



COMUNE DI CRESPINA LORENZANA

Provincia di PISA



Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO

Committente:

COMUNE DI CRESPINA LORENZANA

P.zza C. Battisti, 22 56040 - Crespina Lorenzana (Pisa)

CODICE ELABORATO

ANNO	LIVELLO	ID.PROG.	TIPO	NUMERO
2018	IDR	CLZ	REL	001

Oggetto dell'elaborato:

Relazione idrologica ed idraulica

SCALA

-

DATA PRIMA EMISSIONE

Aprile 2018

DATA EMISSIONE REVISIONE

-

Progettazione:



H.S. INGEGNERIA srl

Via A. Bonistallo 39
50053 Empoli (FI)
Tel. e Fax 0571-725283
e.mail info@hsingegneria.it
web www.hsingegneria.it
P.IVA 01952520466

Dott. Ing. SIMONE POZZOLINI

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n.4325

Dott. Ing. PAOLO PUCCI

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n.4824

Collaboratori:

Ing. Daniele Pagli

REVISIONE	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
00	Prima emissione	DP	PP-SP	SP	Aprile 2018

FILE:

-

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

INDICE GENERALE

1. PREMESSA.....	2
2. RELAZIONE IDROLOGICA.....	4
2.1. <i>Caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico.....</i>	<i>4</i>
2.2. <i>Definizione degli afflussi: curva di possibilità pluviometrica.....</i>	<i>5</i>
2.3. <i>Definizione degli afflussi: ietogramma di progetto e fattore di ragguaglio.....</i>	<i>10</i>
2.4. <i>Le perdite di bacino: il metodo CN.....</i>	<i>10</i>
2.5. <i>Trasformazione afflussi netti – deflussi.....</i>	<i>13</i>
2.5.1. <i>L'idrogramma SCS.....</i>	<i>13</i>
2.6. <i>Risultati della modellazione idrologica: idrogrammi di piena.....</i>	<i>14</i>
3. RELAZIONE IDRAULICA.....	17
3.1. <i>Modello di calcolo a moto vario monodimensionale.....</i>	<i>17</i>
3.1. <i>Modello di calcolo a moto vario bidimensionale.....</i>	<i>18</i>
3.2. <i>Caratteristiche geometriche del modello idraulico.....</i>	<i>19</i>
3.3. <i>Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata.....</i>	<i>20</i>
3.4. <i>Condizioni al contorno ed idrogrammi di piena.....</i>	<i>21</i>
3.5. <i>Verifiche in condizioni di rottura delle arginature.....</i>	<i>22</i>
3.6. <i>Scenari simulati.....</i>	<i>22</i>
4. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI.....	23
5. ALLEGATI.....	24

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

1. PREMESSA

La presente indagine idrologica ed idraulica è redatta ai fini dell'aggiornamento del quadro conoscitivo a supporto degli strumenti della pianificazione territoriale e urbanistica del Comune di Crespina-Lorenzana, con riferimento in particolare ad aree di nuova previsione urbanistica localizzate in località Lavoria.

Con deposito n.133 del 12/05/2017 il Comune di Crespina Lorenzana ha depositato le Indagini geologiche di supporto alla "Variante al PS del Comune di Crespina Lorenzana - territorio di Crespina", con deposito n. 134 del 12/05/2017 venivano inoltre depositate le "Indagini geologiche di supporto alla "Variante al RU del Comune di Crespina Lorenzana - territorio di Crespina".

In fase di controllo delle indagini la Regione Toscana, Genio Civile Valdarno Inferiore e Costa, ha richiesto le seguenti integrazioni:

Indagini a supporto della variante al PS

Le relazioni ritengono sostanzialmente valido il quadro conoscitivo a supporto della precedente variante al RU (depositato presso questo Settore nel 2013) aggiornato per quanto attiene la zona di Crespina al quadro conoscitivo del PAI del Bacino del Fiume Arno per gli aspetti geomorfologici.

L'area di ampliamento di Lavoria è ubicata in un contesto di pianura alluvionale, prossima al T.Orcina.

Come già espresso da questo Settore in fase di contributo alla Conferenza di Copianificazione, ai sensi dell'art. 25 della L.R. 65/2014, si chiede che le indagini vengano supportate da adeguati approfondimenti e aggiornamenti di tipo idraulico anche alla luce del nuovo quadro previsionale delle precipitazioni. Si ritiene che la sussistenza delle attuali perimetrazioni di pericolosità debba essere rivalutata tenendo conto delle "Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme – LSPP", sviluppate nell'ambito dell'Accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze (D.G.R.T. 1133/2012). La suddetta verifica alla luce delle nuove curve di possibilità pluviometrica si ritiene necessaria in particolar modo anche per il Torrente Crespina e il Rio Gamberonci.

Sulla base di successivi confronti con i tecnici del Genio Civile, della modifica di alcune previsioni urbanistiche da parte dell'Amministrazione Comunale in sede di osservazione agli strumenti urbanistici, e di sopralluoghi congiunti condotti sulle aree di interesse si è concordato di procedere solamente con la rivalutazione delle condizioni di rischio idraulico indotte dal torrente Orcina, in quanto potenziale fonte di rischio per le aree di modifica/ampliamento delle previsioni del Regolamento Urbanistico poste nelle UTOE 3A-3B-7 in località Lavoria in destra Orcina.

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

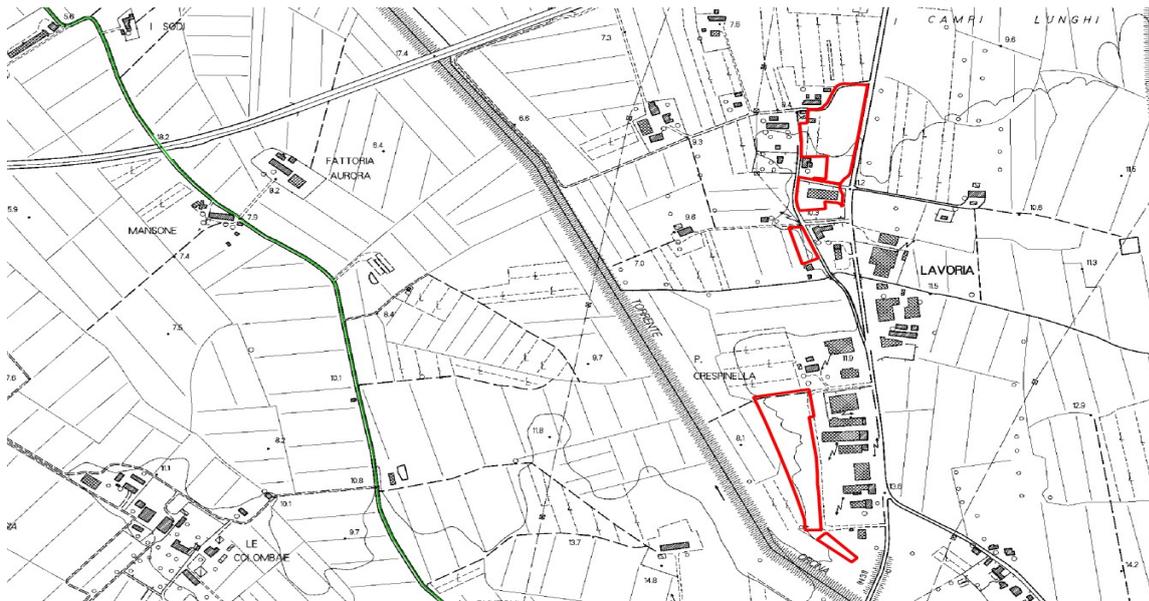


Figura 1: aree di modifica/ampliamento previsioni Regolamento Urbanistico poste nelle UTOE 3A-3B-7 in località Lavoria in destra Orcina.

L'indagine sul torrente Orcina è redatta ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 Ottobre 2011 n.53/R "Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio)" in materia di indagini geologiche, di seguito denominato DPGR n.53/R. La base di partenza per l'aggiornamento dello studio idraulico è costituita dalla modellazione già implementata a supporto della variante al Regolamento Urbanistico del Comune di Crespina redatta nel 2013.

Il tratto dell'Orcina oggetto di studio presenta estensione significativa ed adeguata per gli scopi della presente analisi, interessando buona parte del basso corso dell'asta ed estendendosi dalla confluenza tra Orcina e Gamberonci fino all'immissione nello Scolmatore. La verifica condotta ha comunque carattere locale, essendo finalizzata a valutare in maggior dettaglio le condizioni di pericolosità nelle aree di interesse urbanistico, e non a proporre modifiche al PGRA del Distretto Appennino Settentrionale relative alle esondazioni del torrente Orcina.

Nel seguito si procede dapprima con l'analisi idrologica del torrente Orcina, successivamente viene descritta la modellazione idraulica implementata per la definizione delle aree di esondazione trentennali e duecentennali. Le analisi sono state condotte in conformità alle ipotesi adottate nella redazione degli studi già condotti per i corsi d'acqua ricadenti nel perimetro dell'ex Comune di Lorenzana, a supporto dell'adeguamento del Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico del Comune di Crespina Lorenzana.

Dato il carattere pensile dell'alveo del torrente Orcina sono state effettuate anche simulazioni idrauliche tese a valutare la pericolosità idraulica per l'area di nuova previsione a seguito di eventuali rotture arginali. Tali approfondimenti sono stati effettuati essenzialmente ai fini di protezione civile e non ai fini della definizione della pericolosità idraulica valida ai fini urbanistici.

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

2. RELAZIONE IDROLOGICA

Scopo della presente relazione idrologica è quello di determinare le massime portate e gli idrogrammi di massima piena attesi nei tratti di interesse dei corsi d'acqua da analizzare.

A tal fine si è realizzato un modello idrologico dei bacini di interesse con il software HMS,

I tempi di ritorno assunti nell'analisi sono pari a 30 e 200 anni, conformemente alle indicazioni del PGRA dell'Autorità di Bacino Arno.

Il bacino idrografico preso a riferimento per l'analisi è quello del torrente Orcina. Tale corso d'acqua è già stato oggetto di analisi nell'ambito degli studi condotti a supporto del Regolamento Urbanistico dell'ex territorio di Crespina dall'ing. Silvia Lucia (*"Studio idrologico-idraulico del territorio comunale"*, 2008) Da tale studio sono stati ripresi alcuni dati geomorfologici relativi al bacino in studio.

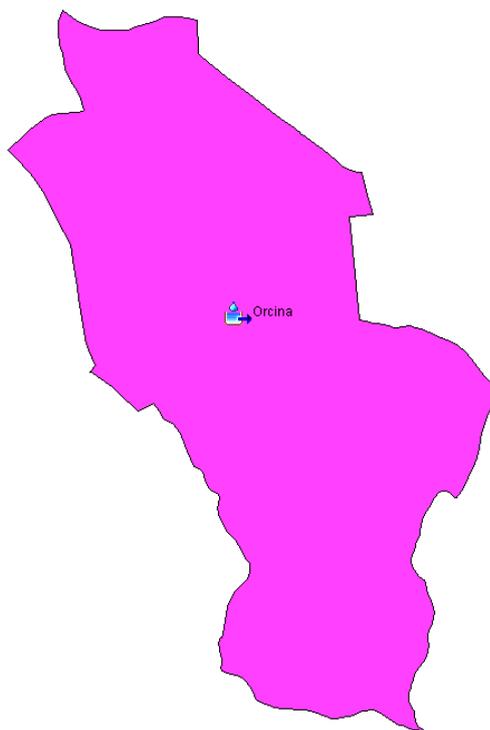


Figura 2: planimetria modello HMS con indicato il bacino del torrente Orcina

2.1. Caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico

La tabella seguente riporta le principali caratteristiche geomorfologiche del bacino in studio, riprese dal citato *"Studio idrologico-idraulico del territorio comunale"* dell'ing. Silvia Lucia. In essa A indica l'area del bacino alla sua sezione di chiusura, Z_{max} la quota massima, Z_{min} la quota minima, Z_m

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

la quota media, L_{max} la lunghezza del massimo percorso idraulico, L la lunghezza dell'asta principale, i_b la pendenza media di bacino ed i_a la pendenza media dell'asta principale.

Descrizione	u.m.	Bacino: Orcina
A – Area del bacino	[kmq]	5.23
H_{max} – Altitudine massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura	[m]	70
H_m – Altitudine media del bacino rispetto alla sezione di chiusura	[m]	14
T_c – Tempo di corrivazione del bacino	[h]	1.23
T_L – Time lag pari a 0.6 T_c	[min]	44.28

Tabella 1: parametri geomorfologici bacino dell'Orcina



Figura 3: bacino idrografico dell'Orcina

2.2. Definizione degli afflussi: curva di possibilità pluviometrica

Per la stima delle piogge intense è stato utilizzato il modello TCEV, facendo riferimento alle

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

curve di possibilità pluviometrica dedotte nell'ambito dell' "Accordo di Collaborazione Scientifica RT-UNIFI - Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme", di cui alla DGRT 1133/2012 e basata sulle elaborazioni dei dati di pioggia aggiornati fino al 2012.

Il modello a doppia componente *TCEV* interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima relativa agli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda agli eventi massimi straordinari, meno frequenti e spesso catastrofici. La distribuzione *TCEV* ha espressione:

$$P(x) = \exp[-\lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \lambda_2 \exp(-x/\theta_2)],$$

dove $P(x)$ indica la probabilità di non superamento del valore x della generica variabile casuale X mentre λ_i e θ_i ($i = 1,2$) sono i quattro parametri (positivi) della distribuzione.

La forma canonica della distribuzione (1) è:

$$P(z) = \exp[-\exp(-z) - \lambda \exp(-z/\theta)], \quad z = (x - \varepsilon_1)/\theta_1;$$

$$\varepsilon_1 = \theta_1 \ln \lambda_1, \quad \theta = \theta_2/\theta_1, \quad \lambda = \lambda_2/(\lambda_1)^{1/\theta};$$

Per la stima dei parametri della distribuzione è stato seguito un approccio gerarchico di regionalizzazione.

Attraverso l'analisi di frequenza regionale sono state stimate su tutto il territorio regionale le altezze di pioggia per le durate 1, 3, 6, 12, 24 ore ed i tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 500. Attraverso una regressione lineare sono stati calcolati i parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica a ed n , grazie ai quali è possibile calcolare, per qualsiasi durata, in qualsiasi punto del territorio regionale l'altezza di pioggia per i tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 500. I parametri a ed n forniti sono in formato raster, risoluzione 1kmx1km.

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria	Relazione idrologica ed idraulica

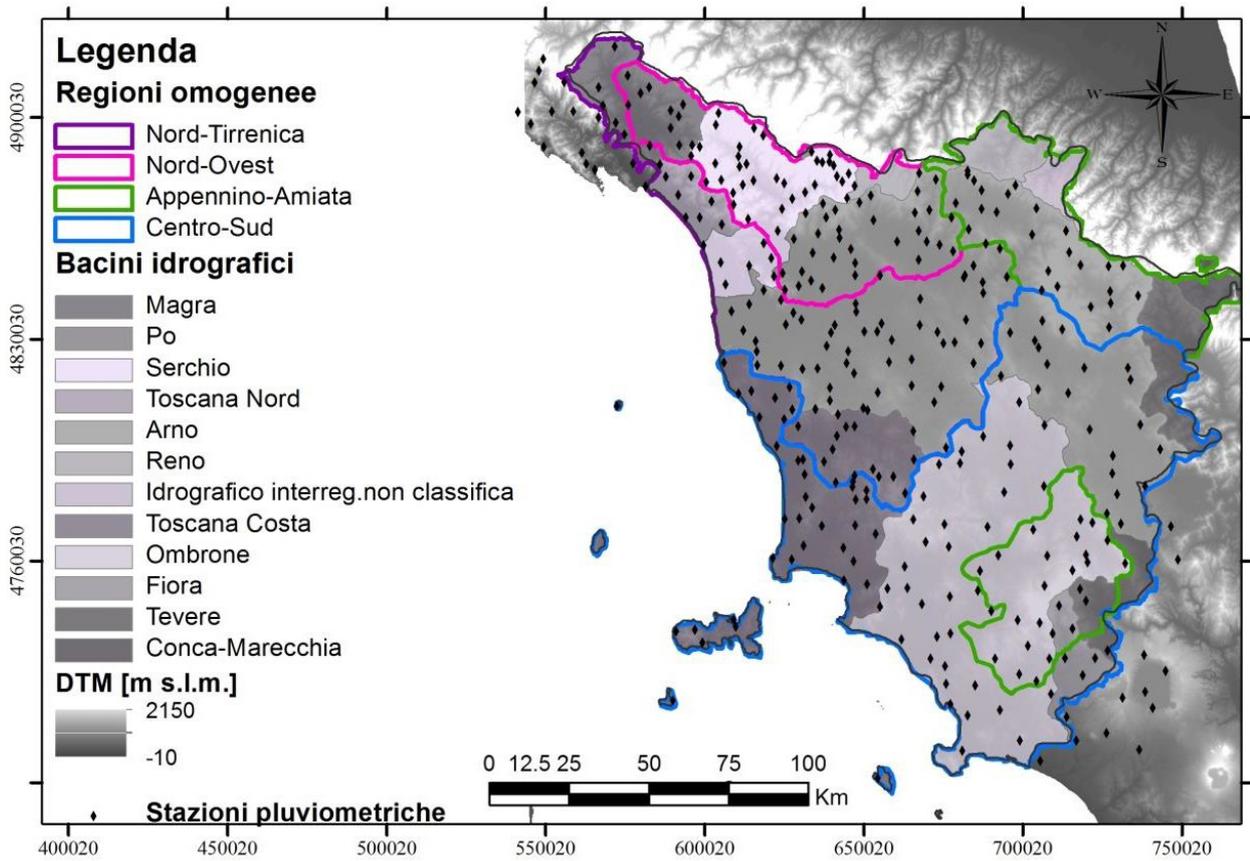


Figura 4: suddivisione dell'area di studio in regioni omogenee

Le figure seguenti riportano le griglie relative ad i parametri a ed n per l'area di interesse, per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni:

PROGETTO:

Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria

ELABORATO:

Relazione idrologica ed idraulica

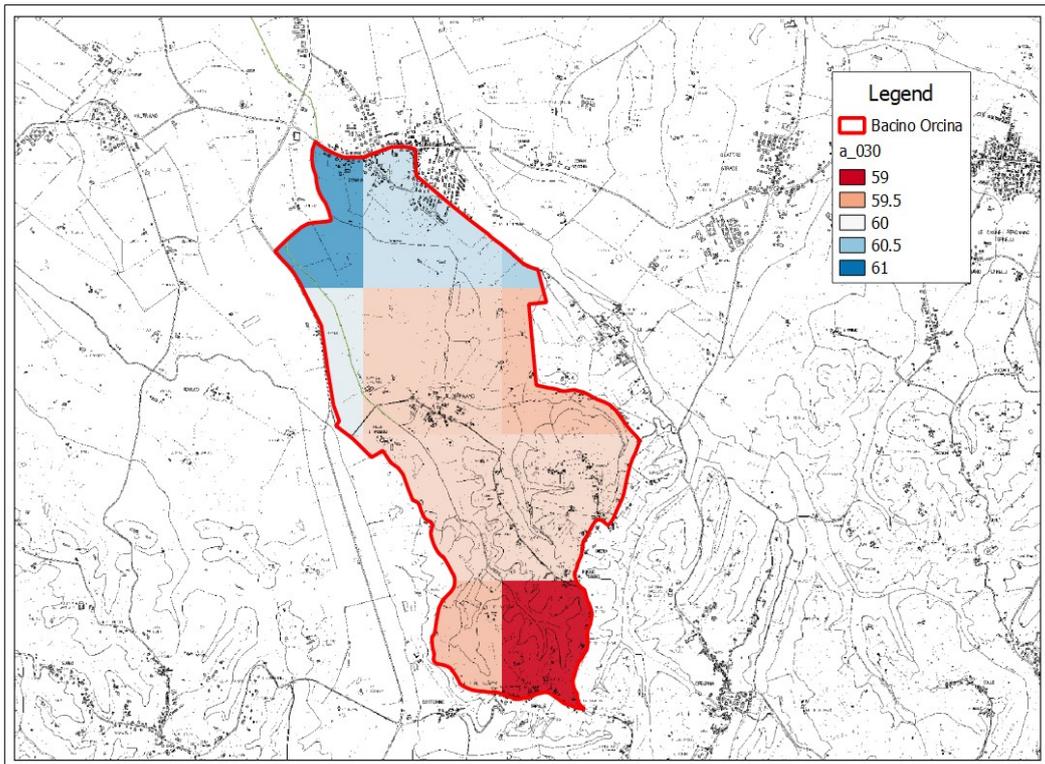


Figura 5: griglia del parametro a per Tr 30

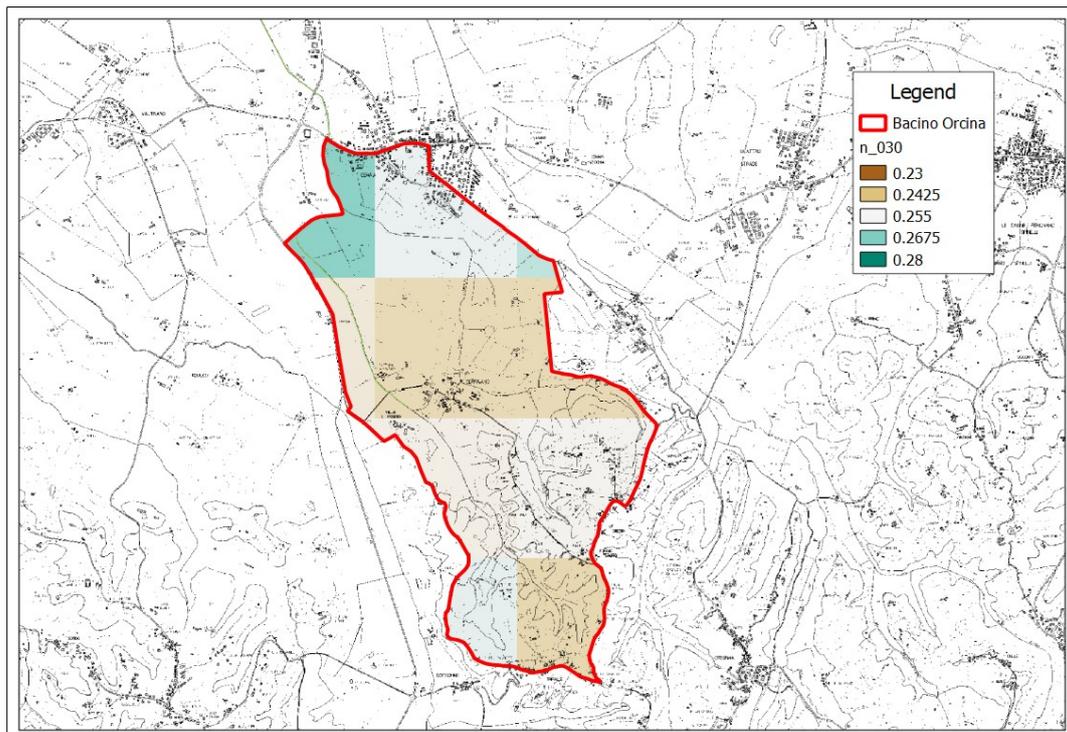


Figura 6 - griglia del parametro n per Tr 30

PROGETTO:

Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria

ELABORATO:

Relazione idrologica ed idraulica

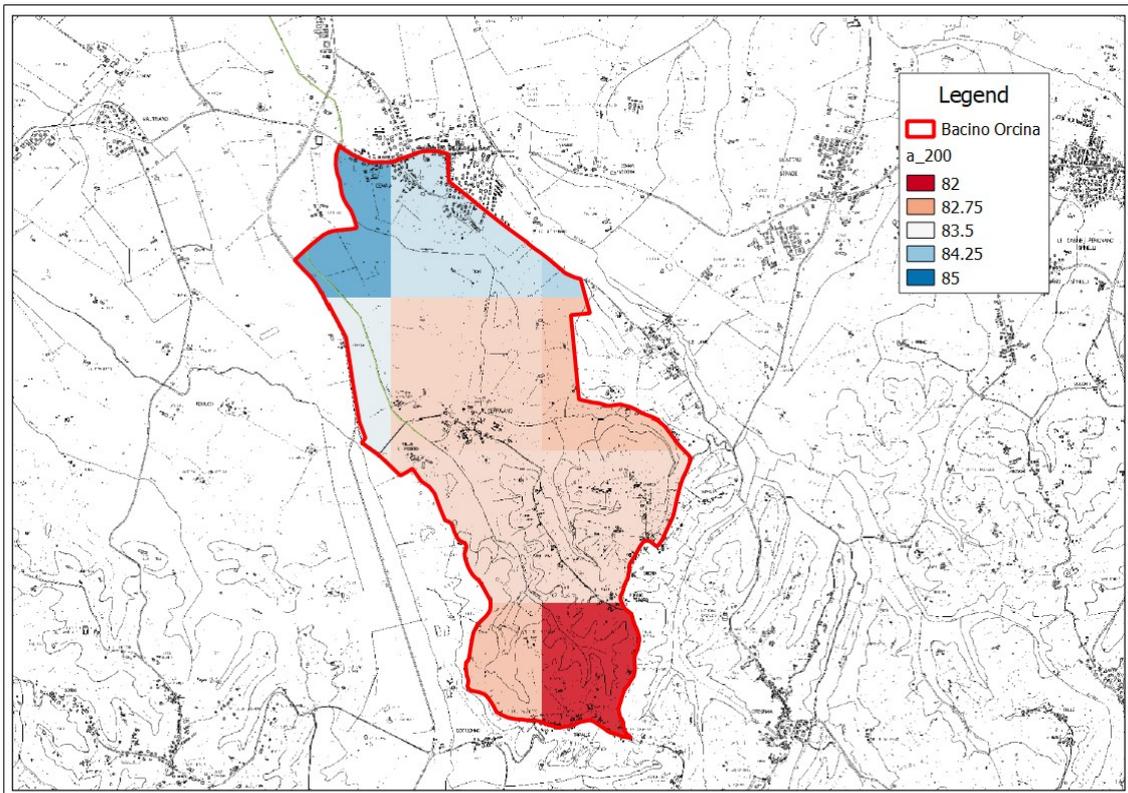


Figura 7 - griglia del parametro a per Tr200

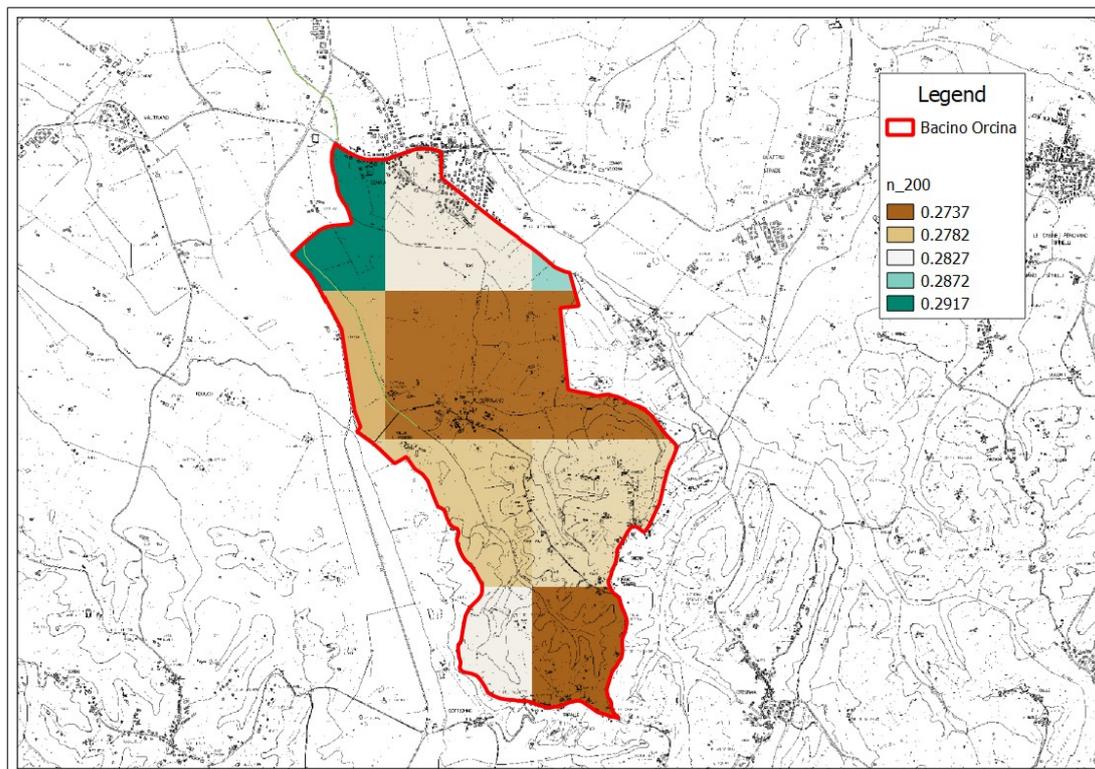


Figura 8 - griglia del parametro n per Tr200

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

Le curve pluviometriche di tempo di ritorno trentennale e duecentennale per il bacino in esame hanno le seguenti espressioni:

$$h_{30} = 59.740 t^{0.252}$$

$$h_{200} = 83.13 t^{0.278}$$

2.3. Definizione degli afflussi: ietogramma di progetto e fattore di ragguglio

Nelle simulazioni condotte si è fatto riferimento a ietogrammi triangolari. Date le dimensioni ridotte dei bacini in esame non si sono cautelativamente applicati fattori di ragguglio all'area delle precipitazioni.

La tabella seguente riporta i valori dell'altezza di pioggia totale degli ietogrammi considerati nell'analisi, per le durate ed i tempi di ritorno di interesse:

Tp(h)	Tr30 h(mm)	Tr200 h(mm)
0.5	50.16	68.56
1	59.74	83.13
2	71.14	100.8
3	78.79	112.82
4	84.72	122.22
12	111.74	165.87

Tabella 2 - altezze di pioggia ed intensità massime degli ietogrammi di calcolo

2.4. Le perdite di bacino: il metodo CN

Per la valutazione delle perdite di bacino si è utilizzato il metodo CN. Nella stima dei dati di perdita si è fatto riferimento ai dati più aggiornati disponibili sul sito della Regione Toscana. Per l'assegnazione del parametro CN si è fatto riferimento alla specifica tabella riportata in "Macroattività B - Modellazione idrologica Attività B2: Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC. Addendum: parametrizzazione HMS" (Università di Firenze, Regione Toscana, 2014). I dati di uso del suolo derivano dal database UCS 2007-2013 della Regione Toscana:

USO_E_COPERTURA_DEL_SUOLO_REGIONE_TOSCANA.7z\USO_E_COPERTURA_DEL_SUOLO_REGIONE_TOSCANA\ucs2013_shapefile\ucs_rt.shp

mentre i dati relativi al gruppo idrologico dei suoli derivano dal DB Pedologico regionale:

DBPedologico_Regione_Toscana\DBPedologico_Regione_Toscana\dbpedologico_rt.qgs.

Si è tuttavia effettuata una correzione a tale tabella in merito ad i valori assegnati alle aree boscate (codici Corine 311, 312 e 313). Nella pubblicazione originale della Regione Toscana i valori di CN associati a tali aree risultano infatti quelli relativi all'uso del suolo "woods, fair hydrologic

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

conditions" di cui alle tabelle del metodo CN redatte dall'USDA Natural Resources Conservation Service (Tabella 9-1, *National Engineering Handbook, part 630 Hydrology, Chapter 9: Hydrologic Soil Cover complexes*). In effetti nell'ambito della metodologia CN con il termine woods si intendono "small isolated groves of trees being raised for farm or ranch use"¹, tipologia di uso del suolo che ha un comportamento idrologico diverso rispetto a "Forest-range", di cui allo stesso Chapter 9 del citato *National Engineering Handbook, part 630 Hydrology*. Nella letteratura tecnica sono peraltro presenti più studi che evidenziano la tendenziale sovrastima dei deflussi derivante dall'applicazione del metodo CN alle aree boscate. Ad esempio il software AdBt-ToolBox, sviluppato in Italia a cura del Ministero dell'Ambiente, adotta valori del parametro CN per le aree boscate inferiori a quelli proposti dall'USDA.

Nello spirito di volersi mantenere coerenti con i valori di CN per aree boscate proposti dall'USDA (l'ente che ha sviluppato il metodo stesso del CN) si è provveduto a variare i valori adottati dalla Regione Toscana in corrispondenza delle aree boscate (codici Corine 311, 312 e 313), come da tabella seguente:

	Valori Regione Toscana				Valori USDA			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Boschi di latifoglie (311)	36	60	73	79	36	48	57	63
Boschi di conifere (312)	36	60	73	79	36	48	57	63
Boschi misti di latifoglie e conifere (313)	36	60	73	79	36	48	57	63

Tabella 3: parametro CN per le aree boscate. Per la colonna A dei valori USDA si sono assunti gli stessi valori proposti dalla Regione Toscana, in assenza di indicazioni sul National Engineering Handbook, part 630 Hydrology.

¹ "Hydrology training series. Module 104. Runoff Curve Number Computations. Study Guide". USDA, NRCS,1989.

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

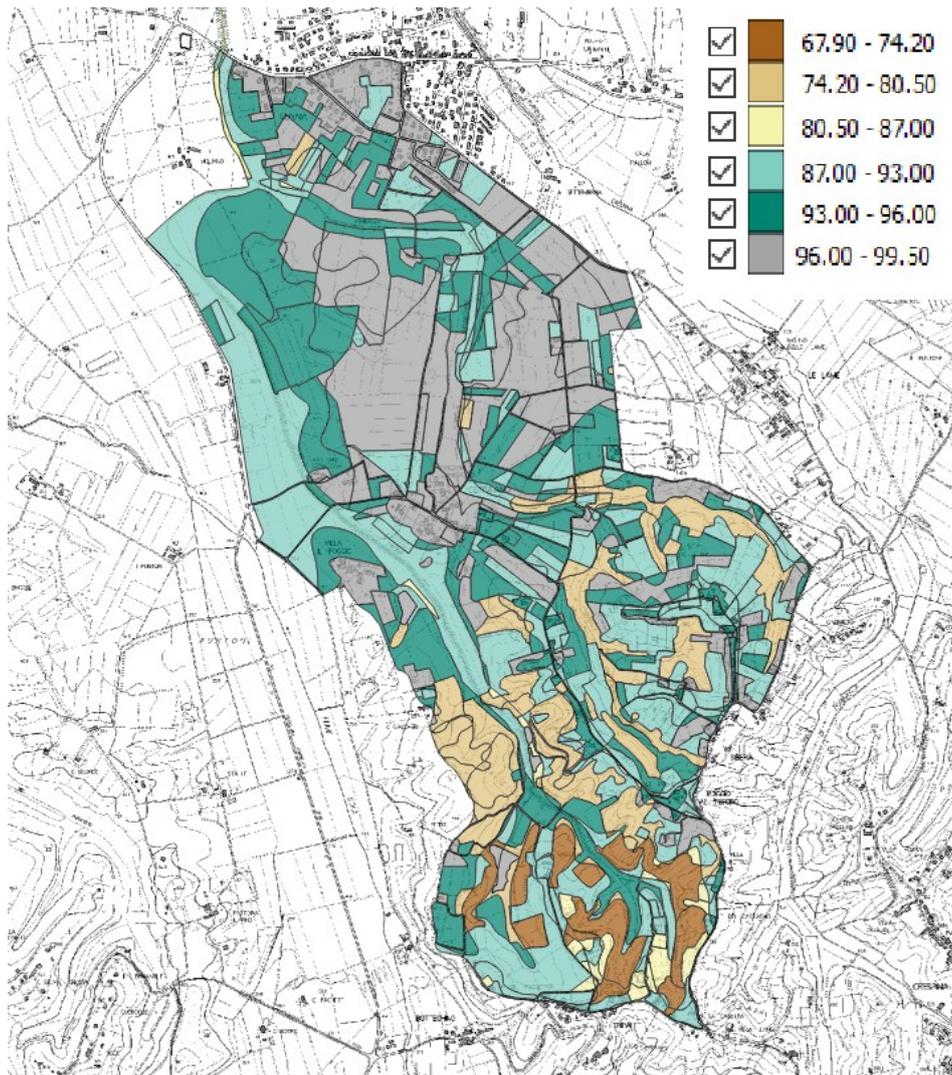


Figura 9 distribuzione del CN per il bacino in esame

Per la stima delle perdite iniziali I_a si può far ricorso alla seguente equazione: $I_a = 0.1 - 0.4 S$ (generalmente $I_a = 0.2 S$). La valutazione di S è ricondotta a quella dell'indice CN, secondo la seguente relazione:

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

valida per S espressa in mm.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri CN assegnati ai vari sottobacini. Si riporta anche il valore del CN in condizioni di umidità 3 (suolo saturo), con cui sono stati eseguiti i calcoli.

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

Sottobacini	CNII	CNIII	% area boscata (codici Corine 311,312,313).
Orcina	82.63	91.08	15.58%

Tabella 4: parametri CN per i sottobacini in esame

2.5. Trasformazione afflussi netti – deflussi

2.5.1. L'idrogramma SCS

Per la trasformazione afflussi netti deflussi si è impiegato il metodo dell'idrogramma SCS. L'idrogramma del Soil Conservation Service (SCS) americano è un idrogramma adimensionale definito in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di dimensioni grandi e piccole.

Per la sua definizione è necessario specificare l'area del bacino, il fattore di picco e il tempo di ritardo.

Il fattore di picco (Peaking Factor) è un coefficiente che definisce il volume di acqua nei rami crescente e decrescente dell'idrogramma. Il NOHRSC (National Operational Hydrologic Remote Sensing Center) suggerisce di impostare il fattore di picco sulla base delle caratteristiche del bacino idrografico, in particolare grado di urbanizzazione e pendenza media. Nel caso in esame è stato usato il fattore di picco standard pari a 484.

Il tempo di ritardo T_1 del bacino idrografico può essere valutato a partire dal tempo di corrivazione T_c secondo la relazione: $T_1 = \frac{3}{5} \cdot T_c$

Il tempo di corrivazione del bacino del torrente Orcina è stato ripreso dal citato "Studio idrologico-idraulico del territorio comunale" dell'ing. Silvia Lucia e risulta pari a 1.23 h. tale valore è stato confrontato con quelli forniti da relazioni di letteratura e ritenuto idoneo per il tipo di bacini in esame.

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

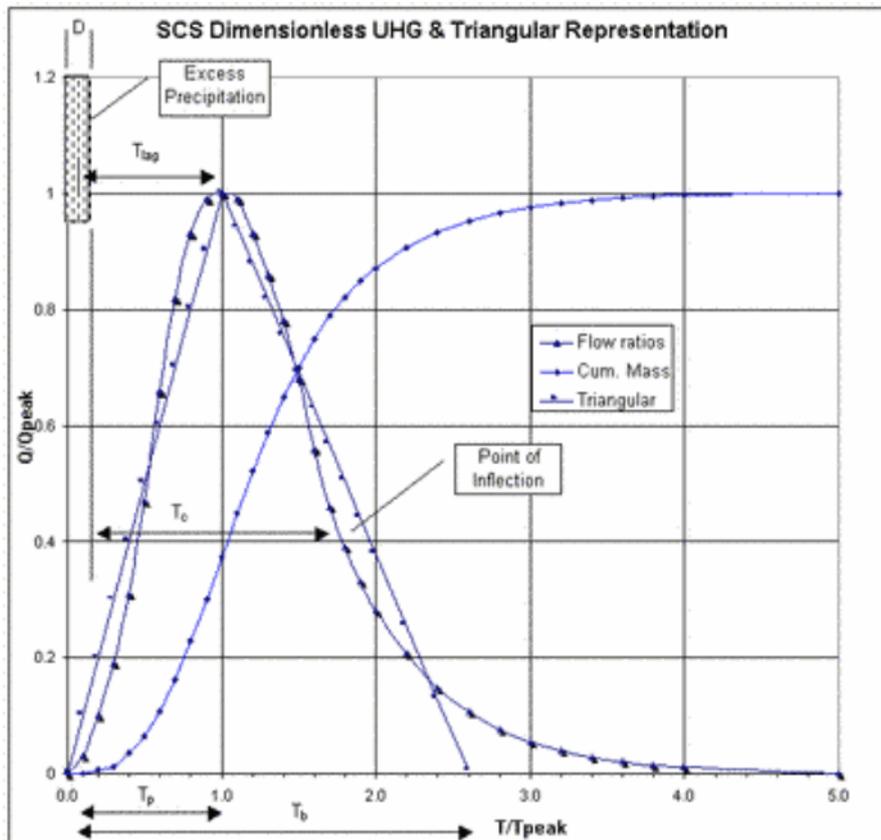


Figura 10: idrogramma del SCS

2.6. Risultati della modellazione idrologica: idrogrammi di piena

Sulla base di quanto sopra esposto è stato implementato il modello idrologico dell'area di studio. Sono state eseguite simulazioni per tempi di ritorno 30 e 200 anni con durata di pioggia pari a 0.5-1-2-3-4 h.

Le simulazioni idrologiche sono individuate da un codice nella forma itTrxxxTpyyyh, dove it sta ad indicare che si sono impiegati ietogrammi triangolari xxx indica il tempo di ritorno in anni ed yyy la durata di pioggia espressa in ore.

Le tabelle seguenti riportano i valori massimi di portata per tempi di ritorno di 30 e 200 anni, per i diversi scenari esaminati e per i diversi elementi di modellazione:

Bacino	T_p (ore)	Q 30 (mc/sec)	Q 200 (mc/sec)
<i>Orcina alla sezione di chiusura</i>	0.5	41.69	65.28
	1	50.36	78.72
	2	50.85	79.16
	3	45.83	71.32
	4	41.06	63.93

Tabella 5: portate massime Torrente Orcina

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

I grafici seguenti riportano gli idrogrammi di piena alla sezione di chiusura del bacino.

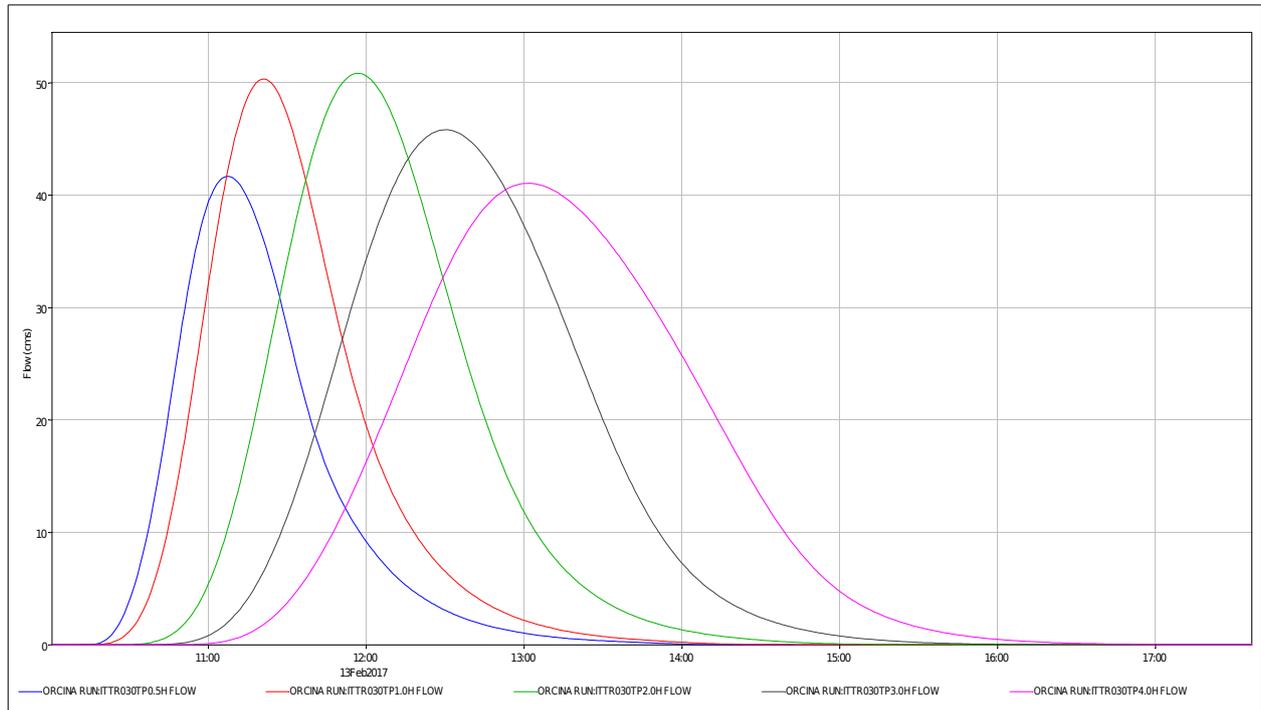


Figura 11 Idrogramma di piena alla sezione di chiusura dell'Orcina: tempo di ritorno 30 anni, durate 0.5-1-2-3-4 h.

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

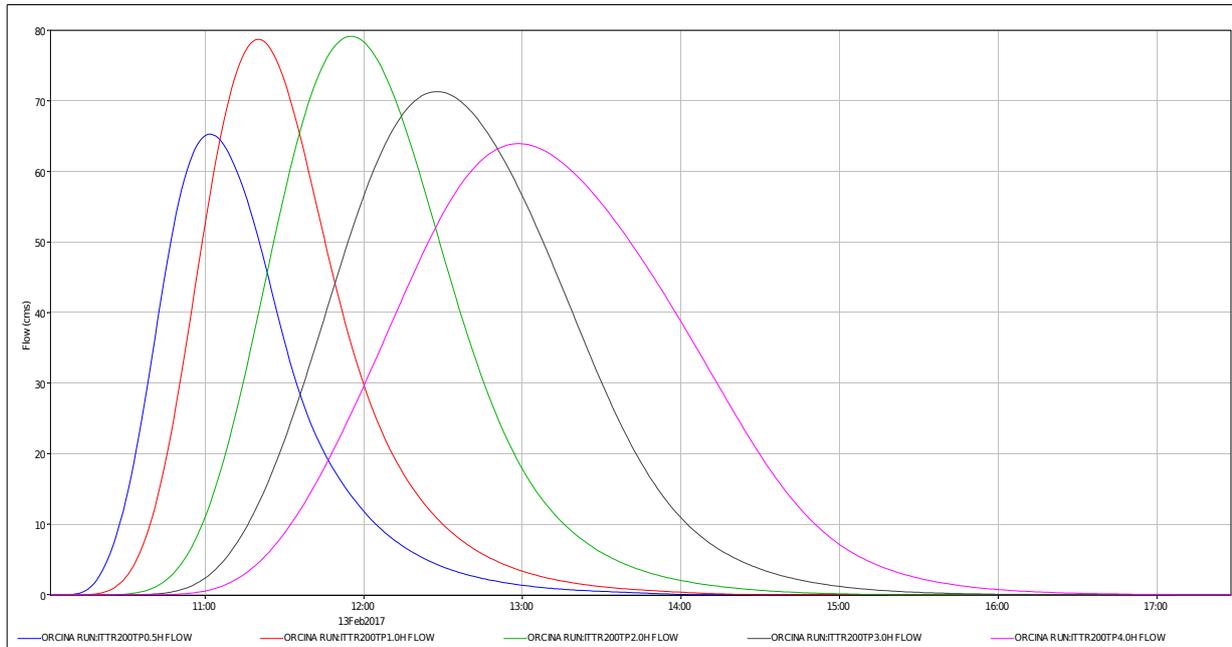


Figura 12 - Idrogramma di piena alla sezione di chiusura dell'Orcina: : tempo di ritorno 200 anni, durate 0.5-1-2-3-4 h.

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

3. RELAZIONE IDRAULICA

La modellazione idraulica dei tratti fluviali di interesse per la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica è stata condotta mediante il software HEC-RAS 5.0 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) prodotto anch'esso dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE).

Le simulazioni sono state eseguite in regime di moto vario mono e bidimensionale e sono descritte in dettaglio nel seguito. In particolare si è proceduto ad implementare un'analisi monodimensionale in alveo e bidimensionale al di fuori dell'alveo inciso.

Per la definizione delle condizioni di pericolosità dell'area sono state effettuate più simulazioni, corrispondenti alle durate di pioggia critiche per il corso d'acqua in esame.

Il tratto oggetto di studio si estende ben oltre le aree di interesse, sia per quel che riguarda la modellazione monodimensionale che per quel che riguarda la modellazione bidimensionale, al fine di evitare effetti al contorno.

3.1. Modello di calcolo a moto vario monodimensionale

La forma delle equazioni del moto vario (o equazioni di De Saint Venant) utilizzate in HEC-RAS è la seguente:

Equazione di continuità:

$$\frac{(\partial A)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi \cdot Q))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial[(1-\Phi) \cdot Q])}{(\partial x_f)} = 0$$

Equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{(\partial Q)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial((1-\Phi)^2 Q^2 / A_f))}{(\partial x_f)} + g A_c \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_c)} + S_{fc} \right] + g A_f \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_f)} + S_{ff} \right] = 0$$

con:

$$Q_c = \Phi \cdot Q ; \quad \Phi = (K_c) / (K_c + K_f)$$

I pedici c ed f si riferiscono rispettivamente al *main channel* (alveo centrale) ed alle *floodplain* (aree golenali), Q rappresenta la portata, g l'accelerazione di gravità, x l'ascissa, t il tempo, K la *conveyance* (o fattore di trasporto) della sezione, Z la quota del pelo libero (somma della quota di fondo z e dell'altezza liquida y), A l'area liquida, S_f la pendenza della linea dell'energia.

HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come *box scheme*. Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni al contorno, risulta un sistema lineare di N equazioni in N incognite, con N pari a 2 volte il numero

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo iterativo, utilizzando l'algoritmo *skyline*, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

Nel caso di corrente mista lenta o veloce HEC-RAS utilizza la tecnica LPI "*Local Partial Inertia*", mediante la quale si passa gradualmente dalla soluzione delle equazioni complete del moto alla soluzione del modello parabolico delle equazioni del moto vario. Il modello parabolico viene applicato dal programma soltanto nei tratti di corso d'acqua in cui si ha un numero di Froude maggiore di un valore soglia definibile dall'utente (generalmente si assume $Fr=1$, corrispondente al passaggio della corrente attraverso lo stato critico). Il modello matematico riesce così a garantire una buona stabilità di calcolo anche nei tratti interessati da corrente veloce o mista, pur mantenendo un'adeguata accuratezza di calcolo.

Per ulteriori dettagli sulle equazioni e gli algoritmi di calcolo si rimanda alla manualistica di HEC-RAS ed in particolare all'*Hydraulic Reference Manual*.

3.1. Modello di calcolo a moto vario bidimensionale

Il modello matematico bidimensionale utilizza le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, che vengono risolte con uno schema ai volumi finiti.

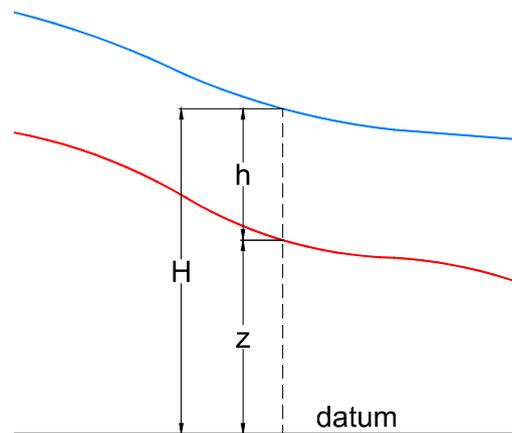


Figura 13: sistema di riferimento di Hec-Ras 2D: la quota del terreno è indicata con $z(x,y)$ l'altezza idrica con $h(x,y,t)$; la quota del pelo libero con $H(x,y,t) = z(x,y) + h(x,y,t)$

Conservazione della massa: assumendo il fluido incomprimibile, l'equazione differenziale della conservazione della massa (continuità) in moto vario è:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial (h \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial (h \cdot v)}{\partial y} + q = 0$$

in cui t è il tempo, u e v sono rispettivamente le componenti di velocità lungo le direzioni x ed y e q è la portata in ingresso ed in uscita dovuta a immissioni od uscite di acqua.

Conservazione della quantità di moto: quando la dimensione orizzontale caratteristica dell'area di studio è molto maggiore della dimensione verticale, gli effetti legati alla componente verticale

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

della velocità possono essere trascurati e si può assumere una distribuzione idrostatica delle pressioni, a partire dalle equazioni di Navier-Stokes. In tali ipotesi e nell'ipotesi di densità del fluido costante, l'equazione di conservazione della quantità di moto assume la seguente forma:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + \nu_i \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f \cdot u + f \cdot v$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial y} + \nu_i \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f \cdot v - fu$$

in cui oltre ai simboli già illustrati, g è l'accelerazione di gravità, ν_t è il coefficiente di viscosità turbolenta, c_f è il coefficiente di attrito al fondo, ed f è il coefficiente di Coriolis.

Utilizzando la formula di Chézy il coefficiente di scabrezza sul fondo è dato da:

$$c_f = \frac{g \cdot |V|}{C^2 \cdot R}$$

in cui g è l'accelerazione di gravità, $|V|$ è il modulo del vettore velocità, C è il coefficiente di Chézy ed R è il raggio idraulico. Utilizzando la formula di Manning $C = R^{1/6} / n$, in cui n è il coefficiente di scabrezza di Manning, pertanto si ha:

$$c_f = \frac{n^2 \cdot g \cdot |V|}{R^{4/3}}$$

Per la modellazione del campo di moto HEC-RAS utilizza l'approccio batimetrico sub-grid sviluppato da Casulli. Con tale approccio si riesce a sfruttare informazioni topografiche ad alta risoluzione (ad esempio dati Lidar con passo della griglia pari ad 1m) pur utilizzando celle di calcolo a dimensione caratteristica maggiore rispetto alla risoluzione dei dati in ingresso. Per ogni singola cella di calcolo infatti in fase di preprocessione viene ricavata la legge di variazione con la quota del pelo libero delle grandezze idrauliche caratteristiche, basandosi sui dati topografici ad alta risoluzione relativi alla cella stessa. Vengono così determinate: curva di vaso della cella, area, contorno bagnato e raggio idraulico su ogni bordo della cella. Tale schema di risoluzione consente di sfruttare al massimo il dettaglio dei dati in ingresso.

3.2. Caratteristiche geometriche del modello idraulico

La geometria del modello (riportata in allegato) è stata implementata utilizzando sia rilievi topografici relativi all'alveo inciso, che i dati lidar disponibili per l'area in esame. In particolare:

- per la modellazione dell'alveo inciso si è fatto riferimento alle sezioni di rilievo topografico riprese dal citato studio dell'ing. Silvia Lucia ed integrate dal rilievo degli attraversamenti esistenti e da verifiche a campione eseguite direttamente da H.S. ingegneria s.r.l. con strumentazione gps. L'ubicazione planimetrica delle sezioni di calcolo è riportata in allegato. Le sezioni sono state riferite altimetricamente ai dati Lidar tramite il rilievo di punti posti sulla viabilità principale prossima alle aree di intervento. Per una più corretta definizione della geometria di progetto sono state utilizzate anche delle sezioni interpolate, generate da HEC-RAS a partire dalle sezioni rilevate e ricostruite anche sulla base dei dati LIDAR disponibili.
- le caratteristiche topografiche della rete di calcolo 2D sono state desunte dal DTM generato dai dati LIDAR della Regione Toscana disponibili per l'area di studio, verificando la

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

congruenza tra i rilievi disponibili ed i dati LIDAR. La rete di calcolo bidimensionale interessa le aree esterne all'alveo inciso ed è stata definita utilizzando le opzioni di discretizzazione automatica del dominio di calcolo presenti in RAS, definendo opportune break lines in corrispondenza di elementi morfologicamente ed idraulicamente significativi, quali strade, corsi d'acqua, rilevati, etc.

- Per completezza si è anche provveduto a modificare localmente il LIDAR in corrispondenza della confluenza Orcina-Canale scolmatore dell'Arno in cui è in corso di ultimazione la realizzazione di un campo di tiro al volo, per la cui realizzazione gli studi idraulici sono stati redatti da H.S. Ingegneria. Tale modifica (successiva alla data dei rilievi Lidar) ha peraltro effetti sostanzialmente nulli nella zona di interesse nella presente analisi.

La rete bidimensionale è collegata al modello monodimensionale tramite delle lateral structure da cui si ha lo scambio di acqua (bidirezionale) tra modello monodimensionale e modello bidimensionale. La geometria delle lateral structure è ripresa dai dati dei rilievi topografici eseguiti, integrata ove necessario dai dati LIDAR.

3.3. Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata

I coefficienti di scabrezza n di Manning sono stati fissati avvalendosi del confronto tra le caratteristiche dei tratti in esame ed altri corsi d'acqua di caratteristiche di scabrezza simili, per cui si hanno a disposizione misure di taratura di n . I valori adottati sono riportati nelle sezioni RAS in allegato.

Per l'alveo si è adottato un valore pari a 0.035, mentre per le aree golenali si è considerato un valore pari a 0.04, considerando anche la possibilità che la piena possa avvenire in condizioni di non perfetta manutenzione del corso d'acqua.

Sono stati inoltre assegnati coefficienti di perdita concentrata per contrazione/espansione variabili tra 0.1/0.3 per le sezioni correnti e 0.3/0.5 in corrispondenza degli attraversamenti, a seconda delle caratteristiche di variazione della sezione.

Il coefficiente di scabrezza delle celle bidimensionali è stato assegnato a partire dall'uso del suolo derivato dal progetto Corine, secondo la seguente tabella di corrispondenza (ripresa da R. Pestana et al., 2013, *Calibration of 2d hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus river*, ESA Living Planet Symposium 2013):

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

Code	Designation	n
111	Continuous urban fabric	0.230
112	Discontinuous urban fabric	0.115
121	Industrial or commercial units	0.230
122	Roads and rail networks and associated land	0.038
124	Airports	0.230
131	Mineral extraction sites	0.104
132	Dump sites	0.115
133	Construction sites	0.115
142	Sport and leisure facilities	0.023
211	Non-irrigated arable land	0.043
212	Permanently irrigated land	0.043
213	Rice fields	0.023
221	Vineyards	0.043
222	Fruit trees and berry plantations	0.043
223	Olive groves	0.043
231	Pastures	0.298
241	Annual crops associated w/permanent crops	0.043
242	Complex cultivation patterns	0.023
243	Agriculture, w/significant natural vegetation	0.058
244	Agro-forestry areas	0.058
311	Broad-leaved forest	0.230
312	Coniferous forest	0.127
313	Mixed forest	0.230
321	Natural grasslands	0.039
322	Moors and heathland	0.058
323	Sclerophyllous vegetation	0.058
324	Transitional woodland-shrub	0.058
331	Beaches, dunes, sands	0.138
332	Bare rocks	0.104
333	Sparsely vegetated areas	0.104
334	Burnt areas	0.104
411	Inland marshes	0.115
511	Water courses	0.035
512	Water bodies	0.035

Tabella 6: valori del coefficiente di scabrezza sulle aree 2D (R. Pestana et al., 2014).

3.4. Condizioni al contorno ed idrogrammi di piena

Gli scenari simulati hanno tempo di ritorno pari a 30 e 200 anni.

Le condizioni al contorno di monte sono date dagli idrogrammi determinati in sede di analisi idrologica e precedentemente riportati.

Come condizione al contorno di valle nel canale Scolmatore si sono ripresi i dati derivati dallo studio idraulico realizzato dal Comune di Collesalveti (Li) sul canale Scolmatore ed i suoi affluenti. In corrispondenza della confluenza con l'Orcina si hanno i seguenti valori delle quote del pelo libero: 6.47 m.s.m. per eventi trentennali e 7.02 m.s.m. per eventi duecentennali. Tali valori sono

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

stati cautelativamente considerati costanti durante le simulazioni condotte. Si nota peraltro che dato il carattere pensile del tratto terminale del torrente Orcina le condizioni di deflusso nello Scolmatore praticamente non inducono effetti di rigurgito sull'Orcina.

3.5. Verifiche in condizioni di rottura delle arginature

Ai fini della valutazione delle condizioni di rischio in corrispondenza dell'area oggetto di previsione si è proceduto anche a verificare scenari di esondazione in presenza di rotture arginali. Per la valutazione di tali scenari sono state fatte le seguenti ipotesi, finalizzate a massimizzare i volumi di esondazione in corrispondenza dell'area di interesse urbanistico:

- la rottura interessa l'argine destro in corrispondenza del tratto posto all'altezza dell'area di interesse: in particolare sono state considerate due distinte sezioni di rottura, in corrispondenza delle sezioni 40 e 50.500*, come da figura riportata in allegato;
- in caso di rottura l'intero idrogramma di piena (dato il carattere pensile del corso d'acqua) si riversa fuori dall'alveo sul piano campagna. In virtù di tale ipotesi le simulazioni di calcolo sono state condotte solo con il modulo bidimensionale, inserendo l'intero idrogramma di esondazione direttamente fuori alveo, al piede dell'arginatura destra in corrispondenza delle sezioni di rottura.

3.6. Scenari simulati

Le simulazioni effettuate sono individuate da un codice analogo a quello utilizzato nella corrispondente simulazione idrologica, nella forma ItTrxxxTpyyyh, dove it sta ad indicare che si sono impiegati ietogrammi triangolari xxx indica il tempo di ritorno in anni ed yyy la durata di pioggia espressa in ore. Le simulazioni con il suffisso-Pipe40 sono relative all'ipotesi di rottura delle arginature in destra in corrispondenza della sezione 40, mentre quelle con il suffisso-Pipe50.500. Le durate critiche di pioggia per l'estensione delle aree di esondazione sono pari a 2 e 3 ore.

Per ogni scenario di simulazione è stato implementato un diverso plan su RAS.

	Plan
Simulazioni con argini integri (modello completo 1D-2D)	ItTr200Tp2.0h ItTr200Tp3.0h ItTr030Tp2.0h ItTr200Tp3.0h
Simulazioni di rottura arginale (modello 2D area in destra Orcina): rottura in destra in corrispondenza della sezione 40	ItTr200Tp2.0h-Pipe40 ItTr200Tp3.0h-Pipe40 ItTr030Tp2.0h-Pipe40 ItTr030Tp3.0h-Pipe40
Simulazioni di rottura arginale (modello 2D area in destra Orcina): rottura in destra in corrispondenza della sezione 50.500*	ItTr200Tp2.0h-Pipe50.500* ItTr200Tp3.0h-Pipe50.500* ItTr030Tp2.0h-Pipe50.500* ItTr030Tp3.0h-Pipe50.500*

Tabella 7: scenari di simulazione

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

4. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

I risultati dettagliati delle simulazioni RAS effettuate sono riportati in allegato alla presente relazione.

Per la visualizzazione delle condizioni di pericolosità delle aree di studio, in termini di altezze e velocità di esondazione si rimanda alle tavole grafiche allegate. Tali tavole sono relative ad un estratto della sola area contermina alle aree di interesse, dato il carattere locale della presente verifica. Le aree di esondazione riportate costituiscono l'involuppo dei risultati delle diverse simulazioni condotte, nel caso di arginature integre ed in caso di collasso arginale.

Come si nota dai risultati delle simulazioni condotte le aree di interesse non sono interessate dalle esondazioni del torrente Orcina nell'ipotesi di arginature integre, mentre sono marginalmente lambite dalle acque di esondazione nel caso di rottura arginale.

<i>PROGETTO:</i>	<i>ELABORATO:</i>
<i>Studio idraulico del torrente Orcina nel Comune di Crespina Lorenzana a supporto di previsioni urbanistiche localizzate in località Lavoria</i>	<i>Relazione idrologica ed idraulica</i>

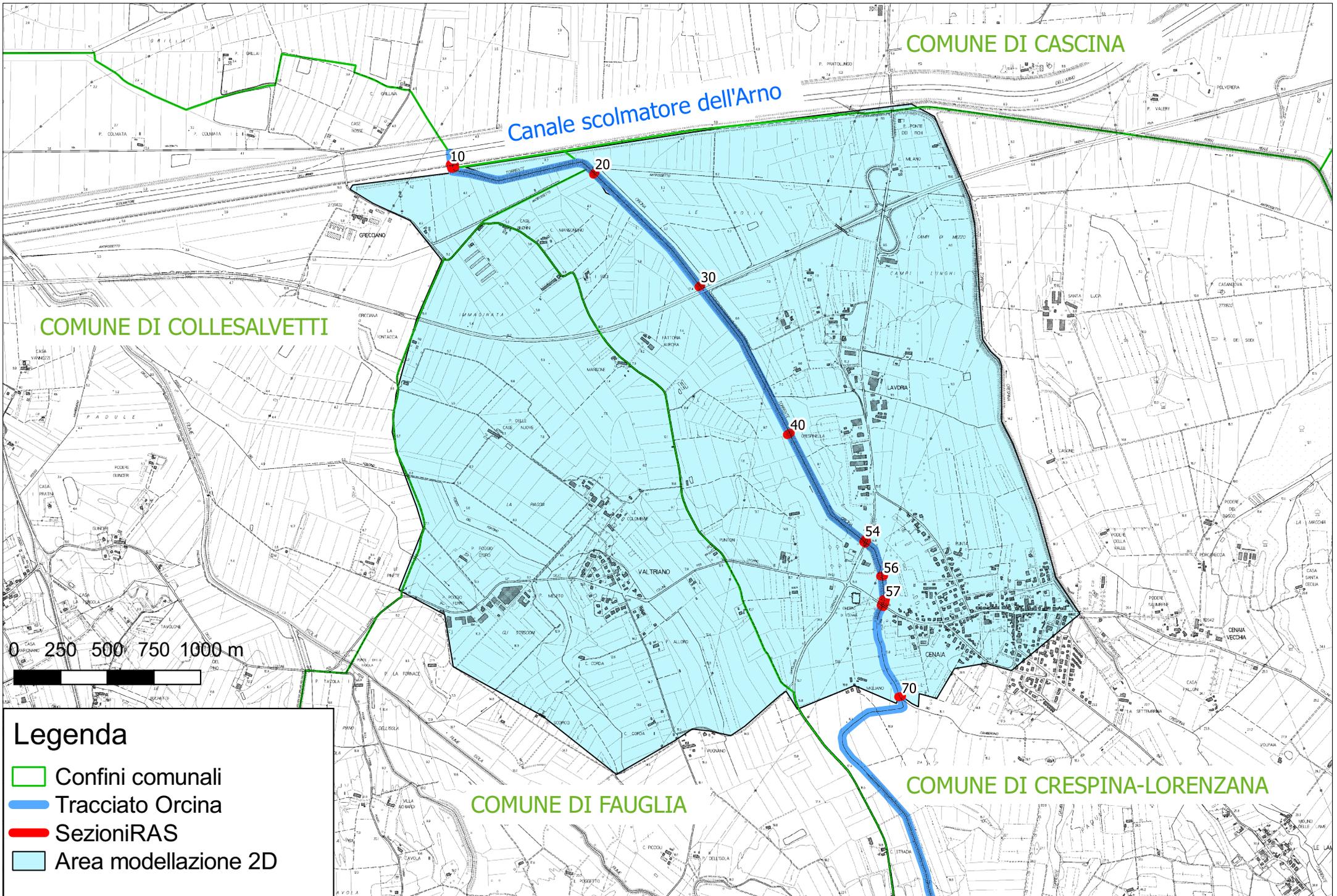
5. ALLEGATI

Si riportano nel seguito i risultati delle simulazioni eseguite:

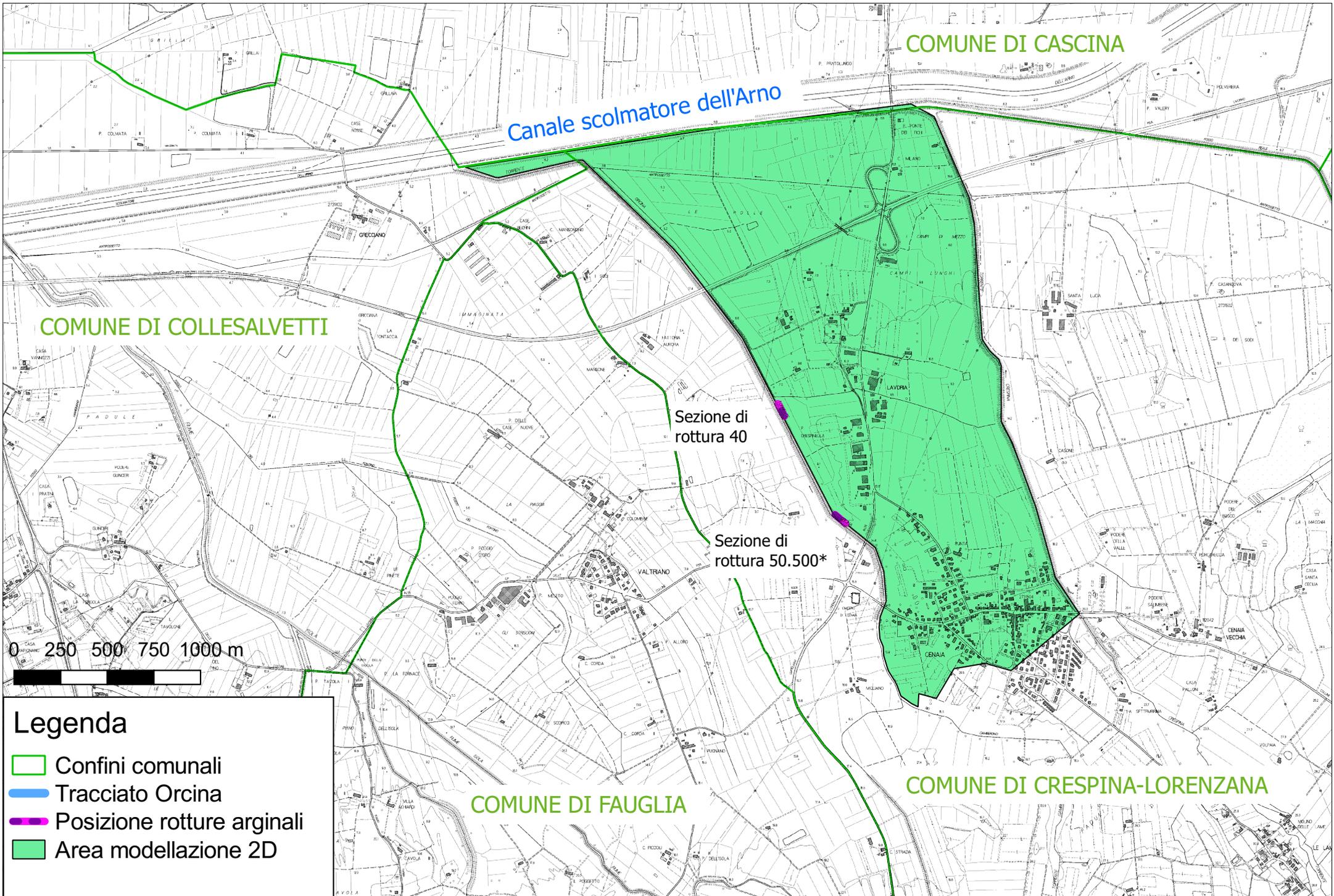
Allegati analisi idraulica:

1. Planimetrie di modellazione;
2. Risultati modello RAS per Tr 30 e Tr 200: planimetria scenari di esondazione, profili e tabelle;
3. Sezioni di calcolo RAS.
4. Estratti aree di esondazione da RAS Mapper.

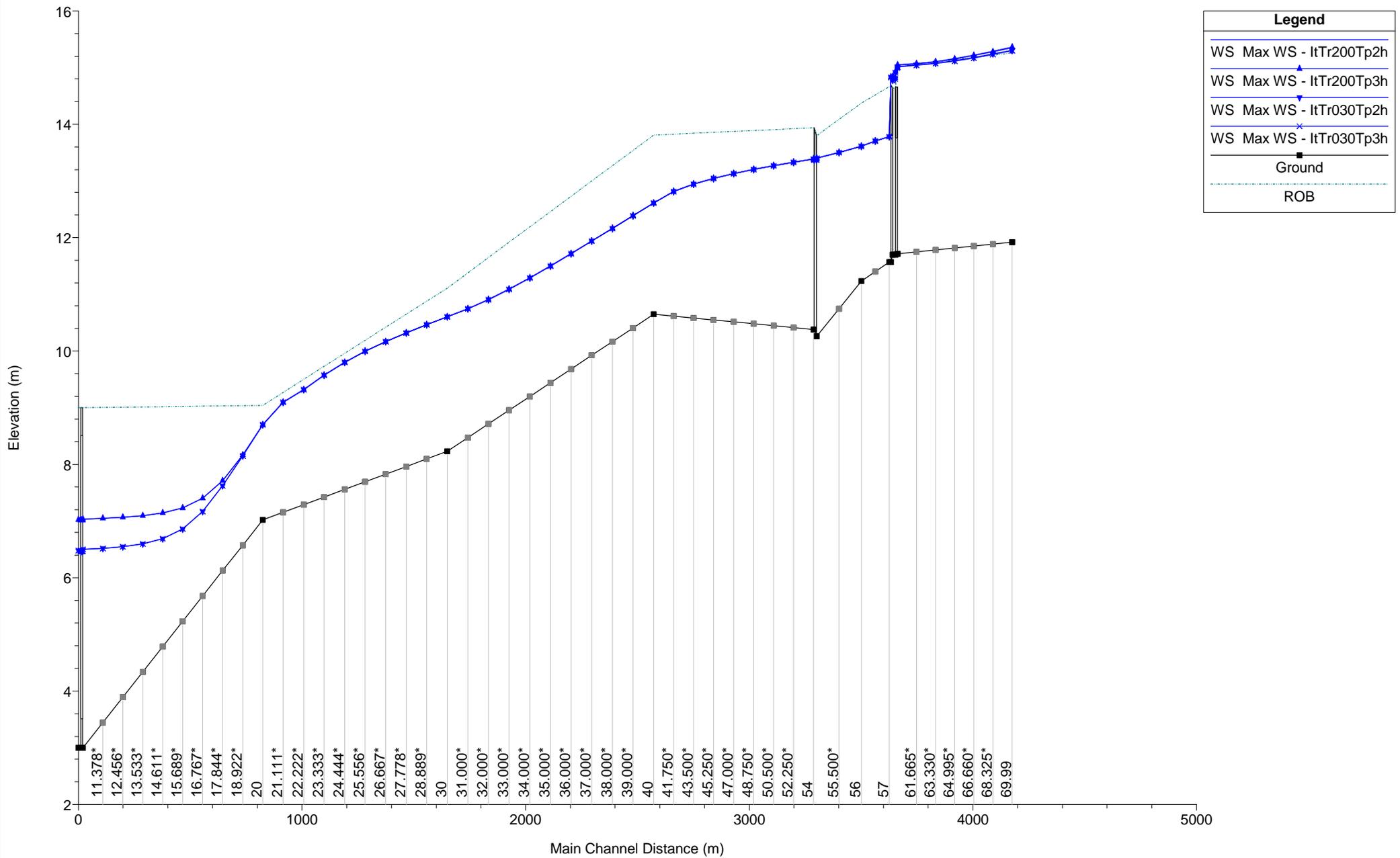
Planimetria generale di modellazione idraulica scenario senza rotture arginali



Planimetria generale di modellazione idraulica scenario rotture arginali



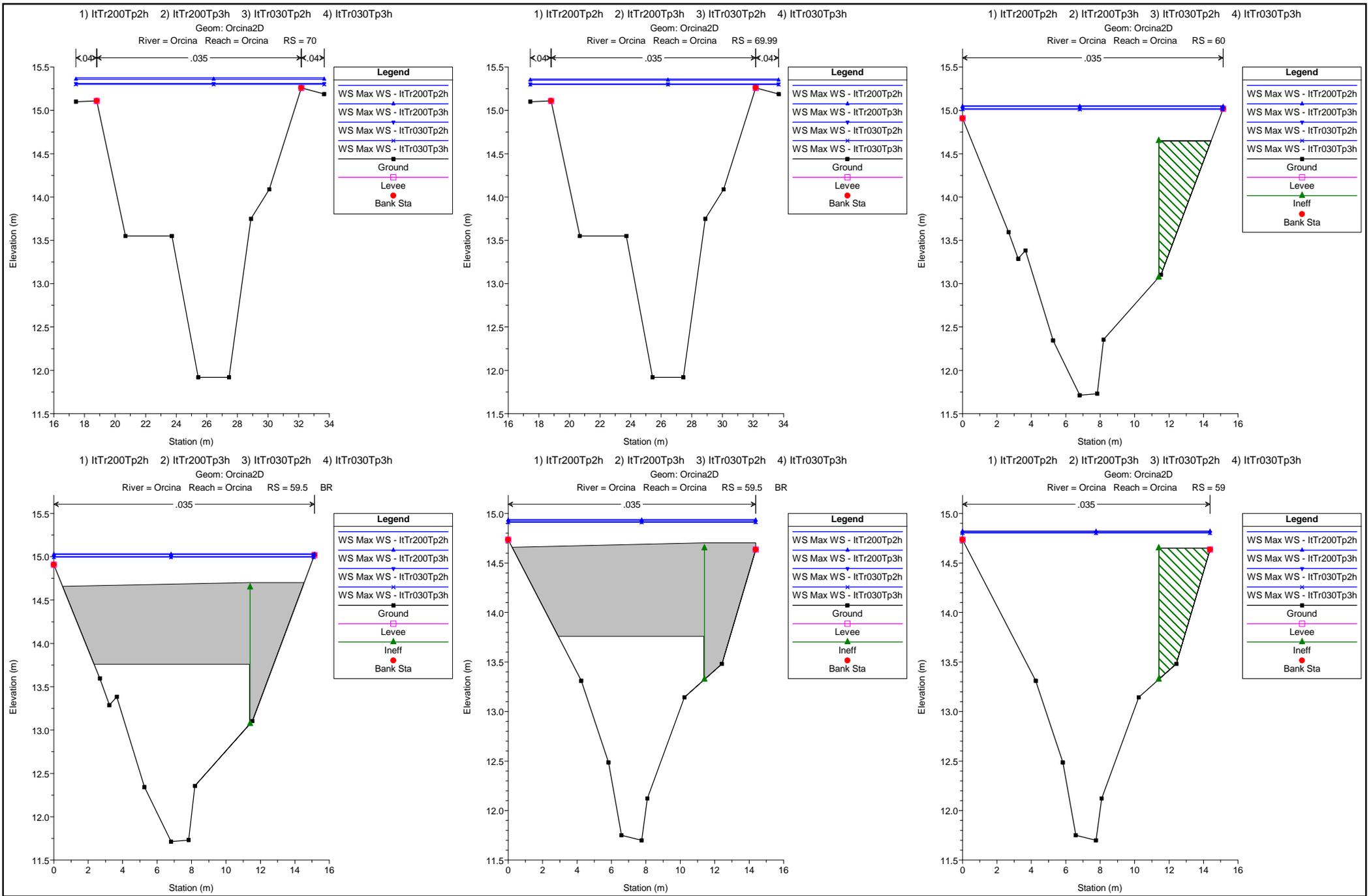
1) ItTr200Tp2h 2) ItTr200Tp3h 3) ItTr030Tp2h 4) ItTr030Tp3h
 Geom: Orcina2D

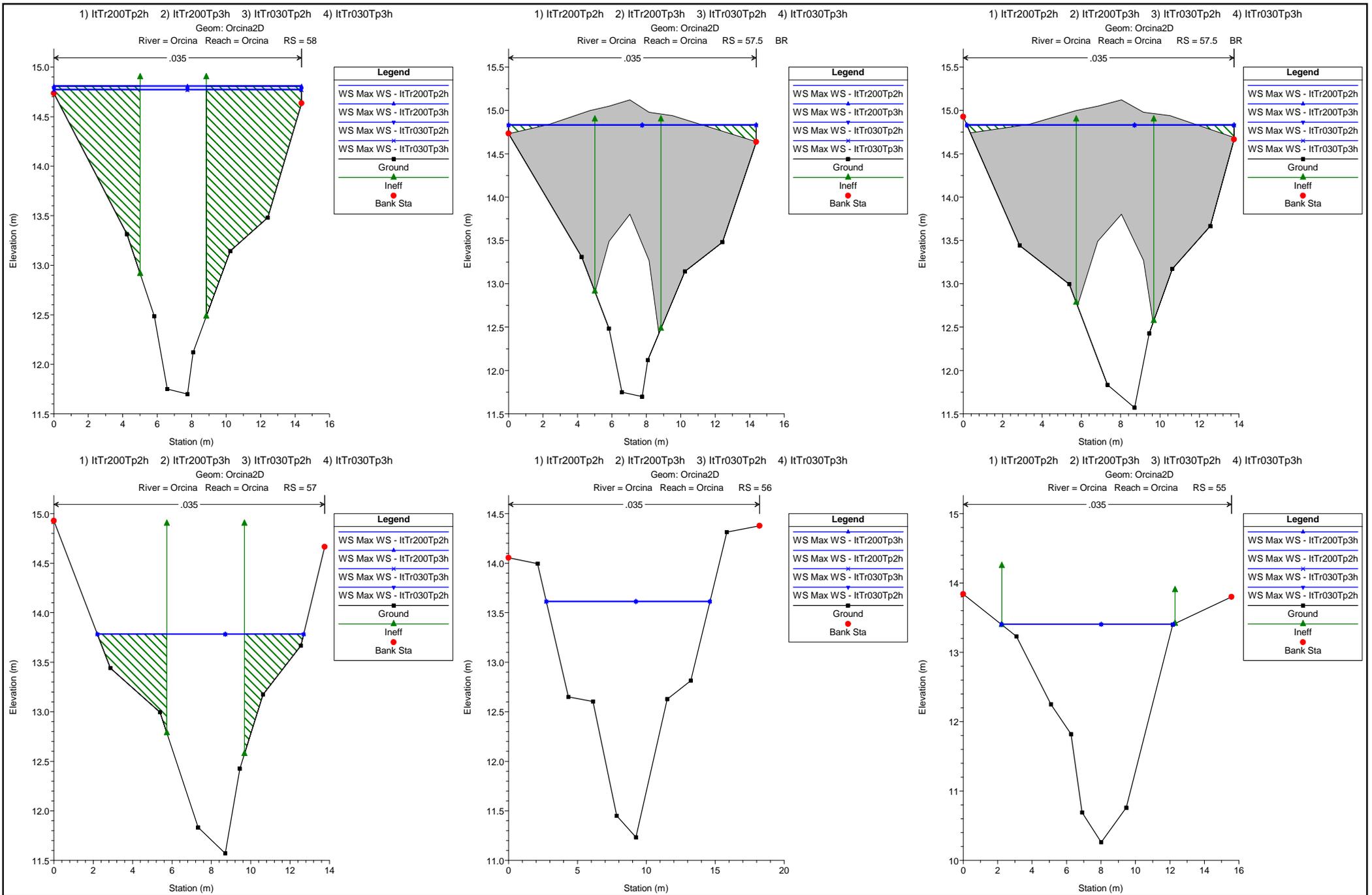


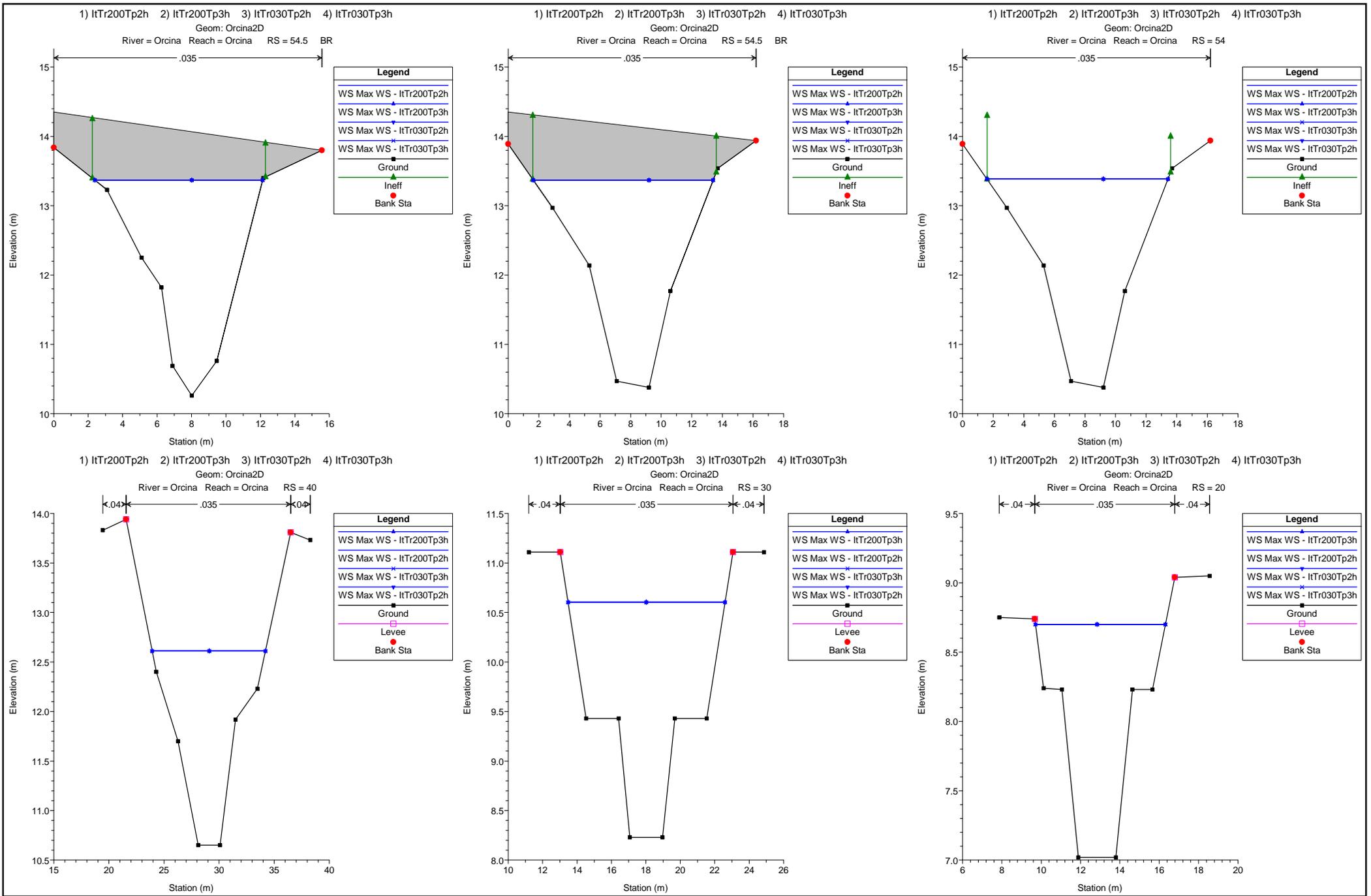
Reach	River Sta	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Orcina	70	ItTr200Tp2h	79.05	11.92	15.38		15.85	0.005905	3.05	26.43	16.23	0.70
Orcina	70	ItTr200Tp3h	71.29	11.92	15.36		15.75	0.004947	2.77	26.17	16.23	0.64
Orcina	70	ItTr030Tp2h	50.75	11.92	15.31		15.52	0.002741	2.03	25.37	16.23	0.47
Orcina	70	ItTr030Tp3h	45.79	11.92	15.30		15.47	0.002268	1.84	25.23	16.23	0.43
Orcina	69.99	ItTr200Tp2h	78.88	11.92	15.36		15.84	0.006036	3.06	26.20	16.23	0.71
Orcina	69.99	ItTr200Tp3h	71.22	11.92	15.35		15.74	0.005024	2.78	26.01	16.23	0.64
Orcina	69.99	ItTr030Tp2h	50.62	11.92	15.31		15.52	0.002745	2.03	25.31	16.23	0.47
Orcina	69.99	ItTr030Tp3h	45.79	11.92	15.30		15.47	0.002281	1.84	25.18	16.23	0.43
Orcina	69.9		Lat Struct									
Orcina	69.8		Lat Struct									
Orcina	60	ItTr200Tp2h	21.56	11.71	15.05	13.39	15.09	0.000523	0.85	25.34	15.14	0.21
Orcina	60	ItTr200Tp3h	21.26	11.71	15.05	13.38	15.08	0.000516	0.84	25.23	15.14	0.21
Orcina	60	ItTr030Tp2h	20.24	11.71	15.02	13.34	15.05	0.000490	0.81	24.85	15.14	0.20
Orcina	60	ItTr030Tp3h	19.89	11.71	15.01	13.33	15.05	0.000480	0.80	24.73	15.12	0.20
Orcina	59.5 BR U	ItTr200Tp2h	21.56	11.71	15.03	13.39	15.07		1.33		15.14	0.24
Orcina	59.5 BR U	ItTr200Tp3h	21.26	11.71	15.03	13.38	15.06		1.32		15.14	0.24
Orcina	59.5 BR U	ItTr030Tp2h	20.24	11.71	15.00	13.34	15.04		1.29		15.10	0.23
Orcina	59.5 BR U	ItTr030Tp3h	19.89	11.71	15.00	13.33	15.03		1.28		15.09	0.23
Orcina	59.5 BR D	ItTr200Tp2h	21.56	11.70	14.94	13.55	15.07		1.49		14.38	0.30
Orcina	59.5 BR D	ItTr200Tp3h	21.26	11.70	14.93	13.54	15.06		1.48		14.38	0.30
Orcina	59.5 BR D	ItTr030Tp2h	20.24	11.70	14.92	13.50	15.03		1.45		14.38	0.29
Orcina	59.5 BR D	ItTr030Tp3h	19.89	11.70	14.91	13.49	15.02		1.43		14.38	0.29
Orcina	59	ItTr200Tp2h	21.45	11.70	14.82		14.88	0.001037	1.07	20.13	14.38	0.29
Orcina	59	ItTr200Tp3h	21.16	11.70	14.82		14.88	0.001016	1.05	20.09	14.38	0.28
Orcina	59	ItTr030Tp2h	20.24	11.70	14.81		14.86	0.000957	1.02	19.91	14.38	0.28
Orcina	59	ItTr030Tp3h	19.89	11.70	14.80		14.85	0.000930	1.00	19.86	14.38	0.27
Orcina	58	ItTr200Tp2h	14.59	11.70	14.81	13.28	14.92	0.000832	1.42	10.26	14.38	0.28
Orcina	58	ItTr200Tp3h	14.58	11.70	14.81	13.28	14.91	0.000839	1.42	10.23	14.38	0.28
Orcina	58	ItTr030Tp2h	14.54	11.70	14.78	13.28	14.88	0.000864	1.44	10.13	14.38	0.28
Orcina	58	ItTr030Tp3h	14.54	11.70	14.77	13.28	14.88	0.000873	1.44	10.09	14.38	0.28
Orcina	57.5 BR U	ItTr200Tp2h	14.59	11.70	14.84	13.26	14.94		2.92			0.56
Orcina	57.5 BR U	ItTr200Tp3h	14.58	11.70	14.84	13.26	14.94		2.92			0.56
Orcina	57.5 BR U	ItTr030Tp2h	14.54	11.70	14.83	13.26	14.93		2.95			0.56
Orcina	57.5 BR U	ItTr030Tp3h	14.54	11.70	14.83	13.25	14.93		2.95			0.56
Orcina	57.5 BR D	ItTr200Tp2h	14.59	11.57	14.84	13.13	14.94		2.68			0.50
Orcina	57.5 BR D	ItTr200Tp3h	14.58	11.57	14.84	13.13	14.94		2.68			0.50
Orcina	57.5 BR D	ItTr030Tp2h	14.54	11.57	14.83	13.12	14.93		2.69			0.50
Orcina	57.5 BR D	ItTr030Tp3h	14.54	11.57	14.83	13.12	14.93		2.69			0.50
Orcina	57	ItTr200Tp2h	14.58	11.57	13.78		14.02	0.003347	2.13	6.83	10.49	0.52
Orcina	57	ItTr200Tp3h	14.58	11.57	13.78		14.02	0.003346	2.13	6.83	10.49	0.52
Orcina	57	ItTr030Tp2h	14.53	11.57	13.78		14.01	0.003346	2.13	6.82	10.48	0.52
Orcina	57	ItTr030Tp3h	14.53	11.57	13.78		14.01	0.003344	2.13	6.82	10.48	0.52
Orcina	56	ItTr200Tp2h	14.58	11.23	13.62		13.67	0.001120	1.01	14.37	11.89	0.29
Orcina	56	ItTr200Tp3h	14.58	11.23	13.62		13.67	0.001119	1.01	14.37	11.89	0.29
Orcina	56	ItTr030Tp2h	14.53	11.23	13.61		13.66	0.001121	1.01	14.32	11.88	0.29
Orcina	56	ItTr030Tp3h	14.53	11.23	13.61		13.66	0.001121	1.01	14.33	11.88	0.29
Orcina	55	ItTr200Tp2h	14.57	10.26	13.41	11.88	13.45	0.000800	0.95	15.42	10.01	0.24
Orcina	55	ItTr200Tp3h	14.57	10.26	13.41	11.88	13.45	0.000799	0.94	15.42	10.01	0.24
Orcina	55	ItTr030Tp2h	14.52	10.26	13.40	11.88	13.45	0.000798	0.94	15.38	9.95	0.24
Orcina	55	ItTr030Tp3h	14.53	10.26	13.40	11.88	13.45	0.000798	0.94	15.39	9.96	0.24
Orcina	54.5 BR U	ItTr200Tp2h	14.57	10.26	13.37	11.88	13.46	0.000841	0.97	15.07	9.75	0.25
Orcina	54.5 BR U	ItTr200Tp3h	14.57	10.26	13.37	11.88	13.46	0.000841	0.97	15.07	9.75	0.25
Orcina	54.5 BR U	ItTr030Tp2h	14.52	10.26	13.37	11.88	13.46	0.000835	0.96	15.07	9.75	0.25
Orcina	54.5 BR U	ItTr030Tp3h	14.53	10.26	13.37	11.88	13.46	0.000836	0.96	15.07	9.75	0.25
Orcina	54.5 BR D	ItTr200Tp2h	14.57	10.38	13.37	11.78	13.42	0.000601	0.83	17.57	11.76	0.22
Orcina	54.5 BR D	ItTr200Tp3h	14.57	10.38	13.37	11.78	13.42	0.000601	0.83	17.57	11.76	0.22
Orcina	54.5 BR D	ItTr030Tp2h	14.52	10.38	13.37	11.77	13.42	0.000596	0.83	17.57	11.76	0.22
Orcina	54.5 BR D	ItTr030Tp3h	14.53	10.38	13.37	11.77	13.42	0.000597	0.83	17.57	11.76	0.22
Orcina	54	ItTr200Tp2h	14.57	10.38	13.39		13.42	0.000581	0.82	17.79	11.85	0.21
Orcina	54	ItTr200Tp3h	14.57	10.38	13.39		13.42	0.000581	0.82	17.79	11.85	0.21
Orcina	54	ItTr030Tp2h	14.52	10.38	13.38		13.42	0.000581	0.82	17.74	11.84	0.21
Orcina	54	ItTr030Tp3h	14.53	10.38	13.39		13.42	0.000580	0.82	17.75	11.84	0.21
Orcina	40	ItTr200Tp2h	14.57	10.65	12.61		12.71	0.002424	1.36	10.74	10.28	0.42
Orcina	40	ItTr200Tp3h	14.57	10.65	12.61		12.71	0.002423	1.36	10.75	10.28	0.42
Orcina	40	ItTr030Tp2h	14.52	10.65	12.61		12.70	0.002425	1.36	10.71	10.27	0.42

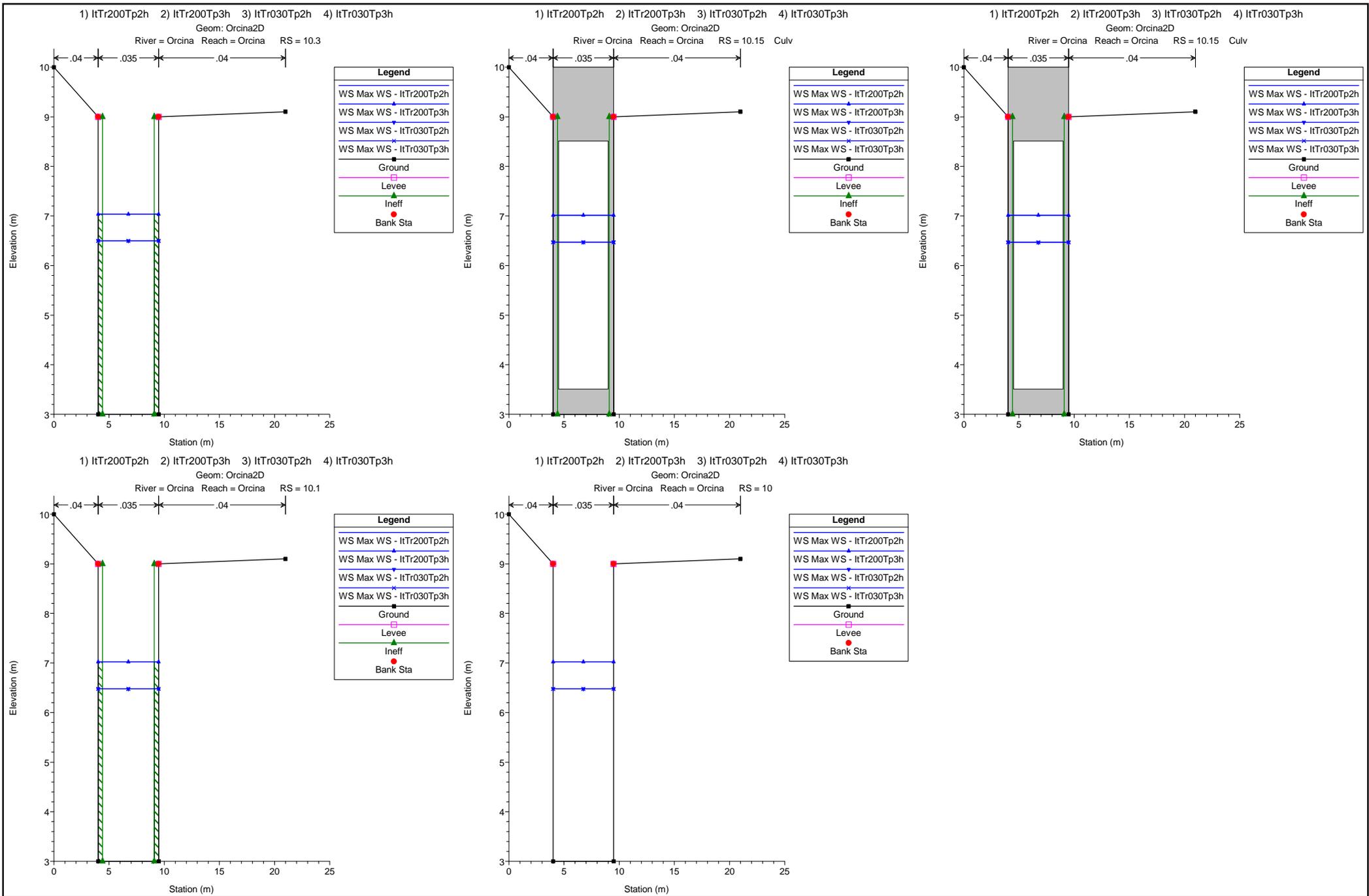
HEC-RAS River: Orcina Reach: Orcina Profile: Max WS (Continued)

Reach	River Sta	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Orcina	40	ltTr030Tp3h	14.53	10.65	12.61		12.70	0.002423	1.35	10.72	10.28	0.42
Orcina	30	ltTr200Tp2h	14.57	8.23	10.61		10.67	0.001465	1.16	12.59	9.12	0.31
Orcina	30	ltTr200Tp3h	14.57	8.23	10.61		10.67	0.001464	1.16	12.59	9.12	0.31
Orcina	30	ltTr030Tp2h	14.51	8.23	10.60		10.67	0.001463	1.16	12.56	9.12	0.31
Orcina	30	ltTr030Tp3h	14.52	8.23	10.60		10.67	0.001463	1.16	12.57	9.12	0.31
Orcina	20	ltTr200Tp2h	10.44	7.02	8.70		8.85	0.005147	1.69	6.17	6.61	0.56
Orcina	20	ltTr200Tp3h	10.44	7.02	8.70		8.85	0.005143	1.69	6.17	6.61	0.56
Orcina	20	ltTr030Tp2h	10.44	7.02	8.70		8.85	0.005143	1.69	6.17	6.61	0.56
Orcina	20	ltTr030Tp3h	10.44	7.02	8.70		8.85	0.005143	1.69	6.17	6.61	0.56
Orcina	10.3	ltTr200Tp2h	10.44	3.00	7.03		7.05	0.000058	0.55	18.96	5.50	0.09
Orcina	10.3	ltTr200Tp3h	10.44	3.00	7.03		7.05	0.000058	0.55	18.96	5.50	0.09
Orcina	10.3	ltTr030Tp2h	10.44	3.00	6.50		6.52	0.000093	0.63	16.46	5.50	0.11
Orcina	10.3	ltTr030Tp3h	10.44	3.00	6.50		6.52	0.000093	0.63	16.46	5.50	0.11
Orcina	10.15	ltTr200Tp2h	10.44									
Orcina	10.15	ltTr200Tp3h	10.44									
Orcina	10.15	ltTr030Tp2h	10.44									
Orcina	10.15	ltTr030Tp3h	10.44									
Orcina	10.1	ltTr200Tp2h	4.45	3.00	7.02		7.02	0.000011	0.24	18.90	5.50	0.04
Orcina	10.1	ltTr200Tp3h	4.27	3.00	7.02		7.02	0.000010	0.23	18.90	5.50	0.04
Orcina	10.1	ltTr030Tp2h	4.25	3.00	6.48		6.48	0.000016	0.26	16.36	5.50	0.04
Orcina	10.1	ltTr030Tp3h	3.55	3.00	6.48		6.48	0.000011	0.22	16.36	5.50	0.04
Orcina	10	ltTr200Tp2h	2.00	3.00	7.02	3.24	7.02	0.000005	0.09	22.11	5.50	0.01
Orcina	10	ltTr200Tp3h	2.00	3.00	7.02	3.24	7.02	0.000005	0.09	22.11	5.50	0.01
Orcina	10	ltTr030Tp2h	1.99	3.00	6.48	3.24	6.48	0.000008	0.10	19.14	5.50	0.02
Orcina	10	ltTr030Tp3h	3.54	3.00	6.48	3.35	6.48	0.000024	0.18	19.14	5.50	0.03

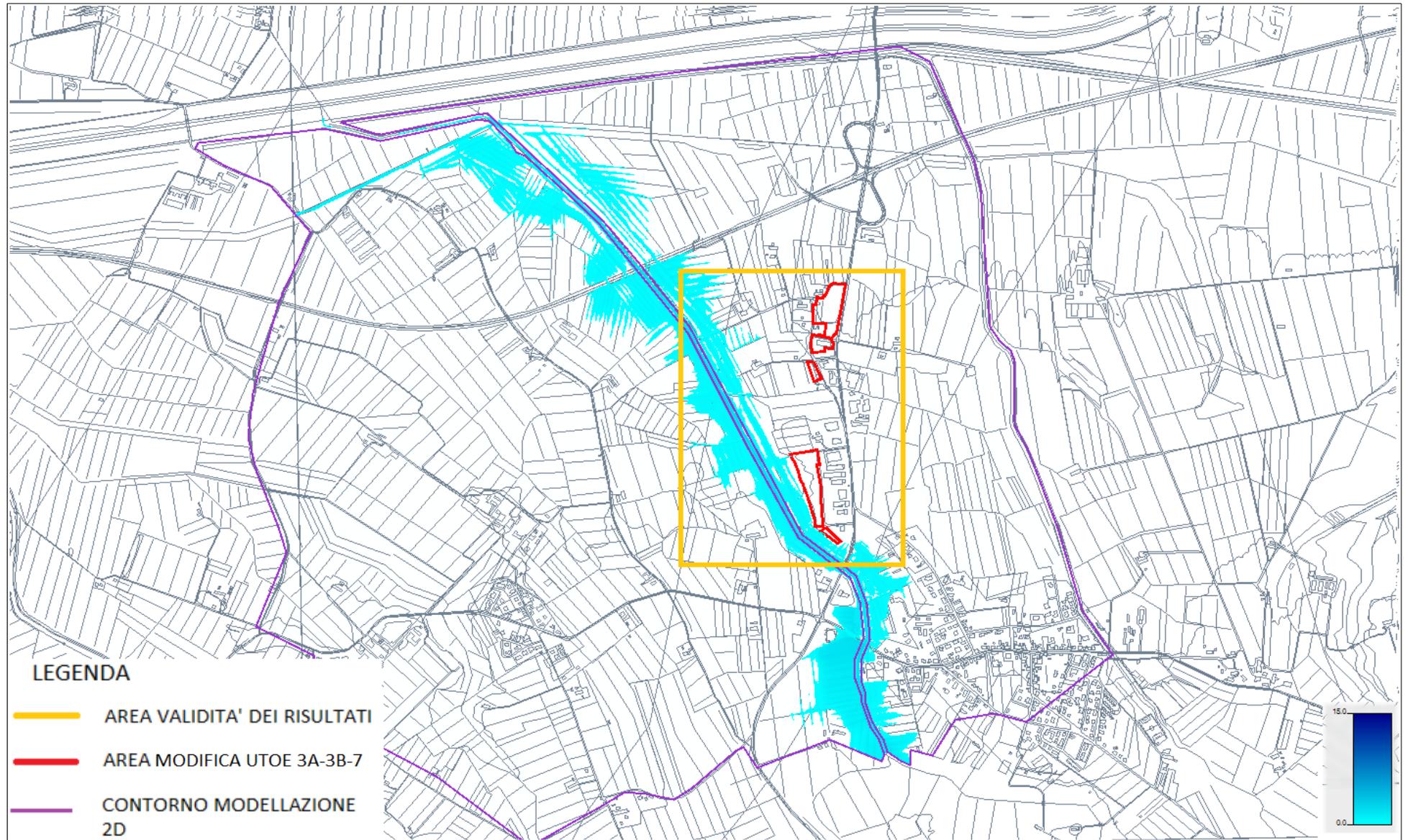




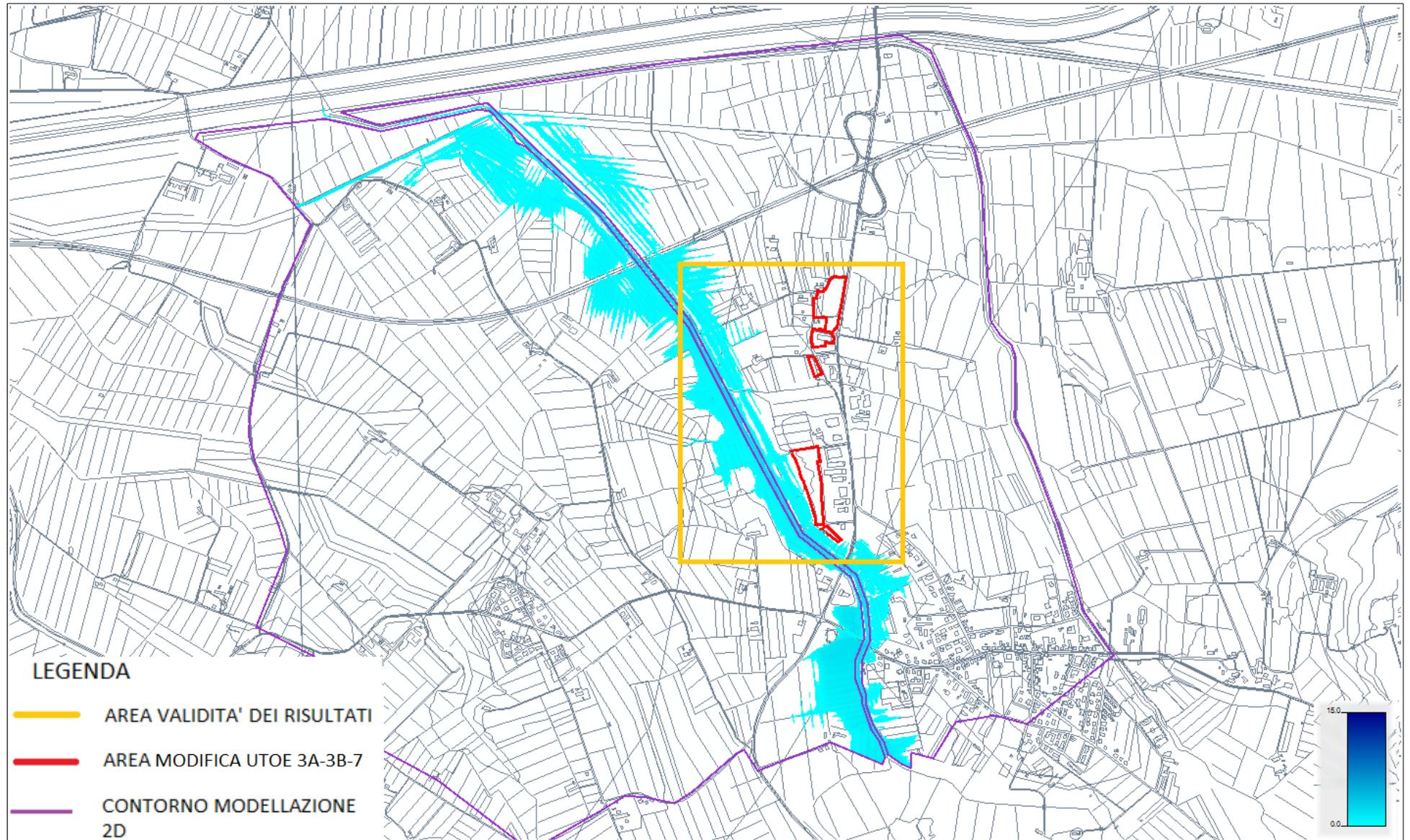




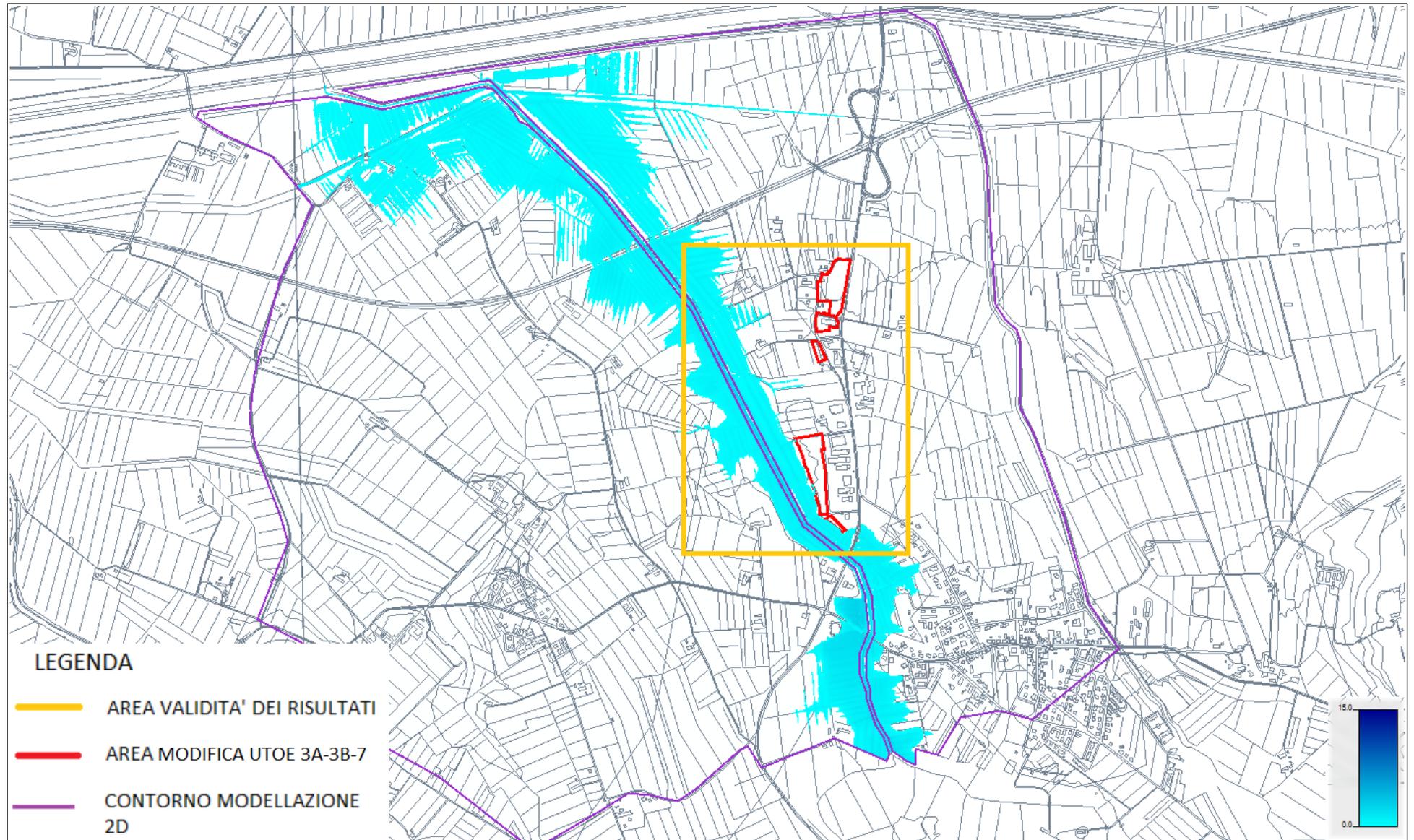
Planimetria Mapper ItTr030Tp2h



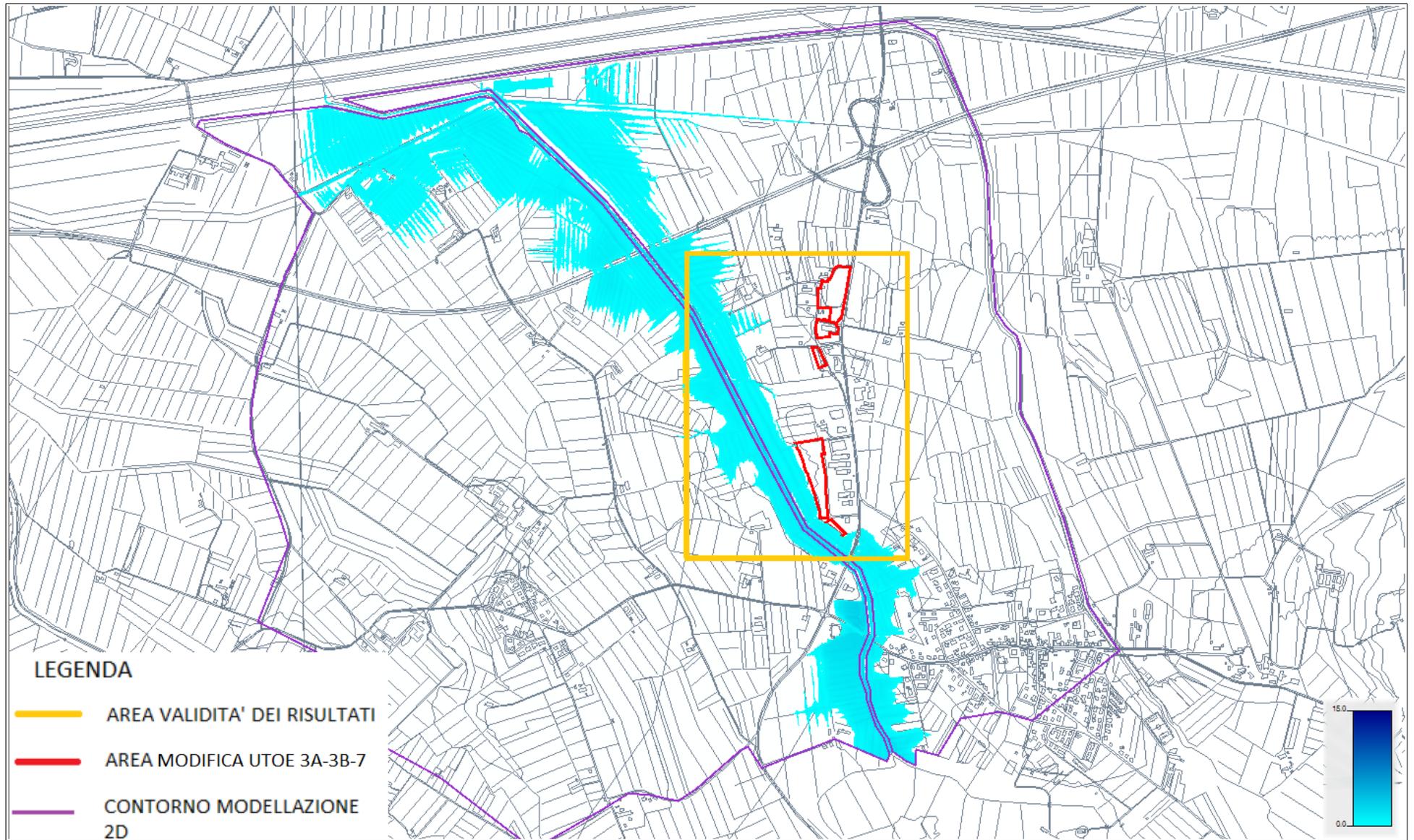
Planimetria Mapper ItTr030Tp3h



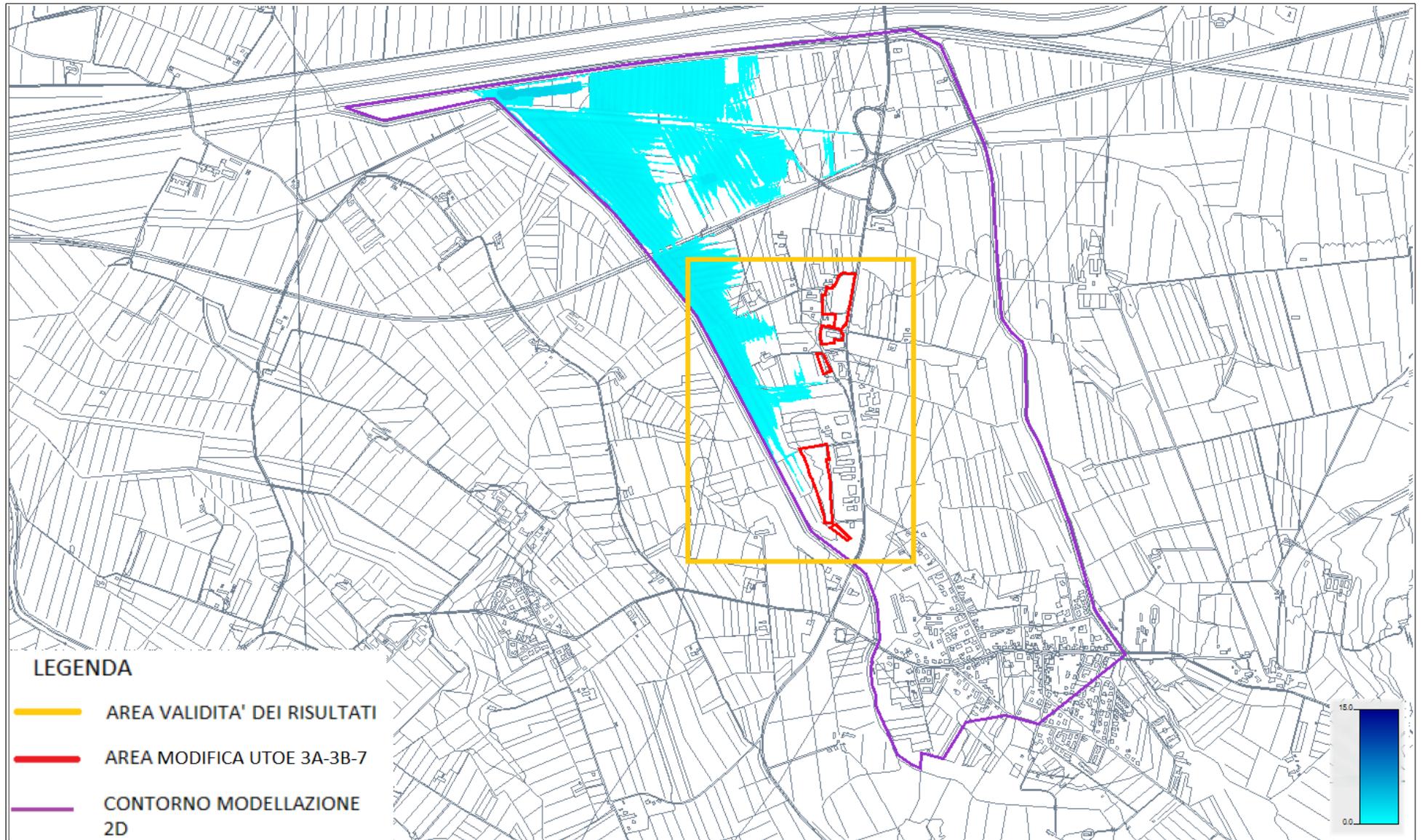
Planimetria Mapper ItTr200Tp2h



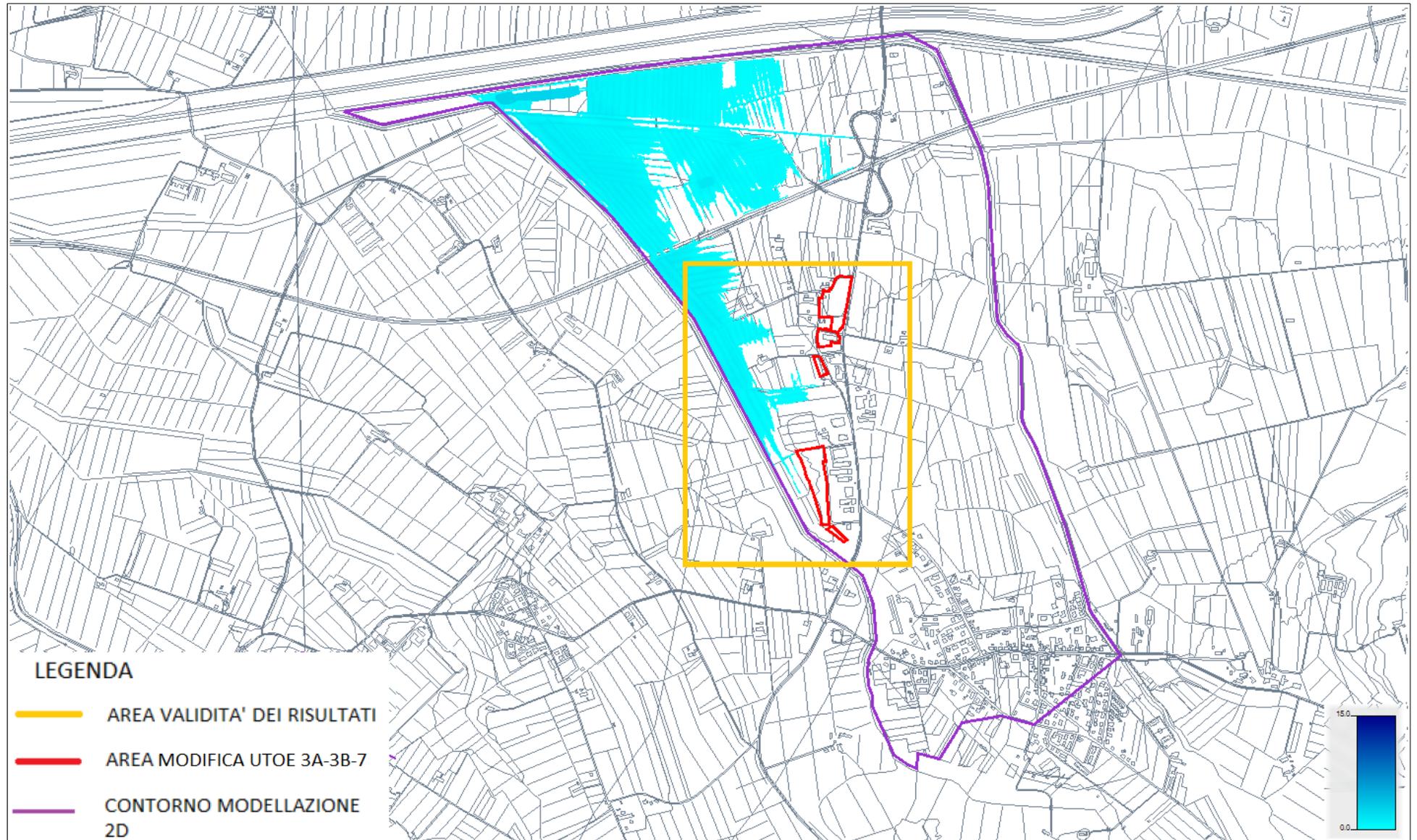
Planimetria Mapper ItTr200Tp3h



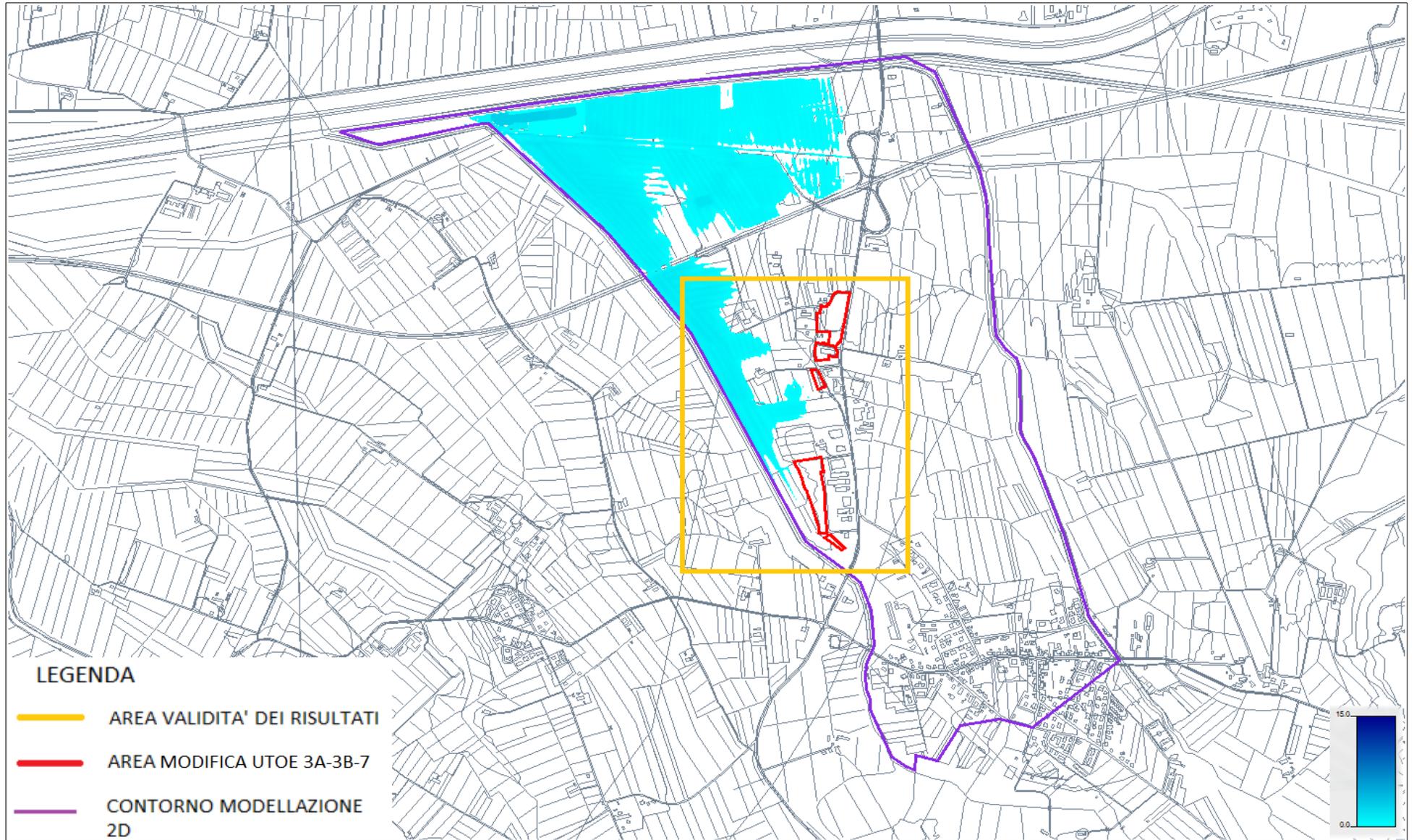
Planimetria Mapper ItTr030Tp2h-Pipe40



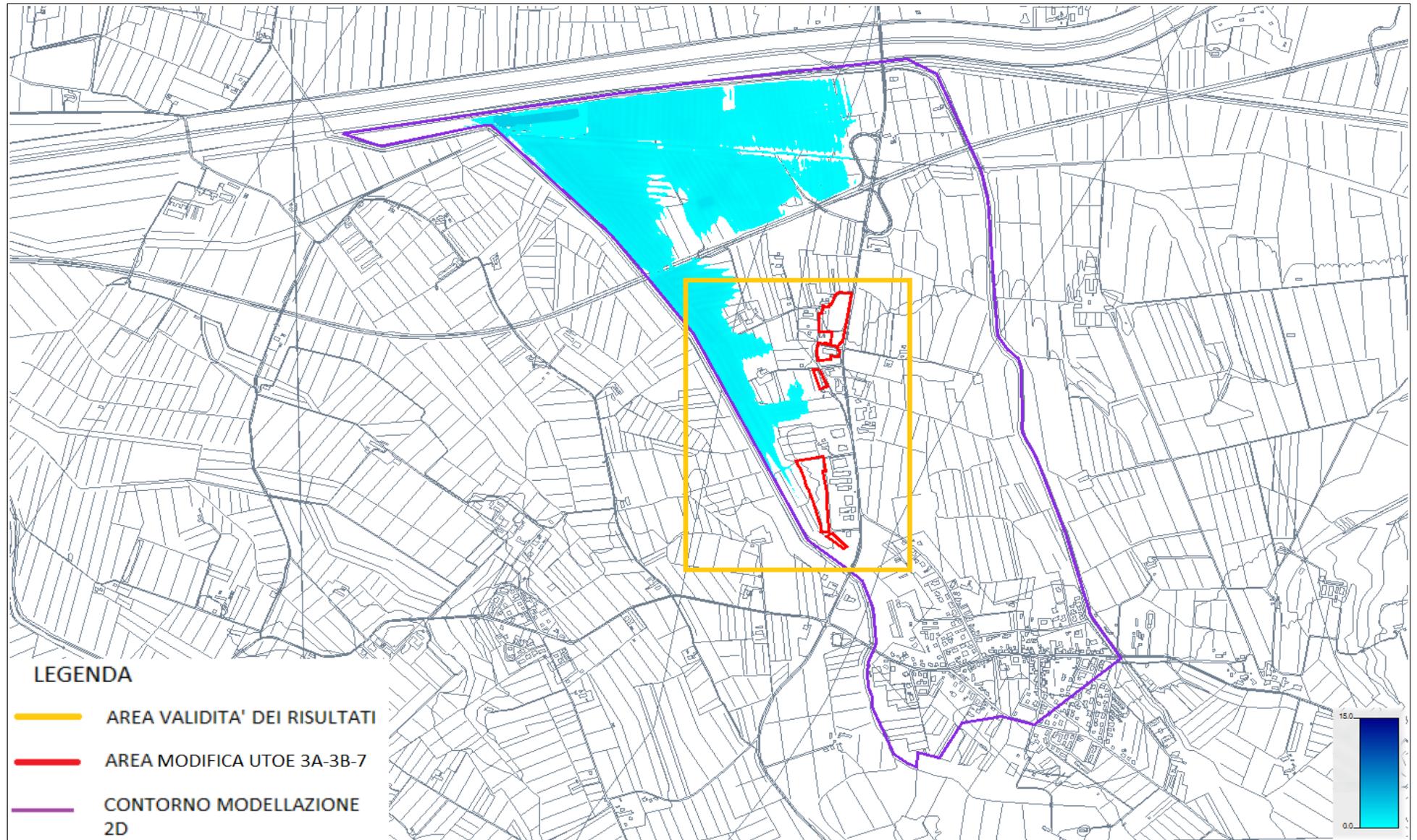
Planimetria Mapper ItTr030Tp3h-Pipe40



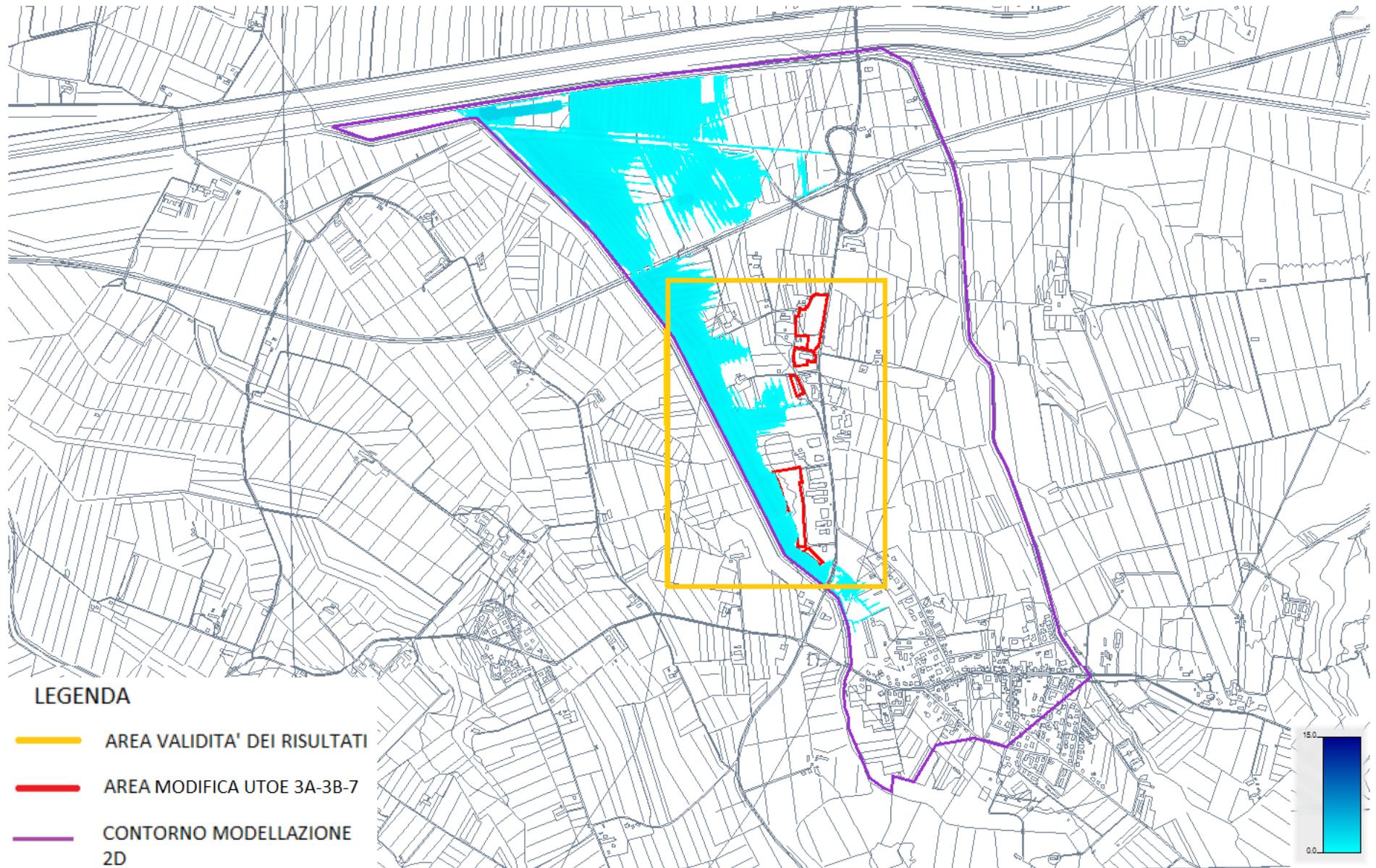
Planimetria Mapper ItTr200Tp2h-Pipe40



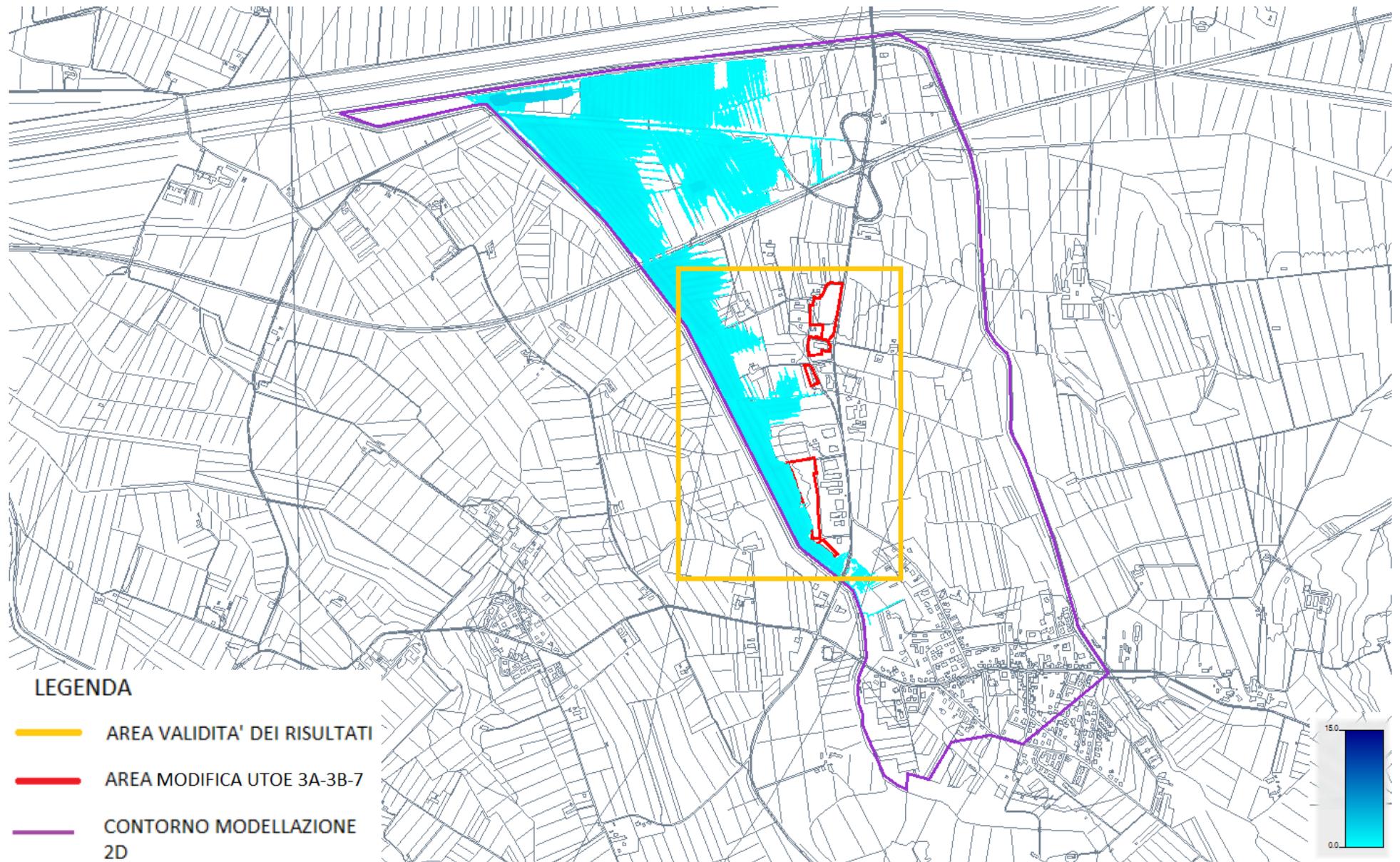
Planimetria Mapper ItTr200Tp3h-Pipe40



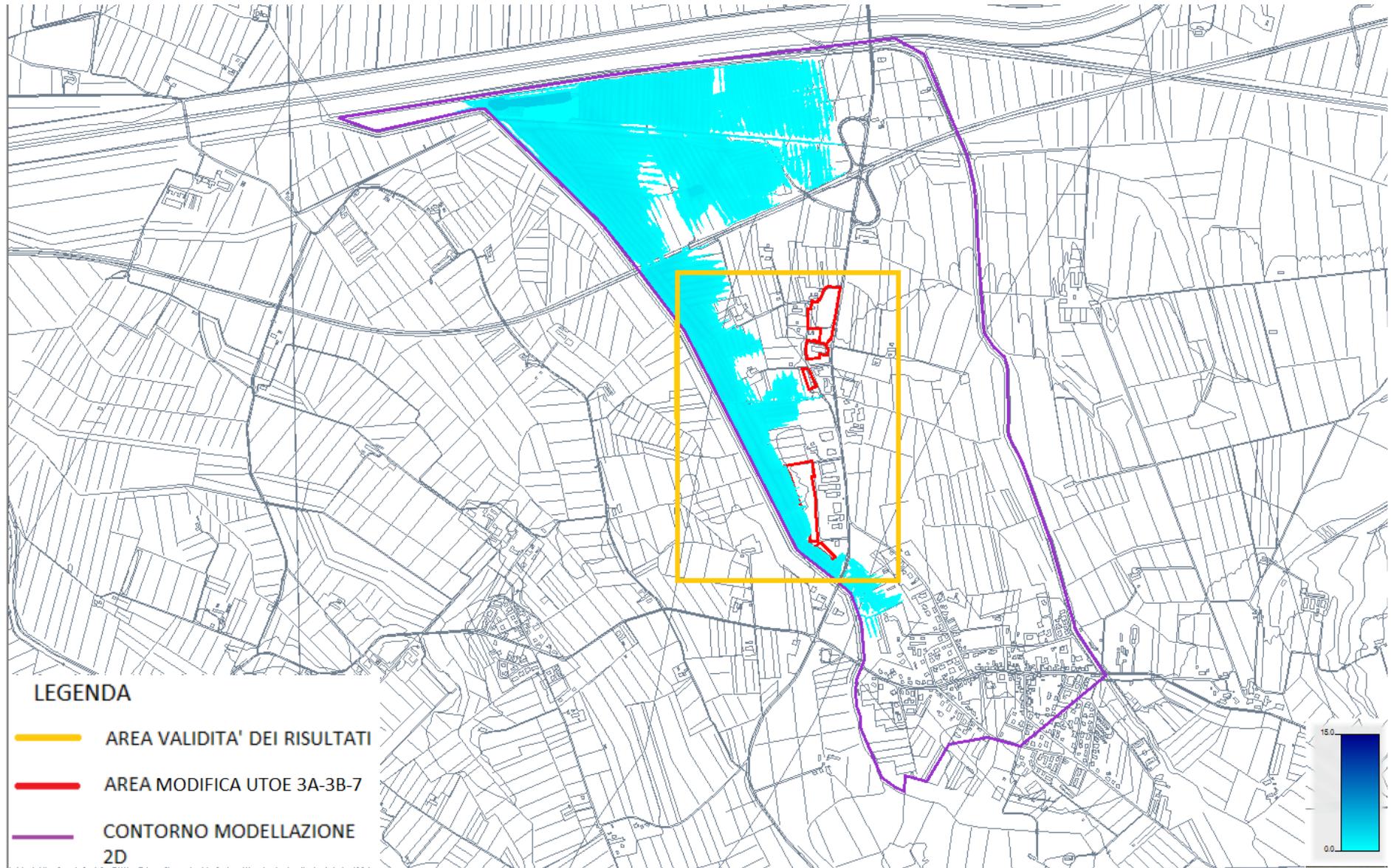
Planimetria Mapper ItTr030Tp2h-Pipe 50.500*



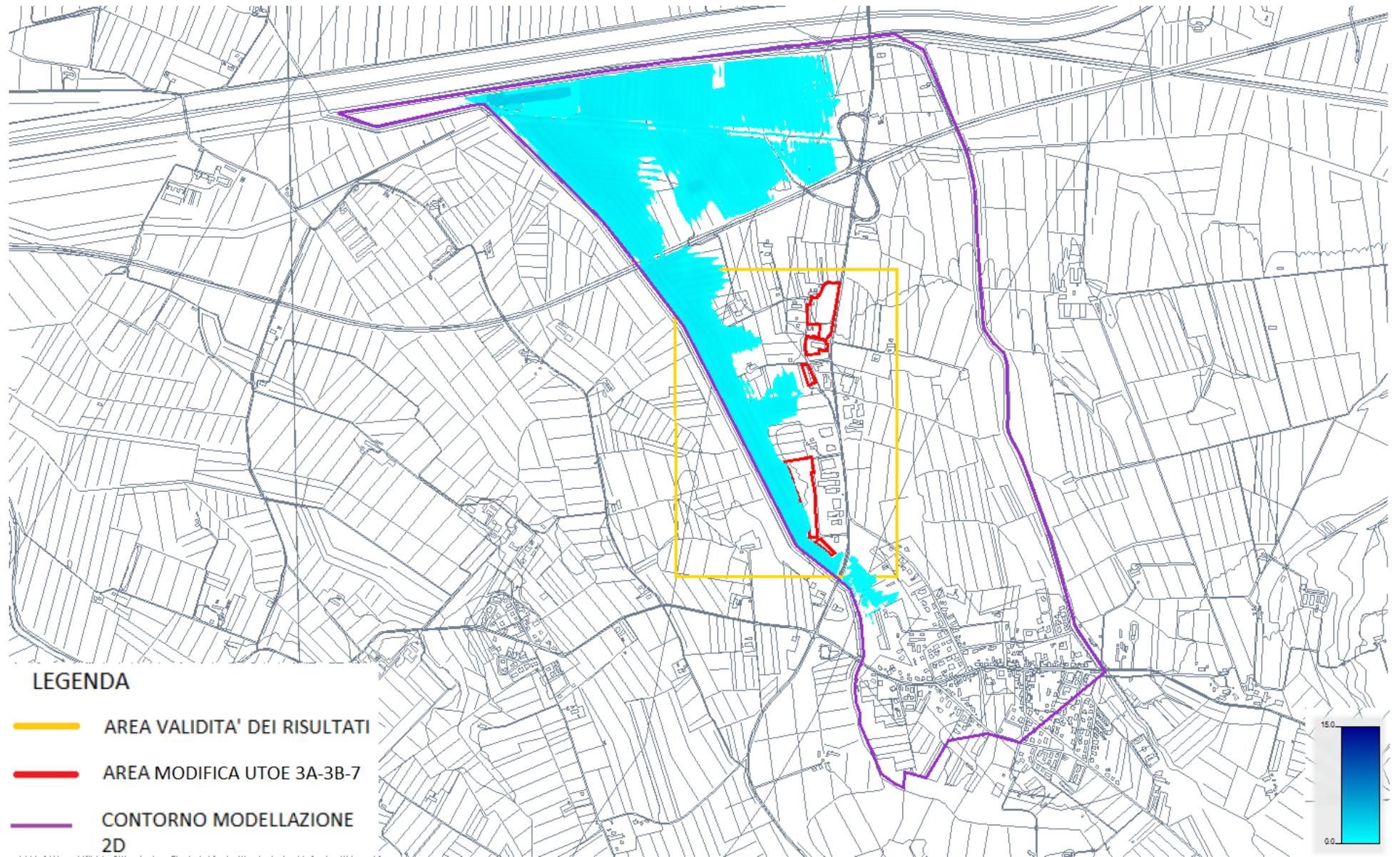
Planimetria Mapper ItTr030Tp3h-Pipe 50.500*



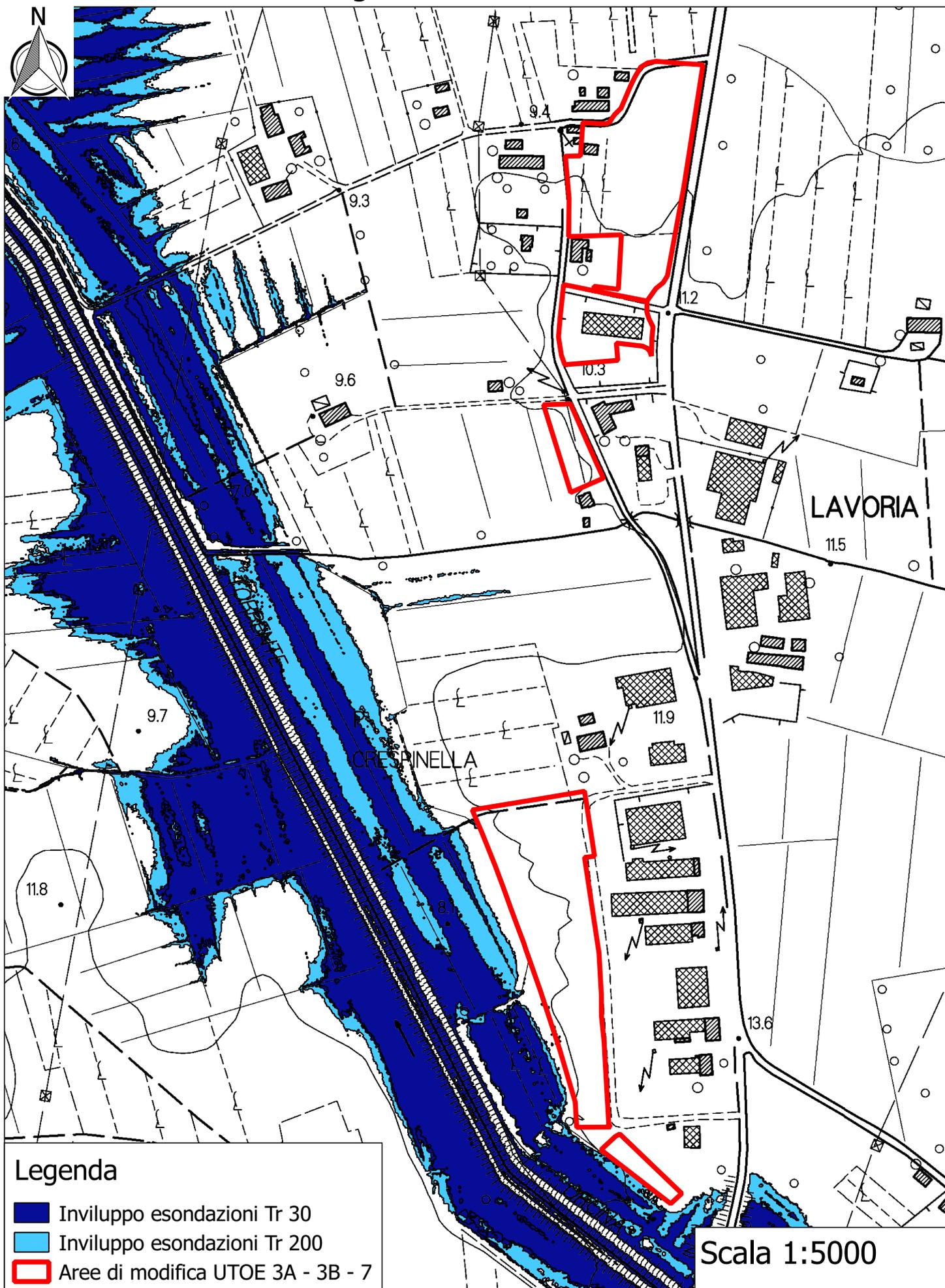
Planimetria Mapper ItTr200Tp2h-Pipe 50.500*



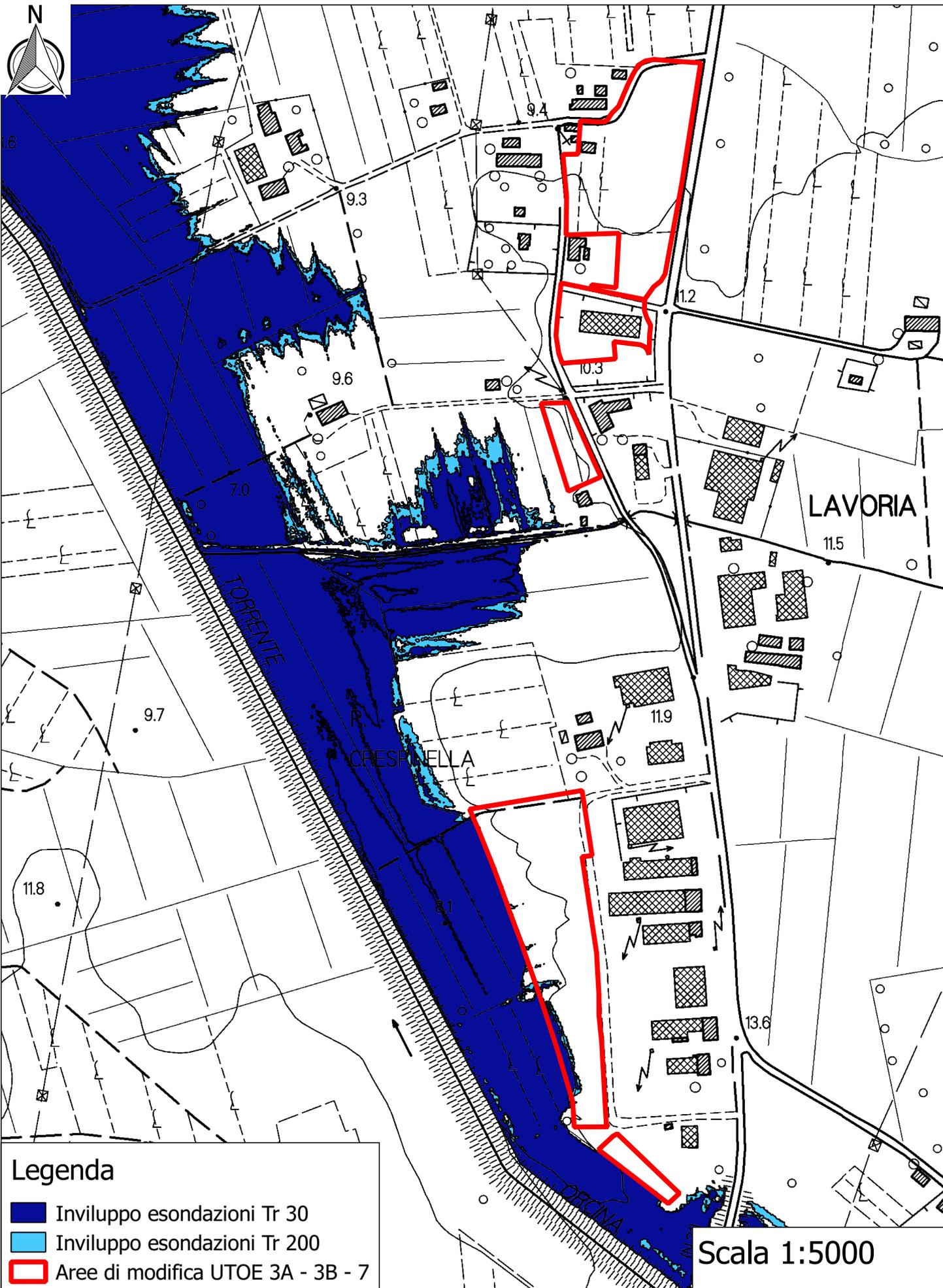
Planimetria Mapper ItTr200Tp3h-Pipe 50.500*



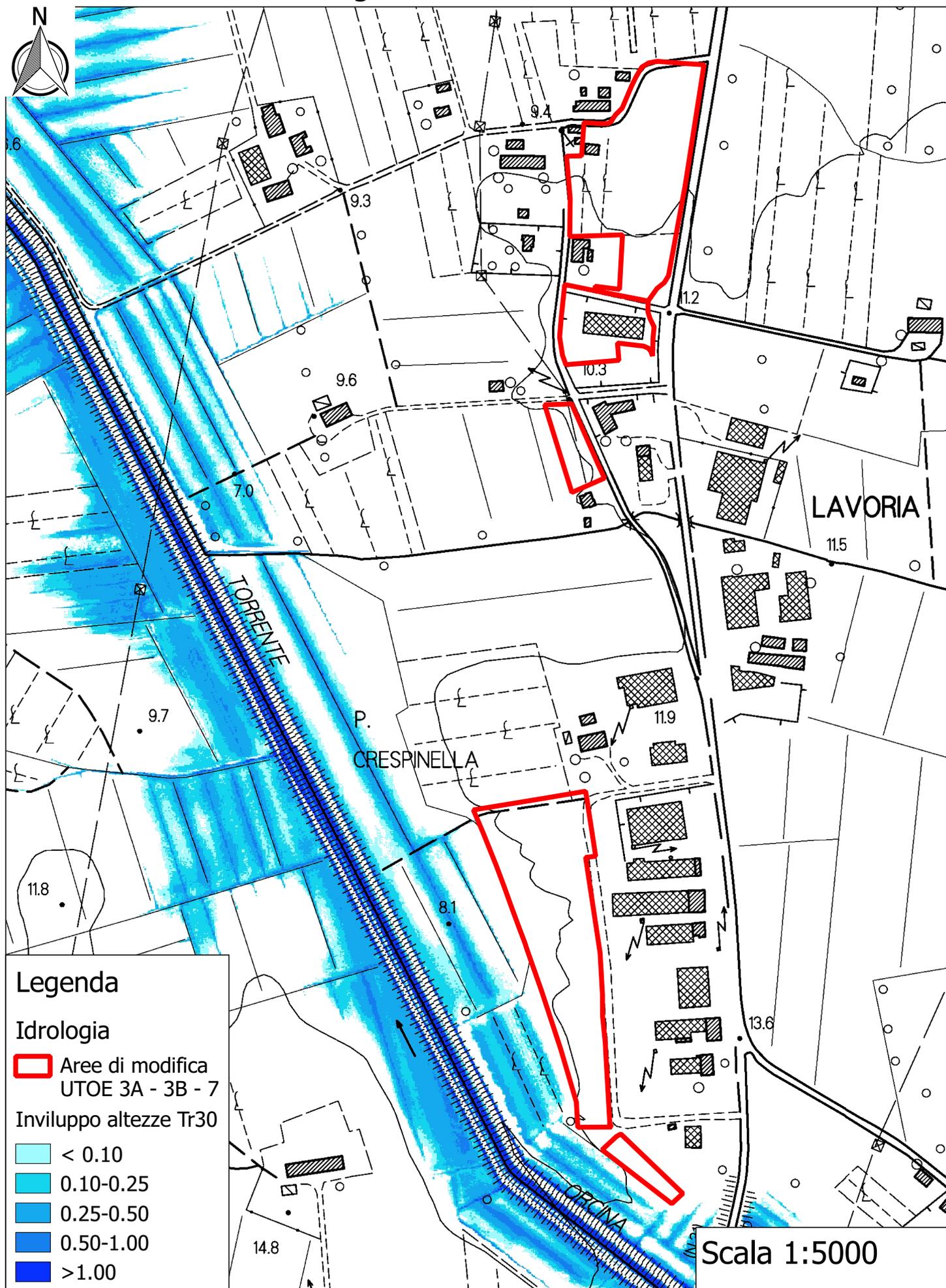
Planimetria degli allagamenti Tr 30 e 200 anni scenario senza rotture arginali



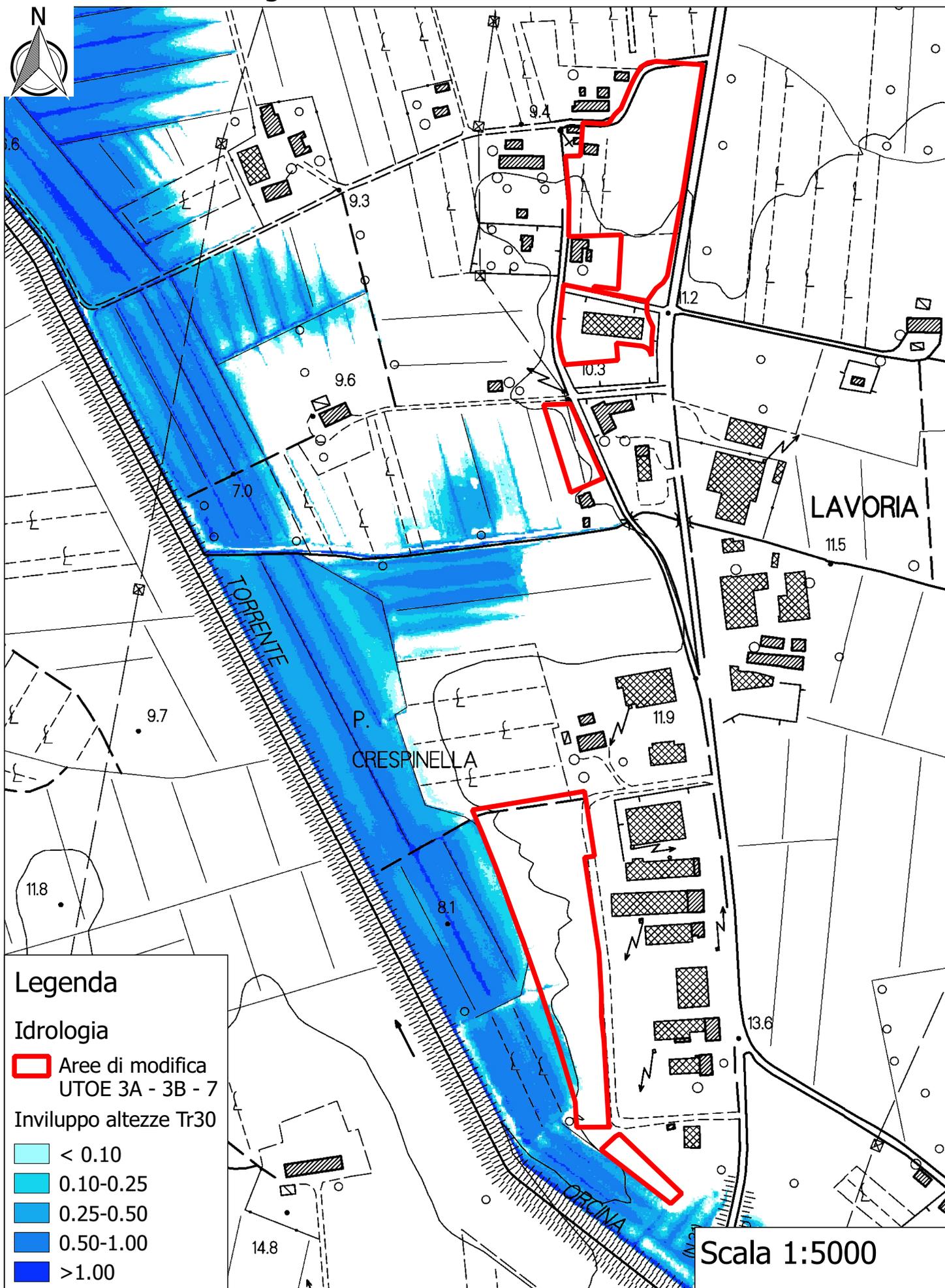
Planimetria degli allagamenti Tr 30 e 200 anni scenario rotture arginali



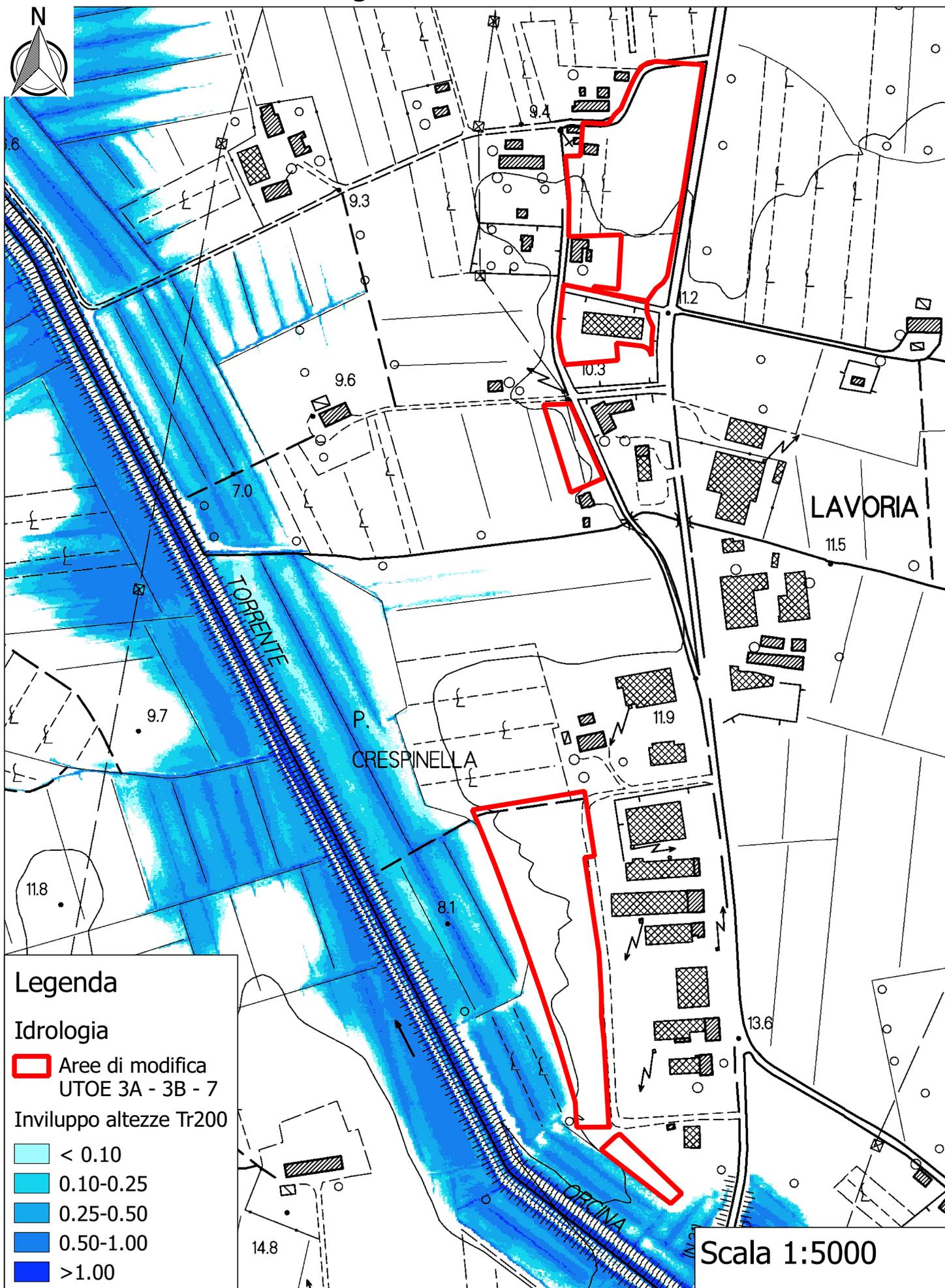
Planimetria delle massime altezze di esondazione Tr 30 anni scenario senza rotture arginali



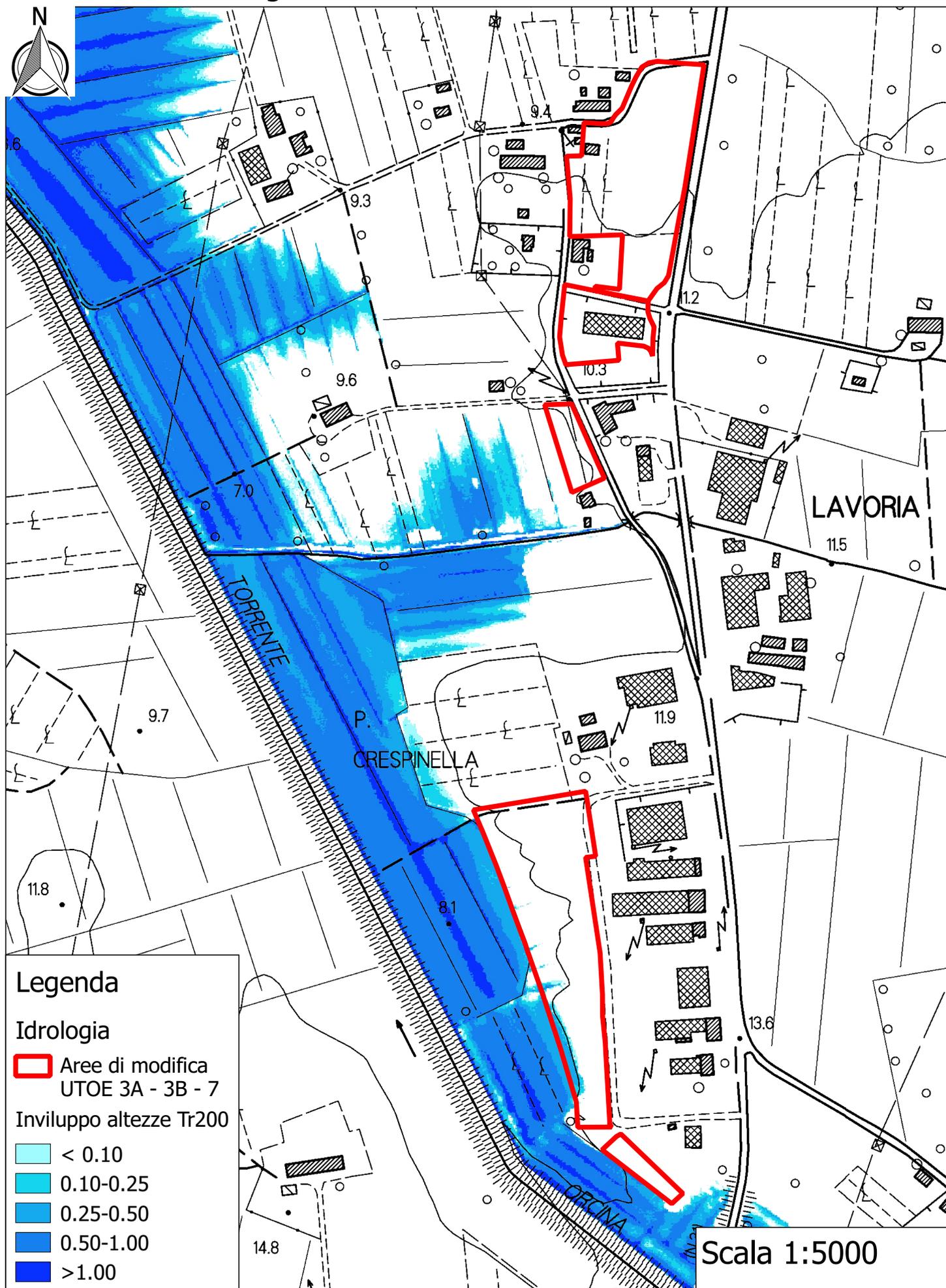
Planimetria delle massime altezze di esondazione Tr 30 anni scenario rotture arginali



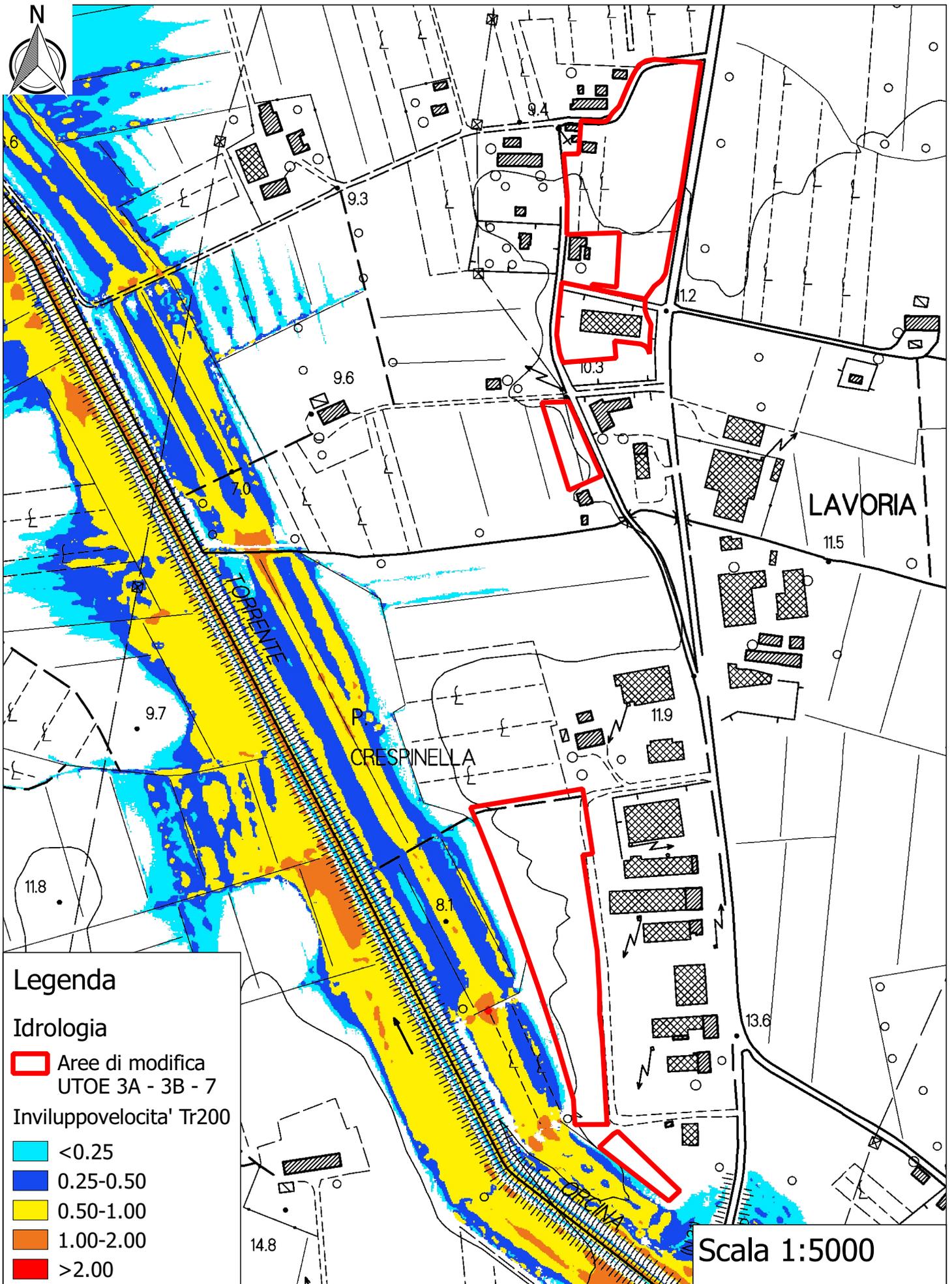
Planimetria delle massime altezze di esondazione Tr 200 anni scenario senza rotture arginali



Planimetria delle massime altezze di esondazione Tr 200 anni scenario rotture arginali



Planimetria delle massime velocità di esondazione Tr 200 anni scenario senza rotture arginali



Planimetria delle massime velocità di esondazione Tr 200 anni scenario rotture arginali

