



COMUNE DI VANZAGO

PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI

PERITO INDUSTRIALE **DANIELE CERRI**

Iscritto all'ordine dei Periti Industriali e
Periti Industriali Laureati delle province di Milano e Lodi
N° 3924

PROGETTAZIONE STRUTTURE

MADE s.r.l. Via della Pusterla, 9 - 27100 Pavia

PROGETTISTA STRUTTURALE

INGEGNERE

Iscritto all'ordine degli Ingegneri della provincia
di Milano
N° A25859

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
E COORDINAMENTO GENERALE



ARCHITETTO **SABINO BIZZOCA**
Iscritto all'ordine degli Architetti
di Milano
N° 17700

www.bzz-ac.com

AMPLIAMENTO CIMITERO COMUNALE

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA INVARIANZA IDRAULICA

TAV. N°

all-12a

SCALA

-

DATA

MAGGIO 2025

DOTT. GEOL. ANTONIO ROBERTO ORLANDO
Via Perego, 63 – 20069 Vaprio d'Adda (MI)

P.IVA: 09773550968 C.F.: RLN NNR 76L16 H7920

PEC: orlandoroberto@pecaruba.it

Ordine dei Geologi della Lombardia n°1679



**Ambiente
Geologia
Geotecnica
Sismica
Idrogeologia**

Radon

Geologia

Georadar

Geotecnica

Geoelettrica

Indagini Sismiche

Rilievi Topografici

Indagini Ambientali

Indagini Geognostiche

Monitoraggi ambientali

Indagini non distruttive

Bonifica siti contaminati

Consulenza Idrogeologica

Piani di Protezione civile



COMUNE DI VANZAGO (MI)

Via Paolo Ferrario – Cimitero Comunale

INVARIANZA IDRAULICA

ai sensi del della D.G.R. 20/11/2017 N. X/7372

Lavori di ampliamento del cimitero comunale di Vanzago (MI)

IL COMMITTENTE : Comune di Vanzago

15 Maggio 2025

IL GEOLOGO

Dott. Antonio Roberto Orlando



Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi del DGR 20/11/2017 n. X/7372	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	15/05/2025	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 1 a 18

INDICE

1. PREMESSA ED UBICAZIONE	3
2. LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO.....	5
3. SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE E COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	6
4. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI E CALCOLO DEL PROCESSO DI INFILTRAZIONE	7
5. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO.....	10
6. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI SCARICO FINALE E TEMPO DI SVUOTAMENTO.....	14
7. PIANO DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA	17

1. PREMESSA ED UBICAZIONE

Con incarico della committenza è stata eseguita nel Comune di Vanzago (MI), un Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi della D.G.R.20.11.2017 n.X/7372 al fine di dimensionare un adeguato sistema di scarico delle acque piovane derivante dalle superfici impermeabili di nuova realizzazione.

In riferimento alla cartografia catastale l'area oggetto d'interesse risulta identificata sulla CTR della Lombardia in scala 1:10.000, ai Fogli A6E1 di Parabiago (MI) e censita al foglio ed ai mappali presso Ufficio Provinciale di Milano – Territorio Servizi Catastali.

Utilizzando il sistema GPS si è rilevato che l'area su cui si dovrà effettuare l'intervento si attesta ad una quota altimetrica media di circa 160 metri s.l.m. e le coordinate geografiche medie sono le seguenti:

Latitudine Nord 45°31'03.06"N

Longitudine Est 9°09'39.86"E

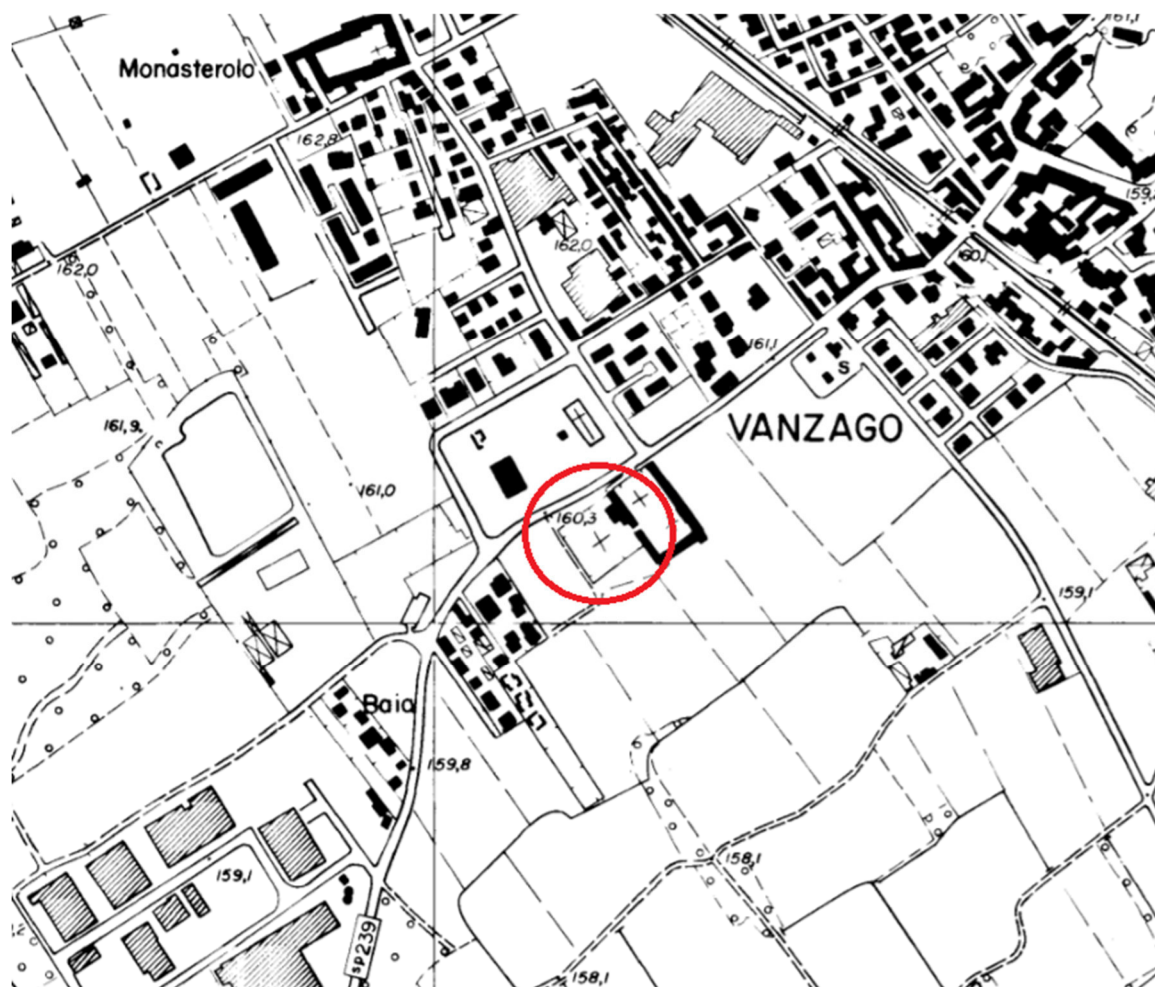


FIG. 1 Corografia generale – Estratto della Carta Tecnica Regionale - Scala 1: 10.000

Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi del DGR 20/11/2017 n. X/7372	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	15/05/2025	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 3 a 18

Il progetto prevede l'ampliamento di un'ala cimiteriale con nuova costruzione in cemento armato. La superficie interessata alla nuova edificazione risulta essere di **310,62 m²**, la localizzazione dell'area si instaura in un contesto di urbanizzazione dove sono presenti acquedotto, fognatura, gas e linee Enel e Telecom. Nel caso in esame è in particolare di interesse il fatto che sono possibili allacciamenti con la rete fognaria, che risulta essere, non essendo specificato diversamente, di tipo misto.

L'analisi della Carta di Sintesi non evidenzia per l'area oggetto di studio situazioni di criticità geologica quali aree in frana ed aree potenzialmente instabili, evidenzia invece un'area vulnerabile dal punto di vista idrogeologico. Non sono presenti vincoli normativi e fasce di rispetto ma non è possibile la dispersione delle acque meteoriche provenienti da piazzali e strade nel sottosuolo attraverso strutture assorbenti. In corrispondenza dell'area in esame la falda dovrebbe attestarsi a profondità tra i 12,00 e i 15,00 mt rispetto al piano campagna come da carte piezometriche redatte in occasione del P.G.T.

Di seguito si riporta l'estratto dello schema fognatura:



FIG 2 Schema della fognatura

Ritenuto i dati acquisiti più che sufficienti per gli scopi del presente lavoro è stata redatto redatto il progetto di Invarianza Idraulica, corredata da:

- ✓ Corografia generale; Fig. 1
- ✓ Ubicazione area in esame; Fig. 2
- ✓ Planimetria di progetto; Fig. 3
- ✓ Distribuzione aree di criticità idraulica e idrologica; Fig. 4
- ✓ Schema della metodologia di calcolo; Fig. 5
- ✓ Tabella riepilogativa della prova di permeabilità; Fig. 6
- ✓ Carta Idrogeologica dell'area; Fig. 7
- ✓ Curva di possibilità pluviometrica; Fig. 8

Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi del DGR 20/11/2017 n. X/7372	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	15/05/2025	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 4 a 18

2. LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento in progetto si trova nel comune di Vanzago (MI), presso il cimitero comunale in Via Paolo Ferrario alla quota media di 160 mt s.l.m. L'area interessata occupa una superficie di **310,62 m²** ed è situata a Sud del comune stesso.

Ai sensi della D.g.r. del 20 novembre 2017, n. 7372, il territorio Lombardo è stato suddiviso in tre ambiti in cui sono inseriti i Comuni, in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori.

Ad ogni Comune è associata una criticità (Allegato B della Dgr):

A –alta criticità

B –media criticità

C –bassa criticità

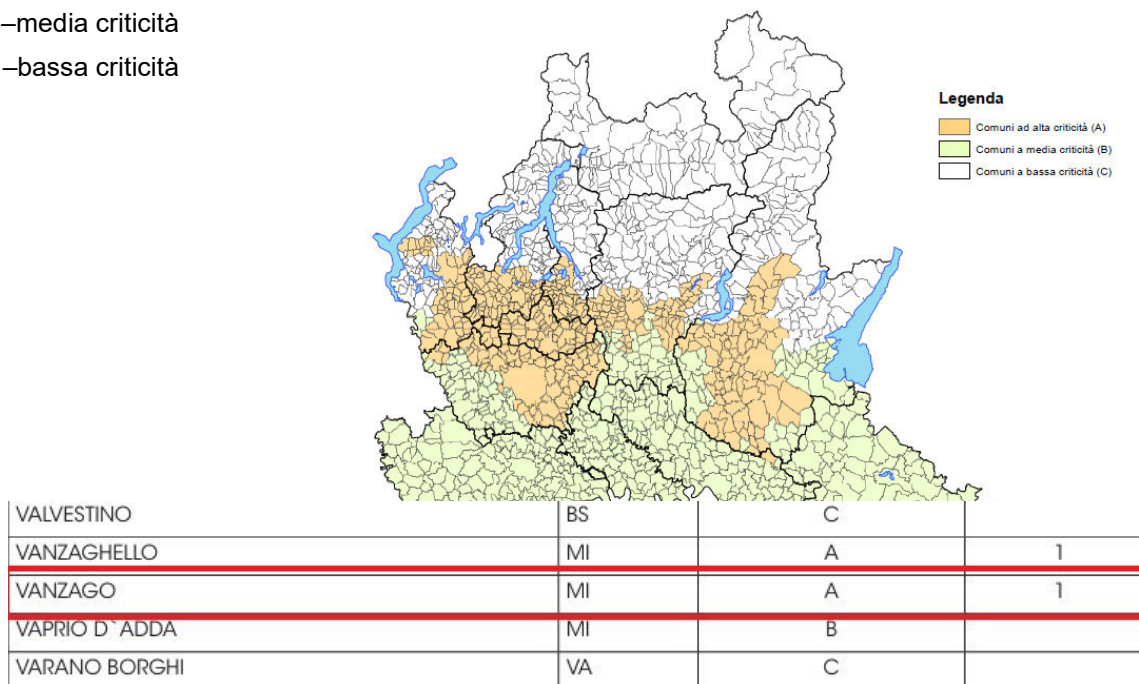
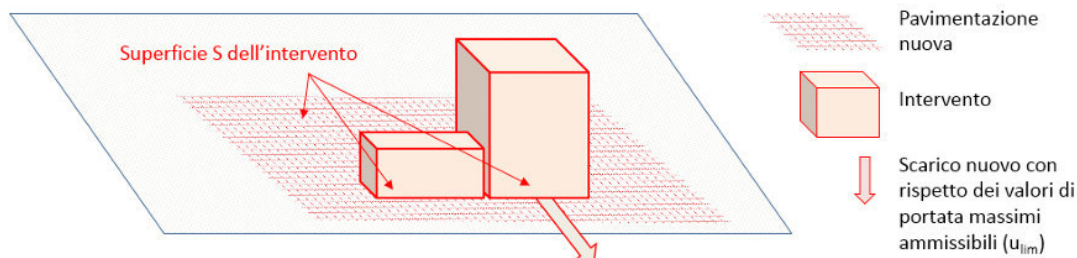


FIG. 3 Distribuzione Aree di criticità Idraulica e idrologica Regione Lombardia

Il territorio comunale di Vanzago (MI) oggetto del nostro intervento ricade in area di **criticità A** come si osserva dallo stralcio dell'Allegato A della citata Dgr sopra allegato. Il nostro caso rientra in quello evidenziato sotto dallo stralcio della DGR 20/11/2017 n. X/7372 ossia:

Interventi di **nuova costruzione** [articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001]



1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

3. SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE E COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE	ESTENSIONE IN MQ	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO δ
Superficie impermeabile della copertura	310,62	1,00

La **Superficie Scolante Impermeabile** è uguale a:

$$S_{si} = 6951,9 \times 1,00 + 797,46 \times 0,00 = 6951,9 \text{ m}^2$$

Ai sensi della Dgr le verifiche idrauliche ed idrologiche sono condotte attraverso diversi approcci progettuali a seconda della superficie dell'intervento:

1. superficie fino a 300 m²

2. superficie > 300 m² e ≤ 1.000 m²

3. superficie > 1.000 m² e ≤ 10.000 m²

4. superficie > 10.000 m² e ≤ 100.000 m²

5. superficie > 100.000 m²

Il **Coefficiente di Deflusso Medio Ponderale** è uguale a:

$$\varphi_m = \frac{310,62}{310,62} = 1,00 > 0,4$$

Il nostro caso appartiene alla **classe di intervento 2** corrispondente ad una impermeabilizzazione media, una superficie maggiore di 300 m² e minore di 1.000 m² ed un **coefficiente di deflusso $\delta > 0,4$** in area a **criticità A**. Pertanto, come prevede la Dgr si possono utilizzare i criteri del "Metodo delle piogge" ai sensi dell'art. 11 Comma 1 della citata Dgr. Di seguito si riporta uno schema che identifica la metodologia di calcolo del progetto di Invarianza idraulica e idrologica.

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. 4 Schema della Metodologia di Calcolo

4. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI E CALCOLO DEL PROCESSO DI INFILTRAZIONE

Classi di permeabilità dei depositi che costituiscono le strutture idrogeologiche riconosciute

Le classi di permeabilità sono state definite su base bibliografica:

- Unità a: terreni a permeabilità alta In questa unità ricadono i depositi grossolani di versante.
- Unità b: terreni a permeabilità media alta. In questa classe rientrano i depositi fluvioglaciali medio-grossolani.
- Unità c: terreni a permeabilità media In questa unità rientrano i depositi glaciali.
- Unità d: terreni a permeabilità media bassa. Ricadono in questa unità i depositi fluvioglaciali fini.
- Unità e: terreni a permeabilità bassa – molto bassa In questa unità ricadono i depositi alluvionali-lacustri fini.
- Unità f: rocce a permeabilità molto bassa In questa classe ricadono le formazioni lapidee del substrato roccioso.

A seguito dell'applicazione della stratigrafia sequenziale allo studio dei depositi alluvionali ("Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia", Regione Lombardia ed ENI divisione AGIP, 2002) le unità stratigrafiche precedentemente enunciate sono state riclassificate. In questo lavoro si introduce un nuovo concetto di Unità Idrostratigrafica Sequenziale (UIS) che definisce una particolare sottoclasse di Unità Idrostratigrafica che presenta le seguenti caratteristiche:

- è costituita da una o più Sequenze Deposizionali;
- è comprensiva di un livello geologico basale, scarsamente permeabile (acquitardo) o impermeabile (acquicludo), arealmente continuo (la continuità areale va intesa in senso geologico e non letterale).

La nuova classificazione prevede la suddivisione dall'alto stratigrafico nei seguenti gruppi acquiferi:

Gruppo Acquifero A (Olocene-Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'unità ghiaiososabbiosa;

Gruppo Acquifero B (Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'insieme delle unità sabbiosoghiaiosa e a conglomerati e arenarie;

Gruppo Acquifero C (Pleistocene Inf -Pleistocene Medio); corrispondente alla parte superiore dell'unità sabbioso-argillosa;

Gruppo Acquifero D (Pleistocene Inf.); corrispondente alla restante parte dell'unità sabbiosoargillosa

Nell'area della media pianura Milanese, si distinguono almeno tre "unità idrogeologiche", distinte in funzione della loro omogeneità litologica, che dall'alto al basso risultano costituite da:

1. unità "ghiaioso -sabbiosa"
2. unità "ghiaioso-sabbioso-limosa"
3. unità "sabbioso-argillosa"

Unità ghiaioso-sabbiosa

E' costituita dai sedimenti fluvioglaciali del Pleistocene sup. (Würm autoctono), litologicamente caratterizzati da ghiaie e sabbie in matrice limosa, intercalati a livelli discontinui e poco potenti di argilla. Queste unità costituisce l'acquifero della falda freatica superficiale e raggiunge nell'ambito di interesse i 45 - 50 m di profondità (quote di m 105 - 110 s.l.m.), che nel settore occidentale (Pozzo Ferrario) si spingono fino a raggiungere i 7C - 80 m di profondità (m 75 - 85 s.l.m.)

Unità ghiaioso-sabbioso-limosa

E' sede di una falda semiconfinata ed è separata dal precedente acquifero da uno strato più o meno continuo di argilla dallo spessore variabile da qualche metro fino a 5-6 metri massimo. Questa unità è costituita dai sedimenti fluvioglaciali del Pleistocene medio (Riss- Mindel autoctono) che in profondità vengono sostituiti, in modo non sempre continuo, specialmente nel settore in esame, dall'unità a "conglomerati e arenarie basali" (Ceppo autoctono). Normalmente questa successione raggiunge i 110 - 120 m di profondità (fino a 140 nel settore occidentale) e, unitamente all'unità idrogeologica precedente costituisce quello che viene definito "acquifero tradizionale" composto appunto da due falde, una libera più superficiale ed una semi confinata. I rapporti tra le due falde dipendono dalla presenza di un livello argilloso

Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi del DGR 20/11/2017 n. X/7372	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	15/05/2025	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 7 a 18

di spessore variabile e talvolta discontinuo. Idraulicamente quindi l'"acquifero tradizionale" è un sistema monostrato multi falda, a causa degli scambi idrici legati ai fenomeni di drenanza tra le due falde.

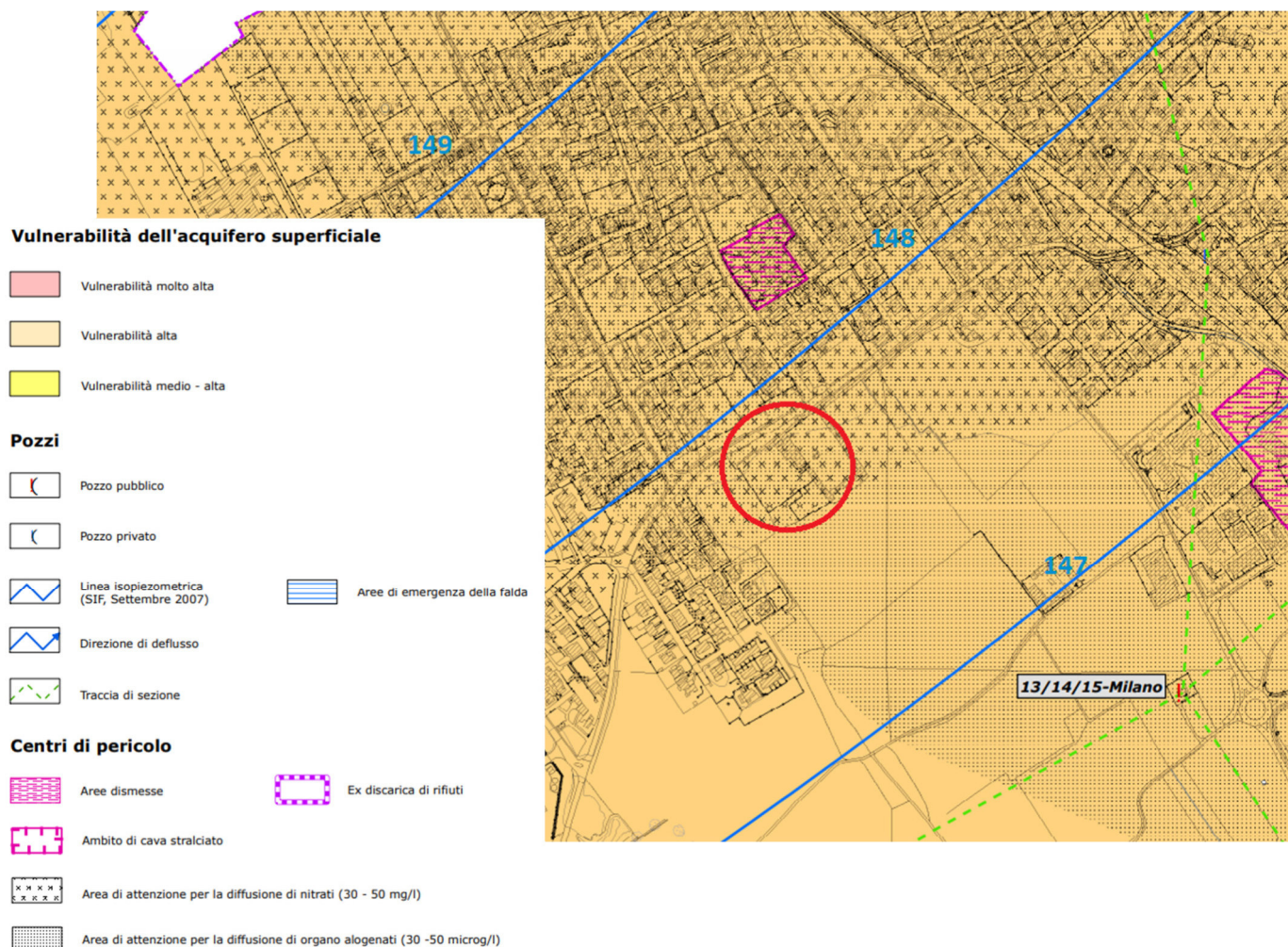
Unità sabbioso-argillosa

La terza unità idrogeologica, generalmente riscontrabile oltre i 120 m di profondità (40 m s.l.m.) è caratterizzata da facies di origine sia continentale e di transizione (unità sabbioso-argillosa) che marine (unità argillosa) del Pleistocene inferiore e Calabriano. Questi sedimenti ospitano la falda più profonda, idraulicamente separata dall' "acquifero tradizionale".

L'acquifero tradizionale è caratterizzato da una buona omogeneità litologica. Altra caratteristica litologica è determinata dalla presenza di lenti e livelli argillosi a volte anche abbastanza potenti (spessori fino a 10 m) ma per lo più discontinui: la loro estensione areale infatti difficilmente supera il chilometro quadrato.

Piezometria

L'andamento principale di deflusso della falda freatica è orientato NO-SE, con un gradiente idraulico medio tra e 0,4% con quote variabili tra c.ca m 144 e 151 s.l.m. La soggiacenza dei livelli piezometrico varia da un minimo di c.ca 5 m in corrispondenza del settore meridionale del territorio comunale, ad un massimo di Cica 13 m nel settore settentrionale al confine con Comune di Pogliano. La forma disegnata dalle linee isopiezometriche risulta piuttosto regolare; solo analizzando il contesto a scala provinciale si può intuire la presenza di una asse di drenaggio in corrispondenza della Valle Olona, legato, più che alla presenza dell'attuale corso d'acqua, alla maggiore permeabilità dei depositi dovuta alla presenza di paleoalvei sepolti.



Profondità della falda -12 mt

FIG. 5 Carta Idrogeologica dell'Area

Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi del DGR 20/11/2017 n. X/7372	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	15/05/2025	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 8 a 18

4.1 Prova di permeabilità in foro Lefranc

Per il sito in oggetto di studio è stata presa in considerazione una prova di permeabilità in foro Lefranc in avanzamento di perforazione di un sondaggio, al centro del lotto, in un intervallo compreso tra 2,50 e 3,00 metri di profondità in corrispondenza dei livelli di limo-sabbiosi.

La prova di permeabilità in foro Lefranc consiste nel preparare un tratto di foro scoperto durante la perforazione del sondaggio e creare un gradiente idraulico mediante immissione (o estrazione) di acqua nella colonna di rivestimento, tale per cui si possa misurare la portata necessaria a mantenerlo costante (prova a carico costante), o la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prova a carico variabile). In questa maniera è possibile ricavare tramite opportuni algoritmi di calcolo il coefficiente di permeabilità del terreno. In questo caso la tipologia di prova adottata è stata quella a carico variabile visto la non elevata permeabilità del sito, si è quindi proceduto alla misurazione della velocità di riequilibrio del livello dell'acqua nel foro dopo averlo alterato mediante l'immissione di acqua.

Dall'istante in cui si sospende l'immissione dell'acqua (raggiunta la testa della tubazione di rivestimento), a intervalli di tempo variabili a seconda della velocità di discesa dell'acqua nel foro, si annotano il livello e il tempo di ciascun abbassamento. Il metodo utilizzato per l'interpretazione dei risultati della prova fa riferimento alla metodologia consigliata dalla Associazione Geotecnica Italiana (AGI) ed utilizza il seguente schema geometrico e relazione di calcolo:

$$k = \frac{A}{Cl(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K = coefficiente di permeabilità

A = area di base

h₁, h₂ = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello di falda indisturbata o a fondo foro, ai tempi t₁ e t₂

t₁, t₂ = tempi nei quali si misurano h₁ e h₂ Cl = coeff. di forma dipendente dalla configurazione geometrica

$$CL = L \quad \text{se } L > D \quad CL = 2 \cdot \pi \cdot D + L \quad \text{se } L \leq D$$

L'immissione degli abbassamenti o delle risalite fa riferimento alle effettive variazioni di livello dell'acqua partendo dal livello iniziale (t = 0), con una successione di letture cumulate; il programma calcola automaticamente i valori complementari di h implementati nella formula in relazione al livello di falda. Per quanto riguarda le altezze di carico idraulico variabili nel tempo, le NORME AGI affermano che esse sono "altezze rispetto alla falda indisturbata o rispetto al fondo foro"; risulterebbe pertanto che in mancanza di dati relativi alla falda il livello di riferimento può essere indifferentemente anche il fondo foro. In base a quanto detto il metodo "AGI" permette di ovviare all'introduzione della falda, se non nota, considerando automaticamente il fondo foro come livello di riferimento.

In allegato 8 è visualizzato il grafico tempi/abbassamenti in cui viene calcolato un valore di K per ogni tratto della curva tra una lettura e la successiva. Il coefficiente di permeabilità stimato è quello medio dal punto della curva ove si ritiene che si sia instaurato un regime di flusso permanente (dopo saturazione dei terreni), fino a fine curva. Applicando la formula ai dati rilevati si ottengono i seguenti risultati:

Prova	Tipo di prova	Tratto di prova	K (m/sec)	Drenaggio
S1 L1	Lefranc carico variabile	Da 2,00 a 2,50 m	3,70E · 10 ⁻⁵	Medio

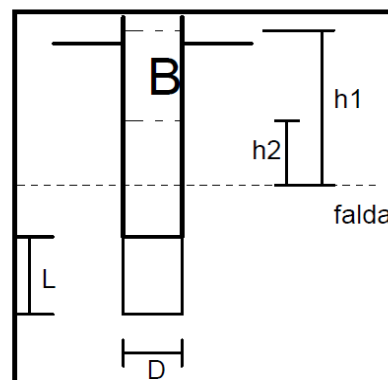
FIG. 5 Tabella riepilogativa della prova di permeabilità

Prova N.: L1	Data:
Committente: Comune di Vanzago (MI)	Operatore: Geoprof Srl
Località: Vanzago (MI)	Sondaggio: S1
Metodo LEFRANC:	Prof.: 3,50
NOTE:	Costante <input type="checkbox"/>

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
LEFRANC
 mod 20/B - rev 0 del 01/07/2011

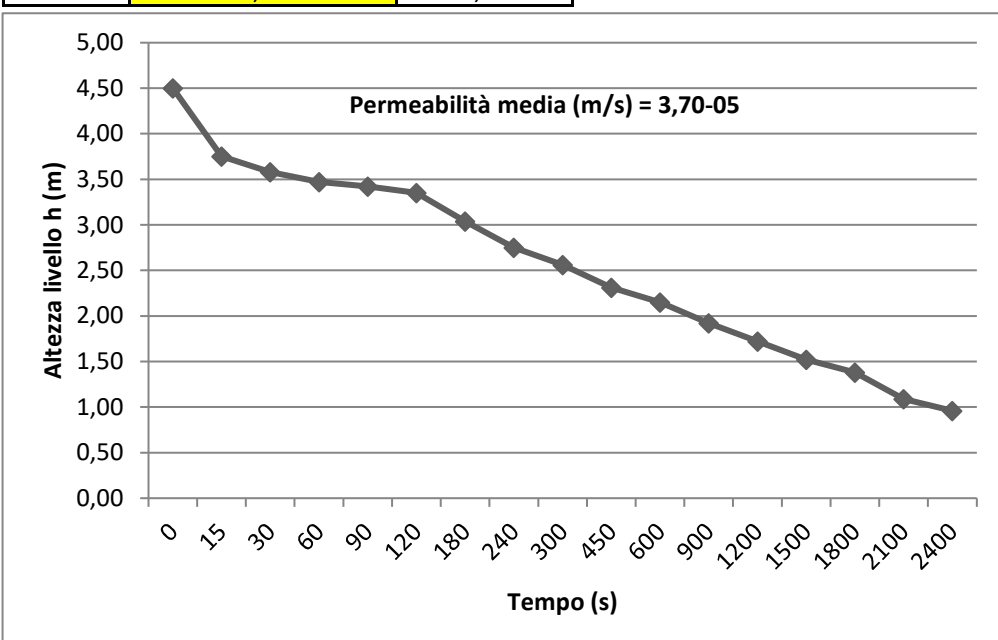
Schema di prova in abbassamento

Profondità del foro da p.c.	m	4,50
Profondità del rivestimento	m	4,00
Sporgenza del rivestimento da p.c.	m	0,10
Livello statico della falda da p.c.	m	n.p.
Diametro esterno del rivestimento	m	0,13
Tratto di foro scoperto dal rivestimento	m	0,50
Diametro del tratto di foro in prova	m	0,127
Livello ad inizio prova	m	Boccaforo



Minuti (s)	abbassamento (m)	altezza da fondo foro (m)
0	0,00	4,50
15	0,75	3,75
30	0,92	3,58
60	1,03	3,47
90	1,08	3,42
120	1,15	3,35
180	1,46	3,04
240	1,75	2,75
300	1,94	2,56
450	2,19	2,31
600	2,35	2,15
900	2,58	1,92
1200	2,78	1,72
1500	2,98	1,52
1800	3,12	1,38
2100	3,41	1,09
2400	3,54	0,96
3000	3,63	0,87
3600	3,81	0,69

Tabella 4.2 – Condizioni di drenaggio, tipi di terreno e metodi per la determinazione della permeabilità												
k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
DRENAGGIO	buono					povero			praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						



Permeabilità media (m/s)

3,70x10⁻⁵

All. 6 Prove di Permeabilità

5. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

5.1 Analisi dei parametri pluviometrici

La determinazione della portata di progetto da scaricare di origine meteorica viene calcolata sulla base del progetto preliminare attualmente disponibile e valutata tramite l'ausilio delle linee di possibilità pluviometrica i cui parametri locali vengono forniti da Arpa Lombardia.

Le curve di possibilità pluviometrica sono delle curve che permettono di ricavare l'altezza di pioggia che si abbatte sull'area in esame assegnato un determinato tempo di ritorno corrispondente ad una certa durata dell'evento. La curva ha il seguente andamento:

Utilizzando il programma idrologico della Regione Lombardia (dati idrologici ARPA) sono stati calcolati i valori di pioggia intensa in mm/h utilizzando il coefficiente pluviometrico orario considerando l'area oggetto di studio.

Livello: Parametri 1-24 ore	
Parametro	Valore
<i>A1 – Coefficiente pluviometrico orario</i>	30,95
<i>N – Coefficiente di scala</i>	0,316
<i>GEV – parametro alpha</i>	0,2939
<i>GEV – parametro kappa</i>	-0.0198
<i>GEV – parametro epsilon</i>	0.824

FIG. 8 Valutazione Idrologiche con programma ARPA – Individuazione area in esame

La curva ha il seguente andamento:

$$h = a \cdot t^n$$

dove h rappresenta l'altezza per un assegnato tempo di ritorno corrispondente alla durata t, mentre a ed n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica. Nel caso in esame, per il dimensionamento e il calcolo dell'acqua meteorica da smaltire, si fa riferimento ad un tempo di ritorno pari a 50 anni, ovvero si accetta che tale valore possa risultare superato per eventi meteorici che in media si presentano una volta ogni 50 anni.

Viene riportato il foglio di calcolo così come viene predisposto da Arpa stessa, con riportate le coordinate Gauss Boaga della stazione di Gorgonzola (MI) usata come riferimento:

Nella prima riga della tabella del calcolo si vede in particolare il valore di altezza di pioggia che si abbatte sull'area in esame per i diversi tempi di ritorno per la durata critica di 1 ore, ed in particolare nell'ultima colonna, evidenziato in rosso emerge il valore di portata per tempo di ritorno pari a 50 anni.

Per i parametri della curva segnalatrice risultano:

$$a = 30,95$$

$$n = 0,316$$

Con tali valori è possibile calcolare l'altezza massima probabile di precipitazione (mm) associata ad un dato tempo di ritorno TR (anni) relativo ad un evento meteorico di durata t (ore).

Utilizzando una durata critica pari a 60 minuti:

$$w_t = \frac{a}{k} \left(1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right) = 2,016$$

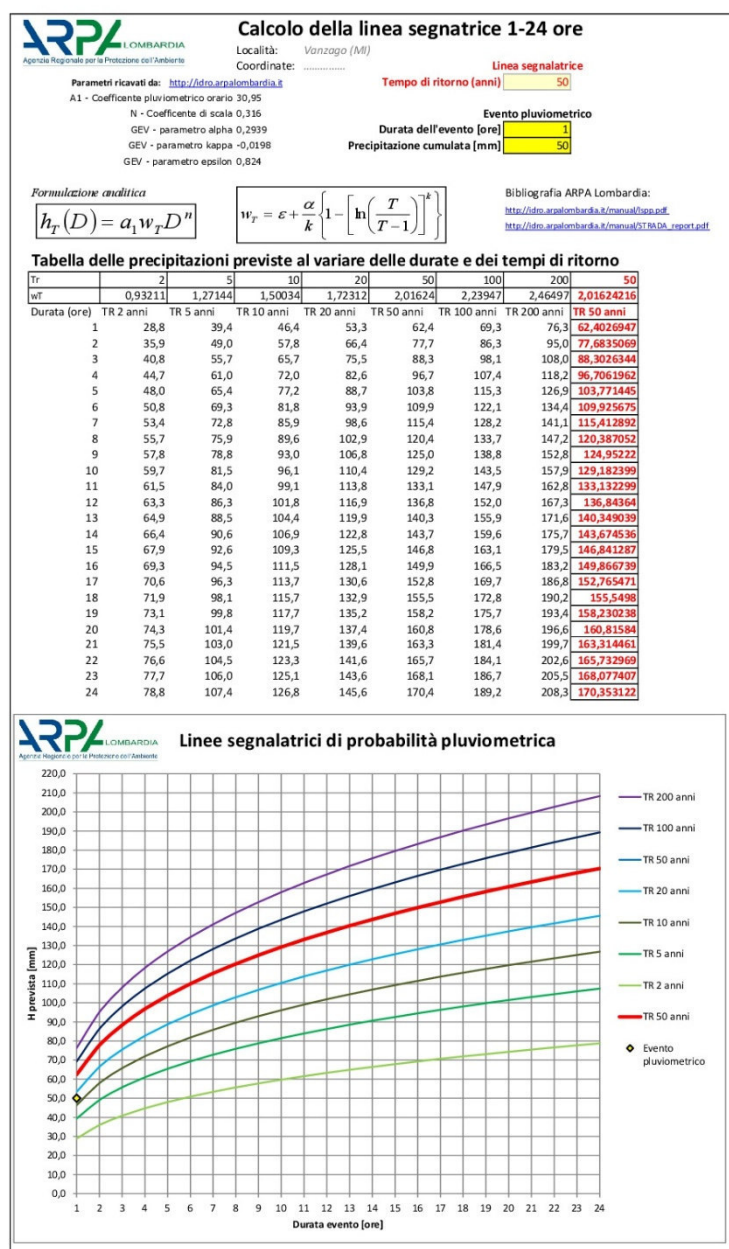
$$h(D) = a_1 \cdot w_t \cdot D^n = 30,95 \cdot 2,016 \cdot 1^{0,3037} = 62,4 \text{ mm}$$

D = 1 h (1)

n = 0,5 (valore stabilito solo per tempi inferiori all'ora nel R.R. n.7/2017)

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata critica, è il coefficiente pluviometrico orario, 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.

Di seguitosi riportano la tabella di calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore e il diagramma delle Linee Segnalatrici di probabilità pluviometrica tratto dal programma idrologico di ARPA Lombardia per tempi di ritorno di 2 - 5 - 10 - 20 - 50 - 100 e 200 anni. Si riportano inoltre i grafici delle linee segnalatrici per diversi tempi di ritorno, dove è stata evidenziata in rosso la linea segnalatrice usata per il calcolo (T ritorno = 50 anni).



5.2 Calcolo del volume dell'invaso di laminazione col "metodo delle sole piogge"

Nel caso di "Impermeabilizzazione potenziale media" in ambiti territoriali a criticità alta o media si può adottare il "metodo delle sole piogge". Questo metodo si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione di durata D e portata costante Q_e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica. Essa coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

il Volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso, φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell'articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento (quindi $S \cdot \varphi$ è la superficie scolante impermeabile dell'intervento), D è la durata di pioggia,

$a = a_1 \cdot w_t$ e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (desunti da ARPA Lombardia come esposto al paragrafo 1 del presente allegato) espressa nella forma:

$$h = a \cdot D^n = a_1 \cdot w_t \cdot D^n$$

l'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili di cui all'articolo 8 del regolamento. La portata costante uscente è quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot u_{lim}$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento è pari a:

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico, di cui all'articolo 8 comma 1 del regolamento.

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia.

Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim} \cdot D$$

considerando per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica ovvero:

W_0 (m^3) = volume di invaso richiesto

$S(h_a)$ = superficie scolante totale

a (mm/ora^n), n = parametri pluviometrici forniti da ARPA

D_w (ore) = durata critica della pioggia

$Q_{u,lim}$ (in l/s) = portata in uscita

φ = coefficiente di deflusso

da qui si ricava la durata critica di un evento attraverso

$$D_w = \left(\frac{Q_u}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (1)$$

$$W_0 = 10 \times S \times \varphi \times a \times D_w^n - 3,6 \cdot Q_{u,lim} \times D_w \quad (2)$$

Il calcolo dei volumi da rendere disponibili per l'invaso delle maggiori portate generate dalla nuova configurazione di progetto può essere con buona approssimazione condotto come differenza tra i volumi

Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi del DGR 20/11/2017 n. X/7372	Data di redazione: 15/05/2025	Redatto da: Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Committente Comune di Vanzago (MI)	Pag. Pag. 12 a 18
--	---	---	--	-----------------------------

affluiti alla rete ed i volumi massimi ammessi alla rete idrografica ricettiva. Considerando di voler immettere nella superficie drenante tutta la portata, si può calcolare, tramite l'equazione seguente, i massimi volumi di invaso relativi ad una determinata durata D_w della precipitazione:

$$D_w = \left(\frac{101/s \cdot 0,031 \cdot 1,00}{2,78 \cdot 0,031 \cdot 1,00 \cdot 62,4 \cdot 0,316} \right)^{\frac{1}{0,316-1}} = \left(\frac{0,31}{1,69} \right)^{-1,46} = 12 \text{ ore circa} \quad (1)$$

$$W_0 = 10 \times 0,031 \times 1,00 \times 62,4 \times 12^{0,316} - 3,6 \times 10 \times 0,031 \times 1,00 \times 12 = 42,41 - 13,39 = \mathbf{29,02 \text{ m}^3} \quad (2)$$

Ne consegue che il volume dell'invaso calcolato W_0 è minore del volume dell'invaso di laminazione richiesto per Aree A ovvero $800 \text{ m}^3 / ha, imp$

$$W = \frac{800 \times S_{si}}{10000} = \frac{800 \times 310,40 \times 1,00}{10000} = 24,83 \text{ m}^3$$

In questa area a media criticità (articolo 12 del regolamento), per la realizzazione delle strutture assorbenti bisogna considerare il volume calcolato con il metodo dei "metodo delle piogge" ovvero pari a **29,02 m³** da svuotare entro le 48 ore da fine evento meteorico (vedi articolo 11, comma 2, lettera f del Regolamento).

Secondo l'art. 8 comma 1 della D.G.R.20.11.2017 n. X/7372, i valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori, trattandosi di aree a **criticità A** sono:

$$Q_{lim} = S \cdot U_{lim} = 0,031 \cdot 1,00 \cdot 10 \text{ l/s} = 0,31 \text{ l/s}$$

Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi del DGR 20/11/2017 n. X/7372	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	15/05/2025	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 13 a 18

6. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI SCARICO FINALE E TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il dimensionamento dell'impianto di infiltrazione, viene eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema (quindi l'idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel sistema; tale confronto può essere espresso con l'equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti nel mezzo filtrante.

L'equazione differenziale di continuità risulta essere la seguente

$$Q_e(t) - Q_u(t) = dW(t)/dt$$

in cui:

$Q_e(t)$ è la portata in ingresso ai sistemi filtranti all'istante generico t ; essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino;

$Q_u(t)$ è la portata in uscita; essa è, in generale, variabile nel tempo e dipende dalle caratteristiche geometriche dei pozzi, e dalle condizioni di permeabilità del circostante terreno;

$W(t)$ è il volume invasato nei pozzi all'istante t ;

La legge d'afflusso che governa l'uscita dai pozzi è la seguente:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

Nel nostro caso il volume di acqua che entra nei pozzi, per effetto di una pioggia di durata t sarà pari a:

$$W_e = S \times \varphi \times a \times D_w^n$$

dove φ è il coefficiente di deflusso costante del bacino drenato a monte dei pozzi, tale coefficiente viene assunto a **1,00** quale valore massimo per un tempo di ritorno di 50 anni.

La capacità d'infiltrazione, può essere stimata in prima approssimazione attraverso la relazione di Darcy:

$$Q_f = k \times j \times A_f$$

con:

Q_f = portata infiltrata [m^3/s]

k = coefficiente di permeabilità [m/s]

J = cadente piezometrica [m/m]

A_f = superficie netta d'infiltrazione considerata

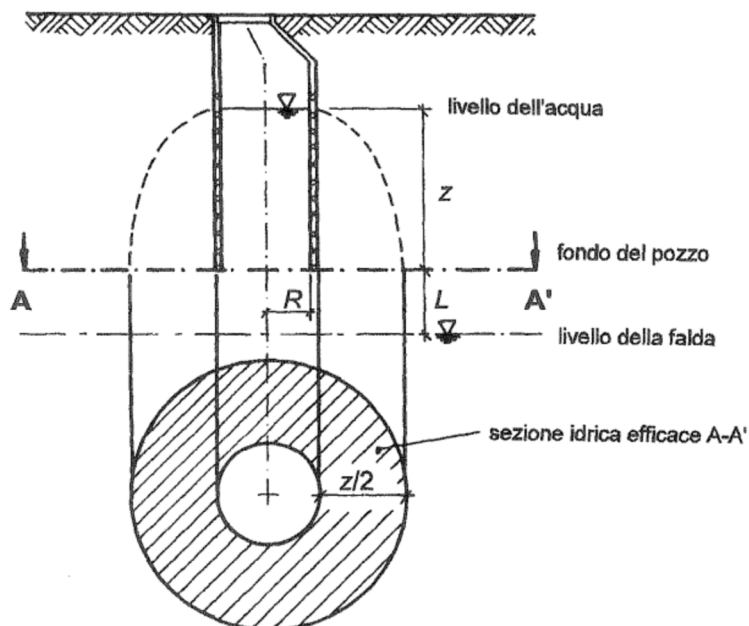
E' evidente che nel nostro caso, con soli sistemi filtranti, $Q_f = Q_u$

Per il livello stratigrafico individuato si ha una permeabilità media di

$$K = 3.70 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

Per i pozzi disperdenti, la portata Q_f può essere calcolata anche con la seguente formula, (Sieker, 1984) dove la precedente formula di Darcy assume l'espressione:

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



essendo K la sopra calcolata permeabilità, mentre il termine fra parentesi rappresenta la cadente 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.

Non si considera la base drenante del pozzo, per tenere conto della sua possibile occlusione.

Nel nostro caso si suppone la realizzazione di pozzi perdenti aventi le seguenti caratteristiche:

- Diametro del pozzo = 200 cm
- Altezza complessiva del pozzo = 250 cm
- Altezza z della porzione drenante = 250 cm
- Dreno attorno a pozzo = 50 cm

Pertanto data la profondità della quota di falda, a circa 12 metri dal fondo del pozzo avremo come cadente piezometrica:

$$J = \frac{L + z}{L + \frac{z}{2}} = \frac{12 + 3,0}{12 + 1,5} = 1,11$$

$$A_f = (2,0 + 1,00 + 1,00)^2 \times \frac{\pi}{4} = 12,56 \text{ m}^2$$

avremo quindi come portata filtrante :

$$Q_f = 0,000037 \text{ m/s} \times 12,56 \text{ m}^2 \times 1,11 = 0,00047 \text{ m}^3/\text{s} = 0,47 \text{ l/s}$$

Nel nostro caso ciascun pozzo perdente, andrà riempito attorno con uno spessore di 50 cm di ghiaione e 50 cm alla base, per cui il volume disperdente risulta pari a :

$$V = h_{\text{pozzo}} \times (D_{\text{pozzo}} + 2 \times S_{\text{dreno}(50\%)})^2 \times \frac{\pi}{4} = 3,00 \times (2,00 + 0,5)^2 \times \frac{3,14}{4} = 14,71 \text{ m}^3$$

Onde contenere il previsto volume, si progettano pertanto **n. 2 pozzi perdenti da 14,71 m³** per un totale di **29,43 m³** maggiore dei **29,02 m³** richiesti dalla normativa.

Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi del DGR 20/11/2017 n. X/7372	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	15/05/2025	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 15 a 18

In funzione delle portate uscenti dall'invaso di laminazione Q_u (nel rispetto della portata limite ammissibile di cui all'articolo 8 del regolamento) e Q_f (portata di infiltrazione calcolata con i criteri prima esposti), il tempo di svuotamento dopo il termine dell'evento, a partire dal massimo invaso W_{lam} , è pari a:

$$t_{svuot} = \frac{W_{lam}}{Q_u + Q_f} = \frac{29,43 \text{ m}^3}{0 + (2 \times 0,47 \text{ l/s})} = \frac{29,43 \times 1000}{3600 \times 0,94} = 9 \text{ h circa}$$

quindi minore del limite di 48 ore fissato nell'articolo 11, comma 2, (lettera f) del regolamento.

6.1 Verifica del grado di sicurezza delle opere di invarianza con $T_r=100$ anni

In merito alla verifica del grado di sicurezza delle opere di invarianza idraulica per eventi meteorici con $T=100$ anni, prevista dall'art. 11, comma 2, lettera a) del r.r. 7/2017 e ss.mm.ii si ha:

$$D_w = \left(\frac{Q_u}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 13 \text{ h circa}$$

$$W_0 = 10 \times S \times \varphi \times a \times D_w^n - 3,6 \cdot Q_{u,lim} \times D_w = 32,9 \text{ m}^3$$

$$t_{svuot} = \frac{W_{lam}}{Q_u + Q_f} = \frac{32,9 \times 1000}{3600 \times 0,47} = 10 \text{ h circa}$$

Si verifica il completo riempimento fino all'estradosso della vasca di laminazione, con svuotamento pari a circa 10 ore dal termine della pioggia che risulta di poco superiore a quello di un $T_r = 50$ anni stimato in circa 9 ore circa.

Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi del DGR 20/11/2017 n. X/7372	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	15/05/2025	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 16 a 18

7. PIANO DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA

Descrizione del pozzo perdente

I pozzi perdenti sono formati da "anelli forati" in calcestruzzo armato vibrato realizzati con l'impiego di cemento ad alta resistenza ai solfati dalle seguenti dimensioni interne pari a Ø 2,00 m per altezza di ogni singolo elemento di 50 cm per un totale di 6 anelli. Gli "anelli forati" devono essere posizionati l'uno sull'altro: sono composti da un bicchiere ad incastro per favorire la messa in opera. Il pozzetto sarà dotato di una soletta piana carrabile di copertura prefabbricata in cls armato dimensionata per sopportare carichi di 1^a categoria; la soletta sarà dotata di n.1 foro passante con luce netta di 600mm, tale da consentire l'ispezionabilità del manufatto. A chiusura e coronamento del manufatto verrà posato n.1 chiusino di accesso in ghisa con apertura di Ø 600mm corredato di maniglia e serratura di bloccaggio di sicurezza onde evitare l'accesso da parte di personale non addetto. Gli "anelli forati" verranno posati su una base di appoggio in pietrisco 6-12 mm per uno spessore di circa 50 cm. Al fine di proteggere i manufatti da eventuali infiltrazioni solide, che potrebbero ostruire i fori di dispersione delle acque, gli "anelli forati" saranno rinfiancati con uno strato di ghiaione o pietrisco per uno spessore in senso orizzontale di circa 50 cm per parte; sarà inoltre posato un rivestimento esterno al manufatto realizzato con tessuto non tessuto.

Modalità di uso corretto

Il funzionamento del manufatto prevede che il flusso delle acque piovane venga convogliato all'interno dello stesso ed ivi essere disperso nel suolo. E' indispensabile per la corretta funzionalità che non avvenga accumulo di detriti all'interno del pozzo e che i fori di dispersione si mantengano liberi.

Attività di verifica e controllo dei pozzi perdenti

- Verifica del corretto afflusso delle acque
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali
- Verifica della pulizia interna del pozzo
- Attività di manutenzione programmata
- Programma di manutenzione

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e interventi che devono essere eseguiti a cadenze prefissate per garantire una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. Il presente capitolo, attraverso le schede riportate nel seguito, suddivise per operazioni di verifica e controllo oltre che per operazioni di manutenzione, analizza le attività individuandone:

- Cadenza
- Soggetto esecutore
- Attrezzature utilizzate

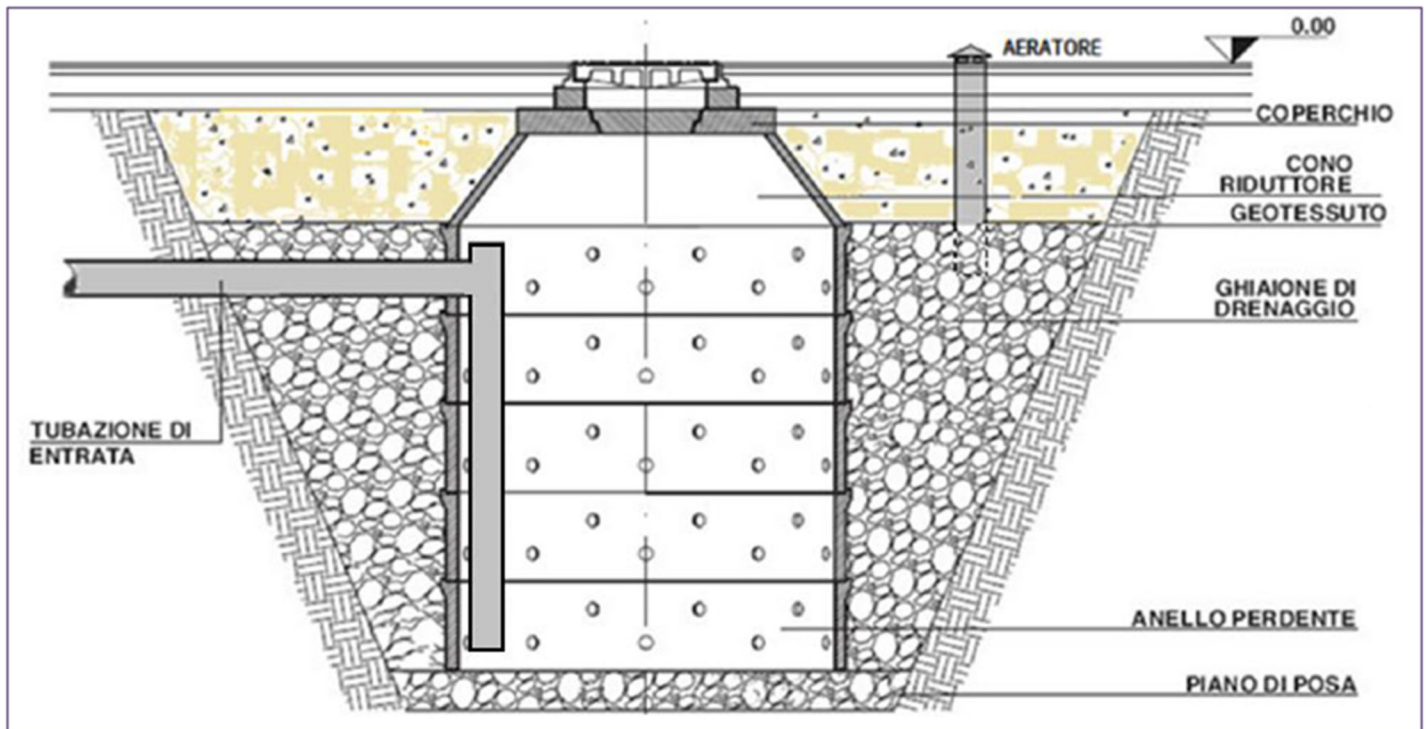
La manutenzione programmata deve intendersi come un minimo obbligatorio. Dovranno essere eseguiti interventi aggiuntivi sia per norme dettate dalle Case costruttrici, sia per condizioni particolari di lavoro:

Verifica e controllo

Attività	Indispensabile		Cadenza	Soggetto esecutore	Attrezzi in locazione	Osservazioni
	SI	NO				
Verifica del corretto afflusso dei liquami	X		Ogni 6 mesi	Personale interno ufficio gestione fognature	Attrezzi manuali	Verifica visiva
Verifica dell'integrità degli elementi strutturali	X		Ogni 5 anni	Personale interno ufficio gestione fognature/Personale esterno impresa specializzata	Autospurghi	

Manutenzione

Attività	Indispensabile		Cadenza	Soggetto esecutore	Attrezzi in locazione	Osservazioni
	SI	NO				
Pulizia scorrimento	X		Su segnalazione e comunque ogni 6 mesi	Personale interno ufficio gestione fognature/Personale esterno impresa specializzata	Attrezzi manuali Autospurghi	
Sostituzione degli elementi ammalorati	X		Su segnalazione	Personale interno ufficio gestione fognature/Personale esterno impresa specializzata	Macchine edili, attrezzi manuali	



Tipica configurazione di pozzo superficiale d'infiltrazione e stoccaggio.

Vaprio d'Adda 15/05/2025

IL GEOLOGO
Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando



Progetto di Invarianza Idraulica ai sensi del DGR 20/11/2017 n. X/7372	Data di redazione:	Redatto da:	Committente	Pag.
	15/05/2025	Dott. Geol. Antonio Roberto Orlando	Comune di Vanzago (MI)	Pag. 18 a 18