

LAVORI DI RIGENERAZIONE ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL CENTRO SPORTIVO FRANCO GIORGETTI

PNRR, Missione 5, Componente 2, Misura 2.1, Investimento Rigenerazione Urbana

CUP - D98I21000160001

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA AVANZATA



Comune di Bovisio Masciago (MB)

Localizzazione intervento: Via Europa

Piazza Biraghi 3 - 20813 Bovisio Masciago (MB)

Pec: comunebovisiomasciago@cert.legalmail.it

mail protocollo@comune.bovisiomasciago.mb.it

Tel. 3903625111 - Fax 390362558720

P.IVA 00767730963

Codice Fiscale 03959350152

FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA

NEXT GENERATION EU

Studio di progettazione

Rizzinelli e Vezzoli architetti associati

Via Cefalonia 41/A - 25124 Brescia

Progettisti: Arch. Giorgio Vezzoli



**AR 15 | RELAZIONE IDROGEOLOGICA ED INVARIANZA
IDRAULICA**



COMUNE DI BOVISIO MASCIAGO

Piazza Oreste Biraghi
20813 – BOVISIO MASCIAGO (MB)

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

E DI

INVARIANZA IDRAULICA

**FINALIZZATA AI PREVISTI INTERVENTI PROGETTUALI DI RIGENERAZIONE
ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL CENTRO SPORTIVO COMUNALE
“FRANCO GIORGETTI” SITO NEL TERRITORIO COMUNALE DI BOVISIO
MASCIAGO (MB) – VIA EUROPA 26**

LA COMMITTENZA

COMUNE DI BOVISIO MASCIAGO

**PIAZZA ORESTE BIRAGHI
20813 – BOVISIO MASCIAGO (MB)**

**Progetto: INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA
Località: Bovisio Masciago (MB)
Centro Sportivo Franco Giorgetti**

IL GEOLOGO

Dott. F. A. CRIPPA



FEBBRAIO 2023

INDICE

PREMESSA	pag. 03
----------	---------

CAPITOLO I – ANALISI DELL’ASSETTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DEL SETTORE DI INTERESSE PROGETTUALE

1.0 – DEFINIZIONE DELL’ASSETTO GEOLOGICO TERRITORIALE	07
1.1 – INQUADRAMENTO GENERALE – Storia geologica del territorio	07
1.2 – INQUADRAMENTO DI DETTAGLIO	08
1.2.1 - UNITÀ FORMAZIONALI AFFIORANTI	08
1.2.2 - CARATTERI GEOMORFOLOGICI	09
1.2.3 – STRUTTURA IDROGEOLOGICA	12
1.3 – CARTA DEI VINCOLI	16
1.4 – CARTA DI SINTESI	16
1.5 – CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	17
1.6 - PROVA DI PERMEABILITÀ IN SITO - METODO LEFRANC	21
1.7 - INDIVIDUAZIONE STIMATA DEL GRADO DI PERMEABILITÀ	22

CAPITOLO II – VALUTAZIONI IDROLOGICHE ED IDRAULICHE RELATIVE ALLE CONDIZIONI DI INVARIANZA IDRAULICA DELL’AREA DI INTERESSE

2.0 - LOCALIZZAZIONE DELL’AREA DI INTERESSE PROGETTUALE	24
2.1 ANALISI DELLE CONDIZIONI DI PIOVOSITÀ SITO SPECIFICHE: LINEE SEGNALETICHE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	25
2.2 – DEFINIZIONE DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE	28
2.3 - DEFINIZIONE DEI VOLUMI MINIMI DI PIOGGIA	33
2.4 – IPOTESI DI INTERVENTO 01: VASCHE DI LAMINAZIONE	37
2.5 – IPOTESI DI INTERVENTO 02: STRUTTURA DISPERDENTE	39
VALUTAZIONI CONCLUSIVE	59

FIGURE NEL TESTO

Figura 01a/b: UBICAZIONE COROGRAFICA E CATASTALE DELL’AREA DI INTERESSE

Figura 02a/b: CARTA GEOLOGICA GENERALE E DI DETTAGLIO

Figura 03: CARTA IDROGEOLOGICA

Figura 04: CARTA DEI VINCOLI

Figura 05: CARTA DI SINTESI

Figura 06: CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Figura 07: DISTRIBUZIONE CARTOGRAFICA DEGLI AMBITI A DIFFERENTE
CRITICITÀ IDRAULICA

Figura 08: DEFINIZIONE DELLE SUPERFICI AI FINI DELL’INVARIANZA IDRAULICA

PREMESSA

Il presente lavoro, commissionato dal **Comune di Bovisio Masciago** è rappresentato dalla relazione idrogeologica ed idraulica finalizzata al progetto di invarianza idraulica relativo agli interventi di rigenerazione ed efficientamento energetico delle strutture edificatorie attualmente esistenti presso il **Centro Sportivo Comunale "Franco Giorgetti"** sito in Bovisio Masciago (MB) Via Europa civico n° 26.

Le aree di intervento progettualmente previste risultano catastalmente identificate nel comune censuario di Bovisio Masciago come segue:

Intervento 01 – Edificio Spogliatoio A.1	Foglio 14 Mappale 01 (parte)
Intervento 02 – Edificio Polifunzionale	Foglio 14 Mappale 01, 49 (parte)
Intervento 03 – Edificio Spogliatoio A.2	Foglio 14 Mappale 01 (parte)
Intervento 04 – Superficie Attrezzata	Foglio 14 Mappale 01 (parte)

La Regione Lombardia ha approvato i criteri e metodi per il rispetto del "**principio dell'invarianza idraulica ed idrologica**" ([regolamento regionale n. 7 del 23 novembre 2017](#)), come previsto dall'articolo 58 bis della legge regionale n. 12 del 2005 per il governo del territorio. Tale regolamento è stato recentemente aggiornato attraverso il recepimento della **Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019**.

Il regolamento si occupa della **gestione delle acque meteoriche non contaminate**, al fine di far diminuire il deflusso verso le reti di drenaggio urbano e da queste verso i corsi d'acqua già in condizioni critiche, riducendo così l'effetto degli scarichi urbani sulle portate di piena dei corsi d'acqua stessi.

A tal fine, il nuovo regolamento regionale detta una nuova disciplina per le "**nuove costruzioni**" e le "**ristrutturazioni**" e di quelle esistenti, comprese le **infrastrutture stradali**.

Il regolamento viene **applicato su tutto il territorio regionale**, in modo diversificato a seconda della criticità dell'area in cui si ricade: il territorio regionale è stato infatti **suddiviso in aree a criticità alta, media e bassa**.

Viene previsto un **monitoraggio** ed una **verifica tecnica dell'applicazione del regolamento** ogni 3 anni, con lo scopo di apportare eventuali correzioni o aggiornamenti.

Nelle **Figura 01a** e **Figura 01b** a seguire vengono riportati rispettivamente l'ubicazione corografica dell'area di interesse progettuale e l'inquadramento catastale dell'area medesima.

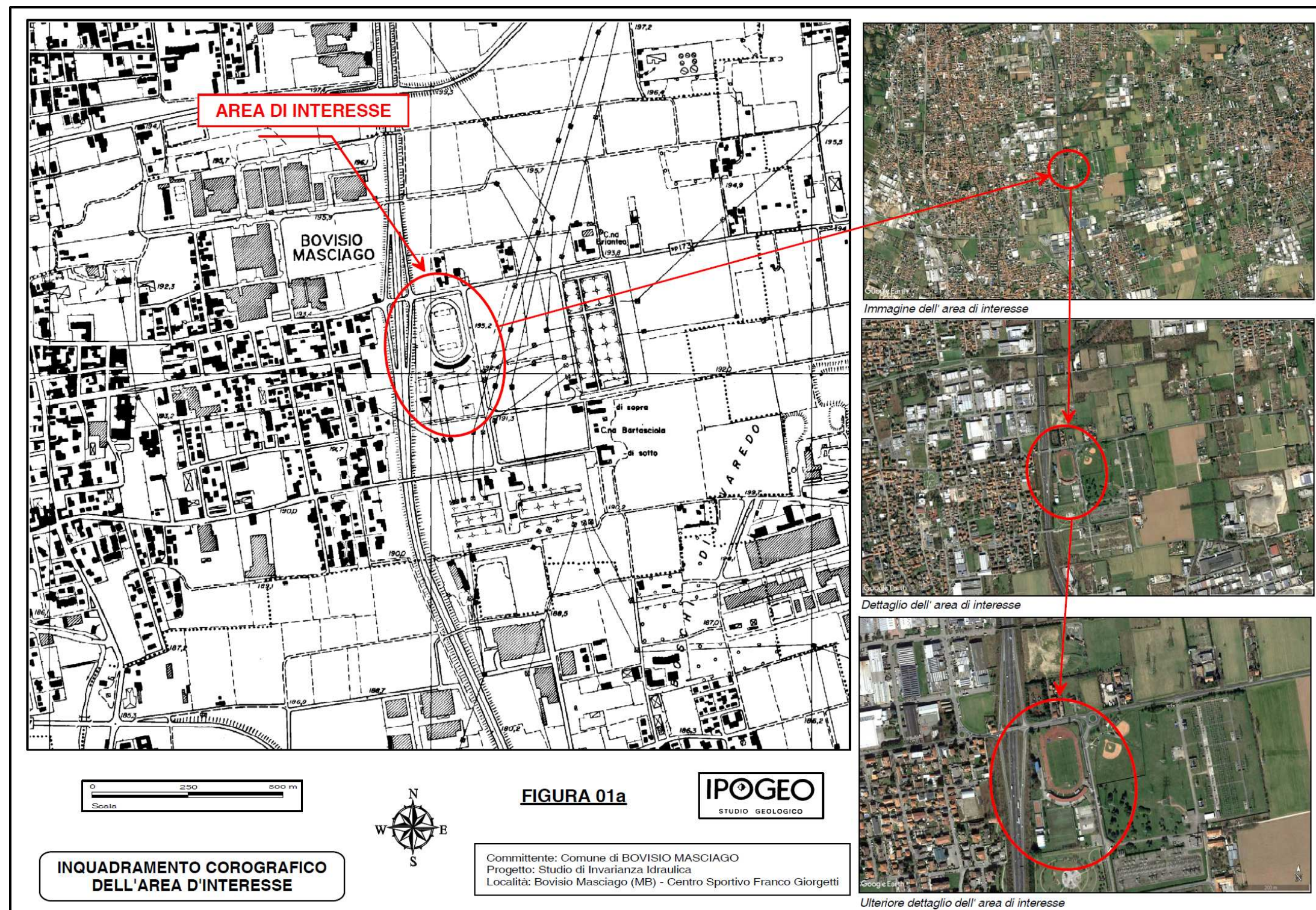


Figura 01a : Inquadramento corografico dell'area di interesse



CAPITOLO I

ANALISI DELL'ASSETTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DEL SETTORE DI INTERESSE PROGETTUALE

1.0 - DEFINIZIONE DELL'ASSETTO GEOLOGICO TERRITORIALE

1.1 – INQUADRAMENTO GENERALE

Storia geologica del territorio

La caratterizzazione geologica e geomorfologica dell'area in esame deriva dai principali avvenimenti geologici verificatisi dal Pliocene superiore fino a tutto il Quaternario. Uno sguardo d'insieme alla carta geologica allegata consente di osservare le principali caratteristiche per interpretare l'assetto geologico della zona. Procedendo da Nord a Sud si osserva un decremento dei livelli di altitudine e rispettivamente una variazione morfologica da ambiente collinare e terrazzato a zona di pianura. L'insieme degli elementi mette in risalto due aspetti morfologici principali e successivi nel tempo, costituiti da un ambiente tipicamente glaciale con cordoni morenici eterocroni disposti a semicerchio procedendo da Nord a Sud che progradano in una piana fluvioglaciale e, sovrapposta, una morfologia di tipo fluviale connessa allo sviluppo dei corsi d'acqua principali.

Prima dell'era quaternaria la linea di costa marina lambiva i bordi prealpini fino al Pliocene superiore - Pleistocene inferiore, momento in cui si assiste ad una importante fase di regressione marina con conseguente inizio della sedimentazione di depositi di pertinenza continentale fluvio-lacustri, deltizi e di piana costiera, prevalentemente costituiti da materiale a granulometria non grossolana (sabbie fini, limi ed argille).

Questa unità sedimentaria, attribuibile al Villafranchiano, a causa di un sollevamento successivo alla sua deposizione, risulta fortemente erosa nella parte sommitale e sostituita da sedimenti marini e continentali depositati a seguito della successione ciclica di fasi trasgressive. Nei solchi vallivi così creati si deposero ghiaie e sabbie localmente anche in grandi spessori, che col tempo hanno subito fenomeni di cementazione, ed attualmente sono rilevabili in affioramento nel settore settentrionale della Provincia di Milano ("Ceppo" Auct.).

Successivamente ebbero inizio le glaciazioni, convenzionalmente distinte in tre fasi principali: Mindel, Riss, Wurm, che diedero luogo alla deposizione di una vasta coltre di sedimenti di natura glaciale nella zona pedemontana e fluvioglaciale nella media e bassa pianura. Si riconosce uno sviluppo "centripeto" dei rilievi morenici, con i terreni più recenti ai piedi dell'anfiteatro morenico posti a quota inferiore e più interni rispetto a quelli più antichi. La morfologia glaciale attualmente rilevabile è consequenziale ad agenti principali, quali l'erosione, il trasporto e la deposizione ad opera della massa glaciale (Glaciale Riss e Wurm) e l'azione di lisciviazione e di deposito ad opera delle acque di fusione dei ghiacci e delle fiumane glaciali (Fluvioglaciale Mindel, Riss e Wurm).

Dal Pleistocene superiore all'Olocene si è verificato un lento sollevamento dell'alta pianura con il conseguente affioramento in superficie dei depositi più antichi e, nelle zone in cui si è manifestato in maggior entità, con la formazione di dorsali, specialmente nel settore nord-orientale della provincia, e di depositi alluvionali di spessore consistente nei settori compresi tra quelli sollevati.

1.2 – INQUADRAMENTO DI DETTAGLIO

1.2.1 – Unità Formazionali affioranti

Nell'area in esame è stata individuato, concordemente a quanto espresso dalla bibliografia ufficiale (CARG Foglio 096 Seregno), il seguente Supersintema quaternario:

Supersintema di Besnate (Diluvium recente, fluvioglaciale Wurm Auct):
depositi glaciali costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice, ghiaie massive a supporto clastico e di matrice. Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie stratificate a supporto clastico e di matrice con clasti poligenici arrotondati e selezionati. Depositi glaciolacustri costituiti da limi sabbiosi varvati. Profilo di alterazione spesso 3-4 metri con una frazione di circa il 30-50% di clasti alterati (pochi carbonati decarbonatati, rocce cristalline poco arenitizzate, ultramafiti con cortex di alterazione millimetrico). Viene interpretato (*note illustrative foglio CARG 96 Seregno*) come depositi glaciali, glaciolacustri, fluvioglaciali connessi a diversi episodi di avanzata e retrocessione glaciale precedenti all'ultimo massimo glagiale (LGM) indicati dagli autori precedenti come Wurm (e nelle zone di affioramento più esterne del Supersintema di Besnate come Riss). L'età stimata (*note illustrative foglio CARG 96 Seregno*) attraverso i rapporti stratigrafici riporta al Pleistocene medio-superiore.

Tale supersintema risulta costituito dalle seguenti unità:

- Unità di Bulgarograsso (BXE);
- Unità di Minoprio (BMI);
- Unità di Cadorago (BEE);
- **Unità di Guanzate (BEZ)**
- Unità di Sumirago (SUM);

L'intera area investigata si estende al di sopra dei depositi appartenenti all' **Unità di Guanzate (BEZ)** : depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie massive e localmente isorientate a supporto di matrice con circa il 50% dei clasti alterati e locali coperture loessiche 10 YR e 7,5 YR.

Litologicamente l'unità è costituita da:

Depositi fluvio-glaciali. Ghiaie medio-grossolane massive, occasionalmente a debole isorientazione, a supporto di matrice. Clasti con dimensioni modali centimetriche, forma sia subarrondata sia subangolosa. Petrografia poligenica con ciottoli carbonatici decarbonatati, metamorfici sani o fragili e arenizzati, ignei sani solo raramente alterati. La matrice è costituita da sabbie grossolane di colore 10YR.

Till di ablazione. Diamicton massivi a supporto di matrice. I clasti hanno dimensioni variabili da centimetriche a pluridecimetriche. La petrografia è poligenica con predominanza (Montesordo a N di Cermenate) di clasti metamorfici di cui più del 50% risultano alterati (arenizzati e con cortex di alterazione); in percentuale nettamente minore clasti carbonatici decarbonatati e argillificati, ignei alterati e sani. Sono presenti anche quarziti e rari porfidi e ciottoli di Verrucano Lombardo. La matrice è costituita da sabbie fini limose di colore 10YR e localmente 2.5YR, passante verso il limite superiore a 7.5YR.

Al fine di fornire una chiara visione della struttura geologica sopra menzionata nella **Figura 02a** a seguire viene riportata la carta geologica generale del territorio milanese e di un significativo intorno. (tratta dal CARG Foglio 096 - Seregno). In tale elaborato grafico si evince come l'area di interesse si sviluppi sul **Supersintema di Besnate - Unità di Guanzate (BEZ)**.

Viene altresì riportata in **Figura 02b** la carta geologica di dettaglio del settore di specifico interesse (tratta e modificata da PGT comune di Bovisio Masciago). In entrambi gli elaborati grafici si evince come l'area di interesse si sviluppi sul **Depositi fluvio-glaciali e fluviali (wurm)** litologicamente rappresentati da ghiaie e sabbie.

1.2.2 – Inquadramento geomorfologico

Il territorio comunale di Bovisio Masciago è situato su un'area pianeggiante posta a Sud della zona pedemontana collinare formata principalmente da depositi incoerenti di origine glaciale e fluviale. A sua volta, tale area risulta a meridione della zona montana costituita dalle formazioni rocciose delle Alpi Lariane, appartenenti al comprensorio delle Alpi Meridionali (o Subalpino).

L'area di interesse si ubica ad una **quota topografica pari a circa 193 m sul livello del mare attuale**.

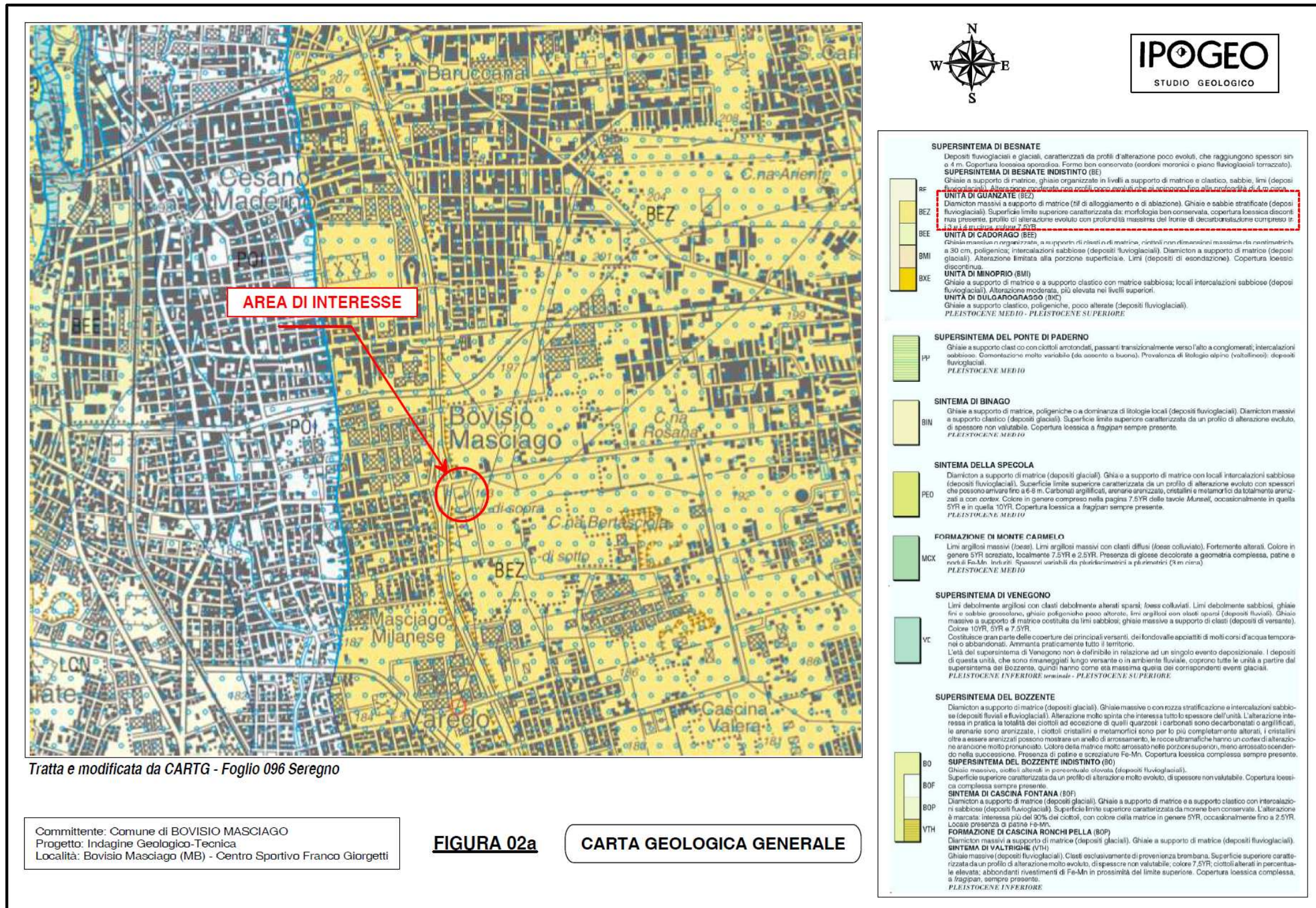


Figura 02a : Carta geologica generale (CARG – Foglio 118 Milano)

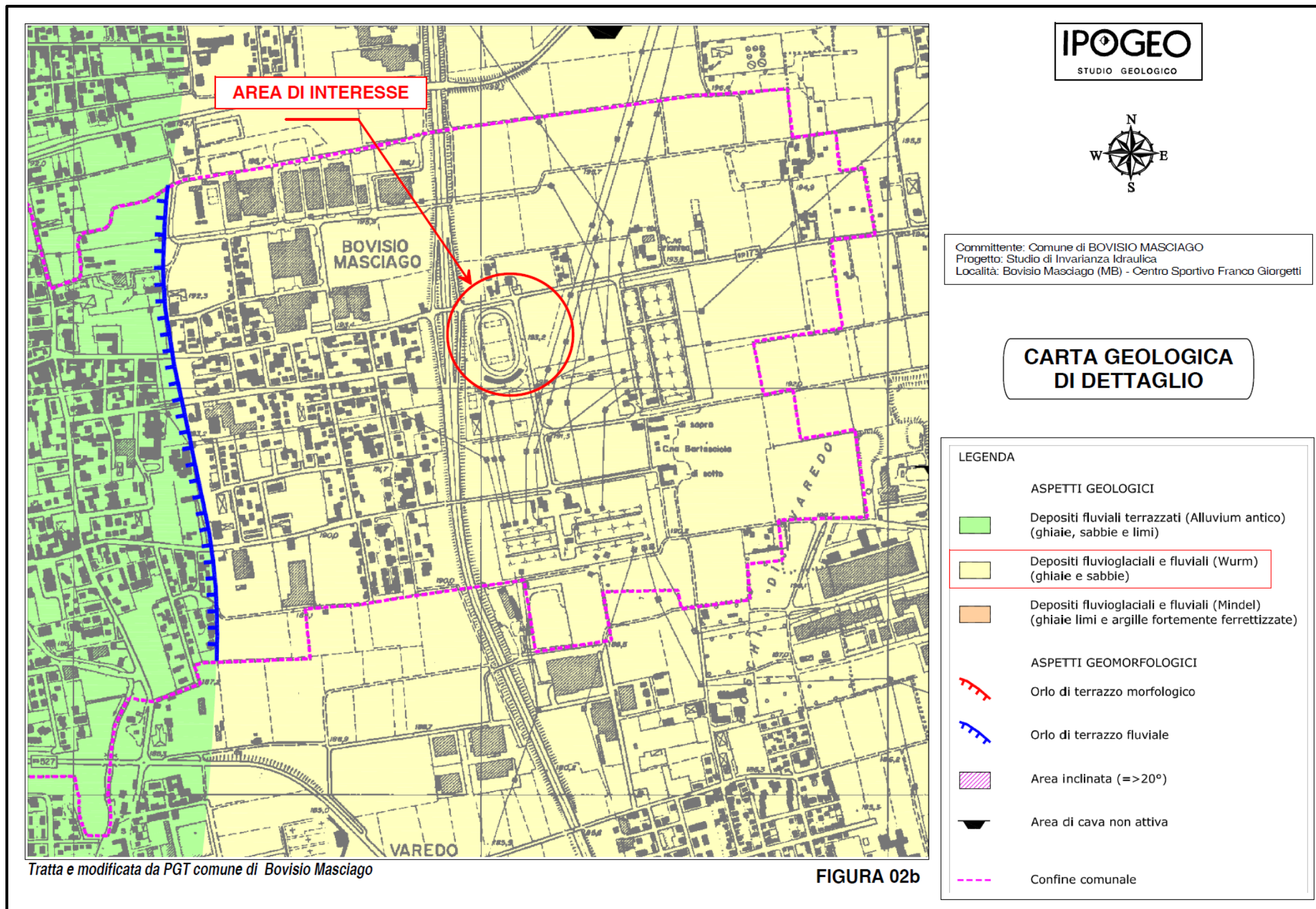


Figura 02b : Carta geologica di dettaglio

1.2.3 – STRUTTURA IDROGEOLOGICA

Il sottosuolo della Pianura Padana, ed in particolare il settore milanese, è caratterizzato da una successione di sedimenti di età plio-pleistocenica di notevole interesse per la loro potenzialità di sfruttamento acquifero. Nella loro sequenza stratigrafica presentano alla base un'alternanza di limi e argille di origine marina (Pliocene-Pleistocene inf.) che si modifica, nella parte sommitale della successione, in depositi di natura alluvionale e fluvioglaciale costituiti da ghiaie, sabbie, limi e argille (Pleistocene medio-sup., Olocene). La causa di questa variazione di facies, da marina a continentale, è da ascriversi all'evento di regressione marina connessa con il sollevamento dell'area alpina verificatasi a partire dal Pliocene inf., momento in cui le modalità di sedimentazione cambiarono originando sedimenti di tipo deltizio lagunare con alternanze di depositi a granulometria fine (in prevalenza) e grossolana. I successivi eventi di glaciazione (Mindel, Riss, Wurm) hanno consentito la deposizione di materiale alluvionale a granulometria prevalentemente ghiaioso-sabbiosa (Quaternario continentale), all'interno del quale si ritrovano acquiferi di notevole estensione areale e potenzialità idrica. In sintesi si osserva una prevalenza di materiale fine (limi e argille) in profondità e lungo la direttrice meridionale, a causa delle variazioni ambientali avvenute nel tempo ed al progressivo allontanamento dell'influsso del trasporto fluvioglaciale, proveniente da Nord, con conseguente deposizione di materiale a granulometria ridotta. Si possono individuare una serie di agenti che hanno determinato l'attuale assetto idrogeologico, quali:

- *sequenza di eventi glaciali connessi all'apparato del Lario (Mindel, Riss, Wurm);*
- *eventi alluvionali legati all'attività dei corsi d'acqua e, più a settentrione, lo spostamento della sede del loro alveo;*
- *andamento irregolare dell'unità villafranchiana*

Per la definizione delle caratteristiche idrogeologiche del settore territoriale d'interesse è stato necessario raccogliere tutti gli elementi geologici rilevabili in superficie e tutti i dati dei pozzi censiti nella zona, al fine di ottenere un modello geologico coerente mediante il quale definire nel dettaglio la serie idrogeologica esistenti. Un altro elemento fondamentale è stata l'analisi dell'idrografia superficiale, mediante la quale è possibile valutare la distribuzione delle acque in superficie e raffrontarle con quelle in profondità. In questo contesto si rinvennero nella parte sommitale del Quaternario continentale (generalmente nei primi 100 metri) gli acquiferi con maggior potenzialità idrica, la cui alimentazione avviene mediante infiltrazione delle acque superficiali meteoriche e irrigue; più in profondità, intercalate a depositi limoso-argillosi, sono ubicate lenti ghiaioso-sabbiose isolate e talvolta coalescenti che traggono alimentazione dalle aree poste più a settentrione e dagli acquiferi superficiali nei settori in cui i livelli argillosi di separazione sono discontinui. Rispetto agli acquiferi soprastanti si rileva una netta riduzione di trasmissività e talvolta si sono riscontrate caratteristiche chimiche negative, quali la presenza di sostanze di ambiente riducente come idrogeno solforato, ferro, manganese e ammoniaca, a causa della decomposizione della sostanza organica - in particolare la torba - contenuta nei sedimenti. Tuttavia il degrado progressivo della qualità delle acque più superficiali a causa della presenza di nitrati, cromo, composti organo-alogenati, fitofarmaci, etc., ha spinto alla ricerca ed allo sfruttamento di acquiferi posti a maggior profondità, anche fino a 300 metri, ed a prendere in maggior considerazione gli acquiferi più ridotti di volume e con un

tempo di ricarica decisamente superiori rispetto a quelli tradizionalmente sfruttati, ma più protetti dagli agenti inquinanti superficiali. Perforazioni più recenti infatti, hanno permesso di individuare risorse idriche sfruttabili al di sotto della litozona ghiaioso-sabbiosa nella parte sommitale dell'unità sabbioso-argillosa attribuita al Villafranchiano. La disposizione areale e verticale delle successioni stratigrafiche presenti è stata condizionata anche da importanti eventi tettonici di scala regionale precedenti e sincroni alla deposizione dei litotipi che costituiscono il suolo padano-lombardo. Inerenti a questo argomento vi sono significativi lavori riguardanti lo studio del "basamento magnetico", coincidente, nella zona di Milano, con le serie pre-mesozoiche e correlabile con la "Serie dei Laghi" (Cassano e al., 1988). Esso è posto ad una profondità di circa 8000 m e presenta un quadro tettonico di stile compressivo costituito da una serie di faglie e sovrascorrimenti con andamento circa SSW-NNE, dislocate da un ulteriore lineamento con direttrice N-S. L'interazione degli effetti deformativi ha causato un sollevamento del basamento verso E con una zona di massimo nei pressi della città di Monza (circa 5000 m) per poi approfondirsi bruscamente sia ad oriente che ad occidente di questo alto strutturale. Un quadro strutturale così delineato ha inevitabilmente vincolato lo spessore dei sedimenti depositatisi successivamente (Pieri e Groppi, 1981), che interessano direttamente gli acquiferi della zona lombarda. Queste indicazioni trovano ulteriore conferma nella analisi delle anomalie del campo gravimetrico, che risultano coerenti con una strutturazione generale simile a quella interpretata mediante le anomalie magnetometriche (Cassano e al., 1990). Vi sono studi effettuati nelle zone attigue (Pieri e Groppi, 1981) che indicano un coinvolgimento tettonico dei sedimenti posteriori all'orogenesi alpina e in parte a quella appenninica, con esempi di azione tettonica anche nei litotipi di età pliocenica (pozzo AGIP di Settala) e quaternaria (Ambrosetti e al., 1983; Arca e Beretta, 1985; Orombelli, 1976). Ai fini di una caratterizzazione idrogeologica, le zone di alto strutturale presentano una minore possibilità di presenza di acquiferi in quanto caratterizzate da un minor spessore dei litotipi permeabili di natura alluvionale; la base dell'acquifero tradizionalmente sfruttato verrebbe a trovarsi a minore profondità del piano campagna, inoltre si avrebbero spessori inferiori degli acquiferi posti a maggiore profondità.

unità' idrogeologiche

Al fine di fornire un'adeguata descrizione dei litotipi presenti nel sottosuolo della provincia Milanese, nel presente lavoro è stato utilizzato il criterio di classificazione delle unità idrogeologiche. Con tale nomenclatura s'intende una associazione di litotipi che presentano simili condizioni di circolazione idrica sotterranea, simile rapporto alimentazione-deflusso delle falde e disposizione geometrica. Dalla più antica alla più recente si distinguono le seguenti unità:

- * unità argillosa (Età: Pleistocene inf.-Calabrian Auct.)
- * unità sabbioso-argillosa (Età: Pleistocene inf.-Villafranchiano medio-sup. Auct.)
- * unità a conglomerati e arenarie (Età: Pleistocene inf.)
- * unità sabbioso-ghiaiosa (Età: Pleistocene medio)
- * unità ghiaioso-sabbiosa (Età: Olocene-Pleistocene sup.).

Strutturazione dei complessi acquiferi

Dalle indicazioni delle unità sopra menzionate, è possibile costruire la struttura idrogeologica della zona, in cui si distinguono tre complessi acquiferi principali:

- **il primo corpo acquifero**, quello più superficiale, è costituito da depositi relativamente recenti, riferibili ai litotipi morenico-fluvioglaciali wurmiani ed alle coperture alluvionali generate dai corsi d'acqua attuali. A causa dell'esigua soggiacenza della falda risulta essere poco protetto dagli agenti inquinanti; trae alimentazione dalle acque di infiltrazione che possono trasportare eventuali elementi di contaminazione. A questo acquifero appartengono anche le principali strutture produttive, impostate sui paleovalvei dei corsi d'acqua nella zona pedemontana, caratterizzati da antiche valli fluviali e fluvioglaciali successivamente colmate da depositi ad elevata permeabilità;

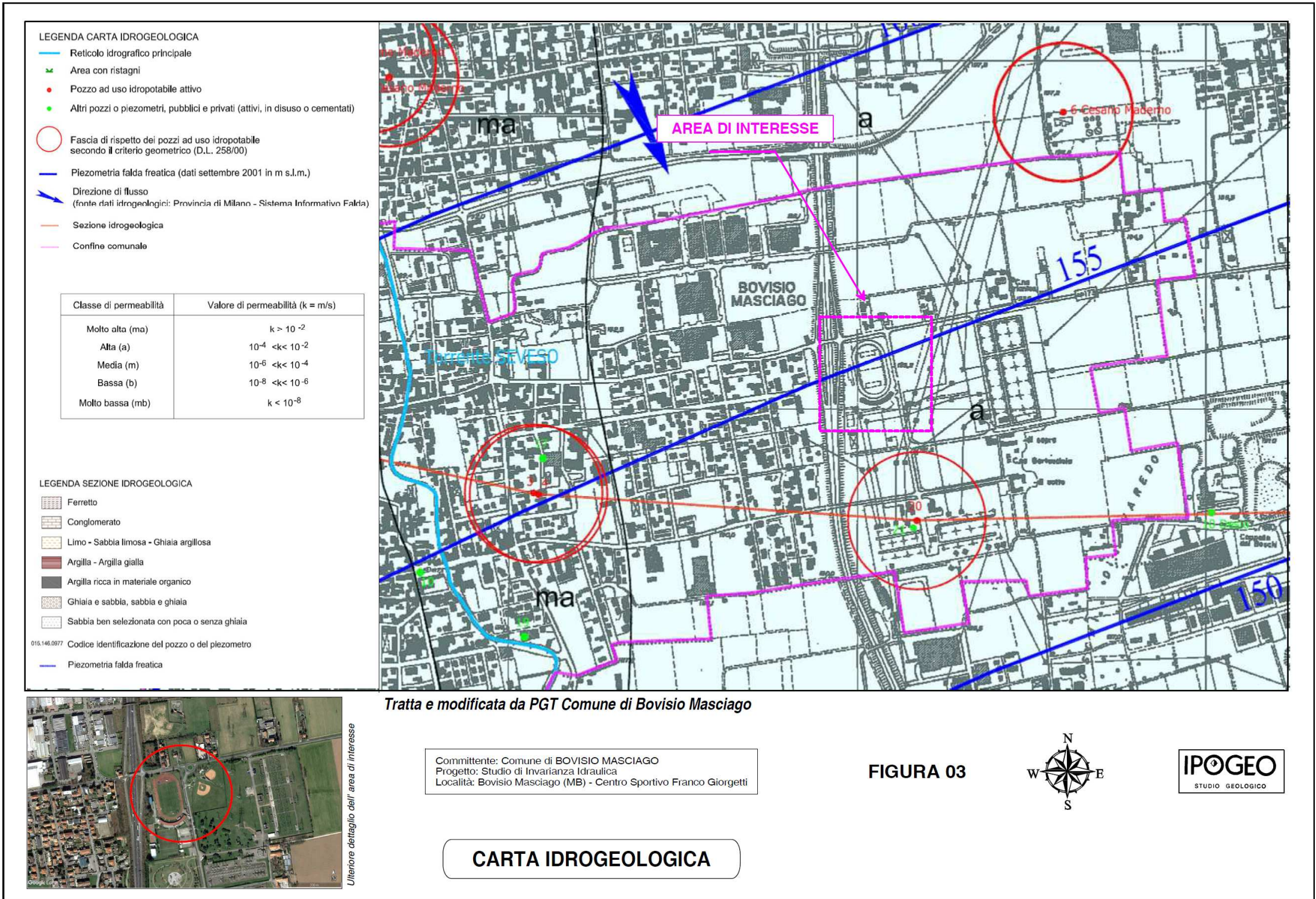
- **il secondo corpo acquifero**, intermedio, è costituito dai livelli meno cementati dei conglomerati del Ceppo e da orizzonti ghiaioso-sabbiosi ("acquifero sotto il Ceppo") che spesso costituiscono la base del Ceppo stesso. Il contatto, a letto, con i limi del Villafranchiano, delimita in profondità l'estensione dell'acquifero, che trae alimentazione indirettamente dalle acque di infiltrazione.

- **il terzo corpo acquifero** è costituito da una serie di limi argillosi grigi con intercalate lenti ghiaioso-sabbiose appartenenti alle unità del Villafranchiano. Data la sua profondità e le caratteristiche di bassa permeabilità dei depositi limosi, l'acquifero risulta ben protetto dagli agenti inquinanti, tuttavia denuncia una scarsa attività di rialimentazione ed una limitata possibilità di sfruttamento, a causa anche della estensione limitata delle lenti ghiaioso-sabbiose che fungono da serbatoio. La base di questa unità è costituita dal substrato roccioso impermeabile della Gonfolite.

Tutti gli acquiferi presentano un gradiente dell'ordine del 2‰, con caratteri specifici variabili a livello locale. I processi erosionali di natura meteorica e fluviale, localmente hanno messo a contatto l'acquifero superficiale con la superficie topografica, specialmente in corrispondenza di incisioni vallive. In questo modo si ha un'alimentazione diretta derivante dalle precipitazioni meteoriche e dalle acque dei corsi d'acqua. I vari acquiferi sono collegati mediante superfici erosionali difficilmente ricostruibili, dato il loro andamento estremamente irregolare. Il primo ed il secondo acquifero sono comunicanti mediante le paleovalli create dalle incisioni fluviali, mentre il terzo viene alimentato mediante la filtrazione d'acqua attraverso i livelli e le zone più permeabili dell'unità limoso-argillosa villafranchiana.

Nel territorio comunale di Bovisio Masciago il primo complesso acquifero viene individuato dalla componente geologica alle azioni di piano, ad una quota pari a 155-160 m sul livello del mare, corrispondente ad una soggiacenza pari a di 33-38 m, per l'area principale ed urbanizzata del territorio comunale, e di 55 m circa, per l'area del Terrazzo delle Groane.

Nella **Figura 03** viene restituita la carta idrogeologica (tratta e modificata dalla componente geologica alle azioni di piano – PGT comunale). In tale elaborato grafico si evince come nell'area di specifico *il primo complesso acquifero sia presente ad una quota prossima a 155 m s.l.m.* corrispondente ad una soggiacenza pari a 37 m circa di profondità dal piano campagna attuale.



1.3 – CARTA DEI VINCOLI

L'analisi della **carta dei vincoli** relativa alla componente geologica alle azioni di piano del PGT del comune di **Bovisio Masciago** ha permesso di delineare l'assetto vincolistico territoriale relativo al settore di specifico interesse e ad un significativo intorno del medesimo. Per il comune di **Bovisio Masciago** sono stati individuati i seguenti vincoli:

- *Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89;*
- *Vincoli di polizia idraulica: fasce di rispetto dei corsi d'acqua individuate nello studio del reticolo idrico ai sensi del regio decreto 25 luglio 1904, n. 523.*
- *Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile: aree di tutela assoluta e di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile ai sensi del D. lgs. 258/2000, art. 5, comma 4;*
- *Geositi*

Nella **Figura 04** sopra richiamata viene restituita la carta di Sintesi del settore di specifico interesse e di un significativo intorno (tratta e modificata da PGT comunale). Dall'osservazione di tale elaborato grafico si evince come ***l'area di interesse sia priva di vincoli di qualsivoglia tipologia.***

1.4 – CARTA DI SINTESI

La carta di sintesi, evidenzia le aree omogenee da un punto di vista della pericolosità geologico-tecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica. In particolare nel territorio comunale sono state individuate le seguenti aree :

- *Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico*
- *Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*
- *Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche*

Nella **Figura 05** viene restituita la carta di Sintesi del settore di specifico interesse e di un significativo intorno (tratta e modificata da PGT comunale). Dall'osservazione

di tale elaborato grafico si evince come l'area di interesse sorge in un contesto caratterizzato da **vulnerabilità idrogeologica – area a vulnerabilità della falda medio-elevata**.

1.5 – CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

La carta di fattibilità, riportata in **Figura 06**, suddivide il territorio di **Bovisio Masciago** in classi di fattibilità geologica differenti in relazione alle caratteristiche idrogeologiche e geologico-tecniche. In particolare sono state individuate le seguenti classi:

Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

Nella **Figura 08** viene restituito stralcio della **carta di fattibilità** (tratta e modificata da PGT comunale) completa degli elementi di valutazione vincolistica relativi al territorio di specifico interesse e di un significativo intorno. Dall'osservazione di tale elaborato si evince come l'area di interesse viene classificata come appartenente alla **classe di fattibilità 2**.

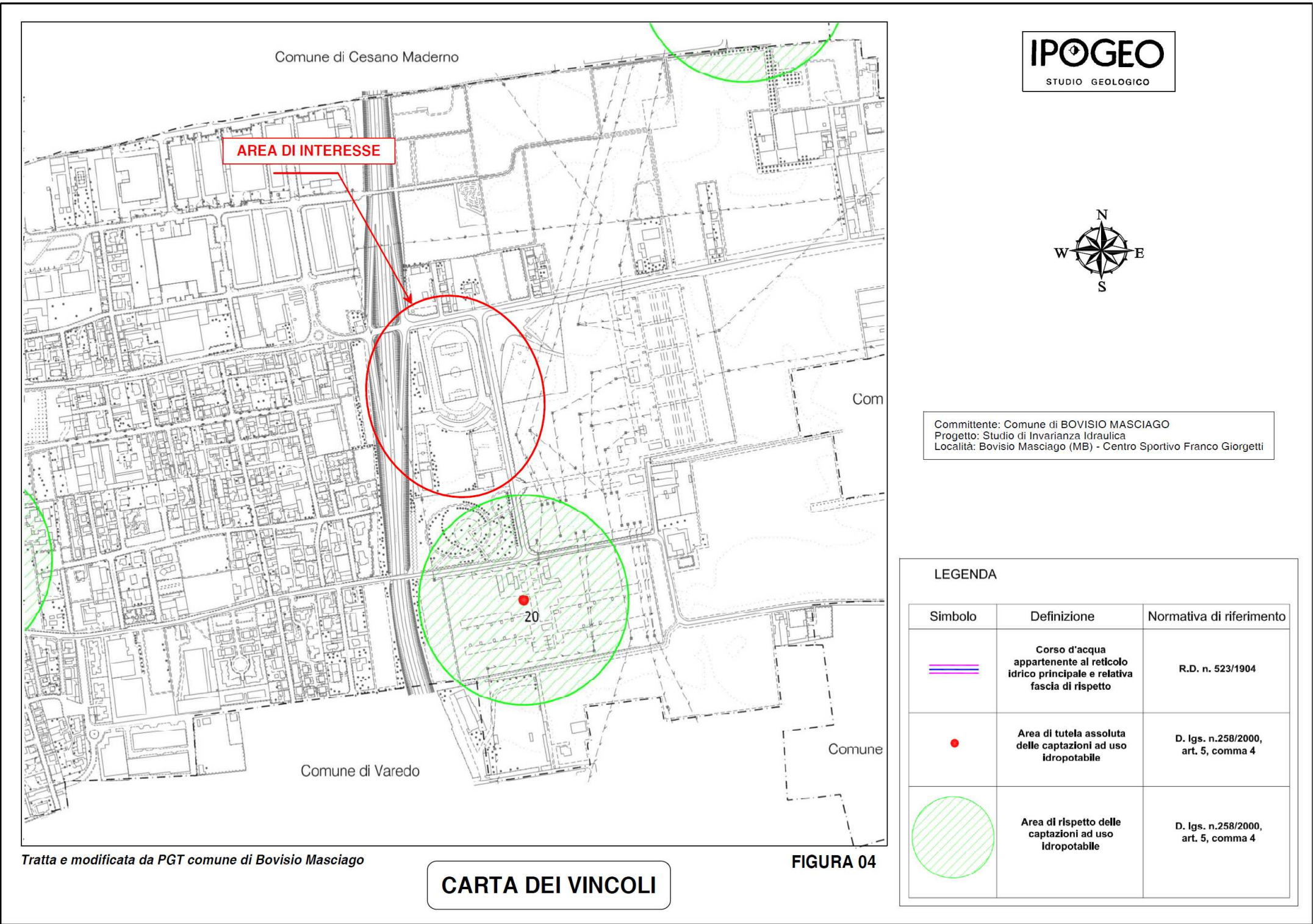


Figura 04: Carta dei vincoli

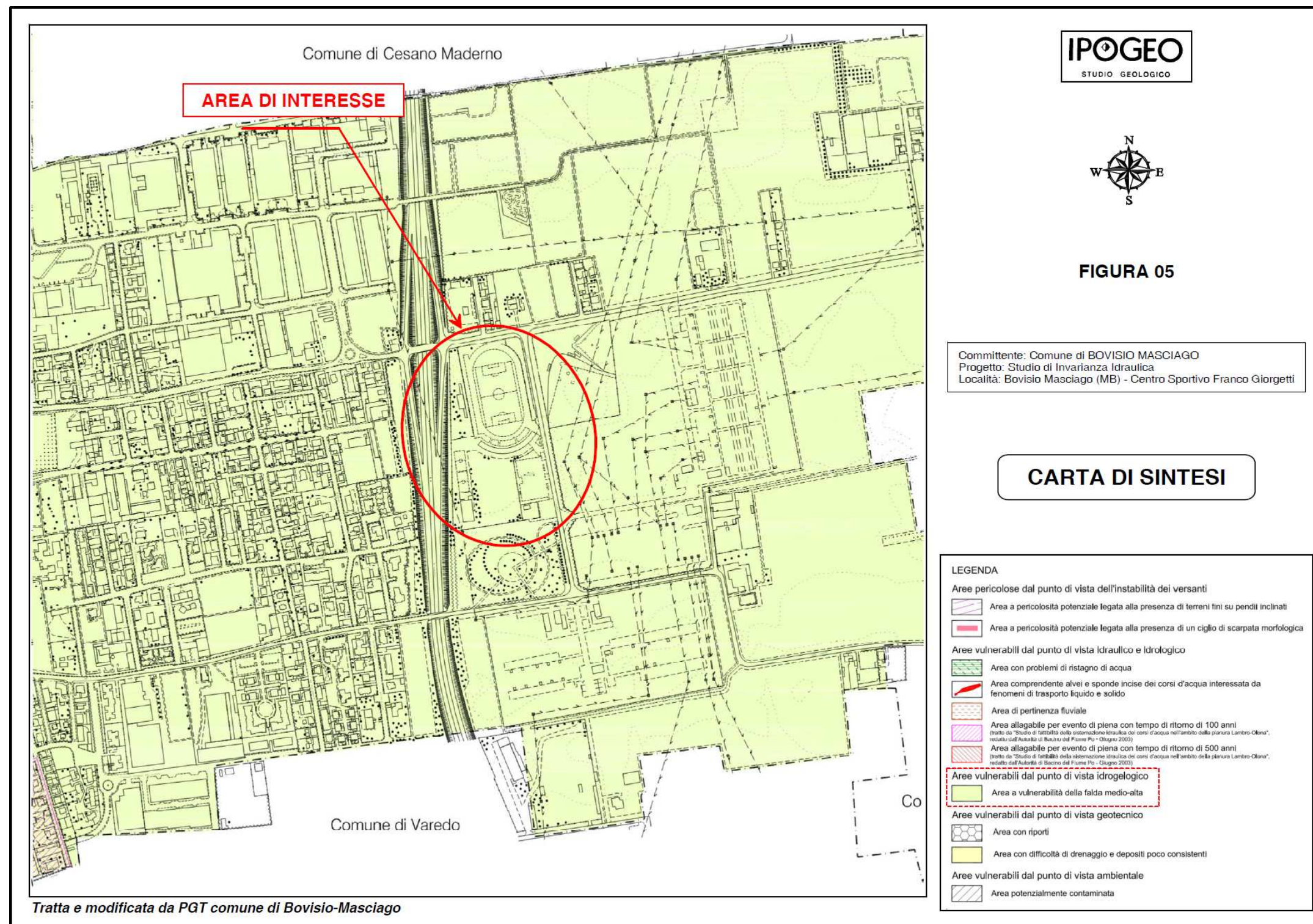


Figura 05: Carta di sintesi

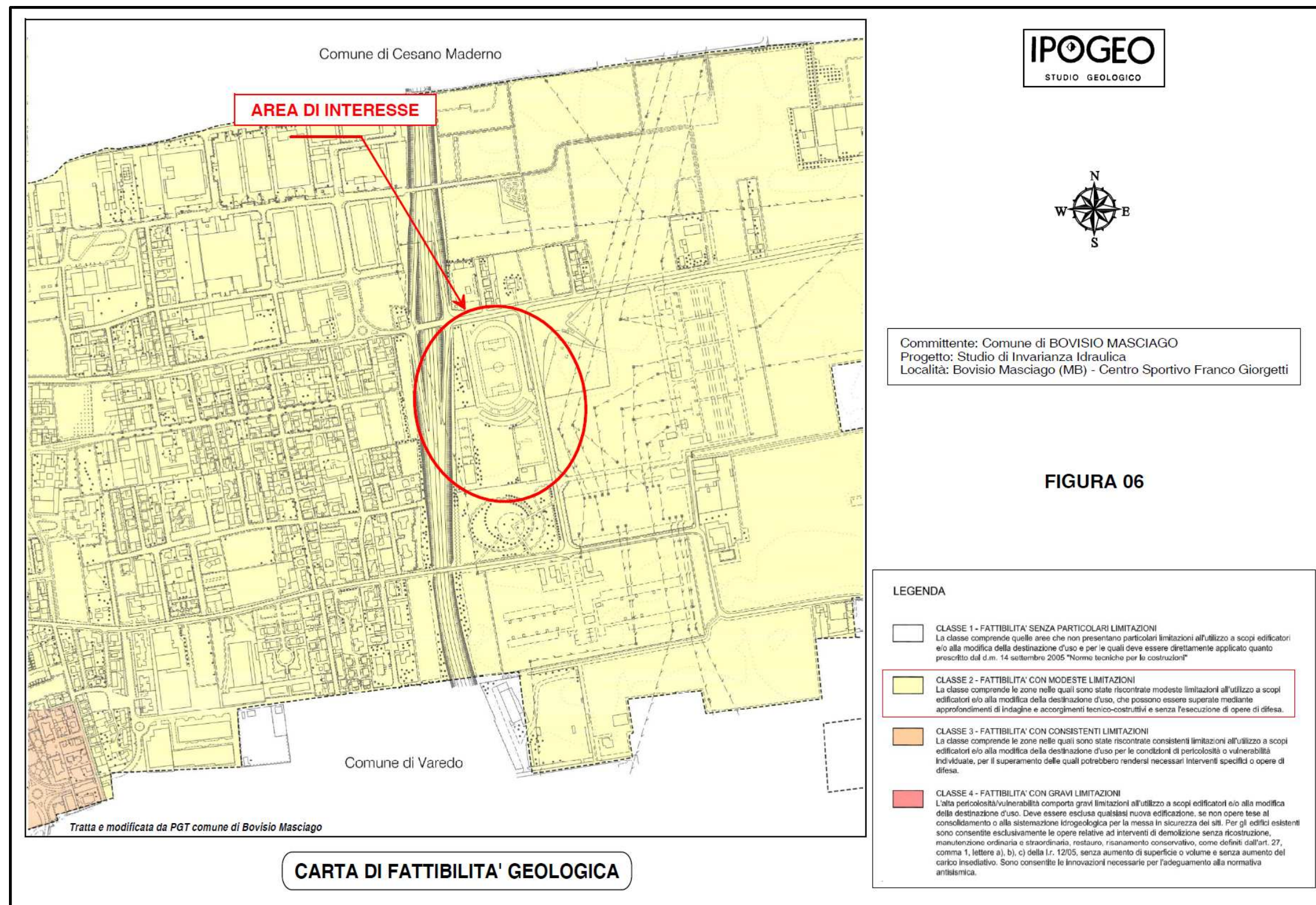


Figura 06: Carta di Fattibilità Geologica

1.6 - PROVA DI PERMEABILITA' IN SITO - METODO LEFRANC

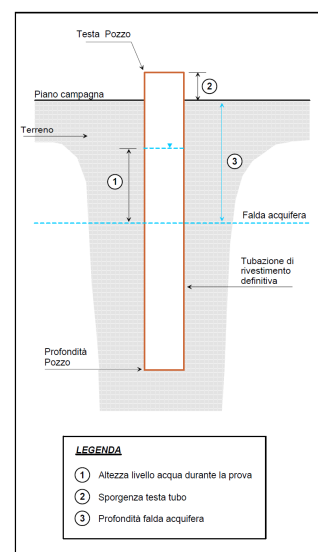
TEST LEFRANC N° 01 – Verticale penetrometrica DIN-05

La caratterizzazione idrogeologica del primo sottosuolo è stata attuata attraverso l'esecuzione di una prova di permeabilità Lefranc a carico variabile condotta all'interno del perforo della **verticale penetrometrica 05** (vedi Relazione Geologico-tecnica). Le geometrie, i dati ed i risultati relativi alla prova di assorbimento vengono di seguito restituiti.

PROVA n° 01 – codice CSFG-01

Dati geometrici del test Lefranc

Elementi		
Diametro esterno tubazione definitiva	mm	35
Diametro interno tubazione definitiva	mm	25,4
Profondità perforo	m	5,80
Profondità tubazione definitiva da p.c.	m	5,00
Sporgenza tubazione di rivestimento perforo da p.c.	m	0,20
Lunghezza tratto filtrante	m	0,80
Profondità falda acquifera da Testa Pozzo	m	37,00
Tipo di tratto filtrante	Cilindrico in terreno uniforme	



Dati test Lefranc

Tempo (minuti)	Δ H (m)	K m /sec	K cm /sec
0	2,62	-- -- --	-- -- --
1	2,81	$5,34 * 10^{-5}$	$5,34 * 10^{-3}$
2	3,00	$5,69 * 10^{-5}$	$5,69 * 10^{-3}$
6	3,61	$5,32 * 10^{-5}$	$5,32 * 10^{-3}$
9	3,97	$5,18 * 10^{-5}$	$5,18 * 10^{-3}$
12	4,25	$4,79 * 10^{-5}$	$4,79 * 10^{-3}$
15	4,48	$4,64 * 10^{-5}$	$4,64 * 10^{-3}$
18	4,66	$4,23 * 10^{-5}$	$4,23 * 10^{-3}$
21	4,8	$3,78 * 10^{-5}$	$3,78 * 10^{-3}$
24	4,975	$5,55 * 10^{-5}$	$5,55 * 10^{-3}$

27	5,12	$5,58 * 10^{-5}$	$5,58 * 10^{-3}$
30	5,24	$5,60 * 10^{-5}$	$5,60 * 10^{-3}$

$$K_{med} = 5,0 * 10^{-5} \text{ [m/sec]}$$

Legenda

Tempo : intervalli di misurazione adottati (minuti)

ΔH : livello idrico in foro (metri da testa piezometro)

K : coefficiente di permeabilità valutato nei singoli teps

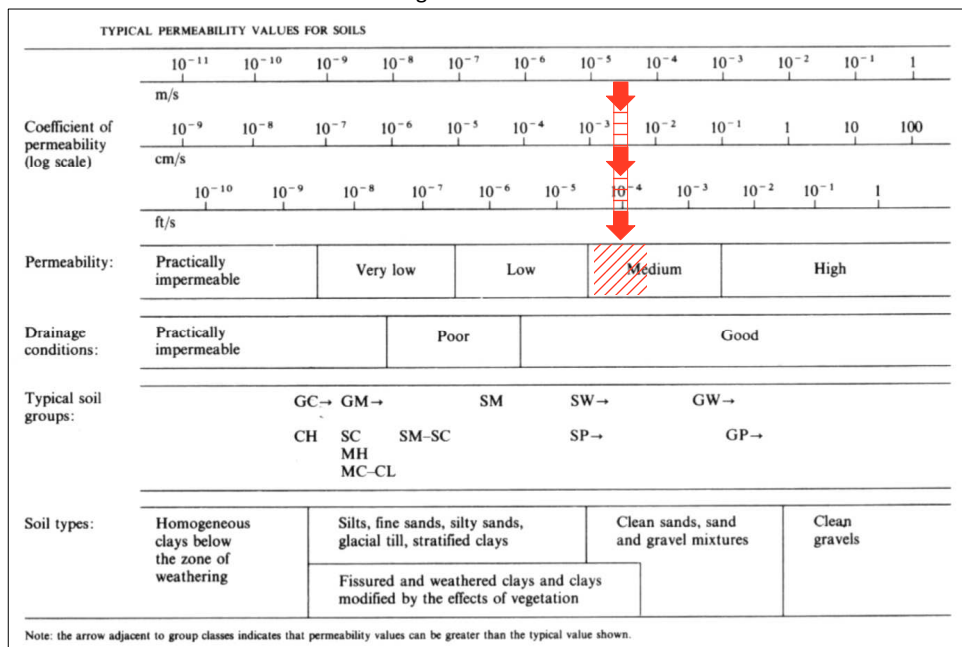
K med: coefficiente di permeabilità medio

Metodo di calcolo: Hvorslev, 1951 - Wilkinson, 1968

1.7 - INDIVIDUAZIONE STIMATA DEL GRADO DI PERMEABILITA' DEL PRIMO SOTTOSUOLO

Sulla base dei risultati della prova di permeabilità trattata nel paragrafo precedente è stato stimato il coefficiente di permeabilità dei terreni relativi al primo sottosuolo investigato. Nella tabella a seguire vengono restituiti i risultati ottenuti dalle indagini condotte riportandoli graficamente sull'abaco classificativo del grado di permeabilità dei terreni (figura a seguire).

Classificazione del grado di Permeabilità delle terre



Risultato classificativo ottenuto: **terreni a medio grado di permeabilità**

CAPITOLO II

VALUTAZIONI IDROLOGICHE ED IDRAULICHE RELATIVE ALLE CONDIZIONI DI INVARIANZA IDRAULICA DELL'AREA DI INTERESSE PROGETTUALE

2.0 - LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERESSE PROGETTUALE

L'intervento in progetto si ubica in Comune di **Bovisio Masciago (MB)** – **Via Europa, 26** ad una quota stimata di **193 m s.l.m.** Ai sensi della D.g.r. del 20 novembre 2017, n. 7372 e s.m.i. (Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019), 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 uno specifico grado di criticità idraulica secondo quanto riportato nell'elenco dell' **Allegato C** della D.g.r. n. 7372 medesima: ovvero.

Aree A – alta criticità idraulica
Aree B – media criticità idraulica
Aree C – bassa criticità idraulica

Nella **Figura 07** a seguire viene restituita lo stralcio dell'Allegato B della D.G.R. n. 7372 e s.m.i. la distribuzione cartografica degli ambiti a diversa criticità idraulica.

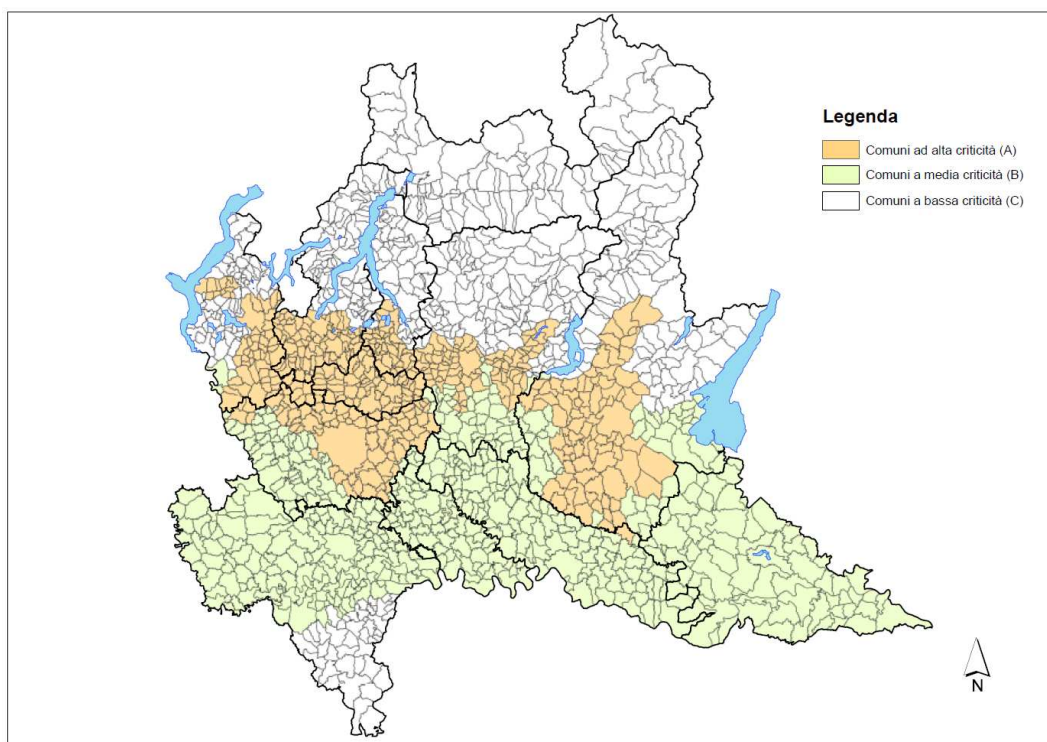


Figura 07 - Distribuzione cartografica degli ambiti a diversa criticità idraulica

Il territorio di **Bovisio Masciago (MB)** in cui si inserisce l'area di interesse progettuale rientra nell' **area di criticità idraulica "A"** come si evince dallo stralcio dell' **Allegato C** relativo alla sopra citata DGR.

I valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori, secondo la D.G.R. 7372 e s.m.i., vengono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la

capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili (u_{lim}). Tali valori massimi variano a seconda della classe di criticità idraulica a cui viene attribuita l'area di interesse progettuale: ovvero

Aree "A" di cui al comma 3 dell'articolo 7	10 litri/sec per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento (800 mc/ettaro s.s.i)
Aree "B" di cui al comma 3 dell'articolo 7	20 litri/sec per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento (500 mc/ettaro s.s.i)
Aree "C" di cui al comma 3 dell'articolo 7	20 litri/sec per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento (400 mc/ettaro s.s.i)

Pertanto per il settore progettuale viene ammesso il valore massimo ammissibile di portata meteorica (scaricabile nei ricettori) pari a **10 litri/sec** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento. Da sottolineare come per il territorio comunale di **Bovisio Masciago** il coefficiente P viene indicato - dalla normativa in vigore - come pari a **1.0**.

2.1 - ANALISI DELLE CONDIZIONI DI PIOVOSITA' SITO SPECIFICHE: LINEE SEGNALETICHE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

2.1.1 Vincoli normativi

L'art. 7 della Legge Regionale della Lombardia 15 marzo 2016, n. 4 "*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*", prevede che, al fine di prevenire e mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli, gli strumenti urbanistici e i regolamenti edilizi comunali recepiscano il principio di invarianza idraulica e idrologica per le trasformazioni di uso del suolo.

Nello specifico il concetto di **invarianza idraulica** viene definito come: "*principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione*".

Con la GDR DEL 2011/2017 n° 7372 e s.m.i. (Deliberazione XI/13-14 del 25/01/2019) è stato approvato il "*Regolamento recante i criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica ai sensi della LR 11 del marzo 2005 n° 12*". Nel seguito verranno pertanto utilizzate le metodologie e gli approcci di calcolo previsti dal suddetto regolamento.

2.1.2 Tempo di ritorno

Il tempo di ritorno T_r rappresenta la durata media in anni del periodo in cui l'evento viene superato una sola volta. A meno di non assumere valori più alti per specifiche ragioni (particolari valenze delle opere da salvaguardare) le Linee Guida RV danno un valore di riferimento del tempo di ritorno da assumere negli studi idraulici di dimensionamento delle opere atte a contrastare gli allagamenti pari a **50 anni**.

2.1.3 Le precipitazioni di progetto e le curve di possibilità climatica

Nel dimensionamento di qualunque dispositivo idraulico è necessario determinare la portata e/o i volumi di piena di progetto al fine di dare al dispositivo adeguate misure geometriche. La portata viene determinata a mezzo di formulazioni matematiche o modelli che simulano la trasformazione della pioggia al suolo. L'elaborazione statistica dei dati raccolti definisce i coefficienti "a" ed "n" che compaiono nelle equazioni di possibilità pluviometrica a due parametri:

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

dove:

h = altezza di pioggia in mm;

t = tempo in ore

L'equazione di possibilità pluviometrica fornisce, per un fissato tempo di pioggia "t", il massimo valore di "h" nel periodo pari al tempo di ritorno T_r e viene utilizzata, nei modelli afflussi-deflussi, per la determinazione della portata afferente all'area interessata. Attraverso l'utilizzo del Servizio idrologico della Regione Lombardia ([ARPA Lombardia](#)) sono stati calcolati i valori di pioggia intensa espressi in mm/h utilizzando le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica ed il coefficiente pluviometrico orario per l'area di interesse progettuale. I risultati ottenuti sono i seguenti

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	31,55
N - Coefficiente di scala	0,3106
GEV - parametro alpha	0,2934
GEV - parametro kappa	- 0,0167
GEV - parametro epsilon	0,8254

Di seguito vengono restituite le **tabelle di calcolo delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica 1-24 ore** unitamente al **diagramma delle Linee Segnalatrici di probabilità pluviometrica** così come restituito da programma di calcolo idrologico di ARPA Lombardia per **tempo di ritorno di 50 anni**.

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Comune di BOVISIO MASCIAGO - Cwentro Sportivo "Franco Giorgetti"

Coordinate: UTM32 x: 513028,81 m y: 5051026,22 m

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) 50

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 31,55

N - Coefficiente di scala 0,3106

GEV - parametro alpha 0,2934

GEV - parametro kappa -0,0167

GEV - parametro epsilon 0,8254

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

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

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

Bibliografia ARPA Lombardia:

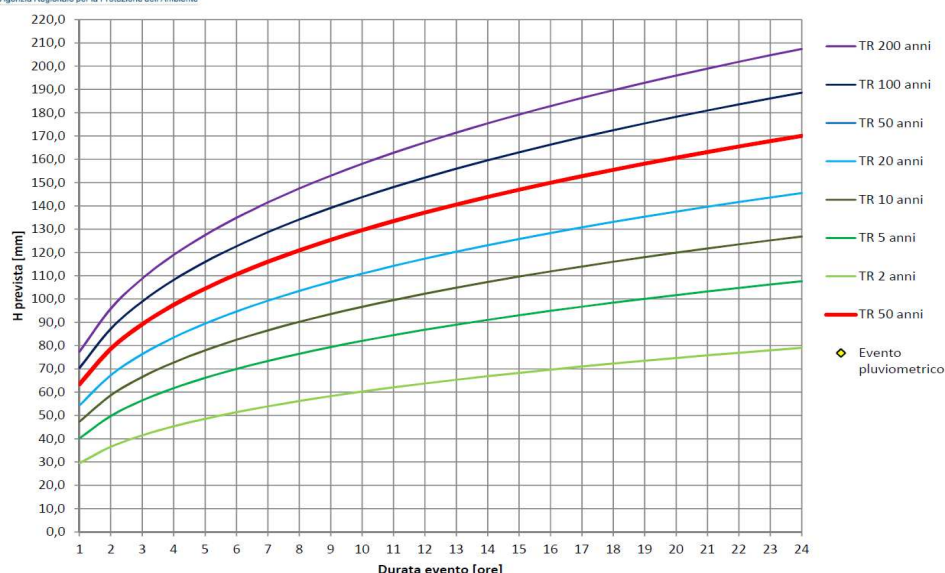
<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>

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

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,93326	1,27104	1,49822	1,71883	2,00835	2,22828	2,44997	2,00835224
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	29,4	40,1	47,3	54,2	63,4	70,3	77,3	63,3635132
2	36,5	49,7	58,6	67,3	78,6	87,2	95,9	78,5849109
3	41,4	56,4	66,5	76,3	89,1	98,9	108,7	89,1318889
4	45,3	61,7	72,7	83,4	97,5	108,1	118,9	97,4628444
5	48,5	66,1	77,9	89,4	104,5	115,9	127,4	104,457429
6	51,4	70,0	82,5	94,6	110,5	122,6	134,9	110,543453
7	53,9	73,4	86,5	99,2	116,0	128,7	141,5	115,964938
8	56,2	76,5	90,2	103,5	120,9	134,1	147,5	120,875699
9	58,3	79,3	93,5	107,3	125,4	139,1	152,9	125,379627
10	60,2	82,0	96,6	110,9	129,6	143,7	158,0	129,550546
11	62,0	84,5	99,5	114,2	133,4	148,1	162,8	133,443006
12	63,7	86,8	102,3	117,3	137,1	152,1	167,2	137,098576
13	65,3	89,0	104,8	120,3	140,5	155,9	171,5	140,549742
14	66,8	91,0	107,3	123,1	143,8	159,6	175,4	143,822428
15	68,3	93,0	109,6	125,8	146,9	163,0	179,2	146,937685
16	69,7	94,9	111,8	128,3	149,9	166,3	182,9	149,912869
17	71,0	96,7	114,0	130,7	152,8	169,5	186,4	152,762474
18	72,3	98,4	116,0	133,1	155,5	172,5	189,7	155,498745
19	73,5	100,1	118,0	135,3	158,1	175,4	192,9	158,132129
20	74,7	101,7	119,9	137,5	160,7	178,3	196,0	160,671617
21	75,8	103,2	121,7	139,6	163,1	181,0	199,0	163,125014
22	76,9	104,7	123,5	141,6	165,5	183,6	201,9	165,499137
23	78,0	106,2	125,2	143,6	167,8	186,2	204,7	167,799984
24	79,0	107,6	126,8	145,5	170,0	188,7	207,4	170,03286

Linee segnatrici di probabilità pluviometrica



2.2 – DEFINIZIONE DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE

2.2.1 – TRASFORMAZIONE DELLE SUPERFICI IN TERMINI DI IMPERMEABILIZZAZIONE

La valutazione degli effetti dell'intervento sull'area di progetto riguarda prima di tutto la trasformazione dell'uso del suolo da essa attuata. Nel seguito verranno analizzate le variazioni in termini di impermeabilizzazione delle superfici del settore di interesse progettuale attraverso la scelta di appropriati coefficienti di deflusso. I coefficienti di afflusso pre e post trasformazione, riferiti ad eventi meteorici con tempo di ritorno annuale, vengono dedotti dalla tabella 01 di riferimento tratta da *Chow et Al.* (1988) di seguito riportata

Tabella 01 – valori di Ca per Tr = 1 anno

Tipologia di superficie	Ca
Asfalto	0.657
Calcestruzzo, tetti	0.657
Coltivazioni (i = 0-2 %)	0.375
Coltivazioni (i = 2-7 %)	0.395
Coltivazioni (i > 7 %)	0.401
Pascoli (i = 0-2 %)	0.349
Pascoli (i = 2-7 %)	0.381
Pascoli (i > 7 %)	0.395
Boschi (i = 0-2 %)	0.316
Boschi (i = 2-7 %)	0.368
Boschi (i > 7 %)	0.381

dove

Ca = coefficiente di afflusso relativo alla tipologia specifica di superficie

i = pendenza media delle superfici espressa in %

Al fine di ottenere i corrispondenti valori del coefficiente Ca per tempi di ritorno meteorici superiori ad 1 anno, i valori riportati nella tabella 01 devono essere moltiplicati per il fattore di frequenza (Kr) riportato nella tabella 02 a seguire

Tabella 02 – valori Kr per differenti tempi di ritorno (Tr)

Tempo di ritorno (anni)	Kr
10	1.23
20	1.33
30	1.38
50	1.42
100	1.47
200	1.50
500	1.52

Tale parametro consente di tenere in considerazione, nei calcoli idraulici, la variazione del coefficiente di afflusso del bacino con il variare dell'altezza meteorica. Infatti il parametro Ca dipende da fenomeni idrologici quali, ad esempio l'infiltrazione efficace nel terreno e l'evapotraspirazione, che a loro volta sono funzione del volume d'acqua meteorica precipitata e dell'intensità dell'evento piovoso. Maggiore è l'altezza delle precipitazioni (ed il relativo volume affluito dipendente dal grado d'intensità di pioggia), minore sarà la quantità d'acqua, in proporzione, trattenuta dal bacino: ovvero maggiore sarà l'afflusso idrico superficiale. Poiché ad altezze di precipitazioni meteoriche maggiori corrispondono

tempi di ritorno (Tr) maggiori, anche il parametro Ca deve essere valutato in funzione del tempo di ritorno dell'evento piovoso considerato.

Nel caso specifico i progettisti hanno definito i seguenti valori del parametro Ca per le differenti tipologie di superfici considerate

Tipologia	Ca (1)	Kr	Ca (Tr)	Ca prog
Superficie coperta impermeabile	0.685	1.42	0.97	1.00
Superfici pavimentazioni drenanti	0.49	1.42	0.70	0.70
Superfici aree a verde	0.23	1.42	0.32	0.30

dove

$Ca (1)$ = valore del coefficiente Ca per tempo di ritorno $Tr = 1$ anno

Kr = fattore di frequenza (nel caso specifico per $Tr = 50$ anni)

$Ca (Tr)$ = valore del coefficiente Ca per tempo di ritorno $Tr = 50$ anni

$Ca (prog)$ = valore del coefficiente Ca per tempo di ritorno $Tr = 50$ anni progettualmente utilizzato

2.2.2 - DEFINIZIONE DELLE SUPERFICI IMPERMEABILI

Come indicato dai dati forniti dai Progettisti i nuovi interventi progettuali si caratterizzano per le seguenti superfici (vedi **Figura 08** a seguire):

Intervento n° 01 – Edificio Spogliatoio A.1

Superficie complessiva interessata dall'intervento: **651,14 m²**

Individuazione superficie Impermeabile

Tipologia	Superfici nette	Ca	Superfici corrette	Superficie impermeabile complessiva
Superfici coperte impermeabili	469,39 m ²	1,00	469,39 m ²	557,74 m ²
Superfici semi permeabili	126,21 m ²	0,70	88,35 m ²	
Superfici aree a verde NON collettate	55,54 m ²	0,00	0,00 m ²	

Il coefficiente di deflusso medio ponderale calcolato per l'area di stretto interesse progettuale risulta pari a **0,86**.

Da quanto sopra nelle valutazioni di merito si dovrà considerare una superficie complessiva d'intervento pari a **651,14 m²**.

Lo specifico caso progettuale rientra nella **Classe di intervento 02 – “Impermeabilizzazione potenziale media - Superfici impermeabili comprese tra 0,03 e 0,10 ha”** e possiede un coefficiente di deflusso pari a **0,86**: pertanto come previsto dalla D.g.r. n. 7372 e s.m.i. si utilizzerà ai fini di calcolo il Metodo delle Sole Piogge ai sensi dell' Articolo 11 – Allegato G della medesima D.g.r..

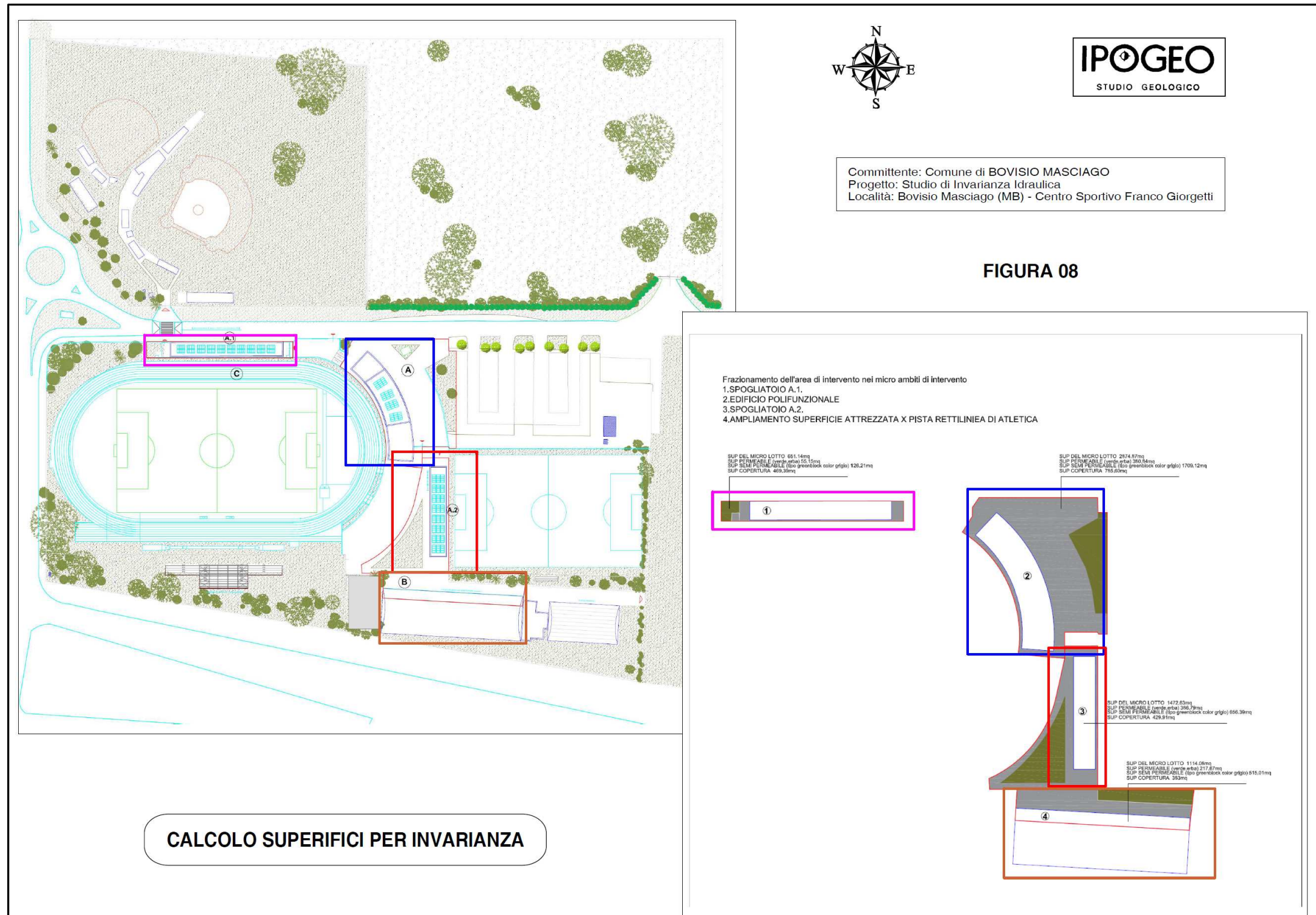


Figura 08: Definizione delle superfici ai fini dell'invarianza

A seguire viene restituito lo schema grafico che identifica la *classe di intervento* e la *metodologia di calcolo* relativa al progetto di Invarianza Idraulica per l'intervento progettuale 01 sopra definito.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01$ ha (≤ 300 m ²)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 a < 1.000 m ²)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 a < 1.000 m ²)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (Articolo 11 e Allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da $> 0,1$ a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 m ²)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 m ²)	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 m ²)	$> 0,4$	Procedura dettagliata (Articolo 11 e Allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 m ²)	qualsiasi		

Intervento Progettuale 01 – Delineazione della Classe di Intervento

Intervento n° 02 – Edificio Polifunzionale

Superficie complessiva interessata dall'intervento: **2875,56 m²**

Individuazione superficie Impermeabile

Tipologia	Superfici nette	Ca	Superfici corrette	Superficie impermeabile complessiva
Superfici coperte impermeabili	785,60 m ²	1,00	785,60 m ²	1981,98 m²
Superfici semi permeabili	1709,12 m ²	0,70	1196,36 m ²	
Superfici aree a verde NON collettate	380,84 m ²	0,00	0,00 m ²	

Il coefficiente di deflusso medio ponderale calcolato per l'area di stretto interesse progettuale risulta pari a **0,69**.

Da quanto sopra nelle valutazioni di merito si dovrà considerare una superficie complessiva d'intervento pari a **2875,56 m²**.

Lo specifico caso progettuale rientra nella **Classe di intervento 02 – “Impermeabilizzazione potenziale media - Superfici impermeabili comprese tra 0,1 e 1,0 ha”** e possiede un coefficiente di deflusso pari a **0,69**.

Pertanto come previsto dalla D.g.r. n. 7372 e s.m.i. si utilizzerà ai fini di calcolo il Metodo delle Sole Piogge ai sensi dell' Articolo 11 – Allegato G della medesima D.g.r..

Intervento n° 03 – Edificio Spogliatoio A.2

Superficie complessiva interessata dall'intervento: **1473,09 m²**

Individuazione superficie Impermeabile

Tipologia	Superfici nette	Ca	Superfici corrette	Superficie impermeabile complessiva
Superfici coperte impermeabili	429,91 m ²	1,00	429,91 m ²	
Superfici semi permeabili	656,39 m ²	0,70	459,47 m ²	
Superfici aree a verde NON collettate	386,79 m ²	0,00	0,00 m ²	
				889,38 m²

Il coefficiente di deflusso medio ponderale calcolato per l'area di stretto interesse progettuale risulta pari a **0,60**.

Da quanto sopra nelle valutazioni di merito si dovrà considerare una superficie complessiva d'intervento pari a **1473,09 m²**.

Lo specifico caso progettuale rientra nella **Classe di intervento 02 – “Impermeabilizzazione potenziale media - Superfici impermeabili comprese tra 0,1 e 1,0 ha”** e possiede un coefficiente di deflusso pari a **0,60**.

Pertanto come previsto dalla D.g.r. n. 7372 e s.m.i. si utilizzerà ai fini di calcolo il Metodo delle Sole Piogge ai sensi dell' Articolo 11 – Allegato G della medesima D.g.r..

Intervento n° 04 – Ampliamento Superficie Attrezzata

Superficie complessiva interessata dall'intervento: **1115,68 m²**

Individuazione superficie Impermeabile

Tipologia	Superfici nette	Ca	Superfici corrette	Superficie impermeabile complessiva
Superfici coperte impermeabili	383,00 m ²	1,00	383,00 m ²	
Superfici semi permeabili	515,01 m ²	0,70	360,51 m ²	
Superfici aree a verde NON collettate	217,67 m ²	0,00	0,00 m ²	
				743,51 m²

Il coefficiente di deflusso medio ponderale calcolato per l'area di stretto interesse progettuale risulta pari a **0,67**.

Da quanto sopra nelle valutazioni di merito si dovrà considerare una superficie complessiva d'intervento pari a **1115,68 m²**.

Lo specifico caso progettuale rientra nella **Classe di intervento 02 – “Impermeabilizzazione potenziale media - Superfici impermeabili comprese tra 0,1 e 1,0 ha”** e possiede un coefficiente di deflusso pari a **0,67**.

Pertanto come previsto dalla D.g.r. n. 7372 e s.m.i. si utilizzerà ai fini di calcolo il Metodo delle Sole Piogge ai sensi dell' Articolo 11 – Allegato G della medesima D.g.r..

A seguire viene restituito lo schema grafico che identifica la *classe di intervento* e la *metodologia di calcolo* relativa al progetto di Invarianza Idraulica per gli interventi progettuali 02 – 03 - 04 sopra definiti.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,01 ha (≤ 300 m²)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a < 1.000 m²)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a < 1.000 m²)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (Articolo 11 e Allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 m²)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 m²)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 m²)	> 0,4	Procedura dettagliata (Articolo 11 e Allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 m²)	qualsiasi		

Intervento Progettuale 02-03-04 – Delineazione della Classe di Intervento

2.3 - DEFINIZIONE DEI VOLUMI MINIMI DI PIOGGIA

Metodo delle sole piogge

Tale metodo consiste nel determinare i volumi entranti ed uscenti dal sistema al variare del tempo di pioggia, dalla cui differenza si ottiene il valore del volume di invaso cercato. In termini matematici la laminazione delle piogge è governata dall'equazione di continuità dell'invaso:

$$q_e(t) - q_u(t) = \frac{dV(t)}{dt}$$

dove:

- $q_e(t)$: portata entrante nell'invaso, variabile nel tempo, dipendente dall'evento pluviometrico e dalle caratteristiche del bacino e della rete drenante;
- $q_u(t)$: portata in uscita dalla vasca.

Nello sviluppo dei calcoli di seguito riportati il riferimento sarà il Programma di tutela ed uso delle acque della Regione Lombardia (PTUA) che, all'appendice G ("Direttive in ordine alla programmazione e progettazione dei sistemi di fognatura") sancisce che le portate recapitate verso i ricettori vengano limitate (attraverso

vasche volano) a **10 l/s * ha** impermeabile per le aree di espansione rientranti nella **classe di Criticità Idraulica "A"**.

- V(t): volume invasato nella vasca all'istante t.

In termini di portata il contributo in ingresso è dato dal prodotto della superficie contribuente per il coefficiente di deflusso descrittivo dell'intero ambito moltiplicati per l'intensità di pioggia:

$$q_e = S_{tot} \cdot \varphi \cdot i$$

dove "i" è l'intensità di pioggia ricavata dalla curva di possibilità climatica:

$$i = \frac{h}{\theta} = \frac{a \cdot \theta^n}{\theta} = a \cdot \theta^{n-1}$$

Per individuare il volume da assegnare alle vasche di laminazione si possono seguire diversi approcci più o meno semplificati; risulta particolarmente comodo al nostro caso il *metodo di sole piogge* che consiste nel confrontare le curve cumulate delle portate entranti ed uscenti dalla vasca ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante.

Si applica uno ietogramma netto di pioggia ad intensità costante e si moltiplica per il tempo la portata entrante, ottenendo il volume in entrata:

$$V_e = q_e \cdot \theta = S_{tot} \cdot \varphi \cdot i \cdot \theta = S_{tot} \cdot \varphi \cdot h = S_{tot} \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n$$

dove:

- Stot è la superficie scolante;
- φ è il coefficiente di deflusso;
- i è l'intensità di pioggia
- θ è la durata dell'evento meteorico;
- a ed n sono i parametri della curva di possibilità climatica.

Abbiamo già detto della **portata in uscita** a cui la Regione Lombardia ha assegnato un **coefficiente udometrico "u"** pari 10 l/s/ha:

$$q_{u-\max} = u \cdot S_{tot}$$

Ovvero nel caso progettuale considerato si ottiene

Intervento n° 01 – Edificio Spogliatoio A.1

$$q_{u-\max} == 10 \text{ (l/sec/ha)} \times 0,05577 \text{ (ha)} = 0,55 \text{ l/s}$$

Intervento n° 02 – Edificio Polifunzionale

$$q_{u-\max} == 10 \text{ (l/sec/ha)} \times 0,1982 \text{ (ha)} = 1,98 \text{ l/s}$$

Intervento n° 03 – Edificio Spogliatoio A.2

$$q_{u-\max} == 10 \text{ (l/sec/ha)} \times 0,0889 \text{ (ha)} = 0,88 \text{ l/s}$$

Intervento n° 04 – Ampliamento Superficie Attrezzata

$$q_{u-\max} == 10 \text{ (l/sec/ha)} \times 0,07435 \text{ (ha)} = 0,74 \text{ l/s}$$

Analogamente a quanto fatto precedentemente avremo un **volume uscente** di:

$$V_u = q_{u-\max} \cdot \theta$$

Il volume (minimo) da accumulare nella vasca risulta pari alla massima differenza tra le due curve ed è individuato analiticamente:

$$V_{storage} = V_e - V_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n - q_{u-\max} \cdot \theta$$

Essendo la durata critica per la vasca θ_{cr} :

$$\theta_{cr} = \left(\frac{q_{u-\max}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{(n-1)}}$$

si ottiene l'espressione matematica:

$$V_{storage} = A \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{q_{u-\max}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{(n-1)}} - q_{u-\max} \cdot \left(\frac{q_{u-\max}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{(n-1)}}$$

Pertanto per **qu-max = 10 l/s** relativo all' **Area con Criticità Idraulica "A"** considerata si ottengono i seguenti risultati:

Intervento n° 01 – Edificio Spogliatoio A.1

- la durata critica θ_{cr} = **11 ore e 46 minuti**
- **volume massimo da invasare $V_{max} = 52,37 \text{ m}^3$**
- volume specifico = **$939 \text{ m}^3 / \text{ha}_{imp}$**

Il valore del volume specifico ottenuto (superiore a $800 \text{ m}^3 / \text{ha}_{imp}$) conferma la validità dei risultati del metodo di calcolo utilizzati

Intervento n° 02 – Edificio Polifunzionale

- la durata critica θ_{cr} = **11 ore e 46 minuti**
- **volume massimo da invasare $V_{max} = 186,12 \text{ m}^3$**
- volume specifico = **$939 \text{ m}^3 / \text{ha}_{imp}$**

Il valore del volume specifico ottenuto (superiore a $800 \text{ m}^3 / \text{ha}_{imp}$) conferma la validità dei risultati del metodo di calcolo utilizzati

Intervento n° 03 – Edificio Spogliatoio A.2

- la durata critica θ_{cr} = **11 ore e 46 minuti**
- **volume massimo da invasare $V_{max} = 83,52 \text{ m}^3$**
- volume specifico = **$939 \text{ m}^3 / \text{ha}_{imp}$**

Il valore del volume specifico ottenuto (superiore a $800 \text{ m}^3 / \text{ha}_{imp}$) conferma la validità dei risultati del metodo di calcolo utilizzati

Intervento n° 04 – Ampliamento Superficie Attrezzata

- la durata critica θ_{cr} = **11 ore e 46 minuti**
- **volume massimo da invasare $V_{max} = 69,82 \text{ m}^3$**
- volume specifico = **$939 \text{ m}^3 / \text{ha}_{imp}$**

Il valore del volume specifico ottenuto (superiore a $800 \text{ m}^3 / \text{ha}_{imp}$) conferma la validità dei risultati del metodo di calcolo utilizzati

2.4 – IPOTESI DI INTERVENTO 01 : VASCHE DI LAMINAZIONE

Come richiamato nell'introduzione geologica ed idrogeologica relativa al capitolo 01, il settore d'interesse rientra nell'ambito delle **Aree a Criticità Idraulica "A"**

La prima ipotesi di soluzione progettuale è rappresentata dall'adozione di vasche di laminazione aventi lo scopo di accumulare temporaneamente le acque meteoriche restituendo le medesime al recettore normativamente concesso secondo la portata massima in precedenza indicata :

- portata massima Intervento 01: **0,55** litri/sec
- portata massima Intervento 02: **1,98** litri/sec
- portata massima Intervento 01: **0,88** litri/sec
- portata massima Intervento 01: **0,74** litri/sec

Nell'ipotesi realizzativa di un sistema di **vasche di laminazione** (vasche di accumulo idrico temporaneo) il volume complessivo delle vasche medesime dovrà essere pari o superiore a quanto segue:

- Volume minimo vasca laminazione Intervento 01: **53** metri cubi
- Volume minimo vasca laminazione Intervento 02: **187** metri cubi
- Volume minimo vasca laminazione Intervento 03: **84** metri cubi
- Volume minimo vasca laminazione Intervento 04: **70** metri cubi

Tale soluzione consente lo stoccaggio temporaneo delle acque meteoriche permettendo la loro veicolazione all'interno del recettore fognario normativamente concesso entro le 48 ore dal termine dell'evento meteorico.

Occorre sottolineare come, da un punto di vista geotecnico, l'adozione progettuale di una vasca di laminazione (impermeabile) costituisca una soluzione adatta al contesto d'intervento sito specifico soprattutto in relazione alle condizioni geologiche e geologico-tecniche sito specifiche rilevate. L'accumulo temporaneo in vasca di laminazione delle acque meteoriche ed il conseguente mancato rilascio delle medesime nel primo sottosuolo garantisce infatti il mantenimento delle condizioni di equilibrio nel sottosuolo medesimo avviando l'instaurazione di qualsivoglia tipologia di fenomeno erosivo, di alterazione e di decadimento dei caratteri geotecnici a carico dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area d'interesse progettuale (dilavamento, rammollimento, ecc....).

Tale soluzione consentirà inoltre il riutilizzo ottimizzato della risorsa idrica immagazzinata.

2.4.1 – VASCHE DI LAMINAZIONE - CALCOLO DEI TEMPI DI SVUOTAMENTO

In funzione della portata uscente **Q_{lim}** del sistema di accumulo/dispersione (nel rispetto della portata limite ammissibile di cui all'art.8 del regolamento), e della portata di infiltrazione **Q_{inf}**, il tempo di svuotamento dopo il termine dell'evento critico deve avvenire - ai sensi della normativa - entro le 48 ore dal termine dello stesso. Detto parametro viene calcolato dalla seguente equazione:

$$t_{svuot} = \frac{W_o}{Q_{lim} + Q_{inf}}$$

dove:

Intervento n° 01 – Edificio Spogliatoio A.1

W_o - volume di accumulo/laminazione = 52,37 m³

Q_{lim} – portata limite di sito = 0,5577 l/s (2,01 m³/h)

Q_{inf} – portata infiltrata dal sistema di dispersione = 0,00 l/sec (no pozzi perdenti)

Tempo di svuotamento = 26,08 ore

Intervento n° 02 – Edificio Polifunzionale

W_o - volume di accumulo/laminazione = 186,12 m³

Q_{lim} – portata limite di sito = 1,98 l/s (7,14 m³/h)

Q_{inf} – portata infiltrata dal sistema di dispersione = 0,00 l/sec (no pozzi perdenti)

Tempo di svuotamento = 26,08 ore

Intervento n° 03 – Edificio Spogliatoio A.2

W_o - volume di accumulo/laminazione = 83,52 m³

Q_{lim} – portata limite di sito = 0,88 l/s (3,20 m³/h)

Q_{inf} – portata infiltrata dal sistema di dispersione = 0,00 l/sec (no pozzi perdenti)

Tempo di svuotamento = 26,09 ore

Intervento n° 04 – Ampliamento Superficie Attrezzata

W_o - volume di accumulo/laminazione = 69,82 m³

Q_{lim} – portata limite di sito = 0,74 l/s (2,68 m³/h)

Q_{inf} – portata infiltrata dal sistema di dispersione = 0,00 l/sec (no pozzi perdenti)

Tempo di svuotamento = 26,09 ore

In relazione a quanto sopra il tempo di svuotamento del sistema di accumulo delle vasche di laminazione previste nei differenti ambiti di progetto risulta pari a **t_{svuot} = 26 ore circa**, pertanto consono ai dettami normativi in quanto inferiore al tempo massimo di riferimento indicato dalla normativa medesima pari a 48 ore.

2.5 - IPOTESI DI INTERVENTO N° 02 : STRUTTURA DISPERDENTE

Sulla base dei risultati delle indagini in sito condotte è stata ipotizzata la realizzazione anche di strutture disperdenti (**pozzi perdenti**) nel primo sottosuolo delle aree di intervento. In particolare è stata ipotizzata una **soluzione progettuale combinata** (elementi A+B) rappresentata da un sistema di vasche di decantazione (Elemento A - vasche di accumulo temporaneo) affiancate a pozzi perdenti (Elemento B). Nel seguito vengono delineate le soluzioni previste per ciascuno dei quattro interventi progettuali.

Intervento n° 01 – Edificio Spogliatoio A.1

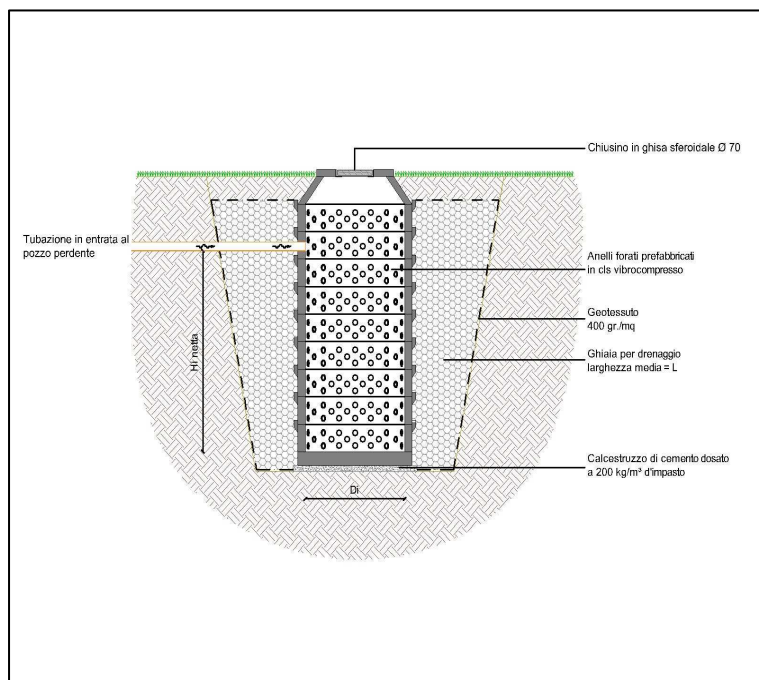
elemento A) - vasche di accumulo temporaneo di dimensione volumetrica pari a 2 m³ ciascuna. La funzione delle vasche consta nell' *incremento delle capacità volumetrica del sistema* di gestione delle acque, nell'agire come *vasca di calma* (decantazione e sedimentazione del trasporto solido) e consentire il *riutilizzo ottimizzato* di parte delle risorse idriche meteoriche accumulate (innaffiamento aree verdi, manutenzione piazzali ecc...). Viene prevista la realizzazione di una vasca di accumulo temporaneo abbinata a ciascun pozzo perdente per un **numero totale complessivo di vasche pari a 02**.

Elementi dimensionali vasca accumulo			
Volume singola vasca accumulo	v	2,00	m ³
Numero totale di vasche previsto		02	
Volume idrico complessivo accumulato nelle vasche	V	4,0	m ³

elemento B) – pozzi perdenti avente sezione circolare con diametro pari a 2,20 m costituiti da anelli in cemento sovrapposti. **Si prevede la realizzazione di n° 02 pozzi perdenti** sviluppati a partire dalla quota piano giardino *in settori il più possibile distanti dal futuro sedime edificato*. I pozzi verranno spinti a profondità di 4,50 m circa da piano giardino. Relativamente ai pozzi disperdente sono stati considerati i seguenti parametri di calcolo:

Parametri ed elementi costitutivi			
Altezza di pioggia Tr = 50 anni (da LSPP ARPA)	h	63,36	mm/ora
Diametro interno pozzo	Di	2,20	m
Altezza interna pozzo (da piano giardino)	H	4,50	m
Altezza utile pozzi	Hi	3,00	m
Coefficiente di Permeabilità	K	5,0*10 ⁻⁵	m/sec
Larghezza media corona esterna drenante (del pozzo)	L	1,30	m

Nella figura a seguire viene restituita la struttura schematica (indicativa) del pozzo disperdente tipo in cui vengono richiamati gli elementi costitutivi riportati nella tabella precedente (Di, H, Hi, L).



Schema indicativo pozzo disperdente

Il dimensionamento dei sistemi di dispersione per infiltrazione (pozzi perdenti) è stato eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema con la capacità di infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel pozzo perdente stesso.

La capacità di infiltrazione, può essere stimata in prima approssimazione attraverso la legge di Darcy.

$$Q_f = k \cdot J \cdot A_f$$

dove:

Q_f = portata infiltrata (m^3/s)

k = coefficiente di permeabilità (m/s)

J = cadente piezometrica

A_f = superficie netta di infiltrazione (m^2)

Come coefficiente di permeabilità è stato assunto il valore (maggiormente cautelativo) desunto dalle prove Lefranc in precedenza descritte, ossia **$k = 5,0 \cdot 10^{-5} m/s$** .

Per i pozzi perdenti, la portata Q_{inf} viene di norma utilizzata la formula di **Sieker (1984)** che definisce in modo più accurato la *cadente piezometrica J* e la superficie netta di infiltrazione A_f .

$$Q_{inf} = k \cdot \left(\frac{L+z}{L+z/2} \right) \cdot A_f$$

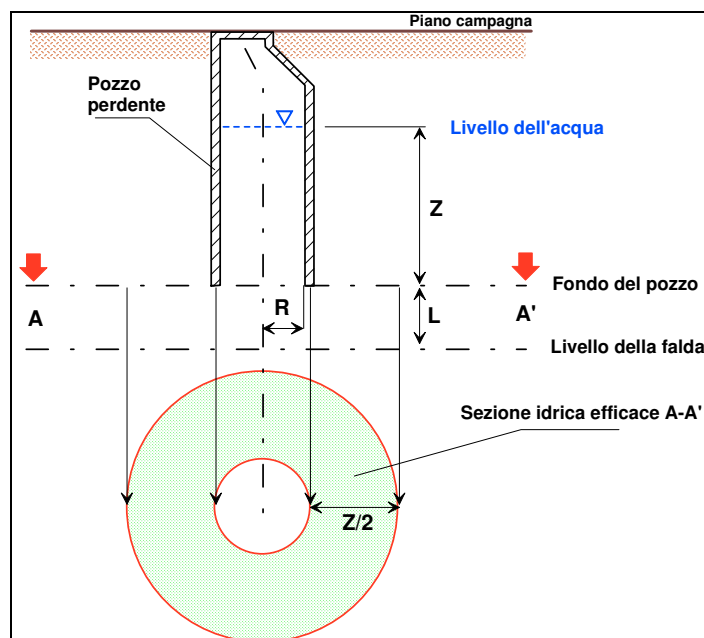
Il termine tra parentesi rappresenta la cadente piezometrica J , che dipende dal parametro z (altezza dello strato drenante del pozzo) e da L (dislivello tra il fondo del pozzo perdente e il sottostante livello di falda – v. Figura a seguire).

L'effettiva area drenante del pozzo A_f è assunta come un anello di larghezza $z/2$ attorno alla base, per cui non viene considerato l'effetto drenante del fondo in ragione del fenomeno di impermeabilizzazione che coinvolge la quasi totalità delle strutture disperdenti. Il calcolo del parametro A_f è espresso quindi dalla seguente equazione:

$$A_f = \pi \cdot \left(\frac{D}{2} + \frac{z}{2} \right)^2 + \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

dove:

D = diametro pozzo



Nel caso specifico, in base alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni riscontrati, si ritiene necessario realizzare pozzi perdenti con le seguenti caratteristiche:

- diametro del pozzo = **2,20 m**
- profondità complessiva del pozzo = **4,50 m**
- altezza z della porzione drenante del pozzo = **3,0 m**
- spessore del dreno attorno al pozzo **1,3 m** (spessore minimo)

Attesa una soggiacenza media della falda (cautelativa) di circa 37 m da p.c. (circa) ed una profondità del pozzo di 4,50 m, si ottiene $L = 33$ m circa. Il valore della cadente piezometrica **J** risulta pertanto pari a **1,043** mentre **Af = 17,43 m²**.

In base a quanto sopra si ottiene una portata uscente media **Qinf = 0,91 l/s**, cui deriva un volume **Vu = 3,28 m³** in relazione ad un tempo $t = 1$ ora (durata pioggia intensa). A detto valore va aggiunta la capacità di invaso del pozzo perdente ipotizzato **V_{STORAGE}**, funzione del volume del pozzo e dello spessore dell'anello di materiale drenante attorno ad esso.

Applicando la seguente equazione:

$$V_{STORAGE} = \frac{D}{2} \cdot \pi \cdot z + \left(\frac{D+2r}{2} \right)^2 \cdot \pi \cdot z - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot \pi \cdot z \cdot 0,3$$

dove r = spessore dell'anello drenante

si ottiene un **V_{STORAGE} = 24,26 m³**.

Pertanto la capacità di laminazione complessiva (**V_{TOT} = Vu + V_{STORAGE}**) di n.1 pozzo perdente risulta **V_{TOT} = 27,54 m³**.

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Volume di pioggia critica teorica da smaltire		52,37	m ³
Riduzione del volume teorico di pioggia critica (-30 % previsto da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		15,71	m ³
Volume effettivo <u>ridotto</u> di pioggia da smaltire (ridotto come da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		36,66	m ³
Volume idrico assorbito da ciascun pozzo		3,28	m ³
Volume idrico accumulato in ciascun pozzo		24,26	m ³
Volume idrico totale recepito per singolo pozzo		27,54	m ³
Numero di pozzi perdenti previsto		02	
Volume complessivo idrico recepito dal sistema pozzi		55,07	m ³

Considerando la **capacità volumetrica complessiva** di accumulo degli **elementi A+B** (vasche di calma + pozzi) si ottiene quindi un volume idrico effettivo cumulabile pari a **59,07 metri cubi** ovvero superiore al **volume di pioggia critica ridotto** in precedenza calcolato (pari a 36,66 m³).

Tale soluzione combinata permetterà di sfruttare, secondo criteri a favore di sicurezza, i volumi a disposizione soprattutto considerando un utilizzo sul lungo termine della struttura.

Nel breve-medio termine la capacità disperdente dei pozzi permetterà, sia pure con tempi proporzionali alle medie permeabilità individuate, la dispersione dei volumi idrici accumulati sfruttando a pieno il vantaggio idraulico della capacità di accumulo della struttura (volume **elementi A+B** superiore a quella di pioggia critica) soprattutto in condizioni di massimo sfavore meteorologico.

Considerando il naturale progressivo decadimento del grado di efficienza dei pozzi di dispersione, il vantaggio derivante dalla capacità volumetrica di accumulo complessivo (volume **elementi A+B**) risulta ancora più evidente in quanto in grado di garantire il corretto funzionamento del sistema di gestione delle acque meteoriche così creato anche in condizioni di bassa efficienza dei pozzi perdenti: ovvero funzionando come semplice vasca di laminazione.

Da qui il senso di prevedere, già in questa fase progettuale, l'adozione di un sistema di controllo di troppo pieno con pompa di rimando all'interno delle vasche.

Intervento n° 02 – Edificio Polifunzionale

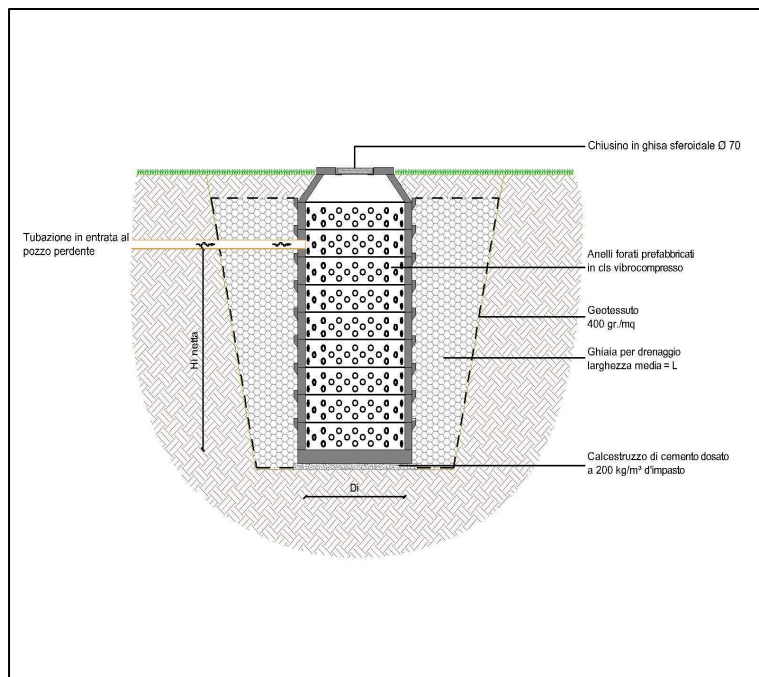
elemento A) - vasche di accumulo temporaneo di dimensione volumetrica pari a 2 m³ ciascuna. La funzione delle vasche consta nell' *incremento delle capacità volumetrica del sistema* di gestione delle acque, nell'agire come *vasca di calma* (decantazione e sedimentazione del trasporto solido) e consentire il *riutilizzo ottimizzato* di parte delle risorse idriche meteoriche accumulate (innaffiamento aree verdi, manutenzione piazzali ecc...). Viene prevista la realizzazione di una vasca di accumulo temporaneo abbinata a ciascun pozzo perdente per un **numero totale complessivo di vasche pari a 04**.

<i>Elementi dimensionali vasca accumulo</i>			
Volume singola vasca accumulo	v	2,00	m ³
Numero totale di vasche previsto		04	
Volume idrico complessivo accumulato nelle vasche	v	8,00	m ³

elemento B) – pozzi perdenti avente sezione circolare con diametro pari a 2,20 m costituiti da anelli in cemento sovrapposti. **Si prevede la realizzazione di n° 04 pozzi perdenti** sviluppati a partire dalla quota piano giardino *in settori il più possibile distanti dal futuro sedime edificato*. I pozzi verranno spinti a profondità di 4,50 m circa da piano giardino. Relativamente ai pozzi disperdente sono stati considerati i seguenti parametri di calcolo:

<i>Parametri ed elementi costitutivi</i>			
Altezza di pioggia Tr = 50 anni (da LSPP ARPA)	h	63,36	mm/ora
Diametro interno pozzo	Di	2,20	m
Altezza interna pozzo (da piano giardino)	H	4,50	m
Altezza utile pozzi	Hi	3,50	m
Coefficiente di Permeabilità	K	5,0*10 ⁻⁵	m/sec
Larghezza media corona esterna drenante (del pozzo)	L	1,30	m

Nella figura a seguire viene restituita la struttura schematica (indicativa) del pozzo disperdente tipo in cui vengono richiamati gli elementi costitutivi riportati nella tabella precedente (Di, H, Hi, L).



Schema indicativo pozzo disperdente

Il dimensionamento dei sistemi di dispersione per infiltrazione (pozzi perdenti) è stato eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema con la capacità di infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel pozzo perdente stesso.

La capacità di infiltrazione, può essere stimata in prima approssimazione attraverso la legge di Darcy.

$$Q_f = k \cdot J \cdot A_f$$

dove:

Q_f = portata infiltrata (m^3/s)

k = coefficiente di permeabilità (m/s)

J = cadente piezometrica

A_f = superficie netta di infiltrazione (m^2)

Come coefficiente di permeabilità è stato assunto il valore (maggiormente cautelativo) desunto dalle prove Lefranc in precedenza descritte, ossia $k = 5,0 \cdot 10^{-5} m/s$.

Per i pozzi perdenti, la portata Q_{inf} viene di norma utilizzata la formula di **Sieker (1984)** che definisce in modo più accurato la *cadente piezometrica J* e la superficie netta di infiltrazione A_f .

$$Q_{inf} = k \cdot \left(\frac{L + z}{L + z/2} \right) \cdot A_f$$

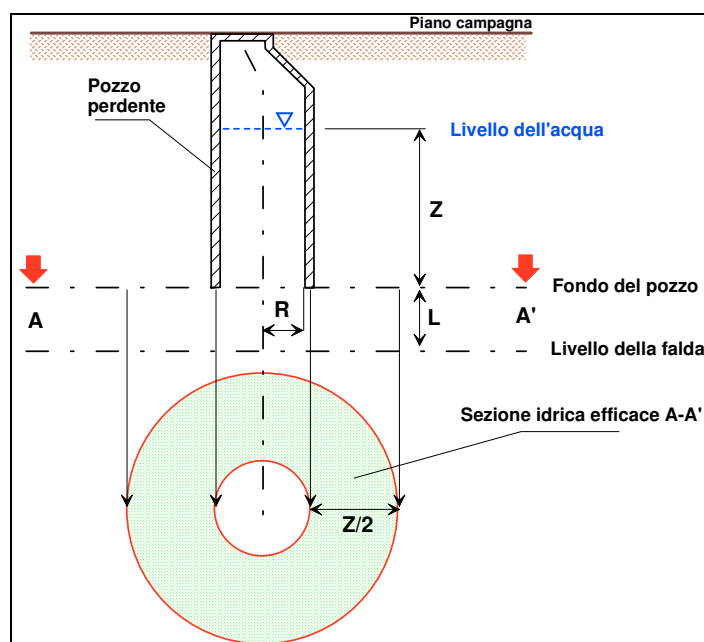
Il termine tra parentesi rappresenta la cadente piezometrica **J**, che dipende dal parametro **z** (altezza dello strato drenante del pozzo) e da **L** (dislivello tra il fondo del pozzo perdente e il sottostante livello di falda – v. Figura a seguire).

L'effettiva area drenante del pozzo A_f è assunta come un anello di larghezza $z/2$ attorno alla base, per cui non viene considerato l'effetto drenante del fondo in ragione del fenomeno di impermeabilizzazione che coinvolge la quasi totalità delle strutture disperdenti. Il calcolo del parametro A_f è espresso quindi dalla seguente equazione:

$$A_f = \pi \cdot \left(\frac{D}{2} + \frac{z}{2} \right)^2 - \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

dove:

D = diametro pozzo



Nel caso specifico, in base alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni riscontrati, si ritiene necessario realizzare pozzi perdenti con le seguenti caratteristiche:

- diametro del pozzo = **2,20 m**
- profondità complessiva del pozzo = **4,50 m**

- altezza z della porzione drenante del pozzo = **3,50 m**
- spessore del dreno attorno al pozzo **1,3 m** (spessore minimo)

Attesa una soggiacenza media della falda (cautelativa) di circa 37 m da p.c. (circa) ed una profondità del pozzo di 4,50 m, si ottiene $L = 33$ m circa. Il valore della cadente piezometrica **J** risulta pertanto pari a **1,046** mentre **Af = 19,10 m²**.

In base a quanto sopra si ottiene una portata uscente media **Qinf = 0,99 l/s**, cui deriva un volume **Vu = 3,60 m³** in relazione ad un tempo $t = 1$ ora (durata pioggia intensa). A detto valore va aggiunta la capacità di invaso del pozzo perdente ipotizzato **V_{STORAGE}**, funzione del volume del pozzo e dello spessore dell'anello di materiale drenante attorno ad esso.

Applicando la seguente equazione:

$$V_{STORAGE} = \frac{D}{2} \cdot \pi \cdot z + \left(\frac{D+2r}{2} \right)^2 \cdot \pi \cdot z - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot \pi \cdot z \cdot 0,3$$

dove r = spessore dell'anello drenante

si ottiene un **V_{STORAGE} = 28,30 m³**.

Pertanto la capacità di laminazione complessiva (**V_{TOT} = Vu + V_{STORAGE}**) di n.1 pozzo perdente risulta **V_{TOT} = 31,90 m³**.

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Volume di pioggia critica teorica da smaltire		186,12	m ³
Riduzione del volume teorico di pioggia critica (-30 % previsto da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		55,84	m ³
Volume effettivo <u>ridotto</u> di pioggia da smaltire (ridotto come da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		130,28	m ³
Volume idrico assorbito da ciascun pozzo		3,60	m ³
Volume idrico accumulato in ciascun pozzo		28,30	m ³
Volume idrico totale recepito per singolo pozzo		31,90	m ³
Numero di pozzi perdenti previsto		04	
Volume complessivo idrico recepito dal sistema pozzi		127,59	m ³

Considerando la **capacità volumetrica complessiva** di accumulo degli **elementi A+B** (vasche di calma + pozzi) si ottiene quindi un volume idrico effettivo cumulabile pari a **135,59 metri cubi** ovvero superiore al **volume di pioggia critica ridotto** sopra indicato (pari a 130,28 m³).

Intervento n° 03 – Edificio Spogliatoio A.2

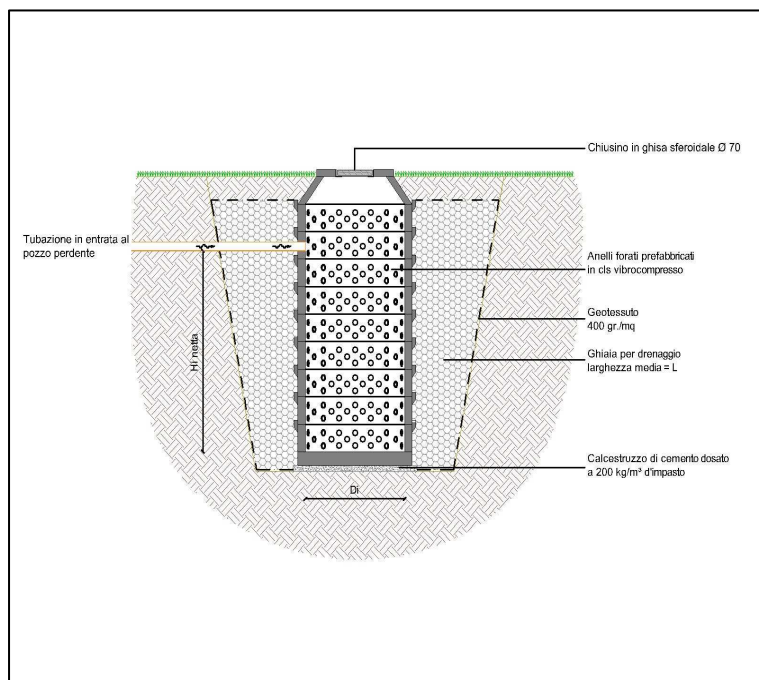
elemento A) - vasche di accumulo temporaneo di dimensione volumetrica pari a 2 m³ ciascuna. La funzione delle vasche consta nell' *incremento delle capacità volumetrica del sistema* di gestione delle acque, nell'agire come *vasca di calma* (decantazione e sedimentazione del trasporto solido) e consentire il *riutilizzo ottimizzato* di parte delle risorse idriche meteoriche accumulate (innaffiamento aree verdi, manutenzione piazzali ecc...). Viene prevista la realizzazione di una vasca di accumulo temporaneo abbinata a ciascun pozzo perdente per un **numero totale complessivo di vasche pari a 02**.

Elementi dimensionali vasca accumulo			
Volume singola vasca accumulo	V	2,00	m ³
Numero totale di vasche previsto		02	
Volume idrico complessivo accumulato nelle vasche	V	4,00	m ³

elemento B) – pozzi perdenti avente sezione circolare con diametro pari a 2,20 m costituiti da anelli in cemento sovrapposti. **Si prevede la realizzazione di n° 02 pozzi perdenti** sviluppati a partire dalla quota piano giardino *in settori il più possibile distanti dal futuro sedime edificato*. I pozzi verranno spinti a profondità di 4,50 m circa da piano giardino. Relativamente ai pozzi disperdente sono stati considerati i seguenti parametri di calcolo:

Parametri ed elementi costitutivi			
Altezza di pioggia Tr = 50 anni (da LSPP ARPA)	h	63,36	mm/ora
Diametro interno pozzo	Di	2,20	m
Altezza interna pozzo (da piano giardino)	H	4,50	m
Altezza utile pozzi	Hi	3,50	m
Coefficiente di Permeabilità	K	5,0*10 ⁻⁵	m/sec
Larghezza media corona esterna drenante (del pozzo)	L	1,30	m

Nella figura a seguire viene restituita la struttura schematica (indicativa) del pozzo disperdente tipo in cui vengono richiamati gli elementi costitutivi riportati nella tabella precedente (Di, H, Hi, L).



Schema indicativo pozzo disperdente

Il dimensionamento dei sistemi di dispersione per infiltrazione (pozzi perdenti) è stato eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema con la capacità di infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel pozzo perdente stesso.

La capacità di infiltrazione, può essere stimata in prima approssimazione attraverso la legge di Darcy.

$$Q_f = k \cdot J \cdot A_f$$

dove:

Q_f = portata infiltrata (m³/s)

k = coefficiente di permeabilità (m/s)

J = cadente piezometrica

A_f = superficie netta di infiltrazione (m²)

Come coefficiente di permeabilità è stato assunto il valore (maggiormente cautelativo) desunto dalle prove Lefranc in precedenza descritte, ossia **$k = 5,0 \cdot 10^{-5}$ m/s**.

Per i pozzi perdenti, la portata Q_{inf} viene di norma utilizzata la formula di **Sieker (1984)** che definisce in modo più accurato la *cadente piezometrica J* e la superficie netta di infiltrazione A_f .

$$Q_{inf} = k \cdot \left(\frac{L + z}{L + z/2} \right) \cdot A_f$$

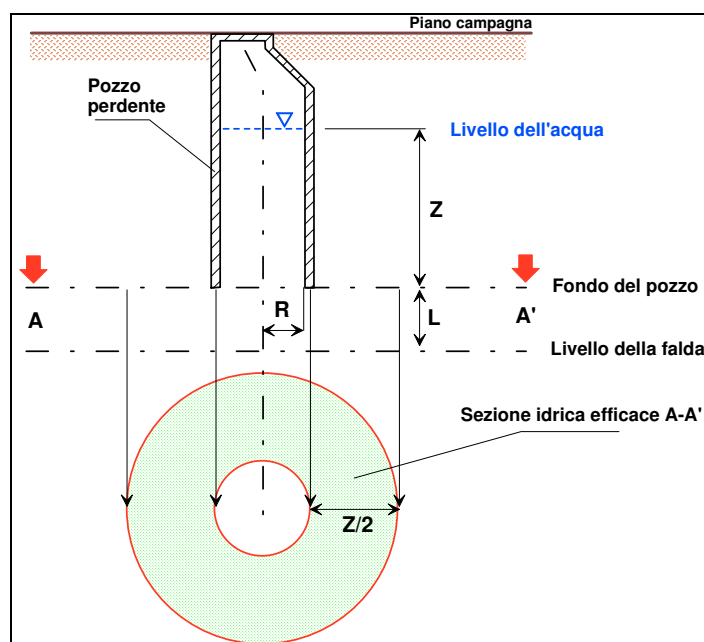
Il termine tra parentesi rappresenta la cadente piezometrica **J**, che dipende dal parametro **z** (altezza dello strato drenante del pozzo) e da **L** (dislivello tra il fondo del pozzo perdente e il sottostante livello di falda – v. Figura a seguire).

L'effettiva area drenante del pozzo A_f è assunta come un anello di larghezza $z/2$ attorno alla base, per cui non viene considerato l'effetto drenante del fondo in ragione del fenomeno di impermeabilizzazione che coinvolge la quasi totalità delle strutture disperdenti. Il calcolo del parametro A_f è espresso quindi dalla seguente equazione:

$$A_f = \pi \cdot \left(\frac{D}{2} + \frac{z}{2} \right)^2 - \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

dove:

D = diametro pozzo



Nel caso specifico, in base alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni riscontrati, si ritiene necessario realizzare pozzi perdenti con le seguenti caratteristiche:

- diametro del pozzo = **2,20 m**
- profondità complessiva del pozzo = **4,50 m**

- altezza z della porzione drenante del pozzo = **3,20 m**
- spessore del dreno attorno al pozzo **1,3 m** (spessore minimo)

Attesa una soggiacenza media della falda (cautelativa) di circa 37 m da p.c. (circa) ed una profondità del pozzo di 4,50 m, si ottiene $L = 33$ m circa. Il valore della cadente piezometrica **J** risulta pertanto pari a **1,046** mentre **Af = 19,10 m²**.

In base a quanto sopra si ottiene una portata uscente media **Qinf = 0,99 l/s**, cui deriva un volume **Vu = 3,60 m³** in relazione ad un tempo t = 1 ora (durata pioggia intensa). A detto valore va aggiunta la capacità di invaso del pozzo perdente ipotizzato **V_{STORAGE}**, funzione del volume del pozzo e dello spessore dell'anello di materiale drenante attorno ad esso.

Applicando la seguente equazione:

$$V_{STORAGE} = \frac{D}{2} \cdot \pi \cdot z + \left(\frac{D+2r}{2} \right)^2 \cdot \pi \cdot z - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot \pi \cdot z \cdot 0,3$$

dove r = spessore dell'anello drenante

si ottiene un **V_{STORAGE} = 28,30 m³**.

Pertanto la capacità di laminazione complessiva (**V_{TOT} = Vu + V_{STORAGE}**) di n.1 pozzo perdente risulta **V_{TOT} = 31,90 m³**.

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Volume di pioggia critica teorica da smaltire		83,52	m ³
Riduzione del volume teorico di pioggia critica (-30 % previsto da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		25,06	m ³
Volume effettivo <u>ridotto</u> di pioggia da smaltire (ridotto come da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		58,46	m ³
Volume idrico assorbito da ciascun pozzo		3,60	m ³
Volume idrico accumulato in ciascun pozzo		28,30	m ³
Volume idrico totale recepito per singolo pozzo		31,90	m ³
Numero di pozzi perdenti previsto		02	
Volume complessivo idrico recepito dal sistema pozzi		63,79	m ³

Considerando la **capacità volumetrica complessiva** di accumulo degli **elementi A+B** (vasche di calma + pozzi) si ottiene quindi un volume idrico effettivo cumulabile pari a **67,79 metri cubi** ovvero superiore al **volume di pioggia critica ridotto** sopra indicato (pari a 58,46 m³).

Intervento n° 04 – Ampliamento Superficie Attrezzata

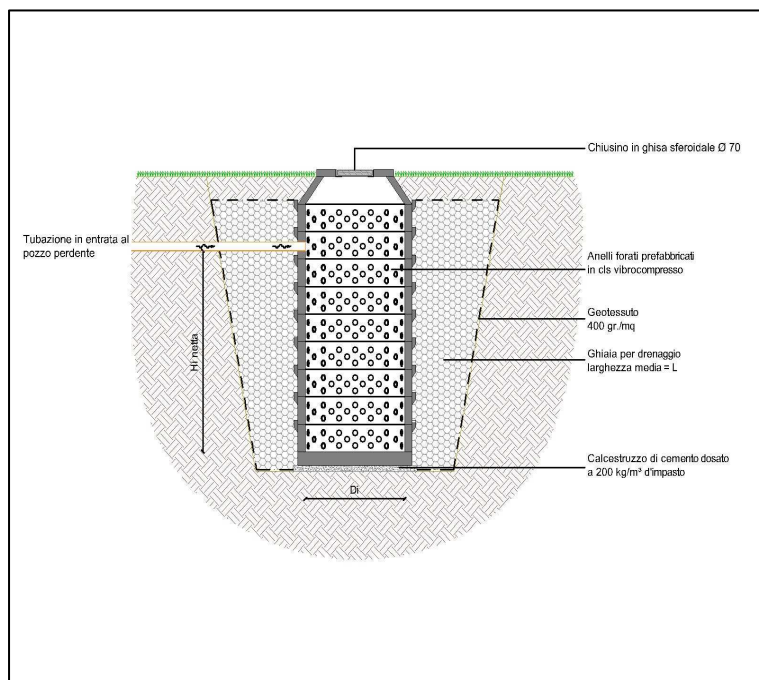
elemento A) - vasche di accumulo temporaneo di dimensione volumetrica pari a 2 m³ ciascuna. La funzione delle vasche consta nell' *incremento delle capacità volumetrica del sistema* di gestione delle acque, nell'agire come *vasca di calma* (decantazione e sedimentazione del trasporto solido) e consentire il *riutilizzo ottimizzato* di parte delle risorse idriche meteoriche accumulate (innaffiamento aree verdi, manutenzione piazzali ecc...). Viene prevista la realizzazione di una vasca di accumulo temporaneo abbinata a ciascun pozzo perdente per un **numero totale complessivo di vasche pari a 02**.

<i>Elementi dimensionali vasca accumulo</i>			
Volume singola vasca accumulo	V	2,00	m ³
Numero totale di vasche previsto		02	
Volume idrico complessivo accumulato nelle vasche	V	4,00	m ³

elemento B) – pozzi perdenti avente sezione circolare con diametro pari a 2,20 m costituiti da anelli in cemento sovrapposti. **Si prevede la realizzazione di n° 02 pozzi perdenti** sviluppati a partire dalla quota piano giardino *in settori il più possibile distanti dal futuro sedime edificato*. I pozzi verranno spinti a profondità di 4,50 m circa da piano giardino. Relativamente ai pozzi disperdente sono stati considerati i seguenti parametri di calcolo:

<i>Parametri ed elementi costitutivi</i>			
Altezza di pioggia Tr = 50 anni (da LSPP ARPA)	h	63,36	mm/ora
Diametro interno pozzo	Di	2,20	m
Altezza interna pozzo (da piano giardino)	H	4,50	m
Altezza utile pozzi	Hi	3,50	m
Coefficiente di Permeabilità	K	5,0*10 ⁻⁵	m/sec
Larghezza media corona esterna drenante (del pozzo)	L	1,30	m

Nella figura a seguire viene restituita la struttura schematica (indicativa) del pozzo disperdente tipo in cui vengono richiamati gli elementi costitutivi riportati nella tabella precedente (Di, H, Hi, L).



Schema indicativo pozzo disperdente

Il dimensionamento dei sistemi di dispersione per infiltrazione (pozzi perdenti) è stato eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema con la capacità di infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel pozzo perdente stesso.

La capacità di infiltrazione, può essere stimata in prima approssimazione attraverso la legge di Darcy.

$$Q_f = k \cdot J \cdot A_f \text{ dove:}$$

Q_f = portata infiltrata (m^3/s)

k = coefficiente di permeabilità (m/s)

J = cadente piezometrica

A_f = superficie netta di infiltrazione (m^2)

Come coefficiente di permeabilità è stato assunto il valore (maggiormente cautelativo) desunto dalle prove Lefranc in precedenza descritte, ossia $k = 5,0 \cdot 10^{-5} m/s$.

Per i pozzi perdenti, la portata Q_{inf} viene di norma utilizzata la formula di **Sieker (1984)** che definisce in modo più accurato la *cadente piezometrica J* e la superficie netta di infiltrazione A_f .

$$Q_{inf} = k \cdot \left(\frac{L+z}{L+z/2} \right) \cdot A_f$$

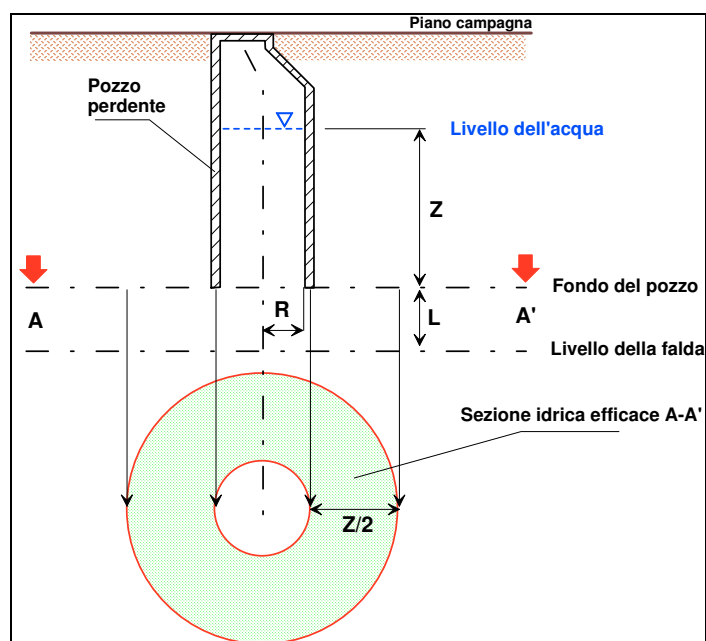
Il termine tra parentesi rappresenta la cadente piezometrica **J**, che dipende dal parametro **z** (altezza dello strato drenante del pozzo) e da **L** (dislivello tra il fondo del pozzo perdente e il sottostante livello di falda – v. Figura a seguire).

L'effettiva area drenante del pozzo **A_f** è assunta come un anello di larghezza **z/2** attorno alla base, per cui non viene considerato l'effetto drenante del fondo in ragione del fenomeno di impermeabilizzazione che coinvolge la quasi totalità delle strutture disperdenti. Il calcolo del parametro **A_f** è espresso quindi dalla seguente equazione:

$$A_f = \pi \cdot \left(\frac{D}{2} + \frac{z}{2} \right)^2 + \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

dove:

D = diametro pozzo



Nel caso specifico, in base alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni riscontrati, si ritiene necessario realizzare pozzi perdenti con le seguenti caratteristiche:

- diametro del pozzo = **2,20 m**
- profondità complessiva del pozzo = **4,50 m**
- altezza **z** della porzione drenante del pozzo = **3,20 m**
- spessore del dreno attorno al pozzo **1,3 m** (spessore minimo)

Attesa una soggiacenza media della falda (cautelativa) di circa 37 m da p.c. (circa) ed una profondità del pozzo di 4,50 m, si ottiene $L = 33$ m circa. Il valore della cadente piezometrica J risulta pertanto pari a **1,046** mentre $A_f = 19,10 \text{ m}^2$.

In base a quanto sopra si ottiene una portata uscente media $Q_{inf} = 0,99 \text{ l/s}$, cui deriva un volume $V_u = 3,60 \text{ m}^3$ in relazione ad un tempo $t = 1$ ora (durata pioggia intensa). A detto valore va aggiunta la capacità di invaso del pozzo perdente ipotizzato $V_{STORAGE}$, funzione del volume del pozzo e dello spessore dell'anello di materiale drenante attorno ad esso.

Applicando la seguente equazione:

$$V_{STORAGE} = \frac{D}{2} \cdot \pi \cdot z + \left(\frac{D+2r}{2} \right)^2 \cdot \pi \cdot z - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot \pi \cdot z \cdot 0,3$$

dove r = spessore dell'anello drenante

si ottiene un $V_{STORAGE} = 28,30 \text{ m}^3$.

Pertanto la capacità di laminazione complessiva ($V_{TOT} = V_u + V_{STORAGE}$) di n.1 pozzo perdente risulta $V_{TOT} = 31,90 \text{ m}^3$.

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Volume di pioggia critica teorica da smaltire		69,82	m^3
Riduzione del volume teorico di pioggia critica (-30 % previsto da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		20,95	m^3
Volume effettivo <u>ridotto</u> di pioggia da smaltire (ridotto come da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		48,87	m^3
Volume idrico assorbito da ciascun pozzo		3,60	m^3
Volume idrico accumulato in ciascun pozzo		28,30	m^3
Volume idrico totale recepito per singolo pozzo		31,90	m^3
Numero di pozzi perdenti previsto		02	
Volume complessivo idrico recepito dal sistema pozzi		63,79	m^3

Considerando la **capacità volumetrica complessiva** di accumulo degli **elementi A+B** (vasche di calma + pozzi) si ottiene quindi un volume idrico effettivo cumulabile pari a **67,79 metri cubi** ovvero superiore al **volume di pioggia critica ridotto** sopra indicato (pari a $48,87 \text{ m}^3$).

2.5.1 – POZZI PERDENTI - CALCOLO DEI TEMPI DI SVUOTAMENTO

In funzione della portata uscente Q_{lim} del sistema di accumulo/dispersione (nel rispetto della portata limite ammissibile di cui all'art.8 del regolamento), e della portata di infiltrazione Q_{inf} , il tempo di svuotamento dopo il termine dell'evento critico deve avvenire - ai sensi della normativa - entro le 48 ore dal termine dello stesso. Detto parametro viene calcolato dalla seguente equazione:

$$t_{svuot} = \frac{W_o}{Q_{lim} + Q_{inf}}$$

dove:

Intervento n° 01 – Edificio Spogliatoio A.1

W_o - volume di accumulo/laminazione = 52,37 m³

Q_{lim} – portata limite di sito = 0,5577 l/s (2,01 m³/h)

Q_{inf} – portata infiltrata dal singolo pozzo di dispersione = 0,91 l/sec (3,28 m³/h)

Tempo di svuotamento = 6,12 ore

Intervento n° 02 – Edificio Polifunzionale

W_o - volume di accumulo/laminazione = 186,12 m³

Q_{lim} – portata limite di sito = 1,98 l/s (7,14 m³/h)

Q_{inf} – portata infiltrata dal singolo pozzo di dispersione = 0,99 l/sec (3,6 m³/h)

Tempo di svuotamento = 8,65 ore

Intervento n° 03 – Edificio Spogliatoio A.2

W_o - volume di accumulo/laminazione = 83,52 m³

Q_{lim} – portata limite di sito = 0,88 l/s (3,20 m³/h)

Q_{inf} – portata infiltrata dal singolo pozzo di dispersione = 0,99 l/sec (3,6 m³/h)

Tempo di svuotamento = 8,03 ore

Intervento n° 04 – Ampliamento Superficie Attrezzata

W_o - volume di accumulo/laminazione = 69,82 m³

Q_{lim} – portata limite di sito = 0,74 l/s (2,68 m³/h)

Q_{inf} – portata infiltrata dal singolo pozzo di dispersione = 0,99 l/sec (3,6 m³/h)

Tempo di svuotamento = 7,07 ore

In relazione a quanto sopra il tempo di svuotamento (t_{svuot}) del sistema di pozzi disperdenti previsti nei differenti ambiti di progetto risulta compreso tra **6 e 8 ore circa**, pertanto consono ai dettami normativi in quanto inferiore al tempo massimo di riferimento indicato dalla normativa medesima pari a 48 ore.

2.5.2 - CONSIDERAZIONI PRE-PROGETTUALI IN MERITO A POZZI PERDENTI

Sulla base dell'analisi incrociata dei dati idrogeologici e geologico-tecnici condotta sono state attuate una serie di valutazioni preliminari miranti all'inquadramento delle condizioni al contorno relative all'ipotesi progettuale di adozione di strutture drenanti .

Sebbene la realizzazione dei pozzi di dispersione nel sottosuolo costituisca una reale possibile soluzione alle ben note problematiche di smaltimento delle acque meteoriche, risulta di fondamentale importanza giungere ad un inquadramento complessivo degli elementi di valutazione primari che hanno condotto ad individuare questo tipo a una soluzione progettuale (pozzi disperdenti profondi): ovvero

- la *dispersione delle acque meteoriche* nel primissimo sottosuolo, risulta percorribile in virtù dei caratteri idrogeotecnici potenzialmente compatibili dei terreni individuati a partire da 1-2 m di profondità dal piano campagna attuale
- nelle fasi realizzative del pozzo perdente la ricerca di **orizzonti permeabili** dovrà pertanto essere attuata nel sottosuolo insaturo sviluppato a partire da 1,50 -1.80 m circa di profondità dal piano campagna attuale con conseguenti costi di realizzazione dell' opera (pozzi perdenti).
- i fattori di rischio sul medio-lungo termine, correlati a tale ipotesi progettuale, risultano connessi sia alle possibili modificazioni fisiche a carico del sottosuolo, sia alla durevolezza delle opere di dispersione. L'instaurazione di possibili fenomeni erosivi e di dilavamento a carico dei terreni costituenti il sottosuolo ad opera delle acque immesse, costituisce uno dei principali elementi di valutazione da considerare in fase progettuale.
- per le motivazioni di cui sopra risulta chiaro come i pozzi perdenti dovranno essere realizzati in ambiti il più possibile lontani dall'edificio e da strutture edificatorie presenti nell'intorno (in altrui proprietà) al fine di ovviare possibili gravosi fenomeni a carico delle strutture medesime.

In merito alle opere idrauliche (pozzi disperdenti) è da considerarsi quanto segue:

- il dimensionamento e lo sviluppo dei pozzi perdenti dovrà essere attuato secondo criteri che tengano in debita considerazione le possibili variazioni litologiche, geologico tecniche e idrauliche degli orizzonti costituenti il sottosuolo; l'estrema variabilità laterale che contraddistingue le geometrie delle unità idrogeologiche sopra descritte induce pertanto all'attuazione di un accurata verifica, per ogni singola opera disperdente, delle condizioni litostratigrafiche al contorno e la conseguente efficienza idraulica dell'opera medesima a valle della sua realizzazione.

- Risulta difficilmente quantificabile la durata (intesa come "vita funzionale") dei pozzi di dispersione, per i quali non esiste, nella bibliografia scientifica, una implementazione teorica in grado di definire in modo soddisfacente lo sviluppo del grado di decadimento – in termini di efficienza - dell'opera medesima.

- La scelta progettuale dei pozzi perdenti implica anche costi di mantenimento dei medesimi, rappresentati da interventi periodici ripulitura finalizzati al mantenimento funzionale ottimale delle opere. In tali costi dovrà essere preventivata, sul medio lungo termine l'eventuale ri-realizzazione delle opere idrauliche di immissione (pozzi perdenti) che abbiano raggiunto condizioni funzionali non più recuperabili attraverso ordinarie attività manutentive. In tal senso dovranno essere progettualmente previsti, nelle planimetrie di progetto specifici settori da destinarsi a "zone di accesso" per mezzi d'opera manutentivi.

VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Il presente lavoro, commissionato dal **Comune di Bovisio Masciago**, è rappresentato dallo Studio di Invarianza Idraulica finalizzato ai previsti interventi progettuali di rigenerazione ed efficientamento energetico del centro sportivo comunale "Franco Giorgetti" sito nel territorio comunale di Bovisio Masciago (MB) – Via Europa 26

Le aree di intervento progettualmente previste risultano catastalmente identificate nel comune censuario di Bovisio Masciago come segue:

Intervento 01 – Edificio Spogliatoio A.1	Foglio 14 Mappale 01 (parte)
Intervento 02 – Edificio Polifunzionale	Foglio 14 Mappale 01, 49 (parte)
Intervento 03 – Edificio Spogliatoio A.2	Foglio 14 Mappale 01 (parte)
Intervento 04 – Superficie Attrezzata	Foglio 14 Mappale 01 (parte)

Nella prima parte del lavoro sono state analizzate le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche sito specifiche procedendo all'analisi delle seguenti cartografie tematiche ufficiali:

- *assetto corografico*
- *carta geologica (relativa alla componente geologica del PGT comunale)*
- *carta geomorfologica (componente geologica del PGT comunale)*
- *carta idrogeologica (componente geologica del PGT comunale)*

Sono stati quindi analizzate le cartografie geologiche di riferimento a carattere urbanistico rappresentate da

- *carta dei Vincoli (componente geologica del PGT comunale)*
- *carta di Sintesi Geologica (componente geologica del PGT comunale)*
- *carta di Fattibilità Geologica (componente geologica del PGT comunale)*

Carta Geologica: la cartografia CARG Foglio - 096 Seregno – attribuisce l'area di interesse progettuali si ubica sul Supersistema di Besnate - Unità di Guanzate (BEZ) - depositi fluvioglaciali – litologicamente costituiti da ghiaie massive e localmente isorientate a supporto di matrice con circa il 50% dei clasti alterati e locali coperture loessiche 10 YR e 7,5 YR.

Altresì la Componente Geologica alle Azioni di Piano – PGT comunale – attribuisce la medesima area ai Depositi fluvioglaciali e fluviali (wurm) litologicamente rappresentati da ghiaie e sabbie.

Carta Geomorfologica: L' area di interesse si ubica ad una quota topografica pari a circa 193 m sul livello del mare attuale.

Carta idrogeologica: l'area di specifico il primo complesso acquifero sia presente ad una quota prossima a 155 m s.l.m. corrispondente ad una soggiacenza pari a 37 m circa di profondità dal piano campagna attuale.

Carta dei vincoli: l'area di interesse non risulta interessata da vincoli di alcun tipo

Carta di sintesi: l'area di interesse sorge in un contesto caratterizzato da vulnerabilità idrogeologica – area a vulnerabilità della falda medio-elevata.

Carta di Fattibilità Geologica: l'area di interesse viene classificata come appartenente alla classe di fattibilità 2.

Nella seconda parte del lavoro sono state analizzate le condizioni di invarianza idraulica mirate alle condizioni progettuali previste.

Le verifiche di invarianza idraulica attuate hanno permesso di definire il volume di pioggia critica sito specifico per ciascuno degli interventi previsti: ovvero:

Intervento 01 – Edificio Spogliatoio A.1	$V_{max} = 52,37 \text{ m}^3$
Intervento 02 – Edificio Polifunzionale	$V_{max} = 186,12 \text{ m}^3$
Intervento 03 – Edificio Spogliatoio A.2	$V_{max} = 83,52 \text{ m}^3$
Intervento 04 – Superficie Attrezzata	$V_{max} = 69,82 \text{ m}^3$

Il valore del *volume specifico* ottenuto in tutti le verifiche attuate (superiore a $800 \text{ m}^3 / \text{ha}_{imp}$) conferma la validità dei risultati del metodo di calcolo utilizzati.

Ipotesi di Intervento 01 : Vasche di Laminazione

Come richiamato nell'introduzione geologica ed idrogeologica relativa al capitolo 01, il settore d'interesse rientra nell'ambito delle Aree a Criticità Idraulica "A"

La prima ipotesi di soluzione progettuale è rappresentata dall'adozione di vasche di laminazione aventi lo scopo di accumulare temporaneamente le acque meteoriche restituendo le medesime al recettore normativamente concesso secondo la portata massima in uscita in precedenza indicata :

- portata massima Intervento 01: **0,55** litri/sec
- portata massima Intervento 02: **1,98** litri/sec
- portata massima Intervento 01: **0,88** litri/sec
- portata massima Intervento 01: **0,74** litri/sec

Nell'ipotesi realizzativa di un sistema di vasche di laminazione (vasche di accumulo idrico temporaneo) il volume complessivo delle vasche medesime dovrà essere pari o superiore a quanto segue:

- Volume minimo vasca laminazione Intervento 01: **53** metri cubi
- Volume minimo vasca laminazione Intervento 02: **187** metri cubi
- Volume minimo vasca laminazione Intervento 03: **86** metri cubi
- Volume minimo vasca laminazione Intervento 04: **70** metri cubi

Tale soluzione consente lo stoccaggio temporaneo delle acque meteoriche permettendo la loro veicolazione all'interno del recettore fognario normativamente concesso entro le 48 ore dal termine dell'evento meteorico.

Occorre sottolineare come, da un punto di vista geotecnico, l'adozione progettuale di una vasca di laminazione (impermeabile) costituisca una soluzione adatta al contesto d'intervento sito specifico soprattutto in relazione alle condizioni geologiche e geologico-tecniche sito specifiche rilevate. L'accumulo temporaneo in vasca di laminazione delle acque meteoriche ed il conseguente mancato rilascio delle medesime nel primo sottosuolo garantisce infatti il mantenimento delle condizioni di equilibrio nel sottosuolo medesimo ovviando l'instaurazione di qualsivoglia tipologia di fenomeno erosivo, di alterazione e di decadimento dei caratteri geotecnici a carico dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area d'interesse progettuale (dilavamento, rammollimento, ecc....).

Tale soluzione consentirà inoltre il riutilizzo ottimizzato della risorsa idrica immagazzinata.

Ipotesi di Intervento 02 : Struttura Disperdente (Pozzi Perdenti)

Sulla base dei risultati delle indagini in sito condotte è stata ipotizzata la realizzazione anche di strutture disperdenti (**pozzi perdenti**) nel primo sottosuolo delle aree di intervento. In particolare è stata ipotizzata una **soluzione progettuale combinata** (elementi A+B) rappresentata da un sistema di vasche di decantazione (Elemento A - vasche di accumulo temporaneo) affiancate a pozzi perdenti (Elemento B). Nel seguito vengono delineate le soluzioni previste per ciascuno dei quattro interventi progettuali.

Intervento n° 01 – Edificio Spogliatoio A.1

elemento A) - vasche di accumulo temporaneo di dimensione volumetrica pari a 2 m³ ciascuna. La funzione delle vasche consta nell' *incremento delle capacità volumetrica del sistema* di gestione delle acque, nell'agire come *vasca di calma* (decantazione e sedimentazione del trasporto solido) e consentire il *riutilizzo ottimizzato* di parte delle risorse idriche meteoriche accumulate (innaffiamento aree verdi, manutenzione piazzali ecc...). Viene prevista la realizzazione di una vasca di accumulo temporaneo abbinata a ciascun pozzo perdente per un **numero totale complessivo di vasche pari a 02**.

<i>Elementi dimensionali vasca accumulo</i>			
Volume singola vasca accumulo	v	2,00	m ³
Numero totale di vasche previsto		02	
Volume idrico complessivo accumulato nelle vasche	v	4,0	m ³

elemento B – pozzi perdenti avente sezione circolare con diametro pari a 2,20 m costituiti da anelli in cemento sovrapposti. **Si prevede la realizzazione di n° 02 pozzi perdenti** sviluppati a partire dalla quota piano giardino in settori il più possibile distanti dal futuro sedime edificato. I pozzi verranno spinti a profondità di 4,50 m circa da piano giardino. Relativamente ai pozzi disperdente sono stati considerati i seguenti parametri di calcolo:

Parametri ed elementi costitutivi			
Altezza di pioggia Tr = 50 anni (da LSPP ARPA)	h	63,36	mm/ora
Diametro interno pozzo	Di	2,20	m
Altezza interna pozzo (da piano giardino)	H	4,50	m
Altezza utile pozzi	Hi	3,00	m
Coefficiente di Permeabilità	K	$5,0 \cdot 10^{-5}$	m/sec
Larghezza media corona esterna drenante (del pozzo)	L	1,30	m

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Volume di pioggia critica teorica da smaltire		52,37	m ³
Riduzione del volume teorico di pioggia critica (-30 % previsto da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		15,71	m ³
Volume effettivo ridotto di pioggia da smaltire (ridotto come da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		36,66	m³
Volume idrico assorbito da ciascun pozzo		3,28	m ³
Volume idrico accumulato in ciascun pozzo		24,26	m ³
Volume idrico totale recepito per singolo pozzo		27,54	m ³
Numero di pozzi perdenti previsto		02	
Volume complessivo idrico recepito dal sistema pozzi		55,07	m ³

Considerando la **capacità volumetrica complessiva** di accumulo degli **elementi A+B** (vasche di calma + pozzi) si ottiene quindi un volume idrico effettivo cumulabile pari a **59,07 metri cubi** ovvero superiore al **volume di pioggia critica ridotto** in precedenza calcolato (pari a 36,66 m³).

Intervento n° 02 – Edificio Polifunzionale

elemento A - vasche di accumulo temporaneo di dimensione volumetrica pari a 2 m³ ciascuna. La funzione delle vasche consta nell' *incremento delle capacità volumetrica del sistema* di gestione delle acque, nell'agire come *vasca di calma* (decantazione e sedimentazione del trasporto solido) e consentire il *riutilizzo ottimizzato* di parte delle risorse idriche meteoriche accumulate (innaffiamento aree verdi, manutenzione piazzali ecc...). Viene prevista la realizzazione di una vasca di accumulo temporaneo abbinata a ciascun pozzo perdente per un **numero totale complessivo di vasche pari a 04**.

Elementi dimensionali vasca accumulo			
Volume singola vasca accumulo	V	2,00	m ³
Numero totale di vasche previsto		04	
Volume idrico complessivo accumulato nelle vasche	V	8,00	m ³

elemento B) – pozzi perdenti avente sezione circolare con diametro pari a 2,20 m costituiti da anelli in cemento sovrapposti. **Si prevede la realizzazione di n° 04 pozzi perdenti** sviluppati a partire dalla quota piano giardino *in settori il più possibile distanti dal futuro sedime edificato*. I pozzi verranno spinti a profondità di 4,50 m circa da piano giardino. Relativamente ai pozzi disperdente sono stati considerati i seguenti parametri di calcolo:

Parametri ed elementi costitutivi			
Altezza di pioggia Tr = 50 anni (da LSPP ARPA)	h	63,36	mm/ora
Diametro interno pozzo	Di	2,20	m
Altezza interna pozzo (da piano giardino)	H	4,50	m
Altezza utile pozzi	Hi	3,50	m
Coefficiente di Permeabilità	K	5,0*10 ⁻⁵	m/sec
Larghezza media corona esterna drenante (del pozzo)	L	1,30	m

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Volume di pioggia critica teorica da smaltire		186,12	m ³
Riduzione del volume teorico di pioggia critica (-30 % previsto da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		55,84	m ³
Volume effettivo ridotto di pioggia da smaltire (ridotto come da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		130,28	m³
Volume idrico assorbito da ciascun pozzo		3,60	m ³
Volume idrico accumulato in ciascun pozzo		28,30	m ³
Volume idrico totale recepito per singolo pozzo		31,90	m ³
Numero di pozzi perdenti previsto		04	
Volume complessivo idrico recepito dal sistema pozzi		127,59	m ³

Considerando la **capacità volumetrica complessiva** di accumulo degli **elementi A+B** (vasche di calma + pozzi) si ottiene quindi un volume idrico effettivo cumulabile pari a **135,59 metri cubi** ovvero superiore al **volume di pioggia critica ridotto** sopra indicato (pari a 130,28 m³).

Intervento n° 03 – Edificio Spogliatoio A.2

elemento A) - vasche di accumulo temporaneo di dimensione volumetrica pari a 2 m³ ciascuna. La funzione delle vasche consta nell' *incremento delle capacità volumetrica del sistema* di gestione delle acque, nell'agire come *vasca di calma*

(decantazione e sedimentazione del trasporto solido) e consentire il *riutilizzo ottimizzato* di parte delle risorse idriche meteoriche accumulate (innaffiamento aree verdi, manutenzione piazzali ecc...). Viene prevista la realizzazione di una vasca di accumulo temporaneo abbinata a ciascun pozzo perdente per un **numero totale complessivo di vasche pari a 02**.

Elementi dimensionali vasca accumulo			
Volume singola vasca accumulo	V	2,00	m ³
Numero totale di vasche previsto		02	
Volume idrico complessivo accumulato nelle vasche	V	4,00	m ³

elemento B) – pozzi perdenti avente sezione circolare con diametro pari a 2,20 m costituiti da anelli in cemento sovrapposti. **Si prevede la realizzazione di n° 02 pozzi perdenti** sviluppati a partire dalla quota piano giardino *in settori il più possibile distanti dal futuro sedime edificato*. I pozzi verranno spinti a profondità di 4,50 m circa da piano giardino. Relativamente ai pozzi disperdente sono stati considerati i seguenti parametri di calcolo:

Parametri ed elementi costitutivi			
Altezza di pioggia Tr = 50 anni (da LSPP ARPA)	h	63,36	mm/ora
Diametro interno pozzo	Di	2,20	m
Altezza interna pozzo (da piano giardino)	H	4,50	m
Altezza utile pozzi	Hi	3,50	m
Coefficiente di Permeabilità	K	5,0*10 ⁻⁵	m/sec
Larghezza media corona esterna drenante (del pozzo)	L	1,30	m

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Volume di pioggia critica teorica da smaltire		83,52	m ³
Riduzione del volume teorico di pioggia critica (-30 % previsto da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		25,06	m ³
Volume effettivo ridotto di pioggia da smaltire (ridotto come da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		58,46	m³
Volume idrico assorbito da ciascun pozzo		3,60	m ³
Volume idrico accumulato in ciascun pozzo		28,30	m ³
Volume idrico totale recepito per singolo pozzo		31,90	m ³
Numero di pozzi perdenti previsto		02	
Volume complessivo idrico recepito dal sistema pozzi		63,79	m ³

Considerando la **capacità volumetrica complessiva** di accumulo degli **elementi A+B** (vasche di calma + pozzi) si ottiene quindi un volume idrico effettivo cumulabile pari a **67,79 metri cubi** ovvero superiore al **volume di pioggia critica ridotto** sopra indicato (pari a 58,46 m³).

Intervento n° 04 – Ampliamento Superficie Attrezzata

elemento A) - vasche di accumulo temporaneo di dimensione volumetrica pari a 2 m³ ciascuna. La funzione delle vasche consta nell' *incremento delle capacità volumetrica del sistema* di gestione delle acque, nell'agire come *vasca di calma* (decantazione e sedimentazione del trasporto solido) e consentire il *riutilizzo ottimizzato* di parte delle risorse idriche meteoriche accumulate (innaffiamento aree verdi, manutenzione piazzali ecc...). Viene prevista la realizzazione di una vasca di accumulo temporaneo abbinata a ciascun pozzo perdente per un **numero totale complessivo di vasche pari a 02**.

Elementi dimensionali vasca accumulo			
Volume singola vasca accumulo	V	2,00	m ³
Numero totale di vasche previsto		02	
Volume idrico complessivo accumulato nelle vasche	V	4,00	m ³

elemento B) – pozzi perdenti avente sezione circolare con diametro pari a 2,20 m costituiti da anelli in cemento sovrapposti. **Si prevede la realizzazione di n° 02 pozzi perdenti** sviluppati a partire dalla quota piano giardino in settori il più possibile distanti dal futuro sedime edificato. I pozzi verranno spinti a profondità di 4,50 m circa da piano giardino. Relativamente ai pozzi disperdente sono stati considerati i seguenti parametri di calcolo:

Parametri ed elementi costitutivi			
Altezza di pioggia Tr = 50 anni (da LSPP ARPA)	h	63,36	mm/ora
Diametro interno pozzo	Di	2,20	m
Altezza interna pozzo (da piano giardino)	H	4,50	m
Altezza utile pozzi	Hi	3,50	m
Coefficiente di Permeabilità	K	5,0*10 ⁻⁵	m/sec
Larghezza media corona esterna drenante (del pozzo)	L	1,30	m

Considerando l'ipotesi progettuale sopra indicata sono state ottenute le seguenti risultanze di calcolo.

Volume di pioggia critica teorica da smaltire		69,82	m ³
Riduzione del volume teorico di pioggia critica (-30 % previsto da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		20,95	m ³
Volume effettivo ridotto di pioggia da smaltire (ridotto come da Deliberazione XI/1314 del 25/02/2019)		48,87	m³
Volume idrico assorbito da ciascun pozzo		3,60	m ³
Volume idrico accumulato in ciascun pozzo		28,30	m ³
Volume idrico totale recepito per singolo pozzo		31,90	m ³
Numero di pozzi perdenti previsto		02	
Volume complessivo idrico recepito dal sistema pozzi		63,79	m ³

Considerando la **capacità volumetrica complessiva** di accumulo degli **elementi A+B** (vasche di calma + pozzi) si ottiene quindi un volume idrico effettivo cumulabile pari a **67,79 metri cubi** ovvero superiore al **volume di pioggia critica ridotto** sopra indicato (pari a 48,87 m³).

Tempi di svuotamento

Nel caso di adozione di un sistema di laminazione senza infiltrazione (vasche di laminazione) si ottiene un tempo di svuotamento **t svuot = 26 ore** circa, pertanto consono ai dettami normativi in quanto inferiore al tempo massimo di riferimento indicato dalla normativa medesima pari a 48 ore.

Nel caso di adozione di un sistema disperdente il tempo di svuotamento (**t svuot**) del sistema di pozzi disperdenti previsti nei differenti ambiti di progetto risulta compreso tra **6 e 8 ore circa**, pertanto consono ai dettami normativi in quanto inferiore al tempo massimo di riferimento indicato dalla normativa medesima pari a 48 ore.