



COMUNE DI GERMIGNAGA (VA)



COMUNE DI LUINO (VA)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

REALIZZAZIONE DEL NUOVO ARGINE
DEL TORRENTE MARGORABBIA

LUGLIO 2025

	NOME	FIRMA	DATA
REDAZIONE	S. Croci		
VERIFICA	S. Croci		
APPROVAZIONE	S. Croci		

ETATEC
STUDIO PAOLETTI



apave
Certification
ISO 9001

ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l. - SOCIETA' DI INGEGNERIA

Via Bassini, 23 - 20133 MILANO (IT) - Tel.+39 02 26681264
etatec@etatec.it - etatec@pec.etatec.it - www.etatec.it

UN DIRETTORE TECNICO :

Dott. Ing. STEFANO CROCI

IL PROGETTISTA INCARICATO :

Dott. Ing. STEFANO CROCI

HANNO COLLABORATO:



TITOLO

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Revisioni	N°	Descrizione	Data
	1		
	2		
	3		

Numero elaborato

TIPOLOGIA

PFTE

COMMESSA

751-01

DOCUMENTO

ATTI

NUMERO

A.02

SCALA

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. CARATTERISTICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE DEL T. MARGORABBIA	3
2.1 ANALISI IDROLOGICHE	3
2.1.1 Definizione dei sottobacini del fiume Margorabbia	3
2.1.2 Analisi delle precipitazioni intense.....	5
2.1.3 Ietogrammi di progetto	8
2.1.4 Valutazione delle perdite idrologiche e calcolo delle piogge nette	10
2.2 ANALISI IDRAULICHE STATO DI FATTO	22
2.2.1 Modellazione idraulica	22
2.2.2 Risultati analisi idrauliche	26
3. INTERVENTI IDRAULICI	34

1. PREMESSA

La presente relazione illustra le caratteristiche idrologico-idrauliche del tratto di asta fluviale interessato dalle opere del presente progetto, denominato “*realizzazione del nuovo argine del torrente Margorabbia*”. In particolare, l’intervento in progetto fa riferimento all’assetto di progetto definito nello “*Studio idrogeologico, idraulico e ambientale a scala di sottobacino idrografico del Fiume Margorabbia finalizzato all’aggiornamento del Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) del Piano Stralcio per l’assetto idrogeologico del Fiume Po (PAI) nonché all’individuazione delle interferenze e occupazioni di Polizia Idraulica*” del novembre 2023 della Comunità Montana Valli del Verbano.

In particolare, l’intervento in progetto è relativo alle opere previste nelle schede degli interventi prioritari denominate “*MA-14 – “Nuova opera di difesa per il contenimento dei livelli di piena (muro in c.a.)”*” e “*MA-15 - Adeguamento opera di difesa esistente (argine in terra)”*”

Gli interventi di cui sopra ricadono in parte sul territorio di Germignaga e in parte sul territorio di Luino, come indicato nella figura sottostante.

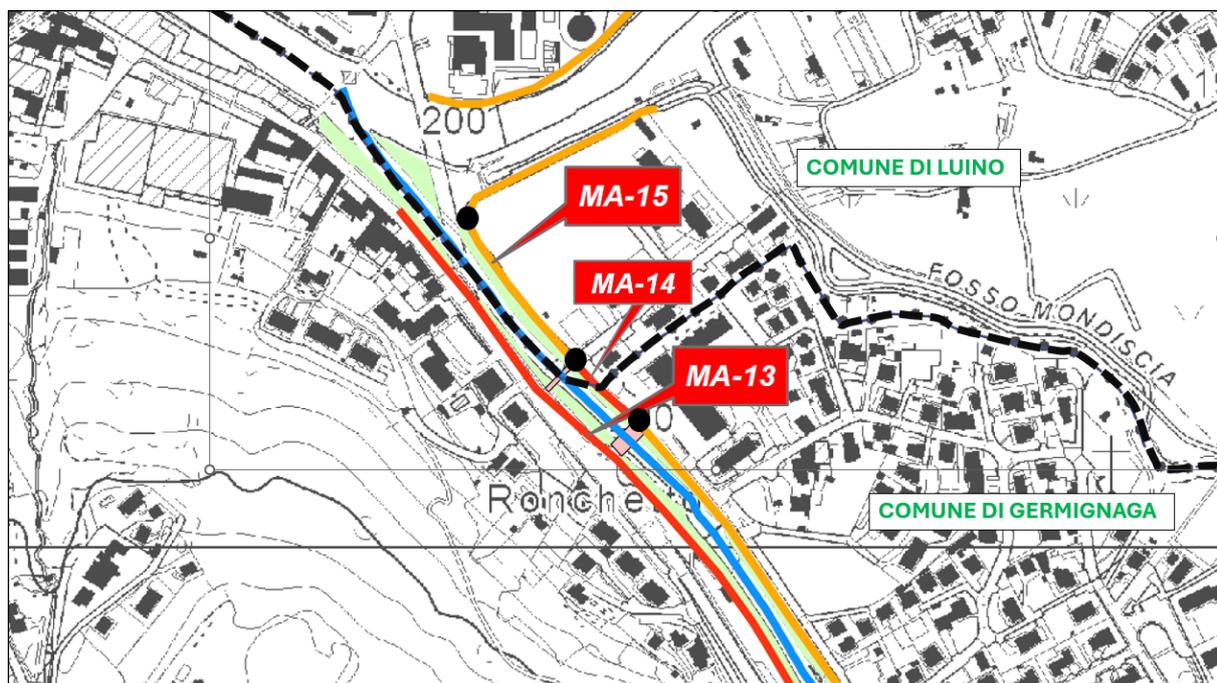


Figura 1 – Planimetria dell’assetto di progetto dello “Studio idrogeologico, idraulico e ambientale a scala di sottobacino idrografico del Fiume Margorabbia finalizzato all’aggiornamento del Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) del Piano Stralcio per l’assetto idrogeologico del Fiume Po (PAI) nonché all’individuazione delle interferenze e occupazioni di Polizia Idraulica” con indicati gli interventi previsti

Nell'ambito del sopra citato studio sono state effettuate le analisi idrologico-idrauliche dell'intero bacino idrografico del T. Margorabbia, mediante l'implementazione di un modello idrologico-idraulico bidimensionale. Nel successivo capitolo vengono sintetizzati gli esiti di tale studio, a cui si rimanda per maggiori dettagli e approfondimenti.

2. CARATTERISTICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE DEL T. MARGORABBIA

2.1 ANALISI IDROLOGICHE

2.1.1 Definizione dei sottobacini del fiume Margorabbia

Il bacino idrografico del Fiume Margorabbia ha una superficie di 93,3 Km² compresi tra una quota massima di 1 125 m s.l.m., coincidente con la vetta del monte Piambello e la Punta di Mezzo del Monte Campo dei Fiori ed una minima di 194 m s.l.m. coincidente con l'immissione nel Fiume Tresa.

Il reticolo principale ha uno sviluppo di circa 47 km ed è suddiviso in 8 corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale: fiume Margorabbia (19,3 km); torrente Rancina (7,8 km) ; torrente Gesone (5,1 km); rio Boesio (4 km); rio Brivola e Lago di Brinzio (3,35 km); torrente Valmartina (3 km); torrente Grantorella (2,5 km); torrente Valle Prada (2 km). Esistono poi tutta una serie di torrenti secondari, appartenenti al Reticolo Idrico Minore, i più caratterizzati da un regime di tipo torrentizio.

Nella successiva Figura 2 è riportato il bacino idrografico del Margorabbia sul DTM a maglia 5x5 m, con indicati i sottobacini in cui è stato suddiviso nell'ambito dello studio idrologico-idraulico e in base ai quali è stata effettuata l'analisi idrologica per la determinazione degli idrogrammi di piena per diversi valori del tempo di ritorno: 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

Il tratto oggetto del presente progetto, evidenziato dal cerchio giallo nella successiva figura, è posto praticamente al termine del T. Margorabbia, poco a monte della confluenza nel F. Tresa.

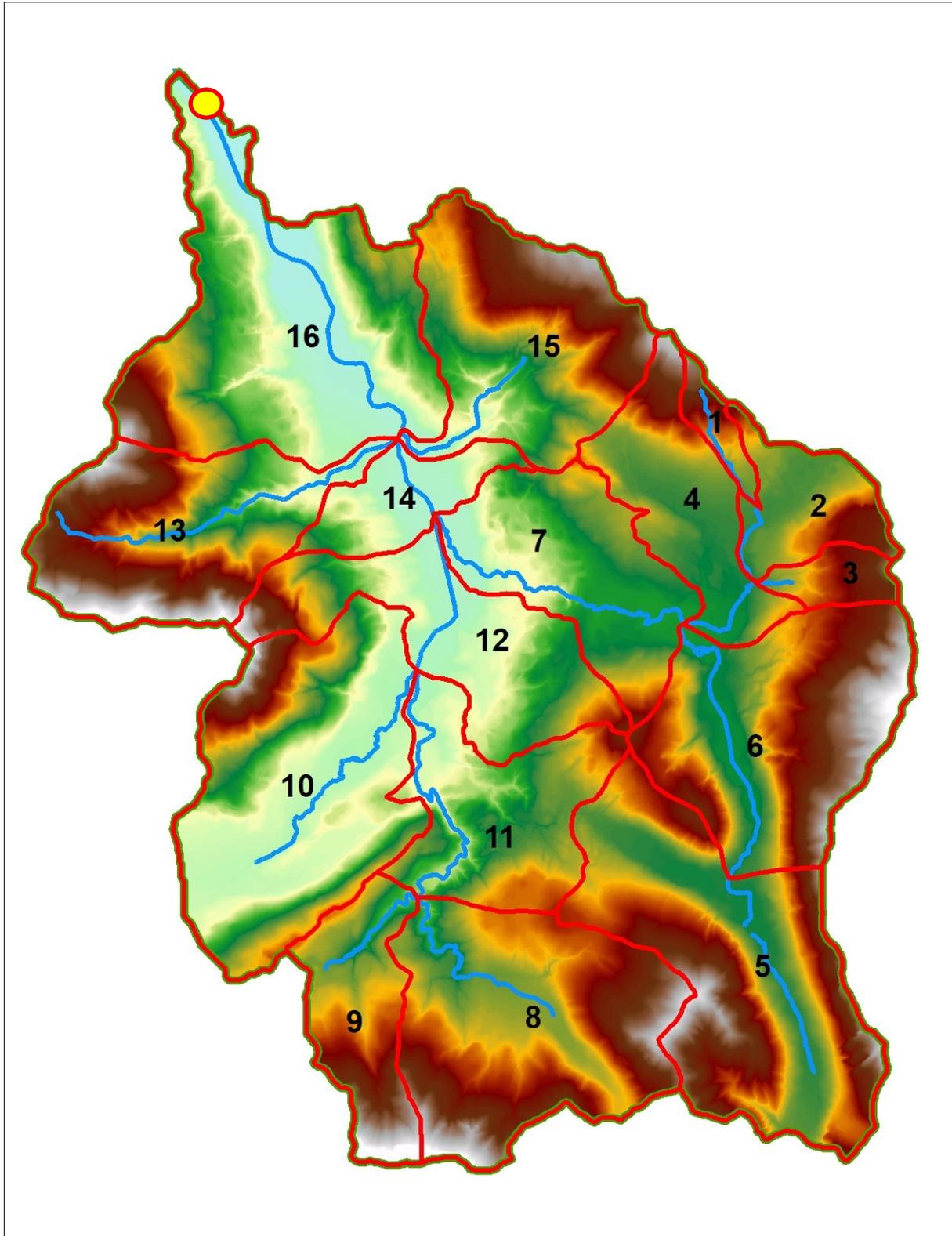


Figura 2: bacino idrografico del fiume Margorabbia, con la suddivisione dei sottobacini considerati nel presente studio e indicazione della posizione del tratto oggetto del presente progetto

Di seguito si riporta una tabella con indicati i nomi e le superfici dei 16 sottobacini in cui è stato suddiviso l'intero bacino idrografico del F. Margorabbia.

Tabella 1 - sottobacini del F. Margorabbia

Sottobacino	Area [kmq]	Descrizione
1	0.69	Valmartina a monte tratto tombinato
2	2.45	Valmartina a monte confluenza Valle Prada
3	0.97	Valle Prada a monte confluenza Valmartina
4	4.15	Valle Prada a monte confluenza Margorabbia
5	10.26	Margorabbia fino allo sbocco del lago di Ganna
6	8.15	Margorabbia a monte confluenza Valle Prada
7	5.52	Margorabbia a monte confluenza Rancina
8	9.11	Brivola
9	3.61	Rancina a monte confluenza Brivola
10	10.09	Boesio
11	5.29	Rancina a monte confluenza Boesio
12	5.87	Rancina a monte confluenza Margorabbia
13	6.83	Gesone
14	2.21	Margorabbia a monte confluenza Gesone Grantorella
15	7.07	Grantorella
16	11.05	Margorabbia a monte confluenza fiume Tresa
Totale	93.32	

2.1.2 Analisi delle precipitazioni intense

L'analisi della precipitazione intensa permette la definizione della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica, strumento che come ben noto caratterizza la frequenza delle portate calcolate con metodologia indiretta.

La curva di possibilità pluviometrica è espressa nella forma $h_T(D) = a_1 w_T D^n$, in cui D rappresenta la durata dell'evento meteorico, T il tempo di ritorno, mentre a_1 (coefficiente pluviometrico orario), w_T (quantili normalizzati per i diversi tempi di ritorno espressi in anni) e n (esponente di scala) sono i parametri delle curve che variano spazialmente.

I valori dei diversi parametri sono estrapolabili dal sito internet dell'ARPA (http://idro.arpalombardia.it/pmapper-3.2/wg_serv_idro.phtml) dove sono presenti delle mappe in formato raster di tutta la regione (cfr. Figura 3).

I parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica sono stati ricavati per ciascuno

dei sottobacini con cui è stato suddiviso il bacino idrografico del fiume Margorabbia, attraverso l'intersezione tra le mappe dei diversi parametri e il limite di ciascun sottobacino e determinando poi il valore di ogni singolo parametro come media dei valori dei raster relativi a ciascun sottobacino.

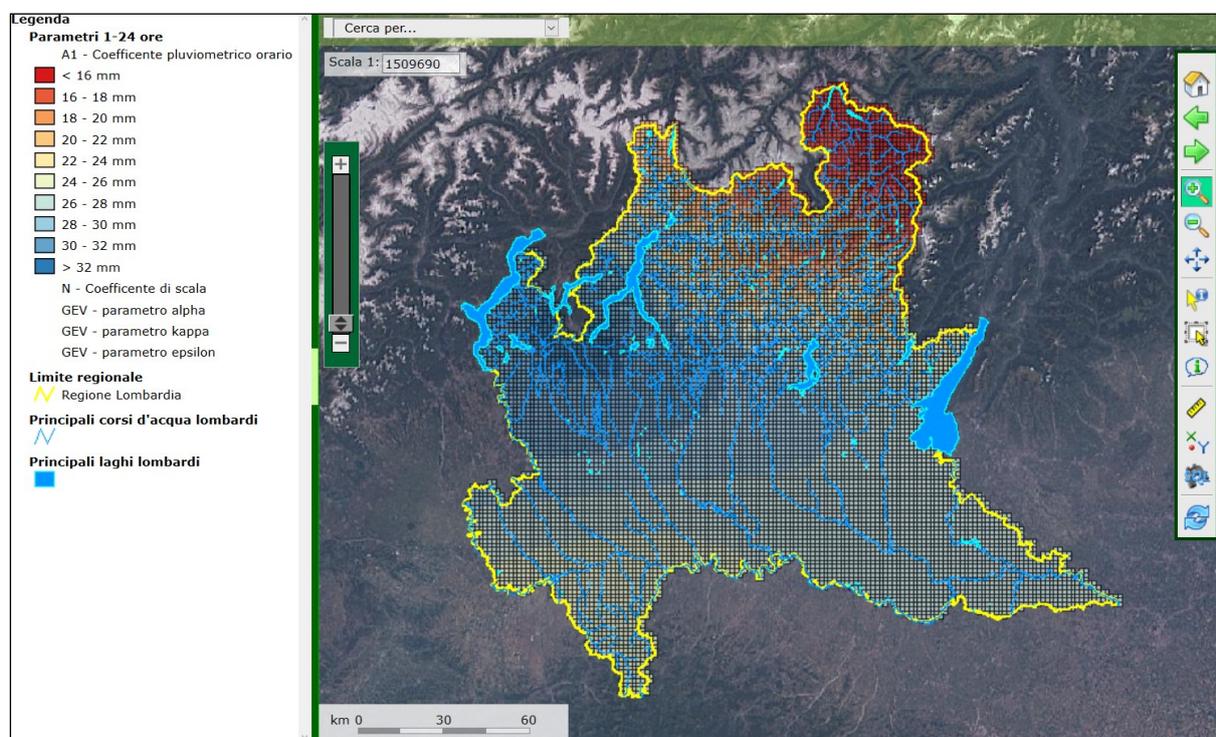


Figura 3 – Distribuzione spaziale del parametro a1 delle LSP redatta da ARPA Lombardia

Di seguito si riportano i parametri delle curve di possibilità pluviometrica di ciascun sottobacino e dell'intero bacino, ricavati dalle mappe di ARPA. Nelle tabelle sono riportati anche i valori di altezza di precipitazione $h_T(D)$, per i diversi valori del tempo di ritorno considerato nel presente studio, relativi ad una durata dell'evento pluviometrico di riferimento pari a 12 ore. Dall'analisi dei risultati ottenuti e riportati nelle successive tabelle si evince che i parametri delle curve di possibilità pluviometrica, in particolare n e a_T e il corrispondente valore di $h_T(D)$ dei singoli sottobacini sono praticamente uguali tra loro e uguali ai medesimi valori calcolati con riferimento all'intero bacino del F. Margorabbia. Per tale motivo le successive analisi idrologiche sono state svolte applicando il medesimo ietogramma a tutti i sottobacini.

Tabella 2 – Parametri delle LSPP dei sottobacini del fiume Margorabbia (sottobacini da 1 a 8)

SOTTOBACINO	Tempo di ritorno	tot	1	2	3	4	5	6	7	8
Superficie		93.32	0.69	2.45	0.97	4.15	10.26	8.15	5.52	9.11
A1 - Coefficiente pluviometrico orario		31.85	31.95	31.92	31.93	31.93	31.99	31.97	31.87	31.92
N - Coefficiente di scala		0.37	0.368	0.367	0.368	0.367	0.367	0.367	0.367	0.369
GEV - parametro alpha		0.2800	0.2807	0.2811	0.2813	0.2803	0.2816	0.2809	0.2787	0.2805
GEV - parametro kappa		-0.0106	-0.0098	-0.0091	-0.0098	-0.0115	-0.0081	-0.0090	-0.0134	-0.0093
GEV - parametro epsilon		0.8353	0.8353	0.8352	0.8349	0.8350	0.8352	0.8354	0.8353	0.8354
$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$	10	1.473	1.474	1.474	1.475	1.474	1.475	1.474	1.472	1.473
	20	1.680	1.681	1.682	1.683	1.682	1.682	1.681	1.680	1.680
	50	1.951	1.952	1.952	1.954	1.953	1.951	1.951	1.952	1.950
	100	2.155	2.156	2.156	2.159	2.159	2.155	2.154	2.158	2.154
	200	2.361	2.361	2.360	2.364	2.365	2.359	2.359	2.365	2.358
	500	2.634	2.633	2.632	2.637	2.640	2.629	2.630	2.641	2.630
$a_T = a_1 w_T$	10	46.9	47.1	47.1	47.1	47.1	47.2	47.1	46.9	47.0
	20	53.5	53.7	53.7	53.7	53.7	53.8	53.7	53.5	53.6
	50	62.1	62.3	62.3	62.4	62.4	62.4	62.4	62.2	62.3
	100	68.6	68.9	68.8	68.9	68.9	68.9	68.9	68.8	68.8
	200	75.2	75.4	75.4	75.5	75.5	75.5	75.4	75.4	75.3
	500	83.9	84.1	84.0	84.2	84.3	84.1	84.1	84.2	84.0
$h_T(D) = a_1 w_T D^n$	10	117.7	117.4	117.3	117.4	117.3	117.4	117.2	116.9	117.7
	20	134.2	133.9	133.8	134.0	133.8	133.9	133.7	133.4	134.2
	50	155.8	155.5	155.3	155.6	155.5	155.4	155.1	155.0	155.8
	100	172.2	171.7	171.5	171.9	171.8	171.6	171.3	171.3	172.1
	200	188.6	188.0	187.8	188.2	188.2	187.8	187.6	187.8	188.4
	500	210.4	209.8	209.4	210.0	210.1	209.4	209.2	209.7	210.1

SOTTOBACINO	Tempo di ritorno	tot	9	10	11	12	13	14	15	16
Superficie		93.32	3.61	10.09	5.29	5.87	6.83	2.21	7.07	11.05
A1 - Coefficiente pluviometrico orario		31.85	31.87	31.87	31.94	31.82	31.62	31.81	31.81	31.74
N - Coefficiente di scala		0.37	0.372	0.369	0.366	0.371	0.382	0.371	0.371	0.374
GEV - parametro alpha		0.2800	0.2810	0.2783	0.2782	0.2796	0.2837	0.2789	0.2792	0.2795
GEV - parametro kappa		-0.0106	-0.0092	-0.0138	-0.0143	-0.0125	-0.0042	-0.0121	-0.0104	-0.0126
GEV - parametro epsilon		0.8353	0.8352	0.8354	0.8354	0.8351	0.8351	0.8356	0.8359	0.8351
$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$	10	1.473	1.474	1.472	1.472	1.473	1.477	1.472	1.472	1.473
	20	1.680	1.681	1.679	1.679	1.681	1.683	1.679	1.678	1.681
	50	1.951	1.951	1.951	1.952	1.953	1.951	1.950	1.948	1.953
	100	2.155	2.155	2.157	2.158	2.159	2.153	2.155	2.152	2.159
	200	2.361	2.360	2.365	2.366	2.366	2.354	2.361	2.356	2.366
	500	2.634	2.632	2.641	2.643	2.642	2.621	2.636	2.628	2.642
$a_T = a_1 w_T$	10	46.9	47.0	46.9	47.0	46.9	46.7	46.8	46.8	46.8
	20	53.5	53.6	53.5	53.6	53.5	53.2	53.4	53.4	53.4
	50	62.1	62.2	62.2	62.3	62.2	61.7	62.0	62.0	62.0
	100	68.6	68.7	68.7	68.9	68.7	68.1	68.6	68.4	68.5
	200	75.2	75.2	75.4	75.6	75.3	74.4	75.1	74.9	75.1
	500	83.9	83.9	84.2	84.4	84.1	82.9	83.8	83.6	83.9
$h_T(D) = a_1 w_T D^n$	10	117.7	118.5	117.2	116.7	117.8	120.7	117.8	117.6	118.5
	20	134.2	135.1	133.8	133.1	134.4	137.6	134.4	134.1	135.2
	50	155.8	156.8	155.4	154.7	156.2	159.5	156.1	155.7	157.1
	100	172.2	173.2	171.9	171.1	172.6	176.0	172.5	172.0	173.7
	200	188.6	189.7	188.4	187.6	189.2	192.5	189.0	188.3	190.3
	500	210.4	211.5	210.4	209.5	211.2	214.3	210.9	210.0	212.5

2.1.3 Ietogrammi di progetto

Tra i diversi tipi di piogge sintetiche utilizzate nelle analisi idrologico-idrauliche, nel presente studio è stato utilizzato lo ietogramma Chicago, le cui caratteristiche principali sono: andamento temporale non costante dell'intensità di precipitazione, caratterizzato in particolare dalla presenza di un picco d'intensità posto all'interno della durata complessiva dell'evento e che separa due rami rispettivamente crescente, prima del picco, e decrescente, dopo il picco, aventi andamento esponenziale; congruità tra le intensità medie dello ietogramma e quelle definite dalla curva di possibilità pluviometrica per qualsiasi durata parziale attorno al picco minore o uguale a quella dello ietogramma complessivo.

Lo ietogramma Chicago presenta molteplici vantaggi largamente messi in luce dagli studi specializzati di settore.

Anzi tutto è da sottolineare come tale ietogramma conduca a riprodurre onde di piena poco sensibili rispetto alla durata totale dell'evento meteorico, poiché un aumento di essa ha effetto solo sul prolungamento delle code iniziale e finale dello ietogramma ove l'intensità è minore.

Inoltre uno stesso ietogramma Chicago, proprio perché è congruente con la curva di possibilità pluviometrica per ogni durata parziale attorno al picco, risulta contenere le piogge critiche di ogni sottobacino del bacino complessivo, purché la durata totale dello ietogramma sia maggiore del tempo di risposta del bacino complessivo. Esso quindi evita la ricerca dell'evento critico specifico di ogni sottobacino, ricerca che, anche se priva di difficoltà concettuali, diviene pesante quando un bacino sia suddiviso in molti sottobacini ed occorra ogni volta procedere a molteplici simulazioni riferite a differenti tempi di ritorno e a differenti scenari di intervento.

È poi da tenere presente che la presenza del picco dello ietogramma Chicago consente di evitare gli errori di sottostima delle portate al colmo conseguenti, soprattutto nei bacini di piccole e medie dimensioni, all'adozione dello ietogramma costante, assai diffuso nelle elaborazioni idrologiche anche perché particolarmente semplice e ben maneggiabile nei modelli matematici. Si deve peraltro ricordare che lo ietogramma Chicago, poiché rispetta la curva di possibilità pluviometrica per ogni durata parziale, è caratterizzato da un tempo di ritorno maggiore di quello nominale, con conseguente sovrastima dell'onda di piena. È noto che tale aspetto può assumere rilevanza soprattutto quando si scelga una durata eccessivamente maggiore del tempo di risposta del bacino e quando sia di interesse la simulazione di fenomeni di invaso influenzati più dal volume che dal picco dell'idrogramma di piena. Peraltro l'eventuale sovrastima è da considerarsi positivamente nel campo della pianificazione in cui le valutazioni devono essere a

carattere prudentiale, tenendo conto delle inevitabili approssimazioni di tutte le elaborazioni idrologiche.

Per il calcolo dello ietogramma Chicago si è utilizzato il software URBIS che richiede come dati in ingresso: i parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica, la durata della pioggia, il parametro r che definisce la posizione del picco all'interno della durata complessiva. La durata dello ietogramma è stata assunta pari a 12 ore e il parametro r è stato assunto pari a 0,4. La costruzione dello ietogramma Chicago è stata eseguita numericamente, ad intervalli di 15 minuti, attraverso la sua espressione:

$$i(t) = n a(T) (t_b/r)^{n-1} \quad \text{prima del picco}$$

$$i(t) = n a(T) (t_a/(1-r))^{n-1} \quad \text{dopo il picco}$$

dove $i(t)$ è l'intensità all'istante t ; $a(T)$ e n i parametri della curva di possibilità climatica; t_a e t_b i tempi contati rispettivamente dal picco verso la fine dell'evento e dal picco verso l'inizio dello stesso; r è la posizione del picco lungo l'asse dei tempi, rapporto tra il tempo di picco e la durata totale dell'evento. Poiché il modello afflussi – deflussi vengono utilizzati per la simulazione distribuita di interi bacini di vasta estensione, è necessario individuare i coefficienti correttivi di ragguaglio delle precipitazioni all'area. Precisamente ogni ietogramma Chicago, individuato come sopra detto per ogni sottobacino, deve essere moltiplicato per il coefficiente di ragguaglio riferito al bacino complessivo, allo scopo di tener conto sia pure in modo sintetico della disuniformità della distribuzione spaziale delle piogge legata al movimento delle celle temporalesche. In proposito è opportuno sottolineare come tale disuniformità sia sempre molto pronunciata negli eventi reali, tanto che è usuale l'osservazione di parti di bacino fortemente investite da forti meteore mentre altre parti del bacino non lo sono, o lo sono state in precedenza. Nel caso in oggetto il ragguaglio all'area è stato effettuato utilizzando la procedura Wallingford, presente all'interno del codice di calcolo URBIS, considerando la superficie totale del bacino del fiume Margorabbia, pari a circa 93 kmq.

In Figura 4 è riportata la rappresentazione grafica degli ietogrammi Chicago per i diversi valori del tempo di ritorno, considerando una durata complessiva pari a 12 ore e una posizione del picco con $r = 0.4$.

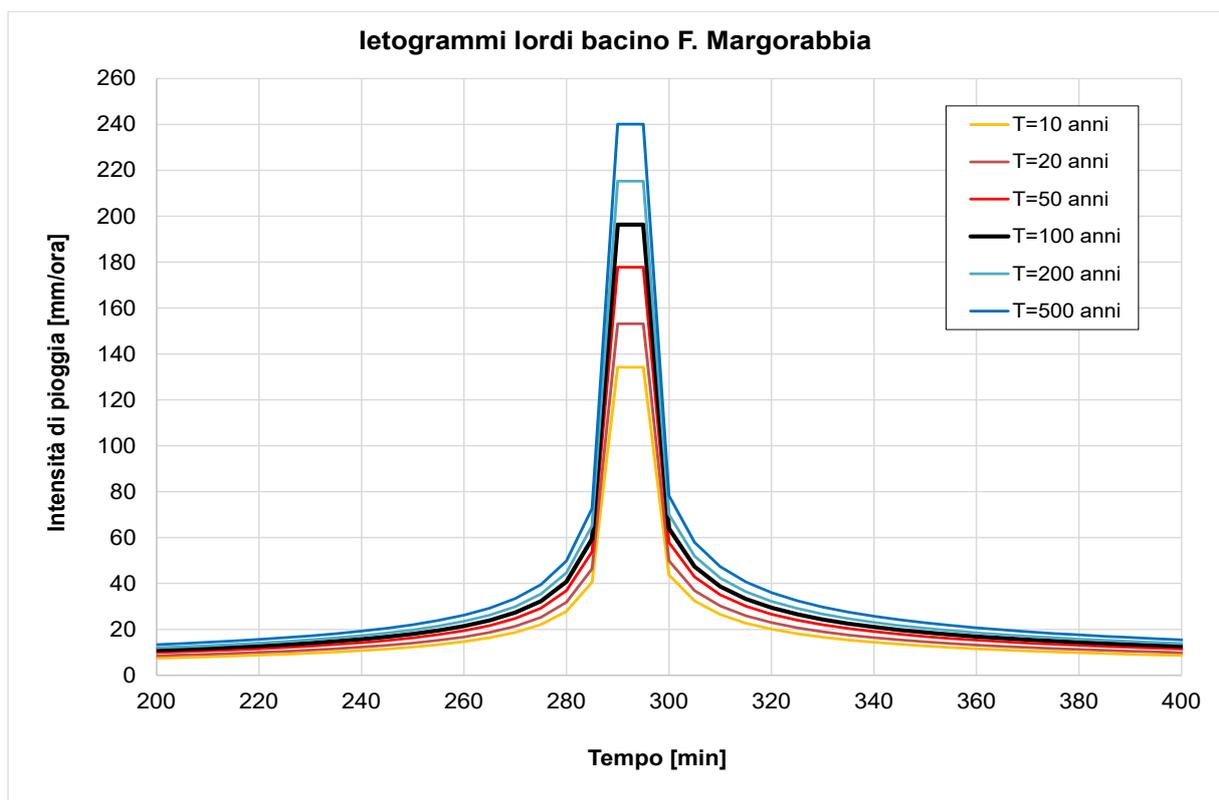
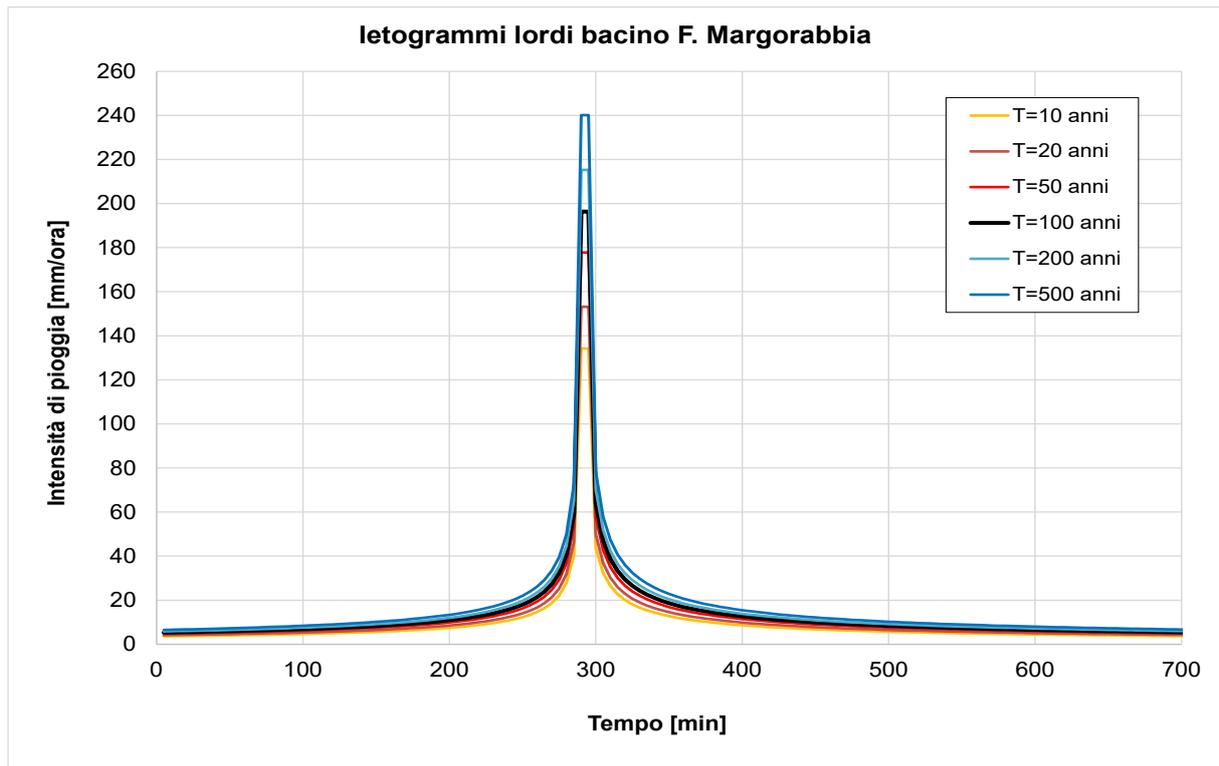


Figura 4 – Ietogrammi Chicago per il bacino del F. Margorabbia

2.1.4 Valutazione delle perdite idrologiche e calcolo delle piogge nette

Le perdite idrologiche per infiltrazione sotterranea sono state definite nel presente studio attraverso il metodo proposto dal Soil Conservation Service (SCS-CN), che calcola un andamento delle perdite caratterizzato da valori massimi all'inizio dell'evento e poi progressivamente decrescenti, assumendo un valore per il numero di curva CN variabile per i diversi sottobacini in funzione dell'uso del suolo e della tipologia dei terreni.

Il parametro CN è stato valutato sulla base delle informazioni reperite con riferimento alle destinazioni di uso del suolo e della permeabilità dei suoli stessi.

In particolare, per ciascuna tipologia di uso del suolo, ricavata dal DUSAF della Regione Lombardia (rev. 7), è stato attribuito inizialmente un determinato valore di CN-II, associato a condizioni medie di imbibizione del suolo (cfr. Tabella 3).

Come tipologia idrologica di suolo sono stati considerati le quattro classi riportate in Tabella 4.

Tabella 3 – Definizione dello stato di imbibizione del terreno

Classe AMC	Pioggia totale nei 5 giorni antecedenti l'evento	
	Stagione di riposo vegetativo	Stagione di crescita
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13 ÷ 28 mm	36 ÷ 53 mm
III	> 28 mm	> 53 mm

Tabella 4 – Gruppi idrologici del suolo

A	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso e alti tassi di infiltrazione, anche quando sono completamente umidi. Comprende sabbie profonde, sabbia-franca e materiale franco-sabbioso, con scarsissima presenza di limo e argilla e ghiaie profonde. Risultano molto permeabili, con tasso di trasmissione maggiore di 7,6 mm/h. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
B	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso e modesto tasso di infiltrazione quando sono completamente umidi. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi abbastanza profondi e drenati (meno profondi, rispetto al gruppo A), con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana. Hanno un tasso di infiltrazione compreso tra 3,8 e 7,6 mm/h. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
C	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta e bassi tassi di infiltrazione quando sono completamente umidi. Sono principalmente composti da terreni con strati che impediscono il movimento di percolazione dell'acqua. Suoli franchi argillo-sabbiosi, contenenti considerevoli qualità di argilla e colloidali, con tessitura abbastanza fine. Tasso di trasmissione compreso tra 1,3 e 3,8 mm/h. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto elevata e percentuale di infiltrazione molto bassa quando sono completamente umidi. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Suoli argillosi, argillo-sabbiosi, argillosi sabbiosi e argillosi limosi, con la presenza di falda in prossimità della superficie. Questi suoli presentano un tasso di trasmissione molto basso (0 - 1,3 mm/h). Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

Nella successiva Tabella 6 sono riportati i valori del parametro CN-II in funzione del tipo di uso del suolo e del tipo di gruppo idrologico di appartenenza, ricavati dal lavoro svolto dal Prof. R. Rosso nell'ambito del lavoro "SHAKEUP-2: caratterizzazione idrologica del regime di

piena in Lombardia: bacini tributari del lago di Como: mappatura dell'indice di assorbimento e del massimo volume specifico di ritenzione potenziale del terreno” per conto di ARPA Lombardia (2004).

Tabella 5 – Valori del parametro CN-II in funzione della tipologia di uso del suolo e della tipologia di gruppo idrologico del suolo

1. SEMINATIVI

USO DEL SUOLO	Gruppi Idrologici del suolo			
	A	B	C	D
S1- Seminativo semplice	67	75	83	87
S2- Seminativo arborato	69	79	85	89
S6- Orti familiari non in ambito urbano	69	79	85	89
S7- Risaie	65	72	83	87

2. LEGNOSE AGRARIE

USO DEL SUOLO	Gruppi Idrologici del suolo			
	A	B	C	D
L1- Frutteti e frutti minori	65	75	82	86
L1v- Frutteti con vigneti	66	76	82	86
L2- Vigneti	67	77	83	87
L2f- Vigneti misti a frutteti	66	76	82	86
L3- Oliveti	65	75	82	86
L5- Castagneti da frutto	67	78	85	89
L7- Pioppeti	67	78	85	89
L8- Arboricoltura da legno	67	78	85	89

3. PRATI

USO DEL SUOLO	Gruppi Idrologici del suolo			
	A	B	C	D
P2- Prati permanenti di pianura	54	74	81	85
P2s- Prati permanenti di pianura con coltivazioni foraggere, associati a seminativi	59	75	83	87
P2sa- Prati permanenti con la presenza diffusa di filari arborei	69	81	86	89
P4- Prati e pascoli	49	71	86	89

4. BOSCHI

USO DEL SUOLO	Gruppi Idrologici del suolo			
	A	B	C	D
B1- Boschi di latifoglie	42	65	76	80
B4- Boschi di conifere	42	65	76	80
B5- Boschi misti di conifere e di latifoglie	42	65	76	80
B7- Rimboschimenti recenti	42	65	76	80

5. VEGETAZIONE NATURALE

USO DEL SUOLO	Gruppi Idrologici del suolo			
	A	B	C	D
N1- Vegetazione palustre e delle torbiere	98	98	98	98
N3- Vegetazione rupestre e dei detriti	68	79	86	89
N5- Vegetazione dei greti e delle zone spondali, spesso inondate	98	98	98	98
N8- Vegetazione arbustiva e cespuglieti	46	67	77	84
N8b- Vegetazione in evoluzione verso forme forestali	46	67	77	84

6. AREE STERILI

USO DEL SUOLO	Gruppi Idrologici del suolo			
	A	B	C	D
R1- Accumuli detritici ed affioramenti litoidi privi di vegetazione	72	82	87	90
R2- Aree estrattive	72	82	87	90
R3- Discariche	72	82	87	90
R4- Ambiti degradati soggetti ad usi diversi	72	82	87	90
R5- Aree sabbiose, ghiaiose e spiagge	25	55	70	77

7. AREE IDRICHE

USO DEL SUOLO	Gruppi Idrologici del suolo			
	A	B	C	D
A1- Ghiacciai e nevai	36	60	73	79
A2- Laghi, bacini e specchi d'acqua	100	100	100	100
A3- Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali	100	100	100	100

8. AREE URBANIZZATE

USO DEL SUOLO Classe U		Gruppi Idrologici del suolo			
		A	B	C	D
111-	Tessuto urbano continuo	89	92	94	95
1121-	Tessuto residenziale discontinuo	77	85	90	92
1122-	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	60	75	84	89
1123-	Tessuto residenziale sparso	55	71	80	85
12111-	Insedamenti industriali, artigianali e commerciali	81	88	91	93
12112-	Insedamenti produttivi agricoli	62	76	83	87
1212-	Insedamenti dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	81	88	91	93
122-	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	98	98	98	98
124-	Aeroporti ed eliporti	72	82	87	89
133-	Cantieri	72	82	87	89
1411-	Parchi e giardini	68	79	86	89
1412-	Aree verdi incolte interne all'urbanizzato	68	79	86	89
1412-	Impianti sportivi	49	69	79	84
1422-	Campeggi, strutture turistiche, ricreative	49	69	79	84

Per ciascun sottobacino è stato quindi valutato il valore del parametro CN-II come media pesata sulle superfici dei singoli valori di CN associati ai diversi usi del suolo presenti in ciascun sottobacino (cfr. Figura 5) e ai diversi gruppi idrologici del suolo (cfr. Figura 56).

Come si può osservare dalla successiva Figura 5, la classe di uso del suolo prevalente all'interno del bacino del Margorabbia è 311 – Boschi latifoglie (71.3 kmq, pari al 76% dell'intero bacino idrografico), che comprende le seguenti sottoclassi:

- 31111 - boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo
- 31112 - boschi di latifoglie a densità media e alta governati ad alto fusto
- 31121 - boschi di latifoglie a densità bassa governati a ceduo
- 3113 - formazioni ripariali
- 3114 - castagneti da frutto

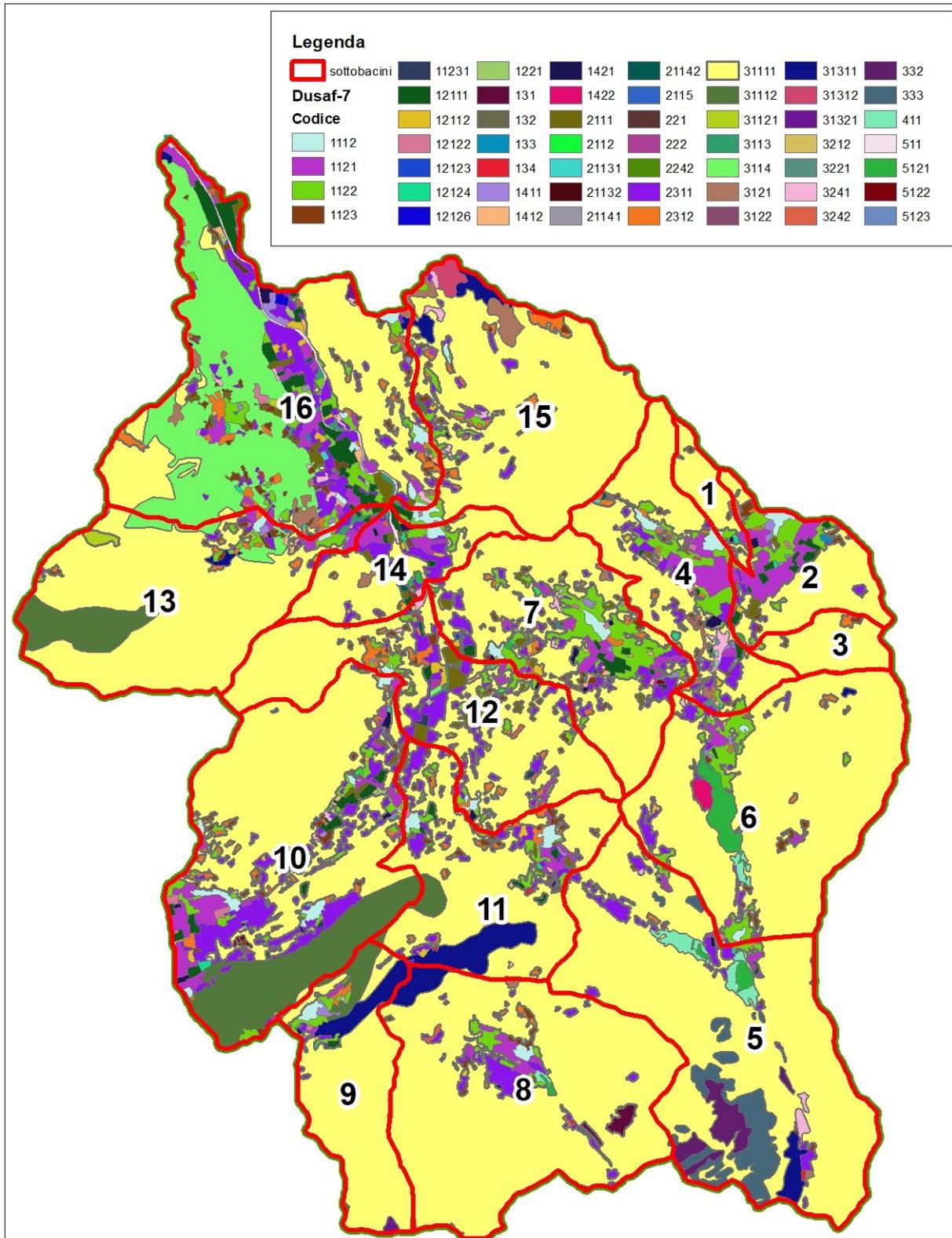


Figura 5: bacino idrografico del fiume Margorabbia, con indicazione delle classi di uso del suolo all'interno dei sottobacini

Per quanto riguarda i gruppi idrologici del suolo, definiti a parti dalla carta geolitologica e correlando la litologia e la permeabilità, si può osservare dalla successiva Figura 6 la suddivisione dell'intera superficie del bacino del Margorabbia nelle quattro classi. Dal punto di vista numerico si hanno le seguenti superfici:

- gruppo idrologico A: 14.35 kmq, pari a circa il 15% dell'intero bacino;
- gruppo idrologico B: 36.54 kmq, pari a circa il 39% dell'intero bacino;
- gruppo idrologico C: 0.02 kmq
- gruppo idrologico D: 42.05 kmq pari a circa il 45% dell'intero bacino.

Quindi emerge che i gruppi idrologici prevalenti sono quelli di tipo B e D.

Incrociando le informazioni associate a uso del suolo e gruppi idrologici, si è attribuito a ciascuna area elementare il corrispondente valore di CN in base a quanto definito nella precedente Tabella 5. Successivamente, i valori di CN sono stati raggruppati per sottobacino e si è quindi calcolato il valore medio pesato sulle superfici.

Nella successiva Tabella 6 sono riportati i valori di CN per ciascun sottobacino. In particolare sono riportati i valori relativi ai tre diversi stati di imbibizione del terreno, applicando le seguenti formule.

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.38 - 0.0138 CN_{II}},$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 CN_{II}}$$

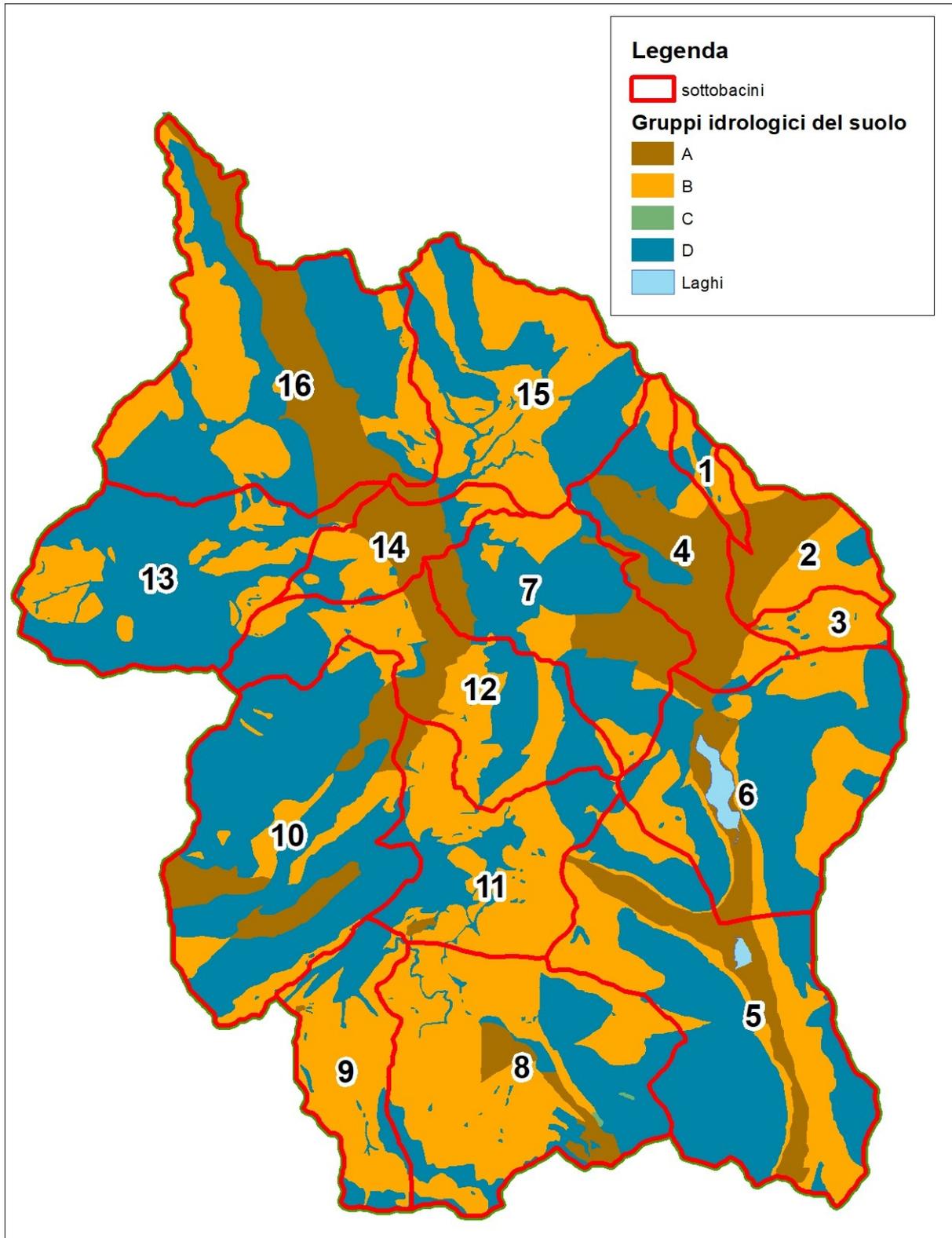


Figura 6: bacino idrografico del fiume Margorabbia, con indicazione dei gruppi idrologici del suolo all'interno dei sottobacini

Tabella 6 – Valori dei parametri CN in funzione dello stato di imbibizione del terreno

SOTTOBACINO	CN - I	CN - II	CN - III
1	47	68	83
2	47	68	83
3	45	66	82
4	43	64	81
5	53	73	86
6	54	74	87
7	53	73	86
8	49	69	84
9	50	70	85
10	58	77	89
11	52	72	86
12	52	72	86
13	58	77	88
14	46	67	82
15	53	73	86
16	59	77	89
Media bacino	53	73	86

Nell’ambito del presente studio si è valutato di utilizzare per tutte le simulazioni i parametri CN-II.

Nella successive tabelle sono riportati, per ciascun sottobacino e per i diversi valori del tempo di ritorno considerato, le altezze di pioggia lorde, le altezze di pioggia nette e il corrispondente coefficiente di afflusso.

Si osserva che, per come è strutturato il calcolo delle perdite idrologiche secondo il metodo SCS-CN, il valore del coefficiente di afflusso cresce all’aumentare del tempo di ritorno.

Tabella 7 – Altezze di pioggia lorda, netta e coefficiente di afflusso per T=10 anni

SOTTOBACINO	T = 10 anni		
	H pioggia lorda [mm]	H pioggia netta [mm]	Coefficiente afflusso
1	116	40	0.35
2	116	40	0.35
3	116	36	0.31
4	116	33	0.28
5	116	49	0.42
6	116	51	0.44
7	116	49	0.42
8	116	42	0.36
9	116	44	0.38
10	116	57	0.49
11	116	47	0.41
12	116	47	0.41
13	116	57	0.49
14	116	38	0.33
15	116	49	0.42
16	116	57	0.49

Tabella 8 – Altezze di pioggia lorda, netta e coefficiente di afflusso per T=20 anni

SOTTOBACINO	T = 20 anni		
	H pioggia lorda [mm]	H pioggia netta [mm]	Coefficiente afflusso
1	132	51	0.39
2	132	51	0.39
3	132	47	0.36
4	132	43	0.33
5	132	62	0.47
6	132	64	0.48
7	132	62	0.47
8	132	53	0.40
9	132	56	0.42
10	132	71	0.54
11	132	60	0.45
12	132	60	0.45
13	132	71	0.54
14	132	49	0.37
15	132	62	0.47
16	132	71	0.54

Tabella 9 – Altezze di pioggia lorda, netta e coefficiente di afflusso per T=50 anni

SOTTOBACINO	T = 50 anni		
	H pioggia lorda [mm]	H pioggia netta [mm]	Coefficiente afflusso
1	153	67	0.44
2	153	67	0.44
3	153	63	0.41
4	153	58	0.38
5	153	79	0.52
6	153	82	0.54
7	153	79	0.52
8	153	70	0.46
9	153	72	0.47
10	153	89	0.58
11	153	77	0.50
12	153	77	0.50
13	153	89	0.58
14	153	65	0.42
15	153	79	0.52
16	153	89	0.58

Tabella 10 – Altezze di pioggia lorda, netta e coefficiente di afflusso per T=100 anni

SOTTOBACINO	T = 100 anni		
	H pioggia lorda [mm]	H pioggia netta [mm]	Coefficiente afflusso
1	169	80	0.47
2	169	80	0.47
3	169	75	0.44
4	169	70	0.41
5	169	93	0.55
6	169	95	0.56
7	169	93	0.55
8	169	82	0.49
9	169	85	0.50
10	169	103	0.61
11	169	90	0.53
12	169	90	0.53
13	169	103	0.61
14	169	77	0.46
15	169	93	0.55
16	169	103	0.61

Tabella 11 – Altezze di pioggia lorda, netta e coefficiente di afflusso per T=200 anni

SOTTOBACINO	T = 200 anni		
	H pioggia lorda [mm]	H pioggia netta [mm]	Coefficiente afflusso
1	186	93	0.50
2	186	93	0.50
3	186	88	0.47
4	186	82	0.44
5	186	107	0.58
6	186	110	0.59
7	186	107	0.58
8	186	96	0.52
9	186	98	0.53
10	186	118	0.63
11	186	104	0.56
12	186	104	0.56
13	186	118	0.63
14	186	90	0.48
15	186	107	0.58
16	186	118	0.63

Tabella 12 – Altezze di pioggia lorda, netta e coefficiente di afflusso per T=500 anni

SOTTOBACINO	T = 500 anni		
	H pioggia lorda [mm]	H pioggia netta [mm]	Coefficiente afflusso
1	207	111	0.54
2	207	111	0.54
3	207	105	0.51
4	207	99	0.48
5	207	126	0.61
6	207	129	0.62
7	207	126	0.61
8	207	114	0.55
9	207	117	0.57
10	207	138	0.67
11	207	123	0.59
12	207	123	0.59
13	207	138	0.67
14	207	108	0.52
15	207	126	0.61
16	207	138	0.67

2.2 ANALISI IDRAULICHE STATO DI FATTO

2.2.1 Modellazione idraulica

Per analizzare il comportamento idraulico del T. Margorabbia e dei suoi principali affluenti (T. Gesone, T. Rancina, R. Boesio, R. Brivola, T. Grantorella, T. Valmartina, T. Valle Prada, è stato implementato un unico modello idraulico accoppiato bidimensionale – monodimensionale (cfr. Figura 7), a fondo fisso, con piogge lorde applicate all'intero bacino e perdite idrologiche valutate mediante coefficienti di afflusso differenziati per ciascun sottobacino. In particolare:

- l'intero bacino idrografico afferente ai corsi d'acqua oggetto di studio e i tratti di monte dei medesimi (dalla sorgente fino all'attraversamento dei centri abitati) sono rappresentati mediante modello bidimensionale basato sul DTM 5x5 della Regione Lombardia;
- i tratti di monte dei corsi d'acqua posti esternamente al DTM-Lidar effettuato nell'ambito del presente studio (cfr. par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) sono rappresentati mediante modello monodimensionale basato sulle sezioni topografiche rilevate (cfr. par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Tali modelli sono posti all'interno del suddetto modello bidimensionale e sono con esso collegati idraulicamente lungo le linee di sponda (c'è scambio di portata tra i due modelli);
- i tratti dei corsi d'acqua posti all'interno dell'ambito territoriale coperto dal rilievo DTM-Lidar effettuato nell'ambito del presente studio (cfr. par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) sono rappresentati mediante modello bidimensionale.

Nella successiva Figura 8 sono rappresentati i tratti fluviali analizzati mediante modello monodimensionale o bidimensionale.

La modellazione idraulica è stata implementata mediante il programma di calcolo INFOWORKS 2D ICM di Innovyze.

Per quanto riguarda il modello bidimensionale, la superficie del dominio di calcolo è pari a 93 kmq e le celle di calcolo sono pari a circa 2'900'000, quindi si ha che la superficie media degli elementi di calcolo è pari a circa 30 mq (più piccola lungo i corsi d'acqua oggetto di studio e più grande lungo la restante parte del bacino idrografico).

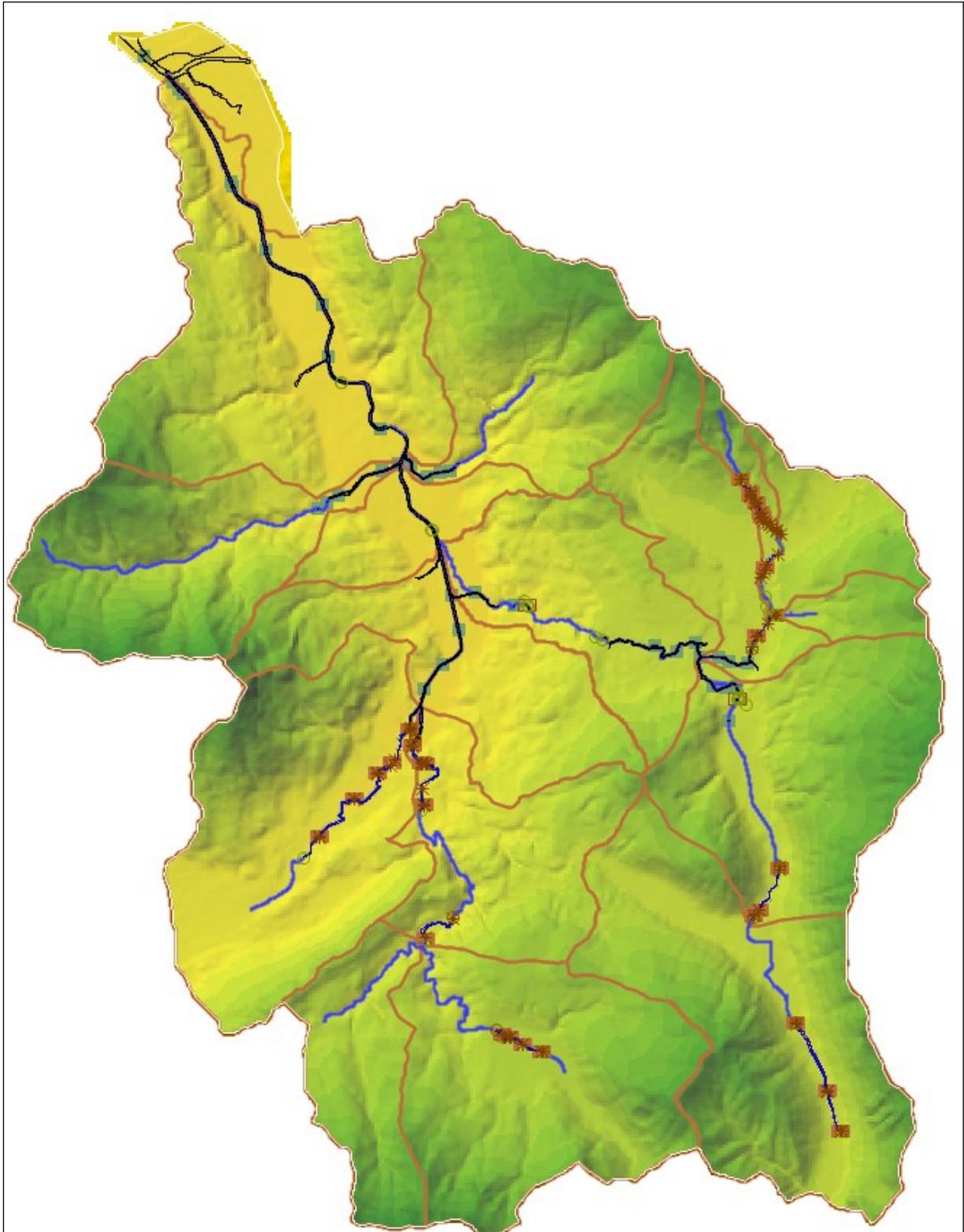


Figura 7: estensione modello accoppiato bidimensionale - monodimensionale.

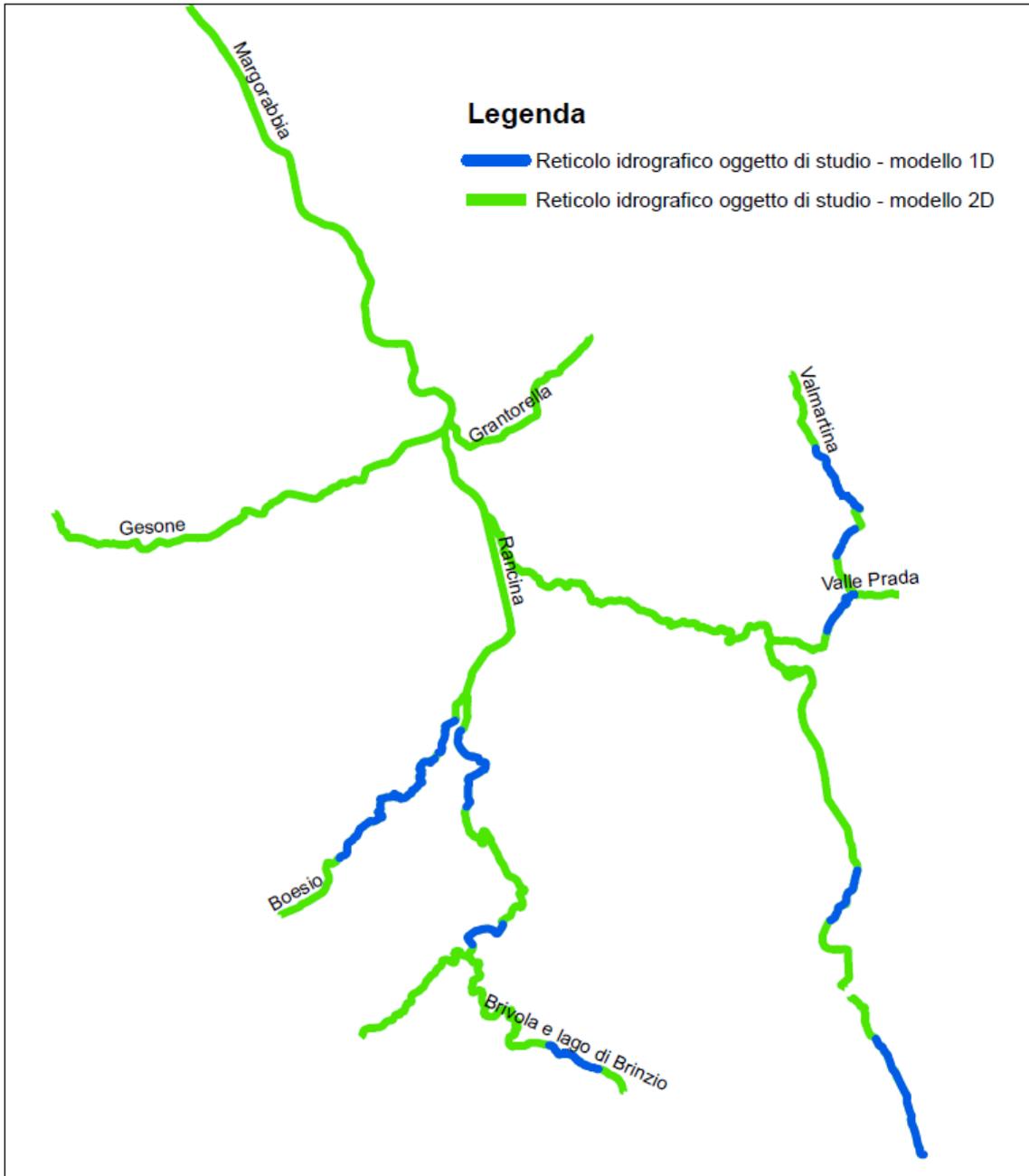


Figura 8: Distinzione tratti di corso d'acqua analizzati con modello monodimensionale o bidimensionale.

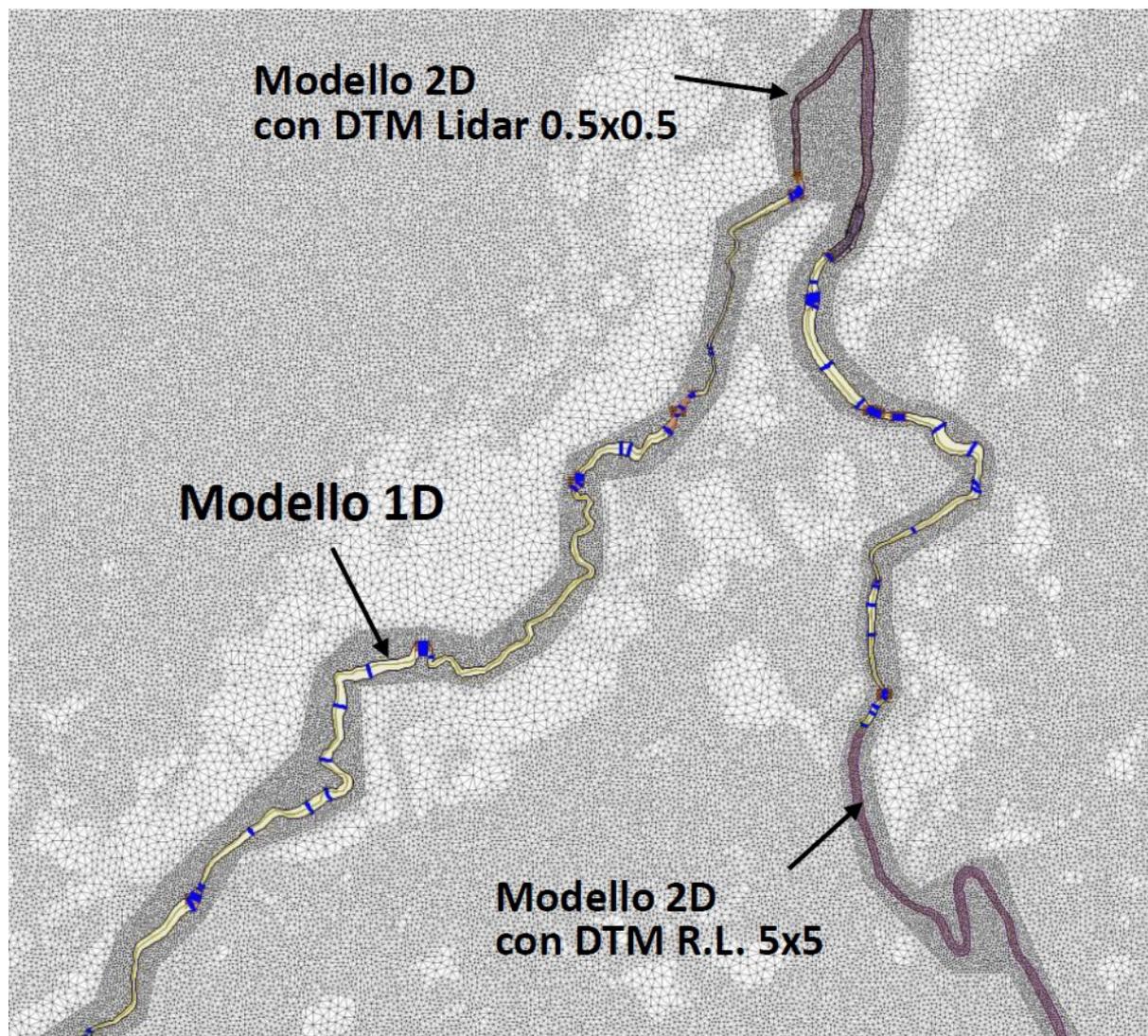


Figura 9: Stralcio di modello bidimensionale – monodimensionale accoppiato.

Nel modello bidimensionale - monodimensionale sono state inserite le opere di difesa presenti (argini e muri arginali) e le opere interferenti (ponti), desunte dai rilievi effettuati in campo (DTM-Lidar e sezioni topografiche).

Attraverso tale modello sono state effettuate le simulazioni per diversi valori del tempo di ritorno (10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni) applicando su tutto il bacino gli ietogrammi di pioggia lorda definiti nel par. 2.1.3.

La depurazione delle perdite idrologiche per infiltrazione è calcolata dal modello mediante l'applicazione del metodo percentuale avendo attribuito all'area di ciascun sottobacino il coefficiente di deflusso riportato nel precedente par. 2.1.4.

Le portate lungo i diversi tratti di corso d'acqua si ottengono come risultato del modello

idraulico bidimensionale-monodimensionale accoppiato.

Nel modello è stato inserito, oltre al tratto terminale del F. Tresa a valle della confluenza del Margorabbia, anche un tratto a monte di tale confluenza, per un'estensione longitudinale pari a circa 1 km.

La portata di piena del F. Tresa a monte della confluenza con il Margorabbia è stata posta pari a 205 m³/s, che, come definito dalla Confederazione Svizzera ed in particolare dal *Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC - Ufficio federale dell'ambiente UFAM*, corrisponde ad un tempo di ritorno pari a 30 anni alla sezione di Ponte Tresa (sup. bacino idrografico pari a 609 kmq). Siccome il bacino del Tresa a monte della confluenza con il Margorabbia è pari a 674 kmq, si è assunto lo stesso valore di portata al colmo calcolato a Ponte Tresa.

La condizione al contorno di valle del modello, posta in corrispondenza della sezione terminale e rappresentata dallo sbocco del Tresa nel Lago Maggiore, è stata posta pari al livello idrometrico del lago relativo ad un tempo di ritorno pari a 15 anni, cioè 196.66 m s.m. (valore desunto dall'*Allegato 4 – Ambito territoriale ACL - metodologia per la perimetrazione delle aree allagabili lacuali con dati di riferimento per le tre piene* delle Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla Variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po).

Come parametri di scabrezza si sono assunti per l'alveo valore del coefficiente di Strickler compresi tra 25 e 30 m^{1/3}/s, mentre per le aree esterne all'alveo inciso, valide soprattutto per le aree dell'intero bacino idrografico è stato utilizzato un valore pari a 10 m^{1/3}/s.

2.2.2 Risultati analisi idrauliche

In relazione a quanto descritto nel precedente paragrafo sono state condotte le simulazioni idrauliche relative allo stato di fatto, relative ai seguenti valori del tempo di ritorno T=10, 20, 50, 100, 200, 500 anni.

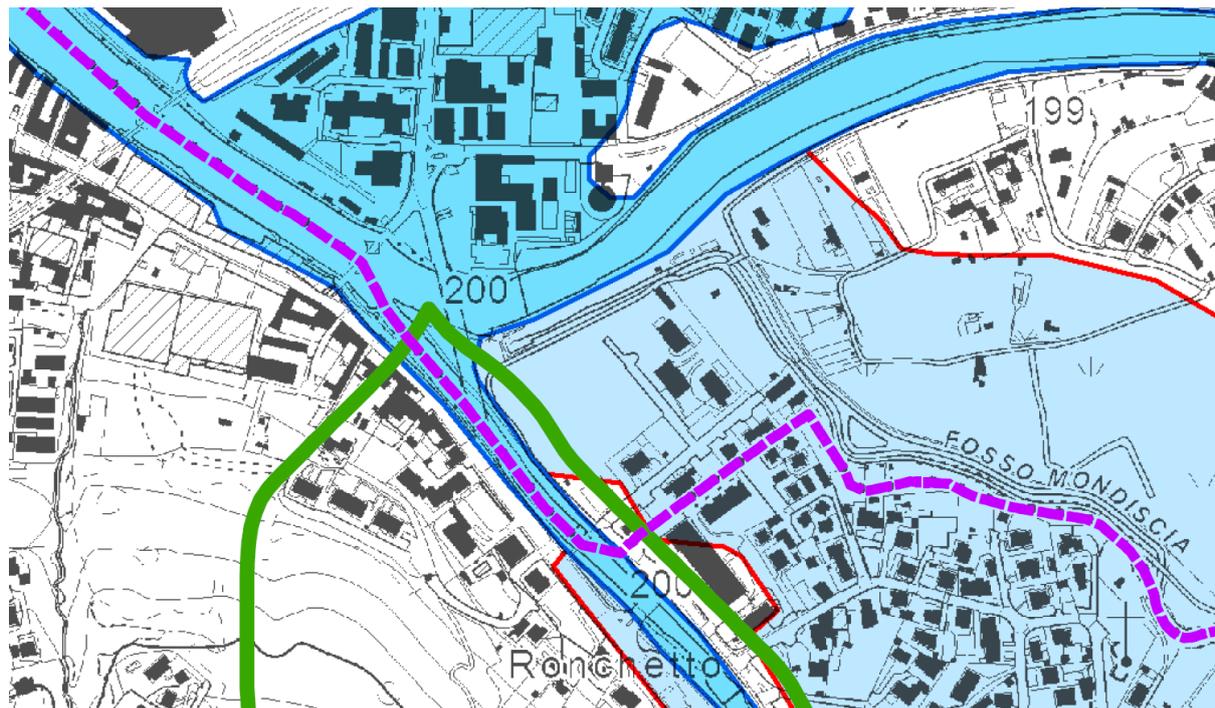
Nello "*Studio idrogeologico, idraulico e ambientale a scala di sottobacino idrografico del Fiume Margorabbia finalizzato all'aggiornamento del Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del Fiume Po (PAI) nonché all'individuazione delle interferenze e occupazioni di Polizia Idraulica*" sono allegate le

cartografie con riportati i risultati del modello idraulico in termini di tiranti idrici e di velocità della corrente e le conseguenti mappe delle aree allagabili. In tali ultime cartografie sono state classificate due distinte tipologie di aree:

1. aree allagabili del Margorabbia e dei suoi affluenti principali oggetto del presente studio di dettaglio (T. Gesone, T. Rancina, R. Boesio, R. Brivola, T. Grantorella, T. Valmartina, T. Valle Prada);
2. aree allagabili relative ad altro reticolo idrografico presente all'interno del bacino e diverso dal precedente, posto nell'intorno dei suddetti corsi d'acqua, che occorre approfondire nell'ambito di ulteriori studi di dettaglio, in quanto per tali ambiti non si è potuto disporre di informazioni topografiche di dettaglio ma si è utilizzato solo il DTM 5x5 m della Regione Lombardia.

Nelle figure seguenti si riporta il dettaglio di alcune mappe in corrispondenza del tratto oggetto del presente progetto, da cui emerge che:

- per T=10 anni il tratto di T. Margorabbia è in grado di contenere in alveo la piena; le aree a tergo della sponda risultano essere interessate da esondazioni associate al reticolo idrografico secondario;
- per T=20 anni l'area nei pressi dell'intervento è soggetta ad allagamenti ad opera del T. Margorabbia, associata però ad insufficienze dei tratti posti più a monte rispetto alla zona oggetto di intervento;
- per T=100 anni l'area nei pressi dell'intervento è soggetta ad allagamenti ad opera del T. Margorabbia, associata ad insufficienze diffuse lungo la sponda fluviale.



-  Confini comunali
-  Bacino idrografico
-  Aree allagabili Margorabbia e affluenti principali (oggetto del presente studio di dettaglio) - T=10 anni
-  Aree allagabili altro reticolo idrografico (da approfondire in altri studi di dettaglio) - T=10 anni

Figura 10: Area esondazione stato di fatto – T=10 anni.

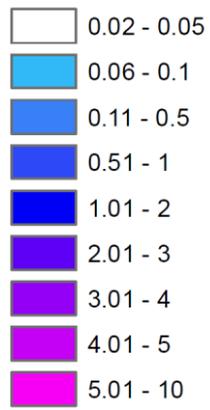
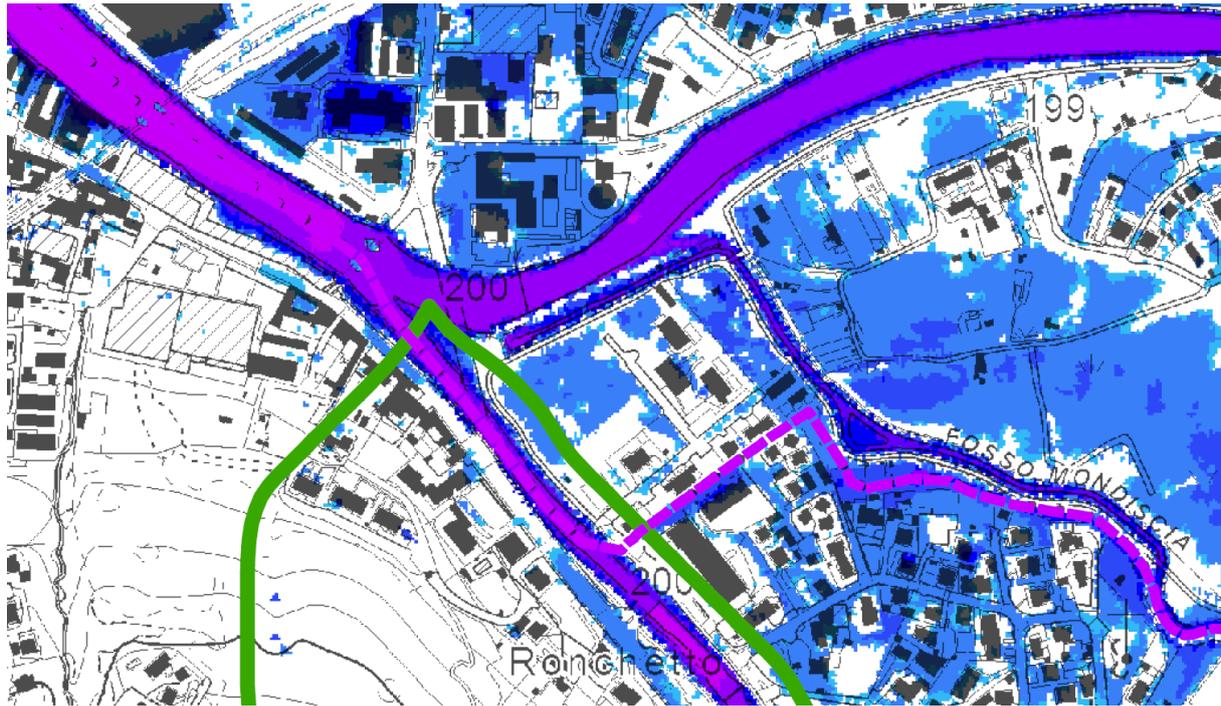


Figura 11: Planimetria tiranti idrici stato di fatto – T=10 anni.

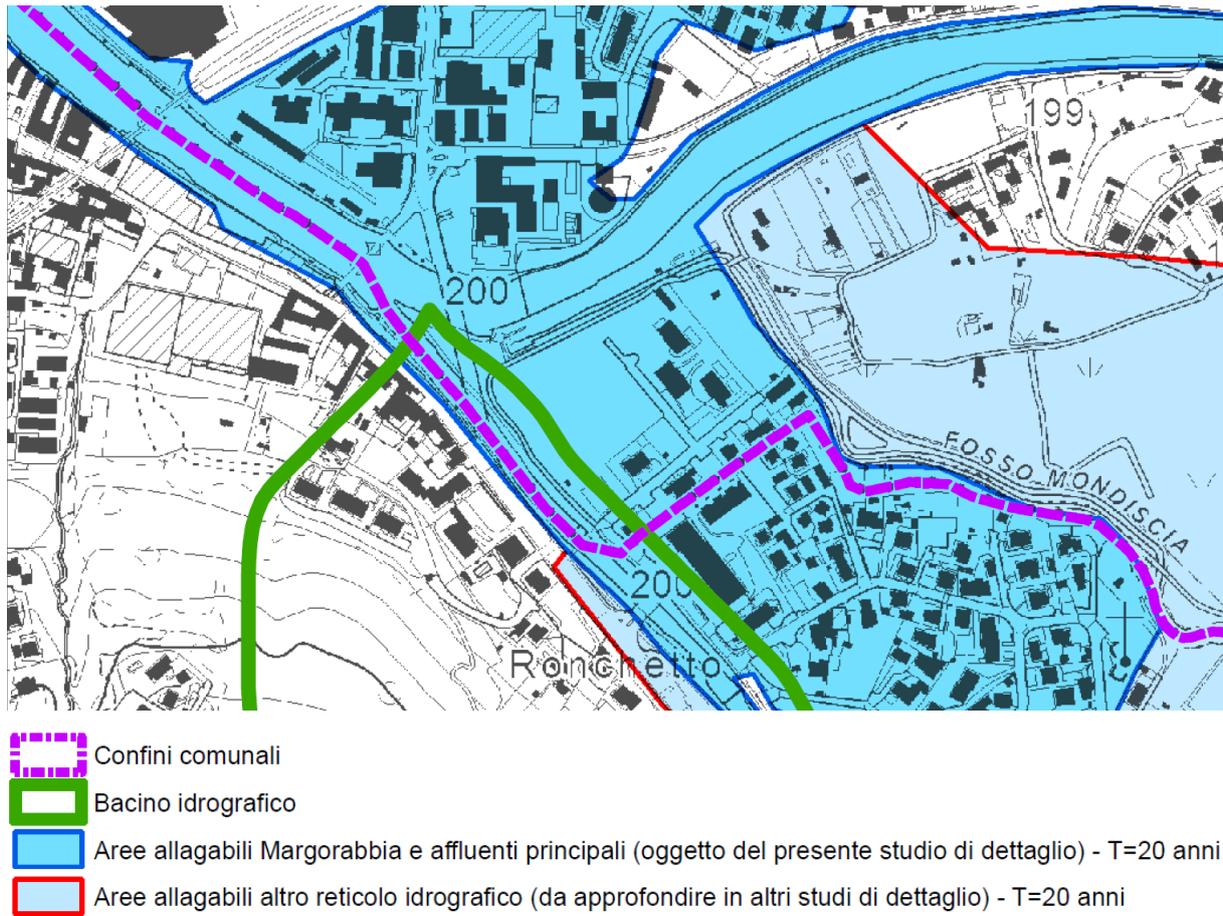


Figura 12: Area esondazione stato di fatto – T=20 anni.

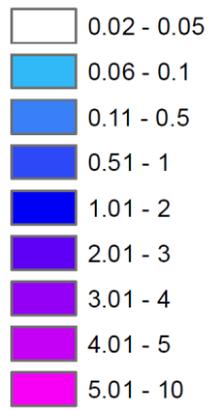
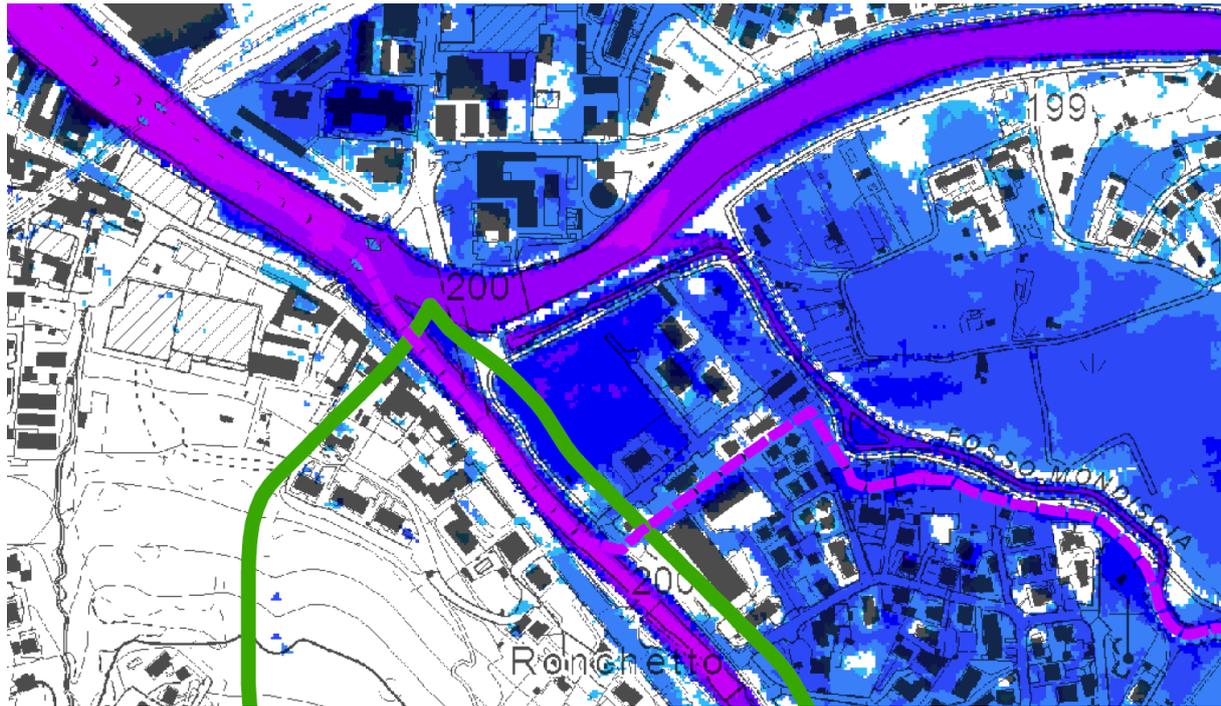
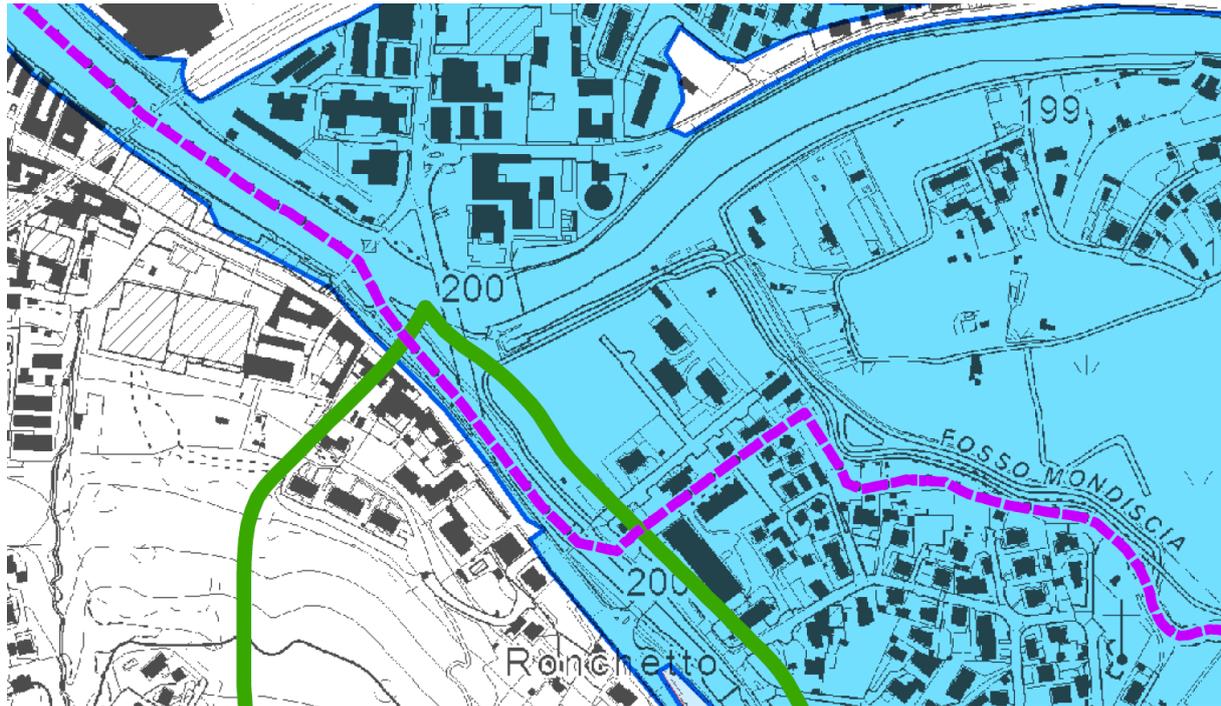


Figura 13: Planimetria tiranti idrici stato di fatto – T=20 anni.



-  Confini comunali
-  Bacino idrografico
-  Aree allagabili Margorabbia e affluenti principali (oggetto del presente studio di dettaglio) - T=100 anni
-  Aree allagabili altro reticolo idrografico (da approfondire in altri studi di dettaglio) - T=100 anni

Figura 14: Area esondazione stato di fatto – T=100 anni.

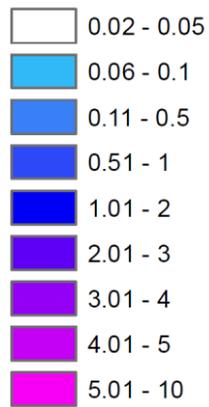
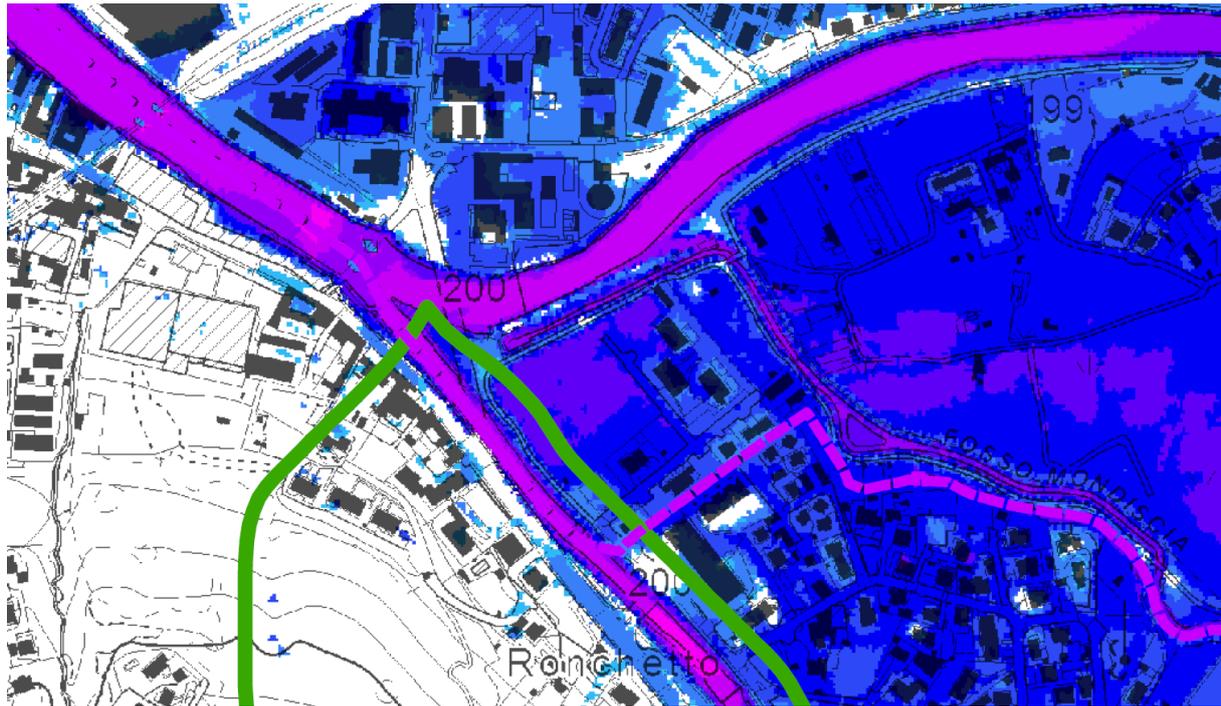


Figura 15: Planimetria tiranti idrici stato di fatto – T=100 anni.

3. INTERVENTI IDRAULICI

In relazione alle criticità idrauliche emerse nella fase valutativa dello “*Studio idrogeologico, idraulico e ambientale a scala di sottobacino idrografico del Fiume Margorabbia finalizzato all’aggiornamento del Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) del Piano Stralcio per l’assetto idrogeologico del Fiume Po (PAI) nonché all’individuazione delle interferenze e occupazioni di Polizia Idraulica*” e riportate nel capitolo precedente, sono stati individuati gli interventi strutturali finalizzati alla riduzione della pericolosità idraulica e alla mitigazione del rischio di esondazione nelle zone a maggiore vulnerabilità.

Il tempo di ritorno di riferimento per la definizione degli interventi è stata assunta pari a 100 anni.

In generale, gli interventi individuati sono costituiti essenzialmente da tre tipologie:

- Adeguamento di opere di difesa esistenti (argini in terra e muri arginali): tali interventi sono previsti laddove sono presenti opere di difesa che, in relazione agli esiti delle analisi idrologico-idrauliche effettuate nell’ambito del presente studio, non sono in grado di contenere, con adeguati franchi di sicurezza, i livelli della piena centennale.
- Realizzazione di nuove opere di contenimento dei livelli di piena (argini in terra e muri arginali): tali interventi sono previsti nei tratti in cui non sono presenti opere di difesa ma, in relazione agli esiti delle analisi idrologico-idrauliche effettuate nell’ambito del presente studio, le sponde del corso d’acqua non sono in grado di contenere, con adeguati franchi di sicurezza, i livelli della piena centennale. In alcuni casi tali opere non sono localizzate lungo la sponda del corso d’acqua, ma lungo il limite esterno di aree golenali interessate da allagamenti compatibili con l’attuale uso del suolo, in modo da evitare che tale esondazione si propaghi verso aree urbanizzate limitrofe da proteggere.
- Adeguamento di manufatti di attraversamento: nei casi in cui i manufatti di attraversamento del corso d’acqua risultano inadeguati e incompatibili e inducono incrementi dei livelli di piena verso monte, contribuendo all’esondazione in aree vulnerabili meritevoli di protezione, si prevede la necessità di adeguamento degli stessi. L’intervento di adeguamento dovrà essere progettato dai proprietari dell’infrastruttura, rispettando la normativa di riferimento (NTC-2018), la quale definisce che la quota di intradosso del manufatto deve avere un franco di sicurezza rispetto alla piena duecentennale pari ad almeno 1,5 m.

Si evidenzia che nelle zone in cui gli allagamenti allo stato attuale interessano aree a minor

vulnerabilità (ambiti agricoli, aree naturali, con assenza di urbanizzazione o con presenza di edifici sparsi), non sono state previste opere di contenimento, lasciando quindi alla piena la possibilità di espandersi e di laminarsi naturalmente.

La definizione delle opere, delle loro caratteristiche dimensionali e degli effetti che le stesse hanno sulla dinamiche dell'evento di piena di riferimento è stata effettuata con l'ausilio del modello idrologico-idraulico bidimensionale descritto nel capitolo precedente. In pratica è stato implementato un unico modello relativo all'assetto di progetto, pertanto ogni opera è stata definita tenendo conto degli effetti di tutte le altre.

Al suddetto studio è allegata una cartografia, elaborato "*IDR20 - assetto di progetto - opere e aree allagabili $T = 100$ anni*", in cui sono riportati gli interventi idraulici proposti per l'assetto di progetto e le aree di allagamento residue, che tengono conto dell'effetto di tali interventi. Inoltre, nell'elaborato "*INT01 - Schede interventi prioritari*" sono riportati alcuni elementi caratteristici degli interventi prioritari, mentre nell'elaborato "*INT02 - Schede interventi manufatti attraversamento*" sono riportati gli interventi di adeguamento dei manufatti di attraversamento incompatibili con il deflusso della piena. Infine, nell'elaborato "*INT03 - Planimetria generale degli interventi*" sono riportati tutti gli interventi previsti nel presente studio di bacino, sia quelli a carattere idraulico lungo i principali corsi d'acqua, sia le sistemazioni idraulico forestali sui versanti boscati e nelle zone di dissesto

Di seguito si riporta, sotto forma tabellare, l'elenco degli interventi previsti e riportati nei suddetti allegati, dei quali vengono fornite le seguenti informazioni: nome corso d'acqua, comune interessato, tipologia di intervento, principali caratteristiche dimensionali dell'intervento (lunghezza, altezza media, altezza massima), coordinata nel sistema di riferimento WGS84-UTM32 del punto medio dell'intervento, livello di priorità dell'intervento, codice della scheda di approfondimento per gli interventi prioritari.

Nell'ambito delle schede degli interventi prioritari sono riportate altre informazioni, tra cui anche il costo di massima dell'investimento (lavori più somme a disposizione), la sezione tipologica dell'intervento e il livello di priorità (1: alta priorità, 2: media priorità).

Il presente progetto è relativo agli interventi denominati con il codice MA-14 e MA-15.

N	CORSO D'ACQUA	COMUNE	TIPOLOGIA INTERVENTO	LUNGHEZZA	ALTEZZA MEDIA	ALTEZZA MASSIMA	COORD. X WGS84-UTM32	COORD. Y WGS84-UTM32	PRIORITA' INTERVENTO	SCHEDA INTERVENTO PRIORITARIO
1	MARGORABBIA	CUNARDO	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	200	1.2	1.7	485400	5086480	-	-
2	MARGORABBIA	FERRERA DI VARESE	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	80	0.8	1.0	483527	5086900	-	-
3	MARGORABBIA	GRANTOLA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	430	1.0	2.0	482080	5088530	2	MA-01
4	MARGORABBIA	MESENZANA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	200	2.2	3.5	481888	5088940	2	MA-02
5	MARGORABBIA	MESENZANA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	160	1.1	2.2	481774	5089040	2	MA-03
6	MARGORABBIA	MONTEGRINO VALTRAVAGLIA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	400	2.0	3.0	481729	5089110	2	MA-04
7	MARGORABBIA	MESENZANA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	830	2.0	2.5	481660	5089420	1	MA-05
8	MARGORABBIA	MONTEGRINO VALTRAVAGLIA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	180	2.0	3.0	481325	5089750	2	MA-07
9	MARGORABBIA	MESENZANA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	340	1.1	1.8	481225	5089700	2	MA-06

N	CORSO D'ACQUA	COMUNE	TIPOLOGIA INTERVENTO	LUNGHEZZA	ALTEZZA MEDIA	ALTEZZA MASSIMA	COORD. X WGS84-UTM32	COORD. Y WGS84-UTM32	PRIORITA' INTERVENTO	SCHEDA INTERVENTO PRIORITARIO
10	MARGORABBIA	BRISSAGO VALTRAVAGLIA, MONTEGRINO VALTRAVAGLIA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	900	1.2	2.1	481173	5090400	1	MA-08
11	MARGORABBIA	MONTEGRINO VALTRAVAGLIA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	200	1.3	1.5	481176	5090460	-	-
12	MARGORABBIA	LUINO, GERMIGNAGA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	1500	1.0	1.7	480418	5091430	1	MA-09
13	MARGORABBIA	GERMIGNAGA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	1115	0.8	1.3	479789	5092620	1	MA-11
14	MARGORABBIA	GERMIGNAGA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	800	1.1	1.6	479871	5092380	1	MA-10
15	MARGORABBIA	GERMIGNAGA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	190	0.8	1.0	479635	5092820	2	MA-12
16	MARGORABBIA	GERMIGNAGA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	450	0.8	1.3	479444	5093070	2	MA-13
17	MARGORABBIA	GERMIGNAGA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	50	1.5	1.8	479449	5093110	1	MA-14
18	MARGORABBIA	LUINO	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	130	2.0	2.0	479389	5093170	1	MA-15

N	CORSO D'ACQUA	COMUNE	TIPOLOGIA INTERVENTO	LUNGHEZZA	ALTEZZA MEDIA	ALTEZZA MASSIMA	COORD. X WGS84-UTM32	COORD. Y WGS84-UTM32	PRIORITA' INTERVENTO	SCHEDA INTERVENTO PRIORITARIO
19	GRANTORELLA	GRANTOLA, MONTEGRINO VALTRAVAGLIA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	790	1.3	2.0	482334	5088450	1	GR-01
20	GRANTORELLA	GRANTOLA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	650	1.8	3.0	482402	5088490	1	GR-01
21	GESONE	MESENZANA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	45	1.5	3.0	481190	5088150	1	GE-01
22	GESONE	MESENZANA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	30	1.0	1.5	481309	5088230	1	GE-01
23	GESONE	MESENZANA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	245	1.1	2.0	481555	5088380	1	GE-02
24	GESONE	MESENZANA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	70	2.5	4.0	481660	5088530	2	GE-03
25	GESONE	MESENZANA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	180	1.3	2.4	481765	5088520	2	GE-03
26	GESONE	MESENZANA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	70	1.2	1.7	481762	5088510	2	GE-04
27	GESONE	MESENZANA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	15	4.0	4.0	481793	5088510	2	GE-04
28	GESONE	MESENZANA	Nuova opera di difesa di contenimento dei livelli di piena	65	2.4	2.5	481825	5088530	2	GE-04

N	CORSO D'ACQUA	COMUNE	TIPOLOGIA INTERVENTO	LUNGHEZZA	ALTEZZA MEDIA	ALTEZZA MASSIMA	COORD. X WGS84-UTM32	COORD. Y WGS84-UTM32	PRIORITA' INTERVENTO	SCHEDA INTERVENTO PRIORITARIO
29	LUINO	TRESA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	160	0.9	2.0	479410	5093280	-	-
30	LUINO	TRESA	Adeguamento opera esistente di contenimento dei livelli di piena	207	0.8	2.0	479417	5093340	-	-

Tra gli interventi a cui è attribuito un maggior livello di priorità, definito pari a 1 nella suddetta tabella, di seguito viene indicata una proposta di sequenza temporale di ulteriore priorità di realizzazione da considerare nella richiesta di finanziamenti. Tale sequenza tiene conto di diversi aspetti tra cui: la correlazione tra i diversi interventi, gli effetti che gli interventi di monte possono indurre nei tratti di valle, la presenza di interventi recenti già realizzati nelle zone in cui risultano necessari ulteriori interventi.

La proposta è la seguente:

- 1. F. Margorabbia, intervento MA-14 e MA-15 (oggetto del presente progetto)**
2. F. Margorabbia, intervento MA-08
3. F. Margorabbia, intervento MA-05
4. F. Margorabbia, intervento MA-10
5. F. Margorabbia, intervento MA-09
6. F. Margorabbia, intervento MA-11
7. T. Grantorella, intervento GR-01
8. T. Gesone, intervento GE-02
9. T. Gesone, intervento GE-01

Come già affermato in precedenza, nell'assetto di progetto sono stati considerati anche i necessari interventi di adeguamento dei manufatti di attraversamento incompatibili con il deflusso della piena. Di seguito si riporta, in forma tabellare, l'elenco dei ponti che sono stati tolti dal modello idraulico bidimensionale (il ponte una volta adeguato non influisce più sul deflusso della piena).

N	CORSO D'ACQUA	COMUNE	PONTE	ID_OPERA	X_COORD	Y_COORD
1	Fiume Margorabbia	Germignaga, Luino	passerella pedonale di collegamento tra via G. Verdi e SS394	VA008_007	479413	5093120
2	Fiume Margorabbia	Germignaga	ponte stradale di collegamento tra via G. Verdi e SS394	VA008_011	479460	5093080
3	Fiume Margorabbia	Germignaga	passerella pedonale collegamento tra via G. Verdi e pista ciclopeditone	VA008_024	480052	5091970
4	Fiume Margorabbia	Montegrino Valtravaglia	ponte stradale via dei Martiri - loc. Cucco	VA008_034	481129	5090540

5	Fiume Margorabbia	Brissago Valtravaglia Montegrino Valtravaglia	ponte stradale di collegamento tra via Brissago e via Riviera	VA008_049	481196	5089910
6	Fiume Margorabbia	Mesenzana Montegrino Valtravaglia	ponte stradale via Molino d'Anna	VA008_063	481813	5089050
7	Torrente Grantorella	Grantola	ponte stradale via Prà delle Vigne	VA009_005	482192	5088620
8	Torrente Grantorella	Grantola	ponte stradale via Beverina	VA009_019	482385	5088470
9	Torrente Grantorella	Grantola	ponte stradale di collegamento tra via Curtatone e via S. Fermo	VA009_034	482540	5088520
10	Torrente Grantorella	Grantola	ponte stradale via del Mulino	VA009_040	482658	5088540
11	Torrente Gesone	Mesenzana	ponte stradale SS394	VA026_016	481316	5088250
12	Torrente Gesone	Mesenzana	ponte stradale di collegamento tra via S. Martino e via Mazzini	VA026_003	481847	5088540

Si evidenzia che gli interventi previsti, contribuendo alla riduzione delle esondazioni lungo i corsi d'acqua Gesone, Grantorella e Margorabbia, inducono un incremento delle portate all'interno degli alvei dei corsi d'acqua rispetto allo stato attuale. Ad esempio:

- la portata centennale del Gesone in corrispondenza della confluenza nel Margorabbia, al netto delle esondazioni, è pari nell'assetto attuale a circa 65 m³/s mentre nell'assetto di progetto tale valore è pari a 75 m³/s;
- la portata centennale del Grantorella in corrispondenza della confluenza nel Margorabbia, al netto delle esondazioni, è pari nell'assetto attuale a circa 35 m³/s mentre nell'assetto di progetto tale valore è pari a 95 m³/s;
- la portata centennale del Margorabbia a valle delle confluenze del Gesone e del Grantorella (in corrispondenza del ponte per via Molino d'Anna a Mesenzana), al netto delle esondazioni, è pari nell'assetto attuale a circa 165 m³/s mentre nell'assetto di progetto tale valore è pari a 250 m³/s;
- **la portata centennale del Margorabbia in corrispondenza del ponte di Germignaga che collega la SS394 con via G. Verdi, al netto delle esondazioni, è pari nell'assetto attuale a circa 155 m³/s mentre nell'assetto di progetto tale valore è pari a 210 m³/s;**

- a monte della confluenza del Margorabbia nel Tresa la portata al colmo centennale nell'assetto attuale, al netto delle esondazioni, è pari a circa 135 m³/s mentre nell'assetto di progetto tale valore è pari a 235 m³/s.

I suddetti incrementi di portata sono stati considerati nel dimensionamento degli interventi previsti nell'assetto di progetto complessivo e quindi anche per le opere previste nel presente progetto.

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia

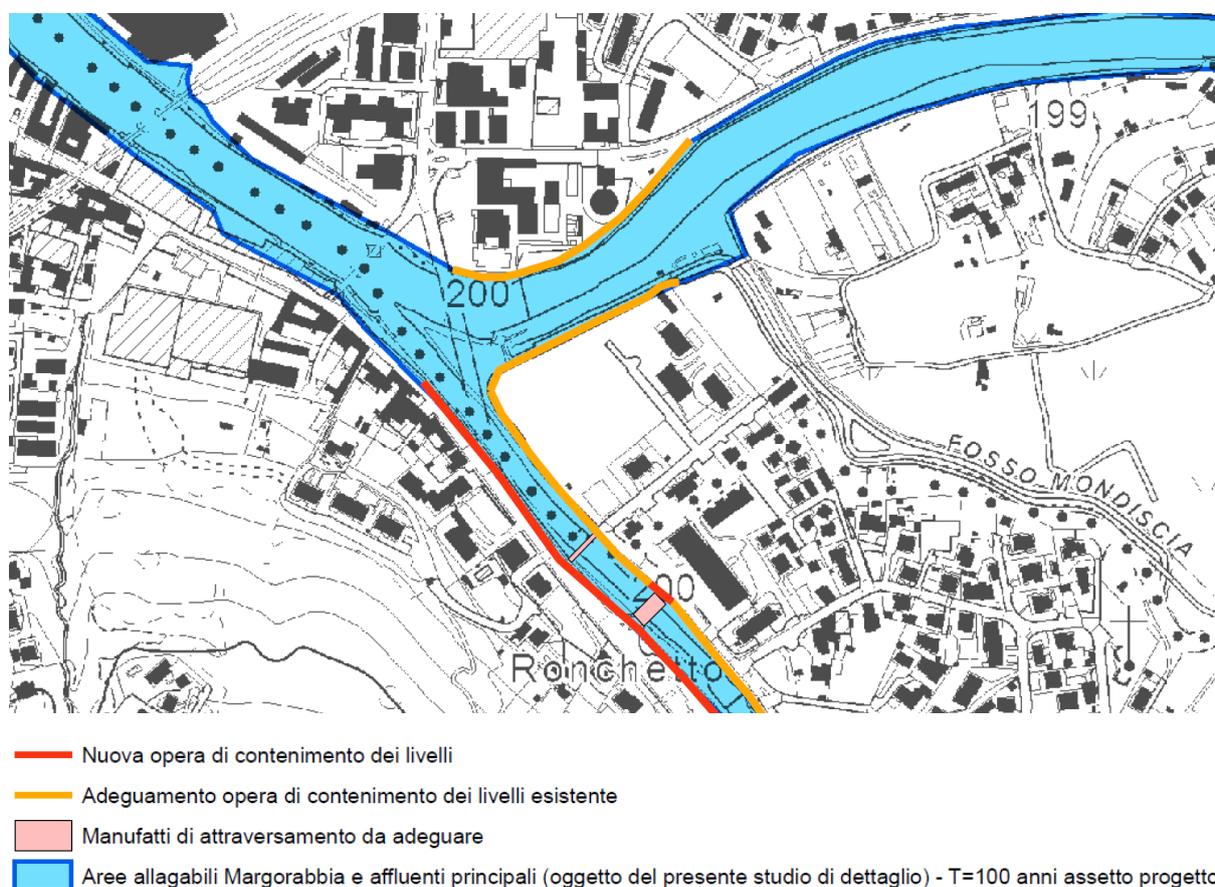


Figura 16: Planimetria assetto di progetto - opere e aree allagabili T=100 anni.

Si sottolinea che:

- tutte le aree esondabili a monte delle confluenze con i torrenti Gesone e Grantorella sono state mantenute allagabili anche nell'assetto di progetto;
- le aree esondabili a valle delle suddette confluenze sono diminuite nell'assetto di progetto rispetto allo stato attuale a seguito dell'obiettivo di mitigazione del rischio di esondazione

nelle zone a maggiore vulnerabilità; comunque anche in questo tratto sono state mantenute allagabili le aree compatibili con l'esondazione.

Tali aree contribuiscono a ridurre la portata defluente verso valle rispetto a quella derivante dalla sommatoria dei contributi dei diversi sottobacini afferenti, senza però riuscire a mantenere i valori di portata presenti nell'assetto attuale, che però sono associati alla presenza di molteplici allagamenti in aree vulnerabili.

Le dimensioni delle opere in progetto sono definite con lo scopo di contenere, con un metro di franco di sicurezza, il livello della piena centennale associata alla portata di riferimento dell'assetto di progetto, con tutte le opere di sistemazione previste a monte del tratto.

Milano, luglio 2025

ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l.

Dott. Ing. Stefano Croci