

COMUNE DI GENOVA

PUO "EX MIRALANZA"

committente
COSPE S.r.l.

Progetto e sviluppo immobiliare



Seriato (Bg) via Pastrengo n°1/c - tel. 035/303904 - fax. 035/0662363
e-mail: domus@studiodomus.net - web: www.studiodomus.net
Iscritta al casellario delle società di Ingegneria e professionisti - AVCP

Progetto PUO



Galleria G. Mazzini 3/8 - 16121 Genova, Italia
tel. 010 54 14 66 - P. IVA 0341 948 01 02
email: info@ferrandoarchitetti.it

Progetto viabilità

ING. MARCO MASTRETTA

Genova GE

Componente ambientale



Via Edmondo de Amicis, 6/10, 16122 Genova GE
010 595 6633

Progetto elettrico e meccanico



Caselle T.se (TO) - Via Filatoio, 23/A
tel. 011.92.03.458 - fax. 011.01.61.739
e-mail: progetti@qbservice.it

Geologia--Invarianza



Desenzano del Garda (Bs), via Olivetti n°94/E
cell. 348.88.56.130 - fax. 030.91.19.618
e-mail: info@tecnogeologia.it - PEC: tecnogeologia@pec.it

Progetto prevenzione incendi



Via Diaz n.93
22100 COMO
tel:031-49.40.30
mail: info@nordengineering.it

REVISIONE	OGGETTO DELL' AGGIORNAMENTO	DATA	DISEGNATORE	CONTROLLO
00	prima emissione	30.09.2021	BA	CP
01	Aggiornamento in seguito a comunicazione UT del 14.10.2021	03.11.2021	BA	CP
02	Aggiornamento in seguito ad incontro con UT del 02.12.2021	09.12.2021	BA	CP

PIANO URBANISTICO OPERATIVO

COMMESSA N°	015	2021
STATO AVANZAMENTO	PD	REV 00

STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

ID FILE
015_21_PUO_Tav.00_Cartigli_00_PD.dwg

SCALA
1:500

ALLEGATO N°

INV

Studio di Invarianza Idraulica & Idrologica

Rev. 03

Secondo le indicazioni del Piano Urbanistico del Comune di Genova

Progetto

Area ex Mira Lanza

Committente

COSPE S.R.L.

Provincia	Genova
Comune	Genova
Cap	16161
Indirizzo	Via Rivarolo / Via Lepanto
Codice Catastale	D969
Rif. catastali	Fg. 25 Mapp. 68

Data 16 dicembre 2021

Il tecnico Dott. Geol. Stefano Salvi



1.	PREMESSA.....	1
2.	MIGLIORAMENTI ATTUATIVI E RIFERIMENTI AL PIANO URBANISTICO COMUNALE.....	2
3.	MODELLO GEOLOGICO.....	5
4.	PRECIPITAZIONI METEORICHE DI RIFERIMENTO.....	12
5.	PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO IN SITO	10
6.	DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI INVARIANZA IDRAULICA.....	13
7.	MANUTENZIONE	21

1. PREMESSA

Il concetto di invarianza idraulica presuppone la realizzazione, nelle aree che subiranno una perdita di permeabilità in seguito alle trasformazioni in progetto, di interventi il cui scopo è quello di mantenere invariata la portata superficiale defluente verso l'esterno.

Questo risultato si può ottenere agevolando l'infiltrazione nel terreno dei volumi idrici in eccesso, rispetto alle condizioni pre-trasformazione, o laminando le portate.

In quest'ultimo caso si opera praticamente realizzando vasche di accumulo temporaneo, la cui funzione è quella di trattenere l'acqua che defluisce in superficie durante gli eventi meteorici, per rilasciarla quindi gradualmente con una portata prestabilita, non superiore a quella caratteristica dell'area prima della trasformazione.

Nel caso in esame si è proceduto secondo il seguente schema:

- Scelta dei coefficienti di deflusso pre e post trasformazione e calcolo delle superfici permeabili equivalenti;
- Stima dei rapporti di permeabilità pre e post trasformazione;
- Dimensionamento del sistema di invarianza idraulica.

Riferimenti normativi: Piano urbanistico comunale del Comune di Genova.

2. MIGLIORAMENTI ATTUATIVI E RIFERIMENTI AL PIANO URBANISTICO COMUNALE

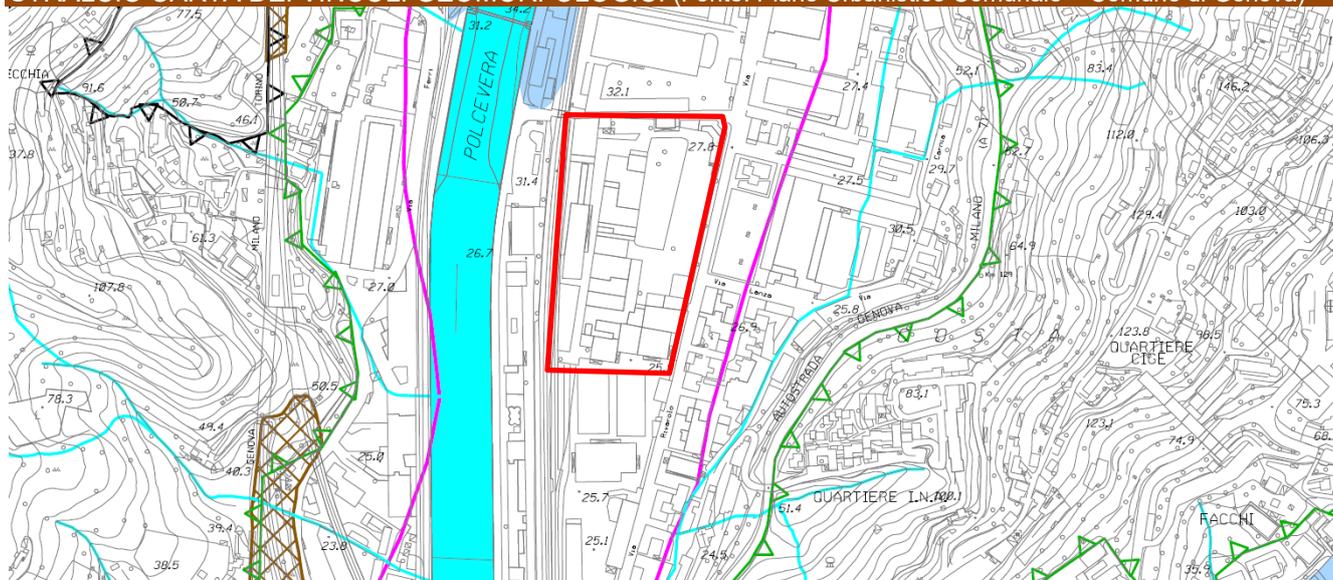


Come si evince dall'immagine soprastante, nello **stato di fatto**, risulta che i **37.820 mq** della superficie del distretto oggetto di trasformazione sono **completamente impermeabilizzati**, quindi allo **stato attuale** esiste una **superficie impermeabilizzata pari al 100%**.

Le aree dove si intravedono zone verdi sono esclusivamente attribuibili a localizzazioni di sterpaglie i cui apparati radicali sono in qualche modo riusciti ad aprirsi una via significativa nelle crepe dei piazzali asfaltati.

Occorre anche segnalare che l'area di studio, secondo il Piano di Tutela delle Acque, ricade all'interno di un **acquifero significativo**, per il Piano di Bacino per la tutela del rischio idrogeologico, all'esterno di aree a rischio idraulico e a rischio di inondabilità.

STRALCIO CARTA DEI VINCOLI GEOMORFOLOGICI (Fonte: Piano Urbanistico Comunale – Comune di Genova)

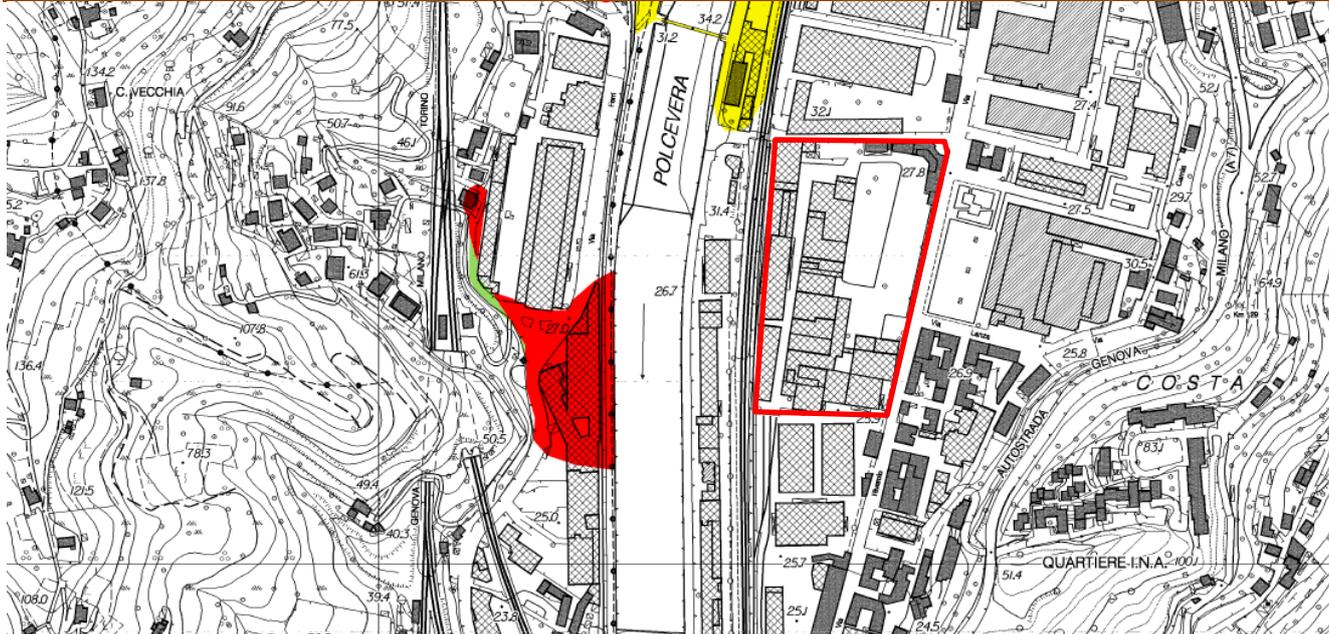


ACQUIFERI SIGNIFICATIVI
Piano di Tutela delle Acque (D.C.R. 32/09)



ACQUIFERI SIGNIFICATIVI

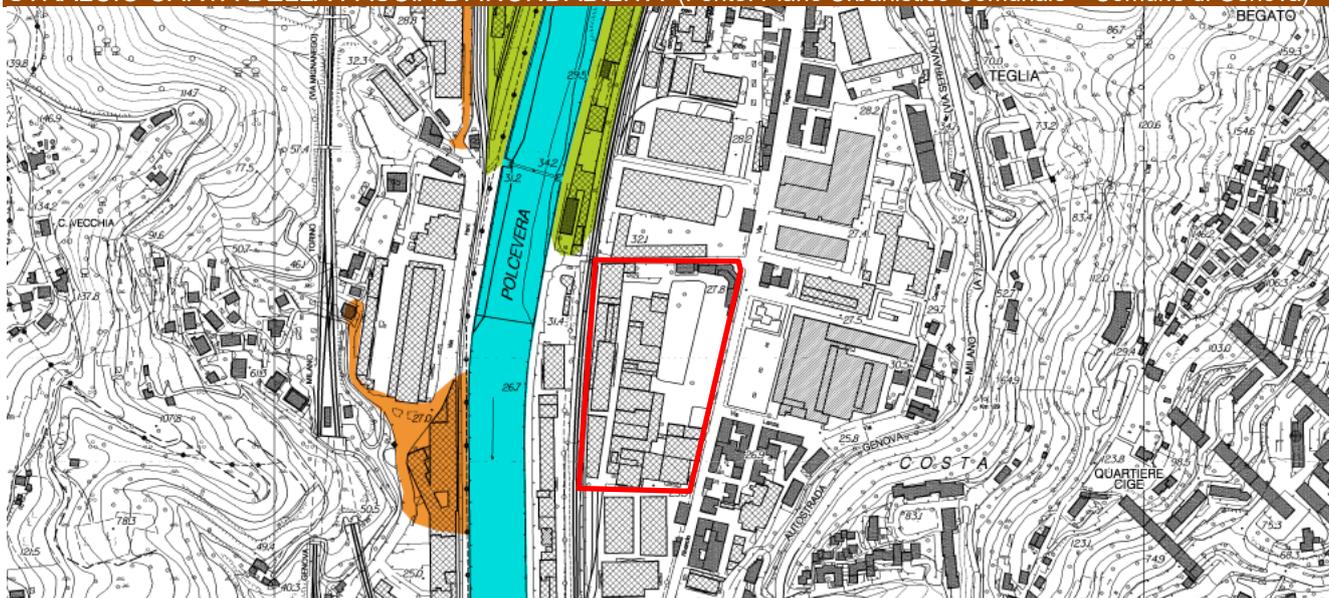
STRALCIO CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO (Fonte: Piano Urbanistico Comunale – Comune di Genova)



- CLASSI DI RISCHIO IDRAULICO**
- Ri4 - RISCHIO MOLTO ELEVATO
 - Ri3 - RISCHIO ELEVATO
 - Ri2 - RISCHIO MEDIO
 - Ri1 - RISCHIO MODERATO

FASCE FLUVIALI:	NORME DI ATTUAZIONE
■ FASCIA A	Art. 15, c. 2
■ FASCIA A'	Art. 15, c. 4-bis
■ FASCIA B	Art. 15, c. 3
■ FASCIA B' (Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini non sufficienti)	Art. 15, c. 4-bis
■ FASCIA B (aree a minor pericolosità ai fini dell'espressione del parere ex art. 15, comma 3, lettera a)	Art. 15, c. 3, lettera a
■ FASCIA C	Art. 15, c. 4
■ FASCIA C (Aree storicamente inondate in tratti indagati)	Art. 15, c. 4
■ FASCIA C (Aree storicamente allagate)	Art. 15, c. 4
■ Alveo a cielo aperto	Art. 13
■ Alveo tombinato	Art. 13
--- Proiezione dei viadotti	
□ Limite del bacino	

STRALCIO CARTA DELLA FASCIA DI INONDABILITA' (Fonte: Piano Urbanistico Comunale – Comune di Genova)



La profondità dell'acquifero (> 5 m) e le caratteristiche litostratigrafiche consentirebbero l'adozione di un sistema completamente disperdente nel sottosuolo dalla quale potrebbero derivare i seguenti vantaggi:

- **Alimentazione diretta dell'acquifero** di acque derivanti solo ed esclusivamente dalla precipitazione meteorica, le quali percolerebbero nel sottosuolo, dopo un breve percorso autoepurante nelle ghiaie, andando ad alimentare la falda e quindi garantendo all'acquifero una ricarica, senza alterazione del chimismo dello stesso andando a realizzare artificialmente una sorta di "zona di ricarica dell'acquifero";
- **Alleggerimento del sistema fognario** dell'eventuale sovraccarico a seguito di eventi meteorici intensi.

Nel progetto sono stati ipotizzati pozzi con un franco di un metro rispetto alla massima escursione della falda, più che sufficiente a non avere uno scarico diretto nelle acque di falda;

Il sistema pozzi è stato stimato con un volume pari a quello che sarebbe necessario per un sistema di vasche di laminazione impermeabili, senza considerare la capacità di filtrazione del terreno durante l'evento meteorico, quindi considerando la permeabilità del sottosuolo relativamente al processo di svuotamento delle opere filtranti e ciò risulta ampiamente in sicurezza per lo smaltimento delle acque.

Di seguito viene riportata una tabella riepilogativa indicante la superficie del distretto oggetto di intervento con le rispettive superfici di trasformazione, per la cui estensione esatta si rimanda alle tavole che verranno fornite dallo studio di progettazione.

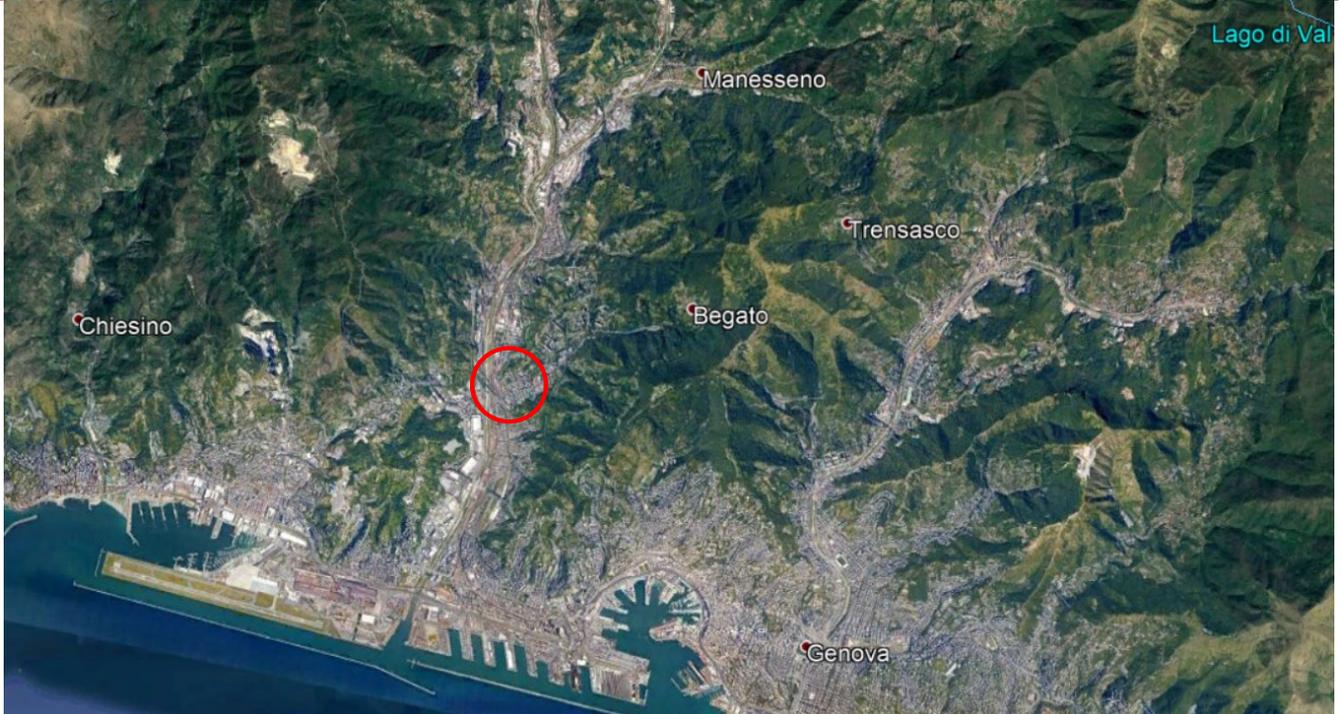
denominazione	m ²	%
SUPERFICIE OGGETTO DI TRASFORMAZIONE	37.820	100
Area totalmente impermeabilizzata	33.908	89.65
Area a verde profondo	3.912	10.35

3. MODELLO GEOLOGICO

3.1. Inquadramento geografico, geomorfologico, geologico, idrografico ed idrogeologico

L'area oggetto dello studio si colloca nella porzione nord-occidentale del territorio comunale di Genova, in un lotto compreso tra Via Rivarolo e Via Lepanto, bordato ad ovest dalla linea ferroviaria Ge -To; il sito si trova ad una altitudine di circa **26 m s.l.m.** ed insiste sul **Mappale 68 del Foglio 25** del N.C.T.R. del Comune di Genova.

STRALCIO IMMAGINE SATELLITARE (Fonte: Google Earth)



STRALCIO CTR REGIONE REGIONE LIGURIA (Fonte: Geoportale Regione Liguria)



STRALCIO ESTRATTO MAPPA CATASTALE (Fonte: Geoportale Regione Liguria)



Dal punto di vista **geologico-strutturale**, l'area in esame si inserisce in un settore di transizione tra la catena alpina e quella appenninica; esso infatti comprende unità delle Alpi liguri che sono state dapprima coinvolte nell'evoluzione alpina a livelli più o meno profondi e che, successivamente, sono state interessate da una tettonica attribuibile all'evoluzione appenninica.

Le Alpi Liguri costituiscono la terminazione meridionale delle Alpi Occidentali e sono costituite da un impilamento complesso di unità tettoniche le cui caratteristiche litostratigrafiche e strutturali riflettono l'evoluzione geodinamica di questo settore di catena.

Le fasi di rifting e spreading del Triassico e Giurassico determinano l'apertura dell'Oceano Ligure-Piemontese. Nel corso del Cretaceo è avvenuta inversione dei movimenti tettonici e ciò ha provocato la chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese (convergenza di margini con subduzione di litosfera oceanica) e conseguentemente alla collisione continentale e all'esumazione delle unità che erano precedentemente andate in subduzione.

Le Alpi Liguri sono pertanto caratterizzate dalla sovrapposizione di unità di crosta oceanica e di mantello, rappresentate dall'Unità Figogna, Palmaro - Caffarella, Cravasco - Voltaggio e Voltri, caratterizzate da un diverso gradiente metamorfico. La similitudine nell'evoluzione tettono-metamorfica indica che a dette unità è stata precocemente associata l'Unità Gazzo - Isoverde, le cui caratteristiche litologiche suggeriscono una derivazione da margine continentale. Queste unità sono state esumate e accavallate le une sulle altre e sull'avampaese europeo.

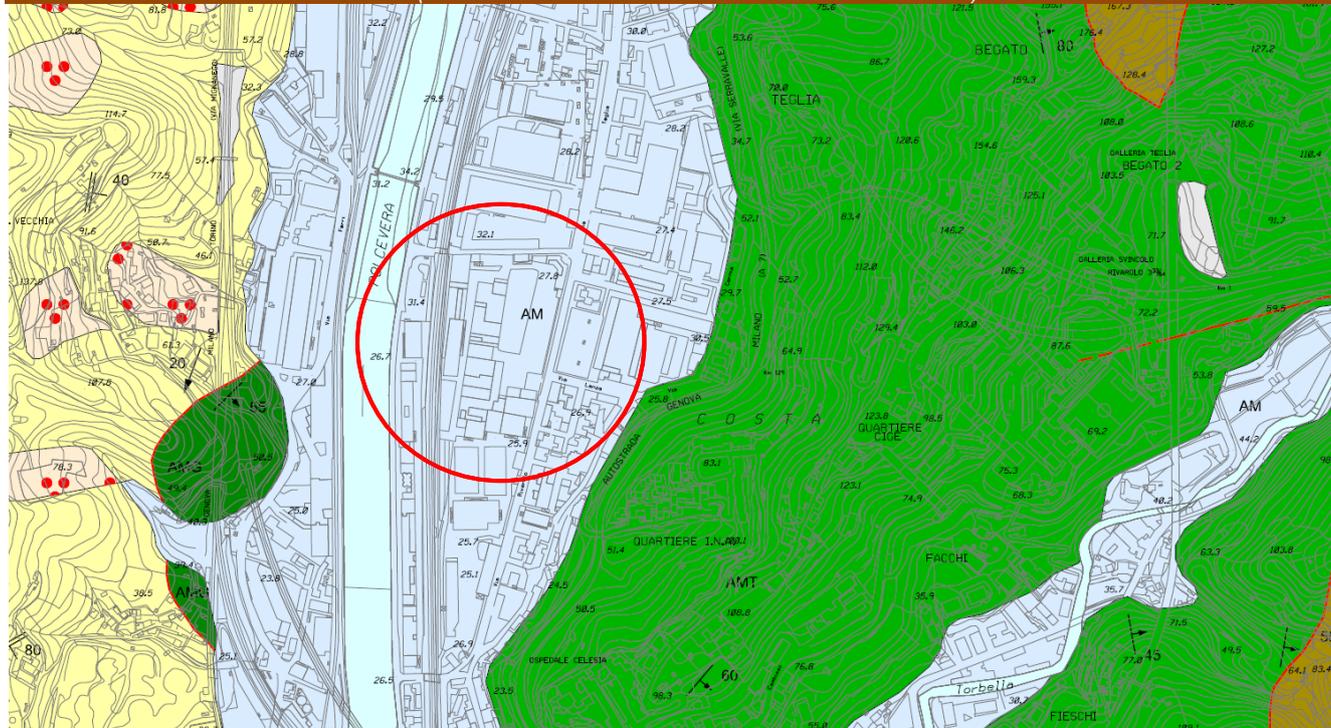
Le unità costituite da flysch che affiorano nella parte orientale del territorio comunale (Unità Antola, Unità Ronco, Unità Montanesi e Unità Mignanego) sono non metamorfiche o di basso grado metamorfico, il che indica che durante l'orogenesi alpina sono rimaste sempre a livelli strutturali piuttosto superficiali. Queste unità sono a loro volta accavallate sulle unità di grado metamorfico più elevato. Questo complesso impilamento di unità è ricoperto in discordanza dai depositi del Bacino Terziario Piemontese, una successione sedimentaria tardo eocenica-oligocenica che all'interno del territorio comunale affiora nell'immediato entroterra di Prà.

Per quanto attiene l'area di studio, sono presenti **depositi alluvionali e marini (AM)** di età olocenica, costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbioso limosa e sabbioso argillosa, da scarsa ad abbondante.

Talora sono presenti blocchi e/o lenti isolate di materiali fini. Al tetto delle alluvioni è presente una copertura pressoché continua di terreni di riporto, generalmente grossolani, in spessori mediamente compresi tra i 2÷4 metri, che si rinvencono nel fondovalle del torrente Polcevera.

La risalita del mare ed il sollevamento dell'area durante l'olocene hanno favorito l'aggradazione dei depositi alluvionali delle piccole pianure costiere e la genesi di evidenti terrazzi fluviali.

STRALCIO CARTA GEOLOGICA (Fonte: Piano Urbanistico Comunale – Comune di Genova)



FORME ANTROPICHE		RIP	Riparti artificiali e discariche Depositi vari rimaneggiati
		CD	Coltri eluvio-colluviali di importanza particolare
		DF	Ammassi detritici di falda
		AA	Sedimenti di alveo
QUATERNARIO		AM	Sedimenti alluvionali e marini Depositi ghiaiosi e sabbiosi posti a quota più elevata rispetto agli alvei attuali o all'attuale livello del mare, talvolta terrazzati e/o coperti da coltri eluvio-colluviali di spessore variabile
		SP	Sedimenti di spiaggia
		BPP	Brecce di San Pietro al Prati Brecce residuali a clasti calcareo-dolomitici a matrice carbonatica
UNITA' TETTONICA MONTANESI			
CRETACICO INF.		AMT	Argilliti di Montanesi Argilliti impelagliche e argilliti siltose nere, solo raramente pollicrome con intercalazioni di arenarie quarzose fini
UNITA' TETTONICA MIGNANEGO			
CRETACICO INF.		AMG	Argilliti di Mignanego Torbiditi siltoso arenaceo medio fini con intercalazioni di argillitosilti neri e torbiditi marnosi a base calcareo-arenacea

Poco più ad est dell'area d'indagine, in sinistra idraulica del Torrente Polcevera, affiora l'Unità Tettonica Montanesi: essa è presente a partire dal fondovalle del Torrente Polcevera fino al contatto tettonico con l'Unità Tettonica Ronco. Il limite inferiore, di tipo tettonico, con l'Unità tettonica Mignanego non è visibile

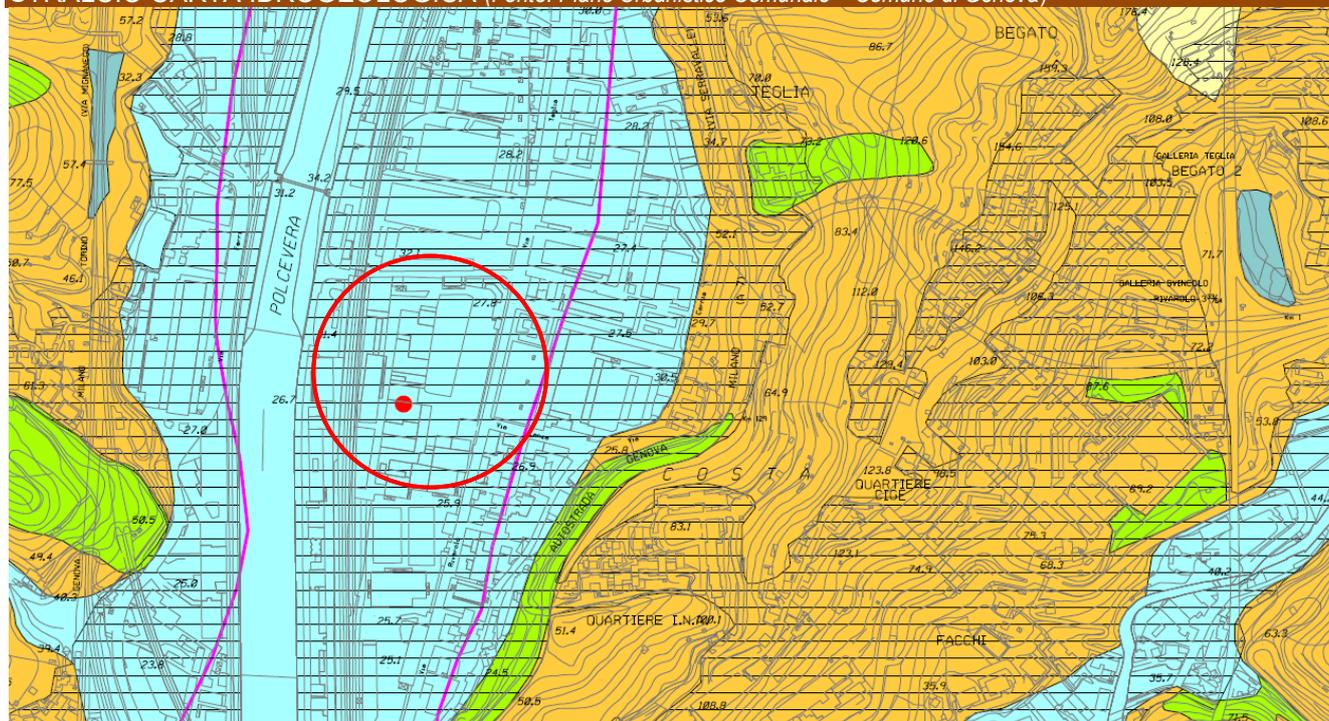
poiché coperto dalle alluvioni di fondovalle, dove ricade l'area d'indagine. L'Unità Tettonica Montanesi comprende la sola formazione delle **Argilliti di Montanesi (AMT)**, costituite da argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome, in strati da centimetrici a pluridecimetrici, con intercalazioni di arenarie siltose fini, di spessore da centimetrico a pluricentimetrico. Lo spessore reale non è quantificabile oggettivamente, lo spessore apparente sarebbe di circa 1800 m.

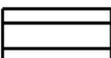
L'Unità tettonica Montanesi affiora nel versante in sinistra idraulica del torrente Polcevera, a partire dal fondovalle fino al contatto tettonico con l'Unità tettonica Ronco. Il limite superiore non è mai direttamente osservabile ma si assiste ad un progressivo incremento del grado di disturbo tettonico (scompaginazione degli strati e clastesi). Il limite inferiore, anch'esso tettonico, con l'Unità tettonica Mignanego non è visibile poiché coperto dalle alluvioni di fondovalle.

La formazione delle **Argilliti di Mignanego (AMG)**, ascrivibili all'Unità Tettonica Mignanego, consistono in torbiditi a basso grado metamorfico, costituite da siltiti arenacee medio-fini in strati da centimetrici a pluridecimetrici, talora con intercalazioni di argilloscisti neri, oppure da torbiditi marnose a base calcareo-arenacea sottile in strati da decimetrici a metrici. In linea generale, il substrato lapideo è generalmente preceduto, ad eccezione del fondovalle dove risulta ricoperto dai depositi alluvionali del Torrente Polcevera, da un livello superficiale, molto alterato e disarticolato, definito in letteratura "cappellaccio di alterazione", scaglioso e argillificato che mantiene comunque ancora l'aspetto e la tessitura della roccia originaria.

L'elemento **idrografico** principale è il **Torrente Polcevera**, che scorre immediatamente ad ovest dell'area di studio, oltre la linea ferroviaria. In questo tratto del suo percorso, presenta un andamento debolmente meandriforme, con anse incise su antichi depositi alluvionali che attualmente costituiscono ampi terrazzi fluviali. Il Torrente Polcevera presenta numerosi impluvi laterali, formando una sviluppata rete idrografica del tipo dendritico.

STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA (Fonte: Piano Urbanistico Comunale – Comune di Genova)



 Zone permeabili per porosità (Alluvioni e spiagge)
 Zone urbanizzate sostanzialmente impermeabili

 Acquifero significativo

 Sorgenti

 Pozzi

Per quanto riguarda gli aspetti **idrogeologici** si può ritenere che i depositi alluvionali risultino complessivamente permeabili per porosità, con coefficienti in funzione della granulometria prevalente (che nello specifico hanno mostrato una permeabilità medio-alta); il fondovalle dei corsi d'acqua principali, infatti, è caratterizzato da depositi alluvionali, prevalentemente di natura sabbioso-ghiaiosa, conglomerati grossolani e ghiaie, definiti da condizioni di permeabilità primaria per porosità. Tali alluvioni costituiscono il principale serbatoio idrico sotterraneo, e sono intensamente sfruttate in prevalenza per uso industriale. Al contrario i materiali di riporto soprastanti e presenti in superficie possiedono una permeabilità variabile da punto a punto, anche se, in ragione della granulometria medio-grossolana, coefficienti medio elevati possono essere ritenuti accettabili.

Il substrato roccioso sano (argilliti) è da ritenere sostanzialmente impermeabile in condizioni di integrità; risulta parzialmente permeabile solo a seguito di intensa fessurazione, limitatamente ai livelli superficiali, dove le discontinuità strutturali possono rappresentare vie di circolazioni preferenziali.

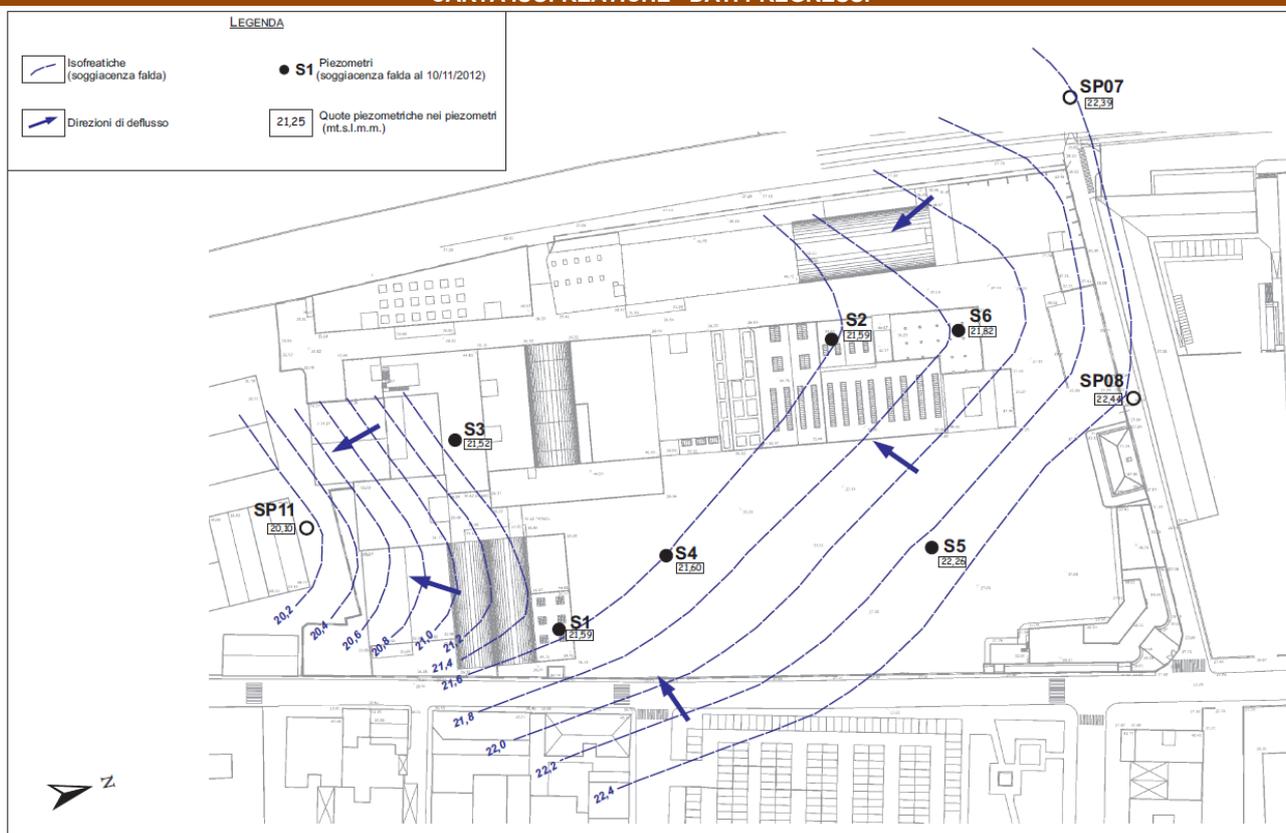
Le argilliti di Mignanego e di Montanesi infatti sono da classificarsi, qualora in buone condizioni di conservazione, come poco permeabili o impermeabili.

Secondo quanto riportato nelle indagini pregresse eseguite nell'ambito del Piano di caratterizzazione dell'area Ex - Mira Lanza e dai rilevamenti eseguiti nella campagna del 2021, è stato rilevato che nel sito oggetto di intervento la **soggiacenza della falda freatica** si attesta mediamente a circa **- 5.50 m da p.c.** con oscillazioni nel tempo comprese tra **5.00 ÷ 6.50 m** da p.c.,

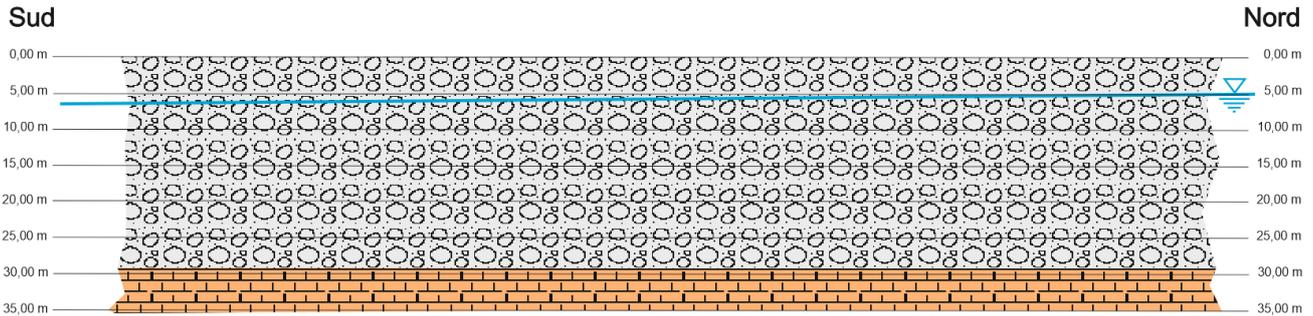
È stato rilevato inoltre che il deflusso della falda avviene principalmente in direzione NS nel materasso alluvionale e che esso è estraneo ad apporti meteorici significativi data l'elevato grado di urbanizzazione delle superfici. Al letto la falda è confinata dalla presenza delle unità del substrato roccioso impermeabili.

L'indagine in situ rileva la presenza di un primo livello di riporti eterogenei ed eterometrici a tetto di un potente deposito alluvionale composto da livelli ghiaiosi più o meno sabbiosi in matrice limoso, dello spessore massimo di circa 30 m. Al letto riscontriamo la presenza di cappellaccio d'alterazione, il quale a sua volta sormonta il substrato roccioso composto da argilloscisti.

CARTA ISOFREATICHE - DATI PREGRESSI



SEZIONE IDROGEOLOGICA SEMPLIFICATIVA



LITOLOGIA



Depositi alluvionali caratterizzati da ghiaia eterometrica sabbioso limosa mediamente addensata



Substrato roccioso costituito da argilliti di colore scuro con struttura orientata, fratturate con discontinuità ravvicinate e alterazione media avente scistosità planari.



livello piezometrico

Da un punto di vista idrogeologico, l'area di intervento è sostanzialmente riconducibile ad un corpo idrico principale a media permeabilità, costituito dal materasso alluvionale del torrente Polcevera, che poggia su un *bedrock* generalmente poco permeabile.

In particolare, i depositi alluvionali del complesso ghiaioso-sabbioso costituiscono un importante acquifero a carattere freatico con permeabilità delle alluvioni grossolane comprese tra $3 \cdot 10^{-5}$ e $3 \cdot 10^{-3}$ m/s; entro il materasso alluvionale non mancano tuttavia orizzonti fini poco permeabili riconducibili al complesso limoso-argilloso a permeabilità medio bassa ($k = 10^{-7} \div 10^{-5}$ m/s), che tuttavia non modificano significativamente la trasmissività dell'acquifero.

Le formazioni di substrato appaiono, in genere, caratterizzati da una bassa permeabilità secondaria per fratturazione, con valori di k variabili tra $3 \cdot 10^{-9}$ e $3 \cdot 10^{-7}$ m/s.

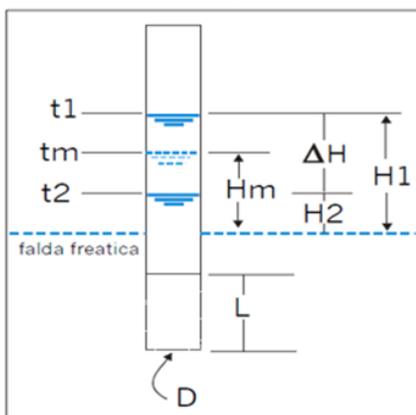
3.2 PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO IN SITO

Per la determinazione del coefficiente di permeabilità del terreno in situ è stata eseguita una prova a tipo "Lefranc" a carico variabile.

La prova è stata eseguita durante la trivellazione del sondaggio a carotaggio continuo alla profondità di 4 m saturando preventivamente il terreno.

Successivamente è stata eseguita la prova a carico variabile misurando la velocità di abbassamento del livello dell'acqua in funzione del tempo.

Schema della prova Lefranc



Per prove a carico idraulico variabile la conducibilità idraulica è:

$$K = \frac{A \Delta H}{C dt H_m}$$

A = area di base della tasca filtrante

$\Delta H = H_1 - H_2$ = differenza di carico idraulico

$dt = t_2 - t_1$ = intervallo di tempo corrispondente a ΔH

H_m = carico idraulico corrispondente al tempo medio $(t_1 + t_2) / 2$

C = coefficiente di forma

Nel caso di foro aperto inferiore:

$$C = 2,85 D$$

Per una tasca sferica con $L = D$

$$C = 2D\pi$$



Diametro tubo	0,1	m
area di base	0,0079	mq
C coeff forma	0,285	
t1	0	s
t2	300	s
h1	4,2	m
h2	1,31	m
h	2,755	m
K	9,63E-05	m/s

<i>k</i> (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			

Ai depositi in sito, caratterizzati da una litologia ghiaioso sabbiosa, a seguito della prova di permeabilità è stato associato un coefficiente di permeabilità k pari a 9.63×10^{-5} m/s, arrotondato cautelativamente a 9×10^{-5} m/s.

4. PRECIPITAZIONI METEORICHE DI RIFERIMENTO

Le eventuali opere di invarianza idraulica (vasche di laminazione o pozzi filtranti) dovranno essere dimensionate, secondo le indicazioni del Piano Urbanistico del Comune di Genova, in modo tale da poter contenere per 30 minuti un volume idrico corrispondente a un afflusso meteorico di intensità pari a 60 mm in 30 minuti, a cui corrisponde un deflusso istantaneo pari a 333,33 l/sec per ettaro.



Stato di Progetto - Fonte Studio Domus

4.1 Scelta dei coefficienti di deflusso pre e post trasformazione e calcolo delle superfici permeabili equivalenti

Per la scelta dei coefficienti di deflusso pre e post trasformazione si è fatto riferimento a quanto suggerito nell'Allegato 2 del "Manuale per la verifica della permeabilità dei suoli e il dimensionamento dei sistemi di laminazione delle acque meteoriche". Nel caso in esame, si è quindi ottenuto:

situazione attuale (pre-trasformazione)			
Descrizione	C_d	Area (mq)	Superficie permeabile equivalente $Area \times (1 - C_d)$
Superfici di manufatti diversi in cls o altri materiali impermeabili o impermeabilizzati esposti alla pioggia, e non attribuibili alle altre categorie, come muretti, plinti, gradinate, scale, ecc	0,95	37.820	1.891
Totale			1.891
situazione in progetto (post-trasformazione)			
Descrizione	cd	Area (mq)	Superficie permeabile equivalente $Area \times (1 - cd)$
Pavimento in asfalto o cls	0.90	33908	3.390
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	0.10	3912	3.521
Totale			6.911

Rapporto di permeabilità equivalente ($R_{p_{ex\ post}}$) = $100 \times (6.911 / 37.820) = 18.30 \%$

Il valore di $R_{p_{ex\ post}}$, pur indicando un miglioramento nella permeabilità di superficie dell'area soggetta a trasformazione, risulta inferiore al valore minimo, $R_p=70\%$, previsto dal Piano urbanistico del Comune di Genova. Questo ultimo valore è stato quindi adottato come parametro di riferimento per il dimensionamento del sistema di invarianza idraulica.

5. DIMENSIONAMENTO VOLUME CRITICO DI LAMINAZIONE

PERMEABILITA' DEI SUOLI E SISTEMI DI RITENZIONE TEMPORANEA ACQUE METEORICHE										
VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL SUOLO										
STATO ATTUALE										
RAPPORTO PERMEABILITA' ATTUALE Rp = 10%										
TIPOLOGIA DI SUPERFICIE (STATO ATTUALE)					SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE					
		Cd RIF.	Cd CALC.		Spe =					
Pavimento in asfalto o c/s	37820,0 m ²	Ψ = 0,90	Ψ' =	Spe =	3782,0 m ²					
Pavimentazioni in ciottoli su sabbia	m ²	Ψ = 0,40	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²					
Superfici in ghiaia sciolta	m ²	Ψ = 0,30	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²					
Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato o del terreno naturale medio > 50 cm con inclinazione max 12° (Sistema a tre strati - UNI 11235/2007 e terreno naturale con caratteristiche idrauliche dipendenti dalla suddetta)	m ²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²					
Pavimentazioni in cubetti o pietre a lastre a fuga sigillata	m ²	Ψ = 0,80	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²					
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m ²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²					
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m ²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²					
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Stato Attuale	37820,0 m ²				TOTALE Spe	3782,0 m ²				
STATO DI PROGETTO										
RAPPORTO PERMEABILITA' PROGETTO Rp = 18% Rp Equiv. x ritenzione 70%										
TIPOLOGIA DI SUPERFICIE (STATO DI PROGETTO)					SUPERFICIE PERMEABILE EQUIVALENTE					
		Cd RIF.	Cd CALC.		Spe =		Q =			
Pavimento in asfalto o c/s	33908,0 m ²	Ψ = 0,90	Ψ' =	Spe =	3390,8 m ²	Q =	652,20 l/s			
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	3912,0 m ²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	3520,8 m ²	Q =	0,00 l/s			
Pavimentazioni in elementi drenanti su sabbia	m ²	Ψ = 0,30	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²	Q =	0,00 l/s			
Asfalto drenante	m ²	Ψ = 0,85	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²	Q =	0,00 l/s			
Coperture continue con finiture in materiali sigillanti (terrazze, lastre solari, superfici poste sopra a volumi interrati) con inclinazione > 3°	m ²	Ψ = 0,90	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²	Q =	0,00 l/s			
Corsi e specchi d'acqua, vasche, bacini di accumulo con fondo impermeabile	m ²	Ψ = 1,00	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²	Q =	0,00 l/s			
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m ²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²	Q =	0,00 l/s			
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m ²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²	Q =	0,00 l/s			
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m ²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²	Q =	0,00 l/s			
Superfici a verde su suolo profondo: prati, orti, superfici boscate e agricole	m ²	Ψ = 0,10	Ψ' =	Spe =	0,0 m ²	Q =	0,00 l/s			
SUPERFICIE RIFERIMENTO Sr Progetto	37820,0 m ²	21740,0 m ²				TOTALE Spe	6911,6 m ²	Qp =	652,20 l/s	
VERIFICA Sr Attuale = Progetto → OK!										
VERIFICHE STANDARD RICHIESTI :										
Rp o Rp Equivalente Minimo da Garantire		70%		VERIFICA Rp e MIGLIORAMENTO		OK!		VASCA COMPENSAZIONE RICHIESTA		SI
DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE										
ALTEZZA E DURATA DELLA PIOGGIA CRITICA										
Altezza di precipitazione critica	60 mm	Deflusso istantaneo per ettaro			333,33 l/s*ha					
Durata pioggia critica	30 min.									
SCARICO CONCESSO E PORTATA DA LAMINARE										
Qscarico	43,48 l/s									
Portata da laminare	608,72 l/s	Ritardo da conseguire	30 min.	V vasca =	1095696 litri	1095,7 m ³				
DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione)										
Asez.tubo =	$\frac{Q}{0,6 \cdot \sqrt{(2 \cdot 9,81 \cdot h)}}$	0,6	parametro idraulico fisso (adimensionale)							
		h	- tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. (vedi Istruzioni, punto 3. 5) - oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m. (vedi Istruzioni, punto 3. 5.ter)							
		Q	Qscarico calcolata al punto 6)							
		h =	2,00 m							
		Asez.tubo =	0,01157	m ²						
		Diametro = 2 * √ (Asez.tubo/π)	121,4	mm						
VASCA COMPENSAZIONE CORRETTAMENTE DIMENSIONATA SI										

LEGENDA	
	Valori da inserir con solo una cifra decimale
	Valori di progett talvolta necessita
	Valori calcolati
	Valori calcolati e non modificabili
	Celle di controllo

Il coefficiente udometrico pre-trasformazione è stato posto uguale a **20 l/s** per ettaro e si è considerata una superficie di raccolta delle acque meteoriche (superfici addotte in vasca Sv) di **21.740 mc**, da cui deriva, secondo il foglio di calcolo per il dimensionamento del sistema di invarianza idraulica del Comune di Genova, che il volume da laminare risulta pari a circa **1.100 mc**.

Per quanto riguarda i settori non a verde, non essendo ancora state definite le aree che verranno realizzate con asfalti e calcestruzzi drenanti, tetti verdi o altri sistemi, è stato considerato, a scopo cautelativo, che tutte le superfici siano completamente impermeabili.

6. SISTEMA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO

Il sistema di laminazione che verrà adottato è, allo stato attuale, ancora in fase di studio e sono al vaglio le seguenti ipotesi:

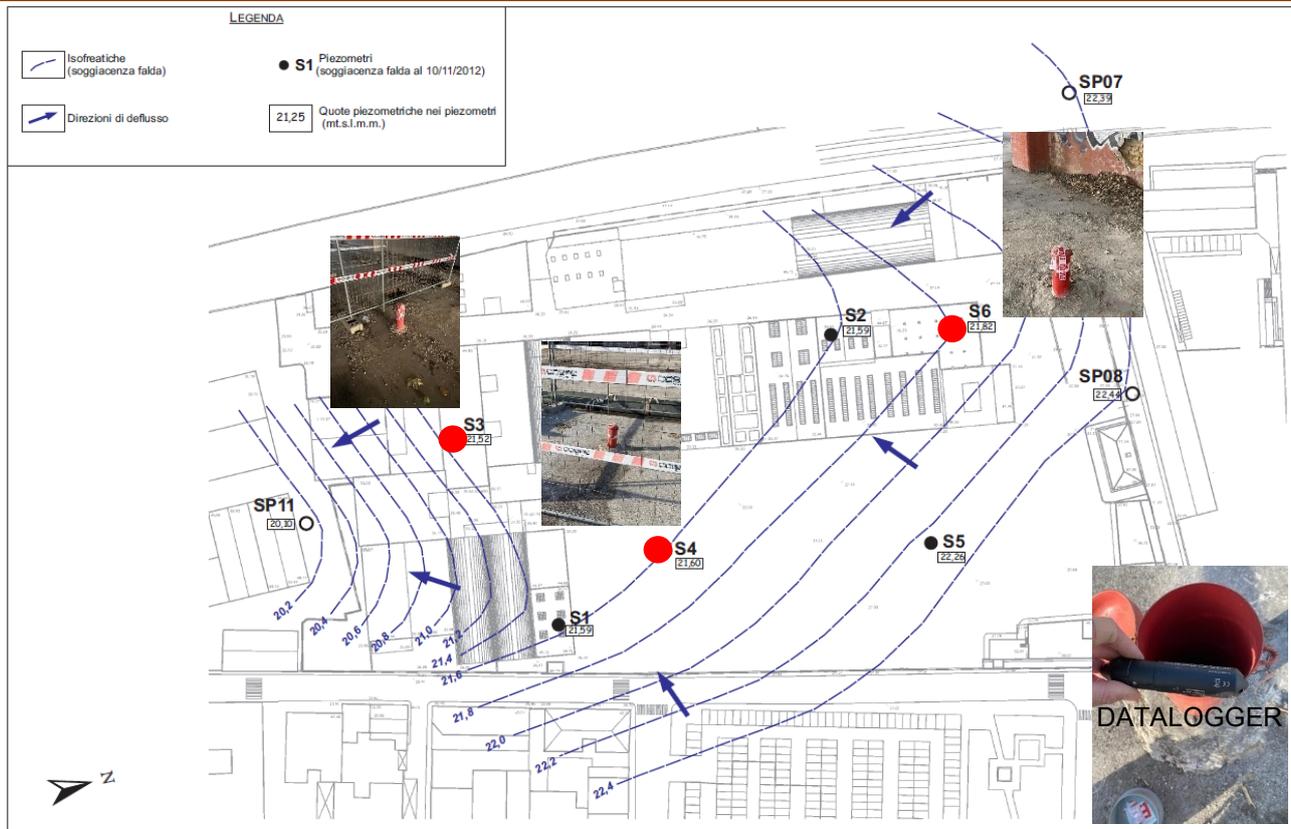
- A. Vasche laminazione a tenuta;
- B. Vasche laminazioni drenanti;
- C. Pozzi perdenti;
- D. Trincee drenanti;
- E. Sistema misto di dispersione al suolo e vasche di laminazione.

Come scritto in precedenza, la presenza nel sottosuolo di uno strato di ghiaia con buona permeabilità avente uno spessore intorno ai 30 m e la massima escursione della falda a circa 5 m dal p.c. suggerirebbe l'adozione di un sistema di invarianza idraulica costituito da una batteria di pozzi perdenti, vasche disperdenti o trincee drenanti in grado quindi di disperdere per infiltrazione il volume di deflusso meteorico in eccesso.

Per prendere una decisione in tal senso, piuttosto che un sistema di laminazione con vasche a tenuta, è stato deciso di procedere al **monitoraggio della falda freatica** inserendo in 3 piezometri dei trasduttori di pressione con datalogger integrato in grado di registrare le fluttuazioni del livello dell'acqua nel tempo. Il sistema è stato programmato in modo da acquisire 48 registrazioni giornaliere (una registrazione ogni mezz'ora) a partire dalle ore 13.00 del 15.12.2021 per un periodo a lungo termine, in maniera da verificare anche l'influenza di ondate di piena del Polcevera nei confronti della falda.



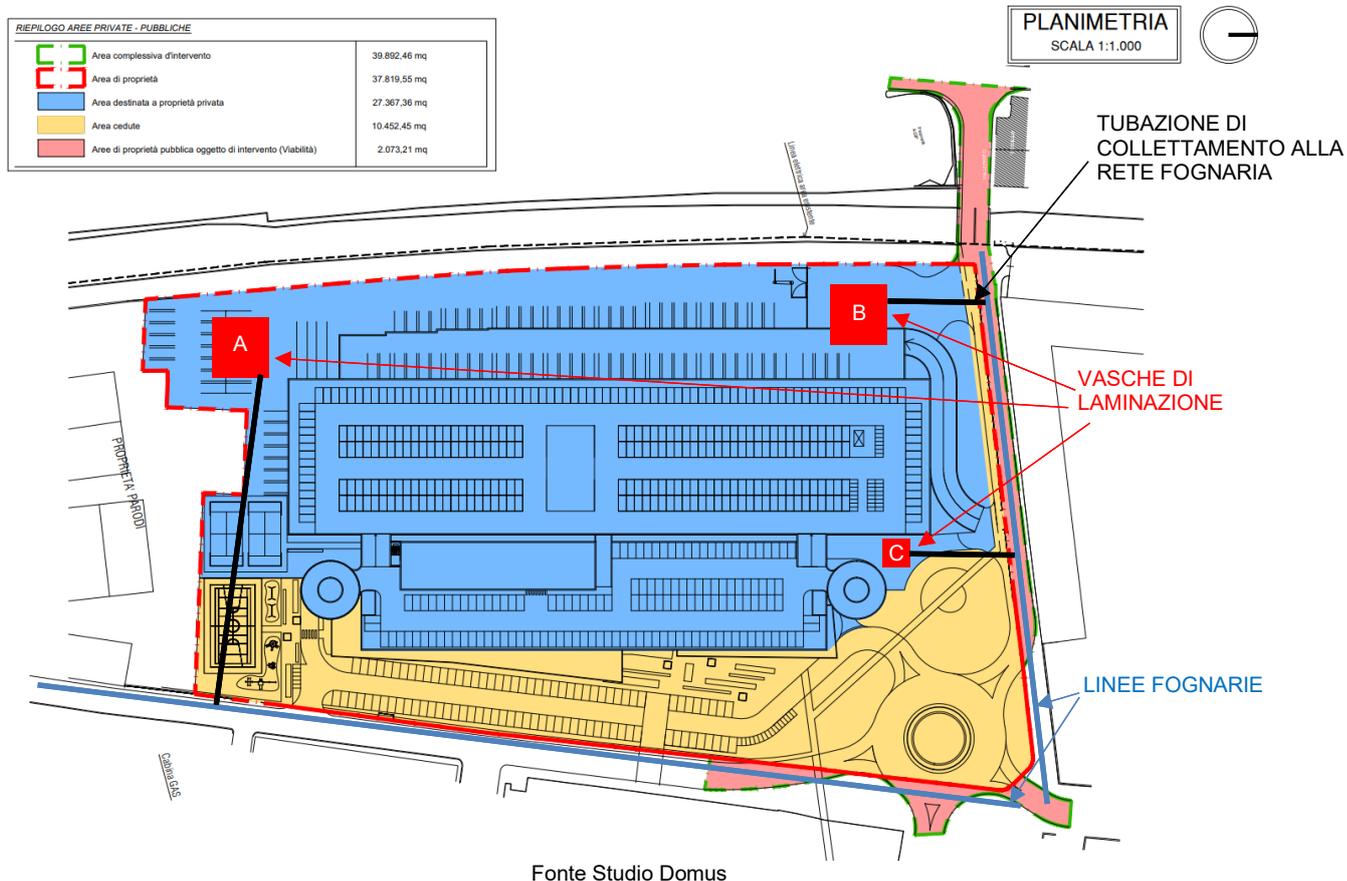
POSIZIONAMENTO DATALOGGER



All'istante dell'installazione dei datalogger il livello della falda, rispetto al p.c. attuale, è risultato pari a:

DEN. PIEZOMETRO	SOGGIACENZA FALDA DA P.C. m (15.12.2021)
S3	5.12
S4	5.54
S6	5.41

IPOTESI A e B – VASCHE LAMINAZIONE A TENUTA E/O DRENANTI



In pianta si riportano le posizioni dove potrebbero essere collocate le vasche di laminazione a tenuta, realizzate in ca con appositi cementi. Per esempio potrebbero essere realizzate n.2 vasche (A, B) da 450 mc ciascuna (15 x 15 x 2), più una vasca (C) da 200 mc (10 x 10 x 2) per un totale di **1100 mc**.

Le vasche drenanti, aventi le medesime dimensioni, verrebbero realizzate sostanzialmente senza fondo con un troppo pieno collettato alla rete fognaria.

IPOTESI C – POZZI PERDENTI

Il dimensionamento di pozzi filtranti consiste nella determinazione del volume minimo che essi devono possedere per essere in grado di smaltire le acque meteoriche. Il pozzo deve quindi consentire l'infiltrazione in profondità delle acque defluenti in superficie e permettere l'invaso dell'afflusso in eccesso fino all'esaurimento dell'evento piovoso. Trascurando l'evaporazione, poco significativa durante la precipitazione meteorica, la relazione alla base del dimensionamento dei pozzi è la seguente:

$$(a) (Q_p - Q_f) \Delta t = \Delta W$$

in cui:

$Q_p(\text{mc/h})$ = portata dell'afflusso meteorico al tempo t ;
 $Q_f(\text{mc/h})$ = portata che s'infiltra nel terreno al tempo t ;
 $\Delta t(\text{h})$ = passo di calcolo temporale;
 $\Delta W(\text{mc})$ = volume invasato nel pozzo.

Il termine ΔW , ovviamente, tenderà a crescere fino a raggiungere un valore massimo in corrispondenza dell'esaurirsi dell'evento piovoso. Fissato un passo temporale di calcolo Δt , il termine Q_p viene essere posto costante e la grandezza Q_f viene fornita dalla relazione (Sieker, 1984):

$$(b) Q_f = (k/2) [(L + h) / (L + 0,5h)] A_f$$

dove:

L (m) = profondità della falda misurata dal fondo del pozzo;
h (m) = altezza della colonna d'acqua nel pozzo;
k(m/s) = permeabilità del terreno saturo;
 $A_f(mq)$ = superficie drenante = $\Delta (0,5d+0,5h)^2 - \Delta d^2/4$
d(m) = diametro del pozzo

Infine il termine ΔW si ricava con la relazione:

$$(c) \Delta W = A_p h$$

in cui:

$A_p(mq)$ = area della sezione del pozzo = $\Delta d^2/4$

Essendo l'incognita h presente nei due membri dell'equazione, la (a) va risolta con un procedimento a passi. In pratica si pone inizialmente $h=0$, cioè $Q_f=0$, e, in corrispondenza del primo passo temporale di calcolo, si risolve la (a). Il primo valore di h si ottiene quindi con la relazione:

$$h = \Delta W_1 / A_p$$

Utilizzando il valore di h ricavato, si calcola Q_f e la s'introduce nella (c). Il nuovo valore di h , per il tempo $2\Delta t$, si ottiene risolvendo nuovamente la (a):

$$\Delta W_2 = \Delta W_1 + (Q_p - Q_f) \Delta t$$

Il procedimento deve essere ripetuto fino ad un tempo almeno uguale alla durata dell'evento meteorico, tempo in cui h assume il suo massimo valore.

Nel caso in esame, utilizzando una permeabilità media dello strato ghiaioso di $9,0 \times 10^{-5}$ m/s, ricavato dalla prova di permeabilità in sito, si è ottenuto un **volume** minimo di accumulo nei pozzi di circa **1.000 m³**.

Confrontando i due metodi e considerando cautelativamente di **non computare nel dimensionamento dei pozzi il volume infiltrato durante l'evento meteorico**, risulta che il volume ottenuto mediante le specifiche del Comune di Genova risulta pari a **1095.70 m³**, pertanto superiore a quanto stimato mediante il criterio idrologico e quindi cautelativamente assunto come volume di invaso.

Per esempio, ma le soluzioni potrebbero essere varie a seconda di dove si intende collocare i pozzi filtranti, ipotizzando una batteria di **50 pozzi** ad anelli di diametro di **2 m** e profondi **3 m** inseriti in uno scavo a trincea lungo **160 m**, con fondo scavo largo 3 m, altezza scavo 3 m con angolo di scarpa di 60 gradi (6.50 m larghezza scavo parte alta), otterremo che:

STIMA VOLUME DEL SISTEMA INVASO MEDIANTE POZZI FILTRANTI

Volume pozzo = $3.14 \times 1^2 \times 3 = 9.42$ mc x 50 = **9.42 m³**

Volume pozzi = (Vol. pozzo) x (n. pozzi) = 9.42 mc x 50 = **471 m³**

Volume scavo = $[(6.50 + 3) \times 3 \times 0.50] \times 160 =$ **2280 m³**

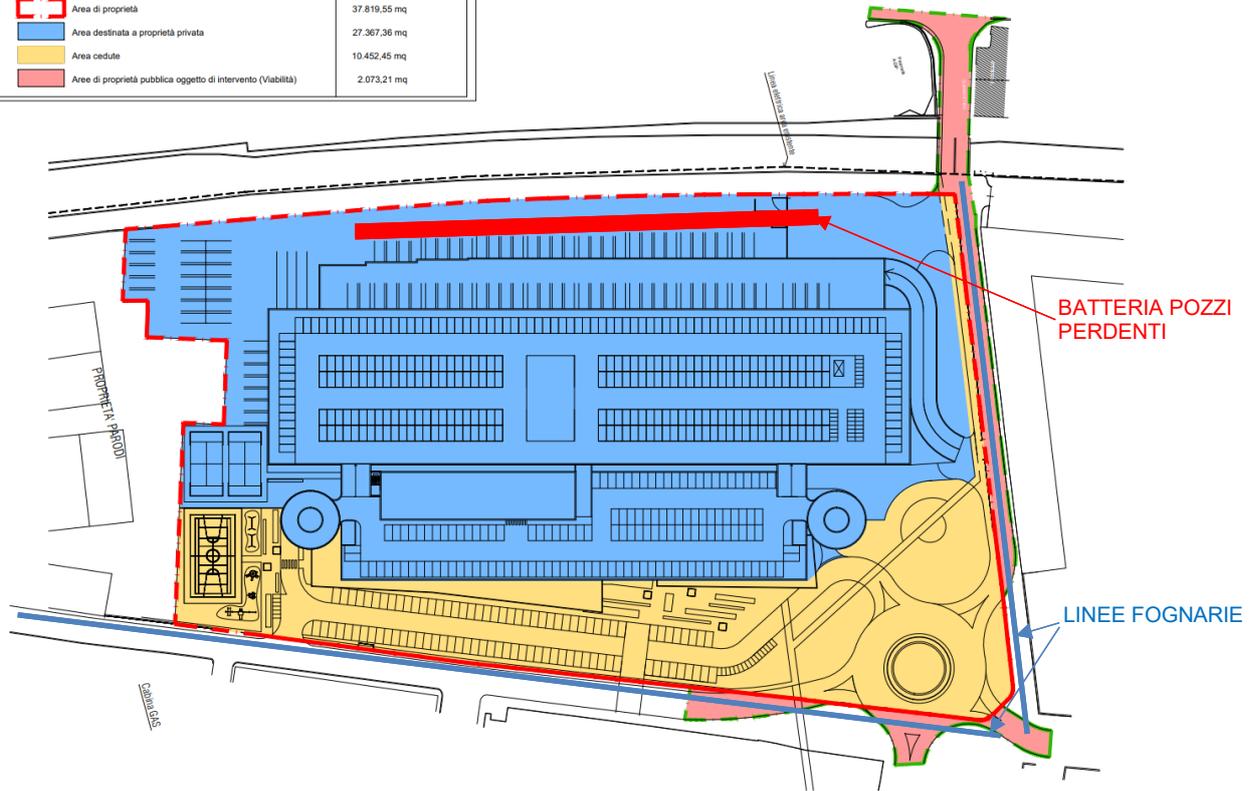
Volume drenante di riempimento scavo con ghiaia = (Volume scavo – volume pozzi) x (porosità efficace) = **633.15 m³**

Volume totale invaso (sistema pozzi) = volume pozzi + volume ghiaia drenante corona pozzi = $471 + 633.15 =$ **1104 m³**

SCHEMA IPOTETICO POSIZIONAMENTO POZZI PERDENTI

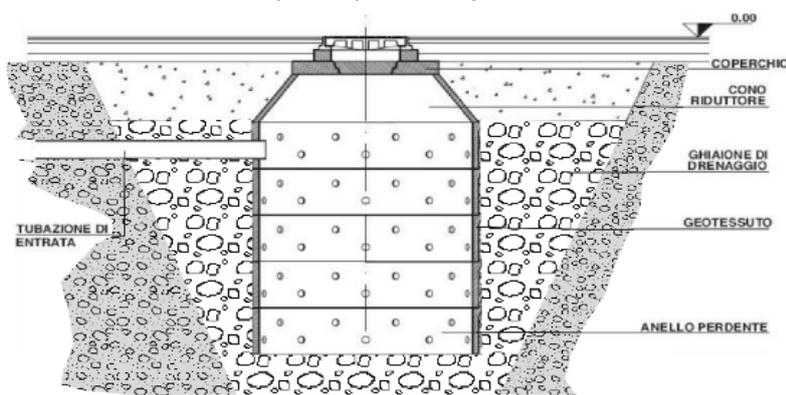
RIEPILOGO AREE PRIVATE - PUBBLICHE	
	Area complessiva d'intervento 39.892,46 mq
	Area di proprietà 37.819,55 mq
	Area destinata a proprietà privata 27.367,36 mq
	Area cedute 10.452,45 mq
	Area di proprietà pubblica oggetto di intervento (Viabilità) 2.073,21 mq

PLANIMETRIA
SCALA 1:1.000



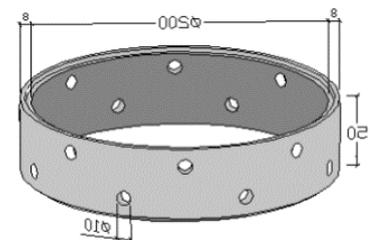
Fonte Studio Domus

Per la realizzazione dei pozzi perdenti possono essere usati anelli prefabbricati componibili realizzati

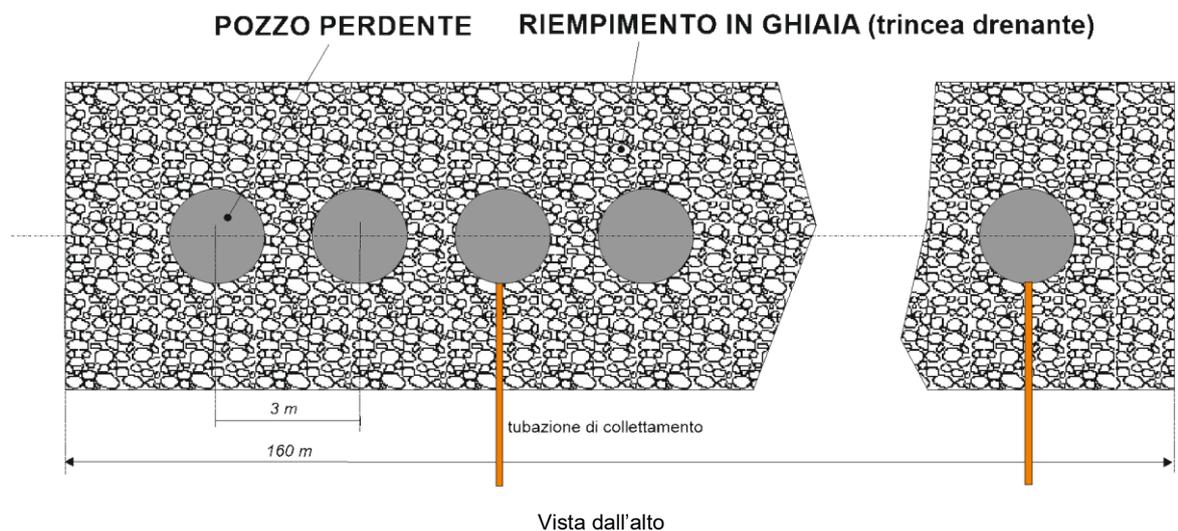
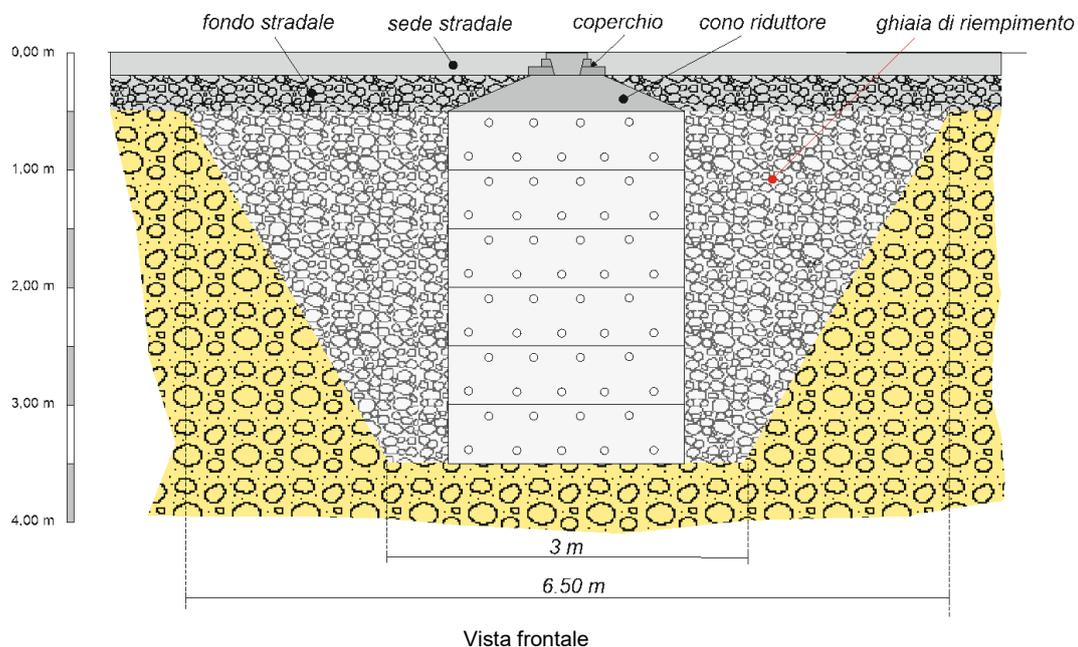


in calcestruzzo armato vibrato e dotati di fori conici passanti sulle pareti perimetrali, impiegati per disperdere nel terreno le acque. Gli elementi sono solitamente muniti di incastro a bicchiere per facilitarne la messa in opera. A chiusura dei pozzi perdenti sono disponibili coperchi pedonali e carrabili, muniti di fori di ispezione.

Realizzati gli scavi e posizionati i pozzi, l'intercapedine risultante dovrà essere riempita con ghiaia drenante (corona drenante) il cui volume dei vuoti, considerando una porosità specifica di 0.35 per la ghiaia ben selezionata con pezzatura di 8 ÷ 10 cm entrerà a far parte della stima del volume di accumulo per la laminazione.



Esempio di realizzazione trincea di pozzi



Il posizionamento dei pozzi rimane comunque indicativo, sarà infatti lo studio di progettazione ad indicarne l'esatta posizione, tenendo invariato il volume effettivo di invaso.

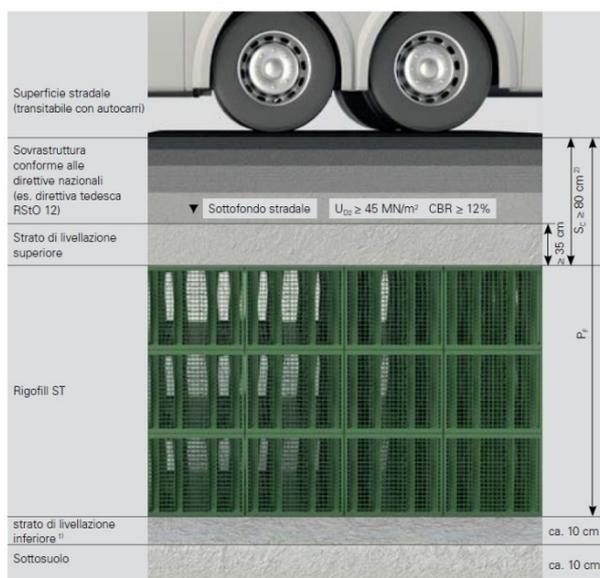
IPOSTESI D – TRINCEA DRENANTE



Realizzando sempre delle trincee, ma posizionando delle tubazioni di grosso diametro come in figura, verrebbe sfruttata ugualmente la capacità di infiltrazione del sottosuolo ma implicherebbe la realizzazione di grosse cubature di scavo, risultando in sostanza molto meno efficace che un sistema pozzi.

Il massimo dell'efficienza si potrebbe ottenere invece da trincee disperdenti tipo "Rigofill" (percentuale vuoto per ogni modulo pari al 95%), in sostanza si tratta di moduli prefabbricati in materia plastica con altissimo volume di immagazzinamento adatte anche al transito di mezzi pesanti.

Il vantaggio di questo sistema piuttosto che l'utilizzo di vasche perdenti in ca (senza fondo), risiede che nel tempo viene garantita la dispersione per infiltrazione laterale.



Immagini tratte dal manuale di installazione Rigofill

IPOSTESI E – SISTEMA MISTO DI DISPERSIONE AL SUOLO E VASCHE DI LAMINAZIONE

Potrebbe essere anche essere preso in considerazione un sistema misto, caratterizzato da opere di dispersione al suolo e di vasche di laminazione.

In definitiva i possibili sistemi da adottare, rimanendo invariato il volume di 1.100 mc, potrebbero essere vari:

- Pozzi filtranti o disperdenti con troppo pieno in fognatura;
- Vasche disperdenti con troppo pieno in fognatura;
- Trincee drenanti;
- Sistema misto di vasche e/o pozzi filtranti con troppo pieno in vasca di laminazione;
- Vasche di laminazione impermeabili.

Per il posizionamento e la scelta delle opere di laminazione si rimanda alle tavole che verranno fornite dallo Studio di progettazione una volta perfezionato il progetto nei suoi particolari, quindi anche la scelta di una pavimentazione drenante piuttosto che un'altra consentirà di calibrare successivamente l'effettivo volume cui fare riferimento, il quale potrebbe risultare inferiore ai 1100 mc attualmente stimati (condizione cautelativa).

7. MANUTENZIONE

La **manutenzione** è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni. Si ricorda che i costi di gestione e manutenzione, sia ordinaria che straordinaria, ricadono interamente ed esclusivamente sul proprietario dell'opera.

A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione.

La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli **interventi ordinari**, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli **interventi straordinari**, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio terremoti, sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture.

Si possono inoltre distinguere, per alcune tipologie di soluzioni quali le aree di ritenzione vegetate e le fitodepurazioni, gli interventi di supporto necessari all'attecchimento delle essenze vegetate nelle primissime fasi della vita degli impianti, non più necessari quando gli invasi avranno raggiunto la fase in esercizio con il completo equilibrio delle componenti ecologiche presenti.

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia *ad-hoc* in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante.

Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da personale con formazione adeguata.

Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati. Sarebbe auspicabile prevedere anche l'inserimento di pretrattamenti per l'intercettazione di sedimenti ed oli che possono ostruire la struttura.

È opportuno inserire nelle grondaie dei filtri al fine di intrappolare particelle, foglie ed altri detriti.

Esistono anche in commercio dei piccoli manufatti che si inseriscono nelle grondaie e consentono il transito dell'acqua e l'espulsione delle foglie.

Per quanto concerne il progetto specifico le attività di verifica e controllo possono essere riassunte nei seguenti punti:

- Verifica del corretto afflusso delle acque;
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali;
- Verifica della pulizia interna dei pozzi filtranti e/o vasche;
- Pulizia scorrimento;

Piccola manutenzione edile.

Moniga del Garda (BS), 16/12/2021

IL TECNICO
DOTT. GEOL. STEFANO SALVI

