Commessa:	Committente:
2201	COMUNE DI VERTEMATE CON MINOPRIO p.zza Italia, 1 20070 Vertemate con Minoprio (CO)

Titolo:

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO AI SENSI DEL R.R. 7/2017 ART.14 COMMA 7

Fase: PIANIFICAZIONE	Ambito: IDRAULICA

Professionista:

ing. Enzo Calcaterra

Rev.	Data	Descrizione
0	Luglio 2023	Prima emissione

PN	Documento	Elaborato	Revisione
	Relazione tecnica	A01	0
		Scala	Nome file

STUDIOSPS S.R.L.
Via Roma, 09 - 20090 Vimodrone (MI)
Tel. 02 2500872 - Fax 02 2500020
E-mail info@studiosps.it
www.studiosps.it

Redatto	Verificato	Approvato
ing. Enzo Calcaterra	ing. Enzo Calcaterra	ing. Enzo Calcaterra

INFORMAZIONI STRETTAMENTE RISERVATE DA NON UTILIZZARE PER SCOPI DIVERSI DA QUELLI PER CUI SONO STATE FORNITE

INDICE

1 Premessa 4
2 Quadro normativo 5
2.1 Normativa Europea 5
2.1.1 Direttiva Quadro Alluvioni 2007/60 5
2.1.2 Standard Europeo EN 752-2:1997 5
2.2 Normativa italiana 6
2.2.1 Normativa relativa alla valutazione del rischio idraulico in ambito urbano 6
2.2.2 Normative relative al dimensionamento del sistema fognario 7
2.3 Normativa delle Regione Lombardia 7
2.3.1 Introduzione del principio di invarianza nella normativa regionale 7
2.3.2 Il Regolamento Regionale n. 7/2017 e Regolamento Regionale n. 8/2019 8
3 Caratteri ambientali e morfologici 9
3.1 Inquadramento territoriale 9
3.2 Inquadramento geomorfologico 10
3.3 Inquadramento idrogeologico 11
3.3.1 Struttura idrogeologica 11
3.3.2 Idrografia superficiale 12
3.3.2.1 Elementi del reticolo idrico principale 12
3.3.2.2 Elementi del reticolo idrico minore 14
3.3.3. Permeabilità superficiale dei terreni 18
3.3.4. Oscillazione della falda acquifera/Bilancio dell'acquifero 19
3.3.5. Vulnerabilità degli acquiferi 20
3.3.2 Pozzi 24
3.3.8. Area di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile 24
4 Criticità idrauliche evidenziate nella componente geologica del PGT, del PGRA, dall'UTC e dal Gestore del Servizio Idrico e il progetto Pioda 2.020 25
4.1 Componente geologica del PGT 25
4.2 Aree a pericolosità e rischio idraulico P.A.I. – P.G.R.A. 25
4.3 Porzioni di territorio non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali 26

4.4 Contratti di fiume 27
4.5 Rete fognaria comunale e criticità riscontrate 28
4.5.1 Descrizione generale della rete fognaria 28
4.5.2 Punti critici monitorati e criticità evidenziate dal gestore e dai tecnici comunali 28
4.6 Il progetto Pioda 2.020 30
5 Modellazione della rete e del territorio 30
5.1 Definizione del contesto spaziale di studio 30
5.2 Schema modellistico 30
5.3 Livello di dettaglio 31
5.4 Codice di calcolo impiegato 31
5.5 Rilievi e indagini disponibili 33
5.6 Inserimento nel modello delle informazioni relative ai pozzetti ed ai condotti 33
5.7 Modellazione di elementi puntuali (soglie di sfioro, paratoie, vasche etc.) 33
5.8 Scabrezze 36
5.9 Bacini scolanti ed aree omogenee 36
5.10 Modello digitale del terreno e costruzione della mesh di calcolo 37
5.11 Eventi meteorici di riferimento 39
5.11.1 Curva di possibilità pluviometrica 39
5.11.2 Ietogrammi di riferimento 44
5.12 Stima delle perdite idrologiche 46
5.13 Generazione delle portate di piena 46
5.14 Portate nere 47
5.15 Condizioni al contorno 48
5.15.1 Condizioni al contorno geometriche 48
5.15.2 Condizioni al contorno idrologico 48
5.15.3 Condizioni al contorno idrauliche 48
5.16 Condizioni iniziali 48
6 Analisi di stato di fatto e criticità 48
6.1 Criticità evidenziate dalle analisi modellistiche 48
6.2 Sintesi delle criticità riscontrate (dal modello e/o segnalate) 50
6.2.1 Stazione di sollevamento Sant'Angelo e terreni agricoli di Cadorago e Cermenate 51

6.2.2 Statale dei Giovi all'incrocio con via Pioda 53
6.2.3 Via Bisbino 54
6.2.4 Altre criticità 55
7 Scenario di intervento 55
7.1 Interventi strutturali 55
7.1.1 INT-01 – Fitodepurazione e vasca di laminazione in terra 55
7.1.2 INT-02 – Vasca di laminazione in c.a. nel parcheggio di via per Bulgorello 57
7.1.3 INT-03 - Potenziamento tratto di condotto in via Bisbino 59
7.1.4 Interventi di rain garden 60
7.2 Interventi non strutturali 60
7.2.1 Campagna monitoraggio piogge-portate 60
7.2.2 Ispezione, monitoraggio e gestione dei manufatti 61
7.2.3 Comunicazione del rischio ai cittadini e pratiche di autoprotezione 61
7.2.4 Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science 62
7.2.5 Sistemi di monitoraggio ed allerte 64
7.2.6 Piani e studi di approfondimento 64
7.2.7 Indicazioni e prescrizioni da inserire nel PGT o nel Regolamento Edilizio 65
7.2.8 Difese temporanee 65
7.2.9 Interventi sui sottopassi 68
7.2.10 Misure di protezione civile 69
7.2.11 Ambiti di trasformazione e misure di invarianza 70

RELAZIONE TECNICA

1 Premessa

Il presente documento è stato elaborato ai fini della predisposizione dello studio comunale di gestione del rischio idraulico del Comune di Vertemate con Minoprio (DCRI) ai sensi della L.R. n. 4 del 15.03.2016 "*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*" e dell'art. 14 comma 1 del R.R. n. 7 del 23.11.2017 "*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*" e ss.mm.ii. (R.R. 29 giugno 2018, n. 7 e R.R. 19 aprile 2019, n. 8).

Il territorio regionale è stato suddiviso dal Regolamento Regionale n. 7/2017 in tre tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua recettori. Il Comune di Vertemate con Minoprio ricade, secondo l'art. 7 del citato Regolamento, in area A, ad alta criticità idraulica.

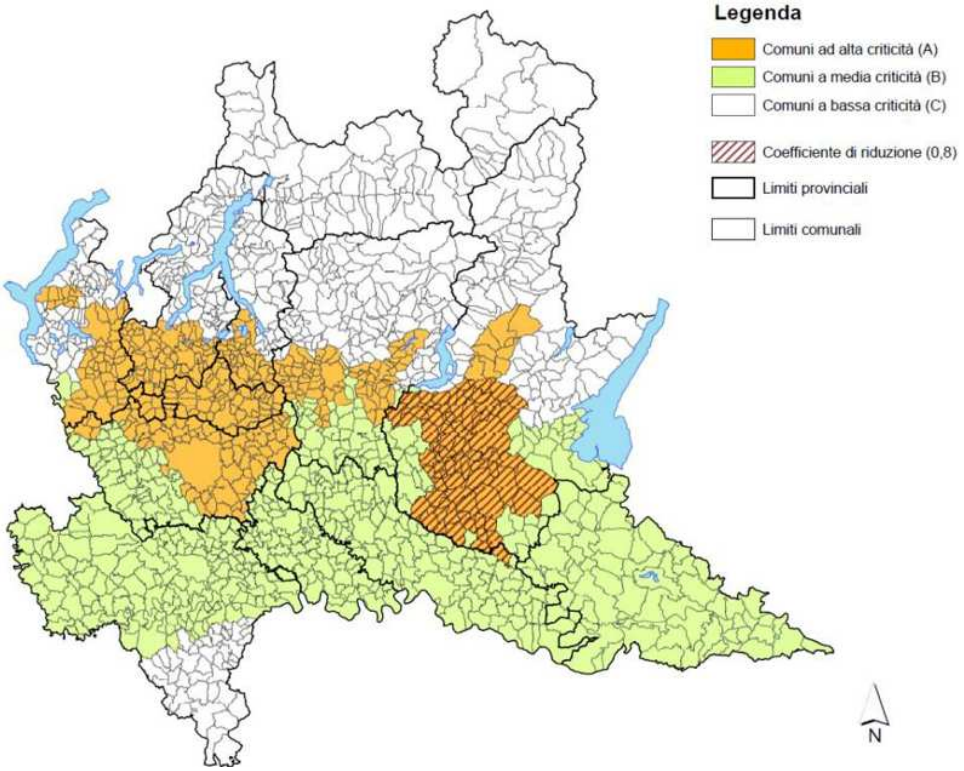


Figura 1 - Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica secondo l'allegato B al RR 7/2017 modificato dal RR 8/2019

2 Quadro normativo

2.1 Normativa Europea

La prima normativa a livello europeo che tratta il tema del rischio idraulico urbano (seppur marginalmente) è la cosiddetta "*Direttiva Alluvioni*" (n. 2007/60/CE) o "*Flood Directive*" (di seguito "FD"), emanata dalla Commissione Europea il 26 novembre 2007. Il primo standard europeo EN che si occupa dei tempi di ritorno degli eventi meteorici di progetto per il dimensionamento delle reti fognarie è lo standard EN 752-1997 (attualmente aggiornato al 2017). Di seguito si fornisce una breve disamina delle due norme di diretto interesse.

2.1.1 Direttiva Quadro Alluvioni 2007/60

Nella seconda metà del secolo scorso l'Europa è stata interessata da eventi alluvionali particolarmente gravosi. Nonostante molti sforzi intrapresi a livello nazionale per proteggere cose e persone, i primi veri passi verso un coordinamento comune sono relativamente recenti (Mostert and Junier 2009). Dopo le inondazioni del 2002 nel Danubio e nell'Elba, il Consiglio Europeo ha avanzato una proposta di legge a livello europeo sulle inondazioni (Commission of the European Comunities 2004) che si è conclusa nel gennaio 2006 con la pubblicazione della proposta di direttiva sulla gestione del rischio di alluvioni. La proposta è stata adottata ufficialmente il 23 ottobre 2007 (Council of the European Union 2006) divenendo la prima direttiva europea che riguarda specificamente il rischio inondazioni. La FD richiede agli Stati membri dell'UE di effettuare una valutazione preliminare dei rischi alluvionali e di redigere mappe di pericolosità idraulica, del rischio idraulico e piani di gestione del rischio alluvionale. Inoltre, richiede agli Stati membri di organizzare la partecipazione pubblica alle attività di redazione dei piani e coordinare l'applicazione della FD con la Direttiva Quadro Acque (n.2000/60/CE).

2.1.2 Standard Europeo EN 752-2:1997

Lo standard europeo EN 752-2:1997 (sostituito da EN 752:2017) rappresenta il primo riferimento comune europeo per quanto attiene il dimensionamento e l'eventuale verifica dei sistemi fognari. La norma definisce:

- "*allagamento*" come una "condizione in cui le acque reflue e/o le acque di superficie sfuggono o non possono entrare in un sistema di scarico o di fognatura e rimangono in superficie o entrano negli edifici"
- "sovraccarico" come la "condizione in cui le acque reflue e/o le acque superficiali sono man- tenute sotto pressione all'interno di un sistema di scarico a gravità o fognario, ma non sfuggono alla superficie per causare allagamenti". Condizioni estese di sovraccarico possono impedire all'acqua superficiale di entrare nel sistema fognario.

La norma indica fra l'altro che:

- i tempi di ritorno degli eventi meteorici di progetto che variano da un minimo di 1 a 10 anni a seconda del contesto urbano (es. aree rurali, residenziali, centri industriali, etc.) e delle infrastrutture servite (Tabella 1);
- la gestione del sistema sia finalizzata ad evitare il funzionamento in pressione della fognatura;
- i tempi di ritorno (probabilità di accadimento) per le piogge e per gli eventi di flooding sono diversi;
- l'uso di approcci modellistici in casi idraulicamente complicati è suggerito.

Tabella 1 - Frequenza di allagamento di progetto consigliata dalla EN 752-2:1997

Tipo di contesto urbano	Probabilità di accadimento media annua dell'evento meteorico di progetto (1 in '*n*' anni)	Probabilità di accadimento media annua dell'evento di allagamento (1 in '*n*' anni)
Aree rurali	1 in 1	1 in 10
Aree residenziali	1 in 2	1 in 20
Centro urbano con aree commerciali/industriali con flooding check	1 in 2	1 in 30
Centro urbano con aree commerciali/industriali con flooding check	1 in 5	-
Metropolitane/sottopassi	1 in 10	1 in 50

2.2 Normativa italiana

2.2.1 Normativa relativa alla valutazione del rischio idraulico in ambito urbano

A livello italiano la FD è entrata in vigore il 26 novembre 2007 ed è stata recepita dal decreto D.Lgs 49/2010. Il dubbio interpretativo riguardo alla inclusione delle inondazioni dovute alla rete fognaria non si è posto vista la definizione di "*alluvione*" riportata nel decreto di recepimento della FD. Non a caso, proprio all'interno del Piano di Gestione del Rischio Alluvionale (PGRA) del bacino del Fiume Po (in cui ricade la pressoché totalità della Lombardia), i fenomeni di allagamento correlati alle fognature sono stati espressamente esclusi dalle valutazioni condotte dalle singole Regioni (si vedano in particolare le Relazioni prodotte dalle Regioni Lombardia ed Emilia-Romagna che formano l'Allegato 5 del PGRA). Tale documento (il PGRA) rappresenta il principale strumento pianificatorio a scala distrettuale di cui l'Italia si è dotata in ottemperanza alla FD.

Il recepimento della Direttiva è stato condotto tenendo conto della normativa nazionale vigente, in particolar modo del D.Lgs. 152/2006 (recepimento italiano della Direttiva 2000/60/CE) e del DPCM 29 settembre 1998. L'esistenza nel territorio italiano dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), redatti ai sensi della Legge n. 183/89, ha fornito un'adeguata base di partenza.

Precorritrice a livello europeo l'Italia, fin dal 1989, ha approcciato il problema del rischio idraulico territoriale alla scala del bacino idrografico (oggi distretto). Rispetto a questa scala di valutazione piuttosto ampia (bacino), il rischio idraulico urbano costituisce un problema locale. Dal punto di vista normativo la sua valutazione puntuale si inserisce solo in studi condotti a scala comunale o al più a quella propria delle cosiddette Aree a Rischio Significativo (ARS). Le ARS, introdotte nel PGRA seguendo le specifiche indicazioni della FD, corrispondono ad aree ad elevato rischio idraulico per le quali viene garantita una priorità di pianificazione e realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio. Esistono tre tipologie di ARS:

- distrettuali (nodi critici di rilevanza strategica in cui sono complessi interventi di mitigazione del rischio che comportano effetti alla scala di intero bacino idrografico, ove è necessario il coordinamento delle politiche di più regioni);
- regionali (situazioni di rischio molto elevato per le quali è necessario il coordinamento delle politiche regionali alla scala di sottobacino in relazione alla necessità di integrare gli interventi sul reticolo naturale e sulle reti artificiali di bonifica e di drenaggio urbano);

- locali (che rappresentano esigenze importanti per il ripristino a scala locale di adeguate con- dizioni di sicurezza).

È proprio nell'ambito delle azioni pianificate dal PGRA nelle ARS, soprattutto regionali e locali, che diventa preminente la valutazione del rischio idraulico urbano e di conseguenza il coinvolgimento dei Comuni e dei Gestori della rete fognaria. Da questa breve disamina normativa emerge quindi che, nel contesto italiano, non è presente una normativa nazionale specifica che impone o definisce la valutazione del rischio idraulico in ambito urbano o a scala comunale.

2.2.2 Normative relative al dimensionamento del sistema fognario

A livello nazionale, le norme esistenti forniscono indicazioni in merito al dimensionamento delle fognature e sono utili a stabilire criteri generali o di massima (tranne che per i materiali, dove esistono indicazioni con maggiore dettaglio (Centro Studi Deflussi Urbani 2008)). Tra le norme più recenti, appare rilevante la *Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 11633* (Presidenza del Consiglio Superiore, Servizio Tecnico Centrale, 7 gennaio 1974), dal titolo "*Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto*". La Circolare dà istruzioni dettagliate riguardo alle definizioni (rete fognaria, fogne, collettori, emissario, etc.) e al contenuto del progetto di massima e del progetto esecutivo per la realizzazione di nuovi sistemi fognari. Per le fognature sia nere che pluviali è prescritta la presentazione dei calcoli e, per le fognature pluviali in particolare, l'esposizione del metodo di calcolo adoperato "*eseguito sulla base dello studio idrologico delle durate degli eventi meteorici, dell'estensione delle aree dei bacini colanti e dei coefficienti di assorbi- mento dei terreni*". La Circolare non fornisce indicazioni in merito ai tempi di ritorno di riferimento per gli eventi meteorici o alla frequenza massima ammissibile di allagamento dovuto alla fognatura ma indica genericamente che "*dovrà tenersi conto anche della frequenza con cui potranno verificarsi gli eventi più gravosi*". Indicazioni più specifiche in proposito vengono riportate nel Decreto del Presi- dente del Consiglio dei Ministri del 4 marzo 1996 "*Disposizioni in materia di risorse idriche*" (GU Serie Generale n.62 del 14-03-1996 - Suppl. Ordinario n. 47). Al punto 8.5.3 dell'Allegato 1, in merito ai sistemi di drenaggio urbano, si indica espressamente che "*ai fini del drenaggio delle acque me- teoriche le reti di fognatura bianca o mista debbono essere dimensionate e gestite in modo da garantire che fenomeni di rigurgito non interessino il piano stradale o le immissioni di scarichi neri con frequenza superiore ad una volta ogni cinque anni per ogni singola rete*".

2.3 Normativa delle Regione Lombardia

2.3.1 Introduzione del principio di invarianza nella normativa regionale

La norma regionale lombarda che per prima riporta indicazioni (seppur con carattere di indirizzo) in merito al rischio idraulico in contesti urbani è la *Legge Regionale n. 12 del 2005*, che tra gli obiettivi perseguiti riporta la promozione di "*misure specifiche e interventi necessari al riequilibrio idraulico ed idrogeologico del territorio […] per garantire la sicurezza delle popolazioni e degli insediamenti rispetto ai fenomeni di degrado delle acque e di dissesto idraulico ed idrogeologico che interessano i centri e nuclei abitati, le attività produttive, le infrastrutture al servizio del territorio […]*". La pubblicazione del PGRA del Bacino del Fiume Po (Marzo 2016) rappresenta un punto di svolta a livello regionale. Nell'Allegato 5 al PGRA (dedicato in modo specifico alle ARS Regionali e Locali tra cui quelle in Lombardia) viene per la prima volta riportata una misura in capo a Regione Lombardia che prevede la promozione del "*principio di invarianza idraulica ed idrologica e la riduzione dell'impermeabilizzazione attraverso la predisposizione di apposita Direttiva Regionale*". Si tratta di una misura

di prevenzione e protezione con l'obiettivo generale distrettuale della "*Difesa delle città e delle aree metropolitane*". Essa costituisce anche una forma di applicazione della misura individuale del tipo win-win codice KTM21-P1-b099, "*Disciplina e indirizzi per la gestione del drenaggio urbano*", indicata nel PGRA (Relazione di Piano, AdBPo, Marzo 2016). Con l'indicazione di questa misura si concretizza per la prima volta l'idea che presiede al RR, ovvero che gli allagamenti dovuti alla inadeguatezza delle reti fognarie urbane, pur non essendo ricompresi tra le tipologie di fenomeni di allagamento dalla Direttiva Alluvioni, costituiscono un importante elemento di conoscenza per la pianificazione, la prevenzione e la protezione a scala regionale e comunale. Il RR rappresenta quindi la "*Direttiva Regionale*" che finalizza in modo indiretto le indicazioni della Direttiva Alluvioni, proprio imponendo il rispetto dell'invarianza idrologica e idraulica. Il RR, per scelta politica regionale, è andato oltre all'imposizione del rispetto di questi principi, richiedendo la predisposizione degli Studi Idraulici Comunali, che allo stato attuale, per quanto di conoscenza degli scriventi, costituiscono un unicum Nazionale per contenuti e aspettative.

2.3.2 Il Regolamento Regionale n. 7/2017 e Regolamento Regionale n. 8/2019

La *Legge Regionale 4/2016* ha modificato la Legge Regionale 12/2005 (nota come "*Legge per il governo del territorio*") includendo tre concetti fondamentali per la gestione del rischio idraulico in Lombardia:

(i) invarianza idraulica,
(ii) invarianza idrologica e
(iii) drenaggio urbano sostenibile.

La stessa legge ha demandato a specifico regolamento l'individuazione dei criteri i metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica, ovvero il *Regolamento Regionale n.7/2017*. Nello specifico, l'art. 14 comma 1 del RR introduce così gli SC: "*I comuni ricadenti nelle aree ad alta e media criticità idraulica […] sono tenuti a redigere lo studio comunale di gestione del rischio idraulico di cui al comma 7*", definendo al comma 7 il loro contenuto minimo: "*Lo studio comunale di gestione del rischio idraulico contiene la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica che, associata a vulnerabilità ed esposizione al rischio, individua le situazioni di rischio, sulle quali individuare le misure strutturali e non strutturali. In particolare, lo SC contiene:*

1. la definizione dell'evento meteorico di riferimento per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni;
2. l'individuazione dei ricettori che ricevono e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento, siano essi corpi idrici superficiali naturali o artificiali, quali laghi e corsi d'acqua naturali o artificiali, o reti fognarie, indicandone i rispettivi gestori;
3. la delimitazione delle aree soggette ad allagamento (pericolosità idraulica) per effetto della conformazione morfologica del territorio e/o per insufficienza della rete fognaria. […]
4. la mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (pericolosità idraulica) come indicate nella componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT e nelle mappe del piano di gestione del rischio di alluvioni;
5. l'indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali, quali vasche di laminazione con o senza disperdimento in falda, vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque

meteoriche eccezionali, e l'indicazione delle misure non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale, quali l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, la definizione di una corretta gestione delle aree agricole per l'ottimizzazione della capacità di trattenuta delle acque da parte del terreno, nonché delle altre misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali misure di protezione civile, difese passive attivabili in tempo reale;

6. l'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica, sia per la parte già urbanizzata del territorio, sia per gli ambiti di nuova trasformazione, con l'indicazione delle caratteristiche tipologiche di tali misure. A tal fine, tiene conto anche delle previsioni del piano d'ambito del servizio idrico integrato;

6bis l'individuazione delle porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo […]."

Al punto 3 del comma 7 dell'art. 14 il RR indica inoltre che il Comune redige uno studio idraulico relativo all'intero territorio comunale il quale:

3.2 effettua la modellazione idrodinamica del territorio comunale per il calcolo dei corrispondenti deflussi meteorici, in termini di volumi e portate, per gli eventi meteorici di riferimento di cui al numero 1 (TR10, 50 e 100 anni).

3.3 si basa sul Database Topografico Comunale (DBT) e, se disponibile all'interno del territorio comunale, sul rilievo Lidar; qualora gli stessi non siano di adeguato dettaglio, il comune può elaborare un adeguato modello digitale del terreno integrato con il DBT;

3.4 valuta la capacità di smaltimento dei reticoli fognari presenti sul territorio. A tal fine, il gestore del servizio idrico integrato fornisce il rilievo di dettaglio della rete stessa e, se disponibile, fornisce anche lo studio idraulico dettagliato della rete fognaria;

3.5 Valuta la capacità di smaltimento dei reticoli ricettori di cui al numero 2 diversi dalla rete fognaria, qualora siano disponibili studi o rilievi di dettaglio degli stessi;

3.6 Individua le aree in cui si accumulano le acque, provocando quindi allagamenti."

3 Caratteri ambientali e morfologici

3.1 Inquadramento territoriale

Il Comune di Vertemate con Minoprio ha una popolazione di 4'121 abitanti (dati ISTAT al 01/01/2023) su un territorio di circa 5.75 km^2.

Il comune confina a nord con i comuni di Fino Mornasco e Cucciago, a est con il comune di Cantù, a sud con il comune di Cermenate e a ovest con il comune di Cadorago.

Il territorio è attraversato da infrastrutture e corsi d'acqua, di seguito elencati, che condizionano la distribuzione della rete fognaria, dei relativi punti di recapito e la conseguente suddivisione dei bacini:

- Statale dei Giovi SS35;

- Corsi d'acqua tra cui Valle di Minoprio e torrente Seveso.

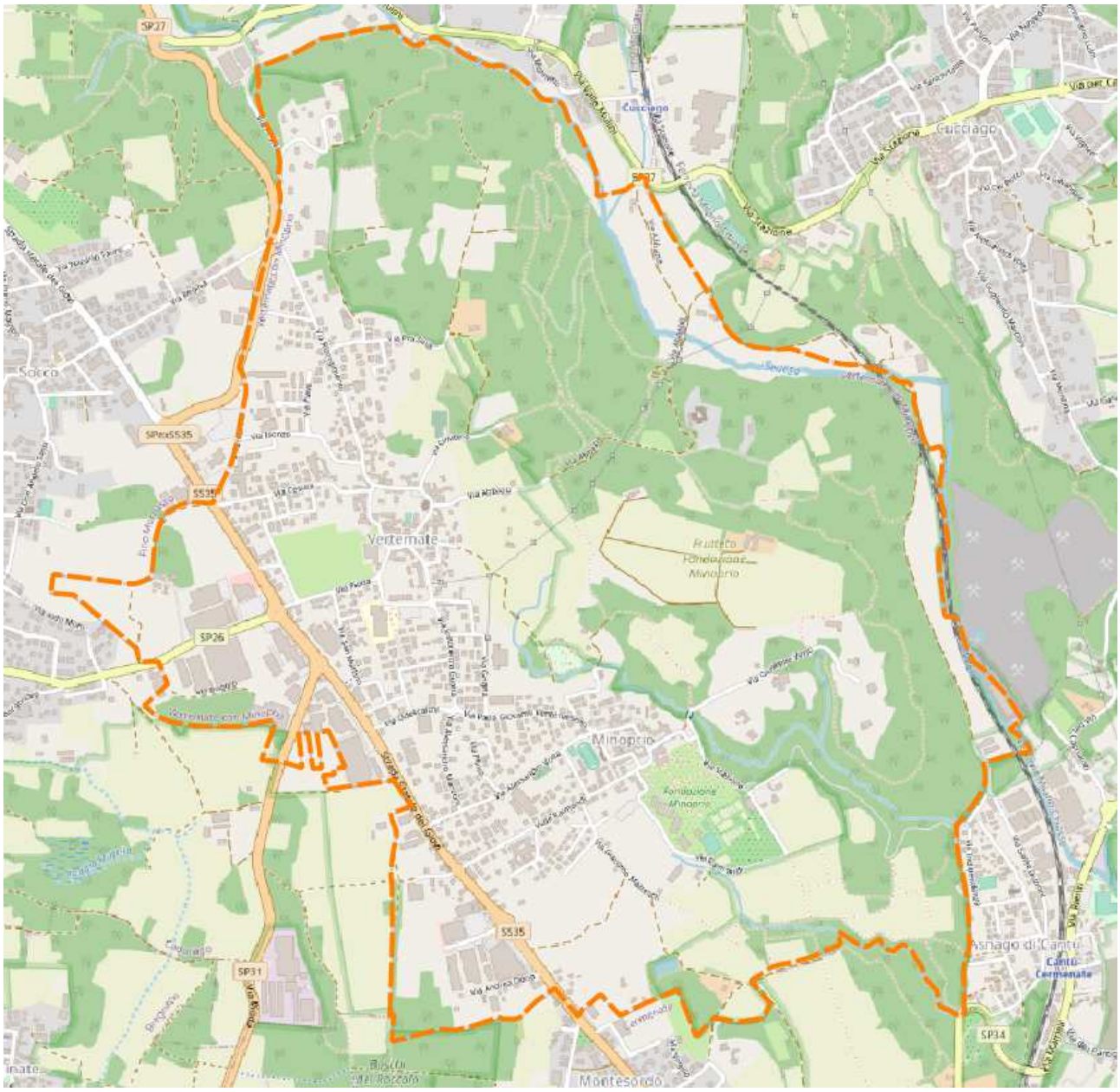


Figura 2 - Infrastrutture e corsi d'acqua (fonte: Open Street map)

3.2 Inquadramento geomorfologico

Il territorio comunale di Vertemate con Minoprio si colloca a cavallo tra la fascia collinare pedemontana e la vasta porzione pianeggiante denominata che degrada verso sud. L'area collinare è caratterizzata dalla presenza di dossi morenici incisi da depressioni vallive più o meno pronunciate e parzialmente colmate da depositi alluvionali, mentre la porzione planare è il prodotto di aree originariamente depresse e successivamente colmate dai depositi di natura fluviale e lacustre legati alla dinamica glaciale e quaternaria.

Appaiono ben evidenti i crinali morenici risalenti al periodo Wurmiano mentre risultano parzialmente obliterati quelli più antichi Rissiani.

Singolare è la presenza di un cordone morenico disposto all'interno della valle del Seveso, parallelamente l'asse vallivo, associabile ad un secondario episodio di trasgressione del ghiacciaio, risalente sicuramente al periodo di ritiro del ghiacciaio che indica come l'attuale solco vallivo del Seveso fosse già presente 10.000÷12.500 anni fa.

Gli elementi morfologici sono i seguenti:

- ✓ Orli di scarpata torrentizia: delimitano le scarpate dei torrenti, il simbolo delimita la scarpata dei terrazzi alluvionali presenti lungo i corsi d'acqua principali;
- ✓ Orli di scarpata morfologici rappresentano le rotture di pendenza morfologiche;
- ✓ Conoide alluvionale: si tratta di accumuli di materiale alluvionale che si formano in corrispondenza della rottura di pendenza al piede della scarpata, la brusca diminuzione di pendenza che si verifica in corrispondenza del passaggio tra scarpata e pianura provoca un repentino calo di velocità dei flussi idrici con la conseguente rapida diminuzione della capacità di trasporto solido dei flussi incanalati e la conseguente rapida deposizione del materiale. Tutte le conoidi sono state individuate lungo la piana alluvionale del Seveso, risultano completamente stabilizzate e ricoperte da vegetazione anche ad alto fusto, le dimensioni sono molto ridotte disti anche i bacini idrografici di competenza.
- ✓ Solco di ruscellamento concentrato: sono stati definiti con questa simbologia alcuni modesti corsi d'acqua a carattere temporaneo alimentati pressoché esclusivamente dalle piogge o semplicemente alcune incisioni modeste, sono caratterizzati da sponde anche verticali che incidono i depositi morenici e il "ceppo" sottostante, formando pareti anche verticali di altezza modesta.
- ✓ Ruscellamento diffuso: identifica quelle porzioni di versanti di una certa acclività, in cui le acque scorrono non incanalate.
- ✓ Scivolamenti superficiali: sono stati indicati con questa terminologia dei dissesti di modeste dimensioni identificati lungo i corsi d'acqua.

Per maggiori dettagli e approfondimenti si rimanda alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT.

3.3 Inquadramento idrogeologico

3.3.1 Struttura idrogeologica

La struttura idrogeologica sotterranea è suddivisibile in linea generale in tre acquiferi principali:

PRIMO ACQUIFERO

- ✓ Acquifero superficiale (depositi morenici): è il più superficiale e risulta direttamente alimentato dalle acque di infiltrazione. Il grado di protezione appare piuttosto modesto, l'eterogeneità granulometrica dei depositi superficiali, soprattutto quelli di natura morenica rende tuttavia scarsamente produttivi questi acquiferi.

SECONDO ACQUIFERO

- ✓ Acquifero del "Ceppo": è costituito dai livelli meno cementati del conglomerato del ceppo e dai relativi orizzonti sabbioso/ghiaiosi generalmente più frequenti nella sezione basale, lo spessore di questo acquifero è di circa 30m ed

è caratterizzato da portate specifiche dei pozzi variabili da 2 a 6 l/s *m di abbassamento, la base dell'acquifero è rappresentata dall'unità argilloso-sabbiosa delle "Argille sotto il ceppo".

Il limite tra le due unità non sempre è netto, spesso può presentarsi sfumato, talora i rispettivi sistemi di falde possono essere intercomunicanti.

- ✓ Acquifero del "paleoalveo del Seveso": si tratta del sistema di acquiferi impostati in corrispondenza dell'attuale valle del torrente Seveso, in particolare in corrispondenza dei sedimenti che hanno riempito la sua paleovalle. In questa importante struttura idrogeologica la formazione conglomeratici del ceppo è stata erosa e sostituita lateralmente e localmente da accumuli di materiali grossolani, ghiaioso-sabbiosi deposti dagli scaricatori glaciali più recenti wurmiani e naturalmente dalle più recenti alluvioni del Seveso. In essa è contenuta una falda libera comunicante con quella del Ceppo, a differenza di quest'ultima la falda risulta facilmente rialimentata in ragione della presenza in superficie di terreni molto permeabili e con discreta permeabilità.

  Lo spessore utile dell'acquifero è di circa 20-25m, con portate specifiche elevate, spesso superiori a 20-25 l/s*m di abbassamento.

  Tale acquifero presenta quindi un'elevata produttività e contemporaneamente ad una elevata vulnerabilità all'inquinamento.

TERZO ACQUIFERO

- ✓ Acquifero nelle "Argilliti sotto il Ceppo": si tratta di un acquifero profondo, di limitata potenzialità. Gli orizzonti produttivi sono costituiti da lenti sabbioso – ghiaiose contenute all'interno di una matrice argillosa (Villafranchiana). Le falde sono di tipo confinato il grado di protezione risulta pertanto molto buono a scapito tuttavia di una bassa produttività, che si attesta attorno a 1-2 l/s*m di abbassamento.

3.3.2 Idrografia superficiale

Il reticolo idrografico è condizionato dalle caratteristiche dei diversi litotipi entro il quale si sono impostate le aste fluviali.

Di seguito si riporta l'elenco dei corsi d'acqua individuati sul territorio comunale.

3.3.2.1 Elementi del reticolo idrico principale

Torrente Seveso

È il corso d'acqua più importante, l'unico appartenente al reticolo principale.

Il Seveso nasce sul territorio comunale di San Fermo della Battaglia (CO), sul versante Meridionale del Sasso di Cavallasca, alla quota di 490m s.l.m., tocca vari centri abitati della Brianza ed entra in Milano fino a sfociare nel Naviglio della Martesana all'interno della città di Milano in prossimità di via Melchiorre Gioia.

L'intero bacino idrografico può essere suddiviso in più parti in funzione dei diversi contesti morfologici / urbani che il corso d'acqua attraversa lungo il proprio percorso.

La parte che attraversa il territorio comunale di Vertemate con Minoprio può essere denominata "Seveso naturale", comprende la porzione di territorio racchiusa tra le sorgenti fino al comune di Lentate sul Seveso (MB), questa zona è caratterizzata dalla presenta di versanti acclivi o mediamente acclivi ed urbanizzazione ridotta.

Il Seveso attraversa il territorio comunale per un tratto di circa 4 km, nella porzione orientale il suo alveo si sviluppa all'interno di un'ampia piana alluvionale.

A differenza degli altri corsi d'acqua presenti sul territorio il Seveso presenta un regime idrico decisamente più regolare.

In merito ai dissesti esistenti lungo l'alveo, si segnala la presenza di alcuni modesti episodi di erosione spondale, ubicati generalmente in corrispondenza dei meandri che il corso d'acqua forma lungo il suo tragitto.

Di seguito si riassume quanto indicato nello Studio idraulico del Torrente Seveso promosso dall' Autorità di Bacino del Fiume Po, non ancora adottato, relativamente al tratto presente nel territorio comunale.

In prossimità del comune di Vertemate con Minoprio ha inizio un settore in cui si sviluppano allagamenti diffusi di aree "naturali" non ancora interessate da insediamenti abitativi o industriali. Il tronco del Seveso interessato si spinge sino al confine con il territorio del comune di Cantù. L'allagamento di queste aree è dovuto essenzialmente al rigurgito provocato dai ponti presenti nella zona, a causa della loro insufficienza idraulica. A differenza di allagamenti in zone urbanizzate, l'interessamento di aree "naturali" tuttora prive di insediamenti è da considerarsi in modo favorevole, da preservare, in quanto contribuisce alla laminazione delle piene.

La zona interessata dall'allagamento, compreso interamente nel territorio comunale di Vertemate con Minoprio, si sviluppa a ridosso dell'alveo del Seveso, per un tratto di circa 1,5 Km in lunghezza e mediamente 100 m in larghezza, con inizio in prossimità della frazione Molino Contitt e termine all'altezza del ponte subito a Valle dell'attraversamento della linea ferroviaria Milano-Como in prossimità del Maneggio "GVR". Le cause principali che determinano l'allagamento di quest'area sono sia l'innalzamento del livello idrico generato dall'interferenza dei due ponti situati in loc. Molino Contitt e quello posto sulla strada che dalla Abazia porta alla Cascina Bernardelli, sia la scarsa conducibilità idraulica dell'alveo che si attesta tra i 20 e 30 m^3/s. Inoltre, l'immissione del Rio Acquanegra nel Seveso, subito a valle del ponte loc. Molino Contitt, contribuisce con il suo apporto ad aumentare sia le portate defluenti, sia i livelli idrici a monte e a valle del punto d'ingresso.

Nel tratto situato a monte del ponte in loc. Molino Contitt, per eventi con TR 100, defluisce una portata di 50 m^3/s, superiore rispetto la capacità di libero deflusso del ponte, che si attesta attorno ai 30 m^3/s.

Nel tratto a valle fino al ponte che porta alla Cascina Bernardelli defluisce una portata con TR 100 di circa 78 m^3/s a fronte di una capacità di libero deflusso del ponte di circa 25 m^3/s e di una capacità dell'alveo che varia tra i 15 e 20 m^3/s da cui emerge una insufficiente capacità di smaltimento. Il profilo di corrente lenta, che si instaura a monte del ponte, risale fino al Molino Contitt con conseguente superamento dell'argine in sponda sinistra ed interessamento della piana agricola circostante.

A causa dell'entrata in pressione del ponte e della discontinuità della difesa arginale, l'allagamento ha inizio prima del superamento della quota arginale stessa con ritorno di portata a tergo da valle a monte. Tale tipologia di allagamento, con crescita lenta dei livelli, presenta caratteristiche di pericolosità inferiori alle dinamiche di allagamento diretto in quanto viene a mancare la componente legata alla velocità.

Nel tratto di piana alluvionale a valle della Cascina Bernardelli, fino al ponte della ferrovia l'allagamento è dovuto essenzialmente all'insufficienza della capacità idraulica dell'alveo, circa 20m^3/s, contro una portata con TR 100 di 72 m^3/s. Si nota come il valore di portata sia inferiore a quello del tratto di monte per effetto delle laminazioni indotte dagli

allagamenti. La situazione di insufficienza, come a monte, è provocata dal ponte di accesso al maneggio situato, in prossimità del ponte della linea ferroviaria Milano-Como, con conseguente tracimazione dell'alveo sia in sponda destra che in sponda sinistra con interessamento delle aree circostanti.

Le aree interessate dall'allagamento hanno un'estensione di circa 140.000 m^2 che, considerando un battente idrico medio in tutta la zona di 1,5 m, corrispondono ad un volume di laminazione di 210.000 m^3, pari al 15% del volume dell'idrogramma di piena centennale. La laminazione esercitata da tali esondazioni, seppur non determinante in quanto la riduzione delle portate risulta essere dell'ordine del 10%, è comunque positiva e utile ai fini dell'equilibrio d'asta. Le presenti aree e le successive sino a Carimate si tratta infatti delle zone di laminazione naturale più significative. Come evidenziato tuttavia la volumetria, legata alla modesta estensione, non è rilevante in senso assoluto.

L'altro tratto di piana alluvionale interessato dall'allagamento risulta essere quello compreso tra il maneggio ed il restringimento del Torrente prossimo al confine con Cantù. Tale area a cavallo tra i comuni di Vertemate con Minoprio e Cucciago è inoltre suddivisa in due parti distinte ed idraulicamente sconnesse, per la presenza del rilevato ferroviario.

Le cause che provocano l'allagamento sono differenti nelle due zone in cui si suddivide l'area esondabile in oggetto.

Anche in questo tratto le cause di allagamento sono da attribuire agli attraversamenti presenti in prossimità del maneggio (in Comune di Cucciago) che provocano la tracimazione dell'alveo in sponda destra e sinistra. Proseguendo verso monte, il livello idrico si alza ulteriormente, a causa del rigurgito provocato dai manufatti di attraversamento che la corrente incontra.

In generale emerge come, le quote spondali producano una modesta capacità idraulica del tronco di corso d'acqua, che al più potrebbe contenere portate per eventi con tempo di ritorno inferiore ai 10 anni, nonché l'insufficienza delle opere di attraversamento che interessano il tratto considerato.

Nel tratto di Seveso più a valle, la causa principale di allagamento delle aree circostanti è rappresentata dall'insufficiente capacità di deflusso dell'alveo, accentuata dal rigurgito di 1,20 m causato dal ponte ferroviario situato alla sezione a quota 250.3m s.l.m. Tale ponte, pur essendo sufficiente a consentire il libero deflusso delle portate centennali, induce un innalzamento della corrente alla quota di 252,5 m s.m. che si protrae verso monte, causando la tracimazione delle sponde ed il conseguente allagamento di tutta l'area compresa tra il rilevato ferroviario e il versante destro.

In questo tratto di Seveso la capacità di deflusso aumenta sensibilmente, rispetto al tratto precedente, portandosi a valori di 35÷40 m^3/s quindi sufficiente a contenere eventi con tempo di ritorno di 10 anni.

Le aree interessate dall'allagamento hanno complessivamente un'estensione di 144.000 m^2 su cui, considerando un battente idrico medio di 1,5 m, si realizza un volume di laminazione di 216.000 m^3 pari a circa il 14% del volume dell'onda centennale.

Il Torrente Seveso, appartenente al reticolo idrico principale è regolamentato dalle disposizioni idrauliche previste dal R.D. 523/1904 (art.96 attività vietate, attività consentite previa autorizzazione artt. 97, 98 o nulla osata idraulico art. 59), la fascia di rispetto presenta un'ampiezza di 10m a partire dal ciglio di sponda, intesa quale «scarpata morfologica stabile», o dal piede esterno dell'argine, per consentire l'accessibilità al corso d'acqua.

3.3.2.2 Elementi del reticolo idrico minore

Nello schema seguente si riassumono gli elementi appartenenti al reticolo idrico minore:

Tabella 2 – Elementi del reticolo idrico minore

COD.RIF.	DENOMINAZIONE	PERCORSO (m slm)		FOCE O SBOCCO	NOTE
		Inizio	Fine		
1	Corso d'acqua a nord della Trattoria dei Cacciatori	309.5	278.4	Esterna dai confini comunali	Presenta un affluente sulla destra idrografica
2	Torrente Rì	337.0	249	Torrente Seveso	2 affluenti di destra e uno di sinistra
3	Molino Contitt-Cascina Bernardelli	259.1	253.7	Esterna dai confini comunali	Presente sul catastale e in parte anche sul CTR; in realtà però l'alveo non esiste più
4	Roggia Acquanegra	259.1	258.3	Torrente Seveso	Nasce in comune di Como, entra in Vertemate attraversando il confine con Fino Mornasco
5	Valletto Valoggione	306	273	Torrente Seveso	
6	Roggia Desio	253.6	249.8	Esterna dai confini comunali	Canale artificiale, presente sul catastale, attualmente l'alveo non esiste più
7	Valletto detto "La Pissina"	328	264	Torrente Seveso	Presente sulla carta IGM
8	Valletto a Ovest della Abbazia di Vertemate	312	254	Torrente Seveso	Presente sulla carta IGM
9	Valletto a Est di Via Pasturella	320	255	Torrente Seveso	Presente sulla carta IGM
10	Valletto a Est della cascina Costit	298	250	Torrente Seveso	Presente sulla carta IGM

1. *Corso d'acqua a nord del toponimo Trattoria dei Cacciatori (codice rif. 01)*

Si tratta di un corso d'acqua che scorre nella porzione meridionale del territorio comunale; presenta una lunghezza di 1020 m, segna in parte il confine con il Comune di Cermenate.

La porzione sommitale di questo valletto è formata da un solco di drenaggio delle aree agricole circostanti. Alimentato

anche da uno scarico di natura antropica si accresce maggiormente fino ad incidere un vero e proprio canyon in prossimità del confine con Cermenate.

Il regime idrico del corso d'acqua è di tipo torrentizio, infatti, in assenza di piogge, l'alveo risulta quasi totalmente asciutto mentre, in seguito a piogge di una certa intensità, le portate aumentano notevolmente.

A circa metà del suo corso nel valletto confluiscono le acque di un affluente in destra idrografica.

Si tratta di un canale di drenaggio delle aree agricole circostanti. In passato aveva una funzione di "troppo pieno" delle acque che si raccoglievano nello stagno detto "La Fornace". Attualmente il tratto in uscita da questo specchio d'acqua non esiste più e tutta la prima parte risulta poco evidente ed in pessimo stato di conservazione mentre la seconda metà è meglio conservata. In assenza di piogge l'alveo risulta completamente privo di acqua.

2. *Torrente* Rì (codice rif. 02)

Si tratta di un corso d'acqua che attraversa quasi interamente il territorio comunale di Vertemate con Minoprio con direzione nord ovest - sud est; nasce a est del cimitero di Vertemate a quota 337 m s.l.m. e confluisce nel Seveso a quota 249 m s.l.m., in corrispondenza del confine tra i comuni di Vertemate con M., Cantù e Cucciago; presenta una lunghezza di 3122 m.

Il Rì nel tratto iniziale ha l'aspetto di un canale di scolo di ridotte dimensioni. A circa un quarto del suo tragitto a quota 313 m s.l.m., sulla destra idrografica sono presenti delle opere di regimazione fluviale, composte da più file di gabbioni disposti per un tratto di circa 80m, a protezione della riva soprastante; tali gabbioni, soprattutto nella porzione centrale sono franati in alveo, creando intralcio al deflusso ordinario delle acque.

Poco dopo, in seguito al cambio morfologico dell'area circostante, contestualmente all'aumento del bacino idrico e degli afflussi, il corso d'acqua aumenta anche il proprio potenziale erosivo, approfondendosi.

Poco prima del ponte di via Verdi, a quota 300 m s.l.m., nel Rì si immettono le acque di un affluente in destra idrografica: si tratta di un valletto lungo circa 430 m, alimentato da una piccola sorgente ma principalmente dalle precipitazioni meteoriche.

Dopo il ponte di via Verdi il Rì si approfondisce ulteriormente formando una valle con versanti che superano i 30 m.

A circa due terzi del suo tragitto, a quota 278 m s.l.m. in destra idrografica si immette un nuovo affluente: si tratta di un valletto molto inciso lungo circa 350 m, alimentato unicamente dalle precipitazioni meteoriche.

Lungo l'alveo a quota 300 e 278 m s.l.m. sono presenti due interventi di ingegneria naturalistica volti a risanare alcuni problemi di erosione.

Gli ultimi 350 m del corso d'acqua si sviluppano nella piana alluvionale del Seveso prima di raggiungere il torrente omonimo.

Come accennato in precedenza il bilancio idrico del Rì è influenzato principalmente dalle precipitazioni ed in secondo luogo dai diversi scarichi, fognari e non, presenti lungo il corso d'acqua; l'apporto fornito dalle sorgenti effimere che si formano nei primi metri dei depositi morenici lungo il corso d'acqua risulta pressoché minimo.

3. *Corso d'acqua Molino Contitt-Cascina Bernardelli (codice rif. 03)*

Si tratta di una roggia il cui alveo ormai inesistente non possiede più alcuna valenza idraulica.

Aveva origine dalla roggia Acquanegra (259.1 m s.l.m.) e, lambendo il molino Contitt, costeggiava poi la strada che porta alla cascina Bernardelli; raggiunto l'edificio rurale l'alveo proseguiva all'interno del territorio comunale, seguendo il confine con Cucciago fino al ponte della ferrovia sul Seveso (253 m s.l.m.).

A tale corso d'acqua non è stata assegnata alcuna fascia di rispetto data l'ormai totale scomparsa del suo alveo, salvo che in alcune piccole porzioni, le quali hanno però perso la loro valenza idraulica.

4. *Roggia Acquanegra (codice rif. 04)*

Si tratta di un corso d'acqua, ubicato nella porzione nord orientale del territorio comunale, vicino al mulino Contitt; proviene da Cucciago e prima di immettersi nel Seveso percorre un breve tratto di soli 140 m all'interno del territorio comunale.

Tale roggia presenta portate maggiori rispetto agli altri corsi d'acqua che interessano il territorio comunale; anche l'alveo risulta mediamente più lungo infatti attraversa i comuni di Casnate con Bernate e Cucciago.

5. *Valle di Valoggione (codice rif. 05)*

Ubicato nella porzione settentrionale del territorio comunale, nasce a 304 m s.l.m., a est della zona chiamata Gattorano e dopo un tragitto di 450 m si immette nel Seveso a 270 m s.l.m.

La valle, di ridotte dimensioni, si presenta molto incisa con versanti acclivi.

Nonostante la presenza di una piccola sorgente il valletto, come gli altri corsi d'acqua sopra citati, presenta un regime prettamente torrentizio, con portate governate esclusivamente dalle piogge e quasi totale assenza di flusso idrico nei periodi di siccità.

6. *Roggia Desio (codice rif. 06)*

Si tratta di un corso d'acqua che ha perso la propria valenza idraulica, attualmente infatti non esiste più.

La roggia nasceva dal Seveso a circa 252.3 m s.l.m. e veniva utilizzata per alimentare i mulini presenti in località Cantù – Asnago.

A tale corso d'acqua non è stata assegnata alcuna fascia di rispetto data l'ormai totale scomparsa del suo alveo.

Rimane di fatto la proprietà demaniale della striscia sulla quale era presente il corso d'acqua.

7. *Valletto detto "La Pissina" (codice rif. 07)*

Ubicato nella porzione settentrionale del territorio comunale, nasce a 328 m s.l.m., a nord ovest del Molino Contitt, dopo un tragitto di 360 m si immette nel Seveso a 264 m s.l.m.

La valle, di ridotte dimensioni, si presenta molto incisa con versanti acclivi, in alcuni tratti scavati nel Ceppo. Presenta un regime prettamente torrentizio, ad elevata portata in seguito a piogge intense e quasi totale assenza di flusso idrico nei periodi di siccità.

Al termine della vallecola l'alveo scompare e le acque si spagliano sulla piana antistante.

8. *Valletto a Ovest della Abbazia di Vertemate (codice rif. 08)*

Ubicato nella porzione nord orientale del territorio comunale, nasce a 312 m s.l.m., a ovest della Abbazia di Vertemate, dopo un tragitto di 250 m raggiunge la piana alluvionale del Seveso dove spaglia le proprie acque.

La valle, di ridotte dimensioni, risulta molto incisa con versanti acclivi, in alcuni tratti scavati nel Ceppo. Presenta un regime

prettamente torrentizio, ed elevate portate in seguito a piogge intense e quasi totale assenza di flusso idrico nei periodi di siccità, nonostante la presenza di alcune sorgenti.

9. *Valletto a Est di Via Pastorella (codice rif. 09)*

Ubicato nella porzione nord orientale del territorio comunale, nasce a 320 m s.l.m., a ovest della Abbazia di Vertemate e del valletto precedentemente citato e dopo un tragitto di 250 m raggiunge il fiume Seveso a 255 m s.l.m.

La valle, di ridotte dimensioni, è molto incisa con versanti acclivi, in alcuni tratti scavati nel Ceppo, presenta un regime prettamente torrentizio, ad elevata portata in seguito a piogge intense e quasi totale assenza di flusso idrico nei periodi di siccità, ad esclusione di alcuni brevi tratti. Oltre al valletto principale che presenta una orientazione Est-Ovest, ne esiste uno secondario orientato Sud-Nord che si immette nel primo a circa 264 m s.l.m.

10. *Valletto a Est della cascina Costit (codice rif. 10)*

Ubicato nella porzione orientale del territorio comunale, nasce a 298 m s.l.m., a ovest della Cascina Costit e dopo un tragitto di 300 m raggiunge la piana alluvionale del Seveso dove spaglia le proprie acque a circa 250 m s.l.m.

La valle, di ridotte dimensioni, si presenta molto incisa con versanti acclivi, in alcuni tratti scavati nel Ceppo, presenta un regime prettamente torrentizio, con forti portate a seguito di piogge intense e quasi totale assenza di flusso idrico nei periodi di siccità.

3.3.3. Permeabilità superficiale dei terreni

La classificazione dei terreni secondo range di permeabilità superficiale è stata realizzata sovrapponendo le caratteristiche idrogeologiche delle unità geopedologiche (DRENAGGIO) alle caratteristiche idrogeologiche del substrato pedogenetico (PERMEABILITA') e a quelle litologiche (COMPOSIZIONE).

Il drenaggio indica la capacità di un suolo di smaltire l'acqua che ristagna sulla sua superficie o che, dopo essersi infiltrata nel terreno stesso, si trova in eccesso al suo interno.

Tale capacità si riferisce esclusivamente all'acqua gravitazionale, in funzione della velocità di rimozione dell'acqua dal suolo si individuano le seguenti classi di capacità decrescente di drenaggio:

- ✓ RAPIDO
- ✓ BUONO
- ✓ MEDIOCRE
- ✓ MOLTO LENTO
- ✓ IMPEDITO

La permeabilità esprime la capacità di un'unità litologica ad essere attraversata dall'acqua.

In funzione della velocità di filtrazione verticale dell'acqua nelle unità litologiche si individuano le seguenti classi di permeabilità con la relativa caratterizzazione numerica:

- ✓ ELEVATA = K > 10 cm/sec.
- ✓ MEDIA = K 10^{-3} < K < 10 cm/sec.
- ✓ SCARSA = K 10^{-7} < K < 10^{-3} cm/sec.
- ✓ MOLTO BASSA = K 10^{-7} < K < 10^{-9} cm/sec.
- ✓ IMPEDITA = K < 10^{-9} cm/sec

Dalle diverse combinazioni tra le condizioni di drenaggio del suolo e la permeabilità del substrato vengono individuate TRE ZONE a differenti caratteristiche di permeabilità superficiale.

Tabella 3 – Permeabilità superficiale

ZONA	PERMEABILITÀ DEL SUBSTRATO	DRENAGGIO DEL SUOLO
1	DA MEDIA A BASSA (10^{-7} < K < 10^{-2} cm/ sec)	BUONO
2	DA MEDIA A ELEVATA (K 10^{-3} < K < 10^{-1} cm/sec)	BUONO
3	PRIMARIA NULLA (< 10^{-7} cm/ sec) SECONDARIA ELEVATA (K 10^{-3} < K < 10^{-1} cm/sec)	BUONO

3.3.4. Oscillazione della falda acquifera/Bilancio dell'acquifero

La struttura idrogeologica comunale si inserisce nel contesto omogeneo della pianura compresa tra l'Olona e il Lambro.

In questo settore si riscontra una situazione di equilibrio o di moderato surplus nella parte settentrionale della zona omogenea, lungo il bordo prealpino, corrispondente all'area coperta dai depositi glaciali; in tali zone, peraltro, lo sfruttamento delle falde è moderatamente ridotto.

Il settore compreso nella fascia altimetrica tra i 400 ed i 200 m s.l.m. è caratterizzato da una parte collinare, costituita da depositi prevalentemente glaciali di scarsa resa, e una parte pianeggiante, formata da alluvioni di fondovalle.

La struttura idrogeologica è caratterizzata (in linea generale) da un unico acquifero monostrato avente lo spessore medio di 80-150 m.

Tutto il settore presenta una buona alimentazione da monte, proveniente dall'infiltrazione delle acque di deflusso superficiale non incanalato dell'area pedemontana, nonché da una rilevante ricarica in loco (circa 5,51 l/s per km^2) per la buona piovosità dell'area. Il bacino presenta un equilibrio fra entrate e uscite da falda, mentre lo scambio di acque, inteso come somma delle entrate in bilancio (pari a quella delle uscite) risulta elevato e si attesta attorno ai 3 m^3/s.

Questi aspetti del bilancio rilevano che l'equilibrio del bilancio stesso dipende essenzialmente dalla buona alimentazione da monte (circa il 50% delle entrate) la cui funzionalità deve pertanto essere salvaguardata evitando squilibri idrogeologici

nella parte montana (prelievi intensi, opere di derivazione e quant'altro attenui la dispersione dei corsi d'acqua).

La trasmissività media del settore oscilla tra $2 \cdot 10^{-2}$ m^2/s ed i $3 \cdot 10^{-3}$ m^2/s della zona morenica e dei terrazzi.

In merito alle disponibilità di prelievo sembrerebbero tollerabili emungimenti fino ad un totale di 1,75 m^3/s, pari a un incremento del 50% dell'attuale consumo. Per quei settori che ricadono in questa classe, interventi futuri di sfruttamento anche di portata non eccezionale possono incidere sulla disponibilità della risorsa idrica. L'entità dei prelievi in realtà è diminuita passando da 1,10 m^3/s (2001) a 0,94 m^3/s (2003)

Il settore presenta una frequenza media (tra il 20 e 50%) di pozzi contaminati con una prevalenza di inquinanti di tipo a (Cr e organoalogenati).

Le informazioni disponibili sulle differenze piezometriche evidenziano infine che nella parte comasca del settore vi un andamento piuttosto costante della falda con oscillazioni legate all'entità delle precipitazioni, il sistema è in sostanziale equilibrio.

Delle informazioni recuperate come si osserva in tabella, non ci sono dati specifici su Vertemate c. Minoprio tuttavia considerando che i pozzi di Cucciago e Cantù distano poche centinaia di metri dai pozzi di Vertemtate c. M. e che anche i pozzi di Carimate benché più lontani pescano nello stesso acquifero è possibile affermare che anche in corrispondenza del territorio comunale di Vertemtate c. M. si sia registrato un decremento della soggiacenza (ovvero innalzamento della falda) di alcuni metri, probabilmente 3÷4 m.

3.3.5. Vulnerabilità degli acquiferi

La valutazione del grado di VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA del territorio è riferita ai TRE ambiti principali così definiti:

Tabella 4 –Ambiti per valutazione della vulnerabilità idrogeologica

	Porzione Collinare	Fondovalle Seveso	"Ceppo"
Soggiacenza indicativa	75 m	8 m	/
grado di permeabilità	da media a bassa	da media a elevata	molto bassa/nulla

L'analisi della vulnerabilità del territorio comunale rappresenta una valutazione semiquantitativa che deve essere effettuata per completare il quadro idrogeologico dell'area e per dotare gli organi delegati alla gestione del territorio di uno strumento di programmazione territoriale delle risorse idriche sotterranee.

La definizione della vulnerabilità all'inquinamento delle falde sotterranee si propone di:

- fornire indicazioni circa il diverso grado di idoneità di vari settori ad accogliere insediamenti o attività;
- localizzare punti o situazioni di incompatibilità dello stato di fatto, così da consentire interventi per l'attenuazione del rischio;
- contribuire all'individuazione di vincoli e condizioni di gestione di determinate attività da attuare attraverso la disciplina urbanistica (P.G.T.);

Lo sviluppo dell'analisi della vulnerabilità all'inquinamento delle falde sotterranee procede attraverso le seguenti fasi

operative:

- definizione delle caratteristiche litologiche, idrogeologiche e idrogeochimiche del territorio in esame;
- definizione ed eventuale rappresentazione nell'area considerata dei soli parametri di tipo fisico e individuazione dei diversi livelli di vulnerabilità naturale attribuibile a differenti settori;

VULNERABILITÀ NATURALE

La definizione della vulnerabilità naturale o intrinseca deriva dall'elaborazione di fattori idrogeologici naturali quali soggiacenza della falda, litologia del terreno non saturo, gradiente idraulico, ecc..

In letteratura sono proposte diverse metodologie, fra queste utilizzata quella proposta da De Luca e Verga "Una metodologia per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi" (Acque Sotterranee Fasc. n. 29 Marzo 1991).

La metodologia utilizzata consiste nel distinguere tra tre differenti tipi di vulnerabilità naturale degli acquiferi:

1. vulnerabilità verticale;
2. vulnerabilità orizzontale;
3. vulnerabilità complessiva.

VULNERABILITÀ VERTICALE

La vulnerabilità verticale di un acquifero rappresenta la facilità con cui esso può essere raggiunto da un inquinante immesso dalla superficie del suolo. La penetrazione dell'inquinante avviene mediante un tragitto prevalentemente verticale attraverso la zona non satura.

La vulnerabilità verticale così definita è legata essenzialmente alla litologia, allo spessore e alla permeabilità della zona non satura; il parametro più adatto a quantificarne il grado è rappresentato dal tempo (teorico) di arrivo di un eventuale inquinante dalla superficie del suolo all'acquifero.

Il tempo di arrivo può essere calcolato secondo la relazione: $t_a = S / V_i$

dove:

t_a =tempo di arrivo

S = soggiacenza

V_i = velocità d'infiltrazione

Di seguito sono indicate le 6 classi di vulnerabilità verticale (V.V.) proposte dagli autori:

Tabella 5 –Classi di vulnerabilità verticale

Tempo di arrivo	Vulnerabilità verticale (V.V.)
>20 anni	molto bassa
20 - 10 anni	bassa

Tempo di arrivo	Vulnerabilità verticale (V.V.)
10 - 1 anno	media
1 anno - 1 sett	alta
1 sett. - 24 ore	elevata
<24 ore	molto elevata

VULNERABILITÀ ORIZZONTALE

La vulnerabilità orizzontale rappresenta la facilità con cui l'acquifero può diffondere un eventuale inquinante che l'abbia raggiunto; in fase la propagazione dell'inquinante avviene attraverso un percorso prevalentemente orizzontale lungo la direzione di flusso idrico sotterraneo.

Il concetto di vulnerabilità orizzontale esprime perciò la sua capacità di diffondere l'inquinante stesso una volta che questo abbia raggiunto la falda acquifera.

Il parametro che meglio può quantificare la vulnerabilità orizzontale perciò è rappresentato dalla velocità di deflusso sotterraneo.

La velocità di deflusso delle acque sotterranee in mezzi porosi può essere determinata tramite la relazione:

$$V = [K_i / m_e] * [3.15*104]$$

dove:

V =velocità (Km/anno)

K =conducibilità idraulica

i =gradiente idraulico

m_e =porosità efficace

Di seguito sono indicate le 6 classi di vulnerabilità orizzontale proposte dagli autori:

Tabella 6 –Classi di vulnerabilità orizzontale

Tempo di arrivo	Vulnerabilità Orizzontale
$<10^{-3}$	molto bassa
$10^{-3} \div -10^{-1}$	bassa
$10^{-1} \div 1$	media
$1 \div 10$	alta
$10 \div 10^{2}$	elevata
$>10^{2}$	molto elevata

VULNERABILITÀ COMPLESSIVA

La vulnerabilità complessiva rappresenta la suscettività di un acquifero a ricevere e a diffondere un inquinante.

Essa tiene quindi conto sia della protezione eventualmente offerta dalla zona non satura (vulnerabilità verticale) sia della facilità con cui l'inquinante può trasmettersi all'acquifero (vulnerabilità orizzontale).

Quindi la vulnerabilità complessiva risulta direttamente proporzionale alla velocità flusso e inversamente proporzionale al tempo dì arrivo di un eventuale inquinante.

Essa può essere quantificata tramite la seguente relazione:

$$V_c = V / t_a \text{ (Km/anno}^2\text{)}$$

dove

V_c = vulnerabilità complessiva

V = velocità di flusso delle acque sotterranee (Km/anno)

t_a = tempo di arrivo di un inquinante attraverso il non saturo (anni)

Di seguito sono indicate le 6 classi di vulnerabilità complessiva proposte dagli autori:

Tabella 7 –Classi di vulnerabilità complessiva

Tempo di arrivo	Vulnerabilità Complessiva
$<10^{-3}$	molto bassa
$10^{-3} \div -10^{-2}$	bassa
$10^{-2} \div 10^{-1}$	media
$10^{-1} \div 10$	alta
$10 \div 10^{3}$	elevata
$>10^{3}$	molto elevata

Relativamente all'acquifero sono stati stimati i seguenti gradi di Vulnerabilità Complessiva:

Tabella 8 –Gradi di vulnerabilità verticale

	Porzione Collinare	Fondovalle Seveso	Affioramenti "Ceppo"
Vulnerabilità Verticale	media	molto elevata	/
Vulnerabilità Orizzontale	bassa	alta	/
Vulnerabilità Complessiva	bassa	molto elevata	/

Per le porzioni in cui affiora il Ceppo non è stato possibile effettuare queste valutazioni in quanto la permeabilità risulta essere troppo variabile da zona a zona.

3.3.2 Pozzi

L'approvvigionamento idrico comunale è attualmente garantito da due pozzi, ubicati nella valle del Seveso come indicato nella tavola.

I due pozzi tra loro distanti pochi metri sono stati terebrati in prossimità della linea ferroviaria Milano-Chiasso, sull'estremo confine orientale, in prossimità del Comune di Cantù loc. Asnago.

I pozzi sono denominati "La Valle 1" (del 1966) e "La Valle 3" (del 1993):

- il primo pozzo è caratterizzato da un unico tratto filtrante tra -30m e -57m ed una soggiacenza di -24m;
- il secondo pozzo invece presenta dei filtri più profondi 55/70m e 73/76m;

Dalla stratigrafia del pozzo "La Valle 3" si evince la presenza di un banco di limi argillosi / limoso sabbiosi da -29 a -39m dal p.c.

Tale orizzonte a bassa permeabilità consente di individuare due acquiferi uno superficiale e uno più profondo, ciò spiega al soggiacenza di -41m registrata nel secondo pozzo.

Il pozzo "La Valle 3" presenta un maggior grado di protezione rispetto al "La Valle 1" che, con un tratto filtrante esteso da -30 a -57m, emunge acque contemporaneamente dai due acquiferi, sia dal più superficiale che dal più profondo.

E' da notare in primo luogo la presenza di uno spartiacque in corrispondenza del rilievo collinare su cui si è sviluppato l'abitato, imputabile probabilmente alla presenza di depositi glaciali di bassa permeabilità; verso Est, le isopiezometriche assumono un andamento Nord Nord Ovest –Sud Sud Est, subendo l'influenza drenante della paleovalle del Seveso, che rappresenta anche l'area più produttiva all'interno del quale si sono insediati innumerevoli campi pozzi (Fino Mornasco Loc. C.na Pazzea, Cucciago Loc. C.na Bernardelli, Vertemate c. M. e Cantù Loc. Asnago).

In questa zona sono individuabili due falde probabilmente solo parzialmente separate una a bassa soggiacenza variabile da 5m a 20m e l'altra più profonda con soggiacenze nell'ordine dei 35/40m.

3.3.8. Area di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

L'art. 94 del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 *"Norme in materia ambientale"* riguarda la disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano e definisce la zona di tutela assoluta e la zona di rispetto dei pozzi a scopo idropotabile.

"Comma 3 la zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni; deve avere un'estensione di almeno 10 m di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente a opere di captazione e ad infrastrutture di servizio.

Comma 4 La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta, da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

Comma 5 Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 4 (cfr. norme geologiche di piano), preesistenti, ove possibile, e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. La regione disciplina, all'interno della zona di rispetto, le seguenti strutture o attività:

a) fognature;
b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
c) opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
d) pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) del comma 4.

Comma 6 In assenza di diversa individuazione da parte delle Regione della zona di rispetto, la medesima ha un'estensione di 200 m di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione."

La D.G.R. 6/15137/96 indica i criteri per la delimitazione della zona di rispetto, ossia:

- criterio geometrico: si assume quale zona di rispetto una superficie di raggio non inferiore a 200 m intorno alla captazione.
- criterio temporale: applicabile in caso di acquifero vulnerabile. La zona di rispetto viene individuata quale inviluppo dei punti isocroni circostanti il pozzo in condizioni di emungimento a regime con la massima portata di esercizio.
- criterio idrogeologico: applicabile in caso di acquifero protetto. L'estensione della zona di rispetto può coincidere con la zona di tutela assoluta.

L'Allegato1, punto 3 di cui alla delibera D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 "Decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche, art. 21, comma 5 – Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano" fornisce le direttive per la disciplina delle attività (fognature, opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione, infrastrutture viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio, pratiche agricole) all'interno delle zone di rispetto.

Per i pozzi di Vertemate c. M. il criterio attualmente vigente per la definizione della zona di rispetto è quello geometrico.

Nella Tavola 3, sono riportate le zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile.

4 Criticità idrauliche evidenziate nella componente geologica del PGT, del PGRA, dall'UTC e dal Gestore del Servizio Idrico e il progetto Pioda 2.020

4.1 Componente geologica del PGT

Nella carta di sintesi della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, per quanto riguarda la parte idraulica, sono indicate le limitazioni derivanti da:

- fasce di rispetto dei pozzi pubblici ad uso idropotabile;
- fasce di rispetto dei corsi d'acqua;
- le aree dove è nota la presenza di acquiferi a bassa soggiacenza;

4.2 Aree a pericolosità e rischio idraulico P.A.I. – P.G.R.A.

Dall'analisi del GeoPortale della Regione Lombardia "http://www.geoportale.regione.lombardia.it", il territorio di Vertemate

con Minoprio è interessato, al confine con i comuni di Fino Mornasco e Cucciago, dalle fasce PAI e dalle aree Allagabili della Direttiva Alluvioni del torrente Seveso facente parte del "Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)".

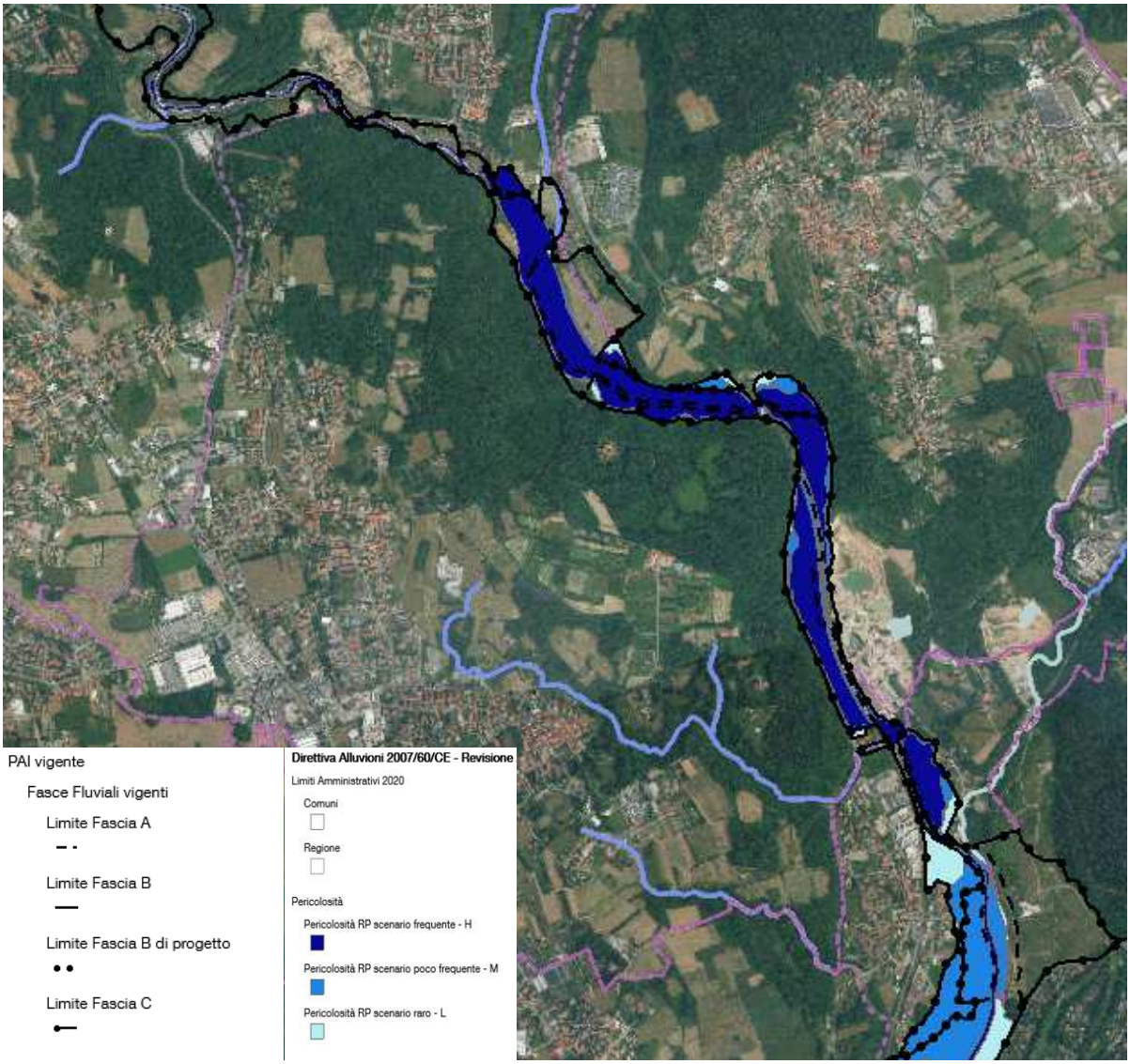


Figura 3 – PGRA Regione Lombardia – Comune di Carugate [fonte. SIT Regione Lombardia]

4.3 Porzioni di territorio non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali

In accordo con il RR 8/2019 è auspicabile che lo smaltimento delle acque meteoriche avvenga, nel rispetto delle priorità indicate dal Regolamento stesso, tramite riutilizzo e infiltrazione.

Nella Tavola 3 - *Carta della fattibilità delle opere di infiltrazione delle acque pluviali* è riportata un'indicazione di massima dei valori di permeabilità del sottosuolo.

In considerazione dell'estrema variabilità dei depositi superficiali nei progetti di invarianza idraulica e idrogeologica è, tuttavia, auspicabile che il valore di permeabilità sia definito tramite apposite prove in situ, a garanzia del corretto dimensionamento e funzionamento delle opere.

Il progettista dovrà valutare anche la compatibilità con il livello di falda, avendo l'accortezza di mantenere sempre una fascia di protezione tra la quota della falda ed il fondo delle opere di infiltrazione, a tal proposito si evidenzia che in alcune

porzioni del territorio comunale è nota la presenza di falde sub superficiali generalmente con soggiacenza compresa tra i 2- 4 m. Tali acquiferi sono alimentati dalle acque meteoriche, a cui il loro regime è strettamente legato, anche nelle zone non evidenziate da questo fenomeno è opportuno condurre sempre le dovute verifiche.

Nella **Tavola 3** sono anche indicate le aree in cui è vietata la dispersione, tra cui:

- le aree di rispetto pozzi idropotabili;

4.4 Contratti di fiume

Il comune di Vertemate con Minoprio è sottoscrittore del Contratto di Fiume Seveso. L'AQST "Contratto di Fiume Seveso Settentrionale", sottoscritto il 13 dicembre del 2006, conta 46 comuni del bacino, 3 Province (Como, Monza-Brianza e Milano), 6 Enti Parco oltre a ATO, Agenzia Interregionale per il PO, Autorità di Bacino del Po, Ufficio Scolastico per la Lombardia, Regione e ARPA Lombardia.

Il Contratto di Fiume è un accordo tra soggetti che hanno responsabilità nella gestione e nell'uso delle acque, nella pianificazione del territorio e nella tutela dell'ambiente. Si tratta di uno strumento volontario di programmazione strategica e negoziata che persegue la tutela, la corretta gestione delle risorse idriche e la valorizzazione dei territori fluviali unitamente alla salvaguardia dal rischio idraulico, contribuendo allo sviluppo locale.

Il Contratto di Fiume è uno strumento che mira a raggiungere gli obiettivi delle Direttive Europee sulle Acque (2000/60/CE) e sulle Alluvioni (2007/60/CE) attraverso processi di programmazione negoziata e partecipata volti al contenimento del degrado eco-paesaggistico e alla riqualificazione dei territori dei bacini/sottobacini idrografici.

Con la Legge 221/2015 dal 2016 i Contratti di Fiume sono stati riconosciuti a livello legislativo tramite l'introduzione dell'art. 68-bis "Contratti di Fiume" nel D.Lgs 152/2006.

I contratti di fiume attivati in Regione Lombardia sono raffigurati nell'immagine seguente.

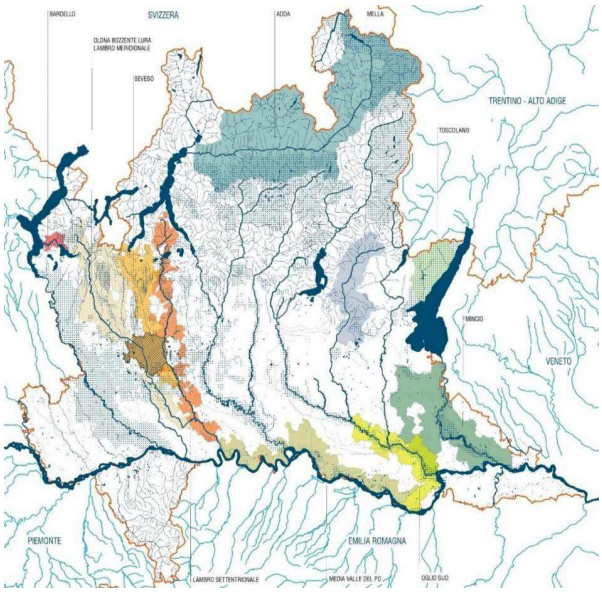


Figura 4 - Contratti di fiume attivati in Regione Lombardia [fonte Regione Lombardia – ERSAF]

L'AQST "Contratto di Fiume Seveso" è teso al raggiungimento delle finalità previste dalla Comunità Europea in materia ambientale e, in particolare, in materia di acque, suoli, biodiversità e si configura come forma di Accordo che permette di

adottare un sistema di regole in cui i criteri di utilità pubblica, rendimento economico, valore sociale, sostenibilità ambientale intervengono in modo paritario nella ricerca di soluzioni efficaci per la riqualificazione del bacino fluviale (World Water Forum, 2001). Il Contratto di fiume si ispira al principio della sostenibilità: è finalizzato a sviluppare, in condivisione, politiche atte a indirizzare i processi di trasformazione insediativa verso la valorizzazione delle risorse territoriali, il contenimento del potenziale degrado e lariqualificazione paesaggistico-ambientale dei territori, al fine di raggiungere gli obiettivi di qualità delle acque, contenimento di uso del suolo, sicurezza idraulica, qualità ecosistemica, neoruralizzazione, fruibilità, semplificazione amministrativa ed efficacia, efficienza ed economicità delle politiche. Poiché solamente la creazione di una visione condivisa può permettere il riorientamento delle programmazioni e delle risorse finanziarie, parte integrante nello sviluppo del processo generato dall'Accordo sono tutte le attività di informazione, animazione, comunicazione, formazione, educazione ambientale che di comune accordo metteranno in campo i sottoscrittori. Proprio per la natura processuale che lo identifica, l'AQST Contratto di Fiume non ha un termine temporale prefissato, ma resta in essere fino a che rimane viva la volontà di aderire all'Accordo da parte degli attori. Essi, nel sottoscriverlo, si impegnano al raggiungimento degli obiettivi di cui sopra, ciascuno per le proprie competenze e responsabilità e mediante l'impegno delle proprie risorse umane e finanziarie.

La Regione Lombardia riconosce l'AQST Contratto di Fiume come processo di programmazione negoziata prioritario per il finanziamento e l'attuazione degli interventi nell'ambito del Fiume Seveso, riservando la priorità dei propri interventi di sostegno finanziario nel predetto territorio ai progetti in esso definiti.

4.5 Rete fognaria comunale e criticità riscontrate

4.5.1 Descrizione generale della rete fognaria

La rete di raccolta delle acque reflue è di tipo misto per circa la metà della sua estensione. La divisione tra acque bianche e nere si presenta principalmente nelle zone residenziali e di nuova costruzione. I reflui del Comune vengono convogliati verso sud-est a Cantù per poi recapitare al depuratore di Carimate. In particolare, la rete fognaria è adibita:

- alla raccolta delle acque miste per il 30.23% del totale;
- alla raccolta delle acque nere per il 32.33% del totale;
- alla raccolta delle acque meteoriche per il 33.06% del totale;
- adibita allo sfioro delle acque miste in eccesso per il 4.38%

Sono presenti:

- N. sfioratori: 8
- N. stazioni di sollevamento: 2

4.5.2 Punti critici monitorati e criticità evidenziate dal gestore e dai tecnici comunali

Il Comune ha evidenziato le seguenti problematiche:

1. consistenti allagamenti durante gli eventi meteorici in corrispondenza della stazione di sollevamento 802 di via Sant'Angelo, con propagazione nei terreni agricoli adiacenti nei Comuni di Cadorago e di Cermenate;

Figura 5 – Localizzazione criticità 1.

2. in passato, durante gli eventi meteorici intensi, allagamenti sulla statale dei Giovi in corrispondenza dell'incrocio con via Pioda;

Figura 6 – Localizzazione criticità 2.

3. in passato, durante gli eventi meteorici intensi, ingresso nelle abitazioni private di acque provenienti dalla sede stradale all'angolo tra via Mazzini e via Guaita e all'angolo tra via Guaita e via Giovanni XXIII.

Figura 7 – Localizzazione criticità 3.

Il gestore del Servizio Idrico Integrato ha confermato gli allagamenti al punto 1., mentre le problematiche al punto 3. sono state recentemente risolte tramite la posa di n.2 caditoie stradali in corrispondenza dei punti critici suddetti.

4.6 Il progetto Pioda 2.020

Il progetto Pioda 2.020, di carattere sovracomunale, redatto nel 2016 per conto del Comune di Cadorago e altri Enti partners tra cui il Comune di Vertemate con Minoprio, oltre a perseguire l'obiettivo del miglioramento della qualità paesistico- ambientale del bacino del Pioda, situato tra la valle del torrente Lura e la valle del fiume Seveso, ha previsto un sistema di interventi volti proprio alla risoluzione delle problematiche di allagamento descritte nel paragrafo precedente, legate alla rete di drenaggio urbano del Comune di Vertemate con Minoprio, che soffre, di fatto, della mancanza di un corpo idrico recettore della sua parte occidentale.

All'interno del progetto sono state definite anche una serie di opere puntuali, rain garden, da realizzare in ambito urbano, al fine di accogliere e disperdere parte dei deflussi urbani con conseguente alleggerimento della rete a valle.

5 Modellazione della rete e del territorio

5.1 Definizione del contesto spaziale di studio

I fenomeni di allagamento, oltre a quelli del torrente Seveso già studiati dal PGRA, sono notoriamente attribuiti all'insufficienza della sola rete fognaria e, come detto, della mancanza di un vero recettore della porzione occidentale della rete fognaria. Lo Studio in oggetto si è quindi focalizzato sulla rete fognaria e il territorio direttamente servito.

5.2 Schema modellistico

La tipologia di modellazione utilizzata è della famiglia dei "*Modelli 1D-2D accoppiati*". A tal scopo è stata realizzata una modellazione accoppiata ibrida monodimensionale della rete di drenaggio e bidimensionale nelle aree inondabili, mediante il software Infoworks ICM.

I tempi di ritorno scelti per la modellazione sono quelli riportati nell'Art. 14 comma 7 del R.R. 7/2017 ovvero Tr 10, 50 e 100 anni. Il tempo di ritorno di 10 anni è quello generalmente adottato per il dimensionamento delle reti fognarie, i Tr più elevati

(50 e 100 anni) sono invece quelli imposti dall'Art. 11 del RR per il dimensionamento delle opere di invarianza (50 anni per il dimensionamento, 100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza).

5.3 Livello di dettaglio

L'apparato modellistico utilizzato è utile a rappresentare la risposta di drenaggio specifica di un territorio e può essere utilizzato quale strumento di pianificazione e valutazione del rischio idraulico al fine di:

- riconoscere i problemi idraulici all'interno di un bacino idraulico, compresa l'identificazione dei rischi di allagamento, deflusso fognario in pressione e difficoltà allo scarico;
- simulare e identificare le prestazioni degli scolmatori di piena a servizio di reti miste e opere idrauliche di supporto (impianti di sollevamento, by-pass, etc.);
- individuare la necessità di interventi di riqualificazione idraulica urbana e condurre le prime valutazioni di impatto a scala territoriale in caso di realizzazione parziale o distribuita;
- valutare l'impatto degli sviluppi proposti, i cambiamenti climatici e lo sviluppo urbano.

5.4 Codice di calcolo impiegato

I calcoli idraulici, come precedentemente detto, sono stati effettuati tramite l'ausilio di un software di modellazione idraulica denominato Infoworks ICM.

Tale strumento consente di costruire un modello matematico – idraulico in grado di:

- ricreare una "copia" virtuale del sistema idraulico in esame inserendo in un GIS tutti i dati geometrici e planoaltimetrici a disposizione (geometria dei condotti e dei pozzetti, geometria dei fiumi, geometria dei ponti, quote del terreno etc);
- depurare le piogge dalle perdite idrogeologiche:
  la trasformazione da piogge lorde a piogge nette può essere effettuata con diversi modelli, a seconda della tipologia del bacino e del grado di conoscenza dei parametri che influenzano tale fenomeno.
- trasformare la pioggia netta in deflusso in rete:
  le superfici contribuenti vengono tipicamente divise dal programma in "impermeabili" (costituite da strade, piazzali e coperture degli edifici) e "permeabili" (aree a verde).
  Il deflusso superficiale può essere calcolato dal programma in quattro diversi modi, che differiscono tra loro per le procedure di definizione delle costanti di invaso, permettendo all'operatore di scegliere, di volta in volta, il metodo più idoneo.
- propagare le portate in rete e negli alvei:
  il programma utilizza la schematizzazione dinamica delle equazioni differenziali di De Saint Venant che, richiedendo le condizioni al contorno sia a monte che a valle, permette, tra l'altro, di considerare anche gli "effetti di rigurgito".
  Il moto in pressione viene calcolato con le stesse equazioni, mediante l'utilizzo della "Slot di Preissman", che consente la valutazione del moto riutilizzando le equazioni di moto a pelo libero.
- simulare i processi di allagamento sul terreno, allorquando i livelli di piena dell'alveo principale superano le quote

delle sponde, calcolando il deflusso delle acque esondate in un sistema bidimensionale costituito da una maglia di elementi triangolari rappresentanti il terreno.

In estrema sintesi il modello è composto da due diversi sottosistemi intimamente legati tra loro:

1. il primo è costituito da un "classico" modello monodimensionale in cui la fognatura e/o l'alveo del fiume vengono definiti da elementi lineari; questo sistema permette di simulare i processi di deflusso delle portate determinando puntualmente portate, velocità e tiranti idrici, nei diversi istanti della simulazione;
2. il secondo è invece un modello bidimensionale costituito da una mesh di elementi che ricostruisce l'andamento del terreno a "piano campagna" ed ha lo scopo di simulare la propagazione delle acque esondate sul terreno; il sistema bidimensionale si attiva, infatti, una volta che il livello dell'acqua all'interno del modello monodimensionale supera la quota del terreno in corrispondenza dei pozzetti o di una delle sponde del fiume, ossia quando l'acqua, non riuscendo ad essere smaltita dalla fognatura o dall'alveo del corso d'acqua, comincia ad esondare sul terreno; il passaggio dal modello monodimensionale a quello bidimensionale avviene tramite i nodi che rappresentano i pozzetti o le polilinee rappresentanti le sponde dell'alveo. Il software è poi in grado di calcolarne il deflusso bidimensionale all'interno del reticolo di elementi triangolari considerando la pendenza del terreno la scabrezza del fondo e la presenza di ostacoli (muri insormontabili, edifici, muri sormontabili etc). È infatti dotato di un risolutore per il moto vario nella conformazione bidimensionale che utilizza la metodologia di calcolo dei volumi finiti. Il modulo di calcolo 2D utilizzato dal software Infoworks ICM si basa sulle ben note equazioni delle acque basse (Shallow Water Equations, acronimo SWE); tali equazioni, cioè la versione a profondità media delle equazioni di Navier-Stokes, sono utilizzate per la rappresentazione matematica dei flussi 2D. Va rilevato infine che i due sistemi sono bidirezionali, pertanto, a seconda dell'andamento del terreno e dei livelli idrici, l'acqua esondata in una sezione può rientrare in fognatura o nel fiume.

Questo metodo per la determinazione delle aree soggette a rischio esondazioni rappresenta sicuramente un passo in avanti importante rispetto al metodo tradizionale di perimetrazione delle aree allagabili basato sul semplice confronto tra la quota dell'acqua calcolata in una certa sezione ed il livello dei terreno circostanti, tuttavia va rivelato che, inevitabilmente, anch'esso è soggetto a limiti legati principalmente alla qualità ed al dettaglio dei dati plano-altimetrici a disposizione per la creazione del modello bidimensionale.

Come detto, infatti, la costruzione del dominio di flusso 2D si basa su un modello digitale del terreno (DTM), pertanto è soggetto alla precisione di rilevazione e può essere affetto da errori locali dovuti a misure puntuali "incoerenti".

Un altro elemento da considerare è la presenza di ostacoli locali, quali muri di confine di proprietà, terrapieni o rialzi etc. che possono modificare puntualmente le quote del terreno creando delle barriere reali al flusso che, però, non possono essere per ovvie ragioni "viste" ad una scala comunale quale quella del presente Studio.

I risultati ottenuti devono essere pertanto valutati alla scala per cui sono stati creati e non possono avere valore puntuale; lo scopo, pertanto, non può essere quello di determinare con esattezza i limiti delle zone allagabili, ma di definire delle fasce di pericolosità legate ai tempi di ritorno degli eventi con cui sono state calcolate.

5.5 Rilievi e indagini disponibili

Nel 2022 la società Datek22 srl per conto dell'Ente Gestore del Servizio Idrico Integrato Como Acqua ha realizzato il rilievo e la mappatura della rete di fognatura comunale.

La rete fognatura è stata oggetto di:

- una campagna di mappatura di tutte le camerette esistenti;
- una serie di rilievi di dettaglio dei manufatti particolari (sfioratori, stazioni di sollevamento e relativi punti di scarico,

Nel complesso sono stati rilevati più di 41 Km di fognatura per un totale di più di 800 pozzetti di ispezione aperti.

Per ognuno di essi sono state rilevate:

– le caratteristiche geometriche del chiusino, del torrino di accesso e della cameretta (altezza, dimensioni planimetriche, materiale)
– le caratteristiche dei diversi tubi in entrata ed in uscita dalla cameretta (tipo di sezione, diametro, materiale, quota di fondo tubo).

I vari manufatti sono stati legati planoaltimetricamente da un rilievo, eseguito tramite GPS, delle quote e delle posizioni assolute di ogni chiusino, in coordinate UTM – WGS84.

Durante le campagne di rilievo sono state anche scattate numerose fotografie per documentare lo stato di conservazione e di manutenzione di tubazioni e pozzetti d'ispezione.

Le informazioni raccolte sono contenute negli shapefile, nelle monografie e nelle planimetrie trasmessi da Como acqua.

5.6 Inserimento nel modello delle informazioni relative ai pozzetti ed ai condotti

Sulla base degli shapefile, della cartografia e delle monografie forniti dall'Ente Gestore Como acqua, si è provveduto ad inserire pozzetti e condotti nel modello matematico, secondo lo schema idraulico previsto.

5.7 Modellazione di elementi puntuali (soglie di sfioro, paratoie, vasche etc.)

Per modellare i manufatti speciali si è fatto riferimento alle tavole fornite da Como Acqua.

Per gli elementi particolari quali soglie di sfioro, paratoie, leaping weir etc. Infoworks utilizza le classiche leggi idrauliche che vengono qui di seguito riportate:

- Soglia di sfioro a larga soglia

La legge di efflusso dipende dalle condizioni al contorno di valle:

nel caso la quota dell'acqua a valle della soglia sia inferiore a quella della soglia stessa, il deflusso è indipendente dalle condizioni di valle e, pertanto, vale l'equazione:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h_m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m} \quad (1)$$

dove:

Q = portata sfiorata

μ = coefficiente di efflusso, assunto pari a 0.385 come indicato in letteratura per sfioratori a larga soglia[1]

L = larghezza della soglia di sfioro

h_m = altezza dell'acqua di monte rispetto alla soglia

g = accelerazione di gravità

nel caso invece di soglia rigurgitata da valle, l'equazione diventa la seguente:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h_m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_m - h_v)} \quad (2)$$

dove:

h_v = altezza dell'acqua di valle rispetto alla soglia

- <u>Sfioratore con salto di fondo (Leaping Weir)</u>

Il salto di fondo viene schematizzato come una luce di fondo:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m} \quad (3)$$

Q = portata in uscita dalla luce di fondo

μ = coefficiente di efflusso, assunto pari a 0.6

A = area della luce di passaggio

h_m = altezza dell'acqua di monte rispetto al baricentro della luce

g = accelerazione di gravità

- <u>Paratoia</u>

Anche la paratoia viene assimilata ad una luce a battente, pertanto la formula è molto simile alla (3), ma varia a seconda delle condizioni di valle:

se l'efflusso non è influenzato dal livello di valle:

$$Q = C_c \cdot C_v \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m} \quad (4)$$

Q = portata in uscita dalla paratoia

C_v = coeff. di correzione della velocità d'efflusso nella sezione contratta = 0.95[2]

---

[1] *Citrini Noseda "Idraulica" – Casa editrice Ambrosiana Milano*

[2] Il valore del coefficiente C_v dipende dal rapporto $\frac{h_m}{a}$ secondo la relazione:

$$\sqrt{\frac{1}{1 + \frac{C_c \cdot a}{h_m}}}$$

C_c = coefficiente di contrazione rispetto all'apertura della paratoia = 0.61

a = apertura della paratoia

b = larghezza della paratoia

h_m = altezza dell'acqua di monte rispetto alla soglia

g = accelerazione di gravità

se l'efflusso è rigurgitato da valle la portata dipende dalla differenza di carico tra monte e valle:

$$Q = C_c \cdot C_v \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_m - h_v)} \quad (5)$$

dove:

h_v = altezza dell'acqua di valle rispetto alla soglia

C_v = coeff. di correzione della velocità d'efflusso nella sezione contratta = 0.99[3]

- <u>Vasche</u>

Le vasche sono elementi puntuali rappresentati nel modello da un nodo "storage" le cui caratteristiche dimensionali sono riportate in una tabella "livelli/area".

Nella rappresentazione delle vasche volano, ad esempio nella fase di definizione degli interventi strutturali, il collegamento della rete fognaria con il nodo "storage" è realizzato mediante una soglia di sfioro (weir) che permette il riempimento della vasca solo al raggiungimento di una determinata portata. Per aumentare l'effetto di laminazione, a volte, vengono inserite una paratoia di regolazione (sluice) sul condotto di valle.

per i valori di altezza d'acqua ed apertura della paratoia normalmente in uso tale coefficiente può essere assunto pari a 0.95.

[3] In questo caso C_v ha la seguente espessione:

$$\sqrt{1 - \left(\frac{C_c \cdot a}{h_m}\right)^2}$$

e per i valori di altezza d'acqua ed apertura della paratoia normalmente in uso vale 0.99.

Figura 8 Schematizzazione vasca volano in Infoworks ICM

5.8 Scabrezze

Per quanto concerne i coefficienti di scabrezza, sulla base dell'esperienza di modellazione e taratura di diverse reti fognarie esistenti si è scelto di utilizzare la formula di Colebrook e White imponendo un unico coefficiente di scabrezza equivalente indipendentemente dalla tipologia del materiale, pari a 1.5 mm.

Se infatti inizialmente (a tubi "nuovi") esiste una certa differenza di scabrezza tra le diverse tipologie di tubazioni, questa tende a colmarsi nel tempo a causa delle incrostazioni che inevitabilmente si formano sulle pareti delle tubazioni, livellando quindi il comportamento dei diversi materiali alla soprariportata scabrezza equivalente.

5.9 Bacini scolanti ed aree omogenee

La delimitazione dei bacini, la definizione della tipologia di acque da essi drenate (solo nere, miste, bianche etc.) così come l'individuazione delle diverse aree scolanti omogenee presenti e la determinazione delle loro caratteristiche idrologiche, è un processo fondamentale per la creazione di un buon modello idraulico, che ha tenuto conto:

- della geometria della rete rilevata,
- degli sviluppi urbani desunti dagli aerofotogrammetrici comunali,
- dei colloqui effettuati presso l'UTC.

Per prima cosa, sovrapponendo i fotogrammetrici con il rilievo plano-altimetrico della fognatura, vengono definiti i "contorni" delle aree effettivamente drenate da ogni singolo tratto di fognatura, ovvero, per ogni condotto, le reali dimensioni del bacino scolante ad esso afferente.

Successivamente è necessario capire quale sia la natura di ognuno di questi bacini, ovvero quali siano i contributi raccolti dalla rete che lo serve; in questo senso sono state definite le seguenti tipologie:

1. bacini di acque miste: si tratta di aree in cui la rete fognaria riceve sia le acque nere, sia i contributi meteorici generati da tutte le superfici scolanti comprese nel bacino, in relazione alle proprie caratteristiche idrologiche,
2. bacini di acque nere: la fognatura raccoglie le sole acque reflue prodotte, le acque bianche vengono o disperse o spagliate sul terreno oppure collettate da una rete parallela bianca (zone con reti separate),
3. bacini di acque bianche: la fognatura cui sono collegati raccoglie solo le acque di pioggia dotate di reti separate, dove i contributi di nera vengono collettati da una specifica rete loro dedicata.

Nel processo di definizione della corretta tipologia da assegnare ad ogni bacino scolante e di individuazione delle aree omogenee sopra riportate si è tenuto conto dei dati ottenuti dagli incontri con l'UTC.

In tali occasioni è stato infatti possibile effettuare una sorta di "taratura" del modello idraulico individuando ad esempi le aree dove sono presenti pozzi perdenti perché magari realizzate dopo l'introduzione di un regolamento fognario comunale che li rendeva obbligatori.

Il terzo passo riguarda la definizione delle tipologie di aree scolanti omogenee presenti, ovvero quelle superfici che idraulicamente rispondono in maniera analoga ad una pioggia, sia come quantità d'acqua conferita in rete (è chiaro a parità di superficie e di pioggia caduta la quantità d'acqua che raggiunge la fognatura è molto superiore per un'area

asfaltata che per un'area verde) sia come velocità di drenaggio dell'acqua caduta su di essa (un tetto molto inclinato con grondaie e pluviali di raccolta ci metterà molto meno di un piazzale piano con caditoie ogni 20 m a conferire l'acqua alla rete fognaria stradale).

Le estensioni delle singole aree sono state individuate utilizzando gli aerofotogrammetrici, integrando tali cartografie con le immagini satellitari (per inserire edifici edificati in epoca successiva alle cartografie comunali) e con il PGT (per quanto concerne le aree di futura edificazione).

5.10 Modello digitale del terreno e costruzione della mesh di calcolo

La generazione della mesh tridimensionale per la simulazione delle esondazioni superficiali necessita della creazione di un modello digitale del terreno (DTM) che definisca la quota del terreno in ogni punto del dominio da simulare.

L'obbiettivo è quello di creare un modello del terreno che contenga le informazioni più dettagliate e coerenti a disposizione.

Per l'analisi e la costruzione della mesh è utilizzato il rilievo LIDAR (1x1 m) che ricopre completamente il territorio comunale.

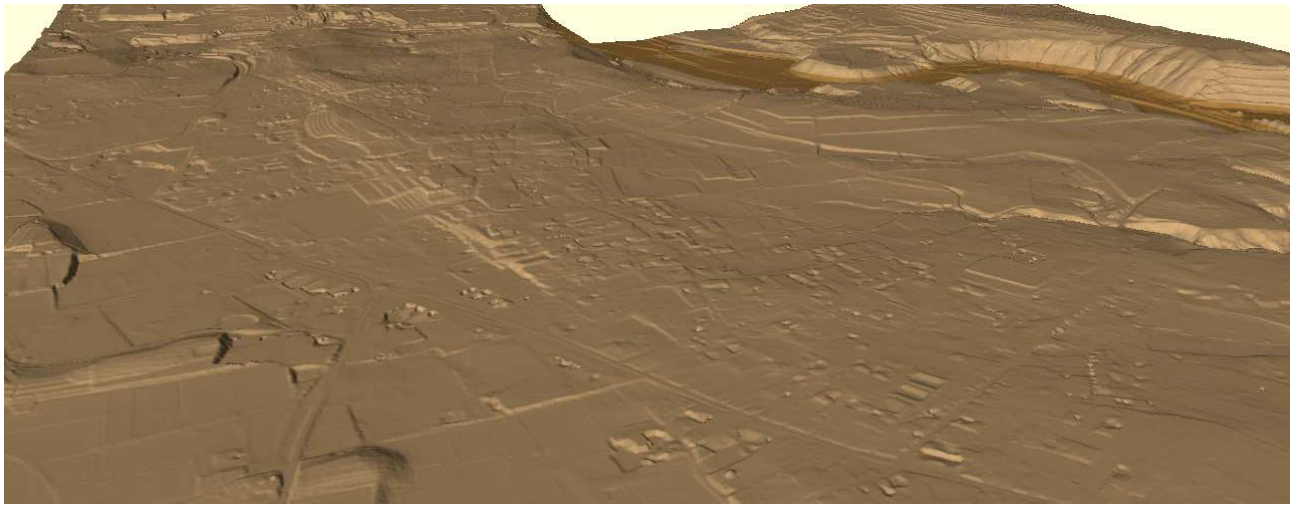


Figura 9 –DTM - Lidar (1x1m)

Dal dato cartografico di base è stata ricostruita in Infoworks ICM la mesh o maglia di calcolo, definita da elementi triangolari di cui è possibile definire l'area massima e minima. Qui sotto sono riportate le caratteristiche principali di costruzione della mesh.

Come si osserva nell'immagine seguente:

- la mesh è stata costruita in modo "Terrain sensitive", ovvero la maglia di calcolo si infittisce automaticamente dove il DTM presenta brusche variazioni altimetriche in spazi planimetrici relativamente ridotti;
- la scabrezza di Manning assegnata agli elementi della mesh è pari a n=0.033, che corrisponde ad un valore di scabrezza di Strickler Ks di circa 30 $m^{1/3}/s$, solitamente utilizzato per zone vegetate.

Polygon definition		
ID	MESH2	
Area (ha)	1400.882	#D
Maximum triangle area (m2)	250.000	
Minimum element area (m2)	25.000	#D
Mesh generation	Clip meshing	#D
Boundary points	Normal condition	
Terrain-sensitive meshing	☒	
Maximum height variation (m)	1.000	#D
Minimum angle (degree)	25.00	#D
Roughness (Manning's n)	0.0330	
Roughness definition		#D
Apply rainfall etc directly to mesh elem	☐	
Apply rainfall etc	everywhere	#D
Rainfall profile	1	#D
Infiltration surface		#D
Turbulence model		#D
Rainfall percentage	100.000	#D
Mesh summary	---->	
Mesh data	---->	
General properties		
Notes		
Hyperlinks		
User defined properties		

Figura 10 - Caratteristiche della maglia 2D

Infine, per completare ed affinare la costruzione della mesh 2D:

- sono stati esclusi dalla triangolazione tutti gli edifici presenti nel territorio comunale che effettivamente rappresentano un ostacolo alla propagazione del flusso;
- sono stati generati dei poligoni di scabrezza ("roughness zones") in corrispondenza delle strade, ai quali è stata assegnata una diversa scabrezza rispetto a quella degli elementi su area verde. In particolare, la scabrezza di Manning delle roughness zones è stata posta pari a n=0.0143, corrispondente ad un valore di scabrezza di Strickler Ks di 70 $m^{1/3}/s$, tipica di calcestruzzo e asfalto;

Figura 11 - estratto della mesh definita in Infoworks

5.11 Eventi meteorici di riferimento

5.11.1 Curva di possibilità pluviometrica

La tecnica idrologica abituale fornisce per le curve di possibilità climatica l'espressione di tipo monomio:

$$h = at^n$$

dove:

h = altezza di pioggia espressa in mm.

t = durata della pioggia espressa in ore

a, n = sono parametri che dipendono dal tempo di ritorno dell'evento T

Il riferimento per l'informazione pluviometrica da utilizzare nello sviluppo degli studi previsti dal RR 7/2017, secondo l'allegato G dello stesso decreto, sono le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica ricavate da ARPA Lombardia.

Sul sito di ARPA Lombardia è possibile accedere ai dati raster dei parametri a1 e n della LSPP con risoluzione al suolo di 2 km x 2 km, ricavati secondo il modello probabilistico GEV scala invariante, con stima dei parametri puntuali tramite il metodo degli L-moments ed estrapolazione spaziale dei quantili.

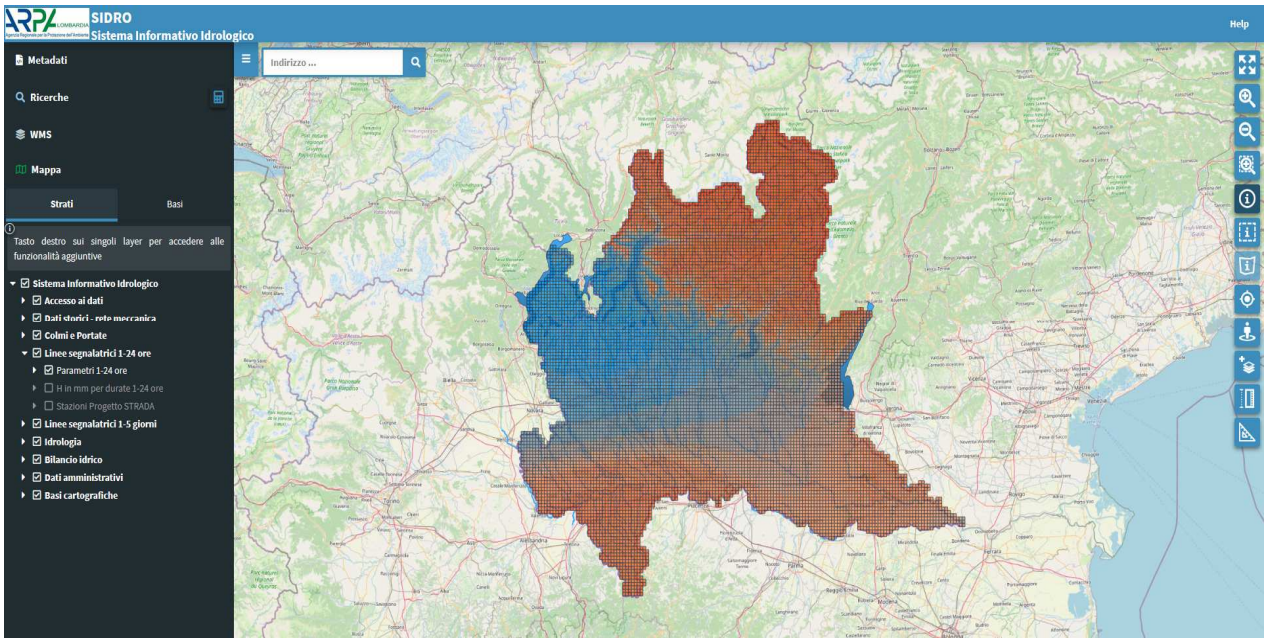


Figura 12 – LSPP progetto strada accessibile dal sito ARPA Lombardia

I valori dei parametri sono stati ricavati tramite media aritmetica dei valori dei parametri associati ai quadranti del grigliato che coprono il territorio comunale. Infatti, data la ridotta variabilità a scala locale, i valori delle altezze di pioggia così calcolati sono pressoché coincidenti, con scostamenti dell'ordine dello 0,1%, con quelli che si otterrebbero ricorrendo alla media pesata sulle aree.

Tabella 9 – Parametri LSPP per eventi superiori all'ora (dati ARPA)

anni	2	5	10	50	100
a	30.163	40.685	47.694	63.240	69.861
n	0.329	0.329	0.329	0.329	0.329

Le curve ottenute sono riportate nella seguente figura:

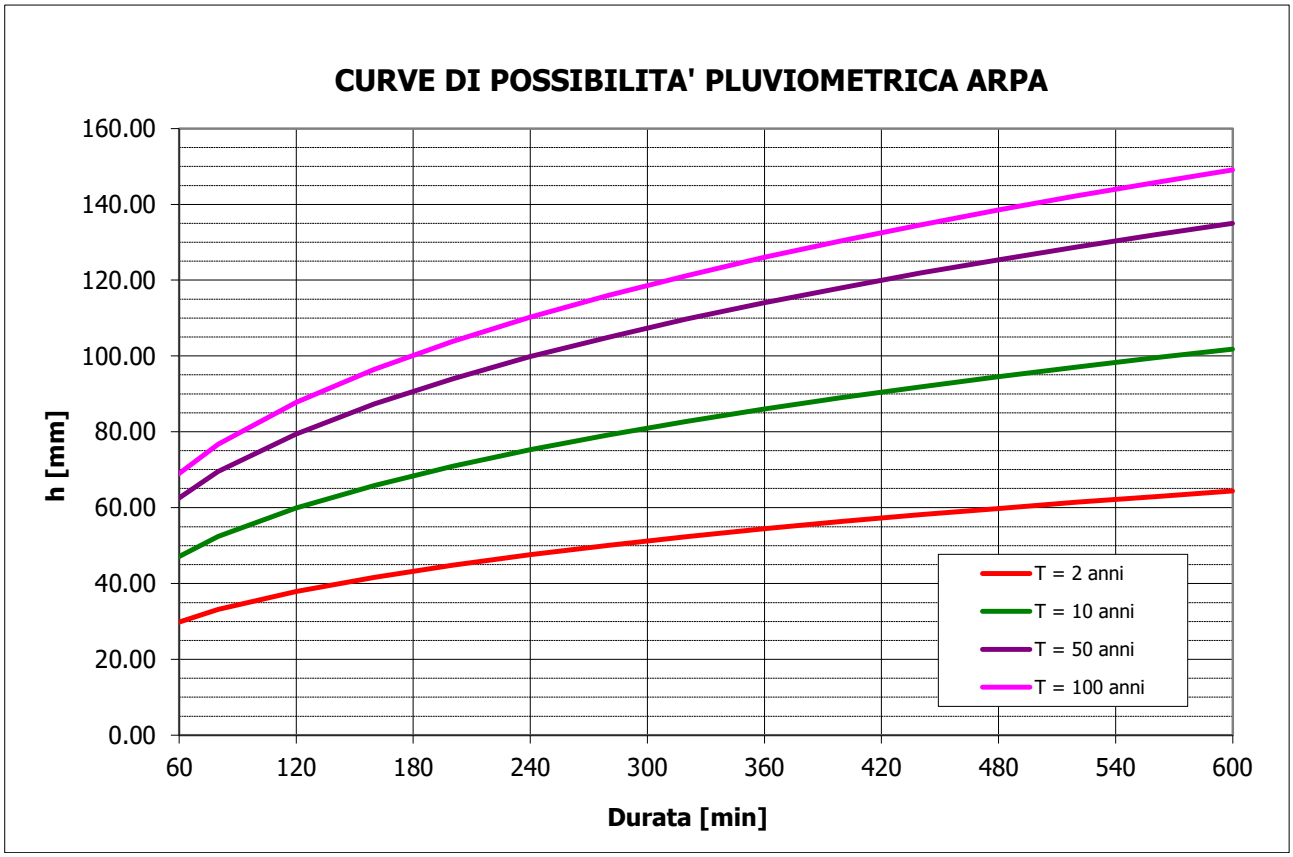


Figura 13 – Grafico delle LSPP per eventi superiori all'ora (dati ARPA)

Le curve dell'ARPA si riferiscono a piogge intense con durate superiori all'ora; di conseguenza, in presenza di reti fognarie caratterizzate da un tempo di corrivazione sensibilmente inferiore a un'ora come la rete in oggetto, l'applicazione di queste CPP comporterebbe una sovrastima significativa dell'intensità di pioggia e quindi una sovrastima dei valori di picco e dei volumi di pioggia convogliati in rete.

Partendo quindi dalle curve ricavate da ARPA, come indicato dal Prof C. Ciaponi (Dipartimento di ingegneria Idraulica e Ambientale Università degli Studi di Pavia) in 'Conoscenza ed affidabilità dei sistemi fognari', si prevede di adottare la formulazione di Bell, che considera il fatto che relativamente agli scrosci, il rapporto r_d tra le altezze h_d di durata d molto breve e l'altezza oraria h1 sono relativamente poco dipendenti dalla località e dal tempo di ritorno.

La procedura fornisce l'altezza di precipitazione tramite la seguente formulazione:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54d^{0.25} - 0.5$$

dove $h_{d,T}$ è l'altezza di pioggia relativa al tempo di ritorno T-esimo di durata d inferiore all'ora, mentre h60,T è l'analoga altezza di pioggia associata ad una durata di un'ora.

Per ciascuna durata inferiore all'ora, quindi, si ricava un'altezza di pioggia specifica attraverso la formulazione sopra esposta. Per interpolazione in potenza (tipo Y = a X^n) delle suddette altezze, si ricavano pertanto i due parametri a ed n della curva che rappresenta di fatto la CPP relativa allo scroscio inferiore all'ora di un determinato tempo di ritorno.

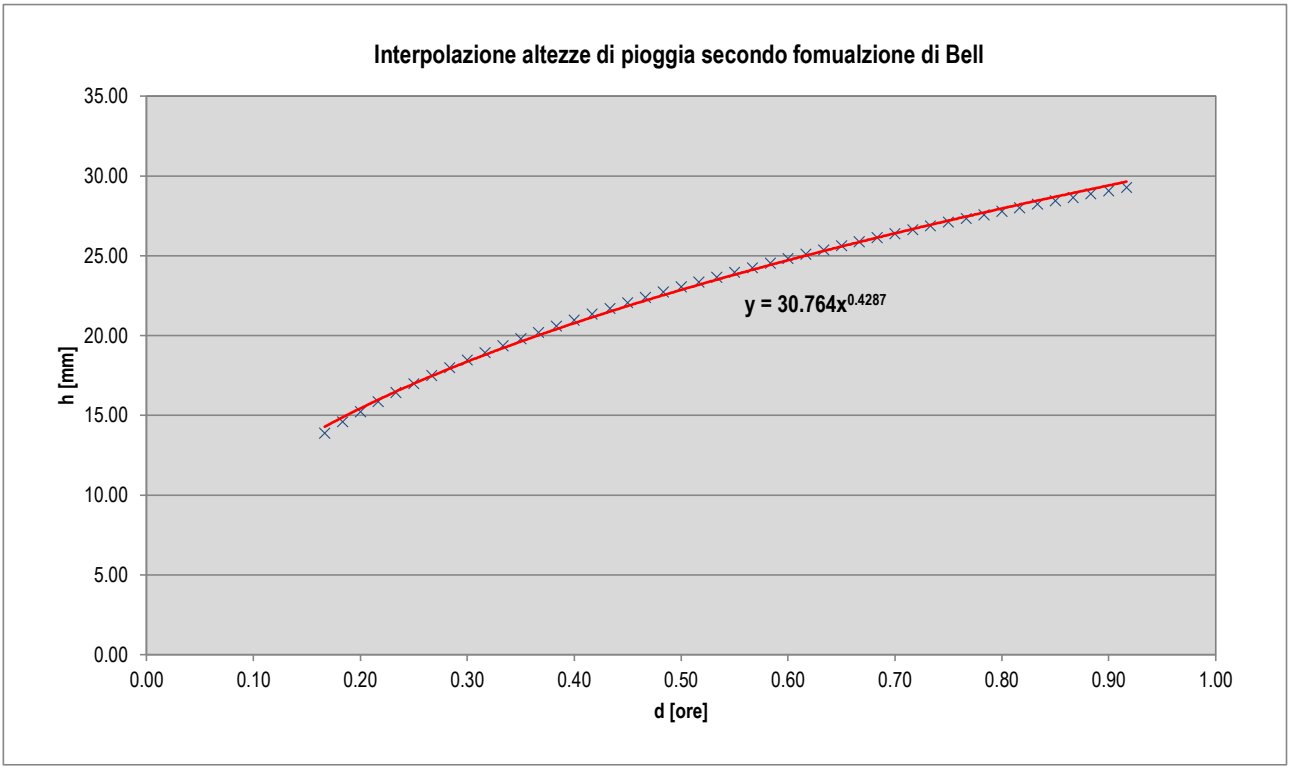


Figura 14 – Interpolazione altezza di pioggia secondo la formulazione di Bell

Tabella 10 - Parametri LSPP per eventi inferiori all'ora (dati ARPA – formulazione BELL))

anni	2	5	10	50	100
a	30.764	41.497	48.646	64.501	71.255
n	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429

Le curve ottenute sono riportate nella seguente figura:

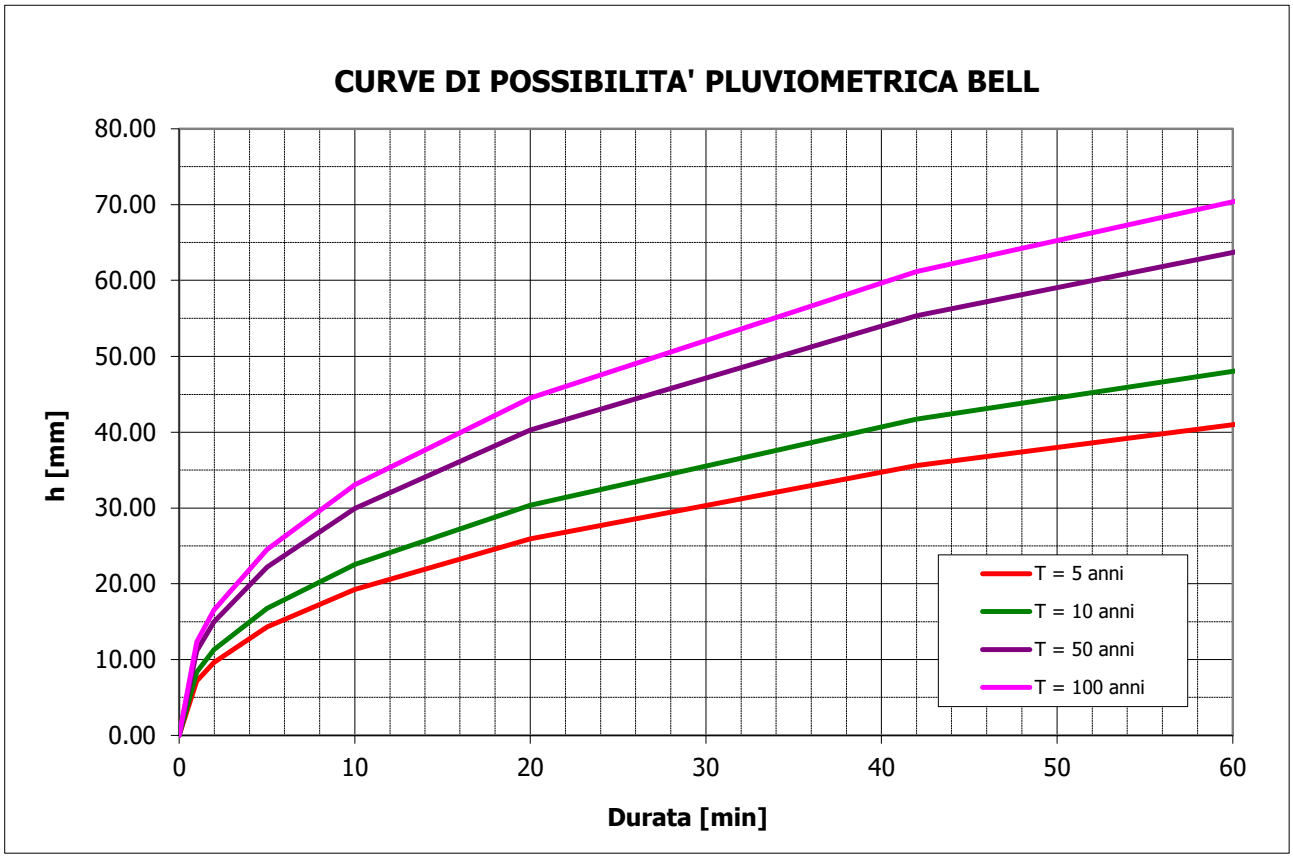


Figura 15 - Grafico delle LSPP per eventi inferiori all'ora (dati ARPA – formulazione Bell))

Si tenga presente che le analisi sopra riportate consentono di determinare la pioggia di progetto in un punto dello spazio. A causa dell'elevata variabilità spaziale del fenomeno meteorico, il volume che affluisce complessivamente sopra un bacino di drenaggio risulta tuttavia minore di quello che si otterrebbe distribuendo uniformemente sull'area del bacino stesso l'altezza di precipitazione caduta nel centro di scroscio.

Per questo motivo. Si è applicato alle altezze di pioggia calcolate un coefficiente di ragguaglio (fattore di riduzione areale ARF) che tenga in considerazione il fenomeno prima descritto.

Esistono diversi metodi per la valutazione di tale coefficiente, definito in letteratura secondo modalità di calcolo specifico relativo al territorio considerato.

Nel presente studio viene utilizzato il Metodo Italiano che prevede la definizione dell'ARF nel seguente modo:

$$ARF = \left(1 + \alpha_1 A^{b_1} + \alpha_2 A^{b_2}\right) D^{a_3 A^{b_3}}$$

dove i parametri a_i e b_i sono definiti empiricamente (vedi Columbo e Puppini, 1964) per l'area milanese.

Per definire l'ampiezza dell'area del bacino da utilizzare nella formula di ragguaglio spaziale, si assume la somma delle aree dei sottobacini afferenti alla rete.

Considerando le dimensioni del bacino idrografico in oggetto, le c.p.p. appena descritte sono state ragguagliate all'area totale del bacino (A = 330 ha) utilizzando le formule di Columbo:

$$a_r = a\left(1 - 0{,}06A^{0{,}4}\right)$$
$$n_r = n + 0{,}003A^{0{,}6}$$

dove A è l'area totale del bacino espressa in Km^2.

I valori di a e n delle curve utilizzate nei calcoli, ragguagliati all'area risultano pertanto i seguenti:

Tabella 11 - Parametri LSPP (dati ARPA – formulazione BELL- ragguaglio Columbo))

anni	2	5	10	50	100
a1 (t< 1h)	27.78	37.48	43.93	58.25	64.35
n1 (t< 1h)	0.435	0.435	0.435	0.435	0.435
a2 (t> 1h)	27.240	36.743	43.073	57.112	63.092
n2 (t> 1h)	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335

Le curve ottenute sono riportate nella seguente figure:

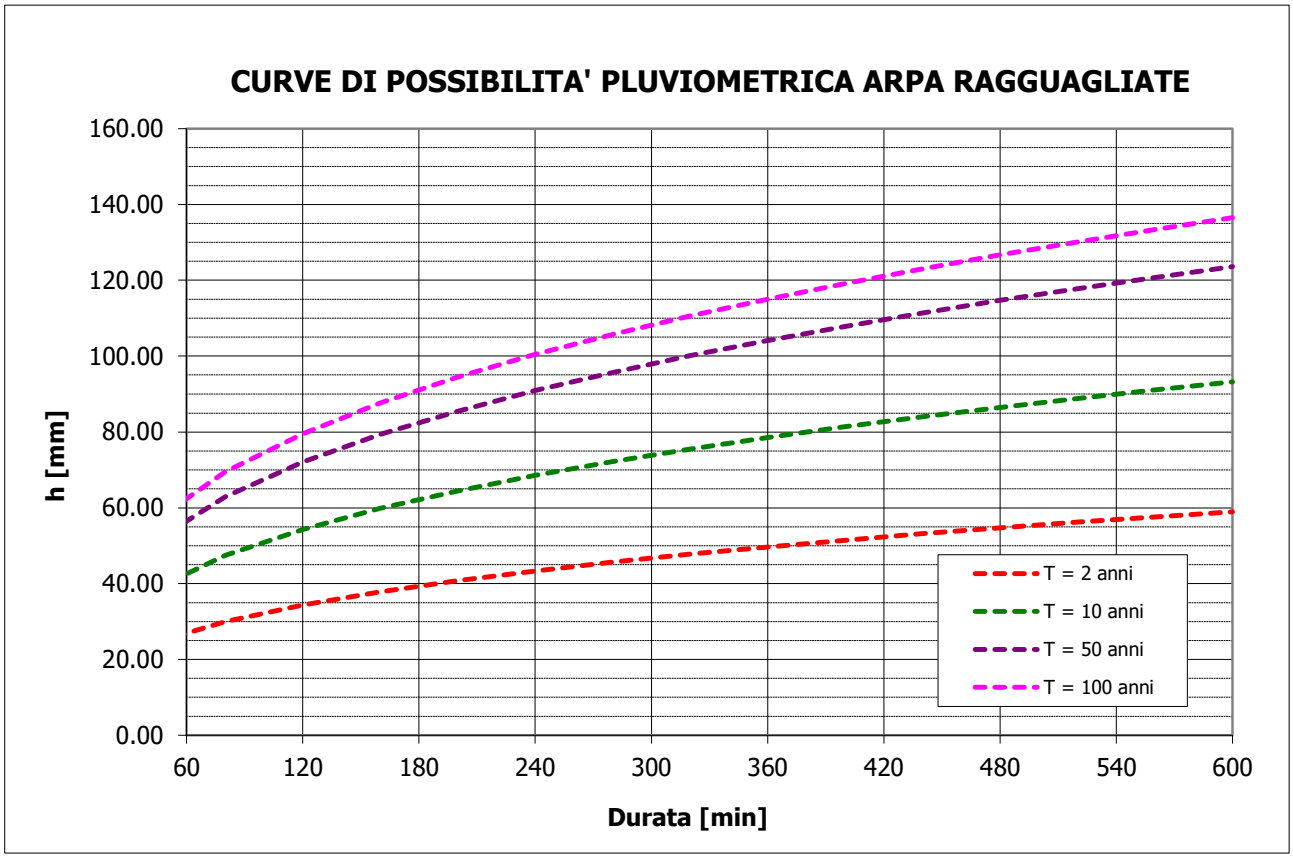


Figura 16 - - Grafico delle LSPP (dati ARPA - ragguaglio Columbo))

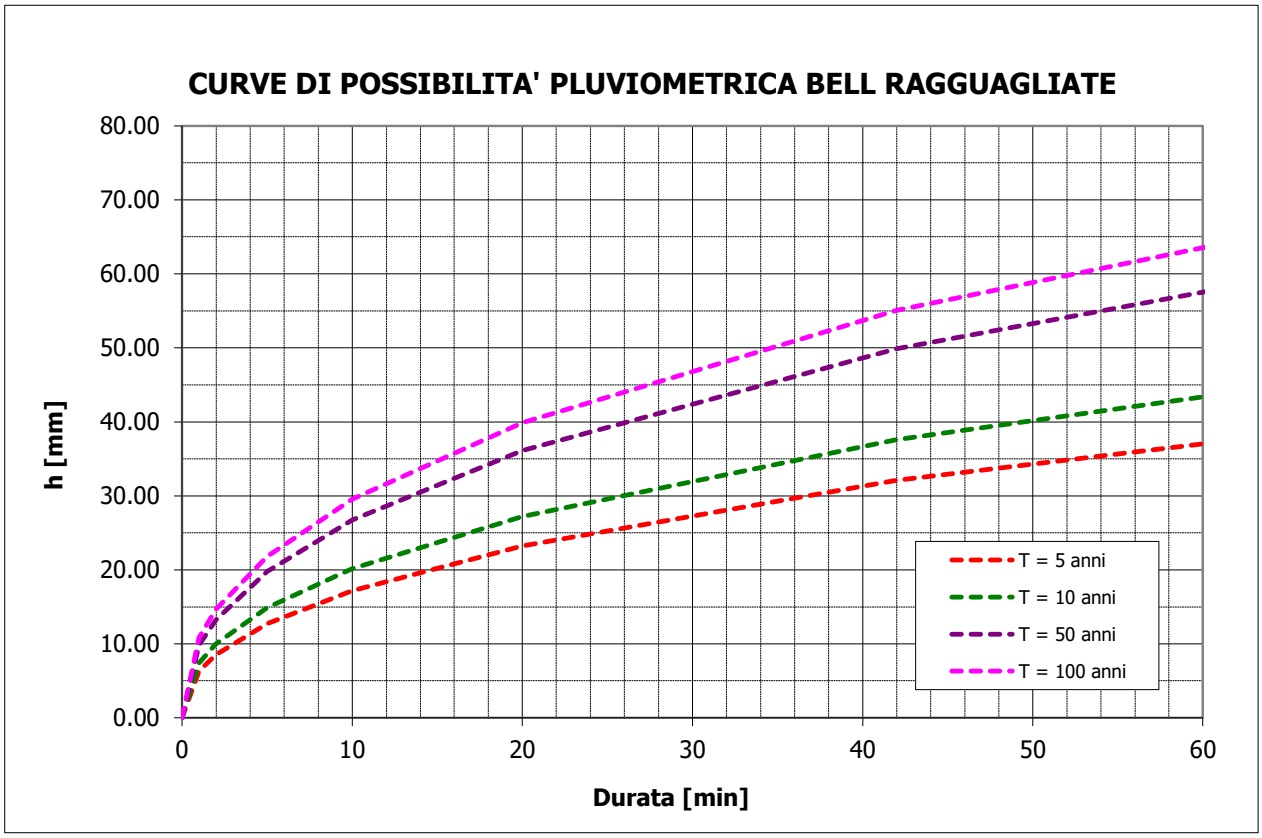


Figura 17 - Grafico delle LSPP (dati ARPA – formulazione BELL- ragguaglio Columbo))

5.11.2 Ietogrammi di riferimento

La generazione dell'idrogramma di piena su cui effettuare i dimensionamenti delle opere idrauliche presuppone, nota la curva di possibilità pluviometrica e fissato un tempo di ritorno di progetto, la ricostruzione di uno ietogramma di progetto dalla cui convoluzione con l'idrogramma unitario di piena relativo al bacino scolante in oggetto, si ottiene l'onda di piena col desiderato tempo di ritorno.

Come ietogrammi di riferimento si è scelto di adottare quelli di tipo "Chicago" generati dalle c.p.p. con tempo di ritorno pari a 10, 50 e 100 anni ragguagliate all'area del bacino, come precedentemente descritto, grazie al metodo di Columbo.

I parametri che contraddistinguono questo tipo di ietogrammi sono il tempo di base θ, ossia la durata complessiva dell'evento, ed il tempo tr a cui si ha il picco di massima intensità.

Lo ietogramma "Chicago" ha la caratteristica, per il modo in cui è costruito, di contenere le piogge critiche per tutte le durate di pioggia inferiori al tempo di base; perciò, lo stesso ietogramma può essere utilizzato, nel dimensionamento di una rete di fognatura, per determinare la massima portata relativa ad ogni sottobacino a patto che si scelga un tempo di base superiore al tempo di corrivazione stimato del bacino.

Inoltre, lo ietogramma Chicago risulta essere poco sensibile alla variazione del tempo di base; infatti, la parte centrale dello ietogramma rimane costante, mentre al crescere della durata di pioggia complessiva si aggiungono due "ali" all'inizio ed alla fine dell'evento.

Il tempo di corrivazione del bacino in oggetto è inferiore all'ora; pertanto, il tempo di base dello ietogramma Chicago

adottato per i calcoli idraulici è stato scelto pari a 55 min.

Per quel che riguarda il tempo di picco tr, non avendo indicazioni più precise sulla distribuzione delle intensità di pioggia di brevissima durata, è stato scelto pari a 22 min imponendo, come consigliato dalla letteratura tecnica, $tr/\theta = 0.4$.

Di seguito è riportato, a titolo di esempio, l'istogramma rappresentativo dello ietogramma Chicago per T = 10 anni adottato con intervallo di integrazione pari a 1 minuto. A tal proposito va rilevato che per evitare intensità di pioggia irragionevoli, si è imposto che l'intensità di picco sia pari a quella di una pioggia di durata pari a 5 minuti, ritenendo non fisicamente basate piogge di durata inferiore.

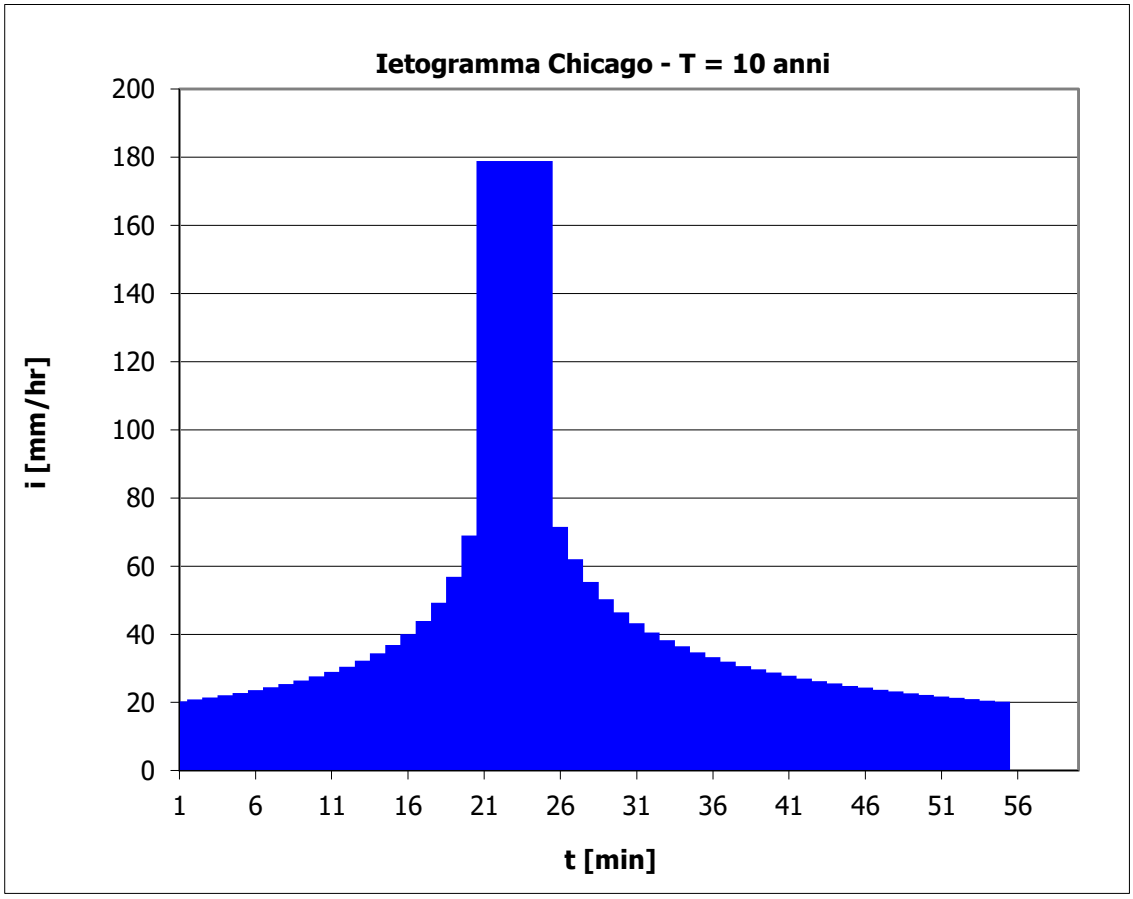


Figura 18 - Ietogramma Chicago - T=10 anni

Benché lo ietogramma di tipo Chicago sia il più adatto per la verifica ed il dimensionamento di reti di fognatura in quanto dà luogo alle massime portate di colmo, esso tende a non essere rappresentativo di problemi in cui il parametro principale da stimare sia il volume totale di pioggia.

Infatti, come detto, tale ietogramma rappresenta una pioggia critica per tutte le durate minori o uguali al tempo di base, ma poiché, nella realtà, un evento che è critico per una durata θ non lo è necessariamente per tutte le altre durate, si ha che l'altezza complessiva di pioggia dello ietogramma Chicago è superiore a quella di ciascuno degli eventi reali che risultano critici per le diverse durate. In altre parole, per durate via via crescenti tale ietogramma porta alla determinazione di altezze complessive (e quindi volumi di pioggia) aventi tempi di ritorno crescenti; di conseguenza nel dimensionamento dei bacini di laminazione, dove è fondamentale il volume di pioggia in ingresso piuttosto che la portata, l'utilizzo di questo

tipo di ietogramma può portare a pesanti sovradimensionamenti delle opere.

Pertanto, nel caso delle laminazioni, si è preferito adottare anche gli ietogrammi di tipo costante sebbene meno rappresentativi dell'andamento temporale dell'evento piovoso reale (in quanto non presenta come il "Chicago" un picco di scroscio), ma comunque validi, determinando la durata critica di pioggia per tentativi.

5.12 Stima delle perdite idrologiche

Non tutta la pioggia caduta affluisce alla rete di drenaggio; esistono infatti delle perdite dovute a evapotraspirazione, infiltrazioni ed immagazzinamento dell'acqua nei naturali avvallamenti del terreno.

Il calcolo delle perdite idrologiche è stato effettuato tramite il **metodo percentuale,** assegnando alle diverse superfici omogenee (strade, tetti, pertinenze e aree verdi) il valore di coefficiente di afflusso riportato nella seguente tabella.

Tabella 12 – Parametri di perdita idrologica

Runoff surface ID	Description	Runoff routing value	Runoff volume type	Fixed runoff coefficient
10	STRADE	1	Fixed	0.45
20	TETTI CIV	1	Fixed	0.55
30	VERDE	4	Fixed	0.05
40	PERTINENZE	1	Fixed	0.1
50	TETTI IND POZZI PERDENTI	1	Fixed	0.1

Dagli incontri con l'UTC è emerso come la maggioranza degli insediamenti industriali e commerciali siano dotati di pozzi perdenti, per cui per queste superfici si è adottato un basso coefficiente d'afflusso, non pari a zero per considerare l'eventuale troppo pieno in fognatura.

Senza voler entrare in dettagli troppo tecnici e specialistici, il "Runoff routing value" riportato nella tabella precedente è un parametro che, nel software di modellazione, regola la velocità di risposta e quindi il tempo di corrivazione di ogni tipologia di area, più è alto più il tempo di risposta è lento e l'idrogramma generato da quel tipo superficie sarà lungo e schiacciato.

5.13 Generazione delle portate di piena

Per il calcolo degli idrogrammi di pioggia si è utilizzato il metodo di "Wallingford", che utilizza un modello con "due serbatoi lineari in cascata" per schematizzare la trasformazione in portata di deflusso in rete della pioggia netta depurata delle perdite idrologiche.

La pioggia cade sul bacino scolante e riempie un serbatoio immaginario, in ogni istante parte della pioggia si invasa nel serbatoio e parte esce dal serbatoio per andare nel serbatoio successivo o da questo in rete.

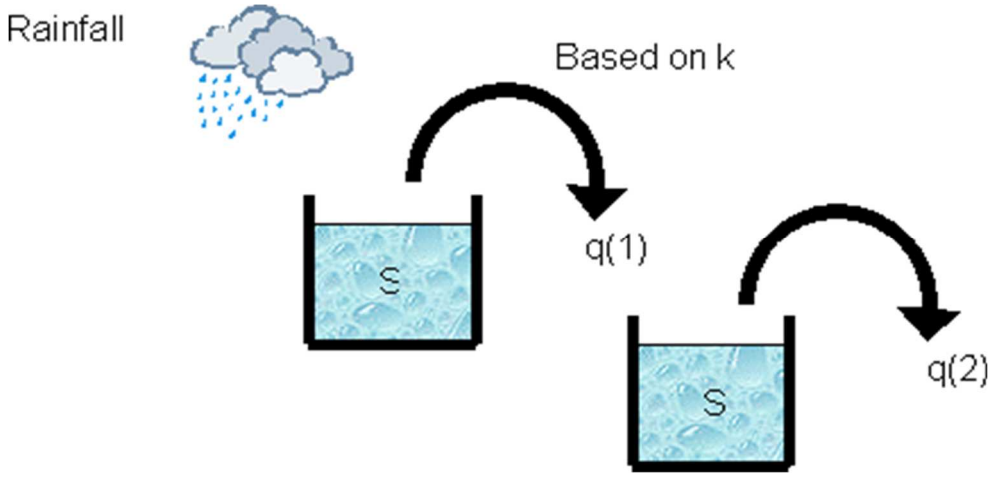


Figura 19 – Modello di "Wallingford"

La relazione che lega la pioggia in ingresso e la portata in uscita da ogni singolo serbatoio è la seguente:

$$S = kq$$

dove:

- S è il volume di pioggia ricadente sulla superficie del bacino
- q il volume che esce dal serbatoio immaginario
- k una costante che si calcola tramite la relazione:

$$k = C\left[0.5\left(1 + i_{10}\right)\right]^{-0.39}$$

C è un parametro legato alle caratteristiche del bacino scolante e si calcola secondo la relazione:

$$C = 0.117 s^{-0.13} A^{0.24}$$

con s pendenza media del bacino e A superficie del bacino scolante in m^2.

Il parametro i_{10} è l'intensità media di pioggia nei 10 minuti precedenti di precipitazioni.

La combinazione delle due relazioni dei due serbatoi con l'equazione di continuità dà come risultato un'equazione differenziale di secondo grado proposta per la prima volta da Sarginson e Nussey del tipo:

$$k^2\left(\frac{d^2q}{dt^2}\right) + 2k\left(\frac{dq}{dt}\right) + q = i_n$$

5.14 Portate nere

Indicando con P la popolazione allacciata ad ogni punto di recapito, le espressioni che conducono alla portata nera media e a quella di punta scaricate in rete sono:

$$Q_{nm} = D \times 0{,}8 \times \frac{P}{86.400} \qquad \text{(lt/sec.)}$$

$$Q_{np} = C_g \times C_p \times Q_{nm} \qquad \text{(lt/sec.)}$$

Nella simulazione si sono adottati i seguenti valori:

- gli abitanti equivalenti P: 4.550 AE;
- la dotazione idrica D pari a 260 l/ab giorno;
- il coefficiente di ingresso in rete pari a 0.8;
- il coefficiente del giorno di massimo consumo C_g pari a 1.5;
- il coefficiente del massimo consumo orario C_p pari a 1.5.

5.15 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno di un modello idrologico-idraulico sono costituite da tutte quelle informazioni ed impostazioni che definiscono lo stato del dominio di calcolo durante gli scenari oggetto delle simulazioni. Le condizioni al contorno possono essere grossolanamente divise in:

- geometriche;
- idrologiche;
- idrauliche.

5.15.1 Condizioni al contorno geometriche

Le condizioni di tipo geometrico comprendono tutte le caratteristiche dimensionali della rete di drenaggio e delle opere accessorie oltre alle caratteristiche morfologiche del territorio sulla base del modello digitale del terreno.

5.15.2 Condizioni al contorno idrologico

Le condizioni al contorno di tipo idrologico includono sostanzialmente le grandezze regionalizzate caratterizzanti l'intensità delle piogge che sollecitano l'intero sistema di drenaggio, e in generale tutte le portate defluenti in esso.

5.15.3 Condizioni al contorno idrauliche

Le condizioni idrauliche al contorno includono ad esempio le portate in arrivo da monte o le condizioni di livello idrico di valle.

Essendo il comune di Vertemate con Minoprio più a monte fra quelli interconnessi, non riceve immissioni dalla rete e/o dal collettore intercomunale. Per quanto riguarda i livelli idrici di valle, non è stata inserita nessuna condizione al contorno, dato che non si presumono difficoltà di scarico degli emissari degli sfioratori e degli scarichi delle reti meteoriche nonché il collegamento del collettore intercomunale alla rete di Cantù si trova idraulicamente lontano dall'abitato di Vertemate.

5.16 Condizioni iniziali

Non sono state imposte condizioni iniziali.

6 Analisi di stato di fatto e criticità

6.1 Criticità evidenziate dalle analisi modellistiche

Una volta costruito il modello idraulico 1D-2D del sistema di drenaggio e ricavati gli eventi meteorici di progetto per i tre tempi di ritorno, come descritto in precedenza, è stato possibile condurre le diverse simulazioni.

Per ciascuna simulazione è possibile estrapolare le aree di esondazione superficiale per le diverse durate e tempi di ritorno. Per una migliore leggibilità delle tavole, queste non riportano le zone con un tirante inferiore ai 5 cm, di minore impatto sul tessuto urbano.

Le zone di diversa pericolosità idraulica sono state definite seguendo quanto descritto al Par. 3.4 dell'Allegato 4 della D.G.R. n. IX/2616, che definisce che "all'interno delle aree esondabili individuate devono essere delimitate zone a diverso livello di pericolosità idraulica, sulla base, in particolare, dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento". Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica si fa riferimento al grafico seguente (ricavato dalla normativa):

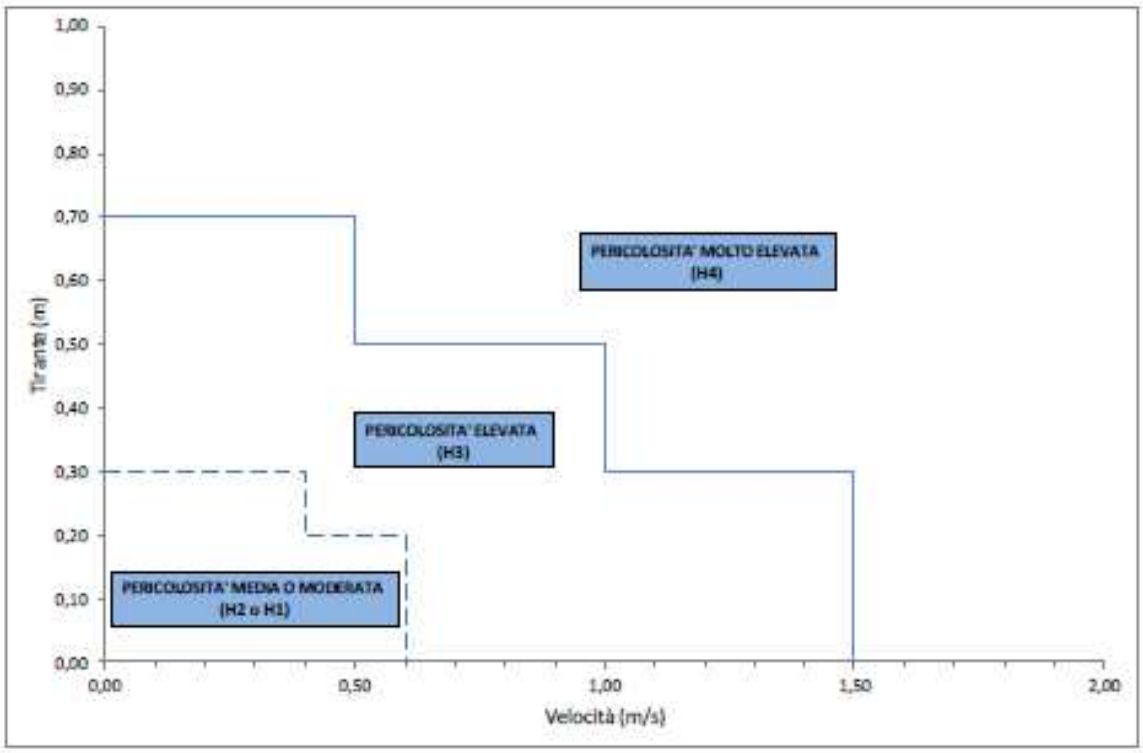


Figura 20: Grafico della pericolosità idraulica ai sensi D.G.R. IX/2616

Il grafico mette in relazione velocità e tirante per la classificazione della pericolosità idraulica.

Per la definizione delle zone a diversa pericolosità idraulica per il Comune di interesse sono stati quindi estrapolati i valori dei tiranti idrici per ogni cella di calcolo della mesh e relazionati ai valori della velocità del flusso sempre relativi ad ogni cella.

Di seguito viene riportato uno stralcio dei risultati della simulazione 1D-2D con tempo di ritorno 100 anni per una porzione del comune nella quale viene individuato il massimo tirante idrico per ogni cella della mesh (blu scuro tirante maggiore e blu chiaro tirante minore) con le frecce rosse che indicano la direzione del flusso idrico.

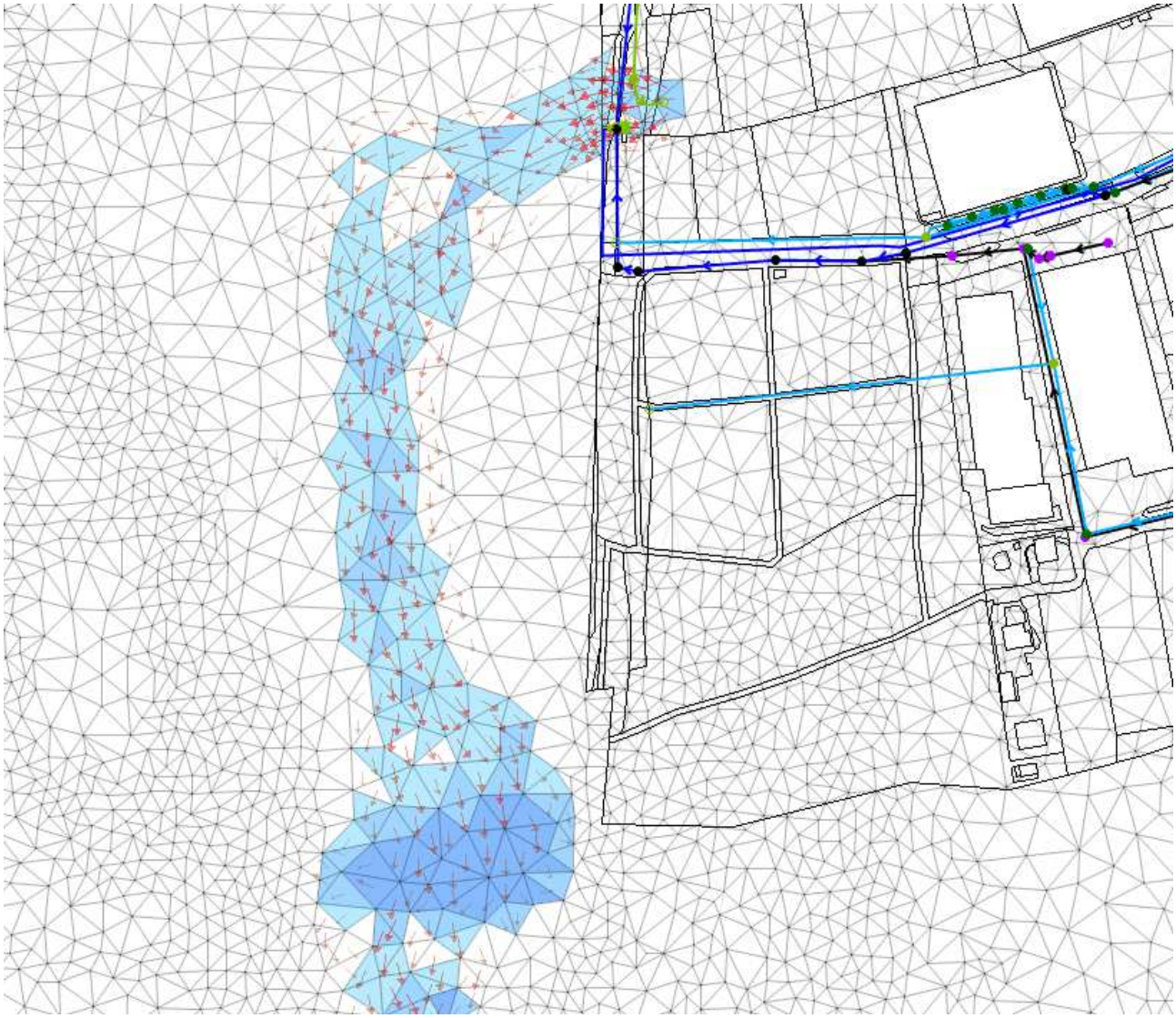


Figura 21: stralcio risultati simulazione 1D-2D

Dai risultati delle simulazioni effettuate, ottenuti i valori di tirante e velocità, sono state quindi mappate le aree a seconda della loro pericolosità idraulica secondo le classi definite in precedenza, per i tre tempi di ritorno definiti da normativa (T= 10,50,100 anni):

- H1 o H2, pericolosità media o moderata
- H3, pericolosità elevata
- H4, pericolosità molto elevata

I risultati di tale elaborazione sono riportati nelle tavole allegate T.1.1 (T=10 anni), T.1.2 (T=50 anni), T.1.3 (T=100 anni).

6.2 Sintesi delle criticità riscontrate (dal modello e/o segnalate)

Di seguito sono sintetizzate le principali criticità segnalate dai tecnici comunali e dal gestore e/o riscontrate dal modello idraulico.

6.2.1 Stazione di sollevamento Sant'Angelo e terreni agricoli di Cadorago e Cermenate

La modellazione riproduce molto bene le criticità dichiarate dai tecnici comunali e del gestore, ribadite altresì nel progetto Pioda 2.020. Gli allagamenti sono dovuti, come detto, all'assenza di un vero e proprio recettore della rete fognaria occidentale.

Nel punto critico evidenziato, arrivano due rami principali della rete fognaria, uno che riceve le acque bianche e quelle sfiorate di gran parte della rete comunale, l'altro le acque nere e nere diluite di un bacino leggermente più ampio.

Figura 22 – Bacino di bianca afferente ai pozzi perdenti in corrispondenza della stazione di Sant'Angelo e bacino di nera afferente alla stazione di sollevamento

Di fatto, il recapito del ramo di bianca è costituito da una batteria di pozzi perdenti e da un piccolo fosso insufficienti a ricevere le acque meteoriche in arrivo dall'ampio bacino di monte; non solo, anche la stazione di sollevamento che rilancia le acque nere e nere diluite in via Matteotti non è in grado di sollevare tutta l'acqua in arrivo in tempo di pioggia, anche a causa dei maggiori apporti dovuti alla non perfetta separazione delle acque nere e delle acque bianche del bacino di monte, causando lo sversamento sul suolo di acque non precedentemente trattate durante gli eventi piovosi.

Di seguito si riporta lo stato di fatto della rete e lo stralcio della pericolosità idraulica in cui si evince come gli allagamenti si propaghino verso sud seguendo l'impluvio naturale dei campi coltivati, nei territori dei Comuni di Cadorago e Cermenate.

Questi terreni, oltre a soffrire degli allagamenti causati dalla rete fognaria di Vertemate, sono altresì soggetti allo sversamento incontrollato delle aree prevalentemente agricole dei Comuni limitrofi poste più a monte, dovuto anch'esso alla mancanza del reticolo idrografico, rendendo ancor più critica la situazione anche per eventi meteorici ordinari.

Figura 23 – Rete fognaria in corrispondenza della stazione di sollevamento di via Sant'Angelo

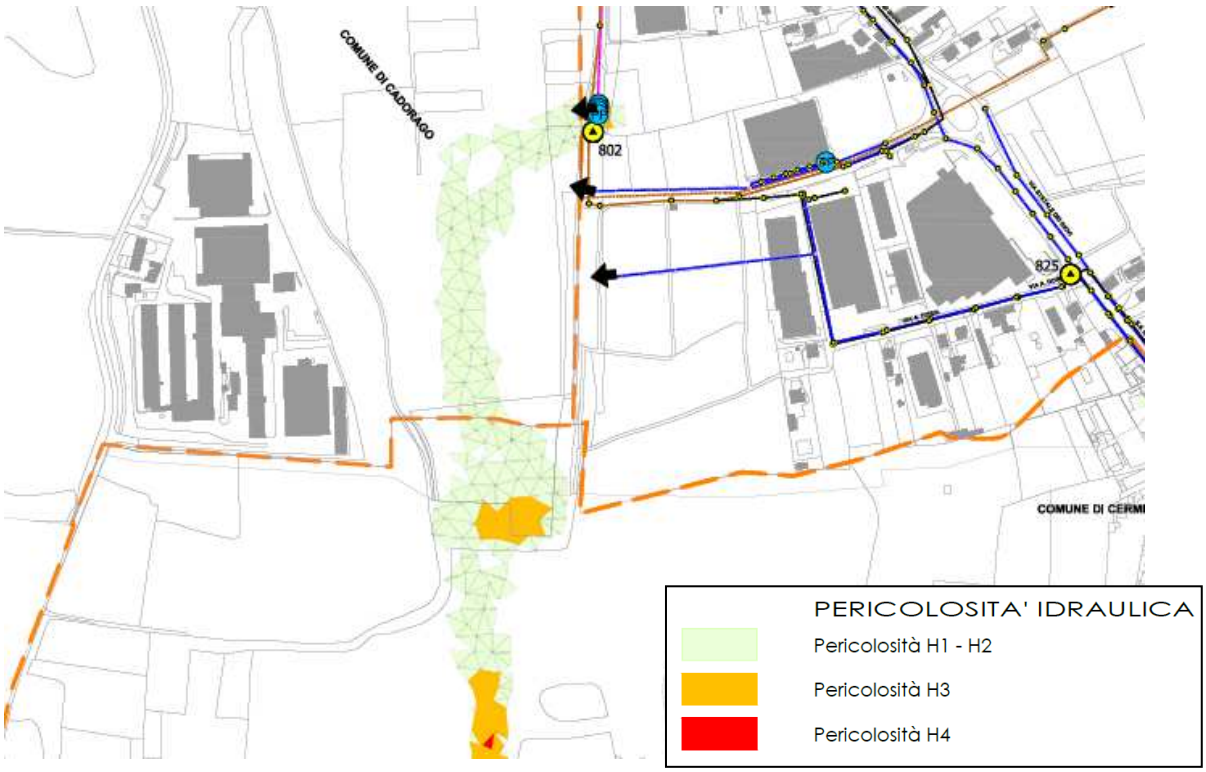


Figura 24: Stralcio mappatura pericolosità idraulica per T= 10 anni in corrispondenza della stazione di sollevamento Sant'Angelo e terreni agricoli di Cadorago e Cermenate

6.2.2 Statale dei Giovi all'incrocio con via Pioda

La dorsale della rete meteorica che parte da via Salvo d'Acquisto, procede prima lungo via Canturino, poi sulla Statale dei Giovi e che, deviando verso via dei Pini, giunge alla batteria dei pozzi in corrispondenza della stazione di Sant'Angelo, risulta già per tempo di ritorno T=10 anni insufficiente e rigurgitata da valle, con allagamenti in corrispondenza dell'intersezione a rotatoria con via Pioda che si propagano verso sud fino all'incrocio con via per Bregnano.

Di seguito di riportano il profilo altimetrico della dorsale con i livelli idrici e lo stralcio della tavola della pericolosità per tempo di ritorno T=10 anni.

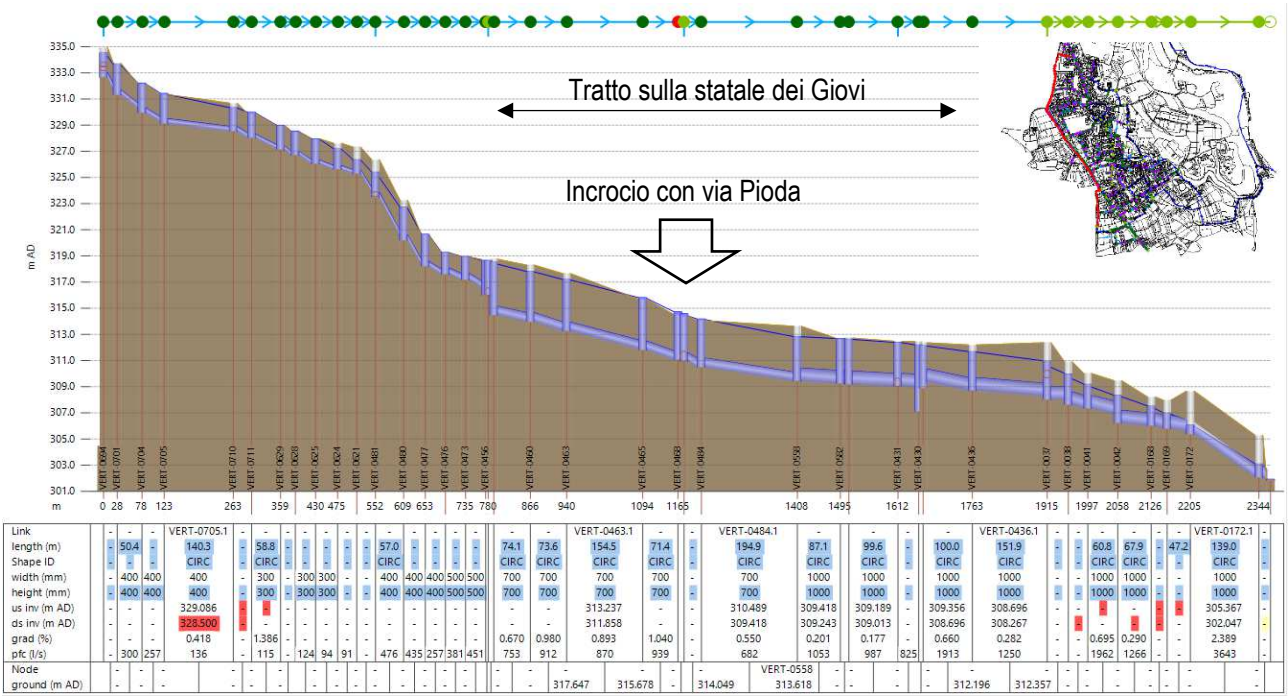


Figura 25 - Profilo longitudinale con livelli idrici T=10 anni del tratto di rete meteoriche dal nodo 694 in via Salvo d'Acquisto fino allo scarico finale nei pozzi perdenti in corrispondenza della stazione di sollevamento Sant'Angelo

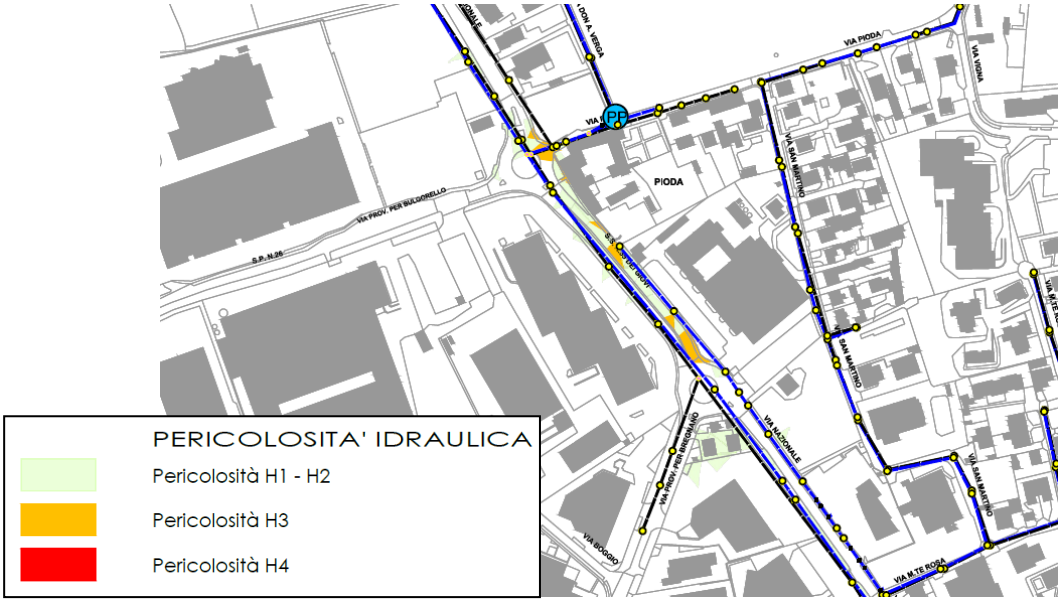


Figura 26 - Stralcio mappatura pericolosità idraulica per T= 10 anni in corrispondenza dell'incrocio tra la Statale dei Giovi e via Pioda

La criticità suddetta è stata rilevata in passato dall'UTC; recentemente non si è più verificata.

6.2.3 Via Bisbino

La rete in via Bisbino delle acque sfiorate che scaricano nella valle di Minoprio presenta un restringimento che provoca un innalzamento della piezometrica con allagamenti che ci concentrano nel vicino interrato della villetta al civico 2 di via Grigna. Tale criticità non è stata segnalata né dall'UTC, né dal gestore del Servizio Idrico Integrato.

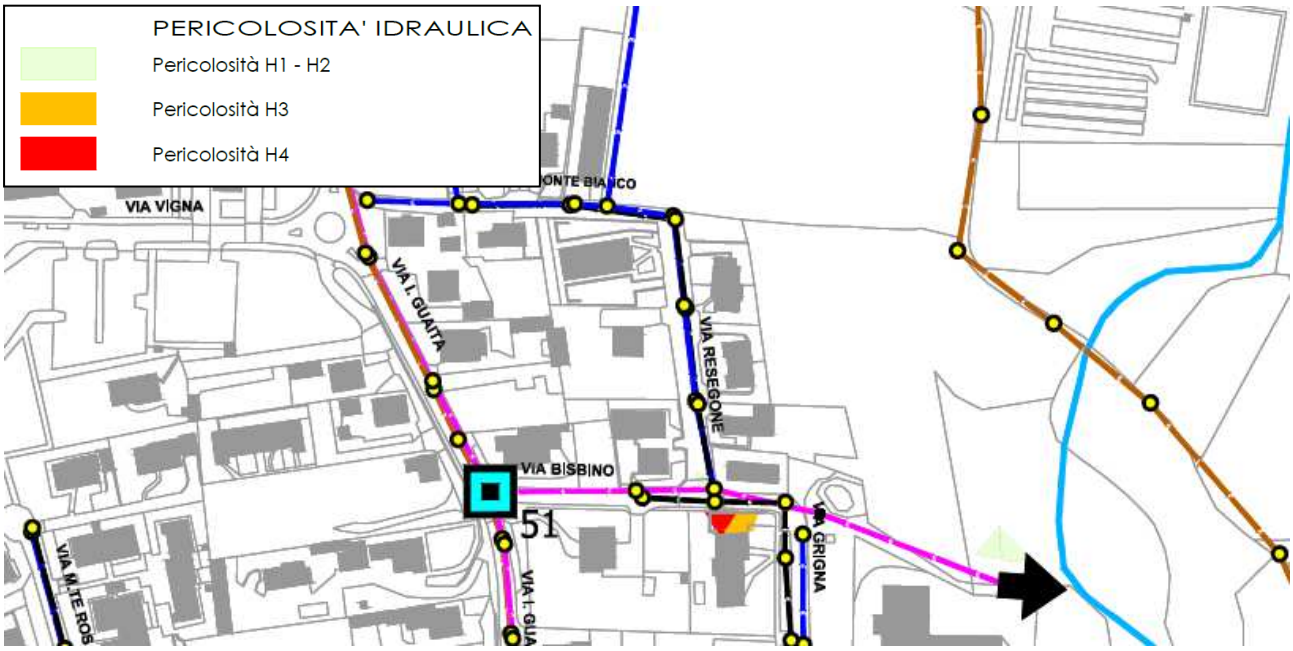


Figura 27 - Stralcio mappatura pericolosità idraulica per T= 10 anni in corrispondenza di via Bisbino

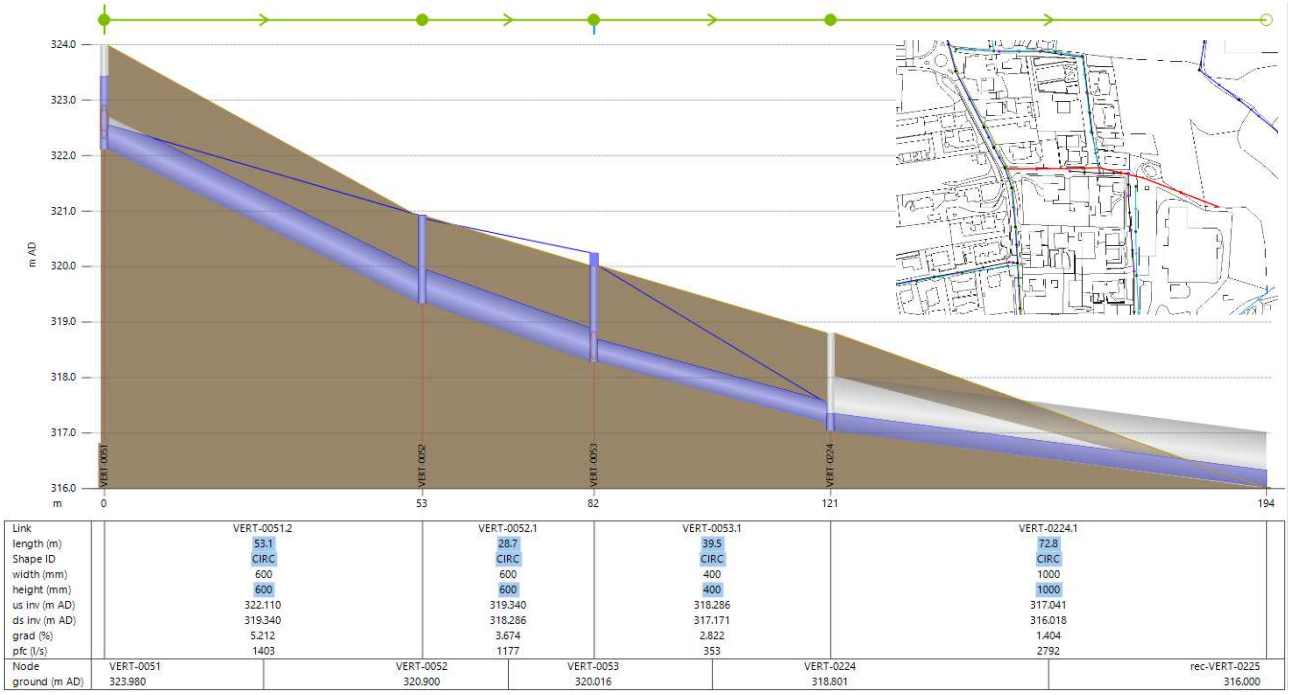


Figura 28 Profilo longitudinale con livelli idrici T=10 anni rete di via Bisbino

6.2.4 Altre criticità

Sul territorio comunale, la modellazione evidenzia altri allagamenti che per dimensione e grado di pericolosità non si ritengono significativi, considerando anche il fatto che non sono stati rilevati sul campo dall'UTC e/o dal gestore del Servizio Idrico Integrato. Sicuramente la taratura del modello, tramite una campagna piogge-portate, potrebbe confermare quanto assunto o potrebbe evidenziare ulteriori criticità da indagare e risolvere.

7 Scenario di intervento

Nel presente Capitolo sono descritte le opere e le misure che dovranno essere attuate ai fini della riduzione della pericolosità idraulica nel territorio comunale, così come individuata nel Capitolo precedente.

Gli interventi previsti vengono suddivisi in due macro-categorie:

- **Interventi di tipo "strutturale"**: che comprendono le opere che eliminano o attenuano le criticità idrauliche rinvenute dalla modellazione idraulica;
- **Interventi di tipo "non strutturale"**: misure e strumenti atti al controllo e possibilmente alla riduzione delle suddette condizioni di pericolosità idraulica.

Lo scenario di progetto è stato definito con l'obiettivo di diminuire sensibilmente e ove possibile eliminare gli allagamenti per il tempo di ritorno di 10 anni, tempo usualmente utilizzato per il dimensionamento delle opere fognarie, e di verificarne l'assetto con tempi di ritorno cinquantennale e centennale.

7.1 Interventi strutturali

Gli interventi strutturali proposti mirano a ridurre le condizioni di rischio dell'abitato connesse agli allagamenti fognari attraverso la realizzazione di varie tipologie di opere, tra cui le vasche volano.

I criteri posti alla base della progettazione generale hanno cercato, per quanto possibile, di privilegiare interventi volti a ridurre le portate circolanti o almeno a mantenere la cosiddetta "invarianza idraulica", così come perseguito ed incentivato dal R.R. 7/2017.

Si vuole sottolineare che gli interventi qui previsti sono di carattere prettamente pianificatorio e che derivano da un modello idraulico non tarato tramite misure piogge-portate. Prima di avviare l'iter progettuale del singolo intervento strutturale, si consiglia quindi di prevedere delle indagini di approfondimento che valutino le reali caratteristiche della rete a monte dell'intervento, la tipologia dei bacini scolanti e delle reti allacciate e di installare punti di misura ad hoc, in modo da integrare il modello idraulico con le nuove informazioni disponibili e procedere con una rivalutazione delle caratteristiche dimensionali dell'intervento strutturale.

7.1.1 INT-01 – Fitodepurazione e vasca di laminazione in terra

Per risolvere le problematiche in corrispondenza della stazione di sollevamento Sant'Angelo e dei terreni agricoli limitrofi di Cadorago e Cermenate, ComoAcqua sta dando seguito agli interventi proposti dal progetto Pioda 2.020, attraverso la definizione, ancora in fase di Studio, di un primo lotto di intervento costituito da un comparto di fitodepurazione ed una vasca di laminazione, con previsione di realizzazione nel biennio 2024-2025 all'interno della pianificazione d'Ambito.

In estrema sintesi l'intervento prevede:

- la realizzazione di n.1 scolmatore SC01 sul condotto in arrivo da nord alla stazione di sollevamento esistente;
- il rifacimento del tratto di condotto esistente in ingresso da sud alla stazione di sollevamento per il collegamento allo scolmatore SC01;
- la realizzazione di un comparto di fitodepurazione per il trattamento delle acque scolmate di circa 3'000 m^2 di superficie in Comune di Cadorago al confine con Vertemate con Minoprio e Cermenate;
- la realizzazione di un condotto di collegamento al comparto di fitodepurazione a partire dallo scolmatore SC01;
- la realizzazione di una vasca di laminazione ed infiltrazione di circa 15'000 m^2 di superficie per la rete meteorica e per l'acqua scolmata dal trattamento di fitodepurazione in Comune di Cermenate al confine con Vertemate con Minoprio e Cadorago;
- la realizzazione del collegamento della rete bianca dalla batteria di pozzi esistenti fino alla vasca di laminazione.

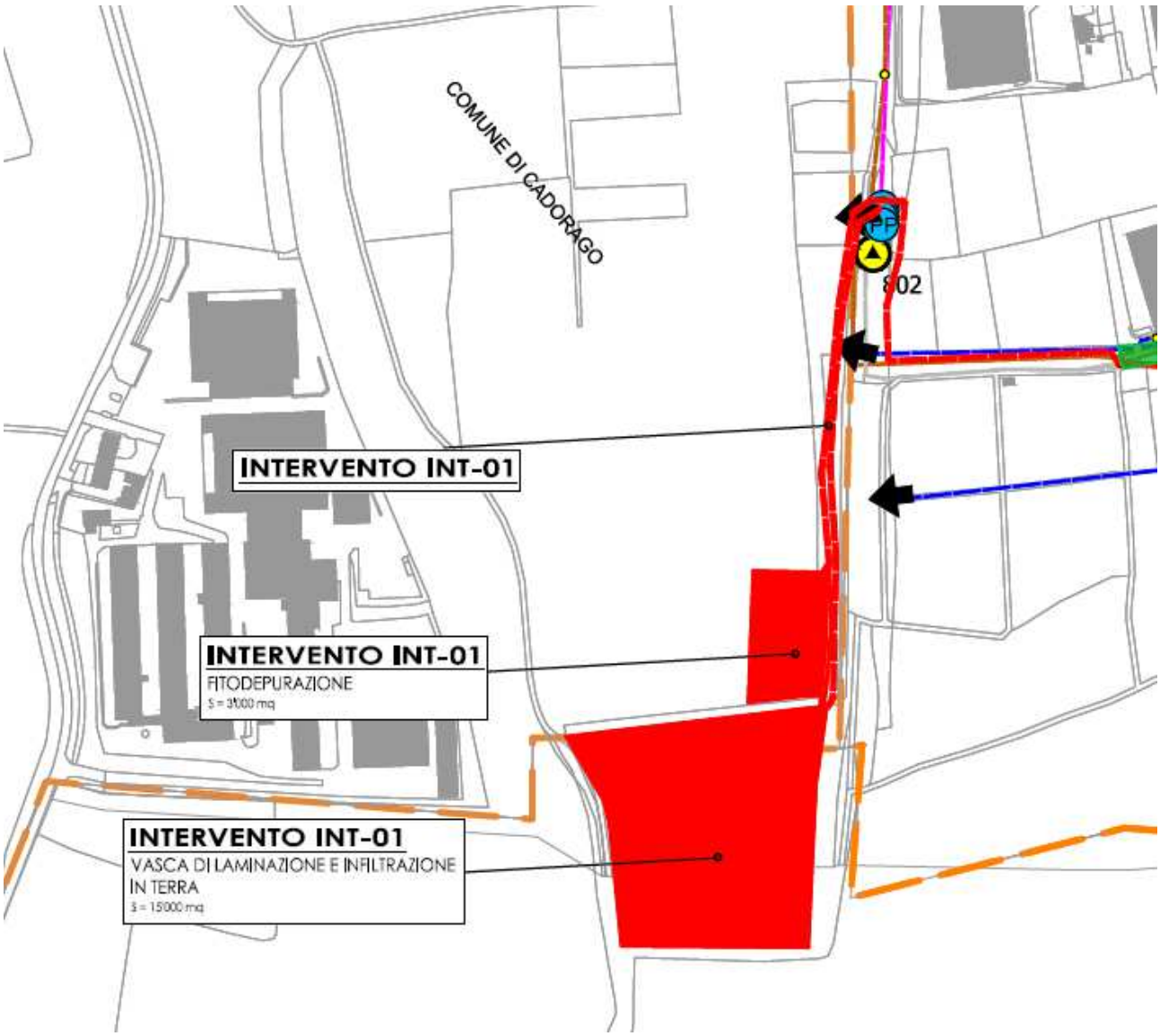


Figura 29 – Intervento INT-01

7.1.2 INT-02 – Vasca di laminazione in c.a. nel parcheggio di via per Bulgorello

Per risolvere le problematiche sulla statale dei Giovi in corrispondenza di via Pioda nel presente Studio si propone la realizzazione di una vasca di laminazione in c.a. completamente interrata di volume utile pari a 1'100 m³ al di sotto del parcheggio esistente in via per Bulgorello, di proprietà comunale. Durante la fase di cantiere verrà interessato solo parte del parcheggio mantenendo l'uso di buona parte degli stalli esistenti. A lavori conclusi il parcheggio tornerà completamente usufruibile. Nel profilo longitudinale riportato sotto è possibile vedere l'abbassamento della piezometrica ottenibile con l'intervento in oggetto.

Figura 30 – Intervento INT-02

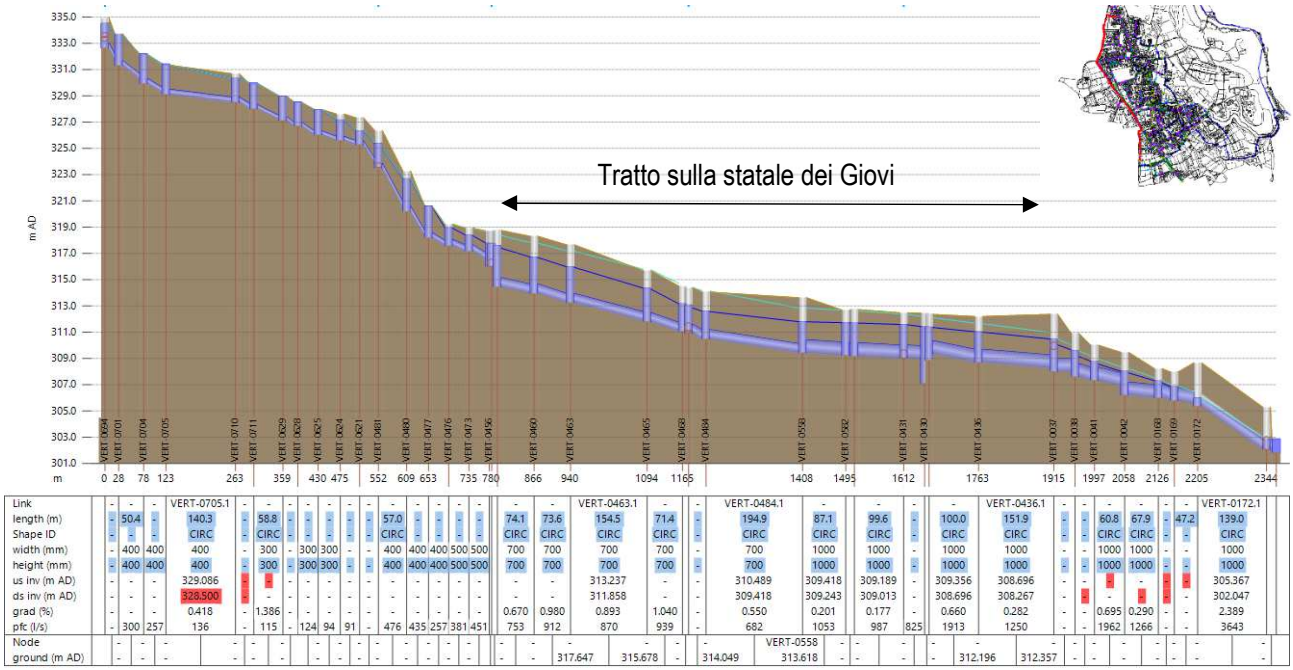


Figura 31 – Profilo longitudinale del tratto di rete meteoriche dal nodo 694 in via Salvo d'Acquisto fino allo scarico finale nei pozzi perdenti in corrispondenza della stazione di sollevamento Sant'Angelo con livelli idrici per T=10 anni di stato di fatto (colore azzurro) e di stato di progetto (colore blu)

Nel progetto Pioda 2.020 era previsto un bacino di raccolta e infiltrazione in terra di circa 3'200 m³ nell'area del Castello di Vertemate che in prima battuta sembrava potesse essere utile al fine di risolvere le problematiche sulla Statale dei Giovi. Da una analisi più dettagliata dal punto di vista idraulico ma anche dei vincoli esistenti, nel presente Studio si è deciso di non confermare il suddetto intervento per le seguenti due motivazioni:

- l'area in cui è previsto il bacino è classificata come "Giardino e verde urbano di interesse culturale e paesistico", in forza del vincolo definito dal Codice del Beni Culturali del Paesaggio (D. Lgs 42/2004);
- l'area risulta sopraelevata rispetto alla quota della Statale dei Giovi, per cui l'effetto di laminazione risulterebbe comunque contenuto rispetto alle reali esigenze di riduzione delle portate di valle.

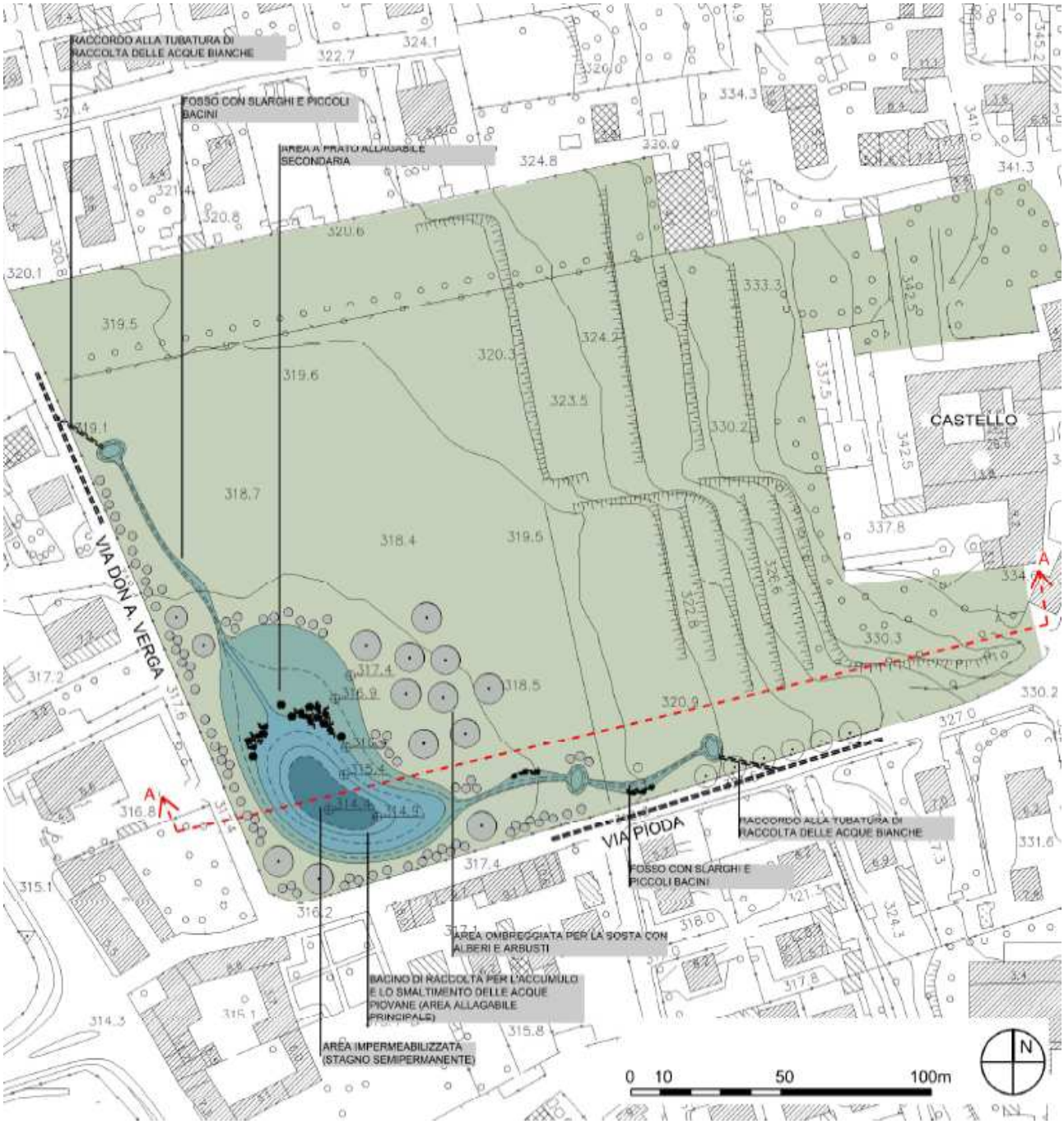


Figura 32 - Area di laminazione Castello di Vertemate - progetto Pioda 2.020

7.1.3 INT-03 - Potenziamento tratto di condotto in via Bisbino

Per risolvere le problematiche in via Bisbino nel presente Studio si propone in rifacimento di un tratto di condotto delle acque di sfioro di lunghezza pari a 39.5 m e diametro pari a 100 cm.

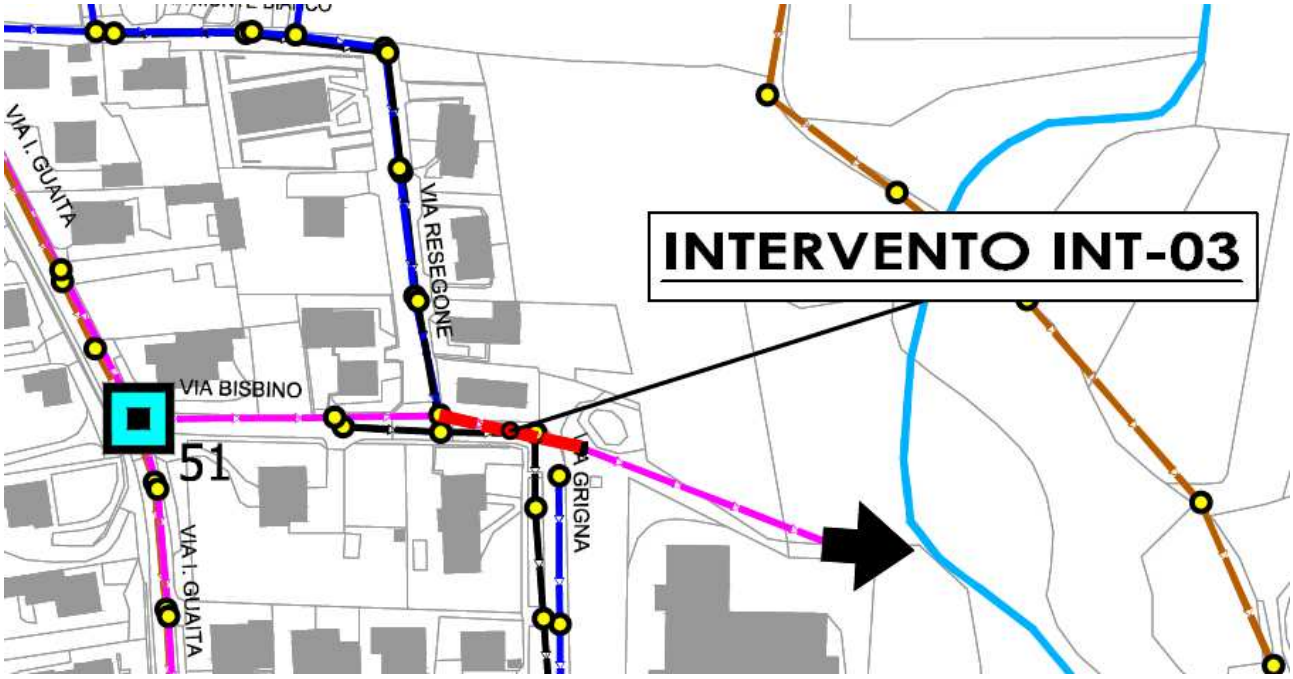
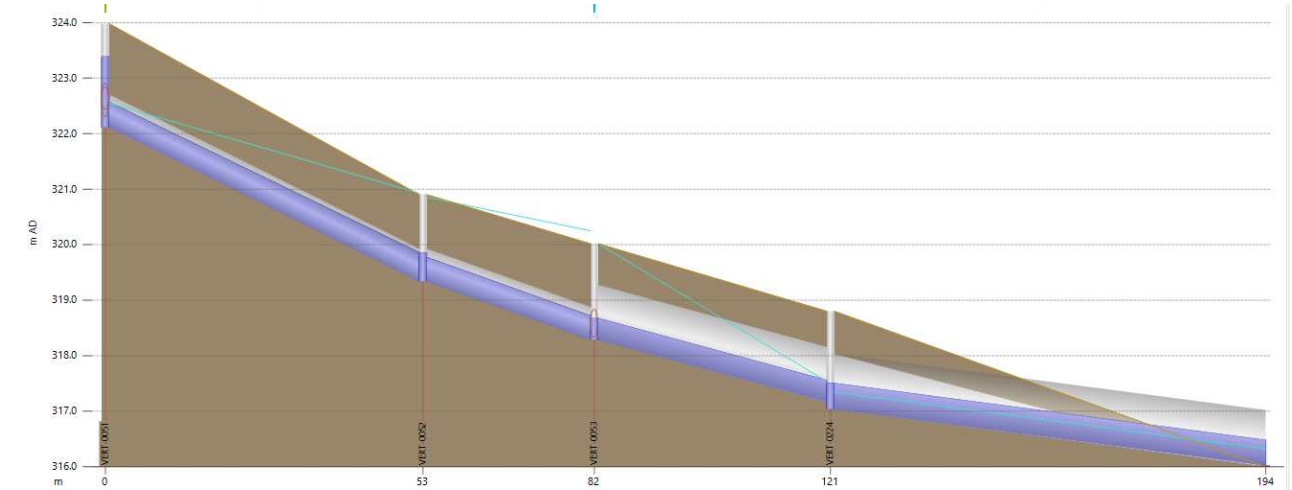


Figura 33 - Intervento INT-03



Link	VERT-0051.2	VERT-0052.1	VERT-0053.1	VERT-0224.1
length (m)	53.1	28.7	39.5	72.8
Shape ID	CIRC	CIRC	CIRC	CIRC
width (mm)	600	600	1000	1000
height (mm)	600	600	1000	1000
us inv (m AD)	322.110	319.340	318.286	317.041
ds inv (m AD)	319.340	318.286	317.171	316.018
grad (%)	5.212	3.674	2.822	1.404
pfc (l/s)	1403	1177	3960	2792

Node	VERT-0051	VERT-0052	VERT-0053	VERT-0224	rec-VERT-0225
ground (m AD)	323.980	320.900	320.016	318.801	316.000

Figura 34 - Profilo longitudinale di via Bisbino con livelli idrici T=10 anni rete di stato di fatto (colore azzurro) e di stato di progetto (colore blu)

7.1.4 Interventi di rain garden

Nel presente Studio sono stati confermati alcuni interventi di rain garden presenti nel progetto Pioda 2.020 volti ad accogliere e disperdere parte dei deflussi urbani con conseguente alleggerimento della rete a valle.

Gli interventi confermati sono semplici sistemazioni delle aiuole a verde esistenti per renderle idonee all'accoglimento delle acque provenienti dalla sede stradale o dai piazzali, connesse tramite la modifica delle cordonature e delle caditoie a bordo strada.

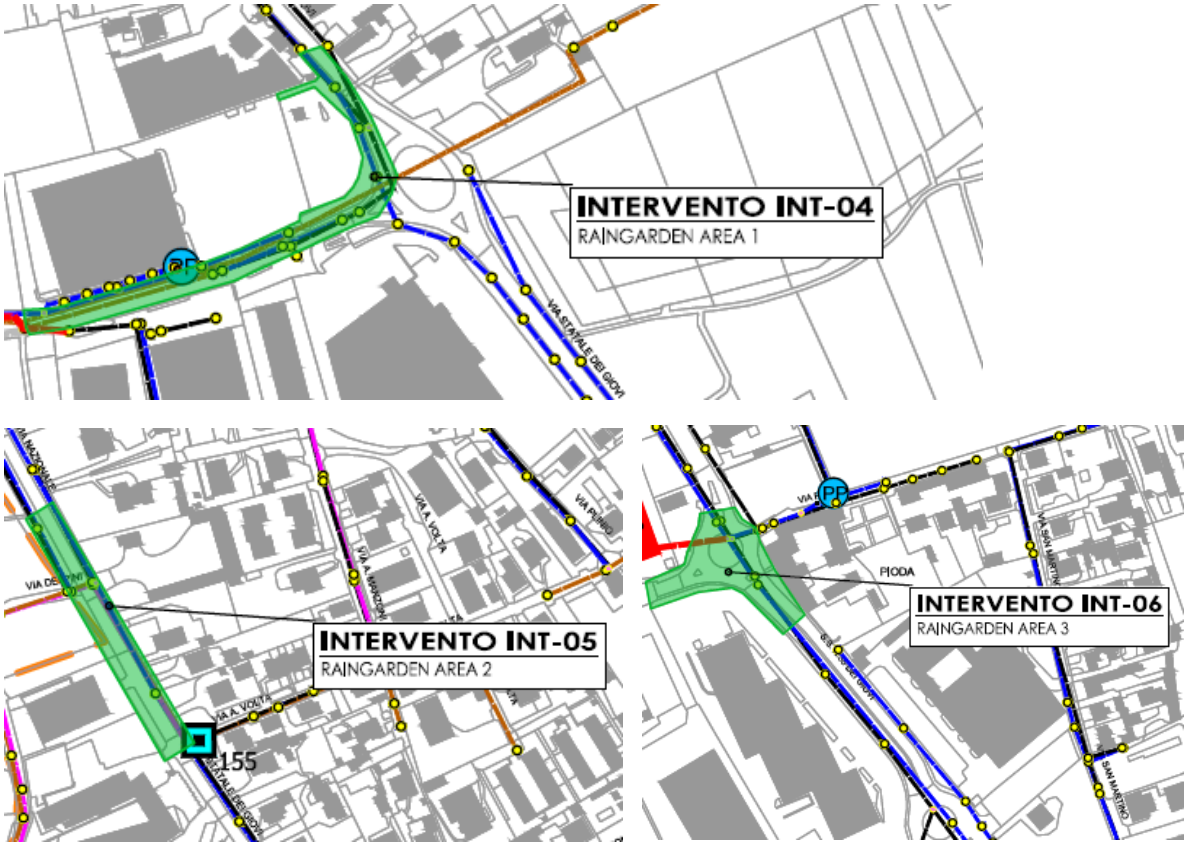


Figura 35 – Interventi di rain garden INT-04, INT-05 e INT-06

Si sottolinea che le superfici contornate non indicano le zone di intervento ma le aree di deflusso che possono essere convogliate nelle aiuole esistenti tramite i suddetti interventi.

Rispetto ai rain garden contenuti nel progetto Pioda 2.020 sono state fatte alcune modifiche:

- l'area 1 (INT-04 del presente Studio) è stata ridotta perché le acque meteoriche decadenti sui parcheggi e sulle aree del distributore di benzina non possono spagliare direttamente sul suolo ma devono essere preventivamente trattate;
- l'area 4 e l'area 5 non sono state inserite nel presente Studio perché insistono prettamente su aree private.

7.2 Interventi non strutturali

7.2.1 Campagna monitoraggio piogge-portate

Le attività di taratura del modello idrodinamico rivestono un ruolo fondamentale per la definizione dei parametri caratteristici di ogni sottobacino, attività di primaria importanza per l'analisi dello stato di fatto e la definizione degli interventi di

sistemazione. Di fatto, solo attraverso la conoscenza delle portate defluenti in determinate sezioni di chiusura in risposta ad eventi di pioggia reali registrati è possibile stimare, in modo sempre più preciso e puntuale all'aumentare del numero di punti di monitoraggio significativi, la risposta di un sistema fognario complesso come quello in oggetto.

È quindi fortemente raccomandata una campagna piogge-portate per verificare le ipotesi idrologiche effettuate in questa Studio, verificare gli scenari di pericolosità ma soprattutto appurare le caratteristiche delle opere strutturali proposte.

Prima di avviare l'iter progettuale del singolo intervento strutturale, si consiglia quindi di prevedere delle indagini di approfondimento che valutino le reali caratteristiche della rete a monte dell'intervento, la tipologia dei bacini scolanti e delle reti allacciate e di installare un punto di misura ad hoc, in modo da integrare il modello idraulico con le nuove informazioni disponibili e procedere con una rivalutazione delle caratteristiche dimensionali dell'intervento strutturale

7.2.2 Ispezione, monitoraggio e gestione dei manufatti

Per i manufatti particolari della rete fognaria si consiglia di effettuare le attività di verifica, monitoraggio (anche con sistemi di telecontrollo) e pulizia periodici.

7.2.3 Comunicazione del rischio ai cittadini e pratiche di autoprotezione

Un'importante misura non strutturale riguarda la comunicazione del rischio, delle procedure di emergenza già definite e delle misure di autoprotezione e prevenzione alla comunità interessate dagli allagamenti.

A tal fine possono essere organizzati specifici incontri di comunicazione e formazione alla cittadinanza, da parte di operatori specializzati e/o volontari. Gli incontri possono essere effettuati per gruppi omogenei di cittadini, che vivono le stesse situazioni di rischio o sono portatori di interessi analoghi (ad. es commercianti, residenti, industrie) e coinvolgendo le scuole.

Un aspetto di assoluto rilievo riguarda l'effettiva taratura degli incontri sul territorio specifico, informando sia su concetti generali ma soprattutto sulla reale situazione in essere nei comuni coinvolti. Gli strumenti informativi e di formazione di base da utilizzare possono essere audiovisivi e materiale divulgativo cartaceo messi a disposizione dalle istituzioni, quali ad esempio la Protezione Civile Nazionale o l'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (CNR – IRPI).

Un'utile iniziativa di informazione e formazione è quella collegata alla campagna di comunicazione nazionale "Io non rischio" sulle buone pratiche di protezione civile. Il punto di partenza della campagna è la presa di coscienza che l'esposizione individuale ai rischi a cui è soggetto il territorio italiano (terremoto, maremoto, alluvione, frane, etc…) può essere sensibilmente ridotta attraverso la conoscenza del problema, la consapevolezza delle possibili conseguenze e l'adozione di alcuni semplici accorgimenti. Io non rischio è anche lo slogan della campagna, il cappello sotto il quale ogni rischio viene illustrato e raccontato ai cittadini insieme alle buone pratiche per minimizzarne l'impatto su persone e cose.

Nel weekend dedicato alla campagna vengono allestiti degli stand informativi nelle piazze dei comuni interessati. I volontari distribuiscono i materiali informativi e rispondono alle domande dei cittadini sulle possibili azioni da fare per ridurre il rischio alluvione.

Figura 36 – Pieghevole della campagna nazionale "Io non rischio- buone pratiche di protezione civile: alluvione" http://iononrischio.protezionecivile.it/alluvione/materiali-informativi/

7.2.4 Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science

La direttiva 2007/60/CE ed anche la direttiva quadro sulle acque 2000/60/UE promuovo il coinvolgimento dei cittadini, necessario per garantire il successo della direttiva stessa, che dipende da una stretta collaborazione e da un'azione coerente a livello locale, della Comunità e degli Stati membri e dall'informazione, dalla consultazione e dalla partecipazione dell'opinione pubblica.

Per coinvolgere i cittadini, oltre alle iniziative di comunicazione descritte al paragrafo precedente, possono essere implementati progetti di Citizen Science applicati agli ambiti di interesse: riqualificazione fluviale, biodiversità, qualità delle acque e rischio idraulico.

Il termine Citizen Science (letteralmente, scienza dei cittadini) indica quel complesso di attività collegati ad una ricerca scientifica a cui partecipano semplici cittadini. È un modo per coinvolgere le comunità locali in attività che comportano una presa di coscienza ed un aumento della conoscenza e della competenza dei cittadini che vi partecipano ed al contempo consente a ricercatori ed istituzioni di ampliare i dati raccolti sulle variabili ambientali, da utilizzare per progetti di ricerca, ma anche per la pianificazione, progettazione e gestione delle emergenze.

L'aumentata conoscenza da parte dei cittadini consente anche scelte più consapevoli e partecipate e di innescare percorsi virtuosi di coinvolgimento, che nel contesto del presente progetto possono essere recepiti e valorizzati all'interno del Contratto di fiume (www.contrattidifiume.it).

L'ampia diffusione, anche tra i non addetti, di tecnologie e sensori utili per la raccolta dati (ad esempio tramite gli smartphone), rendono possibile attraverso iniziative di Citizen Science il coinvolgi-mento dei cittadini nella misurazione di grandezze legate ai fiumi, quali ad esempio i livelli idrici o anche le portate.

Nell'ambito delle misure dei livelli idrici si segnalano due progetti di Citizen Science, presentati all'European Geoscience Union 2017 e alla prima conferenza italiana sulla Citizen Science, tenutasi a Roma nel novembre 2017:

- **Crowd Water** (http://www.crowdwater.ch): progetto svizzero promosso dall'Università di Zurigo, per la misura relativa dei livelli tramite aste virtuali rispetto uno zero idrometrico fissato dagli utenti, tramite l'utilizzo di smartphone;
- **Cithyd** (Citizen Hydrology http://cithyd.com): progetto italiano promosso dalla società WISE, per la misura dei livelli tramite asta idrometrica fisica e l'utilizzo di smartphone.

Il progetto Crowd Water tramite l'App Spotteron, scaricabile gratuitamente sia per Android che per IOS, permette a volontari di inserire aste virtuali e quindi misure su qualsiasi fiume di interesse. All'interno della App è implementata anche la possibilità di indicare classi di umidità del suolo per aree di interesse.

L'immagine seguente mostra alcune schermate della App associata a Crowd Water, come si presenta su un comune smartphone.

Figura 37 - Alcune schermate del progetto Crowd Water [da www.crowdwater.ch]

Il progetto CITHYD (Citizen Hydrology) è sviluppato tramite una web-App, che riceve i dati di livello idrico misurati dai cittadini in sezioni fluviali dotate di asta idrometrica e di un cartello informativo, munito di codice QR, esegue delle semplici verifiche, memorizza i dati in un geodatabase e li pubblica per tutti (Open Data). L'applicazione è un utile strumento per il coinvolgimento delle persone nella raccolta dati in modo semplice e rapido ed anche per avvicinarle al fiume e al territorio perifluviale, per la fruizione, l'accrescimento dell'identità territoriale e la cura delle risorse idriche e dell'ambiente. Cithyd è

stata citata anche come esempio delle misure previste nel Progetto di sottobacino del Seveso nell'ambito dei Contratti di fiume.

L'immagine seguente mostra alcune schermate della web-App.

Figura 38- Alcune schermate della web App Cithyd [da www.cithyd.com]

7.2.5 Sistemi di monitoraggio ed allerte

Tra le misure non strutturali rivestono particolare importanza i sistemi di monitoraggio ed allerta, che consentono di conoscere il livello e/o la portata del corso d'acqua strumentato ed anche altri parametri ambientali (quali ad esempio temperatura, velocità e direzione del vento e precipitazione) in funzione dei sensori installati.

La conoscenza dei livelli del corso d'acqua permette infatti di attivare, in relazione al raggiungimento di alcune soglie prefissate (attenzione, preallerta, allerta), procedure di emergenza per la gestione di eventuali alluvioni e quindi per la riduzione del danno.

Per rendere ancora più efficace l'impiego dei dati misurati è inoltre possibile implementare e tarare specifici modelli previsionali di piena in tempo reale, in grado di prevedere un evento pericoloso con un tempo sufficiente per mettere in sicurezza persone e beni.

I sistemi di monitoraggio possono essere inoltre collegati a dispositivi in grado di attuare delle misure di protezione, ad esempio semafori o barriere a funzionamento automatico per impedire l'accesso ad aree soggette ad allagamenti.

7.2.6 Piani e studi di approfondimento

Tra le misure non strutturali previste nel PGRA del bacino del Po sono indicati approfondimenti e studi per migliorare la conoscenza della pericolosità e dell'efficacia degli interventi, tramite analisi idrologiche e idrauliche degli scenari di rischio residuale, verifiche di compatibilità di ponti, infrastrutture ed impianti e studi e azioni per prescrivere o promuovere il

principio dell'invarianza idraulica (e idrologica). Il presente documento costituisce pertanto già una prima misura non strutturale messa in atto.

7.2.7 Indicazioni e prescrizioni da inserire nel PGT o nel Regolamento Edilizio

In attuazione al RR 7/2017 occorre prevedere limiti di scarico delle acque regolamentando la gestione delle acque meteoriche indirizzandola verso soluzioni di drenaggio urbano sostenibile, volte a limitare il più possibile la raccolta e la circolazione in rete delle acque meteoriche e prediligendo, invece, il trattamento e lo smaltimento in loco.

Le previsioni regolamentari possono puntare sui seguenti aspetti:

− promozione e incentivazione dell'adozione delle misure di invarianza idrologica ed idraulica anche all'edificato esistente o a casistiche non attualmente previste dal RR 7/2017, prevedendo eventualmente anche limiti di adozione volontaria meno restrittivi;

− inserimento negli interventi urbanistici soggetti a convenzione pubblica di ulteriori volumi da destinare alla laminazione delle acque, con lo scopo di ridurre fabbisogni o criticità insistenti su aree limitrofe;

− prescrizioni o incentivazione dell'adozione di pavimentazioni semipermeabili per ampie casistiche, con accumulo delle acque ed eventuale infiltrazione in funzione del territorio, dell'utilizzo e delle condizioni idrogeologiche;

− adozione di accorgimenti costruttivi di "flood proofing" in funzione delle criticità idrauliche individuate, al fine di rendere più resilienti gli edifici esistenti o le nuove edificazioni al rischio allagamenti, tramite la progettazione specifica, ad esempio, dei seguenti elementi: quote delle soglie di ingresso, posizione ed orientamento degli accessi, conformazione delle aree a verde prediligendo depressioni con accumulo;

− adozione di elementi di drenaggio urbano sostenibile nella progettazione delle strade, dei parcheggi e dell'arredo urbano, quali trincee, fossi e bacini di bioritenzione e infiltrazione.

7.2.8 Difese temporanee

Oltre alle difese permanenti, volte a diminuire la probabilità di accadimento di un prefissato evento di piena è possibile mettere in atto anche difese di tipo temporaneo, per proteggere il territorio per eventi di piena più gravosi o per diminuire i danni che quell'evento può produrre sul territorio.

Le difese temporanee possono essere adottate, nelle varie tipologie disponibili, sia dai soggetti istituzionali, sia dai cittadini per la difesa delle proprie proprietà private.

Le difese temporanee possono essere indicativamente raggruppate nelle seguenti classi (secondo lo statunitense US Army Corps of Engineers. National Nonstructural/Flood Proofing Committee - NFPC):

- barriere temporanee;
- dispositivi di chiusura;
- valvole antiriflusso;
- sistemi di pompaggio.

Le barriere temporanee sono dispositivi da posizionare in previsione di eventi di piena per gestire l'eventuale allagamento

del territorio, si va dai classici sacchetti di sabbia, storicamente usati per questo scopo, a prodotti più tecnologici e recenti, quali barriere tubolari in materiale plastico, riem- pibili ad aria o ad acqua, o ancora a barriere metalliche provvisionali a montaggio manuale.

Nelle immagini seguenti sono mostrate alcuni modelli in commercio delle varie tipologie.

Figura 39 - Barriera temporanea antiesondazione in sacchi di sabbia

Figura 40 - Barriera temporanea in sacchi riempiti con materiale sintetico assorbente

Figura 41 - Barriera temporanea antiesondazione riempita ad aria

Figura 42 - Barriera temporanea antiesondazione riempita ad acqua

Figura 43 - Barriera temporanea antiesondazione autostabile modulare

Figura 44 - Barriera temporanea modulare con pilastri e panconi manuali in alluminio

I dispositivi di chiusura sono costituiti da paratoie e panconi a chiusura delle aperture nei muri o recinzioni, per evitare l'ingresso di acqua e sono solitamente utilizzate a protezione degli edifici. Possono essere dei cancelli a tenuta stagna, paratoie a sollevamento automatico o paratoie manuali, da montare in previsione di possibili allagamenti. In funzione dell'importanza dell'edificio o attività da proteggere, dell'evento temuto e dell'esistenza di vincoli di budget è possibile scegliere la tipologia più adatta. Nelle immagini seguenti sono mostrati alcuni dispositivi, sia manuali, che automatici.

Figura 45 - Paratoia di chiusura a scorrimento orizzontale per un cancello a tenuta idraulica

Figura 46 - Paratoie manuali a protezione di porte di ingresso

L'insufficienza della rete e l'impossibilità da parte del sistema fognario a scaricare le acque raccolte può far sì che le acque in eccesso nella rete fognaria possano trovare improprio sfogo nei terminali installati nelle abitazioni e quindi possano esserci allagamenti dovuti al rigurgito delle acque negli impianti.

Per evitare il verificarsi di tali situazioni e diminuire quindi il danno che le alluvioni possono produrre è consigliato installare dei dispositivi anti-riflusso tra le tubazioni private e la rete pubblica di raccolta delle acque. L'immagine seguente mostra il funzionamento del sistema antiriflusso, che impedisce alle acque della rete fognaria di risalire la tubazione di scarico.

Figura 47 - Funzionamento del sistema antiriflusso

7.2.9 Interventi sui sottopassi

Per i sottopassi si consiglia di:

- effettuare la verifica, il monitoraggio e la pulizia periodica del sistema di drenaggio;
- prevedere impianto semaforico collegato a sensori di livello.

Tra le situazioni più critiche che possono verificarsi durante un'alluvione rientrano gli allagamenti dei sottopassi di attraversamento, che troppo spesso divengono trappole in grado di catturare gli automobilisti e immobilizzare i veicoli mentre salgono velocemente i livelli idrici.

Una efficace misura non strutturale per la gestione di questi punti critici è data dall'installazione di semafori collegati a sensori, o anche attivabili da remoto, che possono quindi divenire rossi ed impedire l'accesso alle aree di maggiore criticità prima dell'instaurarsi di livelli idrici pericolosi. Un ulteriore strumento di informazione può essere rappresentato da pannelli a messaggio variabile, installabili in vari punti del comune, per avvisare i cittadini dei fenomeni in atto o previsti e dare eventuali istruzioni ed informazioni, quali ad esempio chiusure stradali e percorsi alternativi.

Figura 48 – Segnaletica e pannelli a messaggio variabile

7.2.10 Misure di protezione civile

Il Piano/Regolamento Comunale di Protezione Civile dovrà essere integrato con gli Elaborati del presente Studio, così da disporre di un ulteriore strumento di controllo predittivo delle aree potenzialmente critiche e poter prevedere procedure specifiche in funzione dell'allerta meteo, comprendenti:

- Individuazione dettagliata delle aree oggetto di esondazione, con indicazioni ai residenti delle suddette aree dei possibili accorgimenti atti a contenere l'esondazione ed evitare l'allagamento delle proprietà private e in particolare dei locali interrati (per esempio installazione di barriere temporanee);
- Fissare procedure di controllo e azioni che possano essere intraprese rapidamente per ottimizzare il sistema di raccolta e smaltimento delle acque, per renderlo ad ogni modo il più efficiente possibile (ad esempio verifica/pulizia tombotti/fossi di guardia stradali);
- Censire, presidiare e verificare con periodicità l'efficienza in loco dei recettori delle acque meteoriche (fossi di guardia, tombini, canalette per esempio);

- Prevedere sistemi di controllo specifico delle esondazioni tramite aste di misura o sistemi automatici, con la funzione di segnalare alla popolazione situazioni di rischio o che comunque possano inibire o ridurre la possibilità di interferenza delle esondazioni nelle zone più depresse nonché, ad esempio, per i sottopassi stradali;
- Attuare procedure di protezione civile quali, allerta della popolazione, presidio idraulico, installazione di barriere temporanee.

7.2.11 Ambiti di trasformazione e misure di invarianza

La valutazione della superficie impermeabile e quindi del volume di laminazione necessario per gli ambiti di trasformazione può essere in prima battuta, in modo semplificato, condotta prendendo a riferimento i limiti indicati all'art. 12 del Regolamento Regionale 7/2017 e dell'aggiornamento RR 8/2019, che prevede per le aree ad alta criticità idraulica, come il comune suddetto, il soddisfacimento del requisito minimo rappresentato da 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile moltiplicato per il coefficiente P indicato nell'allegato C. Tale valore è da adottarsi quale volume minimo anche nel caso in cui le metodologie di calcolo adottate, nel rispetto di quanto indicato dallo stesso regolamento, forniscano valori inferiori.

Si vuole qui sottolineare che gli ambiti di trasformazione potrebbero essere un'ottima opportunità per realizzare soluzioni locali di riduzione dell'afflusso meteorico della rete comunale. Si potrebbe infatti, in concomitanza della variante del PGT, introdurre delle regole per gli ambiti di trasformazione che prevedano delle opere di invarianza al servizio anche dei territori limitrofi.