

Provincia di Foggia



Regione Puglia

Comune di Manfredonia



Proponente

PARCO SOLARE MANFREDONIA SRL

Via Vittor Pisani, 20 - 20124 Milano

C.F./P.IVA 11389800969

Pec: parcosolaremanfredonia@cert.studiopirola.com

Titolo del progetto

Procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.152/2006 relativo al progetto per la realizzazione di un parco fotovoltaico di potenza di picco pari a 77,051 MWp e potenza in immissione 63,140 MVA, nel Comune di Manfredonia (FG) in Loc.tà Monachelle.

Procedimento VIA

ID 7933

Procedimento AU

XK1J275

Documento

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento

32

Elaborato

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA Proposta di ripermimetrazione della Pericolosità Idraulica PAI

Foglio

Scala

Nome file

Coordinamento progetto



Via S.Croce,66 – 72020 Erchie (BR) –

Tel/Fax 0831.763749 -

ekotek.ambiente@gmail.com

Arch. Alfredo Masillo

Geol. Giuseppe Masillo

CONSULENZA SPECIALISTICA

Dott.Ing. Dario TRICOLI



Rev.	Data rev.	Descrizione rev.	Redatto	controllato	approvato
00	2021	Prima emissione	ekotek	wircon	wircon
01	Luglio 2023	integrazioni richieste da AdB Distrettuale			

COMUNE DI MANFREDONIA

Provincia di Foggia

**PROPOSTA DI RIPERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA DEL PAI
A CORREDO DELLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI MANFREDONIA (FG) DI PROPRIETA' DELLA SOCIETA' "PARCO
SOLARE MANFREDONIA SRL"**



COMMITTENTI: Ekotek srls - PARCO SOLARE MANFREDONIA SRL



Giugno 2023

Ing Dario Tricoli

Via Carlo Pisacane 25/F
88100 Catanzaro
tel/fax 0961 33381 - cel. 349 6187665
www.ruwa.it - www.tricardi.it - dario.tricoli@libero.it - P.I. 02723670796

COMUNE DI MANFREDONIA

Provincia di Foggia

Committenti: Ekotek srls -Parco Solare Manfredonia srl

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO

**NEL COMUNE DI MANFREDONIA (FG) DI PROPRIETA' DELLA SOCIETA'
“PARCO SOLARE MANFREDONIA SRL”**

Proposta di riperimetrazione della Pericolosità Idraulica PAI

Giugno 2023

Ing. Dario Tricoli



Indice generale

1 – Premessa.....	4
2 – Ricostruzione quadro conoscitivo.....	8
2.1 - Inquadramento generale.....	8
2.2 – Pianificazione a scala di bacino.....	15
2.3 – Modello digitale del terreno (DEM).....	17
2.4 - Uso del suolo.....	21
2.5 – Litologia e geologia.....	26
2.6 – Curve Number.....	30
2.7 - Caratteristiche pluviometriche.....	32
3 – Analisi del rischio idraulico.....	33
3.1 – Modellistica utilizzata.....	34
3.1.1 – Modellazione Idrologica.....	34
3.1.2 – Modellazione Idraulica.....	37
3.2 – Studio idrologico.....	45
3.2.1 – Studio idrologico Torrente Cervaro.....	45
3.2.1.1 – Formule empiriche.....	46
3.2.1.2- Metodo di trasformazione afflussi-deflussi.....	47
3.2.1.3 - Metodo di regionalizzazione delle portate (VaPi).....	52
3.2.2 – Studio idrologico Canale Peluso.....	54
3.3 – Studio idraulico.....	64
3.3.1 – Verifiche idrauliche dello stato ante-operam.....	64
3.3.1.1 – Implementazione schema modello idraulico bidimensionale.....	64
3.3.1.2 – Risultati modellazione idraulica bidimensionale ante-operam.....	67
3.3.2 – Descrizione degli interventi in progetto.....	84
3.3.2.1 – Descrizione degli interventi relativi all'impianto fotovoltaico.....	84
3.3.2.1 – Descrizione degli interventi di compensazione ambientale.....	86
3.3.3 – Verifiche idrauliche dello stato post-operam.....	89
4 – Proposta di ripermetrazione della pericolosità idraulica.....	92
5 – Conclusioni.....	94
ALLEGATI.....	97
Allegato A - Torrente Cervaro Modellazione idrologica Report	98
Allegato B – Canale Peluso - Modellazione idrologica Report	103
Allegato C– Mappe allagamenti modellazione idraulica bidimensionale – TR = 30 anni – Battenti e velocità.....	112
Allegato D– Mappe allagamenti modellazione idraulica bidimensionale – TR = 200 anni – Battenti e velocità.....	115
Allegato E – Mappe allagamenti modellazione idraulica bidimensionale – TR = 500 anni – Battenti e velocità.....	118
Allegato F – Proposta di ripermetrazione della Pericolosità Idraulica del PAI.....	121

1 – Premessa

Il presente documento contiene lo studio idrologico e l'analisi idraulica a corredo della richiesta di ripermetrzione dell'area soggetta a rischio idraulico nelle aree poste in corrispondenza dell'intervento di realizzazione dell'impianto fotovoltaico di proprietà della società "PARCO SOLARE MANFREDONIA SRL" in località situata in destra idraulica dell'asta terminale del Torrente Cervaro che scorre nella piana che si estende tra il comune di Manfredonia ed il comune di Zapponeta, la zona interessata dall'intervento ricade nel comune di Manfredonia, vedi Fig. 1.

L'area in cui ricade l'intervento risulta difatto perimetrata come area a Media Pericolosità (MP) dal Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) vedi Fig.2.

La zona in cui ricade l'area d'intervento è delimitata morfologicamente dall'asta del Cervaro a nord e da quella del Carapelle a sud, entrambi i corsi d'acqua che scorrono pensili in questa zona sono caratterizzati da un'arginatura il cui coronamento è posto al di sopra del piano campagna di 4-5 m. La suddetta zona è drenata dal reticolo idraulico che afferisce al canale Peluso che sfocia nel mare Adriatico in prossimità della foce del Carapelle.

Il sottoscritto in passato ha già condotto uno studio di compatibilità idraulica per l'intervento in oggetto del quale il presente studio costituisce un aggiornamento ed approfondimento condotto con l'utilizzo di un modello di calcolo bidimensionale mediante il software HEC-RAS. L'utilizzo di tale modello si è reso possibile in particolare per la disponibilità dei dati topografici di dettaglio rilevati con tecnica lidar nell'ambito del PSTA del MATTM.

In passato la zona in cui ricade l'area d'intervento è stata interessata da eventi alluvionali derivanti sia dall'insufficienza del reticolo idraulico del canale Peluso sia all'esondazione delle acque dal torrente Cervaro.

Dalle indagini preliminari condotte risulta quindi che la pericolosità idraulica dell'area compresa tra i tratti terminali dei torrenti Cervaro e Peluso può essere indotta sia dall'insufficienza idraulica del reticolo del canale Peluso sia dall'esondazione delle acque del torrente Cervaro. Pertanto si è ritenuto opportuno condurre l'analisi del rischio idraulico considerando entrambe le problematiche sopra citate ed in maniera cautelativa di considerarne la loro sovrapposizione e quindi che i due fenomeni si verificano contemporaneamente.

Di seguito sono illustrate le fasi dello studio condotto consistenti in particolare in:

- studio idrologico del bacino del Torrente Cervaro e del canale Peluso per valutare gli idrogrammi di piena attesi con riferimento ai vari tempi di ritorno;
- modellazione idraulica con schema bidimensionale ed in regime di moto vario della zona compresa tra il Cervaro ed il Peluso per simulare la propagazione dei deflussi di piena con i vari tempi di ritorno sia con riferimento ai deflussi del canale Peluso sia alle acque che esondano dal Cervaro.

Lo scopo del presente studio è quello di valutare se il livello di rischio idraulico dell'area oggetto di intervento in caso di eventi di piena del Torrente Cervaro e del Canale Peluso è compatibile con la realizzazione del parco fotovoltaico in progetto.

Per supportare la proposta di riclassificazione del PAI, il committente ha commissionato al sottoscritto l'aggiornamento dello studio idraulico in precedenza predisposto e finalizzato a una migliore definizione del rischio idraulico nella zona di suo interesse. A tale scopo è stato redatto il presente studio idraulico che, in accordo alle procedure previste nel Piano di Bacino, Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Puglia, prevede anche l'utilizzo di un modello idrodinamico bidimensionale per l'analisi del rischio idraulico nella zona con particolare riferimento ai battenti idrici ed alle velocità che si possono verificare con diversi tempi di ritorno nella zona per verificare se sono compatibili con la realizzazione del sopra citato impianto fotovoltaico.

Di seguito sono dapprima descritte le varie fasi del lavoro di ricostruzione del quadro conoscitivo, con particolare riferimento all'uso del suolo, alla permeabilità ed al modello digitale del terreno per i già citati corsi d'acqua e quindi di implementazione del modello idrodinamico i cui risultati hanno condotto alla redazione della carta delle aree allagabili con i diversi tempi di ritorno allo stato attuale.

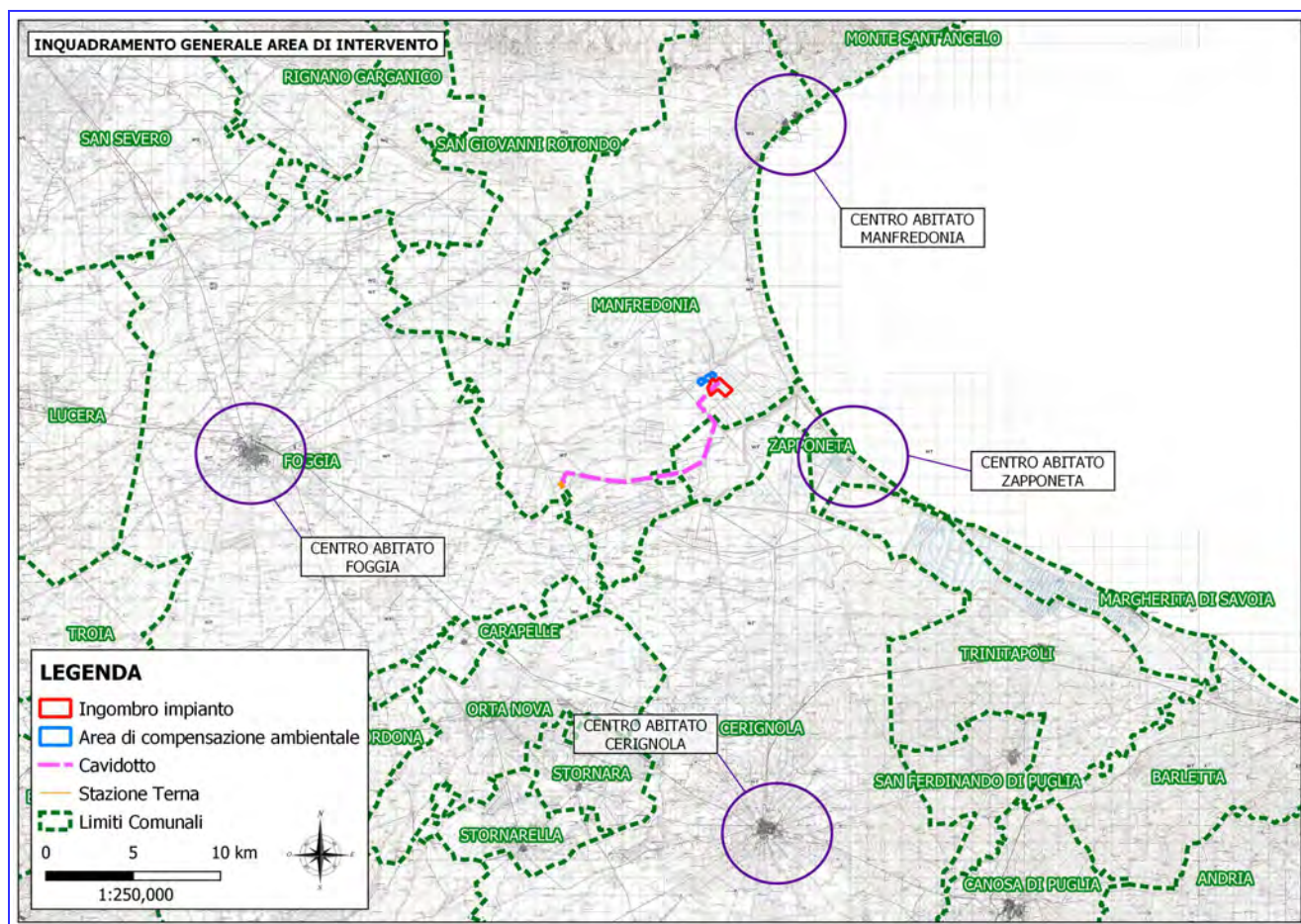


Fig. 1: Inquadramento generale su base IGM

Alla luce di quanto appena descritto, considerata la presenza di una perimetrazione indicata

dal PAI come Media Pericolosità, ai fini dell'applicazione delle NTA del PAI l'impianto risulterebbe compreso in aree classificabili come *“Interventi consentiti nelle aree a media pericolosità idraulica (M.P.)”* per la quale si applica l'art.8 delle NTA del PAI della Regione Puglia.

In particolare, il *comma 1. lettera k)* dell'Art. 8, definisce che sono consentiti: *“ulteriori tipologie di intervento a condizione che venga garantita la preventiva o contestuale realizzazione delle opere di messa in sicurezza idraulica per eventi con tempo di ritorno di 200 anni, previo parere favorevole dell'autorità idraulica competente e dell'Autorità di Bacino sulla coerenza degli interventi di messa in sicurezza anche per ciò che concerne le aree adiacenti e comunque secondo quanto previsto agli artt. 5, 24, 25 e 26 in materia di aggiornamento dal PAI. In caso di contestualità, nei provvedimenti autorizzativi ovvero in atti unilaterali d'obbligo, ovvero in appositi accordi laddove le Amministrazioni competenti lo ritengano necessario, dovranno essere indicate le prescrizioni necessarie (procedure di adempimento, tempi, modalità, ecc.) nonché le condizioni che possano pregiudicare l'abitabilità o l'agibilità. Nelle more del completamento delle opere di mitigazione, dovrà essere comunque garantito il non aggravio della pericolosità in altre aree”,* al comma 2 definisce che *“ Per tutti gli interventi nelle aree di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.”*

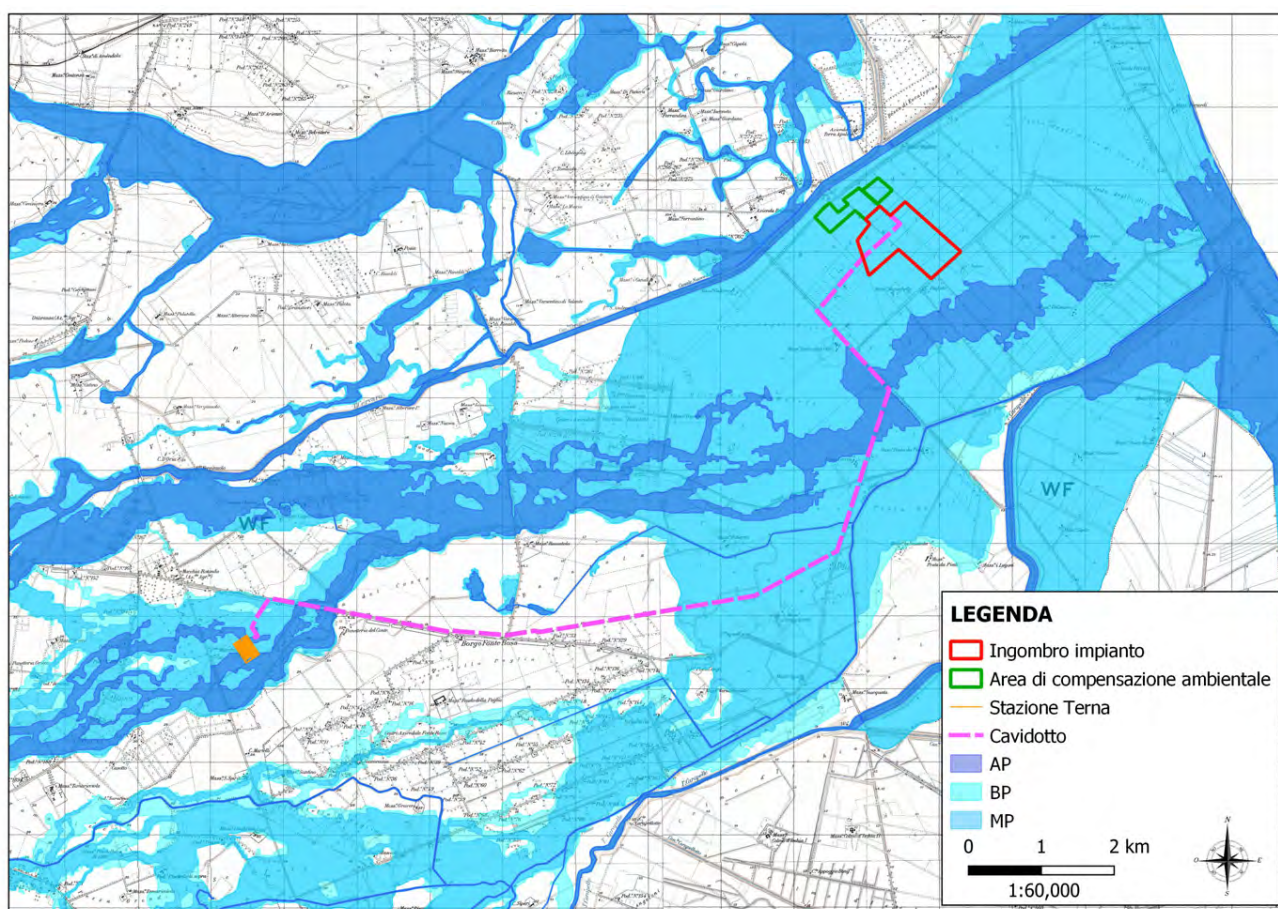


Fig. 2: Dettaglio area di intervento su perimetrazione PAI

Per le motivazioni sopra riportate, nell'ambito dell'incarico ricevuto, è stato effettuato uno studio idrologico idraulico basato a monte su una modellazione afflussi – deflussi e quindi a valle su un modello idrodinamico bidimensionale di maggior dettaglio in grado di simulare al meglio la propagazione dei deflussi sul territorio utilizzando un modello digitale del terreno con cella di 1 m disponibile nella zona e rilevato con tecnica lidar. Di seguito sono dapprima descritte le varie fasi del lavoro di ricostruzione ed aggiornamento del quadro conoscitivo e quindi di individuazione delle aree allagabili con riferimento al tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

2 – Ricostruzione quadro conoscitivo

Per l'analisi del rischio idraulico di dettaglio della zona come accennato in precedenza si è scelto di utilizzare un modello idrodinamico le cui caratteristiche saranno meglio descritte nel seguito.

Ai fini dell'utilizzo di tale modello è stato dapprima eseguito un inquadramento dell'area di interesse all'interno del contesto territoriale individuando dapprima il bacino idrografico del reticolo che afferisce nella zona d'intervento che comprende il Torrente Cervaro ed il canale Peluso, e quindi la zona oggetto di studio di dettaglio (dominio di calcolo del modello bidimensionale). Sui bacini idrografici e sul dominio di calcolo sono stati quindi condotti gli approfondimenti del quadro conoscitivo che hanno riguardato tutti quegli aspetti che sono strettamente connessi con l'analisi del rischio idraulico ed in particolare:

- modello digitale del terreno;
- uso del suolo;
- permeabilità;
- pluviometria.

Nel seguito vengono descritte le varie fasi di approfondimento condotte. L'individuazione del dominio di calcolo, che ha una superficie complessiva di circa 377 kmq, è stata fatta in modo da comprendere in esso l'area di intervento e una porzione significativa del territorio, in modo da individuare le eventuali fuoriuscite dovute alle insufficienze idrauliche che possono essere riscontrate dal Canale Peluso e dal Torrente Cervaro relativamente a un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

2.1 - Inquadramento generale

L'area oggetto di intervento è situata in una zona a sud ovest del comune di Manfredonia, nel tratto compreso tra il Torrente Cervaro a nord ed il Torrente Carapelle a sud.

Il dominio di calcolo che sarà utilizzato nella modellazione idraulica ha una superficie di circa 377 kmq.

Nelle Figg. 3 e 4 è riportato il dominio di calcolo con le aree individuate a rischio idraulico nell'ambito del sopra citato studio dell'Autorità di Bacino, rispettivamente su base CTR e su base IGM, l'area oggetto d'intervento è evidenziata in nero.

L'area oggetto d'intervento ha una superficie di circa 1 kmq e ricade all'interno del territorio comunale di Manfredonia, vedi Figg.5, 6 e 7 in cui sono riportati il lotto di interesse, il cavidotto elettrico e la sottostazione elettrica di consegna rispettivamente su base IGM, CTR e ortofoto satellitare.

La zona di studio è stata inquadrata anche rispetto alla carta idrogeomorfologica della Regione Puglia, come mostrato in Fig.8.

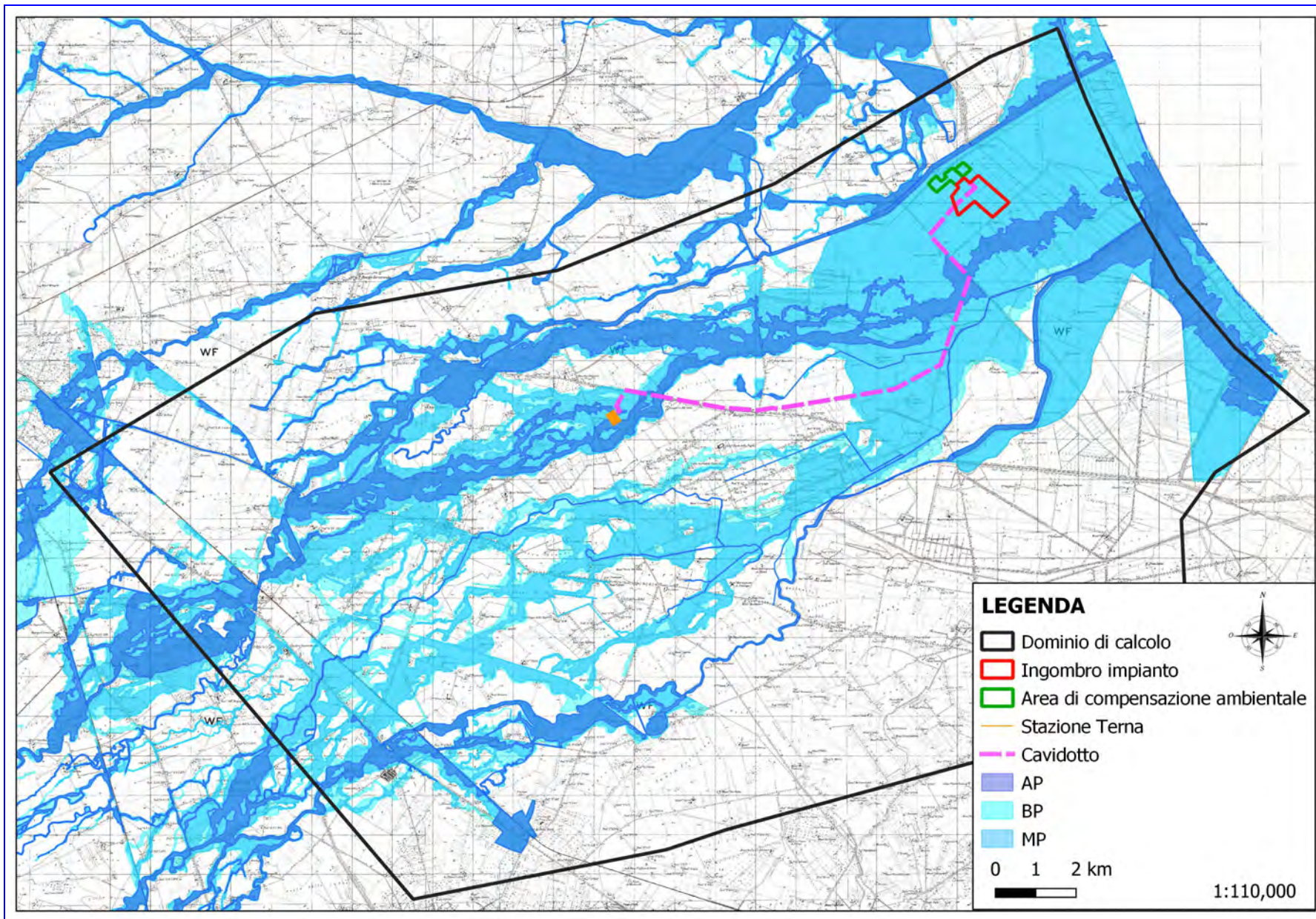


Fig. 3: Dominio di calcolo su base IGM e PAI

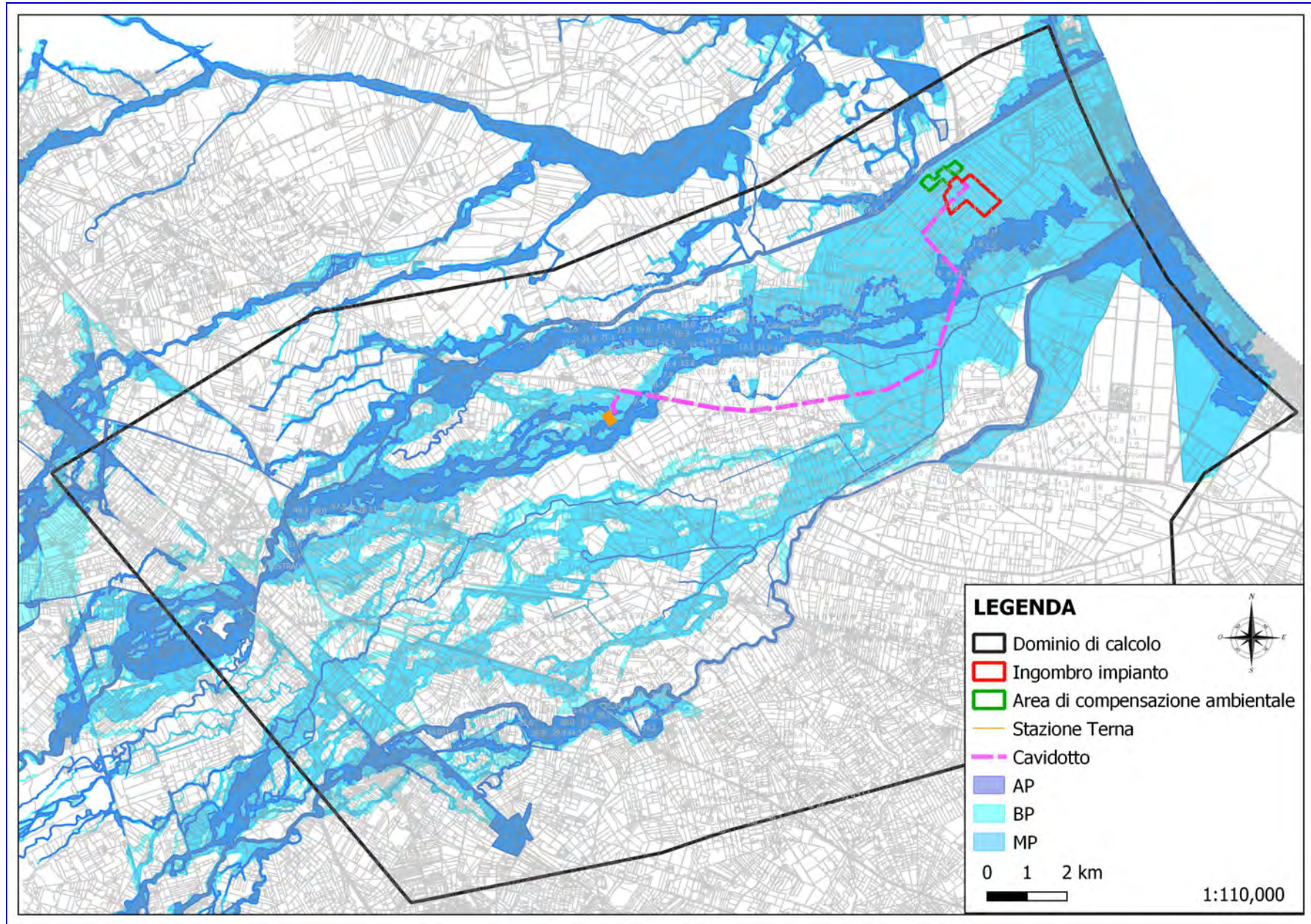


Fig. 4: Dominio di calcolo su base CTR e PAI

Comune di Manfredonia (FG) – Proposta di ripermetrazione della Pericolosità Idraulica PAI

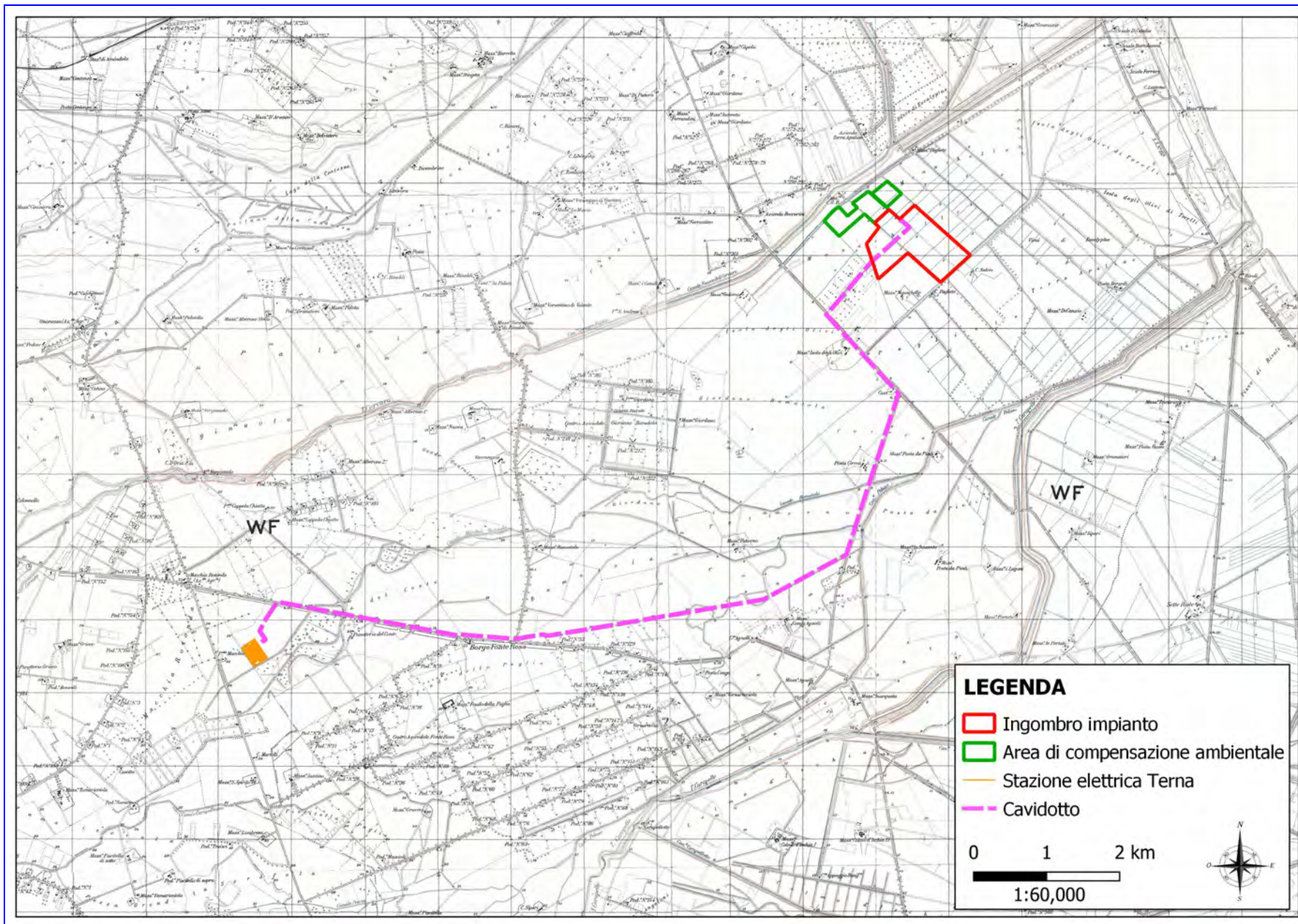


Fig. 5: Area di interesse – IGM

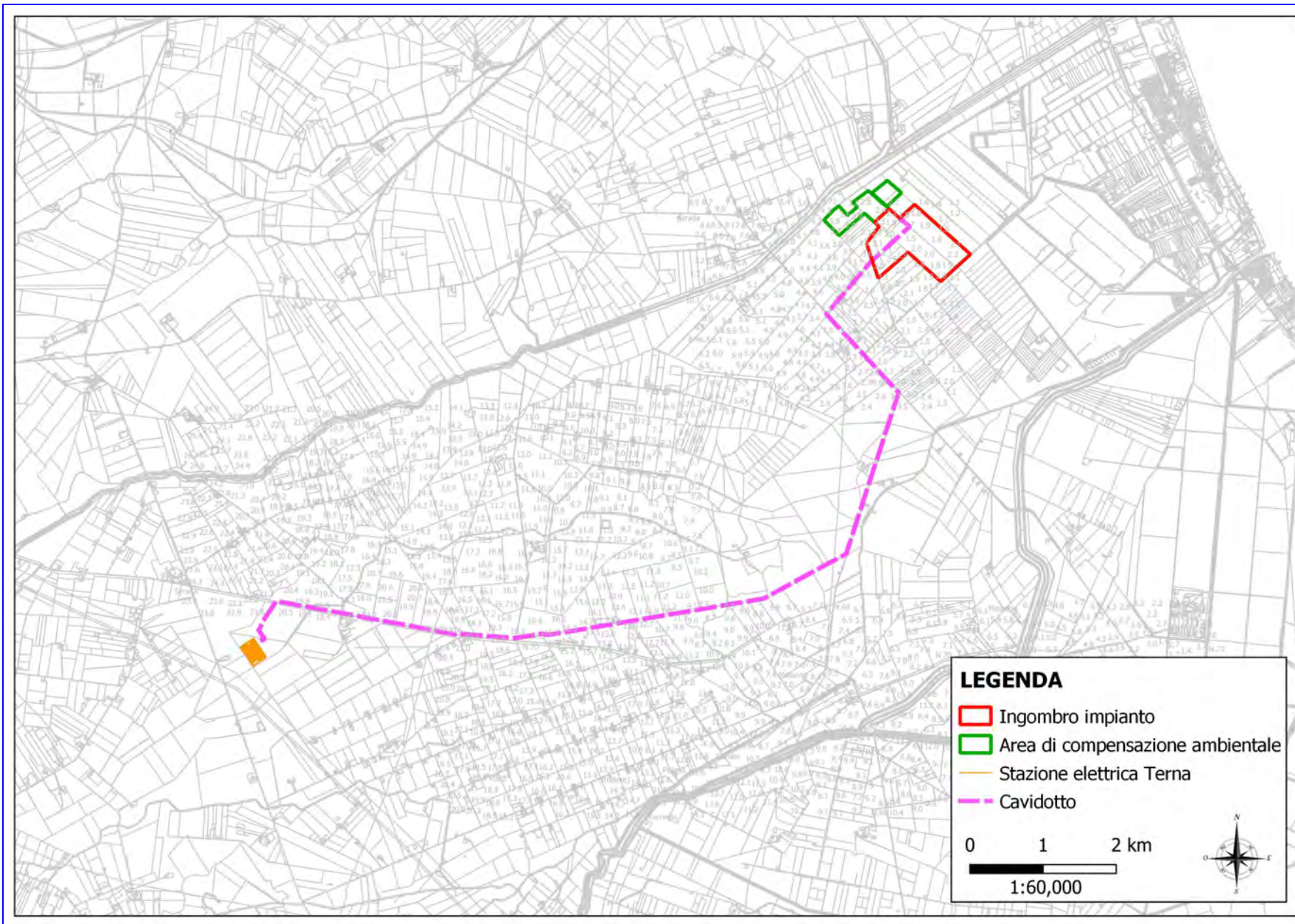


Fig. ,6: Area di interesse – CTR 5k

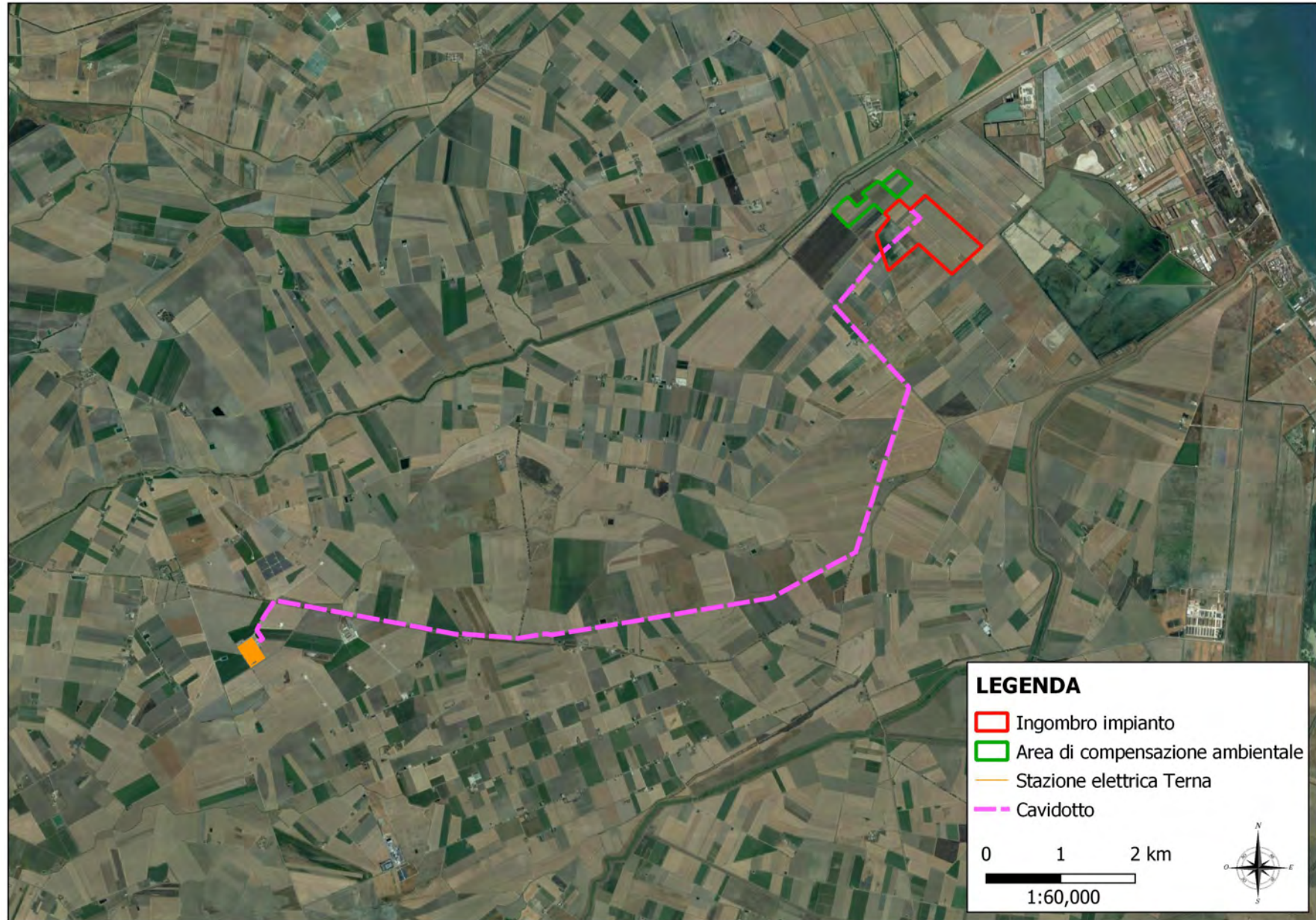


Fig. 7: Area interesse - Ortofoto

Comune di Manfredonia (FG) – Proposta di ripermimetrazione della Pericolosità Idraulica PAI

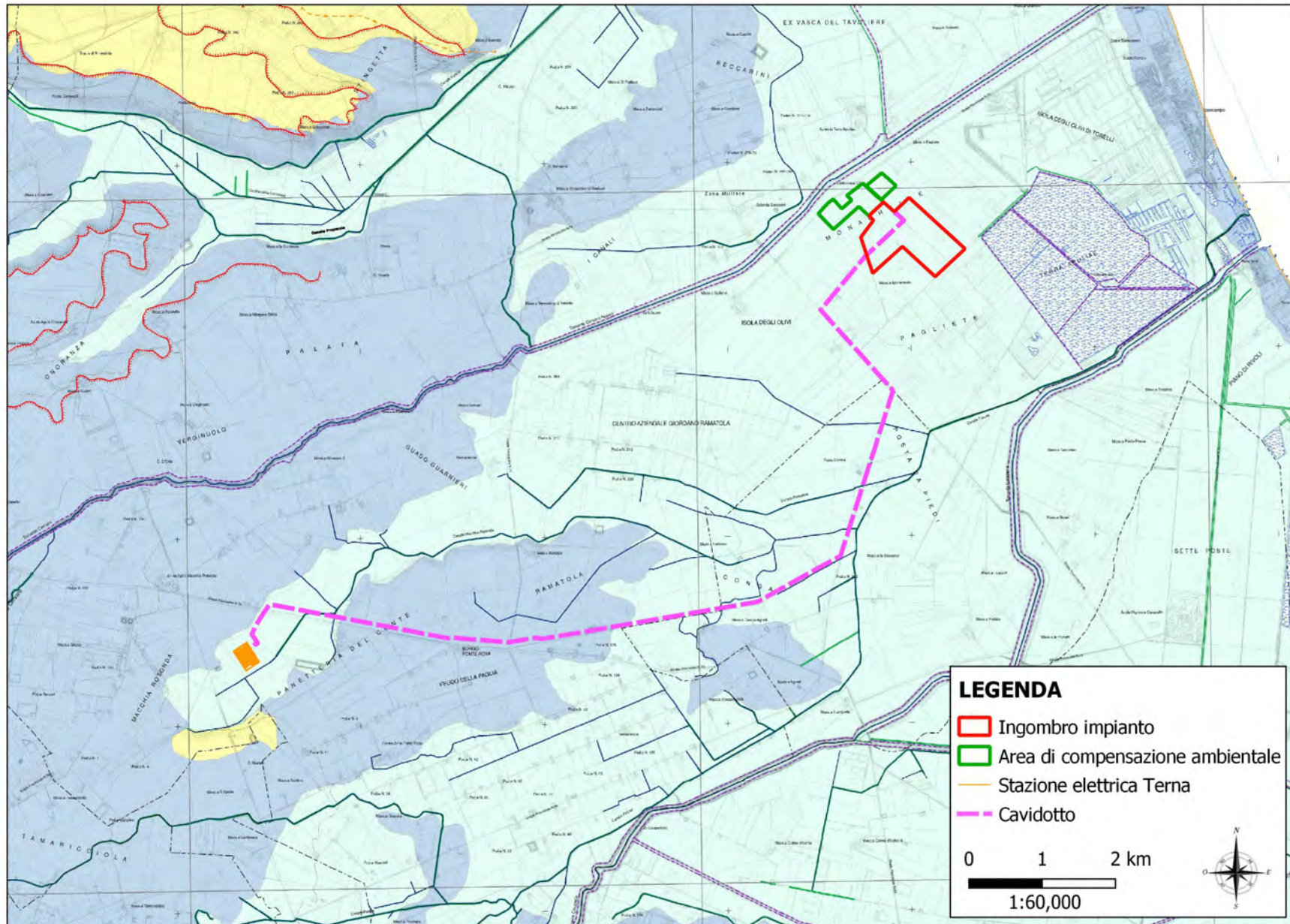


Fig. 8: Area intervento – Inquadramento Carta Idrogeomorfologica

2.2 – Pianificazione a scala di bacino

A seguito del D. Lgs. 49/2010, il MATTM ha pubblicato gli “Indirizzi operativi per l'attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni”. Nel sopra citato documento vengono indicate le procedure da seguire allo scopo di rispondere a quanto richiesto dalla Direttiva 2007/60 e dal D. Lgs 49/2010 delineando “un percorso di omogeneizzazione delle metodologie di definizione e rappresentazione delle mappe di pericolosità e rischio sul territorio nazionale, al fine di capitalizzare quanto ad oggi realizzato e affrontare in modo condiviso, organico ed adeguato la gestione del rischio idraulico in Italia nel prossimo futuro.”

Per rispettare il sopra citato quadro normativo viene richiesto alle singole regioni di redigere il Piano di Gestione del Rischio Alluvionale (PGRA) sotto il coordinamento delle competenti Autorità di Distretto idrografico. Attraverso l'elaborazione del PGRA è stato condotto uno studio storico-geografico degli eventi alluvionali, dal quale è stato possibile ricavare tutte le informazioni utili per la redazione degli studi idrologici-idraulici e per la mappatura di nuove aree a pericolosità idraulica su tutto il territorio di competenza.

Le aree oggetto di studio, in accordo con quanto contenuto nel PAI della Regione Puglia, risulta classificate come area a media pericolosità idraulica come mostrato nelle Fig. 9.

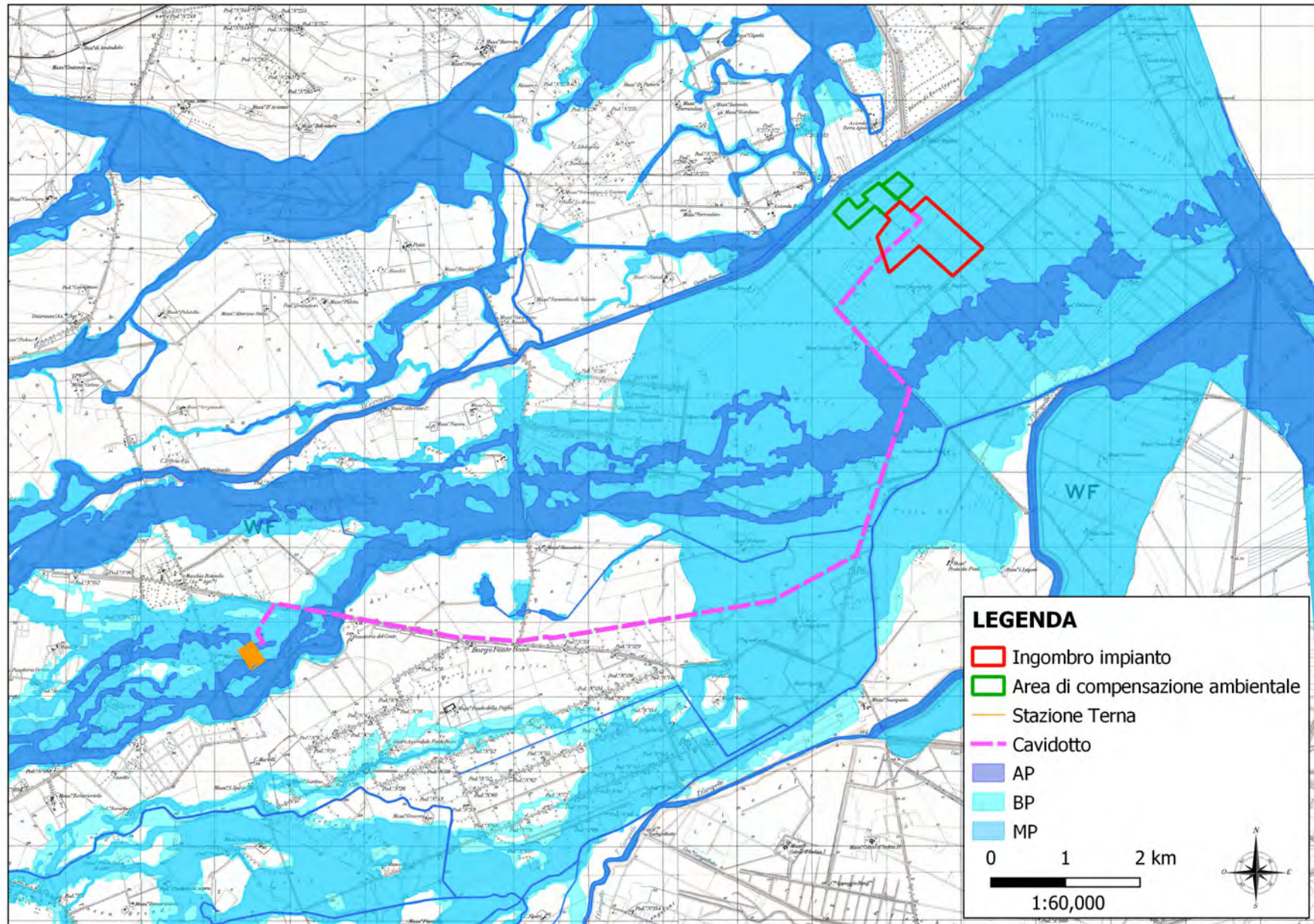


Fig. 9: Perimetrazione pericolosità inondazione (PAI vigente)

2.3 – Modello digitale del terreno (DEM)

Per lo sviluppo delle attività in oggetto è stato predisposto un Sistema Informativo Territoriale all'interno del quale è stato raccolto tutto il materiale topografico disponibile per l'area di interesse. Particolare importanza ha assunto in tale ambito il reperimento dei dati morfologici del terreno nella fattispecie il modello digitale del terreno. Dapprima è stato considerato il DTM dell'area di interesse con risoluzione di cella pari a 8 m messo a disposizione dal SIT Puglia (vedi fig.10).

Per completare e meglio dettagliare l'informazione topografica nel dominio di calcolo si è reso necessario il reperimento dei dati Lidar con cella 1 m in modo tale da rappresentare al meglio lo stato dei luoghi durante le modellazioni idrauliche e quindi simulare la propagazione dei deflussi nell'area di interesse in maniera quanto più prossima alla realtà, così come riportato in Fig. 11 mentre in Fig.12 è riportato il dominio di calcolo utilizzato durante la modellazione idraulica sovrapposto al Lidar 1m.

Tutti i dati cartografici disponibili, implementati in un Sistema Informativo Territoriale mediante software GIS, hanno permesso di applicare una procedura automatica per l'estrazione dei bacini idrografici che interessano la zona oggetto di studio. In particolare, sulla base del modello digitale del terreno con risoluzione a 8 metri, è stata eseguita la procedura automatica Tau-DEM per la delimitazione dei bacini idrografici di interesse.

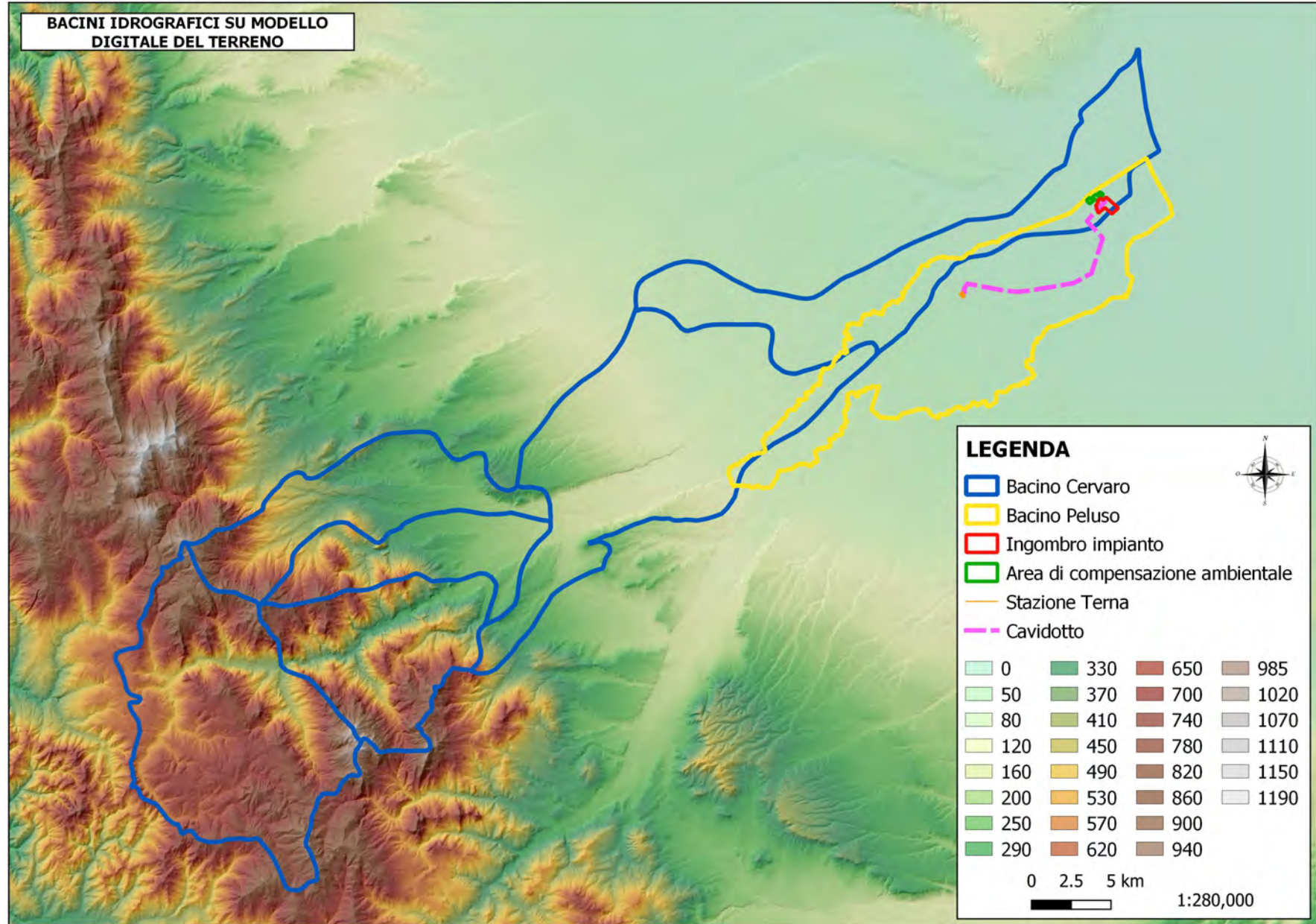


Fig. 10: Modello digitale del terreno (8 metri)

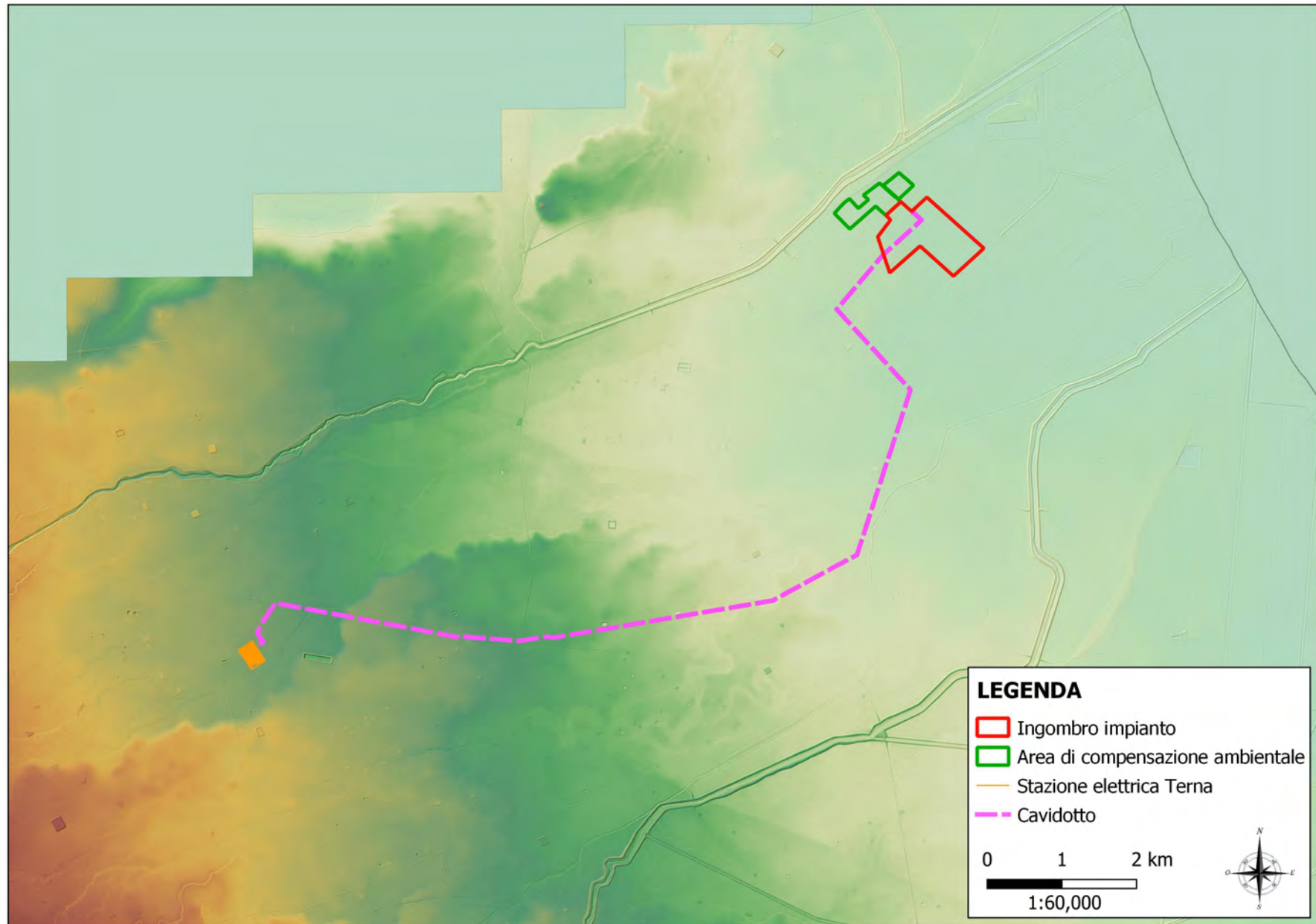


Fig. 11: Modello Digitale del Terreno (1 metro)

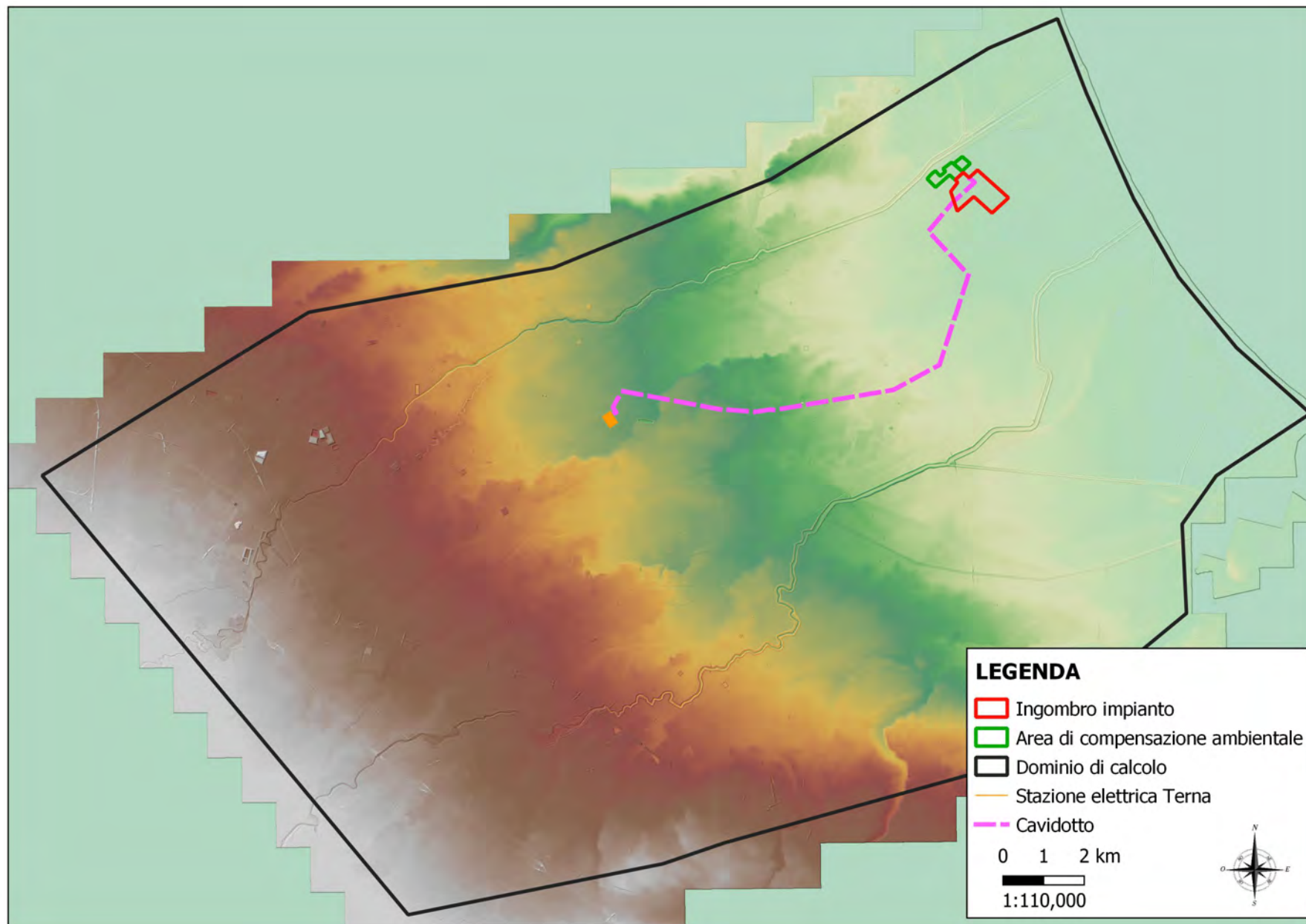


Fig. 12: Dominio di calcolo su Lidar 1m

2.4 - Uso del suolo

Ai fini della ricostruzione dell'uso del suolo sono stati utilizzati i dati disponibili e reperiti presso il SIT della Regione Puglia, vedi Figg.13 e 14.

Si fa notare che, ai fini della modellazione, la classificazione utilizzata per l'uso del suolo si ferma al III livello della legenda del Corine Land Cover (CLC), non si è ritenuto opportuno infatti utilizzare un maggiore dettaglio a causa delle difficoltà di attribuzione dei parametri per il metodo di trasformazione afflussi – deflussi che si intende adottare. Si ritiene peraltro che tale semplificazione non altera in modo significativo i risultati del presente studio.

Dall'esame delle classi di uso del suolo si può notare come il territorio nel dominio di calcolo mostrato in Fig.15 sia sfruttato quasi esclusivamente ad uso agricolo (vedi Tab.1), con la presenza prevalente di seminativi semplici in aree irrigue per una percentuale di circa il 74%, di vigneti per circa il 9%, mentre circa il 4.6% del territorio è costituito da seminativi semplici in aree non irrigue. L'area urbanizzata all'interno del dominio di calcolo nel complesso comprende una percentuale ridotta e inferiore al 4% del territorio totale mentre la restante parte del territorio è utilizzata prevalentemente a scopi irrigui, con presenze aree a pascolo naturale frutteti e uliveti.

Comune di Manfredonia (FG) – Proposta di ripermetroazione della Pericolosità Idraulica PAI

LIVELLO 3	DESCRIZIONE	AREA (KMQ)	AREA (%)
111	tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	0.19	0.05
	tessuto residenziale continuo, denso recente, alto	0.25	0.07
112	tessuto residenziale discontinuo	0.01	0.00
	tessuto residenziale rado e nucleiforme	0.12	0.03
	tessuto residenziale sparso	0.65	0.17
121	insediamenti produttivi agricoli	3.75	0.99
	insediamento commerciale	0.19	0.05
	insediamento degli impianti tecnologici	0.87	0.23
	insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	0.06	0.02
	insediamento in disuso	0.02	0.01
	insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	3.83	1.01
122	reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	0.01	0.00
	reti ferroviarie comprese le superfici annesse	0.33	0.09
	reti stradali e spazi accessori	3.08	0.82
124	aree aeroportuali ed eliporti	1.41	0.37
132	depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	0.02	0.00
	discariche e depositi di cave, miniere, industrie	0.14	0.04
133	suoli rimaneggiati e artefatti	0.80	0.21
141	aree verdi urbane	0.02	0.01
142	aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	0.11	0.03
143	cimiteri	0.01	0.00
211	colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	0.00	0.00
	seminativi semplici in aree non irrigue	17.43	4.61
212	colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	0.45	0.12
	seminativi semplici in aree irrigue	279.03	73.89
221	vigneti	34.56	9.15
222	frutteti e frutti minori	1.49	0.40
223	uliveti	7.68	2.03
224	altre colture permanenti	0.07	0.02
241	colture temporanee associate a colture permanenti	0.18	0.05
242	sistemi colturali e particellari complessi	0.10	0.03
311	boschi di latifoglie	1.25	0.33
313	boschi misti di conifere e latifoglie	0.03	0.01
314	prati alberati, pascoli alberati	0.09	0.02
321	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	6.22	1.65
322	cespuglieti e arbusteti	1.34	0.35
411	paludi interne	0.03	0.01
421	paludi salmastre	0.33	0.09
422	saline	6.72	1.78
511	canali e idrovie	1.31	0.35
	fiumi, torrenti e fossi	2.34	0.62
512	bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui	1.06	0.28
512	bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	0.03	0.01
TOTALE		377.64	100.00

Tabella 1: Superfici occupate dalle classi di uso del suolo (CLC III livello) sul dominio di calcolo

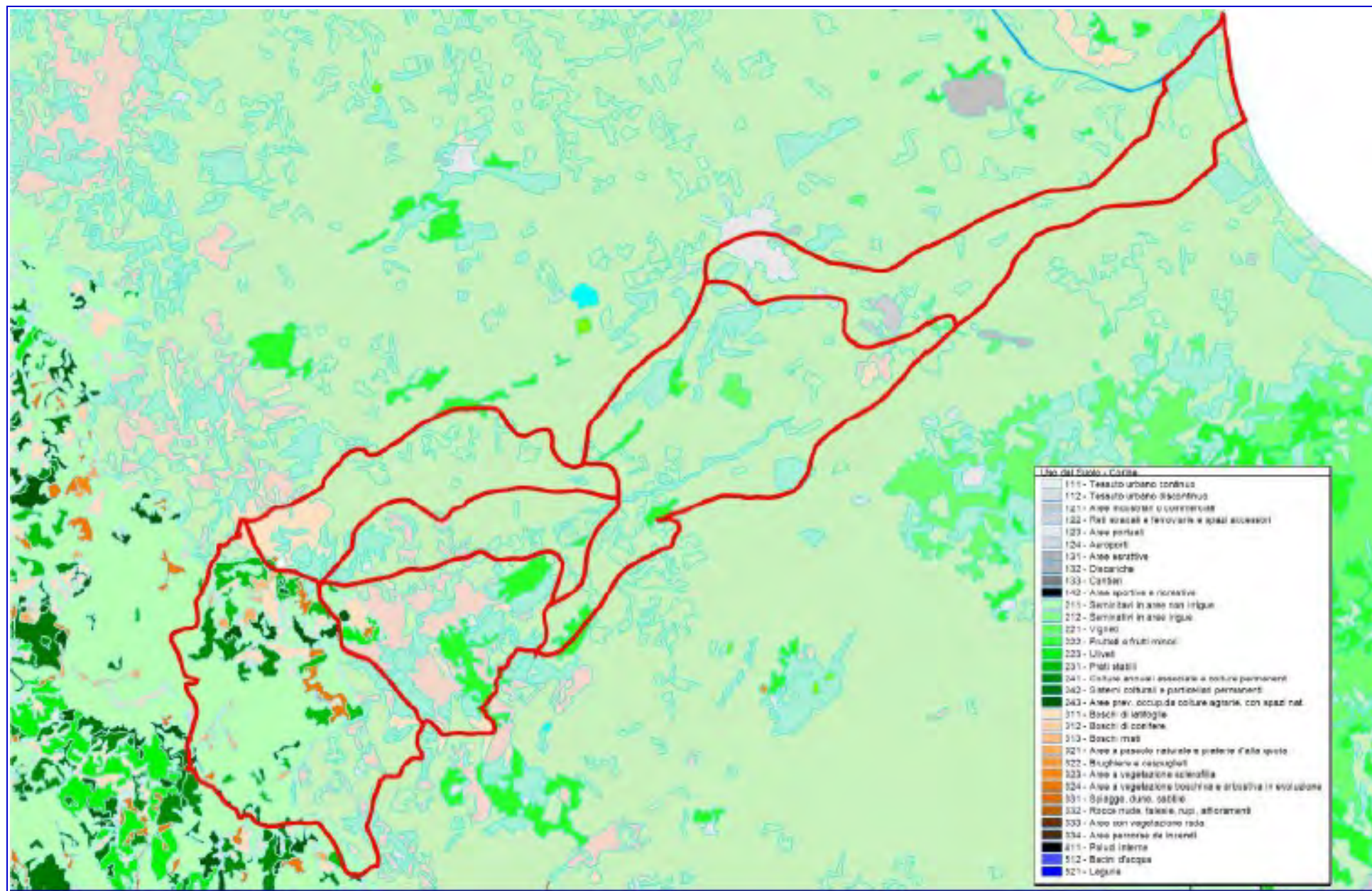


Fig. 13: Carta Uso del suolo – Bacino del Torrente Cervaro

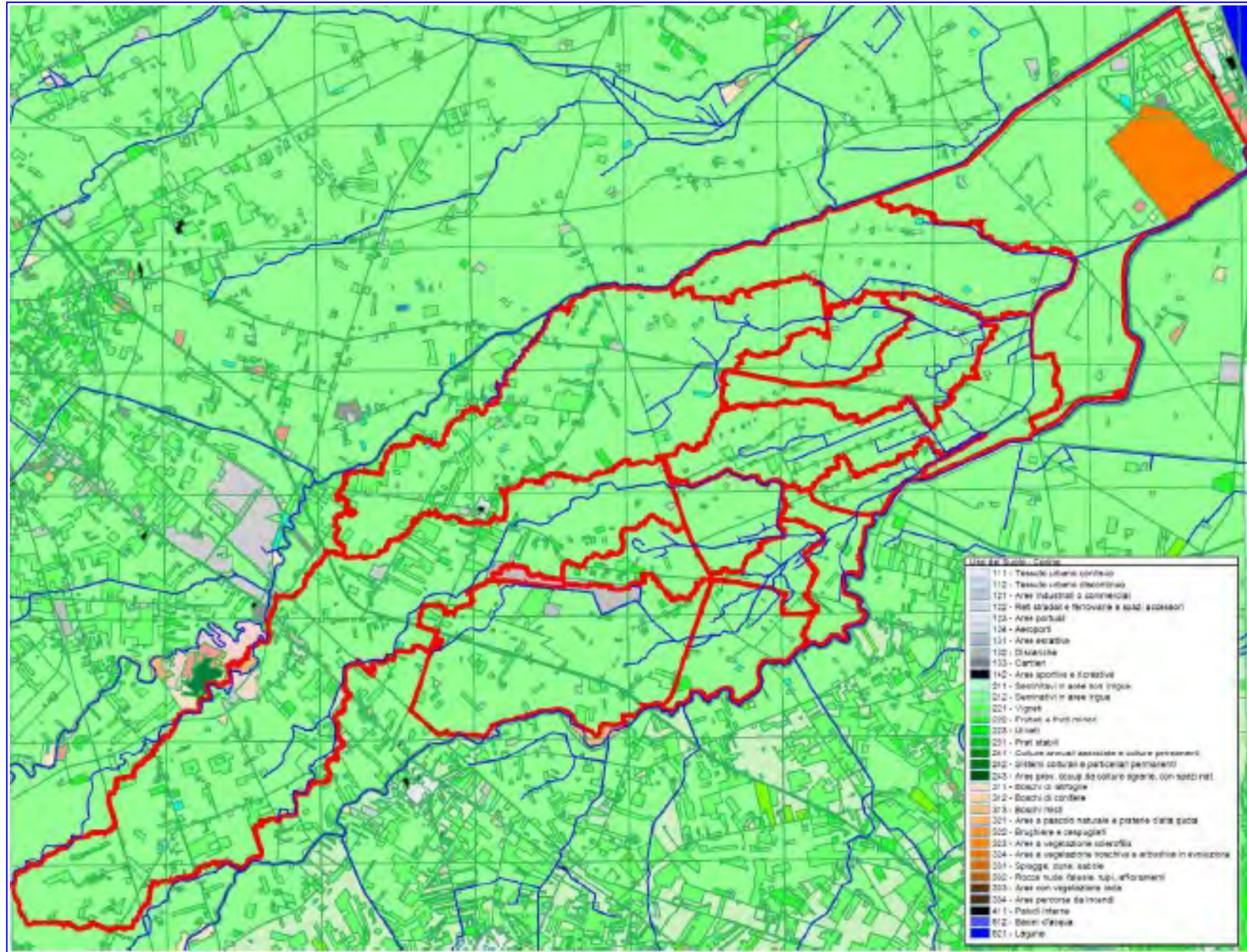


Fig. 14: Carta Uso del suolo – Bacino del Canale Peluso

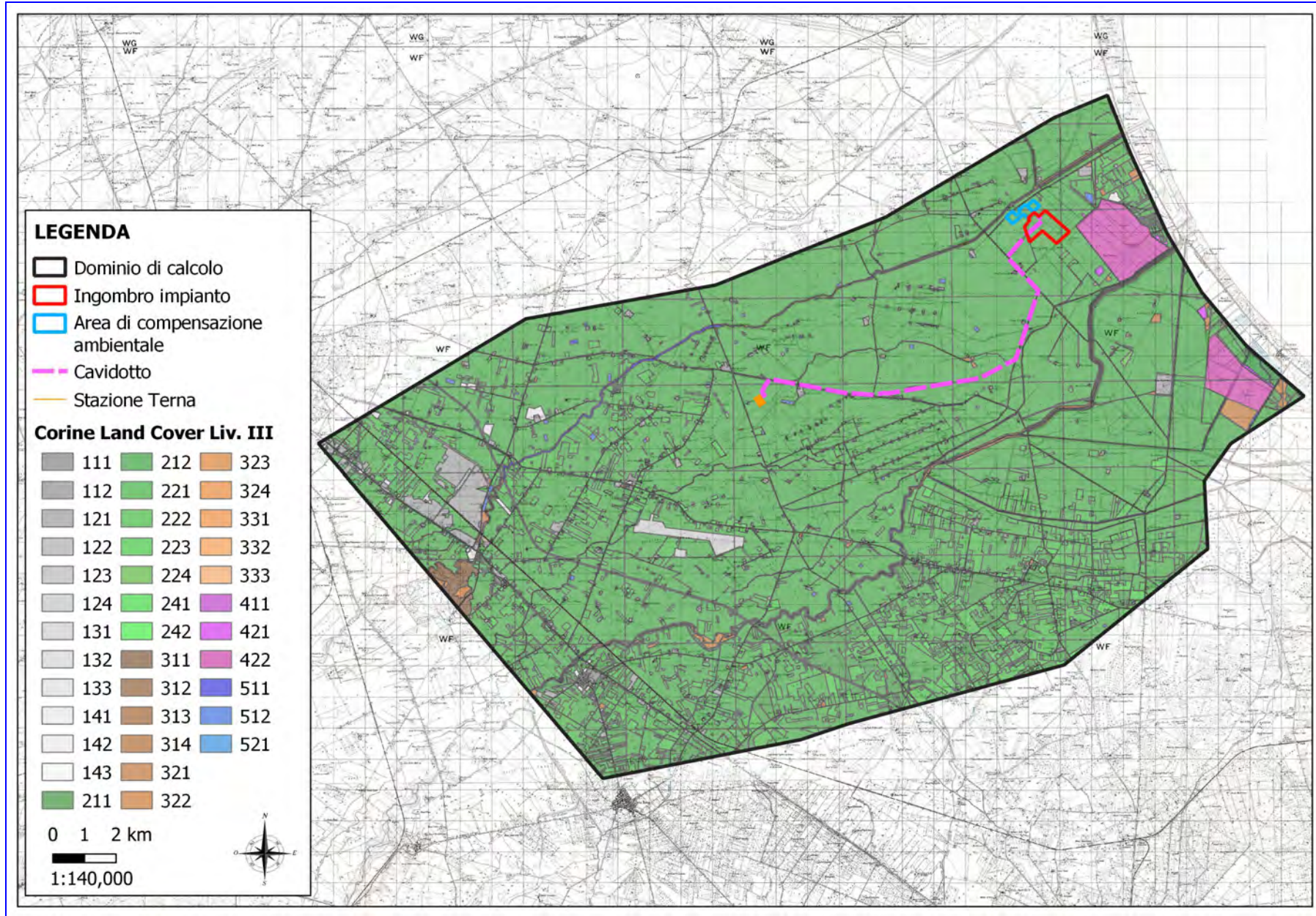


Fig. 15: Carta Uso del suolo – Dominio di calcolo

2.5 – Litologia e geologia

Per l'individuazione della permeabilità dei suoli è stata utilizzata la litologia presente nella carta idrogeomorfologica, vedi Figg.16 e 17.

Dall'esame della carta litologica si evince che l'intera area del dominio di calcolo (vedi Fig.18) è costituita da depositi sciolti a prevalente componente peltica e/o sabbiosa (ad es. alluvioni recenti e attuali depositi fluviali e colluviali) per circa l'88% del dominio di calcolo mentre la restante parte è costituita da rocce prevalentemente arenitiche (arenarie e sabbie). A queste classi litologiche è stato associato un valore di permeabilità coerentemente a quanto riportato nella Tab 2, in particolare questo particolare tipo di suoli viene associato al gruppo A.

CLASSI DI SUOLI PERMEABILITA'
<p>GRUPPO A - Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.</p>
<p>GRUPPO B - Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.</p>
<p>GRUPPO C - Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.</p>
<p>GRUPPO D - Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.</p>

Tabella 2: Classi di permeabilità

DESCRIZIONE	AREA (KMQ)	AREA (%)
Depositi sciolti a prevalente componente peltica e/o sabbiosa (ad es. alluvioni recenti e attuali, depositi eluviali e colluviali, "terra rossa")	332.10	87.94
Rocce prevalentemente arenitiche (arenarie e sabbie)	45.54	12.06
TOTALE	377.64	100.00

Tabella 3: Superfici occupate dalle classi litologiche per il dominio di calcolo

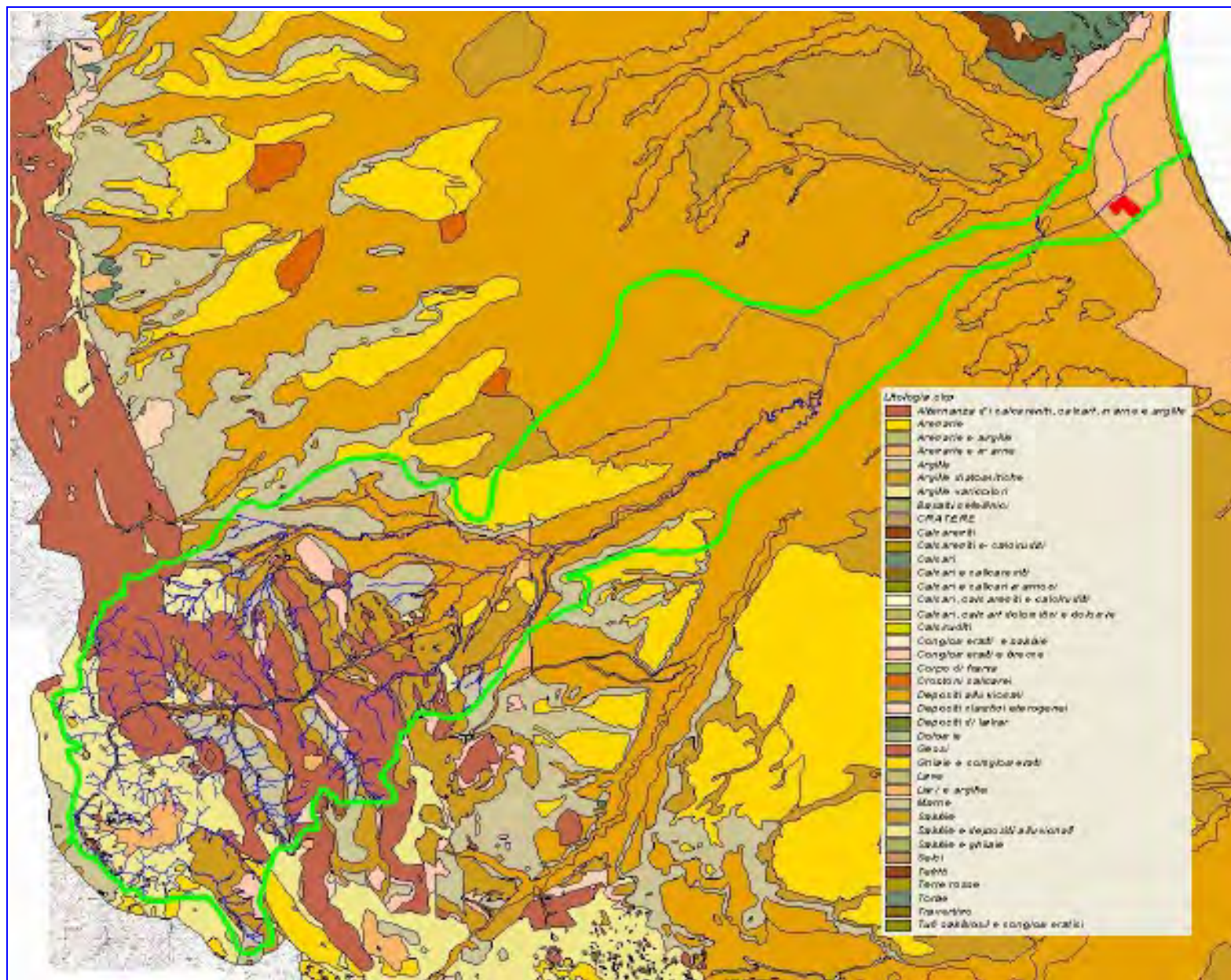


Fig. 16: Carta classi litologiche – Bacino del Torrente Cervaro

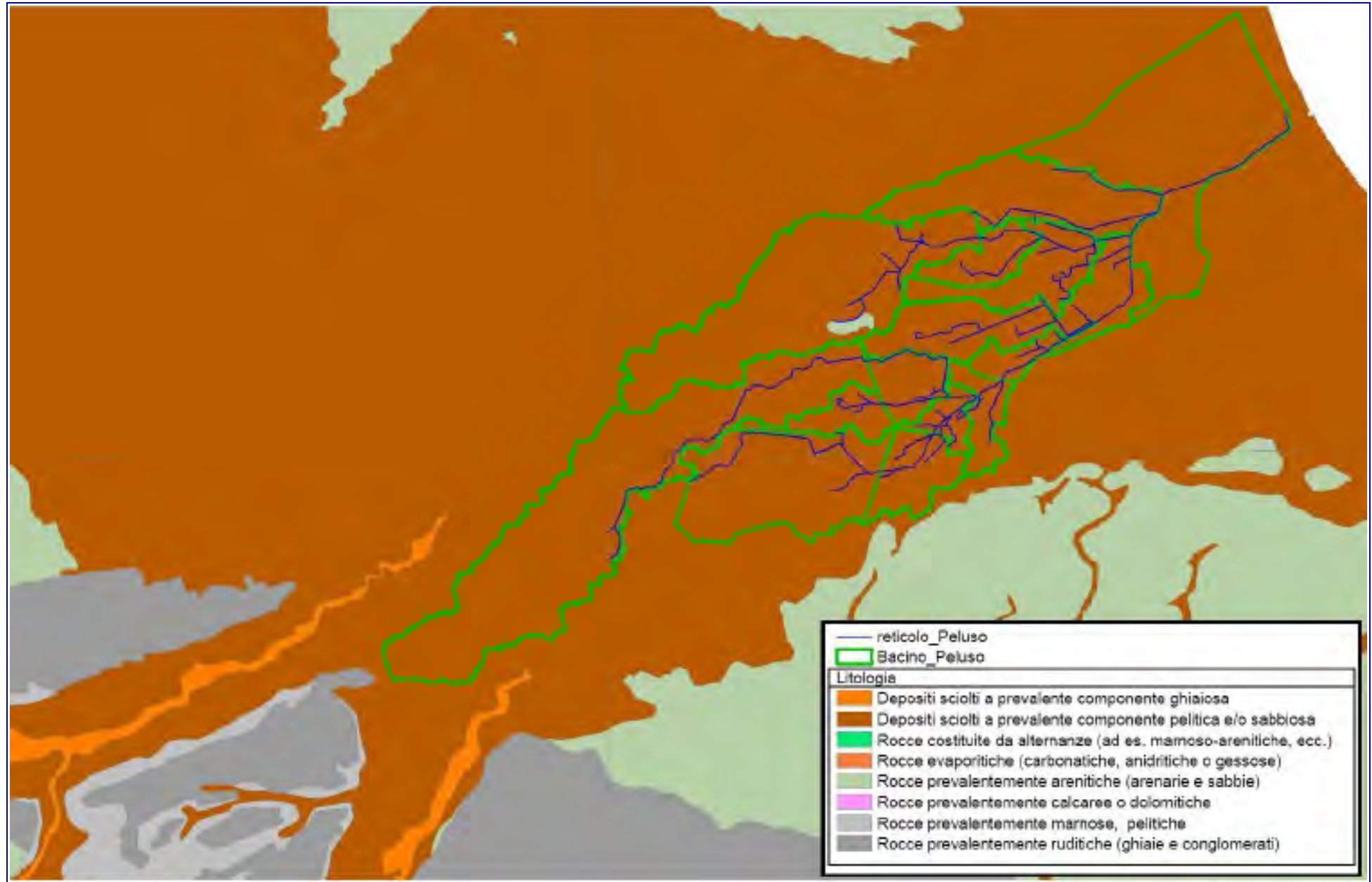


Fig. 17: Carta classi litologiche – Bacino del Canale Peluso

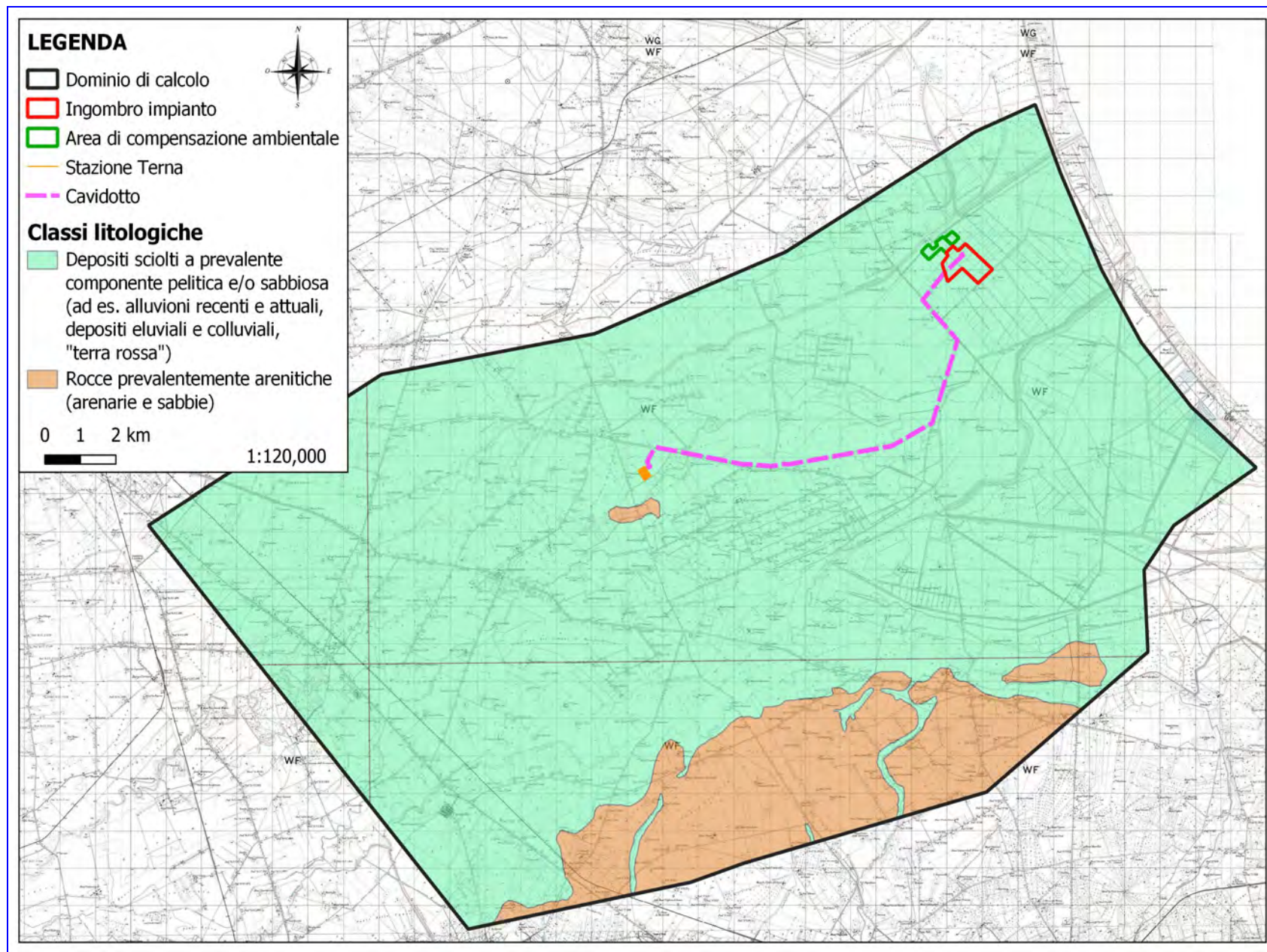


Fig. 18: Carta classi litologiche – Dominio di calcolo

2.6 – Curve Number

Per l'individuazione del valore del Curve Number per i diversi sottobacini idrografici individuati come visto in precedenza e per l'intero dominio sono stati utilizzati i dati sull'uso del suolo, con riferimento al III livello della legenda del Corine Land Cover, e i dati riguardanti la permeabilità del terreno (litologia). Secondo la teoria sviluppata dal Soil Conservation Service il Curve Number, che caratterizza ogni suolo dal punto di vista della sua risposta idrologica, è funzione infatti dell'uso del suolo e della classe di permeabilità del terreno. Nel caso oggetto di studio la tabella di equivalenza utilizzata per ricavare il valore del Curve Number dai sopra citati parametri è riportata in Tab. 4, tale tabella è stata ricavata dalle analoghe tabelle reperite in letteratura adattandola al contesto territoriale pugliese ed alla classificazione dell'uso del suolo del Corine Land Cover.

Una volta generata la carta del Curve Number è stato possibile attribuire un unico valore del CN per ogni bacino idrografico considerato.

N	CODICE CORINE (III LIV.)	DESCRIZIONE CORINE (III LIV.)	valori CN
1	111	Tessuto urbano continuo	77,85,90,92
2	112	Tessuto urbano discontinuo	61,75,83,87
3	121	Aree industriali o commerciali	89,92,94,95
4	122	Reti stradali e ferroviarie	89,92,94,95
5	131	Aree estrattive	89,92,94,95
6	132	Discariche	89,92,94,95
7	133	Cantieri	89,92,94,95
8	142	Aree sportive e ricreative	77,85,90,92
9	143	Cimiteri	77,85,90,92
10	211	Seminativi in aree non irrigue	72,81,88,91
11	212	Seminativi in aree irrigue	72,81,88,91
12	221	Vigneti	62,71,78,81
13	222	Frutteti e frutti minori	62,71,78,81
14	223	Oliveti	62,71,78,81
15	241	Colture annuali associate a colture permanenti	62,71,78,81
16	242	Sistemi colturali e particellari complessi	62,71,78,81
17	311	Boschi di latifoglie	45,66,77,83
18	313	Boschi misti	45,66,77,83
19	321	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	68,79,86,89
20	322	Brughiere e cespuglieti	62,71,78,81

Tabella 4: Valori del CN per classi di uso del suolo

2.7 - Caratteristiche pluviometriche

La definizione delle caratteristiche dell'evento pluviometrico da utilizzare per lo studio di compatibilità idraulica è stata fatta sulla base dello studio di regionalizzazione delle piogge redatto nell'ambito del progetto Vapi Puglia del GNDCI. I bacini idrografici del Torrente Cervaro e del Canale Peluso ricadono nelle sottozone pluviometrica n.3 e n.2 per le quali il progetto Vapi propone le seguenti formulazioni per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica:

$$\text{Zona 2: } x(t) = 22.23 t^{0.247}$$

$$\text{Zona 3: } x(t,z) = 25.325 t^{[(0.0696+0.00531 z)/3.178]}$$

In Fig. 19 è stata riportata un'immagine che rappresenta la suddivisione delle sottozone omogenee secondo quanto specificato nel progetto Vapi. Si può notare come il bacino del Canale Peluso (colore verde) ricada abbondantemente nella sottozona n.2 mentre per quanto riguarda il bacino del Torrente Cervaro (colore rosso) si è deciso di utilizzare i parametri della sottozona n.3 in quanto consentono di massimizzare la risposta idrologica del bacino idrografico.

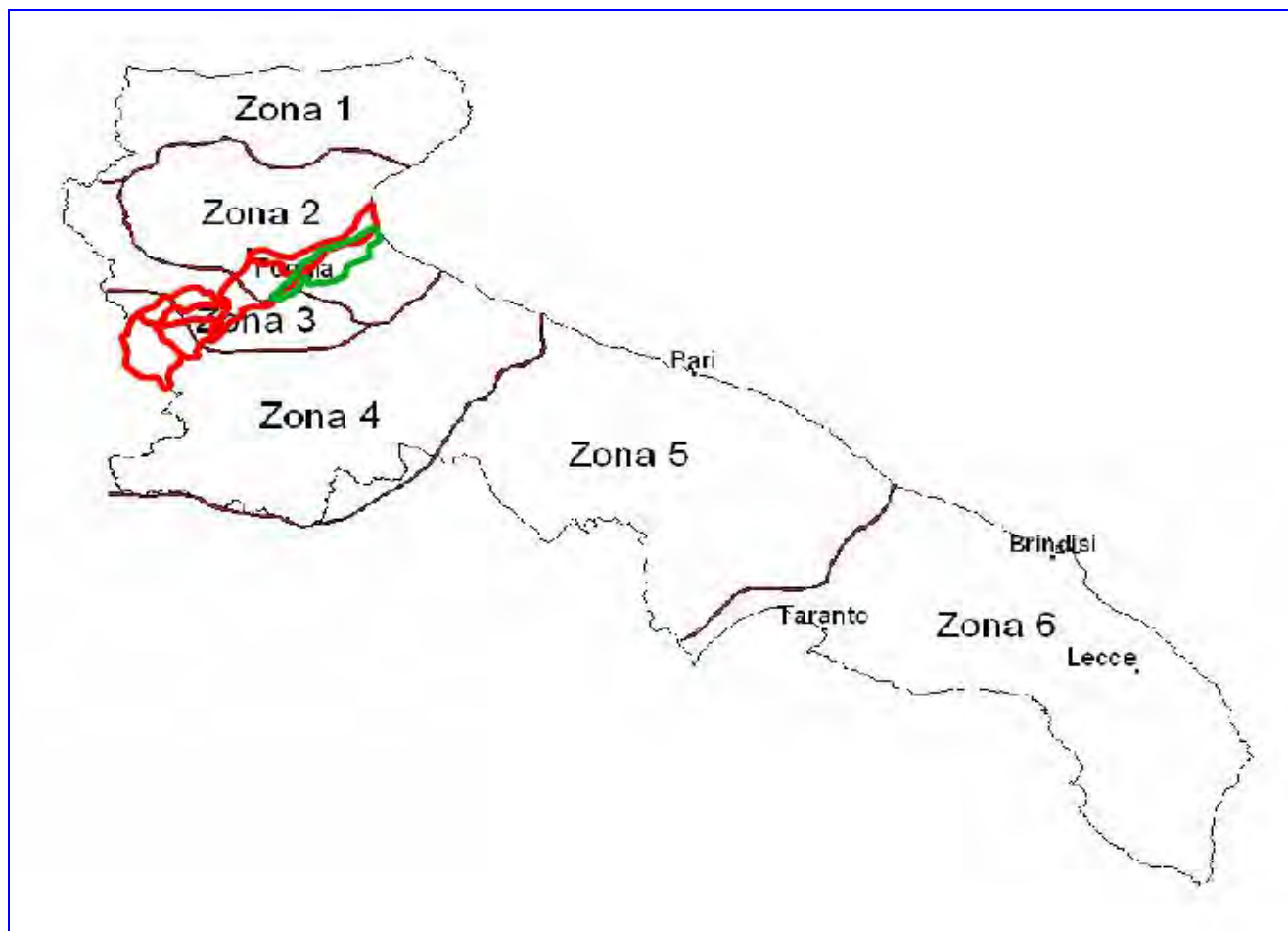


Fig. 19: Sottozone omogenee secondo il progetto Vapi Puglia.

3 – Analisi del rischio idraulico

Allo scopo di valutare le condizioni di rischio idraulico dell'area oggetto di studio e quindi valutare la compatibilità dell'intervento previsto, è risultato necessario condurre preliminarmente un'indagine idrologica dei bacini idrografici che afferiscono all'area di studio unitamente ad una indagine idraulica per la determinazione delle criticità idrauliche che caratterizzano il reticolo idrografico di interesse. E' necessario dunque valutare innanzitutto l'afflusso-deflusso in termini di portata idrologica di piena per assegnato tempo di ritorno afferente all'area di interesse e di conseguenza investigare sulla propagazione dei deflussi lungo il reticolo idrografico al fine di verificarne la capacità di smaltimento. Si è ritenuto pertanto opportuno condurre lo studio basandosi su una modellazione bidimensionale dell'area oggetto di studio che abbia la possibilità di utilizzare come condizione al contorno di input gli idrogrammi di piena dei bacini del Canale Peluso e del Torrente Cervato, desunti dalla modellazione idrologica e relativo al tempo di ritorno di 200 anni, in modo da investigare nei riguardi degli allagamenti che si potrebbero verificare in corrispondenza delle aree di interesse.

Per la modellazione delle fasi di separazione delle piogge del fenomeno delle trasformazioni afflussi-deflussi, si è ritenuto opportuno utilizzare il metodo Curve Number (CN) del Soil Conservation Service in quanto nella zona sono disponibili i dati di dettaglio dell'uso del suolo e della permeabilità che permettono di ricavare in modo corretto i valori del CN per le varie zone del dominio di calcolo.

Nel caso in esame è stato condotto uno studio idrologico per la determinazione delle portate di piena dei bacini idrografici afferenti.

L'analisi idraulica dei reticoli idrografici ha previsto l'implementazione di una modellazione idraulica con schema bidimensionale e in regime di moto vario per valutare la propagazione delle fuoriuscite all'esterno dell'alveo dei corsi d'acqua che ha consentito di meglio individuare le condizioni di rischio idraulico dell'intera area di studio.

Di seguito si riportano le varie fasi dell'analisi idraulica condotta a partire dallo studio idrologico effettuato.

3.1 – Modellistica utilizzata

Nel corso di questo paragrafo saranno descritti nel dettaglio i software utilizzati ai fini delle simulazioni idrologiche ed idrauliche con particolare riferimento alle metodologie applicate.

3.1.1 – Modellazione Idrologica

Il fenomeno della trasformazione afflussi-deflussi che avviene in un bacino idrografico investito da un evento pluviometrico può essere studiato con vari metodi a secondo dei dati disponibili e del grado di dettaglio ed accuratezza del risultato che si intende ottenere. Tutti questi metodi sono riconducibili alle seguenti tipologie:

- concettuali: quando il fenomeno viene schematizzato nel dettaglio e scomposto nelle sue varie componenti per ciascuna delle quali si adotta un modello matematico che simula quanto avviene nella componente stessa (es: metodo dell'idrogramma unitario o il metodo cinematico);
- statistici: quando si fa unicamente un'analisi statistica dei deflussi e quindi le portate di piena del bacino idrografico vengono valutate sulla base di equazioni matematiche che possono dipendere anche da caratteristiche morfologiche del bacino stesso (es. : metodi di regionalizzazione delle piene del VaPi);
- formule empiriche: quando le portate massime vengono calcolate sulla base di semplici relazioni tarate sulla base di dati sperimentali (es: formule di Gherardelli-Marchetti, Mongiardini, Forti, De Marchi e Pagliaro).

Nel presente studio si farà riferimento ai metodi concettuali che sono quelli implementati nel software HEC-HMS utilizzato per condurre le simulazioni idrologiche. Tali metodi analizzano separatamente le varie fasi in cui il fenomeno di trasformazione afflussi-deflussi può essere scomposto e che sono:

- separazione delle piogge;
- formazione della piena;
- propagazione della piene;
- deflusso di base.

Per il calcolo della pioggia netta si è ricorso al metodo Curve Number (CN) del Soil Conservation Service (SCS) mentre per la propagazione della piena è stato utilizzato il metodo del "Muskingum Cunge".

Separazione delle piogge

Il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione o capacità di ritenzione del suolo (S) deriva dalla seguente relazione:

$$S = 254 \times (100/CN - 1)$$

Dall'analisi del risultato di molte osservazioni sperimentali ne deriva che la perdita iniziale (Ia) è legata alla capacità di ritenzione del suolo (S) dalla relazione

$$Ia = 0.2 \times S$$

che è quindi il valore da utilizzare in mancanza di altri dati disponibili.

Il valore del Curve Number (CN) va, invece, rilevato in funzione dei dati contenuti nella tabella sotto riportata in funzione del tipo di copertura e uso del suolo e del tipo di suolo.

TIPO DI COPERTURA E USO DEL SUOLO	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
PRATERIE				
buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSSI O FORESTATI				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (Impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (Imp. 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media				
%	77	85	90	92
65	61	75	83	87
38	57	72	81	86
30	54	70	80	85
25	51	68	79	84
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI, TETTI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella 5: Tipo di copertura e uso del suolo

Le classi di suolo sono riportate nella tabella successiva. In generale il valore del CN del bacino risulterà da una media pesata dei CN delle singole unità fisiografiche omogenee in cui il bacino può essere scomposto.

Ogni metodo di separazione delle piogge è influenzato dal grado di saturazione del suolo al momento del verificarsi dell'evento di pioggia. Il valore del CN del Soil Conservation Service come sopra descritto è associabile a condizioni medie di saturazione che corrispondono al valore 2 di Antecedent Moisture Condition (AMC) che come indicato nella tabella seguente è ricavabile in funzione dell'altezza di pioggia registrata nei cinque giorni che precedono l'evento e dello stato vegetativo.

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	<13	<36
II	13-28	36-54
III	>28	>54

Tabella 6: Classe Antecedent Moisture Condition (AMC)

Per ottenere il valore di CN relativo alle altre due condizioni di saturazione si usano le relazioni seguenti:

$$CN(I) = \frac{4,2 \text{ CN(II)}}{10 - 0,058 \text{ CN(II)}}$$

$$CN(III) = \frac{23 \text{ CN(II)}}{10 + 0,13 \text{ CN(II)}}$$

Tabella 7: Formula relativa al passaggio dalla classe AMC1 alla classe AMC3

Propagazione delle piene

Il metodo di formazione dell'idrogramma di piena è utilizzato per il calcolo dei contributi dei singoli sottobacini, successivamente occorre applicare un modello di propagazione della piena che avviene lungo i tronchi presenti nella schematizzazione di bacino utilizzata per valutare come i singoli contributi di piena si compongono ed eventualmente anche se lungo il reticolo idrografico si verificano fenomeni di laminazione. Per la schematizzazione adottata per il caso in esame è stato utilizzato il metodo del Muskingum Cunge, che ipotizza che il volume di acqua invasato nel tronco d'alveo sia la somma di due parti: Il volume della prima parte (invaso prismatico) può essere assunto, ipotizzando le altezze liquide proporzionali alle portate, pari alla portata in uscita Q, moltiplicata per un certo coefficiente K di proporzionalità, mentre quella della seconda parte (invaso a cuneo) è pari a $Kx(I-Q)$, dove I è la portata in ingresso e x un fattore di peso variabile tra 0 e 0.5.

3.1.2 – Modellazione Idraulica

La modellazione della propagazione dei deflussi idrici sull'area oggetto di studio è stata eseguita utilizzando il software HEC-RAS basato su un modello idrodinamico mono e bidimensionale largamente utilizzato su base mondiale, il cui utilizzo è largamente consolidato anche in Italia.

Di seguito viene riportata una rapida descrizione della teoria di base utilizzata dal software HEC-RAS e quindi viene data una breve descrizione della modellistica implementata nel caso oggetto di studio. Allo scopo di effettuare le verifiche idrauliche per la zona oggetto di studio è stato implementato il modello bidimensionale per investigare nei riguardi degli allagamenti nell'area di interesse.

Il problema della propagazione della onda di piena in un corso d'acqua naturale si risolve utilizzando la descrizione idraulica del fenomeno basata sulle equazioni differenziali del moto e di continuità. La teoria di De Saint Venant in particolare ipotizza che si tratti di un moto monodimensionale, in pratica le grandezze che definiscono la corrente idrica (portate e livelli) sono funzione esclusivamente del tempo e della coordinata x , posta lungo l'asse longitudinale del corso d'acqua. Queste ipotesi conducono al fatto che le sezioni trasversali possano considerarsi piane e verticali con una pressione distribuita su di esse con legge idrostatica e quindi la corrente può considerarsi gradualmente variata.

Con questa schematizzazione si ottengono le classiche equazioni di De Saint Venant, dalle quali esplicitando tutti i termini si ottengono le seguenti:

λ equazione del moto:

$$\frac{\partial H}{\partial X} + \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + J = 0$$

λ equazione di continuità:

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

Applicando queste equazioni al corso d'acqua si ottiene un sistema di equazioni differenziali del primo ordine non lineari nelle incognite rappresentate dai livelli e le portate nei vari nodi in funzione del tempo. Per la risoluzione di questo sistema esistono sostanzialmente tre metodi:

- delle linee caratteristiche
- alle differenze finite
- agli elementi finiti.

Il metodo di soluzione adottato è un metodo di tipo semi-implicito in cui in pratica la portata ed il livello in ogni nodo, in un determinato istante di tempo, sono espressi in funzione di portata e livello

nelle sezioni adiacenti nello stesso istante di tempo oltre che della portata e del livello della stessa sezione nell'intervallo di tempo precedente. In pratica, considerando un corso d'acqua schematizzato da N sezioni, si hanno $2N$ incognite (portata e livello in ogni sezione), si applicano le due equazioni (di moto e di continuità) per ogni tronco, si ottengono quindi $2(N-1)$ equazioni. Aggiungendo poi le due condizioni al contorno (a valle e a monte), si ottiene un sistema di $2N$ equazioni che può essere risolto uno dopo l'altro per tutti gli intervalli di tempo.

Nel caso in cui, per la presenza di arginature o di particolari situazioni morfologiche, durante il deflusso si abbiano fuoriuscite d'acqua per tracimazione dai contenimenti arginali in zone limitrofe al corso ma comunque ad esso idraulicamente connesse nelle quali l'acqua stessa tende ad avere una diffusione in più direzioni allora la schematizzazione monodimensionale non è più sufficiente a simulare tale fenomeno di propagazione. In questi casi occorre ricorrere ad una schematizzazione bidimensionale che però è molto complessa ed onerosa sia dal punto di vista del modello di calcolo che dei dati da utilizzare. Occorre infatti disporre di un modello digitale del terreno molto dettagliato ed accurato che va in genere realizzato ad hoc con l'impiego di consistenti risorse. In alcuni casi un buon compromesso tra complessità di calcolo e grado di precisione dei risultati si può ottenere utilizzando uno schema di moto cosiddetto quasi-bidimensionale che è caratterizzato da uno schema monodimensionale lungo il reticolo idrografico e da celle d'accumulo, connesse idraulicamente con il reticolo e tra di loro, che rappresentano le zone limitrofe ai corsi d'acqua dove la propagazione dell'acqua non avviene attraverso uno schema monodimensionale. Questo schema è valido nel caso in cui le aree che sono interessate dall'esonazione delle acque del corso principale siano comunque confinate morfologicamente e quindi possano essere rappresentate da celle d'accumulo. Queste celle d'accumulo sono connesse con il corso d'acqua e possono essere connesse tra di loro. In alcune circostanze si può verificare che le acque che fuoriescono dal corso d'acqua principale si propagano al di fuori di esso seguendo un impluvio naturale o artificiale, nel quale comunque si può ritenere che esista una direzione prevalente di deflusso. In questo caso la simulazione può essere fatta inserendo un ramo fittizio per rappresentare proprio la propagazione di questi deflussi estraendo le sezioni dal modello digitale del terreno. Questo ramo fittizio potrebbe essere connesso a valle con quello principale oppure andare a confluire in una cella di accumulo a secondo di come si presenta la situazione reale.

Le nuove funzionalità di simulazione della propagazione dei deflussi in HEC - RAS sono state sviluppate per permettere all'utente di eseguire la modellazione solo 2D e 1D/2D combinata. L'algoritmo di modellazione del moto bidimensionale in HEC-RAS ha le seguenti caratteristiche:

1. modellazione combinata 1D e 2D: La possibilità di eseguire una modellazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario permette all'utente di lavorare su schemi fluviali più complessi, utilizzando la modellazione 1D per l'asta fluviale principale e la modellazione 2D nelle zone esterne che lo richiedono per modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi;
2. equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D: Il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda che quelle complete di Saint Venant. Questa opzione è selezionabile dall'utente, offrendo quindi una maggiore flessibilità all'utente. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda in 2D consentono al software di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono applicabili a una gamma più ampia di problemi, ma la grande maggioranza delle situazioni può essere modellata con sufficiente precisione con le equazioni di diffusione dell'onda 2D. Dal momento che l'utente può facilmente cambiare il set di equazioni, ognuna di esse può essere provata per un dato problema per verificare il metodo più adatto;
3. algoritmo implicito di soluzione ai volumi finiti: Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo implicito di soluzione consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti fornisce una misura dei miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti. Il processo di allagamento di aree secche e di completo svuotamento di aree allagate viene simulato in maniera molto robusta con l'algoritmo di soluzione ai volumi finiti in HEC-RAS. Le aree a deflusso 2D possono iniziare completamente asciutte e gestire un improvviso afflusso di acqua nella zona. Inoltre, l'algoritmo può gestire regimi di corrente lenti, veloci e misti (la corrente passa attraverso l'altezza critica critica, come per esempio in un risalto idraulico);
4. algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D: Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente accoppiati nello stesso passo temporale di calcolo con un'opzione per iterare i trasferimenti di massa 1D e 2D in un passo temporale. Questo permette una perfetta coerenza a ogni passo temporale tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzone è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra dell'argine o attraverso la breccia. In ogni passo

temporale l'equazione di moto utilizza i risultati 1D e 2D per calcolare il flusso consentendo il calcolo preciso della sommersione delle aperture, in ogni passo temporale considerando la variazione di livelli che si ha nei due elementi. Inoltre il deflusso si può invertire (dall'area 2D al tronco 1D) una volta che la piena è passata e i tiranti nel fiume si riducono. maglie computazionali strutturate o non strutturate: Il software è stato progettato per utilizzare maglie computazionali non strutturate, ma può anche gestire maglie strutturate. Una maglia strutturata è trattata allo stesso modo di una maglia non strutturata, con la differenza che il software sfrutta le celle che sono ortogonali tra di loro (questo semplifica alcuni dei calcoli richiesti). Ciò significa che le celle calcolate possono essere triangoli, quadrati, rettangoli, o addirittura elementi a cinque e a sei facce (il modello è limitato agli elementi con più di otto lati). La maglia può essere un misto di celle di diverse forme e dimensioni. Il contorno esterno della maglia di calcolo è definito con un poligono. Le celle di calcolo che formano il limite esterno la maglia possono avere linee multi-point molto dettagliate che rappresentano le facce esterne di ciascuna cella. La maglia di calcolo non deve essere ortogonale ma se la maglia è ortogonale la discretizzazione numerica è semplificata e più efficiente;

5. tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo: Ogni cella e ogni faccia della cella per tutta la maglia di calcolo è pre-elaborata al fine di sviluppare dettagliate tabelle di proprietà idrauliche basate sul DTM utilizzato nel processo di modellazione.

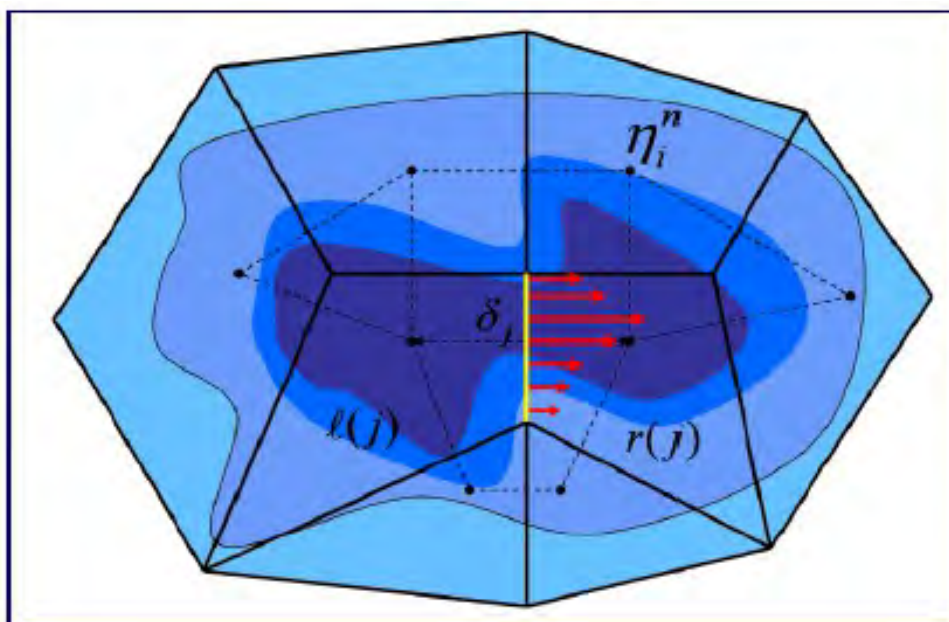


Fig. 20: Rete di calcolo non strutturata con i dati dettagliati del modello digitale del terreno

In fig. 20 è illustrato un esempio di maglia di calcolo sovrapposta ai dati del terreno. Le celle computazionali sono rappresentate dalle linee nere spesse. I centri di calcolo delle celle sono rappresentati dai nodi neri e sono i punti in cui viene calcolata per ogni cella il livello idrico e la portata. La curva altezza/volume per ogni cella si basa sui dati del terreno sottostante (DTM). Ogni faccia della cella è una sezione trasversale dettagliata basata anch'essa sul terreno sottostante. Questo metodo di rappresentazione delle celle permette all'acqua di spostarsi tra le celle in base ai dati del terreno sottostante. Pertanto un piccolo canale che attraversa le celle e le cui dimensioni sono molto più piccole della dimensione delle celle viene comunque rappresentato tramite la curva altezza/volume delle celle oltre che dalle proprietà idrauliche delle facce tra le celle. Ciò significa che l'acqua scorre tra le celle più grandi ma comunque il deflusso è condizionato dalle caratteristiche del canale. L'esempio illustrato in fig. 21 presenta canali che sono più piccoli della dimensione media della cella utilizzata per modellare la zona. Tuttavia il deflusso avviene attraverso i piccoli canali in funzione delle proprietà idrauliche del canale. Il deflusso rimane nei canali fino a quando la portata non è tale da causare la tracimazione delle sponde e quindi il deflusso si riversa nelle aree adiacenti.



Fig. 21: Esempio che mostra i vantaggi di utilizzare un approccio basato sulla variabilità del DTM all'interno della cella.

6. Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni: La perimetrazione delle aree allagabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS - Mapper. La mappatura delle aree 2D allagate si basa sul DTM, ciò significa che la reale superficie bagnata sarà basata sui dettagli della morfologia del terreno sottostante e non sulla

dimensione della cella di calcolo. Le celle quindi possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte. La mappatura rifletterà questi dettagli, piuttosto che essere limitata a mostrare una cella di calcolo come tutta bagnata o tutta asciutta;

7. Algoritmo di calcolo basato su sistemi Multi-Processore: Il modello di calcolo 2D è stato programmato per sfruttare i sistemi multi-processore dei nuovi computer (architettura parallela), consentendo di eseguire la modellazione 2D più velocemente rispetto ai computer a singolo processore.
8. Motori di calcolo a 64 e 32 bit: HEC-RAS è ora dotato di motori di calcolo sia a 64 bit che a 32 bit. Il software utilizzerà automaticamente i motori di calcolo a 64 bit se si installa su un sistema operativo a 64 bit. Il motore di calcolo a 64 bit funziona più velocemente rispetto ad uno a 32 bit e può gestire set di dati molto più grandi.

Sviluppo del 2D Computational Mesh

La modellazione 2D in HEC-RAS utilizza uno schema di soluzione ai volumi finiti. Questo algoritmo è stato sviluppato per consentire l'uso di una maglia di calcolo sia strutturata che non strutturata. Ciò significa che la maglia di calcolo può essere una miscela di celle con 3, 4, 5 e 6 lati. L'utente può comunque selezionare una risoluzione da utilizzare per scomporre il dominio di calcolo in celle utilizzando gli strumenti automatici presenti all'interno. La maglia di calcolo 2D è sviluppata in HEC-RAS effettuando le seguenti operazioni:

1. tracciare il poligono di contorno dell'area 2D (fig.22);
2. creazione della maglia di calcolo 2D (fig.23);
3. modifica/rettifica della maglia di calcolo 2D;
4. caricamento del DTM;
5. associazione del DTM con la geometria;
6. esecuzione del pre-processore geometrico 2D.

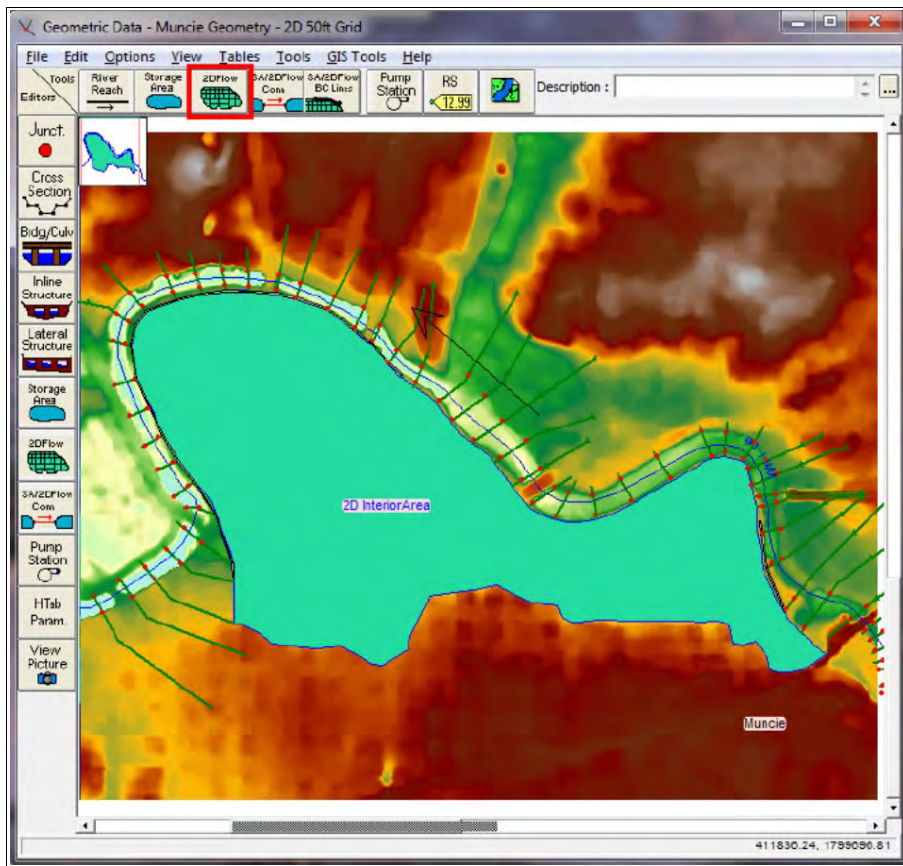


Fig. 22: Tracciamento del poligono di contorno dell'area 2D

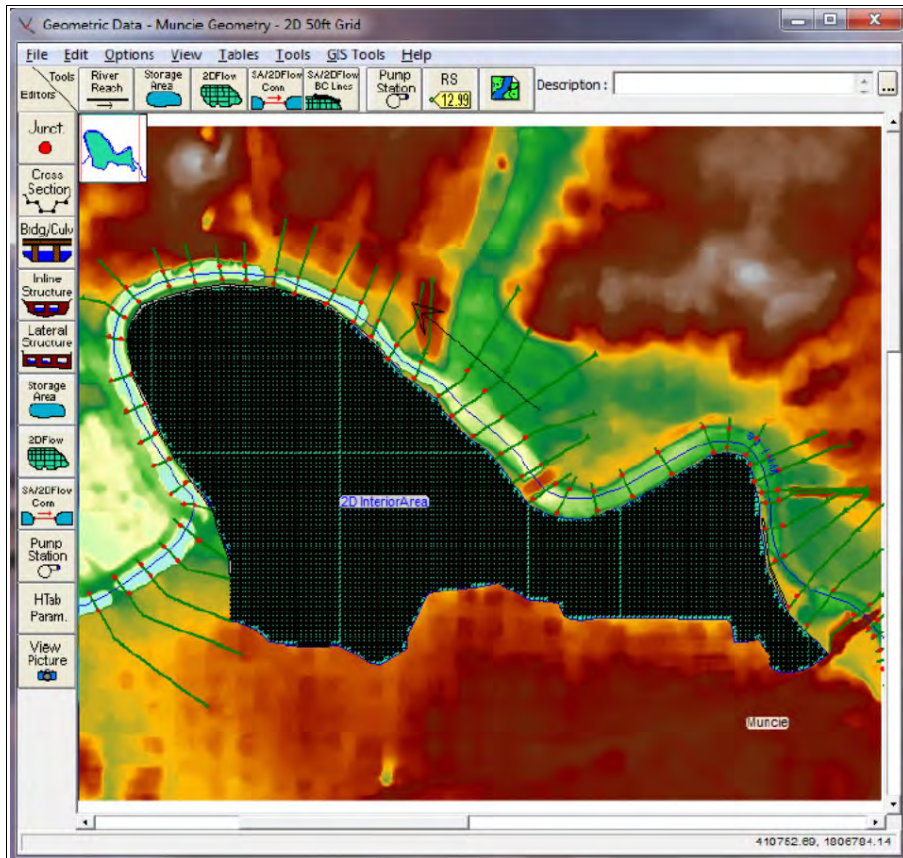


Fig. 23: Esecuzione del pre-processore geometrico 2D e composizione griglia di calcolo

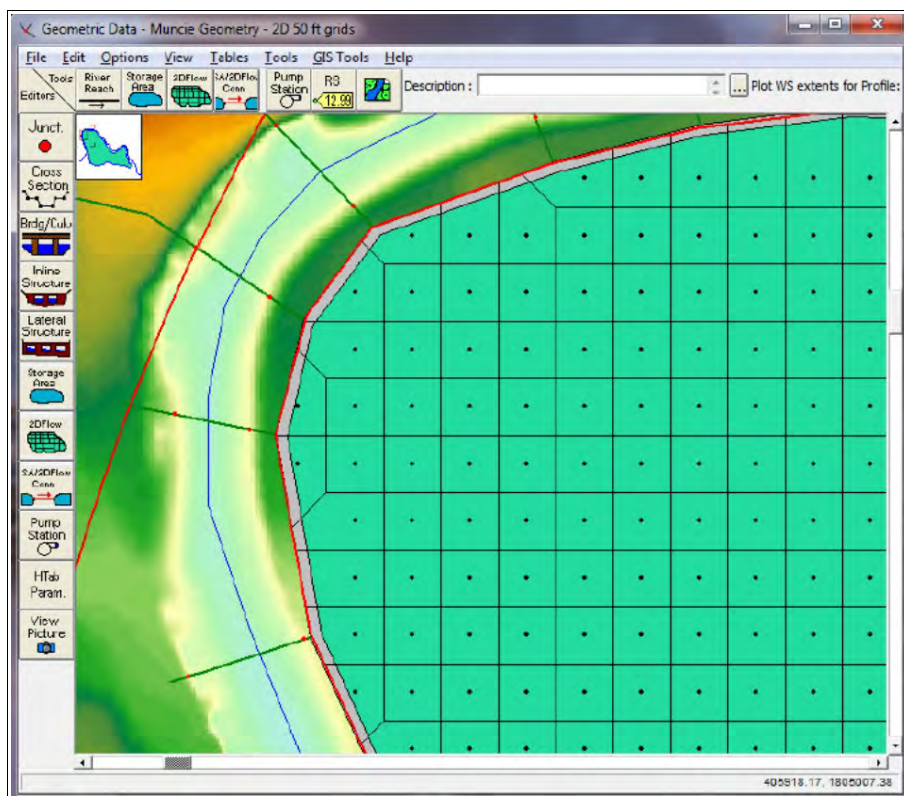


Fig. 24: Dettaglio della griglia di calcolo

3.2 – Studio idrologico

Come precedentemente accennato è stato condotto uno studio idrologico per la determinazione delle caratteristiche delle piene per i bacini idrografici del Torrente Cervaro e Canale Peluso per i tempi di ritorno TR pari a 30, 200 e 500 anni.

Nei paragrafi a seguire verranno descritti nel dettaglio gli studi idrologici condotti rispettivamente per i bacini idrografici del Torrente Cervaro e Canale Peluso

3.2.1 – Studio idrologico Torrente Cervaro

La zona oggetto di intervento è situata, come già detto precedentemente, tra il Torrente Cervaro ed il Torrente Carapelle, ed è attraversata dal Canale Peluso. Poiché l'esondazione di tali corsi d'acqua potrebbe interessare l'area oggetto di studio è stato condotto uno studio idrologico per la determinazione delle caratteristiche delle piene attese nei tre canali con i diversi tempi di ritorno.

Ai fini della stima delle portate massime attese con i diversi tempi di ritorno, per il bacino del Torrente Cervaro si è preferito utilizzare diverse procedure salvo infine confrontare i risultati ottenuti in modo da scegliere criticamente i valori da utilizzare per le verifiche idrauliche. In particolare si è scelto di utilizzare alcune formule empiriche, un classico metodo di trasformazione afflussi-deflussi ed infine i risultati ottenuti nell'ambito del sopra citato progetto VaPi con riferimento all'aspetto dello studio di regionalizzazione delle portate.

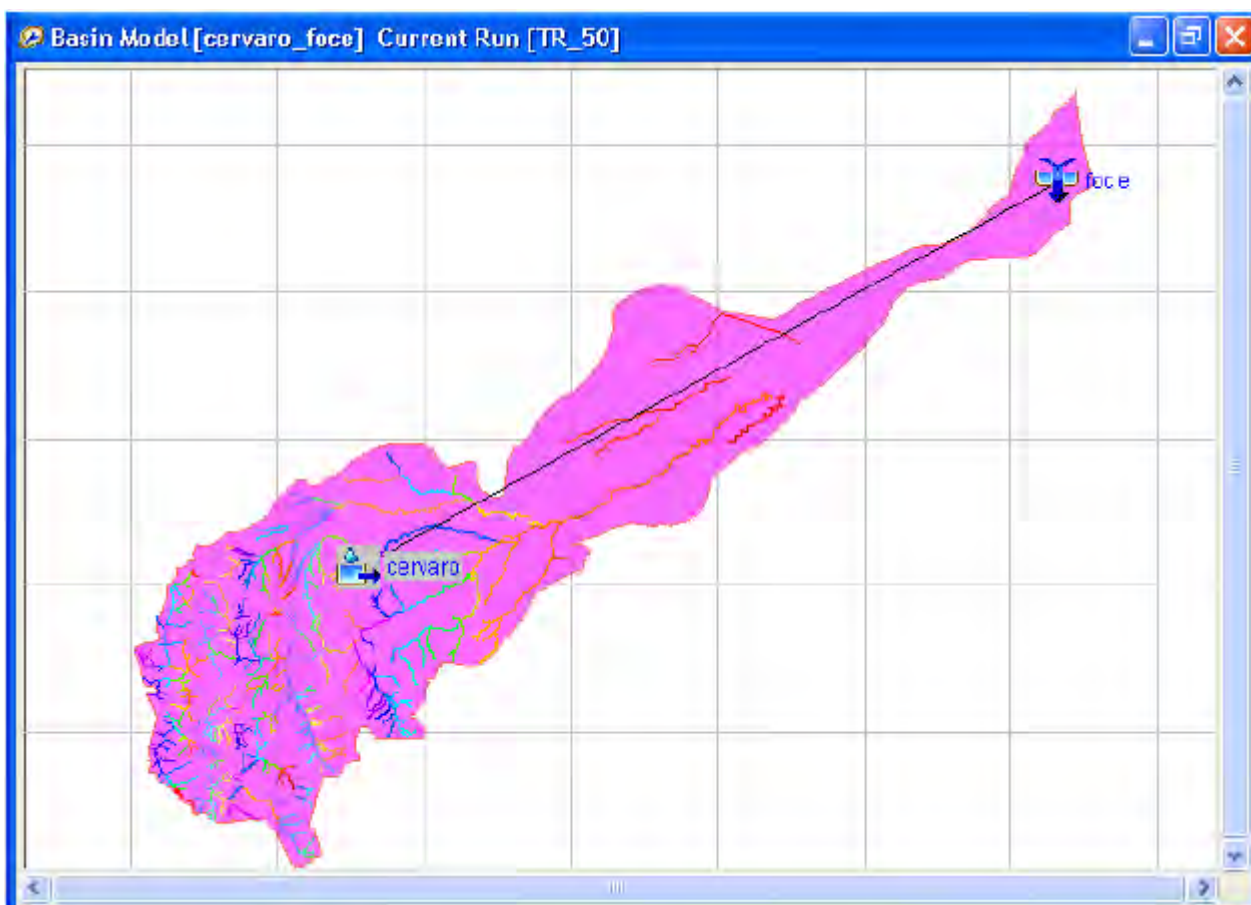


Fig. 25: Modellazione idrologica – Schematizzazione bacino Torrente Cervaro nel software HEC-HMS

3.2.1.1 – Formule empiriche

Di seguito si riportano i risultati relativi all'uso di una serie di formule empiriche, tratte da analisi su serie storiche di portata, che danno valori di riferimento per la portata specifica anche se non sono legati a un preciso tempo di ritorno.

Calcolo dei valori di portata specifica utilizzando alcune formule empiriche tratte dalla letteratura, riferimento Maione (Le piene fluviali - 1995)

5.2 - Formule di Gherardelli-Marchetti e Mongiardini

- Gherardelli-Marchetti

$u = U100 \times (S / 100) - 0.666$		mc/s/kmq
per bacini calabro-lucani $U100 = 3-6$ mc/s/kmq		
considerando	$U100 =$	3.00 mc/s/kmq
	$S =$	7.47 kmq
si ottiene	$u =$	16.89 mc/s/kmq

- Mongiardini

$U100 = k \times c \times h$		
considerando	$k =$	1.0
	$c =$	0.3
	$h =$	15.0
si ottiene	$U100 =$	4.5 mc/s/kmq

5.3 - Formule di Forti, De Marchi e Pagliaro

- Forti

$u = 2.25 \times (500 / (S+125)) + 0.5$	9.0 mc/s/kmq
$u = 3.25 \times (500 / (S+125)) + 1$	13.3 mc/s/kmq

- De Marchi

$u = 6 \times (500 / (S+125)) + 5$	27.6 mc/s/kmq
------------------------------------	---------------

- Pagliaro

$u = 2900 / (90+S)$	29.8 mc/s/kmq
---------------------	---------------

3.2.1.2- Metodo di trasformazione afflussi-deflussi

Parametrizzazione del bacino idrografico

In ambiente GIS, tramite l'utilizzo di alcuni applicativi che permettono di interfacciare il software utilizzato per la modellazione (HEC-HMS) con i dati territoriali, si è proceduto all'estrazione dei dati necessari ai fini dell'individuazione e parametrizzazione del bacino idrografico oggetto di studio. Di seguito si riportano le caratteristiche del bacino del Torrente Cervaro estratte dai dati territoriali disponibili.

Dati geomorfologici	
Ra = rapporto di area	1.33
Rb = rapporto di biforcazione	4.14
Rl = rapporto di lunghezza	2.72
L = max dist percorsa dall'acqua [Km]	85.00
Lb = lunghezza del bacino [Km]	76.00
Lc = lungh. dell'asta princ. [Km]	75.00
Hf = altezza della foce [m]	10
C = ΔH punto più lontano-foce [m]	1100
Hm = H max sulla foce [m]	1100
H = H media del bacino [m]	350
Hc = H media dell'asta princ. [m]	150
Vm = vel media corr. nell'asta [Km/h]	2.00
Φ = Coeff. di deflusso	0.90
A = Area di bacino [Km ²]	775

Tabella 8: Dati geomorfologici

Utilizzando varie formulazioni si è poi provveduto alla determinazione del tempo di corrivazione del bacino, assumendo poi il valore medio ottenuto, come indicato nella tabella seguente:

Tempi di corrivazione [h]		
<i>Puglisi</i>	$t_c = 6 L^{0.67} * Hm^{(-0.33)}$	11.674
<i>Ogrosky</i>	$t_c = 0.914 L^{1.15} C^{(-0.38)}$	10.569
<i>Affl. Arno</i>	$t_p = 0.416(Lc+A/L)^{1.06} * (H+Hc)^{(-0.27)}$	8.738
<i>R. Rosso</i>	$t_p = 1.584(Rb/Ra)^{0.55} * Rl^{(-0.38)} * Lc/Vm$	75.837
<i>Giandotti</i>	$t_p = (2 * radq(A) + 1.5 * L) / (0.8 * radq(H))$	8.0961
		8.096

Tabella 9: Tempi di corrivazione

Ai fini della modellazione idrologica si è scelto di schematizzare il bacino idrografico della Torrente Cervaro come composto da un unico sottobacino, vedi Fig.25 e per le varie fasi in cui è possibile schematizzare il fenomeno trasformazione afflussi-deflussi si è scelto di utilizzare i seguenti metodi:

I fase: separazione della pioggia (calcolo della pioggia netta): metodo Curve Number (CN) del Soil Conservation Service (SCS);

II fase: formazione della piena: metodo dell'Idrogramma Unitario Istantaneo (IUH) del Soil Conservation Service (SCS).

Considerata la larga diffusione dei due metodi non si ritiene necessario in questa sede riportarne la descrizione teorica, di seguito si provvederà invece all'illustrazione del metodo di valutazione dei parametri utilizzati per i differenti metodi.

Per la valutazione del valore del Curve Numer (CN) del bacino si è proceduto ad un incrocio tra i dati dell'uso del suolo e quelli delle classi di permeabilità dei suoli ottenute dalla carta litologica, il risultato ottenuto è la carta dei valori del CN, per incrocio con l'estensione del bacino si è quindi ottenuto il valore medio del CN, relativo a condizioni medie di saturazione del suolo (AMC II) nel bacino pari a 78. Per la valutazione del tempo di ritardo del bacino, unico parametro necessario per la determinazione della forma del IUH nella formulazione SCS, si è ritenuto utilizzare la formulazione:

$$t_{lag} = 0.6 \times T_c$$

dove T_c è il tempo di corrivazione, nel nostro caso pari a 8 ore, per cui si ottiene un

$$t_{lag} = 5 \text{ ore (300 min)}.$$

Evento pluviometrico

Considerato che il bacino oggetto di studio è stato analizzato, a vantaggio di sicurezza, utilizzando i parametri della sottozona omogenea n.3 determinati nell'ambito del progetto VaPi, sulla base anche della loro rivisitazione compiuta dall'Autorità di Bacino Regionale, ed utilizzando in input la quota media del bacino pari a 300 m.s.l.m. si ottengono i valori dei parametri della CPP con riferimento ai diversi tempi di ritorno (TR di 50, 200 e 500 anni) sotto riportati:

$$\text{Zona 3: } x(t,z) = 25.325 t^{[(0.0696+0.00531 z)/3.178]}$$

Per la distribuzione temporale della pioggia si è preferito utilizzare la forma dello ietogramma ricavata con il cosiddetto metodo Alternating Block Method (ABM), con picco posto a 1/2 della durata di pioggia, che in bacini di queste dimensioni e caratteristiche tende a massimizzare la risposta del bacino in termini di volume di deflusso e portata massima.

La durata di pioggia utilizzata per l'evento è di 6 ore pari a circa 1.5 volte il tempo di corrivazione, con la teoria dell'IUH infatti è preferibile utilizzare durate di pioggia superiori al tempo di risposta del bacino sempre nell'ottica, già vista in precedenza, di massimizzare la risposta del bacino in termini di volume di deflusso e portata massima.

Di seguito si riportano, in forma tabellare i ietogrammi di pioggia utilizzati per la modellazione idrologica:

TEMPO DI RITORNO		TR 30	TR 200	TR 500
FATTORE DI CRESCITA		2.19	2.77	3.15
DURATE (h)	1	55.46	70.15	79.77
	2	66.84	84.54	96.13
	3	74.54	94.28	107.22
	6	89.83	113.62	129.21
	12	108.25	136.92	155.70
	24	130.45	165.00	187.64

Tabella 10: Parametri Curva Possibilità Pluviometrica

Stime dei deflussi

Sulla base della schematizzazione del bacino idrografico adottata per la Torrente Cervaro e dei dati di pioggia ottenuti come specificato in precedenza si è proceduto alla simulazione idrologica degli eventi di pioggia con tempo di ritorno rispettivamente di 30, 200 e 500 anni e durata di 6 ore. Di seguito si riassumono i principali risultati ottenuti:

tempo di ritorno (anni)	Hpioggia (mm)	Hperdite (mm)	Hnetta (mm)	Cdef	Qmax (mc/s)	Qspec (mc/s/kmq)	T Qmax
30	74.73	55.07	19.66	0.26	415.00	0.54	01Jan2000, 11:00
200	94.50	62.30	32.19	0.34	680.00	0.76	01Jan2000, 11:00
500	103.41	65.05	38.36	0.37	810.00	0.91	01Jan2000, 11:00

Tabella 11: Modellazione idrologica – sintesi risultati

Nelle figure a seguire sono riportati, in forma grafica gli idrogrammi ottenuti dai rispettivi ietogrammi che li hanno generati. Nella Fig.29 invece i tre idrogrammi sono riportati insieme.

Nell'allegato A infine si trovano i report ottenuti dal software HEC-HMS per il modello di bacino del Torrente Cervaro e per le tre simulazioni utilizzate ai fini del presente studio e relative ai diversi tempi di ritorno.

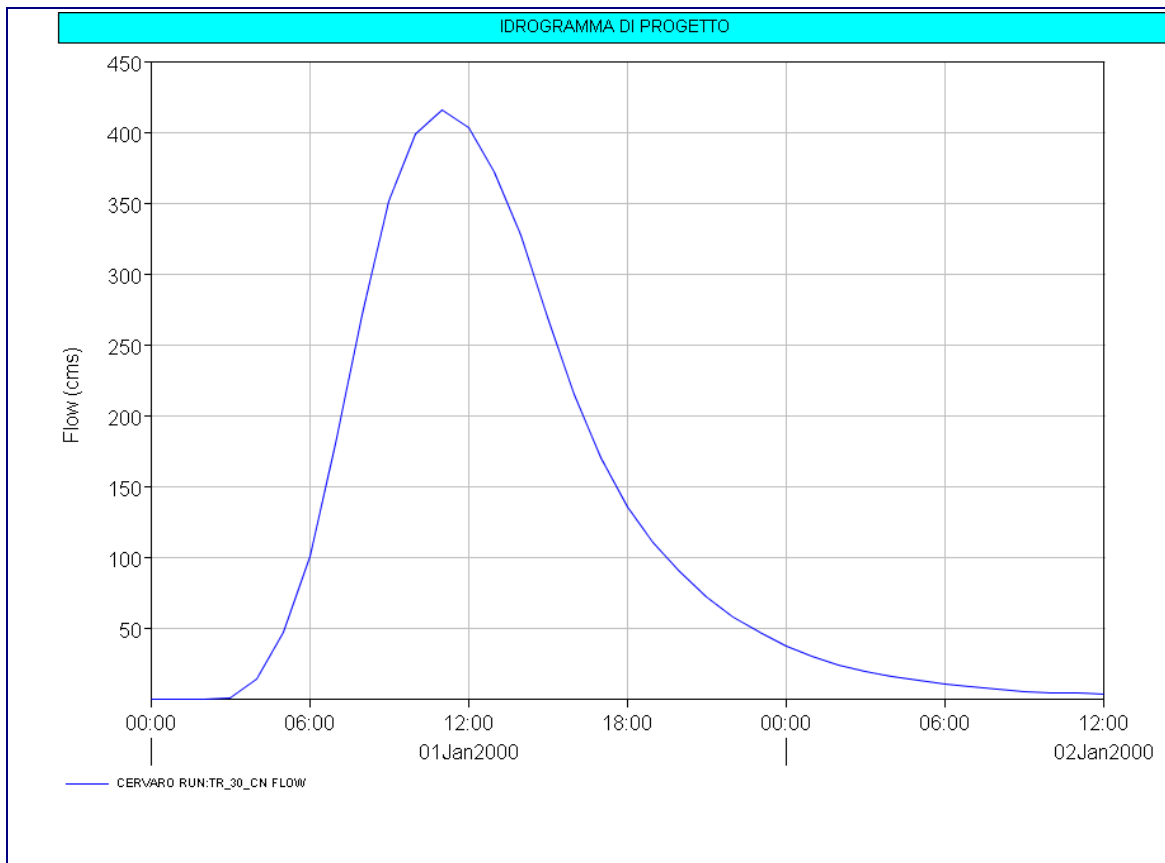


Fig. 26: Modellazione idrologica evento con tempo di ritorno di 30 anni e durata 6 ore

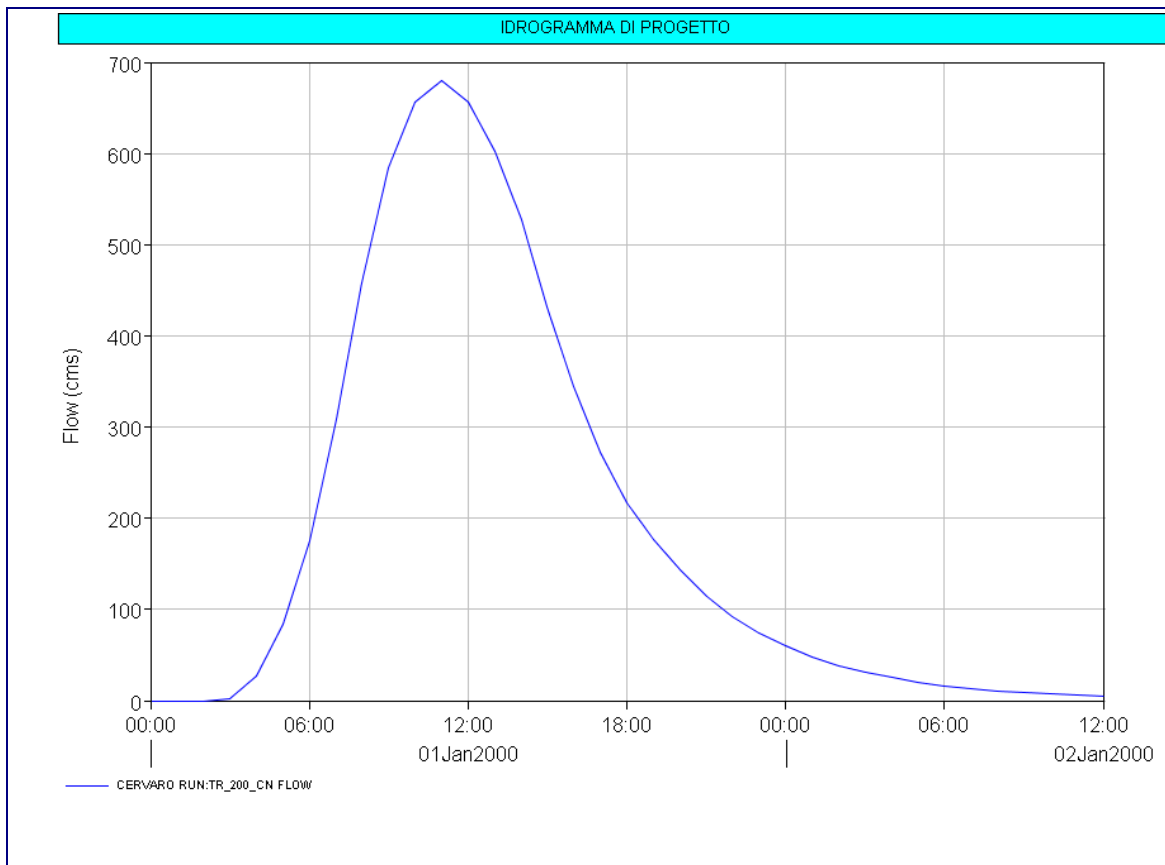


Fig. 27: Modellazione idrologica evento con tempo di ritorno di 200 anni e durata 6 ore

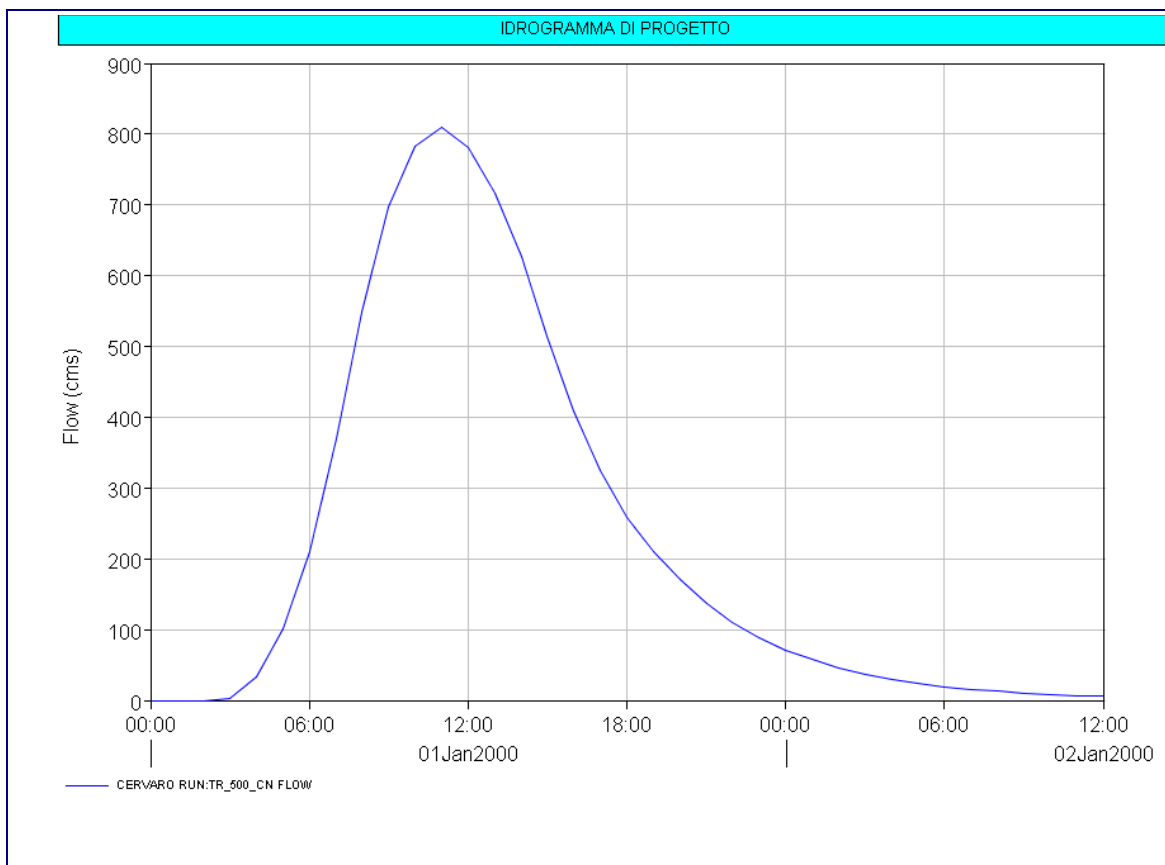


Fig. 28: Modellazione idrologica evento con tempo di ritorno di 500 anni e durata 6 ore

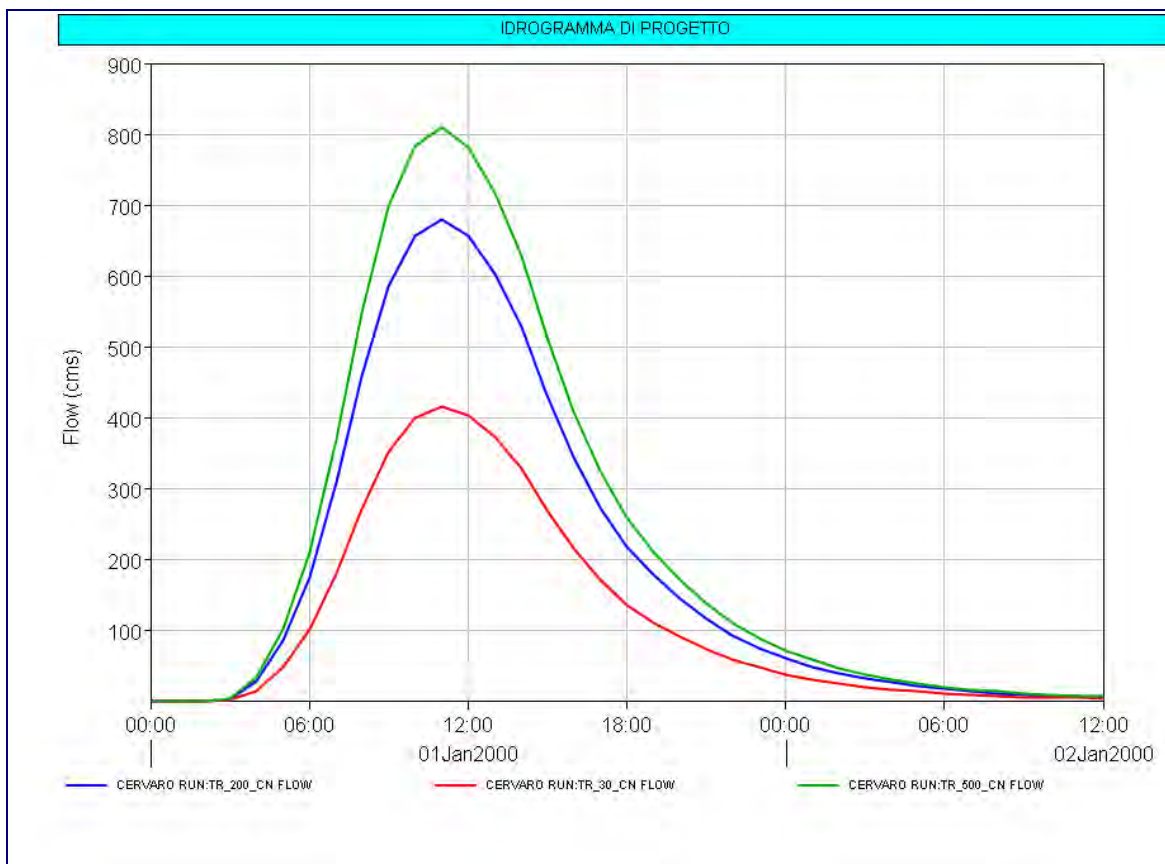


Fig. 29: Modellazione idrologica evento con TR=30,200 e 500 anni e durata 6 ore

3.2.1.3 - Metodo di regionalizzazione delle portate (VaPi)

Portata di piena			
Tr =	30	Q=	415.05 mc/s
Tr=	200	Q=	681.26 mc/s
Tr=	500	Q=	809.83 mc/s

Calcolata nel seguente modo:

Piena d'indice (mc/s)	$\bar{x} = I(t_r) A C_* / 3.6$
x =	215.00 mc/s

con:

A= sup. bacino	=	539.3 Km ²
-----------------------	---	-----------------------

tr= tempo di ritardo caratteristico del bacino (mm/h)

$$t_r = .344 A^{0.5} = 7.99 \text{ h}$$

I(tr)= Valore medio massimi annuali di intensità di pioggia puntuali di durata pari a tr (mm/h) = h/tr

I = 5.43 mm/h

con

h= 43.37 mm (altezza di pioggia di durata pari a tr)

tr= 7.99 h (tempo di ritardo caratteristico del bacino)

Tabella 12: Portate stimate con il metodo VaPi

C* = Coefficiente probabilistico di piena

$$C_* = 0.09 + .471(1-PE)$$

PE = 90.00%

C* = 0.38 (verificato con valori di grafico)

PE = percentuale di area ad elevata permeabilità

Litotipo	Classe di permeab.
Dep. lacustri, lagunari, di duna, alluvionali, colluviali ed eluviali (terre rosse) Olocene	PE
Detriti di falda. Olocene	PE
Depositi alluvionali terrazzati. Pleistocene Superiore	PE
Depositi marini terrazzati. Pleistocene Superiore	PE
Depositi fluvio-lacustri dei bacini di Venosa ed Atella. Pleistocene Medio-Inf.	PE
Conglomerato di Irsina. Pleistocene Medio-Inferiore	PE
Piroclastiti e lave del Monte Vulture. Pleistocene	PE
Argille e sabbie di Avanfossa. Pliocene-Pleistocene	I
Calcarenitidi di Gravina. Pliocene Superiore-Pleistocene Inferiore	PE
Dep. clastici del bac. intermont. dell'alta valle del F.Ofanto. Pliocene Medio-Inf.	I
Formazione di Altavilla Irpina. Messiniano	PE
Formazione della Daunia. Burdigaliano-Serravalliano	PM
Formazione di Serra Palazzo. Langhiano-Serravalliano	PE
Formazione di Gorgoglione. Burdigaliano-Serravalliano	PE
Formazione di Castelvetere. Burdigaliano-Serravalliano	I
Formazione di Stigliano. Aquitaniano-Burdigaliano	PE
Argille varicolori. Cretacico Superiore-Oligocene	I
Depositi carbonatici della Murgia Apulia. Cretacico Inferiore-Giura Superiore	PE
Dep. carbonatici dei M.ti Picentini (unità Alburno-Cervati), Cretacico Sup.-Giura Sup.	PE
Zone urbane	I



Tabella 13: Definizione del metodo VaPi

3.2.2 – Studio idrologico Canale Peluso

La zona oggetto di intervento è situata, come già detto precedentemente, tra il Torrente Cervaro ed il Torrente Carapelle, ed è attraversata dal Canale Peluso. Poiché l'esondazione di tali corsi d'acqua potrebbe interessare l'area oggetto di studio è stato condotto uno studio idrologico per la determinazione delle caratteristiche delle piene attese con i diversi tempi di ritorno.

Sono stati quindi ricavati i valori dei parametri “a” e “n” delle Curva di Possibilità Pluviometrica per i tre differenti tempi di ritorno (30, 200, 500 anni), facendo riferimento come discusso in precedenza alla sottozona omogenea n.2 (vedi tabella 14).

	Tr=30 anni	Tr=200 anni	Tr=500 anni
a	44.0	61.4	69.8
n	0.25	0.25	0.25
t (h)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
0.33	33.4	46.5	52.9
0.66	39.7	55.3	62.9
1	44.0	61.4	69.8
2	52.3	73.0	83.0
3	57.9	80.8	91.9
4	62.3	86.8	98.7
5	65.8	91.8	104.4
6	68.9	96.0	109.2
7	71.6	99.8	113.5
8	74.0	103.2	117.4
9	76.2	106.3	120.9
10	78.3	109.1	124.1
11	80.2	111.7	127.1
12	81.9	114.2	129.9

Tabella 14: Valori delle curve di possibilità pluviometrica per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

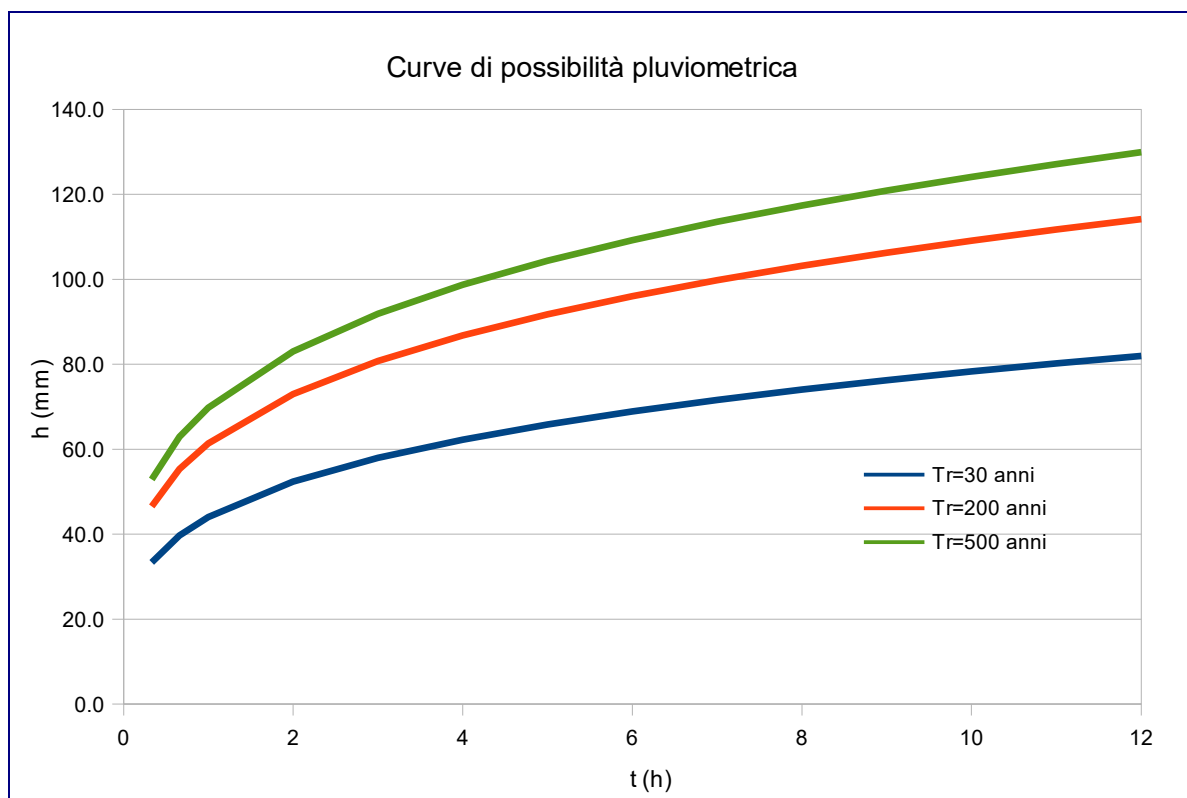


Fig. 30: Curve di possibilità pluviometrica per $Tr = 30, 200, 500$ anni

Il fenomeno della trasformazione afflussi-deflussi che avviene in un bacino idrografico investito da un evento pluviometrico può essere studiato con vari metodi a secondo dei dati disponibili e del grado di dettaglio ed accuratezza del risultato che si intende ottenere. Tutti questi metodi sono riconducibili alle seguenti tipologie:

- concettuali: quando il fenomeno viene schematizzato nel dettaglio e scomposto nelle sue varie componenti per ciascuna delle quali si adotta un modello matematico che simula quanto avviene nella componente stessa (es: metodo dell'idrogramma unitario o il metodo cinematico);
- statistici: quando si fa unicamente un'analisi statistica dei deflussi e quindi le portate di piena del bacino idrografico vengono valutate sulla base di equazioni matematiche che possono dipendere anche da caratteristiche morfologiche del bacino stesso (es. : metodi di regionalizzazione delle piene del VaPi);
- formule empiriche: quando le portate massime vengono calcolate sulla base di semplici relazioni tarate sulla base di dati sperimentali (es: formule di Gherardelli-Marchetti, Mongiardini, Forti, De Marchi e Pagliaro).

Nel presente studio ci occuperemo esclusivamente dei metodi concettuali che sono quelli implementati nel software HEC-HMS utilizzato per condurre le simulazioni idrologiche. Tali metodi analizzano separatamente le varie fasi in cui il fenomeno di trasformazione afflussi-deflussi può

essere scomposto e che sono:

- separazione delle piogge;
- formazione della piena;
- propagazione della piene;
- deflusso di base.

Ai fini della modellazione idrologica si è scelto di schematizzare il bacino idrografico del Canale Peluso come composto da più sottobacini, vedi Fig.31 e per le varie fasi in cui è possibile schematizzare il fenomeno trasformazione afflussi-deflussi si è scelto di utilizzare i seguenti metodi:

1. I fase: separazione della pioggia (calcolo della pioggia netta): metodo Curve Number (CN) del Soil Conservation Service (SCS);
2. Il fase: formazione della piena: metodo dell'Idrogramma Unitario Istantaneo (IUH) del Soil Conservation Service (SCS).

Le due fasi di propagazione delle piene e di deflusso di base non sono state invece utilizzate nella modellazione in considerazione delle caratteristiche dei bacini studiati.

Di seguito si da una breve descrizione teorica dei metodi utilizzati per schematizzare ognuna delle fasi sopra elencate.

Separazione delle piogge

Il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione o capacità di ritenzione del suolo (S) deriva dalla seguente relazione:

$$S = 254 \times (100/CN - 1)$$

Dall'analisi del risultato di molte osservazioni sperimentali ne deriva che la perdita iniziale (I_a) è legata alla capacità di ritenzione del suolo (S) dalla relazione

$$I_a = 0.2 \times S$$

che è quindi il valore da utilizzare in mancanza di altri dati disponibili.

Il valore del Curve Number (CN) va, invece, rilevato in funzione dei dati contenuti nella tabella sotto riportata in funzione del tipo di copertura e uso del suolo e del tipo di suolo.

TIPO DI COPERTURA E USO DEL SUOLO	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
PRATERIE				
buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSSI O FORESTATI				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (Impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (Imp. 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media	%	77	85	90
	65	61	75	83
	38	57	72	81
	30	54	70	80
	25	51	68	79
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI, TETTI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tipo di copertura e uso del suolo

Le classi di suolo sono riportate nella tabella successiva. In generale il valore del CN del bacino risulterà da una media pesata dei CN delle singole unità fisiografiche omogenee in cui il bacino può essere scomposto. Ogni metodo di separazione delle piogge è influenzato dal grado di saturazione del suolo al momento del verificarsi dell'evento di pioggia. Il valore del CN del Soil Conservation Service come sopra descritto è associabile a condizioni medie di saturazione che corrispondono al valore 2 di Antecedent Moisture Condition(AMC) che come indicato nella tabella seguente è ricavabile in funzione dell'altezza di pioggia registrata nei cinque giorni che precedono l'evento e dello stato vegetativo.

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	<13	<36
II	13-28	36-54
III	>28	>54

Classe Antecedent Moisture Condition (AMC)

Per ottenere il valore di CN relativo alle altre due condizioni di saturazione si usano le relazioni seguenti:

$$CN(I) = \frac{4,2 \text{ CN(II)}}{10 - 0,058 \text{ CN(II)}}$$

$$CN(III) = \frac{23 \text{ CN(II)}}{10 + 0,13 \text{ CN(II)}}$$

Formule relativa al passaggio dalla classe AMC1 alla classe AMC3

Formazione delle piene

Per la valutazione del tempo di ritardo del bacino, unico parametro necessario per la determinazione della forma del IUH nella formulazione SCS, si è ritenuto sufficientemente cautelativo utilizzare il valore estratto dalla parametrizzazione del bacino idrografico. Per il dettaglio dei valori del tempo di ritardo si rimanda alla tabella delle caratteristiche dei sottobacini (Tab. 15).

Di seguito si riporta una tabella con le principali caratteristiche dei sottobacini costituenti il bacino del Canale Peluso:

Sottobacino	S (km ²)	L (km)	Hm (m)	tc (h)	Tlag (min)
F	2.3	3.4	16.0	3.49	125.8
G	3.6	1.7	23.0	2.64	95.1
H	2.4	1.8	26.0	2.18	78.5
I	1.3	2.1	24.0	1.97	70.8
L	5.4	2.3	35.0	2.69	96.9
M	3.7	1.8	35.0	2.20	79.1
N	40.0	12.0	56.0	7.23	260.4
O	17.7	8.0	45.0	5.37	193.4
A	13.3	6.3	10.0	9.50	342.1
B	13.5	3.2	18.0	5.74	206.8
C	7.2	1.8	17.0	4.07	146.6
D	4.1	2.1	15.0	3.63	130.7
E	28.7	5.2	20.0	8.17	294.1
Z	29.2	5.0	4.0	18.20	655.1
Totale	172.4				

Tabella 15: Caratteristiche sottobacini Canale Peluso

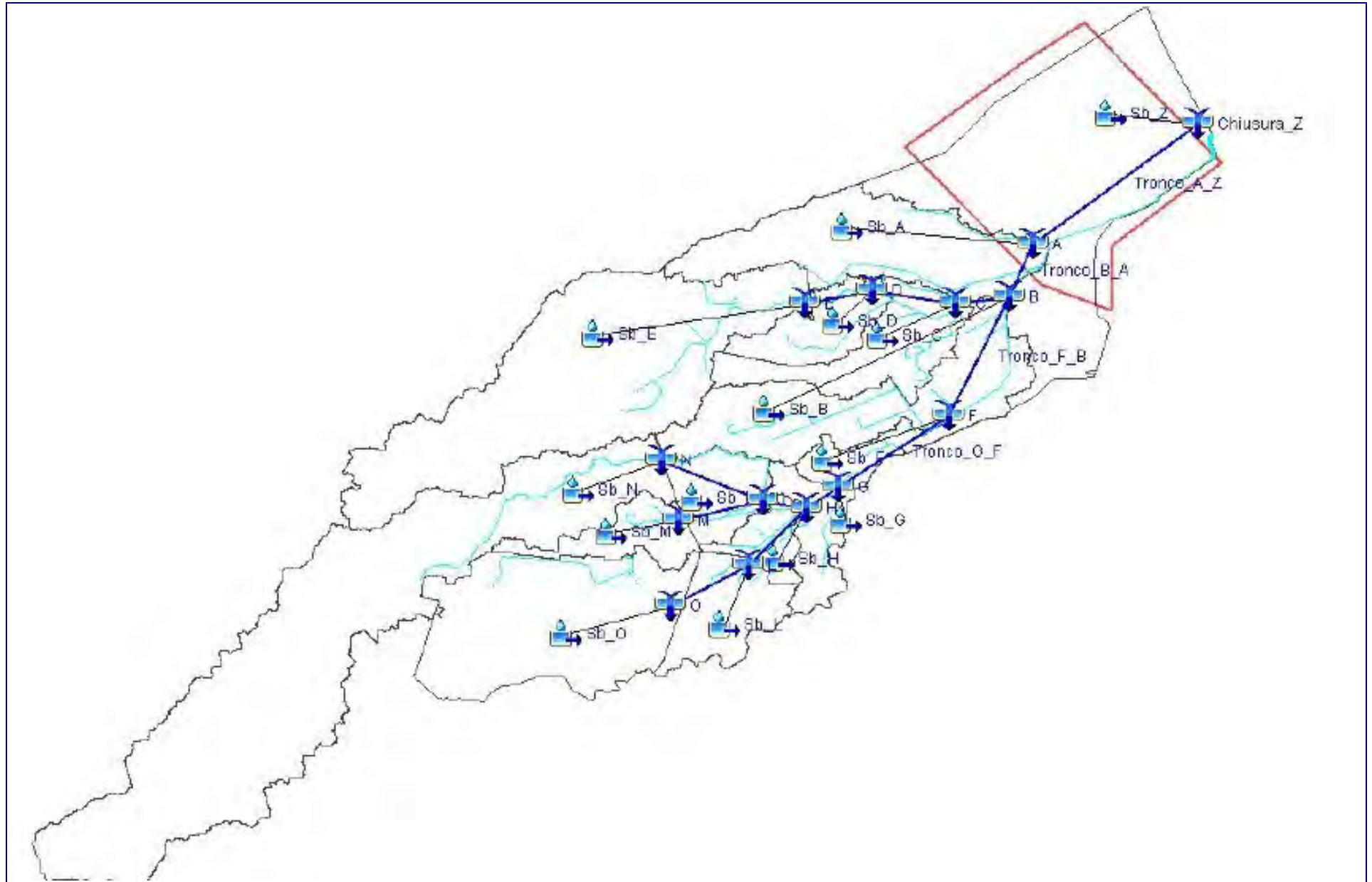


Fig. 31: Schematizzazione bacino Canale Peluso

Stima dei deflussi

Sulla base della schematizzazione del bacino idrografico adottata per il canale Peluso e dei dati di pioggia ottenuti come specificato in precedenza si è proceduto alla simulazione idrologica degli eventi di pioggia con tempo di ritorno rispettivamente di 30, 200 e 500 anni e durata 6 ore. Di seguito si riassumono i principali risultati ottenuti:

Tempo di ritorno (anni)	Superficie (kmq)		Qmax (m ³ /sec)		Qspec (m ³ /sec/kmq)		T Qmax
	Sb A	Tronco BA	Sb A	Tronco BA	Sb A	Tronco BA	
30	13.3	128.6	3.80	38.20	0.29	0.30	01Dec2000, 08:00
200	13.3	128.6	10.80	109.10	0.81	0.85	01Dec2000, 08:00
500	13.3	128.6	15.70	158.00	1.18	1.23	01Dec2000, 08:00

Tabella 16: Portate massime relative ai rispettivi tempi di ritorno

Nelle figure 35, 36 e 37 sono riportati, in forma grafica gli idrogrammi generati dai rispettivi ietogrammi, riportati nelle figure 32, 33 e 34. Nella figura 39 invece i tre idrogrammi, relativi alla sezione di chiusura di interesse del bacino sono riportati insieme. Per la distribuzione temporale della pioggia è stato utilizzato l'Alternate Blocking Method, con picco posto a 1/2 della durata di pioggia, che in bacini di queste dimensioni e caratteristiche tende a massimizzare la risposta del bacino in termini di volume di deflusso e portata massima.

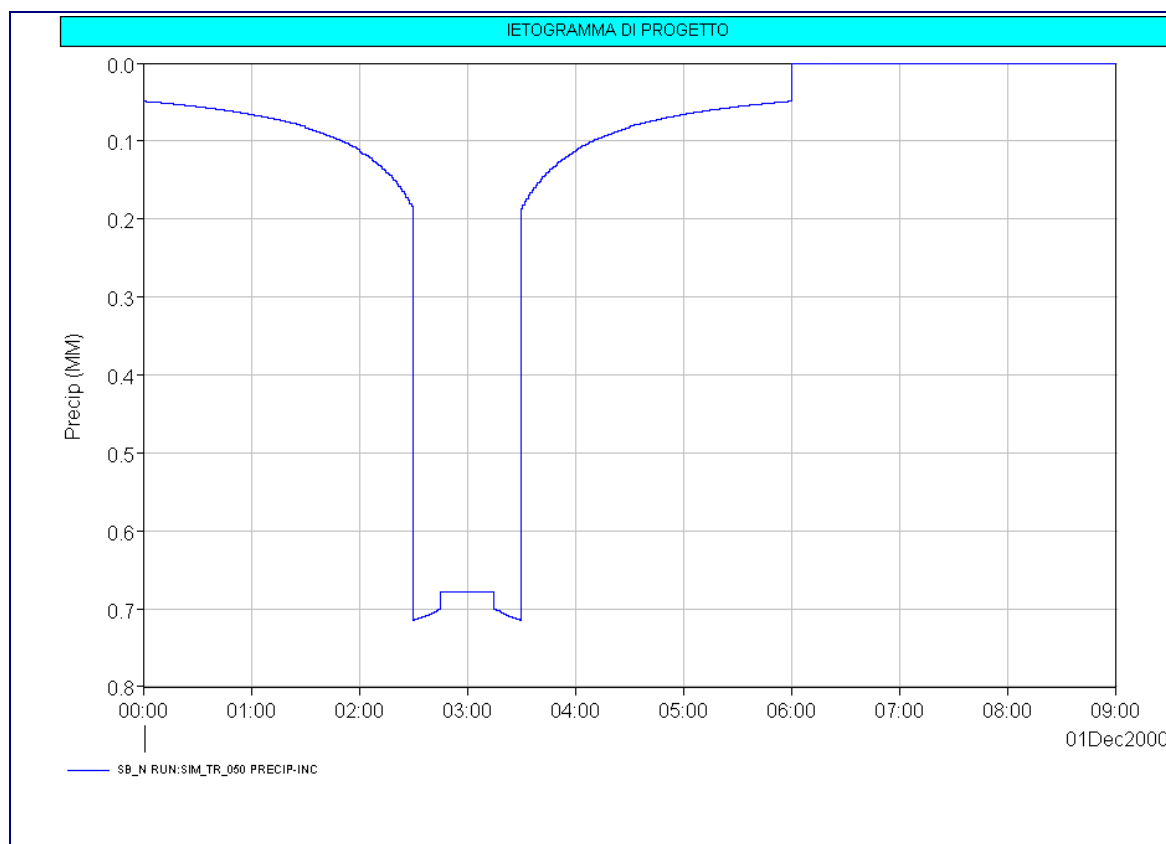


Fig. 32: Ietogramma di progetto con tempo di ritorno 30 anni e durata 6 ore

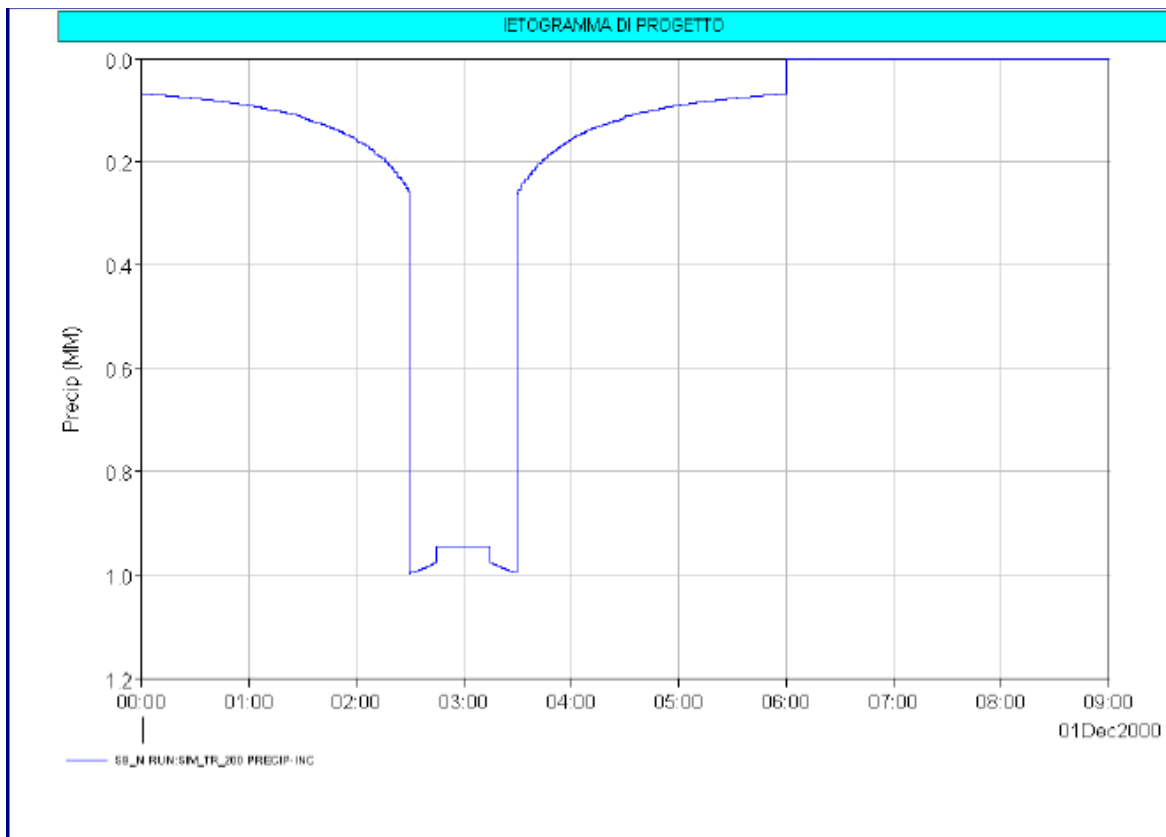


Fig. 33: Ietogramma di progetto con tempo di ritorno 200 anni e durata 6 ore

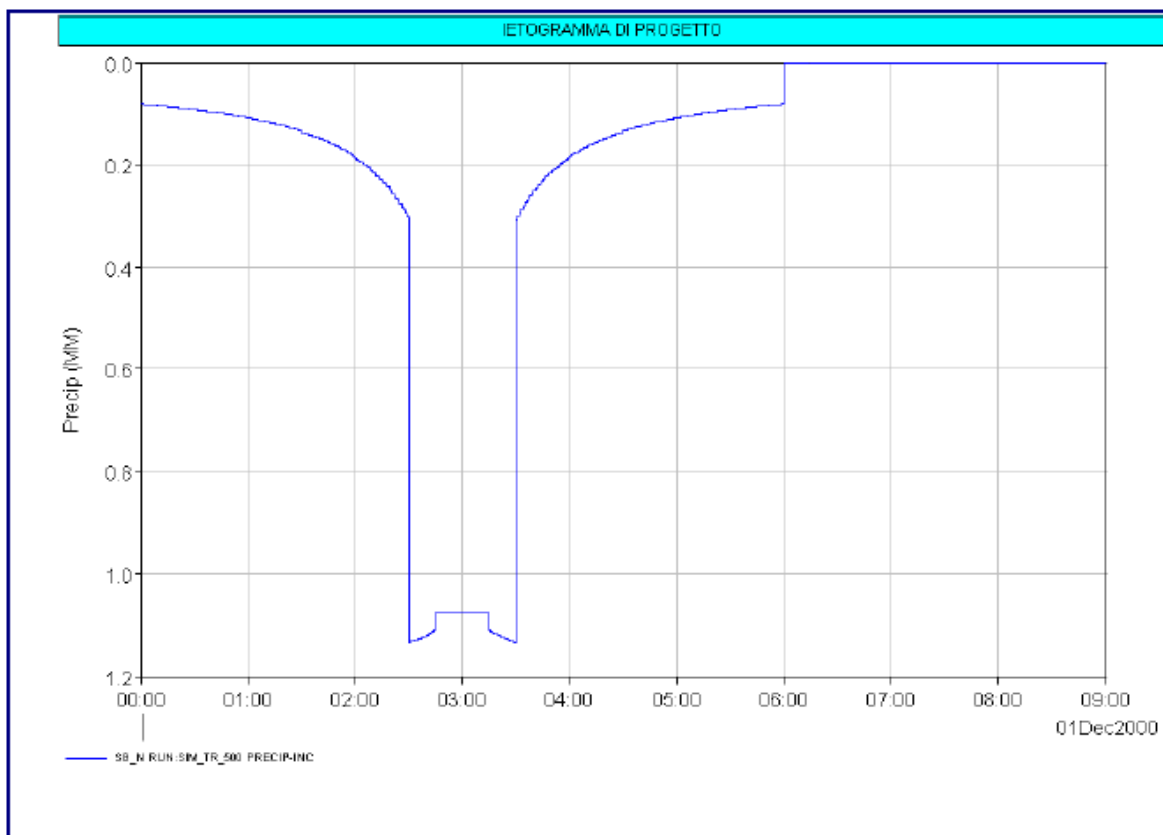


Fig. 34: Ietogramma di progetto con tempo di ritorno 500 anni e durata 6 ore

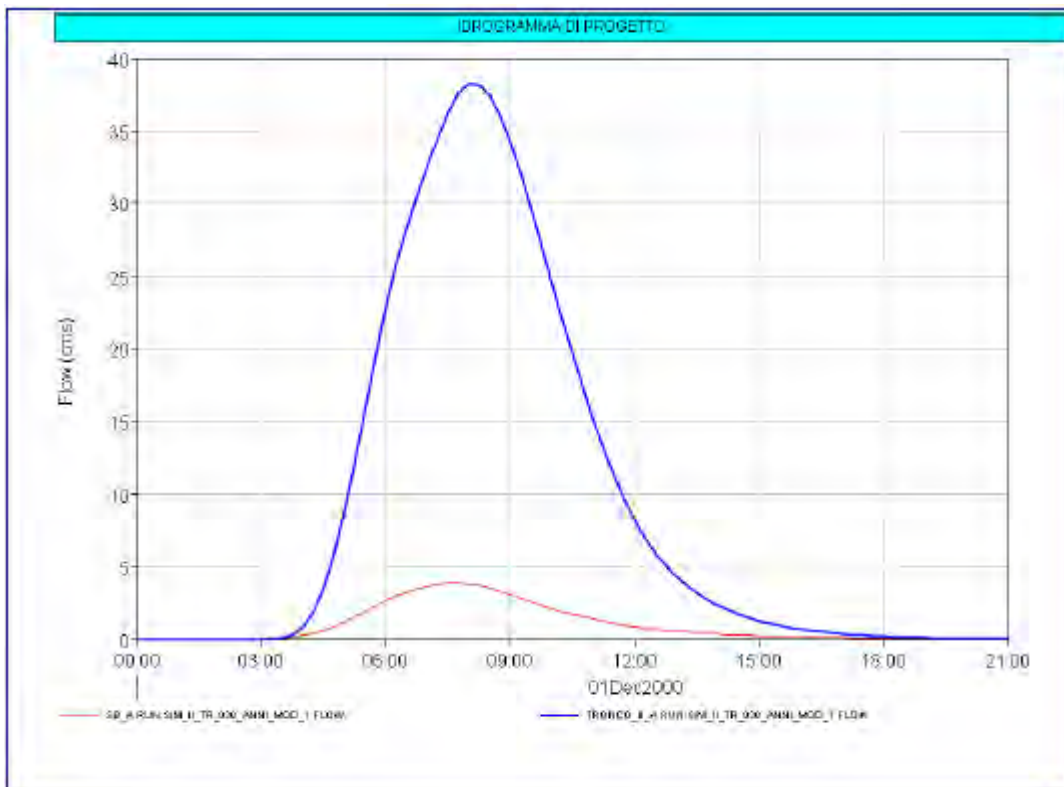


Fig. 35: Elementi Sb_A e Tronco B_A - Idrogramma di progetto con tempo di ritorno 30 anni e durata 6 ore

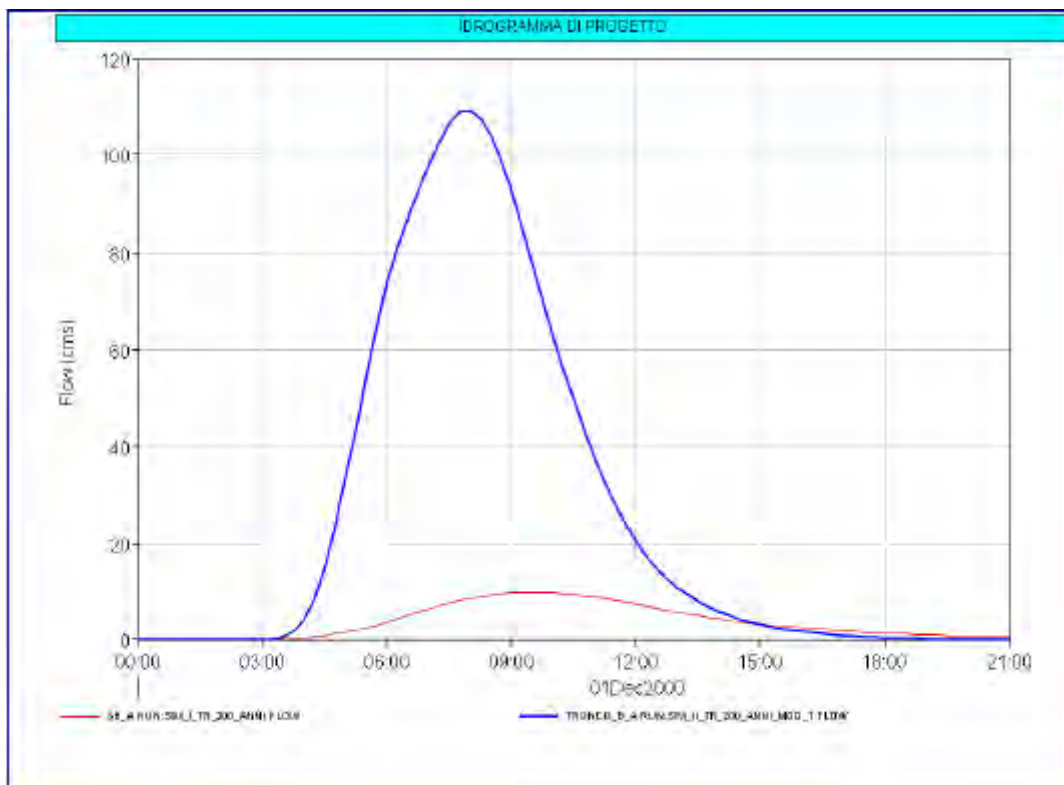


Fig. 36: Elementi Sb_A e Tronco B_A - Idrogramma di progetto con tempo di ritorno 200 anni e durata 6 ore

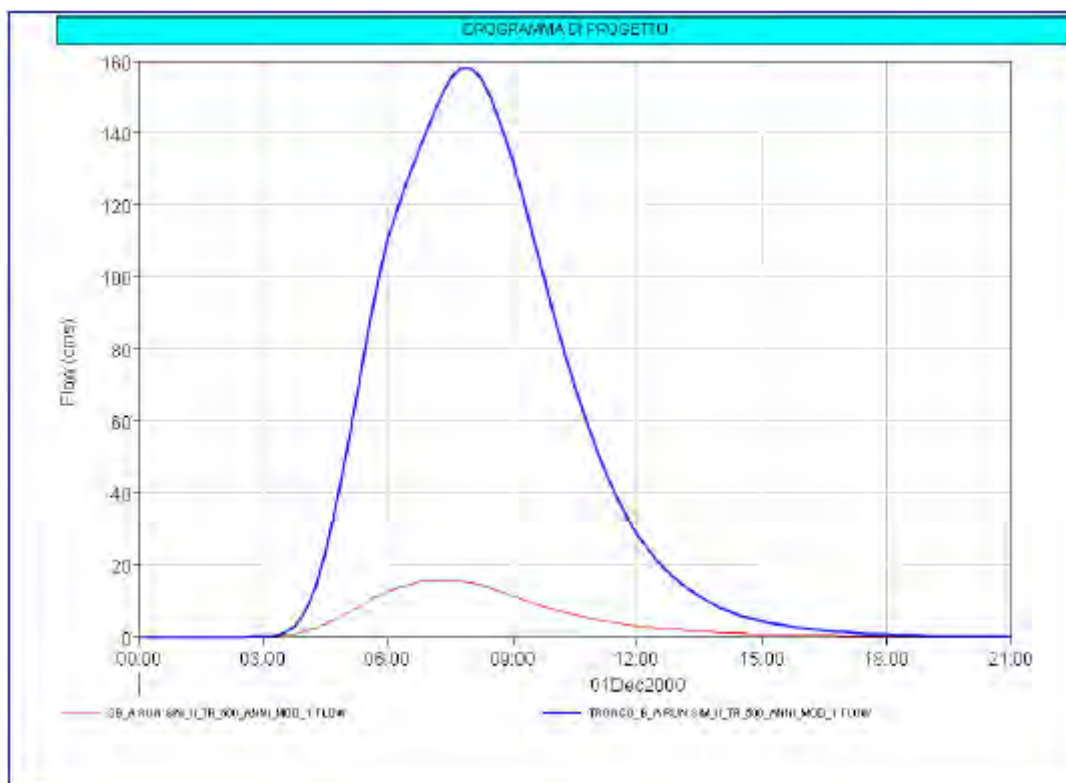


Fig. 37: Elementi Sb_A e Tronco B_A - Idrogramma di progetto con tempo di ritorno 500 anni e durata 6 ore

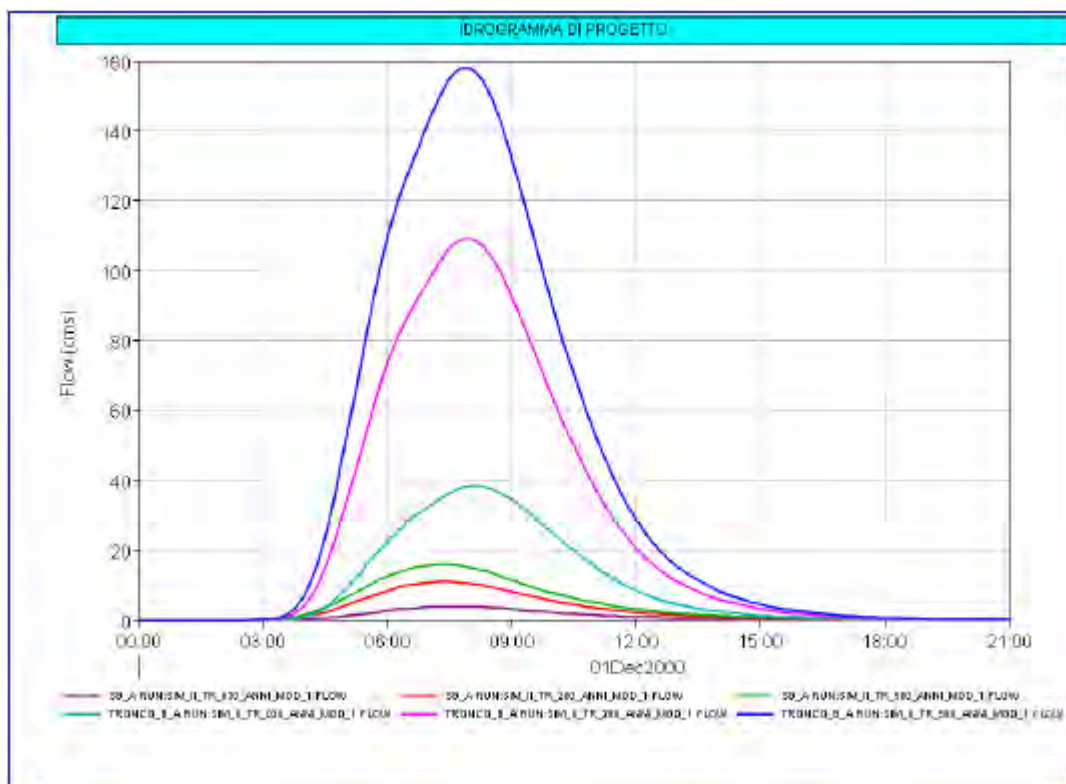


Fig. 38: Elementi Sb_A e Tronco B_A – Confronto idrogrammi per TR=30, 200 e 500 anni e durata 6 ore

3.3 – Studio idraulico

Nel corso di questo paragrafo saranno descritte le metodologie utilizzate nell'ambito dell'implementazione del modello idraulico della zona di interesse, facendo riferimento agli input idraulici assegnati come condizioni al contorno al modello e a come è stata dettagliata la mesh di calcolo in corrispondenza dei rilevati arginali presenti nell'area di interesse e successivamente saranno riportate alcune riflessioni riguardanti i risultati ottenuti dalla modellazione numerica.

3.3.1 – Verifiche idrauliche dello stato ante-operam

3.3.1.1 – Implementazione schema modello idraulico bidimensionale

All'interno del dominio di calcolo il modello digitale del terreno è stato definito con una maglia di 10 x 10 mq utilizzando il modello digitale del terreno con cella di 1 m.

Nell'implementazione di un modello di calcolo bidimensionale è essenziale definire nel modo più corretto possibile le condizioni al contorno. Proprio per questo motivo al fine di sopperire a una non corretta conoscenza delle condizioni al contorno in genere si provvede ad estendere il dominio di calcolo in modo da svincolare opportunamente il funzionamento del modello nell'area di maggiore interesse rispetto a quello che avviene in corrispondenza dei contorni del dominio, dove vengono imposte le condizioni al contorno. Per questo motivo nel caso oggetto di studio si è prestata particolare attenzione nella definizione del dominio di calcolo in modo che fosse sufficientemente esteso, sia a monte che a valle della zona oggetto di studio.

Come condizioni al contorno in ingresso al modello idrodinamico sono stati utilizzati gli idrogrammi di piena corrispondenti ai tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni desunti dalla modellazione idrologica discussa al capitolo precedente rispettivamente per i bacini idrografici del Torrente Cervaro e del Canale Peluso, mentre nelle Figg. 39 e 40 sono riportati a titolo di esempio le sole condizioni al contorno utilizzate per la modellazione relativa a TR 200.

Un'ulteriore condizione al contorno è stata posta a valle del perimetro del dominio di calcolo per simulare le fuoriuscite dell'acqua dal modello idraulico. L'inserimento delle condizioni al contorno di uscita consente pertanto di evitare il fenomeno di accumulo dell'acqua in corrispondenza del perimetro del dominio per i bacini che non interessano l'area da esaminare. A tal proposito, considerando le basse pendenze del reticolo idrografico è stata utilizzata una pendenza dello 0.1% per la condizione al contorno di uscita posta a sud.

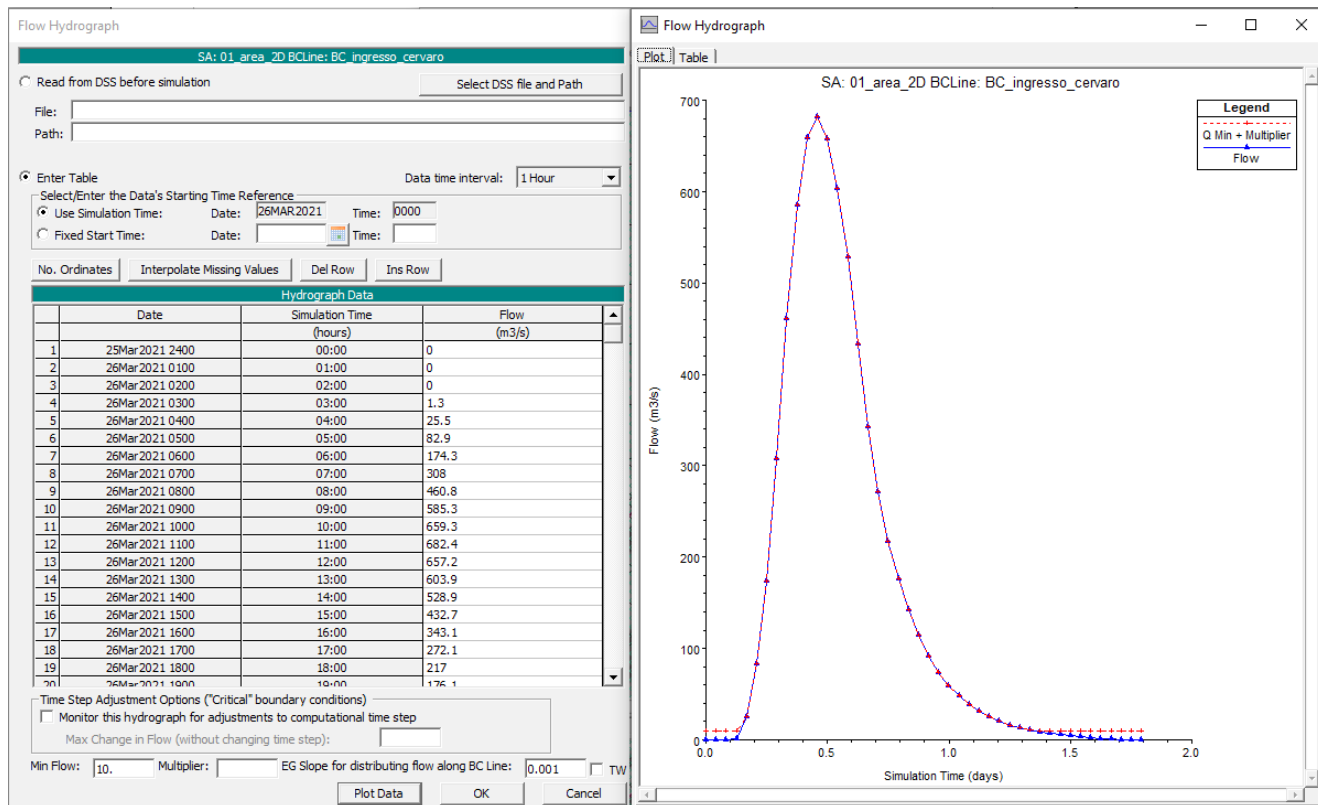


Fig. 39: Implementazioni condizioni al contorno – Idrogramma di piena per TR = 200 anni – Bacino Cervaro

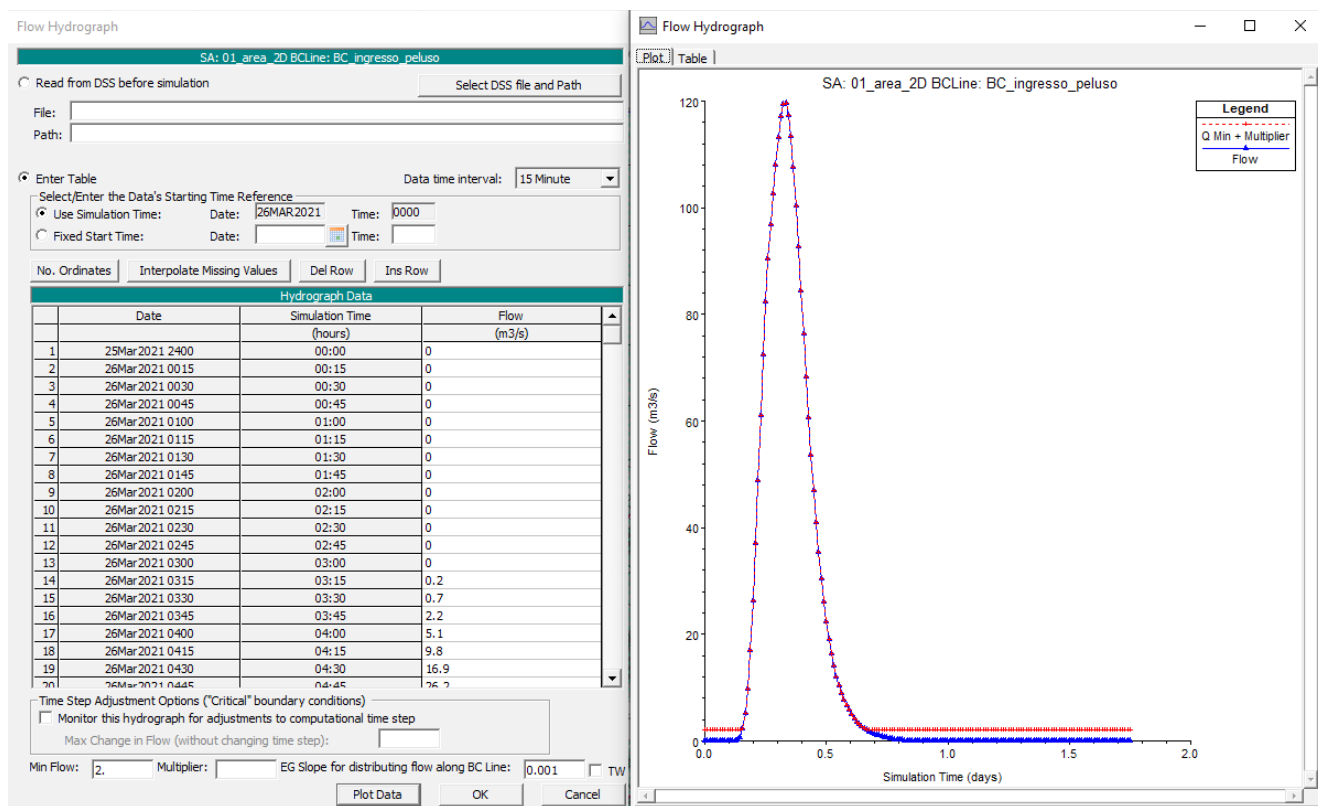


Fig. 40: Implementazioni condizioni al contorno – Idrogramma di piena per TR = 200 anni – Bacino Peluso

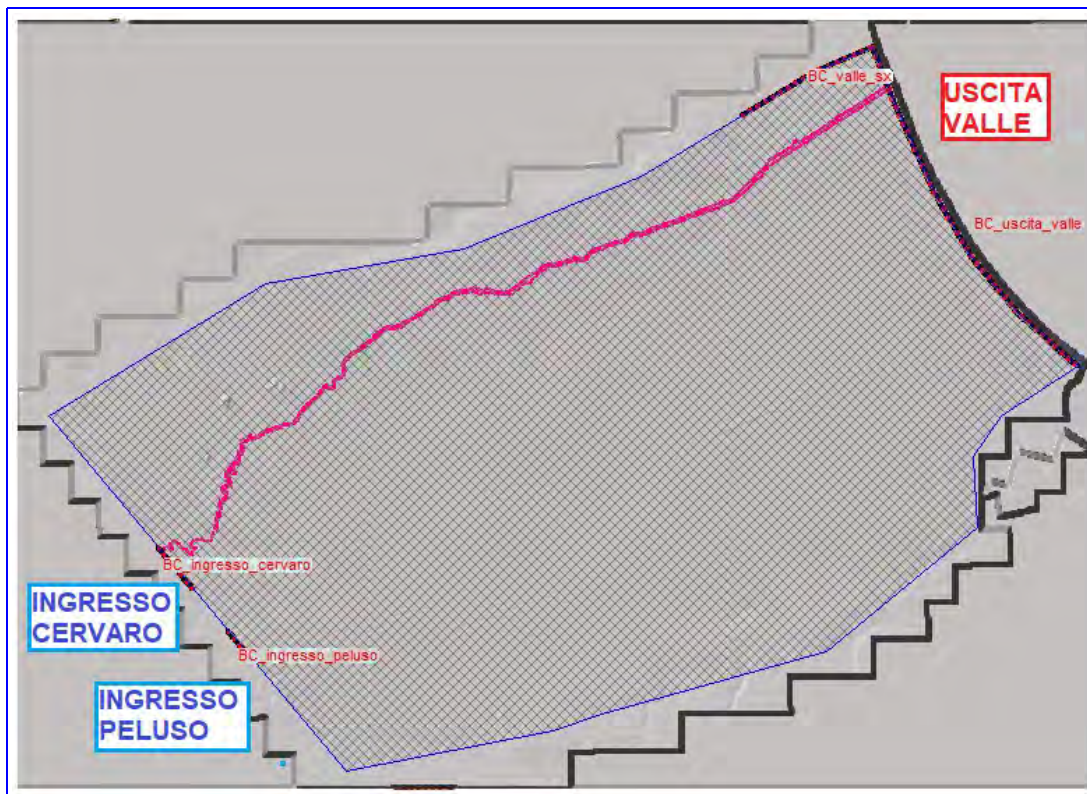


Fig. 41: Planimetria area 2D utilizzata nel modello idraulico e posizionamento delle Boundary Condition Lines.

Nella Fig. 46 è riportata una schermata estratta dal software HEC-RAS che mostra come è stata dettagliata la mesh di calcolo in corrispondenza dei rilevati arginali presenti nell'area di interesse.

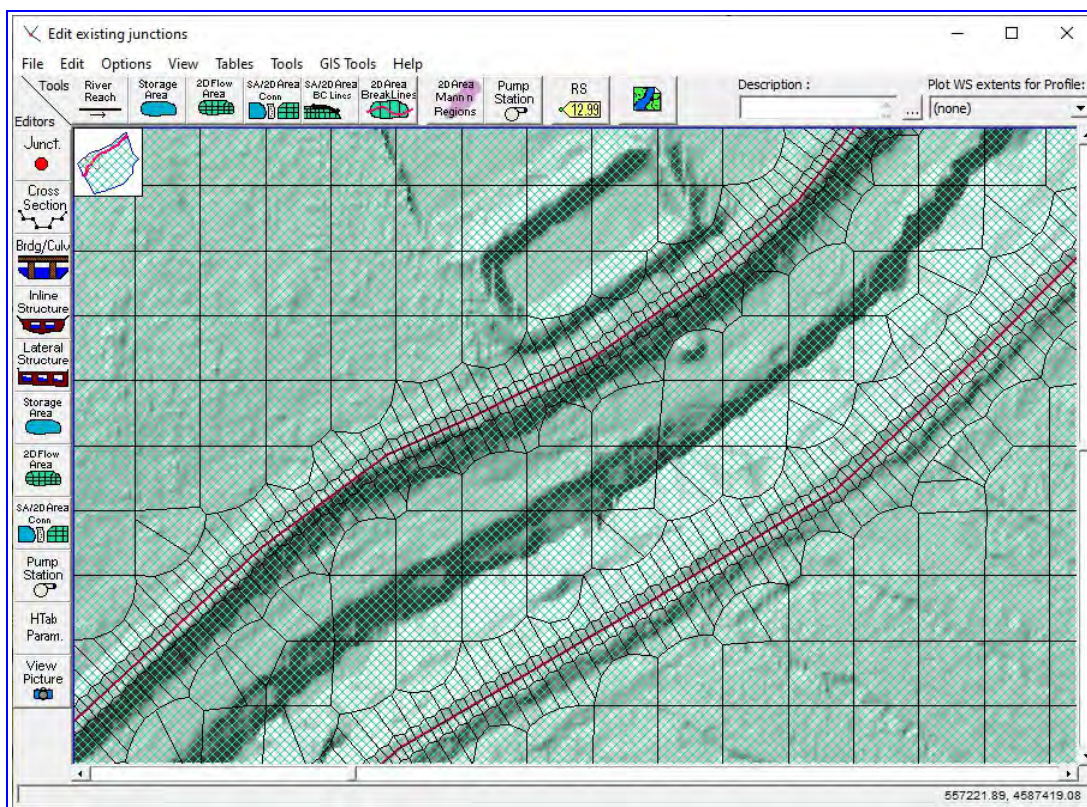


Fig. 42: Modellazione idraulica: Esempio di implementazione del dominio dell'area 2D e inftimento mesh in corrispondenza dei rilevati arginali

3.3.1.2 – Risultati modellazione idraulica bidimensionale ante-operam

Le simulazioni effettuate con riferimento ai tre tempi di ritorno hanno permesso di individuare con maggiore dettaglio lo scenario degli allagamenti nella zona in cui ricade l'area oggetto di intervento. Si è proceduto dunque alla modellazione idraulica bidimensionale in questa configurazione per valutare l'eventuale condizione di rischio idraulico della porzione di territorio su cui si intende realizzare le opere in progetto e per valutarne l'interferenza con il reticolo idrografico.

I risultati ottenuti nella configurazione ante-operam mostrano sostanzialmente che tutti gli scenari sono caratterizzati da un deflusso generalizzato sul piano campagna in quanto il reticolo idraulico in esame non riesce a smaltire in modo adeguato i deflussi relativi alle piene di riferimento. In particolare il Canale Peluso presenta le maggiori criticità in quanto le sue dimensioni non consentono di smaltire il modo adeguato i deflussi provenienti da monte. Anche il Torrente Cervaro presenta alcune criticità che consistono in alcune fuoriuscite generalizzate sul piano campagna nel tratto di monte.

Per quanto riguarda l'area di interesse sono stati riscontrati degli allagamenti dovuti unicamente alle fuoriuscite provenienti dal Canale Peluso mentre il Torrente Cervaro, in corrispondenza dell'area di interesse, riesce a smaltire i deflussi in sicurezza idraulica e senza provocare fuoriuscite.

Nelle figure 45, 46, 49 e 50 sono riportati i dettagli planimetrici della mappa dei battenti massimi e delle velocità massime relativi alla simulazione con tempo di ritorno di 200 anni per l'area d'intervento, rispettivamente su base CTR e ortofoto satellitare, mentre nelle Figg.47, 48, 51 e 52 sono riportati i dettagli planimetrici delle mappe dei battenti massimi in m e delle velocità massime in m/s rispettivamente su base CTR e ortofoto satellitare. Come è possibile notare dalle immagini si verificano alcuni allagamenti localizzati nel settore posto ad est del lotto in esame con battenti massimi dell'ordine di 0.32 m e velocità massime associate dell'ordine di 0.20 m/s.

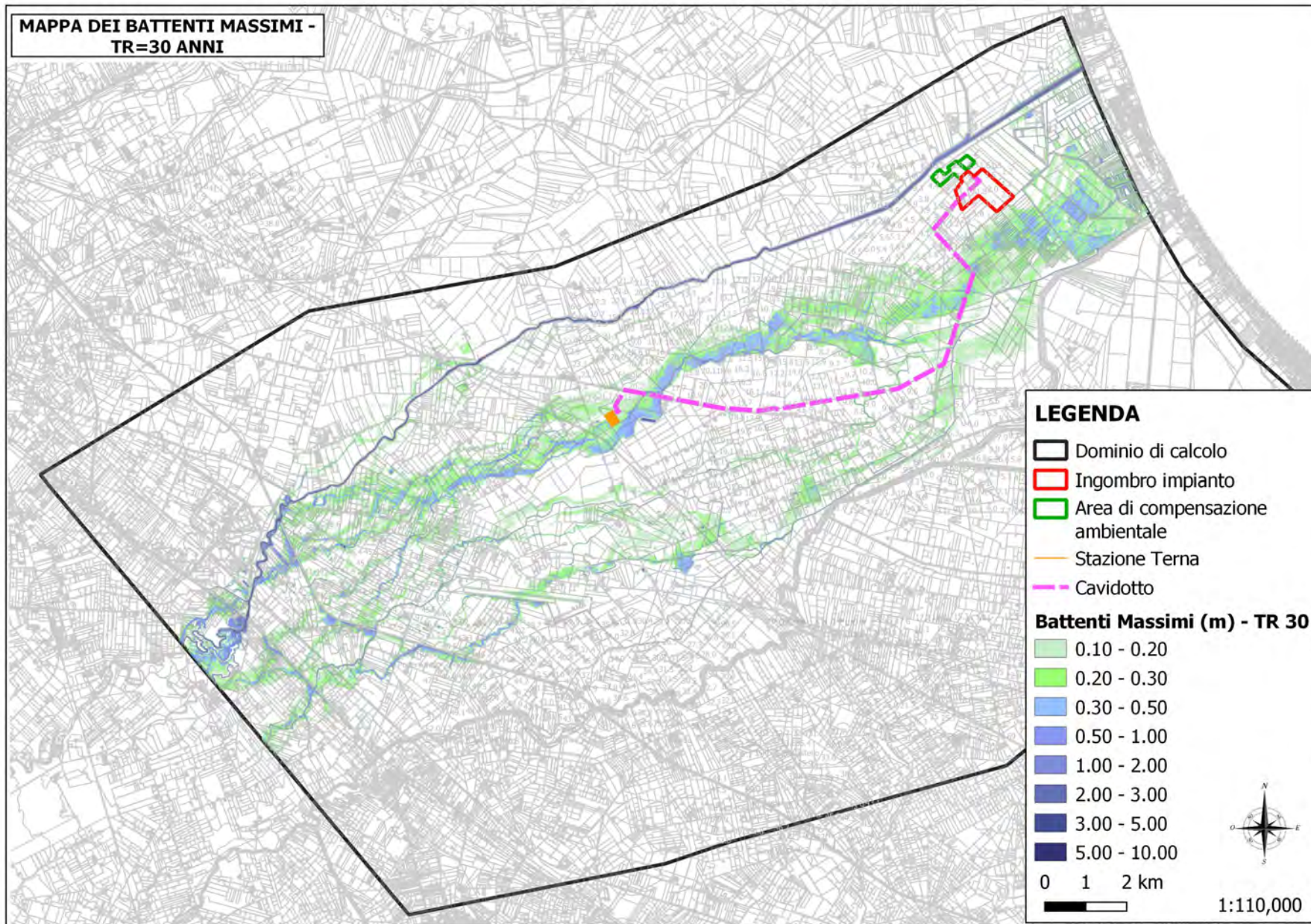


Fig. 43: Mappa dei battenti in metri per $Tr = 30$ anni (base CTR).

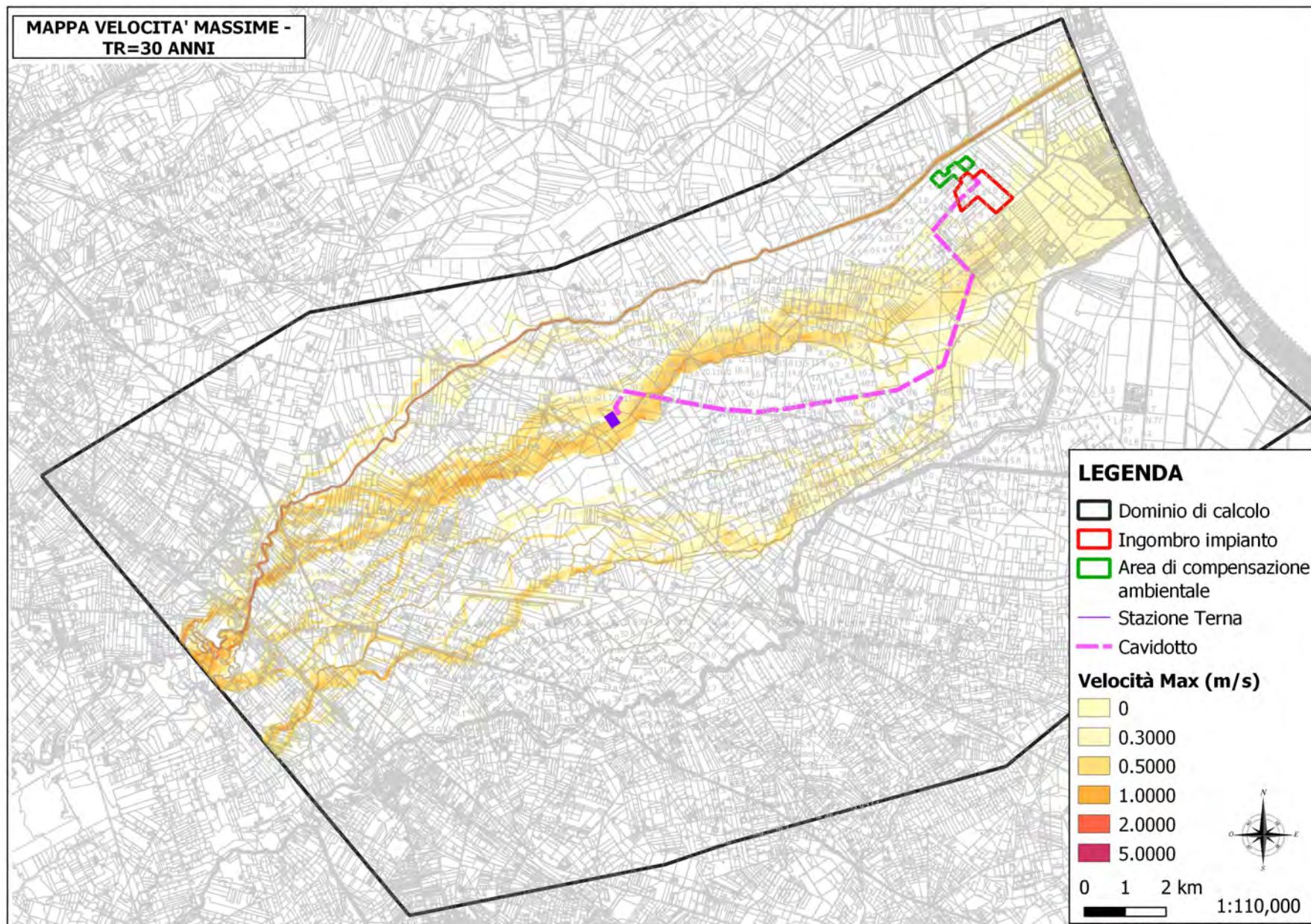


Fig. 44: Mappa delle velocità max per Tr = 30 anni (base CTR).

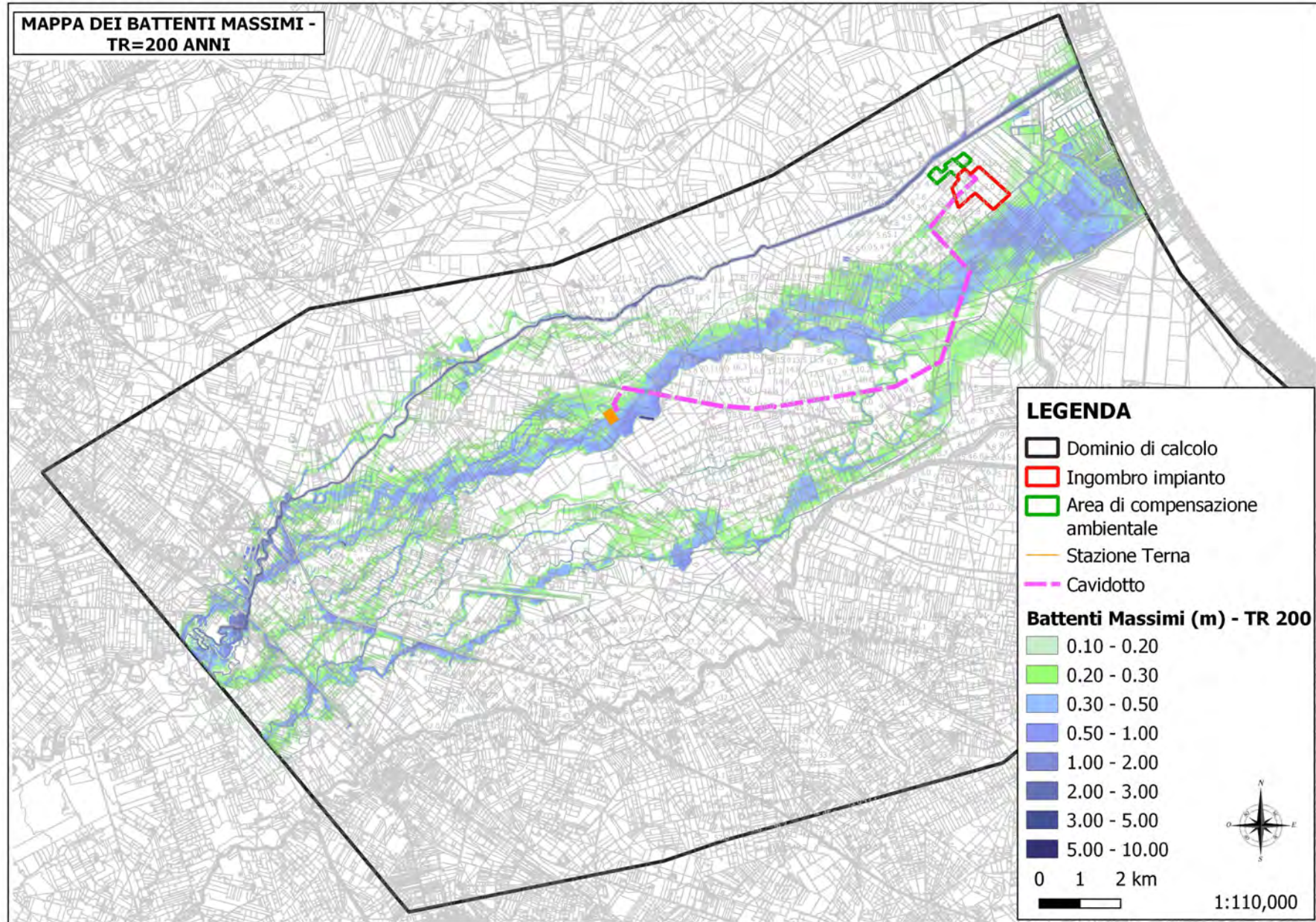


Fig. 45: Mappa dei battenti in metri per $Tr = 200$ anni (base CTR).

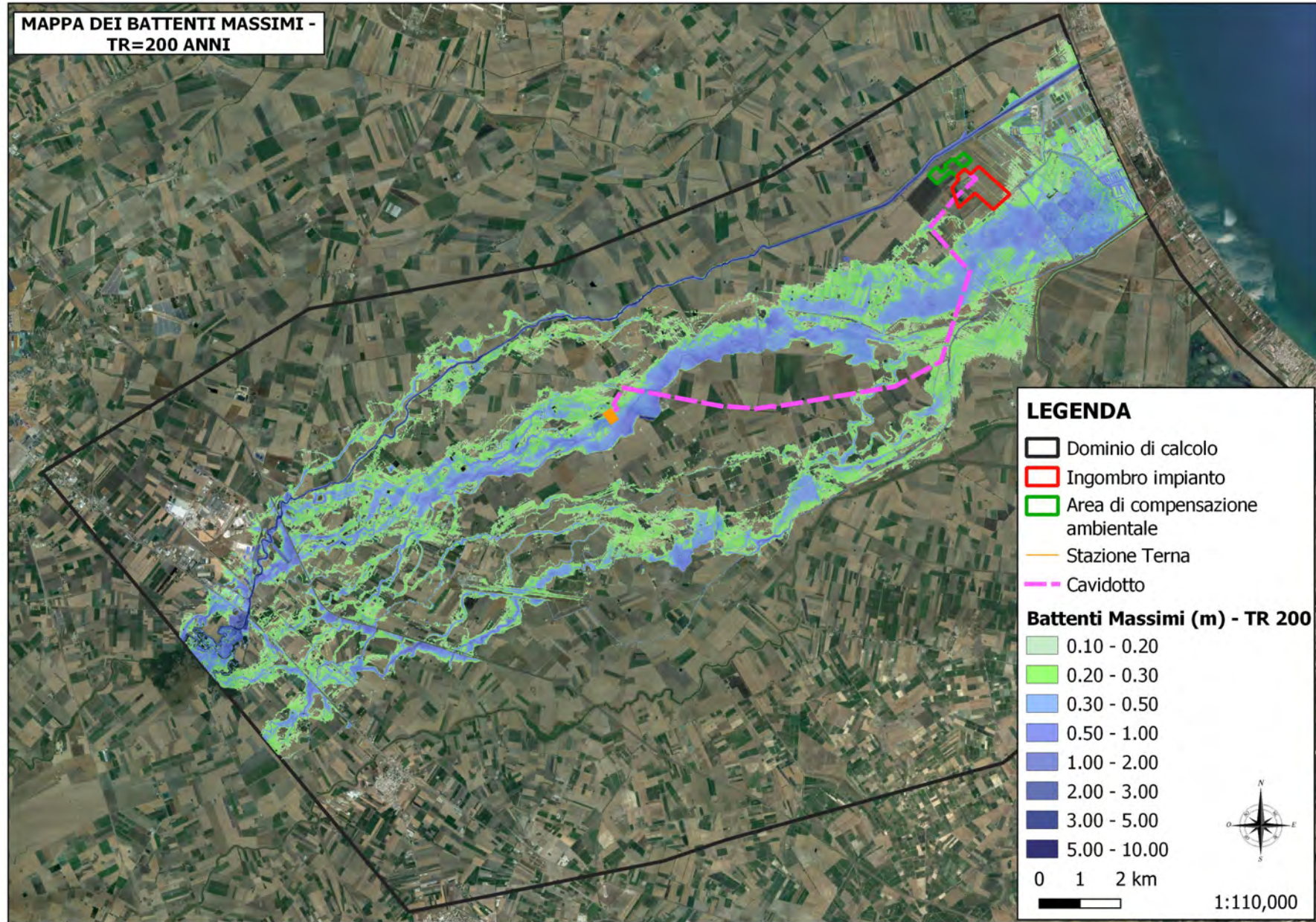


Fig. 46: Mappa dei battenti in metri per $Tr = 200$ anni (base ortofoto).

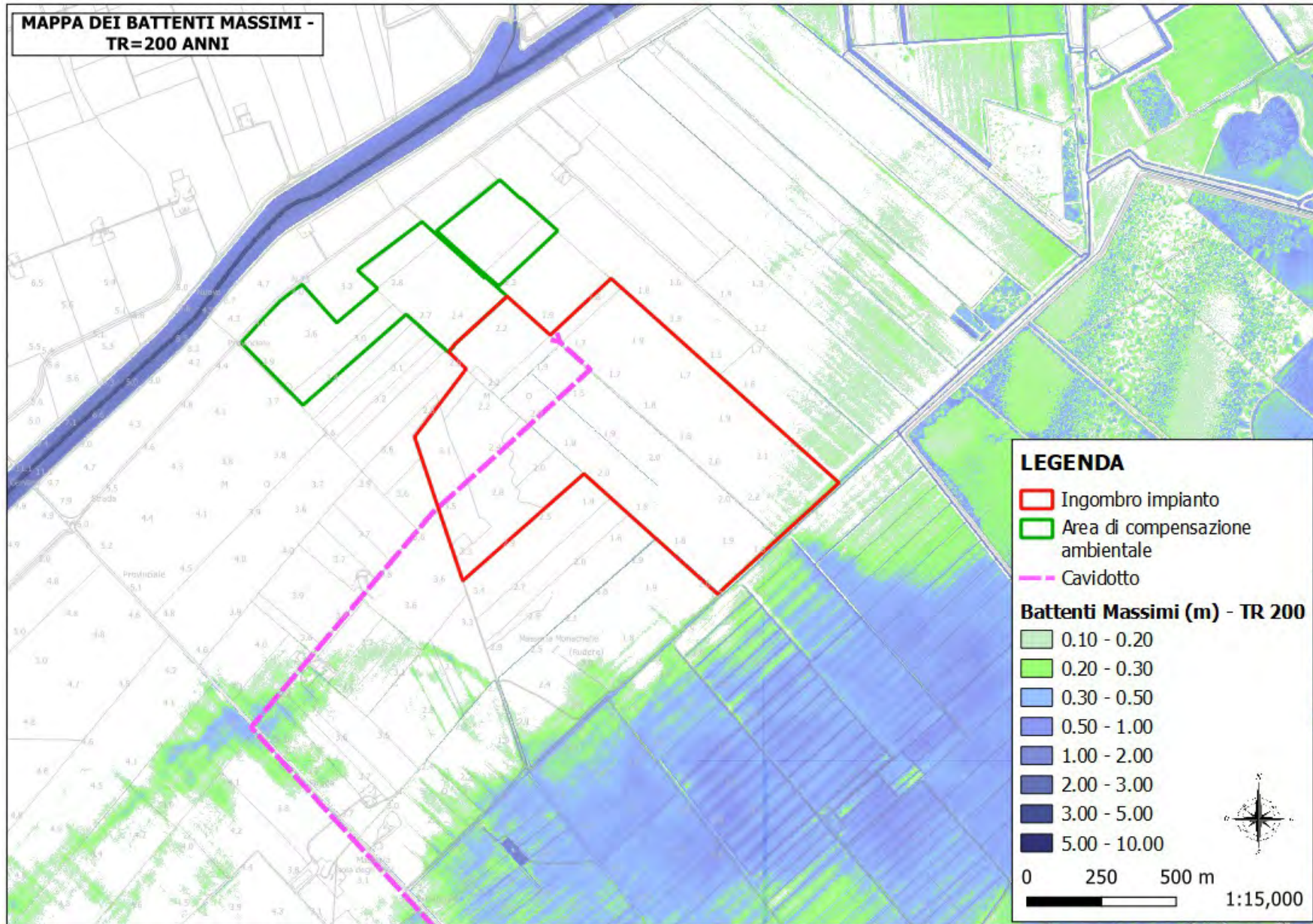


Fig. 47: Dettaglio mappa dei battenti in metri per $Tr = 200$ anni (base CTR) su area di interesse.

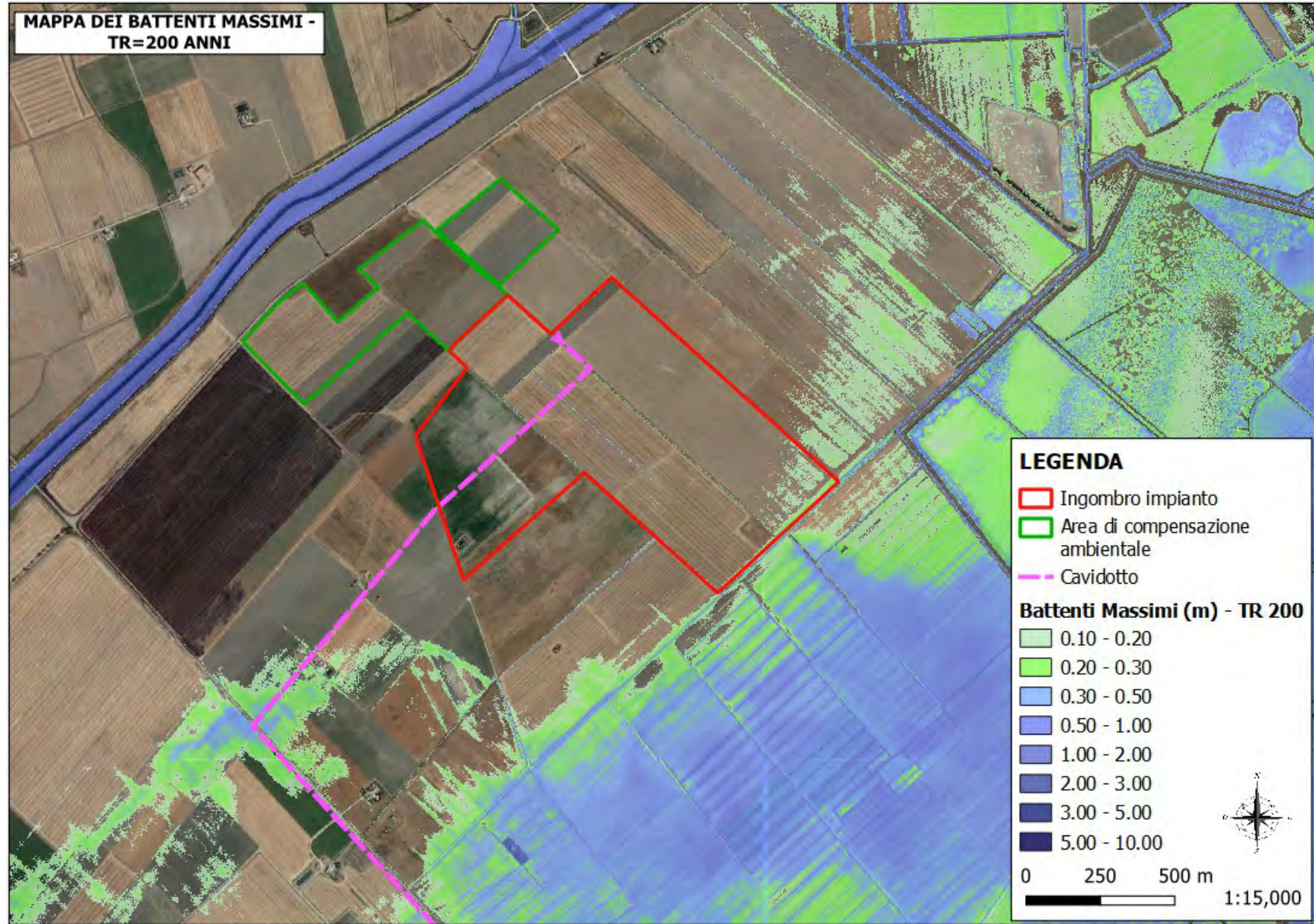


Fig. 48: Dettaglio mappa dei battenti in metri per $Tr = 200$ anni (base ortofoto satellitare) su area di interesse.

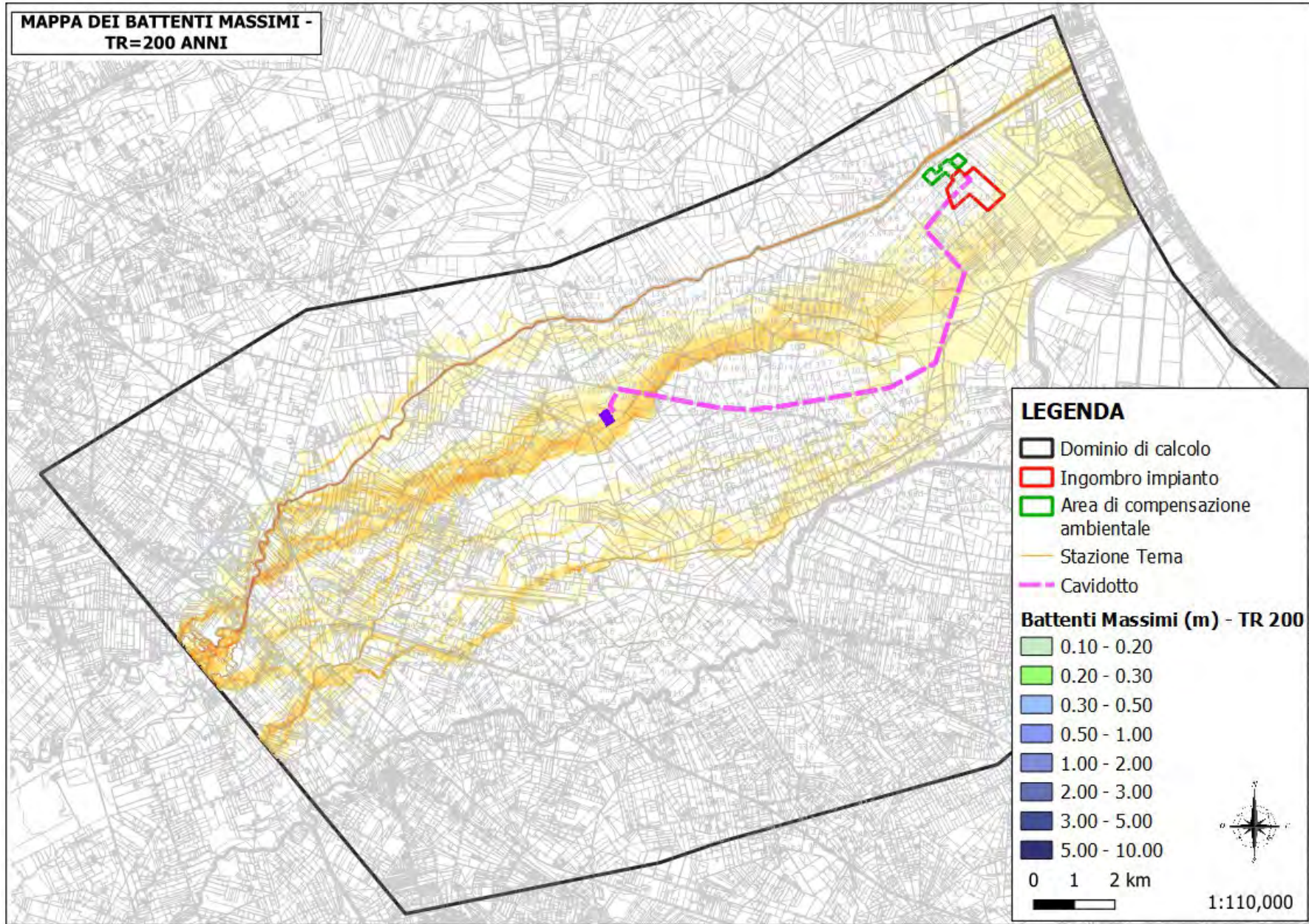


Fig. 49: Mappa delle velocità in m/s per Tr = 200 anni (base CTR).

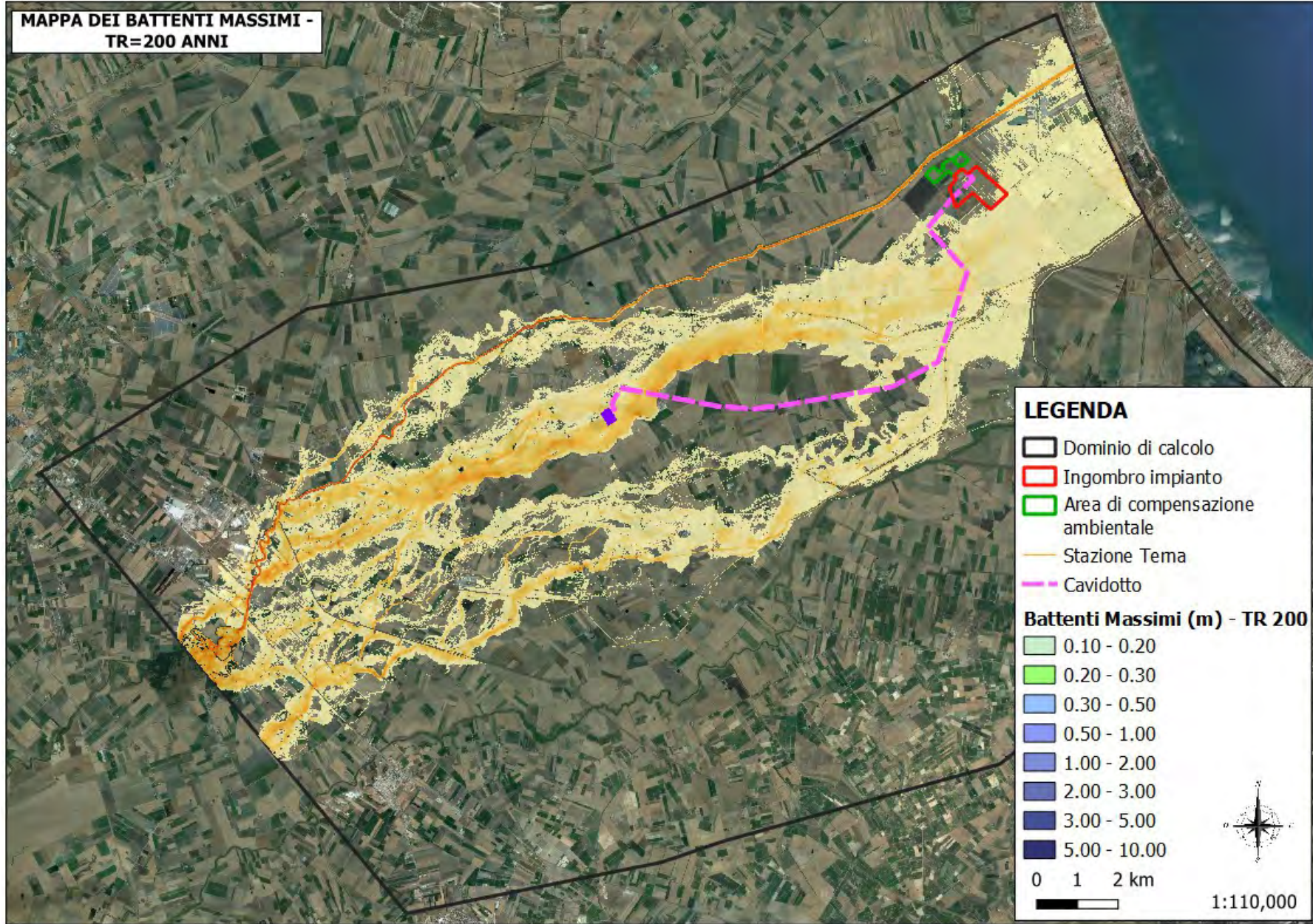


Fig. 50: Mappa delle velocità in m/s per $Tr = 200$ anni (base ortofoto).

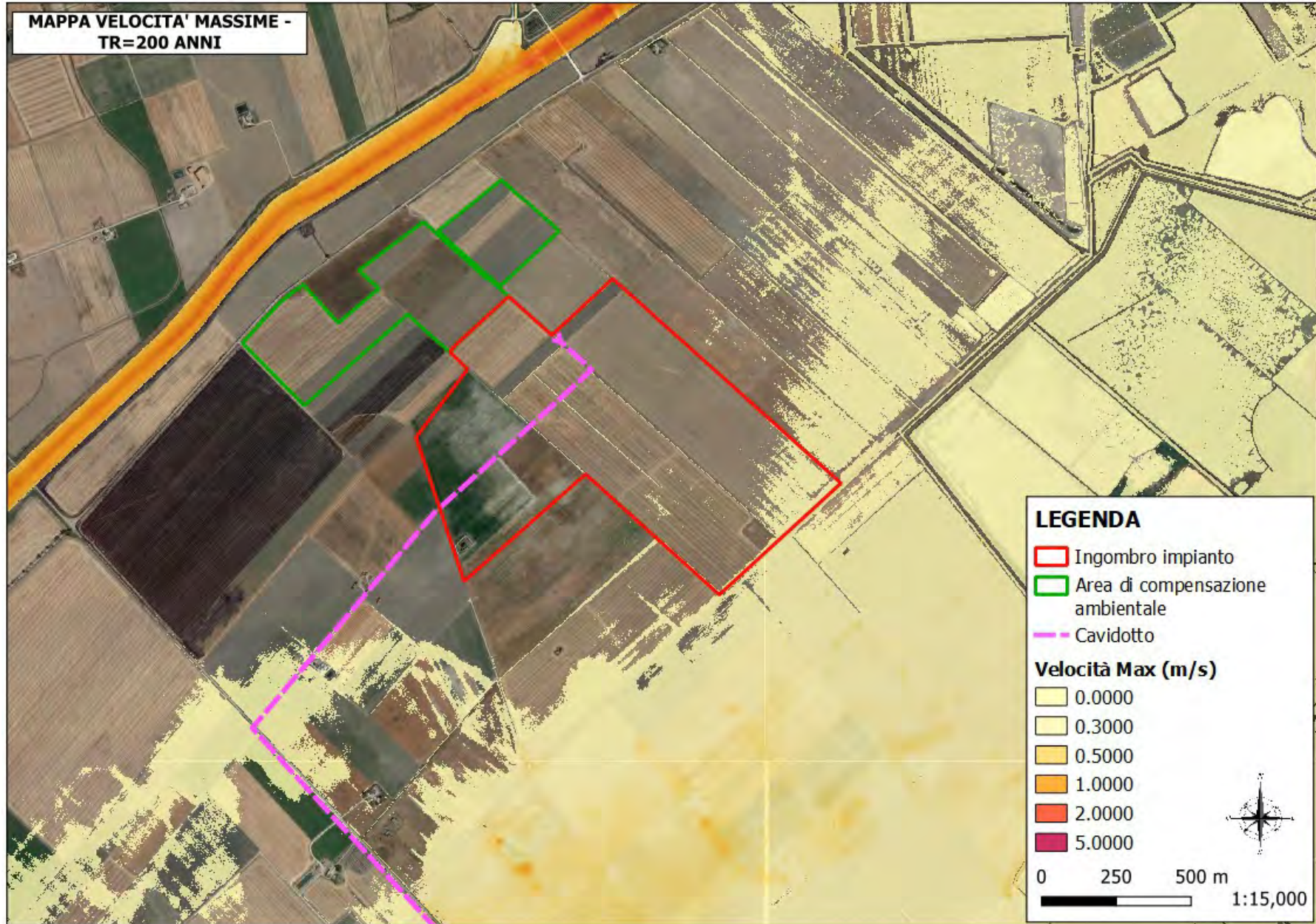


Fig. 51: Mappa delle velocità in m/s per $Tr = 200$ anni (base ortofoto) su area di interesse

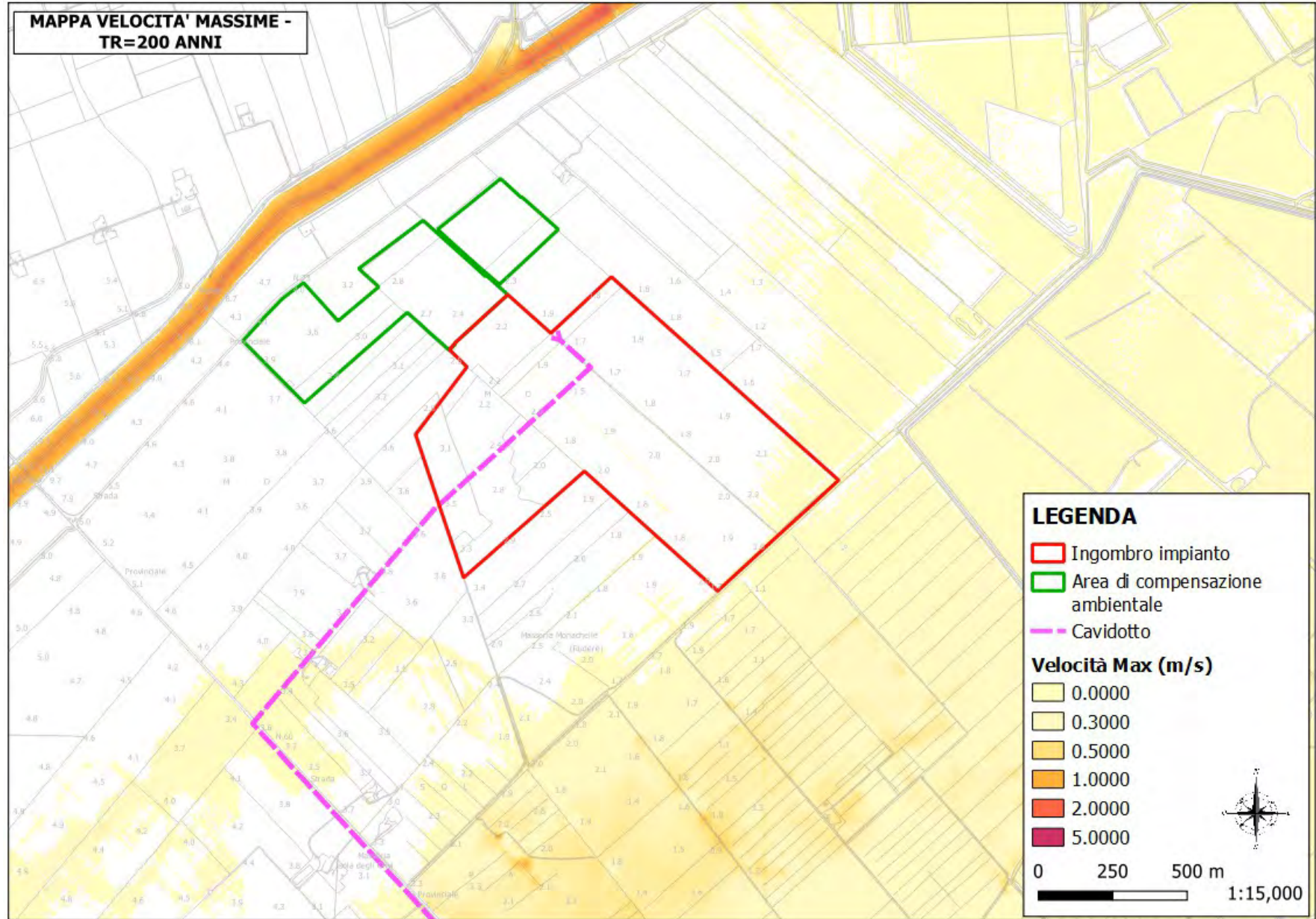


Fig. 52: Mappa delle velocità in m/s per $Tr = 200$ anni (base CTR) su area di interesse

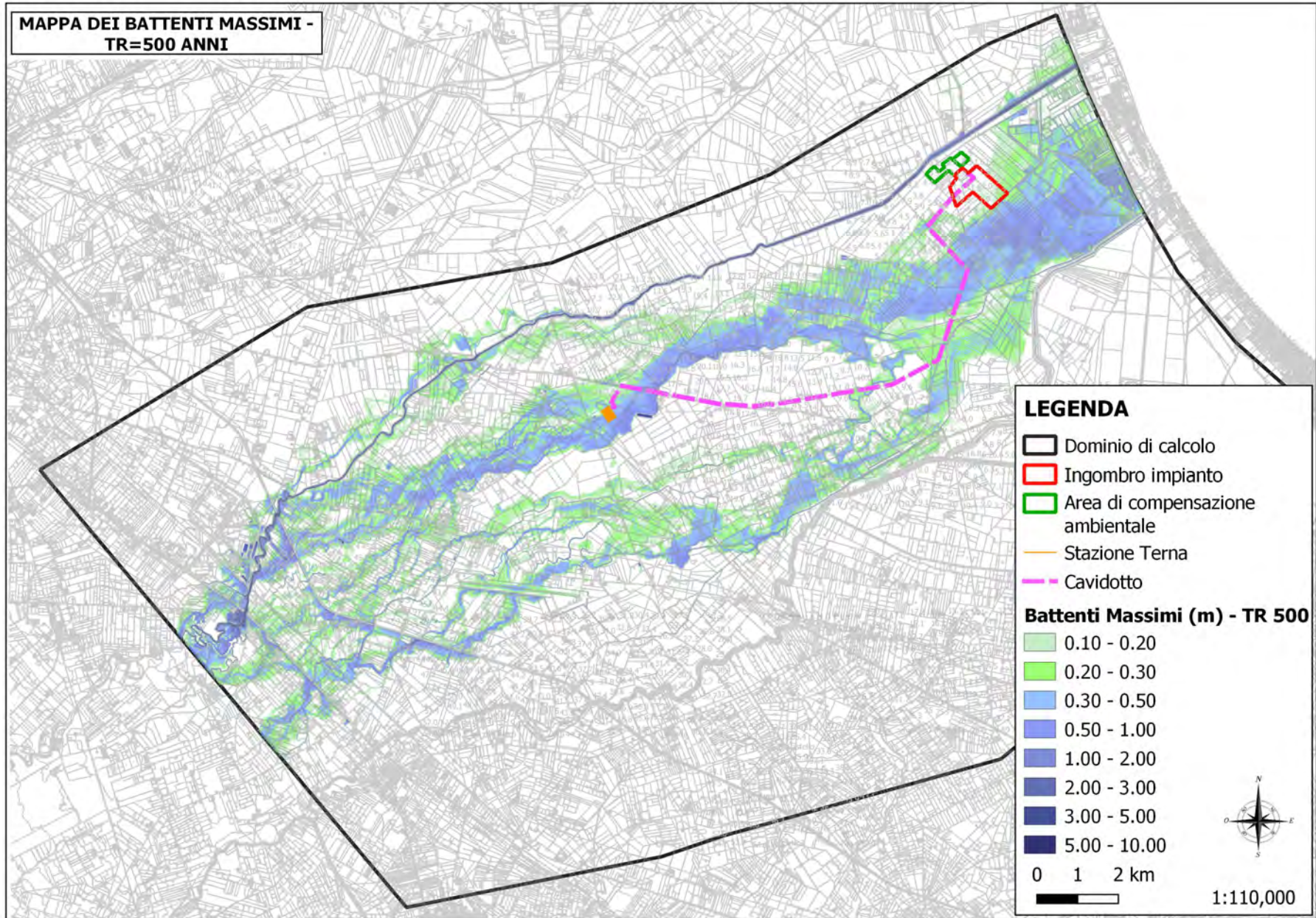


Fig. 53: Mappa dei battenti in metri per Tr = 500 anni (base CTR).

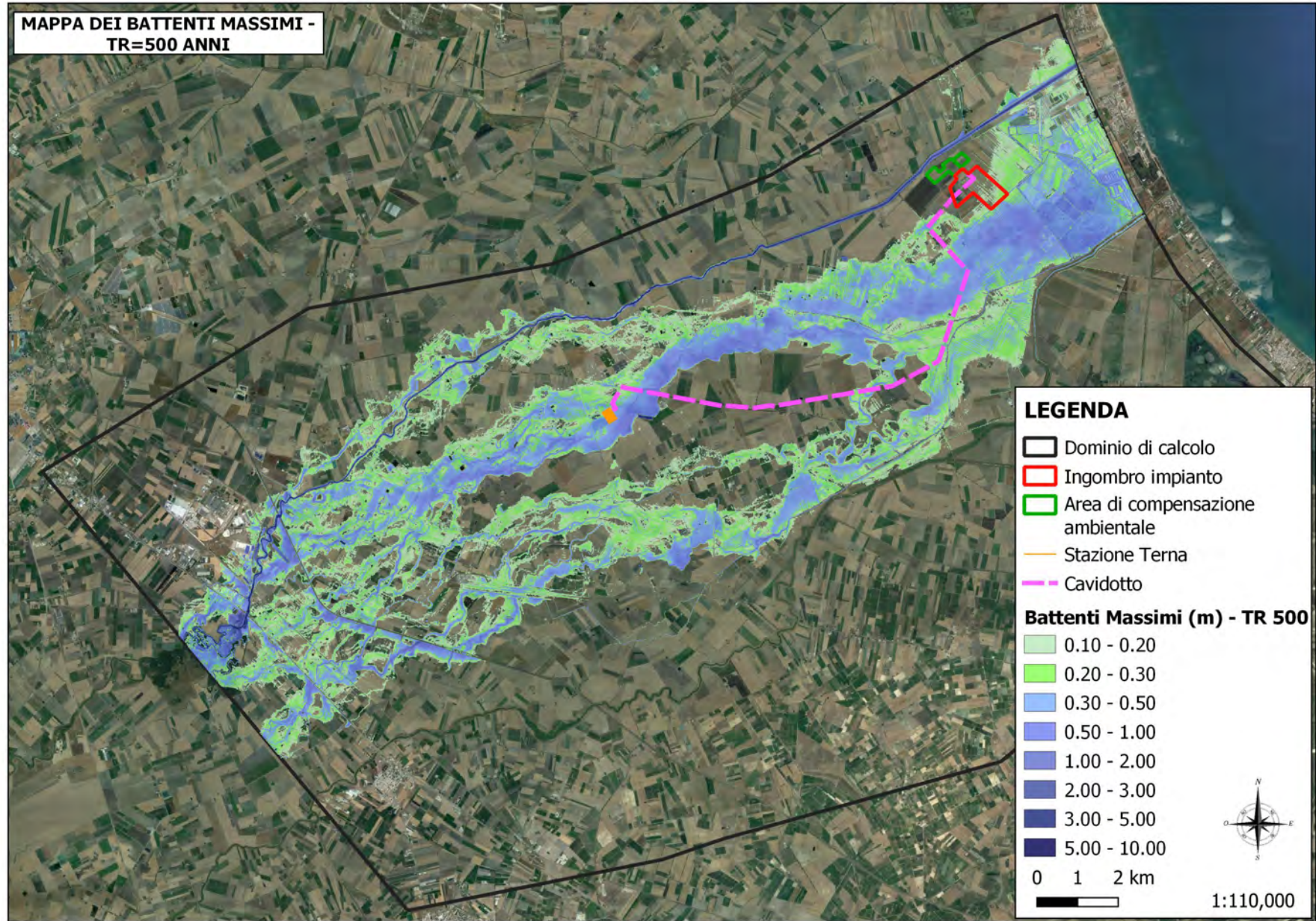


Fig. 54: Mappa dei battenti in metri per $Tr = 500$ anni (base ortofoto).

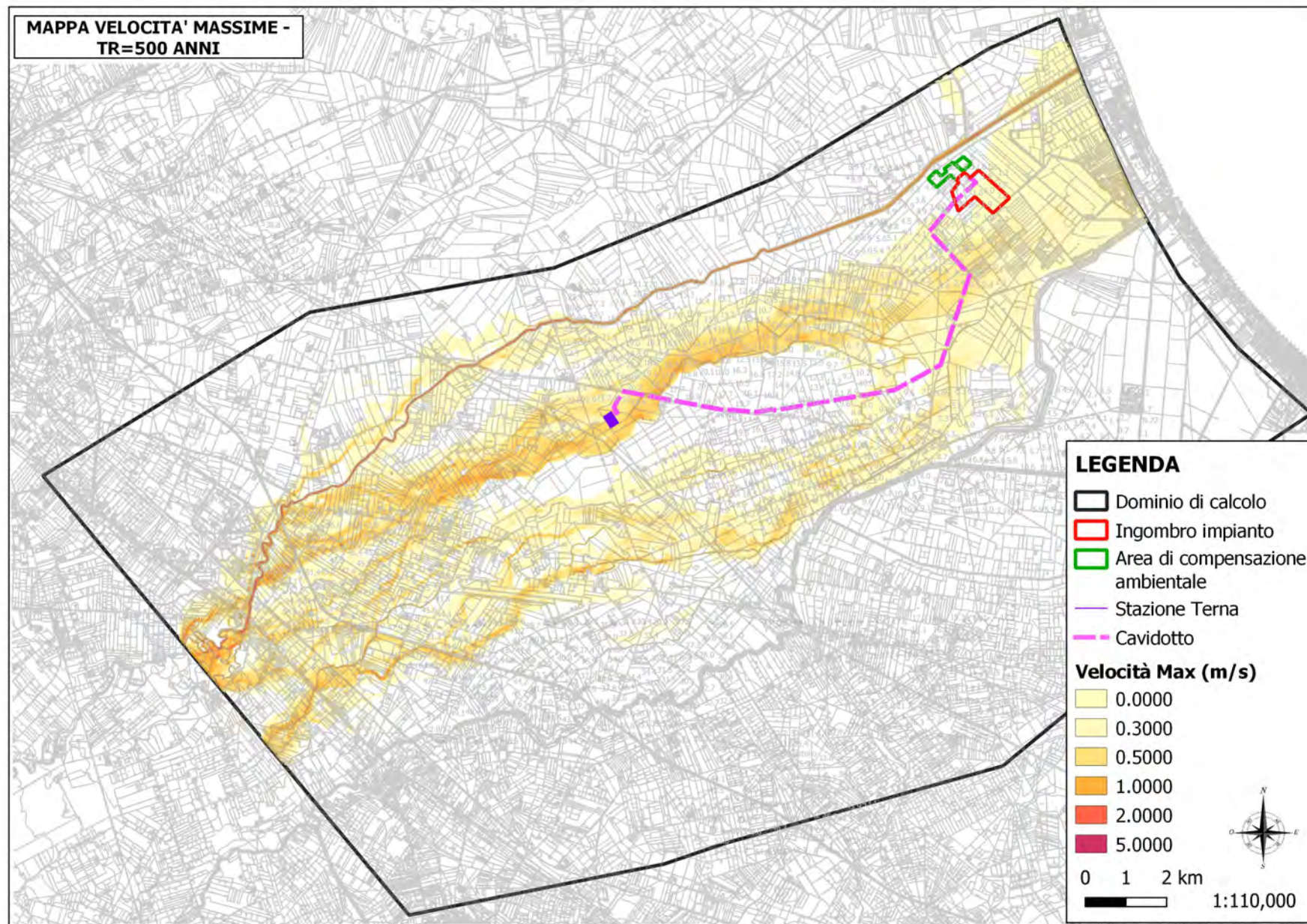


Fig. 55: Mappa delle velocità in m/s per $Tr = 500$ anni (base CTR).

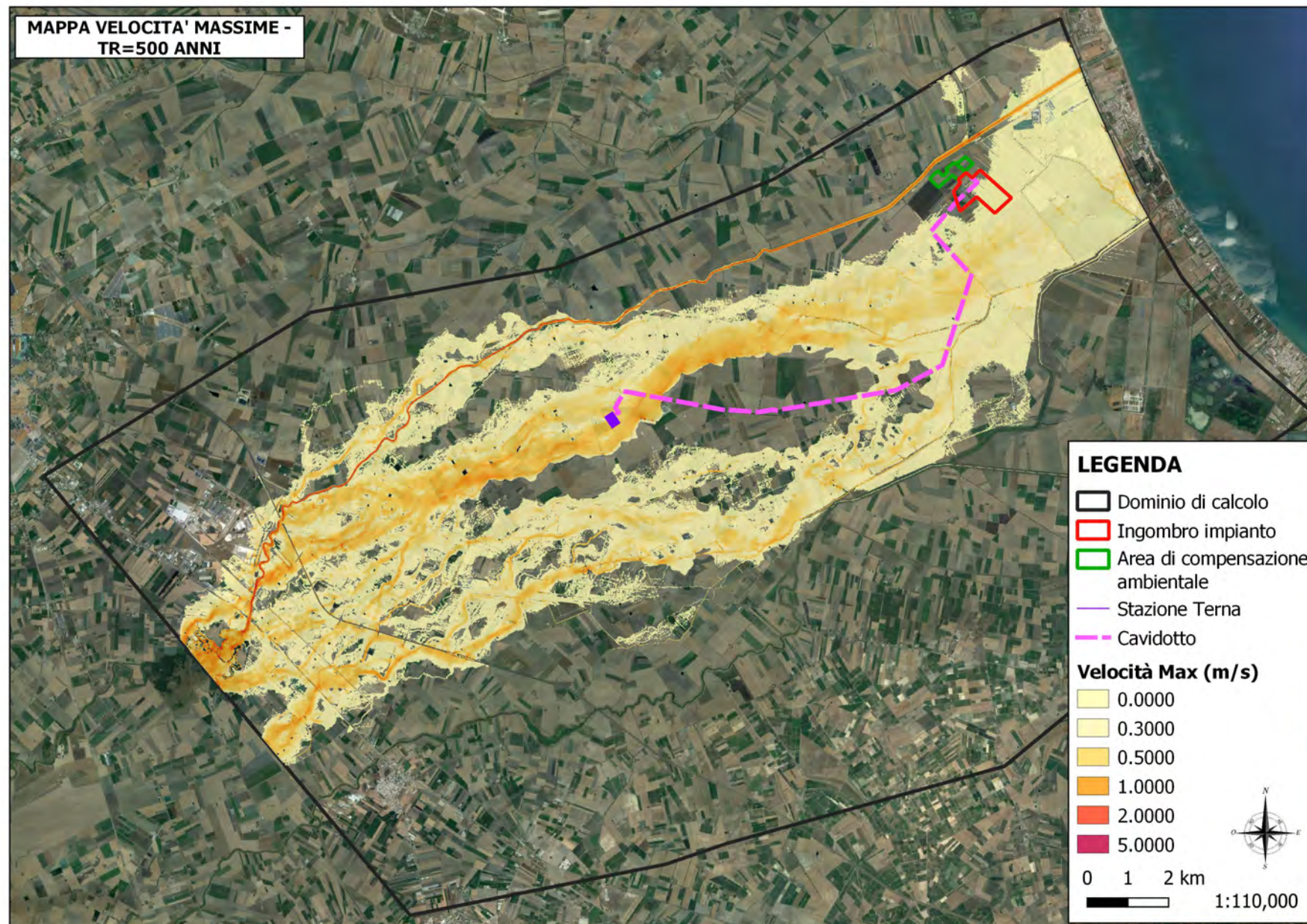


Fig. 56: Mappa delle velocità in m/s per $Tr = 500$ anni (base ortofoto).

Al termine della modellazione numerica sono state effettuate alcune considerazioni nei riguardi dei battenti che si instaurano a seguito dell'allagamento per lo scenario duecentennale. In particolare sono state tracciate alcune sezioni all'interno dell'area di interesse in modo tale da confrontare i livelli topografici nell'area di intervento con i battenti che si generano a seguito dell'allagamento.

In Fig. 57 è riportata la planimetria dell'allagamento estratta dal software HEC-RAS in cui figura la sezione A-A' (line gialla) tracciata in corrispondenza del posizionamento del lotto di interesse, mentre nelle Figg. 58 è riportato il profilo della sezione con il relativo livello idrico. Nello specifico è possibile apprezzare il profilo topografico del terreno espresso in m.s.l.m. ed il relativo profilo relativo all'allagamento.

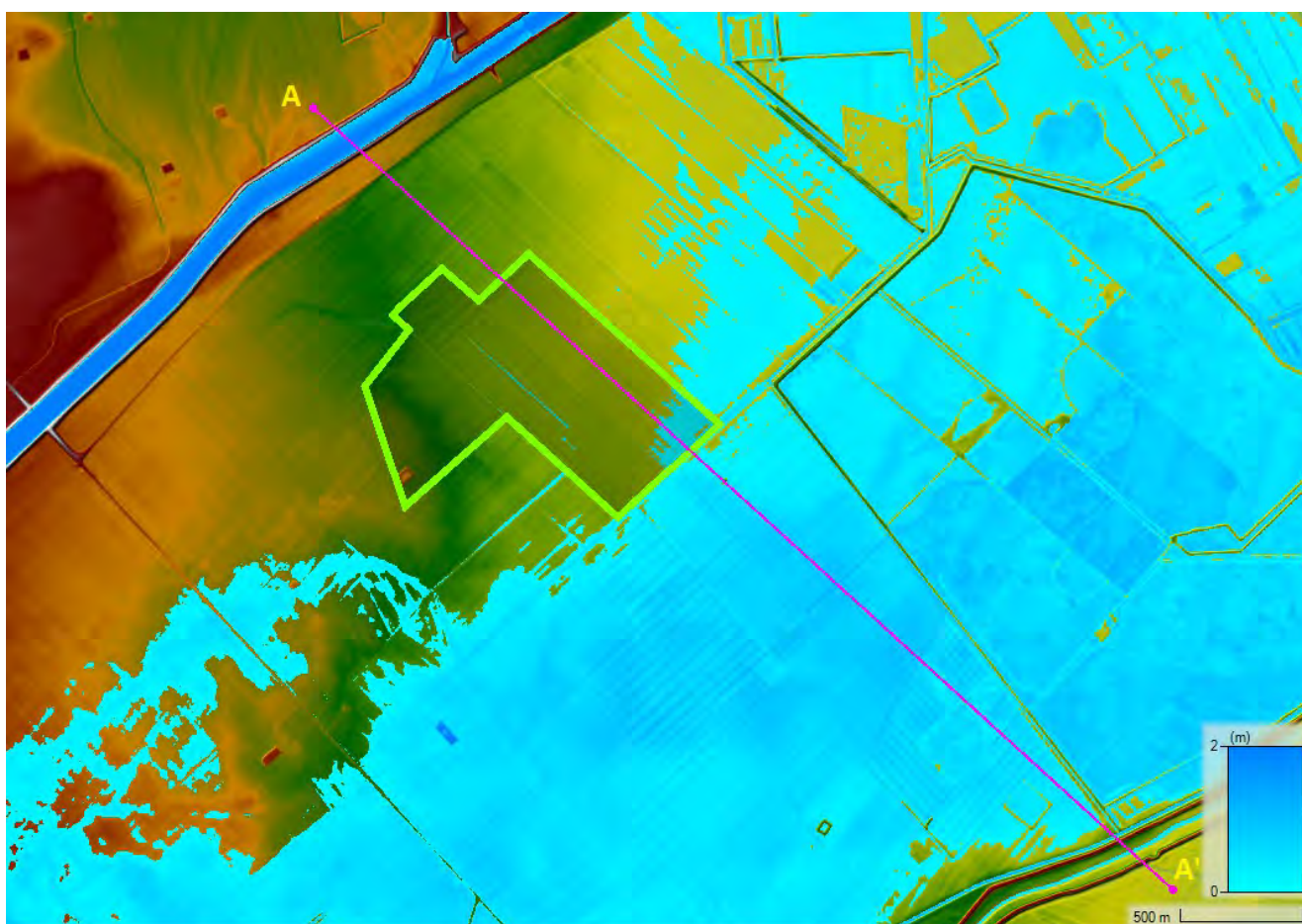


Fig. 57: Planimetria allagamento Stato attuale estratto dal software HEC-RAS e traccia sezione AA' in corrispondenza dell'area su cui realizzare l'impianto in progetto – TR 200 anni

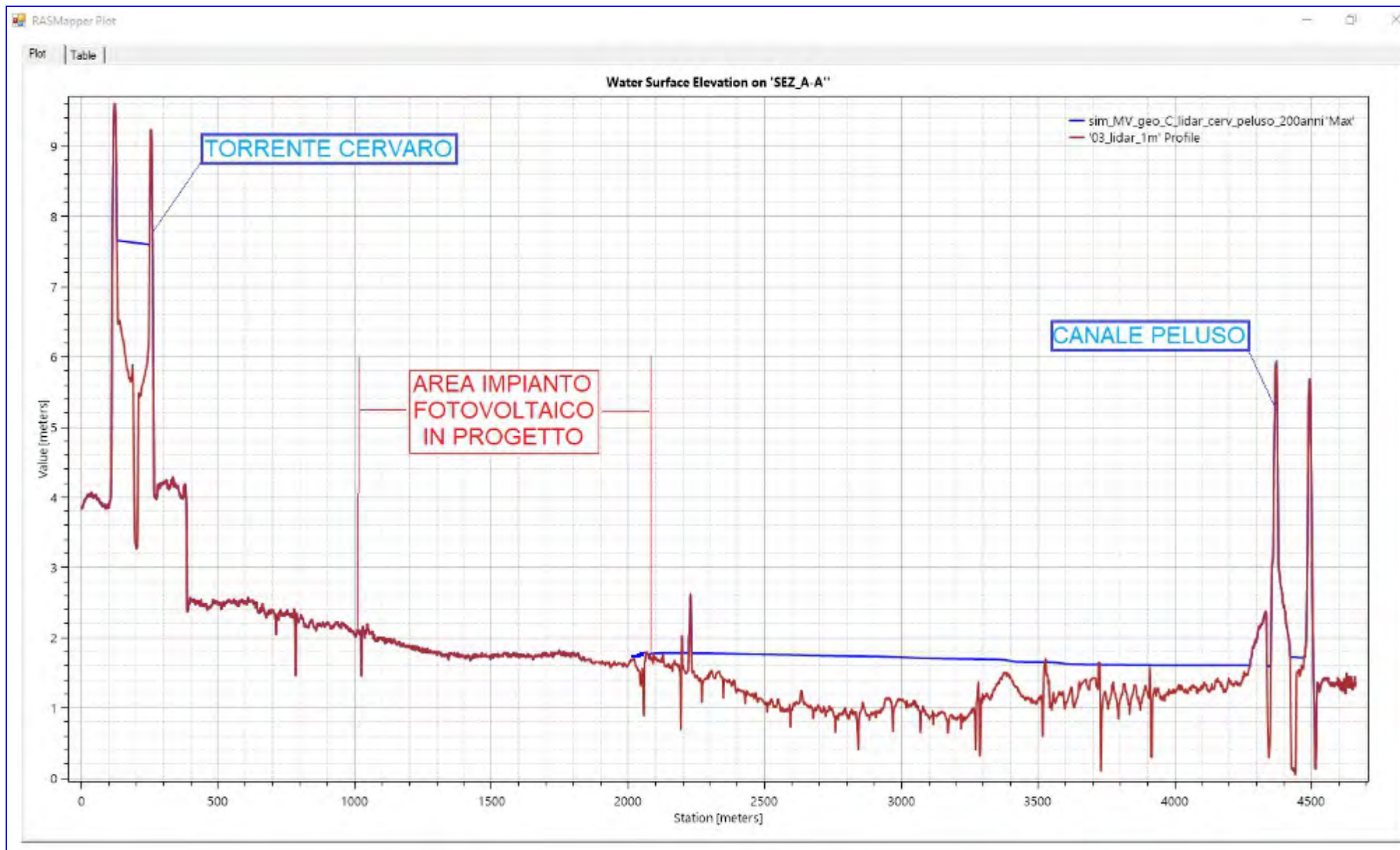


Fig. 58: Sezione A-A' con livelli di allagamento in corrispondenza dell'area di interesse – STATO ATTUALE

3.3.2 – Descrizione degli interventi in progetto

I terreni nei quali verranno realizzati gli impianti fotovoltaici in progetto sono ubicati nel Comune di Manfredonia (FG) e comprendono un lotto di estensione pari a circa 70 ha. Dall'esame delle classi di uso del suolo si può notare come il territorio nel dominio di calcolo sia sfruttato quasi esclusivamente ad uso agricolo, con la presenza prevalente di seminativi semplici in aree irrigue per una percentuale di circa il 74%, di vigneti per circa il 9%, mentre circa il 4.6% del territorio è costituito da seminativi semplici in aree non irrigue. L'area urbanizzata all'interno del dominio di calcolo nel complesso comprende una percentuale ridotta e inferiore al 4% del territorio totale mentre la restante parte del territorio è utilizzata prevalentemente a scopi irrigui, con presenze aree a pascolo naturale frutteti e uliveti.

3.3.2.1 – Descrizione degli interventi relativi all'impianto fotovoltaico

Nell'ambito della realizzazione degli impianti fotovoltaici è prevista l'installazione di batterie di pannelli e di una serie di cabine di trasformazione oltre che dei cavi per il trasporto della corrente alla sottostazione elettrica Terna. In particolare il passaggio del cavidotto in corrispondenza delle aree allagabili e delle interferenze riscontrate avverrà mediante tecnica di Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) le cui fasi di funzionamento sono riassunte brevemente nella Fig.60.

Il progetto in particolare per le batterie di pannelli prevede l'adozione di tecnologie ad inseguimento monoassiale che permettono nel contempo di aumentare significativamente la redditività degli impianti e di ridurre l'impatto visivo degli stessi, avendo altezze inferiori.

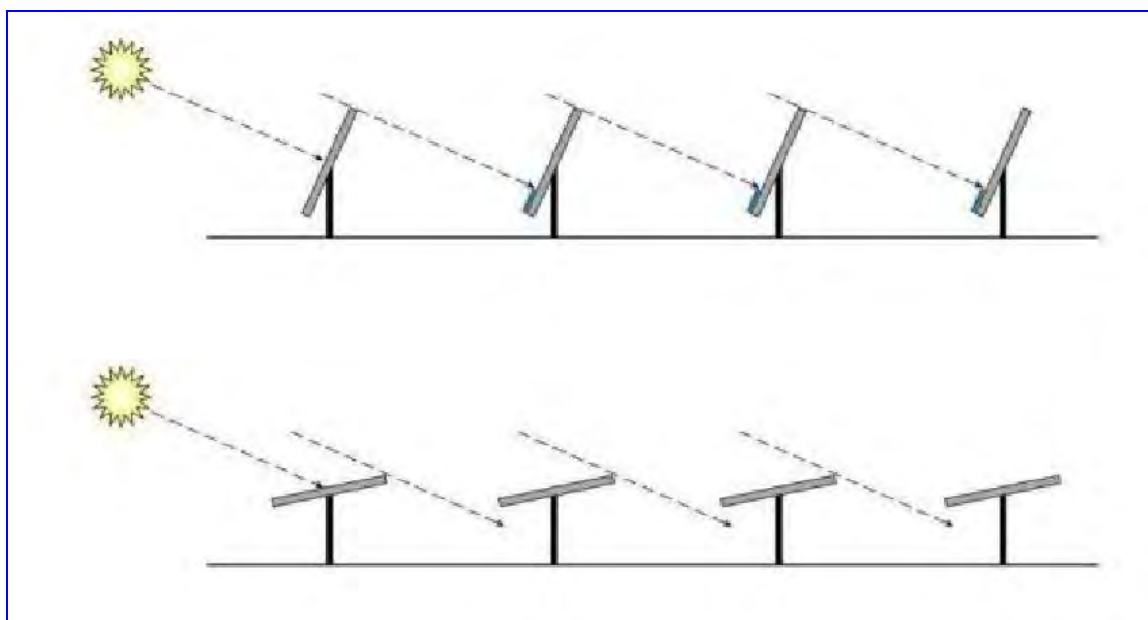


Fig. 59: Schema installazione batterie di pannelli fotovoltaici.

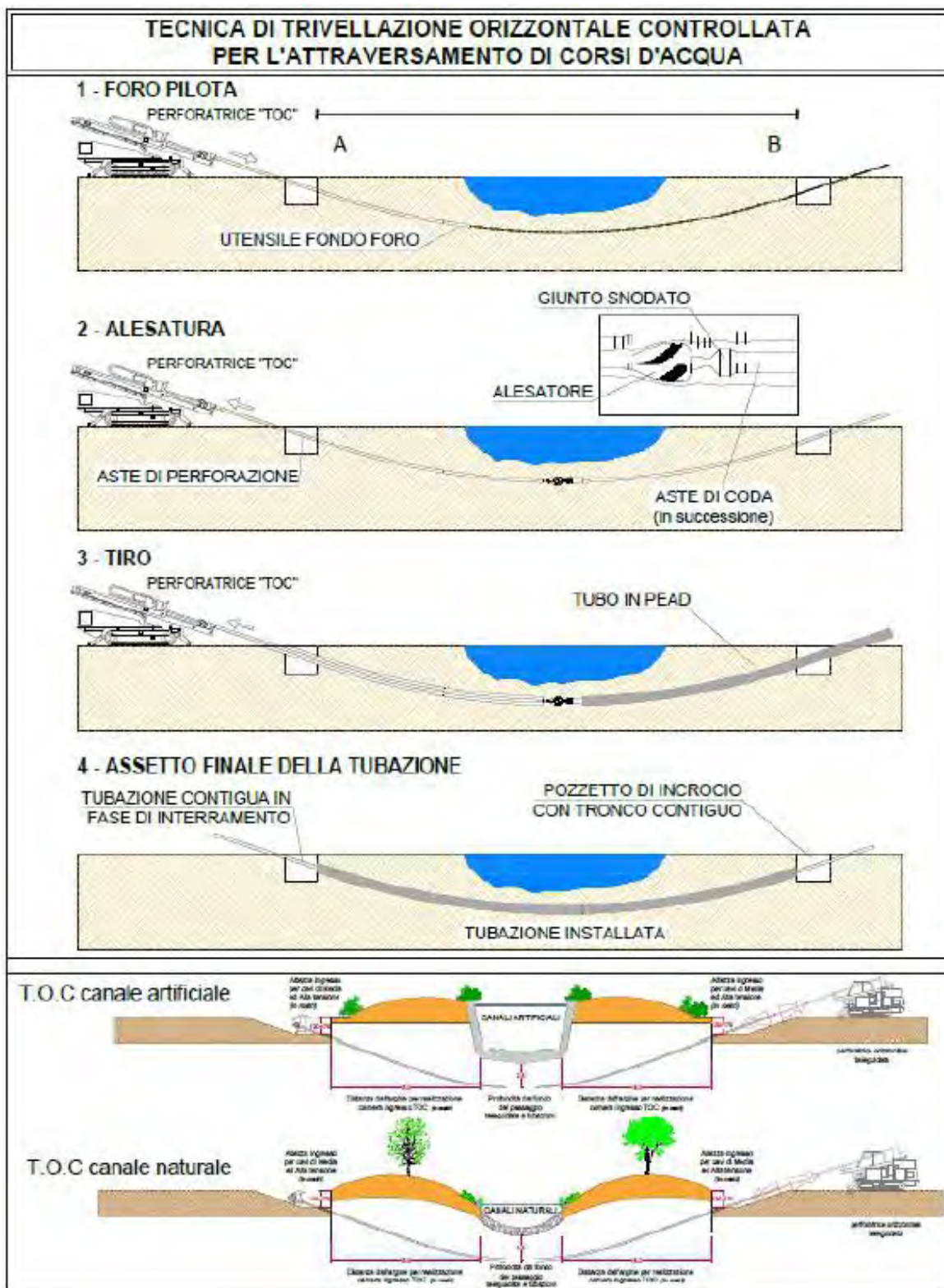


Fig. 60: Fasi principali della tecnica di Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)

3.3.2.1 – Descrizione degli interventi di compensazione ambientale

L'intervento di compensazione previsto, andando ben oltre la semplice mitigazione dell'opera, si propone quale apri fila di quegli interventi previsti dal Piano Paesaggistico Territoriale Regionale in materia di pianificazione territoriale. Si intende realizzare un'intervento che, garantendo un continuum con la flora caratteristica della zona, rappresenti una sotto-rete ecologica interconnessa direttamente a quella costituita dal Torrente Cervaro. L'intervento verrà strutturato quindi secondo quelle che sono le componenti proprie di una rete ecologica, e rappresenterà un punto di continuità con la flora propria del corridoio ecologico del torrente Cervaro andando ad amplificare la naturalità dell'area ed al tempo stesso garantendo riparo alla fauna presente nell'area.

Il progetto, in applicazione di quanto previsto dalle azioni indicate dallo studio di fattibilità prevede una serie di interventi volti ad aumentare la naturalità e la connettività degli ambienti naturali del territorio al fine di facilitare lo spostamento e la diffusione delle specie. L'intervento pertanto prevede la possibilità di creare nuovi habitat per le specie che utilizzano le aree forestali come aree di passaggio (passage species) per muoversi fra frammenti idonei in periodi relativamente brevi come ad esempio per movimenti giornalieri, migrazioni stagionali, fasi di dispersione giovanili. Per specie più lente le aree di connessione con creazione di nuove aree boscate possono essere idonee per attività trofiche e di rifugio. La creazione di filari e siepi, permette la creazione di habitat ecotonali che spezzano la matrice territoriale di origine antropica (cerealcolture, coltivazioni ortive, ecc.) e favoriscono l'utilizzo di queste da parte di specie che sfruttano l'effetto margine di aree forestali. Molto importante risulta la realizzazione di aree umide temporanee e permanenti che possono essere utilizzate da specie molto mobili come ad esempio gli uccelli (stepping stones) e possono anche fornire nuovi habitat trofici e riproduttivi per specie acquatiche come gli anfibi.

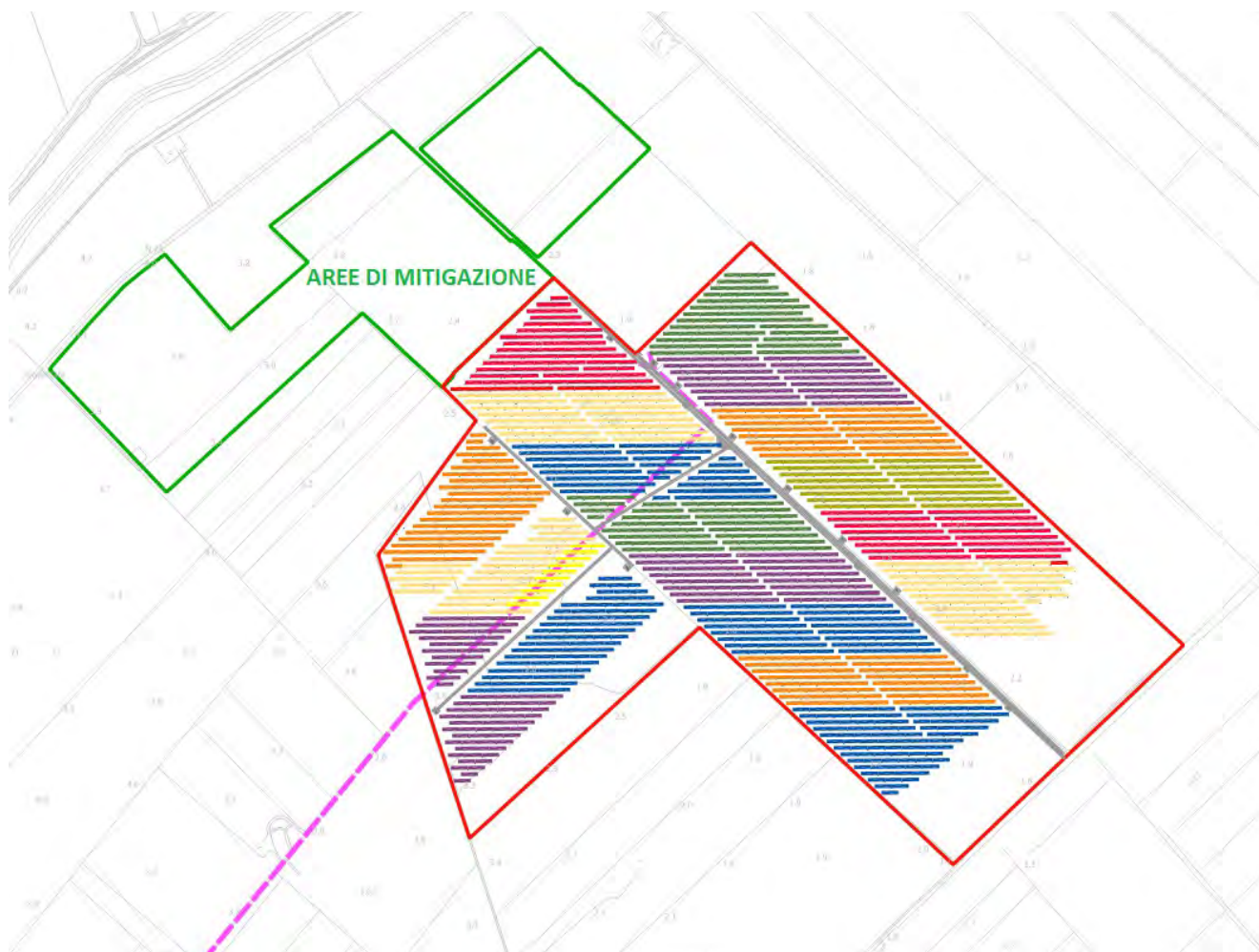


Fig. 61: Planimetria generale con individuazione delle aree di compensazione ambientale



Fig. 62: Esempio di area di accumulo prevista come misura di di compensazione ambientale– vista dall'alto



Fig. 63: Esempio di area di accumulo prevista come misura di di compensazione ambientale – aumento della naturalità dei territori



Fig. 64: Corridoi ecologici

3.3.3 – Verifiche idrauliche dello stato post-operam

In tale fase di verifica è stato necessario accertare che:

- I. gli interventi previsti siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in maniera tale che non subiscano danni in caso che la zona si allaghi;
- II. la realizzazione degli interventi previsti non provochi comunque un aumento del rischio idraulico per i territori adiacenti.

Siccome l'intervento in progetto sarà realizzato osservando le seguenti indicazioni:

- le attrezzature elettroniche e il punto di aggancio dei moduli fotovoltaici sulle strutture deve essere posizionato almeno 1 metro dal livello idrico massimo relativo alla modellazione con tempo di ritorno pari a 200 anni;
- i manufatti e le cabine elettriche devono essere realizzati su strutture poggiate su pali che non devono interferire con il libero deflusso delle acque per cui la quota d'intradosso deve essere posta almeno 1.00 m sopra il livello idrico massimo relativo alla modellazione con tempo di ritorno pari a 200 anni;

Con riferimento al punto II nell'ambito della realizzazione dell'impianto fotovoltaico è prevista l'occupazione di una superficie di circa 70 ha. In particolare la superficie sarà interessata dall'installazione di batterie di pannelli e di una serie di cabine di trasformazione oltre che dei cavi per il trasporto della corrente, saranno inoltre lasciate libere le viabilità interne necessarie per l'installazione e la manutenzione dell'impianto.

La tipologia delle batterie di pannelli fotovoltaici previste, caratterizzati da una certa distanza tra le varie batterie, permette peraltro di affermare che l'installazione dei pannelli non costituisca consumo di suolo in quanto non viene sottratta allo stesso superficie permeabile. In questo caso infatti l'acqua piovana intercettata dai pannelli non tende a concentrarsi sui pannelli stessi, come farebbe invece sulla falda di un tetto di un edificio di grandi o medie dimensioni, ma ricade subito sul suolo posto al di sotto dei pannelli stessi. Le caratteristiche del suolo al di sotto dei pannelli non vengono in alcun modo alterate per cui permane la permeabilità originaria della zona.

Considerato inoltre che:

- sia le batterie di pannelli che le cabine di trasformazione verranno installate su pali e poste a quota tale da non interferire con il libero deflusso delle acque;
- la realizzazione delle recinzioni avverrà comunque utilizzando reti e grigliati completamente permeabili e la base di tali recinzioni sarà posta ad almeno 20 cm al di sopra del piano campagna.

non si è ritenuto necessario effettuare la modellazione idraulica dello stato di progetto poiché l'intervento non altera in alcun modo lo stato dei luoghi e le condizioni di rischio idraulico delle aree interessate, pertanto l'allagamento che risulterebbe dallo stato di progetto coinciderebbe con l'allagamento generato dalle condizioni dello stato attuale. A tal proposito, per meglio comprendere gli

effetti della realizzazione dell'impianto fotovoltaico, nei riguardi degli allagamenti che si instaurano per TR 200 anni, di riporta il dettaglio dei risultati ottenuti dalla modellazione idraulica dello stato attuale con la sovrapposizione dello schema di installazione dei pannelli fotovoltaici. Come emerge esaminando la figura, non si ha una interferenza tra gli allagamenti e i moduli fotovoltaici.

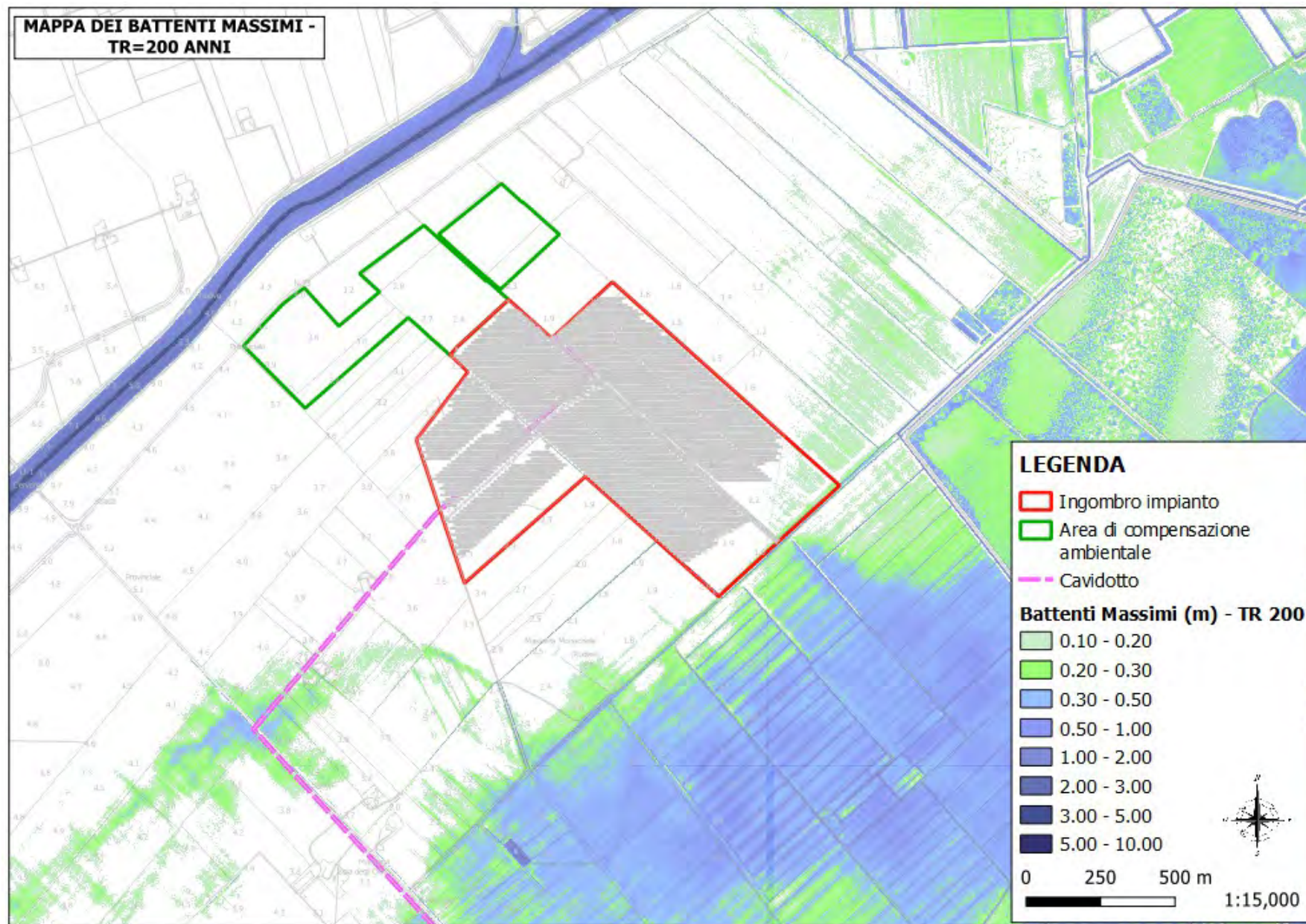


Fig. 65: Dettaglio allagamenti espressi in battenti per TR200 con sovrapposizione pannelli fotovoltaici

4 – Proposta di ripermetrazione della pericolosità idraulica

Alla luce di quanto emerso dalle simulazioni idrauliche condotte con riferimento ai tre tempi di ritorno, si è provveduto a riportare i risultati ottenuti in un sistema informativo territoriale che ha permesso di delimitare le aree allagabili con maggiore accuratezza. È stata quindi ottenuta la perimetrazione della pericolosità idraulica come portato nella Fig. 66.

In particolare, così come le Norme di Attuazione del PAI Puglia prevedono, la perimetrazione è stata definita secondo le categorie di pericolosità, definite in tre livelli:

- aree ad Alta Pericolosità idraulica (AP) – TR 30 anni;
- aree a Media Pericolosità idraulica (MP) – TR 200 anni;
- aree a Bassa Pericolosità idraulica (BP) – TR 500 anni.

Alla luce dei risultati ottenuti dal modello idraulico, secondo quanto riportato nella proposta di perimetrazione della pericolosità idraulica proposta in , emerge che l'area di intervento ricade quasi totalmente in area a bassa pericolosità idraulica.

Sulla base delle verifiche idrauliche effettuate è stata quindi redatta la carta delle aree allagabili con i diversi tempi di ritorno e quindi della pericolosità idraulica, che viene presentata come proposta di modifica della Carta della Pericolosità Idraulica del PAI vigente. Come dimostrano i risultati delle modellazioni idrauliche bidimensionali condotte in regime di moto vario per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, emerge che quasi la totalità dell'area di interesse è assimilabile ad area a bassa pericolosità (BP) , vedi “Proposta di Ripermetrazione del PAI Pericolosità Idraulica” in Fig. 66.

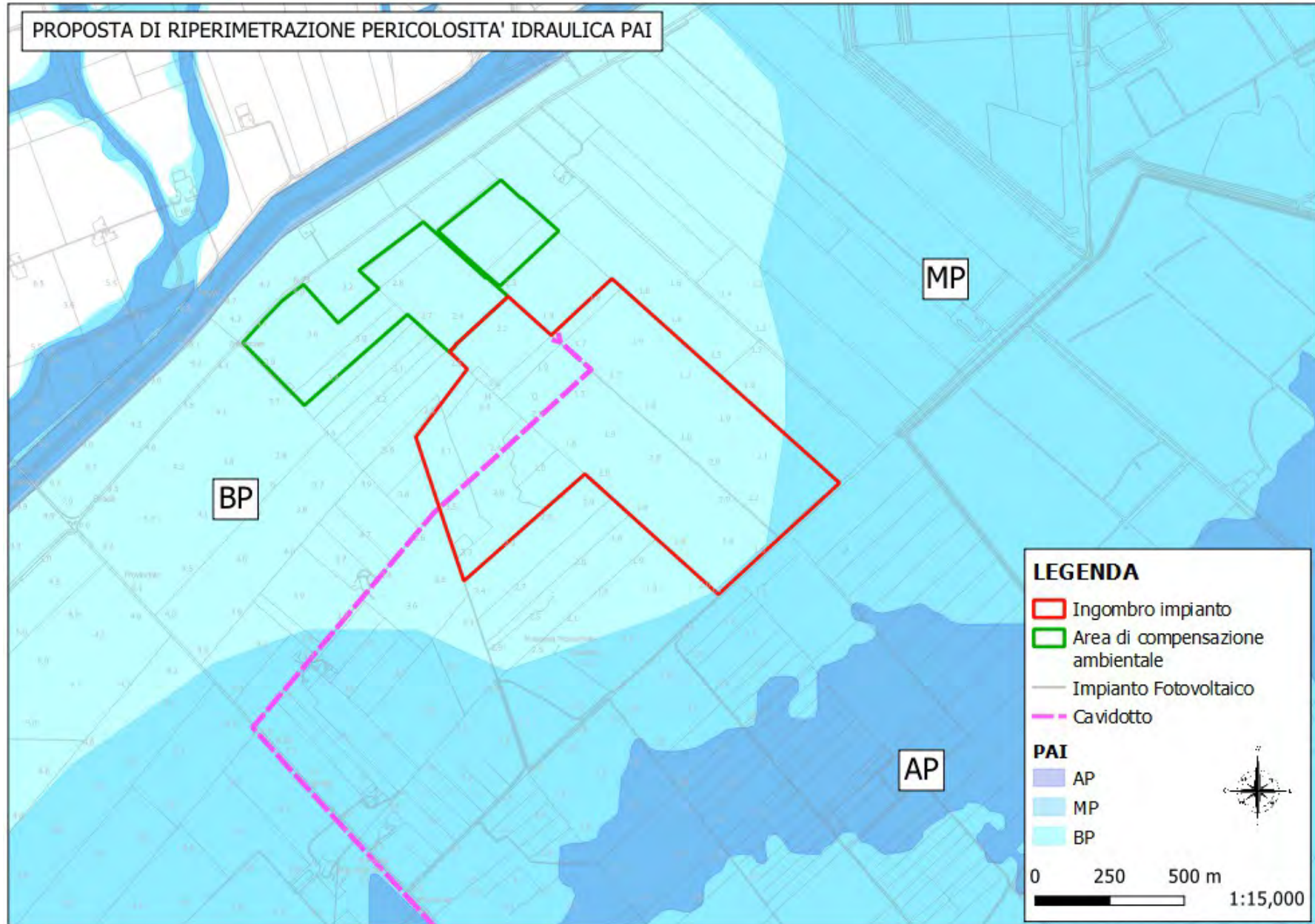


Fig. 66: Proposta di ripermetrazione della Pericolosità Idraulica PAI

5 – Conclusioni

Il presente documento contiene lo studio idrologico e l'analisi idraulica a corredo della richiesta di ripermetrazione dell'area soggetta a rischio idraulico nelle aree poste in corrispondenza dell'intervento di realizzazione dell'impianto fotovoltaico di proprietà della società "PARCO SOLARE MANFREDONIA SRL" in località situata in destra idraulica dell'asta terminale del Torrente Cervaro che scorre nella piana che si estende tra il comune di Manfredonia ed il comune di Zapponeta, la zona interessata dall'intervento ricade nel comune di Manfredonia, vedi Fig. 1.

La zona in cui ricade l'area d'intervento è delimitata morfologicamente dall'asta del Cervaro a nord e da quella del Carapelle a sud, entrambi i corsi d'acqua che scorrono pensili in questa zona sono caratterizzati da un'arginatura il cui coronamento è posto al di sopra del piano campagna di 4-5 m. La suddetta zona è drenata dal reticolo idraulico che afferisce al canale Peluso che sfocia nel mare Adriatico in prossimità della foce del Carapelle.

L'area in cui ricade l'intervento risulta perimetrata come area a Media Pericolosità (MP) dal Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) vedi Fig.2.

Il sottoscritto in passato ha già condotto uno studio di compatibilità idraulica per l'intervento in oggetto del quale il presente studio costituisce un aggiornamento ed approfondimento condotto con l'utilizzo di un modello di calcolo bidimensionale mediante il software HEC-RAS. L'utilizzo di tale modello si è reso possibile in particolare per la disponibilità dei dati topografici di dettaglio rilevati con tecnica lidar nell'ambito del PSTA del MATTM.

In passato la zona in cui ricade l'area d'intervento è stata interessata da eventi alluvionali derivanti sia dall'insufficienza del reticolo idraulico del canale Peluso sia all'esondazione delle acque dal torrente Cervaro.

Dalle indagini preliminari condotte risulta quindi che la pericolosità idraulica dell'area compresa tra i tratti terminali dei torrenti Cervaro e Peluso può essere indotta sia dall'insufficienza idraulica del reticolo del canale Peluso sia dall'esondazione delle acque del torrente Cervaro. Pertanto si è ritenuto opportuno condurre l'analisi del rischio idraulico considerando entrambe le problematiche sopra citate ed in maniera cautelativa di considerarne la loro sovrapposizione e quindi che i due fenomeni si verificano contemporaneamente.

Di seguito sono illustrate le fasi dello studio condotto consistenti in particolare in:

- studio idrologico del bacino del Torrente Cervaro e del canale Peluso per valutare gli idrogrammi di piena attesi con riferimento ai vari tempi di ritorno;
- modellazione idraulica con schema bidimensionale ed in regime di moto vario della zona compresa tra il Cervaro ed il Peluso per simulare la propagazione dei deflussi di piena con i vari tempi di ritorno sia con riferimento ai deflussi del canale Peluso sia alle acque che esondano dal Cervaro.

Lo scopo del presente studio è quello di valutare se il livello di rischio idraulico dell'area oggetto di intervento in caso di eventi di piena del Torrente Cervaro e del Canale Peluso è

compatibile con la realizzazione del parco fotovoltaico in progetto.

Per supportare la proposta di riclassificazione del PAI, il committente ha commissionato al sottoscritto l'aggiornamento dello studio idraulico in precedenza predisposto e finalizzato a una migliore definizione del rischio idraulico nella zona di suo interesse. A tale scopo è stato redatto il presente studio idraulico che, in accordo alle procedure previste nel Piano di Bacino, Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Puglia, prevede anche l'utilizzo di un modello idrodinamico bidimensionale per l'analisi del rischio idraulico nella zona con particolare riferimento ai battenti idrici ed alle velocità che si possono verificare con diversi tempi di ritorno nella zona per verificare se sono compatibili con la realizzazione del sopra citato impianto fotovoltaico.

Come in precedenza accennato, per la verifica dello stato di progetto è stato necessario accertare che:

- I. gli interventi previsti siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in maniera tale che non subiscano danni in caso che la zona si allaghi;
- II. la realizzazione degli interventi previsti non provochi comunque un aumento del rischio idraulico per i territori adiacenti.

Siccome l'intervento in progetto sarà realizzato osservando le seguenti indicazioni:

- le attrezzature elettroniche e il punto di aggancio dei moduli fotovoltaici sulle strutture deve essere posizionato almeno 1 metro dal livello idrico massimo relativo alla modellazione con tempo di ritorno pari a 200 anni;
- i manufatti e le cabine elettriche devono essere realizzati su strutture poggiate su pali che non devono interferire con il libero deflusso delle acque per cui la quota d'intradosso deve essere posta almeno 1.00 m sopra il livello idrico massimo relativo alla modellazione con tempo di ritorno pari a 200 anni;

Con riferimento al punto II nell'ambito della realizzazione dell'impianto fotovoltaico è prevista l'occupazione di una superficie di circa 70 ha. In particolare la superficie sarà interessata dall'installazione di batterie di pannelli e di una serie di cabine di trasformazione oltre che dei cavi per il trasporto della corrente, saranno inoltre lasciate libere le viabilità interne necessarie per l'installazione e la manutenzione dell'impianto.

La tipologia delle batterie di pannelli fotovoltaici previste, caratterizzati da una certa distanza tra le varie batterie, permette peraltro di affermare che l'installazione dei pannelli non costituisca consumo di suolo in quanto non viene sottratta allo stesso superficie permeabile. In questo caso infatti l'acqua piovana intercettata dai pannelli non tende a concentrarsi sui pannelli stessi, come farebbe invece sulla falda di un tetto di un edificio di grandi o medie dimensioni, ma ricade subito sul suolo posto al di sotto dei pannelli stessi. Le caratteristiche del suolo al di sotto dei pannelli non vengono in alcun modo alterate per cui permane la permeabilità originaria della zona.

Considerato inoltre che:

- sia le batterie di pannelli che le cabine di trasformazione verranno installate su pali e poste a

quota tale da non interferire con il libero deflusso delle acque;

- la realizzazione di eventuali recinzioni avverrà comunque utilizzando reti e grigliati completamente permeabili e la base di tali recinzioni sarà posta ad almeno 20 cm al di sopra del piano campagna;

non si è ritenuto necessario effettuare la modellazione idraulica dello stato di progetto poiché l'intervento non altera in alcun modo lo stato dei luoghi e le condizioni di rischio idraulico delle aree interessate, pertanto l'allagamento che risulterebbe dallo stato di progetto coinciderebbe con l'allagamento generato dalle condizioni dello stato attuale. Pertanto la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto non altera le condizioni di rischio idraulico presenti nella zona a patto che durante la fase realizzativa vengano rispettate integralmente le indicazioni progettuali sopra riportate.

Sulla base delle verifiche idrauliche effettuate è stata quindi redatta la carta delle aree allagabili con i diversi tempi di ritorno e quindi della pericolosità idraulica, che viene presentata come proposta di modifica della Carta della Pericolosità Idraulica del PAI vigente. Come dimostrano i risultati delle modellazioni idrauliche bidimensionali condotte in regime di moto vario per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, emerge che quasi la totalità dell'area di interesse è assimilabile ad area a bassa pericolosità (BP), vedi "Proposta di Ripermetrazione del PAI Pericolosità Idraulica" (All. F).

Catanzaro, Giugno 2023

Ing. Dario Tricoli



ALLEGATI

Allegato A - Torrente Cervaro Modellazione idrologica Report

Report da HEC-HMS - modello in XLS

MODELLO DI BACINO

separazione piogge : CN SCS

formazione piena : IUH Clark

propagazione piena : lag o Muskingum Cunge

by RUWA

STUDIO IDROLOGICO

RIEPILOGO DATI

MODELLO DI BACINO "cervaro_CN"

TABELLA SOTTOBACINI

Subbasin	Sup.(kmq)	Met. sep. piogge	% imper.	la(mm)	CN	Met. Formazione	Clark Tc	Clark Va
cervaro	775	SCS	0.0	10	80	Clark	5	25

Current as of 22 May 2008 at 16:39:53

RUWA srl

acqua territorio energia

Via Carlo Pisacane 25F

88100 - Catanzaro - ITALIA

tel/fax +39 096133381 - cel +39 3347090356

<http://www.ruwa.it/> - info@ruwa.it

Report da HEC-HMS - modello in XLS
RIEPILOGO RISULTATI SIMULAZIONE

by RUWA

STUDIO IDROLOGICO

RIEPILOGO RISULTATI

Simulazione : "TR_30_CN"

Descrizione : "Basin: cervaro_CN & Met: CPP_30_anni & Control: cond_controllo"

Modello di Bacino : "cervaro_CN"

Modello Meteo : "CPP_30_anni"

Condizioni Controllo : "cond_controllo"

Inizio simulazione : "01Jan2000, 00:00"

Fine simulazione : "04Jan2000, 00:00"

TABELLA SOTTOBACINI

Sottobacino	Area(kmq)	Hpioggia(mm)	Hperdite(mm)	Hnetta(mm)	Cdef	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax
cervaro	775	118.84	51.67	67.17	0.57	417.1	0.54	01Jan2000, 22:00

TABELLA GIUNZIONI

Giunzione	Area(kmq)	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax	Vdef(mm)
foce	775	417.1	0.54	01Jan2000, 22:00	60.73

Current as of 01Jan2000, 00:00 at 04Jan2000, 00:00

RUWA srl

acqua territorio energia

Via Carlo Pisacane 25F

88100 - Catanzaro - ITALIA

tel/fax +39 096133381 - cel +39 3347090356

http://www.ruwa.it/ - info@ruwa.it

Report da HEC-HMS - modello in XLS
RIEPILOGO RISULTATI SIMULAZIONE

by RUWA

STUDIO IDROLOGICO

RIEPILOGO RISULTATI

Simulazione : "TR_200_CN"

Descrizione : "Basin: cervaro_CN & Met: CPP_30_anni & Control: cond_controllo"

Modello di Bacino : "cervaro_CN"

Modello Meteo : "CPP_200_anni"

Condizioni Controllo : "cond_controllo"

Inizio simulazione : "01Jan2000, 00:00"

Fine simulazione : "04Jan2000, 00:00"

TABELLA SOTTOBACINI

Sottobacino	Area(kmq)	Hpioggia(mm)	Hperdite(mm)	Hnetta(mm)	Cdef	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax
cervaro	775	150.29	55.58	94.71	0.63	588.2	0.76	01Jan2000, 21:00

TABELLA GIUNZIONI

Giunzione	Area(kmq)	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax	Vdef(mm)
foce	775	588.2	0.76	01Jan2000, 21:00	85.71

Current as of 01Jan2000, 00:00 at 04Jan2000, 00:00

RUWA srl
acqua territorio energia

Via Carlo Pisacane 25F
88100 - Catanzaro - ITALIA
tel/fax +39 096133381 - cel +39 3347090356
<http://www.ruwa.it/> - info@ruwa.it

Report da HEC-HMS - modello in XLS
RIEPILOGO RISULTATI SIMULAZIONE

by **RUWA**

STUDIO IDROLOGICO

RIEPILOGO RISULTATI

Simulazione : "TR_500_CN"
Descrizione : "TR_500_anni_metodi_CN_IUH_clark"
Modello di Bacino : "cervaro_CN"
Modello Meteo : "CPP_500_anni"
Condizioni Controllo : "cond_controllo"
Inizio simulazione : "01Jan2000, 00:00"
Fine simulazione : "04Jan2000, 00:00"

TABELLA SOTTOBACINI

Sottobacino	Area(kmq)	Hpioggia(mm)	Hperdite(mm)	Hnetta(mm)	Cdef	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax
cervaro	775	170.94	57.56	113.38	0.66	705.2	0.91	01Jan2000, 21:00

TABELLA GIUNZIONI

Giunzione	Area(kmq)	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax	Vdef(mm)
foce	775	705.2	0.91	01Jan2000, 21:00	102.64

Current as of 01Jan2000, 00:00 at 04Jan2000, 00:00

RUWA srl
acqua territorio energia

Via Carlo Pisacane 25F
88100 - Catanzaro - ITALIA
tel/fax +39 096133381 - cel +39 3347090356
<http://www.ruwa.it/> - info@ruwa.it

Allegato B – Canale Peluso - Modellazione idrologica Report

Report da HEC-HMS - modello in XLS

MODELLO DI BACINO

separazione piogge : CN SCS

formazione piena : IUH SCS

propagazione piena : lag o Muskingum Cunge

by RUWA

STUDIO IDROLOGICO

RIEPILOGO DATI

MODELLO DI BACINO "canale_peluso"

TABELLA SOTTOBACINI

Subbasin	Sup.	Met. sep. piogge	% imper.	la	CN	Met. Formazione	SCS lag (mn)
Sb_I	1.3	SCS	0.0	65	SCS	70.8	
Sb_N	40	SCS	0.0	65	SCS	241.9	
Sb_M	3.7	SCS	0.0	65	SCS	79.1	
Sb_O	17.7	SCS	0.0	65	SCS	193.4	
Sb_L	5.4	SCS	0.0	65	SCS	96.9	
Sb_H	2.4	SCS	0.0	65	SCS	78.5	
Sb_G	3.6	SCS	0.0	65	SCS	95.1	
Sb_F	2.3	SCS	0.0	65	SCS	125.8	
Sb_E	28.7	SCS	0.0	65	SCS	294.1	
Sb_D	4.1	SCS	0.0	65	SCS	130.7	
Sb_C	7.2	SCS	0.0	65	SCS	146.6	
Sb_B	13.5	SCS	0.0	65	SCS	206.8	
Sb_A	13.3	SCS	0.0	65	SCS	342.1	
Sb_Z	29.2	SCS	0.0	65	SCS	360	

TABELLA TRONCHI - METODO PROPAGAZIONE RITARDO (LAG)

Reach	Met. prop.	Lag(mn)
Tronco_N_I	Lag	45.56
Tronco_M_I	Lag	23.33
Tronco_I_H	Lag	10.56
Tronco_O_L	Lag	25.56
Tronco_L_H	Lag	20
Tronco_H_G	Lag	10.56
Tronco_G_F	Lag	25.56
Tronco_F_B	Lag	50
Tronco_E_D	Lag	23.33
Tronco_D_C	Lag	20
Tronco_C_B	Lag	13.33
Tronco_B_A	Lag	13.33
Tronco_A_Z	Lag	62.22

Current as of 6 October 2010 at 16:21:01

RUWA srl
acqua territorio energia

Via Carlo Pisacane 25F
88100 - Catanzaro - ITALIA
tel/fax +39 096133381 - cel +39 3347090356
<http://www.ruwa.it/> - info@ruwa.it

Report da HEC-HMS - modello in XLS
RIEPILOGO RISULTATI SIMULAZIONE

by RUWA

STUDIO IDROLOGICO

RIEPILOGO RISULTATI

Simulazione:

Descrizione:

Modello di Bacino : canale_peluso_mod_1

Modello Meteo : CPP_TR_030

Condizioni Controllo : Controllo

Inizio simulazione : 30Nov2000, 24:00

Fine simulazione : 02Dec2000, 12:00

Data e ora simulazione : 06Oct2010, 18:22:38

TABELLA SOTTOBACINI

Sottobacino	Area(kmq)	Hpioggia(mm)	Hperdite(mm)	Hnetta(mm)	Cdef	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax
Sb_N	40	67	61.6	5.4	8E-02	14.5	0.36	01Dec2000, 06:30
Sb_M	3.7	67	61.6	5.4	8E-02	2.4	0.64	01Dec2000, 04:15
Sb_O	17.7	67	61.6	5.4	8E-02	7.3	0.41	01Dec2000, 06:00
Sb_L	5.4	67	61.6	5.4	8E-02	3.1	0.57	01Dec2000, 04:30
Sb_H	2.4	67	61.6	5.4	8E-02	1.5	0.62	01Dec2000, 04:15
Sb_G	3.6	67	61.6	5.4	8E-02	2.1	0.58	01Dec2000, 04:30
Sb_F	2.3	67	61.6	5.4	8E-02	1.2	0.52	01Dec2000, 05:00
Sb_E	28.7	67	61.6	5.4	8E-02	9.1	0.31	01Dec2000, 07:15
Sb_D	4.1	67	61.6	5.4	8E-02	2.1	0.51	01Dec2000, 05:00
Sb_C	7.2	67	61.6	5.4	8E-02	3.4	0.47	01Dec2000, 05:15
Sb_B	13.5	67	61.6	5.4	8E-02	5.3	0.39	01Dec2000, 06:15
Sb_A	13.3	67	61.6	5.4	8E-02	3.8	0.28	01Dec2000, 07:30
Sb_Z	29.2	67	61.6	5.4	8E-02	8	0.27	01Dec2000, 07:45
Sb_I	1.3	68.8	62.8	5.9	8E-02	1	0.76	01Dec2000, 04:15

TABELLA GIUNZIONI

Giunzione	Area(kmq)	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax	Vdef(mm)
N	40	14.5	0.36	01Dec2000, 06:30	5.4
M	3.7	2.4	0.64	01Dec2000, 04:15	5.4
I	43.7	15.1	0.34	01Dec2000, 07:15	5.4
O	17.7	7.3	0.41	01Dec2000, 06:00	5.4
L	23.1	9	0.38	01Dec2000, 06:15	5.4
H	69.2	23.7	0.34	01Dec2000, 07:00	5.4
G	72.8	24.2	0.33	01Dec2000, 07:00	5.4
F	75.1	24.5	0.32	01Dec2000, 07:30	5.4
E	28.7	9.1	0.31	01Dec2000, 07:15	5.4
D	32.8	9.9	0.3	01Dec2000, 07:15	5.4
C	40	11.5	0.28	01Dec2000, 07:00	5.4
B	128.6	38.2	0.29	01Dec2000, 08:00	5.4
A	141.9	42	0.29	01Dec2000, 08:00	5.4
Chiusura_Z	171.1	48.7	0.28	01Dec2000, 09:00	5.4

TABELLA TRONCHI

Tronco	Area(kmq)	Qmax_in(mc/s)	T Qmax_in	Qmax_out(mc/s)	T Qmax_out	C_lam
Tronco_N_I	40	14.5	01Dec2000, 07:15	14.5	01Dec2000, 06:30	1
Tronco_M_I	3.7	2.4	01Dec2000, 04:45	2.4	01Dec2000, 04:15	1
Tronco_I_H	43.7	15.1	01Dec2000, 07:15	15.1	01Dec2000, 07:15	1
Tronco_O_L	17.7	7.2	01Dec2000, 06:30	7.3	01Dec2000, 06:00	1.01
Tronco_L_H	23.1	9	01Dec2000, 06:30	9	01Dec2000, 06:15	1
Tronco_H_G	69.2	23.6	01Dec2000, 07:00	23.7	01Dec2000, 07:00	1
Tronco_G_F	72.8	24.2	01Dec2000, 07:30	24.2	01Dec2000, 07:00	1
Tronco_F_B	75.1	24.5	01Dec2000, 08:15	24.5	01Dec2000, 07:30	1
Tronco_E_D	28.7	9.1	01Dec2000, 07:30	9.1	01Dec2000, 07:15	1
Tronco_D_C	32.8	9.9	01Dec2000, 07:30	9.9	01Dec2000, 07:15	1
Tronco_C_B	40	11.5	01Dec2000, 07:15	11.5	01Dec2000, 07:00	1
Tronco_B_A	128.6	38.2	01Dec2000, 08:00	38.2	01Dec2000, 08:00	1
Tronco_A_Z	141.9	41.9	01Dec2000, 09:00	42	01Dec2000, 08:00	1

Current as of 01Jan2000, 00:00 at 02Jan2000, 00:00

RUWA srl
acqua territorio energia

Via Carlo Pisacane 25F
88100 - Catanzaro - ITALIA
tel/fax +39 096133381 - cel +39 3347090356
http://www.ruwa.it/ - info@ruwa.it

Report da HEC-HMS - modello in XLS
RIEPILOGO RISULTATI SIMULAZIONE

by RUWA

STUDIO IDROLOGICO

RIEPILOGO RISULTATI

Simulazione:

Descrizione:

Modello di Bacino : canale_peluso_mod_1

Modello Meteo : CPP_TR_200

Condizioni Controllo : Controllo

Inizio simulazione : 30Nov2000, 24:00

Fine simulazione : 02Dec2000, 12:00

Data e ora simulazione : 06Oct2010, 18:46:35

TABELLA SOTTOBACINI

Sottobacino	Area(kmq)	Hpioggia(mm)	Hperdite(mm)	Hnetta(mm)	Cdef	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax
Sb_N	40	93.4	77.9	15.5	0.16	41.7	1.04	01Dec2000, 06:15
Sb_M	3.7	93.4	77.9	15.5	0.16	7.6	2.05	01Dec2000, 04:15
Sb_O	17.7	93.4	77.9	15.5	0.16	21.2	1.19	01Dec2000, 05:45
Sb_L	5.4	93.4	77.9	15.5	0.16	9.8	1.81	01Dec2000, 04:30
Sb_H	2.4	93.4	77.9	15.5	0.16	5	2.08	01Dec2000, 04:15
Sb_G	3.6	93.4	77.9	15.5	0.16	6.6	1.83	01Dec2000, 04:30
Sb_F	2.3	93.4	77.9	15.5	0.16	3.6	1.56	01Dec2000, 04:45
Sb_E	28.7	93.4	77.9	15.5	0.16	26.1	0.9	01Dec2000, 06:45
Sb_D	4.1	93.4	77.9	15.5	0.16	6.2	1.51	01Dec2000, 04:45
Sb_C	7.2	93.4	77.9	15.5	0.16	10.3	1.43	01Dec2000, 05:00
Sb_B	13.5	93.4	77.9	15.5	0.16	15.5	1.14	01Dec2000, 05:45
Sb_A	13.3	93.4	77.9	15.5	0.16	10.8	0.81	01Dec2000, 07:15
Sb_Z	29.2	93.4	77.9	15.5	0.16	22.9	0.78	01Dec2000, 07:30
Sb_I	1.3	95.8	79.2	16.6	0.17	3.1	2.38	01Dec2000, 04:00

TABELLA GIUNZIONI

Giunzione	Area(kmq)	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax	Vdef(mm)
N	40	41.7	1.04	01Dec2000, 06:15	15.5
M	3.7	7.6	2.05	01Dec2000, 04:15	15.5
I	43.7	43.6	0.99	01Dec2000, 07:00	15.5
O	17.7	21.2	1.19	01Dec2000, 05:45	15.5
L	23.1	25.9	1.12	01Dec2000, 06:00	15.5
H	69.2	68.1	0.98	01Dec2000, 06:45	15.5
G	72.8	69.7	0.95	01Dec2000, 06:45	15.5
F	75.1	70.6	0.94	01Dec2000, 07:15	15.5
E	28.7	26.1	0.9	01Dec2000, 06:45	15.5
D	32.8	28.4	0.86	01Dec2000, 07:00	15.5
C	40	32.8	0.81	01Dec2000, 07:00	15.5
B	128.6	109.3	0.84	01Dec2000, 07:45	15.5
A	141.9	119.5	0.84	01Dec2000, 08:00	15.5
Chiusura_Z	171.1	138.7	0.81	01Dec2000, 08:45	15.5

TABELLA TRONCHI

Tronco	Area(kmq)	Qmax_in(mc/s)	T Qmax_in	Qmax_out(mc/s)	T Qmax_out	C_lam
Tronco_N_I	40	41.7	01Dec2000, 07:00	41.7	01Dec2000, 06:15	1
Tronco_M_I	3.7	7.4	01Dec2000, 04:30	7.6	01Dec2000, 04:15	1.02
Tronco_I_H	43.7	43.6	01Dec2000, 07:00	43.6	01Dec2000, 07:00	1
Tronco_O_L	17.7	21.2	01Dec2000, 06:00	21.2	01Dec2000, 05:45	1
Tronco_L_H	23.1	25.9	01Dec2000, 06:15	25.9	01Dec2000, 06:00	1
Tronco_H_G	69.2	67.8	01Dec2000, 06:45	68.1	01Dec2000, 06:45	1
Tronco_G_F	72.8	69.5	01Dec2000, 07:15	69.7	01Dec2000, 06:45	1
Tronco_F_B	75.1	70.4	01Dec2000, 08:00	70.6	01Dec2000, 07:15	1
Tronco_E_D	28.7	26.1	01Dec2000, 07:15	26.1	01Dec2000, 06:45	1
Tronco_D_C	32.8	28.3	01Dec2000, 07:15	28.4	01Dec2000, 07:00	1
Tronco_C_B	40	32.8	01Dec2000, 07:15	32.8	01Dec2000, 07:00	1
Tronco_B_A	128.6	109.1	01Dec2000, 08:00	109.3	01Dec2000, 07:45	1
Tronco_A_Z	141.9	119.5	01Dec2000, 09:00	119.5	01Dec2000, 08:00	1

Current as of 01Jan2000, 00:00 at 02Jan2000, 00:00

RUWA srl
acqua territorio energia

Via Carlo Pisacane 25F
88100 - Catanzaro - ITALIA
tel/fax +39 096133381 - cel +39 3347090356
http://www.ruwa.it/ - info@ruwa.it

Report da HEC-HMS - modello in XLS
RIEPILOGO RISULTATI SIMULAZIONE

by RUWA

STUDIO IDROLOGICO

RIEPILOGO RISULTATI

Simulazione:

Descrizione:

Modello di Bacino : canale_peluso_mod_1

Modello Meteo : CPP_TR_500

Condizioni Controllo : Controllo

Inizio simulazione : 30Nov2000, 24:00

Fine simulazione : 02Dec2000, 12:00

Data e ora simulazione : 06Oct2010, 18:22:44

TABELLA SOTTOBACINI

Sottobacino	Area(kmq)	Hpioggia(mm)	Hperdite(mm)	Hnetta(mm)	Cdef	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax
Sb_N	40	107.8	85.3	22.5	0.2	60.6	1.51	01Dec2000, 06:15
Sb_M	3.7	107.8	85.3	22.5	0.2	11.1	3	01Dec2000, 04:15
Sb_O	17.7	107.8	85.3	22.5	0.2	31	1.75	01Dec2000, 05:30
Sb_L	5.4	107.8	85.3	22.5	0.2	14.3	2.64	01Dec2000, 04:30
Sb_H	2.4	107.8	85.3	22.5	0.2	7.2	3	01Dec2000, 04:15
Sb_G	3.6	107.8	85.3	22.5	0.2	9.6	2.66	01Dec2000, 04:15
Sb_F	2.3	107.8	85.3	22.5	0.2	5.3	2.3	01Dec2000, 04:45
Sb_E	28.7	107.8	85.3	22.5	0.2	38	1.32	01Dec2000, 06:45
Sb_D	4.1	107.8	85.3	22.5	0.2	9.2	2.24	01Dec2000, 04:45
Sb_C	7.2	107.8	85.3	22.5	0.2	15.1	2.09	01Dec2000, 05:00
Sb_B	13.5	107.8	85.3	22.5	0.2	22.6	1.67	01Dec2000, 05:45
Sb_A	13.3	107.8	85.3	22.5	0.2	15.7	1.18	01Dec2000, 07:15
Sb_Z	29.2	107.8	85.3	22.5	0.2	33.2	1.13	01Dec2000, 07:30
Sb_I	1.3	110.6	86.7	23.9	0.21	4.5	3.46	01Dec2000, 04:00

TABELLA GIUNZIONI

Giunzione	Area(kmq)	Qmax(mc/s)	Qspec(mc/s/kmq)	T Qmax	Vdef(mm)
N	40	60.6	1.51	01Dec2000, 06:15	22.5
M	3.7	11.1	3	01Dec2000, 04:15	22.5
I	43.7	63.4	1.45	01Dec2000, 06:45	22.5
O	17.7	31	1.75	01Dec2000, 05:30	22.5
L	23.1	37.6	1.62	01Dec2000, 05:45	22.5
H	69.2	98.7	1.42	01Dec2000, 06:45	22.5
G	72.8	101.1	1.38	01Dec2000, 06:45	22.5
F	75.1	102.2	1.36	01Dec2000, 07:15	22.5
E	28.7	38	1.32	01Dec2000, 06:45	22.5
D	32.8	41.2	1.25	01Dec2000, 07:00	22.5
C	40	47.5	1.18	01Dec2000, 07:00	22.5
B	128.6	158.3	1.23	01Dec2000, 07:45	22.5
A	141.9	173.3	1.22	01Dec2000, 07:45	22.5
Chiusura_Z	171.1	201	1.17	01Dec2000, 08:45	22.5

TABELLA TRONCHI

Tronco	Area(kmq)	Qmax_in(mc/s)	T Qmax_in	Qmax_out(mc/s)	T Qmax_out	C_lam
Tronco_N_I	40	60.6	01Dec2000, 07:00	60.6	01Dec2000, 06:15	1
Tronco_M_I	3.7	10.9	01Dec2000, 04:30	11.1	01Dec2000, 04:15	1.01
Tronco_I_H	43.7	63.3	01Dec2000, 07:00	63.4	01Dec2000, 06:45	1
Tronco_O_L	17.7	30.9	01Dec2000, 06:00	31	01Dec2000, 05:30	1
Tronco_L_H	23.1	37.5	01Dec2000, 06:15	37.6	01Dec2000, 05:45	1
Tronco_H_G	69.2	98.5	01Dec2000, 06:45	98.7	01Dec2000, 06:45	1
Tronco_G_F	72.8	100.7	01Dec2000, 07:15	101.1	01Dec2000, 06:45	1
Tronco_F_B	75.1	102.2	01Dec2000, 08:00	102.2	01Dec2000, 07:15	1
Tronco_E_D	28.7	37.9	01Dec2000, 07:15	38	01Dec2000, 06:45	1
Tronco_D_C	32.8	41.1	01Dec2000, 07:15	41.2	01Dec2000, 07:00	1
Tronco_C_B	40	47.5	01Dec2000, 07:00	47.5	01Dec2000, 07:00	1
Tronco_B_A	128.6	158	01Dec2000, 08:00	158.3	01Dec2000, 07:45	1
Tronco_A_Z	141.9	173	01Dec2000, 08:45	173.3	01Dec2000, 07:45	1

Current as of 01Jan2000, 00:00 at 02Jan2000, 00:00

RUWA srl

acqua territorio energia

Via Carlo Pisacane 25F

88100 - Catanzaro - ITALIA

tel/fax +39 096133381 - cel +39 3347090356

<http://www.ruwa.it/> - info@ruwa.it

**Allegato C– Mappe allagamenti modellazione idraulica bidimensionale –
TR = 30 anni – Battenti e velocità**

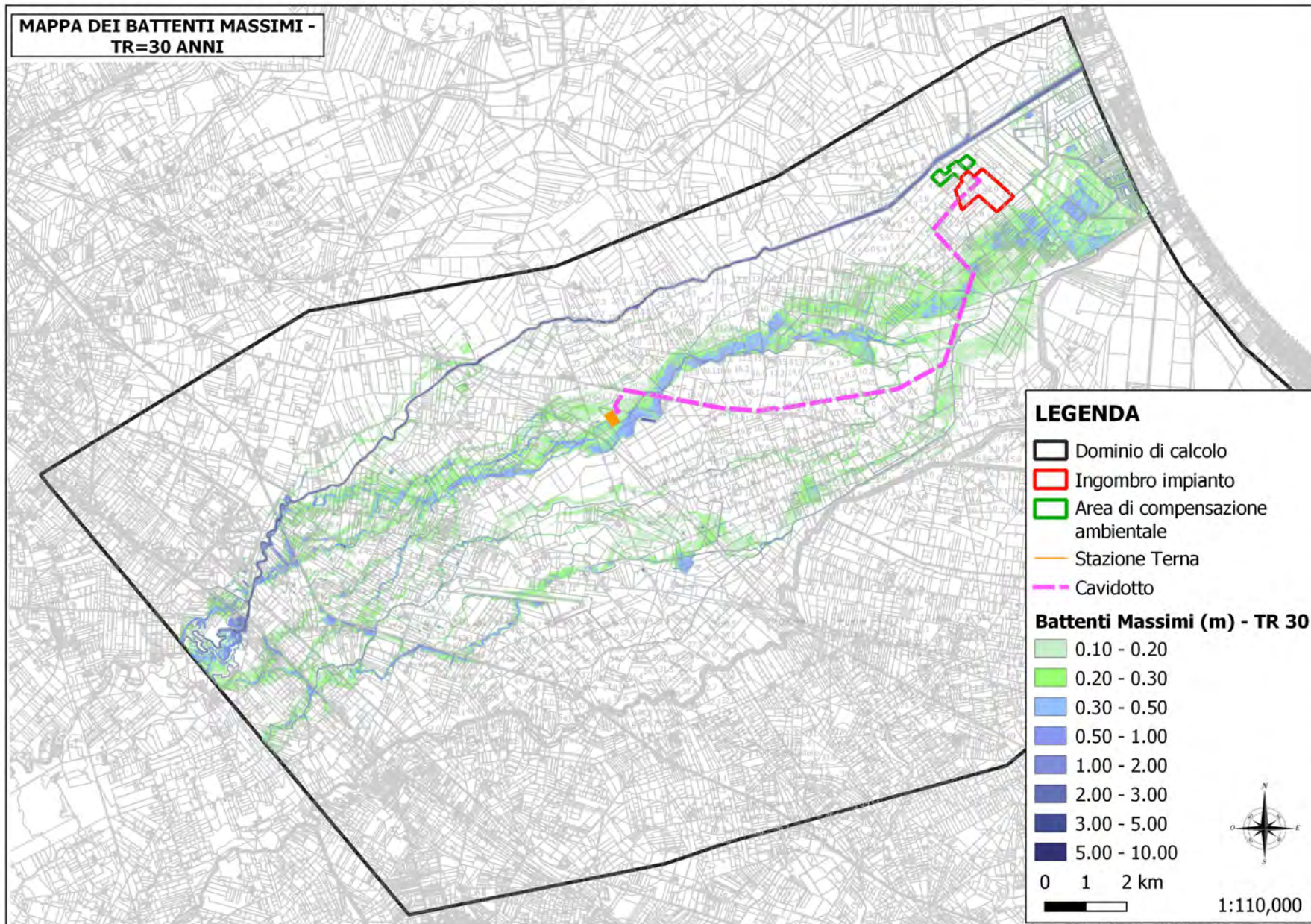


Fig. 67: Mappa dei battenti in metri per $Tr = 30$ anni (base CTR).

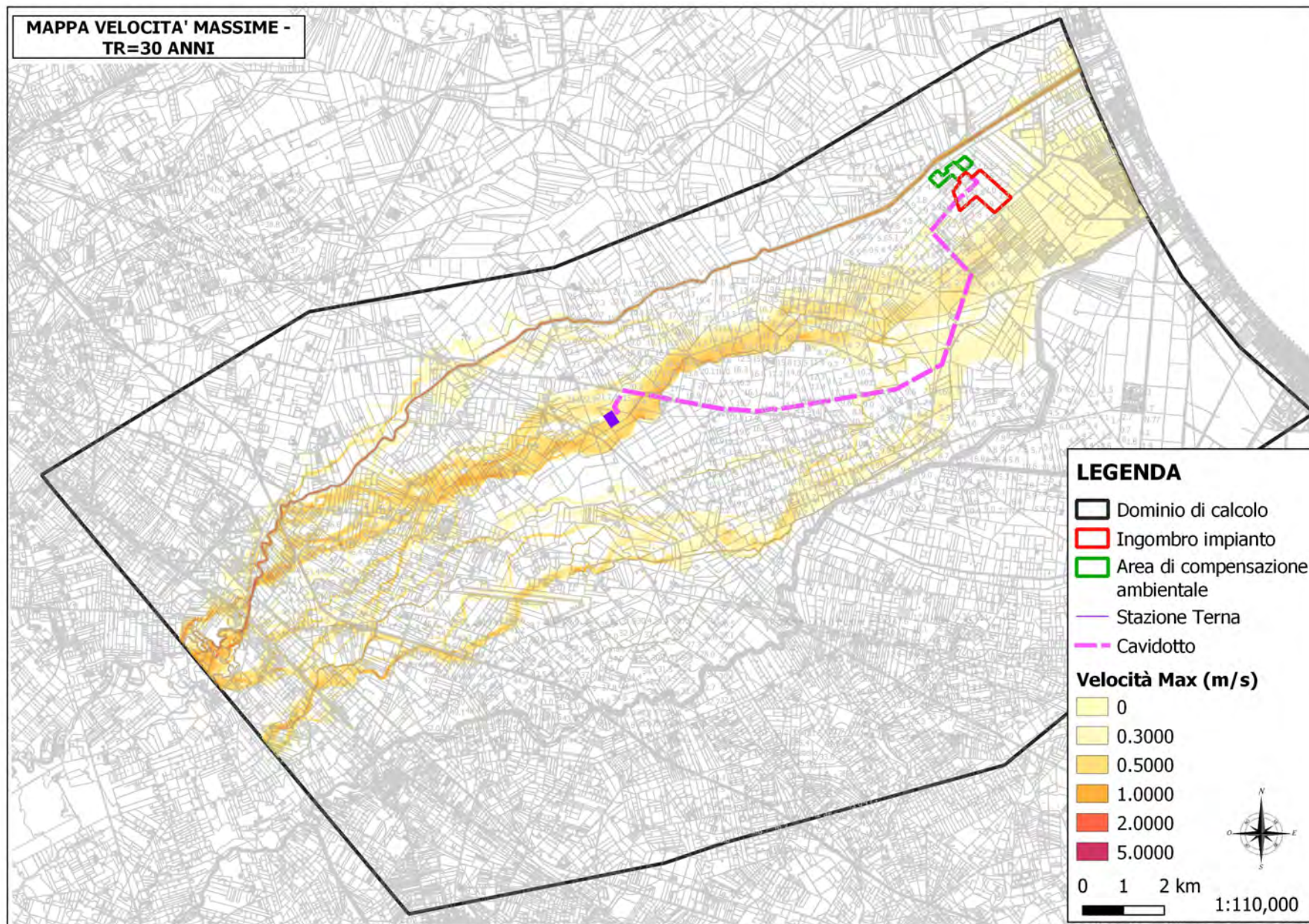


Fig. 68: Mappa delle velocità max per Tr = 30 anni (base CTR).

**Allegato D– Mappe allagamenti modellazione idraulica bidimensionale –
TR = 200 anni – Battenti e velocità**

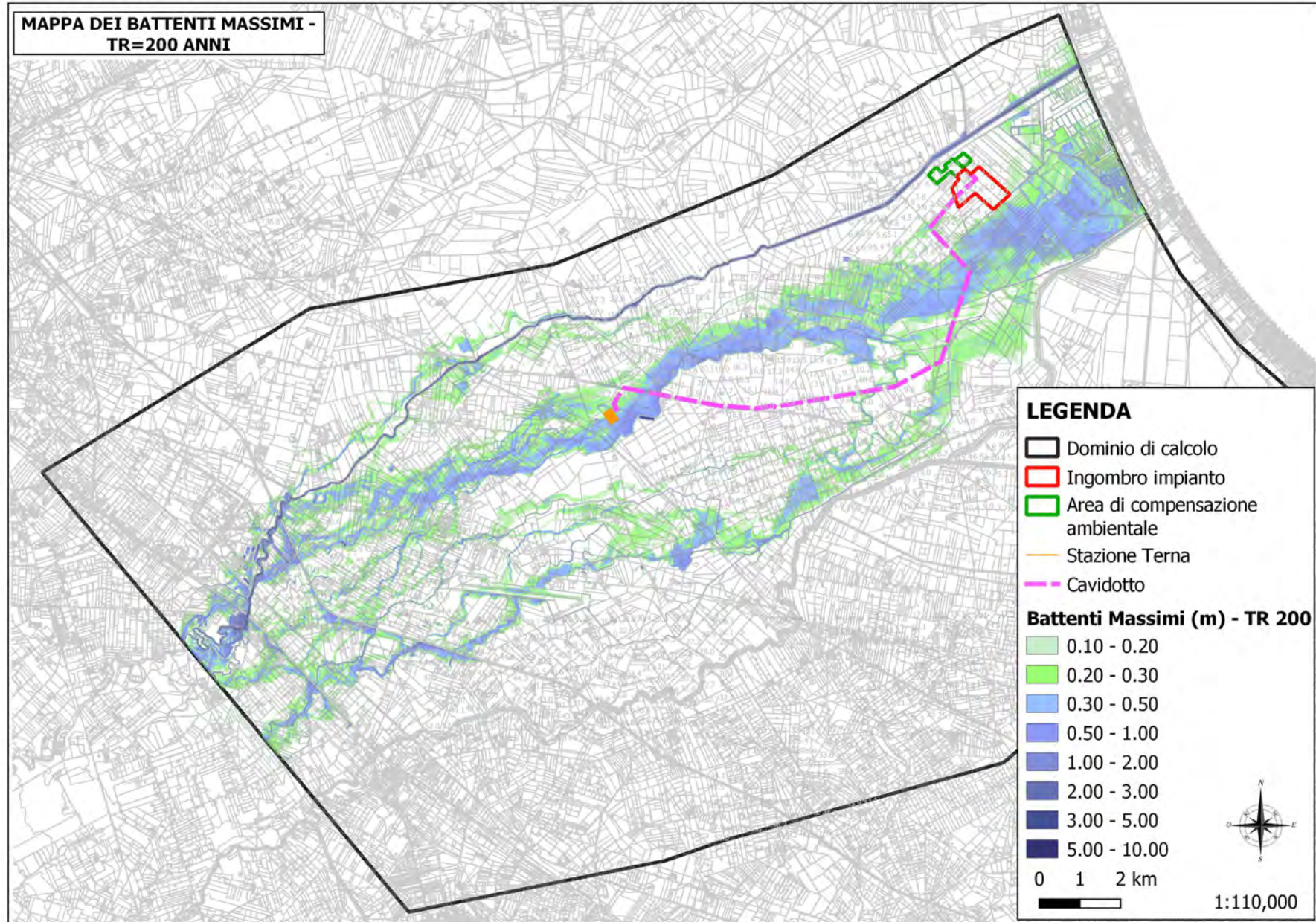


Fig. 69: Mappa dei battenti in metri per $Tr = 200$ anni (base CTR).

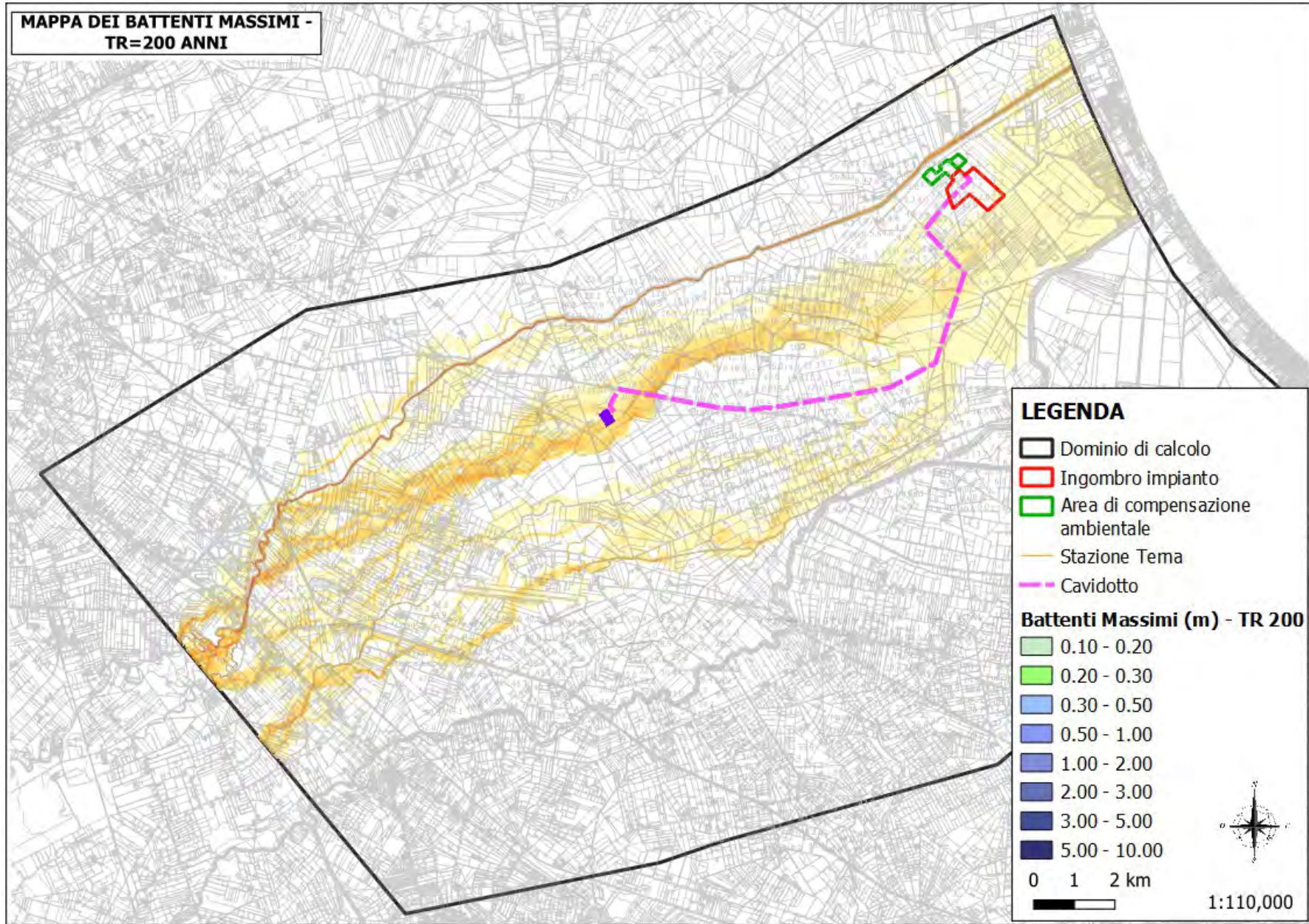


Fig. 70: Mappa delle velocità max in m/s per Tr = 200 anni (base CTR).

**Allegato E – Mappe allagamenti modellazione idraulica bidimensionale –
TR = 500 anni – Battenti e velocità**

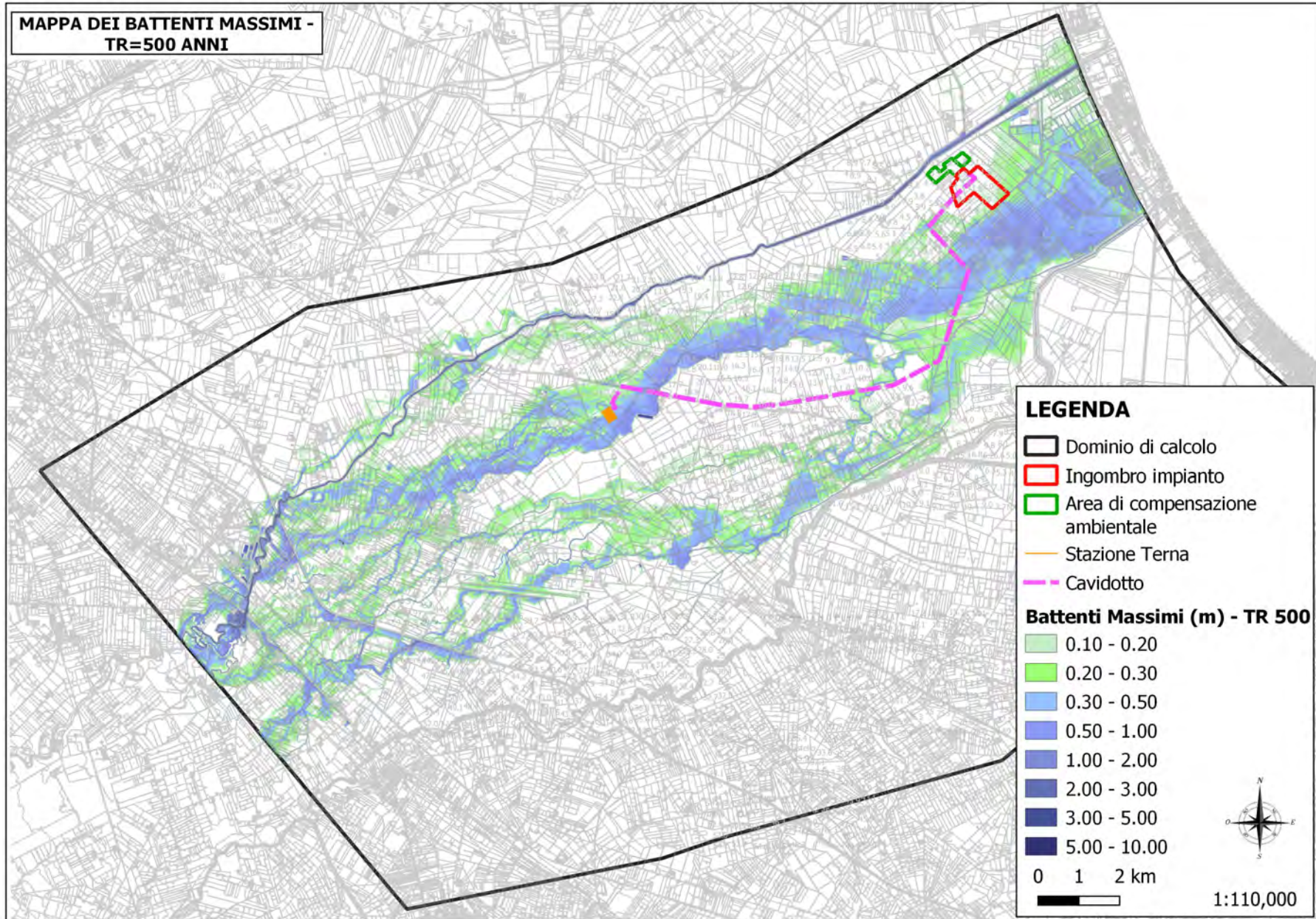


Fig. 71: Mappa dei battenti in metri per Tr = 500 anni (base ortofoto).

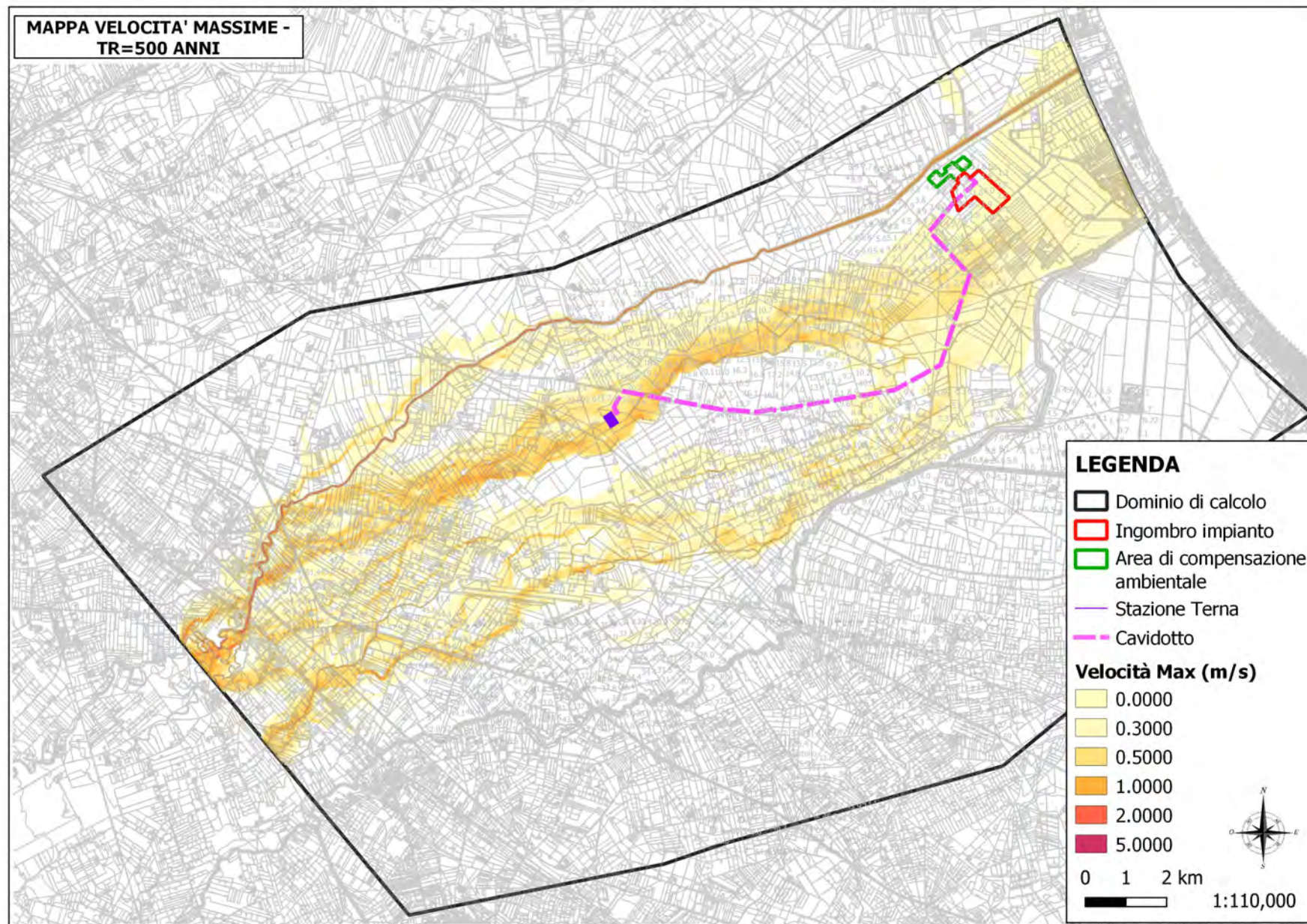


Fig. 72: Mappa delle velocità in m/s per $Tr = 500$ anni (base CTR).

**Allegato F – Proposta di ripermetrazione della Pericolosità Idraulica del
PAI**

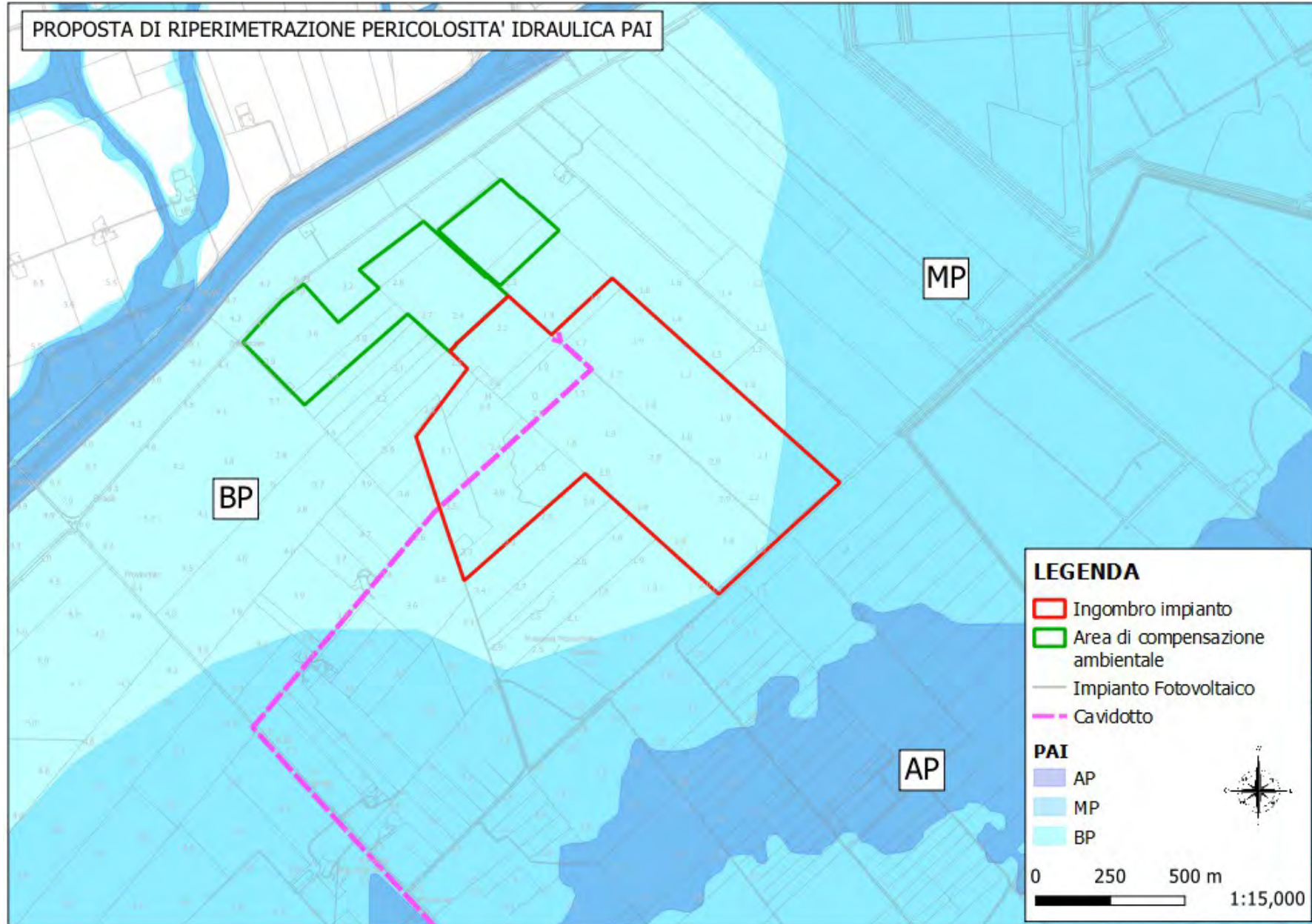


Fig. 73: Proposta di riclassificazione della Pericolosità Idraulica PAI.