

Comune di  
**CASTIGLIONE DELLE STIVIERE**  
Provincia di Mantova

# INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA RELAZIONE TECNICA

Ai sensi del Regolamento Regionale n. 7/2017 – R.R n. 8/2019  
L. R. 12/2005 “Legge per il Governo del territorio” - D. Lgs. 152/2006 “Testo unico ambiente”

## AMPLIAMENTO OPIFICIO

Via Mattei – Castiglione delle Stiviere (Mn)

AMICA CHIPS S.P.A.  
Castiglione delle Stiviere (MN)

### Il relatore

*Dott. Geol. Giuliano Donaera*



Castiglione delle Stiviere, li 14/02/2024

Commessa	Data	Descrizione	Revisione	Redatta
PRJ.057.24	14/02/2024	Invarianza idraulica e idrologica	11-2020	Dott. G. Donaera

# INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

## RELAZIONE TECNICA

Ai sensi del Regolamento Regionale n. 7/2017 – R.R. n. 8/2019 - L. R. 12/2005 “Legge per il Governo del territorio”  
D. Lgs. 152/2006 “Testo unico ambiente”

### AMPLIAMENTO OPIFICIO

Via Mattei – 46043 Castiglione delle Stiviere (Mn)

**COMMITTENTE:**                   **AMICA CHIPS SPA**  
                                          **Via Dell’Industria 57**  
                                          **46043 Castiglione delle Stiviere (MN)**

#### INDICE

<b>0. PREMESSA</b> .....	4
<b>1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b> .....	5
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO</b> .....	6
2.1 Geologia dell’area .....	6
2.2 Unità litologiche affioranti.....	7
2.3 Idrografia e geomorfologia.....	7
<b>3. IDROGEOLOGIA</b> .....	9
3.1 Inquadramento idrogeologico .....	9
<b>4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO</b> .....	11
4.1 Stato attuale dei luoghi.....	11
4.2 Stato di progetto.....	12
<b>5. INQUADRAMENTO SITO SPECIFICO E NORMATIVO</b> .....	14
5.1 Criticità idraulica e valori massimi allo scarico .....	15
5.2 Calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale .....	16
5.3 Classificazione dell’intervento in progetto .....	16
<b>6. CALCOLO AFFLUSSI METEORICI</b> .....	18
6.1 Tempo di ritorno.....	18
6.2 Precipitazioni di Progetto - Curve di possibilità pluviometrica – Determinazione della pioggia di progetto .....	18
6.3 Calcolo dell’Infiltrazione .....	20
6.4 Volume d’Invaso .....	21
6.5 Tempo di Svotamento .....	21
6.6 Applicazione della procedura dettagliata.....	21

pag. 1

<b>7. MODALITA' DI INTERVENTO PERI IL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA</b> .....	34
7.1 Pozzi perdenti- filtranti – Criteri di progettazione e dimensionamento.....	34
7.2 Trincea drenante.....	37
7.3 Manutenzione pozzi perdenti-filtranti e trincea (Art.16) .....	38
<b>8. TERRE E ROCCE DA SCAVO</b> .....	40
<b>9. CONCLUSIONI</b> .....	42

#### INDICE DELLE TAVOLE E ALLEGATI:

- TAV 1 - Corografia generale in scala 1:10.000;
  - TAV 2 – Estratto di mappa catastale in scala 1:2.000;
  - TAV 3 - Carta geologica in scala 1:10.000;
  - TAV 4 – Planimetria ubicazione opere di invarianza idraulica;
- All E – Asseverazione professionista.

❖ **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- **L.R. Lombardia 11.03.2005 n. 12** – Art. 58 bis della “Legge per il governo del territorio” definisce i tempi di applicazione del regolamento, la prima scadenza è l’adeguamento del regolamento edilizio comunale entro 6 mesi dal giorno successivo alla pubblicazione del regolamento sul BURL;
- **L.R. Lombardia 15.03.2016 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” con allegato il regolamento “Criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica”;
- **D.G.R. Lombardia del 20.11.2017 n. 7** – Approvazione finale del regolamento;
- “Criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica”;
- **R.R. Lombardia 23.11.2017 n. 7** – Emanazione regolamento;
- **Decreto 27.11.2017** – Pubblicazione sul BURL (supplemento n. 48)
- **D.G.R. Lombardia del 28.06.2018 n. 248** – Introduce una disapplicazione temporanea per alcune fattispecie di interventi "Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica" comma 3 bis dell'Art. 17 del RR 23.11.2017 n. 7;
- **R.R. Lombardia 29.06.2018 n. 7** – Emanazione regolamento modificato;
- **Decreto 03.07.2018** – Pubblicazione sul BURL (supplemento n. 27)
- **R.R. Lombardia 19.04.2019 n. 8** – Disposizioni sull’applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale del 23/11/2017 n. 7.

❖ **BIBLIOGRAFIA**

- **PGT del COMUNE DI CASTIGLIONE DELLE STIVIERE (MN)** e relative norme di attuazione;
- Pianificazione Regionale e Provinciale PTR e PTCP;
- Cartografia e basi informative geografiche e tematiche;
- Programma Provinciale di Protezione Civile;
- Basi informative ambientali ERSAL.

❖ **ACQUE E SUOLO**

- D. Lgs. 152/2006 artt. 184bis - 184ter -185 – 186 “Testo unico ambiente o codice dell’ambiente”;
- Programma di tutela ed uso delle acque PTUA – DGR n. 2244 03/2006 e relative NTA;
- PGRA – DPCM 27/10/2016- Piano gestione rischio Alluvioni.

❖ **TERRE E ROCCE DA SCAVO**

- DPR 13/06/2017 N. 120 Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164. (17G00135) (GU n.183 del 7-8-2017).

❖ **WEB**

- Sistema informativo territoriale regionale [www.idro.arpalombardia.it](http://www.idro.arpalombardia.it);
- Geoportale Nazionale [www.pcn.minambiente.it/mattm/](http://www.pcn.minambiente.it/mattm/).

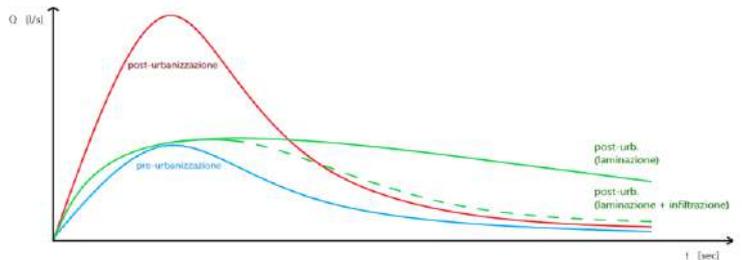
## 0. PREMESSA

La presente relazione tecnica è relativa alla definizione a livello di progettazione esecutiva, degli interventi atti a garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica come previsto dal vigente Regolamento regionale n. 7 del 23 novembre 2017 modificato dal RR n. 8/2019 relativamente all'intervento in progetto che consiste nella:

### AMPLIAMENTO OPIFICIO – DITTA AMICA CHIPS SPA

Via Mattei - 46043 Castiglione delle Stiviere (Mn)

Ai sensi della legge 12/2005 sono soggetti al principio di invarianza idraulica ed idrologica, gli interventi edilizi definiti dall'art. 3 comma 1 lettere d-e-f del DPR n. 380 e tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo, rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione, secondo quanto specificato nel RR di cui al comma 5.



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

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

Il concetto di invarianza idraulica è "...il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione..."

Le misure di invarianza sono da calcolare con riferimento alla SOLA superficie interessata dall'intervento, e sono da calcolare rispetto alla condizione urbanistica preesistente all'urbanizzazione.

Gli interventi ai quali si applica il nuovo regolamento sono elencati in dettaglio (Art. 3):

- **Nuova costruzione, compresi gli ampliamenti;**
- Ristrutturazione edilizia con demolizione totale fino a pc e ricostruzione con aumento superficie coperta;
- Ristrutturazione urbanistica con ampliamento della superficie preesistente;
- Interventi di pavimentazione e rifinitura per aree > 150 mq;
- Nuove sedi stradali o di parcheggio > 150 mq;

Il progetto di invarianza redatto deve contenere (Art. 10):

- I. Relazione Tecnica (soluzione progettuale, precipitazioni di progetto, processo di infiltrazione, processo di laminazione, tempo di svuotamento, dimensionamento del sistema di drenaggio e scarico terminale).
- II. Elaborati Grafici (planimetrie, profili, sezioni e particolari costruttivi).
- III. Piano di Manutenzione (ordinario e straordinario delle relative opere).
- IV. Asseverazione allegato E (redatta da un tecnico abilitato)
- V. Asseverazione allegato D (redatta da un tecnico abilitato)



## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

### 2.1 Geologia dell'area

L'area del territorio comunale di Castiglione delle Stiviere è comprensiva di due unità morfologiche ben definite: la fascia della media alta-pianura padana ed alcune colline dell'arco esterno dell'anfiteatro morenico del Garda; la quota della pianura rispetto al livello del mare è sui 90 metri e quella delle colline oscilla tra i 100 ed i 200 metri. Dal punto di vista geologico la zona oggetto del presente studio appartiene alla fascia della media-alta pianura a valle dell'apparato morenico benacense ed a valle della zona delle risorgive. Essa è costituita da depositi di origine glaciale e fluvioglaciale di età quaternaria che testimoniano l'attività del ghiacciaio gardesano durante le successive fasi di glaciazione succedutesi dal Gunz al Wurm. Le evidenze di tali fasi di espansione e di ritiro del ghiacciaio sono rappresentate morfologicamente dai rilievi collinari corrispondenti ai cordoni morenici e dalle piane alluvionali, frutto dell'azione degli imponenti scaricatori del ghiacciaio legati all'azione esclusivamente fluviale successiva alla fine dell'attività fluvio-glaciale.

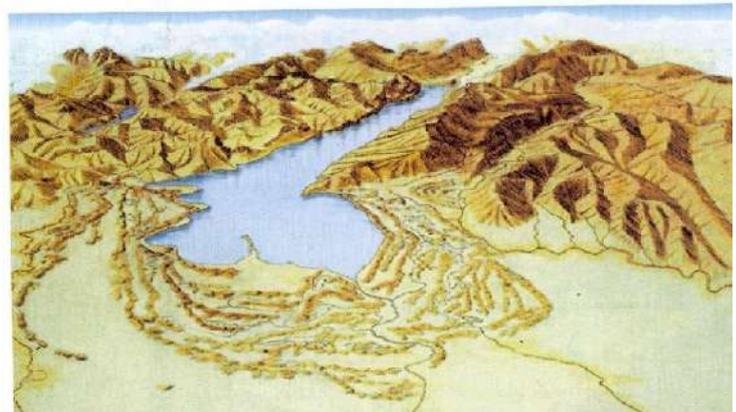
Geologicamente sono presenti i caratteri morfologici legati all'attività glaciale e fluvioglaciale quaternaria; in particolare la presenza di numerosi cordoni morenici di età Rissiana, depositi nel Pleistocene Superiore ed originatisi in seguito allo scioglimento dei ghiacciai quaternari del Garda e della Val d'Adige.

Tali depositi, detti "morene," sono costituiti da una mescolanza caotica di materiali differenti per genesi e provenienza, granulometricamente eterogenei, strappati a monte dall'azione erosiva del ghiacciaio e trasportati nonché depositi a valle durante le fasi di scioglimento e ritiro.

A sud delle colline moreniche si stende la piana fluvioglaciale o "Sandur", originata nel periodo post-glaciale Wurmiano dallo scioglimento dei ghiacciai durante le fasi di ritiro.

I numerosi "scaricatori fluvioglaciali", che percorrendo le cerchie moreniche hanno generato terrazzi morfologici sospesi sul fondovalle pluviale-fluviale wurmiano, terminano allo sbocco delle valli inframoreniche principali con conoidi a ventaglio di materiali sciolti, generalmente incise e marcate da tracce diffuse di corsi d'acqua a canali intrecciati (Braided) creando una fascia di passaggio tra le colline moreniche e la piana alluvionale vera e propria, detta unità pedecollinare.

**Dall'esame della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Foglio 48 – "Peschiera del Garda") l'area in esame appartiene alle alluvioni fluvio-glaciali e pluvio-fluviali Wurmiane che risalgono al Pleistocene Superiore. Tali depositi sono costituiti prevalentemente da ghiaia e sabbia in matrice limo-argillosa con presenza di ciottoli e strato di alterazione brunastro, di spessore limitato.**



## 2.2 Unità litologiche affioranti

Di seguito si descrivono le formazioni affioranti nel territorio preso in esame partendo dalle unità più recenti.

- Depositi morenici: il loro accumulo rappresentò l'ultimo atto di una serie complessa di avanzate e ritiri del fronte glaciale, che portarono alla costituzione dell'odierno apparato collinare; vi affiorano massi, blocchi, ciottoli, ghiaie e sabbie immersi in una matrice limoso argillosa avente funzione coesiva. I rilievi sono frequentemente ricoperti da un orizzonte pedogenizzato di colore giallo rossastro, la cui potenza varia in ragione dell'acclività e del rimodellamento antropico legato alle diffuse attività agricole. La maggioranza del nucleo storico cittadino si snoda sulla zona collinare e sulle conoidi meridionali della zona pedecollinare.

I suoli reperibili in corrispondenza dei depositi descritti sono da molto sottili a profondi, limitati dal substrato sabbioso-limoso, fortemente calcareo, con scheletro comune in superficie e frequente in profondità, a tessitura media o moderatamente grossolana, con drenaggio da buono a rapido.

- **Depositi Fluviali e fluvioglaciali prevalentemente ghiaiosi: si tratta di terreni contemporanei ai precedenti; le azioni di erosione, trasporto e rideposizione operate dai torrenti fluvioglaciali nei confronti del materiale morenico, hanno portato all'alluvionamento degli alvei incisi interposti ai rilievi nonché della pianura antistante (Sandur) al fronte principale del ghiacciaio gardesano. I terreni in questione, a tessitura ghiaiosa ed in minor misura sabbiosa, sono costituiti da clasti arrotondati, talvolta cementati e superficialmente alterati a causa della formazione di un suolo agrario rubefatto e piuttosto potente.**

**Nella zona pedecollinare la potenza del banco ghiaioso supera i 40 m, decrescendo progressivamente a Sud fino a scomparire là dove affiorano i terreni cretosi di Media Pianura. I relativi suoli sono sottili o moderatamente profondi, limitati dal substrato a forte componente ghiaioso-sabbioso-ciottolosa, con scheletro da frequente ad abbondante, a tessitura media, non o scarsamente calcarei nella parte superiore, calcarei nel substrato e a drenaggio da buono a rapido; la falda è molto profonda.**

- Depositi prevalentemente sabbiosi: la presenza di tali sedimenti a valle dell'area di Sandur è correlata all'evoluzione avuta nel tempo dall'idrografia; in particolare, le sabbie si rilevano in fasce circostanti ai tracciati degli scaricatori glaciali e orientate in senso Nord-Sud.

## 2.3 Idrografia e geomorfologia

La morfologia del territorio in esame si riconduce in maniera diretta agli eventi quaternari pleistocenici; successivamente su di essi si è impostato un reticolo idrografico che è il principale fattore di rimodellamento del paesaggio, al quale sono connesse le attività di erosione e trasporto più significative. Esso ha inciso in modo variabile i depositi glaciali e fluvioglaciali e le loro coperture di alterazione.

L'alternarsi di fasi glaciali ed interglaciali, l'erosione il trasporto di materiale, in seguito rimaneggiato dagli scaricatori fluvioglaciali e rideposto, costituiscono le componenti fondamentali dei processi che hanno contribuito al modellamento della superficie topografica attuale. L'idrografia superficiale attuale è caratterizzata da alcuni

elementi salienti legati in particolare all'azione degli scaricatori fluvioglaciali, i quali hanno determinato la costruzione di un sistema di depositi terrazzati alternati ad aree relativamente depresse.

In particolare, il comune di Castiglione è inserito nel contesto dell'anfiteatro morenico del Lago di Garda ed ai cordoni morenici sono legate le zone altimetricamente più rilevate del territorio comunale; i rilievi comunque non superano i 200 metri di altitudine e presentano forme arrotondate con versanti mediamente o poco acclivi. A partire dal bordo della cerchia morenica più esterna e proseguendo verso sud si estende la piana fluvioglaciale e fluviale legata all'attività erosiva degli scaricatori fluvioglaciali e dei corsi d'acqua attuali.

Gli scaricatori fluvioglaciali hanno condotto alla formazione di un sistema di depositi ad allineamento preferenziale NW-SE, interessati da terrazzamenti ed aree depresse che nell'insieme presentano caratteristiche morfologiche complesse. I numerosi "scaricatori fluvioglaciali", che percorrendo le cerchie moreniche, hanno generato terrazzi morfologici sospesi sul fondovalle pluviale-fluviale wurmiano, terminano allo sbocco delle valli inframoreniche principali con conoidi a ventaglio di materiali sciolti, generalmente incise e marcate da tracce diffuse di corsi d'acqua a canali intrecciati (Braided) creando una fascia di passaggio tra le colline moreniche e la piana alluvionale vera e propria, detta unità pedecollinare. I depositi appartenenti alle alluvioni fluvioglaciali sono costituiti da ghiaie grossolane con abbondanti ciottoli; anch'essi presentano una coltre di alterazione molto sviluppata.

**L'area esaminata è ubicata in una zona di piana alluvionale vera e propria, detta unità pedecollinare, essa si dispone pianeggiante ad una quota altimetrica di circa 100 m s.l.m. e non si osservano allo stato attuale fenomeni di instabilità in atto, ovvero potenziali situazioni in rapida evoluzione morfologica.**

L'idrografia superficiale è caratterizzata da alcuni elementi salienti legati in particolare all'azione degli scaricatori fluvioglaciali, i quali hanno determinato la costruzione di un sistema di depositi terrazzati alternati ad aree relativamente depresse. Questa morfologia ha determinato nel tempo la creazione di una fitta rete di canali e rogge consortili per la distribuzione delle acque irrigue la maggior parte dei quali sono costituiti da canalette in cls destinati alla distribuzione delle acque irrigue per scorrimento superficiale ad uso e destinazione prettamente agricola che sono state progressivamente abbandonate e/o intubate con l'avanzare dell'edificazione; parte dei fabbisogni idrici sono inoltre soddisfatti attraverso pozzi realizzati in tempi recenti al fine di coprire i crescenti bisogni legati alle nuove coltivazioni ed alle necessità produttive.

A tale proposito si specifica che il Comune di Castiglione delle Stiviere è dotato dello strumento urbanistico relativo all'individuazione del reticolo idrografico di competenza comunale e delle relative fasce di rispetto.

### 3. IDROGEOLOGIA

#### 3.1 Inquadramento idrogeologico

Il territorio mantovano fa parte dell'area padana, un grande bacino subsidente che durante il Pliocene e parte del Pleistocene corrispondeva ad un golfo occupato dalle acque marine, soggetto a continui avanzamenti ed arretramenti della linea di costa. Questo grande bacino viene interpretato, alla luce dei dati attualmente disponibili, come una fossa inserita nella geosinclinale alpina e subsidente durante il sollevamento delle catene montuose circostanti. La base di questo acquifero principale è costituita, in corrispondenza del margine alpino da formazioni sedimentarie carbonatiche prevalentemente mesozoiche. Il pacco di depositi saturo d'acqua è suddiviso in molti strati, per cui inferiormente ad una falda libera o freatica esistono una o più falde in pressione sottostanti.

In particolare, nel settore settentrionale del territorio mantovano (zona morenica e pedecollinare) il passaggio tra la falda libera e le falde confinate/semiconfinate della media alta pianura è caratterizzato da un allineamento abbastanza continuo di fontanili (o risorgive).

Il sistema acquifero morenico che si estende a nord fino al lago di Garda e che da esso è alimentato giova inoltre di ulteriori apporti provenienti dagli acquiferi al contorno (sistema Chiese-Oglio), da afflussi profondi e da infiltrazioni di acque irrigue e meteoriche. Lo schema della circolazione idrica sotterranea della porzione morenica è stato ricostruito analizzando congiuntamente le stratigrafie di pozzi limitrofi e i vari elementi geologici che concorrono a definire l'assetto idrogeologico (litologia superficiale e profonda, geomorfologia, piezometria e chimismo). L'area si compone di almeno tre unità idrogeologiche che sfumano una in successione all'altra:

- Unità delle colline moreniche;
- Unità pedecollinare;
- Unità dell'alta pianura;

Nell'unità delle colline moreniche, causa la caoticità ed eterogeneità dei depositi legata alla dinamica deposizionale, non si rinvencono negli strati superficiali (fino a 60/80 m circa) vere e proprie falde idriche a carattere permanente, ma solamente falde sospese poco estese di modesto spessore il cui livello piezometrico è fortemente influenzato dal locale regime pluviometrico e dagli apporti irrigui. In profondità sono invece presenti acquiferi più estesi, con spessori notevoli caratterizzati da una ricca circolazione idrica probabilmente in funzione di una comunicazione diretta con il bacino benacense posto a monte.

Nel settore pedecollinare, che funge da raccordo tra l'unità morenica e quella di alta pianura, la litologia dei depositi superficiali, dovuta essenzialmente al trasporto ad opera degli scaricatori fluvio-glaciali, è di natura ciottolosa-ghiaiosa-sabbiosa e conferisce agli stessi elevata permeabilità. L'unità fluvio-glaciale, a cui appartiene l'area in esame, è sede di un acquifero freatico di notevole estensione e di elevate potenzialità idrauliche grazie all'alta conducibilità del serbatoio ghiaioso-sabbioso e sabbioso-ghiaioso che rappresenta la principale area di ricarica delle falde, in stretta comunicazione ed alimentazione delle falde profonde della pianura.

La fascia pedecollinare si configura quindi come l'area di principale ricarica degli acquiferi da parte degli apporti pluviometrici, fluviali ed in particolare delle acque di irrigazione, le quali essendo a carattere stagionale, determinano fluttuazioni del livello piezometrico dell'ordine anche di qualche metro. In profondità, il sottosuolo si configura come un acquifero monostrato compartimentato con livelli in pressione; la presenza di orizzonti semipermeabili permette lo scambio idrico tra livelli sovrapposti.

Per quanto concerne l'alimentazione ed il drenaggio degli acquiferi, data la massiccia presenza di terreni permeabili, tale zona è definita di ricarica delle falde che avviene soprattutto grazie alle ingenti infiltrazioni di acque superficiali (irrigazione, piogge efficaci, dispersione dei corsi d'acqua).

Nell'ambito della zona interessata dallo studio si rileva che le falde acquifere più superficiali e quindi meno protette (falda freatica e acquifero semi-compartimentato) risentono maggiormente degli apporti diretti provenienti dalle acque meteoriche.

**Dai dati bibliografici a disposizione la piezometria dell'area indica una direzione di flusso NNW-SSE con livello piezometrico a quota 85,00 m s.l.m. (circa 15 m da p.c.).** Il livello piezometrico, nel corso dell'anno, è comunque soggetto ad oscillazioni in positivo ed in negativo rispetto alla misura rilevata. Le motivazioni sono molteplici e legate a fattori sia di carattere antropico (attività di emungimento dei pozzi, pratiche di irrigazione delle colture nei periodi tardo primaverili ed estivi, etc.), sia di indole naturale (ricarica delle falde in seguito alle precipitazioni in seguito a periodi più o meno piovosi, fenomeni di evapotraspirazione più o meno intensi, etc.).



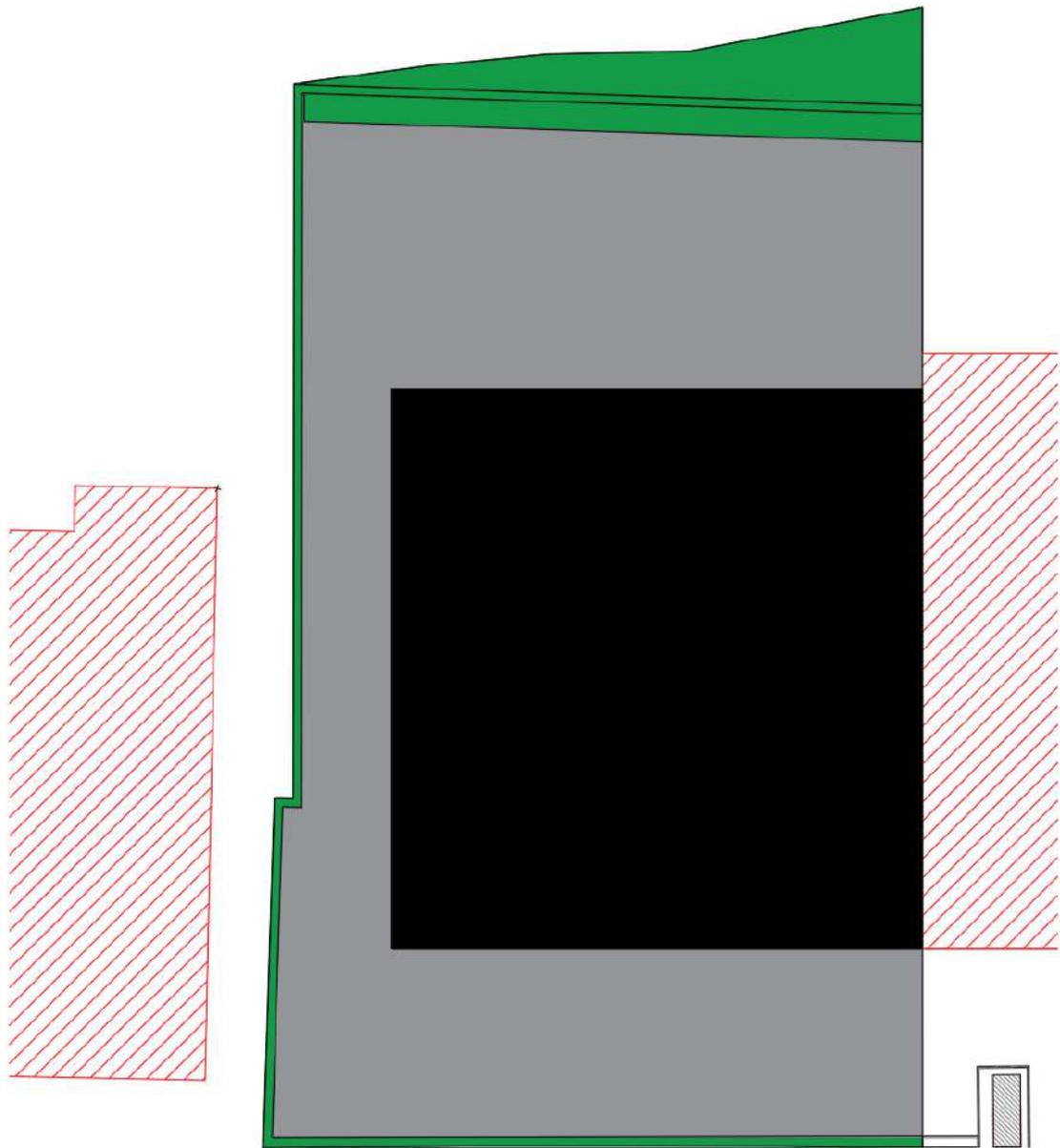
## 4.2 Stato di progetto

Il progetto prevede l'ampliamento dell'edificio industriale mediante la costruzione di un nuovo magazzino di superficie coperta pari a 6000 mq circa, con area cortiva attorno destinata alla circolazione degli automezzi per il carico e scarico e limitate aree verdi (aiuole).. Complessivamente le superfici in trasformazione saranno pari a 14.000 mq circa. In allegato la planimetria di progetto:

PLANIMETRIA GENERALE DI PROGETTO



Planimetria di progetto



### SUPERFICI DI INTERVENTO (da progetto architettonico)

La planimetria di progetto dell'intervento (mq 11.343,94) indica le seguenti superfici:

❖ L'area di intervento è così caratterizzata:

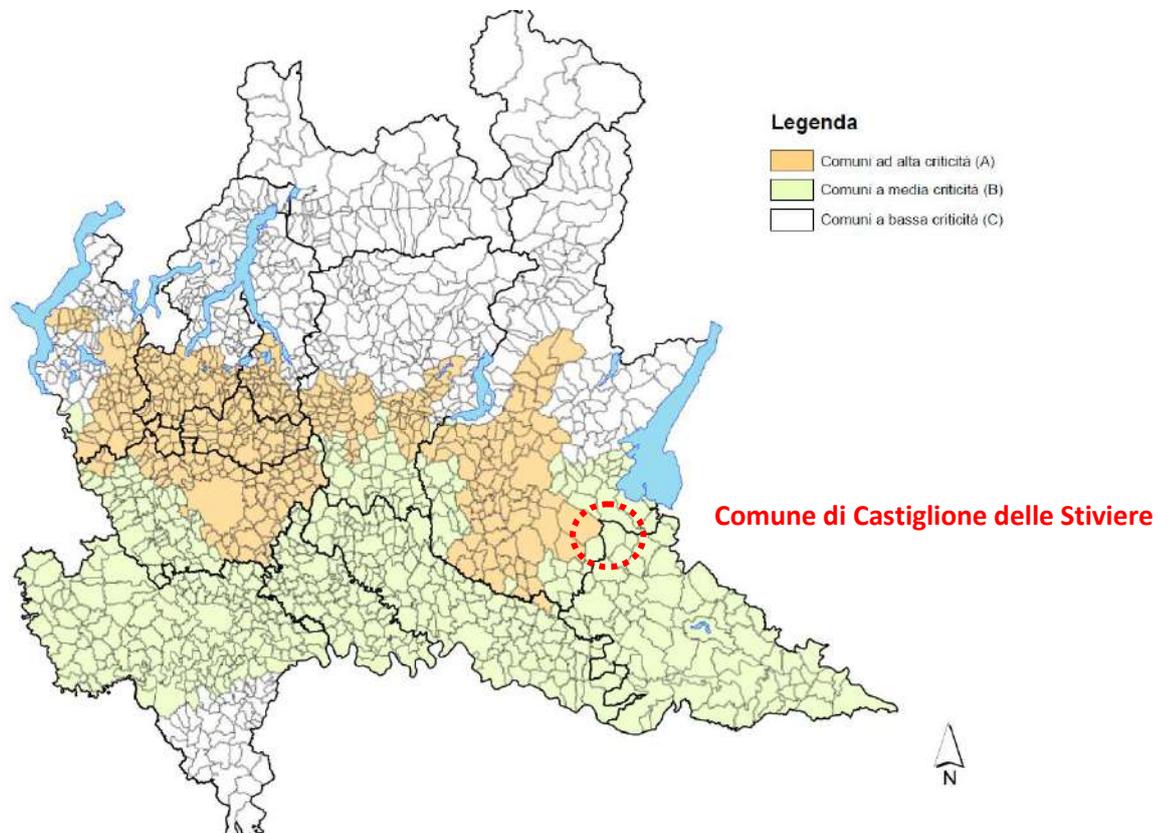
A impermeabile (coperture)	$\Phi_{1.0} = 5950 \text{ m}^2$	colore nero
A semipermeabile (viabilità in asfalto drenante)	$\Phi_{0.7} = 6700 \text{ m}^2$	colore grigio
A permeabile (area verde)	$\Phi_{0.3} = 1350 \text{ m}^2$	colore verde

## 5. INQUADRAMENTO SITO SPECIFICO E NORMATIVO

Le misure di invarianza idraulica ed idrologica si applicano a tutto il territorio regionale e per tutti i tipi di permeabilità del suolo, in funzione della sua natura superficiale e all'estensione degli interventi; coinvolgendo le acque meteoriche di dilavamento (Art.7).

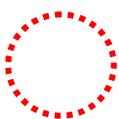
Per tale ragione il territorio regionale è stato suddiviso in aree omogenee in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori. In particolare:

- ❖ Aree A – Alta criticità idraulica;
- ❖ **Aree B – Media criticità idraulica;**
- ❖ Aree C – Bassa criticità idraulica;



*Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica secondo il RR n. 7 del 27 Novembre 2017*

La medesima suddivisione si applica anche ai fini dell'attuazione del Piano di tutela ed Uso delle acque PTUA di cui all'art. n. 45 della LR 26/2003.



Il comune di interesse è cerchiato in rosso.

### 5.1 Criticità idraulica e valori massimi allo scarico

Gli scarichi nel ricettore sia esso la fognatura o un corpo idrico superficiale, sono limitati mediante l'adozione di misure atte a contenere le portate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili Ulim.

- ❖ Aree A – Alta criticità idraulica Ulim = 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- ❖ **Aree B – Media criticità idraulica Ulim = 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;**
- ❖ Aree C – Bassa criticità idraulica Ulim = 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;

I limiti alle portate di scarico sono ottenuti mediante l'adozione di sistemi atti a favorire l'attenuazione della generazione dei deflussi che garantiscano l'infiltrazione, l'evapotraspirazione ed il riuso.

In particolare, lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:

- 1) Riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;
- 2) Infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo compatibilmente con le caratteristiche litologiche ed idrogeologiche e con le normative ambientali e sanitarie;
- 3) Scarico in corpo idrico superficiale con i limiti di portata di cui sopra (1);
- 4) In fognatura con i limiti di portata di cui sopra (1);

Sulla base di quanto sopra il comune di Castiglione delle Stiviere e di conseguenza il sito di intervento ricade in area:

Comune di	<u><b>Castiglione delle Stiviere</b></u>	Provincia	<u><b>Mantova</b></u>
Livello di criticità	<u><b>Area B - criticità media</b></u>	Q. massima scaricabile	<u><b>20</b></u> l/(s*ha <sub>imp</sub> )

## 5.2 Calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale

Per la valutazione delle perdite idrologiche e quindi per il calcolo dell'idrogramma netto di piena al colmo del bacino scolante, corrispondente alla nostra area di intervento si utilizzano i seguenti valori standard del coefficiente di deflusso:

TIPOLOGIA AREA	VALORE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO
Tetti, coperture, giardini pensili sovrapposti a solette, pavimentazioni continue, strade, vialetti e parcheggi;	$\varphi = 1.00$
Pavimentazioni drenanti o semipermeabili;	$\varphi = 0.70$
Aree permeabili di qualsiasi tipo;	$\varphi = 0.30$
Aree permeabili ad uso agricolo;	$\varphi = 0.10$

## 5.3 Classificazione dell'intervento in progetto

Al fine dell'individuazione delle modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrologica, gli interventi sono suddivisi in classi differenziate sulla base della superficie interessata dall'intervento di trasformazione e del coefficiente di deflusso medio ponderale. Le modalità di calcolo dipendono quindi dalla classe di intervento e dall'ambito territoriale in cui lo stesso ricade. (tab 1 art 1 del RR n. 8 del 19/04/2019)

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO PONDERALE MEDIO	MODALITA' DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI		
			AREE A-B	AREE C	
0	<b>Impermeabilizzazione potenziale QUALSIASI</b>	$\leq 300$ mq	qualsiasi	Requisiti minimi Art 12 comma 1	
1	<b>Impermeabilizzazione potenziale BASSA</b>	da 300 a 1000 mq	$\leq 0.40$	Requisiti minimi art 12 comma 2	
2	<b>Impermeabilizzazione potenziale MEDIA</b>	da 300 a 1000 mq	$\geq 0.40$	METODO DELLE PIOGGE	Requisiti minimi art 12 c 2
		da 1000 a 10.000 mq	qualsiasi		
		da 1ha a 10ha	$\leq 0.40$		
3	<b>Impermeabilizzazione potenziale ALTA</b>	da 1ha a 10ha	$\geq 0.40$	PROCEDURA DETTAGLIATA	
		$\geq 10$ ha	qualsiasi		

Relativamente agli interventi classificati come a impermeabilizzazione media in aree a bassa e media criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione dimensionati adottando i seguenti valori minimi di volume:

TIPO DI AREA	VOLUME MINIMO DI INVASO
AREA A - CRITICITA' IDRAULICA ALTA	800 mc per ettaro di S scolante moltiplicato per il coeff. P dell'all. C
AREA B - CRITICITA' IDRAULICA MEDIA	500 mc per ettaro di S scolante
AREA C - CRITICITA' IDRAULICA BASSA	400 mc per ettaro di S scolante

Le modalità di calcolo, quindi, dipendono dalla classe di intervento e dall'ambito territoriale in cui lo stesso ricade, nonché in parte dal coeff. di deflusso medio ponderale risultante dal calcolo dello stato di progetto (Art. 9).

Sulla base della tabella sopra il sito ricade:

Comune di Castiglione delle Stiviere Provincia Mantova  
 Livello di criticità Area B - criticità media  
 Classe dell'intervento 3 - Impermeabilizz. potenziale alta

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\varphi$
NUOVE COPERTURE	Area impermeabile	5950,0	1,00
PIAZZALI IN ASFALTO DRENANTE	Area semi-impermeabile	6700,0	0,70
AIUOLE E SUPERFICI DRENANTI	Area permeabile	1350,0	0,30

Superficie totale 14000,0 m<sup>2</sup>

La scelta del volume da realizzare viene indicata nell'Art. 11, comma 2, lettera E. del R.R. e deve necessariamente essere il maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo come descritto nell'Art. 12, comma 2.

Stralciando le aree verdi permeabili non collettate le superfici in trasformazione sono pari a :

Comune di Castiglione delle Stiviere Provincia Mantova  
 Livello di criticità Area B - criticità media  
 Classe dell'intervento 3 - Impermeabilizz. potenziale alta

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\varphi$
NUOVE COPERTURE	Area impermeabile	5950,0	1,00
PIAZZALI IN ASFALTO DRENANTE	Area semi-impermeabile	6700,0	0,70

Superficie totale 12650,0 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\varphi_m$  0,8411

## 6. CALCOLO AFFLUSSI METEORICI

### 6.1 Tempo di ritorno

Nella redazione del progetto di invarianza idraulica e idrologica devono essere rispettati i seguenti tempi di ritorno:

T= 50 anni per dimensionamento opere di invarianza idraulica e idrogeologica;

T= 100 anni per verifica dei franchi di sicurezza delle opere di invarianza idraulica e idrologica;

### 6.2 Precipitazioni di Progetto - Curve di possibilità pluviometrica – Determinazione della pioggia di progetto

Per la determinazione delle piogge di progetto si utilizzano i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati nel sito di Arpa Lombardia.

I parametri caratteristici (a, n) delle curve di possibilità pluviometrica (LSPP) per durate della precipitazione 1-24 ore oppure 1-5 giorni necessarie per la determinazione delle precipitazioni di progetto possono essere ricavati dal sito dell'ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale.

Nello specifico sul sito di ARPA Lombardia è possibile accedere ai dati raster dei parametri a1 e n della LSPP con risoluzione al suolo di 2 km x 2 km.

In questo caso la formulazione di base della LSPP è espressa dall'equazione:

$$h(d,T) = w_T(T) * a_1 * d^n = a(T) * d^n$$

L'altezza di precipitazione (h) è funzione della durata dell'evento meteorico (d) e del tempo di ritorno della precipitazione (T) per mezzo  $w_T$  che rappresenta il quantile regolarizzato secondo la distribuzione statistica GEV.

Il valore di a della LSPP è definito dal prodotto tra  $a_1$  e  $w_T$ .

Il quantile regolarizzato  $w_T$  è funzione di alcuni parametri statistici ( $\alpha, k, \epsilon$ ) della distribuzione di probabilità GEV, questi ultimi mappati con la stessa risoluzione di  $a_1$  e n per l'intero territorio regionale e disponibili in formato raster sempre sul sito di ARPA.

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

Per la determinazione delle piogge di progetto si utilizzano i parametri cadelle curve di possibilità pluviometrica riportati nel sito di Arpa Lombardia <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>.

A partire dalle piogge di progetto "afflussi" occorre arrivare alle portate "deflussi" circolanti in rete e quindi all'idrogramma di progetto con il relativo volume.

I parametri caratteristici (a, n) delle curve di possibilità pluviometrica (LSPP) per durate della precipitazione 1-24 ore oppure 1-5 giorni necessarie per la determinazione delle precipitazioni di progetto possono essere ricavati dal sito dell'ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale.

Nello specifico sul sito di ARPA è possibile accedere ai dati raster dei parametri ( $a_1$ ,  $n$ ) della LSPP con risoluzione al suolo di  $2 \times 2 \text{ km}^2$ .

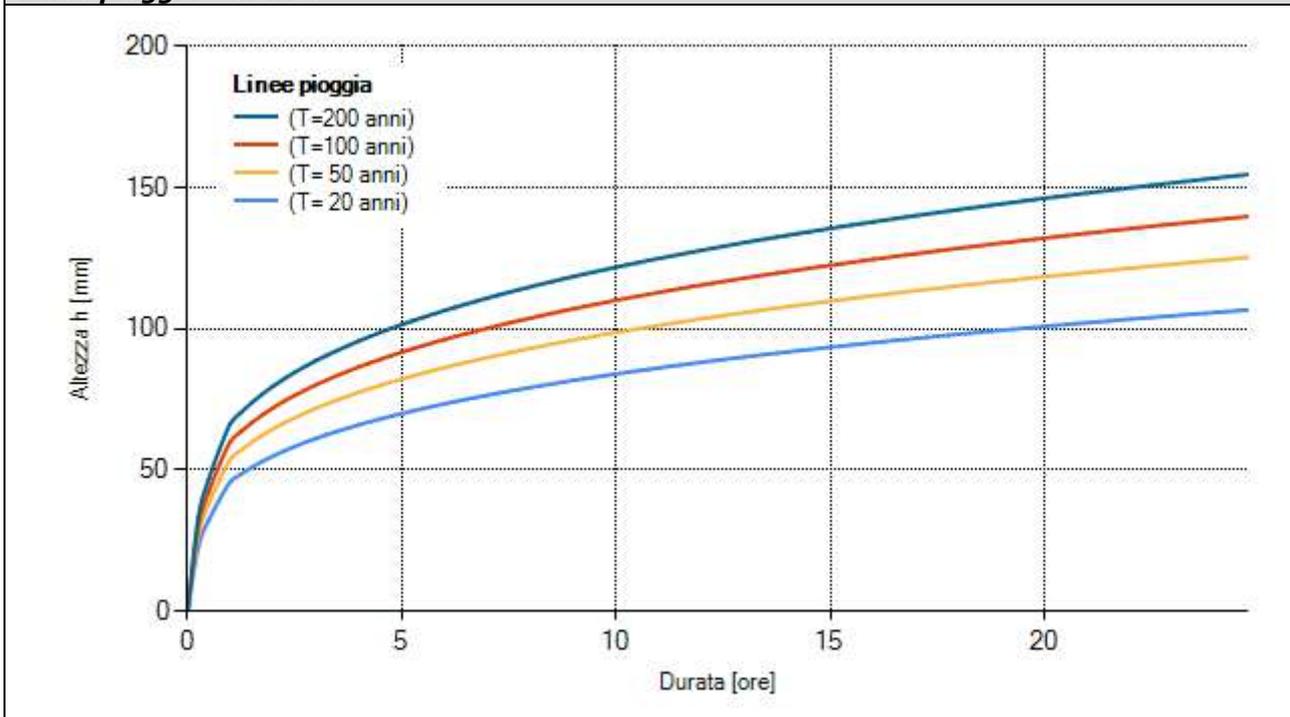
Si riportano di seguito i risultati riassuntivi del calcolo.

Comune di	<b>Castiglione delle Stiviere</b>	Provincia	<b>Mantova</b>
Livello di criticità	<b>Area B - criticità media</b>	Limite ammissibile allo scarico	<b>20</b> $l/(s \cdot ha, imp)$

<b>Dati geografici</b>			
Coefficiente pluviometrico orario	$a_1$	<b>27.05</b>	$\text{mm/h}^n$
Coefficiente di scala	$n$	<b>0.2633</b>	-
GEV - Parametro alfa	$\alpha$	<b>0.2718</b>	-
GEV - Parametro kappa	$k$	<b>-0.0450</b>	-
GEV - Parametro epsilon	$\epsilon$	<b>0.8303</b>	-

*Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).*

### Linee pioggia - Grafico



### Linee pioggia - Risultati tabellari

Durata [ore]	T= 20 anni h [mm]	T= 50 anni h [mm]	T= 100 anni h [mm]	T= 200 anni h [mm]
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	45.82	53.82	60.04	66.43
2	55.00	64.60	72.06	79.73
3	61.20	71.87	80.17	88.71
4	66.01	77.53	86.48	95.69
5	70.00	82.22	91.72	101.48
6	73.45	86.26	96.23	106.47

7	76.49	89.84	100.21	110.88
8	79.23	93.05	103.80	114.85
9	81.72	95.98	107.07	118.47
10	84.02	98.68	110.08	121.80
11	86.16	101.19	112.88	124.89
12	88.15	103.54	115.49	127.79
13	90.03	105.74	117.95	130.51
14	91.80	107.83	120.28	133.08
15	93.49	109.80	122.48	135.52
16	95.09	111.68	124.58	137.84
17	96.62	113.48	126.59	140.06
18	98.09	115.20	128.51	142.19
19	99.49	116.85	130.35	144.22
20	100.84	118.44	132.12	146.18
21	102.15	119.97	133.83	148.07
22	103.41	121.45	135.48	149.90
23	104.62	122.88	137.07	151.66
24	105.80	124.27	138.62	153.37

**Scelta tempo di ritorno***Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica*

Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	$W_T$	1.990	
Parametro pioggia	A	53.820	mm/h <sup>n</sup>

*Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.*

*T = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.*

*T = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.*

## 6.3 Calcolo dell'Infiltrazione

La valutazione dei processi di interscambio tra la superficie del suolo e il sistema idrico sotterraneo è utile per analizzare i fenomeni piovosi, e allo stesso tempo per dare una stima della superficie piezometrica rispetto al piano campagna.

Il progetto di invarianza deve considerare ogni possibilità di incentivare l'infiltrazione delle acque meteoriche afferenti da superfici non suscettibili di inquinamento; quindi prediligere la realizzazione di strutture di infiltrazione quali aree verdi di infiltrazione, trincee drenanti, pozzi drenanti, cunette verdi, pavimentazioni permeabili, adeguate a tale obiettivo.

Si deve valutare se l'infiltrazione di una parte dell'afflusso meteorico è da escludere, in funzione:

- della qualità delle acque meteoriche di cui si prevede l'infiltrazione in compatibilità con la qualità della falda;
- della stabilità dei versanti o del sottosuolo, ovvero che le infiltrazioni non contribuiscano all'instabilità;
- della possibile interferenza con le fondazioni o anche i piani interrati degli edifici esistenti.

## 6.4 Volume d'Invaso

Il dimensionamento dell'invaso di laminazione (All. G del RR) avviene applicando le equazioni seguenti al fine di computare l'idrogramma uscente  $Qu(t)$  dalla bocca (o dall'insieme delle bocche) di scarico dell'invaso e quindi verificare il rispetto del valore della massima portata ammissibile nel caso in esame del tempo massimo di svuotamento. Secondo il regolamento, il calcolo del volume deve essere riportato per esteso nella relazione del progetto di invarianza idraulica. Il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza è il maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo.

## 6.5 Tempo di Svuotamento

Il tempo di svuotamento degli invasi secondo i volumi calcolati non deve superare le **48 ORE**, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

La regolazione della portata allo scarico va fatta tramite un manufatto che deve essere costituito da un pozzetto a doppia camera ispezionabile e che consenta la misura delle portate scaricate; da una tubazione terminale commisurata alla  $Q$  limite (evitando in diametri troppo piccoli, a rischio occlusione) e in ultimo dotata di elementi necessari a evitare il rigurgito del ricettore (valvola di non ritorno, paratoie ecc...).

## 6.6 Applicazione della procedura dettagliata

### PRECIPITAZIONE DI PROGETTO

L'applicazione del metodo delle sole piogge presuppone il calcolo della precipitazione di progetto, attraverso l'utilizzo delle linee segnalatrici di pioggia, come dato input per il calcolo del volume di laminazione. I parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia si possono estrarre per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

I parametri forniti si riferiscono alla linea segnalatrice di pioggia espressa nella forma:

- $h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$
- $h$  [mm]: altezza di pioggia
- $a_1$  [mm/ora<sup>n</sup>]: coefficiente pluviometrico orario
- $D$  [ore]: durata pioggia
- $n$  [-]: parametro di scala
- $w_T$  [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno  $T$  [anni]
- $w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{\kappa} \cdot \left\{ 1 - \left[ \ln\left(\frac{T}{T-1}\right) \right]^\kappa \right\}$
- $\varepsilon, \alpha, \kappa$  [-]: parametri della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values)

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il presente Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo

assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

- $T = 50$  [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani;
- $T = 100$  [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori di un'ora, per le durate inferiori a un'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro  $n$  per il quale si indica il valore  $n = 0,5$  in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

I metodi proposti dalla normativa per il calcolo del volume di laminazione fanno riferimento alle linee segnalatrici di pioggia a due parametri  $a$  e  $n$  la cui espressione è:

- $h = a \cdot D^n$
- $h$  [mm]: altezza di pioggia
- $D$  [ore]: durata di pioggia
- $n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia
- $a$  [mm/ora<sup>n</sup>]: parametro della linea segnalatrice di pioggia
- $a = a_1 \cdot w_T$
- $w_T$  [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno  $T$  [anni]
- $a_1$  [mm/ora<sup>n</sup>]: coefficiente pluviometrico orario

In alternativa a tali precipitazioni di progetto, possono essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità.

## PROCEDURA DETTAGLIATA

L'applicazione della procedura dettagliata prevede l'implementazione dei seguenti passaggi:

- ietogramma di pioggia di progetto
- ietogramma netto di pioggia
- idrogramma in ingresso all'invaso
- idrogramma in uscita dall'invaso
- calcolo del volume di laminazione

## IETOGRAMMA DI PIOGGIA DI PROGETTO

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si può utilizzare lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco:

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left( \frac{t_r - t}{k} \right)^{n-1} \quad t \leq t_r$$

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left( \frac{t - t_r}{1 - k} \right)^{n-1} \quad t \geq t_r$$

$i$  [mm/ora]: intensità di pioggia

$a$  [mm/ora<sup>n</sup>]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$t$  [ora]: istante temporale

$t_r$  [ora]: tempo di picco

$k$  [-]: coefficiente di posizione

Il picco dello ietogramma di progetto si verifica in generale all'istante  $t_r = k \cdot \theta$ , interno alla durata  $\theta$ ,  $0 \leq \theta \leq 1$ . La sua posizione all'interno della durata complessiva  $\theta$  dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre  $k = 0,4$  valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.

Una caratteristica importante dello ietogramma Chicago è quella di essere poco sensibile al variare della durata complessiva  $\theta$ . Infatti, l'aumento di quest'ultima non influisce sulla parte centrale dello ietogramma, quella attorno al picco, che rimane immutata, ma solo sull'allungamento delle sue due code estreme prima e dopo il picco. Ciò significa che uno ietogramma Chicago di durata generica  $\theta$  contiene in sé anche gli ietogrammi di durata inferiore: è quindi sufficiente considerare una durata superiore al tempo di corrivazione del bacino per tenere conto delle diverse durate significative per tutti i suoi sottobacini.

Per quanto riguarda il valore massimo dell'intensità di pioggia, le equazioni sopra riportate conducono a valori infiniti dell'intensità di pioggia  $i(t)$  per  $t = t_r$ . Per rimediare a questa incongruenza è necessario tagliare lo ietogramma Chicago in corrispondenza del picco, valutando il valore massimo dell'intensità di pioggia per un intervallo finito di tempo, dipendente dalla conoscenza della linea segnalatrice di pioggia nel campo delle durate molto brevi. In generale l'intensità massima di pioggia può essere valutata anche facendo riferimento all'intervallo di

discretizzazione che si è scelto per la rappresentazione dello ietogramma. È tuttavia evidente che maggiore sarà tale intervallo rispetto alla durata complessiva dello ietogramma e meno accentuato sarà il picco di intensità.

Lo ietogramma Chicago, poiché rispetta le linee segnalatrici di pioggia per ogni durata parziale, è composto da una particolare combinazione di intensità di pioggia, ciascuna delle quali è correlata al medesimo tempo di ritorno della linea segnalatrice medesima; pertanto, con semplici considerazioni sulla probabilità composta si può dedurre che tale tipo di ietogramma presenta un tempo di ritorno che aumenta progressivamente al crescere della durata di base, scostandosi sempre più dal tempo di ritorno della linea segnalatrice di pioggia da cui esso è tratto. Per questo motivo, al fine di non incorrere in pesanti sovrastime del volume critico di pioggia, la durata di base che si sceglie di adottare non deve eccedere troppo il tempo di corrivazione del bacino.

## IDROGRAMMA NETTO DI PIOGGIA

La valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione o nell'insieme delle opere di laminazione, può essere effettuata per esempio applicando uno dei seguenti metodi di calcolo suggeriti dal Regolamento Regionale n. 7:

- Metodo percentuale
- Modello di Horton

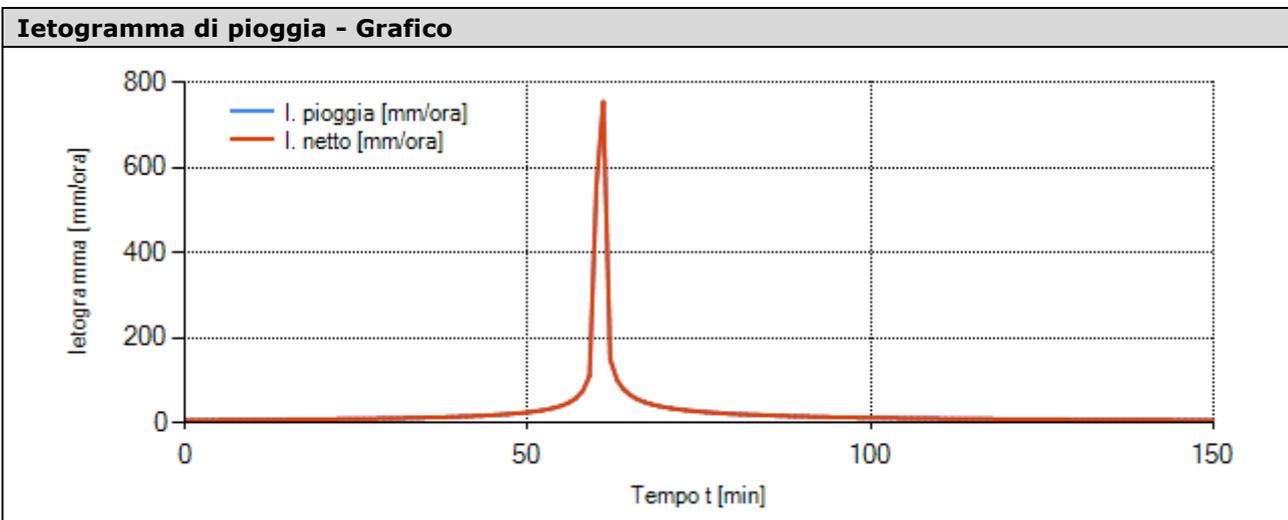
### Metodo percentuale

La valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di pioggia, può essere effettuata in via semplificata adottando i valori standard del coefficiente di afflusso indicati dal Regolamento regionale n.7 del 23-11-2017. I coefficienti di afflusso sono utilizzati per la stima della superficie scolante impermeabile interessata dall'intervento, valutando il coefficiente di afflusso medio ponderale rispetto alle superfici delle tre suddette categorie.

<b>Definizione ietogramma di pioggia</b>			
Durata pioggia di progetto	$\theta$	2.50	ore
Coefficiente di posizione	r	0.40	
Metodo di calcolo (ietogramma netto)	<i>Metodo percentuale</i>		
<p><i>Nota: Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo della seguente tabella: In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:</i></p> <p><i>Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.</i></p> <p><i>Classe B Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.</i></p> <p><i>Classe C Potenzialità di afflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.</i></p> <p><i>Classe D Potenzialità di afflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.</i></p>			

**IETOGRAMMA DI PIOGGIA**

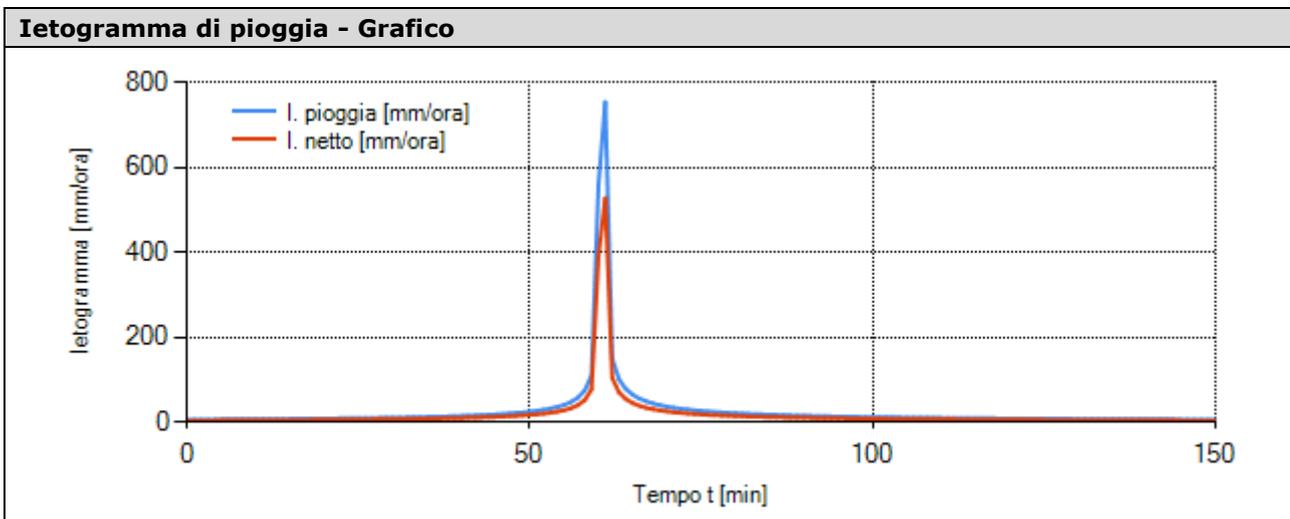
<b>Definizione ietogramma di pioggia - NUOVE COPERTURE</b>		
Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	2,50	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	
<p><i>Nota: Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo della seguente tabella: In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:</i></p> <p><i>Classe A</i> Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.</p> <p><i>Classe B</i> Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.</p> <p><i>Classe C</i> Potenzialità di afflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.</p> <p><i>Classe D</i> Potenzialità di afflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.</p>		



<b>Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari</b>		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	7,17	7,17
5	7,64	7,64
10	8,19	8,19
15	8,85	8,85
20	9,64	9,64
25	10,62	10,62
30	11,88	11,88
35	13,55	13,55
40	15,92	15,92
44	18,68	18,68
45	19,56	19,56
46	20,55	20,55
47	21,66	21,66
48	22,92	22,92
49	24,38	24,38
50	26,07	26,07
51	28,07	28,07
52	30,47	30,47
53	33,42	33,42
54	37,14	37,14

55	42,03	42,03
56	48,77	48,77
57	58,79	58,79
58	75,65	75,65
59	112,01	112,01
60	559,43	559,43
61	754,18	754,18
62	151,00	151,00
63	101,98	101,98
64	79,25	79,25
65	65,74	65,74
66	56,66	56,66
67	50,07	50,07
68	45,05	45,05
69	41,07	41,07
70	37,83	37,83
71	35,14	35,14
72	32,86	32,86
73	30,90	30,90
74	29,20	29,20
75	27,70	27,70
76	26,37	26,37
77	25,18	25,18
78	24,11	24,11
79	23,15	23,15
80	22,26	22,26
81	21,46	21,46
82	20,72	20,72
83	20,04	20,04
84	19,40	19,40
85	18,82	18,82
86	18,27	18,27
87	17,76	17,76
88	17,28	17,28
89	16,83	16,83
90	16,41	16,41
91	16,01	16,01
92	15,64	15,64
95	14,62	14,62
100	13,24	13,24
105	12,12	12,12
110	11,21	11,21
115	10,44	10,44
120	9,79	9,79
125	9,22	9,22
130	8,73	8,73
135	8,29	8,29
140	7,91	7,91
145	7,56	7,56
150	7,24	7,24

Definizione ietogramma di pioggia - PIAZZALI IN ASFALTO DRENANTE		
Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	2,50	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	
<p>Nota: Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo della seguente tabella:            In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:            Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.            Classe B Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.            Classe C Potenzialità di afflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.            Classe D Potenzialità di afflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.</p>		

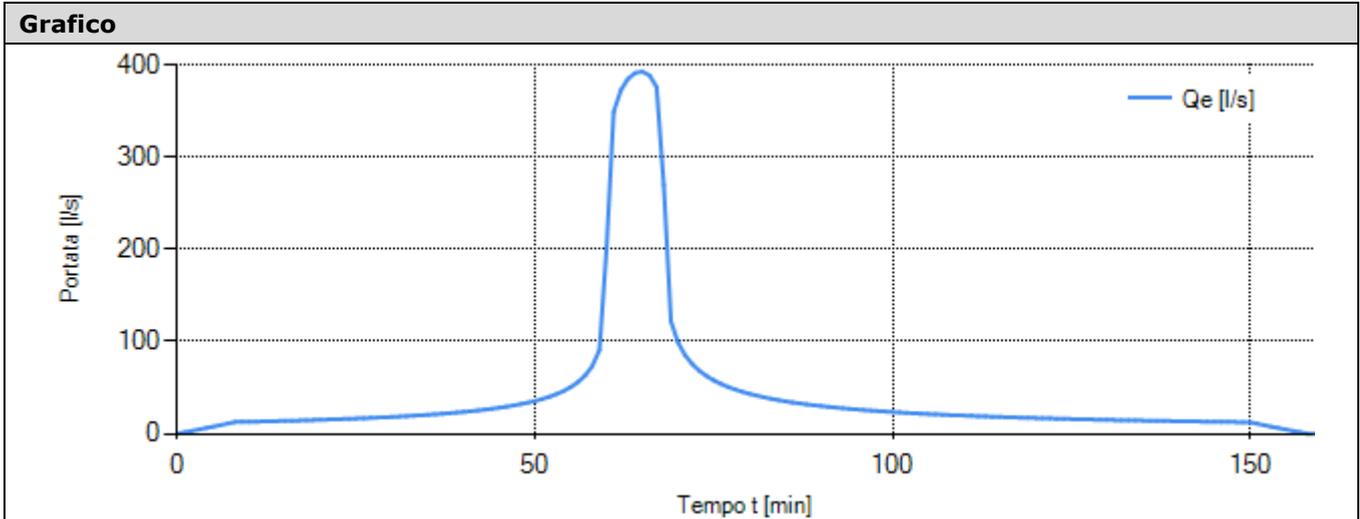


Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	7,17	5,02
5	7,64	5,35
10	8,19	5,73
15	8,85	6,19
20	9,64	6,75
25	10,62	7,43
30	11,88	8,31
35	13,55	9,49
40	15,92	11,14
45	19,56	13,69
48	22,92	16,05
49	24,38	17,06
50	26,07	18,25
51	28,07	19,65
52	30,47	21,33
53	33,42	23,39
54	37,14	26,00
55	42,03	29,42
56	48,77	34,14
57	58,79	41,15
58	75,65	52,95

59	112,01	78,41
60	559,43	391,60
61	754,18	527,92
62	151,00	105,70
63	101,98	71,39
64	79,25	55,48
65	65,74	46,02
66	56,66	39,66
67	50,07	35,05
68	45,05	31,53
69	41,07	28,75
70	37,83	26,48
71	35,14	24,60
72	32,86	23,00
73	30,90	21,63
74	29,20	20,44
75	27,70	19,39
76	26,37	18,46
77	25,18	17,63
78	24,11	16,88
79	23,15	16,20
80	22,26	15,59
81	21,46	15,02
82	20,72	14,50
83	20,04	14,03
84	19,40	13,58
85	18,82	13,17
90	16,41	11,49
95	14,62	10,24
100	13,24	9,26
105	12,12	8,49
110	11,21	7,85
115	10,44	7,31
120	9,79	6,85
125	9,22	6,46
130	8,73	6,11
135	8,29	5,81
140	7,91	5,53
145	7,56	5,29
150	7,24	5,07

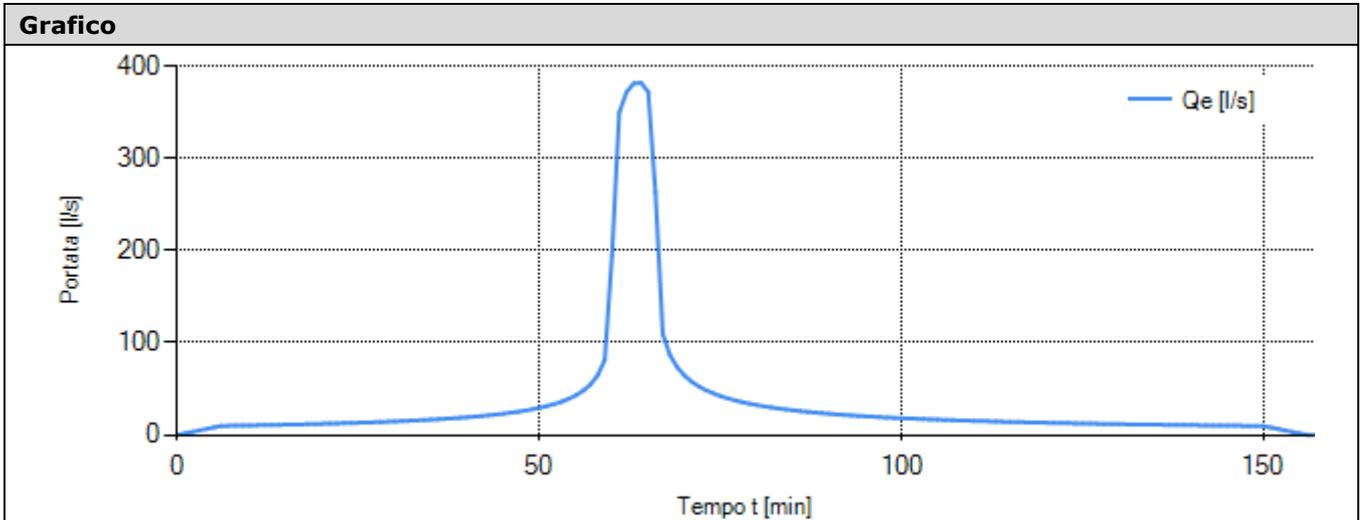
## IDROGRAMMA DI PIENA

Area NUOVE COPERTURE			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		5950,0	m <sup>2</sup>
Coefficiente di afflusso		$\varphi$ 1,00	-
Tempo corrivazione		$t_c$ 8	min



Risultati tabellari										
<b>Tempo [min]</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>44</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	7,70	12,91	13,87	15,03	16,43	18,19	20,47	23,58	27,04
<b>Tempo [min]</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	28,11	29,29	30,59	32,04	33,66	35,50	37,61	40,05	42,91	46,34
<b>Tempo [min]</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	50,55	55,90	63,01	73,26	90,62	199,99	349,02	372,56	384,95	391,25
<b>Tempo [min]</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	392,69	388,77	375,96	269,60	122,16	98,76	84,94	75,35	68,14	62,47
<b>Tempo [min]</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>77</b>	<b>78</b>	<b>79</b>	<b>80</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>84</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	57,84	53,98	50,69	47,86	45,38	43,19	41,23	39,48	37,90	36,46
<b>Tempo [min]</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>91</b>	<b>92</b>	<b>95</b>	<b>100</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	35,14	33,93	32,82	31,79	30,83	29,94	29,11	28,33	26,26	23,50
<b>Tempo [min]</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>115</b>	<b>120</b>	<b>125</b>	<b>130</b>	<b>135</b>	<b>140</b>	<b>145</b>	<b>150</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	21,34	19,60	18,16	16,95	15,91	15,01	14,22	13,53	12,90	12,34
<b>Tempo [min]</b>	<b>155</b>									
Portata $Q_e$ [l/s]	4,53									

Area PIAZZALI IN ASFALTO DRENANTE			
Tipo area	Area semi-impermeabile		
Superficie		6700,0	m <sup>2</sup>
Coefficiente di afflusso	$\varphi$	0,70	-
Tempo corrivazione	$t_c$	6	min



Risultati tabellari										
<b>Tempo [min]</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	8,09	10,31	11,09	12,04	13,18	14,63	16,53	19,14	22,98
<b>Tempo [min]</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	26,35	27,76	29,36	31,21	33,37	35,93	39,02	42,85	47,79	54,46
<b>Tempo [min]</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	64,28	81,36	194,85	349,60	371,82	381,20	381,99	371,93	262,68	109,68
<b>Tempo [min]</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>77</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	86,65	73,41	64,41	57,76	52,59	48,42	44,98	42,08	39,59	37,42
<b>Tempo [min]</b>	<b>78</b>	<b>79</b>	<b>80</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>95</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	35,52	33,84	32,33	30,98	29,75	28,63	27,60	26,66	22,90	20,19
<b>Tempo [min]</b>	<b>100</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>115</b>	<b>120</b>	<b>125</b>	<b>130</b>	<b>135</b>	<b>140</b>	<b>145</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	18,13	16,51	15,20	14,10	13,18	12,39	11,70	11,09	10,56	10,07
<b>Tempo [min]</b>	<b>150</b>									
Portata $Q_e$ [l/s]	9,65									

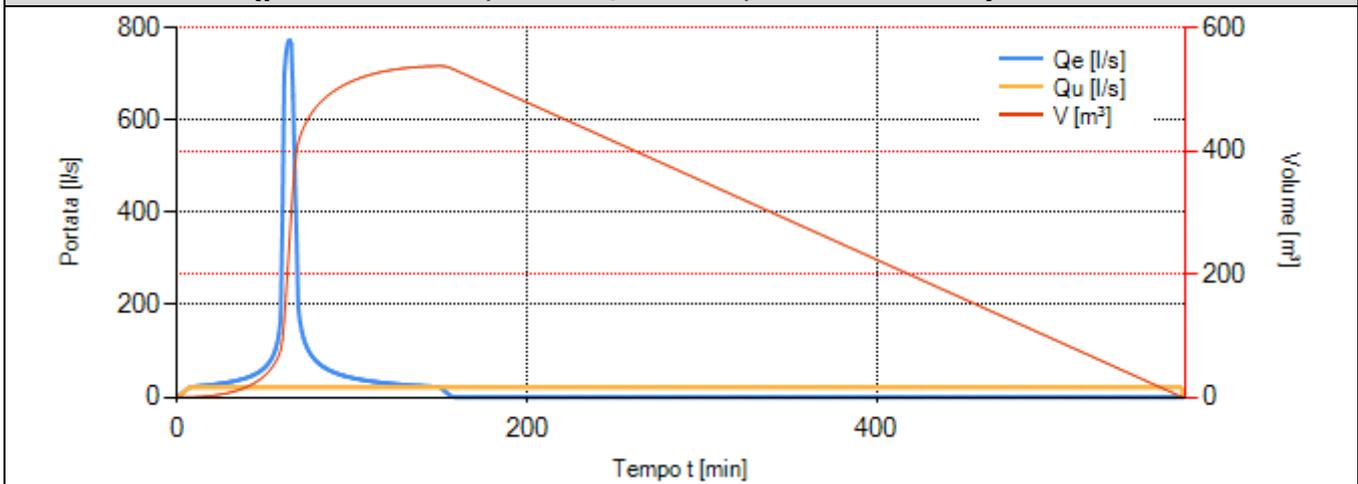
**DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA**

<b>Metodo dei requisiti minimi</b>			
Volume specifico minimo	$w_0$	350,00	$m^3/ha_{imp}$
Volume invaso minimo	$W_0$	372,40	$m^3$
<i>Nota: Requisito minimo ridotto del 30% in quanto si adottano sole strutture d'infiltrazione e non si prevedono scarichi in corpi idrici ricettori.</i>			

<b>Metodo analitico di dettaglio</b>			
Durata critica	$D_w$	2,50	ore
Battente idrico massimo	$H_{max}$	8,56	m
Volume invaso minimo	$W$	537,67	$m^3$
<i>Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.</i>			

## CALCOLO DINAMICA INVASO

**Dinamica invaso (portata entrante, uscente/infiltrata, volume invasato) - Grafico**



### Risultati tabellari

Tempo [min]	Portata entrante $Q_e$ [l/s]	Portata scaricata/infiltrata $Q_u$ [l/s]	Vol. utile invasato $W$ [m <sup>3</sup> ]	Battente idrico $H$ [m]
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	15,79	15,79	0,00	0,00
10	23,22	21,28	0,24	0,00
15	24,97	21,28	1,07	0,02
20	27,06	21,28	2,48	0,04
25	29,61	21,28	4,59	0,07
30	32,82	21,28	7,55	0,12
35	37,00	21,28	11,61	0,18
40	42,71	21,28	17,14	0,27
45	51,09	21,28	24,74	0,39
47	55,69	21,28	28,58	0,46
48	58,39	21,28	30,73	0,49
49	61,42	21,28	33,05	0,53
50	64,87	21,28	35,56	0,57
51	68,82	21,28	38,29	0,61
52	73,42	21,28	41,28	0,66
53	78,84	21,28	44,57	0,71
54	85,36	21,28	48,22	0,77
55	93,41	21,28	52,31	0,83
56	103,68	21,28	56,95	0,91
57	117,47	21,28	62,30	0,99
58	137,54	21,28	68,68	1,09
59	171,98	21,28	76,69	1,22
60	394,84	21,28	92,41	1,47
61	698,62	21,28	123,94	1,97
62	744,37	21,28	165,95	2,64
63	766,16	21,28	209,99	3,34
64	773,24	21,28	254,90	4,06
65	764,62	21,28	299,76	4,77
66	651,44	21,28	340,96	5,43
67	485,63	21,28	373,80	5,95
68	356,26	21,28	397,78	6,33
69	195,57	21,28	413,06	6,58
70	163,17	21,28	422,54	6,73
71	142,70	21,28	430,44	6,85

72	127,94	21,28	437,28	6,96
73	116,57	21,28	443,34	7,06
74	107,45	21,28	448,79	7,15
75	99,92	21,28	453,73	7,22
76	93,57	21,28	458,26	7,30
77	88,12	21,28	462,43	7,36
78	83,38	21,28	466,30	7,43
79	79,22	21,28	469,90	7,48
80	75,52	21,28	473,27	7,54
81	72,21	21,28	476,42	7,59
82	69,23	21,28	479,39	7,63
83	66,53	21,28	482,18	7,68
84	64,06	21,28	484,82	7,72
85	61,80	21,28	487,32	7,76
86	59,73	21,28	489,69	7,80
87	57,81	21,28	491,94	7,83
90	52,84	21,28	498,05	7,93
95	46,45	21,28	506,52	8,07
100	41,64	21,28	513,32	8,17
105	37,85	21,28	518,84	8,26
110	34,80	21,28	523,34	8,33
115	32,26	21,28	527,00	8,39
120	30,13	21,28	529,97	8,44
125	28,30	21,28	532,34	8,48
130	26,71	21,28	534,20	8,51
135	25,31	21,28	535,62	8,53
140	24,08	21,28	536,64	8,55
145	22,98	21,28	537,31	8,56
150	21,99	21,28	537,67	8,56
155	6,10	21,28	535,48	8,53
160	0,00	21,28	529,55	8,43
180	0,00	21,28	504,02	8,03
210	0,00	21,28	465,71	7,42
240	0,00	21,28	427,41	6,81
270	0,00	21,28	389,10	6,20
300	0,00	21,28	350,80	5,59
330	0,00	21,28	312,50	4,98
360	0,00	21,28	274,19	4,37
390	0,00	21,28	235,89	3,76
420	0,00	21,28	197,58	3,15
450	0,00	21,28	159,28	2,54
480	0,00	21,28	120,98	1,93
510	0,00	21,28	82,67	1,32
540	0,00	21,28	44,37	0,71
570	0,00	21,28	6,06	0,10
576	0,00	0,00	0,00	0,00

## 7. MODALITA' DI INTERVENTO PERI IL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

Secondo il regolamento regionale, la gestione delle acque pluviali deve essere effettuata, mediante sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso. La realizzazione di uno scarico è da realizzare qualora la capacità di infiltrazione dei suoli risulti essere inferiore rispetto all'intensità delle piogge critiche.

Lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine di priorità (Art. 5):

**A.** mediante il riuso dei volumi stoccati (innaffiamento di giardini, lavaggio di pavimentazioni e auto, ecc...);

MODALITA' NON PRATICABILE PER LE CARATTERISTICHE DELL'AREA

**B.** mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo (compatibilmente alla tipologia);

MODALITA' PREFERIBILE PER LE CARATTERISTICHE DI PERMEABILITA' DEL TERRENO E PER LA QUOTA DI FALDA > 10 M DA P.C.

**C.** mediante lo scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata riportati per legge;

MODALITA' NON PRATICABILE IN QUANTO AREA INDUSTRIALE PRIVA DI CORPI IDRICI SIGNIFICATIVI

**D.** mediante lo scarico in fognatura, con i limiti di portata riportati per legge; MODALITA' NON PRATICABILE PER I VOLUMI DI ACQUA METEORIFCA DA GESTIRE

Successivamente si danno alcune indicazioni tecniche per il dimensionamento delle opere di ingegneria idraulica, necessarie allo smaltimento del volume di pioggia accumulato.

In particolare, date le caratteristiche dell'area si è optato per la gestione mista del volume critico meteorico (volume minimo ridotto del 30% pari a 372 mc) mediante la realizzazione di pozzi di infiltrazione collegati a trincee drenanti poste lungo il confine del lotto.

Di seguito le caratteristiche e il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica proposte.

### 7.1 Pozzi perdenti- filtranti – Criteri di progettazione e dimensionamento

In relazione alle caratteristiche del sito in oggetto ed ai volumi da laminare, si ritiene fattibile la dispersione del volume di acque meteoriche generato durante la pioggia di progetto mediante l'utilizzo di sistemi disperdenti quali "Pozzi perdenti e/o di Infiltrazione".

Il dimensionamento dei pozzi filtranti viene eseguito nella pratica attraverso la stima del volume minimo di invaso da realizzare, tenendo in considerazione oltre alla portata in entrata anche quella in uscita per infiltrazione, per garantire l'invarianza idraulica (solo per le meteoriche).

Avendo già calcolato il volume critico di laminazione come il volume che si genera durante l'evento critico per le caratteristiche dell'area, (ubicazione, superficie e tipo di copertura), di fatto il problema consiste nel determinare il volume di infiltrazione dei pozzi perdenti per la quota parte di competenza.

Il dimensionamento dell'impianto di infiltrazione viene eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema (idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel sistema.

Il confronto può essere espresso con l'equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti nel mezzo filtrante. L'equazione differenziale è la seguente:

$$Q_e - Q_u = W_f(t)$$

❖  $Q_e$  è la portata, determinata con la retta di possibilità pluviometrica per l'area in oggetto in ingresso ai sistemi filtranti durante la pioggia di durata critica; essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio dell'area come calcolato al capitolo xxx;

$Q_u$  è la portata in uscita; essa dipende dalle caratteristiche geometriche dei pozzi e dalle condizioni di permeabilità del circostante terreno;

❖  $W_f(t)$  è il volume invasato (reso disponibile) nei pozzi durante l'evento di durata critica t;

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

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

Nel nostro caso il volume di acqua che entra nei pozzi, è quello minimo che destiniamo pari al 70 % del totale che corrisponde a:

$$W_e = 372 * 70\% W_0 = 260 \text{ mc}$$

Nello stesso periodo tempo (durata critica) il volume uscito pozzi sarà pari a:

$$W_u = Q_u * D_w$$

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

$$Q_f = k \times J \times A$$

con:

$Q_f$  = portata infiltrata da ogni singolo pozzo (mc)

$k$  = coefficiente di permeabilità m/s

$J$  = cadente piezometrica [m/m]

$A_f$  = superficie netta d'infiltrazione considerata

$\rho$  = numero di pozzi previsto

Nel caso in questione utilizzando solo sistemi di infiltrazione si può affermare che:

$$Q_u = Q_f * \rho$$

Sulla base delle caratteristiche geologiche, della acclività e geomorfologia nonché della litostratigrafia dell'area conosciuta dalla bibliografia e a mezzo di indagini geognostiche specifiche si è assunto il coefficiente di permeabilità da utilizzare per il calcolo della dispersione nel sottosuolo pari a:

$$K = 5.0 * 10^{-4} \text{ m/s}$$

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

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

essendo  $K$  la sopra calcolata permeabilità, mentre il termine fra parentesi rappresenta la cadente in cui compare l'altezza  $z$  dello strato drenante del pozzo, il dislivello  $L$  fra il fondo del pozzo ed il sottostante livello di falda. L'effettiva area drenante del pozzo  $A_f$  è assunta come un anello di larghezza  $z/2$  attorno alla base del pozzo. Non si considera la base drenante del pozzo, per tenere conto della sua possibile occlusione. Nel nostro caso si suppone la realizzazione di  $n$ . 10 pozzi perdenti aventi le seguenti caratteristiche:

#### Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$a$  [mm/ora<sup>n</sup>] = 54.260

$n$  = 0.2634

$C_d$  (coef. di deflusso) = 0.90

$S$  (superficie scolante) [mq] = 11,343.940

La portata meteorica viene calcolata con il metodo cinematico secondo la seguente formula:

$$Q_p = C_d \cdot S \cdot a \cdot t_p^{n-1}$$

essendo  $t_p$  la durata della precipitazione.

#### Dati pozzo drenante

Anello prefabbricato - Diametro = 200 cm - Altezza = 50 cm

N° di anelli = 7

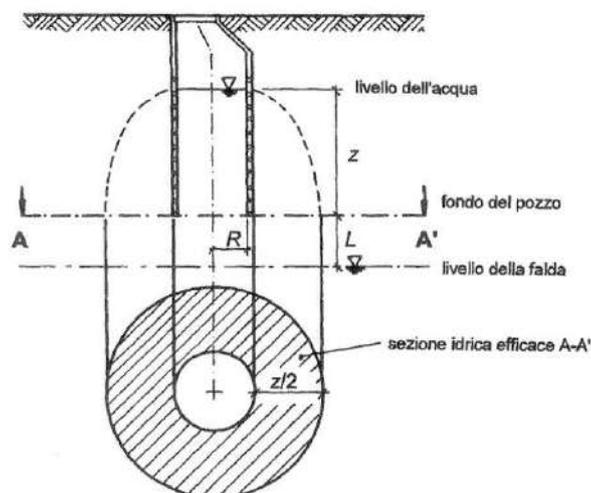
$z$  (altezza utile del pozzo) [m] = 3.500

$R$  (raggio del pozzo) [m] = 1.00

$K$  (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.000500

Numero di pozzi = 25

Volume laminato =  $10.99 \times 25 = 274$  mc



## 7.2 Trincea drenante

La trincea drenante sarà uno scavo di larghezza 1 metro ed altezza 1m con riempimento di ciottolame di media ed elevata pezzatura e condotta interna del diametro 0.40 m. L'altezza massima invasabile sarà pari a 0.50 m. La trincea sarà di lunghezza 200 m.

Alla trincea è destinata la gestione/laminazione del 30 % del volume meteorico calcolato.

$$W_e = 510 * 30\% W_0 = 112 \text{ mc}$$

### Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

L (lunghezza) [m] = 100.000

H (altezza riferita a "b") [m] = 1.0

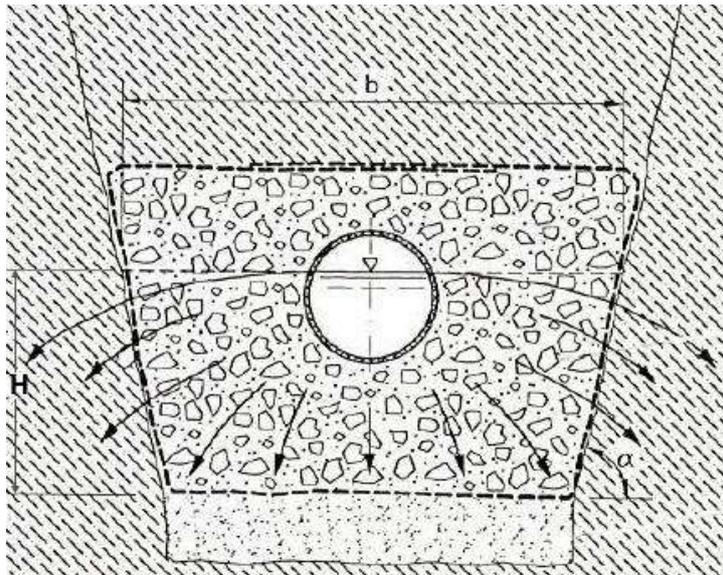
b (larghezza liquida) [m] = 1.500

K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.000500

Ac (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.80/ml

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300 pari a 0.40 mc/ml

Volume totale trincea drenante = 100 ml X 1.20 mc/ml = 120 mc

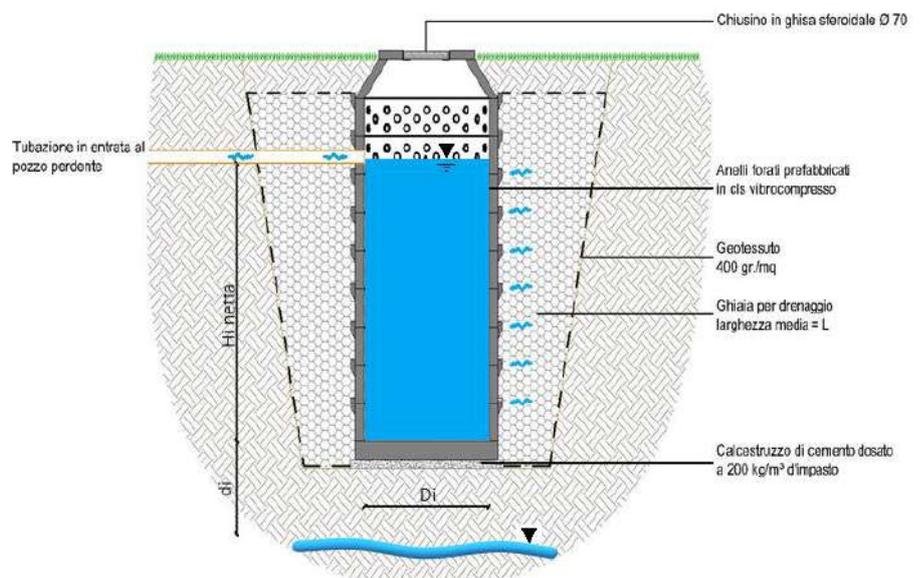


### 7.3 Manutenzione pozzi perdenti-filtranti e trincea (Art.16)

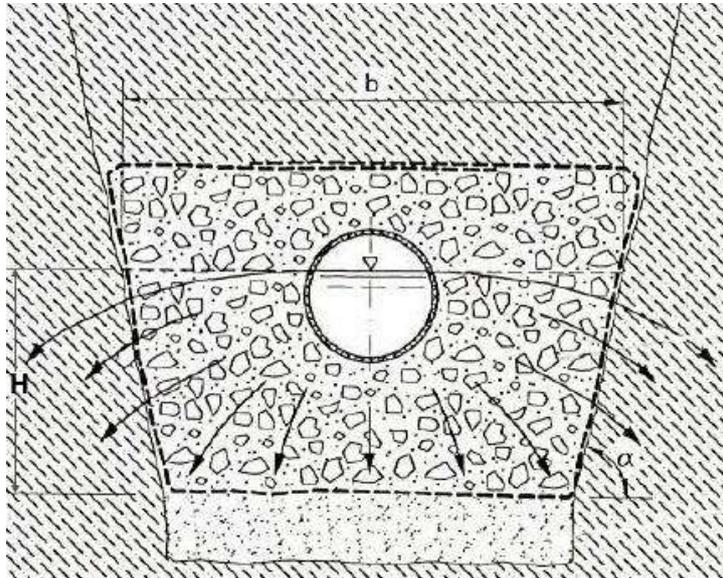
I pozzi perdenti presenti sul mercato sono formati da un insieme di anelli fenestrati in calcestruzzo, sovrapponibili ed impilabili tramite un innesto a bicchiere. I diametri oscillano tra 100-250 cm con altezza modulare sulla base del numero degli anelli utilizzati, generalmente non superiore ai 3,00 m dal p.c. La capacità di invaso è funzione delle dimensioni (diametro e altezza). Il pozzo perdente non richiede particolari manutenzioni, qualora le acque convogliate siano solo le meteoriche provenienti dai tetti e dalle aree di camminamento. Periodicamente (generalmente una/due volte l'anno) si dovrà controllare e rimuovere eventuali accumuli di sedimenti o fanghi dal fondo del pozzo (sedimentazione per trasporto). E' quindi necessaria la presenza di un chiusino di ispezione rimovibile per aspirazione eventuale materiale fine sedimentato. Dal punto di vista ambientale se vengono raccolte e disperse acque provenienti dai corselli carrabili è bene prevedere, limitatamente alle acque di quell'area, un pozzetto disoleatore.

Di seguito alcuni accorgimenti da seguire per il posizionamento e l'installazione:

- Porre l'opera almeno a 3,00 m dai fabbricati per evitare interferenze sia con le fondazioni degli stessi che con le murature in elevazione di eventuali interrati (anche a confine);
- Utilizzare un mezzo meccanico idoneo alla profondità di scavo di progetto, in relazione alla litologia del terreno ed alle dimensioni dell'opera; lo scavo deve essere eseguito con le pareti laterali di adeguata l'inclinazione secondo la tipologia del terreno e dimensionato in modo che possa consentire agevolmente ed in sicurezza, lo svolgimento delle operazioni di posa e completamento del dreno;
- Preparare un idoneo strato di appoggio alla base degli anelli, generalmente uno spessore di pietrisco e sabbia di circa 40 cm, con alla base un geotessile, atto a garantire la tenuta del peso della struttura modulare, senza sprofondamenti dell'opera;
- Porre intorno al pozzo una corona di materiale inerte a pezzatura medio grossolana, arido di granulometria crescente verso l'alto (ghiaia e pietrisco);
- Porre intorno al pozzo una corona di materiale inerte a pezzatura medio grossolana, arido di granulometria crescente verso l'alto (ghiaia e pietrisco);
- Mantenere una parte sommitale cieca, almeno 50 cm per evitare il drenaggio con asportazione di fine nella porzione sommitale che può creare cedimenti ed abbassamenti del piano di calpestio (pavimentazioni, zone a verde) ;



Per la trincea data la posizione interrata e la presenza di geotessuto a protezione dell'intasamento del dreno, non si comunicano particolari attività di manutenzione.



## 8. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti si fa riferimento alla normativa vigente, DPR 13 Giugno 2017 n. 120, che segue quanto già previsto dall'art.8 del DL 133/2014.

Secondo la definizione di rifiuto di cui all'art. 183 comma 1, lettera a) del DLgs 152/2006 (testo unico ambiente) e s.m.i., le terre e rocce provenienti dalle operazioni di scavo devono considerarsi tali laddove il soggetto che ha in carico l'opera "si disfa", ha "intenzione di disfarsi" o "è obbligato a disfarsi" delle stesse. In particolare, alla luce dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione UE 955/2014 come richiamata nell'allegato D della parte IV del DLgs 152/2006, queste appartengono alla famiglia 17 che comprende i rifiuti derivanti dalle operazioni di costruzione e demolizione, contraddistinti con i seguenti codici CER:

- 17 05 03\* terre e rocce contenenti sostanze pericolose
- 17 05 03 terre e rocce diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03\*

Pertanto, indipendentemente dal fatto che le T&R siano o meno "pericolose" queste rientrano per definizione nel campo di applicazione della disciplina dei rifiuti. Esse vanno di conseguenza gestite secondo quanto previsto dalla parte IV del DLgs 152/2006 con riferimento alle modalità operative del Deposito temporaneo ed avviate a recupero R o a smaltimento D in accordo con la normativa vigente.

Esistono però determinate condizioni alle quali le T&R possono essere gestite in deroga alla normativa in materia di rifiuti, fermo restando il principio di rispetto e tutela della salute umana e dell'ambiente naturale.

Le condizioni di esclusione dalla normativa rifiuti possono essere le seguenti due:

- Per riutilizzo "in situ" del materiale non contaminato (Art. 185 del DLgs 152/2006)
- Per gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto (art. 184 -bis del DLgs 152/2006)

Nel primo caso, ai sensi del comma 1 dell'art.185 del DLgs 152/2006, non sono da considerare rifiuti:

- Il suolo non contaminato ed altro materiale allo stato naturale escavato nel corso dell'attività di costruzione, ove sia certo che il materiale sarà riutilizzato ai fini di costruzione allo stato naturale nello stesso sito in cui è stato scavato;

L'assenza di contaminazione deve essere verificata con riferimento alle concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui al titolo V parte IV del DLgs 152/2006.

Nel secondo caso, per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, si fa riferimento all'art.184-bis del DLgs 152/2006, che richiede il soddisfacimento di quattro condizioni (art. 4 DPR):

- I materiali sono generati durante la realizzazione di un'opera il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- E' certa il loro utilizzo per reinterri, riempimenti, recuperi ambientali o in processi produttivi in sostituzione dei materiali da cava;
- I materiali di scavo sono idonei a essere utilizzati direttamente senza ulteriori trattamenti diversi dalla normale pratica industriale;

- I materiali di scavo soddisfano i requisiti di qualità ambientale riguardanti la protezione della salute umana e dell'ambiente;

La sussistenza dei requisiti sopra descritti viene attestata attraverso la predisposizione e la trasmissione agli enti di controllo preposti (Arpa e Comune) della documentazione PDU (Piano di utilizzo per cantieri di grandi dimensioni) o Dichiarazione di utilizzo (per cantieri di piccole dimensioni) e in ogni caso della dichiarazione di avvenuto utilizzo al termine della attività di gestione.

Per quanto riguarda le specifiche definizione dei siti e dei soggetti coinvolti si rimanda al testo completo del DPR. Relativamente al cantiere in oggetto, trattandosi di materiali originati dall'attività di scavo di terreni naturali per la formazione delle fondazioni e dei vani interrati, si può agevolmente ricomprendere l'opera entro i cantieri di piccole dimensioni (con produzione di volumi di terre <6000 mc);

Su detti materiali che soddisfano i succitati requisiti di origine, riutilizzo preliminarmente alla gestione degli stessi (sia internamente che esternamente al sito) dovranno essere verificati i requisiti di qualità ambientale con riferimento alle modalità di campionamento ed alle analisi chimico fisiche verificando il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione e destinazione.

Il rispetto dei requisiti ambientali verrà eseguito mediante pozzetti, trincee o sondaggi in numero adeguato in relazione alla superficie dell'area, con prelievo di campioni di terreno alle profondità significative conformemente alle profondità di progetto degli scavi. Il set analitico dei parametri da ricercare è in relazione all'ubicazione del sito ed alla sua storia pregressa (soprattutto se industriale) con un minimo di sostanze come definito nell'allegato 4 al DPR.

Al termine della gestione delle terre e rocce da scavo e comunque entro la data di gestione comunicata o entro un anno se prorogata dovrà essere inviata la Dichiarazione di avvenuto utilizzo DAU debitamente compilata e firmata dal produttore e/o proponente l'opera a conclusione del procedimento.

Le terre oggetto di scavo saranno gestite sulla base della normativa vigente in funzione del loro riutilizzo c/o il sito di produzione o in altro sito e tale attività sarà oggetto della stesura in fase progettuale definitiva di adeguata documentazione, che individuerà il produttore (impresa affidataria degli scavi), la quantità dei volumi destinati a riutilizzo, i siti di destino e la classificazione del materiale dal punto di vista merceologico e chimico/fisico, nonché espletterà le prescritte pratiche autorizzative c/o gli enti preposti al rilascio delle autorizzazioni (Comune).

## 9. CONCLUSIONI

Ai sensi del RR 7/2017 come modificato dal RR 8/2019, è stata redatta la presente relazione tecnica per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica relativo alla gestione delle acque meteoriche provenienti da un ampliamento di un opificio industriale sito in Via Mattei in comune di Castiglione delle Stiviere (Mn).

Il lotto oggetto di intervento consta di una superficie complessiva di trasformazione pari a **14.000 m<sup>2</sup>**, interessati da copertura, aree pavimentate drenanti e aree verdi.

Il comune di Castiglione delle Stiviere ricade nelle **Aree B – MEDIA criticità idraulica**.

I limiti allo scarico nella pubblica fognatura sono pari a **20 l/s\*ha**.

Sulla base della consistenza delle opere l'intervento è classificabile come: **INTERVENTO A IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE ALTA**. Per l'individuazione dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica è stato utilizzato il **Metodo PROCEDURA DETTAGLIATA**.

L'applicazione del metodo ha calcolato per l'area un volume di laminazione pari a **537 m<sup>3</sup>** ed un requisito minimo di 532 mc.

La recente normativa RR 8/2019 consente di ridurre detto volume del 30% qualora si provveda a gestire tutto il volume di meteoriche nel lotto di intervento, utilizzando sistemi di infiltrazione agevolata. Questo è possibile grazie alla natura litologica ed alle caratteristiche idrogeologiche e di permeabilità del suolo ed quindi stata applicata la riduzione del 30% del volume minimo. **Il volume minimo ridotto è pari a 372 mc.**

Considerando la situazione litostratigrafica locale con la presenza di terreni alluvionali di litologia ghiaiosa a media-elevata permeabilità ( $K= 5.00 \times 10E-4$  m/sec) e la soggiacenza della falda (>10 m da p.c.), l'assenza di particolari forme di inquinamento (emissioni) nei pressi dell'area, che giustifica l'assenza di contaminazioni delle acque meteoriche oggetto di dispersione nei primi strati del sottosuolo, si è optato per la realizzazione congiunta di **n. 25 Pozzi Perdenti** di diametro 2.00 m e profondità 3.50 m collegati da 100 ml di trincea drenante 1.560 x 1.00 m con tubazione interna drenante di 1.00 m, al fine di agevolare la dispersione nel sottosuolo del 100% del volume di laminazione calcolato, considerando i i franchi di sicurezza necessari imposti dalla normativa.

Il dimensionamento dei sistemi di infiltrazione ha verificato che la realizzazione delle opere è sufficiente a gestire completamente il volume di invaso che si genera durante l'evento critico calcolato con tempo di ritorno  $T_r$  50 anni, garantendo lo svuotamento degli invasi, **NON Collettati** alla rete fognaria in circa **1.00 ora**, tempo che risulta inferiore alle 48 ore previste dal regolamento. Si può quindi ritenere definitivo e corretto il dimensionamento del volume delle opere di mitigazione. Per quanto riguarda gli accorgimenti costruttivi dei manufatti, si rimanda agli allegati grafici di progetto.

A disposizione per ulteriori approfondimenti e chiarimenti, si coglie l'occasione per porgere cordiali saluti

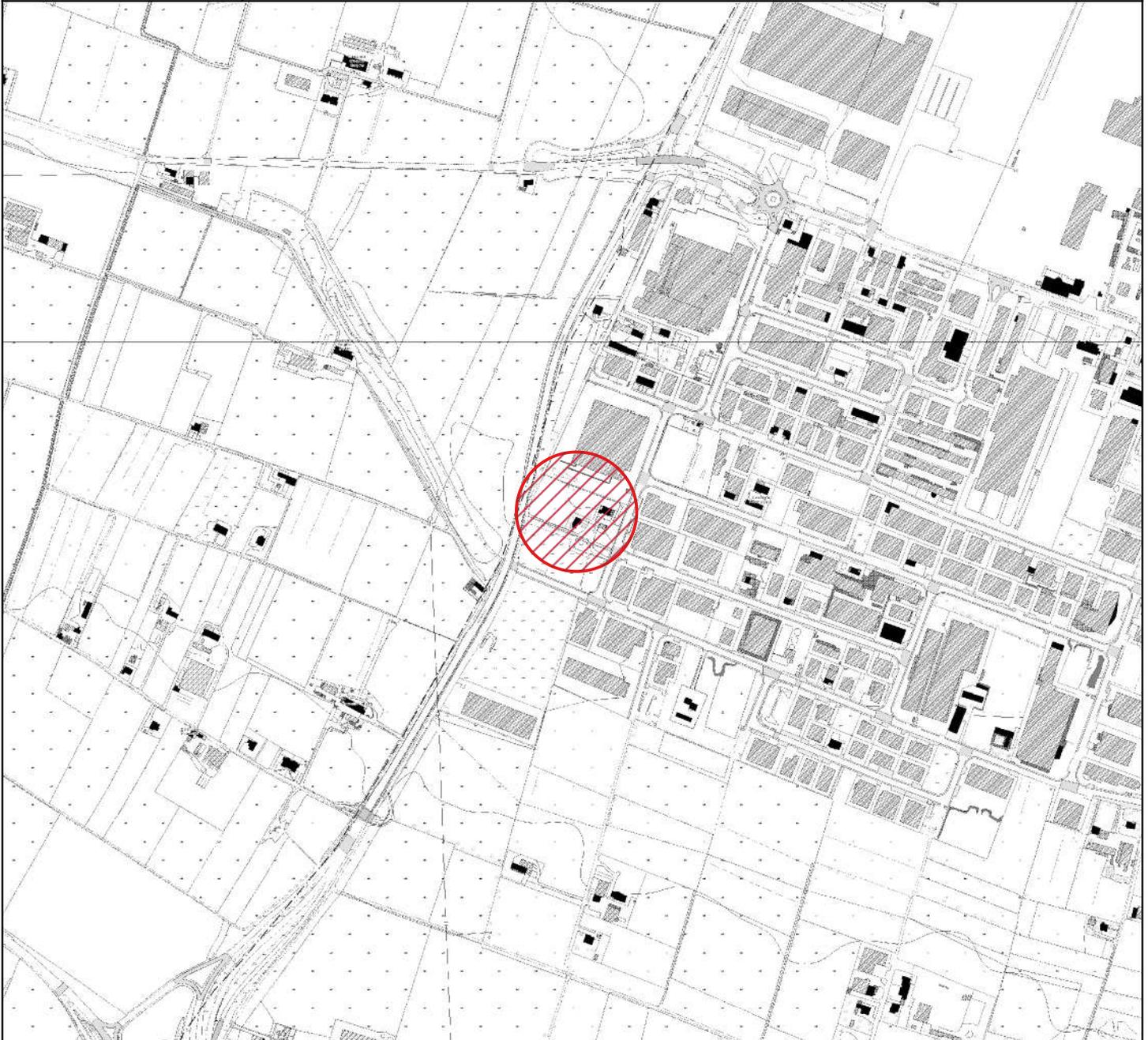
### Il tecnico incaricato

Dott. Geol. Giuliano Donaera

Dr. Geologo  
GIULIANO  
DONAERA  
n. 1180  
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA LOMBARDIA



<b>TITOLO</b>	<b>COROGRAFIA GENERALE</b>	<b>DATA</b> 05/02/2024	<b>SCALA</b> 1: 10.000
<b>COMMITTENTE</b>	<b>AMICA CHIPS S.P.A.</b>	<b>N. PRJ.057.24</b>	
<b>LAVORO</b>	<b>AMPLIAMENTO OPIFICIO</b>	<b>TAV. 01</b>	
<b>CANTIERE</b>	<b>Via Mattei, Castiglione delle Stiviere (MN)</b>		



Base Cartografica CTR della Regione Lombardia alla sezione D6E4

EPSG: 32632

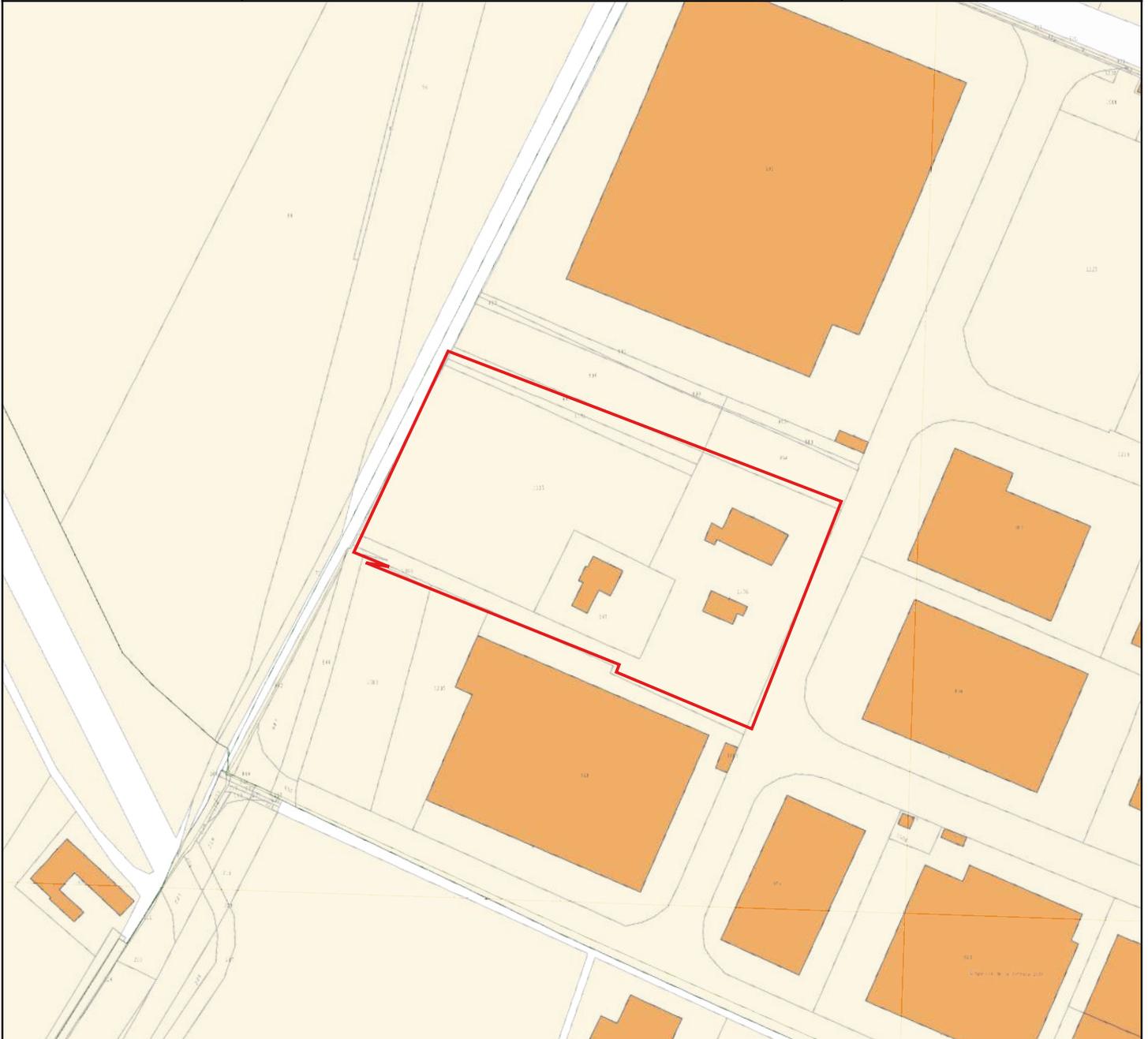
**LEGENDA SIMBOLI :**



**AREA DI INTERVENTO**



<b>TITOLO</b>	<b>ESTRATTO CATASTALE</b>	<b>DATA</b> 05/02/2024	<b>SCALA</b> 1:2.000
<b>COMMITTENTE</b>	<b>AMICA CHIPS S.P.A.</b>	<b>N. PRJ.057.24</b>	
<b>LAVORO</b>	<b>AMPLIAMENTO OPIFICIO</b>	<b>TAV. 02</b>	
<b>CANTIERE</b>	<b>Via Mattei, Castiglione delle Stiviere (MN)</b>		



Base Cartografica Catastale Foglio 12 Mappali 997-1131-1133-541-1106 CC di Castiglione delle Stiviere (MN)  
EPSG:32632

**LEGENDA SIMBOLI :**



**AREA DI INTERVENTO**



<b>TITOLO</b>	<b>CARTA LITOLOGICA</b>	<b>DATA</b> 05/02/2024	<b>SCALA</b> 1:10.000
<b>COMMITTENTE</b>	<b>AMICA CHIPS S.P.A.</b>	<b>N. PRJ.057.24</b>	
<b>LAVORO</b>	<b>AMPLIAMENTO OPIFICIO</b>	<b>TAV. 03</b>	
<b>CANTIERE</b>	<b>Via Mattei, Castiglione delle Stiviere (MN)</b>		



Estratto Carta Litologica da Geoportale della Regione Lombardia

EPSG:32632

**LEGENDA SIMBOLI :**



**AREA DI INTERVENTO**



5b - PLEISTOCENE SUP. - Fluvioglaciale e Fluviale Wurm - ghiaie, sabbie