



CITTÀ DI LEGNANO

**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 E RETICOLO IDRICO, SITUAZIONE ATTUALE E PROGETTI ESISTENTI	5
4.1	GENERALITÀ	5
4.2	RETICOLO IDROGRAFICO SUPERFICIALE: IL FIUME OLONA	6
4.2.1	<i>Generalità</i>	6
4.2.2	<i>Il fiume Olona nel tratto Castellanza-Legnano</i>	6
4.2.3	<i>Fiume Olona in Legnano</i>	7
4.3	STUDI DI BACINO E DELIMITAZIONE FASCE PAI	11
4.4	ANALISI DOCUMENTAZIONE STORICA, PROGETTI E REALIZZAZIONI DI INTERVENTI SUL FIUME E AREE CONTERMINI.....	13
5	IL DOCUMENTO SEMPLIFICATO DEL RISCHIO IDRAULICO	26



6	LA RETE DI DRENAGGIO URBANO E IL MODELLO DELLA RETE FOGNARIA (CAP HOLDING) ...	37
6.1	GENERALITÀ	37
6.2	IL MODELLO DELLA RETE FOGNARIA CAP	37
6.3	LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLE PORTATE CONDOTTA DA CAP	44
6.3.1	<i>Aspetti generali</i>	44
6.3.2	<i>Risultati riportati nel Report 1</i>	48
6.3.3	<i>Risultati riportati nel Report 2</i>	49
6.3.4	<i>Risultati riportati nel Report 3</i>	50
6.4	DETTAGLI DEL MODELLO FORNITO E UTILIZZATO PER LO STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO.....	51
6.5	PRECISAZIONI E SEGNALAZIONI	53
7	DESCRIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO 2D-1D DI RAPPRESENTAZIONE DEL TERRITORIO PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO COMUNALE	56
7.1	GENERALITÀ	56
7.2	ASPETTI GENERALI	56
7.3	BASE TOPOGRAFICA DEL MODELLO BIDIMENSIONALE: DTM 1x1 E MODIFICHE INSERITE	57
7.4	MODELLAZIONE DELL'ASTA FLUVIALE: CARATTERISTICHE DEL MODELLO IMPLEMENTATO	62
7.5	RETE DI DRENAGGIO: VERIFICHE CONDOTTE E MODIFICHE INSERITE	64
7.6	PRECISAZIONI IN MERITO ALL'UTILIZZO COMBINATO DEL MODELLO FOGNARIO E DELLA RAPPRESENTAZIONE 2D DELLA SUPERFICIE	65
7.7	ANALISI IDROLOGICA	66
7.7.1	<i>Definizione delle curve di possibilità pluviometrica</i>	66
7.7.2	<i>Definizione delle piogge</i>	68
8	SIMULAZIONI CONDOTTE: CARATTERISTICHE DEL MODELLO IMPLEMENTATO	70
8.1	SCENARI E PRECISAZIONI.....	70
8.2	SCABREZZA.....	72
8.3	COEFFICIENTE DI AFFLUSSO DELLE SUPERFICI.....	73
8.4	CONDIZIONI AL CONTORNO FLUVIALI.....	73
8.5	GRANDEZZE IDRAULICHE UTILIZZATE PER LA RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	74
9	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI.....	76
9.1	ANALISI DEGLI EFFETTI DEL FIUME SUI PUNTI DI CONNESSIONE E SCARICO CON LA RETE FOGNARIA	76
9.2	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI CON LA COMBINAZIONE DI EVENTO DECENNALE NEL BACINO DEL FIUME OLONA E DI EVENTO PLUVIOMETRICO CENTENNALE SU LEGNANO (T 10, P 10).....	76
9.3	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI CON LA COMBINAZIONE DI EVENTO DECENNALE NEL BACINO DEL FIUME OLONA E DI EVENTO PLUVIOMETRICO CENTENNALE SU LEGNANO (T 50, P 50).....	78
9.4	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI CON LA COMBINAZIONE DI EVENTO CENTENNALE NEL BACINO DEL FIUME OLONA E DI EVENTO PLUVIOMETRICO CENTENNALE SU LEGNANO (T100, P100)	79
9.5	INTERPRETAZIONE RISULTATI PER LA PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA E LA DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	81
9.5.1	<i>Pericolosità e rischio idraulico</i>	81
9.5.2	<i>Explicitazione dei risultati nelle Tavole di Piano</i>	84
10	DEFINIZIONE DEI POSSIBILI INTERVENTI: MISURE STRUTTURALI E NON STRUTTURALI	87



10.1	PREMESSE	87
10.2	CONSOLIDAMENTO DELLO STATO DI FATTO E MISURE D'INVARIANZA	88
10.3	INTERVENTI STRUTTURALI	89
10.3.1	<i>Premesse</i>	89
10.3.2	<i>Interventi lungo il fiume Olona</i>	89
10.3.2.1	Problematiche principali	89
10.3.2.2	Soluzioni tecniche proposte	90
10.3.3	<i>Interventi in zona mercato e a valle di Via Toselli</i>	91
10.3.3.1	Problematiche principali	91
10.3.3.2	Soluzioni tecniche proposte	92
10.3.4	<i>Individuazione di possibili interventi in zona Via Magenta e Via Ratti</i>	94
10.3.4.1	Problematiche principali	94
10.3.4.2	Soluzioni tecniche proposte	95
10.3.5	<i>Individuazione di possibili interventi in zona Via Berchet</i>	100
10.3.5.1	Problematiche principali	100
10.3.5.2	Soluzioni tecniche proposte	101
10.3.6	<i>Individuazione di possibili interventi in zona Via Venezia</i>	102
10.3.6.1	Problematiche principali	102
10.3.6.2	Soluzioni tecniche proposte	103
10.3.7	<i>Promozione di interventi di disconnessione delle reti meteoriche private e gestione interna con sistemi e opere d'invarianza idraulica e idrologica</i>	103
10.3.8	<i>Sintesi delle proposte a seguito dello studio idraulico dettagliato</i>	103
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	105
11	APPENDICE A: INFOWORKS ICM	111
11.1	A.1. PREMessa	111
11.2	A.2. MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE	111
11.3	A.3. CALCOLO MONODIMENSIONALE	113
11.4	A.4. CONNESSIONE TRA MONODIMENSIONALE E BIDIMENSIONALE	117



Indice delle figure

Figura 1 – Inquadramento territoriale del territorio di Legnano e della sua idrografia	5
Figura 2 – Inquadramento territoriale del Comune di Legnano	7
Figura 3 – Immagine del territorio di Legnano con evidenziata l'altimetria (su base DTM)	8
Figura 4 – Stralcio delle tavole geologiche e geomorfologiche, con evidenza degli elementi di caratterizzazione delle aree di pertinenza fluviali vallive (RIF. Tavola CG.01).....	9
Figura 5 – Immagine storica di Legnano e del fiume Olona nel 1850	10
Figura 6 – Immagini attuali del fiume Olona in Legnano	10
Figura 7 – Progetto area ex Cantoni	11
Figura 8 – Confronto delle fasce PAI-PGRA vigenti (vedi Tavola 7_PAI-PGRA) e dei vincoli delle classi di fattibilità determinate con le analisi del presente aggiornamento del PGT	13
Figura 9 – disegni del progetto di tombinatura del fiume Olona lungo Viale Gorizia (anno 1967, fonte Comune di Legnano)	14
Figura 10 – Immagini del tratto di fiume Olona tra Via Lampugnani e piazza Carroccio. A sinistra foto aerea del 2002, a destra foto aerea attuale	14
Figura 11 – Immagini del tratto di fiume Olona tra Via Lampugnani e piazza Carroccio: tavole di progetto delle strutture costituenti il rifacimento della tombinatura.....	15
Figura 12 – Stralci degli atti del progetto esecutivo di sistemazione del F.Olona nel tratto AT5 (anno 2019): corografia, planimetria stato di fatto e progetto, profili (sponde sinistra e destra, suddivisi in due tratti).....	16
Figura 13 – Onde di piena AIPO utilizzate per le verifiche idrauliche del F.Olona in zona Castello. Sotto: planimetria delle aree esondate in condizioni di stato di fatto e di progetto, per diversi idrogrammi indagati	18
Figura 14 – Onde di piena AIPO utilizzate per le verifiche di compatibilità idraulica dei ponti e delle passerelle del F.Olona (anno 2019). A sinistra, idrogramma Olona nella sezione n.23 di monte, a destra idrogramma rappresentativo del contributo urbano, inserito nella sezione n.13	21
Figura 15 – Condizione al contorno posta a valle del modello idraulico 1D, alla sezione del ponte di Via Toselli a valle (sez.2), nello studio per le verifiche di compatibilità idraulica dei ponti e delle passerelle del F.Olona (anno 2019). La scala di deflusso deriva da un modello idraulico implementato dagli stessi progettisti nel 2018 per il modello realizzato nell'ambito del progetto dell' <i>intervento di adeguamento sezione idraulica e difesa spondale del fiume Olona in Comune di San Vittore Olona (MI)</i> . A destra il ponte visto da valle	21
Figura 16 - Modello 1D Hec-Ras implementato per lo studio di verifica dei ponti e passerelle (2019). Profilo risultante dalle simulazioni (T=100 anni) lungo il F.Olona.....	22
Figura 17 – Studio 2019 di compatibilità idraulica dei ponti e passerelle lungo il F.Olona. Tabella di sintesi dei risultati della modellazione, con riferimento alla piena centennale.....	22
Figura 18 – Sopra: stralcio dell'aggiornamento del piano generale del traffico urbano (2022). Sotto: rischio idraulico nelle aree con isole centrali sopraelevate	23
Figura 19 – Elenco elaborati associato allo studio di valutazione del rischio idraulico del 2005	24
Figura 20 – Idrogramma al ponte via Toselli dallo Studio AdBPo 2003-2004 e idrogramma quasi-permanente (T=100 anni) utilizzato nella modellazione dello studio idraulico del 2005	24



Figura 21 – Studio idraulico 2005 per la definizione delle aree a rischio idraulico: le aree a rischio idraulico per esondazione del fiume Olona, definite con la modellazione 1D ivi condotta	25
Figura 22 – Documento semplificato del rischio idraulico (redatto da CAP, anno 2020, a firma di BMB Ing. Bavagnoli: indice della relazione tecnica)	26
Figura 23 – Documento semplificato. Recapito della fognatura. Macrobacini di afferenze del territorio ove si trova il Comune di Legnano (rif. Figura 1 del Documento)	27
Figura 24 – Documento semplificato. Bacini di raccolta della rete fognaria comunale (rif. Figura 2 del Documento semplificato)	28
Figura 25 – Documento semplificato. Elenco delle principali criticità della rete fognaria e soggette a monitoraggio e manutenzione ordinaria (rif. Tabella 1 del Documento semplificato)	29
Figura 26 – Documento semplificato. Elenco delle criticità non segnalate al pronto intervento (rif. Tabella 2 del Documento semplificato)	29
Figura 27 – Documento semplificato. Quadro generale delle criticità (rif. Tabella 3 del Documento semplificato)	31
Figura 28 – Documento semplificato. Dimensionamento delle opere di laminazione calcolate a monte degli scarichi della fognatura in Olona	34
Figura 29 – Documento semplificato del rischio idraulico. Carta di sintesi aspetti idrogeologici	35
Figura 30 – Documento semplificato del rischio idraulico. Carta di sintesi problematiche idrauliche	35
Figura 31 – Documento semplificato del rischio idraulico. Carta di sintesi degli interventi proposti	36
Figura 32 – Relazione descrittiva e modello della rete fognaria di Legnano implementato dal Gestore del SII, CAP Holding S.p.A. (anno 2020)	38
Figura 33 – Modello della rete fognaria di Legnano implementato dal Gestore del SII, CAP Holding S.p.A. (anno 2020). Immagine dei punti di misura del monitoraggio	41
Figura 34 – Modello della rete fognaria CAP. Fase di taratura e calibrazione del modello. Sollecitazione con evento reale registrato e confronto con le misure in fognatura (rif. Figure 9 e 10 della relazione tecnica)	42
Figura 35 – Modello della rete fognaria CAP. Visuale delle massime criticità per eventi sintetici corrispondenti a T=10 anni e durata 45 minuti (rif. Figura 16 della relazione tecnica)	43
Figura 36 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Flow chart dei punti di misura (rif. Figura 1 dei report)	45
Figura 37 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Anagrafica dei punti di misura	46
Figura 38 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori del gruppo CAP. Bilanci idraulici dei distretti di Legnano	47
Figura 39 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Tavola di progetto delle installazioni nell'agglomerato di Legnano (anno 2019)	48
Figura 40 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Portate caratteristiche comunali in tempo secco e portate medie nei punti di misura nel Report 1	48
Figura 41 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Analisi in tempo di pioggia nel Report 1	49



Figura 42 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Portate caratteristiche comunali in tempo secco e portate medie nei punti di misura nel Report 2.....	49
Figura 43 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Analisi in tempo di pioggia nel Report 2.....	50
Figura 44 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Portate caratteristiche comunali in tempo secco e portate medie nei punti di misura nel Report 3.....	50
Figura 45 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Analisi in tempo di pioggia nel Report 3.....	51
Figura 46 – Modello della fognatura inserito nel DTM e del quadro complessivo della porzione 2D	52
Figura 47 – Modello della fognatura inserito nell'immagine satellitare	53
Figura 48 – Rete fognaria CAP. Tratti da verificare con doppia tubazione di dimensione identica non confermata da altre fonti. Esempio 1: Via Castello (con i massimi livelli per T=10 anni).	54
Figura 49 – Rete fognaria CAP. Tratti da verificare con doppia tubazione di dimensione identica non confermata da altre fonti. Esempio 2: Via San Bernardino (con i massimi livelli per T=10 anni). Le quote di fondo delle due linee risultano differenti	55
Figura 50 - Modello digitale del terreno (DTM) utilizzato per la modellazione. Immagine DTM sovrapposta a immagine satellitare.....	57
Figura 51 - Modello digitale del terreno (DTM) utilizzato per la modellazione: immagine DTM di base; confini comunali (poligoni contorno nero); dominio 2D (limite magenta) e indicazione degli elementi introdotti nella simulazione (isolati, tratto fluviale 1D e ponti).....	58
Figura 52 - Modello digitale del terreno (DTM) utilizzato per la modellazione. Dettaglio DTM di base e inserimento delle zone di livello di magliatura che rappresentano gli ostacoli insormontabili al deflusso della corrente (che si verifica prevalentemente lungo le strade nelle quali si può accumulare determinando il rischio	59
Figura 53 - Dominio 2D e zone di livello di magliatura	60
Figura 54 - Dominio 2D e zone di livello di magliatura, stralci della zona centrale. Immagine con DTM e immagine con ortofoto, con evidenziata anche la presenza della fognatura	61
Figura 55 – Tracciato dell'alta fluviale rappresentata nel modello accoppiato 1D-2D.....	62
Figura 56 – Profilo del F.Olona corrispondente al tracciato indicato nella precedente immagine di Figura 55. Il livello di piena costituisce l'involuppo dei massimi della situazione di piena centennale.....	63
Figura 57 – Modello 1D della rete fognaria (CAP). Esempio di risultato anomalo su una rete meteorica, dovuto alla presenza di pozzi perdenti rappresentati come una uscite senza limitazioni. Tale rappresentazione non è stata ritenuta congrua rispetto ai fenomeni fisici e detti nodi sono stati modificati e rappresentati come pozzetti con dimensioni reali, senza scarico	65
Figura 58 - Curve di possibilità pluviometrica utilizzate nelle simulazioni dello studio comunale di gestione del rischio idraulico di Legnano	68
Figura 59 - Ietogramma Chicago lordo su Legnano	69
Figura 60 - Idrogramma fiume Olona con tempo di ritorno 100 anni.....	74
Figura 61 – Risultati delle simulazioni. Q(T=10) Olona e pioggia nulla. Scaricatore n. al confine con il Comune di Castellanza (bacino B).....	76
Figura 62 – Stralcio della tavola RI.02 relativa ai risultati delle simulazioni T 10, P 10	77



Figura 63 – Stralcio della tavola RI.02 relativa ai risultati delle simulazioni T 10, P 10. Dettaglio della zona centrale lungo il F.Olona: via Magenta, Via Ratti, Via Berchet	78
Figura 64 – Stralcio della tavola RI.02 relativa ai risultati delle simulazioni T 50, P 50	79
Figura 65 – Stralcio della tavola RI.02 relativa ai risultati delle simulazioni T100, P100	80
Figura 66 – Risultati delle simulazioni T100, P100. Valutazione volumi accumulato	81
Figura 67 – Diagramma di definizione della pericolosità idraulica normato da Regione Lombardia (rif. nell'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/2011).....	82
Figura 68 - Zonazione della pericolosità – centennale del F. Olona con un evento di pioggia con tempo di ritorno pari a 100 anni	83
Figura 69 - Zonazione della pericolosità – Solo piena centennale del F. Olona con tempo di ritorno pari a 100 anni	84
Figura 70 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 6a/b_rischio idraulico. Stralcio della legenda e della tavola	85
Figura 71 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 8a/b_sintesi. Stralcio della legenda e della tavola.....	85
Figura 72 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 10a/b_fattibilità. Stralcio della legenda e della tavola.....	86
Figura 73 – Profilo del fiume Olona e Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona della tombinatura di Via Gorizia	90
Figura 74 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona mercato	92
Figura 75 – Stralcio della Tavola 3 del Documento semplificato, con indicazione degli interventi proposti da CAP per la zona mercato	93
Figura 76 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona di Via Ratti.....	94
Figura 77 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona di Via Ratti, fognatura collegata con la rete dalla zone industriale ex Tosi.....	95
Figura 78 – Stralcio della Tavola 3 del Documento semplificato, con indicazione degli interventi proposti da CAP per la zona di Via Magenta e via Ratti (per la legenda si veda la Figura 73)	96
Figura 79 – Zona di Via Ratti, variazione delle condizioni di pericolosità idraulica del collettore principale lungo la via, nella situazione attuale e nell'ipotesi di disconnessione del contributo dell'area ex-Tosi. Profili del collettore	98
Figura 79 – Zona di Via Ratti, variazione delle condizioni di pericolosità idraulica del collettore principale lungo la via, nella situazione attuale e nell'ipotesi di disconnessione del contributo dell'area ex-Tosi. Allagamenti superficiali.....	99
Figura 79 – Zona di Via Ratti, variazione delle condizioni di pericolosità idraulica del collettore principale lungo la via, nella situazione attuale e nell'ipotesi di disconnessione del contributo dell'area ex-Tosi. Profili del collettore di collegamento	99
Figura 80 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona di Via Berchet.....	100
Figura 81 – Via Berchet. Confronto tra le mappe storiche e gli allagamenti da modello	101
Figura 82 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona di Via Berchet, fognature afferenti.....	101



Figura 83 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona di Via Venezia	102
Figura 84 –Studio Comunale di gestione del rischio idraulico: individuazione degli interventi previsti per la riduzione del rischio (tavola)	104
Figura 85 – Stralcio della Tavola RI.05 allegata allo Studio Comunale di gestione del rischio idraulico, con individuazione degli interventi previsti per la riduzione del rischio (Tabella)	105
Figura 86 – Interventi d’invarianza idraulica per la viabilità: aiuole e cunette.....	106
Figura 87 – Interventi d’invarianza idraulica per la viabilità: marciapiedi e fasce laterali.....	106
Figura 88 – Interventi d’invarianza idraulica in area urbana (ampi spazi da riqualificare)	107
Figura 89 – Interventi d’invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (1).....	107
Figura 90 – Interventi d’invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (2).....	108
Figura 91 – Interventi d’invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (3).....	108
Figura 92 – Interventi d’invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (4).....	109
Figura 93 – Interventi d’invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (5).....	109
Figura 94 – Interventi d’invarianza idraulica, riferimenti ai manuali SUDS ITALIA (BOLOGNA).....	110
Figura 95 – Rappresentazione dei risultati ottenuti tramite una modellazione 2D	112
Figura 96 – Rappresentazione planimetrica di simulazione idraulica di una rete.....	116
Figura 97 – Rappresentazione longitudinale di una dorsale con relativo grado di sovrappressione	116
Figura 98 – Esempio di rappresentazione planimetrica degli allagamenti in un modello combinato 2D-1D sollecitato da eventi meteorici intensi	117



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 Legnano (MI), 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 Legnano 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 alla:

- A) 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) 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 anche sulla scorta delle risultanze fornite dalla precedente redazione del documento semplificato del rischio idraulico comunale, di cui al comma 8 dell'art. 14 del R.R. n.7/2017 e s.m.i., redatto da CAP Holding per il Comune di Legnano e da questi approvato nel 2020.

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, la rete di drenaggio urbano già disponibile con modello Infoworks implementato da CAP Holding e utilizzato quale componente di raccolta e recapito dei deflussi superficiali generati dagli eventi meteorici di riferimento. 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 Legnano, 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 dovrà essere aggiornato ogniqualvolta il quadro di riferimento assunto subisca una modifica a seguito di aggiornamenti conoscitivi, eventi naturali o interventi antropici.



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 risultanze e delle informazioni contenute nel modello della fognatura fornito da CAP Holding;
- 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 fiume Olona, quale principale corso d'acqua che attraversa il territorio comunale, sulla base degli studi di bacino e delle modellazioni già disponibili relative al fiume Olona condotte da AIPO;
- individuazione dei punti di scarico e dei ricettori che possono ricevere e smaltire le acque di drenaggio e di dilavamento, tra cui certamente il fiume Olona, la rete fognaria cittadina comunale e consortile, i fontanili, 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 in superficie e monodimensionale 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 E RETICOLO IDRICO, SITUAZIONE ATTUALE E PROGETTI ESISTENTI

4.1 Generalità

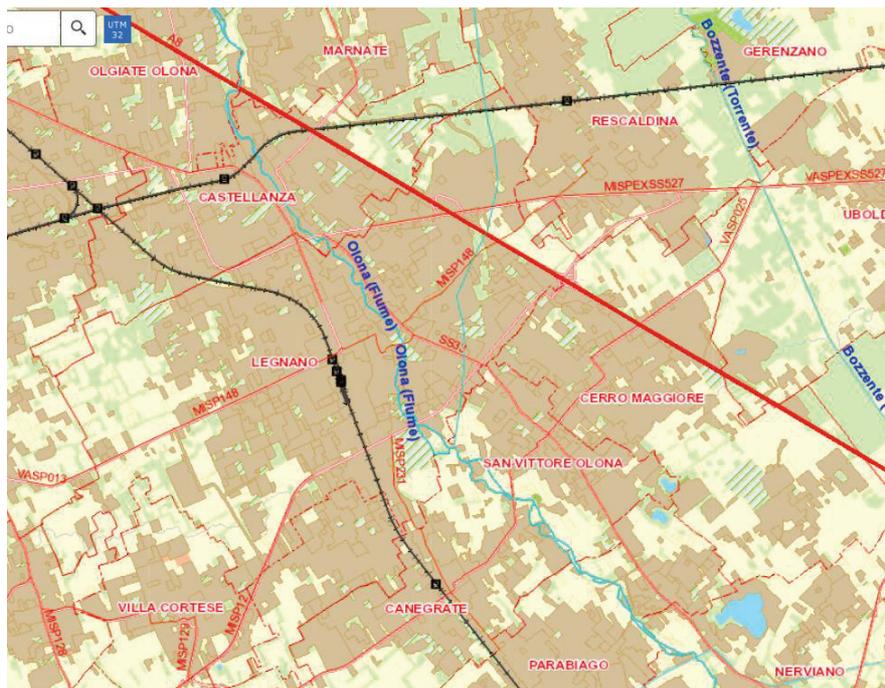
Il territorio comunale di Legnano è interessato unicamente dalla presenza del Fiume Olona, corso d'acqua naturale di importanza regionale.

Il Fiume Olona ha origine alle pendici dei monti a nord di Varese. L'asta del Fiume Olona ha nel suo complesso una lunghezza di circa 60 km, compresi tra il comune di Varese e l'imbocco della tombinatura nel Comune di Pero. Il corso d'acqua è caratterizzato da una grande complessità idraulica legata alla plurisecolare azione modificativa dell'uomo tesa alla difesa dalle piene e all'utilizzazione delle acque.

La parte nord del bacino, fino a Ponte Gurone, in comune di Malnate, presenta caratteristiche tipicamente montane, mentre a valle di Ponte Gurone il territorio si fa via via pianeggiante e il bacino assume una forma molto stretta e allungata in direzione Nord-Sud.

Fino all'attraversamento dell'autostrada A8 Milano-Varese, nei comuni di Marnate e Olgiate Olona, l'alveo fluviale è incassato in una valle e i centri abitati sono situati in posizione sopraelevata rispetto al corso del fiume. Oltrepassata l'autostrada, l'Olona attraversa i comuni di Castellanza e Legnano, territori fortemente urbanizzati all'interno dei quali l'alveo risulta tombinato per lunghi tratti. In questo tratto il fiume riceve inoltre la portata di scarico proveniente dai bacini di accumulo e disperdimento dei torrenti Rile e Tenore.

Figura 1 – Inquadramento territoriale del territorio di Legnano e della sua idrografia





A valle dell'abitato di Legnano, il fiume attraversa nuovamente aree agricole alternate ad aree urbane fino al confine del Comune di Legnano, di cui attraversa il territorio e prosegue con direzione Sud-Est in comune di Rho.

4.2 Reticolo idrografico superficiale: il fiume Olona

4.2.1 Generalità

Il presente capitolo si pone come obiettivo di descrivere brevemente le caratteristiche del Fiume Olona, che attraversa il territorio comunale di Legnano, e che risulta elemento molto importante per la definizione della pericolosità idraulica del territorio, sia per effetto delle portate convogliate da monte nel fiume stesso, anche indipendentemente dagli eventi che interessano il territorio comunale, sia come possibile ricettore delle acque meteoriche che insistono sul territorio comunale e che possono arrivare al fiume per deflusso superficiale o convogliate nella rete di drenaggio artificiale.

4.2.2 Il fiume Olona nel tratto Castellanza-Legnano

Si riporta qui, come inquadramento generale, una descrizione del fiume Olona a valle di Castellanza, tratta dal *Dossier di riferimento per il Contratto di fiume Olona-Bozzente-Lura*. Il dossier costituisce una sintesi degli elaborati contenuti in: REGIONE LOMBARDIA DG S.P.U. – ARPALOMBARDIA, *Attività di supporto ai processi negoziali "Verso i Contratti di fiume bacino Lambro - Olona"*, Rapporto primo anno di lavoro: *Contratto di fiume Olona-Bozzente-Lura*, aprile 2004.

O.8 - IL TRATTO CASTELLANZA-LEGNANO: IL SOTTOSISTEMA DELLA CITTÀ LINEARE

In questo sottosistema, la sequenza dei complessi industriali edificati nell'alveo del fiume Olona tra Castellanza e Legnano, segmento del più complesso ed esteso sistema insediativo della direttrice nord-ovest di Milano, innervato da tracciati paralleli (l'Olona stesso, la statale del Sempione, le Ferrovie dello Stato e Ferrovie Nord Milano), si è sviluppata assialmente rispetto alla espansione edilizia dei due centri, e ha finito per costituire il cuore di una sorta di città lineare, a differenza di quanto si è verificato in altri centri della stessa direttrice nord-ovest, come ad esempio nel caso di Busto Arsizio, dove gli opifici si trovano invece dislocati a corona intorno all'insediamento storico e frammisti all'espansione residenziale. L'area fluviale che qui si trova alla stessa quota della zona urbanizzata, si presenta, quindi, in questo caso, come una sorta di "acropoli mirata alla riconversione produttiva" (l'espressione è di G.Canella), la cui riqualificazione dovrà essere definita tenendo conto dei valori della sua nuova centralità.

Numerose le iniziative di rilievo già attuate, come il recupero dell'area dell'ex cotonificio Cantoni su progetto di A.Rossi, attualmente sede del Libero istituto universitario Carlo Cattaneo e quelle in corso di definizione sull'area ex Cantoni.

Qui il fiume inizia "a scomparire" inghiottito dall'edificazione; gli elementi di interesse



ecosistemico sono ridotti e lo spazio di riqualificazione dal punto di vista strettamente ambientale è molto modesto: in questo tratto risulta molto critico anche il potenziamento del rapporto della valle fluviale con gli spazi aperti posti alle spalle del costruito: solo un modesto cuneo verde, situato in comune di Cerro Maggiore, penetra nell'area industriale di Legnano a nord-est dell'Autostrada.

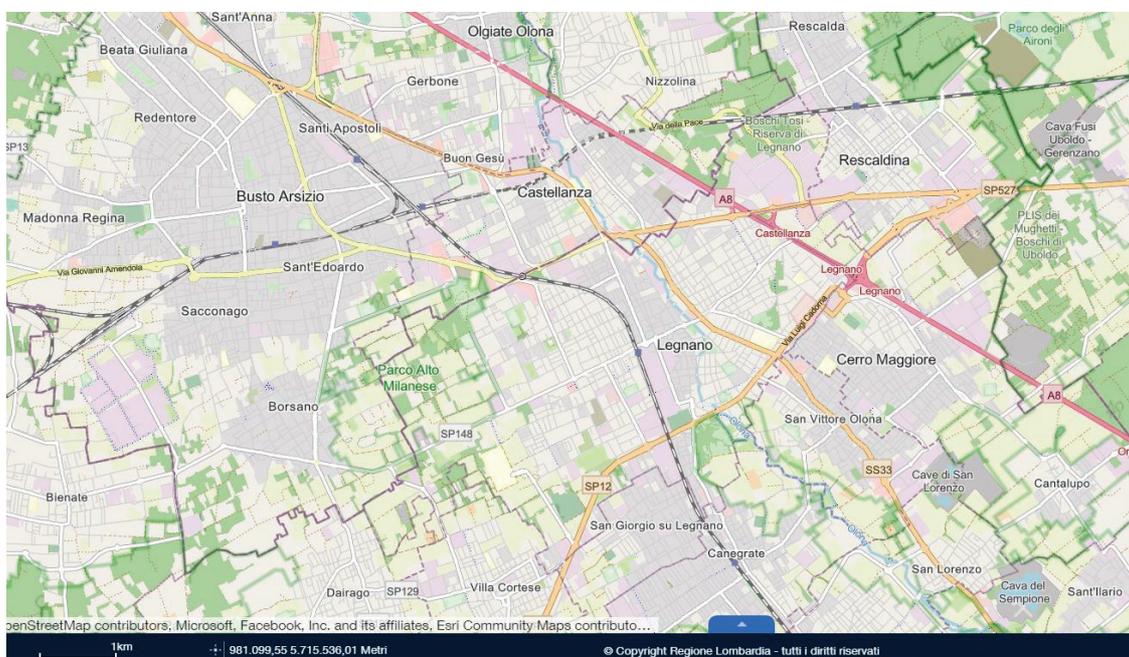
I terreni sono caratterizzati da una morfologia pianeggiante con pendenze basse distribuite su ampie estensioni. La litologia è data da depositi sabbioso-ghiaiosi non alterati, con un grado di erodibilità minimo, con un ruscellamento nullo ed un'elevata infiltrazione. Il suolo è caratterizzato da uno spessore contenuto e buone capacità drenanti che risentono della vicinanza della falda sotterranea.

Il fiume scorre in zona di pianura e pertanto riduce l'attività erosiva aumentando invece quella di deposizione, con le conseguenti mutazioni morfologiche lungo l'asta, quali meandri, lanche, innalzamento del fondo, riduzione dell'altezza delle sponde, ecc. L'attività antropica si è adattata nel tempo a tali mutazioni riducendo gradatamente il grado di naturalità ed attribuendogli un sempre maggiore aspetto artificiale.

4.2.3 Fiume Olona in Legnano

Il fiume Olona attraversa il territorio di Legnano in direzione Nord-Ovest Sud-Est, dal confine con il Comune di Castellanza fino a valle della zona del Castello Visconteo, dove, dopo una diramazione, il corso d'acqua entra nel territorio dei Comuni di San Vittore e Canegrate.

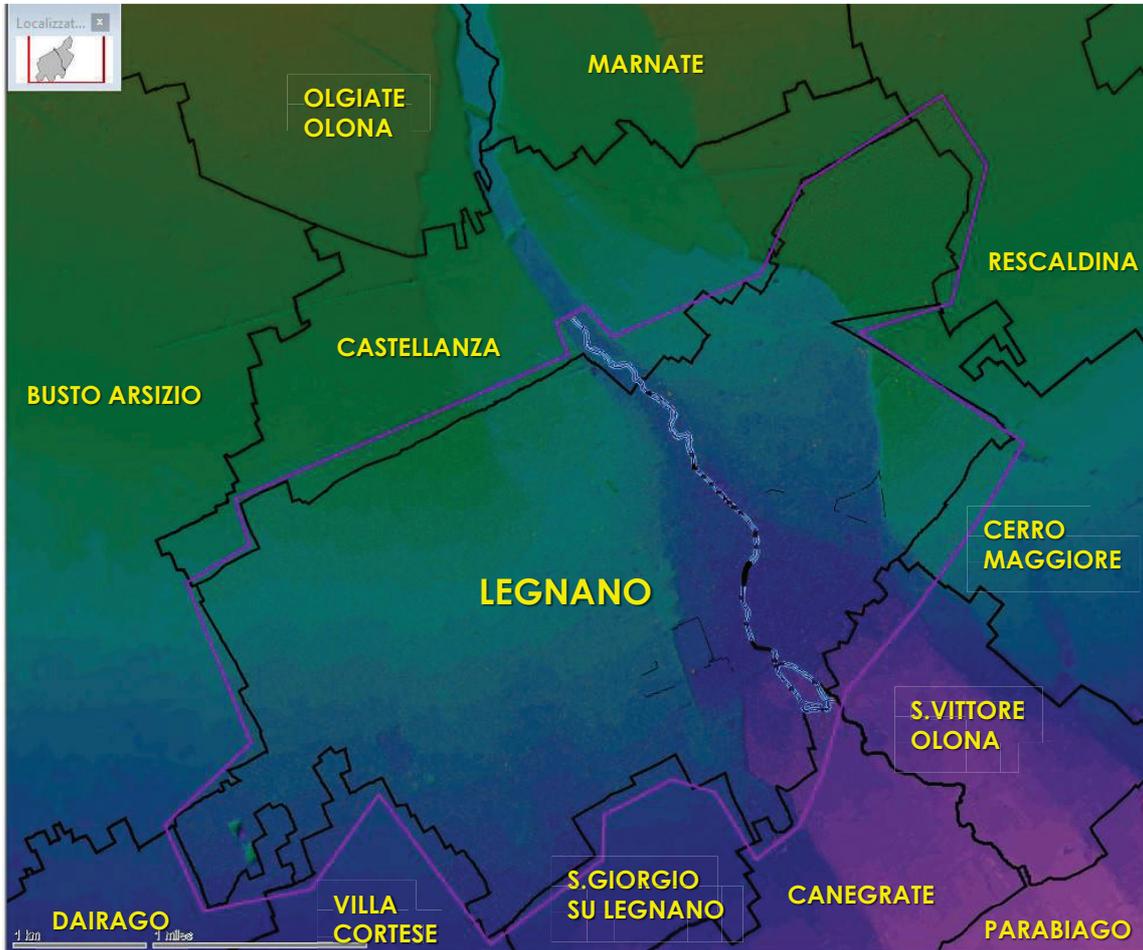
Figura 2 – Inquadramento territoriale del Comune di Legnano



A partire dal confine Nord con il Comune di Legnano, i terrazzi e le aree sopraelevate (Ronchi) che delimitano il fiume Olona e le aree di pertinenza fluviali, cominciano ad ampliarsi, ancorché risultino ancora molto evidenti nella morfologia dei luoghi e negli

effetti delle modalità di gestione dei deflussi superficiali.

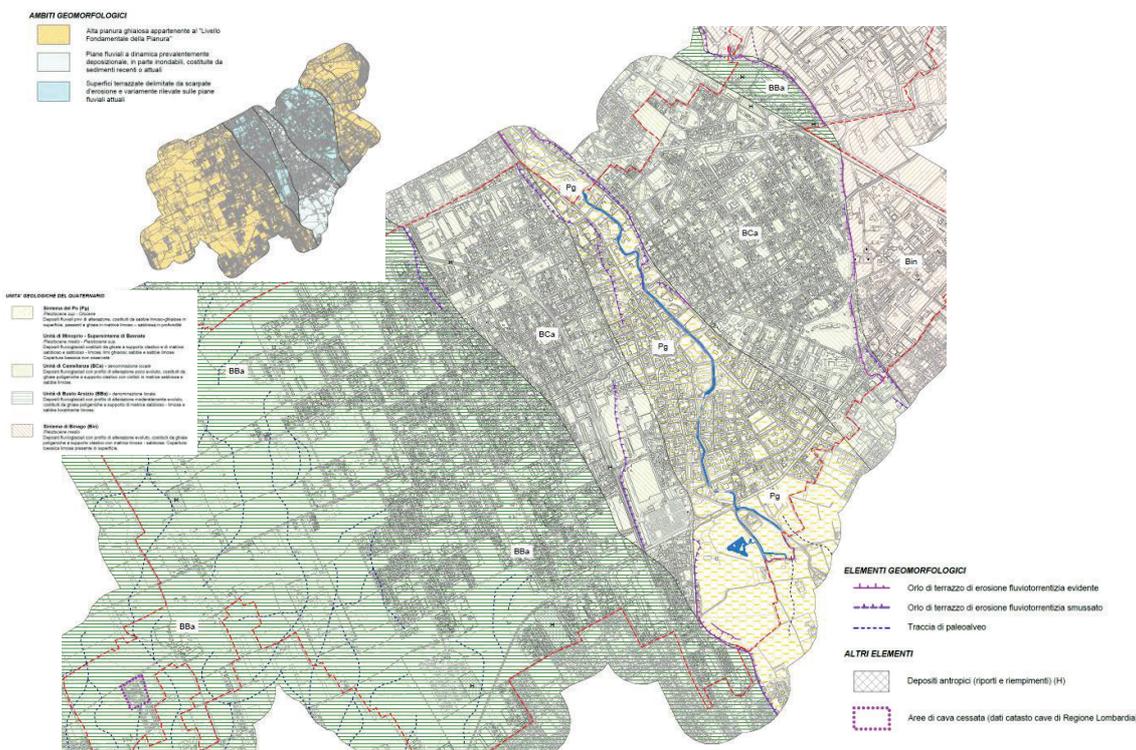
Figura 3 – Immagine del territorio di Legnano con evidenziata l'altimetria (su base DTM)



Nella Figura 3 è riportato uno stralcio della base cartografica DTM, utilizzata per le analisi e la modellazione idraulica del territorio, dalla quale si evince chiaramente la morfologia del territorio e da cui si possono già effettuare le prime deduzioni in termini di rischio idraulico atteso.

Nella Figura 4 sono invece riportati gli stralci delle tavole geologica e geomorfologica, dove sono evidenziati gli elementi particolari che possono influenzare l'andamento dei deflussi, oltre alle caratteristiche del terreno che influenza la permeabilità e la risposta delle superfici alle sollecitazioni meteoriche.

Figura 4 – Stralcio delle tavole geologiche e geomorfologiche, con evidenza degli elementi di caratterizzazione delle aree di pertinenza fluviali vallive (RIF. Tavola CG.01)



Storicamente gli insediamenti si sono formati nella piana dell'Olona già lungo le sue sponde e il tracciato delle rogge che dall'Olona derivavano le acque per gli usi agricoli e industriali. Già nelle carte di metà Ottocento (vedi Figura 5) si evidenziano gli attraversamenti, le opere di presa della roggia Olonella e le diramazioni del fiume Olona che risultava ancora libero di divagare nella sua piana.

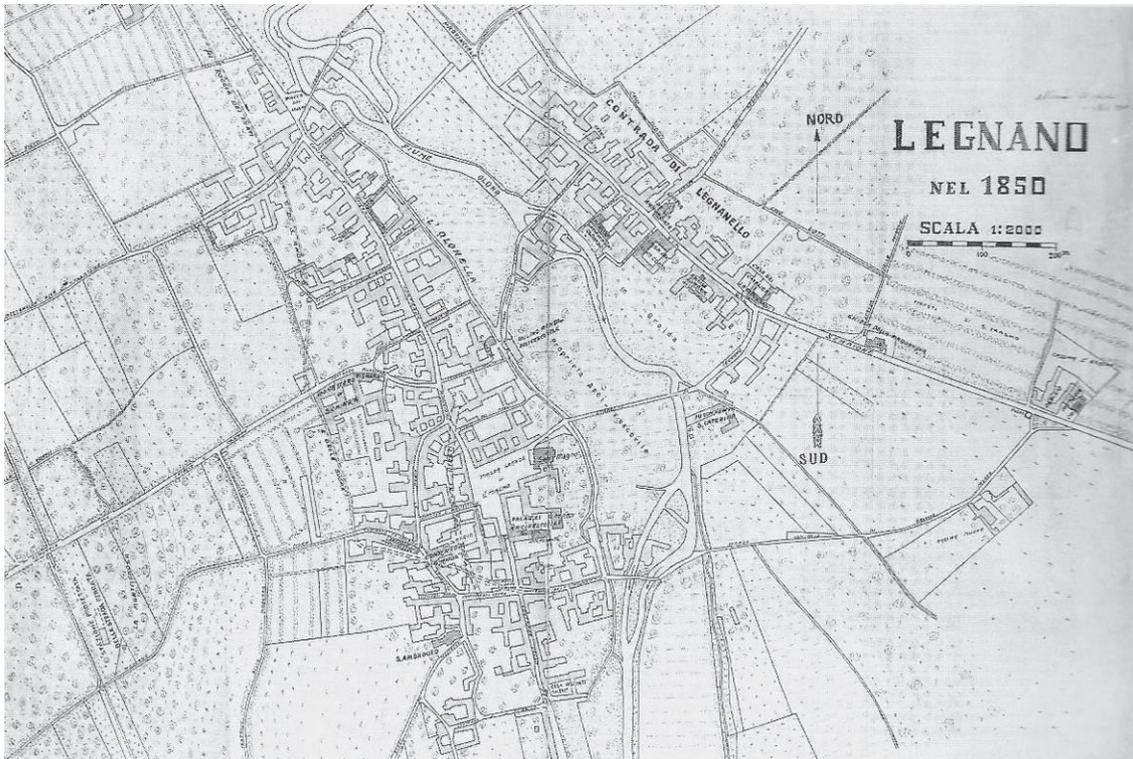
Con il passare del tempo, l'alveo del fiume Olona è stato progressivamente artificializzato e contenuto entro spazi sempre più ristretti, ancorché certamente cominciava ad aumentarne la pericolosità a seguito della progressiva impermeabilizzazione del territorio a monte.

L'alveo dell'Olona, che attraversa il territorio tagliandolo in due parti quasi uguali, non si presenta in condizioni naturali. Il corso d'acqua risulta, infatti, incanalato in argini in cemento o pietra, che sono stati negli anni realizzati per evitare le esondazioni, molto frequenti soprattutto in passato sul territorio comunale.

Nel corso degli anni sono stati adottati diversi accorgimenti per ridurre quanto possibile il rischio di eventi alluvionali. È stata infatti prevista una serie di interventi per riportare a cielo aperto l'alveo del fiume, che per lunghi tratti si presentava tombinato, come ad esempio la scoperchiatura dell'alveo in corrispondenza dell'area ex-Cantoni, fino alla tombinatura di Piazza Carroccio.



Figura 5 – Immagine storica di Legnano e del fiume Olona nel 1850



Il fiume Olona entra nel territorio comunale di Legnano dal confine con Castellanza, incontrando il ponte di via Gabbianella, a valle del quale il corso d'acqua presenta un andamento abbastanza sinuoso fino al ponte di via Pontida. Da qui, complici i sopracitati interventi di sistemazione, tombinatura e successiva riapertura dell'alveo, il corso d'acqua ha totalmente perso la sua naturalità, presentandosi con il tipico aspetto di un canale artificiale. La sezione fluviale risulta essere regolare, di forma rettangolare, con arginature in cemento.

Figura 6 – Immagini attuali del fiume Olona in Legnano



L'alveo prosegue quindi con andamento rettilineo, attraversato da numerosi ponti, come quello di via Tirinnanzi, via Barlocco e via Matteotti, fino ad arrivare in prossimità di Parco Donatori del Sangue, dove il fiume è stato oggetto di riqualifica. Immediatamente a monte di Piazza Carroccio, il corso del fiume prosegue con un tratto



tombinato, in cui dall'alveo principale si dividono due canali, a quote di fondo differenti, che si riuniscono più a valle. Superata Piazza Carroccio l'alveo, sempre caratterizzato da un andamento piuttosto regolare, torna a cielo aperto in corrispondenza della rotonda tra via Verri e via Guerciotti, supera il ponte di via Beccaria e un attraversamento pedonale per poi essere di nuovo tombinato in prossimità di viale Gorizia. L'alveo tombato attraversa i Giardinetti di Viale Gorizia e torna a cielo aperto a monte di viale Toselli, a valle del quale, superato il ponte, si dirama, andando a circondare l'area del Castello Visconteo, per poi riunirsi e entrare nel territorio comunale di Parabiago.

Figura 7 – Progetto area ex Cantoni



Nella modellazione del territorio sono stati attentamente analizzati e geometricamente riprodotti la situazione attuale e gli interventi in atto, così da definire un assetto di riferimento per il fiume e poterne indagare gli effetti della sua presenza sul territorio circostante, in termini di pericolosità indotta dall'esistenza dei bacini di monte e di effetti sul fiume subito durante il suo attraversamento del territorio di Legnano.

4.3 Studi di bacino e delimitazione fasce PAI

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, quali quello di Legnano.



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.

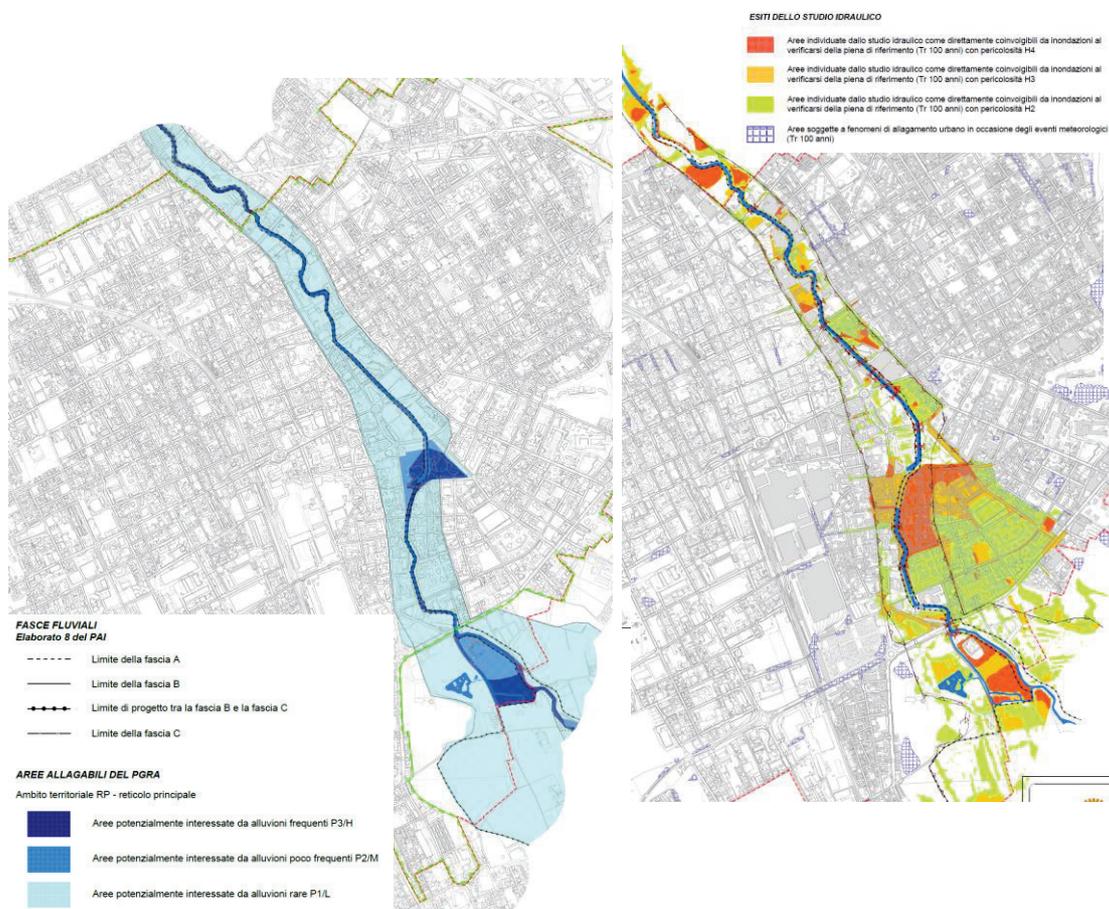
Lo studio in argomento, per come concepito e per come allora richiesto dalle Norme, definisce le condizioni idrodinamiche dell'alveo soggetto a piene con diversa gravità e i corrispondenti effetti di allagamento (eventualmente) indotti dal corso d'acqua sulle aree limitrofe. Per le diverse condizioni 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 state descritte nella presente relazione e sono state tutte utilizzate per ottimizzare la caratterizzazione topografica del territorio oggetto dello studio comunale del rischio idraulico.

Le nuove analisi condotte nel presente studio, che aggiornano anche la geometria e approfondiscono le modalità di interazione tra corso d'acqua e aree esterne e di deflusso delle esondazioni all'esterno del tratto fluviale, anche in assenza di eventi pluviometrici locali, hanno determinato una modifica delle aree a rischio connesse alle medesime condizioni che definiscono le fasce PAI-PGRA (quindi riferite agli allagamenti provocati dal corso d'acqua in relazione solamente alle portate in arrivo da monte), inserendo tali aree nelle stesse condizioni di fattibilità riferite ai vincoli normativi del PAI, come riportato nelle tavole allegate alla componente geologica del PGT e richiamate nella seguente Figura 8, a confronto con le fasce PAI-PGRA vigenti.

Si precisa che le classi di fattibilità geologica del presente aggiornamento del PGT (vedi Tavola 8a_sintesi e Tavola 8b_sintesi) integrano le informazioni idrauliche suddette ma anche gli approfondimenti geologici e geotecnici e i risultati delle modellazioni 2D-1D specifiche del presente studio, che analizzano gli effetti combinati degli eventi pluviometrici sul territorio e delle piene in alveo, oltre che gli effetti specifici dei soli eventi meteo anche in assenza di criticità del corso d'acqua.

Figura 8 – Confronto delle fasce PAI-PGRA vigenti (vedi Tavola 7_PA I-PGRA) e dei vincoli delle classi di fattibilità determinate con le analisi del presente aggiornamento del PGT



N.B.:

- 1) il PGRA indica le aree di allagamento e i vincoli "attuali" (cioè definiti alla data e con la modellazione condotta per il PAI e le successive valutazioni PGRA). Pertanto in fase di approfondimento con l'aggiornamento PGT;
- 2) Quella indicata nel PAI è una fascia B di progetto, quindi futura, solo a seguito di tutti gli interventi sia nel tratto (rinforzo o rialzo arginale, se necessari) e a monte (vasche di laminazione)

4.4 Analisi documentazione storica, progetti e realizzazioni di interventi sul fiume e aree contermini

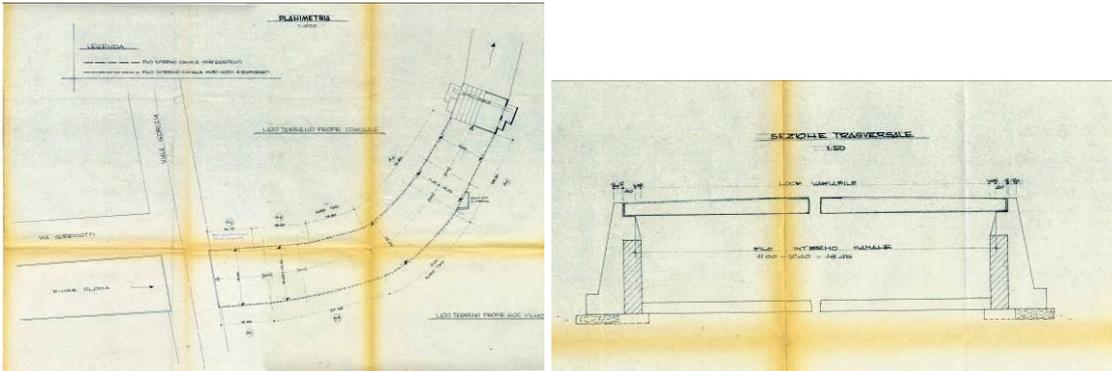
Per l'aggiornamento della situazione geometrica del fiume Olona, delle sponde e delle aree contermini, sono stati analizzati tutti i progetti recenti di sistemazione, mentre per la verifica dell'interazione tra l'alveo e i tratti tombinati di vecchie rogge e dei grossi collettori, sono stati verificati tutti i vecchi rilievi e progetti ritrovati negli archivi del Comune.

Per completezza di informazioni si allega un elenco della documentazione suddetta e

una breve descrizione del materiale analizzato e utilizzato:

- a) 1967 tombinatura Viale Gorizia: si tratta di tavole storiche con planimetria e sezioni della tombinatura del fiume Olona in Viale Gorizia

Figura 9 – disegni del progetto di tombinatura del fiume Olona lungo Viale Gorizia (anno 1967, fonte Comune di Legnano)



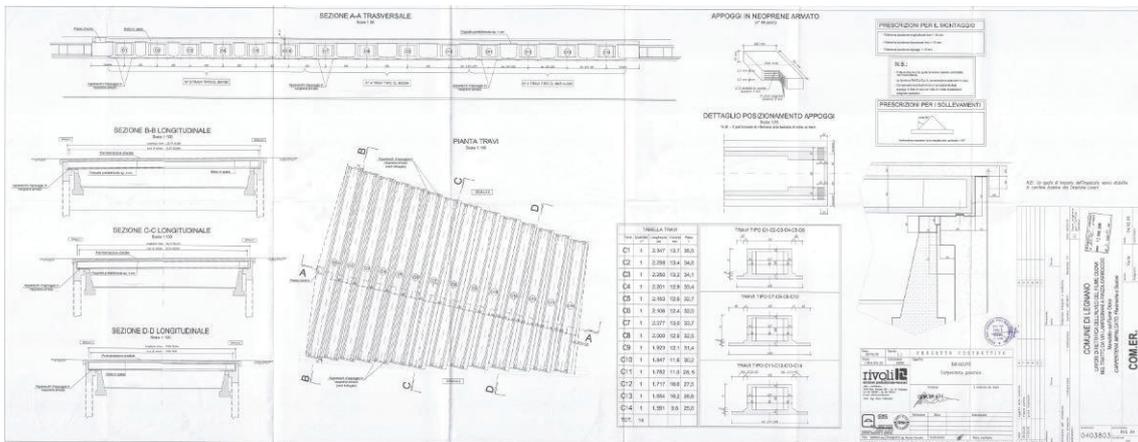
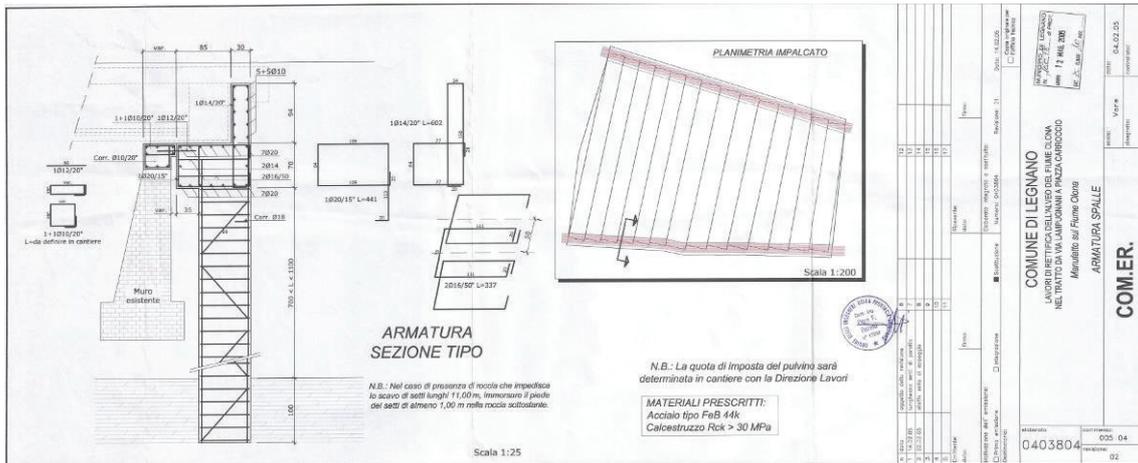
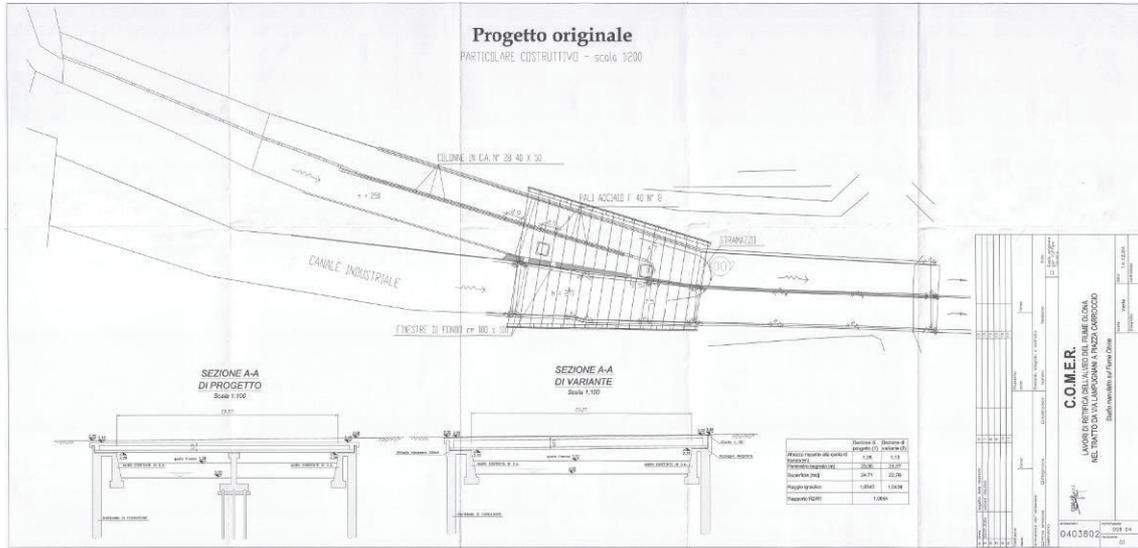
- b) 2005 tombinatura piazza Carroccio: tavole relative al progetto legato ai lavori di rettificazione del fiume Olona nel tratto da Via Lampugnani a piazza Carroccio.

Figura 10 – Immagini del tratto di fiume Olona tra Via Lampugnani e piazza Carroccio. A sinistra foto aerea del 2002, a destra foto aerea attuale





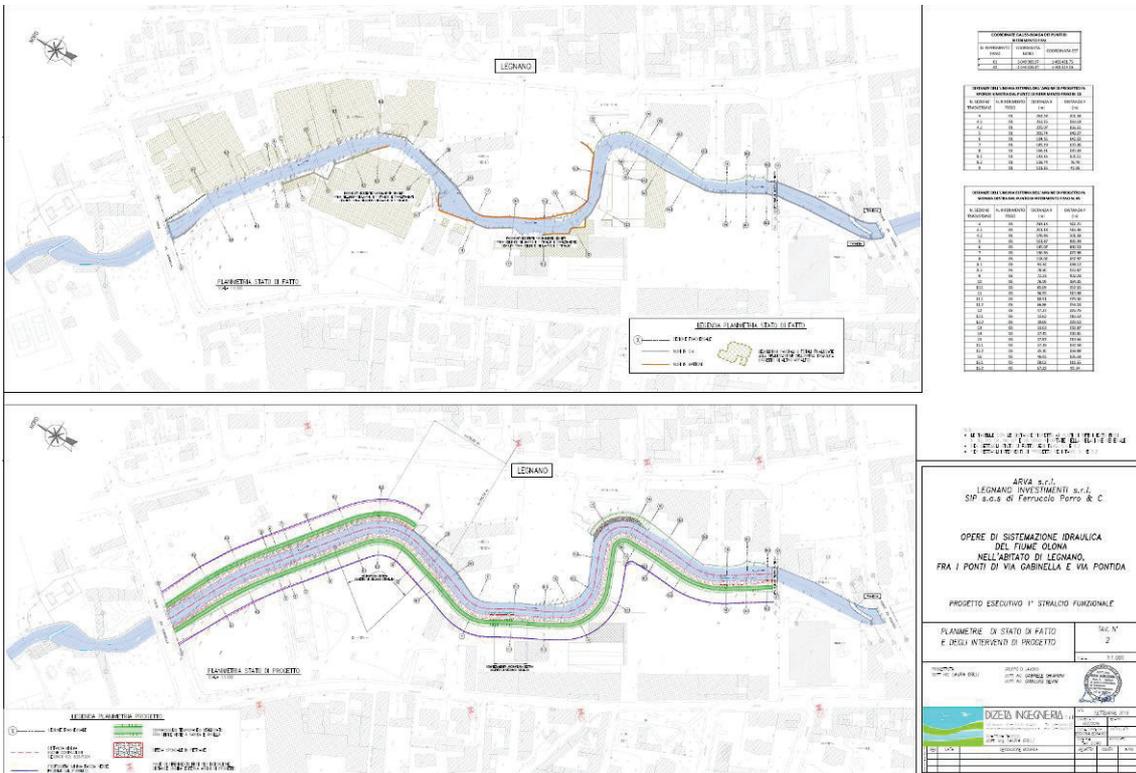
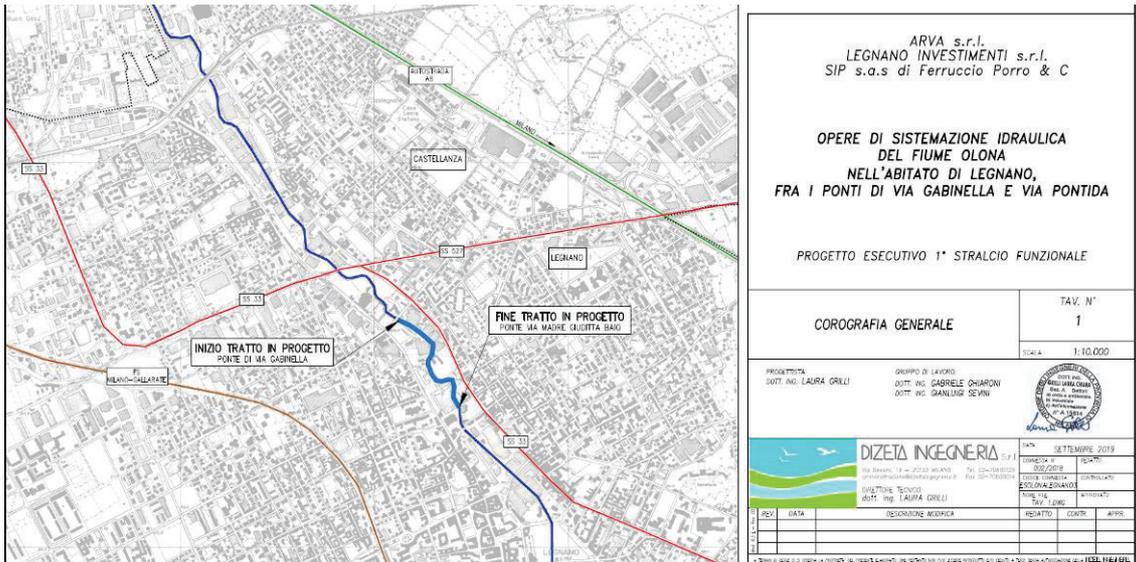
Figura 11 – Immagini del tratto di fiume Olona tra Via Lampugnani e piazza Carroccio: tavole di progetto delle strutture costituenti il rifacimento della tombinatura

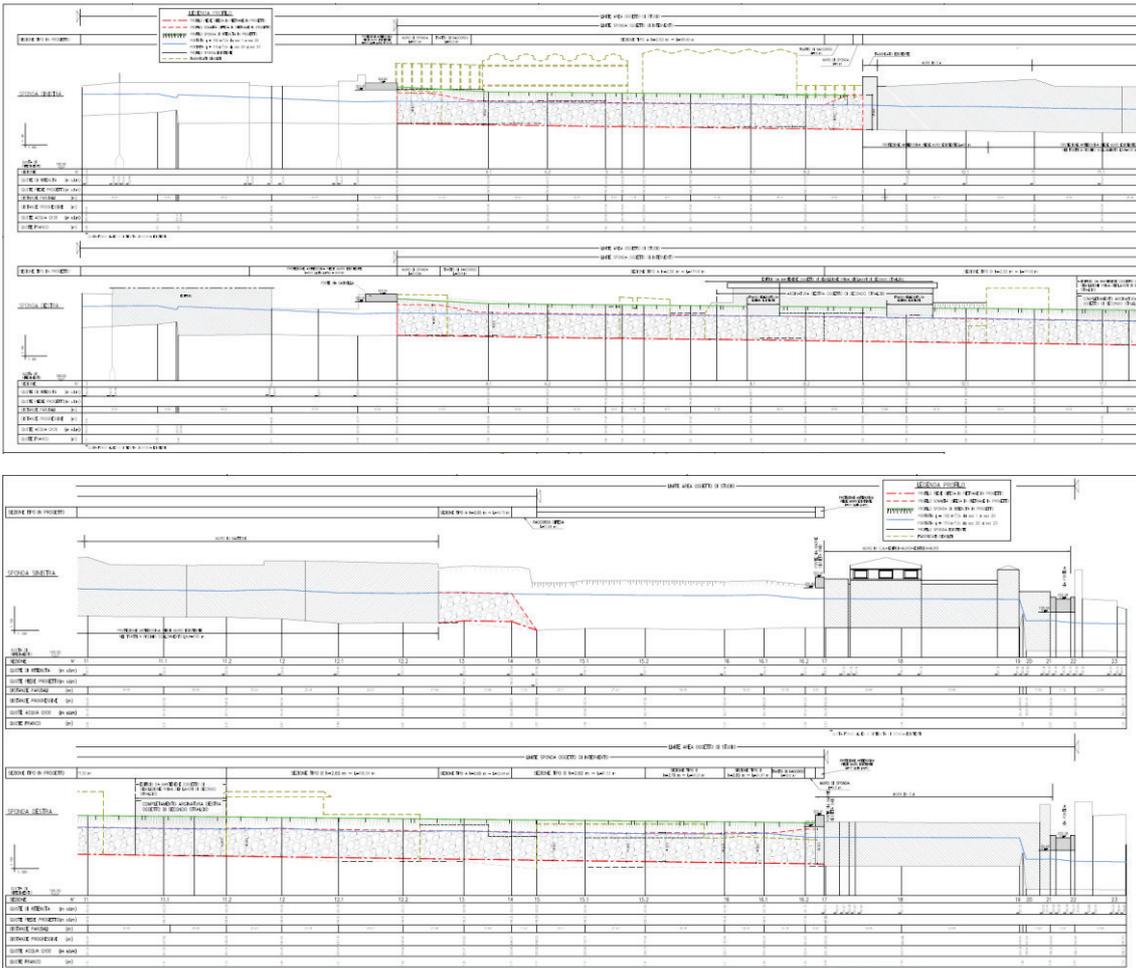




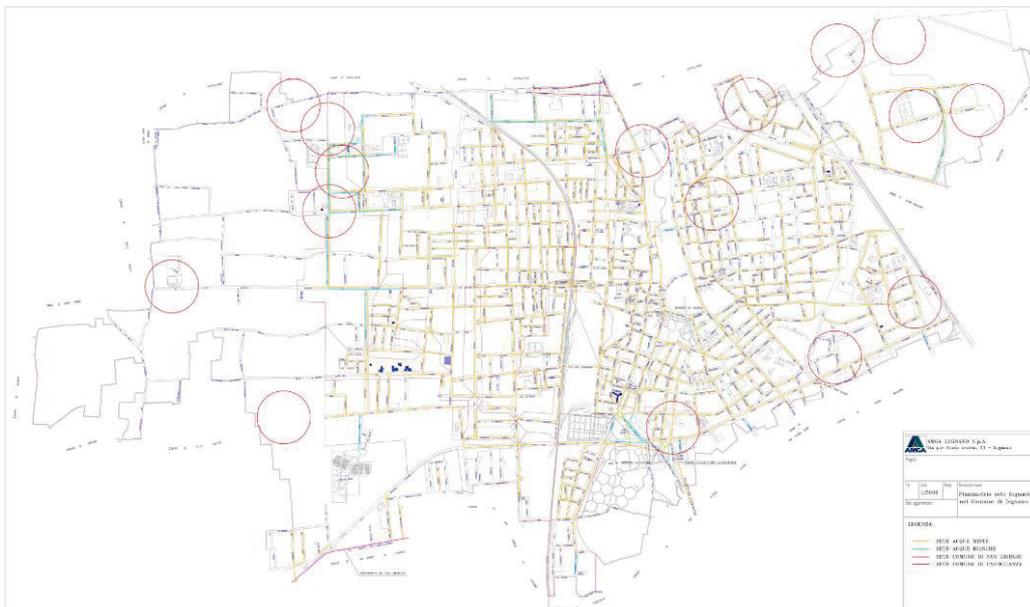
- c) **AT5 Fiume Olona progetto esecutivo:** atti del progetto esecutivo di sistemazione del fiume Olona nel tratto compreso tra il ponte di Vai Gabinella e il ponte di Via Madre Giuditta Baio.

Figura 12 – Stralci degli atti del progetto esecutivo di sistemazione del F.Olona nel tratto AT5 (anno 2019): corografia, planimetria stato di fatto e progetto, profili (sponde sinistra e destra, suddivisi in due tratti)





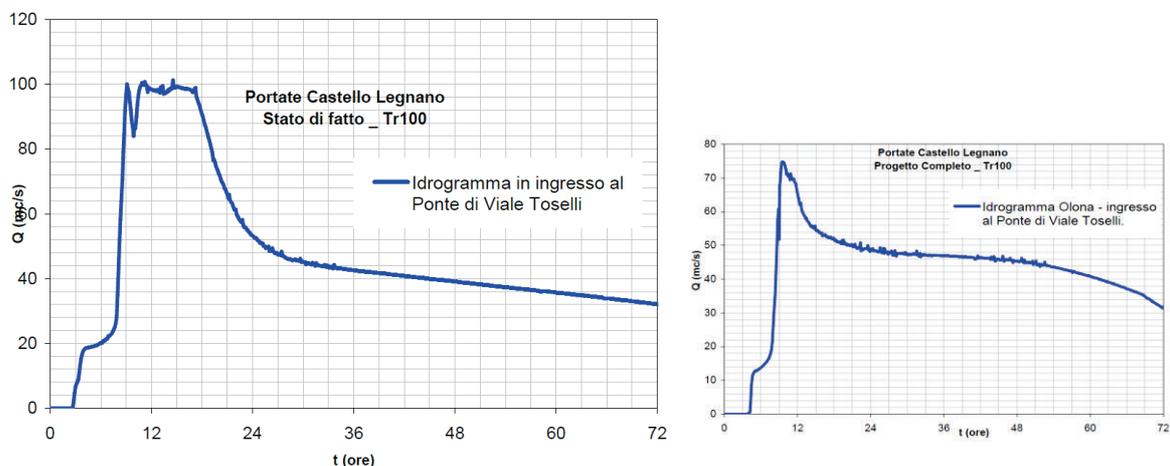
d) Fognatura-AMGA: file dwg e planimetria della fognatura, utilizzato solo per verificare i tracciati della fognatura inserita nel modello CAP





- e) Olona ponte Toselli: relazione di verifica di compatibilità idraulica del nuovo attraversamento di Viale Toselli (anno 2018). Nella relazione sono richiamati anche i seguenti studi precedenti: Studio Lambro-Olona del 2002-2004 (AdBPo); Riqualificazione idraulica ed ambientale del fiume Olona nella zona del Castello di Legnano del 2011 (Sering); Intervento di adeguamento sezione idraulica e difesa spondale del fiume Olona in Comune di San Vittore Olona del 2017 (Studio Majone). La relazione analizza i risultati delle simulazioni condotte nel tratto del ponte e in quello a valle, con alcune modifiche nell'alveo e nell'impalcato. La situazione del ponte rimane comunque problematica.
- f) Olona riqualificazione zona Castello: relazione geologica e relazione idraulica del progetto esecutivo di *riqualificazione idraulica e ambientale del fiume Olona nella zona del Castello di Legnano* (settembre 2013). Vengono descritte le analisi idrologico-idrauliche e le simulazioni condotte con modello dettagliato, nel tratto di fiume Olona a valle del ponte di Viale Toselli, in relazione agli interventi di sistemazione idraulica della zona intorno all'isola del Castello. Sono richiamati e utilizzati gli idrogrammi AIPO; non sono messi in evidenza i punti di scarico delle fognature comunali, ma si conferma la situazione di grave insufficienza dell'alveo, con funzionamento in pressione del ponte e livelli idrici molto elevati.

Figura 13 – Onde di piena AIPO utilizzate per le verifiche idrauliche del F.Olona in zona Castello.
Sotto: planimetria delle aree esondate in condizioni di stato di fatto e di progetto, per diversi idrogrammi indagati





CITTÀ DI LEGNANO

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

RELAZIONE STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO-OTT23





g) Olona verifica ponti e passerelle Legnano: è fornita la relazione di verifica di compatibilità idraulica di alcuni dei ponti e delle passerelle pedonali lungo il fiume Olona in comune di Legnano (giugno 2019), elencati ed evidenziati in arancione nell'immagine sottostante (rif. Tabella 2 della relazione citata). Vengono richiamati gli studi pregressi (Lambro-Olona 2003-2004 e progetto esecutivo area ex-Cantoni 2003). Per lo studio sono stati effettuati nuovi rilievi topografici dei ponti e degli attraversamenti pedonali presenti (ottobre 2018). La geometria del corso d'acqua è stata descritta integrando le sezioni trasversali rilevate per lo studio del Lambro Olona del 2002-2004 con quelle del Progetto Esecutivo dell'area ex-Cantoni (i cui lavori sono stati ultimati nel 2005) e con il rilievo dei ponti e passerelle eseguito ad hoc. Le analisi sono state eseguite con la realizzazione in un modello 1D utilizzando il codice HEC-RAS monodimensionale. Relativamente alle scabrezze, nello specifico si è adottato un valore di $k_s = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i tratti con fondo e sponde naturali e $k_s = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ in corrispondenza dei manufatti e nelle pareti in muratura o calcestruzzo. Nella sezione n.23 di monte del modello viene immesso l'idrogramma centennale dello studio 2002-2003 (riportato sotto a sinistra). Per simulare l'apporto della fognatura di Legnano è stato immesso un unico idrogramma (sotto a destra) con valore massimo pari a 18.2 mc/s in corrispondenza della sezione posta al ponte di via Matteotti (sez. n.13)

N.	PONTI LEGNANO	TIPOLOGIA
1	ponte di Via Gabinella	carrabile
2	ponte via Madre Giuditta Baio	pedonale
3	ponte stradale via Pontida	carrabile
4	ponte di via dei Tessitori	carrabile
5	passerella via dei Bambini	pedonale
6	ponte via Talisio Trinnanzi	carrabile
7	passerella area ex cantoni	pedonale
8	passerelle area ex cantoni	pedonale
9	ponte via Antonio Barlocco	carrabile
10	passerella area ex cantoni	pedonale
11	ponte stradale via Matteotti	carrabile
12	ponte ciclopedonale area ex Dell'Acqua	pedonale
13	Ponte ciclopedonale area ex Dell'Acqua	pedonale
14	tombinatura di Piazza Carroccio	carrabile
15	ponte carrabile via Beccaria	carrabile
16	passerella ciclopedonale via Macello	pedonale
17	ponte carrabile di via Gorizia	carrabile
18	tombinatura ex diga Scossioli viale Gorizia	carrabile
19	ponte stradale di viale Toselli	carrabile
20	ponte stradale di via Cuzzi (sostituito da un nuovo ponte)	carrabile
21	ponte via Castello (ponte storico ad arco)	carrabile
22	ponte via per S. Vittore Olona (di nuova realizzazione)	carrabile
23	passerella pedonale roggia molinara	pedonale

Tabella 2 – Attraversamenti del fiume Olona in comune di Legnano (in evidenza i ponti oggetto di compatibilità)

Figura 14 – Onde di piena AIPO utilizzate per le verifiche di compatibilità idraulica dei ponti e delle passerelle del F.Olona (anno 2019). A sinistra, idrogramma Olona nella sezione n.23 di monte, a destra idrogramma rappresentativo del contributo urbano, inserito nella sezione n.13

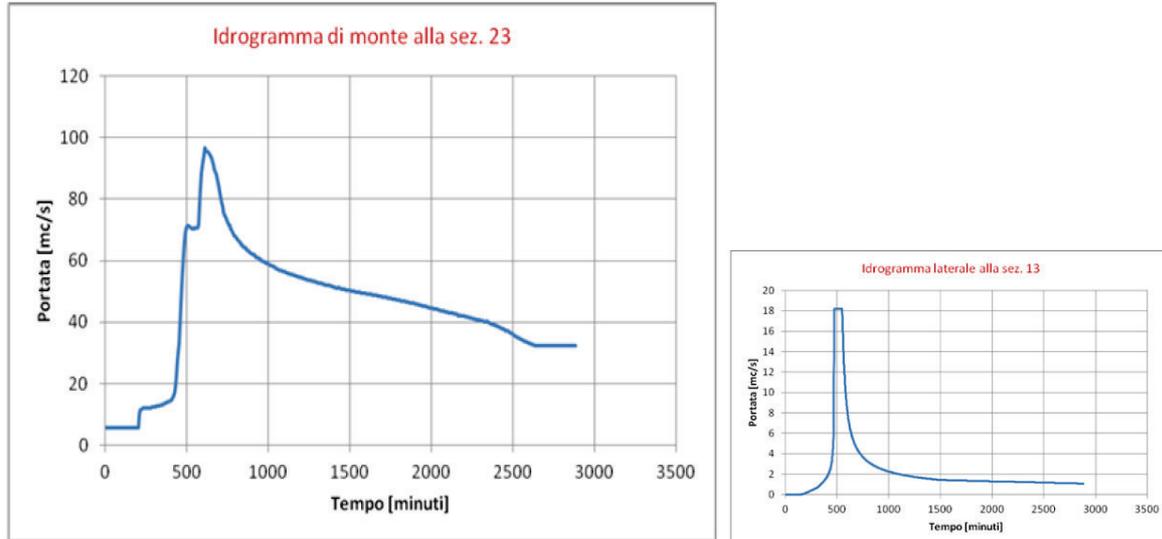


Figura 15 – Condizione al contorno posta a valle del modello idraulico 1D, alla sezione del ponte di Via Toselli a valle (sez.2), nello studio per le verifiche di compatibilità idraulica dei ponti e delle passerelle del F.Olona (anno 2019). La scala di deflusso deriva da un modello idraulico implementato dagli stessi progettisti nel 2018 per il modello realizzato nell'ambito del progetto dell'intervento di adeguamento sezione idraulica e difesa spondale del fiume Olona in Comune di San Vittore Olona (MI). A destra il ponte visto da valle



Gli esiti dello studio qui descritto mostrano una situazione di criticità lungo il fiume Olona, con particolare evidenza nel tratto di valle a partire dalla tombinatura di piazza Carroccio. Nelle immagini seguenti sono riportati il profilo risultante per il modello implementato, nella situazione di piena centennale, e la tabella riassuntiva delle condizioni di funzionamento dei ponti e passerelle d'interesse. Relativamente al giudizio di compatibilità espresso nello studio in argomento, si precisa che vengono definiti *adeguati* quei manufatti per cui il deflusso avviene a pelo libero con franco superiore o uguale ad un metro, *non adeguati ma compatibili* i manufatti per cui il



deflusso avviene a pelo libero con franchi inferiori ad un metro e *non adeguati e non compatibili* i manufatti per cui il deflusso avviene in pressione o per cui si ha tracimazione dell'opera.

Figura 16 - Modello 1D Hec-Ras implementato per lo studio di verifica dei ponti e passerelle (2019). Profilo risultante dalle simulazioni (T=100 anni) lungo il F.Olona

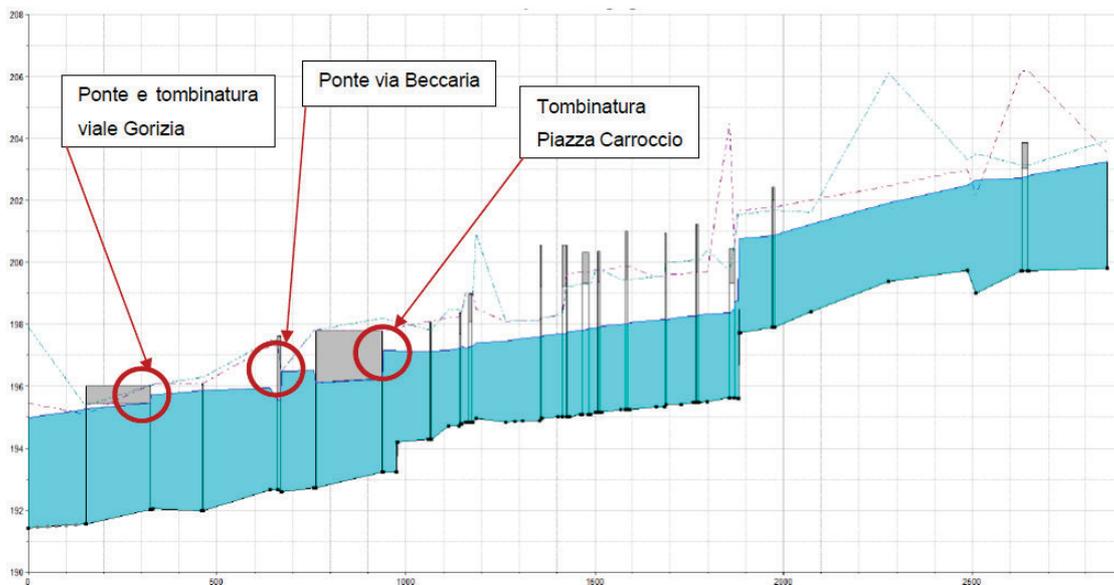
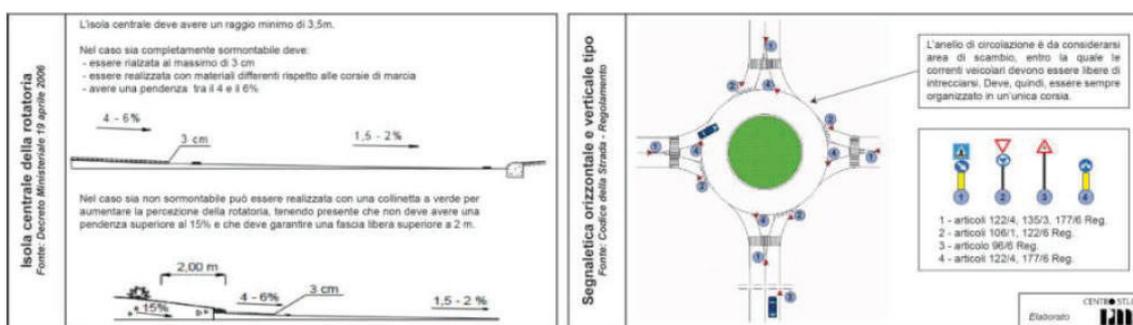


Figura 17 – Studio 2019 di compatibilità idraulica dei ponti e passerelle lungo il F.Olona. Tabella di sintesi dei risultati della modellazione, con riferimento alla piena centennale

N.	Ponti Legnano	Livello T100 [m s.l.m.]	Intradosso [m s.l.m.]	Franco [m]	Compatibilità
1	ponte di via Gabinella	202.79	203.06	0.27	Non adeguato ma compatibile
2	ponte stradale via Pontida	198.72	199.32	0.60	Non adeguato ma compatibile
3	ponte stradale via Matteotti	197.23	198.08	0.85	Non adeguato ma compatibile
4	ponti ciclopedonali area ex Dell'Acqua	197.15	197.62	0.47	Non adeguato ma compatibile
5	ponti ciclopedonali area ex Dell'Acqua	196.95	197.63	0.68	Non adeguato ma compatibile
6	Tombinatura Piazza Carroccio	197.15	196.23	-0.92	Non adeguato e non compatibile
7	ponte carrabile via Beccaria	196.47	195.53	-0.94	Non adeguato e non compatibile
8	passerella ciclopedonale via Macello	195.87	195.91	0.04	Non adeguato ma compatibile
9	ponte carrabile di via Gorizia	195.70	195.41	-0.29	Non adeguato e non compatibile
10	tombinatura ex diga Scossirola viale Gorizia	195.70	195.41	-0.29	Non adeguato e non compatibile
11	ponte via Toselli	194.96	194.18	-0.78	Non adeguato e non compatibile

- h) Piano del Traffico: sono stati esaminati i documenti del recente piano del traffico e sono state evidenziate e segnalate al Comune le indicazioni relative alla sagoma delle rotonde stradali che risultano – per come previste nel 2022 – non conformi alle esigenze di invarianza idraulica e idrologica. Infatti le isole centrali delle rotonde e le aree disponibili lateralmente alle strade, ai marciapiedi e alle piste ciclabili devono essere ovunque possibile utilizzate per raccogliere le acque pluviali e garantire aree di accumulo e infiltrazione diffuse per l'invarianza idraulica e idrologica.

Figura 18 – Sopra: stralcio dell'aggiornamento del piano generale del traffico urbano (2022).
Sotto: rischio idraulico nelle aree con isole centrali sopraelevate



- i) Aree verdi: è stato fornito dal Comune lo shape delle aree verdi, da inserire nelle valutazioni e nelle tavole complessive. Non si evidenziano elementi di particolare rilievo.
- j) Valutazione rischio idraulico (studio gamma 21.01.2005): Si tratta della documentazione associata alla precedente revisione e aggiornamento del PGT, che costituisce lo *Studio per la valutazione delle condizioni di Rischio Idraulico nelle aree di Fascia A, B e C del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del F. Po sul fiume Olona in Comune di Legnano ai sensi del dgr. N. 7365 del 11.12.2001*. Tale studio riporta i documenti del rilievo topografico di dettaglio condotto lungo tutto il fiume Olona e comprendente tutti i manufatti di attraversamento e i punti singolari. Il documento contiene anche le analisi idrauliche condotte con modello 1D, sulla base degli idrogrammi dello Studio



Lambro-Olona del 2003-2004, per tempi di ritorno di 10, 100 e 500 anni. Date le caratteristiche degli idrogrammi e, comunque, in via cautelativa, le simulazioni sono condotte in moto permanente (Figura 20). Le elaborazioni sono, poi, state condotte anche in moto vario, per calcolare i volumi di esondazione derivanti da insufficienza dell'alveo e tracimazione delle sponde in alcuni punti critici.

Figura 19 – Elenco elaborati associato allo studio di valutazione del rischio idraulico del 2005

Elaborati di testo:

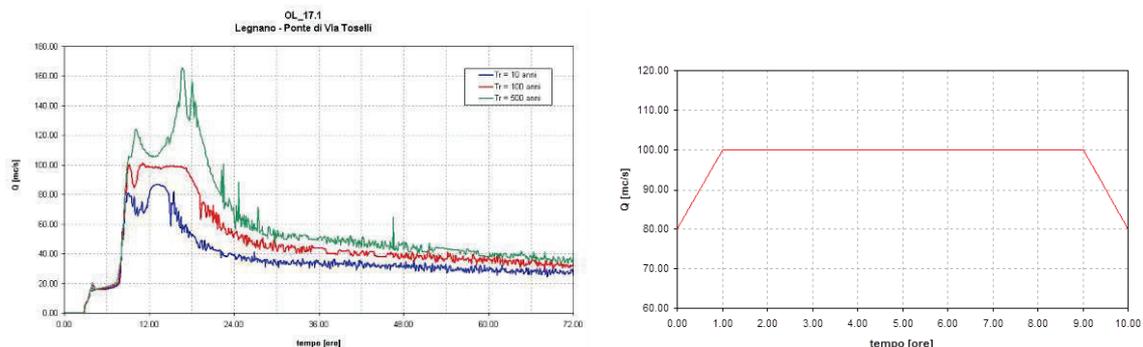
Relazione tecnica

- Allegato1:* Monografia stazioni topografiche di riferimento
- Allegato2:* Sezioni con livelli di piena
- Allegato3:* Idrogrammi di progetto
- Allegato4:* Modellazione in moto permanente
- Allegato5:* Risultati delle simulazioni in moto permanente
- Allegato6:* Modellazione in moto vario
- Allegato7:* Massimi volumi esondabili

Elaborati grafici:

- Tav. 1 – Inquadramento territoriale – scala 1:10000
- Tav. 2 – Rilievo planaltimetrico con ubicazione delle sezioni – scala 1:2000
- Tav. 3.1 Profilo longitudinale da progr. 0.00 a progr. 836.34 – scala 1:100/1:1000
- Tav. 3.2 Profilo longitudinale da progr. 836.34 a progr. 1676.60 – scala 1:100/1:1000
- Tav. 3.3 Profilo longitudinale da progr. 1676.60 a progr. 2756.13 – scala 1:100/1:1000
- Tav. 4.1 – Sezioni trasversali da sez. 47 a sez. 33 – scala 1:100
- Tav. 4.2 – Sezioni trasversali da sez. 32 a sez. 20 – scala 1:100
- Tav. 4.3 – Sezioni trasversali da sez. 19 a sez. 5 – scala 1:100
- Tav. 4.4 – Sezioni trasversali da sez. 4 a sez. 1 – scala 1:100
- Tav. 5 – Planimetria informativa delle esondazioni storiche – scala 1:2000
- Tav. 6 – Mappatura per classi di rischio – scala 1:2000
- Tav. 7 – Azionamento P.R.G. con aree a rischio – scala 1:2000

Figura 20 – Idrogramma al ponte via Toselli dallo Studio AdBPo 2003-2004 e idrogramma quasi-permanente (T=100 anni) utilizzato nella modellazione dello studio idraulico del 2005



Interesse e punto di osservazione privilegiato dello studio in argomento era solamente il fiume Olona, nella convinzione che il rischio idraulico possa generarsi “solamente” o, almeno, in modo sostanziale, dalle esondazioni fluviali. Nella relazione, infatti, è scritto:

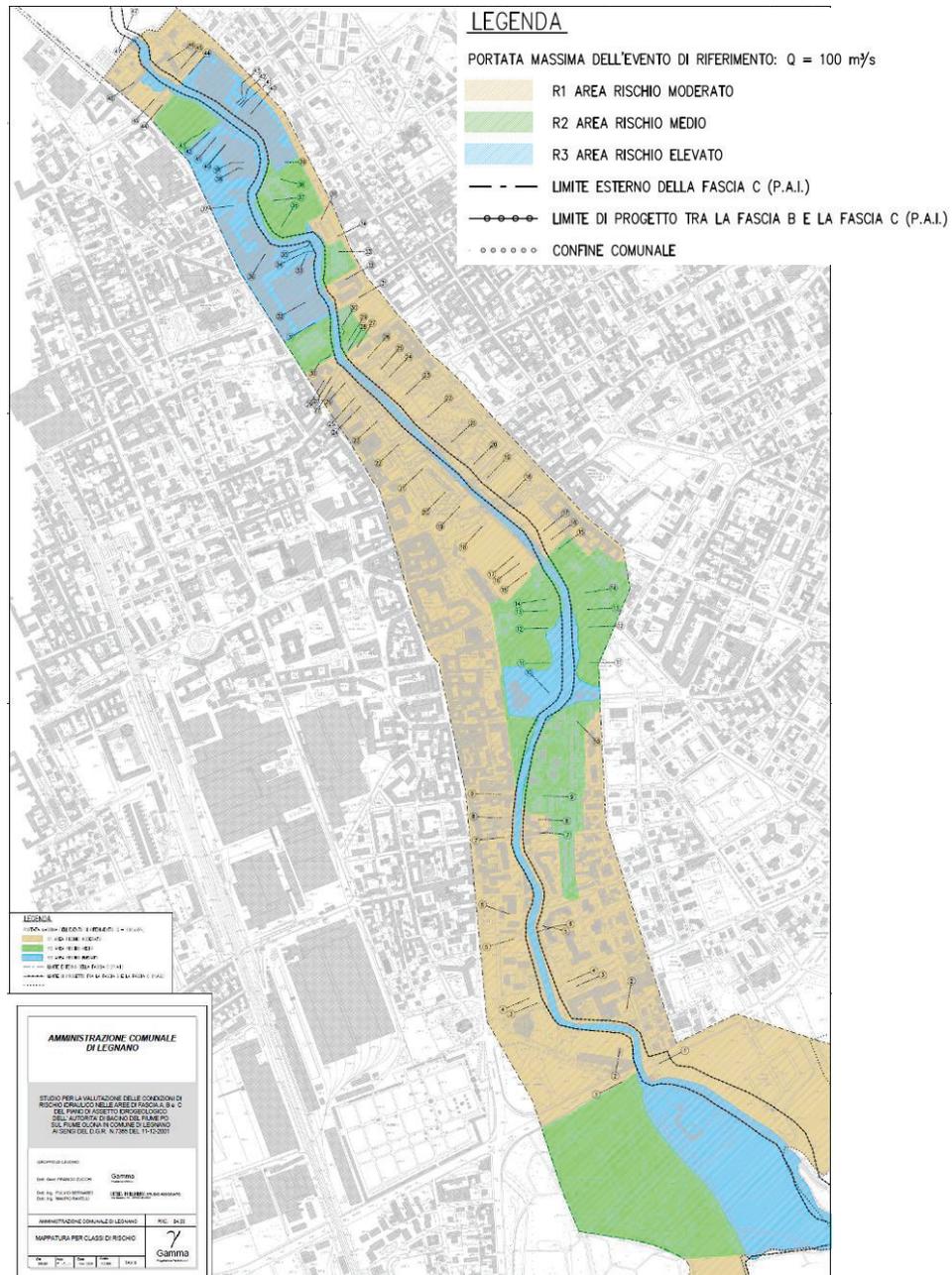
La simulazione è stata condotta utilizzando l'evento di piena T = 100 anni così come schematizzato [..]. Non sono stati considerati eventuali ulteriori apporti provenienti dalla rete fognaria cittadina, in quanto si è accertato che i livelli idrici generati nel fiume Olona dalle portate considerate (80 – 100 m³/s) risultavano tali da impedire qualsiasi forma di deflusso verso l'alveo.

Lo studio prosegue con il calcolo delle portate sfiorate dalle sponde insufficienti e dei conseguenti volumi e livelli di allagamento, questi valutati in maniera empirica rispetto alla pendenza del terreno nelle aree di esondazione e dalla loro presunta estensione.



Vengono, infine, definite e tracciate planimetricamente le aree a rischio

Figura 21 – Studio idraulico 2005 per la definizione delle aree a rischio idraulico: le aree a rischio idraulico per esondazione del fiume Olona, definite con la modellazione 1D ivi condotta





5 IL DOCUMENTO SEMPLIFICATO DEL RISCHIO IDRAULICO

Nell'anno 2020 è stato redatto da CAP Holding – per conto e in accordo con il Comune di Legnano – il Documento semplificato del rischio idraulico comunale, previsto nel RR n.7/17 e s.m.i. art. 14 comma 1, con i contenuti di cui al comma 8.

Il Documento semplificato del rischio idraulico di Legnano è costituito da una relazione tecnica (il cui indice è riportato in Figura 22) e da tre tavole (Figura 29, Figura 30 e Figura 31).

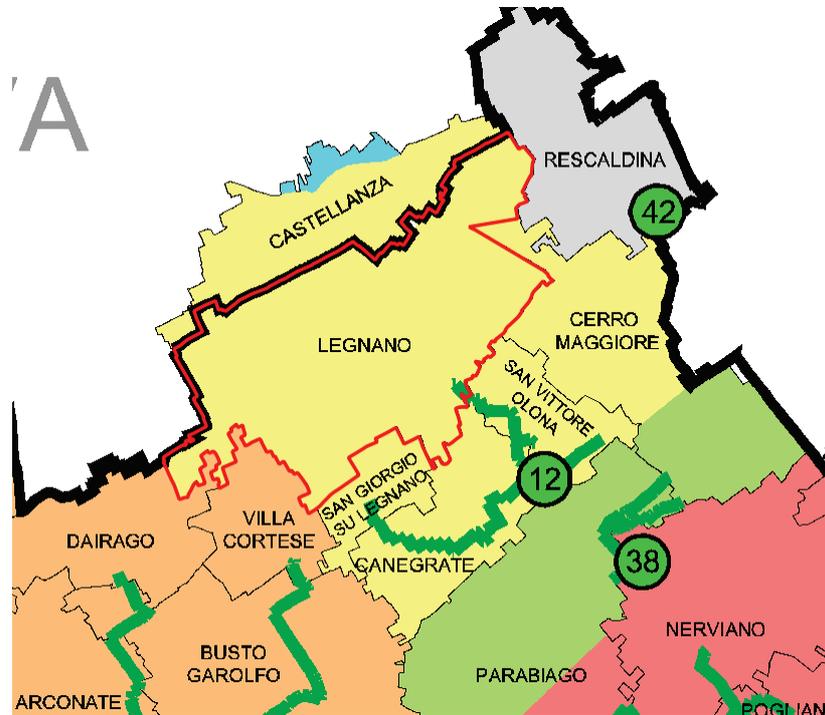
Figura 22 – Documento semplificato del rischio idraulico (redatto da CAP, anno 2020, a firma di BMB Ing. Bavagnoli: indice della relazione tecnica)

INDICE	
PARTE PRIMA.....	4
INTRODUZIONE.....	4
Capitolo 0 AGGIORNAMENTO DOCUMENTO SEMPLIFICATO.....	5
0.1 Nota introduttiva alla Rev.4 – Gennaio 2020.....	5
0.2 Nota introduttiva alla Rev.5 – Ottobre 2020.....	5
0.3 Obiettivi che il documento semplificato del rischio idraulico intende raggiungere.....	6
0.3.1 Principi generali.....	6
Capitolo 1 STATO ATTUALE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO A LIVELLO COMUNALE.....	8
1.1 Idrologia e vulnerabilità dell'acquifero.....	8
1.2 Quaderni del quadro conoscitivo – il programma di tutela e uso delle acque.....	10
1.3 Analisi delle problematiche idrauliche e idrologiche nella Componente Geologica del P.G.T.....	11
1.3.0 Strumento urbanistico vigente.....	11
1.3.1 Vincoli geologici, idrici ed idrogeologici.....	11
1.3.2 Carta litotecnica con elementi geomorfologici.....	15
1.3.3 Carta pedologica.....	16
1.3.4 Carta idrogeologica della vulnerabilità dell'acquifero.....	17
1.3.5 Sezioni idrogeologiche.....	18
1.3.6 Conclusioni.....	18
1.4 Piano di Gestione Rischio Alluvioni nel bacino del Fiume Po (PGRA).....	19
1.4.1 Sintesi problematiche da Direttiva Alluvioni.....	20
1.5 Analisi delle problematiche idrauliche e idrogeologiche nel documento del Reticolo Idrografico Minore (RIM) e del Reticolo idrico Principale.....	21
1.5.1 Reticolo idrico principale.....	21
1.5.2 Reticolo idrico minore.....	21
1.5.3 Studio per la valutazione delle condizioni di rischio idraulico nelle aree di fascia A B e C del fiume Olona.....	21
1.5.4 Conclusioni.....	37
1.6 Analisi delle problematiche idrauliche e idrologiche della rete fognaria comunale.....	38
1.6.1 Descrizione generale del sistema di drenaggio urbano.....	38
1.6.2 Bacini.....	38
1.6.3 Rete.....	41
1.6.4 Impianti disperdenti e/o volanizzazione.....	41
1.6.5 Punti critici monitorati.....	41
1.6.6 Criticità evidenziate dall'attività di gestione.....	42
1.6.7 Criticità evidenziate dall'Amministrazione comunale.....	42
1.6.8 Altri studi: modello matematico della rete fognaria.....	46
1.6.9 Conclusioni.....	51
Capitolo 2 Indicazioni su interventi strutturali e non strutturali di riduzione del rischio idraulico e idrologico a livello Comunale.....	53
2.1 Interventi strutturali previsti [IS].....	53
2.1.1 [IS01] > [IS03] Opere di carattere sovracomunale.....	53
2.1.2 [IS04] Rete fognaria Via della Vittoria a Legnano – piano investimenti CAP.....	54
2.1.3 [IS05] Alleggerimento di via Bettinelli e potenziamento di via Adua e via Brambilla – piano investimenti CAP.....	54
2.1.4 [IS06] Estensione rete in vie varie – piano investimenti CAP.....	56
2.1.5 [IS07] > [IS29] Disconnessione reti acque bianche.....	56
2.1.6 [IS30] > [IS32] Interventi a piano investimenti Amiacque.....	58
2.1.7 [IS33] Via Ratti: incremento numero di caditoie.....	58
2.2 Interventi non strutturali previsti [INS].....	60
2.2.1 [INS01] Interventi futuri connessi alle previsioni urbanistiche del Piano di Governo del Territorio 60.....	60
2.2.2 [INS02] Adeguamento sfioratori esistenti.....	61
2.2.3 [INS03] Verifica Sfiatori a monte di Via Ratti.....	63
2.2.4 [INS04] Altri interventi di carattere non strutturale.....	64
2.2.5 [INS05] Approfondimento della modellazione numerica.....	64
2.3 Sintesi degli interventi strutturali e non strutturali per la risoluzione della criticità di via Ratti.....	65
2.4 Tabella di sintesi delle criticità.....	68
2.5 Tabella di sintesi degli interventi.....	69
PARTE SECONDA.....	76
Capitolo 3 SELEZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI E NON STRUTTURALI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO A LIVELLO COMUNALE.....	76

In aggiunta a quanto già analizzato ed evidenziato nei precedenti capitoli della presente relazione, il Documento semplificato riporta al capitolo 1.6 una analisi delle problematiche idrauliche e idrologiche della rete fognaria comunale, fornendo le seguenti informazioni.

Il bacino urbano del comune di Legnano è drenato da un collettore principale (Figura 23) che afferisce al depuratore n. 5975 del comune di Canegrate, in via Unione (indicato con il n. 12). Per il depuratore di Canegrate il Gestore CAP ha stimato una percentuale media di acque parassite dell'1% per l'intero agglomerato.

Figura 23 – Documento semplificato. Recapito della fognatura. Macrobacini di afferenze del territorio ove si trova il Comune di Legnano (rif. Figura 1 del Documento)



La rete fognaria comunale è costituita da sei bacini principali e da alcuni bacini di valle distribuiti (Figura 24), in particolare (con riferimento al rilievo 2014):

- Il bacino A raccoglie le acque reflue della zona a ovest della ferrovia Milano – Gallarate. Le acque reflue del bacino in oggetto sono prevalentemente di tipo misto, ad eccezione dei quartieri di recente realizzazione situati ad ovest. I reflui di tipo misto sono raccolti e convogliati verso il punto di inizio del collettore intercomunale per mezzo di una condotta principale che si dirama in più tronchi secondari all'interno del bacino stesso.
- Il bacino B raccoglie le acque reflue (prevalentemente di tipo misto) del territorio comunale delimitato a ovest dalla ferrovia e a est dal fiume Olona. Le acque reflue sono convogliate verso il punto di partenza del collettore intercomunale per mezzo di due condotte principali, una delle quali (condotta ovest) proviene dal comune di Castellanza.
- Il bacino C raccoglie le acque reflue (prevalentemente di tipo misto) della porzione di territorio ad est del fiume Olona. Le acque reflue del bacino in oggetto sono convogliate verso il punto di partenza del collettore sovracomunale per mezzo di una condotta principale che si dirama in due tronchi secondari. Il tronco ovest proviene da nord e raccoglie i reflui provenienti dal comune di Castellanza, mentre il tronco est proviene dal bacino di raccolta E a nord dell'autostrada A8 Milano – Lagnani.
- Il bacino D raccoglie le acque reflue (di tipo misto) della zona situata ad est del territorio comunale al confine con il comune di Cerro Maggiore. Le acque reflue del bacino in oggetto sono convogliate verso il punto di partenza del collettore

sovracomunale per mezzo di una condotta principale che percorre tutto via Toselli e raccoglie i reflui della zona residenziale situata a est del territorio comunale.

- Il bacino E raccoglie le acque reflue (prevalentemente di tipo misto) della zona industriale a nord dell'autostrada A8 Milano-Laghi. Le acque reflue del bacino in oggetto sono convogliate verso il bacino di raccolta C tramite una condotta principale che si dirama a nord dell'autostrada A8 Milano – Laghi.

- Il bacino F raccoglie le acque reflue della porzione di territorio a sud di Via San Michele del Carso (Sp. 12).

- Il bacino G è stato suddiviso in cinque zone, infatti questo non è un vero e proprio bacino e raggruppa i quartieri e le vie i cui reflui confluiscono all'interno delle reti fognarie dei comuni limitrofi. Nello specifico i quartieri G1, G2, G3, e G4 confluiscono i loro reflui all'interno della rete fognaria del comune di San Giorgio su Legnano, mentre il quartiere G5 confluisce i suoi reflui all'interno della rete fognaria del comune di Canegrate.

Figura 24 – Documento semplificato. Bacini di raccolta della rete fognaria comunale (rif. Figura 2 del Documento semplificato)

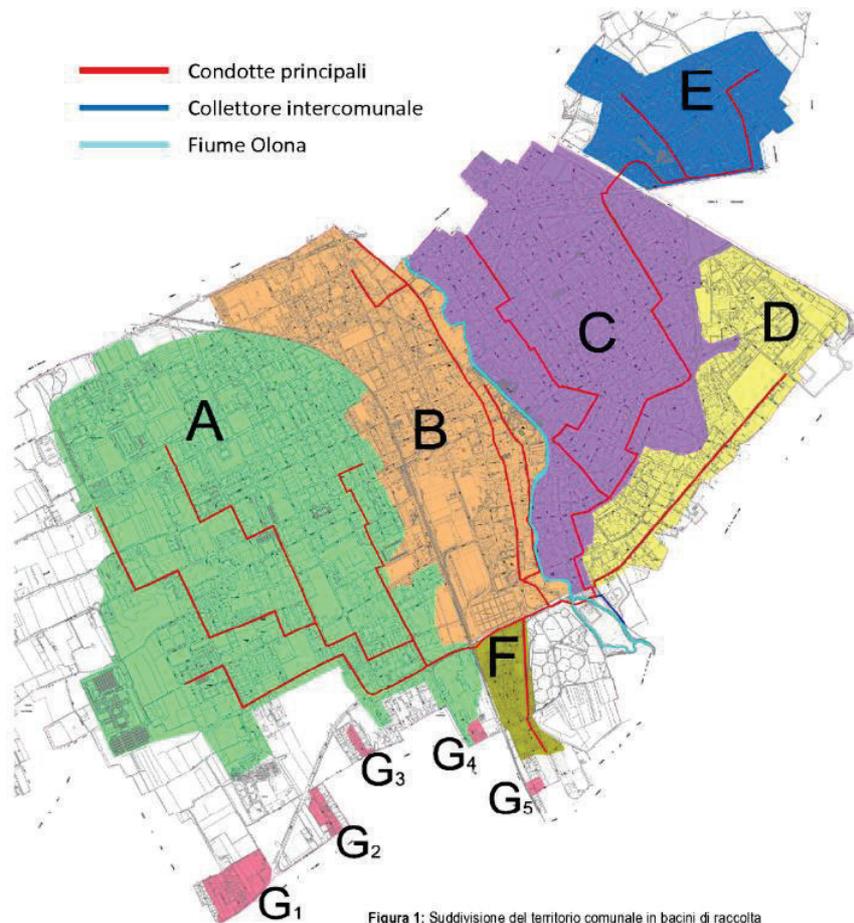


Figura 1: Suddivisione del territorio comunale in bacini di raccolta

Tutte le linee di raccolta delle acque meteoriche che sono state individuate e censite



durante la fase di rilievo smaltiscono le acque raccolte tramite lo scarico in pozzi perdenti. In comune di Legnano sono presenti 265 pozzi disperdenti. Sul territorio comunale non sono inoltre presenti vasche volano/laminazione.

Si evidenzia, come dimostrato anche dalle successive elaborazioni del presente studio idraulico, una situazione di pesante carico idraulico delle zone del centro storico comprese tra l'area ferroviaria altimetricamente più alta e la sponda destra del fiume Olona, lungo il collettore principale del bacino B. Si segnala anche che tale collettore è in parte costituito da una vecchia roggia (Olonella) e che il collettore principale arriva in Comune di Legnano già gravato dalle portate del Comune di Castellanza. Lo scaricatore di piena presente lungo la sponda destra al confine comunale tra Castellanza e Legnano (SF1) si trova ad una quota molto bassa e prossima al fondo dell'alveo e viene già rigurgitato per livelli di Olona corrispondenti ad eventi decennali (si veda la Figura 61).

Anche gli altri punti di scarico in Olona, che costituisce l'unico corso d'acqua di recapito, si trovano in situazioni critiche e necessitano di continuo controllo e manutenzione.

Figura 25 – Documento semplificato. Elenco delle principali criticità della rete fognaria e soggette a monitoraggio e manutenzione ordinaria (rif. Tabella 1 del Documento semplificato)

ID	Via	Tipo di criticità	Cameretta iniziale	Cameretta finale	Note
Pt1	Corso Giuseppe Garibaldi	Sfioratore	2626	/	
Pt2	Viale Gorizia	Sfioratore	3043	/	
Pt3	Viale del Castello	Sfioratore	3139	/	
Pt4	VIA NON CODIFICATA	Sfioratore	4165	/	
Pt5	Via per San Vittore Olona	Sfioratore	4683	/	
Pt6	FUORI AMBITO STRADALE	Sfioratore	4685	/	
Pt7	Viale Pietro Toselli	Sfioratore	4880	/	

Relativamente alle criticità evidenziate dalla gestione (CAP), nel Documento semplificato si evidenzia: *Da confronto con i tecnici di zona, non risultano segnalazioni relative a criticità derivanti dall'attività di gestione. I tecnici, inoltre, hanno rilevato le seguenti criticità, le quali non sono state segnalate al Pronto Intervento*

Figura 26 – Documento semplificato. Elenco delle criticità non segnalate al pronto intervento (rif. Tabella 2 del Documento semplificato)

ID	Via	Tipo di criticità	Cameretta iniziale	Cameretta finale	Note
Ln8	Via Ratti, Corso Magenta, Via Berchet, Piazza Carroccio, Via Corridoni, Via Gilardelli	Eseguito studio da CAP su diverse vie oggetto di allagamenti a seguito dell'evento meteorico del 9 maggio 2018	/	/	



Relativamente alle criticità segnalate dal Comune di Legnano, nel Documento semplificato sono riportate le posizioni e la descrizione delle segnalazioni pervenute dall'Amministrazione, in particolare:

1) Allagamenti via Ratti (Via Ratti e Via Antonio Branca).

Nel Documento semplificato si evidenzia che la *modellazione della rete fognaria comunale, non mostra specifiche criticità idrauliche nel comparto in oggetto.*

Si evidenzia, invece, che nella modellazione condotta nel presente studio idraulico completo, risulta confermata ed evidente la situazione di criticità della zona di Via Ratti, sia per effetto di insufficienza o di rigurgito della fognatura, sia per effetto del deflusso meteorico sulle superfici pavimentate stradali, certamente interconnesse alla fognatura ma anche con caratteristiche e rischio associato proprio, in relazione ai bacini afferenti, alle dimensioni e pendenza delle strade e alle caratteristiche dei punti di raccolta e collegamento con la fognatura.

2) Allagamenti diffusi e accumuli di grandine

Nel Documento semplificato viene descritto un evento eccezionale, occorso in data 09 maggio 2018, che ha provocato allagamenti diffusi, danni e grande allarme, per effetto della forte pioggia e della ancora più forte grandinata, con accumulo di molto materiale lungo le strade.

L'intenso temporale ha avuto come conseguenza alcuni allagamenti lungo le strade (in particolare C.so Italia rotonda tra le vie Melzi e Filzi) e l'impedimento al transito del sottopasso di via Melzi.

Ulteriori problematiche sono segnalate anche in via Alberto Da Giussano, chiusa al traffico da via S. Bernardino verso il centro, a causa di alcuni chiusini espulsi dalla sede.

Come deducibile dalla segnalazione, risultano interessate dagli allagamenti le seguenti zone: via Melzi (sottopasso); corso Italia; rotatoria via Melzi – via Filzi; Via Alberto da Giussano.

Sono riportate alcune immagini della situazione riscontrata.

Nel paragrafo 1.6.8 del Documento semplificato, viene riportata una descrizione del modello matematico della rete fognaria, descritto nel successivo capitolo 6 della presente relazione.

Nel Documento semplificato si evidenzia che, a seguito delle verifiche condotte nel modello per tempi di ritorno di 2, 5 e 10 anni, risulta che la rete fognaria di Legnano non manifesta problemi per eventi fino a 2 anni, mentre cominciano ad evidenziarsi sovraccarichi e rigurgiti per 5 e 10 anni, pur *non evidenziando particolari criticità*. A conclusione delle analisi, vengono riportati in forma tabellare i punti considerati più critici (Figura 27)



Figura 27 – Documento semplificato. Quadro generale delle criticità (rif. Tabella 3 del Documento semplificato)

ID	INDIRIZZO	Data	Fonte	DESCRIZIONE
Pt1	Corso Giuseppe Garibaldi	2017	CAP Holding	Sfioratore – nodo 2626
Pt2	Viale Gorizia	2017	CAP Holding	Sfioratore – nodo 3043
Pt3	Corso Magenta	2017	CAP Holding	Sfioratore – nodo 3139
Pt4	Via Lampugnani	2017	CAP Holding	Sfioratore – nodo 4165
Pt5	Via per San Vittore Olona	2017	CAP Holding	Sfioratore – nodo 4683
Pt6	Viale Pietro Toselli	2017	CAP Holding	Sfioratore – nodo 4685
Pt7	Viale Pietro Toselli	2017	CAP Holding	Sfioratore – nodo 4880
Ln8	Via Ratti e relativo bacino di monte	2019	Amministrazione Comunale	Allagamenti in occasione di eventi piovosi intensi

Nel Capitolo 2 del Documento semplificato sono riportate le **Indicazioni su interventi strutturali e non strutturali di riduzione del rischio idraulico e idrologico a livello Comunale**.

Nel paragrafo 2.1 vengono richiamati gli interventi di carattere sovracomunale previsti lungo il fiume Olona, in particolare:

- IS01 - Vasca di laminazione fiume Olona - Ponte Gurone, già esistente, di volume pari a 1'500'000 m³;
- IS02 - Vasca di laminazione fiume Olona – Lozza, di volume pari a circa 550'000 m³;
- IS03 - Vasca di laminazione fiume Olona – Gorla, di volume pari a 1'100'000 m³;

Nei successivi paragrafi 2.1.2÷2.1.5 vengono richiamati gli interventi previsti nel piano investimenti di CAP Holding, in particolare:

- [IS04] Rete fognaria Via della Vittoria a Legnano: ristrutturazione della rete finalizzato all'adeguamento/potenziamento idraulico
- [IS05] Alleggerimento di via Bettinelli e potenziamento di via Adua e via Brambilla a Castellanza: interventi di *potenziamento dell'attuale sistema fognario a servizio del territorio di Castellanza, suddiviso in due interventi individuati in base all'area geografica in cui ricadono*: Rifacimento rete fognaria a servizio di via Adua e via Brambilla; Potenziamento della rete fognaria di Via Bettinelli in zona Pronto Soccorso (per la riduzione del rischio idraulico in Comune di Castellanza). In particolare, sono previsti i seguenti interventi:
 - *Il potenziamento dello sfioratore di via dei Mulini attraverso la posa di una nuova tubazione in PVC800 parallelamente a quella esistente per la tratta compresa tra la cameretta n.26 e la n.56;*
 - *La parziale disconnessione idraulica di un sottobacino imbrifero afferente a Via Bettinelli di circa 20 ha. Una parte delle acque meteoriche saranno recapitate*



nella rete fognaria di Legnano, compatibilmente con la capacità ricettiva della rete stessa, mediante la realizzazione di una nuova rete fognaria in viale Italia, il successivo attraversamento di Via Saronnese (SS527) e il parziale rifacimento della rete fognaria esistente in via Locatelli in Comune di Legnano. L'apporto di acque reflue recapitate nella rete fognaria di Legnano sarà regolato mediante l'installazione di una paratoia mobile ad azionamento manuale posta lungo Corso Italia.

Nel Documento semplificato si precisa che l'intervento sopra descritto *risulta attualmente concluso (era in fase di realizzazione al momento della prima stesura del documento semplificato)*

- [IS06] Estensione rete nera in vie varie: Via General A. Cantore; Via Genova; Via R. Leoncavallo; Via Santa Colomba; Via Tito Speri; Via Cristoforo Colombo; Via dell'Amicizia
- [IS07] > [IS29] Disconnessione reti acque bianche: *Tale previsione risulta mappata, in prima ipotesi, prendendo in considerazione comparti serviti da sistema di drenaggio di sole acque captate da griglie stradali ed attualmente collettati nelle reti miste.* Sono indicati i seguenti interventi di *Disconnessione con recapito in suolo e primi strati del sottosuolo (pozzi drenanti/disperdenti)*, finalizzati a ridurre le problematiche riscontrate sugli scolmatori:

IS07 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Piazza Trento e Trieste)
IS08 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Pasubio)
IS09 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Parcheeggio Via Gilardelli)
IS10 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Giacomo Matteotti)
IS11 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Piazza Don Luigi Sturzo)
IS12 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Barlocco)
IS13 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Felice Musazzi)
IS14 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via 29 Maggio)
IS15 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Gioacchino Rossini)
IS16 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Corso Magenta)
IS17 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via San Bernardino)
IS18 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Carlo Pisacane)
IS19 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Don Bosco)
IS20 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Aurelio Robino)
IS21 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Corso Sempione)
IS22 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Lazzaro Spallanzani)
IS23 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Leone da Perego)
IS24 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Alessandro Volta)
IS25 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Nazario Sauro)
IS26 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Fratelli Kennedy)
IS27 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Podgora)
IS28 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Abruzzi)
IS29 - Punti disconnessione meteorica e infiltrazione (Via Giordano Bruno)

- [IS30] > [IS32] Interventi a piano investimenti Amiacque: si tratta di interventi limitati di completamento e ampliamento della rete fognaria, già definiti e già conclusi.



- [IS33] Incremento del numero di caditoie in Via Ratti.

Per quanto riguarda, invece, gli interventi non strutturali [INS], essi sono descritti nel paragrafo 2.2 del Documento semplificato. Essi sono, in particolare:

- [INS01] Interventi futuri connessi alle previsioni urbanistiche del Piano di Governo del Territorio. Tutti i nuovi interventi dovranno rispettare le indicazioni normative del rispetto dell'invarianza idraulica e idrologica. Si può, pertanto, almeno considerare che queste aree non contribuiscano ai deflussi in fognature.
- [INS02] Adeguamento sfioratori esistenti. Il punto fa riferimento ai limiti quantitativi allo scarico imposti dall'articolo 8 del RR7/2017 e s.m.i., indicati dalla Norma pari a 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Tale limitazione allo scarico può essere ottenuta riducendo il contributo meteorico a monte e prevedendo idonei interventi di laminazione delle portate scaricate mediante interventi concentrati (in corrispondenza dello scarico) o diffusi (in rete), adeguatamente motivati.

Nel Documento semplificato vengono effettuate delle valutazioni quantitative idrologiche, applicando formule semplificate e confronti parametrici, *facendo riferimento a studi condotti su reti fognarie in condizioni analoghe, sono stati considerati i dati per il bacino comunale di Legnano suddiviso nei bacini sottesi dai singoli sfioratori per complessivi 883 ha considerando un $\phi = 0.25$. I valori di ϕ considerati sono desunti dai risultati delle modellazioni condotte in territori similari e tengono conto in misura complessiva di tutti i complessi fenomeni che avvengono nella trasformazione afflussi – deflussi, nonché dell'accumulo temporaneo dell'acqua sul terreno e nelle tubazioni e degli allagamenti che di solito si producono localmente nei territori urbani già per tempi di ritorno di 5 – 10 anni.*¹

Nella seguente tabella sono riportati i volumi calcolati nel documento semplificato.

¹ Si evidenzia che il RR 7/2017 richiede verifiche per eventi corrispondenti a tempi di ritorno maggiori, pari a 50 anni per i dimensionamenti e 100 anni per le verifiche. Occorre, quindi, che anche il dimensionamento delle opere di laminazione in linea e concentrate delle piene fognarie faccia riferimento – almeno per le verifiche di funzionalità – a tali tempi di ritorno. Inoltre, occorre verificare l'effettiva possibilità di scarico nel ricettore, quando questo è gravato da piene associate a eventi meteorici intensi.

Si evidenzia, inoltre, che in corrispondenza degli scolmatori della rete fognaria, qualora non esclusi dal Regolamento, devono comunque essere previste le vasche di prima pioggia, di volume corrispondente ai 50 m³/ha impermeabile, a cui vanno eventualmente sommati i volumi delle aree o vasche di laminazione ma che da queste devono essere separate come funzionamento e utilizzo.

**Figura 28 – Documento semplificato. Dimensionamento delle opere di laminazione calcolate a monte degli scarichi della fognatura in Olona**

	Nr	Sfioro	Scarico	Bacino	Volume laminazione
		Codice ID Gis		ha	mc
LEGNANO	1.1	3043	4882 (ex4991)	13,70	1.114
LEGNANO	1.2	3139 (ex3043)	4881	101,50	8.254
LEGNANO	2	4880	4867	316,80	25.763
LEGNANO	3	4685	4687	164,20	13.353
LEGNANO	4	4683	4868	81,60	6.636
LEGNANO	5	4165	4169 4193	125,50	10.206
LEGNANO	6	2626	2630	79,30	6.449
			Totale	883	55.121

- [INS03] Verifica Sfiatori a monte di Via Ratti. *Al fine di approfondire le cause e le possibili azioni di intervento per la problematica di Via Ratti, risulta opportuno prevedere, in fase di redazione dello studio comunale e nel Piano di Riassetto delle fognature, una verifica circa l'effettivo funzionamento dello sfioratore ID n. 2626, con particolare riferimento al regime idrologico del Fiume Olona.*
- [INS04] Altri interventi di carattere non strutturale. Sono comprese le seguenti attività condotte dal Gestore:
 - *la verifica dello stato della rete per circa 1/10 dell'estensione totale. In caso di necessità l'intervento si conclude con la pulizia o lo spurgo delle condotte.*
 - *la pulizia di un terzo del numero totale di caditoie.*

Le segnalazioni e le richieste di intervento da parte di esterni, vengono registrate dal Gestore e catalogate a seconda della tipologia di azione richiesta. A consuntivo, il Gestore procede alla verifica dei tratti o nodi della rete che hanno manifestato nel tempo diversi fenomeni di criticità.

In funzione delle segnalazioni pervenute, occorre prevedere l'aggiornamento dell'elenco delle criticità oggetto di monitoraggio e allo stesso tempo la rimozione dall'elenco delle condizioni ritenute non più di rischio a seguito di un intervento strutturale valutato con esito positivo.
- [INS05] approfondimento della modellazione numerica².

Nel seguito sono riportate le immagini relative alle tavole allegate al Documento semplificato.

² Tale approfondimento è già previsto nella Norma e riguarda proprio la modellazione qui condotta per lo studio comunale di gestione del rischio idraulico



Figura 29 – Documento semplificato del rischio idraulico. Carta di sintesi aspetti idrogeologici

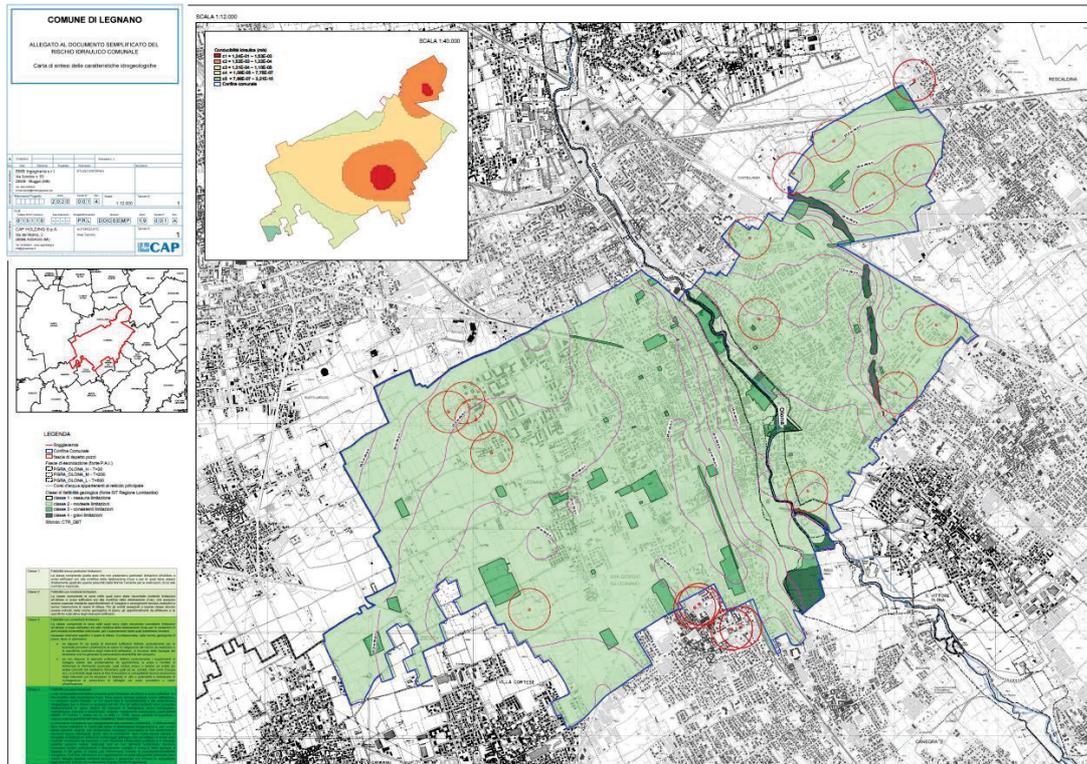


Figura 30 – Documento semplificato del rischio idraulico. Carta di sintesi problematiche idrauliche

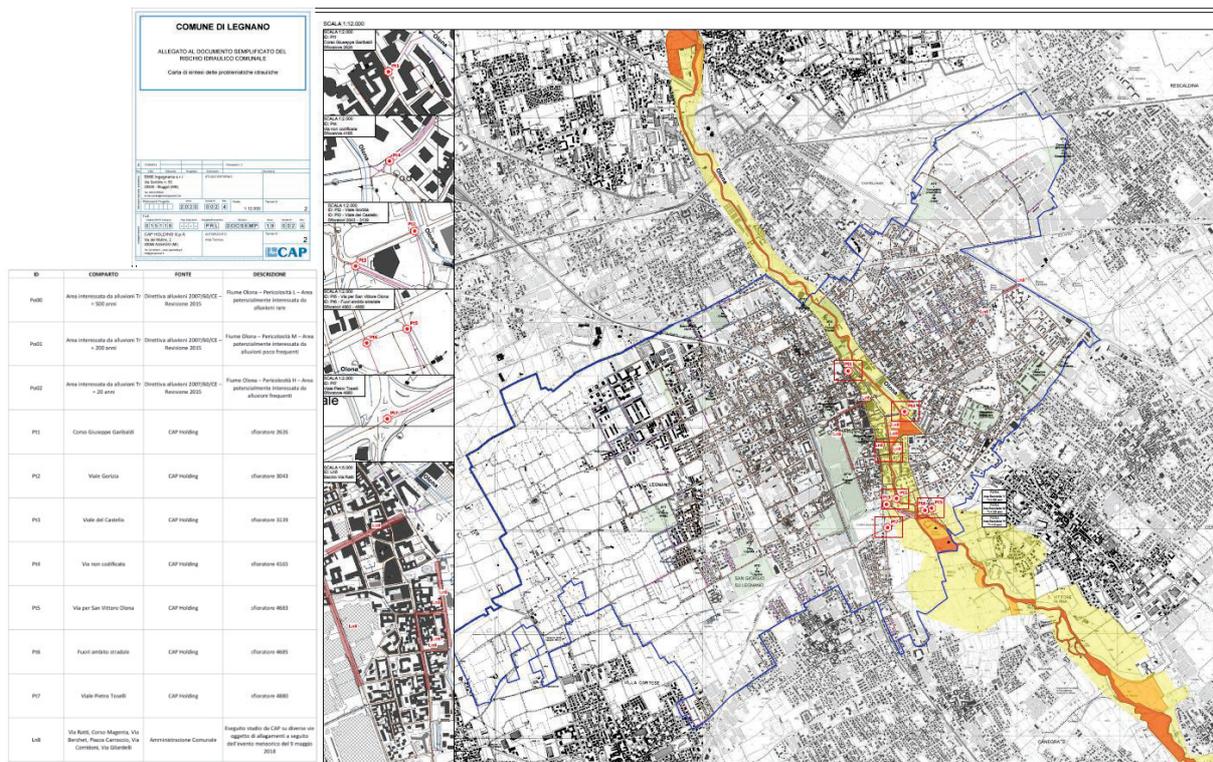
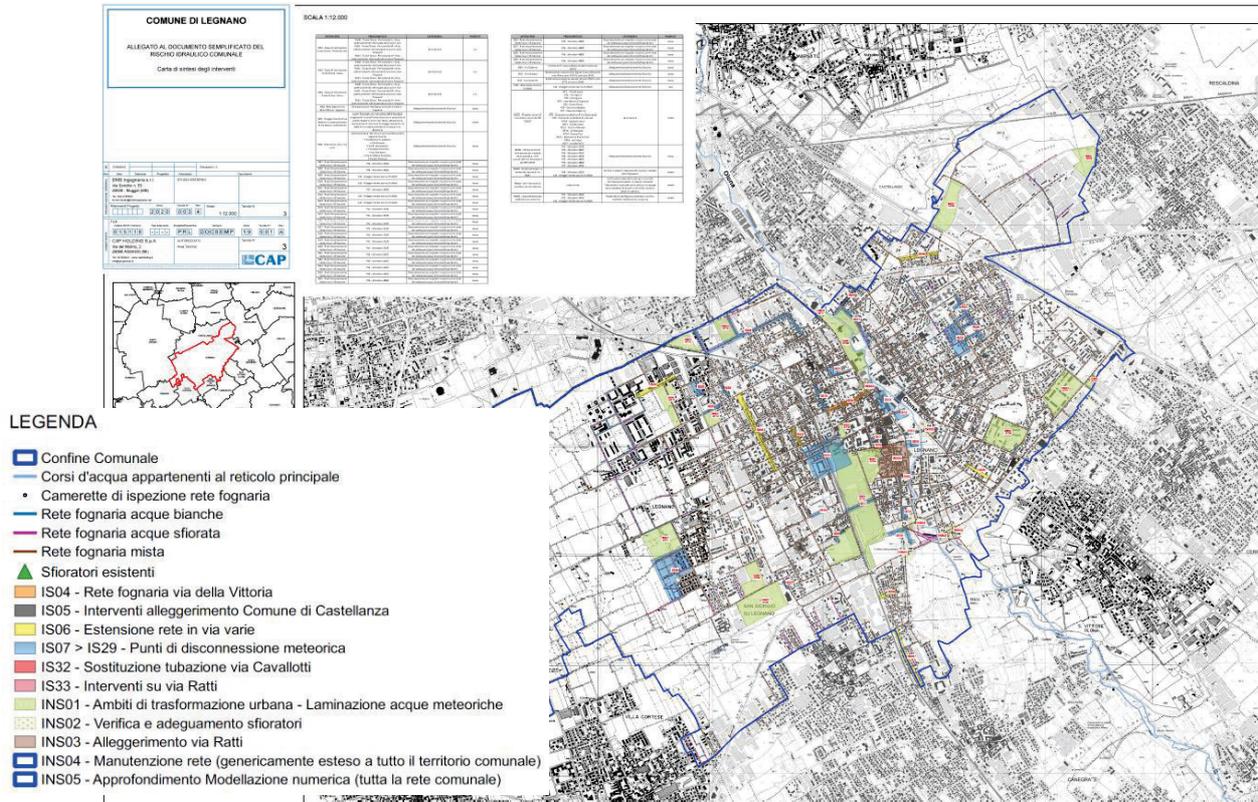




Figura 31 – Documento semplificato del rischio idraulico. Carta di sintesi degli interventi proposti





6 LA RETE DI DRENAGGIO URBANO E IL MODELLO DELLA RETE FOGNARIA (CAP HOLDING)

6.1 Generalità

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, attraverso importanti collegamenti come quelli tra Castellanza e Legnano.

Allo scopo, è stata richiesta e fornita dal Gestore del Servizio Idrico Integrato (CAP Holding S.p.A.) 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), oltre ai file della modellazione della rete fognaria comunale derivanti da rilievo di dettaglio e apposita taratura, rappresentate con il modello Infoworks, lo stesso programma utilizzato dagli scriventi per l'implementazione del modello complessivo 1D-2D.

Le informazioni e la descrizione qui di seguito riportata è tratta dai documenti resi disponibili (Relazione tecnica della modellazione idraulica della rete fognaria comunale) e dati del modello Infoworks 1D.

6.2 Il modello della rete fognaria CAP

Il rilievo della fognatura del comune di Legnano, eseguito dai tecnici dell'Ufficio Rilievi di CAP Holding spa, è stato ultimato nel mese di ottobre dell'anno 2014.

L'attività di rilievo della rete fognaria ha portato all'individuazione di 4880 punti nodali (camerette d'ispezione, sfioratori di piena, impianti di sollevamento, vasche volano, innesti in condotta, caditoie, etc.) distribuiti lungo la rete.

Tutte le camerette, ispezionabili e non, sono state mappate e georeferenziate.

La fognatura comunale ha un'estensione di 163,00 km, a cui si aggiungono 0,229 km di collettore consortile per un totale complessivo di 163,23 km (fonte: Ufficio SIT).

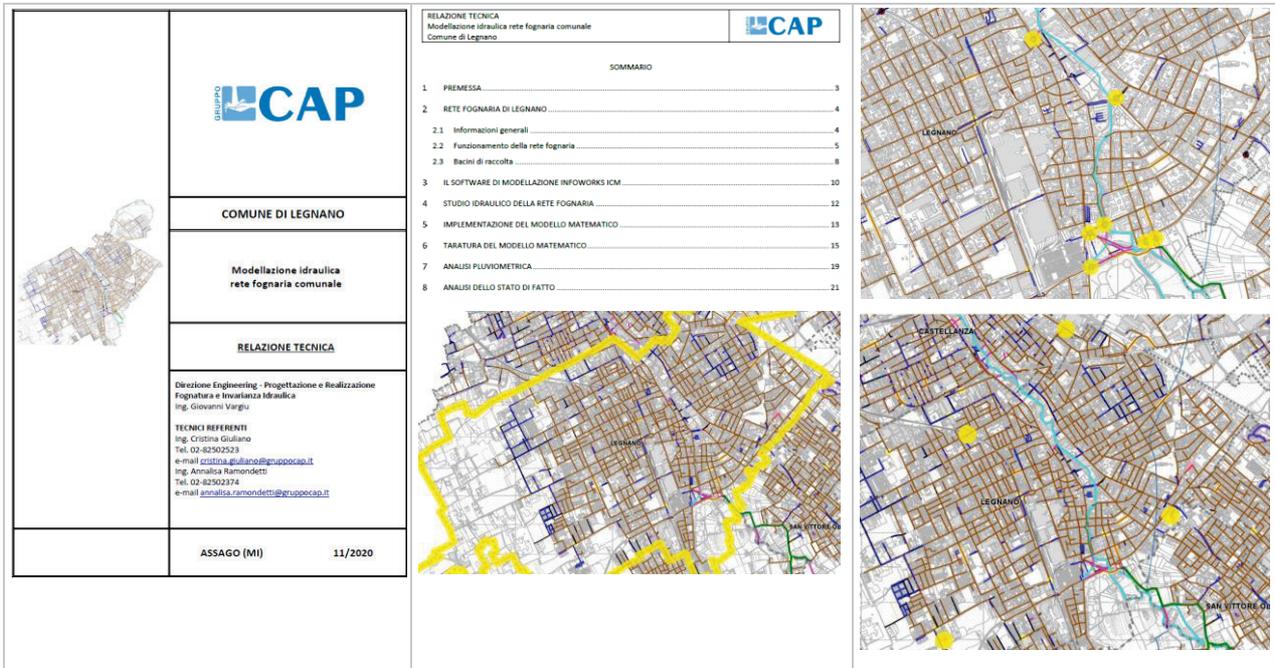
Le tipologie di rete fognaria riscontrate sono quelle sotto riportate

Tipologia	Estensione [km]
Bianca	24,183
Depurata	0,00
Mista	122,98
Nera	14,20
Sfiorata	1,64
Totale	163,00



All'interno della rete sono presenti: n. 07 sfioratori; n. 04 sollevamenti e nessuna vasca volano o di laminazione né di prima pioggia.

Figura 32 – Relazione descrittiva e modello della rete fognaria di Legnano implementato dal Gestore del SII, CAP Holding S.p.A. (anno 2020)



I bacini di raccolta e le principali caratteristiche della rete sono già stati sintetizzati nel precedente capitolo 5, relativo al Documento semplificato che già aveva analizzato il documento relativo alla fognatura.

Relativamente **all'implementazione del modello matematico**, nella relazione tecnica allegata al modello si riporta quanto segue:

Lo studio idraulico si è sviluppato secondo le seguenti fasi operative:

- *implementazione del modello matematico sulla base dei dati di rilievo (capitolo 5);*
- *taratura del modello matematico attraverso simulazioni di eventi reali (capitolo 6);*
- *analisi pluviometrica (capitolo 7);*
- *analisi dello stato di fatto e individuazione delle criticità attraverso simulazioni di eventi sintetici (capitolo 8).*

Il modello matematico simula la trasformazione degli afflussi meteorici nei deflussi superficiali analizzando diversi scenari aventi come input eventi reali oppure sintetici caratterizzati da tempi di ritorno rispettivamente di 2, 5 e 10 anni. Il modello stima le portate meteoriche utilizzate per verificare i tronchi della rete fognaria. Oltre alle portate meteoriche calcolate dalla pioggia netta ricadente in ambito comunale, sono state stimate anche le portate nere provenienti dagli scarichi civili e dalle attività antropiche presenti sul territorio.

La costruzione del modello ha previsto cinque fasi operative.

- *Inserimento delle informazioni relative alle camerette ed ai condotti rilevati*



geometricamente e topograficamente. Le informazioni di interesse per la modellazione sono le coordinate geografiche assolute delle camerette e la quota assoluta del chiusino (ottenute dal rilievo topografico), le dimensioni della cameretta, la geometria dei condotti allacciati alla stessa cameretta e l'altezza del sedimento depositato nei condotti (ottenuti dal rilievo geometrico).

- Inserimento delle informazioni relative alle camerette ed ai condotti non rilevati. Qualora, per la definizione completa dello schema della rete, sia risultato necessario aggiungere nel modello alcuni nodi non rilevati (immissioni senza cameretta, chiusini sigillati, paratoie, sfioratori etc.), si è proceduto ad una interpolazione dei dati in possesso.
- Inserimento delle informazioni relative ai manufatti particolari (sfioratori, sollevamenti, vasche, etc.). Questa fase di analisi del modello matematico ha messo in evidenza la mancanza di alcuni elementi significativi della rete fognaria comunale, quali ad esempio i dati inerenti ai sollevamenti. Laddove gli elaborati in possesso non fornivano tutte le caratteristiche necessarie alla modellazione dei manufatti, i dati mancanti sono stati ipotizzati (es. livelli di accensione e spegnimento delle pompe).
- Inserimento delle informazioni relative ai bacini scolanti. I sottobacini afferenti ai vari nodi della rete sono stati ottenuti da analisi cartografica, seguendo i confini di deflusso naturale. Per ciascun sottobacino sono state calcolate le superfici impermeabili e permeabili suddivise rispettivamente nelle seguenti classi: strade, tetti, cortili, ferrovie e aree verdi.
- Inserimento dei dati di popolazione, dotazione idrica e curva di consumo. Per quanto riguarda gli abitanti residenti, fluttuanti ed equivalenti produttivi si sono assunti i valori indicati nel PdA, aggiornati a dicembre 2017.

Tabella 3. Dati di popolazione

abitanti	n°
residenti	55'030
fluttuanti	4'826
eq industriali	12'661
eq totali	72'517

La dotazione idrica, pari a 280 l/g ab, è stata ricavata a partire dai dati di fatturazione e di bilancio idrico. Nelle simulazioni non sono state effettuate distinzioni tra zone residenziali ed industriali.

Relativamente alla **taratura del modello matematico**, nella relazione tecnica allegata al modello si riporta quanto segue: *Taratura del modello matematico*.

Il modello di calcolo è stato tarato sulla base dei dati registrati nel corso di una campagna di monitoraggio condotta nel periodo compreso tra febbraio e agosto 2020. Sono state monitorate le portate in tempo secco e in tempo di pioggia transistanti nei



collettori che afferiscono all'impianto di depurazione in comune di Canegrate mediante l'installazione di 30 misuratori di portata e di 3 pluviometri siti nei comuni di Legnano e San Vittore Olona.

Tabella 4. Caratteristiche punti di misura

ID punto	Località	Via principale	ID webgis	Forma	Dimensione [cm]	Data installazione	Data rimozione
LEG01	Legnano	Corso Giuseppe Garibaldi	2745	Arco	200x170	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG02	Legnano	Vai Fabio Fizi	4040	Rettangolare	200x130	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG03	Legnano	Via Giovanni Verga	4562	Circolare	180	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG04	Legnano	viale Luigi Cadorna	4663	Ovoidale	70/105	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG05	Legnano	via Francesco Ferruccio	3603	Circolare	140	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG06	Legnano	via Sardegna	1357	Circolare	140	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG07	Legnano	via Parma	1051	Circolare	150	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG08	Legnano	viale Sabotino	1042	Circolare	150	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG09	Legnano	corso Sempione	4132	Ovoidale	90/135	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG10	Legnano	via A. Locatelli	3328	Circolare	60	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG11	Legnano	via Montecassino	433	Circolare	70	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG13	Legnano	SP Inveruno-Legnano	1721	Circolare	120	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG14	Legnano	via Armando Diaz	4172	Arco	100x120	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG15	Legnano	via Giovanni da Legnano	3891	Circolare	100	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG16	Legnano	corso Sempione	4537	Circolare	180	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG17	Legnano	corso Sempione	4543	ND	160x160	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG18	Legnano	v.le Pietro Toselli	4864	Circolare	120	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG19	Legnano	corso Garibaldi	2632	Arco	200x170	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG20	Legnano	via Bellingera	2368	Circolare	120	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG21	Legnano	via Massimo d'Azzeglio	168	Ovoidale	60/90	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG22	Legnano	corso G. Garibaldi	2744	Arco	200x170	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG23	Legnano	piazza 4 Novembre	2970	Arco	280x160	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG24	Legnano	via Firenze	1464	Circolare	100	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG25	Legnano	via del Gigante	2729	Circolare	40	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG26	Legnano	via Alberto da Giussago	3081	Ovoidale	90/125	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG27	Legnano	via S. Michele del Carso	2001	Rettangolare	370x170	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG28	Legnano	via per San Vittore Olona	4700	Circolare	150	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG29	Legnano	viale del Castello	3111	Circolare	100	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG30	Legnano	via 20 Settembre	1548	Circolare	150	Febbraio 2020	Febbraio 2022
LEG31	Legnano	via Gaeta	1526	Ovoidale	80/120	Febbraio 2020	Febbraio 2022
P_LEG01	San Vittore Olona	Pozzo n.22 - via Roma		Pluviometro		Fissa	
P_LEG02	Legnano	Imp. Tratt. via della Pace		Pluviometro		Fissa	
P_LEG03	Legnano	Pozzo n. 126 - via Pergolesi		Pluviometro		Fissa	

Figura 33 – Modello della rete fognaria di Legnano implementato dal Gestore del SII, CAP Holding S.p.A. (anno 2020). Immagine dei punti di misura del monitoraggio

**Legenda**

-  Pluviometro
-  Misuratore di portata

Figura 7. Ubicazione punti di misura

Validata la rete, sono state effettuate le prime simulazioni in tempo secco ed in tempo di pioggia, in occasione dei soli eventi registrati nel corso della campagna di monitoraggio. Il fine di queste attività è stato quello di tarare il modello definendo, a partire da valori tipici di letteratura, i principali parametri che simulano il fenomeno della trasformazione afflussi-deflussi.

Si riporta nelle figure seguenti il confronto delle portate simulate con quelle osservate in alcune sezioni rappresentative del territorio comunale per l'evento del 03-04/07/2020: in blu lo ietogramma registrato dal pluviometro; in rosso l'idrogramma



registrato dai misuratori di portata; in verde l'idrogramma generato dal modello.

Figura 34 – Modello della rete fognaria CAP. Fase di taratura e calibrazione del modello. Sollecitazione con evento reale registrato e confronto con le misure in fognatura (rif. Figure 9 e 10 della relazione tecnica)

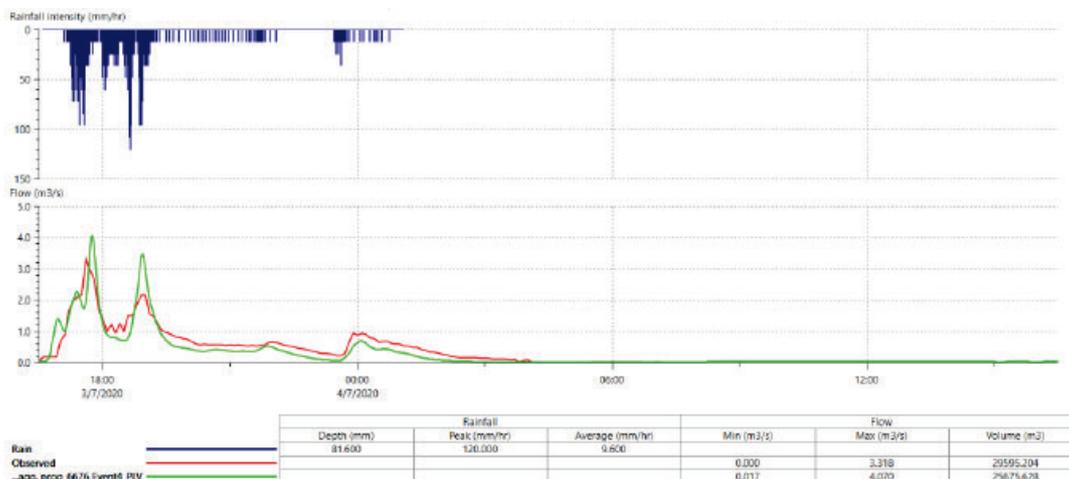


Figura 9. Confronto osservato-simulato evento del 03-04/07/2020 PDM LEG19

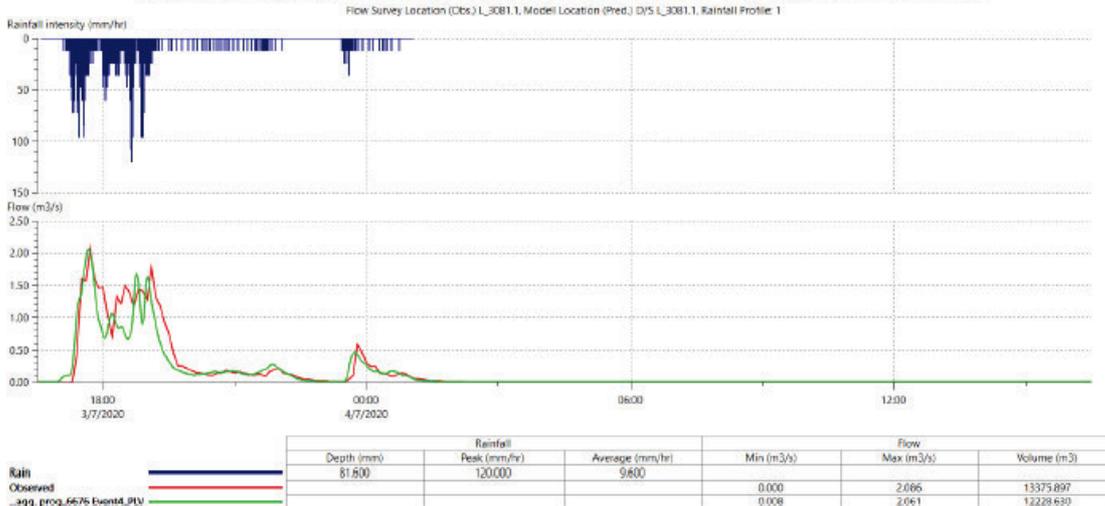


Figura 10. Confronto osservato-simulato evento del 03-04/07/2020 PDM LEG26

Relativamente all' **analisi dello stato di fatto**, nella relazione tecnica allegata al modello sono riportate le immagini planimetriche con evidenziate le condizioni di sovraccarico o insufficienza della rete fognaria. derivanti dalle simulazioni condotte per eventi corrispondenti a tempi di ritorno di 2, 5 e 10 anni. Si riporta qui nel seguito la planimetria riferita all'evento T=10 anni.

Figura 35 – Modello della rete fognaria CAP. Visuale delle massime criticità per eventi sintetici corrispondenti a T=10 anni e durata 45 minuti (rif. Figura 16 della relazione tecnica)

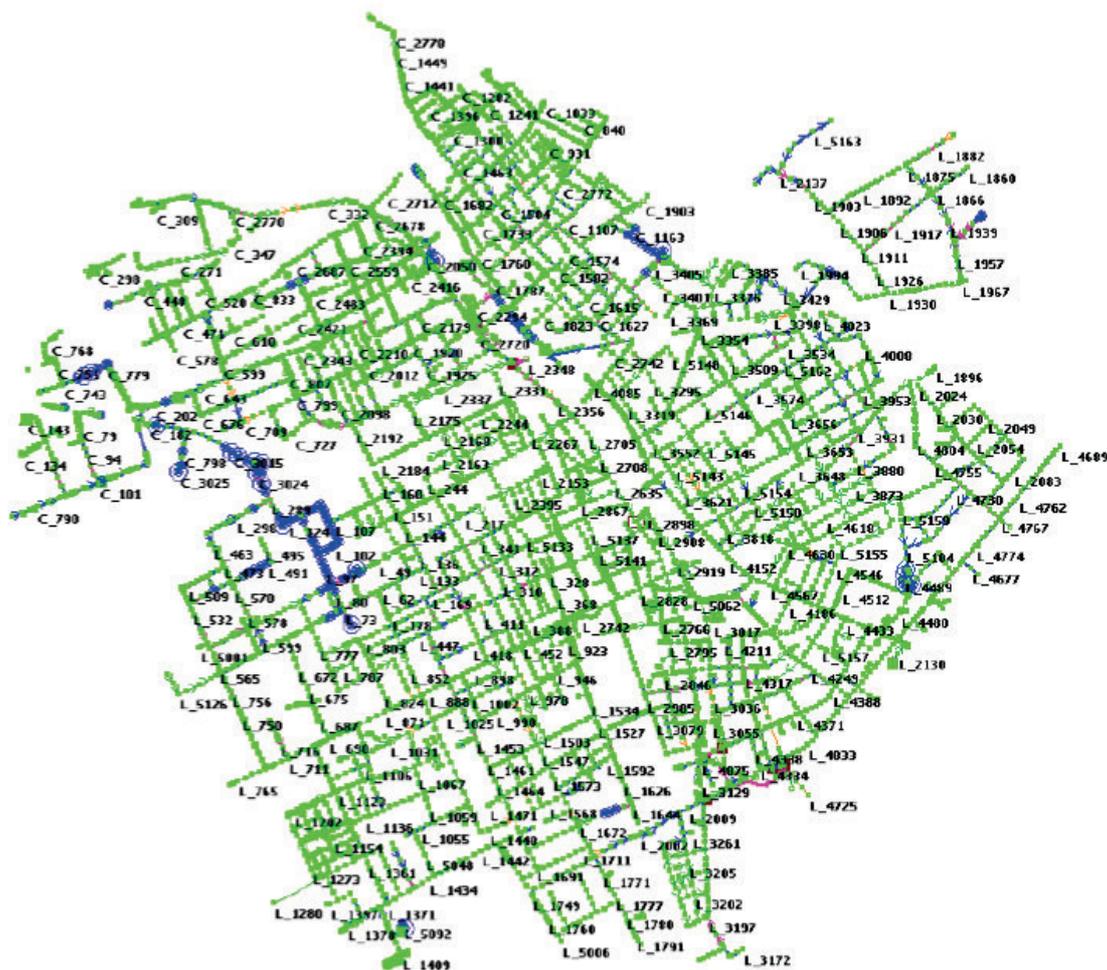


Figura 16. Visuale massima criticità T10 d=45min

Considerando eventi di durata 60 minuti non si rilevano risultati differenti nelle planimetrie.

Si precisa che nella modellazione fornita e nelle relazioni allegate non sono indicati interventi di progetto volti alla risoluzione delle problematiche di insufficienza evidenziate.



6.3 La campagna di monitoraggio delle portate condotta da CAP

6.3.1 Aspetti generali

Contestualmente alla modellazione della rete fognaria, è stata condotta da CAP anche una campagna di misura delle portate in fognatura, nei punti indicati nella tavola riportata anche in Figura 39.

Sono state fornite da CAP le relazioni di tre report:

Report 1 (campagna da marzo 2020 ad agosto 2020)

Report 2 (settembre 2020 – febbraio 2021)

Report 3 (marzo 2021 – agosto 2021)

Le relazioni sono articolate in 7 paragrafi principali che verranno sviluppati a seconda delle peculiarità dell'Agglomerato oggetto del report e della tipologia di misuratori presenti.

Il primo paragrafo "**Analisi Agglomerato e bacino comunale**" considera le portate in tempo di secco dei punti di misura utili al bilancio dei Comuni presenti nell'agglomerato divisi nei sei mesi di riferimento nonché una stima delle potenziali aliquote parassite basate sui dati dei consumi idrici come previsto dal Regolamento Regionale della Lombardia del 29 marzo 2019.

Nel secondo paragrafo "**Analisi Distretti Fognari**" vengono analizzati i distretti interni ai Comuni sia in tempo secco che in tempo di pioggia e forniti i dati caratteristici del semestre come portate medie, minime, di picco e volumi meteorici.

Il terzo paragrafo "**Analisi manufatti scolmatori**" evidenzia i comportamenti anomali dei manufatti scolmatori, quando monitorati, andando ad evidenziare le attivazioni anomale.

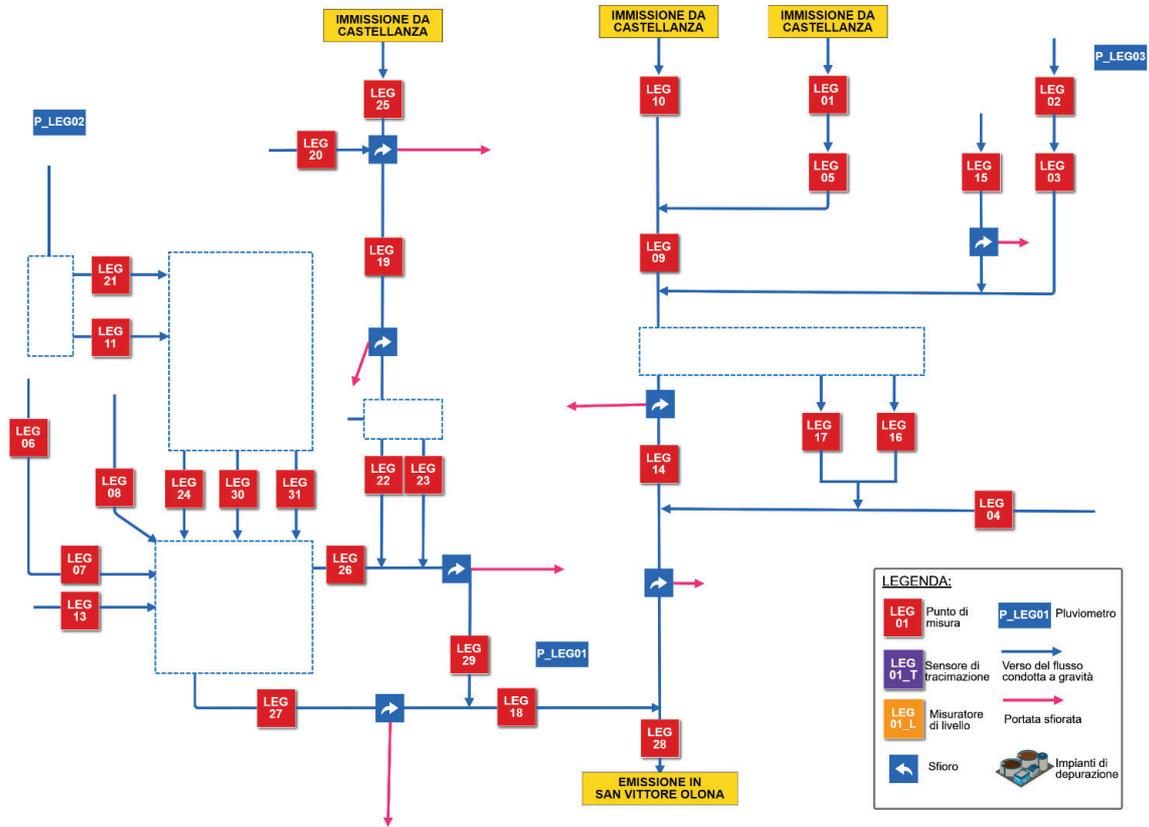
Il quarto paragrafo "**Analisi vasche a tenuta e dispersione**" riassume i volumi in ingresso e/o uscita nelle vasche sottolineando eventuali comportamenti anomali registrati nel corso del monitoraggio.

Il quinto paragrafo "**Rischio allagamento**" riassume quanto emerso in corrispondenza delle stazioni di misura e, da un confronto tra i livelli raggiunti in condotta e le quote del piano campagna, vengono individuati la messa in pressione delle condotte, il raggiungimento di un livello di allerta o un possibile allagamento nel sito di installazione.

Nel sesto paragrafo "**Analisi pluviometrica**" vengono considerati i risultati dei pluviometri installati nei Comuni discriminando gli eventi più significativi e le soglie minime per definire un evento di pioggia.

Il report si chiude con il paragrafo "**Conclusioni**" in cui si riepiloga la situazione dei Comuni e/o agglomerato evidenziando problematiche, peculiarità e anomalie.

Figura 36 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Flow chart dei punti di misura (rif. Figura 1 dei report)



**Figura 37 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Anagrafica dei punti di misura**

ID PDM	ID WEB GIS	Comune WEB GIS	Forma condotta C=circolare, OV=ovoidale, S=scatolare, R=rilevata	Dimensione condotta (Larghezza [mm])	Dimensione condotta (Altezza [mm])	Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)	Data installazione	Tipo di installazione (AV, TTFM, PLV, LIV)
LEG01	2745	Legnano	C	400	400	45.607535	8.914928	10/02/2020	AV
LEG02	4040	Legnano	R	2000	1300	45.607806	8.927105	10/02/2020	AV
LEG03	4562	Legnano	C	1800	1800	45.600757	8.931663	11/02/2020	AV
LEG04	4663	Legnano	OV	700	1050	45.593600	8.933495	11/02/2020	AV
LEG05	3603	Legnano	C	1400	1400	45.600987	8.920090	10/02/2020	AV
LEG06	1357	Legnano	C	1200	1200	45.587848	8.892874	12/02/2020	AV
LEG07	1051	Legnano	C	1500	1500	45.584911	8.902353	10/02/2020	AV
LEG08	1042	Legnano	C	1500	1500	45.585940	8.903083	12/02/2020	AV
LEG09	4132	Legnano	OV	900	1350	45.599701	8.918510	10/02/2020	AV
LEG10	3328	Legnano	C	500	500	45.607050	8.913767	12/02/2020	AV
LEG11	433	Legnano	C	700	700	45.591586	8.901880	12/02/2020	AV
LEG13	1721	Legnano	C	1200	1200	45.582046	8.910396	12/02/2020	AV
LEG14	4172	Legnano	R	1000	1200	45.595041	8.922916	12/02/2020	AV
LEG15	3891	Legnano	C	1000	1000	45.598747	8.924606	12/02/2020	AV
LEG16	4537	Legnano	C	1800	1800	45.594973	8.928178	12/02/2020	AV
LEG17	4543	Legnano	R	1600	1600	45.594954	8.928092	11/02/2020	AV
LEG18	4864	Legnano	C	1200	1200	45.586225	8.921999	12/02/2020	AV
LEG19	2632	Legnano	R	2000	1800	45.600056	8.914444	11/02/2020	AV
LEG20	2368	Legnano	C	1200	1200	45.603734	8.909107	13/02/2020	AV
LEG21	168	Legnano	OV	600	900	45.595950	8.901755	12/02/2020	AV
LEG22	2744	Legnano	R	2000	1700	45.596245	8.917353	13/02/2020	AV
LEG23	2972	Legnano	R	2000	1800	45.595896	8.918915	11/02/2020	AV
LEG24	1464	Legnano	C	1000	1000	45.586466	8.905337	11/02/2020	AV
LEG25	2729	Legnano	C	1000	1000	45.607288	8.905839	13/02/2020	AV
LEG26	3082	Legnano	OV	900	1350	45.588690	8.916817	11/02/2020	AV
LEG27	2001	Legnano	S	3700	1670	45.583689	8.914741	11/02/2020	AV
LEG28	4700	Legnano	C	1600	1600	45.586530	8.926261	11/02/2020	AV
LEG29	3111	Legnano	C	1000	1000	45.587482	8.920294	11/02/2020	AV
LEG30	1548	Legnano	C	1500	1500	45.587552	8.908746	11/02/2020	AV
LEG31	1525	Legnano	OV	800	1200	45.589000	8.912594	12/02/2020	AV
PLV_LEG01	--	Legnano	--	--	--	45.590340	8.934047	16/01/2020	PLV
PLV_LEG02	--	Legnano	--	--	--	45.593100	8.884589	16/01/2020	PLV
PLV_LEG03	--	Legnano	--	--	--	45.610480	8.918140	16/01/2020	PLV

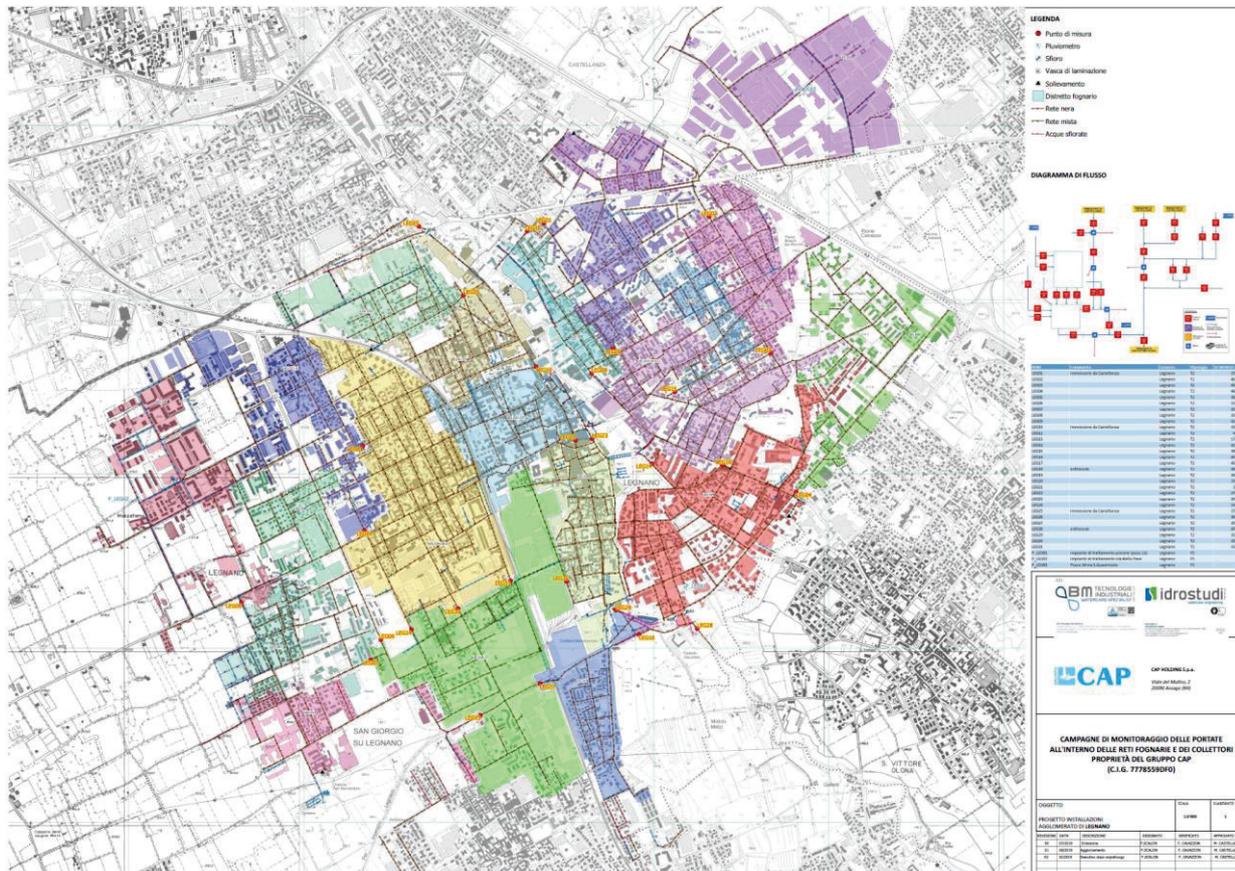
**Figura 38 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori del gruppo CAP. Bilanci idraulici dei distretti di Legnano**

BILANCI IDRAULICI DEI DISTRETTI

DISTRETTO	Punti a chiusura del distretto	Tipologia di distretto (interno, di testa)	PUNTI DI MISURA FUNZIONALI AL BILANCIO IDRAULICO
LEG D01	LEG01	Di testa	LEG01 (Immissione da Castellanza)
LEG D02	LEG02	Di testa	LEG02
LEG D03	LEG03	Interno	LEG03-LEG02
LEG D04	LEG04	Di testa	LEG04
LEG D05	LEG05	Interno	LEG05-LEG01
LEG D06	LEG06	Di testa	LEG06
LEG D07	LEG07	Interno	LEG07-LEG06
LEG D08	LEG08	Di testa	LEG08
LEG D09	LEG09	Interno	LEG09-(LEG05+LEG10)
LEG D10	LEG10	Di testa	LEG10 (Immissione da Castellanza)
LEG D11-21	LEG11	Di testa	LEG11+LEG21
	LEG21		
LEG D13	LEG13	Di testa	LEG13
LEG D15	LEG15	Di testa	LEG15
LEG D14-16-17	LEG14	Interno	(LEG14+LEG16+LEG17)-(LEG03+LEG09+LEG15)
	LEG16		
	LEG17		
LEG D18	LEG18	Interno	LEG18-(LEG27+LEG29)
LEG D19	LEG19	Interno	LEG19-(LEG20+LEG25)
LEG D20	LEG20	Di testa	LEG20
LEG D22-23	LEG22	Interno	(LEG22+LEG23)-LEG19
	LEG23		
LEG D24-30-31	LEG24	Interno	(LEG24+LEG30+LEG31)-(LEG11+LEG21)
	LEG30		
	LEG31		
LEG D25	LEG25	Di testa	LEG25 (Immissione da Castellanza)
LEG D26-27	LEG26	Interno	(LEG26+LEG27)- (LEG07+LEG08+LEG13+LEG24+LEG30+LEG31)
	LEG27		
LEG D28	LEG28	Interno	LEG28-(LEG04+LEG14+LEG16+LEG17+LEG18)
LEG D29	LEG29	Interno	LEG29-(LEG22+LEG23+LEG26)



Figura 39 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Tavola di progetto delle installazioni nell'agglomerato di Legnano (anno 2019)



6.3.2 Risultati riportati nel Report 1

Figura 40 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Portate caratteristiche comunali in tempo secco e portate medie nei punti di misura nel Report 1

Bacino	MESE	Q _{media} [l/s]	Q _{attesa} [l/s]	Q _{minima} [l/s]	% acque parassite
Legnano	Marzo	134.4	181.2	49.5	0%
	Aprile	131.7		50.8	
	Maggio	120.0		36.6	
	Giugno	125.5		41.7	
	Luglio	112.7		38.9	
	Agosto	113.5		44.7	
	SEMESTRE	123.0		43.7	



Figura 41 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Analisi in tempo di pioggia nel Report 1

Comune	Distretto	Punto a chiusura	V ^{DIST.} _{meteorico} evento [mc]	DATA EVENTO	H _{picco} /H _{condotta} [%] punto a chiusura	Q _{picco} [l/s] punto a chiusura	Q _{picco} /Q _{media} punto a chiusura
Legnano	LEG D01	LEG01	--	03/07/2020	65	137.1	16.5
	LEG D02	LEG02	2592	03/07/2020	74	2805.5	412.6
	LEG D03	LEG03	2945	03/07/2020	49	3537.5	416.2
	LEG D04	LEG04	5615	03/07/2020	54	882.4	60.4
	LEG D05	LEG05	2843	03/07/2020	64	919.3	76.0
	LEG D06	LEG06	4320	03/07/2020	49	918.7	340.3
	LEG D07	LEG07	7738	03/07/2020	45	2447.9	209.2
	LEG D08	LEG08	14404	03/07/2020	53	2749.4	348.0
	LEG D09	LEG09	1657	03/07/2020	119	1222.0	82.6
	LEG D10	LEG10	--	03/07/2020	65	115.1	143.9
	LEG D11-21	LEG11	7235	03/07/2020	281	487.9	271.1
		LEG21			88	556.6	173.9
	LEG D13	LEG13	2681	24/07/2020	26	470.9	78.5
	LEG D15	LEG15	277	03/07/2020	42	592.8	282.3
	LEG D14-16-17	LEG14	11697	03/07/2020	107	1689.7	75.4
		LEG16			55	1679.9	8399.5
		LEG17			87	2933.8	362.2
	LEG D18	LEG18	-18263	03/07/2020	98	2796.1	29.0
	LEG D19	LEG19	1654	03/07/2020	55	2834.1	93.5
	LEG D20	LEG20	3201	03/07/2020	17	600.8	353.4
	LEG D22-23	LEG22	1636	03/07/2020	44	2117.3	55.4
		LEG23			30	947	789.2
	LEG D24-30-31	LEG24	21543	03/07/2020	88	1203	256.0
		LEG30			46	2985	331.7
		LEG31			98	1250.6	463.2
	LEG D25	LEG25	--	03/07/2020	147	1225.2	44.4
	LEG D26-27	LEG26	13553	24/07/2020	73	1233.6	316.3
		LEG27			25	5397.3	114.6
	LEG D28	LEG28	-33157	03/07/2020	67	3040	20.3
LEG D29	LEG29	-8584	03/07/2020	164	1151	25.2	

Si evidenziano alcuni valori molto significativi, di qualche metro cubo al secondo.

Si evidenziano anche numerosi punti dove i collettori hanno lavorato in pressione.

Non è indicato, nel report, il tempo di ritorno corrispondente all'evento del 08/07/2020 che ha generato tale tipo di funzionamento.

6.3.3 Risultati riportati nel Report 2

Figura 42 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Portate caratteristiche comunali in tempo secco e portate medie nei punti di misura nel Report 2

Bacino	MESE	Q _{media} [l/s]	Q _{attesa} [l/s]	Q _{minima} [l/s]	% acque parassite
Legnano	Settembre	111.4	181.2	27.4	0%
	Ottobre	112.5		23.2	
	Novembre	132.3		32.8	
	Dicembre	139.1		35.1	
	Gennaio	149.4		39.1	
	Febbraio	143.9		42.8	
	SEMESTRE	131.4		23.2	



Figura 43 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Analisi in tempo di pioggia nel Report 2

Comune	Distretto	Punto a chiusura	V ^{DIST.} _{meteorico} evento [mc]	DATA EVENTO	H _{picco} /H _{condotta} [%] punto a chiusura	Q _{picco} [l/s] punto a chiusura	Q _{picco} /Q _{media} punto a chiusura
Legnano	LEG D01	LEG01	--	07/09/2020	60	132.6	12.9
	LEG D02	LEG02	11482	07/09/2020	40	1337.7	234.7
	LEG D03	LEG03	1644	07/09/2020	28	1361.7	230.8
	LEG D04	LEG04	5413	07/09/2020	33	353.2	49.7
	LEG D05	LEG05	125	07/09/2020	40	322.5	31.3
	LEG D06	LEG06	2437	07/09/2020	29	380.3	84.5
	LEG D07	LEG07	3028	07/09/2020	21	845.6	63.6
	LEG D08	LEG08	9066	07/09/2020	29	1340.7	171.9
	LEG D09	LEG09	4129	07/09/2020	50	681.4	46.0
	LEG D10	LEG10	--	07/09/2020	57	86.4	108.0
	LEG D11-21	LEG11	5412	07/09/2020	80	322.0	292.7
		LEG21		07/09/2020	59	306.0	76.5
	LEG D13	LEG13	1648	07/09/2020	19	279.7	21.0
	LEG D15	LEG15	1433	07/09/2020	26	250.8	836.0
	LEG D14-16-17	LEG14	-3011	07/09/2020	89	383.5	19.1
		LEG16		07/09/2020	18	142.4	n.d.
		LEG17		07/09/2020	53	1557.8	213.4
	LEG D18	LEG18	-28450	07/09/2020	54	1678.8	14.7
	LEG D19	LEG19	-4147	07/09/2020	41	1005.7	29.1
	LEG D20	LEG20	3027	07/09/2020	13	297.7	156.7
	LEG D22-23	LEG22	5326	07/09/2020	28	1232.5	28.1
		LEG23		07/09/2020	18	267.1	121.4
	LEG D24-30-31	LEG24	12560	07/09/2020	33	554.7	173.3
		LEG30		07/09/2020	25	1208.9	142.2
		LEG31		07/09/2020	36	512.0	170.7
	LEG D25	LEG25	--	07/09/2020	124	1036.6	33.3
	LEG D26-27	LEG26	28010	07/09/2020	72	869.2	129.7
		LEG27		07/09/2020	20	5388.8	108.4
	LEG D28	LEG28	-9165	07/09/2020	53	2047.6	13.5
LEG D29	LEG29	-2341	07/09/2020	77	909.4	15.2	

6.3.4 Risultati riportati nel Report 3

Figura 44 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Portate caratteristiche comunali in tempo secco e portate medie nei punti di misura nel Report 3

Comune	MESE	Q _{media} [l/s]	Q _{attesa} [l/s]	Q _{minima} [l/s]	%acque parassite ultimi 6 mesi
Legnano	Marzo	131.2	181.2	29.3	0%
	Aprile	124.2		30.8	
	Maggio	117.4		31.6	
	Giugno	117.8		34.2	
	Luglio	107.1		29.3	
	Agosto	95.4		27.7	
	SEMESTRE	115.5		27.7	



Figura 45 – CAP Holding. Campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del Gruppo CAP. Analisi in tempo di pioggia nel Report 3

Comune	Distretto	Punto a chiusura	$V_{DIST}^{meteorico}$ evento [mc]	Data Evento	$H_{picco}/H_{condotta}$ [%] punto a chiusura	Q_{picco} [l/s] punto a chiusura	Q_{picco}/Q_{media} punto a chiusura
Legnano	LEG D01	LEG01	--	05/06/2021	66.7	154.1	17.5
	LEG D02	LEG02	4145.2	07/07/2021	59.5	1862.5	276.7
	LEG D03	LEG03	1058.1	07/07/2021	36	1864.3	200.3
	LEG D04	LEG04	2310.1	07/07/2021	27.3	255.6	61.6
	LEG D05	LEG05	38.6	07/07/2021	47.9	1011.6	145.8
	LEG D06	LEG06	504.3	07/07/2021	20.1	107.2	26.5
	LEG D07	LEG07	1118.4	07/07/2021	17.1	420.7	38.3
	LEG D08	LEG08	2579.2	07/07/2021	21.9	436.8	56
	LEG D09	LEG09	773.2	07/07/2021	53	730.6	54
	LEG D10	LEG10	--	05/06/2021	70.7	103.6	90.9
	LEG D11-21	LEG11	1556.5	07/07/2021	63.7	154.2	105.2
		LEG21		07/07/2021	48	169.4	44.3
	LEG D13	LEG13	858.5	07/07/2021	20.1	246.1	20.5
	LEG D14-16-17	LEG14	1935.2	07/07/2021	90.2	920.6	45.1
		LEG16		07/07/2021	21.9	172.7	183.2
		LEG17		07/07/2021	51.4	1602.4	184.1
	LEG D15	LEG15	602.5	07/07/2021	33.9	335.3	210
	LEG D18	LEG18	-1668	07/07/2021	69.8	1454.7	14.1
	LEG D19	LEG19	-716.8	07/07/2021	35.2	628.1	20.1
	LEG D20	LEG20	853	07/07/2021	13.3	236.7	134.8
	LEG D22-23	LEG22	1654.7	07/07/2021	26.7	829.9	24
		LEG23		07/07/2021	17.3	97.2	53.8
	LEG D24-30-31	LEG24	3674.6	07/07/2021	28.4	282.9	79.1
		LEG30		07/07/2021	20.5	763.7	78.6
		LEG31		07/07/2021	31.9	273.7	99.8
	LEG D25	LEG25	--	05/06/2021	180.8	1349.6	45.7
	LEG D26-27	LEG26	1570.4	07/07/2021	58	734.7	221.9
		LEG27		07/07/2021	15	1539.9	30.8
	LEG D28	LEG28	-5318.5	07/07/2021	50	2055.2	14.7
LEG D29	LEG29	-187.7	07/07/2021	73.6	700.5	13.3	

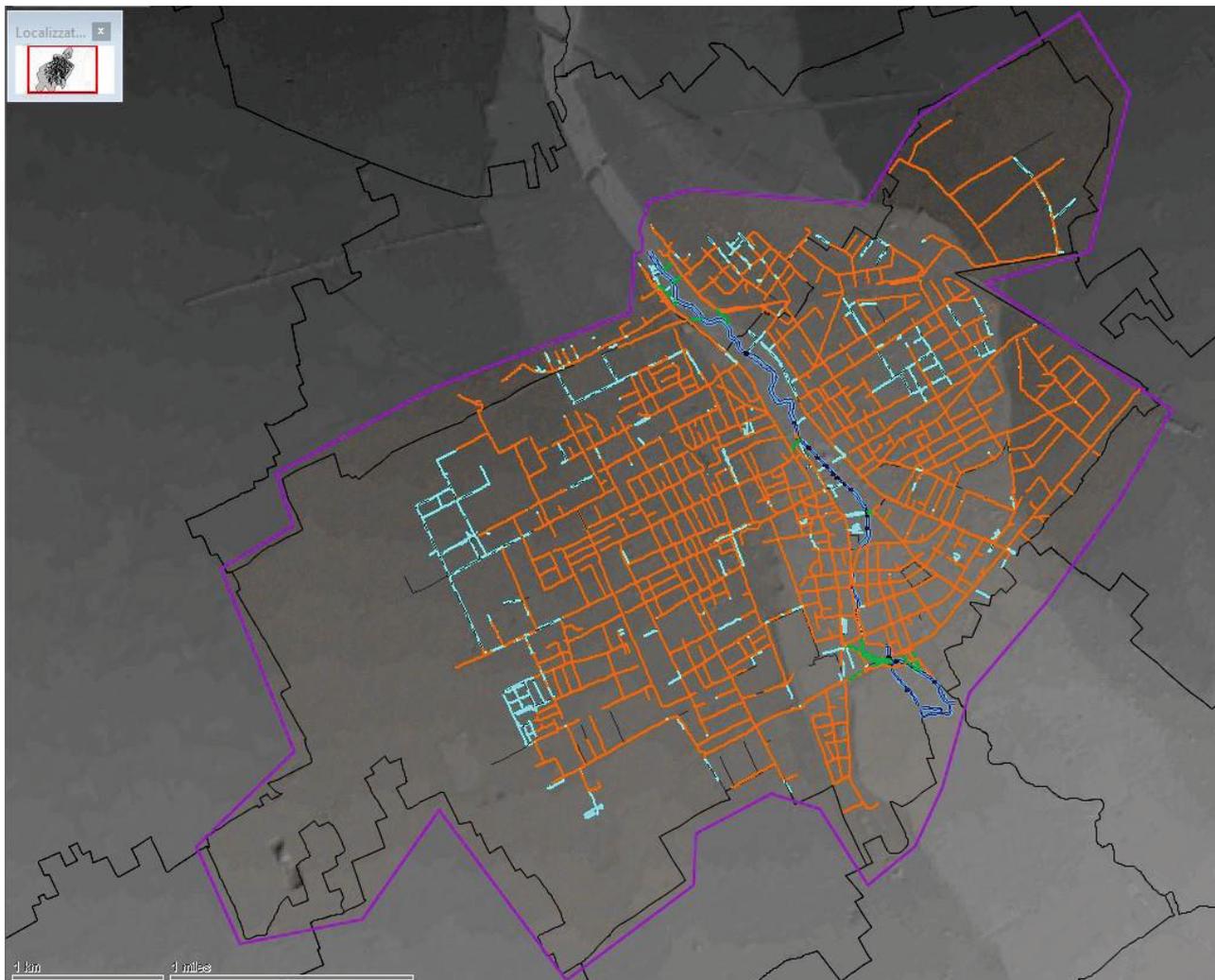
6.4 Dettagli del modello fornito e utilizzato per lo studio comunale di gestione del rischio idraulico

Nelle immagini seguenti si riporta il modello fornito da CAP nel contesto del modello digitale del terreno con il quale sono state rappresentate le superfici che ricevono le piogge e che consentono o subiscono lo scorrimento superficiale e gli accumuli da esondazione o allagamento.

Le modifiche inserite nel modello fornito, in relazione all'uso specifico per gli scopi del presente studio, sono riportate nel paragrafo 7.5.



Figura 46 – Modello della fognatura inserito nel DTM e del quadro complessivo della porzione 2D



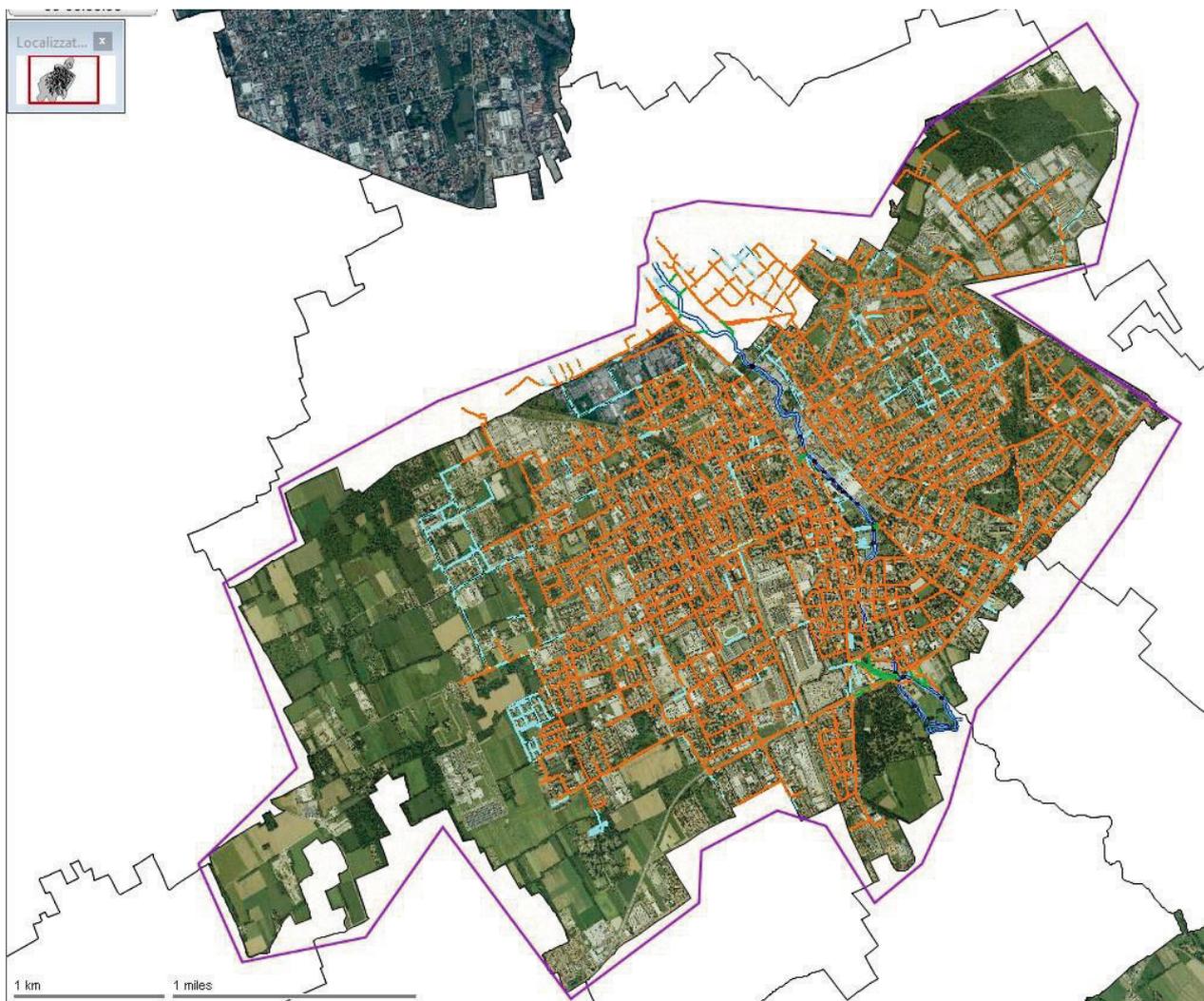
Le caratteristiche principali del modello fornito e utilizzato sono le seguenti:

- numero complessivo di **nodi** = 5751 di cui: 57 Break; 4 Outfall; 4 Outfall2D; 4 Storage; 5682 Manhole.
- Numero complessivo di condotte (tratti di rete tra due nodi) = 5906, con lunghezza media complessiva inferiore ai 30 m,
- Lunghezza complessiva delle tubazioni rappresentate, pari a 174'479.3 m
- Dimensioni minime delle tubazioni rappresentate, pari a DN100 (tranne due tratti di tubazioni DN50 e DN90)
- Presenza di n. 11 paratoie agli scolmatori di piena
- Numero complessivo di bacini della categoria “aree imp” pari a 23'420 per complessivi 1191 ha; di cui 1953 con area nulla, 2347 con area pari a 0.001 ha, complessivamente con valore medio di circa 0.050 ettari
- Numero complessivo di sottobacini 4995, per complessivi 1344 ha, contenenti i



contributi di popolazione 77241 abitanti, il riferimento al profilo di pioggia e le percentuali di suddivisione di ogni singolo sottobacino nelle diverse porzioni più o meno permeabili di superficie.

Figura 47 – Modello della fognatura inserito nell'immagine satellitare



6.5 *Precisazioni e segnalazioni*

Si precisa che il modello della rete di drenaggio fornita da CAP è stato innanzitutto verificato in termini di completezza della rete e dei dati trasferiti nel database degli scriventi, poi sono state lanciate alcune simulazioni con gli idrogrammi definiti nel presente studio, per verificarne il comportamento e le risposte.

Occorre considerare che la modellazione della fognatura finalizzata alla pianificazione della rete di drenaggio è normalmente effettuata con sollecitazioni pluviometriche massime dell'ordine dei 10 anni di tempo di ritorno. Questo, infatti, costituisce il tempo di ritorno di riferimento (per un corretto equilibrio tecnico-economico tra le esigenze di



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 Legnano, con riferimento alla pericolosità idraulica connessa alla presenza del fiume Olona 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 e le geometrie delle sezioni fluviali ricavate da alcuni studi reperiti presso l'archivio del Comune di Legnano, descritte in altre parti della presente relazione, oltre a specifici sopralluoghi effettuati.

7.2 Aspetti generali

Per la definizione delle aree di pericolosità idraulica è stato implementato un modello idrologico-idraulico accoppiato mono e bidimensionale per verificare il regime del Fiume Olona e ricostruire il comportamento del territorio rispetto alle sollecitazioni indotte dalle portate transanti nel corso d'acqua e 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.

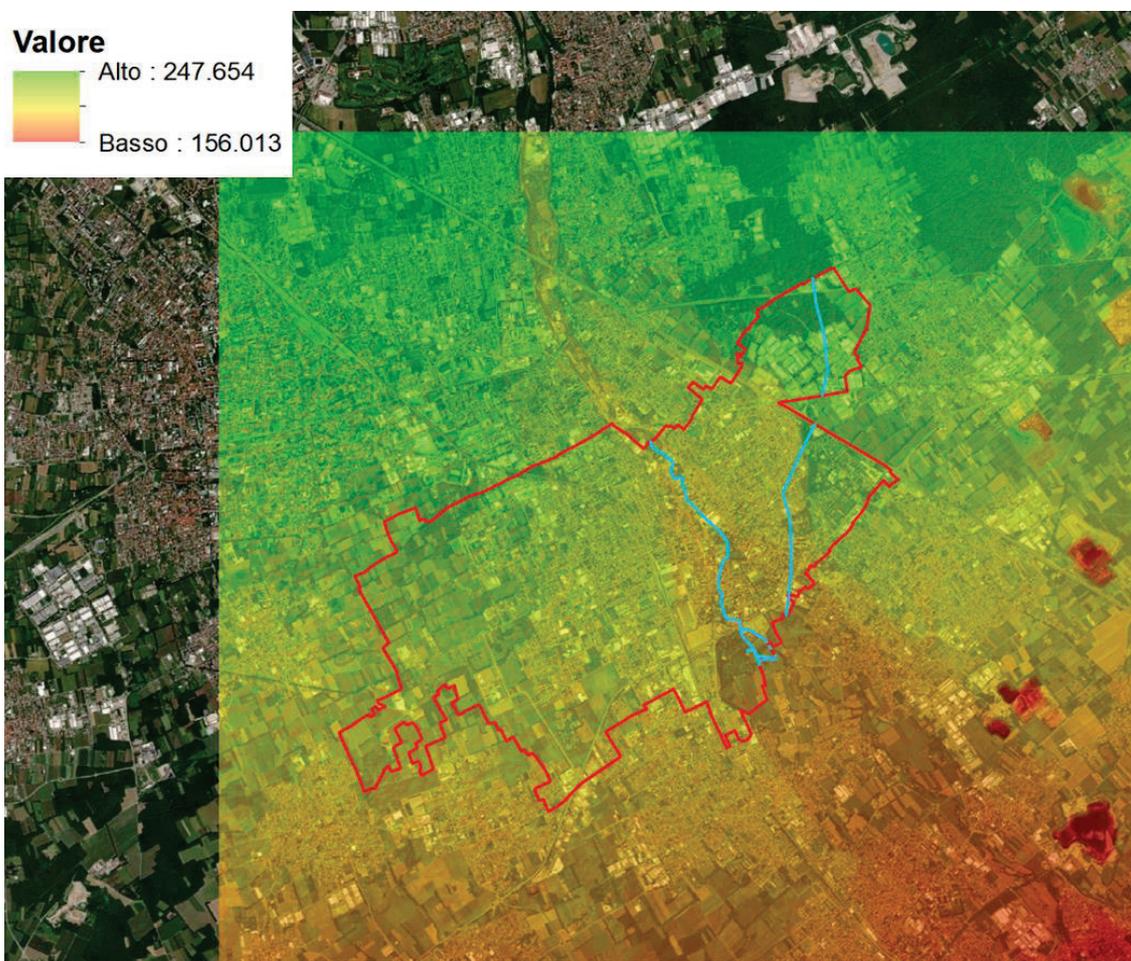
La modellazione idraulica è stata implementata mediante il programma di calcolo INFOWORKS 2D ICM di Innovyze, che permette di analizzare il campo di moto a partire dal DTM (Digital Terrain Model), rappresentativo della geometria del dominio di calcolo, basandosi sulla risoluzione di tre equazioni non 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 da CAP, gestore della rete fognaria, messe a disposizione per lo scopo qui descritto.

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 per la zona relativa al centro abitato. Il DTM ricopre infatti tutta l'area comunale in sinistra idraulica dell'Olonca e una porzione del territorio in destra idraulica. Per zone più periferiche del comune, scoperte dalla copertura Lidar, si è utilizzato un DTM con maglia 5x5. I due DTM sono stati quindi elaborati e uniti, ottenendo così un unico modello digitale del terreno con grado di dettaglio differente.

Figura 50 - Modello digitale del terreno (DTM) utilizzato per la modellazione. Immagine DTM sovrapposta a immagine satellitare



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.

Come già anticipato, nella modellazione sono stati inseriti tutti gli elementi necessari a



rappresentare nel modo migliore possibile il comportamento idrodinamico del territorio. Relativamente alla base DTM (che, come detto, risulta sufficientemente precisa e dettagliata avendo risoluzione 1m x 1m) occorre precisare che essa rappresenta le quote topografiche del terreno in assenza di elementi verticali, siano essi alberi o edifici: gli ostacoli, infatti, non sono rappresentati dal DTM, che subisce procedure di post-processing al fine di restituire la sola elevazione del terreno.

Pertanto, per simulare il comportamento dell'acqua all'interno dell'area urbana, risulta necessario inserire nel modello tutti gli ostacoli al deflusso rappresentanti la presenza di edifici e muri ed elementi singoli o lineari. Gli elementi quali muri, edifici e ostacoli risultano, infatti, 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 i *poligoni di magliatura* (che consentono la ricostruzione dell'impronta degli edifici con innalzamento delle quote del DTM) ed elementi lineari quali muri e linee, ai quali è possibile associare le quote reali e le caratteristiche di porosità e trasparenza definite (es. un muro sarà perfettamente impermeabile al deflusso, mentre una siepe o una cancellata consentono un deflusso parziale).

Figura 51 - Modello digitale del terreno (DTM) utilizzato per la modellazione: immagine DTM di base; confini comunali (poligoni contorno nero); dominio 2D (limite magenta) e indicazione degli elementi introdotti nella simulazione (isolati, tratto fluviale 1D e ponti)

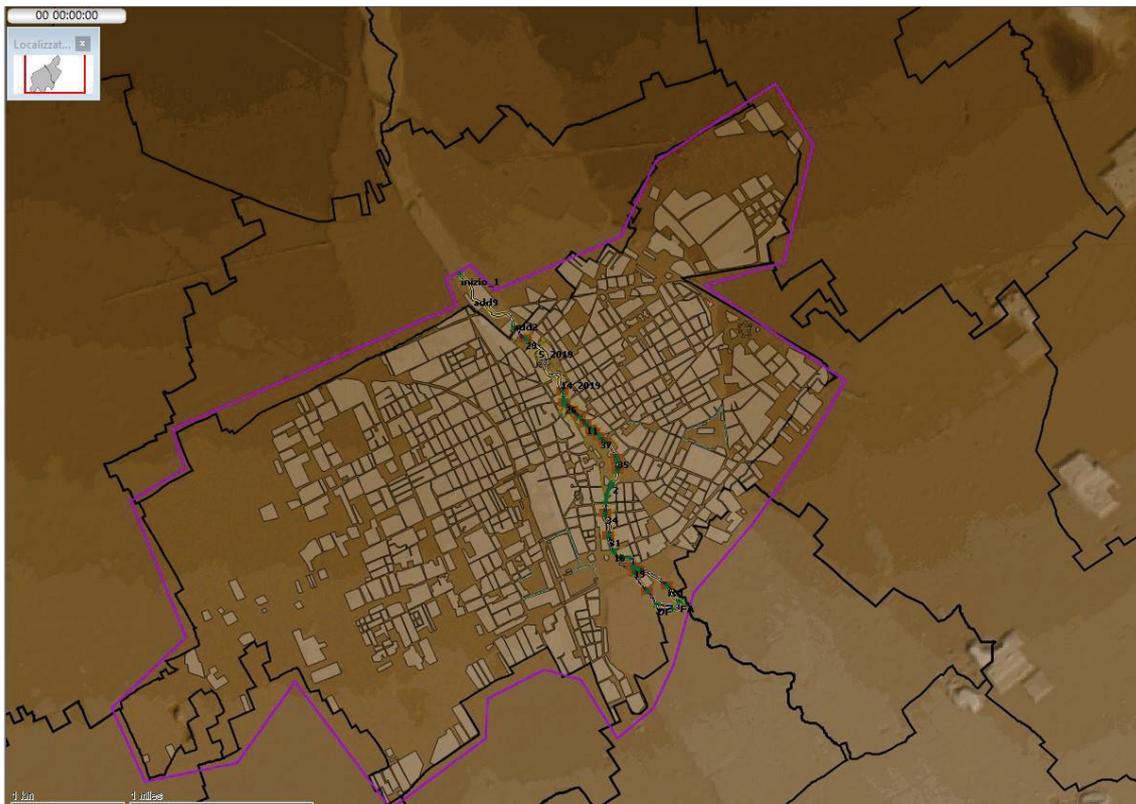
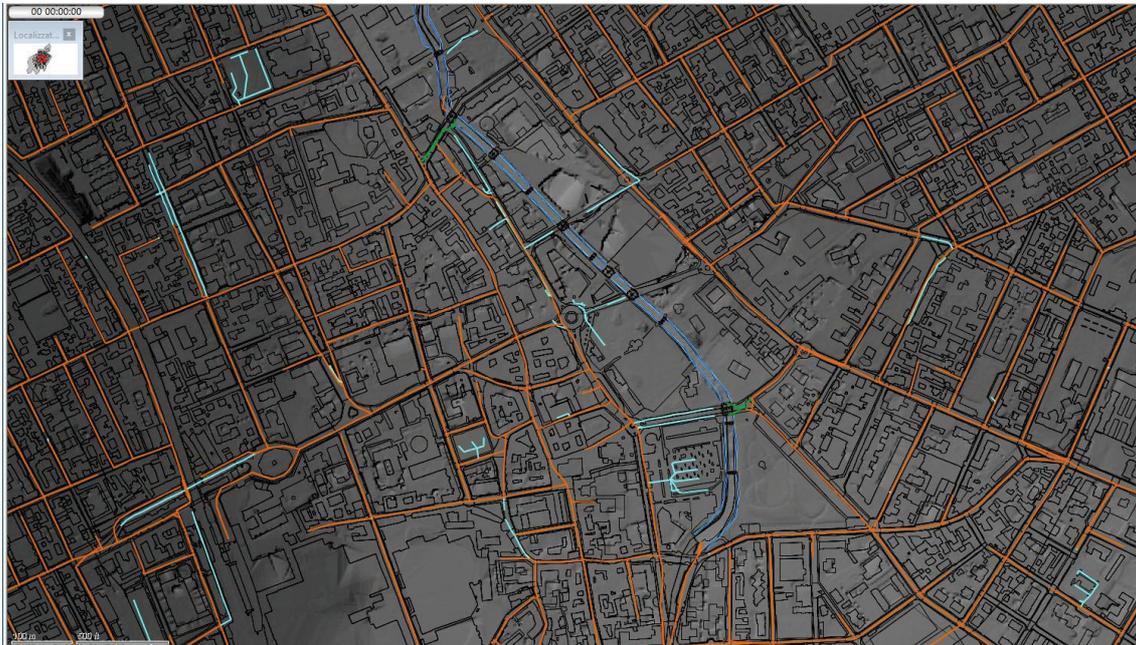




Figura 52 - Modello digitale del terreno (DTM) utilizzato per la modellazione. Dettaglio DTM di base e inserimento delle zone di livello di magliatura che rappresentano gli ostacoli insormontabili al deflusso della corrente (che si verifica prevalentemente lungo le strade nelle quali si può accumulare determinando il rischio)



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. Tale approssimazione, che non considera che i contributi dei tetti vadano direttamente in fognatura ma che defluiscono

sulle strade in relazione alla pendenza, è perfettamente coerente e funzionale alle verifiche idrauliche richieste nell'ambito del presente studio comunale del rischio idraulico. Nel caso in esame, come già specificato, la connessione tra superficie e rete di drenaggio avviene attraverso i nodi 2D della rete fognaria abbinata al modello 2D. In corrispondenza di tali nodi le portate possono transitare nell'uno o nell'altro senso, a seconda che la rete sia ricettiva (ancorché limitata dalle sue dimensioni e dalla sua capacità idraulica, che possono anche rallentare l'immissione favorendo il deflusso superficiale verso valle) o che essa stessa costituisca elemento di aumento del rischio idraulico a causa delle esondazioni provocate dalle portate già drenate nei bacini sottesi e non compatibili con le capacità dei tratti di valle (spesso per effetto di rigurgito dai ricettori degli scolmatori di piena).

La superficie totale del dominio di calcolo bidimensionale del modello idraulico implementato si estende per circa **2161 ha**.

Il dominio di modellazione 2D presenta dimensione delle maglie comprese nell'intervallo **25÷50 m²**, risultando, quindi, molto fitto. Considerando i limiti imposti sulle variazioni altimetriche e i vincoli di magliatura costituiti dagli elementi longitudinali, risulta che la maglia più piccola ha dimensione pari a 12.51 m². Complessivamente, il modello 2D del territorio di Legnano è costituito dai seguenti elementi:

- Numero totale di triangoli (Total number of original triangles): 680'110.00
- Numero totale di elementi di lavoro (Total number of working elements) 571'464.00
- Numero totale di facce di lavoro (Total number of working faces) 912'167.00

Figura 53 - Dominio 2D e zone di livello di magliatura





Figura 54 - Dominio 2D e zone di livello di magliatura, stralci della zona centrale. Immagine con DTM e immagine con ortofoto, con evidenziata anche la presenza della fognatura





7.4 Modellazione dell'asta fluviale: caratteristiche del modello implementato

Per la modellazione specifica del corso d'acqua si è utilizzato un modello monodimensionale composto da n. 35 tratti fluviali e n. 4 condotte a simulare i tratti intubati dell'olona, per una lunghezza complessiva di circa 4916 m. Il corso d'acqua 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.

Alcuni dei n. 35 tratti fluviali sono separati gli uni dagli altri dall'elemento "Ponte", inserito nel modello con il fine di rappresentare la geometria dei venti attraversamenti presenti lungo il corso dell'Olona all'interno del territorio comunale.

Per quanto riguarda la costruzione delle sezioni fluviali, si sono confrontate quelle ricavate dal DTM con quelle ricavate tramite rilievo con GPS, utilizzate per la modellizzazione in occasione di precedenti progetti di sistemazione idraulica lungo l'Olona e reperite attraverso gli archivi del Comune di Legnano, ovvero le sezioni con cui è stato effettuato lo studio dall'Autorità di Bacino.

In base all'interpolazione dei dati di partenza è stato quindi ricostruito il profilo del tratto fluviale.

Figura 55 – Tracciato dell'alta fluviale rappresentata nel modello accoppiato 1D-2D





7.5 Rete di drenaggio: verifiche condotte e modifiche inserite

All'interno degli scenari analizzati e modellati è stata anche inserita la rete di drenaggio urbano fornita da Cap Holding, composta da un modello monodimensionale che comprende la suddivisione del territorio in sottobacini che recapitano le acque nere ai nodi della rete di fognatura. La rete è descritta nel precedente capitolo 6.

Per collegare i vari nodi e quindi a permettere il deflusso delle portate sono stati inseriti gli elementi "condotta". Il modello monodimensionale della fognatura è messo in comunicazione con il modello bidimensionale tramite la definizione dei nodi, che, rispetto al modello originale fornito dall'Ente gestore, sono stati modificati e inseriti come nodi 2D, a rappresentare caditoie e griglie (funzionanti sia in uscita per immissione acque meteoriche e per esondazioni in caso di riempimenti ed insufficienze). In questo modo è possibile permettere al modello di convogliare parte del deflusso superficiale che si verifica sulla viabilità all'interno della rete di drenaggio.

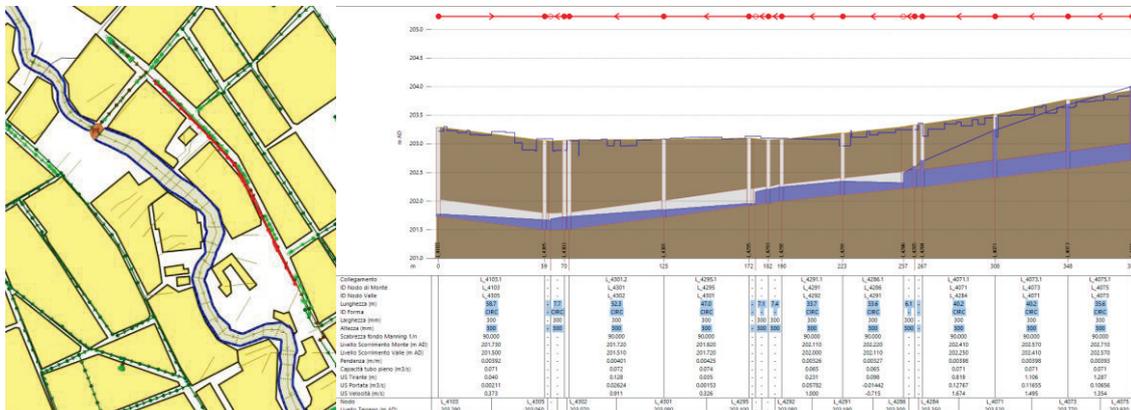
Nel modello fornito dall'Ente gestore sono presenti anche gli sfioratori di piena che scaricano all'interno dell'alveo. Questi elementi sono stati modificati (come tipologia di oggetto) in modo da connetterli all'alveo stesso tramite la modellazione come immissioni in alveo. Si precisa che tale connessione consente di rappresentare efficacemente anche gli effetti delle condizioni di moto che si verificano in presenza di deflusso in alveo, mentre nel solo modello della fognatura dovrebbero essere inserite condizioni di rigurgito definite a priori in relazione a valutazioni sulle portate in alveo. Nel modello accoppiato, il collegamento rappresenta anche lo scambio di massa e le reciproche interazioni tra rete fognaria ai punti di scarico e corso d'acqua di recapito.

Anche per questo motivo sono state effettuate numerose simulazioni con diverse combinazioni di eventi riferiti al fiume Olona e al territorio di Legnano, per indagare il reciproco effetto idraulico.

Relativamente al modello della rete fognaria fornito da CAP, si evidenzia che sono state effettuate alcune correzioni sui nodi interni, volte al migliorare la rappresentazione dell'effettivo comportamento degli altri recapiti in corrispondenza degli eventi meteorici di riferimento, quali ad esempio i punti che costituiscono i pozzi perdenti: infatti questi erano indicati come nodi di uscita dal modello senza limitazioni (come evidente nel profilo di Figura 57), mentre nel modello combinato 2D-1D sono stati rappresentati con le effettive dimensioni e con la capacità di smaltimento necessariamente limitata dalla effettiva permeabilità dei suoli e caratteristiche del sistema di smaltimento.



Figura 57 – Modello 1D della rete fognaria (CAP). Esempio di risultato anomalo su una rete meteorica, dovuto alla presenza di pozzi perdenti rappresentati come una uscite senza limitazioni. Tale rappresentazione non è stata ritenuta congrua rispetto ai fenomeni fisici e detti nodi sono stati modificati e rappresentati come pozzetti con dimensioni reali, senza scarico



7.6 Precisazioni 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	31.4
N – Coefficiente di scala	0.328
GEV – parametro α	0.2901
GEV – parametro κ	-0.0089
GEV – parametro ε	0.8295

Quindi, utilizzando la formulazione

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

Dove w_T è dato dalla seguente espressione:

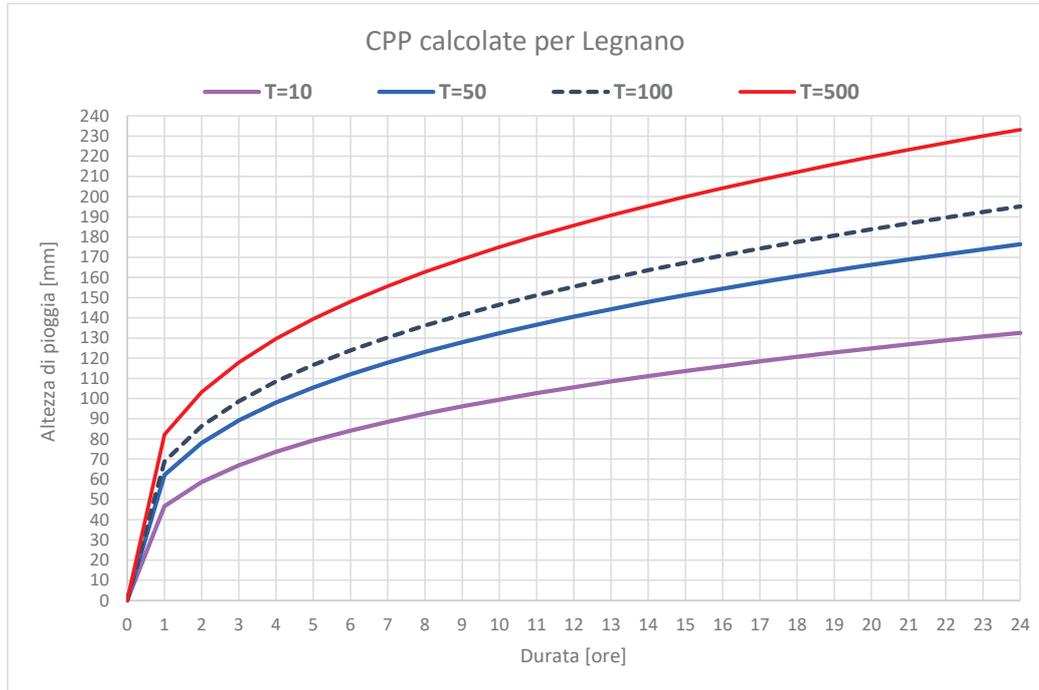
$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{\kappa} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

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 1 – Parametri delle CPP calcolate per le simulazioni condotte in Comune di Legnano

Tempo di ritorno	a	n
10 anni	46.75	0.328
50 anni	62.21	0.328
100 anni	68.82	0.328
500 anni	82.24	0.328

Figura 58 - Curve di possibilità pluviometrica utilizzate nelle simulazioni dello studio comunale di gestione del rischio idraulico di Legnano



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.

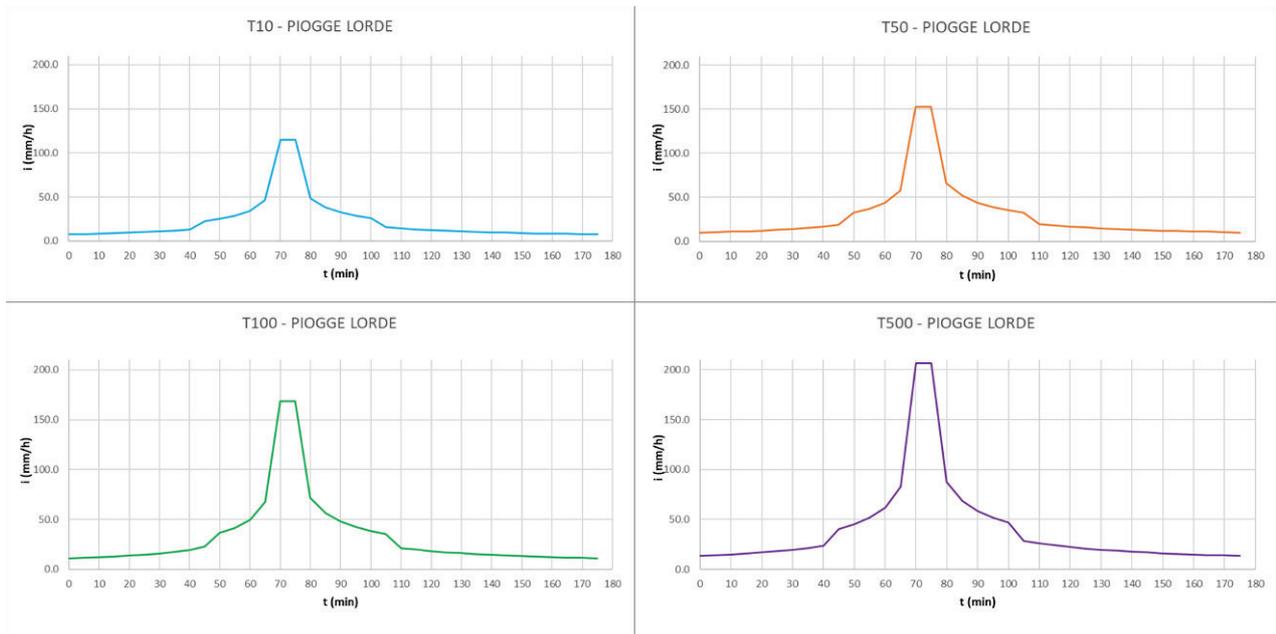
La principale caratteristica di questo ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione dedotta dallo ietogramma stesso è congruente con quella definita dalla curva di possibilità climatica. Esso presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione delle durate 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, le piogge hanno la durata pari a 3 ore. La posizione del picco è stata presa pari a 0.4.



Figura 59 - Ietogramma Chicago lordo su Legnano



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 e 500 anni di tempo di ritorno, combinati con gli eventi di piena disponibili per il fiume Olona (sulla base della pianificazione e dei suoi aggiornamenti descritti in altri capitoli della presente relazione).

Gli scenari simulati sono risultanti della diversa combinazione di eventi pluviometrici sul territorio ed eventi di piena dell'Olona, anche con differente rispettivo tempo di ritorno, così da indagare anche separatamente tra loro gli effetti di accumulo di pioggia ed accumulo per esondazione, definendone i più corretti vincoli di fattibilità.

Mentre, infatti, i livelli idrici raggiunti dall'allagamento e/o le velocità di deflusso delle acque meteoriche, in determinate zone del territorio o sezioni stradali, possono essere simili sia a seguito di eventi pluviometrici che avvengono direttamente sul territorio sia per esondazione dal fiume Olona, i loro effetti sugli elementi antropici possono essere anche molto differenti, poiché certamente differente ne sarà la durata complessiva e la persistenza dei valori massimi, date le elevatissime dimensioni del bacino sotteso dal fiume Olona a Legnano, come ben evidenziato dalla forma dell'idrogramma e la durata dei livelli massimi.

Pertanto, 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. simulazioni in assenza di eventi pluviometrici sul territorio e con rappresentazione delle sole portate in Olona per $T=10, 50, 100$ e 50 anni, ottenendo la ricostruzione e revisione dei vincoli PAI-PGRA con la stessa modellazione dettagliata utilizzata per tutte le altre simulazioni dello Studio;
- B. simulazioni di eventi pluviometrici intensi ($T=10, 50, 100$ anni) in combinazione



con livelli idrici in Olona relativi ad eventi con basso tempo di ritorno ($T=10$ anni), tale da consentire di rappresentare l'inevitabile effetto di rigurgito nei punti di scarico, ma senza che i livelli in Olona determinino esondazione.

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

Si anticipa che lungo il fiume Olona risultano prevalenti gli effetti e i conseguenti vincoli normativi legati alle esondazioni del fiume, piuttosto che quelli attesi per eventi pluviometrici significativi, questo anche per effetto della conformazione morfologica delle aree perifluviali e della costante pendenza del territorio verso sud-est. Alcune di queste aree si sovrappongono (es. zona Via Berchet) a quelle in cui l'accumulo avviene anche per soli eventi intensi sul Comune. In relazione alle aree di esondazione e, soprattutto, di successivo interessamento per scorrimento delle portate esondate, i vincoli precedentemente posti dalle Norme PAI-PGRA sono aggiornati e risultano sensibilmente più ampi.

- C. simulazioni di eventi pluviometrici intensi ($T=50, 100$ anni) in combinazione con gli idrogrammi in Olona corrispondenti a pari tempo di ritorno.

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

- Il deflusso generato dalla sola piena centennale del Fiume Olona;
- I deflussi generati dalla combinazione della piena del Fiume Olona e dall'evento di pioggia, entrambi con un tempo di ritorno pari a 100 anni.

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 particolare, si sottolinea come, a scopo cautelativo, nello scenario in cui viene rappresentato l'effetto della sola piena centennale dell'Olona (in assenza di evento pluviometrico a Legnano), non sia stato effettuato alcun collegamento tra la superficie del territorio rappresentata nella porzione 2D del modello e la rete di drenaggio (comunque inserita come base), lasciando quindi che i deflussi generati dall'esondazione dell'Olona scorrano sul DTM, quindi sulla zona di magliatura 2D, senza essere convogliati nel sistema di drenaggio, adibito questo al solo deflusso della portata nera.

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 tombature 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 simili 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 $n = 0.02$ (scabrezza di Strickler corrispondente $k_S = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), rappresentativo di sezioni ampie, rivestite in cls ma con alcune irregolarità. Valori di scabrezza 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 $n = 0.014$ (scabrezza di Strickler corrispondente $k_S = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).



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 Legnano, date le caratteristiche uniformi di distribuzione del tessuto urbano e date le caratteristiche delle superfici (con molte aree industriali ed ex-industriali totalmente impermeabili), degli eventi da indagare e degli 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 fluviali

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.

Non risultano significativi apporti da eventuali esondazioni di Olona lungo il confine comunale Nord con Castellanza, pertanto gli effetti di eventuali allagamenti provenienti



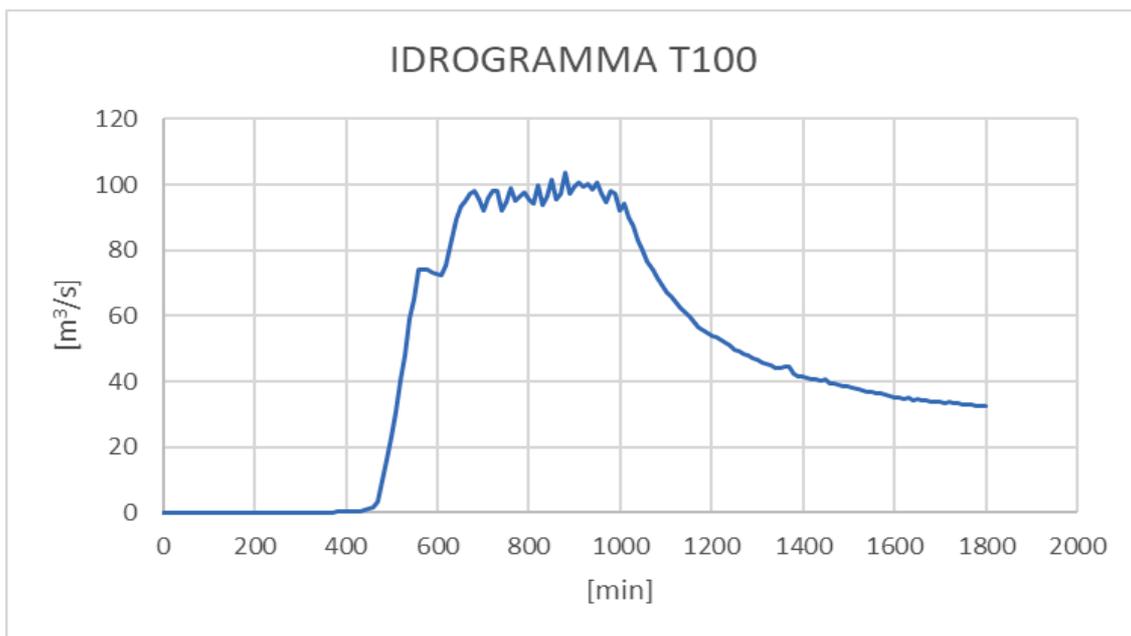
dalle aree di monte sono stati rappresentati ampliando il dominio di calcolo sufficientemente oltre il limite amministrativo del Comune.

Come già esposto, in corrispondenza dei nodi di uscita nel fiume Olona o in punti significativi sono stati imposti livelli di rigurgito corrispondenti alle simulazioni specifiche condotte.

Per quanto riguarda invece le condizioni al contorno di monte, sono stati inseriti, per i vari tempi di ritorno di modellazione, gli idrogrammi del modello PAI-PGRA, con riferimento ai recenti aggiornamenti disponibili, analizzati per il presente studio e sinteticamente descritti nei precedenti paragrafi 4.3 e 4.4.

In particolare, il principale idrogramma di riferimento per le analisi è quello riferito all'evento centennale. L'idrogramma in ingresso per 100 anni di tempo di ritorno è stato ricavato da uno studio eseguito per il progetto esecutivo "Interventi di riordino idraulico e riqualificazione del fiume Olona nel tratto urbano Rho (Lucernate) – Pero". Nella Figura 60 seguente è riportato l'idrogramma di riferimento. La portata di picco per il tempo di ritorno di 100 anni è pari a circa 103.8 m³/s.

Figura 60 - Idrogramma fiume Olona con tempo di ritorno 100 anni



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 500 anni, con differenti combinazioni di pioggia distribuita e portata in Olona.

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 punti significativi del modello;
- volumi di allagamento o accumulo per scorrimento superficiale o di esondazione dal fiume Olona o dalla rete di drenaggio;
- durata degli allagamenti o di dati valori significativi della grandezze idrauliche.



9 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

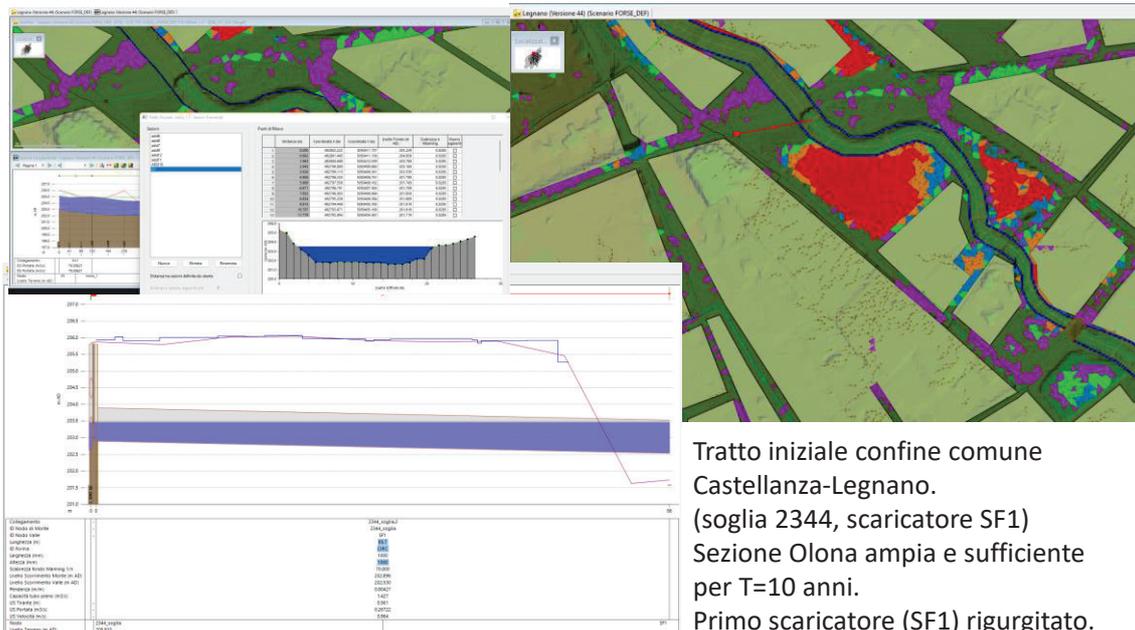
9.1 Analisi degli effetti del fiume sui punti di connessione e scarico con la rete fognaria

La modellazione condotta ha consentito di riprodurre anche gli effetti di rigurgito del fiume Olona sui punti di scarico della fognatura e di rappresentarne correttamente il funzionamento idraulico.

La rappresentazione dettagliata e aggiornata del fiume ha, inoltre, consentito di mettere in evidenza alcune particolarità della rete, di cui occorre tenere conto per la corretta interpretazione del funzionamento e dei risultati della modellazione.

Si osservi, per esempio, lo scolmatore e il suo punto di scarico presente al confine comunale con Castellanza: la quota di fondo dello scaricatore risulta tale che il funzionamento dello stesso è significativamente rigurgitato già per portate in Olona corrispondenti ai 10 anni (Figura 61).

Figura 61 – Risultati delle simulazioni. Q(T=10) Olona e pioggia nulla. Scaricatore n. al confine con il Comune di Castellanza (bacino B)



9.2 Risultati delle simulazioni con la combinazione di evento decennale nel bacino del fiume Olona e di evento pluviometrico centennale su Legnano (T 10, P 10)

Nella Tavola RI.02 allegata al presente Studio, sono riportati gli esiti della modellazione condotta con sollecitazione del fiume con onde riferite al tempo di ritorno 10 anni ed

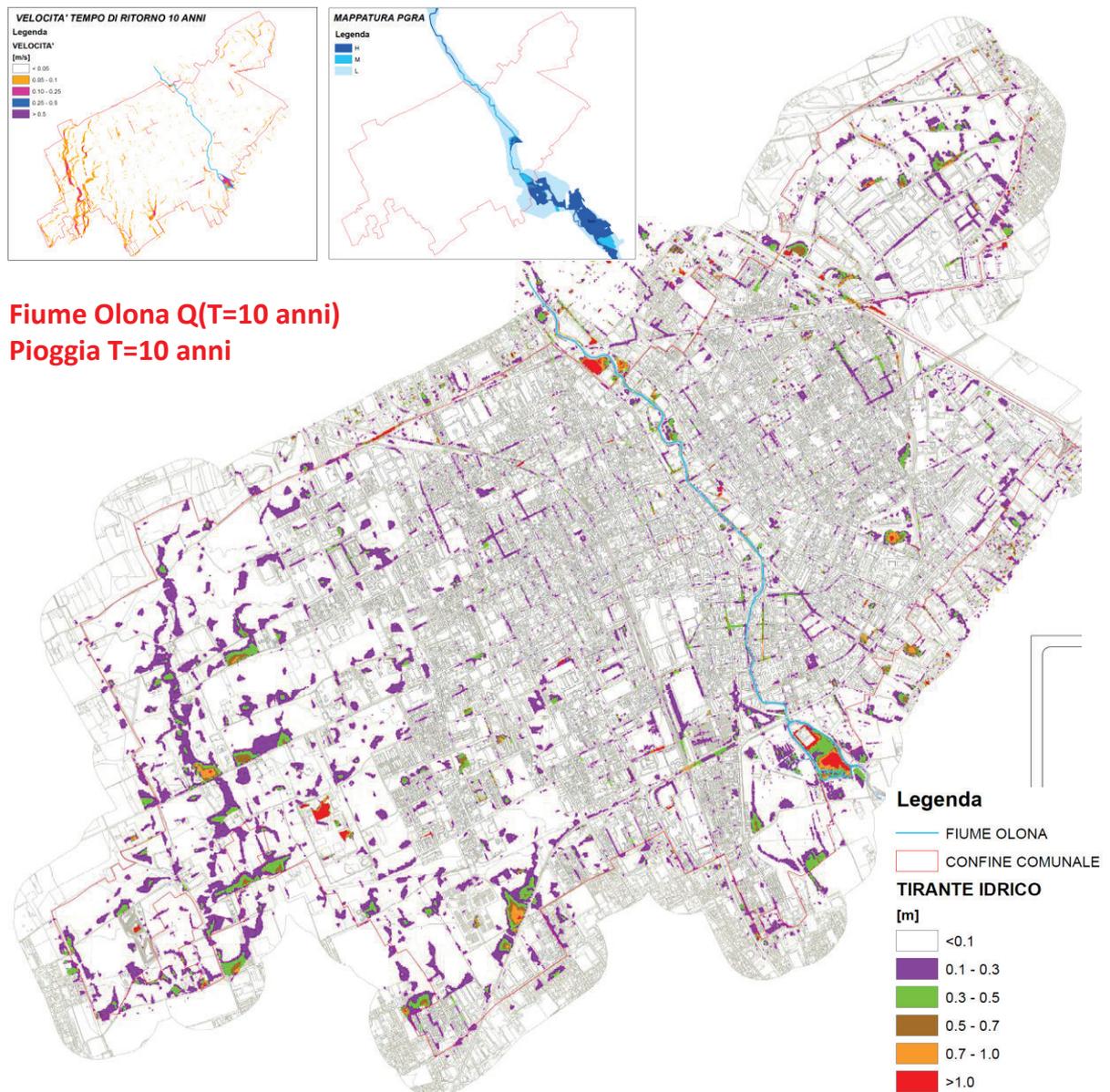
evento pluviometrico sul territorio riferito sempre a 10 anni.

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

Per eventi di portata decennale non si verificano esondazioni dal fiume Olona nei tratti urbani, ma si rilevano certamente già gli effetti dei livelli idrici fluviali sulla rete di drenaggio, in relazione al rigurgito degli scaricatori di piena.

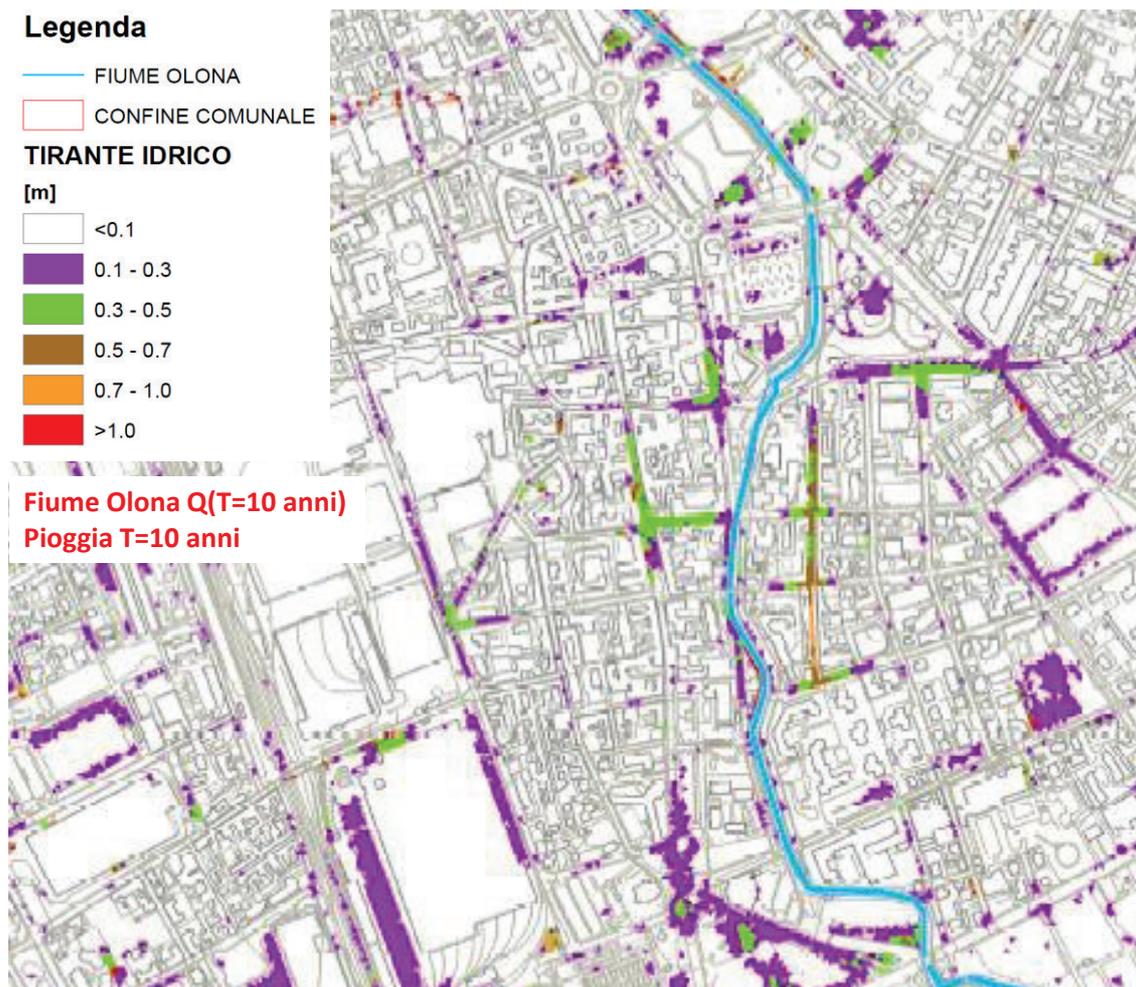
Per gli eventi pluviometrici decennali si evidenziano le zone di deflusso e di allagamento, nelle aree urbane ed extraurbane, di cui occorre tenere ben conto rispetto agli usi del suolo e dei territori e ai possibili interventi. Tali aree sono state evidenziate e considerate per la classificazione del territorio e la definizione delle classi di fattibilità e delle conseguenti limitazioni d'uso.

Figura 62 – Stralcio della tavola RI.02 relativa ai risultati delle simulazioni T 10, P 10



Nell'ambito urbano, inoltre, risultano già problematici gli allagamenti delle zone centrali già note, Via Magenta e Via Ratti, oltre via Berchet e a quelle lungo Via San Michele al Carso e Via D'Annunzio.

Figura 63 – Stralcio della tavola RI.02 relativa ai risultati delle simulazioni T 10, P 10. Dettaglio della zona centrale lungo il F.Olona: via Magenta, Via Ratti, Via Berchet



9.3 Risultati delle simulazioni con la combinazione di evento decennale nel bacino del fiume Olona e di evento pluviometrico centennale su Legnano (T 50, P 50)

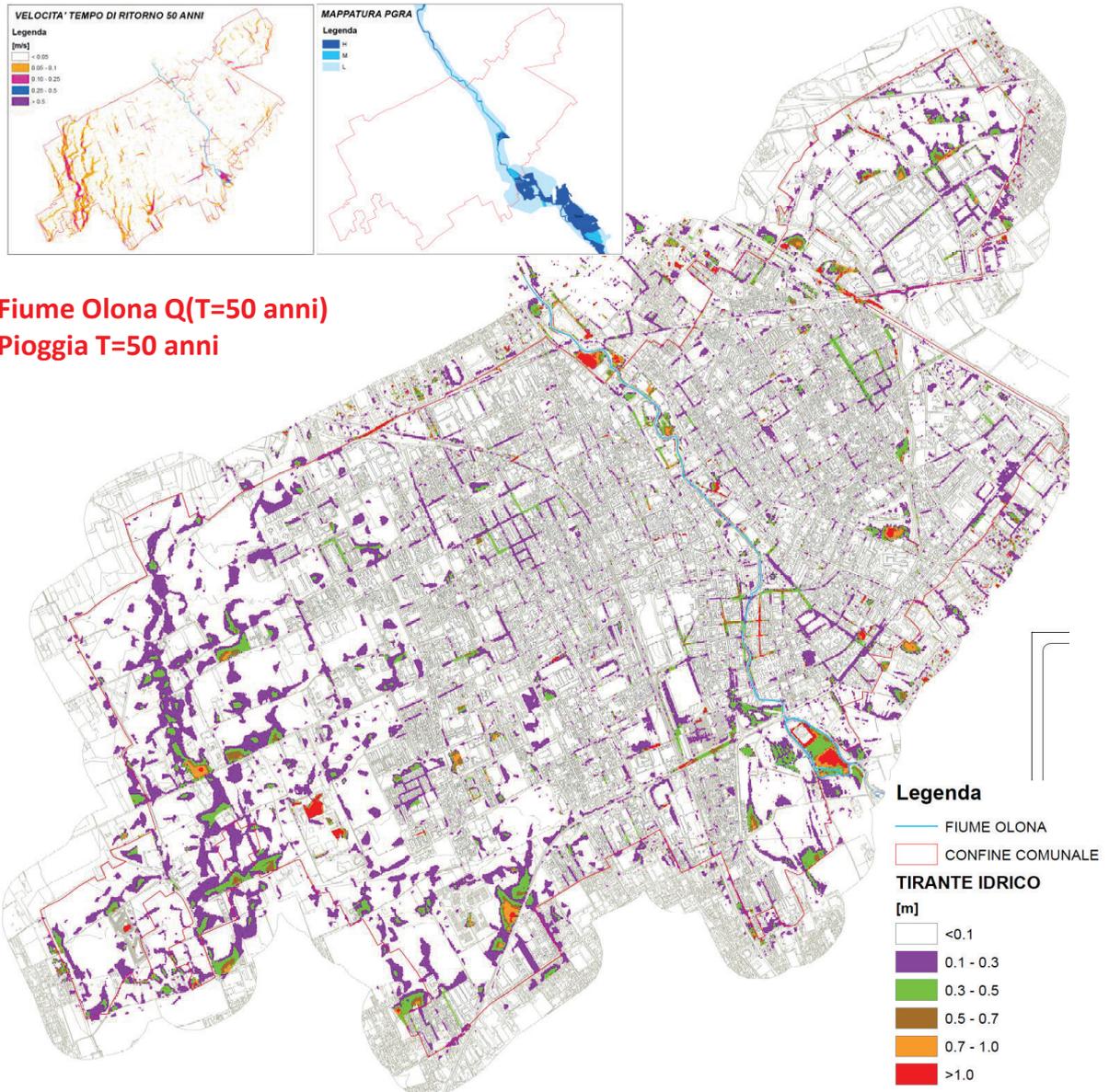
Nella Tavola RI.03 allegata al presente Studio, sono riportati gli esiti della modellazione condotta con sollecitazione del fiume con onde riferite al tempo di ritorno 50 anni ed evento pluviometrico sul territorio riferito sempre a 50 anni.

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

Per eventi di portata cinquantennale cominciano a verificarsi esondazioni dal fiume

Olona nei tratti urbani, e si evidenziano con maggiore gravità i problemi di allagamento urbano ed extraurbano, con particolare riferimento alle già note, Via Magenta e Via Ratti, oltre via Berchet e a quelle lungo Via San Michele al Carso e Via D'Annunzio.

Figura 64 – Stralcio della tavola RI.02 relativa ai risultati delle simulazioni T 50, P 50



9.4 Risultati delle simulazioni con la combinazione di evento centennale nel bacino del fiume Olona e di evento pluviometrico centennale su Legnano (T100, P100)

Nella Tavola RI.04 allegata al presente Studio, sono riportati gli esiti della modellazione condotta con sollecitazione del fiume con onde riferite al tempo di ritorno 100 anni ed evento pluviometrico sul territorio riferito sempre a 100 anni.

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

Per eventi di portata centennale si verificano esondazioni dal fiume Olona nei tratti urbani, a partire dalla tombinatura di piazza Carroccio, da cui si aggravano fortemente le condizioni di rischio della zona in sponda sinistra intorno a Via Berchet.

Si evidenziano con ancora maggiore gravità anche i problemi di allagamento urbano ed extraurbano, con particolare riferimento alle già note, Via Magenta e Via Ratti, oltre via Via San Michele al Carso e Via D'Annunzio ma diffuso a mote altre zone del territorio comunale.

Figura 65 – Stralcio della tavola RI.02 relativa ai risultati delle simulazioni T100, P100

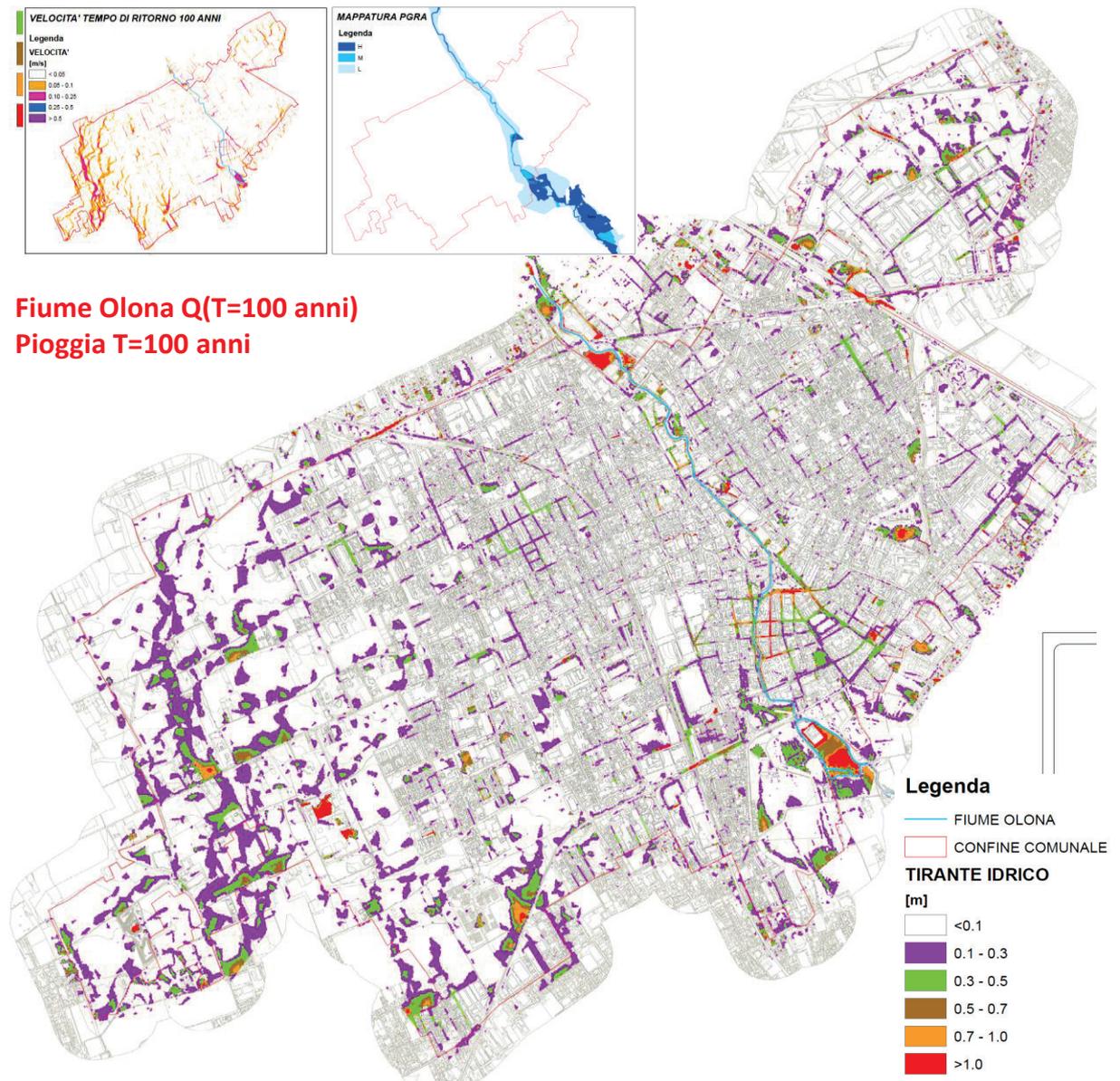


Figura 66 – Risultati delle simulazioni T100, P100. Valutazione volumi accumulato



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

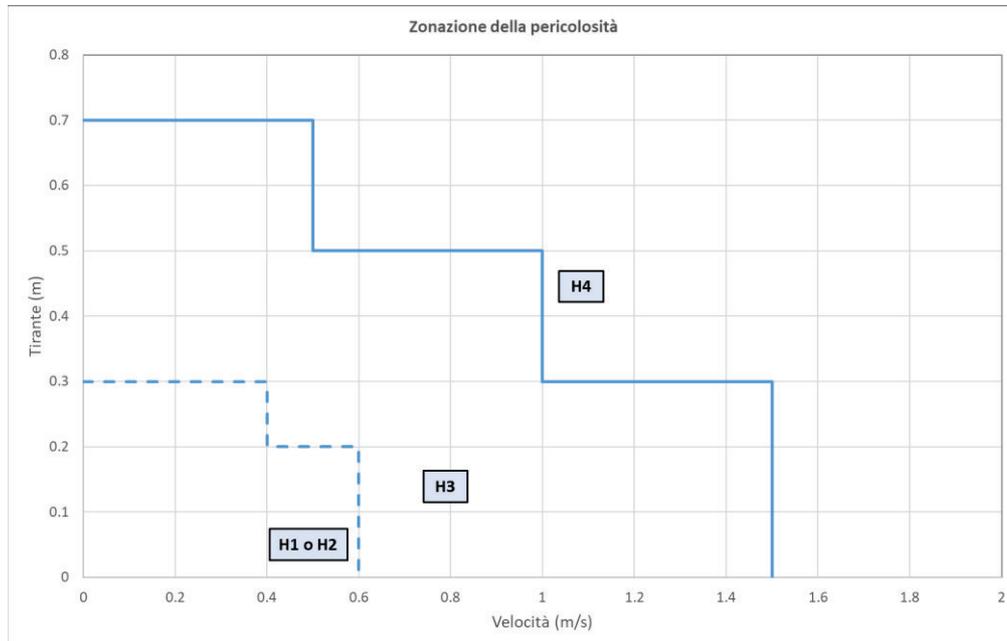
9.5.1 Pericolosità e rischio idraulico

I risultati relativi ad altezza e velocità della corrente nelle maglie del modello, ottenuti dalle simulazioni condotte, 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 67 – 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.

Come si può osservare dalle immagini rappresentanti gli esiti della modellazione, per il caso di Legnano il parametro che influisce maggiormente nell'individuazione del grado di pericolosità idraulica è il tirante idrico, poiché le velocità di deflusso riscontrate sono limitate a valori bassi. Infatti le velocità risultanti dalle simulazioni risultano generalmente sempre inferiori a 0,25 m/s, fatta eccezione per alcuni tratti nella zona centrale del territorio e in sinistra idraulica Olona, dove comunque le velocità rimangono contenute entro 0,5 m/s.

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.

D'altra parte, occorre mettere in evidenza situazioni come quella della via Ratti, in cui la recente modifica del piano stradale con il rifacimento della pavimentazione e l'annullamento della differenza di quota tra strada e marciapiede, ha peggiorato le condizioni di rischio idraulico dell'edificato al piano terra.

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 agricole.

Di contro, nelle aree verdi, generalmente ribassate rispetto alla viabilità, come l'isolotto del castello Visconteo si registrano i battenti maggiori, superiori anche a 1 m. Nel centro abitato i tiranti rimangono comunque elevati, in particolare in sinistra idraulica, dove si verificano le maggiori velocità di deflusso. Per il resto della viabilità nelle vicinanze di Piazza Carroccio, si hanno tiranti compresi tra 0.5 a 1 m.

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

Figura 68 - Zonazione della pericolosità – centennale del F. Olona con un evento di pioggia con tempo di ritorno pari a 100 anni

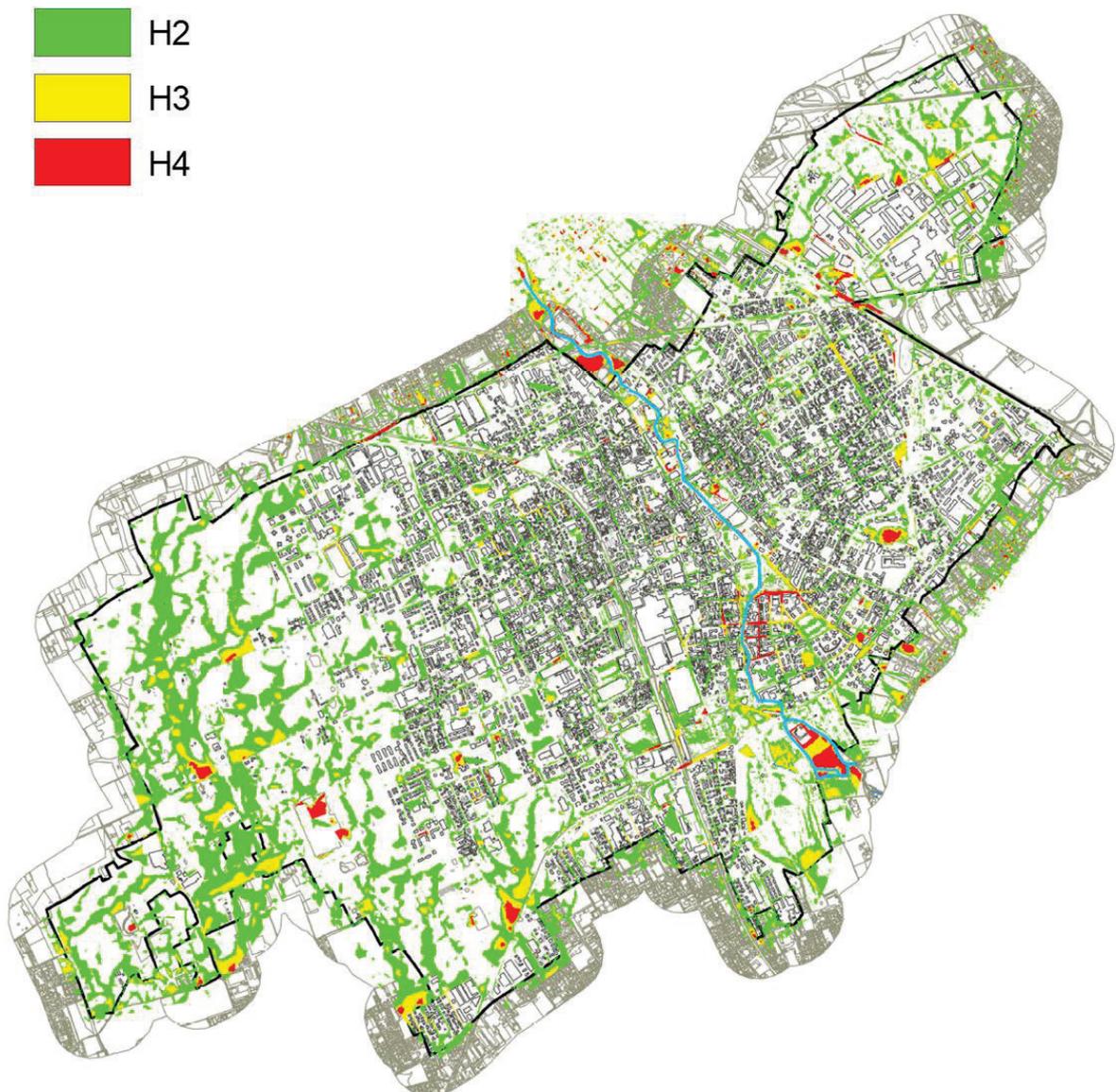
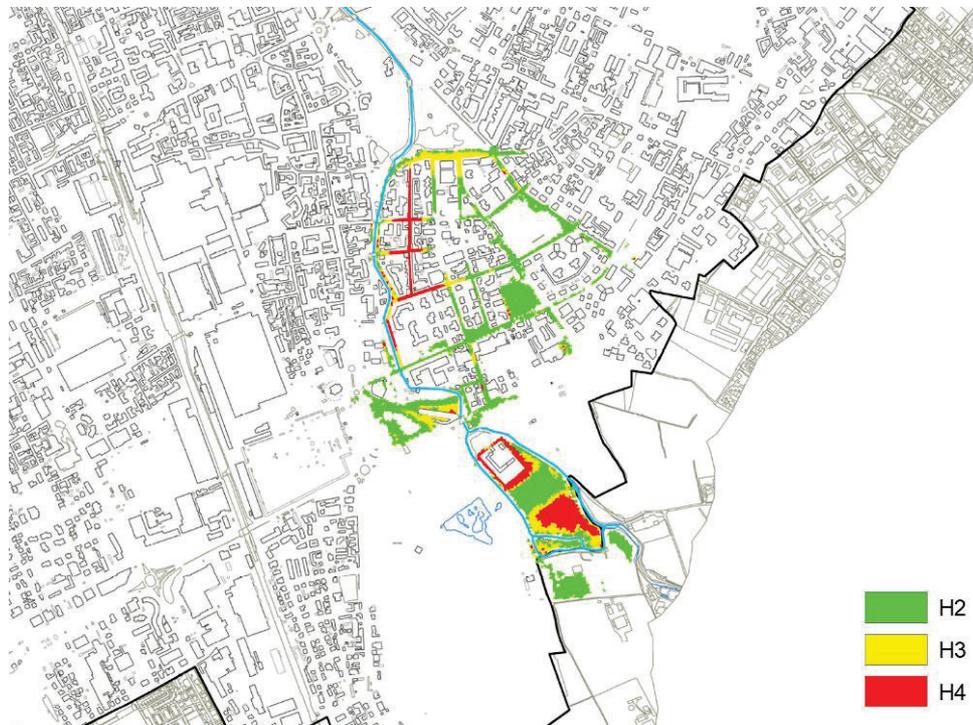


Figura 69 - Zonazione della pericolosità – Solo piena centennale del F. Olona con tempo di ritorno pari a 100 anni



Si precisa, che tali valori di rischio sono stati considerati per la definizione delle classi di fattibilità, differenziando le aree soggette ad allagamenti di piena del fiume Olona anche in assenza di evento meteorico proprio, rispetto alle aree soggette ad allagamento per deflusso e accumulo degli eventi meteorici urbani e locali, al di fuori delle zone interessabili dalle esondazioni fluviali dell'Olona.

9.5.2 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 6a/b_rischio idraulico*; *Tavola 8a/b_sintesi*; *Tavola10a/b_fattibilita*.



Figura 70 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 6a/b_rischio idraulico. Stralcio della legenda e della tavola

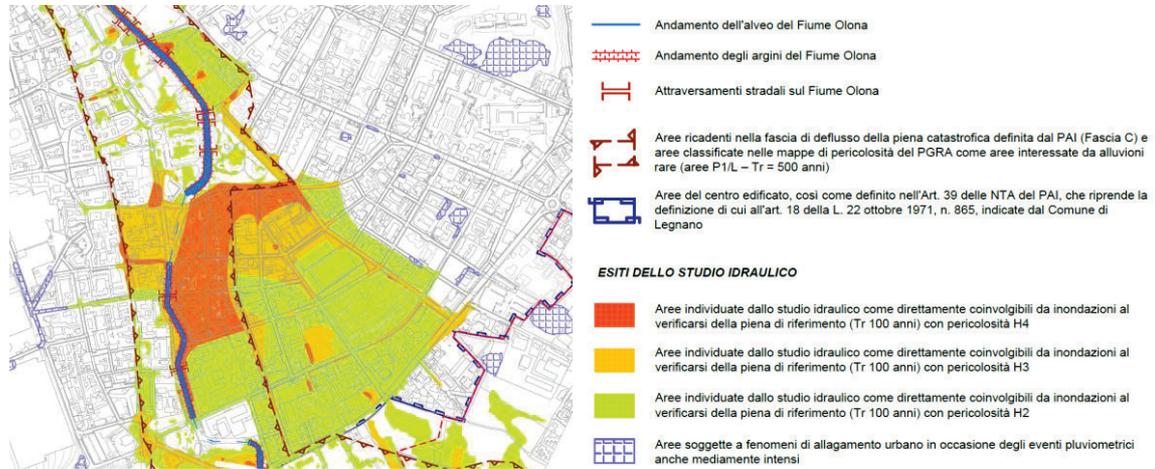


Figura 71 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 8a/b_sintesi. Stralcio della legenda e della tavola

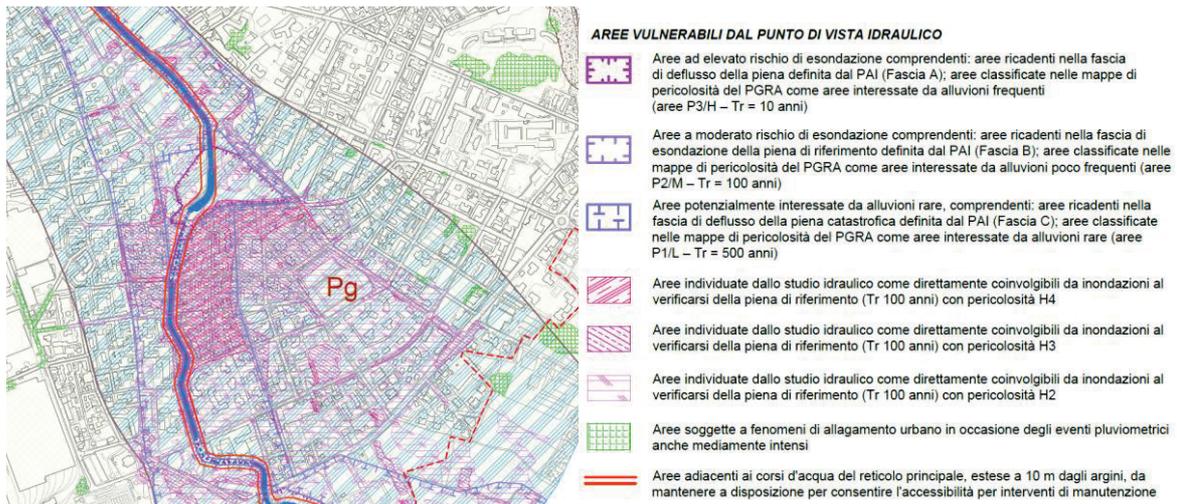
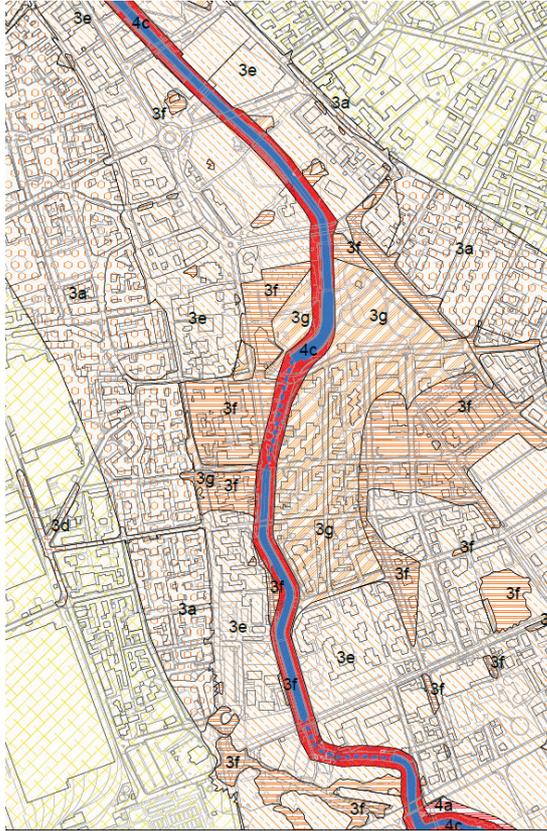




Figura 72 – Aggiornamento del PGT. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Norme geologiche di Piano. Tavole 10a/b_fattibilità. Stralcio della legenda e della tavola



CLASSE DI FATTIBILITÀ D.G.R. IX/2618/11	PRINCIPALI CARATTERISTICHE	PARERE GEOLOGICO SULLA MODIFICA DI DESTINAZIONE D'USO
2	Aree pianeggianti appartenenti al "Livello fondamentale della Pianura" caratterizzate dalla presenza di terreni granulari prevalentemente grossolani con drenaggio delle acque mediamente buono e grado di vulnerabilità della falda variabile da medio ad alto. Aree parzialmente soggette a fenomeni di allagamento urbano in occasione degli eventi pluviometrici anche mediamente intensi. Area di ricarica prevalente della falda, in corrispondenza della quale la struttura del sottosuolo e la natura dei terreni affioranti consentono l'infiltrazione delle acque verso le falde idriche	Favorevole con modeste limitazioni di carattere idrogeologico legate alla vulnerabilità all'inquinamento della prima falda idrica sotterranea e di carattere idraulico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per minimizzare l'esposizione al rischio
3a	Aree delle pianure fluviali a morfologia pianeggiante corrispondenti ai piani di divagazione, attivi o fossili, dei corsi d'acqua dell'attuale reticolo idrografico, sospesi rispetto alla falda con grado di vulnerabilità elevato	Favorevole con consistenti limitazioni di carattere idrogeologico legate alla vulnerabilità all'inquinamento della prima falda idrica sotterranea
3b	Aree interessate da riporti e riempimenti antropici, con possibile comportamento differenziale dovuto all'eterogeneità tessiturale dei depositi o all'innescio di fenomeni di dissesto gravitativo ed erosione del suolo ad opera delle acque meteoriche non regimate	Favorevole, ma con consistenti limitazioni di carattere geotecnico e/o geomorfologico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per il possibile sviluppo di dissesti a seguito di interventi antropici non adeguatamente progettati
3c	Aree dei terrazzi morfologici, caratterizzati da acclività compresa tra 15° e 30°, per le quali non sussistono attualmente problematiche di dissesto idrogeologico	Favorevole con consistenti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico che richiedono verifiche locali per la corretta progettazione degli interventi, al fine di prevenire lo sviluppo di dissesti connessi ad azioni antropiche non adeguatamente progettate
3d	Aree (> 2.500 mq) soggette a fenomeni di allagamento urbano in occasione degli eventi pluviometrici anche mediamente intensi	Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere idraulico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per minimizzare l'esposizione al rischio
3e	Aree a basso rischio di esondazione, potenzialmente interessate da alluvioni rare, e conseguenti allagamenti urbani, comprendenti: aree ricadenti nella fascia di deflusso della piena catastrofica definita dal PAI (Fascia C); aree classificate nelle mappe di pericolosità del PGRA come aree interessate da alluvioni rare (area P1/L - Tr = 500 anni); aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni con pericolosità H2	Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere idraulico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per minimizzare l'esposizione al rischio
3f	Aree a moderato rischio di esondazione comprendenti: aree ricadenti nella fascia di esondazione della piena di riferimento definita dal PAI (Fascia B); aree classificate nelle mappe di pericolosità del PGRA come aree interessate da alluvioni poco frequenti (area P2/M - Tr = 100 anni); aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H3	Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere idraulico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per minimizzare l'esposizione al rischio
3g	Aree comprese nel centro edificato esistente a rischio di esondazione, comprendenti: - aree classificate nelle mappe di pericolosità del PGRA come aree interessate da alluvioni frequenti (area P3/H - Tr = 10 anni); - aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H4	Ammissa con consistenti limitazioni di carattere idraulico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per minimizzare l'esposizione al rischio
4a	Aree ad elevato rischio di esondazione, esterne al centro edificato, comprendenti: aree ricadenti nella fascia di deflusso della piena definita dal PAI (Fascia A); aree classificate nelle mappe di pericolosità del PGRA come aree interessate da alluvioni frequenti (area P3/H - Tr = 10 anni); aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H4	Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico
4b	Aree delle vasche di laminazione indicate nella Tabella "Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo" dell'elaborato S01 "Obiettivi prioritari di interesse regionale e sovra regionale - Obiettivi prioritari per la difesa del suolo" del Piano Territoriale Regionale	Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico
4c	Aree adiacenti ai corsi d'acqua del reticolo principale, estese a 10 m dagli argini, da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione	Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico e idrogeologico e condizionato al rispetto delle esigenze di conservazione e recupero morfologico, paesistico ambientale e della funzione e nel rispetto della vulnerabilità all'inquinamento della falda idrica sotterranea



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 nel ricettore.

Si precisa che esistono vaste zone dove gli allagamenti urbani non sono dovuti ad esondazione dell'Olonza ma sono provocati da difficoltà di deflusso e da accumulo e/o fuoriuscita di portate in arrivo da altre porzioni del territorio, mediante i grandi collettori della rete fognaria che, nelle parti del centro storico e verso valle, raccolgono i contributi di un bacino molto vasto e trovano limitazioni al deflusso sia per limite geometrico proprio, sia per i rigurgiti dovuti alle confluenze e all'interrelazione con altri collettori, sia ai livelli dell'Olonza nei punti di scarico.

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. Questi sono tanto più importanti in una zona come quella centrale di Legnano, dove esistono ampie aree pavimentate e impermeabili delle zone ex-industriali e parzialmente riconvertite. In alcune simulazioni di progetto sono stati indagati gli effetti dell'eliminazione del contributo di alcune di queste aree, evidenziando gli effettivi e fattivi benefici di riduzione o annullamento del rischio nelle aree poste a valle rispetto alla rete fognaria (vedi par. 10.3.8).

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 Legnano 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.

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.

10.3 Interventi strutturali

10.3.1 Premesse

Si premette che le proposte de Documento Semplificato, così come esplicitate nelle tavole e nella relazione, sono condivisibili e non risultano in contrasto con quanto emerso dagli approfondimenti di questo studio completo.

Nei paragrafi seguenti vengono richiamati alcune zone d'intervento su cui è stata posta l'attenzione del Comune di Legnano nella definizione dell'aggiornamento del PGT, in relazione alla loro manifesta condizione di pericolosità idraulica e alla definizione di interventi per la riduzione del rischio idraulico conseguente.

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.

Relativamente a tali zone d'intervento, si specifica se esse sono già state oggetto di attenzione nel Documento Semplificato e se le azioni in esso previste sono o meno idonee o conformi alle esigenze qui evidenziate.

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

10.3.2 Interventi lungo il fiume Olona

10.3.2.1 Problematiche principali

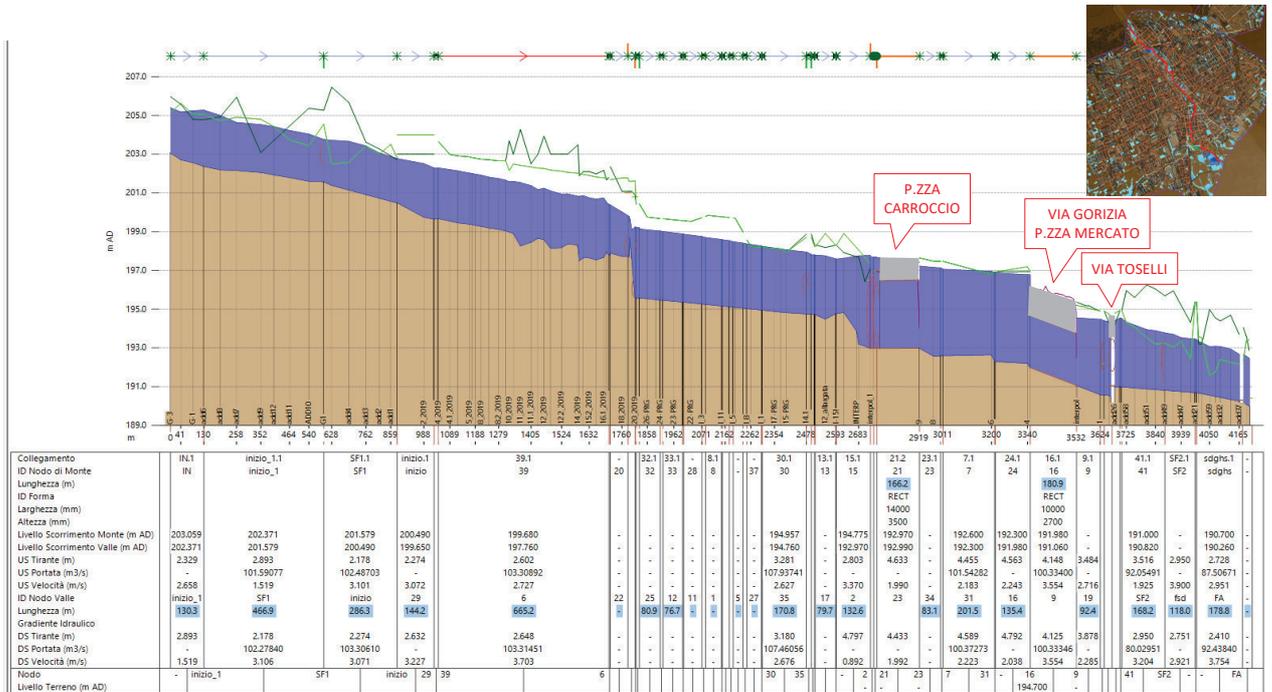
In generale si può affermare che tra le principali condizioni di rischio idraulico del territorio di Legnano ascrivibili alla presenza del fiume Olona, sono legate ai limiti di capacità di trasporto in cui è ancora costretto l'alveo attuale, parzialmente liberato e sistemato nella parte di monte, ma ancora gravato da tombature (es. piazza Carroccio e Via Gorizia) e ponti insufficienti (es. Via Toselli) nella parte di valle.

Tali limitazioni sono ben evidenti nelle simulazioni, di cui si riporta in Figura 73 il profilo



lungo l'asse fluviale. Già per eventi decennali le tombinature sono insufficienti a garantire dal rischio idraulico e per eventi centennali risultano funzionare in pressione e determinare la fuoriuscita delle portate dall'alveo.

Figura 73 – Profilo del fiume Olona e Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona della tombinatura di Via Gorizia



10.3.2.2 Soluzioni tecniche proposte

Una parziale soluzione a tale problematica potrà essere fornita solo dalla realizzazione degli interventi di progetto già previsti lungo il fiume Olona a scala di bacino. Ciò dovrà essere integrato con specifici interventi di adeguamento degli attraversamenti di Legnano e, ovunque possibile, di rimozione delle strozzature e delle tombinature ancora presenti.

Si prende atto che ovunque possibile sono già stati effettuati interventi di sistemazione dell'alveo del fiume e delle sue sponde e che sono in fase di completamento alcune opere che già dovranno tenere conto dei vincoli e delle limitazioni imposti dalle Norme in merito alla pericolosità propria delle aree e delle conseguenti azioni e attività che potranno essere considerate nelle aree edificabili e in quelle già edificate.

Nella redazione del PGT si è raccomandata molta attenzione anche agli aspetti naturalistici e ambientali, di valorizzazione dei corridoi ecologici e promozione e incremento delle aree verdi.

Relativamente al rischio residuo indotto dalle tombinature e dai ponti citati, con gli approfondimenti del presente Studio si è evidenziata, in particolare, la situazione di pericolosità nella zona di via Gorizia e piazza mercato e della tombinatura che precede



il già critico ponte di via Toselli.

Nella situazione attuale la tombinatura è di dimensioni ridotte in termini di intradosso, è posta in corrispondenza di una strozzatura e di una curva e si trova in posizione tale da non consentire interventi di manutenzione né di emergenza nel tratto tombinato né nel tratto aperto a valle, che risulta anch'esso inaccessibile.

Si ritiene, pertanto, indispensabile prevedere l'intervento di rimozione della tombinatura, con riapertura dell'alveo a cielo aperto. Tale intervento dovrebbe accompagnarsi alla sistemazione del tratto aperto a monte del ponte di Via Toselli, possibilmente con la creazione di un idoneo punto di accesso alle sponde e al fondo dell'alveo (finora inesistente) per il controllo, gli interventi di manutenzione o anche per eventuale emergenza, anche in relazione alla situazione di insufficienza che rimarrebbe al ponte di Via Toselli.

Si tratta di interventi su corso d'acqua principale, di competenza di Regione Lombardia, a cui occorrerà fare riferimento per il finanziamento e la realizzazione di questo intervento.

Nel PGT sono stati indicati gli interventi di riapertura e sono stati vietati usi dell'attuale porzione esterna della tombinatura non idonei o conformi con la futura riapertura.

10.3.3 Interventi in zona mercato e a valle di Via Toselli

10.3.3.1 Problematiche principali

Il ponte di Via Toselli risulta insufficiente per il transito in sicurezza delle portate del fiume Olona. La sua situazione critica è in parte protetta dalla presenza della tombinatura a monte (di cui al precedente paragrafo) che risulta avere un grado di insufficienza maggiore. Tuttavia bisognerebbe trovare soluzioni definitive per la rimozione del rischio connesso alla presenza del ponte. La soluzione ideale sarebbe, naturalmente, l'innalzamento dell'impalcato fino a quota di sicurezza.

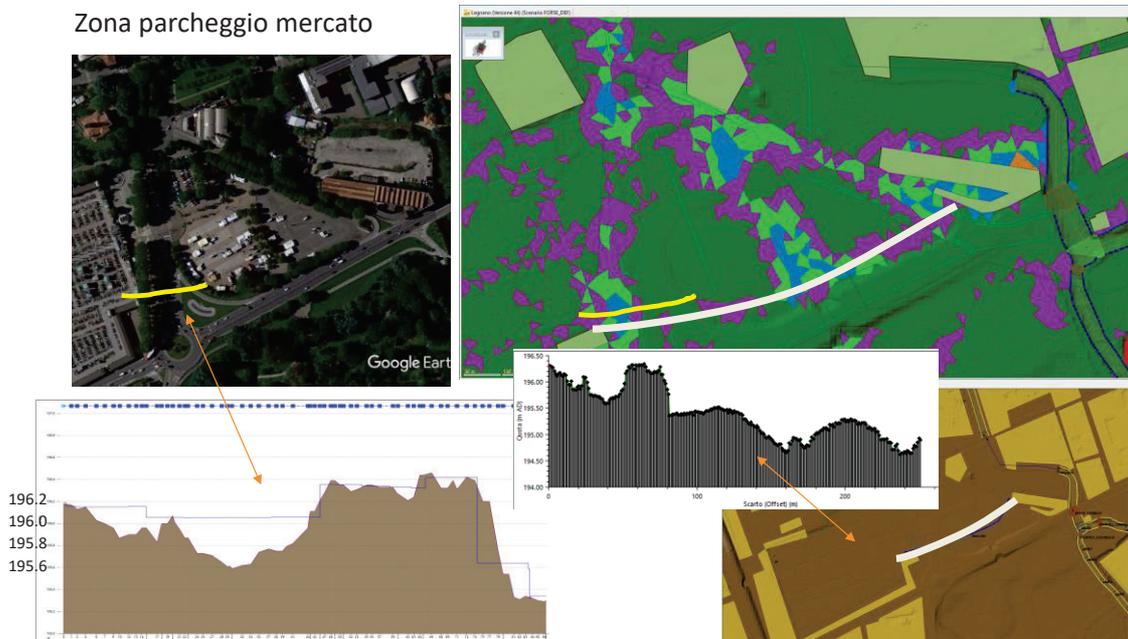
Per quanto riguarda la zona a monte del ponte, si è analizzata in maniera approfondita, la condizione di rischio idraulico dell'area parcheggio e mercato, per definirne le cause e stimarne gli interventi di mitigazione.

Gli allagamenti che si registrano nell'area del mercato non sono particolarmente elevati, poiché si attestano a valori di battente massimo intorno ai 40 cm, ma risultano molto problematiche per le seguenti motivazioni:

- Per l'uso attuale delle aree (parcheggio e mercato);
- Per la persistenza degli allagamenti: la durata attesa è elevata poiché l'area si trova a valle dell'area urbana e il deflusso è impedito dal rilevato stradale;
- Per il forte rischio connesso anche alla qualità dell'acqua, poiché gli allagamenti si trovano in corrispondenza di importanti collettori fognari consortili che raccolgono le portate di un bacino molto ampio e che risultano insufficienti per i maggiori tempi di ritorno, provocando ulteriore rischio di esondazione di portate in arrivo da altre parti

del bacino, anche molto lontano e, comunque, da fognature miste a servizio di ampie zone.

Figura 74 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona mercato



10.3.3.2 Soluzioni tecniche proposte

Le soluzioni da proporre per la risoluzione delle problematiche dell'area mercato/parcheggio sono, innanzitutto, volte alla gestione del rischio, con interventi che favoriscano il controllo degli accumuli in aree dedicate, consentendo che una parte della zona rimanga fruibile in sicurezza anche in occasione di eventi intensi.

Analogo discorso deve essere fatto per le attività previste nell'area, quali il mercato.

Nel Documento semplificato (della cui tavola di progetto si riporta uno stralcio nella Figura 75) sono indicati i seguenti interventi nella zona di piazza Mercato:

- IS19 (disconnessione delle acque meteoriche del parcheggio). Si ritiene utile e condivisibile l'intervento, purché le acque meteoriche vengano gestite con sistemi che non precludano il parziale utilizzo dell'area del parcheggio come vasca di prima pioggia necessaria alla messa a norma degli scaricatori fognari di piena presenti. Le acque meteoriche del parcheggio potrebbero essere condotte verso la zona verde del cimitero o in apposite canalette e aree verdi ricavate sul limite stradale;
- INS02 (verifica e adeguamento degli scolmatori). La verifica delle dimensioni, efficacia, efficienza ed eventuale intervento di adeguamento degli scolmatori, compete al Gestore della rete fognaria.

Figura 75 – Stralcio della Tavola 3 del Documento semplificato, con indicazione degli interventi proposti da CAP per la zona mercato



Come detto, gli interventi dovranno comunque considerare la realizzazione innanzitutto di una vasca di prima pioggia e poi eventuali opportuni interventi di riduzione delle portate scaricate che, peraltro, sono limitate proprio dal rigurgito del fiume Olona. La riduzione delle portate scaricate potrà avvenire per interventi di riduzione del contributo meteorico del bacino o, come detto, anche mediante miglioramento degli invasi disponibili o possibili lungo la rete stessa.

Relativamente alla zona mercato, i necessari interventi di realizzazione delle vasche di prima pioggia, se previsti prima della riapertura e sistemazione dell'alveo (vedi paragrafo 10.3.2) dovranno tenere debito conto degli spazi necessari alla realizzazione



dei punti di accesso all'alveo.

Inoltre, relativamente alla zona parcheggio (giostre) lungo via Toselli, si ritiene che la realizzazione delle vasche di prima pioggia sia possibile e compatibile con le previsioni di Piano

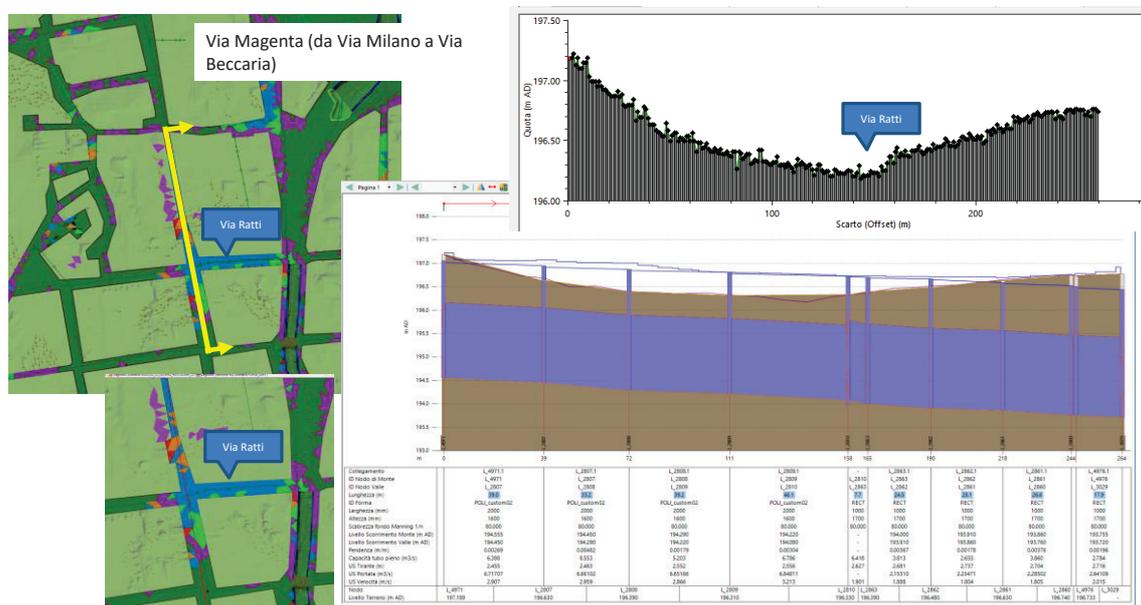
10.3.4 Individuazione di possibili interventi in zona Via Magenta e Via Ratti

10.3.4.1 Problematiche principali

La problematica dei frequenti allagamenti delle Vie Ratti e Magenta sono già stati affrontati altrove nella presente relazione.

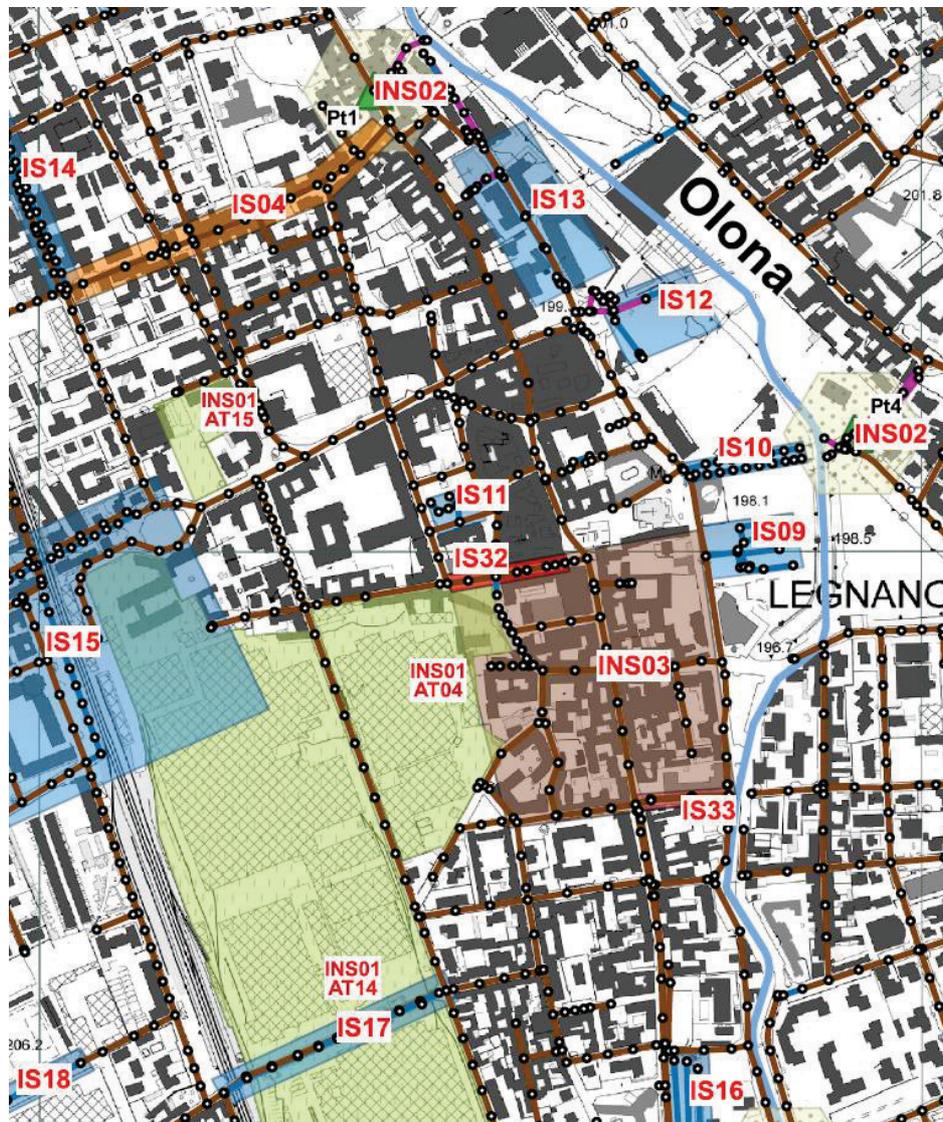
Si riportano qui alcune immagini (Figura 76) che evidenziano le caratteristiche morfologiche di Via Ratti (che si trova in un impluvio rispetto al tutta la zona circostante) e l'insufficienza della rete di drenaggio per lo smaltimento delle portate connesse ad eventi significativi, con effetti di innalzamento della piezometrica per rigurgito e per insufficienza, con conseguenti possibili esondazioni anche dalle fognature.

Figura 76 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona di Via Ratti



Risulta, inoltre, dalle analisi della rete fognaria fornita dal Gestore, che la rete fognaria che afferisce a Via Ratti da Sud, è rimasta connessa alla rete che raccoglie le acque dell'area industriale pavimentata ex-Tosi, che si trovano a quota molto più elevata rispetto alle vie Magenta e Ratti.

Figura 78 – Stralcio della Tavola 3 del Documento semplificato, con indicazione degli interventi proposti da CAP per la zona di Via Magenta e via Ratti (per la legenda si veda la Figura 75)



- IS11 (disconnessione delle acque meteoriche del parcheggio). Si ritiene utile e condivisibile l'intervento;
- IS33 (interventi su Via Ratti). Al momento della redazione della presente relazione sono già stati realizzati alcuni interventi di apertura di finestre di troppo pieno sul collettore di fronte a Via Ratti e parallelo alla sponda del fiume Olona, finalizzato a mitigare il rischio idraulico connesso con le attuali condizioni, in attesa di eventuali ulteriori interventi di mitigazione a monte. Eventuali ulteriori interventi proposti dal Gestore sulla rete fognaria di Via Ratti, dovrebbero considerare la possibilità di potenziamento della capacità di accumulo interna alla fognatura, ma anche l'inserimento di interventi in superficie, come canalette superficiali o zone idonee a fare accumulare e defluire le acque superficiali, prima dell'ingresso negli edifici e attività commerciali (es. creazione di una zona ribassata della strada)



➤ INS03 (alleggerimento via Ratti). .

Gli interventi ipotizzati sono quindi di due tipologie:

- disconnessione delle reti meteoriche dalla fognatura mista che possono avere come effetto l'alleggerimento delle portate in arrivo su via Ratti (interventi illustrati nel paragrafo 1.5.5 – IS09 / IS10 / IS12 e IS13);
- intervento di potenziamento del sistema di captazione delle acque meteoriche lungo Via Ratti, con realizzazione di un maggior numero di griglie stradali, da connettere all'esistente rete di drenaggio.

Nelle analisi del presente Studio sono stati valutati gli effetti di una possibile disconnessione della rete a servizio della zona industriale a Ovest della ferrovia, attualmente interconnessa con la rete che afferisce in Via Ratti, come mostra il modello della rete fognaria fornito dal Gestore.

Le simulazioni con la sola disconnessione mostrano una sensibile riduzione della pericolosità idraulica nella zona di Via Ratti.



Figura 79 – Zona di Via Ratti, variazioni delle condizioni di pericolosità idraulica del collettore principale lungo la via, nella situazione attuale e nell'ipotesi di disconnessione del contributo dell'area ex-Tosi. Profili del collettore

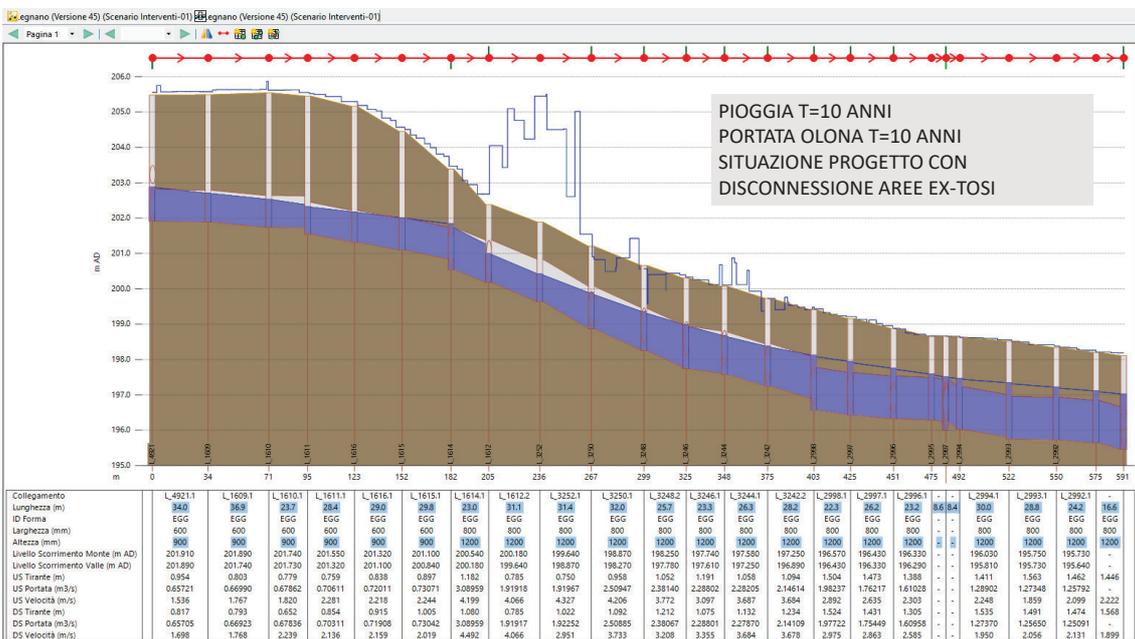
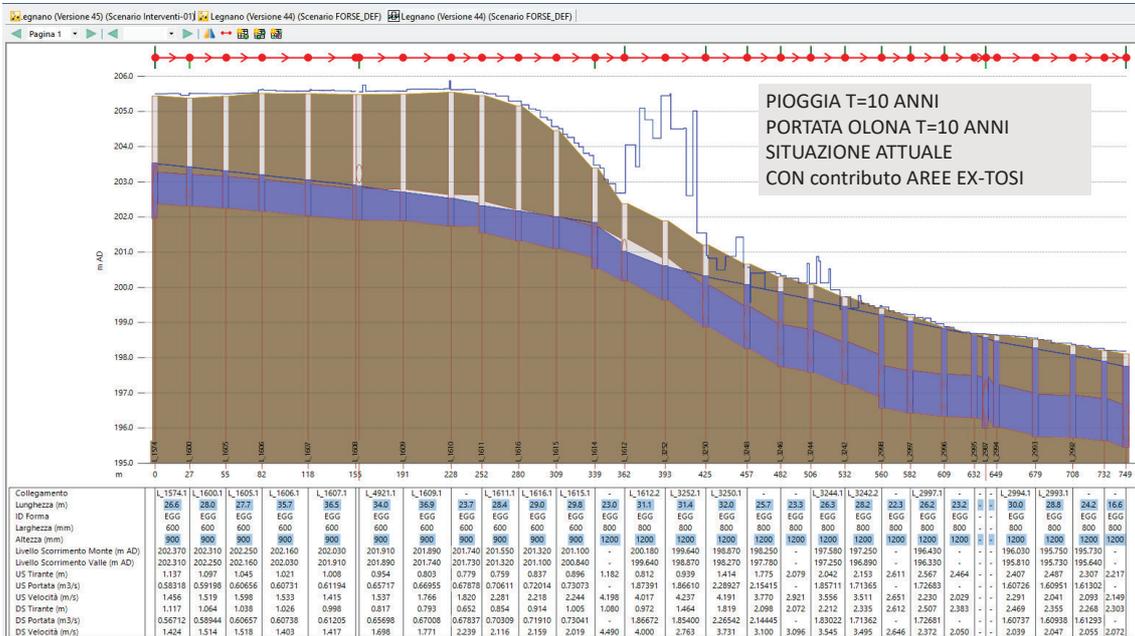




Figura 80 – Zona di Via Ratti, variazione delle condizioni di pericolosità idraulica del collettore principale lungo la via, nella situazione attuale e nell'ipotesi di disconnessione del contributo dell'area ex-Tosi. Allagamenti superficiali

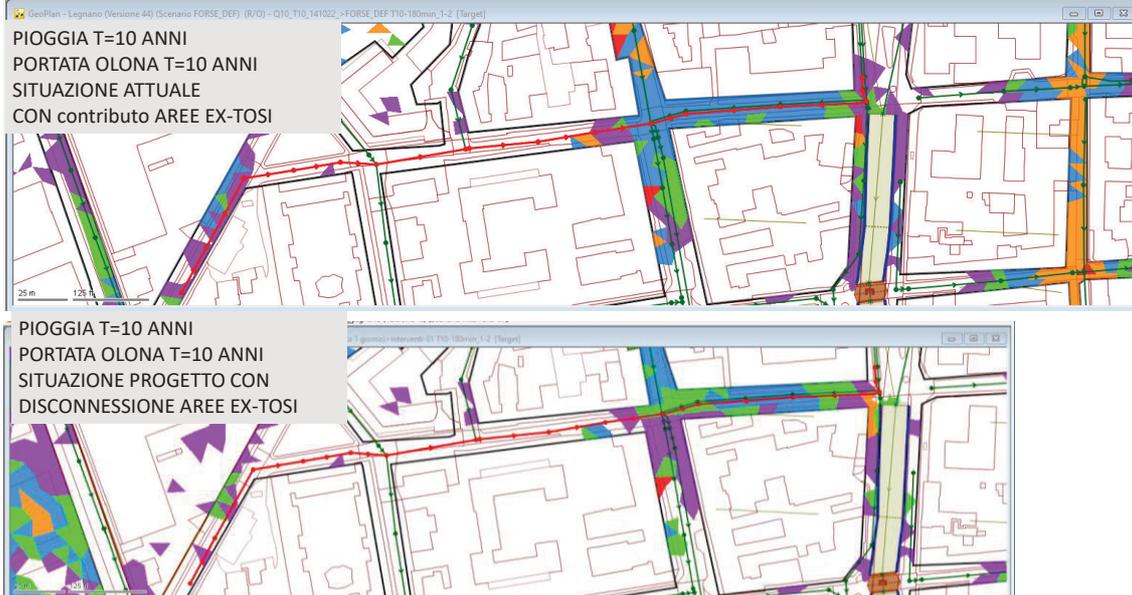
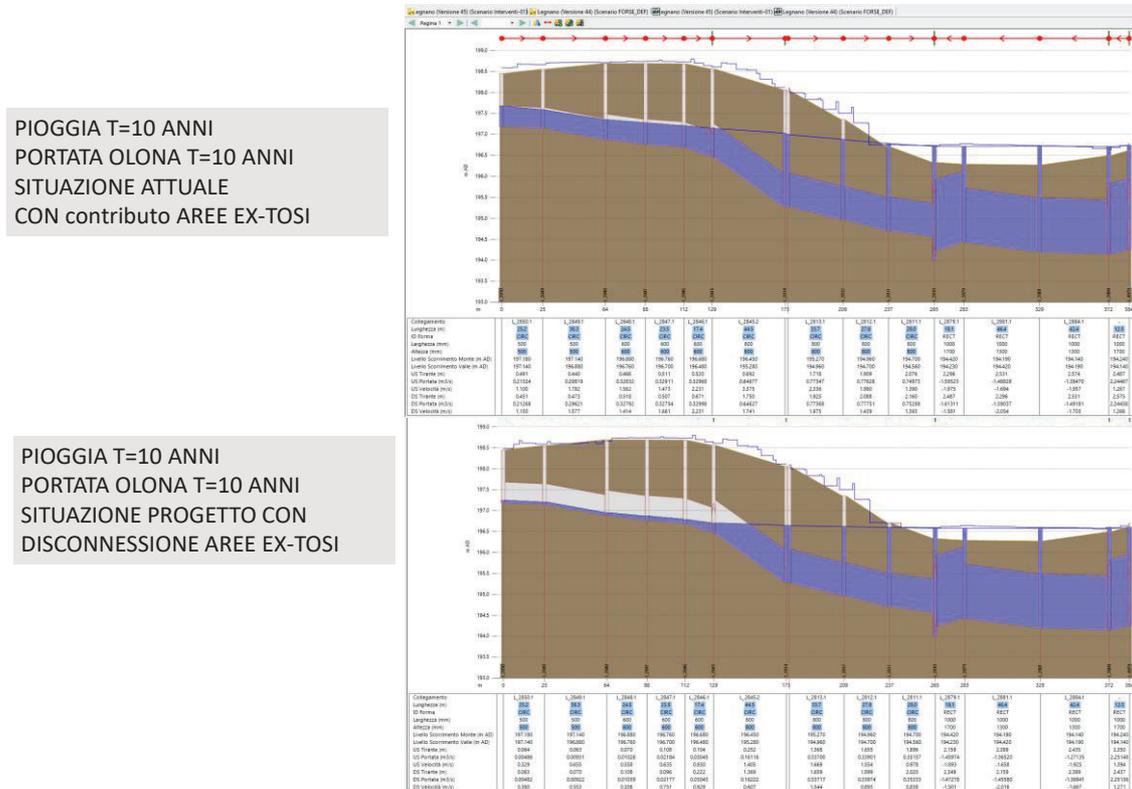


Figura 81 – Zona di Via Ratti, variazione delle condizioni di pericolosità idraulica del collettore principale lungo la via, nella situazione attuale e nell'ipotesi di disconnessione del contributo dell'area ex-Tosi. Profili del collettore di collegamento





10.3.5 Individuazione di possibili interventi in zona Via Berchet

10.3.5.1 Problematiche principali

La problematica dei frequenti allagamenti della Via Berchet è già stata trattata altrove nella presente relazione.

Si riportano qui alcune immagini (Figura 82) che evidenziano le caratteristiche morfologiche di Via Berchet (che si trova in un impluvio rispetto al tutta la zona circostante) che ripercorre il tracciato di una vecchia roggia (Figura 83).

Tale particolare e problematica situazione, che già di per sé determinerebbe problemi di deflusso e accumulo delle acque meteoriche del bacino proprio, diventa ancora più grave a causa del collegamento tra la rete fognaria di Via Berchet e la rete del bacino posto a Est, che arriva nell'area già carica di portate molto elevate (Figura 84).

Figura 82 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona di Via Berchet

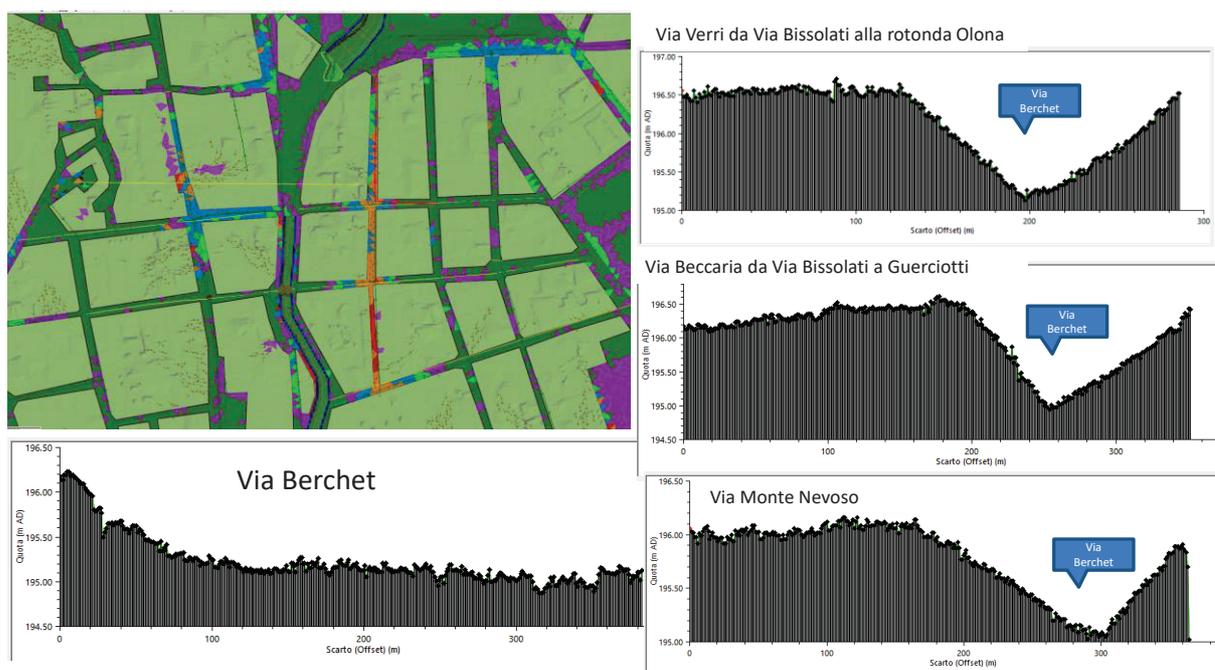
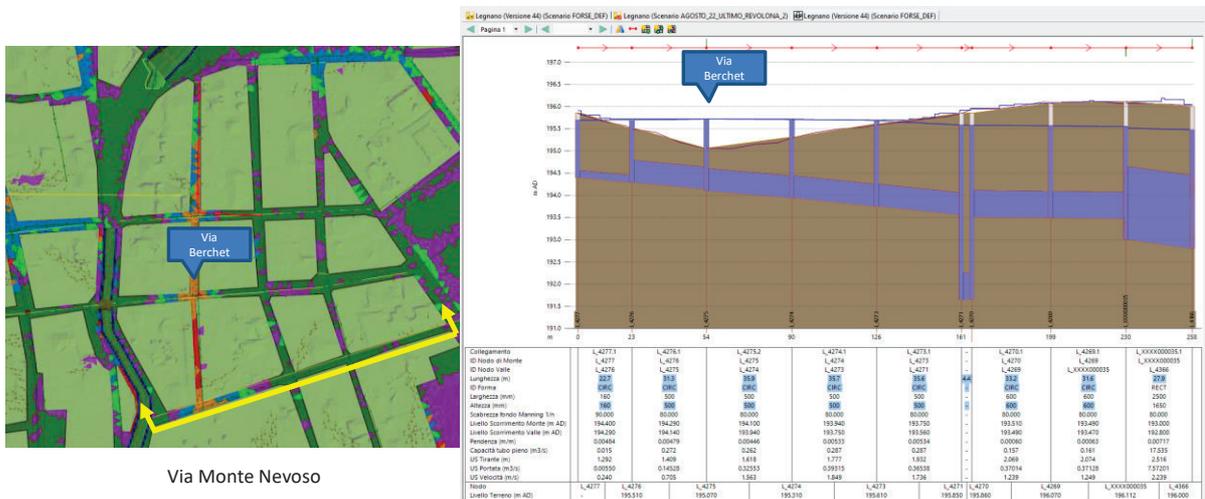


Figura 83 – Via Berchet. Confronto tra le mappe storiche e gli allagamenti da modello



Figura 84 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona di Via Berchet, fognature afferenti



10.3.5.2 Soluzioni tecniche proposte

Nel Documento semplificato non sono previsti interventi in zona Via Berchet.

Tuttavia, come evidenziato nello studio condotto e confermato dalle segnalazioni del Comune, occorrerebbe prevedere opportuni interventi di modifica della rete fognaria, per evitare rigurgiti e accumuli di acque provenienti anche da altre zone, stante le problematiche della Via Berchet relativamente alla gestione delle proprie acque meteoriche.



Si dovrebbe, innanzitutto, disconnettere la fognatura di Via Berchet da quella di Via Monte Nevoso e dal collettore a Est. Contestualmente si dovrebbe verificare la possibilità di collettare le acque di Via Berchet verso Ovest lungo la sponda del F.Olona.

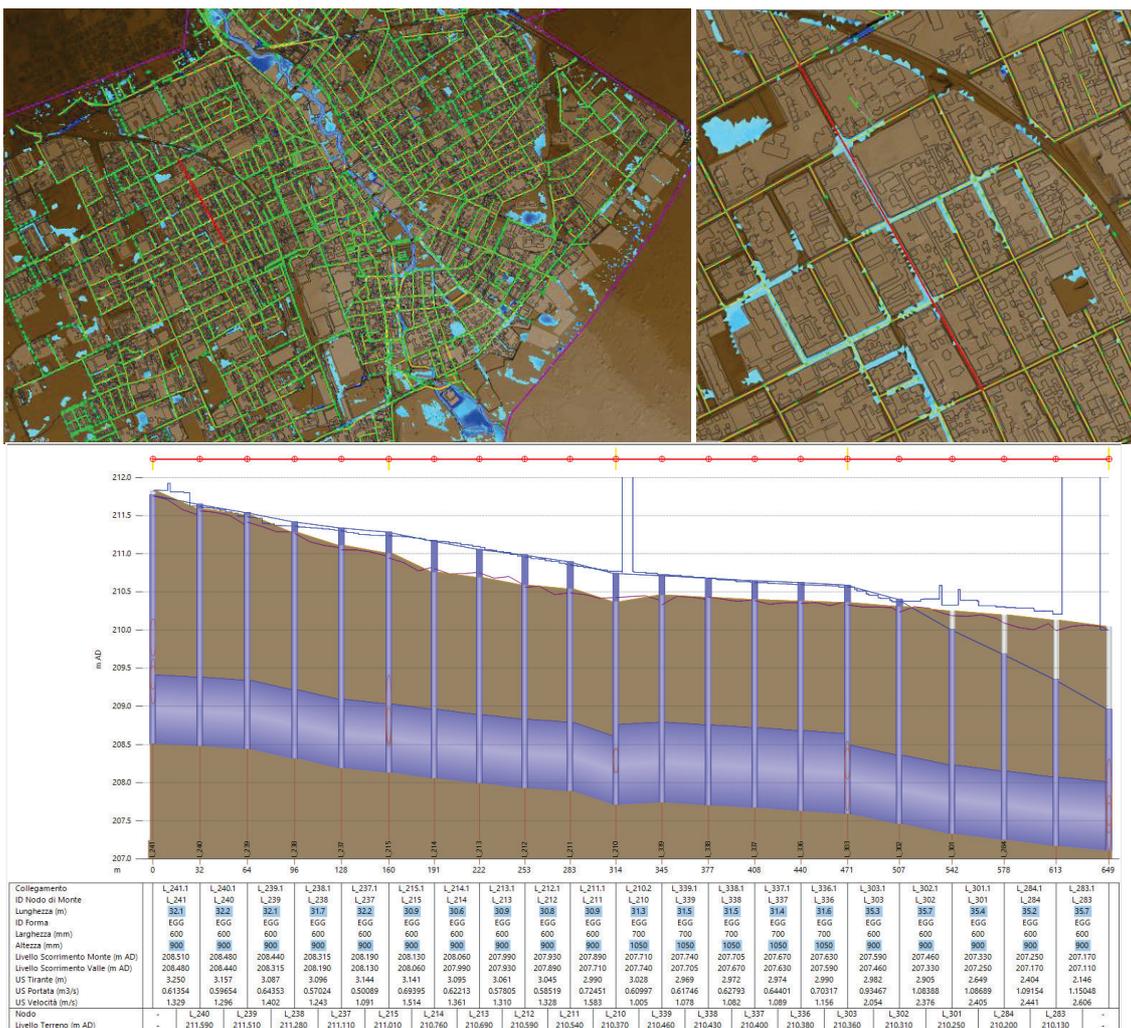
10.3.6 Individuazione di possibili interventi in zona Via Venezia

10.3.6.1 Problematiche principali

La modellazione condotta evidenzia una situazione di diffusi allagamenti lungo Via Venezia.

Sulla base del modello fognario fornito dal Gestore, risulta che il bacino afferente al collettore di Via Venezia è molto ampio e tale da generare una portata molto maggiore della capacità idraulica del collettore (vedi Figura 99).

Figura 85 – Analisi delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico per la zona di Via Venezia





10.3.6.2 Soluzioni tecniche proposte

Nel Documento Semplificato non era stata evidenziata questa problematica.

Certamente i previsti e prevedibili interventi di riduzione delle portate meteoriche scaricate a monte, mediante interventi d'invarianza idraulica, potranno consentire il miglioramento delle condizioni di deflusso nel collettore di Via Venezia.

Si evidenzia, inoltre, che non risulterebbe affatto opportuno un potenziamento del collettore, dato che le porzioni dei valle della rete risultano già sovraccariche e insufficienti in più punti.

10.3.7 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, che in Legnano costituiscono importante fonte d'impermeabilizzazione.

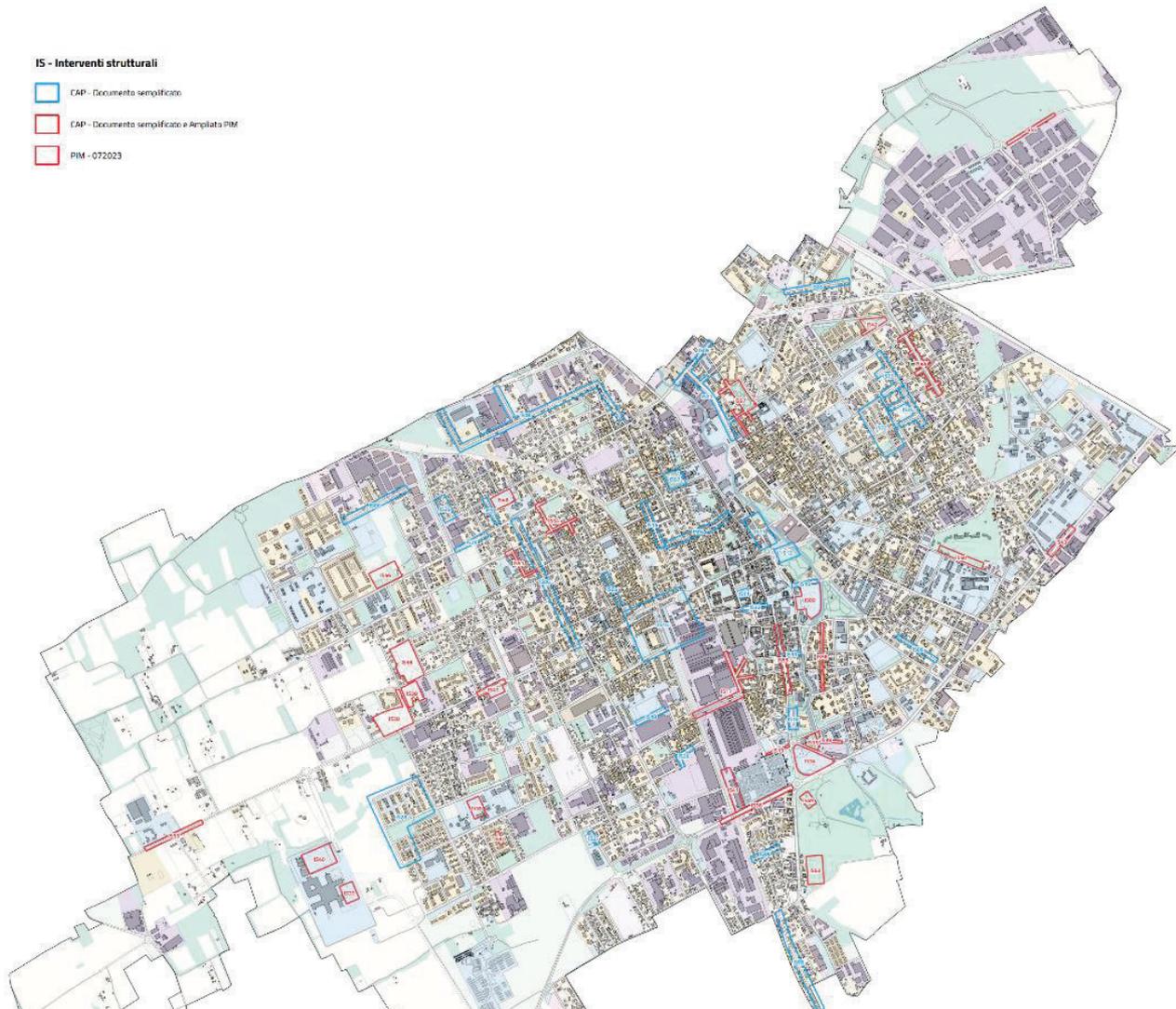
Gli interventi diffusi per la gestione delle acque meteoriche con sistemi verdi, consente anche di migliorare la qualità dell'ambiente, la salubrità e la fruibilità del territorio urbano.

10.3.8 Sintesi delle proposte a seguito dello studio idraulico dettagliato

Nelle Figura 86 sono riportate le localizzazioni degli interventi già previsti nel documento semplificato e qui confermati e degli interventi descritti nei precedenti paragrafi, proposti nel presente studio. Nella Figura 87 è riportato un elenco degli stessi interventi.



Figura 86 –Studio Comunale di gestione del rischio idraulico: individuazione degli interventi previsti per la riduzione del rischio (tavola)



**Figura 87 – Stralcio della Tavola RI.05 allegata allo Studio Comunale di gestione del rischio idraulico, con individuazione degli interventi previsti per la riduzione del rischio (Tabella)**

OBJ_ID	INDIRIZZO	DESCRIZIONE	FONTE
IS04	Via della Vittoria	ristrutturazione rete fognaria Via della Vittoria	CAP - Documento semplificato
IS05	Via Bettinelli, Via Adua, Via Brambilla	interventi di alleggerimento di via Bettinelli e potenziamento di via Adua e via Brambilla	CAP - Documento semplificato
IS06	Via General A. Cantore, Via Genova, Via R. Leoncavallo, Via Santa Colomba, Via Tito Speri, Via Cristoforo Colombo, Via dell'Amicizia	estensione rete fognatura nera in Via General A. Cantore, Via Genova, Via R. Leoncavallo, Via Santa Colomba, Via Tito Speri, Via Cristoforo Colombo, Via dell'Amicizia	CAP - Documento semplificato
IS07	Piazza Trento e Trieste	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS08	Via Passubio	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS09	Parcheggio via Giardelli	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	PIM - 072023
IS10	Via Giacomo Matteotti	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS11	Piazza Don Luigi Sturzo	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS12	Via Barlocco	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS13	Via Felice Musazzi	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS14	Via 29 Maggio	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS15	Via Gioacchino Rossini	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS16	Corso Magenta	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS17	Via San Bernardino	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato e Ampliato PIM
IS18	Via Carlo Pisacane	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS19	Via Don Bosco	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	PIM - 072023
IS20	Via Aurelio Robino	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS21	Corso Sempione	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS22	Via Lazzaro Spallanzani	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS23	Via Leone Da Perego	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS24	Via Alessandro Volta	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS25	Via Nazario Sauro	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS26	Via Fratelli Kennedy	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS27	Via Podgora	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS28	Via Abruzzi	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS29	Via Giordano Bruno	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	CAP - Documento semplificato
IS32	Via Cavallotti	ristrutturazione rete fognaria Via Cavallotti	CAP - Documento semplificato
IS33	Via Ratti	adeguamento / potenziamento Idraulico	CAP - Documento semplificato
IS34	Parcheggio Parco Castello - Piazza Mercato	disconnessione rete fognaria acque bianche dalla rete mista	PIM - 072023
IS35	Giardini di via Gorizia	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS36	Giardini di via Gorizia	Stombinatura fiume Olona	PIM - 072023
IS37	Via Sondrio	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS38	Via Bottini	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS39	Ospedale Nuovo	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS40	Ospedale Nuovo	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS41	Ex Tosi - Cimbero Monumentale	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS42	Giardino di Via Anna Frank	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS43	Viale Cadorna	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS44	Via Filzi	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS45	Via Don Milani	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS46	Via Sauro	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS47	Via Novara	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS48	Campo sportivo di via Bainsizza	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS49	Parco Castello	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS50	Parco Ex I.L.A.	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS51	Via Robino	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS52	Via Libia	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS53	Parco Castello	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS54	Via Venezia - via Menotti	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS55	Via Novara - Piattaforma ecologica	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS55	Scuola Toscanini	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS56	Via San Michele del Carso	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS57	Via Giuliani - via San Francesco D'Assisi	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS58	Via Berchet	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023
IS59	Corso Magenta	Interventi di disconnessione delle acque meteoriche dalla rete fognaria	PIM - 072023

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

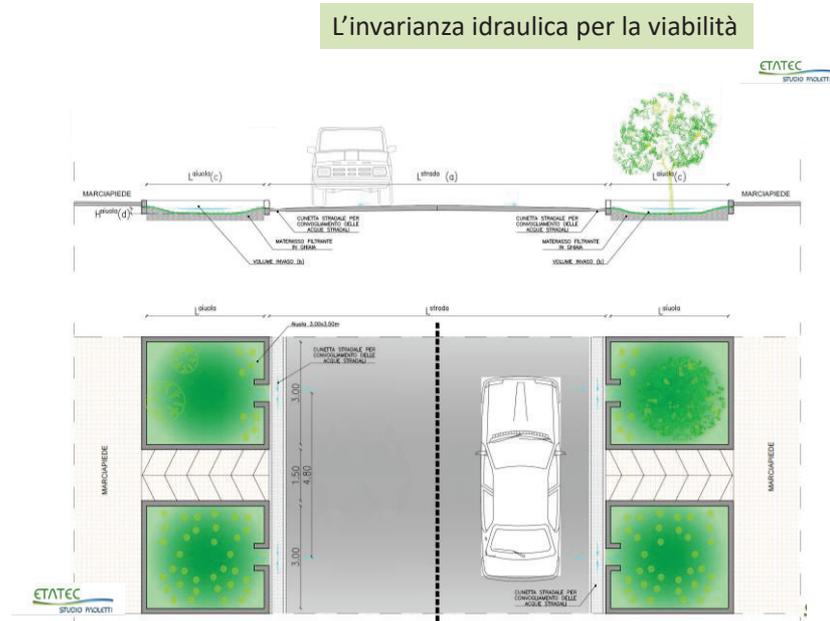


Figura 89 – Interventi d'invarianza idraulica per la viabilità: marciapiedi e fasce laterali

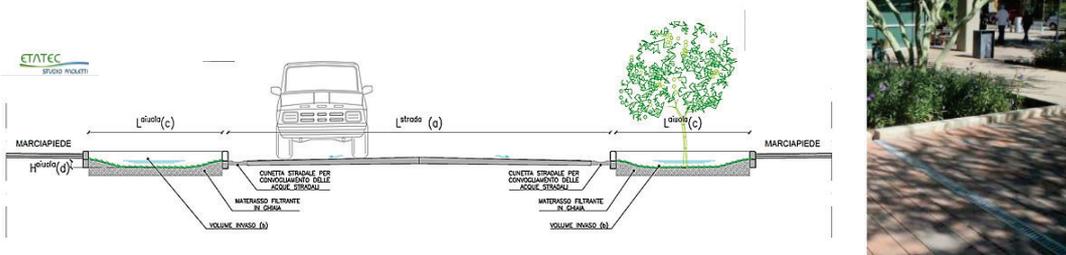
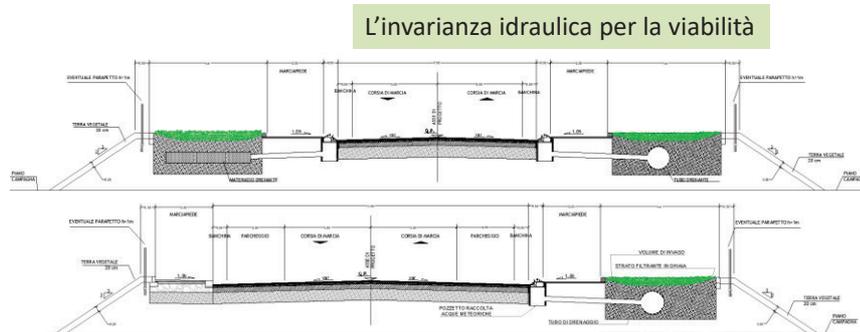




Figura 90 – Interventi d'invarianza idraulica in area urbana (ampi spazi da riqualificare)



Figura 91 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (1)

Manuali LID
Low Impact Development

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

lots: LID lots infiltrate stormwater through reduction or elimination of impervious surfaces and replacement of turf grass with productive landscapes.

streets: LID streets are green streets reducing and filtering runoff as it enters public space while enhancing the quality of place.

networks: LID networks contain treatment facilities connected to regionally scaled systems of stormwater management.



Figura 94 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (4)

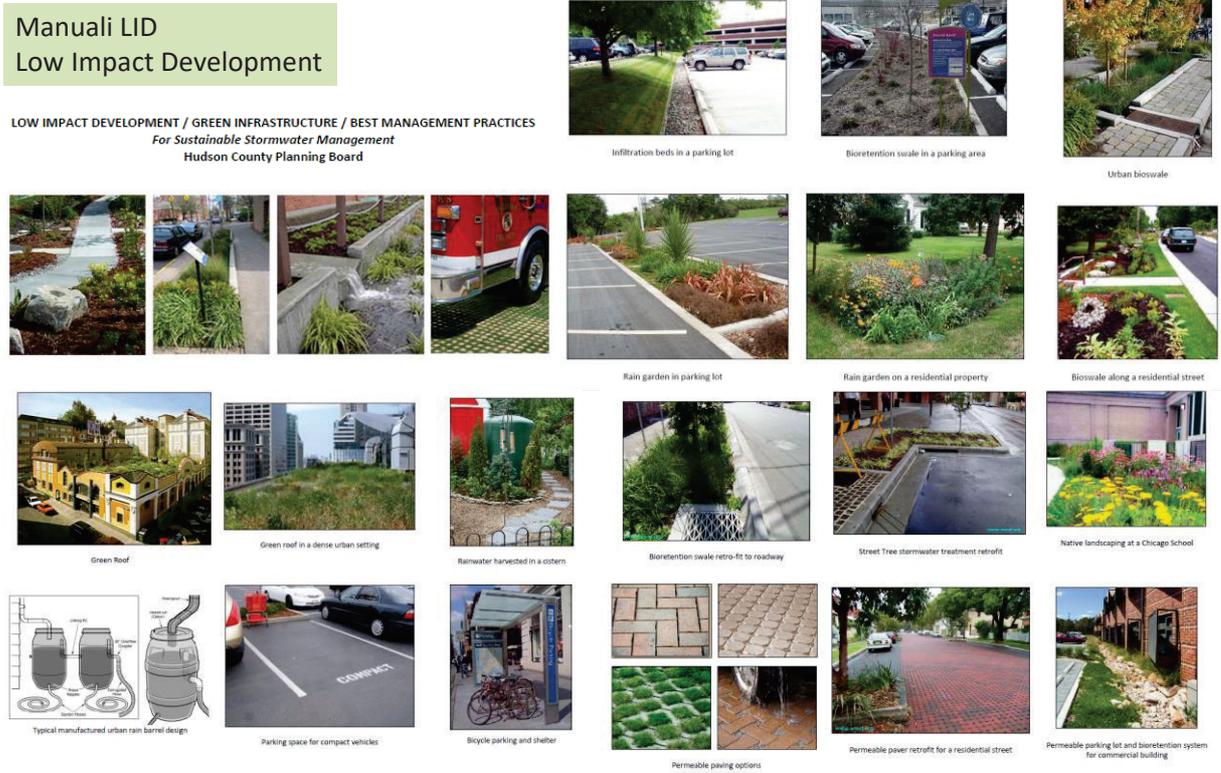


Figura 95 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali LID (5)

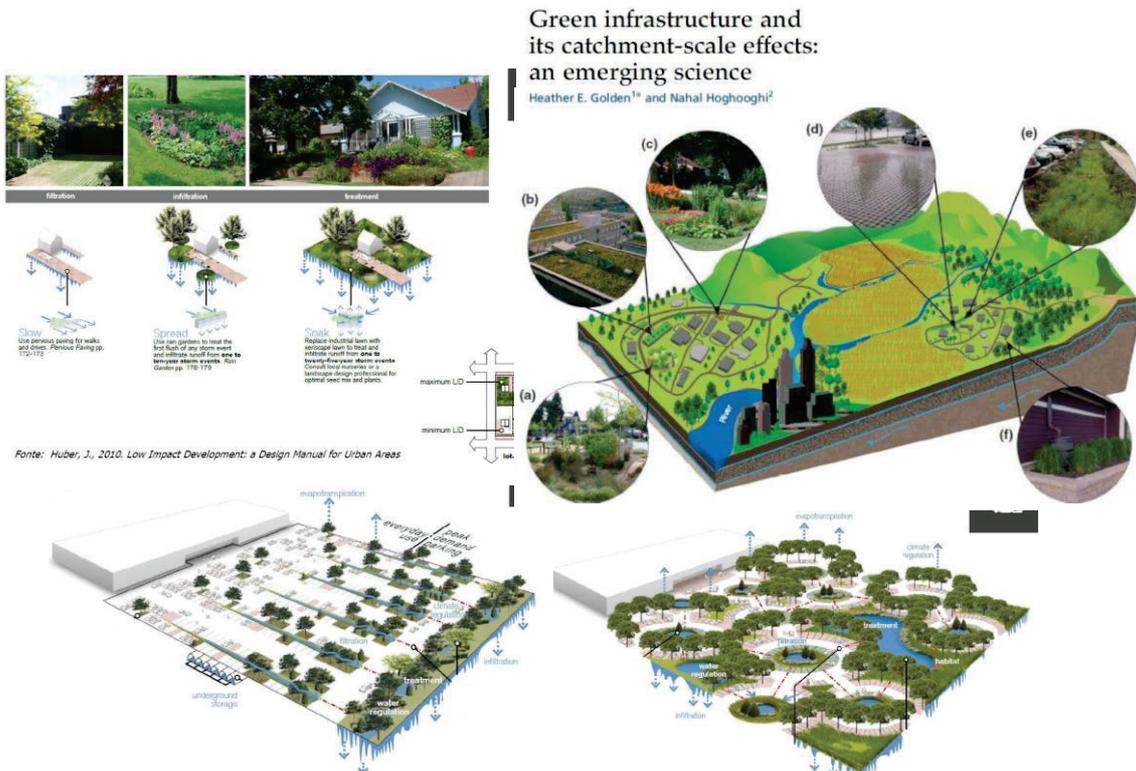


Figura 96 – Interventi d'invarianza idraulica, riferimenti ai manuali SUDS ITALIA (BOLOGNA)

Esempi Italia
Bologna SUDS



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 vegetati (Swales)
- Scheda T6: Aree di bio ritenzione vegetata (Bioretention areas)
- Scheda T7: Box alberati filtranti (Tree box filter)
- Scheda T8: Pavimentazioni permeabili (Pervious pavement)
- Scheda T9: Bacini di detenzione (Detention basins)
- Scheda T10: Stagni e zone umide/fitodepurazione (Ponds and Wetlands)



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)

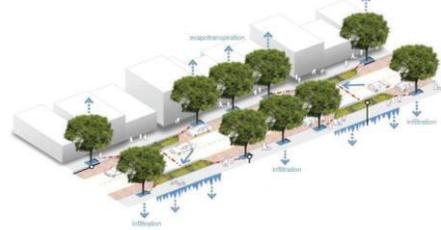


Figura 10. Esempio di strade convenzionali ripensate in ottica SuDS. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas (riadattato)



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

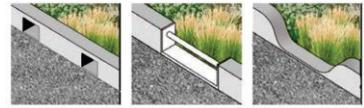


Figura 12. Esempi di aperture nei cordoli stradali per raccolta acque di pioggia stradali. Fonte: Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas

Il tecnico estensore del presente documento

Dott. Ing. Cristina G. Passoni



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

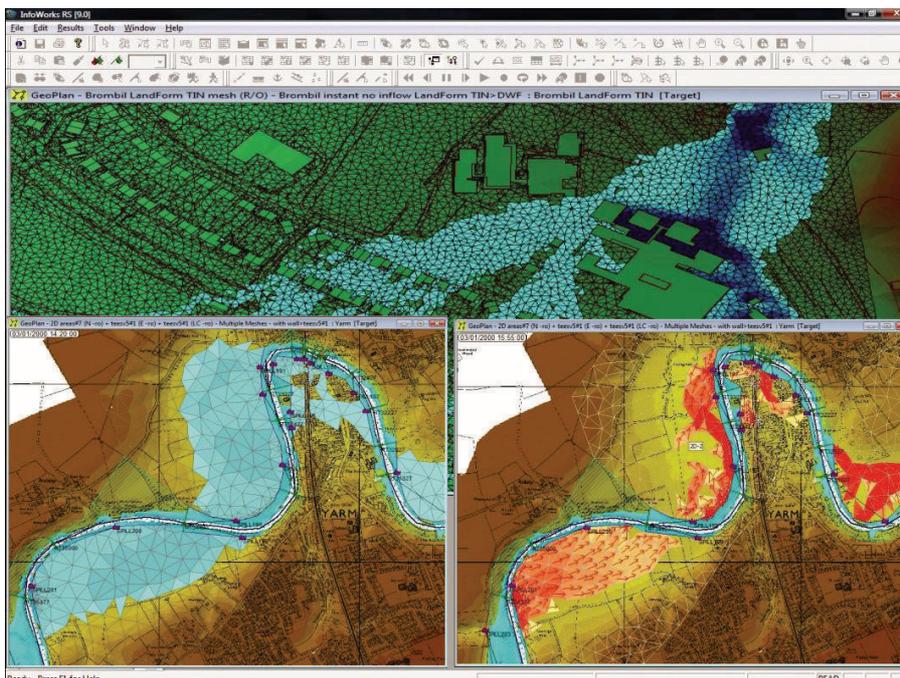
Il motore di calcolo bidimensionale consente il calcolo a moto vario utilizzando la metodologia dei volumi finiti.

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 97 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 97 – 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 stimati 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 98) che con viste longitudinali lungo le aste (Figura 99) sono disponibili per i risultati delle simulazioni.



Figura 98 – Rappresentazione planimetrica di simulazione idraulica di una rete

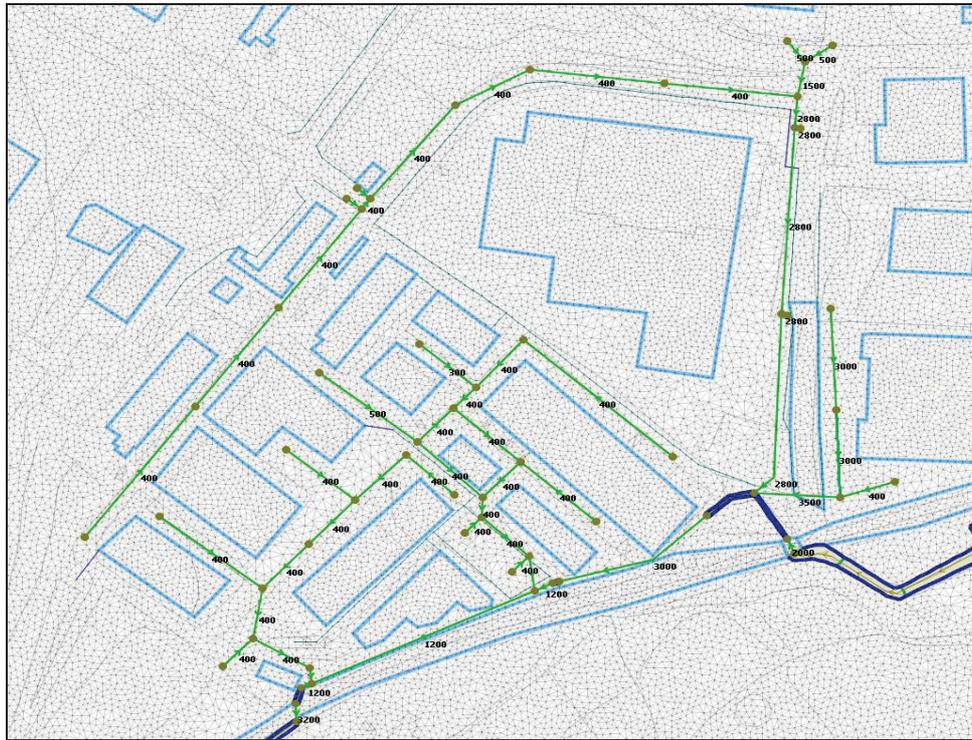
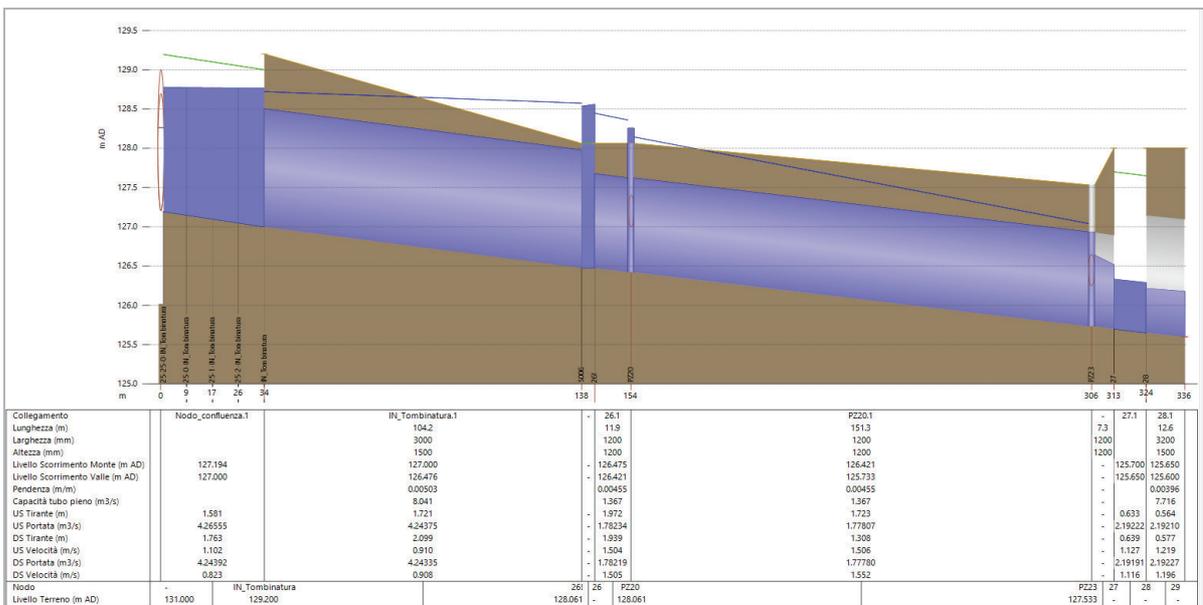


Figura 99 – Rappresentazione longitudinale di una dorsale con relativo grado di sovrappressione



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 cdi accumulo e anche trasferimento.

Figura 100 – Esempio di rappresentazione planimetrica degli allagamenti in un modello combinato 2D-1D sollecitato da eventi meteorici intensi

