

Comuni di Serracapriola, Torremaggiore  
Provincia di Foggia, Regione Puglia

## ARNG SOLAR VIII S.R.L.

Sede legale: Viale Giorgio Ribotta 21

ROMA (RM), 00144

PEC: arngsolar8@pec.it

# Impianto Agrivoltaico "SERRACAPRIOLA 51.5"

## SERRA51.5\_25 – RELAZIONE IDROLOGICA

IL TECNICO	IL PROPONENTE
<p><b>INGEGNERE</b></p> <p><b>Dario TRICOLI</b> Ordine Ingegneri della Provincia di Catanzaro - n. 3003 <a href="mailto:dario.tricoli@ruwa.it">dario.tricoli@ruwa.it</a></p> 	<p><b>ARNG SOLAR VIII S.R.L.</b> Sede legale: Viale Giorgio Ribotta 21 ROMA (RM), 00144 P. IVA 02355840683 PEC: arngsolar8@pec.it</p>
<p><b>RESPONSABILE TECNICO BELL FIX PLUS SRL</b></p> <p><b>Cosimo TOTARO</b> Ordine Ingegneri della Provincia di Brindisi - n. 1718 <a href="mailto:elettrico@bellfixplus.it">elettrico@bellfixplus.it</a></p> 	

FEBBRAIO 2024

INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	3
<b>2. RICOSTRUZIONE QUADRO CONOSCITIVO</b> .....	5
2.1 INQUADRAMENTO AREA DI STUDIO.....	5
2.2 EVENTI ALLUVIONALI STORICI.....	14
2.3 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO (DTM) .....	17
2.4 USO DEL SUOLO.....	28
2.5 LITOLOGIA .....	32
2.6 CURVE NUMBER .....	36
2.7 DEFINIZIONE CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE .....	37
<b>3. ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO</b> .....	39
3.1 MODELLISTICA UTILIZZATA.....	40
3.1.1 MODELLAZIONE IDROLOGICA .....	40
3.2 STUDIO IDROLOGICO .....	43
3.2.1 RISULTATI OTTENUTI.....	44

## 1. PREMESSA

Il presente studio contiene lo studio idrologico finalizzato all'individuazione degli ietogrammi di precipitazione netta di progetto da utilizzare nelle successive fasi di modellazione idraulica. Nello specifico il presente studio ha lo scopo di caratterizzare dal punto di vista idrologico due distinte zone: una zona situata a sud-est del centro abitato del Comune di Serracapriola (FG), la seconda situata nel comune di Torremaggiore (FG) al confine con la regione Molise. Il committente, “ARNG SOLAR VIII S.R.L.”, ha predisposto il progetto per due interventi consistenti nella realizzazione di due impianti agrovoltai su più lotti di terreno. I lotti su cui si vuole realizzare l'impianto insistono su una porzione di territorio situata a monte della Strada Statale 16 ter in una zona posta a ovest del Fiume Fortore nel quale è il reticolo idrografico minore che attraversa la zona di interesse, così come riportato sulla Cartografia IGM in scala 1:25.000 (Figura 1).

In particolare, è opportuno precisare che, anche se amministrativamente l'area d'intervento ricade in Puglia, l'area ricade nella competenza del Distretto dell'Appennino Meridionale che ha ricompreso l'ex Autorità di Bacino dei Fiumi interregionali Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore in singole Unità di Gestione (Unit of Management – UoM).

Per il Bacino idrografico del Fiume Fortore, già bacino interregionale, è stata costituita la “Unit of Management Fortore – euUoMCode ITI015” ricadente nel Distretto dell'Appennino Meridionale e gestita quindi dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Per quanto riguarda le aree a diversa pericolosità idraulica, dal Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), la zona oggetto d'intervento non risulta classificata come area a pericolosità idraulica come evidenziato nella planimetria riportata in Figura 1.

Considerata la vicinanza delle aree di intervento ai corsi d'acqua riportati nell'IGM (vedi Figura 2 e Figura 3) e nella Carta Idrogeomorfologica (vedi Figura 8 e Figura 9) si fa riferimento a quanto prescritto dall' art. 6 “Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali” delle Norme Tecniche di Attuazione del (PAI). In particolare, il comma 1 dell'Art. 6, definisce che: “Al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, il PAI individua il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità.”, al comma 7 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.”

Al fine di valutare la compatibilità idraulica a corredo degli interventi per la realizzazione di un impianto fotovoltaico, senza che si verifichi un aumento delle condizioni di rischio idraulico nel territorio circostante, in accordo con la normativa vigente, è stato redatto il presente studio secondo le procedure previste nel Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Puglia.

Per le motivazioni sopra riportate, nell'ambito dell'incarico ricevuto, è stato effettuato uno studio idrologico basato su una modellazione afflussi–deflussi volta a determinare lo ietogramma di precipitazione netta da inserire come input nel modello idraulico, cui si rimanda per ulteriori dettagli.

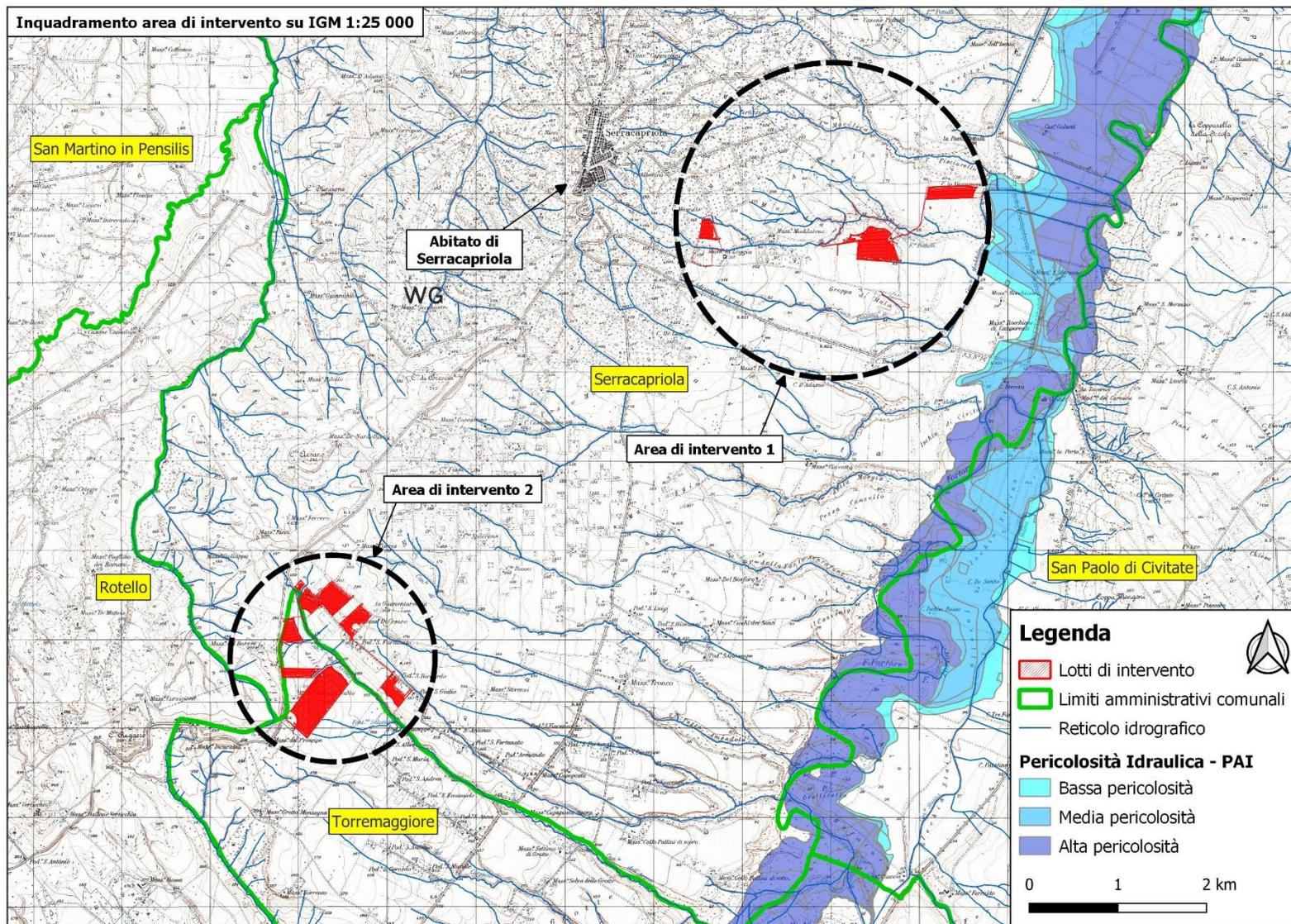


Figura 1 - Inquadramento area oggetto di studio con perimetrazione pericolosità idraulica PAI su cartografia IGM scala 1:25.000

## **2. RICOSTRUZIONE QUADRO CONOSCITIVO**

### **2.1 INQUADRAMENTO AREA DI STUDIO**

L'area di studio sostanzialmente composta da due macroaree di intervento, indentificate rispettivamente con 1 e 2, poste a sud e a sud-est dell'abitato di Serracapriola, a monte della Strada Statale 16 ter in una zona posta a ovest del Fiume Fortore. Di seguito, in Figura 2 e Figura 3, su base cartografica IGM scala 1:25000, è stata individuata la zona di intervento (indicata in nero) e le aree oggetto di intervento (in rosso), mentre in Figura 4, Figura 5, Figura 6 e Figura 7 è invece riportato un dettaglio delle aree di intervento rispettivamente su Cartografia Tecnica Regionale scala 1:5000 e su Ortofoto Satellitare.

L'area di intervento 1 è situata a monte del Canale Maddalena, affluente del Fiume Fortore, in cui confluiscono i corsi d'acqua secondari che lambiscono le aree che saranno oggetto di intervento; dalla cartografia si evince come l'area oggetto di interesse sia morfologicamente inquadrata in un'area a prevalente componente arenitica e ruditica, così come rappresentato nella Carta Idrogeomorfologica riportata in Figura 8; mentre l'area di intervento 2 è posta a cavallo del Canale dell'Avena, i cui deflussi lambiscono le aree oggetto di intervento. Quest'ultima, come si evince dalla Carta Idrogeomorfologica riportata in Figura 9 è a prevalente componente arenitica, rudica e in parte a componente argillosa.

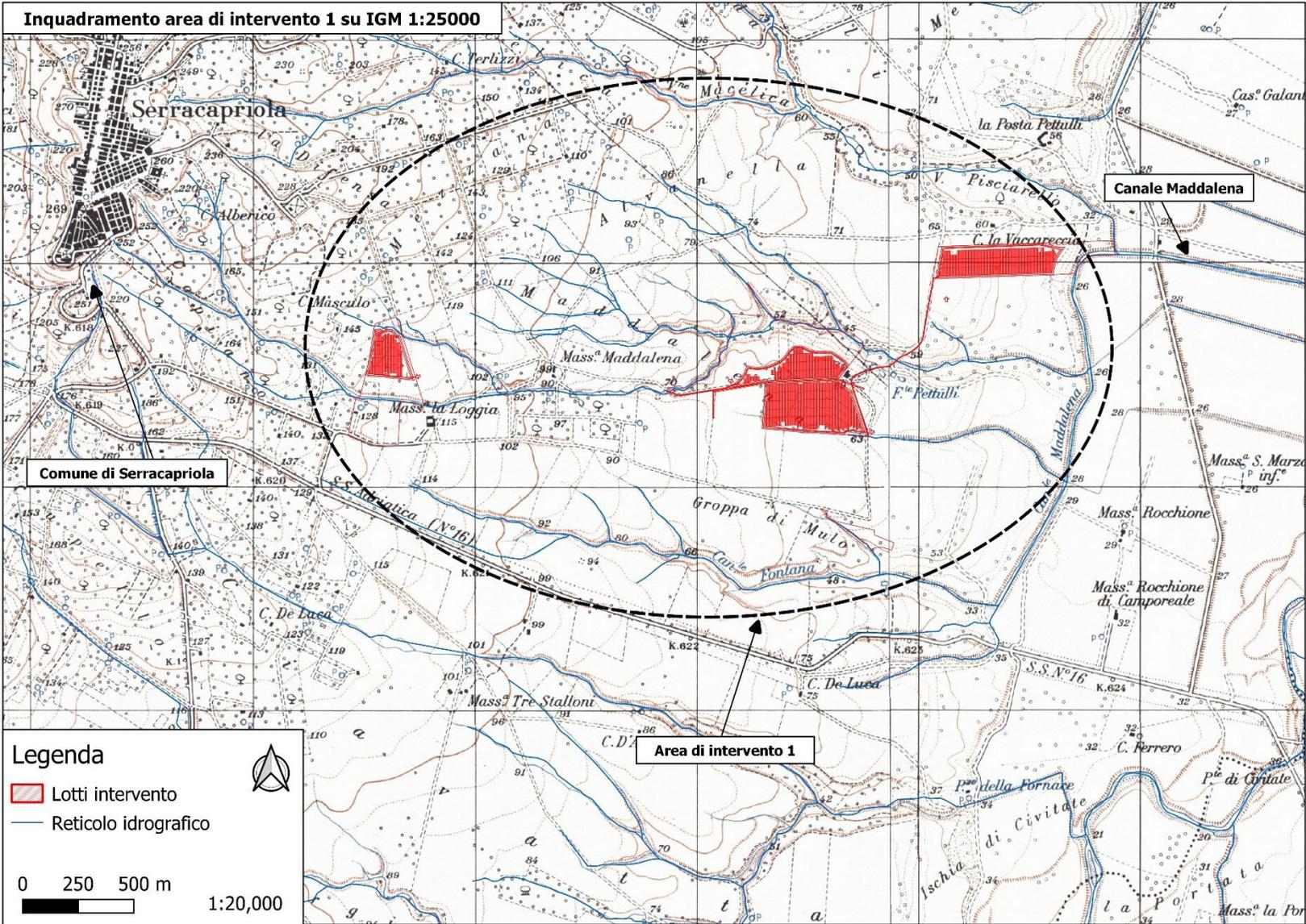


Figura 2 - Inquadramento area di intervento 1 su cartografia IGM scala 1:25.000

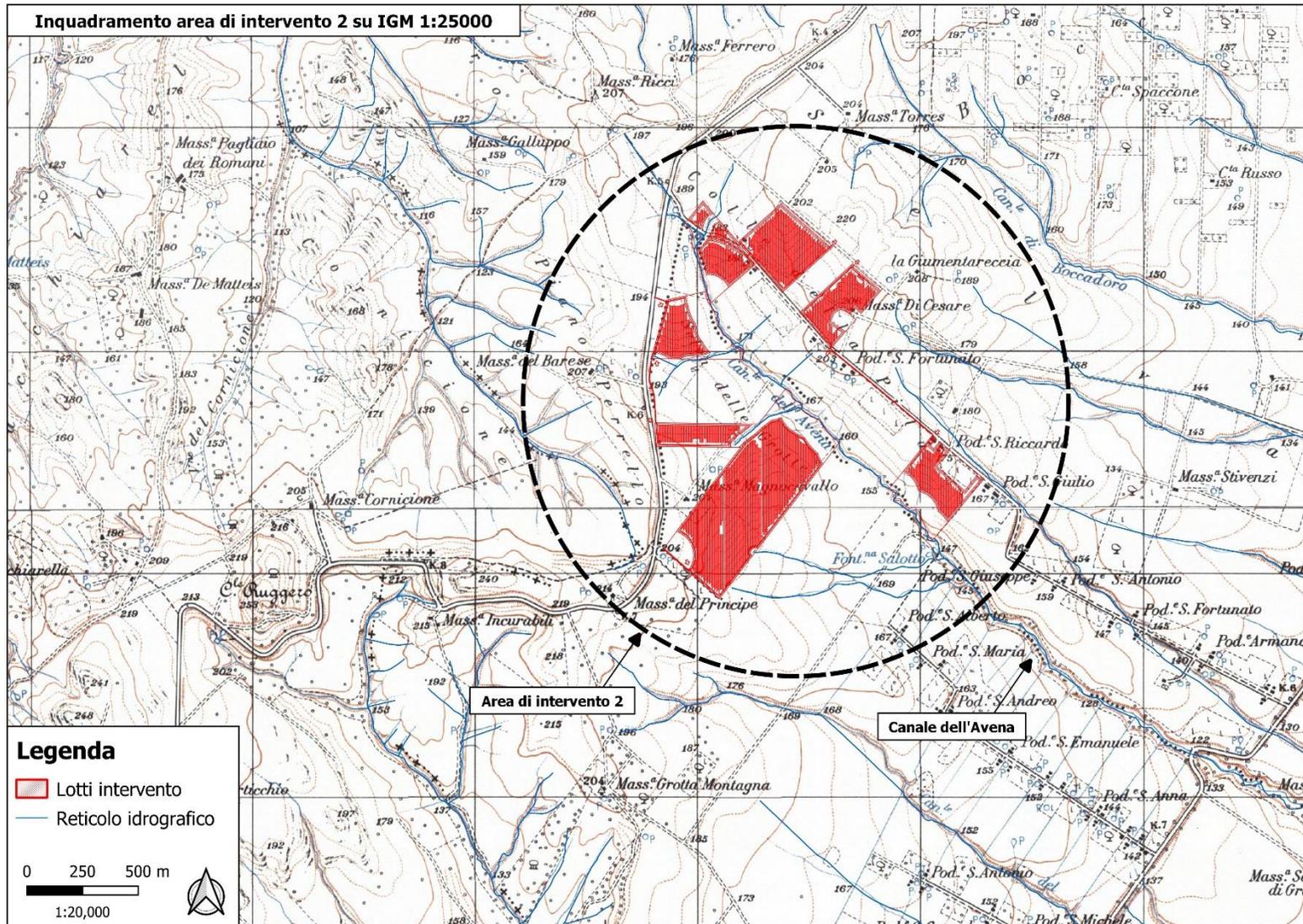
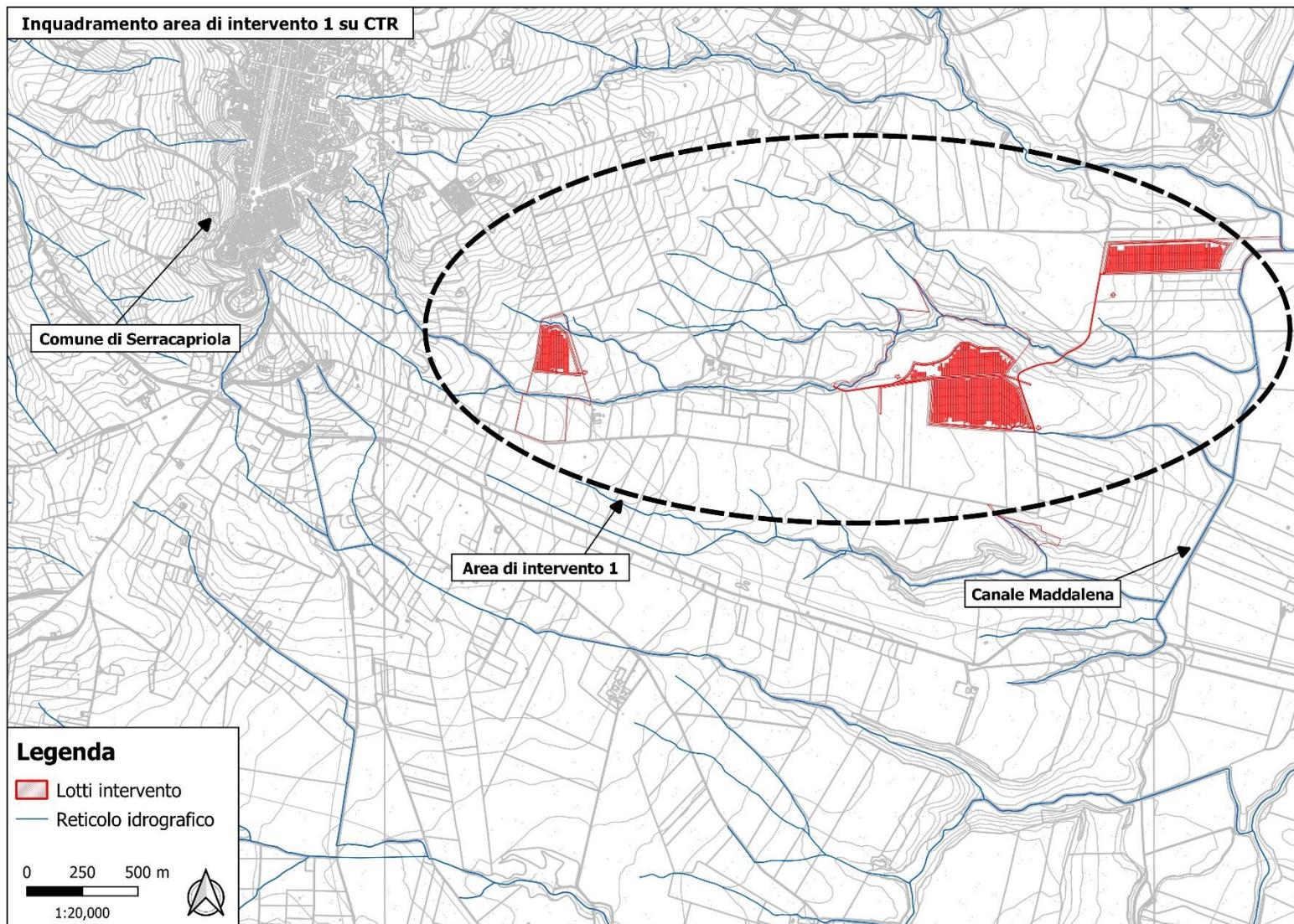


Figura 3 - Inquadramento area di intervento 2 su cartografia IGM scala 1:25.000



*Figura 4 - Inquadramento area di intervento 1 su cartografia CTR scala 1:5.000*

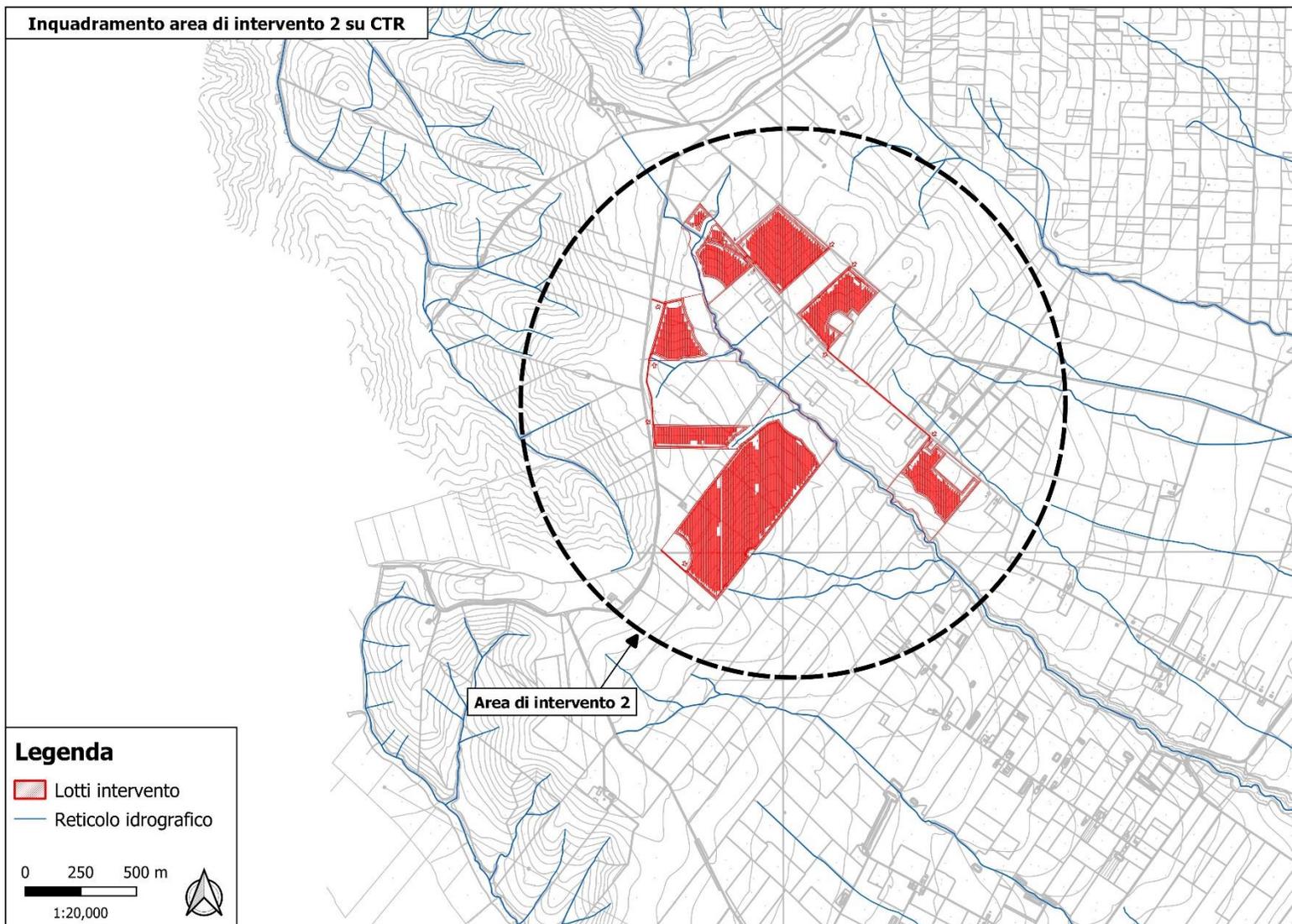


Figura 5 - Inquadramento area di intervento 2 su cartografia CTR scala 1:5.000

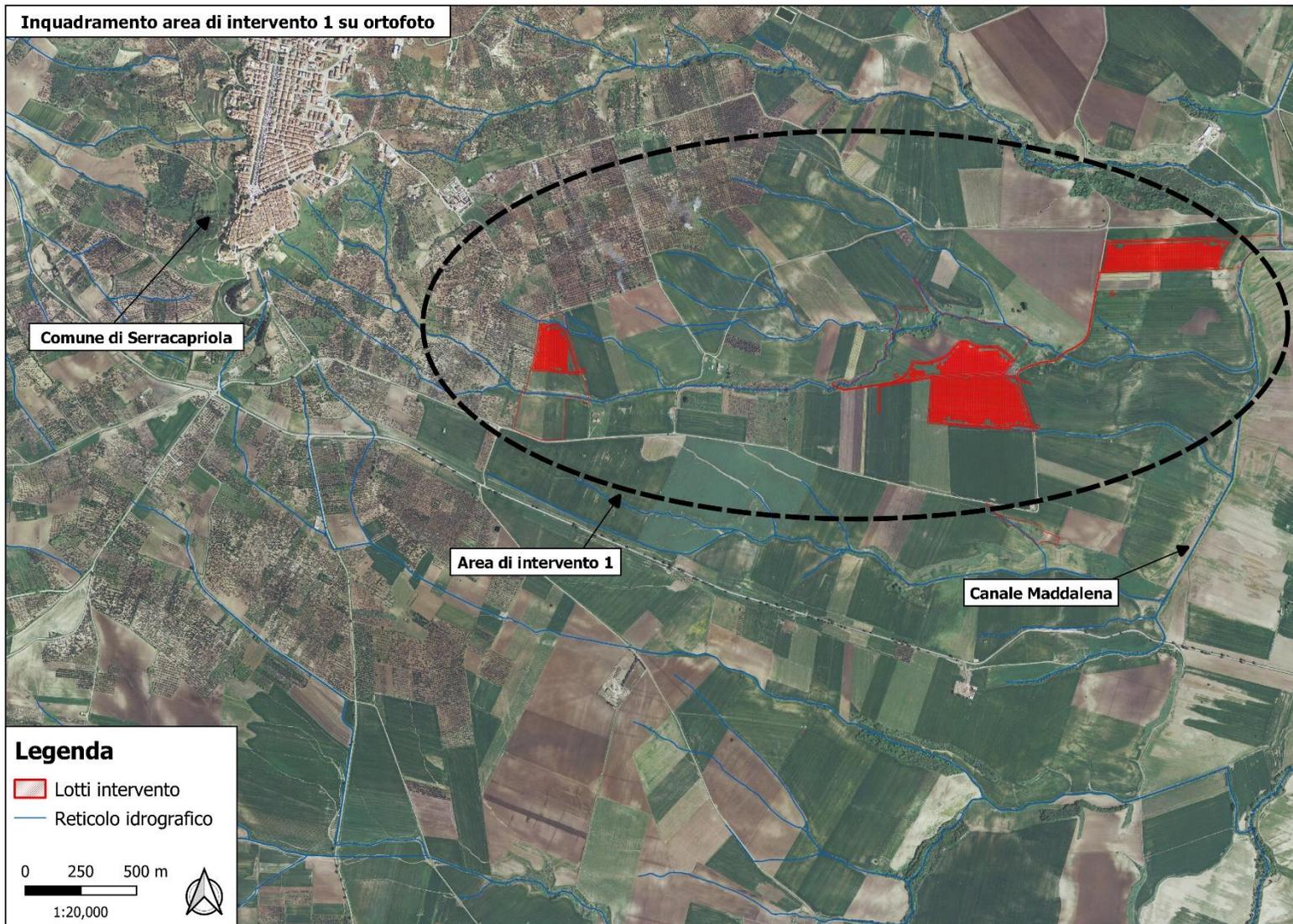
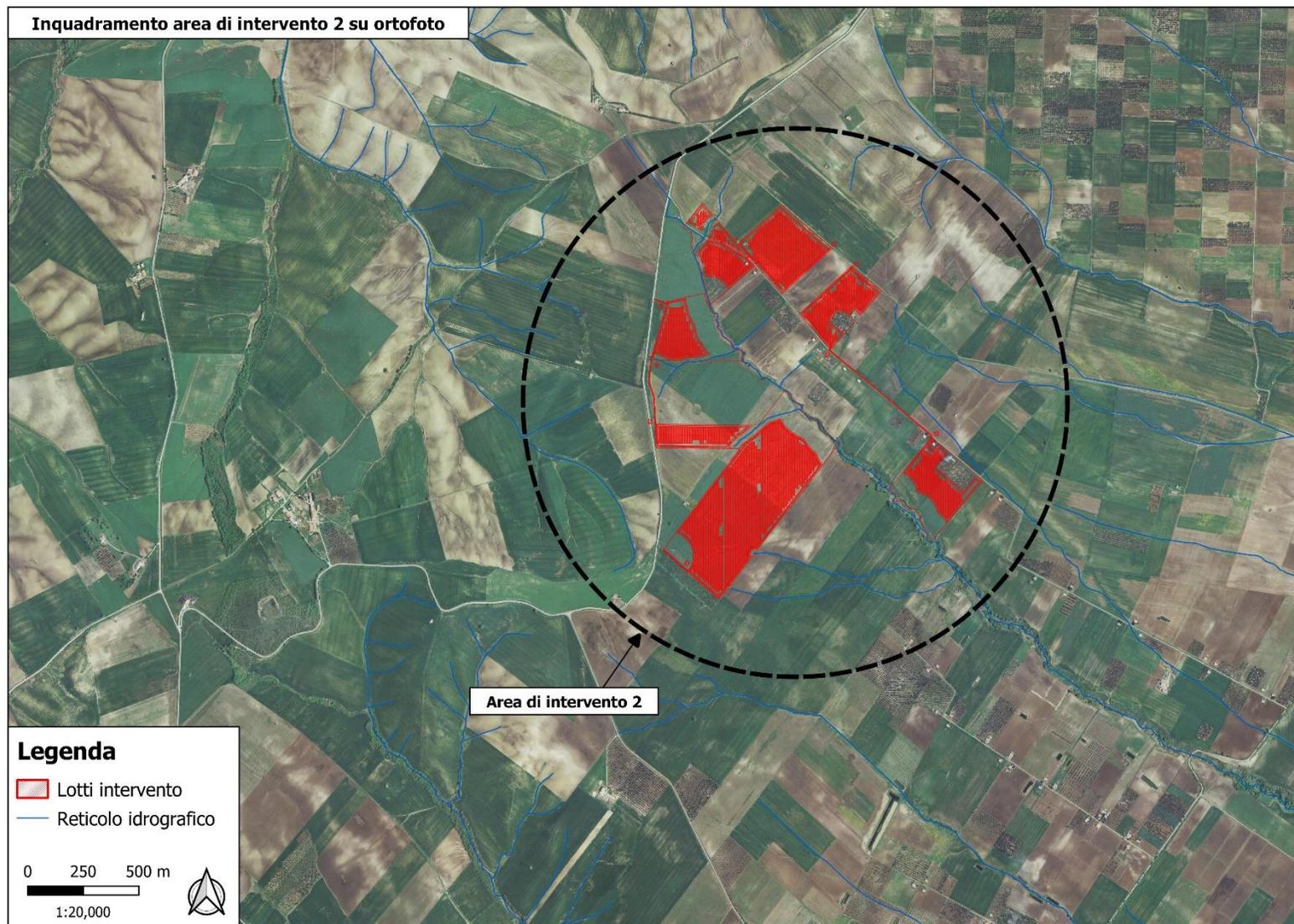


Figura 6 - Inquadramento area di intervento 1 su ortofoto satellitare



*Figura 7 -Inquadramento area di intervento 2 su ortofoto satellitare*

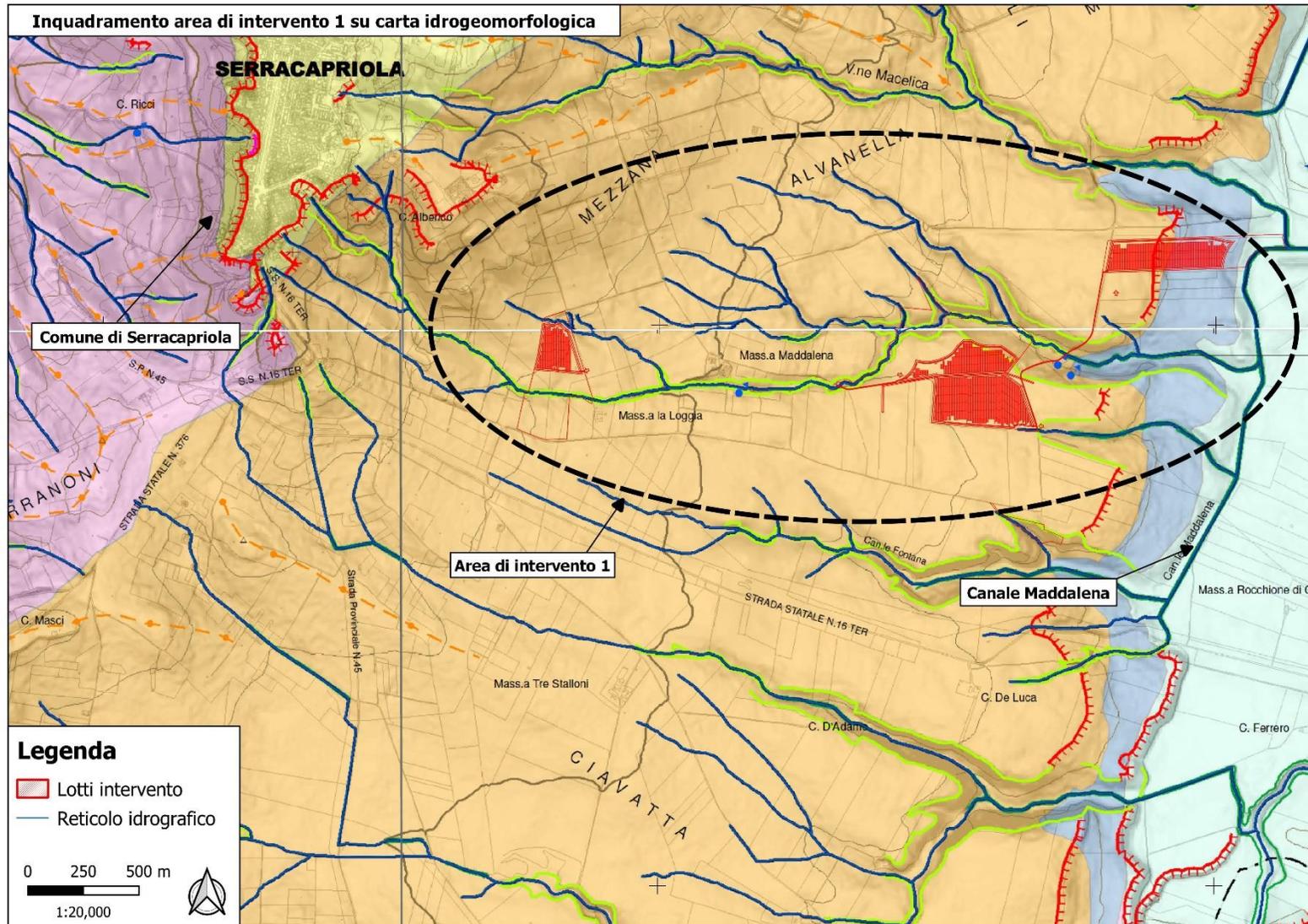


Figura 8 -Inquadramento area di intervento 1 su carta idrogeomorfologica

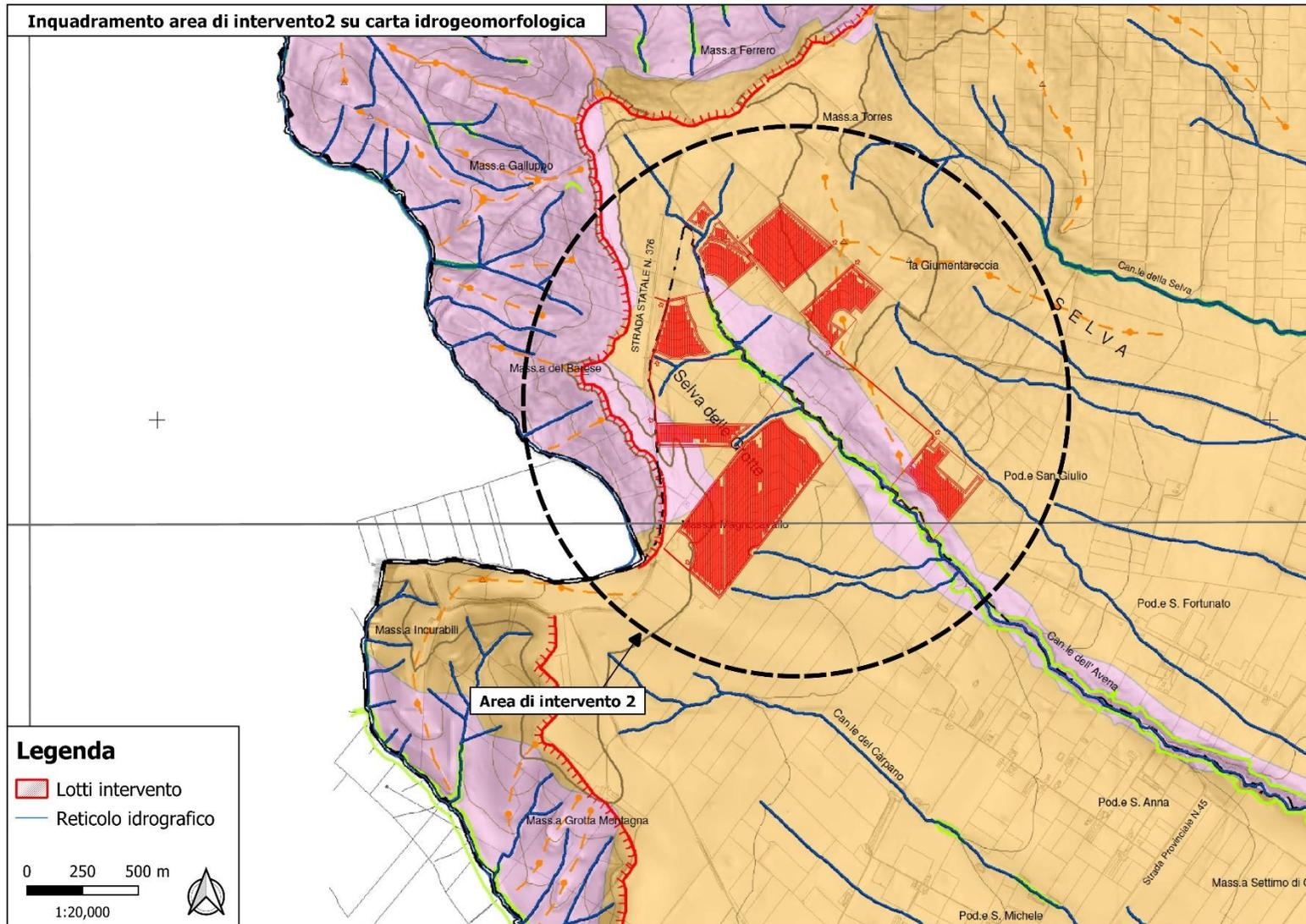


Figura 9 - Inquadramento area di intervento 2 su carta idrogeomorfologica

## 2.2 EVENTI ALLUVIONALI STORICI

Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino, perimetra le aree storicamente inondate attraverso una metodologia basata sull'utilizzo delle informazioni raccolte, organizzate e rese disponibili dal progetto AVI e dal progetto VaPi, nonché tutte le informazioni storiche rese disponibili dalle istituzioni territoriali o da altre fonti di informazioni. La metodologia di base adottata ha previsto le seguenti fasi operative:

- Censimento degli eventi storici alluvionali e di piena;
- Validazione di ogni singolo evento censito;
- Perimetrazione preliminare;
- Perimetrazione definitiva.

Dall'analisi delle cartografie ufficiali, l'area oggetto di intervento non risulta perimetrata come area a pericolosità idraulica come peraltro si evince esaminando le mappe riportate in Figura 10 e in Figura 11.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni offre una ricostruzione storico/geografica degli eventi alluvionali "post AVI" dalla quale è possibile ricavare informazioni per studi idrologico/idraulici finalizzati alla mappatura di nuove aree a pericolosità idraulica.

Nessuno degli eventi alluvionali censiti in tale Piano ricade nei pressi dell'area in esame, come è noto, anche dagli "Eventi alluvionali 'post – AVI' per ambito territoriale omogeneo", allegato 2.3 del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.

Si è consapevoli del fatto che tale individuazione delle aree storicamente allagate non può considerarsi esaustiva delle aree effettivamente allagate e/o allagabili sostanzialmente perché nel passato difficilmente venivano segnalati allagamenti di aree non abitate e non sfruttate da un'agricoltura intensiva.

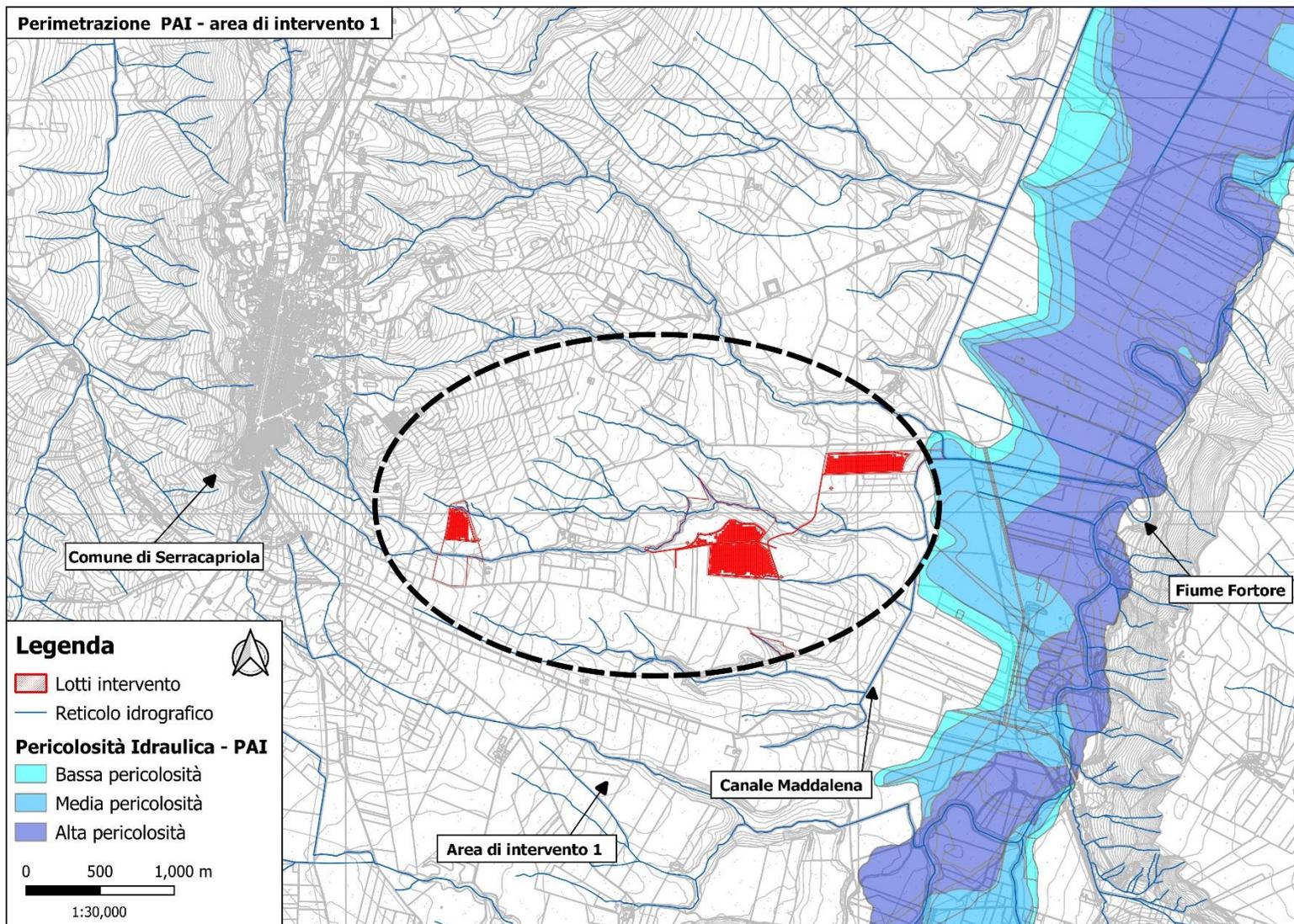


Figura 10 – Perimetrazione pericolosità idraulica PAI area di intervento 1 su cartografia CTR scala 1:5.000

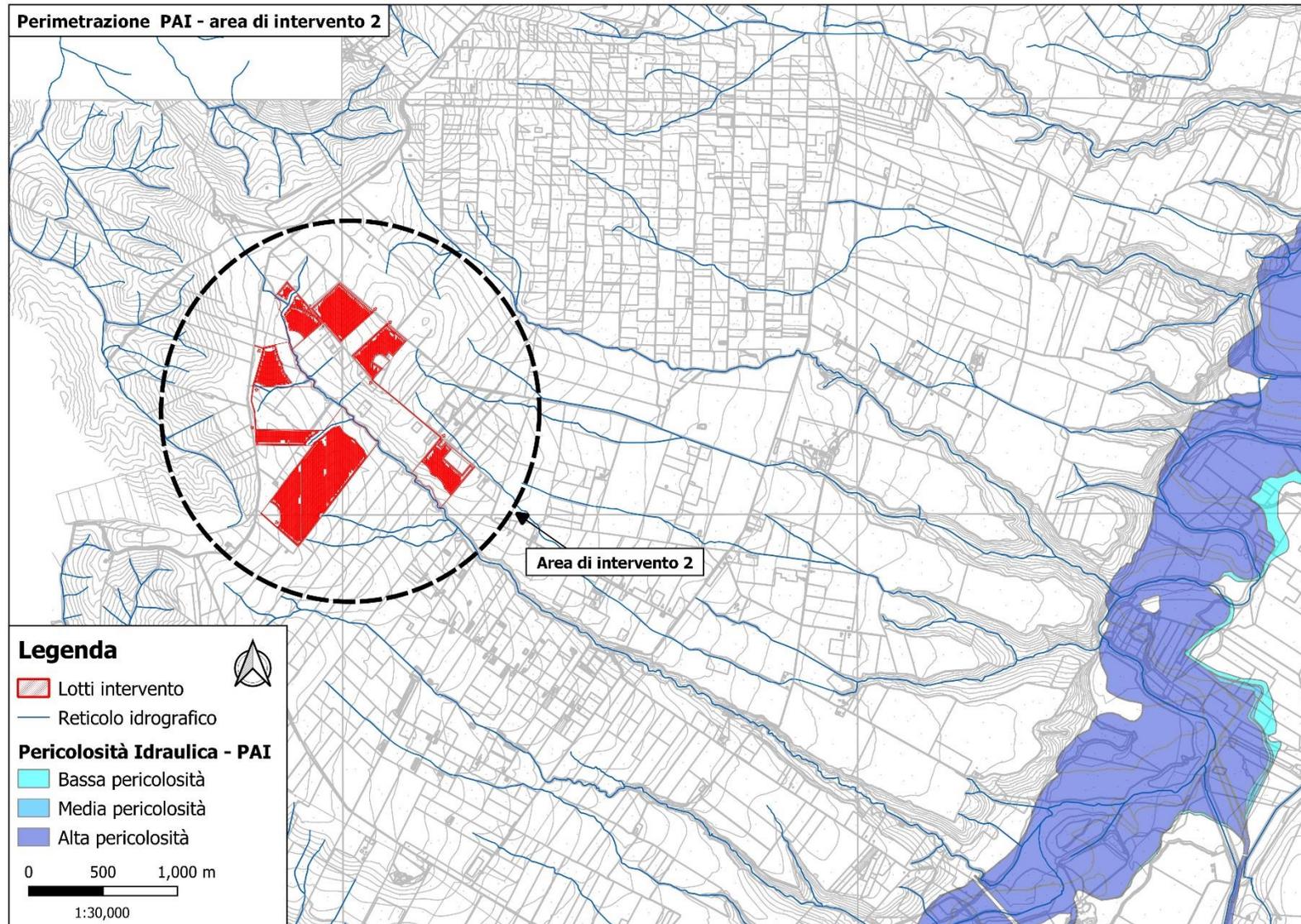


Figura 11 - Perimetrazione pericolosità idraulica PAI area di intervento 2 su cartografia CTR scala 1:5.000

### 2.3 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO (DTM)

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. Nello specifico è stato utilizzato il DTM con risoluzione di cella pari a 8 m, messo a disposizione dal SIT Puglia (vedi Figura 12 e Figura 13 ).

Tutti i dati cartografici disponibili, implementati in un Sistema Informativo Territoriale mediante software GIS, hanno consentito 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. In particolare, in corrispondenza dell'area di intervento 1, questi sono stati chiusi opportunamente in corrispondenza della confluenza dei corsi d'acqua secondari con il Canale Maddalena, mentre in corrispondenza dell'area di intervento 2, i relativi bacini sono stati chiusi a valle delle opere in progetto.

Il risultato della procedura è riportato in Figura 14 e Figura 15, che indicano la delimitazione dei bacini idrografici estratti dal DEM mentre in Tabella 1 e in Tabella 2 sono riportati i valori delle aree dei singoli sottobacini espresse in kmq.

Da una prima verifica risulta inoltre una sostanziale coerenza tra il reticolo estratto con tecniche automatiche dal DEM in ambiente GIS (linea ciano tratteggiata) ed il reticolo della Carta Idrogeomorfologica (linea blu continua), vedi Figura 16 e Figura 17.

Sulla base dei bacini idrografici che afferiscono all'area di intervento 1 e 2, è stato quindi tracciato il dominio di calcolo 2D (linea tratteggiata verde), in modo tale da comprendere al suo interno la totale estensione dei bacini idrografici di interesse, indicato in Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21 rispettivamente su Cartografica Tecnica Regionale e su Ortofoto Satellitare. Tale dominio di calcolo, come verrà meglio descritto nel seguito, verrà utilizzato nell'ambito della modellazione idraulica bidimensionale.

Sottobacini area di intervento 1	S (kmq)
Sottobacino - 1	3.282
Sottobacino - 2	1.800
Sottobacino - 3	4.442
Sottobacino - 4	3.384
Sottobacino - 5	0.936
Sottobacino - 6	0.277
<b>Sup. Totale</b>	<b>14.121</b>

*Tabella 1 – Valori delle aree in kmq dei singoli sottobacini*

Sottobacini area di intervento 2	S (kmq)
Sottobacino - 7	5.184
Sottobacino - 8	2.806
Sottobacino - 9	0.944
<b>Sup. Totale</b>	<b>8.934</b>

*Tabella 2 - Valori delle aree in kmq dei singoli sottobacini*

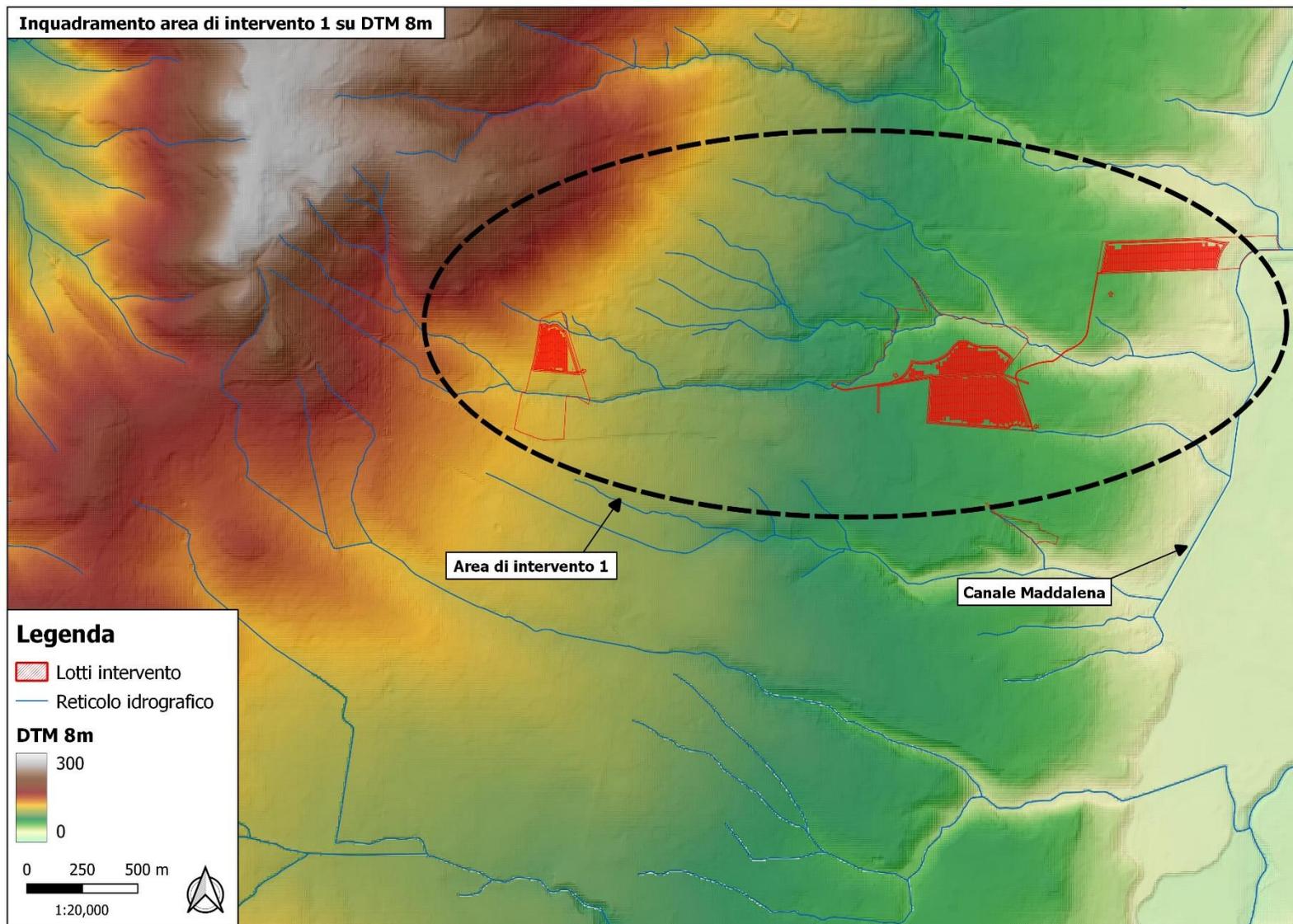


Figura 12 - Modello digitale del terreno area di intervento 1 con cella spaziale a 8m

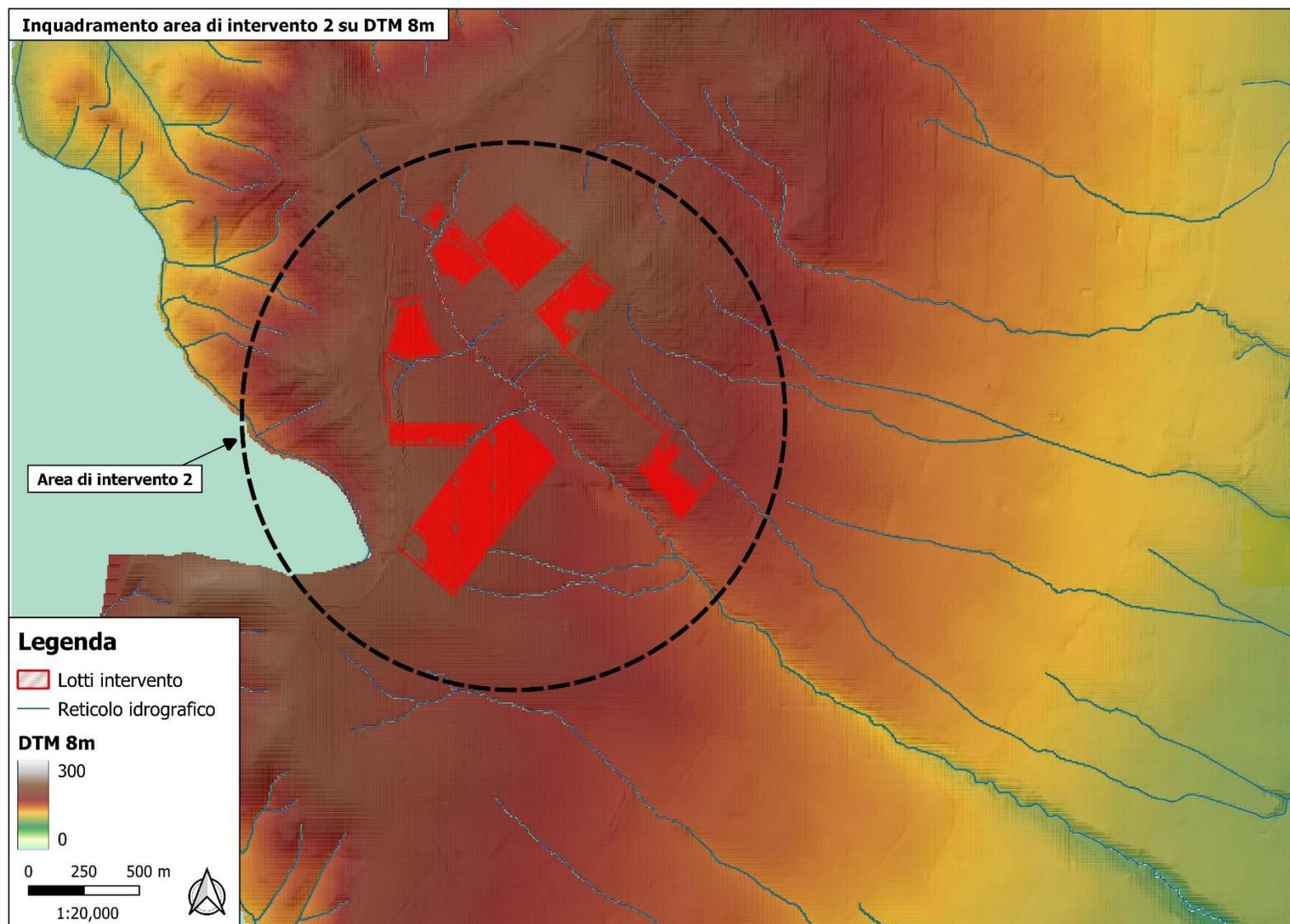


Figura 13 - Modello digitale del terreno area di intervento 2 con cella spaziale a 8m

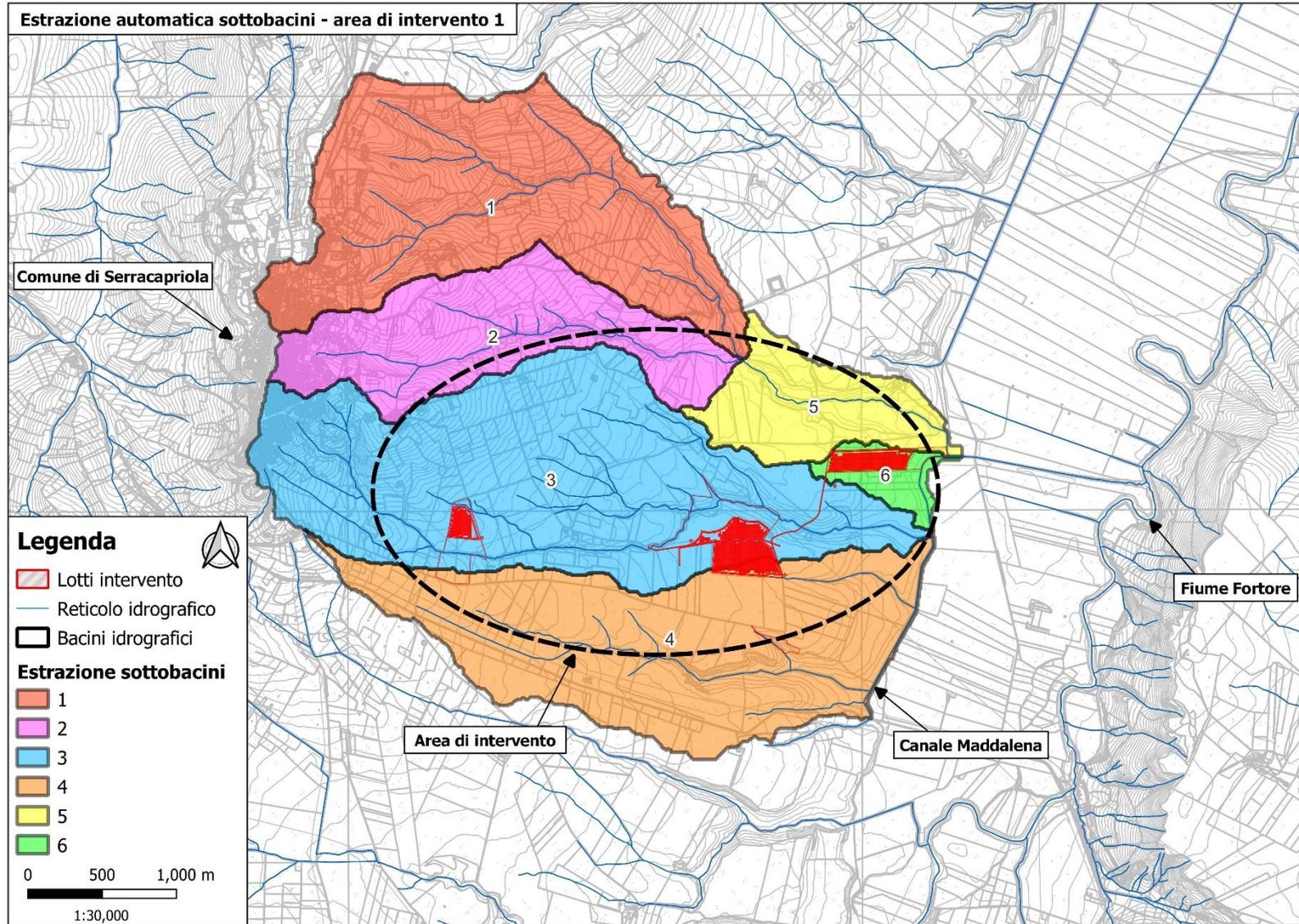


Figura 14 - Estrazione automatica dei sottobacini con procedura Taudem - area di intervento 1 su DEM 8m

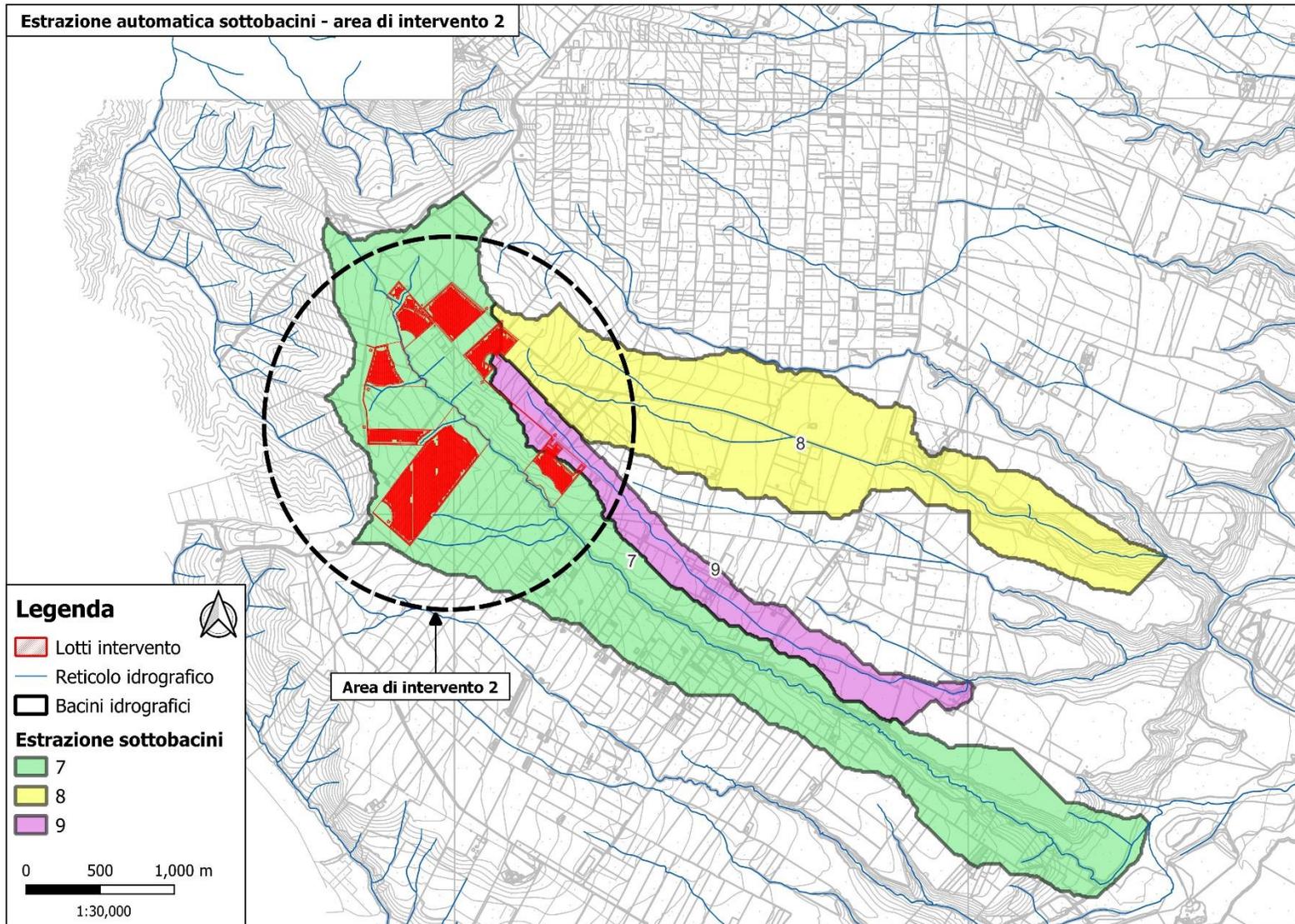


Figura 15 - Estrazione automatica dei sottobacini con procedura Tudem - area di intervento 2 su DEM 8m

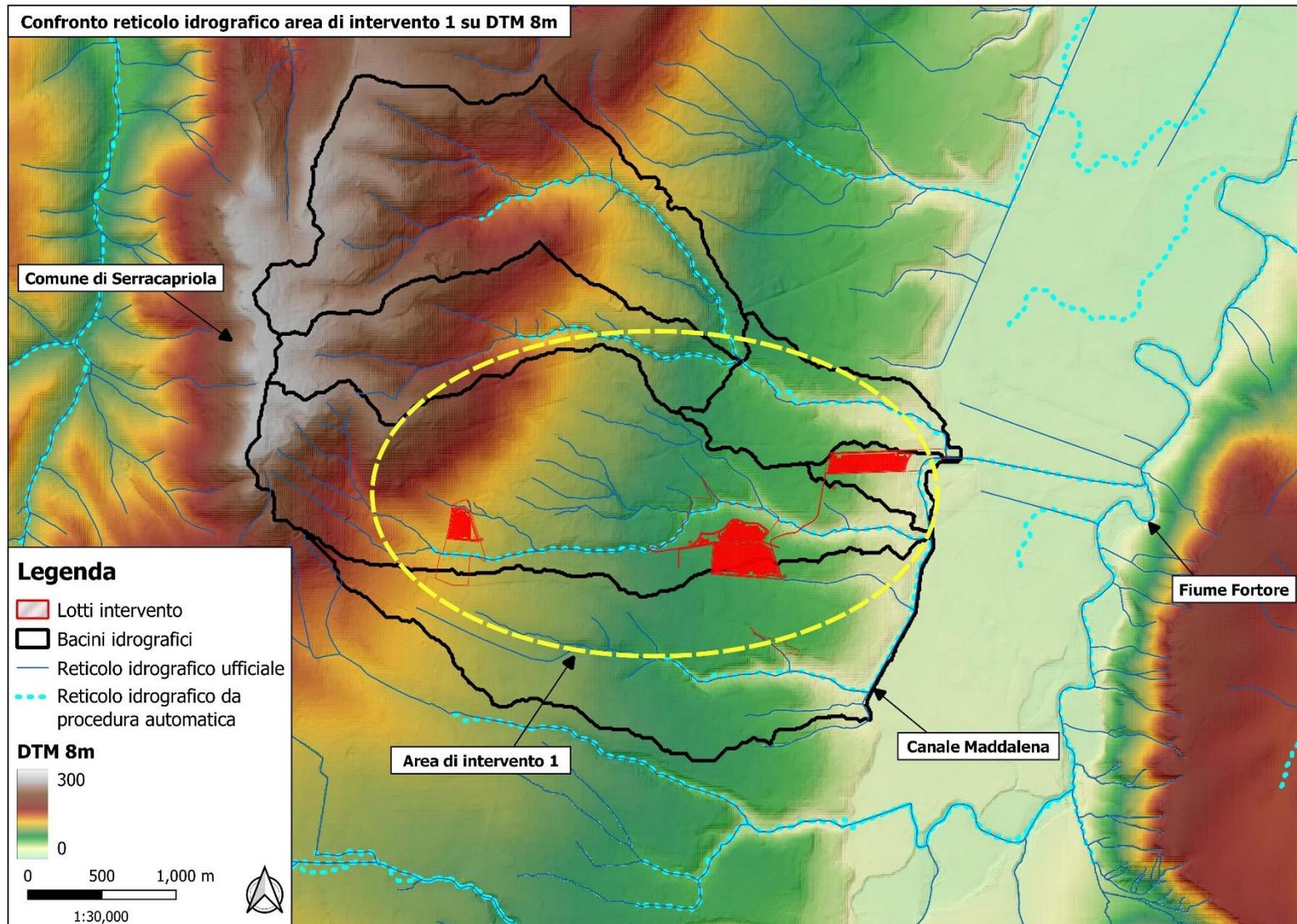


Figura 16 - Confronto tra il reticolo idrografico da carta idrogeomorfologica e quello estratto da procedura automatica Tudem - area di intervento 1

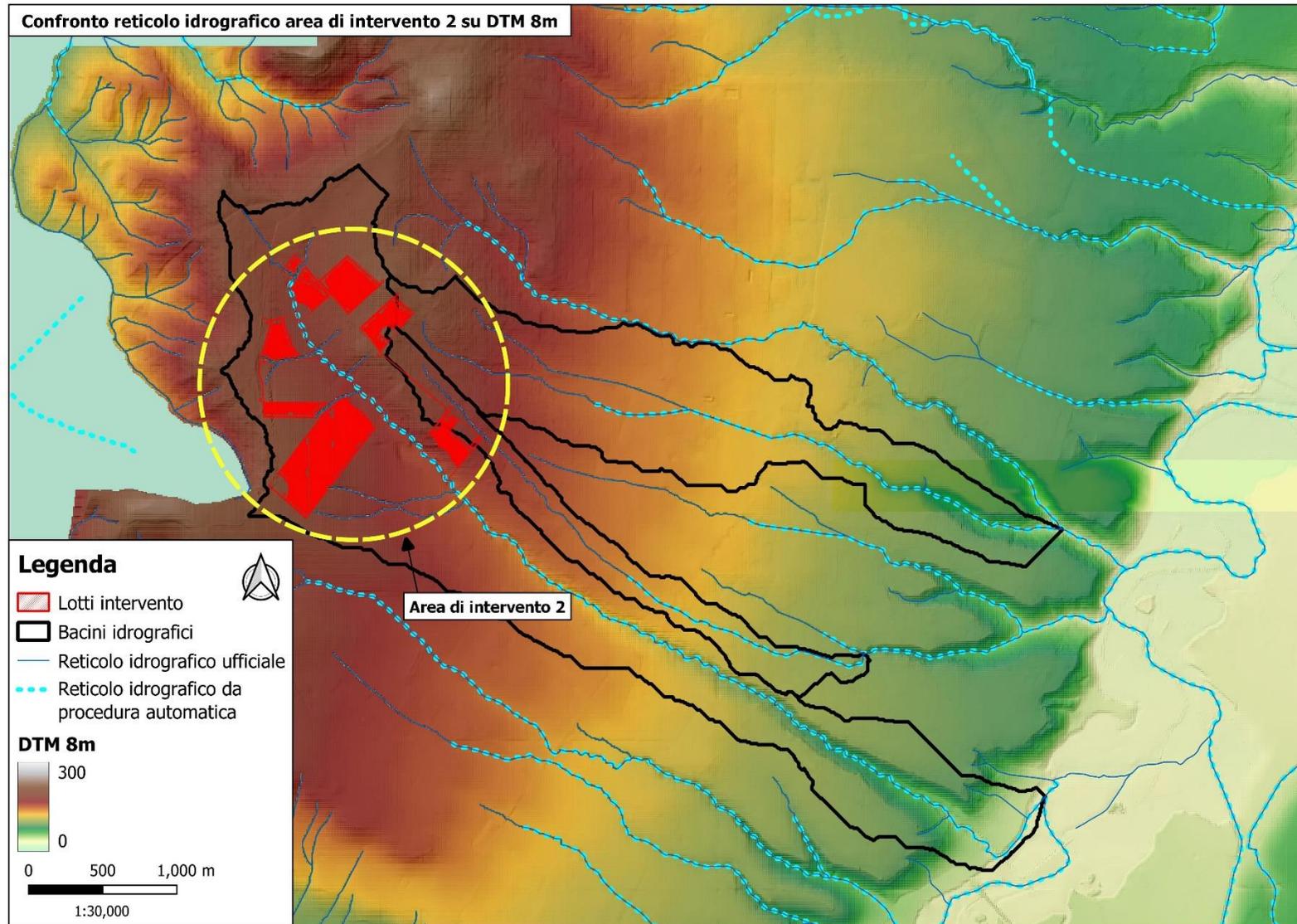


Figura 17 - Confronto tra il reticolo idrografico da carta idrogeomorfologica e quello estratto da procedura automatica Tudem - area di intervento 2

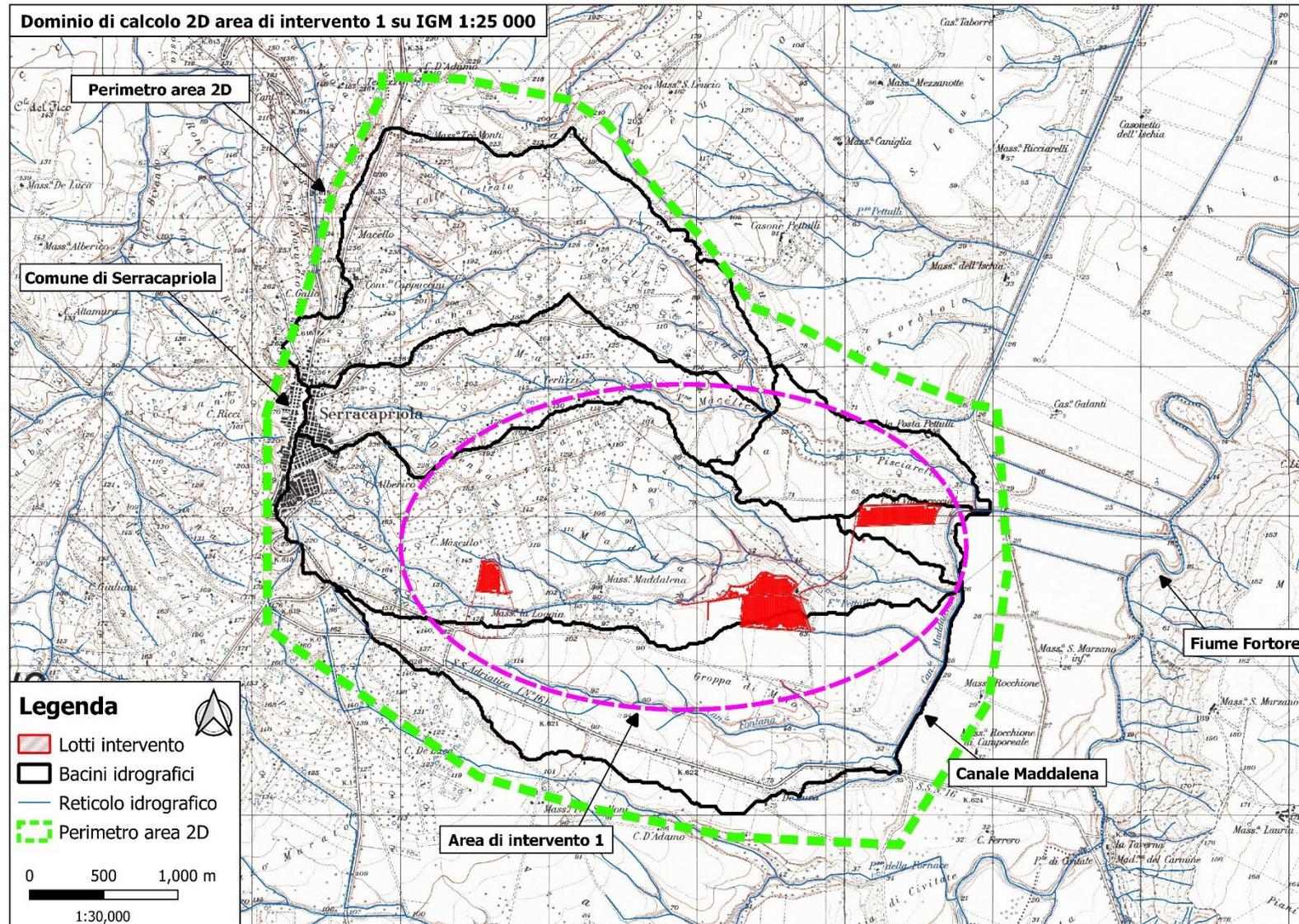


Figura 18 - Individuazione dominio di calcolo area di intervento 1 su cartografia IGM scala 1:25.000

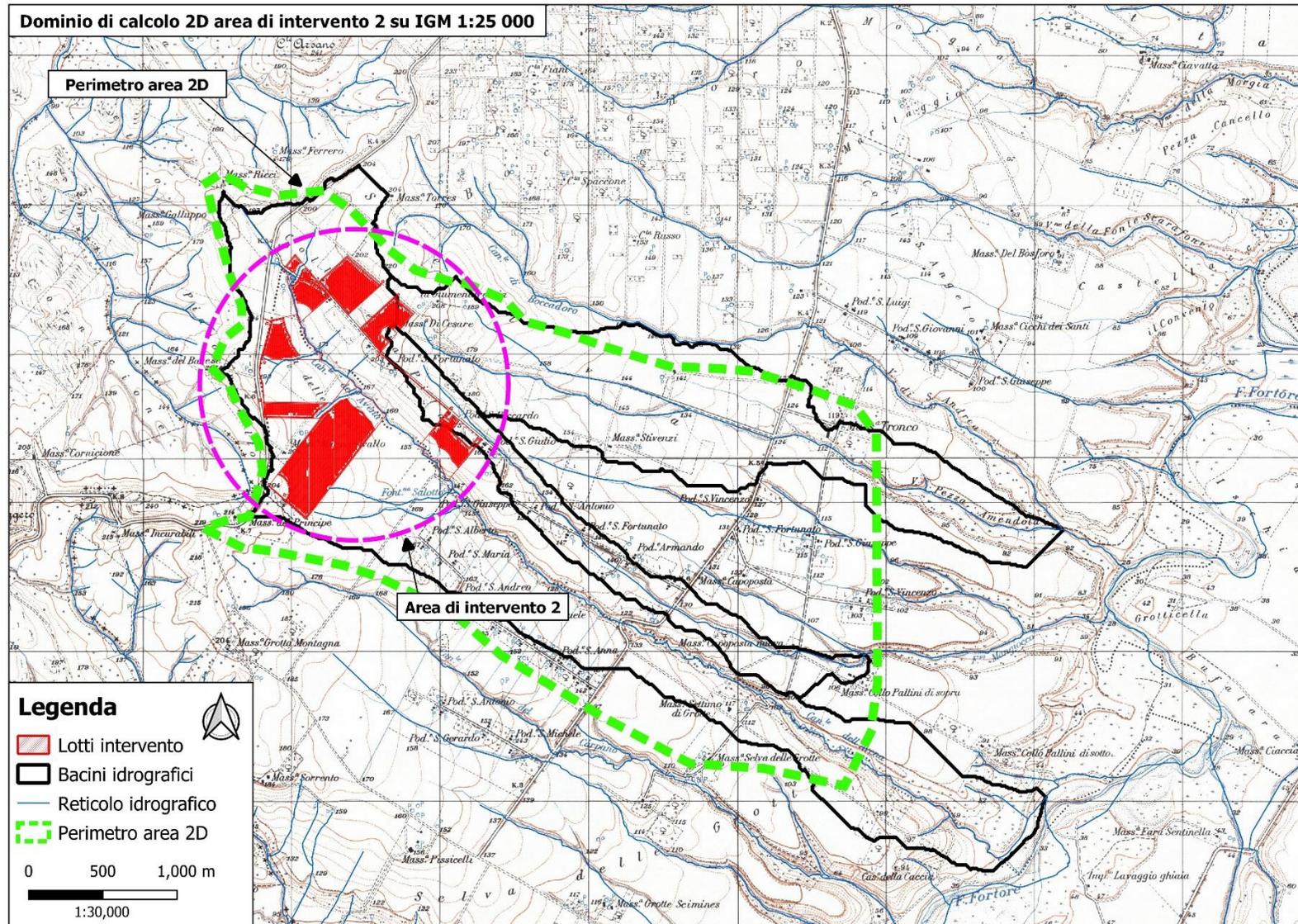


Figura 19 - Individuazione dominio di calcolo area di intervento 2 su cartografia IGM scala 1:25.000

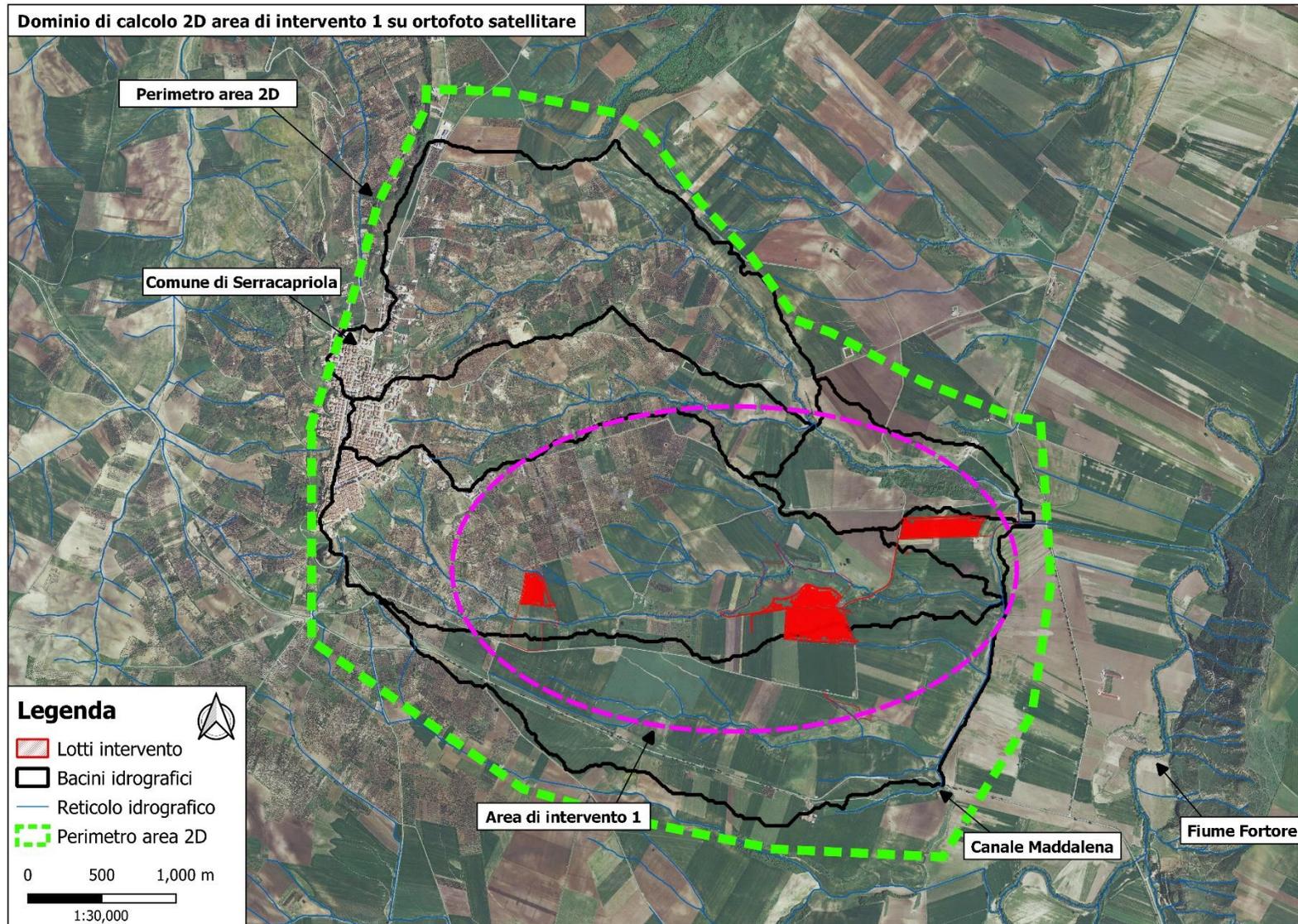


Figura 20 - Individuazione dominio di calcolo 2D area di intervento 1 su ortofoto satellitare

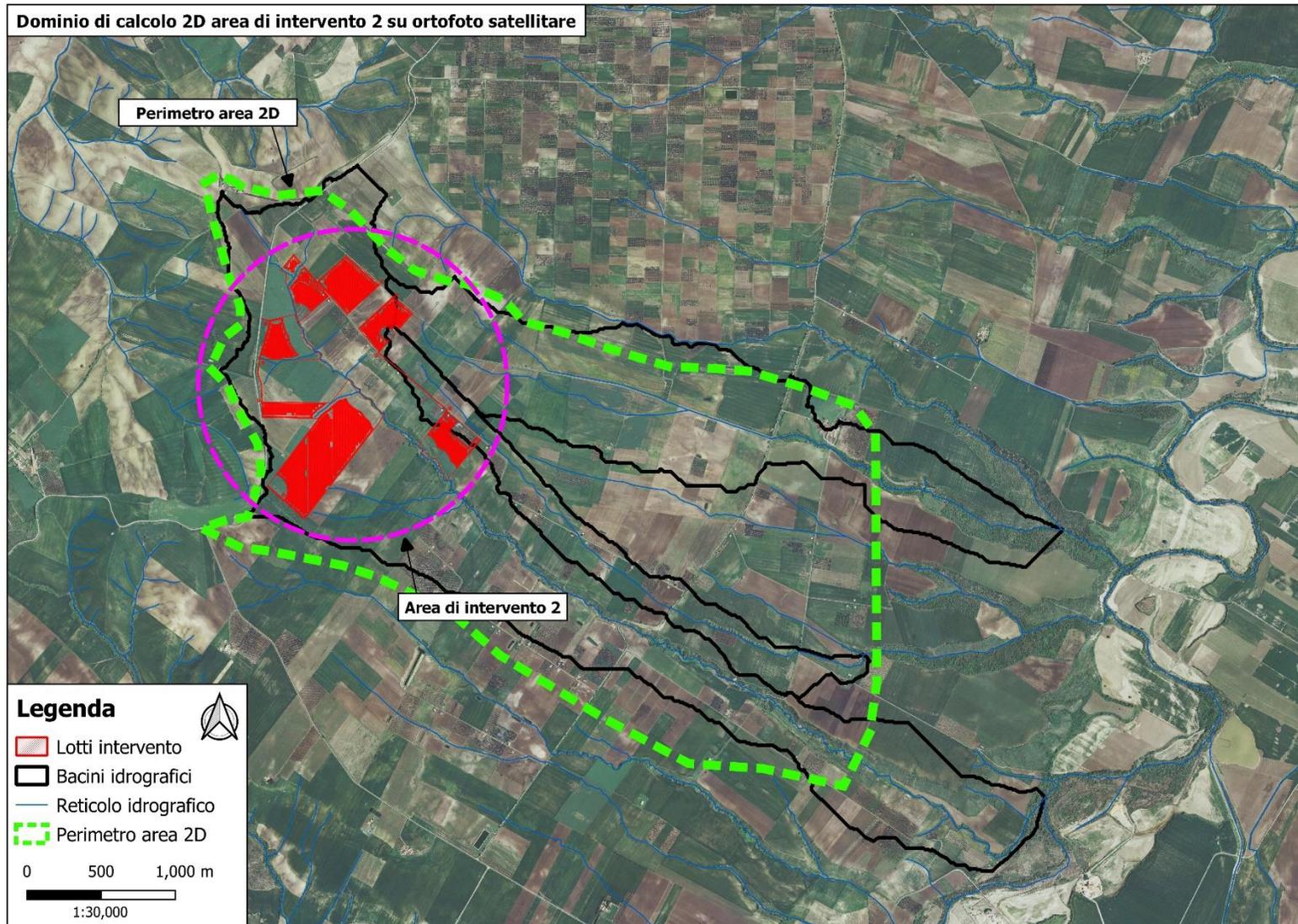


Figura 21 - Individuazione dominio di calcolo 2D area di intervento 2 su ortofoto satellitare

## 2.4 USO DEL SUOLO

Ai fini della ricostruzione dell'uso del suolo sono stati utilizzati i dati disponibili sul SIT della Regione Puglia, mediate i quali è stata redatta la mappa riportante le diverse tipologie di uso del suolo che interessano la nostra area di studio, nello specifico quella relativa all'area di intervento 1 è riportata in Figura 22, mentre quella relativa all'area di intervento 2 in Figura 23.

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, in quanto non si è ritenuto opportuno 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 alteri in modo significativo i risultati del presente studio.

Dall'esame delle classi di uso del suolo (vedi Tabella 3 e Tabella 4), si può notare come, per l'area di intervento 1 il territorio nel dominio di calcolo sia sfruttato quasi esclusivamente ad uso agricolo, con la presenza prevalente di seminativi semplici in aree non irrigue, per una percentuale di circa il 53.5% mentre circa il 30.5% è costituito da uliveti e circa il 3% è costituito da territorio urbanizzato. Per quanto riguarda l'area di intervento 2, il territorio nel dominio di calcolo è sfruttato quasi esclusivamente ad uso agricolo, con la presenza prevalente di seminativi semplici in aree non irrigue, per una percentuale di circa il 79% mentre circa il 7% è costituito da uliveti, ed una percentuale che si mantiene al di sotto del 1% di territorio urbanizzato.

<b>SOTTOBACINI AREA DI INTERVENTO 1</b>			
<b>CLC - III Livello</b>	<b>Corine Land Cover - III Livello - Descrizione</b>	<b>Area (kmq)</b>	<b>%</b>
321	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	0.227	1.609
324	aree a ricolonizzazione naturale	0.017	0.121
323	aree a vegetazione sclerofilla	0.055	0.389
243	aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali	0.005	0.037
142	aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	0.012	0.082
141	aree verdi urbane	0.006	0.045
512	bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui	0.004	0.030
311	boschi di latifoglie	0.237	1.678
322	cespuglieti e arbusteti	0.227	1.609
143	cimiteri	0.013	0.095
241	colture temporanee associate a colture permanenti	0.070	0.495
132	depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	0.048	0.338
132	discariche e depositi di cave, miniere, industrie	0.004	0.028
222	frutteti e frutti minori	0.026	0.182
121	insediamenti produttivi agricoli	0.027	0.193
121	insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	0.076	0.540
122	reti stradali e spazi accessori	0.139	0.987
212	seminativi semplici in aree irrigue	0.498	3.530
211	seminativi semplici in aree non irrigue	7.559	53.527
242	sistemi colturali e particellari complessi	0.016	0.113
133	suoli rimaneggiati e artefatti	0.020	0.141
231	superfici a copertura erbacea densa	0.037	0.259
111	tessuto residenziale continuo antico e denso	0.056	0.393
111	tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	0.315	2.228
112	tessuto residenziale discontinuo	0.025	0.175
112	tessuto residenziale sparso	0.022	0.154

223	uliveti	4.306	30.494
221	vigneti	0.075	0.529
<b>Sup. Totale</b>		<b>14.121</b>	<b>100.000</b>

*Tabella 3 - Classi di uso del suolo per i sottobacini considerati*

<b>SOTTOBACINI AREA DI INTERVENTO 2</b>			
<b>CLC - III Livello</b>	<b>Corine Land Cover - III Livello - Descrizione</b>	<b>Area (kmq)</b>	<b>%</b>
112	tessuto residenziale sparso	0.002	0.018
121	insediamenti produttivi agricoli	0.051	0.570
122	reti stradali e spazi accessori	0.053	0.596
212	seminativi semplici in aree irrigue	7.026	78.646
221	vigneti	0.382	4.276
223	uliveti	0.638	7.137
311	boschi di latifoglie	0.225	2.524
321	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	0.004	0.047
322	cespuglieti e arbusteti	0.545	6.106
512	bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui	0.007	0.081
<b>Sup. Totale</b>		<b>8.934</b>	<b>100.000</b>

*Tabella 4 - Classi di uso del suolo per i sottobacini considerati*

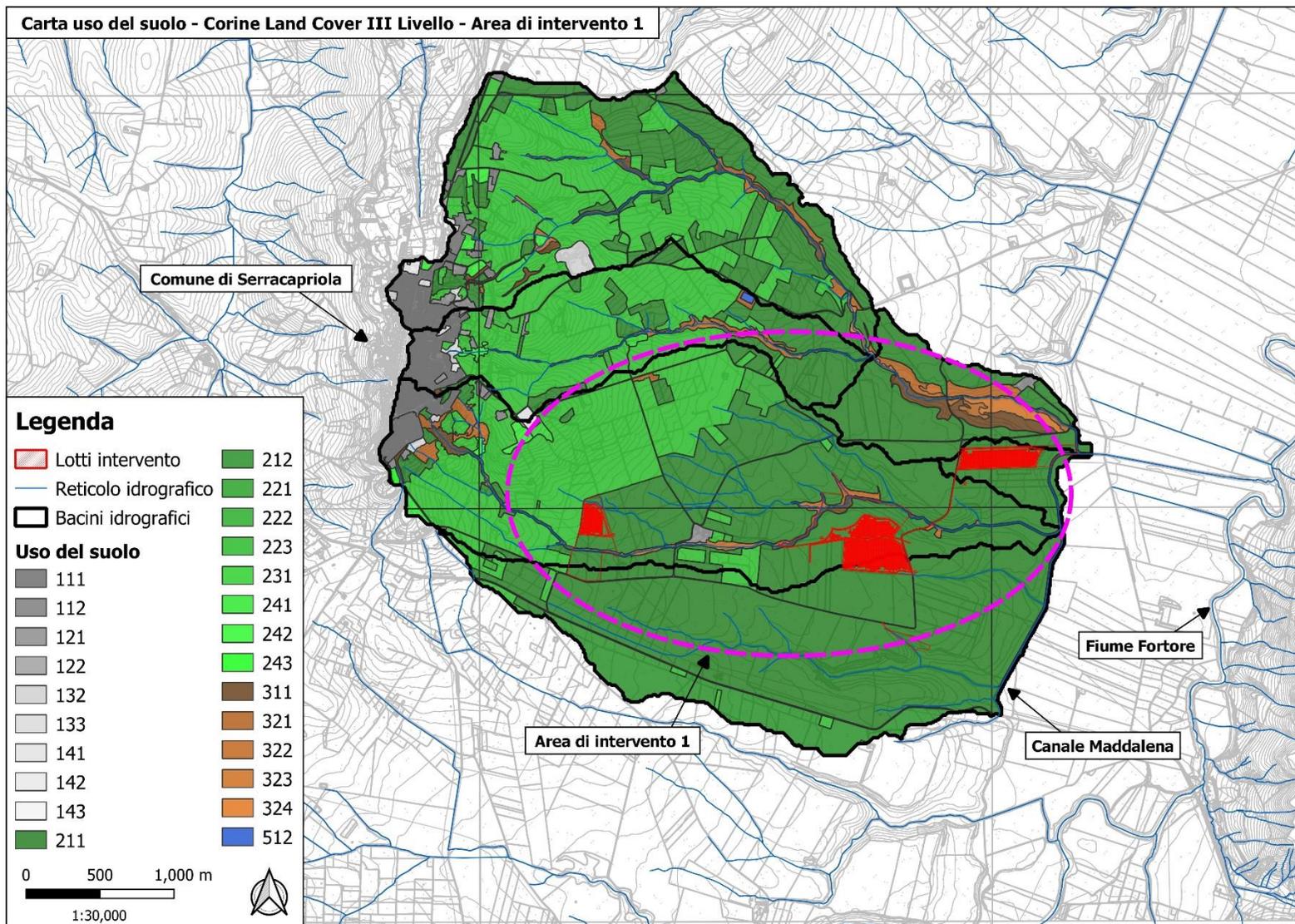


Figura 22 - Mappa uso del suolo area di intervento1 - Corine Land Cover III Livello

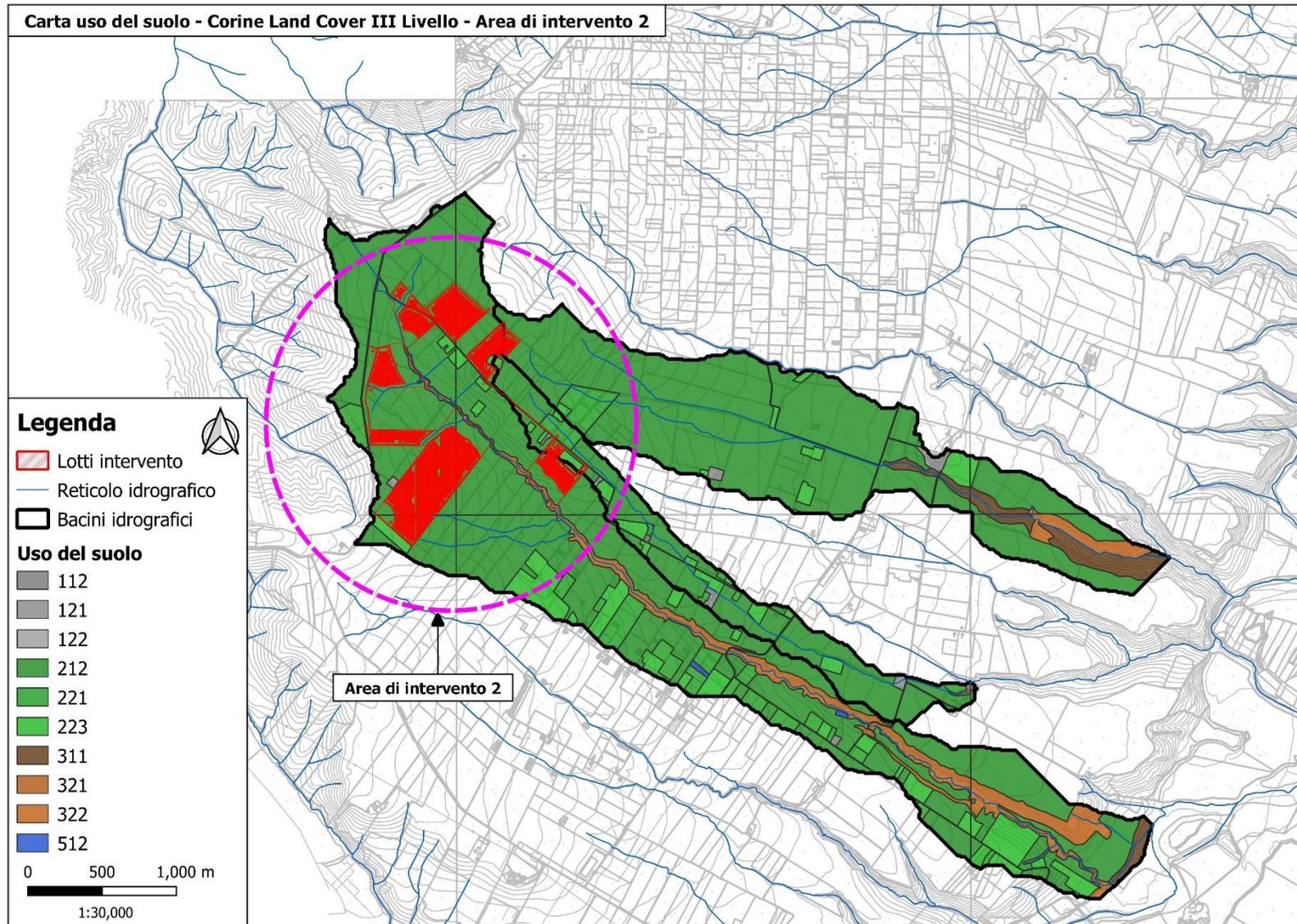


Figura 23 - Mappa uso del suolo area di intervento2 - Corine Land Cover III Livello

## 2.5 LITOLOGIA

Per l'individuazione del grado di permeabilità dei suoli è stata utilizzata la litologia presente nella Carta Idrogeomorfologica, riportata in Figura 8 e in Figura 9.

Con riferimento all'area di intervento 1, dall'esame della carta litologica riportata in Figura 24 e della Tabella 6 risulta che quasi tutta l'area oggetto di studio ricade in una zona omogenea dal punto di vista litologico, costituita da depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa.

Per caratterizzare la permeabilità del suolo sono stati utilizzati i valori presenti in letteratura, e trattandosi di terreni che presentano una moderata potenzialità di deflusso, si è ritenuto opportuno assegnare all'intero dominio la classe di permeabilità A che corrisponde ad elevata permeabilità, vedi Tabella 5.

Con riferimento all'area di intervento 2, dall'esame della carta litologica riportata in Figura 25, Figura 24 e della Tabella 7 risulta che quasi tutta l'area oggetto di studio ricade in una zona omogenea dal punto di vista litologico, costituita da unità a prevalente componente argillosa. Per caratterizzare la permeabilità del suolo sono stati utilizzati i valori presenti in letteratura, e trattandosi di terreni che presentano una moderata potenzialità di deflusso, si è ritenuto opportuno assegnare all'intero dominio di calcolo la classe di permeabilità C, che corrisponde ad una medio-bassa permeabilità, vedi Tabella 5.

CLASSI DI SUOLI PERMEABILITA'
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.
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.
GRUPPO C - Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
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.

Tabella 5 - Classi di permeabilità

<b>Classi litologiche area di intervento 1</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Classe Permeabilità</b>	<b>Area (kmq)</b>	<b>%</b>
Unità prevalente componente ruditica	1	3.063	21.693
Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa	2	9.985	70.708
Unità prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica	3	0.009	0.067
Depositi sciolti a prevalente componente pelitica	3	0.688	4.873
Unità prevalente componente argillosa	4	0.376	2.659
<b>Sup. Totale</b>		<b>14.121</b>	<b>100.000</b>

Tabella 6 - Classi litologiche area di intervento 1

<b>Classi litologiche area di intervento 2</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Classe Permeabilità</b>	<b>Area (kmq)</b>	<b>%</b>
Unità a prevalente componente ruditica	1	0.215	2.408
Depositi sciolti a prevalente componente pelitica	3	1.656	18.531
Unità a prevalente componente argillosa	4	7.063	79.062
<b>Sup. Totale</b>		<b>8.934</b>	<b>100.000</b>

Tabella 7 - Classi litologiche area di intervento 2

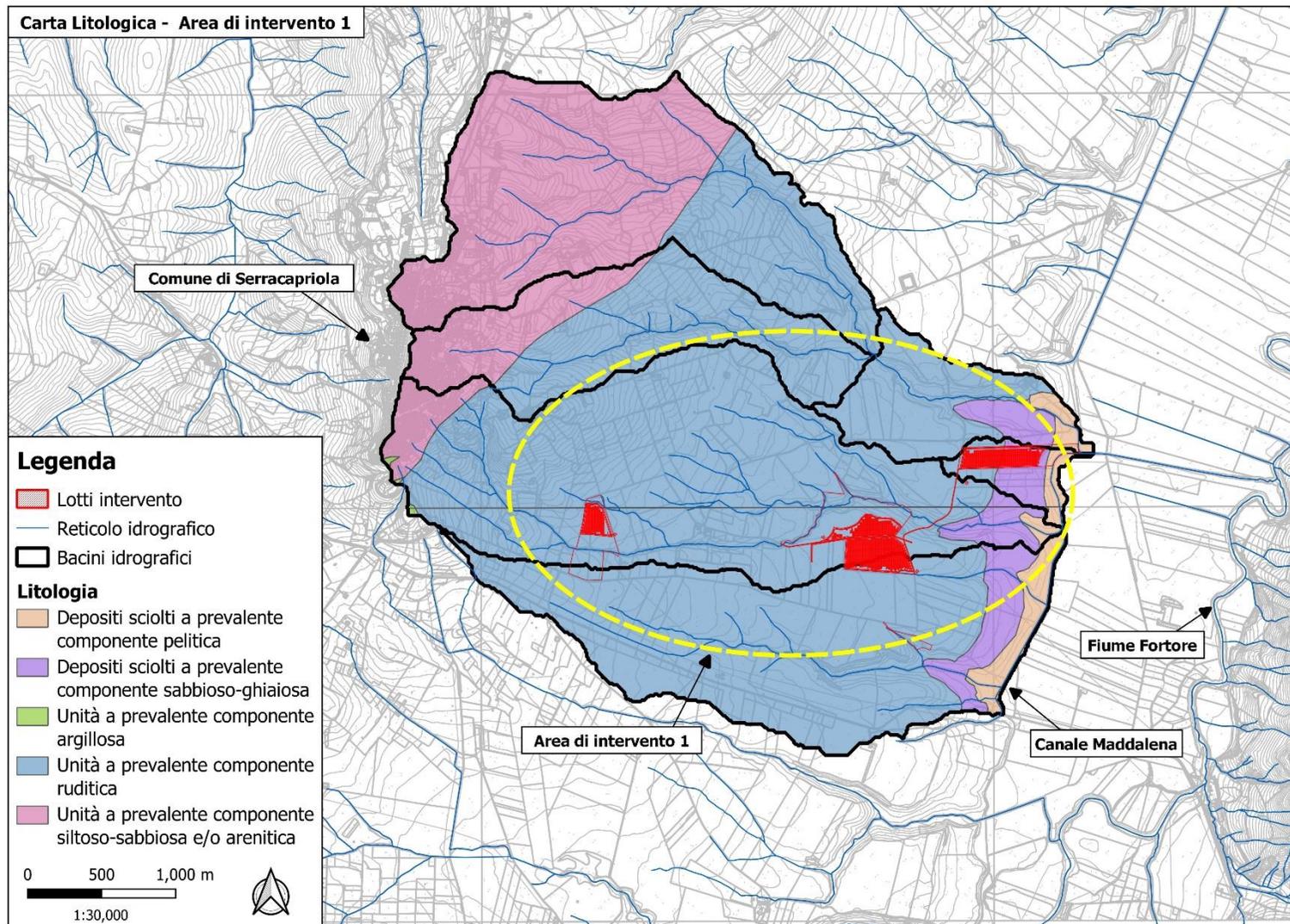


Figura 24 - Carta litologica area di intervento 1

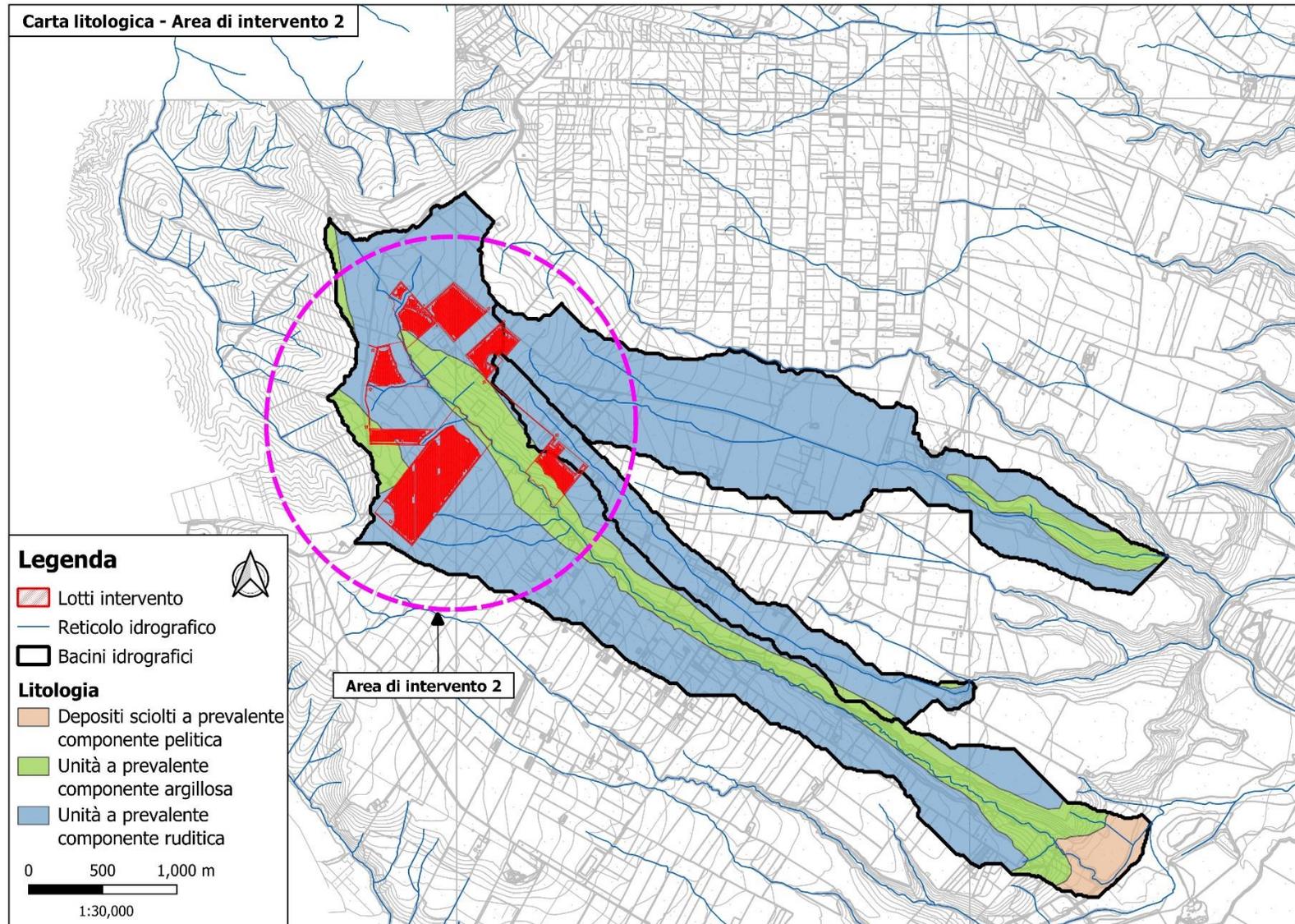


Figura 25 - Carta litologica area di intervento 2

## 2.6 CURVE NUMBER

Per l'individuazione del valore del Curve Number per i diversi sottobacini idrografici individuati 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 Tabella 8, ricavata dalle analoghe tabelle reperite in letteratura adattandola al contesto territoriale pugliese ed alla classificazione dell'uso del suolo del Corine Land Cover al III livello.

A seguito di un'analisi delle caratteristiche delle aree di intervento, è stato scelto di adottare un unico valore del Curve Number per entrambe le aree di intervento pari a 72, valore che permette di massimizzare la risposta idrologica del bacino idrografico quanto del dominio di calcolo.

<b>Corine Land Cover (III Livello)</b>	<b>Descrizione Corine Land Cover III Livello</b>	<b>Valori CN</b>
111	Tessuto urbano continuo	77,85,90,92
112	Tessuto urbano discontinuo	61,75,83,87
121	Aree industriali o commerciali	89,92,94,95
122	Reti stradali e ferroviarie	89,92,94,95
132	Discariche	89,92,94,95
133	Cantieri	89,92,94,95
143	Cimiteri	77,85,90,92
211	Seminativi in aree non irrigue	72,81,88,91
212	Seminativi in aree irrigue	72,81,88,91
221	Vigneti	62,71,78,81
222	Frutteti e frutti minori	62,71,78,81
223	Oliveti	62,71,78,81
231	Prati stabili	72,81,88,91
241	Colture annuali associate a colture permanenti	62,71,78,81
242	Sistemi colturali e particellari complessi	62,71,78,81
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie	62,71,78,81
311	Boschi di latifoglie	45,66,77,83
313	Boschi misti	45,66,77,83
321	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	68,79,86,89
322	Brughiere e cespuglieti	62,71,78,81

Tabella 8 - Valori del CN per classe di permeabilità e uso del suolo

2.7 DEFINIZIONE 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. La zona oggetto di studio ricade nella sottozona pluviometrica n.1 come mostrato in Figura 26 per la quale il progetto VaPi propone la seguente formulazione per il calcolo delle Curve di Possibilità Pluviometrica.

$$x(t, h) = 28.66 t^{\left(\frac{0.720 + 0.000503 h}{3.178}\right)}$$

Sono stati quindi ricavati i valori dei parametri "a" e "n" delle Curve di Possibilità Pluviometrica per i tre differenti tempi di ritorno (30, 200, 500 anni), vedi Tabella 9 e Figura 27

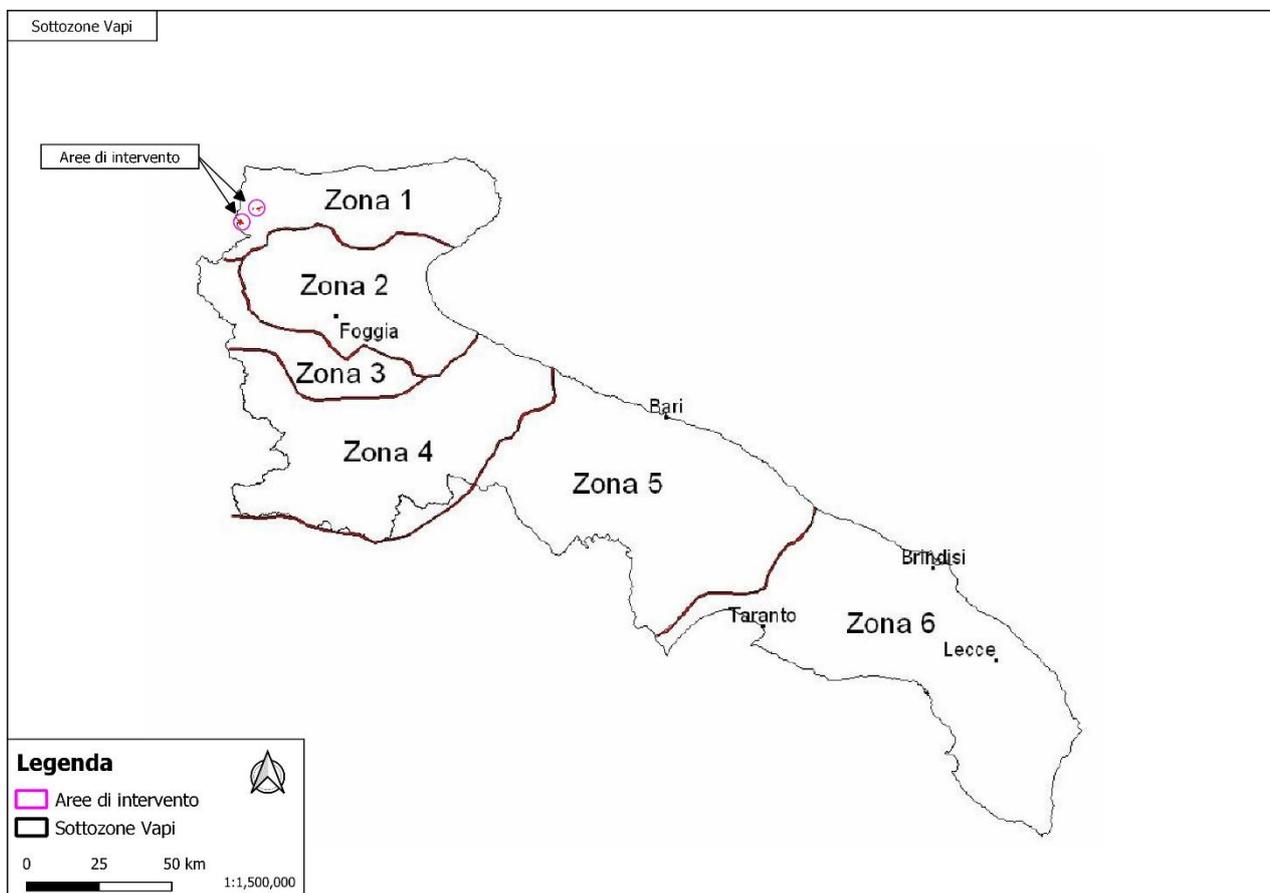


Figura 26 - Aree di intervento in Sottozona 1 Vapi Puglia

	Tr=30 anni	Tr=200 anni	Tr=500 anni
a	52.8	74.2	84.4
n	0.42	0.42	0.42
t (h)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
0.25	29.4	41.3	47.0
0.33	33.0	46.4	52.8
0.66	44.3	62.3	70.8
1	52.8	74.2	84.4
2	70.8	99.5	113.2
3	84.0	118.2	134.4
4	94.9	133.5	151.8
5	104.3	146.7	166.8
6	112.7	158.5	180.2
7	120.3	169.1	192.3
8	127.3	179.0	203.5
9	133.8	188.1	213.9
10	139.9	196.7	223.7
11	145.6	204.8	232.9
12	151.1	212.5	241.6

Tabella 9 - Valori dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica per Tr = 30, 200, 500 anni

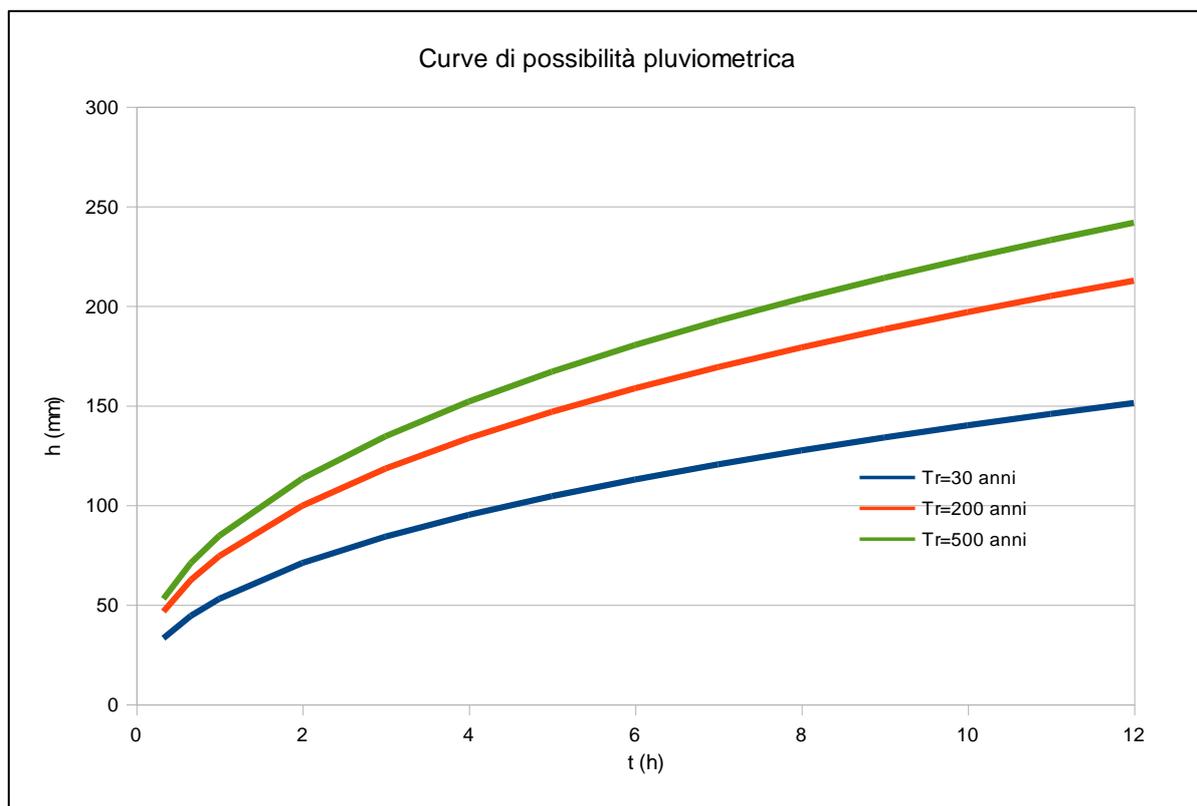


Figura 27 - Curve di possibilità pluviometrica per Tr= 30, 200 e 500 anni

### **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. È 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 capace di utilizzare come condizione al contorno di input lo ietogramma di precipitazione netta corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni.

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. Si evidenzia che nel caso in esame è stato condotto uno studio idrologico per la determinazione dello ietogramma di pioggia netta corrispondente all'evento duecentennale.

L'analisi idraulica dei reticoli idrografici ha previsto l'implementazione di una modellazione idraulica con schema bidimensionale 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 dapprima alcune brevi richiami relativi alla teoria e alle formulazioni implementate all'interno dei software HEC-HMS e HEC-RAS, successivamente verranno descritti nel dettaglio i modelli implementati.

### 3.1 MODELLISTICA UTILIZZATA

#### 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 seconda 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 piena;
- 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 "Lag" ovvero del ritardo. l'individuazione.

#### **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
<b>TERRENO COLTIVATO</b>				
senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
<b>TERRENO DA PASCOLO</b>				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
<b>PRATERIE</b>				
buone condizioni	30	58	71	78
<b>TERRENI BOSCOSE O FORESTATI</b>				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
<b>SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI</b>				
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
<b>AREE COMMERCIALI (Impermeabilità 85%)</b>	89	92	94	95
<b>DISTRETTI INDUSTRIALI (Imp. 72%)</b>	81	88	91	93
<b>AREE RESIDENZIALI</b>				
Impermeabilità media	%	77	85	90
	65	61	75	83
	38	57	72	81
	30	54	70	80
	25	51	68	79
<b>PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI, TETTI</b>	98	98	98	98
<b>STRADE</b>				
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

Figura 28 - 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
<b>I</b>	<13	<36
<b>II</b>	13-28	36-54
<b>III</b>	>28	>54

Tabella 10 - 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 11 - Formula relativa al passaggio dalla classe AMC1 alla classe AMC3

Nell'applicazione del metodo del CN al caso oggetto di studio considerando l'uniformità in termini di valore del Curve Number nei sottobacini individuati all'interno del dominio di calcolo, si è ritenuto opportuno assumere un unico valore del CN e pari nello specifico al valore 72.

### **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.

### 3.2 STUDIO IDROLOGICO

Come precedentemente accennato, è stato condotto uno studio idrologico per la determinazione dello ietogramma di precipitazione netta relativo al tempo di ritorno di 200 anni.

Ai fini della modellazione idrologica è stato quindi implementato un modello idrologico secondo lo schema riportato in Figura 29 e Figura 30. In particolare, con riferimento al bacino relativo all'area di intervento 1, si può notare come per la caratterizzazione del modello idrologico sono stati considerati i sei sottobacini che drenano in corrispondenza delle aree oggetto di intervento, allo stesso modo, in corrispondenza dell'area di intervento 2, sono stati considerati i tre sottobacini che drenano in corrispondenza delle aree oggetto di intervento.

Come evento di riferimento è stata considerata una precipitazione di durata pari a 3 ore con TR pari a 30, 200 e 500 anni.

Di seguito, in Tabella 12 sono riportati i parametri caratteristici in termini di valore del Curve Number e dei parametri "a" ed "n" della curva di possibilità pluviometrica relativa al tempo di ritorno di 200 anni per i bacini in corrispondenza dell'area di intervento 1 e 2, derivanti da una media dei singoli valori dei relativi sottobacini. Nello specifico per la modellazione idrologica, al fine di massimizzare la risposta idrologica dei bacini è stato preso in considerazione il massimo valore del CN pari a 72.

Bacino	CN	a	n
Bacino area di intervento 1	70.90	74.24	0.42
Bacino area di intervento 2	72.00	74.24	0.42

Tabella 12 - Valori del CN e dei parametri "a" ed "n" della CPP per Tr 200 anni

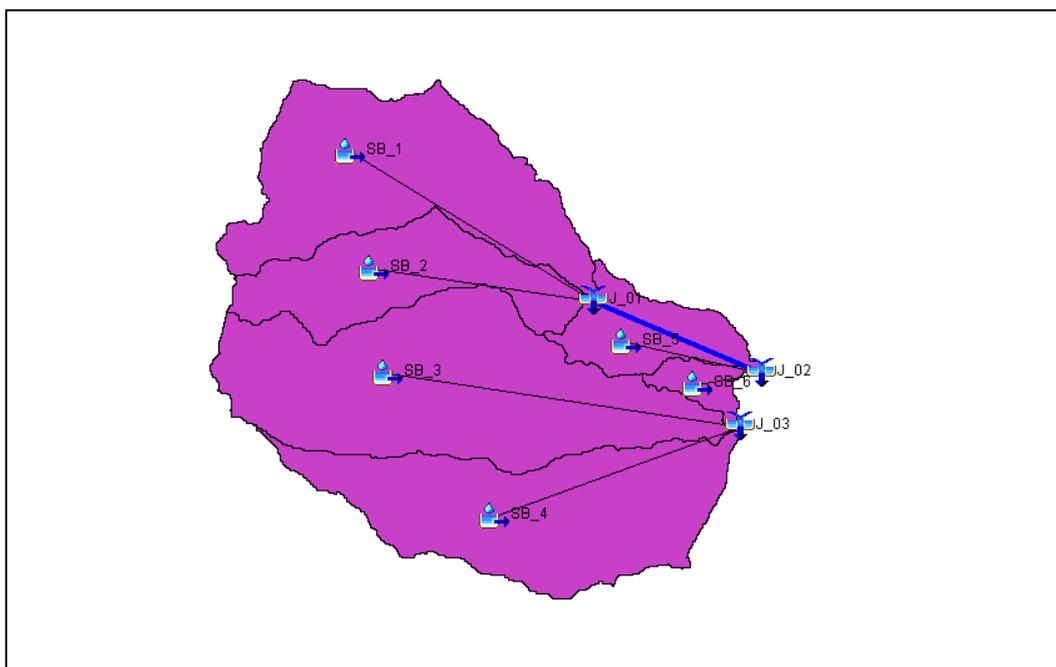


Figura 29 - Modellazione idrologica - Schematizzazione bacino idrografico area di intervento 1 su software HEC-HMS

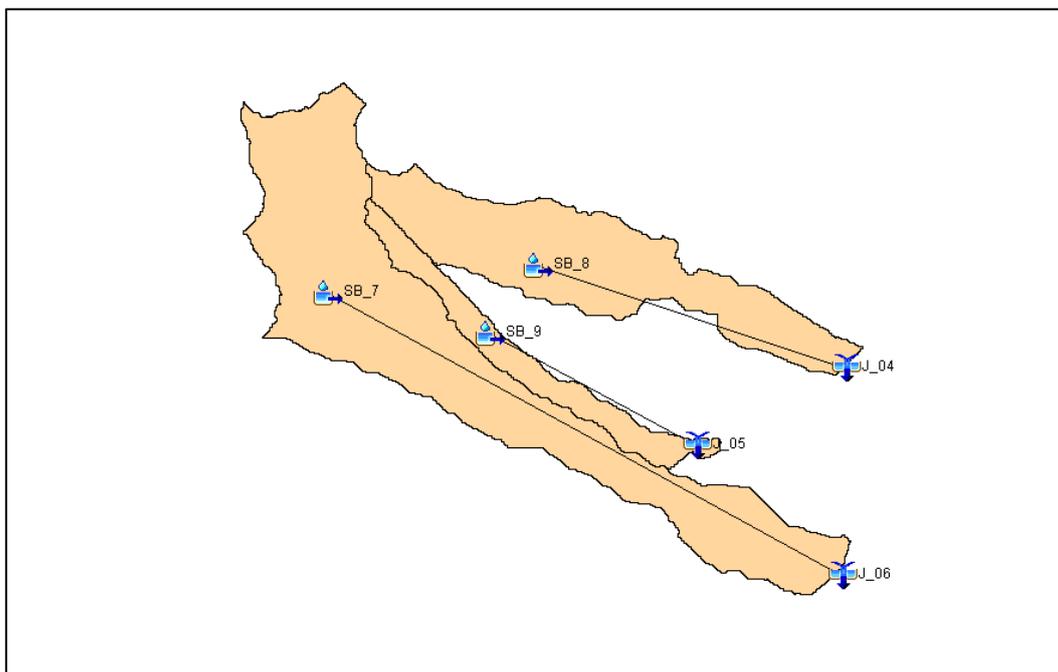


Figura 30 - Modellazione idrologica - Schematizzazione bacino idrografico area di intervento 2 su software HEC-HMS

### 3.2.1 Risultati ottenuti

Si riportano in Tabella 13 i principali risultati in termini di altezza di pioggia totale, pioggia persa e pioggia netta ottenuti nell'ambito della modellazione idrologica condotta come sopra descritto, considerando come input nella modellazione afflussi – deflussi un valore del CN pari a 72. È stato inoltre calcolato il coefficiente di deflusso come rapporto tra la pioggia netta e quella totale.

Di seguito in Figura 31, Figura 32 e Figura 33 è riportato il confronto in forma grafica tra lo ietogramma di pioggia totale (di colore blu) e gli ietogrammi di pioggia netta (in verde) e persa (in rosso) ottenuti come risultati per i tre tempi di ritorno considerati.

TEMPO DI RITORNO	PIOGGIA TOTALE	PIOGGIA PERSA	PIOGGIA NETTA	COEFF. DEFLUSSO
(anni)	(mm)	(mm)	(mm)	(-)
30	84.00	60.04	23.96	0.29
200	118.20	71.00	47.20	0.40
500	134.40	74.99	59.41	0.44

Tabella 13 - Output modellazione idrologica

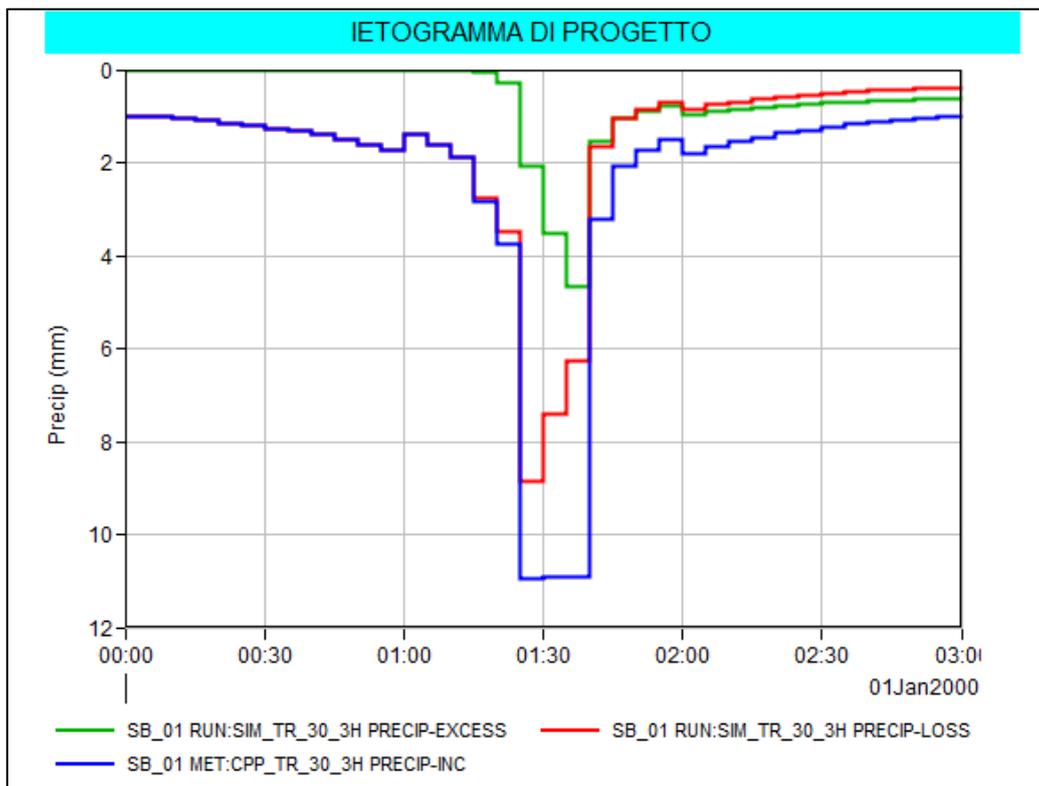


Figura 31 - Modellazione idrologica: Ietogrammi di pioggia totale, persa e netta per TR 30 anni

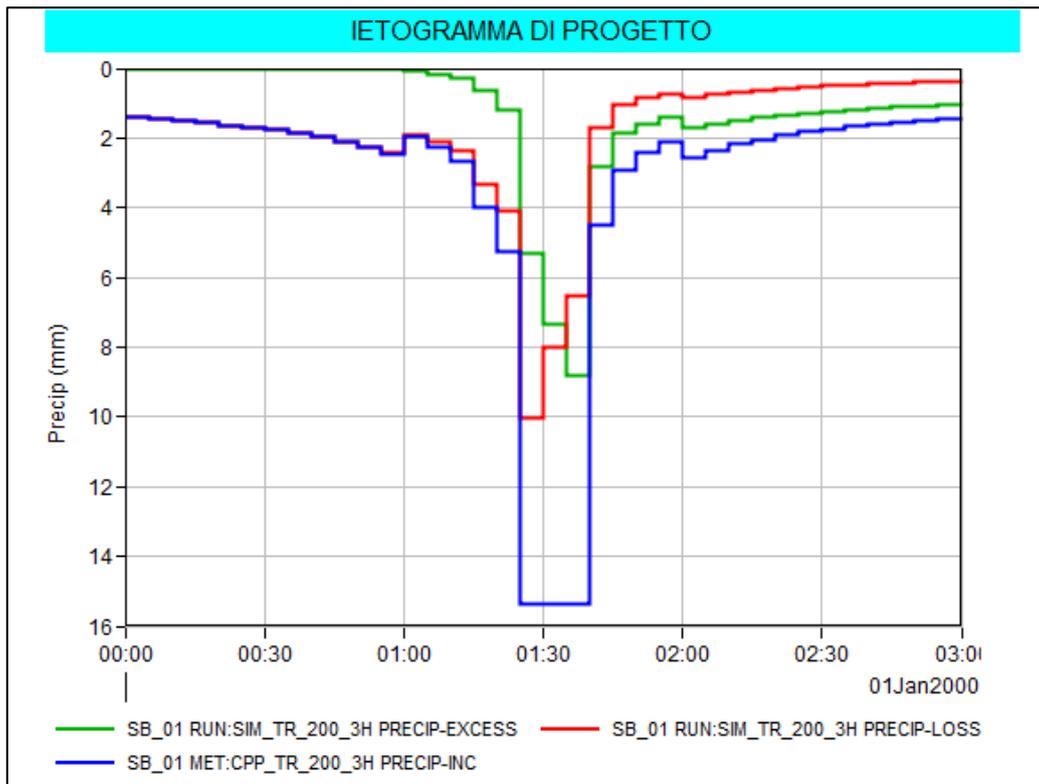


Figura 32 - Modellazione idrologica: Ietogrammi di pioggia totale, persa e netta per TR 200 anni

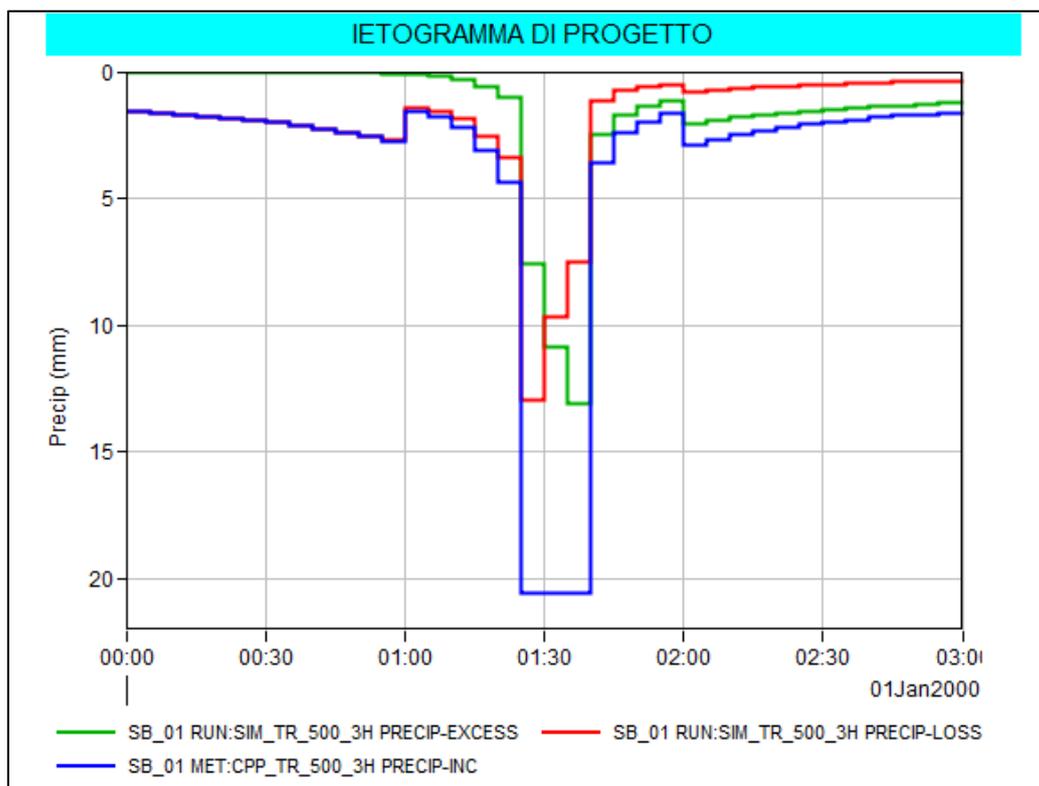


Figura 33 - Modellazione idrologica: ietogrammi di pioggia totale, persa e netta per TR 500 anni