

*SETTORE S5 - OPERE PUBBLICHE E MANUTENZIONE DELLA CITTA'*

**PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)**  
**Finanziato dall'Unione Europea NextGenerationEU**  
**Missione M5 - Componente C2 - Misura Investimenti in progetti  
di rigenerazione urbana, volti a ridurre situazioni di emarginazione  
e degrado sociale - Investimento 2.1**

*Progetto n.52 / 22:*  
**"INTERVENTI ATTUATIVI DEL PIANO URBANO DI MOBILITÀ SOSTENIBILE (PUMS):  
REALIZZAZIONE ISOLA PARCO BERLINGUER" - ID 9110**  
**CUP: C99J21019300001**

**PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

Arch. Francesca Tinti

Ing. Maria Alberta Chierici

**progettista**



**41ZERODODICI**  
Studio Associato Architettura e Ingegneria  
via A. Manzoni 22  
41012 Carpi (Mo)  
tel. 059. 5800381

**responsabile unico del procedimento**

**gruppo di lavoro**

Ing. Fabio Torrebruno  
Arch. Martina Corradini  
Arch. Savina Di Natale  
Arch. Martina Poletti  
Per. Ind. Dario Torreggiani  
Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

**03**

data  
**01 giugno 2023**

I° revisione

II° revisione

scala  
//

## Sommario

1. PREMESSA.....	2
1.1. Descrizione sintetica del progetto.....	4
2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOLOGICO DELL'AREA .....	13
3. RIFERIMENTI NORMATIVI DI CARATTERE IDRAULICO.....	17
4. VALUTAZIONE DELLE MISURE VOLTE AL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA .....	27
4.1. Focus 01 .....	36
4.2. Focus 02.....	40
4.3. Focus 03.....	45
4.4. Focus 07.....	48
5. CONCLUSIONI.....	52

## Allegati

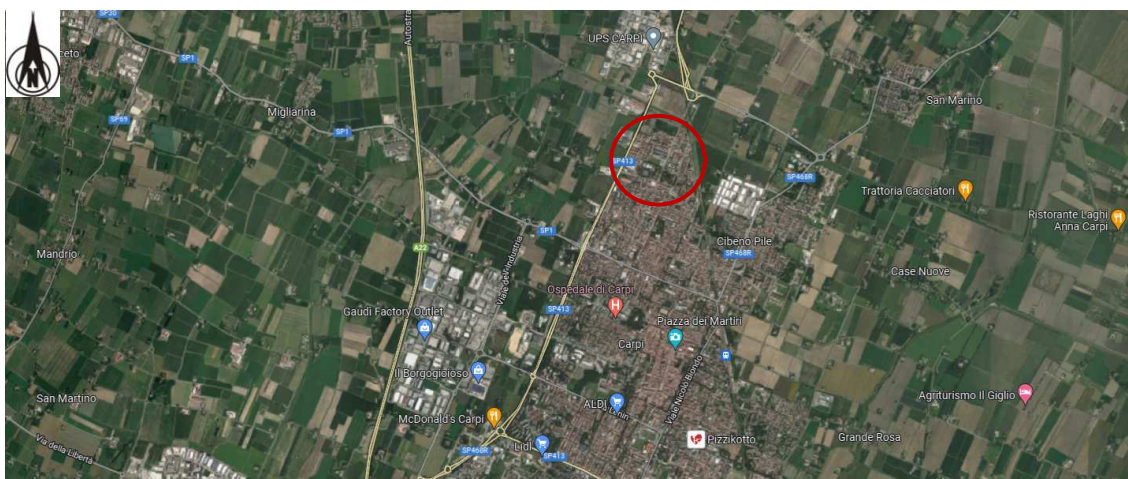
Allegato 1: Scheda tecnica di i.idro DRAIN

Allegato 2: Pacchetto posa pavimentazione drenante

## 1. PREMESSA

L'Amministrazione comunale di Carpi, in accordo con le strategie del Piano Urbano di Mobilità Sostenibile (PUMS) approvato in Consiglio Comunale il 05/11/2020 (Delibera n. 91) ha avviato un complesso progetto di valorizzazione e rigenerazione urbanistica, sociale ed ambientale denominato "Interventi attuativi del Piano Urbano di Mobilità Sostenibile (PUMS): Realizzazione isola parco Berlinguer".

Scopo del lavoro è quello di verificare, da un punto di vista idraulico, la fattibilità dell'intervento in progetto. L'ubicazione dell'area oggetto di studio è riportata nelle riprese fotografiche aeree, visibili in Figura 1.1 e 1.2.



*Figura 1.1 - Ubicazione dell'area oggetto di studio*



*Figura 1.2 - Ubicazione di dettaglio dell'area oggetto di studio*

La presente relazione è stata eseguita in conformità a quanto prescritto dalla Delibera Regionale GPG/2016/1405 del 01/08/2016 "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni con particolare riguardo alla pianificazione di emergenza, territoriale ed urbanistica, ai sensi dell'art. 58 dell'Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 dell'Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del "Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta)", adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po, con deliberazione n. 5 del 17/12/2015" e Delibera Num. 2215 del 20/12/2021 concernente Direttiva 2007/60/CE (Direttiva Alluvioni) secondo ciclo di attuazione 2022-2027: presa d'atto degli elaborati costituenti i piani di gestione del rischio di alluvioni relativi al territorio della regione Emilia-Romagna ricadente nei distretti idrografici del fiume Po e dell'appennino centrale.

---

## 1.1. Descrizione sintetica del progetto

---

Il progetto si articola in 7 focus a comporre un unicum concettuale che investe l'intera isola ambientale, nel rispetto degli obiettivi di sostenibilità ambientale, economica e sociale propri anche delle linee di indirizzo del PUMS. Il presente documento affronterà la fattibilità idraulica dei soli Focus che prevedono di modificare la permeabilità dello stato di fatto.

### **FOCUS 01 – via Magazzino**

Si realizzerà, una piattaforma drenante colorato in pasta. Si prevede il rifacimento e integrazione della pista ciclopedonale esistente in adiacenza alla recinzione del polo scolastico fino a via Brunelleschi ed il raccordo con quella in sede propria di via Remesina.

La gestione delle acque meteoriche avverrà tramite un canaletto filtrante posto tra la piattaforma e la ciclabile.

I canaletti filtranti vengono realizzati con lo scopo di favorire l'infiltrazione dei volumi di runoff attraverso la superficie superiore della trincea e la loro successiva filtrazione nel sottosuolo attraverso i lati e il fondo della trincea. Sono in grado di rimuovere un'ampia tipologia di inquinanti dalle acque di pioggia, attraverso meccanismi di assorbimento, precipitazione, filtrazione, degradazione chimica e batterica.

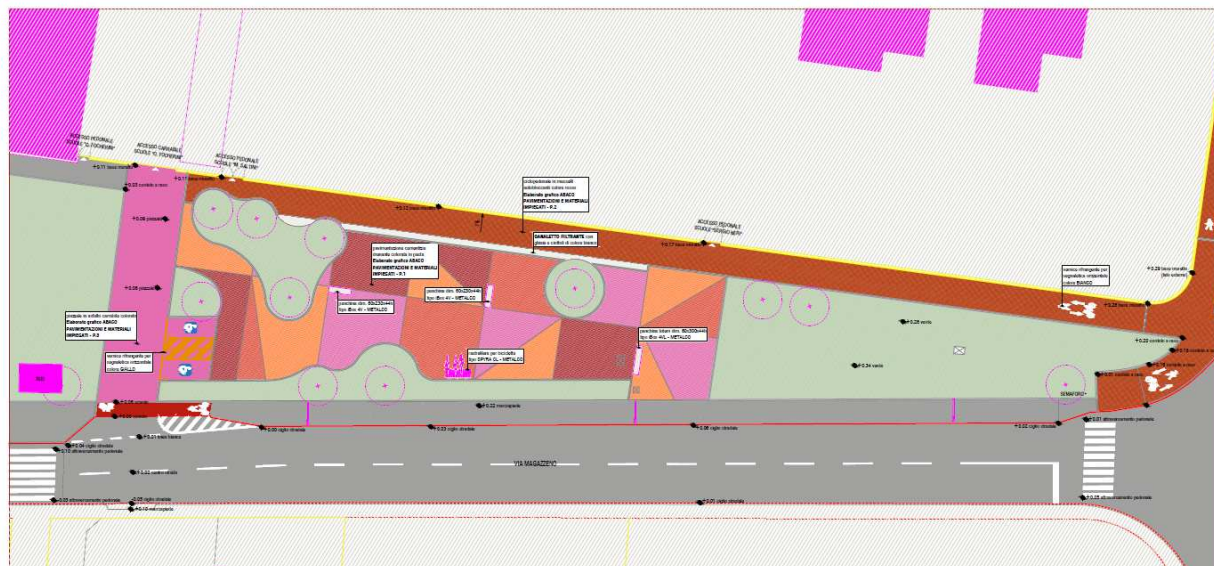
Sono costituite da scavi in trincea, in genere a sezione rettangolare, riempiti con materiale inerte naturale ghiaioso e sabbioso, ad elevata permeabilità. L'acqua infiltrata viene trasportata lungo la trincea attraverso il materiale di riempimento o utilizzando una tubazione drenante collocata alla base della trincea. Per evitare l'intasamento del corpo drenante lo scavo viene completamente rivestito da strati di tessuto non tessuto.

Gli aspetti positivi introdotti da tale sistema sono i seguenti:

- ⇒ Discrete rese depurative soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e assorbimento
- ⇒ Ricarica delle acque sotterranee
- ⇒ Limitate attività di manutenzione
- ⇒ Basso fabbisogno superficiale

⇒ Buona capacità di accumulo

### FOCUS 01 - PAVIMENTAZIONI E ARREDO



*Figura 2- Planimetria di progetto del Focus 1*

Oltre ciò le pavimentazioni previste sono totalmente drenanti. Il sistema di pavimentazione realizzato con superfici drenanti garantisce il deflusso superficiale dell'acqua meteorica che permea nel terreno in modo da permettere l'infiltrazione delle acque di dilavamento.

I principali vantaggi del sistema sono:

- ⇒ Riduzione della superficie impermeabile di un sito
- ⇒ Riduzione del volume delle acque di dilavamento
- ⇒ Mantenimento delle falde acquifere in quanto alimentate in modo naturale, adeguato e costante
- ⇒ Eliminazione dei fenomeni di ruscellamento superficiale con benefici in termini di sicurezza idraulica e stradale durante gli eventi meteorici
- ⇒ Durata superiore rispetto alle normali pavimentazioni

## **FOCUS 02 – via Remesina**

Come esplicitato nei paragrafi precedenti, via Remesina è interessata da diverse criticità, di viabilità, sicurezza e regime idraulico.

In quest'area si adopererà un restringimento di carreggiata, portando l'attuale via Remesina a due corsie con larghezza 3,5 metri. Fra di esse sarà interposta una fascia verde di bioritenzione nell'isola spartitraffico.

La fascia verde di bioritenzione si presenta come un fossato lineare aperto, largo 2,46 metri.

Le aree di bioritenzione sono leggere depressioni del suolo ricoperte di verde e finalizzate alla raccolta e al trattamento delle acque meteoriche drenate da superfici impermeabili circostanti mediante filtrazione e rimozione degli agenti inquinanti. Questi sistemi permettono quindi un filtraggio e una depurazione del tutto naturale dell'acqua raccolta con ottime rimozioni dei principali inquinanti veicolati dalle acque di pioggia di dilavamento: SST: >90%, P tot >80%, N tot 50%, Metalli (zinco, piombo, cadmio) >90%. Inoltre, le aree di bioritenzione hanno un effetto benefico anche in termini di riduzione del rischio idraulico, aumento della biodiversità, oltre a poter essere utilizzate come elemento di arredo urbano. Le acque di dilavamento vengono convogliate tramite deflusso superficiale all'area di bioritenzione vegetata. La fascia con copertura erbosa effettua un'azione di filtraggio del materiale più grossolano e di rallentamento della velocità di deflusso. Nell'area di ristagno si ha un accumulo temporaneo e un ulteriore deposizione di materiale trasportato. Lo strato di materiale organico effettua una prima filtrazione delle acque meteoriche e favorisce la crescita di microorganismi che provvedono ad una degradazione della materia organica trasportata. Lo spessore di suolo vegetativo svolge la funzione di sistema di filtrazione; le particelle argillose del suolo forniscono siti per l'adsorbimento di inquinanti. La vegetazione garantisce la stabilità del suolo e partecipa all'azione di trattenimento degli inquinanti.

Gli aspetti positivi introdotti da tale sistema sono i seguenti:

- ⇒ Alta capacità di rimozione degli inquinanti;
- ⇒ Bassa manutenzione;
- ⇒ Riduzione del volume e della portata di picco;
- ⇒ Riduzione del tempo di corruzione

- ⇒ Potenziale elemento di arredo urbano
- ⇒ Aumento della biodiversità
- ⇒ Riduzione dell'isola di calore

Le sponde e la superficie saranno inerbite, mentre al centro sarà prevista la piantumazione di graminacee, scelte opportunamente per dimensione, basse condizioni di manutenzione ed idoneità all'utilizzo.

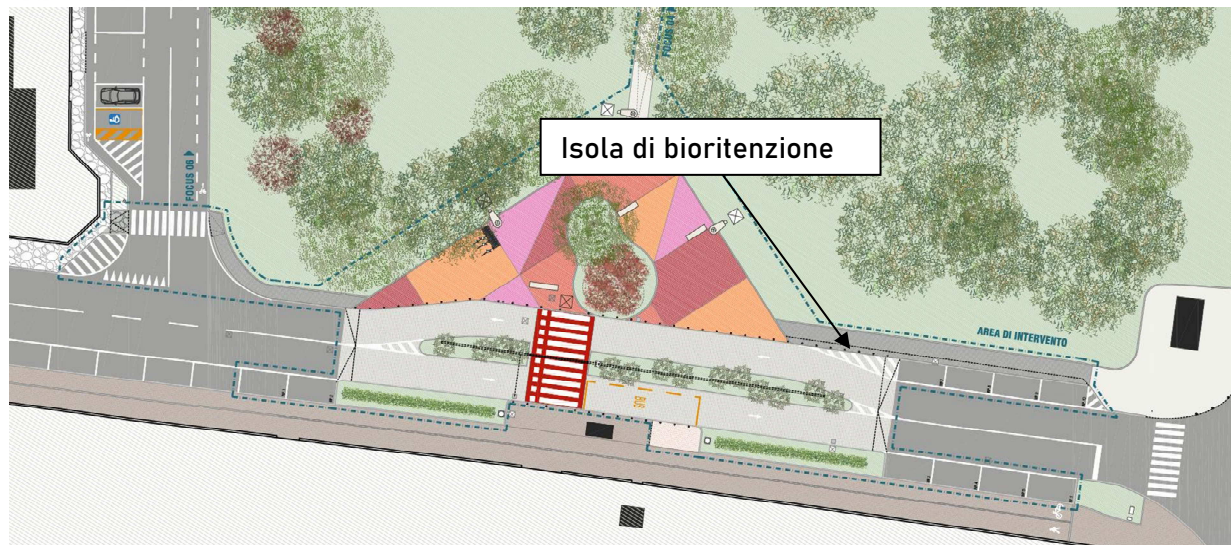
Il collegamento fra il polo scolastico ed il parco sarà realizzato nella forma della "Piattaforma Unica", un unico elemento a disposizione delle persone che eleva allo stesso livello altimetrico il marciapiede e la strada carrabile. Tale conformazione consente l'uso promiscuo degli spazi, senza separare categoricamente l'area a disposizione dei pedoni e l'area a disposizione degli autoveicoli. La gestione delle acque meteoriche avverrà tramite l'isola di bioritenzione collegata comunque alla fognatura pubblica ma capace di offrire una laminazione per la riduzione delle portate in caso di precipitazioni intense. Le quote delle superfici di progetto sono state impostate per garantire lo scolo nell'isola spartitraffico.

Oltre ciò le pavimentazioni previste sono totalmente drenanti. Il sistema di pavimentazione realizzato con superfici drenanti garantisce il deflusso superficiale dell'acqua meteorica che permea nel terreno in modo da permettere l'infiltrazione delle acque di dilavamento.

I principali vantaggi del sistema sono:

- ⇒ Riduzione della superficie impermeabile di un sito
- ⇒ Riduzione del volume delle acque di dilavamento
- ⇒ Mantenimento delle falde acquifere in quanto alimentate in modo naturale, adeguato e costante
- ⇒ Eliminazione dei fenomeni di ruscellamento superficiale con benefici in termini di sicurezza idraulica e stradale durante gli eventi meteorici
- ⇒ Durata superiore rispetto alle normali pavimentazioni





*Figura 3 - Planimetria di progetto del Focus 2*

### **FOCUS 03 - Via Brunelleschi**

In posizione retrostante le palestre O. Focherini, su via Brunelleschi, è presente un'area verde scarsamente utilizzata. Si prevede la realizzazione di un playground. Sarà anch'esso realizzato in calcestruzzo drenante colorato in pasta. La variazione della capacità filtrante dell'area, come esposto successivamente, può considerarsi trascurabile.



*Figura 4 - Planimetria di progetto del Focus 3*

## **FOCUS 07 – Accesso al parco Berlinguer da via Longhena**

L'accesso pedonale e ciclabile al parco da via Longhena verrà ridisegnato attraverso la realizzazione di un'ampia piattaforma in calcestruzzo drenante colorato in pasta. Sono stati ricavati, inoltre, alcuni posti auto a servizio dell'area. All'interno della piattaforma colorata di accesso al Parco Berlinguer da Via Longhena verranno piantumate nuove alberature della specie *Fraxinu Ornus* che creeranno ombreggiamento.

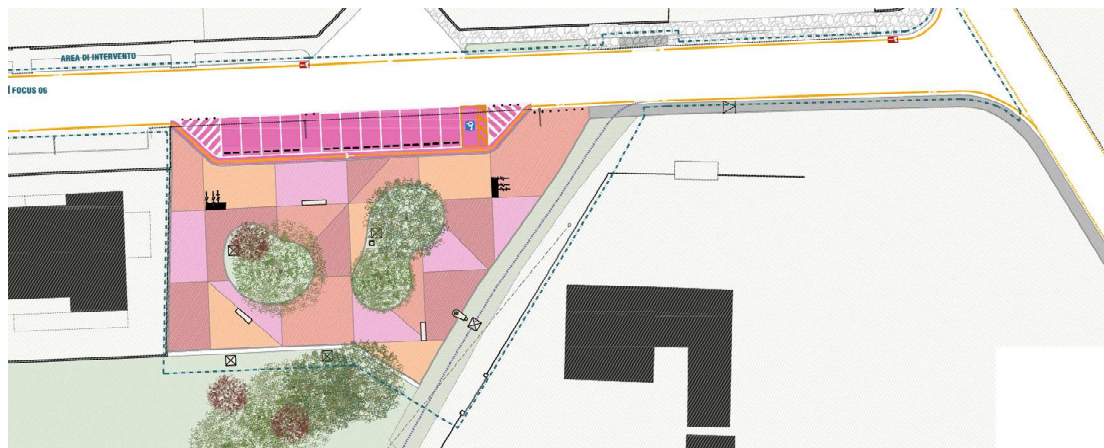
La gestione delle acque meteoriche intercettate dalla nuova superficie avverrà tramite un canaletto filtrante a lato piattaforma, verso il parco, analogamente all'area 2.1 del Focus 2.

I canaletti filtranti vengono realizzati con lo scopo di favorire l'infiltrazione dei volumi di runoff attraverso la superficie superiore della trincea e la loro successiva filtrazione nel sottosuolo attraverso i lati e il fondo della trincea. Sono in grado di rimuovere un'ampia tipologia di inquinanti dalle acque di pioggia, attraverso meccanismi di assorbimento, precipitazione, filtrazione, degradazione chimica e batterica.

Sono costituite da scavi in trincea, in genere a sezione rettangolare, riempiti con materiale inerte naturale ghiaioso e sabbioso, ad elevata permeabilità. L'acqua infiltrata viene trasportata lungo la trincea attraverso il materiale di riempimento o utilizzando una tubazione drenante collocata alla base della trincea. Per evitare l'intasamento del corpo drenante lo scavo viene completamente rivestito da strati di tessuto non tessuto.

Gli aspetti positivi introdotti da tale sistema sono i seguenti:

- ⇒ Discrete rese depurative soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e assorbimento
- ⇒ Ricarica delle acque sotterranee
- ⇒ Limitate attività di manutenzione
- ⇒ Basso fabbisogno superficiale
- ⇒ Buona capacità di accumulo



*Figura 5 - Planimetria di progetto del Focus 7*

Oltre ciò le pavimentazioni previste sono totalmente drenanti. Il sistema di pavimentazione realizzato con superfici drenanti garantisce il deflusso superficiale dell'acqua meteorica che permea nel terreno in modo da permettere l'infiltrazione delle acque di dilavamento.

I principali vantaggi del sistema sono:

- ⇒ Riduzione della superficie impermeabile di un sito
- ⇒ Riduzione del volume delle acque di dilavamento
- ⇒ Mantenimento delle falde acquifere in quanto alimentate in modo naturale, adeguato e costante
- ⇒ Eliminazione dei fenomeni di ruscellamento superficiale con benefici in termini di sicurezza idraulica e stradale durante gli eventi meteorici
- ⇒ Durata superiore rispetto alle normali pavimentazioni



*Figura 6 – Esempio di canaletto filtrante*

## 2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOLOGICO DELL'AREA

L'ambito è anche caratterizzato dall'interesse dei caratteri ambientali degli ambiti fluviali dei principali canali di bonifica (art. 9) e dei Dossi (art. 23A).

Per quanto riguarda la litologia di superficie, come illustrato nella "Carta della litologia di superficie", scala 1: 5.000, (tav. n. 4) tratta dalla "Carta geologica - Progetto CARG" a cura della Regione Emilia Romagna, l'area oggetto di studi è caratterizzata dalla seguente litologia:



### Subsistema di Ravenna

Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide Dal punto di vista idraulico l'area d'interesse è gestita dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale e appartiene alla cosiddetta area del Comprensorio di Pianura.

Più nel dettaglio essa appartiene all'area omogenea di Bonifica Idraulica della Bassa Pianura destra Crostolo.

Localmente i bacini superficiali principali sono suddivisi in microbacini che, tramite una fitta rete di fossi e scoli convogliano i deflussi idrici, relativi alle acque che non si infiltrano nel sottosuolo, nei collettori principali che solcano il territorio, come si vede nella carta di tutti i collettori irrigui facenti parte del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale.

Il reticolo idrografico risulta essere così costituito da canali o cavi che confluiscono principalmente nel Cavo Lama, che rappresenta il principale drenaggio dell'area.



Figura 7 - Cartografia del comprensorio del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (Tav. 1.1.1 del Piano di Classifica del Marzo 2015)



Figura 8 - Aree omogenee bonifica idraulica (Tav. 1.1.5.1 del Piano di Classifica del Marzo 2015)



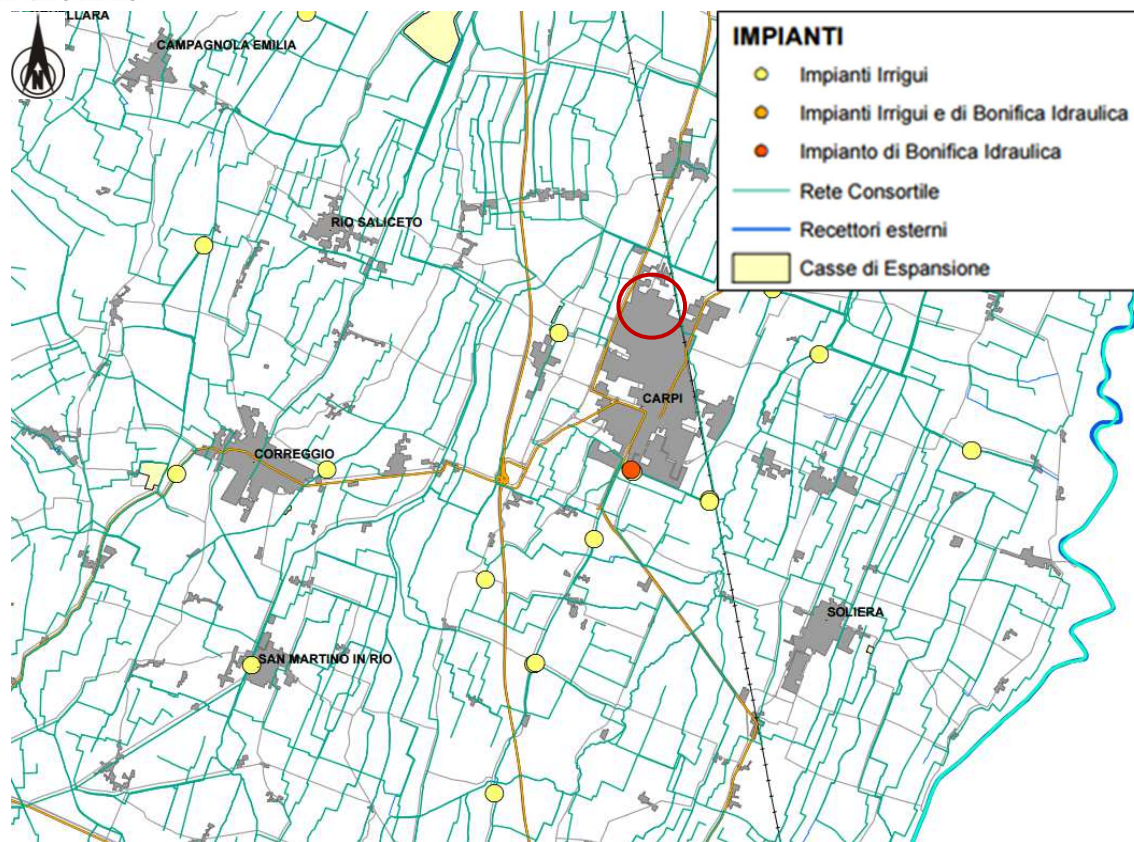
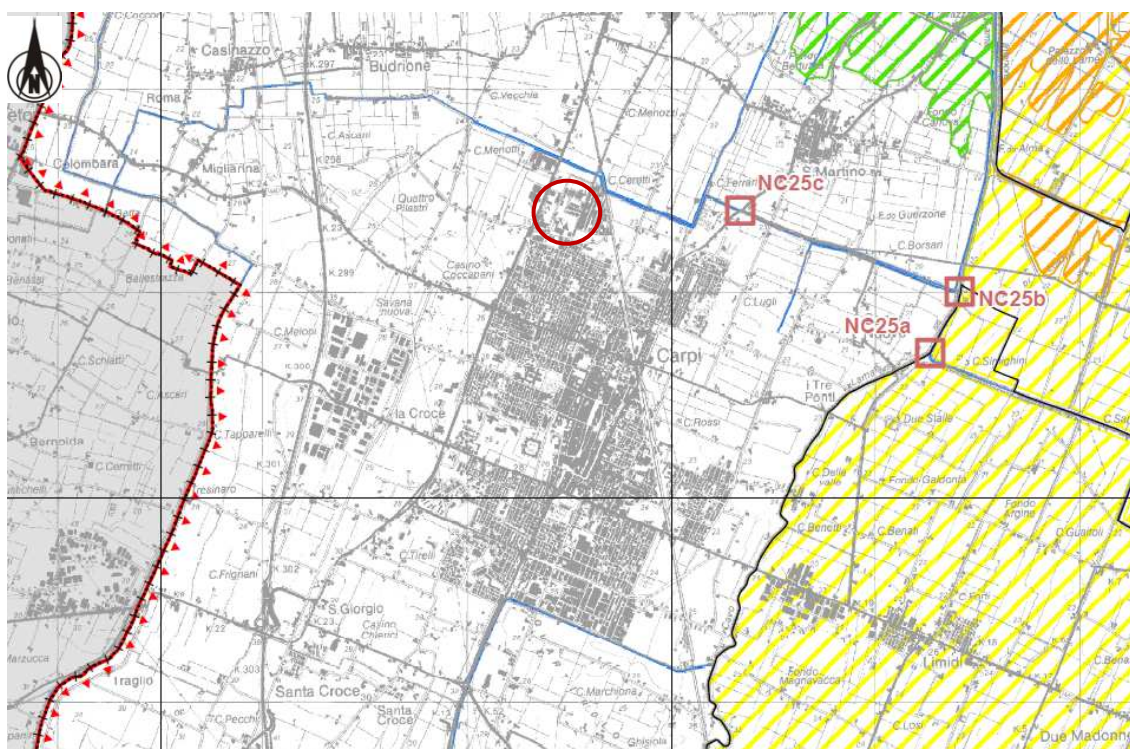


Figura 9 - Cartografia di pianura del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (Tav. 1.1.3 del Piano di Classifica del Marzo 2015)

### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI DI CARATTERE IDRAULICO

Dalla consultazione del PTCP della Provincia di Modena ed in particolare della Tavola 2\_3\_01 "Rischio idraulico", un cui estratto è riportato in figura seguente, l'area ricade in corrispondenza di un'area bianca non classificata, ma comunque entro il limite delle aree soggette a criticità idraulica.












Aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica	
	A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art.11)
	A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 metro (Art.11)
	A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11)
	A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11)
	Aree golenali naturali ed artificiali
	Paleodossi di accertato interesse (Art.23A, comma 2, lettera a)
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)
	Fasce di espansione inondabili (Art.9, comma 2, lettera a)
	Limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11)

Figura 10 - Estratto dalla Tavola 2\_3\_01 del PTCP della Provincia di Modena "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica"

Sono state consultate le **"Mappe della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014)"** del **PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni)** con particolare riferimento sia al Reticolo Principale e Secondario montano (RP\_RSCM) sia al Reticolo Secondario di pianura (RSP).

L'intervento ricade entro il perimetro di rischio generalizzato che riguarda tutta la zona pianeggiante della provincia di Modena.

L'intervento in progetto non altera in modo alcuno l'inquadramento della pericolosità e del rischio idraulico dell'area.

L'intervento si propone tra i suoi scopi fondamentali quello di mantenere la permeabilità dell'area e migliorare il sistema di drenaggio delle acque meteoriche prevedendo l'impiego di tecnologie sostenibili nella gestione delle acque meteoriche mediante l'impiego di tecniche all'avanguardia e definite secondo le diverse nomenclature, a seconda dei diversi gruppi di ricerca che le hanno studiate, come:

- ⇒ LID – Low Impact Development
- ⇒ SuDS – Sustainable Urban Drainage Systems
- ⇒ NWRM – Natural Water Retention Measures

Queste tecniche si contrappongono ai sistemi di drenaggio tradizionali (tubazioni, pozzetti, dispositivi di laminazione) per mezzo del cosiddetto soft engineering fondata su un approccio multidisciplinare che permette soluzioni integrate per la gestione dell'acqua urbana e ottenere benefici aggiuntivi in termini di qualità delle acque, aumento della fruibilità di aree pubbliche e aumento della biodiversità. Più in general i benefici delle soluzioni naturali sono la regolazione atmosferica, la regolazione climatica, la regolazione idrica, il recupero delle acque, il controllo dell'erosione e trattenimento dei sedimenti, la formazione di suolo, il bilanciamento dei cicli dei nutrienti, la riduzione del carico inquinante sfruttando i processi naturali di fitoestrazione, fitostabilizzazione, fitodegradazione, fitovolatilizzazione, la pollinazione, l'aumento della biodiversità, la produzione di biomasse, l'aumento delle aree ricreative, l'educazione ambientale.

Nell'ambito del presente intervento sono stati adottati i seguenti sistemi sostenibili per il drenaggio delle acque meteoriche:

#### ⇒ Aree di bioritenzione

Le aree di bioritenzione sono leggere depressioni del suolo ricoperte di verde e finalizzate alla raccolta e al trattamento delle acque meteoriche drenate da superfici impermeabili circostanti mediante filtrazione e rimozione degli agenti inquinanti. Questi sistemi permettono quindi un filtraggio e una depurazione del tutto naturale dell'acqua raccolta con ottime rimozioni dei principali inquinanti veicolati dalle acque di pioggia di dilavamento: SST: >90%, P tot >80%, N tot 50%, Metalli (zinco, piombo, cadmio) >90%. Inoltre, le aree di bioritenzione hanno un effetto benefico anche in termini di riduzione del rischio idraulico, aumento della biodiversità, oltre a poter essere utilizzate come elemento di arredo urbano. Le acque di dilavamento vengono convogliate tramite deflusso superficiale all'area di bioritenzione vegetata. La fascia con copertura erbosa effettua un'azione di filtraggio del materiale più grossolano e di rallentamento della velocità di deflusso. Nell'area di ristagno si ha un accumulo temporaneo e un'ulteriore deposizione di materiale trasportato. Lo strato di materiale organico effettua una prima filtrazione delle acque meteoriche e favorisce la crescita di microorganismi che provvedono ad una degradazione della materia organica trasportata. Lo spessore di suolo vegetativo svolge la funzione di sistema di filtrazione; le particelle argillose del suolo forniscono siti per l'adsorbimento di inquinanti. La vegetazione garantisce la stabilità del suolo e partecipa all'azione di trattenimento degli inquinanti.

Gli aspetti positivi introdotti da tale sistema sono i seguenti:

- Alta capacità di rimozione degli inquinanti;
- Bassa manutenzione;
- Riduzione del volume e della portata di picco;
- Riduzione del tempo di corrivazione
- Potenziale elemento di arredo urbano
- Aumento della biodiversità
- Riduzione dell'isola di calore

#### ⇒ Canalette filtranti

I canaletti filtranti vengono realizzati con lo scopo di favorire l'infiltrazione dei volumi di runoff attraverso la superficie superiore della trincea e la loro successiva filtrazione nel sottosuolo attraverso i lati e il fondo

della trincea. Sono in grado di rimuovere un'ampia tipologia di inquinanti dalle acque di pioggia, attraverso meccanismi di assorbimento, precipitazione, filtrazione, degradazione chimica e batterica.

Sono costituite da scavi in trincea, in genere a sezione rettangolare, riempiti con materiale inerte naturale ghiaioso e sabbioso, ad elevata permeabilità. L'acqua infiltrata viene trasportata lungo la trincea attraverso il materiale di riempimento o utilizzando una tubazione drenante collocata alla base della trincea. Per evitare l'intasamento del corpo drenante lo scavo viene completamente rivestito da strati di tessuto non tessuto.

Gli aspetti positivi introdotti da tale sistema sono i seguenti:

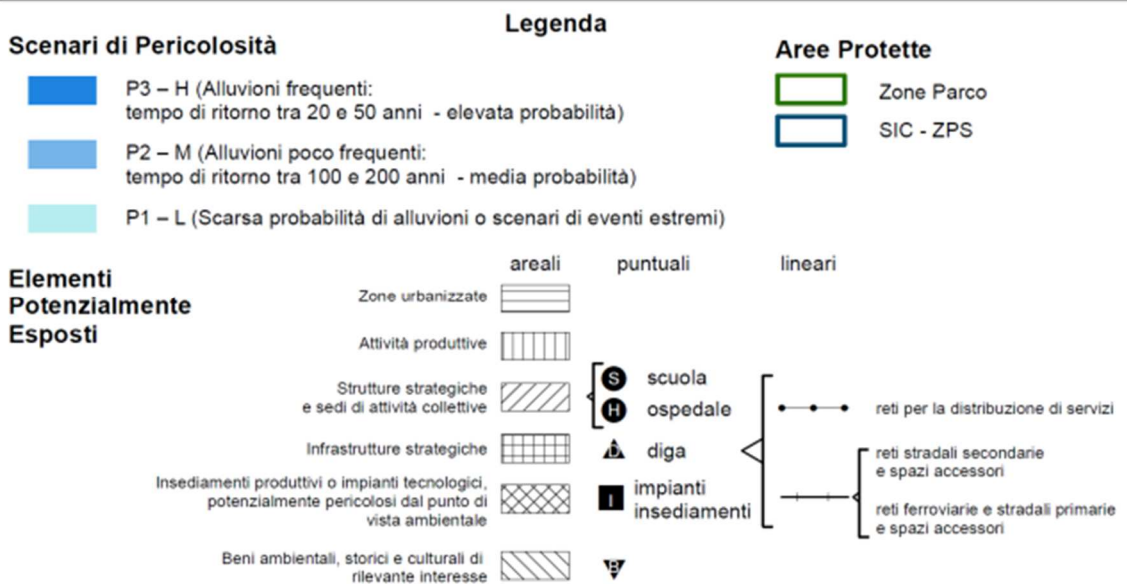
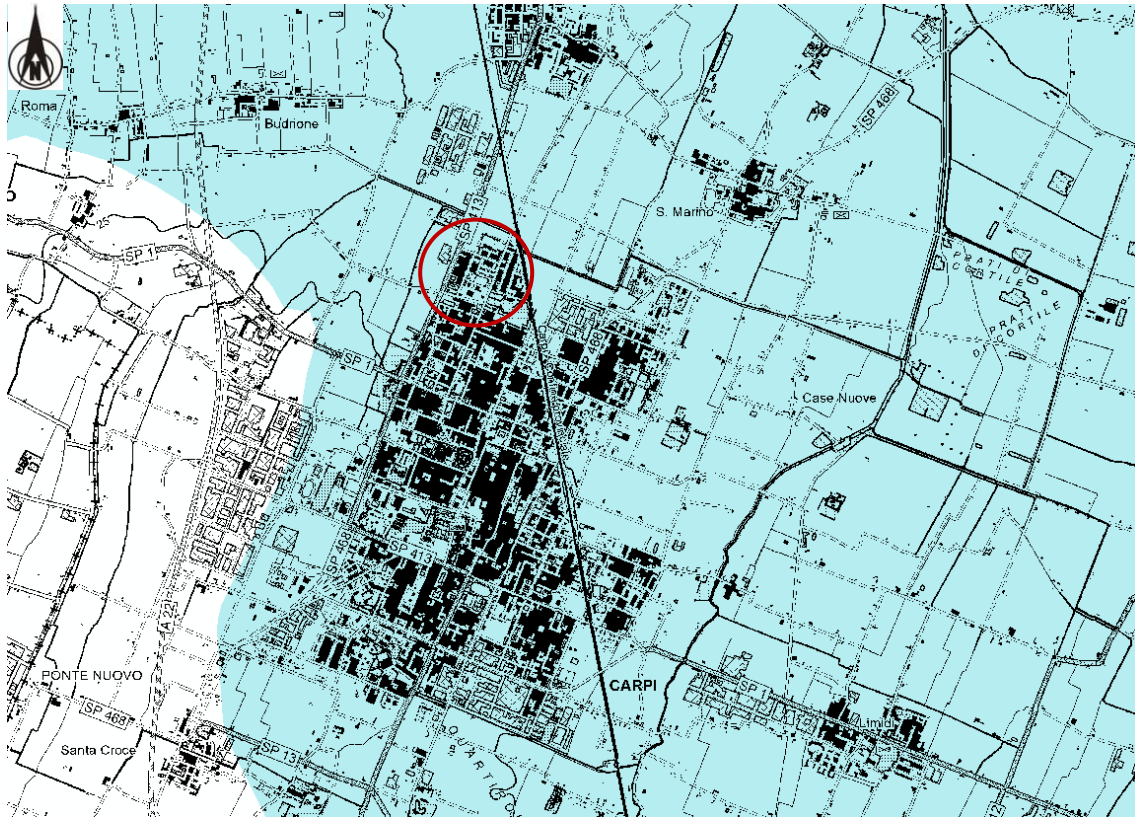
- Discrete rese depurative soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e assorbimento
- Ricarica delle acque sotterranee
- Limitate attività di manutenzione
- Basso fabbisogno superficiale
- Buona capacità di accumulo

#### ⇒ Pavimentazioni permeabili

Il sistema di pavimentazione realizzato con superfici drenanti garantisce il deflusso superficiale dell'acqua meteorica che permea nel terreno in modo da permettere l'infiltrazione delle acque di dilavamento.

I principali vantaggi del sistema sono:

- ⇒ Riduzione della superficie impermeabile di un sito
- ⇒ Riduzione del volume delle acque di dilavamento
- ⇒ Mantenimento delle falde acquifere in quanto alimentate in modo naturale, adeguato e costante
- ⇒ Eliminazione dei fenomeni di ruscellamento superficiale con benefici in termini di sicurezza idraulica e stradale durante gli eventi meteorici
- ⇒ Durata superiore rispetto alle normali pavimentazioni

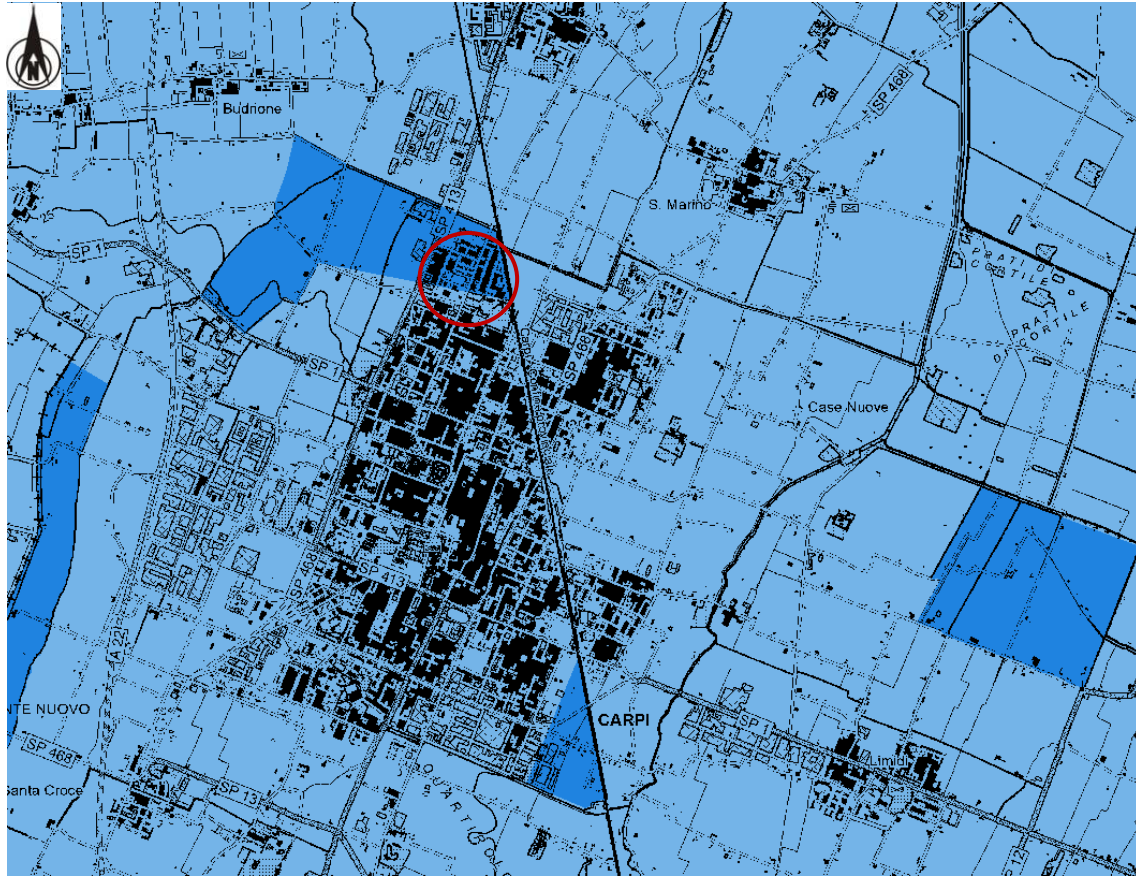




**Legenda**



Figura 11 - Estratto dalla Mappa della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014) in riferimento al Reticolo Principale e Secondario montano.





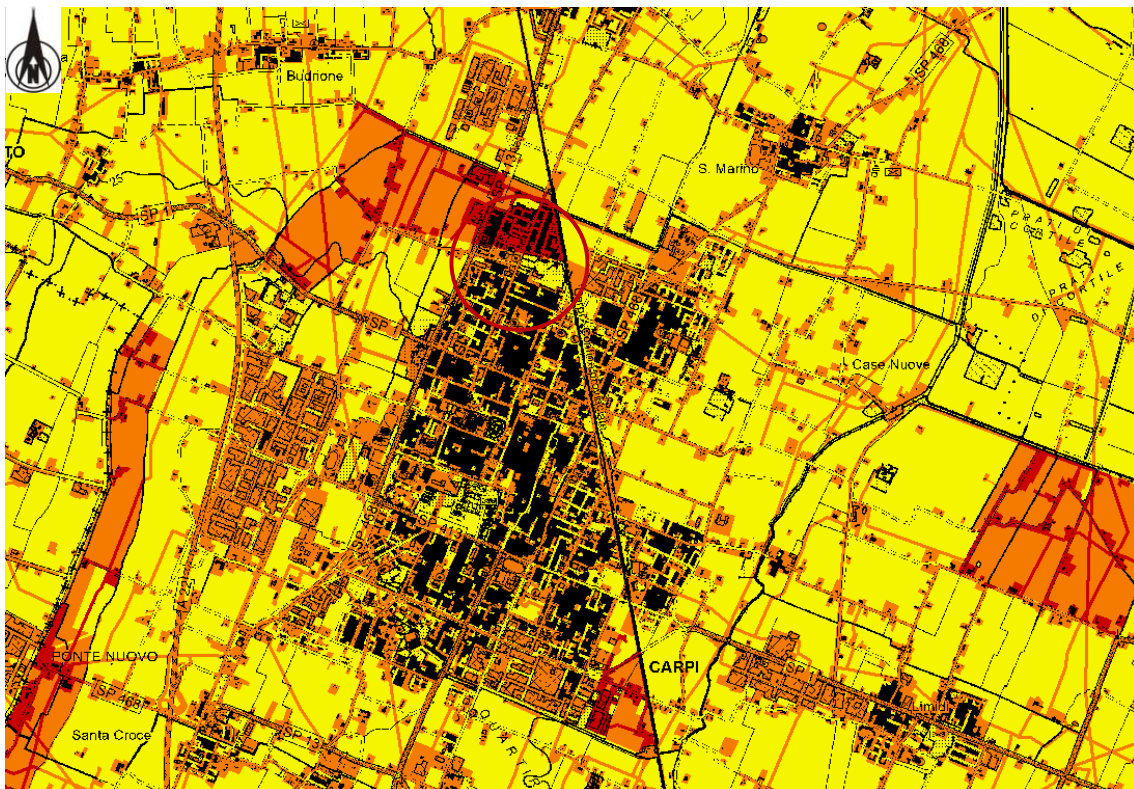
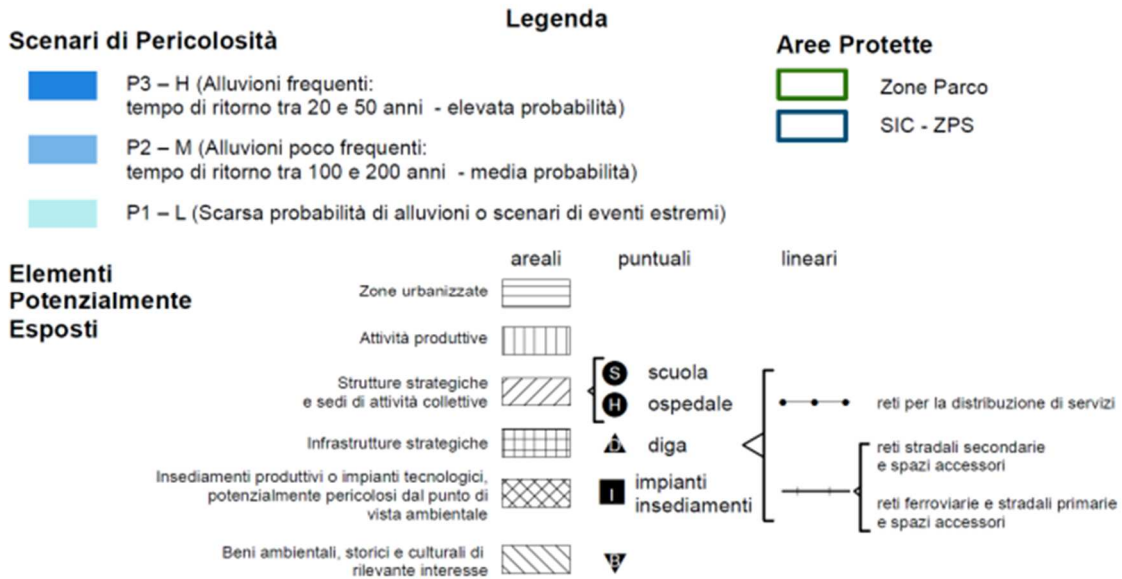
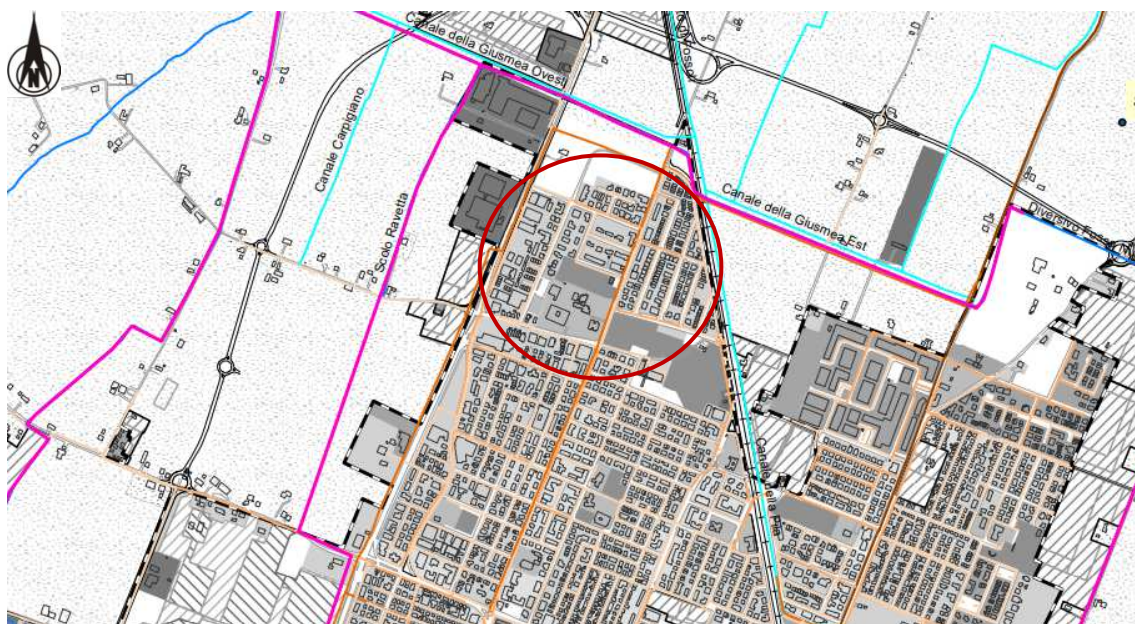




Figura 12 - Estratto dalla Mappa della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014) in riferimento al Reticolo Secondario di Pianura

Dalla consultazione del PRG del Comune di Carpi (MO), ed in particolare della tavola "Acque e compatibilità ambientale", e della tavola "Carta idrogeologica", i cui estratti sono riportati nelle figure seguenti, si nota come nell'area d'interesse sia presente un canale ricompreso nella Rete di scolo "Acque Alte" e che ricada in un'area non interessata in passato da eventi di esondazione, tuttavia l'area ricade in una zona a drenaggio difficoltoso. In particolare lo scolo presente, afferente al consorzio di bonifica dell'emilia Centrale è lo Scolo Cavata Occidentale.



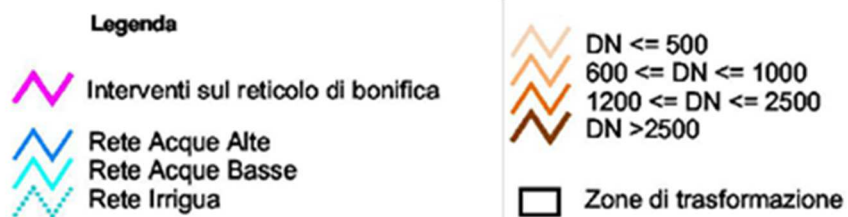


Figura 13 - Estratto della Tav. PS12 del PRG del Comune di Carpi "Acque e compatibilità ambientale"

#### 4. VALUTAZIONE DELLE MISURE VOLTE AL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

Nella presente relazione si riportano le scelte metodologiche e progettuali adottate per la gestione delle acque meteoriche intercettate dalle superfici di progetto che modificano lo stato di fatto della di permeabilità. In particolare, per la modifica del coefficiente di deflusso di un terreno o territorio, si dovrà verificare il rispetto del “principio di invarianza idraulica”: in modo che presso l’area in oggetto non si provochi un aggravio della capacità drenante della stessa.

Come descritto in precedenza il progetto insiste su diverse aree localizzate attorno al Parco Berlinguer, che si identificano come Focus. La valutazione delle misure volte alla verifica del principio di invarianza idraulica verrà affrontata singolarmente per i diversi Focus in quanto gli approcci e le soluzioni alle eventuali criticità sono da considerare separatamente, in particolare si ha che:

- Focus 01: Canaletto filtrante lungo un lato
- Focus 02: Fascia verde spartitraffico di bioritenzione
- Focus 03: Trascurabile
- Focus 07: Canaletto filtrante lungo un lato

Il volume che soddisfa il principio di invarianza idraulica per la modifica della capacità di deflusso delle superfici di progetto viene calcolato con il Metodo delle Sole Piogge.

Tale metodo fornisce una valutazione del volume di laminazione sulla base della curva di possibilità pluviometrica e della portata massima in uscita, ipotizzata costante nel tempo. Esso si basa sulle seguenti assunzioni:

- l’onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa  $Q_e(t)$  nell’invaso di laminazione è un’onda rettangolare avente durata  $D$  e portata costante  $Q_e$  pari al prodotto dell’intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l’area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell’intervento afferente all’invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l’effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante

affidente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento.

- l'onda uscente  $Q_u(t)$  è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante  $Q_{u,lim}$  (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato sulle portate massime ammissibili  $U_{lim}$  (coefficiente udometrico), quindi l'equazione che regola la portata limite uscente è:

$$Q_{u,lim} = S * U_{lim} \quad (1)$$

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica, le equazioni che governano tale Metodo sono:

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (2)$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \phi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w \quad (3)$$

Dove:

S = Superficie dell'area oggetto ad impermeabilizzazione

$\phi$  = Coefficiente di deflusso medio ponderato

a = parametro della curva di possibilità pluviometrica

n = coefficiente di scala

$Q_{u,lim}$  = Portata limite uscente

$D_w$  = Durata critica di pioggia

$W_0$  = Volume di laminazione che verifica il principio di invarianza idraulica

### Curva di probabilità pluviometrica

La curva di possibilità pluviometrica risultante, per un tempo di ritorno pari a 20 anni, è caratterizzata dai seguenti valori dei parametri a e n indicati dall'ente gestore della pubblica fognatura di Carpi AIMAG:

pioggia durata  $\leq$  1 ora pioggia durata  $>$  1 ora

pioggia durata $\leq$ 1 ora	pioggia durata $>$ 1 ora
a = 51,599	a = 51,599
n = 0,401	n = 0,182

quindi la curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h = 51.599 * D^{0.401}$$

Per gli interventi in cui le acque meteoriche vengono smaltite per filtrazione diretto nel terreno si considera la portata limite uscente governata dal coefficiente di deflusso di progetto pari a quello determinato per il territorio di Carpi dal Consorzio della Bonifica Centrale,  $u_{lim} = 20$  l/s\*ha. Con il rispetto di tale coefficiente si ritiene soddisfatto il criterio di invarianza idraulica per il quale le precipitazioni meteoriche potranno essere smaltite per filtrazione nel terreno come avviene attualmente.

Diversamente, per gli interventi in cui le meteoriche vengono smaltite tramite conferimento finale in fognatura, si considera la portata limite uscente governata dal diametro di condotta indicato dall'ente gestore delle fognature pubbliche di Carpi AIMAG, ovvero una bocca tarata DN 160 mm. Secondo una pendenza di tale condotta del 1%, come collegamento al sistema esistente (caditoia esistente), si ottiene una portata di 26.7 l/s, infatti, secondo la formula di Gauckler-Strickler, considerando un battente della condotta dell'80% di quello massimo, si avrà:

$$Q = k_s * A * R^{2/3} * i^{1/2} = 120 * = 120 * 0.0168 * 0.045^{2/3} * 0.01^{1/2} = 0.0267 \text{ mc/s}$$

Dove:

$k_s$  = Coefficienti di scabrezza di Gauckler-Strickler ( $m^{1/3}/s$ )

A = Area bagnata ( $m^2$ )

R = raggio idraulico (m)

i = pendenza (-)

Tabella coefficienti scabrezza di Gauckler-Strickler	
Tubi Pe, PVC, PRFV	k = 120
Tubi nuovi gres o ghisa rivestita	k = 100
Tubi in servizio con lievi incrostazioni o cemento ord.	k = 80
Tubi in servizio corrente con incrostaz. e depositi	k = 60
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	k = 40

Un altro parametro importante per definire i volumi di invarianza idraulica che caratterizzano i signoli interventi è il coefficiente di deflusso.

I valori dei coefficienti di deflusso sono quelli medi ricavati dalla bibliografia disponibile:

TIPOLOGIA	IMPERMEABILITÀ MEDIA (%)	COEFF. DI DEFLUSSO
aree commerciali	85	0.70
aree industriali	70	0.60
aree residenziali	60	0.55
	40	0.55
	30	0.42
	20	0.36
parcheggi, tetti, strade asfaltate		0.85
strade inghiaiate e selciate		0.55
strade in terra		0.45
Terreno coltivato pendente con o senza interventi di conservazione		0.45
aree verdi regimate e sistemate		0.30
aree verdi attrezzate		0.20
aree verdi pianeggianti urbane		0.10
aree verdi pianeggianti rurali		0.05

Figura 14 - Appendice 1: Criticità Idraulica del PTCP di Modena

Valori del coefficiente di deflusso relativi a una pioggia avente durata oraria	
Tipi di superficie scolante	$\phi$
Tetti metallici	0,95
Tetti a tegole	0,90
Tetti piani con rivestimento in calcestruzzo	0,70÷0,80
Tetti piani ricoperti di terra	0,30÷0,40
Pavimentazioni asfaltate	0,90
Pavimentazioni in pietra	0,80
Massicciata in strade ordinarie	0,40÷0,80
Strade in terra	0,40÷0,60
Zone con ghiaia non compressa	0,15÷0,25
Boschi	0,10÷0,30
Parti centrali di città completamente edificate	0,70÷0,90
Quartieri urbani con pochi spazi liberi	0,50÷0,70
Quartieri urbani con fabbricati radi	0,25÷0,50
Tratti scoperti	0,10÷0,30
Giardini e cimiteri	0,00÷0,25
Terreni coltivati	0,20÷0,60

*Figura 15 - Volume "Fognature" - Luigi Da Deppo e Claudio Datel*



**Tabella 2.2. Coefficienti di deflusso delle principali tipologie di superfici**

Tipologia superficie	$\varphi$
Verde su suolo profondo, prati, orti, superfici agricole	0,10-0,15
Terreno incolto, sterrato non compattato	0,20-0,30
Superfici in ghiaia sciolta – parcheggi drenanti	0,30-0,50
Pavimentazioni in macadam	0,35-0,50
Superfici sterrate compatte	0,50-0,60
Coperture tetti	0,85-1,00
Pavimentazioni in asfalto o cls	0,85-1,00

*Figura 16 – Acque meteoriche di dilavamento, Principi di progettazione e dimensionamento degli impianti di trattamento (Paolo Montin)*

a. Tetti di metallo o di ardesia	$\varphi = 0,90 \div 0,95$
b. Tetti normali in tegola di laterizio e cartone catramato	$\varphi = 0,85 \div 0,90$
c. Tetti di fibrocemento	$\varphi = 0,50 \div 0,70$
d. Lastricato d'asfalto e marciapiedi con manto impermeabile	$\varphi = 0,85 \div 0,90$
e. Lastricato in pietra o legno con connessioni sigillate	$\varphi = 0,75 \div 0,85$
f. Lastricato in pietre di grande taglio senza sigillatura dei giunti	$\varphi = 0,50 \div 0,70$
g. Massicciata in macadam all'acqua in pietre di piccolo taglio	$\varphi = 0,25 \div 0,60$
h. Viali inghiaati	$\varphi = 0,15 \div 0,30$
i. Superfici non edificate	$\varphi = 0,10 \div 0,20$
j. Superfici di parchi e giardini	$\varphi = 0,05 \div 0,10$

*Figura 17 - Linee guida Lombardia e Veneto*

Tabella 1		Coefficients di Deflusso ( Cd = 1 - Cp )				Coefficients di PERMEABILITÀ " Cp "			
Tipo di pavimentazione		TRENTO (2006)	BOLZANO (2006)	REGIONE VENETO (2006)	Altre fonti				
PAVIMENTI IN CALCESTRUZZO		-	0,90	-	0,95 - 1 <sup>(1)</sup>	10 %			
ASFALTO		0,85	-	-		15 %			
MASSELLI NORMALI		-	-	-	0,8 <sup>(2)</sup>	20 %			
GRIGLIATI SU GHIAIA		-	-	0,60	-	40 %			
MISTO STABILIZZATO per cortili o piazzali		0,50	0,35 <sup>(5)</sup>	-	-	50-65 %			
MASSELLI DRENANTI SU SABBIA		-	0,50 <sup>(5)</sup>	-	-	50 %			
GRIGLIATI (forat. 15-20 %) +erba/ghiaia		-	-	-	0,3 - 0,4 <sup>(3)</sup>	60-70 %			
GHIAIA SCIOLTA		-	0,30 <sup>(5)</sup>	-	-	70 %			
GRIGLIATI (forat. > 40 %) + erba		-	0,40 <sup>(6)</sup>	-	-	60 %			
AREE VERDI, Prati e orti, aree agricole		0,17	0,10	0,20	0,2 - 0,3 <sup>(4)</sup>	70-90 %			

Tabella 2		PERMEABILITÀ " K " di TERRENI e PAVIMENTAZIONI									
Classificazione dei Terreni (1)		mm / h mm/ora	l / s / ha litri /sec/ettaro	m / s metri/sec	Grafico (m/s)						
Molto perm. K > 10 <sup>-4</sup> m/s	GHIAIA MEDIA	360 - 3600	1.000-10.000	10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-3</sup>							
	GRIGLIATI e MASSELLI DRENANTI ben posati (3)	360	1000	10 <sup>-4</sup>							
	Ghiaia sabbiosa ben assortita (2)	36 - 360	100 -1.000	10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-4</sup>							
Mediam perm. K = 10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-4</sup> m/s	Sabbia ben assortita (2)	3,6 - 360	10 - 1000	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-4</sup>							
	Sabbia poco assortita (2)	0,300 - 3,6	1 - 10	10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-6</sup>							
Poco perm. K < 10 <sup>-7</sup> m/s	Argilla sabbiosa o limosa (2)	0,003 - 3,6	0,01 - 10	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>-6</sup>							
Conversioni : mm/h = 2,78 l/s/ha    l/s/ha = 10 <sup>-7</sup> m/s    mm/h = 2,78 * 10 <sup>-7</sup> m/s Litri/minuto/m <sup>2</sup> = mm/minuto    Litri/minuto/m <sup>2</sup> = 60 mm/ora    m/s = 3,6 * 10 <sup>6</sup> mm/h					10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>
Note :	(1) Fonte : Classificazione della carta della permeabilità dei suoli della Provincia di Padova. (2) Fonte : The precast concrete paving & kerb association. (3) Fonte : Research at the BRRC on Concrete Pavements Blocks, dr.eng.Anne Beeldens, 24/04/2006.										

Figura 18 – Tabelle di esempio di alcuni coefficienti di deflusso in funzione delle permeabilità e confronto delle pavimentazioni drenanti con i terreni

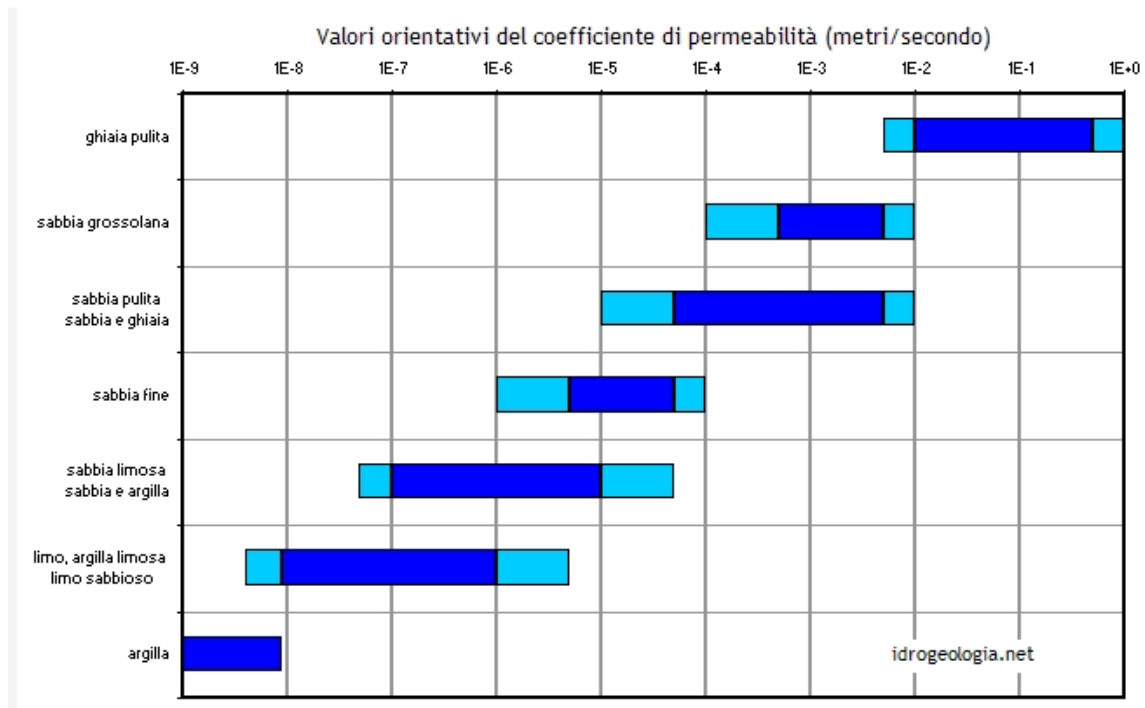


Figura 19 - Permeabilità dei terreni

Le pavimentazioni drenanti di progetto, anche se permeabili al 100% non vengono considerate con coefficiente di deflusso nullo in quanto equiparate a superfici verdi. Il tipo di pavimento drenante previsto (i.idro DRAIN), di cui si allega la scheda tecnica, presenta una capacità di infiltrazione molto elevata, la minima dichiarata è di 200 mm/min =  $0.3 \cdot 10^{-3}$  m/s, pari a 200 l/s\*mq = 33333 l/s\*ha, pertanto equiparabile ad un terreno permeabile.

In sintesi i coefficienti di deflusso utilizzati nella presente trattazione sono:

<b>TIPO IMPERMEABILIZZAZIONE</b>	<b><math>\phi = Cd</math></b>
<b>Area verde</b>	<b>0.15</b>
<b>Area asfaltata</b>	<b>0.90</b>
<b>Area con autobloccanti</b>	<b>0.50</b>
<b>Pavimentazione drenante al 100%</b>	<b>0.15</b>
<b>Bioritenzione (afflusso diretto)</b>	<b>1.0</b>

La permeabilità del terreno in sito (prevalentemente limoso-sabbioso) è mediamente  $10^{-6}$  m/s, facendo riferimento alle tabelle precedenti, si considera adeguata allo smaltimento di portate di 20 l/s\*ha come indicato dal Consorzio di Bonifica della Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale.

Il coefficiente di deflusso della pavimentazione drenante (i.idro DRAIN) è giustificata dalla sua alta permeabilità e dal pacchetto permeabile di posa, al cui allegato si rimanda per la consultazione.

Tali valori, in ogni caso, descrivono uno scenario nel quale la sostituzione del terreno naturale con la pavimentazione drenante *i.dro DRAIN* comporta un miglioramento della permeabilità di sito, pertanto, il progetto e le misure descritte in seguito, finalizzate al rispetto del principio di invarianza idraulica, comporteranno un miglioramento del regime idraulico del sito.

Di seguito si descrive la verifica dell'invarianza idraulica per i singoli Focus.

## 4.1. Focus 01

La situazione idraulica dello STATO DI FATTO è la seguente:

Stato di Fatto	TIPO IMPERMEABILIZZAZIONE	Superficie	$\phi = Cd$
	Area verde	793	0.15
	Area asfaltata	294	0.90
	<b>SUPERFICIE TOTALE DEL LOTTO</b>	<b>1087</b>	<b>0.35</b>

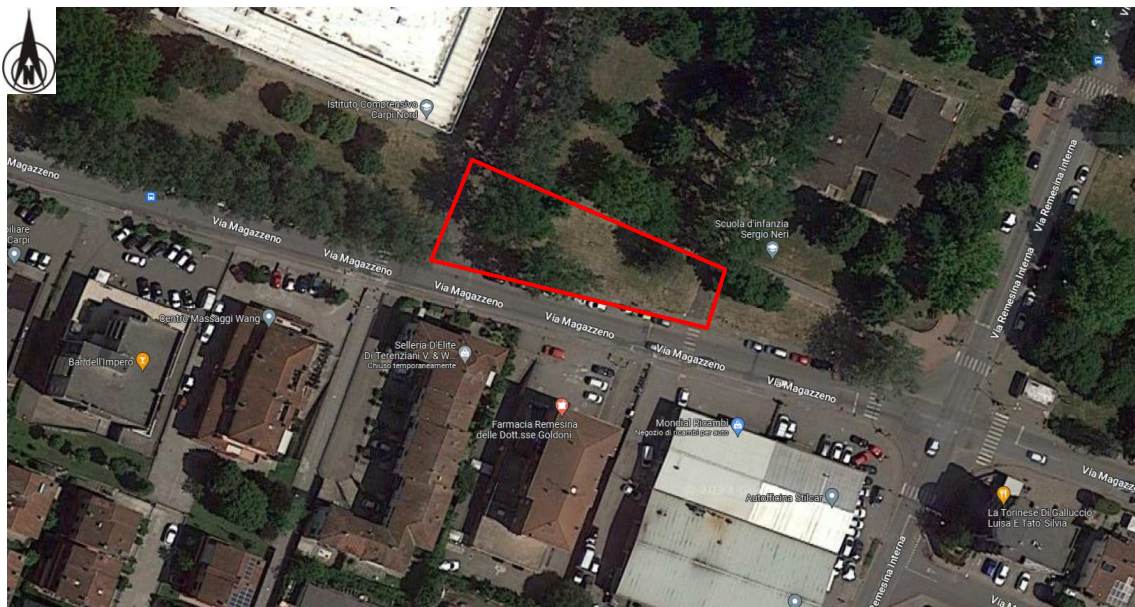


Figura 20 - Stato di fatto, in rosso l'area di progetto

La situazione idraulica dello STATO DI PROGETTO è la seguente:

FOCUS 01 - PAVIMENTAZIONI E ARREDO

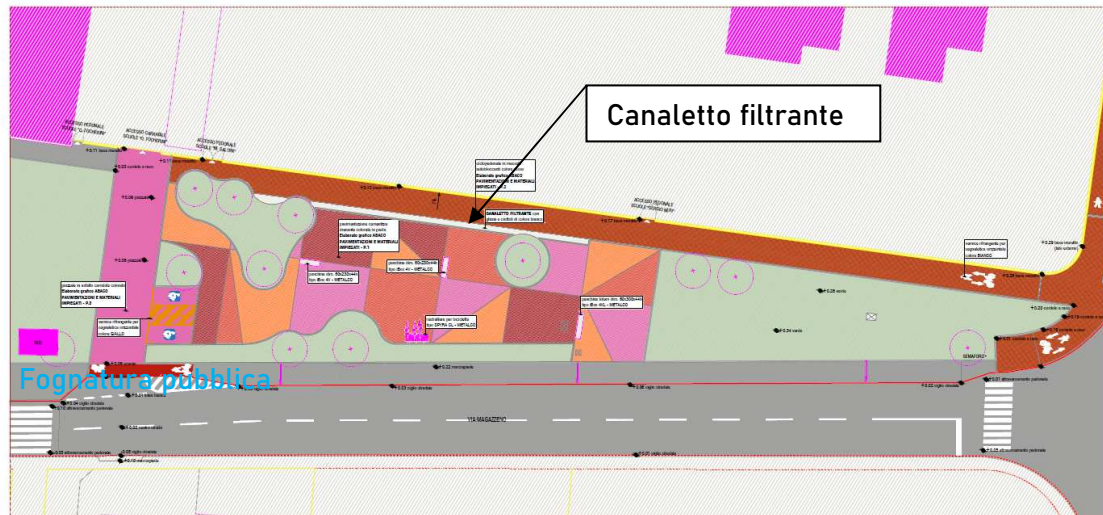


Figura 21 - Stato di progetto Focus 01

Stato di Progetto	TIPO IMPERMEABILIZZAZIONE	Superficie	$\phi = Cd$
	Area verde	278	0.15
	Area pavimentata drenante	646	0.15
	Area asfaltata	163	0.90
	<b>SUPERFICIE TOTALE DEL LOTTO</b>	<b>1087</b>	<b>0.26</b>

Tabella 1 - Sintesi dei parametri utilizzati nel calcolo del volume per l'invarianza

Grandezza		Valore	UM	Fonte
<b>S</b>	Superficie totale	0.1087	ha	Sito Specifico
<b><math>\varphi</math></b>	Coeff. di deflusso	0.50	-	Sito Specifico
<b>a1</b>	Coeff. Curva pluviometrica	51.599	mm/h <sup>n</sup>	AIMAG
<b>n</b>	Esponente di curva pluviometrica	0.401		AIMAG
<b>Dw</b>	Tempo critico	0.62	ore	Calcolo prime piogge
<b>U,lim</b>	Coeff. Udometrico	20.0	l/s*ha	Consorzio di Bonifica Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale
<b>Qc</b>	Portata entrante al colmo	5.4	l/s	$2.7 * S * \varphi * hc^* / Dw$
<b>Qu,lim</b>	Portata in uscita limite ammessa	2.2	l/s	$U,lim * S$
<b>hc</b>	Altezza critica	42.72	mm	$a * Dw^n$
<b>i</b>	Intensità di pioggia di progetto	68.4	mm/ora	$hc / Dw$
<b>W<sub>0</sub></b>	Volume invarianza	7.3	mc	Calcolo prime piogge
<b>w0</b>	Volume specifico	63.4	mc/ha	$W0 / S$

Quindi, al termine delle verifiche effettuate, il volume di laminazione vale:

$$W_0 = 7.3 \text{ mc}$$

La nuova pavimentazione sarà dotata di una leggera pendenza in direzione nord, verso la pista ciclabile. Tra la pista e la pavimentazione sarà realizzato un canaletto filtrante lungo circa 38 m, con sezione 0.7x0.55 m.

Esso sarà rivestito con geotessile drenante e riempito di ciottoli e ghiaia (indice dei vuoti 50%) per garantire la continuità di camminamento tra la pavimentazione e il parco e allo stesso tempo capace di filtrare acqua nel sottosuolo immagazzinando temporaneamente il volume calcolato in seguito ai piovachi più intensi e garantire così la portata uscente governata dal coefficiente idrometrico di 2.2 l/s.



## 4.2. Focus 02

La situazione idraulica dello STATO DI FATTO è la seguente:



Figura 22 - Stato di fatto, in rosso l'area di progetto

Stato di Fatto	TIPO IMPERMEABILIZZAZIONE	Superficie	$\phi = Cd$
	Area con autobloccanti	115	0.50
	Area asfaltata	983	0.90
	Area verde	315	0.15
	<b><u>SUPERFICIE TOTALE DEL LOTTO</u></b>	<b><u>1413</u></b>	<b><u>0.70</u></b>

La situazione idraulica dello STATO DI PROGETTO è la seguente:

Stato di Fatto	Tipo impermeabilizzazione	Superficie	$\phi = Cd$
	Area con autobloccanti	137	0.50
	Area asfaltata	571	0.90
	Area di bioritenzione (afflusso diretto)	89	1.00
	Area verde	189	0.15
	<b><u>SUPERFICIE TOTALE DEL LOTTO</u></b>	<b><u>1413</u></b>	<b><u>0.54</u></b>

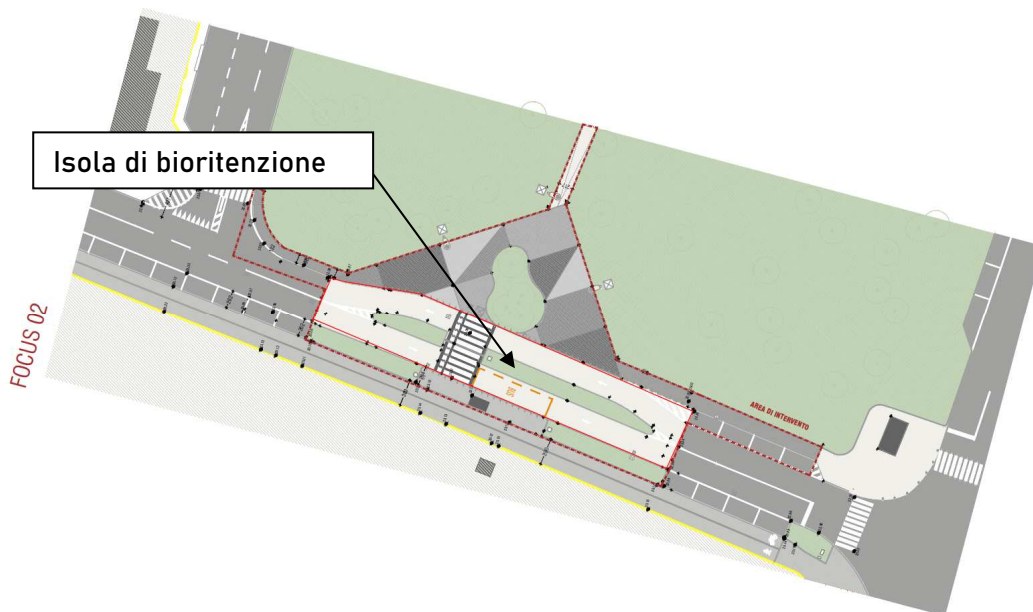


Figura 23 - Stato di progetto Focus 02 – in linea continua rossa l’area drenata dall’isola di bioritenzione  
 (2.2)

Grandezza		Valore	UM	Fonte
<b>S</b>	Superficie totale	0.098	ha	Sito Specifico
<b><math>\varphi</math></b>	Coeff. di deflusso	0.74	-	Sito Specifico
<b>a1</b>	Coeff. Curva pluviometrica	51.599	mm/h <sup>n</sup>	AIMAG
<b>n</b>	Esponente di curva pluviometrica	0.401		AIMAG
<b>Dw</b>	Tempo critico	0.05	ore	Calcolo sole piogge
<b>U,lim</b>	Coeff. Udometrico	189.0	l/s*ha	Qu,lim/S
<b>Qc</b>	Portata entrante al colmo	66.6	l/s	$2.77 * S * \varphi * hc^* / Dw$
<b>Qu,lim</b>	Portata in uscita limite ammessa	26.7	l/s	$Q = ks * A * R^{2/3} * i^{1/2}$ (scarico D160 mm da AIMAG)
<b>hc</b>	Altezza critica	15.41	mm	$a * Dw^n$
<b>i</b>	Intensità di pioggia di progetto	313.8	mm/ora	hc/Dw
<b>W<sub>0</sub></b>	Volume invarianza	7.0	mc	Calcolo prime piogge
<b>w0</b>	Volume specifico	49.9	mc/ha	W0/S

*Tabella 2 - Sintesi dei parametri utilizzati nel calcolo del volume per l'invarianza*

Quindi, al termine delle verifiche effettuate, il volume di laminazione vale:

$$W_0 = 7.0 \text{ mc}$$

L'isola di bioritenzione presenta un'area planimetrica capace di intercettare le precipitazioni e di drenare le acque derivanti dal bacino sotteso di circa 100 mq.

Il bacino sotteso, di circa 982 mq, è costituito dalla strada, dai percorsi ciclopedonali circostanti e le nuove aiuole verdi, entro l'area raffigurata in figura precedente Essa presenterà una quota leggermente maggiore del livello stradale escluso dall'intervento. Sul lato destro e sinistro dell'isola, le carreggiate avranno una pendenza di circa 1% in modo da creare l'impluvio verso la zona drenante che sarà costituita come illustrato in sezione seguente:

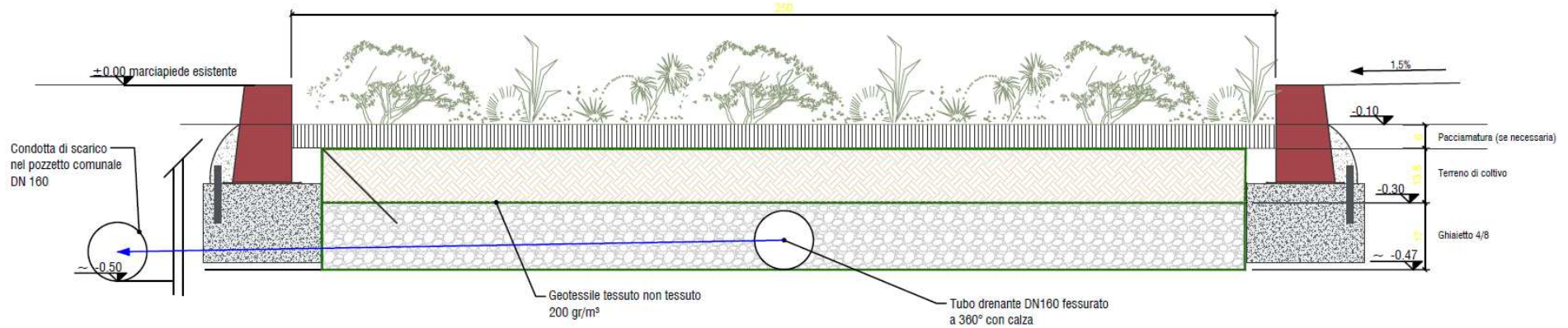
- Strato superficiale di pacciamatura come dimora per le piante (sp1. ~ 6 cm)
- Strato di terreno di coltivo ad alta permeabilità (sp2. ~ 14 cm)
- Geotessile drenante
- Strato in ghiaietto e ciottoli (sp3. ~ 17 cm) con indice dei vuoti 50%

Quindi si ha che il volume utile per l'invarianza idraulica sarà garantito nello strato inferiore:

$$W = \text{Area} * \text{sp3} * 0.5 = 8.5 \text{ mc} > 7.0 \text{ mc}$$

Lo strato inferiore sarà attraversato da una condotta forata a 360° che drenerà e allontanerà a sua volta le acque accumulate tramite una bocca tarata DN160 mm collegata alla caditoia della pubblica fognatura esistente più vicina con una pendenza di 1%. La quota di deflusso di tale condotta sarà posizionata a circa -0.47 m dall'attuale marciapiede (zero di progetto).

La caditoia esistente presenta lo scolo di collegamento al collettore lungo via Remesina Interna alla quota di -0.50 m dallo zero di progetto.



*Figura 24 - Sezione costitutiva dell'isola di bioritenzione*

### 4.3. Focus 03

La situazione idraulica dello STATO DI FATTO è la seguente:

Stato di Fatto	TIPO IMPERMEABILIZZAZIONE	Superficie	$\phi = Cd$
	Area verde	130	0.15
	<b><u>SUPERFICIE TOTALE DEL LOTTO</u></b>	<b><u>130</u></b>	<b><u>0.15</u></b>

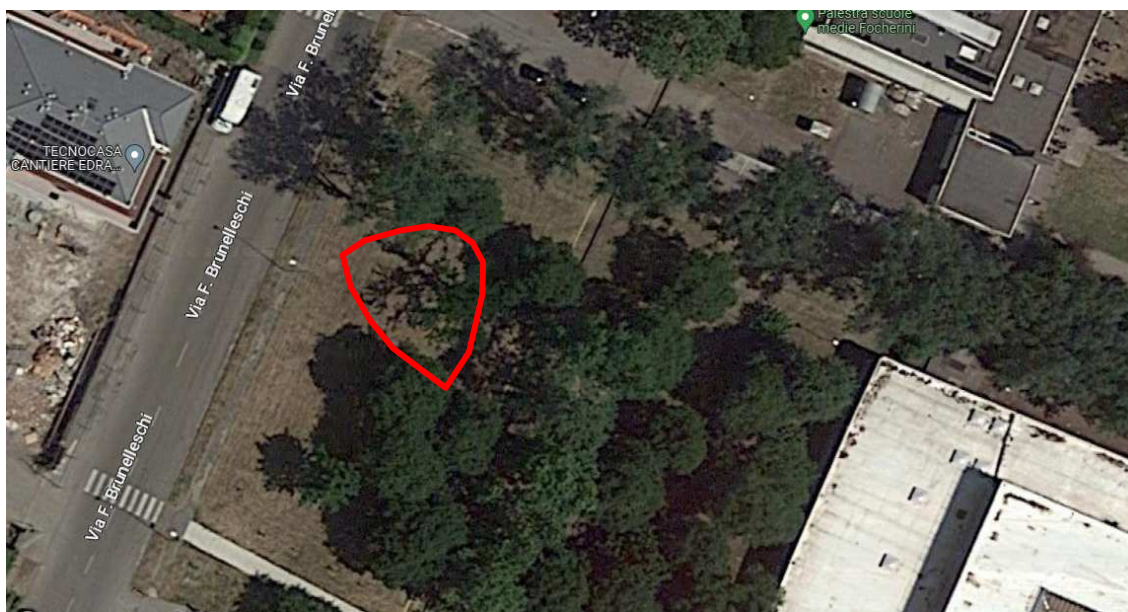


Figura 25 - Stato di fatto, in rosso l'area della pavimentazione di progetto

La situazione idraulica dello STATO DI PROGETTO è la seguente:

Stato di Progetto	Tipo impermeabilizzazione	Superficie	$\phi = Cd$
	Area pavimentata drenante	130	0.15
	<b><u>SUPERFICIE TOTALE DEL LOTTO</u></b>	<b><u>130</u></b>	<b><u>0.15</u></b>



Figura 26 - Stato di progetto Focus 03

Grandezza		Valore	UM	Fonte
<b>S</b>	Superficie totale	0.013	ha	Sito Specifico
<b><math>\varphi</math></b>	Coeff. di deflusso	0.30	-	Sito Specifico
<b>a1</b>	Coeff. Curva pluviometrica	51.599	mm/h <sup>n</sup>	AIMAG
<b>n</b>	Esponente di curva pluviometrica	0.401		AIMAG
<b>Dw</b>	Tempo critico	0.25	ore	Calcolo prime piogge
<b>U,lim</b>	Coeff. Udometrico	20.0	l/s*ha	Consorzio di Bonifica Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale
<b>Qc</b>	Portata entrante al colmo	0.6	l/s	$2.7 * S * \varphi * hc^* / Dw$
<b>Qu,lim</b>	Portata in uscita limite ammessa	0.3	l/s	$U,lim * S$
<b>hc</b>	Altezza critica	28.38	mm	$a * Dw^n$
<b>i</b>	Intensità di pioggia di progetto	119.7	mm/ora	$hc / Dw$
<b>W<sub>0</sub></b>	Volume invarianza	0.3	mc	Calcolo prime piogge
<b>w0</b>	Volume specifico	5.4	mc/ha	$W0 / S$

*Tabella 3 - Sintesi dei parametri utilizzati nel calcolo del volume per l'invarianza*

Quindi, al termine delle verifiche effettuate, il volume di laminazione vale:

$$W_0 = 0.3 \text{ mc}$$



Il coefficiente di deflusso rimane invariato in seguito all'intervento, l'altezza critica di pioggia e il volume calcolato si ritengono trascurabili, pertanto non si necessitano interventi di mitigazione per l'intervento Focus 03.

#### 4.4. Focus 07

La situazione idraulica dello STATO DI FATTO è la seguente:

Stato di Fatto	TIPO IMPERMEABILIZZAZIONE	Superficie	$\phi = Cd$
	Area verde	1236	0.15
	<b><u>SUPERFICIE TOTALE DEL LOTTO</u></b>	<b><u>1236</u></b>	<b><u>0.15</u></b>

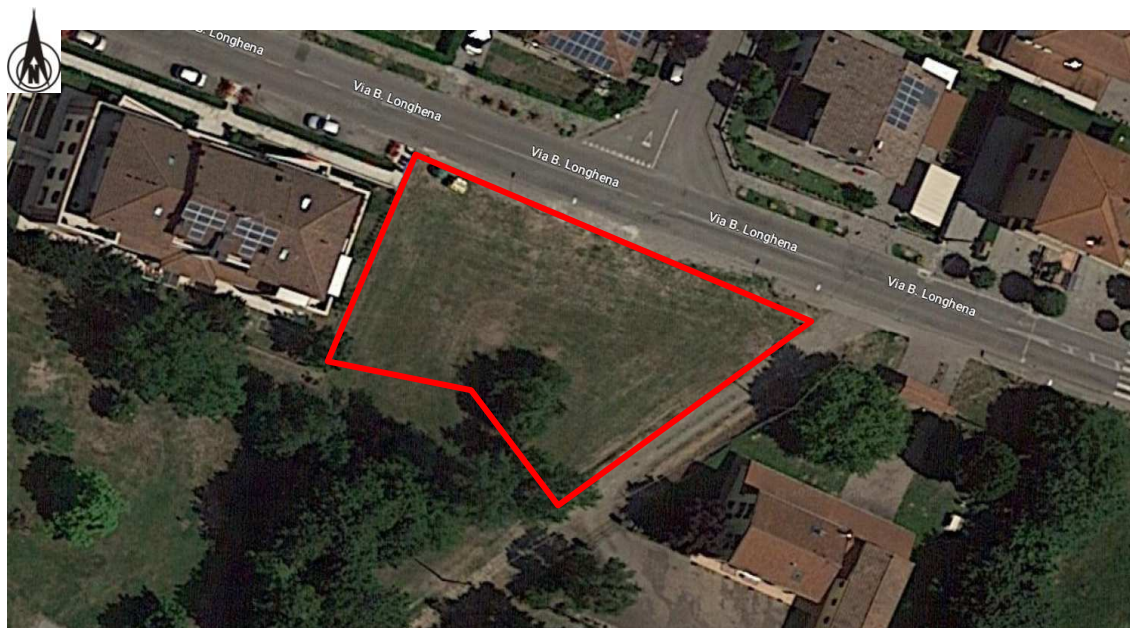


Figura 27 - Stato di fatto, in rosso l'area della pavimentazione di progetto

La situazione idraulica dello STATO DI PROGETTO è la seguente:

Stato di Progetto	Tipo impermeabilizzazione	Superficie	$\phi = Cd$
	Area verde	92	0.15
	Area pavimentata drenante	984	0.15
	Area asfaltata	160	0.90
	<b>SUPERFICIE TOTALE DEL LOTTO</b>	<b>1236</b>	<b>0.25</b>

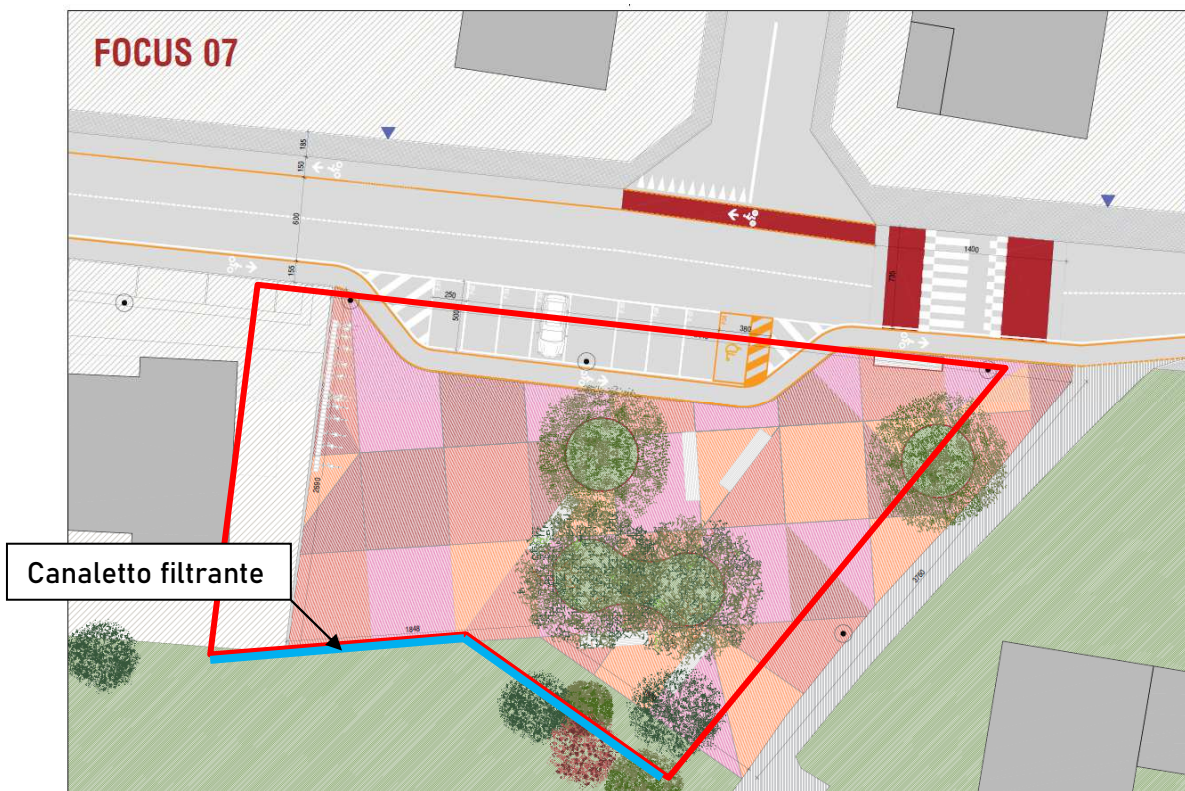


Figura 28 - Stato di progetto Focus 07 – in linea continua rossa la pavimentazione prevista

Grandezza		Valore	UM	Fonte
<b>S</b>	Superficie totale	0.124	ha	Sito Specifico
<b><math>\varphi</math></b>	Coeff. di deflusso	0.53	-	Sito Specifico
<b>a1</b>	Coeff. Curva pluviometrica	51.599	mm/h <sup>n</sup>	AIMAG
<b>n</b>	Esponente di curva pluviometrica	0.401		AIMAG
<b>Dw</b>	Tempo critico	0.56	ore	Calcolo prime piogge
<b>U,lim</b>	Coeff. Udometrico	20.0	l/s*ha	Consorzio di Bonifica Dell'Emilia Centrale
<b>Qc</b>	Portata entrante al colmo	6.2	l/s	$2.7 * S * \varphi hc^* / Dw$
<b>Qu,lim</b>	Portata in uscita limite ammessa	2.5	l/s	$U,lim * S$
<b>hc</b>	Altezza critica	41.0	mm	$a * Dw^n$
<b>i</b>	Intensità di pioggia di progetto	72.7	mm/ora	$hc / Dw$
<b>W<sub>0</sub></b>	Volume invarianza	7.5	mc	Calcolo prime piogge
<b>w0</b>	Volume specifico	55.5	mc/ha	$W0 / S$

*Tabella 4 - Sintesi dei parametri utilizzati nel calcolo del volume per l'invarianza*

Quindi, al termine delle verifiche effettuate, il volume di laminazione vale:

$$W_0 = 7.5 \text{ mc}$$

La nuova pavimentazione sarà dotata di una leggera pendenza in direzione sud, verso la area verde. Tra quest'ultima e la pavimentazione sarà realizzato un canaletto filtrante lungo circa 36 m, con sezione 0.8x0.5 m. Esso sarà rivestito con geotessile drenante e riempito di ciottoli e ghiaia (indice dei vuoti 50%) per garantire la continuità di camminamento tra la pavimentazione e il parco e allo stesso tempo capace di infiltrare acqua nel sottosuolo immagazzinando temporaneamente il volume calcolato in seguito ai piovvaschi più intensi e garantire così la portata uscente governata dal coefficiente udometrico di 2.5 l/s.

---

## 5. CONCLUSIONI

---

L'Amministrazione comunale di Carpi, in accordo con le strategie del Piano Urbano di Mobilità Sostenibile (PUMS) approvato in Consiglio Comunale il 05/11/2020 (Delibera n. 91) ha avviato un complesso progetto di valorizzazione e rigenerazione urbanistica, sociale ed ambientale denominato "Interventi attuativi del Piano Urbano di Mobilità Sostenibile (PUMS): Realizzazione isola parco Berlinguer".

Scopo del lavoro è stato quello di verificare, da un punto di vista idraulico, la fattibilità dell'intervento in progetto.

Dalla consultazione del PTCP della Provincia di Modena ed in particolare della Tavola 2\_3\_01 "Rischio idraulico", un cui estratto è riportato in figura seguente, l'area ricade in corrispondenza di un'area bianca non classificata, ma comunque entro il limite delle aree soggette a criticità idraulica.

Sono state consultate le "Mappe della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014)" del PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni) con particolare riferimento sia al Reticolo Principale e Secondario montano (RP\_RSCM) sia al Reticolo Secondario di pianura (RSP).

Per quanto concerne il Reticolo Principale di Pianura e Secondario Montano si può osservare come il sito di interesse ricada in zona bianca non classificata, quindi non si sottolineano né evidenze di pericolo né di rischio.

Relativamente al Reticolo secondario di pianura l'area studiata non ricade in scenari di pericolosità "P2-M (alluvioni poco frequenti con  $Tr=100-200$  anni) e rischio tra R1 e R2 (moderato e medio).

Sono state valutati gli effetti del cambio di superficie/pavimentazione, previsti dal progetto, sul regime idraulico del territorio coinvolto. Si riassumono pertanto le azioni previste per la gestione delle acque meteoriche:

- Focus 01: Realizzazione di un canaletto filtrante lungo un lato della pavimentazione drenante che sostituirà una porzione dell'area verde.

- Focus 02: Realizzazione di un'isola spartitraffico di bioritenzione capace di accumulare 8.5 mc predisposta per filtrare le acque drenate dalla strada circostante con successivo conferimento in fognatura pubblica tramite condotta DN 160.
- Focus 03: Effetti trascurabili, nessuna azione di mitigazione
- Focus 07: Realizzazione di un canaletto filtrante lungo un lato della pavimentazione drenante che sostituirà una porzione dell'area verde.

In generale, la sostituzione del terreno naturale con la pavimentazione drenante *i.idro DRAIN* comporta un miglioramento della permeabilità di sito, pertanto, il progetto e le misure descritte, finalizzate al rispetto del principio di invarianza idraulica, comporteranno un miglioramento del regime idraulico del sito.

## i.idro DRAIN

### Scheda tecnica

#### Descrizione

i.idro DRAIN è un calcestruzzo pre-confezionato per pavimentazioni pedonabili e carrabili con un'alta capacità drenante garantita da un'accurata selezione degli aggregati, dal mix design e dalla specifica azione del legante cementizio utilizzato nella miscela.

#### Campi d'impiego

i.idro DRAIN è particolarmente indicato per realizzare strade secondarie ( $v < 40$  Km/h) o di accesso, aree di sosta, marciapiedi, parcheggi, aree pedonali, piste ciclabili, viali o strade sottoposte a tutela ambientale, giardini pubblici.

E' fornito in colorazione naturale grigia; previa valutazione tecnica è possibile consegnare il prodotto pigmentato in diverse colorazioni.

#### Specifiche del prodotto\*

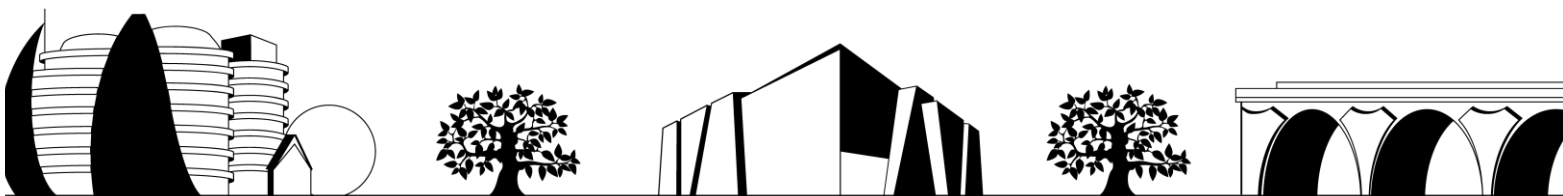
i.idro DRAIN	sfuso - betoniera
Diametro max aggregato	da 8 a 22 mm
Resistenza a compressione a 28 gg (UNI EN 12390 -3)	> 15 Mpa
Massa Volumica Fresco	1.700 – 2.100 Kg/m <sup>3</sup>
capacità di drenaggio (UNI EN 12697 -40)	≥ 200 mm/min
Percentuali di vuoti	> 15% <25%
Area libera superficiale (Drenante)	25 %
Resistenza a flessione	> 1 Mpa

\* in base al livello di costipazione raggiunto

#### Applicazione e posa

i.idro DRAIN può essere messo in opera mediante l'ausilio di vibro finitrici stradali o a mano mediante apposite attrezzature da cantiere (staggie vibranti), a seconda del tipo e dimensione della pavimentazione. La tipologia e il grado di costipazione raggiunta influenzano le prestazioni finali di resistenza meccanica e la percentuale di vuoti.

Prima della sua stesa prevedere la realizzazione di un substrato drenante realizzato con materiale inerte costipato la cui superficie dovrà essere complanare, uniforme, pulita, senza grasso o sale che possono impedire a i.idro DRAIN di aderire perfettamente al substrato. Per una corretta maturazione, si consiglia, a stesa avvenuta, di proteggere la superficie con teli in plastica o con soluzioni alternative.



## Vantaggi

### Sostenibilità ambientale

- i.idro DRAIN è una nuova soluzione per il drenaggio sostenibile delle acque: riduce l'impermeabilizzazione del suolo favorendo il ripristino del ciclo naturale dell'acqua. Aumenta il drenaggio e diminuisce il deflusso – ruscellamento delle acque piovane.
- i.idro DRAIN riduce l'effetto isola di calore: la colorazione chiara della pavimentazione favorisce una maggior riflessione dei raggi solari, diminuendone l'assorbimento, abbattendo così sensibilmente la sensazione di calore superficiale percepito dai pedoni nei periodi molto caldi (es. in una giornata estiva il differenziale di temperatura superficiale può raggiungere anche i 30°C). Per lo stesso motivo durante le ore notturne la maggior riflessione assicura una maggior visibilità.

### Gestione delle acque meteoriche

- i.idro DRAIN riduce i costi connessi alla gestione delle acque meteoriche in quanto il drenaggio delle acque può rappresentare un'importante fonte di risparmio per le pubbliche amministrazioni rispetto alle classiche soluzioni (raccolta puntuale, vasche di accumulo e rilascio in fognatura bianca o mista).
- i.idro DRAIN è anche compatibile con i tradizionali sistemi di raccolta e il riciclo delle acque piovane, che possono essere adeguatamente gestite attraverso la progettazione di opportuni sottoservizi.

### Sicurezza per i cittadini

- i.idro DRAIN aumenta la sicurezza delle pavimentazioni: evita il formarsi di pozzanghere e i pericoli legati all'acquaplaning e alla formazione di lastre di ghiaccio.

### Durabilità e bassi costi

- i.idro DRAIN assicura elevata durabilità e bassi costi di gestione in particolare rispetto a pavimentazioni pedonabili, ciclabili o carrabili realizzate con le tradizionali soluzioni.
- La posa di i.idro DRAIN avviene "a freddo" quindi senza emissioni in atmosfera e rischi per la sicurezza degli operatori e, grazie all'impiego di betoniere e mezzi appropriati, in tempi rapidi.

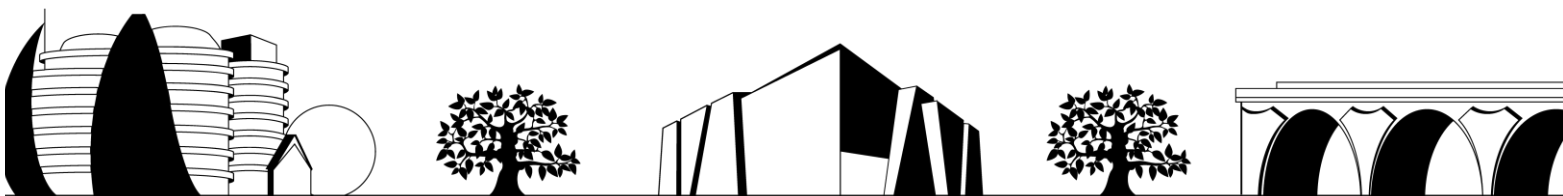
## Voce di capitolato

Calcestruzzo drenante pre-confezionato, tipo i.idro DRAIN, a base di leganti idraulici cementizi, aggregati selezionati e di additivi, avente caratteristiche drenanti e traspiranti, con alta percentuale di vuoti, consegnato in autobetoniera, da applicare mediante l'utilizzo di mezzi meccanici oppure a mano, nell'ideale spessore e correttamente compattato, su diversi tipi di substrati, opportunamente protetto a fine getto mediante applicazione di teli in plastica. Al fine di mantenere le proprietà drenanti del prodotto, sia allo stato fresco sia allo stato indurito, non devono essere aggiunte, al di fuori della composizione formulata da Calcestruzzi, sabbie o polveri di alcun genere, che possano occludere i vuoti presenti nel prodotto.

**I dati riportati in questa scheda sono il frutto dell'esperienza Calcestruzzi e sono indicativi e non contrattuali. Il nostro personale tecnico è a disposizione per fornire consulenza ed assistenza per la corretta prescrizione ed utilizzo di i.idro DRAIN®.**

**Calcestruzzi S.p.A.**  
i.lab (Kilometro Rosso)  
Via Stezzano, 87  
24126 Bergamo - Italia  
T +39 035 41 67 111  
www.calcestruzzi.it  
www.i-nova.net

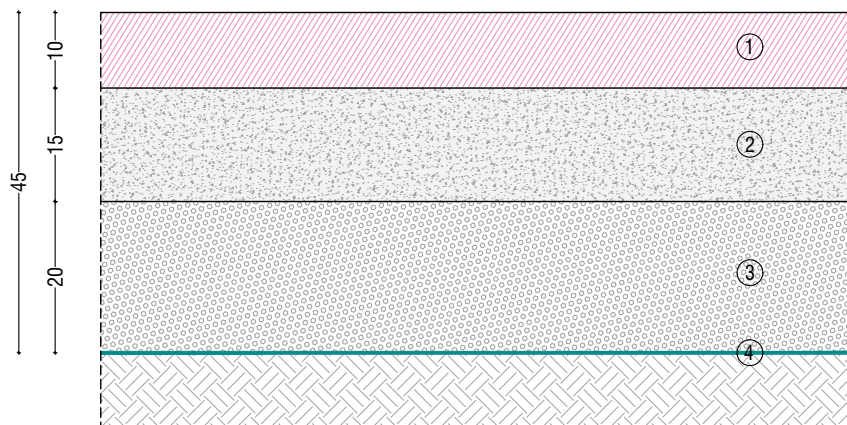
Ultimo aggiornamento settembre 2013





# P.1 - PAVIMENTAZIONE DRENANTE

DA ESEGUIRSI SU QUALSIASI TIPO DI FONDO ESISTENTE



1. Conglomerato cementizio drenante colorato in pasta Tipo I.DRO DRAIN ITALCEMENTI (colorazione a discrezione della DL)\_sp. 10 cm
2. Misto granulare stabilizzato\_sp. 15 cm
3. Misto granulare riciclato\_sp. 20 cm
4. Telo geotessile tessuto non tessuto grammatura 400 gr/mq