

Argomentarlo per l'utilizzo del legname nella costruzione di ponti e passerelle nel Cantone Ticino

Indice dei contenuti

- 1. Perché costruire ponti in legno?**
- 2. Tipologie di ponti e di passerelle pedonali e ciclabili costruiti in legno**
- 3. Tipologie di ponti per la costruzione stradale e per il passaggio della selvaggina, in particolare nel campo della viabilità forestale**
- 4. Fattori dei quali tenere conto nella scelta del legno quale materiale da costruzione per opere all'aperto - specie idonee e specie meno idonee**
- 5. Criteri decisionali di tipo strategico per i ponti in legno**
- 6. Durata di utilizzazione e costi di manutenzione**
- 7. Provvedimenti volti a migliorare lo stato di conservazione (cura e manutenzione correnti)**
- 8. Costi di alcuni ponti in legno selezionati**
- 9. Campi di utilizzo nei quali sono particolarmente indicati i ponti in legno**
- 10. I ponti in legno in un confronto con i ponti in cemento armato e in acciaio**
- 11. Panoramica dei vantaggi dei ponti in legno**
- 12. Bibliografia, link**

1. Perché costruire ponti in legno?

Ecologia: bilancio del carbonio ed efficienza energetica

L'utilizzo del legname quale materia prima rinnovabile contribuisce in modo significativo alla tutela del clima. Il legno messo in opera rappresenta attualmente il serbatoio di carbonio più efficace e durevole. Infatti il legname, che da noi in Svizzera viene prodotto e utilizzato tradizionalmente attraverso una economia forestale sostenibile, viene stoccato e immagazzinato in prodotti che durano a lungo come i ponti o le passerelle di legno.

In questo modo il carbonio che con la fotosintesi era stato fissato all'interno degli alberi sottoforma di legno, viene a tutti gli effetti sottratto dal suo ciclo naturale per diversi decenni. Il legno che viene utilizzato nelle svariate opere realizzate con questo materiale costituisce quindi un serbatoio di carbonio. Mentre questo gas a effetto serra viene sottratto durevolmente dal ciclo, il bosco, grazie alla crescita di nuovi alberi il bosco può continuare ad immagazzinare ulteriori quantitativi di carbonio. Combinando lo stoccaggio nel bosco con quello dei prodotti a base di legno, i benefici globali risultano essere massimi, a tutto vantaggio della tutela del clima.

Inoltre, se confrontato con altri materiali da costruzione, la lavorazione del legno necessita di quantitativi di energia decisamente inferiori. Ad esempio nella produzione di legname incollato, frequentemente utilizzato nella costruzione dei ponti in legno, i cascami prodotti durante le varie fasi della produzione sono utilizzati per produrre energia. Grazie a questa valorizzazione termica, l'energia prodotta risulta essere maggiore rispetto a quella impiegata per le varie fasi di essiccazione e di fabbricazione. I vari processi produttivi subiti dal legno s'inseriscono in tal modo all'interno di cicli produttivi chiusi, permettendo così al legno e ai suoi prodotti di essere utilizzato in modo efficiente e ecologico.

Il potenziale ecologico del legno è caratterizzato da un rendimento elevato dell'utilizzo della risorsa primaria, da un minore impiego di energia per la produzione dei diversi elementi costruttivi a base di legno, oltre che da un minore impatto in termini di energia grigia durante le fasi di raccolta e di produzione. Inoltre il materiale permette di riutilizzare o riciclare i prodotti legnosi o parte di essi quali materiali o componenti di nuovi prodotti.

Ulteriori vantaggi del legno risiedono nella sua disponibilità, produzione e lavorazione "decentralizzate". Quando il legname è prodotto e messo in opera nella stessa regione i trasporti e i costi e le emissioni connesse, sono ridotti al minimo rispetto ad altri materiali non rinnovabili, che devono subire lunghi trasporti.

In sintesi, dal punto di vista ecologico e della sostenibilità il legno quale materiale da costruzione in genere è assolutamente insuperabile! Questo vantaggio indubbio è tuttavia sfruttabile solo se le aspettative riferite alla sua durabilità sono soddisfatte e allorquando i costi globali riferiti al suo intero ciclo di vita, vale a dire i costi «dalla culla fino alla bara» sono sostenibili anche da un profilo economico.

Il legno: un materiale Hi-tech per la costruzione di ponti

L'importanza del legno nella branca dell'ingegneria che si occupa della «costruzione di ponti» è essenzialmente favorita e supportata dallo sviluppo tecnologico recente e dalla disponibilità di nuovi materiali compositi, derivati dal legno. Tra questi troviamo una nuova generazione di elementi o pannelli di legno incollato composti da lamelle o da tranciati di svariate tipologie, assemblati in elementi costruttivi, disponibili anche in grandi formati. Anche il legname lamellare utilizzato da molto tempo ha un posto fisso nella costruzione dei ponti. Negli ultimi 50 anni le esperienze acquisite e lo sviluppo tecnologico che si è avuto nel campo dell'incollaggio hanno fatto crescere l'importanza di questo materiale costruttivo dal punto di vista tecnologico e dell'affidabilità, rendendolo del tutto idoneo per la costruzione di ponti.

Oltre che al progresso tecnologico, l'utilizzo del legno quale materiale da costruzione per i ponti negli ultimi 20 anni è stato assecondato dall'avvento di una nuova generazione di ingegneri. Se negli anni precedenti le opere costruttive erano dimensionate piuttosto in base a procedimenti empirici e dati accumulati con l'esperienza, attualmente i metodi di dimensionamento si fondano su un concetto statistico e su calcoli matematici chiari e riproducibili. Oggigiorno si ricerca consapevolmente la maggiore rigidità delle opere costruttive progettate, rendendole atte a resistere alle sollecitazioni con piccole deformazioni. In questo modo si ottengono un buon grado di robustezza dell'opera e, nello stesso tempo, una durabilità della costruzione che corrisponde alla durata di vita auspicata.

Il progresso registrato nel campo delle tecnologie delle connessioni ha contribuito in modo decisivo all'incremento dell'importanza del legno nella costruzione dei ponti. Attualmente gli ingegneri dispongono infatti di mezzi di connessione affidabili, sicuri ed altamente performanti.

Le passerelle e gli impalcati costituiti da travi di legno accostate non soddisfano più le accresciute esigenze che gli standard odierni impongono alla realizzazione di ponti stradali. Attualmente viene richiesto un impalcato continuo con comportamento stabile che permetta una impermeabilizzazione completa. Per le passerelle pedonali e ciclabili un impalcato composto da travame di legno è comunque ancora accettabile e indicato, permettendo di realizzare varianti esecutive interessanti dal profilo economico. Gli elementi con ampia superficie permettono oggi di realizzare una nuova generazione di passerelle e impalcati di legno. Lastre di grande formato creano basamenti sicuri e affidabili che fungono da supporto per realizzare strati d'impermeabilizzazione che proteggono l'opera dall'umidità e dall'acqua. Le proprietà statiche di queste lastre permettono una distribuzione trasversale dei singoli carichi, peculiarità che nei ponti stradali comporta notoriamente benefici e vantaggi particolarmente importanti. La messa in opera di questa tipologia di lastre composte da elementi di legno possono inoltre assumere la funzione di controventatura orizzontale.



Impermeabilizzazione a caldo dell'impalcato di un ponte di legno tramite una doppia stuoia bituminosa, protetta da uno strato di asfalto colato che funge da strato di usura.

Foto: Studio d'ingegneria Gudenrath AG

Oggigiorno chi progetta costruisce ponti in legno può approfittare di conoscenze ed esperienze accumulate negli scorsi decenni, grazie alle possibilità offerte dalla combinazione statica dei materiali calcestruzzo e legno. Con tali sistemi gli impalcati e le carreggiate carrozzabili sono composte da lastre di calcestruzzo, la cui colata permette di creare una piastra che funge da carreggiata unica e continua e che nel contempo adempie la funzione statica di assorbire le sollecitazioni. Oltre a ciò il sistema permette di realizzare dettagli e finiture sperimentati, come il fissaggio di ringhiere e di parapetti.



Ponte stratificato composto da un impalcato in legno e calcestruzzo.

Sulla lastra unica e continua è stato colato uno strato di asfalto che funge da carreggiata transitabile.

Foto: Makiol + Wiederkehr, Ingegneri del legno

La disponibilità di nuovi elementi costruttivi di grande formato realizzati in legno assemblato e specialmente le tecnologie della connessione hanno modificato radicalmente le fabbricazione in officina ed il montaggio. Oggigiorno si possono pre-fabbricare in officina intere componenti del ponte, che sono poi trasportate in cantiere dove sono montate e assemblate con l'ausilio di veicoli o mezzi sollevatori altamente performanti. La prefabbricazione permette di accrescere la qualità dell'opera poiché la lavorazione viene effettuata all'interno di capannoni protetti dalle intemperie e dotati delle migliori infrastrutture. Oltre a ciò, i tempi di montaggio sul cantiere vengono ridotti al minimo. Tutti queste premesse favorevoli permettono alla prefabbricazione di offrire delle soluzioni assai interessanti dal profilo economico.



Trasporto della struttura principale di un ponte a struttura reticolare posato lungo la pista ciclabile della Valle di Blenio a Dongio.

Foto: Laube SA, Blasca

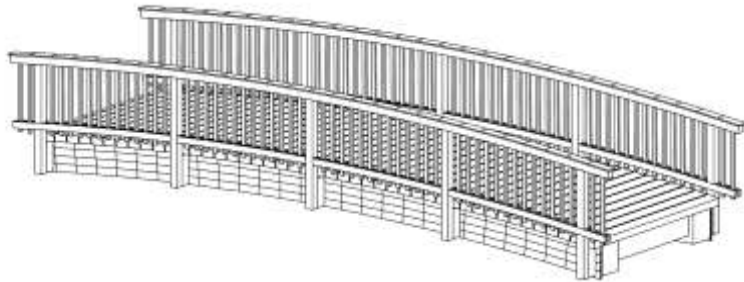
Le evoluzioni e le innovazioni tecnologiche finora presentate hanno modificato radicalmente, consolidato e rafforzato le possibilità di impiego del legno nel settore delle costruzioni dei ponti. Esse hanno oltretutto accresciuto in maniera decisiva gli spazi di manovra nella configurazione del design e nella progettazione dei ponti. L'aspetto esteriore e la positiva percezione dei ponti in legno sono da sempre influenzati dalla scelta del materiale stesso, dalle sue specifiche forme costruttive, oltre che dalle esigenze costruttive mirate alla protezione del legname. I ponti realizzati negli ultimi anni e in parte presentati in questa pubblicazione mostrano in modo evidente tale sviluppo positivo.

2. Tipologie di ponti e di passerelle pedonali e ciclabili in genere in legno

Ponti aperti senza tetto protettivo

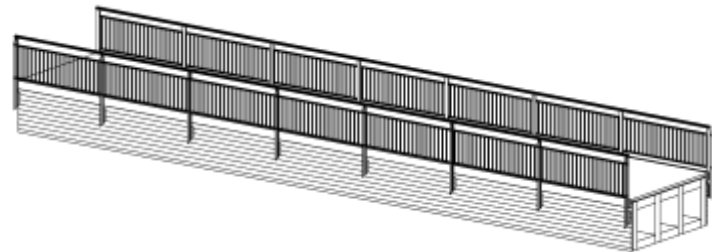
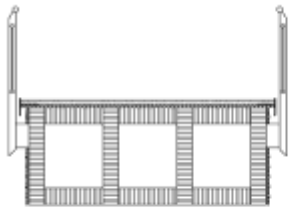
Ponti con pavimentazione in legno (Deckbrücke)

campata fino a 25 metri.



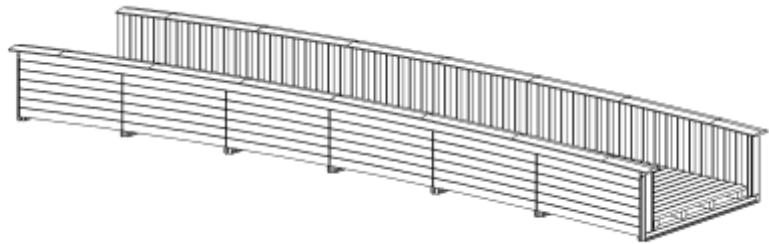
Ponti composti da cassette di legno

campata fino a 35 metri



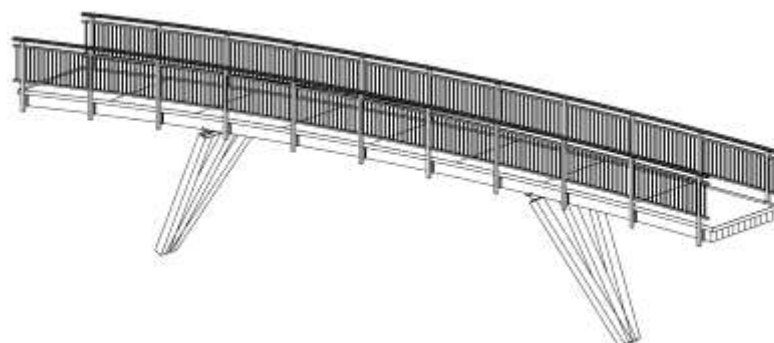
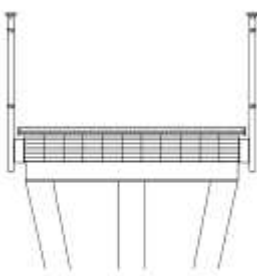
Ponti a trogolo (Trogrücke)

campata fino a 35 metri

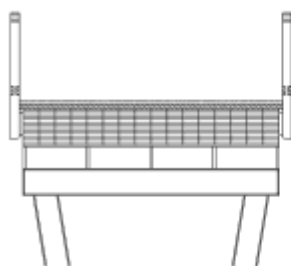


Ponti a telaio o a cavalletto

campata fino a 40 metri



Ponti a campata continua



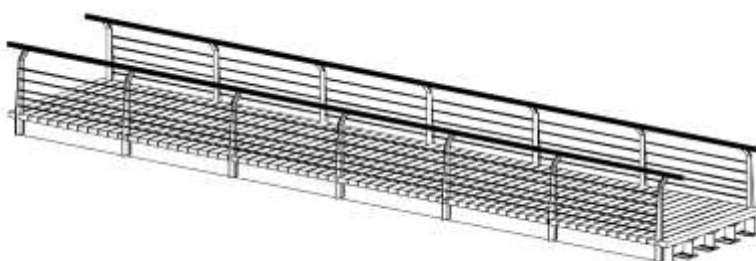
campata fino a 70 metri



Ponti in legno/acciaio



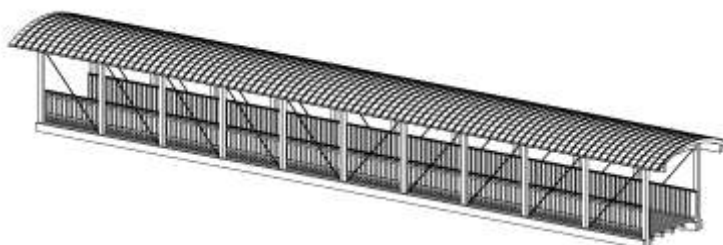
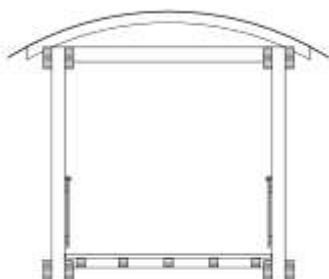
campata fino a 35 metri



Ponti con tetto protettivo

Ponti a struttura reticolare

campata fino a 70 metri



Fonte delle immagini e delle tipologie di ponti in legno:

Sito dell'associazione [Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e.V.](http://www.qualitaetsholzbrueckenbau.de) creata a Bonn-D nel 2009.

Una scelta ampia illustrata di quasi un centinaio di ponti in legno realizzati in diversi Paesi europei e non, classificati secondo le principali tipologie di impiego si trovano sul sito www.forum-holzbruecken.com

Altri esempi di ponti e passerelle in legno sono illustrati nella pubblicazione della Lignum - Cedotec, [scaricabile qui in formato PDF](#) (2.6 Mb) e disponibile in tedesco e francese.

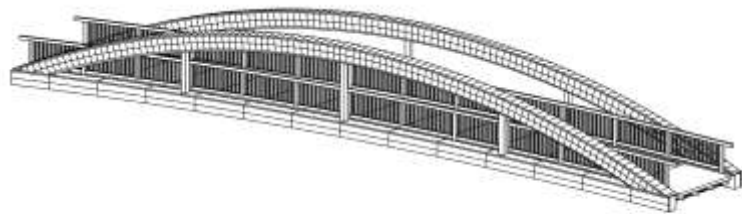
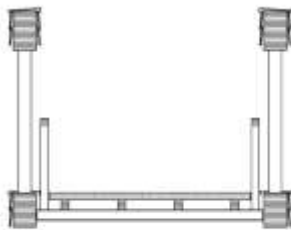
Vedi anche capitolo 12. Bibliografia e links

3. Tipologie di ponti per la costruzione stradale e per il passaggio della selvaggina, in particolare nel campo della viabilità forestale

Di principio valgono le stesse tipologie di ponti e passerelle pedonabili e ciclabili presentate nel capitolo 2. Sono inoltre possibili le seguenti tipologie:

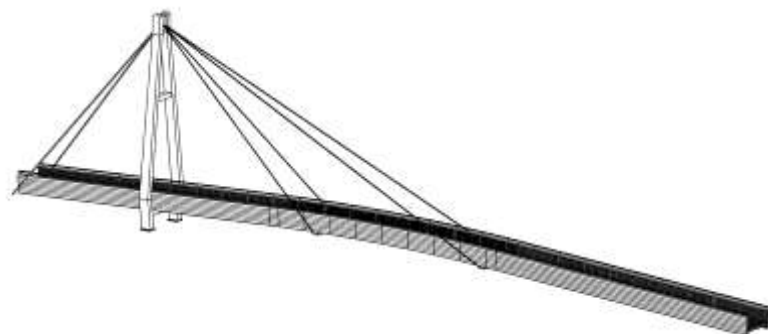
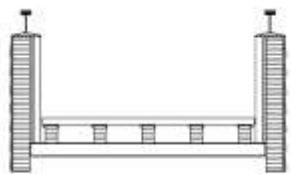
Ponti ad arco

campata fino a 50 metri

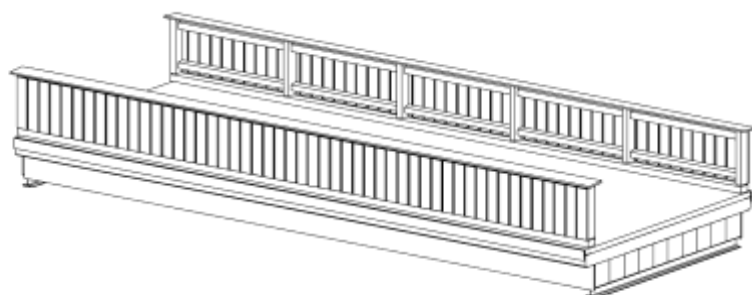
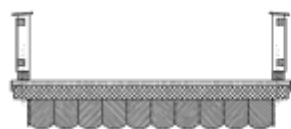


Ponti a piloni

campata fino a 70 metri



Costruzioni stratificate miste legno/calcestruzzo campata fino a 35 metri



Fonte delle immagini e delle tipologie di ponti: Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e. V. Bonn

Una scelta ampia di ponti in legno con relativi disegni e le principali possibilità di impiego si trovano al sito www.forum-holzbruecken.com (vedi Capitolo 12. Bibliografia e links).

4. Fattori dei quali tenere conto nella scelta del legno quale materiale da costruzione per opere all'aperto - specie idonee e specie meno idonee

Durabilità naturale del legno

La decomposizione del legno provocata da funghi e da insetti richiede che le seguenti quattro condizioni elementari siano soddisfatte:

- presenza di organismi decompositori;
- legno quale substrato di nutrimento;
- temperatura maggiore a 0° C e
- presenza di acqua in forma di umidità residua minima.

Contro questi fattori che agiscono sulla decomposizione, le differenti specie legnose possono opporre diversi gradi di resistenza, proprietà chiamata con il termine di "durabilità naturale".

Esistono specie legnose come il castagno, la robinia e la quercia che anche all'aperto presentano una buona resistenza contro gli organismi distruttori del legno. Altre specie, come ad esempio il pino o l'abete rosso, evidenziano per contro una durabilità relativamente inferiore. Alcune specie, come ad esempio l'abete bianco o il pino, possono tuttavia essere sottoposte a trattamenti in autoclave che sono in grado di impregnare il legno con sostanze preservanti che ne aumentano la durabilità naturale.

La durabilità si orienta alla norma europea EN 350-2 dell'ottobre 1994. Per classificare la durabilità naturale contro i funghi decompositori si utilizza un sistema che suddivide il legname in 5 classi. È importante evidenziare che la durabilità si riferisce unicamente al cosiddetto durame (legname del cuore).

- Classi di durabilità:
1. molto durevole
 2. durevole
 3. mediamente durevole
 4. poco durevole
 5. non durevole

Il legname di larice europeo è attribuito alle classi di durabilità 3 e 4. A titolo di confronto, l'abete rosso e l'abete bianco appartengono alla classe 4. Il legno di quercia e di castagno alla classe 2. Da questo risulta che il legno di larice, rispetto a quello dell'abete rosso e dell'abete bianco, presenta una durabilità solo leggermente superiore.

Interessante in questo contesto è la relazione tra le classi di durabilità e le durate di vita (o di servizio) attese del legname messo in opera. Il legname in opera appartenente alle corrispondenti classi di durabilità e sottoposto alle intemperie senza prendere provvedimenti protettivi di alcun genere, presenta le seguenti durate di vita:

Classi di durabilità	Denominazione	Durata di vita media
1	Molto durevole	oltre 13 anni
2	Durevole	8 – 13 anni
3	Mediamente durevole	5 – 8 anni
4	Poco durevole	3 – 5 anni
5	Non durevole	meno di 3 anni

Fonte: Steurer Anton, Dauerhaftigkeit-Analyse ausgeführter Brücken – Erkenntnisse für den Entwurf, Tagungsband SAH, 2006

Anche se queste indicazioni hanno unicamente valore indicativo, le durate di servizio e le relative classi di durabilità naturale nei casi singoli possono essere influenzate da fattori locali, come la ventilazione, le condizioni climatiche locali, ecc. E' pertanto evidente che per realizzare elementi costruttivi portanti, di regola non si devono impiegare specie legnose come l'abete rosso, l'abete bianco e il larice senza essere preventivamente sottoposte a provvedimenti costruttivi o a procedimenti che ne migliorano la protezione.

Umidità del legno e funghi decompositori del legno

I danni da umidità riscontrabili sul legno sono causati dai processi di decomposizione biologica del materiale. In determinate condizioni alcune specie fungine riescono a intaccare la sostanza legnosa, riducendo in tal modo ed in tempi relativamente brevi le proprietà meccaniche del legno stesso e in particolare la sua resistenza.

L'umidità del legno è il fattore decisivo che predispone o meno l'attacco da parte dei funghi decompositori. L'umidità minima del legno a partire dalla quale i funghi distruttori del legno possono svilupparsi si trova all'incirca attorno al valore del 20%.

L'unico provvedimento determinante e decisivo per contrastare lo sviluppo dei funghi è semplice ed esplicito: il livello di umidità del legno nelle normali condizioni di vita e di utilizzo deve essere abbassato e mantenuto al di sotto di questa soglia critica.

Regola generale: affinché i funghi distruttori del legno non si sviluppino, tramite vari provvedimenti l'umidità del legno dev'essere mantenuta stabilmente sotto al valore del 20%.

Umidità negli elementi costruttivi

L'umidità media attesa (umidità di equilibrio) che è lecito attendersi nelle opere in legno e nei diversi singoli elementi costruttivi è determinata dall'umidità relativa dell'aria e dalle condizioni di temperatura che si riscontrano nell'ambiente circostante. L'umidità di equilibrio viene influenzata, da un punto di vista della tecnologia dei materiali:

- dalla specie legnosa utilizzata;
- dal tipo di taglio adottato;
- dalle dimensioni (sezioni) prescelte e
- dalle caratteristiche del trattamento al quale sono state sottoposte le superfici, nonché
- dalle condizioni climatiche presenti localmente.

Di seguito si trova un estratto dalla norma SIA 265 (2012) con indicazione dell'umidità media del legno nei diversi elementi costruttivi.

Posizione delle componenti costruttive	Umidità medie del legno sulla sezione	
	Valore medio	Campo di variabilità
Elementi costruttivi protetti dalle intemperie: - locali ben ventilati, ben riscaldati in inverno - locali ben ventilati, poco riscaldati in inverno - locali ben ventilati, non riscaldati in inverno	9% 12% 15%	+/- 3% +/- 3% +/- 3%
Elementi parzialmente protetti dalle intemperie: - all'aperto, costruzione con tettoia di copertura - piccole sezioni (es. lamelle di facciata con o senza trattamento delle superfici): - sottoposte a forte irraggiamento - sottoposte a debole irraggiamento - sezioni medie (es. elementi di balconi coperti): - sottoposte a forte irraggiamento - sottoposte a debole irraggiamento	17% 15% 17% 13% 16%	+/- 5% +/- 5% +/- 4% +/- 4% +/- 4%
Elementi direttamente esposti alle intemperie: - sezioni grosse (es. elementi costruttivi senza trattamento intenso delle superfici): - valori medi - parte esterna della sezione	18% 20%	+/- 6% +/- 8%
Elementi costruttivi umidi: - in locali umidi e insufficientemente ventilati	24% e fino alla percentuale di saturazione delle fibre	
Elementi costruttivi in acqua (acque dolci)	oltre il limite di saturazione delle fibre	

Per effettuare una prima valutazione la norma SIA 265 (2012) fornisce dei valori indicativi per definire i valori di umidità medi del legno attesi nelle diverse componenti costruttive. Nei settori d'impiego significativi connessi con la costruzione di ponti in legno i valori critici > al 20% che predispongono in legno ad un attacco da parte di funghi decompositori si riscontrano nelle categorie (evidenziate in rosso): "elementi costruttivi umidi"; "elementi costruttivi direttamente sottoposti alle intemperie" e, almeno in parte, anche per la categoria "costruzioni parzialmente protette dalle intemperie".

5. Criteri decisionali di tipo strategico per i ponti in legno

Una volta definiti i criteri tecnici (tipo di veicolo, lunghezza della campata), nella scelta del tipo di ponte in legno più idoneo rispetto alle condizioni locali, il committente ha la possibilità di tenere conto di ulteriori due criteri: capacità di carico e tipo di costruzione, distinguendo tra «ponti protetti» e «ponti non protetti».

Capacità di carico

Le sollecitazioni che agiscono su una determinata costruzione, nel nostro caso di un ponte o una passerella, sono definiti nella [norma SIA 261](#) «azioni sulle strutture portanti» (2003).

I carichi determinanti che i veicoli esercitano sui ponti stradali sono decisamente superiori rispetto a quelli che agiscono sulle passerelle e sui ponti pedonali e ciclabili. Questo fatto implica che, nella costruzione di ponti stradali in legno, anche se si adottano soluzioni costruttive e concetti strutturali ottimizzati, sono necessarie sezioni caratterizzate da dimensioni relativamente elevate. Questo risulta in particolare evidente nel caso della conformazione e del dimensionamento degli impalcati. Nel contesto della costruzione di ponti stradali realizzati in legno questo impone, almeno in parte, dei vincoli.

Nel caso di ponti realizzati lungo infrastrutture viarie utilizzate per la gestione dei boschi o per il passaggio della selvaggina, a dipendenza dell'uso previsto è auspicabile definire dei «modelli di carico», rappresentazioni idealizzate degli effetti dei carichi sulle strutture portanti.

Si suggerisce di concordare gli stessi già a livello di progetto e di definirli nell'ambito in una convenzione o in un regolamento di utilizzo della strada, contenente la descrizione degli obiettivi di uso e di protezione da parte della committenza o del proprietario dell'opera oltre che le condizioni di base, i vincoli e le prescrizioni considerate a livello di progettazione e costruzione e valide anche per l'utilizzazione e la manutenzione dell'opera.

Tipo di costruzione: ponte protetto e ponte non protetto

Nel caso di ponti in legno questa caratteristica ha un grande influsso sulla durabilità delle componenti e sulla durata di vita dell'opera. I ponti protetti di regola sono quelli i cui elementi costruttivi portanti rimangono protetti rispetto alle intemperie.

Sono definiti come «ponti protetti» i ponti che possiedono almeno una di queste caratteristiche:

- un tetto protettivo sufficientemente sporgente che ripara la costruzione portante principale (ponti coperti)
- impalcato provvisto di una pavimentazione sigillata composta da conglomerato bituminoso colato
oppure
- impalcato eseguito da una lastra di calcestruzzo armato che funge da pavimentazione sigillata,
- una copertura composta da una lamiera o da un foglio impermeabile posato sotto a un impalcato composto da tavoloni non accostati
oppure
- un impalcato composto da elementi non accostati, nei quali i longheroni longitudinali situati sotto ai tavoloni sono protetti dal lato superiore e laterale da una lamiera di protezione contro le intemperie.

Definizione della durata di vita teorica

Le esigenze riguardanti la durata di vita (o di servizio) di un'opera dipendono dalla durata di utilizzazione prevista e sono di regola pattuite nella convenzione di utilizzazione stipulata tra il committente e il progettista. La norma SIA 260 (2003) «Basi per la progettazione di strutture portanti» indica delle possibili durate di utilizzazione per «opere di importanza superiore» in 100 anni e di 50 anni per gli «edifici e le altre opere di normale importanza». Un'eccezione è costituita dalle opere costruttive temporanee che hanno una durata di utilizzazione definita e limitata nel tempo (es. ponti temporanei o passerelle di emergenza).

Affinché una determinata lunghezza di vita sia effettivamente raggiunta è necessario che la funzionalità dell'opera sia garantita durante tutto questo arco di tempo. Per garantire questa funzionalità nel tempo è necessario prevedere interventi e lavori di manutenzione e di ripristino. Va da sé che questi interventi comportano dei costi.

6 Durata di utilizzazione e costi di manutenzione

In Germania esistono delle direttive ufficiali riconosciute (*n.d.t. definite con il termine intraducibile di "Ablöserichtlinien"*) che forniscono valori indicativi sulle durate di vita attese e che sono state attualizzate sulla base di un ampio studio eseguito nel 2006. I risultati dello studio sono stati confermati anche da ricerche analoghe eseguite in Austria e in Svizzera.

Estratto dalla nuova versione delle direttive.

I valori indicativi riportati *in corsivo* rappresentano la variante utilizzata in Austria.

Ponti e sovrappassi in legno	Durata di utilizzazione teorica in anni	Costi annuali per la manutenzione in percento dei costi della nuova edificazione
Per vie pedonabili e ciclabili (opere non protette)	30	2,5%
Per vie pedonabili e ciclabili (struttura portante protetta)	80	1,0%
Per strade (struttura portante protetta)	80 (60)	1,3% (1,0%)

Le differenze riscontrabili tra le tipologie di ponti «protetti» e «non protetti» è ragguardevole, sia per quanto riguarda le durate di utilizzazione, che per quanto concerne i costi di manutenzione.

Dal punto di vista economico questi risultati indicano chiaramente che i «ponti protetti» sono preferibili, anche se l'investimento iniziale è maggiore. Ponti stradali appartenenti alla categoria dei «ponti non protetti» di regola non dovrebbero quindi più essere costruiti.

Elementi costruttivi che non sono determinanti per la sicurezza dell'opera (come ringhiere, parapetti, cordoli oltre che gli impalcati pedonabili o carreggiabili sottoposti a sollecitazioni meccaniche dovute all'uso) vengono definiti come elementi costruttivi sottoposti ad usura.

Se la loro funzionalità dovesse venire meno non vi sarebbero comunque conseguenze per la funzionalità e la resistenza della struttura portante. La loro durata di utilizzazione rappresenta pertanto solo una frazione della durata di vita dell'intero ponte (per esempio 15 o 30 anni). La conformazione costruttiva di questi elementi sottoposti ad usura deve quindi poter agevolare i lavori di manutenzione e di sostituzione.

7. Provvedimenti volti a migliorare lo stato di conservazione (cura e manutenzione correnti)

Istruzioni per la cura, la manutenzione e l'ispezione.

Responsabile nel garantire la sicurezza d'servizio e assicurare la durata di vita pianificata un ponte in legno è il committente dell'opera. Esso ha quindi pure la responsabilità della sua corretta manutenzione. I provvedimenti necessari per conservare un'opera sono indicati nella norma SIA 269 del 2011 «Basi per la manutenzione delle strutture portanti: strutture in legno», disponibili [in tedesco](#) e [francese](#). Tra i provvedimenti indispensabili fan parte anche la pulizia periodica di tutti gli elementi costruttivi ed un controllo annuale dell'intero ponte.

Spalle

Una buona ventilazione delle spalle di un ponte deve essere assolutamente garantita. In questo modo gli effetti dell'umidità sull'intera opera possono essere ridotti. La crescita laterale di piante e arbusti o vegetazione erbacea sotto le pile deve pertanto essere impedita. Alberi e arbusti vanno quindi tagliati periodicamente. I basamenti delle spalle e le opere di drenaggio devono essere ripulite periodicamente impedendo l'accumulo di sporcizia nei pressi degli appoggi. I drenaggi devono essere funzionanti in qualunque momento.

Opera costruttiva portante

Sull'intera opera costruttiva sono da verificare tutte le connessioni, se necessario specialmente dopo lunghi periodi di siccità le viti e i dadi allentati devono essere tirati. Variazioni anomale dell'opera costruttiva, per esempio crepe, corrosione delle parti metalliche, ecc., dovrebbero essere verificate e se necessario oggetto di interventi di manutenzione e di risanamento. I trattamenti delle superfici del legno a livello di protezione dell'umidità e dei raggi UV devono essere rinnovati periodicamente. La struttura portante è l'elemento costruttivo più importante del ponte e richiede pertanto la maggiore attenzione riguardo cura, manutenzione e controllo.

Pavimentazione

Il tavolame e l'impalcato devono essere controllati in merito all'esistenza di crepe e di danni meccanici. In condizioni di tempo asciutto non devono essere visibili ristagni d'acqua, altrimenti la funzionalità del drenaggio del ponte non è più garantita. La superficie deve essere pulita periodicamente con una idropulitrice. Muschi e alghe devono essere eliminati. In questo modo le sollecitazioni dovute all'umidità possono essere ridotte, ed è inoltre possibile contenere il rischio di scivolamento.

Percorrendo passerelle pedo-ciclabili con pendenze del 6% o superiori si ha la sensazione che esse siano scomode. Pertanto, su qualunque ponte si raccomanda di evitare pendenze superiori al 6%. Per opere accessibili a portatori di handicap vale peraltro la pendenza limite del 6% (Norma SIA 500/2009). Nel caso vi siano delle fughe, per esempio nel caso di un impalcato composto da tavoloni, queste non devono essere disposte nella direzione di circolazione, ma trasversalmente, al fine di permettere il passaggio sicuro di carrozzelle o degli pneumatici delle biciclette. Le parti sottoposte a usura devono infine poter essere facilmente sostituite.

Ringhiere

La funzionalità delle ringhiere e del cordolo deve essere attentamente verificata. La corrosione di parti metalliche e viti deve essere controllata e se necessario oggetto di interventi di manutenzione e di risanamento.

L'impiego di sale antigelo in inverno

L'impiego di sale antigelo può provocare la corrosione sulle parti metalliche e sulle connessioni. Questa fonte di pericolo deve pertanto essere considerata con attenzione.

Prestazioni proprie da parte dei forestali

Il personale forestale proprio è in grado di eseguire numerose prestazioni nell'ambito delle costruzioni in legno in genere, oltre che per il lavori o intervento o di manutenzione; aspetto che ha un effetto positivo sull'economicità.

8. Costi di alcuni ponti in legno selezionati

In questo capitolo sono indicati anche i costi di costruzione di alcuni ponti in legno. I seguenti cinque oggetti, presi quale riferimento, comprendono 3 passerelle pedonabili e ciclabili oltre che 2 ponti stradali.

Passerella Lochsiten

località:	Glarona sud (8762 Sool),
tipo di utilizzazione:	ponte pedonale,
anno di costruzione:	2011
costruzione:	due travi portanti ad arco longitudinali con pilastro intermedio su cavalletto a forma di V e struttura portante (montanti compresi) composti da legno lamellare,
impalcato:	realizzato in legname di larice,
pavimentazione:	due strati di pavimentazione bituminosa,
superficie pedonabile:	strato superficiale di sabbia di quarzo su impalcato e scale, quale strato di usura
<u>scale:</u>	
campata (luce):	29,50 m
larghezza utile:	1,10
costi della costruzione:	CHF 115'000,
costi al mq di superficie utile:	CHF 3'544.-/m ²
progettista:	studio di ingegneria Gudenrath AG, 8867 Niederurnen



Fotografie: Studio ingegneria Gudenrath AG

Passerella sulla Val Soi a Dangio-Torre

Località:	Torrente Soi, 6717 Dangio T		
Tipo di utilizzazione:	Ponte pedonabile e ciclabile		
Anno di costruzione:	2006		
Tipo di costruzione:	Ad arco, elementi precompressi.		
Struttura portante:	composta da elementi di legno pieno composto da travi lamellari incollate tra di loro.		
Strato di usura	composto da lastre a tre strati spessore 27 mm, con strato bituminoso che funge da pavimentazione (superficie di usura).		
Impermeabilizzazione	Membrana tipo Sarnafil posata tra la lastra a tre strati e la struttura portante.		
Campata (luce):	22,00 m		
Larghezza utile:	1,20 m		
Costi (solo costruzione legno):	CHF 50'000.-	Costi per m ² superficie utile	CHF 1'894.-/m ² .
Progettista:	Laube SA, 6710 Biasca		Foto: Laube SA



Ponte pista ciclabile della Valle di Blenio a Dongio

Località:	Tra, 6717 Dangio e 6722 Corzoneso		
Tipo di utilizzazione:	Ponte pedonabile e ciclabile		
Anno di costruzione:	2008		
Tipo di costruzione:	Ponte coperto a struttura reticolare		
Struttura portante:	composta da legno lamellare, con rivestimento esterno in tavolato di larice		
Copertura del ponte:	composta da travatura che porta una piastra composta da lastre a tre strati di abete rosso con spessore di 27 mm.		
Strato d'usura:	composto da tavolato di abete rosso con spessore 40 mm con immaschiatura		
Campata (luce):	42,00 m	Larghezza utile:	2,50 m
Costi (solo costruzione legno)	CHF 180'000.-	Costi per m ² superficie utile	CHF 1'714.-/m ² .
Progettista:	Laube SA, 6710 Biasca		Foto: Laube SA



Ponte stradale Kreuzplatz- Plattenau.

Località:	8762 Schwanden (Glarona Sud)		
Tipo di utilizzazione:	Ponte stradale percorribile da veicoli fino a un peso massimo di 40 tonnellate		
Anno di costruzione:	2008		
Tipo di costruzione:	Ponte a trogolo (Trogbrücke)		
Struttura portante:	Composta da legno lamellare.		
Impalcato:	Composto da lastre multistrato (tipo Kerto-Q)		
Strato di usura	a doppio strato, formato da conglomerato bituminoso colato.		
Rivestimento laterale:	Tavolato di larice		
Campata (luce):	19,80 m	Larghezza utile:	4,00 m
Costi (solo costruzione in legno):	CHF 150'000.–	Costi per m ² superficie utile	CHF 1'894.-/m ² .
Progettista:	Studio ingegneria Gudenrath AG, 8867 Niederurnen (Foto: studio ing. Gudenrath AG)		



Ponte di Enniger sulla piccola Emme presso Malters

Località:	6105 Schachen LU		
Tipo di utilizzazione:	Ponte stradale percorribile da veicoli fino a 28 tonnellate		
Anno di costruzione:	2010		
Tipo di costruzione:	Ponte a struttura reticolare coperto		
Struttura portante:	Composta da legno lamellare. e da lastre multistrato di legno massiccio		
Bordi laterali	Tavole massicce di legno di quercia		
Rivestimenti:	formati da tavole di douglasia segazione grezza		
Strato di usura	a doppio strato, formato da conglomerato bituminoso colato.		
Campata (luce):	41,60 m		
Larghezza utile:	3,50 m		
Costi (solo costruzione in legno):	CHF 652'000.–		
Costi per m ² superficie utile	CHF 4'478.-/m ² .		
Progettista:	Pirmin Jung Ing. del legno AG, 6026 Rain Foto: Joe Kaeser (1+2) Markus Schranz (3)		



9. Campi di utilizzo nei quali sono particolarmente indicati i ponti in legno

- Laddove vi è un importante il transito e passaggio di pedoni e di ciclisti.
- Nella costruzione di ponti stradali e di soprappassi per il passaggio della selvaggina, per motivi economici si dovrebbero realizzare soltanto i cosiddetti «ponti protetti» (v. cap. 5.).
- Lungo i tracciati delle strade forestali e strade con funzione di allacciamento forestale. In situazioni simili il personale forestale è auspicabile che sia coinvolto nei lavori di costruzione dei ponti e delle opere edili in legno in genere, oltre che nei lavori di manutenzione. Questi lavori possono essere eseguiti in forma di «prestazioni proprie», con effetti positivi a livello di economicità.
- Laddove il materiale costruttivo è un criterio determinante. Nei confronti del calcestruzzo o dell'acciaio il legno è, infatti, un materiale molto meno pesante. Nei terreni difficilmente accessibili questo è un fattore che finisce per privilegiare un materiale costruttivo leggero come il legno.
- Allorquando all'aspetto creativo e del design viene attribuita una grande importanza.

Oltre alle semplici e pure costruzioni in legno, sono possibili anche delle costruzioni ibride. Particolarmente interessanti e vantaggiose dal profilo economico sono ad esempio le costruzioni che si basano su una combinazione tra l'acciaio e il legno, oltre che quelle stratificate composte di elementi in legno e parti in calcestruzzo.

10. I ponti in legno in un confronto con i ponti in cemento armato e in acciaio

Nella tabella seguente sono indicati i criteri e gli argomenti a favore della scelta di ponti in legno rispetto a quelli in acciaio o quelli realizzati in calcestruzzo. Il confronto è fatto valutando i vantaggi della variante legno rispetto alle altre, in 3 classi: poco, mediamente e molto più vantaggiosa.

aspetti/fasi	Tipologia di ponte				
	solo legno	misto legno + cemento	legno-acciaio	calcestruzzo	misto calcestruzzo + acciaio
prefabbricazione	XXX	XX	XXX	X	XX
montaggio	XXX	XX	XXX	X	XX
peso	XXX	XX	XXX	X	XX
costi	XX	XX	XX	XX	XX
manutenzione	X	XX	X	XXX	XXX
ecologia	XXX	XX	XX	XX	XX

XXX = molto vantaggioso

XX = vantaggioso

X = poco vantaggioso

11. Panoramica dei vantaggi dei ponti in legno

- Il legno è un materiale da costruzione ecologico e sostenibile.
- Contribuisce alla tutela del clima globale, visto che ha la capacità di immagazzinare CO₂
- I ponti in legno sono resistenti e durabili.
- Il peso del materiale da costruzione legno è inferiore.
- I ponti in legno possiedono vantaggi a livello di fabbricazione e di montaggio.
- Il legno è un materiale vivo, che possiede caratteristiche estetiche positive e apprezzate.
- Il legno è una risorsa locale prodotta, lavorata e messa in opera in sintonia con il paesaggio e alla cultura.
- Il legno ha un valore simbolico e offre un'immagine riconoscibile della capacità dell'uomo a livello progettuale, ingegneristico e artigianale.
- Permette soluzioni diversificate dai punti di vista estetico e formale.
- I ponti in legno sono in grado di adempiere alle diverse esigenze architettoniche ed estetiche.

12. Bibliografia e links

- 13. Fortbildungskurs Holzbau, 23. Mai 2000, „Brücken aus Holz“, EMPA Dübendorf (Documentazione del corso in tedesco)
- Forschungs- und Arbeitsbricht 115/49, November 2002, EMPA Abteilung Holz, Dübendorf (Rapporto, in tedesco)
- Tagungsband 38. Fortbildungskurs 2006, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH, „Brücken und Stege in Holz (Documentazione del corso in tedesco)
- Tagungsband 1. Internationale Holzbrückentage IHB 2010, Forum Holzbau, Bienne (Documentazione del corso in tedesco)
- Tagungsband 2. Internationale Holzbrückentage IHB 2012, Forum Holzbau, Bienne (Documentazione del corso in tedesco)
- Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, 18 Ingenieurholzbauten ([scaricabile qui in formato PDF](#) (2.6 Mb) e disponibile in tedesco e francese. Febbraio 2007, www.lignum.ch > SHOP > Broschüren
- www.holzbrueckenbau.com
- www.forum-holzbruecken.com
- [Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e.V.](#) fondata nel 2009 a Bonn (D)
- www.inftub.com (I Ponti - Ponti in Legno - Ponti in Muratura - Ponti in Acciaio)

Impressum

Autore

Hanspeter Fähr, Lignum, Economia svizzera del legno, Mühlebachstrasse 8, CH-8008 Zurigo

Traduzione

Fulvio Giudici, S.Antonino