



COMUNE DI MALNATE
(Prov. Varese)

STUDIO COMUNALE DI
GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

DICEMBRE 2023

Soggetto incaricato:

STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Parmigiani

Studi e progetti nel settore della geologia

Via R. Sanzio n. 3 - 21049 Tradate (VA)
Tel./Fax 0331/810710
E-Mail geologoparmigiani@gmail.com

I progettisti:

Dott. Geol. Marco Parmigiani



Con la collaborazione di:

ETATEC
STUDIO PAOLETTI
SOCIETA' DI INGEGNERIA



Via Bassini n. 23 - 20133 MILANO
Tel. 02/26681264 Fax 02/26681553
E-Mail: etatec@etatec.it

Dott. Ing. Cristina G. Passoni



STUDIO TECNICO ASSOCIATO
CARNEVALI GARBIN

Via O. Pajetta n. 9 - 21020 Taino (VA)
Tel./Fax .0331/957319
E-Mail carnevaligarbin@interfree.it

Dott. Ing. Giancarlo Garbin



TITOLO

Relazione generale e relazione idraulica

Revisioni	N°	Descrizione	Data
	1	Prima emissione	Dicembre 2023
	2		
Numero elaborato	COMMESSA Va1015	DOCUMENTO RI	TIPOLOGIA Rel
			NUMERO RI.01



COMUNE DI MALNATE (VA)

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

AGGIORNAMENTO 2023

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO AI SENSI DELL'ART. 14 DEL RR N. 7/2017 E S.M.I.

RELAZIONE IDRAULICA

Sommario:

1	PREMESSA E CARATTERISTICHE DEL DOCUMENTO	1
2	CONTENUTI DELLO STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO.....	3
3	MODALITÀ DI ANALISI E MODELLAZIONE DEL TERRITORIO PER LA DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO PREVISTE DAL RR 7/2017 E S.M.I.....	4
3.1	RICHIESTE E INDICAZIONI DELLA NORMATIVA.....	4
3.2	MODELLO COMPLETO ABBINATO 2D-1D IMPLEMENTATO	4
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE GENERALE, RETICOLO IDRICO, IDROGEOLOGIA E MORFOLOGIA DEL TERRITORIO	5
4.1	GEOMORFOLOGIA	5
4.2	RETICOLO IDROGRAFICO.....	5
4.3	STUDI DI BACINO E DELIMITAZIONE FASCE PAI-PGRA DEL FIUME OLONA E DEL TORRENTE LANZA.....	8
4.4	IDROGEOLOGIA.....	11
4.5	INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DI RISPETTO DELLE OPERE DI CAPTAZIONE	12
4.6	AREE INDICATE COME DI FREQUENTE ALLAGAMENTO	14
4.7	PUNTI CRITICI CONSIDERATI E MONITORATI NEL PIANO DI PROTEZIONE CIVILE.	17
5	STUDI E PROGETTI PRECEDENTI RIFERITI AL TERRITORIO COMUNALE DI MALNATE E AL SUO RISCHIO IDRAULICO	21
5.1	GENERALITÀ	21



5.2	IL TORRENTE FUGASCÈ	21
6	LA RETE DI DRENAGGIO URBANO DI MALNATE	26
7	DESCRIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO 2D-1D DI RAPPRESENTAZIONE DEL TERRITORIO PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO COMUNALE	33
7.1	GENERALITÀ	33
7.2	ASPETTI GENERALI	33
7.3	BASE TOPOGRAFICA DEL MODELLO BIDIMENSIONALE: DTM 1x1 E MODIFICHE INSERITE	34
7.4	MODELLAZIONE DELL'ASTA FLUVIALE: CARATTERISTICHE DEL MODELLO IMPLEMENTATO	36
7.5	RETE DI DRENAGGIO: VERIFICHE CONDOTTE E MODIFICHE INSERITE.....	37
7.6	PRECISAZIONI IN MERITO ALL'UTILIZZO COMBINATO DEL MODELLO FOGNARIO E DELLA RAPPRESENTAZIONE 2D DELLA SUPERFICIE	38
7.7	ANALISI IDROLOGICA	39
7.7.1	<i>Definizione delle curve di possibilità pluviometrica</i>	<i>39</i>
7.7.2	<i>Definizione delle piogge.....</i>	<i>40</i>
8	SIMULAZIONI CONDOTTE: CARATTERISTICHE DEL MODELLO IMPLEMENTATO.....	42
8.1	SCENARI E PRECISAZIONI	42
8.2	SCABREZZA	43
8.3	COEFFICIENTE DI AFFLUSSO DELLE SUPERFICI.....	44
8.4	CONDIZIONI AL CONTORNO.....	45
8.5	GRANDEZZE IDRAULICHE UTILIZZATE PER LA RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI	45
9	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI.....	47
9.1	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI INIZIALI PER L'INDIVIDUAZIONE DELL'ESTENSIONE DEL DOMINIO E DELLE DIREZIONI DI FLUSSO DEGLI IMPLUVI	47
9.2	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DELLA SITUAZIONE ATTUALE, CON SOLLECITAZIONE METEORICA DISTRIBUITA IN TUTTO IL DOMINIO, CON TEMPO DI RITORNO PARI A T=10 ANNI	49
9.3	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DELLA SITUAZIONE ATTUALE, CON SOLLECITAZIONE METEORICA DISTRIBUITA IN TUTTO IL DOMINIO, CON TEMPO DI RITORNO PARI A T=50 ANNI	52
9.1	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DELLA SITUAZIONE ATTUALE, CON SOLLECITAZIONE METEORICA DISTRIBUITA IN TUTTO IL DOMINIO, CON TEMPO DI RITORNO PARI A T=100 ANNI	53
9.2	INTERPRETAZIONE RISULTATI PER LA PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA E LA DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....	54
9.2.1	<i>Pericolosità e rischio idraulico</i>	<i>54</i>
9.2.2	<i>Esplicitazione dei risultati nelle Tavole di Piano</i>	<i>56</i>
10	DEFINIZIONE DEI POSSIBILI INTERVENTI: MISURE STRUTTURALI E NON STRUTTURALI	62
10.1	PREMESSE	62
10.2	CONSOLIDAMENTO DELLO STATO DI FATTO E MISURE D'INVARIANZA.....	63
10.3	INTERVENTI STRUTTURALI	65
10.3.1	<i>Premesse.....</i>	<i>65</i>
10.3.2	<i>Interventi lungo il torrente Fugascè.....</i>	<i>65</i>
10.3.2.1	<i>Problematiche principali.....</i>	<i>65</i>
10.3.2.2	<i>Soluzioni tecniche proposte: 1) riqualificazione e valorizzazione del tracciato originario del</i>	



COMUNE DI
MALNATE (VA)

Fugascè	65
10.3.2.3 Soluzioni tecniche proposte: 2) area di laminazione all'imbocco delle tombinature del Fugascè	66
10.3.3 <i>Interventi lungo lo scolmatore del torrente Fugascè</i>	67
10.3.3.1 Problematiche principali	67
10.3.3.2 Soluzioni tecniche proposte	67
10.3.4 <i>Interventi localizzati per l'accumulo delle acque di versante prima dell'ingresso in fognatura</i>	69
10.3.5 <i>Promozione di interventi di disconnessione delle reti meteoriche private e gestione interna con sistemi e opere d'invarianza idraulica e idrologica</i>	69
10.4 TIPOLOGIE D'INTERVENTO PREVEDIBILI PER L'APPLICAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA E LA GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO CONNESSO AGLI EVENTI PLUVIOMETRICI ANCHE MOLTO INTENSI	70
11 APPENDICE A: INFOWORKS ICM	75
11.1 A.1. PREMESSA	75
11.2 A.2. MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE	75
11.3 A.3. CALCOLO MONODIMENSIONALE	77
11.4 A.4. CONNESSIONE TRA MONODIMENSIONALE E BIDIMENSIONALE	80



Indice delle figure

Figura 1 – Aspetti idromorfologici, corsi d'acqua e località del territorio di Malnate.....	6
Figura 2 – Diga di laminazione sul F.Olona ai Molini di Gurone (fonte https://parcovoalleanza.mailchimpsites.com/diga).....	7
Figura 3 – Cartografia portare Regione Lombardia. Ortofoto con limiti PAI-PGRA, vincoli idrogeologici e fasce fluviali Olona e Lanza.....	10
Figura 4 - SCRI Stralcio della Tavola RI.07 Carta PAI PGRA integrata dagli esiti dello studio idraulico	11
Figura 5 - Carta idrostratigrafica del Gruppo 8 ed Estratto del modello 3D del Blocco “C – Varesotto”	12
Figura 6 – SCRI Stralcio della Tavola RI.08 Carta delle aree non adatte alla infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo	13
Figura 7 – Stralcio planimetrico del territorio con evidenziati i punti riferiti a segnalazioni di problematiche idrauliche di allagamento o deflussi anomali	15
Figura 8 – Confronto tra le segnalazioni di allagamento e i risultati della modellazione idraulica 1D-2D condotta (zone A, D, E).....	16
Figura 9 – Confronto tra le segnalazioni di allagamento e i risultati della modellazione idraulica 1D-2D condotta (zone B, C)	16
Figura 10 – Confronto tra le segnalazioni di allagamento e i risultati della modellazione idraulica 1D- 2D condotta (zone F, G).....	17
Figura 11 – Immagini dell'alveo del T. Fugascè nel tratto di monte	23
Figura 12 – Varietà del contesto urbano attraversato dal Fugascè	23
Figura 13 - Manufatti di sbocco del tratto tombinato in corrispondenza dei due rami, principale e secondario e tipologia di alveo a valle.....	24
Figura 14 – PFTE 2016, Stralcio della planimetria del tratto urbano con indicazione della soluzione progettuale proposta per la risoluzione delle problematiche idrauliche, ambientali e igienico-sanitarie del tratto tombinato del torrente Fugascè	25
Figura 15 – Rete fognaria di Malnate, planimetrie della rete fognaria stato di fatto e progetto alla data del 1989 (immagini fotografiche delle cartografie cartacee) Comune di Malnate	27
Figura 16 – Rete fognaria di Malnate, stralcio della planimetria di rilievo relativa alla zona centro di Malnate (anno 1989).....	27
Figura 17 – Rete fognaria di Malnate, rilievo 1989, esempi di monografie di rilievo delle camerette.....	28
Figura 18 – Schema della rete fognaria di Malnate (Fonte: Comune di Malnate, anno 2010)	28
Figura 19 – Immagini delle planimetrie dello scolmatore del Fugascè (planimetria del primo tratto di monte, piante e sezioni di alcune camerette e manufatti) 1/2	29
Figura 20 – Immagini delle planimetrie dello scolmatore del Fugascè (planimetria del primo tratto di monte, piante e sezioni di alcune camerette e manufatti) 2/2	30
Figura 21 – Rete di drenaggio di Gurone, stralci della documentazione del rilievo e dello studio della rete, con indicazioni progettuali all'anno 2018 (relazione e tavola)	31
Figura 22 – Rete di drenaggio di Gurone, stralci della documentazione del rilievo e dello studio della rete, con indicazioni progettuali all'anno 2018 (monografie rilievo camerette).....	32
Figura 23 – Stralci del modello 2D-1D con evidenziate le maglie di calcolo e le particolarità costituite dalle zone di livello di magliatura	35



Figura 24 – Tracciato dell'asta naturale del torrente Fugascè rappresentata nel modello accoppiato 1D-2D (a sinistra il modello su base DTM, a destra i risultati con evidenziati DTM e strade)	36
Figura 25 – Tratto fluviale del torrente Fugascè, immagine rappresentativa del tratto, simulazione con massimi allagamenti e velocità per T=100, su base fotografica satellitare, con evidenziazione di una delle sezioni fluviali relative al modello 1D che si accoppia e inserisce all'interno del 2D con cui effettua continui scambi.....	37
Figura 26 - Curve di possibilità pluviometrica utilizzate nelle simulazioni dello studio comunale di gestione del rischio idraulico di Malnate.....	40
Figura 27 - Ietogramma Chicago lordo corrispondente a T=100 anni su Malnate.....	41
Figura 28 – Planimetria con i risultati delle simulazioni iniziali condotte sulla base del solo DTM di superficie (senza ostacoli, edifici, muri e senza i tratti di tombinatura di Fugascè e scolmatore)	47
Figura 29 – Planimetria del DTM di base, con indicazione delle direzioni di flusso delle acque in arrivo dalle porzioni montane e di maggiore pendenza del bacino, verso le aree urbanizzate	48
Figura 30 – Stralcio della planimetria relativa ai risultati delle altezze d'acqua massime nelle maglie del bacino, per eventi distribuiti lordi pari a T=10 anni e coefficiente di afflusso = 0.7 su tutto il dominio di calcolo. Nella planimetria sono indicati in rosso i tracciati della tombinatura del torrente Fugascè e dello scolmatore.....	49
Figura 31 – Profili idraulici della tombinatura del Fugascè e dello scolmatore (i cui tracciati sono indicati in rosso nella precedente Figura 30), con riportate le altezze d'acqua massime nei nodi e il profilo di altezza massima nelle maglie sulla superficie corrispondente al tracciato, per eventi distribuiti lordi pari a T=10 anni e coefficiente di afflusso = 0.7 su tutto il dominio di calcolo	50
Figura 32 – Stralcio della tavola RI.02 relativa ai risultati delle simulazioni T=10 anni	51
Figura 33 – Stralcio della tavola RI.03 relativa ai risultati delle simulazioni T=50 anni	52
Figura 34 – Stralcio della tavola RI.04 relativa ai risultati delle simulazioni T=100 anni	53
Figura 35 – Diagramma di definizione della pericolosità idraulica normato da Regione Lombardia (rif. nell'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/2011)	54
Figura 36 – Malnate, zone a diversa pericolosità idraulica ai sensi delle Norme PAI-PGRA, per effetto della presenza del torrente Fugascè	55
Figura 37 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 7a_esiti dello studio idraulico (livelli). Stralcio della tavola.....	56
Figura 38 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 7b_esiti dello studio idraulico (azzonamenti). Stralcio della tavola (legenda nella seguente Figura 39)	57
Figura 39 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 7b_esiti dello studio idraulico (azzonamenti). Stralcio della legenda relativa alla tavola di cui alla Figura 38)	58
Figura 40 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 10_sintesi. Stralcio della tavola.....	59
Figura 41 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 12a_fattibilità. Stralcio della tavola (legenda in Figura 42).....	60
Figura 42 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 12b_fattibilità. Stralcio della legenda relativa alla tavola 12a (Figura 41)	61
Figura 43 – Indicazione delle aree di allagamento non edificate, da salvaguardare con i vincoli posti nelle Norme di Piano dell'aggiornamento del PGT.....	64



Figura 44 – Proposta d'intervento di realizzazione di un'area di laminazione e controllo delle piene a monte di Viale delle Vittorie	66
Figura 45 – Scolmatore Fugascè, caratterizzazione del territorio lungo il tracciato del collettore nella porzione naturale di monte, ove è possibile la realizzazione di aree di espansione e controllo delle portate e dei volumi in transito (sezione 1)	67
Figura 46 – Scolmatore Fugascè, caratterizzazione del territorio lungo il tracciato del collettore nella porzione naturale di monte, ove è possibile la realizzazione di aree di espansione e controllo delle portate e dei volumi in transito (sezione 2-3-4)	68
Figura 47 – Situazione di rischio idraulico in Via Col di Lana e proposte progettuali.....	69
Figura 48 – Interventi d'invarianza idraulica per la viabilità: aiuole e cunette.....	70
Figura 49 – Interventi d'invarianza idraulica per la viabilità: marciapiedi e fasce laterali	71
Figura 50 – Interventi d'invarianza idraulica in area urbana (ampi spazi da riqualificare).....	71
Figura 51 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (1).....	72
Figura 52 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (2).....	72
Figura 53 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (3).....	73
Figura 54 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (4).....	73
Figura 55 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (5).....	74
Figura 56 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali SUDS ITALIA (BOLOGNA)	74
Figura 57 – Rappresentazione dei risultati ottenuti tramite una modellazione 2D.....	76
Figura 58 – Rappresentazione planimetrica di simulazione idraulica di una rete.....	80
Figura 59 – Rappresentazione longitudinale di una dorsale con relativo grado di sovrappressione	80
Figura 60 – Esempio di rappresentazione planimetrica degli allagamenti in un modello combinato 2D-1D sollecitato da eventi meteorici intensi.....	81

Indice delle tabelle

Tabella 1 – Rischio idraulico. Punti critici monitorati dal Piano di Protezione Civile	17
Tabella 2 – Caratteristiche del modello di calcolo	34
Tabella 3 – Parametri delle CPP calcolate per le simulazioni condotte in Comune di Malnate	40



1 PREMESSA E CARATTERISTICHE DEL DOCUMENTO

Il presente documento costituisce la relazione tecnica dello Studio comunale di gestione del rischio idraulico relativo al territorio comunale di Malnate (VA), redatto in ottemperanza a quanto prescritto nel comma 7 dell'art. 14 del Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n.7 e s.m.i., recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio).

Relativamente ai Comuni, il Regolamento definisce (art. 1 comma 2, punto c) le modalità di integrazione:

- *tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito* di cui all'articolo 48, comma 2, lettera b), della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche);
- *tra le disposizioni dello stesso regolamento 7/2017 e la normativa in materia di scarichi* di cui all'articolo 52, comma 1, della stessa l.r. 26/2003, al fine del conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica, ai sensi degli articoli 8, comma 5, e 14.

In particolare **nell'Art. 14** (Modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito, al fine del conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica) vengono riportati **i nuovi obblighi cui il Comune deve ottemperare, relativamente allo studio della situazione di rischio idraulico presente nel proprio territorio e alla definizione delle modalità di controllo, gestione e possibilmente riduzione delle suddette condizioni di rischio**. I Comuni ricadenti nelle aree ad alta e media criticità idraulica, di cui all'articolo 7 del Regolamento, sono tenuti a redigere lo studio comunale di gestione del rischio idraulico di cui all'Art. 14 comma 7.

In particolare il comune di Malnate ricade in area a criticità Alta, richiedendo, pertanto, la redazione di uno specifico Studio comunale di gestione del rischio idraulico i cui risultati ed indicazioni devono essere recepiti nel PGT, in ordine a:

- A) la delimitazione delle aree soggette ad allagamento – di cui al comma 7, lettera a), numero 3 e numero 4 – da inserire nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT;
- B) la definizione delle misure strutturali e per il drenaggio delle acque meteoriche, – di cui al comma 7, lettera a), numeri 5, 6 e 6bis – da inserire nel piano dei servizi e nei piani di emergenza comunali.

Il presente studio comunale di gestione del rischio idraulico è sviluppato senza precedente documentazione, poiché non risulta che sia stato redatto il documento semplificato del rischio idraulico comunale, di cui al comma 8 dell'art. 14 del R.R. n.7/2017 e s.m.i.. Pertanto il presente studio contempla tutte le argomentazioni di Norma, comprese quelle che sarebbero state trattate nel documento semplificato.

Lo Studio fa riferimento allo stato attuale del territorio e dei corsi d'acqua di interesse. La modellazione è implementata con tutto il materiale disponibile, relativamente al



DTM per la componente superficiale, i rilievi, le geometrie dei tratti di corso d'acqua aperti e di quelli tombinati, lo stato delle sezioni e delle tombinature e delle scabrezze conseguenti. Si precisa che la rete di drenaggio era disponibile solamente in formato cartaceo, riferite ad un rilievo della fognatura non aggiornato e con informazioni parziali in merito alle caratteristiche geometriche delle tubazioni e dei manufatti di collegamento, pertanto sono potuti essere utilizzati e rappresentati nella modellazione solamente i tratti del Fugascè e del suo "scolmatore" verso il Quadronna, con le loro corrette caratteristiche plano-altimetriche, il cui rilievo topografico più recente conteneva anche informazioni più precise e utili per la rappresentazione nel modello.

Nella presente relazione sono descritte le indagini idrauliche, le modellazioni e i risultati, le valutazioni tecniche e ciò che ha consentito di compiere i dovuti approfondimenti ed esprimere i risultati che sono stati utilizzati come aggiornamento delle Tavole della componente geologica e nelle Norme geologiche di Piano del nuovo PGT in fase di approvazione dal Comune di Malnate, conformemente a quanto previsto nel comma 5 dell'Art. 14 del RR n.7/2017 e s.m.i. già citato.

Conformemente a quanto previsto dal comma 5bis dell'Art. 14 del RR n.7/2017 e s.m.i., lo studio comunale di gestione del rischio idraulico dovrà essere aggiornato ogniqualvolta il quadro di riferimento assunto subisca una modifica a seguito di aggiornamenti conoscitivi, eventi naturali o interventi antropici.

Potrà, per esempio, essere opportuna una verifica delle condizioni di deflusso superficiale in relazione all'implementazione del modello della fognatura, previsto da Alfa a seguito dei rilievi di dettaglio e di monitoraggio del 2024-25.



2 CONTENUTI DELLO STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Sulla base delle conoscenze attuali, degli approfondimenti, del materiale disponibile, nel presente Studio comunale di gestione del rischio si è proceduto, come richiesto dal RR 7/2017 e s.m.i., con le seguenti azioni:

- analisi critica delle risultanze e delle informazioni contenute nel documento semplificato del rischio idraulico comunale;
- analisi critica delle informazioni contenute nella documentazione relativa alla fognatura, fornita dal Comune di Malnate;
- analisi critica delle risultante e delle informazioni contenute nella relazione idrologico idraulica e della modellazione condotta per la redazione dell'aggiornamento del PGT attualmente adottato;
- definizione degli eventi meteorici di riferimento per tempi di ritorno di 10, 50, 100 e 500 anni, sulla scorta dei dati di pioggia reperibili presso ARPA Lombardia;
- definizione delle condizioni al contorno, di sollecitazione e del funzionamento idraulico del sistema riferito al torrente Fugascè, quale principale corso d'acqua che attraversa la porzione centrale urbanizzata del territorio comunale;
- reperimento delle informazioni e analisi critica delle condizioni di criticità idraulica delle aree di pertinenza fluviale del fiume Olona e dei torrenti Lanza e Quadronna, sulla base degli studi di bacino e delle modellazioni e vincoli già disponibili condotte da AIPO e Regione Lombardia;
- individuazione dei punti di scarico e dei ricettori che possono ricevere e smaltire le acque di drenaggio e di dilavamento, tra cui certamente i corsi d'acqua, la rete fognaria cittadina comunale e consortile, gli impluvi naturali, le dispersioni nel sottosuolo tramite pozzi perdenti;
- implementazione di un modello fisicamente basato, combinato bidimensionale (2D) per la superficie e monodimensionale (1D) per le reti di drenaggio e per i corsi d'acqua, per la ricostruzione il più possibile dettagliata del funzionamento del territorio soggetto agli eventi meteorici di riferimento, la definizione della pericolosità idraulica delle aree e l'implementazione dei possibili interventi strutturali atti alla mitigazione e gestione del rischio idraulico comunale;
- delimitazione delle aree soggette ad allagamento (in termini di altezza e velocità di deflusso delle acque) per i diversi tempi di ritorno degli eventi meteorici, per effetto della conformazione morfologica del territorio, dell'uso del suolo e delle possibilità di drenaggio e scarico;
- definizione, in accordo e sinergia con il Comune, dei possibili ulteriori interventi e conseguenti vincoli da inserire del PGT e nella programmazione comunale, oltre a quelli già presenti e considerati nelle simulazioni di progetto.

Le analisi e le risultanze di cui sopra sono descritte nel seguito del presente studio e nelle tavole allegate.



3 MODALITÀ DI ANALISI E MODELLAZIONE DEL TERRITORIO PER LA DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO PREVISTE DAL RR 7/2017 E S.M.I.

3.1 Richieste e indicazioni della Normativa

Il comma 7 lettera a) del RR n.7/2017 e s.m.i. indica i contenuti che deve avere lo studio comunale di gestione del rischio idraulico.

In particolare, il punto 3. della lettera citata indica che lo studio comunale:

3.1. 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 [...];

3.2. si basa sul Database Topografico Comunale (DBT) e, se disponibile all'interno del territorio comunale, sul rilievo Lidar [...];

3.3. 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;

3.4. valuta la capacità di smaltimento dei reticoli ricettori [...] diversi dalla rete fognaria, utilizzando studi o rilievi di dettaglio degli stessi, qualora disponibili, o attraverso valutazioni di massima;

3.5. individua le aree in cui si accumulano le acque, provocando quindi allagamenti.

3.2 Modello completo abbinato 2D-1D implementato

Per l'assolvimento degli obblighi e il raggiungimento degli obiettivi della Norma citata, il presente studio è stato condotto realizzando un modello numerico di simulazione bidimensionale (2D) in superficie e monodimensionale (1D) delle reti fognarie e dei ricettori, tale da riprodurre il funzionamento del sistema di raccolta e gestione delle acque, definendo le aree soggette ad allagamento in termini di altezza e velocità delle acque, quindi fornendo precise indicazioni in termini di pericolosità, nelle diverse condizioni di sollecitazione costituite dagli eventi meteorici con i tempi di ritorno prescritti dalla Norma e i corrispondenti valori di portate immesse nel sistema attraverso i corsi d'acqua in arrivo dall'esterno del territorio comunale.

Le diverse porzioni del modello implementato sono descritte nel seguito della presente relazione.



4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE GENERALE, RETICOLO IDRICO, IDROGEOLOGIA E MORFOLOGIA DEL TERRITORIO

4.1 Geomorfologia

Il territorio comunale di Malnate, situato a Sud Est della città di Varese, si posiziona in un contesto morfologico di raccordo tra i primi rilievi prealpini e la pianura lombarda.

Per questo motivo le caratteristiche morfologiche dell'intera zona sono condizionate dalla sovrapposizione di due contesti relativamente diversi.

La maggior parte del territorio è caratterizzata da una morfologia tipicamente glaciale con la presenza di cordoni morenici, terrazzi e piane fluvioglaciali. Tale morfologia conferisce all'area nella quale si è sviluppato l'abitato di Malnate un aspetto variamente ondulato e con declivi relativamente dolci.

Nelle zone orientali del comune, invece, si esplicano i caratteri prealpini con la presenza di substrato roccioso affiorante o subaffiorante a causa dell'esigua copertura dei depositi glaciali. Si hanno in questo caso morfologie relativamente più collinari in cui spicca il Monte Morone come unico rilievo di una certa importanza di tutta l'area

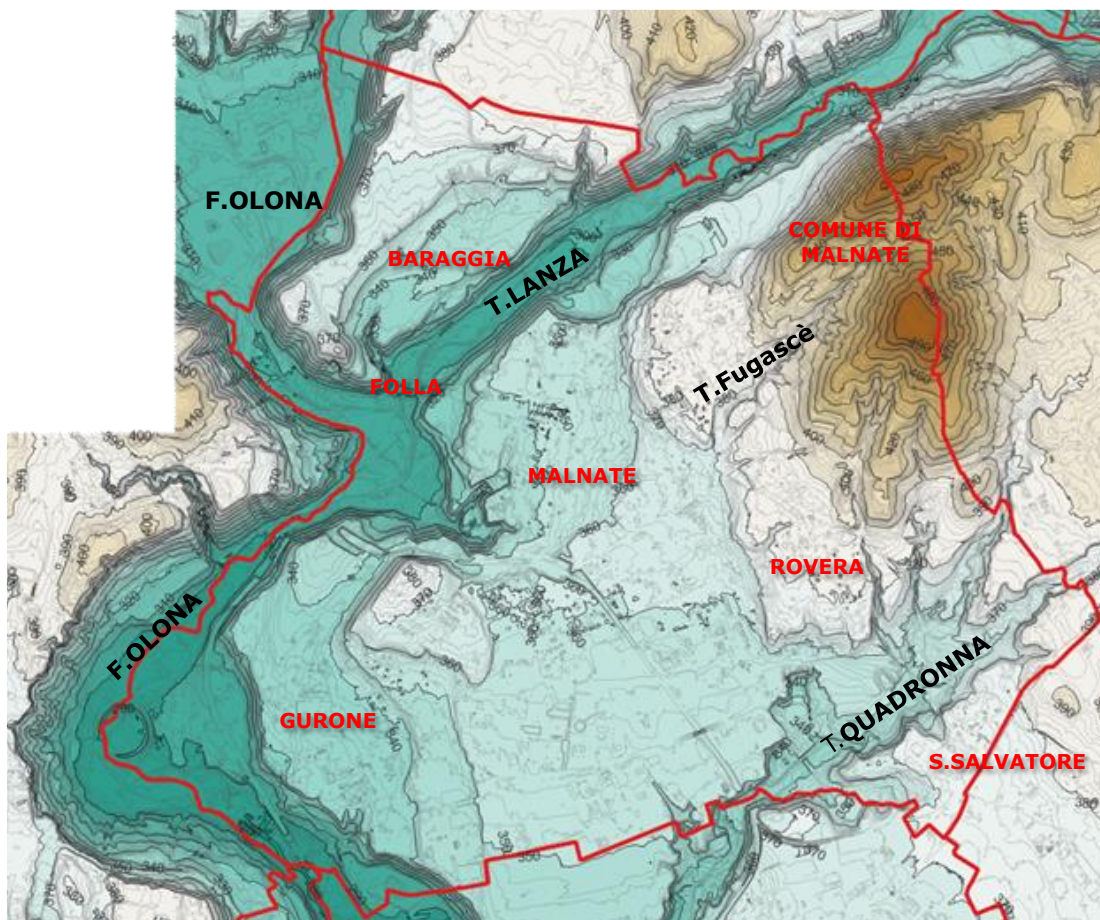
4.2 Reticolo idrografico

Dal punto di vista idrografico, l'area presenta alcuni corsi d'acqua importanti con alveo ben sviluppato: il Fiume Olona, ad andamento prevalentemente N – S; il torrente Lanza (anche denominato rio Ranza); il Torrente Quadronna nella porzione meridionale del territorio; il Torrente Fugascè. Ad esclusione del fiume Olona, gli altri corsi d'acqua hanno andamento NE – SW (Figura 1).

Il F. Olona e il Rio Lanza seguono rispettivamente i confini occidentale e settentrionale del territorio comunale.

Questi corsi d'acqua (Olona, Lanza e Quadronna) hanno inciso abbastanza profondamente il territorio e i loro versanti sono, per questo motivo, delimitati da vere e proprie scarpate, talvolta formate in roccia in quanto l'erosione è giunta sino al substrato.

Figura 1 – Aspetti idromorfologici, corsi d'acqua e località del territorio di Malnate



In particolare, il **Fiume Olona** è un corso d'acqua naturale di importanza regionale e costituisce l'elemento idrografico più importante presente sul territorio comunale di Malnate, scorrendo lungo tutto il confine con Varese per circa 4 km.

Il F. Olona ha origine alle pendici del Monte Legnone, a Nord di Varese, ad una quota di circa 1000 m s.l.m. e, dopo un tragitto di circa 60 km, entra nell'abitato di Milano da cui esce con il nome di Lambro Meridionale.

Il bacino dell'Alto Olona, compreso dalla sorgente fino al limite urbano di Milano, ha una superficie complessiva di circa 911 km² ed è ubicato per la quasi totalità (902 km²) in territorio italiano e per il rimanente in territorio svizzero.

Il bacino imbrifero dell'Olona è suddivisibile in due distinte zone: una prima montana (corrispondente a circa l'11% del totale), dal limite superiore del bacino fino a Ponte Gurone e una seconda più pianeggiante, da Ponte Gurone alla città di Milano.

La parte montana ha forma a Y, con il ramo occidentale costituito dal bacino dell'Olona vero e proprio e il ramo orientale costituito dai bacini del Torrente Bevera, del Torrente Clivio e del Rio Ranza, affluenti dell'Olona.

La valle dell'Olona rimane sempre abbastanza incassata e di dimensioni limitate, ancorchè in essa si sono susseguite nel tempo numerose attività industriali e insediamenti periurbani, industriali e commerciali. Le valutazioni idrauliche PAI-PGRA

hanno evidenziato la diffusa presenza di aree allagabili con elevata pericolosità idraulica e corrispondentemente elevato rischio, proprio per la presenza degli insediamenti suddetti.

In corrispondenza del confine comunale Sud di Malnate, in località Ponte Gurone, dove la valle risulta più ampia, è stata realizzata negli anni 2000 una diga di laminazione che rappresenta un importante presidio idraulico (in funzione dal 2009) e che ha necessariamente determinato la modifica permanente della valle, con la costruzione di una particolare arginatura circolare a presidio della zona dei Mulini di Gurone.

Figura 2 – Diga di laminazione sul F.Olona ai Molini di Gurone
(fonte <https://parcovoallelanza.mailchimpsites.com/diga>)

“Opere di riduzione dei colmi del fiume Olona – Malnate”



A valle di Ponte Gurone l'area di pertinenza fluviale del fiume Olona diventa di forma molto stretta e allungata in direzione nord-sud.

Oltre ai già citati T. Bevera e T.Lanza in sponda sinistra, l'Olona riceve, sul confine comunale a Nord con il Comune di Varese, il T. Vellone in sponda destra e, più a sud, e tutto all'interno del territorio comunale di Malnate, il T. Fugascè in sponda sinistra. Ancora più a valle confluisce in Olona anche il torrente Quadronna.

Il torrente Lanza (o **Rio Lanza** fa parte dell'asta fluviale più lunga del bacino dell'Olona, che ha origine in Svizzera. Come già accennato, esso è un affluente sinistro del Fiume Olona, nasce in Valle Porina, in Canton Ticino sulle pendici meridionali del Monte San Giorgio (1.093 m s.l.m.) e sbocca nell'Olona nel territorio di Malnate, attraversando più volte il confine di stato.

Il torrente Lanza, che complessivamente è lungo circa 22 km, scorre inizialmente con direzione nord – sud, per poi deviare verso sud – ovest verso il confine italiano con il nome di Rio Gaggiolo. In territorio italiano il corso d'acqua scorre sempre verso sud – ovest fra gli abitati di Clivio e Gaggiolo, con il nome di Torrente Clivio. Da qui piega a est, di nuovo in territorio svizzero, per poi rientrare in Italia ad ovest del comune di Bizzarone. A valle del confine il corso d'acqua riprende a defluire in una valle piuttosto incassata con direzione Nord–Est / Sud–Ovest, per poi confluire nell'Olona in loc. Folla a Malnate.



Il T. Fugascè e il T. Quadronna nascono entrambi dalle pendici del Monte Morone. Si caratterizzano per il loro carattere torrentizio e la continua evoluzione geomorfologica, per lo sviluppo di fenomeni di erosione accelerata delle sponde, per l'approfondimento dell'alveo e il trasporto solido soprattutto in occasione delle piene legate a precipitazioni meteoriche di elevata intensità. La principale differenza, invece, consiste nel fatto che il torrente Fugascè attraversa totalmente il centro abitato di Malnate, mentre il torrente Quadronna risulta avere un percorso in territorio sostanzialmente naturale.

Il **T. Fugascè** si origina in territorio di Malnate, tra il Monte Morone e il Monte Casnione e si dirige verso il centro abitato di Malnate, con decorso in direzione N-E verso S-O.

All'altezza di Via Podgora in loc. Rovera, viene interrotto bruscamente l'alveo naturale aperto del Fugascè che, a valle di un manufatto di trattenuta del trasporto solido e flottante, viene intubato in una tubazione di diametro ridotto (circolare DN80cm, poi ovoidale 80-120) e scorre in sotterraneo per tutto il tratto in corrispondenza del centro abitato, fino a Via Matteotti – Via Cairoli. Lungo il suo tracciato riceve gli scarichi delle portate nere e miste, essendo divenuto nel tempo parte del reticolo fognario.

Il torrente ritorna a cielo aperto in corrispondenza di una stretta valle dove riceve in sponda destra il cosiddetto T. Vassena, per poi immettersi nell'Oloni in loc. Le Gere. A monte della sezione di ritorno a cielo aperto è presente un manufatto scolmatore di intercettazione delle portate nere e miste, con recapito in specifica tubazione che scorre parallela lungo il tratto finale della valle.

Il **T. Quadronna** si origina dal versante orientale del M. Morone, in territorio di Cagno (CO). Entra in territorio di Malnate nel settore sud – orientale, tra Malnate e loc. San Salvatore, si dirige verso Vedano Olona seguendo un decorso Nord-Est / Sud-Ovest, per poi confluire nell'Oloni presso il confine tra Vedano e Castiglione Olona.

In territorio di Malnate il T. Quadronna riceve diversi immissari in sponda idrografica sinistra e destra, creando un fitto reticolato dendritico di vallette piuttosto incise nei terreni glaciali; si osservano fenomeni di erosione accelerata del fondo, scalzamento al piede dei versanti con conseguente dissesto che interessa le pareti degli impluvi e trasporto di materiale verso valle.

4.3 Studi di bacino e delimitazione fasce PAI-PGRA del fiume Olona e del torrente Lanza

Negli anni 2002÷2003 è stato redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po lo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona" che aveva definito le condizioni di sicurezza idraulica, nonché le criticità esistenti lungo l'intero sviluppo del fiume Olona, con la successiva individuazione, a livello di massima, degli interventi ritenuti necessari per l'adeguamento idraulico e la riqualificazione dell'intero corso d'acqua, dalla sorgente fino all'ingresso nel tratto tombinato nel comune di Pero (compatibilmente con le corrispondenti limitazioni dimensionali).



In generale, lo Studio ha determinato, oltre ad alcuni interventi di eventuale adeguamento dei presidi idraulici nei tratti urbani, numerosi interventi di laminazione in parte realizzati, finalizzati alla significativa diminuzione delle portate e dei volumi in arrivo ai tratti più critici urbanizzati.

Lo studio citato ha consentito la definizione delle fasce fluviali PAI – nei Comuni che le hanno recepite – ed è stato utilizzato come base per le attuali delimitazioni delle aree allagabili del PGRA riportate nelle tavole di piano.

Lo studio in argomento, per come concepito e per come allora richiesto dalle Norme, definisce le condizioni idrodinamiche dell'alveo soggetto a piene con diversa gravità e i corrispondenti effetti di allagamento (eventualmente) indotti dal corso d'acqua sulle aree limitrofe. Per le diverse condizioni di portata sono state considerate le condizioni "attuali" e quelle di progetto, in relazione alle situazioni dell'alveo, delle sponde e di realizzazione degli interventi previsti nel bacino del fiume Olona a monte del tratto d'interesse, sulla base di rilievi e sezioni di alveo allargate alle aree esterne, definite in corrispondenza dei ponti e dei punti singolari, lungo tutto il tracciato del fiume Olona.

Nuove analisi si sono succedute, che hanno consentito un significativo miglioramento nella definizione geometrica dell'alveo e delle sponde. Tali analisi sono ancora in corso per il fiume Olona e per il Lanza. Alla data di redazione del presente studio e dell'aggiornamento del PGT, sono state considerate le fasce PAI-PGRA ufficiali disponibili sul portale cartografico di Regione Lombardia (vedi stralcio cartografico nell'immagine di Figura 3) e che hanno consentito la redazione delle tavole di PGT e della tavola RI.07 *Carta PAI PGRA integrata dagli esiti dello studio idraulico*, di cui si riporta uno stralcio nella Figura 4.



COMUNE DI
MALNATE (VA)

Figura 3 – Cartografia portare Regione Lombardia. Ortofoto con limiti PAI-PGRA, vincoli idrogeologici e fasce fluviali Olona e Lanza



Direttiva Alluvioni 2007/60/CE - Revisione 2020 - Pericolosità

Pericolosità RP scenario poco frequente - M



Pericolosità RSCM scenario poco frequente - M



Pericolosità RSP scenario poco frequente - M



Pericolosità ACL scenario poco frequente - M



Pericolosità RP scenario raro - L



Pericolosità RSCM scenario raro - L



Pericolosità ACL scenario raro - L



Aree soggette a valutazioni di dettaglio pericolosità e rischio



PAI Vigente

Dissesti lineari

ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ee)/Modifiche e integrazioni

ESONDAZIONI: Area a pericolosità elevata non perimetrata (Eb)/Modifiche e integrazioni

ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata non perimetrata (Em)/Modifiche e integrazioni

VALANGHE: Area a pericolosità molto elevata o elevata non perimetrata (Va)/Modifiche e integrazioni

VALANGHE: Area a pericolosità media o modesta non perimetrata (Vm)/Modifiche e integrazioni

Non valutato

Dissesti poligonali

FRANE: Area di frana attiva (Fa)/Modifiche e integrazioni

FRANE: Area di frana quiescente (Fq)/Modifiche e integrazioni

FRANE: Area di frana stabilizzata (Fs)/Modifiche e integrazioni

ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ee)/Modifiche e integrazioni

ESONDAZIONI: Area a pericolosità elevata (Eb)/Modifiche e integrazioni

ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (Em)/Modifiche e integrazioni

CONOIDI: Area di conoide attivo non protetta (Ca)/Modifiche e integrazioni

CONOIDI: Area di conoide attivo parzialmente protetta (Cp)/Modifiche e integrazioni

CONOIDI: Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn)/Modifiche e integrazioni

VALANGHE: Area a pericolosità molto elevata o elevata (Va)/Modifiche e integrazioni

VALANGHE: Area a pericolosità media o modesta (Vm)/Modifiche e integrazioni

Non valutato

Limite Fascia A



Limite Fascia B



Limite Fascia B di progetto



Limite Fascia C

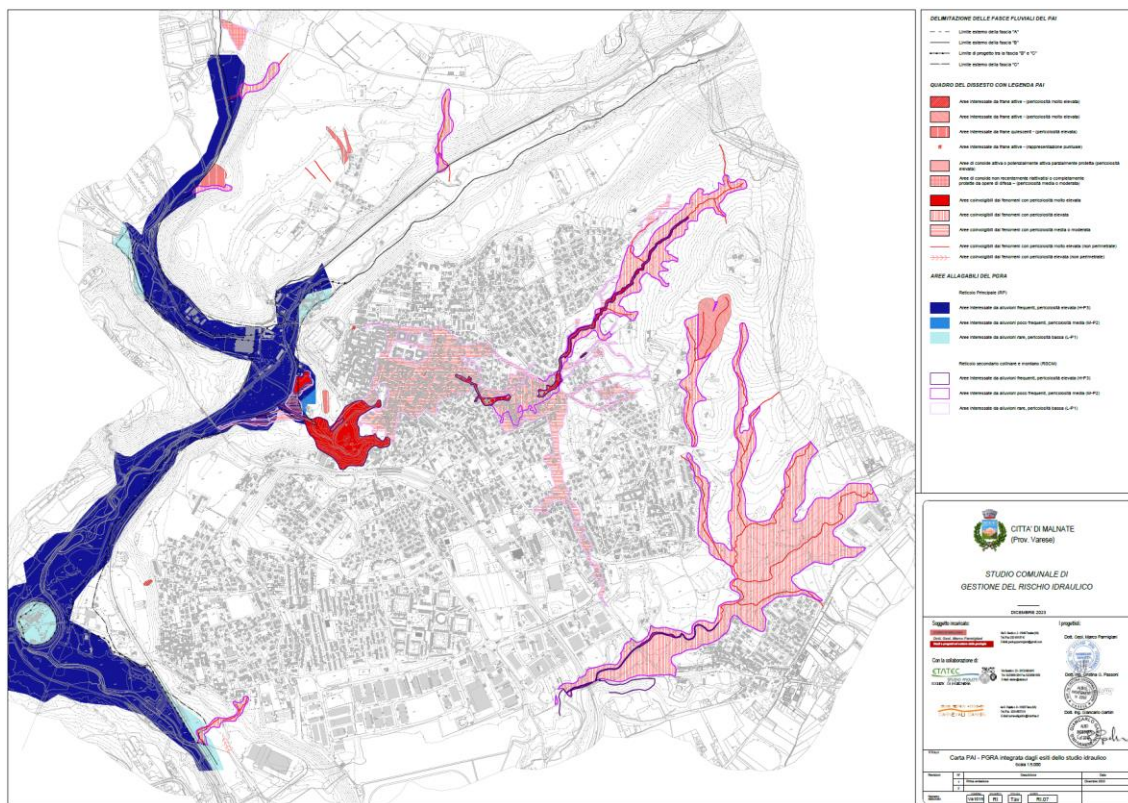


Aree Allagabili tergo B di progetto





Figura 4 - SCRI Stralcio della Tavola RI.07 Carta PAI PGRA integrata dagli esiti dello studio idraulico



Si precisa che nell'ambito del presente studio non sono stati condotti approfondimenti in merito al rischio idraulico delle aree di pertinenza fluviali di Olona e Lanza, date le particolarità dei due corsi d'acqua e il loro carattere di competenza regionale, essendo anche in corso aggiornamenti a carattere di bacino, con modellazione complessa estesa a tutto il territorio e bacino fluviale a monte e a valle di Malnate.

Allo stesso modo non ci si è occupati del bacino naturale del Quadronna, già sottoposto a vincolo e totalmente esterno alle aree urbane cui si riferisce lo studio comunale.

4.4 Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico, il territorio comunale di Malnate ricade nel gruppo idrostratigrafico denominato "Clastici della Gonfolite comasca" secondo la classificazione utilizzata nello studio *"Caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei compresi nelle porzioni collinari e montane ai fini della tutela e gestione delle risorse idriche sotterranee"*¹.

Il Gruppo comprende il sistema acquifero "FTP4", corrispondente al cuneo clastico della Gonfolite Lombarda, limitato alla base dalle Marne di Chiasso

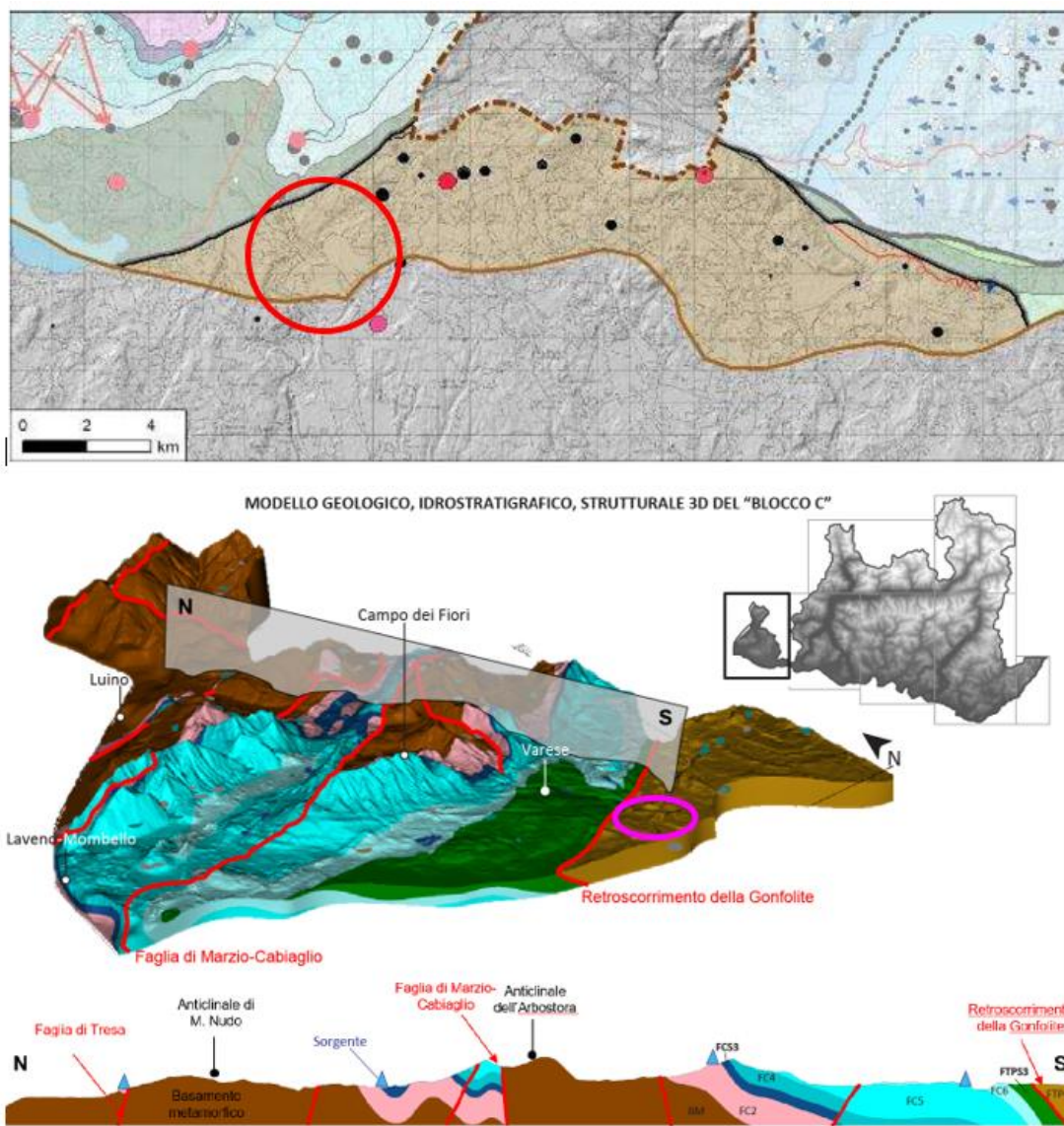
¹ Accordo di collaborazione fra Regione Lombardia e Università degli Studi di Milano-Dipartimento di Scienze della Terra – Settembre 2021

(acquitardo/acquicludo denominato "FTPS4").

I limiti del gruppo sono rappresentati dal retroscorrimento del cuneo clastico della Gonfolite sulla successione Mesozoica e dal limite del modello.

Per tale motivo non si escludono possibili scambi idrici sotterranei con le aree pedemontane a valle, appartenenti al gruppo degli acquiferi di pianura.

Figura 5 - Carta idrostratigrafica del Gruppo 8 ed Estratto del modello 3D del Blocco "C – Varesotto"



4.5 Individuazione delle zone di rispetto delle opere di captazione

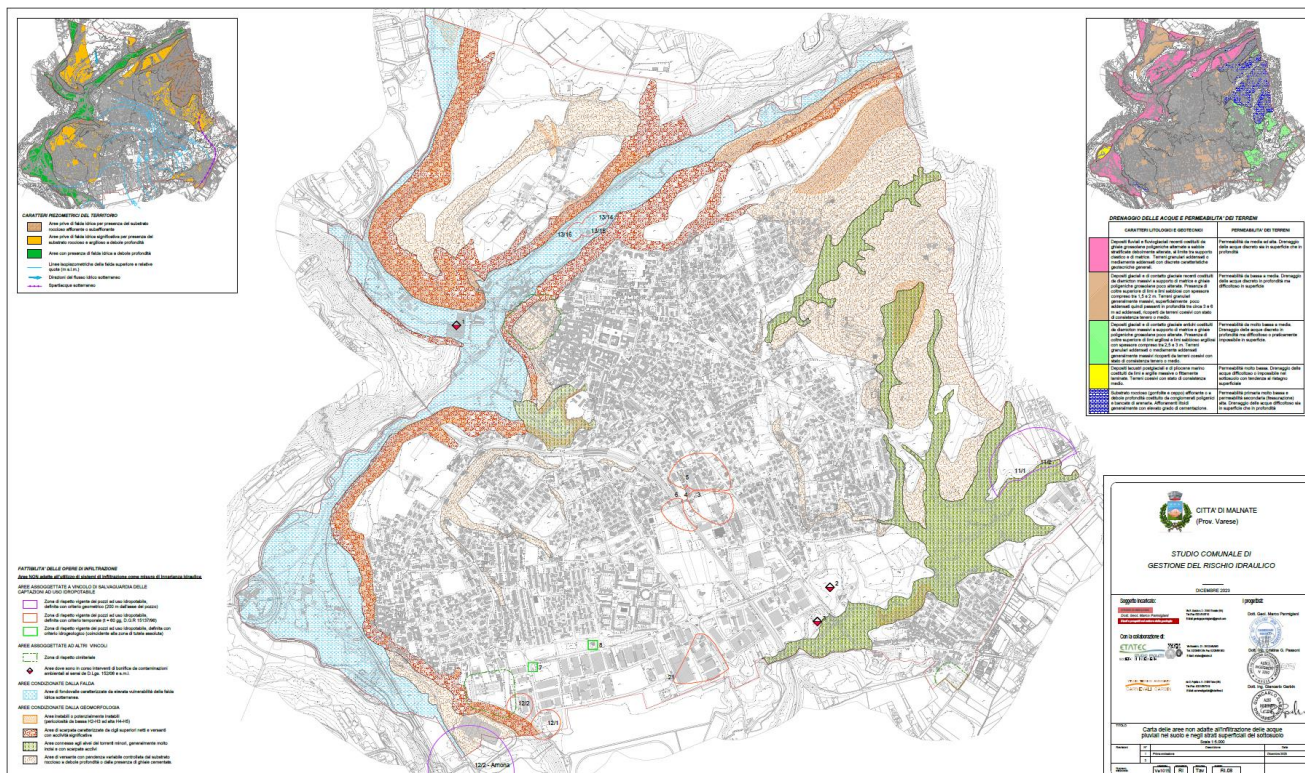
Il Comune di Malnate dispone delle seguenti opere di captazione per l'approvvigionamento idrico del proprio acquedotto comunale:



N.	Proprietario	Località	Codice Provincia
3	A.C.	Via N. Sauro - 3	PO1209600300T0
4	A.C.	Via N. Sauro - 4	PO1209600400T0
5	A.C.	Via N. Sauro - 5 (via Acquedotto)	PO1209600500T0
6	A.C.	Via N. Sauro - 6	PO1209600600T0
7	A.C.	Via Piave - Vill.F.Ili d'Italia	PO1209600700T0
8	A.C.	Via 3 Corsi - 8	PO1209600800T0
21	Braghenti & C. S.p.a. - A.C.	Via 3 Corsi - 21	PO1209602100T0
13/14	A.Spe.M. Varese	Ranza - 14	PO1209601314T0
13/15	A.Spe.M. Varese	Ranza - P.15	PO1209601315T0
13/16	A.Spe.M. Varese	Ranza - P.16	PO1209601316T0

Le caratteristiche geopedologiche, le valutazioni in merito alle condizioni di qualità e vulnerabilità della falda e le zone di rispetto dei pozzi, hanno consentito di classificare il territorio in relazione all'attitudine e alla possibilità d'infiltrazione, rispetto alla gestione delle acque meteoriche secondo i principi dell'invarianza idraulica e idrogeologica. Tali aree sono indicate nella tavola RI.08 *Carta delle aree non adatte alla infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo*, di cui si riporta una immagine nella Figura 6.

Figura 6 – SCRI Stralcio della Tavola RI.08 *Carta delle aree non adatte alla infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo*





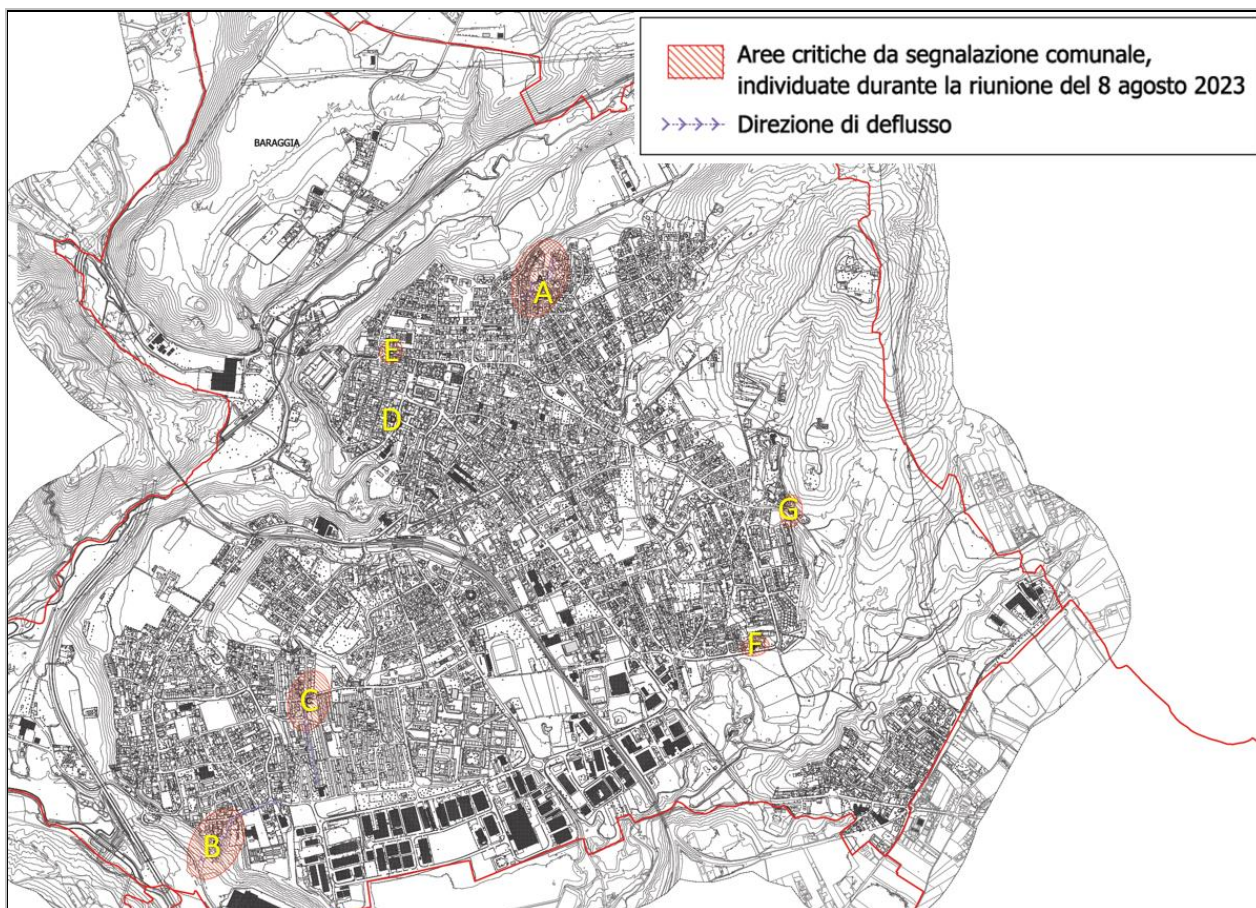
4.6 Aree indicate come di frequente allagamento

Durante gli incontri e gli approfondimenti condotti con il Comune di Malnate, sono state riferite alcune segnalazioni relative a frequenti allagamenti o problematiche di tipo idraulico nel territorio comunale. Tali segnalazioni, elencate nel seguito e riportate nell'immagine di Figura 7) sono state puntualmente verificate e utilizzate come riferimento per la calibratura del modello.

- A. (segnalazione 15/02/2022) – *Via Monte Rosa e Via Monviso* – acqua proveniente da monte che si riversa sulla scalinata di collegamento tra le due vie e sulla strada a valle.
- B. *Via Fontanelle valle e Via Piave monte* – maggior carico sul collettore di mista, crea pressione in fognatura, con riversamento su Via Piave (allagamento). Inoltre saltano anche i chiusini verso valle con scarico fogna su Via Fontanelle.
- C. *dal Villaggio del Sole e villaggio Via Isola Bella e Via Caprera* – pressione con allagamento scuole più ambulatorio. Deflusso su *Via Verbano* che si allaga sul fondo dove la strada è chiusa e non trova sfogo.
- D. *Zona Lavatoio Via Varese – casa proprietà Croci (civico 14)* – la tubazione/collettore funziona spesso in pressione. Il tracciato del collettore si trova sotto l'edificio.
- E. *Via G. Brusa* – si allaga per deflusso da strada sterrata
- F. *Via Settembrini* – allagamento di 3 case nel tratto finale – segnalato un problema di acqua sorgiva
- G. attraversamento impluvio insufficiente zona *Via Ferrari Via Mottarello Via Monte Morone*



Figura 7 – Stralcio planimetrico del territorio con evidenziati i punti riferiti a segnalazioni di problematiche idrauliche di allagamento o deflussi anomali



Le segnalazioni trovano puntuale conferma nella modellazione condotta, come evidenziato dal confronto riportato nelle immagini seguenti.



Figura 8 – Confronto tra le segnalazioni di allagamento e i risultati della modellazione idraulica 1D-2D condotta (zone A, D, E)

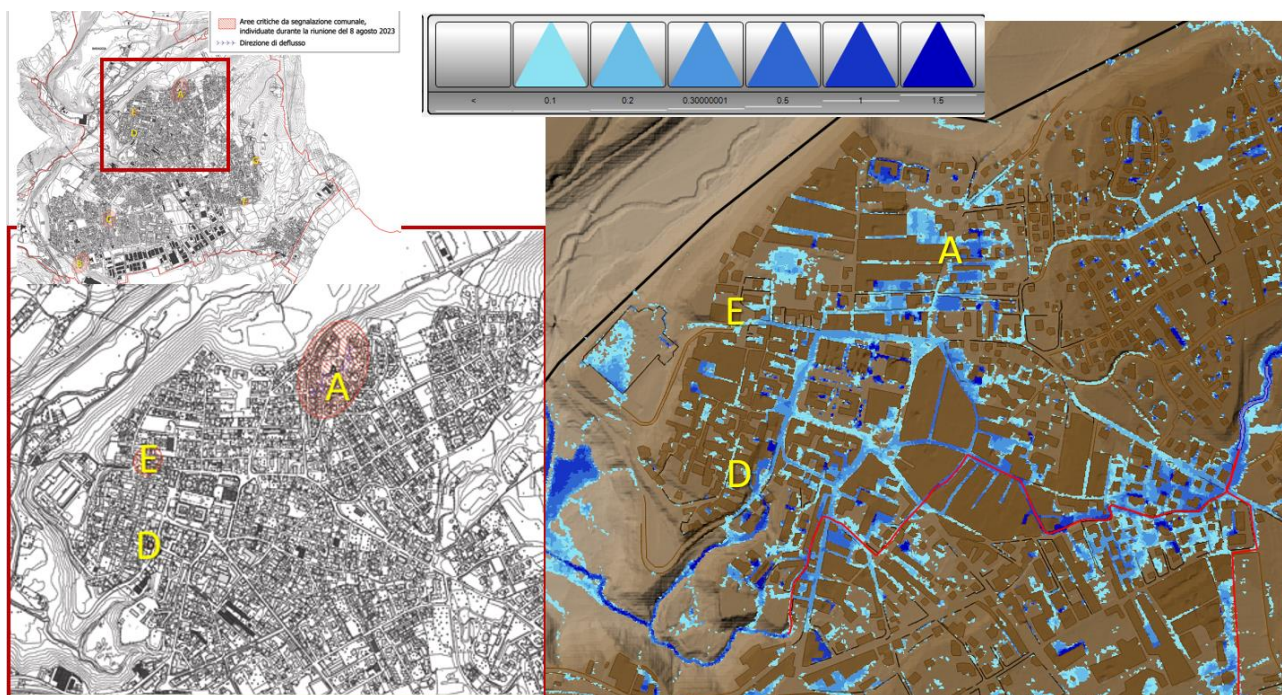


Figura 9 – Confronto tra le segnalazioni di allagamento e i risultati della modellazione idraulica 1D-2D condotta (zone B, C)

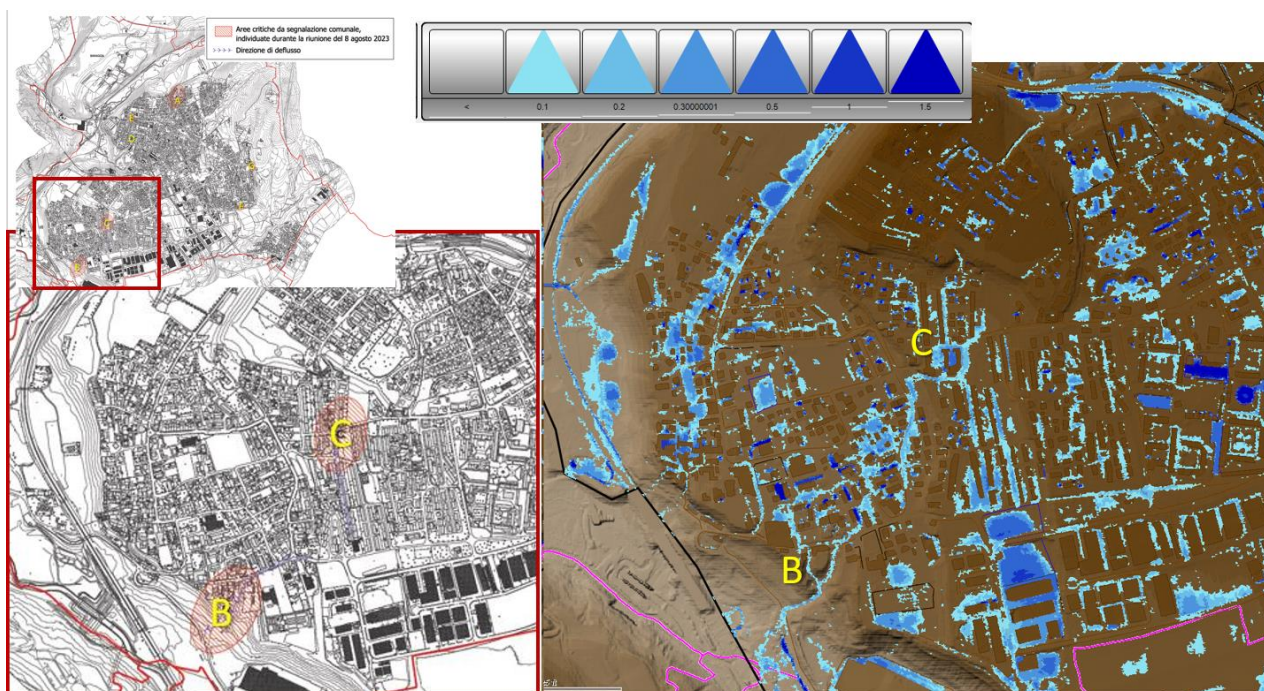
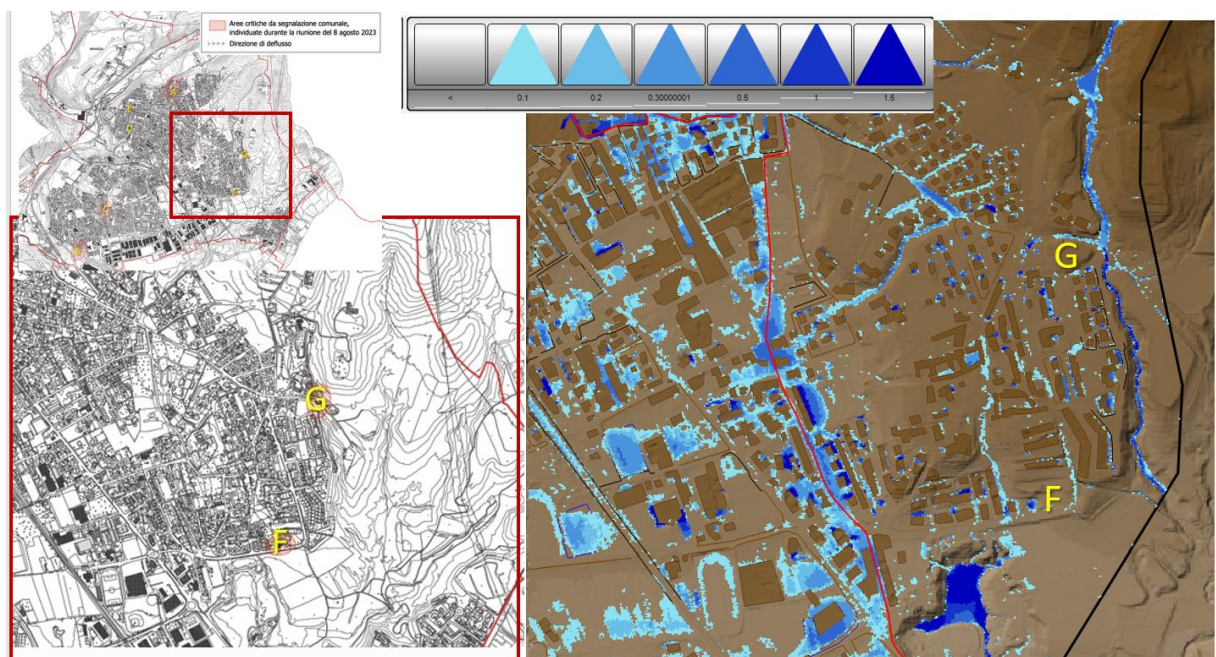




Figura 10 – Confronto tra le segnalazioni di allagamento e i risultati della modellazione idraulica 1D-2D condotta (zone F, G)



4.7 Punti critici considerati e monitorati nel piano di protezione civile.

A completamento delle informazioni relative alle situazioni di rischio idraulico, si riporta qui una tabella estratta dal Piano di Protezione Civile con identificazione dei Punti Critici da monitorare. I punti sono mappati su MapRisk e sulla Tavola 2.1 del Piano.

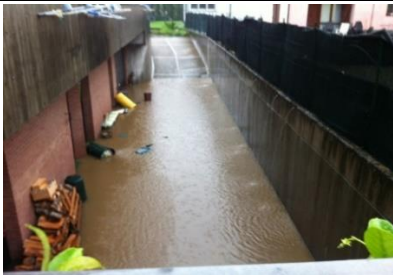
Tabella 1 – Rischio idraulico. Punti critici monitorati dal Piano di Protezione Civile

COD	Sistema Idrico - Località	Descrizione criticità	Foto
M1	Fiume Lanza via Zara Mulino Bernasconi	Allagamento frazione Folla – Mulino Bernasconi <i>Verifica presenza di materiale in alveo, altre criticità che potrebbero ostruire le portate idrauliche</i>	
M2	Valleggio minore Sp3 – Gurone - via Fontanelle	Ruscellamento e colate detritiche lungo valleggio a valle di via Piave <i>Verifica criticità che potrebbero ostruire le portate idrauliche – lavori Alfa per miglioramento degli scarichi</i>	



COD	Sistema Idrico - Località	Descrizione criticità	Foto
M3	Ruscellamenti e rigurgiti Via Piave	Accumulo acqua in avvallamento e rigurgito fognario <i>Verifica efficacia sistema di scarico acque di pioggia, altre eventuali criticità</i>	
M4	Torrente Fugasceè Via Podgora, via delle Vittorie	Intasamento ingresso tratto intubato e tracimazione verso valle con allagamenti piani bassi, insufficienze fognarie in viale delle Vittorie <i>Verifica manutenzione griglia e vasca, presenza di materiale in alveo, altre criticità che potrebbero ostruire le portate idrauliche</i>	
M5	Reticolo Minore via Fiume – Ristorante Crotto	Zona soggetta a ruscellamento e dissesti <i>Verifica manutenzione griglia e vasca, altre criticità che potrebbero ostruire le portate idrauliche</i>	
M6	Olona Via Gorizia	Zona in sponda idrografica sinistra soggetta ad allagamento per esondazione confluenza Olona-Lanza. Cortili interni case a corte, sponda sinistra. <i>Verifica presenza di materiale in alveo, altre criticità che potrebbero ostruire le portate idrauliche (Competenza AIPO)</i>	
M7	Reticolo Minore Rovera: via Hermada – via Moro – via Nembri – Via Mottarello – via Col di Lana	Allagamenti per tracimazione RIM e ruscellamento acqua piovana proveniente da monte Morone (allagamento piani bassi delle abitazioni (principalmente garage e cantine)) <i>Verifica criticità che potrebbero ostruire le portate idrauliche</i>	



COD	Sistema Idrico - Località	Descrizione criticità	Foto
M8	Torr. Quadronna San Salvatore – Via Marco Polo	Erosione argini e dissesti lungo i versanti <i>Verifica criticità lungo versanti a ridosso dell'alveo</i>	
M9	Torr. Fugasceè Loc. Le Gere e Bellavista	Presenza di briglie e paratie. Due punti critici. Esondazione, erosione argini ed accumuli di terreno <i>Verifica presenza di materiale in alveo, altre criticità che potrebbero ostruire le portate idrauliche</i>	
M10	Via Cavalier Brusa A valle di Bacino acquedotto	Ruscellamenti e colate detritiche <i>Verifica eventuali criticità</i>	
M11	Torrente Bevera Via Cà Bassa (Varese)	Esondazione torrentizia <i>Verifica presenza di materiale in alveo, altre criticità che potrebbero ostruire le portate idrauliche (competenza Comuni di Varese e Cantello)</i>	
M12	Fiume Olona Mulini Di Gurone Via Mulini	Laminazione acque e controllo piene Supporto ad AIPO – ente deputato al Presidio <i>Verifica presenza di materiale in alveo, altre criticità che potrebbero ostruire le portate idrauliche (Competenza AIPO)</i>	
M13	Rovera - via Settembrini, via Lazzari	Ruscellamenti, Rigurgiti fognari e allagamenti piani interrati <i>Verifica presenza criticità in loco</i>	



COD	Sistema Idrico - Località	Descrizione criticità	Foto
M14	Sottopasso Ferroviario Via C.Sonzini	Allagamenti a seguito di nubifragi e rigurgiti fognari <i>Verifica presenza di materiale ostruente in corrispondenza dei punti si scolo</i>	
M15	Via I Maggio	Dilavamento sede stradale a seguito di ruscellamenti provenienti dalle aree boschive <i>Verifica presenza criticità in loco</i>	
M16	Via Caprera, via Isola Bella, p.za D'Acquisto, via Verbano	Rigurgiti fognari ed accumulo acque alla fine di via Verbano (localizzazione griglia di scolo) <i>Verifica presenza di materiale ostruente in corrispondenza della griglia-punti si scolo</i>	



5 STUDI E PROGETTI PRECEDENTI RIFERITI AL TERRITORIO COMUNALE DI MALNATE E AL SUO RISCHIO IDRAULICO

5.1 Generalità

Per la definizione delle condizioni di rischio idraulico delle aree comunali, particolare attenzione è stata posta all'ambito urbanizzato e agli impluvi naturali che vi si trovano a monte, con particolare riferimento al torrente Fugascè che costituisce il corso d'acqua che attraversa il tratto urbanizzato e che ne condiziona significativamente le attuali condizioni di pericolosità idraulica.

Oltre all'impluvio principale del Fugascè, esistono anche impluvi minori, sia verso Nord che verso Sud, sempre in corrispondenza dei rilievi da cui si origina il Fugascè, che costituiscono anch'essi elementi di elevata pericolosità idraulica locale, con particolare riferimento alle porzioni urbanizzate che si sono spinte lungo le pendici delle colline e delle aree ai piedi delle stesse.

5.2 Il Torrente Fugascè

Il torrente Fugascè è stato oggetto, negli anni 2015÷2016, di analisi territoriale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idraulico, naturalistico e agronomico, individuandone le criticità e le proposte di risoluzione - ancorché non del tutto risolutive, dato il contesto fortemente urbanizzato del tratto medio – con progettazione preliminare delle stesse. Conformemente agli indirizzi generali di Difesa del Suolo di Regione Lombardia, e in relazione alle approfondite analisi territoriali condotte, detta progettazione preliminare si era prefissa i seguenti obiettivi generali:

- il recupero funzionale del corso d'acqua in tutto il suo corso, in termini di alveo del corso d'acqua naturale e di aree contermini;
- il recupero e la valorizzazione della valenza naturalistica, paesaggistica e fruitiva del torrente e della valle in cui esso scorre;
- il miglioramento della qualità delle acque del torrente nel tratto urbano e nell'ambito naturale di valle;
- la riqualificazione paesaggistica, ambientale e naturalistica del fiume e delle pertinenze;
- la valorizzazione fruitiva del paesaggio fluviale e il miglioramento fruizionale di area vasta con gli interventi puntuali in corrispondenza delle aree fluviali e perfluviali e nelle zone limitrofe, per il collegamento del centro abitato di Malnate con i percorsi nazionali e internazionali che lo lambiscono;
- il miglioramento delle condizioni di rischio idrogeologico e di manutentabilità, specialmente nell'ambito di valle.

La porzione che precede l'ingresso nel centro abitato (definibile come "Ambito naturale di monte") è caratterizzata da un tracciato piuttosto lineare che si sviluppa con il contributo di piccoli affluenti laterali in direzione N-E. Il bacino complessivo naturale



alla sezione dove viene intubato è aperta

All'interno del centro abitato (definibile come "Ambito urbano") il percorso del Fugascè è più articolato ma tombinato lungo l'intero tratto, in un manufatto in c.a. ovoidale di dimensioni crescenti, realizzato in opera lungo il tracciato originario. Questo si sviluppa inizialmente sul limite dei giardini di alcune proprietà private, poi lungo la rete viaria principale e secondaria.

La tombinatura è stata realizzata in opera pare già a partire dall'inizio del secolo scorso, forse anche per risolvere il problema igienico-sanitario generato dagli scarichi fognari ivi confluenti. La tombinatura non possiede camerette d'ispezione lungo il suo tracciato e le immissioni fognarie sono realizzate a loro volta senza pozzetti e ispezioni.

Tutto il tratto tombinato costituisce attualmente collettore principale del reticolo di drenaggio, ancorché sia nelle intenzioni e negli obiettivi del citato progetto l'eliminazione delle acque fognarie dal corso d'acqua e il loro recapito in altro collettore di gronda da realizzare ex-novo lungo tutto il tracciato.

A valle della Via San Giuseppe il torrente Fugascè ritorna a cielo aperto, nella zona naturale di valle (definibile "Ambito naturale di valle"), costituita da una estesa zona di ex cava, all'interno di un contesto senza dubbio di difficile fruizione e accessibilità anche per la manutenzione, poiché caratterizzato da una valletta impervia, connotata da versanti molto ripidi e con una vegetazione boscata piuttosto disordinata, disomogenea e che si innesta su un territorio in cui sono sovente riconoscibili fenomeni localizzati di dissesto in atto.

Occorre sottolineare anche che le caratteristiche del tratto tombinato urbano e la conseguente miscelazione delle acque in arrivo da monte con quelle fognarie portano alla necessità di deviazione totale del flusso verso il depuratore. Ciò determina da un lato il sovraccarico del depuratore stesso con acque pulite (configurabili tra le acque parassite) e dall'altro la perdita nell'alveo naturale del contributo di portata dal bacino di monte. Pertanto l'alveo del Fugascè a valle rimane sempre senz'acqua tranne che durante le giornate piovose quando le portate scolmate superano quelle massime previste dal manufatto fognario.

L'analisi complessiva del corso d'acqua evidenzia quindi tre contesti che, oltre a risultare completamente disomogenei tra loro, per via delle differenti influenze di natura antropica, mancano di ogni minimo elemento di connessione che possa dare continuità alla vita del corso d'acqua lungo il suo sviluppo, dalle sorgenti alla foce.

La parte a monte del centro abitato ha conservato nel corso del tempo una discreta naturalità ed una buona valenza paesaggistica, valorizzata dai percorsi pedonali che, riconducibili al PLIS valle Lanza, permettono di raggiungere le sorgenti in un contesto connotato dalla spiccata presenza di prati e boschi.

La centralità del corso d'acqua nel tessuto urbano è venuta meno nel corso degli anni a seguito della pressione antropica che ha portato alla progressiva copertura dell'alveo naturale. In un primo tratto interno al centro abitato, il tracciato del torrente Fugascè si percepisce ancora attraverso la presenza di un angusto passaggio individuabile tra i confini dei giardini di proprietà che su di esso si affacciano; successivamente la sua percezione si perde al di sotto delle sedi stradali. Il ruolo originario di elemento



naturalmente vocato al drenaggio dei versanti è sostituito da una mera funzione di ricettore delle acque meteoriche stradali e delle fognature nere, a cui si sovrappone la rete stradale urbana.

Tutto ciò si traduce in elevati valori di pericolosità idraulica (per insufficienza dell'efficienza idraulica degli impluvi e delle opere realizzate) e di rischio idraulico, legato sia alla pericolosità che alla presenza di numerosissimi elementi esposti a rischio di danno per allagamento.

Figura 11 – Immagini dell'alveo del T. Fugascè nel tratto di monte



Figura 12 – Varietà del contesto urbano attraversato dal Fugascè



Figura 13 - Manufatti di sbocco del tratto tombinato in corrispondenza dei due rami, principale e secondario e tipologia di alveo a valle



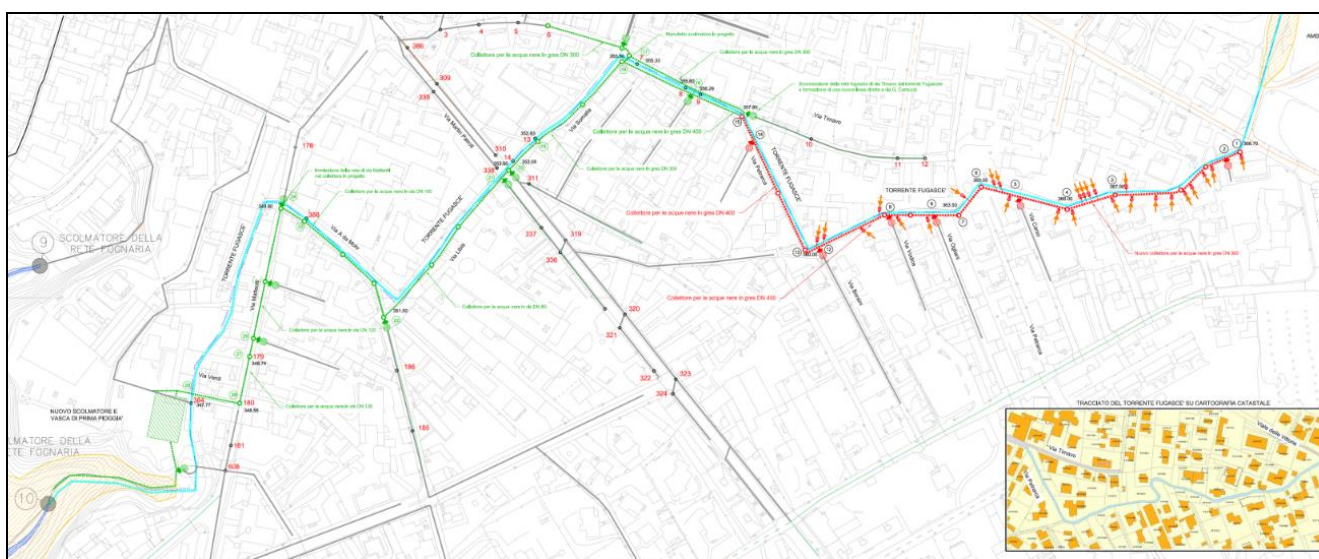
La progettazione del 2016, i cui obiettivi e interventi sono ritenuti validi e utili, prevedeva la realizzazione delle seguenti opere:

- nell'ambito naturale di monte: interventi orientati alla prevenzione del dissesto spondale con opere di prevenzione atte a consolidarne il corso e ad evitare eventuali dissesti improvvisi ai danni delle sponde terrose in occasione degli eventi meteorici di maggiore intensità, riducendo anche il rischio di trasporto a valle di materiale solido e flottante;
- nell'ambito urbanizzato: intervento indicato a lungo termine prevede la rimozione (anche parziale) della tombinatura e ricostruzione/restituzione di alveo a cielo aperto. Parallelamente dovrebbero essere, da subito, realizzati interventi di intercettazione e raccolta degli scarichi fognari, mediante specifiche nuove tubazioni. Sono stati indicati, inoltre, interventi paesaggistici e fruitivi, di recupero parziale degli spazi di pertinenza fluviale e di miglioramento delle condizioni di manutenzione e ispezione.
- nel contesto vallivo allo sbocco del corso d'acqua il torrente presenta una spiccata tendenza ad innescare fenomeni erosivi esaltati dall'irruenza degli apporti meteorici riconducibili al tratto urbano, dove sono assenti le possibilità di laminazione e riduzione dei colmi e dove, viceversa, vengono esaltati i valori assoluti dei picchi di pioggia e ridotti i tempi di corrivazione, con aumento del rischio idraulico generale, per effetto degli scarichi di drenaggio urbano. Tale propensione all'erosione è inoltre esaltata dal fatto che le acque in uscita dal tratto cittadino sono prive di apporto di materiale solido da monte, trattenuto dai manufatti realizzati a monte della tombinatura, per ridurre il rischio di intasamento e ostruzione della stessa. In questo contesto l'alveo del T. Fugascé (e del suo affluente in destra) sono già stati a più riprese interessati da interventi di regimazione e difesa con impiego di grossi blocchi lapidei (massi ciclopici), ben visibili anche nelle immagini fotografiche riportate nel progetto. In continuità a tale tipologia di interventi e in relazione allo stato attuale di rischio idrogeologico dell'area di valle, in questo ambito le proposte di regimazione e recupero morfologico ambientale non potranno che comprendere interventi di consolidamento spondale e di sostegno dei versanti, con una significativa azione di "riordino" e riposizionamento dei materiali dissestati.



- La soluzione di progetto a completamento, prevedeva anche la realizzazione di una vasca di prima pioggia che potrà essere ubicata in un'area prossima al parcheggio di via Verdi, a valle di tutto il bacino urbano ed in corrispondenza dell'inizio dell'ambito di valle naturale del Fugascè. Il sistema idraulico afferente a tale vasca consentirà, tramite uno scaricatore di piena dimensionato in base alle indicazioni normative regionali (RR 6/2019 e RR 7/2017), una limitazione delle portate meteoriche avviate alla depurazione, ma anche un controllo dei carichi inquinanti sversati nel corso d'acqua.

Figura 14 – PFTE 2016, Stralcio della planimetria del tratto urbano con indicazione della soluzione progettuale proposta per la risoluzione delle problematiche idrauliche, ambientali e igienico-sanitarie del tratto tombinato del torrente Fugascè





6 LA RETE DI DRENAGGIO URBANO DI MALNATE

La modellazione di dettaglio condotta per la redazione dello studio comunale di gestione del rischio idraulico risulta certamente più completa, esaustiva e corretta, se condotta anche con le informazioni relative alle caratteristiche geometriche e plano-altimetriche della rete di drenaggio urbano, mista o meteorica che costituisce un fondamentale sistema di raccolta, gestione e scarico delle acque che piovono sulle superfici urbane e/o che vengono convogliate nel territorio dalle aree esterne.

Allo scopo, è stata richiesta al Comune di Malnate e al Gestore del Servizio Idrico Integrato (ALFA) tutta la documentazione disponibile relativamente alle caratteristiche e al funzionamento della fognatura, con particolare riferimento alla geometria dei nodi e tronchi della rete (posizioni topografiche, monografie).

Tuttavia, il Comune di Malnate ha fornito la seguente documentazione solo cartacea:

- Planimetrie della rete fognaria esistente e in progetto alla data del 1989, con le monografie delle camerette rilevate alla stessa data, relativa alla rete di Malnate. Si precisa che non sono presenti elementi relativi alla rete di Gurone. Le planimetrie sono riportate in Figura 15 e Figura 16, mentre in Figura 17 sono riportate alcune immagini delle monografie delle camerette);
- Planimetria della rete fognaria e dei bacini sottesi dagli scolmatori, alla data del 2010 (di cui è riportata una immagine nella Figura 18);
- Planimetria e sezioni delle camerette dello scolmatore Fugascè (Figura 19 e Figura 20);
- Planimetria della rete fognaria di Gurone alla data del 2018, ricostruita su modello 1D (questo non disponibile) con cui sono state effettuate alcune verifiche di stato di fatto e indicazione di interventi progettuali (Figura 21 e Figura 22). Si precisa che la modellazione della sola fognatura risulta limitata e parzialmente superata dalla modellazione della superficie. In occasione della futura revisione dello studio comunale, quando saranno disponibili le reti fognarie digitalizzate e potranno essere integrati i modelli di superficie e della rete di drenaggio, si potranno verificare le indicazioni progettuali riportate nello studio del 2018, anche in relazione agli obiettivi complessivi di gestione del rischio idraulico e nella consapevolezza di non trasferire la pericolosità ad altre zone del bacino.

Non risulta disponibile il rilievo digitalizzato della rete. Sono stati forniti da ALFA (Gestore della rete) gli .shp dei tracciati delle fognature e le posizioni dei nodi, ma senza tutte le fondamentali informazioni geometriche e topografiche necessarie per la ricostruzione digitale della rete

Tutta la documentazione disponibile è stata consultata e utilizzata al meglio conformemente agli scopi del presente studio.



COMUNE DI
MALNATE (VA)

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO
AI SENSI DELL'ART. 14 DEL RR N. 7/2017 E S.M.I.

RI.01 RELAZIONE STUDIO COMUNALE GESTIONE RISCHIO IDRAULICO

Figura 15 – Rete fognaria di Malnate, planimetrie della rete fognaria stato di fatto e progetto alla data del 1989 (immagini fotografiche delle cartografie cartacee) Comune di Malnate



Figura 16 – Rete fognaria di Malnate, stralcio della planimetria di rilievo relativa alla zona centro di Malnate (anno 1989)

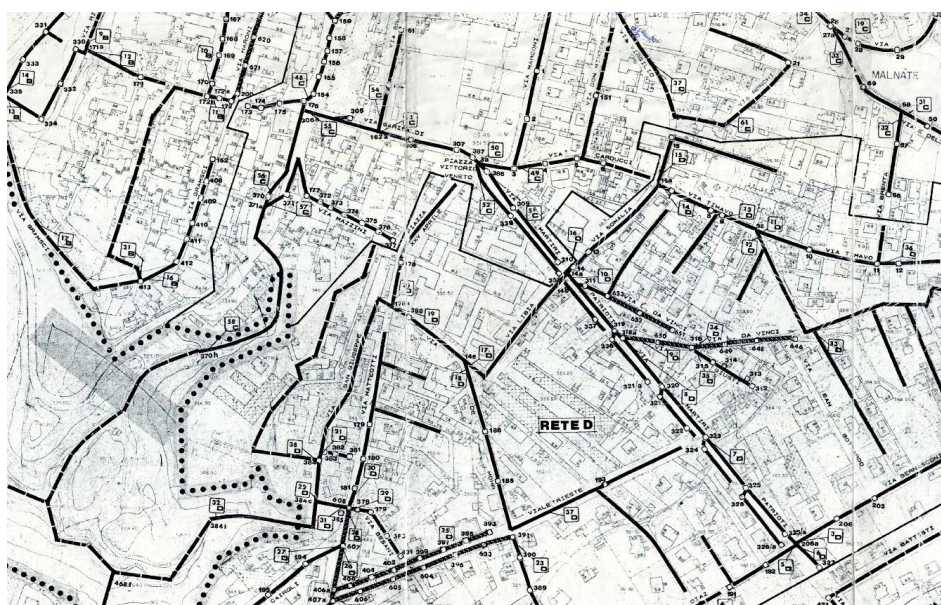


Figura 17 – Rete fognaria di Malnate, rilievo 1989, esempi di monografie di rilievo delle camerette

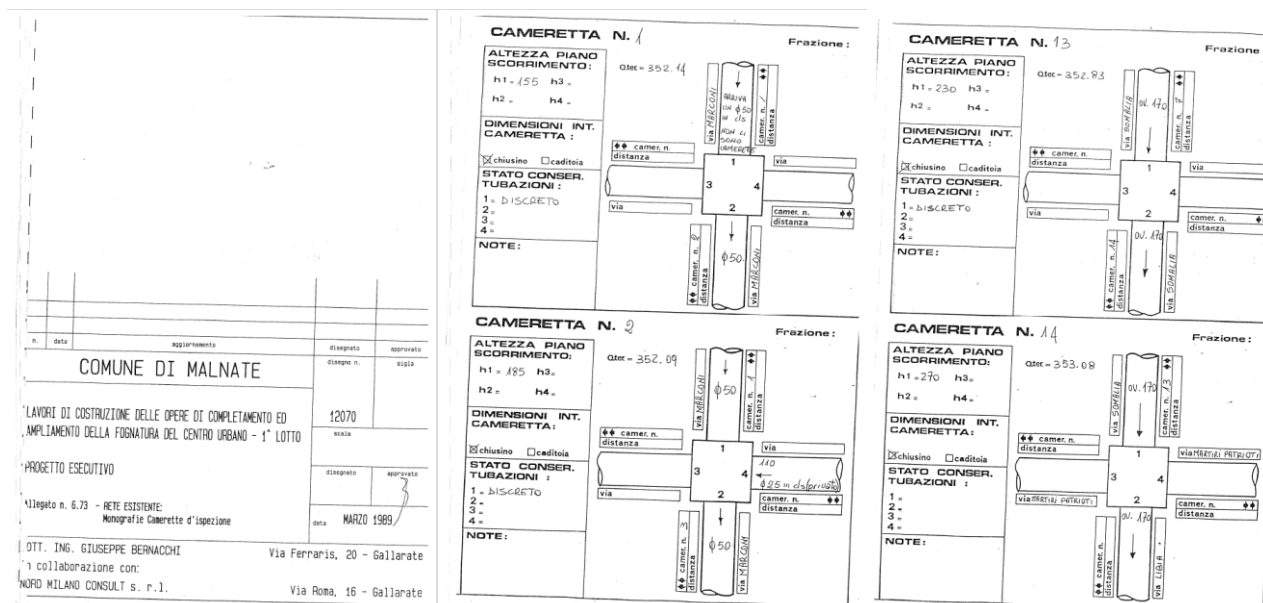
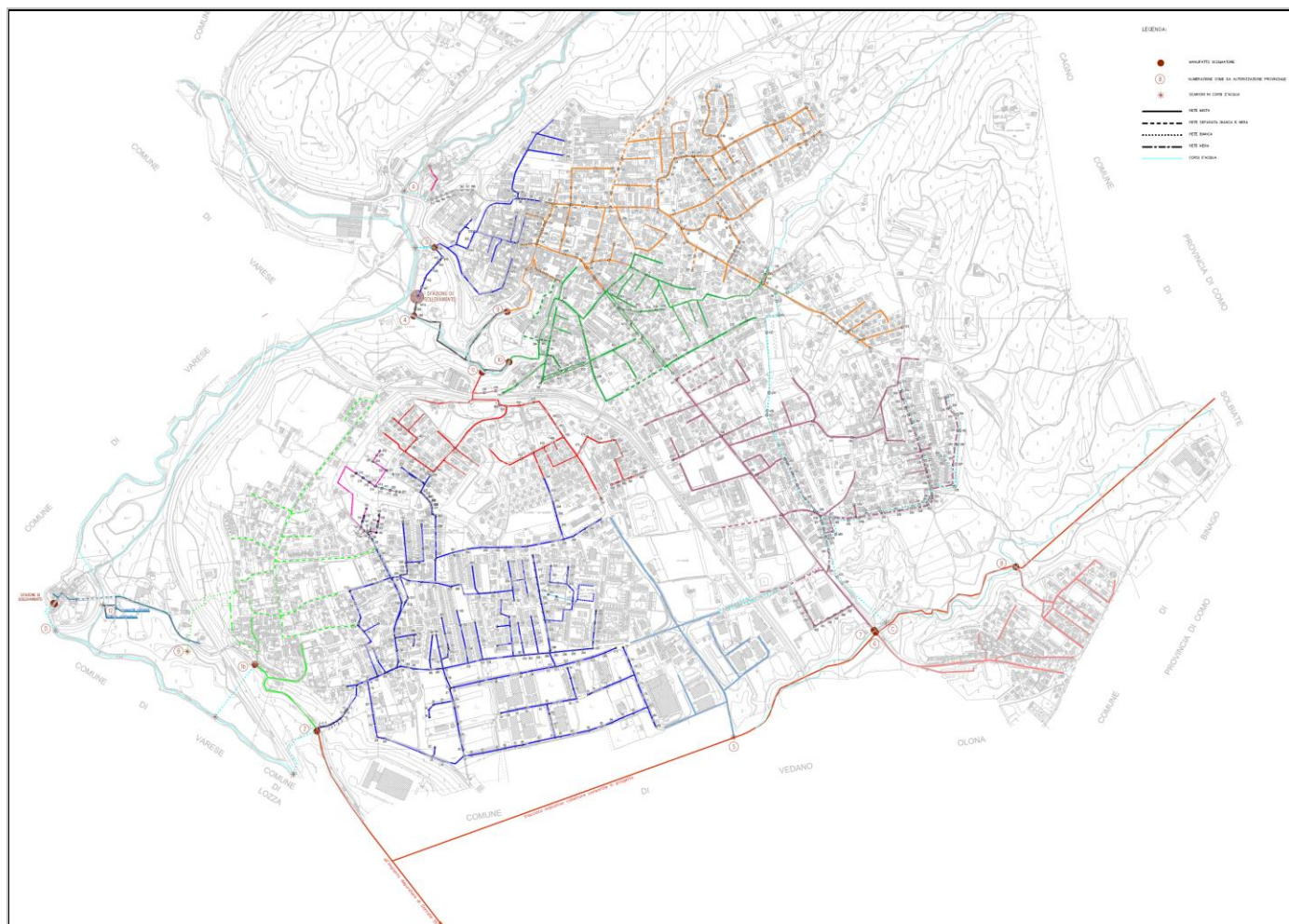


Figura 18 – Schema della rete fognaria di Malnate (Fonte: Comune di Malnate, anno 2010)





COMUNE DI
MALNATE (VA)

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO
AI SENSI DELL'ART. 14 DEL RR N. 7/2017 E S.M.I.

RI.01 RELAZIONE STUDIO COMUNALE GESTIONE RISCHIO IDRAULICO

Figura 19 – Immagini delle planimetrie dello scolmatore del Fugascè (planimetria del primo tratto di monte, piante e sezioni di alcune camerette e manufatti) 1/2

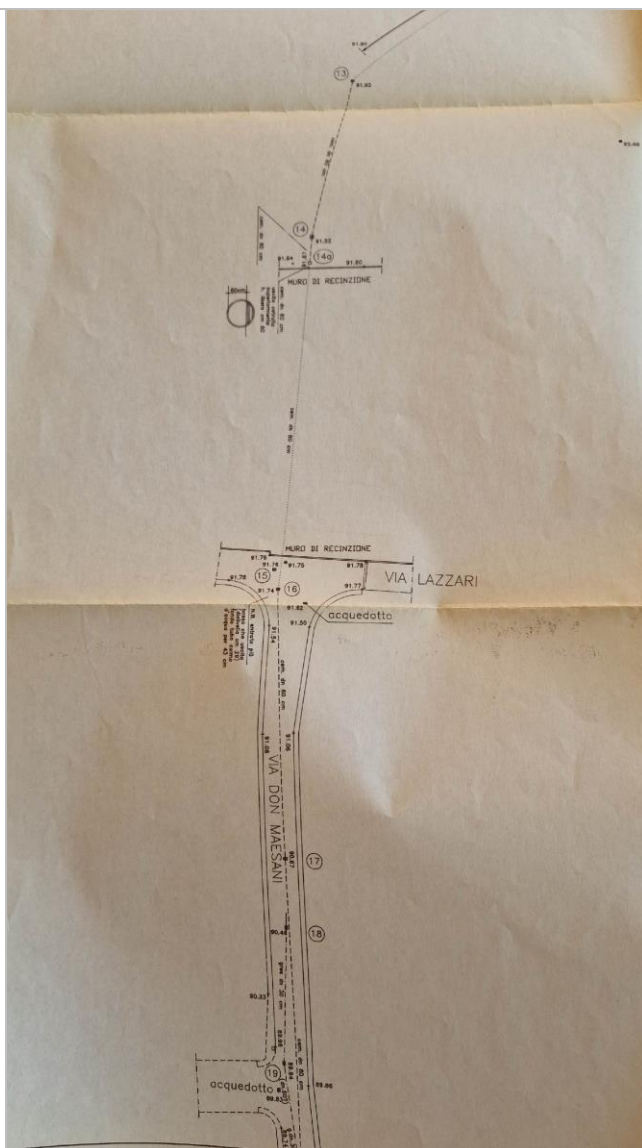
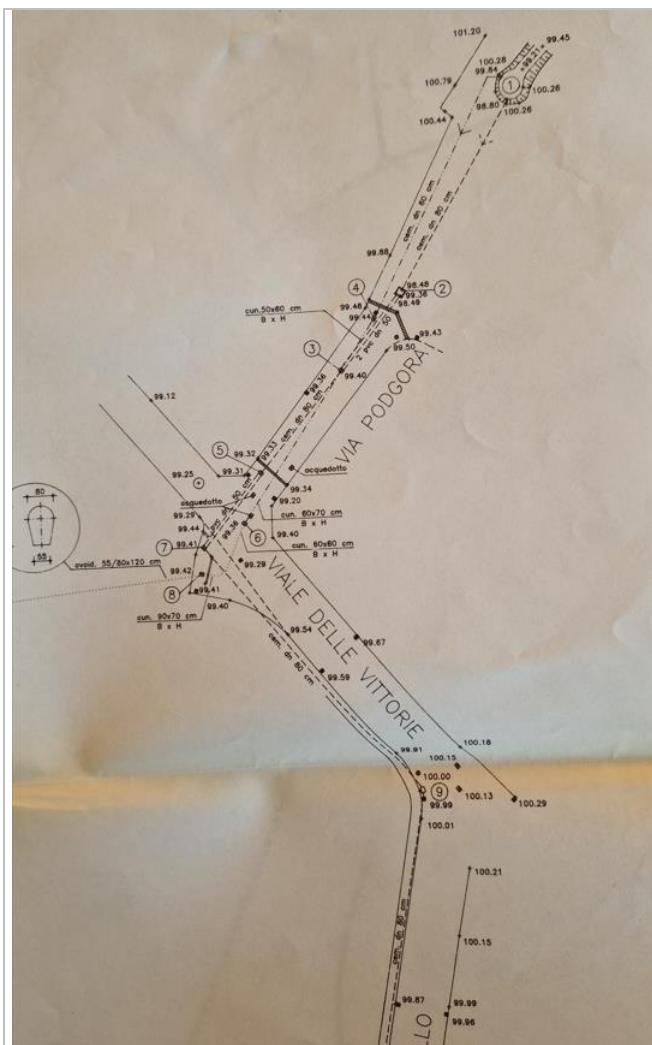
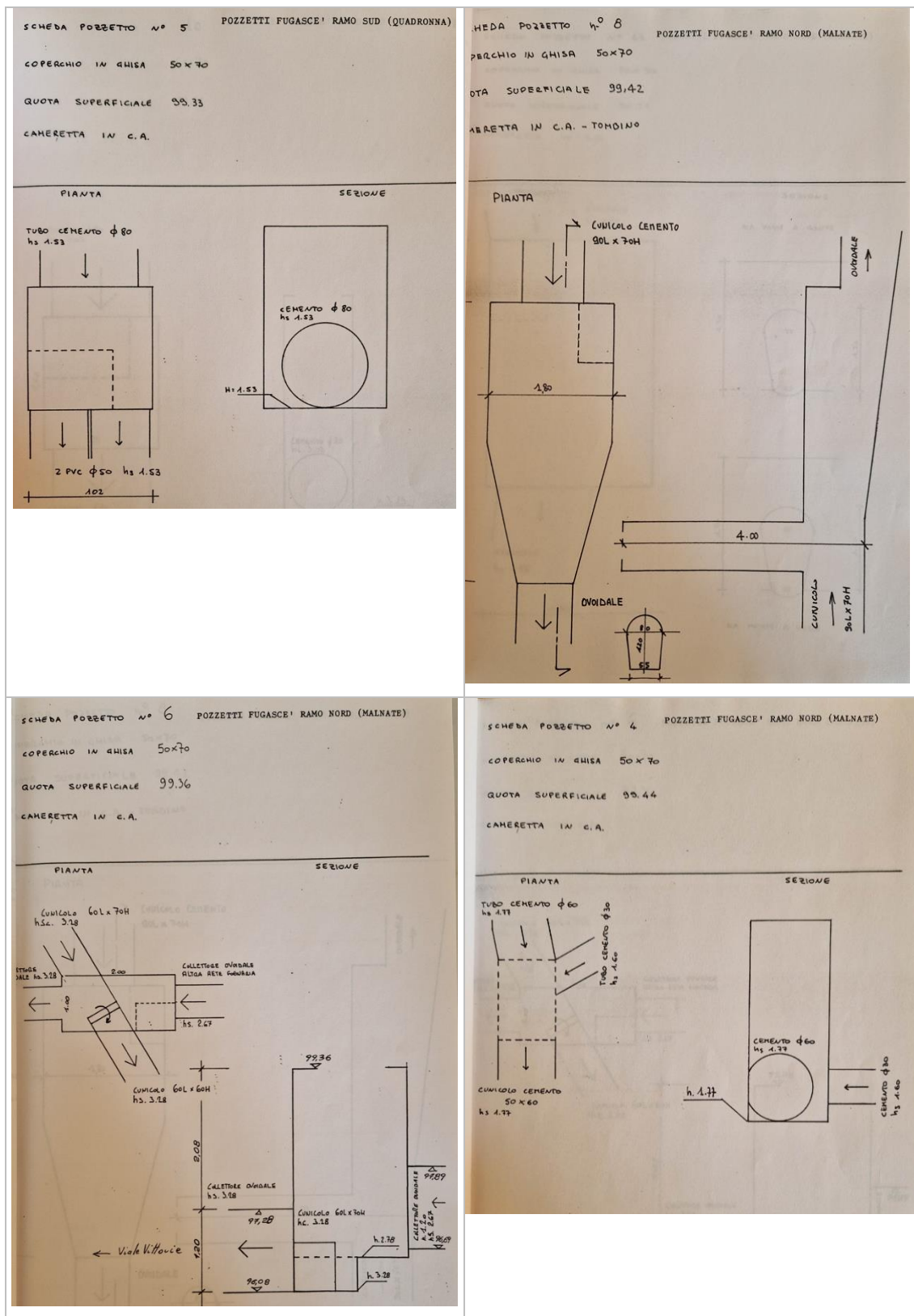




Figura 20 – Immagini delle planimetrie dello scolmatore del Fugaschè (planimetria del primo tratto di monte, piante e sezioni di alcune camerette e manufatti) 2/2



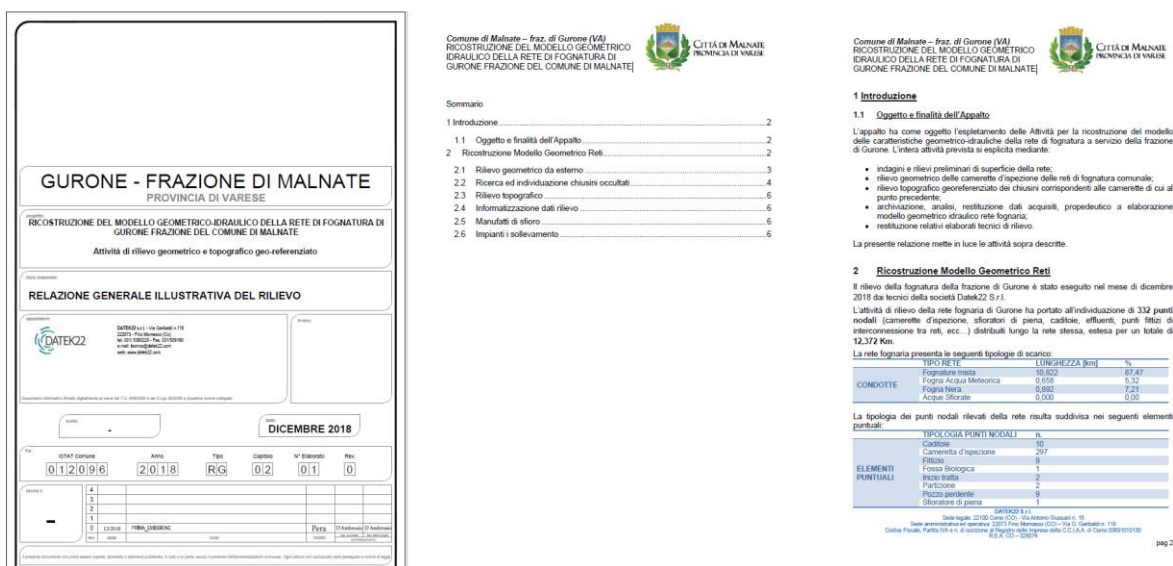


COMUNE DI
MALNATE (VA)

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO
AI SENSI DELL'ART. 14 DEL RR N. 7/2017 E S.M.I.

RI.01 RELAZIONE STUDIO COMUNALE GESTIONE RISCHIO IDRAULICO

Figura 21 – Rete di drenaggio di Gurone, stralci della documentazione del rilievo e dello studio della rete, con indicazioni progettuali all'anno 2018 (relazione e tavola)





COMUNE DI
MALNATE (VA)

Figura 22 – Rete di drenaggio di Gurone, stralci della documentazione del rilievo e dello studio della rete, con indicazioni progettuali all'anno 2018 (monografie rilievo camerette)

Scheda monografica

N. 15

Cameretta d'ispezione

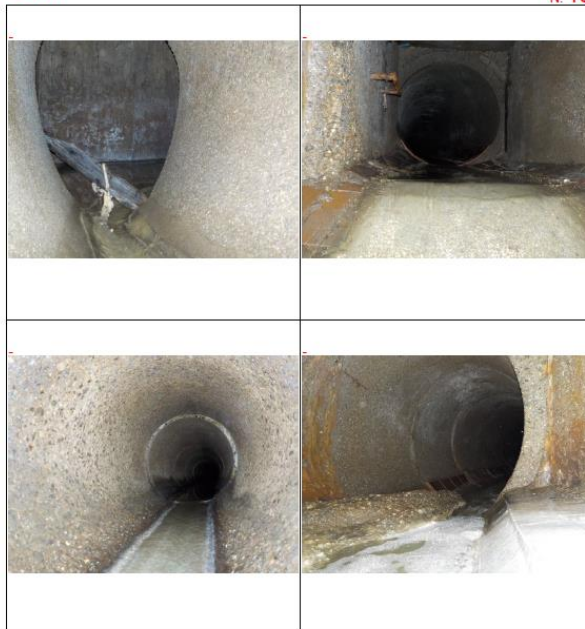
Comittente	20/12/2018	Apertura	SI
Masatura del		Stato	Esistente
Tipologia	Cameretta d'ispezione	Posizione Sigillo	A raso
Comune	MALNATE (012096)	Tipologia Sigillo	Ghiaia 60x70cm
Via/Piazza	VIA VE	Torino	SI, CIL RETTANGOLARE 45x65x110cm
Civico	18	Pozzetto	SI, CIL QUADRATA 1300cm
Schema	18	Note	

[Schema Ingressi/Uscite Flussi Principali]							
Tipo Flusso	Dati Condotti	Descrizione	Q/D	Profondità (cm)	Quota Scm (m s.m.)	Lunghezza (m)	Pendenza
ENTRATA, RX	Pognatura Mista 80x120 CLS	Linea	126	266	330,207	2,74	5,47%
USCITA, FX	Pognatura Mista 120 CLS	Linea	14	289	329,777	89,29	-

[Schema Ingressi/Uscite Innesi e Allacci]							
Tipo Flusso	Dati Condotti	Descrizione	Q/D	Profondità (cm)	Quota Scm (m s.m.)	Lunghezza (m)	Pendenza
ENTRATA, FX	Pognatura Mista 40 CLS	Linea	81	249	330,287	26,45	0,43%
ENTRATA, SX	Pognatura Mista 130x130 CLS	Linea	16	289	329,777	1,8	2,88%
Nessun innestabaccio in uscita rilevato							

Allegati

N. 15



Scheda monografica

N. 128

Cameretta d'ispezione

Comittente	21/12/2018	Apertura	SI
Masatura del		Stato	Esistente
Tipologia	Cameretta d'ispezione	Posizione Sigillo	A raso
Comune	MALNATE (012096)	Tipologia Sigillo	Ghiaia 65cm
Via/Piazza	Via Pave	Torino	SI, CIL RETTANGOLARE 55x65x80cm
Civico	-	Pozzetto	SI, CIL QUADRATA 1300cm
Schema	-	Note	

[Schema Ingressi/Uscite Flussi Principali]							
Tipo Flusso	Dati Condotti	Descrizione	Q/D	Profondità (cm)	Quota Scm (m s.m.)	Lunghezza (m)	Pendenza
ENTRATA, RX	Pognatura Mista 80x120 CLS	Linea	129	262	333,415	37,3	1,08%
USCITA, FX	Pognatura Mista 80x120 CLS	Linea	127	369	332,853	32,2	2,66%

[Schema Ingressi/Uscite Innesi e Allacci]							
Tipo Flusso	Dati Condotti	Descrizione	Q/D	Profondità (cm)	Quota Scm (m s.m.)	Lunghezza (m)	Pendenza
ENTRATA, DX	Pognatura Mista 40 CLS	Linea	179	330	332,905	114,78	2,01%
Nessun innestabaccio in uscita rilevato							

Allegati

N. 128





7 DESCRIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO 2D-1D DI RAPPRESENTAZIONE DEL TERRITORIO PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO COMUNALE

7.1 Generalità

Il presente capitolo si pone come obiettivo di descrivere brevemente le caratteristiche della modellazione idraulica condotta sul territorio comunale di Malnate, con riferimento alla pericolosità idraulica connessa alla presenza dei corsi d'acqua che lo attraversano e quella propria delle aree soggette a fenomeni meteorici, in relazione alla propria morfologia, alle caratteristiche di permeabilità dei terreni, alla presenza di una rete di drenaggio, con lo scopo di evidenziarne i punti critici e tracciare le aree di pericolosità idraulica.

Tali aree sono definite da una combinazione di battente e velocità di flusso e sono utilizzate per la definizione dei limiti delle aree a rischio e le conseguenti classi di fattibilità geologica e vincoli di Piano.

Lo studio fa riferimento allo stato attuale del territorio e del corso d'acqua di interesse. La modellazione è implementata con tutto il materiale a disposizione, quale, ad esempio, il modello digitale del terreno, le informazioni disponibili in merito ai tratti tombinati e alla rete di drenaggio oltre a specifici sopralluoghi effettuati.

7.2 Aspetti generali

Per la definizione delle aree di pericolosità idraulica delle aree urbanizzate e delle aree naturali del territorio comunale di Malnate, è stato implementato un unico modello idrologico-idraulico accoppiato mono e bidimensionale per ricostruire il comportamento del territorio rispetto alle sollecitazioni indotte dagli eventi meteorici di riferimento cui sono sottoposte le superfici del territorio di interesse. I risultati sono espressi in termini di pericolosità idraulica per la definizione e aggiornamento delle classi di fattibilità e delle Norme di Piano.

La modellazione idraulica è stata implementata mediante il programma di calcolo INFOWORKS 2D ICM di Innovyze, che permette di analizzare il campo di moto a partire dal DTM (Digital Terrain Model), rappresentativo della geometria del dominio di calcolo, basandosi sulla risoluzione di tre equazioni non lineari alle differenze finite per la determinazione del campo di moto della corrente su di un piano bidimensionale (x-y). Il codice di calcolo consente, inoltre, di analizzare il campo di moto accoppiando un modello idraulico monodimensionale con la geometria digitale del dominio di calcolo.

Le caratteristiche della rete di drenaggio sono state ricavate dalle informazioni topografiche e geometriche fornite dal Comune di Malnate messe a disposizione per lo scopo qui descritto, solamente in formato cartaceo (planimetrie e monografie delle camerette), come sinteticamente descritto nel precedente capitolo 6.

Non risulta disponibile il rilievo digitalizzato della rete. Sono stati forniti da ALFA (Gestore della rete) gli .shp dei tracciati delle fognature e le posizioni dei nodi, ma



senza tutte le fondamentali informazioni geometriche e topografiche necessarie per la ricostruzione digitale della rete.

Per la rappresentazione del comportamento del territorio ai sensi della definizione e gestione della pericolosità e rischio idraulico, si è ritenuto comunque sufficiente l'ottima rappresentazione del DTM (paragrafo 7.3), affinata con i rilievi disponibili e i numerosi sopralluoghi. Per quanto riguarda la rete fognaria si è ritenuto indispensabile inserire nel modello il tracciato del torrente Fugascè e del suo scolmatore verso il Quadronna (vedi paragrafo 6), inserendo manualmente i nodi e i tratti di collettori rappresentati nella cartografia e nei documenti disponibili. Questi due tratti di rete di drenaggio risultano, infatti, fondamentali per la migliore rappresentazione del trasferimento delle acque naturali e di drenaggio superficiale.

7.3 Base topografica del modello bidimensionale: DTM 1x1 e modifiche inserite

Per la modellazione bidimensionale è stato utilizzato il Modello Digitale del Terreno (DTM) Lidar con risoluzione della maglia 1x1 m disponibile per tutto il territorio del Comune di Malnate.

Il DTM è stato utilizzato come base per la definizione della geometria del dominio di modellazione bidimensionale. La ricostruzione della geometria caratteristica del terreno è stata effettuata utilizzando zone di magliatura con differente dimensione massima e minima delle maglie che compongono la mesh di calcolo. Il dominio di modellazione 2D presenta dimensione della maglia pari a $5 \div 20 \text{ m}^2$. La magliatura di calcolo risulta molto dettagliata e per le simulazioni di stato di fatto del territorio complessivo è definita dagli elementi riportati nella seguente Tabella 2, dei quali si evidenziano le dimensioni del dominio di calcolo (~610 ha) e il numero di elementi di calcolo, conseguenti alle dimensioni e caratteristiche imposte alle maglie (numero di elementi di calcolo ~ 570'000).

Tabella 2 – Caratteristiche del modello di calcolo

2d zone(s) summary	

2d Zone :	dominio-01
Effective area (ha) :	609.7789
Minimum element area (m2) :	5.0000
Maximum triangle area (m2) :	20.0000
Average element area (m2) :	10.7098
External Boundary Condition :	Normal Condition
Number of nodes :	391893
Original number of triangles :	781677
Number of working elements :	569367
Minimum element area (m2) :	2.7846
Maximum element area (m2) :	30.8474
Average element area (m2) :	10.7098
Number of working faces :	961049
Number of internal faces :	958934
Number of boundary faces :	2115
Number of external boundary faces :	1810

Total number of original triangles :	781677
Total number of working elements :	569367
Total number of working faces :	961049

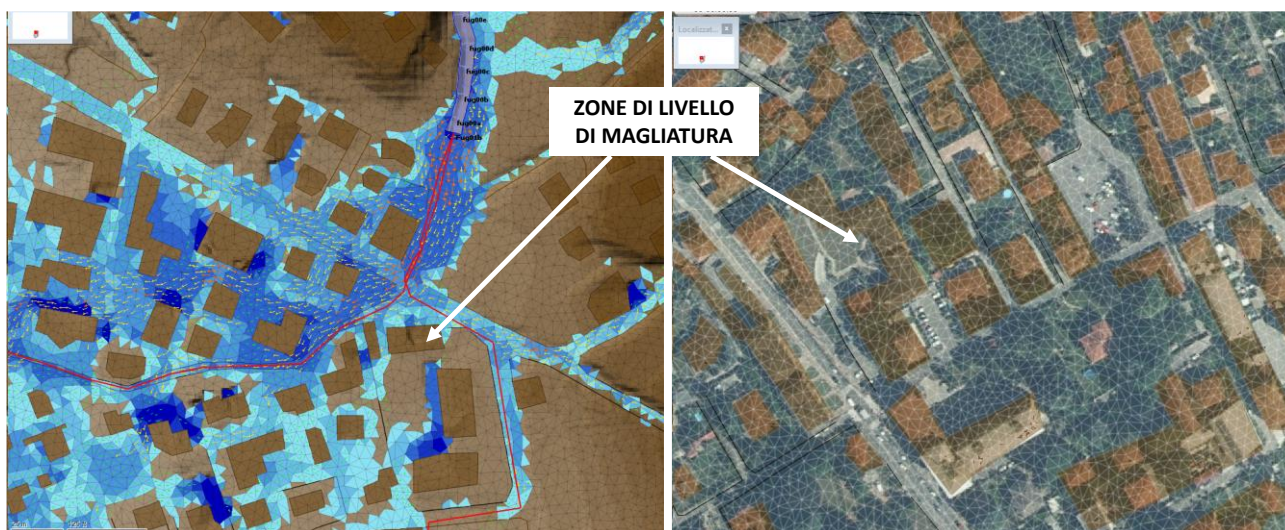


Per meglio ricostruire il comportamento dell'acqua che scorre all'interno dell'area urbana si sono inseriti degli ostacoli rappresentanti la presenza di edifici e muri. Questa operazione si è resa necessaria dal momento che gli ostacoli non sono rappresentati dal DTM, che subisce procedure di post-processing al fine di restituire la sola elevazione del terreno. Gli elementi quali muri, edifici e ostacoli risultano invece fondamentali per il corretto studio dei deflussi superficiali in zona urbana e degli eventuali accumuli e pertanto sono stati tutti inseriti nel modello implementato, utilizzando poligoni di magliatura (ricostruzione dell'impronta degli edifici con innalzamento delle quote del DTM) e elementi lineari (muri, muretti, ostacoli) con quota reale e caratteristiche di porosità e trasparenza definite.

Si precisa che i poligoni di magliatura costituiscono porzioni di territorio più elevate rispetto al terreno, come possono essere i tetti e le coperture prevedendo quindi lo stesso contributo idrologico del terreno, in termini di superficie soggetta ad evento meteorico e di trasformazione afflussi-deflussi.

La superficie totale del dominio di calcolo bidimensionale del modello idraulico implementato si estende per circa 610 ha.

Figura 23 – Stralci del modello 2D-1D con evidenziate le maglie di calcolo e le particolarità costituite dalle zone di livello di magliatura





7.4 Modellazione dell'asta fluviale: caratteristiche del modello implementato

Per la corretta rappresentazione del comportamento del tratto naturale aperto del torrente Fugascè, si è utilizzato uno specifico modello monodimensionale, collegato e connesso al 2D, costruito sulla base delle sezioni del DTM e di quelle rilevate, composto da n. 13 tratti fluviali (per la parte aperta), oltre alle condotte del tracciato del Fugascè e dello scolmatore, con gli specifici collegamenti e dimensioni rappresentate nella documentazione di rilievo a disposizione.

Il corso d'acqua aperto è stato modellato mediante l'utilizzo dell'elemento 1D "Tratto Fluviale", che raggruppa al suo interno sia le caratteristiche planimetriche dell'asta fluviale sia le caratteristiche geometriche ed idrauliche dell'alveo e delle sponde che, nel caso di "tratti fluviali" nella modellazione accoppiata, rappresentano il collegamento fisico tra il dominio di calcolo bidimensionale (DTM) e gli elementi monodimensionali.

Alcune simulazioni di verifica sono state effettuate escludendo i tratti tombinati, per verificare l'andamento dei deflussi superficiali nel caso di eventi meteorici molto intensi e di contemporaneo mancato funzionamento dei tratti tombinati (come nel caso di ostruzione per effetto di mancanza di adeguata manutenzione o di danni o per eventuale trasporto solido anomalo come nel caso di trasporto di materiale di frana o erosione delle sponde o del fondo.

Figura 24 – Tracciato dell'asta naturale del torrente Fugascè rappresentata nel modello accoppiato 1D-2D (a sinistra il modello su base DTM, a destra i risultati con evidenziati DTM e strade)

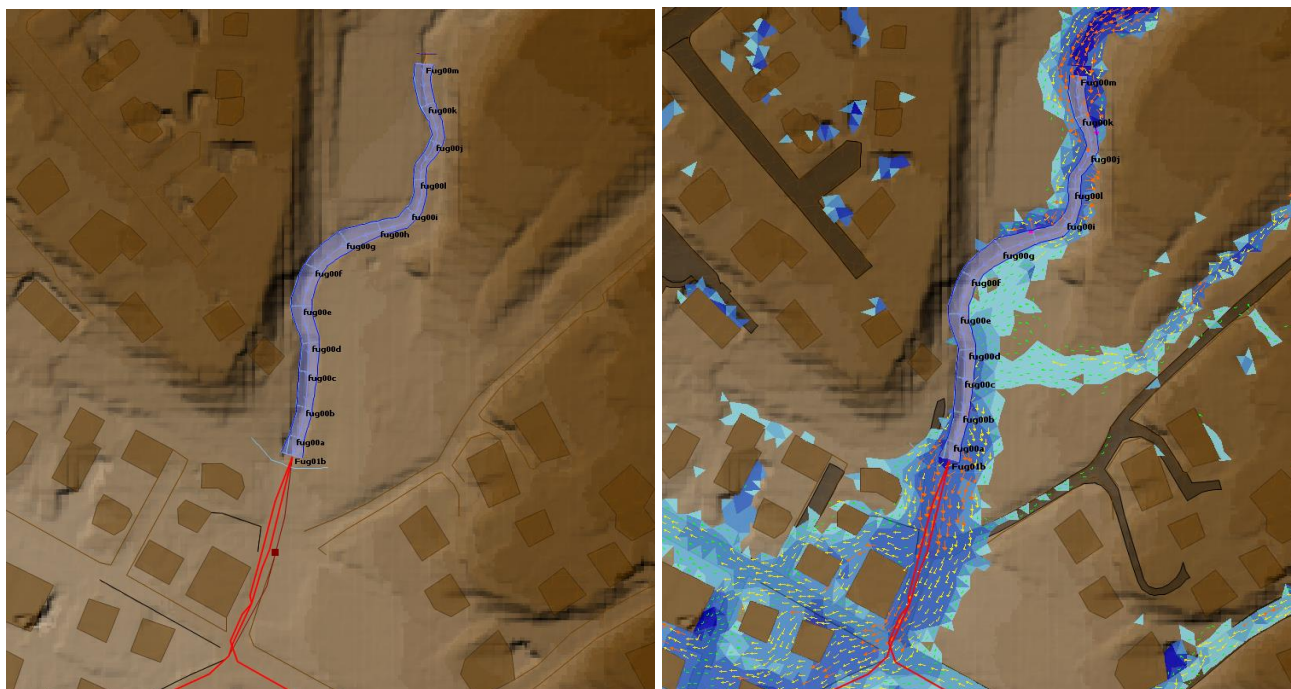
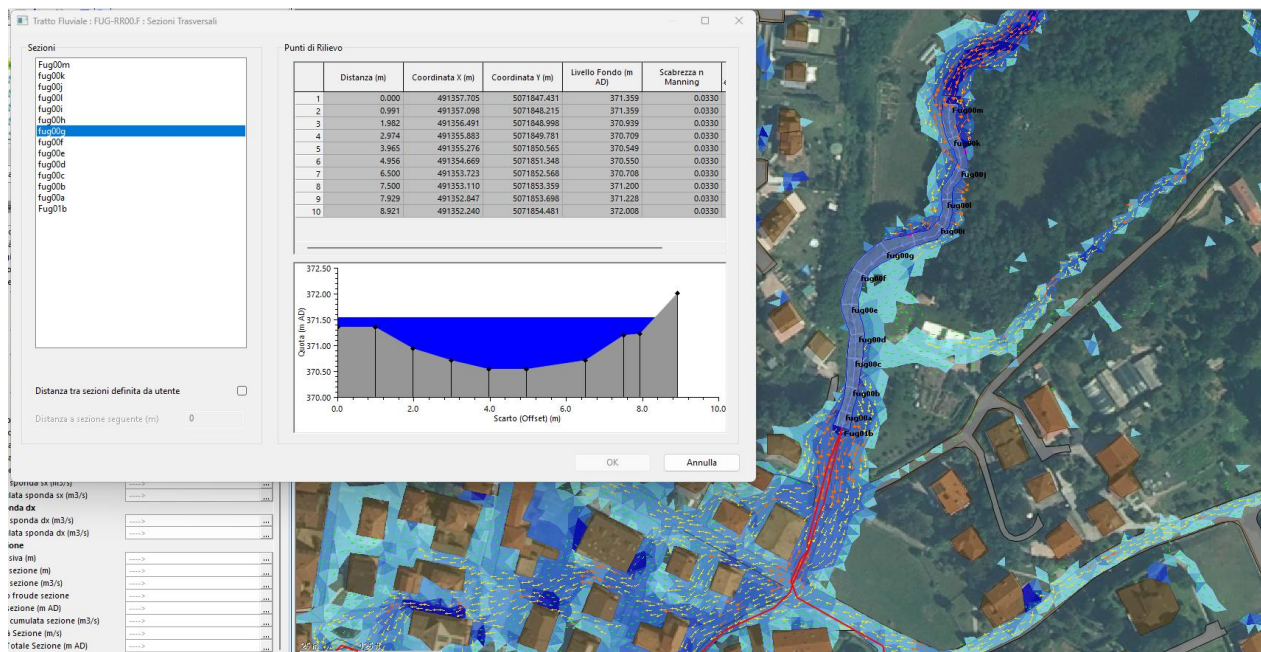




Figura 25 – Tratto fluviale del torrente Fugascè, immagine rappresentativa del tratto, simulazione con massimi allagamenti e velocità per T=100, su base fotografica satellitare, con evidenziazione di una delle sezioni fluviali relative al modello 1D che si accoppia e inserisce all'interno del 2D con cui effettua continui scambi



7.5 Rete di drenaggio: verifiche condotte e modifiche inserite

Le caratteristiche della rete di drenaggio sono state ricavate dalle informazioni topografiche e geometriche fornite dal Comune di Malnate messe a disposizione per lo scopo qui descritto, solamente in formato cartaceo (planimetrie e monografie delle camerette), come sinteticamente descritto nel precedente capitolo 6.

Come già anticipato, non risulta disponibile un rilievo digitalizzato della rete fognaria, pertanto sono stati inseriti solamente i tratti della tombinatura del torrente Fugascè fino al suo sbocco e dello scolmatore del Fugascè, fino allo sbocco, sulla base delle planimetrie e delle monografie specifiche.

Sono stati inseriti i nodi corrispondenti alle camerette, mantenuti aperti rispetto al modello 2D della superficie, per rappresentare il collegamento con le caditoie e i rami laterali che raccolgono le acque dei tetti e delle altre superfici, ma che possono anche consentire la fuoriuscita delle acque dalla rete di drenaggio verso l'esterno, nel caso di insufficienza o rigurgito che ne determinano il funzionamento in pressione con piezometriche che arrivano al piano campagna.

Per collegare i vari nodi e quindi a permettere il deflusso delle portate sono stati inseriti gli elementi "condotta", sempre conformemente alla documentazione disponibile analizzata.



7.6 Precisioni in merito all'utilizzo combinato del modello fognario e della rappresentazione 2D della superficie

Nel presente capitolo si intendono precisare le modalità di modellazione che si ritiene di dover mettere in atto per ottemperare alle richieste della Normativa lombarda di riferimento (Regolamento Regionale n. 7/2017 e s.m.i., Art. 14).

Si fa riferimento al comma 7 lettera a) dell'Art.14 del RR n.7/2017 che s.m.i. indica i contenuti che deve avere lo studio comunale di gestione del rischio. In particolare, il punto 3. della lettera citata indica che lo studio comunale:

3.1. 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 [...];

3.2. si basa sul Database Topografico Comunale (DBT) e, se disponibile all'interno del territorio comunale, sul rilievo Lidar [...];

3.3. 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;

3.4. valuta la capacità di smaltimento dei reticoli ricettori [...] diversi dalla rete fognaria, utilizzando studi o rilievi di dettaglio degli stessi, qualora disponibili, o attraverso valutazioni di massima;

3.5. individua le aree in cui si accumulano le acque, provocando quindi allagamenti.

Considerando quanto sopra, risulta evidente che le indicazioni di cui al punto precedente sono funzionali a definire, come esplicitato al punto 3.5, le zone di deflusso e/o accumulo delle acque meteoriche sulla superficie del territorio comunale, considerando innanzitutto il comportamento della superficie stessa direttamente interessata dagli afflussi meteorici e che le reti fognarie devono rappresentare il sistema di smaltimento in termini di collettori e scaricatori (questi, oltretutto, eventualmente rigurgitati dai corsi d'acqua costituenti il recapito, nell'ambito delle simulazioni integrate da condurre per lo studio).

Pertanto, la modellazione deve essere costruita con la porzione 2D del modello, rappresentativa del territorio, che viene soggetta effettivamente e direttamente agli eventi meteorici di riferimento e ai conseguenti effetti di distribuzione, trasporto, accumulo ed eventuale esondazione dai corsi d'acqua o dalle reti di drenaggio.

I corsi d'acqua esistenti devono essere inseriti con il loro contributo di portata da monte sia in alveo che eventualmente già esondata e di eventuali effetti di rigurgito sui punti di scarico. Le reti di drenaggio costituiscono punti di recapito delle acque che scorrono in superficie.

In questo modo può essere correttamente definita la vulnerabilità del territorio in termini di pericolosità e rischio idraulico. In assenza di dati (o modellazione) relativi alle reti di drenaggio, il loro contributo potrebbe essere efficacemente rappresentate anche con un idoneo aumento del valore di permeabilità della superficie 2D del modello che riceve le acque meteoriche.



Si evidenzia che si ritiene una errata rappresentazione del funzionamento del sistema, il considerare - al contrario di quanto enunciato sopra - la superficie 2D come punto di "recapito" e scorrimento non già della pioggia diretta, ma solo di eventuale esondazione dai nodi della rete di drenaggio nel caso di andata in pressione e fuoriuscita, per carico idraulico direttamente immesso nei nodi attraverso i propri bacini e sottobacini sollecitati con gli eventi pluviometrici. Questa modalità di rappresentazione, infatti, è corretta nell'ambito della modellazione solo 1D delle reti fognarie ma risulta fuorviante nel caso in oggetto, dove occorre ricostruire il comportamento della superficie del territorio oggetto di sollecitazione pluviometrica.

Si evidenzia anche che solo nel modo suddetto e utilizzato in questo studio, è possibile ottenere risultati sensati anche per eventi meteorici molto importanti, quali quelli pari a 50 e 100 anni richiesti dalla Norma.

7.7 Analisi idrologica

7.7.1 Definizione delle curve di possibilità pluviometrica

L'analisi idrologica sul bacino in esame per definire la sollecitazione idrologica da applicare al modello idraulico è stata condotta a partire dalla definizione dei parametri "a" e "n" delle curve di possibilità pluviometrica, per le quali si è fatto riferimento ai dati ufficiali di ARPA Lombardia.

Come risultato dell'analisi idrologica svolta sono stati definiti gli ietogrammi di pioggia poi utilizzati nella modellazione idrologico-idraulica implementata per lo studio del bacino in esame.

In particolare, i valori ricavati dal portale di ARPA Lombardia per l'area in esame sono riassunti nella seguente tabella.

A1 – Coefficiente pluviometrico orario	32.12
N – Coefficiente di scala	0.349
GEV – parametro α	0.279
GEV – parametro κ	-0.014
GEV – parametro ε	0.835

Quindi, utilizzando la formulazione

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

Dove w_T è dato dalla seguente espressione:

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

Nella tabella seguente si riportano i parametri medi delle curve di possibilità pluviometrica (CPP), ricavati dai dati forniti da ARPA Lombardia, mentre nella

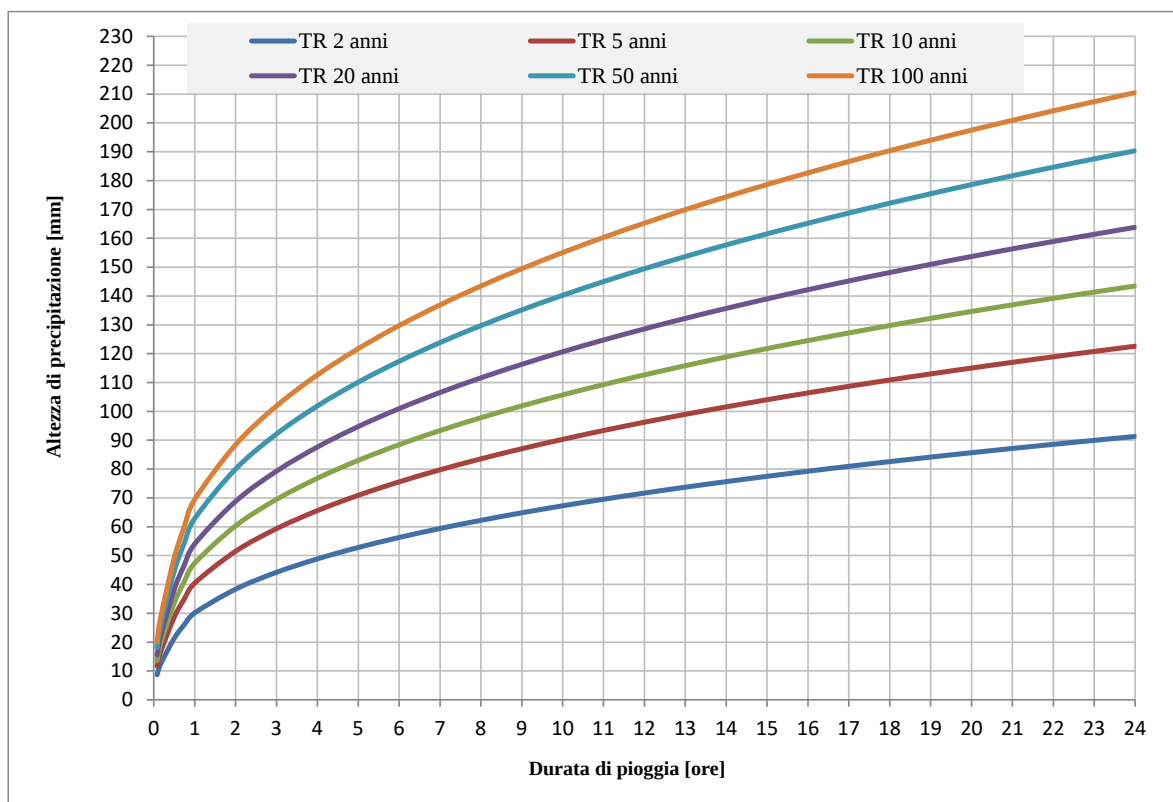


successiva figura sono riportate le curve di possibilità pluviometrica (CPP) calcolate.

Tabella 3 – Parametri delle CPP calcolate per le simulazioni condotte in Comune di Malnate

Tempo di ritorno	<i>a</i>	<i>n</i>
10 anni	47.31	0.349
50 anni	62.77	0.349
100 anni	69.41	0.349
500 anni	79.08	0.349

Figura 26 - Curve di possibilità pluviometrica utilizzate nelle simulazioni dello studio comunale di gestione del rischio idraulico di Malnate



7.7.2 Definizione delle piogge

Per la rappresentazione delle piogge sintetiche si è adottato lo ietogramma di tipo Chicago che, presentando andamenti temporali non costanti, consente una migliore rappresentazione del fenomeno meteorico intenso, normalmente caratterizzato dalla presenza di picchi di intensità di pioggia.

La principale caratteristica di questo ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione dedotta dallo ietogramma stesso è

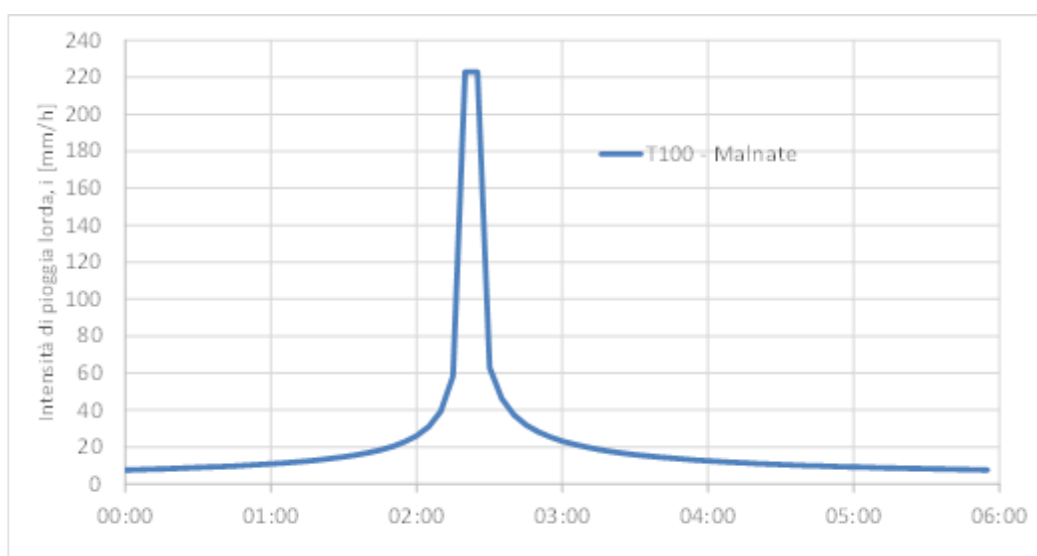


congruente con quella definita dalla curva di possibilità climatica. Esso presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione delle durata di base, in quanto, per durate progressivamente maggiori, la parte centrale dello ietogramma rimane la stessa mentre si aggiungono delle code all'inizio e alla fine dell'evento.

Pertanto imponendo che la durata della pioggia sia maggiore del tempo di corrivazione del bacino, si ottiene, proprio per la caratteristica suddetta, che lo "scroscio" critico è certamente contenuto nella pioggia di progetto.

Nel caso in oggetto, sono state considerate piogge di durata pari a 6 ore. La posizione del picco è stata considerata pari a 0.4. Si riporta lo ietogramma relativo a T=100 anni, corrispondente al tempo di ritorno di riferimento per le simulazioni finalizzate alla definizione delle condizioni di pericolosità complessive del territorio comunale.

Figura 27 - Ietogramma Chicago lordo corrispondente a T=100 anni su Malnate



Le piogge sono inserite lorde nel modello, poiché la depurazione avviene mediante il coefficiente di afflusso adottato per la superficie soggetta all'evento meteorico e che genera deflusso (vedi capitolo 8.3).



8 SIMULAZIONI CONDOTTE: CARATTERISTICHE DEL MODELLO IMPLEMENTATO

8.1 Scenari e precisazioni

Come richiesto dalla Norma di riferimento (RR 7/2017) e come necessario per la corretta definizione della pericolosità e rischio idraulico del territorio comunale, sono stati rappresentati nella modellazione gli eventi meteorici pari a 10, 50, 100 anni di tempo di ritorno.

Gli scenari simulati sono risultanti della diversa combinazione di eventi pluviometrici sul territorio ed eventi di piena del solo bacino naturale del Fugascè, anche considerando il contributo a valle generato dal solo bacino naturale, in assenza di pioggia sulla porzione urbanizzata, così da indagare anche separatamente tra loro gli effetti di accumulo di pioggia ed accumulo per esondazione da Fugascè, definendone i più corretti vincoli di fattibilità.

Mentre, infatti, i livelli idrici raggiunti dall'allagamento e/o le velocità di deflusso delle acque meteoriche locali, in determinate zone del territorio o sezioni stradali, possono essere simili (in valore numerico) sia a seguito di eventi pluviometrici che avvengono direttamente sul territorio sia per allagamento da monte, i loro effetti sugli elementi antropici possono essere anche molto differenti, poiché differente ne sarà la durata complessiva e la persistenza dei valori massimi, oltre ai possibili contributi di trasporto solido, date le dimensioni del bacino sotteso dal torrente Fugascè alla sezione di inizio della tombinatura, come ben evidenziato dall'esito delle simulazioni che hanno portato alla definizione dei perimetri areali riferiti alle classi di fattibilità e ai corrispondenti vincoli.

Infatti, ben diversi saranno gli effetti negativi e i danni occorsi a lungo termine alle aree e alle strutture interessate e, conseguentemente, diversi sono i vincoli posti dalla Norma sulle aree interessate dai due fenomeni.

Per questo la Norma prevede vincoli significativamente differenti per le zone 4 ad elevatissimo rischio per esondazione del fiume (vincoli delle Norme di Attuazione PAI-PGRA), rispetto ai vincoli imposti nelle norme di attuazione del PGT per le aree soggette ad allagamento urbano. Come detto, in entrambi i casi i livelli idrici e/o le velocità della corrente possono determinare grave danno e rischio di incolumità, ma la durata dell'evento (quindi i volumi che eventualmente possono accumularsi nelle aree depresse – box, piani interrati, ecc. – per ingresso dalle strade dove avviene scorrimento con battenti significativi) possono essere molto differenti e determinare effetti notevolmente diversi.

Con lo scopo di evidenziare tali differenze e peculiarità ed associarne correttamente i vincoli di Piano, gli scenari simulati hanno previsto:

- A. scenario in cui viene rappresentato l'effetto della sola piena "naturale" generata dalla pioggia centennale nel bacino extraurbano del Fugascè, in assenza di tombinatura del Fugascè e dello scolmatore Fugascè/Quadronna, lasciando quindi che i deflussi generati dall'interruzione dell'alveo naturale scorrano sul terreno (DTM, quindi sulla zona di magliatura 2D), in relazione al proprio



andamento plano-altimetrico e alla morfologia naturale residua.

- B. simulazioni di eventi pluviometrici intensi (T=10, 50, 100 anni) su tutto il territorio comunale urbano ed extraurbano, con presenza della tombinatura del Fugascè e della tombinatura dello Scolmatore Fugascè che scarica nel Quadronna. Le tombinature sono state rappresentate con le corrette caratteristiche geometriche e plano-altimetriche.

Con questo tipo di simulazione sono state individuate tutte le aree soggette a importante scorrimento e accumulo per effetto diretto degli eventi meteorici intensi o intensissimi.

Per la mappatura delle aree di pericolosità idraulica si è fatta particolare attenzione all'evento centennale, come richiesto dalla Normativa, analizzando i risultati relativi alle due differenti casistiche sopra indicate

Il modello accoppiato 1D-2D mono-bidimensionale è stato implementato con diverse configurazioni geometriche atte a rappresentare la situazione attuale e alcune configurazioni di progetto, nelle quali sono state modificati alcuni elementi dell'alveo e delle fognature, in modo da indagare i possibili effetti degli interventi e l'origine dei contributi che risultano dannosi.

In generale sono state simulate piogge sintetiche con vario tempo di ritorno, corrispondenti a quelli di riferimento della Norma relativa. Non è richiesta dalla Norma e non sono state effettuate simulazioni con eventi reali.

Si precisa che innanzitutto sono state effettuate valutazioni preliminari progressive, per la definizione degli impluvi e della distribuzione delle acque superficiali, per ottimizzare l'estensione e le caratteristiche del modello e i tempi di elaborazione dei calcoli. Una volta definita l'estensione del modello e le dimensioni minime e massime della magliatura nell'area urbana e all'esterno, sono state effettuate e analizzate le combinazioni (scenari) descritte nei punti precedenti.

8.2 Scabrezza

Per poter effettuare qualsiasi simulazione idraulica (condotta con modelli mono o bidimensionali o anche per verifiche puntuali), è indispensabile definire i parametri di calcolo di riferimento delle condizioni fisiche del sistema. In particolare è da definire la resistenza idraulica delle superfici interessate dal deflusso: questo viene fatto mediante i valori di scabrezza imposti sia sulla superficie generale del modello 2D nelle diverse zone, sia lungo i tratti fluviali, sia nelle tombinature e condotti fognari.

Per ogni elemento della modellazione possono essere definiti diversi valori di scabrezza, poiché la risposta idrodinamica (tipo di moto, altezza e velocità del deflusso) delle aree interessate a qualunque sollecitazione di deflusso è determinata dalla natura dei vari terreni e delle loro diverse coperture vegetali o artificiali, o dalla presenza di eventuali ostacoli. Alla diversa natura delle coperture dei terreni sono associabili le specifiche caratteristiche di scabrezza idraulica, determinanti ai fini della simulazione del fenomeno.

Occorre precisare che il valore di scabrezza può variare – a parità di tipo di superficie –



in funzione del battente idraulico che si viene a generare. Normalmente la superficie del terreno rappresentata dalla porzione di base 2D è caratterizzata da deflussi superficiali con battenti idrici (altezze d'acqua) limitati. Per questo è opportuno impostare valori elevati di scabrezza di base del modello 2D (con corrispondente valore assoluto di Strickler basso): infatti le asperità naturali del suolo, la presenza di ostacoli lungo le strade e i marciapiedi, ecc., possono essere considerati molto elevati rispetto ai battenti che caratterizzano effettivamente il deflusso lungo queste superfici: il valore considerato per l'area di deflusso superficiale, pari a scabrezza di Manning $n = 0.2$ (scabrezza di Strickler corrispondente $k_s = 5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), trova corrispondenza con valori di letteratura e con altre simulazioni modellazioni condotte dagli scriventi in ambiti simili, ove è anche stato possibile effettuare una taratura del modello con registrazioni reali. Tale valore è imposto come valore di base del dominio 2D, ma è possibile definire zone con scabrezze differenti, oltre che definire valori specifici nelle porzioni 1D del modello.

Relativamente agli alvei incisi, date le dimensioni e le caratteristiche dei rivestimenti di fondo e sponde, si è assegnato un coefficiente di scabrezza di Manning pari a $n = 0.0333 \text{ s/m}^{1/3}$ (scabrezza di Strickler corrispondente $k_s = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), rappresentativo di sezioni fluviali naturali e con alcune irregolarità. Si precisa che i valori di rugosità maggiore consentono anche di tenere conto del trasporto solido e delle irregolarità lungo il tracciato. Relativamente alle condotte fognarie e di drenaggio urbano, è stato applicato un coefficiente pari a $n = 0.01667 \text{ s/m}^{1/3}$ (scabrezza di Strickler corrispondente $k_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

8.3 Coefficiente di afflusso delle superfici

Un altro parametro del modello, fondamentale per la corretta rappresentazione delle condizioni che si vogliono indagare, è coefficiente di afflusso delle superfici, che rappresenta la loro risposta idraulica alle sollecitazioni meteoriche, in relazione all'uso del suolo, all'impermeabilizzazione effettiva, alle caratteristiche plano-altimetriche e alle possibilità di accumulo e scorrimento.

Nell'ambito della pianificazione, occorre utilizzare adeguata cautela, considerando piuttosto coefficienti di impermeabilizzazione maggiori e, comunque, tenendo conto che gli eventi meteorici più intensi si accompagnano a minore capacità di infiltrazione e di drenaggio.

Nel modello, come detto, è possibile considerare varie zone a differente grado di permeabilità e corrispondente coefficiente di afflusso, tuttavia nel caso di Malnate, viste le caratteristiche uniformi di distribuzione del tessuto urbano, le caratteristiche geologiche delle superfici naturali e le loro pendenze, la tipologia di eventi da indagare e gli obiettivi della pianificazione, si è ritenuto più opportuno considerare un unico valore di coefficiente di afflusso applicato sull'area del dominio 2D. Tale valore è stato fatto variare da 0.4 a 0.7 nelle diverse simulazioni, per verificare la sensibilità dei risultati della modellazione nei confronti di questo parametro, evidenziando la non sostanziale differenza negli effetti e scegliendo di mantenere il valore cautelativo 0.7, con il quale sono state indagate le condizioni di maggiore sollecitazione. Tale valore trova rispondenza nelle indicazioni di letteratura, nell'esperienza pregressa degli scriventi in relazione a studi condotti su contesti analoghi, con modellazioni di



fognatura tarate e calibrate con monitoraggio specifico su piccoli bacini e confronti con più eventi reali intensi registrati.

8.4 Condizioni al contorno

Per poter effettuare qualsiasi simulazione idraulica (condotta con modelli mono o bidimensionali o anche per verifiche puntuali), è indispensabile definire le condizioni al contorno del modello numerico utilizzato, in relazione alle condizioni generali attuali e di pianificazione dei corsi d'acqua coinvolti. In particolare sono state definiti:

- i livelli idrici al contorno del dominio di magliatura;
- gli eventuali idrogrammi in ingresso al sistema generato dai bacini di monte o in punti particolari del bacino.

Come condizione al contorno di uscita dal dominio di magliatura si è imposta la condizione di moto uniforme, che risulta sufficientemente cautelativa in condizioni di moto lento ed essendo stato posto il limite di magliatura di chiusura del dominio di modellazione sufficientemente lontano da elementi di interesse che potrebbero essere influenzati in modo anomalo.

Si rammenta che non sono state indagate le condizioni delle aree di valle già considerate nelle rappresentazioni di PAI e PGRA per le aree di pertinenza fluviale di Olona, Lanza e Quadronna.

Per quanto riguarda invece le condizioni al contorno di monte, non si rilevano elementi nella presente rappresentazione modellistica, poiché l'evento meteorico è stato applicato uniformemente a tutto il bacino sotteso dalle sezioni di chiusura a valle.

8.5 Grandezze idrauliche utilizzate per la rappresentazione dei risultati

Come già anticipato, per la mappatura delle aree di pericolosità idraulica sono stati analizzati gli scenari aventi tempo di ritorno pari a 100 anni, mentre per altre valutazioni sono stati simulati e analizzati anche i risultati di scenari con tempi di ritorno di 10 e 50 anni.

Le analisi delle condizioni di pericolosità e conseguente rischio idraulico sono fatte sulla base dei valori risultanti delle seguenti grandezze idrauliche:

- altezze medie dei battenti idrici in corrispondenza delle maglie del modello;
- velocità medie della corrente con riferimento alle maglie del modello;
- valori di altezza e velocità in corrispondenza di alcune sezioni di risultati, poste in punti significativi del modello;
- effetti di riempimento della rete di drenaggio, con riferimento ai valori del livello idrico nei nodi della rete fognaria;
- valori di portata transitante lungo i condotti della rete di drenaggio;
- valori di portata transitante attraverso alcune sezioni di risultati, poste in



COMUNE DI
MALNATE (VA)

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO
AI SENSI DELL'ART. 14 DEL RR N. 7/2017 E S.M.I.

RI.01 RELAZIONE STUDIO COMUNALE GESTIONE RISCHIO IDRAULICO

punti significativi del modello;

- volumi di allagamento o accumulo per scorrimento superficiale o di esondazione dal torrente Fugascè o dallo scolmatore;
- durata degli allagamenti o di dati valori significativi della grandezze idrauliche.



9 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

9.1 Risultati delle simulazioni iniziali per l'individuazione dell'estensione del dominio e delle direzioni di flusso degli impluvi

Sulla base della documentazione esistente, con particolare riferimento ai dati DTM, ai rilievi e ai sopralluoghi, sono innanzitutto state svolte alcune simulazioni con eventi molto intensi con la rappresentazione della sola cartografia di base, per definire l'estensione dei bacini afferenti alle aree urbanizzate di interesse e, conseguentemente l'estensione del dominio di calcolo e della raffinatezza della magliatura. Tali simulazioni hanno consentito di cominciare ad individuare le direzioni di flusso complessive delle acque provenienti da monte.

Figura 28 – Planimetria con i risultati delle simulazioni iniziali condotte sulla base del solo DTM di superficie (senza ostacoli, edifici, muri e senza i tratti di tominatura di Fugaschè e scolmatore)

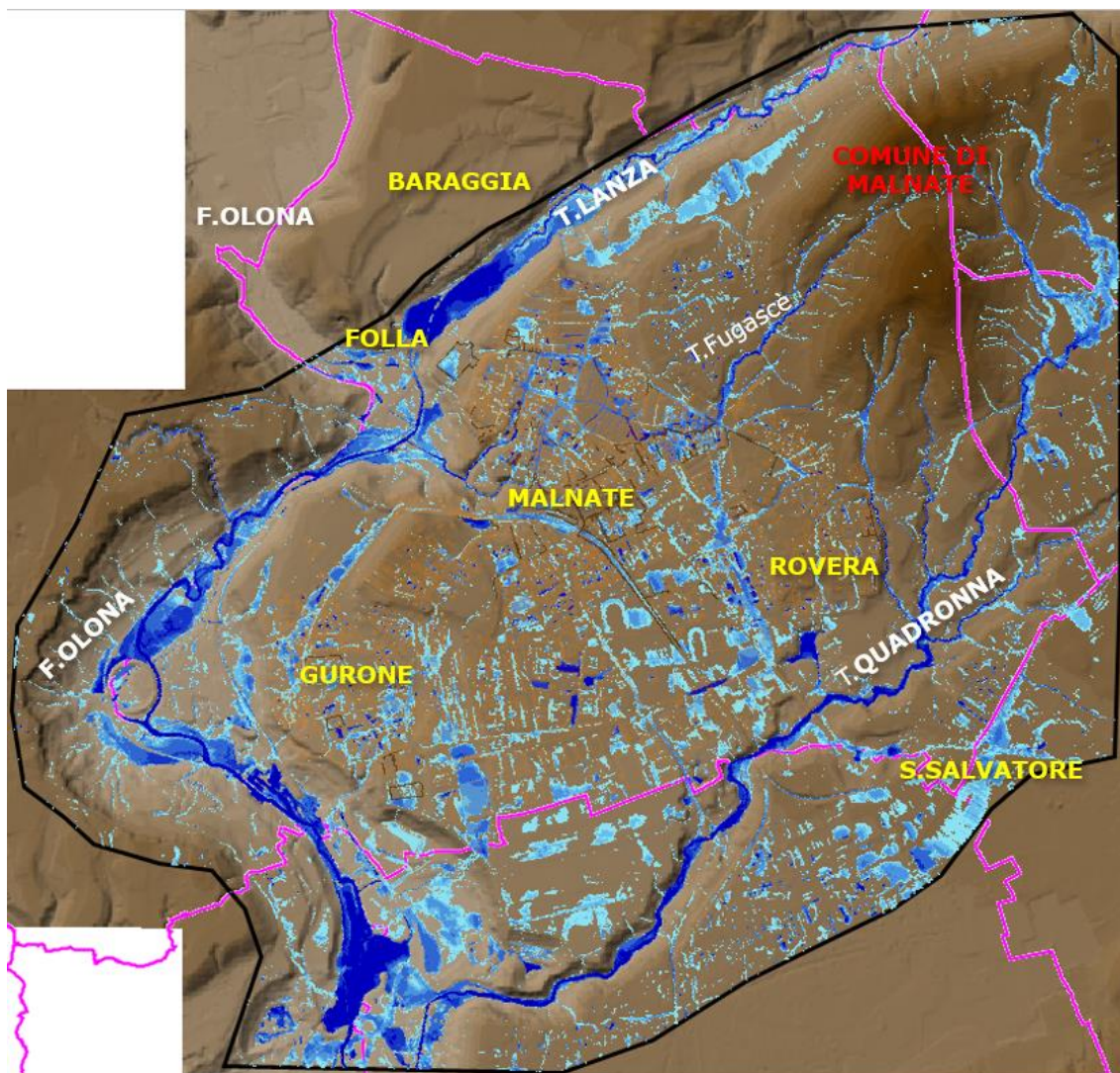
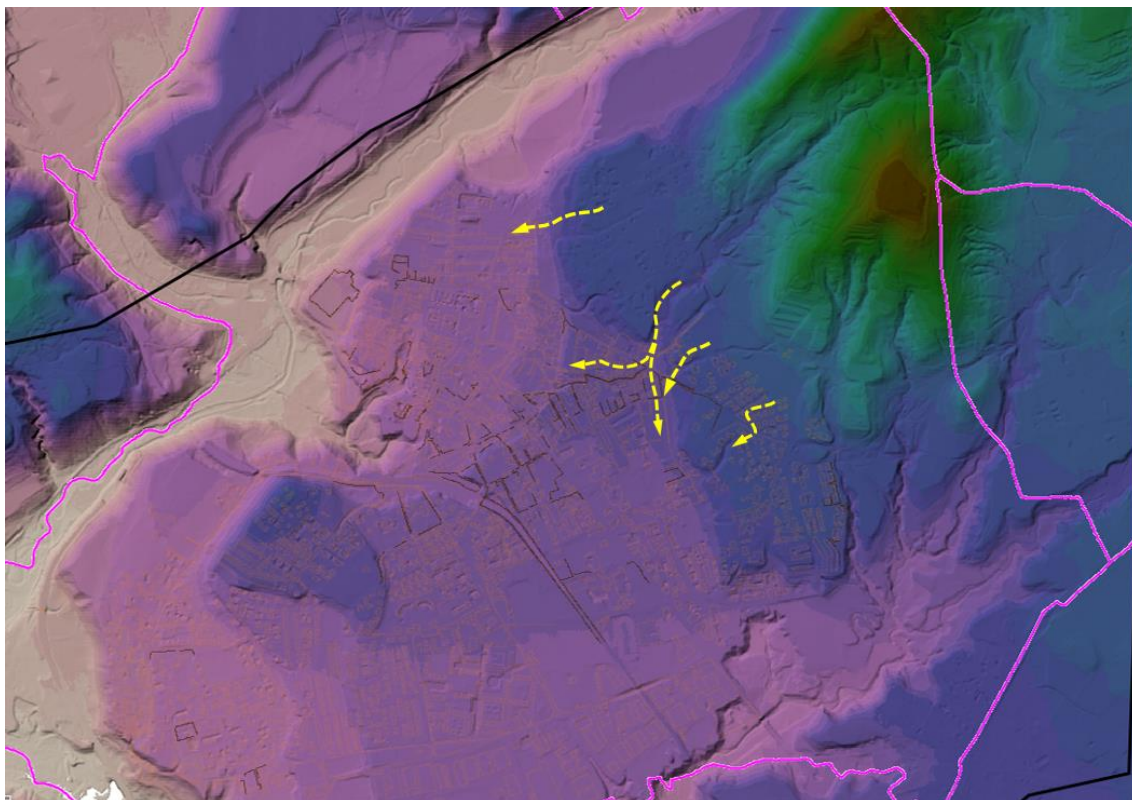
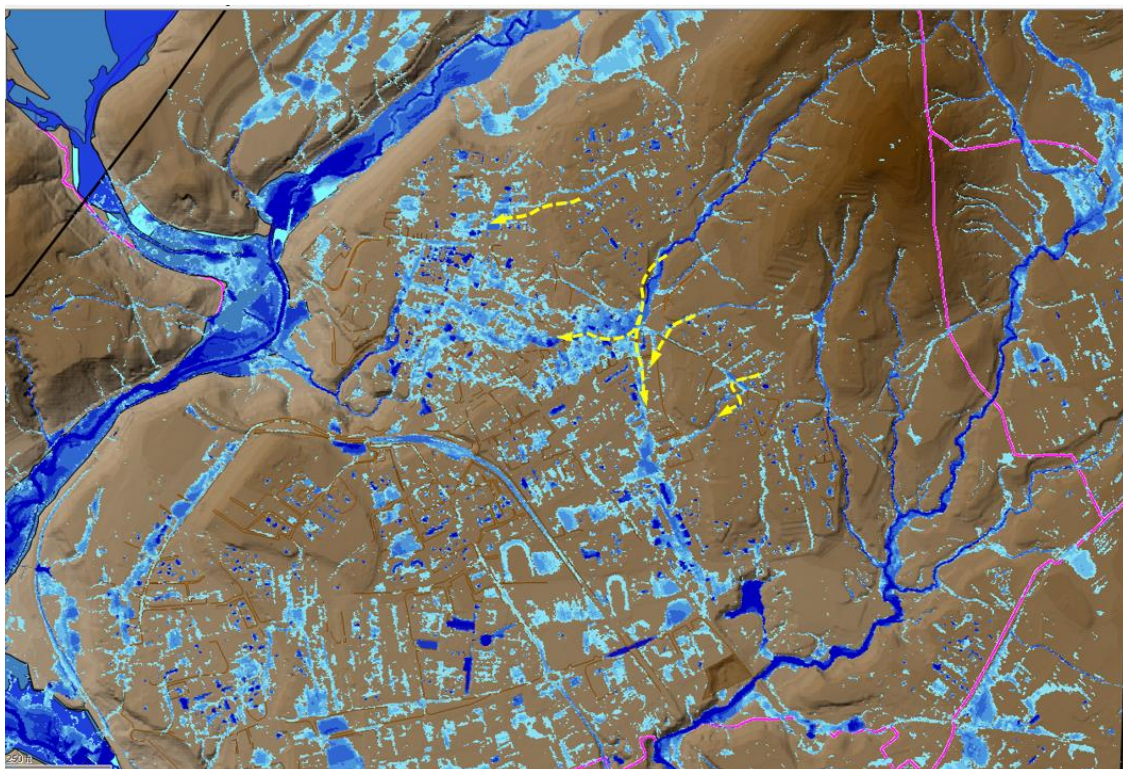




Figura 29 – Planimetria del DTM di base, con indicazione delle direzioni di flusso delle acque in arrivo dalle porzioni montane e di maggiore pendenza del bacino, verso le aree urbanizzate





9.2 Risultati delle simulazioni della situazione attuale, con sollecitazione meteorica distribuita in tutto il dominio, con tempo di ritorno pari a $T=10$ anni

Come già descritto, il modello è stato definito in modo approfondito inserendo sul DTM tutte le caratteristiche geometriche e plano-altimetriche della superficie che costituiscono ostacoli al deflusso o punti d'influenza della direzione di scorrimento della corrente: presenza di edifici, di isolati, muri e muretti, recinzioni (questi possono costituire impedimento parziale e, infatti, vengono rappresentati come muri porosi con una percentuale variabile di capacità di ostacolare il deflusso), strade, barriere varie.

Sono, inoltre, stati inseriti nodi e tratti di condotta che rappresentano le reali caratteristiche della tombinatura del Fugascè e dello scolmatore Fugascè verso il Quadronna.

Nel modello sono anche state inserite delle sezioni di risultati - utili a registrare l'andamento delle grandezze idrodinamiche lungo il loro tracciato – e poligoni di risultati inseriti dove sono stati registrati accumuli significativi.

Figura 30 – Stralcio della planimetria relativa ai risultati delle altezze d'acqua massime nelle maglie del bacino, per eventi distribuiti lordi pari a $T=10$ anni e coefficiente di afflusso = 0.7 su tutto il dominio di calcolo. Nella planimetria sono indicati in rosso i tracciati della tombinatura del torrente Fugascè e dello scolmatore

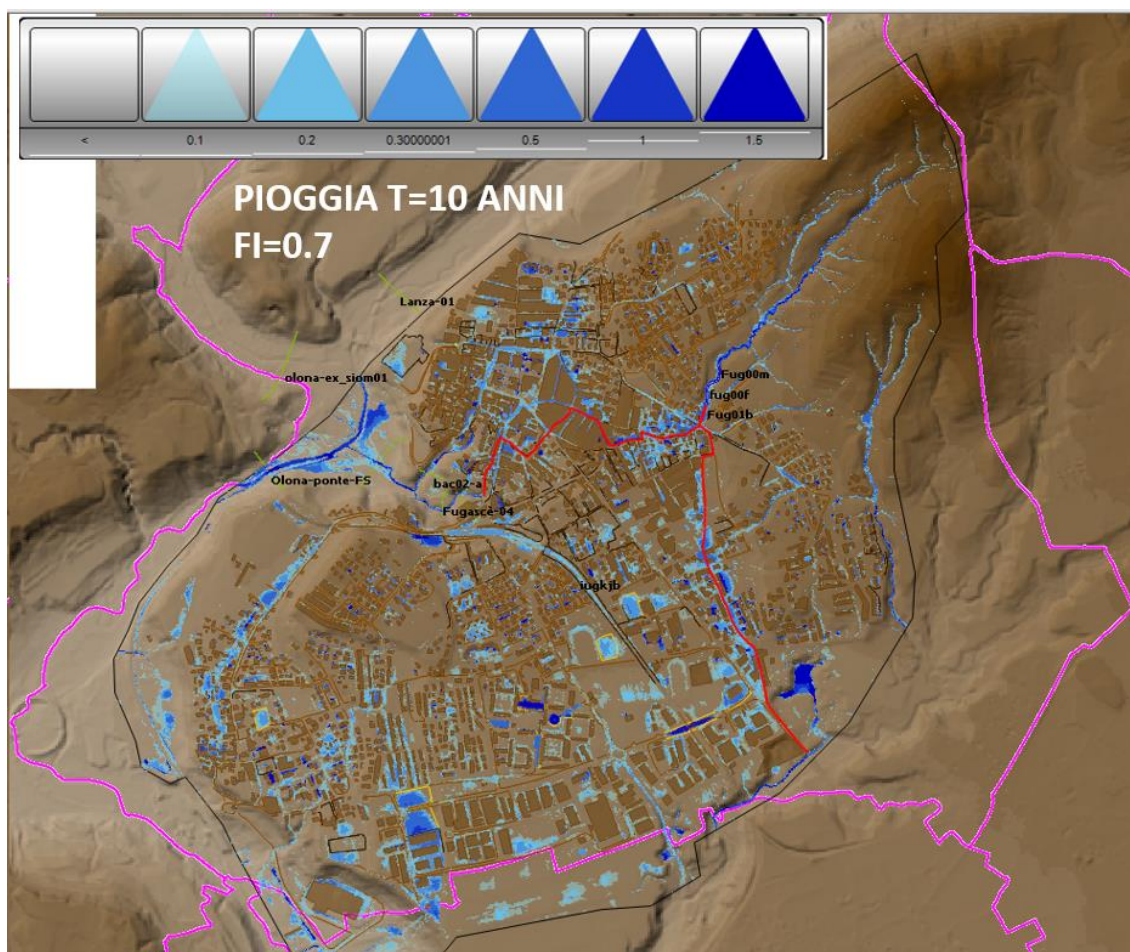
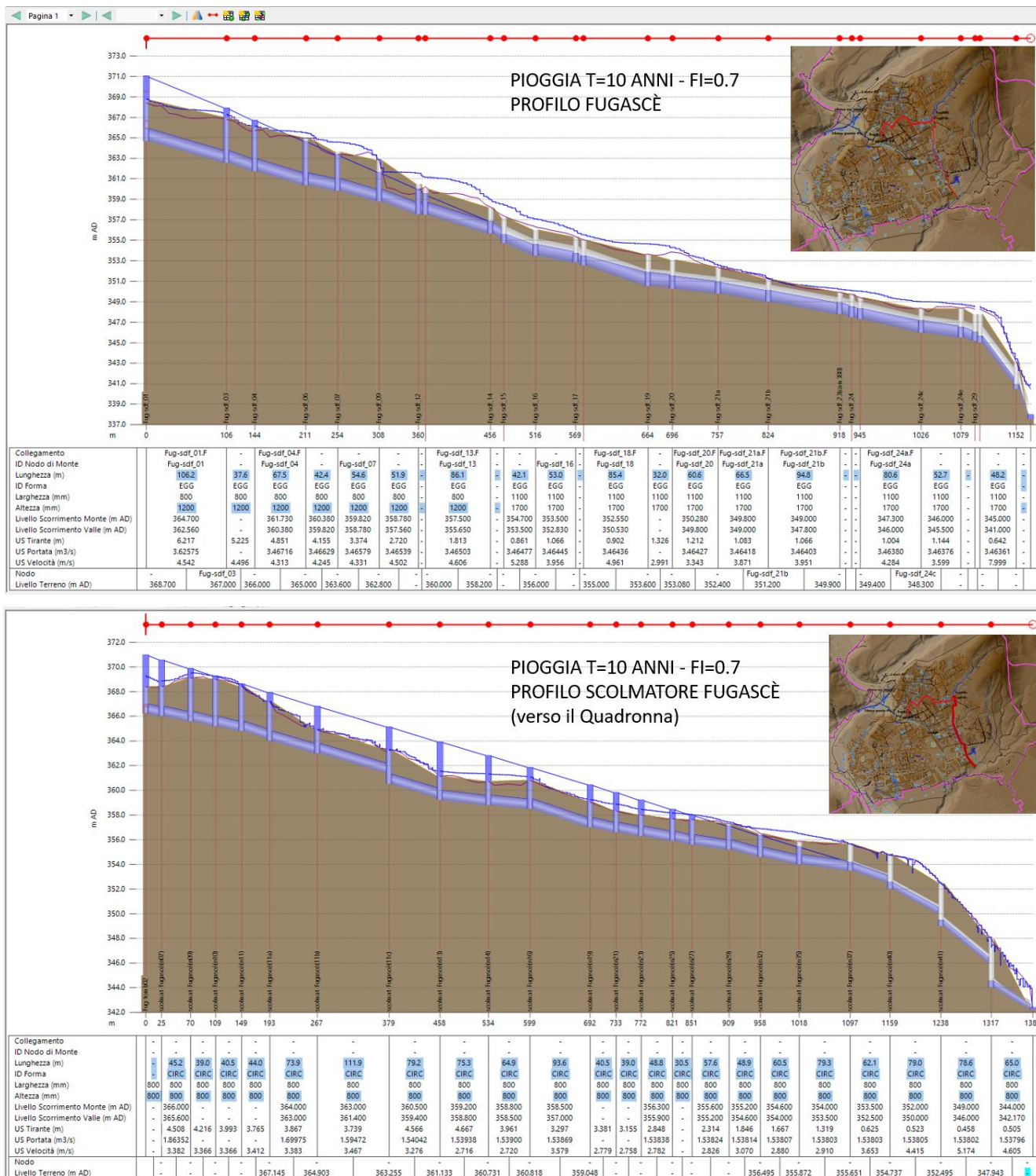


Figura 31 – Profili idraulici della tominatura del Fugascè e dello scolmatore (i cui tracciati sono indicati in rosso nella precedente Figura 30), con riportate le altezze d'acqua massime nei nodi e il profilo di altezza massima nelle maglie sulla superficie corrispondente al tracciato, per eventi distribuiti lordi pari a $T=10$ anni e coefficiente di afflusso = 0.7 su tutto il dominio di calcolo



Analizzando i risultati rappresentati, si osserva come la tombinatura del Fugascè risulta solo parzialmente utilizzata nella prima parte, mentre nella seconda parte essa riceve i contributi delle fognature della zona centrale ma le dimensioni risultano comunque



sufficienti a garantire il funzionamento a pelo libero per l'evento decennale.

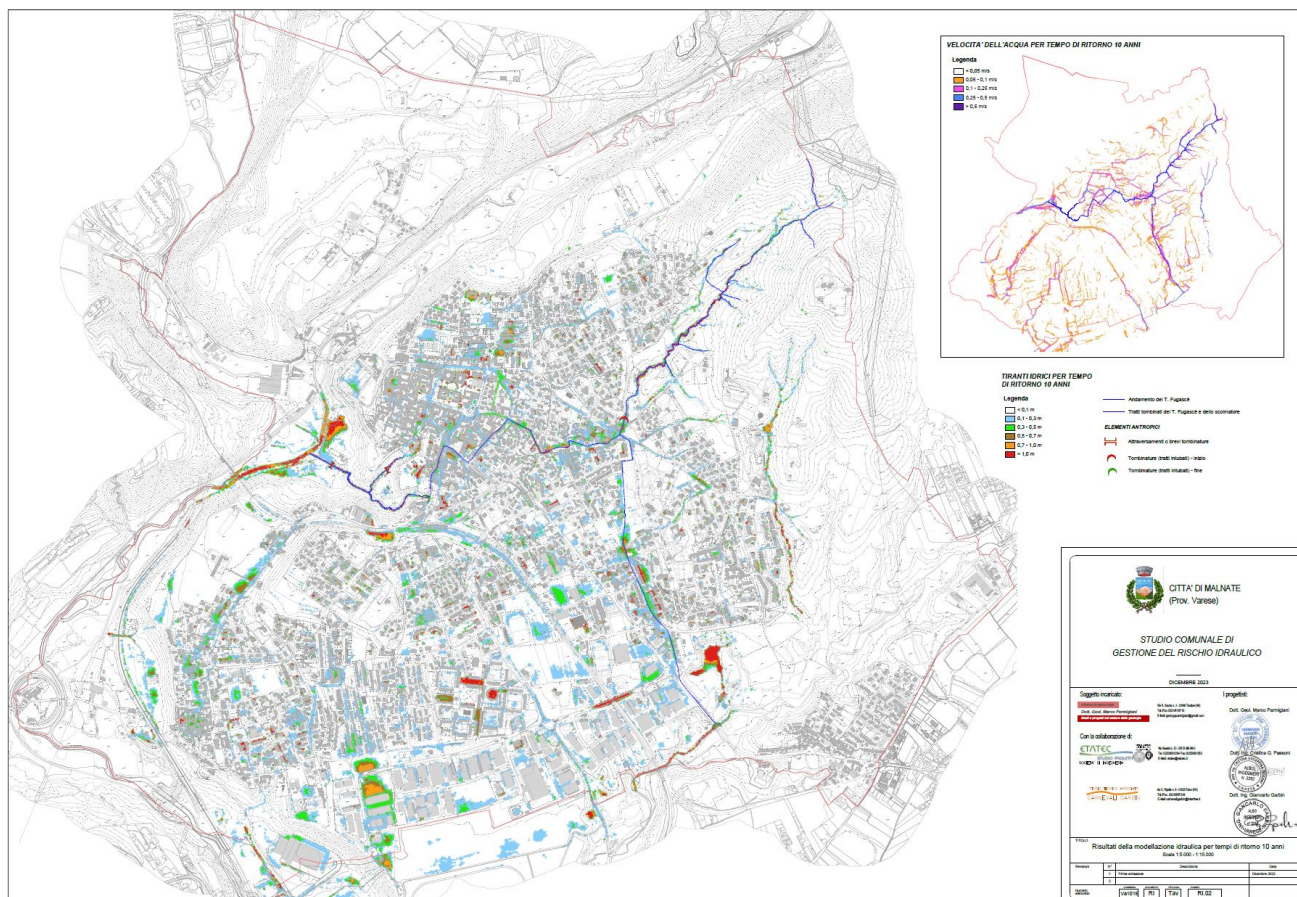
Invece il funzionamento dello scolmatore del Fugascè appare molto più problematico, come anche dimostrato dai frequenti problemi segnalati, legati al funzionamento in pressione delle parti centrale e di valle, che comportano anche l'apertura dei chiusini e conseguenti problemi di sicurezza stradale, oltre che di allagamento.

Relativamente a tutte le maglie del dominio, sono state riprodotte le condizioni di massimi livelli idrici di allagamento, massime velocità di deflusso e la combinazione di altezza e velocità che la Norma indica per definire la pericolosità da associare all'uso del suolo.

Nella Tavola RI.02 allegata al presente Studio, sono riportati gli esiti della modellazione condotta con sollecitazione del modello con evento pluviometrico riferito a 10 anni.

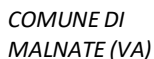
Si riporta qui uno stralcio della Tavola, cui si rimanda per la visualizzazione dei risultati.

Figura 32 – Stralcio della tavola RI.02 relativa ai risultati delle simulazioni T=10 anni



Si precisa che le simulazioni con tempo di ritorno decennale già ben rappresentano tutte problematiche di allagamento già evidenziate dal Comune e brevemente descritte nei paragrafi 4.6 e 4.7.

L'allagamento delle aree adiacenti all'ingresso della tombinatura del Fugascè e lungo il suo tracciato e quello dello scolmatore sono già ben evidenti e d'impatto significativo.



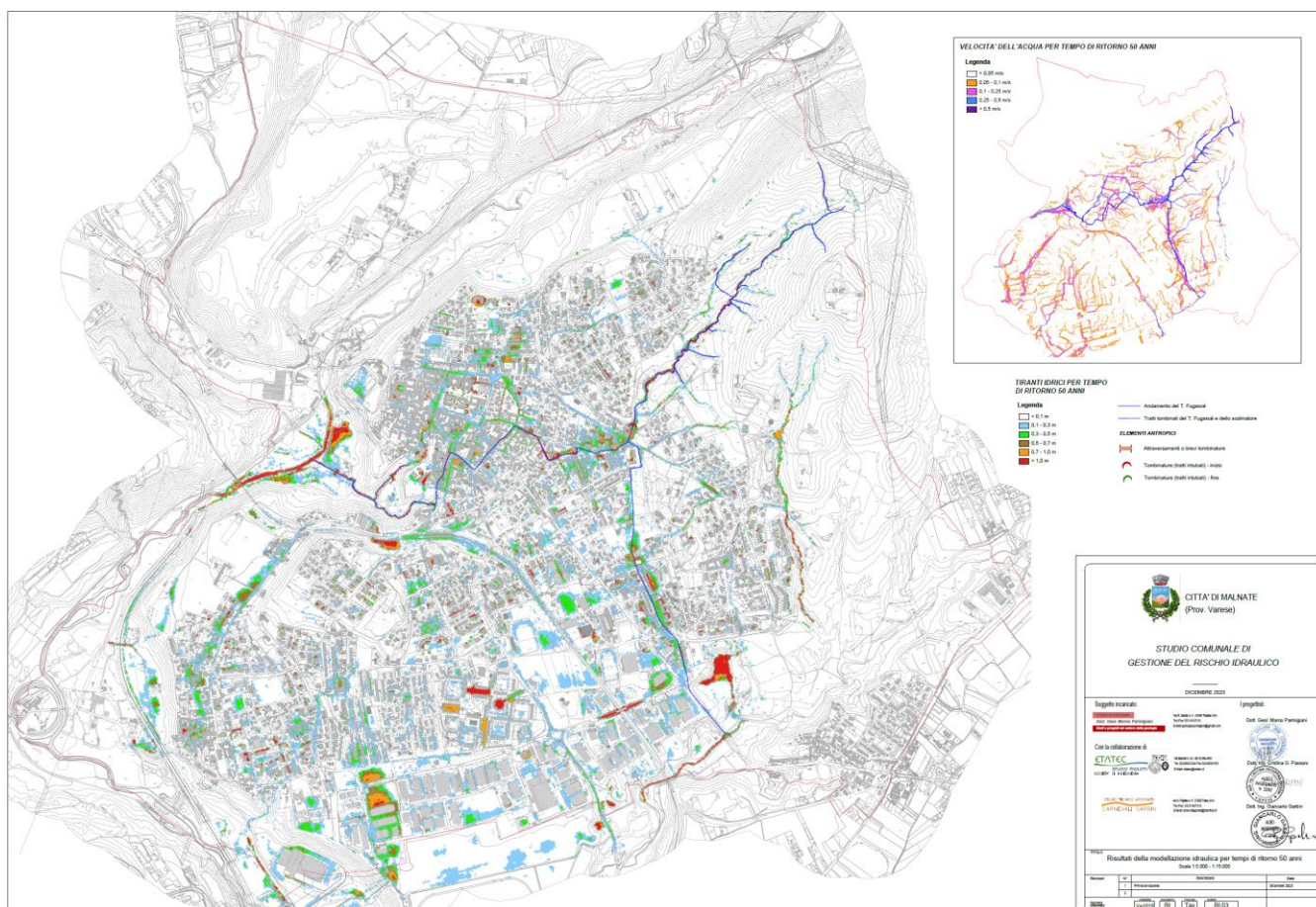
Risultano presenti alcune zone di accumulo di allagamento, costituite da zone depresse ancora non edificate, che costituiscono importantissime aree di laminazione e accumulo delle portate defluenti e che devono essere salvaguardate nella loro funzione di riduzione del rischio idraulico complessivo.

9.3 Risultati delle simulazioni della situazione attuale, con sollecitazione meteorica distribuita in tutto il dominio, con tempo di ritorno pari a $T=50$ anni

Nella Tavola RI.03 allegata al presente Studio, sono riportati gli esiti della modellazione condotta con sollecitazione del modello con evento pluviometrico riferito a 50 anni.

Si riporta qui uno stralcio della Tavola, cui si rimanda per la visualizzazione dei risultati.

Figura 33 – Stralcio della tavola RI.03 relativa ai risultati delle simulazioni T=50 anni



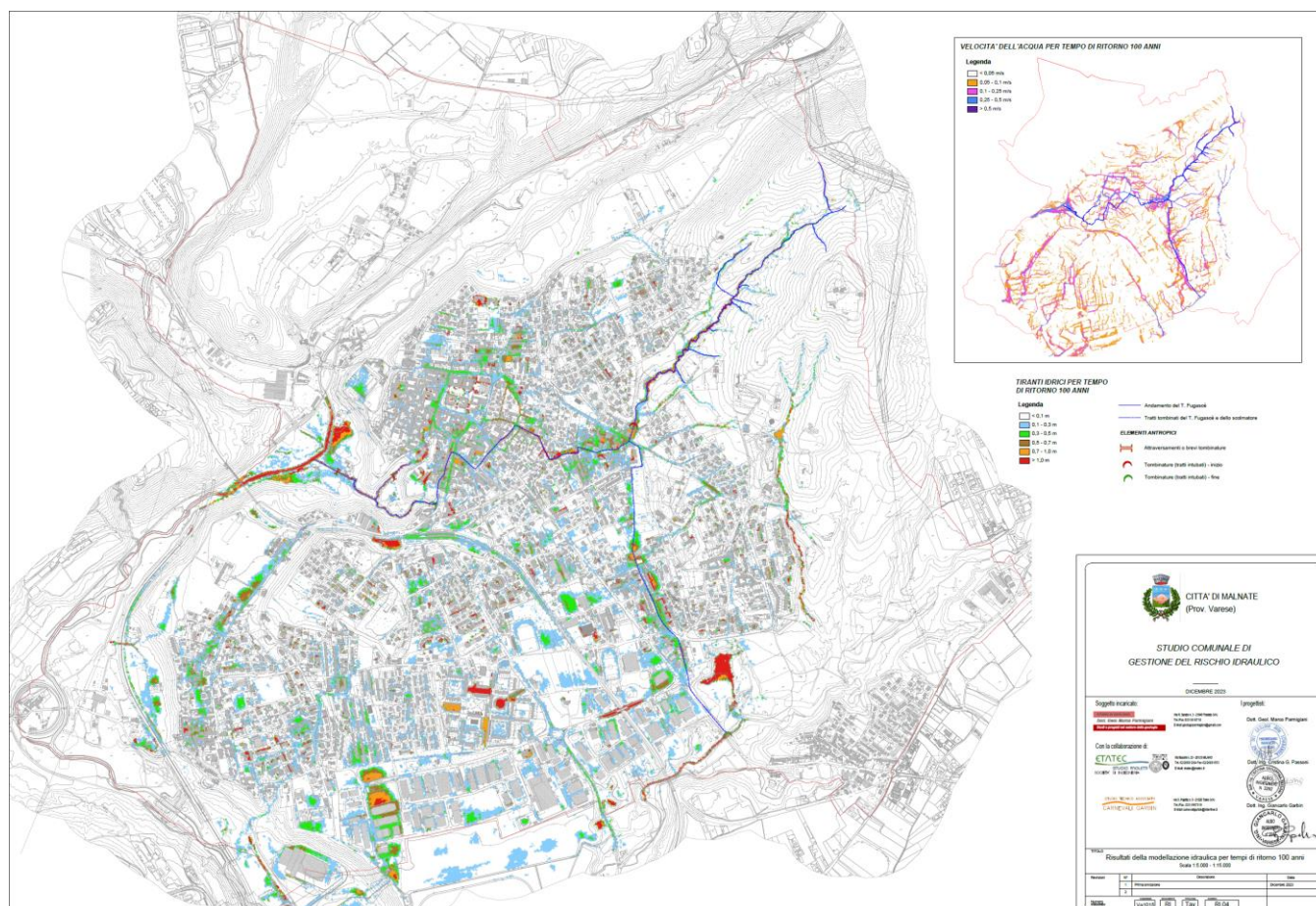


9.1 Risultati delle simulazioni della situazione attuale, con sollecitazione meteorica distribuita in tutto il dominio, con tempo di ritorno pari a $T=100$ anni

Nella Tavola RI.04 allegata al presente Studio, sono riportati gli esiti della modellazione condotta con sollecitazione del modello con evento pluviometrico riferito a 100 anni.

Si riporta qui uno stralcio della Tavola, cui si rimanda per la visualizzazione dei risultati.

Figura 34 – Stralcio della tavola RI.04 relativa ai risultati delle simulazioni $T=100$ anni





9.2 Interpretazione risultati per la perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica e la definizione delle classi di fattibilità geologica

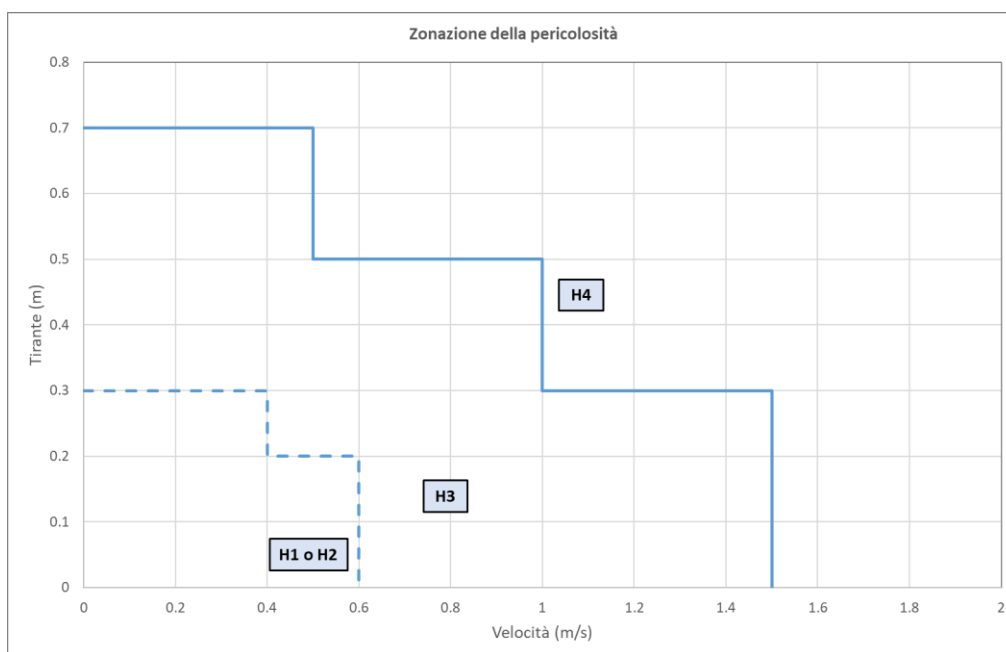
9.2.1 Pericolosità e rischio idraulico

I risultati relativi ad altezza e velocità della corrente nelle maglie del modello, ottenuti dalle simulazioni condotte per gli eventi centennali, sono stati interpolati tra loro per individuare sul territorio comunale aree omogenee a diverso grado di pericolosità idraulica.

Le perimetrazioni effettuate sono riportate nelle tavole allegate alle Norme Geologiche di Piano, relative all'aggiornamento del PGT, in cui sono indicate le attività e le opere che sono compatibili con il grado di rischio idraulico e geologico nelle diverse zone del territorio comunale.

A tale scopo si sono applicate le indicazioni contenute nell'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/2011 "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di esondazione", che, con riferimento al grafico seguente, identifica il grado di pericolosità idraulica sulla base dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento, per piene con tempo di ritorno di riferimento di $T=100$ anni.

Figura 35 – Diagramma di definizione della pericolosità idraulica normato da Regione Lombardia (rif. nell'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/2011)



Per tiranti fino a un massimo di 30 cm e velocità massime di 0,6 m/s si ricade in aree a pericolosità media o moderata (H1 – H2); per combinazioni tiranti/velocità fino a 70 cm/0,5 m/s o fino a 30 cm/1,5 m/s, si ricade in aree a pericolosità elevata (H3); oltre a tali valori si ricade in aree a pericolosità molto elevata.



Per Malnate il parametro che influisce maggiormente nell'individuazione del grado di pericolosità idraulica è il tirante idrico, poiché gli allagamenti diffusi, la mancanza di impluvi significativi (oltre a quello rappresentato con il RR 1D) e la elevata scabrezza (tipica delle condizioni reali di deflusso per allagamento), determinano ovunque condizioni di trasporto con valori di velocità molto bassi.

Infatti le velocità calcolate sono generalmente sempre inferiori a 0.25 m/s, fatta eccezione per alcuni tratti in cui comunque le velocità rimangono contenute entro 0.50 m/s.

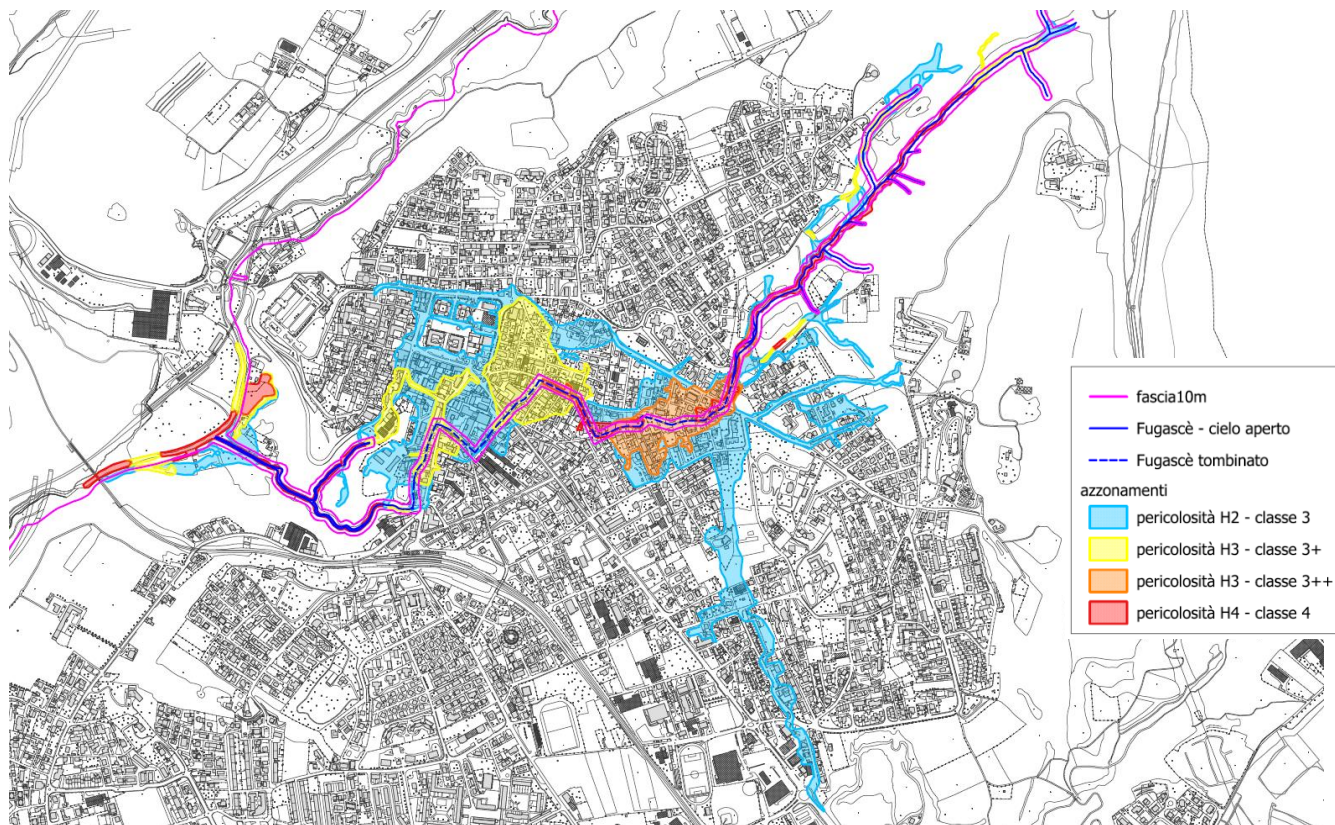
In generale, le maggiori velocità di deflusso si registrano in corrispondenza della viabilità, dove l'acqua incanalata tra gli isolati, scorre senza incontrare ostacoli su percorsi aventi una maggiore pendenza rispetto a quanto si verifica nelle aree verdi.

Di contro, nelle aree verdi, generalmente ribassate rispetto alla viabilità, si registrano i battenti maggiori, superiori anche a 1 m.

Nel centro abitato i tiranti rimangono comunque elevati in alcune zone e si registrano alcuni importanti punti dove si accumulano i deflussi superficiali, con tiranti anche molto elevati.

Le aree a diverso grado di pericolosità così individuate sono rappresentate nelle figure seguenti.

Figura 36 – Malnate, zone a diversa pericolosità idraulica ai sensi delle Norme PAI-PGRA, per effetto della presenza del torrente Fugascè



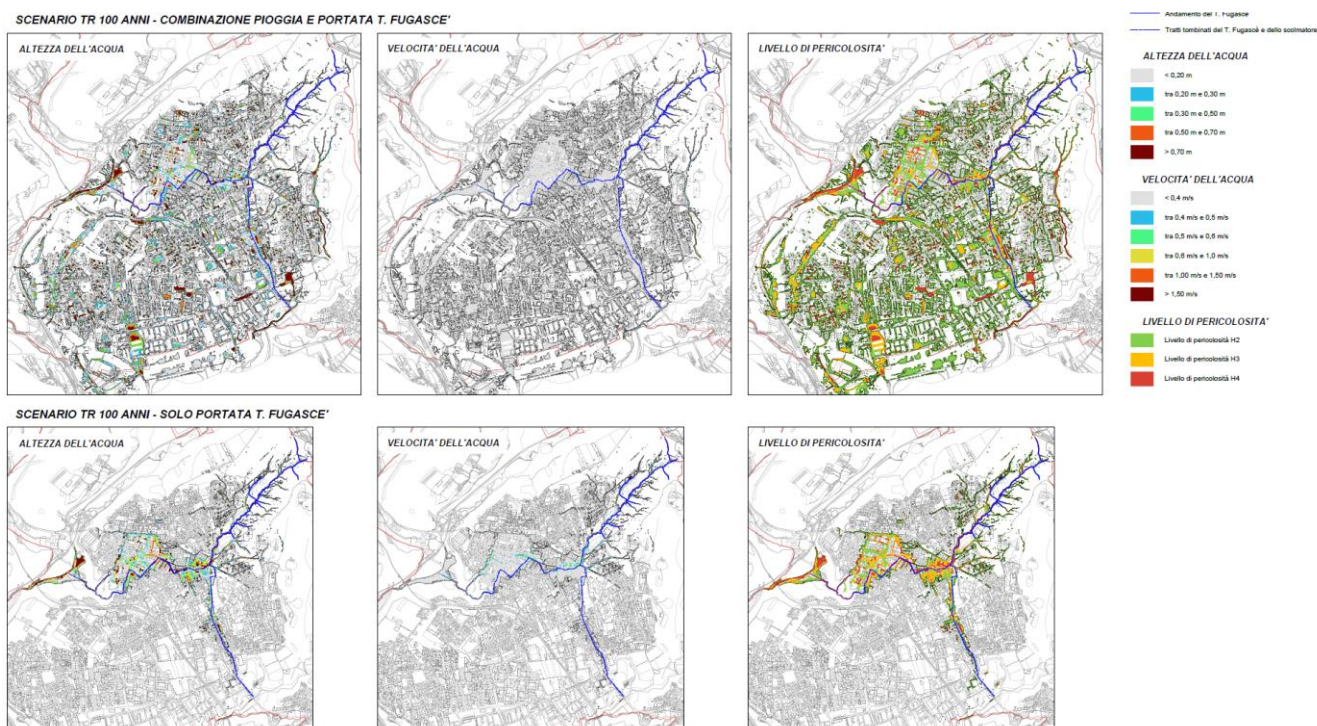


Si precisa che si tratta di valori medi sulle celle di magliatura delle simulazioni, pertanto localmente potrebbero verificarsi eventi con velocità e tiranti sensibilmente differenti da quanto emerso, anche in relazione a particolarità limitate spazialmente o anche temporalmente sulle aree soggette al deflusso: la presenza di ostacoli può determinare concentrazione del deflusso e quindi aumento della velocità, come risultano certamente differenti le altezze idriche lungo un tratto stradale di ridotte dimensioni, necessariamente rappresentato discretizzando il profilo stradale, nel caso ci si trovi in centro strada o sul marciapiede.

9.2.2 Esplicitazione dei risultati nelle Tavole di Piano

Come detto, le perimetrazioni effettuate sono riportate nelle tavole allegate alle Norme Geologiche di Piano, in particolare, gli esiti dello studio idraulico sono sintetizzati nelle seguenti tavole, di cui si riportano degli stralci nelle figure seguenti: *Tavola 7a/b_esiti dello studio idraulico (livelli e azzonamenti)*; *Tavola 10_sintesi*; *Tavola12a/b_fattibilità*.

Figura 37 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 7a_esiti dello studio idraulico (livelli). Stralcio della tavola





COMUNE DI
MALNATE (VA)

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO
AI SENSI DELL'ART. 14 DEL RR N. 7/2017 E S.M.I.

RI.01 RELAZIONE STUDIO COMUNALE GESTIONE RISCHIO IDRAULICO

Figura 38 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 7b_esiti dello studio idraulico (azzonamenti). Stralcio della tavola (legenda nella seguente Figura 39)

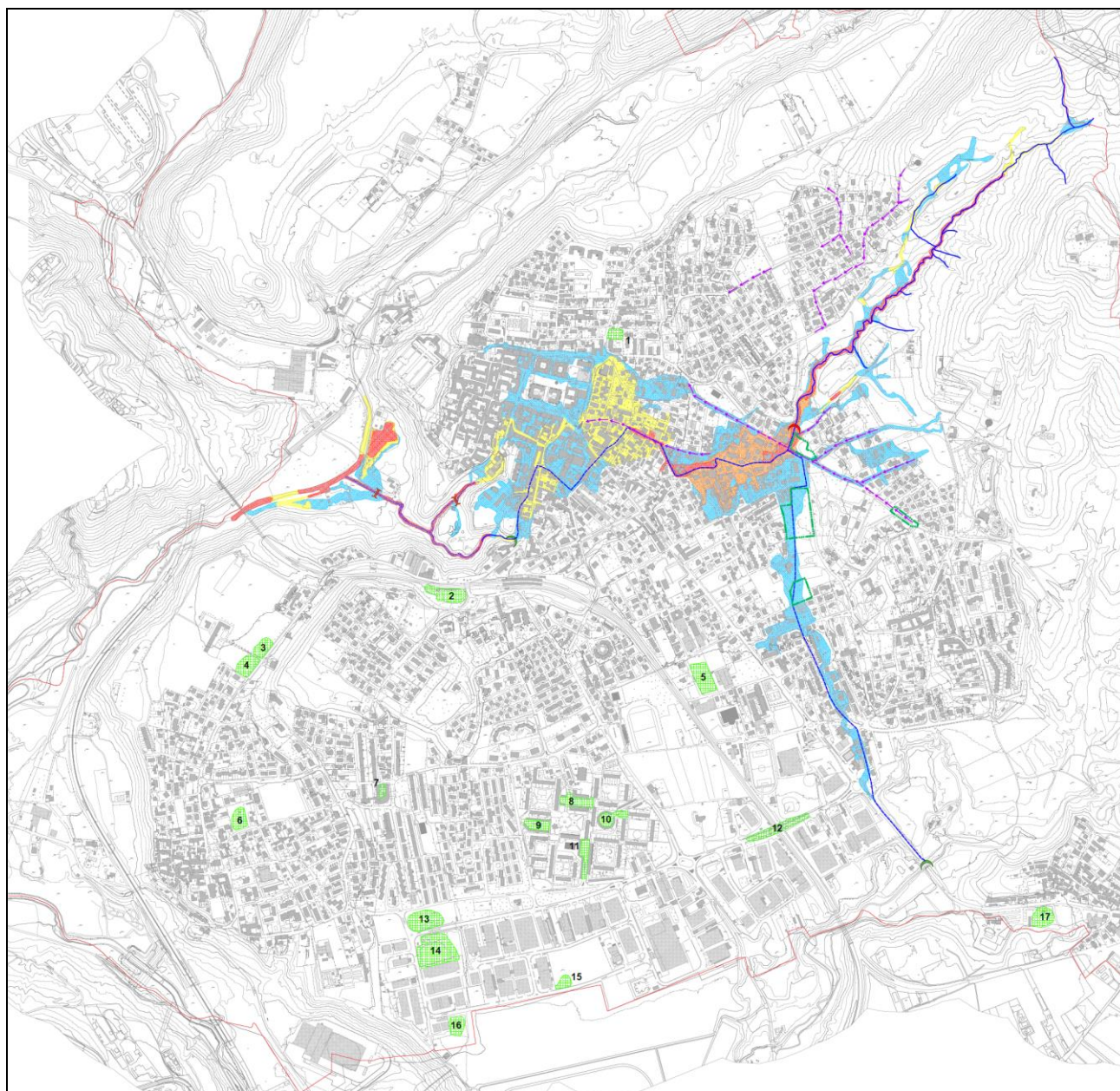




Figura 39 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 7b_esiti dello studio idraulico (azzonamenti). Stralcio della legenda relativa alla tavola di cui alla Figura 38)

- Andamento del T. Fugascè
— Tratti tombinati del T. Fugascè e dello scolmatore

ELEMENTI ANTROPICI

- II Attraversamenti o brevi tombinature
C Tombinature (tratti intubati) - inizio
C Tombinature (tratti intubati) - fine

ESITI DELLO STUDIO IDRAULICO

- Aree prossime al corso del T. Fugascè, individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da allagamenti al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H4
- Aree prossime al corso del T. Fugascè, individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da allagamenti al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H3
- Aree individuate dallo studio idraulico come coinvolgibili da allagamenti al verificarsi della piena di riferimento del T. Fugascè (Tr 100 anni) con pericolosità H3
- Aree individuate dallo studio idraulico come coinvolgibili da allagamenti al verificarsi della piena di riferimento del T. Fugascè (Tr 100 anni) con pericolosità H2
- Tratti di strade e sentieri individuate dallo studio idraulico come soggette a fenomeni di ruscellamento concentrato (viene indicata la vergenza della strada)



Aree morfologicamente ribassate, individuate dallo studio idraulico come soggette a fenomeni di allagamento urbano, con battente superiore a 30 cm, in occasione degli eventi meteorologici di riferimento (Tr 100 anni) e meglio definite nello "studio di gestione del rischio idraulico" (R.R. 7/2017 s.m.i.).

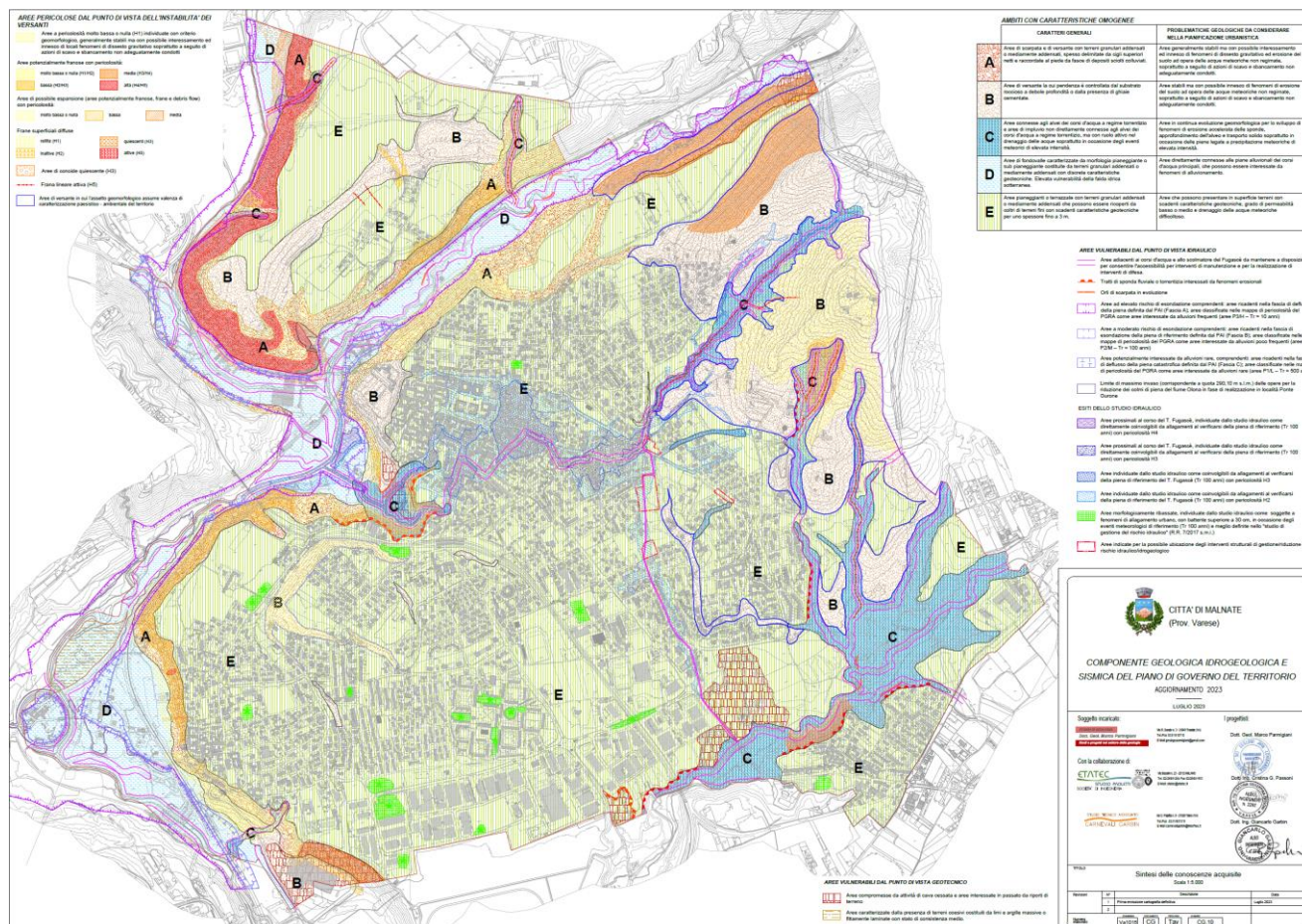
La tabella sottostante riassume i risultati dello studio idraulico per le aree individuate

Risultato simulazione T100				
N.	Superficie [mq]	Attuale utilizzo	Altezza massima risp. DTM [m]	Volume accumulato massimo [mc]
1	1.340	area verde privata	0,90	790
2	3.785	area verde privata	1,30	2.055
3	1.966	area agricola privata	0,70	1.060
4	2.640	area agricola privata	0,70	1.410
5	4.062	area attualmente libera	0,55	1.715
6	2.209	area attualmente libera	0,50	755
7	655	cortile interno scuola	1,25	670
8	2.770	corsello box esistente	1,85	4.340
9	1.806	corsello box esistente	1,00	1.470
10	2.084	corsello box esistente	1,70	2.560
11	1.965	corsello box esistente	1,00	1.520
12	3.802	sottopasso ferrovia	4,35	7.360
13	4.750	area attualmente libera	1,10	3.240
14	8.823	area attualmente libera	1,10	5.350
15	1.202	area attualmente libera	0,55	1.820
16	2.072	area attualmente libera	0,70	1.570
17	2.792	area attualmente libera	2,60	3.100



Aree indicate per la possibile ubicazione degli interventi strutturali di gestione/riduzione del rischio idraulico/idrogeologico

Figura 40 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 10_sintesi. Stralcio della tavola



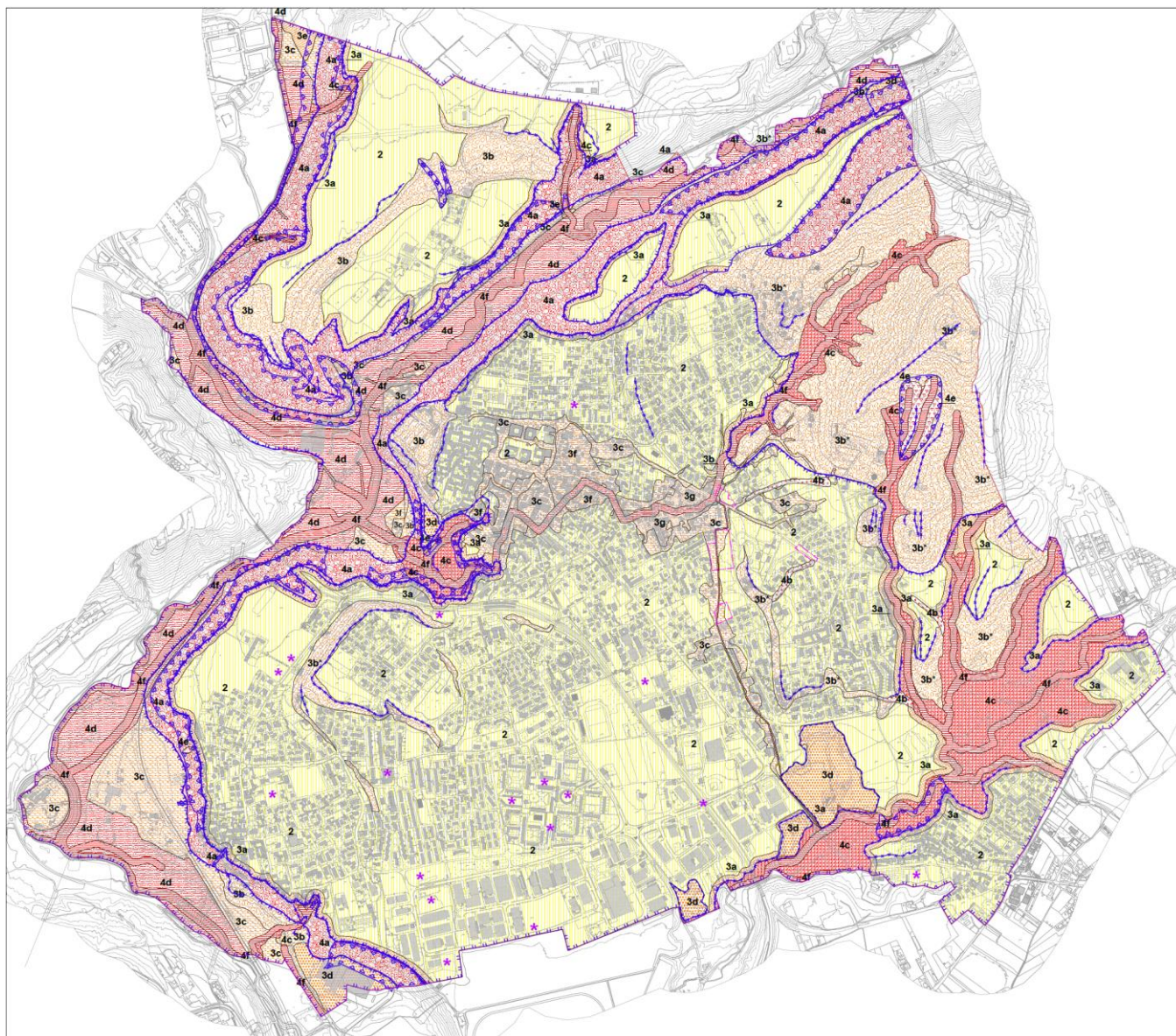


COMUNE DI
MALNATE (VA)

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO
AI SENSI DELL'ART. 14 DEL RR N. 7/2017 E S.M.I.

RI.01 RELAZIONE STUDIO COMUNALE GESTIONE RISCHIO IDRAULICO

Figura 41 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 12a_fattibilità. Stralcio della tavola (legenda in Figura 42)





COMUNE DI
MALNATE (VA)

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO AI SENSI DELL'ART. 14 DEL RR N. 7/2017 E S.M.I.

RI.01 RELAZIONE STUDIO COMUNALE GESTIONE RISCHIO IDRAULICO

Figura 42 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 12b_fattibilità. Stralcio della legenda relativa alla tavola 12a (Figura 41)

CLASSE DI FATTIBILITÀ D.G.R. X/2516/11	PRINCIPALI CARATTERISTICHE	PARERE GEOLOGICO SULLA MODIFICA DI DESTINAZIONE D'USO	AZIONI EDIFICATORIE E OPERE AMMISSIBILI (*)	APPROFONDIMENTI ED INDAGINI MINIME NECESSARIE	INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE	TIPOLOGIA DELLE AZIONI EDIFICATORIE E OPERE AMMISSIBILI IN RELAZIONE AL CONTESTO GEOMORFOLOGICO
2	Aree pianeggianti o terrazzate con terreni granitici adensati o medianamente adensati che possono essere ricoperti da coltri di terreni fini con scadenti caratteristiche geotecniche per uno spessore di 2 m. Aree soggette a fenomeni di allagamento urbano in occasione degli eventi meteorologici di riferimento (T 100 anni)	Favorevole con moderate limitazioni di carattere geotecnico e idrogeologico, a salvaguardia delle acque sotterranee	 	IGT IGT IGT IGT	Sono sempre da prevedere opere per la regolazione delle acque meteoriche (RE) e l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR) per gli insediamenti produttivi a rischio e da prevedere la predisposizione di sistemi di controllo ambientale (CA)	
3a	Aree individuali graficamente a contorno delle scarpate o dei versanti (20 m) di raccordo tra classe 2 e classe 4	Favorevole, ma con costanti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per la prossimità di versanti acclivi	 	IGT - SV IGT - SV IGT - SV IGT - SV	Sono sempre da prevedere opere per la regolazione delle acque meteoriche (RE), l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR) e opere per la difesa del suolo (DS)	
3b	Aree di versante in cui pendenza è controllata dal substrato roccioso a debole profondità o dalla presenza di ghiaie cementate. Aree stabili ma con possibili fenomeni di erosione del suolo ad opera delle acque meteoriche non regolari	Favorevole, ma con costanti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per il possibile sviluppo di dissesti a seguito di interventi antropici non adeguatamente progettati	 	IGT - SV IGT - SV IGT - SV IGT - SV	Sono sempre da prevedere opere per la regolazione delle acque meteoriche (RE), l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR) e opere per la difesa del suolo (DS)	
3c	La classe comprende: - aree esterne di fondazione caratterizzate da morfologia pianeggiante o sub-pianeggiante costituita da terreni granitici adensati o medianamente adensati - aree ad elevata vulnerabilità della falda idrica sotterranea che possono essere interessate da alluvioni rare (area P14) per il rischio secondario collinare e montano (RSCM), già individuate nell'Allegato 2 del P.A.I. rispettivamente come aree di pericolo di dissesto idraulico e di dissesto idrogeologico	Favorevole ma con costanti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per la possibile sviluppo di dissesti a seguito di interventi antropici non adeguatamente progettati	 	IGT - VCI IGT - VCI IGT - VCI IGT - VCI	Sono sempre da prevedere opere di regolazione delle acque superficiali (RE) e i ricorsi ad accorgimenti costruttivi che impediscano danni di carattere idraulico a beni e strutture (DI), quali quelli indicati nell'Allegato 4 della D.G.R. X/2616/11	
3d	Aree comprese da attività di cava cessata e aree interessate in passato da spunti incrociati, caratterizzate da versanti a pendenza variabile, permanentemente stabili ma con possibili incrementi del rischio di fenomeni di dissesto gravitativo ed erosione del suolo ad opera delle acque meteoriche non regolari	Favorevole ma con costanti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per la possibile sviluppo di dissesti a seguito di interventi antropici non adeguatamente progettati	 	IGT - SV IGT - SV IGT - SV IGT - SV	Sono sempre da prevedere opere per la regolazione delle acque meteoriche (RE), l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR) e opere per la difesa del suolo (DS). Per gli insediamenti a rischio è da prevedere la predisposizione di sistemi di controllo ambientale (CA)	
3e	Aree stabili appartenenti al contesto di conoidi non recentemente rivasate, ad eccezione di quelle sottoposte a interventi di grande scala. La classe comprende aree classificate nelle mappe di pericolosità del P.G.R. come aree interessate da alluvioni poco frequenti (area P2M) e aree interessate da alluvioni rare (area P14) per il rischio secondario collinare e montano (RSCM), già individuate nell'Allegato 2 del P.A.I. rispettivamente come aree di pericolo di dissesto idraulico e di dissesto idrogeologico	Condizionato per le costanti limitazioni geotecniche e geologiche. Sono esclusivamente consentiti gli interventi così come definiti dall'art. 5, comma 1 delle N.T.A. del P.A.I.	 	IGT - VRE IGT - VRE IGT - VRE IGT - VRE	Sono sempre da prevedere interventi rivolti alle opere di difesa del suolo (DS) e opere per la difesa del suolo (DS) che non può avvenire sul versante senza opere che annullino il rischio di innescare erosione accidentata o dissesti, nonché opere e accorgimenti per la difesa del suolo (DS)	
3f	La classe comprende: - aree classificate nelle mappe di pericolosità del P.G.R. come aree interessate da alluvioni poco frequenti (area P2M - T1 = 100 anni) per il rischio principale di pianura e di fondovalle (RP) - aree individuate dallo studio idraulico come coinvolgibili da allagamenti al verificarsi della piena di riferimento (T 100 anni) con pericolosità H3	Favorevole ma con costanti limitazioni di carattere idraulico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per minimizzare l'esposizione al rischio	 	IGT - VCI IGT - VCI IGT - VCI IGT - VCI	Sono sempre da prevedere opere di regolazione delle acque superficiali (RE) e i ricorsi ad accorgimenti costruttivi che impediscano danni di carattere idraulico a beni e strutture (DI), quali quelli indicati nell'Allegato 4 della D.G.R. X/2616/11	
3g	Aree comprese nel centro edificato esistente, prossimi al corso del T. Fugaso, individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da allagamenti al verificarsi della piena di riferimento (T 100 anni) con pericolosità H3 e H4	Ammissibile con costanti limitazioni di carattere idraulico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per minimizzare l'esposizione al rischio	 	IGT - VCI IGT - VCI IGT - VCI IGT - VCI	Sono sempre da prevedere opere di regolazione delle acque superficiali (RE) e i ricorsi ad accorgimenti costruttivi che impediscano danni di carattere idraulico a beni e strutture (DI), quali quelli indicati nell'Allegato 4 della D.G.R. X/2616/11	
4a	Aree di scarpata e di versante con terreni granitici adensati, medianamente adensati o sciolti e aree caratterizzate da significativi dissesti. La classe comprende aree permanentemente stabili ma morfologicamente inadatte al cambio di destinazione d'uso, con possibile innescamento di fenomeni di dissesto gravitativo ed erosione del suolo, e aree potenzialmente franose per le quali è stata valutata con studio specifico una pericolosità media (H3) o alta (H4)	Non favorevole all'edificazione per le gravi limitazioni di carattere geomorfologico e geotecnico	 	IGT - SV IGT - SV IGT - SV IGT - SV	Le opere infrastrutturali dovranno comunque prevedere interventi di controllo ambientale (CA) e opere per la difesa del suolo (DS) che non può avvenire sul versante senza opere che annullino il rischio di innescare erosione accidentata o dissesti, nonché opere e accorgimenti per la difesa del suolo (DS)	
4b	Aree di impilivo non direttamente connesse agli alvei dei corsi d'acqua in occasione degli eventi meteorologici di elevata intensità	Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idrogeologico	 	IGT - SV IGT - SV IGT - SV IGT - SV	Sono raccomandati gli interventi di regolazione idraulica e opere per la difesa dell'esterno (RE)	
4c	Aree connesse agli alvei dei corsi d'acqua a regime torrentizio. Aree in continua evoluzione geomorfologica per lo sviluppo di fenomeni di erosione accentuata delle sponde, approfondimento dell'alveo e trasporto solido soprattutto in occasione delle piene legate a precipitazioni meteorologiche di elevata intensità. La classe comprende aree classificate nelle mappe di pericolosità del P.G.R. come aree interessate da alluvioni frequenti (area P3M) e aree interessate da alluvioni poco frequenti (area P2M) per il rischio secondario collinare e montano (RSCM), già individuate nell'Allegato 2 del P.A.I. rispettivamente come aree coinvolgibili da fenomeni di dissesto lungo le sponde dei torrenti con pericolosità molto elevata (E4) e aree coinvolgibili da fenomeni di dissesto lungo le sponde dei torrenti con pericolosità elevata (E3)	Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico e idrogeologico	 	IGT - VCI - SV IGT - VCI - SV IGT - VCI - SV IGT - VCI - SV	Sono sempre da prevedere opere per la regolazione delle acque superficiali (RE) e i ricorsi ad accorgimenti costruttivi che impediscano danni di carattere idraulico a beni e strutture (DI), quali quelli indicati nell'Allegato 4 della D.G.R. X/2616/11	
4d	Aree di pianura alluvionale dei corsi d'acqua principali, comprendenti: - aree ricadenti nella fascia di deflusso della piena difensiva del P.A.I. (Fascia A) - aree classificate nelle mappe di pericolosità del P.G.R. come aree interessate da alluvioni frequenti (area P3M - T1 = 10 anni) per il rischio principale di pianura e di fondovalle (RP) - aree comprese entro il limite di massimo invaria (corrispondente a quota 250,10 m s.l.m.) della diga sul Fiume Olona in loc. Ponte Giarone.	Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico e idrogeologico	 	IGT - VCI IGT - VCI IGT - VCI IGT - VCI	Sono sempre da prevedere opere di regolazione delle acque superficiali (RE) e i ricorsi ad accorgimenti costruttivi che impediscano danni di carattere idraulico a beni e strutture (DI), quali quelli indicati nell'Allegato 4 della D.G.R. X/2616/11	
4e	Aree in dissesto per frana attiva (F4 - pericolosità H5) e frana quiescente (F4 - pericolosità H3/H4)	Non favorevole per le gravi limitazioni geologiche e geotecniche. Consentiti solo interventi di demolizione senza ricostruzione (Art. 9 N.T.A. del P.A.I.)	 	IGT - SV IGT - SV IGT - SV IGT - SV	Per qualsiasi intervento sono raccomandabili interventi di consolidamento e prevenzione del dissesto idrogeologico (CS)	
4f	Aree adiacenti ai corsi d'acqua e allo scollatore del Fugaso, direttamente coinvolte da fenomeni di dissesto con pericolosità elevata, estese per 10 m dagli argini e ridotte a 4 m in corrispondenza dei tratti con sezione d'alveo molto ridotta, da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa. La classe comprende parte delle aree classificate nelle mappe di pericolosità del P.G.R. come aree interessate da alluvioni frequenti (area P3M) e come aree interessate da alluvioni poco frequenti (area P2M), inerte da al rischio principale di pianura e di fondovalle (RP) che al rischio secondario collinare e montano (RSCM)	Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico e idrogeologico. Per l'edificazione sono consentiti solo gli interventi previsti dall'articolo 11 della L. 42/2016	 	IGT - VCI IGT - VCI IGT - VCI IGT - VCI	Sono sempre da prevedere opere di regolazione delle acque superficiali (RE) e i ricorsi ad accorgimenti costruttivi che impediscano danni di carattere idraulico a beni e strutture (DI), quali quelli indicati nell'Allegato 4 della D.G.R. X/2616/11	

APPROFONDIMENTI ED INDAGINI MINIME NECESSARIE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE	
IGT	indagine geologica commisurata alla tipologia e all'entità delle opere in riferimento al D.M. 17/01/2018
SV	valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo in riferimento al D.M. 17/01/2018
VCI	valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio secondo la metodologia riportata nell'Allegato 4 della D.G.R. X/2616/2011
VRE	valutazione locale del rischio di trasporto in massa su conoidi secondo la metodologia riportata nell'Allegato 2 della D.G.R. X/2616/2011

INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE	
RE	opere di regolazione idraulica e smaltimento delle acque superficiali e meteoriche in quanto i deflussi naturali e collettati da cause geomorfologiche/geologiche
DI	accorgimenti costruttivi per la mitigazione del rischio idraulico, che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano facile e immediata evacuazione dell'area inondabile
DS	opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati in quanto gli interventi potrebbero alterare le condizioni di equilibrio e innescare situazioni di dissesto
CO	collettamento, allontanamento o trattamento delle acque reflue in fognaia, in conformità al R. n. 6 del 29/03/2019
CA	predisposizione di sistemi di controllo ambientale per insediamenti a rischio di inquinamento da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di interventi
DR	opere per il drenaggio delle acque sotterranee che si potrebbero innescare a debole profondità e che potrebbero interferire con le fondazioni e i vasi interrati

ESEMPI DI ACCORGIMENTI COSTRUTTIVI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO (Allegato 4 della D.G.R. X/2616/11)

- a) Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture
- realizzare le superfici abitabili, in aree sede dei processi idraulici, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiale sovrappalati rispetto al livello della piena di riferimento
 - realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna, disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente
 - progettare la visibilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso della marcia delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità
 - progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale
 - favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo
- b) Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni
- opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione, qualora il calcolo idraulico non consenta di differenziare il valore della velocità nelle diverse porzioni della sezione, il grafico viene letto in funzione della velocità media nella sezione. Si intende che le condizioni idrauliche così definite si mantengano invariate su tutto il tronco a cavallo della sezione
 - opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali
 - fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi
- c) Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione
- uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori
 - vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento
- d) Utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche
- e) Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua

AMBITI SOGGETTI AD AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE D.G.R. X/2616/11 All. 6 (TRATTI DALLA TAV. 8 "Carta della pericolosità sismica locale")

- Z1
- Z2
- Z3
- Z4
- Z5
- * Aree individuate dallo studio idraulico come soggette a fenomeni di allagamento urbano, con battente superiore a 30 cm, in occasione degli eventi meteorologici di riferimento (T 100 anni), meglio definite nella Tavola C5.07b "Esito dello studio idraulico - Individuazione aree a rischio idraulico" e nella "Tavola di gestione del rischio idraulico" (R.R. 7/2017 s.m.).
- In aggiunta alle limitazioni e norme previste per la classe di fattibilità di appartenenza, su tali aree si applicano le specifiche norme previste nella NTA del Piano di Servizi.
- Aree indicate per la possibile ubicazione degli interventi strutturali di gestione/riduzione del rischio idraulico/idrogeologico in tali aree la realizzazione di eventuali infrastrutture di servizio pubblico dovrà armonizzarsi con le esigenze progettuali dei suddetti interventi strutturali



10 DEFINIZIONE DEI POSSIBILI INTERVENTI: MISURE STRUTTURALI E NON STRUTTURALI

10.1 Premesse

In ottemperanza alle indicazioni del comma 7. lettera a) punto 5. dell'Art. 14 del RR n.7/2017 e s.m.i., vengono qui riportate alcune indicazioni relative alle possibili misure strutturali e non strutturali per la riduzione delle condizioni di rischio idraulico evidenziate nello studio.

Nell'Art.14 comma 3 del RR7/2017 e s.m.i. è inserita la seguente richiesta:

3. Sia lo studio comunale di gestione del rischio idraulico che il documento semplificato del rischio idraulico comunale contengono la rappresentazione delle attuali condizioni di rischio idraulico presenti nel territorio comunale e delle conseguenti misure strutturali e non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle suddette condizioni di rischio.

Il comma 7, lettera a) punto 5 dell'Art.14 recita: *lo studio comunale di gestione del rischio idraulico [...] individua le situazioni di rischio, sulle quali individuare le misure strutturali e non strutturali. In particolare:*

a) lo studio contiene:

[...]

- 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;*

In generale, relativamente agli allagamenti manifestati nelle zone periferiche o centrali ed ascrivibili ad allagamento urbano locale, sicuro effetto potranno avere gli interventi di mantenimento della capacità di accumulo e disperdimento delle aree verdi pubbliche e private, di promozione di opere di invarianza idraulica lungo le strade, nelle piazze, il rifacimento dei parcheggi con principi di invarianza e di drenaggio urbano sostenibile.



La conseguente riduzione della pericolosità, connessa ad ogni possibile intervento, potrà essere sensibilmente più efficace per gli eventi con minore tempo di ritorno e, comunque, per quelli a maggiore intensità se locale.

Gli effetti dell'applicazione diffusa delle misure d'invarianza saranno in generale sempre positivi e sicuramente efficaci, anche se non rilevabili dalle simulazioni che devono necessariamente rappresentare eventi di fortissima intensità uniformemente diffusi sul territorio, in concomitanza di eventi di piena nei ricettori.

Si precisa che esistono zone dove gli allagamenti urbani non sono dovuti ad accumuli di bacini diretti ma sono provocati da difficoltà di deflusso e da accumulo e/o fuoriuscita di portate in arrivo da altre porzioni del territorio, come nel caso di alcune aree lungo il tracciato dello scolmatore Fugascè.

La risoluzione della problematica di cui sopra deve essere ricercata, come indicato nella Norma di riferimento, innanzitutto nella riduzione delle portate meteoriche addotte alla rete fognaria, mediante disconnessione e gestione locale con interventi d'invarianza idraulica e idrogeologica, sia nelle aree pubbliche, sia in quelle private, con idonea formazione e informazione e con incentivi agli interventi.

In alternativa o in aggiunta ai precedenti, sono valutabili interventi di potenziamento della capacità d'invaso della rete fognaria, mediante; punti di controllo e limitazione mirati e adeguatamente dimensionati dal Gestore; aumento delle dimensioni di alcuni tratti con inserimento o affiancamento di super-tubi o vasche in linea (realizzate anche con elementi prefabbricati adeguatamente uniti), accompagnati da idonei controlli a valle.

Nel caso di Malnate non si riscontrano possibilità o utilità di realizzazione di nuovi tratti di rete per la deviazione delle portate defluenti verso zone e punti di scarico meno problematici. La futura rappresentazione modellistica della rete fognaria, a seguito di rilievo specifico e monitoraggio della rete, potrà eventualmente confermare tale segnalazione o fornire indicazioni differenti in merito.

Ancorché apparentemente non rilevante dal punto di vista della pericolosità e del rischio idraulico, si precisa che occorre considerare che gli scolmatori devono essere abbinati ad idonee vasche di prima pioggia, prima ancora che da laminazione. Di ciò si è tenuto conto nella definizione delle proposte d'intervento per l'ottimizzazione della gestione del territorio.

10.2 Consolidamento dello stato di fatto e misure d'invarianza

Si precisa che il rispetto dell'"invarianza idraulica e idrogeologica" richiesto dalla Normativa (rif. RR 7/2017 e s.m.i.) deve essere riferito alle "condizioni preesistenti all'urbanizzazione", quindi rispetto alle condizioni naturali.

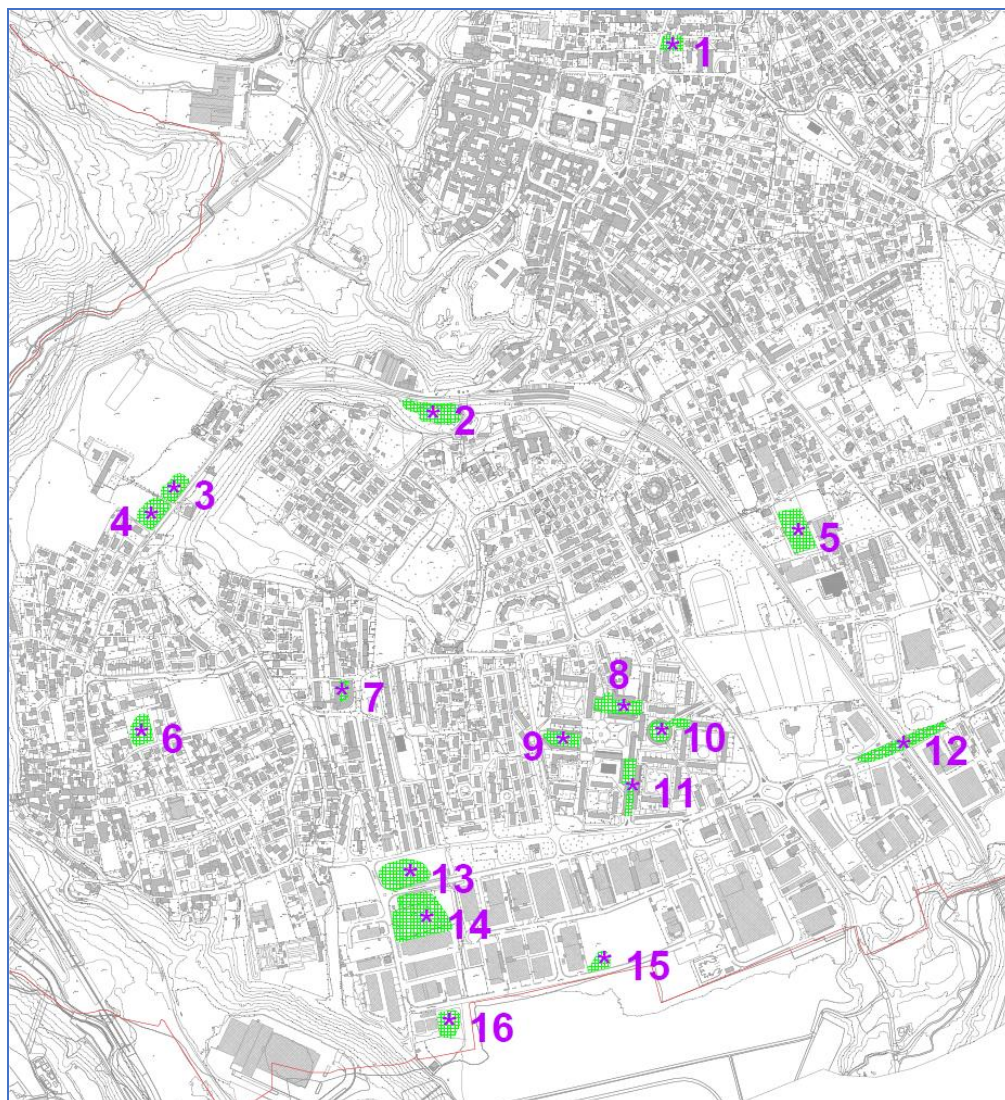
Si precisa, inoltre, che ogni intervento di modifica dello stato plano-altimetrico e geometrico e di permeabilità delle aree esistenti, dovrà tenere anche conto dell'attitudine a ricevere acque in transito o in accumulo da aree esterne, dimostrato sulla base di eventi storici e documentali e anche dimostrato dalle simulazioni condotte nel presente studio del rischio idraulico.



Tali modifiche non dovranno peggiorare le condizioni di rischio delle aree esterne a quelle oggetto di modifica, pertanto negli interventi dovranno essere previsti opportuni e idonei sistemi per rispettare tale vincolo.

A tale scopo, sono stati evidenziate le aree di allagamento di zone non edificate (vedi Figura 43) e nelle norme di Piano del PGT sono stati esplicitamente inseriti tali vincoli.

Figura 43 – Indicazione delle aree di allagamento non edificate, da salvaguardare con i vincoli posti nelle Norme di Piano dell'aggiornamento del PGT





10.3 Interventi strutturali

10.3.1 Premesse

Nei paragrafi seguenti vengono richiamati alcune zone d'intervento su cui è stata posta l'attenzione del Comune di Malnate nella definizione dell'aggiornamento del PGT, in relazione alla loro manifesta condizione di pericolosità idraulica o alla loro attitudine ad accogliere possibili interventi per la riduzione del rischio idraulico delle aree adiacenti o poste a valle.

Si tratta non già di progettazioni ma di linee d'indirizzo e obiettivi, conformemente alle caratteristiche dell'atto pianificatorio costituito dal PGT, in base ai quali sono state condotte le conseguenti azioni di programmazione e vincolo e sono orientate le azioni amministrative.

Rimangono, in generale, valide tutte le proposte che riguardano l'applicazione diffusa di interventi d'invarianza idraulica e idrologica.

10.3.2 Interventi lungo il torrente Fugascè

10.3.2.1 Problematiche principali

In generale, gli interventi possibili non risultano poter essere risolutivi delle problematiche di rischio idraulico per gli eventi con elevato tempo di ritorno, ma sono finalizzate ad una corretta gestione del rischio stesso, che può consentire l'azzeramento dei danni per gli eventi più lievi e la netta riduzione degli stessi per gli eventi più problematici, anche grazie al miglioramento del controllo delle fallanze, offerto dalle aree di laminazione e dalle riaperture dei tratti tominati.

Come descritto in precedenza, l'attuale situazione che vede il torrente Fugascè confinato in una tominatura di ridotte dimensioni e sottoutilizzata lungo il tracciato originario del corso d'acqua e una porzione significativa delle acque deviata nello scolmatore (che segue comunque, in una parte, un impluvio naturale che sarebbe comunque coinvolto dalle acque del Fugascè per eventi con elevato tempo di ritorno), determina un rischio idraulico significativo sia lungo il tracciato urbano del torrente, sia lungo lo scolmatore.

Sono qui proposte alcune soluzioni non alternative tra loro ma che è possibile adottare separatamente e che possono da sole e poi tutte insieme contribuire a ridurre il rischio idraulico delle aree urbane.

10.3.2.2 Soluzioni tecniche proposte: 1) riqualificazione e valorizzazione del tracciato originario del Fugascè

Una parziale soluzione a tale problematica potrà essere fornita dalla realizzazione degli interventi proposti nel progetto preliminare del anni 2015÷2016 citato nel paragrafo 5.2, che prevedeva la riapertura del tratto pubblico del Fugascè e il recupero funzionale e



ambientale con l'eliminazione degli attuali scarichi fognari neri al suo interno.

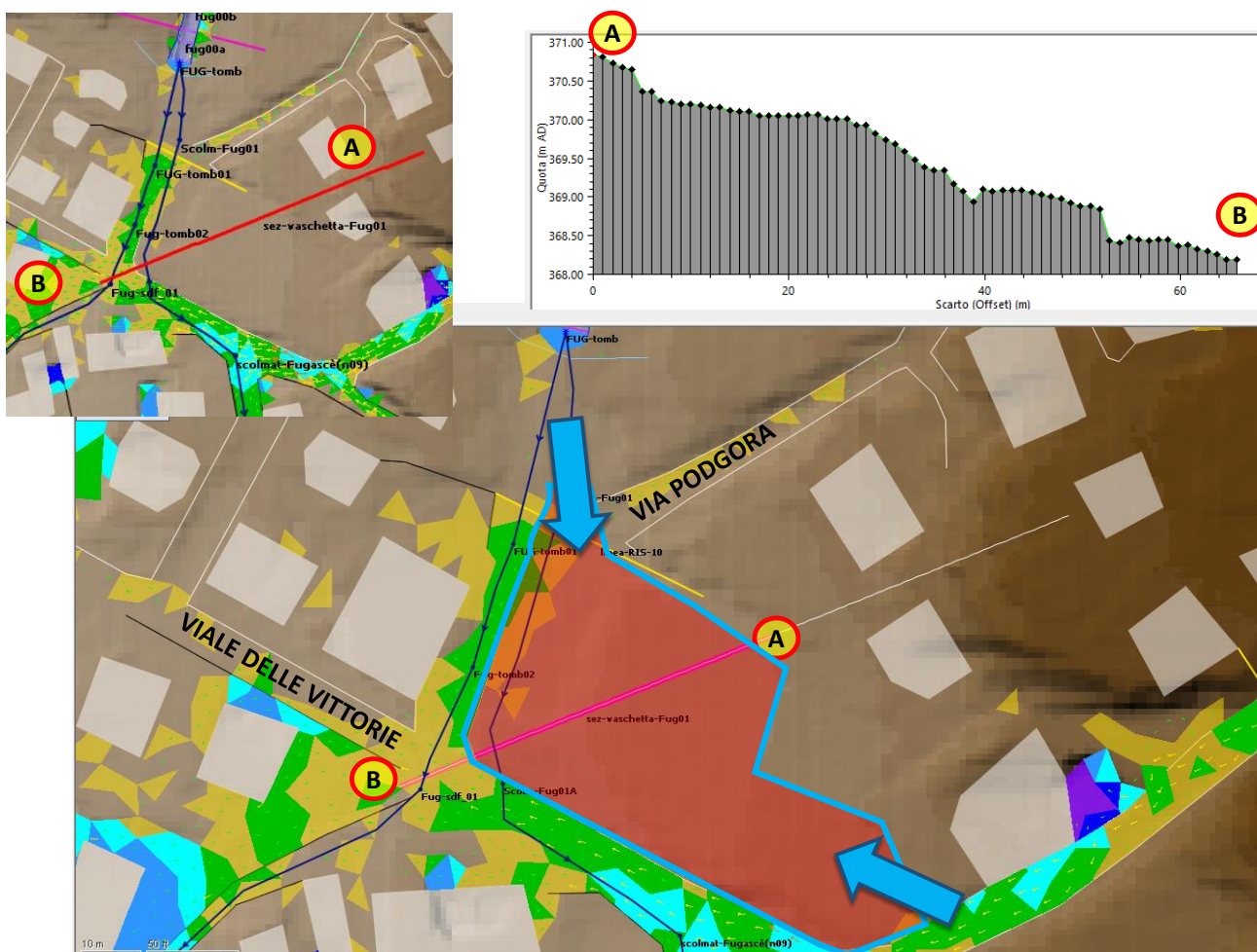
Le possibili dimensioni delle nuove opere dovranno essere definite con adeguati approfondimenti progettuali che potranno consentire anche di definire le misure di controllo a monte delle massime portate da fare defluire nel nuovo alveo ritrovato, in modo da evitare l'aumento del rischio idraulico a valle.

10.3.2.3 Soluzioni tecniche proposte: 2) area di laminazione all'imbocco delle tombinature del Fugascè

Un intervento che risulta avere importanza significativa è la realizzazione di un'area di laminazione e controllo delle piene in corrispondenza dell'area verde posta a monte di Viale delle Vittorie, poco a valle dell'inizio delle due tubazioni parallele che costituiscono la tombinatura del Fugascè e il suo scolmatore.

La porzione di area indicata nella Figura 44 corrisponde a circa 2'000 m². La presenza di un'area di questo tipo consentirebbe di migliorare idraulicamente gli imbocchi degli scolmatori e di costituire un presidio di controllo per gli eventi più problematici.

Figura 44 – Proposta d'intervento di realizzazione di un'area di laminazione e controllo delle piene a monte di Viale delle Vittorie





10.3.3 Interventi lungo lo scolmatore del torrente Fugascè

10.3.3.1 Problematiche principali

Come evidenziato in precedenza, lo scolmatore del Fugascè riceve e trasporta elevati volumi idrici che determinano sovraccarico dei tratti mediani e vallivi del collettore, con frequenti episodi di insufficienza e funzionamento in pressione con pericolosa movimentazione dei chiusini.

10.3.3.2 Soluzioni tecniche proposte

Analizzando il territorio e il tracciato dello scolmatore, si è evidenziato che esso segue un naturale impluvio che in alcuni tratti è ancora libero da costruzioni. Proprio in questi tratti potrebbe essere utile e funzionale la realizzazione di zone vincolate e strutturate, adibite alla raccolta delle portate e volumi in eccesso rispetto alla capacità di convogliamento in sicurezza dei tratti di valle.

Figura 45 – Scolmatore Fugascè, caratterizzazione del territorio lungo il tracciato del collettore nella porzione naturale di monte, ove è possibile la realizzazione di aree di espansione e controllo delle portate e dei volumi in transito (sezione 1)

AREE LAMINAZIONE LUNGO IL TRACCIATO DELLO SCOLMATORE FUGASCÈ

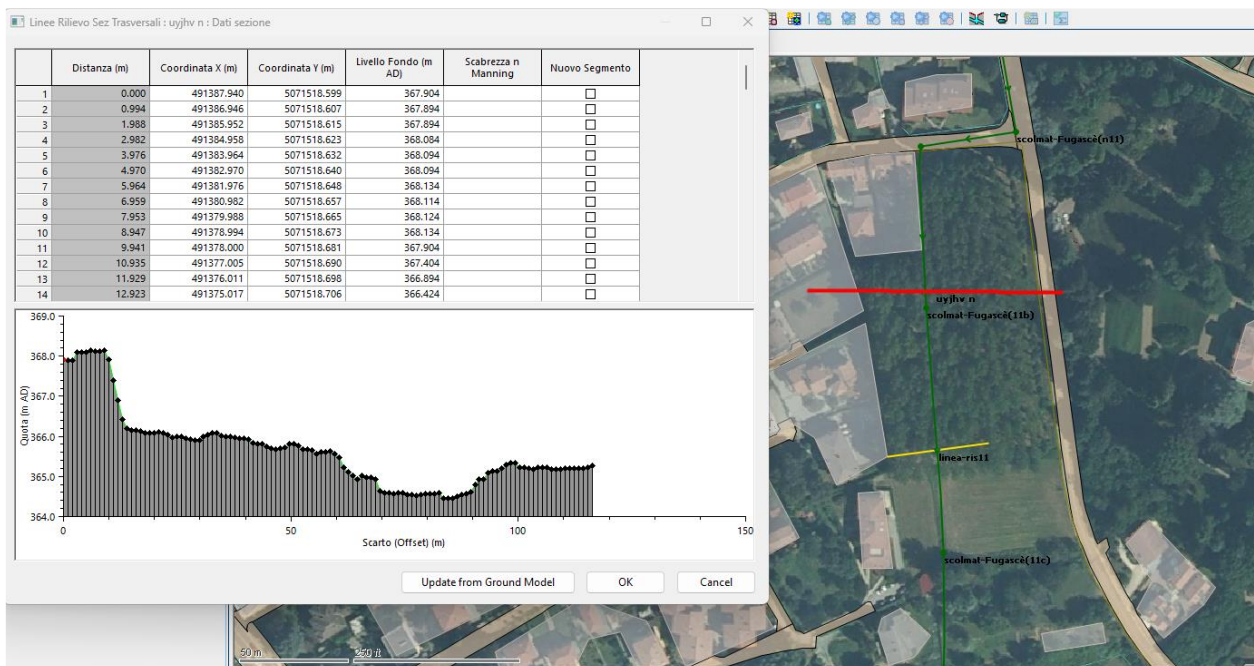
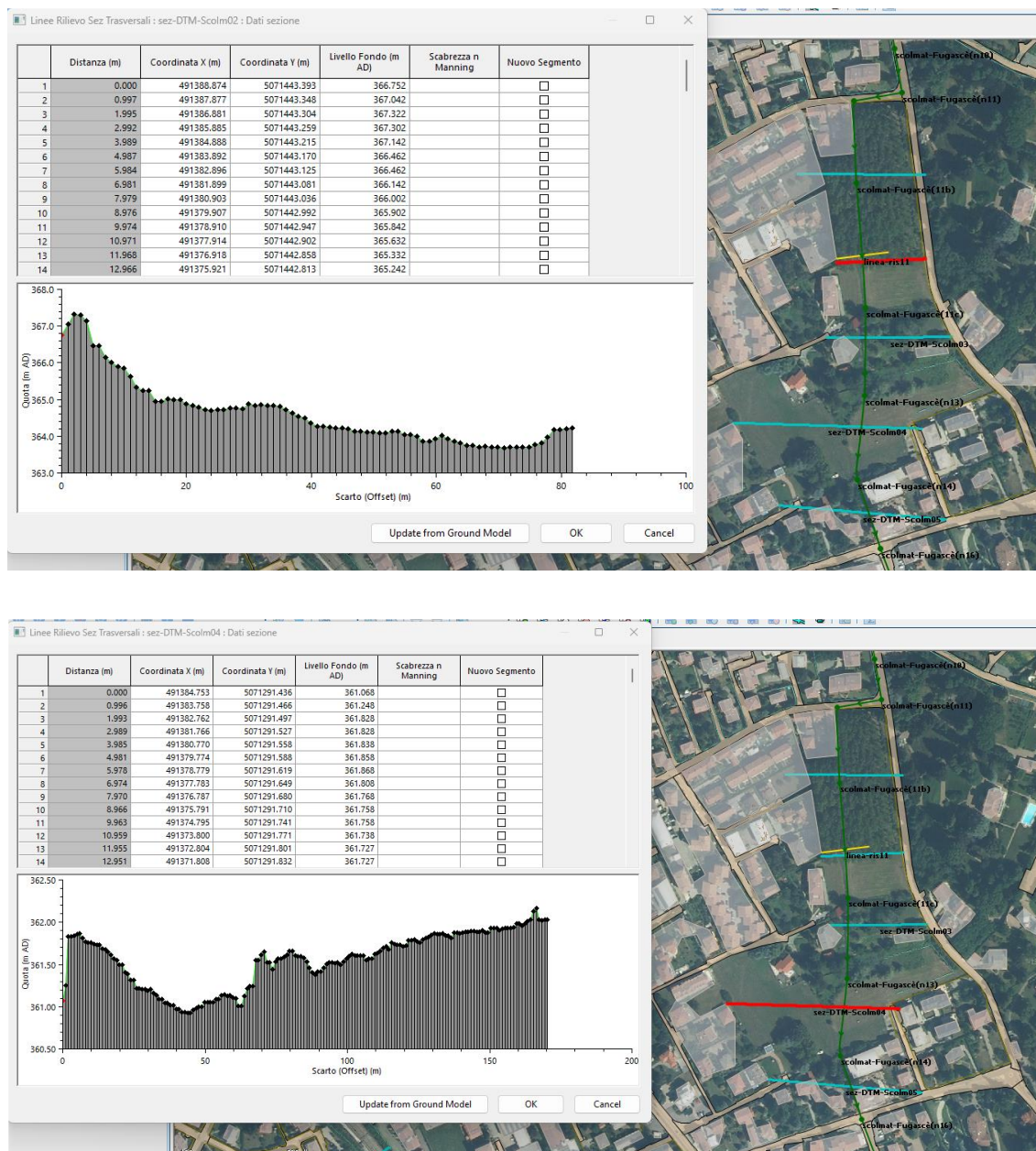




Figura 46 – Scolmatore Fugascè, caratterizzazione del territorio lungo il tracciato del collettore nella porzione naturale di monte, ove è possibile la realizzazione di aree di espansione e controllo delle portate e dei volumi in transito (sezione 2-3-4)



La proposta progettuale prevede di vincolare ovunque possibile le aree tutt'ora verdi lungo il tracciato, per la successiva definizione di zone di espansione delle portate convogliate, anche in relazione ad un possibile ampliamento della sezione dello scolmatore nello stesso tratto, con funzione di accumulo interno, opportunamente limitato verso valle rispetto alla capacità dei tratti successivi.



10.3.4 Interventi localizzati per l'accumulo delle acque di versante prima dell'ingresso in fognatura

Risulta molto importante prevedere presidi per la raccolta e la gestione delle acque di ruscellamento prima del loro ingresso in fognatura, nel rispetto dei principi d'invarianza idraulica.

Un esempio è costituito dalla zona di Via Col di Lana dove è presente un avvallamento della strada in cui si registrano accumuli di acque di ruscellamento stradali o di versante. Qui risulta molto importante e opportuno prevedere dei sistemi di raccolta di tali portate e volumi, per evitare il loro trasferimento a valle nei momenti già problematici di picco degli eventi meteorici.

Figura 47 – Situazione di rischio idraulico in Via Col di Lana e proposte progettuali

Via Col di Lana. Avvallamento e area banchina
ESTENSIONE VOLUME ACCUMULO LUNGO LA STRADA
W ~ 620 m³ Altezza massima 0.75m



La gestione del rischio idraulico nell'area indicata può essere realizzata con volumi interrati lungo la banchina stradale o la strada stessa, con scarico tarato in modo da minimizzare e controllare le portate inviate verso valle.

Oppure, vista la presenza di ampie banchine verdi, tali volumi possono essere realizzati anche in scavo con valorizzazione ambientale e naturalistica dell'area.

10.3.5 Promozione di interventi di disconnessione delle reti meteoriche private e gestione interna con sistemi e opere d'invarianza idraulica e idrologica

Risulta molto importante sottolineare l'opportunità che il Comune e il Gestore promuovano interventi volontari di privati per la disconnessione delle reti pluviali dalla fognatura mista e la gestione degli afflussi con tecniche d'invarianza idraulica (vedi anche successivo capitolo 10.4).

Tali interventi risultano molto importanti con particolare riferimento alle aree pavimentate delle zone industriali e commerciali, ai parcheggi e alle strade con forte pendenza.

Gli interventi diffusi per la gestione delle acque meteoriche con sistemi verdi, consente



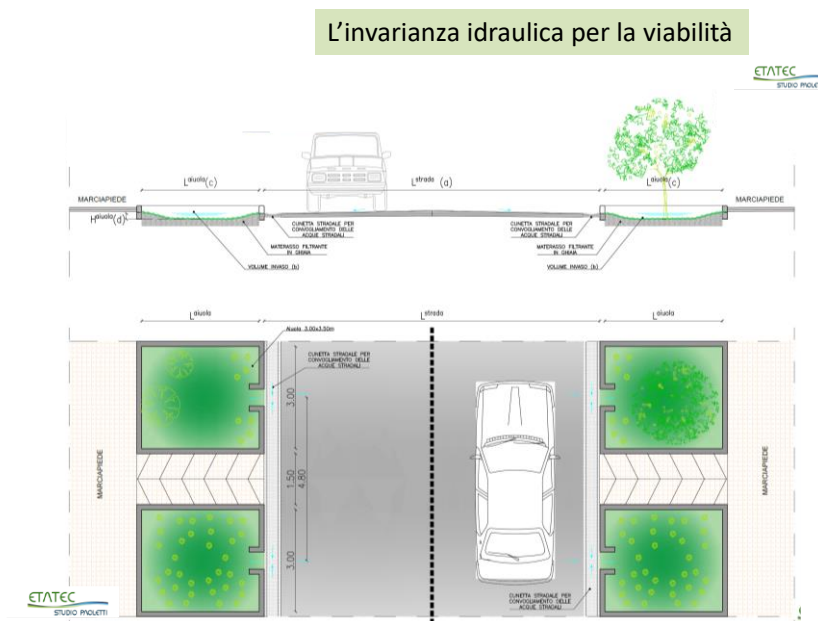
anche di migliorare la qualità dell'ambiente, la salubrità e la fruibilità del territorio urbano.

10.4 Tipologie d'intervento prevedibili per l'applicazione dell'invarianza idraulica e idrologica e la gestione del rischio idraulico connesso agli eventi pluviometrici anche molto intensi

Nel presente capitolo vengono riportati, a titolo esemplificativo, alcuni interventi e riferimenti per la progettazione e realizzazione d'interventi atti ad ottenere l'invarianza idraulica e/o idrologica e a ridurre il rischio idraulico delle aree d'interesse.

Sono indicati alcuni interventi e alcuni riferimenti normativi o di pianificazione italiana ed estera, cui attingere per la ricerca della soluzione ottimale al contesto di ciascuna progettazione.

Figura 48 – Interventi d'invarianza idraulica per la viabilità: aiuole e cunette



L'invarianza idraulica per la viabilità

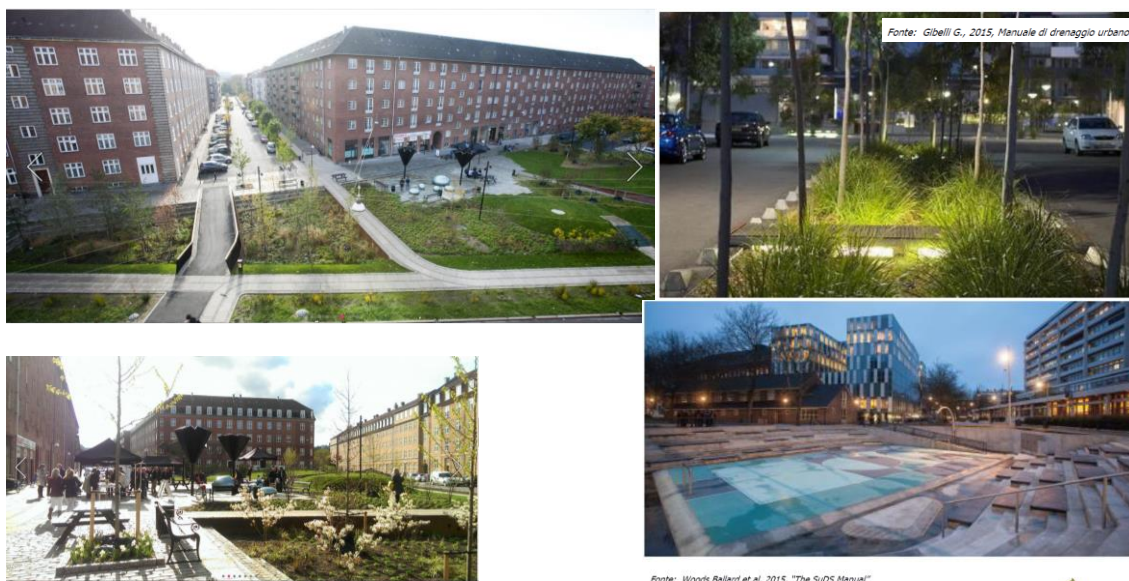
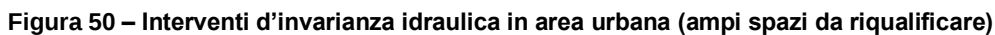
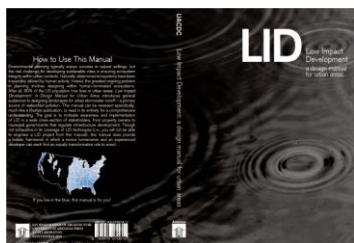




Figura 51 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (1)

Manuali LID
Low Impact Development



integrating hard engineering ...and soft engineering
toward a LID approach

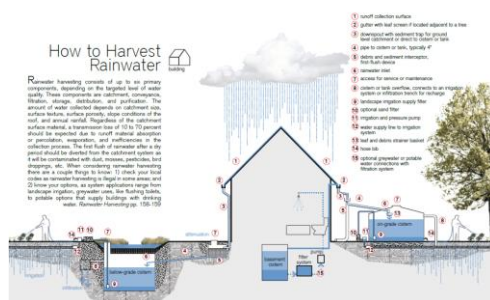
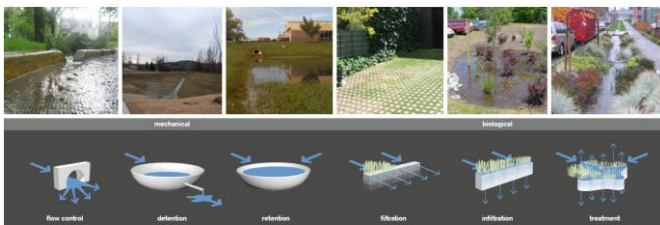
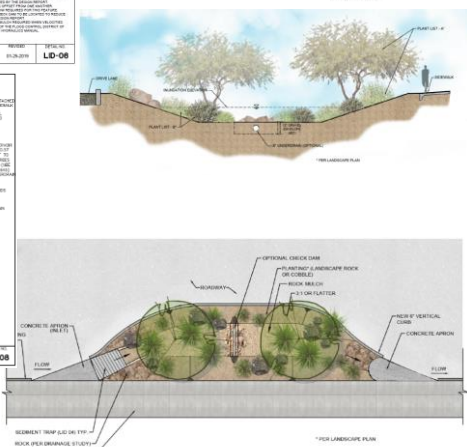
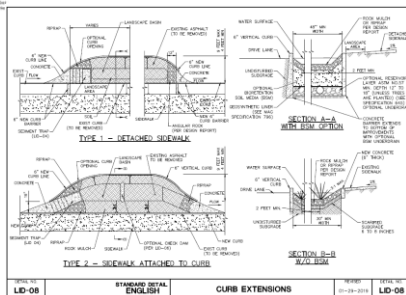
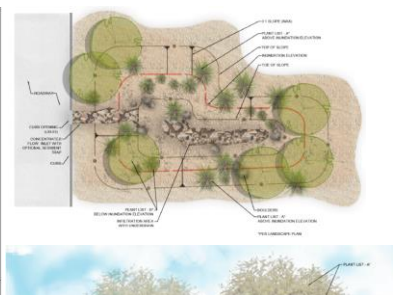
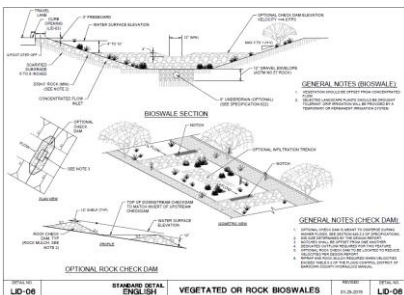


Figura 52 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (2)

Manuali LID
Low Impact Development



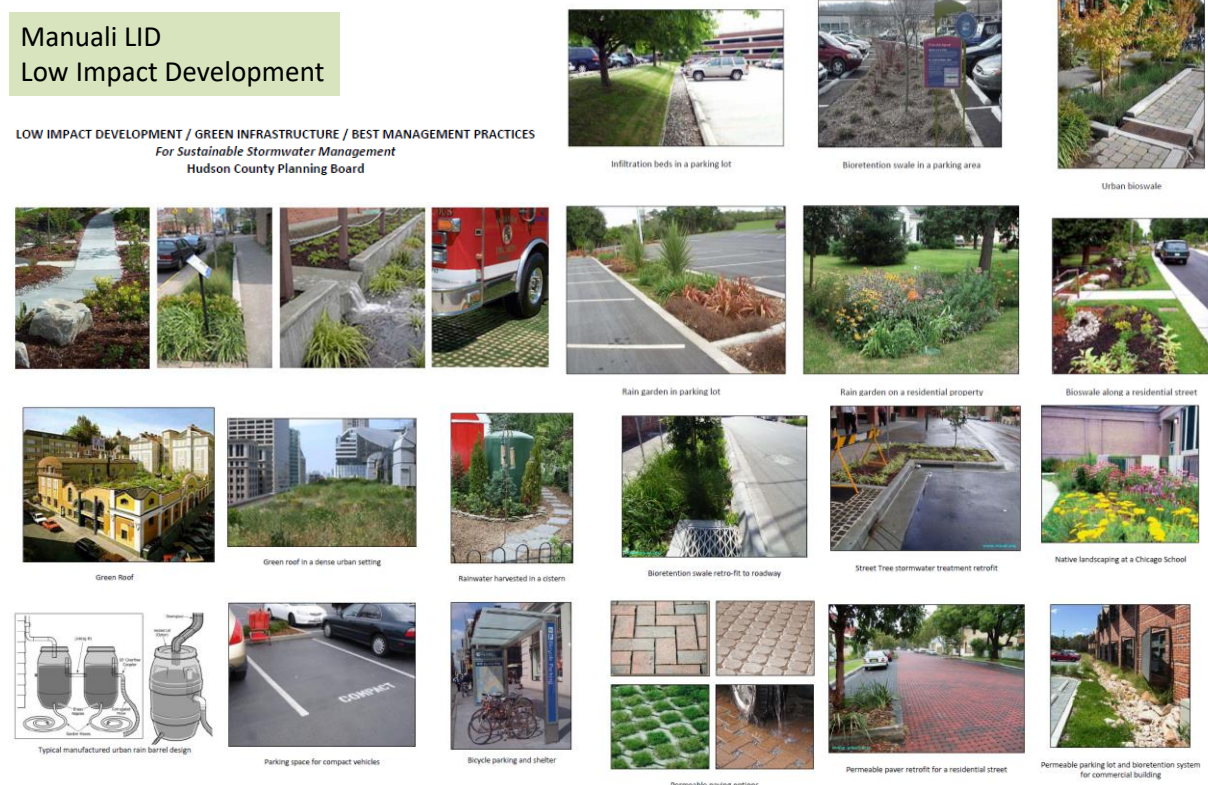


COMUNE DI
MALNATE (VA)

Figura 53 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (3)



Figura 54 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (4)





COMUNE DI
MALNATE (VA)

Figura 55 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (5)

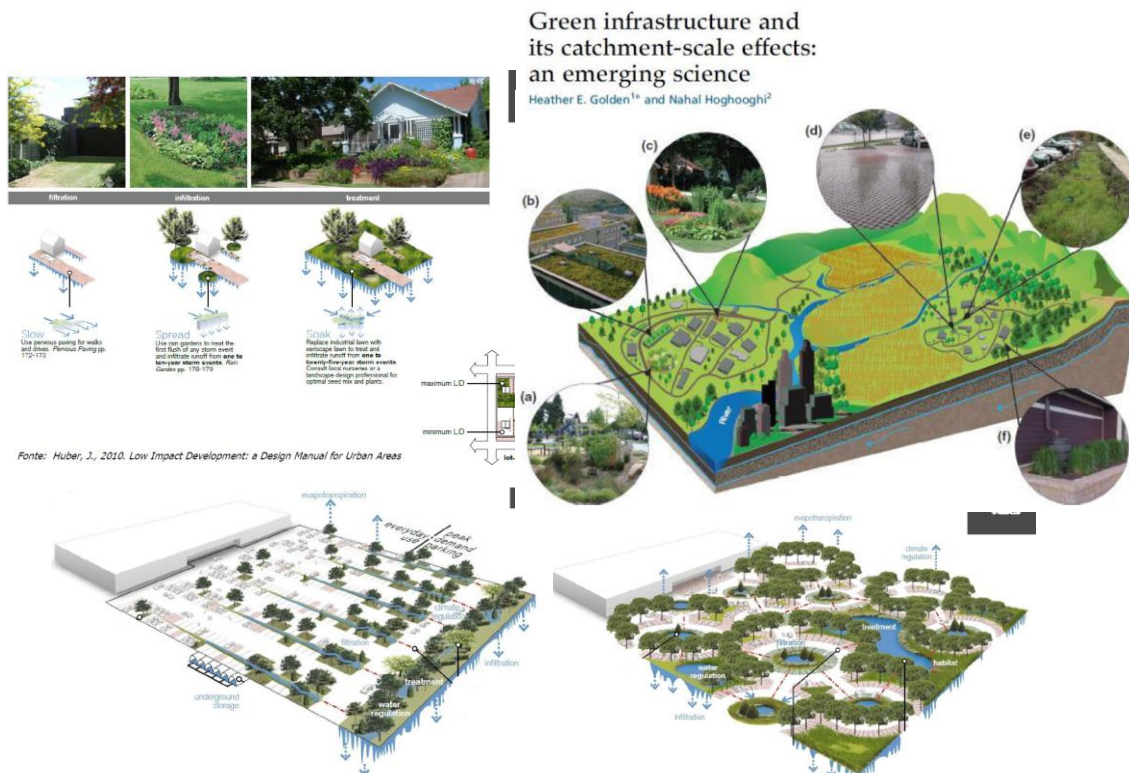


Figura 56 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali SUDS ITALIA (BOLOGNA)

Esempi Italia Bologna SUDS



Figura 7. Diversi approcci SuDS per il drenaggio sostenibile della acque di pioggia dai parcheggi. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas (riadattato)

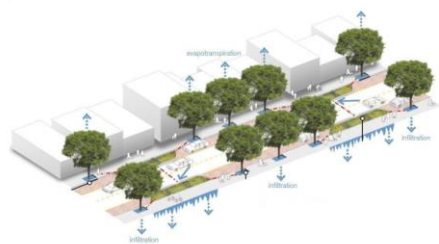


Figura 10. Esempio di strade convenzionali ripensate in ottica SuDS. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas (riadattato)



Figura 11. Esempio di strade senza cordoli per il convogliamento delle acque di pioggia nelle aree di infiltrazione. Fonte: Woods Ballard et al. 2015. 'The SuDS Manual'



Figura 12. Esempi di aperture nei cordoli stradali per raccolta acque di pioggia stradali. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas

4.1 Schede tecniche

Le soluzioni tecniche a disposizione per il drenaggio urbano sostenibile (SuDS) sono molteplici. In questo capitolo si analizzano principalmente soluzioni basate sull'implementazione di sistemi naturali, dati i maggiori benefici forniti nella dell'adattamento al cambiamento climatico della gestione delle acque. Sono state scelte dieci tecniche, per ognuna di esse è stata compilata una scheda comprendente:

- Descrizione con schema grafico
- Vantaggi e Svantaggi
- Tipologie (dove presenti più di una)
- Posizionamento ottimale
- Limiti di utilizzo
- Indicazioni dimensionali e progettuali
- Aspetti manutentivi
- Esempi

Le schede e le tecniche proposte sono le seguenti:

- Scheda T1: Recupero delle acque meteoriche (Rainwater harvesting)
- Scheda T2: Trincee infiltranti (Infiltration trenches)
- Scheda T3: Fasce filtranti (Filter strips)
- Scheda T4: Dreni filtranti (Filter drains)
- Scheda T5: Canali vegetali (Swales)
- Scheda T6: Aree di bioretentione vegetata (Bioretention areas)
- Scheda T7: Box alberati filtranti (Tree box filter)
- Scheda T8: Pavimentazioni permeabili (Permeous pavement)
- Scheda T9: Bacini di detenzione (Detention basins)
- Scheda T10: Stagni e zone umide/depurazione (Ponds and Wetlands)



11 APPENDICE A: INFOWORKS ICM

11.1 A.1. Premessa

La ricostruzione del comportamento della corrente in moto vario è stata condotta tramite l'utilizzo del programma InfoWorks ICM, prodotto e commercializzato dalla HR Wallingford Software Ltd..

Il programma compendia in sé le funzioni sia di creazione e gestione dell'archivio dei dati del bacino e del sistema di drenaggio in formato digitale, sia la fase di simulazione numerica secondo un modello di calcolo dinamico completo di tipo distribuito e fisicamente basato, sia, infine, il supporto per la presentazione e l'analisi, in forma grafica e numerica, dei risultati delle simulazioni medesime.

InfoWorks ICM contiene al suo interno diverse funzionalità di calcolo: è possibile modellare situazioni in ambiente esclusivamente bidimensionale, esclusivamente monodimensionale o combinare i due approcci di modellazione.

11.2 A.2. Modellazione bidimensionale

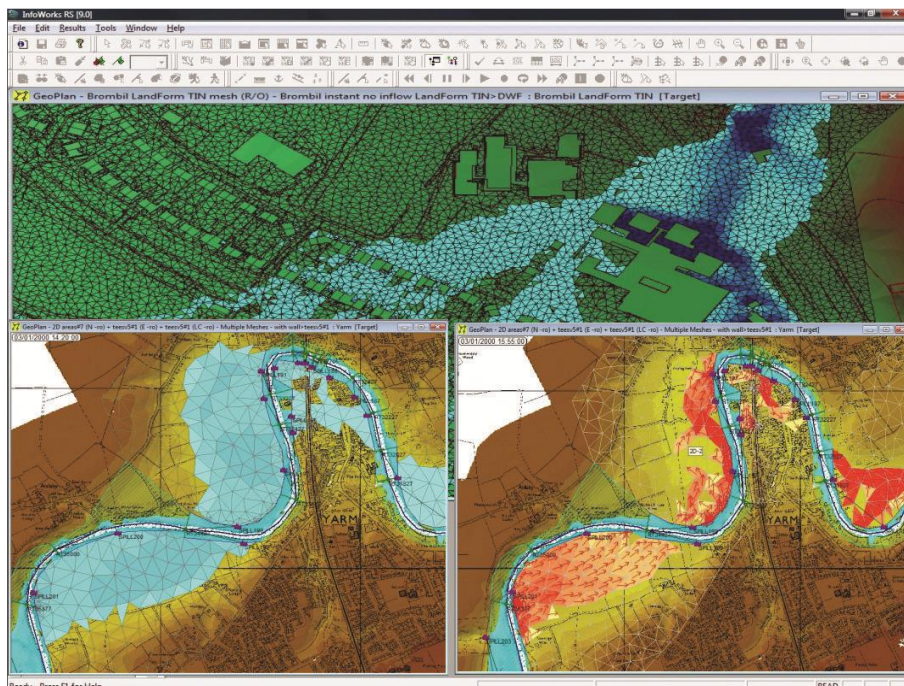
Il motore di calcolo bidimensionale consente il calcolo a moto vario utilizzando la metodologia dei volumi finiti.

Il calcolo bidimensionale può essere effettuato su domini estesi, anche di diversi ettari, attraverso maglie di dimensioni medio-grandi; oppure si possono studiare situazioni di dettaglio utilizzando maglie molto piccole, ad esempio per individuare il percorso dei filetti fluidi intorno ad ostacoli per verificare la creazione di mulinelli. Allo stesso modo il calcolo bidimensionale permette lo studio delle esondazioni sia in ambienti aperti ed estesi - tipicamente zone rurali - che in ambienti urbani, dove il flusso incontra percorsi chiusi con molti ostacoli e situazioni geometricamente complesse.

Per poter effettuare una simulazione 2D occorre aver creato almeno una Zona 2D, elemento fondamentale della simulazione 2D che definisce il dominio entro il quale avviene calcolo in moto vario bidimensionale. Inoltre, è necessario disporre di un modello digitale del terreno (DTM) che descriva l'andamento altimetrico del territorio sul quale viene elaborata la maglia di modellazione.

Il risultato rappresentato Figura 57 è stato ottenuto con il calcolo bidimensionale di InfoWorks ICM e mette in evidenza l'estensione dell'allagamento ed i vettori velocità durante la simulazione dell'esondazione di un corso d'acqua naturale.

Figura 57 – Rappresentazione dei risultati ottenuti tramite una modellazione 2D



Il dominio 2D può essere caratterizzato da differenti parametri, tra cui:

- Area (ha): l'area del dominio è calcolata automaticamente in base alla geometria definita graficamente in planimetria;
- Massima Area Triangolo (m^2) (Maximum Triangle Area): superficie massima che può assumere ogni singola maglia triangolare durante il processo di magliatura;
- Area minima elementi (m^2) (Minimum Element Area): durante la simulazione, per alleggerire l'onere computazionale, elementi triangolari contigui di area limitata sono aggregati in un'unica cella di calcolo, fino a che la somma totale delle aree non raggiunge il valore definito in questo campo;
- Condizione al contorno: questo parametro definisce il comportamento che l'acqua deve assumere quando arriva al confine del dominio durante la simulazione. Le possibili condizioni al contorno sono:
 - “Vertical wall” indica una barriera verticale impermeabile infinitamente alta, non vi è flusso d'acqua né in ingresso né in uscita dal dominio 2D;
 - “Critical condition” presenta due comportamenti: se il livello dell'acqua nell'elemento di confine è superiore al livello del segmento che si affaccia sul confine, la portata in uscita dal poligono viene calcolata utilizzando l'equazione di una soglia a parete spessa senza perdite di energia; se il livello dell'acqua nell'elemento di confine è inferiore al livello di facciata del segmento di confine, questo è considerato un muro verticale impermeabile;
 - “Supercritical condition” presenta due comportamenti: se la portata nell'elemento di confine è supercritica ($Froude > 1$) e diretta verso l'esterno del poligono, la portata



uscente dal poligono viene considerata supercritica (corrente veloce) e calcolata utilizzando altezza idrica e velocità dell'elemento di confine, indipendentemente dalla quota del segmento di confine; se le condizioni del flusso non sono supercritiche o il flusso è diretto verso l'interno del poligono, il confine viene considerato un muro verticale impermeabile

- “Dry” prevede che il confine del poligono sia considerato come circondato da una fossa senza fondo, l'acqua che raggiunge la sponda del poligono esce dal poligono e viene persa dalla simulazione senza alcuna considerazione idraulica;
 - “Normal condition”, si assume che la pendenza del terreno bilanci le forze d'attrito (flusso normale o di moto uniforme); l'altezza e la velocità vengono mantenute costanti quando l'acqua raggiunge il confine, in modo che l'acqua possa fluire al di fuori del poligono senza perdite di carico.
- Percentuale di Pioggia: si indica la percentuale (0-100%) di altezza di pioggia indicata nell'evento che deve cadere sulla zona 2D, rappresenta quindi e perdite idrologiche come coefficiente d'afflusso percentuale.

È inoltre possibile individuare alcune zone all'interno del dominio di calcolo bidimensionale in cui si desidera effettuare l'analisi con un dettaglio superiore o inferiore a quanto definito in modo generale nel poligono. Queste aree sono definite mediante elementi poligonali chiamati zone di magliatura (mesh polygon) e sono caratterizzate dalla dimensione massima della maglia che si desidera creare al loro interno. Per mezzo di oggetti lineari, si possono definire i contorni entro cui si desidera che il modello crei determinati elementi di magliatura.

Ostacoli di forma chiusa attraverso i quali il flusso sia interdetto, come edifici o muri di cinta, possono essere simulati nella zona 2D come poligoni impermeabili di altezza definita; allo stesso modo possono essere simulati ostacoli lineari attraverso cui non è consentito il flusso.

11.3 A.3. Calcolo monodimensionale

Il moto vario nelle canalizzazioni è riprodotto nel modello utilizzando le equazioni complete di De Saint Venant per il moto monodimensionale a superficie libera, che descrivono in modo completo il fenomeno. Le equazioni, non lineari, sono risolte in forma matriciale con un metodo delle differenze finite e sono in grado di riprodurre qualsiasi profilo in superficie libera, sia esso permanente o vario, accelerato o ritardato, e singolarità quali salti di fondo, immissioni concentrate, nodi a livello imposto e nodi esondati.

In caso di moto in pressione, è adottato lo schema dello “slot di Preissman”, per cui si ipotizza che il tratto in pressione sia sormontato da una sottile fessura longitudinale (lo “slot”, appunto) che raggiunge una quota superiore a quella della piezometrica massima, così da ricondurre anche il moto in pressione ad un moto a superficie libera, computabile quindi con algoritmi omogenei a quelli del moto a superficie libera in senso stretto. Questo metodo permette, fra l'altro, di simulare efficacemente anche il funzionamento dei sifoni.

La schematizzazione del sistema di drenaggio è basata sulla definizione delle caratteristiche



geometriche ed idrauliche degli elementi nodi (camerette di ispezione, vasche di laminazione, singolarità e recapiti finali) e degli elementi rami (condotti, sifoni, e canali a superficie libera) di maggiore interesse.

I nodi vengono introdotti in corrispondenza di un cambiamento delle caratteristiche geometriche del canale o collettore, come curve, immissioni e confluenze, variazioni di forma, dimensioni o scabrezza; è necessario specificare:

- nome del nodo;
- coordinate nord ed est e quota terreno;
- dati relativi alla geometria e al funzionamento del pozzetto/della cameretta.

I bacini afferenti ai nodi sono definiti da:

- area afferente;
- definizione delle tipologie di uso del suolo con relativi coefficienti di afflusso e percentuale di area del bacino corrispondente a ciascun tipo di uso del suolo.

Le dimensioni geometriche dei volumi esondabili corrispondenti ai nodi inseriti sono stati stimate nel programma in base alle dimensioni e quote di fondo tubo dei rami collegati e alle quote del piano campagna.

Per quanto concerne i tratti di condotte e di canali a cielo aperto, è necessario specificare:

- nome del tratto;
- lunghezza, forma della sezione della condotta e dimensioni (altezza, larghezza) della sezione della condotta;
- quote di fondo;
- scabrezza.
- altri dati opzionali relativi al funzionamento del condotto, quali coefficienti moltiplicativi dell'altezza cinetica per il calcolo delle perdite di carico concentrate rispettivamente a monte ed a valle del tratto.

In seguito all'inserimento dei dati il programma calcola per tutti i tratti il calcolo della pendenza e della capacità di convogliamento della portata a pieno riempimento.

Come sollecitazione del modello geometrico creato, si possono utilizzare delle piogge, immesse nel modello sotto forma di ietogrammi espressi da valori di intensità (mm/ora):

- piogge reali (per la riproduzione di eventi reali ai fini della calibrazione del modello);
- piogge sintetiche (da assumersi come eventi di progetto);
- serie temporali continue, sia reali che sintetiche, comprendenti periodi sia di pioggia che di tempo secco (per studiare l'andamento dei deflussi nel lungo periodo).

Il programma si compone di diversi moduli contenenti gli algoritmi di calcolo atti a rappresentare:

- le precipitazioni reali o sintetiche nei singoli sottobacini in cui si è suddiviso il bacino



idrografico complessivo;

- la conseguente formazione delle piene in ogni sottobacino, in funzione di diverse possibilità di simulazione delle perdite idrologiche e degli scorrimenti superficiali;
- la simulazione del moto vario in ogni elemento del reticolo ed in ogni suo nodo particolare in funzione delle singole onde di piena affluenti ad esso dai diversi sottobacini;
- l'effetto di eventuali invasi, confluenze e scarichi di piena, sollevamenti, ecc.

Gli algoritmi di calcolo del moto in rete di drenaggio hanno il compito di simulare il moto del deflusso netto, cioè già "depurato" delle perdite idrologiche, sulle superfici del suolo prima della immissione nei nodi della rete di drenaggio vera e propria.

In base a tale schema lo scorrimento superficiale viene simulato, per l'area afferente a ciascun nodo, mediante due coppie di serbatoi in serie: una prima coppia relativa allo scorrimento superficiale sulla frazione impermeabile dell'area, ed una seconda coppia, in parallelo rispetto alla prima, relativa invece alla frazione permeabile. Nell'ambito di tale schema ai serbatoi viene assegnato un funzionamento non di tipo "lineare" bensì "pseudolineare", in quanto i valori delle corrispondenti costanti d'invaso vengono fatti variare durante l'evento in funzione dell'intensità media di pioggia nei 10 minuti precedenti quello di calcolo, in modo da tenere conto del fatto che la velocità di scorrimento superficiale cresce con l'intensità della precipitazione medesima.

I dati immessi in ingresso (rete di drenaggio e piogge) e i risultati delle simulazioni vengono restituiti in forma di tabelle numeriche e di grafici.

InfoWorks ICM fornisce l'andamento, ad ogni passo temporale, dell'altezza d'acqua, della velocità media e della portata, risulta inoltre possibile visualizzare sia la mappa completa della rete, sia qualunque profilo longitudinale della rete di drenaggio, riportando sull'immagine, se richiesto, i dati inerenti i nodi ed i rami che vi compaiono.

Le stesse modalità di visualizzazione dinamica, sia in pianta (Figura 58) che con viste longitudinali lungo le aste (Figura 59) sono disponibili per i risultati delle simulazioni.



Figura 58 – Rappresentazione planimetrica di simulazione idraulica di una rete

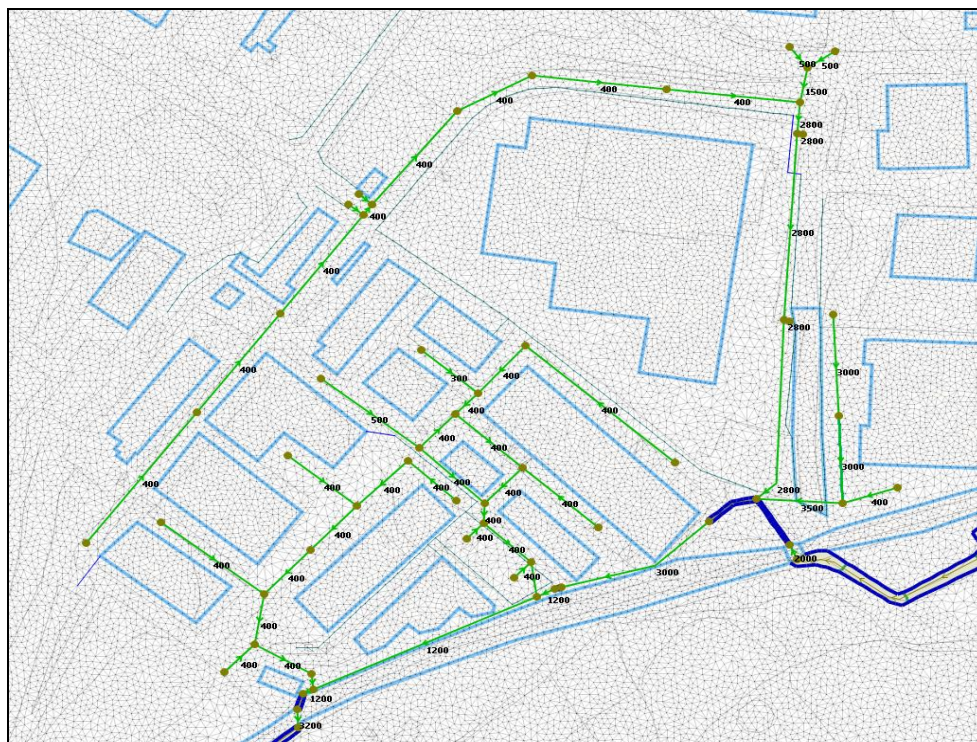
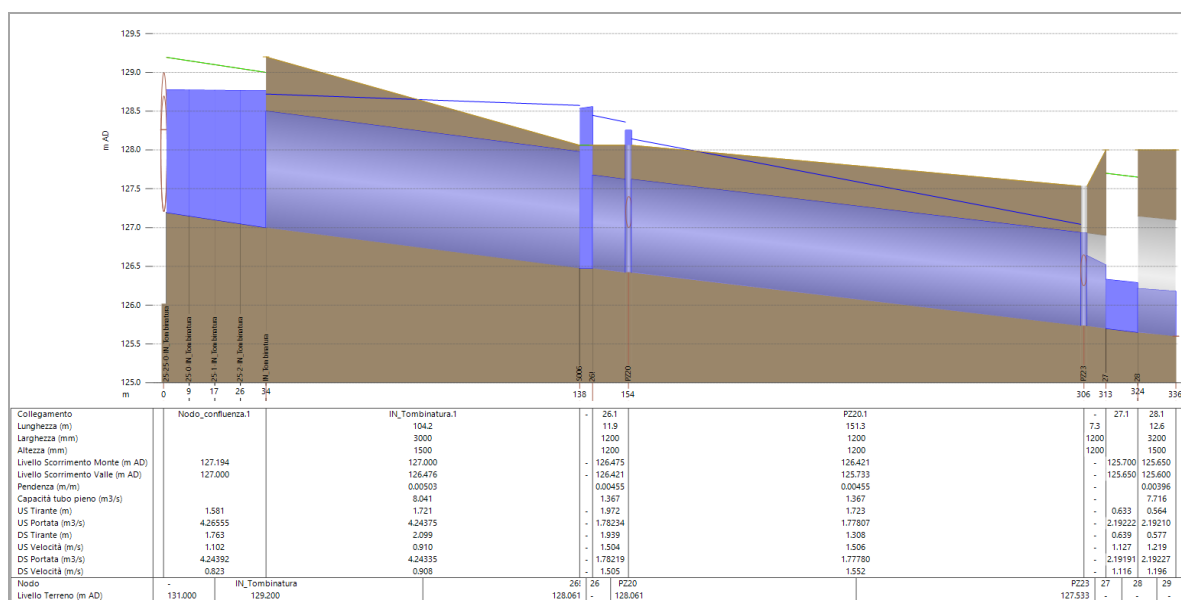


Figura 59 – Rappresentazione longitudinale di una dorsale con relativo grado di sovrappressione



11.4 A.4. Connessione tra monodimensionale e bidimensionale

La connessione tra il sistema monodimensionale e bidimensionale avviene tramite la



definizione particolari oggetti in base all'ambiente di modellazione in esame.

Nel caso di canali o corsi d'acqua a cielo aperto modellati come oggetti monodimensionali (River Reach), l'interfaccia privilegiata tra 1D e 2D risultano essere le sponde. Esse sono simulate con funzionamento di stramazzo su soglia larga e consentono il transito delle portate in un senso o nell'altro. I parametri limite modale e coefficiente di sfioro, definito dall'utente, riassumono la complessità del fenomeno.

Se la connessione è relativa ad un sistema di condotte, gli elementi di raccordo tra 1D e 2D risultano essere determinate tipologie di nodi.

Esistono numerosi elementi di collegamento tra le reti 1D e i piani 2D, occorre individuare ed implementare quello più adatto a rappresentare adeguatamente la situazione in esame e a fornire dati attendibili sulle interconnessioni tra le reti di drenaggio naturali e artificiali e le superfici dove si generano i deflussi o dove avvengono i fenomeni di accumulo e anche trasferimento.

Figura 60 – Esempio di rappresentazione planimetrica degli allagamenti in un modello combinato 2D-1D sollecitato da eventi meteorici intensi

