



Comune di Bottanuco (BG)
Piazza S. Vittore, 1 – cap 24040

ART. 14, COMMA 8

R.R. N. 7 DEL 23/11/2017

R.R. N. 8 DEL 19/04/2019

**Documento semplificato di valutazione del
rischio idraulico comunale**

Titolo del documento:

Relazione Tecnica

Estensore del documento:



Dott. Geologo Andrea Brambati
tel. +39 348 393 9629
mail andreabrambati@alice.it
PEC andreabrambati@pec.epap.it
Albo Geologi Lombardia, n. 1535

Timbro e firma:



Data:

Luglio 2024 - REV01

1. PREMESSE
2. PRINCIPI GENERALI
 - 2.1. Quadro normativo
 - 2.2. Terminologia utilizzata
 - 2.3. Elenco della documentazione consultata
3. DELIMITAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO
 - 3.1. Il P.G.T.
 - 3.2. Il Piano per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (PAI)
 - 3.3. Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)
4. CRITICITA' RILEVATE
 - 4.1. Analisi storica
 - 4.2. Criticità segnalate dal Gestore
5. MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA
 - 5.1. Analisi delle caratteristiche del territorio di Bottanuco in funzione dell'applicazione dei principi di invarianza
 - 5.1.1. *Inquadramento meteorologico*
 - 5.1.2. *Uso del suolo*
 - 5.1.3. *Caratteri geomorfologici*
 - 5.1.4. *Il reticolo idrografico*
 - 5.1.5. *Inquadramento idrogeologico*
 - 5.2. Applicazione delle misure strutturali
 - 5.2.1. *Tempo di svuotamento*
 - 5.3. Misure non strutturali: il drenaggio urbano sostenibile
 - 5.4. Incentivazione per l'applicazione dei principi di invarianza
6. REGOLE E STRUMENTI DELL'INVARIANZA IDRAULICA
 - 6.1. Dispositivi di compensazione o volumi di invaso
 - 6.2. Dispositivi idraulici
 - 6.3. Buone pratiche costruttive
7. ATTUAZIONE DELLE POLITICHE DI INVARIANZA A SCALA COMUNALE E RELATIVA DISCIPLINA DEL TERRITORIO
 - 7.1. Misure strutturali

- 7.2. Misure non strutturali
 - 7.3. Ambiti ostatici all'uso di pozzi disperdenti e strutture di infiltrazione
 - 7.4. Ambiti di attenzione per pozzi disperdenti e strutture di infiltrazione
 - 7.5. Superfici di trasformazione e ubicazione dei dispositivi
 - 7.6. Dimensionamento e criteri progettuali delle opere di adeguamento fognario
 - 7.7. Efficacia dell'azione di laminazione e verifiche idrauliche consigliate in sede di dimensionamento degli interventi
 - 7.8. Piano di manutenzione degli interventi di invarianza
 - 7.9. Aree di rispetto cimiteriali
 - 7.10. Vincoli P.AI.
 - 7.10.1. *Fascia di deflusso della piena (Fascia A)*
 - 7.10.2. *Fascia di esondazione (Fascia B)*
 - 7.10.3. *Fascia di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)*
 - 7.11. Vincoli P.G.R.A.
8. ANALISI IDRAULICA SEMPLIFICATA
- 8.1. Approccio metodologico
 - 8.2. Dati impiegati
 - 8.2.1. *Dati geometrici*
 - 8.2.2. *Dati idrologici e idraulici*
 - 8.3. Modelli impiegati
 - 8.4. Fasi di implementazione del modello
 - 8.4.1. *Definizione degli afflussi*
 - 8.4.2. *Definizione della pioggia netta*
 - 8.4.3. *Depurazione della pioggia lorda dal contributo di smaltimento della rete di drenaggio urbana*
 - 8.4.4. *Geometria del modello*
 - 8.4.5. *Condizioni al contorno*
 - 8.5. Scenari di modellazione implementati
 - 8.5.1. *Scenario a T 10 anni*
 - 8.5.2. *Scenario a T 50 anni*
 - 8.5.3. *Scenario a T 100 anni*
 - 8.6. Risultati delle modellazioni
 - 8.6.1. *Scenario a T 10 anni*
 - 8.6.2. *Scenario a T 50 anni*
 - 8.6.3. *Scenario a T 100 anni*

TAVOLE

<i>N°</i>	<i>Titolo</i>	<i>Scala</i>
1	Dotazioni infrastrutturali	1:2.500
2	Individuazione delle aree a rischio idraulico	1:5.000
3	Misure di invarianza idraulica e relativa disciplina del territorio	1:5.000
4	Aree allagate allo stato di fatto a Tr 10 anni	1:5.000
5	Aree allagate allo stato di fatto a Tr 50 anni	1:5.000
6	Aree allagate allo stato di fatto a Tr 100 anni	1:5.000

APPENDICI

<i>N°</i>	<i>Titolo</i>
1	Catalogo interventi tipo di invarianza

1. PREMESSE

Il R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 di Regione Lombardia, come modificato dal R.R. n. 8 del 19 aprile 2019, definisce e regola i criteri e i metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica, ai sensi dell'art. 58 bis della L.R. n. 12/2005.

Il regolamento pone l'obiettivo di perseguire l'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni d'uso del suolo e di conseguire, tramite la separazione e la gestione locale delle acque meteoriche a monte dei ricettori, la riduzione quantitativa dei deflussi, il progressivo riequilibrio del regime idrologico e idraulico e la conseguente attenuazione del rischio idraulico, nonché la riduzione dell'impatto inquinante sui corpi idrici ricettori.

Il criterio dell'invarianza idraulica e idrologica prevede che il deflusso risultante dal drenaggio di un'area debba rimanere invariato dopo una qualunque trasformazione dell'uso del suolo all'interno dell'area stessa; questo comporta il passaggio a una gestione basata non solo su opere di regimentazione idraulica, ma sempre più aperta all'impiego delle capacità del binomio suolo-vegetazione attraverso la realizzazione di interventi che favoriscano i fenomeni di ritenzione ai fini del controllo dei deflussi superficiali e del loro utilizzo.

In particolare, con tale regolamento, la Regione Lombardia definisce:

- gli interventi edilizi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica;
- gli ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati;
- la classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e le modalità di calcolo;
- le indicazioni tecniche costruttive e degli esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- la possibilità, per i comuni, di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche.

Il regolamento divide il territorio lombardo nelle seguenti 3 classi di criticità idraulica:

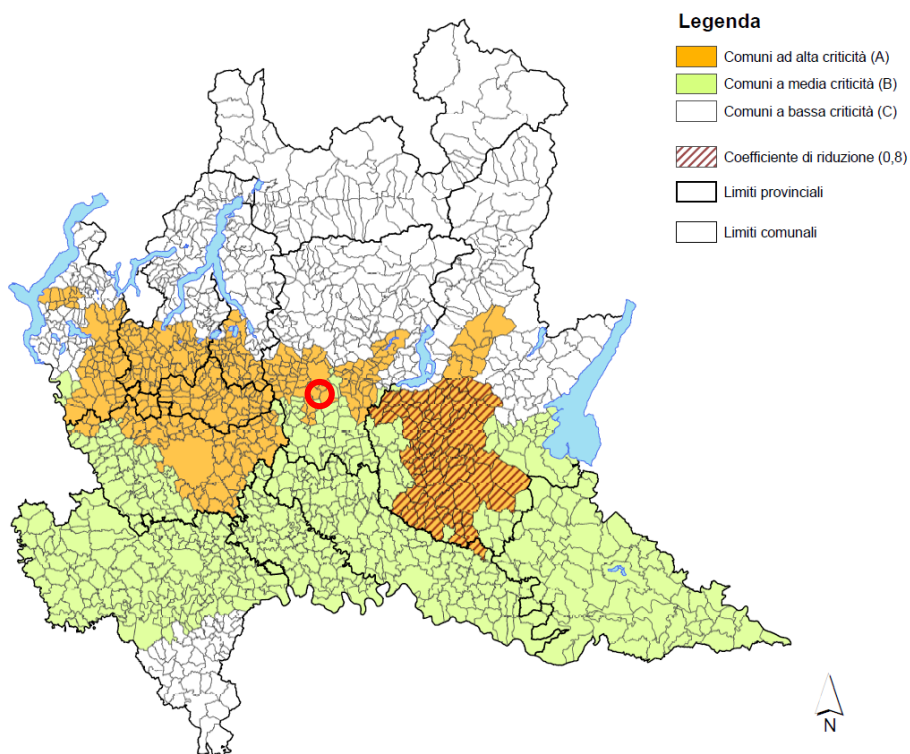
- alta criticità idraulica: aree A
- media criticità idraulica: aree B
- bassa criticità idraulica: aree C

L'immagine alla pagina seguente mostra la suddivisione del territorio regionale nei tre ambiti citati, mentre l'Allegato C alla norma riporta l'elenco comune per comune con l'indicazione del livello criticità idraulica associato. Secondo l'Allegato C il Comune di Bottanuco ricade in **area A ad alta criticità idraulica**, con coefficiente $P=1$.

Gli esiti del presente Documento semplificato del rischio idraulico comunale devono essere recepiti nel P.G.T. approvato ai sensi dell'art. 5 - comma 3 della L.R. 31/2014. A tal fine, il comune inserisce la delimitazione delle aree soggette ad allagamento, di cui al comma 7 – lett. a) – n. 2 e al comma 8 – lett.

a) – n. 1, nella Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., nonché le misure strutturali di cui al comma 7 – lett. a) – num. 5 e 6, nel Piano dei Servizi.

Ogniqualvolta il quadro di riferimento assunto nel prosieguo del presente studio subisca una modifica a seguito di aggiornamenti conoscitivi, eventi naturali o interventi antropici, il Documento deve essere aggiornato.



Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica.

2. PRINCIPI GENERALI

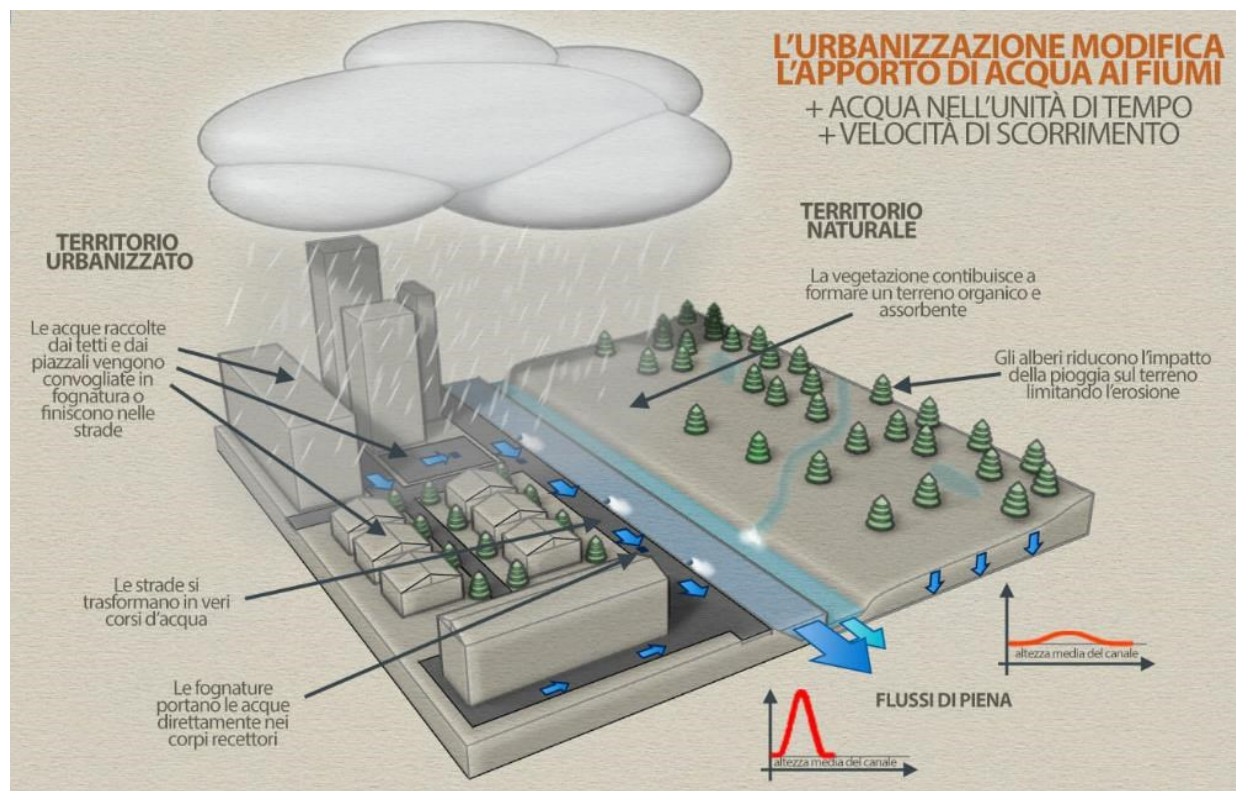
Con il Regolamento Regionale 23 novembre 2017 – n. 7 (pubblicato in data 27/11/2017), Regione Lombardia ha emanato i criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12, da applicarsi agli interventi di:

- nuova costruzione, compresi gli ampliamenti;
- demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente;
- ristrutturazione urbanistica comportanti un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione.

L'obiettivo della norma è quello di impedire un ulteriore aggravio e, in prospettiva, ottenere una progressiva riduzione delle portate circolanti nelle reti fognarie e nei corpi idrici superficiali all'occorrere di eventi meteorici.

Allo scopo, il regolamento individua come prioritaria l'adozione di modelli di gestione delle acque meteoriche che favoriscano lo smaltimento delle acque meteoriche in loco (dispersione negli strati superficiali del sottosuolo) o il loro riutilizzo per irrigazione del verde ovvero per altri usi compatibili con la qualità delle acque. Nel caso in cui, per il contesto in cui si colloca l'intervento, non sia possibile conseguire per intero lo smaltimento in sito e sia, pertanto, necessario attivare scarichi verso rete fognarie o corpi idrici superficiali, il regolamento definisce le portate limite consentite allo scarico.

In particolare, per le aree ad alta criticità idraulica (area A come quella di Bottanuco), la portata massima consentita è fissata pari a **10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento**.



Solo nell'impossibilità pratica di realizzare in sito i dispositivi atti a conseguire l'invarianza idraulica, è prevista la possibilità di monetizzare l'onere secondo tariffario definito in funzione della criticità idraulica dell'area di interesse.

A prescindere dalle modalità di conseguimento degli obiettivi prefissati, nello sviluppo dei progetti di intervento sopra richiamati si rende generalmente necessario redigere anche un progetto di invarianza idraulica e idrologica, firmato da un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici che attestino la congruenza del progetto ai disposti regolamentari.

I comuni ricadenti nelle aree ad alta e media criticità idraulica, come Bottanuco, sono tenuti a redigere lo "Studio comunale di gestione del rischio idraulico" che contiene la rappresentazione delle attuali condizioni di rischio idraulico presenti nel territorio comunale e delle conseguenti misure strutturali e non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle suddette condizioni di rischio.

Le misure strutturali devono essere individuate dal comune con l'eventuale collaborazione del gestore del Servizio Idrico. La Società Uniacque S.p.A., gestore del Servizio Idrico Integrato della Provincia di Bergamo, con sede legale e amministrativa in via delle Canovine n. 21 - 24126 Bergamo, oltre alla competenza nella gestione della rete idrica-fognaria del comune, è l'attore principale con cui l'amministrazione e i progettisti per la programmazione e realizzazione delle misure strutturali e non strutturali per l'invarianza idraulica devono interfacciarsi. Il supporto tecnico dell'Ente gestore del Servizio Idrico Integrato è indispensabile anche per la definizione delle caratteristiche del sistema fognario e le sue interazioni con la rete di scolo rappresentata del Reticolo Idrico Minore.

2.1. Quadro normativo

Partendo da indirizzi europei, la Legge Regionale n. 4 del 15 marzo 2016 aveva già indicato nel suo articolo 7 la necessità di applicare i principi di invarianza idraulica e idrologica a tutti gli interventi che comportino una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione. La Giunta regionale ha poi approvato il 23 novembre 2017 (pubblicazione sul BURL il 27 novembre) il relativo regolamento attuativo. Il 29 giugno 2018 la Giunta ha quindi modificato l'art. 17 del regolamento del 2017 introducendo un periodo transitorio di disapplicazione delle norme di invarianza, di fatto limitando la normativa per i nuovi interventi edificatori. Contestualmente gli uffici regionali hanno attivato una consultazione con i cosiddetti stakeholder (amministratori comunali, tecnici, gestori servizi idrici integrati, università, ANCE, ANCI, ecc.) per acquisire pareri o proposte di modifica.

In data 24 aprile 2019 è stato pubblicato sul Supplemento n. 17 il Regolamento Regionale n. 8 del 19 aprile 2019, recante alcune modifiche al R.R. n. 7/2017. Le suddette modifiche sono entrate in vigore a partire dal 25 aprile 2019. Il R.R. n. 8/2019 in sostanza:

- corregge alcuni errori materiali del R.R. n. 7/2017 e recepisce le proposte di miglioramento terminologico del testo in alcuni punti, finalizzate a rendere più chiaro ed intellegibile il testo stesso;
- specifica meglio alcune norme in esso contenute, con particolare riferimento all'art. 3 concernente gli interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica (v. in dettaglio il Paragrafo 6.1 della presente relazione);
- calibra meglio il parametro di superficie massimo per gli interventi che possono applicare il regolamento in modo semplificato (qualora si attui il regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di

cui all'articolo 12, comma 2, è ridotto del 30 per cento, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, allegata al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F).

Il quadro normativo a cui si è fatto riferimento è il seguente:

- D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001 “*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*”;
- L.R. n. 26 del 12 dicembre 2003 “*Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche*”;
- L.R. n. 12 del 11 marzo 2005 “*Legge per il governo del territorio*”;
- R.R. n. 4 del 24 marzo 2006 “*Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne*”;
- D.L. n. 49 del 23 febbraio 2010 “*Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvione*”;
- L.R. n. 17 del 21 novembre 2011 “*Partecipazione della Regione Lombardia alla formazione e attuazione del diritto dell’Unione europea*”;
- D.G.R. X/4549 del 10 dicembre 2015 “*Direttiva 2007/60/CE contributo Regione Lombardia al piano di gestione del rischio alluvioni relativo al distretto idrografico Padano in attuazione dell’art. 7 del D.Lgs. 49/2010*”;
- L.R. n. 4 del 15 marzo 2016 “*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua*”, pubblicata sul B.U.R.L. n. 11, suppl. del 18 marzo 2016;
- D.P.C.M. 27 ottobre 2016 “*Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico Padano*”;
- L.R. n. 7 del 10 marzo 2017 “*Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti*”;
- D.G.R. 10/6738 del 19 giugno 2017 “*Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato istituzionale dell’autorità di bacino del fiume Po*”, pubblicata sul BURL n. 25 Serie Ordinaria del 21 giugno 2017;
- R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 “*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*”;
- R.R. n. 7 del 29 giugno 2018 “*Disposizioni sull’applicazione dei principi dell’invarianza idraulica ed idrologica. Modifica dell’articolo 17 del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7*”, pubblicato sul BURL n. 27, Serie Supplemento, del 3 luglio 2018;
- D.G.R. n. XI/470 del 2 agosto 2018 “*Integrazioni alle disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, di cui alla D.G.R. 19 giugno 2017 – n. X/6738*”;
- R.R. n. 8 del 19 aprile 2019 “*Disposizioni sull’applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 “Legge per il governo del territorio”)*”, pubblicato sul Supplemento n. 17.

Direttive comunitarie

In ambito comunitario le direttive più importanti in materia di acque sono le seguenti:

- UNI/TS 1445, maggio 2012 - *Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano. Progettazione, installazione e manutenzione;*
- UNI EN 1717, novembre 2002 - *Protezione dall'inquinamento dell'acqua potabile negli impianti idraulici e requisiti generali dei dispositivi atti a prevenire l'inquinamento da riflusso;*
- UNI EN 12053-3 - *Sistema d'intercettazione, raccolta ed evacuazione (superfici di raccolta, bocchettoni, canali di gronda, doccioni, pluviali, pozzetti, caditoie, collettori differenziati ed opere di drenaggio);*
- UNI 9184 - *Sistemi di scarico delle acque meteoriche - Criteri di progettazione, collaudo e gestione.*

La Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE presenta evidenti connessioni con le acque meteoriche e, con l'obiettivo generale di raggiungere un buono stato ecologico e chimico per tutte le acque comunitarie, ha istituito un quadro che persegue obiettivi specifici quali:

- la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento,
- la promozione di un utilizzo sostenibile dell'acqua,
- la protezione dell'ambiente,
- il miglioramento delle condizioni degli ecosistemi acquatici e la mitigazione degli effetti delle inondazioni e della siccità.

La direttiva prevede l'individuazione e l'analisi di tutte le acque europee, classificate per bacino e per distretto idrografico di appartenenza, nonché l'adozione di piani di gestione e di programmi di tutela adeguate per ciascun corpo idrico.

Ulteriore direttiva di rilievo per l'argomento trattato è la 2006/11/CE concernente l'inquinamento provocato da alcune sostanze pericolose, successivamente modificata dalla Direttiva 2008/105/CE "*Standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque*", recepita con D.Lgs. n. 219 del 10 dicembre 2010, che reca anche modifiche alla direttiva 2000/60/CE.

2.2. Terminologia utilizzata

Acque di prima pioggia: le acque corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta acque meteoriche.

Acque di seconda pioggia: la parte delle acque meteoriche di dilavamento eccedente le acque di prima pioggia.

Acque meteoriche di dilavamento: la parte delle acque di una precipitazione atmosferica che, non assorbita o evaporata, dilava le superfici scolanti.

Acque pluviali: le acque meteoriche di dilavamento, escluse le acque di prima pioggia scolanti dalle aree esterne elencate all'art. 3 del R.R. n. 4 del 24 marzo 2006 "*Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'art. 52, comma 1, lettera a) della L.R. 12 dicembre 2003, n. 26*", che sono soggette alle norme previste nel medesimo regolamento.

Acque reflue domestiche: acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi, derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche.

Acque reflue industriali: qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici o impianti in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento.

Acque reflue urbane: acque reflue domestiche o il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali ovvero meteoriche di dilavamento convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato.

Drenaggio urbano sostenibile: sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

Evento meteorico: una o più precipitazioni, anche tra loro temporalmente distanziate, di altezza complessiva di almeno 5 mm, che si verifichino o che si susseguano a distanza di almeno 96 ore da un analogo precedente evento.

Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

Invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione.

Portata specifica massima ammissibile allo scarico, espressa in l/s per ettaro: portata (espressa in litri al secondo) massima ammissibile allo scarico nel ricettore per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Ricettore: corpo idrico naturale o artificiale o rete di fognatura, nel quale si immettono le acque meteoriche disciplinate dal regolamento.

Superficie scolante impermeabile: superficie risultante dal prodotto tra la superficie scolante totale per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale.

Superficie scolante impermeabile dell'intervento: superficie risultante dal prodotto tra la superficie interessata dall'intervento per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale.

Superficie scolante totale: la superficie, di qualsiasi tipologia, grado di urbanizzazione e capacità di infiltrazione, inclusa nel bacino afferente al ricettore sottesa dalla sezione presa in considerazione.

Titolare: soggetto tenuto alla gestione e manutenzione delle opere di invarianza idraulica e idrologica. Nel caso di infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e parcheggi, il titolare è il gestore delle stesse. Nel caso di edificazioni, il titolare è il proprietario o, se diverso dal proprietario, l'utilizzatore a qualsiasi titolo dell'edificio, quale l'affittuario o l'usufruttuario.

2.3. Elenco della documentazione consultata

Con la D.G.R. 18/07/2022 n. XI/6702, pubblicata sul B.U.R.L. S.O. n. 30 del 25/07/2022, è stato approvato l'aggiornamento 2022 dell'Allegato 1 ai criteri e indirizzi per la definizione della Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., redatti in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11/03/2005 n. 12, già aggiornato con precedente D.G.R. 4685/2021. L'aggiornamento 2022 dell'Allegato 1 tiene conto dei nuovi studi e dati resisi disponibili successivamente alla D.G.R. 4685/2021, in esito alle azioni conoscitive promosse da Regione Lombardia con la finalità di approfondire e aggiornare le conoscenze sui rischi geologici, idrogeologici e sismici ai fini della loro mitigazione, in attuazione dell'art. 55 della L.R. 12/2005, dell'art. 4 della L.R. 16/2004, per le finalità di cui all'art. 6 della L.R. 4/2016, nonché sulla base degli indirizzi e delle misure della pianificazione di bacino distrettuale del Fiume Po (PAI e PGRA).

In Comune di Bottanuco la tabella 4 della Delibera cita lo Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Adda Sottolacuale da Olginate alla confluenza in Po, redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po nell'anno 2004.

N.	CORSO D'ACQUA	PROV.	COMUNI INTERESSATI/LOCALITÀ	AUTORE, DATA
			Milanese, San Giuliano Milanese, San Zenone Al Lambro, Sant'Angelo Lodigiano, Segrate, Sesto San Giovanni, Sovico, Triuggio, Veduggio Con Colzano, Verano Brianza, Villanova Del Sillaro, Villasanta, Vimodrone, Vizzolo Predabissi	
10	Lambro Meridionale	LO, MI, PV	Carpiano, Landriano, Locate Di Triluzzi, Maghero, Marzano, Milano, Opera, Pieve Emanuele, Rozzano, Sant'Angelo Lodigiano, Siziano, Torre D'Arese, Torrevecchia Pia, Valera Fratta, Viduggio, Villanterio	ADBPO, 2004
11	Molgora	LO, MB, MI	Agrate Brianza, Burago Di Molgora, Bussero, Caponago, Carnate, Cassina De Pecchi, Comazzo, Gorgonzola, Liscate, Lomagna, Melzo, Pessano Con Bornago, Truccazzano, Usmate Velate, Vignate, Vimercate	ADBPO, 2004
12	Trobbia	MI	Bellinzago Lombardo, Cambiago, Cavenago Di Brianza, Gessate, Inzago, Masate, Melzo, Pozzuolo Martesana, Truccazzano	ADBPO, 2004
13	Adda Sottolacuale (da Olginate alla confluenza in Po)	BG, CR, LC, LO, MB, MI	Abbadia Cerreto, Airuno, Bertonico, Boffalora D'Adda, Bottanuco, Brembate, Brivio, Calco, Calolziocorte, Calusco d'Adda, Canonica D'Adda, Capriate San Gervasio, Casaletto Ceredano, Casirate d'Adda, Cassano D'Adda, Castelgerundo, Castiglione D'Adda, Cavenago D'Adda, Cervignano d'Adda, Cisano Bergamasco, Comazzo, Cornate D'Adda, Corte Palasio, Credera Rubbiano, Crotta D'Adda, Fara Gera D'Adda, Formigara, Galgagnano, Gombito, Imbersago, Lodi, Maleo, Medolago, Merlino, Montanaso Lombardo, Monte Marengo, Montodine, Mascuzzano, Olginate, Paderno D'Adda, Pizzighetone, Pontida, Ripalta Arpina, Rivolta D'Adda, Robbiate, San Martino In Strada, Spino D'Adda, Suiso, Trezzo Sull'Adda, Truccazzano, Turano Lodigiano, Villa D'Adda, Vaprio D'Adda, Vercurago, Zelo Buon Persico	ADBPO, 2004
14	Brembo (da Lenna alla confluenza in Adda)	BG	Alme, Almengo San Bartolomeo, Almengo San Salvatore, Bonate Sopra, Bonate Sotto, Brembate, Brembate Di Sopra, Camerata Comello, Canonica D'Adda, Cumo, Dalmine, Filago, Lenna, Osio Sopra, Osio Sotto, Paladina, Piazza Brembana, Ponte San Pietro, Pontirolo Nuovo, San Giovanni Bianco, San Pellegrino Terme, Sadrina, Treviolo, Ubiate Cianezzo, Val Brembilla, Valbrembo, Villa D'Alme, Zogno	ADBPO, 2004
15	Serio (da Parre alla confluenza in Adda)	BG, CR	Albino, Alzano Lombardo, Bariano, Caravaggio, Casale Cremasco - Vidolasco, Casnigo, Castel Gabbiano, Cavemago, Cene, Clusone, Cologno Al Serio, Colzate, Crema, Fara Olivana Con Sala, Fiorano Al Serio, Formovo San Giovanni, Gazzaniga, Ghisalba, Gorle, Grassobbio, Madignano, Martinengo, Montodine, Morengo, Mozzanica, Nembro, Parre,	ADBPO, 2004

Oltre a quanto sopra, è stata effettuata una ricerca bibliografica e una raccolta della documentazione tecnica di carattere generale disponibile, di seguito elencata:

- Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi bacino dell'Adda sottolacuale (Autorità di bacino del Fiume Po);
- Individuazione del Reticolo Idrico Minore ed esercizio dell'attività di Polizia Idraulica, ai sensi della D.G.R. 7868/2002 e successiva modifica con D.G.R. 13950/2003 (Studio Europeo, aprile 2004);
- Aggiornamento della Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. ai sensi della D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 (Studio Europeo, novembre 2007);
- Progetto di Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni - Art. 7 della Direttiva

2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23/02/2010: Allegato 1 - Schede descrittive delle mappe di pericolosità sul Reticolo Principale (fonti, criteri, livelli di confidenza) (Autorità di bacino del Fiume Po, 22 dicembre 2014);

- Aggiornamento della Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (ai sensi della L.R. n. 12/2005, art. 57) a seguito dell'entrata in vigore della Delibera della Giunta Regionale della Lombardia n. X/2129 dell'11 luglio 2014 (Castalia Studio Associato di Geologia dei dottori Davide Incerti e Giulio Mazzoleni, aprile 2015);
- Segnalazione delle criticità della rete fognaria nell'ambito dello studio rischio idraulico ai sensi del R.R. 7/2017 e s.m.i.: Planimetria della rete di fognatura con indicazioni delle "prime" criticità, in definizione delle risultanze del rilievo (UniAcque, febbraio 2023).

3. DELIMITAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO

3.1. Il P.G.T.

Il Comune di Bottanuco si è dotato nel tempo dei seguenti atti pianificatori:

- Indagine Geologica Preliminare alla Pianificazione Territoriale, elaborata a supporto delle Variante al Piano Regolatore Generale (Dott. Geologo Ermanno Dolci, settembre 1995 e giugno 2000);
- Variante al Piano Regolatore Generale – Integrazioni allo Studio Geologico ai sensi della L.R. 41/1997 e D.G.R. 29 ottobre 2001, n. VII/6645 (Studio Eurogeo, anno 2004 - Dott. Geologo Massimo Elitropi e Dott. Geologo Renato Caldarelli);
- Aggiornamento della Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. ai sensi della D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 (Studio Eurogeo, novembre 2007 - Dott. Geologo Massimo Elitropi e Dott. Geologo Renato Caldarelli). Il nuovo Documento di Piano - nuovo P.G.T. ex art. 13, L.R. 12/2005 è stato approvato con Delibera di C.C. n. 15 del 20/04/2009 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Avvisi e Concorsi n. 41 del 14/10/2009;
- Aggiornamento della Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (ai sensi della L.R. n. 12/2005, art. 57), elaborata a seguito dell'entrata in vigore della Delibera della Giunta Regionale della Lombardia n. X/2129 dell'11 luglio 2014 (Castalia Studio Associato di Geologia dei dottori Davide Incerti e Giulio Mazzoleni, aprile 2015). La Variante n° 1 al P.G.T. ex art. 13, comma 13, L.R. 12/2005 è stata approvata con Delibera di C.C. n. 23 del 29/07/2015 e pubblicata sul B.U.R.L. Serie Avvisi e Concorsi n. 39 del 23/09/2015.

L'Amministrazione comunale, con Delibera di Giunta Comunale n. 130 del 11 novembre 2021 con oggetto "Revisione del Piano di Governo del Territorio (PGT), ai sensi del comma 3 dell'art 5 della LR 31/2014 e s.m.i. Avvio del Procedimento ai sensi dell'art 13 c.2 della LR 12/2005 e s.m.i.", ha assunto gli indirizzi e gli obiettivi guida da tenere in considerazione per l'avvio del procedimento della revisione del P.G.T., nonché per l'avvio del relativo procedimento di VAS - Valutazione Ambientale e Strategica.

Come prescritto dalle disposizioni normative regionali lo Studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale costituisce parte integrante del Documento di Piano.

3.2. Il Piano per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po (PAI), redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po ai sensi della Legge 18 maggio 1989 n. 183, art. 17 comma 6-ter, è stato approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001; con la pubblicazione del D.P.C.M. di approvazione sulla G.U. n. 183 del 8 agosto 2001 il Piano è entrato definitivamente in vigore e dispiega integralmente i suoi effetti normativi.

In Comune di Bottanuco sono presenti le seguenti delimitazioni delle fasce fluviali del F. Adda, desunte dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI):

- limite tra la Fascia A e la Fascia B,
- limite tra la Fascia B e la Fascia C,
- limite esterno della Fascia C.

A Bottanuco il limite Fascia B di progetto non è presente.

Ai sensi dell'art. 39 comma 2 delle NdA del PAI, qualora all'interno dei centri edificati comunali ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, se necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

La direttiva "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e successivamente con D.G.R. 28 maggio n. 8/7374", approvata con D.G.R. IX/2616/2011, stabilisce che la valutazione delle condizioni di rischio nelle aree classificate come fascia A e B ricadenti all'interno dei centri edificati si intende raggiunta a condizione che sia effettuata secondo la metodologia riportata nell'Allegato 4 ai Criteri stessi "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione". Le risultanze delle valutazioni diventano efficaci al momento della conclusione dell'iter approvativo del Piano di Governo del Territorio; fino ad allora, o in assenza di tale valutazione, si applicano anche all'interno dei centri edificati le norme riguardanti le fasce A e B. Il suddetto Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/2011 fornisce indicazioni per gli studi finalizzati alla valutazione e alla zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione nonché a valutare la compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e territoriali, o più in generale delle proposte di uso del suolo, ricadenti in aree che risultino soggette a possibile esondazione.

3.3. Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

L'aggiornamento in corso della Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. riguarda il recepimento normativo e cartografico relativo al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), in ottemperanza dei seguenti riferimenti normativi.

- Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po - Del. n° 5 del 17/12/2015 "Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Fiume Po (PAI)";
- Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po - Del. n° 5 del 7/12/2016 adozione della Variante e del nuovo Titolo V delle NdA del PAI "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e PGRA";
- Giunta Regione Lombardia - Del. n° X/6738 del 19/06/2017 e s.m.i. "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di gestione dei Rischi di alluvione (PGRA)".

Dal punto di vista **NORMATIVO**, si integra il Piano delle Regole con quanto previsto dalle normative di cui sopra.

Dal punto di vista degli **ELABORATI DI PIANO**, si integra la Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. vigente con una **Carta PAI-PGRA**, che recepisce le perimetrazioni così come riportate nel PGRA generale¹, e integra in questo modo il quadro dei Dissesti del territorio.

Ai sensi della D.G.R. n° X/6738 del 19/06/2017, nel momento in cui i comuni procedono all'adeguamento dei propri strumenti urbanistici predispongono una Carta PAI-PGRA nella quale tracciano, alla scala dello strumento urbanistico e utilizzandone la medesima base topografica, tutti gli

¹ Consultabile al Geoportale cartografico di Regione Lombardia-aggiornamento perimetrazioni vigenti.

elementi che derivano dal recepimento alla scala comunale dei contenuti del PAI e del PGRA, incluse le eventuali modifiche proposte.

La nuova Carta PAI-PGRA del Comune di Bottanuco riporta le aree allagabili sui corsi d'acqua principali, classificate come RP - P3/H, RP - P2/M e RP - P1/L. La Carta PAI-PGRA, allegata fuori testo, è redatta su base cartografica aggiornata e riportata alla scala 1:5.000. Le Norme Geologiche di Piano si integrano recependo le Normative relative al P.G.R.A. (D.G.R. n° X/6738 del 19/06/2017).

Le mappe di pericolosità evidenziano le aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali secondo gli scenari di bassa probabilità (P1 - alluvioni rare con T=500 anni), di media probabilità (P2- alluvioni poco frequenti T=100-200 anni) e alta probabilità (P3 - alluvioni frequenti T=20-50 anni), distinte con tonalità di blu, la cui intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento. Le mappe identificano ambiti territoriali omogenei distinti in relazione alle caratteristiche e all'importanza del reticolo idrografico e alla tipologia e gravità dei processi di alluvioni prevalenti ad esso associati, secondo la seguente classificazione:

- Reticolo idrografico principale (RP);
- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo idrografico secondario di pianura artificiale (RSP);
- Aree costiere lacuali (ACL).

In Tavola 2 sono riportate le seguenti aree allagabili appartenenti all'ambito territoriale RP del F. Adda, desunte dal PGRA Direttiva alluvioni 2007/60/CE:

- aree P3 interessate da alluvioni frequenti (scenario H),
- aree P2 interessate da alluvioni poco frequenti (scenario M),
- aree P1 interessate da alluvioni rare (scenario L).

All'interno del territorio comunale di Bottanuco non sono presenti areali identificati dal PGRA come a Rischio Molto Elevato (R4).

Regione Lombardia, con D.G.R. X/6738 del 19/06/2017, ha approvato le "*Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla Variante adottata in data 07.12.2016 con deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po*".

Le disposizioni di cui al punto 3 dell'Allegato A alla suddetta D.G.R. costituiscono integrazione a quelle dei Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica approvati con D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011, relativamente all'attuazione della variante normativa al PAI nel settore urbanistico alla scala comunale.

L'allegato A alla D.G.R. X/6738/17, al punto 3.1.4, introduce le disposizioni concernenti l'attuazione del P.G.R.A. per i corsi d'acqua già interessati, nella pianificazione di bacino vigente, dalla delimitazione delle fasce fluviali, quale risulta il Fiume Adda. In questi corsi d'acqua, alle perimetrazioni di fascia fluviale vigenti si sono sovrapposte nuove perimetrazioni di aree allagabili, che non sostituiscono le fasce, ma ne rappresentano un aggiornamento e una integrazione.

Bottanuco

Dati di contesto



5,773 Km²
Territorio



5.176
Popolazione



2.017
Famiglie



953
Edifici



345
Imprese



7
Beni culturali

Pericolosità e indicatori di rischio

Frane	TERRITORIO	POPOLAZIONE	FAMIGLIE	EDIFICI	IMPRESE	BENI CULTURALI
Molto Elevata P4	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Elevata P3	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Media P2	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Moderata P1	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Aree Attenzione AA	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
P4 + P3	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Alluvioni*	TERRITORIO	POPOLAZIONE	FAMIGLIE	EDIFICI	IMPRESE	BENI CULTURALI
Scenario P3 Tr. 20-50 anni	0,006 (0,104 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Scenario P2 Tr. 100-200 anni	0,007 (0,121 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Scenario P1 Tr. 300-500 anni	0,16 (2,772 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)

* Scenari D.Lgs. 49/2010. I dati relativi ai tre scenari non vanno sommati; lo scenario di pericolosità P1, che rappresenta lo scenario massimo atteso ovvero la massima estensione delle aree inondabili, contiene infatti, al netto di alcune eccezioni, gli scenari P3 e P2

Pericolosità e Indicatori di Rischio (ISPRA - Istituto Superiore Protezione e Ricerca Ambientale, Piattaforma IdroGEO: <https://idrogeo.isprambiente.it>).

Livelli di confidenza

CorsoAcqua:

Livello di confidenza	Alto	Medio	Basso
Dati topografici (completezza e aggiornamento) necessari per la mappatura	<input type="text"/>	<input checked="" type="text" value="x"/>	<input type="text"/>
Dati idrologici e idraulici (completezza e aggiornamento) necessari per la mappatura	<input type="text"/>	<input checked="" type="text" value="x"/>	<input type="text"/>
Qualità del processo di rielaborazione e aggiornamento effettuato	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="text" value="x"/>

Note sul livello di confidenza

Il livello di confidenza associabile alla delimitazione delle aree inondabili si può ritenere adeguato rispetto alle finalità delle mappe e alla prima fase di gestione prevista dalla Direttiva 2007/60/CE.

Tale livello di confidenza potrà essere migliorato, nei successivi cicli di aggiornamento del piano, mediante la predisposizione della mappa di soggiacenza ed il conseguente aggiornamento della delimitazione delle aree allagabili. Localmente potranno essere efficacemente condotte analisi idrauliche di maggior dettaglio e verifiche locali (sopralluoghi, segnalazioni, ecc.).

Per lo scenario di piena rara è inoltre necessario considerare l'incertezza connessa alla stima dei livelli di piena e a possibili fenomeni estremi connessi allo scenario in questione (rotture dei rilevati arginali e stradali che contengono il livello, parzializzazione o ostruzione delle luci dei ponti, mancato funzionamento di paratoie, ecc.). Al fine di migliorare il livello di confidenza per tale scenario di piena occorrono pertanto specifici approfondimenti di asta fluviale o di area vasta.

Comuni interessati dalle aree inondabili

Scenari di piena H-M

Calolziocorte - Olginate - Brivio - Monte Marenzo - Cisano Bergamasco - Airuno - Pontida - Calco - Villa d'Adda - Imbersago - Calusco d'Adda - Robbiate - Paderno d'Adda - Medolago - Cornate d'Adda - Suisio - **Bottanuco** - Trezzo sull'Adda - Capriate San Gervasio - Brembate - Canonica d'Adda - Vaprio d'Adda - Fara Gera d'Adda - Cassano d'Adda - Casirate d'Adda - Truccazzano - Rivolta d'Adda - Comazzo - Merlino - Zelo Buon Persico - Spino d'Adda - Boffalora d'Adda - Galgagnano - Lodi - Montanaso Lombardo - Corte Palasio - Abbazia Cerreto - Casaletto Ceredano - Credera Rubbiano - Ripalta Arpina - Moscazzano - Cavenago d'Adda - Motodine - San Martino in Strada - Turano Lodigiano - Gombito - Beertonico - Formigara - Castiglione d'Adda - Camairago - Pizzighettone - Cavacurta - Maleo - Crotta d'Adda - Cornovecchio - Maccastrona - Meleti - Castelnuovo Bocca d'Adda - Vercurago

Scenario di piena L

Calolziocorte - Olginate - Brivio - Monte Marenzo - Cisano Bergamasco - Airuno - Pontida - Calco - Villa d'Adda - Imbersago - Calusco d'Adda - Robbiate - Paderno d'Adda - Medolago - Cornate d'Adda - Suisio - **Bottanuco** - Trezzo sull'Adda - Capriate San Gervasio - Brembate - Canonica d'Adda - Vaprio d'Adda - Fara Gera d'Adda - Cassano d'Adda - Casirate d'Adda - Truccazzano - Rivolta d'Adda - Comazzo - Merlino - Zelo Buon Persico - Spino d'Adda - Boffalora d'Adda - Galgagnano - Lodi - Montanaso Lombardo - Corte Palasio - Abbazia Cerreto - Casaletto Ceredano - Credera Rubbiano - Ripalta Arpina - Moscazzano - Cavenago d'Adda - Motodine - San Martino in Strada - Turano Lodigiano - Gombito - Beertonico - Formigara - Castiglione d'Adda - Camairago - Pizzighettone - Cavacurta - maleo - Crotta d'Adda - Comovecchio - Maccastrona - Meleti - Castelnuovo Bocca d'Adda - Vercurago - Cervignano d'Adda -

Progetto di Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni - Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. n. 49 del 23/02/2010: Allegato 1 - Schede descrittive delle mappe di pericolosità sul Reticolo Principale (fonti, criteri, livelli di confidenza) (Autorità di bacino del Fiume Po, 22 dicembre 2014).

4. CRITICITA` RILEVATE

Negli ultimi anni le reti di drenaggio urbano hanno mostrato crescenti problemi di sovraccarico conseguenti al verificarsi sempre più frequentemente di eventi meteorici intensi, ma anche in corrispondenza di eventi considerati ordinari. Situazioni di questo tipo si presentano in diverse aree del mondo, e in particolare in quelle di più antico insediamento dove una larga parte della rete è stata progettata e realizzata secondo criteri ed esigenze differenti da quelli richiesti dalle successive evoluzioni dell'uso del suolo ed in particolare dello sviluppo urbanistico.

Le cause principali dell'incremento così rilevante delle portate e dei volumi di deflusso in ambito urbano possono ricercarsi in due fattori principali:

- l'aumento dell'intensità di precipitazione durante i giorni piovosi dell'anno principalmente dovuto ai fenomeni del cambiamento climatico in atto;
- l'aumento considerevole dell'impermeabilizzazione del suolo dovuto all'urbanizzazione e alle infrastrutture.

Per quanto riguarda il cambiamento climatico, nel tempo vi è stato un marcato aumento dell'intensità di precipitazione a fronte di una sensibile diminuzione della precipitazione totale e del numero di giorni piovosi durante l'anno. Questo trend è particolarmente significativo soprattutto nelle regioni del nord Italia, ma in linea generale vale per tutto il territorio nazionale.

Per quanto riguarda l'impermeabilizzazione, negli ultimi 20 anni, l'estensione delle aree urbanizzate a livello europeo è aumentata in media del 20%, mentre in Italia la situazione è molto diversificata da regione a regione. È particolarmente emblematico il caso della Lombardia in cui tra il 1954 e il 2015 vi è stato un aumento di oltre il 200% delle superfici urbanizzate.

Anche l'ambito territoriale di Bottanuco non si è sottratto al trend di estensione delle aree urbanizzate lombarde, ben evidenziato dal raffronto tra le due cartografie riportate nel seguito, che restituiscono una situazione di espansione generalizzata dell'edificato e dell'impermeabilizzazione.



Immagine mosaicata delle foto Aeree Volo GAI (Gruppo Aereo Italiano), 1954-55.



Ortofoto recente.

4.1. Analisi storica

Il Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche (SICI), ideato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalla Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), gestito dall'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI) del CNR, fornisce dati e informazioni sul dissesto idrogeologico, in particolare sugli eventi storicamente registrati avvenuti in Italia.

Le informazioni provengono da archivi diversi, alcuni prodotti e gestiti direttamente dal CNR-GNDCI e dal CNR-IRPI, altri messi a disposizione da altri Enti di ricerca e da Enti locali. Il Progetto AVI - Catalogo delle informazioni sugli Eventi di Piena sul territorio italiano individua nella Provincia di Bergamo 359 eventi di piena storicamente registrati in 246 località; in Comune di Bottanuco il citato Progetto AVI non registra eventi di piena storici.

4.2. Criticità segnalate dal Gestore

In Comune di Bottanuco sono state segnalate da UniAcque le seguenti criticità nell'ambito delle reti fognarie.

codice	posizione	via	criticità segnalate nell'incontro col Comune
C1	zona nord	via Pellico	In corrispondenza della "recente" lottizzazione di via Pellico, il canale di gronda è intubato e non raccoglie le acque di ruscellamento dei terreni. Nelle condizioni di eventi meteorologici persistenti ed in condizione di terreni saturi possono quindi verificarsi riversamenti delle acque sul sedime stradale e sul parcheggio posto a nord di via Pellico, sovraccaricando quindi il sistema di caditoie stradali e le reti fognarie (bianche e miste).
C2	zona nord	via Camillo Benso Conte di Cavour incrocio via Donizetti	Le acque di ruscellamento dei terreni a nord di via Cavour, raccolte dal griglione (ubicato all'inizio della strada sterrata) e dal canale di gronda scoperto (lato nord della strada), vengono scaricate nella rete fognaria di via Donizetti. Le stesse acque possono generare sovrappressioni nella rete fognaria di valle, lasciare importanti quantità di sedimenti all'interno delle condotte e soprattutto durante eventi meteorologici di lunga durata e bassa intensità, contribuiscono ad sovraccaricare l'impianto di sollevamento di via alle cave, e tutto il sistema di collettamento e depurazione posto a valle.
C3	zona est	via Ginevra	Presenza di sifone di attraversamento sulla rete fognaria
C4	zona sud-est	via San Michele	Privati che scaricano impropriamente le acque meteoriche sulla sede stradale. Afflusso di acque meteoriche di ruscellamento dei terreni posti ad est
C5	zona sud	via Roveri	Impossibilità ad accedere allo sfioratore SF4 in quanto la proprietà privata ha realizzato la fondazione del muro di sostegno sopra la cameretta.
C6	zona sud	via Ghandi	Difficoltà ad accedere alla manutenzione dello sfioratore SF5a ubicato all'interno della proprietà privata - area feste dell'oratorio.
C7	zona nord-est	via Aldo Moro incrocio via Vienna	E' in corso la realizzazione di una vasca volano e di un sistema di pozzi disperdenti in corrispondenza del tracciato del collettore sovracomunale. L'impianto è a servizio della nuova viabilità della zona produttiva e permette di raccogliere anche le acque di ruscellamento dei terreni. L'opera può seriamente compromettere il corretto funzionamento del collettore sovracomunale e, nel tempo, la stabilità dello stesso. E' necessario l'intervento del Comune al fine di preservare la funzionalità del sistema di collettamento dell'isola bergamasca.
tracciato indicato in legenda	varie	via Cavour, via Donizetti, via Papa Giovanni XXIII, via XXV Aprile, via Colleoni, via Arsuffi	Si segnala la presenza del cavo di fibra ottica posato all'interno della rete di fognatura. Questo può causare l'accumulo di materiale attorno al cavo dando origine ad ostruzioni nella tubazione, che quindi possono sovrappressioni e rigurgiti fognari imprevedibili. La presenza del cavo rende molto complicato l'intervento di manutenzione delle tubazioni fognarie.

Di seguito gli scarichi fognari autorizzati o in fase di autorizzazione.

ID_ SCARICO	POSIZIONE SCARICO	ORIGINE SCARICO	CORPO IDRICO RICETTORE
S1	Loc. Cerro zona "cappelletta"	SFIORATORE DI PIENA SF1 e SCARICO DI EMERGENZA/TROPPO PIENO STAZIONE DI SOLLEVAMENTO	roggia Vallone
S2	Loc. Cerro zona "cappelletta"	SFIORATORE DI PIENA SF2 e TERMINALE ACQUE BIANCHE	roggia Vallone
S3	via Roveri (loc. Cerro)	SFIORATORE DI PIENA SF3	roggia Vallone
S4	via Roveri (loc. Cerro)	SFIORATORE DI PIENA SF4	roggia Vallone
S5	vicolo Gandhi	SFIORATORE DI PIENA SF5a	roggia Vallone
	vicolo Gandhi incrocio via D. Alighieri	SFIORATORE DI PIENA SF5b	
S6	Via Adda/Viti	SFIORATORE DI PIENA SF6 e TERMINALE DEPURATO IN IMHOFF	Valletta affluente al Fiume Adda
S7	vicolo Vienna	SFIORATORE DI PIENA SF7b E SF7c	roggia Vallone
	vicolo Vienna e via Europa	TERMINALE ACQUE BIANCHE	
	via Europa	SFIORATORE DI PIENA SF7a	

5. MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA

In passato gli interventi di contenimento delle portate meteoriche sono avvenuti quasi esclusivamente nell'ambito di infrastrutture pubbliche gestite dai comuni o dai gestori del Servizio Idrico Integrato. Il recepimento del Regolamento Regionale per l'invarianza idraulica e idrologica nel Regolamento Edilizio comunale consentirà di limitare gli afflussi meteorici all'origine e all'interno degli stessi insediamenti, di applicare i criteri di invarianza già in fase progettuale e di definire le misure di compensazione atte a contenere i maggiori volumi delle meteoriche e le infrastrutture necessarie.

Una volta ultimati i lavori relativi alle opere di invarianza, la Direzione Lavori deve procedere alla compilazione e alla trasmissione a Regione Lombardia del "Modulo per il monitoraggio dell'efficacia delle disposizioni sull'invarianza idraulica e idrologica", mediante utilizzo dell'applicativo INVID.

I contenuti del Progetto di invarianza idraulica e idrologica devono essere i seguenti:

- Relazione Tecnica;
- Documentazione progettuale;
- Piano di manutenzione ordinaria e straordinaria;
- Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento.

La relazione d'invarianza idraulica e idrologica che i progettisti devono consegnare deve essere articolata nei seguenti punti:

- calcolo del volume di laminazione per il rispetto dei limiti di portata meteorica massima scaricabile nei ricettori;
- proposte di soluzione per la gestione delle acque meteoriche nel rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica;
- progetto di tutte le componenti del sistema di drenaggio e dello scarico terminale, qualora necessario, completo di planimetrie, profili, sezioni e particolari costruttivi;
- piano di manutenzione ordinaria e straordinaria;
- asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento.

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

Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica.

Gli interventi che richiedono le misure di invarianza idraulica e idrologica nell'ambito degli interventi edilizi di cui al D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia), ai sensi dell'art. 58-bis della L.R. 12/2005 e dell'art. 3 del R.R. 8/2019, sono i seguenti:

- interventi di ristrutturazione edilizia, come definiti dall'art. 3, comma 1, lett. d) del D.P.R. 380/2001, solo se consistono nella demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento della superficie coperta dell'edificio demolito; ai fini del regolamento, non si considerano come aumento di superficie coperta gli aumenti di superficie derivanti da interventi di efficientamento energetico che rientrano nei requisiti dimensionali previsti al primo periodo dell'art. 14, comma 6, del D.Lgs. 4 luglio 2014, n. 102 (Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE);
- interventi di nuova costruzione, così come definiti dall'art. 3, comma 1, lett. e), del D.P.R. 380/2001, compresi gli ampliamenti; sono escluse le sopraelevazioni che non aumentano la superficie coperta dell'edificio;
- interventi di ristrutturazione urbanistica, così come definiti dall'art. 3, comma 1, lett. f), del D.P.R. 380/2001;
- interventi relativi a opere di pavimentazione e di finitura di spazi esterni, anche per le aree di sosta, di cui all'art. 6, comma 1, lett. e-ter), del D.P.R. 380/2001, con una delle caratteristiche che seguono:
 - di estensione maggiore di 150 mq;
 - di estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a), b) o c);
- interventi pertinenziali che comportino la realizzazione di un volume inferiore al 20 per cento del volume dell'edificio principale, con una delle caratteristiche che seguono:
 - di estensione maggiore di 150 mq;
 - di estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a), b) o c).

Sono inoltre soggetti all'applicazione del regolamento gli interventi relativi alla realizzazione:

- di parcheggi, aree di sosta e piazze, con una delle caratteristiche che seguono:
 - estensione maggiore di 150 mq;
 - estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a), b) o c) dell'elenco precedente;
- di aree verdi sovrapposte a nuove solette comunque costituite, qualora facenti parte di un intervento di cui all'elenco precedente o alla lettera a).

Nell'ambito degli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali, loro pertinenze e parcheggi, assoggettati ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica, sono esclusi dall'applicazione del regolamento:

- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria della rete ciclopedonale, stradale e autostradale;
- gli interventi di ammodernamento, definito ai sensi dell'art. 2 del R.R. n. 7 del 24 aprile 2006 (Norme tecniche per la costruzione delle strade), ad eccezione della realizzazione di nuove rotonde di diametro esterno superiore ai 50 metri su strade diverse da quelle di tipo «E – strada urbana di

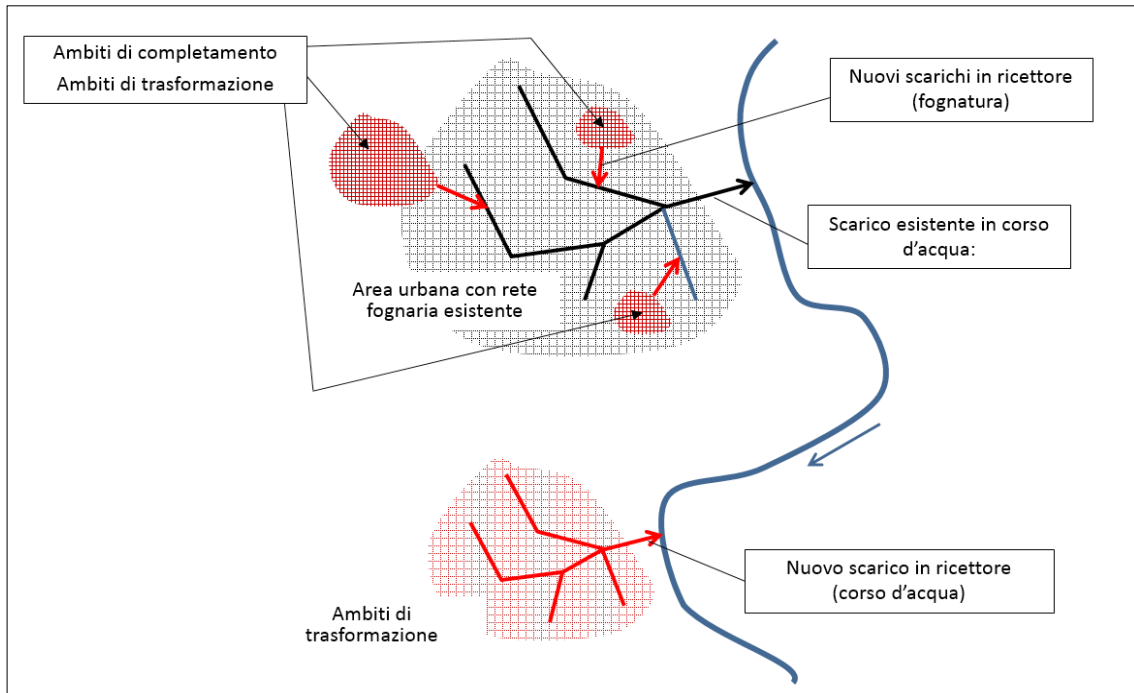
quartiere», «F – strada locale» e «F-bis – itinerario ciclopedonale», così classificate ai sensi dell'art. 2 del D.Lgs. n. 285 del 30 aprile 1992 (Nuovo codice della strada);

- gli interventi di potenziamento stradale, così come definito ai sensi dell'art. 2 del R.R. 7/2006, per strade di tipo «E – strada urbana di quartiere», «F – strada locale» e «F-bis – itinerario ciclopedonale», così classificate ai sensi dell'art. 2 del D.Lgs. 285/1992;
- la realizzazione di nuove strade di tipo «F-bis – itinerario ciclopedonale», così classificate ai sensi dell'art. 2 del D.Lgs. 285/1992.

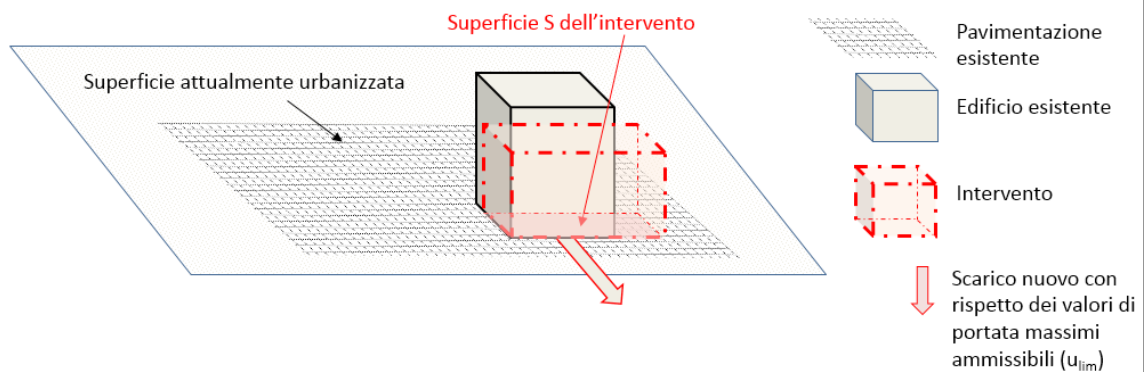
Non sono soggetti all'applicazione del regolamento:

- gli interventi di cui all'art. 3, comma 1, lett. a), b) e c), del D.P.R. 380/2001:
 - "interventi di manutenzione ordinaria" - gli interventi edilizi che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti;
 - "interventi di manutenzione straordinaria" - le opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino la volumetria complessiva degli edifici e non comportino modifiche delle destinazioni di uso. Nell'ambito degli interventi di manutenzione straordinaria sono ricompresi anche quelli consistenti nel frazionamento o accorpamento delle unità immobiliari con esecuzione di opere anche se comportanti la variazione delle superfici delle singole unità immobiliari nonché del carico urbanistico purché non sia modificata la volumetria complessiva degli edifici e si mantenga l'originaria destinazione d'uso;
 - "interventi di restauro e di risanamento conservativo" - gli interventi edilizi rivolti a conservare l'organismo edilizio e ad assicurarne la funzionalità mediante un insieme sistematico di opere che, nel rispetto degli elementi tipologici, formali e strutturali dell'organismo stesso, ne consentano anche il mutamento delle destinazioni d'uso purché con tali elementi compatibili, nonché conformi a quelle previste dallo strumento urbanistico generale e dai relativi piani attuativi. Tali interventi comprendono il consolidamento, il ripristino e il rinnovo degli elementi costitutivi dell'edificio, l'inserimento degli elementi accessori e degli impianti richiesti dalle esigenze dell'uso, l'eliminazione degli elementi estranei all'organismo edilizio;
- gli interventi di demolizione e ricostruzione e gli interventi di ripristino di edifici crollati o demoliti di immobili sottoposti a vincoli ai sensi del D.Lgs. n. 42/2004, solo se tali interventi non aumentano la superficie coperta dell'edificio crollato o demolito;
- gli interventi relativi alla realizzazione di aree verdi di qualsiasi estensione, se non sovrapposte a nuove solette comunque costituite e se prive di sistemi di raccolta e convogliamento delle acque;
- le strutture di contenimento di acqua o altri liquidi realizzati a cielo libero, quali piscine, bacini, vasche di raccolta reflui, specchi d'acqua, fontane, ad esclusione delle opere realizzate ai fini del regolamento.

Di seguito vengono proposti degli schemi esemplificativi di interventi cui applicare o meno le misure di invarianza idraulica e idrologica.

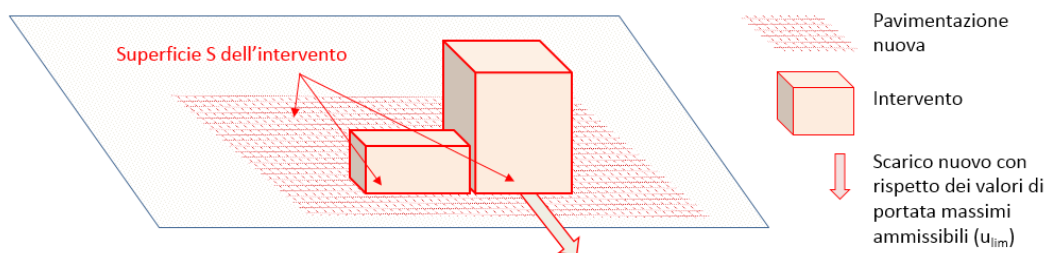


1. Interventi di **ristrutturazione edilizia** [articolo 3, comma 1, lettera d) del d.p.r. 380/2001], solo se consistono nella demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento della superficie coperta dell'edificio demolito



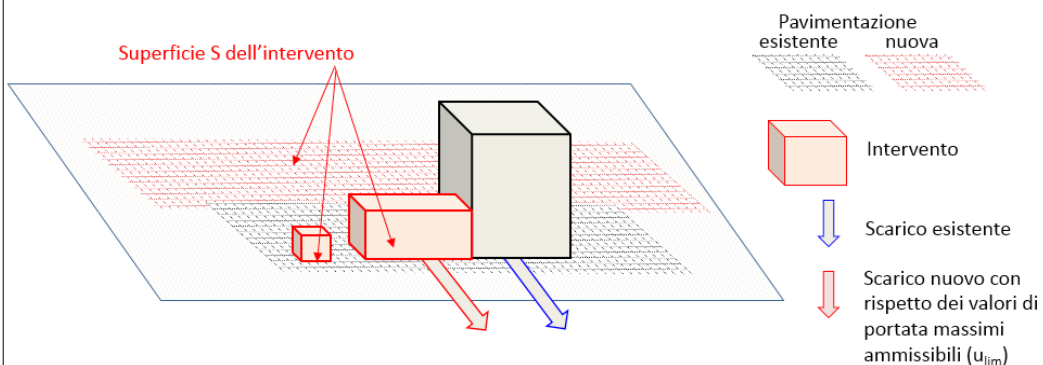
1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La nuova portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

2. Interventi di **nuova costruzione** [articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001]



1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

3. - Interventi di **nuova costruzione** consistenti in **ampliamenti** [articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001]
- **Pavimentazioni, finitura di spazi esterni** [articolo 6, comma 1, lettera e-ter), del d.p.r. 380/2001]
 - **Parcheggi, aree di sosta, piazze**
 - **Aree verdi sovrapposte a nuove solette comunque costituite**
 - Interventi **pertinenziali** che comportino la realizzazione di un volume inferiore al 20% del volume dell'edificio principale



1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La portata del nuovo scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

4. Interventi di nuova costruzione [articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001] consistenti in *sopraelevazioni che aumentano la superficie coperta dell'edificio*

1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)

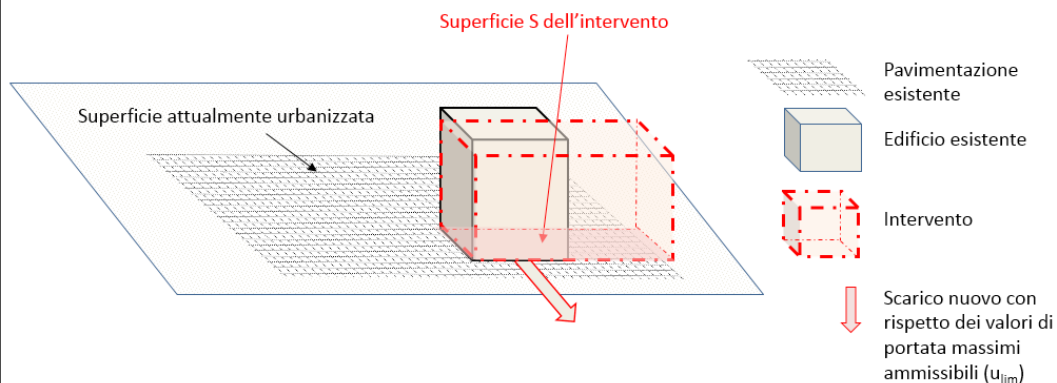
2. La portata del nuovo scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

5. Interventi di nuova costruzione [articolo 3, comma 1, lettera e) del d.p.r. 380/2001] derivanti da una demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento di volume

1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)

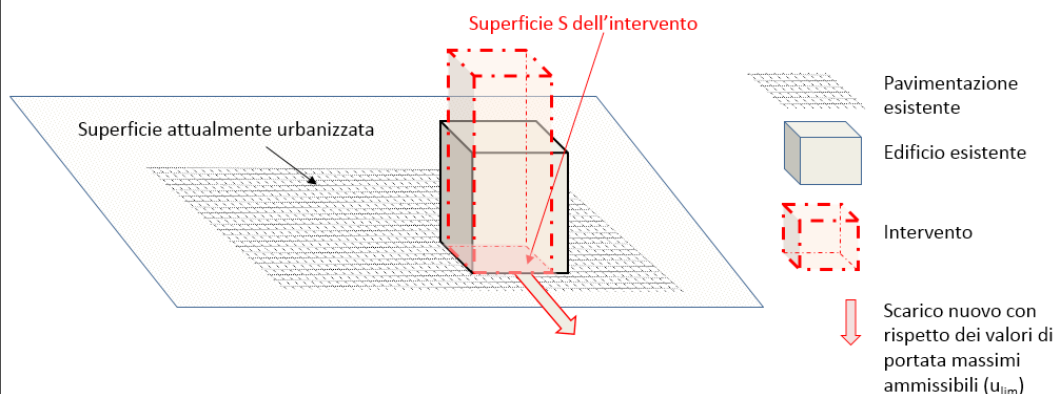
2. La nuova portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

6. Interventi di nuova costruzione [articolo 3, comma 1, lettera e) del d.p.r. 380/2001] derivanti da una demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento di volume



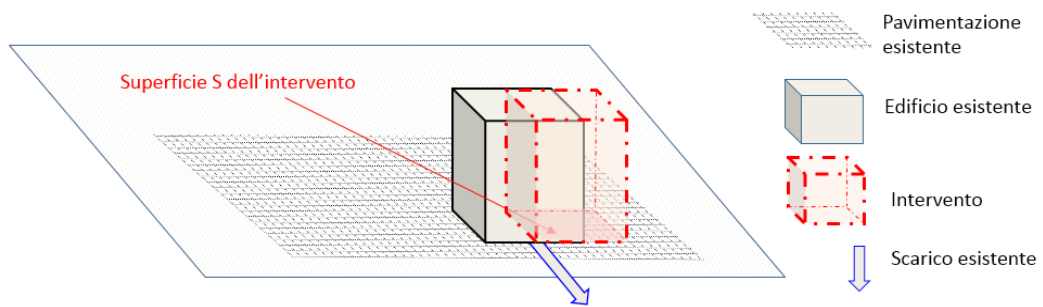
1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La nuova portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

7. Interventi di nuova costruzione [articolo 3, comma 1, lettera e) del d.p.r. 380/2001] derivanti da una demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento di volume



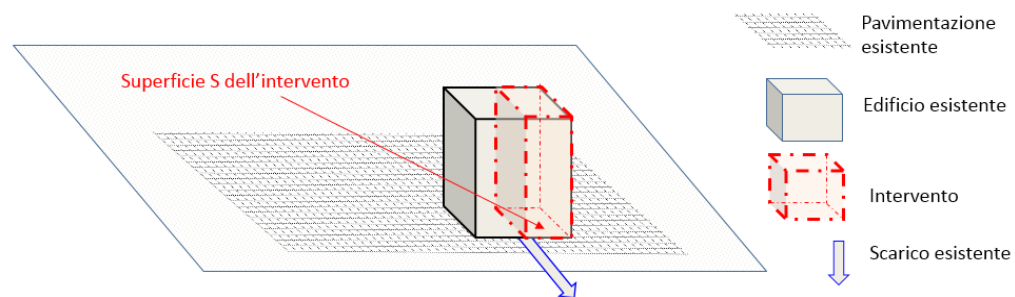
1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La nuova portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

8. Interventi di *nuova costruzione* [articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001], se consistenti nella *demolizione parziale e ricostruzione con aumento di volume*



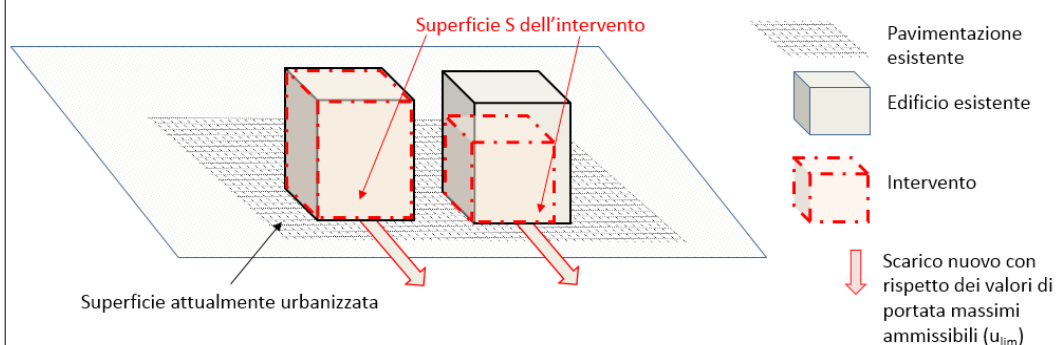
1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La nuova portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

9. Interventi di *ristrutturazione edilizia* [articolo 3, comma 1, lettera d) del d.p.r. 380/2001], se consistenti nella *demolizione parziale e ricostruzione senza aumento del volume*



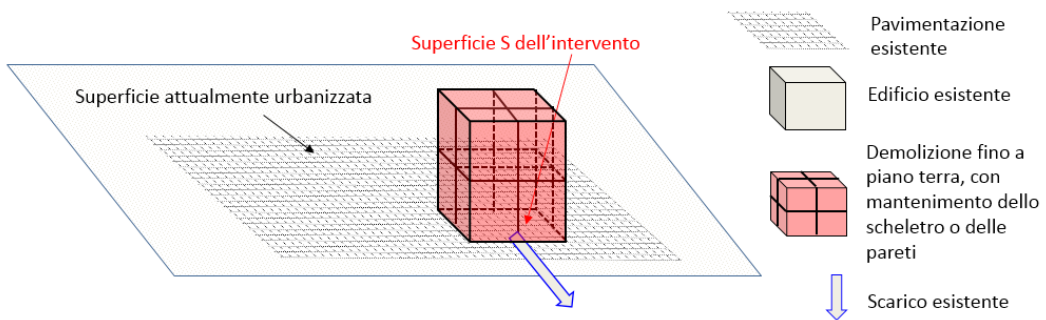
Non sono richieste, ma sono auspicabili, misure di invarianza idraulica o idrologica

10. Interventi di *ristrutturazione edilizia* [articolo 3, comma 1, lettera d) del d.p.r. 380/2001], che consistono nella *demolizione totale e ricostruzione senza aumento di volume e senza aumento della superficie coperta dell'edificio demolito*



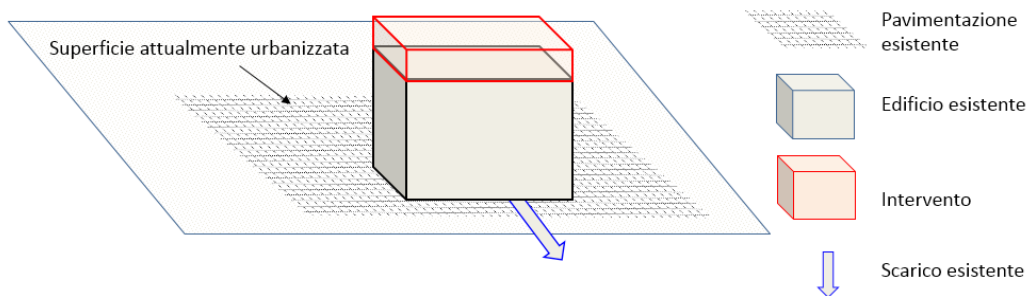
Non sono richieste, ma sono auspicabili, misure di invarianza idraulica o idrologica

11. Interventi di *ristrutturazione edilizia* [articolo 3, comma 1, lettera d) del d.p.r. 380/2001], se consistenti nella demolizione con mantenimento dello scheletro o delle pareti e ricostruzione



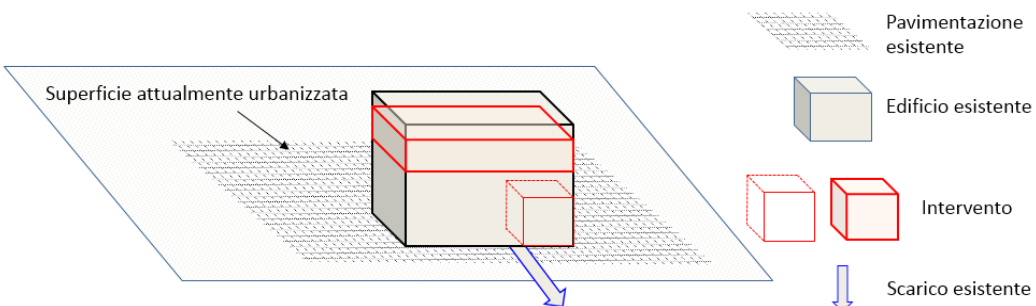
Non sono richieste, ma sono auspicabili, misure di invarianza idraulica o idrologica

12. Interventi di *nuova costruzione* [articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001] consistenti in *sopraelevazioni* che **non alterano la superficie coperta dell'edificio**



Non sono richieste, ma sono auspicabili, misure di invarianza idraulica o idrologica

13. Interventi di *manutenzione ordinaria, straordinaria e risanamento conservativo* [art. 3, comma 1, lettere a), b) e c) del d.p.r. 380/2001]



Non sono richieste, ma sono auspicabili, misure di invarianza idraulica o idrologica

5.1. Analisi delle caratteristiche del territorio di Bottanuco in funzione dell'applicazione dei principi di invarianza

Il territorio comunale di Bottanuco occupa il settore sud-orientale di quella porzione della Provincia di Bergamo denominata "Isola Bergamasca", così definita in quanto compresa da elementi morfologici ben definiti: il Fiume Brembo ad est, il Fiume Adda ad ovest, che funge anche da confine con la Provincia di Monza e Brianza (Cornate D'Adda) e con la Città metropolitana di Milano (Trezzo sull'Adda), e le ultime propaggini delle Prealpi (Monte Canto) a nord. La zona dell'Isola Bergamasca si estende su una superficie prevalentemente pianeggiante di origine alluvionale, anche se a nord sono presenti alcune piccole formazioni collinari. I Comuni che appartengono all'Isola Bergamasca sono 21: Ambivere, Filago Sopra, Filago, Bottanuco, Brembate di Sopra, Brembate, Calusco d'Adda, Filago, Carvico, Chignolo d'Isola, Filago, Madone, Mapello, Medolago, Ponte San Pietro, Presezzo, Solza, Sotto il Monte, Suisio, Terno d'Isola e Villa d'Adda, per un totale di oltre 102 chilometri quadrati ed una popolazione che supera i 90 mila abitanti (censimento 2001), con un'alta densità abitativa, pari a circa 900 abitanti per chilometro quadrato.

Bottanuco è facilmente raggiungibile percorrendo l'autostrada A4 Torino-Trieste (casello di Capriate San Gervasio). La stazione ferroviaria più vicina è la Verdello-Dalmine, posta a una decina di chilometri di distanza. L'aeroporto più vicino è l'"Aeroporto internazionale di Orio al Serio", posto a circa 20 Km di distanza.

Bottanuco presenta un territorio pianeggiante, con variazioni altimetriche lievi, e ha una superficie di 5,77 Km². Confina a sud con Capriate San Gervasio e Trezzo sull'Adda, a nord con Chignolo d'Isola e Suisio, a ovest con Cornate d'Adda e a est con Filago e Madone.

Il sistema insediativo di Bottanuco presenta un assetto caratterizzato dalla viabilità di livello provinciale lungo la quale si sviluppano i tessuti prevalentemente residenziali e produttivi. I nuclei storici principali di Bottanuco e Cerro sono sorti sul margine del territorio comunale, a ridosso dell'orlo del terrazzo morfologico principale della Valle dell'Adda. I tessuti residenziali si sono sviluppati inizialmente a ridosso dei nuclei storici lungo la direttrice di connessione dei due centri e successivamente attraverso un'addizione insediativa verso est. I tessuti produttivi sono sorti principalmente lungo l'asse stradale provinciale consolidandosi poi lungo lo stesso asse verso est.

Il sistema paesistico-ambientale del territorio di Bottanuco, sviluppato all'interno del contesto dell'Isola bergamasca tra Adda e Brembo è caratterizzato da elementi identitari forti quali la presenza della valle dell'Adda, con i suoi tratti paesaggisti dominanti a stretto contatto percettivo dall'abitato storico, una morfologia territoriale articolata che alla valle fluviale integra un ambito agricolo e pianeggiante e rilievi che segnano la presenza, caratterizzante per l'intera Isola, del Bedesco e infine un reticolo idrografico minore, sviluppato a ridosso del rilievo del Bedesco, che presenta un importante equipaggiamento vegetale e che caratterizza il quadro paesistico-ambientale verso est.

Una parte del territorio di Bottanuco ricade all'interno del Parco Regionale dell'Adda Nord.



LEGENDA

Limiti e perimetri

 Confine comunale Bottanuco

 Altri confini comunali



Inquadramento territoriale su base ortofoto Aea 2018 - Regione Lombardia.

5.1.1. Inquadramento meteoclimatico

Dopo l'ultima glaciazione würmiana, intorno a 10.000 anni dal presente, gran parte della Provincia di Bergamo era coperta dai ghiacciai dell'Adda (Abduano) e dell'Oglio (Camuno). Questi ghiacciai hanno deposto articolati depositi morenici ubicati immediatamente a nord di Milano e di Brescia. In concomitanza con questa fase glaciale il clima era caratterizzato da temperature medie più basse rispetto a quelle attuali, da precipitazioni più elevate ed alvei fluviali più estesi.

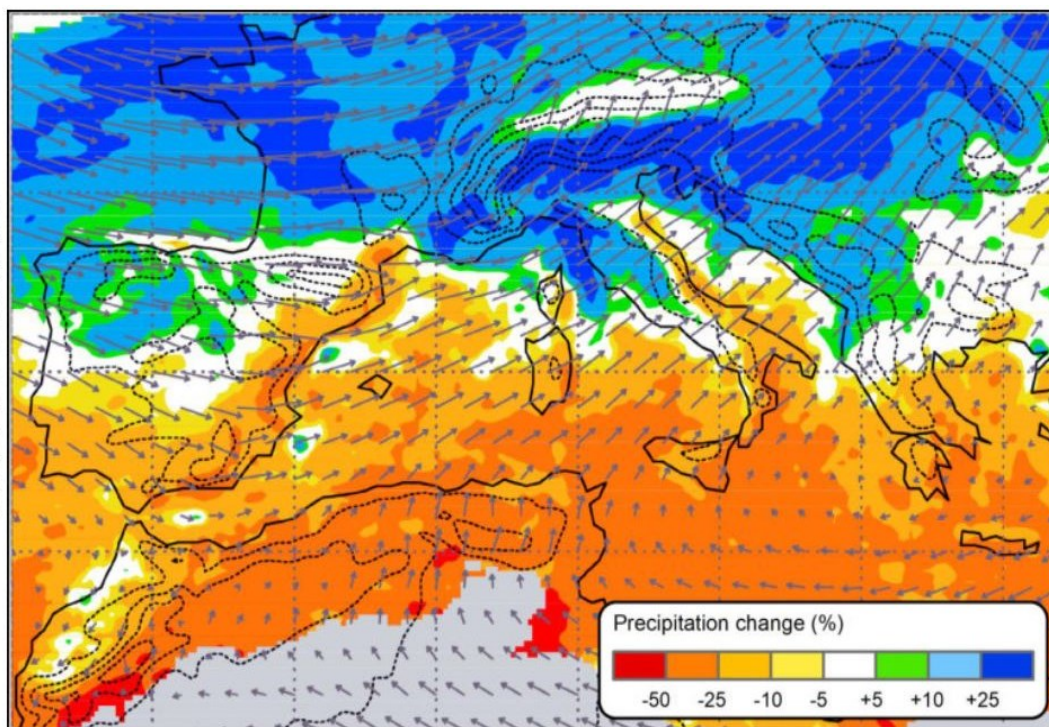
Gli ultimi 10.000 anni sono stati caratterizzati dalla deglaciazione, che ha raggiunto valori anche più elevati di quella attuale. Questo intervallo non è stato costante ma è stato caratterizzato da alcune pulsazioni positive. Il miglioramento climatico successivo portò durante l'optimum climatico a un'estensione minore dell'attuale. Una ripresa dell'attività glaciale si manifestò intorno a 3000 anni dal presente ma i ghiacciai rimasero comunque confinati alla testata delle valli alpine.

La fase successiva di riscaldamento culminò all'inizio del Medio Evo (periodo Caldo Medioevale) e fu seguita dalla Piccola Età Glaciale iniziata nel XIII secolo e culminata nei primi decenni o alla metà del XIX secolo a seconda delle località. In questa fase i ghiacciai alpini raggiunsero la loro massima estensione dell'epoca storica.

A partire dalla metà del secolo scorso i ghiacciai si sono sempre ritirati salvo alcune deboli pulsazioni positive intorno al 1890, 1920 e 1970-80. Anche l'ultima debole pulsazione si è ormai esaurita probabilmente in relazione ad un generalizzato miglioramento climatico.

I cambiamenti climatici in atto negli ultimi anni stanno portando a una variazione del regime delle precipitazioni, con un minor numero di giorni piovosi e un maggior numero di eventi di precipitazioni intense, che potrebbero agire aumentando la frequenza e intensità degli eventi idrogeologici pericolosi.

Cambiamento (in %) della distribuzione della precipitazione media previsto per il 2071-2100 nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio, secondo lo scenario A2 descritto dal modello RegCM3 (immagine modificata da Gao et al. 2006)



In concomitanza di eventi meteorologici estremi può avvenire una crisi idraulica nel centro abitato, con allagamenti e danni negli scantinati e nelle zone più depresse o prive di scolo dei piani terra e forte ostacolo alla viabilità in genere. I forti temporali possono inoltre comportare rischi elevati nei luoghi all'aperto ad elevata concentrazione di persone e beni come sagre paesane, manifestazioni culturali e musicali, mercatini ecc. I rischi possono essere amplificati dalla vicinanza a corsi d'acqua, alberi, impianti elettrici, impalcature, palchi per manifestazioni.

I temporali forti sono definiti come temporali a volte di lunga durata (fino a qualche ora) caratterizzati da intensi rovesci di pioggia o neve, ovvero intensità orarie comprese tra 40 e 80 mm/h (in casi rari anche superiori agli 80 mm/h), spesso grandine (occasionalmente di diametro superiore ai 2 cm), intense raffiche di vento, occasionalmente trombe d'aria, elevata densità di fulmini.

Altro aspetto da non trascurare è l'incremento delle portate meteoriche scaricate nei corsi d'acqua dalle aree fortemente urbanizzate, a causa dell'impermeabilizzazione del suolo, che ha portato, negli ultimi decenni, ad esaltare i fenomeni di piena di fiumi e torrenti che, in caso di inadeguatezza delle capacità di deflusso, provocano esondazioni diffuse e danni ingenti anche con precipitazioni di non rilevante intensità.

Per ridurre le criticità, e comunque non peggiorare la situazione, è quindi necessario adottare una nuova politica di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano, tale da garantire che le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione (principio di invarianza idraulica).

Il modello di previsione delle precipitazioni di forte intensità e breve durata di ARPA Lombardia, per il territorio di Bottanuco riporta i seguenti valori:

- precipitazioni di durata 1 ora con tempo di ritorno 5 anni = 39 mm;
- precipitazioni di durata 1 ora con tempo di ritorno 100 anni = 68 mm;
- precipitazioni di durata 24 ore con tempo di ritorno 5 anni = 100 mm;
- precipitazioni di durata 24 ore con tempo di ritorno 100 anni = 176 mm;
- precipitazioni medie annue = 1106 mm/anno;
- precipitazioni minime annue = 808 mm/anno;
- precipitazioni massime annue = 1890 mm/anno.

Il clima può essere definito temperato continentale, caratterizzato da un'ampia escursione termica annuale con temperature basse in inverno (0-5°C) e alte in estate (25-30°C). La piovosità è principalmente nei mesi primaverili e autunnali, ma nelle estati calde e umide sono frequenti i temporali.

La presenza della barriera alpina influenza in modo determinante l'evoluzione delle perturbazioni di origine atlantica, determinando la prevalenza di situazioni di occlusione e un generale disaccoppiamento tra le circolazioni nei bassissimi strati e quelle degli strati superiori. Gli aspetti climatici sono importanti perché influenzano in modo determinante le capacità dispersive dell'atmosfera, e quindi le condizioni di accumulo degli inquinanti, soprattutto in periodo invernale, ma anche la presenza di fenomeni fotochimici nel periodo estivo.

5.1.2. Uso del suolo

La base di riferimento per il reperimento di dati relativi all'uso del suolo è costituita dalla banca dati nota come DUSAF, prodotta dalla Regione Lombardia e realizzata dall'Ente Regionale per i Servizi dell'Agricoltura e delle Foreste (ERSAF). Attualmente risulta disponibile il settimo aggiornamento (DUSAF 7.0), riferito all'anno 2021, mentre i precedenti sono relativi agli anni 2007 (DUSAF 2.1), 2009 (DUSAF 3.0), 2012 (DUASF 4.0), 2015 (DUSAF 5.0) e 2018 (DUSAF 6.0).

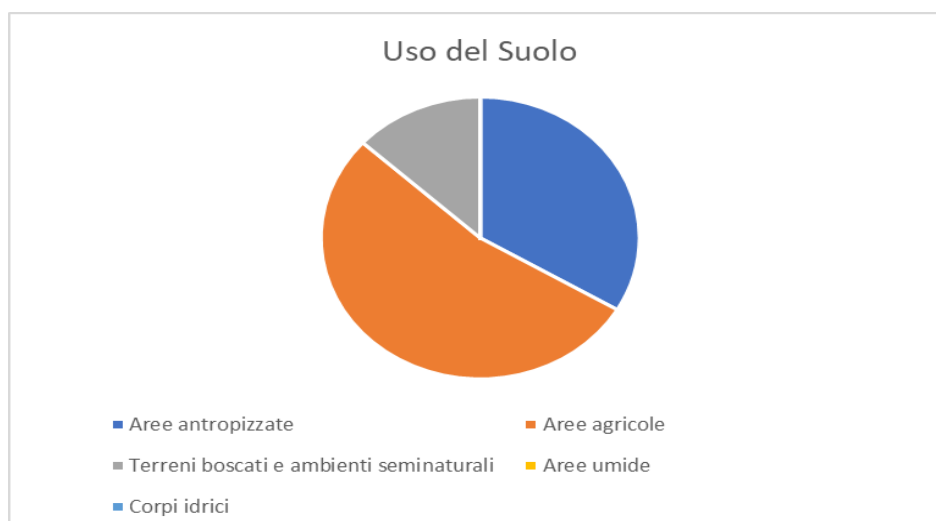
Il sistema DUSAF adotta una classificazione degli usi del suolo articolata a cinque livelli, con dettaglio crescente dal primo al quinto: i primi tre sono codificati a livello internazionale (CORINE LAND COVER), mentre il IV e V sono stati inseriti specificatamente per descrivere situazioni particolari della Regione Lombardia.

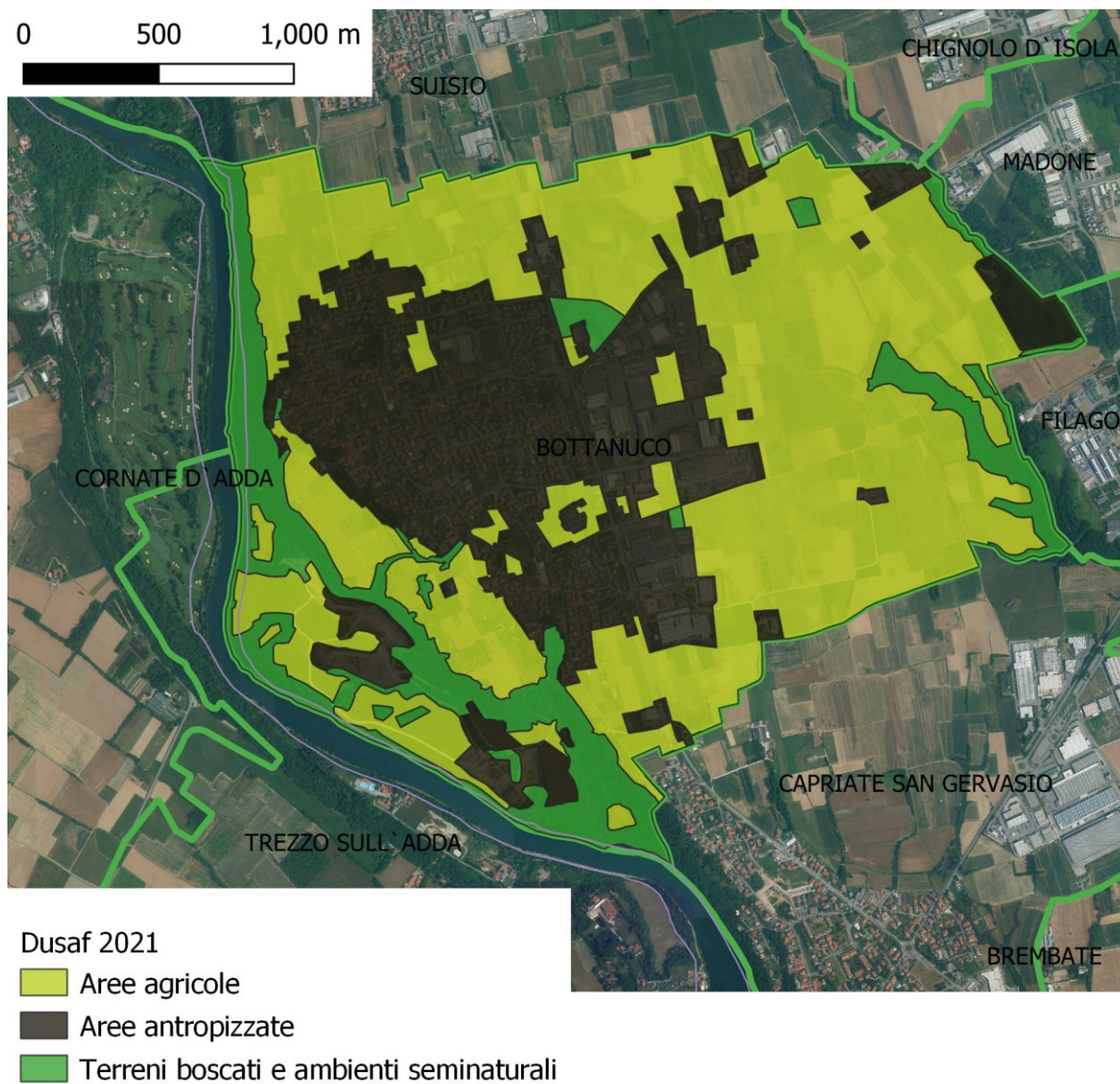
Al primo livello sono identificate cinque macro-categorie di usi del suolo:

- aree antropizzate,
- aree agricole,
- territori boscati e ambienti seminaturali,
- aree umide,
- corpi idrici.

Il territorio complessivo del Comune di Bottanuco ammonta a circa 5,77 km², di cui, secondo la classificazione DUSAF in macroclassi, il 33,5% è coperto da superficie antropizzata (1,93 km²). Le aree agricole ammontano al 53,3% del territorio comunale (3,08 km²), mentre le aree boscate o seminaturali rappresentano il 13,2% del totale (0,76 km²).

LIVELLO CLASSIFICAZIONE	km ²
Aree antropizzate	1.93
Aree agricole	3.08
Terreni boscati e ambienti seminaturali	0.76
Aree umide	0
Corpi idrici	0
Totale	5.77





Il sistema insediativo di Bottanuco presenta un assetto caratterizzato dalla viabilità di livello provinciale lungo la quale si sviluppano i tessuti prevalentemente residenziali e produttivi. I nuclei storici principali di Bottanuco e Cerro sono sorti sul margine del territorio comunale, a ridosso dell'orlo del terrazzo morfologico principale della Valle dell'Adda. I tessuti residenziali si sono sviluppati inizialmente a ridosso dei nuclei storici lungo la direttrice di connessione dei due centri e successivamente attraverso un'addizione insediativa verso est. I tessuti produttivi sono sorti principalmente lungo l'asse stradale provinciale consolidandosi poi lungo lo stesso asse verso est.

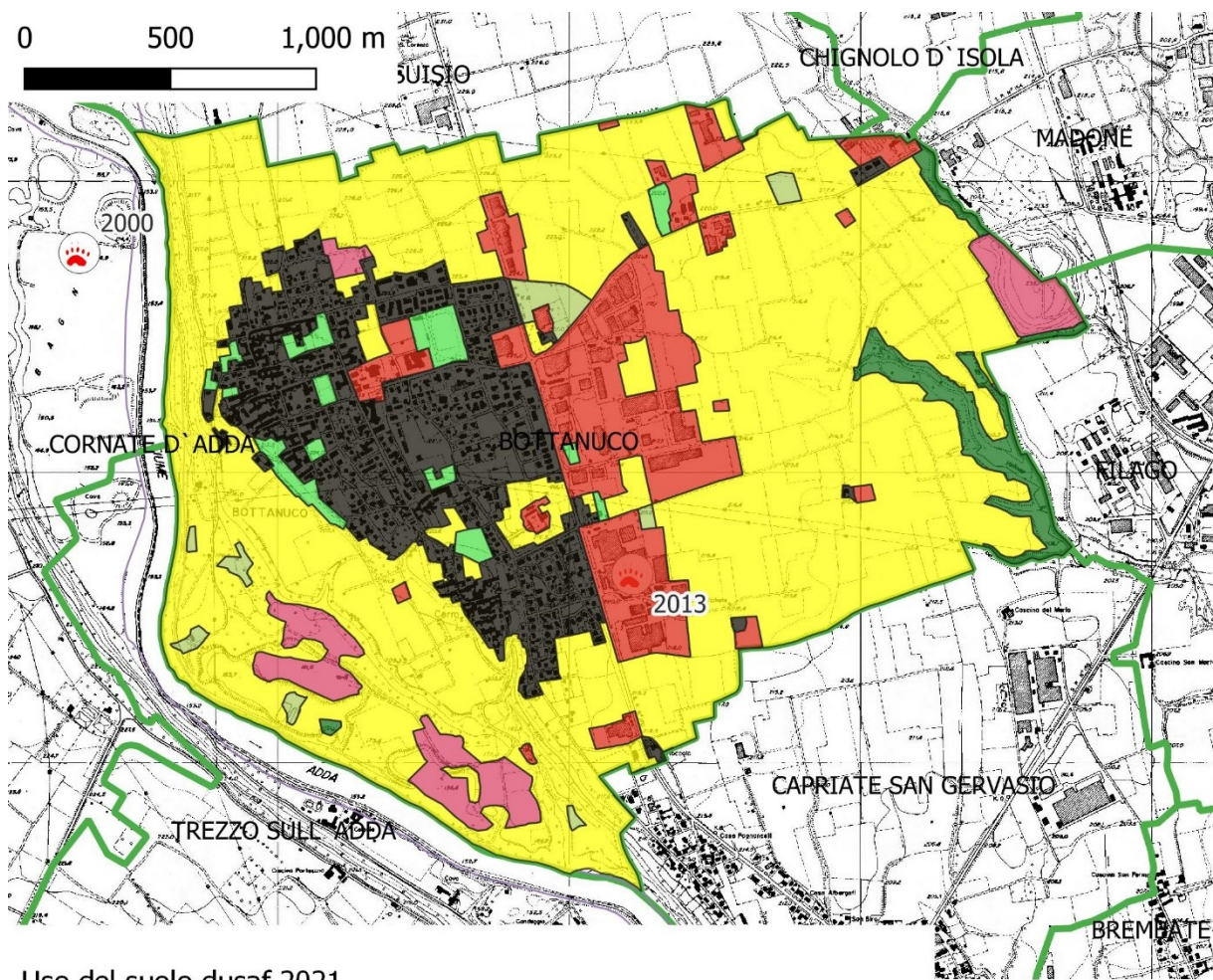
Il Comune di Bottanuco appare, pertanto, prevalentemente a superficie agricola a prevalente seminativo, con lembi forestali diffusi principalmente lungo le pertinenze del Fiume Adda.

La frammentazione territoriale, con piccoli appezzamenti agricoli frammisti ad aggregati urbani e residue aree naturali, caratteristica territoriale principale delle colline brianzole, qui è meno diffusa che altrove, con un nucleo residenziale e produttivo concentrato nella porzione centrale del territorio.

Il tessuto urbanizzato è composto prevalentemente da tessuto residenziale, relativamente denso in corrispondenza del nucleo storico e con distribuzione dei comparti produttivi ben distinta dal residenziale che occupa le porzioni più orientali dell'urbanizzato.

LIVELLO CLASSIFICAZIONE	km ²
zone urbanizzate	0.93
insediamenti produttivi, grandi impianti e reti di comunicazione	0.67
aree estrattive, discariche, cantieri, terreni artefatti e abbandonati	0.23
aree verdi non agricole	0.11
aree boscate	0.13
ambienti con vegetazione arbustiva e/o erbacea in evoluzione	0.07
seminativi	3.64
Totale	5.77



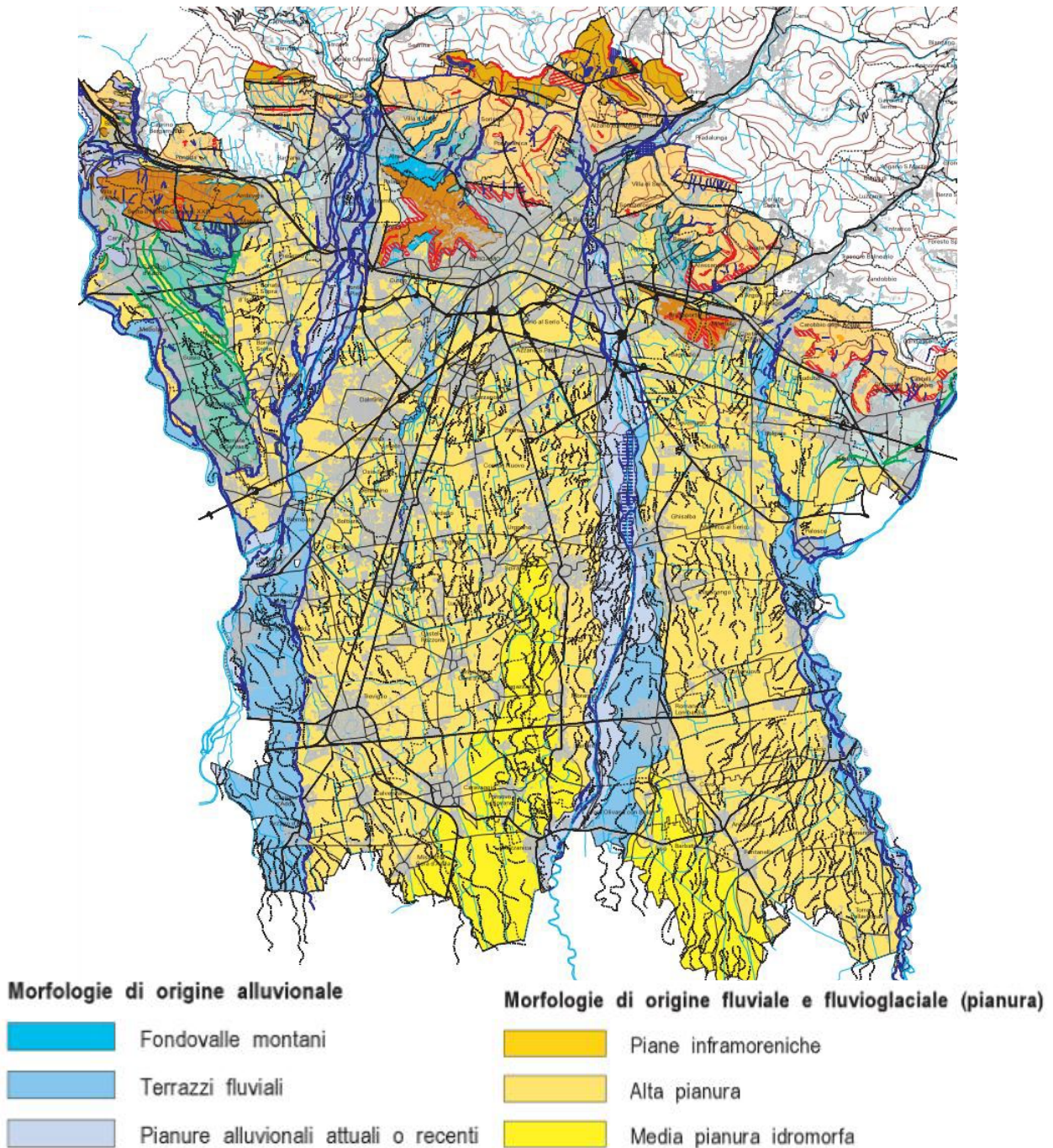


Uso del suolo dusaf 2021

- ambienti con vegetazione arbustiva e/o erbacea in evoluzione
- aree boscate
- aree estrattive, discariche, cantieri, terreni artefatti e abbandonati
- aree verdi non agricole
- insediamenti produttivi, grandi impianti e reti di comunicazione
- seminativi
- zone urbanizzate

5.1.3. Caratteri geomorfologici

Dal punto di vista geomorfologico, l'area in studio si inserisce nell'ambito deposizionale dell'Alta Pianura Bergamasca che, sviluppandosi a partire dai rilievi meridionali delle Prealpi Orobie, risulta caratterizzata da una morfologia nel complesso sub-pianeggiante, leggermente degradante verso sud data dalla coalescenza di più conoidi formatisi grazie all'apporto sedimentario dei diversi corsi d'acqua allo sbocco dalle valli prealpine.



Schematizzazione del territorio provinciale nei principali contesti geomorfologici.

L'evoluzione geomorfologica della pianura bergamasca è legata principalmente all'interferenza fra le variazioni climatiche che si sono succedute durante il Quaternario e le conseguenti variazioni di portata dei fiumi che l'attraversano: da ovest verso est il Fiume Adda, il Brembo, il Serio e l'Oglio. L'alternanza di fasi di espansione e di ritiro glaciale, con le conseguenti variazioni di flusso idrico e di trasporto solido da parte del reticolo idrografico, ha determinato l'accumulo in più riprese di enormi quantità di materiale allo sbocco in pianura dei corpi idrici principali.

Dal punto di vista morfologico, in generale, si tratta di un territorio pianeggiante, che racchiude in sé i caratteri tipici dell'alta pianura bergamasca, con morfologie di origine prevalentemente fluviale (terrazzi alluvionali/fluvioglaciali, paleovalvei, barre e meandri). A Bottanuco le problematiche maggiori sono di tipo idraulico esondativo, individuate dalle fasce fluviali del P.A.I. e dalle aree allagabili del P.G.R.A. lungo il F. Adda. Vi sono altresì zone a rischio idrogeologico potenzialmente franose, caratterizzate da erosione accelerata e/o crolli e distacchi, e aree con condizioni di criticità geotecnica riconducibili a probabili cavità/strutture polliniche nel sottosuolo.

5.1.4. *Il reticolo idrografico*

L'art. 3, comma 114 della L.R. 1/2000 ha trasferito in capo ai Comuni le funzioni relative all'adozione dei provvedimenti di Polizia Idraulica concernenti il Reticolo Idrico Minore.

Il Comune di Bottanuco si è dotato dello Studio di individuazione del Reticolo Idrico Minore, redatto dallo Studio Eurogeo (Dott. Geol. Massimo Elitropi e Dott. Geol. Renato Caldarelli) ai sensi della D.G.R. 25/01/2002 n. 7/7868 e s.m.i. intercorse con la D.G.R. 13950/2003, vigente al momento dell'approvazione dello Studio, avvenuta nell'aprile 2004. Al momento della stesura del presente testo il suddetto Studio risulta approvato dal Consiglio Comunale con propria Deliberazione di "approvazione definitiva" n. 33 del 29/09/2005 e pertanto i contenuti vengono interamente recepiti nello Studio Geologico comunale e indi nel Piano di Governo del Territorio poiché tale Studio di Individuazione ha già ottenuto il parere positivo rilasciato dalla sede territoriale (STER) di Bergamo della Regione Lombardia con proprio provvedimento prot. Y146.2005.0009228 del 03/05/2005.

La più recente D.G.R. 11/5714 del 15 dicembre 2021 aggiorna, tra gli altri, i seguenti allegati:

- "A – Reticolo Idrico Principale", ovvero l'elenco dei corsi d'acqua principali di competenza regionale;
- "B – Reticolo di competenza dell'Agenzia Interregionale del Fiume Po";
- "C – Reticolo idrico di competenza dei Consorzi di Bonifica";
- "D – Criteri per l'esercizio dell'attività di Polizia idraulica di competenza comunale";
- "E – Linee guida di Polizia idraulica";
- "F – Canoni regionali di concessione di polizia idraulica";
- "G – Modelli", che contiene i modelli dei moduli da utilizzare per le richieste di concessione;
- "H – Determinazione della percentuale di riduzione dei canoni di polizia idraulica in sede di stipula delle convenzioni con i soggetti gestori o proprietari di reti tecnologiche e infrastrutturali che interferiscono con il reticolo idrico principale" in attuazione del principio di semplificazione e aggiornamento normativo.

Altre normative di riferimento per la definizione del demanio idrico sono le seguenti:

- Art. 822 del Codice civile: "Appartengono allo Stato e fanno parte del demanio pubblico il lido del

mare, la spiaggia, le rade e i porti; i fiumi, i torrenti, i laghi e le altre acque definite pubbliche dalle leggi in materia”.

- Art. 144 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale”, che al comma 1 dispone che “Tutte le acque superficiali e sotterranee, ancorché non estratte dal sottosuolo, appartengono al demanio dello Stato”.

Reticolo Idrico Principale - RIP

L'Allegato A alla D.G.R. n. 11/5714 del 15 dicembre 2021 elenca i corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Principale (RIP) suddivisi per Provincia. In Comune di Bottanuco i corsi d'acqua appartenenti al RIP sono il Fiume Adda e il Torrente Zender.

Il **Torrente Zender** scorre al confine nord-orientale di Bottanuco con Madone. Tale corso d'acqua si presenta nel Comune di Bottanuco in pessimo stato manutentivo, risultando per lunghi tratti intubato e di difficile accesso.

Il **Fiume Adda** scorre a ovest e sud-ovest di Bottanuco costituendone per un lungo tratto il confine comunale. L'azione erosiva delle acque del fiume ha comportato nel tempo lo sviluppo di una incisione piuttosto profonda (oltre 50 m) entro cui scorre l'Adda.

L'Allegato B alla D.G.R. 11/5714 del 15 dicembre 2021 identifica quali dei corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Principale (RIP) sono di competenza dell'Agenzia interregionale del Fiume Po. Su di essi l'agenzia stessa rilascia i pareri di compatibilità idraulica, effettua la vigilanza e l'accertamento delle violazioni e collabora con Regione Lombardia e i Comuni per esercitare le funzioni di polizia idraulica. Nel tratto da valle del nuovo ponte della linea ferroviaria MI-LC-SO, in località Lavello del Comune di Olginate (LC), alla confluenza nel Po, il Fiume Adda è di competenza dell'Agenzia Interregionale del Fiume Po.

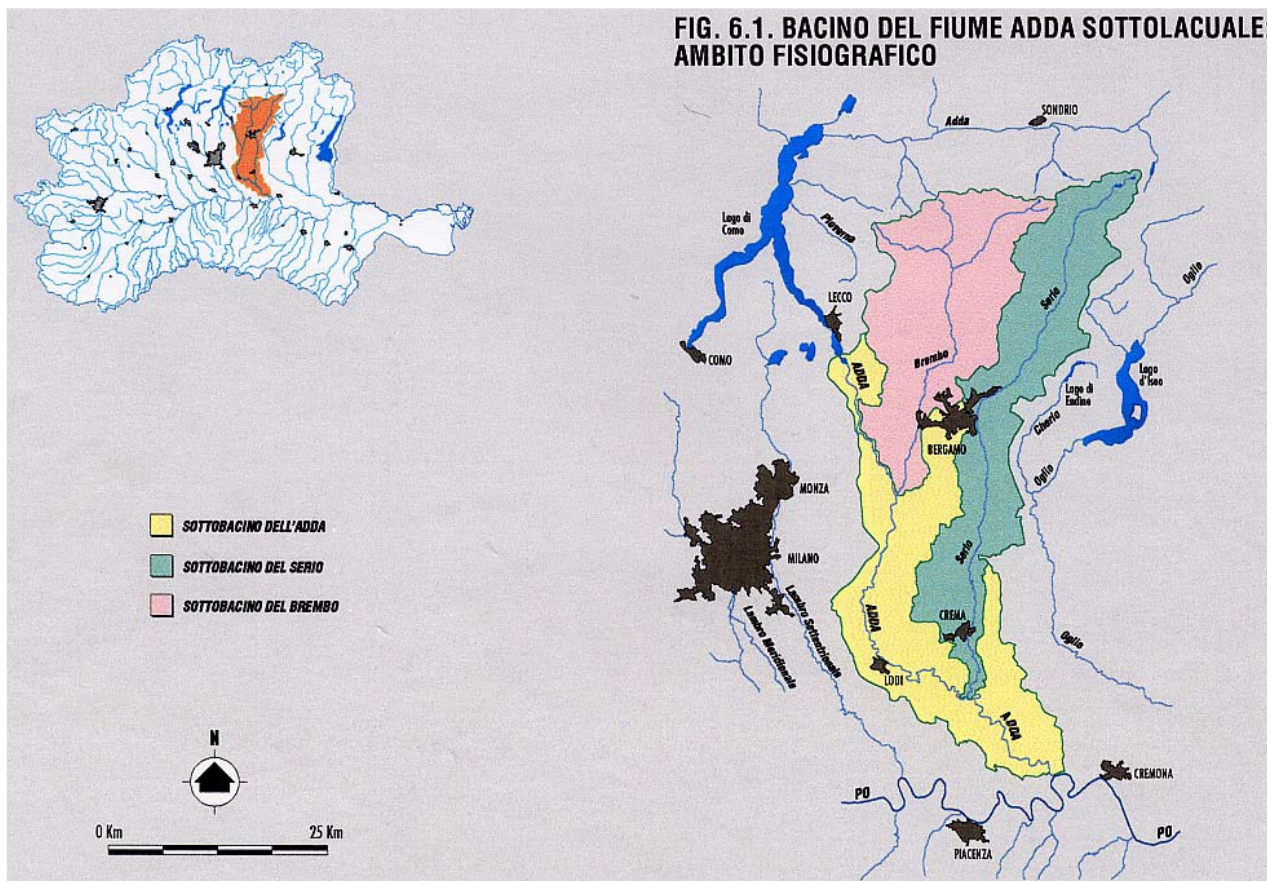
Il bacino imbrifero dell'Adda si compone dei seguenti sottobacini:

- Adda sopralacuale (Valtellina e Valchiavenna),
- Lago di Como,
- Adda sottolacuale,
- Brembo,
- Serio.

L'Adda sottolacuale, oltre a ricevere il Brembo e il Serio, è alimentato da un bacino di pianura di incerta definizione, in relazione alla fitta rete di canali e corsi d'acqua minori fittamente sviluppati che determinano interscambi con i bacini limitrofi; i principali affluenti in destra sono i torrenti Brembo di Mezzoldo, Enna, Brembilla, Imagna, Lesina e Dordo; in sinistra i torrenti Valsecca, Parina, Serina e Quisa.

Nell'area compresa tra Lecco e Rivolta d'Adda il fiume scorre nell'ambito del Parco regionale dell'Adda Nord. Il territorio è composito; nel primo tratto vede lo scorrere del fiume attraverso valli molto incise, in cui affiora la formazione del “ceppo”. Immediatamente a valle di Lecco si formano i laghi di Garlate e di Olginate, quindi il fiume scorre al margine della Brianza. L'Adda sottolacuale dall'abitato di Brivio alla confluenza del Fiume Brembo scorre profondamente incassato tra alti terrazzi, quindi il grado di

artificializzazione è pressoché nullo, e presenta andamento sinuoso e struttura d'alveo monocursale. L'erosione spondale risulta quasi totalmente assente e comunque con incidenza minima sull'assetto morfologico, anche garantito da un elevato e diffuso grado di sistemazione idraulica. Il fiume, fino a Lodi, non risulta interessato da evidenti abbassamenti del fondo alveo, anche in relazione alla diffusa presenza di opere trasversali che hanno effetto stabilizzante. Dal lago alla confluenza del Fiume Brembo non presenta particolari dissesti.



Reticolo Idrico di Bonifica - RIB

L'Allegato C alla D.G.R. n. 11/5714 del 15 dicembre 2021 elenca i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico di competenza dei consorzi di bonifica (RIB), con l'indicazione dei comuni attraversati e la funzione di ciascun canale. In Comune di Bottanuco il Reticolo Idrico di competenza del Consorzio di Bonifica Media Pianura Bergamasca è costituito dal **Canale di Gronda di Bottanuco**.

ALLEGATO A – INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE

Num. Progr.	Denominazione	Comuni attraversati	Foce o sbocco	Tratto classificato come principale	Elenco AA.PP.
BG001	Fiume Brembo	ALME, ALMENNO SAN BARTOLOMEO, ALMENNO SAN SALVATORE, BONATE SOPRA, BONATE SOTTO, BREMBATE, BREMBATE DI SOPRA, CAMERATA CORNELLO, CANONICA D'ADDA, CAPRIATE SAN GERVASIO, CURNO, DALMINE, FILAGO, LENNA, OSIO SOPRA, OSIO SOTTO, PALADINA, PONTE SAN PIETRO, SAN GIOVANNI BIANCO, SAN PELLEGRINO TERME, SEDRINA, TREVIOLO, UBIALE CLANEZZO, VALBREMBO, VILLA D'ALME, ZOGNO	Adda	dallo sbocco alla confluenza del Brembo di Mezzoldo al Brembo di Branzi	8
BG002	Torrente Dordo	AMBIVERE, BONATE SOPRA, BONATE SOTTO, CHIGNOLO D'ISOLA, FILAGO, MADONNE, MABELLO, PALAZZAGO, PONTIDA	Brembo	dallo sbocco a Km.1,000 a monte del ponte di Cerchiera oltre l'abitato di Ambivere; compreso due tratti inerenti i canali scoli	9
BG003	Torrente Zender	BOTTANICO, CHIGNOLO D'ISOLA, FILAGO, MADONNE, SUISIO	Dordo	tutto il corso	10
BG004	Torrente Buliga	CHIGNOLO D'ISOLA, MADONNE, MABELLO, SOTTO IL MONTE GIOVANNI XXIII, TERNO D'ISOLA	Dordo	dallo sbocco fino al ponte di Via Pratolungo del Comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII	11
BG005	Torrente Grandone	CALUSCO D'ADDA, CARVICO, CHIGNOLO D'ISOLA, MEDOLAGO, SOLZA, VILLA D'ADDA	Buliga	dallo sbocco alla loc. Alzata	12
BG006	Torrente Re	CALUSCO D'ADDA	Grandone	tutto il corso	369
BG007	Torrente Sonna	CAPRINO BERGAMASCO, CISANO BERGAMASCO, PONTIDA, TORRE DE BUSI	Adda	dalla foce in Adda fino al ponte in frazione S. Michele di Torre de Busi	7
BG008	Torrente Sommaschio o Torrente Valle Sambuca	CAPRINO BERGAMASCO, CISANO BERGAMASCO	Sonna	dallo sbocco fino al ponte in località Perfurario	362
BG009	Torrente Il Vallone	CISANO BERGAMASCO, PONTIDA	Sonna	tutto il corso	363
BG010	Torrente Lesina	ALMENNO SAN BARTOLOMEO, BARZANA, BONATE SOPRA, BONATE SOTTO, BREMBATE DI SOPRA, PONTE SAN PIETRO, PRESEZZO	Brembo	dallo sbocco al ponte della strada Barzana Almenno	15
BG011	Torrente Borgogna	BARZANA, BREMBATE DI SOPRA, PALAZZAGO	Lesina	dallo sbocco alla Cava Italcementi in loc. Malanotte	16
BG012	Torrente Tornago	ALMENNO SAN BARTOLOMEO, ALMENNO SAN SALVATORE	Brembo	dallo sbocco al ponte per la loc. Cabardelli	17
BG013	Torrente Imagna	ALMENNO SAN SALVATORE, BEDULITA, BERBEINNO, BRUMANO, CAPIZZONE, CORNIA, IMAGNA, LOCATELLO, ROTA D'IMAGNA, SANT'OMOBONO IMAGNA, STROZZA, UBIALE CLANEZZO	Brembo	dallo sbocco alla biforcazione a N.E. di Brumano	18
BG014	Torrente Pissarola o Torrente Strozza	RONCOLA, STROZZA	Imagna	tutto il corso	19
BG015	Torrente Valle Faleci o Torrente Valle Falecini	BEDULITA, CAPIZZONE	Imagna	dallo sbocco fino al ponte a quota m. 570	381

2

Reticolo Idrico Principale – Provincia di Bergamo

Num. Progr.	Denominazione	Comuni attraversati	Foce o sbocco	Tratto classificato come principale	Elenco AA.PP.
BG170	Torrente Dezzo	AZZONE, COLERE, SCHILPARIO, VILMINORE DI SCALVE	Oglio	dal confine provinciale fino a monte della confluenza della Valle dei Teiass - passa in provincia di Brescia	328
BG171	Torrente Rino	COLERE	Dezzo	dallo sbocco al Lago di Polzone	329
BG172	Torrente Gleno o Torrente Val di Povo	VILMINORE DI SCALVE	Dezzo	dallo sbocco al rudere della diga del Gleno	330
BG173	Torrente Nembo o Torrente Valbona	VILMINORE DI SCALVE	Gleno	dallo sbocco alla confluenza a quota 1275 m	331
BG174	Torrente Tino	VILMINORE DI SCALVE	Dezzo	dallo sbocco ai laghi di Cornalta e Varro	335
BG175	Torrente Valle della Manna	SCHILPARIO, VILMINORE DI SCALVE	Dezzo	dallo sbocco alla confluenza a quota 1300 m	336 e 831
BG176	Torrente Vo	SCHILPARIO	Dezzo	dallo sbocco alla biforcazione a quota 1700 m	337 e 832
BG177	Rio Venerocolino o Rio Venerocolino	SCHILPARIO	Vo	dallo sbocco ai laghi di Venerocolo	338
BG178	Torrente Valle di Santa Elisabetta	SCHILPARIO	Dezzo	dallo sbocco alla confluenza a quota 1350 m	838
BG179	Torrente Valle di Campo Lungo	SCHILPARIO	Dezzo	dallo sbocco alla confluenza a quota 1550 m	840
BG180	Torrente Gaffione o Torrente Val Bona o Torrente Valle Asinina	SCHILPARIO	Dezzo	dallo sbocco ai laghi di Valbona e Asinina	340
BG181	Torrente Valle Paludina o Torrente Foppa di Varicla	SCHILPARIO	Dezzo	tutto il corso	Non iscritto
BG182	Torrente Azzone o Torrente Valle Nena	AZZONE	Dezzo	dallo sbocco alla sua biforcazione sotto il piano di Ballerino (quota 1275 m)	341 e 846
BG183	Torrente Giogna	AZZONE	Dezzo	dallo sbocco alla confluenza a quota 1100 m	342 e 847
BG184	Torrente Vallone di Sellero	SCHILPARIO	Oglio	tutto il tratto che è confine	343
BG185	Rio Morla o Rio Morletta	ARCE'NE, BERGAMO, CASTEL ROZZONE, DALMINE, LALLIO, LEVATE, LURANO, POGNANO, STEZZANO, VERDELLINO, VERDELLO	Si spaglia	tutto il corso fino all'altezza della cascina Valota	151
BG187	Roggia Rino	CARAVAGGIO, FORNOVO SAN GIOVANNI, MOZZANICA	Serio	tutto il tratto scorrente in provincia fino all'altezza della Cascina Rossero e passa in provincia di Cremona con il nome di Mozzola	172
BG190	Fiume Adda	BOTTANICO, CALUSCO D'ADDA, CANONICA D'ADDA, CAPRIATE SAN GERVASIO, CISANO BERGAMASCO, FARA GERA D'ADDA, MEDOLAGO, PONTIDA, SUISIO, VILLA D'ADDA	Po	tutto il tratto che è confine di provincia	1
BG191	Fiume Oglio	CALCIO, CASTELLI CALEPIO, CIVIDATE AL PIANO, COSTA VOLPINO, CREDARO, PALOSCO, PUMENENGO, ROGNO, SARNICO, TORRE PALLAVICINA, VILLONGO	Po	tutto il tratto che è confine di provincia	288
BG192	Torrente Cherio	BERZO SAN FERMO, BOLGARE, BORGO DI TERZO, CALONATE, CAROBBIO DEGLI ANGELI, CASAZZA, ENTRATICO, GORLAGO, GRONE, LUZZANA, MONASTEROLO DEL CASTELLO, PALOSCO, SPINONE DEL LAGO, TRESCORE BALNEARIO, VIGANO SAN MARTINO, ZANDOBBIO	Oglio	dallo sbocco fino al Lago di Endine	270
BG193	Torrente Gardellone o Torrente Gardellino	RANICA, TORRE BOLDONE	Serio	tutto il corso	156

9

Reticolo Idrico Principale – Provincia di Bergamo

CONSORZIO DI BONIFICA MEDIA PIANURA BERGAMASCA

Nome Corso D'acqua	Tratto di competenza	Comuni Attraversati	Funzione	Elenco Acque PP.
142-03	Tutto il corso	Mozzanica	Promiscua	NO
142-07	Tutto il corso	Mozzanica	Promiscua	NO
142-10	Tutto il corso	Mozzanica	Promiscua	NO
142-14	Tutto il corso	Mozzanica	Promiscua	NO
142-15	Tutto il corso	Mozzanica	Promiscua	NO
142-16	Tutto il corso	Mozzanica	Promiscua	NO
Buco Casella	Tutto il corso	Bagnatica	Promiscua	NO
Buco Costa	Tutto il corso	Bolgare, Costa Di Mezzate	Irrigua	NO
Buco Tezza	Tutto il corso	Calcinatè	Irrigua	NO
Canale emissario al fiume Brembo	Tutto il corso	Lallio, Treviolo	Idraulica	NO
Canale a Servizio del Pozzo 19	Tutto il corso	Fornovo San Giovanni	Irrigua	NO
Canale a Servizio del Pozzo 3 di Caravaggio	Tutto il corso	Caravaggio	Irrigua	NO
Canale a Servizio del Pozzo 4 di Caravaggio	Tutto il corso	Caravaggio	Promiscua	NO
Canale a Servizio del Pozzo Torgnoli	Tutto il corso	Fornovo San Giovanni	Irrigua	NO
Canale Adda Serio	Tutto il corso	Calusco D'Adda, Solza, Medolago, Suisio, Chignolo, Madone, Filago, Osio Sopra, Levate, Comun Nuovo, Zanica, Urgnano, Cavernago, Calcinatè, Ghisalba, Mornico Al Serio	Irrigua	NO
Canale di Gronda Sud	Tutto il corso	Castel Rozzone, Lurano, Brignano Gera D'Adda, Spirano, Cologno Al Serio, Morengo	Idraulica	NO
Canale di Gronda di Bottanuco	Tutto il corso	Bottanuco	Idraulica	NO
Canale scarico SIAD	Tutto il corso	Levate, Osio Sopra	Promiscua	NO
Canale Serio Cherio	Tutto il corso	Calcinatè	Irrigua	NO
Cavo Baviona	Tutto il corso	Brignano Gera d'Adda	Promiscua	NO
Cavetto S. Anna	Tutto il corso	Canonica D'Adda	Irrigua	NO
Cavo Conzacolo o Consacolo	Tutto il corso	Cologno Al Serio, Brignano Gera D'Adda	Promiscua	SI
Cavo dell'orso	Tutto il corso	Caravaggio, Fornovo San Giovanni	Promiscua	SI
Cavo Nuovo	Tutto il corso	Misano Gera D'Adda	Promiscua	NO

71

Consorzio di Bonifica Media Pianura Bergamasca

Reticolo Idrico Minore - RIM

L'Ambito della Roggia Vallone, dislocato al margine orientale del territorio comunale di Bottanuco, comprende alcuni corsi d'acqua minori affluenti della Roggia stessa.

Dalla frazione Cerro, in coincidenza dello sbocco di due grosse tubature di recapito del troppo pieno della rete fognaria locale, prende origine un corso d'acqua che, seguendo un percorso di ca. 885 m, sfocia in sponda sinistra dell'Adda. Il corso d'acqua, a partire dal punto di origine, scorre all'interno di un'incisione generata dall'azione erosiva delle acque torrentizie sui terreni costituiti da conglomerati più o meno cementati. A valle del ponte della strada di servizio alle cave di inerti, il corso d'acqua supera un salto morfologico di circa 25 m di dislivello per poi incanalarsi verso l'area del depuratore dove, per un tratto lungo circa 60 m, scorre intubato nell'area recintata di pertinenza del depuratore stesso. A valle il corso d'acqua riaffiora dalla tubazione e prosegue producendo un'ampia curva verso sinistra con conseguente forte erosione in sponda destra. Da qui, lungo un percorso più o meno curvilineo e soggetto a divagazione nel tempo si incanala verso la confluenza nel F. Adda.

Per il corso d'acqua con sigla BG 035-001 è stato riportato anche il tratto intubato. La tubazione in questione assolve una notevole importanza per il drenaggio del bacino urbanizzato e dello scarico di alcuni manufatti di sfioro della pubblica fognatura.

Reticolo Idrico Minore - Bottanuco

Sigla	Denominazione	Percorso Cartografato				Foce
		Da		A		
		X	Y	X	Y	
BG035 - 001		1539810	5053460	1539985	5052634	Fiume Adda
BG035 - 002	Roggia Vallone	1540645	5054441	1541754	5053689	Indefinita
BG035 - 003		1541070	5054574	1541070	5054395	Roggia Vallone
BG035 - 004		1541266	5054049	15414112	5054084	Roggia Vallone
BG035 - 005		1541447	5054288	1541609	5053951	Roggia Vallone
BG035 - 006		1541428	5053916	1541616	5053869	Roggia Vallone
BG035 - 007		1541352	5053747	1541725	5053739	Roggia Vallone

Elenco dei corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore.

Definizione delle fasce di rispetto

Sulla base della normativa vigente sono state attribuite fasce di rispetto di 10 m per tutti i corsi d'acqua attribuiti al Reticolo Idrico Minore e al Reticolo Idrico Principale. Fa eccezione il tratto terminale del corso d'acqua identificato dal codice BG 035-001 dove, a causa della possibile divagazione del torrente e della morfologia particolarmente depressa che non consente di escludere la possibilità di esondazione, le fasce di rispetto sono state ampliate.

Si evidenzia che, sulla base della giurisprudenza corrente, le distanze dai corsi d'acqua devono intendersi misurate dal piede arginale esterno o, in assenza di argini in rilevato, dalla sommità della sponda incisa. Nel caso di alvei a sponde variabili e/o incerte, le distanze possono essere calcolate utilizzando come riferimento la linea individuata dalla piena ordinaria, così come definita nelle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico – PAI, Titolo II – Norme per le fasce fluviali.

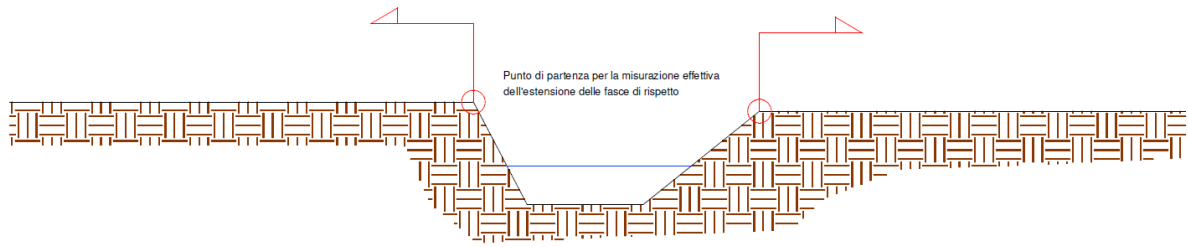
L'individuazione di fasce di rispetto in deroga a quanto previsto dall'art. 96, lett. f), R.D. n. 523/1904 potrà avvenire solo previa redazione di appositi studi idraulici e idrogeologici ai sensi della Direttiva IV dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (AdBPo) "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" e della D.G.R. 30 novembre 2011 n. 2616 "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio in attuazione dell'articolo 57 comma 1 della Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12" (con particolare riferimento all'Allegato 4 – Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione).

Poiché non sono noti studi relativi a verifiche idrauliche, tutte le fasce di rispetto relative al RIM hanno un'estensione di 10 m.

Nelle successive figure sono esemplificati gli schemi per l'individuazione dei punti di partenza per l'effettiva misurazione dell'estensione delle fasce fluviali.

ALVEO NATURALE

Sommità della sponda incisa



Punti di misurazione per la misurazione delle fasce di rispetto in alveo naturale.

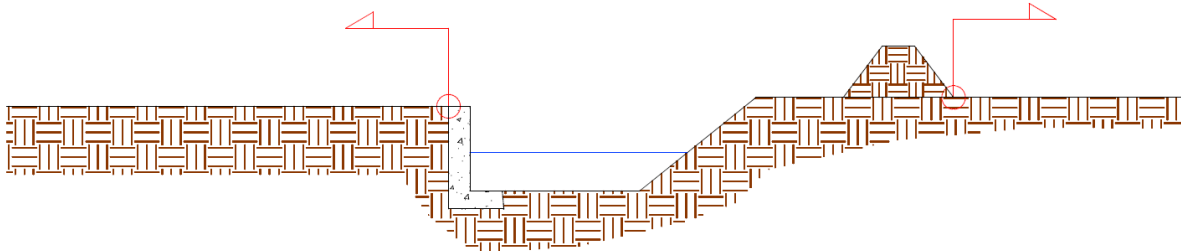
ALVEO CON ARGINE ARTIFICIALE

Punto di partenza per la misurazione effettiva dell'estensione delle fasce di rispetto

Limite esterno del manufatto

Muro in C.L.S., scogliera in massi ciclopici, ...

Piede esterno dell'argine



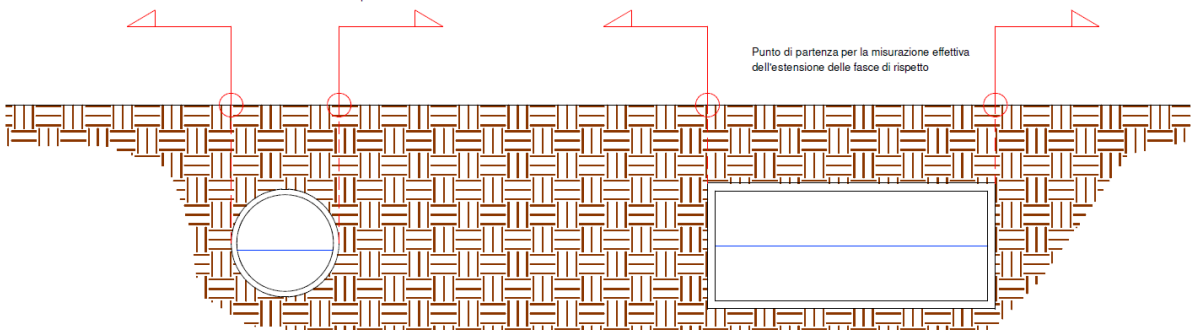
Punti di misurazione per la misurazione delle fasce di rispetto in alveo artificiale.

ALVEO TOMBINATO

Limite esterno del manufatto

Punto di partenza per la misurazione effettiva dell'estensione delle fasce di rispetto

Punto di partenza per la misurazione effettiva dell'estensione delle fasce di rispetto



Punti di misurazione per la misurazione delle fasce di rispetto in alveo artificiale e tombinato.

5.1.5. Inquadramento idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico nel sottosuolo e come si deduce dalle caratteristiche geologiche dell'area, non sono presenti livelli impermeabili persistenti che siano in grado di costruire delle vere e proprie barriere idrauliche. Ne deriva un acquifero non confinato, caratterizzato da lenti discontinue e sottili costituite da limi e argille che non garantiscono un'adeguata protezione delle acque di falda. Si riscontrano invece orizzonti grossolani permeabili, prevalentemente superficiali e strati conglomeratici, particolarmente potenti e continui dotati di una permeabilità estremamente variabile che dipende dal grado di alterazione dati da conglomerati compatti, porosi e fessurati.

In particolare la struttura della medio - alta pianura bergamasca, ove ricade l'area in studio, prevede un primo acquifero di spessore decametrico costituito prevalentemente da ghiaie e sabbie nonché, subordinatamente, da conglomerati, arenarie e lenti argilloso-limose. Tale struttura è geologicamente costituita da depositi fluvioglaciali e alluvionali (es. Unità "Postglaciale") e da unità conglomeratiche a ghiaie cementate (es. formazioni del "Ceppo"). L'elevata permeabilità degli strati superficiali, come detto, determina una notevole capacità d'infiltrazione e un'elevata trasmissività dell'acquifero stesso.

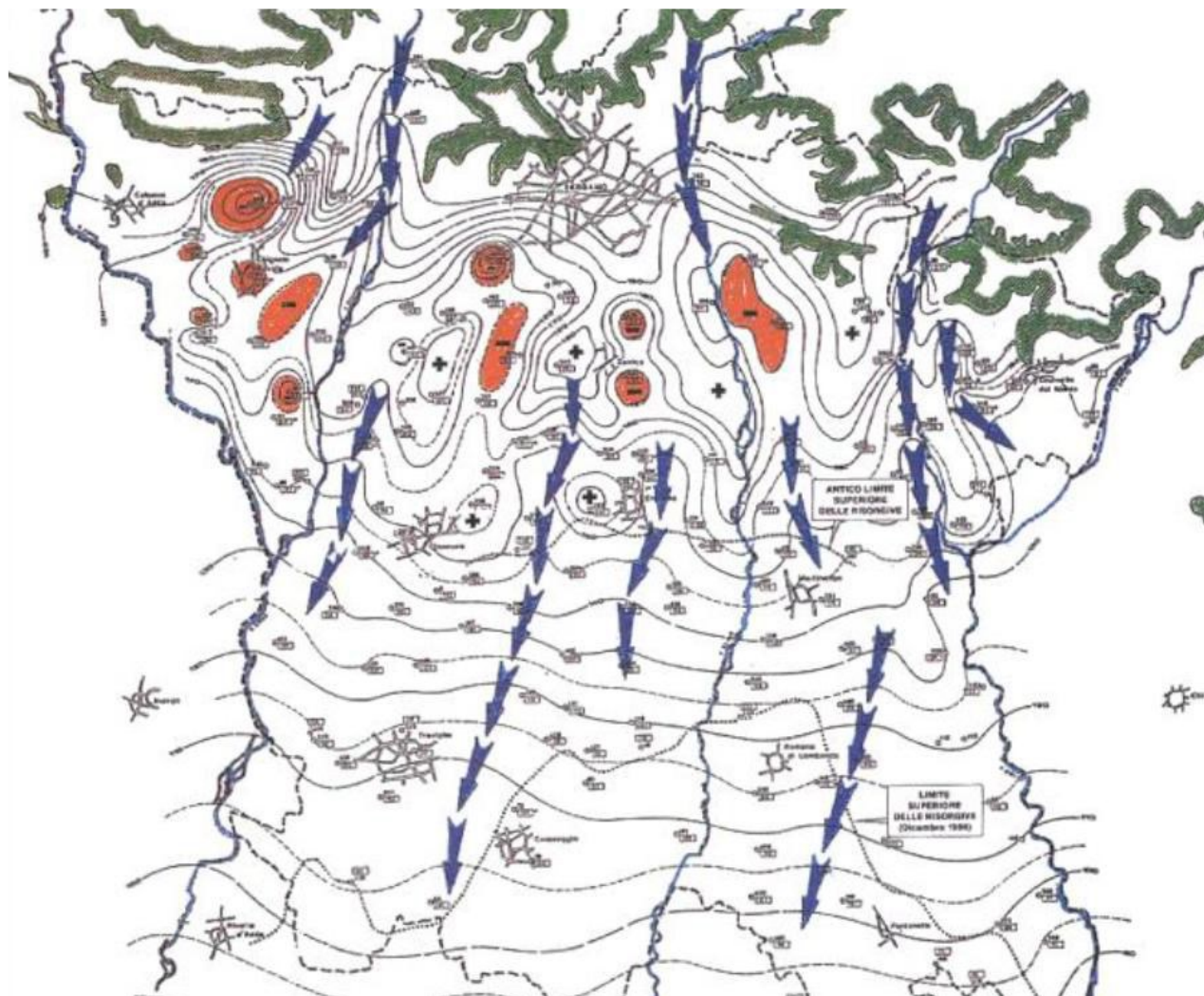
Al di sotto del primo acquifero si sviluppa un orizzonte argilloso-limoso che rappresenta un importante elemento di separazione con gli acquiferi più profondi, costituiti dalla cosiddetta "Unità Villafranchiana". Il complesso impermeabile è caratterizzato da un'alternanza di orizzonti argillosi e di orizzonti sabbioso-ghiaiosi di spessore molto variabile, con predominanza degli uni rispetto agli altri a seconda della zona in esame. La variabilità di spessore di tali orizzonti, che nell'insieme costituiscono il secondo acquifero, condiziona la capacità di accumulo degli acquiferi profondi, che si trovano in condizioni sempre artesiane.

In Comune di Bottanuco è presente una potente falda idrica avente andamento generale NE→SW verso il Fiume Adda. Si noti che il Fiume Adda sin dal territorio di Suisio scorre su di un alveo con quote inferiori intorno ai 150-155 m slm, ovvero oltre i 60 metri al di sotto rispetto al piano campagna locale. Sulla base della raccolta dei dati stratigrafici e piezometrici dei pozzi della zona le informazioni convergono per una falda idrica posta a cavallo dei 60-65 m di soggiacenza (circa 155-160 m slm). Si conferma pertanto il ruolo di alimentazione della falda nei confronti del Fiume Adda. Non si escludono infiltrazioni idriche, seppure di scarsa entità, all'interno della coltre loessica e d'alterazione di natura argilloso limosa superficiale.

I caratteri idraulici dei terreni rivestono particolare significato poiché determinano e condizionano i meccanismi della circolazione idrica sotterranea e di alimentazione delle falde idriche in senso verticale e orizzontale. Nel sottosuolo di Bottanuco non sono presenti livelli impermeabili persistenti in grado di costituire delle vere e proprie barriere idrauliche; ne deriva un acquifero non confinato, con lenti sottili e discontinue costituite da limi e argille che non garantiscono un'adeguata protezione delle acque di falda. Si riscontrano invece orizzonti grossolani permeabili, prevalentemente superficiali, e strati conglomeratici, particolarmente potenti e continui, con una permeabilità estremamente variabile, dipendente dal grado di alterazione.

Il territorio di Bottanuco è caratterizzato da vulnerabilità elevata, causa l'elevata permeabilità dei terreni, l'assenza di acquiferi confinati e la vicinanza con corsi d'acqua attivi. I potenziali centri di pericolo presenti sul territorio comunale che possono interessare l'acquifero superficiale sono l'area cimiteriale, i pozzi per l'irrigazione di aree a verde pubblico, i distributori di carburante, il troppopieno della fognatura

comunale, le cascate con allevamenti e i parcheggi con sistemi di smaltimento delle acque meteoriche in pozzi perdenti.



Carta piezometrica della pianura bergamasca.

5.2. Applicazione delle misure strutturali

Con l'entrata in vigore del regolamento e quindi la necessaria applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica, si tenderà ad una progressiva riduzione delle portate di acque meteoriche nella rete di fognatura mista, con le seguenti modalità:

- 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;
- infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale;
- scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale;
- scarico in fognatura.

L'applicazione sistematica del regolamento porterà ad una riduzione progressiva della pressione da parte delle acque meteoriche nella rete di acque miste, riducendo l'effettiva superficie scolante impermeabile servita, e quindi ad una riduzione della frequenza di allagamenti nell'ambito urbano.

In Comune di Bottanuco le principali misure strutturali che devono essere strutturate per gli ambiti di nuova trasformazione sono articolate in funzione delle caratteristiche del territorio, in:

- vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali;
- pozzi disperdenti e strutture di infiltrazione.

5.2.1. Tempo di svuotamento

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore.

Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto deve valutare il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

5.3. Misure non strutturali: il drenaggio urbano sostenibile

Le misure non strutturali finalizzate all'attuazione del principio di invarianza idraulica e idrologica comprendono le azioni atte alla riduzione delle condizioni di rischio, quali ad esempio le misure di protezione civile e le difese passive attivabili in tempo reale, oltre che all'estensione dell'applicazione di adeguate soluzioni tecniche anche all'interno del tessuto urbano esistente.

Il drenaggio urbano sostenibile è un sistema di gestione delle acque meteoriche urbane costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici recettori mediante il controllo delle acque meteoriche e ridurre il degrado qualitativo delle acque. Lo scopo finale è quello di ristabilire un equilibrio nel deflusso delle acque superficiale dal punto in cui avvengono le precipitazioni, al recapito finale, più prossimo possibile a quello naturale, pre-urbanizzazione.

Negli ambiti già urbanizzati e infrastrutturati la gestione delle acque meteoriche è in larga parte basata sulla raccolta all'interno di caditoie e il loro convogliamento verso i collettori di smaltimento delle acque bianche i quali poi recapitano in bacini o in corsi d'acqua superficiali. Le portate dei recapiti finali assumono valori notevolmente superiori rispetto a quelli naturali, causando spesso allagamenti a per carenze infrastrutturali che si sono assommate negli anni.

Il drenaggio urbano sostenibile ha il fine di regolare l'afflusso delle acque meteoriche mediante l'applicazione di tipologie costruttive quali regolatori di portata, laminazione, filtrazione e infiltrazione.

L'allegato L al regolamento riporta alcune di queste buone pratiche costruttive. Un esempio di tali pratiche sono i **fossi vegetati**, ovvero aree depresse e/o avvallamenti posizionati a lato delle superfici impermeabilizzate dove l'acqua non è sempre presente. Queste strutture possono essere utilizzate come elemento di collegamento a una rete di collettamento predisposta e possono essere realizzati a lato delle strade e parcheggi e sono facilmente inseribili nel contesto urbano e richiedono una manutenzione minima delle specie, la rimozione periodica dei detriti oltre alla gestione di eventuali problemi di scorrimento. Si pensi alla possibilità di convertire le aiuole lungo le strade e i marciapiedi o le aree interne alle rotatorie, questo accorgimento convoglierebbe le acque al di fuori del manto stradale contrariamente a quanto abitualmente succede. Tali strutture avrebbero una prima funzione di laminazione e di filtrazione delle acque prima di convogliarle nel sistema di smaltimento esistente, alleggerendone le portate.



Esempio di fosso vegetato a Nottingham (UK) tratto dal "Manuale di drenaggio urbano" (Regione Lombardia, ERSAF, Gibelli, 2015)



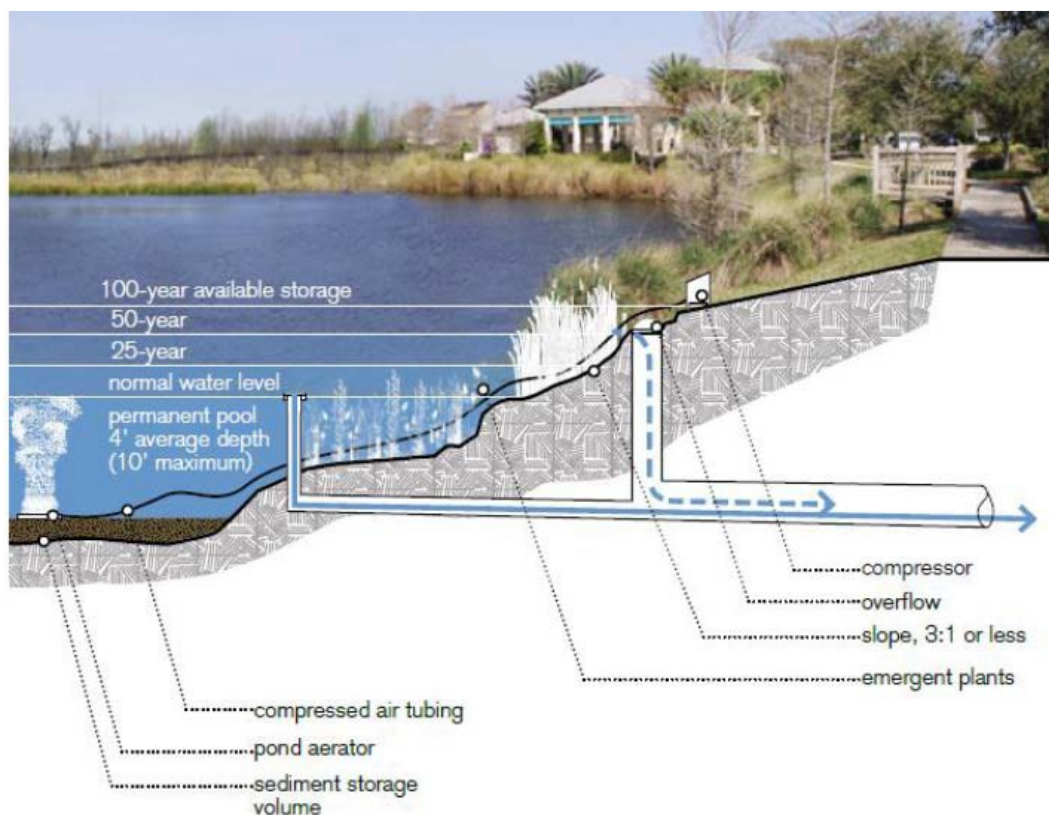
Esempio di fosso vegetato in California (USA) tratto dal "Manuale di drenaggio urbano" (Regione Lombardia, ERSAF, Gibelli, 2015)

La **forestazione urbana** è un altro modo di pensare la città come un sistema socio-ecologico: basti pensare che la biodiversità è maggiore in città rispetto che in una vera e propria foresta, per cui rappresenta un sistema complesso e molto interessante. E' "forestazione urbana" anche la costruzione di piccoli parchi di quartiere (i cosiddetti **pocket park**), talvolta sono spazi esistenti ma usati in un nuovo paradigma. Sono una tipologia di giardini pubblici che hanno come caratteristica fondamentale quella di non essere stati previsti o pianificati nel progetto originale di un disegno urbano, ma di essere stati creati successivamente sulla base dell'iniziativa di liberi cittadini, o come risultato di una scelta e di una ricognizione dell'amministrazione pubblica.

Le **vasche naturalizzate di laminazione (bacini di accumulo e ritenzione)** sono invasi a fondo semi-permeabile che possono essere ricavati da depressioni artificiali nel terreno, quindi a cielo aperto. E' indispensabile la formazione di una capacità di accumulo, pertanto esse fungono da volano tra l'idrogramma di piena in arrivo e il regime delle portate infiltrate.

In tali bacini le pareti e il fondo devono essere ricoperte da un tappeto erboso, al fine sia di stabilizzare queste aree sia di esercitare un'azione filtrante per rimuovere le sostanze inquinanti presenti nelle acque di pioggia, come nutrienti e metalli disciolti. In generale essi sono in grado di rimuovere un'ampia varietà di inquinanti dalle acque di pioggia, attraverso meccanismi di assorbimento, precipitazione, filtrazione, degradazione chimica e batterica. In particolar modo in quei dispositivi in cui sono presenti particelle argillose queste ultime forniscono un grande aiuto per l'adsorbimento di inquinanti. La vegetazione invece garantisce la stabilità del suolo e partecipa all'azione di trattenimento degli

inquinanti. Per lo svuotamento dei bacini è solitamente richiesta l'installazione di elettropompe. All'interno dell'area devono essere effettuate delle piantumazioni di essenze arbustive e arboree che hanno la funzione di consolidare le sponde in terra: specie di piante appartenenti al genere Salix, aceri, pioppi, castagni, querce, biancospini, ecc.



Laghetto di accumulo e ritenuta.

5.4. Incentivazione per l'applicazione dei principi di invarianza

Il dispositivo normativo prevede, qualora non vi siano le condizioni per la realizzazione degli interventi volti al raggiungimento degli obiettivi di invarianza idrologico-idraulica, la possibilità di compensazione monetaria. La monetizzazione è consentita per i soli interventi edilizi di cui all'art. 3, comma 2, per i quali sussiste l'impossibilità a ottemperare ai disposti del regolamento, non è consentita invece per gli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali, loro pertinenze e parcheggi, di cui all'art. 3, comma 3.

Ai sensi della lett. g) del comma 5 dell'art. 58 bis della L.R. 12/2005, il valore della monetizzazione è pari al volume di laminazione di cui all'art. 11, comma 2, lett. e), n. 3, moltiplicato per il costo unitario parametrico di una vasca di volanizzazione o di trattenimento o anche disperdimento, che è assunto pari a 750 euro per mc di invaso, come dettagliato nell'allegato M.

Il Comune può anche promuovere l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica per gli interventi ricadenti all'interno delle aree individuate nei P.G.T. come ambiti di rigenerazione urbana e territoriale ai sensi della L.R. 12/2005.

Per incentivare tale buona pratica è possibile:

- promuovere un'incentivazione urbanistica da prevedere nel documento di piano ai sensi dell'art. 11 - comma 5 della L.R. 12/2005 e più precisamente:
 - incentivi da riconoscere come diritti edificatori utilizzabili in appositi ambiti individuati nel P.G.T., qualora espressamente previsto nel documento di piano;
 - incentivi da utilizzare sull'edificio dal quale si crea l'incentivo volumetrico, purché l'ampliamento non alteri la proiezione al suolo della sagoma dell'edificio originale;
- riduzione degli oneri di urbanizzazione o anche del contributo di costruzione.

Tali scelte devono essere valutate in sede di redazione degli aggiornamenti del Documento di Piano del P.G.T. e del Regolamento Edilizio.

6. REGOLE E STRUMENTI DELL'INVARIANZA IDRAULICA

Il Comune di Bottanuco dovrà introdurre, nel Regolamento Edilizio, i principi di gestione del rischio idraulico in relazione alle trasformazioni del territorio.

Nei prossimi paragrafi si forniscono regole generali ed elementi tecnici per la valutazione delle opere di mitigazione del rischio idraulico, connesso alle impermeabilizzazioni e alle criticità riscontrate. Tali prestazioni sono riconducibili a due meccanismi di controllo “naturale” delle piene:

- l'infiltrazione e l'immagazzinamento delle piogge nel suolo (fenomeni rappresentati in via semplificativa dal coefficiente di deflusso);
- la laminazione, la quale si manifesta nel fatto che i deflussi devono riempire i volumi disponibili nel bacino prima di poter raggiungere la sezione di chiusura.

I principi di corretta gestione del rischio idraulico sul territorio, e in particolare il criterio dell'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni delle superfici, prevedono la compensazione delle riduzioni sul primo meccanismo attraverso il potenziamento del secondo meccanismo. A tal fine, predisporre nelle aree in trasformazione volumi che devono essere riempiti prima che si verifichi deflusso dalle aree stesse fornisce un dispositivo che ha rilevanza a livello di bacino per la formazione delle piene del corpo idrico recettore, garantendone (nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi) l'effettiva invarianza del picco di piena; la predisposizione di tali volumi non garantisce, invece, automaticamente sul fatto che la portata uscente dall'area trasformata sia in ogni condizione di pioggia la medesima che si osservava prima della trasformazione.

6.1. Dispositivi di compensazione o volumi di invaso

Ai fini del regolamento, si elencano di seguito alcuni dei dispositivi di compensazione che sono maggiormente utilizzati nel campo delle costruzioni e che possono essere utilizzati ai fini del rispetto dell'invarianza idraulica.

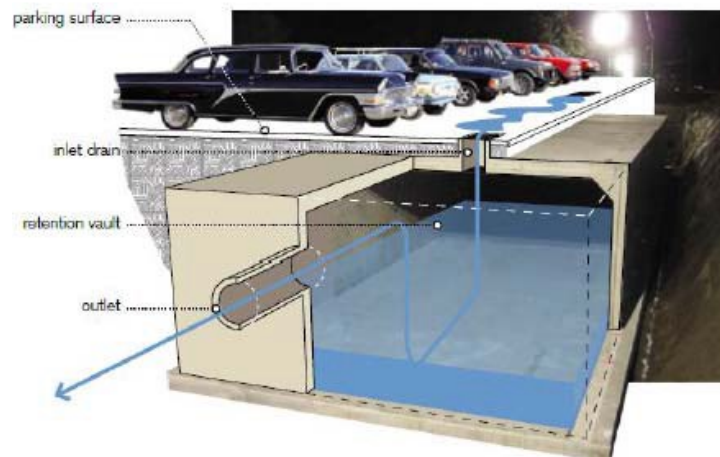
- Vasche volano

Le vasche volano sono opere che permettono l'accumulo temporaneo in caso di eventi meteorici. Generalmente sono costituite da un comparto destinato a contenere le acque di prima pioggia e un comparto destinato a contenere le acque di seconda pioggia. Le prime corrispondono al primo dilavamento delle superfici e per il loro carico inquinante vengono veicolate, a fine evento meteorico, verso la depurazione. Le seconde per le loro caratteristiche qualitative possono essere smaltite ad un recapito diverso dalla fognatura, in questo caso la vasca ha una vera e propria funzione di laminazione delle portate prima dell'avvio allo scarico verso il recettore. Oltre ad asservire alla funzione di laminazione di volumi significativi, la vasca volano favorisce la sedimentazione dei solidi sospesi. Questo punto a favore richiede ovviamente una periodica pulizia del fondo ed è auspicabile l'installazione di un sistema di lavaggio.

- Bacini di detenzione

Sono superfici progettate per trattenere il deflusso delle acque piovane. Possono essere completamente svuotati a seguito dell'evento meteorico oppure possedere parte del loro volume permanentemente

riempito d'acqua ad esempio per funzioni ricreative e paesaggistiche. In genere sono realizzati in depressioni naturali e/o artificiali del terreno ed opportunamente impermeabilizzati.



Esempio di vasca volano interrata

- Supertubi

Uno dei principi base per il mantenimento degli equilibri idraulici di una zona riguarda la gestione dei volumi di laminazione. Con l'incremento sempre maggiore delle aree impermeabili si rendono necessari volumi sempre maggiori in spazi sempre più ridotti per via dell'incremento del consumo di suolo. Alla luce di queste considerazioni, la ricerca dei volumi di laminazione deve essere concentrata in diversi piccoli interventi piuttosto che nella realizzazione di grandi opere. Buona pratica realizzativa per muovere in questa direzione è la posa di condotte sovradimensionate rispetto a quanto sarebbe sufficiente allo scolo e al trasporto delle acque stesse. Si ricaveranno, quindi, i volumi necessari alla laminazione all'interno delle tubazioni stesse mitigando la necessità dimensionali delle grandi opere d'invaso. Aumentando la dimensione delle condotte si otterrà ovviamente una riduzione della velocità di scorrimento con conseguente deposito di materiale all'interno. Per mantenere il sistema in piena efficienza si renderanno necessarie periodiche operazioni di pulizia.

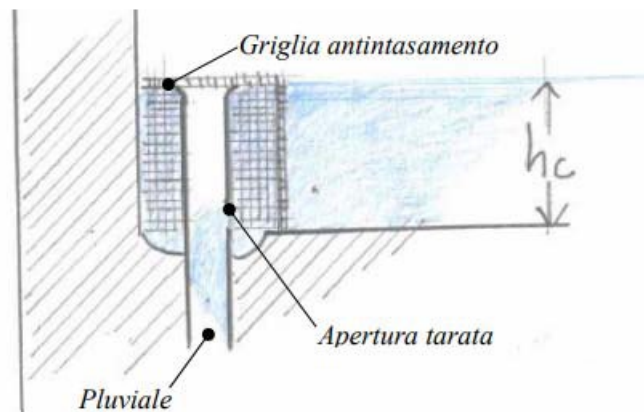


Schema esemplificativo.

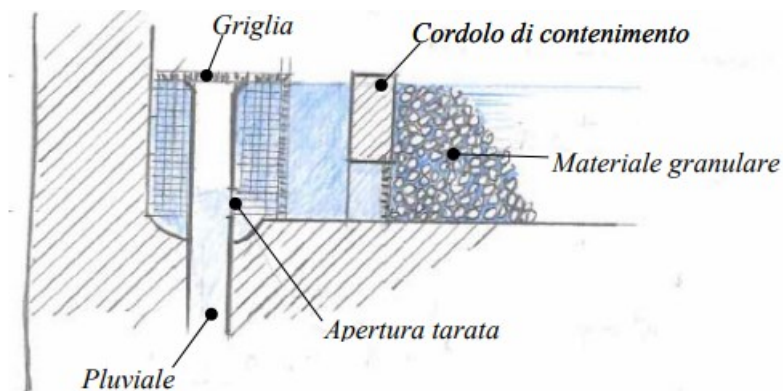
- Invasi integrati nelle coperture

Mediante l'innalzamento delle murature di contenimento, si possono realizzare volumi d'invaso utili alla riduzione delle portate scaricate. Al fine di realizzare un volume di laminazione integrato nella copertura degli edifici, è necessario che la copertura stessa sia dotata di sistemi di scolo tali da scaricare complessivamente una portata massima proporzionale alla superficie della copertura. Possono essere realizzati invasi nelle coperture del tipo "a cielo aperto", "a cielo aperto filtranti" e "a verde".

Nel primo caso la copertura scola nei pluviali attraverso aperture tarate in relazione alla portata uscente. In ogni pluviale dovrà scolare una portata massima proporzionale alla superficie della copertura di pertinenza del pluviale considerato. Un sistema di questo tipo richiede, oltre ad una corretta progettazione preliminare, la verifica periodica del funzionamento e, approssimativamente dopo ogni evento meteorico, la pulizia del piano e della griglia oltre che delle aperture dei pluviali.



Al fine di ridurre le manutenzioni periodiche, può essere installato il sistema "a cielo aperto filtrante". A monte della griglia e di un cordolo di contenimento, viene posato il filtro in materiale granulare che permetterà di trattenere buona parte dei sedimenti e dilazionare le manutenzioni nel tempo.



La terza e ultima tipologia è composto sostanzialmente da 3 strati sopra il coperto:

- un primo strato costituito da un elemento di materiale plastico con spazi costituenti un volume di accumulo dell'acqua al fine di irrigare il soprastante strato verde e con spazi costituenti un volume di laminazione;
- un secondo strato di terriccio;
- un terzo strato erboso.

Il volume di laminazione e quello d'invaso dipendono dalle caratteristiche funzionali del primo strato e andranno calcolate sulla base dei dati forniti dal produttore dell'elemento in questione. Al fine di evitare che un'attenuata infiltrazione nel terreno riduca sensibilmente il volume di laminazione, il cordolo di contenimento del "pacchetto" sopra il coperto dovrà superare lo strato erboso di un'altezza che raggiunga l'altezza media massima dell'acqua eventualmente invasata sullo strato erboso. Tale cordolo dovrà inoltre essere dotato di aperture per permettere lo scolo delle acque in eccesso. Quest'ultima soluzione è annoverabile tra le installazioni chiamate tetti verdi e richiede quindi delle manutenzioni adeguate alla vegetazione presente, oltre alle pulizie di griglie e pluviali.

I dispositivi di compensazione:

- sono dotati di piano di manutenzione e le loro prestazioni devono essere monitorate nel tempo;
- devono essere muniti di eventuali dispositivi di troppo pieno di sicurezza con recapito in rete di smaltimento superficiale con quota d'innescio superiore a quella della tubazione entrante;
- devono svuotarsi entro 48 ore onde ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

Il mantenimento dei principi di invarianza idraulica richiede il controllo delle portate confluite verso i ricettori finali con conseguente aumento della necessità d'infiltrazione o di accumulo delle acque in eccesso. Indipendentemente dal metodo di raccolta, lo scarico richiederà di essere regolato mediante manufatti appositamente tarati o progettati. L'obiettivo in fase di scelta e progettazione dei sistemi da impiegare è necessario che vada nella direzione richiesta dai principi d'invarianza idraulica, pertanto si rende necessario garantire il mantenimento, l'infiltrazione e solo alla fine lo scarico. Oltre ai manufatti di regolazione dello scarico vi è ovviamente l'installazione di sistemi di pompaggio nel caso di portate basse, manufatti di sfioro e parzializzazione degli scarichi e ogni altra opera tratta di letteratura fognaria.

6.2. Dispositivi idraulici

I dispositivi idraulici sono sistemi di infiltrazione facilitata le cui acque di origine meteorica non necessitano di un trattamento e sono da adottarsi come misura complementare ai fini della laminazione delle piene, in particolare nelle zone non soggette a rischio di inquinamento della falda e laddove tale soluzione progettuale possa essere ritenuta efficace e non provochi alterazioni idrogeologiche nel rispetto della vigente normativa ambientale.

Ai fini del regolamento, si elencano di seguito alcuni dei dispositivi idraulici che sono maggiormente utilizzati nel campo delle costruzioni e che si possono utilizzare per il rispetto dell'invarianza idraulica.

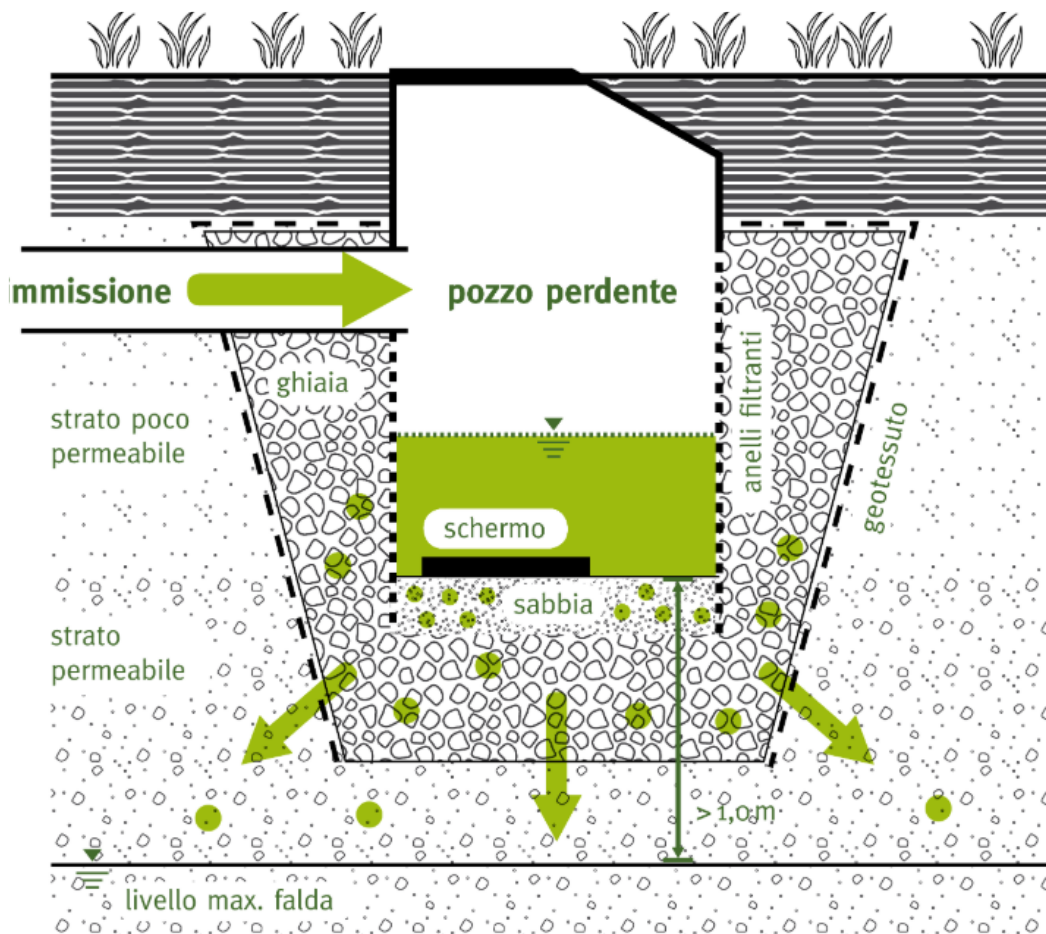
- Pozzi drenanti

La tecnica dei pozzi perdenti (o anche detti pozzi d'infiltrazione) è adatta al caso di suoli generalmente poco permeabili e può essere adoperata per interventi a piccola scala. Sono adatti per centri abitati con limitata superficie a disposizione in quanto necessitano di uno spazio molto contenuto, inferiore all'1% della superficie drenata. In essi possono essere convogliate solamente acque meteoriche scarsamente inquinate, previo pretrattamento che deve comprendere almeno un'efficace sedimentazione. I pozzi perdenti presenti sul mercato sono formati da un insieme di anelli fenestrati in calcestruzzo vibrocompresso sovrapponibili e impilabili tramite un sistema denominato "a bicchiere". I diametri degli anelli tipicamente in commercio oscillano tra i 100 e i 200 cm con un'altezza del singolo modulo variabile tra i 13 e i 50 cm. La capacità di invaso varia tipicamente da 300 fino a 9000 litri. Di seguito

sono elencate alcune caratteristiche dei pozzi perdenti attualmente in commercio e l'entità delle superfici drenate.

Caratteristiche pozzo perdente	Altezza complessiva del pozzo	Capacità (l)	Superficie scolanti servite (m ²) in presenza di un terreno con permeabilità:		
			Bassa	Media	Alta
Pozzo perdente Diam. 100	2-3	1576-2358	175-260	280-420	700-1045
Pozzo perdente Diam. 125 carrabile leggero	2-3	2452-3678	315-475	510-760	1270-1900
Pozzo perdente Diam. 150 carrabile leggero	2-3	3532-5298	390-590	630-940	1570-2350
Pozzo perdente Diam. 200 carrabile leggero	2-3	6280-9420	690-1050	1100-1675	2740-4180

Intorno alla parete forata del pozzo si pone uno strato di pietrisco/ghiaia per uno spessore in senso orizzontale di circa 80-100 cm e di granulometria crescente procedendo verso le pareti del pozzo, in modo da facilitare il deflusso delle acque ed evitare l'intasamento dei fori disperdenti. Si può posizionare uno strato di "tessuto non tessuto" tra il dreno circostante e il pozzo per prevenire eventuali occlusioni e quindi modificare la capacità filtrante.

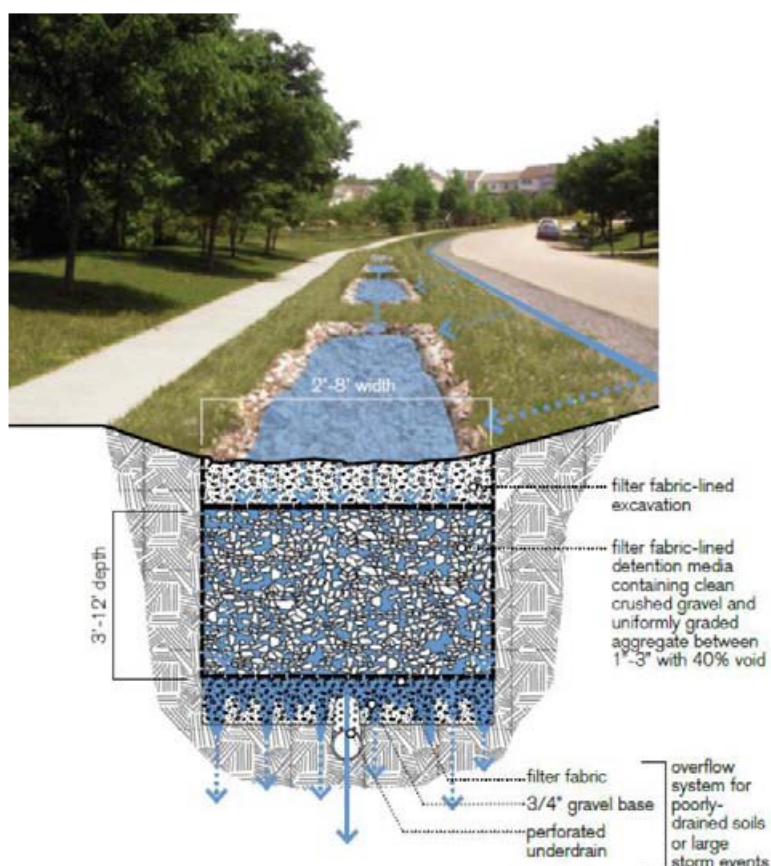


Schema tipo di realizzazione pozzo perdente.

Prima del posizionamento è bene verificare che la falda sia posta ad almeno 2 m dal fondo del pozzo perdente. Non devono essere presenti falde utilizzate per l'approvvigionamento di acque potabili e domestiche. I pozzi perdenti vanno posizionati lontani da fabbricati e aree pavimentate che ostacolano l'aerazione del terreno. È buona norma che siano posti a una distanza minima di 50 m da qualsiasi condotta, serbatoio e qualunque opera destinata al servizio di acqua potabile. Evitare il posizionamento dei pozzi in zone sensibili quali la presenza di rocce fratturate o terreni soggetti ad occhi pollini. In caso di posa di due o più pozzi perdenti in batteria, si dovrà mantenere una distanza minima tra intradossi pari a quattro volte il diametro degli stessi. A monte, dovrà essere posizionato un sifone/pozzetto deviatore, in modo da poter servire alternativamente i pozzi. I pozzi perdenti che scaricano reflui industriali o liquami devono essere preceduti da un sistema di trattamento e depurazione delle acque così da ottenere reflui con parametri previsti dalle normative vigenti.

- Trincee drenanti o di infiltrazione

Le trincee filtranti sono costituite da scavi riempiti con materiale ghiaioso e sabbia, realizzate con lo scopo di favorire l'infiltrazione dei volumi di run-off (attraverso la superficie superiore della trincea) e la loro successiva filtrazione nel sottosuolo (attraverso i lati e il fondo della trincea). Le acque filtrate nella trincea si infiltrano nel terreno sottostante: la trincea viene dimensionata in modo da ottenere uno svuotamento completo dalle 12 alle 24 ore successive alla fine dell'evento meteorico e quindi in funzione dei terreni esistenti nel sito di intervento. Una trincea filtrante non ha solo la funzione di trattenere i volumi di run-off, ma contribuisce anche al mantenimento del bilancio idrico di un sito e alla ricarica delle falde sotterranee (l'efficienza depurativa del sistema deve essere tale da evitare rischi contaminativi).



Schema tipo di trincea filtrante.

Può essere presente anche un tubo forato (tubo di dispersione) per aumentare la capacità d'accumulo e per garantire una più regolare distribuzione delle acque lungo lo sviluppo della trincea. Le trincee possono essere riempite interamente con ghiaia senza essenze erbacee oppure possono essere riempite di ghiaia per la metà inferiore e di terreno estremamente permeabile nella parte superiore. La seconda tipologia può essere vegetata con la presenza di prato o tramite essenze vegetali erbacee e arbustive ad alto valore decorativo. Le trincee sono altresì in grado di rimuovere un'ampia varietà di inquinanti dalle acque di pioggia attraverso meccanismi assorbimento, precipitazione, filtrazione, degradazione chimica e batterica oltre che di contribuire al mantenimento del bilancio idrico di un sito e alla ricarica delle falde sotterranee (l'efficienza depurativa del sistema deve essere tale da evitare rischi di contaminazione). Le trincee d'infiltrazione sono generalmente realizzate per l'accumulo dei deflussi dalle superfici impermeabili limitrofe ad esse ma possono inoltre essere realizzate per il convogliamento delle acque meteoriche in eccesso derivanti dai tetti verdi o dagli impianti per il recupero delle acque meteoriche. Tale dispositivo è tuttavia inadatto in terreni caratterizzati da carsismo, a meno di eseguire accurate indagini geologiche e geotecniche, e in terreni fortemente argillosi a causa della loro scarsa permeabilità.

- Sistemi modulari geocellulari

Si tratta di moduli plastici leggeri con struttura a nido d'ape a forma di parallelepipedo ottenuti mediante assemblaggio di fogli di PVC opportunamente sagomati mediante termoformatura. Il sistema di drenaggio consiste nell'assemblare questi pacchi modulari (in affiancamento e in sovrapposizione) per creare strutture interrato come ad esempio: vasche di infiltrazione (se avvolte da un geotessile); vasche di laminazione o accumulo (se avvolte da una geomembrana). La distribuzione dell'acqua all'interno dei moduli è garantita da un tubo forato, avvolto da un geotessile e collocato in una trincea riempita di ghiaietto drenante. Per motivi logistico-costruttivi la tubazione può anche essere inserita al di sotto o al di sopra della vasca, all'interno di uno strato drenante in ghiaia.



Sistema modulare geocellulare.

Le dimensioni tipiche delle unità attualmente in commercio hanno una lunghezza di circa 1.2 m, una larghezza che oscilla tra 0.6 e 0.8 m e una profondità che varia tra 0.4 e 0.6 m. Il modulo è in grado anche di svolgere una parziale funzione di accumulo dell'acqua infiltrata che per le dimensioni citate pocanzi varia tra 100 e 500 l. La percentuale dei vuoti media stimata del modulo supera il 90%. Nel caso della preparazione di un bacino costituito da sistemi modulari geocellulari predisposti per l'infiltrazione in prossimità di un edificio, la distanza minima tra l'edificio ed il bacino deve essere di almeno 5 m. Nel caso della preparazione di un bacino costituito da sistemi modulari geocellulari predisposti per l'infiltrazione la distanza minima tra la falda acquifera e la base del bacino deve essere almeno di 1 m. La forma della struttura alveolare deve essere cubica in modo da poter facilmente applicare il geotessile e la membrana, agganciare i moduli fra loro ed avere una pressione omogenea del terreno sui moduli. La scelta dell'altezza del bacino deve essere effettuata in funzione del tipo e della struttura del terreno e della destinazione d'uso dell'area sovrastante.

I dispositivi idraulici:

- sono dotati di piano di manutenzione e le loro prestazioni devono essere monitorate nel tempo;
- devono essere dotati di pozzetto di decantazione che preceda il sistema di infiltrazione;
- devono essere muniti di eventuali dispositivi di troppo pieno di sicurezza con recapito in rete di smaltimento superficiale con quota d'innescio superiore a quella della tubazione entrante;
- devono svuotarsi entro 48 ore onde ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

Nel territorio di Bottanuco sarà vietato ricorrere all'infiltrazione per lo smaltimento delle acque meteoriche mediante uso di dispositivi idraulici, come indicato nella Tavola 3, nelle seguenti aree:

- alveo attivo del F. Adda e porzioni di piana alluvionale potenzialmente esondabili, ricadenti nella fascia fluviale A del PAI e nelle aree P3/H interessate da alluvioni frequenti del PGRA;
- porzioni di piana alluvionale del F. Adda potenzialmente esondabili, ricadenti nella fascia fluviale B del PAI e nelle aree P2/M interessate da alluvioni poco frequenti del PGRA;
- discarica storica di rifiuti solidi urbani di Madone;
- zone a rischio idrogeologico potenzialmente franose, caratterizzate da erosione accelerata e/o crolli e distacchi;
- zona di rispetto delle captazioni 200 m di raggio – criterio geometrico;
- zona di rispetto campo pozzi del Comune di Trezzo sull'Adda;
- fasce di rispetto del reticolo idrico.

In base a quanto previsto all'art. 94 del D.Lgs 152/2006 *“Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano”*, nelle zone di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività: *“...d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;...”*.

6.3. Buone pratiche costruttive

L'adozione delle buone pratiche costruttive ai fini dell'invarianza idraulica mira principalmente al controllo “alla sorgente” delle acque meteoriche superficiali che si originano da una superficie drenante a seguito di una sollecitazione pluviometrica. Tali interventi sono in genere realizzati a monte della rete di drenaggio e servono principalmente ad attenuare volumi e picchi di piena. Le buone pratiche costruttive si manifestano pertanto attraverso una minore impermeabilizzazione del suolo, agevolano l'evapotraspirazione nonché l'infiltrazione delle acque meteoriche superficiali nel suolo.

Di seguito si elencano alcune delle buone pratiche costruttive maggiormente utilizzate nel campo delle costruzioni-

- Tetti verdi

Le coperture rinverdate, rispetto a quelle di tipo tradizionale, oltre a consentire il controllo qualitativo (filtrazione) e quantitativo (assorbimento, detenzione, evapotraspirazione) delle acque di pioggia, hanno il pregio di migliorare sotto l'aspetto ambientale ed estetico il contesto urbano in cui si inseriscono nonché aumentare l'assetto coibentante dell'abitazione e ridurre le dispersioni energetiche. I criteri di progettazione sono essenzialmente collegati alla pendenza delle coperture (la situazione ottimale si ha con pendenze limitate o nulle) e alla propensione e/o disponibilità da parte del proprietario all'esecuzione degli interventi di gestione e manutenzione delle coperture (irrigazione, concimazione, tagli, ecc.). La riduzione dei deflussi dipende dalla pendenza delle coperture, dal substrato utilizzato, dalla struttura e dallo spessore degli strati, nonché dall'intensità e dalla durata della precipitazione. In via approssimativa, i coefficienti di deflusso dei tetti verdi variano in relazione allo spessore del substrato utilizzato per il rinverdimento. Un'analisi della letteratura ha mostrato che si possono ottenere anche valori del coefficiente di deflusso che arrivano fino a 0.25.

In relazione alle caratteristiche tecnico-costruttive degli edifici ed agli usi previsti, si distingue tra rinverdimento estensivo e intensivo. I rinverdimenti estensivi sono sistemazioni prossime alle condizioni naturali, ampiamente in grado di mantenersi e svilupparsi autonomamente; lo spessore del substrato è pari a 2-10 cm e hanno una modesta spesa di manutenzione. I rinverdimenti intensivi possono essere semplificati, con spessore del substrato compreso tra 10 e 20 cm e spese di manutenzione medie con la necessità di periodica irrigazione, oppure intensivi con substrato maggiore di 20 cm e spese di manutenzione alte anche in relazione alla presenza di piante erbacee alte, arbusti ed in qualche caso anche alberi. In entrambe le tipologie, il substrato di coltivazione deve presentare elevata permeabilità e basso peso specifico. A titolo di esempio, un substrato per tetti verdi può essere composto dal 40% terreno di coltivazione, 30% terriccio vegetale e 30% da argilla espansa. Peso specifico medio di 2100 kg m⁻³.



Tetto verde in falda.

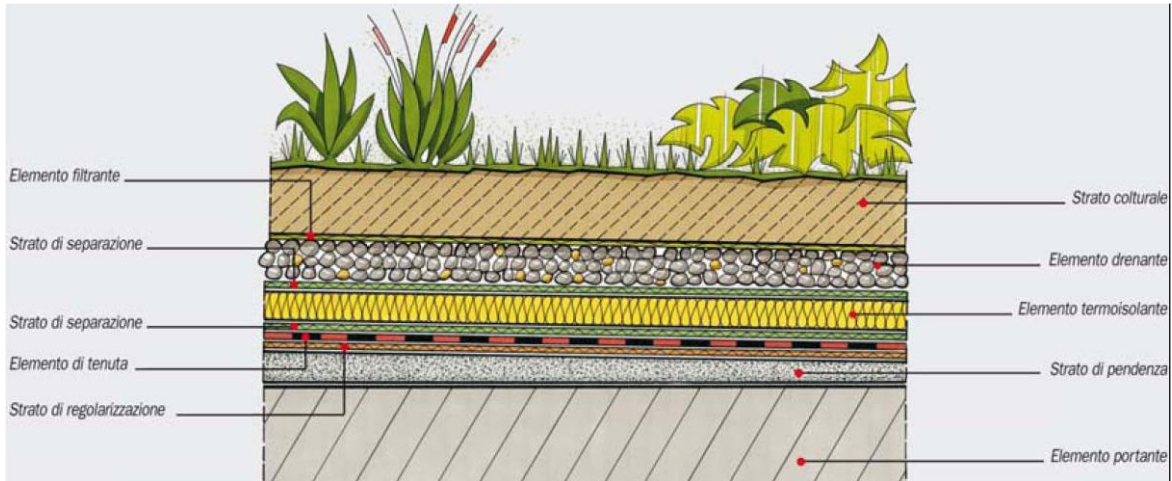


Esempio di tetto verde piano.

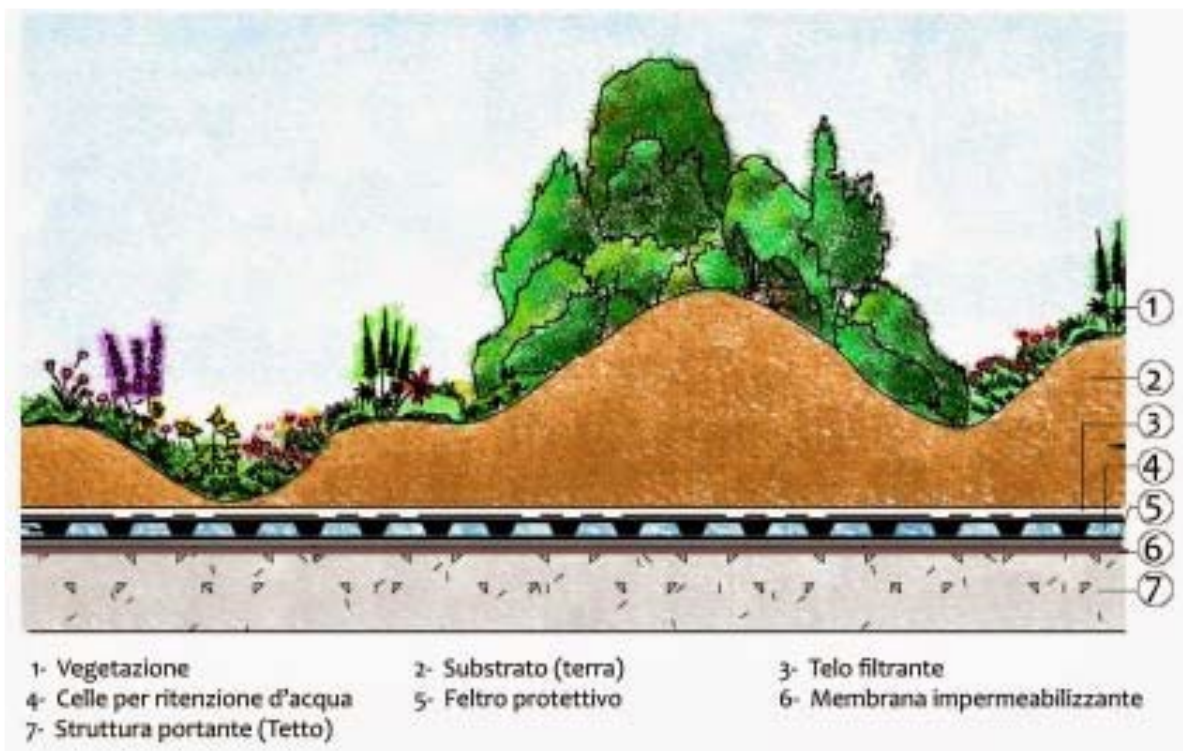
Le coperture a verde pensile contribuiscono alla gestione delle acque piovane, riproducendo una varietà di processi idrologici associabili ai terreni naturali. Le piante catturano la pioggia, l'assorbono attraverso l'apparato radicale e favoriscono i processi di evapotraspirazione, riducendo così i volumi di deflusso. Il verde pensile è quindi particolarmente efficace nel caso di eventi intensi di breve durata ed è stato dimostrato che, in climi temperati, è in grado di determinare un dimezzamento annuale dei volumi di dilavamento. Tuttavia se il drenaggio non viene correttamente dimensionato possono verificarsi problematiche di smaltimento delle acque. Le coperture devono quindi prima di tutto essere in grado di assolvere in modo impeccabile alle funzioni di captazione e deflusso delle acque piovane senza incorrere in allagamenti e infiltrazioni.

Le coperture a verde pensile riducono i picchi di deflusso dalle coperture durante gli eventi piovosi dilazionando nel tempo le acque di scorrimento grazie ad un effetto di detenzione. Questa caratteristica è descritta dal coefficiente di deflusso, ossia la percentuale di acqua che fuoriesce da un sistema rispetto a quella ricevuta, in un arco di tempo definito e in condizioni critiche per intensità di pioggia e saturazione di del sistema. Il coefficiente di deflusso viene quindi comunemente utilizzato per calcolare la quantità

massima di acqua scaricata da una copertura. Una volta definita la quantità totale di acqua da smaltire verrà definito il numero ed il diametro nominale degli scarichi, seguendo la procedura UNI EN 12056-3:2001, distribuendoli omogeneamente sulla copertura. Occorre in particolare verificare che la capacità drenante del sistema sia adeguata facendo riferimento alle sezioni dove il drenaggio risulta più critico a causa della lunghezza o del coefficiente di deflusso complessivo più elevato.



Tetto verde estensivo.



Tetto verde intensivo.

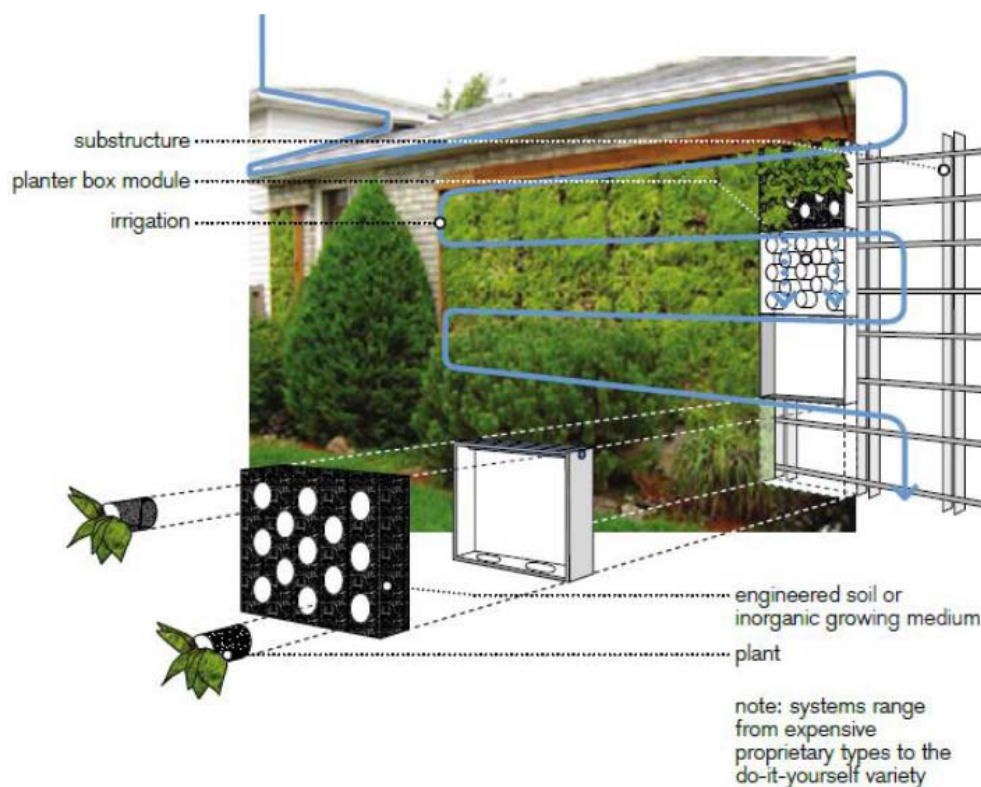
Nei casi in cui gli enti pubblici definiscano un limite massimo della portata di scarico che è possibile immettere nei corpi riceventi sarà possibile utilizzare l'equazione razionale per definire la portata di scarico attesa dalla copertura a verde pensile.

Caratteristiche	Rinverdimento estensivo	Rinverdimento intensivo semplificato	Rinverdimento intensivo
Spessore del substrato	2 - 10 cm	10 - 20 cm	20-100 cm e oltre
Vegetazione	estremamente frugale e bassa (per es. <i>Sedum</i>)	piante erbacee alte tappezzanti	piante erbacee e legnose
Carico sul tetto	60-240 kg m ²	180-300 kg m ²	300-400 kg m ²
Manutenzione	Minima	Media (sfalcio, irrigazione se necessaria)	intensiva; uso paragonabile a quello dei giardini

Caratteristiche fondamentali delle diverse forme di coperture rinverdate.

- Pareti verdi

Le pareti vegetate sono tipologie di rivestimento esistenti ed utilizzate per lo più per via degli effetti sulla regolazione della temperatura dell'edificio e presentano una scarsa rilevanza riguardo la gestione delle acque meteoriche. Questi sistemi impiantistici muovono comunque nella direzione d'interesse idrico, seppur in scarsa misura, e sono da annoverare tra quelli utilizzabili. Mediante supporti ancorati alla struttura verticale, vengono installati singoli arbusti e relativi terreni. Questi sistemi modulari riescono ad assorbire parte delle acque piovane ma rimane la necessità d'irrigazione durante i periodi di secca.



Esempio di struttura a Parete Verde.

- Cisterne domestiche

Sono sistemi di raccolta e recupero dell'acqua piovana in genere collegati alle grondaie dei tetti. In genere sono di piccole dimensioni, possono essere interrati e conservano l'acqua piovana per utilizzi non potabili (ad es. giardinaggio).

- Cisterne di raccolta

Si tratta di sistemi di raccolta e recupero dell'acqua piovana applicati a superfici impermeabili aventi maggiori estensioni rispetto a quelle associate alle cisterne domestiche. Possono essere interrati ed i volumi idrici raccolti vanno riutilizzati a scopi non potabili. Possono contribuire in maniera significativa alla mitigazione delle piene.



Cisterne sotterranee, in serie.

7. ATTUAZIONE DELLE POLITICHE DI INVARIANZA A SCALA COMUNALE E RELATIVA DISCIPLINA DEL TERRITORIO

7.1. Misure strutturali

Le misure strutturali, prevalentemente riferite a problematiche della rete di smaltimento, consistono in opere quali vasche di laminazione con o senza disperdimento in falda e vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali, atte a risolvere anche parzialmente le criticità idrauliche descritte precedentemente. Tali misure devono essere individuate dal comune con la collaborazione del gestore del servizio idrico integrato.

7.2. Misure non strutturali

Le misure non strutturali sono azioni volte a ridurre la vulnerabilità degli elementi esposti al rischio idraulico e l'entità dei danni conseguenti ad un evento di piena, che vengono messe in atto senza ricorso ad opere vere e proprie, ma facendo affidamento a provvedimenti normativi di carattere urbanistico/edilizio, regole comportamentali, fino anche a procedure di protezione civile.

Tutti i nuovi interventi infrastrutturali ed edilizi dovranno:

- tendere a minimizzare l'impermeabilizzazione delle superfici e adottare, attraverso specifica ricerca, analisi e studio a cura del progettista, le soluzioni e i materiali più efficaci per la riduzione del carico idraulico generato dalla costruzione delle opere;
- prediligere, in tutti i casi ove compatibile con i livelli di falda e con la natura litologica del terreno, sistemi di dispersione delle acque pluviali nel primo sottosuolo (eventualmente dopo trattamento primario per la rimozione di sedimento o composti oleosi) mediante pozzi disperdenti, trincee e tubazioni drenanti, ecc.;
- prevedere il modellamento planoaltimetrico delle aree a verde pertinenziale delle residenze così da agevolare il rallentamento e l'assorbimento delle acque e, quando possibile, anche il modellamento planoaltimetrico dei cortili e dei piazzali di manovra, ancorchè pavimentati, così da contribuire all'azione di laminazione e ritardo dei deflussi;
- programmare ciclici interventi di manutenzione delle opere realizzate per garantire il mantenimento delle caratteristiche prestazionali originarie.

In aggiunta alle misure non strutturali e alle opere di laminazione eventualmente necessarie per conseguire i principi di invarianza idraulica e idrologica, per gli interventi edilizi di tipo residenziale a bassa densità abitativa e con disponibilità di cortili o verde pertinenziale, dovrà essere incentivata l'installazione di serbatoi / vasche di accumulo delle acque pluviali provenienti dalle coperture degli edifici per consentirne il riuso per scopi compatibili quali l'innaffiamento, il lavaggio e altrui usi, comunque non di carattere potabile, nell'ottica di un contenimento dei consumi idrici e di un contributo alla riduzione dei deflussi.

In relazione alle caratteristiche delle reti di smaltimento pubbliche esistenti e in previsione di possibili interventi di ammodernamento e separazione delle stesse, tutti i nuovi interventi edilizi dovranno realizzare preferibilmente sistemi di raccolta delle acque di tipo duale, ossia con reti separate per acque bianche (pluviali non contaminate) e acque nere (acque di scarico civile o pluviali contaminate es. da vasche di prima pioggia).

Per ogni intervento urbanistico soggetto a convenzione pubblica, dovrà essere previsto uno specifico accordo con il gestore del servizio idrico integrato, per la puntuale definizione degli interventi di adeguamento e/o potenziamento delle infrastrutture fognarie, necessari a conseguire la completa sostenibilità degli incrementi del carico idraulico previsti.

E' auspicabile inoltre che a carico del singolo cittadino sia promossa la consapevolezza sul grado di rischio del territorio di residenza e l'osservanza delle disposizioni di protezione civile contenute nello specifico piano, con particolare riferimento alla localizzazione delle aree di emergenza e alle misure comportamentali indicate dal piano stesso.

7.3. Ambiti ostativi all'uso di pozzi disperdenti e strutture di infiltrazione

L'utilizzo di strutture di infiltrazione quali pozzi disperdenti come misure di invarianza idrologica è contemplato e auspicato dal R.R. n. 7 del 2017, tuttavia possono sussistere condizioni tecniche e/o normative ostative all'utilizzo di tali strutture.

Nello specifico, per il territorio comunale di Bottanuco si individuano i seguenti ambiti:

- *Zone di rispetto delle opere di captazione idropotabile:* all'interno di tali aree è vietata la realizzazione di pozzi disperdenti, così come esplicitamente indicato dall'art. 94 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., che disciplina le aree di salvaguardia dei pozzi per acqua destinata al consumo umano.
- *Zone a rischio idrogeologico potenzialmente franose, caratterizzate da erosione accelerata e/o crolli e distacchi:* all'interno di tali aree vige il divieto di dispersioni incontrollate di acque, in particolar modo nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata.

E' vietato l'utilizzo di pozzi disperdenti e strutture di infiltrazione anche all'interno delle aree seguenti:

- alveo attivo del F. Adda e porzioni di piana alluvionale potenzialmente esondabili, ricadenti nella fascia fluviale A del PAI e nelle aree P3/H interessate da alluvioni frequenti del P.G.R.A.;
- porzioni di piana alluvionale del F. Adda potenzialmente esondabili, ricadenti nella fascia fluviale B del PAI e nelle aree P2/M interessate da alluvioni poco frequenti del P.G.R.A.;
- discarica storica di Madone;
- fasce di rispetto del reticolo.

7.4. Ambiti di attenzione per pozzi disperdenti e strutture di infiltrazione

All'interno del territorio comunale di Bottanuco sono state individuate e cartografate le seguenti aree, non del tutto favorevoli alla possibilità di infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo:

- porzioni di piana alluvionale del F. Adda potenzialmente esondabili, ricadenti nella fascia fluviale C del PAI e nelle aree P1/L interessate da alluvioni rare del P.G.R.A.;
- aree condizionate da attività antropica attuale e pregressa da sottoporre a verifiche di carattere geotecnico e ambientale: Ambito Territoriale Estrattivo ATEg29 (ex polo BP5g);
- area di attenzione al contorno delle scarpate principali (fascia di profondità 10 m a partire dalla scarpata verso il ripiano superiore e dal piede della scarpata verso il ripiano inferiore);
- condizioni di criticità geotecnica riconducibili a probabili cavità/strutture polliniche nel sottosuolo e relativi intervalli di profondità:
 - Via Silvio Pellico / via Kennedy, Prova penetrometrica n° 4, 6.5-11.5 m

- Via Silvio Pellico / via Kennedy, Prova penetrometrica n° 9, 6.0-15.0 m
- Via Silvio Pellico / via Kennedy, Prova penetrometrica n° 10, 8.0-11.0 m

L'infiltrazione d'acqua all'interno delle aree caratterizzate da terreni con scarsa qualità geotecnica comporta un ulteriore peggioramento a causa dell'imbibimento che ne deriva, con conseguenze negative per la stabilità di eventuali opere su di esso fondate.

All'interno delle aree di cui sopra non è preclusa o vietata la possibilità di infiltrare acque pluviali nel sottosuolo, tuttavia l'uso dei dispositivi idraulici deve essere attentamente valutato: prima di ricorrere all'infiltrazione per lo smaltimento delle acque meteoriche, è necessario svolgere adeguati approfondimenti geologici e idrogeologici, l'utilizzo di queste aree pertanto deve essere subordinato alla definizione di un modello geologico e idrogeologico specifico, che ne definisca le modalità di utilizzo o anche l'eventuale esclusione.

Le indagini e gli approfondimenti devono definire le caratteristiche granulometriche dei terreni, la loro porosità, la stratigrafia del sottosuolo e la soggiacenza della falda superficiale. Questi aspetti devono essere valutati e approfonditi in fase di analisi di ciascuna area di progetto mediante la realizzazione di indagini geognostiche ad hoc (analisi granulometriche, prove di infiltrazione, ...) da definire a discrezione del professionista incaricato.

Le indagini e gli approfondimenti devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

7.5. Superfici di trasformazione e ubicazione dei dispositivi

I volumi di invaso e gli eventuali dispositivi idraulici devono essere preferibilmente ubicati all'interno delle stesse aree o lotti oggetto della trasformazione. Nel caso in cui gli invasi e/o i dispositivi idraulici debbano, per motivi di ottimizzazione del sistema di scolo e/o per motivi di natura urbanistico-territoriale e/o ambientale essere ubicati all'esterno di tali aree o lotti, ciò è ammissibile se e solo se tali localizzazioni siano già state preliminarmente individuate dallo strumento pianificatorio vigente qualora necessario.

L'individuazione puntuale delle superfici destinate alla realizzazione degli interventi per il mantenimento del principio dell'invarianza idraulica (dispositivi idraulici e invasi) può avvenire anche durante la fase di predisposizione dei piani attuativi, se e solo se tali aree sono interne al perimetro di piano attuativo stesso.

7.6. Dimensionamento e criteri progettuali delle opere di adeguamento fognario

Il dimensionamento delle opere di adeguamento della rete fognaria deve essere fatto ricorrendo all'implementazione di modelli idraulici mediante software adeguati e, in genere, per eventi con tempo di ritorno delle piogge pari a $T = 10$ anni e con limitazione delle portate scaricate compatibilmente con la capacità ricettiva dei collettori intercomunali, oltre che dei criteri del P.T.U.A.

L'adozione della tecnologia "no-dig" con risanamento di tipo conservativo, accompagnata dalla preventiva effettuazione della video ispezione interna di tratti di condotti fognari oramai datati, è uno strumento molto utile per limitare l'impatto di interventi a "cielo aperto" in zone più sensibili o con maggiore difficoltà operativa, nei casi in cui si prevede il potenziamento idraulico quale soluzione tecnica alle problematiche riscontrate.

La laminazione delle portate, in alternativa alle tradizionali vasche volano, può essere effettuata mediante invasi fuori rete denominati "tombotti", costituiti da condotti scatolari aventi funzioni di accumulo con svuotamento a gravità. In questo modo si possono ottenere sensibili effetti di attenuazione dei colmi d'onda mettendo in campo azioni aventi minore impatto urbanistico rispetto alle tradizionali vasche volano con svuotamento mediante pompaggio.

Occorre prevedere, per gli interventi di estensione della pubblica rete di fognatura, un sovradimensionamento delle tubazioni e l'inserimento di paratoie di regolazione a monte dei punti di scarico nella fognatura esistente, in modo da ottenere una "laminazione in rete" tale da contribuire a limitare le attuali portate addotte al sistema fognario verso valle.

Per gli insediamenti nuovi o da ristrutturare, le portate meteoriche devono essere smaltite in loco e non immesse nel pubblico reticolo di fognatura mentre, laddove non è attuabile la totale dispersione in loco, deve essere prevista la realizzazione di vasche per le acque di prima pioggia.

Per la ricostruzione dei condotti di grande diametro devono essere previste nuove tubazioni a sezione circolare, in cemento armato con giunti a bicchiere dotati di guarnizioni che garantiscono sia la perfetta tenuta idraulica, preservando le falde da eventuali contaminazioni per infiltrazione nel sottosuolo, che la resistenza statica. Il rivestimento interno tramite idonee protezioni (resine epossidiche o poliuretatiche) potrà scongiurare l'aggressione chimica della matrice cementizia del condotto da parte dei reflui in transito.

Per le sezioni di medio/piccolo diametro si può dare preferenza al grès ceramico o, in subordine, al PEAD o PVC.

Per quanto riguarda i tratti che attraversano le fasce di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile, dovranno essere impiegati tubi in grès rinfiancati completamente con calcestruzzo oppure tubazioni con giunti flangiati o totalmente impermeabili.

Per le camerette di ispezione e per i vari manufatti devono essere previste modalità costruttive che assicurino la perfetta tenuta idraulica e la protezione delle pareti interne, come indicato per le tubazioni. Dovranno inoltre essere facilmente accessibili, al fine di consentire le normali operazioni di manutenzione.

Le opere di laminazione delle piene possono essere realizzate mediante la posa di condotti scatolari prefabbricati in cemento armato di grande sezione, collegati ai condotti cui andranno asserviti mediante semplici soglie di sfioro; tali condotti non avranno quindi impatto sull'ambiente circostante e si svuoteranno a gravità al termine dell'evento meteorico, in quanto verranno dotati di leggera pendenza verso la soglia di sfioro e quindi verso i condotti da asservire.

Le vasche volano vere e proprie dovranno essere disconnesse rispetto al resto del sistema di drenaggio perché dotate di opere elettromeccaniche per il loro svuotamento. Esse dovranno avere struttura in

cemento armato e dovranno essere coperte ed interrato, onde attenuarne l'impatto ambientale e paesaggistico. Al di sopra delle vasche potranno essere realizzate strutture di interesse pubblico, quali ad esempio parcheggi.

7.7. Efficacia dell'azione di laminazione e verifiche idrauliche consigliate in sede di dimensionamento degli interventi

Ai fini del dimensionamento di dettaglio dei volumi di laminazione e delle luci di scarico, ferma restando la possibilità di effettuare studi idrologici e idraulici di maggiore approfondimento, si consiglia di ricorrere all'equazione di continuità del volume di invaso considerando come portata in ingresso l'idrogramma calcolato per il lotto con il metodo cinematico per assegnata durata di pioggia e tempo di ritorno, e come portata in uscita quella necessaria a soddisfare la percentuale di riduzione del colmo di piena.

I volumi di invaso devono essere di regola realizzati come aree di espansione poste a monte del punto di scarico. E' da evitare, ove possibile, il caso di volumi depressi rispetto al punto di scarico, nel qual caso si verificherebbe un riempimento e la successiva necessità di scolo meccanico.

I volumi di invaso sono da considerare come zone periodicamente allagabili, che però vengono mantenute drenate in condizioni di tempo asciutto. Ciò previene, fra l'altro, problemi di tipo igienico-sanitario connessi al trattenimento e allo stoccaggio delle acque. Di regola è preferibile, laddove sussistano le condizioni, la realizzazione di volumi allagabili in aree verdi con superfici in terreno naturale, associate a un uso ricreativo e a una sistemazione paesaggistica compatibili con il periodico allagamento; ciò al fine di contenere il più possibile i rischi di malfunzionamento e gli oneri relativi alla fase di realizzazione.

In ogni caso va privilegiata la scelta progettuale che porti alla realizzazione di volumi atti alla laminazione, ma che possano svolgere funzioni plurime e tali da non porsi unicamente come elementi "sottrattori" di ulteriori spazi a terra (ad esempio si può prevedere il posizionamento di parcheggi sopra a vasche interrate). Tali opere possono essere poste sia in serie che in parallelo nei confronti della rete di drenaggio: la differenza consiste nel fatto che nel primo caso operano una laminazione delle piene in presenza di qualsiasi condizione di deflusso, mentre nel secondo entrano in funzione solo quando la portata supera valori prefissati in corrispondenza dei quali il deflusso viene deviato al volume di invaso.

In generale, le modalità di invaso e svasso dei volumi di laminazione deriveranno da specifiche valutazioni sull'assetto morfologico ed altimetrico delle aree disponibili. In particolare, nel caso di invaso e laminazione in aree verdi morfologicamente depresse, qualora tali aree siano caratterizzate da forma stretta e allungata, al fine di ottimizzare lo sfruttamento del volume a disposizione e garantire nel contempo efficacia e omogeneità di svuotamento evitando la formazione di ristagni, è consigliabile l'adozione di un sistema di alimentazione e svuotamento dell'invaso diffuso sull'intero perimetro della depressione, o quantomeno lungo un lato maggiore della stessa. Si potrà all'uopo predisporre una serie di caditoie, opportunamente interdistanziate, adibite alla fuoriuscita delle portate meteoriche in fase di riempimento dell'invaso ed alla raccolta efficace e smaltimento delle stesse in fase di svuotamento.

Per le vasche interrate, esigenze gestionali-manutentive privilegiano volumi suddivisi in comparti separati, resi comunicanti mediante sfioratori. In questo modo, infatti, gli invasi più frequenti interessano

solo una parte della vasca, mentre solo per eventi pluviometrici più rilevanti vengono via via utilizzati gli altri comparti. Le operazioni di pulizia e manutenzione devono naturalmente essere frequenti nel comparto di invaso più ricorrente, mentre possono essere più diradate, e addirittura occasionali, negli altri comparti.

7.8. Piano di manutenzione degli interventi di invarianza

La manutenzione è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni. A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione. La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli interventi ordinari, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli interventi straordinari, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio sversamenti o incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture.

Gli interventi di manutenzione ordinaria che dovranno essere atti anche a mezzo di un semplice controllo visivo dello stato di efficienza degli elementi drenanti a seguito di ogni evento meteorico che li vede coinvolti sono i seguenti:

- pulizia rifiuti;
- rimozione detriti;
- eliminazione di problemi di scorrimento e/o intasamento;
- ispezione, controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccaniche (impianti di sollevamento, captazione, rilascio, ecc.).

Gli interventi di manutenzione straordinaria da svolgere successivamente al riscontro di malfunzionamenti e sempre successivamente al verificarsi di eventi straordinari che abbiano danneggiato in tutto o in parte gli impianti di drenaggio, sono i seguenti:

- pulizia e smaltimento rifiuti;
- rimozione e smaltimento detriti;
- risoluzione di problemi di intasamento;
- ispezione, controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccaniche (impianti di sollevamento, captazione, rilascio, ecc.).

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

Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da operai generici (rimozione detriti), da tecnici esperti (ripristino di impianti di sollevamento) o comunque formati a svolgere mansioni specifiche. Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati. Per tale ragione

nelle schede di manutenzione dovranno essere indicati anche i nomi dei progettisti e degli esecutori delle opere che potranno, in caso di dubbio, indicare la modalità migliore di intervento nel caso non sia già indicata nel programma periodico.

Lo stato della rete fognaria dovrà essere verificato per circa 1/10 della sua estensione totale e, in caso di necessità, si potrà prevedere l'intervento dei tecnici del Servizio Idrico Integrato per la pulizia o lo spurgo delle condotte.

Per le vasche naturalizzate di laminazione, ogni volta che il bacino è stato riempito a seguito di un evento straordinario che ne pregiudica l'utilizzo, gli interventi di manutenzione straordinaria prevedono la rimozione e lo smaltimento dei sedimenti trasportati durante l'evento di piena, la pulizia del fondo e delle sponde, la manutenzione delle opere civili.

I costi di gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere sono a carico del titolare.

7.9. Aree di rispetto cimiteriali

All'interno di tali aree per limitare i volumi di acque meteoriche percolanti nel sottosuolo sarà necessario raccogliere, con un idoneo sistema di canalizzazioni, le acque piovane provenienti dai piazzali, dai viali e dai tetti dei fabbricati; il recapito delle acque meteoriche dovrà essere concordato con ARPA. Sempre al fine di non incrementare localmente la ricarica della falda si suggerisce, qualora l'Ente sia d'accordo, il recapito in fognatura, evitando, per quanto possibile, le dispersioni nel sottosuolo.

7.10. Vincoli P.AI.

7.10.1. Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

Nella Fascia A, ai sensi dell'art. 29 delle NdA del PAI, sono vietate:

- a. le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
- b. la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 22/97, fatto salvo quanto previsto al punto "l" delle attività consentite;
- c. la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al punto "k" delle attività consentite;
- d. le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per un'ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente; le Regioni provvederanno a disciplinare tale divieto nell'ambito degli interventi di trasformazione e gestione del suolo e del soprassuolo, ai sensi dell'art. 41 del D.L. 152/1999, ferme restando le disposizioni di cui al Capo VII del R.D. 25 luglio 1904, n. 523.
- e. la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;

f. il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

Sono invece consentiti, previa autorizzazione dell'Autorità Idraulica Competente:

- a. i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;
- b. gli interventi volti alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- c. le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- d. i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 mc annui;
- e. la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;
- f. i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata e agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione, da realizzare secondo le modalità previste dal dispositivo di autorizzazione;
- g. il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto di fascia;
- h. il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;
- i. il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. M) del D.Lgs. 22/97;
- j. l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del d.lgs. 22/97 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso d.lgs. 22/97) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa; tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto D.L.;
- k. l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Ai sensi dell'art. 39 delle NdA del PAI valgono inoltre le seguenti norme:

1. I territori della fascia A sono inoltre soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica:
 - a. le aree non edificate e esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;
 - b. alle aree esterne ai centri edificati, così come alla seguente lettera c), si applicano le norme della fascia A, di cui al successivo comma 3;
 - c. per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi e escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato, ovvero al suo

- aggiornamento, l'Amministrazione Comunale deve procedere all'approvazione del relativo perimetro.
2. All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nella fascia A, l'Amministrazione Comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.
 3. Nei territori della fascia A sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31, lettere a), b), c) della L. 457/1978, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.
 4. La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui all'art. 38 delle NdA.
 5. Il Comune, in sede di adeguamento dello strumento urbanistico, per renderlo coerente con le previsioni del PAI, nei termini previsti dall'art. 27, comma 2 delle NdA del PAI stesso, deve rispettare i seguenti indirizzi:
 - a. evitare nella fascia A la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva,
 - b. favorire l'integrazione della fascia A nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia,
 - c. favorire nella fascia A, area di primaria fruizione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.
 6. Sono fatti salvi gli interventi già abilitati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio attività ai sensi dell'art. 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e succ. modd.) rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del PAI e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.
 7. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni e gli atti amministrativi ai sensi delle leggi 445/1908, 64/1974, nonché del D.L. 490/1990 e D.P.R. 24/1977.

7.10.2. Fascia di esondazione (Fascia B)

Nella Fascia di esondazione (Fascia B), ai sensi dell'art. 30 delle NdA-PAI, sono vietati:

- a. gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- b. la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 22/97, fatto salvo quanto previsto per le operazioni consentite per la fascia A, di cui all'art 29, comma 3 lett. L delle NdA del PAI;

- c. in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Sono invece consentiti, oltre a quanto già consentito nella Fascia A (art. 29 comma 3 delle Nda del PAI), previa autorizzazione dell'Autorità Idraulica Competente:

- a. i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;
- b. gli interventi volti alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- c. le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- d. i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 mc annui;
- e. la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;
- f. i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata e agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione, da realizzare le modalità previste dal dispositivo di autorizzazione;
- g. il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto di fascia;
- h. il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;
- i. il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. M) del D.Lgs. 22/97;
- j. l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 22/97 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso d.lgs. 22/97) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa; ; tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto D.L.;
- k. l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali;
- l. gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla limitazione della fascia;
- m. gli impianti di trattamento delle acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino;
- n. la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
- o. l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D. Lgs. 153/99 e successive modifiche e integrazioni;
- p. il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino.

Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze con le falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa presenti.

Ai sensi dell'art. 39 comma 4 delle NdA del PAI valgono inoltre le seguenti norme:

1. I territori della Fascia B sono inoltre soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica:
 - a. le aree non edificate e esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;
 - b. alle aree esterne ai centri edificati, così come alla seguente lettera c), si applicano le norme della Fascia B, di cui al successivo comma 4;
 - c. per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi e escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato, ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione Comunale deve procedere all'approvazione del relativo perimetro.
2. All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nella Fascia B, l'Amministrazione Comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.
3. Nei territori della Fascia B sono inoltre esclusivamente consentiti:
 - a. opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa,
 - b. interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime e a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa,
 - c. interventi di adeguamento igienico-funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto,
 - d. opere attinenti l'esercizio della navigazione e della portualità, commerciale e da diporto, qualora previsti nell'ambito del piano di settore.
4. La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui all'art. 38 delle NdA.
5. Il Comune, in sede di adeguamento dello strumento urbanistico, per renderlo coerente con le previsioni del PAI, nei termini previsti dall'art. 27, comma 2 delle NdA del PAI stesso, deve rispettare i seguenti indirizzi:

- a. contenere nella Fascia B la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva,
 - b. favorire l'integrazione della fascia B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia,
 - c. favorire nella fascia B, area di primaria fruizione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.
6. Sono fatti salvi gli interventi già abilitati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio attività ai sensi dell'art. 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e succ. modd.) rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del PAI e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.
7. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni e gli atti amministrativi ai sensi delle leggi 445/1908, 64/1974, nonché del D.L. 490/1990 e D.P.R. 24/1977.

7.10.3. Fascia di inondazione per piena catastofica (Fascia C)

Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del presente Piano.

In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n. 225, è affidato alle Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n. 142, di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n. 225.

Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.

Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" nelle tavole grafiche, per i quali non siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 17, comma 6, della L. 183/1989, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato dal suddetto art. 17, comma 6, ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17, comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 1, comma 1, lett. b), del D.L. n. 279/2000 convertito, con modificazioni, in L. 365/2000.

7.11. Vincoli P.G.R.A.

Le aree allagabili non sostituiscono le fasce fluviali, rappresentano invece un aggiornamento e un'integrazione della parte di fascia tracciata principalmente in base ai livelli idrici corrispondenti alle tre piene di riferimento considerate, utilizzando rilievi topografici di dettaglio e aggiornando i livelli di piena e le portate.

Per quanto riguarda il sistema vincolistico:

- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L) del PGRA, si applicano le disposizioni di cui sopra relative alla Fascia C del PAI.
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M) del PGRA, si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del “Titolo II – Norme per le fasce fluviali”, delle N.d.A. del PAI.
- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H) del PGRA, si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme di cui al “Titolo II – Norme per le fasce fluviali”, delle N.d.A. del PAI.

8. ANALISI IDRAULICA SEMPLIFICATA

Di seguito si riportano le valutazioni idrauliche di tipo semplificato condotte sull'intero territorio comunale di Bottanuco. Lo scopo principale di tali valutazioni è quello di valutare, in relazione alla topografia del territorio comunale, la presenza di aree maggiormente soggette ai fenomeni di allagamento nei confronti di eventi meteorici intensi con periodi di ritorno di 10, 50 e 100 anni.

8.1. Approccio metodologico

L'approccio metodologico adottato è noto in letteratura come "*Direct rainfall*", dove la pioggia viene applicata direttamente sulla superficie e viene simulato direttamente il deflusso superficiale per riprodurre i fenomeni di inondazione. Tale approccio è in grado di considerare gli effetti delle superfici più o meno permeabili nella creazione del deflusso, l'effetto della topografia e delle scabrezze sulla propagazione dello stesso ma non il contributo determinato dalla rete di drenaggio urbano. Al fine di considerare, seppur in modo semplificato, il contributo al deflusso della rete di drenaggio le precipitazioni di progetto vengono depurate della frazione di precipitazione corrispondente a un evento con tempo di ritorno di 5 anni al netto delle perdite idrologiche dovute al fenomeno di infiltrazione. In generale, infatti, i reticoli di drenaggio urbano vengono dimensionati in relazione a eventi meteorici di 5-10 anni di tempo di ritorno e sono quindi in genere sufficienti a smaltire le portate corrispondenti.

8.2. Dati impiegati

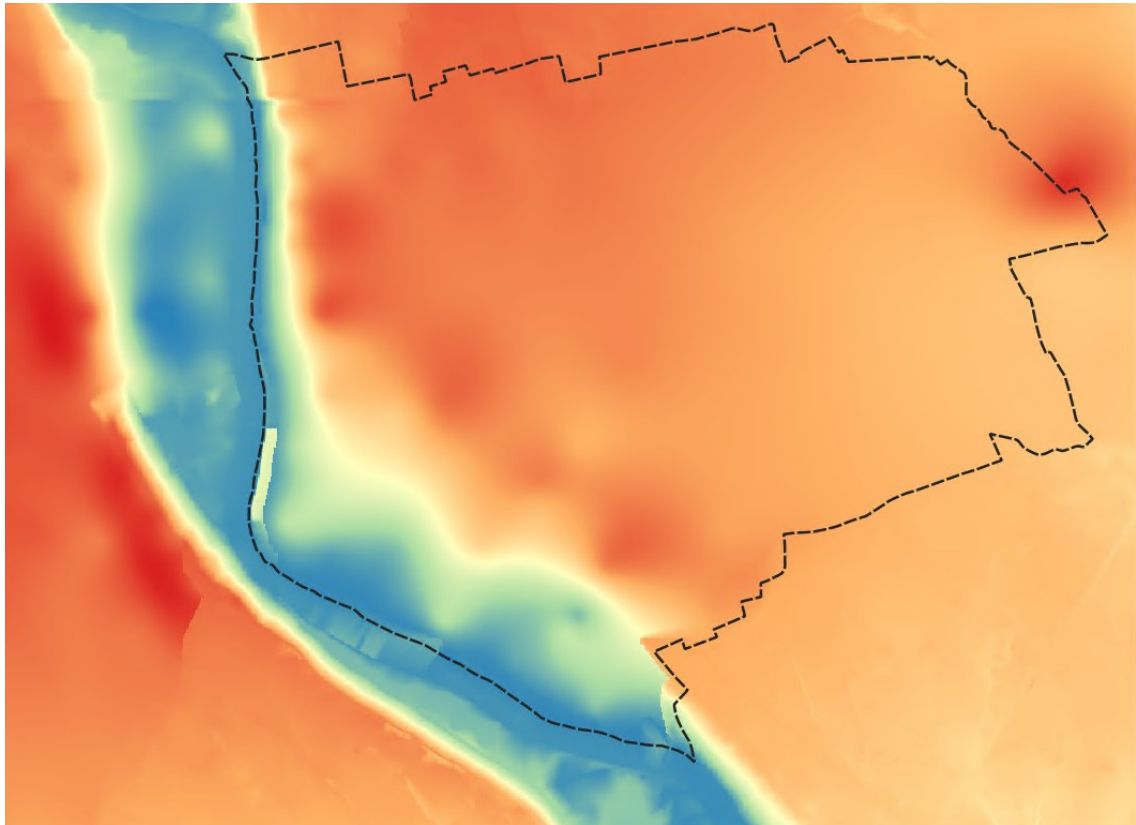
8.2.1. Dati geometrici

Modelli digitali del terreno

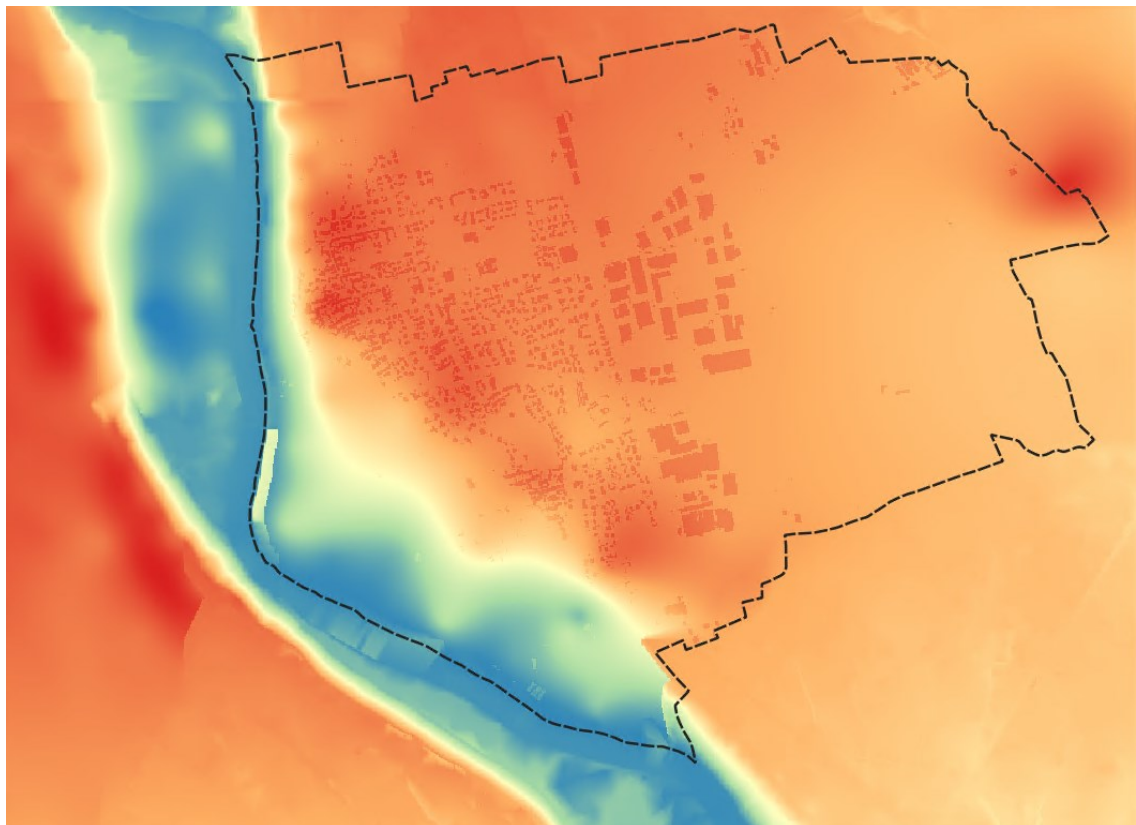
Come base topografica per le valutazioni idrauliche è stato impiegato il DTM (*Digital Terrain Model*) a maglia regolare quadrata 5 m x 5 m² disponibile presso il geoportale di Regione Lombardia. A questo modello digitale del terreno sono state poi applicate correzioni di elevazione nelle aree occupate dagli edifici³ al fine di ottenere un modello digitale delle superfici o DSM (*Digital Surface Model*).

² <https://www.geoportale.regione.lombardia.it/>

³ Dato desumibile dal database Topografico Regionale



DTM a maglia regolare quadrata di 5 m x 5 m di Regione Lombardia.



DSM a maglia regolare quadrata di 5 x 5 ottenuto con le correzioni di elevazione in corrispondenza degli edifici.

8.2.2. Dati idrologici e idraulici

Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP)

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per la determinazione delle precipitazioni di progetto sono distribuiti da ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale⁴. I parametri distribuiti sono relativi ad una curva climatica del tipo:

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

dove:

- D [h] = durata dell'evento di pioggia di riferimento;
- T [anni] = tempo di ritorno dell'evento di pioggia di riferimento;
- $h_T(d)$ [mm] = altezza di pioggia dell'evento di riferimento avente durata d e tempo di ritorno T;
- a_1 [mm] = coefficiente pluviometrico orario, rappresenta il coefficiente di scala della linea segnalatrice, pari al valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per la durata di riferimento;
- n [] = esponente di scala con cui la variabilità del fenomeno si trasmette dalla scala temporale di riferimento alle altre scale temporali;
- w_T [] = fattore di crescita in frequenza corrispondente al quantile T-ennale della funzione W che descrive la distribuzione dei valori di precipitazione estremi normalizzati sul valore atteso (in questo caso la distribuzione probabilistica GEV – *Generalized Extreme Value*). Il fattore w_T viene calcolato attraverso la formula:

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

in cui k , α , ε sono rispettivamente i parametri di scala, locazione e forma della funzione GEV.

I parametri delle LSPP per i tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni sono stati estratti in corrispondenza del baricentro del contesto spaziale oggetto di studio. Le LSPP ARPA possono essere utilizzate per eventi pluviometrici con durata non inferiore ad un'ora. Per eventi pluviometrici brevi, inferiori all'ora, in assenza di dati sito specifici di intensità di piogge con durate inferiori ad un'ora, è possibile impiegare la seguente formula di Bell:

$$h_{d,T} = h_{60,T} (0,54 \cdot d^{0,25} - 0,5)$$

dove:

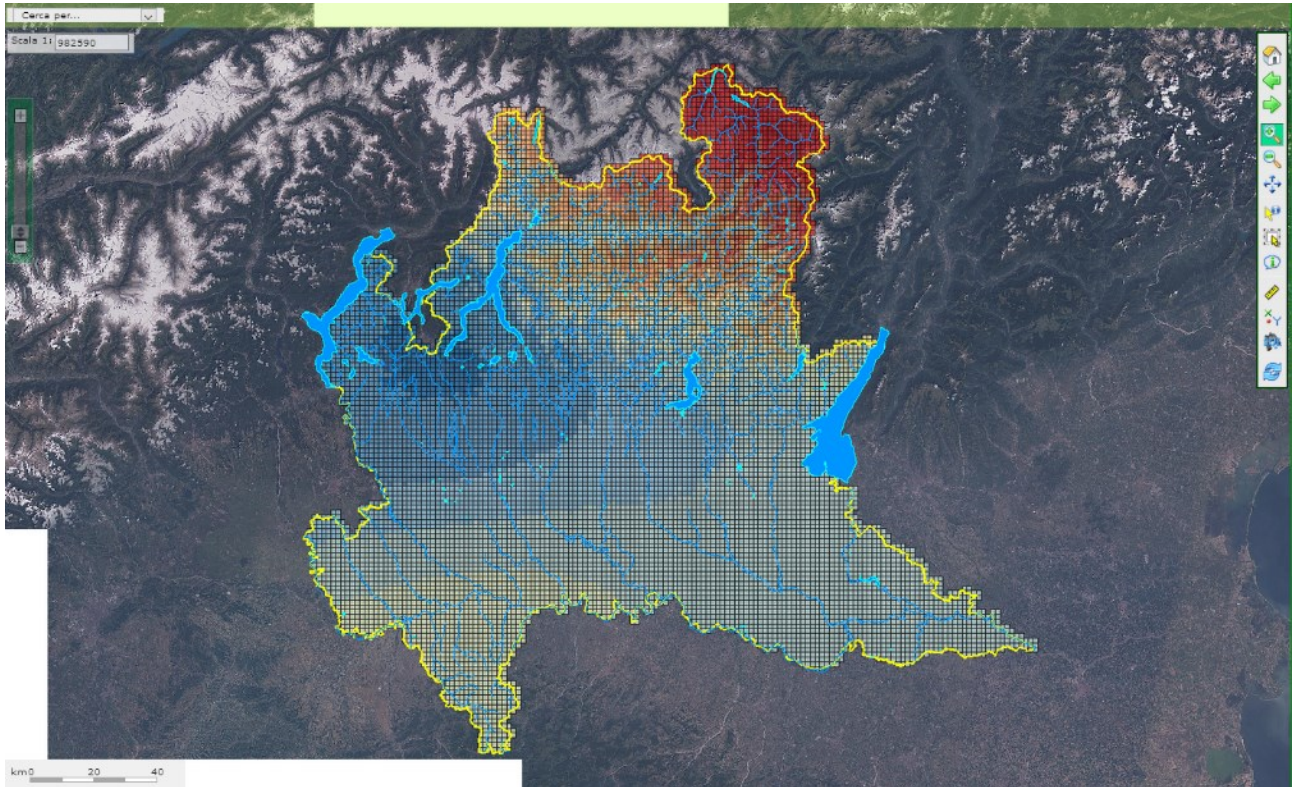
- d [min] = durata dell'evento di pioggia;
- $h_{d,T}$ [mm] = altezza di pioggia associata all'evento di durata d;
- $h_{60,T}$ [mm] = altezza di pioggia associata alla pioggia di durata 1 ora e tempo di ritorno T.

Di seguito si riportano i parametri caratteristici delle LSPP dell'area in studio per i differenti periodi di ritorno considerati e per le durate 1-24 ore e per le durate inferiori all'ora determinate applicando la formula di Bell.

⁴ <http://idro.arpalombardia.it>

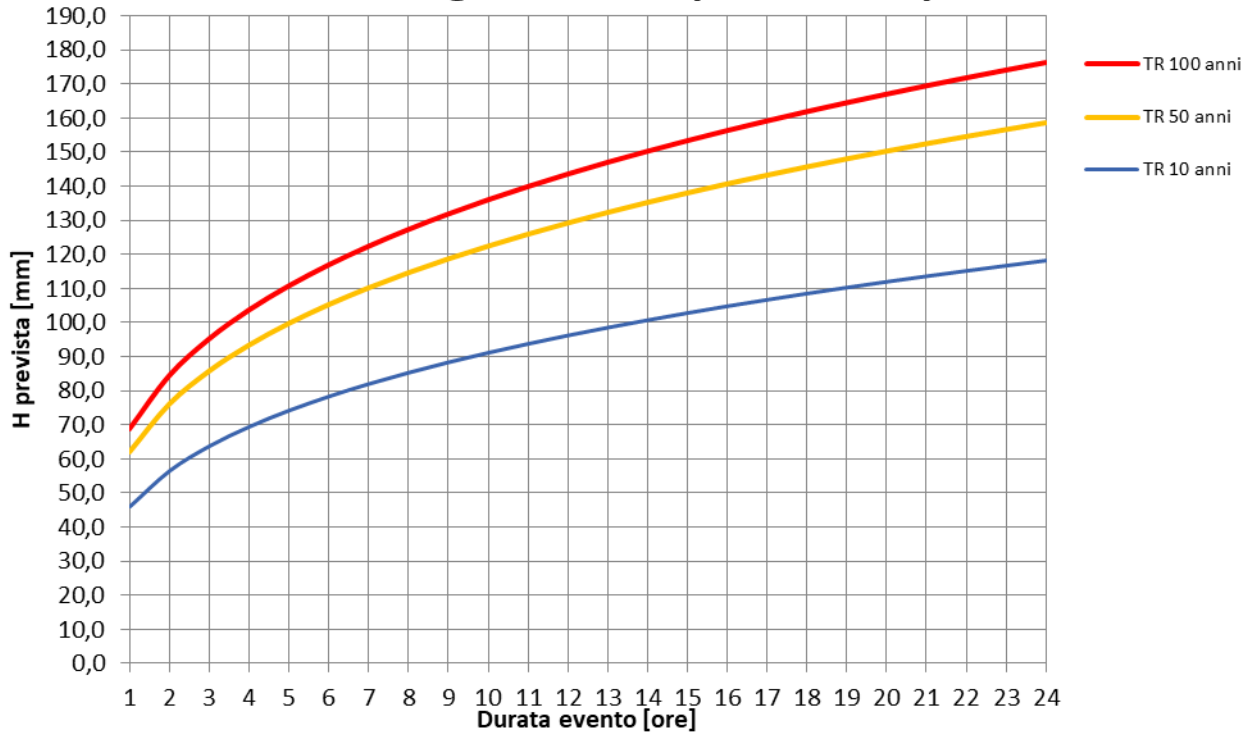
T [anni]	Durata 1-24 ore		Durata inferiore all'ora	
	a [mm/ora]	n [-]	a [mm/ora]	n [-]
10	46.156	0.2962	46.972	0.434
50	61.929	0.2962	63.024	0.434
100	68.711	0.2962	69.927	0.434

Parametri a ed n delle LSPP per i differenti tempi di ritorno considerati e per le differenti durate.

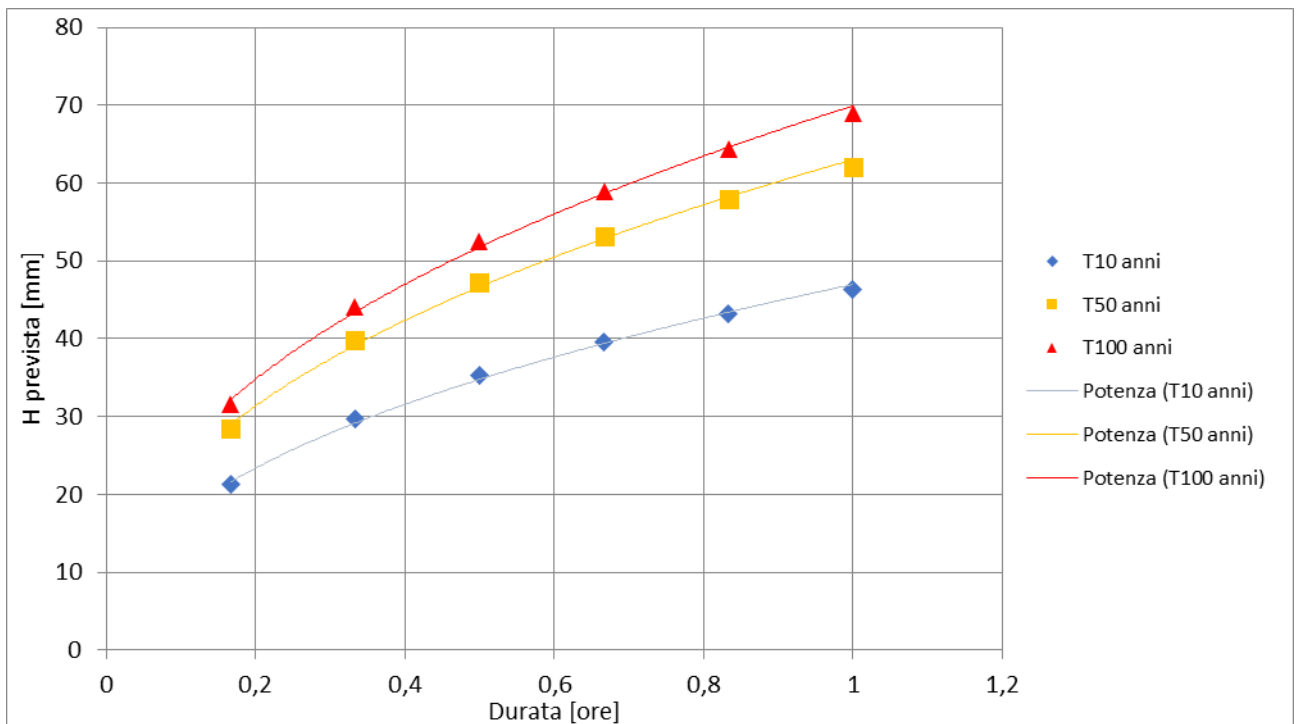


Maglia di discretizzazione dei parametri caratteristici delle LSPP di Regione Lombardia.

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica



LSPP ARPA Lombardia 1-24 ore per l'area in analisi.



LSPP ARPA Lombardia e applicazione della formula di Bell per le durate inferiori all'ora per l'area in analisi.

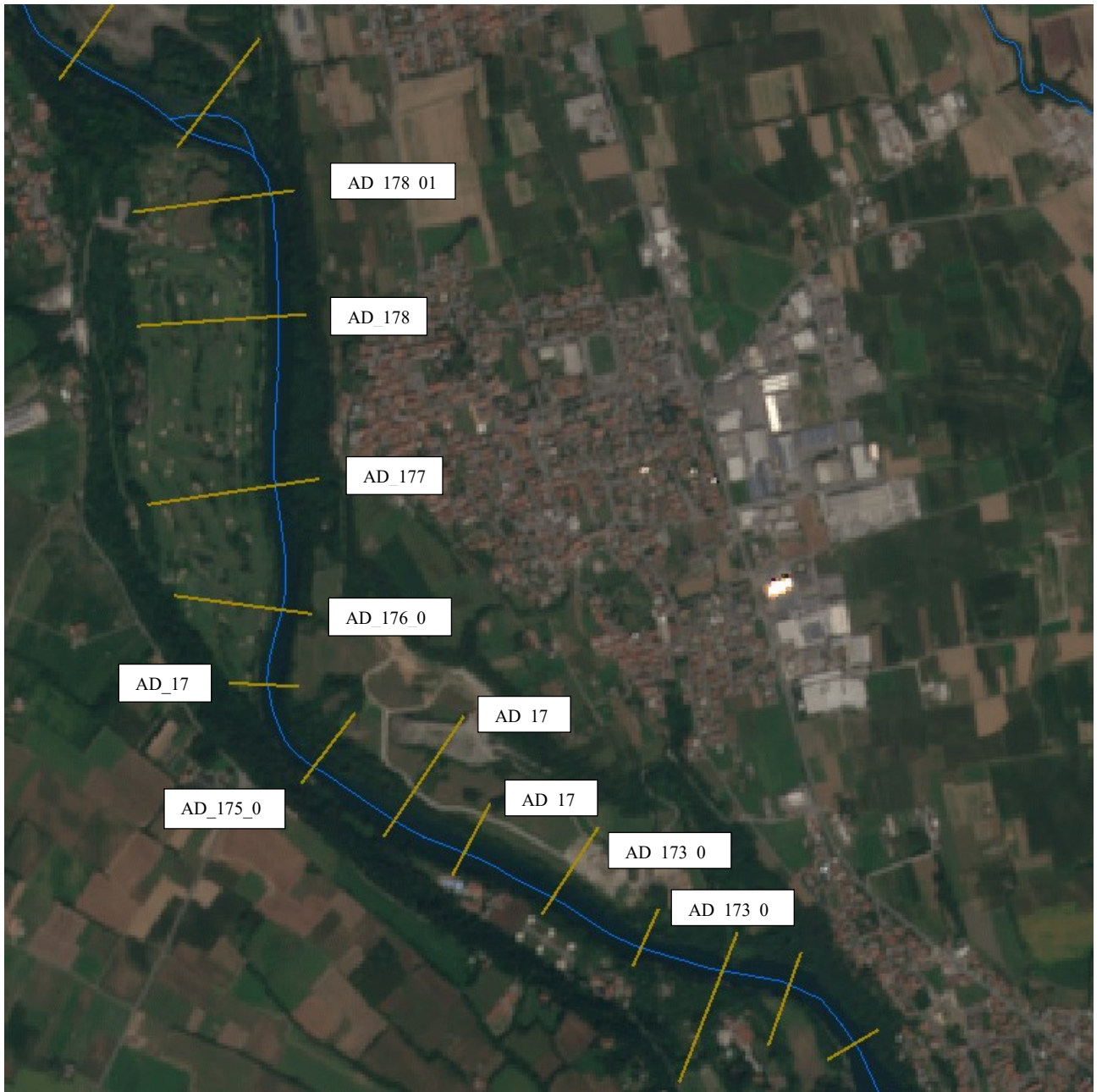
Dati relativi al Fiume Adda

Il Comune di Bottanuco ha come confine ovest il Fiume Adda e parte del suo territorio è quindi interessato dalle aree di allagamento dello stesso. Le portate al colmo di riferimento sono quelle relative al Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Adda per il tempo di ritorno di 20, 200 e 500 anni per la sezione Trezzo sull'Adda a monte della confluenza del fiume Brembo.

Bacino	Corso d'acqua	Sezione			Superficie km ²	Q20 m ³ /s	Q200 m ³ /s	Q500 m ³ /s	Idrometro Denominazione
		Progr. (km)	Cod.	Denomin.					
Adda	Adda sottolac.	163.116	200_23	Lavello	4572	860	1180	1300	Adda a S.Maria di Lavello
Adda	Adda sottolac.	190.560	167_03	Trezzo sull'Adda (monte confl. Brembo)	4640	860	1170	1300	
Adda	Adda sottolac.	193.941	162	Canonica d'Adda (valle confl.. Brembo)	5748	1410	1960	2180	Adda a Canonica d'Adda
Adda	Adda sottolac.	208.058	140	Rivolta d'Adda	-	1410	1960	2180	Adda a Rivolta d'Adda (Ponte Sp4)
Adda	Adda sottolac.	232.299	103	Lodi	-	1410	1960	2170	Adda a Lodi (Ponte SP235)
Adda	Adda sottolac.	254.037	72	monte confl. Serio	6436	1410	1950	2160	
		259.715	64	Boccaserio (valle confl..Serio)	7514	1410	1950	2160	Adda a Boccaserio
Adda	Adda sottolac.	279.449	28	Pizzighettone	7775	1400	1940	2150	Adda a Pizzighettone
Adda	Adda sottolac.	294.183	1	Confl. in Po	7938	1400	1940	2150	

Portate di piena per il Fiume Adda.

Per il Fiume Adda sono inoltre disponibili i profili di piena ai differenti tempi di ritorno del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) che vengono di seguito riportati. Le sezioni di riferimento sono quelle evidenziate e riportate nell'estratto cartografico seguente.



Sezioni PAI di riferimento per il Fiume Adda.

Sez.	Progr. (km)	T = 20 anni	T = 200 anni	T = 500 anni	Sez.	Progr. (km)	T = 20 anni	T = 200 anni	T = 500 anni
		Quota idrica (m s.m.)	Quota idrica (m s.m.)	Quota idrica (m s.m.)			Quota idrica (m s.m.)	Quota idrica (m s.m.)	Quota idrica (m s.m.)
188	177.332	187.62	188.25	188.49	101_01 (m)	233.404	66.75	67.44	67.86
187_03	177.546	187.30	187.69	187.82	101_01 (v)	233.404	66.73	67.42	67.84
187_31	177.593	187.34	187.83	188.00	101	233.725	66.46	67.46	67.88
187_2 (m)	177.687	187.42	187.95	188.15	100	234.299	66.07	67.41	67.84
187_2 (v)	177.687	187.45	188.00	188.20	99	234.681	65.87	67.00	67.42
187_S2	177.689	186.75	187.15	187.29	98	235.618	65.58	66.82	67.26
187_S3	177.690	186.73	187.12	187.27	97	236.177	65.23	66.40	66.83
187_S4	177.691	186.67	187.07	187.21	96_1	236.388	65.19	66.47	66.92
187_S5	177.692	182.30	182.52	182.61	96	236.821	64.60	65.74	66.14
187_S6	177.694	182.32	182.55	182.64	95	237.535	64.44	65.62	66.05
187_01	177.942	182.83	183.90	184.28	94	238.130	64.09	65.21	65.62
187	178.296	180.10	181.03	181.40	93	238.542	63.95	65.12	65.55
186_02	178.397	174.45	175.06	175.28	92	239.218	63.30	64.47	64.89
186_01	178.628	169.98	170.23	170.38	91	239.687	63.09	64.29	64.72
186	178.769	168.85	170.18	170.32	90	240.088	63.02	64.24	64.68
185_01	179.090	167.24	167.86	168.09	89	240.568	62.72	63.91	64.34
185	179.215	165.39	166.05	166.30	88_2	240.937	62.22	63.29	63.68
184_02	179.557	158.23	159.26	159.64	88_1	241.255	62.14	63.28	63.69
184_01	179.860	157.92	158.67	158.95	88	241.542	61.78	62.83	63.21
184	180.266	156.61	157.45	157.72	87_1	241.954	61.68	62.81	63.22
183_01	180.717	156.04	156.96	157.23	87	242.537	61.24	62.32	62.72
183	180.921	155.88	156.77	157.05	86	242.953	60.97	62.10	62.51
182_01	181.340	155.64	156.44	156.72	85_1	243.489	60.60	61.71	62.11
182	181.639	155.24	156.11	156.42	85	244.022	60.09	61.14	61.52
181_02	181.827	154.83	155.62	155.88	84_3	244.796	59.46	60.38	60.73
181_01	182.043	154.41	155.18	155.46	84_2	244.830	59.26	60.10	60.42
181	182.343	154.12	155.17	155.48	84_01 (m)	244.876	59.33	60.25	60.60
180	182.787	153.39	154.36	154.62	84_01 (v)	244.876	59.20	60.07	60.42
179	183.278	153.14	154.18	154.46	84	244.923	59.23	60.00	60.30
178_01	183.625	152.87	153.85	154.16	83	245.515	58.46	58.74	58.95
178	184.004	152.51	153.35	153.66	82	246.124	58.07	58.02	58.20
177	184.525	152.09	152.93	153.23	81	246.935	57.64	57.57	57.77
176_01	184.913	151.64	152.45	152.74	80_1	247.255	57.59	57.44	57.66
176	185.148	151.53	152.35	152.64	79	248.618	56.67	57.09	57.34
175_01	185.446	151.28	152.05	152.32	78	249.473	56.20	56.80	57.10
175	185.743	151.05	151.85	152.14	77	250.329	55.42	56.22	56.53
174	185.979	150.77	151.59	151.88	76	251.162	54.73	55.50	55.81
173_03	186.291	150.32	151.13	151.42	75	252.280	54.20	54.92	55.23
173_02	186.597	149.99	150.78	151.07	74	252.733	54.13	54.85	55.17
173_01	186.858	149.41	150.12	150.39	73	253.468	53.98	54.71	55.04
173	187.068	149.30	150.01	150.26	72	254.037	53.84	54.62	54.96
172_01	187.348	148.55	149.07	149.25	71_1	254.586	53.51	54.25	54.61
172	187.596	148.02	148.64	148.88	71	255.093	53.20	53.83	54.18
171_01	187.861	147.77	148.45	148.72	70_1	255.561	52.72	53.67	54.05
171	188.168	146.89	147.74	148.06	70	255.974	52.68	53.61	53.99
170_01	188.403	146.61	147.53	147.85	69_1	256.341	52.50	53.49	53.89
170	188.665	146.19	147.14	147.47	69	256.775	52.27	53.38	53.80
169_3 (m)	188.954	145.89	146.83	147.15	68_1	257.285	52.12	53.25	53.67
169_3 (v)	188.954	145.97	146.93	147.25	68	257.742	51.53	52.57	52.96
169_sm	188.964	145.97	146.93	147.26	67	258.287	51.33	52.44	52.88
169_SV	188.965	146.00	146.98	147.31	66_1 (m)	258.679	51.30	52.39	52.82
169_02	189.085	146.00	146.98	147.32	66_1 (v)	258.679	51.28	52.38	52.81
169_01	189.240	145.85	146.79	147.11	66	258.824	51.20	52.32	52.75
169	189.433	145.62	146.48	146.77	65	259.315	50.66	51.98	52.44
168_01	189.720	145.57	146.41	146.69	64_01 (m)	259.572	50.47	51.55	51.98
168 (m)	189.882	145.49	146.30	146.56	64_01 (v)	259.572	50.41	51.47	51.89

8.3. Modelli impiegati

Per la simulazione idrologica di trasformazione degli afflussi in deflussi e per la simulazione idraulica di propagazione bidimensionale delle portate eccedenti la rete di drenaggio, si è utilizzato il modello sviluppato dalla *US Army Corps of Engineers* HEC-RAS, nella sua versione 6.3.1. La schematizzazione utilizzata per la rappresentazione dei fenomeni di allagamento delle superfici è dunque quella del ruscellamento superficiale, dove la portata eccedente le perdite per infiltrazione e la quota parte corrispondente alla capacità stimata del reticolo di drenaggio urbano (evento meteorico a tempo di ritorno di 5 anni al netto delle perdite idrologiche) allaga una mesh del dominio 2D. HEC-RAS è stato pubblicato nel 1996 dall'*Hydrologic Engineering Center for the US Army Corps of Engineers* (HEC), il Corpo degli ingegneri dell'esercito degli Stati Uniti. Il software consente di eseguire modelli monodimensionali e bidimensionali di flusso in moto permanente e in moto vario.

Nel caso specifico, è stata implementata una simulazione puramente bidimensionale in moto vario. Il moto dei fluidi nelle tre dimensioni è descritto dalle equazioni di Navier-Stokes. Nel contesto di modellazione dei flussi in canali o flussi di esondazione sono necessarie alcune semplificazioni. Un set semplificato di equazioni generalmente impiegato in tale contesto è quello denominato *Shallow Water (SW) equations*. Le assunzioni alla base di tali equazioni sono le seguenti:

- fluido incomprimibile;
- densità uniforme;
- pressione idrostatica;
- il moto turbolento è approssimato usando la viscosità turbolenta;
- la dimensione verticale è molto minore della dimensione orizzontale.

Come conseguenza la velocità verticale è bassa e la pressione è idrostatica e questo porta alla forma differenziale delle equazioni SW impiegate dal modello HEC-RAS.

In alcuni flussi poco profondi il termine di gradiente di pressione barotropico (gravità) e i termini di attrito di fondo sono dominanti nelle equazioni della quantità di moto, e i termini di avvezione e viscosi possono essere ignorati. L'equazione della quantità di moto diviene quindi la forma bidimensionale della cosiddetta approssimazione dell'onda di diffusione. Combinando questa equazione con l'equazione di continuità o di conservazione della massa si ottiene il modello denominato: *Diffusive Wave Approximation of the Shallow Water (DSW)*.

Inoltre, al fine di migliorare i tempi di calcolo, è possibile utilizzare un approccio batimetrico a sottogriglia. L'idea di base di questo approccio consiste nell'utilizzare una griglia computazionale relativamente grossolana e informazioni su scala più fine sulla topografia sottostante (Casulli, 2008). L'equazione di continuità è discretizzata tramite una tecnica ai volumi finiti. I dettagli della griglia fine vengono scomposti come parametri che rappresentano integrali multipli su volumi e aree delle facce. Di conseguenza, il trasporto di massa fluida tiene conto della topografia a scala fine all'interno di ciascuna cella discreta. Poiché questo approccio si riferisce solo all'equazione della massa, può essere utilizzata indipendentemente dalla versione dell'equazione della quantità di moto. Si rimanda allo specifico manuale idraulico del modello HEC-RAS per quanto riguarda lo sviluppo, l'implementazione e la risoluzione di tali equazioni impiegate nel modello di calcolo di propagazione bidimensionale.

La versione 6.3.1 di HEC-RAS consente l'implementazione distribuita del processo di generazione dei deflussi con diversi metodi tra cui il metodo CN-SCS ovvero del *Curve Number Method* del *Soil*

Conservation Service. Questo metodo, anche se non venne originariamente proposto per l'interpretazione della dinamica temporale delle perdite, ma solo per i bilanci idrologici giornalieri, è ormai largamente utilizzato nei modelli afflussi-deflussi anche per tale scopo.

Scritta l'equazione di continuità nella forma:

$$Q(t) = P(t) - S'(t)$$

dove $Q(t)$ [mm] è il volume defluito fino all'istante t , mentre $P(t)$ [mm] ed $S'(t)$ [mm] sono i volumi rispettivamente affluito ed infiltrato fino al medesimo istante t , il modello "*Curve Number*" ipotizza che sussista la seguente relazione di proporzionalità:

$$\frac{S'(t)}{S} = \frac{Q(t)}{P(t)}$$

dove S [mm] è il volume massimo immagazzinabile nel terreno a saturazione. Il volume S viene fatto dipendere da un ulteriore parametro, denominato CN, attraverso la relazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il valore di CN è compreso tra 0 e 100 ed è funzione delle caratteristiche del terreno. Esplicitando l'equazione di proporzionalità rispetto ad $S'(t)$ e sostituendo poi nell'equazione di continuità si ottiene la relazione:

$$Q(t) = \frac{P^2(t)}{(P(t) + S)}$$

che definisce l'andamento nel tempo del volume defluito $Q(t)$, noti quello affluito $P(t)$ ed il valore di S , quest'ultimo dato dal CN secondo l'equazione riportata in precedenza.

Per tenere in considerazione, se pur in maniera sommaria, della parte di precipitazione che va ad invasarsi nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio al posto del volume $P(t)$ complessivamente affluito fino all'istante t si può sostituire il termine $P(t) - I_a$, essendo I_a [mm] la depurazione iniziale o *Initial Abstraction*. L'equazione diviene così:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Nella tabella seguente sono riportati i valori del parametro CN per alcuni tipi di copertura vegetale, in funzione del tipo di suolo. Per quanto riguarda quest'ultimo, si considera solitamente la classificazione del *Soil Conservation Service*, che prevede le quattro categorie A, B, C e D descritte in tabella.

<i>Tipo idrologico di suolo</i>	<i>Descrizione</i>
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso 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.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Classificazione del tipo di suolo secondo il *Soil Conservation Service*.

<i>Valori del parametro CN (adimensionale)</i>	<i>← Tipo idrologico Suolo →</i>			
<i>↓ Tipologia di Uso del Territorio</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area impermeabile 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500÷1000 m ² (area impermeabile 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000÷1500 m ² (area impermeabile 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500÷2000 m ² (area impermeabile 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000÷5000 m ² (area impermeabile 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000÷10000 m ² (area impermeabile 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Valori caratteristici del parametro CN.

L'associazione del parametro CN per ogni sottobacino viene quindi effettuata sulla base delle caratteristiche del suolo e della sua copertura e uso.

Per quanto riguarda le condizioni di umidità antecedenti (*AMC, Antecedent Moisture Condition*), si considera l'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti l'evento meteorico, individuando tre categorie, indicate come AMC-I, AMC-II e AMC-III. I valori caratteristici del CN riportati nella tabella precedente si riferiscono a condizioni medie di umidità antecedente, cioè di tipo AMC-II.

Classe <i>AMC</i>	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Attribuzione della classe AMC in relazione alle precipitazioni nei cinque giorni antecedenti l'evento.

Per condizioni iniziali diverse vengono utilizzate le seguenti relazioni di trasformazione, dove tra parentesi è indicato il tipo di condizione.

$$CN(I) = \frac{4.2 CN(II)}{10 - 0.058 CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23 CN(II)}{10 + 0.13 CN(II)}$$

La perdita iniziale I_a , infine, può essere stimata, in mancanza di altre informazioni, come 0.2S secondo quanto indicato dal *Soil Conservation Service*. In generale nelle aree urbanizzate la perdita iniziale I_a non dovrebbe superare il valore di 3 mm.

8.4. Fasi di implementazione del modello

Nel presente paragrafo vengono espone le varie fasi di implementazione del modello, ai fini della definizione della carta della pericolosità idraulica nei vari scenari e per i differenti periodi di ritorno analizzati.

8.4.1. Definizione degli afflussi

Gli afflussi, negli scenari di definizione della pericolosità idraulica ai vari tempi di ritorno, sono definiti sulla base di ietogrammi sintetici associati alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica. Lo ietogramma è un grafico che rappresenta, durante un evento meteorico, l'andamento dell'intensità di pioggia per un dato intervallo di tempo Δt . Tra i diversi tipi di piogge sintetiche più comunemente utilizzate nella progettazione di opere idrauliche, si è scelto di utilizzare lo ietogramma cosiddetto Chicago, che, presentando andamenti temporali non costanti, consente una migliore rappresentazione del fenomeno meteorico intenso, normalmente caratterizzato dalla presenza di picchi di intensità di pioggia.

La principale caratteristica di questo ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione dedotta dallo ietogramma stesso è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Inoltre, imponendo che la durata della pioggia sia maggiore del tempo di corrvazione del bacino, si ottiene, proprio per la caratteristica prima detta, che la precipitazione critica è certamente contenuta nello ietogramma di progetto.

La costruzione dello ietogramma Chicago è stata eseguita numericamente, a intervalli di 1 minuto, attraverso l'equazione:

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{tb}{r}\right)^{n-1}$$

nel tratto precedente il picco, e

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{ta}{1-r}\right)^{n-1}$$

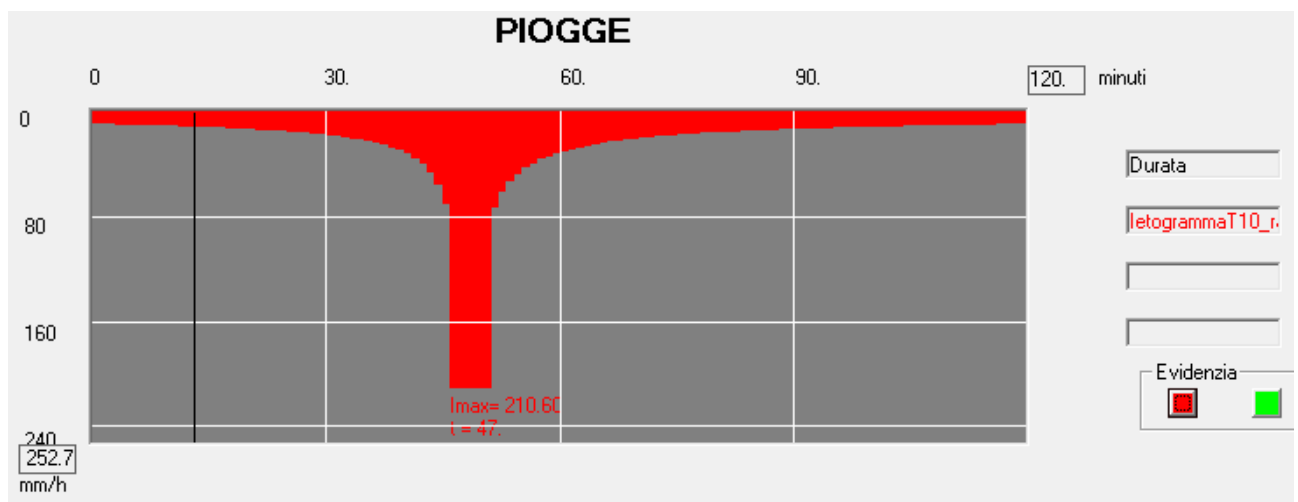
nel tratto successivo al picco.

In tali equazioni, $i(t)$ è l'intensità all'istante t , a e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica, ta e tb i tempi (contati rispettivamente dal picco verso la fine dell'evento e dal picco verso l'inizio dello stesso), r la posizione del picco lungo l'asse dei tempi (rapporto tra il tempo di picco e la durata totale).

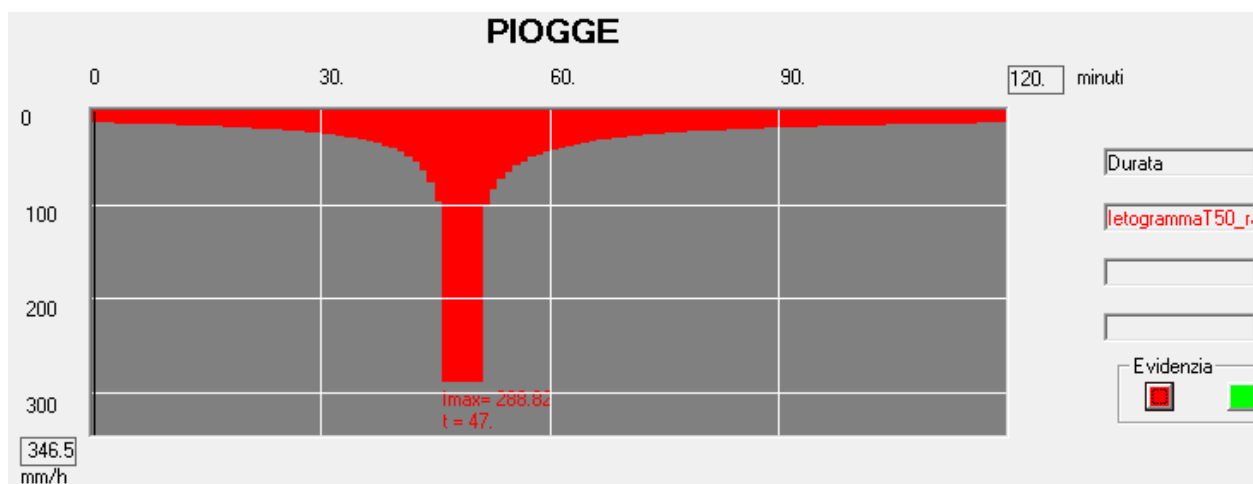
La posizione del picco risulta di fondamentale importanza per questo tipo di ietogramma e generalmente nei bacini urbani si ha $0.3 < r < 0.4$. In questo caso si è scelto di posizionarlo a $r = 0.4$ della durata complessiva (2 ore) dell'evento sintetizzato.

La durata d'evento è stata definita sulla base dell'estensione areale del bacino di drenaggio ed in relazione alle durate tipiche dei fenomeni critici dei reticoli di drenaggio urbano. Assumendo quindi una durata dello ietogramma sintetico di tipo Chicago di due ore risultano essere contenute al suo interno, per sua natura, tutte le durate critiche di durata inferiore.

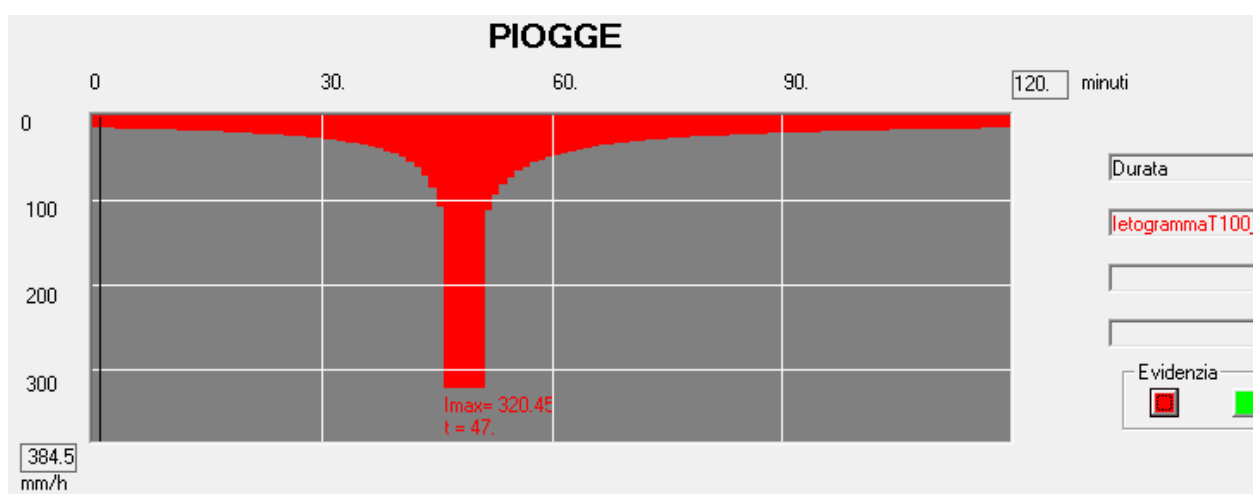
Si riportano di seguito gli ietogrammi di riferimento per i tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni.



Ietogramma lordo per il tempo di ritorno di 10 anni.



Ietogramma lordo per il tempo di ritorno di 50 anni.



Ietogramma lordo per il tempo di ritorno di 100 anni.

Di seguito si riporta la precipitazione totale in mm degli ietogrammi sintetici impiegati negli scenari a tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni.

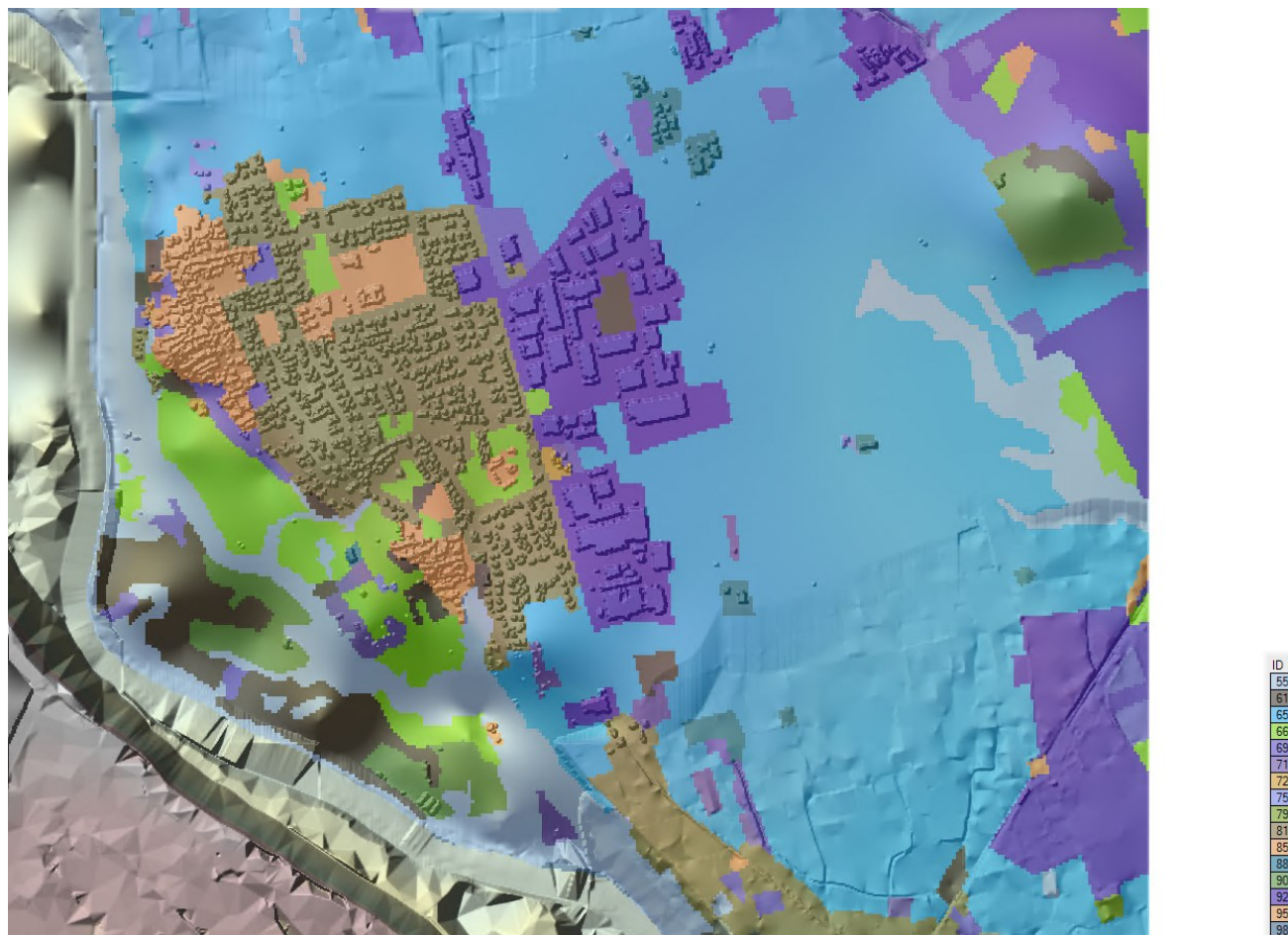
Tempo di ritorno [anni]	Pioggia totale [mm]
10	52.30
50	71.73
100	79.59

Pioggia totale degli ietogrammi lordi sintetici ai vari tempi di ritorno considerati.

8.4.2. Definizione della pioggia netta

La definizione della pioggia netta avviene tramite l'applicazione del metodo CN-SCS così come descritto nei capitoli precedenti. Ogni cella del dominio di calcolo è caratterizzata dal parametro CN che permette

la definizione della pioggia netta che successivamente sarà propagata sulle celle circostanti a seconda delle caratteristiche topografiche e di scabrezza. Si precisa che le analisi idrologiche condotte per la definizione della pericolosità idraulica ai differenti periodi di ritorno sono state condotte in condizioni di umidità antecedente (AMC) III. Tale condizione è stata assunta poiché rappresenta la condizione in cui le superfici hanno maggiore capacità di deflusso e in genere nei modelli di piena è necessario ricercare lo scenario a maggiore criticità.



Parametro CNII implementato nella modellazione in relazione alla copertura del suolo del territorio comunale.

8.4.3. Depurazione della pioggia lorda dal contributo di smaltimento della rete di drenaggio urbana

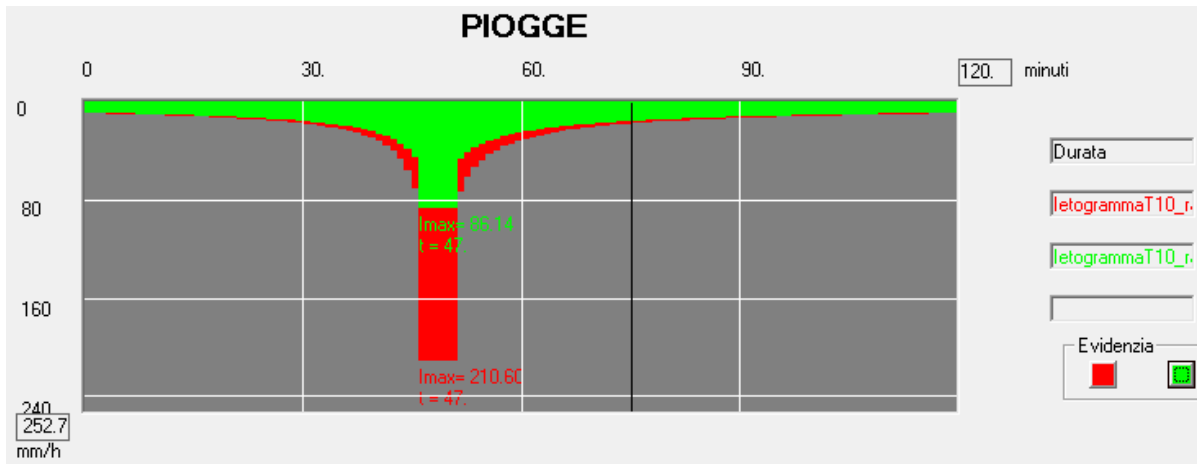
Come precedentemente anticipato, nella modellazione idraulica semplificata il contributo della rete di drenaggio urbano viene tenuto in conto depurando le piogge lorde della precipitazione a tempo di ritorno di 5 anni al netto del contributo delle perdite idrologiche per infiltrazione. Questo permette di ridurre i deflussi superficiali della quota parte che si assume convogliabile dal reticolo di drenaggio che in genere viene ad essere dimensionato per eventi di 5-10 anni.

Di seguito si riportano gli ietogrammi a tempo di ritorno di 5 anni corrispondenti allo ietogramma lordo e allo ietogramma depurato delle perdite idrologiche che si assume come la quota parte delle precipitazioni smaltibili dal reticolo di fognatura.

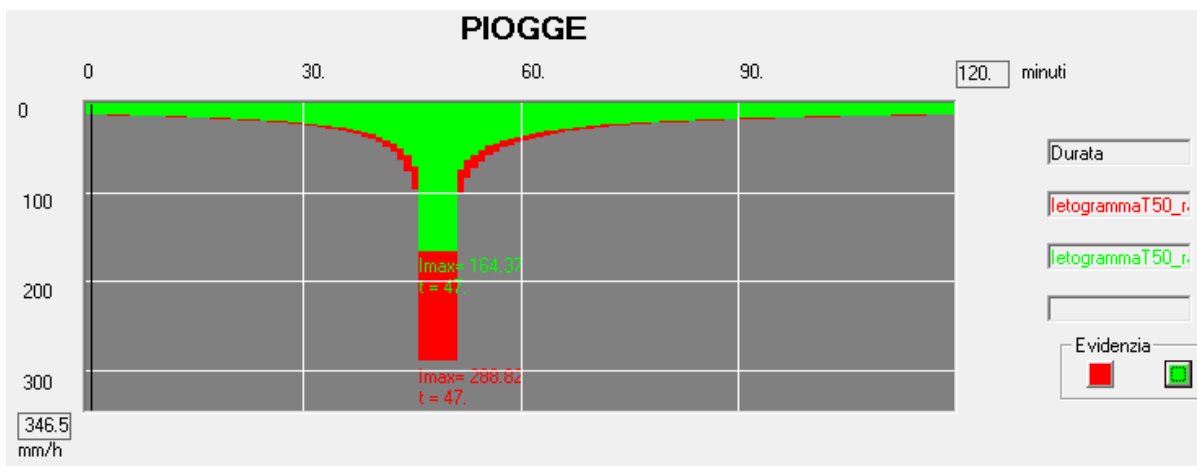


Ietogramma lordo per il tempo di ritorno di 5 anni in verde. Ietogramma al netto delle perdite idrologiche sempre a tempo di ritorno di 5 anni in rosso.

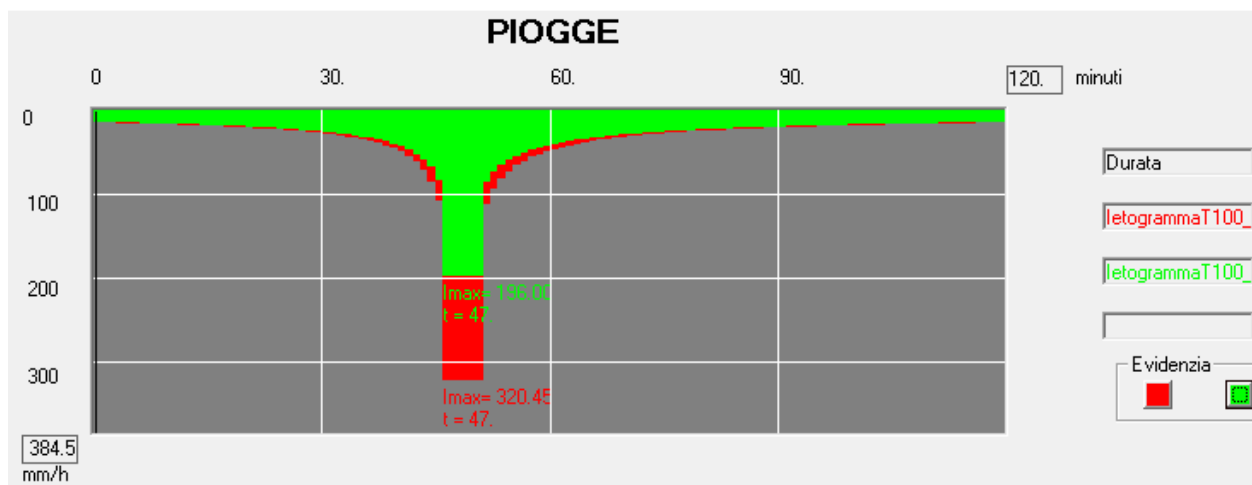
Di seguito si riportano gli ietogrammi ai tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni sia lordi che depurati dalla quota parte che si assume smaltita dal reticolo di fognatura.



Ietogramma lordo per il tempo di ritorno di 10 anni in rosso. Ietogramma lordo depurato dalla capacità di smaltimento della rete fognaria a tempo di ritorno di 10 anni in verde.



Ietogramma lordo per il tempo di ritorno di 50 anni in rosso. Ietogramma lordo depurato dalla capacità di smaltimento della rete fognaria a tempo di ritorno di 50 anni in verde.



Ietogramma lordo per il tempo di ritorno di 100 anni in rosso. Ietogramma lordo depurato dalla capacità di smaltimento della rete fognaria a tempo di ritorno di 100 anni in verde.

In termini di pioggia cumulata totale, di seguito si riportano i valori per i vari tempi di ritorno ponendo a confronto gli ietogrammi lordi con gli ietogrammi depurati della capacità di smaltimento della rete di drenaggio urbano.

Tempo di ritorno [anni]	Pioggia lorda totale [mm]	Pioggia totale depurata della capacità di smaltimento della rete di fognatura [mm]
10	52.30	35.89
50	71.73	55.32
100	79.59	63.18

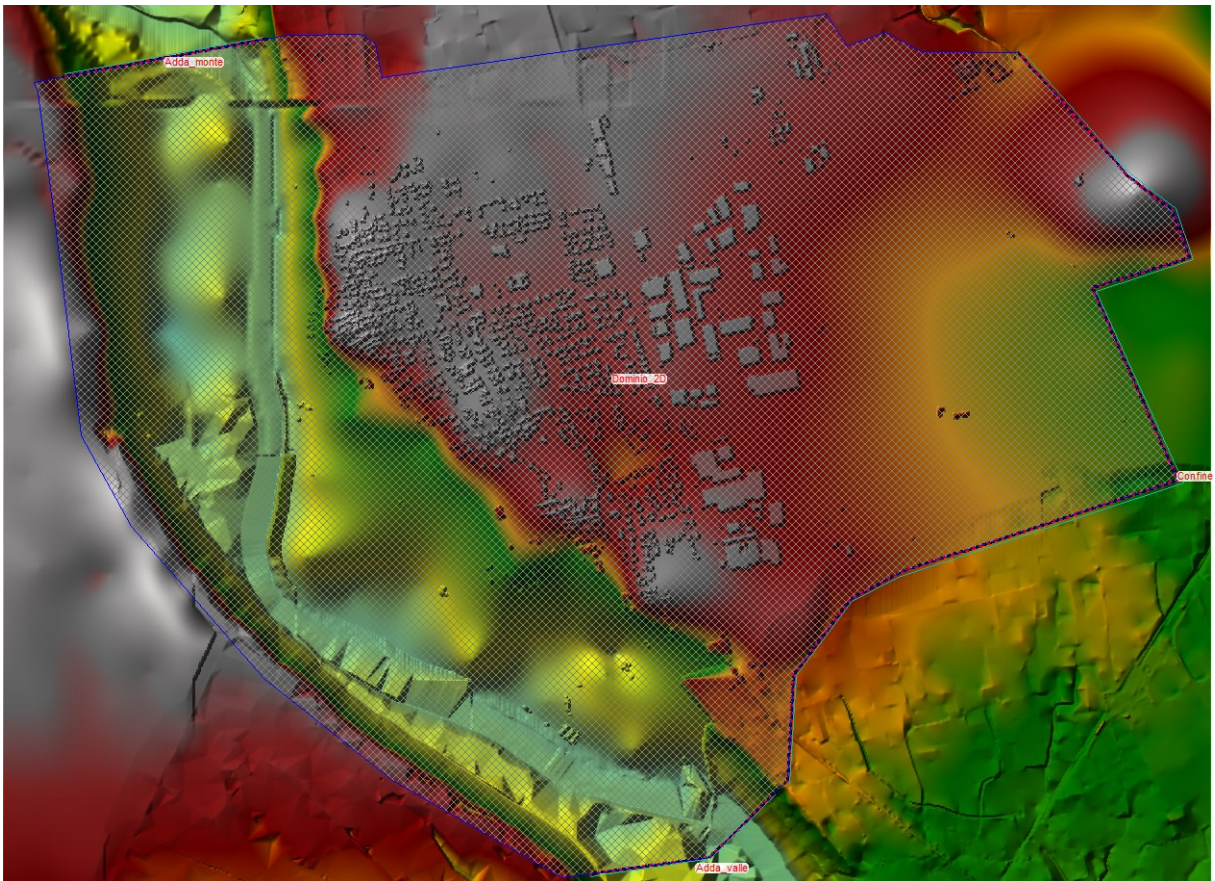
Pioggia totale degli ietogrammi lordi sintetici e depurati dalla capacità di smaltimento della rete fognaria ai vari tempi di ritorno considerati.

8.4.4. Geometria del modello

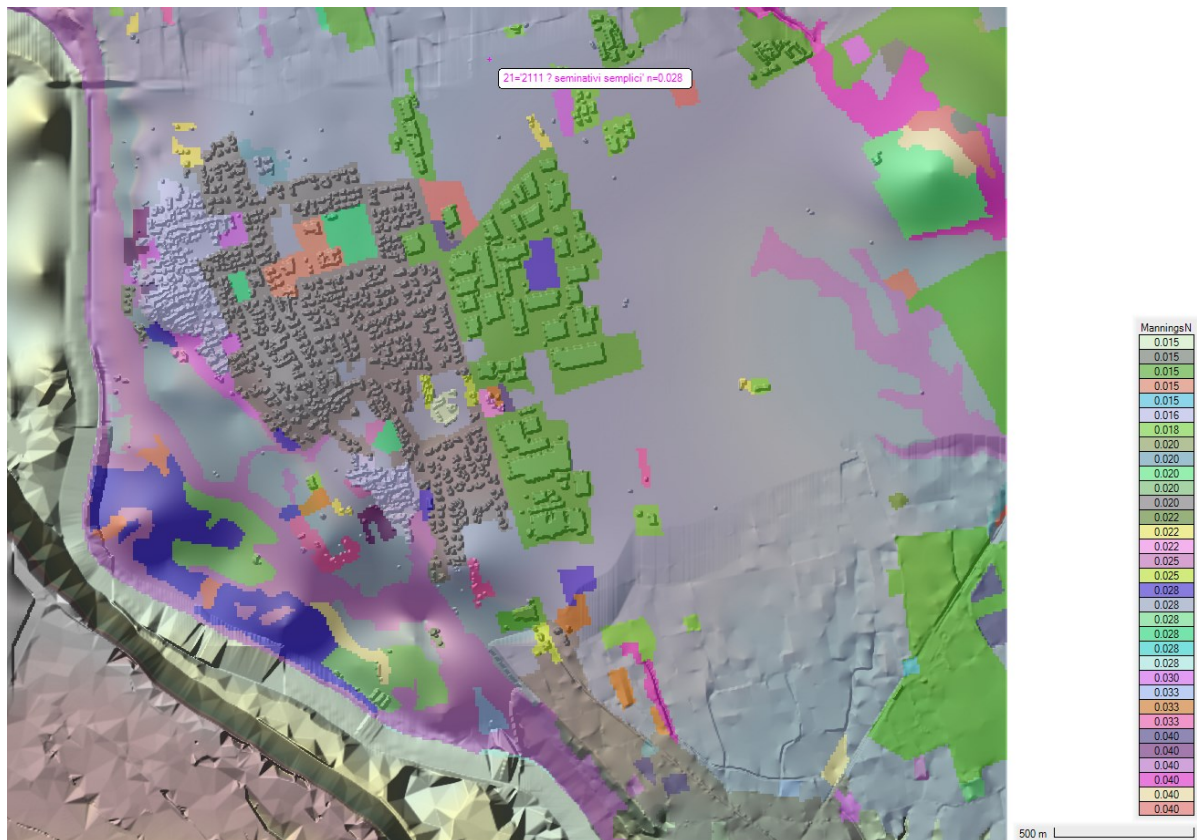
La geometria del modello è stata implementata sulla base del modello digitale del terreno DSM a maglia regolare quadrata di lato 5 m ottenuto dalla elaborazione dei dati disponibili così come esposto nei capitoli precedenti. Le celle di calcolo del modello, al fine di ottimizzare i tempi di calcolo e la risoluzione spaziale dello stesso, sono state impostate a maglia regolare quadrata con lato di 10 m.

Di seguito si riporta un estratto della geometria del modello implementato. Si segnala, soprattutto in funzione degli studi a maggiore dettaglio che dovranno essere condotti successivamente, che il modello digitale del terreno a maglia regolare quadrata di 5 m di Regione Lombardia nell'area di interesse non dispone di un'accuratezza tale da permettere un incremento del dettaglio della simulazione, pertanto nelle fasi successive di studio si dovrà provvedere a integrare/fornire maggiori dati topografici.

Per quanto riguarda i parametri di scabrezza, il territorio comunale è stato suddiviso in relazione alla copertura del suolo secondo gli schemi riportati in seguito. Si precisa che, in merito alla scabrezza, a questa scala il parametro n non rappresenta il solo materiale di cui è composta la superficie, ma anche le macroscabrezze di cui la superficie è dotata e che il DTM a maglia 5 m non è in grado di cogliere.



Geometria di base del modello di propagazione bidimensionale implementato tramite HEC-RAS.



Parametri di scabrezza implementati nel software HEC-RAS.

8.4.5. Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno imposte nel modello sono le seguenti:

- portata in ingresso a monte nell'alveo del Fiume Adda;
- livello a valle nell'alveo del Fiume Adda;
- condizione di uscita dei deflussi lungo il tratto di valle del confine comunale.

Condizioni al contorno fiume Adda

Nel caso specifico il Fiume Adda risulta essere il recettore principale delle acque di pioggia drenate dal sistema del reticolo di drenaggio urbano. In tale situazione è necessario considerare la probabilità congiunta di accadimento sincrono dell'evento estremo di scenario nel sistema di drenaggio con un evento straordinario anche nel ricettore. A tal proposito viene di seguito valutata la probabilità congiunta di accadimento tra l'evento meteorico estremo di precipitazione sull'intero territorio comunale e l'evento di piena del recettore definito dal Fiume Adda.

Per quanto a conoscenza dello scrivente, allo stato attuale in Italia non sussistono indicazioni metodologiche riconosciute che consentono di affrontare il problema della probabilità congiunta di accadimento in bacini idrografici con un regime potenzialmente sincrono. In altre realtà (UK), il problema è stato affrontato (principalmente in relazione alla probabilità di accadimento congiunto di eventi da terra e mareggiate), facendo riferimento a estensive base dati e analisi statistiche svolte dalle agenzie territoriali nazionali (Defra 2006).

Di seguito si riportano le indicazioni del manuale tecnico sviluppato dalla *American Association of State Highway and Transportation Official* (AASHTO 2000) e adottato dalla *US Federal Highway Administration* (FHWA 2013).

Area Ratio	Frequencies for Coincident Flow			
	10-year Design		100-year Design	
	Main Stream	Tributary	Main Stream	Tributary
10,000 to 1	1	10	2	100
	10	1	100	2
1,000 to 1	2	10	10	100
	10	2	100	10
100 to 1	5	10	25	100
	10	5	100	25
10 to 1	10	10	50	100
	10	10	100	50
1 to 1	10	10	100	100
	10	10	100	100

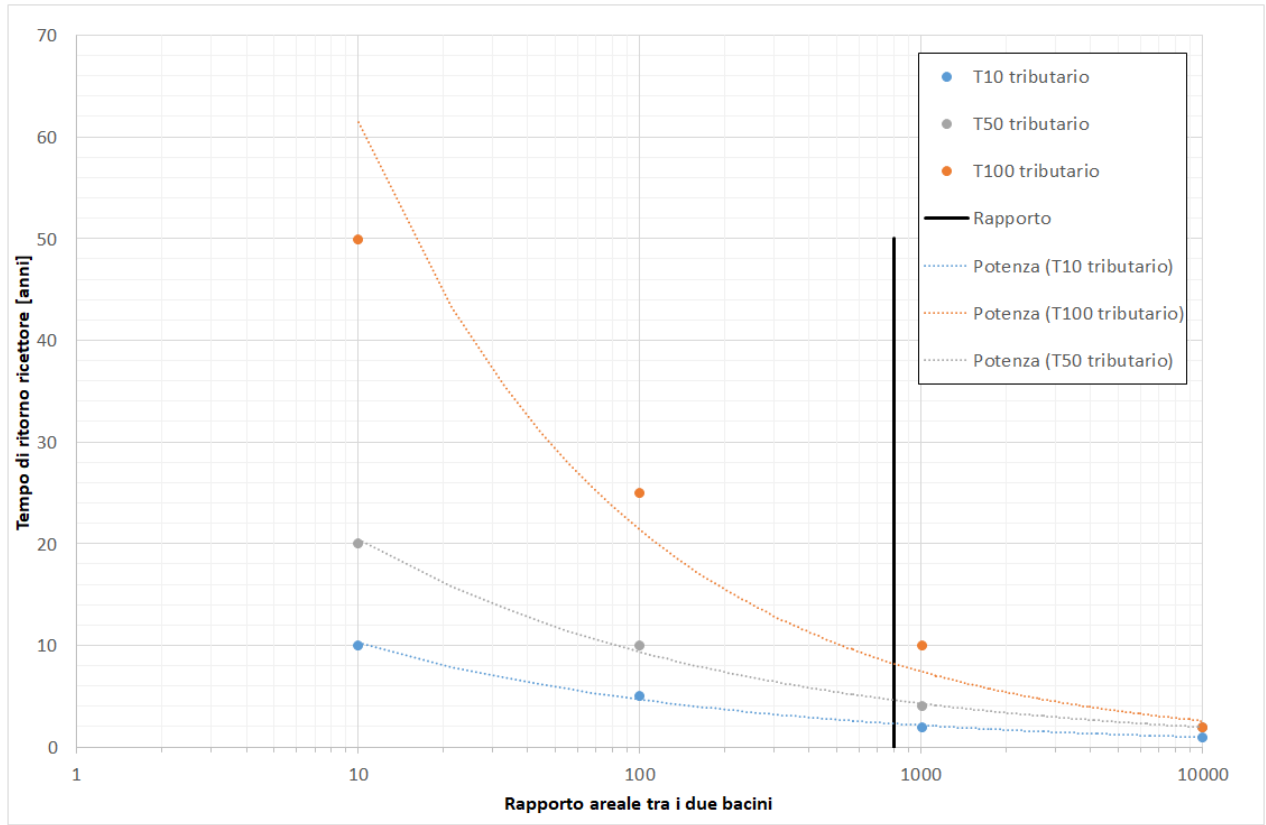
Tabella delle probabilità congiunte di accadimento (FHWA 2013).

I valori sopra riportati discendono dall'assunzione semplificativa che l'indipendenza idrologica del comportamento di due bacini idraulici può essere valutata qualitativamente mediante il confronto tra l'area del sistema di drenaggio e l'area del bacino del corpo idrico ricettore.

Ad esempio, se il sistema di drenaggio (*tributary*) ha un'area molto più piccola di quella del bacino del ricettore (rapporto compreso maggiore di 1000), a un evento di progetto con tempo di ritorno pari a 10

anni nel bacino tributario corrisponde un evento nel corpo idrico ricettore (main stream) con ricorrenza media annuale (TR = 1 anno). Similmente, a un evento di progetto con tempo di ritorno pari a 100 anni nel bacino tributario corrisponde un evento del corpo idrico ricettore con tempo di ritorno pari a 2 anni.

Sulla base di tali dati sono state costruite le curve di probabilità congiunta seguenti, dove viene anche riportato il rapporto tra il bacino tributario (Comune di Bottanuco con superficie di circa 5.8 kmq) e il bacino del ricettore (Fiume Adda alla sezione di riferimento con un bacino di circa 4'640 kmq).

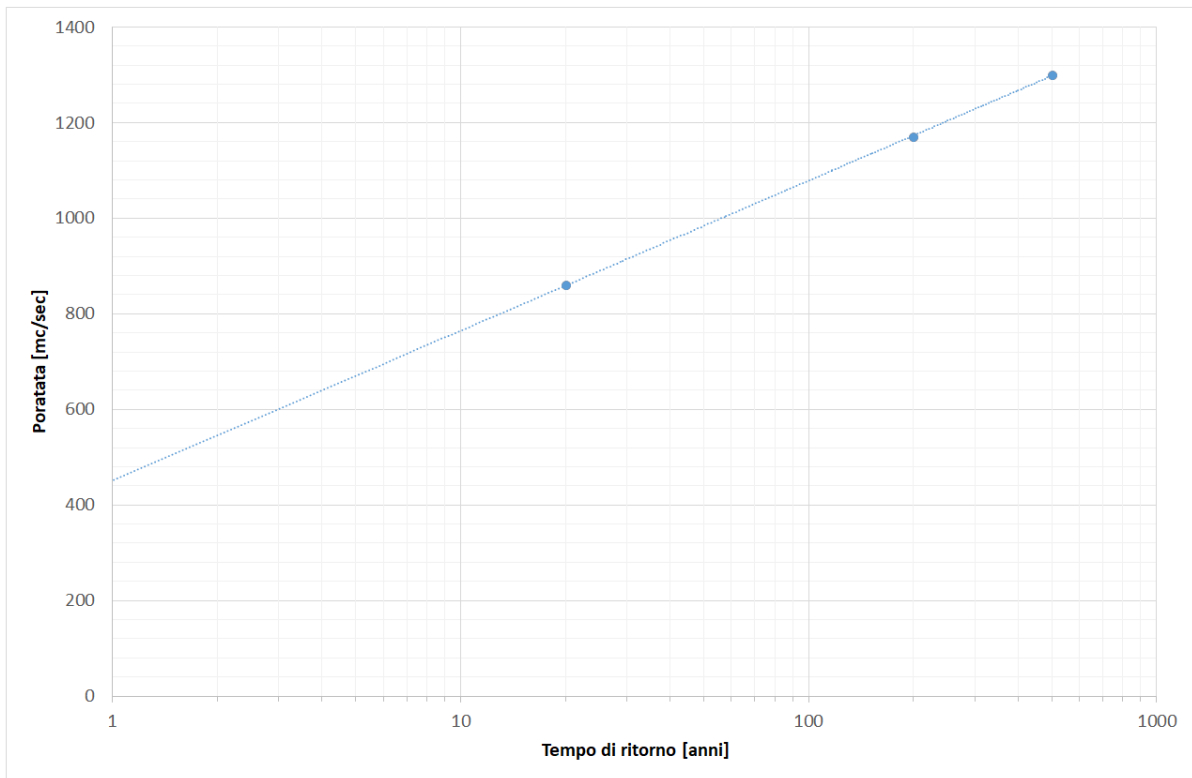


Curve di probabilità congiunta ottenute a partire dai dati FHWA 2013.

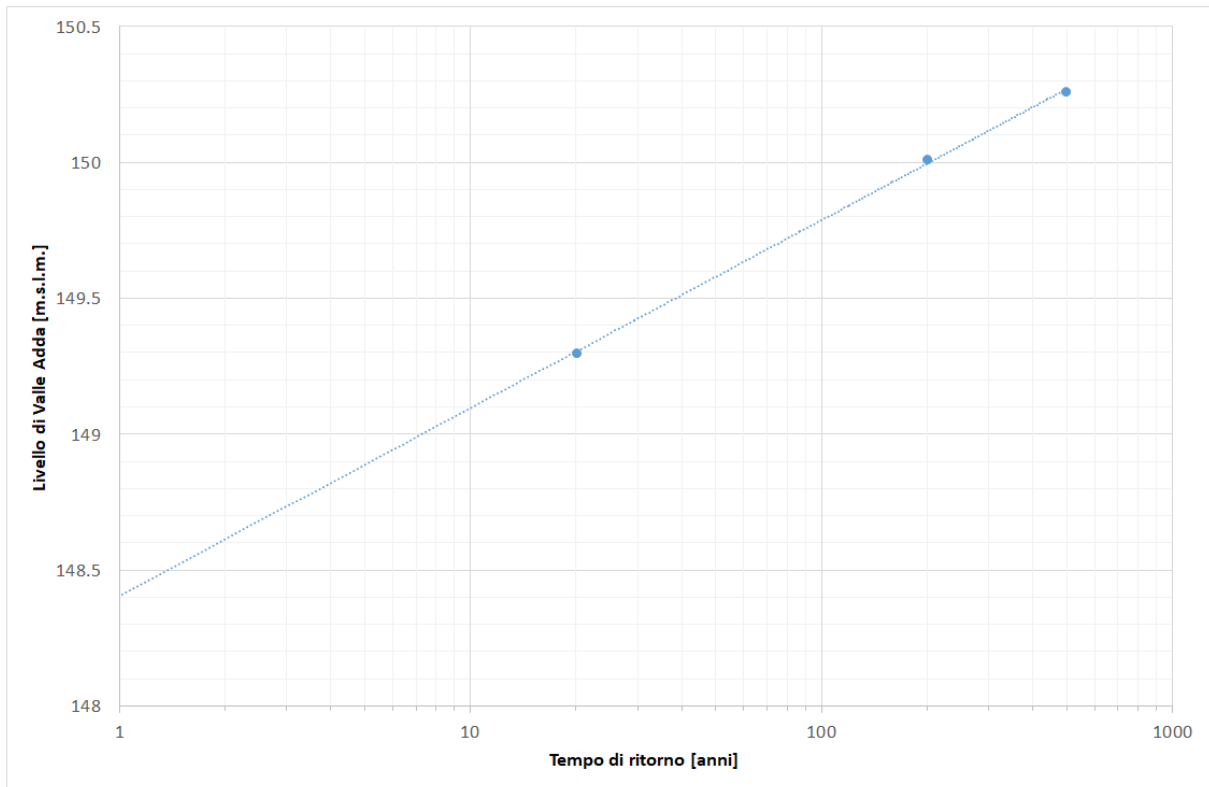
Sulla base di tali dati vengono quindi calcolate le probabilità congiunte per gli scenari ai tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni sul bacino tributario costituito dalla rete di drenaggio del Comune di Bottanuco.

T tributario [anni]	T ricettore [anni]
10	2
50	5
100	8

Impiegando i dati idrologici e idraulici riferiti al Fiume Adda riportati nei capitoli precedenti, sono stati estrapolati i valori di portata e di livello a valle per i tempi di ritorno di interesse sopra riportati.



Andamento delle portate dell'Adda in relazione al tempo di ritorno estrapolate dai dati idrologici disponibili.



Andamento dei livelli di valle dell'Adda in relazione al tempo di ritorno estrapolati dai dati idrologici disponibili.

Con tali premesse si riportano di seguito i parametri idrologici e idraulici implementati negli scenari di valutazione di rischio idraulico per il Comune di Bottanuco ai tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni.

T tributario [anni]	T ricettore [anni]	Portata Adda [mc/sec]	Livello di valle Adda [m.s.l.m.]
10	2	550	148.6
50	5	680	148.9
100	8	720	149.1

8.5. Scenari di modellazione implementati

Gli scenari di modellazione implementati sono elencati di seguito e si distinguono in relazione alle sollecitazioni idrologiche in ingresso.

8.5.1. Scenario a T 10 anni

La geometria di tale scenario è riferita allo stato attuale. Le analisi idrologiche sono condotte in relazione allo ietogramma sintetico di tipo Chicago a tempo di ritorno di 10 anni depurato del contributo di smaltimento della rete di drenaggio stimato in una precipitazione equivalente a un tempo di ritorno di 5 anni al netto delle perdite idrologiche. Le condizioni antecedenti di umidità per la definizione del parametro CN sono quelle di umidità elevata e quindi AMCIII. Per quanto riguarda il Fiume Adda, viene assunta la portata di 550 mc/sec stimata a un tempo di ritorno di 2 anni e il corrispondente livello di vale stimato in 148.6 m.s.l.m.

8.5.2. Scenario a T 50 anni

La geometria di tale scenario è riferita allo stato attuale. Le analisi idrologiche sono condotte in relazione allo ietogramma sintetico di tipo Chicago a tempo di ritorno di 50 anni depurato del contributo di smaltimento della rete di drenaggio stimato in una precipitazione equivalente a un tempo di ritorno di 5 anni al netto delle perdite idrologiche. Le condizioni antecedenti di umidità per la definizione del parametro CN sono quelle di umidità elevata e quindi AMCIII. Per quanto riguarda il Fiume Adda, viene assunta la portata di 680 mc/sec stimata a un tempo di ritorno di 5 anni e il corrispondente livello di vale stimato in 148.9 m.s.l.m.

8.5.3. Scenario a T 100 anni

La geometria di tale scenario è riferita allo stato attuale. Le analisi idrologiche sono condotte in relazione allo ietogramma sintetico di tipo Chicago a tempo di ritorno di 100 anni depurato del contributo di smaltimento della rete di drenaggio stimato in una precipitazione equivalente a un tempo di ritorno di 5 anni al netto delle perdite idrologiche. Le condizioni antecedenti di umidità per la definizione del parametro CN sono quelle di umidità elevata e quindi AMCIII. Per quanto riguarda il Fiume Adda, viene assunta la portata di 720 mc/sec stimata a un tempo di ritorno di 8 anni e il corrispondente livello di vale stimato in 149.1 m.s.l.m.

8.6. Risultati delle modellazioni

Di seguito si riportano in forma grafica i risultati delle modellazioni condotte in termini di tiranti idraulici nelle aree allagate per effetto dell'insufficienza della rete di fognatura e per gli scarichi nei recettori delle portate scolmate. Si precisa che sono state considerate allagate le aree dove il tirante massimo simulato durante l'evento di scenario è superiore o uguale all'incertezza altimetrica associata al dato del modello digitale del terreno utilizzato per la costruzione del dominio di calcolo. Laddove tale incertezza fosse superiore a 15 cm, verranno considerate allagate le aree interessate, anche solo temporaneamente, da inondazioni con tirante superiori o uguali a questa soglia.

Il DTM impiegato per le simulazioni di scenario, come detto, è il DTM a maglia regolare quadrata 5 m x 5 m disponibile presso il geoportale di Regione Lombardia con l'applicazione di correzioni di elevazione nelle aree occupate dagli edifici. La risoluzione verticale di tale dato è spazialmente variabile in funzione della fonte primaria utilizzata. In assenza di riferimenti specifici e considerando le necessarie operazioni di correzione si ritiene opportuno assumere la soglia di 15 cm per la definizione delle aree allagate.

8.6.1. Scenario a T 10 anni

In questo scenario si può osservare come l'area maggiormente soggetta alle insufficienze del reticolo e quindi alla propagazione dei deflussi sulla superficie corrisponde con le aree con una maggiore densità abitativa e/o produttiva. Nel dettaglio, si osserva la presenza di aree di concentrazione dei deflussi tra via XXV Aprile e Viale Risorgimento che culminano nell'accumulo, anche con tiranti superiori a 0.5 m, nei pressi dell'incrocio tra via Dante Alighieri e via Bartolomeo Colleoni. Dagli approfondimenti effettuati è emerso come l'estensione di tale area di accumulo è sicuramente minore rispetto a quanto simulato poiché le risultanze della modellazione dipendono dall'accuratezza del modello digitale del terreno che in quest'area appare essere carente. L'analisi suggerisce comunque come tale area possa essere soggetta ad accumuli essendo in alcune aree maggiormente depresso rispetto al territorio circostante. Tale aspetto dovrà necessariamente essere approfondito nelle successive fasi di studio e analisi.



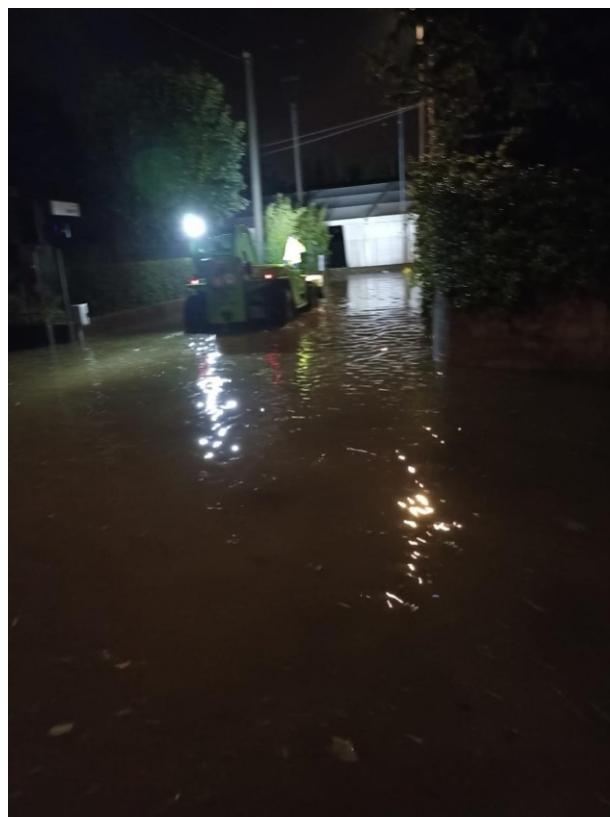
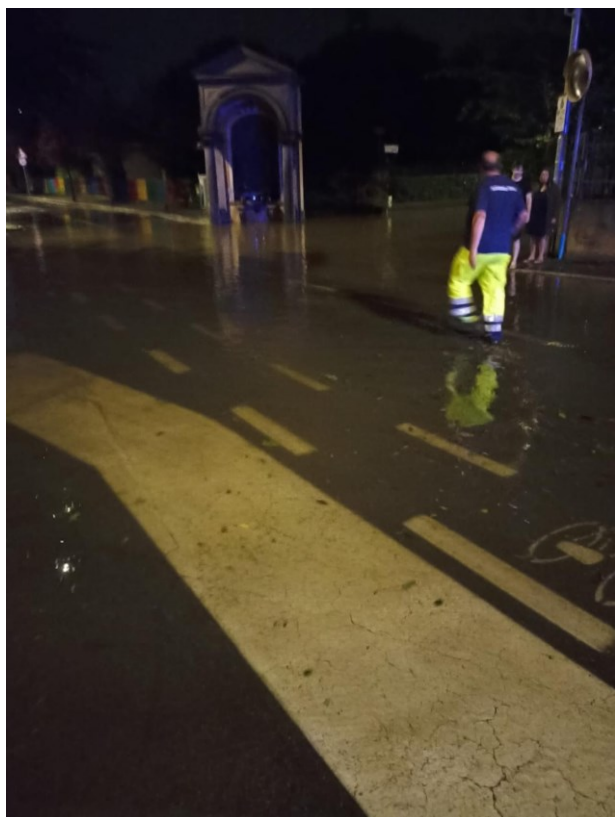
Area potenzialmente soggetta a fenomeni di accumulo.

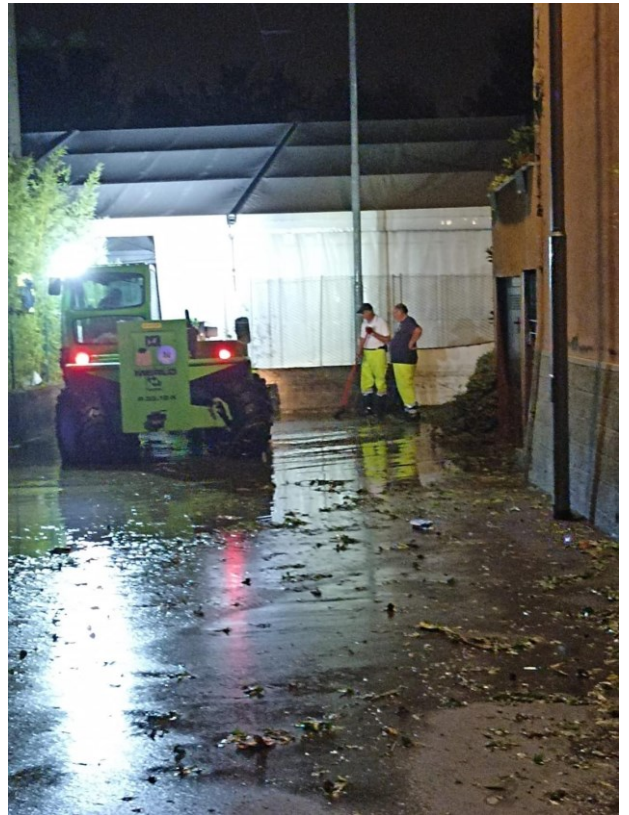
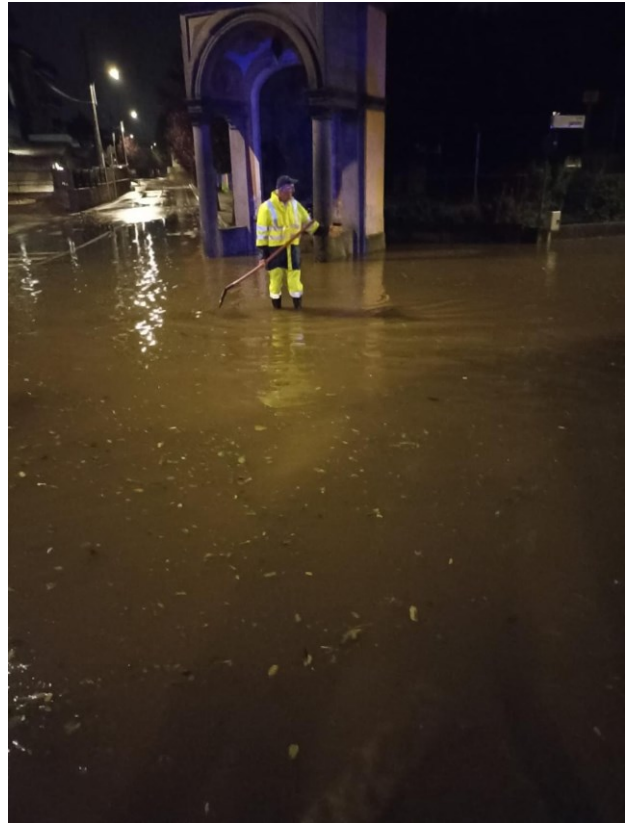
Quest'area maggiormente depressa è inoltre compatibile con la presenza dell'impluvio del RIM codificato BG 035-001 che negli anni, per effetto del rimaneggiamento dei suoli, ha perso in parte la sua morfologia ma che ancora potrebbe rappresentare una via di accumulo e scorrimento preferenziale dei deflussi. L'ultimo tratto di tale reticolo è stato inoltre interrato tramite la posa di una tubazione di grande diametro all'interno della quale scaricano anche le reti di acque bianche e gli scolmatori della rete mista. Alla luce di tali elementi la criticità emersa, già segnalata dal gestore di rete, dovrà essere approfondita nel suo complesso nelle successive fasi di studio.

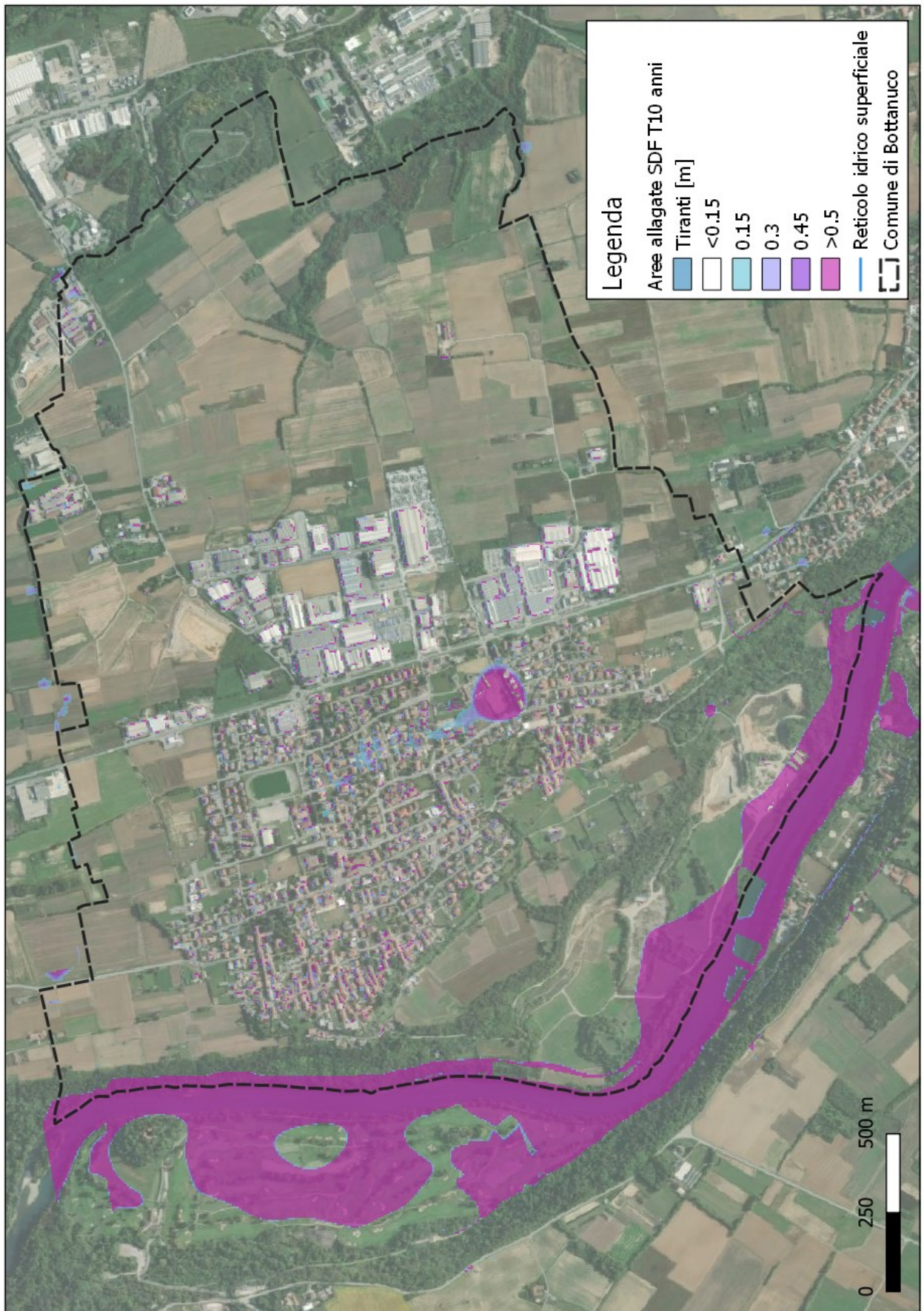


Area tratto di inizio dell'impluvio del RIM codificato BG 035-001.

A riprova di quanto sopra, si riportano alcune fotografie dell'allagamento che ha interessato la via Dante Alighieri in data 25 luglio 2023.

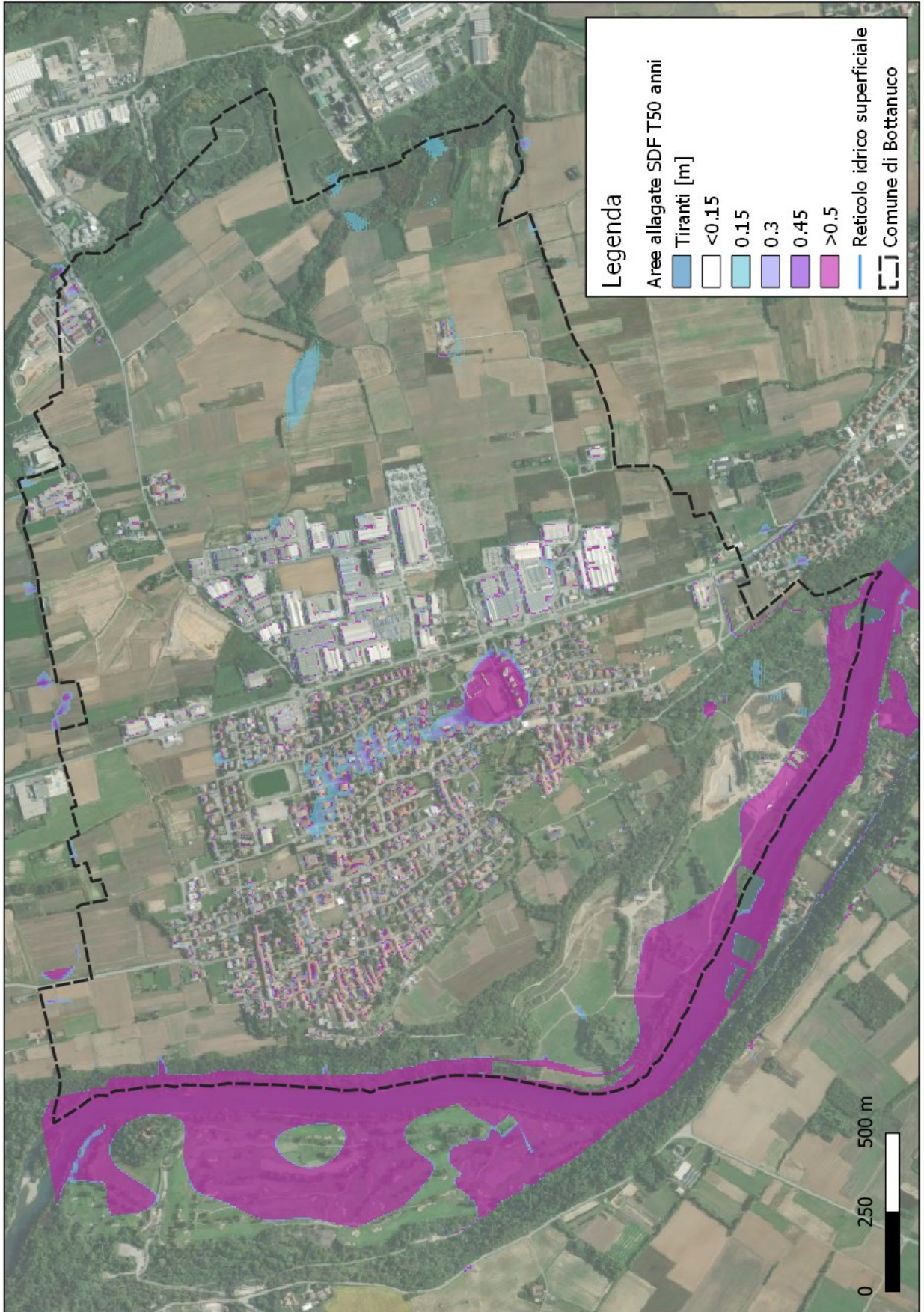






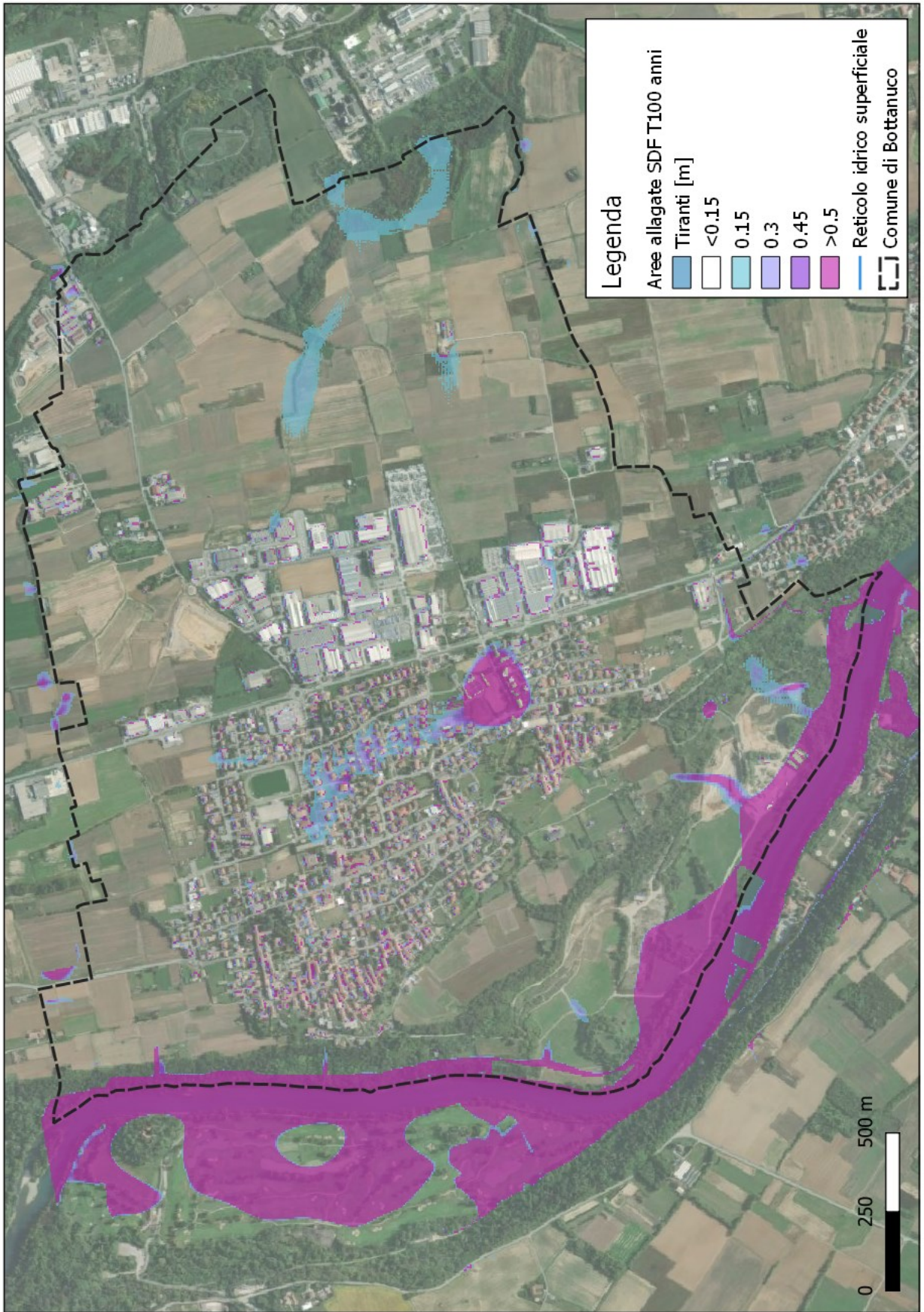
8.6.2. Scenario a T 50 anni

Anche in questo scenario si può osservare come l'area maggiormente soggetta alle insufficienze del reticolo e quindi alla propagazione dei deflussi sulla superficie corrisponde con le aree con una maggiore densità abitativa e/o produttiva. Nel dettaglio, si osserva la presenza di aree di concentrazione dei deflussi tra via XXV Aprile e Viale Risorgimento che culminano nell'accumulo, anche con tiranti superiori a 0.5 m, nei pressi dell'incrocio tra via Dante Alighieri e via Bartolomeo Colleoni. Per tale area vale quanto esposto per lo scenario precedente. In aggiunta, nella parte est del territorio comunale si osserva un principio di accumulo dei deflussi in corrispondenza del reticolo idrico superficiale che defluiscono verso la Roggia Vallone.



8.6.3. Scenario a T 100 anni

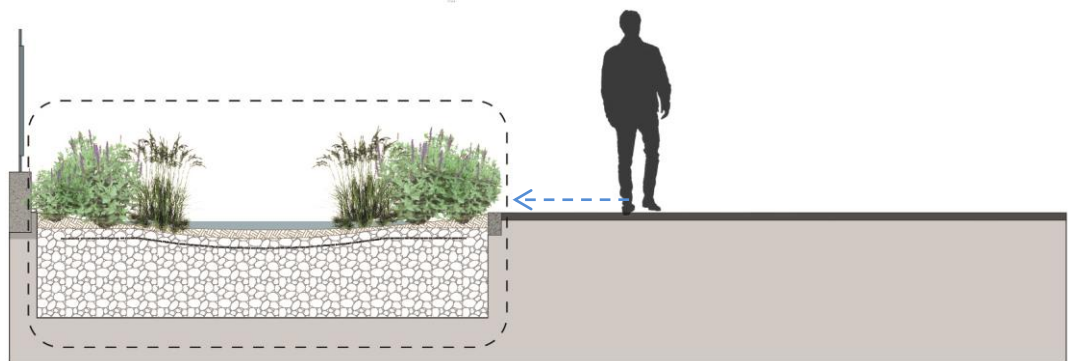
Anche in questo scenario si può osservare come l'area maggiormente soggetta alle insufficienze del reticolo e quindi alla propagazione dei deflussi sulla superficie corrisponde con le aree con una maggiore densità abitativa e/o produttiva. Nel dettaglio, si osserva la presenza di aree di concentrazione dei deflussi tra via XXV Aprile e Viale Risorgimento che culminano nell'accumulo, anche con tiranti superiori a 0.5 m, nei pressi dell'incrocio tra via Dante Alighieri e via Bartolomeo Colleoni. Rispetto agli scenari precedenti, nella parte est del territorio comunale si osserva l'incremento di accumulo dei deflussi in corrispondenza del reticolo idrico superficiale che defluiscono verso la Roggia Vallone.



Appendice 1

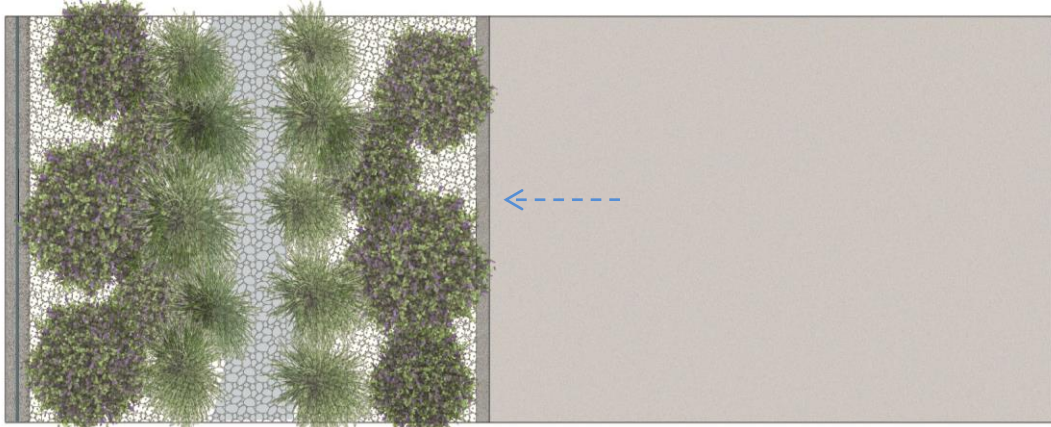
Catalogo interventi tipo di invarianza

Area industriale

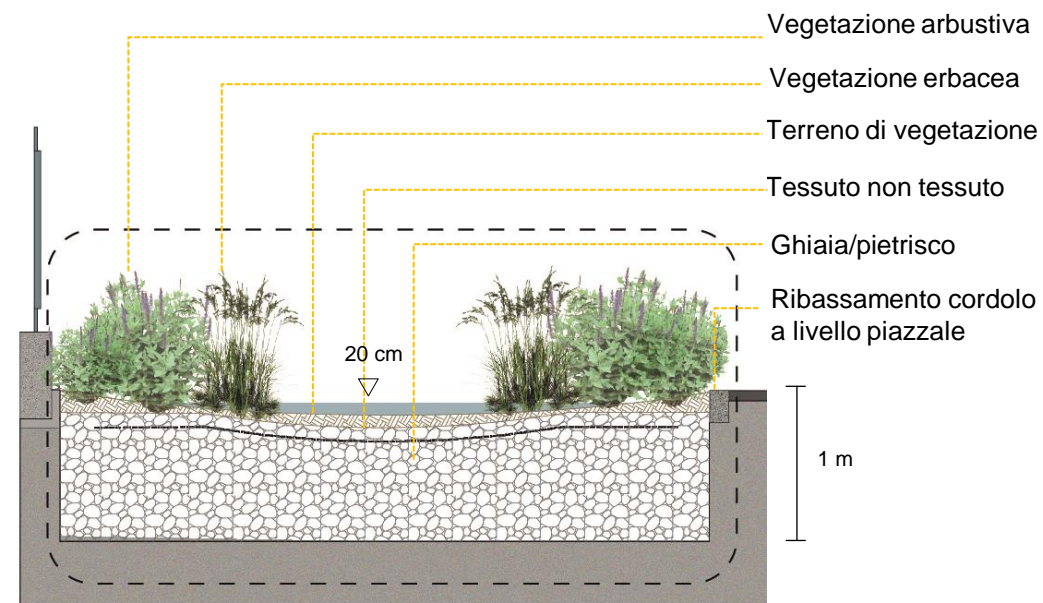


Rain Garden
Dimensioni variabili

Piazzale



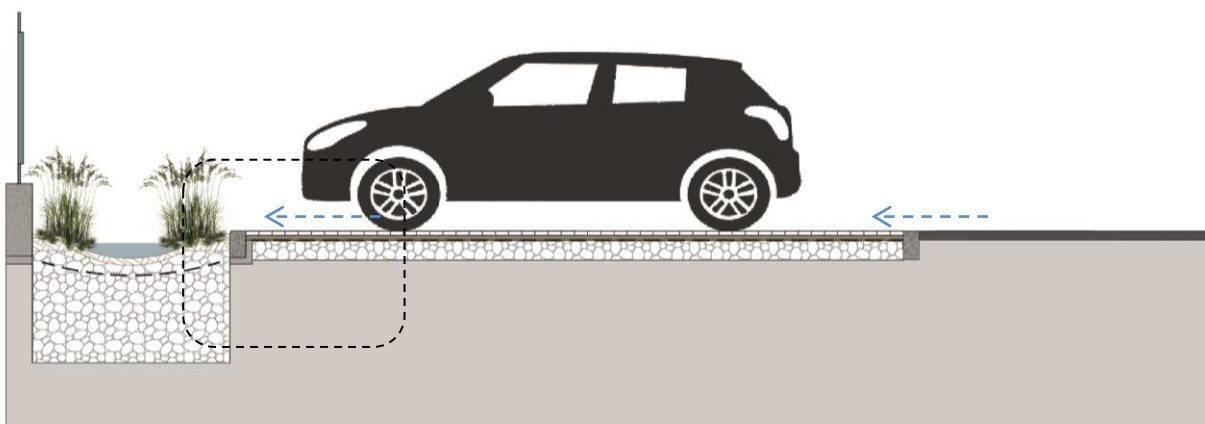
Adattamento degli spazi verdi minori presenti all'interno dei piazzali/perimetri industriali con trasformazione in Rain Garden; i Rain Garden hanno dimensioni variabili in larghezza a seconda delle aree verdi presenti e profondità di circa 1 m; abbassamento del cordolo per la raccolta delle acque provenienti dal piazzale impermeabile.



I1

Inserimento di fosso drenante e di pavimentazione drenante in corrispondenza degli stalli : realizzazione di fossi drenanti lineari per lo smaltimento delle acque piovane in eccesso provenienti dalle porzioni di parcheggio impermeabili; ribassamento del cordolo; sostituzione del rivestimento impermeabile con pavimentazione drenante in corrispondenza degli stalli.

N.B. i due interventi possono essere alternativi; il calcolo dei volumi considera lo scenario in cui entrambi vengano realizzati.



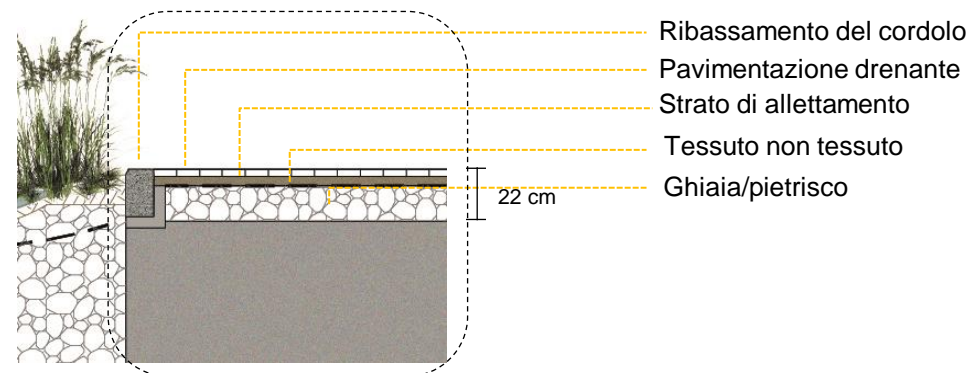
Fosso drenante
l 1m, h 60 cm

Stallo drenante

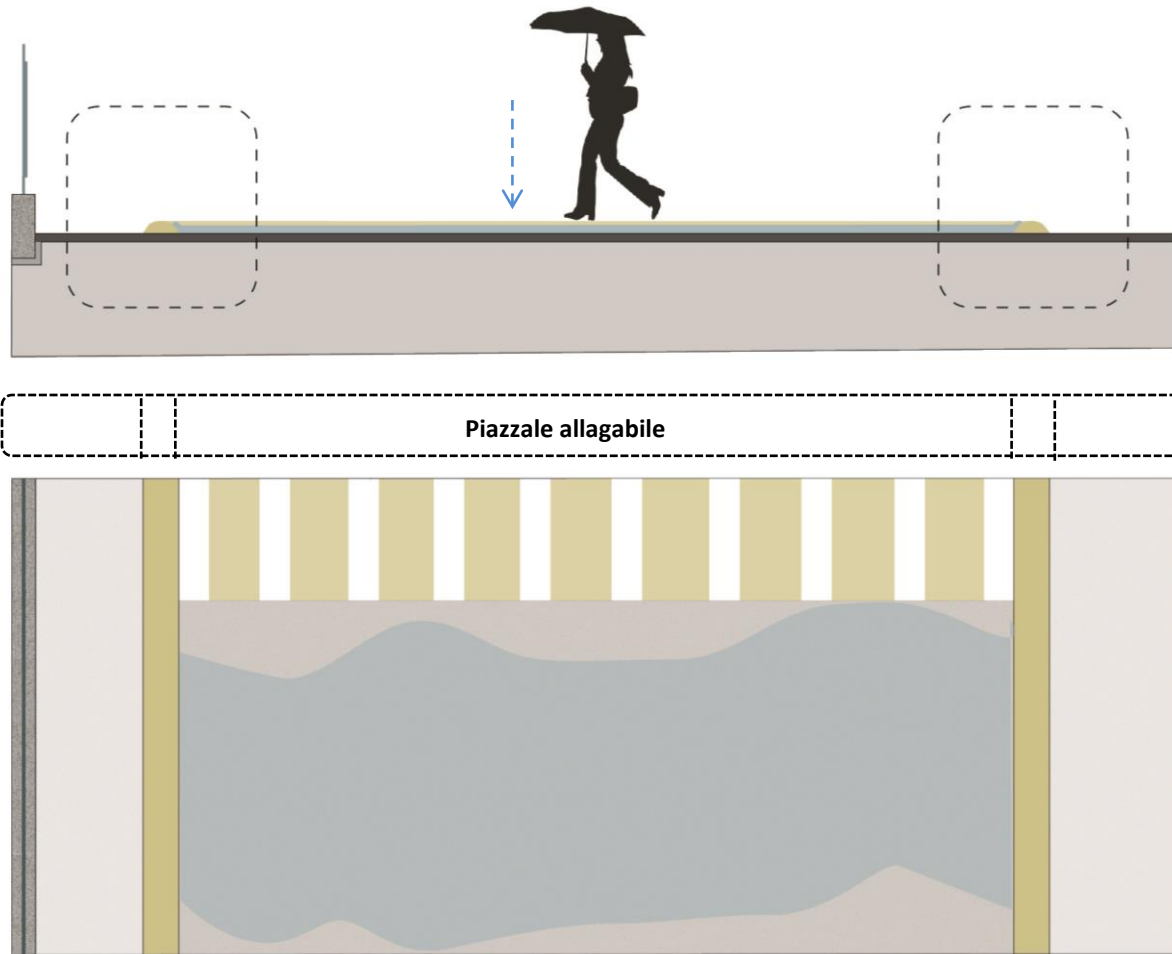
Piazzale



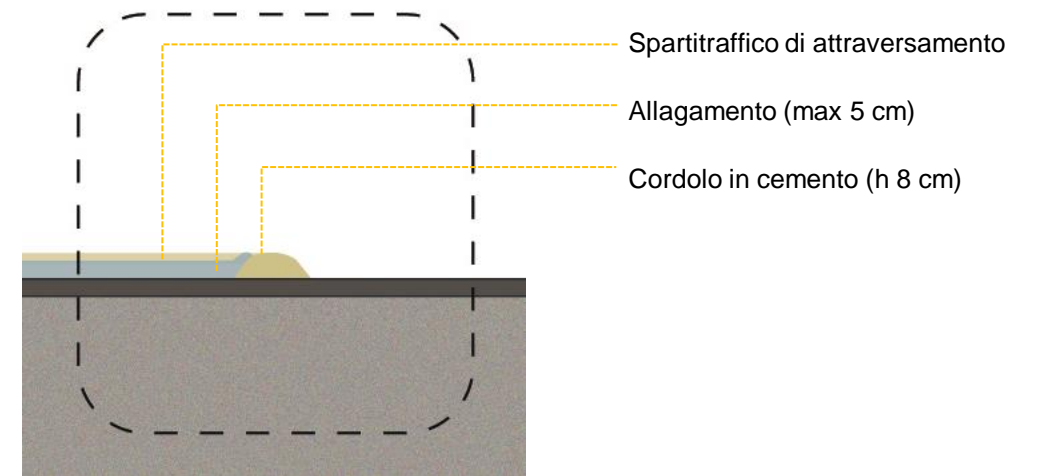
I2



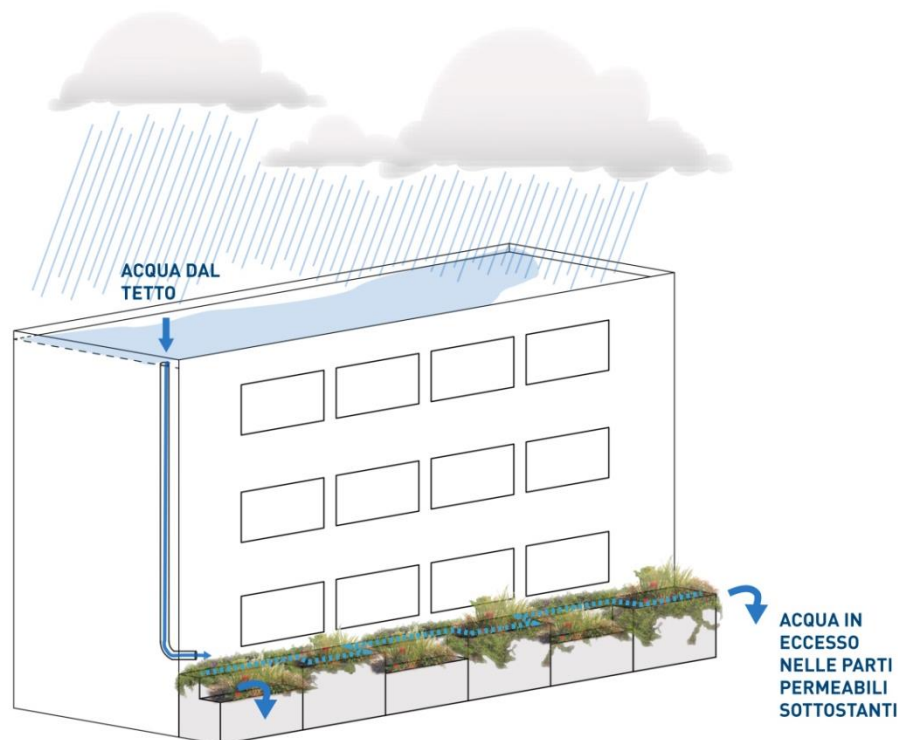
13



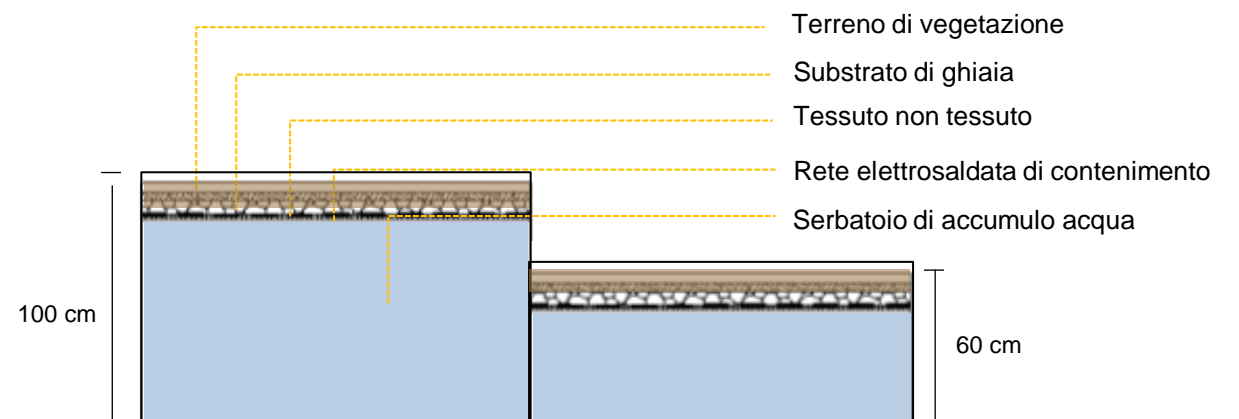
Inserimento di cordoli per la delimitazione di porzioni di piazzali interessate da allagamento controllato: la superficie interessata dagli allagamenti controllati di massimo 5 cm è pari al 20 % della superficie impermeabile totale; il passaggio pedonale è garantito da elementi spartitraffico sopraelevati.



14

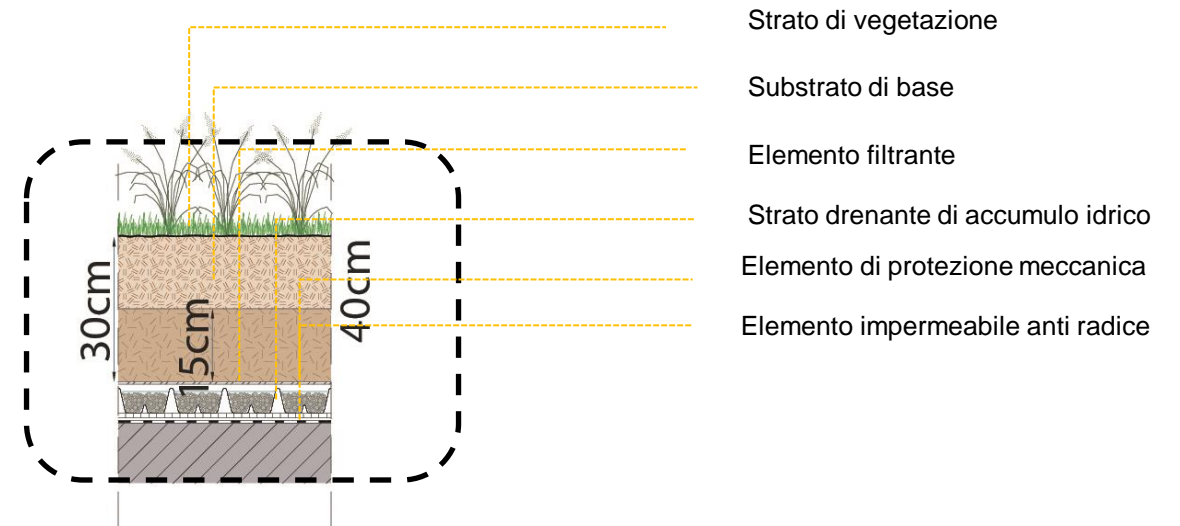


Inserimento di cisterne-fioriere per la raccolta delle acque provenienti dalle coperture: le cisterne hanno dimensioni modulari di lunghezza 2 m e profondità 0,6 m e vengono disposte alla base delle pareti perimetrali non interessate da aperture e elementi sporgenti, per un totale di circa 20/25 % dei perimetri totali degli edifici.





Realizzazione di tetto verde per il rallentamento delle acque meteoriche: soletta verde estensiva su copertura esistente piana o inclinata



N.B. La realizzazione del tetto verde non incide in maniera significativa sullo stoccaggio di volumi di acque meteoriche; contribuisce però in maniera significativa al rallentamento del ruscellamento dell'acqua sulle superfici. Per questo motivo il calcolo dei volumi stoccati / di trattenuta temporanea non comprende l'intervento del tetto verde che viene considerato in questo caso come indicazione qualitativa.

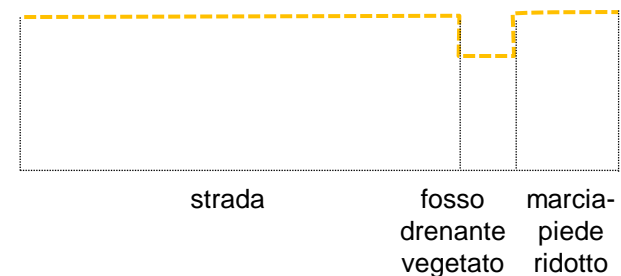
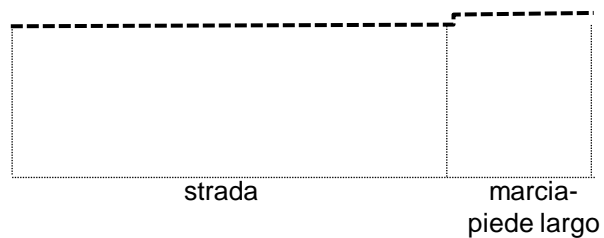
Strada

IMMAGINI DI RIFERIMENTO CHE ILLUSTRANO L'ARTICOLAZIONE DELLE SEZIONI TIPOLOGICHE

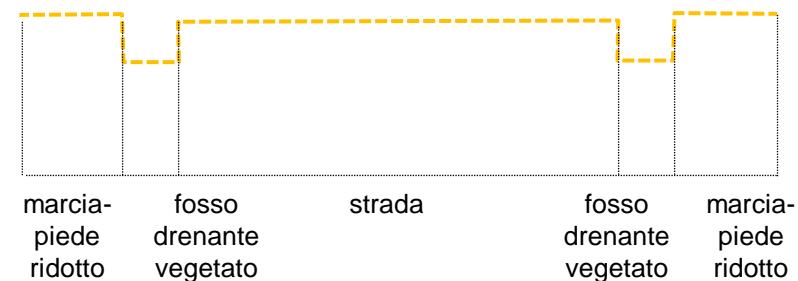
SITUAZIONE DI STATO



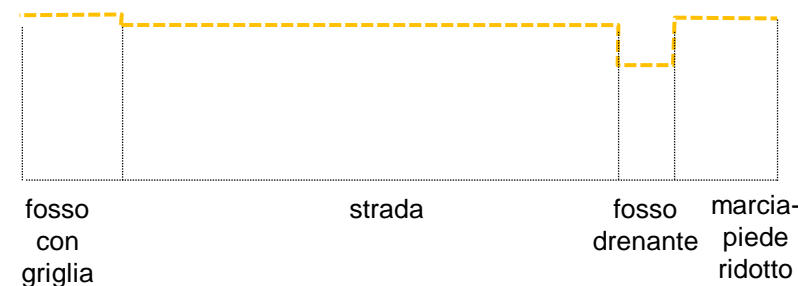
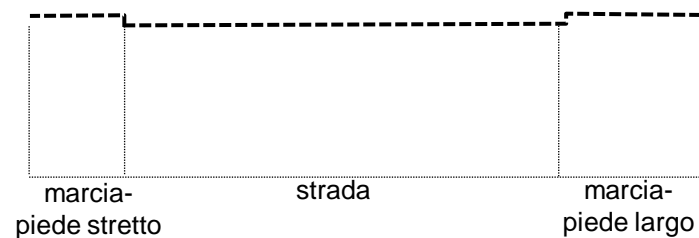
SITUAZIONE DI PROGETTO



T0



T1



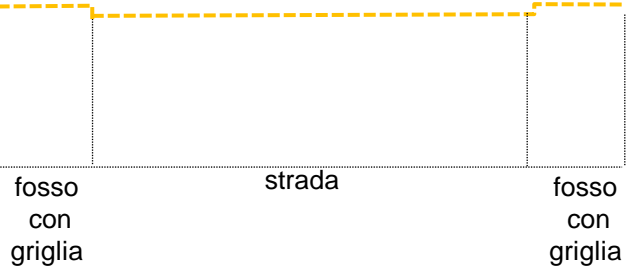
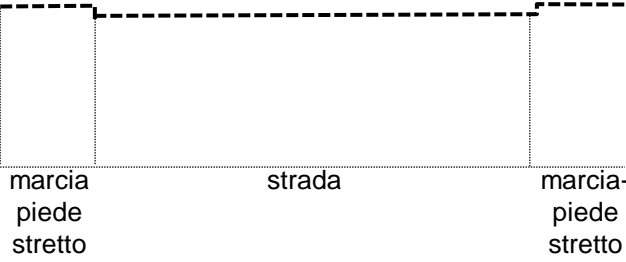
T2

IMMAGINI DI RIFERIMENTO CHE ILLUSTRANO L'ARTICOLAZIONE DELLE SEZIONI TIPOLOGICHE

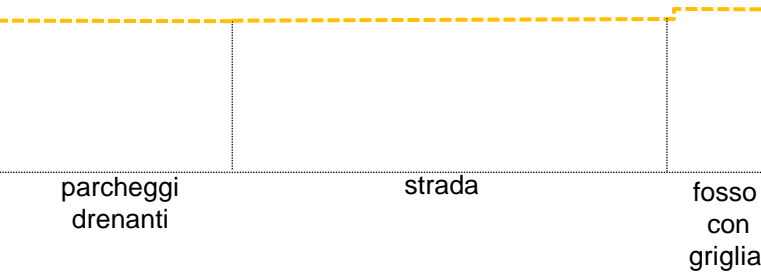
SITUAZIONE DI STATO



SITUAZIONE DI PROGETTO



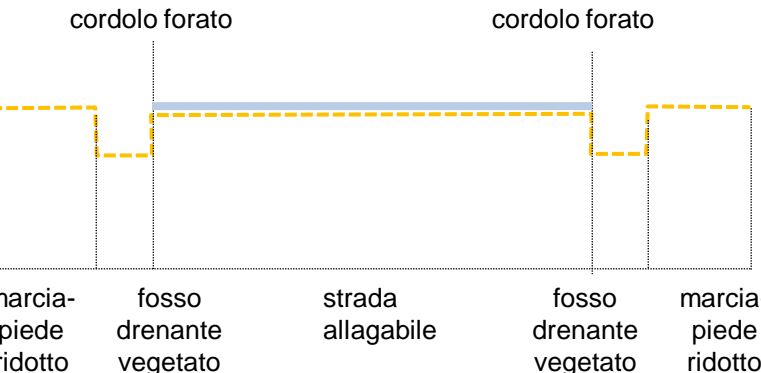
T3



T4



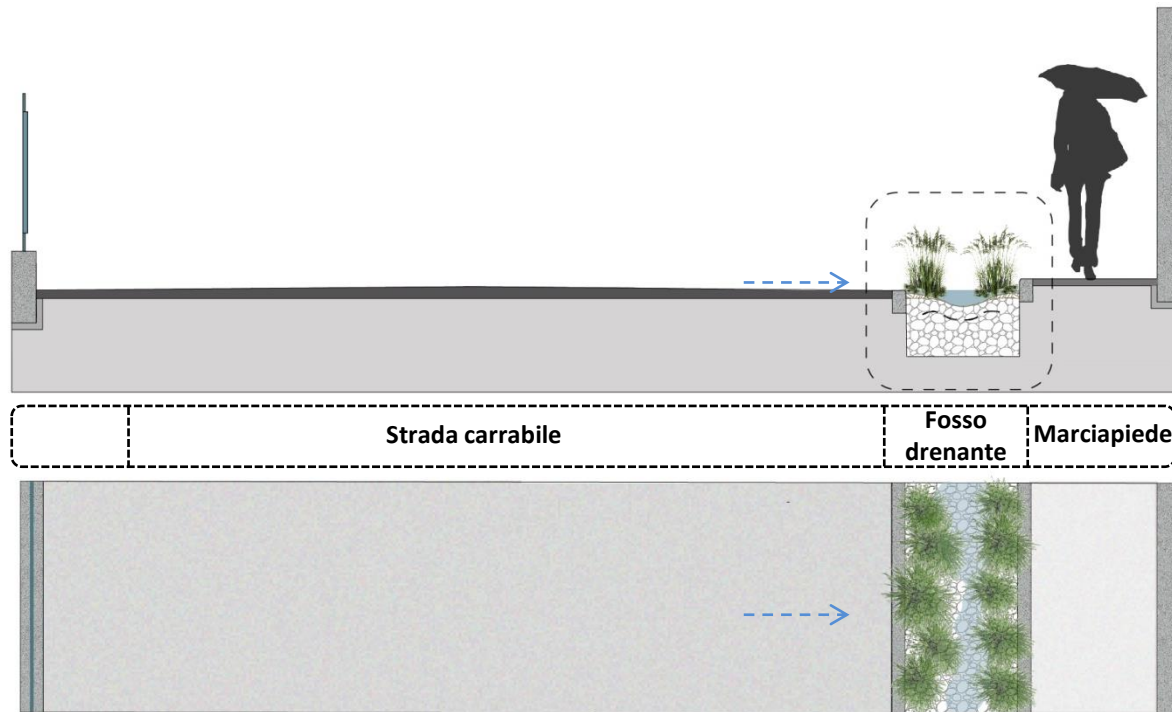
* strade prossime agli sfioratori e attualmente interessate da allagamenti



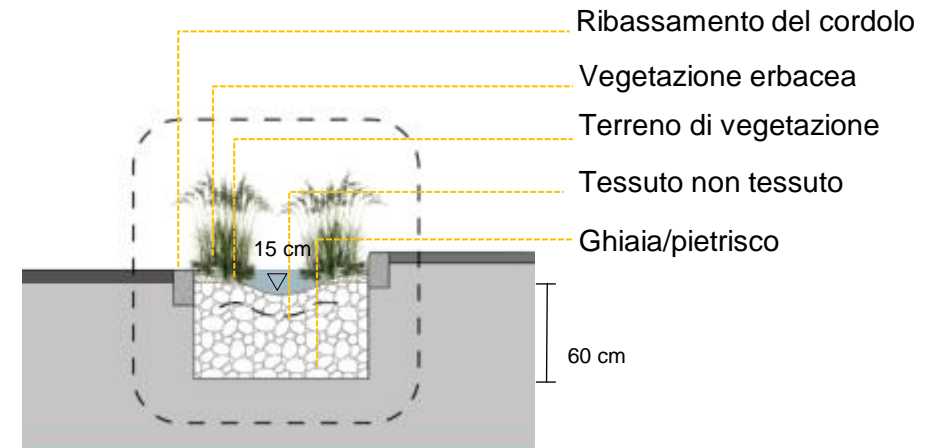
T5

Interventi tipo lungo le strade

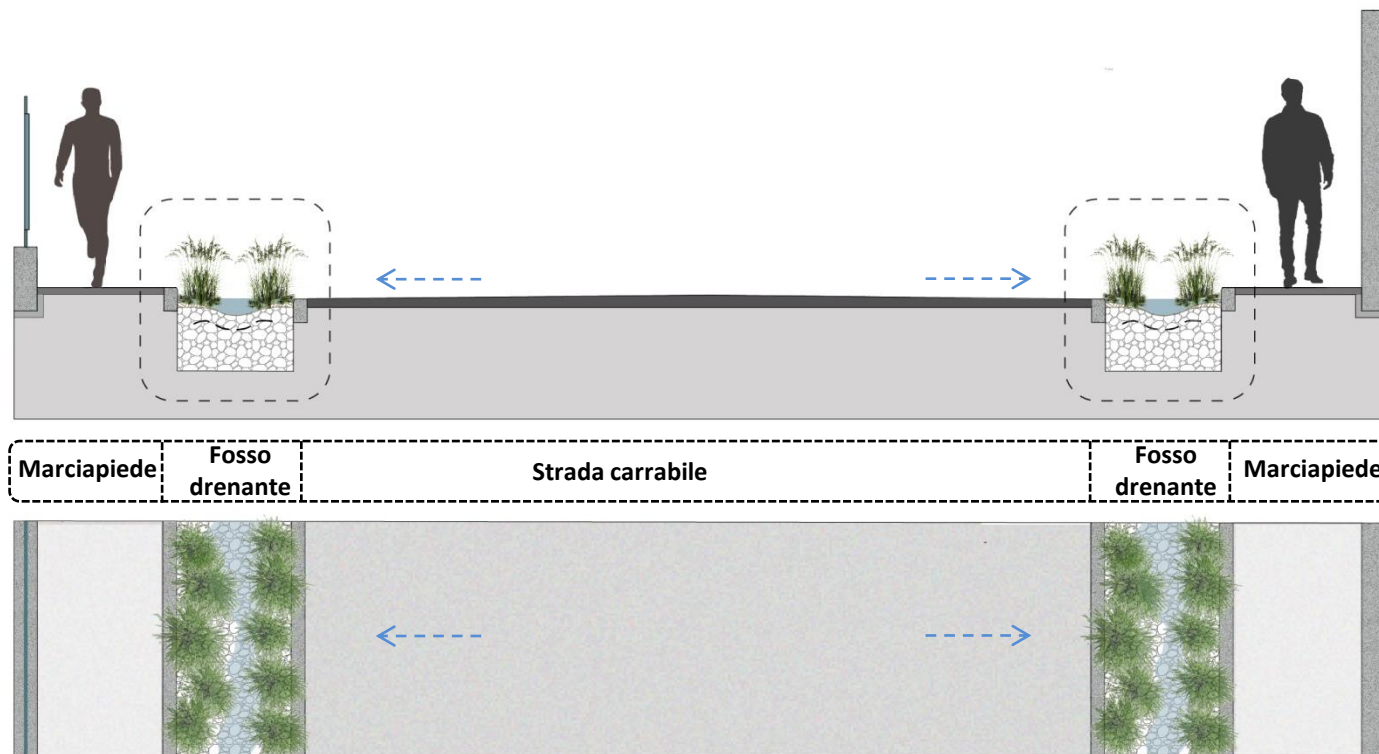
T0



Inserimento di un fosso drenante vegetato: riduzione dei marciapiedi di ampiezza superiore a 1m e realizzazione di fosso drenante vegetato per la gestione delle acque meteoriche provenienti dalla strada su un lato della carreggiata; ribassamento del cordolo.

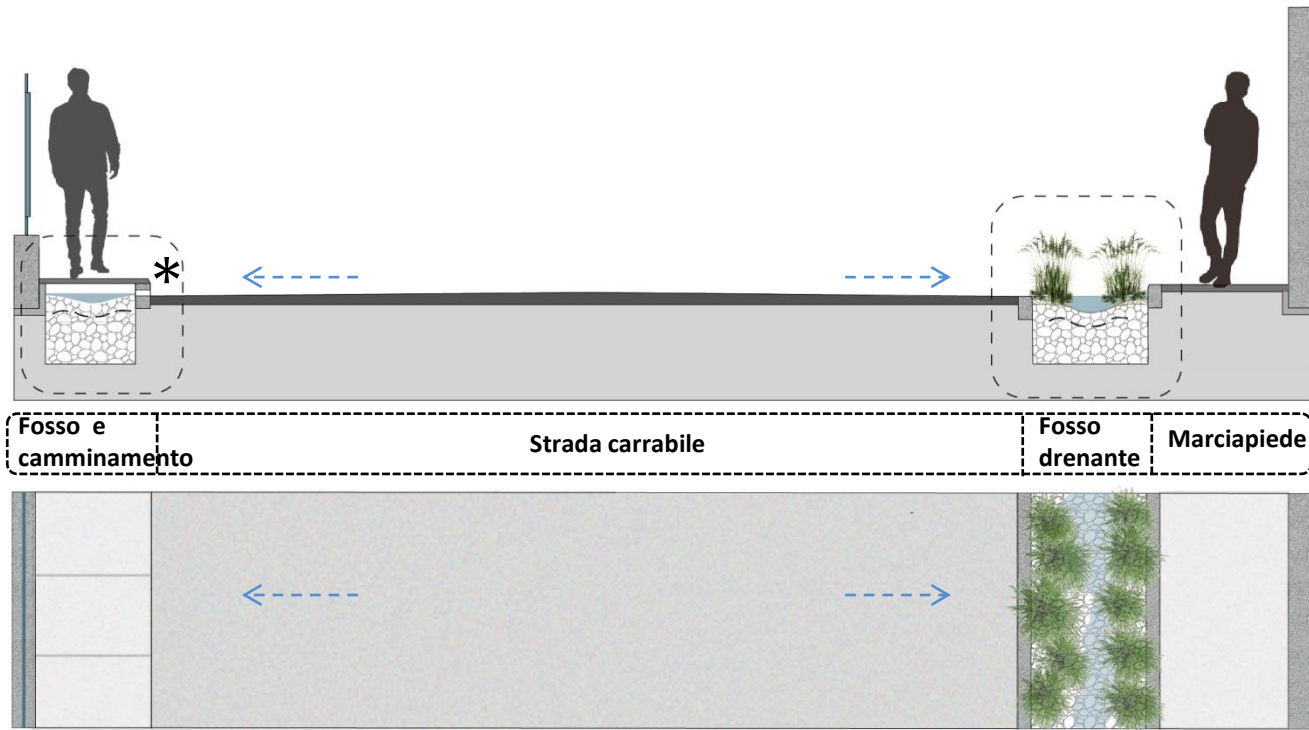


T1



Inserimento di due fossi drenanti vegetati: riduzione dei marciapiedi di ampiezza superiore a 1m e realizzazione di fosso drenante vegetato per la gestione delle acque meteoriche provenienti dalla strada su entrambi i lati della carreggiata; ribassamento dei cordoli

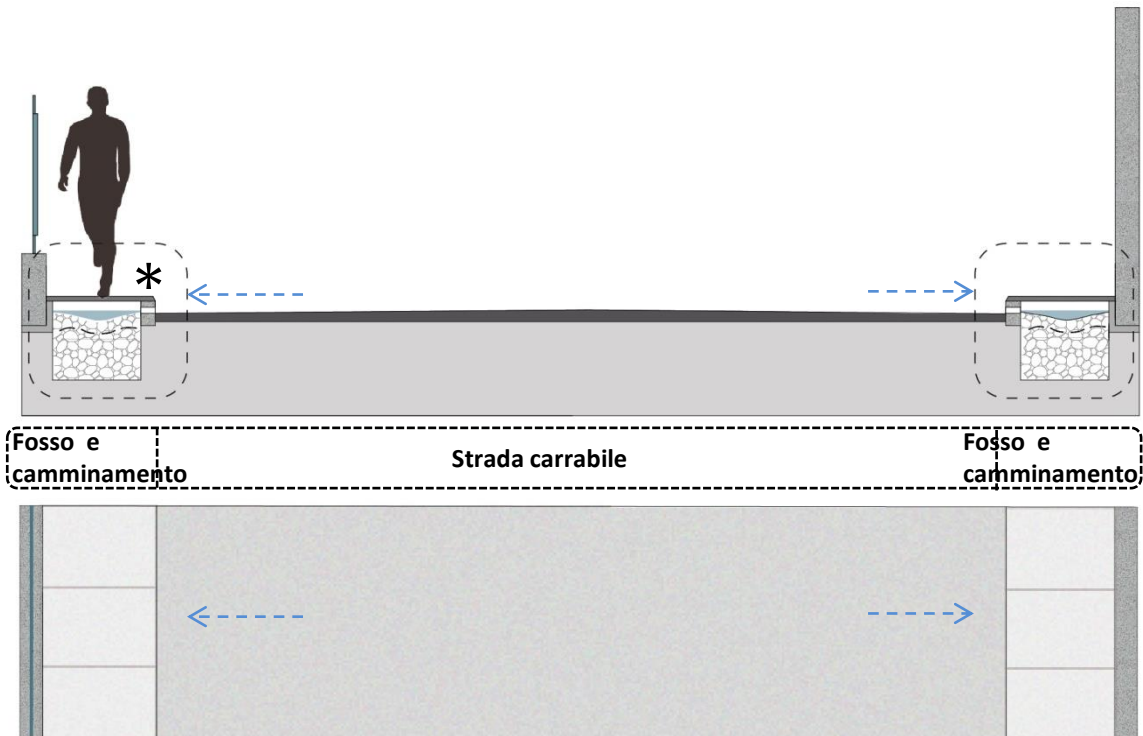
T2



Inserimento di un fosso drenante vegetato e di un fosso drenante non vegetato : riduzione dei marciapiedi di ampiezza superiore a 1m e realizzazione di fosso drenante vegetato per la gestione delle acque meteoriche provenienti dalla strada su un lato della carreggiata ; sostituzione dei marciapiedi di ampiezza minore a 1 m con fosso drenante non vegetato con copertura calpestabile di ampiezza massima 80 cm e cordolo forato*; ribassamento del cordolo a livello della carreggiata in corrispondenza del fosso vegetato.

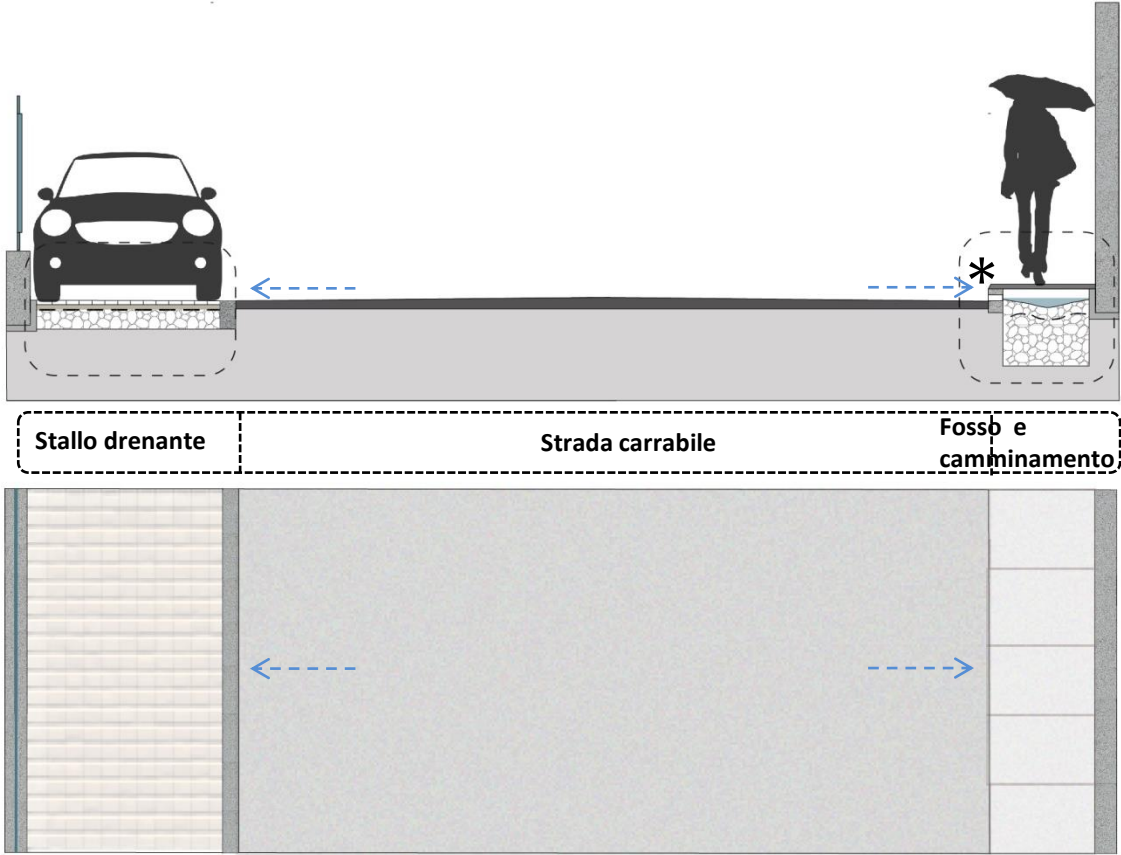


T3



Inserimento di due fossi drenanti non vegetati: sostituzione dei marciapiedi di ampiezza minore a 1 m con due fossi drenanti non vegetati con copertura calpestabile di ampiezza massima 80 cm; inserimento di cordoli forati in corrispondenza dei fossi non vegetati..

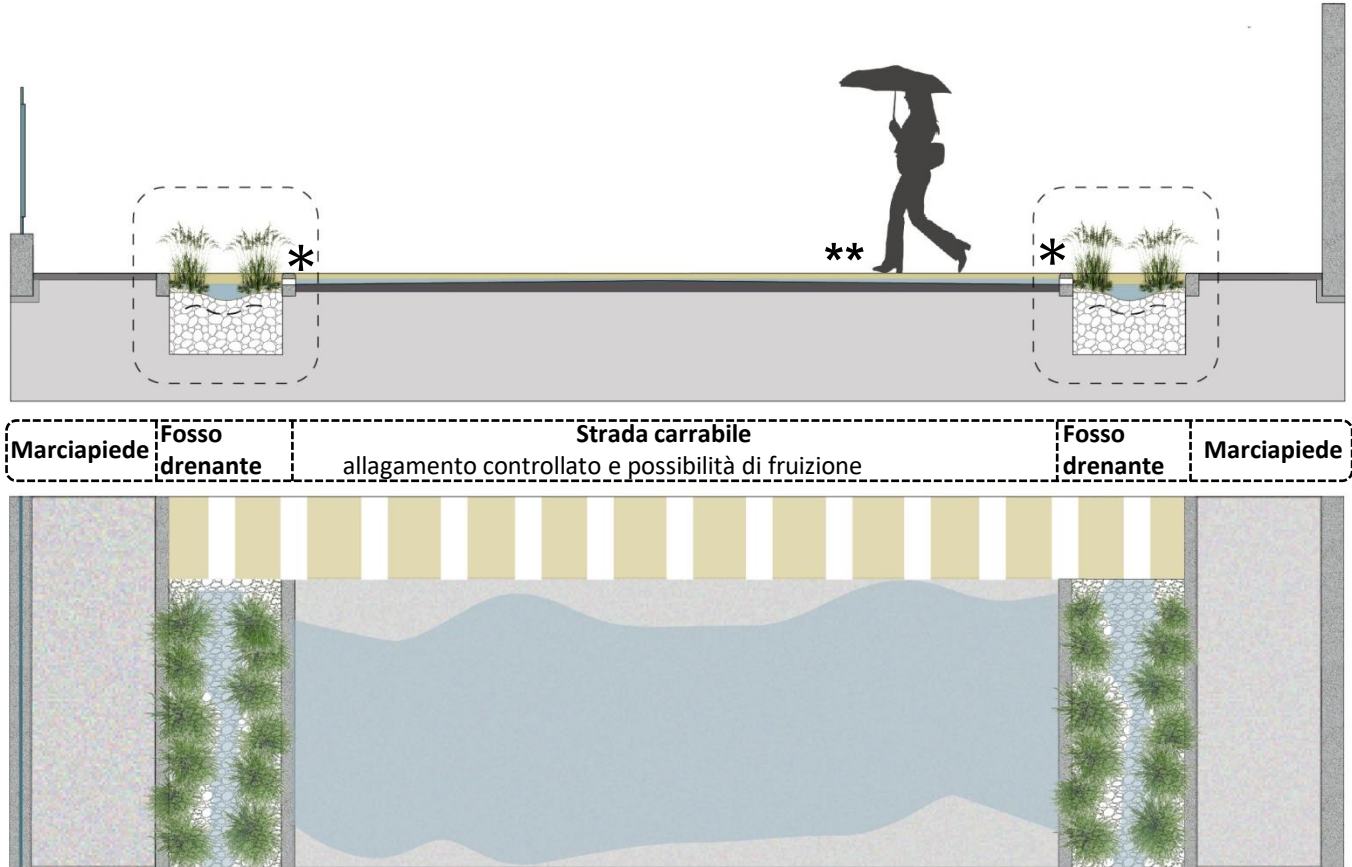
T4



Inserimento di un fosso drenante non vegetato : sostituzione dei marciapiedi di ampiezza minore a 1 m con fosso drenante non vegetato con copertura calpestabile di ampiezza massima 80 cm; ribassamento dei cordoli a livello della carreggiata in corrispondenza degli stalli e inserimento di cordolo forato in corrispondenza del fosso non vegetato ;sostituzione della pavimentazione degli stalli con pavimentazione drenante.

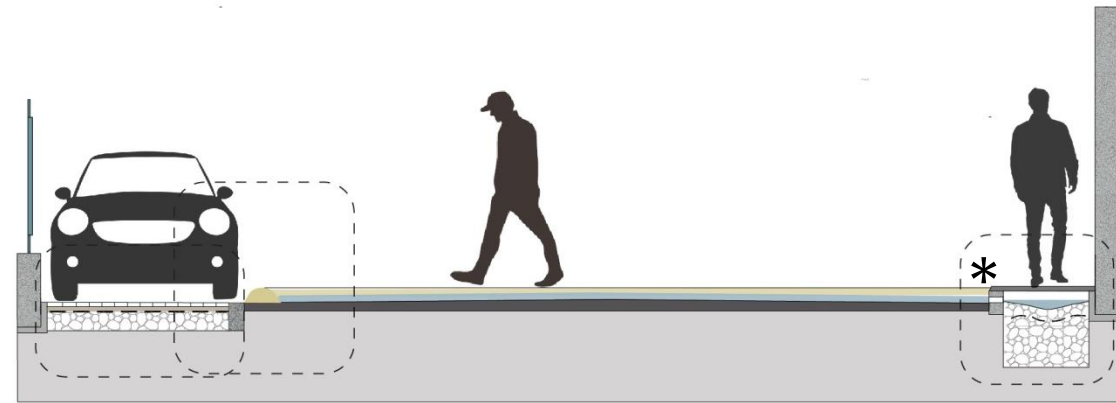


T5



Strada allagabile e inserimento di due fossi drenanti vegetati: riduzione dei marciapiedi di ampiezza superiore a 1m e realizzazione di fosso drenante vegetato per la gestione delle acque meteoriche provenienti dalla strada su entrambi i lati della carreggiata; inserimento di cordolo forato in corrispondenza dei fossi drenanti; con possibilità di allagamento parziale e controllato della carreggiata; una volta saturo il fosso drenante laterale è previsto l'allagamento di porzioni di strada. **N.B. la strada rimane accessibile alle auto e l'attraversamento pedonale è garantito da elementi sopraelevati che conettono i due marciapiedi ** .**

T6



Stallo drenante Strada carrabile Fosso e camminamento:
 allagamento controllato e possibilità di fruizione

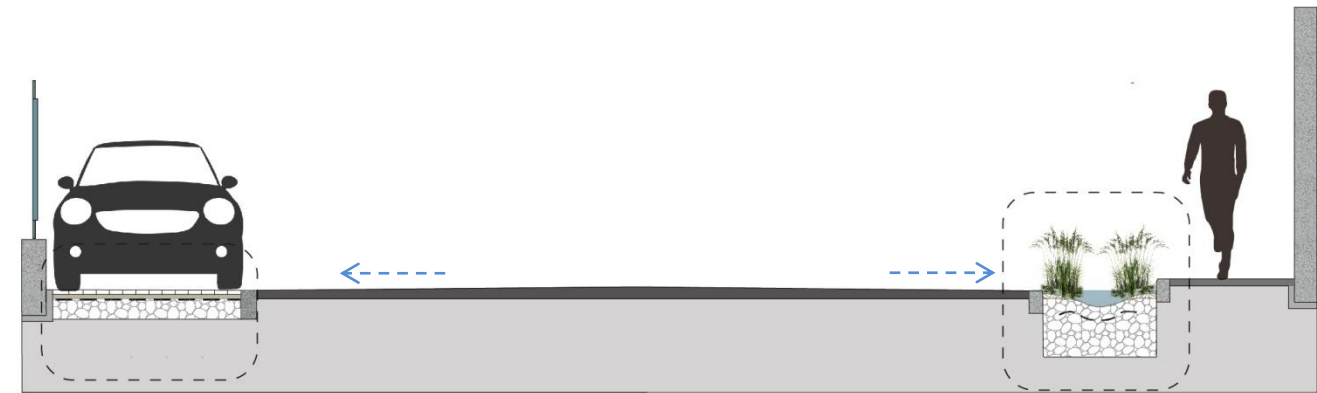


Fosso e camminamento

Strada allagabile e inserimento fosso drenante non vegetato: Sostituzione della pavimentazione degli stalli con pavimentazione drenante e posizionamento di cordolo per la definizione di aree di allagamento; sostituzione del marciapiedi con fosso drenante non vegetato percorribile con cordolo forato; una volta saturo il fosso drenante laterale è previsto l'allagamento di porzioni di strada.
N.B. la strada rimane accessibile alle auto e l'attraversamento pedonale è garantito da elementi sopraelevati che connettono i due marciapiedi ** .



T7



Stallo drenante Strada carrabile Fosso drenante Marciapiede
 allagamento controllato e possibilità di fruizione



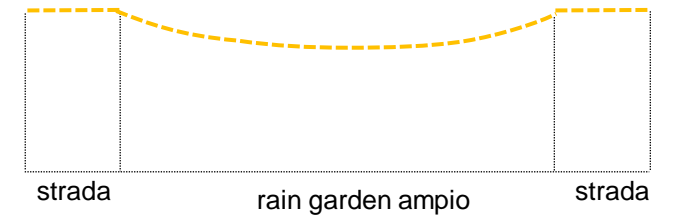
Inserimento di fosso drenante vegetato e stallo con pavimentazione drenante: sostituzione della pavimentazione degli stalli con pavimentazione drenante e ribassamento del cordolo riduzione del marciapiedi e inserimento di fosso drenante vegetato con ribassamento del cordolo.

Area verde pubblica

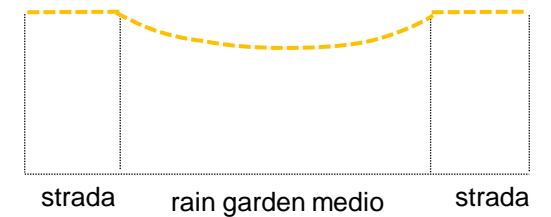
IMMAGINI DI RIFERIMENTO DELLE AREE
TIPOLOGICHE SITUAZIONE DI STATO



SITUAZIONE DI PROGETTO



RAIN GARDEN IN SPAZIO VERDE AMPIO (V1)



RAIN GARDEN IN ROTATORIA (V2)



FASCIA DRENANTE IN AREE VERDI DI
DIMENSIONI RIDOTTE A SVILUPPO LONGITUDINALE (V3)

Gli interventi previsti negli spazi verdi liberi si articolano in soluzioni tipologiche differenti che comprendono l'inserimento di elementi di infiltrazione per la gestione sostenibile delle acque urbane con principale funzione di infiltrazione e fitodepurazione, illustrati dalle immagini in questa slide.

Le differenti componenti sono:

- rain garden di ampie dimensioni ;
- rain garden di dimensioni contenute;
- fasce drenanti

Le slide successive illustrano l'articolazione di queste componenti all'interno di sezioni tipologiche definite in base alle dimensioni degli spazi verdi (parchi e aree verdi maggiori, rotatorie, fasce verdi con sviluppo longitudinale).



RAIN GARDEN AMPIO



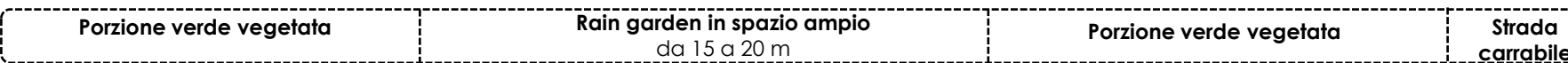
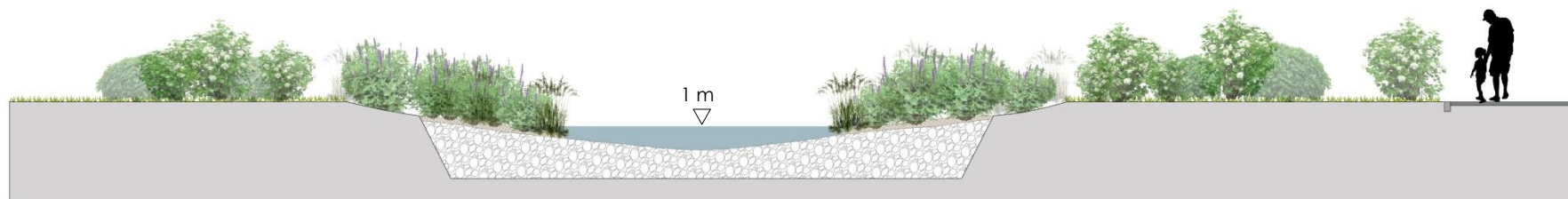
RAIN GARDEN DI
DIMENSIONI MINORI



FASCIA DRENANTE

Interventi tipo negli spazi verdi

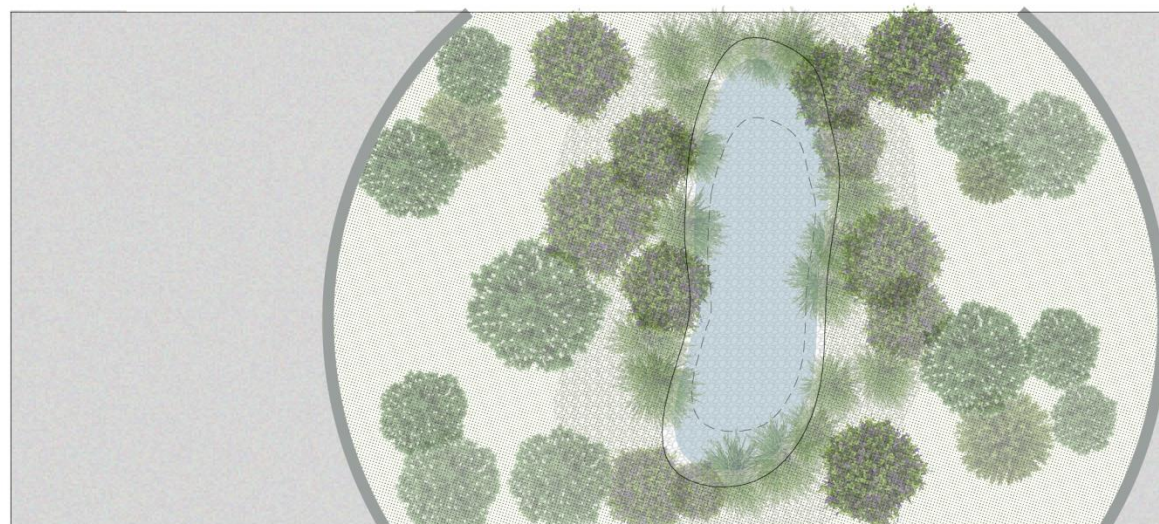
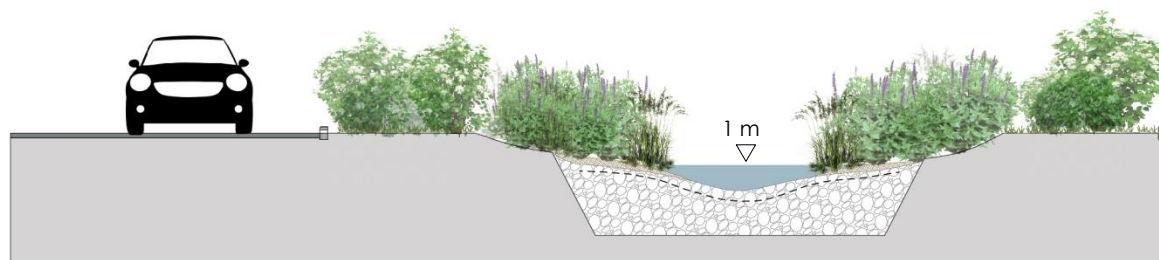
V1



Realizzazione di rain garden negli spazi più ampi : il rain garden ha un modulo ripetibile a seconda della disponibilità di spazio ; il rain garden ha dimensioni variabili da 15 a 20 m e profondità di 1 m rispetto al piano di campagna.

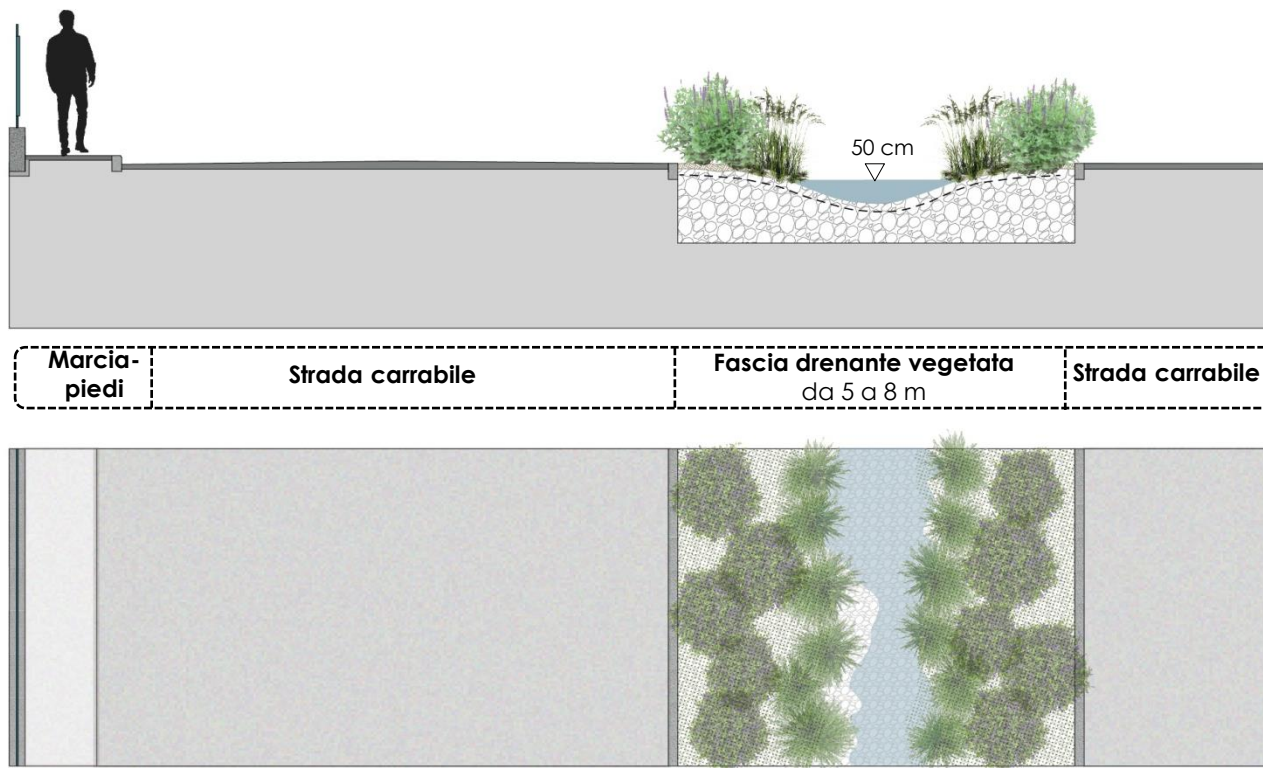
N.B. Ragionevolmente si può considerare che nelle aree di maggiori dimensioni non tutta la superficie sarà interessata dalla presenza di rain garden ;per questo motivo per le sole aree di maggiori dimensioni si considera che l'intervento venga applicato nello scenario ottimale attuazione 100% degli interventi) sul 50% della superficie totale.

V2



Realizzazione di rain garden negli spazi di medie dimensioni: il rain garden ha dimensioni contenute così da potersi adattare a spazi di medie dimensioni come le rotonde stradali che vengono parzialmente impermeabilizzate ; il rain garden ha dimensioni variabili da 8 a 15 m e profondità di 1 m rispetto al piano di campagna.

V3



Realizzazione di fascia drenante vegetata: la fascia drenante viene inserita nelle porzioni verdi con andamento longitudinale laterali alle strade ; la fascia ha dimensioni variabili da 5 a 8 m e profondità di 50 cm rispetto al piano di campagna.

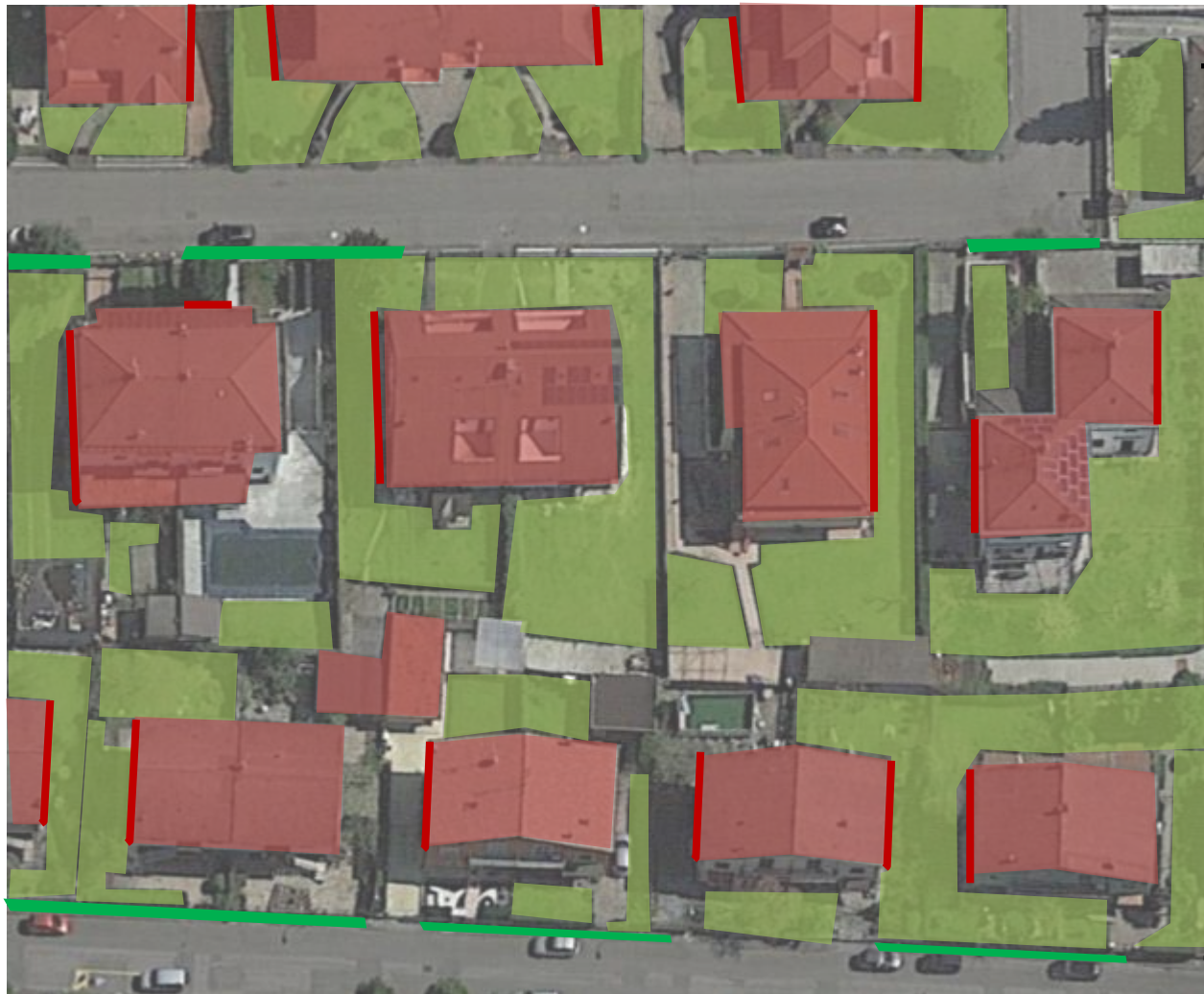
Area residenziale

SITUAZIONE DI STATO

IN QUALI COMPONENTI SI ARTICOLA?

SCENARIO DI PROGETTO APPLICATO AL MODELLO

COME INTERVENIRE SULLE COMPONENTI?



GIARDINI E PROPRIETA' PRIVATE DEI LOTTI RESIDENZIALI

- COPERTURE DEI TETTI
- PARETI PERIMETRALI NON INTERESSATE DA ACCESSI CON PRESENZA DI GRONDE/PLUVIALI (ca. 20-25% rispetto al perimetro totale dei fabbricati)
- AREE VERDI E GIARDINI PRIVATI

GIARDINI E PROPRIETA' PRIVATE DEI LOTTI RESIDENZIALI

- VOLUMI DI ACQUA PRODOTTI DAI TETTI DURANTE GLI EVENTI DI PIOGGIA FINO A 30mm E GESTITI LOCALMENTE (R1)
- ALTERNATIVA 1)** PARETI PERIMETRALI ALLA BASE DELLE QUALI POSIZIONARE FIORIERE-CISTERNE IN GRADO DI RACCOLLIERE E TRATTENERE LE ACQUE PROVENIENTI DAI TETTI (R2)
- ALTERNATIVA 2)** VASCHE INTERRATE PER LA RACCOLTA E IL RIUTILIZZO DELLE ACQUE METEORICHE (R3)

AIUOLE E SPAZI VERDI MINORI NEL CONTESTO RESIDENZIALE

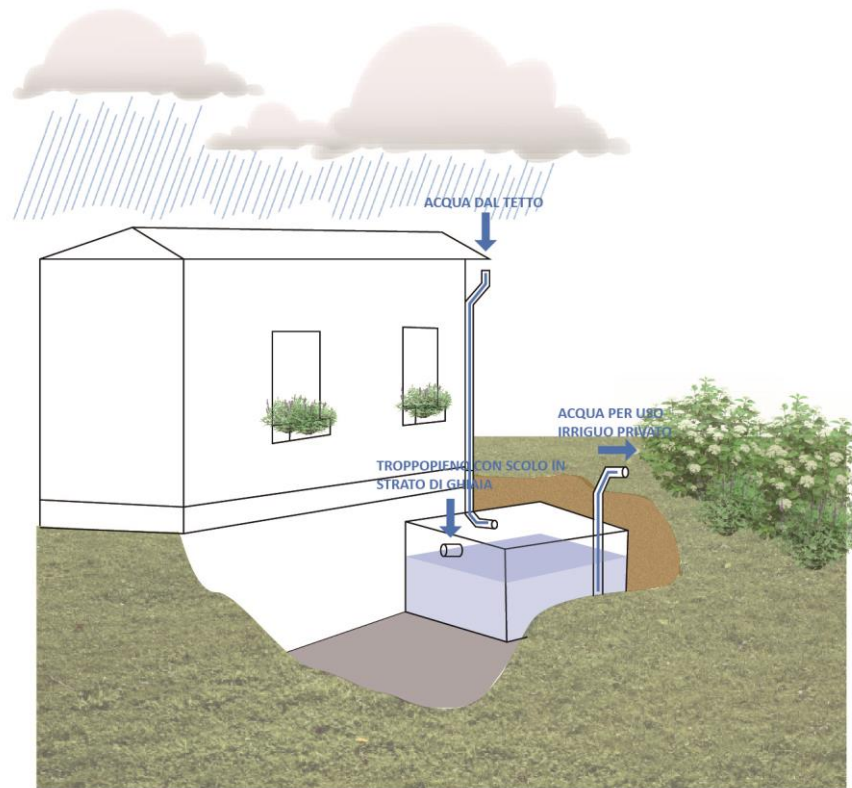
- SPAZI VERDI RESIDUALI IN PROSSIMITA' DELLE AREE RESIDENZIALI

AIUOLE E SPAZI VERDI MINORI NEL CONTESTO RESIDENZIALE

- ADATTAMENTO DELLE AREE VERDI E DEI MARCIAPIEDI PER IL COLLETTAMENTO DELLE ACQUE (R3)

Interventi tipo in giardini e proprietà private

R1

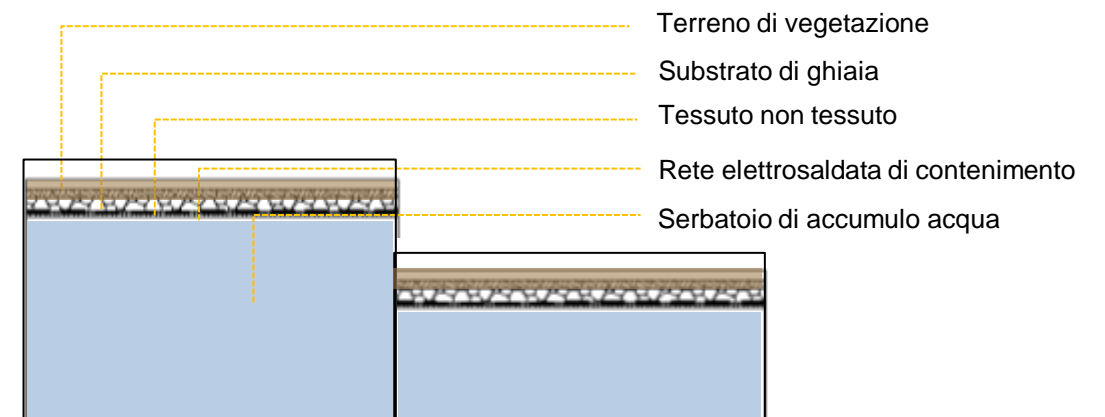


Realizzazione di cisterne- vasche interratoe per la raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche provenienti dalle falde dei tetti: scavo e inserimento di vasca sotterranea per la raccolta delle acque provenienti dalla gronda con capacità di stoccaggio di 3000 l; la cisterna è fornita di una pompa per il riutilizzo dell'acqua raccolta per usi privati di irrigazione(orto, giardino, ...).

R2

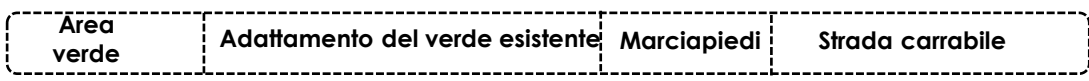


Realizzazione di cisterne- fioriere per la raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche provenienti dalle falde dei tetti: le cisterne hanno dimensioni modulari di h 1 m e profondità 0,6 m per le maggiori, h 0,6 m e profondità 0,6 m per le minori e vengono disposte alla base delle pareti perimetrali non interessate da aperture e elementi sporgenti, per un totale di circa 20/25% dei perimetri totali degli edifici.



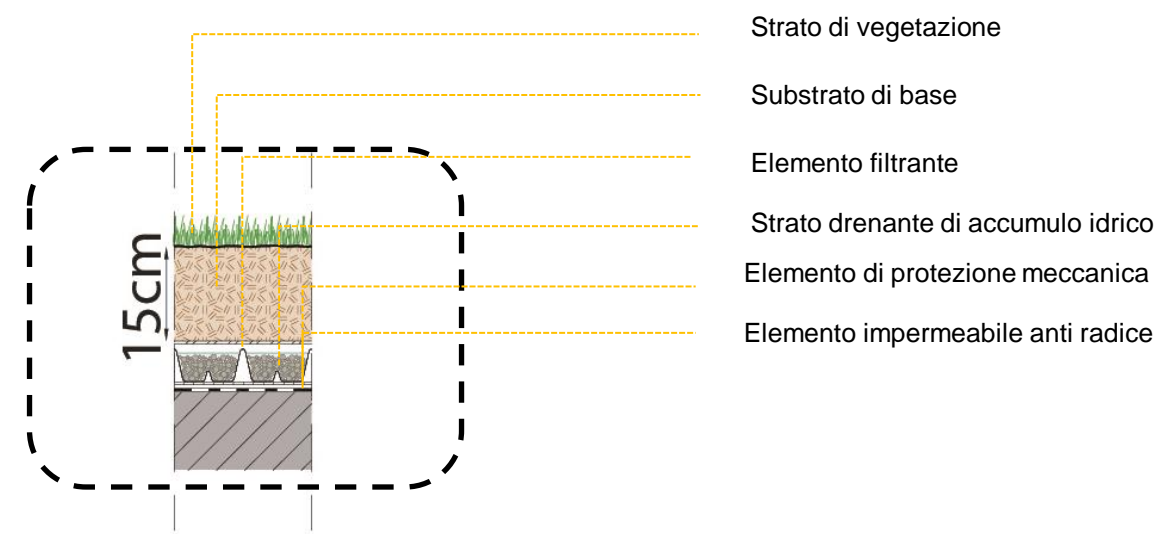
N.B. Gli interventi sono tra loro alternativi

R3



Adattamento delle aree verdi e dei marciapiedi per il collettamento delle acque : le aree verdi vengono adattate con l'inserimento di un fosso drenante e il ribassamento del terreno; ribassamento del marciapiedi a livello della strada; sostituzione del manto del marciapiedi con lastre scanalate in C.A. per l'incanalamento delle acque meteoriche verso l'area verde.

R4



N.B. La realizzazione del tetto verde non incide in maniera significativa sullo stoccaggio di volumi di acque meteoriche; contribuisce però in maniera significativa al rallentamento della lisciviazione dell'acqua sulle superfici. Per questo motivo il calcolo dei volumi stoccati / di trattenuta temporanea non comprende l'intervento del tetto verde che viene considerato in questo caso come indicazione qualitativa.