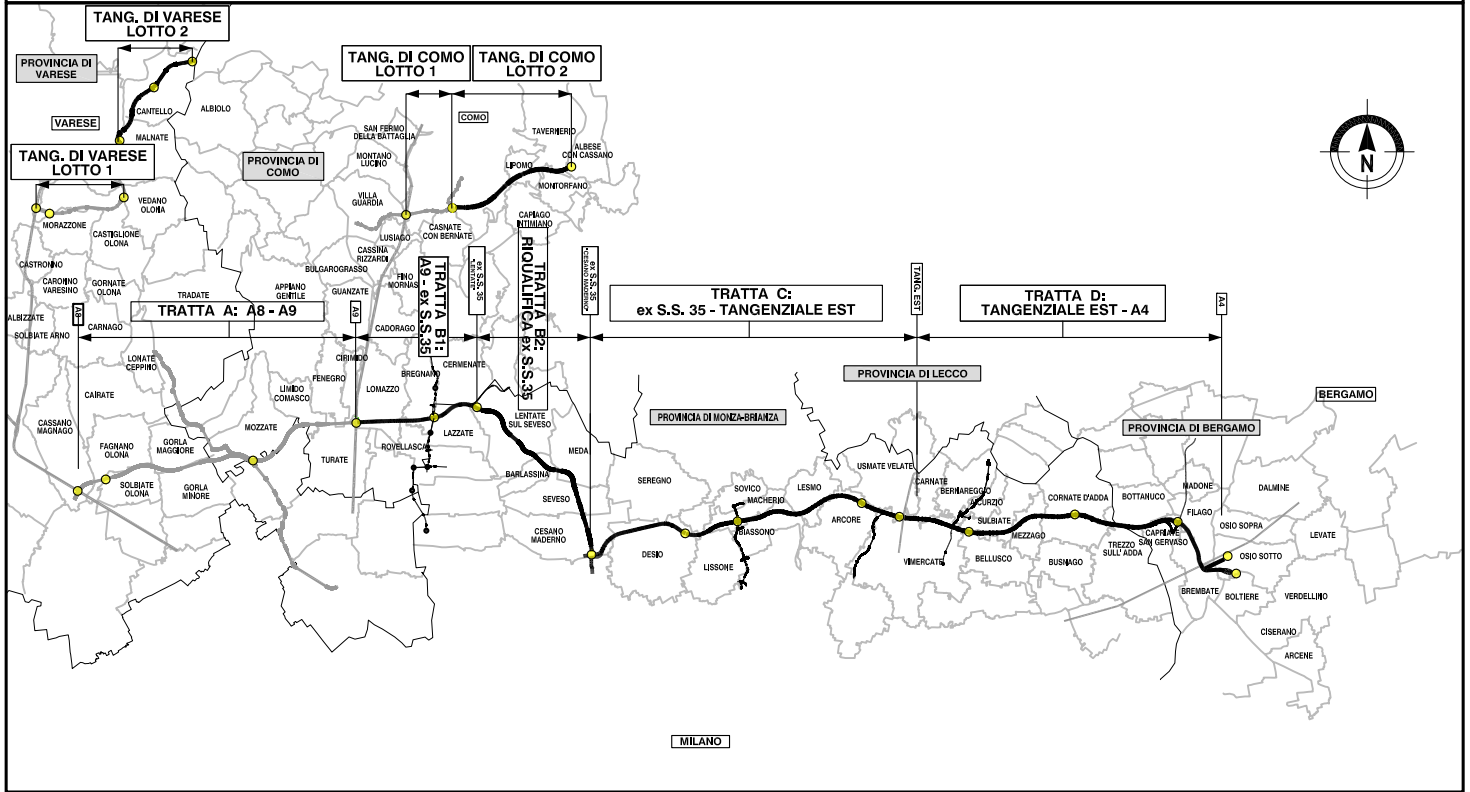


QUADRO DI UNIONE GENERALE



COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

PROGETTO ESECUTIVO TRATTA B2

IDROLOGIA E IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA PARTE GENERALE RELAZIONE IDROLOGICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTI DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
E ID	B2	A00	GE00	000	RT	001	A	

DATA 31/08/2023
SCALA -

CONCEDENTE



CONTRAENTE GENERALE

PEDELOMBARDA NUOVA S.c.p.A.

DATA

REVISIONE

31/08/2023	Emissione	A01
31/08/2023	Revisione	A02

CONCESSIONARIO



ELABORAZIONE PROGETTUALE

PROGETTISTI

Ing. Alberto Rinaldi



RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Carlo Listori

Redatto

Ing. Andrea Caprari

Visto

Ing. Andrea Molteni

Approvato

Ing. Enrico Moretti

PROGETTISTA





COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
E OPERE CONNESSE

PROGETTO ESECUTIVO

TRATTA B2
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA

RELAZIONE IDROLOGICA

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. ANALISI PLUVIOMETRICHE.....	4
2.1 linee segnalatrici di possibilità climatica – ARPA Lombardia.....	4
2.2 L’atlante delle piogge intense della Lombardia.....	5
2.3 Il modello probabilistico GEV.....	7
2.4 Relazione intensità – durata delle precipitazioni per piogge brevi.....	9
2.5 determinazione delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.....	11
3. CONCLUSIONI.....	16

1. PREMESSA

La presente relazione si pone come obiettivo la definizione delle caratteristiche pluviometriche delle aree a ridosso del passaggio dell'Autostrada Pedemontana e delle opere connesse in modo tale da caratterizzare compiutamente le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica media, ossia delle curve che legano, per assegnati tempi di ritorno, le altezze di precipitazione h alle corrispondenti durate di pioggia t .

La stima delle portate di piena che la rete di drenaggio di piattaforma deve essere in grado di convogliare e smaltire è stata infatti condotta (vedasi relazione idraulica) con opportuni metodi di trasformazione afflussi-deflussi, che consentono di definire l'entità delle suddette grandezze idrauliche con assegnata probabilità di accadimento, a partire da eventi pluviometrici caratterizzati dalla medesima probabilità.

La presente relazione mostra le valutazioni che, per ciascuna tratta delle opere in progetto, hanno condotto alla individuazione delle corrispondenti curve di possibilità climatica.

Un'analisi specifica è stata condotta per la estrapolazione delle curve valide per le brevissime durate (inferiori all'ora) che risultano critiche nei sistemi di drenaggio stradali caratterizzati da brevi tempi di corrivazione dei bacini scolanti.

Allo stesso modo sono stati determinate le curve valide per le durate superiori all'ora che risultano critiche per i sistemi di laminazione delle portate.

2. ANALISI PLUVIOMETRICHE

Nell'ambito dello studio idrologico vengono stimati i parametri della legge di possibilità pluviometrica per i differenti tempi di ritorno al fine di calcolare, mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi, le portate di progetto che interessano i manufatti idraulici.

Per le analisi pluviometriche e i parametri idrologici dell'area oggetto di intervento si è fatto riferimento ai valori delle curve di possibilità climatica dedotti da ARPA Lombardia.

Nell'ambito di interesse esistono differenti analisi validate e autorevoli:

- l'Autorità di bacino del Fiume Po definisce i Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni all'interno della "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica";
- ARPA Lombardia ha sviluppato due nuovi servizi relativi alle precipitazioni: la consultazione delle mappe di stima della pioggia integrata con rilievi a terra e radar per il periodo 1997-2011 e l'"Atlante delle piogge intense" nell'ambito del progetto INTERREG IV/A STRADA.

Si è scelto di adottare i dati di ARPA Lombardia in quanto più recenti e nondimeno il fatto che sono quelle prescritte dalla normativa regionale R.R. n. 8 del 2019.

2.1 LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITÀ CLIMATICA – ARPA LOMBARDIA

ARPA Lombardia, nell'ambito del progetto INTERREG IV/A STRADA (Strategie di Adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio transfrontaliero) nato da una collaborazione transfrontaliera tra Italia e Svizzera, in collaborazione con il Centro Nivo-Meteo di Bormio e del Servizio Idrografico, ha partecipato alla definizione delle "precipitazioni estreme".

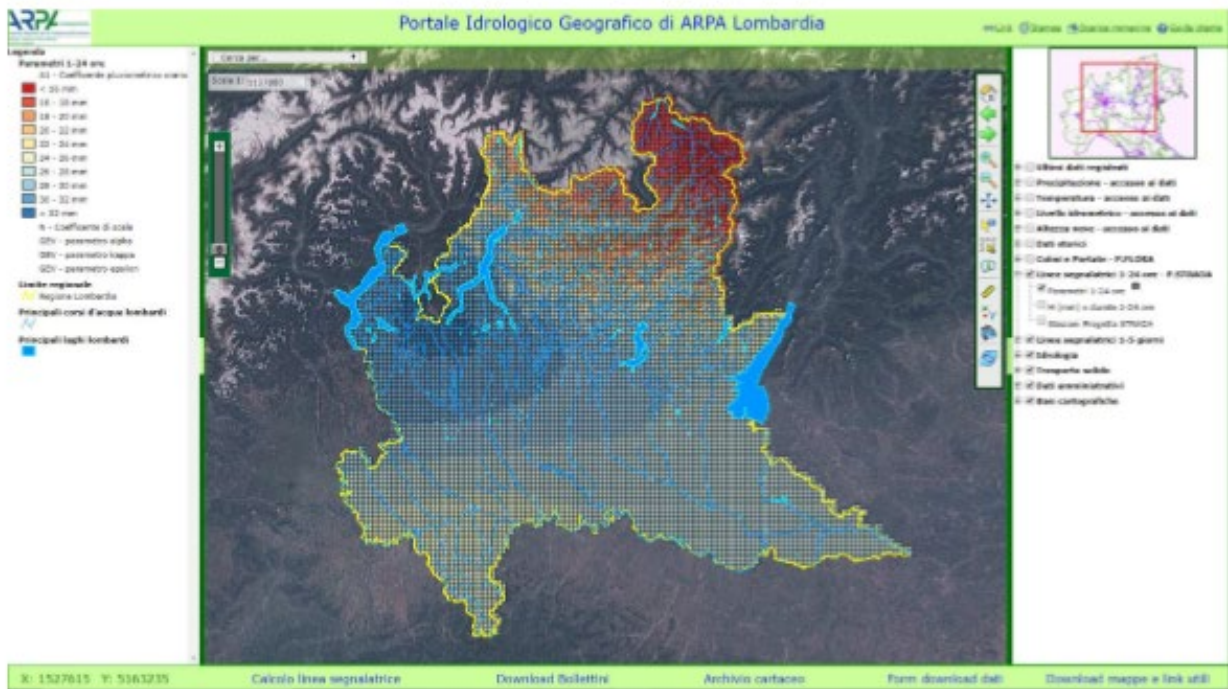
Relativamente alle precipitazioni ARPA ha sviluppato due nuovi servizi: la consultazione delle mappe di stima della pioggia integrata con rilievi a terra e radar per il periodo 1997-2011 e l'"Atlante delle piogge intense", di fondamentale utilità per le analisi idrologiche e il monitoraggio degli eventi meteorologici estremi.

Il sito di ARPA Lombardia fornisce i parametri della curva di possibilità pluviometrica valida per ogni località della Lombardia espressa nella forma:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\langle 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\rangle$$

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata, a1 è il coefficiente pluviometrico orario, w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T, n è l'esponente della curva (parametro di scala), α, ε, k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.



Schermata del Portale Geografico di ARPA Lombardia

2.2 L'ATLANTE DELLE PIOGGE INTENSE DELLA LOMBARDIA

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, note anche come curve di possibilità pluviometrica o climatica, sono uno strumento applicativo consolidato in idrologia, sulle quali esiste ampia letteratura e che trovano applicazione nella progettazione degli interventi di difesa dalle piene fluviali, nella zonazione del rischio idraulico-idrogeologico in funzione del luogo e del tempo di ritorno dell'evento di precipitazione, nonché nella valutazione a posteriori dell'intensità di un evento occorso.

Il contesto in cui ARPA Lombardia ha svolto le attività progettuali di aggiornamento della descrizione statistica delle precipitazioni intense è quello della presenza di una base di dati strumentali già consolidata, costituita dalle osservazioni delle piogge massime annue

di fissata durata di 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore per 105 stazioni meccaniche del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, già utilizzate per lo sviluppo di un'attività di caratterizzazione statistica del territorio regionale mediante un modello scala-invariante secondo la distribuzione probabilistica GEV (Generalized Extreme Value), che ha prodotto la parametrizzazione delle LSPP su 69 punti strumentati e da questi su tutto il territorio regionale tramite tecniche di estrapolazione geostatistica; questo servizio è attualmente operativo e accessibile su piattaforma web-gis sul sito web istituzionale di ARPA (<http://idro.arpalombardia.it>).

Le tipologie di dati che con il progetto STRADA sono stati integrati hanno una struttura differente ma complementare. Si riassumono di seguito le rispettive caratteristiche principali:

- osservazioni storiche: ampia copertura temporale (1929-2001); ridotta copertura territoriale (69 siti del dataset esistente + 31 siti aggiunti); distribuzione spaziale non uniforme, più concentrata in aree montane; dati raccolti su supporto cartaceo e trasposti in formato digitale;
- osservazioni recenti: ridotta copertura temporale (1987-2011); ampia copertura territoriale (251 siti); dati raccolti direttamente in formato digitale da stazioni automatiche, senza necessità di interventi manuali per la loro trasposizione in formato informatico.

La parametrizzazione delle linee segnalatrici sviluppata per Arpa Lombardia è stata migliorata, mantenendo valide alcune scelte metodologiche già consolidate nel prodotto operativo esistente, in particolare si sono conservati:

- il principio di invarianza di scala;
- la distribuzione di probabilità del valore estremo a tre parametri, la Generalized Extreme Value (GEV), in buon accordo con i dati campionari utilizzati per il territorio in esame, valutata analiticamente più adatta della distribuzione di Gumbel per la descrizione statistica dei punti più vicini ai confini regionali, in particolare quelli ad orografia complessa;
- la stima dei parametri della distribuzione mediante la tecnica operativa degli L-moments. Da un'analisi di sensitività sulle diverse tecniche di stima non si sono comunque rilevate differenze significative in termini operativi sul risultato finale per l'area in esame.

Il nuovo atlante delle piogge intense è stato calcolato puntualmente su una maglia di 1 km x 1 km in forma esplicita per durate da 1 a 24 ore e per tempi di ritorno dai 10 ai 200 anni. Si rendono disponibili all'utente esperto anche i valori dei parametri e dei quantili della distribuzione GEV per ogni punto-griglia, che permettono da una parte la determinazione della massima altezza di pioggia per ogni tempo di ritorno e dall'altra la valutazione del tempo di ritorno di un evento estremo.

I dati del portale sono aggiornati mediamente ogni 5 anni per tenere conto dello sviluppo spazio-temporale delle piogge.

2.3 IL MODELLO PROBABILISTICO GEV

L'espressione della probabilità cumulata GEV è:

$$F(x) = \exp\left\{-\left[1 - \frac{K(K - \varepsilon)}{\alpha}\right]^{1/k}\right\}$$

Eq. 1

dove:

- ε è un parametro di posizione;
- α è un parametro di scala;
- K un parametro di forma.

Il modello GEV riassume le tre leggi asintotiche del massimo valore del 1° tipo (EV1, Gumbel), del 2° (EV2) e del 3° (EV3) tipo. In particolare, per $K = 0$ si ricade nell'espressione di Gumbel che quindi rappresenta un caso particolare del modello GEV.

La stima dei tre parametri può essere effettuata tramite la tecnica basata sui momenti lineari. Stimati i tre parametri della GEV per la stazione in esame la relazione che individua la relazione fra tempo di ritorno T e valore del parametro K_T può essere esplicitata nella:

$$T = \frac{1}{1 - F_K(K_T)} = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - \frac{K}{\alpha}(K_T - \varepsilon)\right]^{1/k}\right\}}$$

Eq. 2

Più utile da un punto di vista pratico è la forma inversa della precedente espressione, per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno in anni si può ottenere il parametro K_T :

$$K_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} (1 - \exp(-ky_T)) \quad \text{Eq. 3}$$

dove y_T indica la variabile ridotta di Gumbel, pari a:

$$y_T = -\ln\left(\ln\frac{T}{T-1}\right) \quad \text{Eq. 4}$$

Le leggi di probabilità pluviometrica sono state determinate sulla base dei dati disponibili sul Portale del Servizio Idrografico dell'ARPA Lombardia, il quale fornisce i seguenti parametri:

- a_1 : coefficiente di scala della linea segnalatrice, pari al valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per la durata di riferimento;
- n : esponente di scala con cui la variabilità del fenomeno si trasmette dalla scala temporale di riferimento alle altre scale temporali;
- parametri di forma k , di scala α , e di posizione ε , della distribuzione generalizzata del valore estremo (GEV) per il calcolo del fattore di crescita in funzione del tempo di ritorno (w_T).

Per una precipitazione di durata D maggiore o uguale all'ora, l'altezza di pioggia è data dalla seguente relazione:

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n \quad \text{Eq. 5}$$

in cui w_T è il fattore di crescita in funzione del tempo di ritorno e viene calcolato con la seguente espressione:

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left(1 - \left(\ln\frac{T}{T-1}\right)^k\right) \quad \text{Eq. 6}$$

Stimati i parametri di forma K , di scala α e di posizione ε , della distribuzione di probabilità cumulata generalizzata del valore estremo GEV per la zona in esame resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T (Eq. 3) valida per piogge massime annuali di durata da 1 a 24 ore consecutive.

I valori dei parametri K , α e ε per i siti dove sono localizzate le stazioni pluviometriche sono stati ricavati ed elencati su una tabella, mentre per le zone non servite sono

riportati sulle mappe dell'intero territorio, ricavandoli per interpolazione con metodi di Kriging.

2.4 RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI PER PIOGGE BREVI

In bacini di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma. L'utilizzo della legge valida per eventi di durata maggiore all'ora risulta spesso troppo cautelativa.

Nel caso di precipitazioni intense e durata inferiore all'ora viene spesso utilizzata la formula di Bell (Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1), il quale ha osservato che i rapporti tra le altezze di pioggia di durata molto breve e l'altezza di pioggia oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che l'altezza di pioggia per dato tempo di durata sotto l'ora ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora indipendentemente dal tempo di ritorno dell'evento così come segue:

Tabella 1-1 - Rapporto tra altezza di pioggia di durata inferiore ad un'ora e altezza di pioggia di un'ora – U.S. Water Bureau

t [min]	5	10	15	30
$r_{\delta} = h_{\delta} / h_{60}$	0.29	0.45	0.57	0.79

Questi rapporti sono pressoché costanti o variano di molto poco ed i loro valori sono indipendenti dal periodo di ritorno. In relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, Bell ha proposto la seguente relazione che ben si adatta ai dati osservati e riportati alla tabella sopra:

$$\frac{P_T^t}{h_T^{60}} = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per $5 \leq t \leq 120$ minuti dove:

- P_T^t indica l'altezza di pioggia di un evento pari al tempo t riferita al periodo di ritorno T ;
- h_T^{60} è l'altezza di pioggia di un evento di durata pari ad un'ora riferita al periodo di ritorno T ;
- t è il tempo di pioggia espresso in minuti.

$$h_T = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot h_T^{60}$$

Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro a' e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n' , tale relazione si può semplicemente esprimere come:

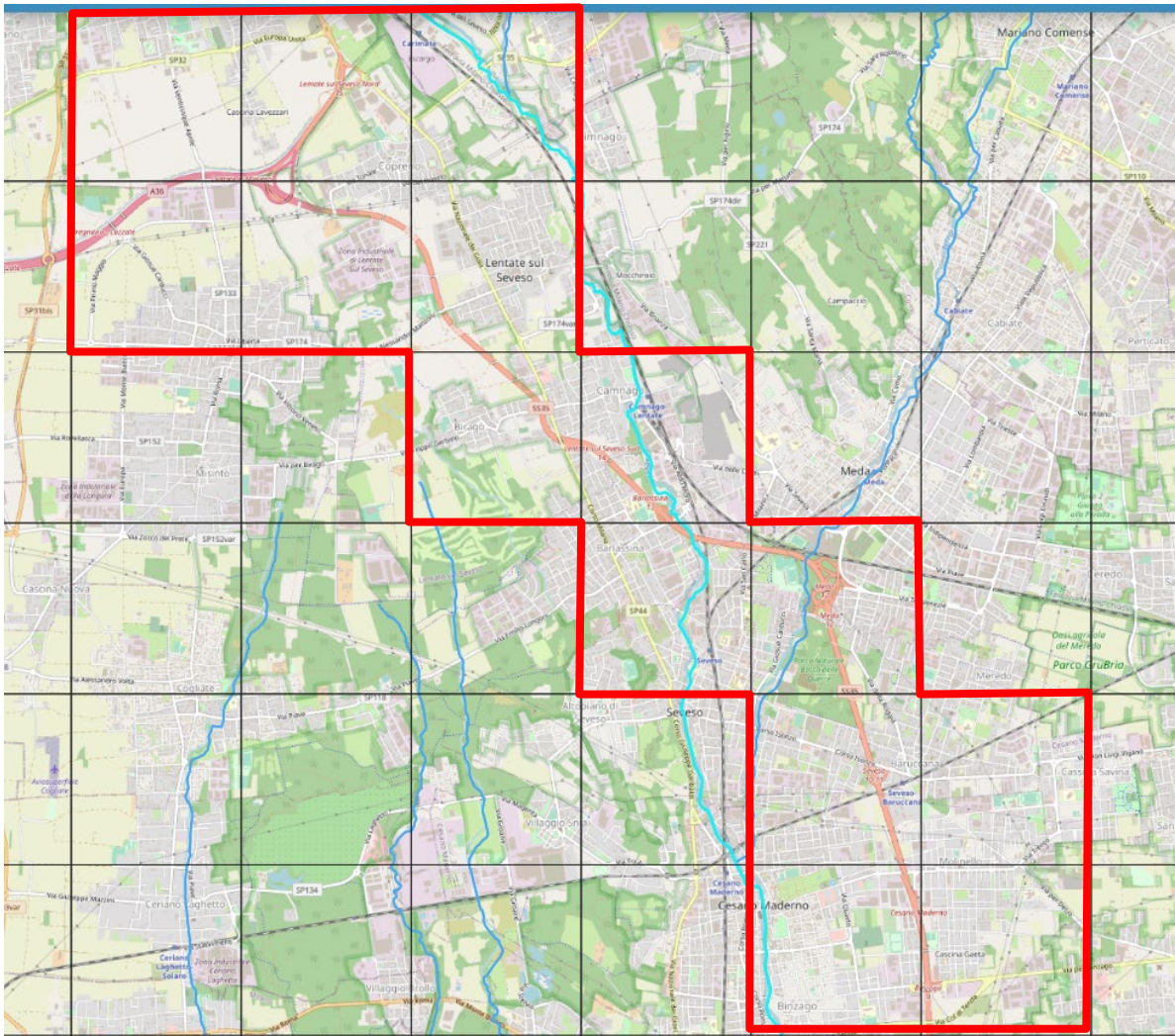
$$h = a_T' \cdot t^{0.464}$$

con n' che rimane fisso pari a 0.464 indipendentemente dal tempo di ritorno.

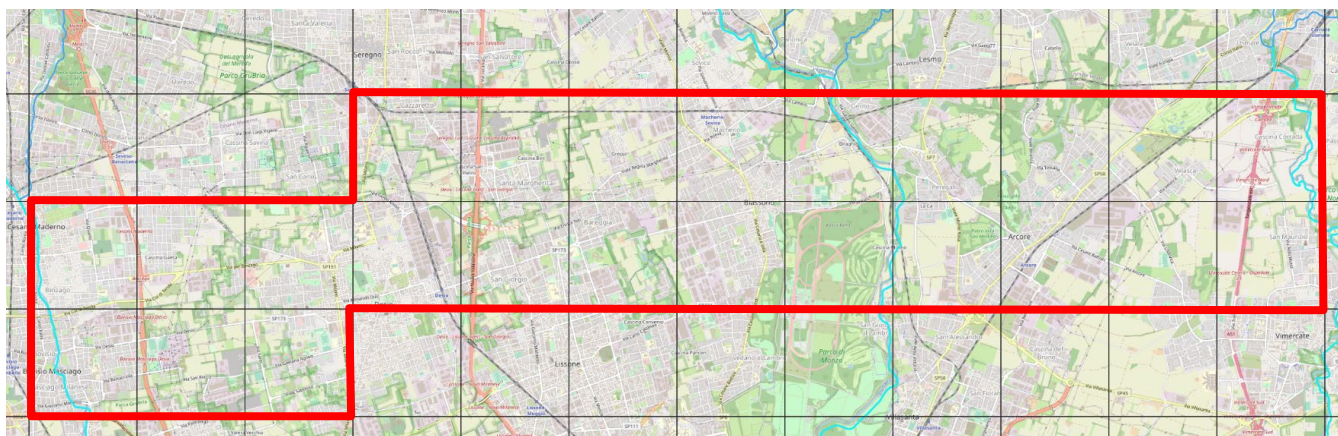
Nel Regolamento Regionale n.8 del 19 aprile 2019 si riporta all'Allegato G – Metodologie di calcolo dei volumi di laminazione, si suggerisce di adottare il valore di $n = 0.5$ per durate inferiori dell'ora, in mancanza di dati specifici. Si è scelto cautelativamente di utilizzare il metodo di Bell in quanto restituisce, seppur di poco, altezze di pioggia maggiori.

2.5 DETERMINAZIONE DELLE LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Nelle figure successive si evidenziano le celle della Griglia di Dati in cui ricadono gli interventi in oggetto, per le quali si sono confrontati i dati del modello GEV per individuare la ceta che fornisce i dati più cautelativi.



Individuazione delle celle di riferimento ARPA nell'ambito di interesse – Tratta B2



Individuazione delle celle di riferimento ARPA nell'ambito di interesse – Tratta C

Data l'estensione dell'intervento, in analogia con il progetto definitivo, si sono suddivise gli interventi nelle macroaree riferite ai lotti stradali: tratta B2 e tratta C.

Si sono analizzate tutte celle all'interno delle tratte e per ognuna si sono individuate quelle che fornivano i dati più gravosi e cautelativi per il dimensionamento delle opere idrauliche relative al drenaggio delle acque meteoriche.

Si riportano i confronti dei risultati in forma tabellare per le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica caratterizzate da un tempo di ritorno pari a 50 anni. Si evidenziano in arancione i dati massimi di precipitazione per le diverse durate.

	TR50			H [mm] DURATA IN MINUTI					
	a	n1	n2	5	10	15	30	60	120
1	63,04	0,500	0,327	19,90	27,45	33,13	45,70	63,04	79,06
2	63,47	0,464	0,323	20,04	27,64	33,36	46,02	63,47	79,42
3	63,31	0,464	0,323	19,99	27,57	33,27	45,90	63,31	79,19
4	63,33	0,464	0,323	19,99	27,58	33,29	45,92	63,33	79,22
5	63,03	0,464	0,323	19,90	27,45	33,13	45,70	63,03	78,85
6	63,53	0,464	0,320	20,06	27,67	33,39	46,06	63,53	79,31
7	63,15	0,464	0,320	19,94	27,50	33,19	45,78	63,15	78,86
8	63,15	0,464	0,319	19,94	27,50	33,19	45,78	63,15	78,80
9	63,12	0,464	0,317	19,93	27,48	33,17	45,76	63,12	78,65
10	63,09	0,464	0,316	19,92	27,47	33,16	45,74	63,09	78,56
11	63,06	0,464	0,316	19,91	27,46	33,14	45,71	63,06	78,49
12	63,39	0,464	0,314	20,01	27,60	33,32	45,96	63,39	78,78
13	63,33	0,464	0,313	19,99	27,58	33,28	45,91	63,33	78,68
14	63,11	0,464	0,312	19,92	27,48	33,17	45,75	63,11	78,35

Tabella di confronto linee segnalatrici di possibilità pluviometrica TR50 - Tratta B2

PROGETTO ESECUTIVO

	TR50			H [mm] DURATA IN MINUTI					
	a	n1	n2	5	10	15	30	60	120
1	63,06	0,464	0,316	19,91	27,46	33,14	45,71	63,06	78,49
2	63,33	0,464	0,313	19,99	27,58	33,28	45,91	63,33	78,68
3	63,39	0,464	0,314	20,01	27,60	33,32	45,96	63,39	78,78
4	63,11	0,464	0,312	19,92	27,48	33,17	45,75	63,11	78,35
5	63,08	0,464	0,311	19,91	27,47	33,15	45,73	63,08	78,27
6	63,40	0,464	0,310	20,02	27,61	33,32	45,97	63,40	78,57
7	63,30	0,464	0,310	19,98	27,56	33,27	45,89	63,30	78,48
8	62,86	0,464	0,312	19,84	27,37	33,04	45,57	62,86	78,03
9	63,03	0,464	0,311	19,90	27,45	33,13	45,69	63,03	78,18
10	63,19	0,464	0,385	19,95	27,52	33,21	45,81	63,19	82,52
11	63,12	0,464	0,309	19,93	27,49	33,18	45,76	63,12	78,20
12	62,98	0,464	0,308	19,88	27,42	33,10	45,66	62,98	77,94
13	63,17	0,464	0,307	19,94	27,51	33,20	45,80	63,17	78,15
14	62,90	0,464	0,307	19,86	27,39	33,06	45,60	62,90	77,83
15	63,32	0,464	0,306	19,99	27,57	33,28	45,91	63,32	78,29
16	62,85	0,464	0,306	19,84	27,37	33,03	45,56	62,85	77,71
17	63,03	0,464	0,306	19,90	27,45	33,13	45,70	63,03	77,93
18	63,14	0,464	0,303	19,93	27,49	33,18	45,77	63,14	77,90
19	63,13	0,464	0,303	19,93	27,49	33,18	45,77	63,13	77,90
20	62,77	0,464	0,303	19,81	27,33	32,99	45,50	62,77	77,46
21	62,99	0,464	0,302	19,89	27,43	33,11	45,67	62,99	77,67
22	62,98	0,464	0,301	19,88	27,42	33,10	45,66	62,98	77,59
23	62,86	0,464	0,302	19,84	27,37	33,04	45,57	62,86	77,49
24	62,96	0,464	0,300	19,88	27,42	33,09	45,65	62,96	77,52

Tabella di confronto linee segnalatrici di possibilità pluviometrica TR50 - Tratta C

Come è possibile vedere i parametri sono tutti molto vicini e non sempre la stessa cella fornisce valori massimi per le diverse durate, cautelativamente si prenderà l'involuppo delle curve massimizzando i parametri a e n2, considerato che n1 è fisso e pari a 0,464.

Per la tratta B2 i valori massimi per il parametro "a" si hanno per la cella n. 6. Mentre il valore di n2 maggiore lo si ha per la cella n. 1 ed è pari a 0,327.

*Altezze di precipitazione in mm per determinata durata dell'evento in ore
cella n. 6 – Tratta B2*

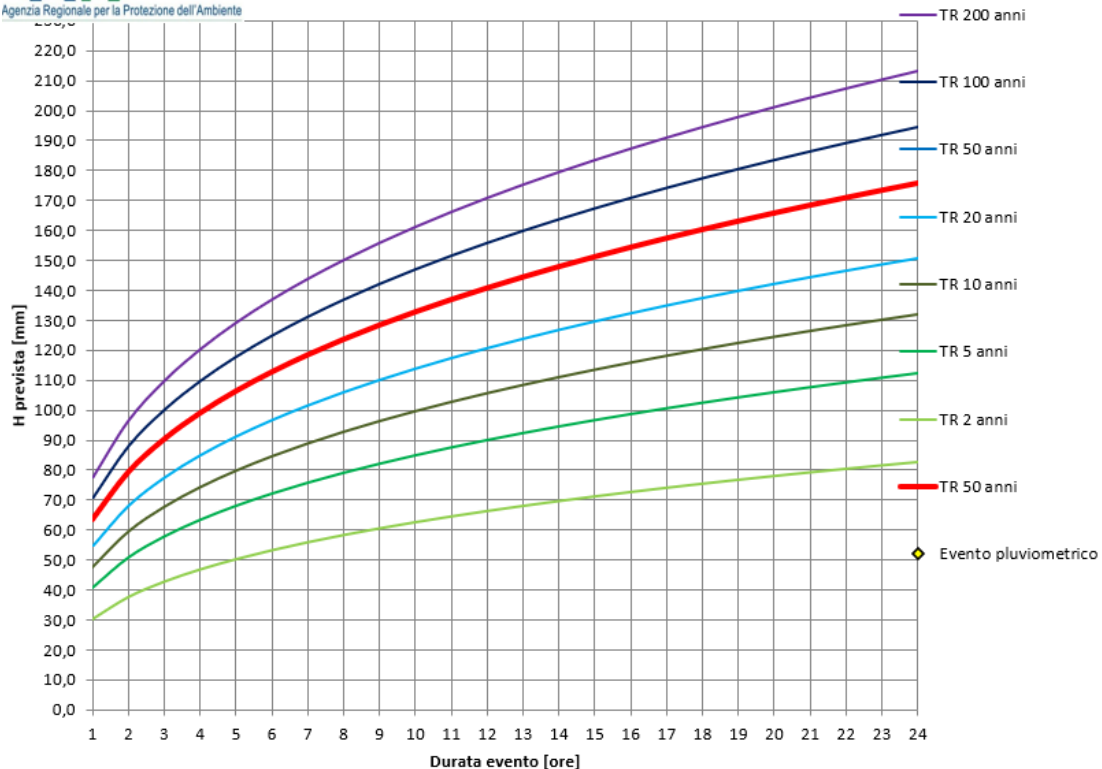
Tr	2	5	10	20	50	100	200
wT	0,93615	1,26797	1,48961	1,70370	1,98296	2,19385	2,40534
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	29,99	40,63	47,73	54,59	63,53	70,29	77,07
2	37,44	50,71	59,58	68,14	79,31	87,75	96,21
3	42,63	57,74	67,83	77,58	90,30	99,90	109,53
4	46,74	63,31	74,37	85,06	99,01	109,54	120,10

PROGETTO ESECUTIVO

5	50,20	67,99	79,88	91,36	106,34	117,64	128,99
6	53,22	72,08	84,68	96,85	112,72	124,71	136,73
7	55,91	75,72	88,96	101,75	118,42	131,02	143,65
8	58,35	79,03	92,84	106,19	123,59	136,74	149,92
9	60,59	82,06	96,41	110,27	128,34	141,99	155,68
10	62,67	84,88	99,72	114,05	132,74	146,86	161,02
11	64,61	87,51	102,80	117,58	136,85	151,41	166,00
12	66,43	89,98	105,71	120,90	140,72	155,68	170,69
13	68,16	92,31	108,45	124,04	144,37	159,72	175,12
14	69,79	94,53	111,05	127,01	147,83	163,55	179,32
15	71,35	96,64	113,53	129,85	151,13	167,20	183,32
16	72,84	98,65	115,90	132,56	154,29	170,69	187,15
17	74,26	100,59	118,17	135,15	157,31	174,04	190,82
18	75,64	102,44	120,35	137,65	160,21	177,25	194,34
19	76,96	104,23	122,45	140,05	163,01	180,34	197,73
20	78,23	105,96	124,48	142,37	165,71	183,33	201,00
21	79,46	107,62	126,44	144,61	168,31	186,21	204,16
22	80,65	109,24	128,33	146,78	170,84	189,01	207,23
23	81,81	110,80	130,17	148,88	173,28	191,71	210,19
24	82,93	112,32	131,96	150,92	175,66	194,34	213,08



Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica



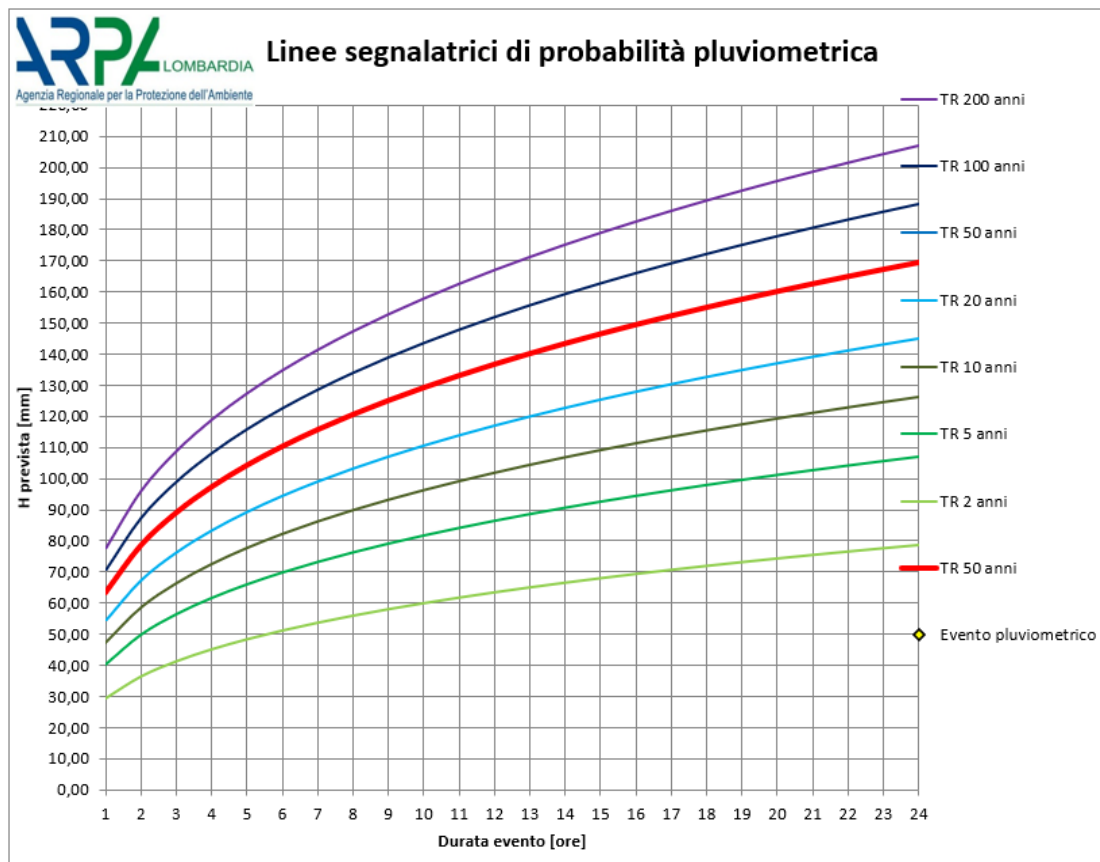
*Linee Segnalatrici di possibilità Pluviometrica relativamente alla zona di progetto cella n. 6
 – Tratta B2*

PROGETTO ESECUTIVO

Per la tratta C i valori massimi per il parametro “a” si hanno per la cella n. 6. Mentre il valore di n2 maggiore lo si ha per la cella n. 1 ed è pari a 0,385.

*Altezze di precipitazione in mm per determinata durata dell'evento in ore
 cella n. 6 – Tratta C*

Tr	2	5	10	20	50	100	200
wT	0,93296	1,27154	1,49940	1,72079	2,01151	2,23247	2,45530
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	29,41	40,08	47,26	54,24	63,40	70,37	77,39
2	36,44	49,67	58,57	67,22	78,57	87,20	95,91
3	41,32	56,31	66,40	76,21	89,08	98,86	108,73
4	45,16	61,55	72,58	83,30	97,37	108,07	118,86
5	48,39	65,95	77,77	89,26	104,34	115,80	127,36
6	51,20	69,78	82,29	94,44	110,39	122,52	134,75
7	53,70	73,19	86,31	99,05	115,79	128,51	141,33
8	55,97	76,28	89,95	103,23	120,67	133,93	147,30
9	58,05	79,11	93,29	107,07	125,15	138,90	152,77
10	59,97	81,74	96,38	110,62	129,30	143,51	157,83
11	61,77	84,18	99,27	113,93	133,17	147,80	162,56
12	63,45	86,48	101,98	117,04	136,81	151,84	166,99
13	65,05	88,65	104,54	119,97	140,24	155,65	171,18
14	66,55	90,71	106,96	122,76	143,49	159,26	175,15
15	67,99	92,66	109,27	125,40	146,59	162,69	178,93
16	69,36	94,53	111,48	127,94	149,55	165,98	182,54
17	70,68	96,32	113,59	130,36	152,38	169,12	186,00
18	71,94	98,04	115,61	132,68	155,10	172,14	189,32
19	73,15	99,70	117,57	134,92	157,72	175,04	192,52
20	74,32	101,29	119,45	137,08	160,24	177,84	195,60
21	75,45	102,84	121,26	139,17	162,68	180,55	198,57
22	76,55	104,33	123,02	141,19	165,04	183,17	201,45
23	77,61	105,77	124,73	143,14	167,33	185,71	204,24
24	78,64	107,17	126,38	145,04	169,54	188,17	206,95



*Linee Segnalatrici di possibilità Pluviometrica relativamente alla zona di progetto cella n. 6
 – Tratta C*

3. CONCLUSIONI

In definitiva per ciascun tratto della autostrada pedemontana (ovvero Tratta B e Tratta C) si sono adottate, per il dimensionamento delle opere di smaltimento e laminazione delle acque di drenaggio di piattaforma, le curve di possibilità pluviometrica rappresentate dalle due relazioni monomie:

$$(4) \quad t < 1 \text{ ora} : h = a t^{n1}$$

$$(5) \quad t > 1 \text{ ora} : h = a t^{n2}$$

Sono stati individuati, dall'analisi delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica di ARPA, i corrispondenti valori di a per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 50, 100, e 200 anni. Poiché nell'ambito dello studio non sono state redatte le curve iso a per TR 25 anni, i

PROGETTO ESECUTIVO

valori di a per TR 25 anni sono stati ricavati per interpolazione.

Dall'analisi delle curve, sempre riportate da ARPA, è stato ricavato il valore di n_2 (valido per piogge di durata superiore all'ora). Per le durate inferiori all'ora si è ipotizzato di utilizzare il medesimo valore di a valido per durate superiori, mentre il valore di n_1 è stato ricavato con la teoria di Bell.

I valori dei parametri (il numero che segue il parametro a indica il TR in anni) sono riportati nella successiva tabella.

TRATTA	a2	a5	a10	a20	a25	a50	a100	a200	n2	n1
Tratta B2	29,99	40,63	47,73	54,59	56,08	63,53	70,29	77,07	0,327	0,464
Tratta C	29,41	40,08	47,26	54,24	55,77	63,4	70,37	77,39	0,385	0,464

Parametri per le curve di possibilità pluviometrica