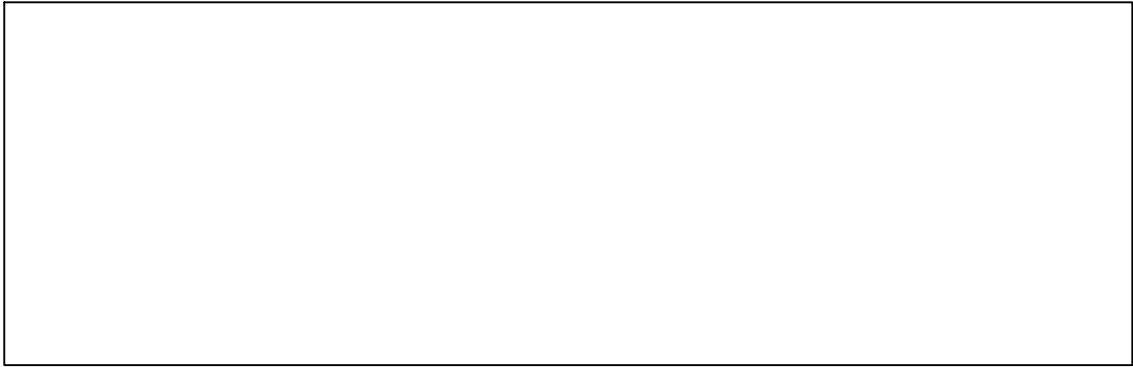


STUDIO GEOLOGICO BONINSEGNINI E LAVENI ASSOCIATI
via Galeno, 17 20832 Desio (MB) - Tel. 0362/303925 - e-mail: boninsegni.laveni@libero.it



DENOMINAZIONE DELL'OPERA:

VALUTAZIONE IDROGEOLOGICA, IDROLOGICA E IDRAULICA
RELATIVA ALLA POSSIBILITA' DI DISPERSIONE NEL SOTTOSUOLO
DI ACQUE METEORICHE PROVENIENTI DA UN COMPLESSO
COMMERCIALE IN PROGETTO

COMUNE DI BESANA BRIANZA (MB)

COMMITTENTE:

F.lli Citterio S.p.A. - via C. Cattaneo, 10 - 20900 Monza (MB)

DATA

GENNAIO 2015

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA

FIRMA DEI COMMITTENTI:

FIRMA DEI PROGETTISTI:

INDICE

PREMESSA.....	2
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
2. CARATTERI GEOLOGICI, LITOLOGICI ED IDROGEOLOGICI.....	4
3. DEFINIZIONE DELLA SUPERFICIE SCOLANTE.....	6
4. PERMEABILITA' DEL TERRENO.....	7
5. MODELLO IDROLOGICO.....	10
5.1 Pluviometria dell'area.....	10
5.2 Coefficiente udometrico.....	11
5.3 Coefficiente di afflusso.....	11
6. VALUTAZIONE DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI SMALTIMENTO.....	12
6.1 Portata meteorica da disperdere.....	12
6.2 Calcolo della capacità di infiltrazione nel terreno.....	12
7. IMPLEMENTAZIONE MODELLO IDRAULICO: RISULTATI.....	15
7.1 Determinazione della portata di infiltrazione.....	15
7.2 Calcolo numero pozzi perdenti.....	15
8. ANALISI CRITICA DEI RISULTATI.....	17

FIGURE

Figura 1 - Inquadramento area di studio (C.T.R. scala 1:10.000)

Figura 2 - Carta Geologica

Figura 3 - Planimetria di progetto del complesso commerciale

PREMESSA

In merito ad un *Progetto di riqualificazione urbana* denominato *Val_P1*, ubicato a Besana Brianza (MB), che prevede la realizzazione di un edificio a destinazione commerciale con relative aree a parcheggio (*Sub-Ambito 1*), è stata predisposta la presente relazione tecnica al fine di valutare la possibilità di disperdere nel sottosuolo le acque meteoriche provenienti dalle superfici scolanti coperte e impermeabilizzate, per le quali non è previsto il recapito in fognatura ai sensi del R.R. n.4 del 24/03/2006.

Nel caso in esame le valutazioni si riferiscono alla realizzazione di un sistema di pozzi perdenti.

I limiti al contorno in tale tipo di valutazione finalizzata al dimensionamento della batteria di pozzi disperdenti riguardano il modello idrologico, il contesto idrogeologico, l'assetto urbanistico nell'intorno, nonché la logistica dell'area relativamente alla fase esecutiva.

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di proprietà della Società F.Ili Citterio s.p.a. si ubica lungo viale J & R. Kennedy angolo via Verga a Besana Brianza (località Valle Guidino), ad una quota di 300 m s.l.m. (*Figura 1*).

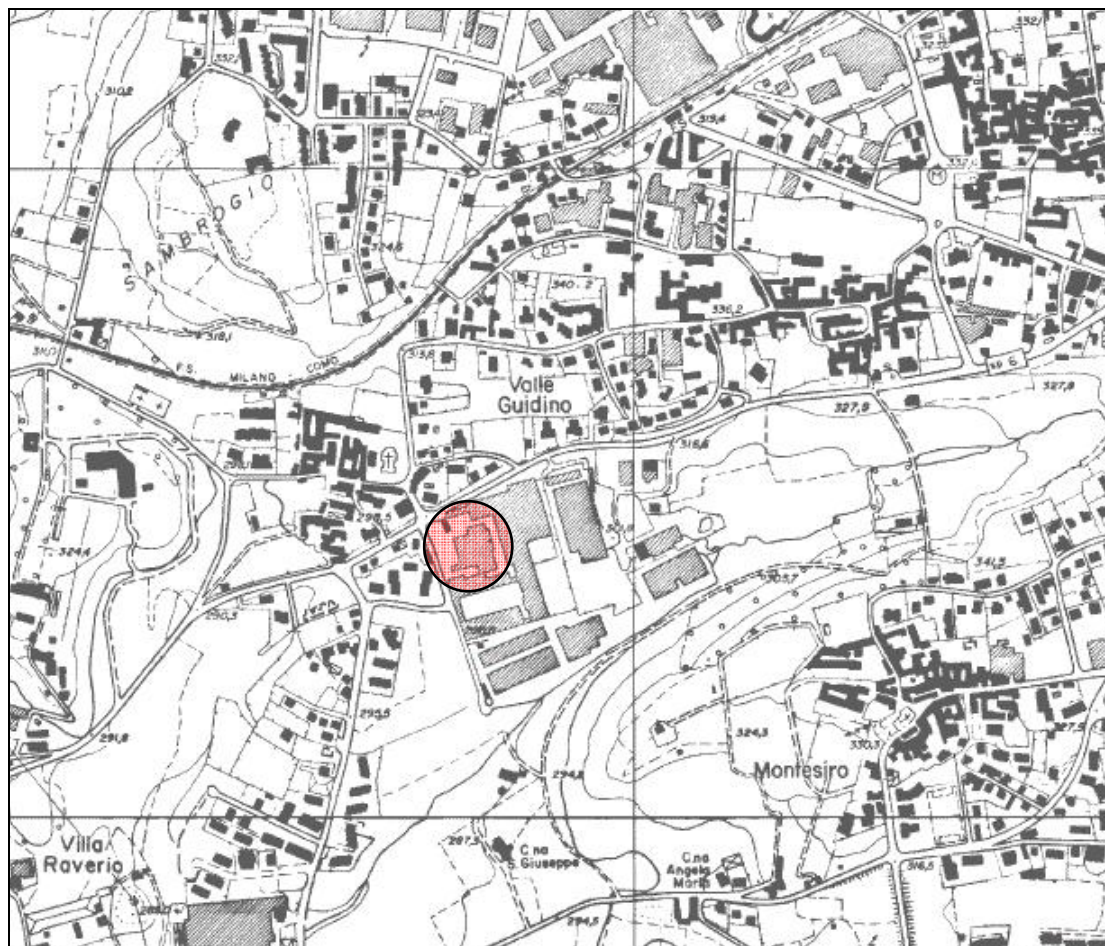


Figura 1

2. CARATTERI GEOLOGICI, LITOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

L'area in esame si ubica nella porzione meridionale del settore pedemontano della Brianza occidentale, laddove l'ossatura dei rilievi e dei dossi collinari, talora morfologicamente anche accentuata, è costituita dal substrato roccioso prequaternario costituito dalla Gonfolite, ricoperto da depositi morenici del Würm e del Riss Auct..

La Gonfolite è identificata da una successione di argilliti e arenarie fini di colore grigio-nero; l'unità è rinvenibile a profondità alquanto variabile dal p.c., sia in funzione della quota altimetrica sia in ragione del caratteristico andamento articolato della sua superficie sommitale interessata da fenomeni erosionali.

Dalla documentazione reperita l'unità è raggiunta a profondità modesta dal piano campagna all'altezza del sito, variabile tra 10-15 e 20 m dal p.c., ed è caratterizzata da una permeabilità secondaria da molto bassa a nulla.

Alla scala dell'area di indagine, come illustrato dalla *Figura 2* tratta dallo *Studio della Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (art. 57, comma 1, l.r. 11/03/05 n. 12)*, la successione sedimentaria che poggia sulla Gonfolite è individuata da terreni morenici riconducibili alla glaciazione recente del Würm Auct..

Caratteristica peculiare dei depositi morenici in senso lato è la loro estrema eterogeneità litologica e tessiturale, connessa con la genesi e con le particolari condizioni dell'ambiente di sedimentazione, soprattutto alla scala strettamente locale.

Sono identificati da sabbie, sabbie fini e ghiaie, ciottoli e blocchi di origine alpina (serpentine e graniti), immersi in matrice limosa e sabbioso-limosa localmente preponderante.

Le singole litologie, laddove predominanti, si presentano sotto forma di orizzonti lenticolari aventi geometria assai variabile sia per spessore sia per continuità laterale.

Per quanto concerne gli aspetti puramente idrogeologici, l'eterogeneità del terreno si riflette sulla produttività dei pozzi per acqua, soprattutto in quanto la matrice fine è localmente abbondante; si rammenta che in ambito comunale il fabbisogno idropotabile è da tempo assicurato da fonti alternative essendo i pozzi pubblici e buona parte di quelli privati del tutto disattivati.

In ogni caso, per le poche captazioni ad uso privato rimaste, è manifesta la loro scarsa produttività stante le ragioni esposte, anche in ragione del ridotto spessore saturo di cui in genere si dispone visto il rinvenimento del substrato impermeabile a modesta profondità,

Per quanto riguarda la falda, a carattere libero, stante una profondità del pozzo industriale presente nell'area di 10 m (avampozzo di 3.2 m, sviluppato con canne infisse con impossibilità di misurare il livello), intestato entro uno strato di argilla posto a detta quota, ascrivibile al Villafranchiano Auct. o alla Gonfolite, è possibile stimare un valore di soggiacenza di circa 5 m dal p.c..

Si tratta di un assetto idrogeologico che implica uno spessore saturo di acquifero alquanto contratto di 4-5 m.

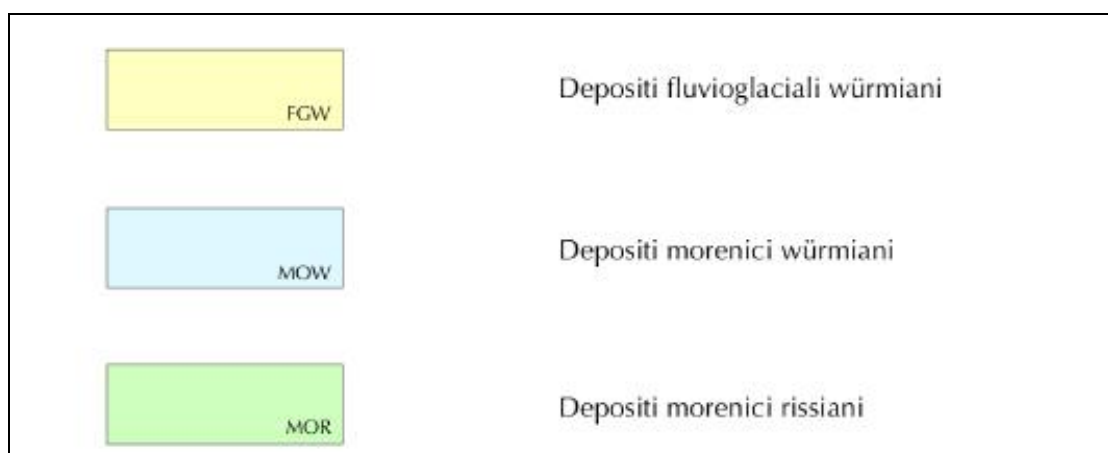
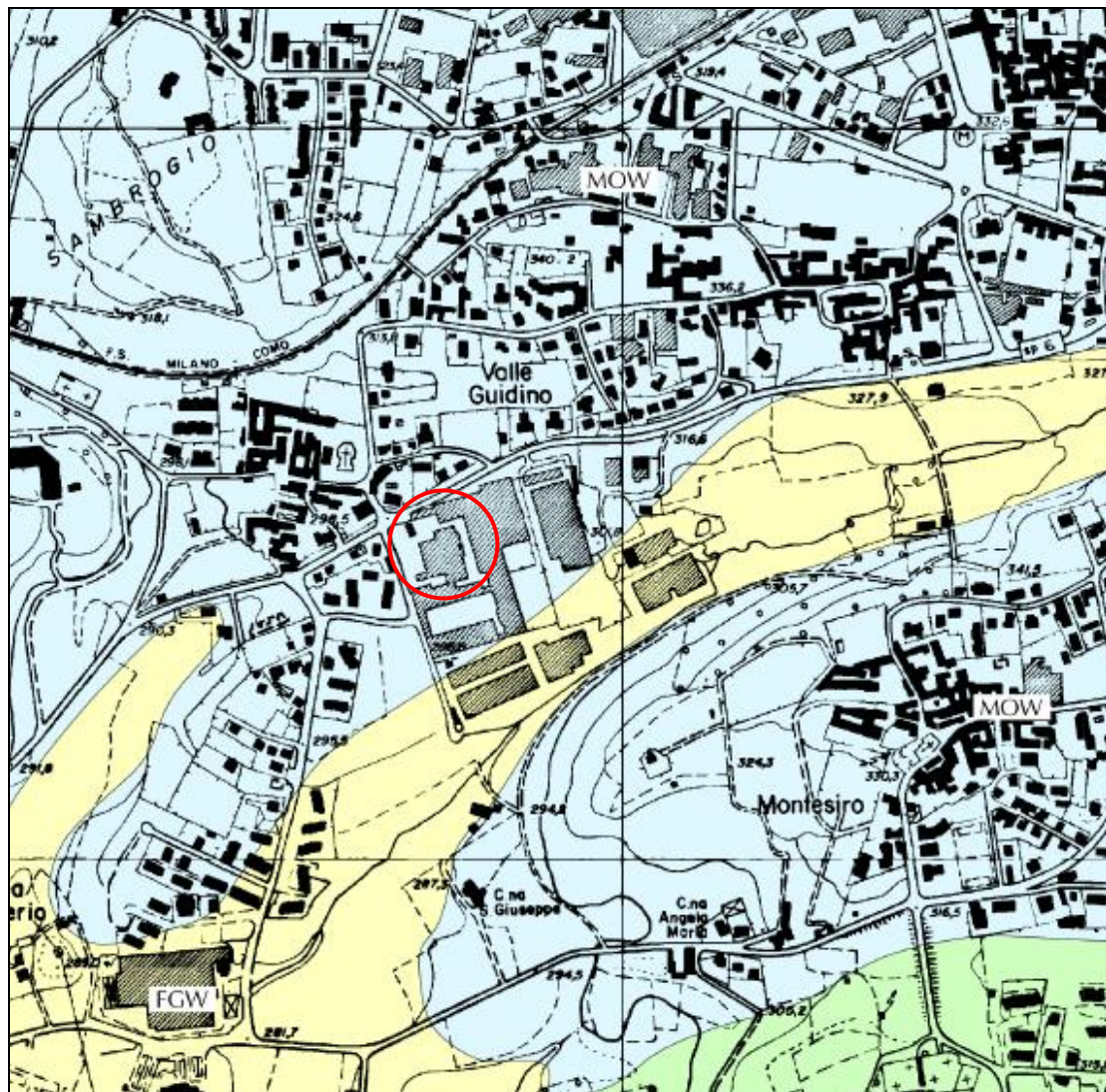


Figura 2

3. DEFINIZIONE DELLA SUPERFICIE SCOLANTE

Con riferimento alla planimetria dell'insediamento in progetto di *Figura 3*, la superficie scolante indicata dal Progettista (Studio Tecnico Gatti di Besana Brianza), per la quale è necessario il dimensionamento del sistema di dispersione nel sottosuolo delle acque eccedenti la *prima pioggia*, è relativa al *Sub-Ambito 1*, ovvero al settore delimitato dal tratteggio di colore blu nella planimetria. Il *Sub-Ambito 1* arealmente si suddivide in:

AREA SUB-AMBITO 1	DEFINIZIONI	SUPERFICIE SCOLANTE PARZIALE (m ²)	SUPERFICIE SCOLANTE COMPLESSIVA (m ²)
1) AREE ESTERNE, PARCHEGGIO, AREE DI MANOVRA	Superfici scolanti per le quali è prevista la dispersione delle acque meteoriche nel sottosuolo	4.138	7.019
2) CORPO EDIFICIO COMMERCIALE, COPERTURE		2.881	

Pertanto deriva una superficie totale soggetta al calcolo dei volumi da disperdere di 7.019 m².

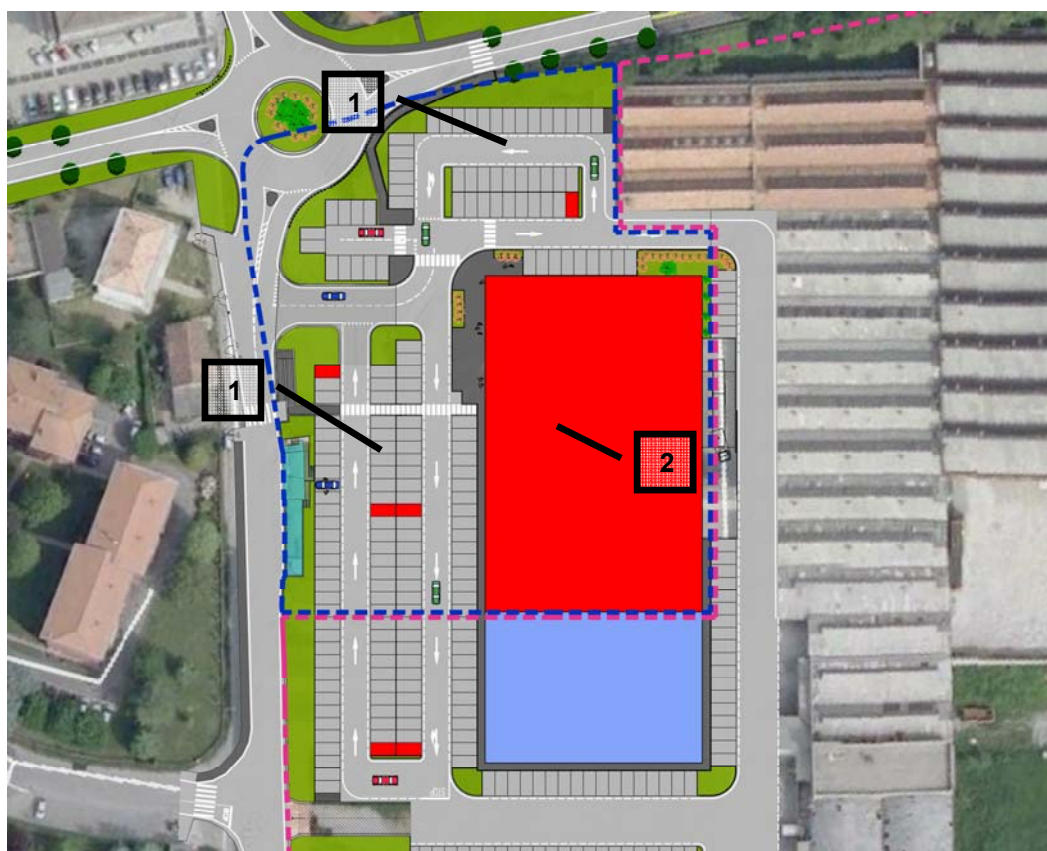


Figura 3

4. PERMEABILITA' DEL TERRENO

La possibilità di realizzare un sistema disperdente delle acque meteoriche ad esempio mediante pozzi perdenti, è stata considerata facendo riferimento alle indicazioni avanzate da BrianzAcque. In prima analisi si è in presenza di una superficie scolante complessiva elevata e cospicui volumi idrici da smaltire nel sottosuolo, relativamente al quale è comprovata un'estrema difformità del fuso granulometrico grossolano. Nello specifico, come indicato al § 2, presso l'area di indagine i depositi affioranti sono ascrivibili a terreni di origine glaciale del Morenico Würm Auct., identificati da sabbie (da fini a medie), ghiaie, ciottoli e blocchi di origine alpina (serpentini e graniti), immersi in matrice limosa e sabbioso-limosa localmente preponderante, in grado di ostacolare anche alla scala strettamente locale il deflusso delle acque nel sottosuolo.

La caratteristica peculiare del deposito morenico è l'estrema eterogeneità litologica, tessiturale e geometrica. In base a tali motivazioni non si è ritenuto opportuno effettuare prove in sito di percolazione che, oltre al fatto di comportare l'esecuzione di un numero elevato di scavi per caratterizzare compiutamente l'area, fornirebbero comunque risultati dispersi e probabilmente fuorvianti.

Le caratteristiche di permeabilità del sottosuolo possono essere quantificate nel modo seguente sulla base dell'ampia documentazione bibliografica in merito:

a) schema interpretativo grado di permeabilità (Francani, 1988)

In base al tipo di suolo emerge una classe di permeabilità da intendersi al passaggio tra il campo di valori $10^{-5} \leq k \leq 10^{-2}$ m/s (buona) e $10^{-9} \leq k \leq 10^{-5}$ m/s (cattiva).

Tipo di suolo	K	Permeabilità
ciottoli, ghiaia (senza elementi fini)	$> 10^{-2}$	elevata
sabbia, sabbia e ghiaia	$10^{-2} + 10^{-5}$	buona
sabbia fine, limo, argilla con limo e sabbia	$10^{-5} + 10^{-9}$	cattiva
argilla omogenea	$10^{-9} + 10^{-11}$	impermeabile

b) schema interpretativo grado di permeabilità (AA.VV)

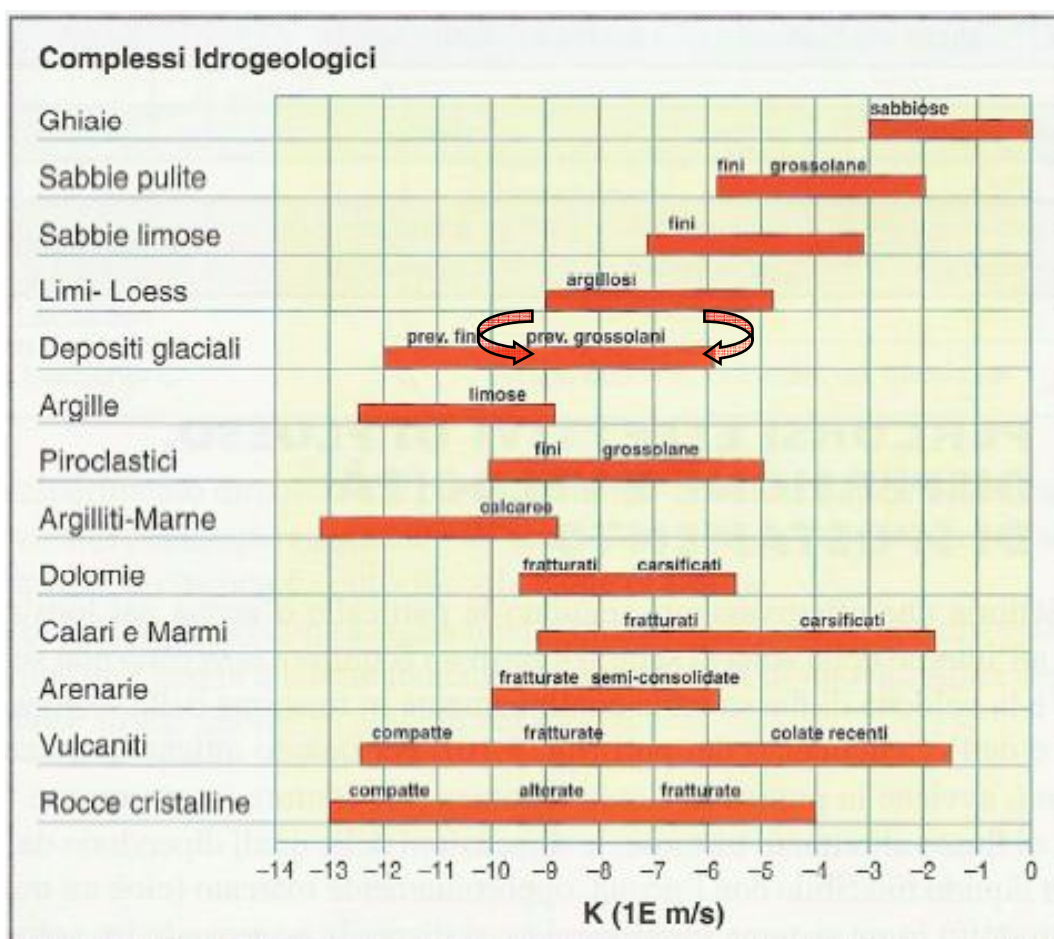
Facendo riferimento allo schema interpretativo riportato, emerge un range del coefficiente di permeabilità delle litologie costituenti il sottosuolo $1 \cdot 10^{-7}$ m/s $\leq k \leq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s, identificativo di terreni semipermeabili aventi permeabilità da media a bassa.

Valutazione idrogeologica, idrologica e idraulica relativa alla possibilità di dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da un complesso commerciale in progetto sito in Comune di Besana Brianza (Provincia di Monza e Brianza) – *Relazione tecnica*

K [cm/s]	100	10	1	0.1	0.01	0.001	0.0001	1E-05	1E-06	1E-07	1E-08	1E-09
	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
K [m/s]	1	0.1	0.01	0.001	0.0001	1E-05	1E-06	1E-07	1E-08	1E-09	1E-10	1E-11
	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11
Grado di permeabilità			Elevato					Basso			Nullo	
Acquifero		Permeabile				Semipermeabile				Impermeabile		
Suolo	Ghiaie		Sabbia pulita o sabbia e ghiaia				Sabbia molto fine, silt, loam				Argilla	
k [cm ²]	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
k [darcy]	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6

c) schema interpretativo grado di permeabilità sulla base dei complessi idrogeologici

Lo schema seguente permette di estrapolare la permeabilità in base alle caratteristiche peculiari e distintive dei complessi idrogeologici. Nel caso in oggetto è stato considerato il complesso di terreni glaciali costituito da litologie prevalentemente grossolane, identificate da un range del parametro $1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s} \leq k \leq 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.



d) grado di permeabilità dai contenuti dello *Studio della Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*

Dallo Studio si richiama come i “*depositi morenici, caratterizzati da alternanze di livelli in cui prevalgono le granulometrie grossolane, a livelli di materiali più fini costituiti da argille e limi*”, siano identificati da un “*coefficiente di permeabilità k variabile tra 10^{-4} e 10^{-2} cm/s*” (10^{-6} e 10^{-4} m/s). Essi sono quindi classificati come “*terreni con permeabilità variabile da media a ridotta*”

In conclusione si apprezza come il campo di variazione del coefficiente di permeabilità dei terreni morenici sia molto ampio e, alla luce della litologia rappresentativa del deposito medesimo interessato dal drenaggio delle acque di *seconda pioggia*, ne conseguano caratteristiche di permeabilità del sottosuolo assai variabili localmente ed in linea generale da modeste a scadenti.

5. MODELLO IDROLOGICO

5.1 Pluviometria dell'area

Per dimensionare un sistema di drenaggio delle acque meteoriche è necessario stimare la quantità di pioggia che il sistema deve smaltire in occasione delle precipitazioni di maggiore intensità.

Nel caso in oggetto al fine di validare un modello idrologico quanto più rispondente possibile all'evento pluviometrico che si manifesta nella realtà, si propone una congrua valutazione della pluviometria della zona di interesse, desunta sia da specifiche valutazioni implementate dagli scriventi a partire dai parametri della curva di possibilità pluviometrica, sia da dati bibliografici e di progetto relativi al dimensionamento di fognature e/o sistemi disperdenti di analoga portata.

a) Intensità di pioggia Stazione di Costamasnaga (LC) – Elaborazione piogge intense secondo Gumbel

Altezza di pioggia (per $t = 1$ ora)

$h = 57.58$ mm/ora ($Tr = 10$ anni)

b) Dimensionamento sistema fognario in comune di Besana Brianza (MB) e da elaborazione piogge puntuali a Merate (LC) (Fonte Aldo Larcher)

Altezza di pioggia (per $t = 1$ ora)

$h = 89.0$ mm/ora ($Tr = 10$ anni) (ricavata da una intensità equivalente $U_c = 250$ l/s-ettaro)

c) Norme Attuative del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) - "*Interventi sulla rete idrografica e sui versanti: Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*" - Allegato 3 – Distribuzione spaziale delle piogge intense" [regionalizzazione su griglia 2 km – cella DG71

Altezza di pioggia (per $t = 1$ ora)

$h = 58.86$ mm/ora ($Tr = 20$ anni)

d) Norme Generali Documento di Piano del comune di Besana Brianza (MB)

Altezza di pioggia (per $t = 1$ ora)

$h = 50.0$ mm/ora ($Tr = 10$ anni)

5.2 Coefficiente udometrico

Si definisce coefficiente udometrico U_c la portata massima che defluisce dall'unità di superficie di un comprensorio, espressa in litri al secondo per ettaro [l/s·ha].

In base all'altezza o intensità di pioggia indicata ai quattro casi del § 5.1, derivano i seguenti valori del coefficiente udometrico

- | | |
|--|----------------------------------|
| a) altezza di pioggia $h = 57.58$ mm/ora | $\Rightarrow U_c = 160$ l/s·ha |
| b) intensità equivalente | $\Rightarrow U_c = 250$ l/s·ha |
| c) altezza di pioggia $h = 58.86$ mm/ora | $\Rightarrow U_c = 165$ l/s·ha |
| d) altezza di pioggia $h = 50.0$ mm/ora | $\Rightarrow U_c = 139.0$ l/s·ha |

5.3 Coefficiente di afflusso

In relazione al tipo di materiale costituente la superficie scolante che raccoglie la precipitazione meteorica prima di convogliarla al sistema disperdente, è stato valutato il coefficiente di afflusso la cui applicazione determina la superficie impermeabile effettiva da inserire nel calcolo.

Nel caso in esame valgono le seguenti considerazioni (cfr. § 3):

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1) AREE ESTERNE, PARCHEGGIO, AREE DI MANOVRA (ASFALTO) | $\Rightarrow 4.138,0$ m ² |
| <i>Coefficiente di afflusso assunto pari a 0.9</i> , così da considerare eventuali dispersioni | |
| 2) CORPO EDIFICIO COMMERCIALE COPERTURE (METALLO, VETRO, CALCESTRUZZO) | $\Rightarrow 2.881,0$ m ² |
| <i>Coefficiente di afflusso assunto pari a 0.95</i> , così da considerare eventuali dispersioni | |

Pertanto la **superficie scolante effettiva** risulta:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1) AREE ESTERNE, PARCHEGGIO, AREE DI MANOVRA | $\Rightarrow 3.724,2$ m ² |
| 2) CORPO EDIFICIO COMMERCIALE COPERTURE | $\Rightarrow 2.737,0$ m ² |
| <hr/> | |
| TOTALE | 6.461,2 m² |

6. VALUTAZIONE DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI SMALTIMENTO

6.1 Portata meteorica da disperdere

La portata da disperdere indicata è pari al prodotto del coefficiente udometrico per la superficie scolante effettiva.

Nel caso in oggetto, è stato adottato un coefficiente udometrico **Uc = 139.0 l/s·ha**, derivante da un'altezza di pioggia $h = 50.0$ mm/ora ($Tr = 10$ anni), secondo quanto indicato nelle Norme Generali Documento di Piano del comune di Besana Brianza (MB) (cfr. § 5.2 e 5.3), valore indicato dall'Ente Gestore BrianzAcque per la verifica di tale implementazione di calcolo idraulico.

Si ribadisce peraltro come adottando detto valore di intensità equivalente, le valutazioni idrologiche/idrauliche siano a sfavore della sicurezza (non conservative), cioè comportino una sottostima della precipitazione attesa al sito in valore assoluto, ovvero portate da disperdere verosimilmente inferiori al caso reale, basti pensare all'occorrenza di due eventi di pioggia intensa e breve durata tra loro ravvicinati.

La PORTATA TOTALE ENTRANTE DA SMALTIRE IN POZZO PERDENTE (**Q**) per i due settori individuati (superfici scolanti) diviene la seguente:

1) AREE ESTERNE, PARCHEGGIO, AREE DI MANOVRA	$Q = 0,038 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow Q = 38.0 \text{ l/s}$
2) CORPO EDIFICIO COMMERCIALE COPERTURE	$Q = 0,052 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow Q = 52.0 \text{ l/s}$
TOTALE	$Q = 0,090 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow Q = 90.0 \text{ l/s}$

6.2 Calcolo della capacità di infiltrazione nel terreno

Il calcolo del numero di pozzi perdenti necessari allo smaltimento delle portate meteoriche da disperdere, prevede la preliminare valutazione della capacità di infiltrazione dell'acqua in funzione della permeabilità del terreno, secondo la legge di Darcy:

$$q = k J A$$

dove:

q = portata di infiltrazione (m^3/s)

k = coefficiente di permeabilità (m^3/s)

J = cadente piezometrica (m/m)

A = superficie netta d'infiltrazione (m^2)

Permeabilità

Si premette che il parametro permeabilità riveste fondamentale peso nel calcolo delle portate da disperdere ed è contestualmente quello di più difficile attribuzione anche disponendo di prove in sito specifiche, per cui è implicito ammettere discrepanze anche sensibili nella procedura di dimensionamento dei sistemi di smaltimento.

Il valore medio di permeabilità k preso come riferimento, deriva dalla litologia prevedibile dei depositi morenici sui quali insiste il comparto in progetto (sabbie, ghiaie e ciottoli con matrice limosa anche in percentuale predominante soprattutto alla scala strettamente locale.

Nello specifico, entro lo spessore di terreno ipoteticamente sfruttato per lo smaltimento delle acque nel sottosuolo, è plausibile il rinvenimento di terreni aventi una permeabilità da scadente a modesta.

Sulla base di ciò e con il supporto degli schemi interpretativi riportati al § 4, viene adottato il valore $k = 1.0 \cdot 10^{-4}$ m/s, propendendo per termini con percentuale di terreni grossolani elevata, quindi associando al terreno caratteri di permeabilità più che discreta, in discordanza con quanto effettivamente riscontrabile per “complessi idrogeologici” di origine glaciale, per i quali è ammissibile una permeabilità di 1 o 2 ordini di grandezza inferiore ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s $\leq k \leq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s).

Analogamente a quanto indicato per il coefficiente udometrico, il valore di k adottato non riveste carattere conservativo nelle implementazioni di calcolo, in quanto sovrastima la capacità netta di infiltrazione (assorbimento del terreno) soprattutto in condizioni di massimo carico idraulico.

Cadente piezometrica

La cadente piezometrica (J) è la quota da cui l'acqua precipita nel pozzo perdente, anche detta “altezza utile”. L'altezza utile (Z) è funzione della quota tra il fondo del pozzo perdente e la tubazione di entrata. Nel caso in oggetto, le verifiche di calcolo sono state condotte imponendo una consistente profondità del pozzo perdente $H = 5.0$ m, cui deriva un'altezza utile $Z = 4.2$ m considerando una tubazione di adduzione/recapito intestata a -0.8 m dal p.c..

Tale configurazione strutturale del pozzo perdente non è peraltro appieno congrua in ordine alla soggiacenza della falda presso l'area, dell'ordine di 5-6 m, in quanto non verrebbe garantito un “franco” di sicurezza di almeno 2 m tra il fondo del punto disperdente e la tavola d'acqua necessario a non compromettere la capacità disperdente del sistema.

Si tratta di un assunzione a sfavore della sicurezza che implica una sensibile riduzione della capacità di assorbimento del terreno, soprattutto nel caso specifico, di accertata presenza di un livello impermeabile a profondità di 10 m, che di fatto limita la capacità verticale di infiltrazione con contestuale dispersione in senso laterale dei volumi idrici, verso le aree poste a valle.

Superficie netta d'infiltrazione

La superficie netta d'infiltrazione dipende dalla geometria del pozzo perdente, nello specifico è funzione dell'altezza utile e del diametro del pozzo perdente.

La superficie utile di dispersione va calcolata non considerando la base inferiore dei pozzi, in quanto essa è soggetta nel tempo ad un progressivo deposito di materiale fine che tende ad impermeabilizzarla.

Nel caso in oggetto, le formulazioni di calcolo sono valide per un diametro degli anelli che compongono il pozzo perdente $D = 2.0$ m e per un pozzo profondo $H = 5.0$ m.

L'area di dispersione di un pozzo (A) è pari all'area della corona circolare i cui raggi sono:

$$A = \pi (R_2^2 - R_1^2)$$

$$R_1 = D/2 = 1.0 \text{ m}$$

$$R_2 = R_1 + Z/2 = 1.0 + 4.2/2 = 3.1 \text{ m}$$

dove $Z = 4.2$ m (altezza utile)

cui deriva una superficie netta di infiltrazione **$A = 27.0 \text{ m}^2$**

7. IMPLEMENTAZIONE MODELLO IDRAULICO: RISULTATI

7.1 Determinazione della portata di infiltrazione

Il dimensionamento del sistema disperdente nel sottosuolo prevede l'adozione dei seguenti dati di input (cfr. § 6.2):

$$k = 1.0 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$J = 4.2 \text{ m/m}$$

$$A = 27.0 \text{ m}^2$$

dall'applicazione della legge di Darcy si determina la seguente portata di infiltrazione

$$\Rightarrow q = 1.0 \cdot 10^{-4} \cdot 4.2 \cdot 27.0 = \mathbf{0.0113 \text{ m}^3/\text{s}} \Rightarrow \mathbf{11.3 \text{ l/s}}$$

7.2 Calcolo numero pozzi perdenti

Il numero di pozzi perdenti **N** che dovranno essere realizzati deriva pertanto dal rapporto **Q/q** tra la portata entrante (volume meteorico da disperdere) e la portata di infiltrazione:

N = Q / q	⇒ 90.0 l/s / 11.3 l/s	⇒ n.8 pozzi perdenti
------------------	-----------------------	-----------------------------

In ottica esecutivo-progettuale al valore calcolato va applicato un fattore di sicurezza (f_z) che considera una serie di fattori che mirano ad evitare sottostime del dimensionamento del sistema, quali:

- 1) incertezze di calcolo
- 2) eventuali errori di sottodimensionamento o perdite della funzione drenante nel tempo
- 3) aspetti legati alla intrinseca eterogeneità del mezzo, ovvero il terreno viene assunto come isotropo nelle formulazioni di calcolo mentre nella realtà è anisotropo. Ciò soprattutto nel caso specifico dove i punti di dispersione verranno verosimilmente distribuiti su un vasto areale, quindi con sicure variazioni del parametro permeabilità, oltremodo insite nella natura del terreno morenico
- 4) valore della portata di infiltrazione valido considerando l'assorbimento nel terreno in condizioni di massimo carico idraulico (pozzo perdente colmo), aliquota che tende a diminuire drasticamente all'abbassarsi nel tempo del battente idrico nel pozzo e alla conseguente riduzione della superficie netta di infiltrazione

Pertanto adottando nel caso in oggetto $f_z = 1.2$ si avrà:

$N = 8 \times 1.2 = 9.6$ pozzi perdenti

E' pertanto indispensabile la realizzazione di **n.10 pozzi perdenti** aventi le seguenti caratteristiche:

diametro anelli $D = 2.0$ m

profondità $H = 5$ m (scavo approfondito a 5.5 m)

altezza utile $Z = 4.2$ m

8. ANALISI CRITICA DEI RISULTATI

Alla luce dei risultati di calcolo, emergono alcune considerazioni (limiti al contorno) che devono essere attentamente valutate in ordine alla progettazione secondo criteri di sicurezza.

Il numero di 10 pozzi calcolato per disperdere la portata meteorica di progetto è considerevole ed in prima analisi probabilmente sottostimato per quanto attiene la scelta dei parametri di input del modello idrologico, idrogeologico ed idraulico.

Nello specifico:

- a) è stato utilizzato un coefficiente idrometrico medio dell'area che risulta il minore in valore assoluto rispetto alle altezze di pioggia disponibili e calcolate per il sito;
- b) relativamente alle valutazioni di carattere idrogeologico, la permeabilità del terreno utilizzata nel calcolo identifica un terreno morenico la cui variabilità litostratigrafica, a scala locale, sia in senso verticale che orizzontale potrebbe differire anche di un ordine di grandezza rispetto al valore assunto. Come detto, la permeabilità ha notevole "peso" nel calcolo per cui non è remoto ipotizzare una sottostima alquanto sensibile della capacità di infiltrazione.
- c) la modellazione proposta adottando pozzi perdenti notevolmente approfonditi porta a ridurre oltremodo la capacità disperdente nel sottosuolo stante un "franco" assolutamente esiguo (zona insatura) rispetto alla falda (zona satura). Tale fattore, contestualmente alla condizione di cui al punto b), ed all'ostacolo al deflusso sulla verticale per la presenza di termini impermeabili immediatamente sottostanti (cfr. § 2 e 6.1), sono aspetti di particolare pericolosità, soprattutto nel caso si verificano precipitazioni a carattere eccezionale tra loro ravvicinate, tali da provocare possibili rigurgiti o indesiderati innalzamenti del pelo libero nel pozzo perdente.

In merito agli aspetti logistico-esecutivi specifici per l'area in esame e per il contesto urbano in essere, la progettazione di una batteria di pozzi che deve disperdere portate meteoriche cospicue, come nel caso in oggetto, comporta la valutazione/analisi degli aspetti a seguire.

Il cospicuo numero di pozzi calcolato è strutturalmente impattante se rapportato all'area a parcheggio destinata alla loro realizzazione, sia in considerazione della necessità di effettuare scavi profondi e molto ampi per assicurarne la stabilità del fronte, sia per il fatto di garantire una distanza reciproca non inferiore a 15 m per minimizzare la sovrapposizione degli effetti di saturazione del terreno.

In tale ottica, relativamente al contesto esaminato si ritiene che l'elemento prioritario di valutazione ed indirizzo progettuale sia quello di disporre di un assetto idrogeologico ottimale (litologie grossolane e spessori di depositi considerevoli nel sottosuolo), che consenta la

dispersione dei volumi meteorici escludendo l'evenienza di difficoltà all'infiltrazione, indipendentemente dall'accadimento di eventi meteorici eccezionali (aspetto particolarmente gravoso qualora tra loro ravvicinati) o per progressiva perdita della capacità drenante anche di un singolo punto di dispersione, aspetto acuito in caso di ammaloramento o perdita di efficacia nel tempo propria di tali sistemi.

Le condizioni al contorno rilevate nel caso in esame, si rivelano pertanto come fattori ostativi alla ottimale funzionalità del sistema, specificamente alla possibilità di incorrere in difficoltà di dispersione puntuale nel sottosuolo per i motivi sopra richiamati.

Non si può escludere a priori la possibilità che durante eventi eccezionali di precipitazione il sistema dei pozzi perdenti vada in crisi per le suddette motivazioni, con conseguenti fenomeni di rigurgito lungo la rete di adduzione, verso il sedime del centro commerciale, con ovvie problematiche e ripercussioni di tipo economico.

Tale evenienza non è remota alla luce delle modificazioni del regime di precipitazione di recente accertate, con episodi intensi/eccezionali ravvicinati e/o con l'aumento nell'ambito di un singolo evento dei cosiddetti "punti di scroscio", ossia di punti localizzati con intensità di precipitazione decisamente superiore alla media. Nella pratica, ciò comporta una contingente funzionalità limitata del sistema di smaltimento nel drenare l'incremento dei volumi idrici immagazzinati, con l'aggravio, nel caso in esame, del contestuale innalzamento della falda, avente bassa profondità dal p.c..

Alla luce delle condizioni idrogeologiche al contorno e del contesto urbanistico, è inoltre probabile l'evenienza di indesiderate interferenze con strutture di fondazione e/o opere in interrato limitrofe all'area di prevista dispersione/saturazione, soprattutto verso le aree di valle dove sono inoltre note e manifeste difficoltà di drenaggio del terreno; a ciò conseguono problematiche strutturali (necessità di impermeabilizzazione) e di ordine geotecnico (stabilità delle fondazioni).

In tale ottica si consideri ad esempio l'ipotesi peggiorativa che necessiti la messa in opera di un maggior numero di pozzi rispetto a quanto calcolato, e di profondità inferiore per soddisfare il franco di sicurezza tra fondo e livello di falda.

Riguardo la stabilità fondazionale è noto come gli effetti ciclici di drenaggio e saturazione del terreno a medio-lungo tempo comportino una deformazione dello scheletro sottoforma di riorganizzazione delle particelle e assestamenti, con possibilità di incorrere in cedimenti differenziali di strutture di fondazione eventualmente interessate dal fenomeno.

In termini pratici altra considerazione riguarda la quota del piano stradale di via Verga che identifica il limite occidentale del parcheggio ove è plausibile l'ubicazione di un numero consistente di pozzi disperdenti.

All'altezza dello spigolo meridionale del sedime di proprietà F.lli Citterio la sede stradale risulta ribassata di circa 3 m rispetto alla quota del parcheggio stesso; in ragione di ciò la dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche a mezzo dei pozzi perdenti

comporterebbe la parziale saturazione del terreno in corrispondenza della porzione medio inferiore della muratura di contenimento, con l'instaurarsi di spinte idrauliche e quindi di problematiche di stabilità statica del manufatto, senza contare le possibili interferenze sugli edifici posti a Sud.

In conclusione, fatti salvi indirizzi normativi e prescrizioni dell'Ente gestore, è lecito ammettere come l'indirizzo progettuale che prevede la dispersione delle acque meteoriche nel sottosuolo con sistema di pozzi perdenti, alla luce dei limiti al contorno di carattere idrogeologico individuati e per l'elevato numero di pozzi necessario, sia ragionevolmente affetto da funzionamento non certo ottimale e potenzialmente fonte di criticità.

Anche il contesto urbano in essere riveste carattere ostativo poiché presenta alcuni elementi morfologici-strutturali sfavorevoli per la gestione a lungo termine del sistema di dispersione delle acque e comporta, altresì, l'introduzione di pericolose interferenze con gli edifici esistenti contermini ma anche con le stesse strutture in progetto.

GENNAIO 2015



dr. geol. Raffaele Boninsegni



dr. geol. Luca Laveni