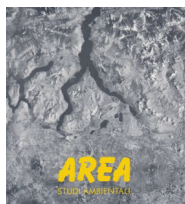


Progetto opere di urbanizzazione
(strada e parcheggio)

Progetto di invarianza idraulica
e idrologica

R.R. n. 8/2019

Relazione tecnica



Area
Studi Ambientali

Dott. Geol. Alessandro Ciarmiello

Via Massimo D'Azeglio, 27 – 22020 Faloppio (CO)
Tel. +39 (031) 987 222
areastudi@gmail.com

05.2024

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	2
2. ANALISI DELLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO	5
<i>Litologia e permeabilità</i>	<i>5</i>
<i>Vincoli di carattere geologico.....</i>	<i>6</i>
3. CALCOLO PRECIPITAZIONI DI PROGETTO	7
4. CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE.....	8
5. CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE	9
6. DEFINIZIONE E VERIFICA DELLE OPERE NECESSARIE ALLA LAMINAZIONE	11
<i>Pozzi di dispersione.....</i>	<i>11</i>
7. CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELLE OPERE DI LAMINAZIONE	12
<i>Stima della dispersione nel terreno</i>	<i>12</i>
8. PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE DI LAMINAZIONE	16

ALLEGATI

- 1 Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica (ARPA Lombardia)
- 2 Schema indicativo opere in progetto

1. INTRODUZIONE

Questo documento costituisce la relazione tecnica a supporto del Progetto di invarianza idraulica e idrologica, ai sensi del R.R. 23 novembre 2017, n.7, aggiornato con il R.R. 19 aprile 2019 n.8, a corredo del progetto riguardante le opere di urbanizzazione del Piano Attuativo – RFR4, in comune Colverde - Frazione Drezzo, (CO), per conto della Sig.ra Stefanetti Pierangela.

La presente relazione riguarda il parcheggio e la strada di accesso ai singoli lotti; sono esclusi i calcoli di invarianza idraulica relativi ai lotti nei quali è prevista la realizzazione dei nuovi edifici.

Si può constatare dall'ortofotografia in Fig. 1 l'ubicazione dell'area.



Fig. 1 - Estratto ortofotografia con area di indagine



Fig. 2 – Panoramica e dettaglio dell'area di interesse

Allo scopo dell'attuazione del principio di invarianza idraulica e idrologica sono stati determinati in via preliminare l'ambito territoriale di riferimento e il tipo di intervento sulla base dei criteri stabiliti dal Regolamento regionale. Con riferimento alla Tab. 1 allegata al regolamento, il settore di interesse ricade nella classe di intervento 2, corrispondente

a “Impermeabilizzazione potenziale media” (superficie compresa tra 0.03 e 1 ha, coefficiente di deflusso medio ponderale qualsiasi).

In base all’Art. 7 del R.R. sopra citato (Cfr. All. C) l’intervento ricade in area A ad alta criticità idraulica.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Tab. 1 – R.R. n. 8/2019

Nella relazione sono stati sviluppati i seguenti punti:

- Analisi delle caratteristiche stratigrafiche e idrogeologiche del luogo;
- Stima del coefficiente di permeabilità sulla base delle caratteristiche generali dei terreni presenti in sito;
- Calcolo della precipitazione critica sitospecifica, corrispondente ad un evento pluviometrico con T=50 anni, in coerenza con le disposizioni del Regolamento regionale;
- Calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale relativo all’intervento;
- Calcolo volume idrico di progetto mediante il metodo dettagliato e confronto con il volume calcolato secondo i requisiti minimi previsti dal Regolamento.
- Definizione e progetto delle opere necessarie alla laminazione dell’evento pluviometrico considerato;
- Calcolo del tempo di svuotamento delle opere di laminazione.
- Definizione delle azioni necessarie per la manutenzione del sistema di drenaggio.

2. ANALISI DELLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO

Coerentemente con i principi della legislazione regionale, è stata valutata la situazione geologica e stratigrafica, oltre che idrogeologica del sito, al fine di verificare prima di tutto la possibilità di dispersione delle acque meteoriche nel sottosuolo.

Litologia e permeabilità

Per quanto riguarda la litologia, il lotto d'indagine è caratterizzato in particolare da diamicton massivi a supporto di matrice, limi sabbiosi con ghiaia e blocchi, sabbie limose. Si tratta di terreni fini, generalmente consolidati e sovraconsolidati, con caratteristiche geotecniche da medie a buone, comunque variabili in funzione della litologia locale. La permeabilità è in generale media o scarsa, comunque variabile in funzione dell'abbondanza della matrice limoso-argillosa. Il profilo di alterazione può variare da valori di 1,0-2,5 m fino a 3-4 m e può contenere livelli torbosi. Il terreno superficiale alterato è caratterizzato da parametri geotecnici scadenti.

Per la stima del coefficiente di permeabilità del sottosuolo, si è fatto riferimento alle tabelle riportate nelle pubblicazioni specializzate, per i diversi tipi di terreno.

Sulla base delle caratteristiche litologiche è stato stimato, in via cautelativa, un coefficiente di permeabilità del terreno pari a $K=1,5 \times 10^{-6}$ m/s.

K (cm/s)	10 ²	10 ¹	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
drenaggio	buono					povero			praticamente impermeabile			
	ghiaia pulita	sabbia pulita e miscele di sabbia ghiaia pulita			sabbia fina, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati				terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona altera dagli agenti atmosferici			
			terreni impermeabili modificativi dagli effetti della vegetazione e del tempo									

Fig. 3. Classificazione dei terreni secondo il coefficiente di permeabilità (Colombo)

Con riferimento delle indicazioni dell'Allegato F al R.R. n. 8/2019 tale valore è stato cautelativamente ridotto del 30% al fine di tenere conto del possibile degrado delle strutture di infiltrazione dovuto al trasporto di materiale solido e allo sviluppo di microrganismi.

Per i calcoli di seguito esposti è stato quindi adottato il seguente valore del coefficiente di permeabilità:

$$K = 1,05 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

Il valore stimato dovrà essere controllato in fase di realizzazione delle opere di drenaggio in progetto, sulla base di caratteristiche del terreno osservabili dagli scavi.

Vincoli di carattere geologico

Con riferimento alla carta dei Vincoli della componente geologica del PGT, non viene rilevato alcun tipo di vincolo nell'area interessata dal progetto.

3. CALCOLO PRECIPITAZIONI DI PROGETTO

Per determinare la precipitazione critica sulla superficie scolante è stato applicato il Modello di previsione statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata messo a punto da ARPA Lombardia.

Il modello permette di calcolare le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica in ogni punto del territorio utilizzando lo specifico software GIS messo a punto dall'Agenzia.

Tra i vantaggi dell'applicazione del metodo vi è l'aggiornamento continuo dei dati pluviometrici mediante la rete di stazioni idro-termo-pluviometriche gestite da ARPA. I dati tengono conto delle serie storiche aggiornate alla data attuale.

Il modello si basa sull'applicazione della seguente equazione:

$$ht(D) = a1wt D^N$$

con:

$$wt = \epsilon + \alpha/k (1 - (\ln(T/T-1))^k)$$

dove:

a1 = coefficiente pluviometrico orario

N = coefficiente di scala

GEV – parametro alpha

Gev – parametro kappa

GEV – parametro epsilon

Parametri 1-24 ore	
Parametro	Valore
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	32,17
N - Coefficiente di scala	0,3445
GEV - parametro alpha	0,2814
GEV - parametro kappa	-0,0107
GEV - parametro epsilon	0,8344

Si ha pertanto:

$$h(D) = 62,90 t^{0.342}$$

L'elaborazione con foglio di calcolo predisposto da ARPA Lombardia è riportata in Allegato 1.

4. CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE

L'analisi del progetto architettonico, come osservabile dagli elaborati tecnici forniti dal progettista, ha permesso di calcolare le seguenti superfici:

- Superficie totale: 515 m²
- Strada asfaltata, parcheggio e cabina elettrica: 414 m²
- Marciapiedi in autobloccanti: 101 m²

Le aree verdi non sono state considerate in quanto le acque non vengono convogliate verso i sistemi di raccolta e si infiltrano direttamente nel sottosuolo.

Coefficiente medio ponderale=0,941

5. CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE

Il calcolo è stato eseguito sulla base delle indicazioni riportate nell'All. G al Regolamento Regionale mediante il metodo dettagliato.

L'analisi dell'evento pluviometrico con T=50 anni è stata sviluppata con appositi modelli software per calcoli di idrologia.

La durata dell'evento pluviometrico critico è stata scelta simulando uno ietogramma con tempo considerato sicuramente maggiore di quello di corrivazione del bacino e pari a 60 minuti.

Il tempo di corrivazione è infatti assai modesto, può essere stimato tra 5 e 10 minuti.

La curva di possibilità pluviometrica utilizzata è la seguente:

$$h=62,90 t^{0.342}$$

Sono state eseguite le seguenti elaborazioni:

1. Introduzione curva di possibilità pluviometrica.
2. Formazione ietogramma di progetto: è stato utilizzato lo ietogramma tipo "Chicago" in forma monomia a due parametri. Tale ietogramma presenta un andamento temporale variabile tale per cui l'intensità media della precipitazione per ogni durata è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica.
3. Depurazione delle perdite idrologiche: è stato applicato il coefficiente medio ponderale pari a 0,941
4. Formazione idrogramma unitario istantaneo IUH mediante il metodo della corrivazione. Nel caso specifico si è assunta una curva aree-tempi lineare, definita sulla base del tempo di corrivazione.
5. Formazione idrogramma di piena.

Il modello applicato ha fornito i seguenti risultati:

$$\text{Volume di deflusso} = V_d = 30,48 \text{ m}^3$$

I grafici riportati di seguito si riferiscono allo ietogramma e all'idrogramma calcolati.



Fig. 4 - Ietogramma di progetto

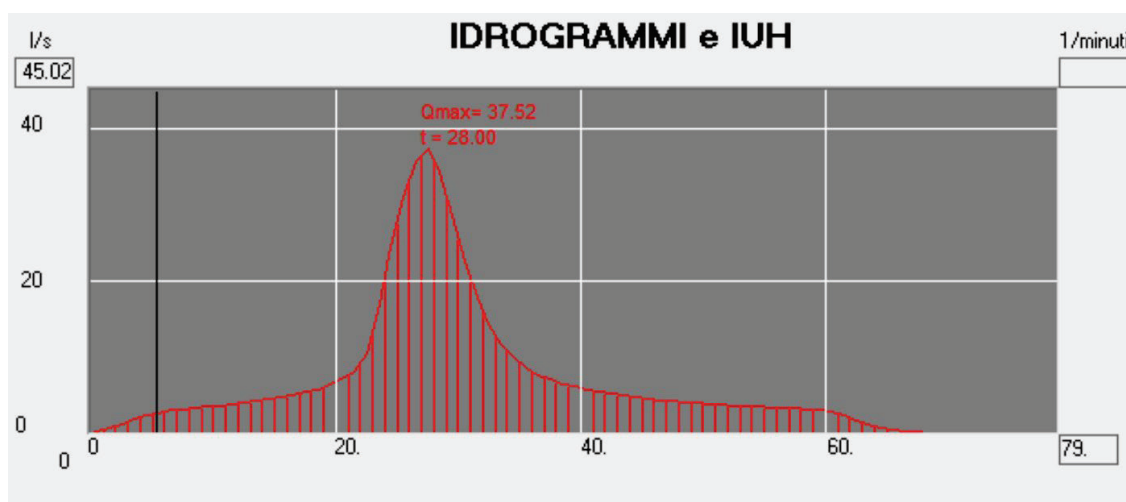


Fig. 5 - Idrogramma di progetto

Il volume corrispondente al requisito minimo di 800 m³/ha, definito dall'Art. 12, comma 2 del regolamento per le aree ad alta criticità è invece $W_m = 800 \times 0.0515 \text{ ha} \times 0.941 = 38,76 \text{ m}^3$.

Conformemente alle indicazioni del Regolamento, è stato adottato tale volume (maggiore tra i due calcolati) per il dimensionamento dei pozzi di dispersione.

6. DEFINIZIONE E VERIFICA DELLE OPERE NECESSARIE ALLA LAMINAZIONE E SMALTIMENTO DELL'EVENTO PLUVIOMETRICO

Sulla base delle analisi svolte e della situazione litostratigrafica e idrogeologica locale è possibile la realizzazione di un sistema di laminazione e drenaggio delle acque meteoriche basato su accumulo e successivo smaltimento in n. 3 pozzi di dispersione con scarico sia nel sottosuolo sia in fognatura (acque bianche).

Pozzi di dispersione

Si prevede, come illustrato sopra, la formazione di n. 3 pozzi di dispersione, realizzati in anelli di calcestruzzo del diametro di 2 m e profondità pari a 3,0 m, alloggiati in scavo parallelepipedo con dimensioni 3.0 x 3.0 x 3,0 m e intercapedine riempita in ghiaia grossolana con porosità efficace pari a 0,25.

La verifica rispetto al R.R. n. 8/2019 prevede il confronto tra il volume di afflusso derivato dell'evento pluviometrico critico, corrispondente ai transitori di pioggia intensa, e il volume immagazzinato nei pozzi nel corso di tale evento, determinato nella Sezione 5 della relazione.

Il volume immagazzinato nel sistema pozzo + dreno è dato dalla somma del volume del pozzo e del volume del dreno efficace.

Considerando un valore della porosità efficace di 0,25 (ghiaia grossolana di riempimento dell'intercapedine scavo-pozzo) si ottiene:

$$V_t = V_{\text{pozzo}} + V_{\text{dreno}} = 13,81 \text{ m}^3$$

Per n.3 pozzi si ottiene:

$$V_s = 41,44 \text{ m}^3$$

Confrontando questo volume con il volume definito mediante il R.R. n. 8/2019 (38,76 m³), il sistema risulta verificato, anche in relazione al fatto che è stato trascurato, a favore di sicurezza, il volume idrico stoccato nelle tubazioni di raccordo.

7. CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELLE OPERE DI LAMINAZIONE

Il tempo di svuotamento del sistema di laminazione rispetto all'evento di progetto è pari a:

$$t = V/Q$$

V= volume laminato

Q=portata di svuotamento.

Stima della dispersione nel terreno

La legge base, formulata da H. Darcy nel 1856 lega la velocità media del fluido alla pendenza della piezometrica (i) secondo la seguente relazione:

$$V = K \cdot i$$

nella quale il coefficiente K, dipende dal materiale e prende il nome di coefficiente di permeabilità.

Per i moti di filtrazione, in un sistema di riferimento cartesiano è possibile esprimere le componenti della velocità come:

$$V_x = -k \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \quad V_y = -k \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \quad V_z = -k \cdot \frac{\partial h}{\partial z}$$

che associata all'equazione di continuità, è possibile riscrivere come:

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$$

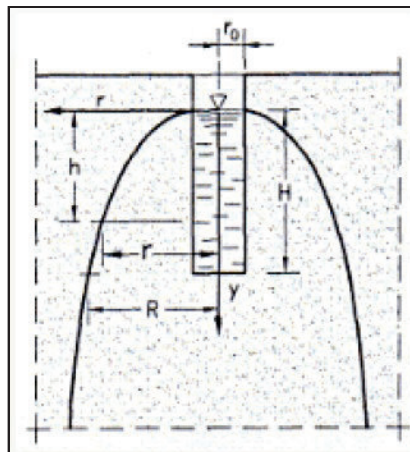
che soddisfa l'equazione di Laplace:

$$\frac{\partial^2 h^*}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h^*}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h^*}{\partial z^2} = \nabla^2 h = 0$$

Nel caso di pozzi perdenti in falda profonda il calcolo della portata (soluzione del moto di filtrazione), viene ottenuto dalla risoluzione dell'equazione differenziale del moto in coordinate cilindriche (r, y), ovvero dalle seguenti equazioni:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial \phi}{\partial r} \right) = 0 \quad \text{e} \quad \phi = kh = C_1 \ln r + C_2$$

Le ipotesi al contorno sono: $h=0$ per $r=r_0$ ed $h=H$ per $r=R_I$ (dove r_0 è il raggio del pozzo e R_I il raggio di influenza). Il calcolo della portata drenata dal pozzo viene calcolata studiando il fenomeno come un moto permanente a simmetria radiale con una superficie libera di forma incognita, che si raccorda alla falda esistente quando questa sia relativamente elevata, oppure che affondi in modo sostanzialmente verticale in una falda profonda.



Con alcune approssimazioni si ottiene:

$$Q = C K R_0 H$$

dove:

Q è la portata dispersa;

C è il coefficiente di deflusso;

K è il coefficiente di permeabilità

R_0 è il raggio del pozzo;

H è la profondità del pozzo;

Il coefficiente di deflusso C può essere calcolato con la teoria sperimentale di Stephens e Neumann che esprime il termine C secondo la relazione:

$$\log C = 0,658 \log (H/R_0) - 0.398 \log H + 1.105$$

Il raggio di influenza R_I , può essere definito, considerando che a livello della quota del fondo del pozzo le velocità di filtrazione sono praticamente verticali, ovvero che $-V_y = -K$.

La risoluzione dell'equazione differenziale, fornisce la forma della "parabola" visibile nell'illustrazione e quindi il raggio di influenza che viene misurato alla base (in corrispondenza di Hmax).

Il Raggio di influenza non è ricavabile da una semplice formula lineare, risulta funzione di Ro ed Hmax ed il programma di calcolo utilizzato lo ricava con successive iterazioni risolvendo l'equazione differenziale sopra riportata.

Il valore del coefficiente di permeabilità stimato per il terreno è stato prudenzialmente ridotto del 30% per tenere conto degli effetti della riduzione dell'efficienza dei pozzi.

La risoluzione delle equazioni sopra riportate applicate al caso specifico, mediante apposito software, consente di ottenere i seguenti dati:

Pozzo Perdente Falda Profonda

Coefficiente di permeabilità del terreno K (m/s): 0,00000105

Diametro del pozzo (m): 2

Raggio del pozzo (m): 1

Raggio Influenza RI (m): 3,71

H (m)	C	Q (l/s)	V (m3)
3	16,945	0,05	9,42

Ipotizzando il riempimento dei tre pozzi con il volume determinato dall'applicazione del Regolamento si ottiene:

$$Q1 = (0,05 \times 3) \text{ l/s} = 0,15 \text{ l/s}$$

$$T = 38760 / 0,15 = 71 \text{ h}$$

Si osserva che non viene rispettato il tempo limite per lo svuotamento delle opere di laminazione di 48 ore previsto dal R.R. n. 8/2019.

Pertanto sarà necessario lo smaltimento in fognatura.

La portata massima di scarico ammissibile è definita dal R.R. e, per la zona di interesse, è fissata in 10 l/s ha.

Si ha quindi:

$$Q2 = 10 \times 0,0515 \times 0,941 = 0,48 \text{ l/s, che si approssima a } 0,5 \text{ l/s.}$$

Sommando tale portata di scarico a quella dispersa dai pozzi si ha: $Qd = Q1 + Q2 = 0,65 \text{ l/s.}$

Il tempo di smaltimento diventa quindi:

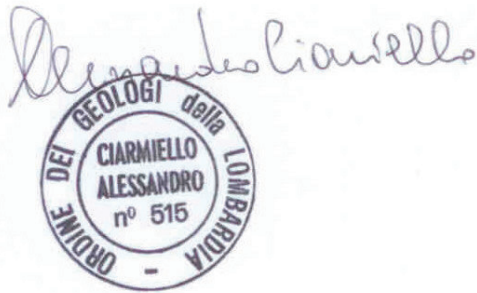
$$T=38760/0,65=16,56 \text{ h}$$

Con l'adozione dello scarico in fognatura viene ampiamente rispettato il tempo limite stabilito dal R.R.

8. PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE DI LAMINAZIONE

Sarà sufficiente adottare il seguente schema di manutenzione:

- Controllo semestrale dei pozzi, con apertura di questi ultimi e verifica della presenza di eventuali depositi sabbioso-limosi, terriccio, materiale organico, ecc. sul fondo.
- Nel caso della presenza di depositi, sarà necessario procedere alla loro rimozione, al fine di non ridurre la capacità di invaso e soprattutto d'infiltrazione.
- Controllo semestrale delle tubazioni di recapito, al fine di verificarne l'efficienza.
- Controllo periodico ed eventuale pulizia, se necessaria, con frequenza trimestrale, delle griglie di raccolta, dei pozzetti di raccordo, ecc.
- Controllo successivo ad eventi pluviometrici particolarmente intensi al fine di verificare la funzionalità del sistema.

AGGIORNAMENTO - VERSIONE	IL PROFESSIONISTA
15/05/2024	Dott. geol. Alessandro Ciarmiello Iscr. Ordine dei Geologi della Lombardia n. 515 Sez. A 

ALLEGATO 1
Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica – ARPA
Lombardia

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Colverde

Coordinate:

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) 50

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 32,16

N - Coefficiente di scala 0,342

GEV - parametro alpha 0,2829

GEV - parametro kappa -0,0082

GEV - parametro epsilon 0,8343

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

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

Bibliografia ARPA Lombardia:

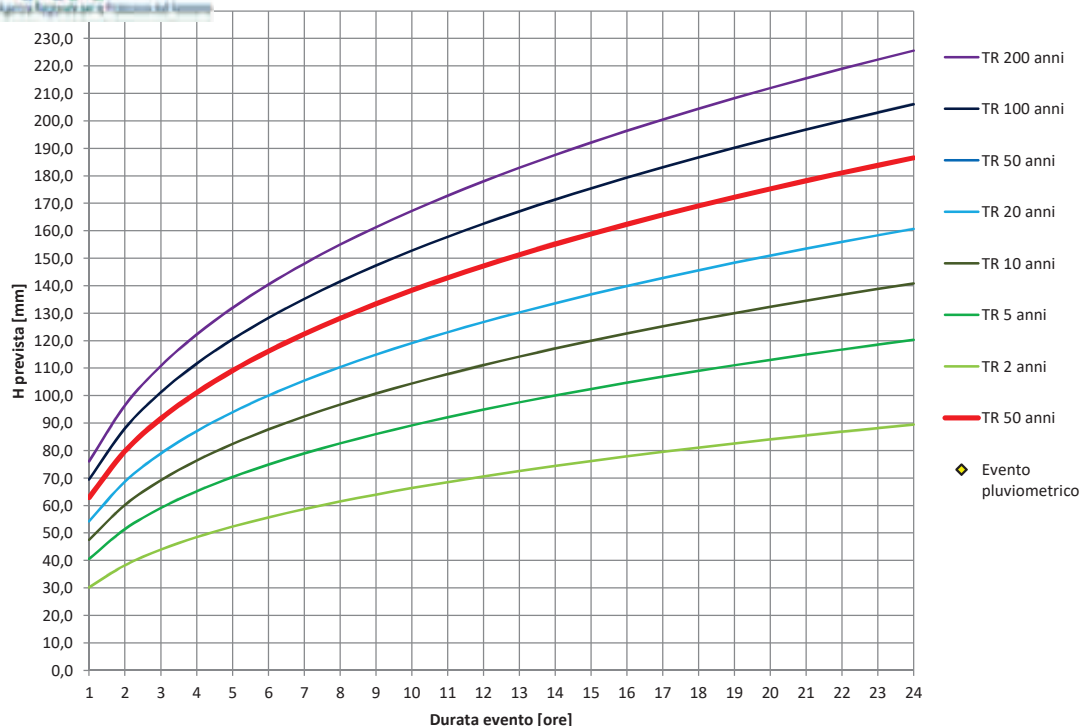
<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>

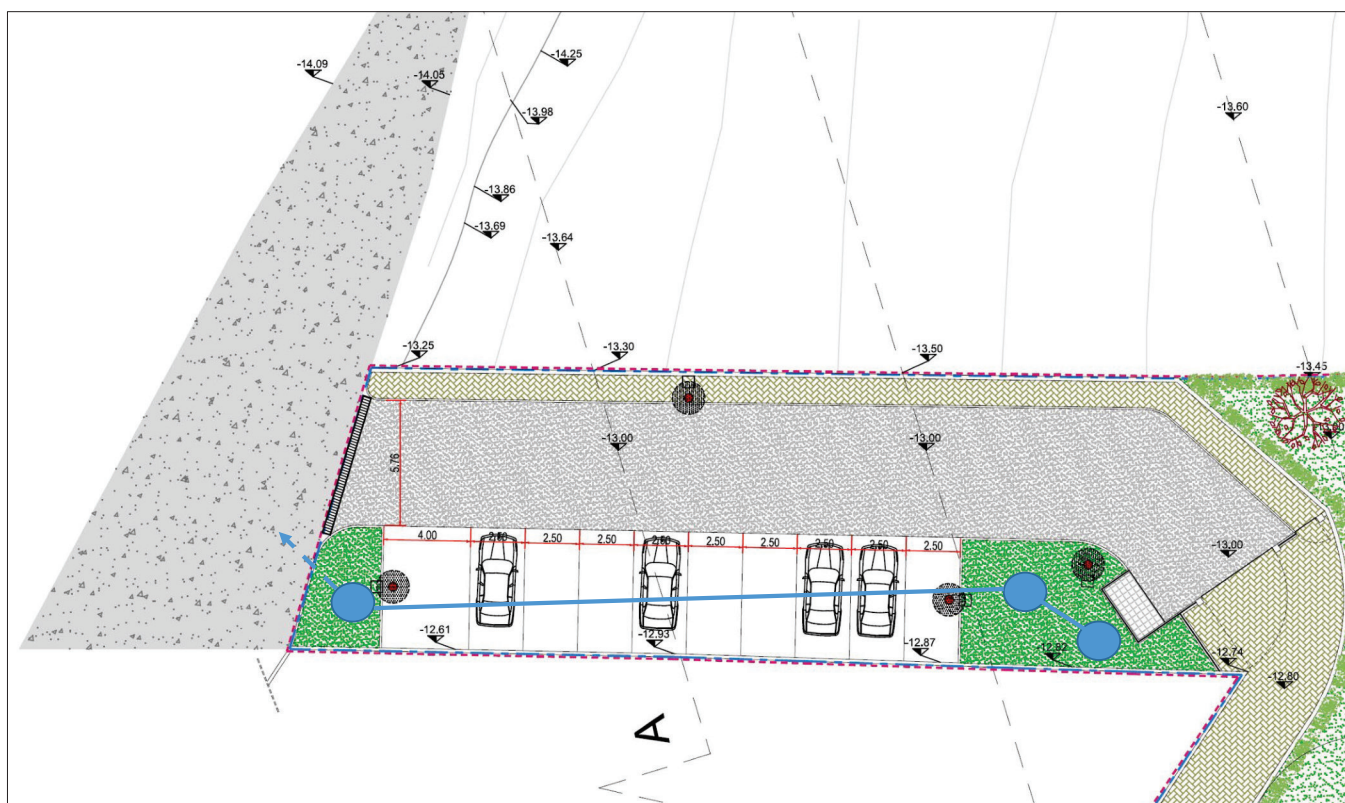
http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,93814	1,26125	1,47684	1,68488	1,95601	2,16054	2,36549	1,95600778
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	30,2	40,6	47,5	54,2	62,9	69,5	76,1	62,9052101
2	38,2	51,4	60,2	68,7	79,7	88,1	96,4	79,7331415
3	43,9	59,1	69,2	78,9	91,6	101,2	110,8	91,5929583
4	48,5	65,2	76,3	87,1	101,1	111,6	122,2	101,062755
5	52,3	70,3	82,4	94,0	109,1	120,5	131,9	109,077295
6	55,7	74,9	87,7	100,0	116,1	128,2	140,4	116,095222
7	58,7	78,9	92,4	105,4	122,4	135,2	148,0	122,379915
8	61,4	82,6	96,7	110,3	128,1	141,5	154,9	128,098308
9	64,0	86,0	100,7	114,9	133,4	147,3	161,3	133,363675
10	66,3	89,1	104,4	119,1	138,3	152,7	167,2	138,256837
11	68,5	92,1	107,8	123,0	142,8	157,8	172,7	142,837722
12	70,6	94,9	111,1	126,8	147,2	162,5	178,0	147,152147
13	72,5	97,5	114,2	130,3	151,2	167,1	182,9	151,236021
14	74,4	100,0	117,1	133,6	155,1	171,3	187,6	155,118075
15	76,2	102,4	119,9	136,8	158,8	175,4	192,1	158,821695
16	77,9	104,7	122,6	139,9	162,4	179,3	196,4	162,366209
17	79,5	106,9	125,2	142,8	165,8	183,1	200,5	165,76779
18	81,1	109,0	127,6	145,6	169,0	186,7	204,4	169,040128
19	82,6	111,0	130,0	148,3	172,2	190,2	208,2	172,194925
20	84,0	113,0	132,3	151,0	175,2	193,6	211,9	175,242272
21	85,5	114,9	134,5	153,5	178,2	196,8	215,5	178,190939
22	86,8	116,7	136,7	156,0	181,0	200,0	219,0	181,048601
23	88,2	118,5	138,8	158,3	183,8	203,0	222,3	183,822021
24	89,5	120,3	140,8	160,7	186,5	206,0	225,6	186,517189

Linee segnatrici di probabilità pluviometrica





● Pozzo dispersione

— Tubazione di raccordo

→ Scarico in fognatura comunale acque bianche

Allegato 2