



Curve d'intensità di pioggia per il Cantone Ticino

Analisi statistica delle piogge delle stazioni pluviometriche:

Comprovasco (1988–2000)
Locarno-Monti (1978–2000)
Lugano (1978–2000)
Magadino (1979–2000)
Piotta (1979–2000)
Stabio (1982–2000)

Indice	pagina
A. Generalità	2
1. <i>Campo d'applicazione</i>	
2. <i>Oggetto</i>	
3. <i>Obiettivo</i>	
B. Basi di calcolo	2
4. <i>Dati di base</i>	
5. <i>Scelta del periodo di ritorno</i>	
6. <i>Calcolo delle intensità di pioggia determinanti</i>	
C. Regioni di riferimento	4
D. Esempio	5
E. Bibliografia	5
Comprovasco	6
Locarno-Monti	7
Lugano	8
Magadino	9
Piotta	10
Stabio	11

Gruppo di lavoro :

Paolo Beltraminelli, Luigi Tunesi INGEGNERIA SA, 6963 Pregassona
Peter Kaufmann, aquawet, 3073 Gümligen
Dr. Erich Wyler, Berner Fachhochschule, 3400 Burgdorf

Febbraio 2002

A. Generalità

1. Campo d'applicazione

Le curve d'intensità di pioggia illustrate, rappresentano l'andamento delle precipitazioni di sei stazioni pluviometriche nel cantone Ticino.

Esse sono perfettamente valide per la località della stazione di misura, tuttavia, se le caratteristiche topografiche sono simili, possono essere impiegate a livello regionale.

Per la determinazione di intensità di pioggia di altre località sono in elaborazione ulteriori analisi. Si raccomanda di far uso solo dei diagrammi di intensità di pioggia illustrati e di non procedere a interpolazioni tra diagrammi di due località.

2. Oggetto

Mediante questa raccomandazione vengono determinate le intensità di pioggia per diversi periodi di ritorno e fino ad un giorno di durata.

Il modello di calcolo si basa sull'analisi dei dati fino ad oggi registrati.

3. Obiettivo

Le intensità di pioggia servono quale base di calcolo per il dimensionamento degli impianti di smaltimento delle acque.

Per il procedimento di calcolo e il dimensionamento si rimanda alle norme specifiche.

B. Basi di calcolo

4. Dati di base

La raccomandazione si basa sull'analisi dei dati pluviometrici della rete di misurazione automatica svizzera (ANETZ) di MeteoSvizzera (già Schweizerische Meteorologische Anstalt SMA).

I dati delle precipitazioni usati per l'analisi si basano su misurazioni registrate ogni 10 minuti.

5. Scelta del periodo di ritorno

La scelta del periodo di ritorno ha un grande influsso sull'intensità di pioggia determinante. Essa definisce la frequenza con la quale si supera la capacità dell'impianto. Le norme specifiche forniscono indicazioni per la scelta del periodo di ritorno.

6. Calcolo dell'intensità di pioggia determinante

L'intensità di pioggia determinante è calcolata in funzione del luogo, del periodo di ritorno e della durata della pioggia. La massima intensità di pioggia è raggiunta con periodi di ritorno elevati e piogge di breve durata.

Per le località delle stazioni pluviometriche analizzate, l'intensità di pioggia i per una durata T e per un periodo di ritorno $z = 1, 2, 5, 10, 20$ anni può essere, direttamente ricavata dai diagrammi (Figure 2-13) oppure calcolata con la seguente formula:

$$i(z, T) = T^n \cdot (\mu + \sigma \cdot \ln(z)) \quad (\text{Eq. 1})$$

$i(z, T)$ Intensità di una pioggia di durata T e con periodo di ritorno z [mm/h]

conversione: 1 [mm/h] = 2.78 [l/s ha]

T Durata della pioggia [h]

z Periodo di ritorno [anni]: Intervallo di tempo durante il quale una determinata intensità di pioggia in media viene raggiunta o superata almeno una volta

n Parametro (Tabella 1)

μ Parametro (Tabella 1)

σ Parametro (Tabella 1)

$\ln(z)$ Logaritmo naturale di z

L'intensità di pioggia per la durata di 90 minuti presenta per la stessa stazione di misura sia nei diagrammi che nel calcolo due valori diversi. Per il dimensionamento è da considerare il valore maggiore.

Il **grado di insicurezza** (95% intervallo di confidenza) delle intensità di pioggia per una durata fino a 90 minuti e un periodo di ritorno fino a 40 anni può essere calcolato con la formula seguente semplificata:

$$u = \pm \frac{1}{t} \cdot (162 + 2 \cdot z) \quad \text{per } z \leq 40 \quad (\text{Eq. 2})$$

- u grado di insicurezza [%] (95 % intervallo di confidenza)
t periodo di analisi della stazione di misurazione [anni] (Tabella 2)
z periodo di ritorno [anni]: periodo in cui una determinata intensità di pioggia viene raggiunta o superata in media almeno una volta

Il grado di insicurezza per periodi di ritorno superiori ai 40 anni non viene indicato, in quanto le insicurezze nel modello sono tali da non poter essere stimate con precisione.

Tabella 1:

Parametri per la durata di pioggia da 5 fino a 1440 minuti:

Stazione di misura	Parametri per 5 < T < 90 minuti		
	n	m	s
Comprovasco	-0.526	18.84	5.65
Locarno-Monti	-0.511	35.54	11.00
Lugano	-0.561	32.91	8.23
Magadino	-0.535	32.83	8.14
Piotta	-0.562	16.33	5.17
Stabio	-0.524	37.68	11.14

Stazione di misura	Parametri per 90 < T < 1440 minuti		
	n	m	s
Comprovasco	-0.508	17.55	3.98
Locarno-Monti	-0.683	38.61	12.90
Lugano	-0.756	36.43	9.72
Magadino	-0.622	33.85	8.86
Piotta	-0.320	13.75	2.83
Stabio	-0.834	43.32	12.51

I parametri sono indipendenti dal periodo di ritorno.

Tabella 2

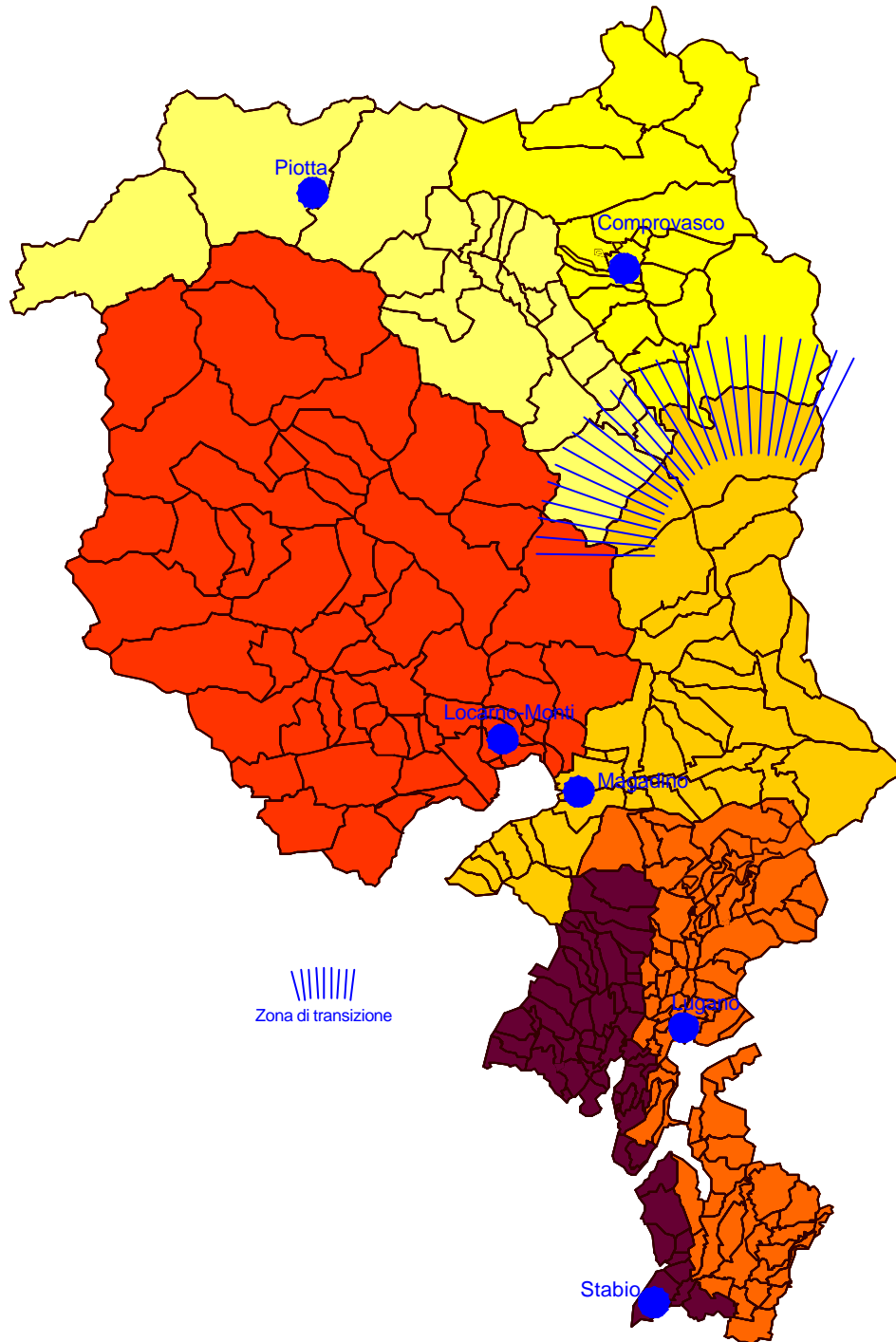
Periodo di analisi:

Stazione di misura	t [anni]
Comprovasco	13
Locarno-Monti	23
Lugano	23
Magadino	22
Piotta	22
Stabio	19

C. Regioni di riferimento

Figura 1:

Stazioni pluviometriche automatiche nel Cantone Ticino e regioni di riferimento per ogni curva.



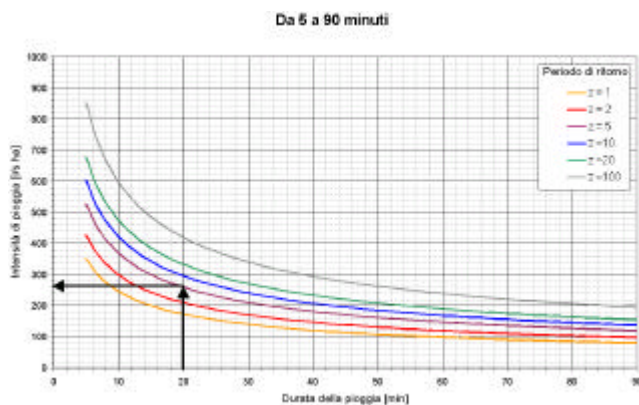
Zona di transizione:
Mancata sovrapposizione dell'intervallo definito dal grado d'insicurezza di due curve (differenza d'intensità di pioggia troppo elevata)

D. Esempio

Pioggia quinquennale di 20 minuti a Locarno-Monti

Stazione pluviometrica: Locarno-Monti
Durata pioggia T: 20 minuti = 20/60 ore
= 0.333 h
Periodo di ritorno z: 5 anni

Da figura 4: **i = ca. 260 l/s ha**



Da tabella 1:

Parametro n: -0.511
Parametro μ : 35.54
Parametro σ : 11.00

Calcolo (Eq. 1):

$$i = 0.333^{-0.511} * (35.54 + 11.00 * \ln(5)) = 93.4 \text{ mm/h} \\ = 260 \text{ l/s ha}$$

Grado d'insicurezza:

Da tabella 2:

Periodo analizzato t: 23 anni

Calcolo (Eq. 2):

$$u = \pm \frac{1}{23} * (162 + 2 * 5) = \pm 7.5 \% = \pm 0.075$$

$$i_u = \pm 0.075 * 93.4 \text{ mm/h} = \pm 7.0 \text{ mm/h} = \\ \pm 19 \text{ l/s ha}$$

E. Bibliografia

- [1] Beltraminelli P., Kaufmann P., Wyler E.: Rapporto curve d'intensità di pioggia per il Cantone Ticino 2002, Dipartimento del Territorio, 2002
- [2] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS): SN 640 350, Oberflächenentwässerung von Strassen, 2000

Figura 2:

Diagramma intensità di pioggia in funzione della durata di pioggia (5-90 minuti) e di diversi periodi di ritorno.

Da 5 a 90 minuti

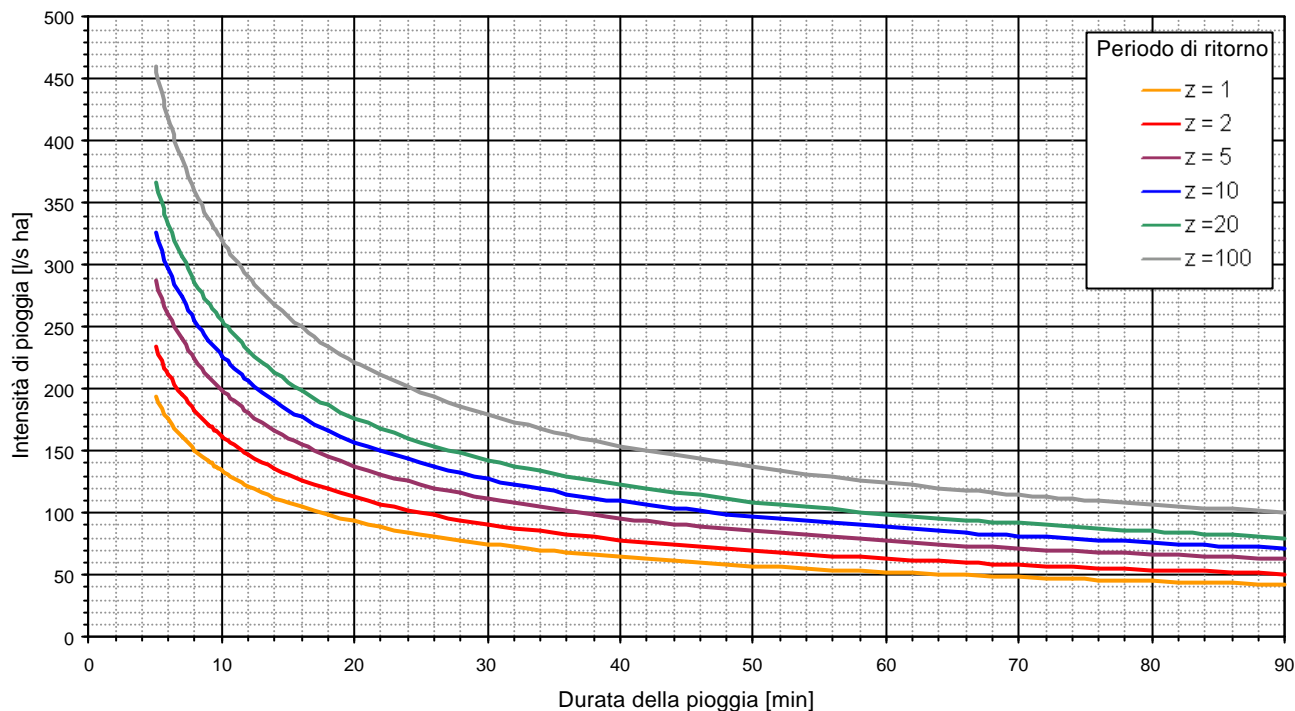


Figura 3:

Intensità di pioggia in funzione della durata da 5 a 90 minuti e un periodo di ritorno z = 2 anni e z = 5 anni.

		Z₂		Z₅				Z₂		Z₅				Z₂		Z₅			
min	secondi	[l/s*ha]	[l/s*ha]	min	secondi	[l/s*ha]	[l/s*ha]	min	secondi	[l/s*ha]	[l/s*ha]	min	secondi	[l/s*ha]	[l/s*ha]	min	secondi	[l/s*ha]	[l/s*ha]
5	300	234	287	9	540	172	211	14	840	136	167	30	1800	91	112				
	310	230	282		550	170	208		860	134	165		1900	88	109				
	320	226	277		560	168	207		880	133	163		2000	86	106				
	330	222	273		570	167	205		900	131	161		2100	84	103				
	340	219	269		580	165	203		920	130	159		2200	82	101				
6	350	215	264	10	590	164	201	15	940	128	157	35	2300	80	98				
	360	212	261		600	162	199		960	127	156		2400	78	96				
	370	209	257		610	161	197		980	125	154		2500	77	94				
	380	206	253		620	159	196		1000	124	152		2600	75	92				
	390	204	250		630	158	194		17	1020	123		151	45	2700	74	90		
400	201	247	640	157	193	1040	121	149		2800	72	89							
7	410	198	243	11	650	156	191	18	1060	120	148	50	2900	71	87				
	420	196	240		660	154	189		1080	119	146		3000	70	85				
	430	193	237		670	153	188		1100	118	145		3100	68	84				
	440	191	234		680	152	186		1120	117	143		3200	67	83				
	450	189	232		690	151	185		19	1140	116		142	55	3300	66	81		
460	187	229	700	150	184	1160	115	141		3400	65	80							
8	470	185	226	12	710	148	182	20	1180	114	140	60	3500	64	79				
	480	182	224		720	147	181		1200	113	138		3600	63	78				
	490	181	222		740	145	178		1300	108	133		3900	61	74				
	500	179	219		760	143	176		1400	104	128		4200	58	72				
	510	177	217		13	780	141		173	25	1500		100	123	70	4500	56	69	
520	175	215	800	139		171	1600	97	119		4800	54	67						
530	173	213	820	138		169	1700	94	115		5100	53	65						
9	540	172	211	14	840	136	167	30	1800	91	112	90	5400	51	63				

Figura 4:

Diagramma intensità di pioggia in funzione della durata di pioggia (5-90 minuti) e di diversi periodi di ritorno.

Da 5 a 90 minuti

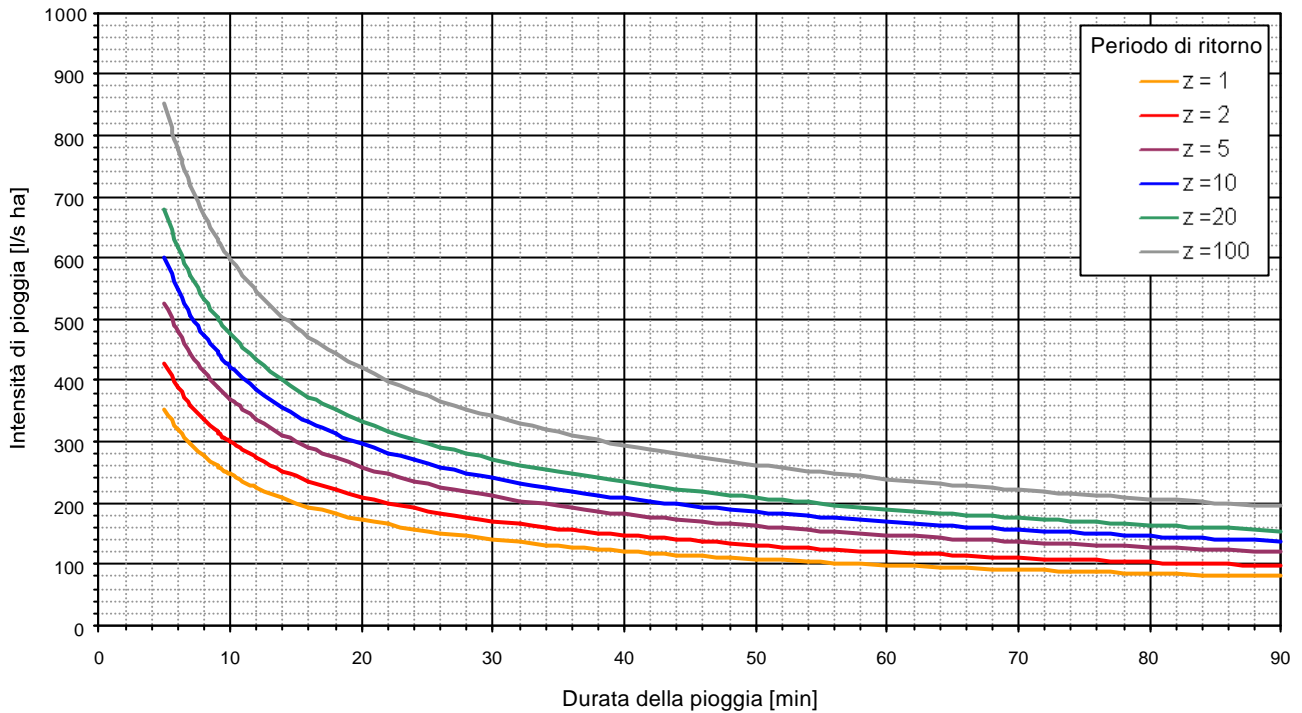


Figura 5:

Intensità di pioggia in funzione della durata da 5 a 90 minuti e un periodo di ritorno z = 2 anni e z = 5 anni.

		Z₂		Z₅				Z₂		Z₅				Z₂		Z₅			
min	secondi	l/s*ha	l/s*ha	min	secondi	l/s*ha	l/s*ha	min	secondi	l/s*ha	l/s*ha	min	secondi	l/s*ha	l/s*ha	min	secondi	l/s*ha	l/s*ha
5	300	427	526	9	540	316	390	14	840	252	311	30	1800	171	211				
	310	420	518		550	313	386		860	249	307		1900	166	205				
	320	413	509		560	310	383		880	246	304		2000	162	200				
	330	406	501		570	307	379		900	243	300		2100	158	195				
	340	400	494		580	305	376		920	241	297		2200	154	190				
6	350	394	486	10	590	302	373	16	940	238	294	40	2300	151	186				
	360	389	480		600	299	369		960	236	291		2400	147	182				
	370	383	473		610	297	366		980	233	288		2500	144	178				
	380	378	466		620	294	363		1000	231	285		2600	142	175				
	390	373	460		630	292	360		1020	228	282		2700	139	171				
7	400	368	454	11	640	290	357	17	1040	226	279	45	2800	136	168				
	410	364	449		650	287	355		1060	224	276		2900	134	165				
	420	359	443		660	285	352		1080	222	274		3000	132	162				
	430	355	438		670	283	349		1100	220	271		3100	129	160				
	440	351	433		680	281	347		1120	218	269		3200	127	157				
8	450	347	428	12	690	279	344	19	1140	216	266	55	3300	125	155				
	460	343	423		700	277	341		1160	214	264		3400	123	152				
	470	339	418		710	275	339		1180	212	261		3500	122	150				
	480	336	414		720	273	337		1200	210	259		3600	120	148				
	490	332	410		740	269	332		1300	202	249		3900	115	142				
9	500	329	405	13	760	265	327	25	1400	194	240	70	4200	111	137				
	510	325	401		780	262	323		1500	188	231		4500	107	132				
	520	322	397		800	259	319		1600	181	224		4800	104	128				
	530	319	394		820	255	315		1700	176	217		5100	100	124				
	540	316	390		840	252	311		1800	171	211		5400	100	125				

Figura 6:

Diagramma intensità di pioggia in funzione della durata di pioggia (5-90 minuti) e di diversi periodi di ritorno.

Da 5 a 90 minuti

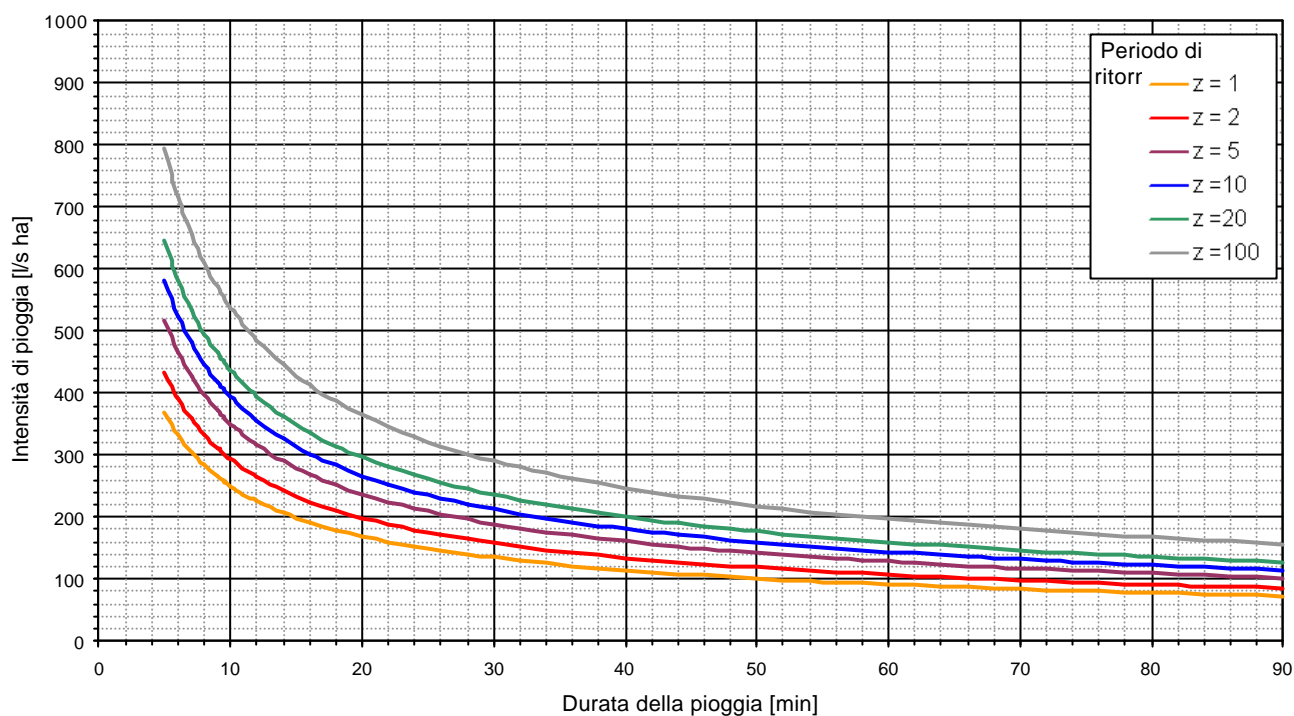


Figura 7:

Intensità di pioggia in funzione della durata da 5 a 90 minuti e un periodo di ritorno $z = 2$ anni e $z = 5$ anni.

min	secondi	Z_2 [l/s*ha]	Z_5 [l/s*ha]	min	secondi	Z_2 [l/s*ha]	Z_5 [l/s*ha]	min	secondi	Z_2 [l/s*ha]	Z_5 [l/s*ha]	min	secondi	Z_2 [l/s*ha]	Z_5 [l/s*ha]		
5	300	433	517	9	540	311	372	14	840	243	290	30	1800	158	189		
	310	425	508		550	308	368		860	240	286		1900	154	184		
	320	417	499		560	305	364		880	237	283		2000	149	178		
	330	410	490		570	302	361		15	900	234		279	35	2100	145	174
	340	403	482		580	299	357			920	231		276		2200	141	169
6	350	397	474	10	590	296	354	16	940	228	272	40	2300	138	165		
	360	391	467		600	293	351		960	225	269		2400	135	161		
	370	385	460		610	291	347		980	223	266		2500	132	157		
	380	379	453		620	288	344		1000	220	263		2600	129	154		
	390	373	446		630	285	341		17	1020	218		260	45	2700	126	151
400	368	440	640	283	338	1040	215	257		2800	124	148					
7	410	363	434	11	650	280	335	18	1060	213	255	50	2900	121	145		
	420	358	428		660	278	332		1080	211	252		3000	119	142		
	430	354	423		670	276	329		1100	209	249		3100	117	139		
	440	349	417		680	273	327		1120	207	247		3200	115	137		
	450	345	412		690	271	324		19	1140	205		245	55	3300	113	135
460	340	407	700	269	321	1160	203	242		3400	111	132					
8	470	336	402	12	710	267	319	20	1180	201	240	60	3500	109	130		
	480	332	397		720	265	316		1200	199	238		3600	107	128		
	490	329	393		740	261	312		1300	190	227		3900	103	123		
	500	325	388		760	257	307		1400	182	218		4200	98	118		
	510	321	384		13	780	253		303	25	1500		175	210	4500	95	113
520	318	380	800	250		298	1600	169	202		4800	91	109				
9	530	314	376	14	820	246	294	30	1700	163	195	90	5100	88	105		
	540	311	372		840	243	290		1800	158	189		5400	88	106		

Figura 8:

Diagramma intensità di pioggia in funzione della durata di pioggia (5-90 minuti) e di diversi periodi di ritorno.

Da 5 a 90 minuti

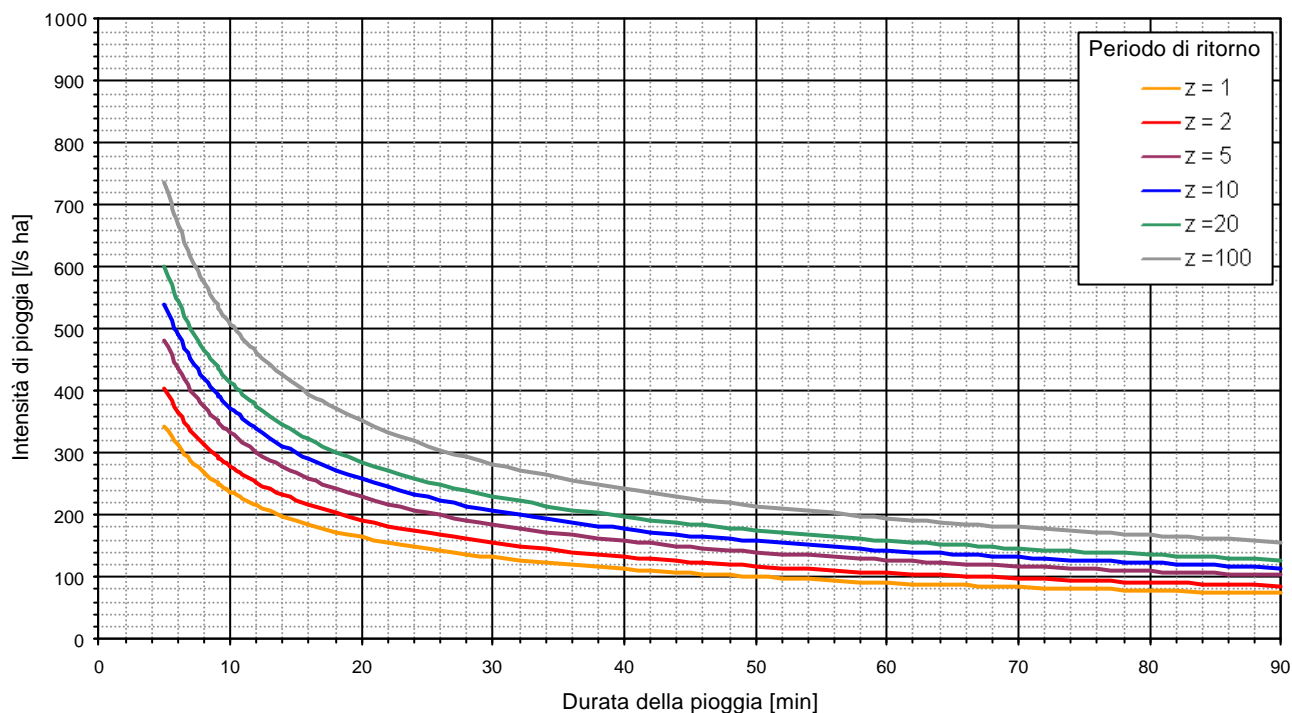


Figura 9:

Intensità di pioggia in funzione della durata da 5 a 90 minuti e un periodo di ritorno z = 2 anni e z = 5 anni.

min	secondi	z ₂		z ₅		min	secondi	z ₂		z ₅		min	secondi	z ₂		z ₅	
		l/s*ha	l/s*ha	l/s*ha	l/s*ha			l/s*ha	l/s*ha	l/s*ha	l/s*ha			l/s*ha	l/s*ha		
5	300	404	482	9	540	295	352	14	840	233	278	30	1800	155	185		
	310	397	474		550	292	348		860	230	274		1900	150	180		
	320	390	466		560	289	345		880	227	271		2000	146	175		
	330	384	458		570	286	342		900	224	268		2100	143	170		
	340	378	451		580	284	339		920	222	265		2200	139	166		
6	350	372	444	10	590	281	336	16	940	219	262	40	2300	136	162		
	360	366	437		600	279	333		960	217	259		2400	133	158		
	370	361	431		610	276	330		980	214	256		2500	130	155		
	380	356	425		620	274	327		1000	212	253		2600	127	152		
	390	351	419		630	271	324		1020	210	250		2700	125	149		
7	400	346	413	11	640	269	321	17	1040	208	248	45	2800	122	146		
	410	342	408		650	267	319		1060	206	245		2900	120	143		
	420	337	403		660	265	316		1080	203	243		3000	118	141		
	430	333	398		670	263	314		1100	201	241		3100	116	138		
	440	329	393		680	261	311		1120	200	238		3200	114	136		
8	450	325	388	12	690	259	309	19	1140	198	236	55	3300	112	134		
	460	321	383		700	257	306		1160	196	234		3400	110	132		
	470	317	379		710	255	304		1180	194	232		3500	108	130		
	480	314	375		720	253	302		1200	192	230		3600	107	128		
	490	310	371		740	249	297		1300	184	220		3900	102	122		
9	500	307	367	13	760	246	293	20	1400	177	211	70	4200	98	117		
	510	304	363		780	242	289		1500	171	204		4500	95	113		
	520	301	359		800	239	285		1600	165	197		5100	89	106		
	530	298	355		820	236	281		1700	160	191		5400	86	104		
	540	295	352		840	233	278		1800	155	185						

Figura 10:

Diagramma intensità di pioggia in funzione della durata di pioggia (5-90 minuti) e di diversi periodi di ritorno.

Da 5 a 90 minuti

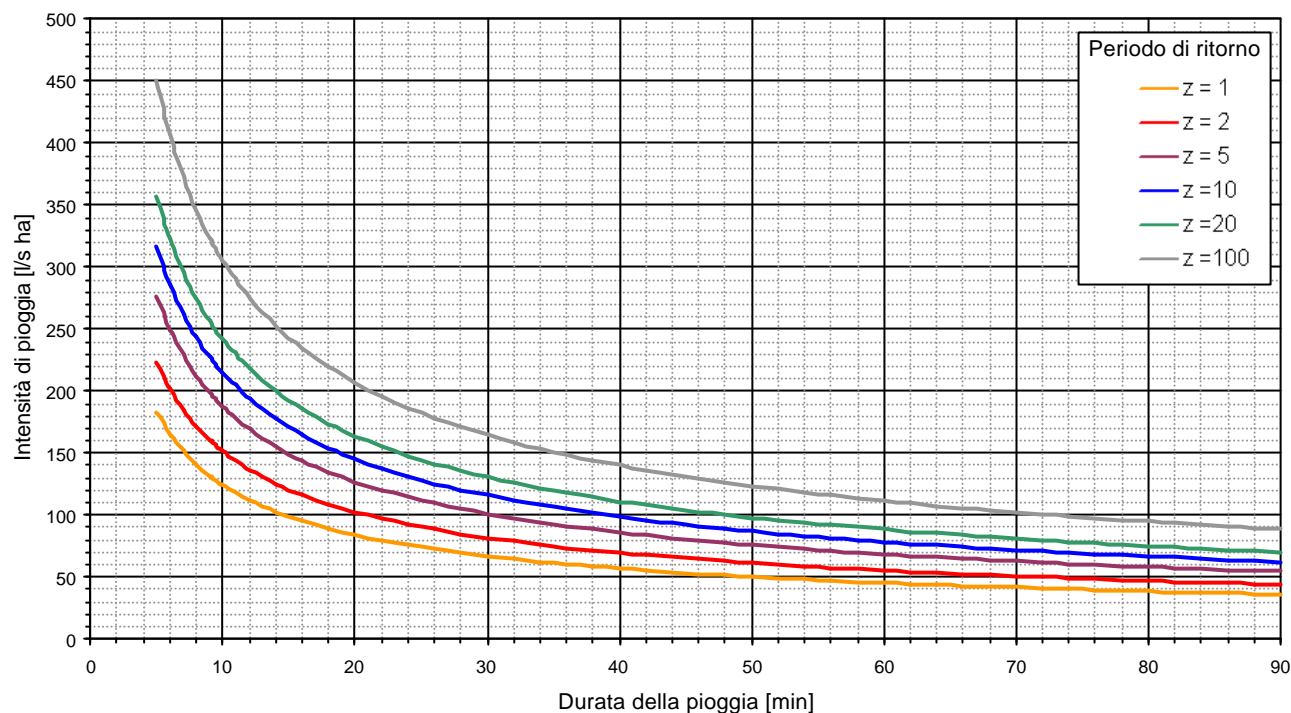


Figura 11:

Intensità di pioggia in funzione della durata da 5 a 90 minuti e un periodo di ritorno z = 2 anni e z = 5 anni.

min	secondi	Z ₂		Z ₅		min	secondi	Z ₂		Z ₅		min	secondi	Z ₂		Z ₅	
		l/s*ha	l/s*ha	l/s*ha	l/s*ha			l/s*ha	l/s*ha	l/s*ha	l/s*ha			l/s*ha	l/s*ha		
5	300	224	277	9	540	161	199	14	840	125	155	30	1800	82	101		
	310	219	272		550	159	197		860	124	153		1900	79	98		
	320	216	267		560	157	195		880	122	151		2000	77	95		
	330	212	262		570	156	193		900	121	149		2100	75	93		
	340	208	258		580	154	191		920	119	147		2200	73	90		
6	350	205	254	10	590	153	189	16	940	118	146	40	2300	71	88		
	360	202	250		600	151	187		960	116	144		2400	69	86		
	370	199	246		610	150	186		980	115	142		2500	68	84		
	380	196	242		620	149	184		1000	114	141		2600	66	82		
	390	193	239		630	147	182		1020	112	139		2700	65	80		
7	400	190	235	11	640	146	181	17	1040	111	138	45	2800	64	79		
	410	188	232		650	145	179		1060	110	136		2900	62	77		
	420	185	229		660	144	178		1080	109	135		3000	61	76		
	430	183	226		670	142	176		1100	108	133		3100	60	74		
	440	180	223		680	141	175		1120	107	132		3200	59	73		
8	450	178	220	12	690	140	173	19	1140	106	131	55	3300	58	72		
	460	176	218		700	139	172		1160	105	129		3400	57	71		
	470	174	215		710	138	170		1180	104	128		3500	56	70		
	480	172	212		720	137	169		1200	103	127		3600	55	68		
	490	170	210		740	135	167		1300	98	121		3900	53	65		
9	500	168	208	13	760	133	164	25	1400	94	116	70	4200	51	63		
	510	166	205		780	131	162		1500	90	112		4500	49	60		
	520	164	203		800	129	159		1600	87	108		4800	47	58		
	530	162	201		820	127	157		1700	84	104		5100	45	56		
	540	161	199		840	125	155		1800	82	101		5400	44	55		

Figura 12:

Diagramma intensità di pioggia in funzione della durata di pioggia (5-90 minuti) e di diversi periodi di ritorno.

Da 5 a 90 minuti

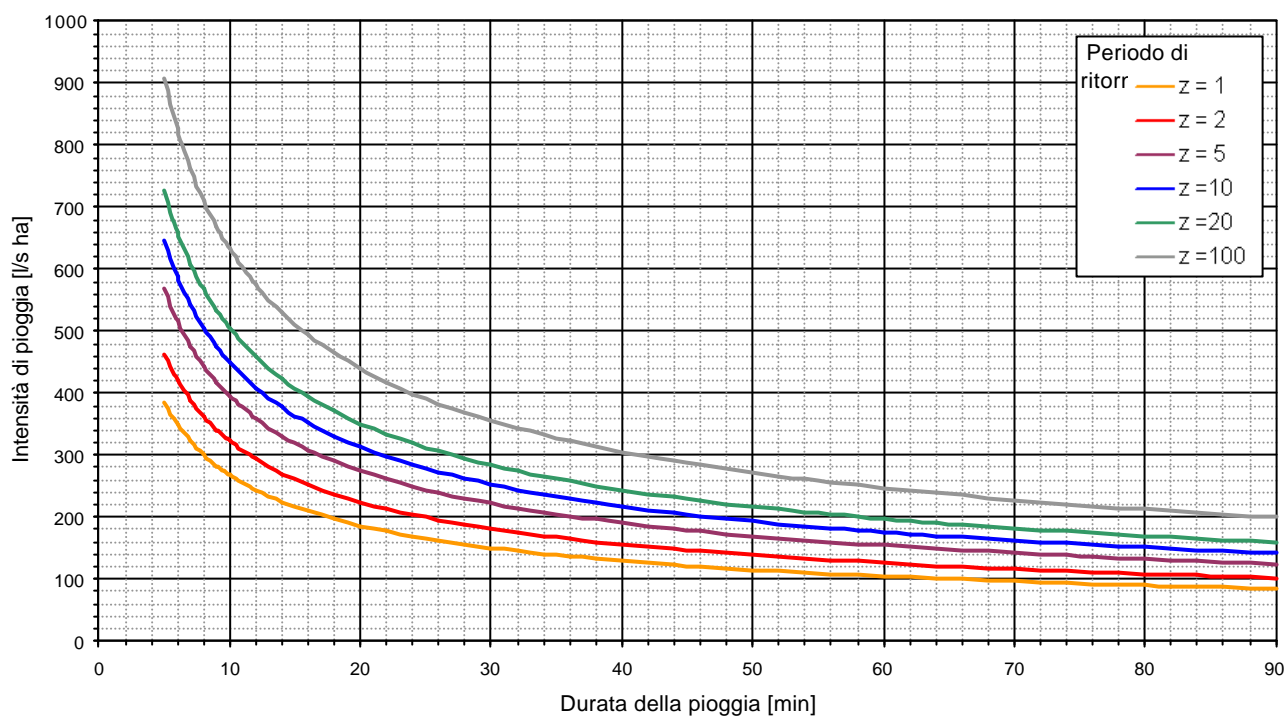


Figura 13:

Intensità di pioggia in funzione della durata da 5 a 90 minuti e un periodo di ritorno z = 2 anni e z = 5 anni.

min	secondi	Z ₂		Z ₅		min	secondi	Z ₂		Z ₅		min	secondi	Z ₂		Z ₅	
		[l/s*ha]	[l/s*ha]	[l/s*ha]	[l/s*ha]			[l/s*ha]	[l/s*ha]	[l/s*ha]	[l/s*ha]			[l/s*ha]	[l/s*ha]		
5	300	464	464	9	540	341	417	14	840	270	331	30	1800	181	222		
	310	456	456		550	338	413		860	267	327		1900	176	216		
	320	448	448		560	334	409		880	264	323		2000	172	210		
	330	441	441		570	331	406		15	900	261		319	35	2100	167	205
	340	434	434		580	328	402			920	258		316		2200	163	200
	350	428	428		590	325	398		16	960	252		309	40	2400	156	191
6	360	421	421	10	600	322	395	17		960	252	309	45		2700	147	180
	370	415	415		610	320	392		980	249	305	2500		153	187		
	380	410	410		620	317	388		1000	247	302	2600		150	183		
	390	404	404		630	314	385		18	1020	244	299		50	3000	139	170
	400	399	399		640	312	382			1040	242	296			2800	144	176
	410	394	394		650	309	379		19	1080	237	290		55	3300	132	162
7	420	389	389	11	660	307	376	20		1200	224	275	60		3600	126	154
	430	384	384		670	304	373		1100	235	287	3100		136	167		
	440	379	379		680	302	370		1120	233	285	3200		134	164		
	450	375	375		690	300	367		25	1500	200	244		70	4200	116	142
	460	371	371		700	297	364			1160	228	280			3400	130	159
	470	366	366		710	295	362		30	1800	181	222		80	4800	108	133
8	480	362	362	12	720	293	359	30		1800	181	222	90		5400	103	126
	490	359	359		740	289	354		1300	215	263	3900		121	148		
	500	355	355		760	285	349		1400	207	253	4500		112	137		
	510	351	351		780	281	344		25	1500	200	244		70	4200	116	142
	520	348	348		800	277	340			1600	193	236			4500	112	137
	530	344	344		820	274	335		30	1800	181	222		80	4800	108	133
9	540	341	341	14	840	270	331	30		1800	181	222	90		5400	103	126