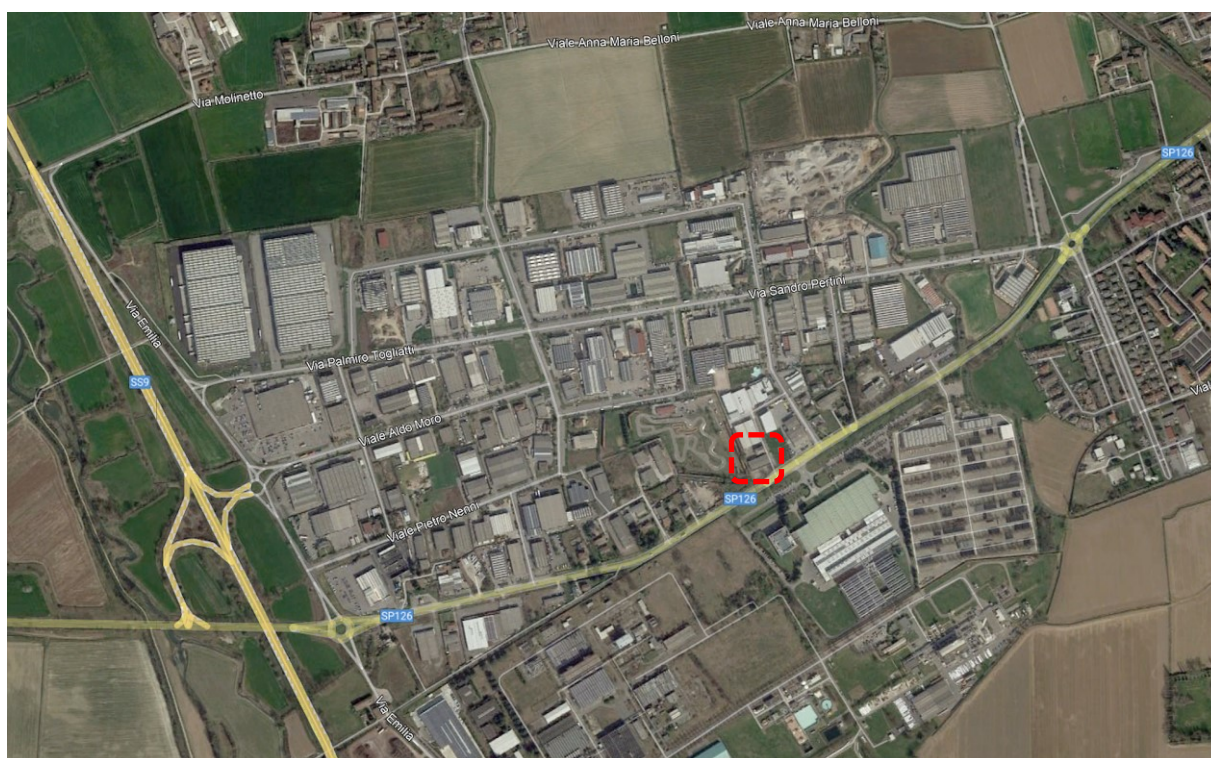


# PROVINCIA DI LODI COMUNE DI CODOGNO

Ristrutturazione capannone esistente in Via SP126  
Foglio n. 22 mappale 300-301-302

## Progetto di Invarianza Idraulica e Idrologica

(ai sensi del Testo Coordinato del RR 23 novembre 2017, n. 7)



Committente:

Pellini SpA



## Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO .....	4
3	CALCOLO AFFLUSSI METEORICI .....	5
3.1	Calcolo dei parametri pluviometrici.....	5
3.2	Calcolo delle linee segnalatrici.....	5
4	PROVA DI PERMEABILITÀ.....	7
5	POZZI PERDENTI.....	12
6	CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE.....	13
6.1	Tempo di svuotamento .....	14
7	PIANO DI MANUTENZIONE .....	14
8	CONCLUSIONI.....	15

## 1 PREMESSA

Il presente rapporto illustra e sintetizza i risultati del Progetto di invarianza idraulica e idrologica ai sensi del Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n.7 della Regione Lombardia, 7 «Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)» e ss.mm.ii., di supporto al progetto di "Ristrutturazione edilizia con demolizione totale e ricostruzione con aumento della superficie in comune di Codogno (LO). (rettangolo arancio in Fig. 1).



*Fig. 1. Ubicazione su foto aerea dell'area interessata dall'intervento in oggetto (sinistra) ed estratto della tavola di progetto con evidenziata la nuova superficie impermeabile (retino arancio a destra).*

La strategia di gestione delle acque meteoriche prevede la realizzazione di un sistema di laminazione e dispersione mediante pozzi perdenti.

## 2 CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo capannone con superficie coperta impermeabile complessiva pari a 1866.3 m<sup>2</sup> (Fig. 1 a destra).

Il **coefficiente di deflusso medio** risulta quindi pari a **1** e la **superficie impermeabile** risulta pari a 1866.3 m<sup>2</sup> (0.18663 ha).

Per la **laminazione/dispersione** delle acque meteoriche si prevede di posizionare i pozzi nell'area verde posta a est dell'area di intervento, sempre di proprietà della Committenza. Per tali aree, pari a 12.57 m<sup>2</sup>, occorre applicare un coefficiente di deflusso pari a 0.7.

Ne consegue che la **Sup<sub>imp</sub>** complessiva ammonta quindi a 1857.1 m<sup>2</sup> (**0.18571 ha**).

In funzione di quanto sopra e dell'ambito territoriale di riferimento in cui ricade l'area (**B**), l'intervento rientra nella classe di intervento 2 "*Impermeabilizzazione potenziale media*" e quindi la modalità di calcolo da utilizzare risulta essere quello del "*Metodo delle sole piogge art. 11*" (Fig. 2).

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
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		

Fig. 2. Estratto del RR7, Art. 9 - Tabella 1.



### 3 CALCOLO AFFLUSSI METEORICI

#### 3.1 Calcolo dei parametri pluviometrici

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica (LSPP) per durate della precipitazione 1-24 ore necessarie per la determinazione delle precipitazioni di progetto ricavati dal sito dell'ARPA Lombardia per il sito in esame (Fig. 3) sono risultati essere quelli riportati in Tabella 1.

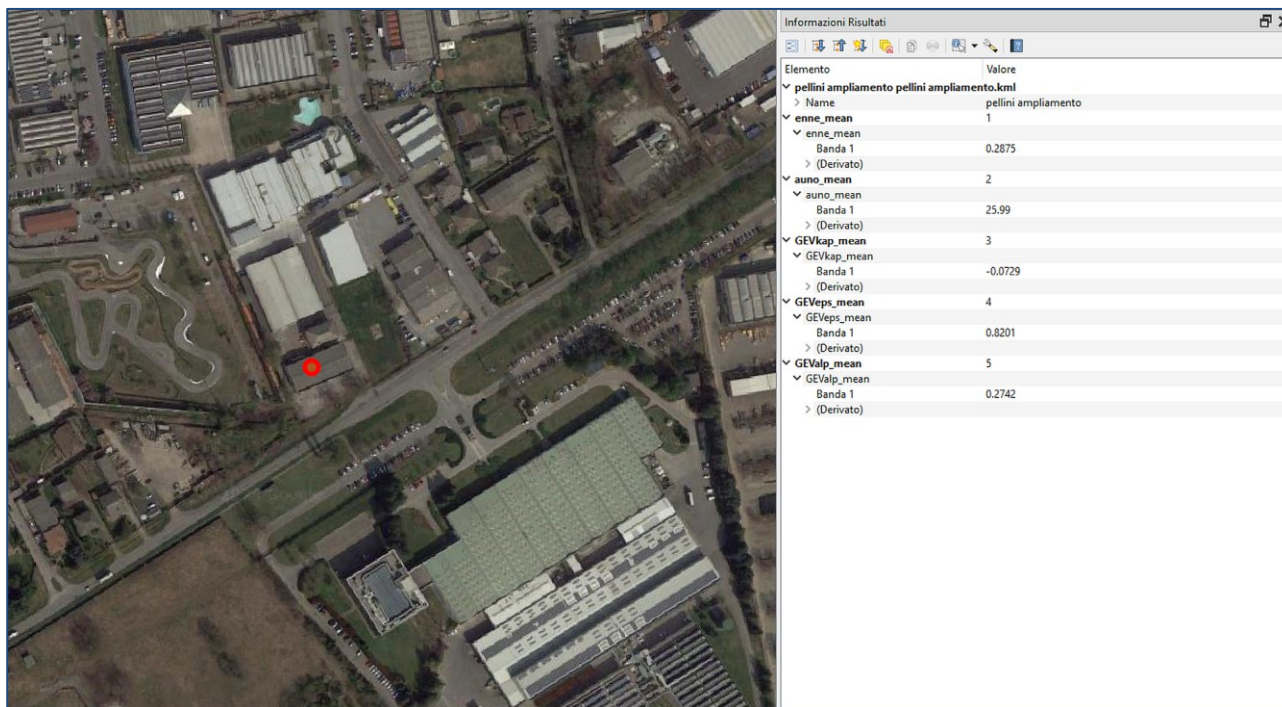


Fig. 3 – Estratto Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia, in rosso il luogo interessato dall'intervento.

Tabella 1 - Riassunto parametri pluviometrici da Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia.

<b>A1 – coefficiente pluviometrico orario</b>	25.99
<b>N – coefficiente di scala</b>	0.2875
<b>GEV – parametro alpha <math>\alpha</math></b>	0.2742
<b>GEV – parametro kappa <math>k</math></b>	-0.0729
<b>GEV – parametro epsilon <math>\epsilon</math></b>	0.8201

#### 3.2 Calcolo delle linee segnalatrici

Mediante il foglio Excel messo a disposizione da ARPA Lombardia è possibile calcolare le linee segnalatrici a diversi tempi di ritorno (Fig. 4).

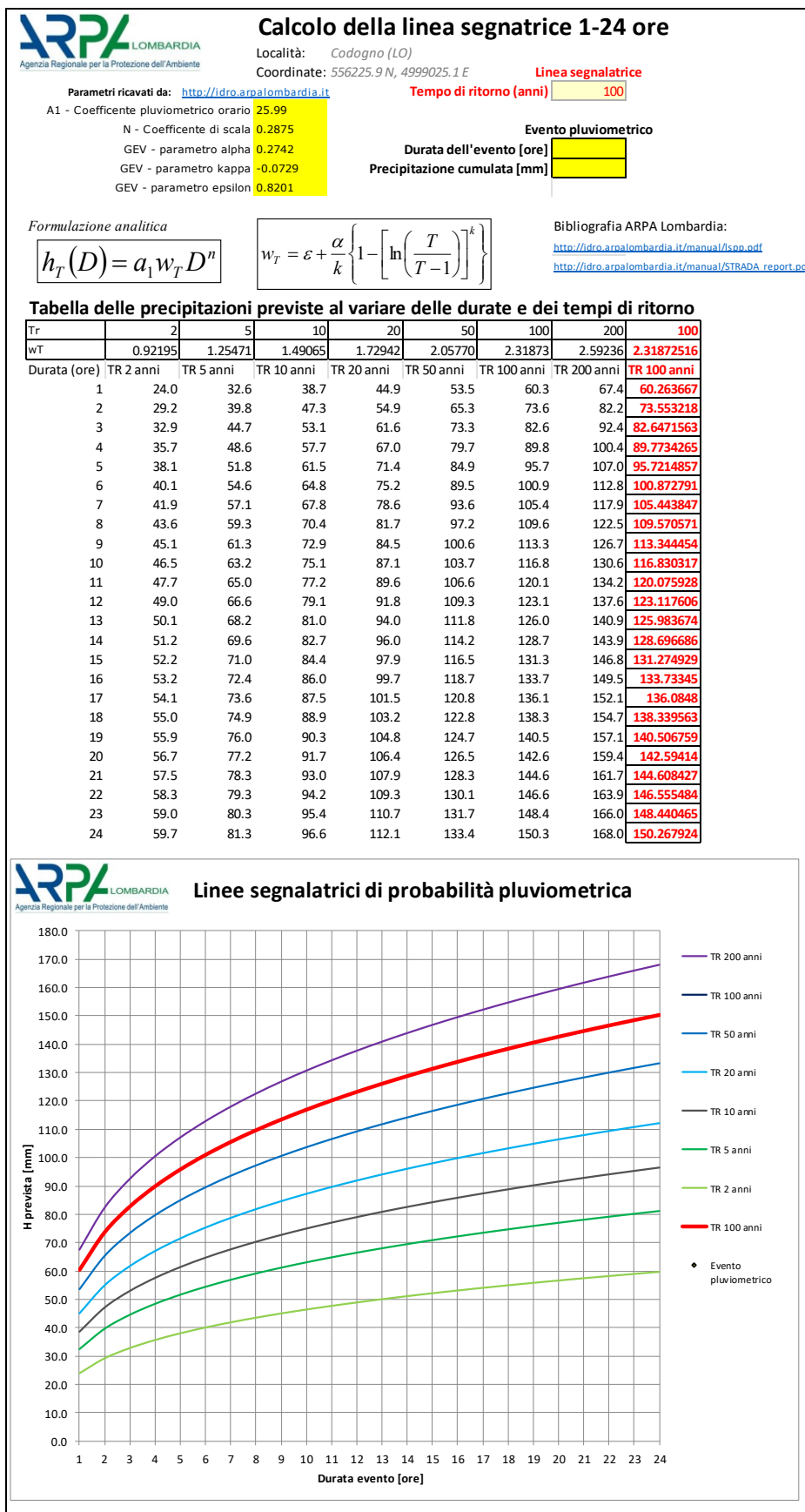


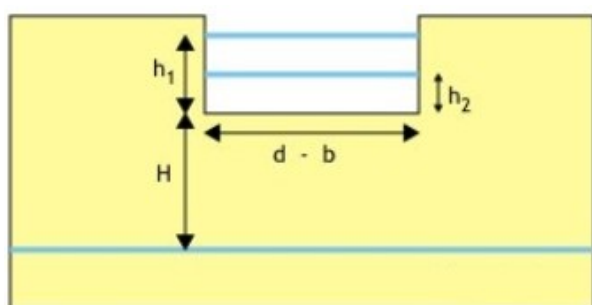
Fig. 4 – File Excel per il calcolo delle linee pluviometriche (fonte ARPA Lombardia).

#### 4 PROVA DI PERMEABILITÀ

Il pozzetto di prova può essere di forma quadrata o circolare e le dimensioni possono essere scelte basandosi sugli strumenti di scavo disponibili. In linea di principio le dimensioni devono aumentare all'aumentare delle dimensioni dei granuli del terreno. In particolare, il lato del quadrato (nel caso di pozzetti a base quadrata) o il diametro del cerchio (per pozzetti circolari) deve essere superiore a 10-15 volte la dimensione della frazione granulometrica significativa.

Prima di eseguire la prova il terreno deve essere preventivamente saturato mediante immissione d'acqua e si deve stabilire un regime di flusso permanente.

Di seguito viene riportato lo schema della prova di permeabilità in pozzetto a carico variabile utilizzata:



b: lato del pozzetto a base quadrata;

d: diametro del pozzetto circolare;

h: altezza dell'acqua nel pozzetto, misurata dalla base del pozzetto, durante la prova;

h1 e h2: altezze dell'acqua nel pozzetto, misurate dalla base del pozzetto, all'inizio e alla fine della prova;

Nella prova si porta il livello dell'acqua alla quota h1 e poi si misura in quanto tempo l'acqua scende al livello h2. La prova viene interpretata utilizzando la seguente formula:

Prova a carico variabile in pozzetto quadrato:

$$k = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + \left(\frac{2 \cdot h_m}{b}\right)}{\left(\frac{27 \cdot h_m}{b}\right) + 3}$$

hm: altezza media dell'acqua nel pozzetto durante la prova; t2-t1: durata della prova.

Per la determinazione della permeabilità e la verifica visiva della litostratigrafia è stata eseguita una trincea (TR1, Fig. 5).

Lo scavo della trincea è stato eseguito mediante escavatore gommato (Fig. 6, sinistra) e spinto fino alla profondità di 5.2 m da piano campagna. Le dimensioni dello scavo in cui è stata effettuata la prova di permeabilità sono le seguenti: 1.3 m \* 3.0 m \* H 5.2 m.

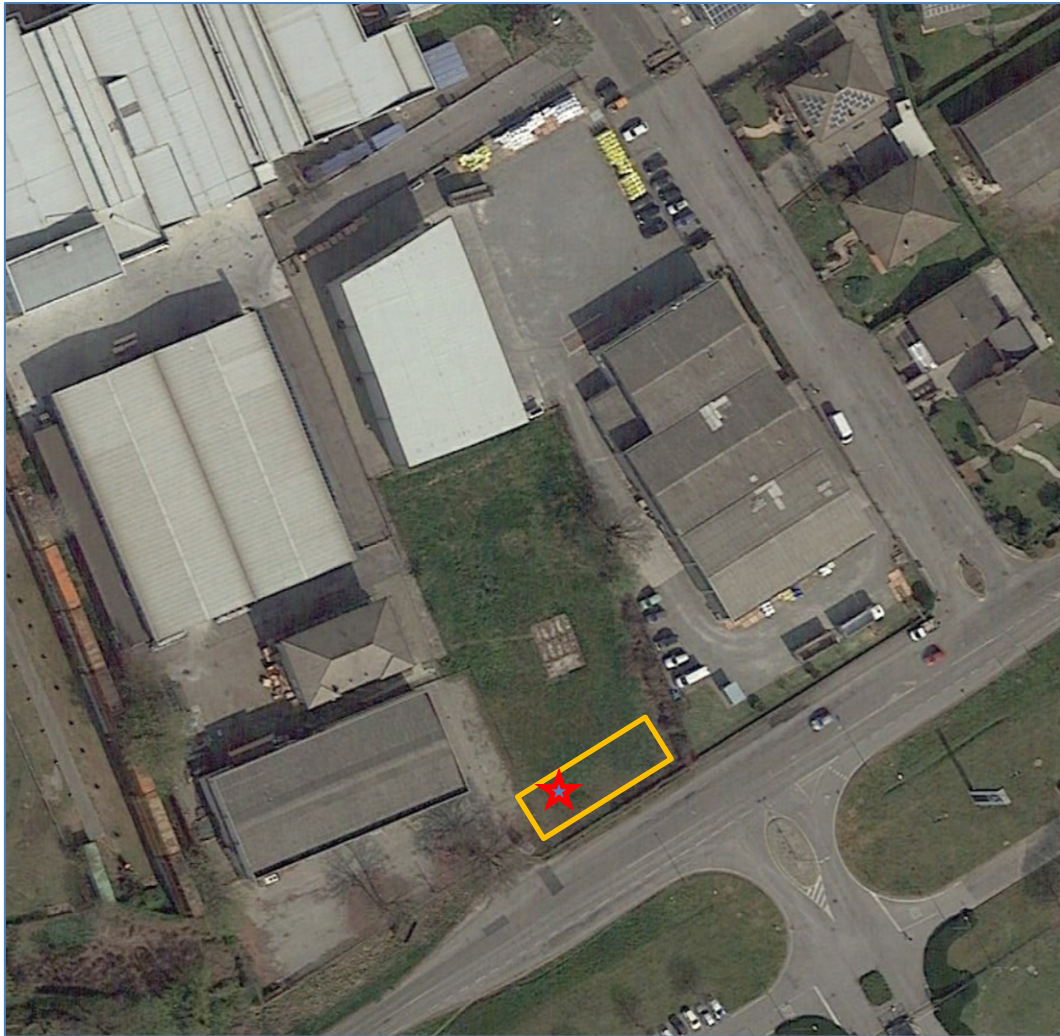


Fig. 5. - Ubicazione della trincea di prova TR1 su ortofoto (stella) e posizione batteria pozzi dispersenti (rettangolo).

La trincea ha permesso di verificare visivamente la locale stratigrafia (Fig. 6, destra), che è risultata costituita da:

- 0 – 1.0 m pc                      materiale di riempimento, costituito da abbondante matrice sabbioso limosa con ciottoli di varia pezzatura, con in subordine materiali di demolizione, laterizi, plastiche e ceramiche;
- 1.0 – 2.0 m pc                      limo sabbioso, color marrone scuro, con alcune lenti di materiali localmente più argillosi
- 2.0 – 2.6 m pc                      limo sabbioso, color nocciola
- 2.6 – 4.9 m pc                      sabbia fine debolmente limosa, marrone
- 4.9 – 5.2 m pc                      sabbia medio-fine, grigia, tendenzialmente pulita





Fig. 6. Allestimento della trincea (sinistra) e verifica della locale stratigrafia (destra).

Nel caso in esame le specifiche della trincea utilizzata sono state le seguenti:

Trincea	Profondità (m da pc)	Lati misurati (m)	Quadrato equivalente (m)
TR1	5.2	1.3 * 3.0	2.0 * 2.0

In TR1 si è utilizzato un sensore di livello automatico con datalogger per la lettura del livello e nello scavo sono stati svuotati circa 5'000 litri di acqua (Fig. 7).

Sono stati così registrati sia la fase di carico (saturazione) che quella di assorbimento (Fig. 8) utile per la determinazione della  $k$  (Fig. 9).





*Fig. 7 – Allestimento sensore di livello a fondo scavo in TR1 (sinistra) e fase di saturazione (destra).*

Di seguito sono riportate le registrazioni di campagna delle prove di percolazione (Fig. 6).



*Fig. 8 – Fase di assorbimento.*

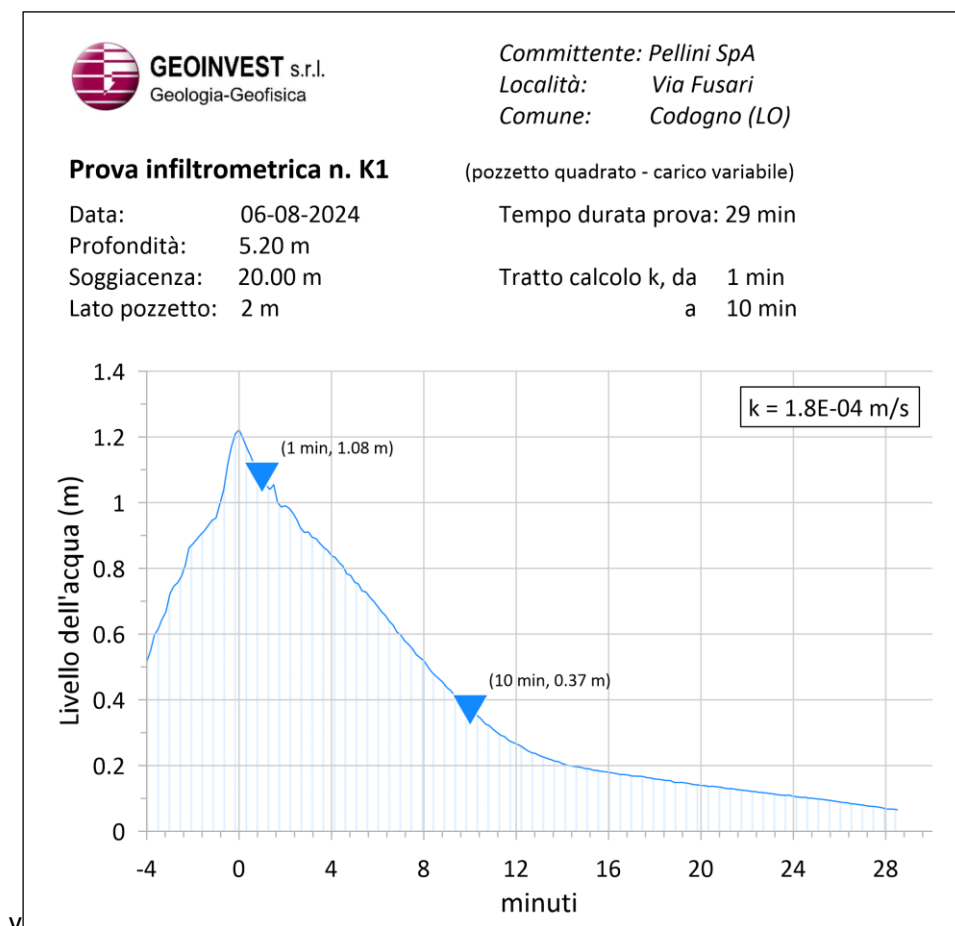


Fig. 9 – Prova di permeabilità K1.

L'esito della prova di infiltrazione ha portato a definire una discreta permeabilità pari a  $1.8 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  (Fig. 9), tipica delle sabbie fini (Fig. 10).

k (cm/s)	10 <sup>2</sup>	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
k (m/s)	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte		

Fig. 10. Riferimento bibliografico per la valutazione delle classi di permeabilità (Fonte Casadio-Elmi, 1995).



## 5 POZZI PERDENTI

Il calcolo della portata dispersa da un pozzo in un mezzo permeabile può essere condotto in modo semplificato, nel caso in cui la falda si trovi ad una profondità tale da non influenzare il moto di filtrazione dal pozzo. Nel caso specifico la falda è posta ad oltre 10 metri dal piano campagna.

In relazione alle capacità di dispersione dei pozzi (portata  $Q_f$ ) essa è stata calcolata con la seguente formula, (Sieker, 1984) il termine fra parentesi rappresenta la cadente  $j$  in cui compare l'altezza  $z$  dello strato drenante del pozzo, il dislivello  $L$  fra il fondo del pozzo ed il sottostante livello di falda. L'effettiva area drenante del pozzo  $A_f$  è assunta come un anello di larghezza  $z/2$  attorno alla base del pozzo.

$$Q_f = K \left( \frac{L+z}{L+z/2} \right) A_f$$

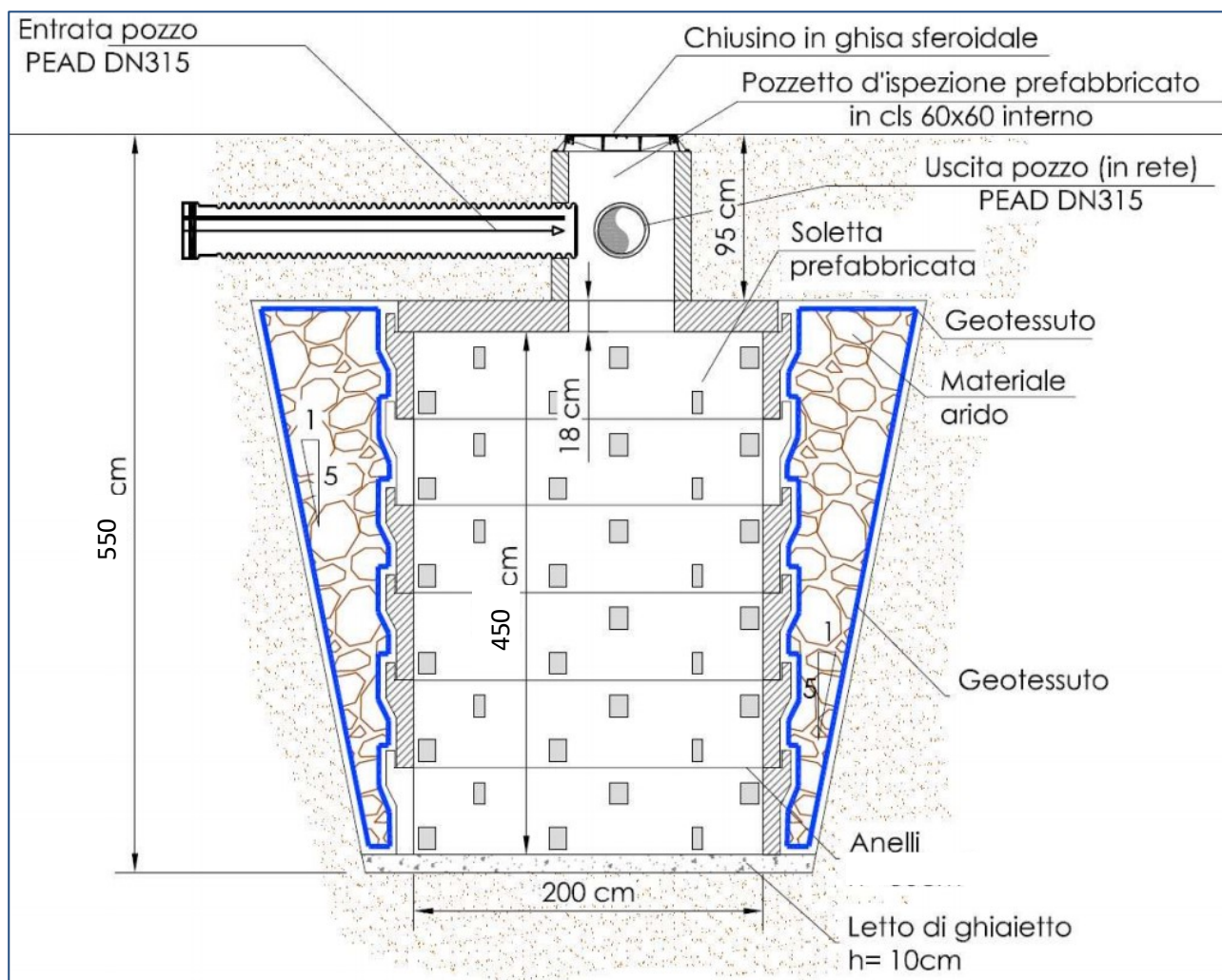


Fig. 11. Ipotesi di pozzo perdente da realizzare.



A fini cautelativi nel calcolo della portata non si tiene conto della portata in uscita dal fondo, a causa di eventuali fenomeni di intasamento che nel tempo potrebbero manifestarsi.

In funzione dei parametri di input:

- •  $z =$  4.5 m
- •  $r_0 =$  1.0 m

ne deriva che  $A_f$  assume un valore pari a 11.04 m<sup>2</sup>.

Essendo nel caso in questione il termine  $L$ , dislivello tra il fondo del pozzo ed il sottostante livello di falda, decisamente preponderante rispetto all'altezza  $z$  dello strato del pozzo il termine correttivo tra parentesi è stato posto pari a 1.2. In Fig. 11 è mostrata l'ipotesi progettuale del pozzo da realizzare.

È ora possibile calcolare che un singolo pozzo è in grado di disperdere 2.38 l/s (pari a circa **8.58 m<sup>3</sup>/ora**).

Il vuoto del pozzo può inoltre fungere da bacino di laminazione, contribuendo con un volume pari a 14.13 m<sup>3</sup>, a cui è possibile aggiungere il volume derivato dalla porosità (0.32) del materiale grossolano di riempimento laterale (spessore 0.5 m), pari a circa 5.65 m<sup>3</sup>.

Il volume di laminazione attribuibile ad ogni pozzo risulta quindi pari a **19.78 m<sup>3</sup>**.

## 6 CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE

Per il calcolo è stato utilizzato il metodo delle sole piogge, utilizzando in input i parametri descritti sopra. La valutazione di congruità è stata fatta sul **tempo di ritorno di 100 anni**.

Nello specifico i parametri di verifica sono i seguenti:

- $a$ : 25.99 mm/ora
- $n$ : 0.2875 (0.5 se  $D$  minore di 1 ora)
- sup. imp.: 0.1875 ha
- $\phi$ : 1

Per la simulazione sono stati considerati:

- **n. 4 pozzi** con le caratteristiche sopra descritte, capaci di disperdere in totale **34.34 m<sup>3</sup>/ora**

La soluzione grafica semplificata mostrata in Fig. 12 indicherebbe una durata critica di 60 minuti e un volume di laminazione pari a 78.7 m<sup>3</sup>.

La verifica dei requisiti minimi secondo l'art 12 c. 2 (500 m<sup>3</sup>/ha<sub>imp</sub> per aree B, ridotta a 350 m<sup>3</sup>/ha<sub>imp</sub> effettuando la sola infiltrazione) porta a valutare un volume minimo di laminazione pari a 65.6 m<sup>3</sup>.

Essendo il volume del requisito minimo inferiore rispetto al volume calcolato ne consegue che i calcoli debbano essere eseguiti sul calcolato (**78.7 m<sup>3</sup>**).

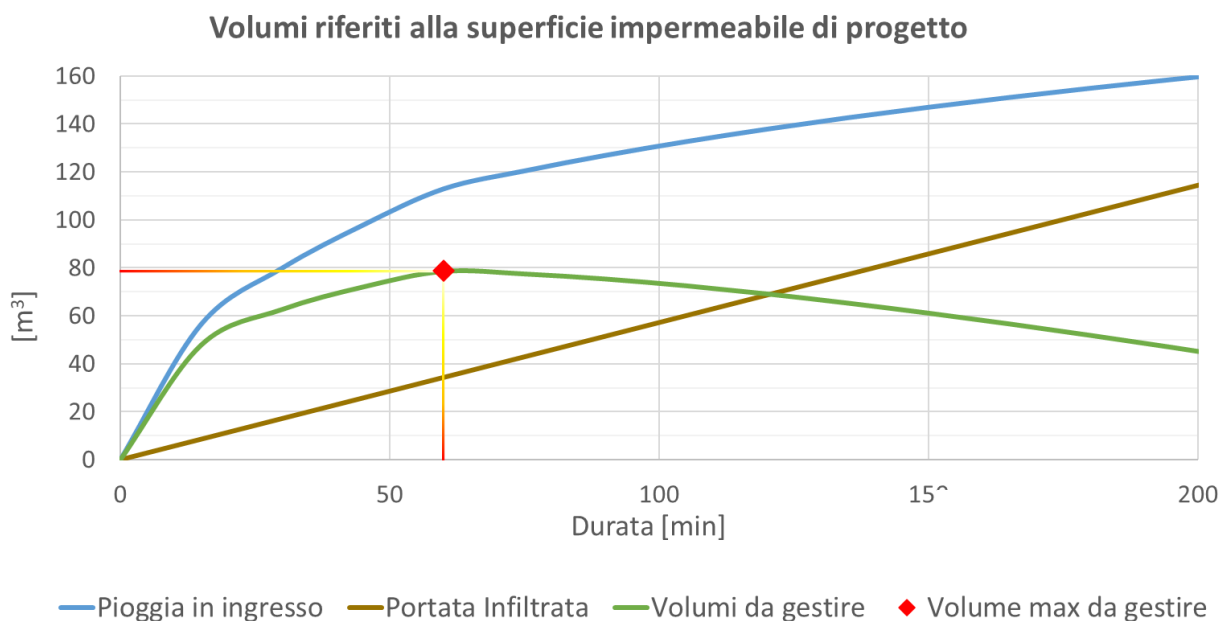


Fig. 12. Soluzione grafica per il calcolo del volume di laminazione necessario.

Il sistema previsto, con n. 4 pozzi disperdenti, fornisce un **volume totale** di circa **79.1 m<sup>3</sup>**, garantendo i necessari volumi calcolati rispetto alla pioggia con Tr 100 anni.

### 6.1 Tempo di svuotamento

In funzione dei volumi calcolati e della portata di infiltrazione del sistema disperdente progettato, si può calcolare il tempo di svuotamento:

$$T_{\text{svuotamento pozzi}} = (79.1 \text{ m}^3) / (34.34 \text{ m}^3/\text{h}) \approx \mathbf{2.3 \text{ ore}}$$

Il tempo calcolato è coerente con la richiesta di normativa.

## 7 PIANO DI MANUTENZIONE

Per poterne controllare lo stato ed eventualmente effettuare manovre di pulizia per ripristinarne la funzionalità, il volume di laminazione dovrà essere ispezionabile mediante apposito pozzetto di accesso secondo le specifiche del produttore dei moduli prescelti.

A monte del sistema di laminazione/infiltrazione, per evitare l'intasamento da fogliame, sono da prevedere pozzetti dotati di idonea griglia.

## 8 CONCLUSIONI

Il volume di acqua meteorica da gestire, calcolato in funzione di un TR pari a 100 anni e pari a  $78.7 \text{ m}^3$ , è supportato dal volume di laminazione progettato ( $79.1 \text{ m}^3$ ).

La configurazione di dispersione proposta sarà conseguita mediante la realizzazione di:

- n. 4 pozzi perdenti

Il tempo di svuotamento del sistema risulta essere coerente con la richiesta della norma (2.3 ore).