

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\_26 – RELAZIONE IDRAULICA

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
<b>3. ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO</b> .....	17
3.1 MODELLISTICA UTILIZZATA.....	18
3.1.1 MODELLAZIONE IDRAULICA .....	18
3.2 VERIFICHE IDRAULICHE STATO ATTUALE .....	25
3.2.1 CONDIZIONI AL CONTORNO NEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE .....	25
3.2.2 RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA BIDIMENSIONALE .....	29
3.3 DESCRIZIONE INTERVENTI IN PROGETTO .....	50
3.3.1 INTERFERENZE DEL CAVIDOTTO INTERRATO IN PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO .....	53
3.4 VALUTAZIONI EFFETTO INTERVENTO IN PROGETTO .....	56
<b>4. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI</b> .....	58
<b>ALLEGATO A – MODELLAZIONE IDRAULICA BIDIMENSIONALE - CARTE DEI BATTENTI E DELLE VELOCITÀ</b> .....	61

## 1. PREMESSA

Il presente studio ha lo scopo di analizzare il rischio idraulico in due 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 agrovoltaici 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 dapprima uno studio idrologico basato su una modellazione afflussi–deflussi volta a determinare lo ietogramma di precipitazione netta da inserire come input nel modello idraulico, quindi successivamente è stato implementato un modello idraulico bidimensionale di maggior dettaglio, in grado di simulare al meglio la propagazione dei deflussi sul territorio utilizzando un modello digitale del terreno con cella spaziale di 8 m, reso disponibile dal portale del Sistema Informativo Territoriale della Regione Puglia.



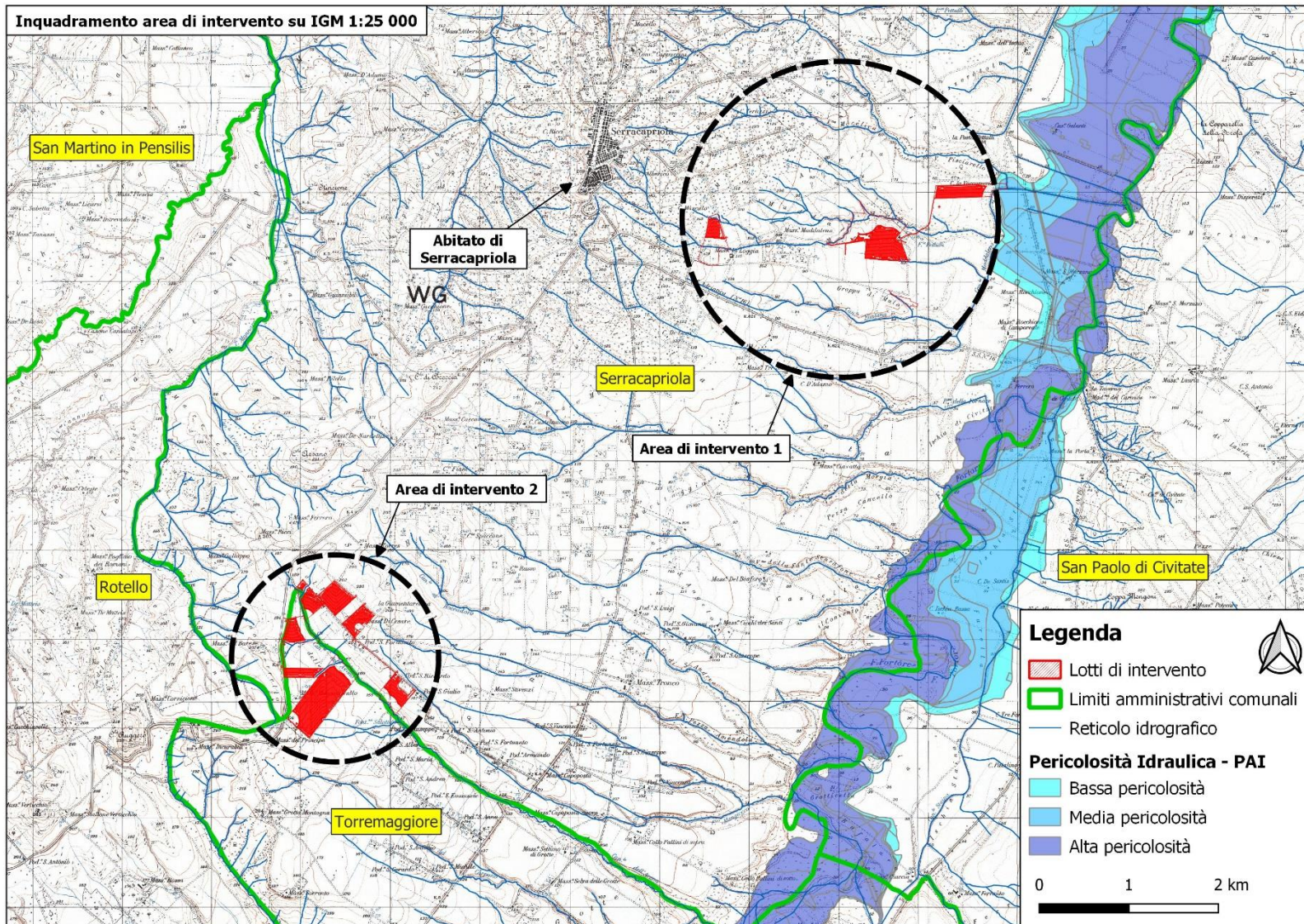


Figura 1 - Inquadramento area oggetto di studio con perimetrazione pericolosità idraulica PAI su cartografia IGM scala 1:25.000



## **2. RICOSTRUZIONE QUADRO CONOSCITIVO**

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

L'area di studio sostanzialmente composta da due macroaree di intervento, identificate 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.

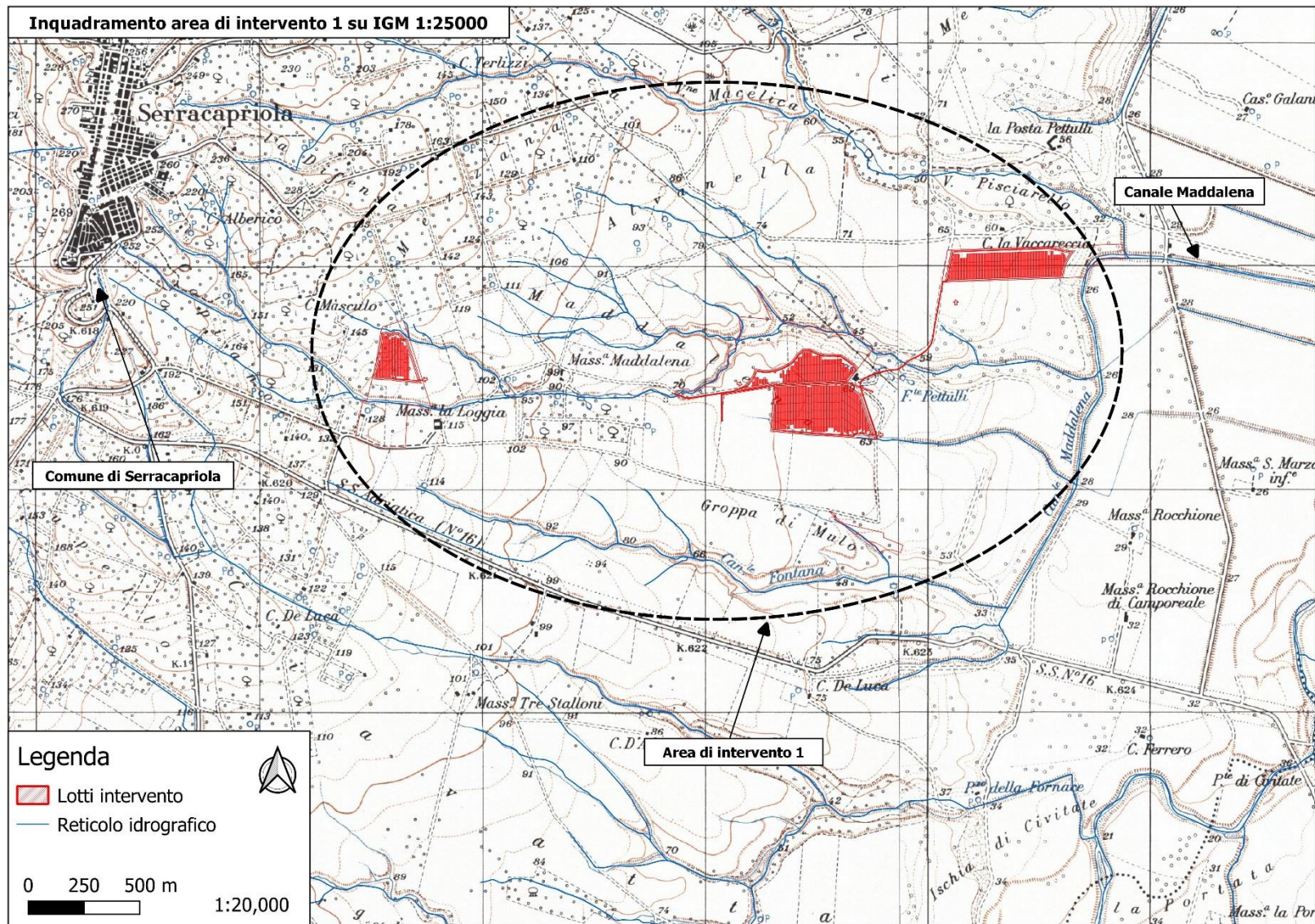


Figura 2 - Inquadramento area di intervento 1 su cartografia IGM scala 1:25.000



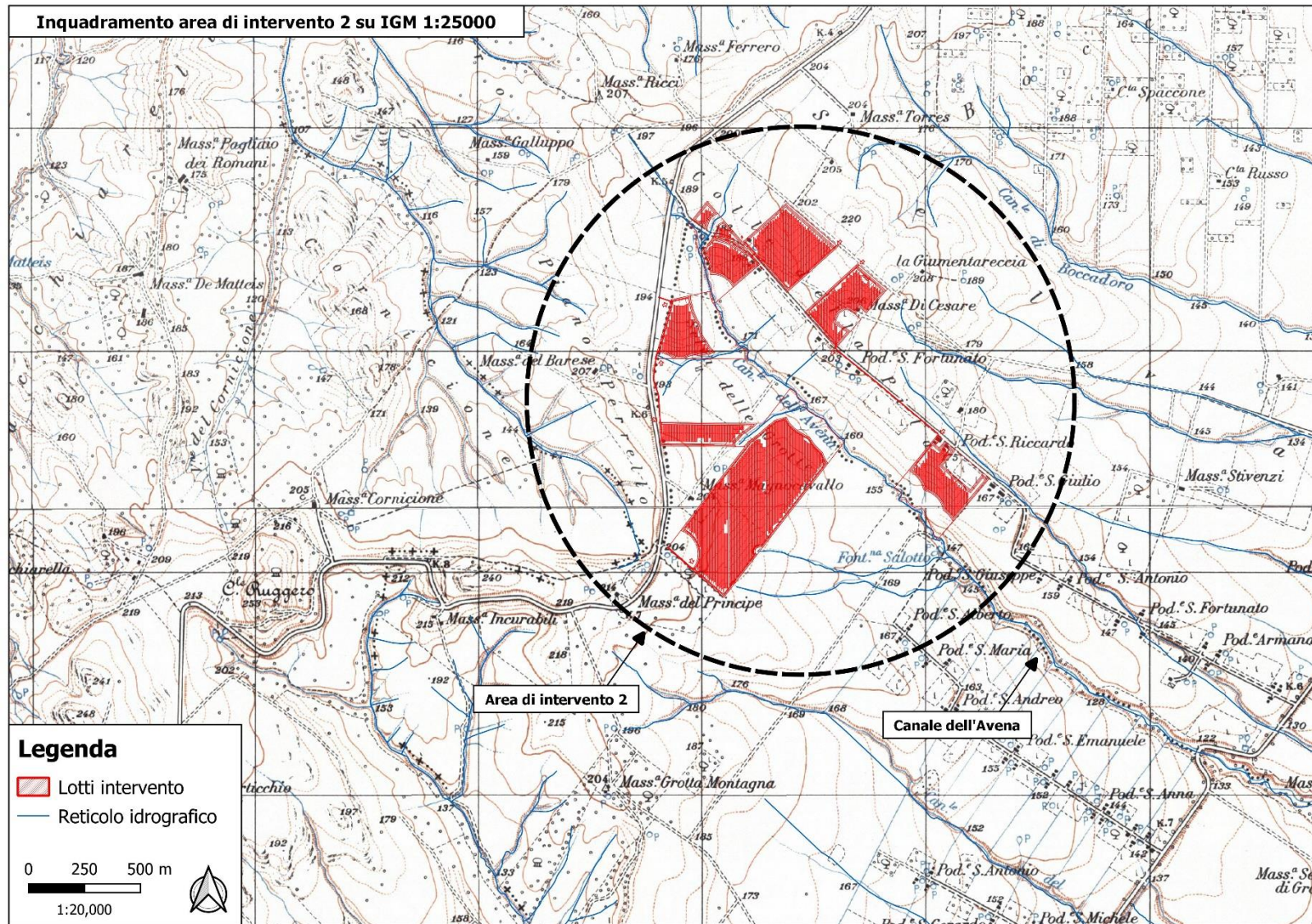


Figura 3 - Inquadramento area di intervento 2 su cartografia IGM scala 1:25.000



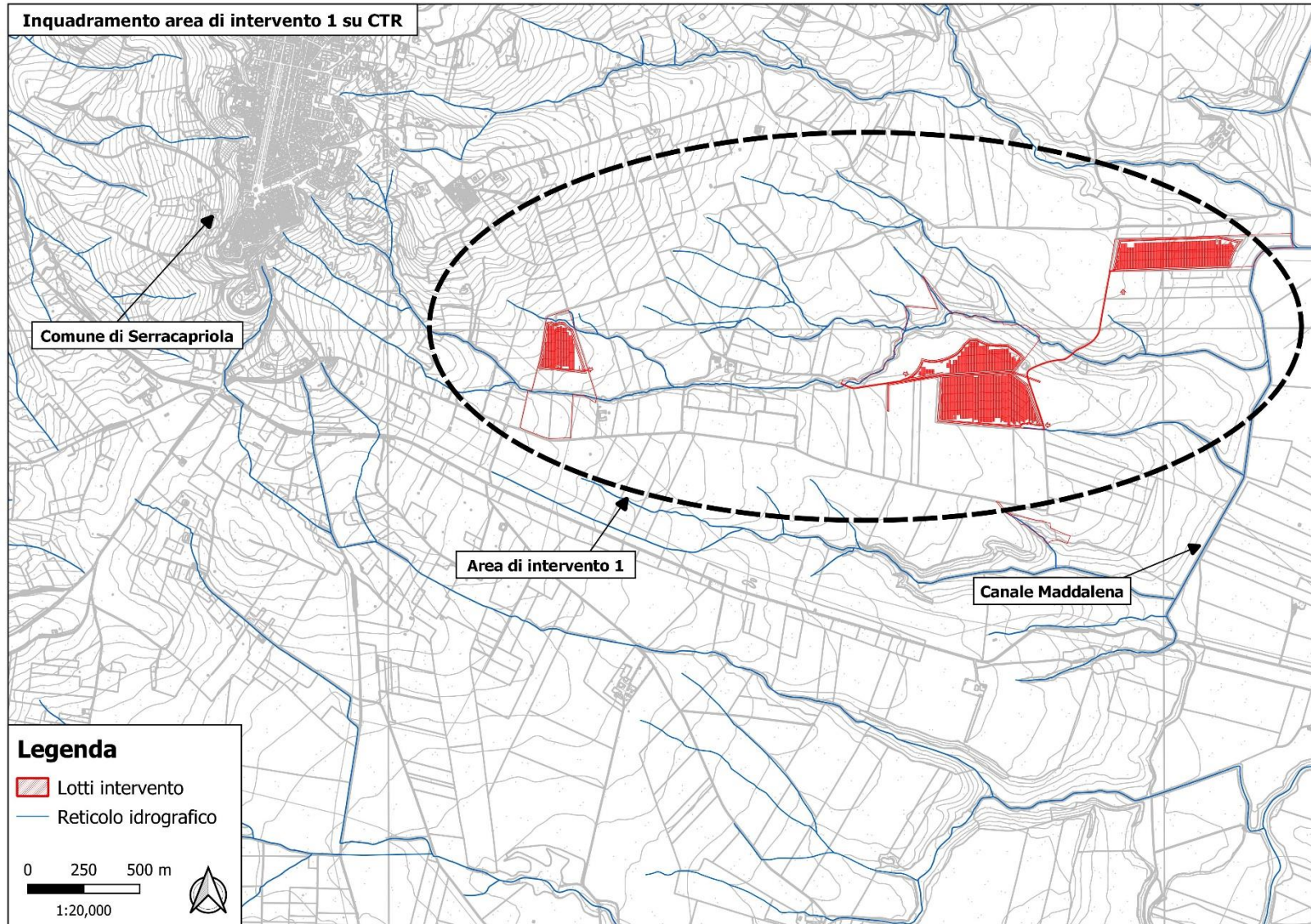
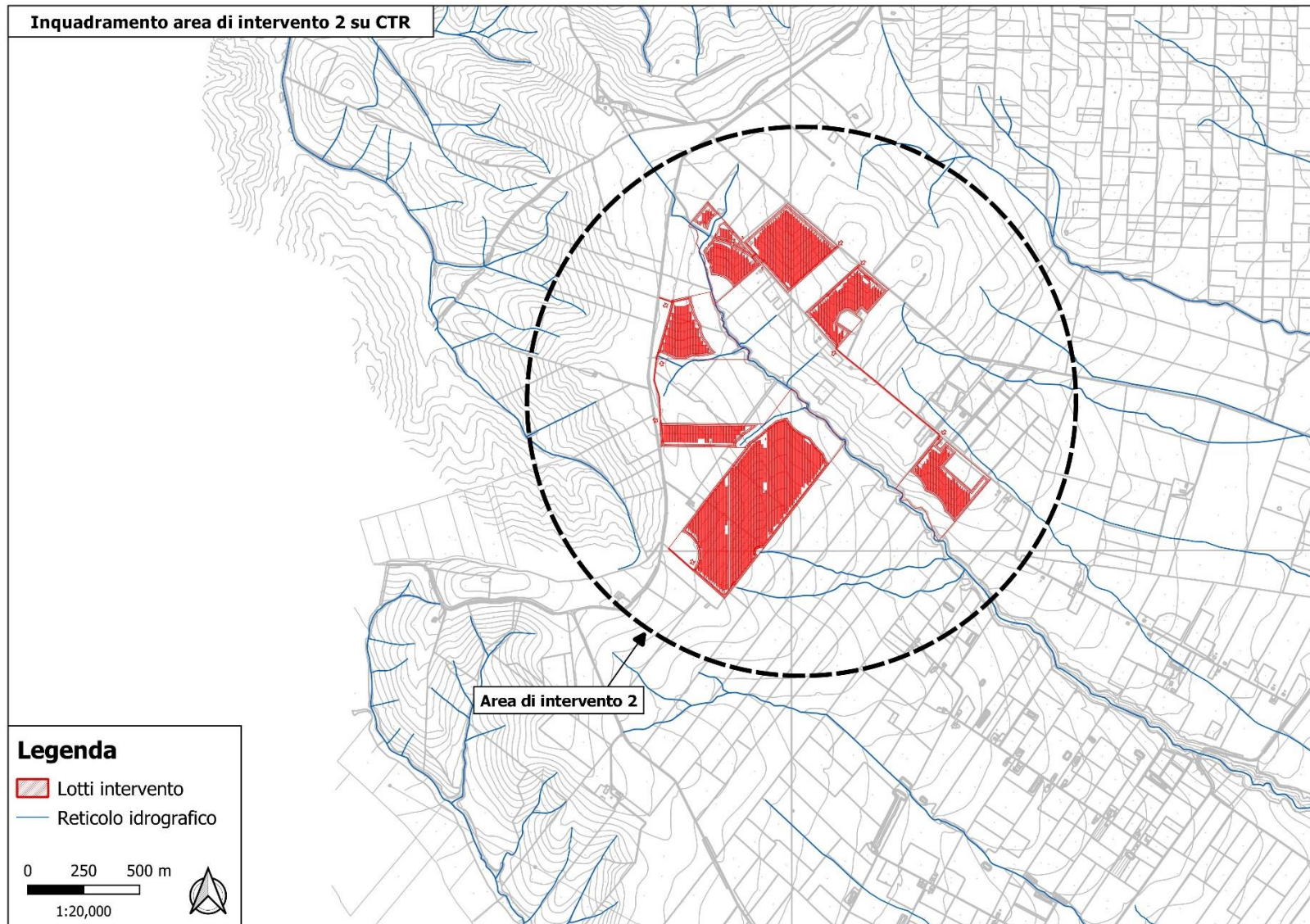


Figura 4 - Inquadramento area di intervento 1 su cartografia CTR scala 1:5.000





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



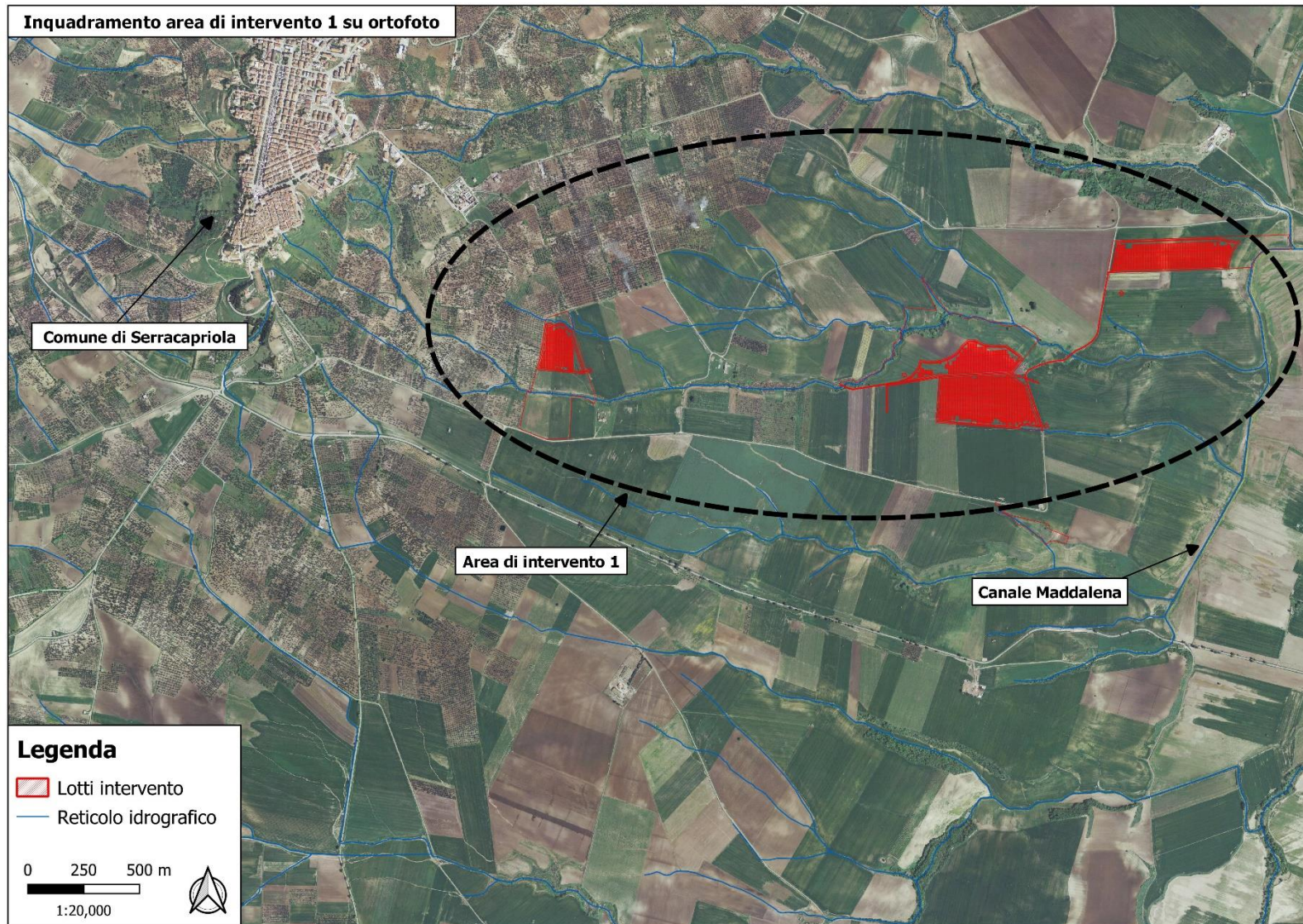
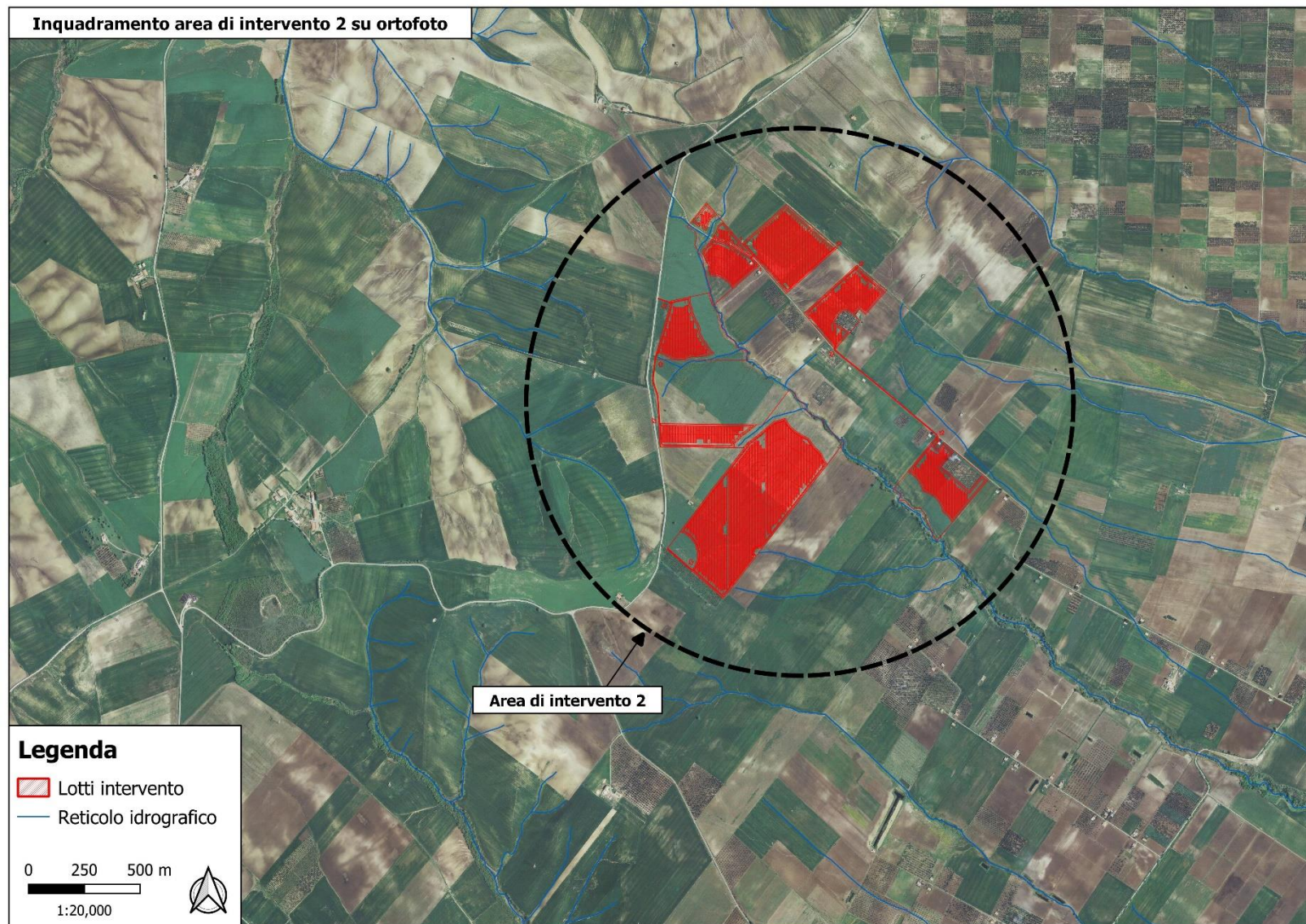


Figura 6 - Inquadramento area di intervento 1 su ortofoto satellitare





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



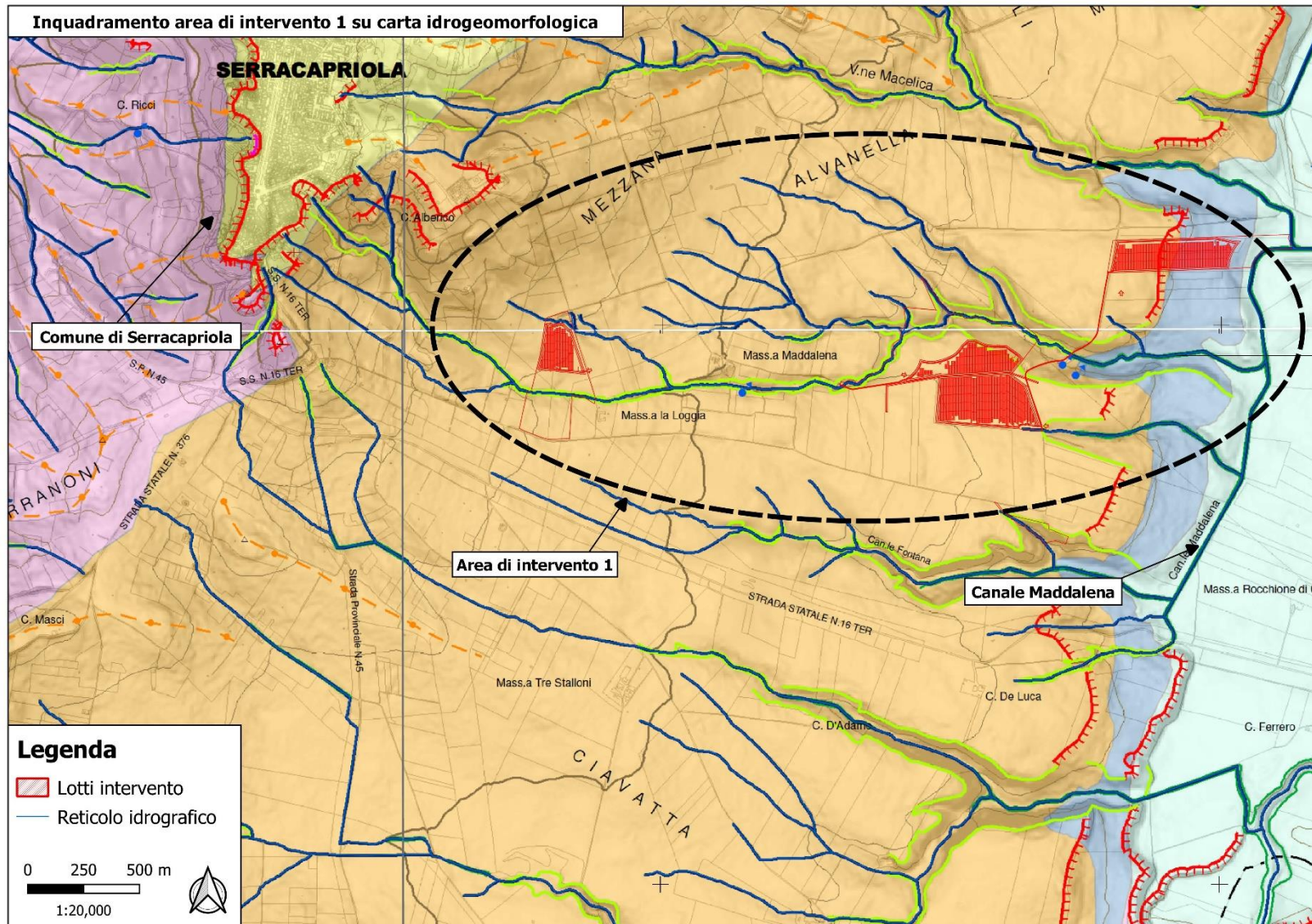


Figura 8 -Inquadramento area di intervento 1 su carta idrogeomorfologica



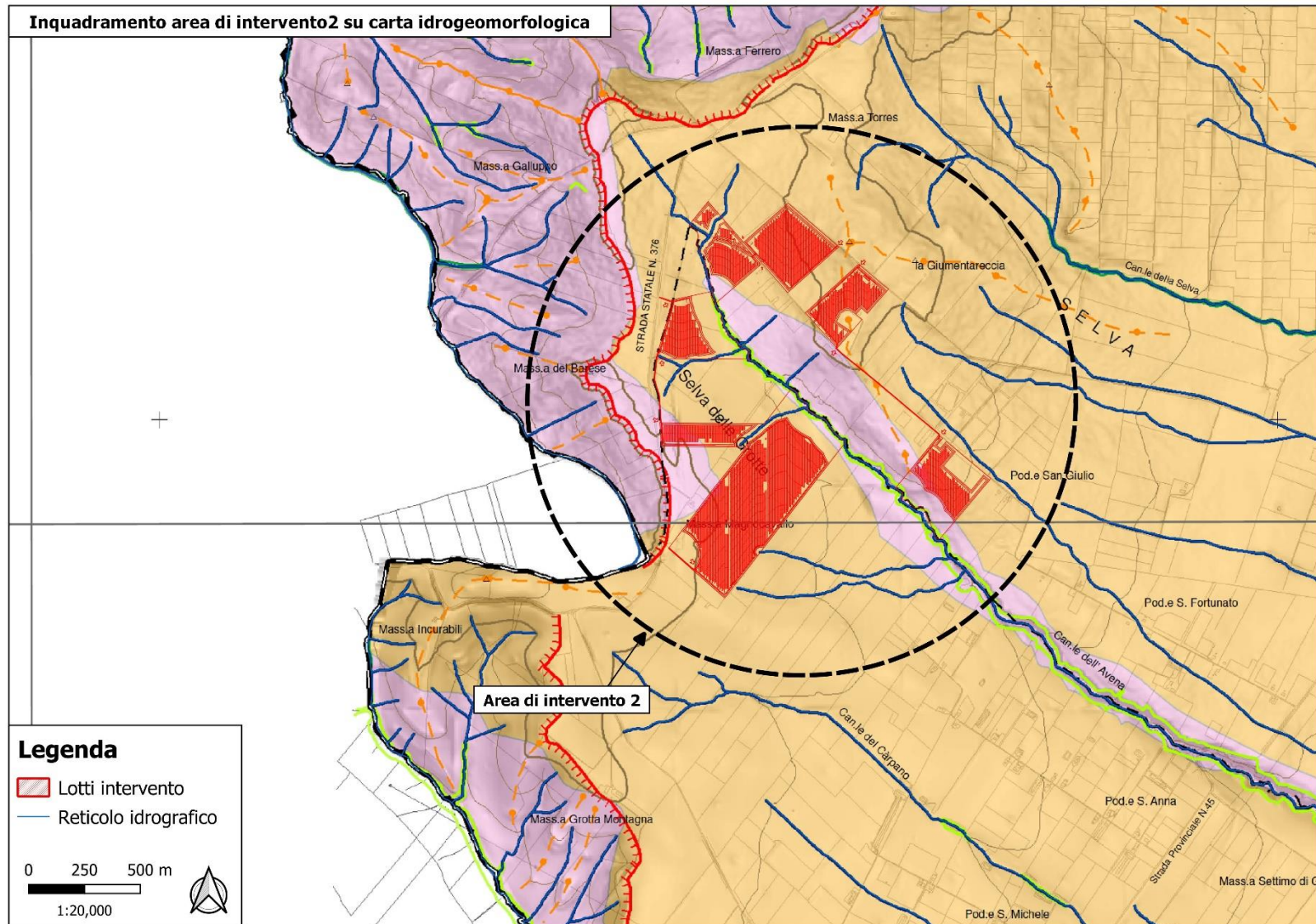


Figura 9 - Inquadramento area di intervento 2 su carta idrogeomorfologica

## 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.



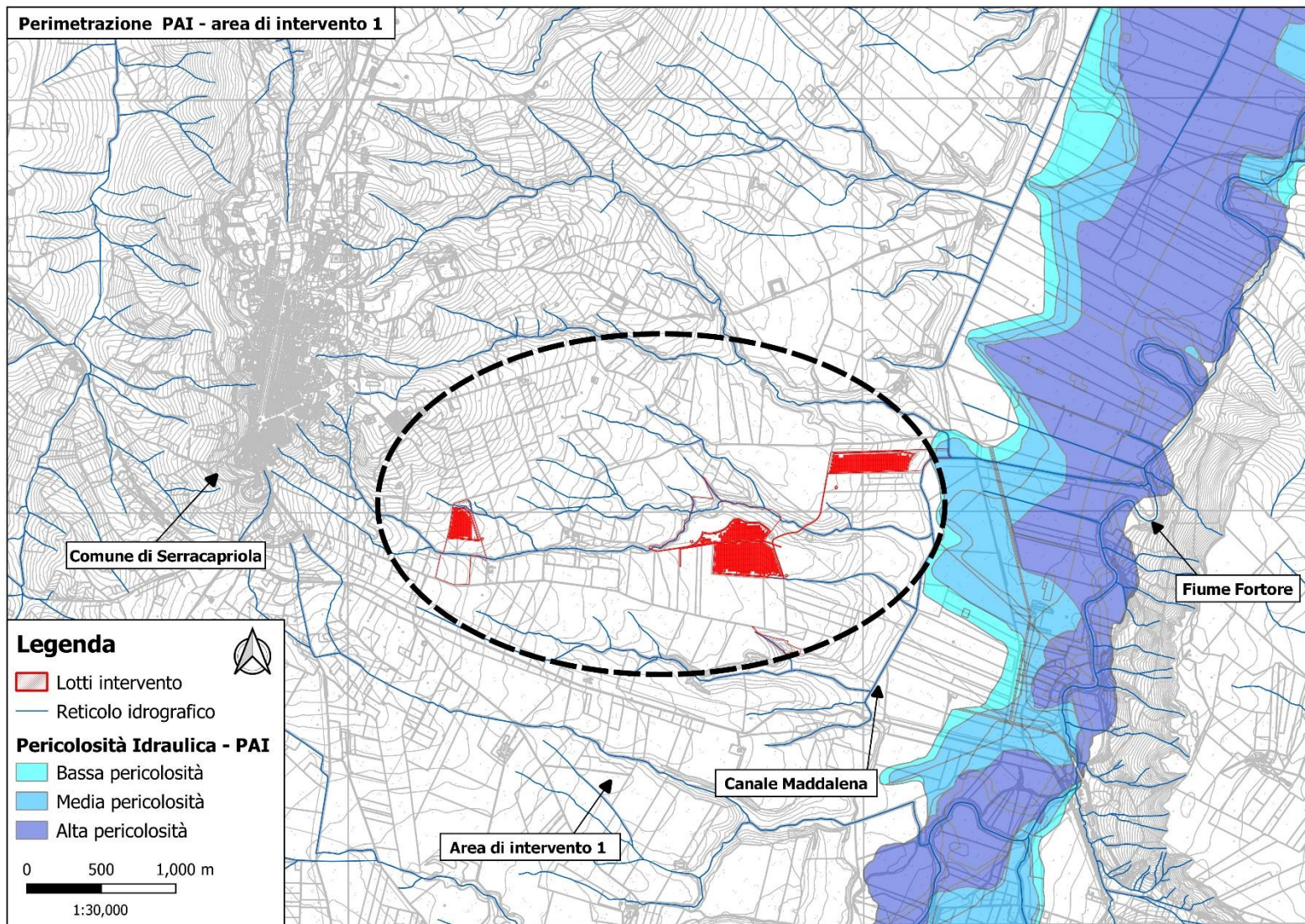


Figura 10 – Perimetrazione pericolosità idraulica PAI area di intervento 1 su cartografia CTR scala 1:5.000



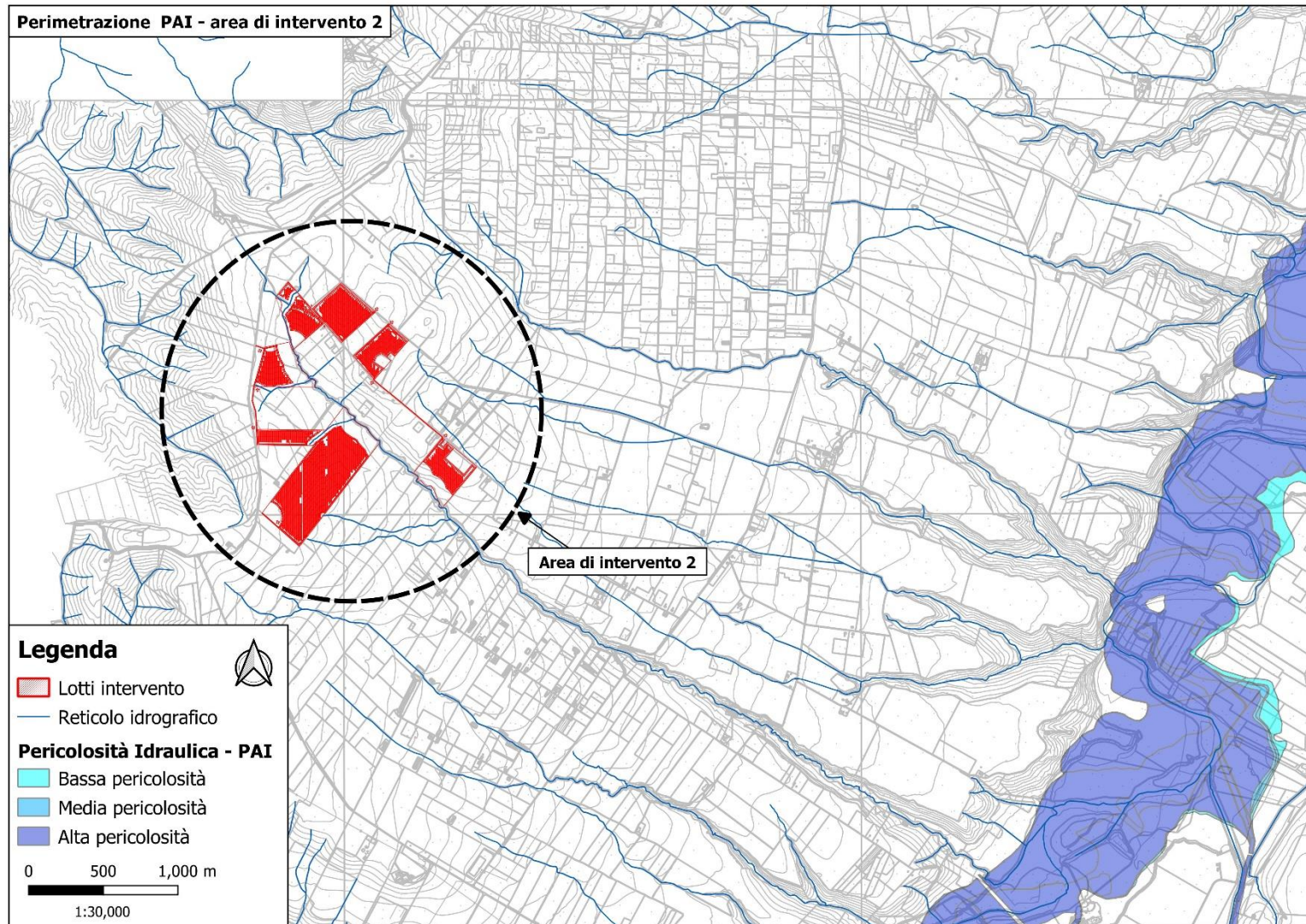


Figura 11 - Perimetrazione pericolosità idraulica PAI area di intervento 2 su cartografia CTR scala 1:5.000



### **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 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 possono 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:

- equazione del moto:

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

- 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 seconda 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, 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 stramazzo 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;
5. 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;
6. 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, vedi Figura 12.

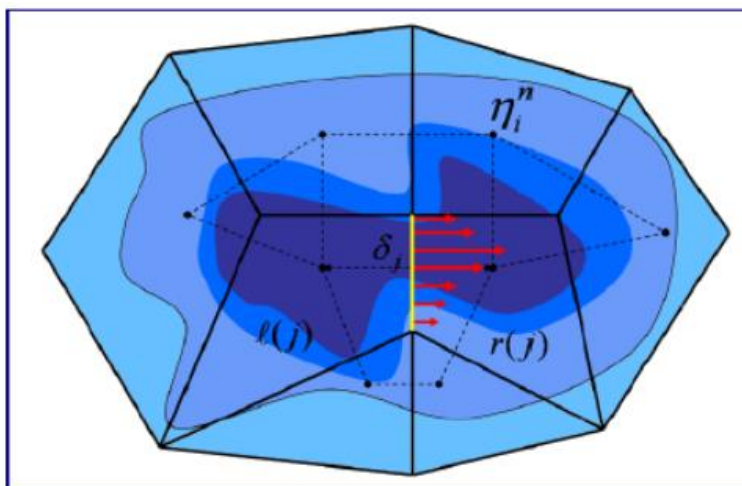


Figura 12 - Rete di calcolo non strutturata con i dati dettagliati del modello digitale del terreno

In Figura 12 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 Figura 13 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.

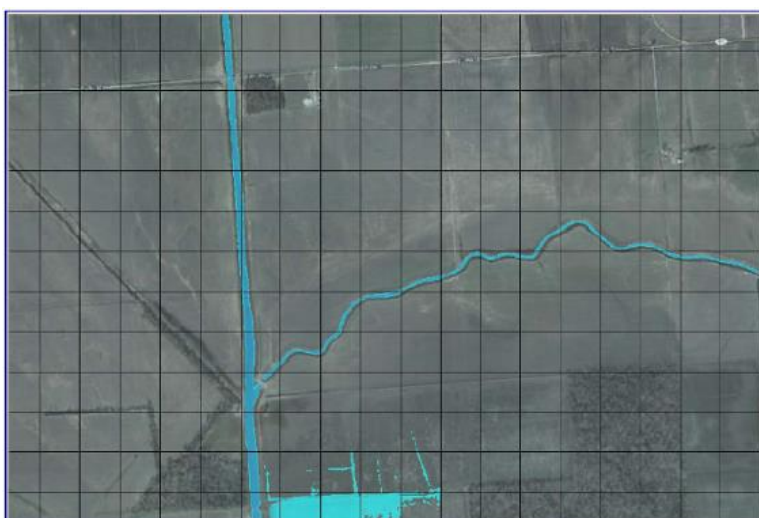


Figura 13 - Esempio che mostra i vantaggi di utilizzare un approccio basato sulla variabilità del DTM all'interno della cella.



7. 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;
8. 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;
9. 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 ( Figura 14);
2. creazione della maglia di calcolo 2D ( Figura 15 e Figura 16);
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.

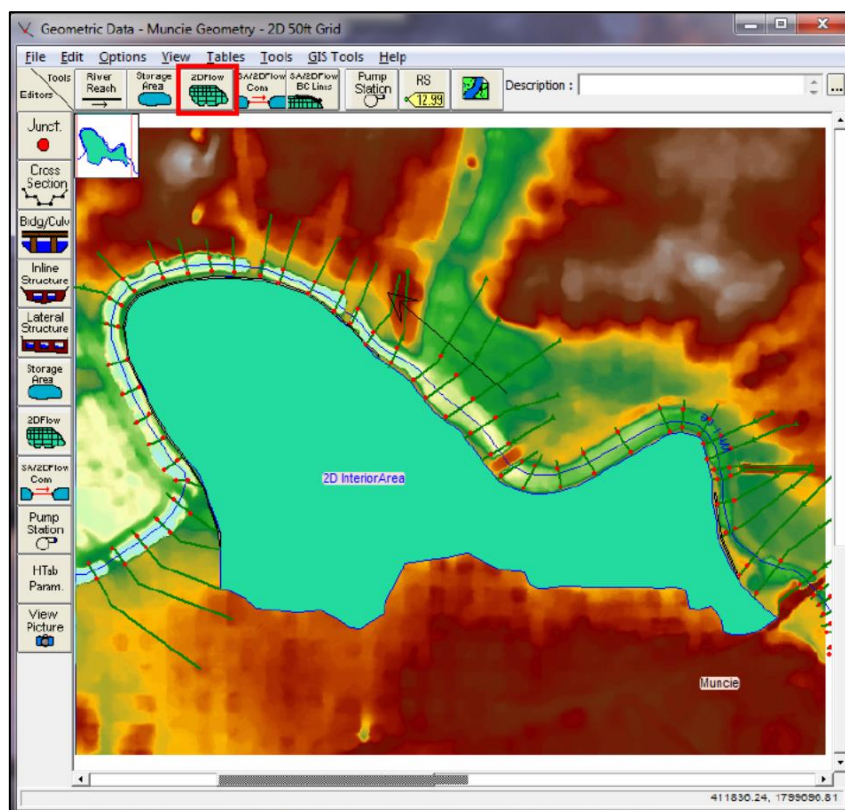


Figura 14 - Tracciamento del poligono di contorno dell'area 2D



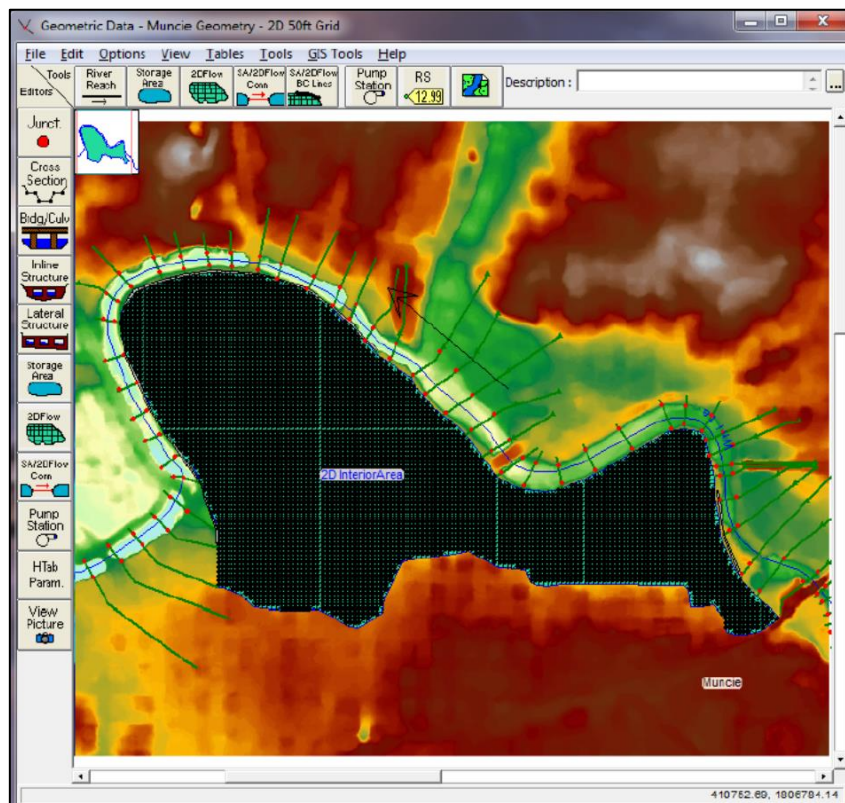


Figura 15 - Esecuzione del pre-processore geometrico 2D e composizione griglia di calcolo

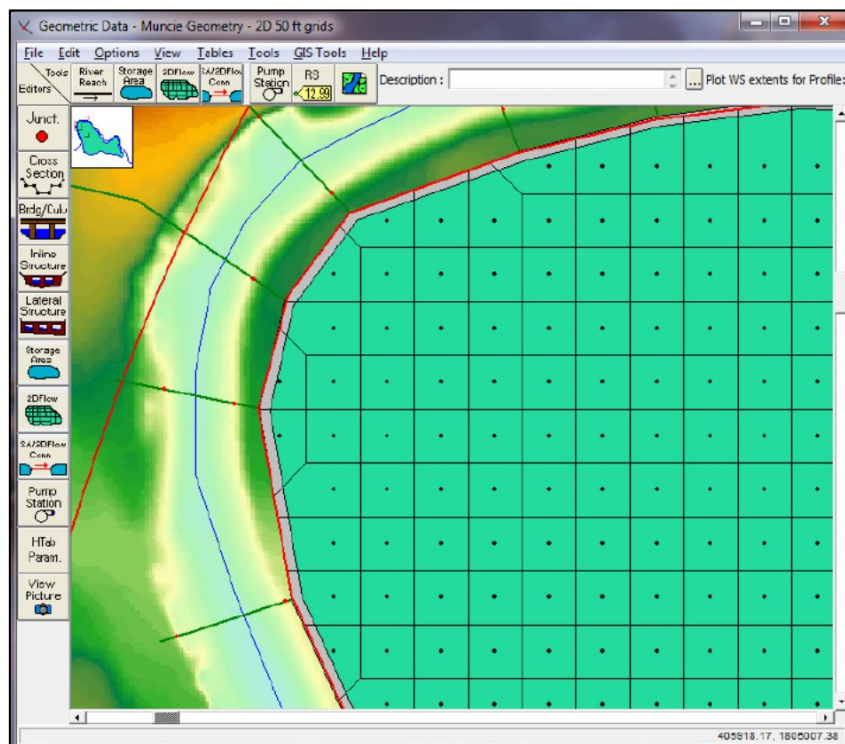


Figura 16 - Dettaglio della griglia di calcolo

### 3.2 VERIFICHE IDRAULICHE STATO ATTUALE

#### 3.2.1 Condizioni al contorno nel modello idraulico bidimensionale

Nell'implementazione di un modello di calcolo bidimensionale è essenziale definire nel modo più corretto possibile le condizioni al contorno, proprio per questo motivo, per sopperire a una non corretta conoscenza delle condizioni al contorno, in genere si provvede ad estendere il dominio di calcolo in modo opportuno, al fine di svincolare 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 si è prestata particolare attenzione alla definizione del dominio di calcolo, che nello specifico è stato esteso opportunamente in modo di ricomprendere al suo interno tutto il bacino idrografico che drena in corrispondenza dell'area di intervento.

Il dominio di calcolo adottato nella modellazione idraulica, è stato definito con una maglia pari a 8x8 mq, ovvero di dimensioni pari alla risoluzione del modello digitale del terreno adottato. In aggiunta, per sfruttare al meglio la definizione del modello digitale del terreno, è stata posta particolare attenzione a far sovrapporre le celle della mesh di calcolo con le celle del DTM.

Come condizione al contorno in ingresso al modello idraulico è stato utilizzato lo ietogramma di pioggia netta ricavato dalla modellazione idrologica (vedi capitolo 3.2.– Studio idrologico) facendo riferimento ad un valore del CN pari a 72.

A tal proposito in Tabella 1 si riportano i valori dello ietogramma in termini di pioggia totale (Precip), persa (Loss) e netta (Excess) relativi ad un tempo di ritorno di 200 anni. Il valore di pioggia netta è stato utilizzato come input nella modellazione idraulica implementata con il software HEC-RAS

Ulteriori condizioni al contorno sono state inserite nell'intorno del dominio di calcolo in modo da poter considerare la fuoriuscita dell'acqua dal modello. In particolare, nel dominio 2D relativo all'area di intervento 1, sono state inserite le seguenti condizioni al contorno:

- Condizione al contorno lato Nord (cc\_nord);
- Condizione al contorno lato Sud (cc\_sud);
- Condizione al contorno lato Ovest (cc\_ouest);
- Condizione al contorno di valle (cc\_valle).

Mentre in corrispondenza dell'area di intervento 2:

- Condizione al contorno lato Nord (cc\_nord);
- Condizione al contorno lato Sud (cc\_sud);
- Condizione al contorno lato Ovest (cc\_ouest);
- Condizione al contorno di valle (cc\_valle).

A tal proposito, considerando le basse pendenze del reticolo idrografico, è stata utilizzata una pendenza pari a 0.8% per le condizioni di Nord, Sud e Ovest mentre è stata considerata una pendenza pari a 0.1% per la condizione di valle.

Data	Time	Precip (mm)	Loss (mm)	Excess (mm)
1-Jan-00	0:00	0	0	0
1-Jan-00	0:05	1.41	1.41	0
1-Jan-00	0:10	1.45	1.45	0



1-Jan-00	0:15	1.51	1.51	0
1-Jan-00	0:20	1.56	1.56	0
1-Jan-00	0:25	1.63	1.63	0
1-Jan-00	0:30	1.7	1.7	0
1-Jan-00	0:35	1.78	1.78	0
1-Jan-00	0:40	1.87	1.87	0
1-Jan-00	0:45	1.98	1.98	0
1-Jan-00	0:50	2.11	2.11	0
1-Jan-00	0:55	2.26	2.26	0
1-Jan-00	1:00	2.45	2.44	0.01
1-Jan-00	1:05	1.97	1.9	0.07
1-Jan-00	1:10	2.25	2.09	0.17
1-Jan-00	1:15	2.65	2.35	0.3
1-Jan-00	1:20	3.98	3.32	0.66
1-Jan-00	1:25	5.28	4.07	1.21
1-Jan-00	1:30	15.37	10.05	5.32
1-Jan-00	1:35	15.37	8.01	7.35
1-Jan-00	1:40	15.37	6.54	8.83
1-Jan-00	1:45	4.51	1.7	2.81
1-Jan-00	1:50	2.93	1.05	1.87
1-Jan-00	1:55	2.43	0.85	1.58
1-Jan-00	2:00	2.1	0.71	1.39
1-Jan-00	2:05	2.56	0.85	1.71
1-Jan-00	2:10	2.35	0.76	1.59
1-Jan-00	2:15	2.18	0.69	1.49
1-Jan-00	2:20	2.04	0.63	1.41
1-Jan-00	2:25	1.92	0.58	1.34
1-Jan-00	2:30	1.82	0.54	1.28
1-Jan-00	2:35	1.74	0.5	1.24
1-Jan-00	2:40	1.66	0.47	1.19
1-Jan-00	2:45	1.6	0.45	1.15
1-Jan-00	2:50	1.53	0.42	1.11
1-Jan-00	2:55	1.48	0.4	1.08
1-Jan-00	3:00	1.43	0.38	1.05
1-Jan-00	3:05	0	0	0
1-Jan-00	3:10	0	0	0

*Tabella 1 - Input modellazione idraulica*

Di seguito in Figura 17 e Figura 18 è riportato uno stralcio planimetrico su DTM in cui è indicato rispettivamente il dominio di calcolo 2D unitamente alle condizioni al contorno (linee di colore ciano) inserite in fase di implementazione della modellazione idraulica bidimensionale in regime di moto vario.

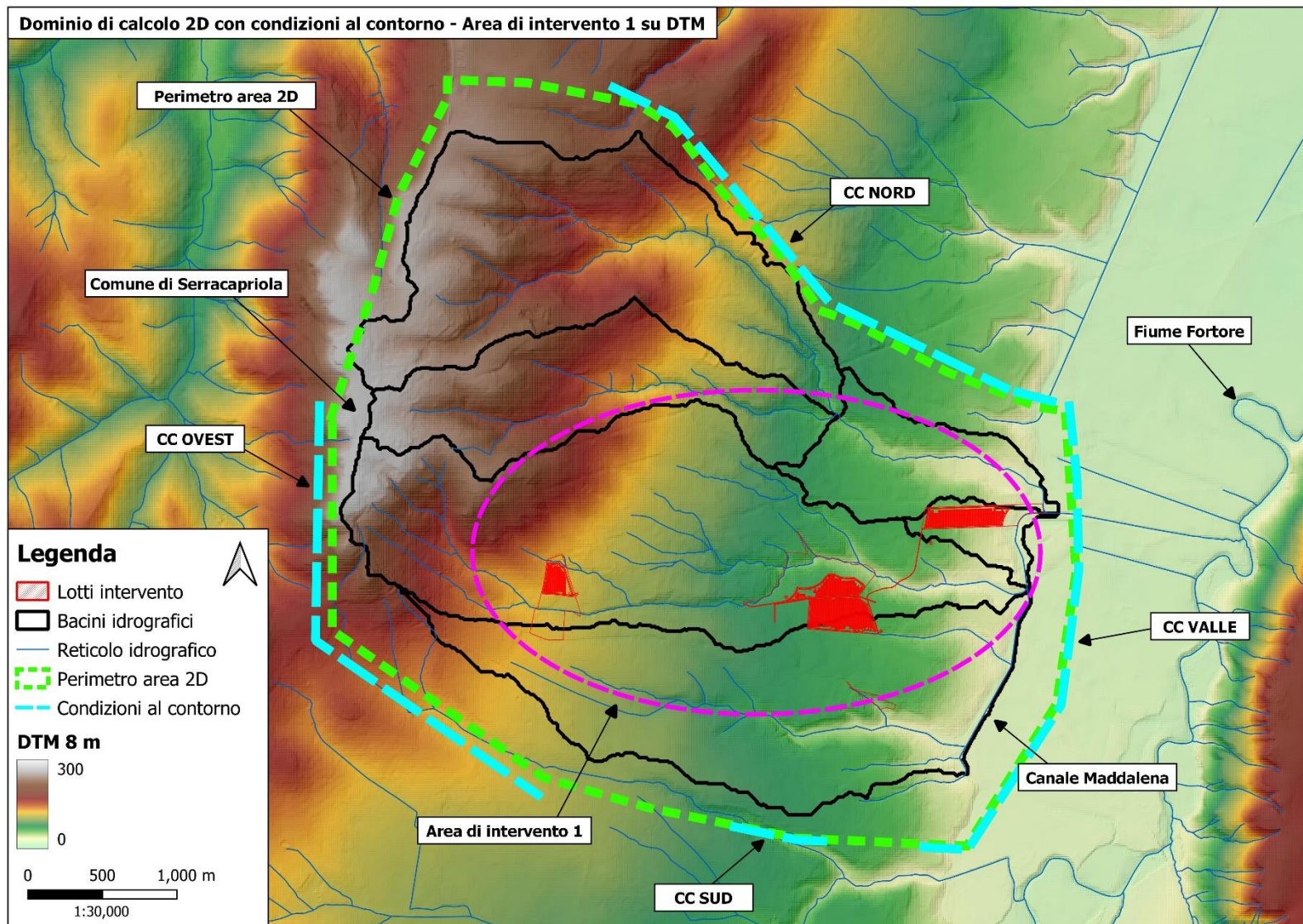


Figura 17 - Modellazione idraulica: Implementazione del dominio dell'area 2D e delle condizioni al contorno area intervento 1



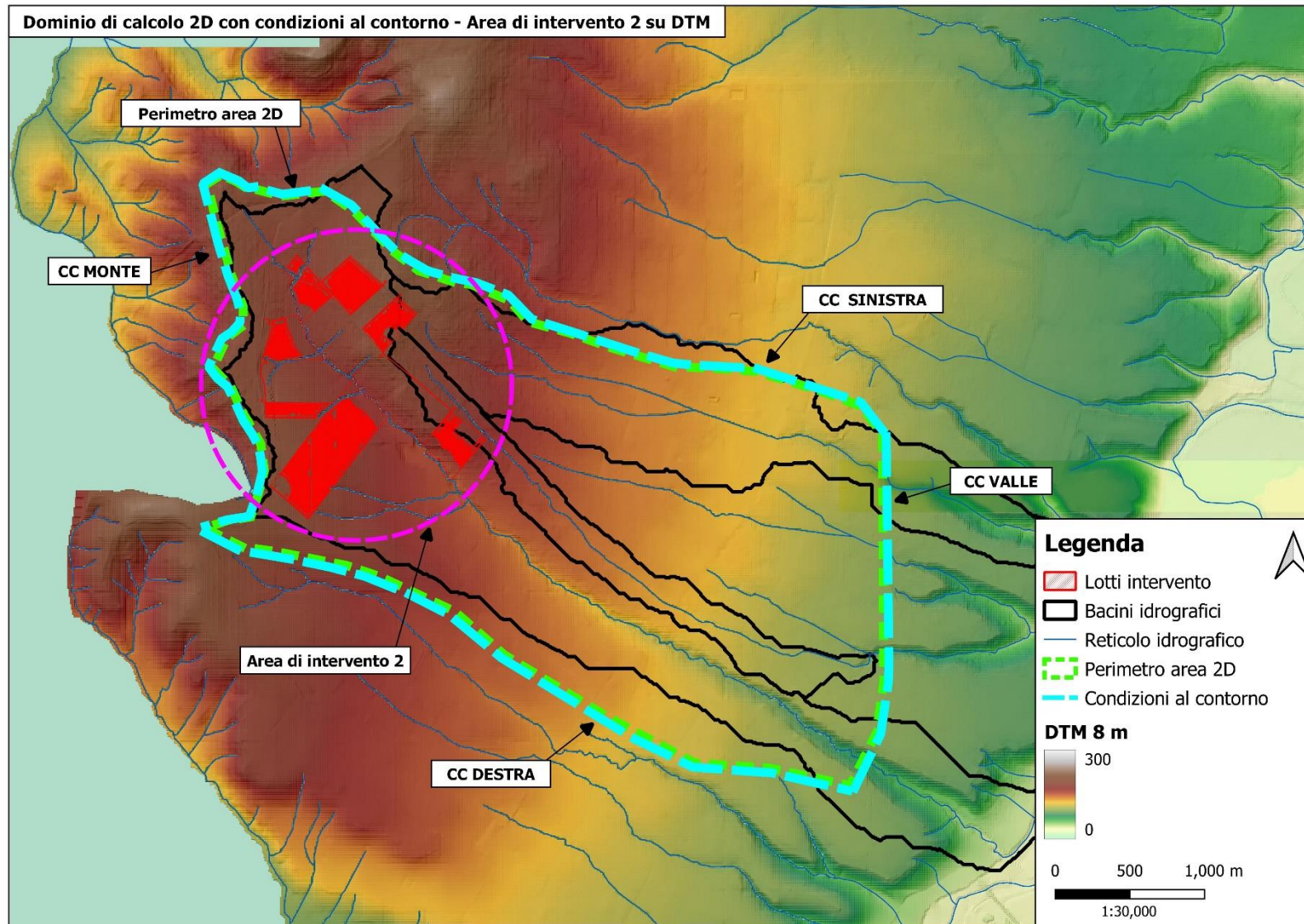


Figura 18 - Modellazione idraulica: Implementazione del dominio dell'area 2D e delle condizioni al contorno area intervento 2

### 3.2.2 Risultati modellazione idraulica bidimensionale

Le simulazioni effettuate con riferimento al tempo di ritorno di 200 anni hanno permesso di individuare con maggiore dettaglio lo scenario degli allagamenti nella zona in cui ricadono le aree di intervento. Si è proceduto dunque con la modellazione numerica per valutare l'eventuale condizione di rischio idraulico della porzione di territorio su cui saranno realizzate le opere e quindi valutarne l'interferenza con il reticolo idrografico nel caso di evento con tempo di ritorno pari a 200 anni.

I risultati ottenuti nello stato attuale mostrano sostanzialmente che sia in corrispondenza dell'area di intervento 1 che l'area di intervento 2, lo scenario considerato è caratterizzato da un deflusso generalizzato sul piano campagna in quanto il reticolo idraulico presente nella zona, date le sue ridotte dimensioni, non riesce a smaltire in modo adeguato i deflussi idrici provenienti da monte.

Di seguito in Figura 19 e Figura 27, sono riportate rispettivamente le mappe degli allagamenti sull'area di intervento 1 e 2, relative alla simulazione con tempo di ritorno di 200 anni, mentre in Figura 23 e Figura 33 sono riportate rispettivamente le mappe delle velocità massime in (m/s) della corrente sull'area di intervento 1 e 2 per tempo di ritorno di 200 anni.

Per meglio comprendere l'andamento dei battenti idraulici e delle velocità della corrente sulle aree di intervento, sono state predisposte, con riferimento alla simulazione con tempo di ritorno di 200 anni, le mappe di dettaglio per ciascun lotto d'intervento previsto da progetto, nelle quali sono stati riportati i valori dei battenti massimi in (m) vedi ( Figura 20, Figura 21, Figura 22, Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31 e Figura 32) e delle velocità massime in (m/s) vedi ( Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 34, Figura 35, Figura 36, Figura 37 e Figura 38).



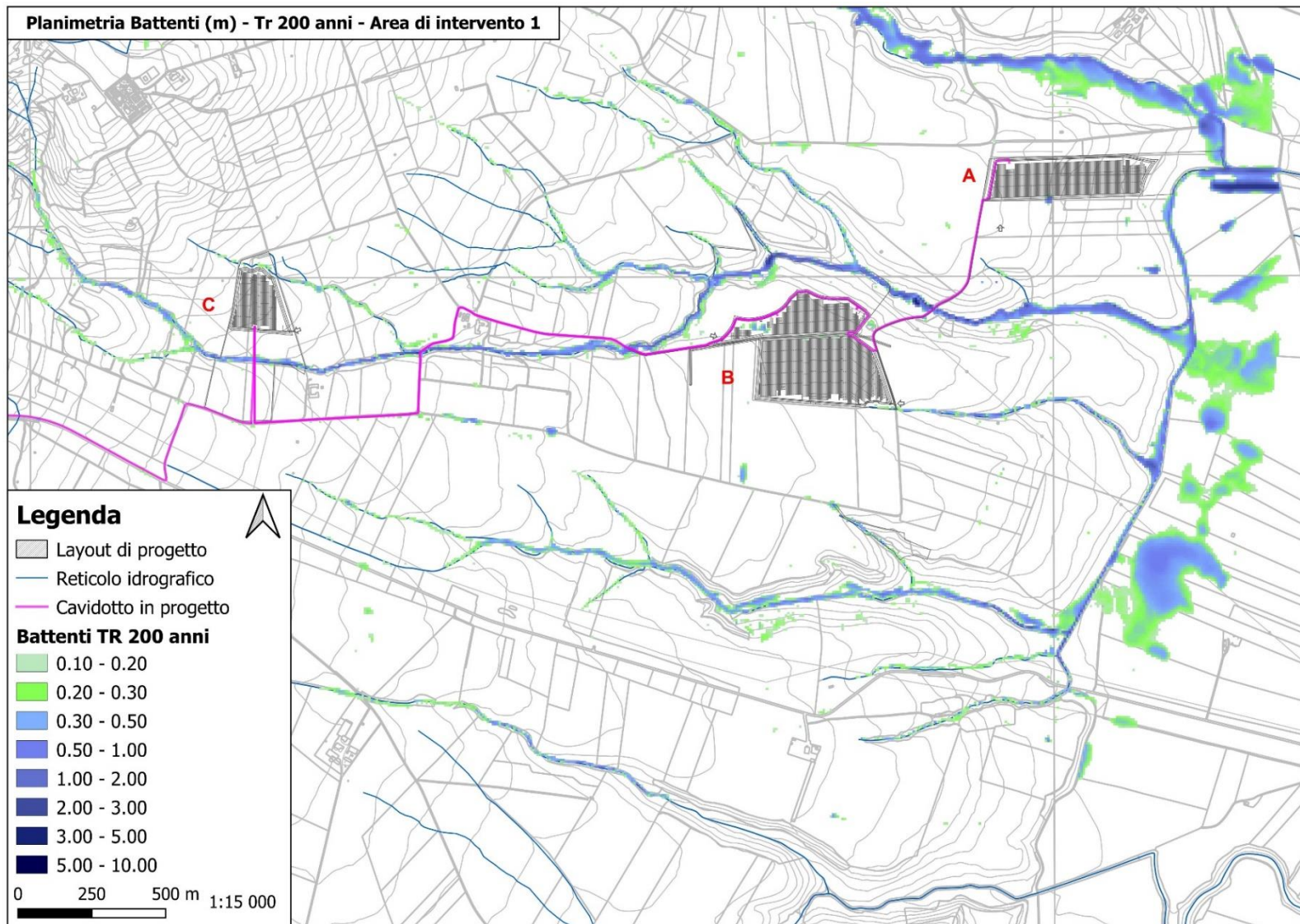


Figura 19 - Planimetria battenti idraulici massimi (m) per TR 200 anni relativa all'intera area di intervento 1

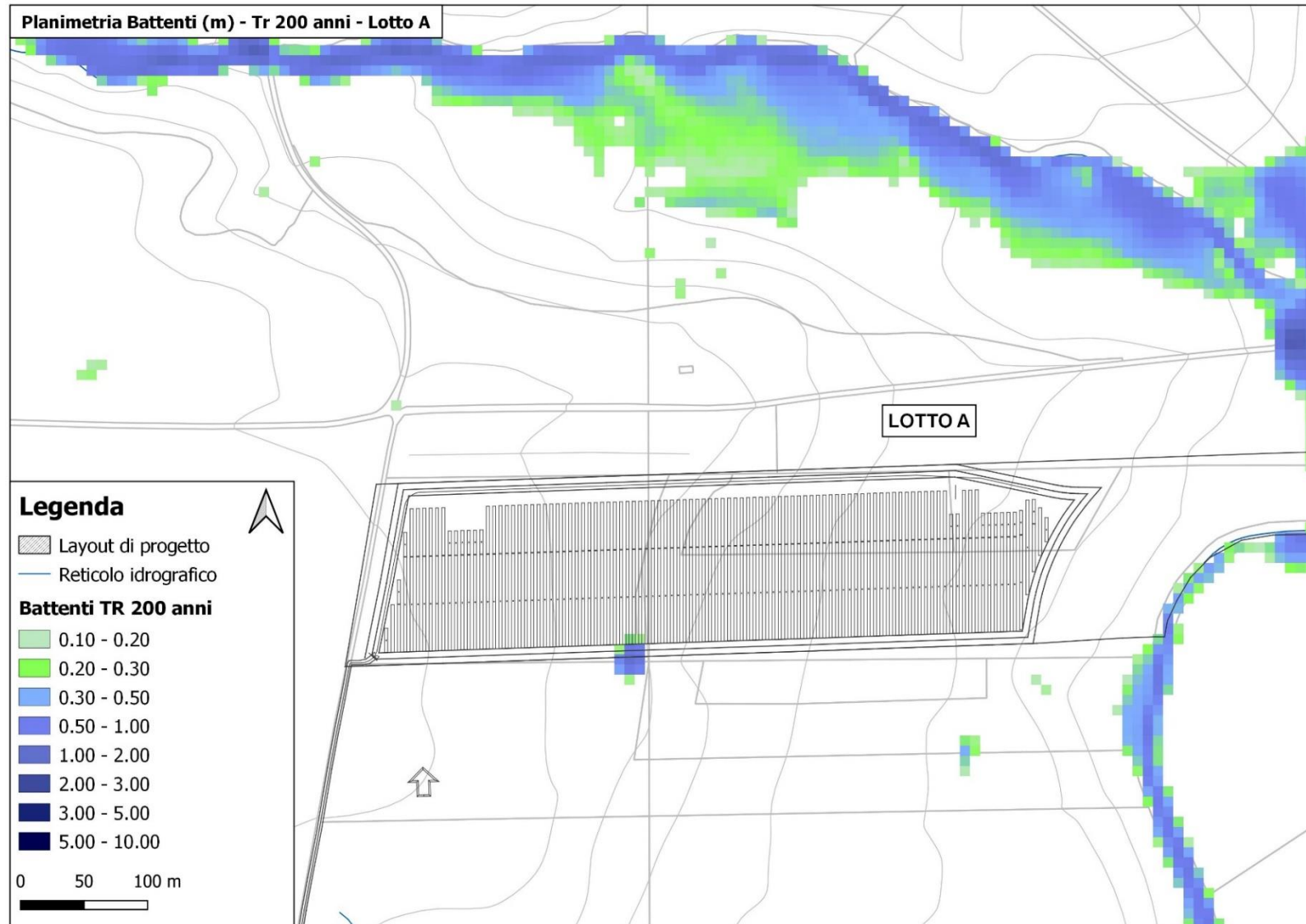


Figura 20 - Dettaglio planimetrico battenti idraulici massimi (m) per TR 200 anni – Area intervento 1 Lotto A



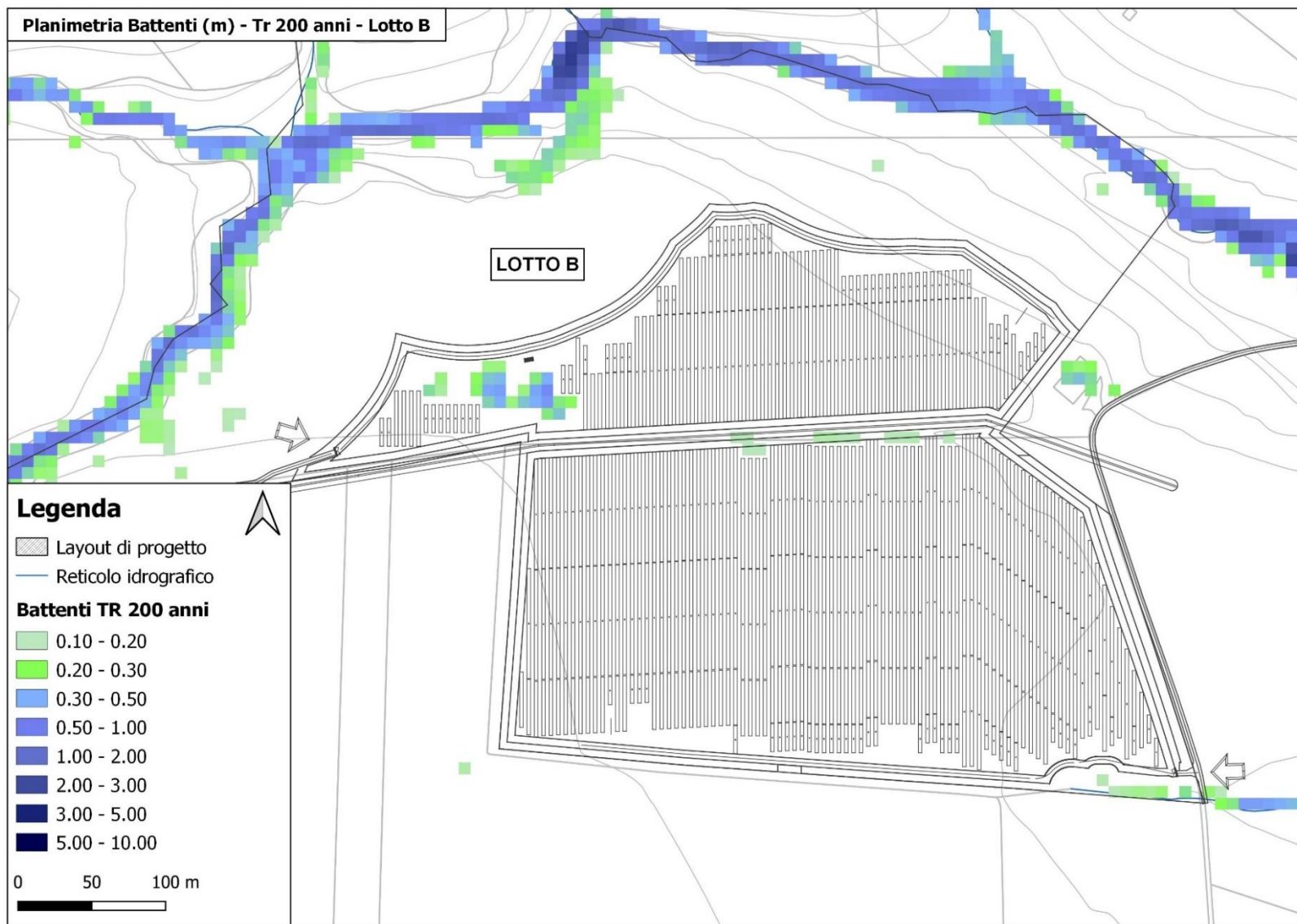


Figura 21 - Dettaglio planimetrico battenti idraulici massimi (m) per TR 200 anni – Area intervento 1 Lotto B

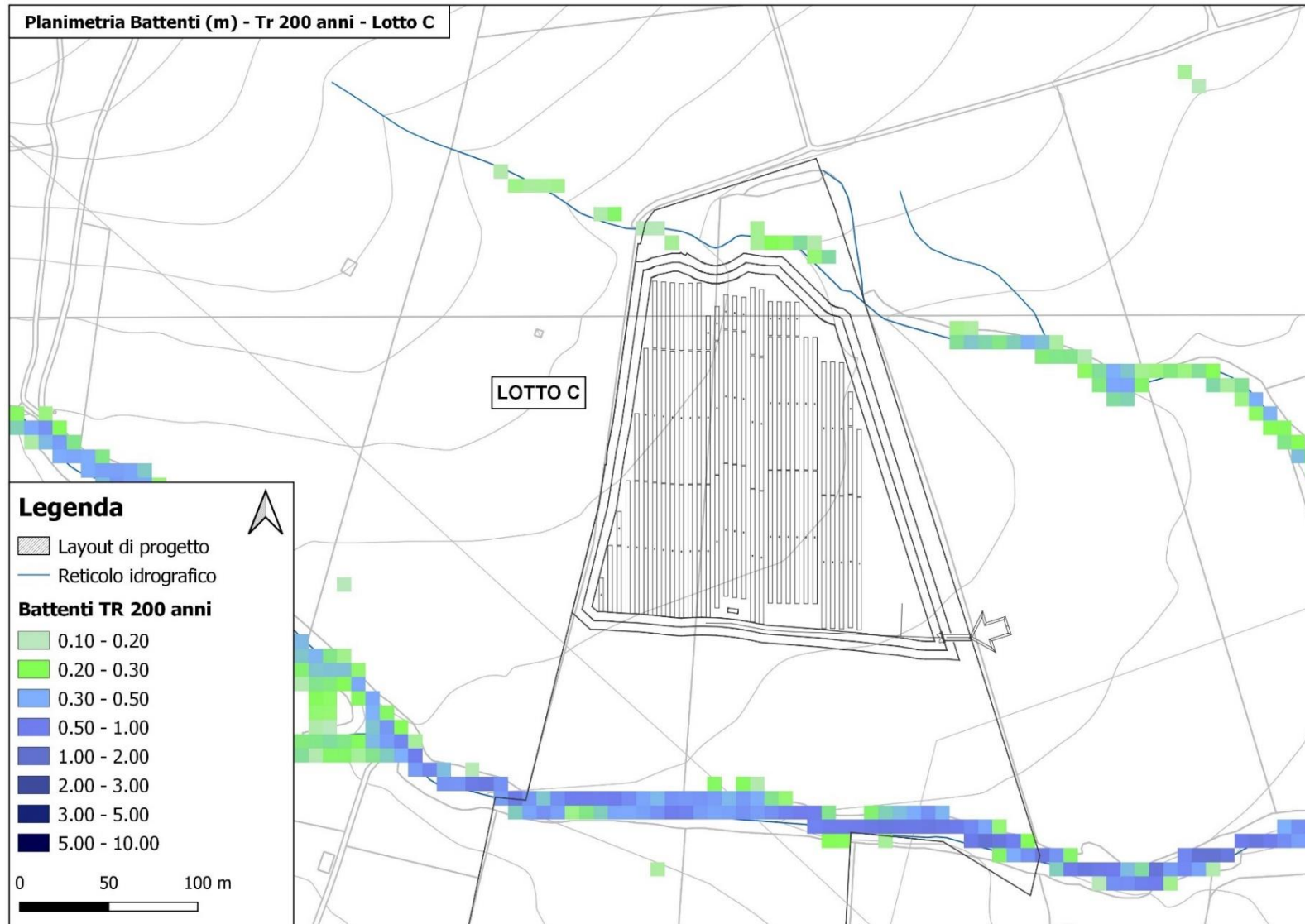


Figura 22 - Dettaglio planimetrico battenti idraulici massimi (m) per TR 200 anni – Area intervento 1 Lotto C



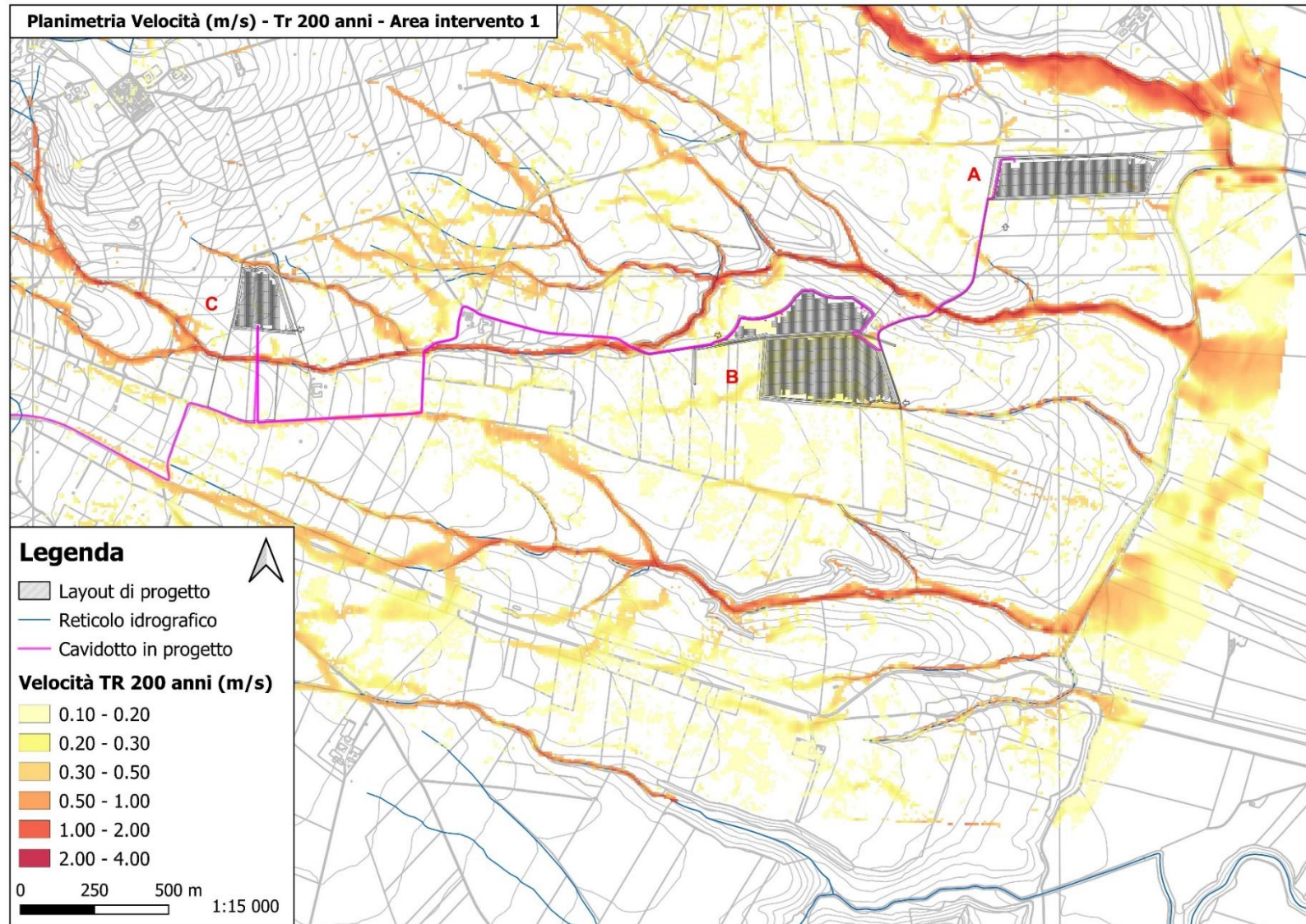


Figura 23 - Planimetria delle velocità della corrente massime (m/s) per TR 200 anni relativa all'intera area di intervento 1

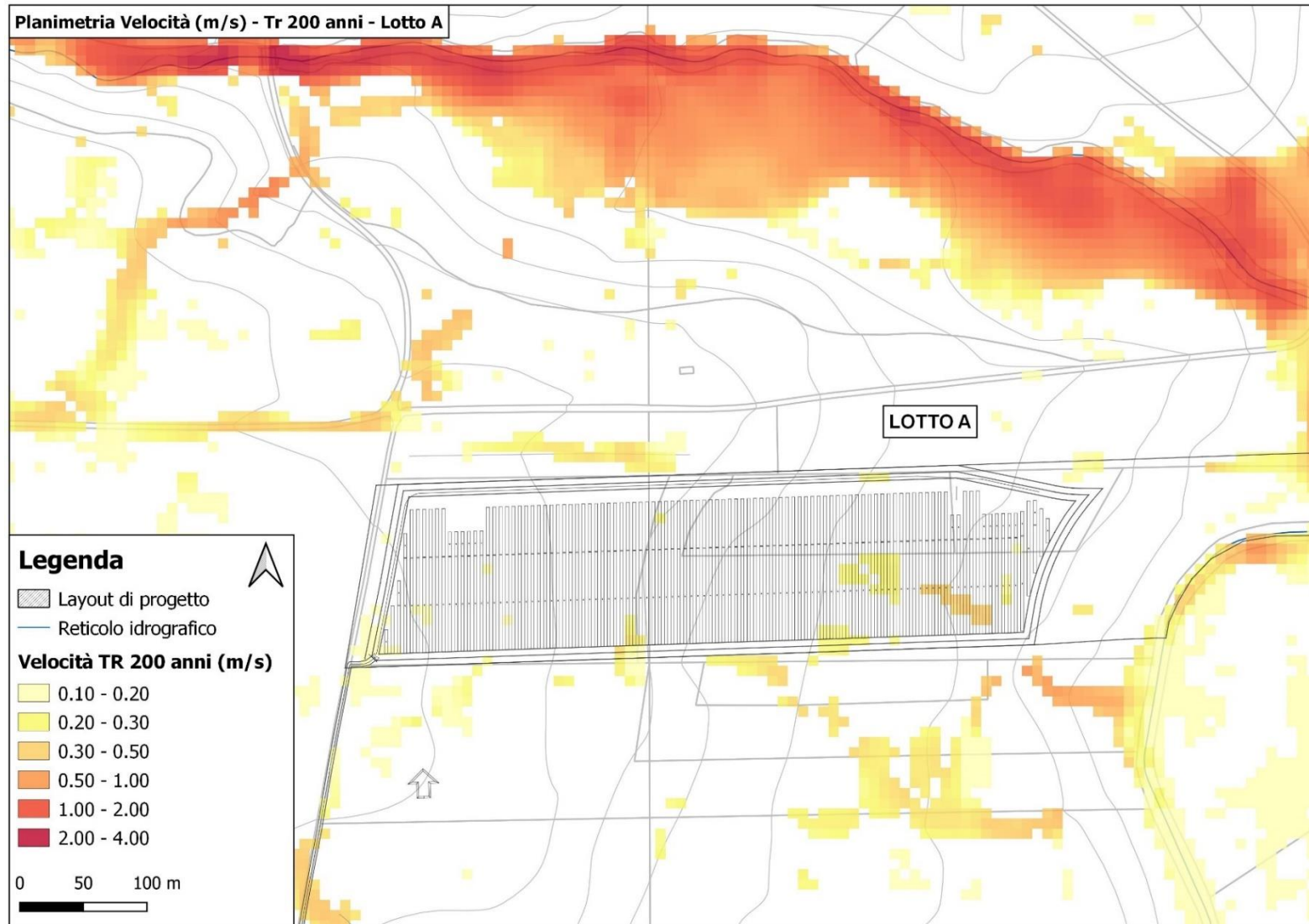


Figura 24 - Dettaglio planimetrico delle velocità della corrente massime (m/s) per TR 200 anni – Area intervento 1 Lotto A



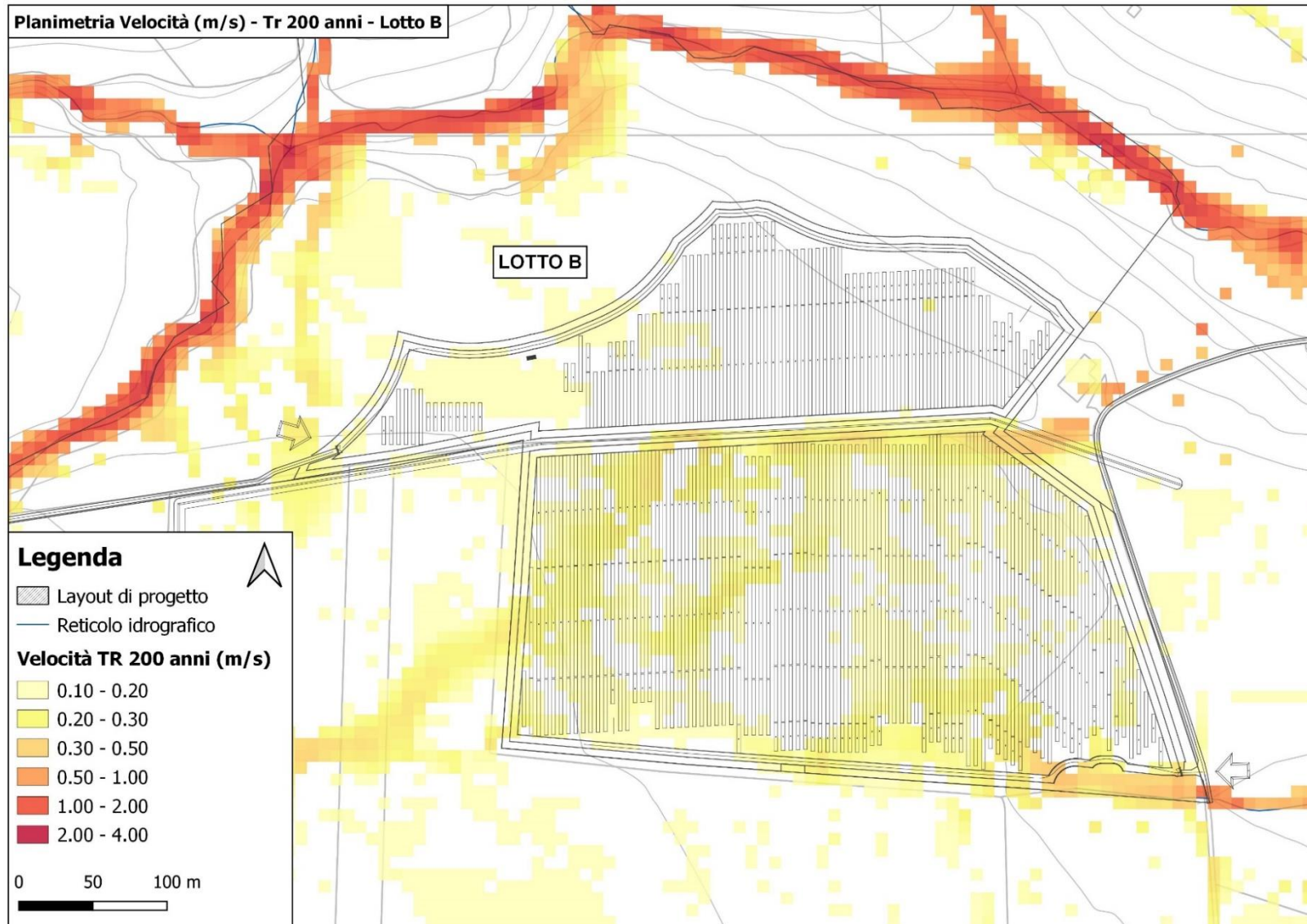


Figura 25 - Dettaglio planimetrico delle velocità della corrente massime (m/s) per TR 200 anni – Area intervento 1 Lotto B

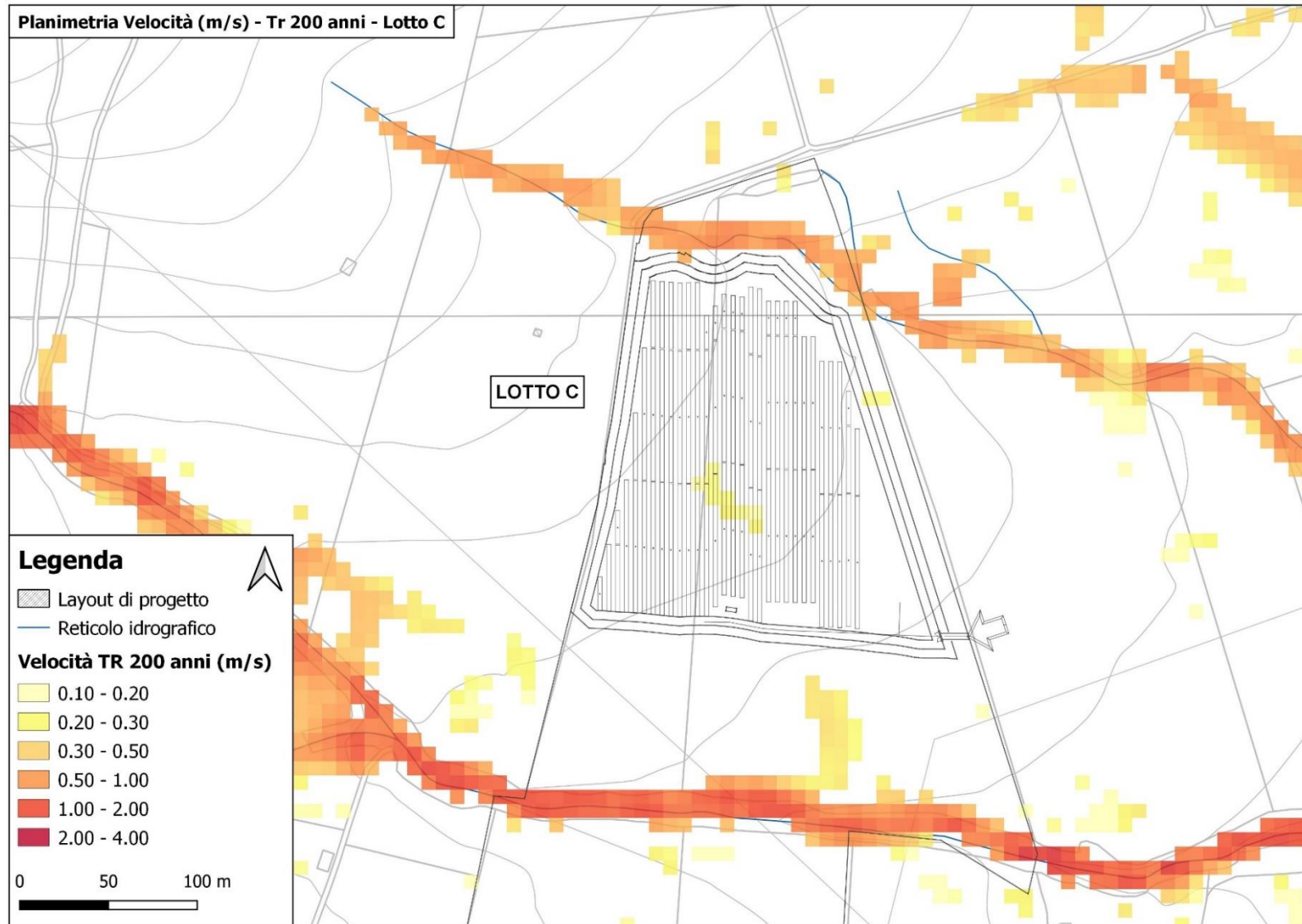


Figura 26 - Dettaglio planimetrico delle velocità della corrente massime (m/s) per TR 200 anni – Area intervento 1 Lotto C



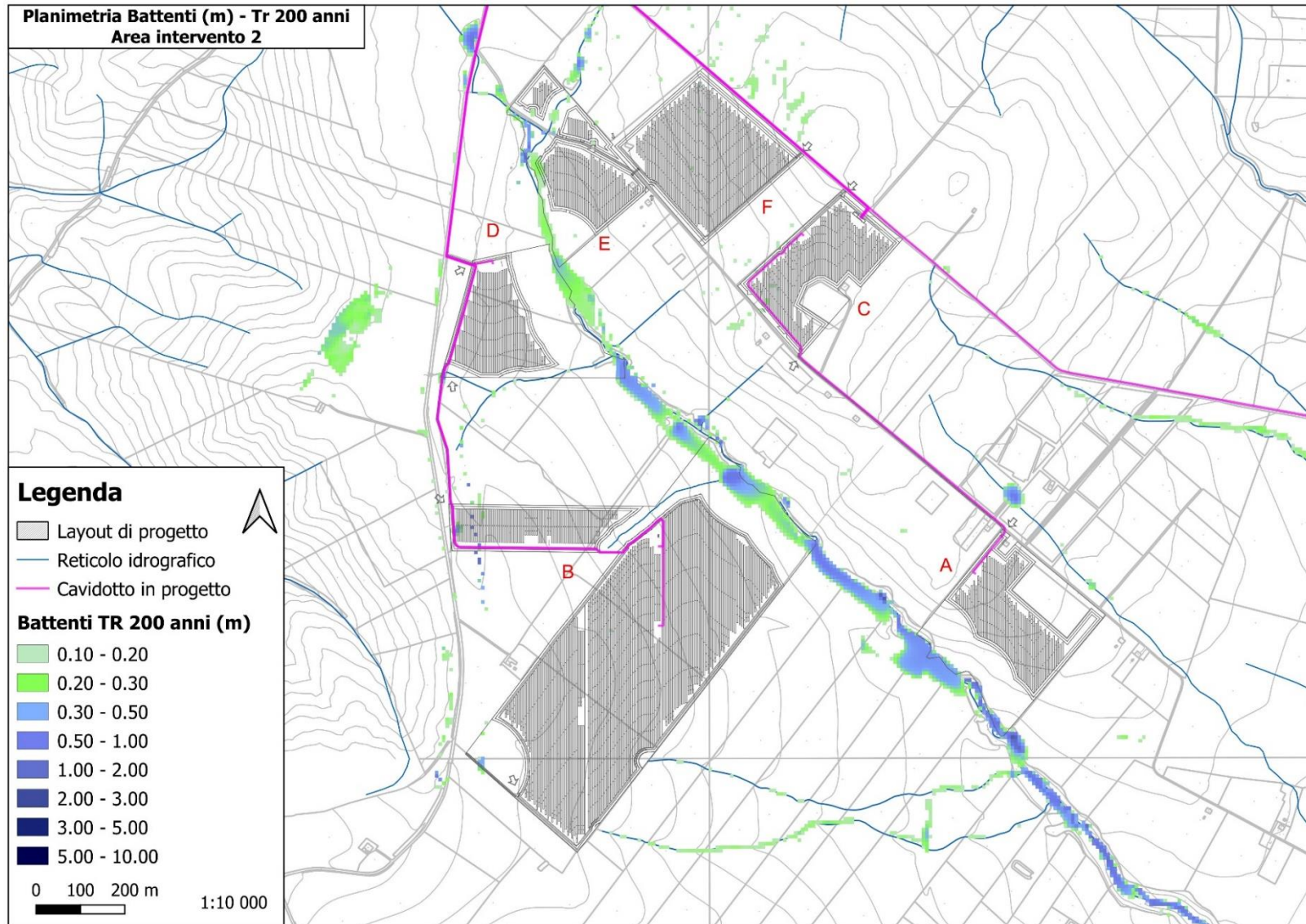


Figura 27 - Planimetria battenti idraulici massimi (m) per TR 200 anni relativa all'intera area di intervento 2

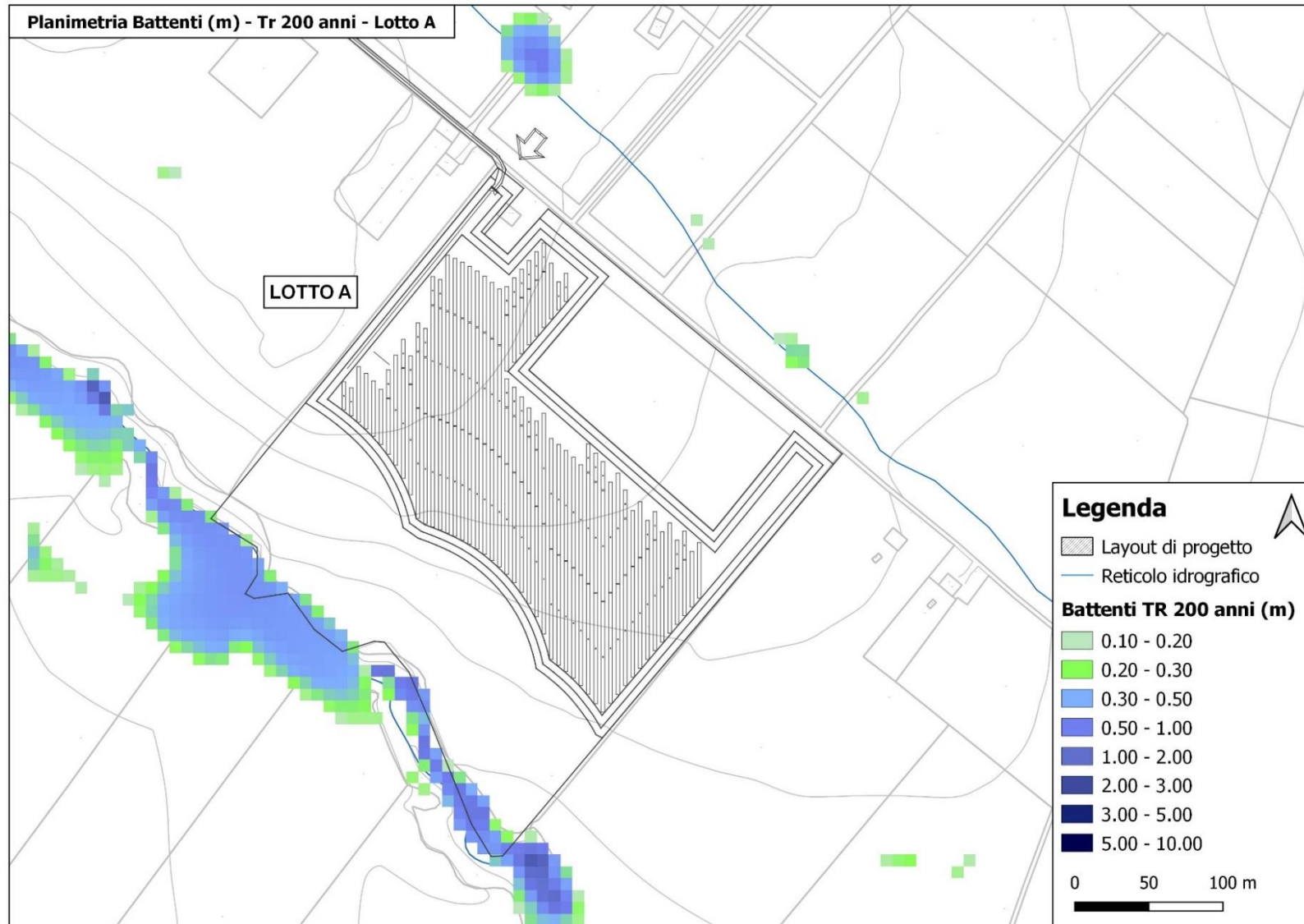


Figura 28 - Dettaglio planimetrico battenti idraulici massimi (m) per TR 200 anni – Area intervento 2 Lotto A



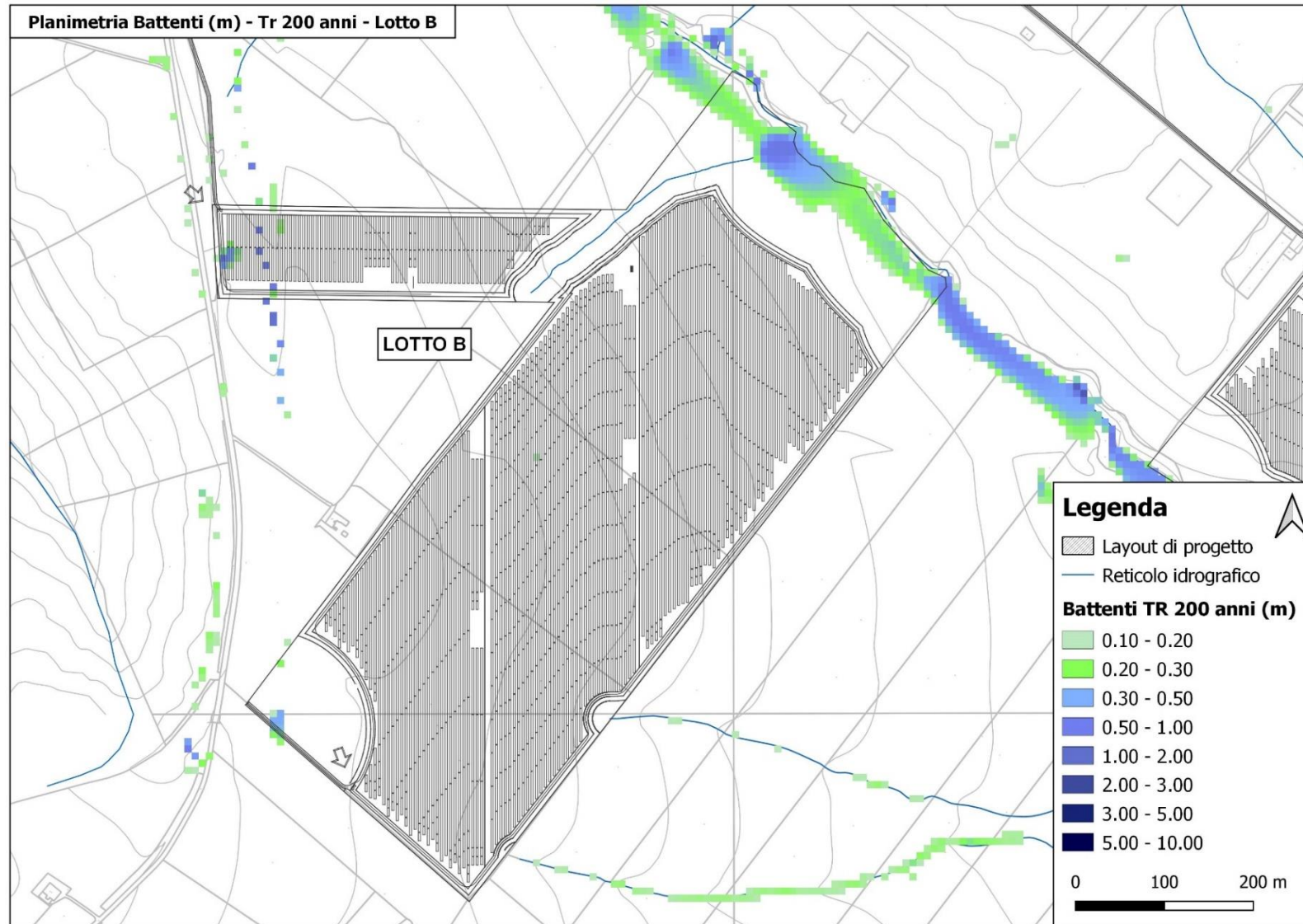


Figura 29 - Dettaglio planimetrico battenti idraulici massimi (m) per TR 200 anni – Area intervento 2 Lotto B

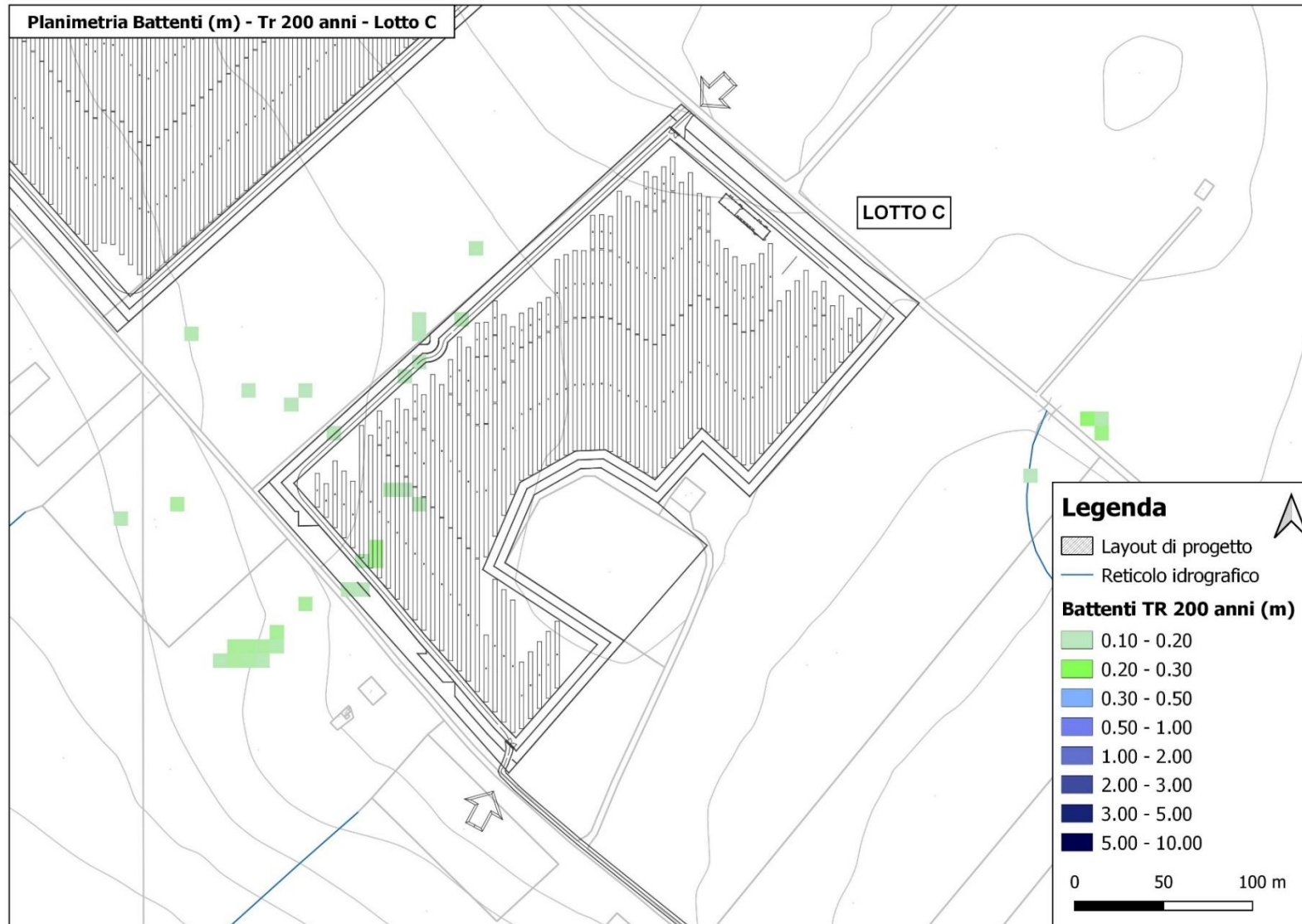


Figura 30 - Dettaglio planimetrico battenti idraulici massimi (m) per TR 200 anni – Area intervento 2 Lotto C



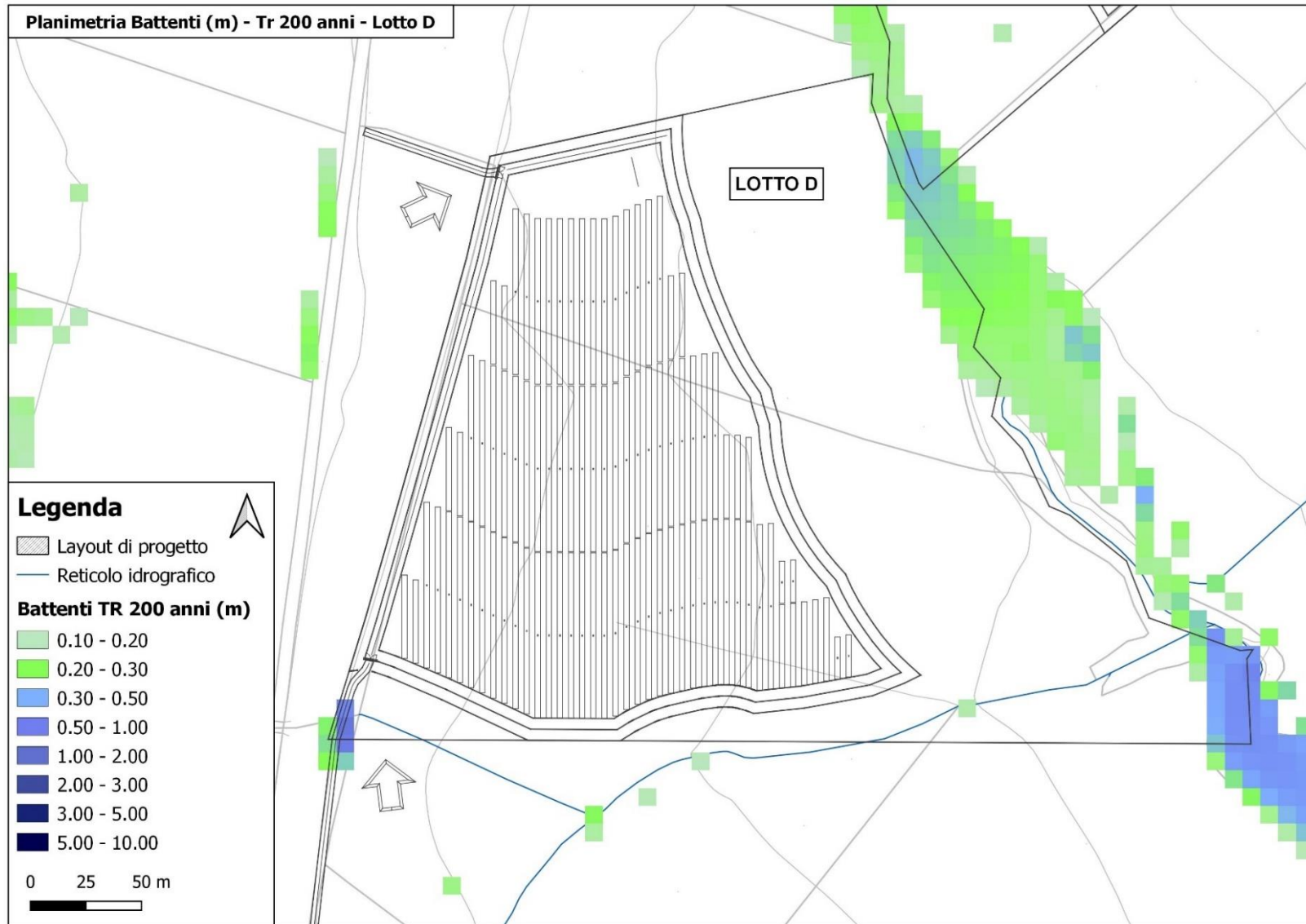


Figura 31 - Dettaglio planimetrico battenti idraulici massimi (m) per TR 200 anni – Area intervento 2 Lotto D

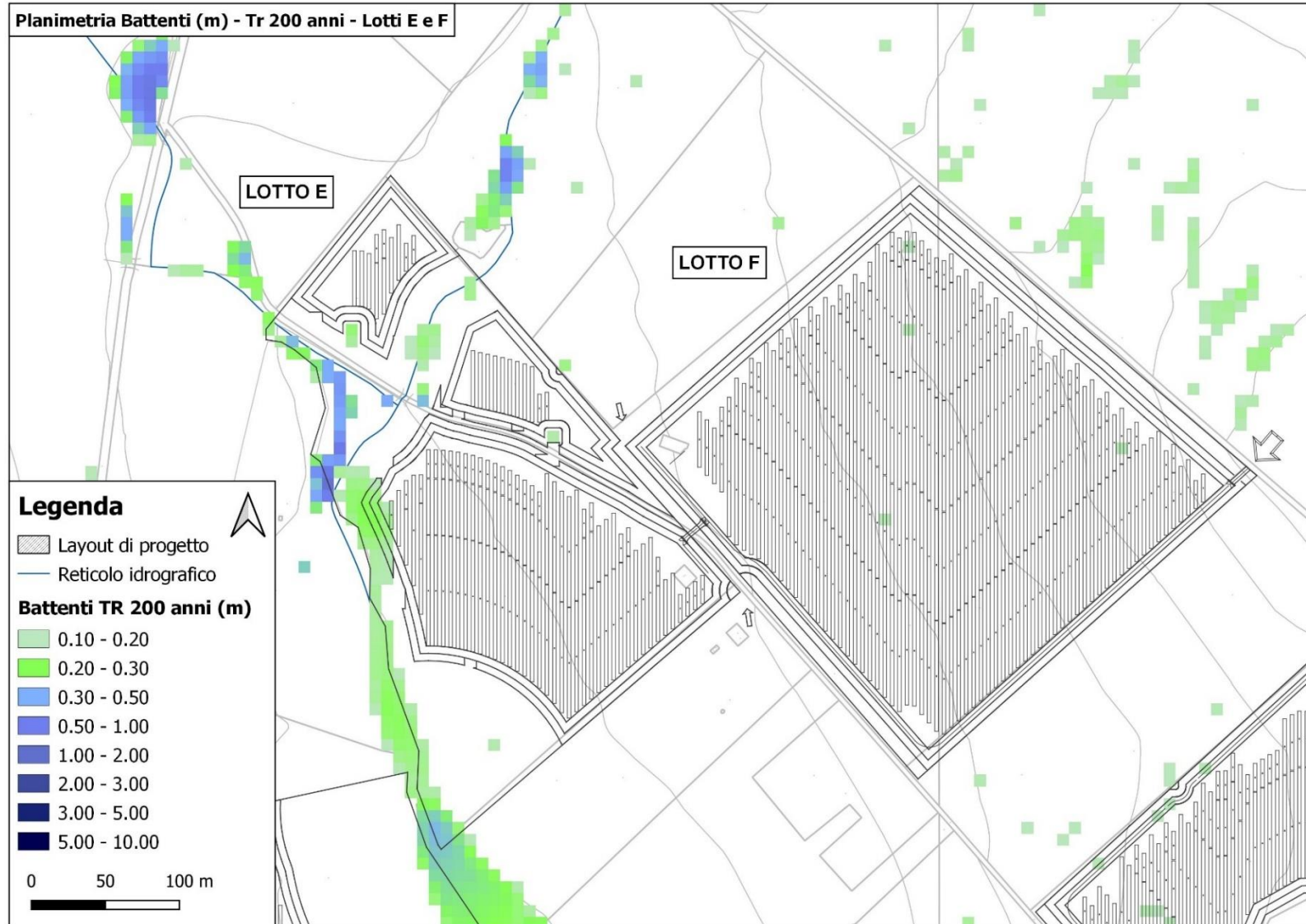


Figura 32 - Dettaglio planimetrico battenti idraulici massimi (m) per TR 200 anni – Area intervento 2 Lotto E



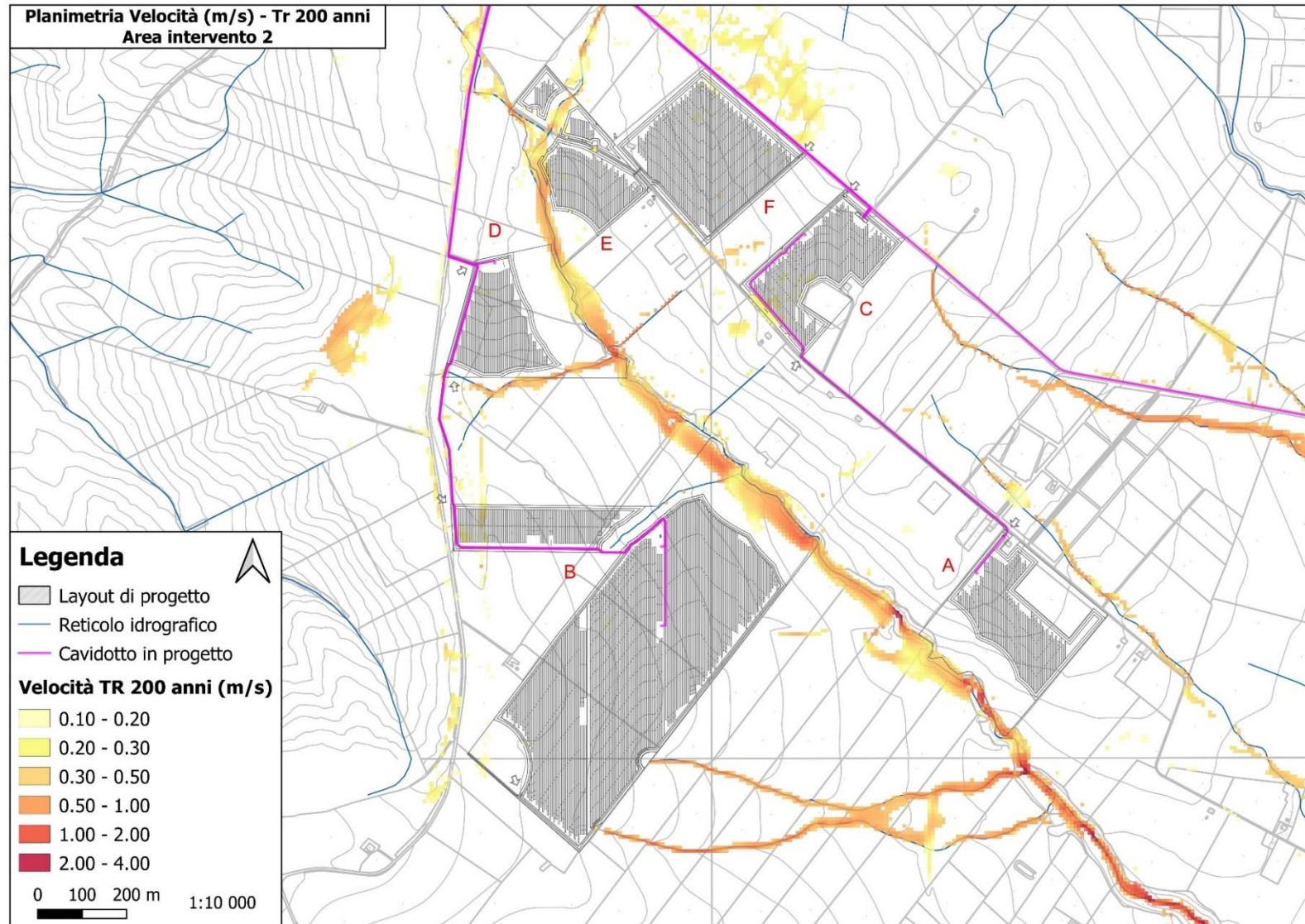


Figura 33 - Planimetria delle velocità della corrente massima (m/s) per TR 200 anni relativa all'intera area di intervento 2

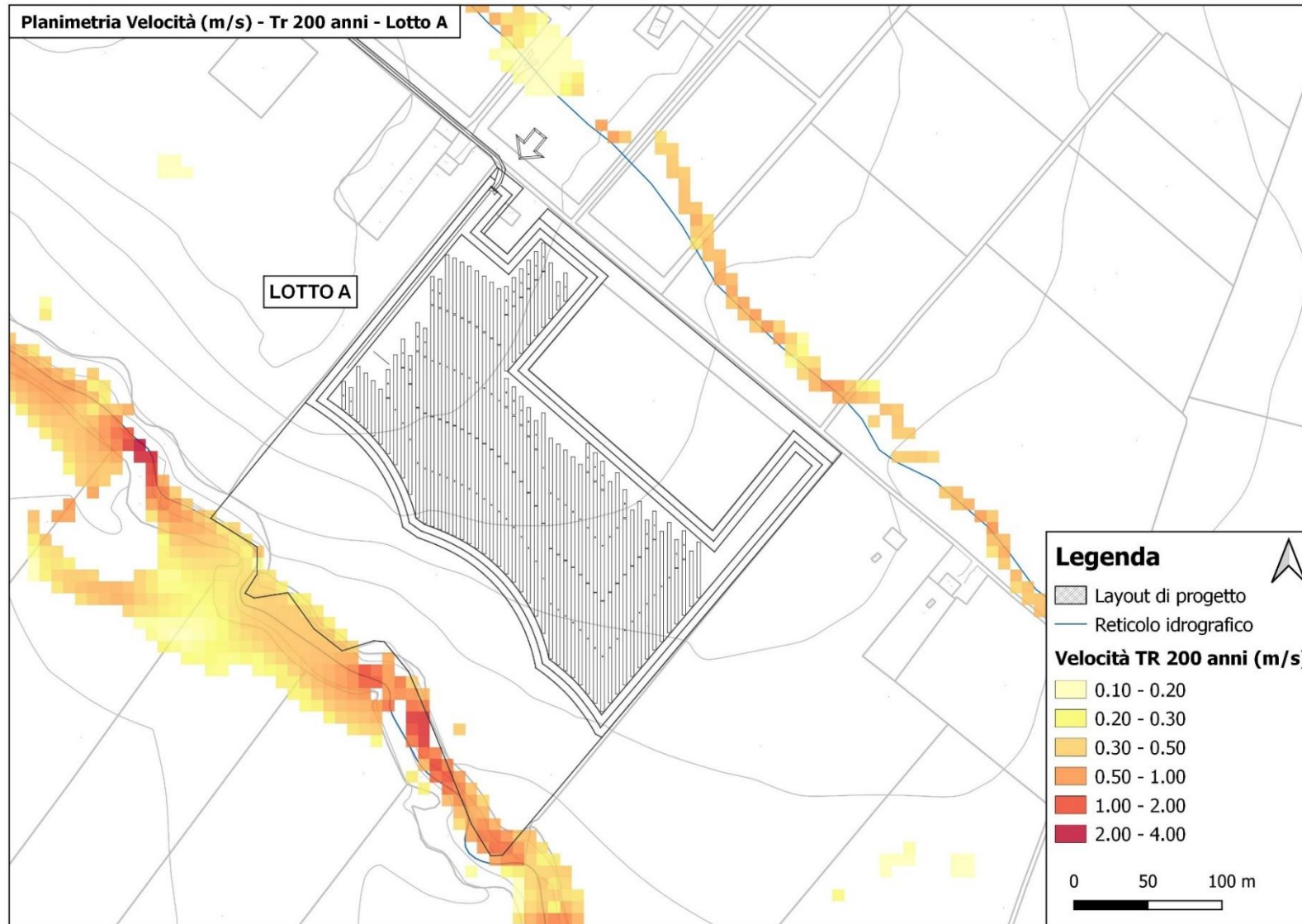


Figura 34 - Dettaglio planimetrico delle velocità della corrente massime (m/s) per TR 200 anni – Area intervento 2 Lotto A



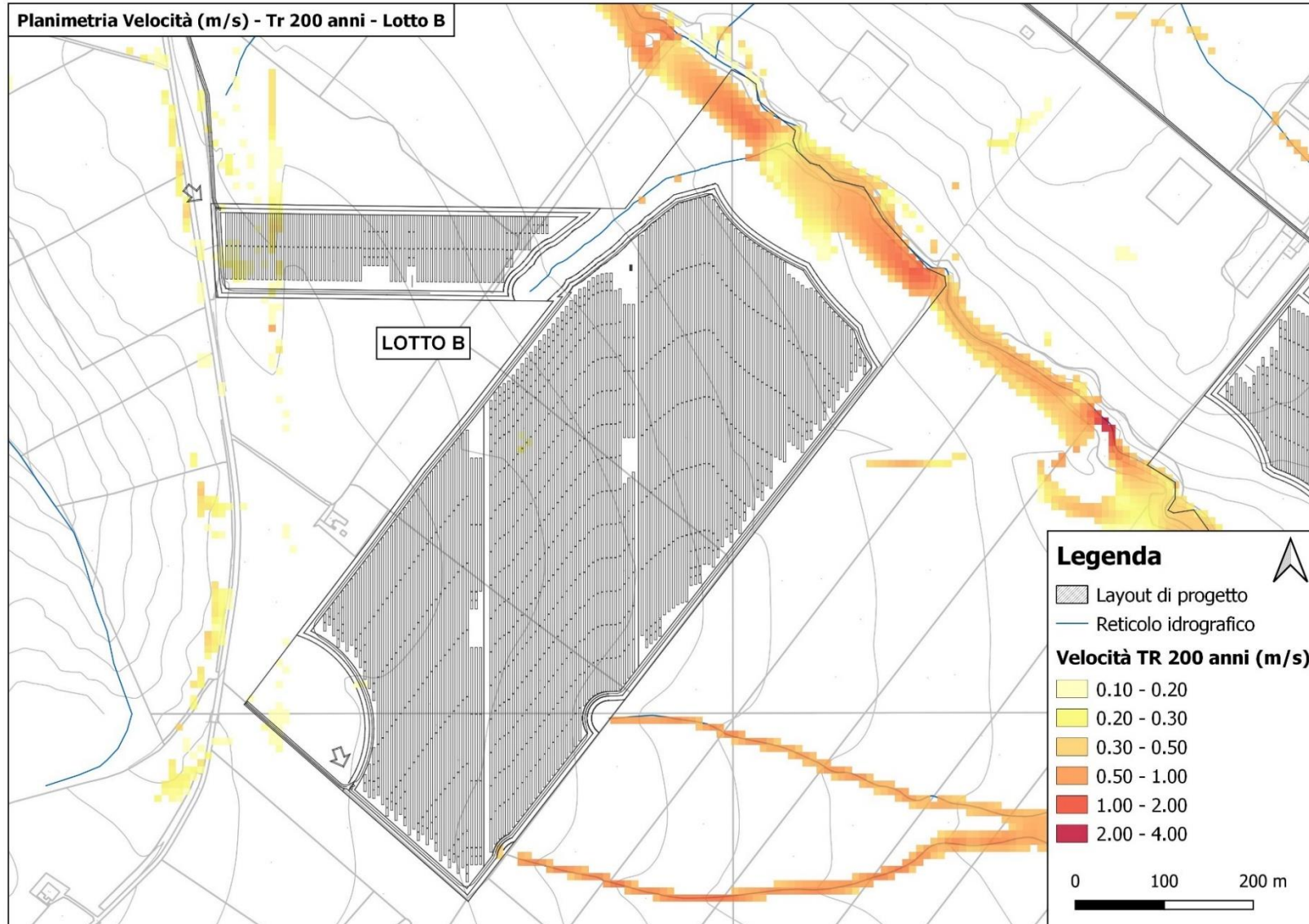


Figura 35 - Dettaglio planimetrico delle velocità della corrente massime (m/s) per TR 200 anni – Area intervento 2 Lotto B

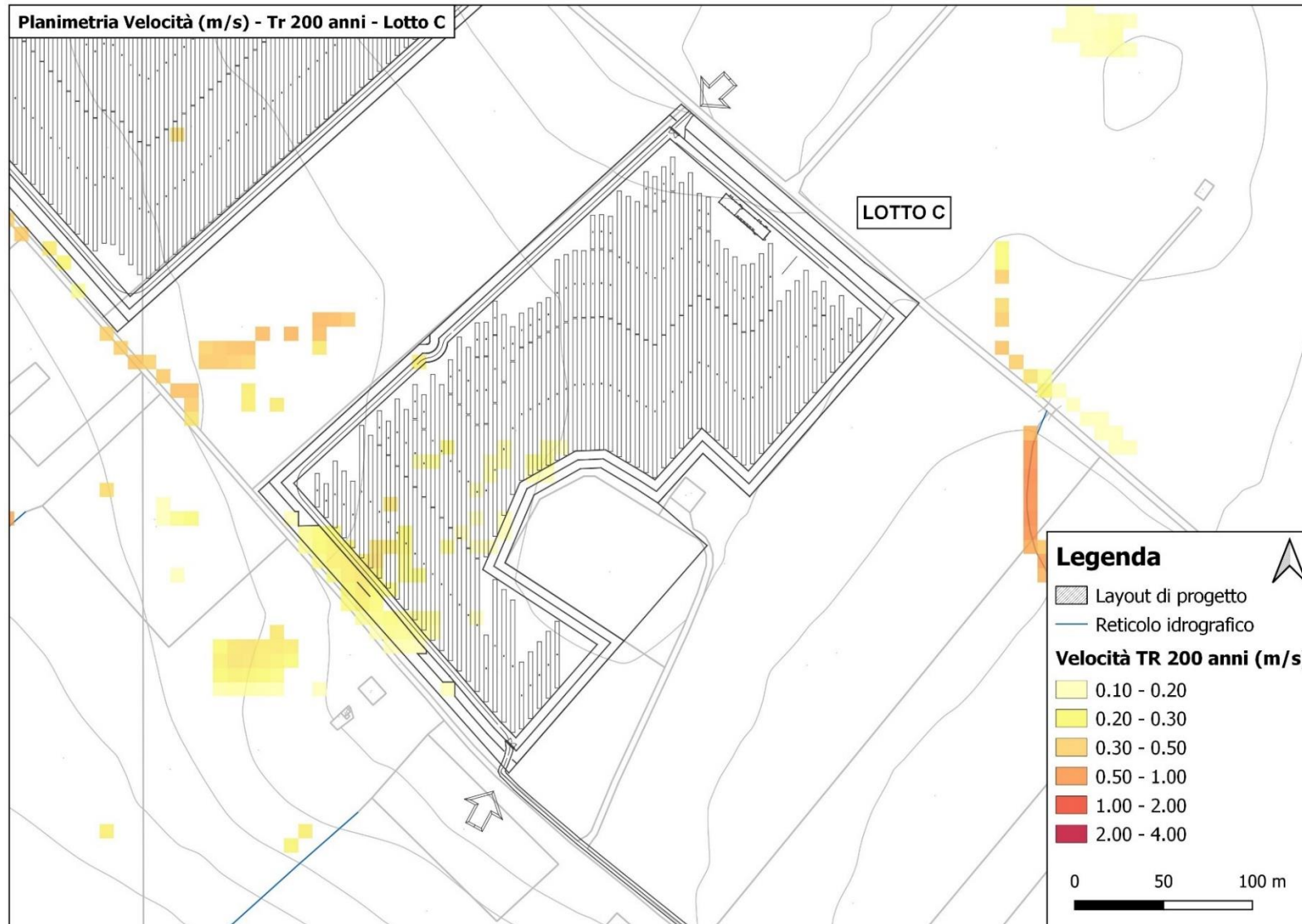


Figura 36 - Dettaglio planimetrico delle velocità della corrente massime (m/s) per TR 200 anni – Area intervento 2 Lotto C



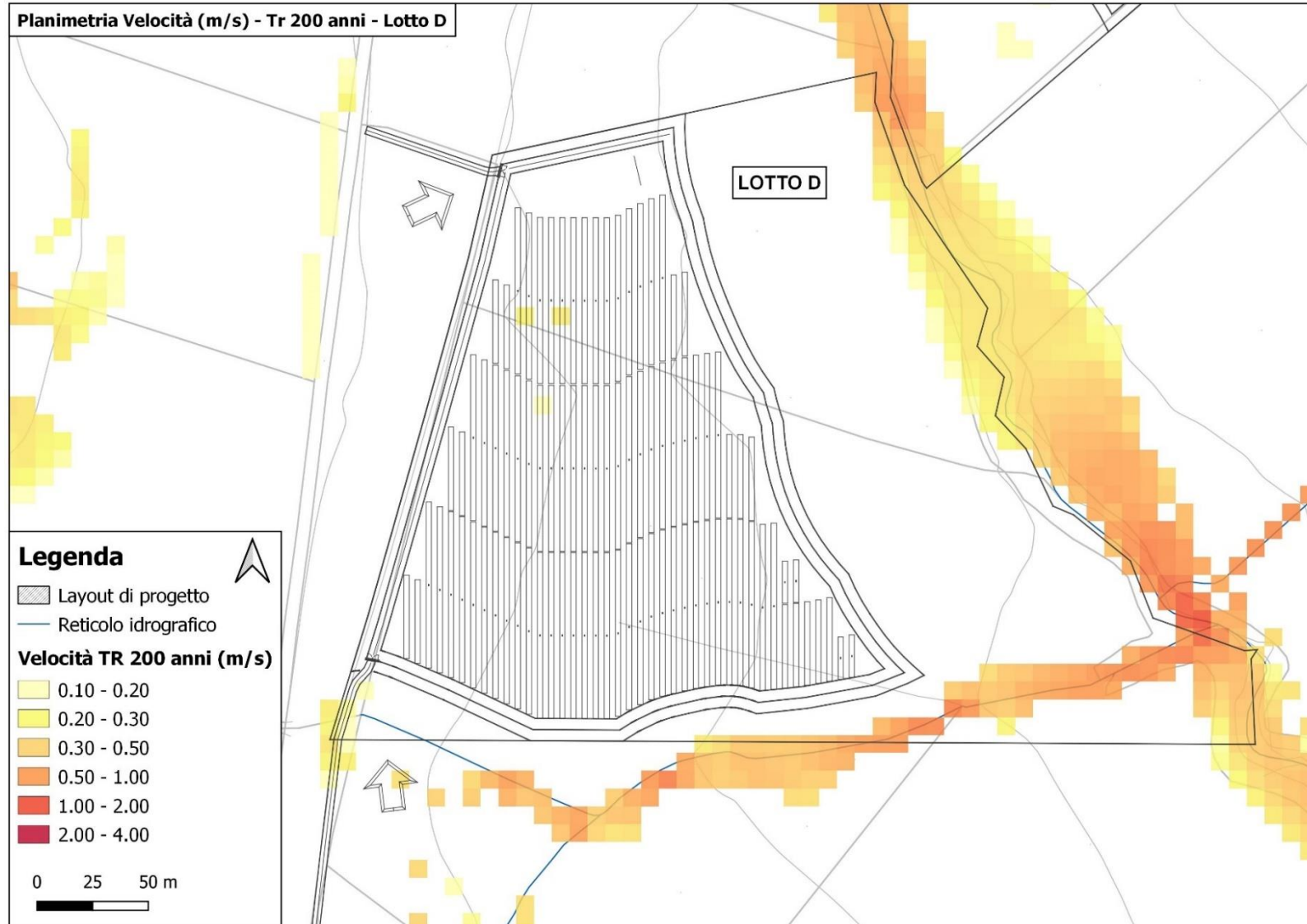


Figura 37 - Dettaglio planimetrico delle velocità della corrente massime (m/s) per TR 200 anni – Area intervento 2 Lotto D

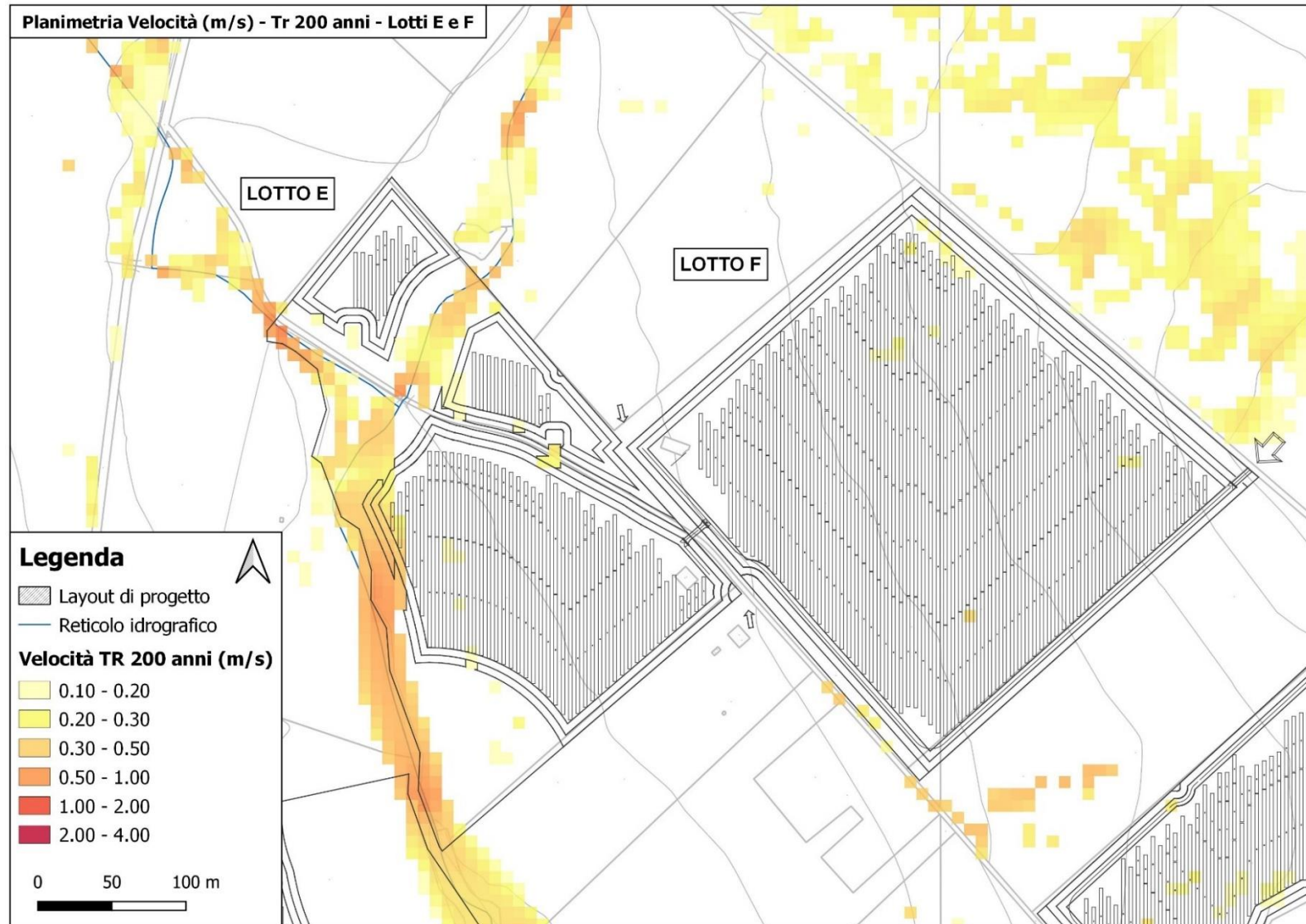


Figura 38 - Dettaglio planimetrico delle velocità della corrente massime (m/s) per TR 200 anni – Area intervento 2 Lotto E



### 3.3 DESCRIZIONE INTERVENTI IN PROGETTO

Come precedentemente discusso il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico, denominato “Impianto Agrivoltaico Serracapriola 51.5” della potenza di 64.532,16 kWp, in agro di Serracapriola e Torremaggiore nella Provincia di Foggia, da realizzarsi con moduli fotovoltaici con celle TOPCon, aventi una potenza di picco di 720Wp.

L’impianto agrivoltaico ricopre una superficie di circa 80,95 ettari; il campo agrivoltaico risulta accessibile dalla viabilità locale, costituita da strade provinciali e comunali. I siti ricadono nel territorio comunale di Serracapriola (area nord) e Torremaggiore (area sud), in direzione Est rispetto al centro abitato (Serracapriola), in una zona occupata da terreni agricoli.

L’obiettivo della società Proponente è quello di rendere fattibile e realistico il binomio tra energia rinnovabile e produzione agricola-zootecnica e quindi di valorizzazione del terreno individuato.

I punti focali del progetto “agrivoltaico” sono:

1. Mitigazione dell’impianto con una fascia perimetrale produttiva (oliveto ed essenze nettariifere e rampicanti);
2. Piantumazione di filari di lavanda o lavandino tra i trackers;
3. Produzione di miele.

Di seguito vengono riportate le immagini esemplificative di tali proposte:



Figura 39 - Mitigazione dell'impianto con oliveto

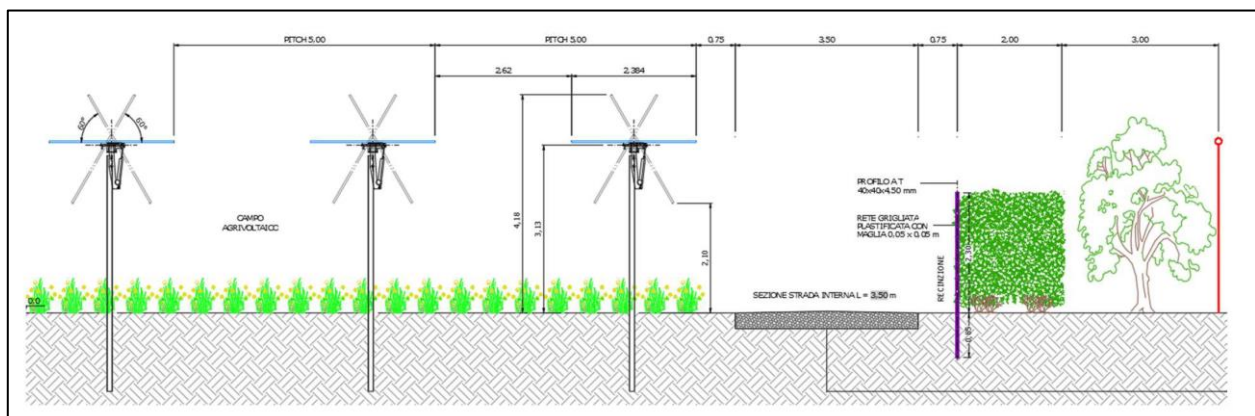


Figura 40 - Piantumazione tra le file di tracker (vista frontale)

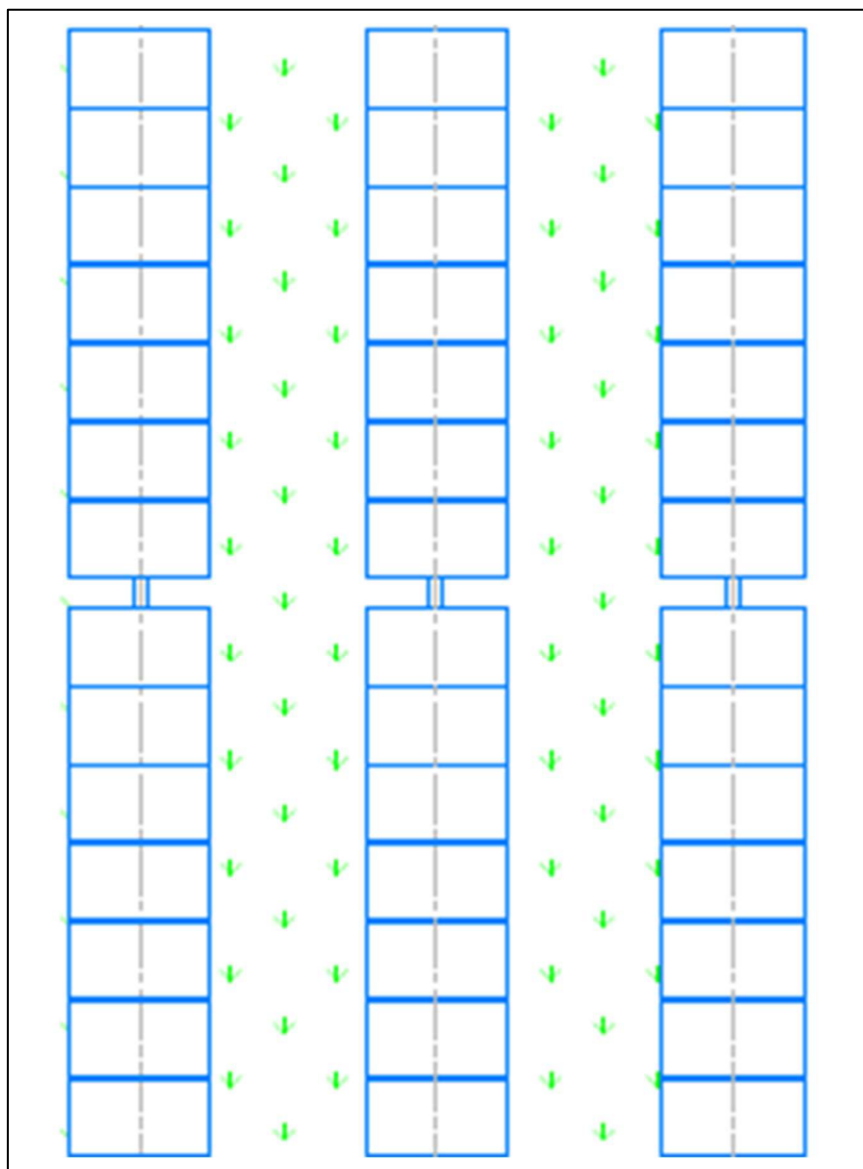


Figura 41 - Piantumazione tra le file di tracker (vista dall'alto)

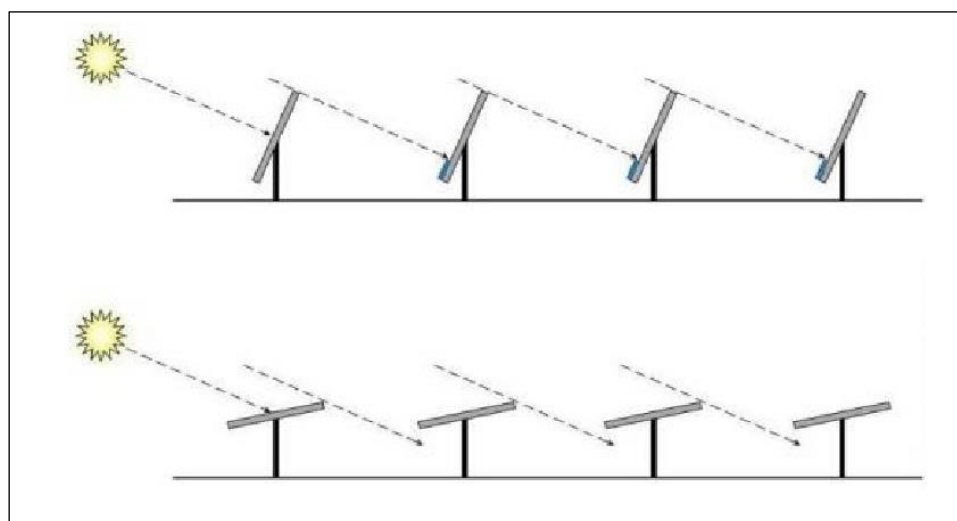


Figura 42 - Schema di installazione delle batterie di pannelli fotovoltaici



L'impianto fotovoltaico in oggetto, di potenza in DC di 64.532,16 kWp e potenza di immissione massima pari a 51.500,00 kW, è costituito da venti sottocampi (20 cabine di trasformazione AT/BT) divisi su due macro-siti di installazione (area di intervento 1 e area di intervento 2). L'impianto sarà realizzato con 344 strutture (tracker) in configurazione 1x14 moduli in verticale, 445 strutture (tracker) in configurazione 1x28 moduli in verticale e 1.292 strutture (tracker) in configurazione 1x56 in verticale con pitch=5,00 m. In totale saranno installati 89.628 moduli fotovoltaici monocristallini della potenza di 720 W cadauno.

Il progetto prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici del tipo Canadian Solar CS7N-720TB-AG bifacciali con potenza nominale di 720 Wp con celle fotovoltaiche TOPCon, i quali, tra le tecnologie attualmente disponibili in commercio presentano rendimenti di conversione più elevati. I moduli fotovoltaici sono posizionati su tracker, con l'asse di rotazione disposta in direzione nord-sud, distanziati di 5,00 m (rispetto all'asse di rotazione) l'uno dall'altro.

I tracker saranno fissati al terreno tramite pali infissi direttamente "battuti" nel terreno. Questa tipologia di struttura evita in generale l'esecuzione di opere di calcestruzzo e faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell'impianto a fine vita, diminuendo drasticamente le modifiche subite dal suolo. I moduli fotovoltaici saranno posizionati su tracker, distanziati di 9,00 m (rispetto all'asse di rotazione) l'uno dall'altro e fissati al terreno tramite pali infissi direttamente "battuti" nel terreno.

Questa tipologia di struttura evita in generale l'esecuzione di opere di calcestruzzo e faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell'impianto a fine vita, diminuendo drasticamente le modifiche subite dal suolo. Inoltre, è prevista l'installazione di una serie di cabine di trasformazione oltre che dei cavi per il trasporto della corrente.

Di seguito in Figura 44 e Figura 45, è riportato uno stralcio planimetrico del layout di progetto rispettivamente delle aree di intervento 1 e 2.

### 3.3.1 Interferenze del cavidotto interrato in progetto con il reticolo idrografico

In fase progettuale si è deciso di risolvere le interferenze tra il cavidotto interrato in progetto con il reticolo idrografico mediante l'utilizzo della tecnica di trivellazione orizzontale controllata (TOC), la cui profondità di scavo sarà tale da preservare eventuali azioni erosive legate al passaggio della corrente idrica. Di seguito si riporta uno stralcio fotografico della tecnica adottata.

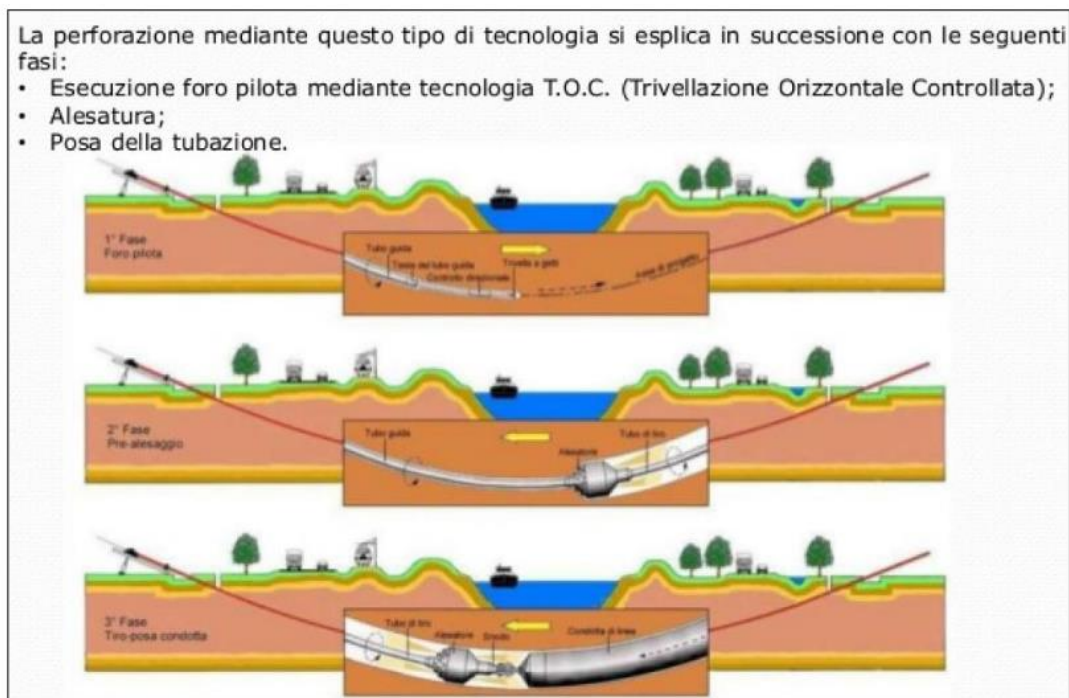


Figura 43 - Fasi principali della Trivellazione Controllata Orizzontale (TOC)



**Planimetria Generale su CTR - Area intervento 1**

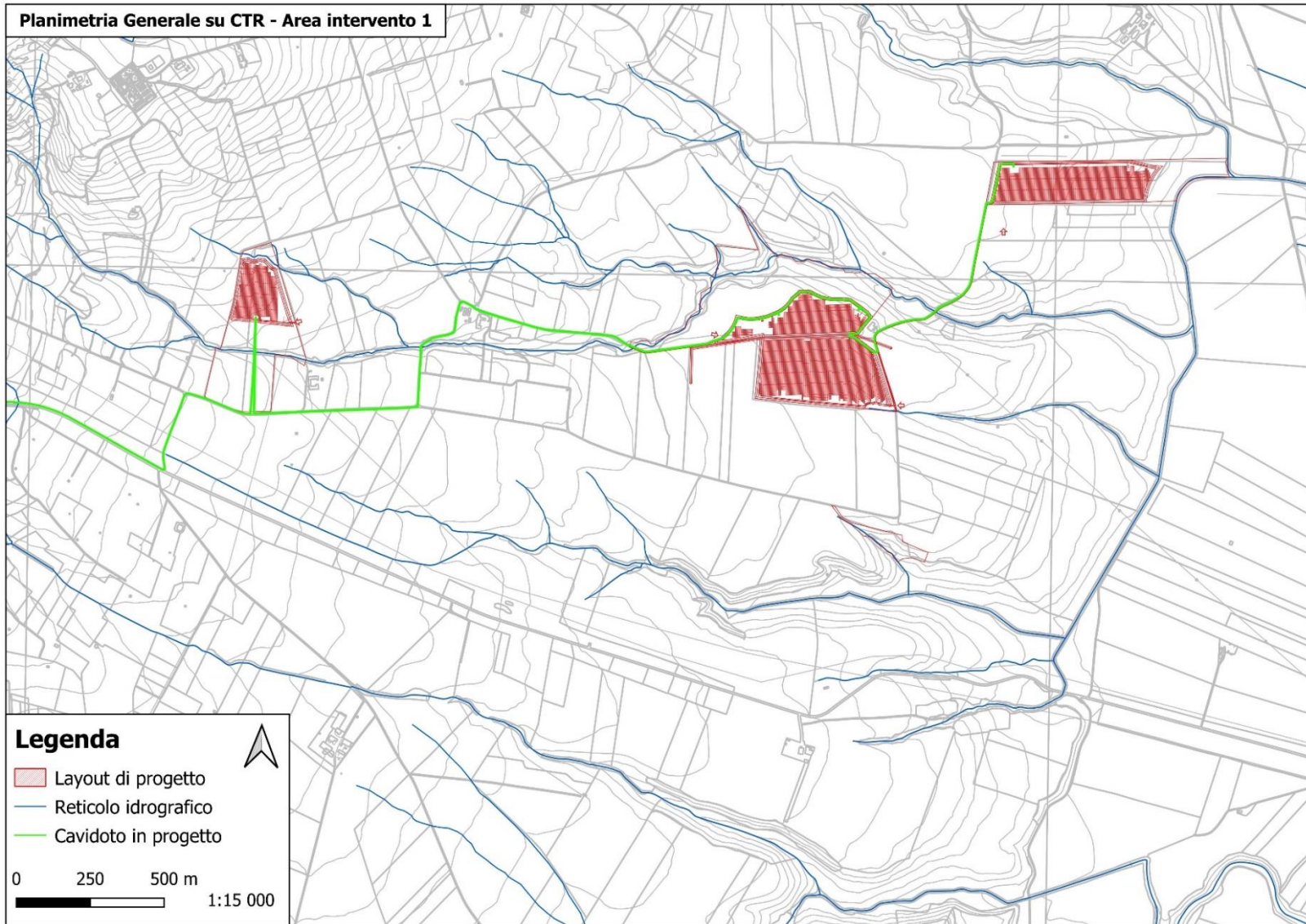


Figura 44 - Planimetria generale interventi su CTR scala 1:5000 – Area di intervento 1

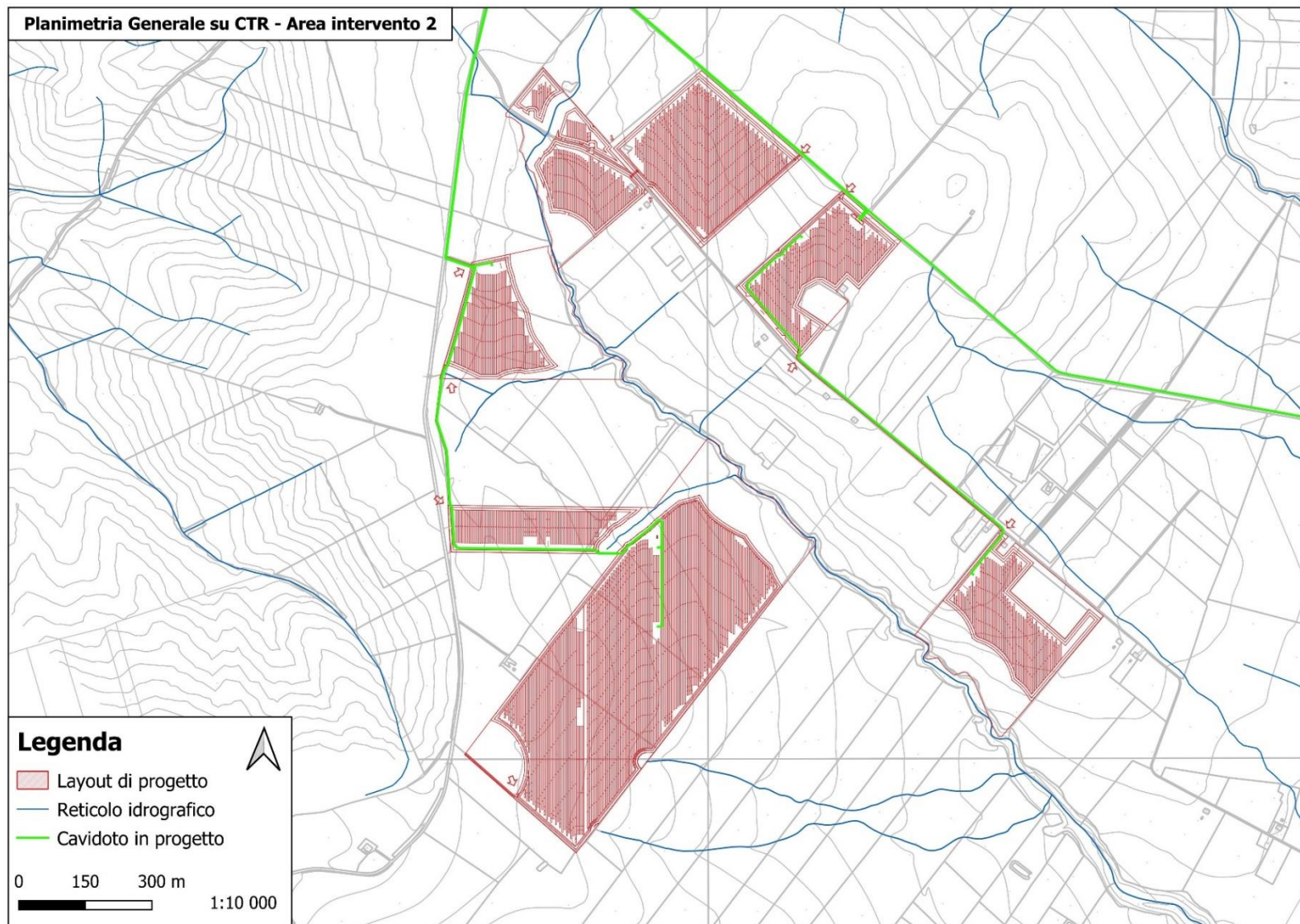


Figura 45 - Planimetria generale interventi su CTR scala 1:5000 – Area di intervento 2



### 3.4 VALUTAZIONI EFFETTO INTERVENTO IN PROGETTO

Per verificare la compatibilità idraulica degli impianti fotovoltaici in progetto con le condizioni di rischio idraulico presenti nella zona è necessario accertare che:

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

Sulla base delle risultanze dello studio idrologico ed idraulico condotto si può concludere che gli interventi previsti sono compatibili con le condizioni di rischio idraulico presenti nella zona a condizione che vengano realizzati osservando le seguenti prescrizioni:

- le attrezzature elettroniche e il punto di aggancio dei moduli fotovoltaici sulle strutture deve essere posizionato almeno 50 cm al di sopra del battente massimo corrispondente alla piena duecentennale;
- i manufatti 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 0.50 m sopra del battente massimo corrispondente alla piena duecentennale;
- le cabine di trasformazione dovranno essere installate al di fuori delle aree che risultano allagabili, con particolare riferimento alla modellazione idraulica relativa al TR 200 anni;
- il cavidotto sarà realizzato interrato e i tratti di interferenza con il reticolo idrografico e con gli allagamenti principali ricavati dall'evento duecentennale saranno realizzati ricorrendo alla tecnica TOC;
- la realizzazione di recinzioni dovrà avvenire 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.

Con riferimento alle modifiche indotte al regime idrologico ed idraulico, considerato che:

- la tipologia delle batterie di pannelli fotovoltaici di progetto, che prevede una certa distanza tra le varie batterie, permette 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;
- le strade di accesso ai diversi lotti previste da progetto, necessarie alla realizzazione delle opere stesse e alla loro periodica manutenzione, saranno realizzate a raso al fine di non apportare modifiche allo stato attuale dei luoghi, senza quindi alterare il libero deflusso delle acque. In particolare, le strade previste in corrispondenza del reticolo idrografico saranno sagomate a corda molle, al fine di non ostacolare il libero deflusso delle acque.

Si evidenzia inoltre come tali strade non siano destinate ad un traffico permanente, in quanto verranno praticate unicamente per le fasi realizzative dell'impianto e nelle successive fasi di gestione e manutenzione;

- le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici e le recinzioni, realizzate secondo le prescrizioni sopra riportate, non interferiscono in maniera rilevabile con il libero deflusso delle acque, per cui i profili di corrente risultano invariati;

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.



#### **4. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI**

Il presente studio ha lo scopo di analizzare il rischio idraulico in due zone situate rispettivamente a sud e a sud-est del centro abitato del Comune di Serracapriola (FG) dove il committente, "ARNG SOLAR VIII S.R.L.", ha predisposto il progetto per un intervento consistente nella realizzazione di un impianto agrivoltaico su più lotti di terreno. I lotti su cui si vuole realizzare l'impianto insistono su due macro-siti di installazione (area di intervento 1 e area di intervento 2) poste a sud e a sud-est dell'abitato di Serracapriola, in agro di Serracapriola e Torremaggiore nella Provincia di Foggia, a monte della Strada Statale 16 ter in una zona posta a ovest del Fiume Fortore nel quale confluiscono diversi reticoli idrografici che attraversano la zona di interesse, così come riportato sulla Cartografia IGM in scala 1:25.000 (vedi Figura 2 e Figura 3).

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 nelle planimetrie riportate in Figura 10 e Figura 11. 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 dapprima uno studio idrologico basato su una modellazione afflussi–deflussi volta a determinare lo ietogramma di precipitazione netta da inserire come input nel modello idraulico, quindi successivamente è stato implementato un modello idraulico bidimensionale di maggior dettaglio, in grado di simulare al meglio la propagazione dei deflussi sul territorio utilizzando un modello digitale del terreno con cella spaziale di 8 m disponibile per la zona sul portale del Sistema Informativo Territoriale della Regione Puglia.

Inoltre, per verificare la compatibilità idraulica degli impianti fotovoltaici in progetto con le condizioni di rischio idraulico presenti nella zona è necessario accertare che:

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

Sulla base delle risultanze dello studio idrologico ed idraulico condotto si può concludere che gli interventi previsti sono compatibili con le condizioni di rischio idraulico presenti nella zona a condizione che vengano realizzati osservando le seguenti prescrizioni:

- le attrezzature elettroniche e il punto di aggancio dei moduli fotovoltaici sulle strutture deve essere posizionato almeno 50 cm al di sopra del battente massimo corrispondente alla piena duecentennale;
- i manufatti 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 0.50 m sopra del battente massimo corrispondente alla piena duecentennale;
- le cabine di trasformazione dovranno essere installate al di fuori delle aree che risultano allagabili, con particolare riferimento alla modellazione idraulica relativa al TR 200 anni;
- il cavidotto sarà realizzato interrato e i tratti di interferenza con il reticolo idrografico e con gli allagamenti principali ricavati dall'evento duecentennale saranno realizzati ricorrendo alla tecnica TOC;
- la realizzazione di recinzioni dovrà avvenire 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.

Con riferimento alle modifiche indotte al regime idrologico ed idraulico, considerato che:

- la tipologia delle batterie di pannelli fotovoltaici di progetto, che prevede una certa distanza tra le varie batterie, permette 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;
- le strade di accesso ai diversi lotti previste da progetto, necessarie alla realizzazione delle opere stesse e alla loro periodica manutenzione, saranno realizzate a raso al fine di non apportare modifiche allo stato attuale dei luoghi, senza quindi alterare il libero deflusso delle acque. In particolare, le strade previste in corrispondenza del reticolo idrografico saranno sagomate a corda molle, al fine di non ostacolare il libero deflusso delle acque. Si evidenzia inoltre come tali strade non siano destinate ad un traffico permanente, in quanto verranno praticate unicamente per le fasi realizzative dell'impianto e nelle successive fasi di gestione e manutenzione;

- le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici e le recinzioni, realizzate secondo le prescrizioni sopra riportate, non interferiscono in maniera rilevabile con il libero deflusso delle acque, per cui i profili di corrente risultano invariati;

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.

Si può pertanto concludere che la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto non provoca un aumento delle condizioni di rischio idraulico presenti nell'area di interesse, l'intervento è pertanto compatibile con le condizioni di rischio idraulico presenti nella zona a condizione che nella fase realizzativa delle opere vengano rispettate integralmente le indicazioni progettuali sopra riportate.

Febbraio 2024

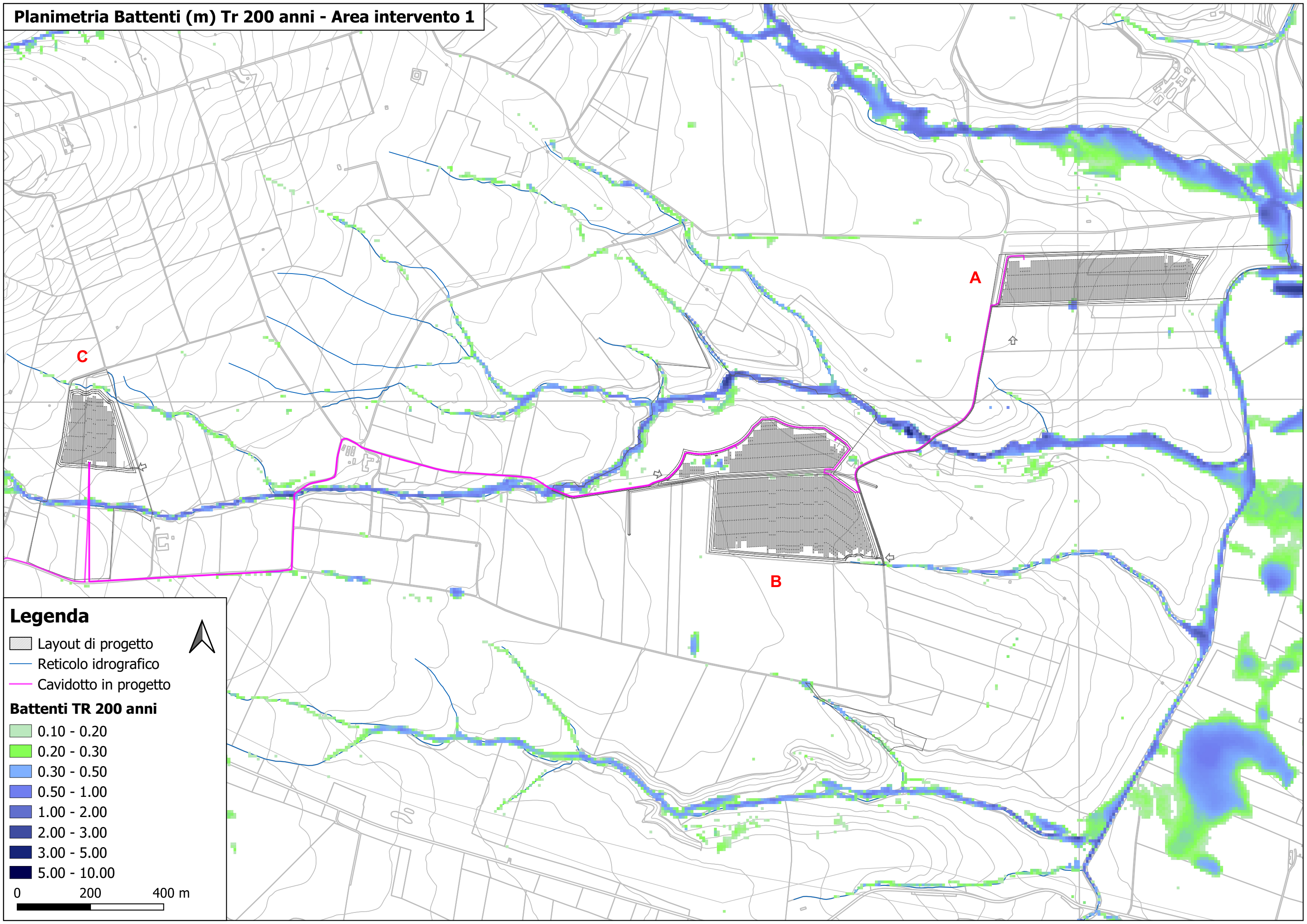
Ing. Dario Tricoli





**ALLEGATO A – Modellazione idraulica bidimensionale - Carte dei  
battenti e delle velocità**

# Planimetria Battenti (m) Tr 200 anni - Area intervento 1



**Legenda**

- Layout di progetto
- Reticolo idrografico
- Cavidotto in progetto

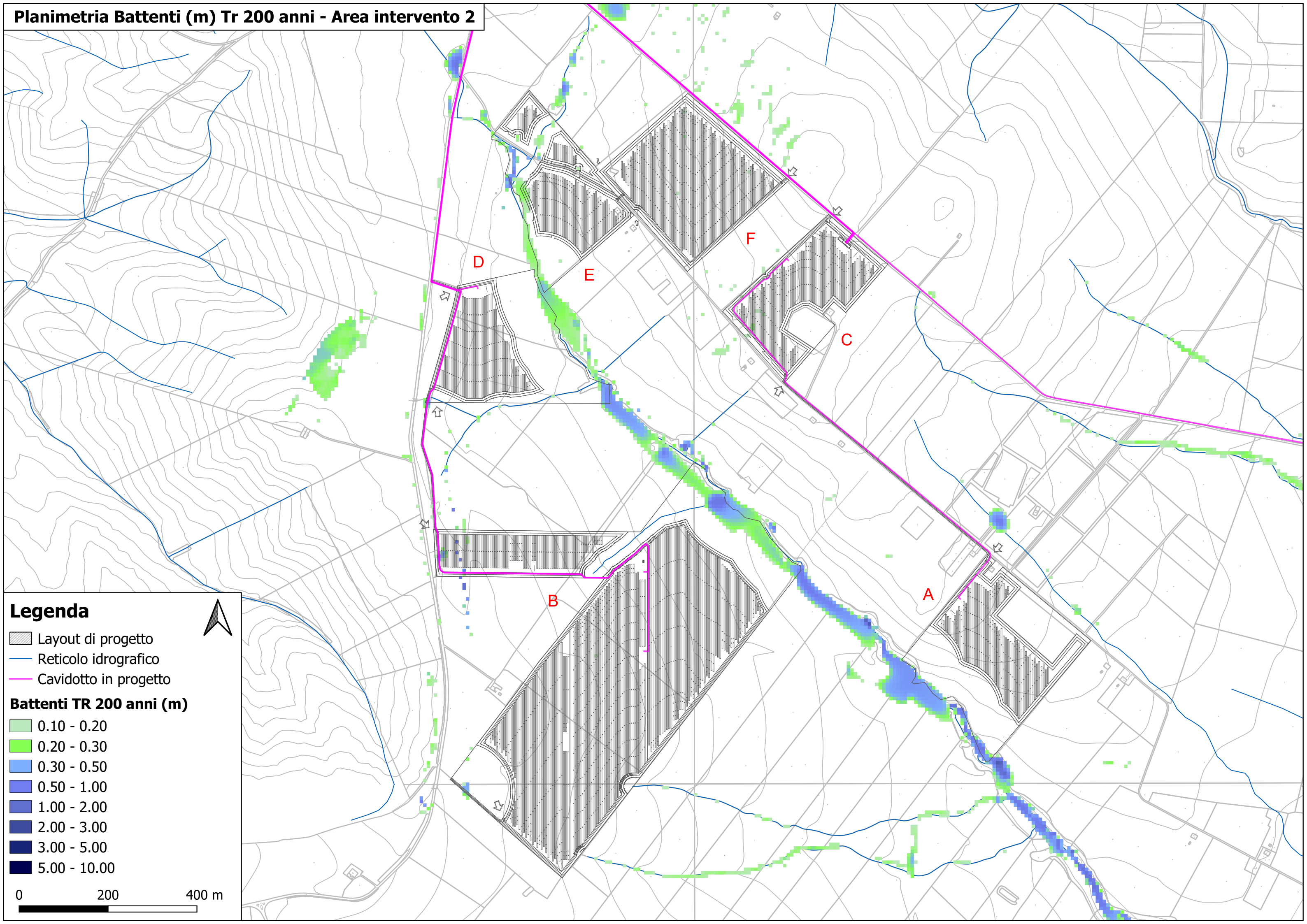
**Battenti TR 200 anni**

- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- 1.00 - 2.00
- 2.00 - 3.00
- 3.00 - 5.00
- 5.00 - 10.00

0 200 400 m



# Planimetria Battenti (m) Tr 200 anni - Area intervento 2



**Legenda**

- Layout di progetto
- Reticolo idrografico
- Cavidotto in progetto

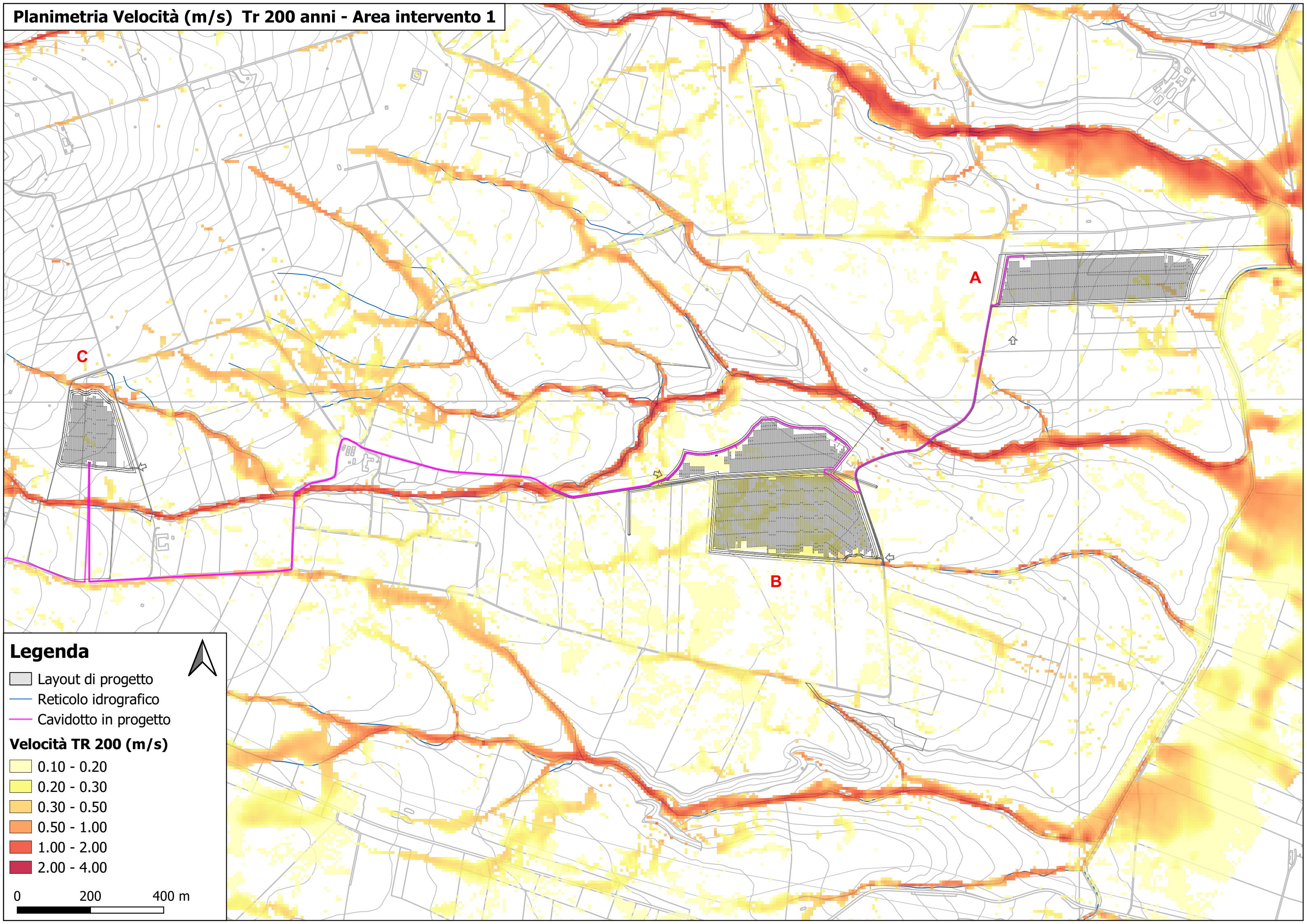
**Battenti TR 200 anni (m)**

- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- 1.00 - 2.00
- 2.00 - 3.00
- 3.00 - 5.00
- 5.00 - 10.00

0 200 400 m



# Planimetria Velocità (m/s) Tr 200 anni - Area intervento 1



**Legenda**

- Layout di progetto
- Reticolo idrografico
- Cavidotto in progetto

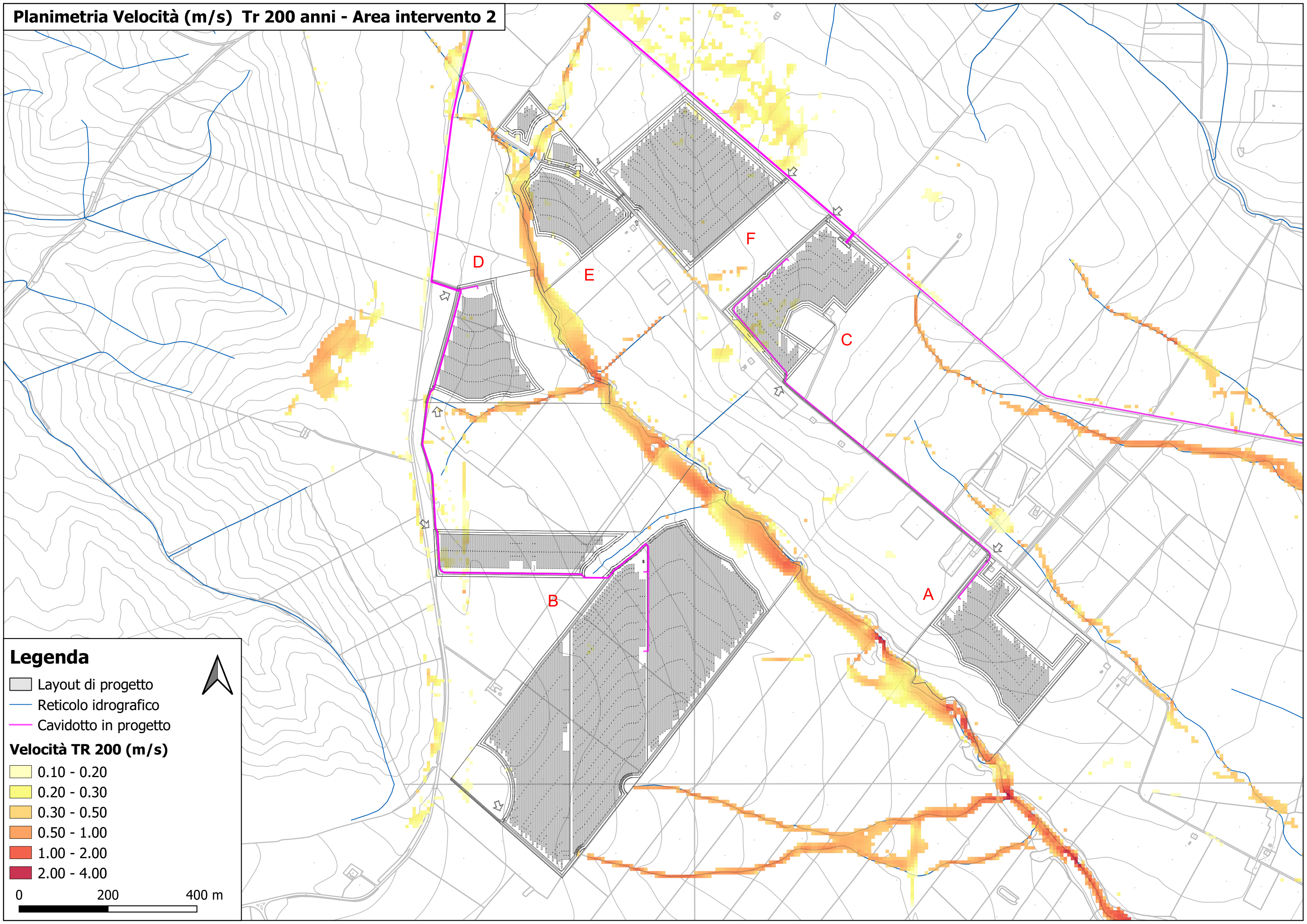
**Velocità TR 200 (m/s)**

- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- 1.00 - 2.00
- 2.00 - 4.00

0 200 400 m



# Planimetria Velocità (m/s) Tr 200 anni - Area intervento 2



**Legenda**

- Layout di progetto
- Reticolo idrografico
- Cavidotto in progetto

**Velocità TR 200 (m/s)**

- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- 1.00 - 2.00
- 2.00 - 4.00

0 200 400 m