dalla mortalità, è stato molto significativo. In Ticino (Cerutti, et al., 2004) si è osservato infatti un aumento del 33 % per la popolazione con età superiore ai 65 anni; in totale si sono osservati dunque circa 254 ricoveri (che corrispondono ad un costo di oltre 25 milioni di CHF).

Per determinare l'aumento delle ospedalizzazioni a causa della canicola in futuro si presuppone che esse siano proporzionali all'aumento del numero di giorni di canicola. Per lo scenario 2060 debole si prevede un aumento del 97 % rispetto alla situazione attuale mentre per lo scenario 2060 forte del 212 % (vedi capitolo 4.5.12).

L'incertezza per lo scenario di riferimento è principalmente collegata alla difficoltà di attribuire con certezza il numero di ospedalizzazioni alle ondate di calore, essa è dunque classificata come **bassa**. Nel calcolo dei valori futuri le incertezze dello scenario di riferimento persistono ed è da considerare anche l'incertezza nel calcolo del numero di giorni di canicola. È inoltre da osservare che gli effetti sulla salute legati alla canicola si manifestano differentemente a dipendenza se l'ondata di calore si manifesta all'inizio o alla fine dell'estate (aspetto non considerato nell'analisi). Per le ragioni esposte in precedenza l'incertezza delle stime future viene considerata **media**.

Persone colpite dalla canicola

Nonostante siano le persone più anziane quelle a soffrire di più nei periodi di canicola, tutta la popolazione può esserne colpita. In generale si può assumere che il 50 % della popolazione presenta sintomi collegabili a questo fenomeno (affaticamento, disidratazione, disturbi del sonno, mal di testa, vomito, ecc.) ogni secondo giorno caratterizzato da una notte tropicale combinata con un giorno tropicale (EBP/WSL, 2013). Dal 2003 al 2014 si è osservato che solo il 51 % delle notti tropicali è caratterizzato anche da un giorno tropicale (OASI, 2015a). Siccome a Lugano per lo scenario di riferimento sono stati registrati 13 notti tropicali (cap. 4.4.1), si calcola che le notti tropicali combinate con giorni tropicali e di conseguenza influenti sulla salute della popolazione siano circa 7.

Le notti tropicali e i giorni tropicali sono molto più incidenti nel piano mentre ad altitudini superiori ai 500 m s.l.m. esse sono praticamente inesistenti (v. cap. 4.4.1). Considerando questo aspetto si più assumere che le persone colpite dalla canicola in Ticino siano solamente quelle risiedenti in luoghi sotto i 500 m s.l.m. di altitudine, che corrispondono all'88 % della popolazione ticinese (dato riferito all'anno 2000) (UStat, 2000). La popolazione ticinese attualmente ammonta a 346'500 abitanti. Si può dunque ricavare che la popolazione più soggetta alla canicola ammonti a ca. 305'000 abitanti.

Monetizzando i valori esposti in precedenza, si calcolano dei costi attuali di circa 26 milioni di CHF.

Quale evento estremo viene calcolato l'anno 2003, il quale è stato caratterizzato da 34 notti tropicali combinate con giorni tropicali. Tenendo conto delle considerazioni esposte in precedenza si calcola che per un evento estremo le persone colpite dalla canicola provocheranno dei costi pari a 134 milioni di CHF.

Siccome tutti gli aspetti trattati in questo capitolo sono strettamente correlati con il numero di notti tropicali, per il calcolo degli scenari 2060 debole e 2060 forte viene considerato l'aumento del numero di notti tropicali a Lugano (vedi capitolo 4.4.1). Si prevede dunque un aumento dei costi del 154 % per lo scenario debole e del 385 % per lo scenario forte.

L'incertezza per lo scenario di riferimento è principalmente collegata alla difficoltà stimare la percentuale di popolazione colpita dalla canicola, essa è dunque classificata come **bassa**. Nel calcolo dei valori futuri le incertezze dello scenario di riferimento persistono ed è inoltre da considerare anche l'incertezza nel calcolo del numero di giorni tropicali e di notti tropicali. È inoltre da osservare che gli effetti sulla salute legati alla canicola si manifestano differentemente a dipendenza se l'ondata di canicola si manifesta all'inizio o alla fine dell'estate (aspetto non considerato nell'analisi). Per le ragioni esposte in precedenza, l'incertezza delle stime future è considerata **media**.

Diminuzione della resa sul lavoro

L'aumento dei giorni di canicola, e in generale dei periodi molto caldi, avrà inoltre un influsso elevato sulla resa sul lavoro. Soprattutto per lavoratori operanti all'esterno e in edifici poco isolati questa diminuzione della resa può avere un'incidenza rilevante sui ricavi delle industrie, i commerci o i servizi dove essi sono impiegati.

L'impatto delle ondate di calore sulla resa del lavoro dipende dall'intensità di lavoro, ad esempio il lavoro svolto da seduti (lavoro leggero) può essere svolto efficientemente fino ad una temperatura interna massima giornaliera di 31°C mentre il lavoro pesante (ad esempio di montaggio) fino ad un massimo di 27°C (SECO, 2007). Oltre a questi aspetti anche il movimento dell'aria, l'abbigliamento e l'umidità dell'aria hanno un'influenza rilevante sulla qualità del lavoro. In estati con un numero particolarmente elevato di ondate di calore (come l'estate 2015) è infatti possibile che risentano fortemente delle condizioni climatiche anche persone lavoranti all'interno (luoghi senza climatizzazione).

La diminuzione della produttività a causa delle ondate di calore diminuisce mediamente di circa il 7.5 % (WWF Deutschland, 2007) ed è direttamente proporzionale al prodotto interno lordo del Canton Ticino di 27.1 miliardi di CHF/anno. Tenendo conto delle considerazioni esposte in precedenza si può affermare che per i lavoratori del settore secondario la produttività sul lavoro diminuirà nel corso dei giorni tropicali per circa 3 ore al giorno (dalle 11.00 alle 15.00 circa) mentre i lavoratori del settore terziario saranno sensibili nello stesso intervallo di tempo a giorni con temperature più elevate (giorni molto caldi). Considerando i giorni di lavoro su tutto l'anno può essere stabilito che per lo scenario di riferimento la diminuzione della resa sul lavoro in giornate particolarmente calde provochi dei costi pari a 5 milioni di CHF/anno (il numero di giorni tropicali e giorni molto caldi è riferito alla città di Lugano, vedi capitolo 4.4.1).

Anche in questo caso la torrida estate del 2003 è considerata un evento secolare. Nel 2003 a Lugano sono stati osservati 47 giorni tropicali e 1 giorno molto caldo. Sulla base di questi

dati si può calcolare che la perdita a causa della diminuzione della resa sul lavoro per un evento estremo oggi corrisponde a 29 milioni di CHF.

Per il calcolo degli scenari futuri è considerato l'aumento del numero di giorni tropicali (influenti sul lavoro del settore secondario) e l'aumento dei giorni molto caldi (influenti sul settore secondario). Complessivamente si stima dunque un aumento delle perdite di produttività a causa del caldo del 176 % per lo scenario debole e del 504 % per lo scenario forte.

L'incertezza per il calcolo della diminuzione della produttività sul lavoro attuale è da ricondurre principalmente alla difficoltà di attribuire una determinata perdita monetaria alle temperature medie giornaliere. È inoltre da ricordare che la resa sul lavoro è strettamente correlata ai diversi ambiti lavorativi e all'isolamento degli edifici occupati. Considerando questi aspetti si può presumere che l'incertezza per lo scenario di riferimento sia **bassa** mentre per le stime future sia **media** (per gli ultimi è da considerare anche l'incertezza del calcolo delle variazioni di temperatura in futuro).

Impatti qualitativi

Conseguenze sull'organizzazione del lavoro

Le condizioni sul lavoro nel corso di ondate di calore sono molto critiche per chi lavora all'esterno, come ad esempio operai attivi nel settore dell'edilizia. Sin da ora in queste situazioni per alcune professioni si provvede a spostare gli orari di lavoro affinché essi coincidano con periodi più freschi della giornata; spesso l'orario di lavoro viene anticipato alla mattina, cosicché poco dopo mezzogiorno i turni finiscano.

In Svizzera un lavoro (a parità di resa) svolto in orari non convenzionali ha dei prezzi superiori rispetto alla norma. Lo spostamento degli orari di lavoro la mattina presto può causare dunque un aumento delle spese. In futuro, con l'aumento delle ondate di calore questo effetto potrebbe intensificarsi causando un aumento dei costi ad esempio per l'edilizia. È inoltre possibile che la necessità dell'introduzione di orari di lavoro alternativi si presenti per un numero più vasto di professioni (anche persone lavoranti all'interno senza un sistema di climatizzazione potrebbero necessitare un adattamento degli orari di lavoro).

Siccome questa procedura viene già applicata allo stato attuale da alcune imprese (ma non la totalità di esse) il gruppo di lavora valuta questo rischio (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) come **molto minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto salute.

Caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia

Impatti quantitativi

Feriti

In Ticino negli ultimi 30 anni si sono osservati casi di feriti a causa di pericoli naturali legati alle variazioni di temperatura (caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia).

Analizzando i dati StorMe ticinesi (Sezione Forestale Cantonale, 2015) si ricava un valore atteso annuo di feriti a causa di caduta massi, frane di crollo e valanghe di roccia pari a 0.3. Monetizzando questo valore si ottiene una perdita media annua pari a 30'000 CHF circa.

Applicando alle serie storiche l'analisi di Gumbel (vedi capitolo 3.7) si ricava che un evento secolare potrebbe provocare ca. 3 feriti che corrispondono a una perdita di 290'000 CHF.

I pericoli naturali che mettono più a rischio la salute sono quelli che avvengono a basse quote, poiché la maggior parte della popolazione risiede nelle zone pianeggianti del Cantone. Per questo motivo per determinare la variazione di questi processi per gli scenari futuri vengono considerate quote inferiori a 1500 m s.l.m. per i versanti esposti a nord e inferiori a 2300 m s.l.m. per i versanti esposti a sud (vedi capitolo 4.5.16). Per lo scenario 2060 debole si prevede dunque una diminuzione dei costi del 10 % e per lo scenario 2060 forte del 20 %.

L'incertezza nel numero di feriti a causa di valanghe di roccia, frane di crollo e caduta massi in Ticino è principalmente dovuta alla fluttuazione annuale del numero di eventi che nuocciono alla salute della popolazione, e all'attribuzione dei feriti a questi tipi di processo (la distinzione fra frane legate alle precipitazioni e frane legate alle variazioni di temperatura non è sempre facile da individuare). Siccome però i dati analizzati riportano valori su una scala temporale piuttosto ampia si può ritenere che l'incertezza per lo scenario di riferimento sia **bassa**. Per le stime future è inoltre da considerare l'incertezza nella valutazione della variazione futura dei processi di caduta massi ed è considerata **media.**

Impatti qualitativi

Qualità dell'acqua potabile

Anche caduta massi, frane di crollo e valanghe di roccia possono avere un'incidenza sulla qualità dell'acqua potabile (diffusione di malattie), e dunque sulla salute delle popolazione. Siccome questo rischio è già trattato per l'effetto/pericolo "Frane/Colate detritiche", esso viene considerato **non rilevante** rispetto ai rischi valutati quantitativamente.

Innalzamento della temperatura media

Impatti qualitativi

Aumento della durata della stagione dei pollini

La composizione della vegetazione dipende dalle condizioni climatiche. Il clima ha quindi un'influenza decisiva sulla presenza di piante con pollini allergenici. Negli ultimi anni si sono riscontrati diversi cambiamenti nella diffusione di pollini (Aha - Centro allergie Svizzera, 2015):

- lo spostamento temporale della stagione pollinica: quella della betulla e del frassino inizia circa 2–3 settimane prima rispetto a vent'anni or sono, quella delle graminacee è in anticipo di circa dieci giorni rispetto a una volta.
- il prolungamento della stagione pollinica: un cambiamento riscontrabile soprattutto nei pollini di graminacee ed erbe.

Non è ancora del tutto chiara la tendenza per quanto riguarda la quantità di polline, anche se si presume che con l'innalzamento delle temperature la produzione di polline dovrebbe aumentare. In futuro con i cambiamenti climatici in atto è probabile un ulteriore anticipo della stagione pollinica.

Il riscaldamento del clima e la globalizzazione possono inoltre favorire la diffusione in futuro di nuove piante allergeniche: possibile immigrazione di vegetazione amante del caldo, ossia di piante allergeniche della zona del Mediterraneo (cipresso, parietaria), ev. ulivo. Le nuove specie allergeniche possono far aumentare la durata dei sintomi o provocare allergie in ancora più persone.

L'innalzamento delle temperature favorirà lo spostamento della vegetazione ad altezze maggiori, con la conseguenza che anche in montagna potranno esserci più pollini rispetto a oggi.

La diffusione dell'Ambrosia (*Ambrosia artemisiifolia)* che avviene a seguito dell'attività umana sarà ulteriormente favorita dall''aumento delle temperature. Si tratta di un fatto preoccupante perché l'Ambrosia è molto allergenica (ca. il 10 % della popolazione svizzera mostra sintomi di allergia per questa pianta).

Nel capitolo 4.4.4 si può osservare la rilevante differenza di durata del periodo di vegetazione fra lo scenario di riferimento e gli scenari 2060 forte e debole. Le persone che soffrono di asma allergico e raffreddore da fieno, in Ticino circa il 15 % della popolazione (Aha, 2007), saranno soggette dunque a un periodo critico più lungo.

L'impatto delle allergie sulla salute delle persone colpite si manifesta per la maggior parte dei casi come raffreddore e bruciore degli occhi ed ha come principale conseguenza l'utilizzo di medicamenti specifici durante il periodo della pollinazione. Il gruppo di lavoro valuta l'impatto dei cambiamenti climatici sulla diffusione dei pollini come **minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto salute.

Diffusione di nuove malattie trasmesse da vettori esotici

I principali animali vettori di malattie infettive sono gli insetti (come zanzare, pidocchi e pulci), aracnidi (zecche) e roditori (topi e ratti). La diffusione di questi organismi facilita il contagio delle malattie delle quali essi sono vettori causando, nel peggiore dei casi, epidemie.

Negli ultimi decenni i cambiamenti climatici (aumento delle temperature medie e minime e variazione del regime delle precipitazioni) e la globalizzazione del traffico di merci hanno portato in Ticino nuovi vettori di malattie esotiche come il parassita della malattia infettiva Leishmaniosi o nuove specie di zanzare vettori di virus della dengue e della chikungunya. Si è osservato inoltre un aumento delle zecche (che trasmettono due importanti infezioni come la malattia di Lyme e l'encefalite da zecche) ad altitudini e latitudini più elevate e una diminuzione ad altitudini più basse a latitudini meridionali.

Oltre che la presenza di ungulati (cinghiali, cervi, ecc.) nei nostri boschi, per la diffusione delle zecche, sono particolarmente importanti le temperature minime invernali. Il numero di giorni di gelo in un inverno influenza ad esempio la diffusione delle zecche e di conseguenza i casi di persone colpite dall'encefalite da zecche. Secondo lo scenario 2060 debole i giorni di gelo a Lugano diminuiranno del 57 % mentre per lo scenario forte del 91 % (cfr. capitolo 4.4.2). Osservando l'andamento dei casi di persone colpite da malattie trasmesse dalle zecche in relazione ai giorni di gelo di una regione (v. Figura 89) si può dunque ipotizzare che in futuro le persone colpite da malattie trasmesse dalle zecche aumenteranno considerevolmente anche in Ticino (soprattutto ad altitudini più elevate).

Una delle malattie diffusa da questi vettori è l'encefalite da zecca (malattia virale). In Svizzera, i focolai si concentrano oggi a nord delle Alpi dove (in zone a rischio) tra il 0.5 e il 3 % delle zecche sono portatrici di questo virus. In Ticino non sono invece attualmente presenti dei focolai (Divisione della salute pubblica, 2013).

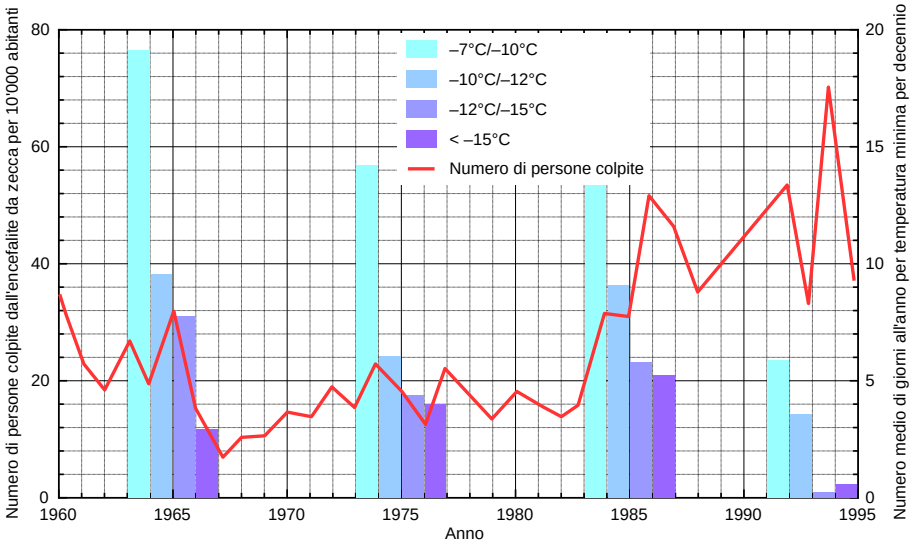


Figura 89: ***Curva rossa: numero di persone colpite dall'encefalite da zecca ogni 10'000 abitanti (asse sulla sinistra). Colonne blu: numero medio di giorni all'anno in funzione della loro temperatura media per decennio (asse sulla destra) a Stoccolma (Thommen Dombois & Braun-Fahrländer, 2004).***

Come già anticipato in precedenza la zanzara tigre (Aedes albopictus) è uno dei principali vettori di malattie esotiche invasivo che si è diffuso (grazie anche ai cambiamenti climatici) a partire dal 2003 nel Canton Ticino. Essa può trasmettere la febbre gialla, la dengue e la febbre chikungunya, per ora prevalentemente confinate in paesi tropicali.

In assenza di persone colpite dalle malattie di cui la zanzara tigre è vettore (esposte in precedenza), questo animale non è pericoloso per la salute della popolazione. Il problema si manifesta quando una di queste malattie viene importata dai paesi dove essa è diffusa. In Svizzera si registrano ogni anno da 2 a 72 casi di febbre dengue, in tutti questi casi le persone sono state contagiate nel paese d'origine di questa malattia e dei suoi vettori (Bundesamt für Gesundheit).

La colonizzazione del territorio da parte delle zanzare tigre dipende da diversi parametri, ed è molto sensibile alle temperature invernali. Per permettere ad una nuova popolazione di svilupparsi l'estate successiva, le uova di questo vettore devono infatti sopravvivere all'inverno. Cruciale per la sopravvivenza delle uova è la temperatura media di gennaio, la quale non deve essere inferiore ad 1°C (±2°C) circa. La sopravvivenza di esemplari adulti è invece correlata con la temperatura media annuale che deve essere superiore a 11°C circa. Per questo motivo è da attendersi che in futuro, quando le temperature saranno più alte, la zanzara tigre si distribuirà su un territorio più vasto e ad altitudini più elevate. Nella Figura 90 si può osservare una previsione dell'aumento delle zone in Svizzera (e in Ticino) idonee alla diffusione della zanzara tigre per lo scenario 2060 forte. In generale si può rilevare che attualmente questo insetto è diffuso soprattutto in Ticino mentre in futuro esso si diffonderà maggiormente anche nel resto della Svizzera partendo dalle rive del lago Lemano e rag-

giungendo (per lo scenario forte) l'Altipiano. Nei grafici della Figura 90 è inoltre molto importante considerare che a causa delle isole di calore che si formano nei grossi agglomerati urbani, anch'essi possono essere già oggi un habitat idoneo allo sviluppo della zanzara tigre.

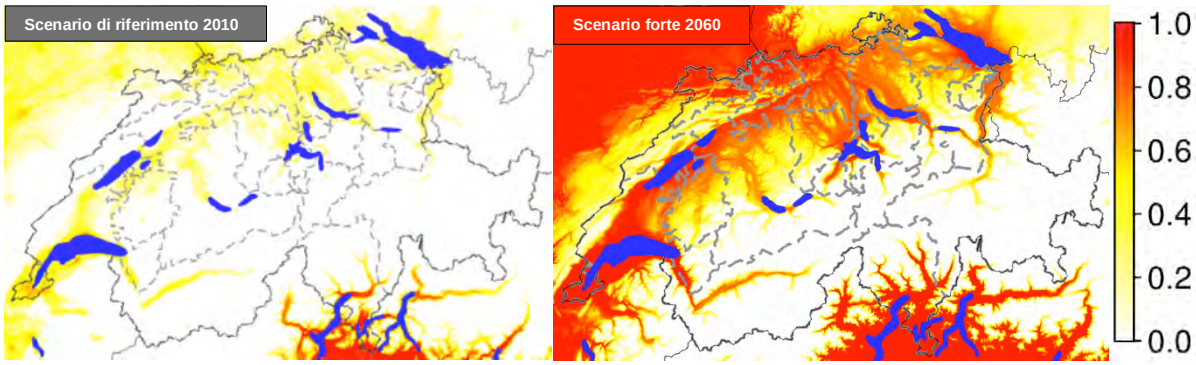


Figura 90: ***Idoneità del territorio svizzero alla diffusione della zanzara tigre (1: zona molto idonea; 0 zona non idonea) per lo scenario di riferimento (media 2003-2011) e lo scenario 2060 forte (Neteler, et al., 2013).***

Le larve di zanzara tigre si sviluppano in punti d'acqua stangante e in volumi generalmente piccoli (di norma sotto i 200 l). Il ciclo di sviluppo della zanzara tigre attualmente comincia a fine maggio-inizio giugno (si osservano le prime uova) e raggiunge il suo apice a fine agosto. Questa tempistica è fortemente influenzata dalle condizioni climatiche che caratterizzano l'estate in questione. Con i cambiamenti climatici è possibile che il periodo di attività delle zanzare aumenti a causa delle più elevate temperature primaverili e autunnali.

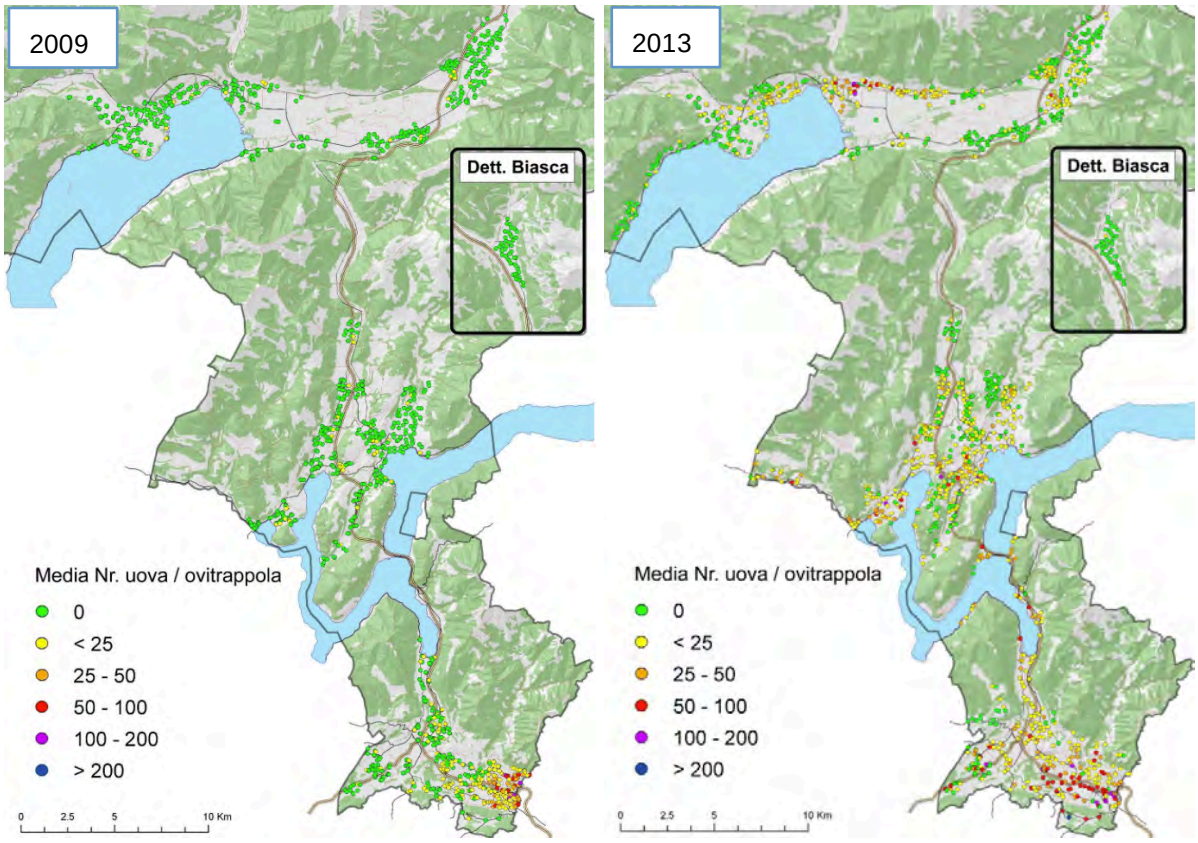


Figura 91: ***Distribuzione della zanzara tigre in Ticino (numero medio di uova per ovitrappola nel 2009 (immagine di sinistra) e nel 2013 (immagine di destra) (GLZ, 2015).***

Nell'area tra Chiasso e Biasca il gruppo di lavoro zanzare del Canton Ticino (GLZ) osserva, tramite ovitrappole (conteggio delle uova), la densità della popolazione della zanzara tigre in 63 comuni ticinesi (dato 2014). Grazie a questo sistema di monitoraggio è possibile definire chiaramente la distribuzione della zanzara tigre sul nostro territorio e soprattutto identificare le zone a rischio. Dalla Figura 91 si può osservare come la zanzara tigre si sia diffusa nel territorio ticinese negli ultimi 5 anni, da osservare che nel 2013 sono state rilevante uova fino alla latitudine di Biasca mentre nel 2009 questo insetto era diffuso praticamente solo nel Mendrisiotto.

La leishmaniosi è una malattia parassitaria che può colpire sia l'uomo sia il cane. Questa malattia è trasmessa da alcune specie di flebotomi diffuse attualmente nel sud dell'Europa. Questo vettore predilige i climi temperati e umidi. Da circa un ventennio in Italia, grazie anche all'innalzamento della temperatura, si è osservato un lento aumento dei casi di leishmaniosi viscerale umana (Favati, Macchioni, & Mancianti, 2000). Con l'innalzamento della temperatura media previsto dagli scenari 2060 è possibile pensare che questa malattia e il suo vettore si diffondano anche in Ticino.

Il rischio legato ai cambiamenti climatici della diffusione di vettori di malattie esotiche a causa dell'innalzamento della temperatura media (e soprattutto dalla diminuzione dei giorni con temperature estremamente fredde in inverno) sarà un rischio rilevante per il Canton Ticino ed è da considerare **minore** (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) rispetto ai rischi valutati quantitativamente in questo capitolo.

Aumento delle infezioni legate a cibo e acqua

L'aumento delle temperature combinato con la distribuzione mondiale del cibo, può causare un aumento della diffusione delle infezioni in particolare allo stomaco o all'intestino. Studi scientifici dimostrano infatti che le malattie legate al cibo avariato mostrano un andamento stagionale, raggiungendo il massimo in estate (quando le temperature sono più elevate) e il minimo in inverno (quando le temperature sono più basse).

Le elevate temperature dell'atmosfera possono inoltre favorire la crescita di microorganismi (ad esempio cianobatteri, dinoflagellati, diatomee e legionelle) potenzialmente patogeni nell'acqua. Questi organismi sono potenzialmente nocivi per la salute umana sia in acqua potabile, sia in acqua balneabile (entrando in contatto con la pelle). In Ticino, la maggior probabilità della diffusione di questi microorganismi, probabilmente non porterà all'aumento significativo dei casi di riscontro di queste malattie ma renderà necessari controlli più frequenti della qualità dell'acqua potabile. I costi di queste attività dovrebbero essere marginali rispetto a quelli delle normali attività di controllo.

Acqua e cibo in Ticino sono controllati costantemente e severamente, per questo motivo si può ipotizzare che l'aumento delle infezioni legate a cibo e acqua sarà (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) **molto minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto salute.

Inquinamento atmosferico e temperatura

Al Sud delle Alpi un importante fattore ambientale che incide tuttora sulla salute delle persone è dovuto all'inquinamento dell'aria. Gli inquinanti atmosferici si depositano nei bronchi e negli alveoli dove, a breve o a lungo termine, possono produrre effetti nocivi sulla salute.

Studi scientifici dimostrano che l'inquinamento da polveri fini PM10 ha effetti significativi sulla salute dell'uomo anche in concentrazioni relativamente basse, come quelle misurate in Ticino (v. Figura 92). Nonostante la tendenza positiva delle concentrazioni giova rilevare che i danni alla salute persistono anche a livelli inferiori ai limiti fissati dall'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIAt). Ciò è da attribuire ad alcune componenti particolarmente critiche presenti nelle PM10 (EKL, 2007).

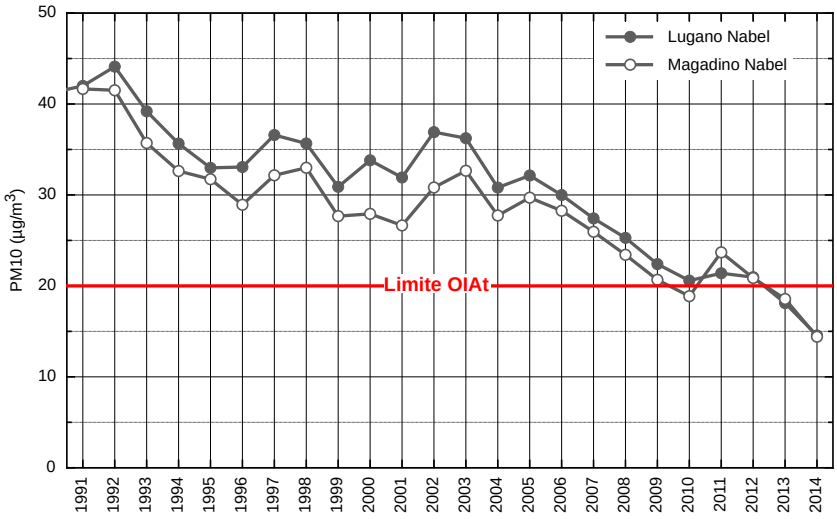


Figura 92: ***Inquinamento da polveri fini PM10; concentrazioni medie annue misurate a Lugano e Magadino a partire dal 1991 dalle stazioni di analisi della rete nazionale NABEL. La linea rossa illustra il limite di immissione fissato dall'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIAt) (OASI, 2015a).***

Più elevato è l'inquinamento, più frequenti sono i disturbi e le malattie. La gamma di effetti analizzati è molto ampia e spazia dalla mortalità eccessiva dei lattanti allo sviluppo ritardato dei polmoni nei bambini, da malattie cardiovascolari e alle vie respiratorie a crisi di asma e allergie, fino alla riduzione dell'aspettativa di vita dovuta a malattie cardiache e polmonari (compreso il cancro ai polmoni). In Svizzera, gli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute sono analizzati nello studio nazionale di coorte SAPALDIA (Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung and Heart Diseases in Adults) dell'Istituto svizzero tropicale e di salute pubblica (Swiss TPH) di Basilea. Un confronto dei dati SAPALDIA con altri studi svolti a livello europeo ha dimostrato che la mortalità dovuta alle polveri fini aumenta anche con concentrazioni basse.

Le variabili climatiche (temperatura media, precipitazioni, irraggiamento solare) possono influenzare la qualità dell'aria a livello locale attraverso la loro influenza sulle reazioni chimiche di produzione e trasformazione di inquinanti in atmosfera, sull'altezza dello strato di rimescolamento e sulla velocità di deposizione degli inquinanti sui suoli.

A seguito dei cambiamenti climatici le concentrazioni di polveri fini PM10 potrebbero aumentare durante i mesi invernali come diretta conseguenza della maggior frequenza di situazioni con inversioni termiche favorite dalle maggiori temperature atmosferiche in contrapposizione alle immutate condizioni di irraggiamento al suolo.

I cambiamenti climatici potrebbero favorire anche la formazione in atmosfera di inquinanti secondari come l'ozono (O_3). Ad esempio nel grafico della Figura 93 si osserva come

l'estate torrida del 2003 abbia causato un numero di superamenti del valore limite fissato dall'OIAt quasi doppio rispetto alla media pluriennale. Nel contempo l'estate piovosa del 2014 è responsabile del basso numero di superamenti del limite registrato nel corso dell'ultimo anno.

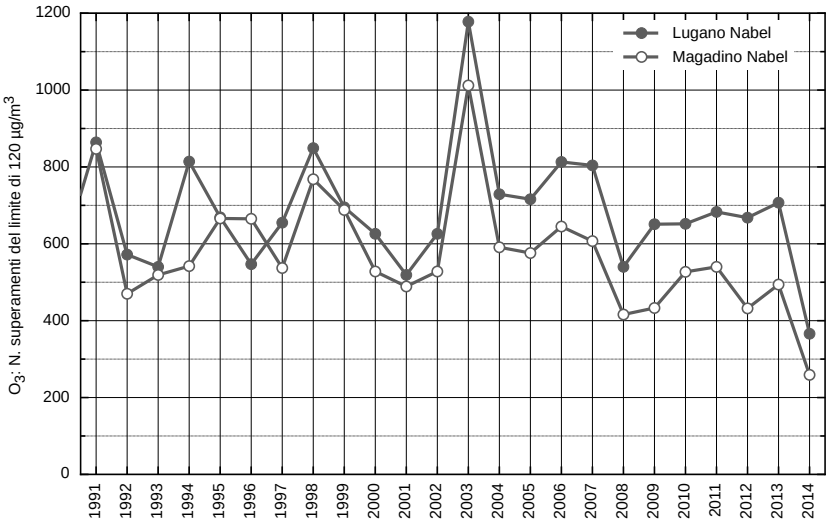


Figura 93: Inquinamento da ozono (O_3); numero di superamenti del limite massimo fissato dall'OIAt per la concentrazione media oraria (120 µg/m^3) a Lugano e Magadino (OASI, 2015a).

Le estati più secche e le temperature più elevate in futuro potrebbero avere come conseguenza delle concentrazioni più elevate di ozono e un maggior numero di ore all'anno con superamento del limite dell'OIAt e quindi degli effetti sulla salute delle persone più colpite dallo smog estivo:

- i bambini fino a 6 anni (poiché i loro polmoni sono ancora in fase di sviluppo), le donne in gravidanza, gli anziani e chi fa attività fisica all'aperto (sport, lavoro);
- le persone con affezioni respiratorie o cardiache così come gli asmatici.

Il gruppo di lavoro valuta (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) i rischi dei mutamenti climatici correlati all'inquinamento atmosferico come **minori** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto salute.

Wild card

Epidemia trasmessa da vettori di malattie esotiche

Come già anticipato in precedenza la diffusione di vettori di malattie esotiche diventa pericolosa per la salute della popolazione dal momento in cui la malattia arriva nel Cantone tramite una persona affetta.

La presenza di un vettore della malattia in questione (come ad esempio la zanzara tigre) permetterebbe la diffusione della malattia sul territorio che, se non riconosciuta subito, può dare origine ad un'epidemia.

Un esempio di questo meccanismo è successo nell'estate 2007; i paesi di Castiglione di Cervia e Castiglione di Ravenna in Emilia Romagna sono stati interessati da un'epidemia di febbre chikungunya. La febbre chikungunya è una malattia diffusa in alcune aree dell'Africa

e del Sudest asiatico (incluso il subcontinente indiano), caratterizzata da febbre alta e dolori alle giunture e/o rash cutaneo e/o astenia (Angelini, et al., 2007). Nel giugno 2007 un individuo ammalato è giunto in Italia dall'India e si è recato nel sobborgo di Castiglione di Cervia, dove a causa dell'elevata densità di zanzara tigre caratteristica di quel periodo dell'anno, la malattia si è diffusa all'interno della popolazione del paese. La zanzara tigre non viaggia molto (si sposta solamente di 100-200 m rispetto al proprio luogo di nascita) è dunque possibile che in paesi piccoli (come Castiglione di Cervia e Castiglione di Ravenna) la zanzara punga più volte un paziente con la febbre e trasmetta così la malattia. Nella Figura 94 si può osservare la diffusione dell'epidemia che dimostra che quante più persone infette ci sono, tanto più le zanzare hanno l'opportunità di pungerle e tramettere la malattia ad altri individui.

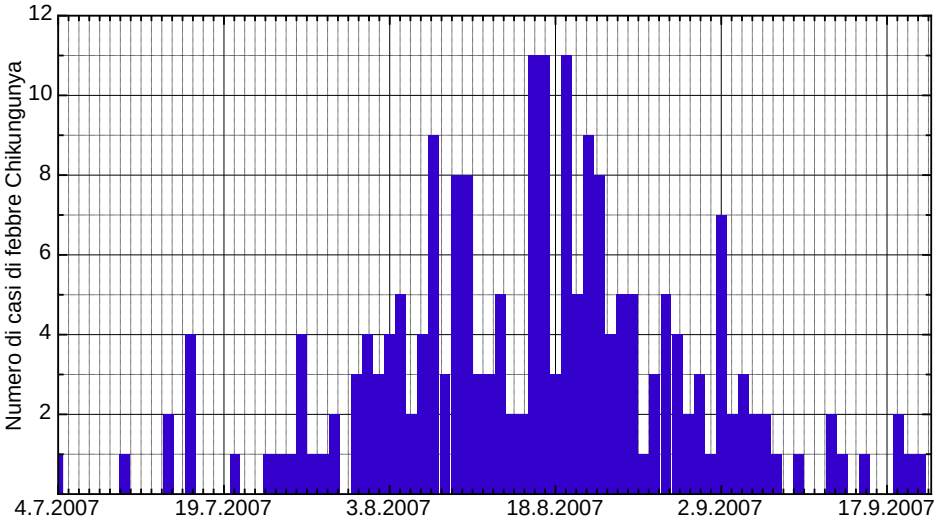


Figura 94: Numero di persone colpite dall'epidemia di febbre chikungunya nella provincia di Ravenna nell'estate 2007 (Cassone, 2007).

Verso la metà di agosto sono state allertate le autorità sanitarie locali ed è cominciata la disinfestazione delle zanzare (eliminazione casa per casa di contenitori di acqua stagnante) che ha permesso di abbattere molto rapidamente la densità della zanzare e di inibire di conseguenza la trasmissione.

Complessivamente l'epidemia del 2007 ha causato circa 215 riscontri di febbre chikungunya e un decesso (Cassone, 2007).

L'innalzamento della temperatura previsto per il 2060 (soprattutto per lo scenario forte) potrebbe permettere la diffusione in Ticino di malattie e vettori che prima d'ora non si erano mai osservati (ad esempio il vettore *Aedes aegypti*). La sopravvivenza di queste specie sarà possibile grazie al clima quasi tropicale che lo scenario forte prevede in futuro nelle zone di pianura al sud delle Alpi. Come in parte già discusso in precedenza, la diffusione di nuove malattie di questo tipo potrebbe causare danni molto importanti (di gran lunga superiori ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto salute).

L'importanza delle conseguenze che potrebbe avere la diffusione di una malattia esotica nel Canton Ticino è strettamente correlata con la tipologia di virus trasmesso, la velocità con cui le autorità si accorgono dell'inizio dell'epidemia e la distribuzione e densità con cui il vettore della malattia è diffuso sul territorio. Per queste ragioni è particolarmente difficile stabilire l'entità dei danni che potrebbe provocare questa wild card.

5.2.3. Analisi quantitativa

I dettagli del calcolo del valore atteso e del periodo di ritorno degli impatti sul settore della salute sono riportati nell'allegato A3 mentre i dettagli dell'analisi di Gumbel svolta per gli eventi estremi sono riportati nell'allegato A7.

Costi e ricavi attuali e per gli scenari 2060

Nella raffigurazione della Figura 95 sono esposti i costi e i ricavi legati ai diversi pericoli ed effetti influenti sul settore d'impatto salute per lo scenario di riferimento e per i due scenari futuri (i valori sono riportati nella Tabella 43).

Pericolo/effetto	Scenario di riferimento (milioni di CHF)			Scenario 2060 debole (milioni di CHF)			Scenario 2060 forte (milioni di CHF)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Valanghe									
Morti e feriti	-0.59	-0.74	-0.97	-0.35	-0.70	-1.40	-0.35	-0.70	-1.40
Forti nevicate									
Incidenti stradali	-3.6	-4.5	-5.8	-1.8	-3.6	-7.2	-1.3	-2.7	-5.4
Frane/Colate detritiche									
Morti e feriti	-2.9	-3.6	-4.7	-1.9	-3.8	-7.6	-2.6	-5.1	-10.3
Ondate di calore									
Morti	-76	-152	-304	-92	-184	-368	-103	-206	-412
Ricoveri	-15	-19	-25	-19	-38	-75	-30	-60	-119
Persone colpite dalla canicola	-20	-26	-33	-32	-65	-130	-62	-124	-248
Resa sul lavoro	-4	-5	-7	-8	-15	-30	-16	-33	-66
Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia									
Feriti	-0.02	-0.03	-0.04	-0.01	-0.03	-0.06	-0.01	-0.02	-0.05
Bilancio	**-381**	**-211**	**-123**	**-619**	**-310**	**-155**	**-861**	**-431**	**-215**

Tabella 43: Costi e ricavi degli impatti (suddivisi per effetto/pericolo) analizzati quantitativamente per il settore d'impatto salute. Sono rappresentati sia i costi attuali (scenario di riferimento 2010) che i costi futuri previsti per lo scenario 2060 debole e lo scenario 2060 forte. Gli effetti/pericoli evidenziati in verde sono opportunità per il settore d'impatto salute mentre quelli evidenziati in rosso sono rischi.

I pericoli naturali causano attualmente in Ticino relativamente pochi morti e feriti. I rischi legati a questi pericoli naturali andrà ad accentuarsi il pericolo frane/colate detritiche (rischio) mentre diminuirà per i pericoli valanghe, forti nevicate e caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia.

Il pericolo che avrà un influsso maggior sulla popolazione ticinese sarà l'aumento delle ondate di calore estivo. Soprattutto per lo scenario forte il rischio dell'aumento delle ondate di calore previsto per il 2060 avrà un grande impatto sulla salute, che rappresenta un rischio di cruciale importanza per il Canton Ticino.

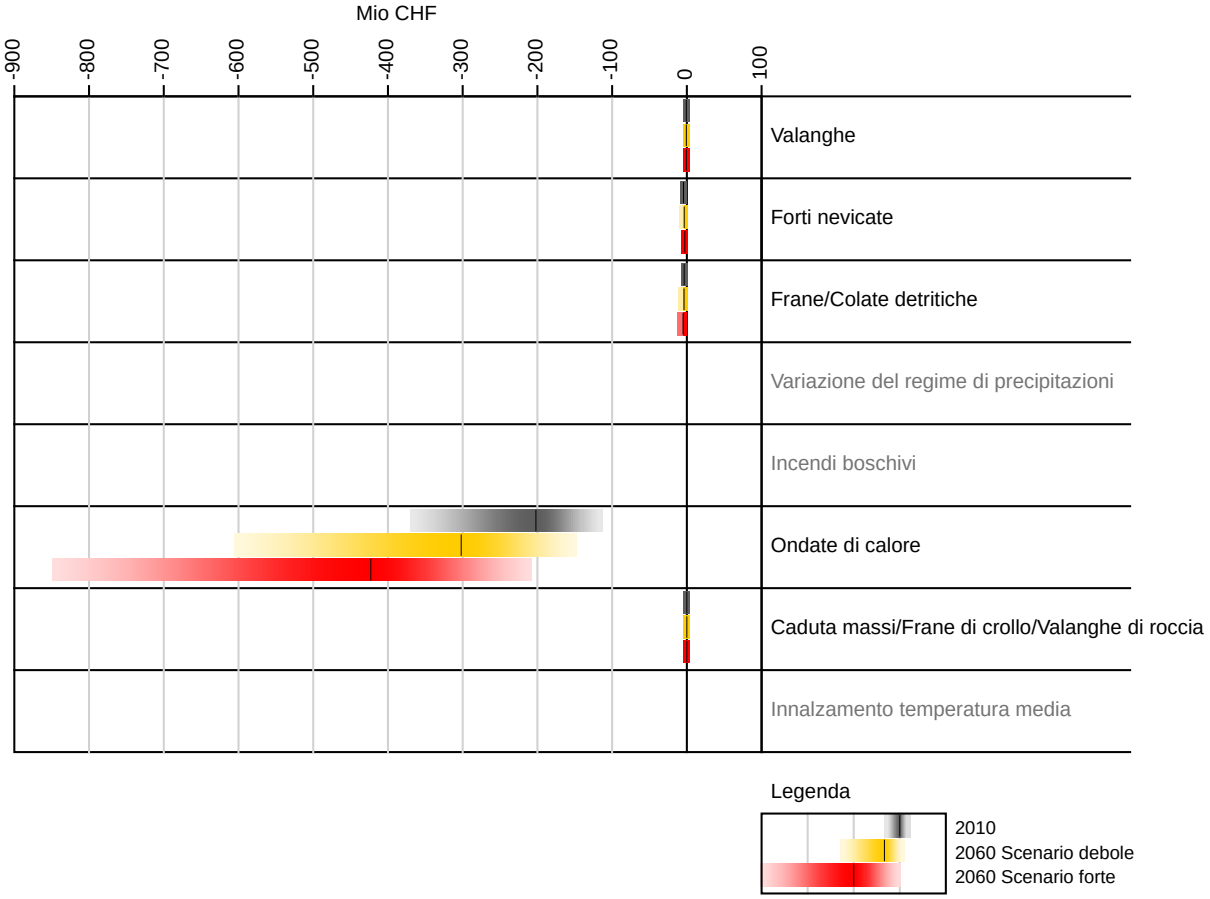


Figura 95: Costi (negativi) e ricavi (positivi) per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto salute per lo scenario di riferimento e gli scenari 2060 "debole" e "forte". La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.

Eventi estremi

Nella Figura 96 sono raffigurati i costi che un evento naturale estremo (di ogni pericolo/effetto) causerebbe sul settore d'impatto salute. Analogamente al valore atteso anche per quanto riguarda gli eventi estremi il pericolo/effetto più influente sono le ondate di calore. Siccome le incertezze per gli eventi estremi sono difficili da definire nel grafico non sono rappresentate le bande di errore. Si tratta tuttavia sicuramente di incertezze molto grandi.

Un evento estremo dei pericoli naturali valanghe, frane/colate detritiche e caduta massi/frane di crollo/ valanghe di roccia può causare (oggi e in futuro) danni massimi di ca. 220 milioni di CHF mentre le conseguenze monetizzate delle ondate di calore in caso di un evento estremo per lo scenario possono ammontare a quasi 1'800 milioni di CHF (1.8 miliardi di CHF).

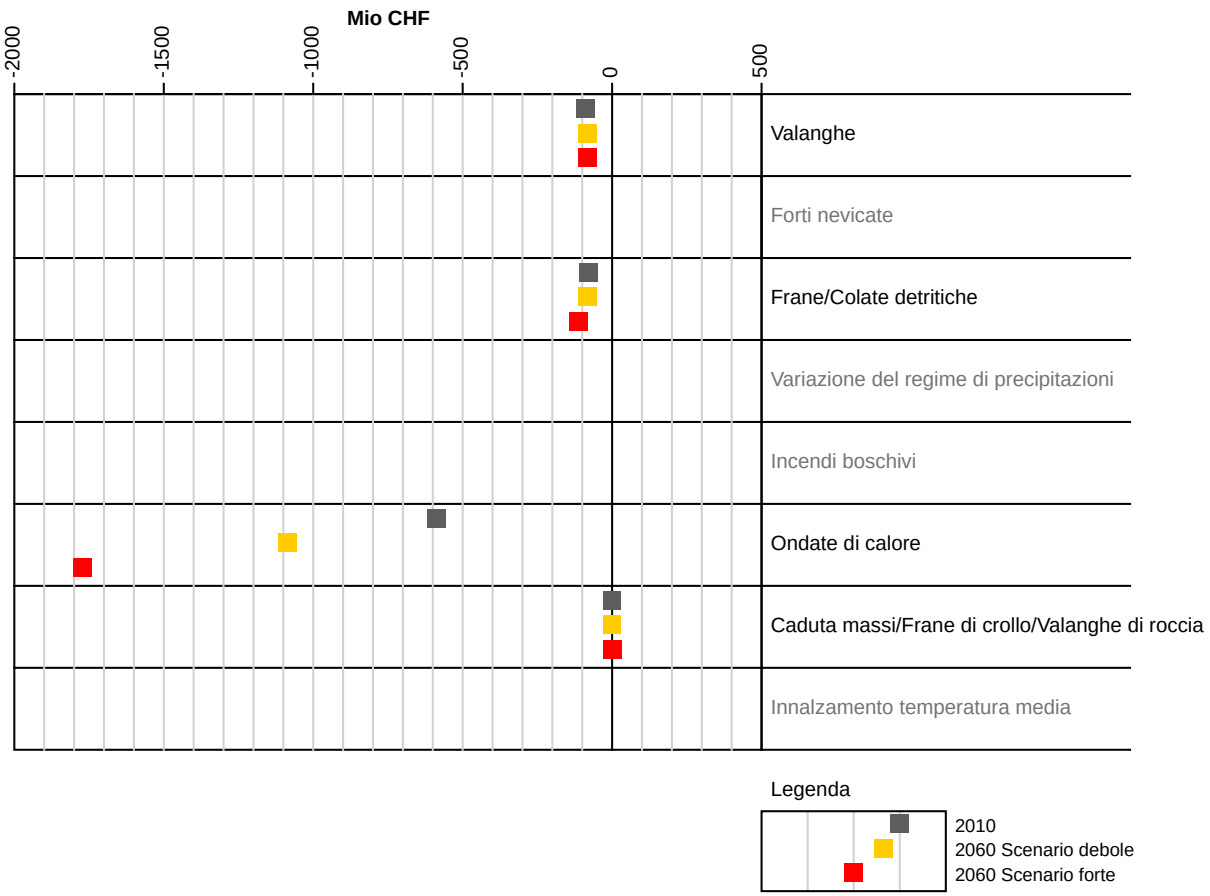


Figura 96: Costi (negativi) di un evento estremo per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto salute per lo scenario di riferimento e gli scenari 2060 "debole" e "forte".

Rischi, opportunità e bilancio finale per il settore d'impatto salute

Nella Figura 97 sono esposte le somme dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto salute.

Nel grafico dei rischi sono considerati l'aumento dei valori monetizzati causati dalla perdita di morti, feriti (a causa della canicola e a causa di frane/colate detritiche) e persone colpite dalla canicola e la diminuzione dei ricavi a causa della diminuzione della resa sul lavoro per il caldo. In media si osserva un impatto totale (diminuzione e aumento dei valori monetizzati) pari a circa 100 milioni di CHF per lo scenario 2060 debole e di ca. 222 milioni di CHF per lo scenario 2060 forte.

Le opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto salute sono legate unicamente alla diminuzione dei morti e feriti a causa di valanghe, di incidenti causati da forti nevicate e di caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia. I valori monetizzati diminuiranno mediamente di circa 0.9 milioni di CHF per lo scenario 2060 debole e di ca. 1.8 milioni di CHF per lo scenario 2060 forte.

Il bilancio totale (in basso nella Figura 97) mostra che i cambiamenti climatici avranno un effetti significativamente negativo sul settore d'impatto salute. I rischi sono nettamente maggiori delle opportunità.

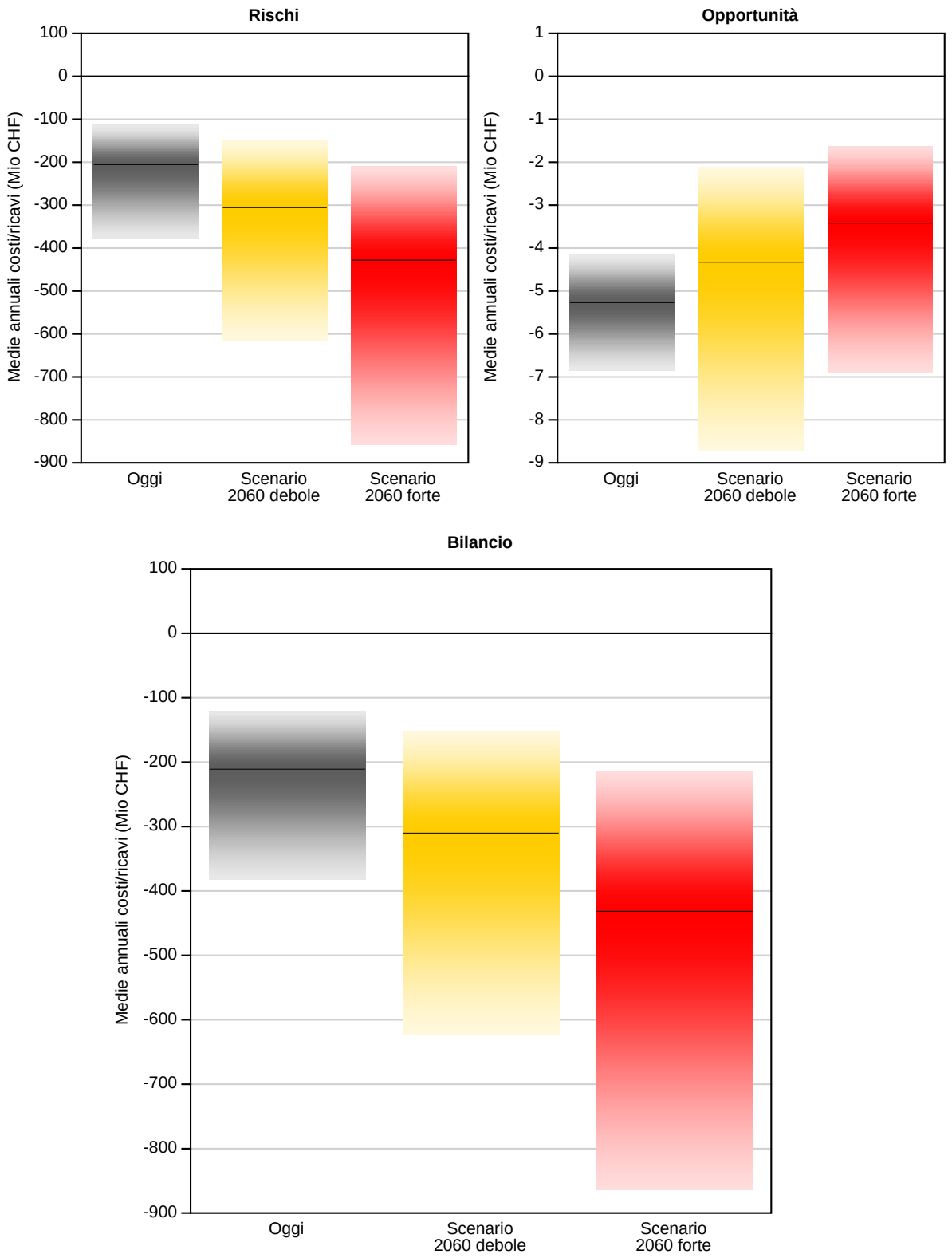


Figura 97: ***In alto: Rischi e opportunità dei cambiamenti climatici legati al settore d'impatto salute per lo scenario di riferimento e gli scenari 2060 "debole" e "forte", i costi assumono valori negativi. Da notare che i rischi sono una conseguenza di un aumento dei costi mentre le opportunità di una diminuzione. In basso: bilancio totale degli effetti dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto salute. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.***

5.2.4. Analisi qualitativa

Nella Figura 98 è rappresentata la rilevanza dei rischi e delle opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto salute rispetto agli impatti valutati quantitativamente. I fattori di comparabilità stimati sono raffigurati in funzione dei diversi effetti e pericoli dei cambiamenti climatici e in funzione dello scenario climatico (debole e forte).

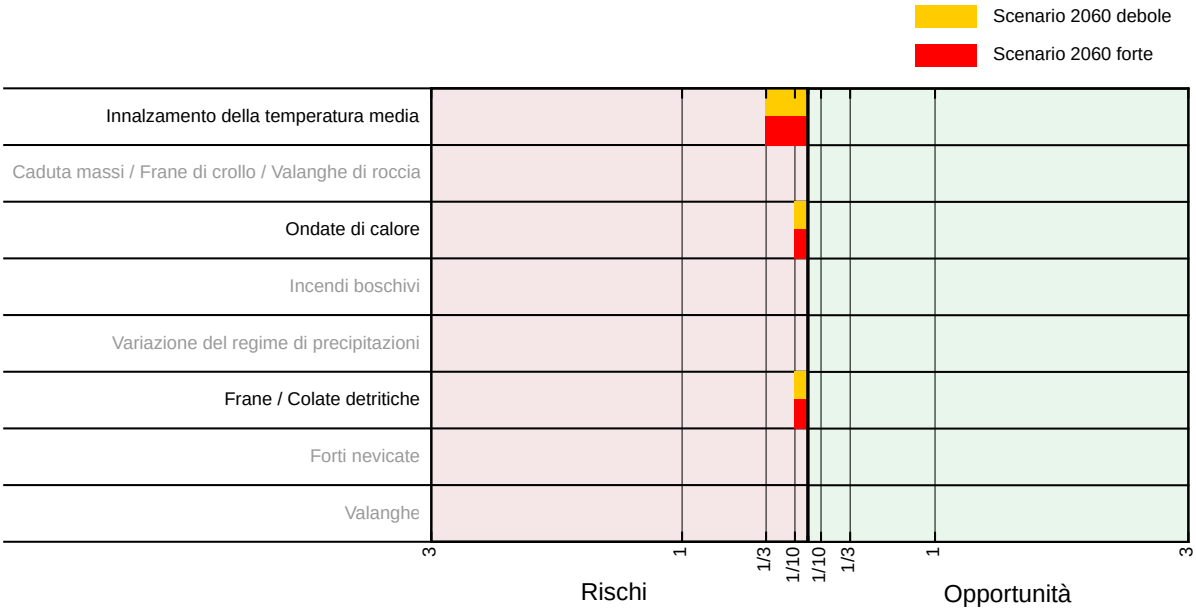


Figura 98: Valutazione degli impatti qualitativi tramite fattori di conversione, secondo rischio/effetto dei cambiamenti climatici, per lo scenario 2060 forte (rosso) e 2060 debole (giallo). Sulla sinistra del grafico sono esposti i fattori per i rischi mentre sulla destra i fattori per le opportunità.

Dal bilancio totale degli impatti valutati qualitativamente risulta che le opportunità hanno un impatto **non rilevante** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente mentre i rischi (legati principalmente alla diffusione di nuovi vettori di malattie esotiche, all'inquinamento atmosferico, al deterioramento di cibi e bevande e alla qualità dell'acqua potabile) hanno un impatto minore rispetto ai rischi valutati quantitativamente.

Nella Tabella 44 sono esposti gli impatti qualitativi monetizzati per il settore d'impatto salute.

Settore d'impatto	**Impatti qualitativi (milioni di CHF)**			
	Scenario debole		**Scenario forte**	
	Rischi	Opportunità	Rischi	Opportunità
Salute	-53	0	-118	0

Tabella 44: Monetizzazione dei rischi e le opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto salute (scenario 2060 debole e scenario 2060 forte).

5.2.5. Scenario socioeconomico 2060

Popolazione

Secondo gli scenari socioeconomici (v. cap. 4.6) entro il 2060 si prevede che la popolazione in Ticino aumenti del 14.2 %. Particolarmente rilevante per lo scenario socioeconomico legato alla salute è l'aumento delle persone sopra il 65 anni (45 %) e delle persone affette da polimorbidità (10 %), poiché più sensibili ad esempio alle ondate di calore o agli inquinanti atmosferici correlati con i cambiamenti climatici (come l'ozono o le polveri fini).

Edifici e abitazioni

Come già discusso per gli scenari socioeconomici (v. cap. 4.6) a livello ticinese si prevede che la percentuale di persone che risiederanno in centri densamente abitati aumenterà (diminuzione della superficie abitata pro capite del 6 %). Questo aumento porterà ad una più elevata parte della popolazione che durante le ondate di calore sarà soggetta al caldo.

Il risanamento energetico di edifici avrà come effetto positivo un migliore comfort termico degli edifici con la conseguenza che in futuro le persone saranno meno esposte all'impatto della canicola, anche se risiedenti in edifici senza impianto di climatizzazione. Congiuntamente ad un risanamento energetico anche l'aumento futuro degli spazi dotati di un sistema di raffreddamento del 170 % (CH2014 - Impacts, 2014), permetterà di alleviare gli effetti delle ondate di calore.

In generale il gruppo di lavoro valuta che queste tendenze tecnologiche compenseranno anche quelle legate allo stile di costrizione energeticamente sfavorevole, come il maggior uso di semplici vetrate e di locali sotto tetto (v. recupero di vecchie costruzioni).

Pericoli naturali

L'aumento della superficie edificata in Ticino a seguito dell'aumento della popolazione e degli elevati interessi in gioco, porterà ad uno sviluppo di abitazioni in zone geologicamente difficili. In futuro si ipotizza dunque un aumento dei danni, che in caso di eventi metereologici estremi e pericoli naturali possono essere causati a edifici e abitazioni. Il problema non è la geologia ma l'edificazione sbagliata in zone a rischio. In ragione dell'aumento della superficie edificata e della popolazione si può assumere un aumento del 1.5 % delle zone di questo tipo.

Strade e autovetture

L'aumento del numero di veicoli sulle strade ticinesi del 19 % porterà ad un aumento del rischio di incidenti legati alla neve.

In futuro si prevede che in Ticino il traffico possa aumentare maggiormente. Questo aspetto correlato con le ondate di calore estive che si osservano oggigiorno alle nostre latitudini potrebbe portare, in caso di incidente, a tempi più lunghi trascorsi in colonna sotto la stecca del sole che potrebbero compromettere la salute delle persone (disidratazione, colpi di calore, ecc.).

L'incertezza dello scenario socioeconomico per il settore d'impatto salute è considerata **media**.

Scenario socioeconomico 2060 salute

In generale si osserva che nello scenario socioeconomico 2060 gli impatti sulla salute di un clima come quello attuale sarebbero molto minori. Ciò è da ricondurre principalmente alle misure tecniche che vengono sistematicamente applicate nell'ambito di ristrutturazioni e nuove costruzioni. La conseguente riduzione delle vittime dovute alle ondate di calore - fenomeno caratterizzato da un'elevata incertezza – è anche il motivo per cui l'intervallo di insicurezza complessiva si riduce per lo scenario socioeconomico 2060 (l'incertezza è proporzionale al valore atteso).

Si può costatare che per il settore d'impatto salute i cambiamenti socioeconomici futuri avranno un influsso tendenzialmente minore e opposto sui costi e i ricavi rispetto ai cambiamenti climatici.

	Costi/ricavi attuali (milioni CHF)			Fattore di conversione	Costi/ricavi 2060 (milioni CHF)		
	Min	Media	Max		Min	Media	Max
Valanghe							
Morti e feriti	-0.69	-0.74	-0.82	1.02	-0.4	-0.8	-1.5
Forti nevicate							
Incidenti stradali	-4.2	-4.5	-4.9	1.2	-2.7	-5.3	-10.7
Frane/Colate detritiche							
Morti e feriti	-3.4	-3.6	-4.0	1.02	-1.8	-3.7	-7.4
Ondate di calore							
Morti	-76	-152	-304	0.33	-25	-50	-101
Ricoveri	-15	-19	-25	0.42	-4	-8	-16
Persone colpite dalla canicola	-20	-26	-33	0.30	-4	-8	-15
Resa sul lavoro	-4	-5	-7	0.28	-1	-2	-3
Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia							
Feriti	-0.02	-0.03	-0.04	1.02	-0.02	-0.03	-0.06
Totale	**-379**	**-211**	**-124**	**-**	**-152**	**-78**	**-38**

Tabella 45: Scenario socioeconomico 2060 per il settore d'impatto salute. I rischi e le opportunità socioeconomiche 2060 sono calcolate tramite un fattore di conversione specifico per ogni effetto/pericolo.

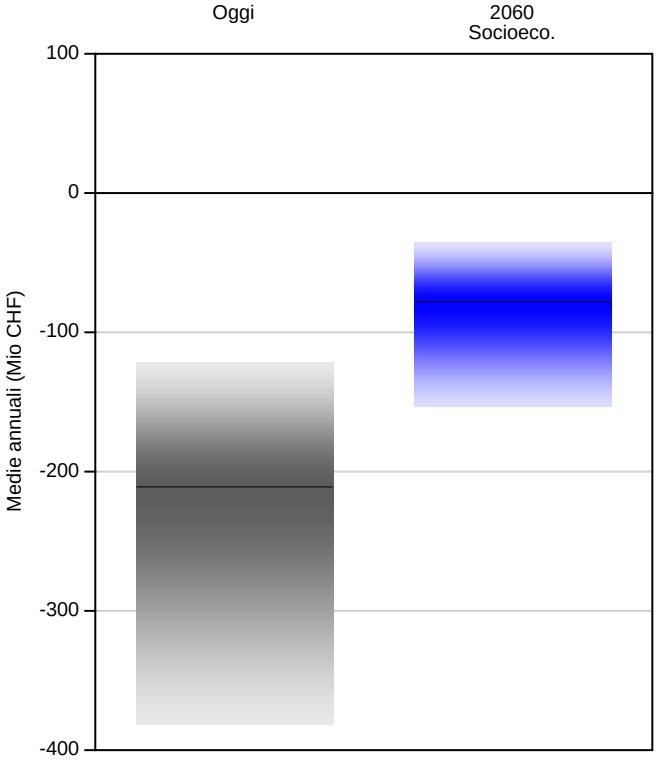


Figura 99: Rappresentazione grafica dei costi/ricavi attuali e per lo scenario socio-economico 2060 (ipotizzando che il clima rimanga uguale a quello attuale) per il settore d'impatto salute. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.

Per quanto attiene agli impatti analizzati qualitativamente è importante rilevare che l'addensamento della popolazione (maggior numero di abitanti nei centri urbani) potrebbe favorire la diffusione di malattie trasmesse da vettori esotici. Il gruppo di lavoro valuta tuttavia che questo effetto potrebbe essere compensato dalle misure già in atto (e previste in futuro) a livello cantonale come il monitoraggio della diffusione di vettori di malattie esotiche sul territorio, gli interventi mirati a ridurre il numero di questi organismi e l'informazione ai medici per facilitare il riconoscimento di una malattia esotica.

5.2.6. Riassunto settore salute

L'analisi (qualitativa e quantitativa) degli impatti dei cambiamenti climatici sul settore della salute in Ticino ha evidenziato importanti rischi. I rischi dei cambiamenti climatici si sono rilevati **molto negativi** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte (perdite di ca. 153 milioni di CHF/anno risp. 340 milioni di CHF/anno). Le opportunità si sono invece rilevate di minor importanza, **piuttosto positive** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte (diminuzione dei costi di ca. 1 milione di CHF/anno risp. 2 milioni di CHF/anno). Complessivamente l'impatto è risultato **molto negativo** per entrambi gli scenari (perdite di ca. 152 milioni di CHF/anno risp. 338 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

Gli impatti socioeconomici sui settori della salute influenzati dai cambiamenti climatici sono invece stati valutati come **molto positivi** (diminuzione dei costi di circa 133 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

5.3. AGRICOLTURA

5.3.1. Parametri principali: situazione attuale

Dal 1990 al 2005 il numero di aziende agricole registrate in Ticino è diminuito annualmente del 3.3 %; in seguito si è costata una lieve ripresa con una crescita annua dello 0.7 %. Il numero di aziende gestite a titolo principale è rimasto praticamente stabile. Nell'anno 2012, il 46 % delle aziende agricole ticinesi risultavano gestite a titolo accessorio. A livello svizzero questa percentuale è del 29 %. In Ticino una buona parte (47 %) dei responsabili di aziende agricole non possiede un titolo di studio (in Svizzera questa percentuale si aggira attorno al 27 %) (Flury & Giuliani GmbH, 2014).

Nel settore agricolo in Ticino lavorano 3'053 persone delle quali il 43 % a tempo pieno (dati relativi all'anno 2012). Nell'ultimo ventennio (dal 1990 al 2012) il numero totale di impiegati nel settore agricolo ticinese è calato del 38 %, in media del 2 % all'anno. Negli ultimi anni (dopo il 2012) si osserva una certa stabilizzazione delle unità equivalenti a tempo pieno (2'095); la diminuzione degli impiegati a tempo pieno è compensata dall'aumento di quelli a tempo parziale (UStat, 2012).

Questi andamenti indicano una maggior professionalizzazione dell'attività. Ciò si riscontra nei dati sulla dimensione delle aziende agricole: negli ultimi anni sono tendenzialmente diminuite quelle di piccole dimensioni, con meno di 10 ettari di superficie agricola utile (SAU).

Dal 2009 la SAU è aumentata soprattutto a causa di un aumento dei prati e pascoli nelle zone di montagna (area poco produttiva) e della superficie dedicata alle colture perenni. Le altre SAU sono in diminuzione già dal 2003 (in media 2 % all'anno). Complessivamente la SAU è pari a 14'360 ha (2013) (BFS, 2014). In questa cifra non sono compresi gli alpeggi; in Ticino nel 2013 sono stati caricati con bestiame 245 alpeggi.

<u>Redditività del settore agricoltura</u>

Il **valore di produzione** (valore dei beni e dei servizi prodotti sia per la vendita o il consumo proprio) dell'agricoltura ticinese nell'anno 2010 è stato pari a 146 milioni di CHF (UCT, 2013).

Il **valore aggiunto lordo** – che quantifica l'aumento del valore dei prodotti derivante dal processo di produzione – si ottiene sottraendo dal valore di produzione il consumo intermedio nell'azienda (es.: foraggio per la produzione di latte), sulla base di dati provenienti da più fonti (UCT, 2013); per il Ticino esso è valutato pari a 95.6 milioni di CHF (nel 2010).

Il **valore aggiunto netto** è l'importo rimanente dopo la deduzione degli ammortamenti dal valore aggiunto lordo. In Ticino è quantificato pari a 11 milioni di CHF (nel 2010).

Nei conti economici dell'agricoltura i **sussidi alla produzione (pagamenti diretti)** – che per l'anno 2010 in Ticino ammontano a 42 milioni di CHF (BFS, 2015b) – devono essere sommati al valore aggiunto netto.

Le cifre sulla redditività economica possono essere suddivise sui 5 sub-settori rilevanti: campicoltura, orticultura, colture perenni, prati, pascoli e bestiame e alpeggi e bestiame. È

importante distinguere gli due ultimi perché sono trattati statisticamente in maniera differente (aziende annuali e aziende di estivazione[13]).

Nel limite del possibile gli impatti dei cambiamenti climatici sono analizzati separatamente nei 5 sub-settori, la cui importanza economica per l'anno 2010 è illustrata nella Tabella 46. In quest'ottica le singole cifre dei conti economici ticinesi sono state suddivise tra i diversi settori utilizzando una chiave di riparto (v. prima riga della Tabella 46). Unica eccezione è il valore di produzione per il latte di mucca, per il latte di capra e la carne ovina: un terzo del valore di questa produzione è stato attribuito al sub-settore "alpeggi e bestiame" e i rimanenti due terzi al sub-settore "prati, pascoli e bestiame" per le seguenti ragioni:

a) di regola l'estivazione dura 100 giorni;
b) i dati del Canton Ticino (Sezione dell'agricoltura, 2013) suggeriscono che nel 2010 i pagamenti diretti per l'estivazione sono pressappoco equivalenti a quelli diretti per le unità di bestiame grosso (UBG) tenute in condizioni difficili durante l'anno[14];
c) il valore aggiunto ottenuto dal latte usato per i formaggi d'alpe è attualmente del 35 % superiore rispetto a quello del latte fresco (Masseria Ramello, U. e A. Feitknecht).

	Produzione vegetale			**Produzione animale**		**Totale**
	Campicoltura	**Orticoltura (all'aperto e protetta)**	**Colture perenni (frutteti, vigna e altri)**	**Prati, pascoli e bestiame**	**Alpeggi e bestiame**	
Importanza relativa dei diversi sub-settori[15]	3 %	29 %	29 %	32 %	7 %	**100 % (I)**
Valore di produzione 2010 dell'agricoltura in Ticino (milioni di CHF)	4.4	42.3	42.3	46.7	10.2	**146 (II)**
Valore aggiunto netto dei sub-settori 2010 (milioni di CHF)	0.3	3.3	3.3	3.6	0.8	**11 (II)**
Pagamenti diretti generali (indipendenti dal sub-settore) 2010 milioni di CHF)	0.7	6.4	6.4	7.0	1.5	**22 (II)**
Pagamenti diretti correlati ad un sub-settore specifico (milioni di CHF)	0.3	n.d.	0.3	16	3.3	**20 (I)**
Reddito netto dell'agricoltura in Ticino (milioni di CHF)	**1.3**	**9.6**	**10**	**26.6**	**5.6**	**53**

Tabella 46: Importanza economica dei diversi settori agricoli, valore di produzione, valore aggiunto netto e pagamenti diretti dell'agricoltura ticinese nel 2010. n.d. = non disponibile. Fonti: (I) (UCT, 2013), (II) (BFS, 2015b).

[13] Per aziende di estivazione si intendono gli alpeggi, i quali vengono utilizzati a scopo agricolo (presenza di bestiame) solo per un determinato periodo dell'anno (circa 100 giorni).

[14] Dal 2014 questo sistema non esiste più. Oggi i pagamenti diretti sono basati sulla superficie agricola e non sul numero di capi. Con ogni probabilità a seguito di questo cambiamento si osserverà nei prossimi anni una diminuzione del numero di animali.

[15] L'importanza relativa è basata sul valore di produzione dell'agricoltura ticinese.

A livello svizzero la produzione animale copre il 56 % del valore di produzione, mentre in Ticino ne copre soltanto il 39 %.

Banche dati a disposizione

Per l'analisi quantitativa dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici per il settore dell'agricoltura sono stati ricavati dati da svariate fonti: banche dati, letteratura e informazioni degli esperti. Nella Tabella 47 sono raffigurate tutte le banche dati (con le relative caratteristiche e i periodi di osservazione) utilizzate in quest'analisi.

Pericolo/Effetto	Fonte di dati	Caratteristiche	Periodo di osservazione
Alluvioni e frane/colate detritiche	Banca dati dei danni del maltempo WSL (WSL, 2015b).	La banca dati si basa su informazioni ricavate da informazioni dei media. Essa raggruppa i danni causati dai pericoli naturali: alluvioni, colate detritiche, scivolamenti e (dal 2002) crolli e caduta di massi. La banca dati definisce inoltre, se disponibile, la possibile causa metereologica di questi pericoli naturali (piogge persistenti, temporali o scioglimento neve).	1972-2014
Alluvioni, frane/colate detritiche, forti temporali/grandine e tempeste/uragani	Fondo svizzero di soccorso per danni causati dalla natura e non assicurabili (Elementarschädenfonds, 2015).	Il fondo eroga contribuiti per i danni attualmente non assicurabili provocati da eventi naturali non prevedibili. La raccolta sistematica di questi dati dispone di informazioni dettagliate per l'agricoltura ticinese.	1995-2014
Forti temporali/grandine	Assicurazione grandine (Assicurazione grandine, 2015).	L'assicurazione grandine prevede dei risarcimenti per tutti i danni a terreni coltivati e ai prodotti agricoli causati dalla grandine e da altri pericoli naturali. Essa prevede inoltre un risarcimento anche per la perdita di rendimento e le spese di ripristino (sgombero) di questi terreni. Non sono invece coperti danni ad edifici, infrastrutture e beni mobili aziendali (analizzati in quest'analisi per il settore d'impatto "infrastrutture e edifici").	2000-2014

Tabella 47: Caratteristiche delle banche dati utilizzate per l'analisi quantitativa del settore agricoltura.

5.3.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060

Sulla base della matrice di rilevanza (v. Tabella 41) nel caso del settore d'impatto dell'agricoltura devono essere analizzati i seguenti pericoli ed effetti: alluvioni, frane/colate detritiche, forti temporali/grandine, variazione del regime delle precipitazioni, siccità generale, ondate di calore, gelo, innalzamento della temperatura media e tempeste/uragani. Gli impatti analizzati per ciascun pericolo ed effetto sono riassunti nella Tabella 48, che mostra anche il tipo di valutazione – quantitativa o qualitativa – adottata per i diversi impatti.

Una rappresentazione schematica degli impatti sul settore agricoltura è consultabile nella Figura 100. Nel settore d'impatto "agricoltura" sono considerate tutte le conseguenze dei cambiamenti climatici nei seguenti ambiti:

- produzione agricola;
- superfici agricole utili (SAU);
- aziende agricole.

Sono considerati il tipo, la quantità e qualità della produzione agricola, la variazione dei rendimenti, il fabbisogno di acqua per l'irrigazione e la mano d'opera impiegata nell'agricoltura. L'apparizione di nuovi organismi patogeni per la produzione agricola è considerata in questo capitolo e non nel settore d'impatto "biodiversità". Gli effetti sulle infrastrutture e i beni mobili agricoli sono invece considerati nel settore d'impatto "infrastrutture e edifici".

Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici

Nel 2011 l'Ufficio federale per l'agricoltura ha elaborato una strategia sul clima che ha come scopo quello di ridurre le emissioni di gas a effetto serra e di definire strategie di adattamento ai cambiamenti climatici (UFAG, 2010). L'analisi ha stabilito che un innalzamento della temperatura media inferiore ai 2°C, ipotizzando che la disponibilità di acqua e sostanze nutritive rimanga sufficiente, potrebbe portate ad un innalzamento dei ricavi nella campicoltura e nelle colture foraggere per la maggior parte delle regioni svizzere. A causa della posizione continentale e della complessa topografia delle alpi, il clima svizzero subirà un surriscaldamento superiore alla media globale. Nonostante la disponibilità di acqua in Svizzera sia oggi generalmente abbondante, in futuro si osserverà un aumento dei periodi di siccità che potrebbero colpire l'agricoltura. Questi periodi coincideranno con il periodo vegetativo e saranno principalmente legati alle variazioni stagionali del regime delle precipitazioni (intensità e frequenza). Questo aspetto sarà particolarmente importante per l'agricoltura ticinese dove questi periodi di siccità saranno particolarmente frequenti.

La Confederazione, nella prima parte della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, ha definito i diversi campi d'intervento. Nelle ultime colonne della Tabella 48 sono indicati i campi d'intervento della strategia svizzera corrispondenti ai diversi rischi e alle opportunità per il Canton Ticino e le possibili misure per mitigare questi rischi e sfruttare le opportunità. Le misure sono state definite nella seconda parte della strategia d'adattamento (vedi capitolo 2.1). Una spiegazione delle abbreviazioni dei campi d'intervento e delle misure è data nell'allegato A1.

Per il settore d'impatto agricoltura risultano particolarmente importanti il settore A1 (idoneità locale) e le misure di adattamento a1 (impiego di specie e razze adattate compresa la ge-

stione degli organismi nocivi) e a3 (elaborazione di basi per un'attività agricola conforme alle esigenze locali).

Pericolo/effetto	Valutazione quantitativa	Valutazione qualitativa	Campi d'intervento	Misure
Alluvioni	Aumento dei danni a terreni coltivati.		PN1	pn1-pn7
		Aumento delle perdite di rendimento di terreni coltivati.	PN1	pn1-pn7
Frane/colate detritiche	Aumento dei danni a terreni coltivati.		PN3	pn1-pn7
		Aumento delle perdita di fertilità del suolo.	PN3	pn1-pn7
		Aumento delle perdite di rendimento di terreni coltivati.	PN3	pn1-pn7
Forti temporali/grandine	Variazione dei danni e delle perdite di rendimento di terreni coltivati.		A2	a5
Variazione regime delle precipitazioni	Aumento dei rendimenti e della qualità dei prodotti. Diminuzione dei rendimenti e della qualità dei prodotti per alcuni tipi di campicolture.		A1; A2; A5	a1; a2; a3; a4; a6
		Possibile ritardo nella semina a causa dell'aumento delle precipitazioni primaverili.	A2	a3; a6
Siccità generale e ondate di calore	Diminuzione dei rendimenti e della qualità dei prodotti per i sub-settori campicoltura, orticoltura, colture perenni e prati/pascoli/bestiame.		A1; A3; A4; GA4; GA8	a1; a2; a3; a4; a6; ga4; ga6
		Aumento dei danni all'economia alpestre.	A1; A3; A4; GA4	a1; a2; a3; a6; ga4
Gelo		Diminuzione dei danni alle colture.	A1; A5	a1
Innalzamento della temperatura media	Aumento dei rendimenti e della qualità dei prodotti.		A1; A5	a1; a3; a4; a6
Tempeste/Uragani	Variazione dei danni a terreni coltivati.		A6	a5

Tabella 48: Impatti analizzati per il settore d'impatto agricoltura. Gli impatti sono suddivisi per impatti valutati quantitativamente e impatti valutati qualitativamente. In rosso sono riportati i rischi, in verde le opportunità e in blu gli impatti valutati tramite un'analisi di sensitività.

Modello degli impatti

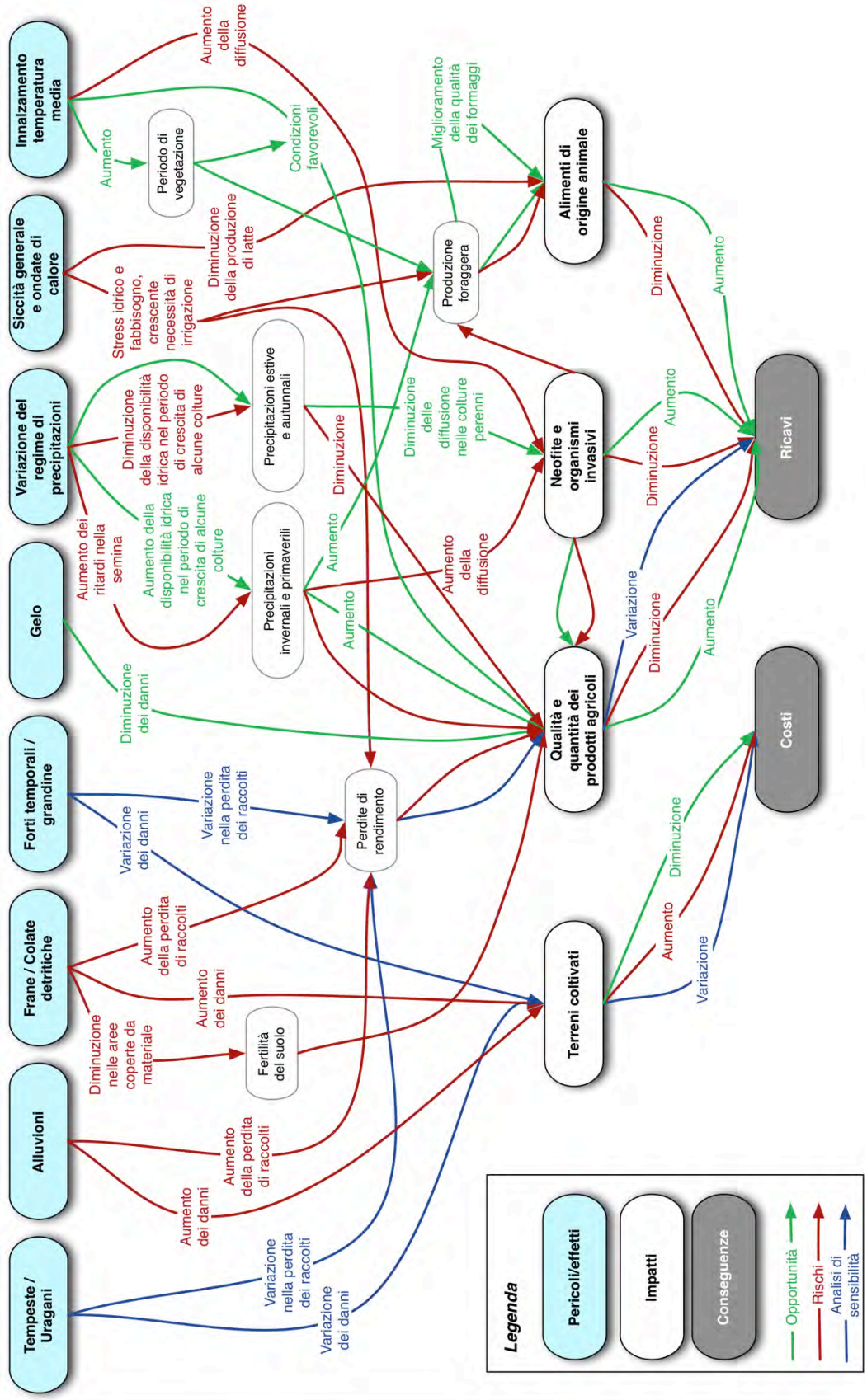


Figura 100: ***Rappresentazione schematica degli effetti dei cambiamenti climatici sugli impatti per il settore agricoltura.***

Alluvioni

Impatti quantitativi

Danni a terreni coltivati

Le esondazioni di laghi o fiumi su colture e terreni coltivati possono causare danni importanti alla produzione agricola.

La valutazione di questi danni si basa su due fonti: la banca dati dei danni del maltempo del WSL e quella del fondo svizzero per i danni causati dalla natura (vedi Tabella 47). La prima banca dati raccoglie informazioni riguardanti i danni importanti, mentre la seconda i danni non assicurati (che comprendono anche i piccoli danni). Anche se non si può escludere completamente un doppio conteggio dei dati, siccome le due banche dati non sono relazionate fra loro, esse sono state analizzate congiuntamente. È comunque da sottolineare che i dati raccolti nella seconda fonte sono circa 1/3 rispetto a quelli riportati nella prima. L'ammontare dei danni che risulterebbe analizzando solo la banca dati dei danni del maltempo del WSL non sarebbe dunque molto differente da quello ottenuto con entrambe le banche dati.

Analizzando i dati dal 1980 a oggi (scenario di riferimento) e applicando la suddivisione in classi con periodi di ritorno specifici per i diversi eventi (analogamente a quanto esposto nel capitolo 3.5), si ricava che il valore atteso per i danni alle colture ticinesi a causa di alluvioni è pari a circa 2.2 milioni di CHF/anno. Questi costi corrispondono al 20 % del valore aggiunto netto dell'agricoltura ticinese nel 2010.

L'anno 1993, in cui si è assistito a un'importante esondazione del lago Maggiore, è stato quello in cui sono stati registrati i maggiori danni alla produzione agricola a causa di alluvioni: circa 20 milioni di CHF. L'ammontare dei danni del 1993 corrisponde a circa il 50 % della somma dei danni registrati dal 1980 ad oggi a causa di questo pericolo naturale. I danni di questo anno sono superiori rispetto ai danni calcolati tramite l'analisi di Gumbel, vedi capitolo 3.7; si può assumere che essi siano rappresentativi per un evento centenario.

Per lo scenario 2060 debole non si prevede una variazione nella ricorrenza delle alluvioni (vedi capitolo 4.5.8), per cui il valore atteso dei danni legati a questo pericolo rimarrà invariato. Per lo scenario 2060 forte si prevede invece un aumento del 40 % delle alluvioni che porterà presumibilmente ad un aumento del 40 % dei danni alle colture.

L'incertezza per lo scenario di riferimento è da ricondurre principalmente alla possibile non esaustività dei dati e alle fluttuazioni dei danni nei diversi anni; essa è considerata **bassa**. Per le stime future va inoltre considerata l'incertezza nella valutazione delle variazioni future della ricorrenza di alluvioni; essa è considerata **media**.

Impatti qualitativi

Perdite di rendimento di terreni coltivati

Oltre ai danni diretti che causano le alluvioni alle coltivazioni agricole, questo pericolo naturale causa una diminuzione dei ricavi per mancato rendimento dei terreni coltivati (i prodotti danneggiati non potranno più essere venduti). Le esondazioni dei laghi (principale causa di danni ai terreni agricoli ticinesi) possono colpire vaste aree destinate all'agricoltura e durare anche settimane.

Per lo scenario forte il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore dell'agricoltura. Lo scenario debole non prevede una variazione delle esondazioni, per questo motivo si valuta che questo rischio rimanga invariato rispetto alla situazione attuale (rischio del cambiamento climatico **non rilevante**).

Frane e colate detritiche

Impatti quantitativi

Danni a terreni coltivati

Frane e colate detritiche che raggiungono campi agricoli possono causare forti danni alle colture che colpiscono.

Analogamente al pericolo delle alluvioni anche in questo caso i dati analizzati sono ricavati da due fonti: la banca dati dei danni del maltempo del WSL e quella del fondo svizzero per i danni causati dalla natura (vedi Tabella 47). Anche in questo caso le due fonti sono state analizzate congiuntamente.

Per lo scenario di riferimento sono stati analizzati i danni a partire dall'anno 1980. L'analisi si è basata sulla suddivisione degli eventi in funzione del loro periodo di ritorno (vedi capitolo 3.5); il valore atteso ricavato dei danni ai terreni agricoli coltivati in Ticino a causa di frane e colate detritiche è di 0.34 milioni di CHF/anno. Questi costi corrispondono al 3 % del valore aggiunto netto dell'agricoltura ticinese nel 2010.

Le numerose precipitazioni persistenti e le conseguenti colate detritiche osservate nel 1993 hanno causato all'agricoltura danni pari a 2.1 milioni di CHF (quantitativo molto importante se paragonato agli altri anni). I danni di questo anno sono superiori rispetto ai danni calcolati tramite l'analisi di Gumbel, vedi capitolo 3.7; si può assumere che essi siano rappresentativi per un evento centenario.

Analizzando le cause meteorologiche di questi pericoli naturali (WSL, 2015b) si può notare che le frane e le colate detritiche che causano danni ai terreni coltivati sono innescate principalmente da piogge persistenti e solo in minima parte da forti temporali.

Il calcolo dei danni per gli scenari futuri si basa sull'ipotesi che essi siano proporzionali alla variazione di frane e colate detritiche prevista nel capitolo 4.5.4. Analizzando questa variazione per i diversi eventi in base al loro periodo di ritorno, si ricava un aumento dei danni del 6 % per lo scenario debole e del 49 % per lo scenario forte.

L'incertezza dello scenario di riferimento è da ricondurre principalmente alla possibile non esaustività dei dati e alle fluttuazioni dei danni nei diversi anni; essa è considerata **bassa**. L'incertezza delle stime future comprende inoltre l'incertezza nel calcolo della variazione di frane e colate detritiche futura; essa è considerata **media**.

Impatti qualitativi

Perdite di rendimento di terreni coltivati

Oltre ai danni diretti alle coltivazioni agricole causati da frane e colate detritiche, questo pericolo naturale causa una diminuzione dei ricavi per mancato rendimento dei terreni coltivati; i raccolti danneggiati non potranno più essere venduti.

Siccome frane e colate detritiche colpiscono aree abbastanza ridotte dei terreni coltivati e dato che i lavori di sgombero non necessitano tempi molto lunghi, il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **molto minore** (sia per lo scenario debole che per quello forte) rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto agricoltura.

Forti temporali/grandine

Impatti quantitativi

Danni e perdite di rendimento di terreni coltivati

La Svizzera fa parte delle zone europee maggiormente esposte al rischio di grandine. Questo pericolo naturale può causare danni importanti alle coltivazioni agricole all'aperto e alle serre.

Per l'analisi di questo impatto sul settore agricoltura sono stati utilizzati congiuntamente i dati dell'assicurazione grandine e quelli del fondo svizzero per i danni causati dalla natura (vedi Tabella 47). Anche in questo caso non si può escludere completamente un doppio conteggio dei dati, perché le due banche dati non sono relazionate fra loro. È comunque da sottolineare che i dati raccolti nella seconda fonte sono minori rispetto a quelli riportati nella prima (la somma dei danni fra il 2000 e il 2014 corrisponde al 17 % di quella calcolata sulla base dei dati dell'assicurazione grandine).

Il valore atteso dei danni e delle perdite di rendimento dei terreni agricoli a causa di forti temporali e grandine (importanti soprattutto per l'orticoltura e la viticoltura) è stimato tramite il metodo esposto nel capitolo 3.5 a 0.63 milioni di CHF/anno. Questi costi sono pari a circa il 6 % del valore aggiunto netto dell'agricoltura ticinese nel 2010.

Nel periodo di osservazione (2000-2014) l'anno in cui si è registrata la somma più alta di danni è stato il 2000 (2.6 milioni di CHF di danni). Siccome i danni di questo anno sono superiori rispetto ai danni calcolati tramite l'analisi di Gumbel, vedi capitolo 3.7, si può assumere che essi siano rappresentativi per un evento centenario.

Una previsione affidabile delle variazioni future di frequenza e intensità di forti temporali e grandine causate dai cambiamenti climatici non è attualmente possibile. Negli scenari climatici 2060 debole e forte si assume quindi che frequenza e intensità dei fenomeni non cambieranno rispetto ad oggi. Allo scopo di tenere conto di possibili cambiamenti nei rischi di forti temporali e grandine è stato valutato, attraverso un'analisi di sensitività, l'influsso di un aumento o una riduzione dei rischi di un fattore 1.5 sull'intero bilancio dei rischi e opportunità del settore d'impatto analizzato. I risultati sono presentati nel capitolo 5.3.4.

L'incertezza per lo scenario di riferimento è da ricondurre principalmente alla possibile non esaustività dei dati e alle fluttuazioni dei danni nei diversi anni; essa è considerata **bassa**.

Variazione del regime delle precipitazioni

Impatti quantitativi

Variazione dei ricavi

Per l'agricoltura la disponibilità d'acqua è il fattore che ha più importanza per la qualità e la quantità del raccolto. Le differenze tra le precipitazioni nelle diverse stagioni giocano un ruolo importante in questo ambito.

La variazione dei ricavi a causa della variazione del regime delle precipitazioni è basata sul reddito netto di ogni sub-settore agricolo (vedi Tabella 46). Si ipotizza dunque che i pagamenti diretti all'agricoltura rimangano costanti.

Per la campicoltura l'aumento delle precipitazioni invernali e primaverili (vedi capitolo 4.3.2) potrebbe portare ad un miglioramento della produzione di colture che crescono in primavera. Le coltivazioni di riso (a secco) in Ticino sono attualmente estese a 90 ha (valore 2013) situati sul delta della Maggia e sul piano di Magadino. Queste coltivazioni sono, ad esempio, molto sensibili al regime delle precipitazioni soprattutto in fase di crescita; l'aumento delle precipitazioni primaverili potrebbe portare ad una maggiore disponibilità idrica per queste colture, riducendo i costi di irrigazione e aumentando di conseguenza i ricavi. Le colture che crescono in estate saranno invece svantaggiate dalla diminuzione delle precipitazioni estive (vedi capitolo 4.3.2), questa diminuzione potrebbe risultare particolarmente critica per la fase di fioritura (per la quale la disponibilità d'acqua è molto importante). Per specie come i cereali l'aumento delle precipitazioni primaverili (soprattutto per lo scenario forte) potrebbe giocare un ruolo negativo poiché faciliterebbe la propagazione di malattie fungine. In Ticino questa problematica potrebbe assumere un importanza rilevante siccome si coltivano soprattutto cereali extenso, per i quali i trattamenti non sono autorizzati. La variazione del regime delle precipitazioni potrebbe inoltre favorire la diffusione di organismi nocivi per le colture (come ad esempio la Phytophthora infestans nel caso delle patate) che portano ad un aumento dei costi per salvaguardare i raccolti. In passato è stato infatti osservato che gli anni caratterizzati da primavere particolarmente umide sono quelli in cui questi costi sono stati maggiori (Pflanzenkrankheiten, 2015). Considerando che per questo settore la variazione del regime delle precipitazioni avrà impatti sia negativi che positivi, il gruppo di lavoro ipotizza che i ricavi resteranno pressappoco costanti fino al 2060.

L'orticoltura ticinese si estende su una superficie di circa 180 ha, dei quali il 38 % (valore 2008) è coperto da serre (SZG/CCM/CSO, 2015). Questa percentuale è significativamente più alta rispetto al resto della Svizzera. Una parte delle orticolture all'aperto è inoltre irrigata artificialmente (questa parte include le colture ad alto valore aggiunto come il riso e il mais da seme). Siccome le colture irrigate e quelle in serra non sono influenzate dalla variazione del regime delle precipitazioni, il gruppo di lavoro valuta che i ricavi per questo sub-settore non varieranno a seguito delle variazioni nel regime delle precipitazioni previste per il 2060.

La diminuzione delle precipitazioni estive ed autunnali (vedi capitolo 4.3.2) porteranno ad una possibile diminuzione degli organismi patogeni per le colture perenni. Per lo scenario debole questo effetto sarà visibile particolarmente in estate (le precipitazioni in autunno varieranno solo minimamente), mentre per lo scenario forte in entrambe le stagioni. A causa dei minori costi e danni causati da questi organismi, i ricavi della produzione di questo subsettore potrebbero aumentare. Nella Figura 101 si può osservare ad esempio la correlazione

fra il contenuto medio di zucchero delle uve Merlot ticinesi e la somma delle precipitazioni nei mesi da giugno a ottobre (estate e autunno). Sebbene la correlazione sia piuttosto debole si può notare che, tendenzialmente, a minori precipitazioni estive corrisponde una migliore qualità dell'uva un più alto ricavo per questo settore. Parallelamente a questo effetto positivo, l'aumento delle precipitazioni primaverili previsto per entrambi gli scenari 2060 causerà un aumento di organismi patogeni (come ad esempio la Peronospora destructor) che potrebbero portare ad un aumento dei costi per il mantenimento delle colture perenni soprattutto per lo scenario forte. Complessivamente il gruppo di lavoro stima che per questo subsettore i ricavi aumenteranno del 5 % sia per lo scenario debole che per lo scenario forte.

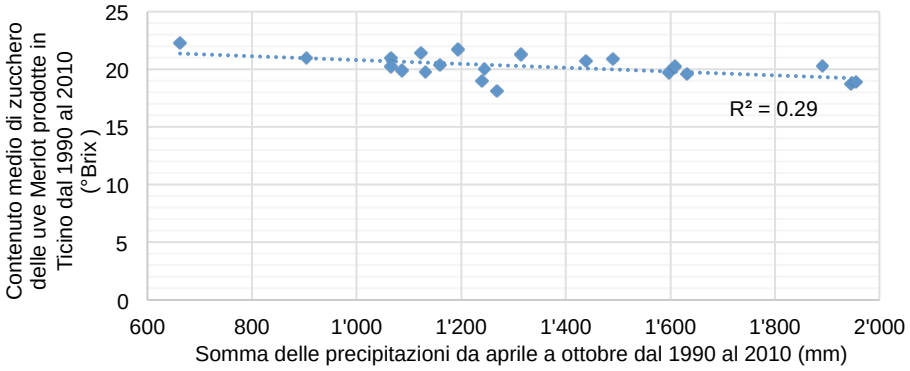


Figura 101: Correlazione tra il contenuto medio di zucchero delle uve Merlot prodotte in Ticino (Sezione dell'agricoltura, 2015) e la somma delle precipitazioni a Locarno Monti da giugno a ottobre dal 1990 al 2010 (OASI, 2015b).

Anche per il sub-settore "prati, pascoli e bestiame" l'aumento delle precipitazioni primaverili ed invernali porterà a dei vantaggi. La maggiore disponibilità idrica potrebbe in particolare favorire le colture di foraggi. Anche in questo caso il favoreggiamento dell'aumento delle precipitazioni invernali e primaverili potrebbe in parte essere compensato da un probabile aumento della diffusione di organismi esotici patogeni e invasivi. Complessivamente per questo sub-settore si ipotizza che gli aspetti favorevoli e sfavorevoli si compensino non portando ad alcuna variazione dei ricavi.

Sebbene in misura più ridotta rispetto al sub-settore prati, pascoli e bestiame, anche la produzione di foraggio degli alpeggi sarà favorita dall'aumento delle precipitazioni invernali e primaverili. Anche per questo sub-settore l'aumento dei ricavi sarà limitato da un aumento delle specie esotiche invasive. Complessivamente per il sub-settore alpeggi e bestiame si ipotizza dunque che i ricavi e i costi si compensino.

Nella Tabella 49 sono raccolte le variazioni dei ricavi dei diversi sub-settori agricoli causate dalla variazione del regime delle precipitazioni. Nel bilancio totale (vedi capitolo 5.3.3) si considera che attualmente la variazione dei ricavi causata dalla variazione del regime delle precipitazioni sia uguale a 0 milioni di CHF/anno, mentre per gli scenari futuri viene calcolata la variazione applicando i fattori della Tabella 49 al valore aggiunto netto dell'agricoltura ticinese (11.3 milioni di CHF).

Per le stime future l'incertezza è da ricondurre alle fluttuazioni annuali del valore aggiunto netto dell'agricoltura, alle difficoltà nell'attribuire a variazioni delle precipitazioni la variazione della produzione agricola e la diffusione di organismi patogeni; essa è considerata **media**.

	Valore aggiunto netto 2010	Variazione dei ricavi (%)	
		Scenario debole	Scenario forte
Campicoltura	0.3	-	-
Orticoltura	3.3	-	-
Colture perenni	3.3	5 %	5 %
Prati, pascoli e bestiame	3.6	-	-
Alpeggi e bestiame	0.8	-	-
Totale	**11.3**	**1.5 %**	**1.5 %**

Tabella 49: Variazione dei ricavi dei diversi sub-settori agricoli a seguito della variazione del regime delle precipitazioni prevista dallo scenario 2060 debole e dallo scenario 2060 forte.

Impatti qualitativi

Ritardi nella semina

L'aumento delle precipitazioni primaverili a seguito dei cambiamenti climatici sarà rilevante soprattutto per lo scenario 2060 forte. In caso di precipitazioni troppo intense in primavera non è possibile procedere con la semina. Un aumento delle precipitazioni in questa stagione causerebbe una maggiore frequenza delle semine primaverili ritardate. Il ritardo nella semina porta ad una diminuzione della produttività a causa del minor tempo a disposizione per la maturazione dei raccolti.

Siccome solo per lo scenario forte l'aumento delle precipitazioni primaverili sarà considerevole (vedi cap. 4.3.2), il gruppo di lavoro valuta questo rischio per lo scenario forte come **molto minore** rispetto ai rischi considerati quantitativamente per il settore d'impatto agricoltura e lo valuta **non rilevante** per lo scenario debole.

Siccità generale e ondate di calore

Impatti quantitativi

Variazione dei ricavi

Per il settore d'impatto agricoltura la siccità generale è influente solo nei mesi estivi (durante il periodo di vegetazione delle colture all'aperto). Situazioni di siccità generale e di ondate di calore sono spesso correlate tra loro: un'ondata di calore estiva è spesso caratterizzata anche da un lungo periodo senza precipitazioni e viceversa. Un esempio di questa correlazione è l'estate 2003 in cui queste condizioni metereologiche estreme sono state molto più durature rispetto alla media pluriennale. Per l'agricoltura i dati legati alla diminuzione dei ricavi non possono essere separati rispetto ai due diversi effetti/pericoli. È inoltre probabile che trattando gli effetti separatamente i costi dovuti a siccità generale e ondate di calore siano minori rispetto a quelli degli effetti congiunti. Perciò questi effetti/pericoli saranno trattati assieme nel presente capitolo.

Per questi pericoli/effetti viene svolta un'analisi quantitativa complessiva per tutti i sub-settori agricoli ad eccezione degli alpeggi (i quali sono meno soggetti a ondate di calore) che sa-

ranno trattati in un'analisi qualitativa. Si ipotizza dunque che la produzione di ogni sub-settore analizzato sia ugualmente sensibile a queste condizioni climatiche estreme.

Situazioni di canicola e siccità sono caratterizzate da un forte aumento del fabbisogno d'irrigazione dei terreni coltivati legato alla forte evapotraspirazione delle piante (a causa della temperatura alta) e alla poca disponibilità di acqua nel terreno (dovuta al lungo periodo privo di precipitazioni). Le diverse colture reagiscono diversamente a periodi di questo genere; la crescita delle patate si ferma ad esempio quando la temperatura massima giornaliera raggiunge i 25°C mentre quella delle barbabietole a 30°C. Le verdure sono fra le colture più sensibili seguite da altre campicolture e dai prati (Fuhrer & Jasper, 2009). La canicola e la siccità saranno particolarmente critiche per terreni con una capacità di ritenzione idrica bassa, per i quali la disponibilità di acqua per la vegetazione potrebbe diminuire drasticamente già dopo pochi giorni di canicola e siccità. L'orticoltura di campo (non irrigata) è molto sensibile alla mancanza di irrigazione, tuttavia nel corso dell'estate 2003 la produzione di questo sub-settore è stata solo del 16 % inferiore rispetto alla media 2001-2010. Le colture perenni sono invece il sub-settore agricolo meno sensibile alla siccità poiché tramite le loro radici profonde raggiungono l'acqua anche negli strati più bassi del suolo. Le miscele per la coltura di foraggio in prati e pascoli naturali sono già attualmente poco idonee al clima temperato ticinese poiché prodotte per l'intera Svizzera. In futuro questa inidoneità potrebbe incrementarsi creando ulteriori problemi in periodi di siccità o ondate di calore. La morte per stress idrico della vegetazione di prati e pascoli potrebbe favorire l'accrescimento (negli spazi del terreno lasciati liberi) di specie non invasive adattate alla siccità che potrebbero però portare a un peggioramento della qualità del foraggio.

Nel 2003, anno estremo sia per le ondate di calore che per la siccità generale, in Svizzera si è osservata una diminuzione dei ricavi della produzione agricola complessiva (valore aggiunto netto) del 20 % (Keller & Fuhrer, 2004). In luoghi in cui le condizioni climatiche sono state particolarmente estreme questa diminuzione è arrivata al 50 % (Fuhrer & Jasper, 2009).

I mancati ricavi sono dovuti principalmente alla carente irrigazione dei terreni coltivati. A livello ticinese la superficie utile agricola attribuita a campicolture e orticolture (colture più sensibili alla mancanza di acqua) ammonta a circa 1'700 ha (valore per l'anno di riferimento 2010), 68 ha di orticoltura sono però coltivati in serra e vengono irrigati artificialmente (non sono sensibili a problemi di siccità) (SZG/CCM/CSO, 2015). Tuttavia le ondate di calore possono causare problemi anche alle orticolture in serra a causa delle elevate temperature che ne conseguono. La problematica del calore può essere gestita solo in alcuni casi, con costi supplementari, tramite misure quali i pannelli d'ombreggiamento o la pittura sui vetri (che poi va eliminata). I periodi di canicola e le temperature molto elevate hanno inoltre un influsso negativo sull'attività dei bombi che si ripercuote negativamente sulla fecondazione delle piante.

A livello teorico, per permettere un'ottimale irrigazione dei campi anche nei periodi di siccità e durante le ondate di calore, il 41 % della superficie di campicoltura e il 26 % della SAU totale in Ticino dovrebbe essere irrigato artificialmente (Fuhrer & Jasper, 2009). Siccome i costi per la corretta irrigazione di questa superficie sarebbero molto elevati e sarebbero giustificati solo per colture con un alto valore aggiunto come il riso e il mais da seme (Masseria Ramello, U. e A. Feitknecht), in periodi di canicola e siccità i campi non vengono irrigati ade-

guatamente. È inoltre da evidenziare che l'acqua utilizzata per l'irrigazione di campi agricoli arriva principalmente da due fonti; la falda e il fiume Ticino (acque trasportate ai campi tramite canali secondari). Secondo gli accordi per la regolazione del lago Maggiore tra Svizzera e Italia lo sfruttamento di queste risorse d'acqua in periodi critici va limitato poiché le acque che confluiscono nel lago Maggiore sono utilizzate anche in Lombardia per l'irrigazione di campi agricoli (Losa, 1999).

In Ticino il numero di giorni di canicola nel corso dell'estate 2003 è stato superiore rispetto al resto della Svizzera, ma siccome i terreni agricoli e le colture ticinesi sono maggiormente adattate ad un clima più arido e caldo, si considera che in questo anno la riduzione dei ricavi in Ticino sia stata uguale a quella svizzera (- 20 %). La diminuzione dei ricavi osservata nel 2003 viene considerata quale evento secolare.

Nel 2003 si sono osservati 66 giorni di canicola; 44 in più rispetto ai 22 giorni calcolati per lo scenario di riferimento (capitolo 4.5.12). Basando la diminuzione dei ricavi sul numero di giorni di canicola supplementare rispetto all'anno di riferimento, si ottiene una diminuzione dei ricavi per giorno aggiuntivo di canicola pari allo 0.45 % del valore aggiunto netto.

Sulla base dell'aumento del numero di giorni di canicola previsto per gli scenari 2060 debole e forte (vedi capitolo 4.5.12), si calcola una diminuzione dei ricavi per i sub-settori agricoli analizzati (valore aggiunto netto) del 10 % per lo scenario debole e del 21 % per lo scenario forte.

Nel bilancio totale (vedi capitolo 5.3.3) si considera che attualmente la variazione dei ricavi a causa dell'aumento delle ondate di calore sia uguale a 0 milioni di CHF/anno mentre per gli scenari futuri viene calcolata la variazione applicando la variazione percentuale del 10 % rispettivamente del 21 % al valore aggiunto netto ticinese dei subsettori agricoli analizzati (10.5 milioni di CHF).

Per le stime future l'incertezza è da ricondurre alle fluttuazioni annuali del valore aggiunto netto dell'agricoltura, alle difficoltà nell'attribuire una riduzione della produzione ad ondate di calore e siccità generale (la diminuzione del valore aggiunto netto dall'agricoltura a seguito della torrida estate 2003 era inoltre un valore medio svizzero e non prettamente ticinese) e alle incertezze dello sviluppo futuro di questi due pericoli/effetti; essa è considerata **media**.

Impatti qualitativi

Impatto sull'economia alpestre

L'economia alpestre è meno soggetta ad ondate di calore rispetto agli altri subsettori agricoli. Tuttavia nell'estate 2015 (caratterizzata da temperature molto elevate e svariati giorni di canicola) è stato osservato che lo stress termico può avere influenze importanti anche sugli alpeggi. La produzione di latte delle mucche da latte, ad esempio, diminuisce drasticamente quando la temperatura massima giornaliera supera i 25°C. Nell'estate 2015 si sono inoltre riscontrate delle carenze di acqua per l'abbeveraggio del bestiame che hanno reso necessaria, in alcuni casi, la posa di ulteriori tubature per l'approvvigionamento idrico. È comunque importante sottolineare che il fabbisogno di acqua per l'abbeveraggio dei capi è molto minore rispetto all'acqua necessaria per la coltivazione del foraggio (una mucca beve, ad esempio, 150 l di acqua al giorno. Questo quantitativo rappresenta il 10 % dell'acqua utilizzata per la coltivazione del foraggio per la stessa mucca).

Secondo uno studio di Agroscope (Blanke & Herzog, 2012) le alpi svizzere soffriranno meno rispetto al resto della Svizzera di problemi legati alla siccità; si prevede infatti che ad altitudini più elevate la diminuzione delle precipitazioni estive sarà meno marcata che in pianura. Nel capitolo 4.3.2 si può osservare che a San Bernardino (stazione ritenuta rappresentativa per i luoghi di montagna ticinesi) le precipitazioni sono già attualmente maggiori rispetto a Lugano e le previsioni future mostrano che in estate la loro diminuzione sarà meno significativa che in pianura. Questo aspetto sarà osservabile soprattutto nelle alte valli del Sopraceneri, mentre gli alpeggi del Sottoceneri saranno molto più soggetti a problemi di siccità estiva, a causa del terreno più calcareo (minor ritenzione idrica) e in parte a causa delle quote più basse.

La produzione di foraggio è strettamente legata alla durata dell'ondata di calore. Nel 2015 si sono osservate ondate di calore nei mesi di luglio e inizio agosto. Alla discesa degli animali dagli alpeggi, in alcuni casi, il foraggio è venuto a mancare ed è stato necessario utilizzare il foraggio di riserva per l'inverno (questo utilizzo genera costi per l'acquisto di foraggio supplementare in inverno).

Siccome gli alpeggi in altura saranno presumibilmente meno colpiti da siccità e ondate di calore estive che l'agricoltura sul piano di Magadino, il gruppo di lavoro valuta (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) questo rischio come **minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto agricoltura.

Gelo

Impatti qualitativi

Danni a terreni coltivati

In Ticino già attualmente il numero di giorni di gelo (giorni con una temperatura minima inferiore a 0°C) è molto ridotto: a Lugano si osservano 22 giorni di gelo/anno per lo scenario di riferimento (vedi capitolo 4.4.2).

Questi giorni di gelo sono ininfluenti sulla produzione agricola ticinese. Nella banca dati del fondo svizzero per i danni causati dalla natura (Elementarschädenfonds, 2015) dal 2000 ad oggi non risultano danni legati a questa condizione climatica. La diminuzione dei giorni di gelo prevista dagli scenari futuri non porterà dunque alcun vantaggio per la situazione agricola ticinese.

Per i motivi esposti il gruppo di lavoro valuta (per entrambi gli scenari) quest'opportunità come **non rilevante** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente per il settore d'impatto agricoltura.

Innalzamento della temperatura media

Impatti quantitativi

Variazione dei ricavi

L'innalzamento della temperatura media (se inferiore allo stress termico, analizzato per i pericoli/effetti delle ondate di calore e della siccità generale) è complessivamente positivo per l'agricoltura. Questo pericolo/effetto può manifestarsi in due modi: l'effetto diretto sulla cre-

scita delle piante (incluse le piante potenzialmente dannose per l'agricoltura) e l'effetto sulla durata del periodo di vegetazione.

La variazione dei ricavi a causa dell'innalzamento della temperatura media è basata sul reddito netto di ogni sub-settore agricolo (vedi Tabella 46). Si ipotizza dunque che i pagamenti diretti all'agricoltura rimangano costanti.

L'aumento del periodo di vegetazione (vedi capitolo 4.4.4) potrebbe portare ad un valore aggiunto alla campicoltura. Quest'opportunità potrebbe ad esempio essere sfruttata per la coltivazione di patate novelle (coltura poco diffusa sul territorio ticinese). Con l'innalzamento della temperatura invernale (e soprattutto con la diminuzione del rischio di gelo) sarà possibile seminare questi tuberi già a fine febbraio e permettere un'estensione del periodo di fornitura (in Ticino si producono patate da industria per la Zweifel). Con l'innalzamento della temperatura media sarà inoltre favorita la produzione di mais da seme e riso (sarà probabilmente possibile produrre quantitativi maggiori) (Masseria Ramello, U. e A. Feitknecht). È inoltre da considerare che queste condizioni (soprattutto le temperature invernali più miti) potrebbero favorire un aumento della diffusione di organismi nocivi e patogeni per le coltivazioni (come ad esempio la Reynoutria japonica) che porterebbe a un lieve aumento dei costi per i trattamenti da applicare per salvaguardare i raccolti. Complessivamente si ipotizza che l'innalzamento della temperatura media porti ad un aumento dei ricavi della campicoltura del 5 % per lo scenario 2060 debole e del 10 % per lo scenario 2060 forte.

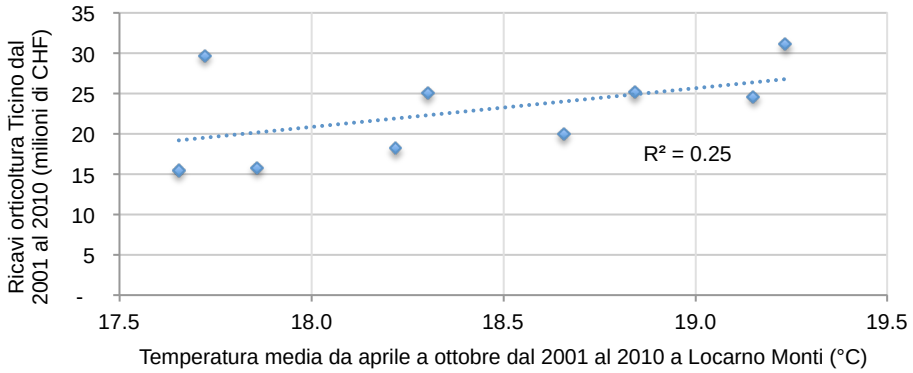


***Figura 102:** Correlazione tra i ricavi dell'orticoltura ticinese (Ufficio della consulenza agricola, 2012) e la temperatura media a Locarno Monti da aprile a ottobre dal 2001 al 2010 (OASI, 2015b). L'anno 2003 non è incluso nell'analisi.*

L'aumento della durata del periodo di vegetazione sarà favorevole anche per i ricavi dell'orticoltura. Analizzando i ricavi dell'orticoltura ticinese dal 2001 al 2010 (vendita ortaggi) si osserva infatti una (seppur debole) correlazione lineare positiva con la temperatura media dei mesi da aprile a ottobre (durata del periodo di vegetazione medio delle orticolture) a Locarno Monti (vedi Figura 102). Per permettere la comparabilità fra i ricavi dell'orticoltura nei diversi anni, questi dati sono stati normalizzati sulla base della superficie utile agricola utilizzata per l'orticoltura nel 2010 (UStat, 2012). L'anno 2003, nel quale con una temperatura media estiva di 20.4°C sono stati prodotti ortaggi per ca. 17 milioni di CHF (valore normalizzato sul 2010), è stato escluso da questa statistica siccome lo stress termico a causa delle ondate di calore e della siccità prolungata ha compromesso in parte la produzione (questo anno è analizzato per il pericolo/effetto ondate di calore e siccità generale). Come nel caso della campicoltura, è comunque possibile che malattie e parassiti trovino condizioni più favo-

revoli a seguito dell'innalzamento della temperatura media e delle temperature meno rigide in inverno. Sulla base dei dati esposti in precedenza si stima per lo scenario debole un aumento dei ricavi del 12 % per lo scenario debole e del 15 % per lo scenario forte.

Anche per le colture perenni (come la vigna) l'innalzamento della temperatura media e il conseguente allungamento del periodo di vegetazione avrà un influsso positivo sui ricavi. Analizzando i dati riportati nei rapporti sulla vendemmia dal 1990 (Sezione dell'agricoltura, 2015), in base alle temperature medie del periodo fra aprile e ottobre a Locarno Monti (OASI, 2015b) si osserva una correlazione positiva tra il contenuto di zucchero / la produzione di uve Merlot e le temperature medie (vedi Figura 103). Per permettere la comparabilità fra i quantitativi prodotti nei diversi anni, questi dati sono stati normalizzati sulla base della superficie viticola di Merlot nel 2010 (Sezione dell'agricoltura, 2015). La correlazione della temperatura con il contenuto di zucchero è più forte rispetto a quella con la quantità di uva prodotta (la quale è molto debole). Si può dunque ipotizzare che l'innalzamento delle temperature medie potrebbe portare ad un aumento della qualità dei prodotti significativo e ad un aumento meno significativo della quantità dei raccolti. L'aumento dell'indice di Huglin previsto come conseguenza dell'innalzamento della temperatura media nel 2060 (vedi capitolo 4.4.4) ha un potenziale elevato per la produzione viticola ticinese. L'aumento di questo indice consente un aumento del potenziale zuccherino e rende possibile la coltivazione in Ticino di varietà viticole che necessitano temperature elevate come ad esempio il Syrah e il Tempranillo. L'indice di Huglin previsto dallo scenario debole a Biasca e a Lugano sarebbe ad esempio molto vicino al valore ideale per il Syrah (capitolo 4.4.4). Questi tipi di vitigno sono già tuttora esistenti in Ticino. La tendenza ad una diminuzione dei vitigni tradizionali a favore di vitigni più esigenti è già in atto anche in Europa, dove dal 1990 al 2010 si è osservata una diminuzione dei vitigni di Merlot dal 90 % all'83 % (Sezione dell'agricoltura, 2015). Parallelamente a questo effetto positivo è probabile che si osserverà un aumento di altri organismi patogeni (come ad esempio la Drosophila Suzuki o il fitoplasma della vite trasmesso dal vettore Scaphoideus titanus) che potrebbero portare ad un aumento dei costi per i trattamenti delle colture perenni (Sezione dell'agricoltura Ticino, M. Bernasconi). Complessivamente il gruppo di lavoro valuta che per il sub-settore delle colture perenni, e in particolare per la viticoltura, i ricavi aumenteranno del 10 % per lo scenario debole che del 12 % per lo scenario forte.

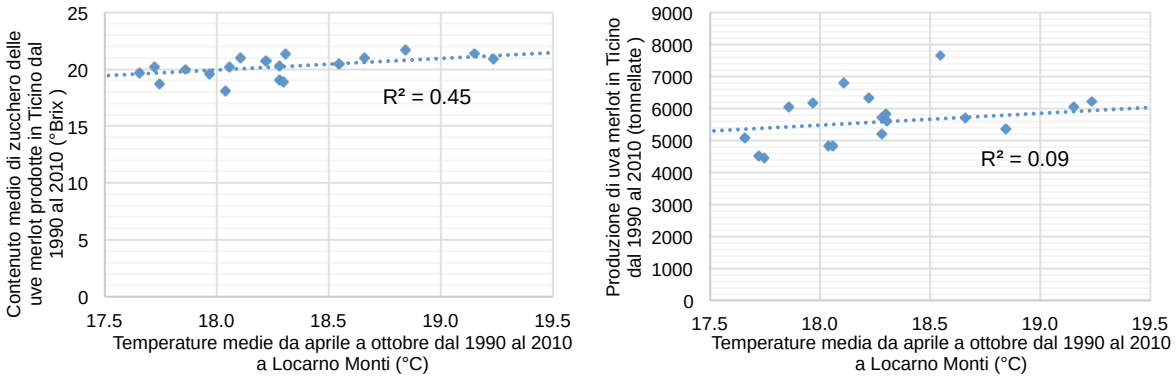


Figura 103: ***Correlazione tra il contenuto medio di zucchero, rispettivamente la produzione di uve Merlot prodotte in Ticino (Sezione dell'agricoltura, 2015) e la temperatura media a Locarno Monti da giugno a ottobre dal 1990 al 2010 (OASI, 2015b).***

Anche per il sub-settore prati, pascoli e bestiame l'aumento della temperatura media porterebbe un aumento dei ricavi legato principalmente all'allungamento del periodo di vegetazione (vedi capitolo 4.4.4). L'aumento della produttività di prati e pascoli sarà presumibilmente minore di quello previsto per le campicolture, le orticulture e le colture perenni (essi sono meno sensibili a questi cambiamenti). Anche in questo caso l'aumento della temperatura media potrebbe portare ad un aumento della diffusione di organismi patogeni e invasivi, che potrebbero causare un aumento dei costi per la lotta fitosanitaria, l'estirpazione o lo sradicamento di neofite invasive. Complessivamente si stima che i ricavi di prati, pascoli e bestiame possano aumentare del 7 % per lo scenario debole e del 10 % per lo scenario forte.

La produzione del sub-settore alpeggi e bestiame sarà favorita dall'allungamento del periodo di vegetazione. Queste condizioni permetteranno una crescita più veloce e migliore del foraggio. Questa crescita (congiuntamente ad un aumento della diversificazione delle erbe) favorisce la produzione e la qualità e la quantità dei formaggi prodotti negli alpeggi. Le temperature invernali più miti favoriranno, anche per questo sub-settore, la sopravvivenza di organismi patogeni e invasivi, i quali potrebbero causare un aumento dei costi per i trattamenti necessari. Un esempio è l'Ambrosia artemisifolia per la quale è stato emanato l'obbligo di estirpazione a causa della sua tossicità pericolosa per la salute (BAFU, 2014). La lotta contro le neofite invasive è particolarmente dispendiosa nelle regioni di alta montagna a causa delle ridotte vie d'accesso necessarie per l'utilizzo di macchinari appositi. È inoltre da considerare che l'innalzamento del limite del bosco potrebbe sottrarre terreno a alpeggi esistenti e/o incrementare i costi per il mantenimento di queste aree come prati. Complessivamente per il sub-settore alpeggi e bestiame si stima che i ricavi aumentino del 12 % per lo scenario debole del 20 % per lo scenario forte (quest'aumento è principalmente correlato all'aumento del valore aggiunto del latte convertito poi in formaggio).

Nella Tabella 50 sono raccolte le variazioni dei ricavi dei diversi sub-settori agricoli causate dall'aumento della temperatura media. Essendo la temperatura media un fattore molto influente sulla produzione agricola, ad essa vengono attribuiti tutti i ricavi dell'agricoltura per lo scenario di riferimento (vedi capitolo 5.3.3) mentre per gli scenari futuri sono calcolati i ricavi complessivi (valore aggiunto netto) che avrebbe l'agricoltura ticinese a seguito dell'innalzamento della temperatura media previsto dai due scenari.

	Valore aggiunto netto 2010	Variazione dei ricavi (%)	
		Scenario debole	Scenario forte
Campicoltura	0.3	5 %	10 %
Orticoltura	3.3	12 %	15 %
Colture perenni	3.3	10 %	12 %
Prati, pascoli e bestiame	3.6	7 %	10 %
Alpeggi e bestiame	0.8	12 %	20 %
Totale	**11.3**	**10 %**	**13 %**

Tabella 50: Variazione dei ricavi dei diversi sub-settori agricoli a seguito dell'innalzamento della temperatura media previsto dallo scenario 2060 debole e dallo scenario 2060 forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente a fluttuazioni annuali del valore aggiunto netto dell'agricoltura ticinese; essa è considerata **molto bassa**. Per le stime future sono inoltre da considerare le difficoltà nell'attribuire all'innalzamento della temperatura media alla variazione della produzione agricola e alla diffusione di organismi patogeni; essa è considerata **media**.

Tempeste e uragani

Impatti quantitativi

Danni a terreni coltivati

Tempeste e uragani (forti venti) possono causare danni considerevoli a terreni coltivati all'aria aperta e alle serre.

Per il pericolo "tempeste e uragani" l'unica banca dati che contiene dati specifici è il fondo svizzero per i danni causati dalla natura (vedi Tabella 47).

Applicando la metodologia esposta nel capitolo 3.5, si calcola un valore atteso dei danni ai terreni coltivati causati da questo pericolo naturale di circa 9'200 CHF/anno. Questi costi sono pari a circa lo 0.1 % del valore aggiunto netto dell'agricoltura ticinese nel 2010.

Analizzando la serie di dati disponibili tramite l'analisi di Gumbel (vedi capitolo 3.7), si può ricavare che in caso di un evento estremo questi danni potrebbero raggiungere circa i 90'000 CHF/anno.

Una previsione affidabile delle variazioni future di frequenza e intensità di tempeste e uragani causate dai cambiamenti climatici non è attualmente possibile. Negli scenari climatici 2060 debole e forte si assume quindi che frequenza e intensità dei fenomeni non cambieranno rispetto ad oggi. Allo scopo di tenere conto di possibili cambiamenti nei rischi di tempeste e uragani è stato valutato, attraverso un'analisi di sensitività, l'influsso di un aumento o una riduzione dei rischi di un fattore 1.5 sull'intero bilancio dei rischi e opportunità del settore d'impatto analizzato. I risultati sono presentati nel capitolo 5.3.4.

L'incertezza per lo scenario di riferimento è da ricondurre principalmente alla possibile non esaustività dei dati (è stata analizzata una sola banca dati) e alle fluttuazioni dei danni nei diversi anni; essa è considerata **bassa**.

5.3.3. Analisi quantitativa

I dettagli del calcolo del valore atteso e del periodo di ritorno degli impatti sul settore dell'agricoltura sono riportati nell'allegato A4 mentre i dettagli dell'analisi di Gumbel svolta per gli eventi estremi sono riportati nell'allegato A8.

Costi e ricavi attuali e per gli scenari 2060

Nella Figura 104 sono esposti i costi e i ricavi legati ai diversi pericoli ed effetti influenti sul settore d'impatto agricoltura per lo scenario di riferimento e per i due scenari futuri (i valori sono riportati nella Tabella 51).

Pericolo/effetto	Scenario di riferimento (milioni di CHF)			Scenario 2060 debole (milioni di CHF)			Scenario 2060 forte (milioni di CHF)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Alluvioni									
Danni a terreni coltivati	-1.7	-2.2	-2.8	-1.1	-2.2	-4.4	-1.5	-3.1	-6.1
Frane/Colate detritiche									
Danni a terreni coltivati	-0.3	-0.3	-0.4	-0.2	-0.4	-0.7	-0.3	-0.5	-1.0
Forti temporali/Grandine									
Danni e perdite di rendimento di terreni coltivati	-0.5	-0.6	-0.8	-	-	-	-	-	-
Variazione del regime delle precipitazioni									
Rendimenti e qualità dei prodotti	0	0	0	0.08	0.16	0.33	0.08	0.16	0.33
Siccità generale e ondate di calore									
Rendimenti e qualità dei prodotti	0	0	0	0	-1.0	-2.0	-1.1	-2.2	-4.4
Innalzamento della temperatura media									
Rendimenti e qualità dei prodotti	10.5	11.3	12.4	6.2	12.4	24.7	6.4	12.7	25.4
Tempeste/Uragani									
Danni a terreni coltivati	-0.007	-0.009	-0.012	-	-	-	-	-	-
Bilancio	**6**	**8**	**10**	**-2**	**8**	**23**	**-6**	**6**	**22**

Tabella 51: Costi e ricavi degli impatti (suddivisi per effetto/pericolo) analizzati quantitativamente per il settore d'impatto agricoltura. Sono rappresentati sia i costi attuali (scenario di riferimento 2010) che i costi futuri previsti per lo scenario 2060 debole e lo scenario 2060 forte. Gli effetti/pericoli evidenziati in verde sono opportunità per il settore d'impatto agricoltura, quelli evidenziati in rosso sono rischi mentre per quelli evidenziati in blu è stata svolta un'analisi di sensibilità.

I pericoli naturali che causano attualmente i maggior danni ai terreni agricoli sono le alluvioni. L'aumento di questo pericolo naturale previsto per lo scenario 2060 forte rappresenta dunque un importante rischio per questo settore. I danni a terreni agricoli causati da frane/colate detritiche, forti temporali/grandine e tempeste/uragani sono meno importanti per il settore.

Un'opportunità importante per il settore d'impatto agricoltura è l'aumento dei ricavi dell'agricoltura grazie all'aumento della temperatura media e, in minima parte, all'aumento delle precipitazioni invernali e primaverili. È comunque da sottolineare che l'aumento della frequenza di periodi siccitosi e di ondate di calore porta ad una diminuzione delle quantità e delle qualità dei prodotti agricoli.

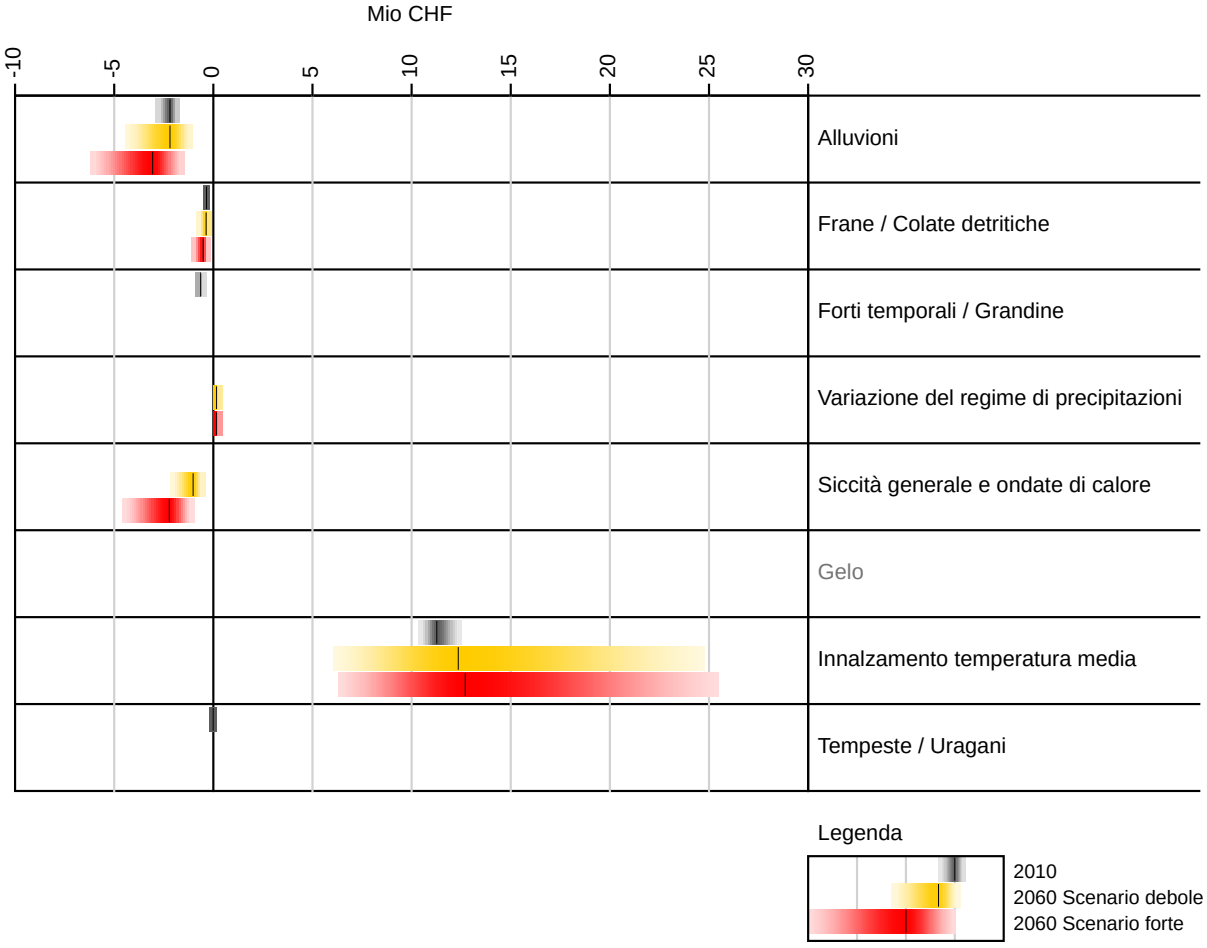


***Figura 104:** Costi (negativi) e ricavi (positivi) per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto agricoltura per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte". La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.*

Eventi estremi

Nella Figura 105 sono raffigurati i costi che un evento estremo (di ogni pericolo/effetto) causerebbe sul settore d'impatto agricoltura. Siccome le incertezze per gli eventi estremi sono difficili da definire nel grafico non sono rappresentate le bande di errore. Si tratta tuttavia sicuramente di incertezze molto grandi.

Le alluvioni sono il pericolo naturale che può avere un impatto più grande sull'agricoltura. Si può infatti notare che un'alluvione estrema causa già oggi costi molto maggiori rispetto agli eventi estremi degli altri pericoli naturali. Lo scenario forte, che ipotizza un aumento delle alluvioni, prevede che un evento estremo possa causare costi per l'agricoltura di circa a 28 milioni di CHF/anno.

Eventi estremi dei restanti pericoli/effetti causano costi o mancati ricavi inferiori a 5 milioni di CHF/anno.

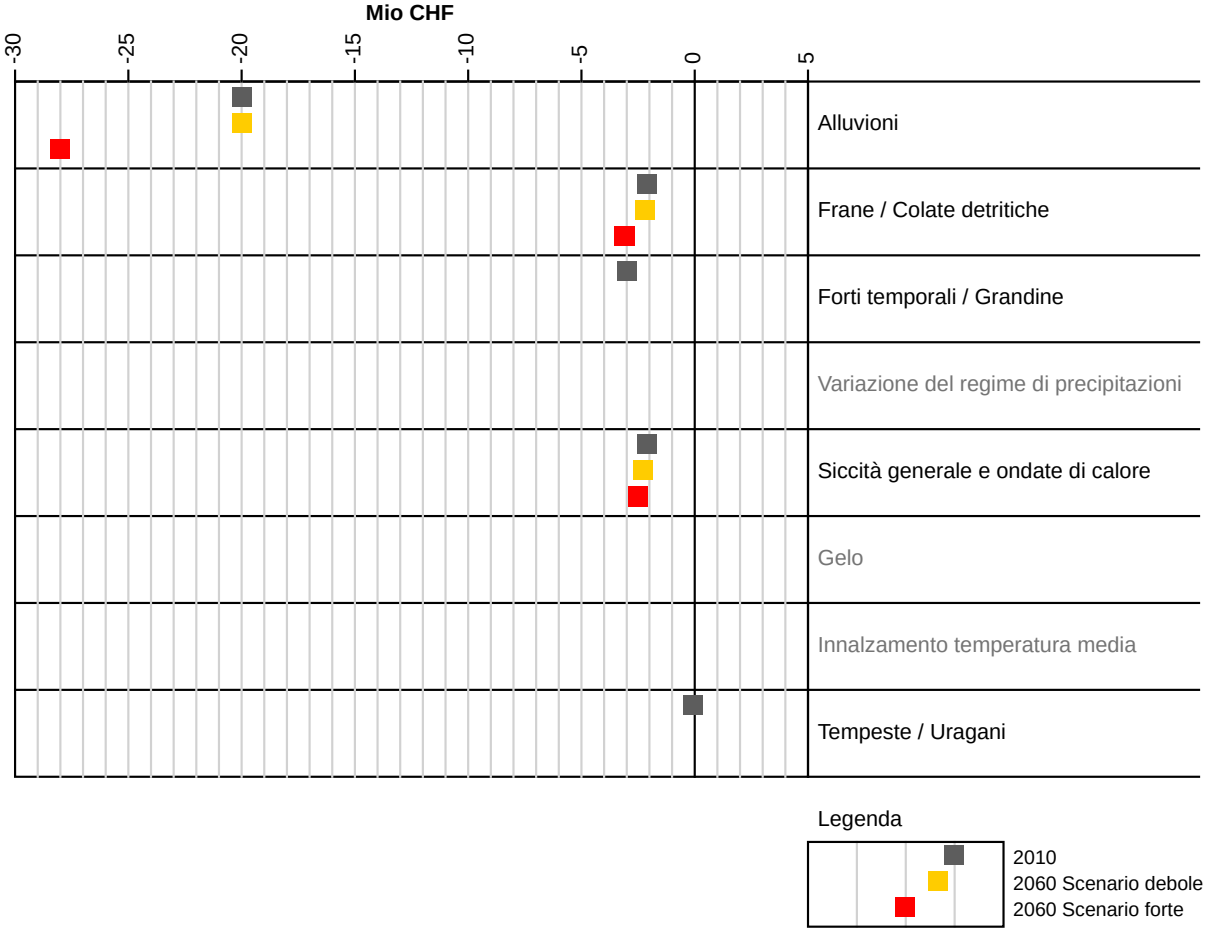


Figura 105: Costi (negativi) e ricavi (positivi) di un evento estremo per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto agricoltura per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte".

Rischi, opportunità e bilancio finale per il settore d'impatto agricoltura

Nella Figura 106 sono esposte le somme dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore agricoltura.

Nel grafico dei rischi sono considerati l'aumento dei costi per i danni causati dai pericoli naturali che tenderanno ad aumentare in futuro (alluvioni e frane/colate detritiche) e la diminuzione dei ricavi a causa dell'aumento delle ondate di calore e dei periodi di siccità. In media si osserva un aumento dei costi pari a circa 1 milione di CHF/anno per lo scenario 2060 debole e di ca. 3 milioni di CHF/anno per lo scenario 2060 forte.

Le opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto agricoltura sono legate principalmente all'aumento dei ricavi a seguito dell'innalzamento della temperatura media e della

variazione del regime delle precipitazioni. Essi aumenteranno di circa 1.2 milioni di CHF/anno per lo scenario 2060 debole e di ca. 1.6 milioni di CHF/anno per lo scenario 2060 forte.

Il bilancio totale (in basso nella Figura 106) mostra che i cambiamenti climatici avranno presumibilmente un effetto totale leggermente positivo per lo scenario 2060 debole e leggermente negativo per lo scenario 2060 forte. È comunque da considerare anche la grande incertezza relativa a questi cambiamenti.

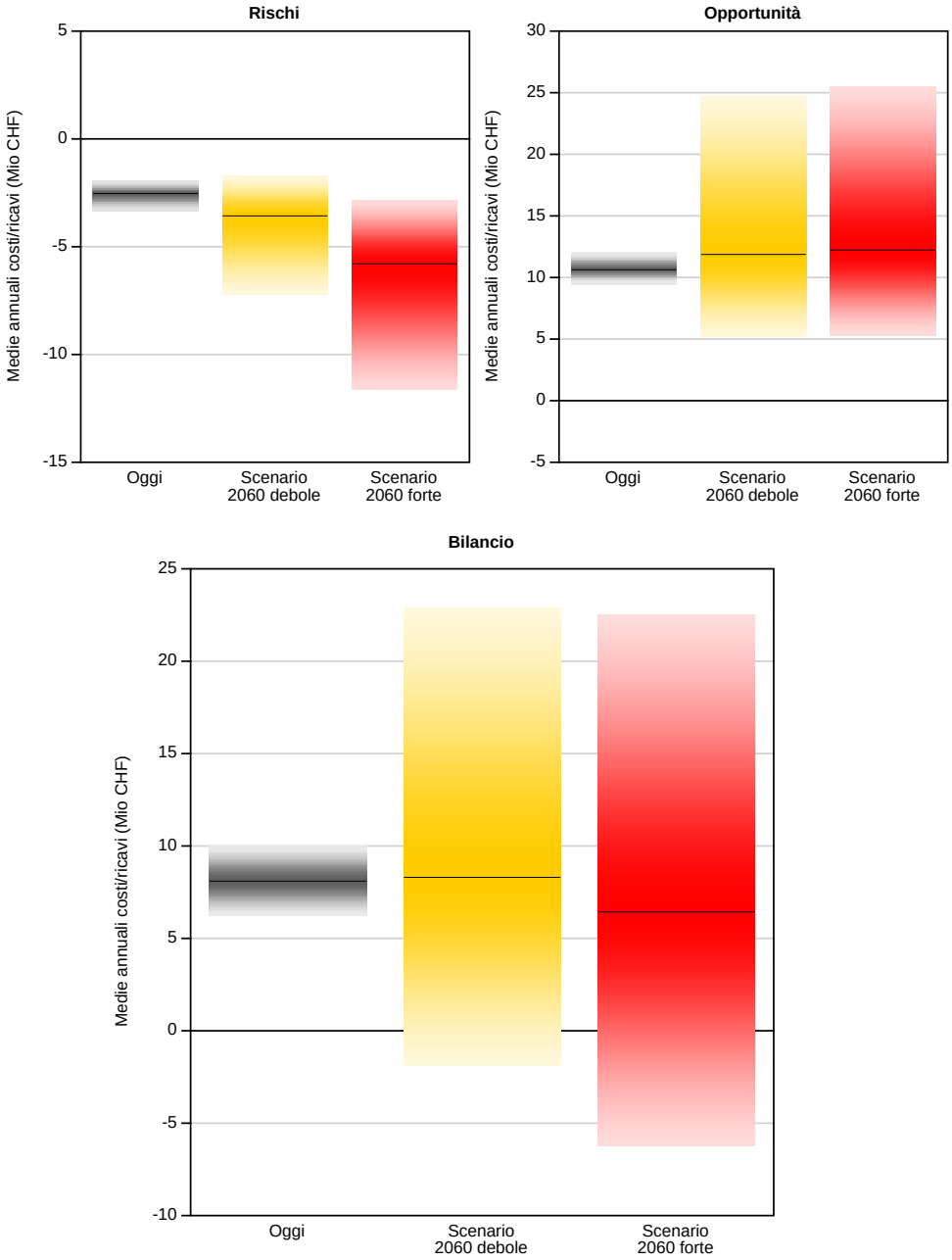


Figura 106: ***In alto: Rischi e opportunità dei cambiamenti climatici legati al settore d'impatto agricoltura per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte": i costi assumono valori negativi mentre i ricavi valori positivi. Da notare che i rischi sono una conseguenza della diminuzione della somma di ricavi e costi, mentre le opportunità di un aumento della stessa. In basso: bilancio totale degli effetti dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto agricoltura. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.***

5.3.4. Analisi di sensitività

Una previsione affidabile dei cambiamenti futuri dei rischi associati a forti temporali/grandine e tempeste/uragani per gli scenari debole e forte non è possibile. Nelle tabelle seguenti è presentata, nell'ottica di un'analisi di sensitività, la differenza del bilancio totale degli scenari debole e forte rispetto a quello di riferimento in funzione di eventuali cambiamenti nella frequenza di forti temporali/grandine e tempeste/uragani. A titolo di confronto il bilancio per lo scenario di riferimento (ricavi detratti i costi) nel settore agricoltura ammonta a 8 milioni di CHF di costi.

Scenario DEBOLE		**Cambiamenti frequenza forti temporali/grandine**		
		0.67	1	1.5
Cambiamenti frequenza tempeste/uragani	0.67	0.42	0.21	-0.11
	1	0.42	0.21	-0.11
	1.5	0.41	0.20	-0.11

Tabella 52: Differenze nel bilancio totale (in milioni di CHF) del settore agricoltura fra lo scenario debole e lo scenario di riferimento in funzione di eventuali cambiamenti futuri nella frequenza di temporali e tempeste/uragani (0.67 = Diminuzione della frequenza di un fattore 0.67; 1.5 = Aumento di un fattore 1.5).

Scenario FORTE		**Cambiamenti frequenza forti temporali/grandine**		
		0.67	1	1.5
Cambiamenti frequenza tempeste/uragani	0.67	-1.45	-1.66	-1.98
	1	-1.46	-1.66	-1.98
	1.5	-1.45	-1.67	-1.99

Tabella 53: Differenze nel bilancio totale (in milioni di CHF) del settore agricoltura fra lo scenario forte e lo scenario di riferimento in funzione di eventuali cambiamenti futuri nella frequenza di temporali e tempeste/uragani (0.67 = Diminuzione della frequenza un fattore 0.67; 1.5 = Aumento di un fattore 1.5).

In generale si può osservare che forti temporali e grandine hanno un influsso maggiore sul totale dei costi rispetto a tempeste e uragani (i quali hanno un influsso molto ridotto).

Un aumento di entrambi questi pericoli potrebbe portare ad un aumento dei costi per l'agricoltura abbastanza importante. Per lo scenario debole l'aumento di forti temporali e grandine potrebbe portare ad un bilancio negativo dei cambiamenti climatici (in questo caso i rischi prevarrebbero sulle opportunità). Per lo scenario forte un aumento di entrambi i pericoli porterebbe ad un aumento dei costi pari al 19 % rispetto alla situazione senza cambiamenti.

La diminuzione della ricorrenza di forti temporali e grandine e tempeste e uragani potrebbe portare ad una diminuzione dei costi totali di questo settore d'impatto fino al 13 % (scenario forte).

5.3.5. Analisi qualitativa

Nella Figura 107 è rappresentata la rilevanza dei rischi e delle opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto agricoltura rispetto agli impatti valutati quantitativamente. I fattori di comparabilità stimati sono raffigurati in funzione dei diversi effetti e pericoli dei cambiamenti climatici e in funzione dello scenario climatico (debole e forte).

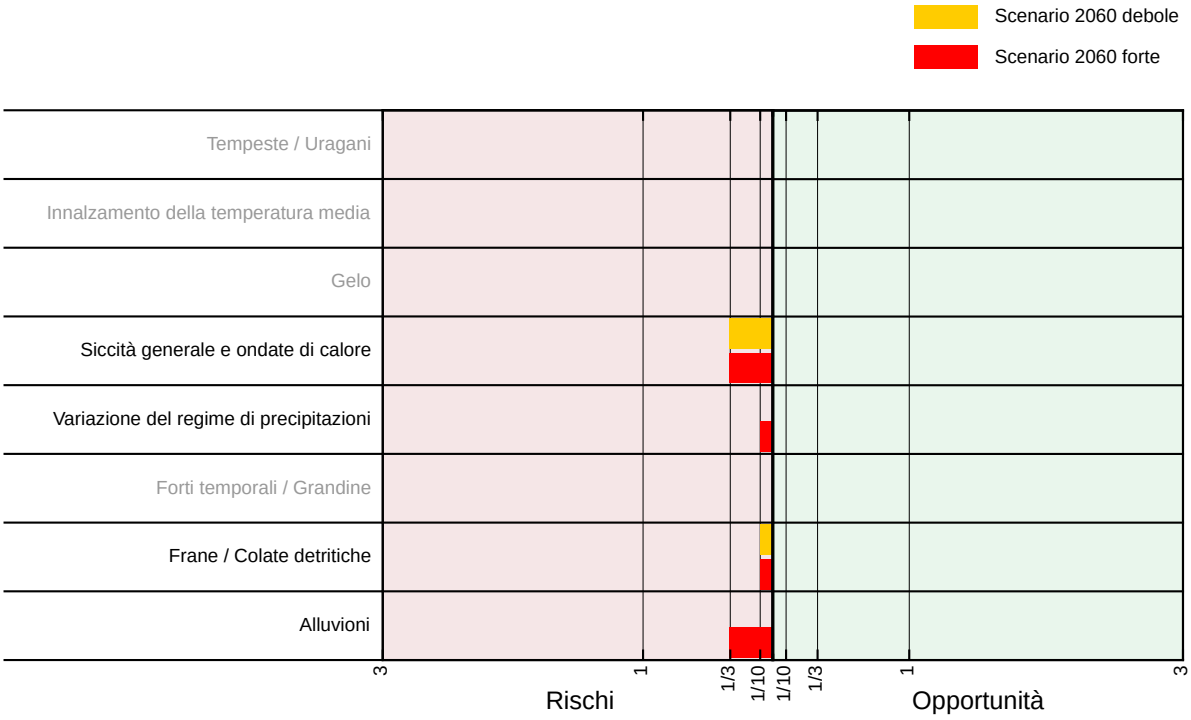


Figura 107: Valutazione degli impatti qualitativi tramite fattori di conversione, secondo rischio/effetto dei cambiamenti climatici, per lo scenario 2060 forte (rosso) e 2060 debole (giallo). Sulla sinistra del grafico sono esposti i fattori per i rischi mentre sulla destra i fattori per le opportunità.

Dal bilancio totale degli impatti valutati qualitativamente risulta che i rischi (legati principalmente alle perdite di rendimento a causa dei pericoli naturali, all'aumento nei ritardi nella semina primaverile e all'effetto negativo di periodi di siccità estiva e ondate di calore sull'economia alpestre) hanno un impatto **minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente.

Nella Tabella 54 sono esposti gli impatti qualitativi monetizzati per il settore agricoltura.

Settore d'impatto	**Impatti qualitativi (milioni di CHF)**			
	Scenario debole		**Scenario forte**	
	Rischi	Opportunità	Rischi	Opportunità
Agricoltura	-0.45	0	-2.83	0

Tabella 54: Monetizzazione dei rischi e delle opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto agricoltura (scenario 2060 debole e scenario 2060 forte).

5.3.6. Scenario socioeconomico 2060

Superficie agricola

Nel 2060 si ipotizza una riduzione della superficie agricola ticinese del 6 % (vedi capitolo 4.6) rispetto a quella attuale. La diminuzione di questa superficie comporterà una diminuzione dei danni e delle perdite di rendimento ai terreni agricoli a causa di pericoli naturali (alluvioni, frane/colate detritiche, forti temporali/grandine e tempeste/uragani).

Valore aggiunto netto dell'agricoltura

L'agricoltura ticinese in futuro perderà sempre di più la sua importanza economica. Entro il 2060 si stima che il suo valore aggiunto netto diminuisca del 25.5 %. A causa di questa diminuzione diminuiranno i ricavi generali del settore.

L'incertezza dello scenario socioeconomico per il settore d'impatto agricoltura è considerata **media**.

Scenario socioeconomico 2060 agricoltura

	Costi/ricavi attuali (milioni CHF)			Fattore di conversione	Costi/ricavi 2060 (milioni CHF)		
	Min	Media	Max		Min	Media	Max
Alluvioni							
Danni a terreni coltivati	-1.7	-2.2	-2.8	0.94	-1.0	-2.1	-4.1
Frane/Colate detritiche							
Danni a terreni coltivati	-0.3	-0.3	-0.4	0.94	-0.2	-0.3	-0.6
Forti temporali/Grandine							
Danni e perdite di rendimento di terreni coltivati	-0.5	-0.6	-0.8	0.94	-0.3	-0.6	-1.2
Variazione del regime delle precipitazioni							
Rendimenti e qualità dei prodotti	0	0	0	0.75	0	0	0
Siccità generale e ondate di calore							
Rendimenti e qualità dei prodotti	0	0	0	0.75	0	0	0
Innalzamento della temperatura media							
Rendimenti e qualità dei prodotti	10.5	11.3	12.4	0.75	4.2	8.4	16.8
Tempeste/Uragani							
Danni a terreni coltivati	-0.007	-0.009	-0.012	0.94	-0.004	-0.01	-0.02
Totale	**6.4**	**8.1**	**9.9**	**-**	**-1.8**	**5.4**	**15.3**

Tabella 55: Scenario socioeconomico 2060 per il settore d'impatto agricoltura. I rischi e le opportunità socioeconomiche 2060 sono calcolate tramite un fattore di conversione specifico per ogni effetto/pericolo.

Lo scenario socioeconomico per il settore d'impatto agricoltura (come si può osservare nella Tabella 55 e nella Figura 108) mostra che in futuro (senza considerare l'influsso dei cambiamenti climatici) i ricavi di questo settore diminuiranno. La diminuzione è da collegare alla diminuzione del valore aggiunto netto dell'agricoltura. La diminuzione dei danni causati da pericoli naturali a seguito della diminuzione ipotizzata della superficie agricola è invece di minore importanza.

Analizzando parallelamente i cambiamenti previsti dallo scenario socioeconomico e dagli scenari climatici 2060 si può costatare che per il settore d'impatto agricoltura i cambiamenti socioeconomici futuri avranno un influsso pressappoco comparabile sui costi e i ricavi rispetto ai cambiamenti climatici.

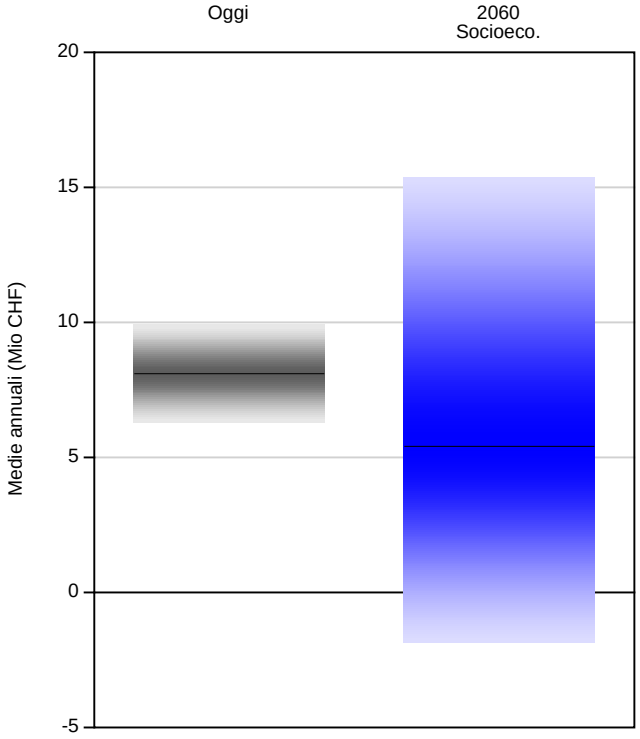


Figura 108: Rappresentazione grafica dei costi/ricavi attuali e per lo scenario socio-economico 2060 (ipotizzando che il clima rimanga uguale a quello attuale) per il settore agricoltura. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.

5.3.7. Riassunto settore agricoltura

L'analisi (qualitativa e quantitativa) degli impatti dei cambiamenti climatici sul settore agricolo in Ticino ha evidenziato importanti rischi. I rischi dei cambiamenti climatici sono **piuttosto negativi** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte (perdite di ca. 1 milione di CHF/anno risp. 3 milioni di CHF/anno). Le opportunità si sono invece rilevate **piuttosto positive** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte (benefici di ca. 1.2 milioni di CHF/anno risp. 1.6 milioni di CHF/anno). Complessivamente l'impatto è risultato **neutro** per lo scenario debole (benefici di ca. 0.2 milioni di CHF/anno) e **piuttosto negativo** per lo scenario forte (perdite di ca. 2 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

Gli impatti socioeconomici sui settori dell'agricoltura influenzati dai cambiamenti climatici sono invece stati valutati come **piuttosto negativi** (perdite di circa 2.7 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

5.4. BOSCO E ECONOMIA FORESTALE

5.4.1. Parametri principali: situazione attuale

Descrizione del bosco ticinese

La superficie di bosco del Cantone Ticino ha un'estensione di 148'500 ha, pari al 52.6 % della superficie cantonale. Data la sua notevole estensione, il bosco caratterizza in maniera marcata il territorio del Cantone dal fondovalle fino alle quote superiori (vedi Figura 109).

Il clima e le caratteristiche geomorfologiche del Cantone contribuiscono inoltre a rendere la copertura boschiva molto variegata. A livello cantonale le specie forestali più diffuse sono il castagno (20 %) e il faggio (20 %). Seguono l'abete rosso (15 %), il larice (13 %), l'abete bianco (3 %) e la quercia (3 %). Le specie rimanenti (26 %) si suddividono tra le numerose essenze forestali frondifere e conifere che caratterizzano i boschi del Cantone (Sezione forestale Cantonale, 2007).

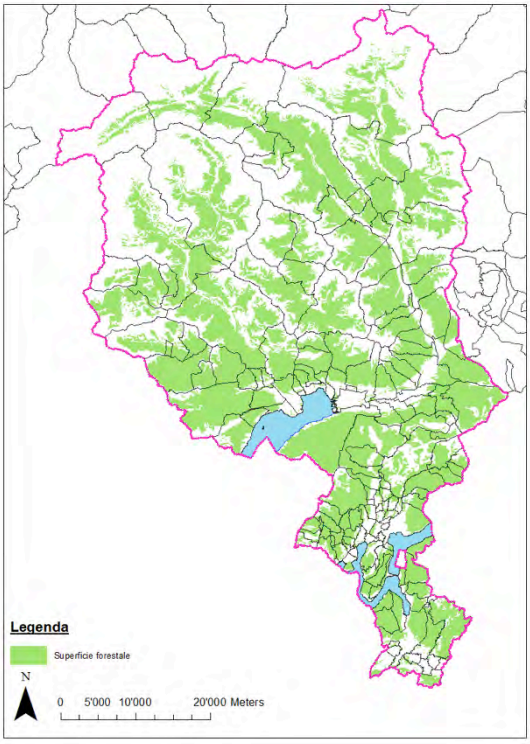


Figura 109: Superficie forestale del Cantone Ticino.

Il bosco ticinese è di proprietà prevalentemente pubblica (79 %), in gran parte dei patriziati. La quota parte di proprietà privata (21 %) si situa generalmente nelle immediate vicinanze delle aree urbanizzate del Ticino centro-meridionale.

Per i boschi ticinesi la funzione produttiva risulta di secondaria importanza. Si può affermare che, oltre alle importanti funzioni naturalistiche, paesaggistiche e di svago, il bosco ticinese riveste una fondamentale funzione di protezione dai pericoli naturali. Secondo i dati del progetto *SilvaProtect*, risulta infatti che ca. il 20 % dei boschi di protezione della Svizzera si trovano in Ticino. A livello cantonale si stima invece che ben il 39 % dei boschi assumono una funzione di protezione diretta nei confronti di insediamenti, infrastrutture e vie di comunica-

zione. Per la sua posizione geografica all'interno dell'arco alpino e per le morfologiche del territorio, il Cantone Ticino è infatti soggetto alla maggior parte delle tipologie di pericolo naturale, dagli alluvionamenti alle esondazioni, dalle valanghe alle frane e alla caduta massi. In un simile contesto appare evidente che la presenza di un'estesa area boschiva costituisce un elemento di fondamentale importanza per la mitigazione degli effetti di questi fenomeni naturali (Sezione forestale Cantonale, 2007).

Ruolo dell'economia forestale in Ticino

In Ticino il bosco non riveste una particolare funzione produttiva. Tuttavia la filiera bosco-legno impiega ca. 1'600 professionisti e 200 apprendisti, ripartiti in circa 300 aziende.

L'indotto economico generato dai lavori forestali raggiunge un importo di circa 15 milioni di CHF all'anno (Sezione forestale Cantonale, 2007).

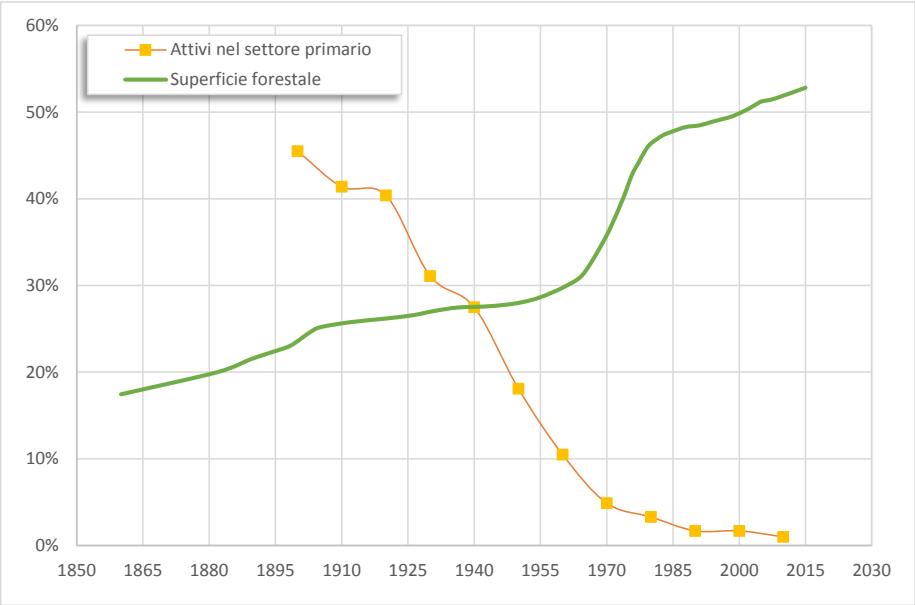


Figura 110: Evoluzione della superficie boschiva cantonale (WSL, 2015a) e delle persone attive nel settore primario (Bettelini, 2014).

L'accrescimento annuo del bosco ticinese è pari a circa 500'000 mc (Sezione forestale Cantonale, 2007). Tuttavia, solo una minima parte di questo accrescimento, ovvero circa 98'000 mc (ca. 20 %), viene utilizzata ogni anno. Del volume di legna utilizzato, circa il 30 % è impiegato come legname d'opera, mentre il restante 70 % è sfruttato come vettore energetico (Sezione forestale cantonale, 2014).

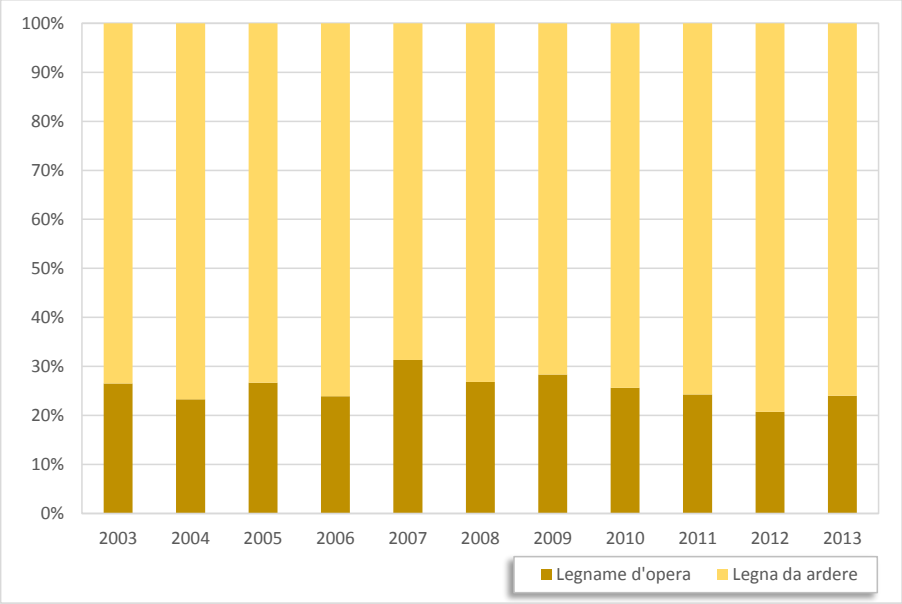


Figura 111: ***Ripartizione della produzione nei diversi assortimenti legnosi (Sezione forestale cantonale, 2014).***

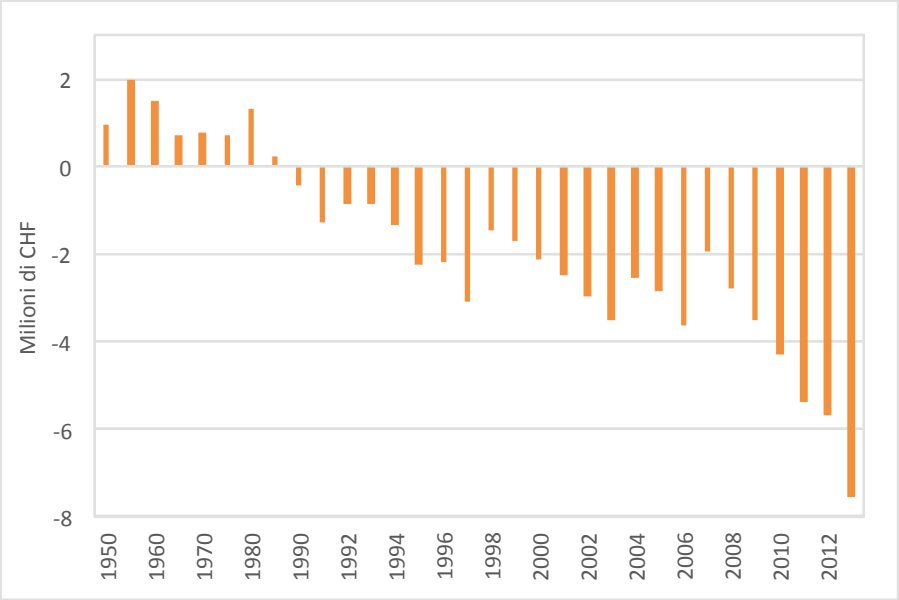


Figura 112: ***Evoluzione del ricavo dalla vendita di legname (al netto delle spese) (Sezione forestale cantonale, 2014).***

5.4.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060

Sulla base della matrice di rilevanza (vedi Tabella 41) nel caso del settore d'impatto del bosco e dell'economia forestale devono essere analizzati i seguenti pericoli e effetti: valanghe, forti nevicate, frane/colate detritiche, siccità generale, incendi boschivi, ondate di calore, caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia, innalzamento della temperatura media e tempeste/uragani. Gli impatti analizzati per ciascun pericolo e effetto sono riassunti nella Tabella 56. La tabella mostra anche il tipo di valutazione – quantitativa o qualitativa – adottata per i diversi impatti.

Una rappresentazione schematica degli impatti sul settore bosco ed economia forestale è consultabile nella Figura 113. Nell'analisi di questo settore d'impatto sono considerati gli effetti dei cambiamenti climatici sui popolamenti forestali, con particolare riferimento alla funzione protettiva dei boschi. Sostanzialmente si intende valutare gli effetti dei cambiamenti climatici in relazione ai danni diretti ai soprassuoli, alle conseguenze sull'accrescimento e sul limite superiore del bosco, alla diffusione di specie vegetali neofite invasive e di organismi esotici dannosi. Infine, saranno valutate le possibili ripercussioni dei cambiamenti climatici sul mercato del legno.

Nel settore d'impatto "bosco ed economia forestale" non sono invece valutati gli aspetti riguardanti la varietà di specie e degli habitat naturali nel bosco, i quali sono oggetto di analisi nel settore d'impatto "biodiversità". Anche le conseguenze sulle infrastrutture forestali non rientrano nella seguente analisi, in quanto considerate nel settore d'impatto "infrastrutture ed edifici".

Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici

La Confederazione, nella prima parte della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, ha definito i diversi campi d'intervento. Nelle ultime colonne della Tabella 56 sono indicati i campi d'intervento della strategia svizzera corrispondenti ai diversi rischi e opportunità per il Canton Ticino e possibili misure per mitigare questi rischi e sfruttare le opportunità. Le misure sono state definite nella seconda parte della strategia d'adattamento (vedi capitolo 2.1). Una spiegazione delle abbreviazioni dei campi d'intervento e delle misure è consultabile all'allegato A1.

I campi d'intervento più rilevanti per il bosco e l'economia forestale a livello ticinese risultano essere EF1 (boschi di protezione critici), EF4 (altre stazioni forestali) e PN5 (bosco di protezione). Le misure d'adattamento che potrebbero invece favorire maggiormente questo settore sono le misure per limitare e monitorare i pericoli naturali (pn1-pn7) e le misure ef1 (rinnovazione precoce dei boschi di protezione in stato critico con insufficiente rigenerazione e ridotta stabilità del popolamento) e ef4 (basi rilevanti per i boschi).

Pericolo/effetto	Valutazione quantitativa	Valutazione qualitativa	Campi d'intervento	Misure
Valanghe	Diminuzione dell'attività valanghiva con conseguenze sulle foreste (in particolare sui boschi di protezione).		EF1	pn1-pn7; ef1
Forti nevicate	Diminuzione dei danni da schianto da neve ai popolamenti dovuti a un evento estremo.		EF2	ef4
		Diminuzione dei danni da schianto da neve sui popolamenti forestali.	EF2	ef4
Frane/colate detritiche	Aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi con conseguenze sulle foreste (in particolare sui boschi di protezione).		EF1	pn1-pn7; ef1
Siccità generale		Incremento della mortalità a seguito dello stress idrico. Possibili danni ai boschi di protezione.	PN5; EF1; EF2; EF3; EF4	pn1-pn7; ef1; ef2; ef3; ef4
		Diffusione di specie neofite invasive che non garantiscono la funzione protettiva del bosco (concorrenza con specie autoctone).	PN5; EF1; B3	pn1-pn7; ef1; ef2; b7
Incendi boschivi	Aumento dei costi di spegnimento dell'incendio e ripristino delle funzioni protettive nei boschi di protezione colpiti.		EF1; EF3; EF4	ef1; ef2; ef3; ef4
		Diffusione di specie neofite invasive (colonizzazione delle aree colpite da incendio) che non garantiscono la funzione protettiva del bosco.	EF1; B3	ef1; ef2; b7
Ondate di calore		Aumento della mortalità delle piante e conseguenze sulla funzione di protezione del bosco.	PN5; EF1; EF4	pn1-pn7; ef1; ef3; ef4
Caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia	Diminuzione delle conseguenze sulle foreste (in particolare sui boschi di protezione).		EF1	pn1-pn7; ef1
Innalzamento della temperatura media		Aumento della mortalità a seguito dello stress termico. Possibile effetto sulla funzione di protezione del bosco. Diffusione di specie neofite invasive che non garantiscono la funzione protettiva del bosco (concorrenza con specie autoctone.	PN5; EF1; EF3; EF4; B3	pn1-pn7; ef1; ef2; ef3; ef4

		Innalzamento del limite del bosco e variazione della composizione (specie) e nella struttura del bosco alle differenti fasce altitudinali.	EF3; EF4	ef4
Tempeste/Uragani	Variazione delle conseguenze sul mercato del legno (elevata offerta improvvisa con conseguente crollo dei prezzi del legno).			
		Variazione dei costi di ripristino delle funzioni protettive nei boschi di protezione colpiti da tempeste/uragani e variazione dei costi di esbosco del legname oggetto di schianto e sradicamento.	PN5; EF1; EF2; EF4	pn1-pn7; ef1 ef3

Tabella 56: Impatti analizzati per il settore d'impatto bosco e economia forestale. Gli impatti sono suddivisi per impatti valutati quantitativamente e impatti valutati qualitativamente. In rosso sono riportati i rischi, in verde le opportunità e in blu gli impatti valutati tramite un'analisi di sensitività.

Modello degli impatti

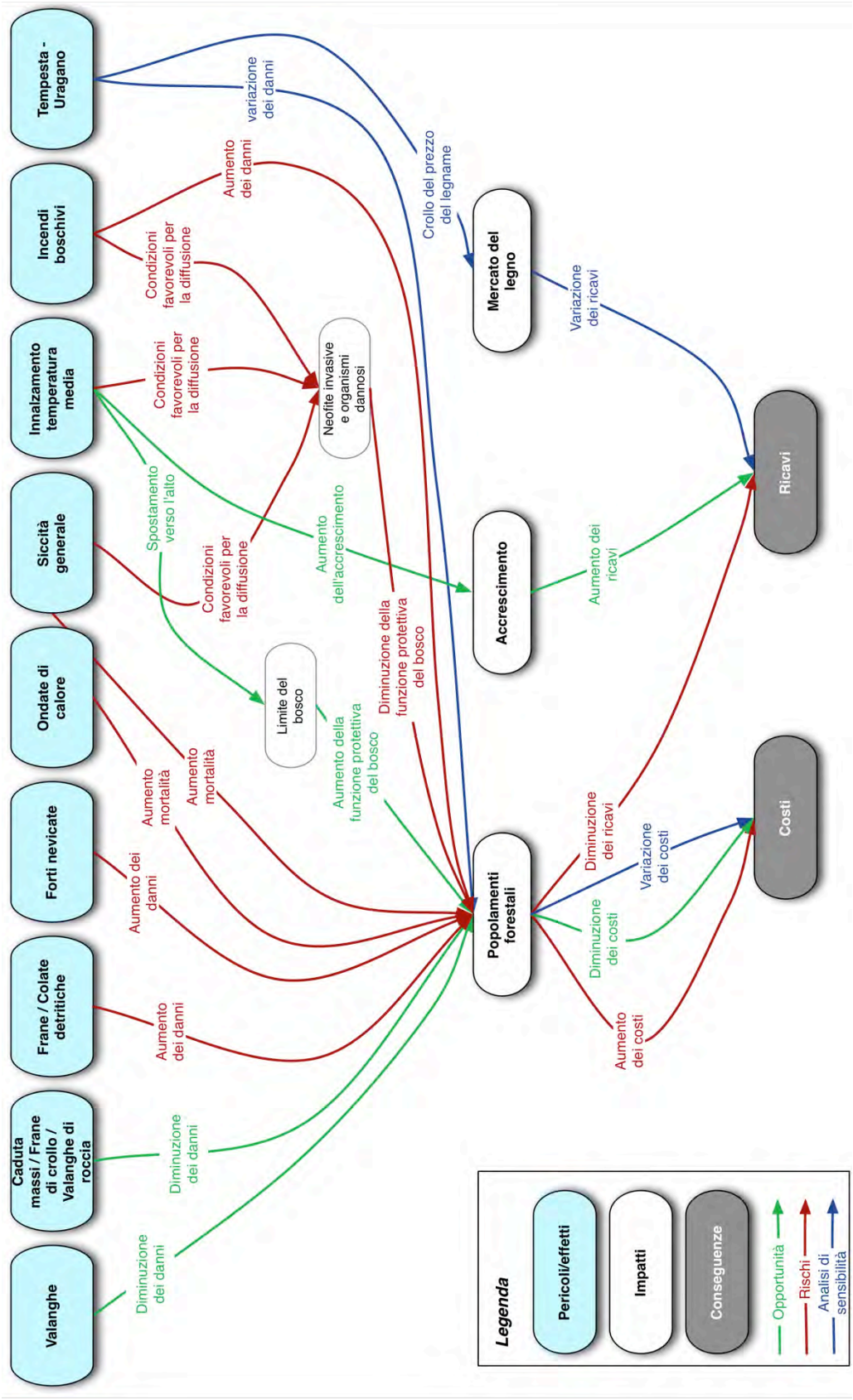


Figura 113: Rappresentazione schematica degli effetti dei cambiamenti climatici sugli impatti per il settore bosco e economia forestale.

Valanghe

Considerato il territorio montuoso, le valanghe costituiscono un importante potenziale di danno per i boschi del Cantone Ticino.

Di maggior impatto per il bosco sono in genere le valanghe con distacco alle quote elevate. Le valanghe che hanno origine al di sopra del limite del bosco (> 2'000 m s.l.m.), oltre ad assumere dimensioni generalmente maggiori (maggior quantitativo di neve e aree di distacco più ampie), raggiungono velocità più elevate a causa dell'assenza di vegetazione arborea (effetto di attrito nell'area di distacco) e della minor umidità della neve (temperature più basse).

Impatti quantitativi

Danneggiamento dei boschi di protezione

Negli ultimi 15 anni (2000-2014) in Ticino sono stati registrati 230 eventi valanghivi, ossia mediamente 15 eventi all'anno (Sezione forestale cantonale, 2015). La maggior parte di questi eventi si è verificata in bosco in corrispondenza di corridoi valangari esistenti. Nel 2009, anno che ha fatto registrare un elevato numero di valanghe (70 eventi), in corrispondenza dei circondari forestali di montagna (Leventina, Blenio e Valli del Locarnese) sono stati necessari interventi forestali per ca. 1 milione di CHF (prevalentemente sgombero di legname sradicato; tale intervento si rende necessario per evitare la diffusione di parassiti quali il bostrico nei popolamenti di resinose) (Robert Nicoud, 2015). Questi costi corrispondono ad un costo di intervento di ca. 15'000 CHF per evento valanghivo. Si stima dunque che i costi annuali generati dalle valanghe (mediamente 15 eventi all'anno) ammontano a ca. 220'000 CHF.

Quale evento estremo si può considerare l'inverno 1950-1951, durante il quale al di sopra dei 1'000 m s.l.m. si sono verificate numerose valanghe con serie conseguenze sul territorio ticinese. Durante questo evento, soltanto nel IV e nel VII circondario forestale (Locarnese) sono stati distrutti 180 ha di bosco con un totale di circa 8'600 m^3 di legname danneggiato (Galliciotti, 1954). Un simile evento genererebbe oggi costi pari a 1.2 milioni di CHF (il costo di sgombero del legname è di circa 200 CHF/m^3, tenendo conto che non tutto il legname danneggiato viene esboscato si applica un costo medio di 140 CHF/m^3).

Tendenzialmente, per entrambi gli scenari 2060 (debole e forte), è previsto un incremento delle precipitazioni nevose alle quote superiori. Questo comporta un aumento della frequenza e intensità delle valanghe d'alta quota. Si considera invece che al di sotto dei 1'900 m s.l.m. si assisterà ad un'importante riduzione del manto nevoso. Questo fattore determina una minore estensione verso valle degli eventi valanghivi (vedi capitolo 4.5.7). Di conseguenza si può prevedere una riduzione dei danni al bosco alle basse quote (< 1'500 m s.l.m.) nell'ordine del 10 % per lo scenario debole e del 20 % per lo scenario forte. Alle medie quote (1'500-2'000 m s.l.m.) la tendenza risulta invece inversa, con un incremento dei danni al bosco quantificabile nel 5 % per lo scenario debole e 10 % per lo scenario forte. Complessivamente si prevede dunque una diminuzione dei costi del 5 % per lo scenario debole e del 10 % per lo scenario forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni, essa

è considerata **bassa**. Per le stime future è inoltre da considerare l'incertezza nella valutazione della variazione della frequenza e intensità delle valanghe nel 2060; essa è considerata **media.**

Forti nevicate

Forti nevicate, in particolare di neve bagnata, possono essere la causa di danni ai popolamenti forestali. La pressione della neve può infatti provocare la rottura di singoli rami o di parti di albero, così come lo sradicamento dell'intera pianta. Particolarmente critiche in proposito sono le nevicate precoci (autunnali) o tardive (primaverili). Entrambe si verificano in periodi dell'anno con temperature tendenzialmente superiori rispetto a quelle invernali, per cui il grado di umidità della neve risulta maggiore. Le nevicate precoci possono inoltre verificarsi quando le specie frondifere hanno ancora le foglie, contribuendo così all'accumulo di neve sulla pianta.

Impatti quantitativi

Danni ai popolamenti dovuti a un evento estremo

In Ticino non esistono statistiche relative ai danni ai popolamenti forestali dovuti alla pressione della neve. Tuttavia è noto che in un passato anche recente, eventi di forti precipitazioni di neve bagnata hanno generato danni importanti. Ad esempio nell'inverno 2013-2014 si stima un quantitativo di 30'000 mc di legname a terra a causa dello schianto da neve. Questo evento ha colpito la fascia boschiva tra i 1'400 e i 1'900 m s.l.m. con costi di sgombero di parte di questo legname pari a ca. 4 milioni di CHF.

Siccome negli ultimi anni l'unico evento che ha causato un importante quantitativo di danni è stato l'inverno 2013-2014 esso è considerato quale evento estremo. In futuro si prevede un aumento del 10 % dei danni per lo scenario forte mentre si prevede che per lo scenario debole non si assisterà a variazioni.

Impatti qualitativi

Danni al bosco di protezione

Le principali conseguenze dei danni provocati dalla neve non sono da ricondurre ad una perdita di produttività del soprassuolo, bensì alla compromissione della funzione protettiva del bosco, rispettivamente ai costi di sgombero del legname.

Il numero di forti nevicate, così come l'umidità della neve a diverse quote, varierà in futuro come conseguenza delle variazioni previste nel regime delle precipitazioni e delle temperature medie.

Tendenzialmente, negli scenari futuri si prevede una diminuzione delle forti nevicate per le quote interessate dalla presenza del bosco (< 2'000 m s.l.m.). Al contempo, si considera però che le temperature subiranno generalmente un aumento (vedi capitolo 4.5.6). Di conseguenza, si assume che l'aumento generale della temperatura - che comporterebbe un incremento delle precipitazioni con neve bagnata - venga compensato da una diminuzione delle forti nevicate. Pertanto, le condizioni critiche per i popolamenti forestali, ossia forti precipitazioni di neve bagnata, non dovrebbero subire variazioni di rilievo. Tuttavia, considerato l'importante impatto economico che questo tipo di evento può generare, si considera che le

fasce boschive più elevate possono in futuro essere interessate maggiormente da precipitazioni intense di neve bagnata. A questo proposito è da considerare che in futuro il limite del bosco si sposti verso l'alto (fenomeno però molto più lento rispetto ai cambiamenti climatici).

Per i motivi esposti in precedenza il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **comparabile** (sia per lo scenario debole che per lo scenario forte) rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore bosco e economia forestale.

Frane/Colate detritiche

Il movimento di detriti possono investire singoli alberi o intere aree boschive.

Impatti quantitativi

Danneggiamento boschi di protezione

Negli ultimi 15 anni (2000-2014) in Ticino sono stati registrati 292 eventi di colate detritiche/alluvionamento e 251 eventi di frana/scivolamento (Sezione forestale cantonale, 2015). Mediamente si calcolano dunque ca. 36 eventi fra colate detritiche/alluvionamento e frana/scivolamento all'anno. La maggior parte di questi eventi si verifica direttamente in bosco, oppure coinvolge nell'area di transito o deposito una superficie forestale. Tuttavia, spesso questi fenomeni si verificano in corrispondenza di boschi di frondifere, per cui non è sempre necessario lo sgombero del legname (come invece nel caso dei popolamenti di resinose, dove la diffusione di parassiti quali il bostrico richiede uno sgombero quasi sistematico del legname divelto). Tuttavia si può rendere necessario lo sgombero del legname per evitare effetti di sbarramento, oppure, nel caso delle frane, può essere previsto un intervento di taglio degli alberi situati sul ciglio della zona dissestata (taglio di alleggerimento). In considerazione di quanto sopra, si valuta che è richiesto un intervento forestale su ca. il 10 % degli eventi (3,6 eventi/anno). Per ogni intervento si stima un costo di ca. 100'000 CHF, per cui si calcola che i costi forestali annuali generati dagli eventi di colate detritiche/alluvionamento e frana/scivolamento ammontano a ca. 360'000 CHF/anno.

In base all'analisi dei dati StorMe, si evince che l'evento con i maggiori danni è il 2006 per gli eventi di colate detritiche/alluvionamento, in cui in un solo anno si sono verificati 54 eventi. Per gli eventi di frana/scivolamento l'evento estremo è il 2002, in cui in un solo anno si sono verificati 108 eventi. Considerando questi due anni come evento estremo si calcola che un evento secolare può causare un costo di circa 1.6 milioni di CHF.

Sulla base dell'elaborazione degli scenari futuri, è stato dimostrato come per lo scenario debole non si prevedano cambiamenti significativi, mentre per lo scenario forte si considera un aumento della frequenza di questi fenomeni (vedi capitolo 4.5.4). Di conseguenza ci si attende un incremento dei costi per interventi forestali per lo scenario forte del 30 %, mentre per lo scenario debole non si individuano variazioni di rilievo rispetto alla situazione attuale.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve, alla stima del numero di eventi che necessitano un intervento e alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni, essa è considerata **bassa**. Per le stime future è inoltre da considerare l'incertezza nella valutazione della variazione della frequenza e intensità delle frane e delle colate detritiche nel 2060; essa è considerata **media.**

Siccità generale

L'assenza di precipitazioni provoca una situazione di progressivo stress idrico nella pianta fino a raggiungere il punto di appassimento irreversibile con la conseguente morte. In genere questa situazione è accentuata da condizioni meteorologiche caratterizzate da temperature miti.

Lo stress idrico non è tuttavia una condizione esclusivamente estiva. Anche durante l'inverno, quando le temperature rigide provocano il congelamento dell'acqua nel suolo (soprattutto in assenza di una copertura nevosa), le piante non riescono a compensare la traspirazione con l'apporto idrico dal terreno.

In considerazione dell'evoluzione del clima, che prevede un rialzo generale delle temperature e una diminuzione delle precipitazioni durante l'estate, è ipotizzabile che in futuro i boschi del Cantone Ticino siano tendenzialmente maggiormente sottoposti a stress idrico durante i periodi estivi.

Impatti qualitativi

Allo stato attuale non esistono dati statistici relativi alle conseguenze di eventi di siccità sul bosco ticinese. Tuttavia, gli eventi estremi del 2003 e del 2015 rappresentano un buon esempio riguardo agli effetti sul bosco di prolungati periodi estivi privi di precipitazioni significative. Durante questi eventi sono risultate infatti delle conseguenze ben visibili sul bosco, con sintomi marcati di avvizzimento in corrispondenza della fascia boschiva collinare.

In base ai dati relativi all'evoluzione futura, si constata che nello scenario debole non si verificheranno cambiamenti di rilievo, mentre nello scenario forte si prevede un aumento del 50 % della durata di eventi siccitosi.

Danneggiamento boschi di protezione

Lo stress idrico dovuto a prolungati periodi di siccità risulta particolarmente dannoso per i boschi situati alle basse quote (< 500 m s.l.m.), in corrispondenza di versanti esposti a est o ovest, con geomorfologia convessa e suoli superficiali (Conedera, Barthold, Spinedi, Ferrario, & Pezzatti, 2011). A livello ticinese questi boschi sono dominati dal castagno. In base ai recenti eventi di siccità (2003 e 2015) è stato osservato come il castagno soffra in modo particolare lo stress idrico. Nel 2003 è stato inoltre notato che specie neofite quali l'Ailanto e la Robinia sembrano sopportare bene prolungati periodi senza precipitazioni (WSL, M. Conedera).

Siccome buona parte dei boschi situati in corrispondenza della fascia collinare si trovano a ridosso di abitati e infrastrutture, essi svolgono spesso una funzione di protezione. È pertanto ipotizzabile un impatto della siccità sulla funzione protettiva di questi comparti forestali, sia come impatto diretto a seguito dell'incremento della mortalità delle specie autoctone (perdita di copertura), sia come impatto indiretto a causa della diffusione di specie neofite che non hanno le caratteristiche per garantire nel tempo una funzione di protezione.

In considerazione di queste informazioni il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **comparabile** per lo scenario forte, rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto bosco e economia forestale. Per lo scenario debole, siccome non è prevista una variazione dei periodi di siccità (vedi capitolo 4.5.10) questo rischio e valutato come **non rilevante**.

Cambiamento della composizione (specie) dei boschi

Il ripetersi di periodi di siccità può ripercuotersi sulla mescolanza delle specie che compongono i boschi ticinesi. In particolare tali conseguenze potrebbero concretizzarsi in corrispondenza della fascia collinare. In considerazione dell'aumento della frequenza di tali eventi, le specie che costituiscono attualmente l'orizzonte boschivo compreso tra i 300 e i 900 m s.l.m. potrebbero essere sostituite da specie che meglio sopportano la siccità. In proposito è prevedibile una riduzione dell'areale del castagno in favore di specie tendenzialmente xerofile, tra cui figurano specie neofite quali l'Alianto e la Robinia. Il rischio principale di questo impatto è che le nuove specie boschive non garantiscano la funzione protettiva del bosco. Gli impatti sulla biodiversità dei boschi sono analizzati nel capitolo 5.9.

In considerazione di queste informazioni, tenuto conto in particolare dell'incertezza relativa alla tendenza evolutiva dei boschi ticinesi nel contesto dei mutamenti climatici, il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **molto minore,** per lo scenario forte, rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto bosco e economia forestale. Per lo scenario debole, siccome non è prevista una variazione dei periodi di siccità (vedi capitolo 4.5.10) questo rischio e valutato come **non rilevante**.

Incendi boschivi

L'incendio di bosco, oltre a danneggiare direttamente un comparto forestale a causa delle temperature elevate e della combustione (perdita di copertura), crea nuovi spazi per la colonizzazione da parte di specie indesiderate ai fini della funzione di protezione del bosco. Nell'ultimo ventennio più del 95 % degli incendi boschivi verificatisi in Svizzera hanno avuto luogo in Ticino. A questo dato corrisponde una superficie bruciata pari all'88 % rispetto al totale nazionale. Gli incendi boschivi causati da eventi naturali dipendono in genere dalle condizioni meteorologiche (siccità, presenza di fulmini e condizioni ventilate), dalla presenza di combustibile e dalla topografia. Questi eventi si verificano in genere nel periodo da maggio a ottobre. In Canton Ticino negli ultimi 15 anni è stato rilevato che il 33.8 % degli incendi boschivi verificatisi tra maggio e ottobre sono stati causati da fulmini (Conedera, Cesti, Pezzatti, Zumbrunnen, & Spinedi, 2006).

Impatti quantitativi

Danneggiamento dei boschi di protezione

In base ad una serie storica di dati dal 1989 al 2014 (Sezione forestale Cantonale, 2007), in Ticino si stima che mediamente ca. 240 ha di bosco all'anno sono interessati da incendi. Si osserva che generalmente gli incendi boschivi provocati da fulmini colpiscono i boschi di conifere alle quote elevate (Conedera, Cesti, Pezzatti, Zumbrunnen, & Spinedi, 2006). Alle quote inferiori gli incendi di bosco risultano invece avere (nella maggior parte dei casi) origine antropica (WSL, M. Conedera).

In Ticino si calcola che il ripristino del bosco a seguito del passaggio di incendi costa circa 40'000 CHF/ha. Tuttavia si stima che gli interventi di ripristino vegano eseguiti solo sul 10 % della superficie danneggiata da incendi. In genere viene infatti ripristinata solo la superficie forestale rilevante ai fini della protezione degli abitati e delle infrastrutture. Ne consegue un costo medio pari a 4'000 CHF/ha.

I costi di spegnimento degli incendi (di origine meteorologica e antropica) ammontano mediamente in Ticino a 1 milione di CHF all'anno (Conedera, Cesti, Pezzatti, Zumbrunnen, & Spinedi, 2006), mentre le spese di ripristino dell'area boschiva sono quantificabili in ca. 960'000 CHF/anno.

In base ai dati a disposizione si può considerare l'anno 1997 quale anno estremo per gli incendi boschivi (Sezione forestale Cantonale, 2007). In questo i costi di spegnimento sono ammontati a 4.3 milioni di CHF ca. mentre quelli di ripristino dell'aria boschiva possono valutati di circa 5.7 milioni di CHF. Complessivamente si stima dunque che un evento estremo per lo scenario di riferimento possa causare danni pari a circa 10 milioni di CHF.

Secondo l'analisi dei parametri climatici influenti sulla formazione di incendi di bosco, si stima un aumento del 5 % della frequenza di questi fenomeni per lo scenario debole, e un incremento del 25 % per lo scenario forte. Per quanto concerne la dimensione degli eventi non si prevedono invece variazioni significative rispetto alla situazione attuale (vedi capitolo 4.5.11).

È pertanto ipotizzabile un aumento dei danni diretti al bosco di protezione a 2 milioni di CHF/anno per lo scenario debole, e a 2.5 milioni di CHF/anno per lo scenario forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni, essa è considerata **bassa**. Per gli le stime future è inoltre da considerare l'incertezza nella valutazione della variazione della frequenza e intensità degli incendi boschivi nel 2060; essa è considerata **media.**

Impatti qualitativi

Cambiamento della composizione (specie) dei boschi

A causa delle elevate temperature e della combustione stessa, gli incendi di bosco provocano in genere l'annientamento dello strato erbaceo, arbustivo e, molto spesso, anche la morte degli alberi. L'azzeramento della vegetazione e delle rispettive dinamiche di concorrenza, fa sì che le aree colpite da incendio risultino esposte alla colonizzazione da parte di specie pioniere. La colonizzazione di queste aree da parte di specie indesiderate ai fini della funzione di protezione (ad esempio Robinia, Ailanto, Poligono del Giappone, Felce aquilina, ecc.), indebolisce ulteriormente il carattere protettivo del comparto boschivo interessato. Questo aspetto risulta di maggior rilievo alle basse quote (< 1'300 m s.l.m.), dove la pressione e diffusione da parte di neofite e in generale di specie indesiderate ai fini di protezione è più elevata.

Il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **non rilevante** per lo scenario debole e come **minore** per lo scenario forte rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto bosco e economia forestale.

Ondate di calore

I periodi con temperature molto elevate (giorni di canicola) possono provocare uno stress termico alle piante. L'impatto delle ondate di calore può essere accentuato dalla concomitanza con periodi con scarse precipitazioni.

Impatti qualitativi

Non esistono allo stato attuale dei dati statistici relativi alle conseguenze delle ondate di calore sul bosco. Tuttavia durante l'estate 2003 e più recentemente nell'estate 2015 si sono avute temperature oltre la norma stagionale (combinate in parte a scarse precipitazioni), con visibili conseguenze sui boschi della fascia collinare.

A seguito degli aumenti di temperatura previsti per lo scenario 2060 debole si stima un aumento del 97 % dei giorni di canicola mentre per lo scenario 2060 forte un aumento del 212 % rispetto alla situazione attuale (vedi cap. 4.5.12).

Danneggiamento dei boschi di protezione

Le conseguenze delle ondate di calore possono ripercuotersi direttamente con la morte della pianta (perdita di copertura) e indirettamente mediante la diffusione di specie neofite che presumibilmente non hanno le caratteristiche per garantire nel tempo una funzione di protezione.

In considerazione di queste informazioni (mortalità delle piante e diffusione di neofite invasive), tenuto conto in particolare dell'incertezza relativa alla tendenza evolutiva dei boschi ticinesi nel contesto dei mutamenti climatici, il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **comparabile,** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte, rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto bosco e economia forestale.

Cambiamento della composizione (specie) dei boschi

Il ripetersi di ondate di calore può influire sulla mescolanza delle specie che compongono i boschi del Cantone Ticino, con particolare riguardo alla fascia collinare. In considerazione dell'aumento della frequenza di tali eventi, le specie che costituiscono attualmente l'orizzonte boschivo compreso tra i 300 e i 900 m s.l.m. potrebbero essere sostituite da specie che meglio sopportano le temperature elevate. Queste sostituzione può avvenire tramite specie positive (ad esempio orniello, leccio e bagolaro) o negative (ad esempio robinia e ailanto) al fine della funzione protettiva del bosco. Tuttavia il rischio maggiore di questa sostituzione è che prevalgano le specie non adatte a garantire questa funzione del bosco.

In considerazione di queste informazioni il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **molto minore,** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte, rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto bosco e economia forestale.

Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia

La geologia e le zone di montagna (caratterizzate da numerose pareti rocciose) del territorio ticinese determinano un elevato pericolo per il bosco riconducibile ai dissesti geologici e ai fenomeni naturali di tipo gravitazionale ad essi associati. La caduta di detriti rocciosi può danneggiare singoli alberi o intere aree boschive.

Impatti quantitativi

Danneggiamento boschi di protezione

Negli ultimi 15 anni (2000-2014) in Ticino si sono registrati 487 eventi di caduta sassi/crollo di roccia (Sezione forestale cantonale, 2015). Mediamente si calcolano dunque ca. 32 eventi all'anno. Buona parte di questi eventi si verifica in bosco, oppure interessa un'area forestale

(transito e/o deposito). Questi eventi richiedono generalmente un intervento forestale unicamente per alleggerire il ciglio della superficie di distacco. Di norma, eccetto nel caso in cui vengono interessate aree più vaste all'interno dei popolamenti di resinose, non avviene infatti lo sgombero del legname divelto per motivi fitosanitari (rischio di diffusione di organismi dannosi quali il bostrico). Si considera pertanto che è necessario un intervento forestale su ca. il 10 % degli eventi di caduta sassi/crollo (3.2 eventi/anno). Per ogni intervento si stima un costo di ca. 10'000 CHF, per cui si calcola che i costi forestali annuali generati dagli eventi di caduta sassi/crollo ammontano a ca. 32'000 CHF/anno.

Le valanghe di roccia/frane di crollo sono invece eventi più rari. Tra i fenomeni di questo tipo in Ticino si possono annoverare la frana dal monte Crenone (Buzza di Biasca) del 1513, la cosiddetta frana del Sasso Rosso ad Airolo del 1898 e la frana di Preonzo del 2012. Per quest'ultima si stima un distacco di circa 250'000 m^3 di materiale e la perdita di ca. 25 ha di bosco. In quest'ultimo caso non è stato tuttavia intrapreso nessun intervento di taglio e/o sgombero del legname.

In base all'analisi dei dati StorMe, non si individua un anno particolare in cui si sono registrati un numero sensibilmente maggiore di eventi di caduta sassi/crollo. Tuttavia l'anno in cui si è registrato il maggior numero di eventi è stato il 2012 (49 eventi). Non potendo svolgere un'analisi di Gumbel a causa della mancanza di dati, il numero di eventi di questo anno è stato considerato come un evento estremo, per il quale i danni sono dunque pari a circa 50'000 CHF/anno.

Sulla base dell'evoluzione climatica futura per la caduta massi si prevede una diminuzione della frequenza e intensità alle basse quote (< 1'500 m s.l.m.) e un'intensificazione alle quote superiori (>1'500 m s.l.m.) per entrambi gli scenari (vedi capitolo 4.5.16). Per le frane di crollo e le valanghe di roccia si stima invece un lieve aumento a tutte le quote. Complessivamente ci si attende una riduzione dei danni alle base quote, a cui si contrappone un incremento dei danni ai popolamenti forestali delle quote superiori. Per lo scenario 2060 debole si può ipotizzare che le variazioni alle differenti quote si compensino tra loro (variazione totale dello 0 %) mentre per lo scenario forte si assume una riduzione complessiva del 10 %.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni, essa è considerata **bassa**. Per le stime future è inoltre da considerare l'incertezza nella valutazione della variazione della frequenza e intensità di questi pericoli naturali nel 2060; essa è considerata **media.**

Innalzamento della temperatura media

Temperature elevate e un ridotto tenore di umidità relativa nell'aria provocano un aumento dell'evapotraspirazione e di conseguenza un maggior consumo di acqua da parte delle piante. Con particolare riferimento alle basse quote, l'innalzamento della temperatura media può comportare un maggior stress per le piante, soprattutto se associato a minori precipitazioni. Alle quote superiori, l'innalzamento della temperatura media può invece comportare un vantaggio a causa del prolungamento della stagione vegetativa.

Temperature più elevate possono inoltre contribuire alla diffusione di parassiti e agenti patogeni.

Impatti qualitativi

Danneggiamento boschi di protezione

Temperature medie più elevate, e soprattutto inverni meno rigidi, possono favorire la proliferazione di parassiti e organismi patogeni. Oltre ad incrementare l'abbondanza della popolazione di parassiti e organismi patogeni, temperature più elevate possono contribuire all'espansione verso l'alto dell'areale di diffusione di questi organismi.

La condizione di stress rende inoltre gli alberi più vulnerabili e quindi più soggetti ad attacchi da parte di parassiti e organismi patogeni.

Attualmente in Ticino i costi dovuti alla prevenzione di parassiti e organismi patogeni sono stimati mediamente in 1.5 milioni di CHF all'anno. Tali costi sono sostanzialmente generati dalla necessità di sgombero del legname schiantato a causa di fenomeni naturali (valanghe, frane, colate detritiche, ecc).

In considerazione del generale aumento delle temperature medie è ipotizzabile un incremento dei danni al bosco dovuti a parassiti e organismi patogeni. Il gruppo di lavoro valuta questo rischio, sia per lo scenario debole che per lo scenario forte, come **molto minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto bosco e economia forestale.

Variazione della composizione (specie) e del limite del bosco

In quanto fattore di stress, le temperature più elevate possono operare una sorta di selezione per alcune specie dei boschi del Cantone. Non tutte le specie reagiscono infatti allo stesso modo nei confronti dell'aumento della temperatura media. Alcune specie termofile saranno infatti favorite, a scapito di altre specie più sensibili. Secondo questa tendenza è ipotizzabile una variazione della composizione dei boschi delle basse quote, rispettivamente si assisterà ad una progressiva incursione di specie frondifere nelle fasce superiori oggi dominate da specie resinose quali il peccio e il larice. Quest'ultime a loro volta saranno portate a colonizzare nuove aree al di sopra del limite attuale del bosco grazie a temperature minime più elevate. Secondo questo scenario si assisterà dunque ad un innalzamento del limite del bosco.

A causa dell'innalzamento della temperatura nei fondovalle ticinesi si svilupperanno condizioni climatiche che non si presentavano in Svizzera da svariato tempo. In particolare su suoli calcarei e poco profondi si potrebbe creare una vegetazione simile a quella dei fondovalle della parte sud del lago di Garda. Nei boschi dei fondovalle sui suoli silicei si potrebbe invece assistere ad un aumento della presenza di laurofille.

In considerazione di queste informazioni il gruppo di lavoro valuta quest'opportunità come **molto minore,** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte, rispetto alle opportunità valutate quantitativamente per il settore d'impatto bosco e economia forestale.

Tempeste/Uragani

Le tempeste e gli uragani costituiscono un elevato potenziale di danno per le foreste. I principali uragani che hanno interessato il bosco Svizzero negli ultimi decenni sono Vivian nel 1990 e Lothar nel 1999. L'evento che ha provocato i maggiori danni al bosco svizzero è Lothar, abbattutosi il 26 dicembre del 1999 sul nostro Paese. In poche ore, Lothar ha gettato al

suolo 13.8 milioni di m^3 di legname, che corrispondono a quanto veniva tagliato a livello nazionale in 3 anni.

Una previsione affidabile delle variazioni future di frequenza e intensità di tempeste e uragani causate dai cambiamenti climatici non è attualmente possibile. Non è dunque possibile stabilire se i costi legati a questo pericolo diminuiranno o aumenteranno.

Impatti quantitativi

Mercato del legno

Nel caso di Lothar e Vivian le principali conseguenze sull'economia forestale del cantone Ticino si devono ad un impatto indiretto. Quale conseguenza dello squilibrio tra domanda e offerta, l'immissione improvvisa sul mercato di un grande quantitativo di legname ha provocato infatti una flessione dei prezzi. Questo, oltre a diminuire i ricavi per la vendita di legname, impone un riduzione dei volumi di taglio per arginare la contrazione del prezzo del legname.

Per quanto concerne l'evento Lothar, si stima una flessione del prezzo del legname pari a ca. 20-30 %. Nel periodo 2009-2015 il ricavo per la vendita del legname ammonta mediamente a 0.85 milioni all'anno (Robert Nicoud, 2015). Questo impatto indiretto (flessione del prezzo del legname) è dunque quantificabile per il Cantone Ticino in ca. 0.2-0.3 milioni di CHF. Questo impatto è osservabile solo in caso di eventi estremi.

Impatti qualitativi

Danneggiamento boschi di protezione

Lo schianto da vento dovuto al passaggio di un uragano può interessare estese aree boschive. Nel caso dei boschi di protezione, questo si traduce con l'annientamento della funzione protettiva del bosco. Attualmente in Ticino non si dispone di dati relativi ai danni sul bosco dovuti a tempeste o uragani, anche perché questi fenomeni non hanno mai interessato (a memoria d'uomo) estese porzioni di area forestale.

5.4.3. Analisi quantitativa

Costi e ricavi attuali e per gli scenari 2060

Nella raffigurazione della Figura 114 sono esposti i costi e i ricavi legati ai diversi pericoli ed effetti influenti sul settore d'impatto bosco ed economia forestale per lo scenario di riferimento e per i due scenari futuri (i valori sono riportati nella Tabella 57).

Pericolo/effetto	Scenario di riferimento (milioni di CHF)			Scenario 2060 debole (milioni di CHF)			Scenario 2060 forte (milioni di CHF)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Valanghe									
Danneggiamento dei boschi di protezione	-0.18	-0.22	-0.28	-0.10	-0.21	-0.42	-0.10	-0.20	-0.39
Frane/Colate detritiche									
Danneggiamento dei boschi di protezione	-0.29	-0.36	-0.47	-0.18	-0.36	-0.72	-0.23	-0.47	-0.94
Incendi boschivi									
Danneggiamento dei boschi di protezione	-1.6	-2.0	-2.5	-1.0	-2.1	-4.1	-1.2	-2.5	-4.9
Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia									
Danneggiamento dei boschi di protezione	-0.03	-0.03	-0.04	-0.02	-0.03	-0.06	-0.01	-0.03	-0.06
Bilancio	**-3.3**	**-2.6**	**-2.1**	**-5.3**	**-2.7**	**-1.3**	**-6.3**	**-3.1**	**-1.6**

Tabella 57: Costi degli impatti (suddivisi per effetto/pericolo) analizzati quantitativamente per il settore d'impatto bosco e economia forestale. Sono rappresentati sia i costi attuali (scenario di riferimento 2010) che i costi futuri previsti per lo scenario 2060 debole e lo scenario 2060 forte. Gli effetti/pericoli evidenziati in verde sono opportunità per il settore d'impatto infrastrutture e edifici mentree quelli evidenziati in rosso sono rischi.

I pericoli naturali che causano attualmente i maggior danni al bosco sono gli incendi. L'aumento di questo fenomeno previsto soprattutto per lo scenario 2060 forte rappresenta dunque il maggior rischio per questo settore. I danni causati al bosco e all'economia forestale da valanghe, forti nevicate, frane e colate detritiche e caduta massi, frane di crollo e valanghe di roccia sono di minore importanza per il settore.

Un'opportunità per il settore d'impatto bosco ed economia forestale è determinata dalla diminuzione dei pericoli valanghe e caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia, che porterà ad una diminuzione dei danni ai boschi di protezione.

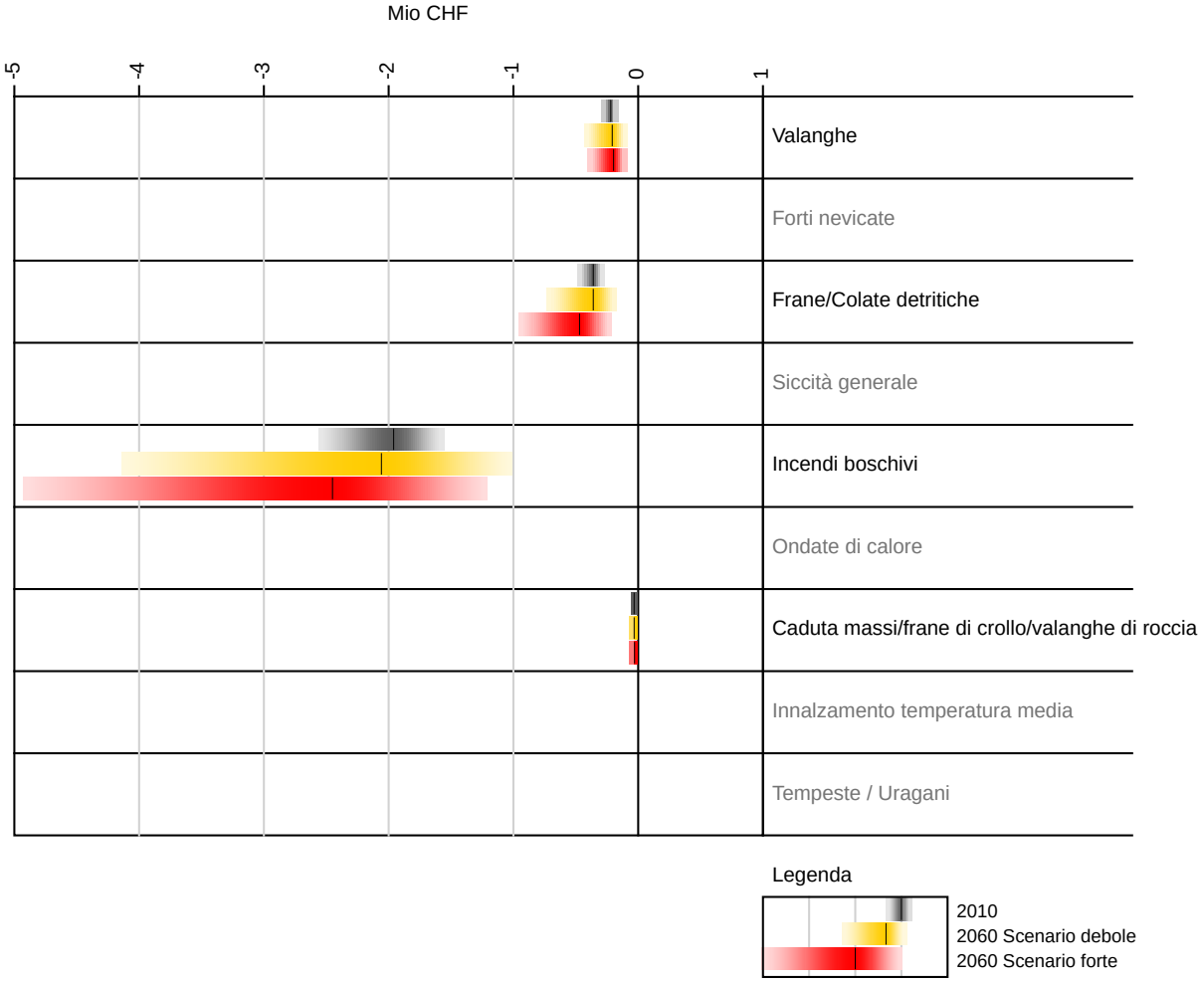


Figura 114: ***Costi (negativi) e ricavi (positivi) per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto bosco e economia forestale per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte". La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.***

Eventi estremi

Nella Figura 115 sono raffigurati i costi dei danni che un evento estremo (di ogni pericolo/effetto) causerebbe al bosco di protezione. Siccome le incertezze per gli eventi estremi sono difficili da definire nel grafico non sono rappresentate le bande di errore. Si tratta tuttavia sicuramente di incertezze molto grandi.

In generale si può osservare che i pericoli naturali che potrebbero causare i danni più vasti al bosco sono gli incendi boschivi e le forti nevicate. È comunque da sottolineare che la somma dei danni causati da un incendio boschivo estremo è superiore al doppio dei danni che potrebbero causare forti nevicate estreme.

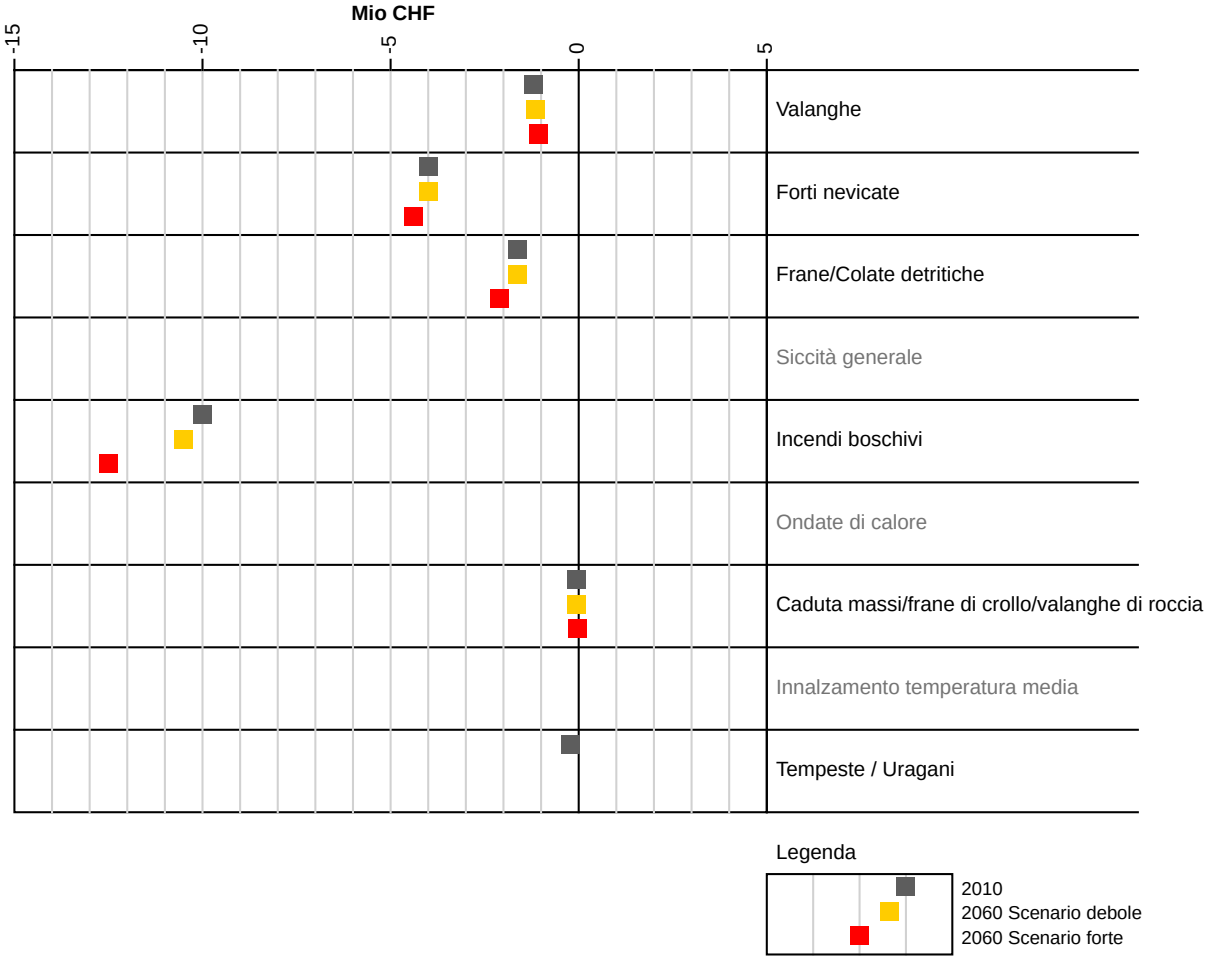


Figura 115: Costi (negativi) di un evento estremo per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto bosco e economia forestale per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte".

Rischi, opportunità e bilancio finale per il settore d'impatto bosco e economia forestale

Nella Figura 116 sono esposte le somme dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto bosco ed economia forestale.

Nel grafico dei rischi sono considerati l'aumento dei costi per i danni causati da pericoli naturali che tenderanno ad aumentare in futuro (principalmente frane/colate detritiche e incendi boschivi). In media si osserva aumento dei costi pari a circa 100'000 CHF/anno per lo scenario 2060 debole e di ca. 600'000 CHF/anno per lo scenario 2060 forte.

Le opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto bosco ed economia forestale sono legate essenzialmente alla diminuzione dei danni causati da pericoli naturali che saranno meno frequenti (valanghe e caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia) giocano invece un ruolo minore. I costi diminuiranno mediamente di circa 10'000 CHF/anno per lo scenario 2060 debole e di ca. 30'000 CHF/anno per lo scenario 2060 forte.

Il bilancio totale (in basso nella Figura 116) mostra che i cambiamenti climatici avranno un effetto totale leggermente negativo sul settore d'impatto bosco ed economia forestale.

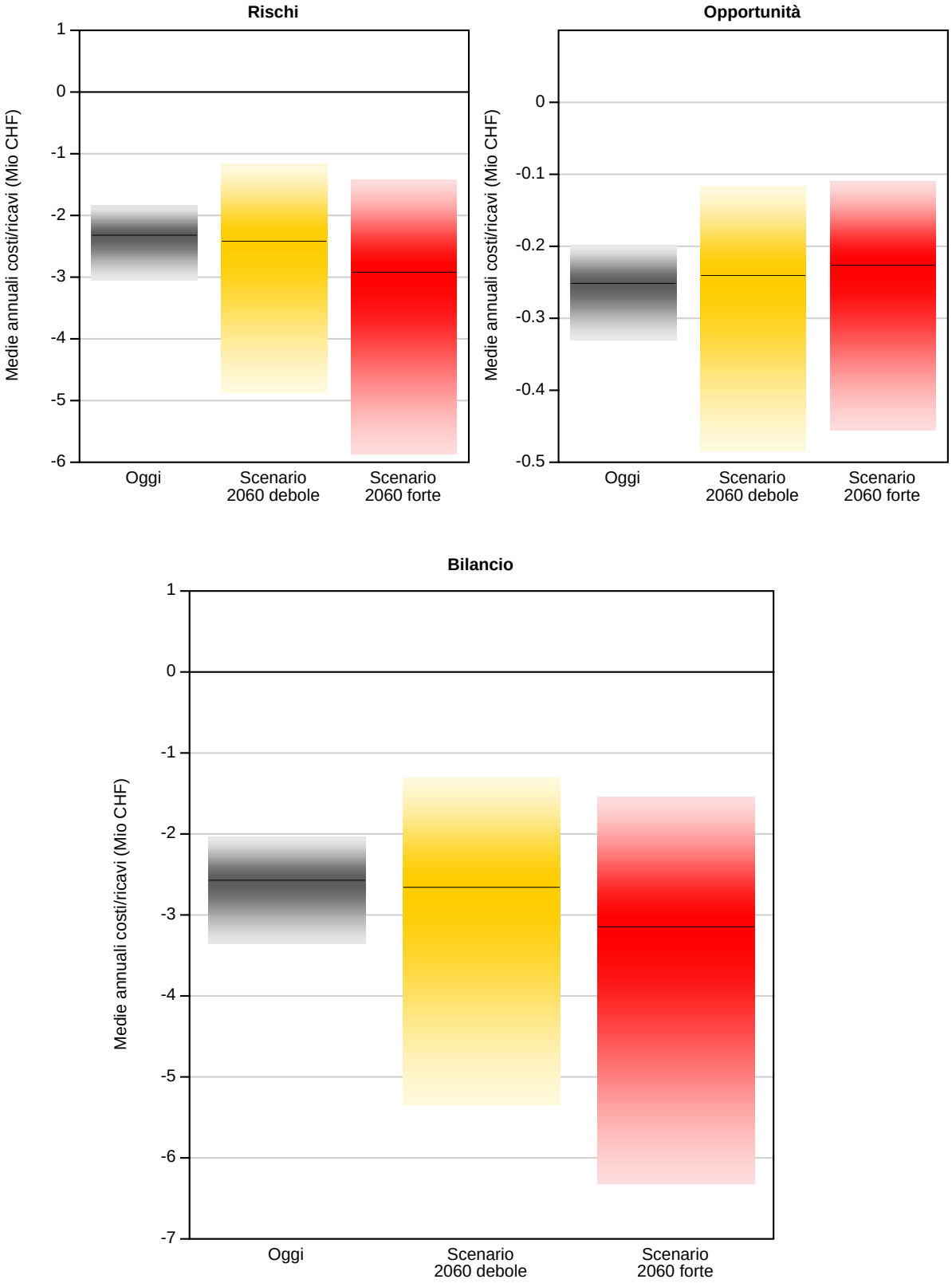


Figura 116: ***In alto: Rischi e opportunità dei cambiamenti climatici legati al settore d'impatto bosco e economia forestale per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte"": i costi assumono valori negativi. Da notare che i rischi sono una conseguenza dell'aumento dei costi mentre le opportunità di una diminuzione. In basso: Bilancio totale degli effetti dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto bosco e economia forestale. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.***

5.4.4. Analisi qualitativa

Nella Figura 117 è rappresentata la rilevanza dei rischi e delle opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto bosco ed economia forestale rispetto agli impatti valutati quantitativamente. I fattori di comparabilità stimati sono raffigurati in funzione dei diversi effetti e pericoli dei cambiamenti climatici e in funzione dello scenario climatico (debole e forte).

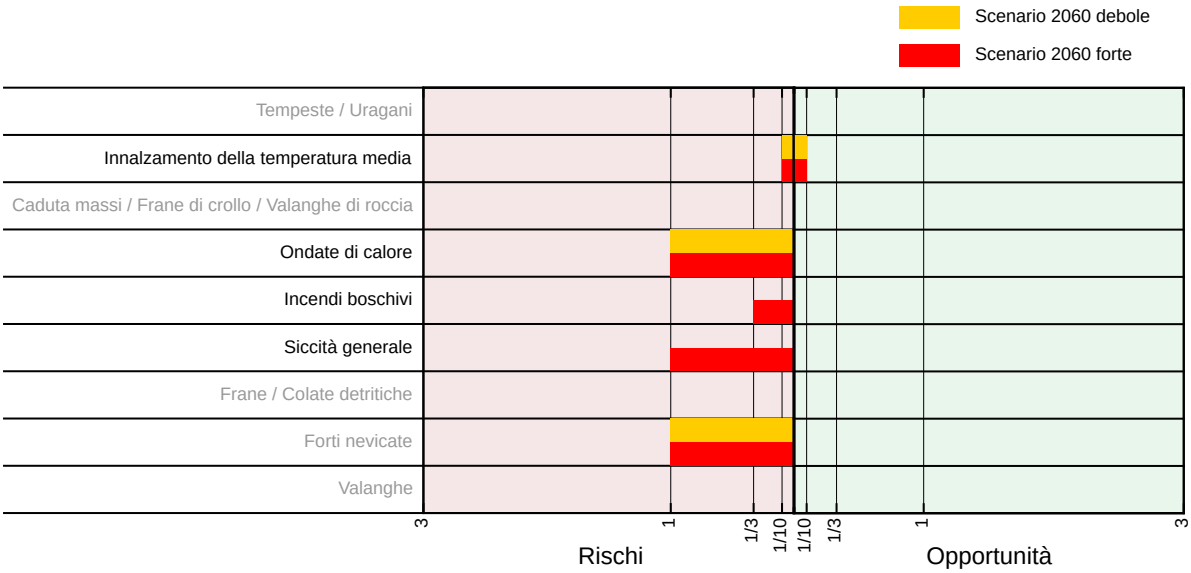


Figura 117: Valutazione degli impatti qualitativi tramite fattori di conversione, secondo pericolo/effetto dei cambiamenti climatici, per lo scenario 2060 forte (rosso) e 2060 debole (giallo). Sulla sinistra del grafico sono esposti i fattori per i rischi mentre sulla destra i fattori per le opportunità.

Dal bilancio totale degli impatti valutati qualitativamente risulta che le opportunità (legate principalmente all'innalzamento del limite del bosco) hanno un impatto **molto minore** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente mentre i rischi (legati principalmente all'aumento all'incremento della mortalità delle piante a causa di stress idrico, alla diffusione di specie neofite e all'aumento dei danni al bosco a causa di forti nevicate con neve bagnata) hanno un impatto **comparabile** rispetto ai rischi valutati quantitativamente.

Nella Tabella 58 sono esposti gli impatti qualitativi monetizzati per il settore d'impatto bosco ed economia forestale.

Settore d'impatto	**Impatti qualitativi (milioni di CHF)**			
	Scenario debole		**Scenario forte**	
	Rischi	Opportunità	Rischi	Opportunità
Bosco e economia forestale	-0.21	0.001	-2.05	0.003

Tabella 58: Monetizzazione dei rischi e le opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto bosco e economia forestale (scenario 2060 debole e scenario 2060 forte).

5.4.5. Scenario socioeconomico 2060

Costi d'intervento nei boschi di protezione

In Ticino, negli ultimi 35 anni si è osservato un aumento rilevate dei costi di taglio ed esbosco (vedi Figura 118). Entro il 2060 è possibile che questi costi aumentino ulteriormente con un conseguente aumento dei costi di per interventi forestali a seguito di pericoli naturali.

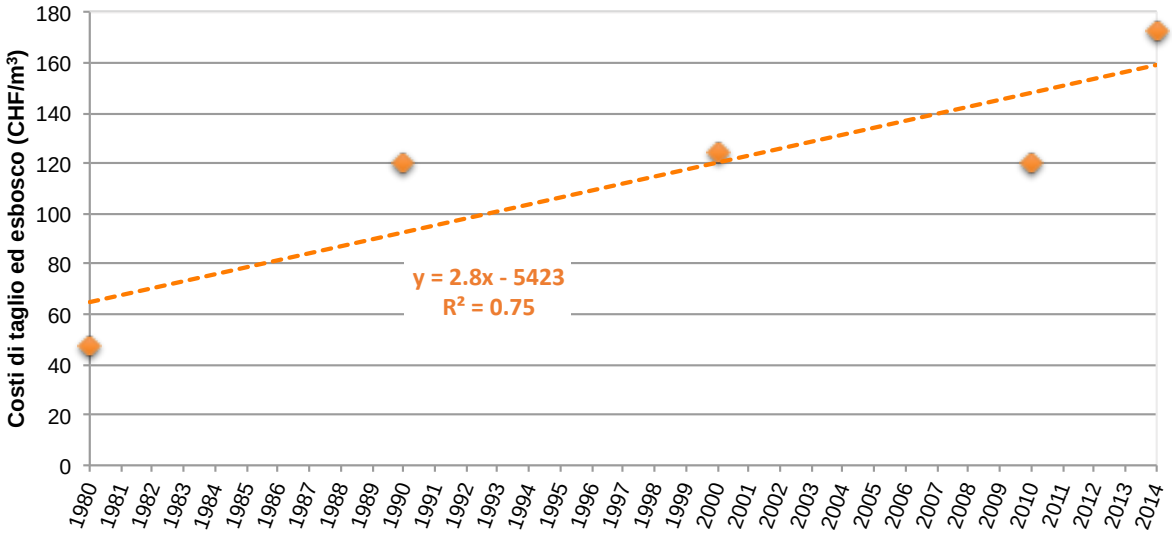


Figura 118: Evoluzione dei costi di taglio e esbosco in Ticino dal 1980 e il 2014. La linea di tendenza è stata utilizzata per la previsione dei costi di taglio e esbosco nel 2060.

Considerando che l'evoluzione dei costi negli ultimi 35 anni (linea di tendenza tratteggiata nella figura), così come in futuro, avvenga in maniera lineare, si può ipotizzare che i costi di taglio e esbosco nel 2060 saranno di 287 CHF/m^3. È però da considerare che in futuro saranno molto probabilmente disponibili nuove tecnologie che permetteranno di facilitare questi lavori riducendo i costi.

Unendo questi due effetti si può assumere che i costi di taglio ed esbosco nel 2060 saranno di circa 250 CHF/m^3 (+ 108 % rispetto al valore 2010).

L'incertezza dello scenario socioeconomico per il settore d'impatto bosco e economia forestale è considerata **media**.

Scenario socioeconomico 2060 bosco e economia forestale

Essendo i costi di intervento nei boschi di protezione l'unico fattore influente sugli impatti valutati quantitativamente per il settore d'impatto bosco e economia forestale, gli impatti secondo lo scenario socioeconomico aumenteranno tutti del 108 % (i costi saranno all'incirca il doppio dei costi per lo scenario attuale

In termini di valore atteso è dunque da notare che gli impatti socioeconomici ipotizzati avranno un effetto negativo sui costi d'intervento nei boschi di protezione.

	Costi/ricavi attuali (milioni CHF)			Fattore di conver-sione	Costi/ricavi 2060 (milioni CHF)		
	Min	Media	Max		Min	Media	Max
Valanghe							
Danneggiamento boschi di protezione	-0.18	-0.22	-0.28	2.1	-0.23	-0.46	-0.91
Frane/Colate detritiche							
Danneggiamento boschi di protezione	-0.29	-0.36	-0.47	2.1	-0.37	-0.75	-1.50
Incendi boschivi							
Danneggiamento boschi di protezione	-1.6	-2.0	-2.5	2.1	-2.0	-4.1	-8.2
Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia							
Danneggiamento boschi di protezione	-0.03	-0.03	-0.04	2.1	-0.03	-0.07	-0.14
Totale	**-3.3**	**-2.6**	**-2.1**	**-**	**-10.7**	**-5.3**	**-2.7**

Tabella 59: Scenario socioeconomico 2060 per il settore d'impatto bosco e economia forestale. I rischi e le opportunità socioeconomiche 2060 sono calcolate tramite un fattore di conversione specifico per ogni effetti/pericoli.

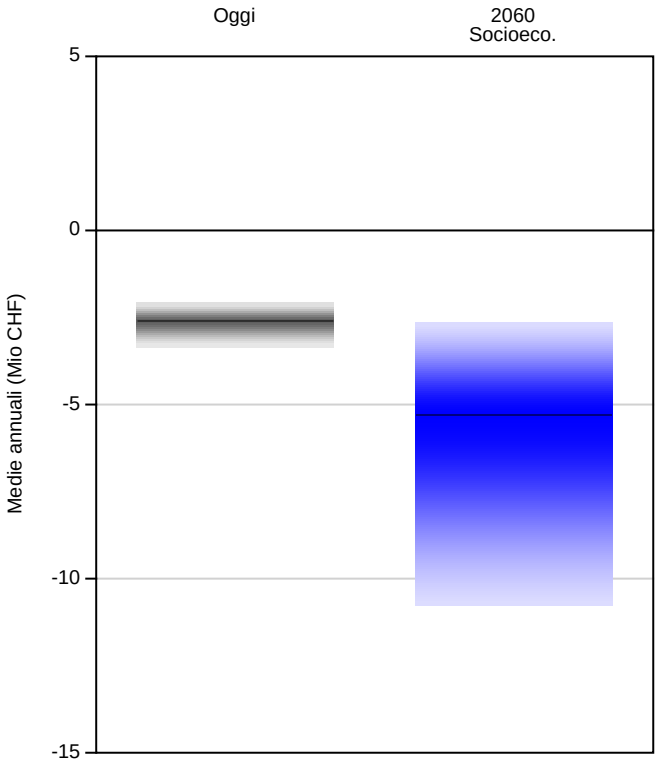


Figura 119: Rappresentazione grafica dei costi attuali e per lo scenario socio-economico 2060 (ipotizzando che il clima rimanga uguale a quello attuale) per il settore d'impatto bosco e economia forestale. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.

5.4.6. Riassunto settore bosco e economia forestale

L'analisi (qualitativa e quantitativa) degli impatti dei cambiamenti climatici sul settore forestale in Ticino ha evidenziato possibili rischi di importanza piuttosto ridotta. I rischi dei cambiamenti climatici si sono rilevati **neutri** per lo scenario debole (perdite di ca. 0.3 milioni di CHF/anno) e **piuttosto negativi** per lo scenario forte (perdite di ca. 2.65 milioni di CHF/anno). Le opportunità si sono invece rilevate di limitata importanza (**neutre**) sia per lo scenario debole che per lo scenario forte (benefici di poche decine di migliaia di CHF/anno per entrambi gli scenari). Complessivamente l'impatto è risultato **neutro** per lo scenario debole (perdite di ca. 0.29 milioni di CHF/anno) e **piuttosto negativo** per lo scenario forte (perdite di ca. 2.62 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

Gli impatti socioeconomici sui settori del bosco e dell'economia forestali influenzati dai cambiamenti climatici sono invece stati valutati come **piuttosto negativi** (perdite di circa 2.8 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

È importante segnalare che nel presente rapporto sono stati valutati quantitativamente unicamente i costi derivanti da attività di ripristino. Il metodo impiegato non prevede di considerare il valore effettivo del bosco, in particolare riguardo alla sua funzione protettiva. Questo valore risulta infatti per in Cantone Ticino ben superiore rispetto alla quantificazione dei rischi calcolata nel presente documento.

5.5. INFRASTRUTTURE E EDIFICI

5.5.1. Infrastrutture ed edifici in Ticino

Costruzioni e abitazioni

In Ticino ci sono 220'000 abitazioni e 104'032 edifici ad uso abitativo (dati relativi al 2012), di cui l'83 % si trova negli agglomerati urbani di Lugano, Locarno, Bellinzona e Chiasso-Mendrisio. La superficie edificata in Ticino è di 6'420 ettari e copre il 2.3 % del territorio. Questa percentuale è aumentata significativamente negli ultimi anni; negli anni '80 essa si aggirava sull'1.7 %.

In Ticino una fetta consistente degli edifici abitativi è stata costruita prima del 1960 (il 55.3 %). Secondo i dati del 2000 solo il 13.6 % degli edifici costruiti prima del 1970 sono stati ristrutturati in maniera sostanziale in epoca più recente. Dalla Figura 120 si può inoltre osservare che la maggior parte degli edifici abitativi ha una sola unità abitativa (sono abitazioni unifamiliari). In Ticino l'1 % delle abitazioni non sono abitate.

La superficie complessiva abitata degli edifici ticinesi è di circa 2'000 ha. La classificazione della superficie abitata secondo l'epoca di costruzione (Figura 120) mostra che la maggior parte della superficie abitata è localizzata in edifici costruiti dal 1946 al 1980. Alla superficie di tipo residenziale si aggiunge quella degli edifici legati ai servizi (negozi, alberghi, uffici, ristoranti, ecc.) e quella degli stabilimenti industriali, che non sono riportati nei grafici della Figura 120.

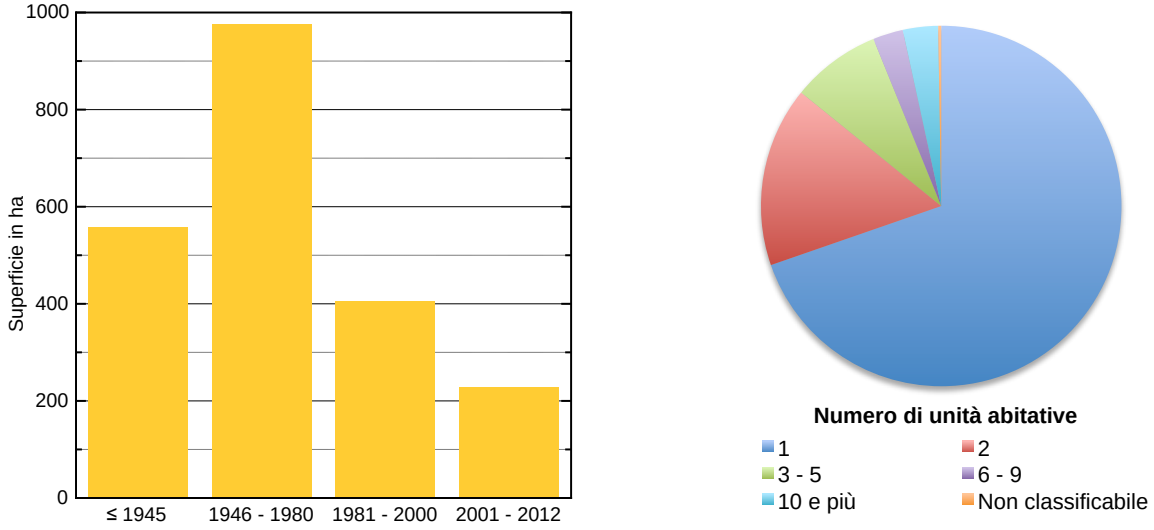


Figura 120: Superficie abitativa degli edifici ticinesi, secondo l'anno di costruzione (sinistra) e numero di unità abitative per edificio (destra) (UStat, 2014b).

Nell'ambito dell'analisi delle serie storiche dei dati relativi ai danni agli edifici è importante considerare che l'ammontare dei danni è correlato al numero di edifici esistenti. Negli ultimi decenni la superficie utile pro capite è aumentata significativamente, così come la popolazione (vedi cap. 4.6). Con l'aumento della superficie abitabile è aumentata anche la superficie edificata e con essa le abitazioni in zone potenzialmente a rischio di pericoli naturali. Nel presente studio questo aspetto viene considerato tramite una correzione basata sulla somma totale assicurata nei diversi anni (vedi Figura 121). La somma è espressa in percentuale

rispetto alla somma assicurata nell'anno di riferimento (2010). In generale si può osservare che nel periodo considerato la somma totale assicurata, sia per i beni mobili che per i beni immobili, è cresciuta di ca. il 20 %; nel caso degli edifici si valuta una crescita annuale media del 2.5 %

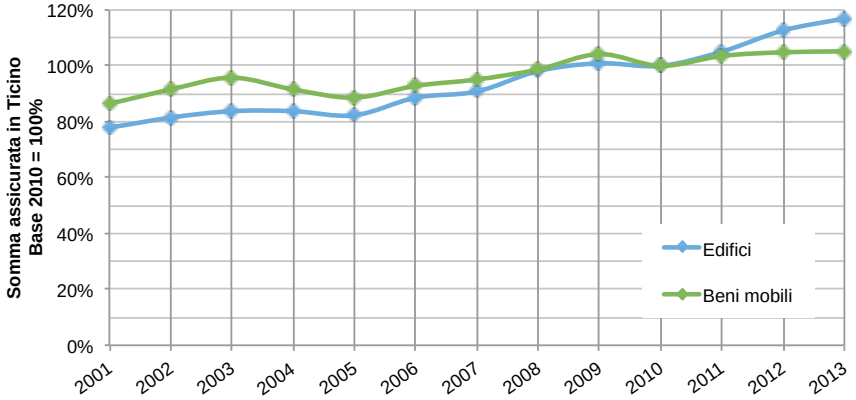


Figura 121: Variazione della somma assicurata degli edifici e dei beni mobili (Wüthrich, 2015). Il valore di riferimento è quello del 2010 (100 %).

Un altro aspetto da considerare nell'analisi temporale dei danni della costruzione è legato all'indice dei prezzi delle costruzioni, che nell'ultimo decennio è stato caratterizzato da un rincaro (vedi Figura 122): ad esempio nel 2001 una costruzione costava solo l'84 % di quanto la stessa costava nel 2010. Nel presente studio, per migliorare la comparabilità dei dati relativi ai danni agli edifici su più anni, l'entità di questi danni viene quindi corretta tramite il corrispondente indice dei prezzi delle costruzioni.

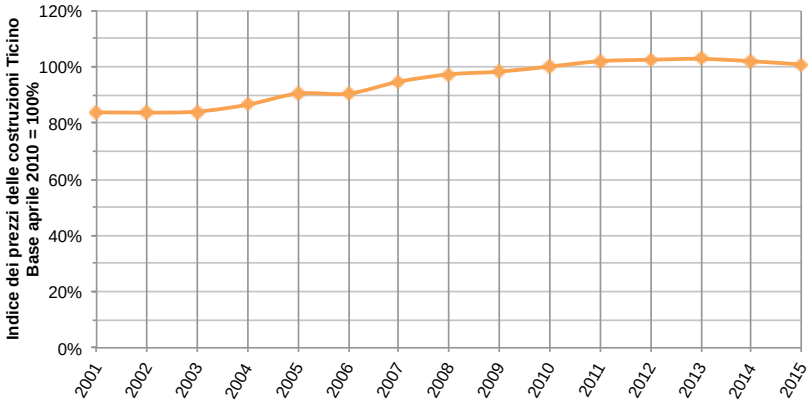


Figura 122: Variazione dell'indice dei prezzi delle costruzioni in Ticino. Il valore di riferimento è quello del 2010 (100 %). Tutti i dati sono riferiti al mese di aprile (BFS, 2015).

Strade

In Ticino la rete stradale raggiunge circa 3'148 km, dei quali 137 km sono strade nazionali, 1'055 km strade cantonali (dati 2013) e 1'956 km sono strade comunali (dato 1984) (UST, 2015b). La lunghezza della rete stradale comunale rappresenta dunque il 185 % della lunghezza della rete stradale cantonale. Non disponendo di statistiche dei danni specifiche per le strade comunali, in quest'analisi esse saranno trattate sulla base dei dati riguardanti le strade cantonali (molto più simili ad esse per svariati aspetti rispetto alle strade nazionali).

Reti di distribuzione

La rete elettrica ad alta tensione in Ticino è stata sviluppata degli anni '60. La maggior funzione di questa rete è quella dello scambio di energia fra Svizzera e Italia (lo scambio tramite il Ticino è cresciuto in modo esponenziale negli anni). Durante gli anni 2000 sono stati eliminati tutti i colli di bottiglia dalla rete in modo da poter disporre di tutta la capacità nominale di trasporto sugli elettrodi a 380/220/150 kV. Sulla rete ticinese attuale, durante l'anno 2009 si è raggiunta una punta massima di erogazione di 480 MW.

La rete elettrica a media tensione (16 kV) e quella a bassa tensione (0.4 kV) si estendono in zone urbane, in zone rurali e nelle valli di montagna. Oltre al problema dell'impatto visivo, nelle zone rurali e nelle valli vi è quindi un rischio maggiore di interruzioni di corrente a seguito ad esempio di forti nevicate, tempeste, alluvioni e frane.

Il gas naturale è stato introdotto nel Canton Ticino nella seconda metà degli anni ottanta, con la realizzazione del gasdotto Bizzarone-Lugano da parte delle Aziende Industriali di Lugano (AIL). Attualmente il gas viene interamente importato dall'Italia e la rete di distribuzione del gas, gestista da quattro aziende, si estende su una gran parte del territorio sottocenerino. Negli ultimi anni è stato realizzato un gasdotto che collega Vezia al Piano di Magadino, che permette di estendere l'allacciamento al gas a territori del Sopraceneri e della Mesolcina (Progetto Metanord).

La principale vulnerabilità di questa rete è che allo stato attuale il gas entra nel Cantone da un solo punto. Un danno al gasdotto ad alta pressione nel Mendrisiotto, ad esempio, in un periodo freddo potrebbe mettere in difficoltà l'intero sistema energetico e creare importanti danni al settore industriale (che sempre di più usa il gas per i processi termici). Tuttavia, siccome tutta la rete di distribuzione del gas è interrata e in zone pianeggianti il pericolo di danni a causa di pericoli naturali (ad esempio: smottamenti, frane, ecc.) è praticamente nullo.

Dati a disposizione

Settore	Fonte di dati	Periodo di osservazione
Edifici	Banca dati ASA (Associazione Svizzera Assicurazioni)[16]	2001-2012
Beni mobili	Banca dati ASA (Associazione Svizzera Assicurazioni)	2001-2012
Infrastrutture per il trasporto	Strade cantonali: Rendiconto del Consiglio di Stato 2014 Strade nazionali: Informazioni da esperti (USTRA, M. De Lorenzi) Ferrovia FFS: Informazioni da esperti (FFS, E. Barelli)	2001-2014 2008-2014 1980-2014
Infrastrutture per la distribuzione di energia	Rete AIL: Informazioni da esperti (AIL, G. Mameli) Rete OFIMA: Informazioni da esperti (OFIMA, A. Baumer) Rete SES: Informazioni da esperti (SES, P. Ceschi)	- - -
Evacuati	Dati StorMe - Sezione Forestale Cantonale (2015)	1980-2014

Tabella 60: Fonti e periodo di osservazione dei dati utilizzati per l'analisi quantitativa del settore d'impatto infrastrutture e edifici.

[16] Tutte le assicurazioni private ticinesi attive sono membri di questa associazione e forniscono le informazioni riguardanti le somme dei danni annuali assicurati da loro. I dati sono raccolti su una piattaforma specifica che ha una quota di mercato pari a circa il 95 % (ASA, M. Wüthrich).

Per l'analisi quantitativa dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici per infrastrutture ed edifici sono stati ricavati dati da svariate fonti: banche dati, letteratura e informazioni di esperti del ramo. Nella Tabella 60 sono raffigurate tutte le fonti (con i relativi periodi di osservazione) dei dati utilizzati in quest'analisi.

Suddivisione dei danni per i diversi pericoli naturali

Frane, colate detritiche e smottamenti possono causare la chiusura momentanea delle strade e provocano elevati costi per lo sgombero del materiale e la messa in sicurezza della zona. Non sono inoltre da dimenticare i danni e la chiusura delle strade a causa delle esondazioni dei laghi ticinesi. In quest'analisi vengono considerati alluvioni, frane/colate detritiche e caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia; mentre vengono tralasciate le valanghe, perché causano attualmente una quantità di danni alle strade non rilevante (USTRA, M. De Lorenzi),

I dati raccolti per le strade cantonali e nazionali non sono classificati a seconda dei diversi tipi di pericoli naturali. Per permettere una suddivisione dei danni secondo i pericoli è stata calcolata la percentuale di danni da attribuire ai 3 pericoli in questione, sulla base dei danni ad edifici, beni mobili e ferrovia (vedi Tabella 61). La suddivisione dei danni alle strade si basa dunque sull'ipotesi che edifici, beni mobili e ferrovia si trovino pressappoco nelle stesse aree delle strade e siano sensibili agli stessi pericoli naturali.

	Alluvioni	Frane/Colate detritiche	Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia
Edifici[17]	4.6	0.7	0.3
Beni mobili[18]	3	0.4	0.1
Ferrovia (FFS)[19]	-	0.05	0.02
SOMMA	7.6	1.2	0.4
PERCENTUALE	83 %	13 %	4 %

Tabella 61: Danni medi annui (milioni di CHF) a edifici, beni mobili e ferrovia causati da alluvioni, frane/colate detritiche e caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia e percentuale dei danni attribuibile a ciascun pericolo naturale (Wüthrich, 2015) e (Barelli, 2015).

[17] Media del periodo 2001-2012.

[18] Media del periodo 2001-2012.

[19] Media del periodo 1980-2009.

5.5.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060

Sulla base della matrice di rilevanza (v. Tabella 41) nel caso del settore d'impatto delle infrastrutture e degli edifici devono essere analizzati i seguenti pericoli ed effetti: valanghe, forti nevicate, alluvioni, frane/colate detritiche, forti temporali/grandine, incendi boschivi, ondate di calore, degradazione permafrost, caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia, innalzamento della temperatura media e tempeste/uragani. Gli impatti analizzati per ciascun pericolo ed effetto sono riassunti nella Tabella 62. La tabella mostra anche il tipo di valutazione – quantitativa o qualitativa – adottata per i diversi impatti.

Una rappresentazione schematica degli impatti sul settore infrastrutture ed edifici è consultabile nella Figura 123. Per il settore di impatto "infrastrutture ed edifici" sono stati analizzati i danni ai seguenti beni: edifici, beni mobili, infrastrutture per i trasporti (strade e ferrovia e aspetti come la tenuta degli asfalti stradali), restanti infrastrutture (distribuzione dell'energia), veicoli ed effetti indiretti di questi danni (ad es. interruzioni nei servizi e commerci e impatto sulla produzione industriale). Non sono invece valutati gli effetti dei cambiamenti climatici sui consumi di energia negli edifici e nei veicoli (ad es. diminuzione del fabbisogno di calore per il riscaldamento e aumento del fabbisogno di energia per il raffreddamento), che sono invece oggetto di analisi del settore di impatto energia e i danni alle infrastrutture per la distribuzione e l'approvvigionamento idrico (trattati nel settore gestione delle acque).

A causa delle difficoltà a reperire dati non sono stati considerati i danni alle telecomunicazioni e agli impianti di risalita in zone di montagna. In generale si tratta di danni di poca entità, in parte rappresentati nei settori analizzati (ad esempio edifici).

Nel settore di impatto "Infrastrutture ed edifici", per l'analisi dei pericoli naturali e degli incendi boschivi che potrebbero mutare a seguito dei cambiamenti climatici in atto, vengono considerati i seguenti indicatori:

- danni patrimoniali: tutti i danni materiali ai beni sopra elencati;
- numero di evacuati.

<u>Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici</u>

La Confederazione, nella prima parte della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, ha definito i diversi campi d'intervento. Nelle ultime colonne della Tabella 62 sono indicati i campi d'intervento della strategia svizzera, corrispondenti ai diversi rischi e alle opportunità per il Canton Ticino, e possibili misure per mitigare questi rischi e sfruttare le opportunità. Le misure sono state definite nella seconda parte della strategia di adattamento (vedi capitolo 2.1). Una spiegazione delle abbreviazioni dei campi d'intervento e delle misure è data nell'allegato A1.

Per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici i campi d'intervento rilevanti sono quelli legati ai pericoli naturali (PN), alla regolazione dei grandi laghi (GA7) e alla manutenzione e alla sicurezza delle infrastrutture di trasporto dell'energia (E4). Le misure più rilevanti sono invece le seguenti: pn1-pn7 (misure legate alla prevenzione e al monitoraggio dei pericoli naturali), ga5 (regolazione dei livelli lacustri), ga6 (gestione dei laghi e dei bacini svizzeri nel contesto internazionale), e7 (presa in considerazione degli effetti dei cambiamenti climatici nell'approvazione e nella vigilanza delle reti di trasmissione e distribuzione) e e8 (mostrare le interazioni tra gli effetti del clima e le misure di adattamento nei vari campi).

Pericolo/effetto	Valutazione quantitativa	Valutazione qualitativa	Campi d'intervento	Misure
Valanghe	Diminuzione dei danni materiali a edifici e beni mobili.			pn1 – pn7
	Diminuzione del numero di evacuati.			pn1 – pn7
		Diminuzione delle conseguenze indirette dei danni alle infrastrutture e agli edifici (mancata produzione).		pn1 – pn7
Forti nevicate	Diminuzione dei danni materiali a edifici e beni mobili.			
	Diminuzione dei danni alla rete di distribuzione dell'energia elettrica.		E4	e7; e8
		Diminuzione delle conseguenze indirette dei danni alle infrastrutture e agli edifici (mancata produzione).		
Alluvioni	Aumento dei danni materiali a edifici e beni mobili.		PN1; GA7	pn1 – pn7; ga5; ga6
	Aumento dei danni materiali a infrastrutture per il trasporto (strade).		PN1; GA7	pn1 – pn7; ga5; ga6
		Aumento delle conseguenze indirette dei danni alle infrastrutture e agli edifici (mancata produzione).	PN1; GA7	pn1 – pn7; ga5; ga6
Frane/Colate detritiche	Aumento dei danni materiali a edifici e beni mobili.		PN3	pn1 – pn7
	Aumento dei danni materiali a infrastrutture per il trasporto.		PN3	pn1 – pn7
	Aumento dei danni alla rete di distribuzione dell'energia elettrica.		PN3; E4	pn1 – pn7; e7; e8
	Aumento del numero di evacuati.		PN3	pn1 – pn7
		Aumento delle conseguenze indirette dei danni alle infrastrutture e agli edifici (mancata produzione).	PN3	pn1 – pn7
Forti temporali/Grandine	Variazione dei danni materiali a edifici e beni mobili.			
		Variazione delle conseguenze indirette dei danni a infrastrutture e edifici (mancata produzione).		
Incendi boschivi		Aumento delle conseguenze indirette dei danni alle infrastrutture e agli edifici (mancata prodizione).		
		Aumento dei danni a beni mobili.		
		Aumento dei danni alle reti di distribuzione dell'energia elet-	E4	e7; e8

		trica.		
Ondate di calore		Aumento dei danni alla pavimentazione stradale (deformazione).		
Degradazione permafrost		Aumento dei potenziali danni materiali ad infrastrutture ed edifici in zone sensibili alla degradazione del permafrost.		pn1 – pn7
Caduta massi/frane di crollo/Valanghe di roccia	Diminuzione dei danni materiali a edifici e beni mobili.		PN4	pn1 – pn7
	Diminuzione dei danni materiali a infrastrutture per il trasporto.		PN4	pn1 – pn7
	Aumento dei danni alla rete di distribuzione dell'energia elettrica.		PN4; E4	pn1 – pn7; e7; e8
	Diminuzione del numero di evacuati.		PN4	pn1 – pn7
		Diminuzione delle conseguenze indirette dei danni agli edifici e alle infrastrutture (servizi e industrie).	PN4	pn1 – pn7
Innalzamento della temperatura media	Diminuzione dei costi per il servizio invernale sulle strade.			
		Diminuzione dei danni alla pavimentazione stradale in seguito alla deformazione causata da temperature basse.		
Tempeste/Uragani	Variazione dei danni materiali a edifici e beni mobili.			
		Variazione del rendimento di industrie e commercio a causa di interruzioni di corrente.		

Tabella 62: Impatti analizzati per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici. Gli impatti sono suddivisi per impatti valutati quantitativamente e impatti valutati qualitativamente. In rosso sono riportati i rischi, in verde le opportunità e in blu gli impatti valutati tramite un'analisi di sensitività.

Modello degli impatti

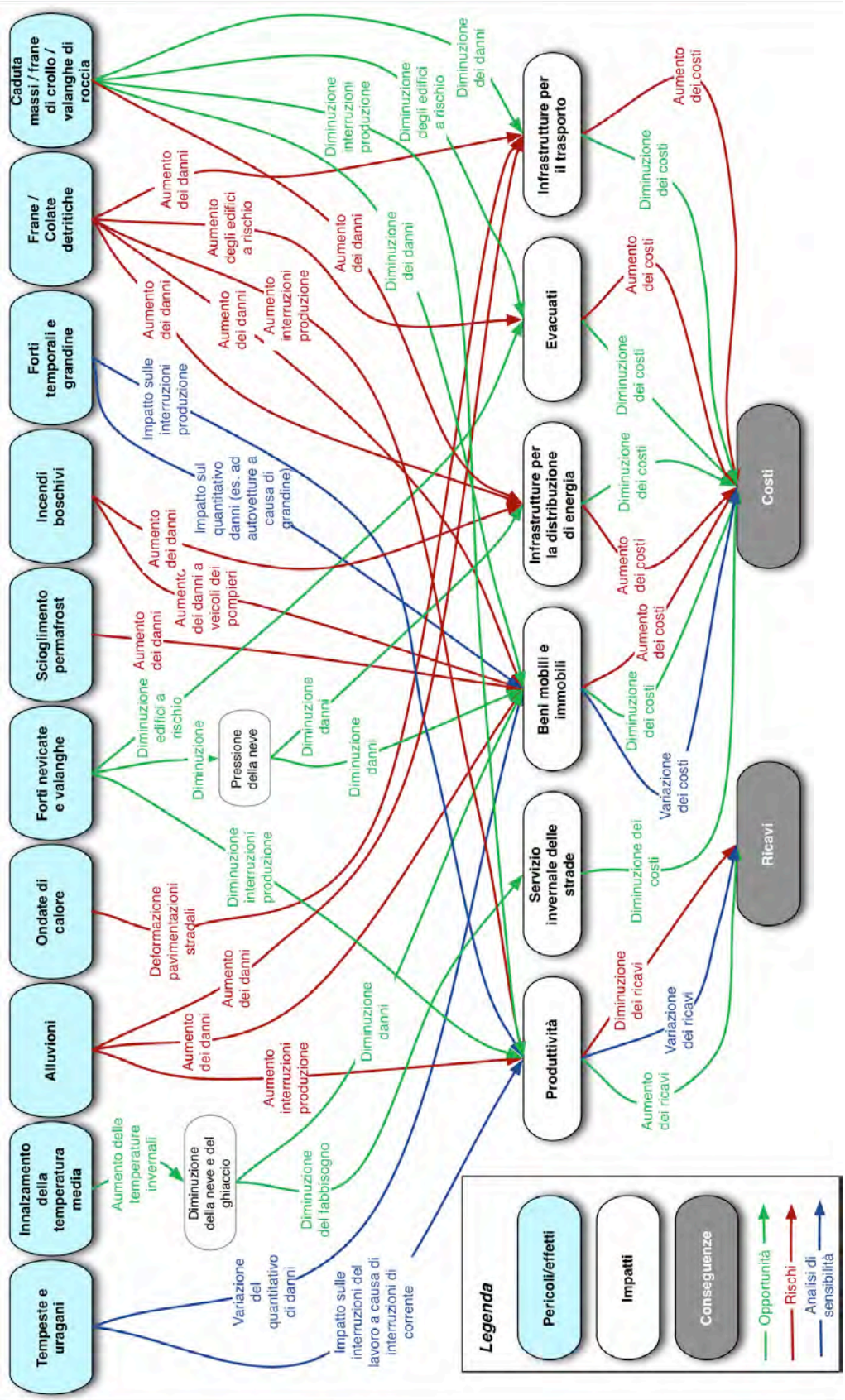


Figura 123: Rappresentazione schematica degli effetti dei cambiamenti climatici sugli impatti per il settore infrastrutture e edifici.

Valanghe

Impatti quantitativi

In Ticino le valanghe, seppur siano sempre meno frequenti, causano annualmente danni alle infrastrutture ed edifici soprattutto nelle zone delle valli ad altitudini elevate.

Danni materiali a edifici

Secondo i dati ASA, corretti tramite l'indice dei prezzi annuale delle costruzioni in Ticino e la somma totale assicurata nei diversi anni e analizzati secondo la metodologia esposta nel capitolo 3.5, i danni medi annui (periodo 2001-2012), causati da valanghe a edifici (edifici abitativi, edifici agricoli e altri edifici) ammontano a circa 68'000 CHF.

Quale evento estremo si può prendere l'anno 1999 durante il quale sulle alpi svizzere si è verificato un numero di valanghe nettamente superiore alla media pluriennale, con danni per più di 56 milioni di CHF. Relazionando la superficie del Ticino con l'intera superficie alpina Svizzera (11 %) e considerando il rapporto fra danni a beni mobili e immobili osservato dal 2001 al 2012 si ottiene un danno agli edifici a livello ticinese di 5 milioni di CHF.

Siccome le infrastrutture e gli edifici ticinesi si trovano principalmente ad altitudini relativamente basse, essi sono maggiormente danneggiati da valanghe che raggiungono quote inferiori a 1500 m s.l.m. Per lo scenario 2060 debole si può ipotizzare una diminuzione delle valanghe del 10 % per eventi con un periodo di ritorno inferiore o uguale a 5 anni e dello 0 % per periodi di ritorno più ampi, mentre per lo scenario 2060 forte si può ipotizzare una diminuzione delle valanghe del 20 % per eventi con un periodo di ritorno inferiore o uguale a 5 anni e un aumento del 12.5 % per periodi di ritorno più ampi (vedi capitolo 4.5.7). Complessivamente risulta che i danni agli edifici causati da valanghe diminuiscano del 7 % per lo scenario debole e del 10 % per lo scenario forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni causati da valanghe nei diversi inverni, essa è considerata **bassa**. Per le stime future parte dell'incertezza è legata alle difficoltà nello stabilire con esattezza l'evoluzione delle valanghe in futuro e nello stabilire con questi dati la possibile variazione dei danni; essa è considerata **media.**

Danni materiali a beni mobili

I danni medi annui causati da valanghe a beni mobili (beni di abitazioni, beni agricoli, automobili, ecc.) ammontano a circa 18'000 CHF; anche in questo caso i danni attuali sono stati calcolati tramite i valori del periodo dal 2001 al 2012.

Quale evento estremo è stato anche in questo caso considerato il 1999, anno in cui si possono calcolare (relazionando la superficie del Ticino con l'intera superficie alpina svizzera e considerando il rapporto fra danni a beni mobili e immobili osservato dal 2001 al 2012) danni a beni mobili del valore di 1.3 milioni di CHF.

Analogamente agli edifici anche per l'evoluzione futura dei danni ai beni mobili sono considerate solamente valanghe che raggiungono altitudini inferiori ai 1500 m s.l.m. Complessivamente per i danni ai beni mobili si calcola una diminuzione del 6 % per lo scenario 2060 debole e dell'8 % per lo scenario 2060 forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni causati da valanghe nei diversi inverni ed è considerata **bassa**. Per le stime future parte dell'incertezza è legata alle difficoltà nello stabilire con esattezza l'evoluzione delle valanghe in futuro e nello stabilire con questi dati la possibile variazione dei danni; essa è considerata **media.**

Danni materiali ad infrastrutture per i trasporti

Nel periodo di riferimento (1980-oggi) non sono stati registrati danni rilevanti alla ferrovia in Ticino riconducibili a valanghe. Per questo motivo si considera che attualmente le valanghe non siano problematiche.

Nonostante i danni medi annuali siano pressappoco nulli, nel 1951 una valanga di 80'000 m^3 a Travi (nella tratta Airolo-Bodio) ha causato danni di 5 milioni di CHF a causa dell'abbattimento di ripari valangari. Questo evento è considerato come evento secolare.

Trattandosi di eventi estremi presumibilmente ad altitudini inferiori a 1'500 m s.l.m., per lo scenario 2060 debole viene considerato che la situazione non vari rispetto allo scenario di riferimento, mentre per lo scenario 2060 forte si considera un aumento del 12.5 % (v. cap. 4.5.7).

Evacuati

Nelle valli ticinesi è possibile che abitazioni in zone con marcato pericolo vengano evacuate a causa di valanghe. Dal 1980 al 2009 (periodo di riferimento) complessivamente, in Ticino, sono state evacuate 40 persone. Considerato che questa cifra è da attribuire ad un solo evento, la media annua di evacuati a causa di valanghe è quantificata in 1.3 persone all'anno (1 evento con un periodo di ritorno di 30 anni). Monetizzando questo valore con un fattore di 10'000 CHF/persona evacuata (EBP/SLF/WSL, 2013b) si ottiene una spesa annuale di 13'000 CHF.

L'anno in cui si sono osservate più evacuazioni a causa di valanghe è stato il 1994 (in quest'analisi considerato come evento secolare). Nel 1994 sono state evacuate 40 persone che corrispondono ad un costo circa 400'000 CHF.

Anche in questo caso, trattandosi di eventi estremi ad altitudini sotto i 1'500 m s.l.m., per lo scenario 2060 debole non viene presupposto nessun cambiamento rispetto alla situazione attuale, mentre per lo scenario 2060 forte di calcola un aumento dei danni pari al 12.5 % (v. cap. 4.5.7).

L'incertezza sulla completezza del numero di evacuati dei dati StorMe è la principale fonte di insicurezza per lo scenario di riferimento insieme alle elevate fluttuazioni annuali di questo pericolo. Per lo scenario di riferimento l'incertezza è considerata **bassa**. Per le stime future sono invece da considerare le insicurezze nella stima dell'evoluzione delle valanghe; l'incertezza è dunque considerata **media**.

Impatti qualitativi

Mancati ricavi nel settore di industrie e servizi

Il verificarsi di valanghe che causano danni ad edifici, vie di comunicazione e reti di distribuzione di elettricità, acqua e gas, porta a conseguenze indirette sui servizi e l'industria. Ad

esempio a causa dell'interruzione delle vie di comunicazione (strade o ferrovie) è possibile che i trasporti industriali vengano interrotti o rallentati, causando una perdita nei ricavi delle aziende.

In futuro, con la diminuzione delle valanghe in futuro a seguito dei cambiamenti climatici in Ticino, anche i mancati ricavi di industrie e servizi a causa di questo pericolo naturale potrebbero diminuire.

Siccome le valanghe sono un pericolo naturale esistente principalmente nelle località vallive ad altitudini piuttosto elevate dove la presenza di industrie e servizi è limitata, il gruppo di lavoro valuta (sia per lo scenario debole che per lo scenario forte) l'opportunità dovuta al minor pericolo di valanghe come **molto minore** rispetto alla somma delle opportunità valutate quantitativamente per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici.

Forti nevicate

Forti nevicate possono causare gravi danni a infrastrutture ed edifici. La pressione della neve può infatti danneggiare abitazioni o infrastrutture per la distribuzione di energia. Questi danni sono fortemente correlati con il grado di umidità della neve, poiché la pressione che esercita la neve bagnata è molto più elevata rispetto a quella della neve asciutta. Il numero di forti nevicate, così come l'umidità della neve a diverse quote in futuro varierà come conseguenza delle variazioni previste nel regime delle precipitazioni e delle temperature medie a causa dei cambiamenti climatici.

Impatti quantitativi

Danni materiali a edifici

Attualmente in Ticino i danni annuali agli edifici causati dalla pressione della neve ammontano a 1 milione di CHF (calcolo basato sulla metodologia esposta nel capitolo 3.5).

Analizzando le serie storiche di questa tipologia di danno tramite l'analisi di Gumbel (metodologia esposta nel capitolo 3.7) si calcola che nel caso di un evento estremo i danni agli edifici ammonterebbero a 5.6 milioni di CHF.

In Ticino i danni della neve ad edifici si verificano principalmente sotto i 1900 m s.l.m., dove si trova la grande maggioranza delle zone edificate. Per questo motivo gli scenari futuri per questo pericolo sono basati sulla stima per luoghi ad altitudini inferiori ai 1900 m s.l.m. per i quali è prevista una diminuzione delle forti nevicate del 20 % per lo scenario debole e del 40 % per lo scenario forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve, alle elevate fluttuazioni dei danni causati da forti nevicate nei diversi inverni e al fatto che i dati siano relativi ai danni causati dalla pressione della neve e non prettamente dalle forti nevicate. Essa è considerata **bassa**. Per le stime future va inoltre considerata l'incertezza legata alla stima dell'evoluzione delle forti nevicate in futuro; essa è considerata **media**.

Danni materiali a beni mobili

I danni a beni mobili causati dalla pressione della neve in Ticino ammontano mediamente a ca. 20'000 CHF all'anno.

I danni di un evento estremo sono stati ricavati dall'analisi di Gumbel delle serie storiche a disposizione (vedi capitolo 3.7). Dall'analisi è risultato che un evento estremo può causare danni di 875'000 CHF/anno.

Per il calcolo degli scenari futuri viene considerata la diminuzione delle forte nevicate sotto i 1900 m s.l.m. (vedi capitolo 4.5.6). Si calcola dunque una diminuzione dei costi del 20 % per lo scenario debole e del 40 % per lo scenario forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve, alle elevate fluttuazioni dei danni causati da forti nevicate nei diversi inverni e al fatto che i dati siano relativi ai danni causati dalla pressione della neve e non prettamente dalle forti nevicate. Essa è considerata **bassa**. L'incertezza delle stime future viene invece considerata **media**, in quanto comprende anche l'incertezza dell'evoluzione futura delle forti nevicate e dei relativi danni.

Danni materiali alle infrastrutture per la distribuzione di energia

Forti nevicate sui boschi ticinesi possono causare la caduta di alberi che danneggiano le linee aeree di trasporto di energia. Reti interrate, come la maggior parte della rete delle aziende industrializzate luganesi (AIL), non sono sensibili a questo problema poiché restano protette dall'impatto della neve.

Le forti nevicate non danneggiano solamente le reti della bassa tensione. Infatti le officine idroelettriche della Maggia e della valle di Blenio (OFIMA/OFIBLE), la cui rete comprende principalmente media e alta tensione, registrano anch'esse un importante quantitativo di danni.

L'azienda elettrica sopracenerina (SES) è l'azienda distributrice di energia con la più vasta linea aerea in Ticino, ed è dunque la rete più sensibile alle forti nevicate. Ogni anno quest'azienda registra un quantitativo di costi relativamente importante per la riparazione e l'intervento di danni causati dalla neve. I costi comprendono unicamente i costi diretti derivanti dalla valutazione del problema, dal materiale e dal personale impiegato fino al ripristino della rete (ritorno della corrente); il tempo di questa operazione è mediamente di 1 ora. Non sono invece compresi i costi derivanti dalla mancata distribuzione dell'energia.

Siccome AIL e SES servono la maggioranza del territorio ticinese (con l'eccezione delle città di Bellinzona e Mendrisio) e possiedono una gran parte delle linee aeree, si può assumere che i dati raccolti da queste aziende siano rappresentativi per tutto il Cantone. Complessivamente si stima dunque che le forti nevicate causino danni di circa 1.1 milioni di CHF/anno alla rete elettrica ticinese.

L'inverno 2013-2014 è stato un inverno particolarmente importante per le forti nevicate. I danni alla rete di distribuzione dell'elettricità sono stati di conseguenza superiori alla media annua. Considerando questo inverno come evento estremo si può calcolare che i danni per questo tipo di evento in Ticino ammontano a circa 1.6 milioni di CHF/anno.

È da sottolineare che i danni alle infrastrutture causati dalla neve o da altri pericoli naturali rappresentano costi molto ridotti per le aziende rispetto a quelli spesi ogni anno per l'ordinaria manutenzione. Le infrastrutture danneggiate sono inoltre spesso quelle più datate; esse necessiterebbero comunque una revisione in tempi brevi.

La rete SES (rete principale delle valli del Sopraceneri) raggiunge altitudini fino a 2000 m s.l.m. ad esempio a Bosco Gurin o al Nara (per alimentare le seggiovie e le ancore). Siccome però la parte di rete aerea sopra i 1900 m s.l.m. è molto ridotta (anche la parte finale della rete del Nara è ad esempio in cavo) per il calcolo degli scenari futuri viene utilizzata la variazione delle forti nevicate fino a 1900 m s.l.m. (vedi capitolo 4.5.6). Per lo scenario 2060 debole si calcola una diminuzione dei costi del 20 % mentre per lo scenario 2060 forte del 40 %.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente alle stime dei danni annuali, alla mancanza di serie storiche specifiche e alla mancanza dei dati delle aziende di distribuzione di elettricità ticinesi minori; essa è considerata **bassa**. L'incertezza delle stime future viene invece considerata **media**, in quanto comprende anche l'incertezza dell'evoluzione futura delle forti nevicate e dei relativi danni.

Impatti qualitativi

Mancati ricavi nel settore di industrie e servizi

Anche in questo caso i danni ad edifici ed infrastrutture hanno conseguenze indirette sulla produzione di industrie e servizi. La pressione della neve potrebbe ad esempio facilitare la caduta di alberi sulle vie di comunicazione, interrompendone il servizio, o su edifici che verrebbero di conseguenza danneggiati. Nevicate intense possono inoltre limitare la circolazione stradale (a causa della presenza di neve sulla carreggiata), per cui è possibile che trasporti industriali vengano interrotti o rallentati, causando una perdita nei ricavi delle aziende.

Nei paesi di montagna e nelle valli, dove la rete aerea è maggiormente distribuita e dove le forti nevicate sono più estreme, è possibile che si verifichino interruzioni di corrente (SES, P. Ceschi). Il peso delle interruzioni (mediamente circa 1 ora/anno) per le aziende elettriche è irrilevante, ma possono causare mancati ricavi ad industrie in zone colpite da questo problema.

In futuro, con la diminuzione delle forti nevicate a seguito dei cambiamenti climatici in Ticino, anche i mancati ricavi di industrie e servizi a causa di questo pericolo naturale potrebbero diminuire.

Siccome le forti nevicate toccano principalmente le località vallive ad altitudini piuttosto elevate, dove la presenza di industrie e servizi è limitata, e possono interessare tutto il Ticino solo in rare occasioni, il gruppo di lavoro valuta l'opportunità dovuta alla riduzione delle forti nevicate (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) come **molto minore** rispetto alla somma delle opportunità valutate quantitativamente per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici.

Alluvioni

Impatti quantitativi

In Ticino le esondazioni del lago di Lugano e soprattutto del lago Maggiore causano un elevato quantitativo di danni a edifici e infrastrutture nei Comuni situati sulle sponde dei laghi.

Danni materiali a edifici

Le alluvioni sono un pericolo importante per gli edifici ticinesi: le esondazioni dei laghi, in particolare del lago Maggiore, possono infatti causare danni molto elevati. Le recenti esondazioni dei laghi (periodo di osservazione 2001-2012) hanno causato un elevato quantitativo di danni a edifici. Complessivamente sono stati registrati in media danni annuali di 5.8 milioni di CHF.

Quando il livello dei laghi supera di 1 m la quota normale, i danni causati dalle alluvioni assumono una particolare importanza. Nel corso dell'esondazione del 2000 - scelta come evento estremo per questo campo - i danni causati a edifici (calcolati sulla base del rapporto fra i danni a beni mobili e immobili tra il 2001 e il 2012) sono ammontati a ca. 91 milioni di CHF.

Gli scenari futuri sono stati calcolati sulla base dell'evoluzione futura delle alluvioni in Ticino descritta nel capitolo 4.5.8. Per lo scenario debole si prevede che la variazione dei danni sia nulla, mentre per lo scenario forte si stima un aumento dei danni del 40 %.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni causati dalle alluvioni nei diversi anni; essa è considerata **bassa**. Oltre agli aspetti descritti in precedenza per le stime future è da considerare l'insicurezza nella stima dell'evoluzione futura delle alluvioni; per questo motivo l'incertezza è considerata **media.**

Danni materiali a beni mobili

Per quanto riguarda i beni mobili, nel periodo dal 2001 al 2012 sono stati registrati in media danni annuali di 3.6 milioni di CHF.

Nel corso dell'esondazione del 2000 (scelto come evento estremo) i danni causati a beni mobili (calcolati sulla base del rapporto fra i danni ai beni mobili e immobili tra il 2001 e il 2012) sono ammontati a circa 56 milioni di CHF.

Anche in questo caso l'evoluzione dei danni per gli scenari futuri è basata sulla variazione prevista degli eventi alluvionali esposta nel capitolo 4.5.8. Lo scenario debole non prevede cambiamenti per il valore atteso dei danni, mentre lo scenario forte prevede un aumento del 40 % dei danni.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni causati da alluvioni nei diversi anni, essa è considerata **bassa**. Oltre agli aspetti descritti in precedenza per le stime future va inoltre considerata l'insicurezza nella stima dell'evoluzione futura delle alluvioni; per questo motivo l'incertezza è considerata **media.**

Danni materiali ad infrastrutture per i trasporti

In Ticino ogni anno si osservano svariati danni alle strade cantonali e nazionali a causa di pericoli naturali derivanti da forti precipitazioni. Non disponendo di dati per i singoli pericoli naturali per le strade cantonali e federali, essi saranno calcolati sulla base delle percentuali esposte nel capitolo 5.5.1.

I danni medi causati da alluvioni alle strade cantonali ammontano a circa 1.9 milioni di CHF (media 2001-2014), mentre i danni causati alle strade federali ammottano a circa 100'000 CHF (media 2008-2014) (USTRA, M. De Lorenzi).

L'anno che ha registrato il maggior numero di danni alle strade cantonali è stato il 2001, anno in cui si può stimare che i danni causati dalle alluvioni sono stati di 3.1 milioni di CHF. L'anno in cui i danni alle strade nazionali sono stati massimi è stato invece il 2008 (i danni attribuibili ad alluvioni sono ammontati a circa 230'000 CHF). I costi di questi anni sono considerati come evento secolare.

In assenza di dati relativi ai danni alle strade comunali, i danni di questa tipologia di strade sono calcolati sulla base del rapporto fra la lunghezza complessiva delle strade comunali in Ticino e quella delle strade cantonali. Si ipotizza dunque che i costi per le strade comunali siano il 185 % della somma dei costi legati alle strade cantonali (vedi capitolo 5.5.1). Complessivamente per la rete stradale ticinese si stimano dunque dei costi pari a 5.4 milioni di CHF/anno e di circa 9 milioni di CHF per un evento estremo.

I danni per gli scenari futuri sono basati sulla ricorrenza delle alluvioni future (vedi capitolo 4.5.8). Lo scenario debole non differisce nel valore atteso dallo stato attuale, mentre per lo scenario forte i costi saranno presumibilmente superiori del 40 %.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve, alle elevate fluttuazioni dei danni causati da alluvioni nei diversi anni, alla stima dei danni per le strade comunali e alla valutazione complessiva dei danni causati dalle diverse tipologie di pericoli naturali; essa è considerata **bassa**. Oltre agli aspetti esposti per lo scenario di riferimento, per le stime future va considerata anche l'incertezza nello stabilire l'evoluzione futura delle alluvioni. Complessivamente si stima che questi valori abbiano un'incertezza **media.**

Impatti qualitativi

Mancati ricavi nel settore di industrie e servizi

I danni causati dalle esondazioni del lago Maggiore e del lago di Lugano a infrastrutture e edifici possono causare costi importanti di mancata produzione nel settore delle industrie e dei servizi toccati dall'acqua alta. L'esondazione di un lago potrebbe ad esempio danneggiare materiale di un'industria (a causa delle infiltrazioni di acqua nella cantina degli edifici) e di conseguenza interrompere la produzione. La presenza di acqua sulle strade e sulla ferrovia potrebbe inoltre, anche in questo caso, portare all'interruzione delle vie di comunicazione e limitare la circolazione di merci e persone (causando rallentamenti o interruzioni nel settore delle industrie e dei servizi.

Con l'aumento futuro delle alluvioni e delle esondazioni dei laghi ticinesi fa seguito dei cambiamenti climatici, anche i mancati ricavi di industrie e servizi a causa di questo pericolo naturale potrebbero aumentare.

I mancati ricavi in questi settori dovuti al danneggiamento di infrastrutture ed edifici a causa di alluvioni possono raggiungere somme rilevanti. Siccome le esondazioni dei grandi laghi interessano le città di Lugano e Locarno e i loro dintorni (città caratterizzate da una ricca gamma di industrie e servizi); il gruppo di lavoro valuta questo rischio per lo scenario 2060 forte come **comparabile** rispetto alla somma dei rischi valutati quantitativamente per il setto-

re d'impatto infrastrutture ed edifici. Per lo scenario 2060 debole il rischio è valutato come **non rilevante** poiché questo scenario non prevede una variazione nella ricorrenza delle alluvioni (vedi capitolo 4.5.8).

Frane/Colate detritiche

In Ticino le frane e le colate detritiche in Ticino causano ogni anno danni ad edifici e infrastrutture ticinesi, soprattutto nel periodo autunnale. Questi pericoli possono inoltre causare la chiusura momentanea delle strade e provocare elevati costi per lo sgombero del materiale e la messa in sicurezza delle zone di pericolo.

Impatti quantitativi

Danni materiali a edifici

Elaborando i dati del periodo 2001-2012 secondo la metodologia esposta nel capitolo 3.5, risulta un valore atteso annuale ticinese di danni a edifici a causa di colate detritiche e frane pari a circa 940'000 CHF. Analizzando le serie storiche tramite l'analisi di Gumbel (vedi capitolo 3.7) si calcola che un evento estremo potrebbe causare danni di 5.5 milioni di CHF.

Analizzando i dati raccolti in base alla variazione delle frane e delle colate detritiche per gli scenari futuri, esposta nel capitolo 4.5.4, per i diversi periodi di ritorno si può stimare che i costi dei danni agli edifici aumenteranno del 3 % per lo scenario debole e del 36 % per lo scenario forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni causati da frane e colate detritiche agli edifici nei diversi anni; essa è considerata **bassa**. Per le stime future va inoltre considerata l'incertezza del calcolo della variazione di frane e colate detritiche nel 2060 e l'attribuzione del loro relativo periodo di ritorno; essa è considerata **media**.

Danni materiali a beni mobili

I danni a beni mobili in Ticino presentano un valore atteso pari a circa 450'000 CHF/anno. Analizzando le serie storiche tramite l'analisi di Gumbel (vedi capitolo 3.7) si calcola che un evento estremo potrebbe causare danni di 2.3 milioni di CHF.

La variazione di frane e colate detritiche per i diversi periodi di ritorno è descritta nel capitolo 4.5.4. Per gli scenari futuri si prevede un aumento dei danni a beni mobili del 4 % per lo scenario debole e del 38 % per lo scenario forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni causati da frane e colate detritiche a beni mobili nei diversi anni; essa è considerata **bassa**. In considerazione dell'incertezza nel calcolo della variazione delle colate detritiche e delle frane per gli scenari futuri e di quella nell'attribuzione del loro relativo periodo di ritorno, per le stime future si considera un'incertezza **media**.

Danni materiali ad infrastrutture per i trasporti

Nel periodo di riferimento (1980-oggi) le frane e le colate detritiche hanno causato mediamente danni annuali alle ferrovie ticinesi pari a circa 75'000 CHF. In considerazione

dell'analogia dei fenomeni, i danni delle frane e delle colate detritiche comprendono anche quelli dovuti a piene di fiumi e agli smottamenti/scoscendimenti causati dalle forti precipitazioni. Analizzando le serie storiche tramite l'analisi di Gumbel (vedi capitolo 3.7) si calcola che un evento estremo potrebbe causare danni di 1.1 milioni di CHF.

Anche le strade ticinesi sono esposte a frane e colate detritiche. Utilizzando i dati registrati dall'Ufficio federale delle strade per tutti i pericoli naturali e le percentuali esposte nel capitolo 5.5.1, si valuta una media annua di danni alle strade nazionali da imputare alle frane e alle colate detritiche pari a 15'000 CHF (USTRA, M. De Lorenzi). Per quanto riguarda le strade cantonali si stimano dei danni medi pari a circa 290'000 CHF/anno (valori 2001-2014).

Nel 2011 a Capolago forti precipitazioni hanno causato colate detritiche che hanno riversato un'importante quantità di materiale sulla carreggiata. Questo evento (considerato come evento secolare per le strade nazionali) ha causato un totale di danni pari a 1.4 milioni di CHF e la chiusura dell'autostrada per una notte (circa 12 ore di interruzione) (USTRA, M. De Lorenzi). Quale evento estremo per le strade cantonali viene invece considerato l'anno 2001 in cui i danni di 500'000 CHF sono stati quelli massimi nel periodo di tempo d'osservazione.

Ipotizzando che i costi per le strade comunali siano circa il 185 % della somma dei costi legati alle strade cantonali (vedi capitolo 5.5.1), complessivamente per le infrastrutture per i trasporti si stimano dunque dei costi pari a 900'000 CHF/anno e pari circa 9 milioni di CHF per un evento estremo.

Considerando la variazione delle frane e colate detritiche prevista per gli scenari 2060 si può valutare che i danni alle infrastrutture per il trasporto aumentino del 2 % per lo scenario debole e del 21 % per lo scenario forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve (in particolare per le strade nazionali), alle elevate fluttuazioni dei danni causati da frane e colate detritiche nei diversi anni, alla carenza di dati specifici per le strade comunali e alla valutazione complessiva dei danni causati dalle diverse tipologie di pericoli naturali (per le strade nazionali); essa è considerata **bassa**. In considerazione dell'incertezza nel calcolo della variazione delle colate detritiche e delle frane nel 2060 e di quella nell'attribuzione del loro relativo periodo di ritorno, per le stime future si considera un'incertezza **media**.

Danni materiali alla rete di distribuzione dell'energia elettrica

Frane e colate detritiche possono causare danni importanti a reti di distribuzione di elettricità, sia aree che interrate.

Siccome per causare questo tipo di danno gli eventi devono essere di dimensioni importanti, si può assumere che nella media annua i danni registrati siano pressappoco nulli, mentre vanno considerati gli eventi estremi.

Per l'azienda elettrica sopracenerina (SES) le colate detritiche e lo straripamento dei fiumi sono i pericoli naturali più importanti. Forti precipitazioni possono infatti estendersi anche a livello regionale e causare contemporaneamente danni importanti a diverse sottostazioni sul territorio. Ad esempio, diverse colate detritiche nelle valli, causate dallo stesso evento di precipitazione intensa, potrebbero causare il danneggiamento di più sottostazioni nello stesso anno (la sostituzione di una sottostazione ha un costo di circa 5 milioni di CHF).

Frane e colate detritiche possono inoltre causare danni alla rete interrata in pendii potenzialmente instabili. La colata detritica di versante a Davesco dell'autunno 2014, ad esempio, ha scoperto la rete interrata AIL rendendo necessari dei lavori di ripristino.

Considerando queste due tipologie di eventi si può ricavare che frane o colate detritiche di dimensioni importanti (eventi estremi) possono causare danni fino a 16 milioni di CHF/anno alla rete di distribuzione dell'energia.

Per il calcolo degli scenari futuri si assume che la variazione futura per gli eventi estremi di colate detritiche e frane (periodo di ritorno maggiore a 10 anni) sia proporzionale ai danni ad infrastrutture per la distribuzione di energia elettrica. Per lo scenario debole si prevede un aumento del 10 % mentre per lo scenario forte del 70 % (vedi capitolo 4.5.4).

Evacuati

In zone a rischio di frane e colate detritiche, in periodi critici (periodi caratterizzati da precipitazioni intense prolungate) è possibile che delle abitazioni vengano evacuate. Nel periodo di riferimento (1980-2009) in Ticino, secondo i dati StorMe, sono state evacuate complessivamente 113 persone. I costi annui di queste evacuazioni corrispondono a circa 90'000 CHF.

Analizzando i dati tramite l'analisi di Gumbel (vedi capitolo 3.7) si ricava che i costi di un evento estremo ammontano a circa 400'000 CHF.

In considerazione della variazione futura di frane e colate detritiche (vedi capitolo 4.5.4), si può stimare che le persone evacuate per gli scenari 2060 aumentino del 4 % per lo scenario debole e del 40 % per lo scenario forte.

L'incertezza sulla completezza del numero di evacuati nei dati StorMe, insieme alle elevate fluttuazioni annuali di questo pericolo, costituisce la principale fonte di insicurezza per lo scenario di riferimento. Per lo scenario di riferimento l'incertezza è considerata **bassa**. In considerazione dell'incertezza nel calcolo della variazione delle colate detritiche e delle frane entro il 2060 e di quella nell'attribuzione del loro relativo periodo di ritorno, per le stime future si considera un'incertezza **media**.

Impatti qualitativi

Mancati ricavi nel settore di industrie e servizi

I danni causati da frane e colate detritiche in Ticino a infrastrutture ed edifici possono causare costi di mancata produzione nel settore di industrie e servizi nelle vicinanze dell'evento. Come per altri pericoli naturali, la caduta di materiale sulle carreggiate e le ferrovie potrebbe ad esempio limitare la circolazione di persone o merci, causando rallentamenti o interruzioni di industrie e servizi. Ad esempio, una frana che interrompe il funzionamento della ferrovia del San Gottardo, causa costi per l'organizzazione di un trasporto alternativo e ritardi nella percorrenza della tratta.

In futuro a seguito dei cambiamenti climatici, con l'aumento dell'intensità e la frequenza di frane e colate detritiche anche i mancati ricavi nel settore di industrie e servizi a causa di questo pericolo naturale potrebbero aumentare.

I mancati ricavi delle industrie e dei servizi, dovuti al danneggiamento di infrastrutture ed edifici a causa di frane e colate detritiche, possono raggiungere somme rilevanti. Siccome le frane e colate detritiche avvengono prevalentemente in zone caratterizzate da pendii impor-

tanti e nelle valli il numero di industrie e servizi e le vie di comunicazione è limitato, il gruppo di lavoro valuta questo rischio (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) come **molto minore** rispetto alla somma dei rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici.

Forti temporali/Grandine

Impatti quantitativi

Temporali (fulmini) e grandine possono causare gravi danni ai beni mobili e immobili; ad esempio la grandine può danneggiare la carrozzeria di autovetture, un fulmine può danneggiare indirettamente e direttamente le infrastrutture per il trasporto di energia elettrica, ecc.

Danni materiali a edifici

Il valore atteso dei danni causati da forti temporali e grandine agli edifici ticinesi ammonta attualmente a circa 8 milioni di CHF/anno. I forti temporali e la grandine sono a livello ticinese un pericolo importante per gli edifici.

Nel 2007 si è osservato un evento estremo che ha causato nei Cantoni Ticino, Svitto e Berna un ammontare di danni complessivo (a beni mobili e immobili) di quasi 90 milioni di CHF. Utilizzando come chiave di riporto il rapporto fra la superficie edificata ticinese e la superficie edificata totale dei 3 Cantoni (26 %) e considerando la media pluriennale del rapporto fra danni a beni mobili e immobili, si valuta per il Ticino una somma di 21 milioni di CHF di danni legati a questo evento estremo.

Una previsione affidabile delle variazioni future di frequenza e intensità di eventi temporaleschi causate dai cambiamenti climatici non è attualmente possibile. Negli scenari climatici 2060 debole e forte si assume quindi che frequenza e intensità dei fenomeni non cambieranno rispetto ad oggi. Allo scopo di tenere conto di possibili cambiamenti nei rischi di temporali è stato valutato, con un'analisi di sensitività, l'influsso di un aumento o una riduzione dei rischi di un fattore 1.5 sull'intero bilancio dei rischi e delle opportunità del settore d'impatto analizzato. I risultati sono presentati nel capitolo 5.5.4.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni, essa è considerata **bassa**.

Danni materiali a beni mobili

I danni materiali medi a beni mobili in Ticino causati da forti temporali e grandine ammontano a ca. 610'000 CHF/anno.

L'evento estremo del 2007 è considerato come evento secolare anche per i beni mobili. Considerando la superficie del Canton Ticino rispetto a Svitto e Berna e il rapporto fra danni materiali a beni mobili e immobili, si ottengono per il Ticino 1.9 milioni di CHF di danni.

Una previsione affidabile delle variazioni future di frequenza e intensità di eventi temporaleschi causate dai cambiamenti climatici non è attualmente possibile. Negli scenari climatici 2060 debole e forte si assume quindi che frequenza e intensità dei fenomeni non cambieranno rispetto ad oggi. Allo scopo di tenere conto di possibili cambiamenti nei rischi di temporali è stato valutato, attraverso un'analisi di sensitività, l'influsso di un aumento o riduzione

dei rischi di un fattore 1.5 sull'intero bilancio dei rischi e opportunità del settore d'impatto analizzato. I risultati sono presentati nel capitolo 5.5.4.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni, essa è considerata **bassa**.

Impatti qualitativi

Mancati ricavi nel settore di industrie e servizi

Temporali e grandine in Ticino possono causare, come conseguenza di danni a infrastrutture ed edifici, costi importanti di mancata produzione nel settore di industrie e servizi. I temporali possono ad esempio favorire la caduta di alberi, i quali cadendo su strade o ferrovia possono causare rallentamenti o interruzioni di industrie e servizi. Anche il traffico aereo può subire ritardi a causa di temporali.

Mancati ricavi nel settore delle industrie e dei servizi a seguito di temporali, in particolare per le aziende di trasporto, possono raggiungere somme rilevanti. Dato che gli effetti dei cambiamenti climatici su fenomeni molto locali come temporali e grandine sono difficili da prevedere, non è possibile stabilire se queste perdite aumenteranno o diminuiranno nel 2060.

Incendi boschivi

Impatti qualitativi

Danni materiali a beni mobili e immobili e alla rete di distribuzione dell'energia elettrica

La variazione del regime degli incendi boschivi in Ticino porta ad una variazione dei danni materiali ad edifici e alle relative conseguenze indirette (perdita di produzione di servizi e industrie toccate). Sono inoltre da considerare anche i danni causati a beni mobili come i veicoli e il materiale dei pompieri nonché alle reti aeree di distribuzione dell'energia localizzate nei boschi.

Con l'aumento degli incendi boschivi previsto per entrambi gli scenari 2060 (vedi capitolo 4.5.11) il rischio di danni potenziali potrebbe aumentare.

Siccome questi danni sono complessivamente di entità molto piccola per il Ticino, il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **non rilevante** per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici.

Ondate di calore

Impatti qualitativi

Deformazione della pavimentazione stradale

Temperature particolarmente elevate estive possono causare la deformazione dell'asfalto stradale. Il fenomeno è denominato "blow-up" ed è dovuto alla dilatazione delle lastre di calcestruzzo sottostanti l'asfalto che provoca l'innalzamento dei bordi stradali.

Questo effetto può manifestarsi in strade con una pavimentazione stradale già rovinata o datata (che andrebbe comunque sostituita a breve) che facilita la deformazione del calcestruz-

zo e di conseguenza la possibilità di danni di questo tipo. A livello ticinese i costi per la riparazione dell'asfalto rappresentano comunque solo una minima parte dei costi annui investiti nell'ordinaria manutenzione delle strade (USTRA, M. De Lorenzi). Si osserva inoltre che le carreggiate rifatte recentemente sono state realizzate con tecniche moderne che dovrebbero ridurre notevolmente la possibilità di deformazioni della pavimentazione stradale a causa del caldo.

Oltre ai costi di ripristino di strade danneggiate sono da considerare anche i disagi che provoca un cantiere stradale.

Con l'aumento delle ondate di calore causate dai cambiamenti climatici (vedi capitolo 4.5.12), è probabile che in futuro questa problematica diventi più rilevante.

Considerando che i costi di ripristino e la durata dei cantieri per la sistemazione delle strade sono relativamente ridotti e che questo tipo di danno si verifica puntualmente e solo in caso di caldo eccezionale, il gruppo di lavoro ha valutato questo rischio (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) come **molto minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici.

Degradazione permafrost

Impatti qualitativi

Danni a infrastrutture e edifici

Il permafrost in Ticino è principalmente situato nelle valli ad altitudini elevate (vedi 4.5.15). La degradazione del permafrost potrebbe causare direttamente danni ad infrastrutture ed edifici nei pressi di queste aree, poiché questo potrebbe comprometterne la statica. Da questo pericolo potrebbero essere colpite infrastrutture per il turismo in zone di montagna, come impianti di risalita o capanne alpine. In Ticino gli unici edifici e infrastrutture che probabilmente potrebbero potenzialmente essere danneggiate dalla degradazione del permafrost sono gli impianti di risalita più in quota di Airolo e le relative piste nonché una baita nei pressi del Basodino.

Siccome in Ticino il permafrost potrebbe danneggiare direttamente solo poche infrastrutture/edifici e siccome la variazione della degradazione del permafrost prevista per il 2060 non implica necessariamente danni di questo tipo, il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **non rilevante** rispetto alla somma dei rischi valutati quantitativamente (i danni causati da frane innescate dalla degradazione del permafrost sono trattati nel capitolo frane/colate detritiche e caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia).

Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia

Impatti quantitativi

Danni materiali a edifici

L'ammontare annuale medio (analisi per il periodo 2001-2012) in Ticino di danni materiali a edifici causati da valanghe di roccia, frane di crollo o eventi di caduta dei massi è pari a circa 305'000 CHF.

Analizzando le serie storiche dei dati tramite l'analisi di Gumbel (vedi metodo esposto nel capitolo 3.7) si può calcolare che l'ammontare dei danni per un evento estremo sia pari a 0.9 milioni di CHF.

Gli scenari futuri sono calcolati sulla base della diminuzione dei processi di caduta massi esposta nel capitolo 4.5.16. Per lo scenario 2060 debole si stima dunque una diminuzione dei danni del 10 % mentre per lo scenario forte del 20 %.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve (soprattutto per la scelta del valore dell'evento estremo) e alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni; essa è considerata **bassa**. Le stime future hanno un'incertezza maggiore dovuta alla stima dell'evoluzione futura di questo pericolo naturale; essa è considerata **media**.

Danni materiali a beni mobili

Annualmente, in Ticino, valanghe di roccia, frane di crollo ed eventi di caduta massi causano danni a beni mobili pari a circa 135'000 CHF (analisi basata sui danni dal 2011 al 2012).

Analizzando le serie storiche dei dati tramite l'analisi di Gumbel (vedi metodo esposto nel capitolo 3.7) si può calcolare che l'ammontare dei danni per un evento estremo sia pari a 360'000 CHF.

Per gli scenari futuri si calcola, anche in questo caso, una diminuzione dei danni proporzionale alla diminuzione dei processi di caduta massi. Per lo scenario debole si stima una diminuzione del 10 % mentre per lo scenario forte del 20 %.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve (soprattutto per la scelta del valore dell'evento estremo) e alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni; essa è considerata **bassa**. L'incertezza legata alla stima dell'evoluzione futura di questo pericolo naturale è considerata per i valori futuri, per i quali si stima un'incertezza complessiva **media.**

Danni materiali ad infrastrutture per i trasporti

Caduta massi, frane di crollo e valanghe di roccia sono le principali cause dei danni causati da pericoli naturali alle ferrovie in Ticino. Nel periodo di riferimento (dati disponibili a partire dal 1980) si sono osservati mediamente danni pari a circa 280'000 CHF/anno. Analizzando le serie storiche tramite l'analisi di Gumbel (vedi capitolo 3.7) si può ricavare che un evento estremo potrebbe causare danni di 2.6 milioni di CHF.

Sebbene in minima parte, valanghe di roccia, frane di crollo e processi di caduta massi possono causare danni anche alle strade cantonali e nazionali ticinesi. Sulla base delle percentuali esposte nel capitolo 5.5.1, si calcola che i danni medi per le strade cantonali ammontino circa a 14'000 CHF/anno (analisi basata sui valori 2001-2014) mentre quelli alle strade nazionali a 7'500 CHF/anno (analisi basata sui valori 2008-2014) (USTRA, M. De Lorenzi).

Siccome in questo caso i dati a disposizione sono troppo pochi per svolgere l'analisi di Gumbel, quale evento secolare viene presa la somma dei danni massima osservata nel periodo 2001-2014 per le strade cantonali e 2008-2014 per le strade nazionali. L'anno considerato come estremo è stato il 2001 per le strade cantonali e il 2008 per quelle nazionali. Il to-

tale dei danni causati da eventi estremi a queste due tipologie di strade ammonta a circa 250'000 CHF/anno.

In assenza di dati relativi ai danni alle strade comunali, i danni di questa tipologia di strade sono stati calcolati sulla base del rapporto fra la lunghezza complessiva delle strade comunali in Ticino e quella delle strade cantonali. Si stima dunque che i costi per le strade comunali siano il 185 % della somma dei costi legati alle strade cantonali (vedi capitolo 5.5.1). Complessivamente per le infrastrutture per il trasporto si stimano dei costi pari a 690'000 CHF/anno e di 3.3 milioni di CHF per un evento estremo.

Gli scenari futuri si basano sull'evoluzione dei processi di caduta massi esposta nel capitolo 4.5.16. Per lo scenario 2060 debole si prevede una diminuzione dei danni del 10 %, mentre per lo scenario 2060 forte del 20 %.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni, al breve periodo di osservazione, alla stima dei danni per le strade comunali e all'attribuzione dei danni a questo pericolo naturale; essa è considerata **bassa**. Per le stime future va inoltre considerata l'incertezza legata alle stime dell'intensità e della ricorrenza di processi di crollo; complessivamente si stima dunque un'incertezza **media**.

Danni materiali alle infrastrutture per la distribuzione di energia

A seguito di un colloquio con esperti settoriali è stato stabilito che i danni alla rete dell'alta tensione in Ticino sono molto rari. La media annuale dell'ammontare dei danni viene considerata praticamente nulla. In caso di eventi estremi (come ad esempio la frana di crollo a Preonzo nel 2012) si considera invece che un evento naturale di grosse dimensioni potrebbe causare l'abbattimento di qualche traliccio. Ipotizzando che un evento estremo potrebbe causare l'abbattimento di 2 tralicci e che la sostituzione di un traliccio provoca dei costi di 300'000 CHF, si possono calcolare dei danni complessivi pari a 600'000 CHF/anno (AET, F. Scerpella).

Siccome la rete dell'alta tensione viene danneggiata solo in caso di eventi di dimensioni molto vaste, si può calcolare che questi danni siano legati solamente a processi di frane di crollo o valanghe di roccia. Analogamente a quanto descritto nel capitolo 4.5.16. si prevede che i danni causati da questi eventi estremi aumentino leggermente. Si stima dunque che i danni aumentino del 5 % per lo scenario debole e del 10 % per lo scenario forte.

Evacuati

In zone a rischio di frane di crollo o valanghe di roccia, caduta massi o frane di crollo, nei periodi critici è possibile che delle abitazioni vengano evacuate. Nel periodo di riferimento (1980-2009) in Ticino sono state evacuate solo 6 persone nello stesso anno (2001) a causa di questo pericolo naturale. Applicando la metodologia esposta nel capitolo 3.5, si ottiene un valore atteso medio dei costi di evacuazione quasi nullo.

Siccome in questo caso i dati a disposizione sono troppo pochi per svolgere l'analisi di Gumbel, il 2001 è stato scelto quale evento estremo. L'evacuazione di 6 persone in un anno, ha causato perdite monetizzate di circa 60'000 CHF.

Per il calcolo degli scenari futuri viene considerata la variazione dei processi di caduta massi nel 2060 esposta nel capitolo 4.5.16. Si stima dunque che il numero di evacuati diminuisca del 10 % per lo scenario 2060 debole e del 20 % per lo scenario 2060 forte.

L'incertezza sulla completezza del numero di evacuati dei dati StorMe è la principale fonte di insicurezze per lo scenario di riferimento, insieme alle elevate fluttuazioni annuali di questo pericolo. Per lo scenario di riferimento l'incertezza è considerata **bassa**. Per le stime future va inoltre considerata l'incertezza dell'evoluzione nel 2060 di questi pericoli naturali; complessivamente si stima che l'incertezza sia **media**.

Impatti qualitativi

Mancati ricavi nel settore di industrie e servizi e danni alle strutture di protezione

Anche valanghe di roccia, frane di crollo e processi di caduta massi possono causare danni a infrastrutture ed edifici con possibili conseguenze sulla produzione nel settore di industrie e servizi. La caduta di materiale sulle carreggiate e le ferrovie potrebbe ad esempio limitare la circolazione di persone o merci con effetti negativi sui ricavi di industrie e servizi. Ad esempio, processi di caduta massi possono interrompere il funzionamento della ferrovia del San Gottardo e causare costi per l'organizzazione di un trasporto alternativo e ritardi nella percorrenza della tratta.

Con la diminuzione dell'intensità e la frequenza di processi di caduta massi (pericolo più rilevante per questi danni) in futuro, a seguito dei cambiamenti climatici, anche i mancati ricavi a causa di questo pericolo naturale potrebbero diminuire.

Siccome valanghe di roccia, caduta massi e frane di crollo avvengono prevalentemente in zone caratterizzate da pendii importanti (come le valli) in cui il numero di industrie e servizi è limitato e siccome in genere si tratta di processi puntuali (raramente avvengono contemporaneamente in due luoghi distinti), il gruppo di lavoro valuta questa opportunità (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) come **molto minore** rispetto alla somma delle opportunità valutate quantitativamente per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici.

Innalzamento della temperatura media

Impatti quantitativi

Dispendio per il servizio invernale

Il servizio invernale delle strade ticinesi comprende tutte le misure tecniche e organizzative necessarie a garantire la sicurezza del traffico e la capacità di transito sulle strade durante la stagione invernale. Il servizio comprende in particolare lo sgombero della neve, la lotta contro il gelo (spargimento di sale, sabbia e ghiaietto), il servizio di sicurezza contro le valanghe, l'apertura primaverile dei passi alpini (in Ticino Gottardo e Novena), l'apertura invernale del passo del Lucomagno e i lavori di sistemazione delle strade alla fine della stagione fredda.

Annualmente in media in Ticino i costi per il servizio invernale delle strade cantonali ammontano a circa 6 milioni di CHF (media 2000-2014). Circa 4 milioni di CHF sono da ricondurre allo sgombero della neve sulle strade, mentre i rimanenti 2 milioni di CHF allo spargimento di sale, sabbia e ghiaietto per evitare la formazione di ghiaccio.

Per le strade nazionali dal 2008 al 2014 sono stati spesi in media 2.7 milioni di CHF/anno per il servizio invernale. Circa 1.3 milioni di CHF sono da ricondurre ai costi di sgombero della neve mentre altri 1.4 milioni di CHF allo spargimento del sale (USTRA, M. De Lorenzi).

In entrambi i casi non sono compresi i costi fissi (ad esempio investimento per l'acquisto di mezzi per spalare la neve, ecc.), che non sono direttamente correlati con le caratteristiche climatiche di una stagione.

In assenza di dati relativi ai costi del servizio invernale per le strade comunali, questi costi sono stati calcolati sulla base del rapporto fra la lunghezza complessiva delle strade comunali in Ticino e quella delle strade cantonali. Si stima dunque che i costi per le strade comunali siano il 185 % della somma dei costi legati alle strade cantonali e nazionali (vedi capitolo 5.5.1). Complessivamente per la rete stradale ticinese si stimano dunque dei costi per il servizio invernale pari a 20 milioni di CHF/anno.

Siccome i costi per il servizio invernale sono strettamente correlati al numero di giorni con temperature inferiori agli 0°C, il calcolo degli scenari futuri si basa sulla diminuzione del numero di giorni di gelo a Biasca (vedi cap. 4.4.2). Questi giorni sono rappresentativi sia per i costi legati alla neve sia per i costi legati al ghiaccio (la variazione delle nevicate non considererebbe i costi legati al ghiaccio sulle strade). Secondo MeteoSvizzera il numero di giorni di ghiaccio a Biasca diminuirà del 43 % per lo scenario debole e del 77 %, per lo scenario forte. In quest'analisi viene dunque considerata una diminuzione dei costi per il servizio invernale stradale del 43 % per lo scenario debole e del 77 % per lo scenario forte.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve, alla valutazione dei costi per le strade comunali e alle fluttuazioni (anche se non particolarmente rilevanti) dei costi nei diversi anni; essa è considerata **bassa**. Per le stime future vanno inoltre considerate l'incertezza nell'attribuire i costi (non fissi) per il servizio invernale alla temperatura media e le incertezze nella determinazione delle temperature nel 2060; essa è considerata **media**.

Impatti qualitativi

Deformazione della pavimentazione stradale

I processi di gelo e disgelo possono causare deformazioni dell'asfalto stradale. La perdita di volume provocata dallo scioglimento dell'acqua nella ghiaia sottostante l'asfalto provoca cedimenti o fratture della pavimentazione stradale.

In Ticino, ad esempio, dal 2008 i processi di disgelo primaverile delle autostrade hanno reso necessari 2 interventi. Il primo caso a Moleno/Lodrino ha causato costi di ripristino pari a circa 0.4 milioni di CHF mentre il secondo a Airolo/Quinto, nella primavera 2015, ha causato costi di ripristino pari a circa 0.8 milioni di CHF. Giova rilevare che, come per il caldo, i tratti stradali toccati da questo pericolo sono di regola caratterizzati da una pavimentazione già rovinata o comunque datata che andrebbe sostituita comunque a breve (USTRA, M. De Lorenzi).

I costi esposti in precedenza rappresentano solo una minima parte dei costi di manutenzione ordinaria delle strade (1-2 %).

Oltre ai costi di ripristino di strade danneggiate vanno considerati anche i disagi che provoca un cantiere stradale per ripristinare un danno nella pavimentazione.

Con la diminuzione dei giorni di gelo in Ticino a causa dei cambiamenti climatici (vedi capitolo 4.4.2), è probabile che in futuro questa problematica diminuisca ulteriormente.

A livello ticinese i danni provocati dal gelo sono più rilevanti rispetto a quelli causati dal caldo (USTRA, M. De Lorenzi). Considerando che i costi di ripristino sono relativamente ridotti e che questo tipo di danno si verifica puntualmente (per l'autostrada 2 tratti in 8 anni) il gruppo di lavoro ha deciso di valutare (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) questa opportunità come **minore** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente per il settore d'impatto infrastrutture e edifici.

Tempeste/Uragani

Impatti quantitativi

Danni materiali a edifici

Il valore atteso attuale dei danni causati da tempeste e uragani (forti venti) a edifici ammonta a 5.2 milioni di CHF/anno (analisi del periodo 2001-2012).

Analizzando le serie storiche tramite l'analisi di Gumbel (vedi capitolo 3.7) si ottiene che in caso di un evento secolare i costi potrebbero ammontare a 15 milioni di CHF.

Una previsione affidabile delle variazioni future di frequenza e intensità di tempeste e uragani causate dai cambiamenti climatici non è attualmente possibile. Allo scopo di tenere conto di possibili cambiamenti nei rischi di tempeste e uragani, è stato valutato con un'analisi di sensitività, l'influsso di un aumento o una 0riduzione dei rischi di un fattore 1.5 sull'intero bilancio dei rischi e delle opportunità del settore d'impatto analizzato. I risultati sono presentati nel capitolo 5.5.4.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni; essa è considerata **bassa**.

Danni materiali a beni mobili

Attualmente il valore atteso annuale dei danni a beni mobili in Ticino a causa di tempeste e uragani (forti venti) ammonta a circa 1.2 milioni di CHF.

Analizzando le serie storiche tramite l'analisi di Gumbel (vedi capitolo 3.7) si ottiene che in caso di un evento secolare i costi sarebbero di 3.3 milioni di CHF.

Una previsione affidabile delle variazioni future di frequenza e intensità di tempeste e uragani causate dai cambiamenti climatici non è attualmente possibile. Allo scopo di tenere conto di possibili cambiamenti nei rischi di tempeste e uragani è stato valutato, attraverso un'analisi di sensitività, l'influsso di un aumento o una riduzione dei rischi di un fattore 1.5 sull'intero bilancio dei rischi e delle opportunità del settore d'impatto analizzato. I risultati sono presentati nel capitolo 5.5.4.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve e alle elevate fluttuazioni dei danni nei diversi anni; essa è considerata **bassa**.

Impatti qualitativi

Mancati ricavi nel settore di industrie e servizi

I danni causati da tempeste e uragani (forti venti) in Ticino a infrastrutture ed edifici generare causare costi importanti di mancata produzione nel settore di industrie e servizi. Analogamente al fenomeno della pressione della neve, anche i forti venti sono una causa importante della caduta di alberi. La caduta di alberi sulle strade o sulla ferrovia può causare rallentamenti o interruzioni di queste vie di comunicazione compromettendo la produttività delle aziende che dipendono dai trasporti.

Mancati ricavi delle aziende dovuti a tempeste e uragani possono raggiungere somme piuttosto rilevanti. Dato che gli effetti dei cambiamenti climatici su fenomeni molto locali come temporali e grandine sono difficili da prevedere, non è possibile stabilire se queste perdite aumenteranno o diminuiranno nel 2060.

Wild Card

Danni materiali alle infrastrutture per la distribuzione di energia

La rete dell'alta tensione è molto resistente al manifestarsi di pericoli naturali. In caso di eventi estremi è però possibile che essa ceda. Ad esempio se dovesse abbattersi in Ticino un uragano di magnitudine molto alta è possibile l'abbattimento di diversi tralicci con una possibile interruzione di corrente su vaste zone del Cantone.

Le conseguenze indirette di un'interruzione di corrente sono molteplici e possono risultare anche parecchio importanti (possono provocare importanti limitazioni nella vita quotidiana e alla produzione nel settore di industrie e servizi).

Alcune possibili conseguenze sono date dall'interruzione dei seguenti servizi che necessitano di corrente elettrica: l'illuminazione elettrica, il riscaldamento, la cucina, i macchinari degli ospedali, l'erogazione di l'acqua potabile (interruzione del funzionamento dei servizi elettrici domestici), i collegamenti telefonici, internet, i trasporti pubblici, i semafori (disagi sulle strade), i bancomat, le casse dei negozi e, in stazioni di servizio non dotate di generatore di corrente di emergenza, si potrebbe assistere ad un'impossibilità di fare il pieno di carburante, ecc. (Alertswiss, 2015).

Se un uragano o una tempesta causassero l'interruzione di qualche giorno della corrente elettrica in alcune aree del Cantone, la popolazione subirebbe danni seri e i danni economici a causa della mancata produzione nel settore di industrie e servizi sarebbero molto importanti.

5.5.3. Analisi quantitativa

I dettagli del calcolo del valore atteso e del periodo di ritorno degli impatti sul settore delle infrastrutture e degli edifici sono riportati nell'allegato A5 mentre i dettagli dell'analisi di Gumbel svolta per gli eventi estremi sono riportati nell'allegato A9.

Costi e ricavi attuali e per gli scenari 2060

Nella Figura 124 sono esposti i costi e i ricavi legati ai diversi pericoli ed effetti influenti sul settore d'impatto infrastrutture ed edifici per lo scenario di riferimento e per i due scenari futuri (i valori sono riportati nella Tabella 63).

Pericolo/effetto	Scenario di riferimento (milioni di CHF)			Scenario 2060 debole (milioni di CHF)			Scenario 2060 forte (milioni di CHF)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Valanghe									
Danni materiali a edifici	-0.05	-0.07	-0.09	-0.03	-0.06	-0.13	-0.03	-0.06	-0.12
Danni materiali a beni mobili	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.02	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03
Evacuati	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03
Forti nevicate									
Danni materiali a edifici	-0.8	-1.0	-1.3	-0.4	-0.8	-1.6	-0.3	-0.6	-1.2
Danni materiali a beni mobili	-0.2	-0.2	-0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.2
Danni alle infrastrutture per la distribuzione di energia	-0.9	-1.1	-1.4	-0.4	-0.9	-1.7	-0.3	-0.6	-1.3
Alluvioni									
Danni materiali a edifici	-4.7	-5.8	-7.6	-2.9	-5.8	-11.7	-4.1	-8.2	-16.4
Danni materiali a beni mobili	-2.9	-3.6	-4.7	-1.8	-3.6	-7.2	-2.5	-5.0	-10.0
Danni alle infrastrutture per il trasporto	-4.3	-5.4	-7.0	-2.7	-5.4	-10.8	-3.8	-7.5	-15.1
Frane/Colate detritiche									
Danni materiali a edifici	-0.8	-0.9	-1.2	-0.5	-0.9	-1.9	-0.6	-1.3	-2.6
Danni materiali a beni mobili	-0.4	-0.4	-0.6	-0.2	-0.5	-0.9	-0.3	-0.6	-1.2
Danni alle infrastrutture per il trasporto	-0.7	-0.9	-1.2	-0.47	-0.93	-1.87	-0.55	-1.11	-2.21
Evacuati	-0.07	-0.09	-0.12	-0.05	-0.09	-0.19	-0.06	-0.13	-0.25
Forti temporali/Grandine									
Danni materiali a edifici	-6.4	-8.0	-10.4	-	-	-	-	-	-
Danni materiali a beni mobili	-0.5	-0.6	-0.8	-	-	-	-	-	-
Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia									
Danni materiali a edifici	-0.24	-0.31	-0.40	-0.1	-0.3	-0.5	-0.1	-0.2	-0.5

Danni materiali a beni mobili	-0.11	-0.13	-0.17	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2
Danni alle infrastrutture per il trasporto	-0.55	-0.69	-0.90	-0.3	-0.6	-1.2	-0.3	-0.6	-1.1
Evacuati	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Innalzamento della temperatura media									
Dispendio per il servizio invernale strade	-15.9	-19.8	-25.8	-5.7	-11.3	-22.7	-2.3	-4.6	-9.2
Tempeste/Uragani									
Danni materiali a edifici	-4.1	-5.2	-6.7	-	-	-	-	-	-
Danni materiali a beni mobili	-1.0	-1.2	-1.6	-	-	-	-	-	-
Bilancio	**-72**	**-56**	**-45**	**-86**	**-47**	**-26**	**-84**	**-46**	**-25**

Tabella 63: Costi e ricavi degli impatti (suddivisi per effetto/pericolo) analizzati quantitativamente per il settore d'impatto infrastrutture e edifici. Sono rappresentati sia i costi attuali (scenario di riferimento 2010) che i costi futuri previsti per lo scenario 2060 debole e lo scenario 2060 forte. Gli effetti/pericoli evidenziati in verde sono opportunità per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici, quelli evidenziati in rosso sono rischi, mentre per quelli evidenziati in blu è stata svolta un'analisi di sensitività.

I pericoli naturali che causano attualmente i maggiori danni ad infrastrutture ed edifici sono le alluvioni. L'aumento di questo pericolo naturale previsto soprattutto per lo scenario 2060 forte rappresenta dunque il maggior rischio per questo settore. I danni causati ad edifici e infrastrutture da valanghe, forti nevicate, frane e colate detritiche e caduta massi, frane di crollo e valanghe di roccia sono di importanza minore per il settore.

È comunque da sottolineare che anche i pericoli naturali dei forti temporali/grandine e delle tempeste/uragani causano annualmente danni importanti a infrastrutture ed edifici. Per questi due settori lo sviluppo futuro non può essere definito; le possibili variazioni sono analizzate tramite un'analisi di sensitività nel capitolo 5.5.4.

Un'opportunità importante per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici è la diminuzione dei costi per il servizio invernale delle strade (diminuzione calcolata escludendo i costi fissi). L'aumento della temperatura media e la diminuzione delle nevicate e dei giorni di ghiaccio renderà infatti meno necessario questo servizio.

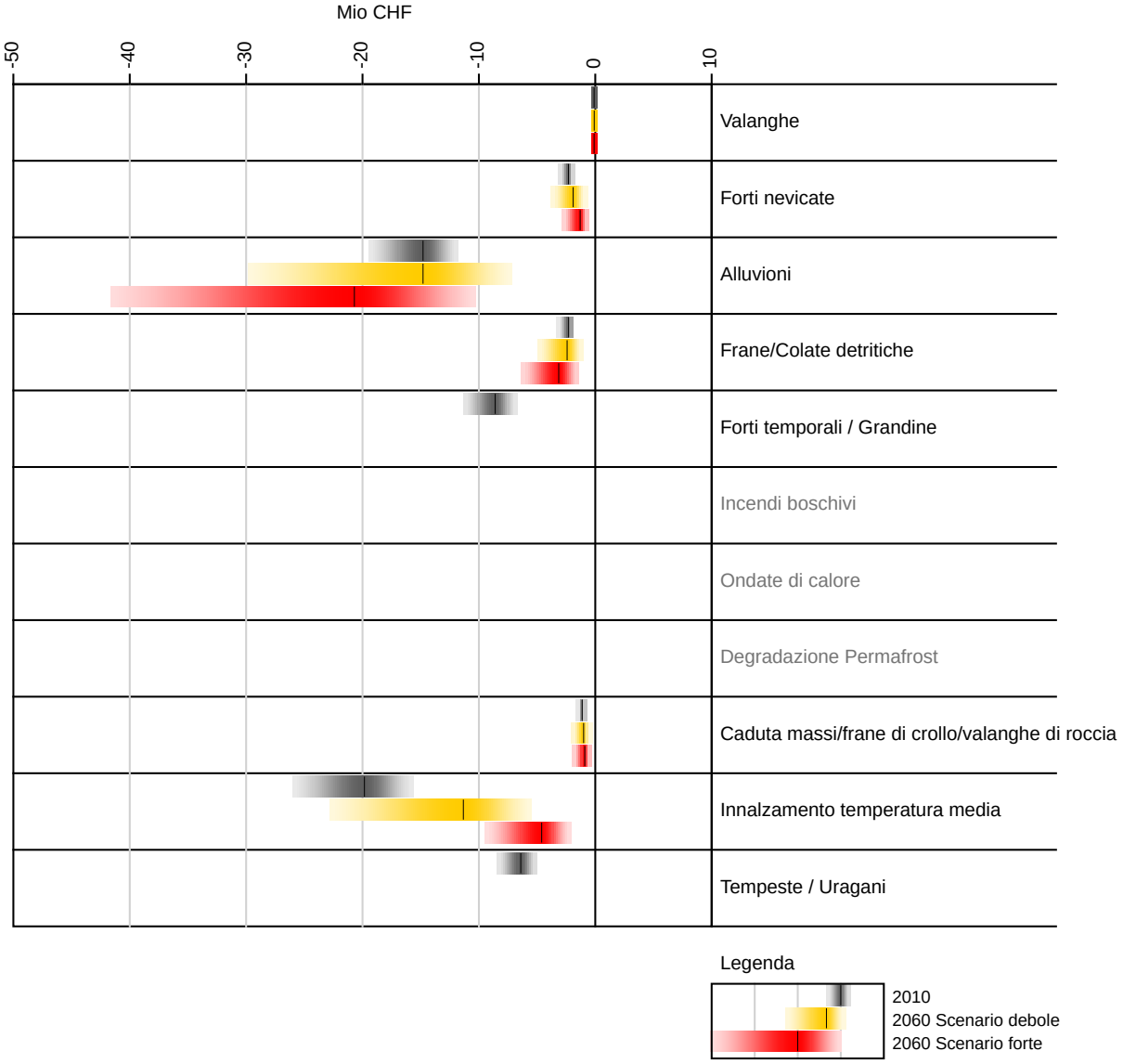


***Figura 124:** Costi (negativi) e ricavi (positivi) per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto infrastrutture ed edifici per lo scenario di riferimento e gli scenari 2060 "debole" e "forte". La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.*

Eventi estremi

Nella Figura 125 sono raffigurati i costi dei danni che un evento estremo (di ogni pericolo/effetto) causerebbe alle infrastrutture e agli edifici ticinesi (complessivamente). Siccome le incertezze per gli eventi estremi sono difficili da definire nel grafico non sono rappresentate le bande di errore. Si tratta tuttavia sicuramente di incertezze molto grandi.

L'evento secolare alluvionale è il pericolo che po' causare i maggiori danni al settore delle infrastrutture e gli edifici. Le esondazioni dei laghi possono infatti colpire contemporaneamente vastissime aree del nostro cantone (tutte le zone sulle rive dei laghi). Per lo scenario forte, che prevede un aumento delle alluvioni, un evento estremo può causare danni superiori a 250 milioni di CHF/anno.

Gli eventi estremi di tutti gli altri pericoli naturali causano ad infrastrutture e edifici danni inferiori a 50 milioni di CHF/anno estremo per tutti gli scenari analizzati.

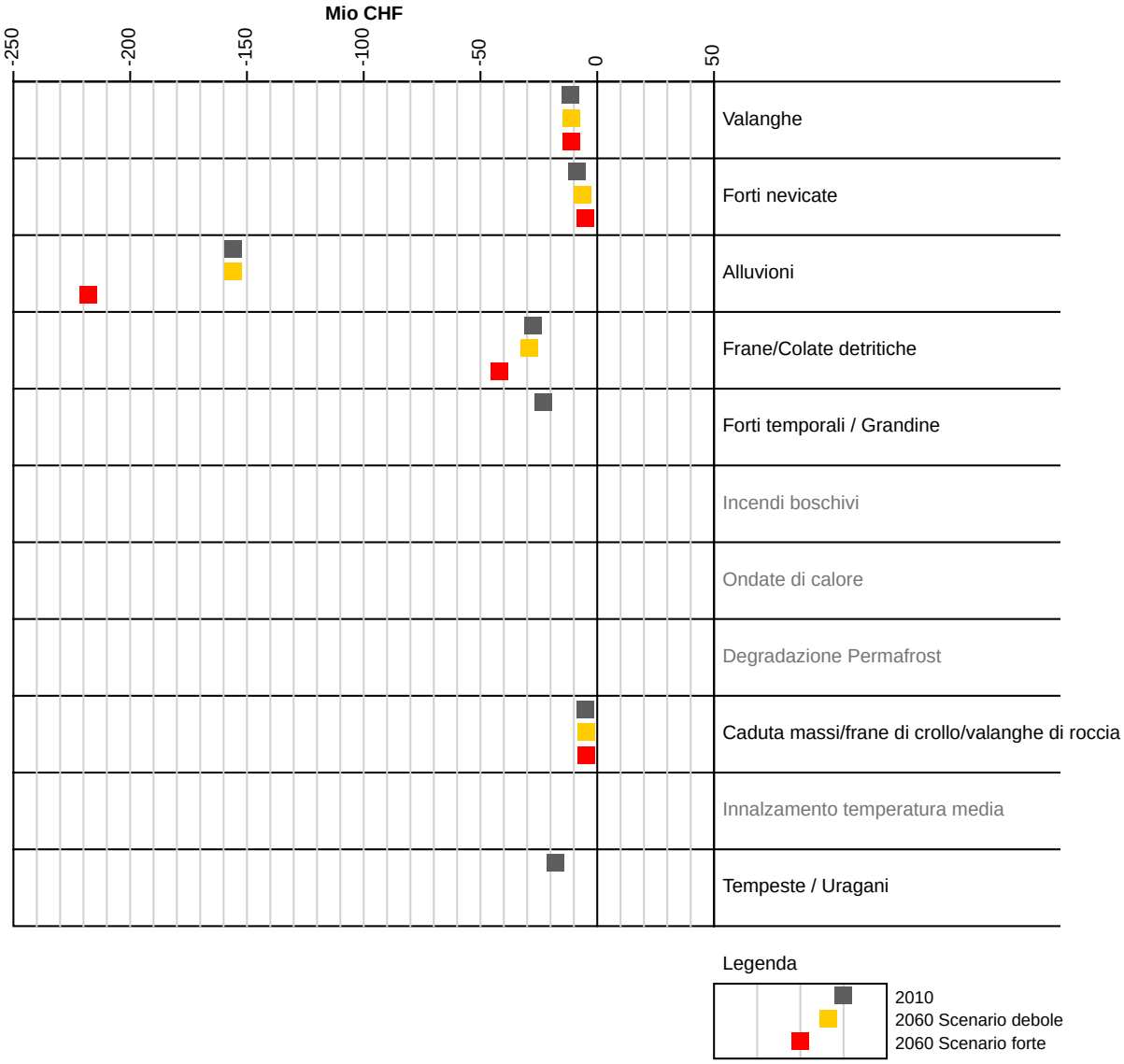


Figura 125: Costi (negativi) di un evento estremo per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto infrastrutture ed edifici per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte".

Rischi, opportunità e bilancio finale per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici

Nella Figura 126 sono esposte le somme dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto infrastrutture ed edifici.

Nel grafico dei rischi è considerata la variazione dei costi per i danni causati da pericoli naturali che tenderanno ad aumentare in futuro (principalmente alluvioni, frane/colate detritiche e valanghe di grosse dimensioni). In media si osserva un aumento dei costi pari a circa 37'000 CHF per lo scenario 2060 debole e di ca. 7 milioni di CHF per lo scenario 2060 forte.

Le opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto infrastrutture e edifici sono legate principalmente alla diminuzione dei costi per il servizio invernale delle strade. La diminuzione dei danni causati da pericoli naturali che saranno meno frequenti (valanghe, forti

nevicate e caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia) giocano invece un ruolo minore. I costi diminuiranno mediamente di circa 9 milioni di CHF/anno per lo scenario 2060 debole e di ca. 16 milioni di CHF/anno per lo scenario 2060 forte.

Il bilancio totale (in basso nella Figura 126) mostra che i cambiamenti climatici avranno presumibilmente un effetto totale positivo sul settore d'impatto infrastrutture e edifici.

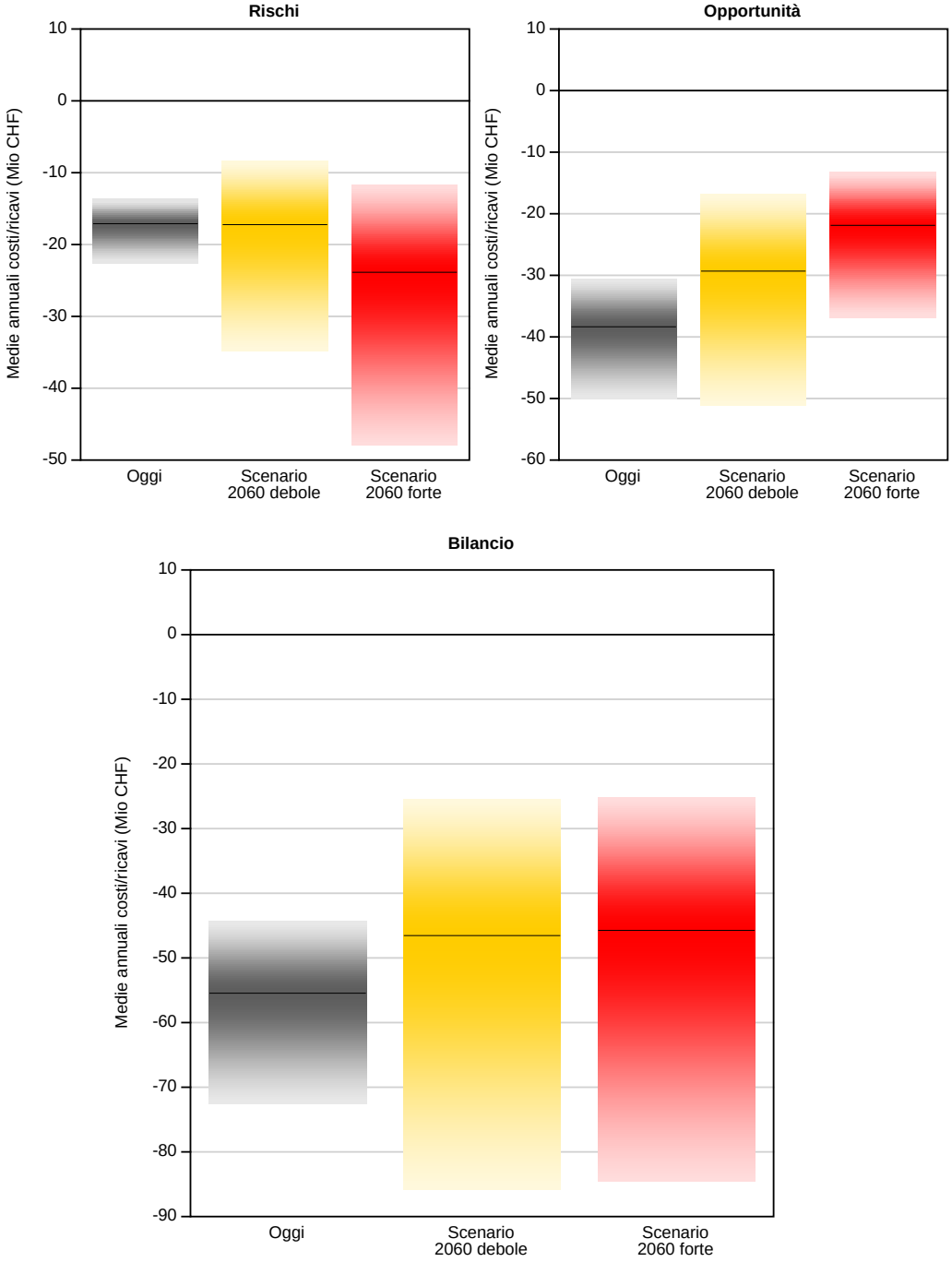


Figura 126: ***In alto: rischi e opportunità dei cambiamenti climatici legati al settore d'impatto infrastrutture ed edifici per lo scenario di riferimento e gli scenari 2060 "debole" e "forte"; i costi assumono valori negativi. Da notare che i rischi sono una conseguenza dell'aumento dei costi mentre le opportunità di una diminuzione. In basso: bilancio totale degli effetti dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto infrastrutture ed edifici. Le raffigurazioni mostrano il valore atteso e le incertezze valutate.***

5.5.4. Analisi di sensitività

Una previsione affidabile dei cambiamenti futuri dei rischi associati a forti temporali/grandine e tempeste/uragani per gli scenari debole e forte non è possibile. Nelle tabelle seguenti è presentata, nell'ottica di un'analisi di sensitività, la differenza del bilancio totale degli scenari debole e forte rispetto a quello di riferimento in funzione di eventuali cambiamenti nella frequenza di forti temporali/grandine e tempeste/uragani. A titolo di confronto il bilancio per lo scenario di riferimento (ricavi detratti i costi) nel settore infrastrutture ed edifici ammonta a 56 milioni di CHF di costi.

Scenario DEBOLE		**Cambiamenti frequenza forti temporali/grandine**		
		0.67	1	1.5
Cambiamenti frequenza tempeste/uragani	0.67	14.0	11.2	6.8
	1	11.9	9.0	4.7
	1.5	8.7	5.8	1.5

Tabella 64: Differenze nel bilancio totale (in milioni di CHF) del settore infrastrutture ed edifici fra lo scenario debole e lo scenario di riferimento in funzione di eventuali cambiamenti futuri nella frequenza di temporali e tempeste/uragani (0.67 = Diminuzione della frequenza di un fattore 0.67; 1.5 = Aumento di un fattore 1.5).

Scenario FORTE		**Cambiamenti frequenza forti temporali/grandine**		
		0.67	1	1.5
Cambiamenti frequenza tempeste/uragani	0.67	14.7	11.8	7.5
	1	12.6	9.7	5.4
	1.5	19.0	6.5	2.2

Tabella 65: Differenze nel bilancio totale (in milioni di CHF) del settore infrastrutture ed edifici fra lo scenario forte e lo scenario di riferimento in funzione di eventuali cambiamenti futuri nella frequenza di temporali e tempeste/uragani (0.67 = Diminuzione della frequenza di un fattore 0.67; 1.5 = Aumento di un fattore 1.5).

In generale si può osservare che forti temporali e grandine hanno un influsso maggiore sul totale dei costi rispetto a tempeste e uragani.

Un aumento di entrambi questi pericoli potrebbe però portare ad un aumento abbastanza importante dei danni (costi totali) su infrastrutture ed edifici; per lo scenario debole esso potrebbe raggiungere il 16 %. Per lo scenario forte invece l'aumento massimo di questi due pericoli naturali potrebbe causare un aumento dei danni del settore infrastrutture ed edifici del 77 %.

La diminuzione della ricorrenza di forti temporali/grandine e tempeste/uragani potrebbe portare ad una diminuzione dei danni (costi totali) a questo settore d'impatto del 11 % (per lo scenario debole). Con la diminuzione dei danni prevista dallo scenario forte si prevede invece che i costi di questo settore d'impatto diminuiranno del 51 %.

5.5.5. Analisi qualitativa

Nella Figura 127 è rappresentata la rilevanza dei rischi e delle opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici rispetto agli impatti valutati quantitativamente. I fattori di comparabilità stimati sono raffigurati in funzione dei diversi effetti e pericoli dei cambiamenti climatici e in funzione dello scenario climatico (debole e forte).

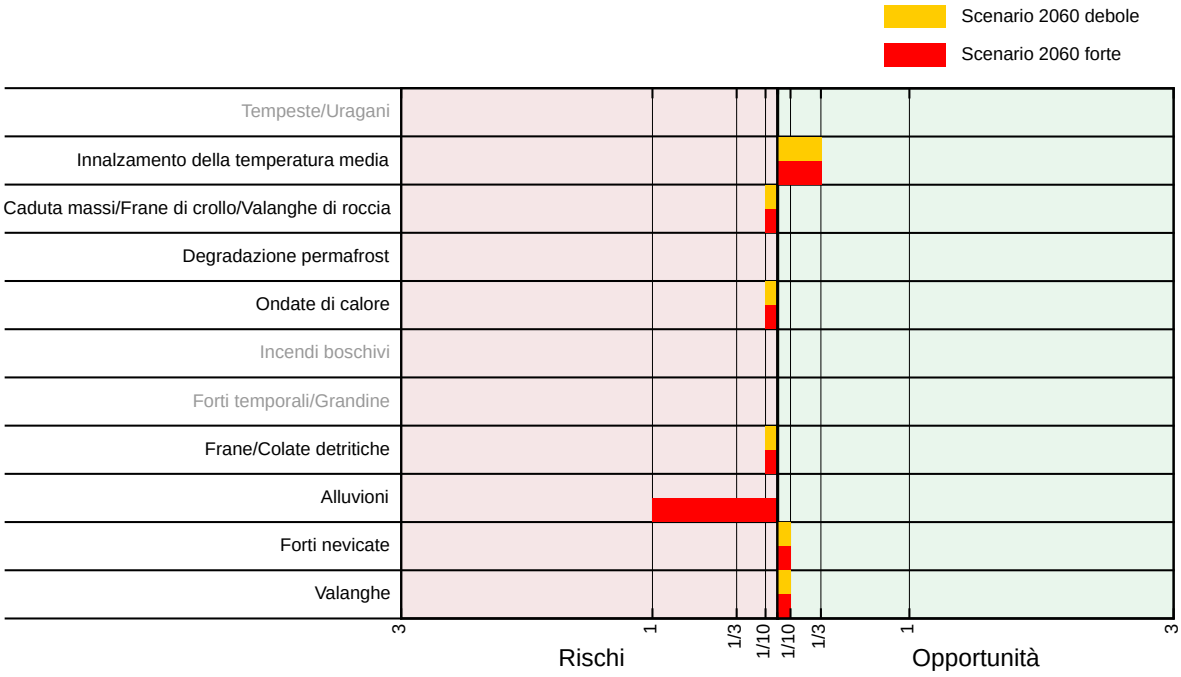


Figura 127: Valutazione degli impatti qualitativi tramite fattori di conversione, secondo pericolo/effetto dei cambiamenti climatici, per lo scenario 2060 forte (rosso) e 2060 debole (giallo). Sulla sinistra del grafico sono esposti i fattori per i rischi mentre sulla destra i fattori per le opportunità.

Dal bilancio totale degli impatti valutati qualitativamente risulta che le opportunità (legate principalmente alla diminuzione dei danni causati dal ghiaccio e dalla mancata produzione nel settore di industrie e servizi causata da valanghe e forti nevicate) hanno un impatto **minore** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente, mentre i rischi (legati principalmente all'aumento dei problemi di mancata produzione e interruzione di vie di comunicazione causati dalle alluvioni) hanno un impatto **comparabile** (per lo scenario forte) rispetto ai rischi valutati quantitativamente.

Nella Tabella 66 sono esposti gli impatti qualitativi monetizzati per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici.

Settore d'impatto	**Impatti qualitativi (milioni di CHF)**			
	Scenario debole		**Scenario forte**	
	Rischi	Opportunità	Rischi	Opportunità
Infrastrutture ed edifici	-0.02	5	-10	9

Tabella 66: Monetizzazione dei rischi e le opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici (scenario 2060 debole e scenario 2060 forte).

5.5.6. Scenario socioeconomico 2060

Valore di edifici e beni mobili

Aumentando il numero e il valore degli edifici e delle infrastrutture ticinesi è probabile che aumentino anche i danni a questi settori causati da pericoli naturali o speciali condizioni climatiche.

Come già discusso per gli scenari socioeconomici (v. cap. 4.6) a livello ticinese si prevede nel 2060 un aumento della popolazione del 14.2 % e un aumento della superficie edificata del 6 %.

Come conseguenza di quest'aumento si osserverà un aumento del numero di beni mobili e di edifici congiunto ad un aumento del loro prezzo di mercato. Complessivamente si stima che il valore di ogni bene mobile e di ogni edificio nel 2060 sia del 30 % superiore a quello attuale (v. cap. 4.6).

L'aumento della superficie edificata in Ticino a seguito dell'aumento della popolazione e gli elevati interessi in gioco, porteranno ad uno sviluppo di abitazioni in zone più problematiche a livello di pericoli naturali. In futuro si ipotizza dunque un aumento dei danni, che in caso di eventi metereologici estremi e pericoli naturali possono essere causati a edifici e abitazioni. Il problema non è la geologia ma l'edificazione sbagliata in zone a rischio. Complessivamente si può ipotizzare un aumento dei danni causati dai pericoli alle zone edificate (incl. le persone evacuate) dell'1.5 %.

Valore delle infrastrutture per i trasporti

L'aumento del valore e del numero delle infrastrutture per i trasporti potrebbe portare ad un aumento dei danni ad esse causati dai pericoli naturali. Conformemente allo scenario socioeconomico (v. cap. 4.6) si assume che nel 2060 il valore di tutte infrastrutture per i trasporti aumenti del 15 %.

Regolazione dei livelli dei laghi

Come esposto nel capitolo 5.2.5, con una migliore ottimizzazione delle regolazioni del lago Maggiore e del lago di Lugano e tramite un nuovo impianto di sbarramento alla Miorina si stima che il numero di esondazioni di questi laghi possa diminuire del 12 %.

Linee di distribuzione di energia

Il rinnovo delle attuali linee aeree di distribuzione di energia prevede di interrare la rete. Generalmente la messa in cavo della rete è però applicata solo in caso di necessità di un risanamento e considerando il rapporto di investimento/beneficio. La sostituzione di tutte le linee aeree necessiterà dunque di tempi abbastanza lunghi (SES, P. Ceschi).

Secondo il Piano energetico cantonale (DT/DFE, 2010) l'interramento delle linee permetterà di ridurre le perdite di elettricità dall'attuale 5 % al 3 % entro il 2050. Sulla base di questo dato si può ipotizzare che entro il 2060 il numero di linee aeree diminuisca del 40 %.

Complessivamente si può ipotizzare che le infrastrutture per la distribuzione dell'energia aumentino proporzionalmente alla superficie edificata: aumento del 6 % dal 2010 al 2060.

Servizio invernale stradale

Negli ultimi anni si è osservata una diminuzione dei costi per il servizio invernale stradale (a parità di prestazione), grazie allo sviluppo di nuove tecnologie più efficienti ed efficaci. In futuro (2060) si può assumere che nuove tecnologie permetteranno una riduzione del 10 % dei costi per il servizio invernale stradale.

L'incertezza dello scenario socioeconomico per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici è considerata **media**.

Scenario socioeconomico 2060 infrastrutture e edifici

Lo scenario socioeconomico per il settore d'impatto energia (come si può osservare nella Tabella 67 e nella Figura 128) mostra che in futuro (senza considerare l'influsso dei cambiamenti climatici) i costi aumenteranno significativamente. L'aumento è principalmente da ricondurre all'aumento delle infrastrutture e degli edifici causato dall'aumento della popolazione.

	Costi/ricavi attuali (milioni CHF)			Fattore di conversione	Costi/ricavi 2060 (milioni CHF)		
	Min	Media	Max		Min	Media	Max
Valanghe							
Danni materiali a edifici	-0.05	-0.07	-0.09	1.32	-0.04	-0.09	-0.18
Danni materiali beni mobili	-0.01	-0.02	-0.02	1.32	-0.01	-0.02	-0.05
Evacuati	-0.01	-0.01	-0.02	1.02	-0.01	-0.01	-0.03
Forti nevicate							
Danni materiali a edifici	-0.8	-1.0	-1.3	1.32	-0.7	-1.4	-2.7
Danni materiali beni mobili	-0.2	-0.2	-0.3	1.32	-0.1	-0.3	-0.5
Danni alla infrastrutture per la distribuzione di energia	-0.9	-1.1	-1.4	0.64	-0.3	-0.7	-1.4
Alluvioni							
Danni materiali a edifici	-4.7	-5.8	-7.6	1.16	-3.4	-6.8	-13.6
Danni materiali beni mobili	-2.9	-3.6	-4.7	1.16	-2.1	-4.2	-8.3
Danni alle infrastrutture per il trasporto	-4.3	-5.4	-7.0	1.01	-2.7	-5.5	-10.9
Frane/Colate detritiche							
Danni materiali a edifici	-0.8	-0.9	-1.2	1.32	-0.6	-1.2	-2.5
Danni materiali beni mobili	-0.4	-0.4	-0.6	1.32	-0.3	-0.6	-1.2
Danni alle infrastrutture per il trasporto	-0.7	-0.9	-1.2	1.15	-0.5	-1.1	-2.1
Evacuati	-0.07	-0.09	-0.12	1.02	-0.05	-0.09	-0.18
Forti temporali/Grandine							
Danni materiali a edifici	-6.4	-8.0	-10.4	1.32	-5	-11	-21

Danni materiali beni mobili	-0.5	-0.6	-0.8	1.32	-0.4	-0.8	-1.6
Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia							
Danni materiali a edifici	-0.24	-0.31	-0.40	1.32	-0.20	-0.40	-0.81
Danni materiali beni mobili	-0.11	-0.13	-0.17	1.32	-0.09	-0.18	-0.35
Danni alle infrastrutture per il trasporto	-0.55	-0.69	-0.90	1.15	-0.40	-0.80	-1.59
Evacuati	-0.002	-0.002	-0.003	1.02	-0.001	-0.002	-0.004
Innalzamento della temperatura media							
Dispendio per il servizio invernale strade	-15.9	-19.8	-25.8	1.05	-10	-21	-41
Tempeste/Uragani							
Danni materiali a edifici	-4.1	-5.2	-6.7	1.3	-3	-7	-14
Danni materiali beni mobili	-1.0	-1.2	-1.6	1.3	-1	-2	-3
Totale	**-72**	**-56**	**-45**	**-**	**-128**	**-64**	**-32**

Tabella 67: Scenario socioeconomico 2060 per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici. I rischi e le opportunità socioeconomiche 2060 sono calcolate tramite un fattore di conversione specifico per ogni effetto/pericolo.

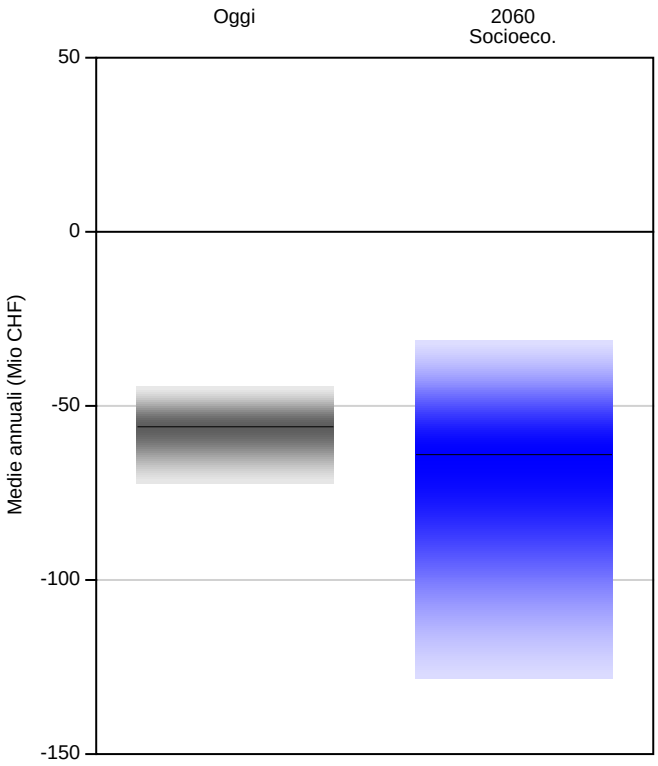


Figura 128: Rappresentazione grafica dei Costi/ricavi attuali e per lo scenario socio-economico 2060 (ipotizzando che il clima rimanga uguale a quello attuale) per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.

Analizzando parallelamente i cambiamenti previsti dallo scenario socioeconomico e dagli scenari climatici 2060, si può costatare che per il settore d'impatto infrastrutture ed edifici i cambiamenti socioeconomici futuri avranno un influsso pressappoco dello stesso ordine di grandezza ma contrario (negativo anziché positivo) sui costi e i ricavi rispetto ai cambiamenti climatici.

5.5.7. Riassunto settore infrastrutture e edifici

L'analisi (qualitativa e quantitativa) degli impatti dei cambiamenti climatici sulle infrastrutture e gli edifici in Ticino ha evidenziato importanti rischi e opportunità. I rischi dei cambiamenti climatici si sono rilevati **neutri** per lo scenario debole (danni di poche decine di migliaia di CHF/anno) e **negativi** per lo scenario forte (perdite di ca. 17 milioni di CHF/anno). Le opportunità si sono invece rilevate **positive** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte (benefici di ca. 14 milioni di CHF/anno risp. 25 milioni di CHF/anno). Complessivamente l'impatto è risultato **positivo** per lo scenario debole (opportunità di ca. 14 milioni di CHF/anno) e **piuttosto positivo** per lo scenario forte (opportunità di ca. 8 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1). Il bilancio complessivo dello scenario forte risulta meno positivo rispetto a quello dello scenario debole a causa dei grandi rischi (presenti solo nel primo scenario) legati all'aumento delle alluvioni nel 2060.

Gli impatti socioeconomici sulle infrastrutture e gli edifici influenzati dai cambiamenti climatici sono invece stati valutati come **piuttosto negativi** (rischi di circa 8 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

5.6. GESTIONE DELLE ACQUE

5.6.1. Parametri principali: situazione attuale

Corsi d'acqua e laghi

Nel Cantone Ticino vi sono ca. 140 specchi d'acqua che possono essere suddivisi in: due laghi maggiori (lago Maggiore e lago di Lugano), i laghi di Origlio, Muzzano e Astano, i laghi sfruttati per la produzione di energia idroelettrica e i laghi alpini naturali (SPAAS, 2003).

I corsi d'acqua ticinesi mostrano tutti un carattere torrentizio. La qualità delle acque dei fiumi è molto buona nel Sopraceneri, mentre nel Sottoceneri la qualità delle acque è meno buona, a causa dell'alta densità di popolazione, della forte industrializzazione, della scarsa portata dei ricettori in rapporto agli scarichi e dello stato ecomorfologico compromesso. I fiumi Scairolo, Vedeggio, Faloppia, Roncaglia, Breggia e Laveggio presentano delle concentrazioni più elevate di ammonio, nitriti e fosforo rispetto ai corsi d'acqua del Sopraceneri.

Approvvigionamento idrico

L'acqua potabile in Ticino proviene per la maggior parte da sorgenti e dalla falda. Riali e laghi sono fonti secondarie (v. Figura 129). Questi ultimi stanno però diventando sempre più importanti per l'approvvigionamento idrico di comuni rivieraschi, che non dispongono di sufficienti sorgenti. Le falde freatiche e, in misura minore, i laghi vengono anche sfruttati quale fonte di calore ambientale per le pompe di calore.

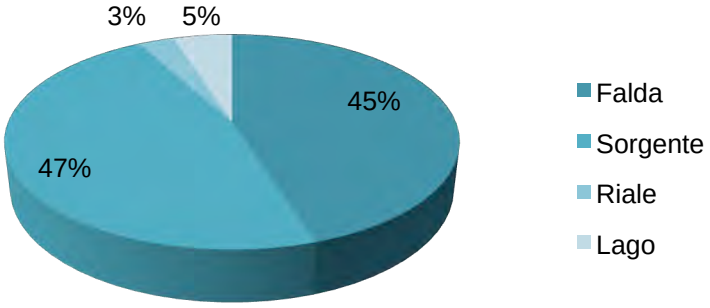


Figura 129: Origine dell'acqua potabile in Ticino (SPAAS, 2015).

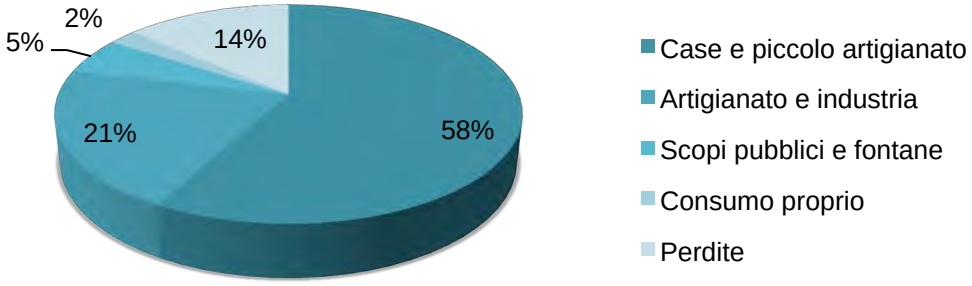


Figura 130: Distribuzione del rifornimento d'acqua potabile in Svizzera nel 2001 (SPAAS, 2015).

La maggior parte dell'acqua viene utilizzata nelle economie domestiche e solo una piccola percentuale (ca. 20 %) dalle industrie e i commerci.

In Svizzera l'acqua potabile costa mediamente 2 CHF/m^3. Nonostante in Ticino il prezzo delle acque sia più basso rispetto alla media svizzera (circa 1.2 CHF/m^3), per garantire la comparabilità e facilitare il confronto con gli altri casi di studio, il gruppo di lavoro ha deciso di assumere un valore dell'acqua potabile pari a 2 CHF/m^3.

A livello ticinese, negli ultimi anni si è osservato un fabbisogno di acqua potabile pro capite tendenzialmente più elevato rispetto a quello svizzero. I fattori che potrebbero incidere su questo dato sono l'elevato quantitativo di turisti, la percentuale di lavoratori ticinesi non risiedenti in Svizzera e le temperature medie stagionali più elevate. In generale si stima che il consumo di acqua potabile pro capite ticinese è superiore a quello svizzero del 15 %. Sulla base dei dati, il consumo mensile medio pro capite a livello ticinese è di 10'670 litri (SVGW, 2014).

Depurazione delle acque luride

Il sistema di smaltimento delle acque in Ticino si basa sul raccoglimento per la maggior parte in sistemi di canalizzazione. Le acque vengono poi depurate negli impianti di depurazione delle acque e in seguito immesse in corsi d'acqua e laghi. In Ticino ci sono 10 impianti di depurazione delle acque consortili e 17 impianti di depurazione delle acque comunali. Questi impianti trattano circa 77.6 milioni di m^3/anno di acqua di scarico (dato riferito al 2014) (Repubblica e Cantone Ticino, 2015).

Infrastrutture per l'approvvigionamento idrico e lo smaltimento

Attualmente non esistono informazioni prettamente ticinesi riguardanti i dati delle reti di approvvigionamento e smaltimento idrico cantonale. La Società Svizzera dell'industria del Gas e delle Acque (SSIGA) dispone invece di questi dati a livello svizzero.

Nel rapportare i dati svizzeri a livello ticinese è importante considerare le particolarità geomorfologiche del Canton Ticino. Un'elevata parte delle zone edificate ticinesi si trova, infatti, in zone caratterizzate da pendii importanti. In zone di questo tipo le infrastrutture idriche hanno costi molto più importanti per il trasporto del materiale e la messa in sicurezza della zona. In generale si può concludere che le infrastrutture nelle zone di montagna abbiano un costo di ca. il 25 % superiore rispetto alla media svizzera (SSIGA, M. Freiburghaus).

Elaborando i valori svizzeri (Domeniconi, 2015) sulla base del rapporto tra la popolazione ticinese e la popolazione svizzera e considerando che l'11 % della superficie edificata ticinese si trova in zone definite "di montagna" (Sezione dello sviluppo territoriale, 2006) si possono ricavare i valori delle infrastrutture idriche ticinesi esposti nella Tabella 68.

Il valore supplementare attribuito alle infrastrutture in zone di montagna si basa sulla superficie edificata e non sul numero di abitanti in queste zone (che corrisponderebbe al 4.6 % della popolazione ticinese) poiché in questo caso è un valore molto più rappresentativo.

I costi riportati nella Tabella 68 per le infrastrutture dell'approvvigionamento idrico trovano conferma nei bilanci annuali 2013 e 2014 delle aziende industrializzate di Lugano (AIL), le quali oggi servono ca. il 20 % della popolazione ticinese.

	Approvvigionamento idrico	Smaltimento	Totale
Lunghezza condotte (km)	3'424	5'469	8'893
Valore sostitutivo (milioni di CHF)	2'031	3'457	5'488
Costi annui di esercizio (milioni di CHF)	66	95	161
Investimenti annui (milioni di CHF)	38	35	73

Tabella 68: Lunghezza della rete di condotte d'acqua potabile (approvvigionamento) e acque luride (smaltimento) in Ticino e relativo valore.

5.6.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060

Sulla base della matrice di rilevanza (Tabella 41) nel caso del settore d'impatto della gestione delle acque devono essere analizzati i seguenti pericoli e effetti: forti temporali/grandine, variazione del regime delle precipitazioni, siccità generale, ondate di calore e riduzione manto nevoso/ritiro ghiacciai.

Gli impatti analizzati per ciascun pericolo ed effetto sono riassunti nella Tabella 69. La tabella mostra anche il tipo di valutazione – quantitativa o qualitativa – adottata per i diversi impatti. Una rappresentazione schematica degli impatti sul settore gestione delle acque è consultabile nella Figura 131.

Come risulta dalla strategia di adattamento ai cambiamenti climatici della Confederazione (UFAM, 2012a) gli impatti del clima sulla gestione delle acque sono molteplici e riguardano diversi campi. Gli impatti dei cambiamenti climatici su questi campi sono trattati sia nel seguente capitolo che nei capitoli relativi ad altri settori d'impatto.

Di particolare rilevanza sono i seguenti campi d'intervento:

- **Acqua potabile**
  Nel presente capitolo ("gestione delle acque") sono stati approfonditi principalmente gli impatti sulla gestione delle acque degli insediamenti, con particolare riferimento alla qualità dell'acqua potabile, alla domanda di acqua potabile e allo smaltimento delle acque luride.
- **Canalizzazioni, drenaggio stradale**
  I pericoli naturali posso causare danni alle reti di distribuzione e di smaltimento delle acque in zone edificate (canalizzazioni, impianti di depurazione, ecc.). Questi danni sono considerati per il settore d'impatto "gestione delle acque" (presente capitolo).
- **Raffreddamento centrali termiche (e altre immissione di calore nelle acque)**
  In Ticino non esistono grandi centrali termiche da raffreddare. Le altre immissioni di calore sono limitate a una piccola rete dell'acqua industriale delle AIL che serve a raffreddare i computer del Centro Svizzero di Calcolo Scientifico (CSCS) e al calore contenuto nelle acque depurate del Consorzio Depurazione Acque Lugano e Dintorni (CDALED). Questo tema non è quindi stato approfondito ulteriormente.
- **Richieste internazionali e regolazione livelli lacustri**
  La problematica riguarda principalmente il Lago Maggiore, la cui regolazione nei periodi di forte piene e in quelli di siccità diventa particolarmente problematica e controversa a causa dei diversi interessi in gioco sul territorio svizzero e quello italiano. La relazione di queste problematiche con i cambiamenti climatici è stata trattata nel capitolo relativo alla gestione delle acque (presente capitolo).
- **Bacini di accumulazione**
  La produzione di energia idroelettrica viene considerata nel settore d'impatto "energia". A livello di gestione delle acque dovrà tenere conto anche delle esigenze poste sul piano internazionale.
- **Deflussi residuali**
  L'evoluzione della flora e della fauna acquatica (che non influenza la qualità dell'acqua potabile) viene analizzata per il settore d'impatto "biodiversità".

- **Irrigazione**
  Il tema dell'irrigazione legato ai periodi con penuria d'acqua viene trattato quantitativamente nel settore d'impatto "agricoltura". In generale in questi periodi l'accesso all'acqua in futuro potrebbe un tema più conflittuale.

I molteplici campi della gestione delle acque, implicano l'esistenza di conflitti tra i diversi utilizzatori delle risorse idriche. L'evoluzione di questi conflitti dovuta ai cambiamenti climatici è analizzata nel presente capitolo.

Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici

La Confederazione, nella prima parte della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, ha definito i diversi campi d'intervento. Nelle ultime colonne della Tabella 69 sono indicati i campi d'intervento della strategia svizzera corrispondenti ai diversi rischi e alle opportunità per il Canton Ticino e possibili misure per mitigare questi rischi e sfruttare le opportunità. Le misure sono state definite nella seconda parte della strategia d'adattamento (vedi capitolo 2.1). Una spiegazione delle abbreviazioni dei campi d'intervento e delle misure è data nell'allegato A1.

Il campo di intervento più rilevante per il settore della gestione delle acque è quello dell'acqua potabile (GA1). Le misure di adattamento ai cambiamenti climatici che saranno presumibilmente più importanti per questo settore sono invece le misure ga1 (Strumenti di pianificazione per la gestione delle risorse idriche) e ga3 (Collegamento di sistemi di regionalizzazione dell'approvvigionamento idrico).

Pericolo/effetto	Valutazione quantitativa	Valutazione qualitativa	Campi d'intervento	Misure
Forti temporali/Grandine	Variazione dei danni a infrastrutture per l'approvvigionamento e lo smaltimento idrico.		GA6	ga3
		Variazione dell'inquinamento momentaneo di sorgenti e riversamento acque luride nei ricettori superficiali	GA1; GA6; GA7 GA9; GA10	ga1; ga3; ga9
Variazione del regime delle precipitazioni		Variazione dell'offerta di acqua potabile (qualità e quantità).	GA1	ga1; ga3; ga4; ga9
Siccità generale		Diminuzione dell'offerta di acqua potabile per la popolazione (qualità e quantità).	GA1;	ga1; ga3; ga4; ga10
		Aumento delle difficoltà nella gestione internazionale dei livelli lacustri	GA7; GA8	ga1; ga5; ga6
		Aumento della domanda di acqua per processi industriali, per l'agricoltura e per la biodiversità (deflussi residui). Aumento dei conflitti fra i diversi tipi di utilizzo.	GA4; GA5	ga1; ga3; ga4; ga7; ga10
Ondate di calore	Aumento della domanda di acqua potabile per la popolazione.		GA1	ga1; ga3; ga4
Riduzione manto nevoso/Ritiro ghiacciai		Variazione stagionale della disponibilità di acqua potabile (qualità e quantità).	GA1	ga1; ga3; ga4; ga9

Tabella 69: Impatti analizzati per il settore d'impatto gestione delle acque. Gli impatti sono suddivisi in impatti valutati quantitativamente e impatti valutati qualitativamente. In rosso sono riportati i rischi e in blu gli impatti valutati tramite un'analisi di sensitività.

Modello degli impatti

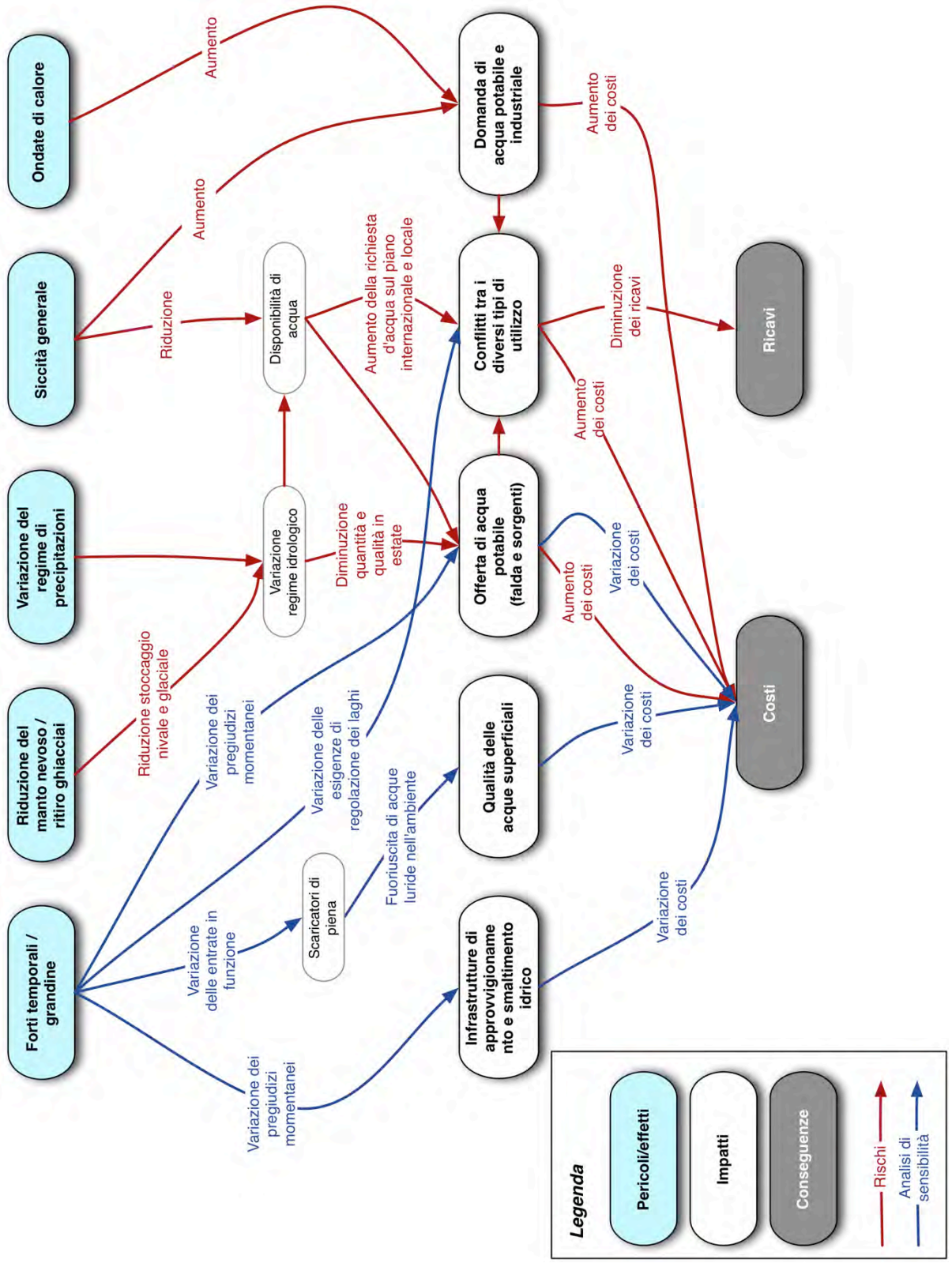


Figura 131: Rappresentazione schematica degli effetti dei cambiamenti climatici sugli impatti per il settore gestione delle acque.

Forti temporali/Grandine

Impatti quantitativi

Danni ad infrastrutture idriche

Perturbazioni molto attive e intense tipiche di forti temporali estivi possono causare rigonfiamenti, straripamenti ed erosioni nei corsi d'acqua. Questi fenomeni hanno come conseguenza il trasporto di svariato materiale che può, ad esempio, causare il danneggiamento di condotte per l'approvvigionamento idrico. Danni di questo genere possono rendere necessaria la sostituzione di condotte e manufatti danneggiati, e il ripristino di captazioni d'acqua, il consolidamento del terreno o lo sgombero di materiale negli alvei dei fiumi.

Analizzando i dati storici dal 1998 al 2012 riguardanti i danni ad acquedotti a causa di forti temporali (Veronesi, 2015) e applicando la suddivisione in classi con periodi di ritorno specifici per i diversi eventi (analogamente a quanto esposto nel capitolo 3.5), si ricava che il valore atteso annuo di danni agli acquedotti ticinesi a causa di forti temporali è pari a circa 120'000 CHF.

Analizzando le serie storiche disponibili tramite la metodologia di Gumbel (vedi capitolo 3.7) si ricava che un evento secolare potrebbe causare danni pari a 1.9 milioni di CHF.

Le infrastrutture per l'approvvigionamento e lo smaltimento idrico ticinese hanno in totale un valore di circa 5'488 milioni di CHF, dei costi annui di esercizio di circa 161 milioni di franchi e annualmente vengono investiti in questo settore circa 73 milioni di franchi (vedi capitolo 5.6.1). Confrontando queste cifre con quelle relative ai danni e ipotizzando che l'impatto sulle infrastrutture per lo smaltimento sia paragonabile a quello sulle infrastrutture per per l'approvvigionamento, si può ritenere che i danni causati da forti temporali/grandine alle infrastrutture idriche abbiano una rilevanza bassa.

Una previsione affidabile delle variazioni future di frequenza e intensità di forti temporali e grandine causate dai cambiamenti climatici non è attualmente possibile. Negli scenari climatici 2060 debole e forte si assume quindi che frequenza e intensità dei fenomeni non cambieranno rispetto ad oggi. Allo scopo di tenere conto di possibili cambiamenti nei rischi di forti temporali e grandine è stato valutato, attraverso un'analisi di sensitività, l'influsso di un aumento o riduzione dei rischi di un fattore 1.5 sull'intero bilancio dei rischi e opportunità del settore d'impatto analizzato. I risultati sono presentati nel capitolo 5.6.4.

Per lo scenario di riferimento l'incertezza è da ricondurre principalmente al periodo d'osservazione relativamente breve, alla probabile non esaustività dei dati relativi ai danni agli acquedotti e alle elevate fluttuazioni dei danni causati da temporali nei diversi anni. Nel capitolo non sono inoltre stati trattati i possibili danni alle condotte delle acque meteoriche. Complessivamente l'incertezza è considerata **bassa**.

Impatti qualitativi

Inquinamento momentaneo di sorgenti e riversamento di acque luride nei ricettori superficiali

Forti temporali e grandine possono causare straripamenti e alluvioni dei corsi d'acqua superficiali che potrebbero all'immissione di materiale come detriti organici e materiale vario nelle captazioni di acqua potabile.

L'eccessivo quantitativo di acque meteoriche nelle canalizzazioni miste ha come conseguenza il riversamento, attraverso gli scaricatori di piena, di queste acque unite ad acque luride nei ricettori superficiali. Questo fatto comporta ad un inquinamento con conseguente degradazione della qualità delle acque superficiali e degli ecosistemi acquatici.

Siccome lo sviluppo di forti temporali e grandine in futuro non può essere stabilito con esattezza, non si può affermare se questo rischio nel 2060 aumenti o diminuisca.

Variazione del regime delle precipitazioni

Impatti qualitativi

Variazione dell'offerta di acqua potabile

La variazione del regime delle precipitazioni potrebbe portare a variazioni nel ciclo idrologico dell'acqua in Ticino. La quantità di acqua disponibile in sorgenti o la portata stagionale potrebbe mutare rispetto ai valori stagionali attuali. Una variabile sensibile a questa variazione è il deflusso nei fiumi. Per la variazione futura dei deflussi nei bacini imbriferi ticinesi si può fare riferimento a uno studio commissionato dall'Elettricità della Svizzera italiana (ESI) all'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL (ESI & WSL, 2015).

Sulla base dei dati di questo studio è stato possibile determinare i deflussi separatamente per il Sopraceneri e il Sottoceneri per i diversi scenari. Nella Figura 132 sono illustrati gli andamenti mensili dei deflussi mentre negli istogrammi della Figura 133 sono rappresentati i valori annuali. Per quanto attiene le curve dei deflussi previste per il 2060 occorre rilevare che, mentre lo scenario "Clima 2060 RCP3PD (50° perc.)" corrisponde al 2060 debole, lo scenario "Clima 2060 A1B (50° perc.)" non coincide con il 2060 forte. Lo studio WSL ha anche analizzato degli scenari "lower" (10° percentile) e "upper" (90° percentile) per l'anno 2060 e un'evoluzione delle emissioni secondo A1B. Questi 2 scenari che si basano su un'esecuzione coerente di un modello idrologico (D. Viviroli, 2009) non possono essere combinati secondo la definizione dello scenario 2060 forte, ma permettono di ottenere un'incertezza all'interno della quale dovrebbe situarsi il valore futuro e che nella Figura 132 è illustrata tramite una barra verticale. Secondo la definizione di scenario 2060 forte i deflussi potrebbero essere un po' più elevati nei mesi invernali e primaverili e un po' minori nei periodi estivi e autunnali; nella media annua queste correzioni dovrebbero compensarsi e il valore calcolato per "Clima 2060 A1B (50° perc.)" (v. colonnina rossa nella Figura 133) dovrebbe essere rappresentativo per un clima 2060 forte.

In generale si può osservare una sostanziale differenza nell'andamento dei deflussi mensili delle due regioni. Nel Sopraceneri i valori sono più elevati, ad eccezione dei mesi più freddi (da dicembre a febbraio). In particolare nei mesi da aprile a giugno nel Sopraceneri si raggiungono dei deflussi mensili molto elevati con un massimo durante il mese di maggio. Questo andamento è quasi assente nelle curve del Sottoceneri ed è da ricondurre al contributo dello scioglimento delle nevi durante la primavera. Negli scenari futuri si osserva una tendenza verso deflussi più uniformi sull'arco dell'anno: durante i mesi invernali le maggiori precipitazioni abbinate a temperature più elevate hanno come conseguenza dei deflussi più elevati e una minore quantità di acqua stoccata sotto forma di neve che non sarà a disposizione in primavera.

Complessivamente i deflussi totali annuali (Figura 133) in futuro diminuiranno in entrambi gli scenari: del 4.1 % e del 6.7 % per lo scenario 2060 debole e risp. 2060 forte nel Sopraceneri e del 4.9 % e del 8.1 % per lo scenario 2060 debole e risp. 2060 forte nel Sottoceneri.

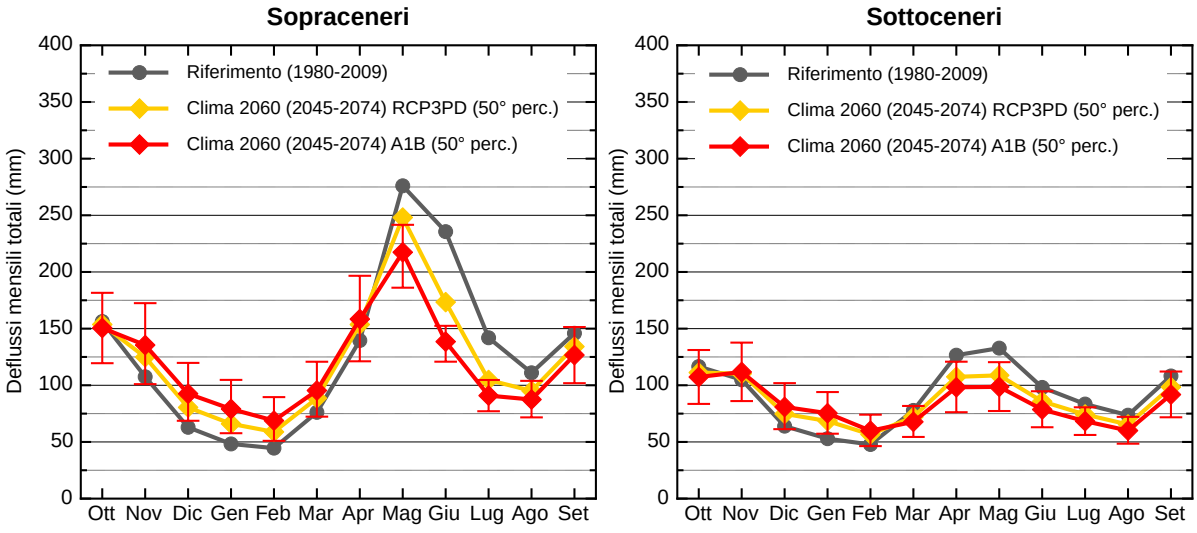


Figura 132: ***Deflussi mensili totali per il Sopraceneri e il Sottoceneri. Lo scenario di riferimento (2010) e gli scenari futuri (2060) sono stati sviluppati nello studio per i diversi bacini imbriferi interessati dalla produzione idroelettrica (ESI & WSL, 2015) sulla base dei quali sono state calcolate delle medie separatamente per il Sopraceneri e il Sottoceneri. Per lo scenario clima 2060 A1B è illustrata anche una barra d'incertezza verticale i cui estremi corrispondo a uno scenario "lower" (10° percentile) e "upper" (90° percentile).***

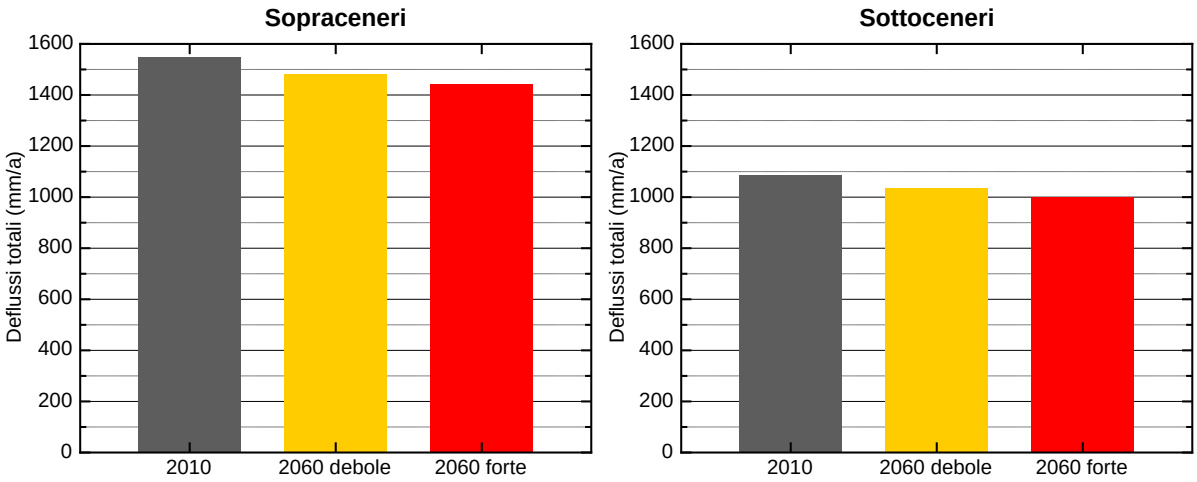


Figura 133: ***Deflussi annuali totali per il Sopraceneri e il Sottoceneri. I deflussi dello scenario di riferimento e degli scenari futuri sono stati sviluppati nello studio per i diversi bacini imbriferi interessati dalla produzione idroelettrica (ESI & WSL, 2015) sulla base dei quali sono state calcolate delle medie separatamente per il Sopraceneri e il Sottoceneri.***

Per far fronte a questa problematica, che potrebbe portare ad una diminuzione dell'acqua disponibile per l'approvvigionamento idrico, è necessario garantire una sufficiente ridondanza e diversificazione delle fonti di acqua potabile. Gli acquedotti ticinesi (soprattutto negli ultimi anni) sono sempre più vasti e interconnessi per comprensori più ampi. Questa strategia concretizza gli obiettivi della Legge cantonale sull'approvvigionamento idrico (LApprI, 1994;

www.ti.ch/acqua) e consente una ridondanza fra le fonti di acqua potabile che permette di evitare (per la maggior parte dei casi) mancanze di acqua potabile da distribuire alla popolazione. Recentemente ad esempio AIL ha unito gli acquedotti di Pregassona e Viganello per garantire l'approvvigionamento di acqua potabile in entrambi i Comuni anche in condizioni di disponibilità d'acqua scarse (AIL, M. Broggini).

Il gruppo di lavoro valuta (per entrambi gli scenari 2060) la diminuzione dei deflussi e la correlata diminuzione della disponibilità di acqua come un rischio **molto minore** in confronto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto gestione delle acque.

Siccità generale

Impatti qualitativi

Scarsità di acqua e aumento dei conflitti locali e internazionali

In futuro l'aumento dei periodi di siccità potrebbe portare ad un forte aumento del fabbisogno di acqua potabile e industriale (e di conseguenza del prelievo di acqua dalla falda) e ad un forte aumento del prelievo di acqua dal fiume Ticino utilizzata per l'irrigazione. Questi due aspetti combinati potrebbero portare ad un abbassamento eccessivo del livello della falda che potrebbe comprometterne la rigenerazione.

Il comune di Castel San Pietro (Mendrisiotto) ha sofferto spesso negli ultimi anni di una mancanza di acqua potabile dovuta alla siccità. È comunque da rilevare che in questi periodi l'acqua per l'approvvigionamento idrico della popolazione non è mai mancata (sono state applicate delle regole restrittive per altri utilizzi). Già dal 2013 il comune di Castel San Pietro ha però risolto la problematica di mancanza di acqua potabile in periodi siccitosi grazie ad un potenziamento della rete e alla collaborazione con i comuni limitrofi (strategia cantonale già attualmente in atto).

Con l'aumento della siccità in Ticino, il numero di fonti sicure di acqua potabile diminuirà in maniera importante (le sorgenti a rischio aumenteranno considerevolmente) incrementando l'utilizzo della falda e dell'acqua di lago. In generale i cambiamenti climatici non dovrebbero portare ad una mancanza di acqua potabile, potrebbero però intensificarsi i conflitti per altri utilizzi (irrigazione, produzione idroelettrica, raffreddamento, pulizie, ecc.). L'autorità cantonale assieme a quelle comunali – che conoscono molto bene le condizioni locali e sono meglio posizionate per stabilire le priorità – saranno sempre più chiamate a regolamentare l'accesso all'acqua.

Nei periodi con scarsità di acqua – come quelli dell'estate e dell'inverno 2015 – aumenteranno anche le richieste di acqua sul piano internazionale da parte delle regioni confinanti e di conseguenza anche l'onere per una gestione dei livelli lacustri in grado di soddisfare tutti gli interessi implicati (agricoltura, turismo, biodiversità, produzione idroelettrica, navigazione, ecc.).

Per lo scenario 2060 forte il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **maggiore** rispetto ai rischi quantificati per il settore gestione delle acque. Per lo scenario 2060 debole questo rischio è considerato **non rilevante** dal momento che lo scenario non prevede nessuna variazione dei periodi di siccità generale (vedi capitolo 4.5.10).

Ondate di calore

Impatti quantitativi

Aumento della domanda di acqua potabile

Durante le ondate di calore, periodi caratterizzati da temperature molto alte sia di giorno che di notte, il consumo di acqua potabile della popolazione cresce. Il caldo rende infatti necessario un utilizzo maggiore di acqua per il riempimento di piscine o per un numero maggiore di docce che la gente svolge per rinfrescarsi. Questi aspetti vengono inoltre accentuati dal fabbisogno maggiore di acqua per l'irrigazione di campi o giardini privati.

Nella Figura 134 si può notare come, a livello svizzero, il consumo giornaliero di acqua pro capite sia fortemente aumentato nel 2003; anno caratterizzato da un numero particolarmente alto di giorni di canicola e da temperature superiori alla media pluriennale.

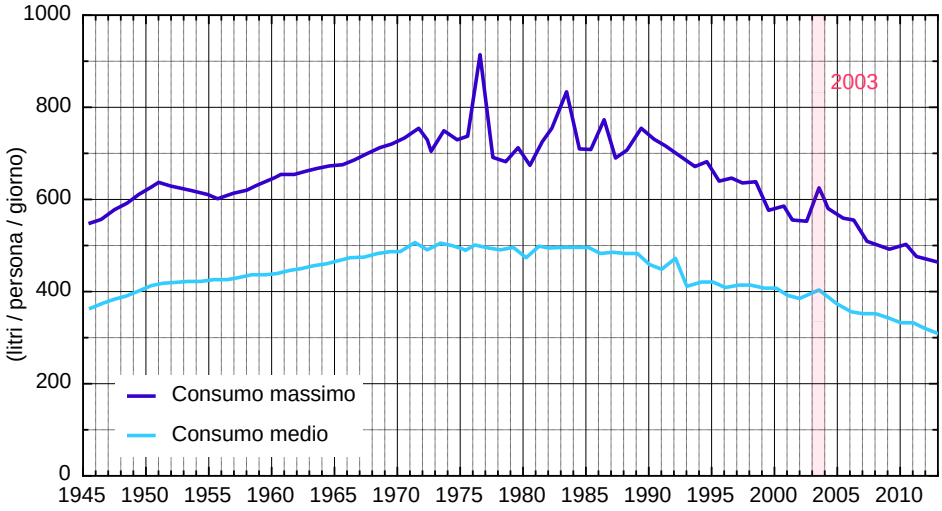


Figura 134: ***Consumo medio di acqua pro capite di acqua potabile in Svizzera. È da osservare come nel corso dell'estate 2003 (caratterizzata da ripetute ondate di calore) la domanda (sia media sia massima) sia aumentata (Trinkwasser SVGW, 2015).***

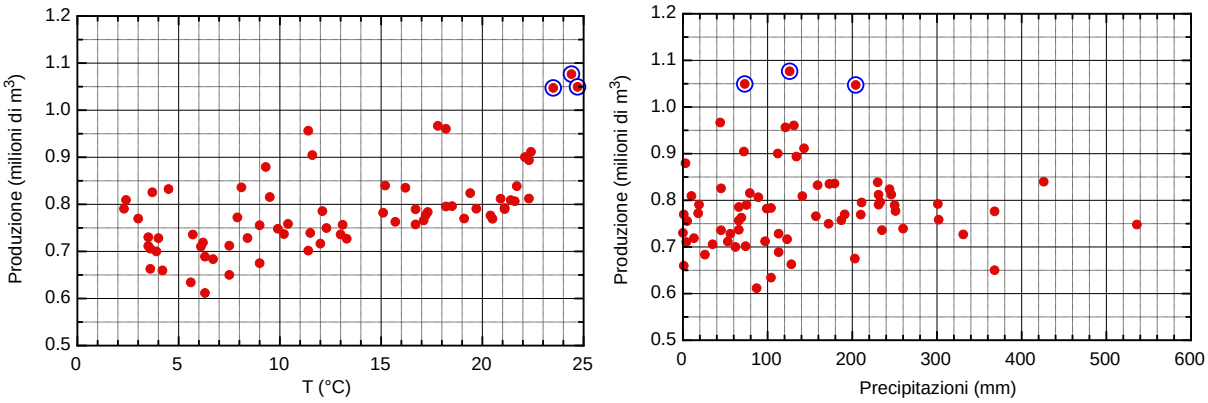


Figura 135: ***Correlazione fra produzione di acqua potabile e temperatura e correlazione tra produzione di acqua potabile e precipitazioni (AIL, 2010). I punti cerchiati in blu sono quelli dei mesi di giugno, luglio e agosto del 2003.***

Analizzando la produzione di acqua potabile[20] mensile delle AIL fra il 1998 e il 2003 (AIL, 2010) si può osservare che fra temperatura media mensile e produzione esiste una correlazione positiva mentre fra produzione e precipitazioni mensili la correlazione è negativa e più debole (vedi Figura 135) [21].

Il fabbisogno di acqua potabile può dunque essere ricavato sia sulla base dell'aumento della temperatura media mensile, sia sulla variazione del regime delle precipitazioni.

Analizzando i valori forniti da (AIL, 2010) è stato possibile stabilire che il fabbisogno (produzione) di acqua potabile di base può essere descritto sulla base di dati relativi alle temperature e alle precipitazioni con la seguente relazione:

$$\text{Produzione AIL } \left(\frac{m^3}{mese}\right) = 669266 + 8509 \cdot T_{mensile} - 88 \cdot P_{mensile} - 16103 \cdot \sin\left(\frac{mese}{12 \cdot \pi}\right)$$

Equazione 1: Calcolo della produzione di acqua potabile di base AIL sulla base di temperatura e precipitazioni.

Dove $T_{mensile}$ rappresenta la temperatura media del mese in questione, $P_{mensile}$ la somma delle precipitazioni mentre "mese" rappresenta il numero del mese (ad esempio gennaio = 1, febbraio = 2, ecc.).

Durante le ondate di calore (periodi caratterizzati da temperature particolarmente alte e spesso correlate a periodi di siccità) il consumo di acqua potabile è superiore a quello di base ricavato tramite l'Equazione 1. Per stabilire l'aumento del fabbisogno di acqua durante le ondate di calore vengono analizzati i dati relativi al 2000 (anno senza ondate di calore) e il 2003 (anno con un elevatissimo numero di giorni di canicola; 66).

Il consumo di acqua potabile stimato per il 2000 è leggermente sottostimato rispetto al consumo misurato realmente, mentre il consumo per il 2003 osservato è di gran lunga superiore a quello calcolato. Rapportando la differenza media dei tre mesi estivi (giugno, luglio e agosto) fra valore misurato e valore calcolato del consumo di base (vedi Equazione 1) per gli anni 2000 e 2003 si ottiene che ogni giorno di canicola il fabbisogno medio di acqua potabile è di circa 175 l pro capite superiore rispetto al consumo di base. Il valore è stato calcolato tenendo conto del rapporto tra la popolazione servita da AIL nel 2000 a quella ticinese attuale.

Questo aumento è da ricondurre alle docce più frequenti, all'utilizzo di piscine e al fabbisogno per l'irrigazione più importante (a causa della siccità che usualmente si registra durante le ondate di calore). Per contestualizzare l'aumento giova rilevare che in media in Svizzera nelle economie domestiche il consumo di acqua potabile per bagni o docce è di circa 36 litri per persona al giorno (SSIGA, 2015), mentre il consumo medio di base di acqua potabile corrisponde a circa 250 litri/persona la giorno (vedi Figura 134).

Per lo scenario di riferimento è stato stabilito che mediamente si verificano 22 giorni di canicola all'anno (vedi cap. 4.5.12), i quali causano a livello ticinese (considerando la popolazio-

---

20 Il calcolo della produzione di acqua potabile si basa sull'ipotesi che la produzione di acqua corrisponde la fabbisogno.

21 Per l'analisi non sono utilizzati dati più recenti poiché il numero di Comuni servito da AIL è cresciuto dal 2003; i dati non sarebbero dunque comparabili a causa di differenti condizioni quadro.

ne attuale di 346'500 persone) un fabbisogno di acqua potabile aggiuntivo di ca. 1.3 milioni di m^3. Applicando un prezzo dell'acqua potabile per l'utente di 2 CHF/m^3 (Trinkwasser SVGW, 2015) si ottiene una spesa supplementare per l'acqua potabile per l'utente nei giorni di canicola di 2.7 milioni di CHF/anno.

Quale evento estremo per questo pericolo è stato scelto l'anno 2003, anno in cui si sono registrati 66 giorni di canicola. Considerato il numero di questi giorni e il fabbisogno supplementare di acqua potabile in un giorno di canicola si può ipotizzare che in questo anno sono stati consumati circa 4 milioni di m^3 di acqua potabile a causa delle ondate di calore (corrispondenti ad una spesa di circa 8 milioni di CHF).

Gli scenari futuri si basano sull'aumento del numero dei giorni di canicola previsto (vedi capitolo 4.5.12). L'aumento delle ondate di calore causerà un aumento del fabbisogno d'acqua a causa della canicola del 97 % per lo scenario debole e del 212 % per lo scenario forte.

L'incertezza per lo scenario di riferimento è da ricondurre alle incertezze nel modello di calcolo del consumo di acqua potabile, all'ipotesi che il consumo corrisponda alla produzione, nell'estensione dei dati AIL a tutto il Ticino[22] e al calcolo del fabbisogno di acqua potabile per giorno di canicola; essa è considerata **bassa**. Per le stime future questa incertezza si amplia a causa delle incertezze legate al calcolo dei giorni di canicola nel 2060; essa è considerata **media**.

Riduzione del manto nevoso/Ritiro ghiacciai

Impatti qualitativi

Variazione della disponibilità stagionale di acqua potabile

La disponibilità di acqua potabile nelle fonti ticinesi (sorgenti, falda e acque superficiali) è strettamente correlata dalla riserva nevosa di acqua. Lo scioglimento del manto nevoso a causa dell'innalzamento della temperatura media a seguito dei cambiamenti climatici avverrà anticipatamente rispetto ad oggi e i depositi di neve saranno di dimensioni inferiori. Questo fatto porterà a una variazione della disponibilità d'acqua nelle varie stagioni dell'anno (tendenzialmente si avrà una disponibilità d'acqua più elevata in inverno e più ridotta in estate).

Nello studio commissionato dall'Elettricità della Svizzera Italiane al WSL (ESI & WSL, 2015) è stato analizzato l'effetto dello scioglimento delle nevi sulla disponibilità d'acqua nei fiumi (deflussi). In generale si è osservata una disponibilità d'acqua più omogenea nel corso dell'anno: il picco primaverile dovuto anche allo scioglimento delle nevi sarà più ridotto, mentre in inverno la disponibilità di acqua sarà maggiore (vedi capitolo 4.5.2).

L'effetto della variazione della riduzione del manto nevoso a seguito dei cambiamenti climatici sulla disponibilità di acqua potabile nelle falde e nelle sorgenti ticinesi non viene ulterior-

[22] Dal 1998 al 2000, oltre all'acqua fornita ai Comuni di Lugano e Massagno (dei quali si è considerata la popolazione nel 2000), AIL produceva acqua che fungeva da fornitura parziale o totale ad altri Comuni (all'ingrosso). La fornitura parziale è molto variabile di mese in mese e dipende dalle precipitazioni e dal gettito delle sorgenti di questi altri comuni. È dunque molto difficile poter stabilire il numero esatto di abitanti forniti ogni mese.

mente analizzato per entrambi gli scenari 2060, poiché considerato per i pericoli “siccità generale” e “variazione del regime delle precipitazioni.

5.6.3. Analisi quantitativa

I dettagli del calcolo del valore atteso e del periodo di ritorno degli impatti sul settore della gestione delle acque sono riportati nell'allegato A6 mentre i dettagli dell'analisi di Gumbel svolta per gli eventi estremi sono riportati nell'allegato A10.

Costi e ricavi attuali e per gli scenari 2060

Nella raffigurazione della Figura 136 sono esposti i costi e i ricavi annuali legati ai diversi pericoli ed effetti influenti sul settore d'impatto gestione delle acque per lo scenario di riferimento e per i due scenari futuri (i valori sono riportati nella Tabella 70).

Pericolo/effetto	Scenario di riferimento (milioni di CHF)			Scenario 2060 debole (milioni di CHF)			Scenario 2060 forte (milioni di CHF)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Forti temporali/Grandine									
Danni ad infrastrutture idriche	-0.09	-0.12	-0.15	-	-	-	-	-	-
Ondate di calore									
Consumo di acqua potabile e industriale	-2.1	-2.7	-3.5	-3.5	-5.3	-7.9	-5.6	-8.3	-12.5
Bilancio	**-3.6**	**-2.8**	**-2.2**	**-8.1**	**-5.4**	**-3.6**	**-12.7**	**-8.4**	**-5.7**

Tabella 70: Costi degli impatti (suddivisi per effetto/pericolo) analizzati quantitativamente per il settore d'impatto gestione delle acque. Sono rappresentati sia i costi attuali (scenario di riferimento 2010) che i costi futuri previsti per lo scenario 2060 debole e lo scenario 2060 forte. Gli effetti/pericoli evidenziati in rosso sono rischi mentre per quelli evidenziati in blu è stata svolta un'analisi di sensitività.

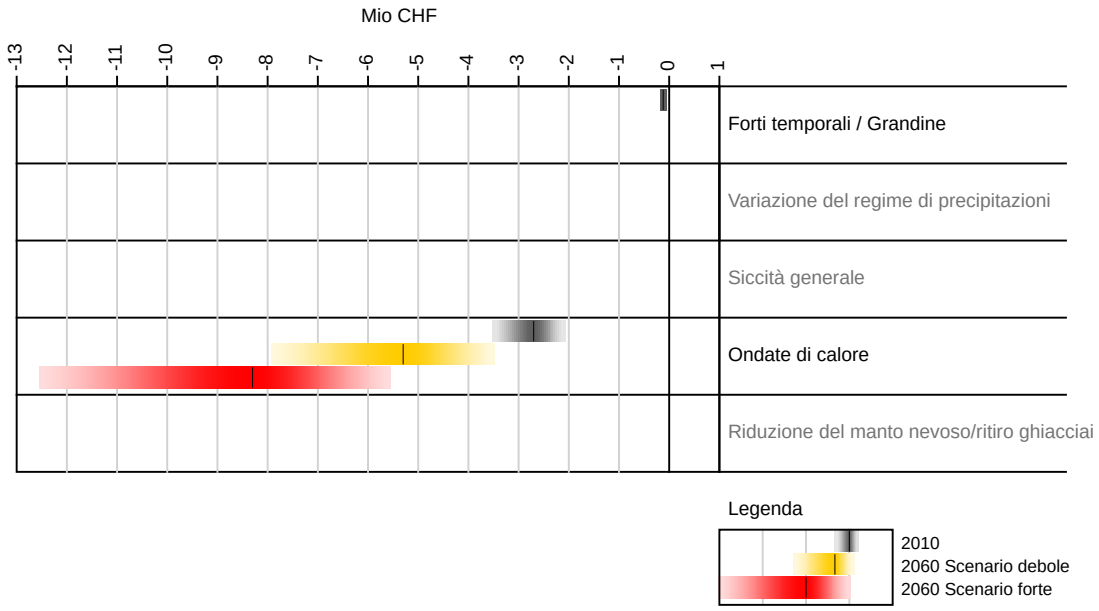


Figura 136: Costi (negativi) per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto gestione delle acque per lo scenario di riferimento e gli scenari 2060 "debole" e "forte". La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.

Eventi estremi

Nella Figura 137 sono raffigurati i costi che un evento estremo (di ogni pericolo/effetto) causerebbe al settore d'impatto gestione delle acque. Siccome le incertezze per gli eventi estremi sono difficili da definire nel grafico non sono rappresentate le bande di errore. Si tratta tuttavia sicuramente di incertezze molto grandi.

Un evento estremo di forti temporali/grandine causerebbe danni più elevati alle infrastrutture di approvvigionamento e smaltimento delle acque. L'entità di questi costi è di poco inferiore ai 2 milioni di CHF.

Più importanti sono le conseguenze di un'estate con un numero estremo di giorni di canicola. Durante un'estate del genere il fabbisogno di acqua della popolazione cresce notevolmente provocando dei costi maggiori per i consumatori. Lo scenario debole (nel quale i giorni di canicola aumenteranno del 100 % circa) ipotizza che per un evento estremo di ondate di calore possono essere provocati costi di circa 16 milioni di CHF. Per lo scenario forte questi costi potrebbero raggiungere i 25 milioni di CHF (+ 212 % rispetto allo scenario di riferimento).

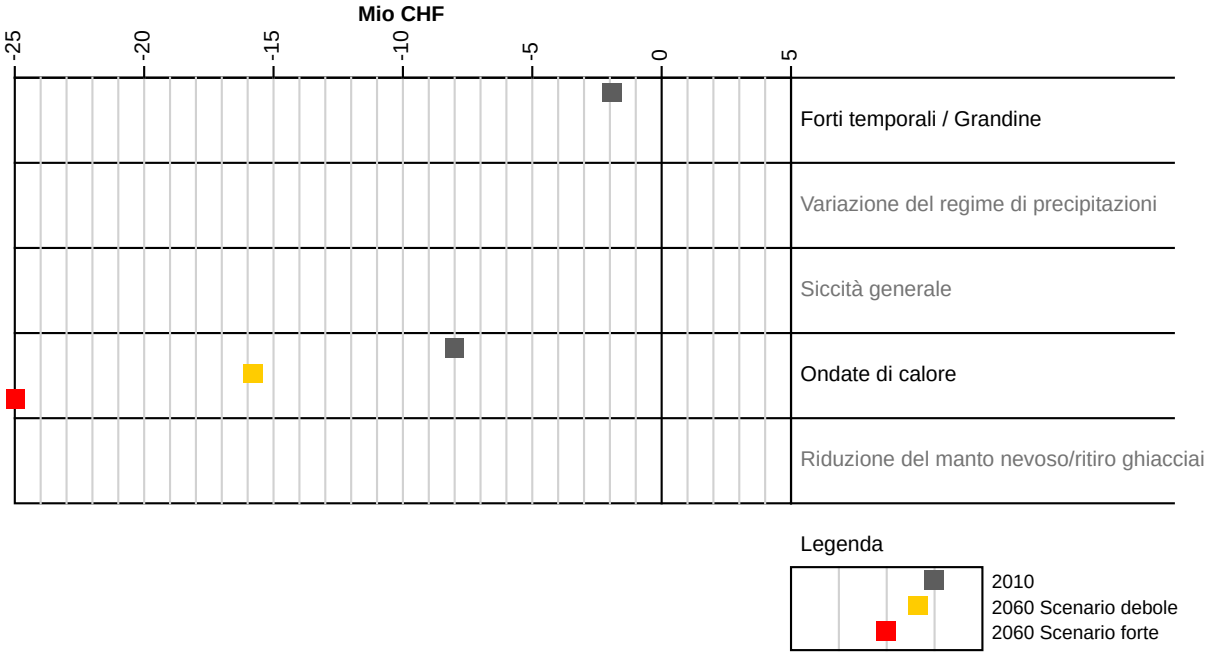


Figura 137: Costi (negativi) di un evento estremo per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto gestione delle acque per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte".

Rischi, opportunità e bilancio finale per il settore d'impatto gestione delle acque

Nella Figura 138 è esposto il bilancio finale dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto gestione delle acque. Per questo settore d'impatto non sono valutate opportunità, per cui il bilancio finale corrisponde alla somma dei rischi. Nel grafico è considerato unicamente l'aumento del consumo di acqua potabile a causa delle ondate di calore. In media si osserva una perdita totale (aumento dei costi) pari a circa 2.6 milioni di CHF/anno per lo scenario 2060 debole e di ca. 5.7 milioni di CHF/anno per lo scenario 2060 forte.

Il bilancio totale mostra che i cambiamenti climatici avranno un effetto totale negativo sul settore d'impatto gestione delle acque. Le differenze fra lo scenario di riferimento e gli scenari futuri sono abbastanza significative.

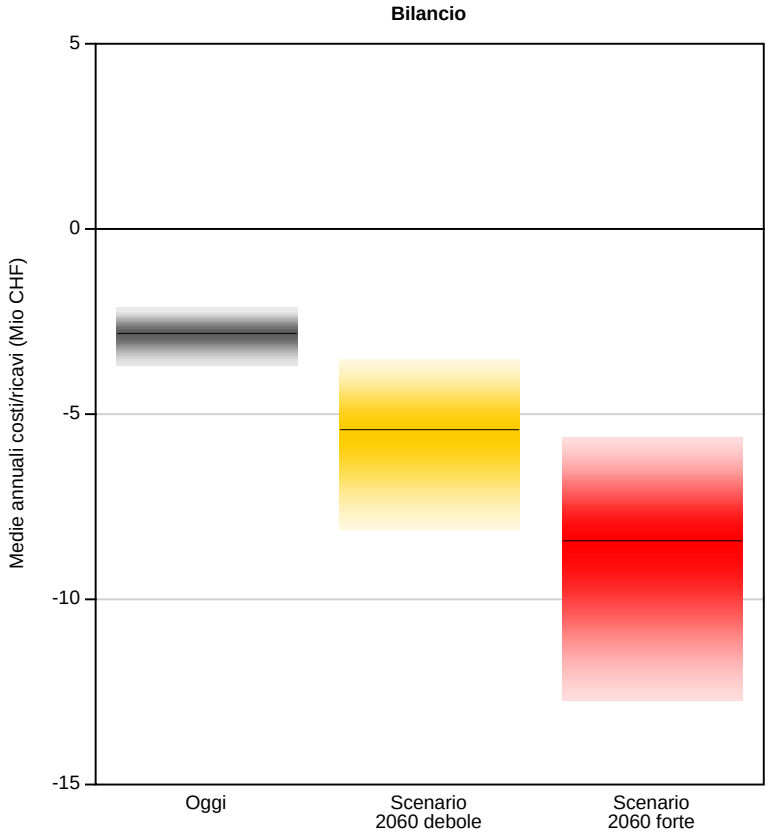


Figura 138: ***Bilancio totale degli effetti dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto gestione delle acque. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.***

5.6.4. Analisi di sensitività

Una previsione affidabile dell'evoluzione del pericolo forti temporali/grandine per gli scenari debole e forte non è possibile. Nelle tabelle seguenti è presentata, nell'ottica di un'analisi di sensitività, la differenza del bilancio totale degli scenari debole e forte rispetto a quello di riferimento in funzione di eventuali cambiamenti nella frequenza di forti temporali e grandine. A titolo di confronto il bilancio per lo scenario di riferimento (costi) nel settore gestione delle acque ammonta a 3 milioni di CHF di costi.

	Cambiamenti frequenza forti temporali/grandine		
Scenario DEBOLE	0.67	1	1.5
	-2.56	-2.60	-2.66

Tabella 71: Differenze nel bilancio totale (in milioni di CHF) del settore gestione delle acque fra lo scenario debole e lo scenario di riferimento in funzione di eventuali cambiamenti futuri nella frequenza di forti temporali e grandine (0.67 = Diminuzione della frequenza di un fattore 0.67; 1.5 = Aumento di un fattore 1.5).

	Cambiamenti frequenza forti temporali/grandine		
Scenario FORTE	0.67	1	1.5
	-5.62	-5.66	-5.71

Tabella 72: Differenze nel bilancio totale (in milioni di CHF) del settore gestione delle acque fra lo scenario forte e lo scenario di riferimento in funzione di eventuali cambiamenti futuri nella frequenza di temporali e grandine (0.67 = Diminuzione della frequenza di un fattore 0.67; 1.5 = Aumento di un fattore 1.5).

Un aumento di forti temporali e grandine in Ticino potrebbe portare ad un aumento dei costi per il settore d'impatto della gestione della acque di importanza moderata. Nel caso peggiore per lo scenario debole esso potrebbe portare ad un aumento del 2.3 % della differenza dei costi con lo scenario di riferimento; per lo scenario forte questo aumento sarebbe limitato all'1 %. Il motivo del maggior impatto sulla variazione relativa dei costi di un eventuale aumento di forti temporali e grandine nello scenario debole è da attribuire al minor cambiamento indotto in questo scenario dalle ondate di calore. La diminuzione della ricorrenza di forti temporali e grandine potrebbe portare ad una diminuzione (meno significativa dell'aumento) dei danni totali a questo settore d'impatto. Nel caso migliore per lo scenario debole essa potrebbe portare ad una diminuzione del 1.5 % della differenza dei costi con lo scenario di riferimento; per lo scenario forte questa diminuzione sarebbe del 0.7 %. Il motivo della differenza di variazione relativa dei costi nei 2 scenari è dovuto alla differente variazione dei costi legati alle ondate di calore.

5.6.5. Analisi qualitativa

Nella Figura 139 è rappresentata la rilevanza dei rischi e delle opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto gestione delle acque rispetto agli impatti valutati quantitativamente. I fattori di comparabilità stimati sono raffigurati in funzione dei diversi effetti e pericoli dei cambiamenti climatici e in funzione dello scenario climatico (debole e forte).

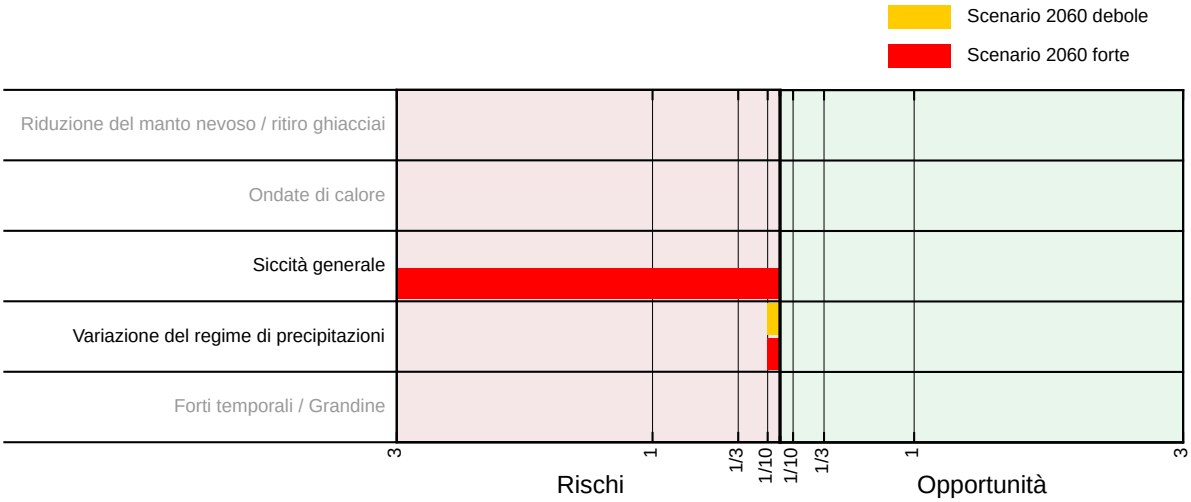


Figura 139: Valutazione degli impatti qualitativi tramite fattori di conversione, secondo rischio/effetto dei cambiamenti climatici, per lo scenario 2060 forte (rosso) e 2060 debole (giallo). Sulla sinistra del grafico sono esposti i fattori per i rischi mentre sulla destra i fattori per le opportunità.

Dal bilancio totale degli impatti valutati qualitativamente risulta che i rischi (legati principalmente alla variazione della disponibilità di acqua potabile e industriale e al conseguente aumento delle conflittualità sul piano locale e internazionale) hanno un impatto **maggiore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per lo scenario forte, mentre hanno un impatto **molto minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per lo scenario debole (per questo scenario non si prevede una variazione della siccità generale).

Nella Tabella 73 sono esposti gli impatti qualitativi monetizzati per il settore d'impatto gestione delle acque.

Settore d'impatto	**Impatti qualitativi (milioni di CHF)**			
	Scenario debole		**Scenario forte**	
	Rischi	Opportunità	Rischi	Opportunità
Gestione delle acque	-0.3	-	-17.5	-

Tabella 73: Monetizzazione dei rischi e delle opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto gestione delle acque (scenario 2060 debole e scenario 2060 forte).

5.6.6. Scenario socioeconomico 2060

Consumo di acqua potabile

L'aumento della popolazione ticinese del 14.2 % (vedi capitolo 4.6) nel 2060 porterà un maggiore consumo di acqua potabile.

Dal 1980 al 2010 si è osservata una diminuzione del fabbisogno medio di acqua potabile pro capite in Svizzera (vedi Figura 134). Questa diminuzione è principalmente legata a un aumento dell'efficienza e a cambiamenti strutturali delle tecnologie nell'industria e nelle abitazioni (ad esempio di lavastoviglie, lavatrici, ecc.) e alla maggior sensibilizzazione della popolazione sul consumo di acqua potabile. Considerando che l'efficienza delle nuove tecnologie e la sensibilizzazione aumenteranno anche in futuro; si può ipotizzare che entro il 2060 osserveremo un'ulteriore diminuzione del fabbisogno di acqua potabile pro capite del 20 % (senza considerare l'aumento della popolazione).

Infrastrutture idriche

Come conseguenza dalla crescita della popolazione e della superficie abitata le infrastrutture per l'approvvigionamento e lo smaltimento idrico aumenteranno. In quest'analisi si assume che l'aumento nel 2060 sarà proporzionale all'aumento della superficie edificata del 7 % (vedi capitolo 4.6).

Prezzo dell'acqua potabile

La tassa dell'acqua è basata sia sul consumo sia sugli investimenti nelle infrastrutture di approvvigionamento e smaltimento idrico. A volte il prezzo dell'acqua potabile è tenuto basso da sostegni politici (ad es. comunali). Talora venissero a mancare questi sostegni è possibile che il prezzo aumenti. Data però l'incertezza della variazione futura di questo costo, essa non viene considerata nello scenario socioeconomico.

L'incertezza dello scenario socioeconomico per il settore d'impatto gestione delle acque è considerata **media**.

Scenario socioeconomico 2060 gestione delle acque

	Costi/ricavi attuali (milioni CHF)			Fattore di conversione	Costi/ricavi 2060 (milioni CHF)		
	Min	Media	Max		Min	Media	Max
Forti temporali/Grandine							
Danni ad infrastrutture idriche	-0.09	-0.12	-0.15	1.1	-0.06	-0.13	-0.25
Ondate di calore							
Consumo di acqua potabile e industriale	-2.1	-2.7	-3.5	0.9	-1.2	-2.4	-4.9
Totale	**-3.6**	**-2.8**	**-2.2**	**-**	**-5.1**	**-2.6**	**-1.3**

Tabella 74: Scenario socioeconomico 2060 per il settore d'impatto gestione delle acque. I rischi e le opportunità socioeconomiche 2060 sono calcolate tramite un fattore di conversione specifico per ogni effetto/pericolo.

Per il settore d'impatto gestione delle acque si può osservare che lo scenario socioeconomico 2060 ha come conseguenza una diminuzione dei danni, derivante della prevista diminuzione del fabbisogno di acqua potabile per persona. La diminuzione dei costi è in parte attenuata da un aumento della popolazione e delle infrastrutture per l'approvvigionamento e lo smaltimento idrico.

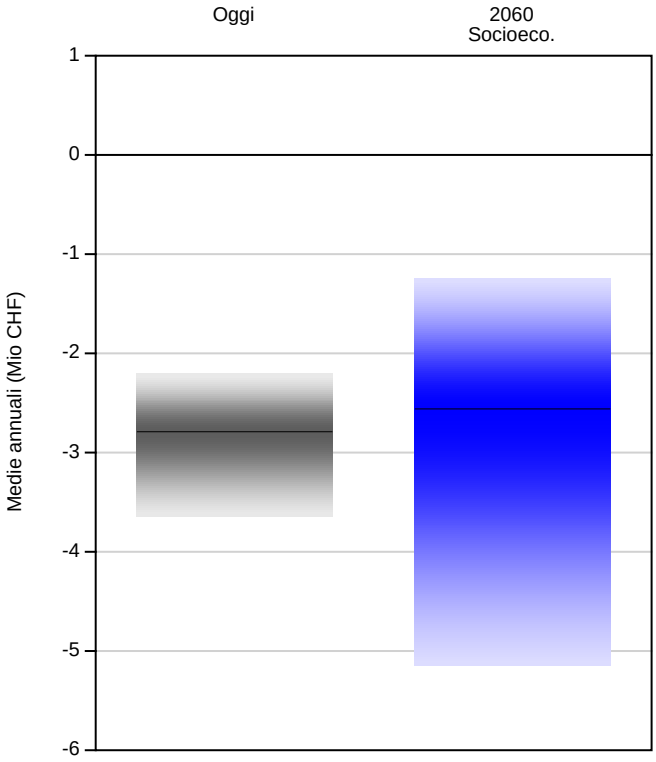


Figura 140: Rappresentazione grafica dei costi attuali per lo scenario socio-economico 2060 (ipotizzando che il clima rimanga uguale a quello attuale) per il settore gestione delle acque. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.

Sulla base degli impatti valutati quantitativamente si osserva che per il settore della gestione delle acque i cambiamenti di natura socioeconomica previsti per il 2060 hanno un influsso minore rispetto a quelli climatici. A livello climatico si attende un aumento dei costi mentre a livello socioeconomico una diminuzione; i due effetti potrebbero dunque attenuarsi a vicenda.

Per quanto attiene agli impatti analizzati qualitativamente è importante rilevare che la gestione delle acque in futuro a livello ticinese sarà sempre più regionalizzata e le reti di distribuzione saranno unite in acquedotti più grandi che dovrebbero contribuire a contenere il rischio di mancanza di acqua potabile anche in periodi caldi e siccitosi. In futuro saranno inoltre sempre più sfruttate le fonti sicure come il lago e la falda a discapito delle sorgenti (molto più sensibili ai periodi di siccità). La disponibilità dell'acqua di falda potrebbe tuttavia essere messa sotto pressione dall'aumento degli insediamenti sempre più estesi e vicini alle zone di protezione delle acque sotterranee. In aggiunta l'aumento della cementificazione e della conseguente impermeabilizzazione del suolo potrebbe pregiudicare la rigenerazione della falda.

5.6.7. Riassunto settore gestione delle acque

L'analisi (qualitativa e quantitativa) degli impatti dei cambiamenti climatici sul settore della gestione delle acque in Ticino ha evidenziato solamente possibili rischi. Complessivamente l'impatto è risultato dunque **piuttosto negativo** per lo scenario debole (rischio di ca. 3 milioni di CHF/anno) e **negativo** per lo scenario forte (rischio di ca. 23 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

Gli impatti socioeconomici sui settori della gestione delle acque influenzati dai cambiamenti climatici sono invece stati valutati come **neutri** (diminuzione dei costi di circa 0.2 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

5.7. TURISMO

5.7.1. Parametri principali: situazione attuale

Dal 1980 al 2015 si è osservata in Ticino una forte diminuzione del numero di pernottamenti nel settore alberghiero (v. Figura 141); il calo dal punto massimo nel 1981 al punto minimo del 2015 è di circa 1.4 milioni di pernottamenti. Il numero di pernottamenti in Svizzera nello stesso periodo è rimasto pressappoco constante; la quota di mercato dei pernottamenti in Ticino rispetto a quella svizzera è dunque calata.

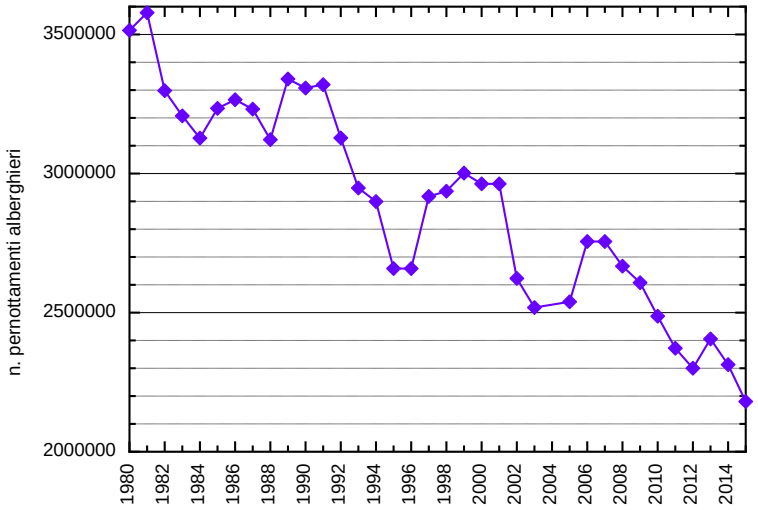


Figura 141: Numero di pernottamenti alberghieri in Ticino tra il 1980 e il 2015, con linea di tendenza (O-Tur, 2016)/ (Besomi, 2015).

Negli ultimi 30 anni, oltre alla diminuzione del numero di pernottamenti, si è osservata una riduzione della durata media di soggiorno da 3 a poco più di 2 giorni e una riduzione del numero totale di posti letto (diminuiti del 14 % dal 1992 al 2010).

Nel grafico in alto della Figura 142 è raffigurato il numero di pernottamenti mensili in Ticino ogni decennio dal 1940 al 2010 in riferimento al 1980. Nel grafico in basso si può osservare che (in tutti gli anni analizzati ad eccezione del 1940) i picchi dei pernottamenti si verificano sempre durante i mesi estivi. Nei periodi antecedenti al 1960 la distribuzione dei pernottamenti sui diversi mesi era più omogenea sull'arco dell'anno. Nel 1940 si può osservare che il numero maggiore di pernottamenti si registrava in autunno. A partire dagli anni '80 – dopo l'apertura del tunnel autostradale del Gottardo – si osserva invece una riduzione generale dei pernottamenti e un aumento del turismo primaverile e autunnale.

Questi dati mostrano l'effetto delle vie di comunicazione sul turismo e l'importanza di valutare per il futuro l'incidenza dell'apertura della galleria di base del San Gottardo (AlpTransit) sul turismo e più in generale sugli scenari socio-economici futuri.

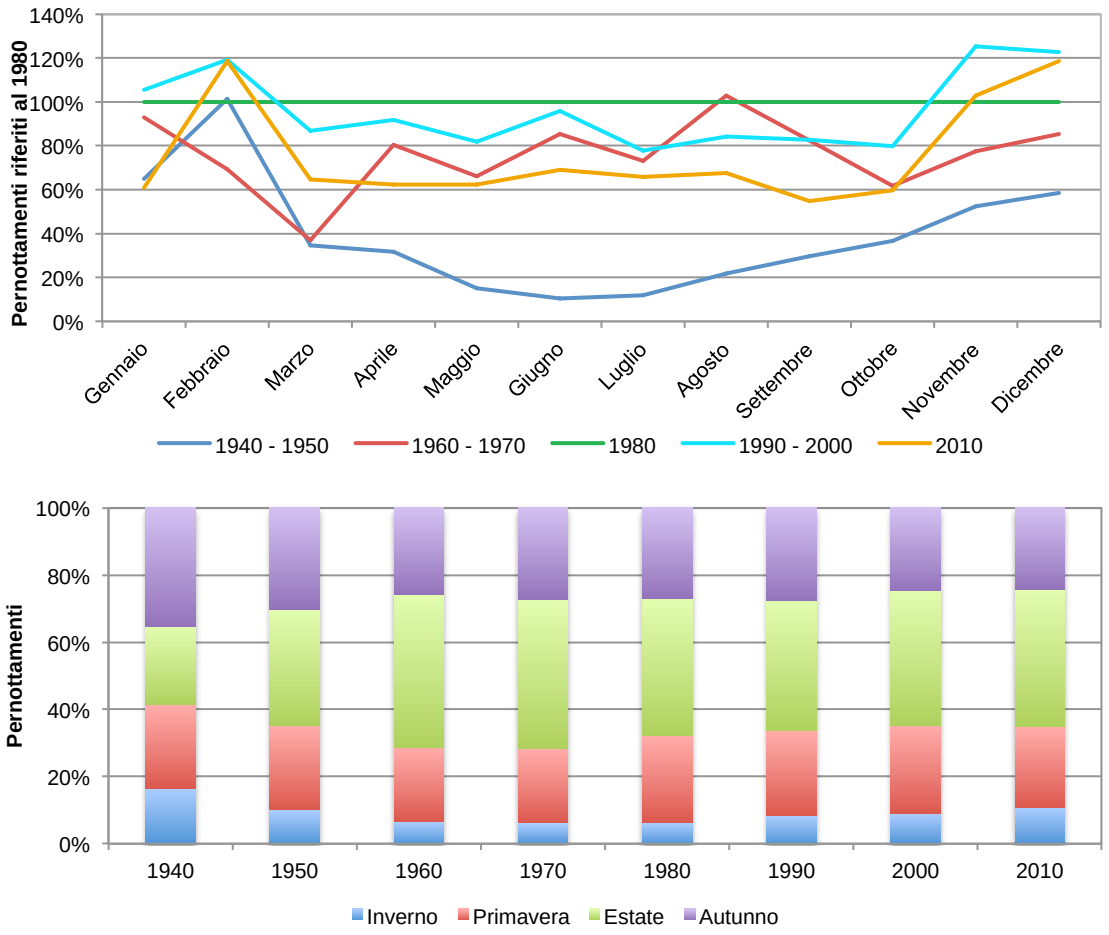


Figura 142: ***Dati mensili dei pernottamenti in Ticino dal 1940 al 2010. In alto sono illustrate le percentuali del numero di pernottamenti riferite al 1980 (anno antecedente all'apertura della galleria autostradale del San Gottardo) e in basso distribuzione dei pernottamenti a livello stagionale ogni decennio (Besomi, 2015).***

Spesa giornaliera media degli ospiti in Ticino

I turisti ticinesi sono essenzialmente di tre tipologie:

- Ospiti con pernottamento: turisti che pernottano in Ticino in alberghi, in campeggi, in residenze di vacanza (in affitto o proprie), presso parenti o conoscenti o in ospedali.
- Ospiti giornalieri: turisti che si fermano in Ticino solo per una giornata.
- Altri ospiti: turisti legati allo shopping, ai casinò, al transito, ecc.

La spesa media giornaliera di queste tre tipologie di turisti è riportata nella Tabella 75.

Tipo di ospiti	Spesa giornaliera media (CHF)
Ospiti con pernottamento	109
Ospiti giornalieri	90
Altri ospiti	59

Tabella 75: ***Spesa giornaliera media delle diverse tipologie di ospiti in Ticino (Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft, 2014).***

Turismo invernale

Oggigiorno il numero di pernottamenti in Ticino si concentra soprattutto nella stagione estiva, primaverile ed autunnale, ed è molto ridotto in quella invernale. È tuttavia importante rilevare che gli sciatori che usufruiscono delle stazioni ticinesi – ad eccezione di Bosco Gurin – sono soprattutto visitatori di giornata o residenti in case secondarie (non usufruiscono perciò degli alloggi della regione).

Turismo estivo

L'estate è la stagione in cui i pernottamenti in Ticino raggiungono il loro apice. Il turismo estivo ticinese si concentra soprattutto nelle regioni dei laghi. Le regioni del Luganese, del Locarnese e della Valle Maggia contano, infatti, più del 90 % dei pernottamenti ticinesi. Le manifestazioni estive come il Festival di Locarno sono un'importante attrazione turistica.

Turismo in zone di montagna

Il turismo in zone di montagna in Ticino riguarda principalmente il turismo in valle Leventina, val di Blenio e nelle valli del Locarnese. Siccome non esistono dati specifici riguardanti questi comprensori, il gruppo di lavoro ha valutato come significativi per il turismo di montagna i ricavi della regione Bellinzona e valli (vedi Figura 143).

Turismo in città e zone di pianura

Il turismo nei centri e nelle zone di pianura del Cantone riguarda tutte le città e i fondovalle ticinesi. Siccome non esistono dati specifici riguardanti questi comprensori il gruppo di lavoro ha valutato come significativi per il turismo di città e pianura i ricavi delle regioni: lago di Lugano, lago di Locarno e valli e Mendrisiotto (vedi Figura 143).

Figura 143: Regioni turistiche del Canton Ticino, per ognuna di queste regioni sono disponibili i dati turistici riguardanti le diverse tipologie di ospiti (Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft, 2014).

Il gruppo di lavoro assume che i ricavi delle valli del locarnese siano pressappoco simili a quelli delle città di Bellinzona e Biasca. È comunque da evidenziare che gli alloggi del Locarnese si trovano principalmente nelle zone di pianura (nei pressi del lago), il numero di alloggi nelle valli è molto minore.

5.7.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060

Sulla base della matrice di rilevanza (v. Tabella 41) nel caso del settore d'impatto del turismo devono essere analizzati i seguenti pericoli ed effetti: valanghe, forti nevicate, alluvioni, frane/colate detritiche, variazione del regime delle precipitazioni, ondate di calore, riduzione manto nevoso/ritiro ghiacciai, caduta massi/frane di crollo/valanghe di roccia e innalzamento della temperatura media. Gli impatti analizzati per ciascun pericolo e effetto sono riassunti nella Tabella 76. La tabella mostra anche il tipo di valutazione – quantitativa o qualitativa – adottata per i diversi impatti.

Una rappresentazione schematica degli impatti sul settore turismo è consultabile nella Figura 144. Per questo settore d'impatto sono considerati i ricavi per pernottamenti in alberghi ed utilizzo di infrastrutture turistiche (impianti di risalita, lidi, ristoranti, infrastrutture sciistiche, impianti sportivi, ecc.) e i danni infrastrutture da trasporto e turistiche (sentieri, lidi, campi e impianti sportivi, ecc.). Sono inoltre considerate le ripercussioni dei cambiamenti climatici sulla qualità dell'acqua dei laghi che potrebbero influenzarne la balneabilità e la pesca (ad esempio aumento della crescita di alghe).

Per il settore d'impatto turismo è importante sottolineare che gli impatti socioeconomici come il cambio CHF/Euro, la riduzione delle vacanze lunghe di famiglia, la riduzione dei prezzi per gli spostamenti aerei e vacanze in località esotiche sono molto più influenti rispetto alle condizioni climatiche. Il cambiamento climatico sarà dunque solo uno dei molteplici fattori che determinerà lo sviluppo futuro del turismo in Ticino.

Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici

Già attualmente le stazioni di montagna ticinesi hanno difficoltà a mantenere gli impianti sciistici a causa del ridotto innevamento invernale. Quale strategia di adattamento ai cambiamenti climatici il Monte Tamaro ha smantellato nel 2003 i suoi impianti sciistici sostituendoli con impianti utilizzabili durante la stagione estiva (parco avventura, slittovia, tirolese, ecc.). Uno dei vantaggi di questa strategia è quello dell'allungamento della stagione turistica. Gli impianti estivi possono, infatti, essere utilizzati per 8 mesi/anno circa.

La Confederazione, nella prima parte della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, ha definito i diversi campi d'intervento. Nelle ultime colonne della Tabella 76 sono indicati i campi d'intervento della strategia svizzera corrispondenti ai diversi rischi e alle opportunità e le possibili misure previste dalla Confederazione per mitigare questi rischi e sfruttare le opportunità. Le misure sono state definite nella seconda parte della strategia d'adattamento (vedi capitolo 2.1). Una spiegazione delle abbreviazioni dei campi d'intervento e delle misure è data nell'allegato A1.

Per questo settore d'impatto i campi d'intervento più rilevanti sono quelli riguardanti il turismo T1 (Sviluppo dell'offerta), T2 (Riduzione dei pericoli) e T3 (Comunicazione). Le misure di adattamento per i rischi e le opportunità esposti sono invece le misure t1 (Promozione dello sviluppo dell'offerta e della diversificazione del turismo svizzero mediante condizioni quadro favorevoli e un sostegno mirato del turismo) e t2 (Appoggio all'acquisizione e alla divulgazione di conoscenze sulle questioni riguardanti l'adattamento del turismo ai cambiamenti climatici, creazione di una piattaforma di conoscenze).

Pericolo/effetto	Valutazione quantitativa	Valutazione qualitativa	Campi d'intervento	Misure
Valanghe		Minori chiusure temporanee di stazioni sciistiche.	T1; T2	pn1 – pn7; t2
Forti nevicate	Diminuzione dei costi di manutenzione per danni della neve ai sentieri.		T1; T2	t2
		Minori chiusure temporanee d'impianti sciistici.	T1; T2	t2
Alluvioni		Diminuzione del turismo a causa di un aumento delle alluvioni.	PN1; T2	pn1 – pn7; t1; t2
Frane/Colate detritiche		Diminuzione dei ricavi nelle zone di montagna.	PN3; T2	pn1 – pn7; t2
Variazione del regime delle precipitazioni	Aumento dei ricavi a causa della diminuzione delle precipitazioni in estate.		T1; T3	t1; t2
		Diminuzione dei ricavi a causa dell'aumento delle piogge invernali.	T1; T3	t1; t2
Ondate di calore	Aumento dei turisti e dei ricavi in montagna.		T1; T3	t1; t2
		Possibile diminuzione dei ricavi in città.	T1; T3	t1; t2
		Impatti sulla pesca	GA13	ga7
Riduzione del manto nevoso/Ritiro ghiacciai	Aumento dei costi per l'innevamento artificiale.		T1; T3	t1; t2
	Diminuzione dei ricavi nelle stazioni sciistiche.		T1; T3	t1; t2
		Perdita di valore paesaggistico a causa del ritiro dei ghiacciai.	T1	t1; t2
		Aumento della durata della stagione estiva.	T1; T3	t1; t2
Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia		Aumento dei ricavi nelle zone di montagna.	PN4; T2	pn1 – pn7; t2
Innalzamento della temperatura media	Aumento della durata della stagione estiva in montagna.		T1; T3	t1; t2
		Diminuzione della balneabilità delle acque.	T1; T3	t1; t2;
		Diminuzione del turismo a causa della diffusione di zanzare.	T1; T3	t1; t2
		Possibile aumento del turismo in zone con fiumi balneabili.	T1; T3	t1; t2
		Aumento dei turisti soggiornanti solo pochi giorni in Svizzera.	T1; T3	t1; t2

Tabella 76: Impatti analizzati per il settore d'impatto turismo. Gli impatti sono suddivisi per impatti valutati quantitativamente e impatti valutati qualitativamente. In rosso sono riportati i rischi e in verde le opportunità.

Modello degli impatti

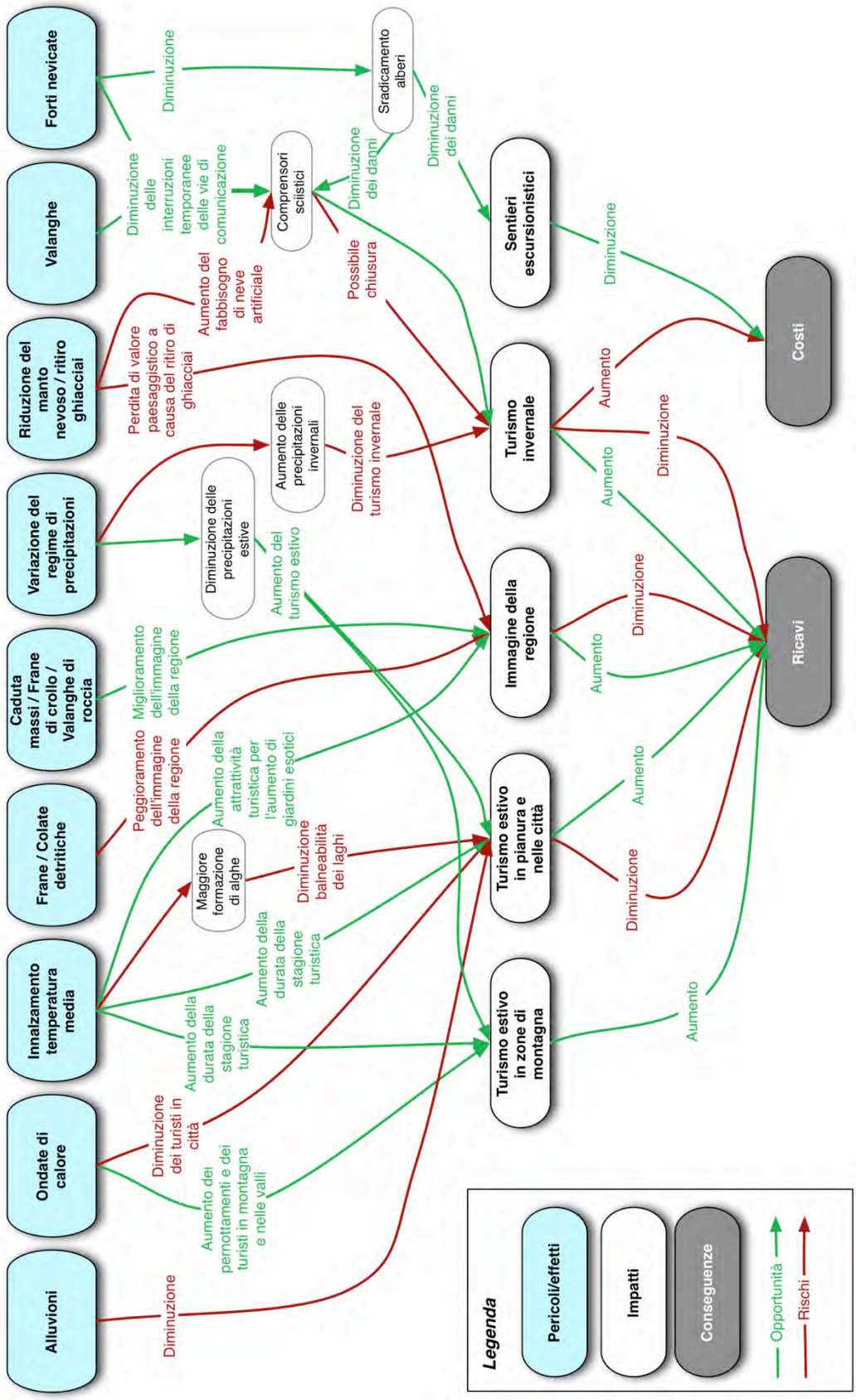


Figura 144: Rappresentazione schematica degli effetti dei cambiamenti climatici sugli impatti per il settore turismo.

Valanghe

Impatti qualitativi

Chiusura di stazioni sciistiche

Siccome una gran parte degli impianti sciistici ticinesi è raggiungibile tramite strade di montagna è talvolta possibile che queste vie di comunicazione vengano chiuse a causa di valanghe e/o del pericolo di valanghe. Ad esempio a Bosco Gurin la strada che collega la stazione sciistica con il resto del Ticino nell'inverno 2013-2014 è stata interrotta per alcuni giorni.

Lo sbarramento delle strade comporta la chiusura temporanea degli impianti sciistici i quali sono soggetti dunque a mancati ricavi.

La diminuzione delle valanghe prevista per entrambi gli scenari 2060, porterà a una diminuzione della chiusura delle stazioni sciistiche. Il gruppo di lavoro valuta questa opportunità (per entrambi gli scenari futuri) come **molto minore** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente per il settore d'impatto turismo.

Forti nevicate

Impatti quantitativi

Danni a sentieri escursionistici

In Ticino la rete di sentieri escursionistici comprende più di 4'000 km circa e conta ogni anno un numero crescente di escursionisti (a livello svizzero dal 2008 al 2014 si è osservato un aumento di questo tipo di turismo dell'1.4 %). I danni causati dai pericoli naturali ai sentieri sono perlopiù da ricondurre a cadute di alberi; essi vengono accertati in primavera, nel periodo immediatamente antecedente all'apertura estiva. Il 50 % dei sentieri ticinesi si trova nei boschi, ed è la parte più bisognosa di manutenzione e più soggetta a danni, mentre sopra i 2'000 m s.l.m. i danni sono molto ridotti (Sommer, Amacher, & Buffat, 2011). Lo sradicamento degli alberi può essere causato principalmente da due pericoli naturali: le forti nevicate di neve prevalentemente bagnata e da forti venti. Siccome non è possibile attribuire la causa della caduta alberi a uno o all'altro pericolo naturale e siccome i costi di questi danni sono di minor entità rispetto agli altri impatti trattati per il settore "turismo", i danni ai sentieri escursionistici a causati da alberi sradicati saranno trattati interamente per il pericolo/effetto "forti nevicate".

A livello ticinese le forti nevicate registrate nell'inverno 2013-2014 hanno causato svariati danni al bosco e di conseguenza ai sentieri escursionistici. Nella primavera 2014 i danni ai sentieri sono ammontati a 210'000 CHF (TicinoSentieri, N. Barudoni); in un anno normale i danni sono meno della metà.

L'inverno 2013-2014 viene considerato come evento estremo, mentre si stima che il valore atteso dei danni ai sentieri ticinesi sia di circa 100'000 CHF/anno. A titolo di confronto i costi di riferimento annuali per la cura della rete dei sentieri escursionistici ticinesi ammontano a circa 4 milioni di CHF. Questi costi comprendono le spese di manutenzione corrente, il ripristino dei sentieri, la segnaletica, la pianificazione, l'amministrazione e il materiale (Sommer, Amacher, & Buffat, 2011).

Gli scenari debole e forte prevedono una diminuzione delle forti nevicate a quote inferiori a 1'900 m s.l.m. Siccome la maggior parte dei danni ai sentieri avviene in zone boschive, si prevede che questi danni diminuiscano proporzionalmente alle forti nevicate. Lo scenario 2060 debole prevede una riduzione del 20 % mentre lo scenario 2060 forte del 40 % (vedi capitolo 4.5.6).

L'incertezza principale legata ai danni ai sentieri escursionistici (scenario attuale e scenari futuri) risiede nella completa attribuzione di questi danni al pericolo "forti nevicate". La percentuale dei danni dovuti a forti venti (la cui evoluzione futura non è attualmente prevedibile) viene dunque tralasciata. Per lo scenario di riferimento è inoltre da considerare l'incertezza legata all'assenza di dati su più anni e alle fluttuazioni annuali; per questo scenario si valuta un'incertezza **bassa**. Per le stime future sono inoltre da considerare le incertezze nel calcolo dell'evoluzione nel 2060 delle forti nevicate; per entrambi gli scenari si valuta un'incertezza **media**.

Impatti qualitativi

Chiusura di stazioni sciistiche

Le forti nevicate sono la causa più importante della caduta di alberi in Ticino. Esse possono dunque (sia direttamente che indirettamente) causare la chiusura temporanea di vie di comunicazione verso comprensori sciistici e causarne di conseguenza la chiusura.

Le forti nevicate possono inoltre compromettere il funzionamento degli impianti di risalita delle stazioni sciistiche e, se l'impianto toccato è quello più a valle, questi danni potrebbero causare la chiusura temporanea dell'intero comprensorio e di conseguenza compromettere i ricavi della stazione.

Nel 2060 a quote inferiori a 1'900 m s.l.m. (quote rilevanti per i comprensori sciistici ticinesi) è prevista una diminuzione delle forti nevicate; come conseguenza diminuiranno anche i periodi di chiusura delle stazioni sciistiche. Il gruppo di lavoro valuta questa opportunità (sia per lo scenario debole che per lo scenario forte) come **molto minore** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente per il settore d'impatto turismo.

Alluvioni

Impatti qualitativi

Diminuzione del turismo autunnale

Il turismo ticinese registra un importante numero di pernottamenti anche nella stagione autunnale. In questo periodo le precipitazioni intense e prolungate caratteristiche della stagione possono causare l'esondazione del lago Maggiore e del lago di Lugano. Per lo scenario 2060 forte si prevede che in futuro le alluvioni aumentino (e di conseguenza anche le esondazioni dei laghi). Siccome una gran parte del turismo autunnale si concentra nelle città di Locarno e Lugano e nelle altre zone lacustri, nel 2060 il turismo autunnale in Ticino potrebbe diminuire.

Per lo scenario 2060 debole non si prevede una variazione delle alluvioni; l'impatto sul turismo è dunque considerato **non rilevante**. Lo scenario 2060 forte prevede un aumento delle alluvioni del 40 % (capitolo 4.5.8), si può dunque prevedere una diminuzione del turismo au-

tunnale. Siccome la durata delle esondazioni dei laghi è in genere piuttosto limitata il gruppo di lavoro valuta questo rischio come **molto minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto turismo.

Frane/Colate detritiche

Impatti qualitativi

Ricavi in zone di montagna

Il Ticino, oltre alle zone lacustri, offre una vasta gamma zone escursionistiche di montagna. Entro il 2060 si prevede un aumento delle frane e delle colate detritiche (capitolo 4.5.4) che potrebbe causare una diminuzione dell'attrattività delle zone di montagna e una conseguente riduzione del turismo. È comunque da sottolineare che questi pericoli naturali si verificheranno principalmente in autunno quando nelle zone di montagna non si registra il massimo numero di turisti.

Il gruppo di lavoro valuta, sia per lo scenario 2060 debole che per lo scenario 2060 forte, questo rischio come **molto minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto turismo.

Variazione del regime delle precipitazioni

Le oscillazioni dei pernottamenti sono causate da svariati fattori (come il PIL reale, il tasso di cambio del franco svizzero, ecc.). Uno di questi fattori è costituito dalle condizioni metereologiche. Nonostante non sia possibile stabilire con precisione l'effetto delle condizioni metereologiche sul numero di pernottamenti, è sicuramente possibile affermare che nei mesi più soleggiati e meno piovosi si registra il maggior numero di turisti.

Oggigiorno la maggior parte dei turisti (soprattutto quelli del nord della Svizzera) decide all'ultimo minuto se recarsi in Ticino per qualche giorno; prima della partenza il turista consulta dunque le previsioni metereologiche e decide se intraprendere il viaggio o meno. Per questo motivo condizioni metereologiche sfavorevoli sono, attualmente, molto influenti sul turismo. Sussiste ancora l'immagine del Ticino come la "Sonnenstube" svizzera che attira una gran parte dei turisti del nord della Svizzera tramite l'aspettativa di temperature più elevate e un maggior numero di giornate di sole.

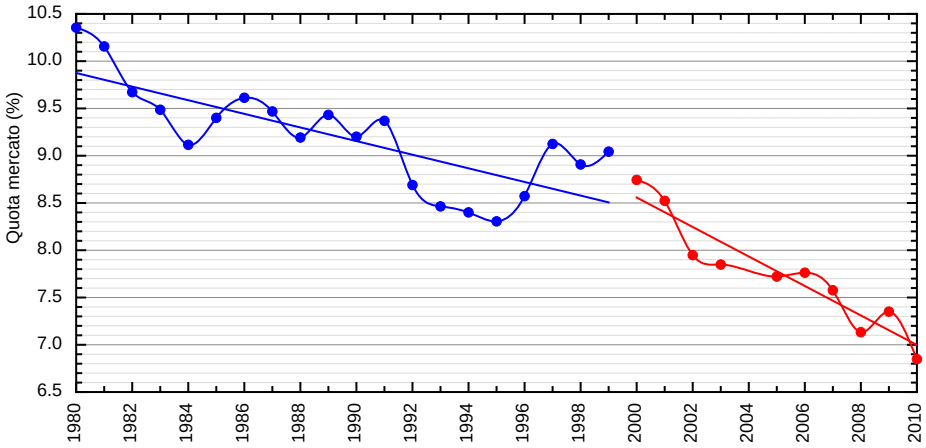


Figura 145: Quota di mercato ticinese dei pernottamenti rispetto a quella svizzera, con linee di tendenza prima e dopo il 2000 (Besomi, 2015).

Le condizioni metereologiche sono influenti sul turismo soprattutto in determinati periodi dove i ricavi sono particolarmente alti: le vacanze di Pasqua, il fine-settimana di Pentecoste e i mesi estivi di luglio e agosto.

Un esempio dell'effetto delle condizioni metereologiche sul numero di pernottamenti è osservabile nella differenza della quota di mercato ticinese del 2008 rispetto al 2009. Il 2008 è stato un anno molto piovoso, tra marzo e ottobre si sono registrati in totale 94 giorni di pioggia di cui 87 giorni con precipitazioni superiori ad 1 mm (la media fra il 2004 e il 2007 si aggira attorno ai 70-75 giorni) ed un soleggiamento inferiore alla media. Il 2009 è stato invece caratterizzato da un soleggiamento superiore alla media e da un numero di giorni con precipitazioni superiori ad 1 mm inferiore rispetto a quelli registrati nel 2008 (24 in meno). È interessante osservare nella Figura 145 come la quota di mercato dei pernottamenti in Ticino (rispetto a quella svizzera) nel 2009 è stata maggiore rispetto al 2008.

Impatti quantitativi

Turismo estivo

Considerato il legame fra il numero di pernottamenti in Ticino e le condizioni meteorologiche (precipitazioni), si può assumere che in futuro si osserverà una tendenza verso un aumento del turismo estivo a seguito della diminuzione prevista dagli scenari climatici per le precipitazioni, del 7.9 % nello scenario debole e del 24.3 % nello scenario forte (vedi capitolo 4.3.2).

Va comunque evidenziato il fatto che l'impatto delle precipitazioni sul turismo è strettamente legato alla loro intensità: lo stesso quantitativo di acqua ha una maggiore influenza se legato a precipitazioni meno intense e prolungate. Per lo scenario debole non si prevede una variazione delle precipitazioni intense nella stagione estiva. Si può dunque ipotizzare che l'intensità delle precipitazioni estive rimanga uguale ad oggi mentre si assisterà ad una diminuzione della loro durata. Per lo scenario 2060 forte si prevede invece una diminuzione delle precipitazioni intense del 5 %.

Nella stagione estiva 2012 (da marzo a ottobre) il turismo ticinese ha contato 6'799'000 ospiti con pernottamento (Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft, 2014) e 3'374'000 ospiti giornalieri. Questi turisti hanno speso in totale 1'045 milioni di CHF (confronta Tabella 75). Questi ricavi non comprendono le spese di turisti di altro tipo (shopping, casinò, transito, ecc.) le quali non sono particolarmente sensibili alle condizioni metereologiche.

A causa della dipendenza dalle condizioni metereologiche del numero di turisti, si può stimare che un'estate particolarmente piovosa (come ad esempio l'estate 2014) causa una perdita dei ricavi estivi di circa il 25 % rispetto ad un'estate con precipitazioni nella media. È da sottolineare che quest'ipotesi si basa sul fatto che le condizioni socioeconomiche (quota di mercato, valore del franco svizzero, ecc.) siano invariate per le due estati. Tenendo conto che un'estate particolarmente piovosa ricorre oggi ogni 5 anni circa (esempi recenti sono le estati 2008 e 2014), si può ricavare che le perdite medie attuali a causa delle cattive condizioni metereologiche siano pari a 52 milioni di CHF/anno.

Per il calcolo degli scenari futuri si ipotizza una proporzionalità inversa fra il periodo di ritorno di estati particolarmente piovose e la diminuzione delle precipitazioni e delle precipitazioni intense (solo per lo scenario 2060 forte). Si ricava dunque una che il periodo di ritorno di estati piovose per lo scenario debole sarà di 5.4 anni mentre per lo scenario forte di 6.2 anni.

Questi periodi di ritorno corrispondono a perdite annuali pari a 48 milioni di CHF (scenario debole) e 42 milioni di CHF (scenario forte).

L'incertezza per lo scenario di riferimento risiede principalmente nel fatto che i dati si basano su un solo anno di osservazione (il 2012). A causa di molteplici fattori che influenzano l'affluenza di turisti in Ticino, è difficile determinare i mancati ricavi dovuti alle condizioni metereologiche. Il gruppo di lavoro valuta l'incertezza come **bassa**. Per le stime future l'incertezza aumenta a causa delle incertezze nel calcolo dell'aumento del turismo a causa delle precipitazioni e dell'incertezza nelle previsioni 2060 delle precipitazioni; essa è considerata **media**.

Impatti qualitativi

Turismo invernale

Considerata la correlazione fra numero di pernottamenti in Ticino e le condizioni meteorologiche (precipitazioni), si può assumere che a seguito dei cambiamenti climatici (aumento delle precipitazioni del 5.8 % per lo scenario debole e del 32.4 % per lo scenario forte) il turismo invernale diminuirà (vedi capitolo 4.3.2).

Nella stagione invernale 2012 (da novembre a febbraio) il turismo ticinese ha contato 1'428'000 ospiti con pernottamento, 850'000 ospiti giornalieri (Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft, 2014). Questi ospiti corrispondono a ricavi in totale 232 milioni di CHF (vedi Tabella 75).

Il turismo invernale in Ticino è molto minore rispetto a quello estivo. Tuttavia se il numero di giorni con pioggia dovesse aumentare, sia l'attrattività delle zone di pianura che nelle zone adibite allo sci diminuirebbe. Le stazioni sciistiche registrerebbero delle perdite anche per quanto riguarda il turismo locale di giornata (abitanti ticinesi). La vasta offerta di attività di svago del Cantone indurrebbe infatti la popolazione, in caso di cattivo tempo, a non andare a sciare.

La variazione della disponibilità di neve nei comprensori sciistici non è trattata in questo capitolo ma nel capitolo "riduzione del manto nevoso/ritiro ghiacciai".

Il gruppo di lavoro valuta (sia per lo scenario debole che per lo scenario forte) questo rischio come **comparabile** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto turismo (i quali sono di entità molto più ridotta rispetto alle opportunità).

Ondate di calore

Impatti quantitativi

Turismo in zone di montagna

Entro il 2060, sia lo scenario debole che lo scenario forte, prevedono un aumento considerevole delle ondate di calore (vedi capitolo 4.5.12). Con esse aumenterà pure il fabbisogno di luoghi di ristoro più freschi per la popolazione residente in città (sia città ticinesi, che città svizzere come pure negli agglomerati urbani densamente popolati dei paesi limitrofi). La domanda di luoghi di ristoro con temperature più fresche sarà un'opportunità per le regioni di montagna e di campagna ticinesi, nelle quali la temperatura rimarrà mite anche nel 2060.

Queste zone sono inoltre facilmente raggiungibili (oltre che dalla popolazione locale residente nelle città) sia dalla Lombardia sia dal nord della Svizzera.

Nella stagione estiva 2012 (da marzo a ottobre) nella zona Bellinzona e valli (vedi 5.7.1) si sono registrati 872'000 ospiti con pernottamento e 1'729'000 ospiti giornalieri (Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft, 2014). Questi ospiti corrispondono ad una spesa totale di 251 milioni di CHF (vedi Tabella 75).

Il calcolo della variazione per gli scenari futuri si basa sull'ipotesi che nei giorni di canicola nelle zone di pianura e nelle valli, il numero di spese effettuate dai turisti nelle regioni di montagna (zona Bellinzona e alto Ticino) raddoppi. Per lo scenario di riferimento (il quale registra mediamente 22 giorni di canicola/anno) si stima dunque che i ricavi aggiuntivi in zone di montagna dovuti alla canicola siano pari a 21 milioni di CHF. Per lo scenario 2060 debole si ipotizza che il numero di giorni di canicola aumenti del 97 % (capitolo 4.5.12) e, che i ricavi aggiuntivi aumentino fino a 41 milioni di CHF. Per lo scenario 2060 forte questo aumento sarà invece del 212 % (64 milioni di CHF).

L'incertezza per lo scenario di riferimento risiede principalmente nel fatto che i dati si basano su un solo anno di osservazione (il 2012), e nel calcolo dei ricavi delle zone di montagna; essa è considerata **bassa**. Per le stime future l'incertezza aumenta a causa delle incertezze nel calcolo dell'aumento del turismo in montagna dovuto delle ondate di calore e dell'incertezza nelle previsioni 2060 delle ondate di calore; essa è considerata **media**.

Impatti qualitativi

Turismo in città e zone di pianura

Nelle zone di città e di pianura l'aumento delle ondate di calore rappresenta un potenziale rischio per il settore turistico. Durante questi periodi sarà difficile trovare ristoro e sarà inoltre problematico dormire la notte. A causa di questi effetti si prevede dunque una diminuzione della domanda turistica. Queste problematiche porteranno soprattutto una diminuzione degli ospiti più sensibili alla canicola, persone anziane e bambini piccoli.

Per le zone di pianura e di città del Canton Ticino questo rischio è meno rilevante rispetto ad altre località svizzere e europee. La maggior parte degli alloggi turistici è localizzato infatti nei pressi dei laghi, i quali mitigano l'effetto delle ondate di calore grazie ad esempio all'instaurarsi di brezze terra-lago. Inoltre la maggior parte degli alloggi ticinesi dispone di climatizzatori che facilitano il sonno in notti molto calde.

Nella Figura 146 sono raffigurati i pernottamenti in Ticino nei mesi estivi di giugno, luglio e agosto durante le estati 2002 e 2005 (estati con un numero di giorni di canicola nella media) e 2003 (estate con un numero estremo di giorni di canicola). Nell'immagine si può notare che nel 2003 i pernottamenti sono stati leggermente inferiori agli altri anni; le differenze non sono tuttavia particolarmente rilevanti e possono essere collegate anche a molteplici altri fattori socioeconomici.

Nella stagione estiva 2012 (da marzo a ottobre) nelle zone del lago Maggiore e valli, del lago di Lugano, e del Mendrisiotto si sono registrati 5'532'000 ospiti con pernottamento e 5'927'000 ospiti giornalieri (Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft, 2014), per una spesa complessiva di 1'144 milioni di CHF (vedi Tabella 75). I ricavi in questa stagione sono dunque piuttosto elevati.

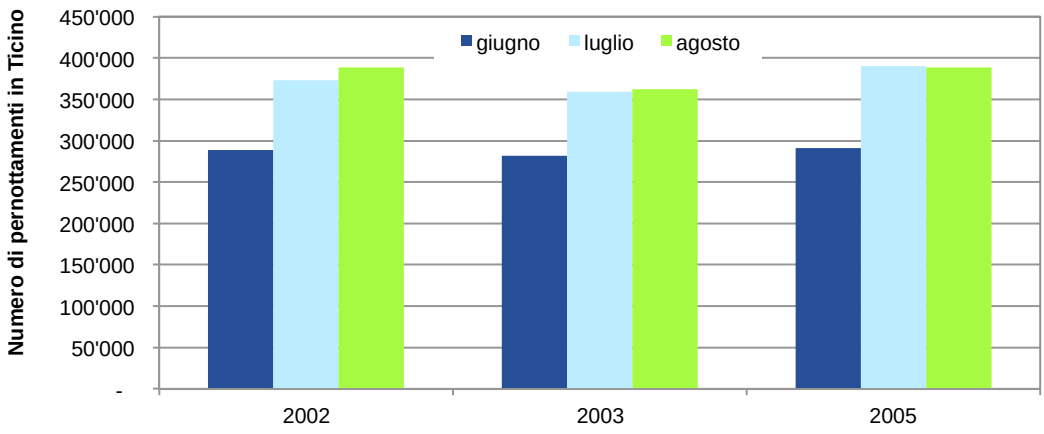


Figura 146: Pernottamenti in Ticino nei mesi estivi di giugno, luglio e agosto negli anni 2002, 2003 e 2005 (O-Tur, 2016).

Il gruppo di lavoro valuta (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) questo rischio come **comparabile** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto turismo.

Impatto sulla pesca

I livelli bassi dei laghi e le elevate temperature delle acque che di registrano in periodi di canicola si ripercuotono sugli ecosistemi acquatici e di conseguenza sulla pesca. In specchi d'acqua di dimensioni medio-piccole le ondate di calore possono ad esempio causare morie di pesci.

Anche la presenza di pesci nei fiumi è determinata da fattori che potrebbero variare a causa dei cambiamenti climatici come ad esempio i deflussi fluviali e la temperatura delle acque superficiali.

Questi impatti del clima sulle popolazioni acquatiche sono molto rilevanti l'equilibrio fra le diverse specie all'interno degli ecosistemi. Per questo motivo essi sono analizzati in maniera approfondita per il settore d'impatto biodiversità (capitolo 5.9).

In Ticino la pesca è considerata principalmente un'attività di svago. La sua importanza a livello turistico è piuttosto limitata. Il gruppo di lavoro valuta dunque questo rischio (sia per lo scenario forte che per lo scenario debole) come **molto minore** rispetto ai rischi analizzati quantitativamente per il settore d'impatto turismo.

Riduzione del manto nevoso/ritiro ghiacciai

Impatti quantitativi

Attualmente il limite naturale di certezza della neve per lo sci in Ticino è situato a 1'500 m s.l.m. Le stazioni ticinesi (stazioni di partenza) sono in media situate ad un'altitudine di soli 890-1'460 m s.l.m. (altitudine molto inferiore alla media svizzera tra 1'600-2'500 m s.l.m) e saranno dunque particolarmente colpite dalla futura carenza di neve (Zegg, Küng, Bachmann, & Hubert, 2008). Già da oggi il 37 % degli impianti sciistici ticinesi si trova sotto il limite d'innevamento naturale, percentuale che in futuro potrebbe raggiungere il

100 % (per lo scenario forte). Gli scenari futuri prevedono una diminuzione dei giorni con neve nuova molto accentuata a tutte le altitudini (vedi capitolo 4.5.5).

Comparando le altitudini dei principali comprensori sciistici ticinesi (Tabella 77) con la diminuzione dei giorni di neve nuova, si osserva che in tutte le stazioni nel 2060 ci sarà un forte problema di mancanza di neve (legato principalmente all'innalzamento della temperatura media). Le poche nevicate che si registreranno saranno inoltre di neve piuttosto bagnata non ideale per lo sci. In particolar modo la stazione sciistica di Campo Blenio – la cui altitudine massima è di soli 1'450 m s.l.m. – soffrirà di questa problematica.

Le conseguenze di questi cambiamenti saranno la possibile chiusura definitiva degli impianti sotto i 2'000 m s.l.m. (diminuzione dei ricavi) e l'innalzamento dei costi relativi all'innevamento artificiale (costi di esercizio, costruzione di bacini artificiali, fabbisogno di nuovi impianti per l'innevamento artificiale, ecc.).

Stazione sciistica	Altitudine (m s.l.m.)
Airolo-Pesciüm	1'175 – 2'256
Bosco Gurin	1'480 – 2'400
Carì	1'400 – 2'300
Nara	875 – 2'153
Campo Blenio	1'250 – 1'450

Tabella 77: Altitudine minima e massima dei comprensori sciistici principali del Canton Ticino.

Aumento dei costi per l'innevamento artificiale

Mediamente a Airolo e Bosco Gurin (stazioni sciistiche più importanti a livello ticinese) si registrano annualmente 118 giorni con neve al suolo (MeteoSvizzera, 2012b). Assumendo che la stagione sciistica vada da dicembre a marzo (120 giorni) attualmente queste stazioni hanno neve al suolo il 98 % dei giorni.

Oggi in Ticino si dispone di pochi impianti per l'innevamento artificiale; solo una minima parte delle piste può essere dunque innevata artificialmente. I costi per l'energia elettrica necessaria per l'innevamento artificiale (fattore sensibile ai cambiamenti climatici a differenza dei costi fissi di investimento per le infrastrutture esistenti) solo per Campo Blenio sono di 23'000 CHF/anno (Cancelli, 2013). Calcolando che la superficie innevata artificialmente a Campo Blenio è pari a 4.8 ha mentre la superficie innevata artificialmente a livello ticinese è di 27 ha (Zegg, Küng, Bachmann, & Hubert, 2008), si può ricavare un costo per l'elettricità per l'innevamento artificiale ticinese pari circa 130'000 CHF/anno. Considerando una diminuzione del manto nevoso del 10 % per lo scenario debole e del 20 % per lo scenario forte (vedi capitolo 4.5.5) si può ricavare che i giorni con neve al suolo nelle stazioni sciistiche ticinesi saranno 106 per lo scenario debole e 94 per lo scenario forte. Ipotizzando che i giorni con copertura nevosa abbiano un fabbisogno di energia elettrica del 30 % rispetto ai giorni senza copertura nevosa si ricava un aumento dei costi per l'innevamento artificiale del 19 % per lo scenario debole e del 38 % per lo scenario forte. Questa ipotesi si basa sul fatto che per praticare sport invernali non è spesso sufficiente che vi sia neve al suolo ma è inoltre necessario che la neve abbia uno spessore di almeno 30-50 cm (Abegg, 2012).

È in generale da ricordare che l'innevamento artificiale è possibile solo se la temperatura dell'aria non è troppo elevata. Nel caso in cui che l'innalzamento della temperatura media non permetta di usufruire di questa tecnologia sarà necessaria la chiusura delle stazioni sciistiche (vedi prossimo capitolo).

L'innevamento artificiale comporta inoltre un rilevante fabbisogno di acqua. Si può calcolare che per l'innevamento di 1 ha di pista sono necessari 600-1'500 m^3 di acqua (Abegg, 2012). Nonostante a seguito dei cambiamenti climatici siano previsti deflussi fluviali maggiori nella stagione invernale (a causa del minor stoccaggio nivale e dell'aumento delle precipitazioni), è possibile che l'incremento del fabbisogno di acqua per l'innevamento artificiale crei dei conflitti di utilizzo ad esempio con il fabbisogno di acqua per la produzione idroelettrica (la produzione si potrebbe infatti spostare maggiormente nella stagione invernale).

Il calcolo dei costi per l'innevamento artificiale in futuro non considera la probabile costruzione di nuovi impianti di innevamento (considerati come una misura di adattamento) ma solamente il maggior funzionamento degli impianti già esistenti oggi (situazione socioeconomica attuale).

Per lo scenario di riferimento va considerata l'incertezza nel proiettare i costi per l'innevamento artificiale di Campo Blenio a tutte le stazioni sciistiche ticinesi e le fluttuazioni annue di questo valore; si stima dunque un'incertezza **bassa**. Per le stime future l'incertezza è inoltre da attribuire al calcolo della variazione del manto nevoso nel 2060 e all'attribuzione del fabbisogno d'innevamento artificiale ai giorni con neve al suolo; essa è considerata **media**.

Mancati ricavi di stazioni sciistiche

Gli inverni con poche nevicate causano, oltre ad un aumento del fabbisogno di neve artificiale, una riduzione della durata della stagione sciistica. Le stazioni sciistiche minori e in bassa quota (come quelle ticinesi) sono particolarmente sensibili a questa problematica.

Il periodo in cui le stazioni sciistiche ottengono i maggiori ricavi è quello tra Natale e l'Epifania (vacanze di Natale). In questo periodo nella maggior parte dei comprensori sciistici si raccoglie più del 20 % dei ricavi annuali (Abegg, 2012). Per le stazioni sciistiche ticinesi questa percentuale è ancora più importante poiché la stagione sciistica finisce presto (la primavera in Ticino arriva prima rispetto ad esempio al Canton Grigioni) e poiché in questo periodo viene venduta la grande maggioranza degli abbonamenti stagionali. Si stima dunque che per le stazioni sciistiche ticinesi i ricavi del periodo natalizio ammontino a circa il 50 % dei ricavi annuali.

In inverni poveri di neve in Ticino (dove gli impianti sciistici sono localizzati a altitudini piuttosto basse e dove le temperature invernali sono piuttosto miti), è possibile che non vi sia la possibilità di aprire i comprensori per Natale. Si può dunque assumere che in questi inverni i ricavi siano del 50 % inferiori alla media. Si può inoltre assumere che inverni di questo tipo abbiano un periodo di ritorno di 5 anni.

I ricavi medi delle stazioni sciistiche ticinesi (Airolo, Bosco Gurin, Nara, Campo Blenio e Carì) nel periodo 2009-2013 sono stati di 5.9 milioni di CHF/anno (Dipartimento Finanze e Economia Canton Ticino, 2014) e (Valbianca SA, 2012). Siccome l'80-90 % dei turisti nei comprensori sciistici ticinesi sono turisti locali (che non pernottano) si può assumere che i

ricavi delle stazioni sciistiche siano rappresentativi anche per i pochi ricavi dei pernottamenti legati allo sci.

La diminuzione media annua dei ricavi odierna a causa di inverni con poche nevicate ammonta dunque a circa 600'000 CHF (totale dei ricavi di 5.36 milioni di CHF). Per gli scenari 2060 si può invece ipotizzare che il rapporto fra il periodo di ritorno di inverni con poche nevicate per lo scenario di riferimento e lo scenario futuro (debole e forte) corrisponda al rapporto fra il numero di giorni con neve nuova a San Bernardino (stazione rappresentativa per i comprensori sciistici ticinesi, vedi capitolo 4.4.2) per lo scenario di riferimento e lo scenario futuro (debole e forte). Si può dunque assumere che per lo scenario 2060 debole il periodo di ritorno di inverni con poca neve sia di 4 anni (il quale corrisponde ad una perdita di circa 750'000 CHF/anno) mentre per lo scenario 2060 forte sia di 2.7 anni (il quale corrisponde ad una perdita di 1.1 milioni di CHF/anno). Si può dunque calcolare che i ricavi dei comprensori sciistici ticinesi siano pari a 5.2 milioni di CHF/anno per lo scenario 2060 debole e pari a 4.9 milioni di CHF/anno per lo scenario 2060 forte.

Per lo scenario di riferimento è da considerare l'incertezza nella diminuzione di ricavi in inverni con poche nevicate e nella scelta del periodo di ritorno di questi inverni; l'incertezza è considerata **bassa**. Per le stime future l'incertezza è inoltre da attribuire al calcolo della variazione del manto nevoso nel 2060 e all'ipotesi utilizzata per il calcolo della variazione dei periodi di ritorno degli inverni senza neve; essa è considerata **media**.

Impatti qualitativi

Perdita di valore paesaggistico a causa del ritiro dei ghiacciai

In estate in Ticino è possibile percorrere itinerari/sentieri che permettono l'attrattiva osservazione di un ghiacciaio. A tal riguardo sono di particolare importanza i sentieri del ghiacciaio dell'Adula e del Basodino. A seguito dell'innalzamento della temperatura media previsto in futuro, parte di questi ghiacciai si scioglierà rendendo questi itinerari meno attrattivi per i turisti. Lo scenario 2060 debole prevede una diminuzione della superficie dei ghiacciai ticinesi del 30 % e una diminuzione del loro volume del 50 %; lo scenario 2060 forte è invece più pessimistico e prevede una diminuzione della superficie del 50 % e una del 70 % per il volume (vedi cap. 4.5.5).

Il gruppo di lavoro considera questo rischio – che potrebbe colpire analogamente anche altre regioni limitrofe al Ticino – come **molto minore** (per entrambi gli scenari) rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto turismo.

Aumento della stagione estiva in montagna

L'aumento della temperatura media avrà come conseguenza una riduzione del periodo con copertura nevosa in zone di montagna. Lo scenario 2060 debole prevede che questa diminuzione sarà approssimativamente di 20 giorni/anno a tutte le quote superiori ai 1'500 m s.l.m. mentre lo scenario forte prevede una diminuzione di circa 40 giorni/anno (vedi cap. 4.5.5).

Questa diminuzione permetterà un aumento della stagione estiva in zone di montagna con un conseguente aumento del turismo.

Siccome l'aumento dei ricavi in zone di montagna a causa di un allungamento della stagione estiva è trattato per il pericolo/effetto "innalzamento della temperatura" media, per il pericolo/effetto "riduzione del manto nevoso/ritiro ghiacciai" il gruppo di lavoro valuta quest'opportunità come **non rilevante** per entrambi gli scenari.

Caduta massi/Frane di crollo/Valanghe di roccia

Impatti qualitativi

Ricavi in zone di montagna

Il Ticino oltre alle zone lacustri offre una vasta gamma di escursioni in zone di montagna. Entro il 2060 si prevede che i processi di caduta massi (i più frequenti fra i fenomeni di crollo) diminuiscano a basse quote (sotto i 1'500 m s.l.m.). Siccome la maggior parte dei sentieri e le zone turistiche ticinesi si situa sotto questa quota si può assumere che la diminuzione di questo pericolo naturale potrebbe migliorale l'attrattività turistica di queste zone e portare ad un conseguente aumento del turismo.

Il gruppo di lavoro valuta, sia per lo scenario 2060 debole che per lo scenario 2060 forte, questa opportunità come **molto minore** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente per il settore d'impatto turismo.

Innalzamento della temperatura media

Impatti quantitativi

Aumento della durata della stagione estiva

Attualmente la stagione di apertura dei lidi nelle zone di pianura ticinesi va circa da metà maggio a metà settembre, mentre quella delle principali capanne alpine da giugno ad ottobre. Con l'aumento della temperatura media dovuto ai cambiamenti climatici potrebbe aumentare la durata di questi periodi di apertura. In generale se si allunga la stagione calda, si potrebbe assistere a un aumento del turismo (soprattutto turismo locale) autunnale e primaverile sia nelle zone di montagna che nelle zone di pianura. In montagna si potrebbe inoltre assistere ad uno spostamento dei turisti verso mete ad altitudini più elevate.

In Ticino esistono 22 stazioni di montagna estive di cui le più importanti sono: Monte Generoso, Monte Tamaro, Cardada, San Salvatore, Monte Lema, Madonna del Sasso, Monte Bré, Ritom, Mornera, Monti di Comino e Zott-Salei. Questi impianti estivi hanno ottenuto (nel 2006) un ricavo complessivo di 14.7 milioni di CHF (Zegg, Küng, Bachmann, & Hubert, 2008).

Assumendo che i giorni in cui alcuni turisti si recano in montagna sono quelli con una temperatura massima in pianura superiore ai 25°C (giorni estivi), si può ricavare che per lo scenario di riferimento questi guadagni sono stati ottenuti in 66 giorni (vedi capitolo 4.4.1).

L'innalzamento della temperatura media previsto nel 2060 porterà ad un aumento del numero di giorni estivi del 35 % per lo scenario debole (89 giorni/anno) e del 70 % (112 giorni/anno) per lo scenario forte. Siccome i ricavi delle stazioni estive sono da ricollegare a questi giorni si può ipotizzare che l'aumento di questi ricavi sia proporzionale all'aumento dei giorni estivi.

L'incertezza per lo scenario di riferimento risiede principalmente nel fatto che i dati si basano su un solo anno di osservazione (il 2006); essa è considerata **bassa**. Per le stime future l'incertezza aumenta a causa delle incertezze nel calcolo dell'aumento dei ricavi delle stazioni estive a causa dell'innalzamento della temperatura media e dell'incertezza nelle previsioni 2060 dei giorni estivi; essa è considerata **media**.

Impatti qualitativi

Effetti sulla qualità e la quantità delle acque balneabili

A causa delle alte temperature estive in Ticino (congiuntamente alla diminuzione delle precipitazioni) si osserveranno deflussi minori nei fiumi, livelli dei laghi più bassi e soprattutto la temperatura dell'acqua sarà più alta.

L'incremento della temperatura delle acque dei principali laghi sta creando delle condizioni favorevoli per lo sviluppo di esplosioni algali o "algal bloom". Lo sviluppo di alghe spesso tossiche compromette la qualità delle acque lacustri e può influire negativamente sui flussi turistici. Va inoltre considerato che l'innalzamento delle temperature dei laghi potrebbe renderne la balneabilità meno piacevole dal punto di vista del rinfrescamento.

I corsi d'acqua di piccole e medie dimensioni reagiscono più rapidamente all'innalzamento della temperatura e alla diminuzione delle precipitazioni. Come grande rischio dei cambiamenti climatici è dunque da considerare la possibile scarsità di acqua nei fiumi balneabili come la Maggia, la Verzasca e altri fiumi minori. Questo fenomeno potrebbe inoltre risultare accentuato dalla diminuzione dello stoccaggio nivale e del volume dei ghiacciai che in estate contribuiscono a mantenere un livello d'acqua sufficiente alla balneabilità. È comunque da sottolineare che se l'acqua nei fiumi restasse sufficiente per mantenerli balneabili, le regioni in questione resterebbero più fresche rispetto alle regioni di lago e le temperature relativamente basse delle acque dei fiumi risulterebbero più piacevoli per la balneazione.

Il gruppo di lavoro valuta, sia per lo scenario 2060 debole che per lo scenario 2060 forte, questi rischi come **comparabili** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto turismo.

Diffusione di zanzare esotiche

L'innalzamento della temperatura media in Ticino, in concomitanza con altri fattori climatici, può favorire la diffusione di zanzare esotiche sul nostro territorio (vedi anche cap. 5.2.2). Una di queste zanzare è la zanzare tigre, la cui puntura oltre ad essere potenzialmente in grado di trasmettere malattie esotiche (febbre gialla, dengue e chikungunya) causa un prurito fastidioso e può causare anche reazioni allergiche forti ad alcune persone.

La maggiore presenza di zanzare a causa dei cambiamenti climatici può risultare fastidiosa per i turisti (soprattutto sulle rive del lago Maggiore, nel piano di Magadino e nel Mendrisiotto) e diminuire i ricavi per il turismo. Il gruppo di lavoro valuta (sia per lo scenario debole che per lo scenario forte) questo rischio come **minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente per il settore d'impatto turismo

Effetti sul clima rispetto al resto della Svizzera

Il Ticino con i cambiamenti climatici potrebbe non presentare più condizioni climatiche differenti rispetto al resto della Svizzera. Questo porterebbe ad una diminuzione del turismo indi-

geno ed ad un possibile aumento del turismo italiano, arabo e del resto del mondo. Il Ticino potrebbe diventare una meta per turisti che soggiornano in Svizzera solo pochi giorni.

Il gruppo di lavoro valuta (per entrambi gli scenari 2060) questa opportunità come **molto minore** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente per questo settore d'impatto.

5.7.3. Analisi quantitativa

Costi e ricavi attuali e per gli scenari 2060

Nella Figura 147 sono esposti i costi e i ricavi legati ai diversi pericoli ed effetti influenti sul settore d'impatto turismo per lo scenario di riferimento e per i due scenari futuri (i valori sono riportati nella Tabella 78).

Pericolo/effetto	Scenario di riferimento (milioni di CHF)			Scenario 2060 debole (milioni di CHF)			Scenario 2060 forte (milioni di CHF)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Forti nevicate									
Danni a sentieri escursionistici	-0.08	-0.10	-0.13	-0.04	-0.08	-0.16	-0.03	-0.06	-0.12
Variazione del regime delle precipitazioni									
Perdite di turismo estivo a causa del cattivo tempo	-41.8	-52.2	-67.9	-24.2	-48.4	-96.8	-21.2	-42.4	-84.9
Ondate di calore									
Ricavi aggiuntivi durante ondate di caldo in zone di montagna	16.5	20.7	26.8	20.4	40.8	81.5	32.2	64.4	128.8
Riduzione del manto nevoso/Ritiro ghiacciai									
Costi per l'innevamento artificiale	-0.10	-0.13	-0.16	-0.08	-0.15	-0.30	-0.09	-0.17	-0.35
Ricavi di stazioni sciistiche	4.3	5.4	7.0	2.6	5.2	10.4	2.4	4.9	9.7
Innalzamento della temperatura media									
Aumento della stagione estiva	11.8	14.7	19.1	9.9	19.8	39.6	12.5	24.9	49.9
Bilancio	**-36**	**-12**	**11**	**-64**	**17**	**107**	**-38**	**52**	**167**

Tabella 78: Costi e ricavi degli impatti (suddivisi per effetto/pericolo) analizzati quantitativamente per il settore d'impatto turismo. Sono rappresentati sia i costi attuali (scenario di riferimento 2010) che i costi futuri previsti per lo scenario 2060 debole e lo scenario 2060 forte. Gli effetti/pericoli evidenziati in verde sono opportunità per il settore d'impatto turismo mentre quelli evidenziati in rosso sono rischi.

Una delle grandi opportunità del turismo ticinese in futuro sarà legata al turismo nelle valli e nelle zone di montagna. Si può infatti desumere che i ricavi di queste regioni aumenteranno sia a causa delle ondate di calore in città (in montagna la temperatura sarà più piacevole) sia a causa dell'innalzamento della temperatura media che porterà ad una stagione più lunga di apertura degli impianti di risalita.

Una seconda opportunità futura rilevante sarà legata alla diminuzione delle precipitazioni estive (il turismo è infatti maggiore in periodi con condizioni metereologiche favorevoli). La diminuzione dei danni ai sentieri ticinesi a causa di una diminuzione delle forti nevicate e del

conseguente sradicamento di alberi sarà invece un'opportunità di minore importanza per il settore turistico.

I rischi valutati quantitativamente per il settore turistico sono legati alle stazioni sciistiche. Le temperature più elevate e la minor quantità di neve porteranno a periodi di chiusura dei comprensori sciistici più prolungati e a maggiori costi per l'innevamento artificiale. Questi rischi hanno però un peso molto minore rispetto alle opportunità discusse in precedenza (i comprensori sciistici ticinesi hanno un'importanza turistica ridotta).

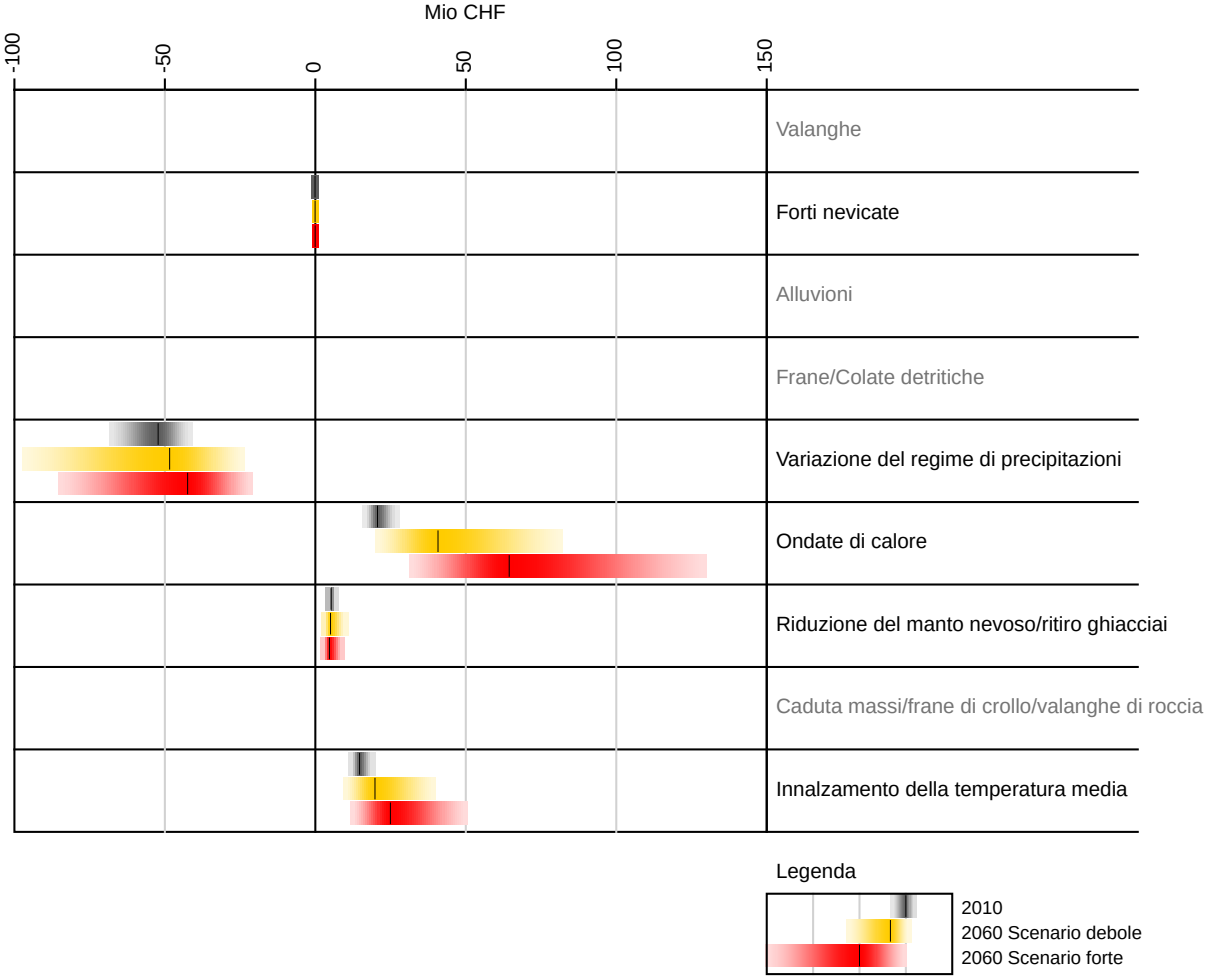


Figura 147: ***Costi (negativi) e ricavi (positivi) per ogni pericolo o effetto sul settore turismo per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte". La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.***

Eventi estremi

Nella Figura 148 sono raffigurati i costi che un evento estremo causerebbe al settore d'impatto turismo. Siccome le incertezze per gli eventi estremi sono difficili da definire nel grafico non sono rappresentate le bande di errore. Si tratta tuttavia sicuramente di incertezze molto grandi.

L'unico evento estremo che colpirebbe questo settore d'impatto è legato alle forti nevicate. Esse possono infatti danneggiare i sentieri escursionistici. È da osservare che i danni causa-

ti da un evento estremo di forti nevicate sono irrilevanti rispetto al valore atteso dei costi/ricavi influenti sul settore d'impatto turismo.

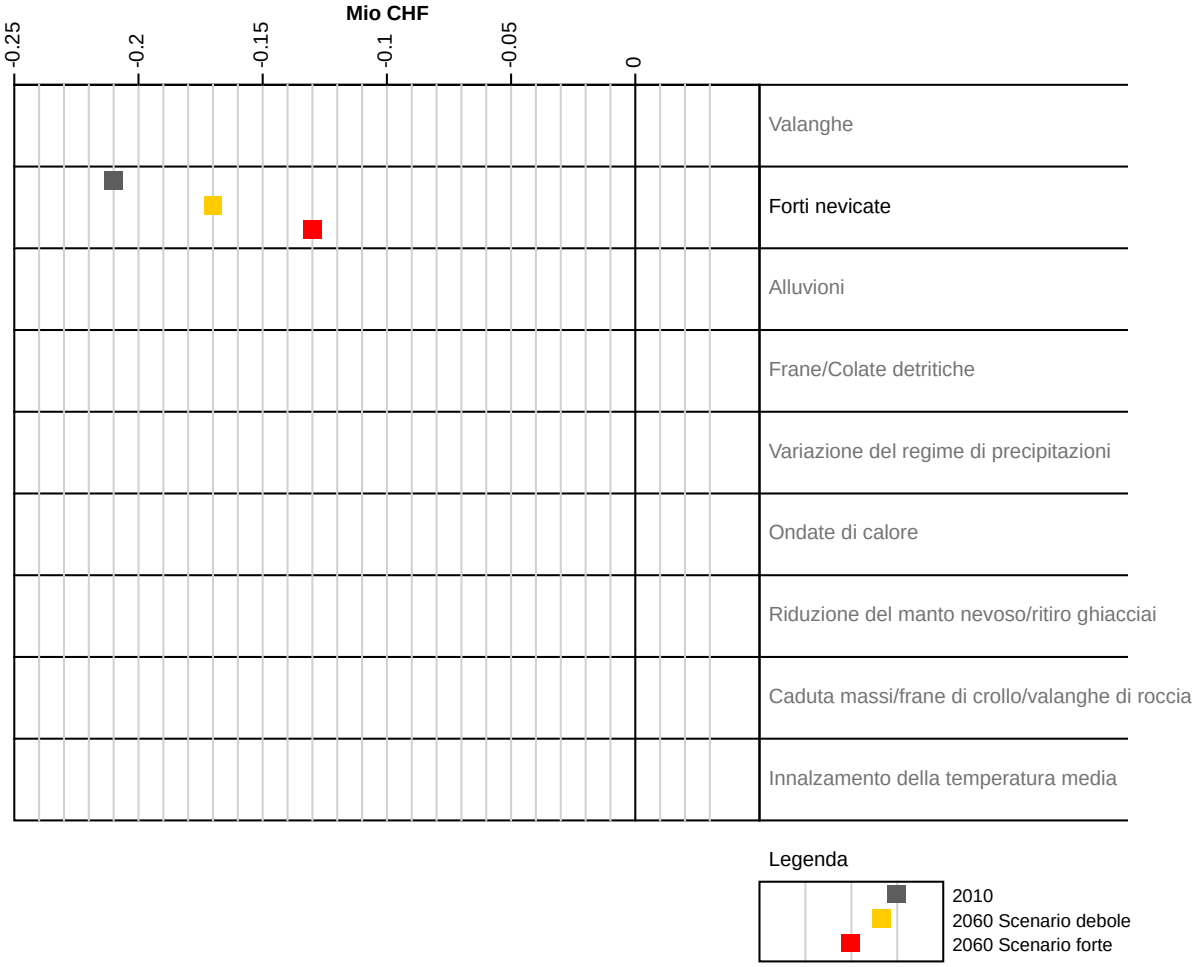


Figura 148: Costi (negativi) di un evento estremo per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto turismo per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte".

Rischi, opportunità e bilancio finale per il settore d'impatto turismo

Nella Figura 149 sono esposte le somme dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto turismo.

Nel grafico dei rischi sono considerati i maggiori costi e i minori ricavi delle stazioni sciistiche. In media si osserva una perdita totale pari a circa 180'000 CHF/anno per lo scenario 2060 debole e di ca. 550'000 CHF/anno per lo scenario 2060 forte.

Le opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto turismo sono legate all'allungamento della stagione estiva e ai maggiori ricavi nelle zone di montagna a causa dell'aumento delle ondate di calore in pianura nonché ai maggiori ricavi per le minori precipitazioni estive. Complessivamente esse ammontano a 29 milioni di CHF per lo scenario 2060 debole a 64 milioni di CHF per lo scenario 2060 forte.

Il bilancio totale (in basso nella Figura 149) mostra che i cambiamenti climatici avranno un effetto positivo sul settore d'impatto turismo. Le opportunità sono nettamente maggiori ai rischi.

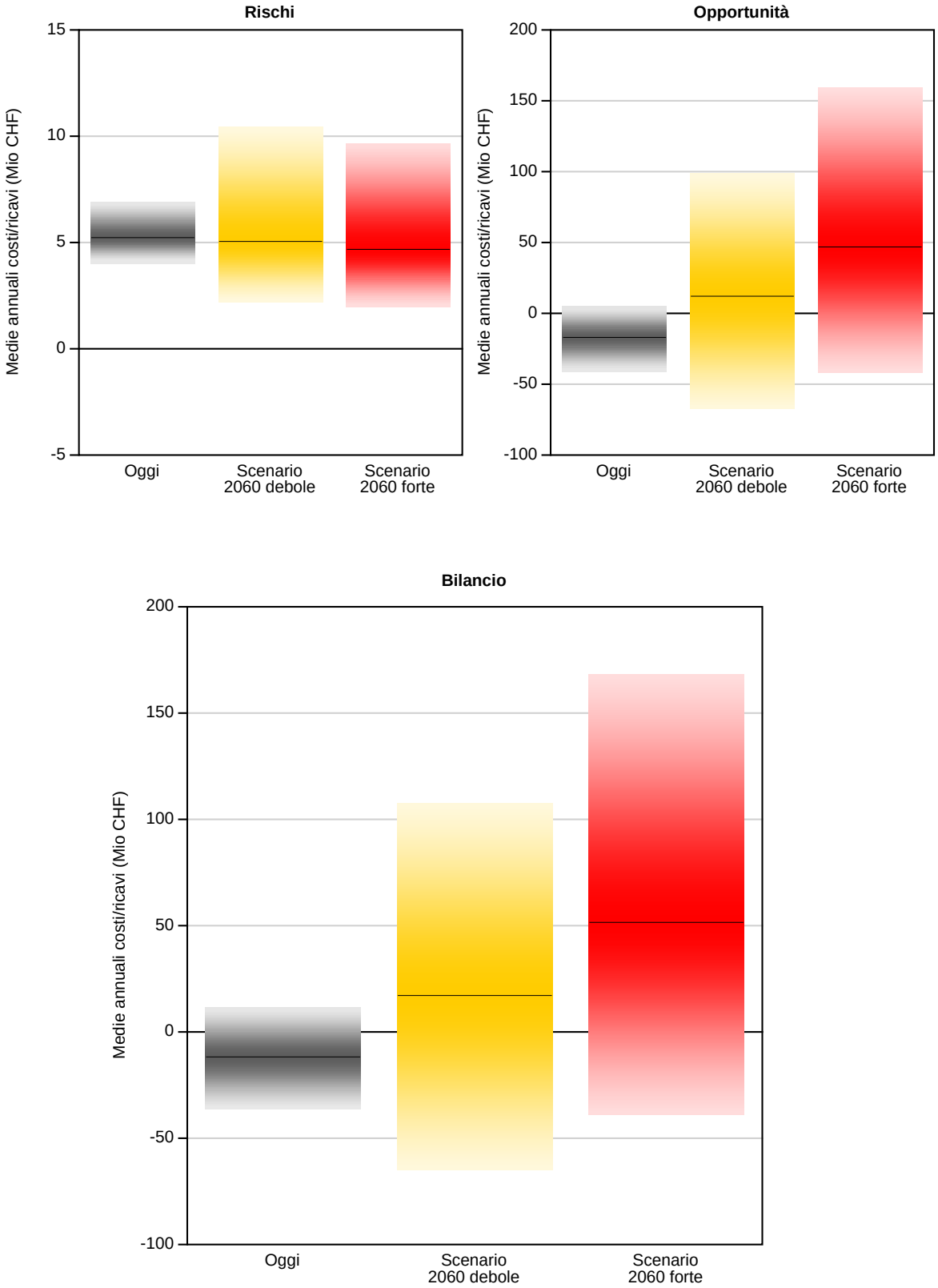


Figura 149: ***In alto: Rischi e opportunità dei cambiamenti climatici legati al settore turismo per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte", i costi assumono valori negativi mentre i ricavi valori positivi. Da notare che i rischi sono una conseguenza della diminuzione della somma di ricavi e costi mentre le opportunità di un aumento. In basso: bilancio totale degli effetti dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto turismo. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.***

5.7.4. Analisi qualitativa

Nella Figura 150 è rappresentata la rilevanza dei rischi e delle opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto turismo rispetto agli impatti valutati quantitativamente. I fattori di comparabilità stimati sono raffigurati in funzione dei diversi effetti e pericoli dei cambiamenti climatici e in funzione dello scenario climatico (debole e forte).

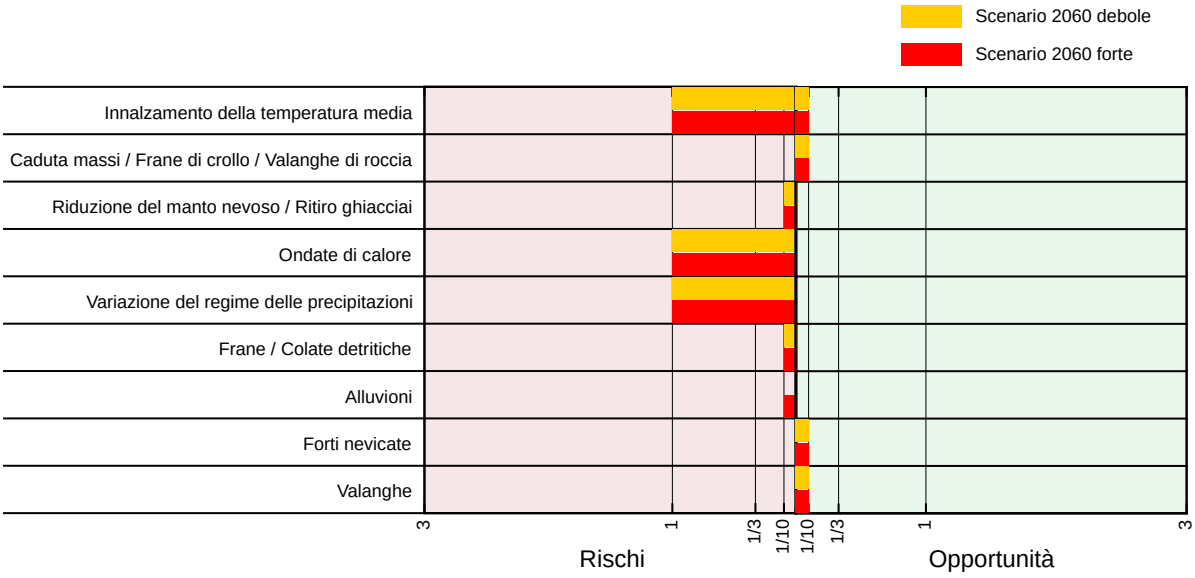


Figura 150: Valutazione degli impatti qualitativi tramite fattori di conversione, secondo rischio/effetto dei cambiamenti climatici, per lo scenario 2060 forte (rosso) e 2060 debole (giallo). Sulla sinistra del grafico sono esposti i fattori per i rischi mentre sulla destra i fattori per le opportunità.

Dal bilancio totale degli impatti valutati qualitativamente risulta che le opportunità (legate principalmente alla diminuzione delle valanghe, delle forti nevicate e dei processi di caduta massi nonché alle similitudini future fra il Ticino e il resto della Svizzera) hanno un impatto **molto minore** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente, mentre i rischi (legati principalmente alla diffusione zanzare esotiche, alla diminuzione della balneabilità dei laghi, alla possibile diminuzione dei pernottamenti in zone di pianura a causa delle ondate di calore, alla diminuzione del turismo invernale a seguito di un aumento delle precipitazioni, al ritiro dei ghiacciai e all'aumento di frane, colate detritiche e alluvioni) hanno un impatto **maggiore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente.

Nella Tabella 79 sono esposti gli impatti qualitativi monetizzati per il settore d'impatto turismo.

Settore d'impatto	**Impatti qualitativi (milioni di CHF)**			
	Scenario debole		**Scenario forte**	
	Rischi	Opportunità	Rischi	Opportunità
Turismo	-0.6	6	-1.8	13

Tabella 79: Monetizzazione dei rischi e le opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto turismo (scenario 2060 debole e scenario 2060 forte).

5.7.5. Scenario socioeconomico 2060

Domanda turistica e pernottamenti

Come esposto nel capitolo 4.6 la domanda turistica ticinese resterà pressappoco costante mentre il numero di pernottamenti (in alberghi, campeggi, in case secondarie, presso conoscenti, ecc.) diminuirà del 7 %.

Turismo in zone di montagna

Nonostante la diminuzione dei pernottamenti, i cambiamenti socioeconomici futuri porteranno ad un aumento del turismo in zone di montagna del 10 % (vedi cap. 4.6). È ipotizzabile che questo aumento porterà inoltre ad un aumento del numero di sentieri escursionistici del 10 %.

Turismo in stazioni sciistiche

Nel 2060 non si sarà probabilmente più possibile mantenere tutte le stazioni sciistiche ticinesi aperte oggi, a causa soprattutto dell'invecchiamento degli impianti. Ammettendo che restino aperte solo 2 delle stazioni principali si calcola che i ricavi di questo settore diminuiscano del 48 % (vedi cap. 4.6).

L'incertezza dello scenario economico per il settore d'impatto turismo è considerata **media**.

Scenario socioeconomico 2060 turismo

In generale si osserva che nello scenario socioeconomico 2060 gli impatti sul turismo non varieranno considerevolmente (vedi Tabella 80 e Figura 151).

Lo scenario socioeconomico prevede infatti un lieve aumento dei ricavi delle stazioni estive di montagna, una lieve diminuzione del turismo estivo e una diminuzione del turismo presso le stazioni sciistiche che si mitigano in parte l'uno con l'altro.

	Costi/ricavi attuali (milioni CHF)			Fattore di conversione	Costi/ricavi 2060 (milioni CHF)		
	Min	Media	Max		Min	Media	Max
Forti nevicate							
Danni a sentieri escursionistici	-0.08	-0.10	-0.13	1.1	-0.06	-0.11	-0.22
Variazione del regime delle precipitazioni							
Perdite di turismo estivo a causa del cattivo tempo	-42	-52	-68	0.9	-24	-49	-97
Ondate di calore							
Ricavi aggiuntivi durante ondate di caldo in zone di montagna	17	21	27	1.1	11	23	45
Riduzione del manto nevoso/Ritiro ghiacciai							
Costi per l'innevamento artificiale	-0.10	-0.13	-0.16	0.5	-0.03	-0.07	-0.13
Ricavi di stazioni sciistiche	4.3	5.4	7.0	0.5	1.4	2.8	5.5
Innalzamento della temperatura media							
Aumento della stagione estiva	12	15	19	0.9	7	14	27
Totale	**-36**	**-12**	**11**	**-**	**-78**	**-10**	**54**

Tabella 80: Scenario socioeconomico 2060 per il settore d'impatto turismo. I rischi e le opportunità socioeconomiche 2060 sono calcolate tramite un fattore di conversione specifico per ogni effetto/pericolo.

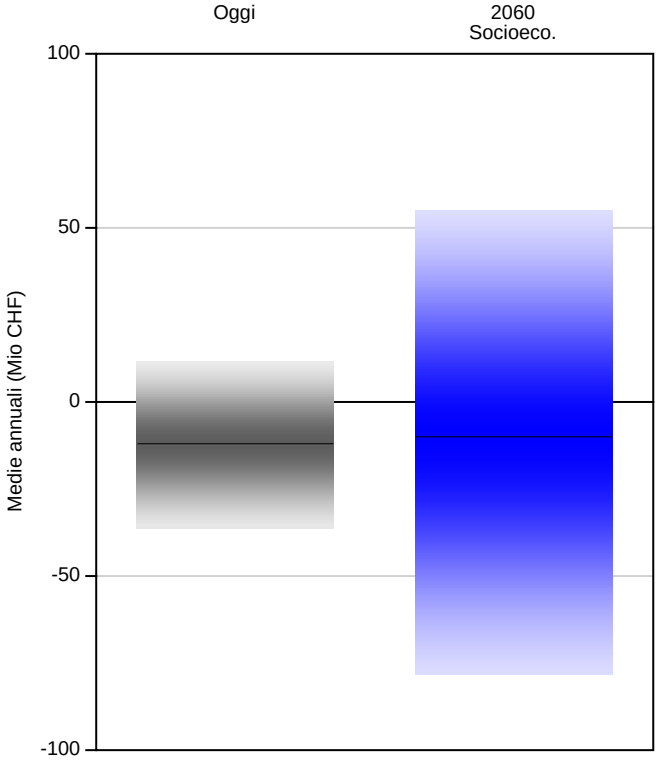


Figura 151: Rappresentazione grafica dei Costi/ricavi attuali e per lo scenario socio-economico 2060 (ipotizzando che il clima rimanga uguale a quello attuale) per il settore turismo. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.

Gli impatti socioeconomici saranno di entità ridotta anche per quanto attiene agli impatti analizzati qualitativamente, la cui variazione è da ricondurre agli aspetti citati per l'analisi quantitativa.

5.7.6. Riassunto settore turismo

L'analisi (qualitativa e quantitativa) degli impatti dei cambiamenti climatici sul settore turistico in Ticino ha evidenziato importanti opportunità. I rischi dei cambiamenti climatici si sono rilevati di poca importanza; **piuttosto negativi** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte (perdite di ca. 1 risp. 2 milioni di CHF/anno). Le opportunità si sono rilevate invece **positive** per lo scenario debole (benefici di ca. 35 milioni di CHF/anno) e **molto positive** per lo scenario forte (benefici di ca. 77 milioni di CHF/anno). Complessivamente l'impatto è risultato **positivo** per lo scenario debole (opportunità di ca. 34 milioni di CHF/anno) e **molto positivo** per lo scenario forte (opportunità di ca. 75 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

Gli impatti socioeconomici sui settori turistici influenzati dai cambiamenti climatici sono invece stati valutati come **piuttosto negativi** (perdite di circa 2 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

5.8. ENERGIA

5.8.1. Parametri principali: situazione attuale

Produzione di energia

Il Canton Ticino è un importante produttore di energia elettrica. In particolare il settore idroelettrico fornisce 3'664 GWh/a (media pluriennale) di energia rinnovabile (impianti di potenza > 300 kW; che corrispondono a circa il 96 % della produzione complessiva). Allo stato attuale le altre fonti di energia elettrica – piccoli impianti idroelettrici (di potenza inferiore ai 300 kW), impianti su acquedotti, impianti fotovoltaici e impianti alimentati a biogas, a combustibili fossili e a rifiuti – hanno in termini assoluti un ruolo limitato (ca. 150 GWh/a, circa il 4 % della produzione complessiva).

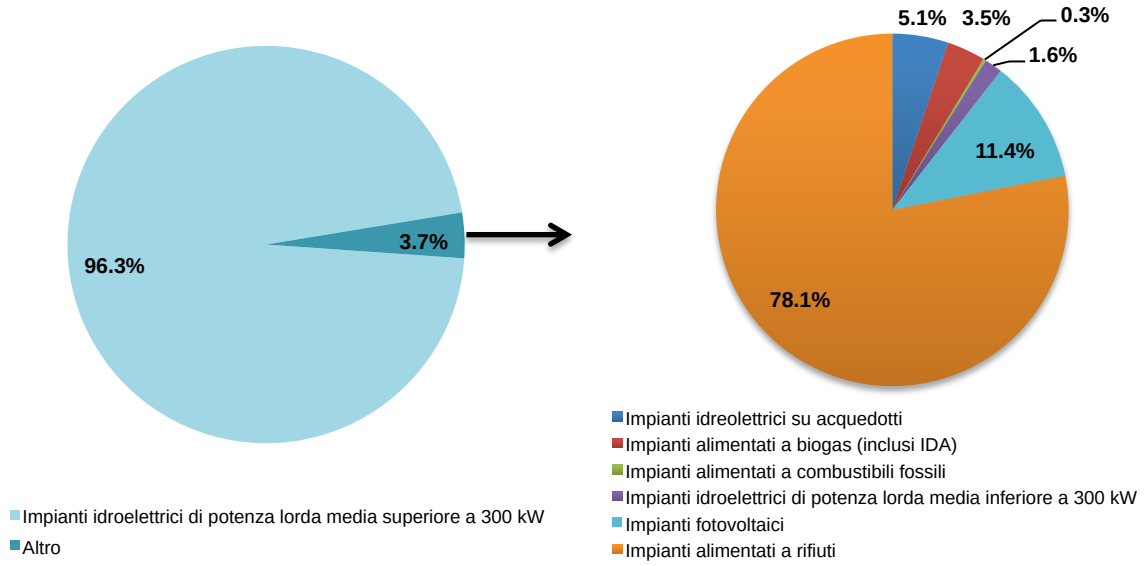


Figura 152: Produzione di energia elettrica in Ticino (2013): il diagramma a sinistra mostra il rapporto tra la produzione di impianti idroelettrici con potenza > 300 kW e la produzione totale di elettricità. Il diagramma sulla sinistra mostra in dettaglio invece la produzione dei restanti impianti (SUPSI, 2014).

La produzione di energia idroelettrica dipende da diversi fattori – quali le precipitazioni, lo scioglimento delle nevi, e l'evapotraspirazione – che determinano i deflussi e quindi il riempimento degli invasi. Variazioni nei regimi di precipitazione possono quindi influenzare la produzione delle centrali idroelettriche.

Interessati dai mutamenti climatici sono pure gli impianti fotovoltaici la cui produzione dipende dall'irraggiamento solare e in parte anche dalla temperatura. La produzione degli impianti a biogas come pure di quelli alimentati a rifiuti e gli impianti a combustibili fossili (che vengono importati) non è invece influenzata dai mutamenti climatici.

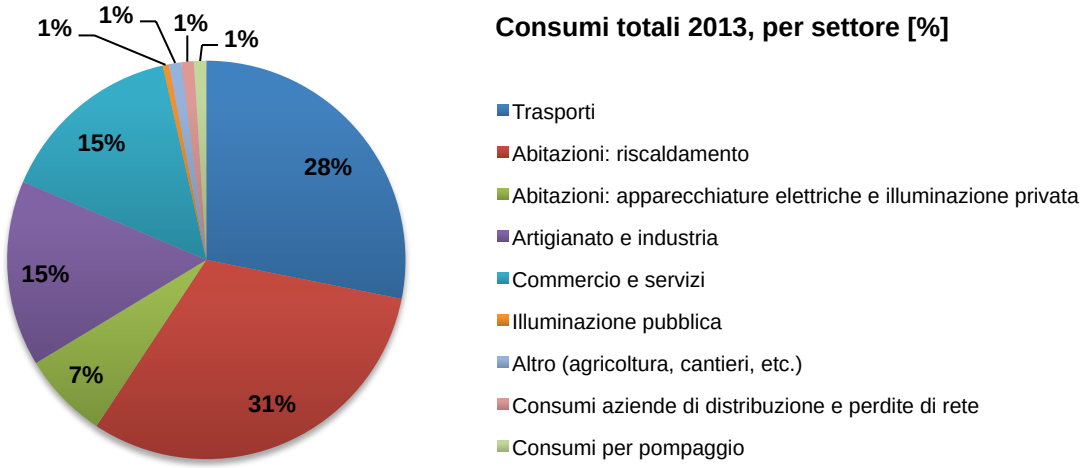
Consumo di energia

In Ticino il consumo medio pro capite di energia è pari a 29.6 MWh/a (nel 2013 il totale dei consumi sul territorio cantonale è stato di 10'265 GWh). Le fonti di questa energia sono per il

55 % prodotti petroliferi, per il 31 % elettricità (complessivamente 3'185 GWh/a), per l'11 % gas naturale e per il 3 % legna, calore ambiente o solare termico.

La mobilità e le abitazioni (riscaldamento) rappresentano i principali consumatori di energia (ca. il 60 % nel 2013). I processi industriali e i commerci sono responsabili del consumo di circa il 30 % di energia, di cui un'elevata quota è determinata dall'elettricità. Il restante 10 % è invece consumato da apparecchiature elettriche e illuminazione privata di abitazioni, da consumi di aziende di distribuzione e perdite di rete, da pompaggio, da illuminazione pubblica e da altri utilizzi (agricoltura, cantieri, ecc.).

Circa l'80 % dei consumi di elettricità è da attribuire ad abitazioni, artigianato, industrie, commercio e servizi. Il restante 20 % dei consumi di elettricità è invece attribuito ai trasporti, al pompaggio, alle aziende di distribuzione e alle perdite di rete, all'illuminazione pubblica e ad altri utilizzi (agricoltura, cantieri, ecc.).



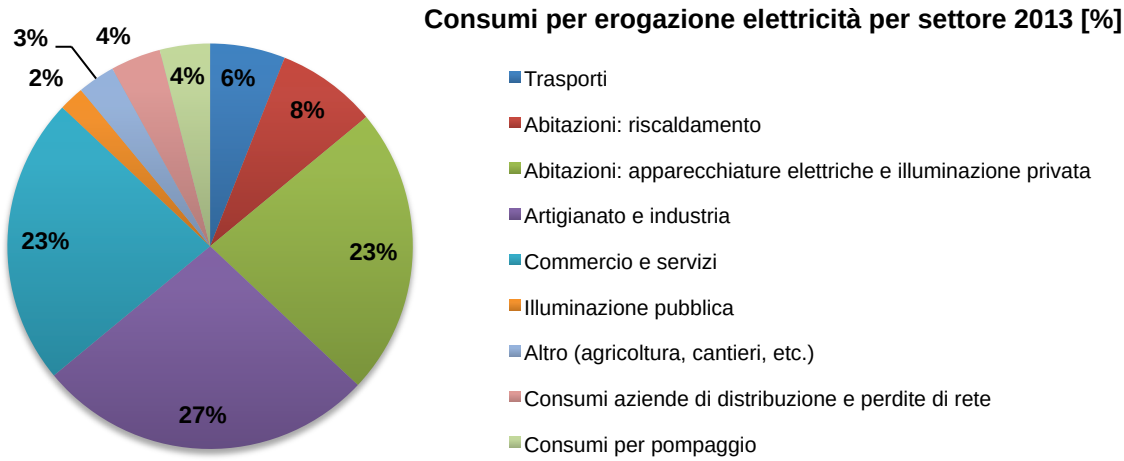


Figura 153: Consumi di energia totale (in alto) e di energia elettrica (in basso) per settore (SUPSI, 2014).

Negli ultimi 40 anni in Ticino si è osservato un aumento del consumo di energia elettrica, mentre la produzione è rimasta pressappoco costante con delle variazioni annuali dovute alle variazioni meteorologiche (v. Figura 154).

In relazione ai consumi di energia è importante rilevare che i mutamenti climatici influenzano principalmente i fabbisogni di calore e di freddo per la climatizzazione degli edifici (riscaldamento e raffreddamento). Infatti, a seguito dell'aumento atteso della temperatura media e della diminuzione della frequenza delle ondate di freddo ci si attende una riduzione del fabbisogno di calore. Nel caso del fabbisogno di energia per il raffreddamento si deve pure considerare una variazione, in quanto nei mesi caldi aumenteranno le ondate di calore. Allo stato attuale i consumi di energia per il raffreddamento sono nettamente inferiori a quelli per il riscaldamento. A questo proposito è da notare che per il raffreddamento è utilizzata parecchia energia elettrica mentre per il riscaldamento anche altri vettori energetici giocano un ruolo importante.

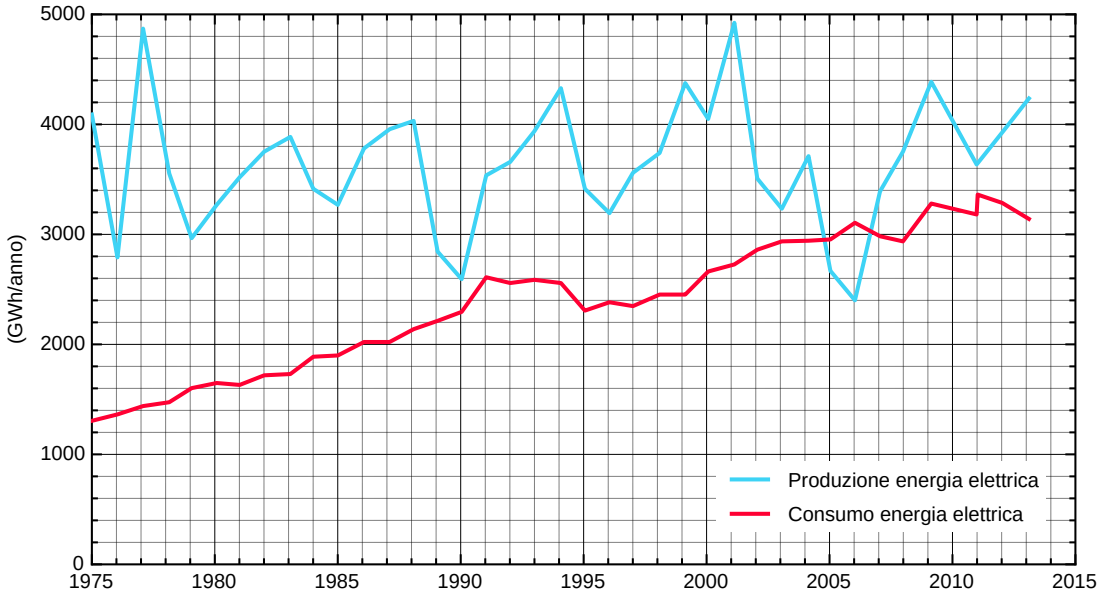


Figura 154: Confronto tra la produzione (curva in blu) e il consumo (curva in rosso) di energia elettrica sul territorio cantonale per il periodo 1975-2013. (SUPSI, 2014).

Prezzo sul mercato dell'energia elettrica

Come già anticipato in precedenza il prezzo dell'energia elettrica sul mercato ha subito negli ultimi anni una forte riduzione dovuta alla crisi economica, alla promozione dell'energia rinnovabile e ai prezzi bassi della tassa sul CO_2 (la quale mantiene bassi anche i costi di produzione di corrente elettrica in centrali termiche). Nell'ultimo anno (2015), il prezzo di banda medio secondo Swissix si è situato attorno ai 4.2 cts CHF/kWh.

Siccome gli studi dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici per i Cantoni di Argovia e Uri sono stati svolti nel 2012/2013 e nel 2013/2014, essi assumono un prezzo dell'energia elettrica sul mercato superiore rispetto all'attuale prezzo (nello studio del Canton Argovia si è assunto un prezzo pari a 8 cts CHF/kWh, mentre in quello del Canton Uri 10 cts CHF/kWh). Per migliorare la comparabilità e facilitare il confronto con questi studi e siccome lo scenario di riferimento si riferisce al 2010 il gruppo di lavoro ha deciso di assumere un **valore teorico dell'energia elettrica sul mercato pari a 8 cts CHF/kWh**.

Costo dell'energia

Le tariffe dell'elettricità in Svizzera si differenziano oggi e anche in futuro tra cantoni e comuni. In media il costo dell'energia elettrica per l'utente finale si situa oggi (anno 2015) attorno ai 19-20 cts CHF/kWh (Elcom, 2015), di cui più del 50 % è da ricondurre a tasse e a costi per l'utilizzo della rete. Siccome nello studio del Canton Argovia il costo dell'energia elettrica per l'utente era stato fissato a 16 cts CHF/kWh, per permettere un'ottimale compatibilità fra i due studi, anche in quest'analisi viene assunto un **costo dell'energia elettrica pari a 16 cts CHF/kWh**.

In Ticino il vettore energetico che fornisce più calore per il riscaldamento di edifici è l'olio combustibile (67 %) seguito dal gas (20 %). Attualmente (marzo 2015) in Ticino l'olio combustibile viene venduto a un prezzo di 7.6 cts CHF/kWh mentre il gas è venduto a un prezzo di 7.9 cts CHF/kWh (AIL, 2015). Il trend del petrolio nella primavera 2015 è al rialzo e quindi il prezzo dell'olio combustibile potrebbe essere anche più caro.

Nell'ambito dei casi di studio dei Cantoni Argovia e Uri (eseguiti in un periodo in cui il prezzo del petrolio era molto più alto che ora) è stato ipotizzato un costo complessivo dell'energia utilizzata per il riscaldamento pari a 10 cts CHF/kWh. Per rendere possibile il confronto fra più casi di studio, il gruppo di lavoro ha deciso di utilizzare anche per il Canton Ticino **un prezzo dell'energia per il riscaldamento pari a 10 cts CHF/kWh**.

5.8.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060

Sulla base della matrice di rilevanza della Tabella 41 nel caso del settore d'impatto dell'energia devono essere analizzati i seguenti pericoli ed effetti: frane/colate detritiche, variazione del regime delle precipitazioni, siccità generale, ondate di freddo, ondate di calore, riduzione manto nevoso/ritiro ghiacciai e innalzamento della temperatura media. Gli impatti analizzati per ciascun pericolo ed effetto sono riassunti nella Tabella 81. La tabella mostra anche il tipo di valutazione – quantitativa o qualitativa – adottata per i diversi impatti.

Una rappresentazione schematica degli impatti sul settore energia è consultabile nella Figura 155. In generale è importante rilevare che nel settore d'impatto energia sono considerati gli effetti dei cambiamenti climatici sulla produzione di energia elettrica (inclusi danni alle infrastrutture per la produzione) e sul consumo di energia. In questo capitolo **non** sono considerati i danni causati da pericoli naturali alle reti di distribuzione di energia elettrica (cavi dell'alta tensione, ecc.). Questi danni sono analizzati per il settore d'impatto infrastrutture e edifici.

Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici

La Confederazione, nella prima parte della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, ha definito i diversi campi d'intervento. Nelle ultime colonne della Tabella 81 sono indicati i campi d'intervento della strategia svizzera corrispondenti ai diversi rischi e alle opportunità per il Canton Ticino e possibili misure per mitigare questi rischi e sfruttare le opportunità. Le misure sono state definite nella seconda parte della strategia d'adattamento (vedi capitolo 2.1). Una spiegazione delle abbreviazioni dei campi d'intervento e delle misure è data nell'allegato A1.

I campi d'intervento E1 (Fabbisogno energetico per il condizionamento e la refrigerazione degli edifici) e E2 (Produzione di energia idroelettrica) sono toccati in maniera rilevante nel settore d'impatto energia. Fra le misure di adattamento più importanti per questo settore troviamo invece le misure e1 (Studio di riferimento per la riduzione del fabbisogno di refrigerazione attraverso misure edili), e2 (Informazione e sensibilizzazione delle parti interessate e moltiplicatori nel settore degli edifici), e4 (Studi sugli effetti dei cambiamenti climatici sullo sfruttamento idrico e sensibilizzazione delle parti interessate) e e8 (Mostrare le interazioni tra gli effetti del clima e le misure di adattamento nei vari campi).

Pericolo/effetto	Impatti analizzati quantitativamente	Impatti analizzati qualitativamente	Campi d'intervento	Misure
Frane/Colate detritiche	Aumento dei costi di rimozione depositi di detriti e materiale nei bacini e limitazione dell'accumulo di energia per la presenza di detriti e materiale nei bacini.		E2; GA2; PN3	pn1 – pn7; e4; e5
Variazione del regime delle precipitazioni	Variazione dei ricavi dalla produzione di energia idroelettrica dovuti ai cambiamenti dei deflussi idrologici.		E2; GA5; GA12	e4; e8; ga4 ga5
Siccità generale		Diminuzione della disponibilità di acqua, deflussi minimi e in generale conflitti con altre esigenze limitazione della produzione.	E2; GA5	e4; e8; ga4; ga5
Ondate di freddo		Diminuzione dei periodi con un grande aumento del fabbisogno di energia per il riscaldamento.	E1	e2; e8
Ondate di calore		Massiccio aumento del fabbisogno di energia per il raffreddamento degli edifici in determinati periodi e possibili conseguenze sulla rete elettrica.	E1	e1; e2; e3; e8
Riduzione manto nevoso/ritiro ghiacciai		Variazione della disponibilità di acqua dallo scioglimento delle nevi e impatto sull'andamento stagionale dei deflussi.	E2; GA5	e4; e8; ga4; ga5
Innalzamento della temperatura media	Diminuzione dei gradi giorno di riscaldamento e diminuzione del fabbisogno di energia termica per il riscaldamento.		E1	e1; e2; e3; e8
	Aumento dei gradi giorno di raffreddamento e aumento del fabbisogno di energia per il raffreddamento.		E1	e1; e2; e3; e8
		Aumento del rendimento dei pannelli fotovoltaici in seguito a un possibile aumento delle ore di soleggiamento e a un aumento di temperatura[23].		e8
		Aumento dell'evapotraspirazione e conseguente influsso sul ciclo dell'acqua e sulla produzione di energia idroelettrica.	E2; GA5	e4; e8; ga4; ga5

Tabella 81: Impatti analizzati per il settore d'impatto energia. Gli impatti sono suddivisi per impatti valutati quantitativamente e impatti valutati qualitativamente. In rosso sono riportati i rischi e in verde le opportunità.

[23] Dato che i cambiamenti delle condizioni di soleggiamento riguardano pochi settori di impatto, non vengono trattati come effetto separato. Per valutare le possibili conseguenze dei cambiamenti climatici, essi vengono considerati con l'effetto "Innalzamento della temperatura media".

Modello degli impatti

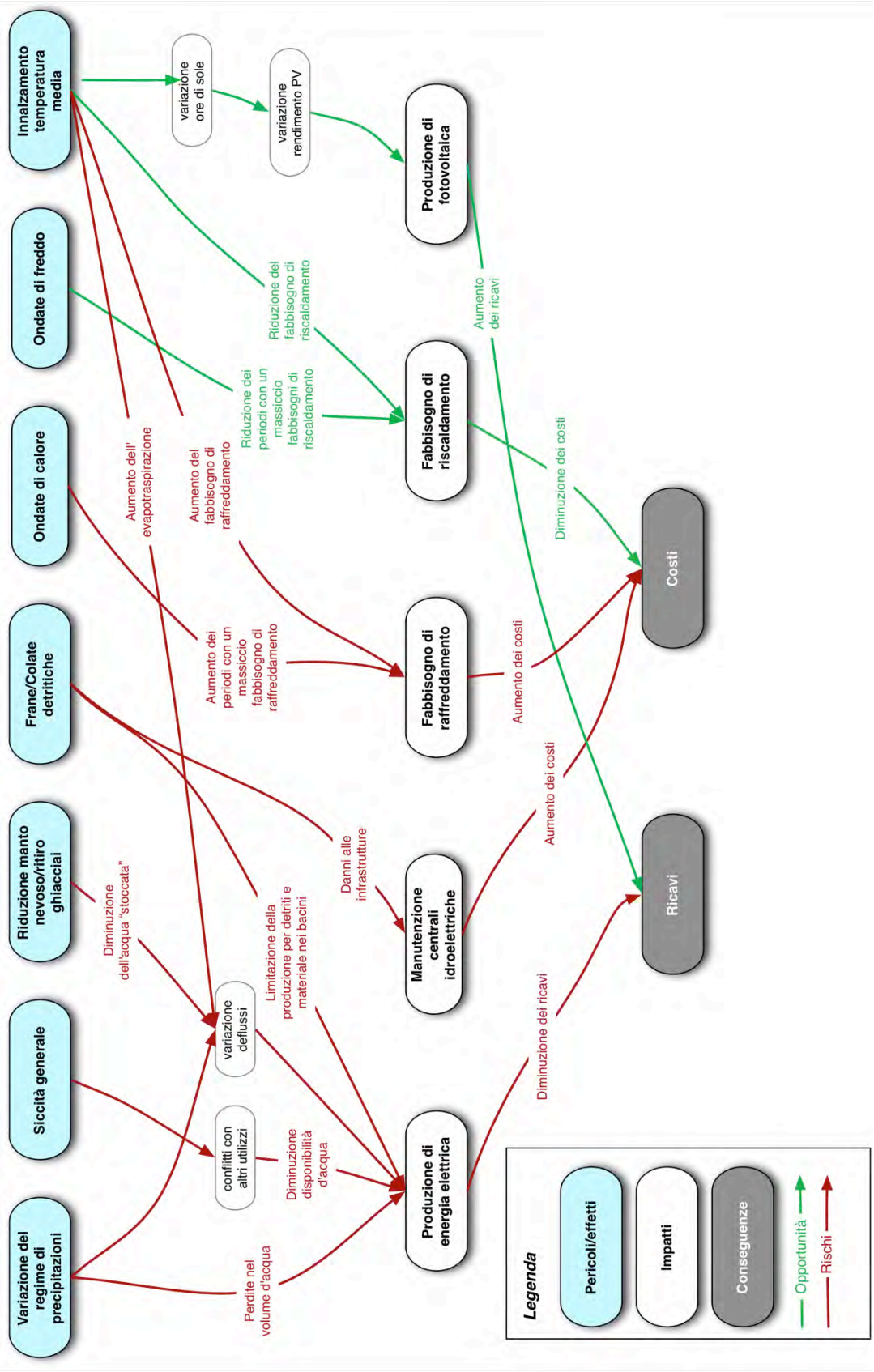


Figura 155: Rappresentazione schematica degli effetti dei cambiamenti climatici sugli impatti per il settore energia.

Frane/Colate detritiche

Impatti quantitativi

Rimozione di depositi di detriti da invasi e limitazione della produzione idroelettrica

Le colate detritiche hanno come diretta conseguenza l'apporto di materiale – inorganico e organico (v. ad es. tronchi) – nei bacini destinati alla produzione di energia idroelettrica.

Secondo i dati ricavati da un colloquio con l'Azienda elettrica ticinese (AET) (Rossini, 2015), annualmente l'AET sostiene in media dei costi causati da colate detritiche pari a 365'000 CHF. Questi costi sono da ricondurre alla sostituzione o riparazione di parti dell'impianto idroelettrico, alla rimozione di materiale dal bacino (pulizia meccanica) e alla mancata produzione del bacino. Rientrano in questi costi anche le interruzioni turbinali eseguite a titolo preventivo in situazioni con concentrazioni troppo elevate di detriti nei bacini oppure le interruzioni dovute all'otturazione delle prese dei corsi d'acqua.

Oltre a questi dati l'AET ha fornito al gruppo di lavoro i costi complessivi causati dagli eventi estremi del 1978 e del 1987 (che possono essere considerati come eventi estremi quasi secolari). Entrambi questi anni avevano causato all'AET dei costi complessivi di circa 1.8 milioni di CHF.

Le officine idroelettriche della Maggia (Ofima) registrano i maggiori danni causati da colate detritiche e frane nel bacino di Palagnedra (Ofima, A. Baumer). Ogni 10 anni circa per questo bacino è infatti necessario evacuare i sedimenti fini che si sono depositati sul fondale, che se lasciati accumulare pregiudicherebbero il buon esercizio dell'impianto. L'ultimo svaso è stato effettuato nel 2013 e ha causato l'interruzione della produzione di energia idroelettrica della centrale Verbano per 12 giorni. Essendo stato un evento prestabilito è stato possibile accumulare una parte dell'acqua nei bacini a monte di Palagnedra, e sfruttarne il potenziale dopo la riapertura dell'impianto. Un'altra parte delle acque sfruttabili per la produzione di energia elettrica è stata invece utilizzata per diluire i detriti di scarico del bacino (la diluizione è necessaria per non recare danni all'ecosistema fluviale). Mediamente si calcolano dei costi annuali complessivi per il bacino di Palagnedra a causa di colate detritiche pari a 170'000 CHF.

Per gli altri bacini della valle Maggia l'accumulo di detriti negli invasi non si manifesta in maniera rilevante. Per la centrale del Sambuco è però da rilevare che eventi di questo tipo causano l'apporto di legname nell'invaso. In media si stima che i costi per la manutenzione del bacino del Sambuco, dovuti a questo problema, ammontino a circa 10'000 CHF/anno (Ofima, A. Baumer).

A seguito del maltempo dell'agosto del 1978 (evento secolare) il bacino di Palagnedra ha registrato un quantitativo di danni estremo a causa dei detriti e del materiale nell'invaso (vedi Figura 156). L'evento ha causato la messa fuori servizio dell'impianto per 9 mesi, causando delle perdite di mancata produzione e dei costi per la rimozione dei detriti e la riparazione dei danni di circa 100 milioni di CHF. Da notare che l'ammontare delle perdite per mancata produzione dell'impianto sono accentuate dal lungo periodo di non funzionamento, a causa dell'impossibilità di salvare tutto il potenziale idrico della Maggia nei bacini a monte di Palagnedra (Ofima, A. Baumer).

Figura 156: Diga di Palagnedra a seguito del maltempo nell'agosto 1978, da notare l'elevatissima quantità di materiale nel bacino (Polier, 2015).

Le officine idroelettriche di Blenio (Ofible) hanno dei costi più elevati a causa di frane e colate detritiche a causa della dimensione più grande dei sedimenti. In generale si può stimare che i costi annuali dovuti a frane e colate detritiche ammontano a circa 0.7 milioni di CHF (circa 1 intervento da 10-20 milioni di CHF per ogni bacino ogni 30-40 anni) (Ofima, A. Baumer).

Per Ofible il 2006 è stato un anno caratterizzato da molti danni alle infrastrutture per la produzione di energia idroelettrica. A causa dello straripamento di un fiume una deponia a monte della stazione di Biasca è stata trasportata fino a valle causando l'interruzione del funzionamento della stazione per 5-6 giorni. L'evento (considerato per questo studio estremo) ha causato un totale di costi di 6 milioni di CHF (dei quali 5 sono da ricondurre alla mancata produzione della centrale di Malvaglia).

Per Ofima/Ofible è stato inoltre sottolineato che i danni alle infrastrutture per la produzione idroelettrica non sono da ricondurre a danni turbinali. Tramite un filtro viene determinato se l'acqua ha una concentrazione di detriti troppo elevata per le turbine e in casi positivi esse vengono bloccate. È da osservare che le interruzioni turbinali legate a questo pericolo sono brevi e non influenti sui ricavi delle aziende (Ofima, A. Baumer).

Dai dati e dalle esperienze degli esperti tecnici interpellati la maggior parte delle perdite dovute a frane e colate detritiche è legata alla mancata produzione di energia idroelettrica e solo in minima parte ai costi di riparazione. Giova dunque rilevare che la produzione delle aziende elettriche, di cui si dispongono i dati (AET, Ofima e Ofible) nel 2013 ammontava all'82 % del totale ticinese (SUPSI, 2014), esse possono dunque essere ritenute rappresentative per la produzione idroelettrica ticinese. Per rapportare i dati raccolti anche alle altre centrali idroelettriche ticinesi è molto importante ricordare che l'influenza delle frane e delle colate detritiche sulla produzione idroelettrica varia molto da bacino a bacino. Ad esempio se un invaso è situato a quote ridotte è possibile che le quantità di materiale organico trasportato in esso sia maggiore in considerazione del limite del bosco. Un altro aspetto importante è la dimensione del bacino (bacini più grandi hanno problemi più ridotti rispetto a bacini più piccoli).

Considerando la variazione (pesata a dipendenza dei diversi periodi di ritorno) di frane e colate detritiche descritta nel capito 4.5.4 si stima che i danni a causa di questo pericolo naturale aumentino del 1 % per lo scenario debole e del 17 % per lo scenario forte.

L'incertezza dei costi e dei mancati ricavi allo stato attuale è dovuta principalmente alla variazione della ricorrenza di frane e colate detritiche e alla mancanza dei dati del 20 % delle centrali idroelettriche ticinesi ed è valutata come **bassa.** In considerazione dell'incertezza nel calcolo della variazione delle colate detritiche e delle frane per il 2060 e di quella nell'attribuzione del loro relativo periodo di ritorno, per le stime future si considera un'incertezza **media**.

Variazione del regime delle precipitazioni

Impatti quantitativi

Produzione di energia idroelettrica

Il regime delle precipitazioni – con lo scioglimento delle nevi e l'evapotraspirazione – determina i deflussi totali di una regione che assieme alle caratteristiche dei bacini (dimensione e deflussi minimi da rispettare) influenza direttamente la produzione delle centrali idroelettriche (Hänggi, 2011), che allo stato attuale in Ticino producono nella media pluriennale 3'664 GWh all'anno (corrispondenti a un ricavo di annuo di 293 milioni di CHF[24]). Il 99.6 % della produzione avviene nel Sopraceneri e solo lo 0.4 % viene prodotto nel Sottoceneri (SUPSI, 2014).

Per il calcolo della variazione dei ricavi delle centrali idroelettriche negli scenari 2060 debole e forte si è ipotizzato che essa è proporzionale alla variazione dei deflussi per i quali sono stati utilizzati i dati elaborati da uno studio commissionato dall'Elettricità della Svizzera italiana (ESI) all'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL (ESI & WSL, 2015), vedi capitolo 5.6.2.

Secondo questo studio i deflussi totali annui in futuro diminuiranno in entrambi gli scenari complessivamente del 4.1 % e del 6.7 % per lo scenario 2060 debole e risp. 2060 forte nel Sopraceneri e del 4.9 % e del 8.1 % per lo scenario 2060 debole e risp. 2060 forte nel Sottoceneri.

I ricavi delle centrali idroelettriche per gli scenari futuri sono stati ottenuti ipotizzando che alla variazione dei deflussi totali annuali corrisponda un'uguale variazione del potenziale di produzione annuale di energia elettrica, il quale è direttamente proporzionale ai ricavi.

L'impatto dei mutamenti cambiamenti climatici a seguito delle variazioni del regime delle precipitazioni è valutato per l'intero Ticino in una diminuzione dei ricavi nel 2060 del 4.2 % (12 milioni di CHF[24]) per lo scenario debole e del 6.8 % (20 milioni di CHF[24]) per lo scenario forte.

La riduzione dei deflussi annuali nel 2060 è tutto sommato limitata e potrebbe indurre a pensare che si possa, in buona misura, compensare con una diversa regolazione degli impianti

[24] Si considera un prezzo dell'energia elettrica pari a 8 cts./kWh. Il valore si riferisce al 2010 e non al 2015 (anno di pubblicazione di questo studio) per facilitare la comparabilità con gli altri casi di studio (vedi capitolo 5.8.1).

idroelettrici. Giova tuttavia rilevare che a seguito della prospettata minor portata dei fiumi durante la stagione calda, in futuro durante questi mesi il margine di manovra sarà limitato dalla necessità di garantire il rispetto dei limiti per i deflussi minimi (Q_{min}).

L'incertezza dei ricavi dello stato attuale è dovuta principalmente alle normali variazioni delle precipitazioni ed è valutata come **molto bassa**. L'incertezza delle stime future è valutata come **bassa** ed è da ricondurre principalmente ai seguenti fattori:

- Incertezza degli effetti dei cambiamenti climatici sui deflussi;
- Relazione non lineare tra variazione dei deflussi annuale e produzione di energia idroelettrica;
- Modalità di gestione degli impianti idroelettrici.

Siccità generale

Impatti qualitativi

Conflitti per l'utilizzo dell'acqua

La siccità generale non ha impatti significativi sui consumi di energia (infatti, l'energia necessaria per impianti di irrigazione di inerti o di campi agricoli può essere trascurata).

Per quanto attiene invece la produzione di energia elettrica, la siccità generale porterà ad un cambiamento della disponibilità d'acqua stagionale. Nella Figura 132 si osservano delle riduzioni dei deflussi molto marcate nei mesi più caldi. Ad es. nel Sopraceneri in giugno e luglio nel 2060 si prevedono delle riduzioni che variano dal 26 % per lo scenario debole fino al 41 % per lo scenario forte. La minor portata dei fiumi in questi mesi abbinata a periodi prolungati di siccità comporterà per i gestori degli impianti idroelettrici dei maggiori sforzi per evitare delle ricadute negative sull'ambiente. Oltre ai maggiori costi per la gestione più complessa delle turbine, ci saranno delle perdite di produzione a seguito dell'impossibilità di turbinare l'acqua in determinati periodi.

I rischi legati alla siccità generale sono valutati, sia per lo scenario 2060 debole che per lo scenario 2060 forte, come **minori** rispetto ai rischi analizzati quantitativamente per il settore dell'energia.

Ondate di freddo

Impatti qualitativi

Fabbisogno di energia puntuale

Le ondate di freddo in futuro diminuiranno in maniera significativa anche nei comuni ad altitudini più elevate; ad Airolo si prevede ad esempio che i giorni invernali passeranno (nel 2060) dagli attuali 40 giorni a circa 25 giorni per lo scenario debole e a 12 giorni per lo scenario forte. Quest'aspetto climatico porterà ad una diminuzione dei periodi con un fabbisogno di energia per il riscaldamento di edifici molto elevato. Sarà dunque possibile applicare una potenza più bassa agli impianti di riscaldamento e allacciare ad esempio nuove utenze alle reti esistenti (teleriscaldamento e gas).

Le opportunità legate alla riduzione delle ondate di freddo sono valutate, sia per lo scenario 2060 debole che per lo scenario 2060 forte, come **molto minori** rispetto alle opportunità analizzate quantitativamente per il settore dell'energia.

Ondate di calore

Impatti qualitativi

Fabbisogno di energia puntuale

Contrariamente alle ondate di freddo, le ondate di calore aumenteranno in futuro. L'aumento di periodi prolungati con temperature molto elevate porterà a un aumento significativo della potenza di raffreddamento degli edifici durante le giornate più calde.

A tal riguardo è importante rilevare che questi momenti coincidono di regola con le punte della produzione fotovoltaica e che quindi anche in futuro gli effetti della maggior richiesta di elettricità saranno in parte mitigati dalla maggior produzione. Ciò porrà meno problemi alla rete elettrica, che ad ogni modo – secondo gli esperti del settore interpellati (AIL, G. Mameli) – non dovrebbe avere problemi nemmeno in futuro per far fronte alla maggiore richiesta di raffreddamento.

I rischi legati alle ondate di calore sono valutati, sia per lo scenario 2060 debole che per lo scenario 2060 forte, come **minori** rispetto ai rischi analizzati quantitativamente per il settore dell'energia.

Riduzione del manto nevoso/Ritiro ghiacciai

Impatti qualitativi

Disponibilità di acqua per la produzione idroelettrica

Allo stato attuale il contributo della fusione dei ghiacci ai deflussi nei bacini imbriferi nei quali si situano gli impianti idroelettrici ticinesi è molto basso e varia tra 0 e 0.7 % con una media cantonale dello 0.3 % (ESI & WSL, 2015), e quindi gli effetti di un futuro ritiro dei ghiacciai sulla produzione idroelettrica in Ticino non hanno un impatto rilevante. Nonostante ciò negli ultimi anni il bacino del Gries, che alimenta parzialmente anche gli impianti delle Ofima, ha subito delle perdite legate ad una particolarmente elevata concentrazione di detriti nel bacino causata dallo scioglimento dei ghiacci. Come risposta a questo problema si sta valutando lo spostamento della zona di presa nel bacino.

A seguito dell'aumento della temperatura in futuro nonostante l'aumento delle precipitazioni nei mesi invernali, diminuirà l'acqua stoccata nel manto nevoso e quindi la disponibilità di acqua nelle portate dei fiumi derivante dallo scioglimento del manto nevoso, che in media cantonale contribuisce al 32 % dei deflussi totali. Come risultato le portate saranno meglio distribuite nel corso dell'anno (v. capitolo 5.6). Queste variazioni modificheranno la disponibilità d'acqua utilizzabile per la produzione di energia idroelettrica.

Siccome questi aspetti sono già stati considerati quantitativamente per il pericolo/effetto "Variazione del regime delle precipitazioni" tramite i dati forniti dallo studio dell'Elettricità della Svizzera italiana (ESI & WSL, 2015), il significato di questo rischio non viene ulteriormente considerato nell'indagine.

Innalzamento della temperatura media

Impatti quantitativi

Il fabbisogno di calore è determinato dai gradi giorno di riscaldamento e dall'isolamento termico degli edifici. Siccome nell'analisi del consumo energetico futuro la struttura degli edifici (superficie edificata e isolamento) è considerata costante, si desume che la variazione del fabbisogno energetico per il riscaldamento sia determinato da quella dei gradi giorno di riscaldamento.

Il fabbisogno di freddo per la climatizzazione degli edifici oltre che dall'isolamento termico degli edifici e dai giorni di raffreddamento dipende anche dal sistema di produzione del freddo; ad esempio termopompe aria-aria hanno un fabbisogno di energia maggiore se la temperatura esterna è elevata mentre sul rendimento di impianti basati su sonde geotermiche la temperatura dell'aria non è influente. Nell'analisi del consumo energetico futuro la struttura degli edifici (superficie edificata e isolamento) è considerata costante e si è ipotizzata una semplice proporzionalità tra il fabbisogno di energia elettrica e i giorni di raffreddamento. Utilizzando questo indicatore non si considera che alcuni tipi di impianti di raffreddamento avranno un rendimento più basso a causa delle temperature più elevate dell'aria e il numero di giorni di raffreddamento non è costante.

Riscaldamento di edifici

In Ticino si stima un consumo complessivo di calore pari a 3'499 GWh, del quale 3'067 GWh sono utilizzati da abitazioni e 432 GWh da commercio e servizi (DT/DFE, 2010). Considerando che 355 GWh sono utilizzati annualmente per la produzione di acqua calda sanitaria (Cellina, Pampuri, & Sormani, 2012) e (SIA, 2009), si calcola un consumo annuale per il riscaldamento dei locali pari a 3'144 GWh.

Per il calcolo dei costi attuali da ricondurre al riscaldamento di edifici è stato ipotizzato un prezzo dell'energia termica pari a 10 cts CHF/kWh, complessivamente si è quindi stimato un costo di 314 milioni di CHF/anno.

Gli scenari 2060 sono stati calcolati sulla base del rapporto dei gradi giorno di riscaldamento attuali e futuri (vedi 4.4.3), valutato separatamente per entrambi gli scenari. Le mappe colorimetriche (Figura 53) mostrano come nei territori posti sui fondovalle la diminuzione dei gradi giorno per lo scenario debole si aggiri sempre attorno al 10-20 % mentre per lo scenario forte si situi tra il 30 e il 35 %.

Per questo motivo i valori di Lugano sono sufficientemente rappresentativi anche per il resto delle zone abitate del Cantone. A Lugano lo scenario di riferimento 2010 conta 2'404 gradi giorno di riscaldamento, per lo scenario 2060 debole è stata prevista una diminuzione di questo valore del 15 % mentre per lo scenario forte di circa il 33 %.

In considerazione della semplice relazione di proporzionalità per il calcolo della diminuzione delle spese per il riscaldamento di edifici, si è dunque ipotizzata una diminuzione del 15 % per lo scenario 2060 debole e del 33 % per lo scenario 2060 forte.

L'incertezza dei costi per lo scenario di riferimento è dovuta alle stime dei consumi e alle fluttuazioni annuali dei gradi giorni di riscaldamento ed è dunque considerata **molto bassa**. L'incertezza delle stime future è considerata come **bassa** ed è da ricondurre principalmente all'incertezza degli effetti dei cambiamenti climatici sui gradi giorni di riscaldamento.

Riscaldamento di mezzi pubblici

Il consumo di energia per il riscaldamento di mezzi pubblici in Ticino è soprattutto da ricondurre al riscaldamento dei treni (FFS); gli abitacoli di autopostali e autobus vengono invece riscaldati con il calore residuo del motore. Per questo motivo in questo capitolo saranno considerati solo i consumi per il riscaldamento di FFS.

In Ticino nel 2014 il consumo totale di energia elettrica delle FFS per la trazione è stato di 240 GWh (FFS, M. Caviezel). Secondo dati non pubblicati delle FFS (EBP, WSL, 2013) il 17 % dell'energia utilizzata dai treni viene impiegata nella climatizzazione di cui il 64 % è utilizzata per il riscaldamento d'inverno. Sulla base di questi dati si calcola un consumo annuale per il riscaldamento delle carrozze di 15 GWh che corrisponde (ipotizzando un prezzo dell'energia elettrica di 0.16 CHF/kWh) a 2.4 milioni di CHF.

Anche in questo caso l'indicatore dei cambiamenti climatici utilizzato per lo sviluppo dei due scenari futuri sono i gradi giorno di riscaldamento a Lugano. Si stima dunque una diminuzione del 15 % dei costi di riscaldamento delle FFS per lo scenario 2060 debole e una diminuzione del 33 % per lo scenario 2060 forte.

L'incertezza dei costi per lo scenario di riferimento è dovuta alle stime dei consumi per la climatizzazione dei treni (valori svizzeri e non prettamente ticinesi) e alle fluttuazioni annuali dei gradi giorni di riscaldamento ed è dunque considerata **molto bassa**. L'incertezza delle stime future è considerata come **bassa** ed è da ricondurre principalmente all'incertezza degli effetti dei cambiamenti climatici sui gradi giorni di riscaldamento.

Raffreddamento di edifici abitativi

Il consumo attuale di energia per il raffreddamento di edifici abitativi in Svizzera ammonta a 1'217 GWh (BFE, 2007)

Rapportando la superficie utile lorda (SUL) svizzera di 419.3 milioni di m^2 (BFS, 2015) con quella ticinese di 20 milioni di m^2 (Ufficio di Statistica, 2014), si ricava che la SUL ticinese rappresenta il 4.8 % della SUL Svizzera.

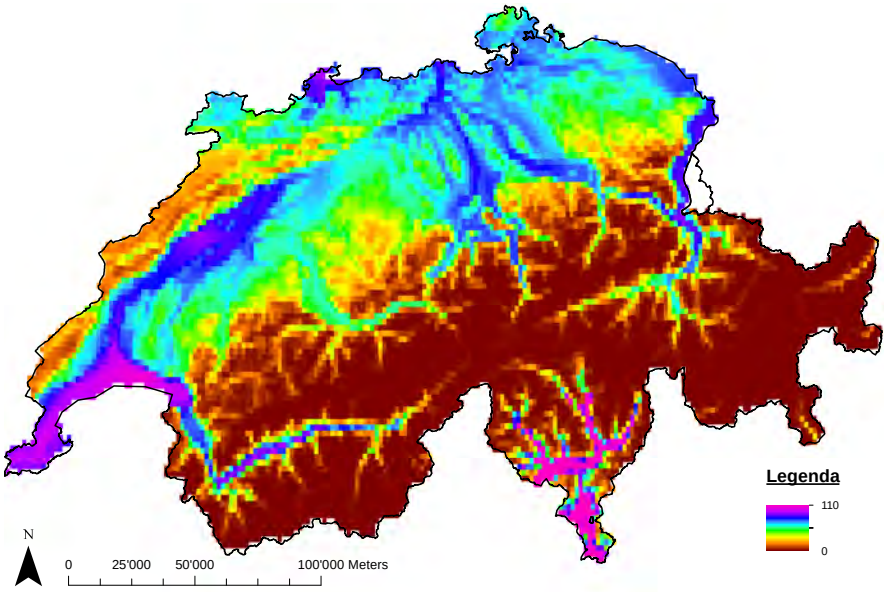


Figura 157: Giorni di raffreddamento in Svizzera (scenario di riferimento 2010). Da notare la forte differenza fra le zone abitate del Ticino e della Svizzera tedesca (MeteoSvizzera, 2014b).

Nei centri abitati del Ticino le temperature, e con esse anche i giorni di raffreddamento, sono molto più elevate rispetto al resto della Svizzera (vedi Figura 157). Il valore medio svizzero dell'energia impiegata per m^2 di SUL per il raffreddamento di edifici (2.9 kWh/m^2) deve essere corretto in ragione di questa differenza. A tale scopo è stato utilizzato il rapporto (per il clima attuale) tra i giorni di raffreddamento a Lugano (99) e quelli di una media svizzera basata sui valori delle 9 città più popolate della nazione (55) (MeteoSvizzera, 2014). Sulla base di questi dati si ottiene un consumo specifico di 5.2 kWh/m^2 per il raffreddamento degli edifici abitativi in Ticino, dal quale si calcola un fabbisogno annuale di energia pari a 105 GWh che corrisponde (prezzo dell'energia elettrica di 0.16 CHF/kWh) a 17 milioni di CHF.

I due scenari futuri sono stati ricavati sulla base della variazione dei giorni di raffreddamento a Lugano (MeteoSvizzera, 2014). Si valuta un aumento del fabbisogno di raffreddamento di edifici del 23 % per lo scenario 2060 debole e del 46 % per lo scenario 2060 forte.

L'incertezza dei costi per lo scenario di riferimento è dovuta alle stime dei consumi per la climatizzazione di edifici (valori Svizzeri e non prettamente ticinesi) e alle fluttuazioni annuali dei giorni di raffreddamento ed è dunque considerata **bassa**. L'incertezza delle stime future è considerata come **bassa** ed è da ricondurre principalmente ai seguenti fattori:

- Incertezza degli effetti dei cambiamenti climatici sui giorni di raffreddamento;
- Incertezze nel calcolo del fabbisogno di energia per il raffreddamento di edifici.

Raffreddamento trasporto stradale privato (veicoli leggeri)

In Svizzera si stima che i veicoli a motore necessitano un supplemento del 3.1 % di carburante per la climatizzazione (raffreddamento degli abitacoli) (EBP/SLF/WSL, 2013). Anche in questo caso, trattandosi di un dato nazionale e considerando che le temperature ticinesi sono più elevate della media svizzera, questa percentuale è stata adattata alla situazione ticinese sulla base del rapporto del numero di giorni di raffreddamento di Lugano rispetto a quelli svizzeri. Il supplemento ticinese di carburante necessario per il raffreddamento di veicoli a motore è dunque risultato essere del 5.6 %.

In Ticino il consumo complessivo annuale (dato 2013) di carburante per automobili ammonta a 45'179'000 litri di diesel e 148'715'000 litri di benzina (SUPSI, 2014)

Considerando il prezzo del diesel a 1.72 CHF/litro e 1.64 CHF/litro per la benzina (valori medi 2010) (BFS, 2015) si ottiene un costo annuale per il raffreddamento di veicoli di 18 milioni di CHF.

I due scenari futuri sono stati calcolati sulla base della variazione dei giorni di raffreddamento a Lugano (scenario 2060 debole +23 % e scenario 2060 forte +46 %).

L'incertezza dei costi per lo scenario di riferimento è dovuta principalmente alle stime dei consumi per la climatizzazione di autoveicoli (valori Svizzeri e non prettamente ticinesi) e alle fluttuazioni annuali dei giorni di raffreddamento. Essa è considerata **bassa**. L'incertezza delle stime future è considerata come **bassa** ed è da ricondurre principalmente ai seguenti fattori:

- Incertezza degli effetti dei cambiamenti climatici sui giorni di raffreddamento;
- Incertezze nel calcolo del fabbisogno di energia per il raffreddamento di veicoli a motore.

Raffreddamento di mezzi pubblici

L'energia impiegata per il raffreddamento di mezzi pubblici in Ticino è da ricondurre sia alla climatizzazione di treni sia alla climatizzazione di mezzi pubblici a motore (autopostali, autobus, ecc.).

Per quanto concerne l'energia impiegata per il raffreddamento di treni (FFS) la procedura svolta è analoga a quella impiegata per il calcolo del fabbisogno di riscaldamento (vedi capitoli precedenti). In estate (e dunque a scopo di raffreddamento) le FFS utilizzano il 36 % dell'energia destinata annualmente alla climatizzazione dei vagoni dei treni. Considerati i dati esposti in precedenza e la differenza fra i giorni di raffreddamento svizzeri e ticinesi la spesa odierna per il raffreddamento dei treni annuale ammonta a 2.5 milioni di CHF.

Per la stima del fabbisogno di carburante per il raffreddamento di mezzi pubblici su strada si può ricorrere al consumo di carburante della categoria autobus (2'255'000 litri/a di diesel e benzina (SUPSI, 2014)). Sulla base del quale si calcola un costo di 0.2 milioni di CHF all'anno. Giova rilevare che così facendo si commette una piccola imprecisione perché la categoria dei bus comprende anche i torpedoni delle agenzie private.

In sintesi sommando le due cifre ne deriva un costo complessivo per il raffreddamento di mezzi pubblici (su rotaia e su strada) di 2.7 milioni di CHF.

Anche per il raffreddamento di mezzi pubblici gli scenari futuri sono basati su un aumento del 23 % dei giorni di raffreddamento a Lugano per lo scenario debole e del 46 % per lo scenario forte.

L'incertezza dei costi per lo scenario di riferimento è dovuta alle stime dei consumi per la climatizzazione di veicoli a motore e ferrovia (entrambi valori Svizzeri e non prettamente ticinesi), alle fluttuazioni annuali dei giorni di raffreddamento e alla percentuale di autobus non appartenenti alla categoria dei mezzi pubblici ed è dunque considerata **bassa**. L'incertezza delle stime future è considerata come **bassa** ed è da ricondurre principalmente ai seguenti fattori:

- Incertezza degli effetti dei cambiamenti climatici sui giorni di raffreddamento;
- Incertezze nel calcolo del fabbisogno di energia per il raffreddamento di veicoli a motore.

Raffreddamento industria e servizi

Allo stato attuale non esistono statistiche per il fabbisogno di energia e raffreddamento nei settori dell'industria e dei servizi in Ticino. Secondo la pubblicazione (OcCC/ProClim, 2007) attualmente in Svizzera il consumo di energia per il raffreddamento nel settore dell'industria (secondario) è di 165 GWh mentre quello nel settore dei servizi e del commercio (terziario) è di 2'850 GWh.

Nel 2012 il numero di addetti (equivalenti al tempo pieno) nel settore secondario in Ticino rappresentava il 4.9 % del numero di addetti svizzeri, mentre per il settore terziario questa percentuale è di poco inferiore; 4.5 % (UStat, 2014). Tenendo conto di queste proporzioni e della differenza nei giorni di raffreddamento a Lugano rispetto a quelli svizzeri (vedi capitoli precedenti) si è calcolato un consumo di energia per il raffreddamento nei settori secondario e terziario in Ticino pari a: 247 GWh, che con un prezzo dell'energia di 0.16 CHF/kWh, corrispondono a 40 milioni di CHF.

Il calcolo degli scenari futuri è basato anche in questo caso sul numero giorni di raffreddamento a Lugano per lo scenario di riferimento e i due scenari futuri.

L'incertezza dei costi per lo scenario di riferimento è dovuta alle stime dei consumi il raffreddamento dei settori secondario e terziario (valori Svizzeri e non prettamente ticinesi) e alle fluttuazioni annuali dei giorni di raffreddamento ed è dunque considerata **bassa**. L'incertezza delle stime future è considerata come **bassa** ed è da ricondurre principalmente ai seguenti fattori:

- Incertezza degli effetti dei cambiamenti climatici sui giorni di raffreddamento;
- Incertezze nel calcolo del fabbisogno di energia per il raffreddamento (nel calcolo non è stata fatta distinzione fra le diverse tipologie di produzione del freddo).

Impatti qualitativi

Aumento del rendimento di impianti fotovoltaici

I cambiamenti climatici potrebbero portare anche a un aumento delle ore di soleggiamento (correlato con l'aumento della temperatura media e la diminuzione delle piogge estive). Nonostante il minor rendimento di determinate tecnologie fotovoltaiche dovuto alle temperature in futuro più elevate, si può ritenere che la produzione dei pannelli solari attorno al 2060 possa aumentare grazie al maggior soleggiamento. Siccome tuttavia oggi il numero di impianti fotovoltaici è piuttosto limitato, la quantità di energia elettrica prodotta dai pannelli (anche considerando un rendimento massimo nei mesi estivi) è nettamente inferiore al fabbisogno complessivo.

L'aumento del rendimento dei pannelli fotovoltaici per gli scenari 2060 non sarà rilevante se confrontato al fabbisogno totale di energia elettrica (a causa del limitato numero di impianti fotovoltaici); quest'opportunità è valutata come **non rilevante** rispetto alle opportunità quantificate per il settore d'impatto energia.

Aumento dell'evapotraspirazione

L'evaporazione (dalla terra e dalle acque superficiali) e la traspirazione dell'acqua da parte della vegetazione (evaporazione attraverso le foglie delle piante) sono due dei processi che determinano il ciclo dell'acqua. Un alteramento della quantità d'acqua soggetta a questi due processi ha dunque delle conseguenze sulla disponibilità d'acqua nei fiumi, nei laghi e nella falda.

L'aumento della temperatura media in Ticino porterà a un aumento dell'evaporazione dell'acqua e della traspirazione delle piante e di conseguenza a variazioni nel ciclo idrologico. L'effetto di queste variazioni sarà una diminuzione della disponibilità d'acqua nei fiumi che influenzerà negativamente la produzione idroelettrica (principalmente d'estate). Questo aspetto è già stato implementato nel calcolo dei deflussi dello studio (ESI & WSL, 2015) ed è quindi già stato considerato per il pericolo/effetto "Variazione del regime delle precipitazioni". Per questo motivo questo rischio è valutato (per entrambi gli scenari) come **non rilevante** rispetto ai rischi quantificati.

5.8.3. Analisi quantitativa

Costi e ricavi attuali e per gli scenari 2060

Nella raffigurazione della Figura 158 sono esposti i costi e i ricavi legati ai diversi pericoli ed effetti influenti sul settore d'impatto energia per lo scenario di riferimento e per i due scenari futuri (i valori sono riportati nella Tabella 82).

Pericolo/effetto	Scenario di riferimento (milioni di CHF)			Scenario 2060 debole (milioni di CHF)			Scenario 2060 forte (milioni di CHF)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Frane/Colate detritiche									
Rimozione di materiale dai bacini e mancata produzione di energia	-1.2	-1.5	-2.0	-0.8	-1.5	-3.1	-0.9	-1.8	-3.6
Variazione del regime delle precipitazioni									
Produzione di energia idroelettrica	273	293	322	225	281	365	219	273	355
Innalzamento della temperatura media									
Riscaldamento di edifici	-292	-314	-346	-214	-267	-347	-168	-209	-272
Riscaldamento di mezzi pubblici	-2.3	-2.4	-2.7	-1.7	-2.1	-2.7	-1.3	-1.6	-2.1
Raffreddamento di edifici abitativi	-13	-17	-22	-16	-21	-27	-20	-24	-32
Raffreddamento trasporto stradale privato	-14	-18	-23	-18	-22	-29	-21	-26	-34
Raffreddamento di mezzi pubblici	-2.1	-2.7	-3.5	-2.4	-3.0	-3.9	-2.9	-3.6	-4.7
Raffreddamento industria e servizi	-32	-40	-51	-39	-48	-63	-46	-58	-75
Bilancio	**-178**	**-102**	**-35**	**-250**	**-84**	**74**	**-205**	**-51**	**96**

Tabella 82: Costi (negativi) e ricavi (positivi) degli impatti (suddivisi per effetto/pericolo) analizzati quantitativamente per il settore d'impatto energia. Sono rappresentati sia i costi attuali (scenario di riferimento 2010) che i costi futuri previsti per lo scenario 2060 debole e lo scenario 2060 forte. Gli effetti/pericoli evidenziati in verde sono opportunità per il settore d'impatto energia mentre quelli evidenziati in rosso sono rischi.

Frane e colate detritiche hanno già attualmente un impatto ridotto sui costi del settore d'impatto energia. La variazione della frequenza e l'intensità di questi fenomeni in futuro non avrà un impatto molto importante sui rischi legati a questo settore. La variazione del regime delle precipitazioni causerà al contrario una diminuzione piuttosto marcata dei ricavi della produzione idroelettrica.

L'innalzamento della temperatura media porterà ad una diminuzione del fabbisogno di riscaldamento in inverno e ad un aumento del fabbisogno di raffreddamento in estate. In Ticino – dove le temperature massime in futuro saranno molto elevate e dove già tuttora l'inverno è piuttosto mite – il rischio di un aumento del consumo di energia per il raffreddamento avrà un peso importante. Considerando la situazione socioeconomica attuale

l'opportunità di una diminuzione del consumo di energia per il riscaldamento risulta comunque superiore al rischio di un consumo maggiore di energia a scopo di raffreddamento. In altre parole è probabile una diminuzione del consumo in particolare di olio di riscaldamento ed un aumento del fabbisogno di elettricità per raffreddamento. Per questo motivo complessivamente l'innalzamento della temperatura media appare nel grafico come un'opportunità.

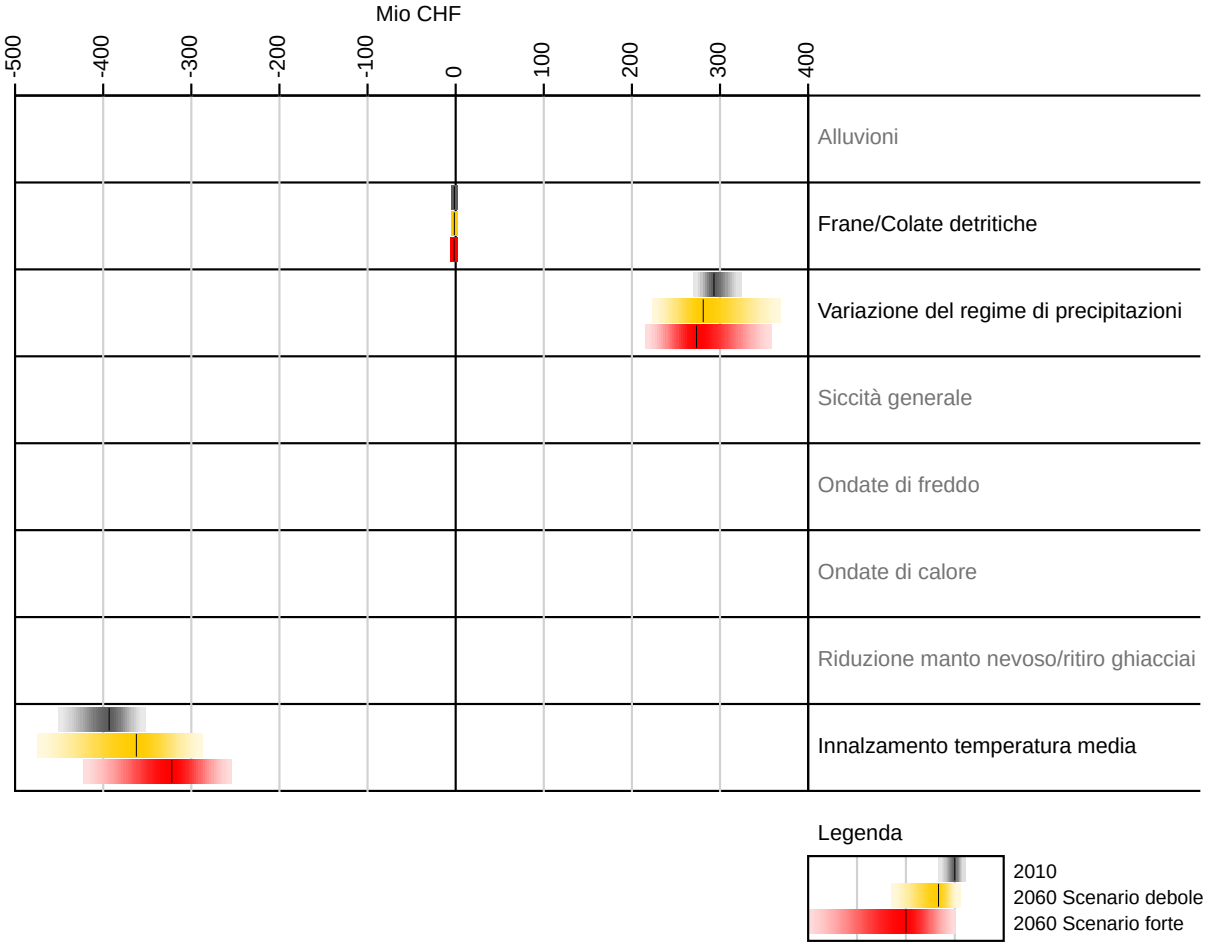


***Figura 158:** Costi (negativi) e ricavi (positivi) per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto energia per lo scenario di riferimento e gli scenari 2060 "debole" e "forte". La raffigurazione mostra il valore atteso (linea nera) e le incertezze valutate (barre colorate).*

Eventi estremi

Nella Figura 159 sono raffigurati i costi che un evento estremo (di ogni pericolo/effetto) causerebbe al settore d'impatto energia. Siccome le incertezze per gli eventi estremi sono difficili da definire nel grafico non sono rappresentate le bande di errore. Si tratta tuttavia sicuramente di incertezze molto grandi.

L'unico evento estremo che interessa questo settore d'impatto è legato alle frane e colate detritiche. Fenomeni di grandi dimensioni possono infatti provocare gravi disagi alla produzione idroelettrica a causa del deposito di materiale negli invasi.

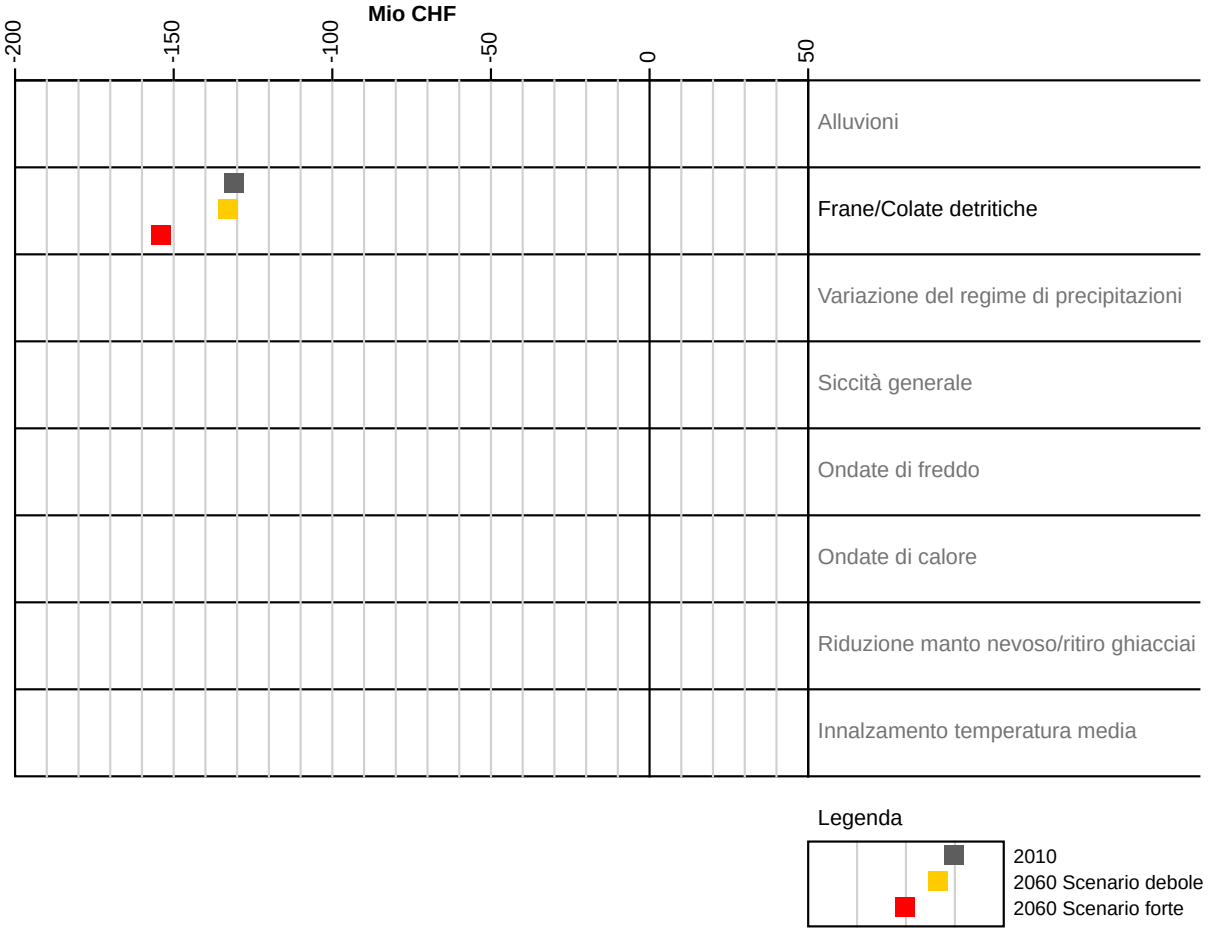


Figura 159: Costi (negativi) di un evento estremo per ogni pericolo o effetto sul settore d'impatto energia per lo scenario attuale e gli scenari 2060 "debole" e "forte".

Rischi, opportunità e bilancio finale per il settore d'impatto energia

Nella Figura 160 sono esposte le somme dei rischi e delle opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto energia.

Nel grafico dei rischi sono considerati l'aumento dei costi per il raffreddamento, la diminuzione dei ricavi per la produzione di energia idroelettrica legati al regime idrologico e l'aumento dei danni ad impianti idroelettrici causati da frane e colate detritiche. In media si osserva una perdita totale (diminuzione dei ricavi e aumento dei costi) pari a circa 30 milioni di CHF per lo scenario 2060 debole e di ca. 55 milioni di CHF per lo scenario 2060 forte.

Le opportunità dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto energia sono legate unicamente alla diminuzione del fabbisogno di riscaldamento. I costi diminuiranno mediamente di circa 50 milioni di CHF per lo scenario 2060 debole e di ca. 106 milioni di CHF per lo scenario 2060 forte.

Il bilancio totale (in basso nella Figura 160) mostra che i cambiamenti climatici avranno presumibilmente un effetto totale positivo sul settore d'impatto energia. Le differenze fra lo scenario di riferimento e gli scenari futuri sono tuttavia minime e in particolar modo per lo scenario debole si collocano nell'intervallo di incertezza.

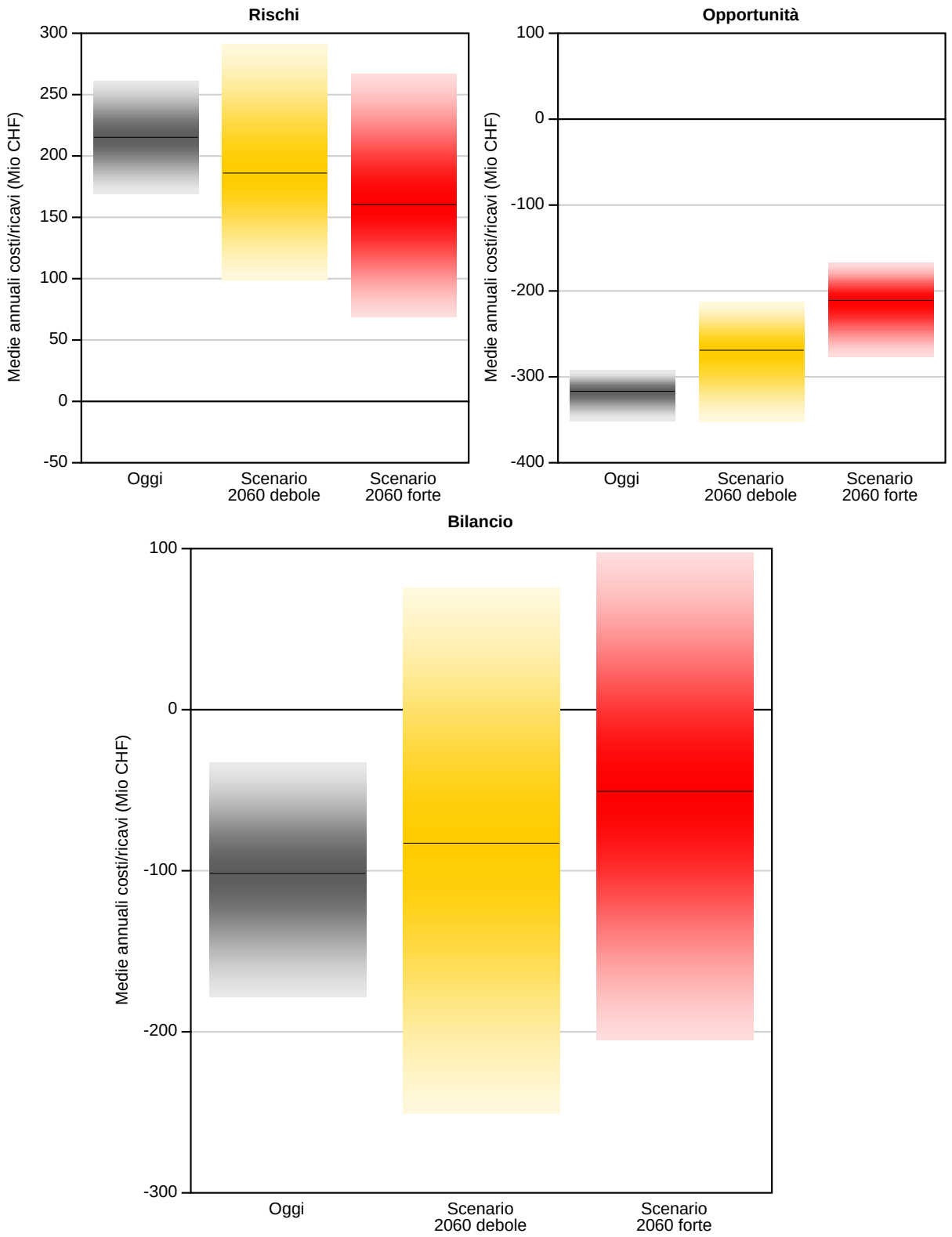


Figura 160: ***In alto: Rischi e opportunità dei cambiamenti climatici legati al settore d'impatto energia per lo scenario di riferimento e gli scenari 2060 "debole" e "forte", i costi assumono valori negativi mentre i ricavi valori positivi. Da notare che i rischi sono una conseguenza della diminuzione della somma di ricavi e costi mentre le opportunità di un aumento. In basso: Bilancio totale degli effetti dei cambiamenti climatici sul settore d'impatto energia. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.***

5.8.4. Analisi qualitativa

Nella Figura 161 è rappresentata la rilevanza dei rischi e delle opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto energia rispetto agli impatti valutati quantitativamente. I fattori di comparabilità stimati sono raffigurati in funzione dei diversi effetti e pericoli dei cambiamenti climatici e in funzione dello scenario climatico (debole e forte).

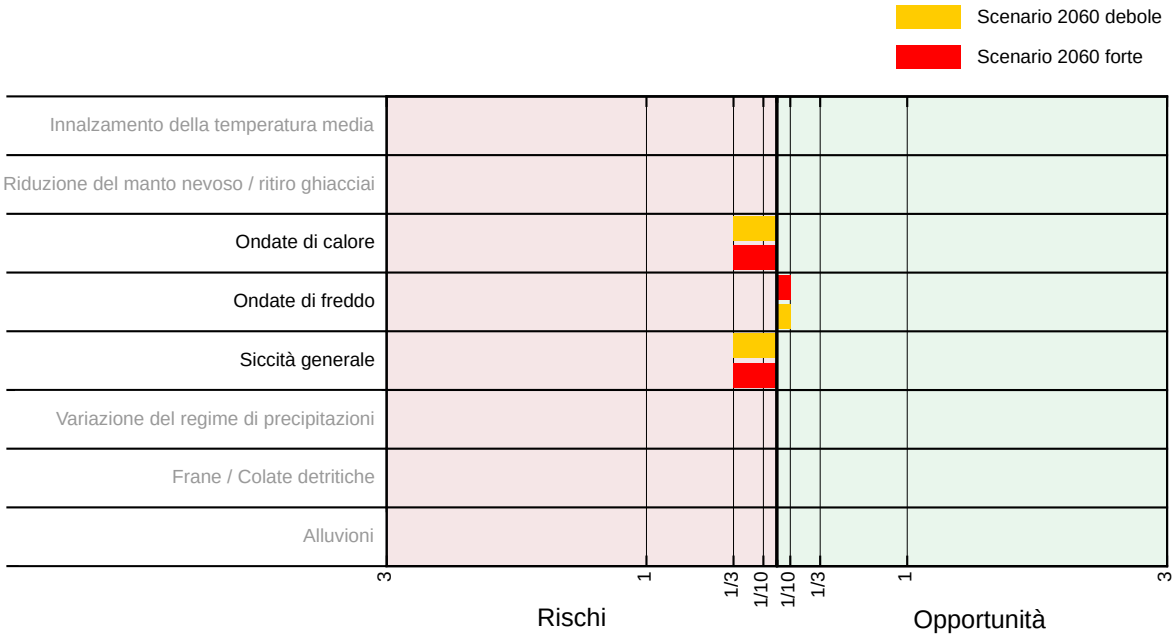


Figura 161: Valutazione degli impatti qualitativi tramite fattori di conversione, secondo rischio/effetto dei cambiamenti climatici, per lo scenario 2060 forte (rosso) e 2060 debole (giallo). Sulla sinistra del grafico sono esposti i fattori per i rischi mentre sulla destra i fattori per le opportunità.

Dal bilancio totale degli impatti valutati qualitativamente risulta che le opportunità (legate principalmente alla diminuzione delle ondate di freddo, periodi con un massiccio fabbisogno di elettricità) hanno un impatto **molto minore** rispetto alle opportunità valutate quantitativamente mentre i rischi (legati principalmente alla variazione della disponibilità d'acqua in periodi di siccità e all'aumento del fabbisogno di energia elettrica durante ondate di calore) hanno un impatto **minore** rispetto ai rischi valutati quantitativamente.

Nella Tabella 83 sono esposti gli impatti qualitativi monetizzati per il settore d'impatto energia.

Settore d'impatto	**Impatti qualitativi (milioni di CHF)**			
	Scenario debole		**Scenario forte**	
	Rischi	Opportunità	Rischi	Opportunità
Energia	-20	5	-37	11

Tabella 83: Monetizzazione dei rischi e le opportunità valutati qualitativamente per il settore d'impatto energia (scenario 2060 debole e scenario 2060 forte).

5.8.5. Scenario socioeconomico 2060

Produzione di energia

La produzione di energia idroelettrica in Ticino nel 2060 potrebbe aumentare grazie al potenziale di ampliamento in Ticino non ancora sfruttato, questo potenziale ammonta al 3.7 % del potenziale attualmente sfruttato (DT/DFE, 2010).

Lo sviluppo del prezzo della corrente elettrica nel 2060 è molto difficile da prevedere. Come già anticipato nella descrizione dello scenario socioeconomico riguardante l'energia (4.6) si ipotizza che esso aumenti del 50 % entro il 2060.

La limitazione della produzione di energia elettrica dovuta all'entrata in vigore di nuove normative relative al mantenimento di adeguati deflussi residuali (vedi anche cap. 4.6) porterà ad una perdita globale dei ricavi a livello ticinese compresa tra il 5 % e il 14 % della produzione totale (DT/DFE, 2010). Per lo sviluppo dello scenario socioeconomico del settore d'impatto energia verrà calcolata una diminuzione media del 9.5 %.

Consumo di energia

Come già anticipato nello sviluppo dello scenario socioeconomico per l'energia (cap. 4.6) entro il 2060 si ipotizza un aumento del prezzo dell'energia elettrica per il consumatore del 25 % (si passerà dagli attuali 16 cts CHF/kWh a circa 20 cts CHF/kWh). Sempre nello scenario socioeconomico è stato anche ipotizzato che il prezzo del petrolio (che influenza direttamente il prezzo dell'olio combustibile e del gas per il riscaldamento e il prezzo dei carburanti benzina e diesel) aumenterà nel 2060 del 140 %.

Secondo quanto è riportato sullo scenario socioeconomico ticinese esposto nel capitolo 4.6 nel 2060 si attende aumento del fabbisogno di superficie abitabile pro capite del 25 %. Unendo questo dato con l'aumento della popolazione previsto del 14.2 % si ottiene che l'aumento totale della superficie climatizzata nel 2060 sarà circa del 43 %.

Nel 2060 si prevede che una gran parte degli edifici esistenti venga risanata energeticamente e che gli standard Minergie degli edifici nuovi permetteranno un ulteriore risparmio dell'energia necessaria per il riscaldamento e il raffreddamento. Secondo una stima si prevede che entro metà secolo si possano ridurre i consumi per il riscaldamento di edifici abitativi e commerciali di 1/3 (DT/DFE, 2010). Per il raffreddamento di edifici abitativi si stima una riduzione dei consumi di 1/3 mentre per il raffreddamento di edifici commerciali del 30 %.

Gli scenari d'impatto CH2014 prevedono che il numero di edifici raffreddati (totalmente o parzialmente) aumenterà dall'attuale 39 % al 82 % nel 2050 (CH2014 - Impacts, 2014). Ipotizzando un aumento costante tra gli anni 2014-2050-2060 si ricava che mediamente il numero di edifici (abitazioni e edifici commerciali e per i servizi) dotati di un impianto di raffreddamento aumenterà entro il 2060 del 170 %. Per calcolare l'energia impiegata nel raffreddamento di edifici si calcola dunque un fattore di conversione di 2.7.

Per il calcolo dell'energia impiegata nel raffreddamento di veicoli, è innanzitutto da considerare l'aumento del parco veicoli ticinese. Attualmente (2013) il tasso di motorizzazione (automobili) della popolazione è di 0.621 veicoli/abitante (OST - TI, 2015), siccome, anche negli ultimi anni, questo valore è in continua crescita è da ipotizzare che nel 2060 esso possa crescere ancora del 5 %. Combinando questo aspetto con l'aumento della popolazione previsto

nel 2060 del 14.2 % si ottiene un aumento del numero di automobili a livello ticinese del 19 %.

Nello scenario socioeconomico futuro è inoltre da considerare che i veicoli dotati di un sistema di climatizzazione aumenteranno come aumenterà pure l'efficienza degli impianti di raffreddamento a seguito dello sviluppo di nuove tecnologie. Siccome entrambi questi aspetti avranno un influsso molto ridotto sui costi complessivi legati all'energia e siccome uno porterà ad un aumento dei consumi e l'altro ad una diminuzione, il gruppo di lavoro considera il loro effetto complessivo nullo (un effetto compensa pressappoco l'altro).

Il numero di mezzi pubblici in Ticino aumenterà a seguito della maggior mobilità delle persone ed a un aumento della popolazione complessiva. Negli ultimi anni si è osservata una crescita annuale del numero di abbonamenti Arcobaleno del 4.7 % (dati 1998 – 2011) (Arcobaleno, 2012). Siccome lo scenario di riferimento (2010) e gli scenari futuri (2060) sono distanziati da un periodo di 50 anni, per lo scenario socioeconomico futuro si calcola che i mezzi pubblici in Ticino aumenteranno proporzionalmente al numero di abbonamenti Arcobaleno (+ 235 %). Anche in questo caso si ipotizza che l'aumento del numero di mezzi pubblici dotati di un impianto di riscaldamento/raffreddamento venga compensato dalla diminuzione dei consumi legata al miglioramento dello stato della tecnica per gli impianti di climatizzazione.

L'incertezza dello scenario economico per il settore d'impatto energia è considerata **bassa**.

Scenario socioeconomico 2060 energia

	Costi/ricavi attuali (milioni CHF)			Fattore di conversione	Costi/ricavi 2060 (milioni CHF)		
	Min	Media	Max		Min	Media	Max
Frane/Colate detritiche							
Rimozione di materiale dai bacini e mancata produzione di energia	-1.2	-1.5	-2.0	1.0	-1.2	-1.5	-2.0
Variazione del regime delle precipitazioni							
Produzione di energia idroelettrica	273	293	322	1.4	330	413	536
Innalzamento della Temperatura media							
Riscaldamento di edifici	-292	-314	-346	2.3	-577	-722	-938
Riscaldamento di mezzi pubblici	-2.3	-2.4	-2.7	4.2	-8	-10	-13
Raffreddamento di edifici abitativi	-13	-17	-22	3.2	-43	-54	-70
Raffreddamento trasporto stradale privato	-14	-17	-23	2.9	-40	-50	-65
Raffreddamento di mezzi pubblici	-2.1	-2.7	-3.5	4.2	-9	-11	-15
Raffreddamento industria e servizi	-32	-40	-51	3.4	-107	-133	-173
Totale	**-177**	**-102**	**-35**	**-**	**-836**	**-432**	**-70**

Tabella 84: Scenario socioeconomico 2060 per il settore d'impatto energia. I rischi e le opportunità socioeconomiche 2060 sono calcolate tramite un fattore di conversione specifico per ogni effetti/pericoli.

Lo scenario socioeconomico per il settore d'impatto energia (come si può osservare nella Tabella 84 e nella Figura 162) mostra che in futuro (senza considerare l'influsso dei cambiamenti climatici) i costi aumenteranno significativamente. L'aumento è principalmente da ricondurre all'aumento del costo dell'energia per il riscaldamento e al maggior numero di edifici con sistemi di raffreddamento.

Analizzando parallelamente i cambiamenti previsti dallo scenario socioeconomico e dagli scenari climatici 2060 si può costatare che per il settore d'impatto energia i cambiamenti socioeconomici futuri avranno un influsso nettamente maggiore sui costi e i ricavi rispetto ai cambiamenti climatici.

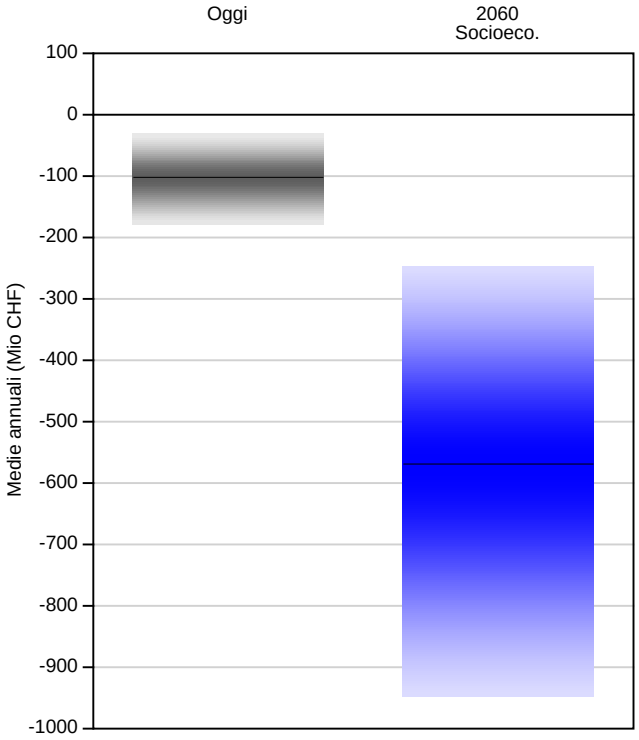


Figura 162: Rappresentazione grafica dei Costi/ricavi attuali e per lo scenario socio-economico 2060 (ipotizzando che il clima rimanga uguale a quello attuale) per il settore d'impatto energia. La raffigurazione mostra il valore atteso e le incertezze valutate.

5.8.6. Riassunto settore energia

L'analisi (qualitativa e quantitativa) degli impatti dei cambiamenti climatici in Ticino sul settore d'impatto energia ha evidenziato importanti rischi e opportunità. I rischi dei cambiamenti climatici si sono rilevati **negativi** (perdite di ca. 50 milioni di CHF/anno) per lo scenario debole e **molto negativi** (perdite di ca. 90 milioni di CHF/anno) per lo scenario forte. Le opportunità si sono rilevate invece **molto positive** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte (benefici di ca. 55 milioni di CHF/anno risp. 115 milioni di CHF/anno). Complessivamente l'impatto è risultato **piuttosto positivo** per lo scenario debole (opportunità di ca. 5 milioni di CHF/anno) e **positivo** per lo scenario forte (opportunità di ca. 25 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

Gli impatti socioeconomici sui settori energetici influenzati dai cambiamenti climatici sono invece stati valutati come **molto negativi** (perdite di circa 460 milioni di CHF/anno) (vedi anche Figura 1).

5.9. BIODIVERSITÀ

5.9.1. Situazione attuale: biodiversità in Ticino

La biodiversità[25] è definita come la varietà delle forme di vita sulla terra e si riferisce alla diversità genetica, alla diversità delle specie e alla diversità degli ecosistemi. I tre livelli sono interdipendenti e l'uno assicura il mantenimento del prossimo. La diversità genetica è alla base dell'adattabilità e dell'evoluzione delle specie, la diversità specifica assicura la funzionalità e la resilienza degli ecosistemi e la variazione degli ecosistemi fornisce delle prestazioni essenziali per l'essere umano (servizi ecosistemici come p. es. la disponibilità d'acqua pulita, la fertilità dei suoli, la stabilità dei versanti e la produttività agricola).

Il Ticino, a causa della variabilità dei fattori che agiscono sul suo territorio (clima, suoli, altitudine e impatto umano) e della storia della vegetazione dall'ultima glaciazione, è particolarmente ricco di ecosistemi e comunità biologiche differenziate. Di conseguenza la ricchezza specifica ticinese è elevata, se comparata con altri cantoni svizzeri (vedi 2.2.9). La sua posizione geografica all'incrocio di importanti aree biogeografiche europee (Figura 163) e dei climi subtropicali-mediterranei, oceanico e alpino-continentali, lascia presupporre, oltre alla citata ricchezza specifica, anche un'elevata tipicità a livello di diversità genetica di una parte almeno degli organismi presenti.

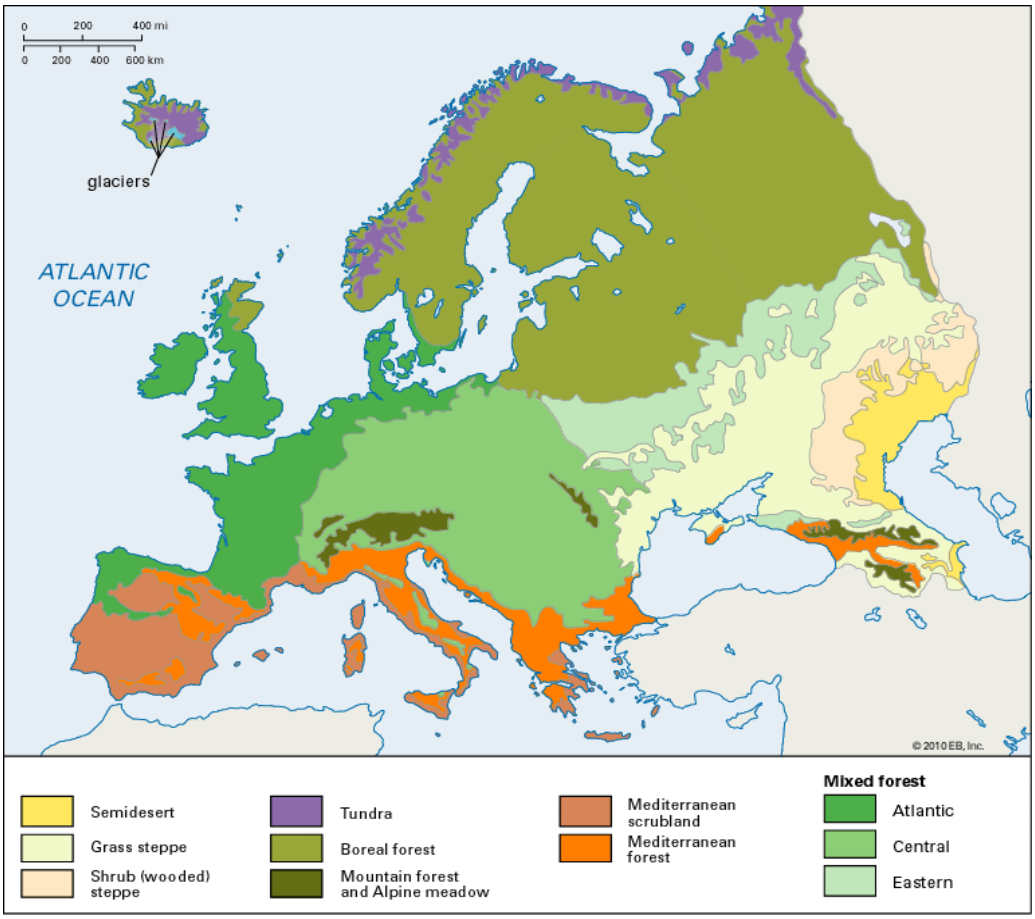


Figura 163: I principali biomi d'Europa. Il sud delle Alpi svizzero si trova in un importante crocevia (fonte: www.printable-maps.blogspot.ch).

[25] Al capitolo 5.9.6 è stato allestito un glossario dei termini tecnici specialistici del settore della biodiversità.

Biotopi e ecosistemi

Il Ticino ospita oltre 600 biotopi e comparti di territorio che rivestono una particolare importanza per la conservazione della biodiversità (Figura 164). Questi sono elencati negli inventari dei biotopi di importanza nazionale e cantonale, in base alle relative ordinanze:

- prati e pascoli secchi
- torbiere alte e di transizione
- paludi
- zone golenali
- siti di riproduzione degli anfibi
- paesaggi, siti e monumenti naturali

Oltre a quelle appena citate, vi sono numerose altre aree protette, ognuna secondo i relativi statuti, come:

- le riserve per gli uccelli acquatici e migratori
- le bandite federali di caccia
- i corsi d'acqua di importanza nazionale per il naso, il temolo e il gambero di fiume
- le riserve forestali
- la rete europea smeraldo
- il reticolo ecologico nazionale (REN)

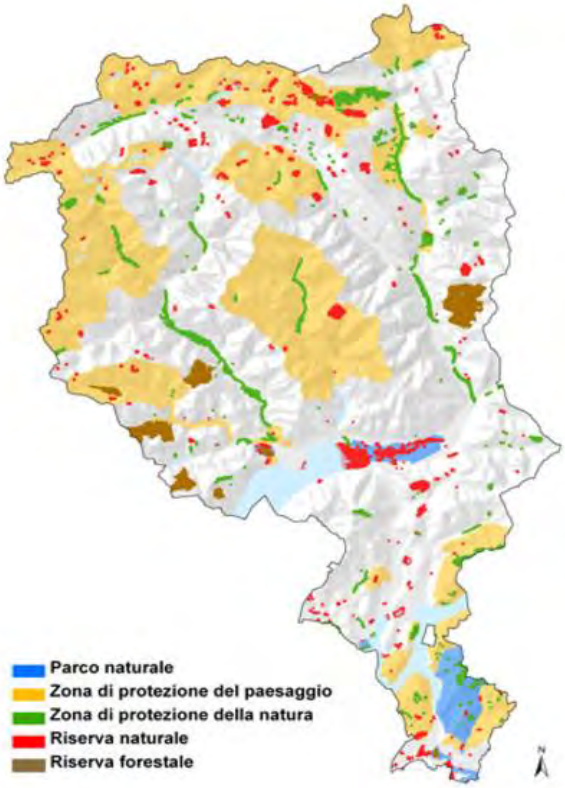


Figura 164: Le zone protette del Ticino (fonte: www.ti.ch).

Specie

Malgrado il numero totale di specie presenti in Ticino sia sconosciuto e assai difficile da stimare, è verosimile che queste ammontino a oltre 50'000 unità, se si includono anche protisti (organismi unicellulari e privi di tessuti differenziati), alghe e procarioti (batteri), vedi Tabella 85. A causa dei numerosi nunatak (zone libere dal ghiaccio) presenti in epoca glaciale e del particolare mesoclima insubrico, le specie endemiche (diffuse in un'area geografica limitata) sono relativamente numerose (p. es. *Androsace brevis* (Hegetschw.) Ces. delle alpi insubriche e *Duvalius longhii* (Comolli 1837) del Monte Generoso).

Gruppo tassonomico	Ricchezza specifica	Numero e % di specie minacciate (Lista Rossa)	Numero e % di specie protette a livello cantonale
Briofite	ca. 750	*	118 (16 %)
Piante vascolari	ca. 2'400	873 (36 %)	252 (10.5 %)
Funghi	ca. 3'500	*	20 (0.5 %)
Licheni epifiti e terricoli	ca. 275	193 (70 %)	42 (15 %)
Vertebrati	42 pesci 13 anfibi 15 rettili 140 uccelli nidificanti 66 mammiferi	14 (33 %) * * * *	** 13 (100 %) 15 (100 %) ** **
Invertebrati	ca. 40'000	*	179 (ca. 0.5 %)
Totale	47'201	-	-

**** non esiste una Lista Rossa regionale per il Ticino***
***** tutte le specie sono protette, salvo quelle cacciabili e pescabili***

Tabella 85: Principali gruppi tassonomici, ricchezza specifica (stime o valori esatti), minaccia e protezione. Non sono inclusi protisti, alghe e procarioti, di cui non esistono dati relativi al Ticino.

Diversità genetica

La diversità genetica all'interno delle singole specie riveste un'importanza fondamentale per l'adattamento delle specie ai cambiamenti dell'ambiente. Una base genetica ampia è garanzia di adattabilità a mutate condizioni (la probabilità che all'interno della specie sono presenti e disponibili genotipi meglio adattati alle nuove condizioni è più grande), quindi di sopravvivenza delle specie e di mantenimento delle loro funzioni negli ecosistemi.

Le informazioni relative alla diversità genetica all'interno delle specie presenti in Ticino sono assai frammentarie se non aneddotiche. Sono tuttavia conosciute numerose popolazioni disgiunte di specie vegetali (es. *Paeonia officinalis* sul Monte Generoso o *Adenophora liliifolia* sul San Giorgio), che lasciano presupporre la presenza di genotipi rari o unici. Per alcune specie la composizione genetica nota in Ticino è unica se rapportata alla diversità genetica delle aree di origine (es. *Cistus salviifolius*: le popolazioni ticinesi disgiunte sono costituite da

genotipi unici e diversi rispetto alle popolazioni dell'area mediterranea). Meglio conosciuta è invece la diversità genetica delle piante coltivate e delle loro parenti selvatiche, a causa della risorsa che rappresentano per l'agricoltura e l'alimentazione (UFAG, 2015).

5.9.2. Analisi dei pericoli e degli effetti 2060

Sulla base della matrice di rilevanza (v. Tabella 41) nel caso del settore d'impatto della biodiversità devono essere analizzati i seguenti pericoli e effetti: variazione del regime delle precipitazioni, siccità generale, incendi boschivi, ondate di freddo, ondate di calore, riduzione del manto nevoso/ritiro ghiacciai, innalzamento della temperatura media e tempeste/uragani. Gli impatti analizzati qualitativamente per ciascun pericolo e effetto sono riassunti nella Tabella 86.

Una rappresentazione schematica degli impatti sul settore biodiversità è consultabile nella Figura 165.

Nel settore "biodiversità" sono considerati gli effetti (come i cambiamenti nelle comunità e negli ecosistemi) che non hanno un impatto diretto sull'uomo e sulle sue attività. Nel valutare gli impatti – a differenza degli altri settori – si distingue dunque in "danni" (per es. quelli causati da neobiota invasivi) e "benefici" (ad es. in termini di estensione di certi biotopi) che i cambiamenti climatici possono influenzare e non in "costi" e "ricavi".

Le variazioni della biodiversità che implicano effetti diretti sull'uomo e sulle sue attività sono considerati nei settori d'impatto più legati a questi cambiamenti (ad esempio la proliferazione di vettori esotici di malattie viene considerato nel settore d'impatto "salute").

Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici

La diversità biologica costituisce il fondamento dei servizi forniti dagli ecosistemi. Per salvaguardarli e garantirli a lungo termine, la Confederazione ha elaborato una strategia nazionale dotata di obiettivi precisi. Un apposito Piano d'azione concretizza gli obiettivi e presenta le misure necessarie (UFAM, 2012b).

La Confederazione, nella prima parte della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, ha definito i diversi campi d'intervento. Nelle ultime colonne della Tabella 86 sono indicati i campi d'intervento della strategia svizzera corrispondenti ai diversi rischi e alle opportunità per il Canton Ticino e possibili misure per mitigare questi rischi e sfruttare le opportunità. Le misure sono state definite nella seconda parte della strategia d'adattamento (vedi capitolo 2.1). Una spiegazione delle abbreviazioni dei campi d'intervento e delle misure è data nell'allegato A1.

Per la biodiversità ticinese i campi d'intervento più toccati sono: B1 (Pool genetico), B2 (Habitat e specie) e B5 (Servizi ecosistemici). Le misure d'adattamento che si riveleranno presumibilmente più importati sono invece: b1 (Valutazione dei rischi e della gestione per popolazioni (parziali), specie e habitat particolarmente colpiti) e b3 (Garanzia dei requisiti ecologici minimi e misure di valorizzazione per gli habitat che hanno particolare bisogno di un apporto idrico sufficiente).

Pericolo/effetto	Valutazione qualitativa	Campi d'intervento	Misure
Variazione del regime delle precipitazioni	Cambiamenti nella composizione delle comunità biologiche, incremento o diminuzione di certe specie.	B1; B2; B5	b1; b3; b4
	Variazioni dei livelli di falde e laghi; distruzione di biotopi presenti o creazione di biotopi nuovi.	B1; B2; B5	b1; b3; b4
Siccità generale	Prosciugamento di ambienti fontinali (stillicidi sorgenti), di torbiere e paludi. Perdita di specie legate ai biotopi umidi.	B1; B2; B5	b1; b3; b4
	Aumento della mortalità della microfauna del suolo.	B1; B2; B5	b1; b3; b4
	Aumento di specie resistenti alla siccità.	B1; B2; B5	b1; b3
Incendi boschivi	Aumento degli incendi: aumento di superfici boschive pioniere, impatto sulla ricchezza di specie e ambienti.	B5	b3
	Soppressione della diffusione di specie sempreverdi esotiche nei boschi. Aumento di specie pioniere esotiche.	B3; B5	b6
Ondate di freddo	Diminuzione della limitazione della diffusione di organismi alloctoni invasivi termofili.	B3; B5	b1; b3; b6
Ondate di calore	Morte di individui, estinzioni di popolazioni a causa del superamento dei limiti fisiologici di tolleranza.	B1; B2; B5	b1; b2; b3
	Diminuzione dell'ossigeno sciolto nei corsi e specchi d'acqua, anossia e morie della flora e fauna acquatiche.	B1; B2; B5	b1; b2; b3
	Aumento della pressione antropica in ecosistemi fragili (corsi e specchi d'acqua con rive naturali).	B1; B2; B5	b1; b2; b3
Riduzione manto nevoso/ritiro ghiacciai	Variazione della disponibilità di acqua dallo scioglimento delle nevi e impatto sull'andamento stagionale dei deflussi. Perdita di biotopi e comunità legate ai nevai stagionali (vallette nivali). Perdita delle comunità microbiologiche legate al ghiaccio e delle catene trofiche basate su di esse.	B1; B2; B5	b1; b3; b5
	Creazione nuovi ambienti pionieri e alluvionali in altitudine.	B1; B2; B5	b1; b3; b5
Innalzamento della temperatura media	Cambiamenti nelle comunità biologiche, migrazione di specie verso l'alto, perdita di estensione degli habitat di specie criofile.	B1; B2; B4; B5	b1; b2; b3; b5
	Perdita delle comunità legate alle fasce altitudinali maggiori (alpine e nivali).	B1; B2; B4; B5	b1; b2; b3; b5
	Aumento della temperatura di specchi e corsi d'acqua, pregiudizio a comunità di organismi acquatici.	B1; B2; B5	b1; b2; b3
	Aumento della velocità dello sviluppo (quindi dei cicli vitali all'anno) e aumento delle dimensioni delle popolazioni di alcuni insetti e piante termofile.	B1; B2; B5	b1; b2; b3
	Aumento dell'estensione degli habitat di specie termofile, immigrazione di nuove specie termofile esotiche.	B1; B2; B3; B4; B5	b1; b2; b3
	Aumento dell'incidenza di neobiota invasivi.	B3	b6
Tempeste/Uragani	Variazione di superfici boschive pioniere (aumento di specie pioniere). Variazione della diffusione di specie saproxilofaghe.	B1; B3	b6

Tabella 86: Impatti analizzati per il settore d'impatto biodiversità. Tutti gli impatti sono valutati qualitativamente. In rosso sono riportati i rischi, in verde le opportunità e in blu gli impatti valutati tramite un'analisi di sensitività.

Modello degli impatti

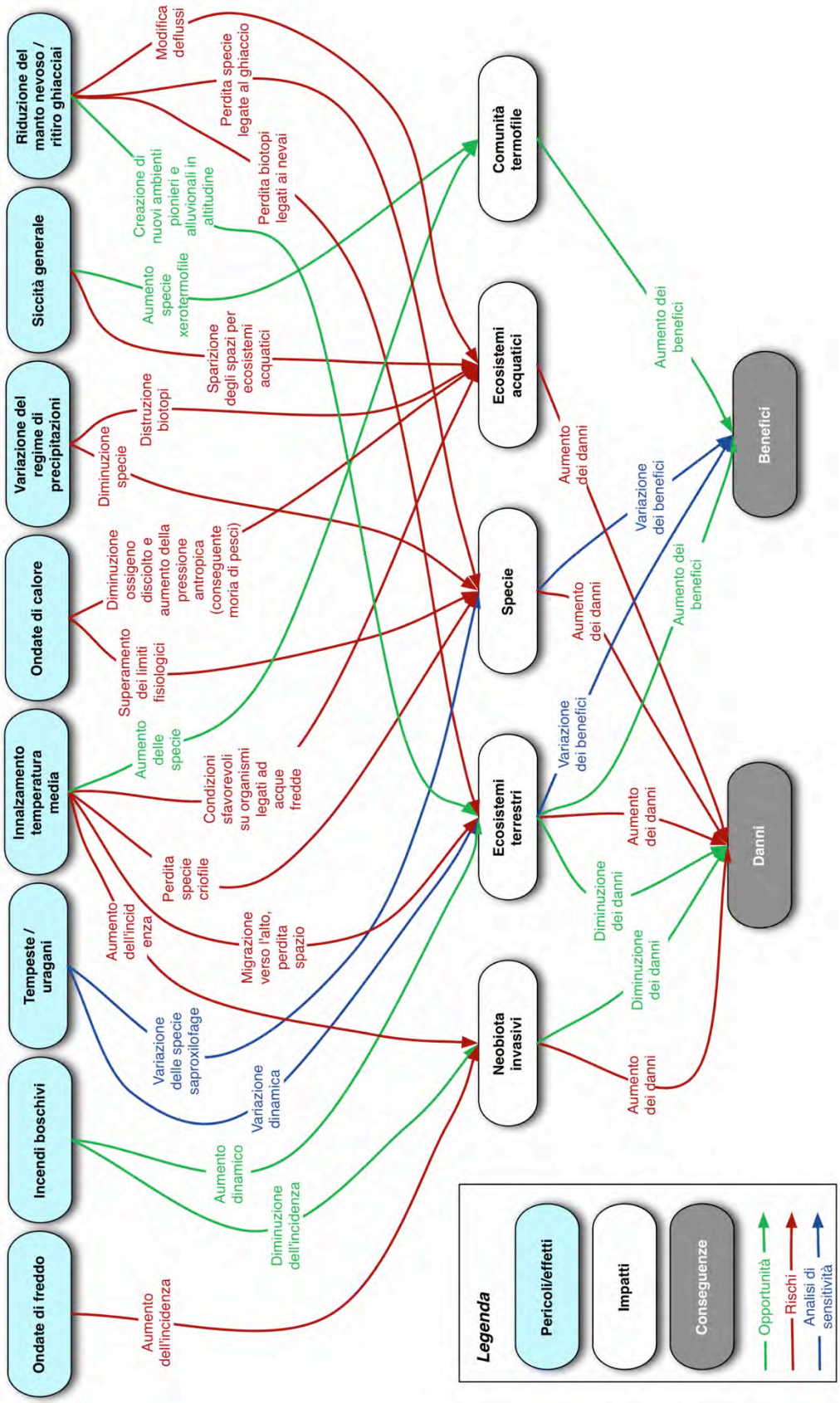


Figura 165: Rappresentazione schematica degli effetti dei cambiamenti climatici sugli impatti per il settore biodiversità.

Variazione del regime delle precipitazioni

Impatti qualitativi

Considerazioni generali

Il regime delle precipitazioni, assieme alle temperature medie mensili, determina la distribuzione dei grandi biomi terrestri (tipi di vegetazione predominanti come p. es. deserti, steppe o foreste, vedi Figura 163). La vegetazione arborea (foreste decidue, sclerofille e laurofille), ad esempio, è in grado di svilupparsi solamente dove le precipitazioni superano i 500-600 mm all'anno. Al di sotto di questo limite fisiologico, al posto delle foreste si sviluppano ecosistemi prativi come le steppe oppure, nelle zone molto fredde, le tundre (Schultz, 2000). Visto che in ambedue gli scenari (scenario "forte" e "debole") le precipitazioni annue rimarrebbero al di sopra del limite di 500-600 mm all'anno, la loro variazione non avrebbe effetto sulla vegetazione zonale, ovvero sugli ecosistemi caratteristici del macro clima (a prescindere dai fattori locali come suolo e rilievo), che in Ticino rimarrebbe la stessa: foresta a latifoglie decidue. Le formazioni azonali, distribuite puntualmente su superfici relativamente piccole poiché determinate da fattori locali come il microclima, le caratteristiche particolari del suolo (p.es terreni franosi o intrisi d'acqua) e le fasce altitudinali, subirebbero invece maggiormente gli influssi della variazione del regime delle precipitazioni. Al contempo, frazioni importanti della biodiversità si concentrano proprio in quelle isole di vegetazione azonale (si vedano i paragrafi successivi: torbiere e paludi, corsi e specchi d'acqua, prati e boschi secchi).

Torbiere e paludi

La presenza e la qualità biologica di torbiere e paludi sono legate al regime delle precipitazioni. Le torbiere (o "paludi alte") dipendono essenzialmente dalle acque meteoriche per il loro fabbisogno idrico, sono relativamente povere in specie ma rappresentano dei rifugi per specie boreo-artiche rare, altamente specializzate ed esclusive (Delarze & Gonseth, 2015). Sensibilissime al prosciugamento e all'eutrofizzazione, rimarrebbero maggiormente danneggiate da una diminuzione del regime delle precipitazioni, in particolare durante il periodo vegetativo (primavera-autunno). Al giorno d'oggi in Svizzera permangono meno del 10 % delle superfici di torbiera presenti in passato e il 23 % di esse presentano già ora problemi di prosciugamento (Klaus & al., 2007). Secondo modelli realizzati in Austria, verso il 2050 l'85 % delle torbiere saranno esposte ad un alto rischio climatico (Niedermair & al.). In Ticino sono presenti 18 torbiere di importanza nazionale che occupano una superficie di circa 54 ettari; corrispondenti allo 0.02 % del territorio cantonale (Confederazione Svizzera, 1991). È lecito pensare che, qualora la tendenza al prosciugamento delle torbiere continuasse, eventualità più che probabile nello scenario climatico "forte", si assisterà alla completa sparizione di numerose di esse in Ticino, a una riduzione della diversità genetica delle specie legate ad esse e anche all'estinzione locale di svariate specie. A titolo di esempio, la pianta *Potamogeton polygonifolius* Pourr., presente in Svizzera solo in pochissime stazioni nel Ticino meridionale (Info Flora, 2015) fra cui la torbiera di Gola di Lago (Giugni, 1995), in assenza di misure adeguate rischierebbe quasi certamente l'estinzione nel nostro paese.

Le paludi e i prati umidi alimentati dalle acque di falda, dai deflussi superficiali e direttamente dalle acque meteoriche, verosimilmente sarebbero meno esposte al prosciugamento rispetto alle torbiere (alimentate esclusivamente dalle precipitazioni). Anche esse tuttavia soffrireb-

bero per la mancanza d'acqua dovuta all'abbassamento delle falde freatiche o al prosciugamento di ruscelli causati dalla diminuzione delle precipitazioni annue, in particolare se combinata con prolungati periodi di siccità. In Ticino sono presenti 54 paludi d'importanza nazionale, distribuite su tutte le fasce altitudinali (Confederazione Svizzera, 1994). Habitat specializzati con superfici estremamente ridotte, le paludi ospitano una frazione importante della biodiversità del Cantone, la quale spesso si trova a rischio di estinzione già oggi. A titolo di esempio, circa il 55 % delle piante di palude della zona biogeografica del sud delle Alpi (Ticino e Moesano), sono attualmente iscritte nella Lista Rossa delle specie minacciate (Moser & al.). In Svizzera, un gran numero di queste piante sono presenti solamente in Ticino, come è il caso di *Ludwigia palustris* (L.) Elliott, presente solo in alcune paludi del Piano di Magadino, di *Cardamine matthioli* Moretti, presente in alcuni prati umidi del Sotto Ceneri oppure dell'orchidea *Serapias vomeracea* (Burm. f.) Briq., presente in una manciata di stazioni iperspecializzate ad umidità variabile nella fascia collinare Ticinese (Info Flora, 2015).

Corsi d'acqua e piccoli specchi d'acqua

Fra gli ecosistemi maggiormente influenzati da una modifica del regime delle precipitazioni vi sono i corsi e gli specchi d'acqua. Nei fiumi si verificherà una ridistribuzione stagionale delle portate, con eventi di magra più frequenti in particolare in Ticino (UFAM, 2012c). Livelli d'acqua più bassi in estate combinati con l'aumento della temperatura dell'aria potrebbero mettere a dura prova l'ecologia dei corsi d'acqua, in particolare l'ittiofauna, già ora fortemente minacciata. Più del 58 % delle specie di pesci della Svizzera sono infatti iscritte nella Lista rossa dei pesci minacciati e 14 % sono estinti (UFAM, 2007). L'abbassamento delle falde freatiche comporterebbe verosimilmente il prosciugamento estivo di numerosi stagni nei fondovalle (già attualmente spesso carenti in acqua), o addirittura la sparizione di questi ecosistemi in alcuni luoghi, aggiungendo ulteriore pressione sulla biodiversità dipendente da questi sistemi. Già oggi a sud delle Alpi svizzere il 75 % delle piante acquatiche sono minacciate, e numerose di esse sono presenti a livello nazionale solo in Ticino (Moser & al.), mentre, a livello nazionale, 14 specie di anfibi su 20 sono iscritte nella Lista Rossa delle specie minacciate (UFAM, 2005).In assenza di misure in loro favore, il destino del tritone crestato italiano (*Triturus carnifex,* Laurenti, 1768), della raganella italiana (*Hyla intermedia* Boulenger, 1882) e della rana di Lataste (*Rana latastei* Boulenger, 1879), tutti anfibi esclusivi al Ticino con una distribuzione ridotta, è incerto; impatti negativi della diminuzione delle precipitazioni in primavera e in estate sui loro ambienti di riproduzione sono più che probabili.

D'altro canto, l'abbassamento del livello dei grandi laghi insubrici d'estate potrebbe favorire le formazioni ad alto valore biologico e molto rare di piante annue igrofile (specie amanti l'umidità), un esempio di queste sono i nanocipereti, legati agli arenili che emergono durante i mesi estivi (Delarze & Gonseth, 2015) soprattutto nel Lago Maggiore (Bolle di Magadino e foce della Maggia). Le forti variazioni di livello del lago fra le stagioni potrebbero anche favorire le praterie a *Littorella uniflora* (L.) Asch., ambienti esclusivi colonizzati da specie estremamente rare (Käsermann, 1999). Tuttavia la regolazione del livello dei laghi e il loro utilizzo economico come riserva idrica per la produzione idroelettrica e per l'irrigazione (in particolare del Lago Maggiore), potrebbero mitigare gli effetti della siccità.

Foreste e prati xerici

In Svizzera vi sono circa 3000 prati e pascoli secchi d'importanza nazionale, 108 dei quali si trovano in Ticino (Confederazione Svizzera, 2010). Vista la sua posizione geografica a sud

delle Alpi e la presenza di numerosi rilievi che comportano pendici ben esposte, il Ticino è anche particolarmente ricco in foreste xerotermofile (amanti del caldo e del secco). È assai probabile che con un clima meno umido, la vegetazione a carattere submediterraneo diffusa a bassa altitudine al limite meridionale delle Alpi svizzere si espanda sensibilmente (Theurillat & Guisan, 2001).

Ne gioverebbero in primo luogo gli elementi legati ai prati secchi termofili, ad esempio le praterie aride insubriche (formazioni a *Cleistogenes serotina* (L.) Keng), quelli legati ai querceti di rovere e roverella e ai boschi di frassino da manna e di carpino nero, ricchi in specie submediterranee rare (Delarze & Gonseth, 2015). Anche alcune specie alloctone invasive sempreverdi, in particolare *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl. e *Cinnamomum glanduliferum* (Wall.) Meisn., sono limitate da precipitazioni annue sotto i 1'400 mm, la loro invasività sarebbe frenata dallo stress idrico, che invece favorirebbe le specie sclerofille submediterranee e mediterranee (Berger & Walther, 2006).

In considerazione dei punti discussi in precedenza il gruppo di lavoro valuta i rischi della variazione del regime delle precipitazioni (2060) sul settore biodiversità come **mediamente rilevanti** per lo scenario debole e **molto rilevanti** per lo scenario forte. Le opportunità sono valutate come **molto poco rilevanti** per lo scenario debole e **poco rilevanti** per lo scenario forte (scala di valutazione esposta nel capitolo 5.9.3).

Siccità generale

Impatti qualitativi

Biotopi terrestri

Periodi di siccità prolungata diminuiscono la disponibilità di acqua negli ambienti terrestri. A seconda della periodicità dei momenti di siccità sono immaginabili impatti negativi su formazioni legate ai terreni umidi e mesofili, e d'altro canto, il favoreggiamento di biotopi secchi la cui superficie potrebbe aumentare (vedi capitolo precedente). La siccità prolungata può portare alla morte di piante perenni e della fauna del suolo superficiale. Se gli eventi si ripetono periodicamente, le specie vegetali perenni possono essere sostituite in parte da specie annue (piante che germogliano, fioriscono, disperdono i semi e muoiono nella stessa stagione), dal ciclo vitale meglio adattato alla carenza d'acqua e da superfici di suolo nudo. In alcune situazioni, nelle zone più continentali del Cantone (Riviera, Blenio e Leventina), è ipotizzabile la parziale sostituzione della vegetazione arborea sulle pendici dai suoli superficiali rivolti a sud, con una vegetazione più steppica o cespugliosa. Infatti, già nel 2003 numerosi alberi sono morti per la siccità in queste stazioni. In altre situazioni, per esempio nelle stazioni più esposte su suoli superficiali dei massicci calcari del Sottoceneri, in caso di eventi di siccità combinati con una generale diminuzione delle precipitazioni (vedi capitolo precedente) è possibile la sostituzione di foreste xerofile con dei prati secchi rocciosi, formazioni ricche in specie e naturalmente libere da vegetazione arborea (Delarze & Gonseth, 2015). Un bilancio, in termini di biodiversità, di tali cambiamenti risulta difficile, siccome però eventi di siccità sono sempre traumatici per le componenti naturali; è quindi ipotizzabile un impatto tendenzialmente negativo sulla biodiversità.

Biotopi acquatici

Periodi di siccità portano al prosciugamento di piccoli specchi e corsi d'acqua. A seconda del momento e della periodicità con cui sopraggiungono, possono compromettere, in un dato luogo, la riproduzione della fauna dipendente dall'acqua (pesci, anfibi e invertebrati) per il compimento del loro ciclo vitale. Anche sorgenti e stillicidi potrebbero prosciugarsi. Trattandosi di ambienti altamente specializzati (Delarze & Gonseth, 2015), le componenti naturali legate ad essi rischierebbero la compromissione. D'altro canto, formazioni vegetali igrofile di specie annuali approfitterebbero transitoriamente dei fondali di stagni liberi dall'acqua. Nell'eventualità più estrema di un prosciugamento di interi corsi d'acqua si assisterebbe a importanti morie di organismi acquatici o perlomeno alla perdita della permeabilità ecologica dovuta alla frammentazione dell'habitat (p. es. la formazione di pozze d'acqua non più connesse tra di loro).

In considerazione dei punti discussi in precedenza il gruppo di lavoro valuta i rischi dei cambiamenti legati all'aumento della ricorrenza di siccità generale (2060) sul settore biodiversità come **mediamente rilevanti** per lo scenario forte, per questo scenario le opportunità sono valutate come **molto poco rilevanti** (scala di valutazione esposta nel capitolo 5.9.3). Siccome gli scenari non prevedono una variazione della siccità generale per lo scenario debole, per questo scenario non sono previsti rischi o opportunità.

Incendi boschivi

Impatti qualitativi

L'impatto sulla biodiversità degli incendi boschivi dipende soprattutto dal loro regime, ovvero dalla periodicità con la quale l'incendio ritorna. In caso di eventi puntuali nel tempo, le foreste toccate, a seconda anche della loro tipologia, tendono a tornare relativamente in fretta allo stato iniziale, dimostrando un'alta resilienza (Moretti & Conedera, 2003). L'evento puntuale significherebbe un ritorno transitorio e parziale a una fase pioniera, favorirebbe a corto termine le specie degli spazi aperti e intercalari creati, e qualche organismo specializzato degli incendi, in particolare i funghi che crescono rapidamente dopo l'evento approfittando dei nutrimenti liberati dall'incendio, come p. es. l'ascomicete *Geopyxis carbonaria* (Alb. & Schwein.) Sacc., presente anche in Ticino. La ricchezza specifica in superfici che hanno subito incendi ripetuti (a partire da una frequenza di circa 3 eventi in 30 anni) è invece significativamente maggiore rispetto a quelle indisturbate (Moretti & Conedera, 2003). A livello faunistico in questo caso, il numero di specie aumenta e rimane elevato fino a 17–24 anni dopo l'evento (Moretti & Conedera, 2005). Le specie di invertebrati maggiormente favorite dal fuoco sono quelle tipiche dei boschi aperti e luminosi (Moretti & Conedera, 2005).

L'aumento del regime degli incendi, in particolare di quelli superficiali di rapida propagazione e bassa o media intensità, favorirebbe anche le specie pirofile (organismi specializzati amanti del fuoco, che necessitano degli incendi per svilupparsi). In Ticino, cresce l'unica specie vegetale pirofila della Svizzera, il *Cistus salviifolius* L. (Moretti & Conedera, 2005), pianta minacciata tipica delle lande a *Cytisus scoparius* (L.) Link che si sviluppano su suoli acidi ed esposti presentando un elevato valore ecologico (Delarze & Gonseth, 2015).

Gli incendi limiterebbero anche la diffusione di specie latifoglie sempreverdi (laurofille) alloctone invasive (p.es. *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl. o *Prunus laurocerasus* L.), poiché la capacità delle specie laurofille di ricolonizzare siti che hanno subito incendi ripetuti è

estremamente ridotta (Grund & al., 2005). D'altro canto, in particolari situazioni, gli incendi possono anche permettere la penetrazione nel bosco di specie invasive eliofile, come l'*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle e la *Robinia pseudoacacia* L.) (Maringer & al.).

Un aumento dell'incidenza degli incendi boschivi dovuto ai cambiamenti climatici (vedi capitolo 4.5.11) comporterebbe certamente un'opportunità per la biodiversità nel Cantone; l'impatto degli incendi può quindi essere valutato positivamente.

In considerazione dei punti discussi in precedenza il gruppo di lavoro valuta le opportunità dei cambiamenti legati alla ricorrenza di incendi boschivi (2060) sul settore biodiversità come **molto poco rilevanti** per lo scenario debole e **mediamente rilevanti** per lo scenario forte (scala di valutazione esposta nel capitolo 5.9.3).

Ondate di freddo

Impatti qualitativi

Le temperature minime rappresentano i limiti di diffusione di numerose specie. La diminuzione delle ondate di freddo permette, come anche l'innalzamento delle temperature medie, la diffusione di specie in aree nuove. Alcune formazioni vegetali alpine, come ad esempio le lande o le praterie delle creste ventate, sono estremamente tolleranti al gelo, e il fatto di resistere a temperature di - 30°C a - 40°C, conferisce loro un vantaggio sulla concorrenza (Delarze & Gonseth, 2015).

L'assenza di temperature così basse potrebbe favorire la colonizzazione di specie più competitive. Numerose specie sempreverdi sono limitate dalle temperature minime e le ondate di gelo ne arresterebbero la diffusione. La palma di Fortune (*Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl), ad esempio, tollera geli fino a - 14°C (Walther, G. R.;, 1999), mentre la mimosa (*Acacia dealbata* Link) muore già a temperature inferiori a - 7°C (Marchante, 2006). L'assenza di geli prolungati negli ultimi anni, ha favorito l'invasione di queste specie nei boschi a bassa altitudine in Ticino (Walther, G. R.;, 1999) (Schoenenberger & al., 2014). Questa tendenza proseguirà sicuramente sia in termini di superfici invase che in termini di nuove specie invasive che sopraggiungono. Siccome l'impatto sulla biodiversità dell'espandersi di specie allocntone invasive è generalmente negativo (Kowarik I. , 2010), la diminuzione delle ondate di freddo è valutata come negativa per il settore d'impatto biodiversità.

In considerazione dei punti discussi in precedenza il gruppo di lavoro valuta i rischi della variazione delle ondate di freddo (2060) sul settore biodiversità come **molto poco rilevanti** per lo scenario debole e **mediamente rilevanti** per lo scenario forte. Le opportunità sono valutate come **non rilevanti** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte (scala di valutazione esposta nel capitolo 5.9.3).

Ondate di calore

Impatti qualitativi

Biotopi acquatici

La solubilità dell'ossigeno in acqua è inversamente proporzionale alla sua temperatura. Le ondate di calore possono portare al collasso di piccoli specchi d'acqua, in particolare se le loro acque sono eutrofiche. Il connubio tra la decomposizione di materia organica nella co-

lonna d'acqua (che consuma ossigeno) e la minor disponibilità di quest'ultimo dovuto alle temperature elevate ha per esempio portato più volte il Laghetto di Muzzano al collasso totale. Nel 1994, dopo un periodo di canicola, morirono oltre 16 t di pesce (Pedroli & al, 1999). L'ultima moria importante avvenne nell'agosto del 2003, dopo un periodo di siccità e di canicola (Pro Natura Ticino, 2007). Almeno localmente, le ondate di calore, possono quindi portare all'estinzione di pesci, in particolare in specchi d'acqua eutrofizzati e isolati, compromettendone la diversità genetica a livello regionale. In Ticino ci sono svariate specie di pesci minacciati di estinzione, ad esempio la savetta, (*Chondrostoma soetta* Bonaparte, 1840) endemica dell'Italia settentrionale, della Slovenia (dove è estinta) e della Svizzera meridionale, dove si trova solo nel Lago Maggiore, nel Ticino e nei canali delle Bolle di Magadino (UFAM, 2007). Un aumento delle ondate di calore e l'aumento delle giornate calde in particolare in primavera, comporterebbe anche l'aumento del disturbo antropico causato dalle attività di svago nelle montagne, lungo i fiumi e sui laghi, entrando potenzialmente in conflitto con le componenti naturali locali (p. es. uccelli nidificanti o in migrazione). L'incidenza sulla biodiversità dell'aumento di ondate di calore è da valutare piuttosto negativamente.

In considerazione dei punti discussi in precedenza il gruppo di lavoro valuta i rischi della variazione delle ondate di calore (2060) sul settore biodiversità come **poco rilevanti** per lo scenario debole e **mediamente rilevanti** per lo scenario forte (scala di valutazione esposta nel capitolo 5.9.3).

Riduzione del manto nevoso/Ritiro ghiacciai

Impatti qualitativi

Per le specie che vivono in montagna il manto nevoso invernale può essere un inconveniente, gli ungulati ad esempio perdono molta energia nella neve o gli alberi possono schiantarsi, oppure rappresenta un'opportunità per il camuffamento, l'isolamento termico o in quanto riserva d'acqua. Le nevi e i ghiacciai creano nicchie ecologiche uniche e formano ambienti che ospitano numerosi microorganismi (alghe, batteri) e alcuni animali dei livelli trofici superiori (p.es. collemboli o "pulci dei ghiacciai", coleotteri e ditteri). A sud delle Alpi svizzere, a 3'000 m s.l.m. nelle Alpi Lepontine del Cantone Grigioni, è stata ad esempio recentemente descritta la specie di coleottero *Leptusa kappenbergeri*, insetto criofilo (amante del freddo) considerato un relitto terziario endemico (Focarile, 2008).

I microorganismi psicrofili, esseri viventi a loro agio a temperature comprese fra i -20°C e i +10°C, legati ai nevai o piuttosto al permafrost, rappresentano delle comunità dalla diversità relativamente elevata (Jansson & Taş, 2014). Studi recenti dimostrano che numerose nuove specie e taxa di livelli superiori sono regolarmente scoperti in campioni di neve e ghiaccio nel mondo intero, e alcuni di questi microorganismi presentano caratteristiche fisiologiche e biotecnologiche rilevanti a livello biologico (Miteva, 2008), rappresentando quindi delle risorse genetiche a rischio di sparizione prima ancora di essere scoperte. In Svizzera, comparazioni genetiche tra le comunità di alghe della neve (dei generi *Chlamydomonas*, *Chloromonas*, *Trebouxia* e *Stichococcus*) della regione di Davos (GR) e di Airolo (TI), hanno dimostrato che in ogni regione vivono comunità specifiche al sito, anche se relativamente vicini (Bischoff, 2007).

I ghiacciai e i nevai fungono anche da riserva d'acqua e assicurano il deflusso dei corsi d'acqua in montagna. Il loro completo scioglimento comporterà la mancanza di acqua e il

prosciugamento nelle zone umide di altitudine. La scomparsa preannunciata di piccoli ghiacciai mette anche in pericolo la fauna acquatica di montagna. Infatti a livello mondiale è prevista l'estinzione del 10-40 % della fauna dei ruscelli in altitudine alimentati dai ghiacciai, spesso endemica di quegli ambienti estremi (Jacobsen, Milner, Brown, & Dangles, 2012). Ne soffrirebbero anche le vallette nivali, formazioni che ospitano una flora altamente specializzata e talvolta rara come ad esempio *Thlaspi sylvium* Gaudin (Delarze & Gonseth, 2015), in Ticino anticamente presente in Valle Verzasca (Info Flora, 2015). Lo scioglimento dei ghiacciai, d'altro canto, crea nuovi spazi vergini, sia terrestri come i margini glaciali e le zone golenali costituite da suoli minerali poveri di nutrimenti, che acquatici (laghetti), colonizzabili da specie pioniere.

Il destino delle specie tipiche degli ambienti nivali e glaciali in Ticino è difficile da prevedere, si ipotizza tuttavia un marcato impatto negativo dovuto allo scioglimento dei ghiacciai e alla minor incidenza (in tempo e spazio) del manto nevoso in inverno, importante per il completamento del ciclo vitale degli organismi legati ai nevai. È verosimile che si verifichino degli impatti negativi sulle comunità sia dal profilo della diversità delle specie che della diversità genetica.

In considerazione dei punti discussi in precedenza il gruppo di lavoro valuta i rischi della riduzione del manto nevoso e il ritiro ghiacciai (2060) sul settore biodiversità come **molto poco rilevanti** per lo scenario debole e **mediamente rilevanti** per lo scenario forte. Le opportunità sono valutate come **non rilevanti** per lo scenario debole e **molto poco rilevanti** per lo scenario forte (scala di valutazione esposta nel capitolo 5.9.3).

Innalzamento della temperatura media

Impatti qualitativi

Biotopi terrestri

Fra gli impatti dei cambiamenti climatici (e globali) sulla biodiversità degli ecosistemi terrestri meglio studiati, ci sono senz'altro le modifiche nella dinamica attuale e futura della flora e della vegetazione alpina (Frei & al., 2013). Il riscaldamento in atto già ora, provoca una risposta misurabile nella vegetazione al di sopra del limite del bosco di tutti i massicci montuosi europei: le specie adattate al freddo declinano e quelle adattate alle temperature alte aumentano (fenomeno chiamato "termofilizzazione"); si prevede quindi un declino progressivo di habitat alpini freddi e delle loro componenti biologiche (Gottfried & al., 2012). In maniera generale è prevedibile lo spostamento verso l'alto delle fasce di vegetazione, la riduzione drastica della superficie degli habitat alpini, e il loro isolamento reciproco: le cime delle montagne, dove si rifugeranno le specie adattate alle temperature più basse non saranno più interconnesse; ne consegue un elevato rischio di estinzioni locali e la diminuzione della diversità genetica (Theurillat & Guisan, 2001). In che misura questi processi rappresentino dei rischi effettivi per la diversità specifica in altitudine è in parte controverso. Infatti, numerosi modelli non considerano le importanti variazioni microclimatiche e micro topografiche nelle alpi e quindi la complessità del mosaico di habitat su scala ridotta. Si manterrebbero dunque delle aree rifugio ristrette che potrebbero permettere alle specie di persistere (Engler & al., 2011). D'altro canto, tenuto conto del fatto che i cambiamenti nella vegetazione sopraggiungono temporalmente sfasati rispetto ai cambianti climatici, si ipotizza una riduzione media del 44-50 % dell'area di diffusione di un gran numero di specie vegetali alpine entro la fine

del secolo (Dullinger & al., 2012). Maggiormente minacciate sono le specie endemiche delle Alpi con areale ristretto ad alcune vette poco elevate e le specie relitto artico-alpine (con areali di diffusione disgiunti nelle alpi e nell'artico) a diffusione ridotta (Theurillat & Guisan, 2001). In Ticino vi sono numerose specie vegetali che sarebbero a rischio di estinzione (Info Flora, 2015), tra cui l'*Androsace brevis* (Hegetschw.) Ces., specie delle montagne (orofita) endemica dell'Insubria (con un areale di distribuitone dal diametro inferiore ai 100 km), la *Potentilla grammopetala* Moretti, specie endemica delle Alpi occidentali e meridionali o la *Saponaria lutea* L. endemica delle Alpi Graie e vallesane (in Ticino è presente nella Val Corno). Qualora le temperature dovessero aumentare rapidamente e nell'ordine di 3°C i cambiamenti attesi, a livello di vegetazione, sarebbero profondi, (Theurillat & Guisan, 2001). In tal caso sono immaginabili anche mutamenti delle interazioni fra specie con esiti sulla biodiversità completamente imprevedibili, come i cambiamenti delle relazioni di predazione (p. es. tra predatore e preda o tra insetti e piante nutrici) o di relazioni mutualistiche (p. es. tra micorrize e piante o tra insetti impollinatori e piante), dovuti a impatti differenziali sui partner che risultano in sfasamenti spaziali o temporali e quindi alla compromissione o all'interruzione di tali relazioni (Schweiger & al., 2012).

A bassa altitudine nelle fasce collinari, è prevedibile un aumento delle comunità xerotermofile (vedi anche capitolo 4.5.2), con conseguenti vantaggi per le loro componenti naturali. Particolarmente avvantaggiati sarebbero gli artropodi terrestri, si prevede ad esempio che svariati insetti saranno in grado di aumentare i cicli riproduttivi (numero di generazioni) all'anno (Duelli, 2007). È previsto anche un aumento delle farfalle diurne ad un'altitudine superiore di 1'200 m s.l.m. (Plattner & Altermatt, 2012). D'altro canto in occasione di disturbi climatici globali, come nel caso un rapido innalzamento delle temperature, sono favorite le comunità biologiche a bassa diversità (McKinney & Lockwood, 1999). Poche specie dominanti e generaliste sostituiscono comunità ricche e specializzate, in particolare di specie rare o endemiche. In altre parole si assiste a una omogeneizzazione biotica ("biotic homogenization") con conseguente riduzione della diversità spaziale. L'impatto dell'innalzamento delle temperature medie è valutato in modo marcatamente negativo sulle comunità specializzate dell'arco alpino, e limitatamente positivo sulle comunità termofile di bassa altitudine.

Biotopi acquatici

La temperatura dell'acqua è un fattore determinante per la distribuzione delle specie negli ecosistemi acquatici. Il riscaldamento degli specchi e dei corsi d'acqua comporta pure la diminuzione della concentrazione dell'ossigeno. Temperatura, ossigeno sciolto e velocità della corrente determinano la zonazione degli habitat fluviali (Figura 166). Con il riscaldarsi delle acque dei fiumi e la conseguente diminuzione dell'ossigeno sciolto, questi equilibri possono essere perturbati (vedi anche capitolo “ondate di calore”, nel quale è descritto il pericolo di morie di pesci). Già oggi, il riscaldamento climatico ha provocato il ritiro delle trote verso regioni più elevate di 100-200 m nelle Alpi (Hari & al., 2006). In Ticino ad esempio, il Temolo (*Thymallus thymallus* Linnaeus 1758) è presente nella parte bassa della Maggia, del Brenno e del Ticino, mentre vi sono solo due aree di riproduzione assai ridotte: un tratto della Maggia tra Bignasco e Cevio e la zona della Leggiuna a Malvaglia (Confederazione Svizzera, 2015). Con il riscaldarsi delle temperature delle acque, in combinazione con periodi di siccità, i parametri per la zonazione naturale dei fiumi non sono più dati e le conseguenze negative su questa specie e sulle comunità in generale nei fiumi ticinesi sono probabili.

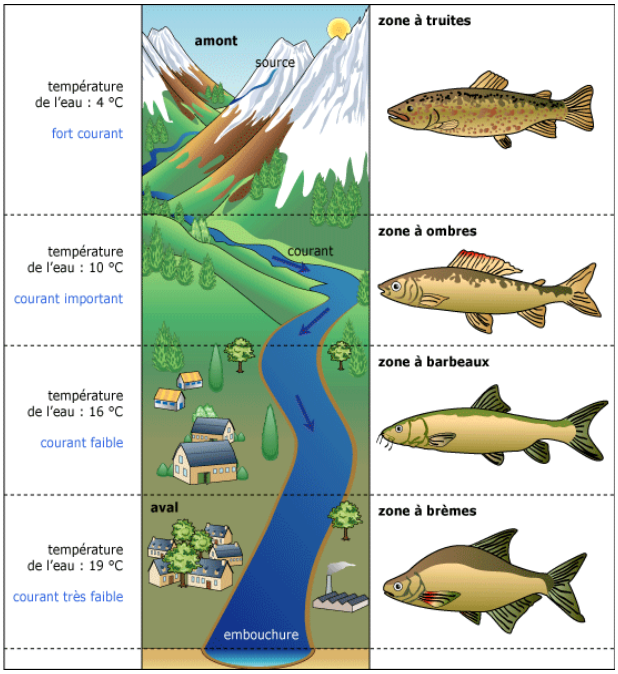


Figura 166: Zonazione degli habitat di un fiume, in Ticino sono presenti le zone della trota (truite) e del temolo (ombre) (fonte: www.maxicours.com).

Il riscaldamento delle acque dei laghi implica la diminuzione degli eventi di mescolamento delle acque superficiali con quelle profonde, favorendo la stratificazione permanente delle acque dei grandi laghi (Kipfer & D.M., 2008). Ne consegue un effetto negativo sull'ossigenazione degli strati profondi dei laghi e sull'eliminazione, nel tempo, del fosforo (presente in fondali inquinati): il risanamento trofico dei laghi rallenta. La diminuzione della concentrazione dell'ossigeno nelle acque implica anche un aumento del rischio di epidemie, ad esempio della malattia renale proliferativa dei pesci (UFAM, 2012b), già oggi diagnosticata nel Laveggio e nel Vedeggio (Confederazione Svizzera, 2015). L'impatto dell'innalzamento delle temperature sulla biodiversità degli ecosistemi acquatici è valutato negativamente.

Specie alloctone invasive

Assieme al cambiamento dell'uso del territorio, della globalizzazione del traffico di merci e del trasporto di persone anche i cambiamenti climatici favoriscono l'arrivo e la diffusione di specie alloctone (Kowarik I. , 2010). Un esempio tipico è la diffusione di ambienti naturali da parte di specie ornamentali termofile, coltivate nei parchi e nei giardini (Walther & al., 2002). In ambienti disturbati del Ticino meridionale, buona parte delle specie alloctone sono strettamente termofile, mentre non è così per le specie autoctone (Bellosi & al., 2011). Essendo la termofilia più accentuata nella flora esotica rispetto a quella indigena, è ipotizzabile che con lo scaldarsi della temperatura le specie alloctone risulterebbero ulteriormente avvantaggiate. Solo circa un quinto delle quasi 500 specie di piante alloctone del Ticino sono considerate invasive e dannose per la biodiversità, l'economia o la salute (Schoenenberger & al., 2014), mentre le altre rivestono un ruolo neutro se non - in prospettiva - possono essere considerate come un arricchimento della biodiversità con potenziali funzioni e servizi ecosistemici ancora misconosciuti (Williams, 1997). Con il riscaldamento climatico, è assicurato che sopraggiungeranno nuove specie esotiche, sia piante che animali, e che alcune di esse saranno invasive e dannose.

L'innalzamento della temperatura in Ticino sta provocando un cambiamento fondamentale nelle foreste planiziali e collinari. Si assiste ad uno spostamento a livello del bioma da foreste zonali a latifoglie decidue, verso foreste di latifoglie sempreverdi o laurofille (Gianoni & al., 1988), fenomeno poi chiamato "laurofillizzazione" (Figura 167). A partire dagli anni 1960, numerose specie laurofille esotiche cominciano a naturalizzarsi dai giardini, dove erano coltivate come ornamentali, e invadere i boschi (Walther, G. R.;, 1999). Il fatto che tali specie riuscissero a compiere con successo l'intero ciclo vitale all'infuori della coltura è essenzialmente dovuto alla diminuzione netta, da 70 circa a 20, dei giorni di gelo all'anno a partire dagli anni 1950 (Walther & al., 2002).

Figura 167: Laurofillizzazione in Ticino: invasione della palma di Fortune e altre latifoglie sempreverdi in un bosco di carpino nero e frassino da manna a Figino.

Attualmente in Ticino si contano 44 specie legnose laurofille che possono crescere allo stato selvatico (Schoenenberger & al., 2014), il che rappresenta una diversità specifica del tutto ragguardevole. Non esistono però studi che valutano l'impatto della laurofillizzazione sulla biodiversità dei boschi toccati, e non è certo se il bilancio di tale cambiamento risulterebbe positivo o negativo, una volta concluso il processo. Si potrebbe comunque ipotizzare, vista l'importante diversità delle specie sempreverdi che possono diffondersi nelle nostre foreste, che a seconda del tipo di bosco invaso questo bilancio risulti differente. I castagneti (cedui e selve abbandonate) sono estremamente poveri in specie e la colonizzazione da parte delle laurofille potrebbe anche rappresentare un aumento in biodiversità. Per contro, i boschi su suoli calcarei come i querceti di rovere e roverella e i boschi di frassino da manna e di carpino nero, estremamente ricchi in specie sia legnose che erbacee, risulterebbero verosimilmente impoverite da un invasione di laurofille.

Paradossalmente sono anche questi i boschi che per natura meglio resistono alla siccità e al calore (Delarze & Gonseth, 2015). In maniera generale, l'innalzamento delle temperature medie e la conseguente maggiore diffusione di specie alloctone, avrebbero impatti piuttosto negativi sulla biodiversità, pur celando anche qualche opportunità.

In considerazione dei punti discussi in precedenza il gruppo di lavoro valuta i rischi dell'innalzamento della temperatura media (2060) sul settore biodiversità come **rilevanti** per lo scenario debole e **molto rilevanti** per lo scenario forte. Le opportunità sono valutate come **poco rilevanti** sia per lo scenario debole che per lo scenario forte (scala di valutazione esposta nel capitolo 5.9.3).

Tempeste/Uragani

Impatti qualitativi

Gli ecosistemi boschivi figurano tra quelli fortemente influenzati da tempeste e uragani, in ragione degli schianti di alberi che possono avvenire. Poiché l'utilizzo del bosco per la produzione di legname, una delle sue funzioni primarie da tempi immemorabili, è venuta a mancare nel dopoguerra in molte aree del Ticino più o meno contemporaneamente (Ceschi, 2014), si assiste a un progressivo e parallelo invecchiamento dei popolamenti. Questo comporta la carenza di formazioni pioniere e aperte da un lato (almeno a bassa altitudine), mentre dall'altro permane la carenza di legno morto e di vecchi alberi senescenti ("habitat trees"). Questa carenza è legata al fatto che l'evoluzione verso formazioni mature prossime al naturale richiede, a seconda della tipologia di bosco, tempi molto lunghi, di ben oltre un secolo. L'aumento della dinamica naturale grazie a schianti di alberi causati dagli uragani, influenzerebbe positivamente la biodiversità, sia essa legata alle strutture aperte e pioniere, o al legno morto in piedi o per terra (organismi saproxilofagi). A titolo di esempio, il coleottero cerambice saproxilofago minacciato di estinzione *Rosalia alpina* (Linnaeus, 1758), è presente in Ticino in ancora pochissime località e necessita di legno morto, in particolare di faggio esposto al sole (Duelli, P., Wermelinger, B., 2005).

Gli scenari climatici analizzati non permettono previsioni certe a proposito dell'aumento o della diminuzione della frequenza di tempeste e uragani, per cui non è possibile valutarne l'impatto nel 2060 sulla biodiversità.

5.9.3. Analisi qualitativa

Sintesi degli impatti

Ai cambiamenti climatici inevitabilmente conseguono cambiamenti nella biodiversità. Tuttavia, le interazioni fra i diversi effetti del cambio climatico (effetti spesso correlati fra di loro) e la conoscenza relativamente lacunare della reazione delle specie e dei biotopi a tali effetti, rendono difficile prevedere con precisione i cambiamenti della biodiversità dovuti al cambio climatico. L'aumento delle temperature e la diminuzione delle precipitazioni saranno tuttavia i fattori che maggiormente colpiranno la biodiversità in Ticino.

Il riscaldamento climatico avrà impatti marcati sui biotopi alpini, che si manifesteranno attraverso la risalita lungo i versanti di specie provenienti da altitudini inferiori e l'impossibilità delle specie adattate al freddo di sfuggire verso l'alto a causa della mancanza di superfici sufficientemente grandi in alta montagna o alla sparizione totale dei loro ambienti (p. es. dei ghiacciai). Nelle foreste collinari il riscaldamento climatico provocherà il cambiamento delle tipologie di vegetazione, da foreste latifoglie caducifoglie a tipologie dominate da laurofille esotiche. Anche negli ecosistemi acquatici si assisterà con una certa probabilità a mutamenti profondi delle comunità a causa del progressivo riscaldamento delle acque (in combinazione con eventi di siccità e ondate di calore). Diminuirà la capacità delle acque di sciogliere l'ossigeno, ci saranno verosimilmente dei cambiamenti negli ecosistemi lacustri (tendenza maggiore alla stratificazione e all'eutrofizzazione) e nella zonazione biologica dei fiumi. In maniera generale aumenteranno parecchio le specie alloctone termofile, favorite anche dalla rarefazione delle ondate di freddo.

La diminuzione e la ridistribuzione stagionale delle precipitazioni influenzeranno in primo luogo i biotopi acquatici, primi fra tutti le torbiere e i piccoli specchi d'acqua, che potrebbero scomparire localmente, ma anche il regime naturale dei deflussi dei corsi d'acqua, importantissimi per le comunità che vi abitano. In maniera generale si assisterà ad un aumento dei biotopi xerici, come boschi e prati aridi. L'aumento dei periodi di siccità rappresenterà un ulteriore fattore che favorirà le formazioni xerotermofile.

Una modifica del regime degli eventi di disturbo naturale (incendi, frane, inondazioni o uragani) avrebbe un impatto marcato sulla biodiversità in Ticino, ora spesso sottratta a tali dinamiche naturali, in particolare sugli elementi pionieri o dipendenti dagli incendi (specie pirofile).

Rischi, opportunità e bilancio finale per il settore d'impatto Biodiversità

Da sempre, grazie all'evoluzione, le specie, le comunità e gli ecosistemi si adattano ai mutamenti delle condizioni ambientali. Le trasformazioni a livello di biodiversità che ne conseguono sono spesso irreversibili. D'altro canto, se i cambiamenti sono graduali e gli organismi naturali in grado di adattarsi o di evolvere sufficientemente in fretta, le funzioni nel sistema rimangono conservate. Vengono semplicemente assunte da specie diverse.

I rischi dei mutamenti climatici per la biodiversità e la funzionalità degli ecosistemi derivano in primo luogo dalla velocità con i quali questi avvengono. Lo scenario forte implica senza dubbio molti più impatti negativi rispetto allo scenario debole, a causa della rapidità e intensità dei cambiamenti (poiché cambiamenti troppo drastici nuocciono alla biodiversità in generale). La funzionalità di certi ecosistemi sarebbe messa in gioco, e quindi anche i servizi che

forniscono. Per certi ecosistemi è praticamente certo che in ambedue gli scenari climatici analizzati, questi mutamenti sopraggiungono troppo in fretta, pregiudicando seriamente le componenti naturali legate ad essi. È l'esempio delle torbiere che rischiano di sparire completamente, oppure delle specie orofile endemiche di cui il Ticino è relativamente ricco che rischiano di estinguersi. Le opportunità per le specie e gli habitat xerotermofili sono difficili da valutare in ragione della grande incertezza legata alla velocità con la quale sono in grado di formare nuovi ecosistemi stabili e delle invasioni da parte di specie esotiche dominanti.

Principali rischi

- perdita di specie e biotopi alpini legati alle basse temperature
- perdita di specie e biotopi acquatici e palustri
- aumento della diffusione delle specie alloctone (invasive e non invasive) a scapito delle specie indigene con conseguente omogeneizzazione degli ecosistemi (le specie frequenti diventano sempre più frequenti e le specie rare diventano sempre più rare)
- diminuzione della connettività ecologica (interruzione di corridoi ecologici)
- estinzioni di genotipi locali e specie endemiche
- aumento di morie di organismi acquatici e terrestri

Principali opportunità

- aumento della dinamica naturale (incendi, eventualmente uragani)
- creazione di nuovi habitat pionieri in altitudine
- benefici per specie e habitat xerotermofili

Valutazione degli impatti

La valutazione degli impatti è connessa a forti incertezze. L'adattabilità delle specie e l'impatto sugli ecosistemi è difficile da prevedere. Sono comunque prevedibili a lungo termine importanti cambiamenti nelle composizioni delle specie e degli ecosistemi.

Nella Tabella 87 e nella Figura 168 è esposta una valutazione qualitativa degli impatti sul settore della biodiversità. I rischi sono definiti come un aumento dei danni o una diminuzione dei benefici mentre le opportunità come una diminuzione dei danni o un aumento dei benefici. Rischi e opportunità sono valutati qualitativamente secondo la seguente scala:

0 – irrilevante

1 – molto poco rilevante

2 – poco rilevante

3 – mediamente rilevante

4 – rilevante

5 – molto rilevante

Come anticipato in precedenza per il pericolo effetto “Tempeste/uragani” non è possibile stabile l’evoluzione futura. La biodiversità beneficerebbe di un aumento dell’intensità e/o della frequenza di questo pericolo mentre una diminuzione avrebbe un impatto tendenzialmente negativo.

Effetti	Rischi		Opportunità	
	Scenario debole	Scenario forte	Scenario debole	Scenario forte
Variazione del regime delle precipitazioni	3	5	1	2
Siccità generale	0	3	0	1
Incendi boschivi	0	0	1	3
Ondate di freddo	1	3	0	0
Ondate di calore	2	3	0	0
Riduzione manto nevoso/ritiro ghiacciai	1	3	0	1
Innalzamento della temperatura media	4	5	2	2
Tempeste/Uragani	-	-	-	-

Tabella 87: Valutazione qualitativa degli impatti per il settore biodiversità. Gli impatti sono suddivisi in rischi e opportunità.

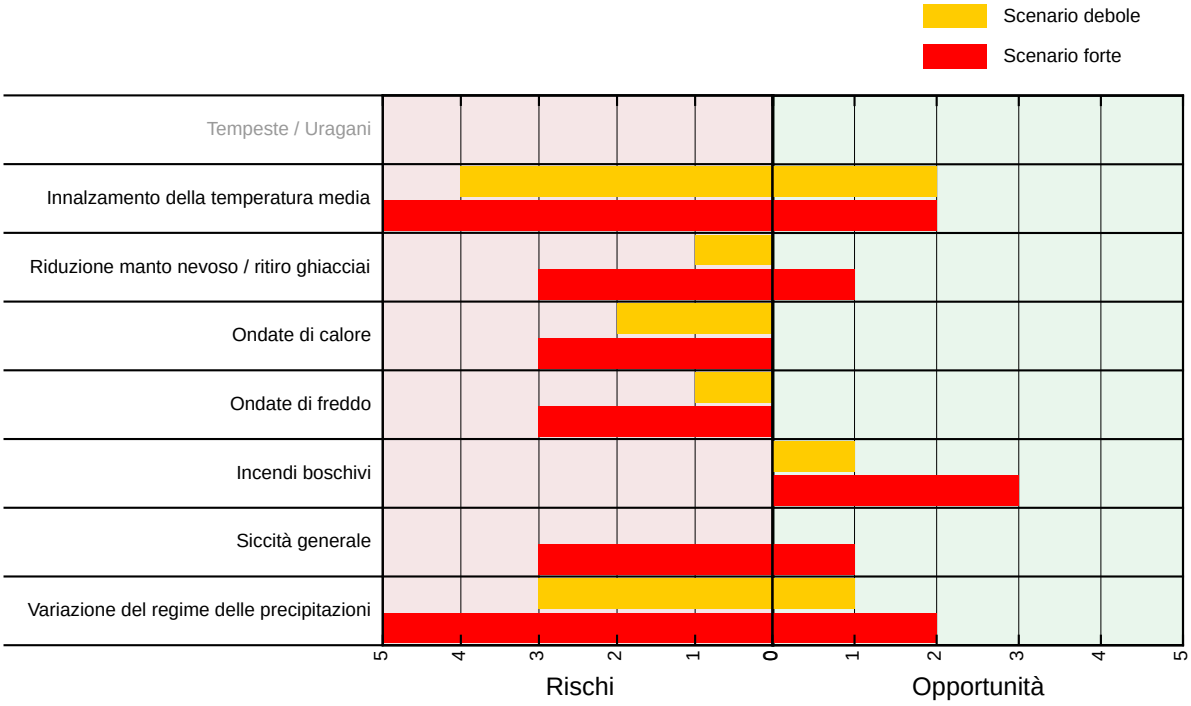


Figura 168: Valutazione degli impatti qualitativi tramite classi di importanza, secondo rischio/effetto dei cambiamenti climatici, per lo scenario 2060 forte (rosso) e 2060 debole (giallo). Sulla sinistra del grafico sono esposti i fattori per i rischi mentre sulla destra i fattori per le opportunità.

Complessivamente (considerando sia i rischi che le opportunità) si può stimare che l'impatto dei cambiamenti climatici sulla biodiversità in Ticino sarà tendenzialmente **negativo** sia per lo scenario forte che per lo scenario debole.

5.9.4. Scenario socioeconomico 2060

Prospettive del settore in Ticino

Come anticipato nel capitolo 4.6, la crescita della popolazione e l'aumento della superficie edificata nei fondovalle ticinesi metterà sotto pressione la biodiversità nelle zone di pianura. Le ripercussioni negative su questo settore d'impatto saranno principalmente legate allo sviluppo territoriale, all'inquinamento e ad altri disturbi antropici.

Nelle zone di montagna e nelle valli del Ticino (in generale ad un altitudine superiore ai 500 m s.l.m.) l'impatto socioeconomico sarà tendenzialmente positivo a causa di un continuo abbandono da parte soprattutto di agricoltori di vastissime aree lasciate a un evoluzione naturale e praticamente prive di pressioni antropiche (vedi capitolo 4.6). Questo possibile aumento della biodiversità potrebbe inoltre essere accentuato alla possibile creazione di riserve naturali protette (come ad esempio il Parco Nazionale del Locarnese e il Parc Adula).

5.9.5. Riassunto settore biodiversità

Valutando complessivamente gli impatti dei cambiamenti climatici sul settore della biodiversità in Ticino si può osservare che per entrambi gli scenari i rischi sono maggiori rispetto alle opportunità (vedi Tabella 87). Per lo scenario forte i rischi sono stati valutati come **molto negativi** (vedi Figura 1); gli accentuati cambiamenti climatici previsti potrebbero, infatti, comportare perdite importanti e irreversibili per la biodiversità ticinese. Dato il carattere irreversibile della perdita di biodiversità per questo scenario il gruppo di lavoro ha deciso di attribuire a questo rischio l'importanza massima. Per lo scenario debole i rischi sono minori poiché, grazie al cambiamento meno marcato, una parte delle specie riuscirà presumibilmente ad adattarsi. Essi sono quindi valutati come **negativi** (vedi Figura 1). Le opportunità sono state valutate sia per lo scenario debole che per lo scenario forte **positive** (vedi Figura 1). Esse appaiono infatti per entrambi gli scenari piuttosto importanti ma meno rilevanti rispetto ai rischi legati allo scenario forte. Complessivamente l'impatto è dunque risultato **piuttosto negativo** per lo scenario debole e **negativo** per lo scenario forte.

A livello socioeconomico si può ipotizzare una sorta di compensazione fra la diminuzione della biodiversità nelle zone di pianura e l'aumento della biodiversità in montagna e nelle valli. L'impatto socioeconomico viene dunque valutato come **neutro** (vedi Figura 1).

5.9.6. Glossario Biodiversità

Per facilitare la lettura del capitolo biodiversità è stato allestito un glossario con i termini tecnici più specifici relativi a questo settore.

Alloctona: importata in un'area geografica non propria (non autoctona) [26].

Autoctona: indigena, originaria del territorio biogeografico considerato[26].

Criofila: che predilige gli ambienti freddi[27].

Eliofila: che tende a vivere in ambienti molto illuminati[26].

Endemica: Specie con areale circoscritto ad un territorio, generalmente di estensione limitata[26].

Eutrofizzazione: Fenomeno di arricchimento trofico di corpi idrici a debole ricambio; è dovuto al dilavamento dei fertilizzanti usati nella coltivazione delle terre circostanti o all'inquinamento organico prodotto dalle attività umane o a prodotti di rifiuto industriali. Provoca le cosiddette fioriture del fitoplancton che rendono inadatto l'ambiente per altre specie, alterandolo (per es., pesci)[27].

Laurofilla: latifoglie sempreverde.

Livello trofico: Il livello trofico corrisponde ad ogni anello della catena alimentare, mediante il quale l'energia (intesa come nutrimento) fluisce attraverso un ecosistema, trasferendosi da un organismo all'altro, a partire dal mondo vegetale, per arrivare ai carnivori di grosse dimensioni[28].

Mesofila: che predilige latitudini temperate e ambienti né troppo umidi né troppo secchi[27].

Orofila: propria delle zone di montagna[27].

Pioniera: Pianta in grado di insediarsi su un substrato minerale nudo, privo di vegetazione[26].

Saprofago: Organismo che si nutre di sostanze organiche in via di decomposizione[27].

Sclerofilla: Pianta le cui foglie presentano adattamenti particolari, che la rendono rigida. Si interpreta come un adattamento all'aridità[26].

Taxa: Categorie sistematiche corrispondenti a entità, raggruppamenti ordinati degli esseri viventi. I taxa possono essere di qualsiasi livello gerarchico: in senso decrescente ricordiamo il phylum (o tipo), la classe, l'ordine, la famiglia, il genere e la specie[27].

Termofila: che predilige gli ambienti caldi[27].

Vegetazione zonale: Vegetazione di una certa zona con caratteristiche climatiche determinate[27].

Xerofila: che predilige gli ambienti aridi[26].

---

26 Fonte: http://vnr.unipg.it/habitat/glossario.jsp; Consultato il 31 agosto 2015.

27 Fonte: http://www.treccani.it; Consultato il 31 agosto 2015.

28 Fonte: http://www.istitutoveneto.org; Consultato il 31 agosto 2015.

6. BIBLIOGRAFIA

Abegg, B. (2012). Natürliche und technische Schneesicherheit in eriner wärmeren Zukunft. *Forum für Wissen - Alpine Schnee- und Wasserressourcen gestern, heute, morgen*, 29-35.

AET. (2015). Comunicazione privata. Monte Carasso.

Aha - Centro allergie Svizzera. (2015, giugno). (D. MeteoSvizzera, Produttore) Tratto da http://www.pollenundallergie.ch

Aha. (2007). *Allergia ai pollini.*

AIL. (2010). *Analisi dei consumi di acqua durante la siccità.* Muzzano.

AIL. (2014). Comunicazione privata. Muzzano.

AIL. (2015). *Confronto prezzi gas - olio combustibile.* Muzzano.

Alertswiss. (2015). *Preparativi e comportamento corretto da adottare in caso di catastrofi e situazioni d'emergenza*. Tratto da Conoscere i pericoli - Balckout: https://alertswiss.ch/it/conoscenze-suggerimenti/conoscere-i-pericoli/#

Angelini, R., Finarelli, A. C., Angelini, P., Po, C., Petropulacos, K., Mancini, P., et al. (2007). Un'epidemia di febbre chikungunya nella provincia di Ravenna. *Eurosurveillance Weekly*, *12* (9).

ANU. (2015). *Klimawandel Graubünden - Analyse der Risiken und Chancen (Arbeitspapier 3).* BAFU.

Arcobaleno. (2012). *Trasporto pubblico arcobaleno - Rapporto pubblico 1997 - 2011.* L'aria cambia - Sezione della mobilità Ticino.

ARE. (2012). *Tendenze e sfide dello sviluppo territoriale - Dati e approfondimenti relativi al Progetto territoriale Svizzera.* Bern.

Assicurazione grandine. (2015). *Estratto dei danni al settore agricolo per il Canton Ticino, 2000-2014.*

BAFU. (2014). *Invasive Spezies in der Schweiz - Informationsbroschüre.*

Barelli, E. (2015). Lista dei principali eventi naturali - Ticino. FFS.

Bellosi, B., & al. (2011). Exploring the flora of inert landfill sites in Southern Ticino (Switzerland). *Bauhinia*, *23*, 1-15.

Berger, S., & Walther, G.-R. (2006). Distribution of evergreen broad-leaved woody species in Insubria in relation to bedrock and precipitation. *Botanica Helvetica, 116*, 65–77.

Besomi, D. (2015). *Daniele Besomi's Website*. Tratto il giorno Febbraio 3, 2015 da Il turismo in Ticino - Dati e commenti: http://www.danielebesomi.ch/turismo/.

Bettelini, D. (2014). *Evoluzione della superficie forestale del Cantone Ticino.* Divisione dell'ambiente, Cantone Ticino.

BFE. (2007). *Bauen, Wenn das Klima wärmer wird - Schlussbericht.*

BFS. (2015a). *Bau- und Wohnungswesen - Die wichtigsten Zahlen*. Tratto da Statistik Schweiz: http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/09/01/key.html

BFS. (2014). *Landwirtschaftsbetriebe, Beschäftigte, Nutzfläche nach Kanton.*

BFS. (2015b). *Regionale Branchenkonten des Primärsektors, nach Kanton*. Tratto da https://www.pxweb.bfs.admin.ch/Selection.aspx?px_language=de&px_db=px-x-0704050000_102&px_tableid=px-x-0704050000_102%5Cpx-x-0704050000_102.px&px_type=PX

BFS. (2007). *Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Kantone 2005-2030.* Neuchâtel.

BFS. (2010). *Szenarien zur Bevölkerungsentwickung der Schweiz 2010-2060.* Neuchâtel.

Bischoff, Y. (2007). *Diversité et mobilité des algues de neige dans les Alpes suisses.* Edizioni Centro Biologia Alpina Piora.

Blanke, V., & Herzog, F. (2012). *Klimawandel, Nutzungswandel und Alpwirtschft. Schlussbericht des AlpFUTUR-Teilprojektes 4 «Klima», Teil 1.* Forschungsanstalt Agroscope, Reckenholz-Tänikon.

Bucur, G. M., & Dejeu, L. (2014). Influence of climate variability on growth, yielad and quality of grapes in the south part of Romania. *Horticulture*, *LVIII*.

Buzzi, M., Spinedi, F., & Kappenberger, G. *L'inverno 1950-1951 delle grandi valanghe...da un punto di vista meteoclimatico.* MeteoSvizzera.

Cancelli, V. (2013, Dicembre). Non tutta la neve vien dal cielo - Il prezzo (inevitabile) degli impianti di innevamento progammato. *Voce di Blenio*.

Canton Ticino. (2010). *Decreto esecutivo concernente l'adeguamento del canone d'acqua.*

Cassone, A. (2007). Epidemia di Chikungunya in Italia.

Cellina, F., Pampuri, L., & Sormani, M. (2012). *Quanto calore consumano gli edifici residenziali in Ticino?* SUPSI-DACD-ISAAC.

Cerutti, B., Tereanu, C., Domenighetti, G., Gaia, M., Bolgiani, I., Lazzaro, M., et al. (2004). *Canicola, mortalità e interventi di pronto soccorso durante l'estate 2003 in Ticino.* Salute pubblica n° 23.

Ceschi, I. (2014). *Il bosco del Cantone Ticino* (seconda edizione ed.). (D. d. Territorio, A cura di) Locarno: Armando Dadò editore.

Ceschi, I. (2006). *Il bosco del Cantone Ticino.* D. T. Ticino, Divisione dell'ambiente, Cantone Ticino.

Ceschi, I. (1993). La progressione dell'area forestale ticinese. *Il nostro paese*, *2014*, 37-43.

CH2011. (2011). *Swiss Climate Change Scenarios CH2011.* Zurich: C2SM, MeteoSwiss, ETH, NECCR Climate and OcCC.

CH2014 - Impacts. (2014). *Toward Quantitative Scenarios of Climate Change Impacts in Switzerland.* Bern: OCCR, FOEN, MeteoSwiss, C2SM, Agroscope and ProClim.

Conedera, M., Barthold, F., Spinedi, F., Ferrario, F., & Pezzatti, G. B. (2011). Siccità estiva e castagno. Un'ulteriore minaccia degli estremi climatici? *Scherwood*, *178*, 16-21.

Conedera, M., Cesti, G., Pezzatti, G. B., Zumbrunnen, T., & Spinedi, F. (2006). Lightning-induced fires in the Alpine region: An increasing problem. *V International Conference on Forest Fire Research*.

Conedera, M.; Pezzatti, G. B. (2005). *Gli incendi di bosco: cosa ci dice la statistica.* Bellinzona: WSL.

Confederazione Svizzera. (2015). *Geocatalogo*. Tratto il giorno 08 2015 da https://map.geo.admin.ch.

Confederazione Svizzera. (1991, 01 21). Ordinanza concernente la protezione delle torbiere alte e delle torbiere di transizione di importanza nazionale.

Confederazione Svizzera. (2010, 01 13). Ordinanza sulla protezione dei prati e pascoli secchi d'importanza nazionale.

Confederazione Svizzera. (1994, 09 07). Ordinanza sulla protezione delle paludi d'importanza nazionale.

Confederazione Svizzera. (2012). *Strategia Biodiversità Svizzera.* Ufficio federale dell'ambiente UFAM.

Consorzio BEL-LO. (2010). *Collegamento stradale Bellinzona – Locarno (A2-A13) - Studio di fattibilità.* Sezione della mobilità Ct. Ticino, Bellinzona.

Corti, G., Kappenberger, G., & Bauder, A. (2006). Appunti sui ghiacciai svizzeri e ticinesi.

Cotti, G., & al. (1990). *Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino. 1. Le componenti naturali.* (M. c. naturale, A cura di) Locarno: Armando Dadò Editore.

Cotti, G., & al. (1997). *Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino. 3. La protezione.* (M. c. naturale, A cura di) Locarno: Armando Dadò Editore.

Delarze, R., & Gonseth, Y. (2015). *Guide des milieux naturels de Suisse. Ecologie, menaces, espèces caractéristiques* (3ème ed.). Rossolis.

Dipartimento del territorio. (2014). *Messaggio numero 6990.*

Dipartimento Finanze e Economia Canton Ticino. (2014). *Messaggio numero 6907.*

Divisione della salute pubblica. (2013). *Le zecche e le principali malattie diffuse in Svizzera - Borreliosi di Lyme Meningoencefalite verno-estiva da zecca, come proteggersi?*

Domeniconi, R. (2015). *Infrastruttura di approvvigionamento e smaltimenti in Svizzera (fatti e cifre).* SSIGE / VSA.

DT/DFE. (2010). *Piano Energetico Cantonale.* Bellinzona.

Duelli, P. (2007). Manche mögens heiss Insekten auf dem Vormarsch. *Hotspot* (16), 12-13.

Duelli, P., Wermelinger, B. (2005). La Rosalie des Alpes (Rosalia alpina) Un cérambycide rare et emblématique. *Notice pour le praticien WSL*, *39*, 8.

Dullinger, S., & al. (2012). Extinction debt of high-mountain plants under twenty-first-century climate change. *Nature Climate Change*, *2*, 619–622.

EBP/SLF/WSL. (2013a). *Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz - Nicht-öffentliche Arbeitsdokumentation.*

EBP/SLF/WSL. (2013b). *Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz; Methodenbericht.* BAFU.

EBP/WSL. (2013). *Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Aargau.* BAFU.

Ecoplan. (2005). *Branchenszenarien Schweiz - Langfristszenarien zur Entwicklung der Wirtschaftsbranchen mit einem rekursiv-dynamischen Gleichgewichtsmodell (SWISSGEM).*

EKL. (2007). *Feinstaub in der Schweiz. Status-Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL).* Bern.

Elcom. (2015). *La Sua tariffa elettrica a confronto*. Tratto da https://www.strompreis.elcom.admin.ch/Map/ShowSwissMap.aspx?lang=it

Elementarschädenfonds. (2015).. *Auszug für den Kanton Tessin und für den Sektor Landwirtschaft, 1995-2014.*

Engler, R., & al. (2011). 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. *Global Change Biology*, *17*, 2330–2341.

ESI, & WSL. (2015). Studio sugli effetti dei cambiamenti climatici riguardo l'idrologia dei bacini idroelettrici Ticinesi.

Essl, F., & al. (2011). Socioeconomic legacy yields an invasion debt. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 108*, p. 203–207.

Favati, V., Macchioni, F., & Mancianti, F. (2000). *Epidemiologia della Leishmaniosi in Toscana.* Università di Pisa.

Flury & Giuliani GmbH. (2014). *Analisi strutturale del settore agricolo ticinese.*

Focarile, A. (2008). Leptusa kappenbergeri, nuova specie delle Alpi Lepontine e considerazioni sui paleo-endemiti faunistici di alta quota sulle Alpi. (Studi sulle Leptusa Kraatz, 7). (Coleoptera Staphylinidae). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, *96*, 29-36.

Frei, E., & al. (2013). Faster, Higher, More?. *Past, Present and Future Dynamics of Alpine and Arctic Flora under Climate Change. Abstracts of the international conference.* Bergün.

Fuhrer, J., & Jasper, K. (2009). Bewässerungsbedürftigkeit von Acker und Grasland im heutigen Klima. *Agrarforschung, 16*, 396-401.

Galliciotti, F. (1954). *Il flagello bianco nel Ticino.*

geo7. (2015). *Klimasensitivität Naturgefahren. Teil 1: Methodenbericht.*

Gianocca, C. (2005). *Il conto sanitario 2003 e il confronto con gli anni precedenti.*

Gianoni, G., & al. (1988). Thermophile, an laurophyllen Pflanzenarten reiche Waldgesellschaften im hyperinsubrischen Seenbereich des Tessins. *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel*, *54*, 164-180.

Giugni, G. (1995). *Gola di Lago: piano di protezione e gestione delle zone umide.* EcoControl. Dipartimento del Territorio.

GLZ. (2015). *Sorveglianza e controllo della zanzara tigre, Ades albopictus (Stegomyia albopicta), in Ticino - Rapporto di attività 2014.* Divisione della salute pubblica, Dipartimento della sanità e della socialità.

Gottfried, M., & al. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change*, 1-5.

Grund, K., & al. (2005). The role of fire in the invasion process of evergreen broad-leaved species. *Basic and Applied Ecology, 6*, 47—56.

Gumbel, E. J. (1935). Les valeurs extrêmes des distributions statistiques. *Annales de l'I.H.P., 5* (2), 115-158.

Höpflinger, F., Bayer-Oglesby, L., & Zumbrunn, A. (2011). *Pflegebedürftigkeit und Langzeitpflege im Alter - Aktualisierte Szenarien für die Schweiz.* Bern.

Hänggi, P. u. (2011). *Variations in Discharge Volumes for Hydropower Generation in Switzerland.*

Hari, R., & al. (2006). Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology, 12*, 10-26.

Huglin, P. (1978). Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *Proceedings of the Symposium International sur l'ecologie de la vigne* (p. 89-98). Cotança: Ministère de l'agriculture et de l'Industrie Alimentaire.

IEA. (2011). *World energy outlook 2011.*

Info Flora. (2015). *Centro nazionale di dati e informazioni della flora svizzera*. Tratto il giorno 08 2015 da https://www.infoflora.ch/it/

INFRAS/Egli Engeneering. (2015). *Klimabedingte Risiken und Chancen 2060 - Regionale Fallstudie Kanton Basel-Stadt.* BAFU.

INFRAS/Egli Engeneering. (2014). *Klimabedingte Risiken und Chancen 2060, Regionale Fallstudie Kanton Uri.* BAFU.

INFRAS/Egli Engineering/Sofies/INDDIGO. (2015). *Analyse des Risques et Opportunités liés aux changements climatiques en Suisse - Etude de cas Canton Genève et Grand-Genève.* BAFU.

IPCC. (2013). *Climate Change - The Physical Science Basis.* Cambridge and New York: Cambridge University Press.

Jacobsen, D., Milner, A., Brown, L., & Dangles, O. (2012). Biodiversity under threat in glacier-fed river systems. *Nature Climate Change, 2*, 361–364.

Jansson, J., & Taş, N. (2014). *Nature Reviews Microbiology, 12*, 414–425.

Käsermann, C. (1999). *Littorella uniflora (L.) ASCH. Merkblätter Artenschutz – Blütenpflanzen und Farne.* BUWAL/SKEW/ZDSF/PRONATURA.

Keller, F., & Fuhrer, J. (2004). Die Landwirtschaft und der Hitzesommer 2003. *Agrarforschung, 11*, 403-410.

Kipfer, R., & D.M., L. (2008). Wasserressourcen und Klimawandel. *Eawag News, 65d*, 8-11.

Klaus, G., & al. (2007). *Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz. Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz.* Ufficio federale dell'ambiente. UFAM.

Kowarik, I. (2010). *Biologische Invasionen. Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa.* Stuttgart: Ulmer.

Kowarik, I. (2010). *Biologische Invasionen. Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa.* Stuttgart: Ulmer.

Linsbauer, A., Paul, F., Machguth, H., & Haeberli, W. (2013). Comparing three different methods to model scenarios of future glacier change in the Swiss Alps. *Annals of Glaciology*.

Losa, F. (1999). *Valutazione degli interventi pubblici in ambiti conflittuali. Applicazione di un metodo multicriteri di aiuto alla decisione al problema della regolazione del Lago Maggiore.* Editrice Sapiens, Lugano.

Marchante, H. (2006). *Acacia dealbata Factsheet.* DAISIE.

Maringer, J., & al. Post-fire spread of alien plant species in a mixed broad-leaved forest of the Insubric region. *Flora*, *207* (2012), 19-29.

McKinney, M. L., & Lockwood, J. L. (1999). Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. Trends in Ecology and Evolution. *14* (11), 450-453.

MeteoSvizzera. (2014a). *Klimaindikatoren auf Basis gegitterter Klimadaten der MeteoSchweiz und Klimaszenarien der CH2011 Initiative.* EDI.

MeteoSvizzera. (2014b). *Klimaszenarien Schweiz - eine regionale Übersicht, Fachbericht MeteoSchweiz.*

MeteoSvizzera. (2012a). *Rapporto sul clima - Cantone Ticino, rapporto di lavoro.*

MeteoSvizzera. (2012b). Rapporto sul clima – Cantone Ticino 2012.

Meyer, K., Simmet, A., Mattle, H. P., & Arnold, M. (2008). Herz-Kreislauf-Krankheiten (Koronare Herzerkrankung un Hirnschalg). *Meyer, K. (Hrsg.): Gesundheit in der Schweiz. Nationaler Gesundheitsbericht 2008*.

Micotti, M., & Weber, E. (2013). *Rapporto D6: Sintesi del ProgettoVerbaCe.* Politecnico di Milano, Dipartimento di Elettronica e Informazione.

Miteva, V. (2008). Bacteria in snow and glacier ice. In R. Margesin, & al., *Psychrophiles: From Biodiversity to Biotechnolgy* (p. 462). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Moretti, M., & Conedera, M. (2005). Ecologia degli incendi nella Svizzera sudalpina: effetti su suolo, vegetazione e fauna. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, *156* (9), 338–344.

Moretti, M., & Conedera, M. (2003). Waldbrände im Kreuzfeuer. *Gaia*, *12* (4), 275-279.

Moser, D., & al. *Lista Rossa delle felci e piante a fiori minacciate della Svizzera.* Ufficio federale dell’ambiente, delle foreste e del pae- saggio (UFAFP, Berna).

Museo Cantonale di Storia Naturale. (1990). *Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino.* 3 Volumi, Dipartimento dell'Ambiente, Cantone Ticino.

Neteler, M., Metz, M., Rocchini, D., Rizzoli, A., Flacio, E., Engeler, L., et al. (2013). Is Switzerland Suitable for the Invasion od Aedes albopictus? *Plos One*, *8* (12).

Niedermair, M., & al. *Moore im Klimawandel.* WWF Österreich, der Österreichischen Bundesforste und des Umweltbundesamtes, Wien.

OASI. (2015a). Aria, Immissioni. *SPAAS Canton Ticino*.

OASI. (2015b). Meteo, Temperatura e precipitazioni. *SPAAS Canton Ticino*.

OcCC/ProClim. (2007). *Klimaänderung und die Schweiz 2050 - Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft.* Bern.

OST - TI. (2015). *Mobilità - Indicatori 2015, Tasso di motorizzazione.* Bellinzona.

OST. (2015). *Gli spazi liberi del fondovalle del Cantone Ticino - Tipologia e cifre essenziali.* Osservatorio dello sviluppo territoriale. Cantone Ticino. Sezione dello sviluppo territoriale.

OST-TI. (2008). *Lo sviluppo territoriale nel Cantone Ticino - Insediamenti Rapporto 2007.* Bellinzona - Mendrisio.

O-Tur. (2016). *Osservatorio del turismo*. Tratto da Domanda di turismo (settore alberghiero) in Ticino: http://www.otur.usi.ch/it/statistiche-domanda

Pedroli, J., & al. (1999). *Lago di Muzzano. Analyse des causes de mortalité de poissons.* Aquarius SA, Neuchâtel.

Perroud, M., & Bader, S. (2013). *Klimaänderung in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen.* Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Bern, Zürich.

Pflanzenkrankheiten. (2015). *Krankheiten und Schädlinge an Kartoffeln (Solanum tuberosum L.)*. Tratto da Pflanzenkrankheiten - Kartoffeln: http://www.pflanzenkrankheiten.ch/de/krankheiten-an-kulturpflanzen/kartoffeln

Plattner, M., & Altermatt, F. (2012). Klimaerwärmung verändert die Vielfalt. Spezialauswertung Talfalter. *BDM-Facts*, *1*, 1-3.

Polier. (2015, maggio). *Mapo's Seiten*. Tratto da Alluvione 08.1978 Palagnedra: http://www.polier.ch/page/archiv/vari/a-g/Bonzani/Palagnedra.htm

Polizia cantonale ticinese. (2013). *Statistica incidenti della circolazione stradale - Rapporto annuale 2012.*

Pro Natura Ticino. (2007). Riserve Naturali - Quello strano colore. *Bollettino trimestrale della Sezione Ticino di Pro Natura.*, *11*, 3-5.

Rajczak, J., Pall, P., & Schär, C. (2013). Projections of extreme precipitation events in regional climate simulations for Europe and the Alpine Region. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *118*, 3610-3626.

Regione Lombardia e Cantone Ticino. (2013). *Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio transfrontaliero.*

Repubblica e Cantone Ticino. (2014). *Messaggio 6967 - Revisione parziale della Legge sull'agricoltura del 3 dicembre 2002.* Finanze e economia.

Repubblica e Cantone Ticino. (2015). *Rendiconto del Consiglio di Stato 2014 - Allegato stratistico.* Dipartimento del territorio.

Repubblica e Cantone Ticino. (2013). *Scheda i Piano direttore: Territorio agricolo.*

Robert Nicoud, E. (2015). *Valutazione finanziaria "Protezione del bosco" periodo 2009-2015.*

Rossini, C. (2015). Produzione Ticino - Gestioni centrali AET. Monte Carasso.

Rütter Soceco/tiresia/ Line@soft. (2014). *L'impatto economico del turismo in Ticino.* DFE Canton Ticino.

Salvetti, A. (2014). *Il progetto Strada.* Ufficio dei corsi d'acqua, Canton Ticino.

SBS. (2014). *Fakten & Zahlen zur Schweizer Seilbahnbranche Ausgabe 2014.* Bern.

Scapozza, C., & Mari, S. (2010). Catasto, cartteristiche e dinamica dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi. *Bollettino della Società ticinese di Scienze Naturali*, 15-29.

Schoenenberger, N., & al. (2014). La flora esotica del Cantone Ticino (Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, *102*, 13-30.

Schultz, J. (2000). *Handbuch der Ökozonen.* Stuttgart: Ulmer.

Schweiger, O., & al. (2012). Increasing range mismatching of interacting species under global change is related to their ecological characteristics. *Global Ecology and Biogeography*, *21* (1), 88-99.

SciLogs. (2013). *Extremwetter durch planetare Wellen?* Tratto il giorno Settembre 2015 da SciLogs WissensLogs: http://www.scilogs.de/wblogs/blog/klimalounge/mechanismen/2013-06-06/extremwetter-durch-planetare-wellen

SECO. (2007). *Lavorare negli uffici in periodi di caldo.*

Sezione dell'agricoltura. (2013). *Pagamenti diretti 2003-2013.* Dipartimento delle finanze e dell'economia.

Sezione dell'agricoltura. (2015). *Rapporti sulla vendemmia 1993-2014.* Dipartimento delle finanze e dell'economia.

Sezione dello sviluppo territoriale. (2006). *Piano direttore cantonale – Studio di base: L'organizzazione territoriale in Ticino - Valutazione e indirizzi per l'elaborazione del Modello di organizzazione territoriale.* Divisione dello sviluppo territoriale e della mobilità, Dipartimento del territorio.

Sezione forestale cantonale. (2015). *Dati StorMe.* Dipartimento del territorio, Bellinzona.

Sezione Forestale Cantonale. (2015). *Decessi per pericoli naturali Canton Ticino dal 1800 al 2014.* Bellinzona.

Sezione forestale Cantonale. (2007). *Piano Forestale Cantonale.* Divisione dell'ambiente, Canton Ticino.

Sezione forestale cantonale. (2014). *Resoconto annuale.* Divisione dell'ambiente, Canton Ticino.

SIA. (2009). *SIA 380/1.*

Sommer, H., Amacher, M., & Buffat, M. (2011). *Basi economiche dei sentieri escursionistici svizzeri (riassunto).* Ufficio federale delle strade e Sentieri Svizzeri, Berna.

SPAAS. (2015). *Acqua: protezione e approvigionamento*. Tratto il giorno Febbraio 4, 2015 da www4.ti.ch/dt/da/spaas/upaai/temi/acqua-protezione-e-approvvigionamento/

SPAAS. (2003). *L'ambiente in Ticino.* D. T. Ticino, Bellinzona.

SPAAS/UNSTAT. (2013). *STAR Statistica Ticinese dell'Ambiente e delle Risorse naturali.* Bellinzona.

Steinemann, U., & Brunnen, C. U. (2007). Gebäudekühlung in der Zukunft. *Heft 22: Kühlen* (133).

SUPSI. (2014). *Bilancio energetico cantonale anno 2013.* Trevano.

SVGW. (2014). *Statistische Erhebungen der Wasserversorgung in der Schweiz - Betriebjahr 2013.*

svizzeraenergia. (2012). *Acqua: un piacere per il corpo,lo spirito e il clima.*

Swisstopo. (2015). *Map geo admin*. Tratto il giorno Febbraio 3, 2015 da https://map.geo.admin.ch

SZG/CCM/CSO. (2015). *Statistischer Jahresbericht Gemüse 2014.*

Theurillat, J., & Guisan, A. (2001). Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. *Climatic Change* (50), 77-109.

Thommen Dombois, O., & Braun-Fahrländer, C. (2004). *Gesundheitlische Auswirkung der Klimaänderung mit Relevanz für die Schweiz.* Uni Basel, Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Basel.

Trinkwasser SVGW. (2015, maggio). *Acqua potabile*. Tratto da http://www.trinkwasser.ch/default.asp

UCT. (2013). *Produzione lorda dell'agricoltura, secondo il tipo di prodotto, in Ticino, dal 1999.* Segretariato agricolo, Sant'Antonino.

UFAG. (2010). *Agricoltura e filiera alimentare 2025 - Documento di lavoro dell'Ufficio federale dell'agricoltura sull'impostazione strategica della politica agricola.* Confederazione Svizzera.

UFAG. (2015). *Piano d'azione nazionale per la conservazione e l'uso sostenibile delle risorse fitogenetiche per l'alimentazione e l'agricoltura (PAN-RFGAA)*. Tratto il giorno 08 2015 da Ufficio federale dell'agricoltura: http://www.blw.admin.ch/themen/01623/01627/01694/index.html?lang=it

UFAM. (2012a). *Adattamento ai cambiamenti climatici in Sbizzera: Obiettivi, sfide e campi d'intervento - Prima parte della strategia del Consiglio federale del 2 marzo 2012.* Ittigen.

UFAM. (2014). *Adattamento ai cambiamenti climatici in Svizzera: Piano d'azione 2014-2019 - Seconda parte della strategia del Consiglio federale del 9 aprile 2014.* Ittigen.

UFAM. (2015a). *Adattamento ai cambiamenti climatici. L'importanza della strategia del Consiglio federale per i Cantoni.* Studi sull'ambiente n. 1509, Berna.

UFAM. (2015b). *Basi e dati idrologici*. Tratto il giorno febbraio 2, 2015 da Le piene in Ticino del novembre 2014: http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01834/02041/13965/

UFAM. (2012b). *Breve ritratto della Strategia Biodiversità Svizzera.* Ufficio federale dell'ambiente UFAM.

UFAM. (2012c). Effetti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche e i corsi d'acqua - Rapporto di sintesi del progetto «Cambiamenti climatici e idrologia in Svizzera» (CCHydro).

UFAM. (2005). *Lista Rossa delle specie minacciate in Svizzera: Anfibi.* Ufficio federale dell'ambiente.

UFAM. (2007). *Lista rossa delle specie minacciate in Svizzera: pesci e ciclostomi.* Berna.

UFAM. (2015c, 18 02). Strategia Biodiversità Svizzera: il Consiglio federale consulta i Cantoni sull'attuazione. *Comunicato stampa*. Ufficio federale dell'ambiente UFAM.

UFAM. (2015d). *Tema biodiversità*. Tratto il giorno 08 01, 2015 da Ufficio federale dell'ambiente.: http://www.bafu.admin.ch/biodiversitaet/index.html?lang=it

UFE. (2007). *Prospettive energetiche 2035.*

Ufficio della consulenza agricola. (2012). *Vendita di ortaggi di produzione ticinese, dal 2001.* Dipartimento delle finanze e dell'economia.

UFSP/UFAFP. (2005). *Come proteggersi dalle ondate di caldo - Cambiamento climatico: conseguenze sulla salute.* Bern.

UST. (2015a). *Evolution future de la population – Données, indicateurs - Scénarios suisses*. Tratto il giorno 08 2015 da Ufficio federale di statistica - UST: http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/03/blank/key/ent_erw.html

UST. (2015b). *Indice nazionale dei prezzi al consumo – Indicatori Prezzi medi*. Tratto da http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/it/index/themen/05/02/blank/key/durchschnittspreise.html

UST. (2011). *Tessin*. Tratto il giorno 08 2015 da Ufficio federale di statistica. Scenari dell'evoluzione della popolazione dei Cantoni dal 2010 al 2035: http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/01/03/blank/key_kant/03/21.html

UStat. (2014a). *Addetti e addetti equivalenti al tempo pieno (ETP), secondo la divisione economica, in Svizzera e in Ticino, nel 2012.*

UStat. (2012). *Annuario statistico 2012.* Panorama 08 Energia.

UStat. (2014b). *Annuario Statistico 2014.* DFE, Canton Ticino.

UStat. (2000). *Comuni, nel 2000, e popolazione residente, dal 1920, secondo l'altitudine dei comuni in metri sopra il livello del mare., in Ticino.*

USTRA. (2014). *Strade e traffico cifre e fatti.* Bern: DATEC.

Valbianca SA. (2012). *Riorganizazione finanziaria e modello d'esercizio.* Airolo.

Veronesi, M. (2015). *Statistica danni ad acquedotti.* Ufficio della protezione delle acque e dell'approvigionamento idrico, Canton Ticino.

Verzasca SA. (2013). *Cinquantaquattresimo rendiconto e bilancio annuale.*

Viviroli, D., Zappa, M., Gurtz, J., & Weingartner, R. (2009). An introduction to the hydrological modelling system PREVAH and its pre- and post-processing-tools. *Environmental Modelling & Software*, *24*.

Wüthrich, M. (2015). Schäden Naturgefahren Kanton Tessin und Grossschadenereignisse seit 1977- Fahrhabe und Gebäude. SVV.

Walther, G. R., & al. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, *416*, 389-395.

Walther, G. R.;. (1999). Distribution and limits of evergreen broadleaved (laurophyllous) species in Switzerland. *Botanica Helvetica*, *109*, 153-167.

Williams, C. (1997). Potential valuable ecological functions of non-indigenous plants. In J. Luken, & T. J.W., *Assessment and Management of Plant Invasions* (p. 26-34). New York: Springer.

WSL. (2015a). *Comunicazione privata.*

WSL. (2015b). *Unwetterschadens-Datenbank, Auszug für den Kanton Tessin und für den Sektor Landwirtschaft, 1972-2014.*

WWF Deutschland. (2007). *Kosten des Klimawandels - Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit.* Frankfurt.

Zegg, R., Küng, T., Bachmann, R., & Hubert, L. (2008). *Impianti di risalita in Ticino - Rapporto finale del 9 luglio 2008.* grischconsulta, Coira.

Zubler, E. M., Fischer, A., Liniger, M., Croci-Maspoli, M., Scherrer, S., & Appenzeller, C. (2014). Localized climate change scenarios of mean temperature and precipitation over Switzerland. *Climatic Change*, *125*, 237-252.

Zulliger, J. (2003, Gennaio-Febbraio). Al riparo da innondazioni. *Panorama Reiffeisen*.

ALLEGATI

A1- Campi d'intervento e misure della strategia d'adattamento del consiglio federale

A2- Presentazione IDSIA - Colate detritiche

A3- Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore salute

A4- Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore agricoltura

A5- Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore infrastrutture e edifici

A6- Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore gestione delle acque

A7- Analisi degli eventi estremi - Settore d'impatto salute

A8- Analisi degli eventi estremi - Settore d'impatto agricoltura

A9- Analisi degli eventi estremi - Settore d'impatto infrastrutture e edifici

A10- Analisi degli eventi estremi - Settore d'impatto gestione delle acque

ALLEGATO A1

Campi d'intervento e misure della strategia d'adattamento del consiglio federale

A1: CAMPI D'INTERVENTO E MISURE DELLA STRATEGIA D'ADATTAMENTO DEL CONSIGLIO FEDERALE

CAMPI D'INTERVENTO

Gestione delle acque	
GA1	Acqua potabile.
GA2	Bacini di accumulazione.
GA3	Raffreddamento delle centrali termiche.
GA4	Irrigazione.
GA5	Deflussi residuali.
GA6	Canalizzazioni e drenaggio stradale.
GA7	Regolazione dei livelli lacustri.
GA8	Richieste internazionali.
GA9	Utilizzazione delle acque sotterranee.
GA10	Dilavamento di sostanze.
GA11	Erosione del suolo.
GA12	Centrali di acqua fluente.
GA13	Pesca (hobby).
GA14	Navigazione fluviale (Reno).
Gestione dei pericoli naturali	
PN1	Piene (ambiente alpino).
PN2	Piene (Altipiano e Giura).
PN3	Processi torrentizi (ambiente alpino).
PN4	Processi di caduta massi e rocce (ambiente alpino).
PN5	Bosco di protezione.
Agricoltura	
A1	Idoneità ubicativa.
A2	Precipitazioni intense.
A3	Siccità.
A4	Stress da caldo.
A5	Organismi nocivi.
A6	Volatilità dei prezzi.
Economia forestale	
EF1	Boschi di protezione critici.
EF2	Popolamenti di alberi con un'elevata percentuale di conifere alle latitudini inferiori.
EF3	Stazioni forestali sensibili al clima.
EF4	Altre stazioni forestali.
Energia	
E1	Fabbisogno energetico per il condizionamento e la refrigerazione di edifici.
E2	Produzione di energia idroelettrica.

E3	Produzione di elettricità nelle centrali termiche.
E4	Manutenzione e sicurezza delle infrastrutture di trasporto.
Turismo	
T1	Sviluppo dell'offerta.
T2	Riduzione dei pericoli.
T3	Comunicazione.
Gestione della biodiversità	
B1	Pool genetico.
B2	Habitat e specie.
B3	Diffusione di specie esotiche invasive.
B4	Rete di biotopi/interconnessione.
B5	Servizi ecosistemici.
Salute	
S1	Malattie infettive trasmesse attraversi vettori (a esseri umani e animali).
S2	Effetti del caldo (su esseri umani e animali).
S3	Malattie infettive trasmesse attraverso alimenti e acqua (a esseri imani).
Sviluppo territoriale	
ST1	Qualità della vita nelle città e negli agglomerati.
ST2	Turismo.
ST3	Pericoli naturali.
ST4	Energia/acqua.

MISURE

Gestione delle acque	
ga1	Strumenti di pianificazione per la gestione delle risorse idriche.
ga2	Condizioni quadro per la gestione a scala di bacino – promozione attraverso la comunicazione, lo scambio di conoscenze e la formazione.
ga3	Collegamento di sistemi di regionalizzazione dell'approvvigionamento idrico.
ga4	Potenziale di ritenuta e accumulo dell'acqua.
ga5	Regolazione dei livelli lacustri.
ga6	Gestione dei laghi e dei bacini svizzeri nel contesto internazionale.
ga7	Basi di misurazione e requisiti LPAc in seguito a variazioni delle portate di deflusso e delle temperature.
ga8	Immissione di calore nelle acque.
ga9	Qualità dell'acqua – prevenire un ulteriore deterioramento delle acque come conseguenza di forti precipitazioni o dell'irrigazione delle colture.
ga10	Diagnosi precoce della siccità – modelli del regime idrico.
ga11	Korrektur Schiffahrsrinne Basel – Birsfelden.
Gestione dei pericoli naturali	
pn1	Monitoraggio dei processi pericolosi.
pn2	Conoscere i pericoli e i rischi.

pn3	Predisporre misure di protezione solide e adattabili.
pn4	Applicare misure di pianificazione del territorio.
pn5	Gestire con successo gli eventi naturali.
pn6	Rafforzare la consapevolezza dei pericoli naturali e l'attività di formazione e ricerca nel campo dei pericoli naturali.
pn7	Analisi degli eventi importanti e loro gestione.
Agricoltura	
a1	Impiego ottimizzato di specie e razze adattate compresa la gestione di organismi nocivi.
a2	Utilizzazione rispettosa del suolo e dell'acqua.
a3	Elaborazione di basi per un'attività agricola conforme alle esigenze locali.
a4	Espansione dei sistemi di monitoraggio e di allerta.
a5	Verifica delle possibilità per sostenere un sistema privato di gestione dei rischi.
a6	Offensiva nell'ambito della ricerca e della consulenza su cambiamenti climatici e agricoltura.
Economia forestale	
ef1	Rinnovazione precoce dei boschi di protezione in stato critico con insufficiente rigenerazione e ridotta stabilità di popolamento.
ef2	Aumento della resilienza e della capacità di adattamento nelle stazioni forestali sensibili al clima.
ef3	Aumento della resilienza e della capacità di adattamento nelle superfici di rinnovazione.
ef4	Basi rilevanti per i boschi.
Energia	
e1	Studio di riferimento per la riduzione del fabbisogno di refrigerazione attraverso misure edili.
e2	Informazione e sensibilizzazione delle parti interessate e moltiplicatori nel settore degli edifici.
e3	Requisiti minimi per climatizzatori e ventilatori.
e4	Studi sugli effetti dei cambiamenti climatici sullo sfruttamento idrico e sensibilizzazione delle parti interessate.
e5	Presa in considerazione degli effetti dei cambiamenti climatici nella vigilanza delle dighe.
e6	Verifica delle disposizioni sulla reimmissione dell'acqua di raffreddamento.
e7	Presa in considerazione degli effetti dei cambiamenti climatici nell'approvazione e nelle vigilanza delle reti di trasmissione e distribuzione.
e8	Mostrare le interazioni tra gli effetti del clima e la misure di adattamenti nei vari campi.
Turismo	
t1	Promozione dello sviluppo dell'offerta e della diversificazione nel turismo svizzero mediante condizioni quadro favorevoli e un sostegno mirato del turismo.
t2	Appoggio all'acquisizione e alla divulgazione di conoscenze sulle questioni riguardanti l'adattamento del turismo ai cambiamenti climatici, creazione di una piattaforma di conoscenze.
Gestione della biodiversità	
b1	Variazione dei rischi e verifica della gestione per popolazioni (parziali), specie e habitat particolarmente colpiti.

b2	Standard per l'allestimento di spazi verdi e non edificati nei centri abitati.
b3	Garanzia dei requisiti ecologici minimi e misure di valorizzazione per gli habitat che hanno particolare bisogno di un apporto idrico sufficiente.
b4	Protezione e rigenerazione dei suoli torbosi e organici.
b5	Garantire la qualità degli habitat in ampie zone di alta quota.
b6	Scenari climatici per l'individuazione precoce di specie esotiche invasive e necessità d'intervento.
b7	Lotta agli organismi nocivi nel rispetto della biodiversità.
Salute umana	
su1	Informazioni e raccomandazioni per la protezione da ondate di caldo.
su2	Controllo, diagnosi precoce e prevenzione delle malattie infettive trasmesse all'uomo da vettori.
su3	Monitoraggio di specie di zanzare esotiche potenziali vettori di malattie.
Salute animale	
sa1	Diagnosi precoce di disturbi negli animali (comprese le zoonosi)
Sviluppo territoriale	
st1	Elaborare le basi e metterle a disposizione.
st2	Completare il quadro giuridico.
st3	Promozione di progetti innovativi e sviluppo di politiche.
st4	Informare e sensibilizzare i pianificatori.
st5	Completare gli strumenti di lavoro esistenti.
Basi conoscitive per la strategia di adattamento	
bc1	Elaborazione periodica di scenari climatici regionali in Svizzera.
bc2	Basi idrologiche e scenari di adattamento ai cambiamenti climatici.
bc3	Piano per la raccolta d'informazioni sul suolo
bc4	Analisi dei rischi e delle opportunità legati ai cambiamenti climatici in Svizzera.
bc5	Screening dei sistemi di monitoraggio e lacune conoscitive nell'adattamento.
Coordinamento e applicazione della strategia di adattamento in collaborazione con Comuni, Cantoni e Città	
c1	Coordinamento verticale intersettoriale delle misure di adattamento.
c2	Rapporto sull'importanza della strategia di adattamento per i Cantoni.
c3	Piattaforma d'informazione sull'adattamento ai cambiamenti climatici in Svizzera.
c4	Programma pilota Adattamento ai cambiamenti climatici.

ALLEGATO A2

Presentazione IDSIA - Colate detritiche

A2 - Presentazione IDSIA - Colate detritiche

Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana
SUPSI

Università della Svizzera italiana

30/07/2015

Istituto Dalle Molle di studi sull'intelligenza artificiale

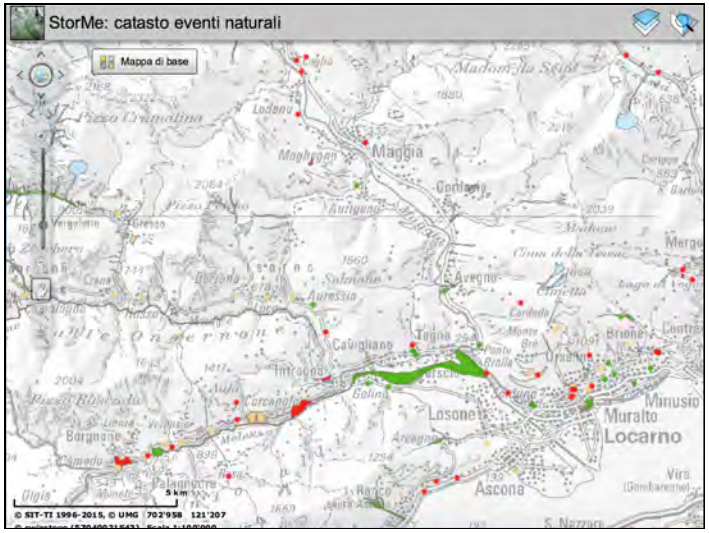
Climate change - debris flows

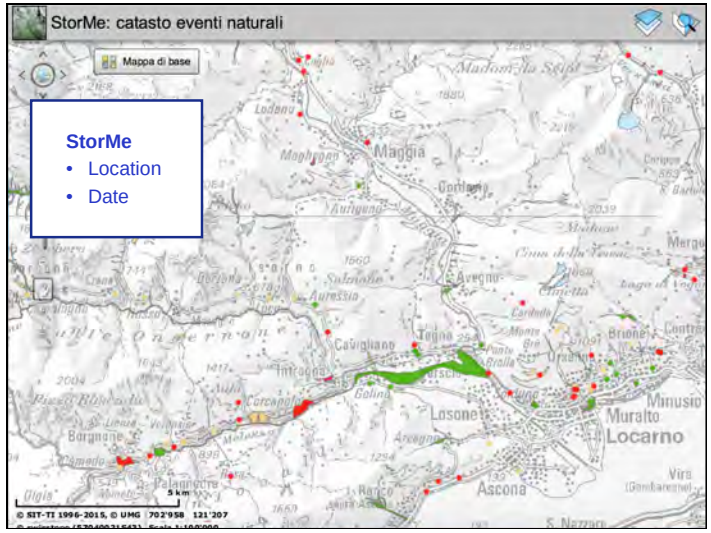
Laura Azzimonti
Alessandro Antonucci
Marco Zaffalon

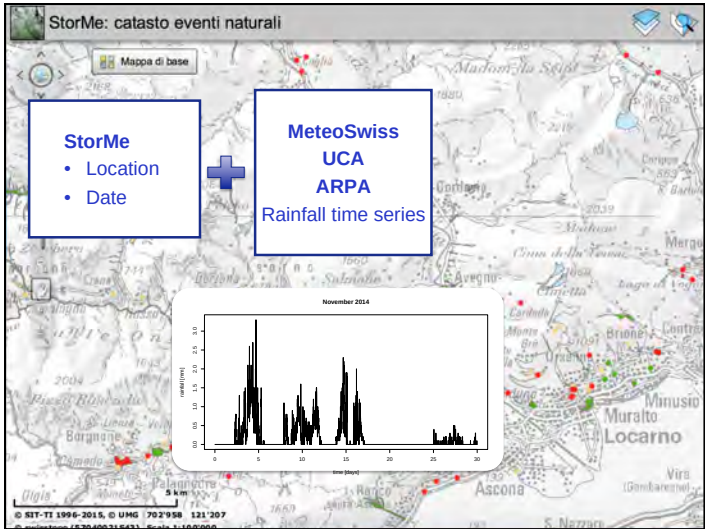
Dalle Molle Institute for Artificial Intelligence
IDSIA

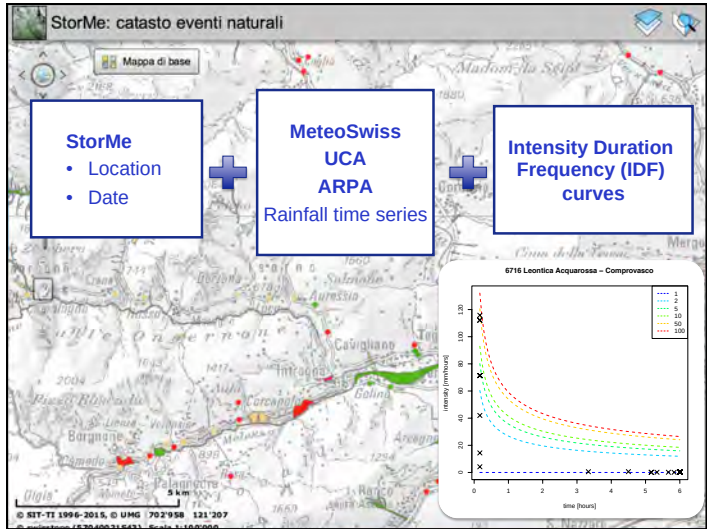
SUPSI 2

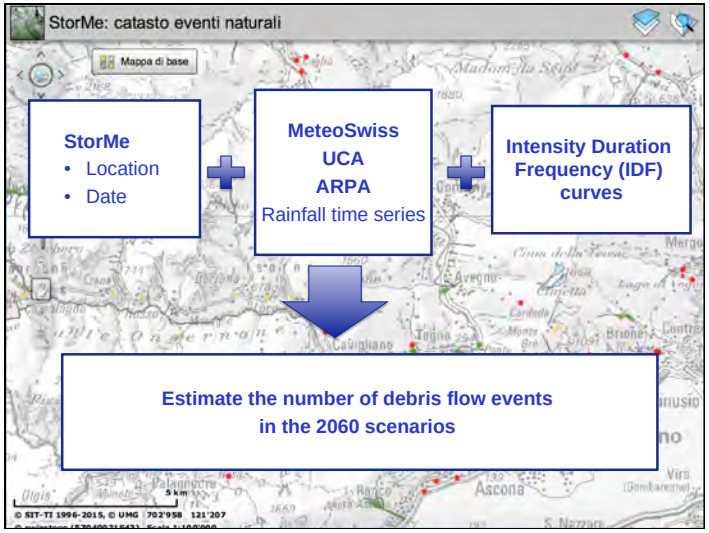
Debris flow Data











Commento #1: Il modello previsionale considerato in questa presentazione si basa su tre basi di dati diverse.

La prima fa riferimento al catasto degli eventi naturali 'StorMe'. Da essa sono stati estratti 251 eventi di colata detritica/alluvionamento avvenuti fra il 2000 ed il 2014. Per ogni evento sono state estratte le coordinate delle localita' colpite e le giornate in cui si sono verificati gli eventi.

La seconda base di dati riguarda i dati temporali relativi alle precipitazioni registrate da stazioni Meteoswiss, UCA ed Arpa localizzate in Ticino e Lombardia. I dati contengono le intensita' di precipitazione registrate da ogni stazione con intervalli di tempo di 10 o 30 minuti. Le coordinate di ogni stazione sono parimenti disponibili.

La terza sorgente di informazione e' costituita da set di curve IDF che esprimono la relazione fra intensita' e durata di una precipitazione in funzione di uno specifico tempo di ritorno. La relazione funzionale dipende da quattro parametri empirici, quantificate mediante analisi statistica dei dati pluviometrici.

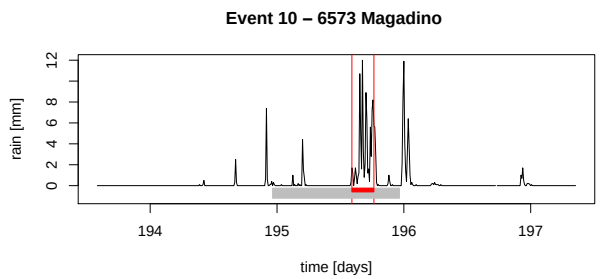
SUPSI 9

Method

SUPSI IDSIA – Azzimonti, Antonucci, Zaffalon 10

Computation of Intensity and Duration of the rainfall

Debris flows are characterized by long periods of medium intensity rainfall, followed by very intense rainfall.



SUPSI IDSIA – Azzimonti, Antonucci, Zaffalon 11

Computation of Intensity and Duration of the rainfall

Debris flows are characterized by long periods of medium intensity rainfall, followed by very intense rainfall.

Given the rainfall time series R(t), we want to estimate the starting time T_s and the ending time T_e of the rainfall event that activate the debris flow.

Problem:

$$\max_{\substack{T_s,T_e \\ T_s<T_e \\ T_e-T_s \text{ in } [\Delta T_{min},\Delta T_{max}]}} \left\{ \underbrace{\frac{1}{T_e-T_s}\int_{T_s}^{T_e} R(t)dt}_{\text{Average intensity during the time interval } [T_s,T_e]} + \lambda \underbrace{\int_{T_s}^{T_e} R(t)dt}_{\text{Total rainfall in } [T_s,T_e]} \right\}$$

SUPSI IDSIA – Azzimonti, Antonucci, Zaffalon 12

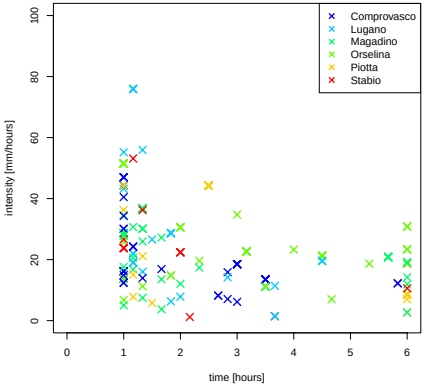
Commento #2: Per ogni evento di colata detritica (o alluvionamento) e' tipicamente indicato il giorno in cui questo ha avuto luogo, ma non l'orario esatto. Questo influisce sulla possibilita' di stimare l'intensita' della precipitazione che tale evento ha innescato.

Per questo motivo e' stato sviluppato un algoritmo di segmentazione temporale che, dopo aver identificato le 5 stazione pluviometriche più vicine, analizza l'andamento delle precipitazioni nel giorno corrente e nelle sei ore della notte precedente. Per ciascuna delle 5 stazioni, l'algoritmo identifica in maniera automatica l'inizio e la fine dell'evento piovoso che massimizza una somma pesata dell'intensita' media (sul periodo) e della pioggia totale (sempre sul periodo). L'ottimizzazione viene effettuata indipendentemente per le 5 stazioni pluviometriche ed e' vincolata ad eventi di durata maggiore di un'ora ed inferiore a sei ore.

La scelta dei pesi nella somma pesata condiziona fortemente i risultati della segmentazione: assegnando maggior peso al termine di durata l'algoritmo identifica durate lunghe (a discapito dell'intensita'), vice versa aumentando il peso dell'altro termine si premia l'intensita' a discapito della durata. La scelta dei pesi (valore attuale lambda=0.005), delle durate minima e massima e del range e' stata compiuta validando i risultati della segmentazione sugli eventi storici con un esperto ambientale.

Tra i 5 potenziali eventi piovosi selezionati (associati alle 5 stazioni più vicine), viene scelto l'evento caratterizzato dalla maggiore intensità media (precipitazione totale diviso durata).

MeteoSwiss + UCA + ARPA data



$\Delta t_{min} = 60\ min$

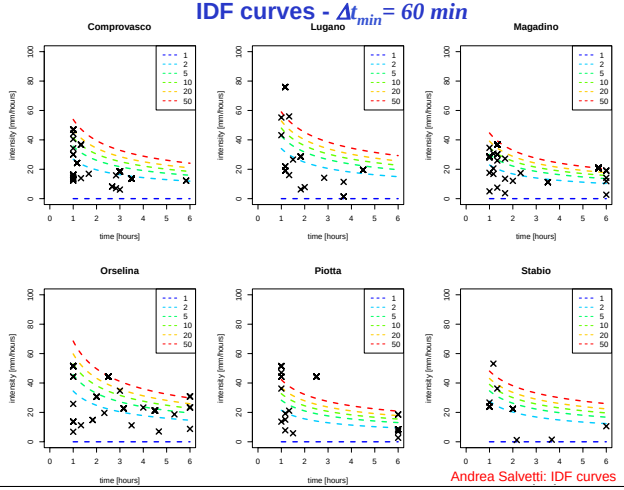
Commento #3: L'algoritmo di segmentazione e' in grado di stimare in maniera automatica l'inizio e la fine, quindi la durata, e l'intensità di ciascun evento piovoso associato ad un evento StorMe.

Ciascun evento corrisponde quindi ad un punto nel piano cartesiano durata (ascissa) su intensita' (ordinata). Ogni evento viene inoltre associato ad una delle sei aree in cui è stato suddiviso il cantone. Ciascuna di queste sei aree è associata ad una stazione di Meteoswiss e per ognuna di esse sono disponibili le curve di intensità-durata-frequenza (IDF) riscalate sulla base dei dati storici, curve che verranno utilizzate nel seguito per valutare i tempi di ritorno associati agli eventi piovosi.
La slide precedente riporta i 251 punti associati in questo modo agli eventi StorMe. I colori fanno riferimento alle sei aree in cui e' stato suddiviso il cantone.

L'addensamento di punti ai bordi è provocato dai limiti sulla durata minima (un'ora, a sinistra) e sulla durata massima (sei ore, a destra) imposti nella ricerca dell'evento piovoso. La scelta di tali valori è stata indotta dal range di valori su cui vengono normalmente create e valutate le curve IDF.

IDF curves - $\Delta t_{min} = 60\ min$

CURRENT PERIOD



Andrea Salvetti: IDF curves

Commento #4: Nella slide precedente i 251 punti/eventi vengono ripartiti fra i sei diversi plot in base all'area di riferimento.

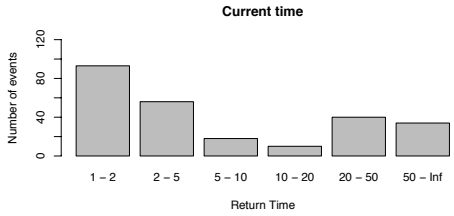
I parametri delle curve IDF per il periodo corrente sono stati ottenuti per mezzo di una riscalatura delle curve IDF che caratterizzano gli eventi piovosi estremi che si verificano nel canton Ticin. La riscalatura viene effettuata sulla base dei dati storici di precipitazione rilevati nelle sei stazioni MeteoSwiss. Ogni plot riporta sei curve, corrispondenti a tempi di ritorno crescenti da uno a cinquanta anni.

Il fatto che un punto sia attraversato da una curva IDF con tempo di ritorno a K anni, significa che condizioni di durata/intensita' di questo tipo si riproporranno ragionevolmente nei prossimi K anni, potendo quindi innescare un evento analogo.

Punti al di sopra della curva dei cinquant'anni (rossa) corrispondono ad eventi molto rari, laddove punti prossimi alla curva di un anno (blu) corrispondono ad eventi molto frequenti.

Frequency of debris flow events - Δt_{min}= 60 min

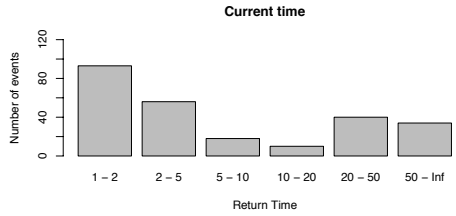
CURRENT PERIOD



Return time	1 - 2	2 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	50 - Inf
# of events	93	56	18	10	40	34

Frequency of debris flow events - Δt_{min}= 60 min

CURRENT PERIOD



Return time	1 - 2	2 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	50 - Inf
# of events	93	56	18	10	40	34

Commento #5: Nella slide precedente vengono riportati i valori, gia' aggregati su tutti i sei plot (ovvero relativi all'intero cantone), di eventi attraversati da curve IDF con tempo di ritorno all'interno di vari range.

Un indicatore sintetico del livello di rischio puo' quindi essere rappresentato dal rapporto fra il numero di eventi con tempo di ritorno inferiore a dieci anni, ovvero 167 casi sui 251 analizzati, pari circa al 67% del totale. Tale valore dovra' essere confrontato con la proiezione al 2060 basata sui modelli climatici A1B e RCP3PD.

Time evolution of IDF curves

- IDF curves revised on the basis of district meteorological data
- IDF curves parameterized in terms of 4 parameters
- IDF curves projected in the A1B scenario for the periods:
  - 2010 – 2020 (1st decade)
  - 2020 – 2030 (2nd decade)
  - 2030 – 2040 (3rd decade)
  - 2040 – 2050 (4th decade)

Time evolution of IDF curves

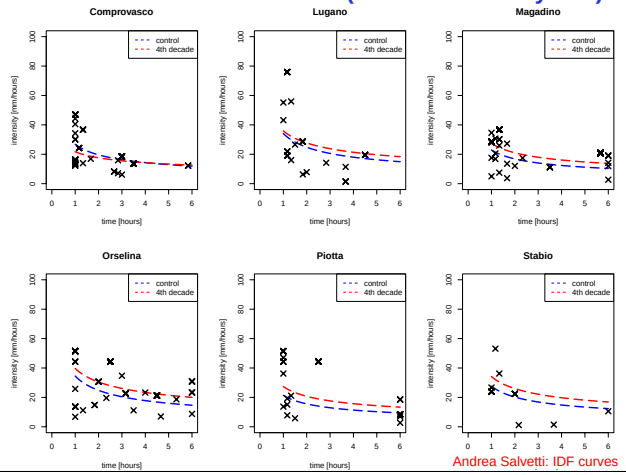
- IDF curves revised on the basis of district meteorological data
- IDF curves parameterized in terms of 4 parameters
- IDF curves projected in the A1B scenario for the periods:
  - 2010 – 2020 (1st decade)
  - 2020 – 2030 (2nd decade)
  - 2030 – 2040 (3rd decade)
  - 2040 – 2050 (4th decade)
- IDF curves for the period 2050 – 2060 (5th decade) of the A1B scenario are obtained by means of **linear regression and extrapolation** of the 4 parameters.

Commento #6: Le curve IDF considerate finora si basano sulle condizioni climatiche attuali. Il modello climatologico A1B si basa su una predizione dei livelli di emissioni e concentrazioni a livello globale. Correzioni per valutare gli effetti locali di dedurre gli effetti sulle precipitazioni. Cio' permette a sua volta di simulare dati di precipitazione basati su questi scenari e, in definitiva, ricavare i parametri delle curve IDF per le prossime decadi.

Le simulazioni basate su tale scenario futuro sono state effettuate dall'esperto in collaborazione con ETHZ utilizzando il modello globale ECHAM5 e il modello regionale REMO. Tali simulazioni hanno permesso di tracciare le curve IDF per ciascuna delle sei aree in Ticino fino al 2050. Per estendere la previsione al 2060 e' stata operata una regressione lineare dei dati precedenti. In questo modo e' stato possibile tracciare le curve IDF per le prossime cinque decadi assumendo un'evoluzione del clima in linea col modello A1B.

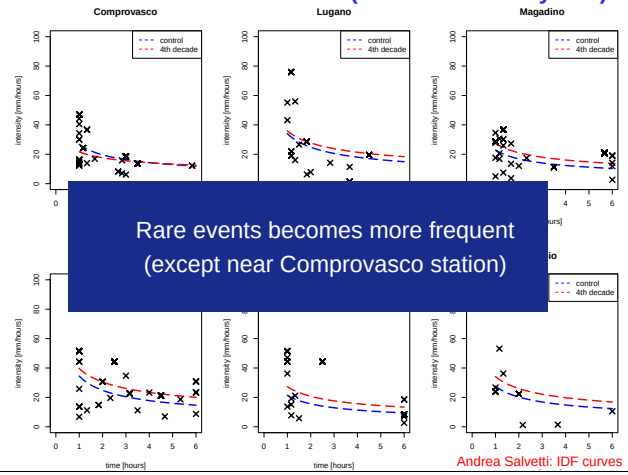
Time evolution of IDF curves (return time = 10 years)

A1B SCENARIO



Time evolution of IDF curves (return time = 10 years)

A1B SCENARIO



Rare events becomes more frequent
(except near Comprovasco station)

Commento #7: Per un confronto piu' efficace, la slide precedente riporta, separatamente per ciascuna area, le curve IDF con tempo di ritorno 10 anni relativamente al periodo corrente (rosso) e la proiezione al decennio 2040-2050 (blu) secondo il modello A1B.

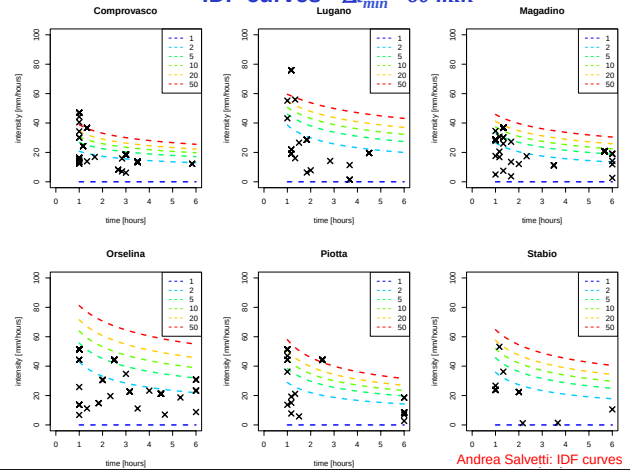
Con la sola eccezione di Comprovasco, si nota un innalzamento sistematico delle curve col passare del tempo. Se a parita' di periodo di ritorno, la curva ''futura'' si ''alza'', allora il tempo di ritorno della curva che attraversa un evento tende ad abbassarsi per gli scenari futuri. Eventi che nella decade attuale risultavano rari diventeranno pertanto meno rari in futuro.

Il differente comportamento di Comprovasco potrebbe essere dovuto al fatto che la serie di dati storici associati a quella stazione è più breve rispetto alle altre stazioni. Inoltre la posizione di tale stazione (al limite della zona interna delle Alpi e all'interno di una valle stretta) potrebbe causare una cattiva performance dei modelli climatici utilizzati per cacolare le curve IDF.

Nella slide successiva la curva relativa alla decade attuale e' stata rimossa laddove sono state aggiunte quelle relative a vari tempi di ritorno per il modello futuro.

IDF curves - $\Delta t_{min} = 60$ min

2050-2060 A1B SCENARIO

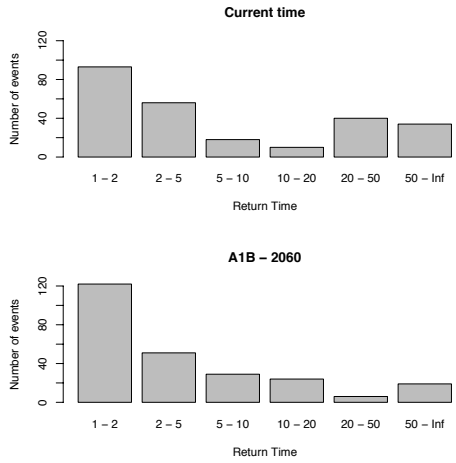


Andrea Salvetti: IDF curves

Commento #8: Le due slides successive riportano le distribuzioni degli eventi (gia' aggregati su tutte e sei le aree) per range crescenti di periodo di ritorno.

Il trend e' chiaro: siccome le curve si alzano, gli eventi abbassano il loro tempo di ritorno. Eventi rari di potenziale impatto diventano piu' frequenti ed il livello di rischio risulta quindi aumentato. Se secondo lo scenario corrente solo il 67% degli eventi registrati aveva un tempo di ritorno inferiore ai 10 anni (si veda commento #5), nella decade 2050-2060 il modello A1B prevede un aumento del numero di casi a 202 casi sui 251 analizzati, pari all'80% dei casi.

Frequency of debris flow events A1B scenario



Frequency of debris flow events
A1B scenario - Δt_{min}= 60 min

Return time	1 - 2	2 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	50 - Inf
# of events 2000 - 2010	93	56	18	10	40	34
2010 - 2020	141	85	3	6	10	6
2020 - 2030	95	47	34	12	57	6
2030 - 2040	125	40	26	12	30	18
2040 - 2050	114	59	50	5	7	16
2050 - 2060	122	51	29	24	6	19

Rare events becomes more frequent

Commento #9: Oltre all'analisi sopra descritta relativa alla scenario A1B, si e' cercato di ottenere delle previsioni anche per lo scenario RCP3PD. Curve IDF per tale scenario non sono direttamente disponibili. Si e' pertanto deciso di ottenerle tramite una correzione dei parametri delle curve per lo scenario A1B. Come illustrato nelle due slides successive, il livello di correzione e' stato ottenuto valutando la pioggia totale attuale e per i due scenari A1B e RCP3PD.

I valori numerici collocano lo scenario RCP3PD in una posizione intermedia fra quello attuale ed A1B. Questo riflette la previsione maggiormente ottimistica rispetto ad una possibile riduzione delle emissioni che caratterizza lo scenario RCP3PD rispetto allo scenario A1B. Tale collocazione intermedia per RCP3PD si riflette anche nelle disposizione delle curve a tempo di ritorno fissato (si veda slide corrispondente).

Time evolution of IDF curves

- IDF curves revised on the basis of district meteorological data
- IDF curves parameterized in terms of 4 parameters
- IDF curves projected in the A1B scenario for the periods:
  - 2010 – 2020 (1st decade)
  - 2020 – 2030 (2nd decade)
  - 2030 – 2040 (3rd decade)
  - 2040 – 2050 (4th decade)
- IDF curves for the period 2050 – 2060 (5th decade) of the A1B scenario are obtained by means of **linear regression and extrapolation** of the 4 parameters.
- IDF curves for the period 2050 – 2060 (5th decade) of the RCP3PD scenario are obtained by means of **corrections of the A1B IDF curves** on the basis of rain increase (absolute value).

Rain increase - Lugano

A1B	winter	spring	summer	autumn
Rain current	196.7	560.5	471.8	559.1
2060	270.4	404.3	540.1	449.3

A1B	year
Rain current	1788.1
2060	1664.1

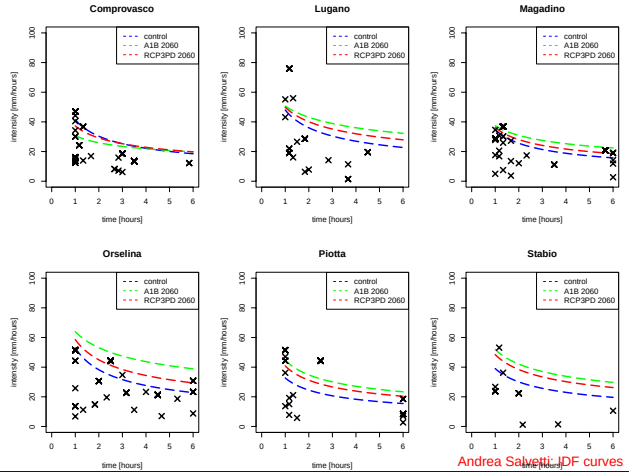
RCP3PD	winter	spring	summer	autumn
Rain 2060	210.4	509.4	458.4	555.8

RCP3PD	year
Rain 2060	1734

Correction factor for A1B - IDF parameters

SUPSI IDSIA – Azzimonti, Antonucci, Zaffalon 33

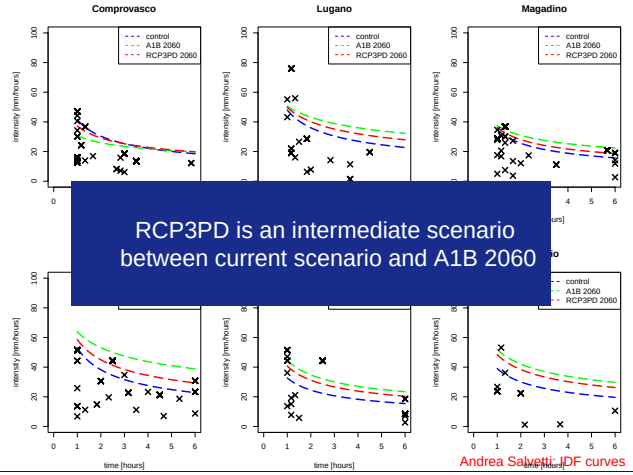
IDF curves (return time = 10 years)



Andrea Salvetti: IDF curves

SUPSI IDSIA – Azzimonti, Antonucci, Zaffalon 34

IDF curves (return time = 10 years)



RCP3PD is an intermediate scenario between current scenario and A1B 2060

Andrea Salvetti: IDF curves

SUPSI IDSIA – Azzimonti, Antonucci, Zaffalon 35

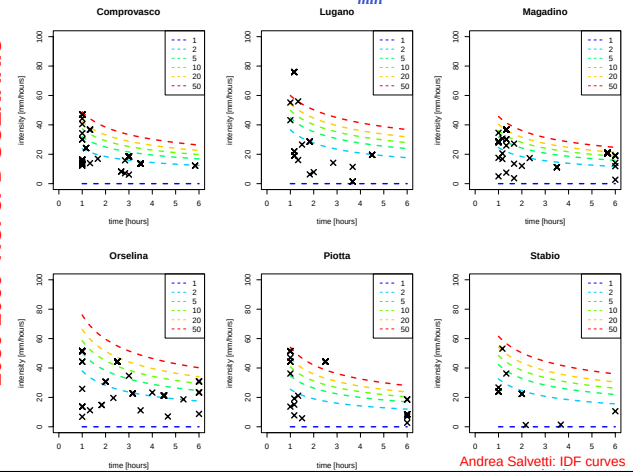
Commento #11: Tutte le analisi compiute per A1B possono quindi essere ripetute per RCP3PD. Il numero di eventi con tempo di ritorno inferiore ai 10 anni e' in questo caso pari a 174, che corrisponde ad una percentuale del 69% del totale di casi. Come previsto il dato si colloca in posizione intermedia fra quello corrente (67%) e quello basato su A1B (80%), essendo pero' molto piu' vicino al primo.

Una possibile sintesi di tipo qualitativo e' quindi che lo scenario A1B preveda un impatto dei cambiamenti climatici sul numero di eventi piovosi critici che potrebbero innescare colate detritiche nell'area ticinese. L'impatto dei cambiamenti climatici nello scenario RCP3PD sembra essere invece molto limitato.

SUPSI IDSIA – Azzimonti, Antonucci, Zaffalon 36

IDF curves - Δt_{min} = 60 min

2050-2060 RCP3PD SCENARIO



Andrea Salvetti: IDF curves

Frequency of debris flow events
RCP3PD scenario - Δt_{min}= 60 min

Return time	1 - 2	2 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	50 - Inf
# of events 2000 - 2010	93	56	18	10	40	34
2050 - 2060	107	47	20	33	33	11

Rare events becomes more frequent

Summary

Frequency of debris flow events
A1B scenario - Δt_{min}= 60 min

Return time	1 - 2	2 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	50 - Inf
# of events 2000 - 2010	93	56	18	10	40	34
2010 - 2020	141	85	3	6	10	6
2020 - 2030	95	47	34	12	57	6
2030 - 2040	125	40	26	12	30	18
2040 - 2050	114	59	50	5	7	16
2050 - 2060	122	51	29	24	6	19

Rare events becomes more frequent

Frequency of debris flow events
Δt_{min}= 60 min

Return time	1 - 2	2 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	50 - Inf
# of events 2000 - 2010	93	56	18	10	40	34
RCP3PD 2050 - 2060	107	47	20	33	33	11
A1B 2050 - 2060	122	51	29	24	6	19

Open questions

- The IDF curves for scenario A1B correspond to the “strong” (maximum rain) or to the “weak” (mean rain) scenario?
  - Sono state generate a partire da uno dei sei modelli da cui vengono ricavati scenario forte e debole. Non corrispondono nè allo scenario forte nè a quello debole.
- Are the seasonal IDF curves for the current period available?
  - No, non sono disponibili.

ALLEGATO A3

Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore salute

A3 - Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore salute: Feriti

Unità : Numero di feriti

	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi / Frane di crollo /Valanghe di roccia	Valanghe
1980	0.000	0.000	0.000
1981	0.000	0.000	0.000
1982	0.000	0.000	0.000
1983	0.000	0.000	0.000
1984	0.000	0.000	0.000
1985	0.000	0.000	0.000
1986	0.000	0.000	2.000
1987	0.000	0.000	0.000
1988	0.000	0.000	0.000
1989	0.000	0.000	0.000
1990	0.000	0.000	0.000
1991	0.000	0.000	0.000
1992	0.000	0.000	0.000
1993	0.000	0.000	0.000
1994	0.000	0.000	7.000
1995	0.000	0.000	0.000
1996	0.000	0.000	0.000
1997	1.000	2.000	0.000
1998	0.000	0.000	0.000
1999	0.000	0.000	0.000
2000	0.000	0.000	0.000
2001	0.000	0.000	0.000
2002	0.000	0.000	0.000
2003	0.000	0.000	0.000
2004	0.000	1.000	0.000
2005	0.000	0.000	0.000
2006	2.000	1.000	3.000
2007	0.000	0.000	0.000
2008	0.000	0.000	0.000
2009	0.000	0.000	0.000
2010	0.000	0.000	0.000
2011	0.000	0.000	0.000
2012	0.000	0.000	0.000
2013	0.000	0.000	0.000
2014	2.000	0.000	0.000
max	2.000	2.000	7.000
min	0.000	0.000	0.000
sum	5.000	4.000	12.0
Perc in fze valanghe	42%	33%	100%

Valori classi			
v1	0.2	0.2	0.5
v2	1	1	2
v3	1	1	3
v4	3	2	7

Numero di eventi per periodo di ritorno

Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi / Frane di crollo /Valanghe di roccia	Valanghe
1	32	32	32
5	0	0	1
10	1	2	1
30	2	1	1
Somma annua danni	0.38	0.31	0.92

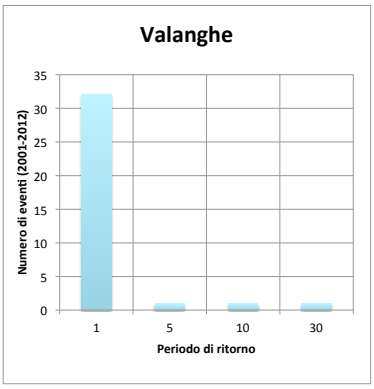
Fattori scenari fururi

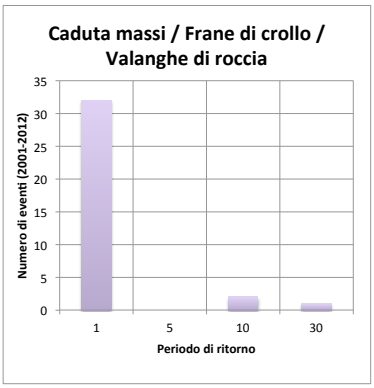
Scenario debole

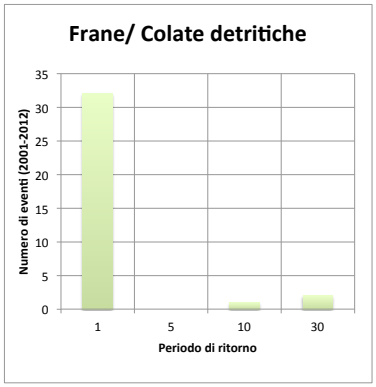
Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi / Frane di crollo /Valanghe di roccia	Valanghe
1	1	0.9	0.9
5	1	0.9	0.9
10	1.1	0.9	1
30	1.1	0.9	1
Somma annua danni	0.40	0.28	0.87

Scenario forte

Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi / Frane di crollo /Valanghe di roccia	Valanghe
1	1.2	0.8	0.8
5	1.2	0.8	0.8
10	1.7	0.8	1.125
30	1.7	0.8	1.125
Somma annua danni	0.55	0.24	0.87







A3 - Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore salute: Morti

Unità : Numero di morti

	Frane/ Colate detritiche	Valanghe
1980	0.0	0.0
1981	0.0	0.0
1982	1.0	0.0
1983	0.0	0.0
1984	0.0	1.0
1985	0.0	0.0
1986	0.0	0.0
1987	0.0	0.0
1988	0.0	0.0
1989	0.0	0.0
1990	0.0	0.0
1991	0.0	0.0
1992	2.0	0.0
1993	1.0	0.0
1994	0.0	0.0
1995	0.0	0.0
1996	0.0	0.0
1997	0.0	0.0
1998	0.0	0.0
1999	1.0	0.0
2000	0.0	0.0
2001	0.0	0.0
2002	0.0	0.0
2003	1.0	0.0
2004	0.0	1.0
2005	0.0	0.0
2006	1.0	0.0
2007	0.0	0.0
2008	0.0	0.0
2009	0.0	0.0
2010	0.0	0.0
2011	0.0	0.0
2012	0.0	0.0
2013	0.0	0.0
2014	4.0	0.0
max	4.000	1.000
min	0.000	0.000
sum	11.000	2.000
Perc in fze frane/colate detritiche	100%	18%
Valori classi		
v1	0.5	0.1
v2	1.0	0.2
v3	3.0	0.5
v4	4.0	0.7

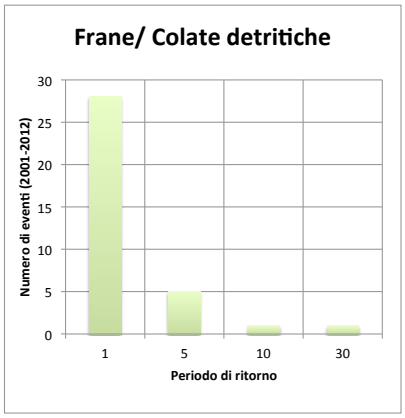
Numero di eventi per periodo di ritorno

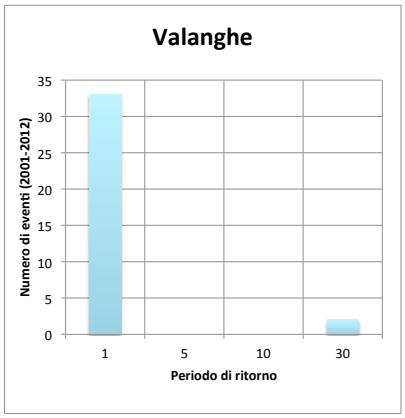
Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Valanghe
1	28	33
5	5	0
10	1	0
30	1	2
Somma annua danni	0.72	0.13

Fattori scenari fururi

Scenario debole		
Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Valanghe
1	1	0.9
5	1	0.9
10	1.1	1
30	1.1	1
Somma annua danni	0.75	0.12

Scenario forte		
Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Valanghe
1	1.2	0.8
5	1.2	0.8
10	1.7	1.125
30	1.7	1.125
Somma annua danni	1.02	0.12





ALLEGATO A4

Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore agricoltura

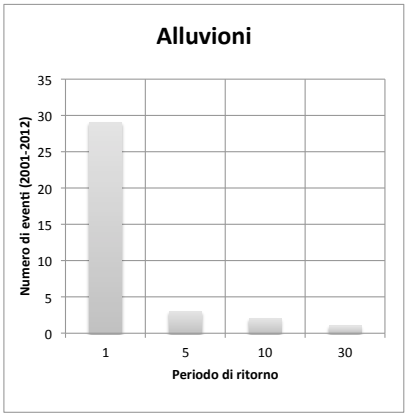
A4 - Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore agricoltura: Banca dati dei danni del maltempo WSL e fondo intrenazionale e fondo svizzero di soccorso per danni causati dalla natura e non assicurabili

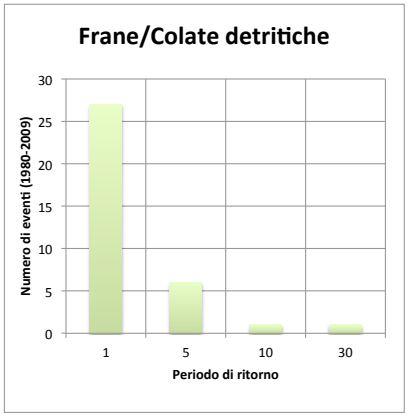
Unità : Danni in milioni di CHF

	Alluvioni	Frane/Colate detritiche
1980	-	-
1981	2.1	0.03
1982	0.28	0.01
1983	5	0.01
1984	-	-
1985	-	-
1986	1.52	0.02
1987	5.94	0.2
1988	0.06	0.01
1989	0.18	-
1990	-	-
1991	0.03	-
1992	0.08	0.08
1993	19.87	2.1
1994	0.03	0.01
1995	0.07	0.05
1996	0.11	0.20
1997	0.00	0.03
1998	0.07	0.14
1999	0.00	0.15
2000	3.93	0.18
2001	0.04	0.31
2002	0.29	0.35
2003	0.24	0.65
2004	0.04	0.01
2005	0.02	0.04
2006	0.03	0.08
2007	0.07	0.03
2008	0.45	0.34
2009	0.01	0.13
2010	0.00	0.03
2011	0.03	0.03
2012	0.00	0.01
2013	0.01	0.07
2014	0.02	0.06
max	20	2
min	-	-
sum	41	5
Perc in fze alluvioni	100%	13%
Valori classi		
v1	1.20	0.16
v2	4.00	0.53
v3	8.00	1.05
v4	20	6

Numero di eventi per periodo di ritorno

Periodi di ritorno	Alluvioni	Frane/Colate detritiche
1	29	27
5	3	6
10	2	1
30	1	1
Somma annua danni	2.19	0.34





Fattori scenari fururi

Scenario debole		
Periodi di ritorno	Alluvioni	Frane/Colate detritiche
1	1	1
5	1	1
10	1	1.1
30	1	1.1
Somma annua danni	2.2	0.4

Scenario forte		
Periodi di ritorno	Alluvioni	Frane/Colate detritiche
1	1.4	1.2
5	1.4	1.2
10	1.4	1.7
30	1.4	1.7
Somma annua danni	3.1	0.5

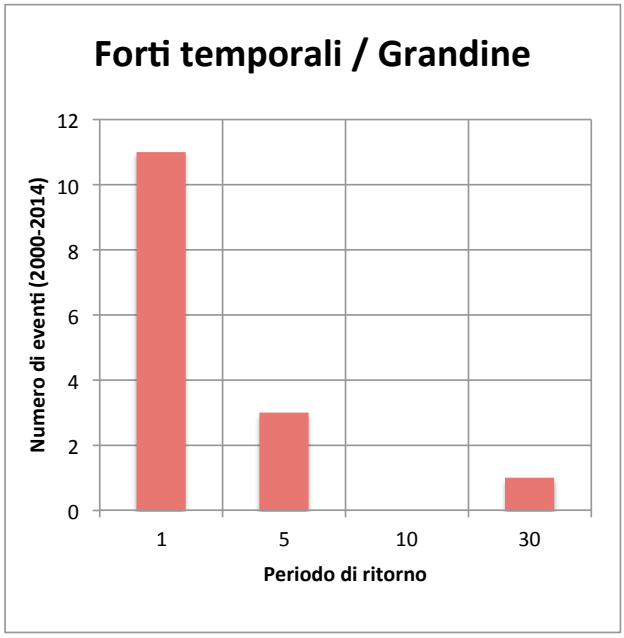
A4 - Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore agricoltura: Assicurazione grandine e fondo intrenazionale e fondo svizzero di soccorso per danni causati dalla natura e non assicurabili

Unità : Danni in milioni di CHF

	Forti temporali / Grandine
2000	2.64
2001	0.48
2002	0.28
2003	0.49
2004	0.45
2005	0.65
2006	0.74
2007	0.18
2008	0.29
2009	0.51
2010	0.03
2011	0.38
2012	0.47
2013	0.19
2014	0.06
max	3
min	0
sum	8
Perc in fze forti temp/grandine	100%
Valori classi	
v1	0.50
v2	1.00
v3	2.00
v4	3

Numero di eventi per periodo di ritorno

Periodi di ritorno	**Forti temporali / Grandine**
1	11
5	3
10	0
30	1
Somma annua danni	0.63



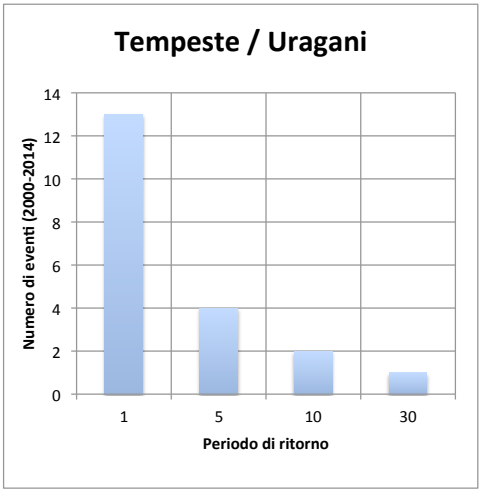
A4 - Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore agricoltura: Fondo intrenazionale e fondo svizzero di soccorso per danni causati dalla natura e non assicurabili

Unità : Danni in milioni di CHF

	Tempeste / Uragani
1995	0.00
1996	0.00
1997	0.00
1998	0.00
1999	0.05766
2000	0.01270
2001	0.01970
2002	0.00250
2003	0.00620
2004	0.00000
2005	0.00000
2006	0.00000
2007	0.00150
2008	0.00000
2009	0.03950
2010	0.00000
2011	0.00540
2012	0.00000
2013	0.00450
2014	0.00000
max	0.06
min	-
sum	0.15
Valori classi	
v1	0.003
v2	0.02
v3	0.05
v4	0

Numero di eventi per periodo di ritorno

Periodi di ritorno	**Tempeste / Uragani**
1	13
5	4
10	2
30	1
Somma annua danni	0.009



ALLEGATO A5

Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore infrastrutture e edifici

A5 - Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore infrastrutture e edifici: Edifici

Unità : milioni di CHF di danno

	Alluvioni	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe	Forti temporali / Grandine	Forti nevicate
2001	5.469	9.482	1.630	0.305	0.109	0.930	0.902
2002	24.988	8.585	4.612	0.673	0.062	0.497	0.255
2003	2.622	4.761	0.333	0.206	0.001	16.776	1.064
2004	2.176	4.431	0.310	0.339	0.021	0.994	0.593
2005	0.348	3.422	0.093	0.174	0.066	11.554	0.676
2006	9.143	6.143	0.862	0.510	0.020	8.035	2.627
2007	0.705	2.365	0.082	0.167	0.011	31.132	0.034
2008	12.338	2.701	1.143	0.328	0.116	2.026	1.221
2009	6.384	5.304	1.403	0.394	0.279	5.653	3.934
2010	0.331	1.811	0.142	0.178	0.037	1.071	0.330
2011	3.036	4.408	0.221	0.145	0.052	1.657	0.126
2012	0.457	6.800	0.130	0.134	0.015	12.912	0.203
max	24.988	9.482	4.612	0.673	0.279	31.132	3.934
min	0.331	1.811	0.082	0.134	0.001	0.497	0.034
sum	67.996	60.214	10.962	3.553	0.789	93.238	11.962
Perc in fze forti temporali e grandine	73%	65%	12%	4%	1%	100%	13%
Valori classi							
v1	5.1	4.5	0.8	0.27	0.06	7	0.9
v2	9.5	8.4	1.5	0.5	0.11	13	1.7
v3	14.6	12.9	2.4	0.8	0.2	20	2.6
v4	23.3	20.7	3.8	1.2	0.3	32	4.1

Numero di eventi per periodo di ritorno

Periodi di ritorno	Alluvioni	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe	Forti temporali / Grandine	Forti nevicate
1	7	6	7	6	7	7	7
5	3	4	3	4	3	3	3
10	1	2	1	2	1	1	0
30	1	0	1	0	1	1	2
Somma annua danni	5.85	5.18	0.94	0.31	0.07	8.02	1.03

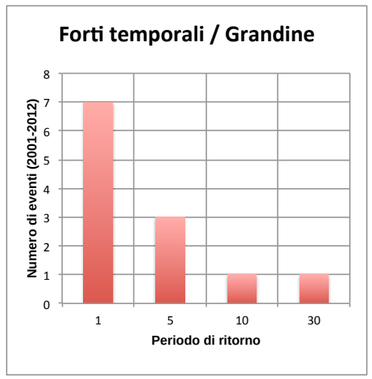
Fattori scenari fururi

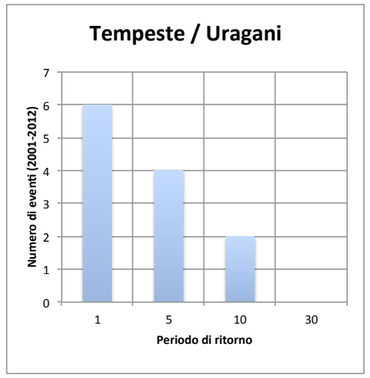
Scenario debole

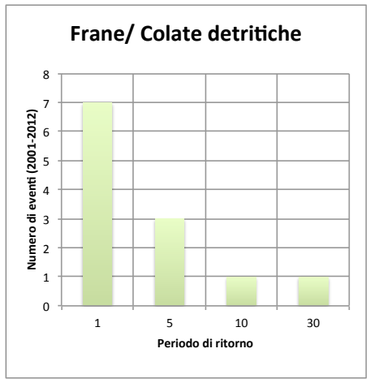
Periodi di ritorno	Alluvioni	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe	Forti temporali / Grandine	Forti nevicate
1	1	1	1	0.9	0.9	1	0.8
5	1	1	1	0.9	0.9	1	0.8
10	1	1	1.1	0.9	1	1	0.8
30	1	1	1.1	0.9	1	1	0.8
Somma annua danni	5.85	5.18	0.97	0.27	0.06	8.02	0.82

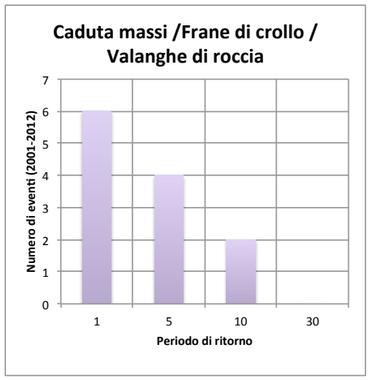
Scenario forte

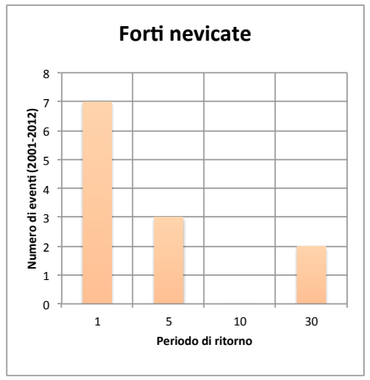
Periodi di ritorno	Alluvioni	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe	Forti temporali / Grandine	Forti nevicate
1	1.4	1	1.2	0.8	0.8	1	0.6
5	1.4	1	1.2	0.8	0.8	1	0.6
10	1.4	1	1.7	0.8	1.125	1	0.6
30	1.4	1	1.7	0.8	1.125	1	0.6
Somma annua danni	8.18	5.18	1.28	0.24	0.06	8.02	0.62

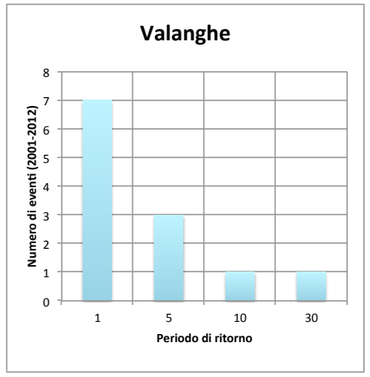












A5 - Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore infrastrutture e edifici: Beni mobili

Unità : milioni di CHF di danno

	Alluvioni	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe	Forti temporali / Grandine	Forti nevicate
2001	2.811	2.188	1.614	0.065	0.020	0.097	0.065
2002	9.759	1.545	0.854	0.200	0.007	0.013	0.093
2003	1.166	0.817	0.069	0.189	0.002	0.937	0.263
2004	0.952	0.664	0.039	0.185	0.001	0.106	0.119
2005	0.768	0.700	0.367	0.084	0.009	0.731	0.133
2006	7.392	1.231	0.108	0.183	0.008	0.450	0.388
2007	0.370	0.448	0.000	0.103	0.012	2.585	0.002
2008	6.509	0.667	0.507	0.139	0.016	0.180	0.356
2009	3.439	0.959	0.463	0.053	0.051	0.358	0.516
2010	0.287	0.425	0.363	0.072	0.012	0.070	0.018
2011	2.277	1.067	0.028	0.039	0.004	0.103	0.004
2012	0.233	1.768	0.060	0.035	0.036	0.501	0.048
max	9.759	2.188	1.614	0.200	0.051	2.585	0.516
min	0.233	0.425	0.000	0.035	0.001	0.013	0.002
sum	35.962	12.479	4.472	1.347	0.176	6.132	2.005
Perc in fze alluvioni	100%	35%	12%	4%	0%	17%	6%
Valori classi							
v1	3	1.0	0.4	0.1	0.015	0.5	0.2
v2	5	1.7	0.6	0.2	0.024	0.9	0.3
v3	9	3.1	1.1	0.3	0.0	1.5	0.5
v4	26	9.0	3.2	1.0	0.1	4.4	1.4

Numero di eventi per periodo di ritorno

Periodi di ritorno	Alluvioni	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe	Forti temporali / Grandine	Forti nevicate
1	8	7	8	7	8	9	8
5	1	3	2	3	2	1	1
10	2	2	1	2	1	1	2
30	1	0	1	0	1	1	1
Somma annua danni	3.58	1.24	0.45	0.13	0.02	0.61	0.20

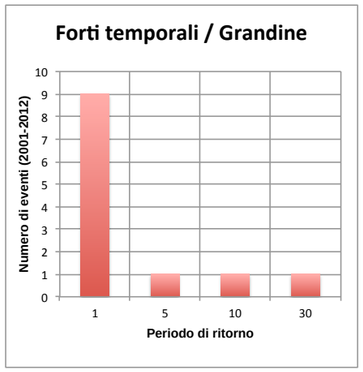
Fattori scenari fururi

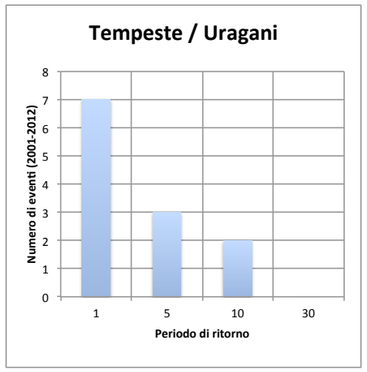
Scenario debole

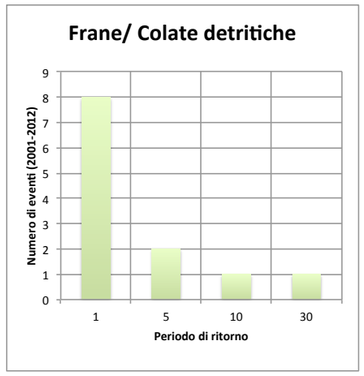
Periodi di ritorno	Alluvioni	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe	Forti temporali / Grandine	Forti nevicate
1	1	1	1	0.9	0.9	1	0.8
5	1	1	1	0.9	0.9	1	0.8
10	1	1	1.1	0.9	1	1	0.8
30	1	1	1.1	0.9	1	1	0.8
Somma annua danni	3.58	1.24	0.46	0.12	0.02	0.61	0.16

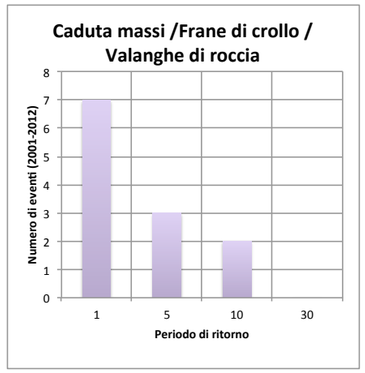
Scenario forte

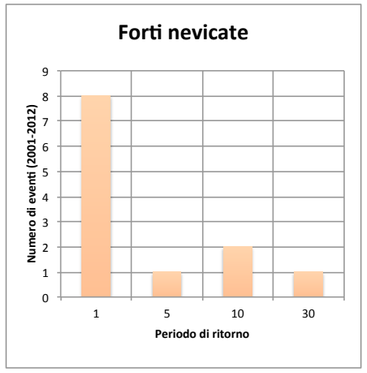
Periodi di ritorno	Alluvioni	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe	Forti temporali / Grandine	Forti nevicate
1	1.4	1	1.2	0.8	0.8	1	0.6
5	1.4	1	1.2	0.8	0.8	1	0.6
10	1.4	1	1.7	0.8	1.125	1	0.6
30	1.4	1	1.7	0.8	1.125	1	0.6
Somma annua danni	5.02	1.24	0.61	0.11	0.02	0.61	0.12

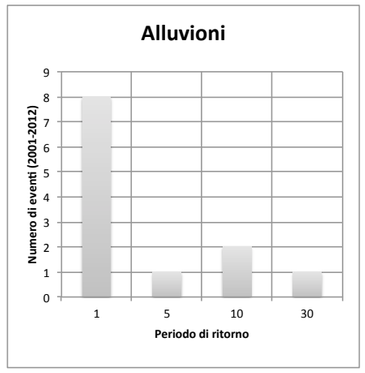


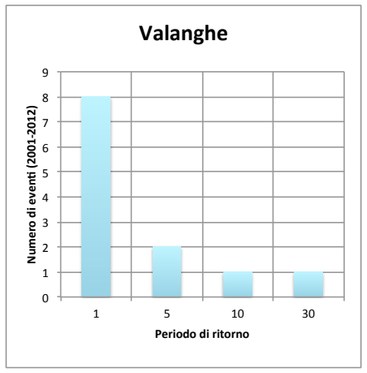












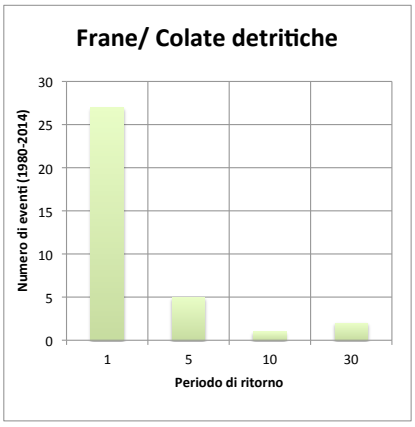
A5 - Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore infrastrutture e edifici: Ferrovia FFS

Unità : CHF di danno

	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia
1980	-	-
1981	-	2'000'000
1982	-	-
1983	-	-
1984	-	30'000
1985	-	10'000
1986	-	-
1987	200'000	-
1988	-	-
1989	-	10'000
1990	-	-
1991	-	-
1992	-	-
1993	700'000	-
1994	-	1'000
1995	-	-
1996	100'000	-
1997	-	-
1998	-	10'000
1999	-	10'000
2000	-	10'000
2001	-	-
2002	-	-
2003	10'000	100'000
2004	-	-
2005	-	-
2006	10'000	100'000
2007	-	140'000
2008	10'000	500'000
2009	-	-
2010	-	10'000
2011	-	2'410'000
2012	-	-
2013	600'000	10'000
2014	10'000	830'000
max	700'000	2'410'000
min	-	-
sum	1'640'000	6'181'000
Perc in fze SCMFC	27%	100%
Valori classi		
v1	2'653.29	10'000
v2	132'665	500'000
v3	596'991	2'250'000
v4	795'988	3'000'000

Numero di eventi per periodo di ritorno

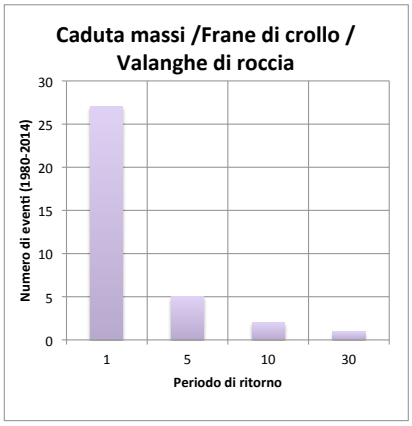
Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia
1	27	27
5	5	5
10	1	2
30	2	1
Somma annua danni	74'558	281'000



Fattori scenari fururi

Scenario debole Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia
1	1	0.9
5	1	0.9
10	1.1	0.9
30	1.1	0.9
Somma annua danni	80'527	252'900

Scenario forte Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia
1	1.2	0.8
5	1.2	0.8
10	1.7	0.8
30	1.7	0.8
Somma annua danni	119'318.56	224'800



A5 - Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore infrastrutture e edifici: Evacuati

Unità : Numero di evacuati

	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe
1980	-	-	-
1981	-	-	-
1982	-	-	-
1983	-	-	-
1984	-	-	-
1985	-	-	-
1986	-	-	-
1987	-	-	-
1988	-	-	-
1989	-	-	-
1990	-	-	-
1991	-	-	-
1992	-	-	-
1993	20	-	-
1994	-	-	40
1995	-	-	-
1996	-	-	-
1997	30	-	-
1998	-	-	-
1999	-	-	-
2000	-	-	-
2001	-	6	-
2002	25	-	-
2003	22	-	-
2004	-	-	-
2005	-	-	-
2006	-	-	-
2007	-	-	-
2008	16	-	-
2009	-	-	-
max	30	6	40
min	-	-	-
sum	113	6	40
Perc in fze SCMFC	100%		
Valori classi			
v1	5	-	-
v2	24	-	-
v3	28	-	-
v4	30	6	40

Numero di eventi per periodo di ritorno

Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe
1	25	29	29
5	3	0	0
10	1	0	0
30	1	1	1
Somma annua danni	9.0	0.2	1.3

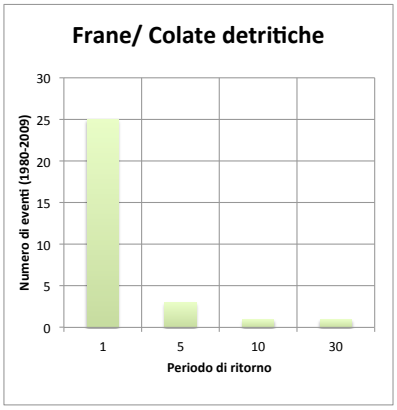
Fattori scenari fururi

Scenario debole

Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe
1	1	0.9	0.9
5	1	0.9	0.9
10	1.1	0.9	1
30	1.1	0.9	1
Somma annua danni	9.32	0.2	1.3

Scenario forte

Periodi di ritorno	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Valanghe
1	1.2	0.8	0.8
5	1.2	0.8	0.8
10	1.7	0.8	1.125
30	1.7	0.8	1.125
Somma annua danni	12.54	0.2	1.5



ALLEGATO A6

Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore gestione delle acque

A6 - Valore atteso e periodo di ritorno degli impatti sul settore gestione delle acque: Infrastrutture di apporvvigionamento e smaltimento idrico

	Unità : milioni di CHF di danno **Forti temporali / Grandine**
1998	0.81
1999	-
2000	0.08
2001	-
2002	1.05
2003	0.01
2004	-
2005	-
2006	-
2007	-
2008	0.00500
2009	0.10
2010	-
2011	-
2012	0.07
2013	-
2014	-
max	1
min	-
sum	2

Valori classi	
v1	0.005
v2	0.1
v3	1.0
v4	2.0

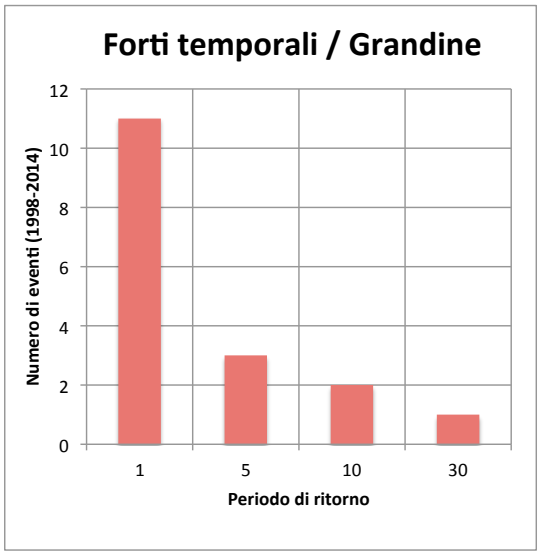
Numero di eventi per periodo di ritorno

Periodi di ritorno	Forti temporali / Grandine
1	11
5	3
10	2
30	1
Somma annua danni	0.118

Fattori scenari fururi

Scenario debole Periodi di ritorno	Forti temporali / Grandine
1	1
5	1
10	1
30	1
Somma annua danni	0.12

Scenario forte Periodi di ritorno	Forti temporali / Grandine
1	1
5	1
10	1
30	1
Somma annua danni	0.12



ALLEGATO A7

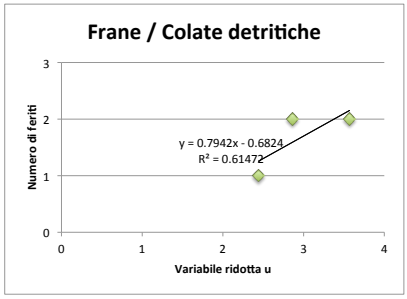
Analisi degli eventi estremi - Settore d'impatto salute

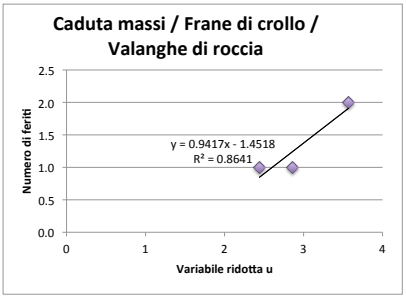
A7 - Analisi degli eventi estremi settore d'impatto salute: Feriti

Unità : Numero di feriti

	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi / Frane di crollo / Valanghe di roccia
1980	0.000	0.000
1981	0.000	0.000
1982	0.000	0.000
1983	0.000	0.000
1984	0.000	0.000
1985	0.000	0.000
1986	0.000	0.000
1987	0.000	0.000
1988	0.000	0.000
1989	0.000	0.000
1990	0.000	0.000
1991	0.000	0.000
1992	0.000	0.000
1993	0.000	0.000
1994	0.000	0.000
1995	0.000	0.000
1996	0.000	0.000
1997	1.000	2.000
1998	0.000	0.000
1999	0.000	0.000
2000	0.000	0.000
2001	0.000	0.000
2002	0.000	0.000
2003	0.000	0.000
2004	0.000	1.000
2005	0.000	0.000
2006	2.000	1.000
2007	0.000	0.000
2008	0.000	0.000
2009	0.000	0.000
2010	0.000	0.000
2011	0.000	0.000
2012	0.000	0.000
2013	0.000	0.000
2014	2.000	0.000

Rango	F	u	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi / Frane di crollo / Valanghe di roccia
1	0.028	-1.276	0	0
2	0.056	-1.061	0	0
3	0.083	-0.910	0	0
4	0.111	-0.787	0	0
5	0.139	-0.680	0	0
6	0.167	-0.583	0	0
7	0.194	-0.493	0	0
8	0.222	-0.408	0	0
9	0.250	-0.327	0	0
10	0.278	-0.248	0	0
11	0.306	-0.170	0	0
12	0.333	-0.094	0	0
13	0.361	-0.018	0	0
14	0.389	0.057	0	0
15	0.417	0.133	0	0
16	0.444	0.210	0	0
17	0.472	0.287	0	0
18	0.500	0.367	0	0
19	0.528	0.448	0	0
20	0.556	0.531	0	0
21	0.583	0.618	0	0
22	0.611	0.708	0	0
23	0.639	0.803	0	0
24	0.667	0.903	0	0
25	0.694	1.009	0	0
26	0.722	1.123	0	0
27	0.750	1.246	0	0
28	0.778	1.381	0	0
29	0.806	1.531	0	0
30	0.833	1.702	0	0
31	0.861	1.900	0	0
32	0.889	2.139	0	0
33	0.917	2.442	1	1
34	0.944	2.862	2	1
35	0.972	3.569	2	2





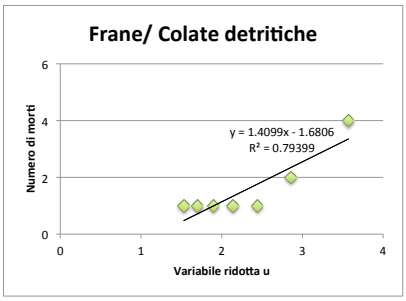
Evento estremo con periodo di ritorno 100 anni Unità : Numero di feriti

Rango	F	u	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia
100	0.990	4.60	2.97	2.88

A7 - Analisi degli eventi estremi settore d'impatto salute: Morti

	Unità : Numero di morti Frane/ Colate detritiche
1980	0.0
1981	0.0
1982	1.0
1983	0.0
1984	0.0
1985	0.0
1986	0.0
1987	0.0
1988	0.0
1989	0.0
1990	0.0
1991	0.0
1992	2.0
1993	1.0
1994	0.0
1995	0.0
1996	0.0
1997	0.0
1998	0.0
1999	1.0
2000	0.0
2001	0.0
2002	0.0
2003	1.0
2004	0.0
2005	0.0
2006	1.0
2007	0.0
2008	0.0
2009	0.0
2010	0.0
2011	0.0
2012	0.0
2013	0.0
2014	4.0

Rango	F	u	Frane/ Colate detritiche
1	0.028	-1.276	0
2	0.056	-1.061	0
3	0.083	-0.910	0
4	0.111	-0.787	0
5	0.139	-0.680	0
6	0.167	-0.583	0
7	0.194	-0.493	0
8	0.222	-0.408	0
9	0.250	-0.327	0
10	0.278	-0.248	0
11	0.306	-0.170	0
12	0.333	-0.094	0
13	0.361	-0.018	0
14	0.389	0.057	0
15	0.417	0.133	0
16	0.444	0.210	0
17	0.472	0.287	0
18	0.500	0.367	0
19	0.528	0.448	0
20	0.556	0.531	0
21	0.583	0.618	0
22	0.611	0.708	0
23	0.639	0.803	0
24	0.667	0.903	0
25	0.694	1.009	0
26	0.722	1.123	0
27	0.750	1.246	0
28	0.778	1.381	0
29	0.806	1.531	1
30	0.833	1.702	1
31	0.861	1.900	1
32	0.889	2.139	1
33	0.917	2.442	1
34	0.944	2.862	2
35	0.972	3.569	4



Evento estremo con periodo di ritorno 100 anni Unità : Numero di morti

Rango	F	u	Frane/ Colate detritiche
100	0.990	4.60	4.8

ALLEGATO A8

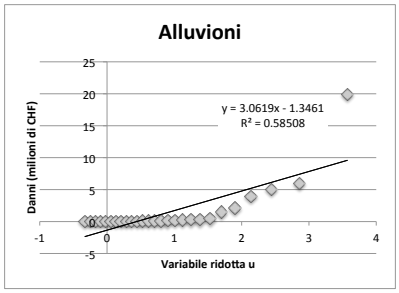
Analisi degli eventi estremi - Settore d'impatto agricoltura

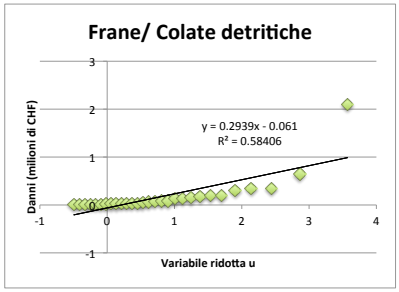
A8 - Analisi degli eventi estremi settore d'impatto agricoltura: Banca dati dei danni del maltempo WSL e fondo intrenazionale e fondo svizzero di soccorso per danni causati dalla natura e non assicurabili

Unità : milioni di CHF di danno

	Alluvioni	Frane/ Colate detritiche
1980	-	-
1981	2.1	0.03
1982	0.28	0.01
1983	5	0.01
1984	-	-
1985	-	-
1986	1.52	0.02
1987	5.94	0.2
1988	0.06	0.01
1989	0.18	-
1990	-	-
1991	0.03	-
1992	0.08	0.08
1993	19.87	2.1
1994	0.03	0.01
1995	0.07	0.05
1996	0.11	0.20
1997	0.00	0.03
1998	0.07	0.14
1999	0.00	0.15
2000	3.93	0.18
2001	0.04	0.31
2002	0.29	0.35
2003	0.24	0.65
2004	0.04	0.01
2005	0.02	0.04
2006	0.03	0.08
2007	0.07	0.03
2008	0.45	0.34
2009	0.01	0.13
2010	0.00	0.03
2011	0.03	0.03
2012	0.00	0.01
2013	0.01	0.07
2014	0.02	0.06

Rango	F	u	Alluvioni	Frane/ Colate detritiche
1	0.028	-1.276	0.00	0.00
2	0.056	-1.061	0.00	0.00
3	0.083	-0.910	0.00	0.00
4	0.111	-0.787	0.00	0.00
5	0.139	-0.680	0.00	0.00
6	0.167	-0.583	0.00	0.00
7	0.194	-0.493	0.00	0.01
8	0.222	-0.408	0.00	0.01
9	0.250	-0.327	0.01	0.01
10	0.278	-0.248	0.01	0.01
11	0.306	-0.170	0.02	0.01
12	0.333	-0.094	0.02	0.01
13	0.361	-0.018	0.03	0.02
14	0.389	0.057	0.03	0.03
15	0.417	0.133	0.03	0.03
16	0.444	0.210	0.03	0.03
17	0.472	0.287	0.04	0.03
18	0.500	0.367	0.04	0.03
19	0.528	0.448	0.06	0.04
20	0.556	0.531	0.07	0.05
21	0.583	0.618	0.07	0.06
22	0.611	0.708	0.07	0.07
23	0.639	0.803	0.08	0.08
24	0.667	0.903	0.11	0.08
25	0.694	1.009	0.18	0.13
26	0.722	1.123	0.24	0.14
27	0.750	1.246	0.28	0.15
28	0.778	1.381	0.29	0.18
29	0.806	1.531	0.45	0.20
30	0.833	1.702	1.52	0.20
31	0.861	1.900	2.10	0.31
32	0.889	2.139	3.93	0.34
33	0.917	2.442	5.00	0.35
34	0.944	2.862	5.94	0.65
35	0.972	3.569	19.87	2.10





Evento estremo con periodo di ritorno 100 anni Unità : milioni di CHF di danno

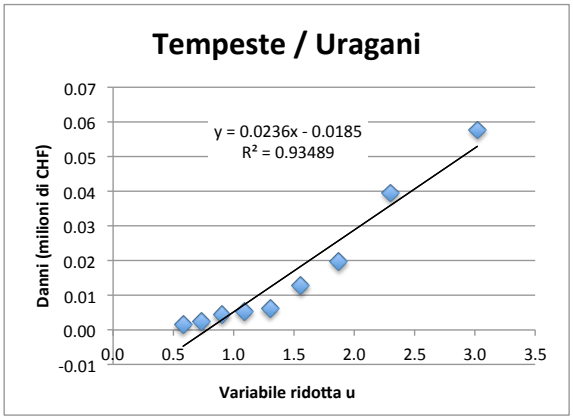
Rango	F	u	Alluvioni	Frane/ Colate detritiche
100	0.990	4.60	13	1.29

A8 - Analisi degli eventi estremi settore d'impatto agricoltura: Fondo intrenazionale e fondo svizzero di soccorso per danni causati dalla natura e non assicurabili

Unità : milioni di CHF di danno

	Tempeste / Uragani
1995	0.00
1996	0.00
1997	0.00
1998	0.00
1999	0.06
2000	0.01
2001	0.02
2002	0.00
2003	0.01
2004	0.00
2005	0.00
2006	0.00
2007	0.00
2008	0.00
2009	0.04
2010	0.00
2011	0.01
2012	0.00
2013	0.00
2014	0.00

Rango	F	u	**Tempeste / Uragani**
1	0.048	-1.113	0.000
2	0.095	-0.855	0.000
3	0.143	-0.666	0.000
4	0.190	-0.506	0.000
5	0.238	-0.361	0.000
6	0.286	-0.225	0.000
7	0.333	-0.094	0.000
8	0.381	0.036	0.000
9	0.429	0.166	0.000
10	0.476	0.298	0.000
11	0.524	0.436	0.000
12	0.571	0.581	0.002
13	0.619	0.735	0.003
14	0.667	0.903	0.005
15	0.714	1.089	0.005
16	0.762	1.302	0.006
17	0.810	1.554	0.013
18	0.857	1.870	0.020
19	0.905	2.302	0.040
20	0.952	3.020	0.058



Evento estremo con periodo di ritorno 100 anni Unità : milioni di CHF di danno

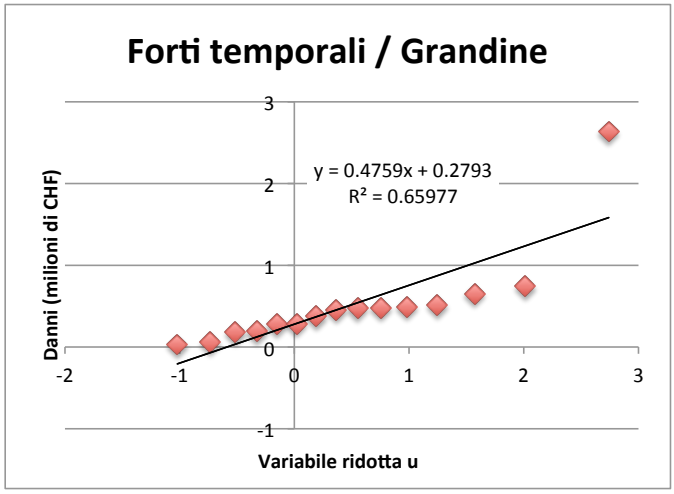
Rango	F	u	**Tempeste / Uragani**
100	0.990	4.60	0.09

A8 - Analisi degli eventi estremi settore d'impatto agricoltura: Assicurazione grandine e fondo intrenazionale e fondo svizzero di soccorso per danni causati dalla natura e non assicurabili

Unità : milioni di CHF di danno

	Forti temporali / Grandine
2000	2.64
2001	0.48
2002	0.28
2003	0.49
2004	0.45
2005	0.65
2006	0.74
2007	0.18
2008	0.29
2009	0.51
2010	0.03
2011	0.38
2012	0.47
2013	0.19
2014	0.06

Rango	F	u	**Forti temporali / Grandine**
1	0.063	-1.020	0.032
2	0.125	-0.732	0.059
3	0.188	-0.515	0.182
4	0.250	-0.327	0.194
5	0.313	-0.151	0.279
6	0.375	0.019	0.285
7	0.438	0.190	0.376
8	0.500	0.367	0.454
9	0.563	0.553	0.474
10	0.625	0.755	0.481
11	0.688	0.982	0.491
12	0.750	1.246	0.512
13	0.813	1.572	0.652
14	0.875	2.013	0.743
15	0.938	2.740	2.637



Evento estremo con periodo di ritorno 100 anni Unità : milioni di CHF di danno

Rango	F	u	**Forti temporali / Grandine**
100	0.990	4.60	2.5

ALLEGATO A9

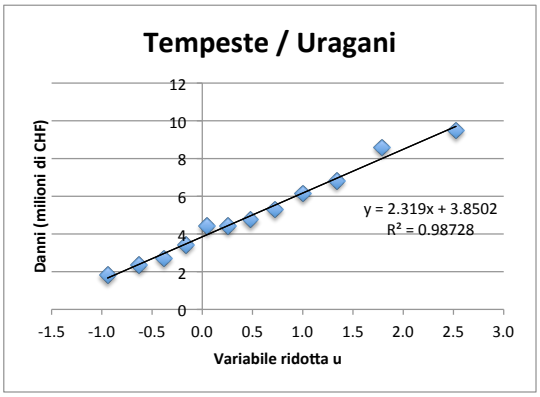
Analisi degli eventi estremi - Settore d'impatto infrastrutture e edifici

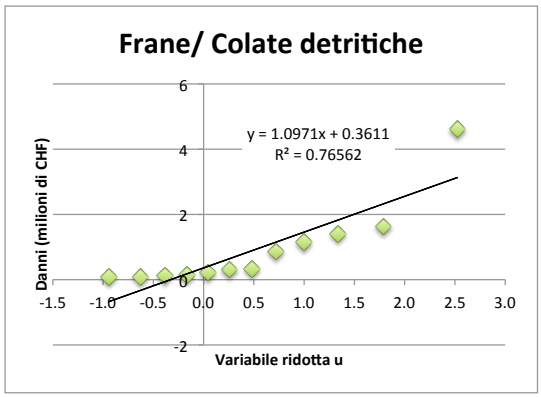
A9 - Analisi degli eventi estremi settore d'impatto infrastrutture e edifici: Edifici

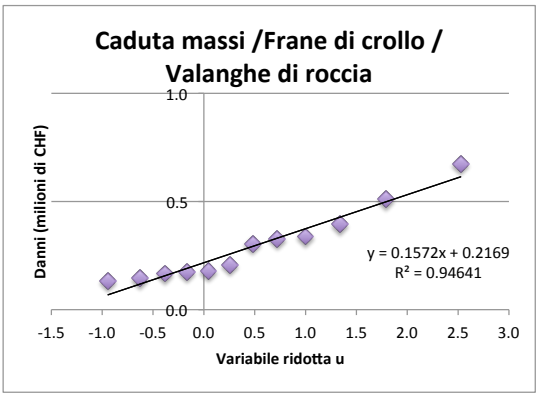
Unità : milioni di CHF di danno

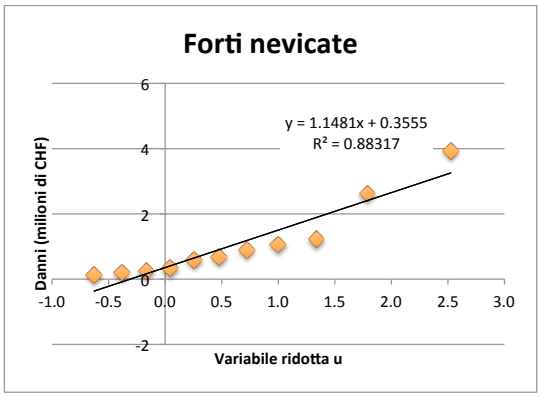
	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Forti nevicate
2001	9.482	1.630	0.305	0.902
2002	8.585	4.612	0.673	0.255
2003	4.761	0.333	0.206	1.064
2004	4.431	0.310	0.339	0.593
2005	3.422	0.093	0.174	0.676
2006	6.143	0.862	0.510	2.627
2007	2.365	0.082	0.167	0.034
2008	2.701	1.143	0.328	1.221
2009	5.304	1.403	0.394	3.934
2010	1.811	0.142	0.178	0.330
2011	4.408	0.221	0.145	0.126
2012	6.800	0.130	0.134	0.203

Rango	F	u	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Forti nevicate
1	0.077	-0.942	1.811	0.082	0.134	0.034
2	0.154	-0.627	2.365	0.093	0.145	0.126
3	0.231	-0.383	2.701	0.130	0.167	0.203
4	0.308	-0.164	3.422	0.142	0.174	0.255
5	0.385	0.046	4.408	0.221	0.178	0.330
6	0.462	0.257	4.431	0.310	0.206	0.593
7	0.538	0.480	4.761	0.333	0.305	0.676
8	0.615	0.723	5.304	0.862	0.328	0.902
9	0.692	1.000	6.143	1.143	0.339	1.064
10	0.769	1.338	6.800	1.403	0.394	1.221
11	0.846	1.789	8.585	1.630	0.510	2.627
12	0.923	2.525	9.482	4.612	0.673	3.934









Evento estremo con periodo di ritorno 100 anni Unità : milioni di CHF di danno

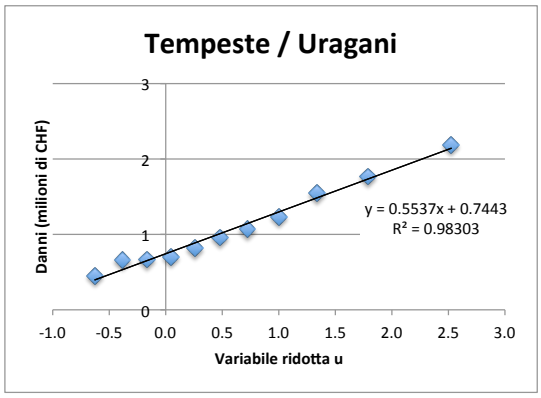
Rango	F	u	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Forti nevicate
100	0.990	4.60	15	5.47	0.9	5.6

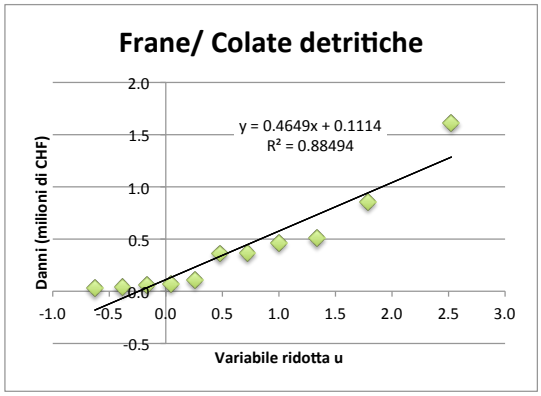
A9 - Analisi degli eventi estremi settore d'impatto infrastrutture e edifici: Beni mobili

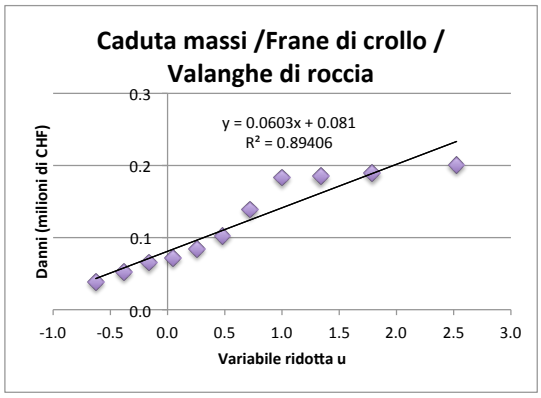
Unità : milioni di CHF di danno

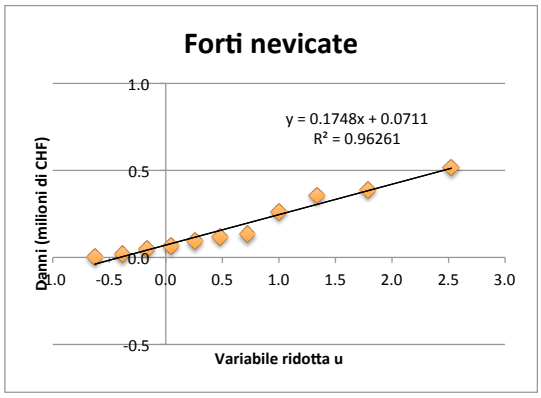
	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Forti nevicate
2001	2.188	1.614	0.065	0.065
2002	1.545	0.854	0.200	0.093
2003	0.817	0.069	0.189	0.263
2004	0.664	0.039	0.185	0.119
2005	0.700	0.367	0.084	0.133
2006	1.231	0.108	0.183	0.388
2007	0.448	0.000	0.103	0.002
2008	0.667	0.507	0.139	0.356
2009	0.959	0.463	0.053	0.516
2010	0.425	0.363	0.072	0.018
2011	1.067	0.028	0.039	0.004
2012	1.768	0.060	0.035	0.048

Rango	F	u	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Forti nevicate
1	0.077	-0.942	0.425	0.000	0.035	0.002
2	0.154	-0.627	0.448	0.028	0.039	0.004
3	0.231	-0.383	0.664	0.039	0.053	0.018
4	0.308	-0.164	0.667	0.060	0.065	0.048
5	0.385	0.046	0.700	0.069	0.072	0.065
6	0.462	0.257	0.817	0.108	0.084	0.093
7	0.538	0.480	0.959	0.363	0.103	0.119
8	0.615	0.723	1.067	0.367	0.139	0.133
9	0.692	1.000	1.231	0.463	0.183	0.263
10	0.769	1.338	1.545	0.507	0.185	0.356
11	0.846	1.789	1.768	0.854	0.189	0.388
12	0.923	2.525	2.188	1.614	0.200	0.516









Evento estremo con periodo di ritorno 100 anni Unità : milioni di CHF di danno

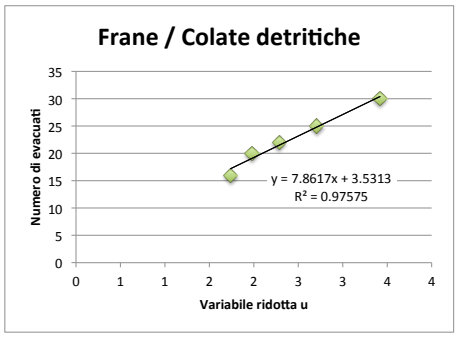
Rango	F	u	Tempeste / Uragani	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia	Forti nevicate
100	0.990	4.60	3.3	2.3	0.4	0.9

A9 - Analisi degli eventi estremi settore d'impatto infrastrutture e edifici: Evacuati

Unità : Numero di evacuati

	Frane/ Colate detritiche
1980	-
1981	-
1982	-
1983	-
1984	-
1985	-
1986	-
1987	-
1988	-
1989	-
1990	-
1991	-
1992	-
1993	20
1994	-
1995	-
1996	-
1997	30
1998	-
1999	-
2000	-
2001	-
2002	25
2003	22
2004	-
2005	-
2006	-
2007	-
2008	16
2009	-

Rango	F	u	Frane/ Colate detritiche
1	0.032	-1.234	0
2	0.065	-1.008	0
3	0.097	-0.848	0
4	0.129	-0.717	0
5	0.161	-0.601	0
6	0.194	-0.496	0
7	0.226	-0.397	0
8	0.258	-0.303	0
9	0.290	-0.212	0
10	0.323	-0.123	0
11	0.355	-0.035	0
12	0.387	0.052	0
13	0.419	0.140	0
14	0.452	0.230	0
15	0.484	0.320	0
16	0.516	0.413	0
17	0.548	0.510	0
18	0.581	0.610	0
19	0.613	0.714	0
20	0.645	0.825	0
21	0.677	0.943	0
22	0.710	1.070	0
23	0.742	1.209	0
24	0.774	1.363	0
25	0.806	1.537	0
26	0.839	1.738	16
27	0.871	1.979	20
28	0.903	2.285	22
29	0.935	2.708	25
30	0.968	3.418	30



Evento estremo con periodo di ritorno 100 anni Unità : Perdite in milioni CHF

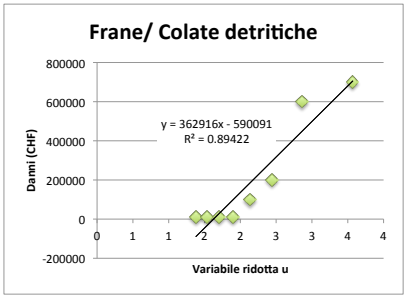
Rango	F	u	Frane/ Colate detritiche
100	0.990	4.60	0.4

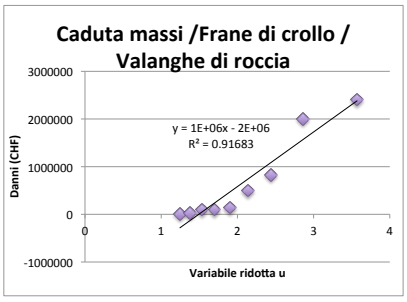
A9 - Analisi degli eventi estremi settore d'impatto infrastrutture e edifici: Ferrovia FFS

Unità : CHF di danno

	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia
1980	-	-
1981	-	2'000'000
1982	-	-
1983	-	-
1984	-	30'000
1985	-	10'000
1986	-	-
1987	200'000	-
1988	-	-
1989	-	10'000
1990	-	-
1991	-	-
1992	-	-
1993	700'000	-
1994	-	1'000
1995	-	-
1996	100'000	-
1997	-	-
1998	-	10'000
1999	-	10'000
2000	-	10'000
2001	-	-
2002	-	-
2003	10'000	100'000
2004	-	-
2005	-	-
2006	10'000	100'000
2007	-	140'000
2008	10'000	500'000
2009	-	-
2010	-	10'000
2011	-	2'410'000
2012	-	-
2013	600'000	10'000
2014	10'000	830'000

Rango	F	u	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia
1	0.028	-1.276	0	0
2	0.056	-1.061	0	0
3	0.083	-0.910	0	0
4	0.111	-0.787	0	0
5	0.139	-0.680	0	0
6	0.167	-0.583	0	0
7	0.194	-0.493	0	0
8	0.222	-0.408	0	0
9	0.250	-0.327	0	0
10	0.278	-0.248	0	0
11	0.306	-0.170	0	0
12	0.333	-0.094	0	0
13	0.361	-0.018	0	0
14	0.389	0.057	0	0
15	0.417	0.133	0	0
16	0.444	0.210	0	0
17	0.472	0.287	0	0
18	0.500	0.367	0	0
19	0.528	0.448	0	0
20	0.556	0.531	0	1000
21	0.583	0.618	0	10000
22	0.611	0.708	0	10000
23	0.639	0.803	0	10000
24	0.667	0.903	0	10000
25	0.694	1.009	0	10000
26	0.722	1.123	0	10000
27	0.750	1.246	0	10000
28	0.778	1.381	10000	30000
29	0.806	1.531	10000	100000
30	0.833	1.702	10000	100000
31	0.861	1.900	10000	140000
32	0.889	2.139	100000	500000
33	0.917	2.442	200000	830000
34	0.944	2.862	600000	2000000
35	0.972	3.569	700000	2410000





Evento estremo con periodo di ritorno 100 anni Unità :milioni CHF di danno

Rango	F	u	Frane/ Colate detritiche	Caduta massi /Frane di crollo / Valanghe di roccia
100	0.990	4.60	1.1	2.6

ALLEGATO A10

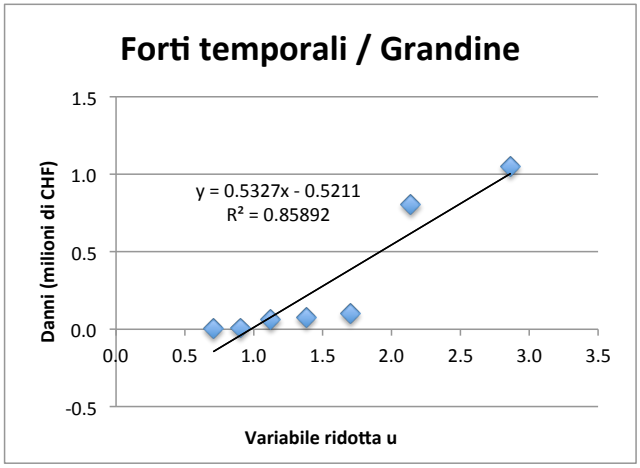
Analisi degli eventi estremi - Settore d'impatto gestione delle acque

A10 - Analisi degli eventi estremi settore d'impatto gestione delle acque: Infrastrutture di apporvvigionamento e smaltimento idrico

Unità : milioni di CHF di danno

	Forti temporali / Grandine
1998	0.81
1999	-
2000	0.08
2001	-
2002	1.05
2003	0.01
2004	-
2005	-
2006	-
2007	-
2008	0.00500
2009	0.10
2010	-
2011	-
2012	0.07
2013	-
2014	-

Rango	F	u	**Forti temporali / Grandine**
1	0.056	-1.061	0.000
2	0.111	-0.787	0.000
3	0.167	-0.583	0.000
4	0.222	-0.408	0.000
5	0.278	-0.248	0.000
6	0.333	-0.094	0.000
7	0.389	0.057	0.000
8	0.444	0.210	0.000
9	0.500	0.367	0.000
10	0.556	0.531	0.000
11	0.611	0.708	0.005
12	0.667	0.903	0.008
13	0.722	1.123	0.065
14	0.778	1.381	0.078
15	0.833	1.702	0.104
16	0.889	2.139	0.805
17	0.944	2.862	1.050



Evento estremo con periodo di ritorno 100 anni Unità : milioni di CHF di danno

Rango	F	u	**Forti temporali / Grandine**
100	0.990	4.60	1.9