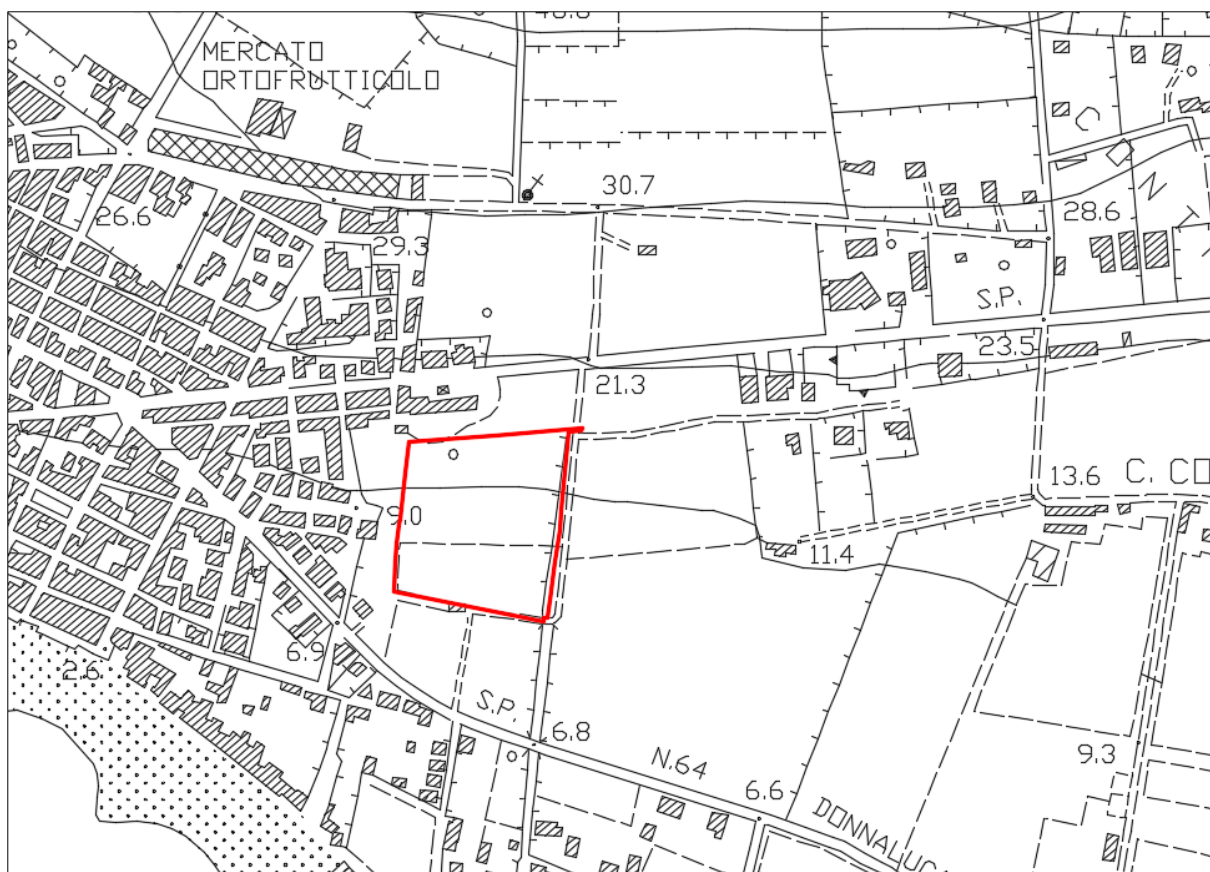




PROGETTO DI UN PIANO ATTUATIVO IN VARIANTE ALLE PRESTAZIONI ESECUTIVE DEL PRG RICADENTI IN ZONA C4 (6.D) DEL PIANO PARTICOLAREGGIATO IN C.DA MICENCI DI DONNALUCATA

#### RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA-IDRAULICA

COMMITTENTE: DONNALUCATA SOCIETÀ COOP. AGRICOLA

DOTT. GEOL. DAVIDE UCCIARDO



DOTT. GEOL. ROSARIO ZACCARIA



|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| PREMESSA .....                                                                                                                                        | 3  |
| 1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....                                                                                                                     | 3  |
| 2. INQUADRAMENTO GENERALE E OBIETTIVI DELLO STUDIO .....                                                                                              | 3  |
| 3. MODELLAZIONE IDROLOGICA .....                                                                                                                      | 6  |
| 3.1 ANALISI PLUVIOMETRICA.....                                                                                                                        | 9  |
| 4. DETERMINAZIONE DEGLI IETOGRAMMI DI PROGETTO: SCELTA DELLA DURATA CRITICA<br>DELL'EVENTO E DELLA DISTRIBUZIONE TEMPORALE DELLE PRECIPITAZIONI. .... | 13 |
| 4.1 DURATA CRITICA-TEMPO DI CORRIVAZIONE.....                                                                                                         | 13 |
| 4.2 IETOGRAMMA DI PROGETTO .....                                                                                                                      | 14 |
| 4.3 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI .....                                                                                                            | 18 |
| 4.4 GENERAZIONE IDROGRAMMA DI PIENA.....                                                                                                              | 20 |
| 4.5 MODELLAZIONE IDRAULICA.....                                                                                                                       | 23 |
| 5. RILIEVO FOTOGRAFICO .....                                                                                                                          | 23 |
| 6. RILIEVO TOPOGRAFICO .....                                                                                                                          | 26 |
| 7. USO DI MODELLI IDRAULICI 2D IN AMBITO URBANO.....                                                                                                  | 29 |
| 8. PREDISPOSIZIONE DEI DATI PLANO-ALTIMETRICI PER L'ANALISI IDRAULICA.....                                                                            | 31 |
| 9. DEFINIZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO.....                                                                                                            | 33 |
| 9.1 DELIMITAZIONE DEI DOMINI 2D E LORO CONDIZIONI AL CONTORNO.....                                                                                    | 33 |
| 9.2 DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA IDRAULICA .....                                                                                                       | 38 |
| 10. DEFINIZIONE DEGLI ELEMENTI ESPOSTI.....                                                                                                           | 41 |
| 11. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO.....                                                                                                 | 42 |
| 12. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NUMERICHE 2D (SCENARI SIMULATI).....                                                                                  | 42 |
| RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NUMERICHE 2D .....                                                                                                        | 42 |
| 13. CALIBRAZIONE .....                                                                                                                                | 43 |
| 14. CONCLUSIONI.....                                                                                                                                  | 44 |

ALLEGATI:

CARTE DELLA PERICOLOSITÀ, DEL RISCHIO, DEI TIRANTI IDRICI E DELLA VELOCITÀ

## **PREMESSA**

In riscontro alla nota dell'Autorità di Bacino n.25385 del 08/10/2024 pervenuta al Comune di Scicli prot. 37144 del 09/10/2024 e successiva nota prot. 4308 del 07/02/2025 pervenuta al Comune di Scicli prot. 5186 del 10/02/25, con cui si richiede uno studio di compatibilità idrologico-idraulica di cui all'art. 26 comma 1 della LR 19/2020 e sue linee guida DARTA 117 Gab. del 07/07/2021, si è provveduto a redigere lo studio secondo le indicazioni riportate nel D. Ass. R. Sicilia 07/07/2021 "Approvazione del documento che disciplina lo studio di compatibilità idraulica (invarianza idraulica e idrologica), di cui all'art. 22, comma 6, lett. d), della legge regionale 13 agosto 2020, n. 19" per la qualificazione urbanistica di un'area ricadente in ambito urbano.

Lo studio è commisurato all'entità e dimensione dell'intervento e alle effettive problematiche dell'area di intervento e di un suo congruo intorno, da premettere che l'area oggetto di studio ricade in ambito periurbano che ne rende estremamente onerosa la definizione. Il modello di calcolo adottato è pertanto subordinato al grado di approssimazione richiesto, ai risultati, all'onere economico sopportabile per le elaborazioni e per l'acquisizione dei dati.

## **1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Norme di attuazione del "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" della Regione Siciliana, approvate con Decreto del Presidente della Regione 6 maggio 2021.

Comma 1 dell'art. 26 della LR n. 19/2020, disciplinato secondo le "linee guida" di cui al Decreto Assessoriale del Territorio e dell'Ambiente n. 117 Gab. del 07/07/2021.

LR 13 agosto 2020, n. 19 "Norme per il governo del territorio".

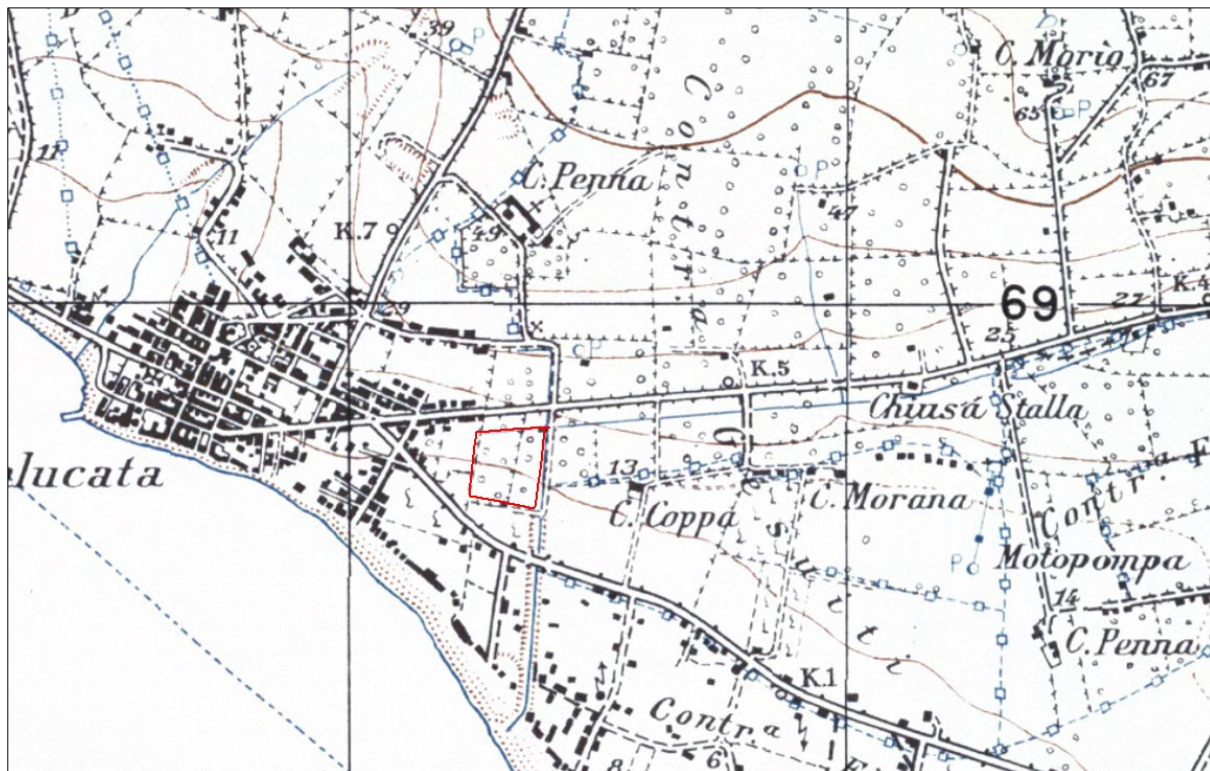
## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

L'intervento in progetto ricade a ridosso dell'abitato di Donnalucata, con quota media di 10 m s.l.m., e riguarda la qualificazione urbanistica di un'area del territorio comunale di Scicli. Tale intervento ricade nei Bacini idrografici del F. Irminio e del T. di Modica ed area intermedia (082-083).

Il sito oggetto di studio è ubicato nel Comune di Scicli, frazione di Donnalucata, ed è identificato in Catasto Terreni al F.138 p.lla 30. Geograficamente il sito ricade nella tavoletta

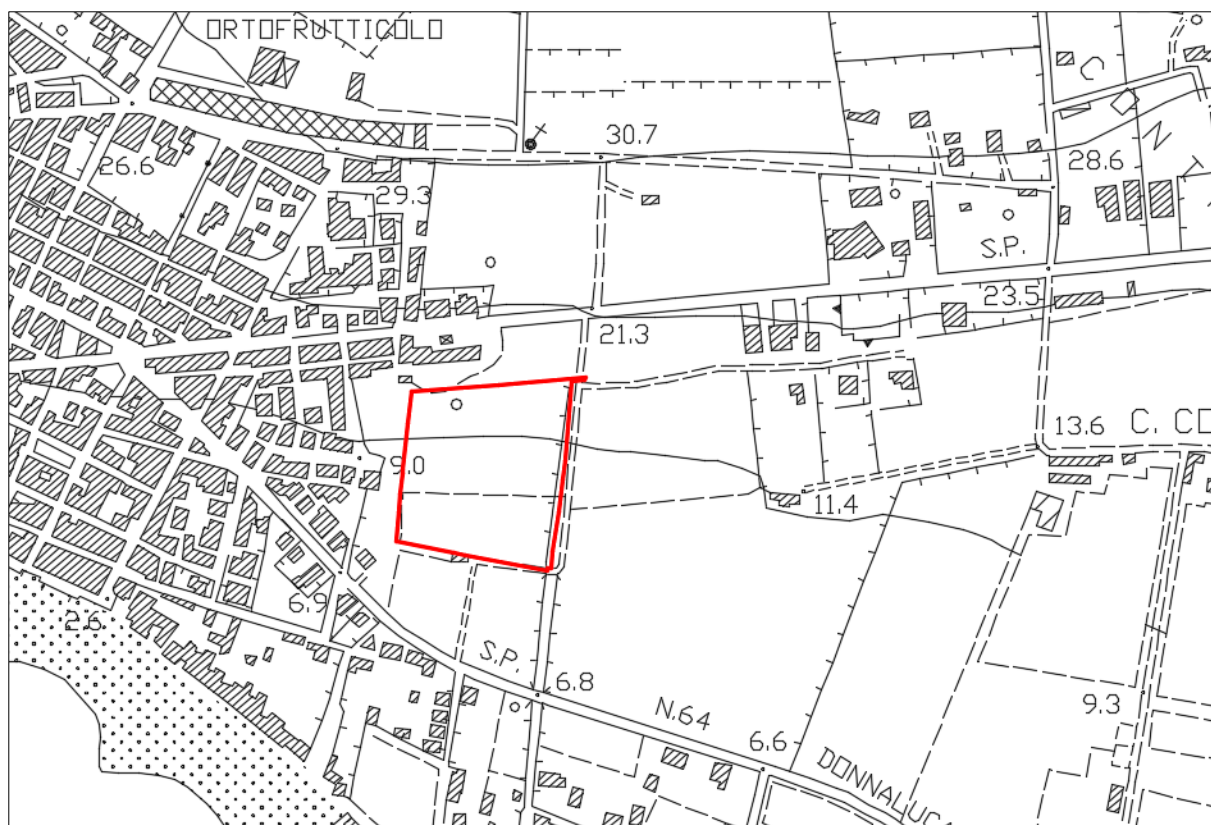
di Donnalucata III NE del F. 276 della Carta d'Italia in scala 1:25.000 dell'I.G.M. e della C.T.R. ed è identificato dalle seguenti coordinate geografiche intese al centro dell'area (sistema di riferimento geografico WGS84) lat. 36,761623° long. 14.644295°.

Complessivamente l'area oggetto di qualificazione urbanistica ricoprirà una superficie di 20.065 mq.

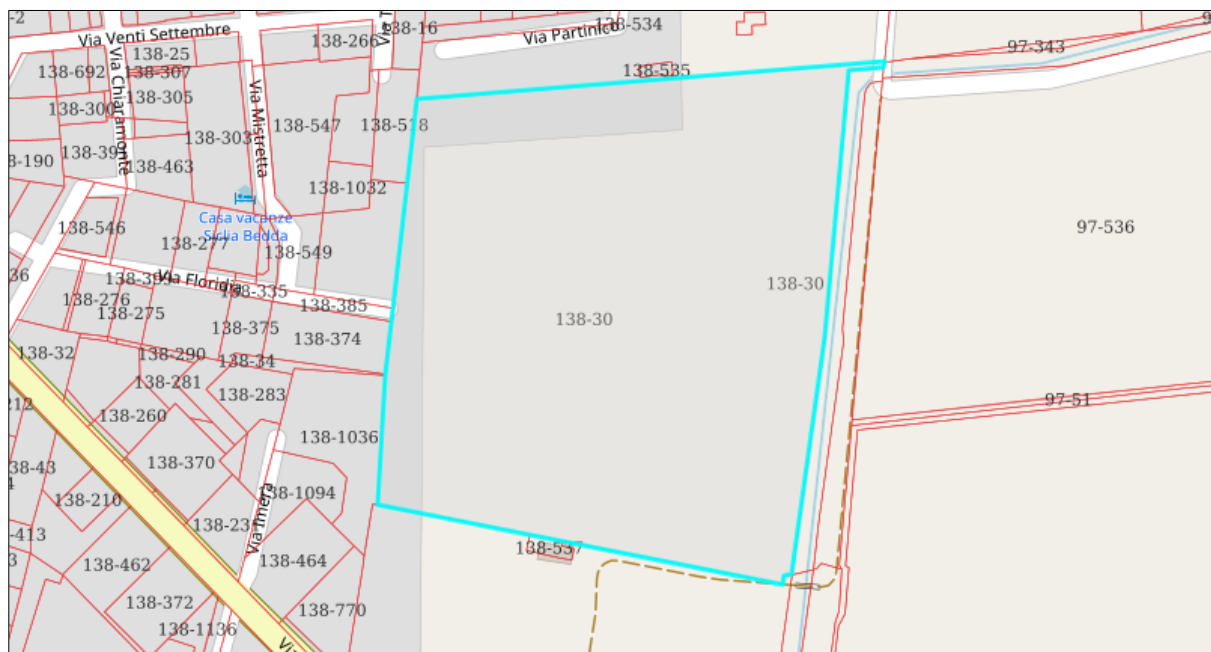


UBICAZIONE AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA IGM 1:25:000 F. 276 III NE DONNALUCATA





UBICAZIONE AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA CTR 650040 SEZ. DONNALUCATA



CATASTO TERRENI F.138 P.LLA 30



ORTOFOTO UBICAZIONE AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

### 3. MODELLAZIONE IDROLOGICA

Lo studio idrologico è articolato nelle fasi seguenti:

- definizione e caratterizzazione dei bacini idrografici mediante l'individuazione dei principali parametri morfologici.
- determinazione degli afflussi meteorici mediante il metodo della regionalizzazione delle precipitazioni sviluppato per la redazione della Relazione Generale del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrologico dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Sicilia;
- caratterizzazione dei bacini relativamente ai parametri influenzanti la trasformazione afflussi deflussi quali: la litologia, la pedologia, la copertura e la permeabilità.

Per eseguire lo studio idrologico dell'area oggetto di intervento è stato necessario determinare il reticolo idrografico.

La prima fase dello studio si concentra sull'individuazione del bacino di riferimento sotteso dalla sezione di chiusura considerata per l'analisi idrologica.

La caratterizzazione della rete idrografica superficiale è stata condotta in prima battuta facendo riferimento alla cartografia tecnica regionale in formato digitale a scala 1:10.000 e foto aeree, per poi approfondire lo studio tramite un modello digitale delle quote del terreno (DTM) avente dimensione delle celle di 2mx2m derivato da dati LIDAR volo ATA 2012-2013 Regione

Siciliana. Si è fatto riferimento, inoltre, alla carta dell'uso del suolo Corine Land Cover (CLC) aggiornato al 2018 e al substrato geologico dell'area in esame.

Il modello digitale del terreno è stato integrato con il modello digitale degli edifici e degli ostacoli al deflusso quali muri e attraversamenti. Il bacino presenta al suo interno parti "naturali", e parti urbanizzate e/o edificate, tratti di reticolo idrografico naturali e tratti di reticolo idrografico "artificiali".

Nello specifico si è utilizzato il software free LEKAN 2.3.3, il quali consente di rappresentare potenzialmente il reticolo di drenaggio ed i bacini idrografici utilizzando una procedura automatica ovvero semi-automatica (integrata da elaborazioni manuali) in caso di condizioni singolari generalmente associate a bacini antropizzati, inoltre si è eseguita un'interpretazione preliminare della base cartografica disponibile (CTR e ortofoto) per la verifica della conformità morfologica dei reticoli e bacini estratti dal DTM per valutare le opportune modifiche al DTM originale.

La delimitazione delle aree contribuenti ha permesso di quantificare le grandezze morfometriche utilizzate per la stima del tempo critico del deflusso nel bacino.

Le sezioni di chiusura sono state poste a monte e a valle dell'area di intervento urbanistico, individuando rispettivamente i bacini idrografici 1 e 2.

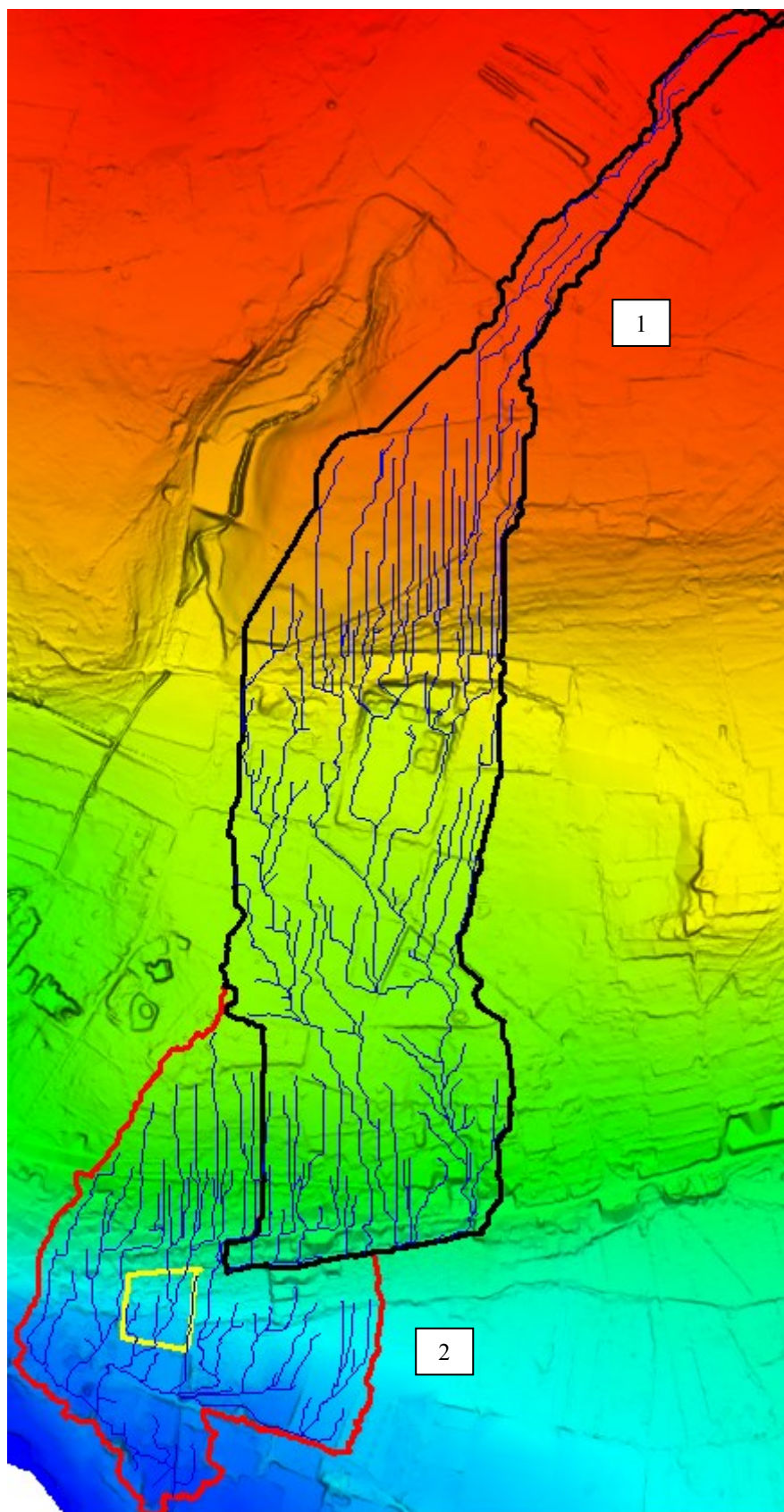
#### PARAMETRI MORFOMETRICI DEL BACINO 1

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Area totale 3D (km <sup>2</sup> ) | 0,41  |
| Quota media (m slm)               | 16,5  |
| Pendenza media bacino (%)         | 6,11  |
| Lunghezza asta principale K(m)    | 1,267 |
| Salto di quota                    | 51,9  |

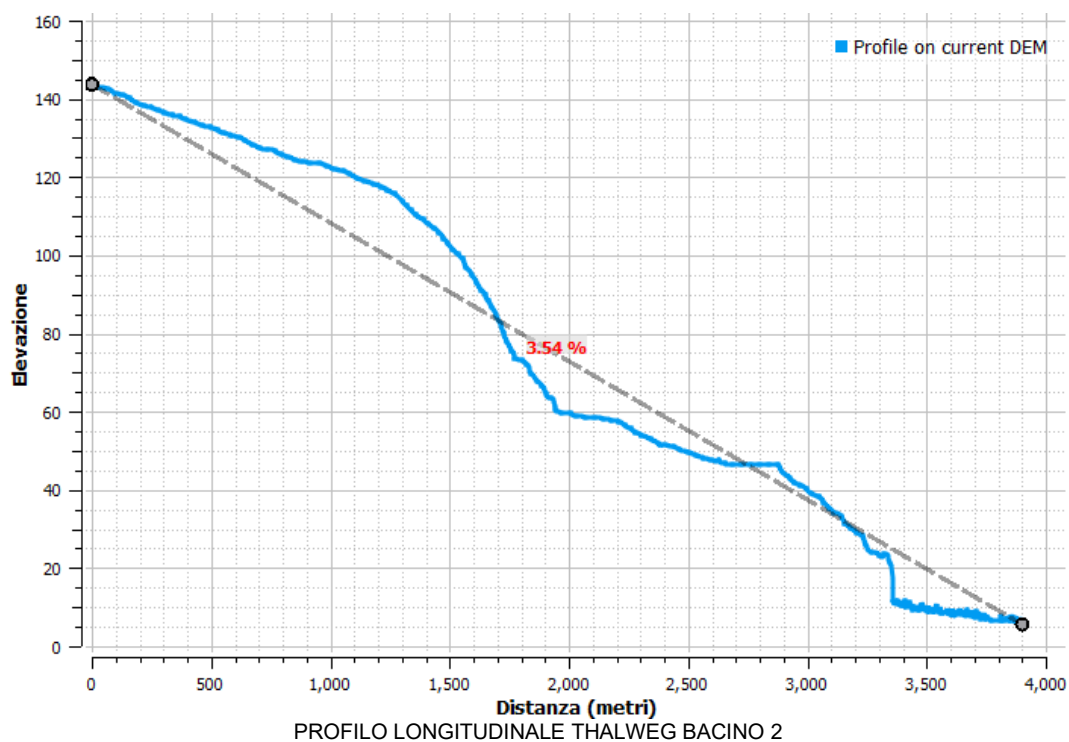
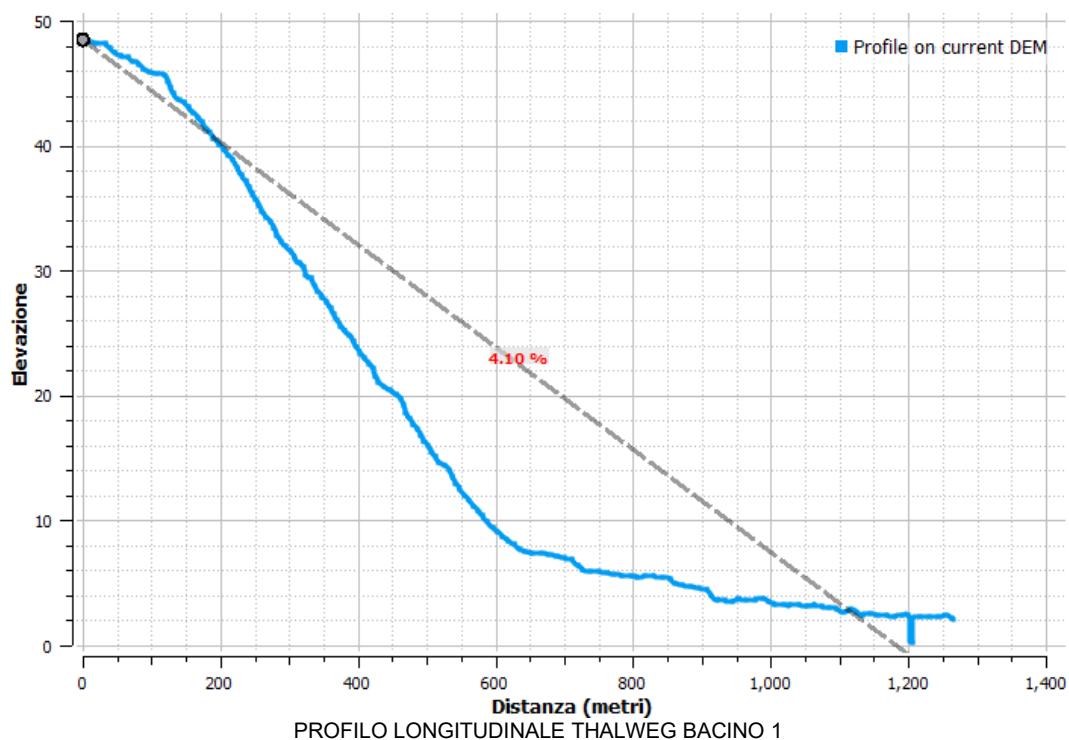
#### PARAMETRI MORFOMETRICI DEL BACINO 2

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Area totale 3D (km <sup>2</sup> ) | 0.94  |
| Quota media (m slm)               | 68,3  |
| Pendenza media bacino (%)         | 6,16  |
| Lunghezza asta principale (km)    | 3,903 |
| Salto di quota                    | 138   |





BACINI IDROGRAFICI



### 3.1 ANALISI PLUVIOMETRICA

Essendo il bacino sprovvisto di stazione pluviometrica al fine di ottenere la relazione tra altezze e durata di pioggia di assegnato tempo di ritorno si sono utilizzate le curve di probabilità pluviometrica riportate nella Relazione Generale PAI:



$$h_{t,T} = K_T a t^n$$

in cui  $h_{t,T}$  è l'altezza di pioggia di durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$ , mentre  $K_T$  è il coefficiente di scala, detto coefficiente di crescita, che dipende dal tempo di ritorno  $T$  e dal coefficiente di variazione della stazione  $CV$  attraverso la seguente relazione:

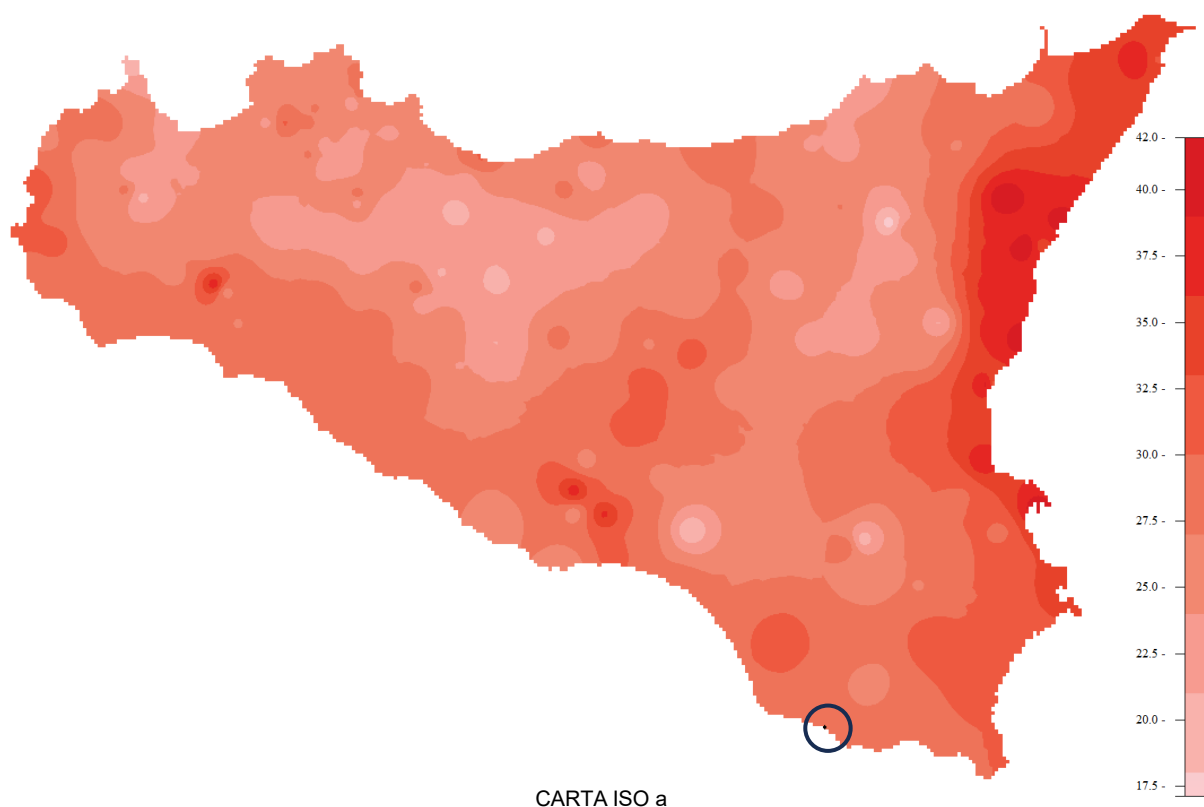
$$K_T = 1 - CV \left\{ 0,450 + 0,779 \ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

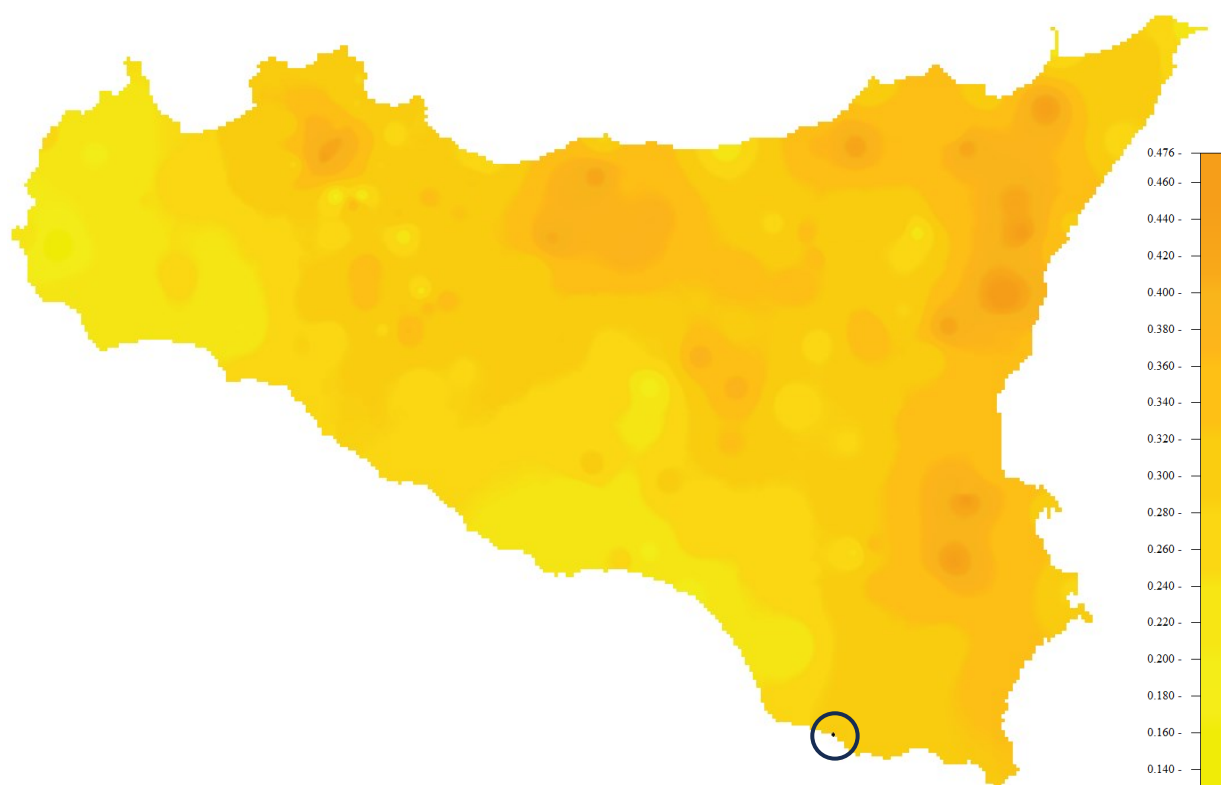
Questa fase ha condotto alla determinazione dei parametri meteorologici, “a”, “n” e “CV” relativamente alla superficie sottesa dalla sezione di chiusura.

A partire dalle carte “iso-a”, “iso-n” e “iso-CV” (Tavole 4, 5 e 6 della Relazione Generale del PAI) a scala regionale, sono stati ottenuti i valori medi a scala di bacino:

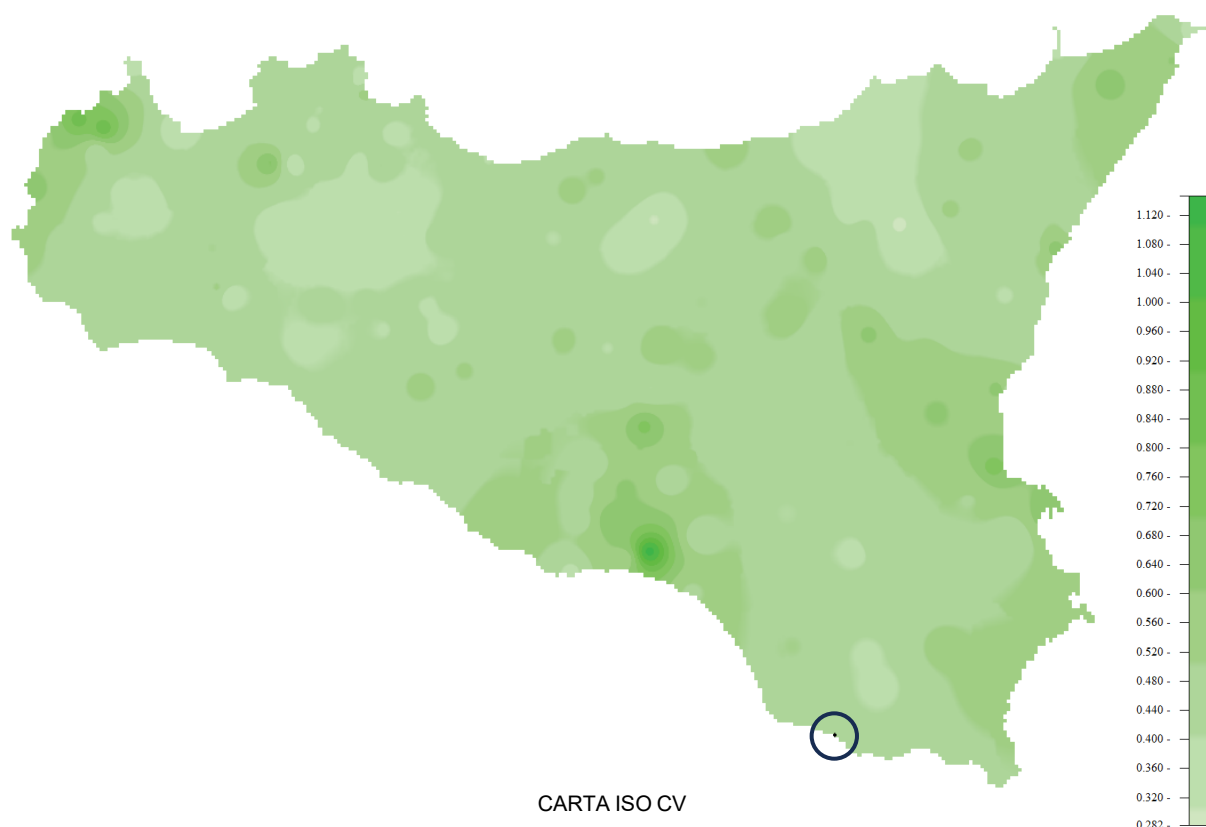
| a  | n    | CV   |
|----|------|------|
| 28 | 0,29 | 0,43 |

Nelle seguenti figure sono riportate le carte “iso-a”, “iso-n” e “iso-CV” in corrispondenza del bacino in esame:



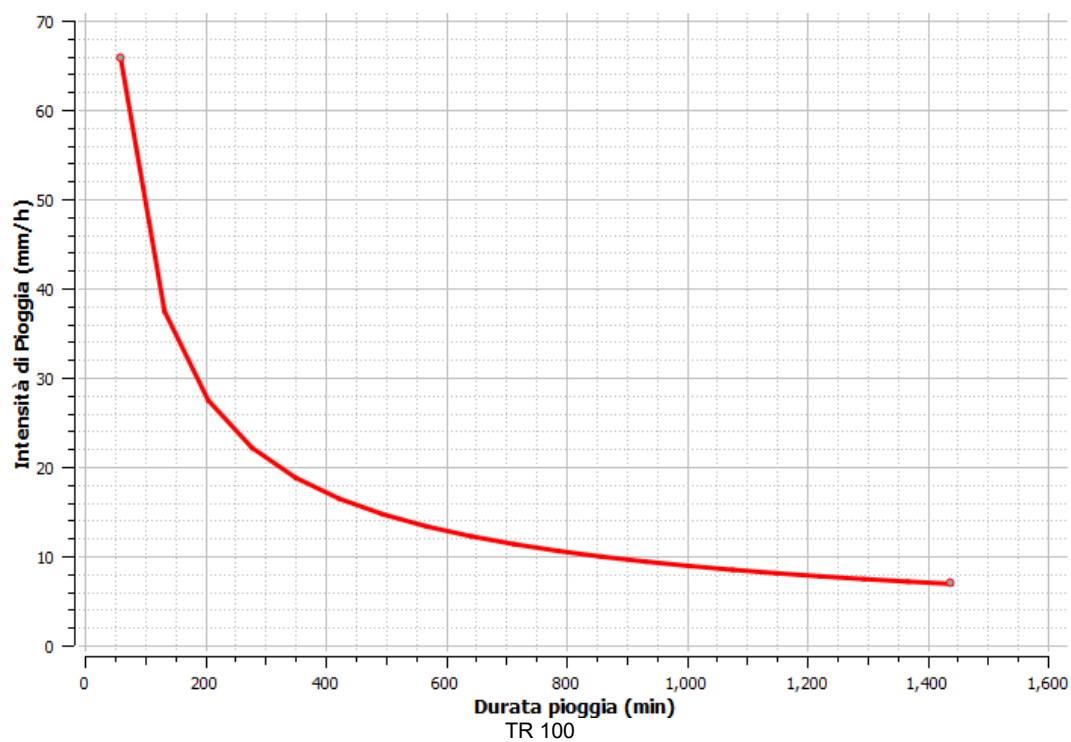
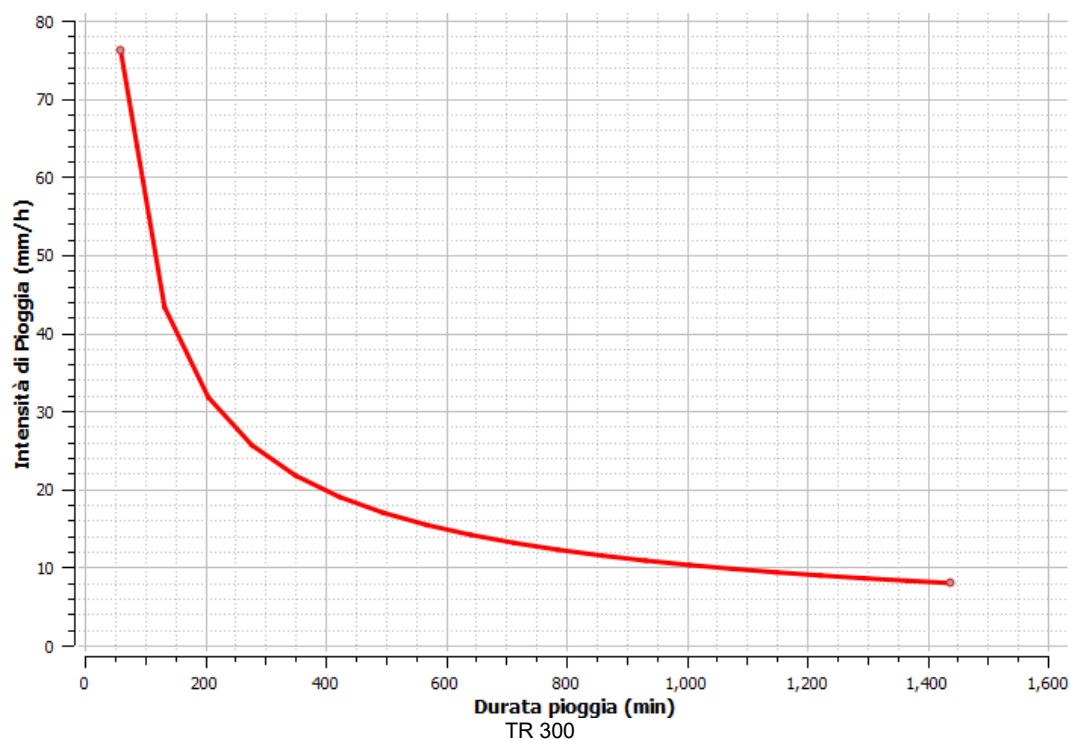


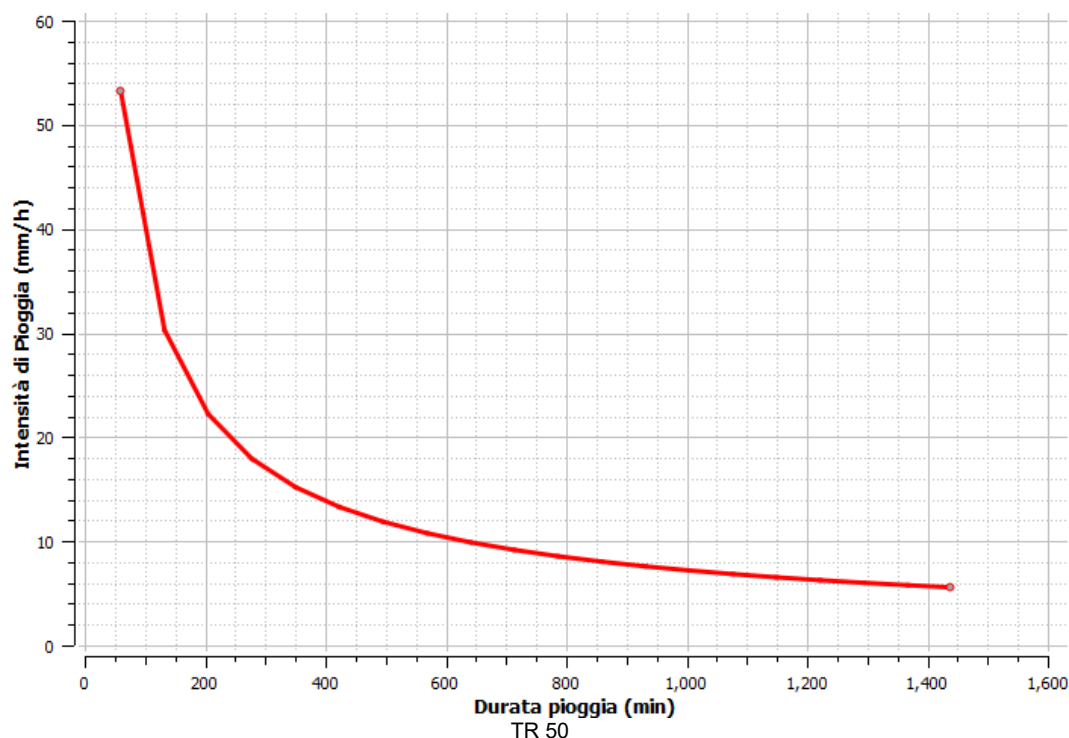
CARTA ISO n



CARTA ISO CV

Si riportano di seguito i valori delle altezze di pioggia (mm) ricavati dai parametri prima calcolati e le curve di probabilità pluviometrica (CPP), per i tre tempi di ritorno considerati.





Per le piogge di durata inferiore all'ora si è fatto riferimento alla relazione proposta da Ferrari e Ferro (1990) in cui  $t$  è espresso in minuti:

$$h_{t,T} = h_{60,T} \left( \frac{t}{60} \right)^{0.386}$$

#### 4. DETERMINAZIONE DEGLI IETOGRAMMI DI PROGETTO: SCELTA DELLA DURATA CRITICA DELL'EVENTO E DELLA DISTRIBUZIONE TEMPORALE DELLE PRECIPITAZIONI.

##### 4.1 DURATA CRITICA-TEMPO DI CORRIVAZIONE

Come è noto, quale tempo di corrivazione  $t_c$  si indica il tempo impiegato da un volume idrico elementare nel percorrere il percorso "idraulicamente più lungo" nel bacino e defluire alla sezione di chiusura del bacino.

Per la valutazione del tempo di corrivazione sono presenti in letteratura numerose espressioni empiriche fra le quali vengono spesso utilizzate per i bacini urbani le seguenti:

la relazione fornita dal US Soil Conservation Service (1986) con

$$t_c = 0.00227 L^{0.8} \left[ \frac{1000}{CN} - 9 \right]^{0.7} S^{-0.5}$$



dove CN è il parametro Curve Number,  $S$  (%) è la pendenza media percentuale del bacino e  $L(m)$  la lunghezza dell'asta principale di deflusso nell'area considerata.

Il tempo di corrivazione adottato è stato di 0,47 per il Bacino 1 e 1,12 ore per il bacino 2.

#### 4.2 IETOGRAMMA DI PROGETTO

In letteratura sono disponibili diversi ietogrammi di progetto e tra questi la formulazione di tipo Chicago (Keifer and Chu, 1957)<sup>1</sup> sembra essere la più performante.

Questa, rispetto alle altre forme, fornisce correttamente la stima dell'intensità media di precipitazione, pari a quella indicata dalla CPP, per qualunque durata interna all'evento. Inoltre, lo ietogramma Chicago ha il vantaggio di non essere molto sensibile al variare della durata complessiva dell'evento e quindi alla definizione del tempo di evento.

L'adozione dello ietogramma Chicago presenta alcuni elementi positivi ed altri negativi. L'elemento negativo è che ha la tendenza a sovrastimare le intensità di precipitazione e di conseguenza le portate. Ciò è dovuto alla struttura logica con cui è definito, infatti esso rappresenta un evento di pioggia ideale che si manifesta con una precipitazione critica per ogni sua durata. Per cui se il tempo di corrivazione è pari a sei ore, non solo la cumulata dell'evento sarà la critica per le sei ore, ma esso conterrà anche le precipitazioni critiche per un'ora, due ore, e così via. Tale caratteristica in realtà potrebbe avere un risvolto positivo, infatti l'analista è così consapevole che tale ietogramma fornisce l'estremo superiore della precipitazione possibile operando quindi in favore di sicurezza. Infine, è interessante notare che lo ietogramma Chicago rende meno influente il parametro  $T_c$ . Infatti quest'ultimo condizionerà solo il volume totale dell'evento, mentre il picco di intensità sarà sempre uguale alla precipitazione critica relativa alla risoluzione temporale dell'evento.

Tale ietogramma è caratterizzato da un andamento a due rami, il primo con intensità crescente fino all'istante di picco ed il secondo con intensità decrescente dall'istante di picco al termine della pioggia. Detto ietogramma gode della proprietà che, considerando un evento di pioggia di durata  $\theta$  la cui altezza complessiva di pioggia risulti avere un assegnato valore del tempo di ritorno  $T^*$ , la massima altezza di pioggia che in una qualunque durata  $d < \theta$  si verifica durante l'evento suddetto possiede lo stesso tempo di ritorno  $T^*$  che compete all'altezza complessiva indicando con:

---

<sup>1</sup> Keifer, C., & Chu, H. (1957). Synthetic Storm Pattern for Drainage Design. Journal of the Hydraulics Division, (83) 1-25.

$$t_r = r\theta \text{ con } 0 \leq r \leq 1$$

l'istante di tempo in cui si verifica il picco, con  $a$  ed  $n$  i coefficienti della curva di possibilità climatica, le equazioni che forniscono l'intensità istantanea di pioggia sono le seguenti:

$$i(t) = n a [(t_r - t)/r]^{n-1} \text{ per } t \leq t_r$$

$$i(t) = n a [(t_r - t)/(1-r)]^{n-1} \text{ per } t \geq t_r$$

l'altezza di pioggia cumulata a partire dall'inizio dell'evento si può esprimere come:

$$h(t) = r a [(t_r/r)^n - ((t_r - t)/r)^n] \text{ per } t \leq t_r$$

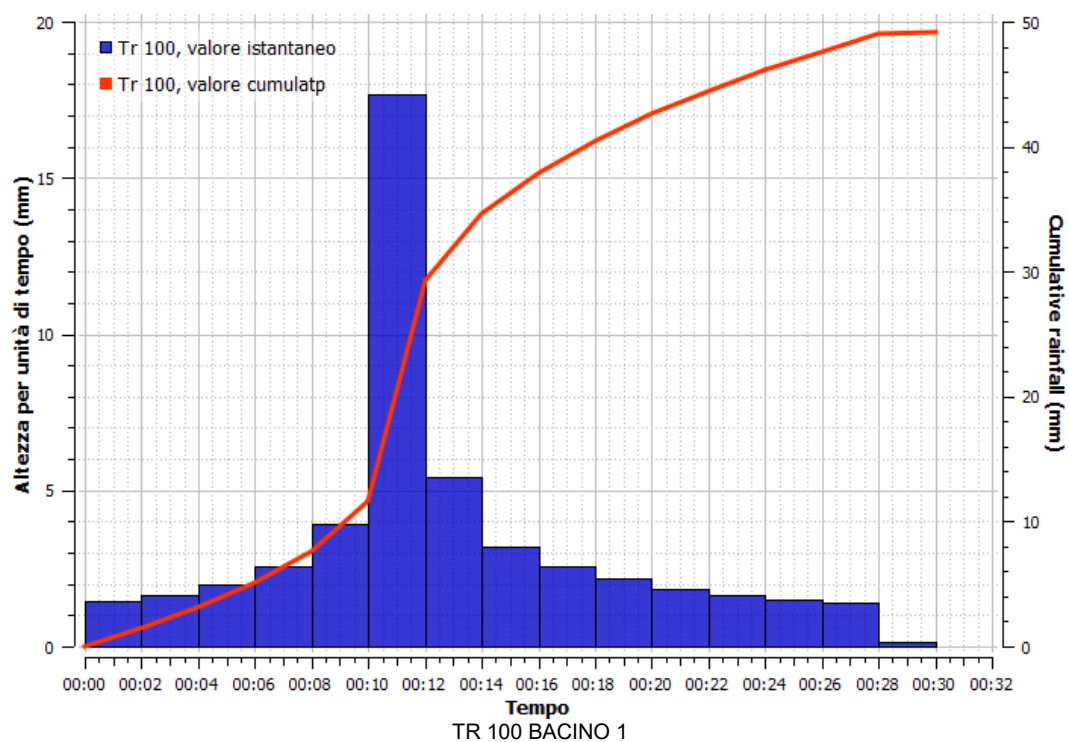
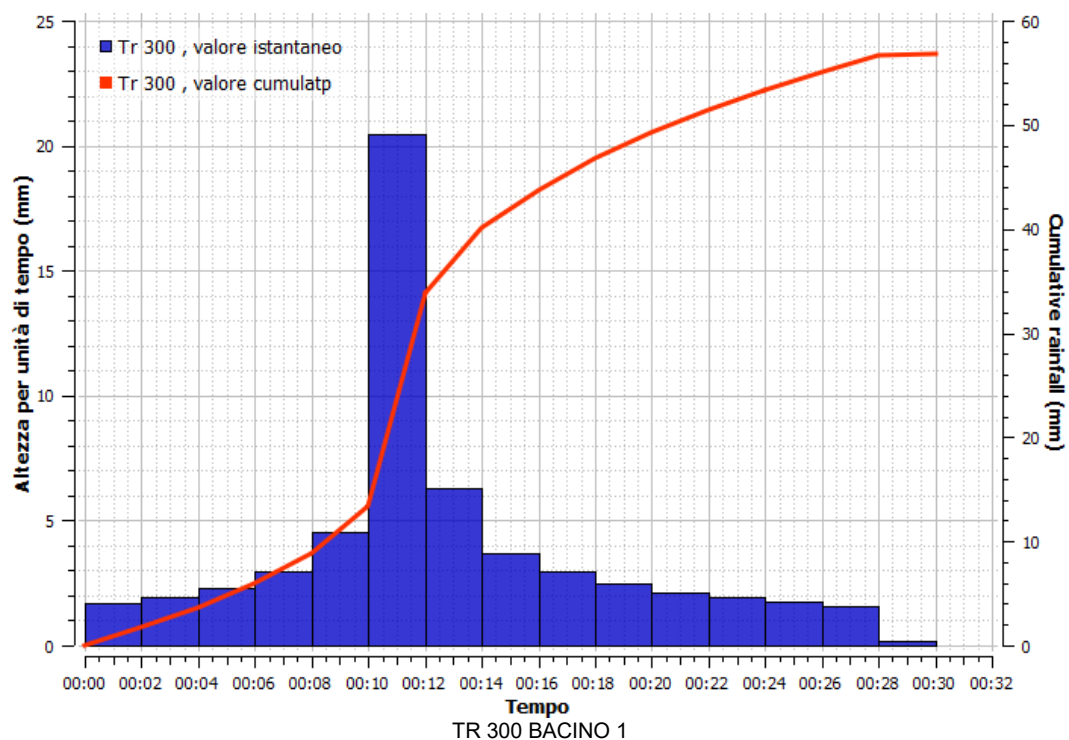
$$h(t) = a [r (t_r/r)^n + (1-r) ((t - t_r)/(1-r))^n] \text{ per } t \geq t_r$$

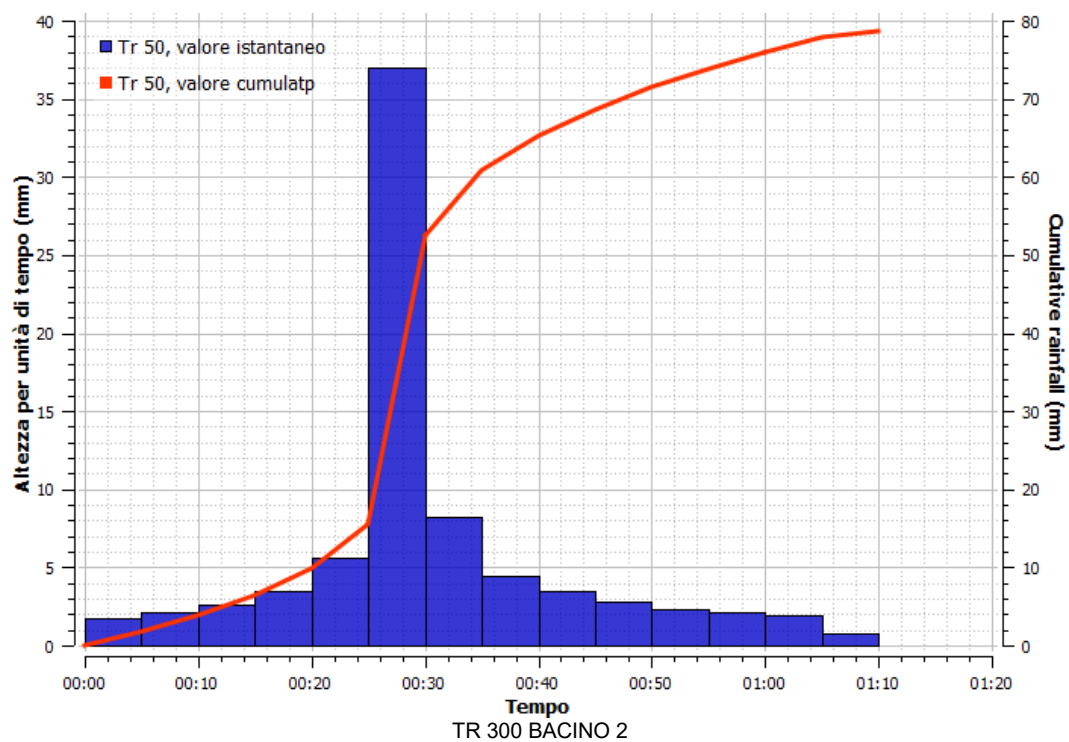
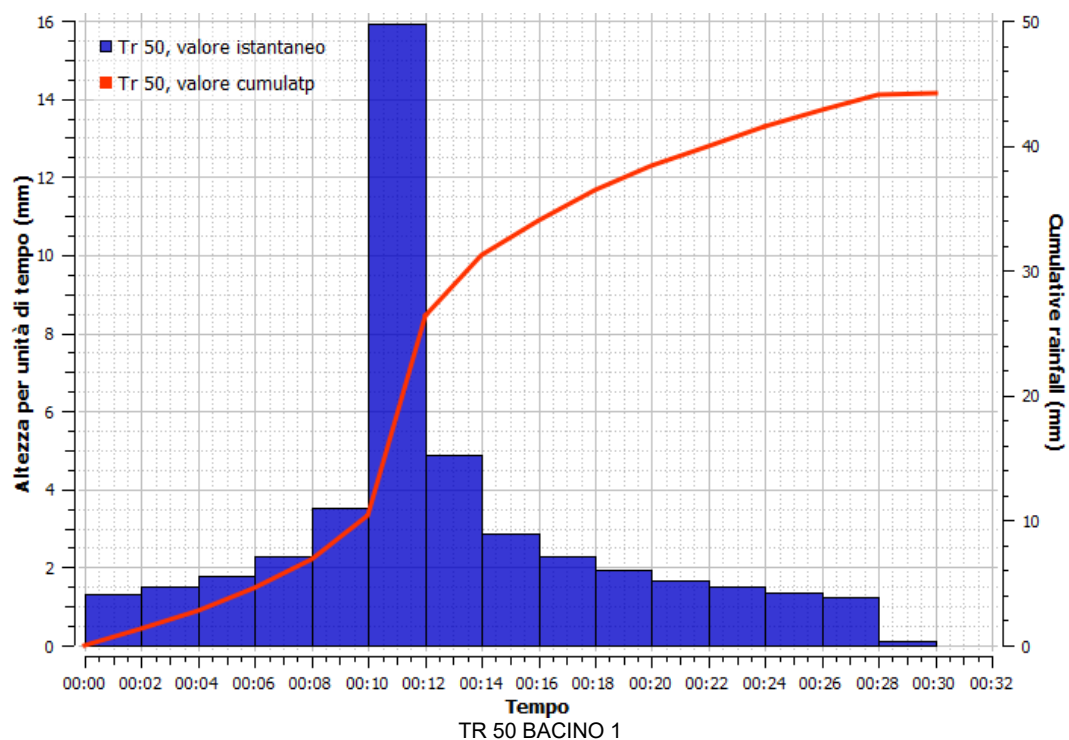
La posizione del picco è stata fissata pari a 0,4 della durata complessiva di evento adottata.

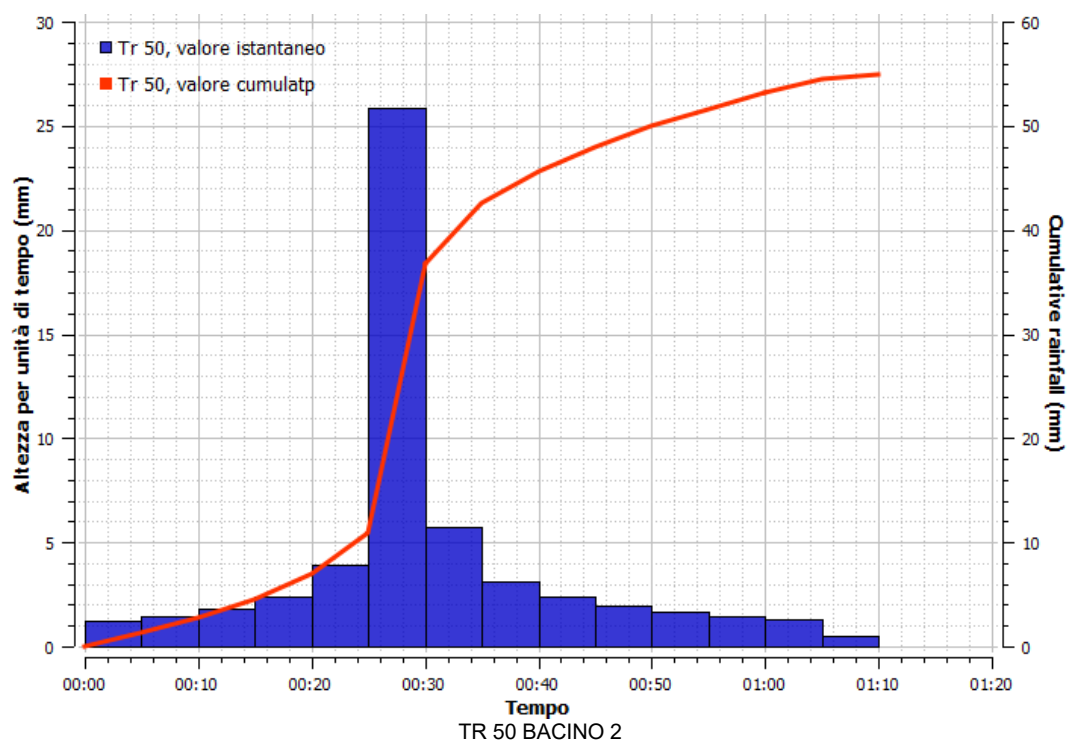
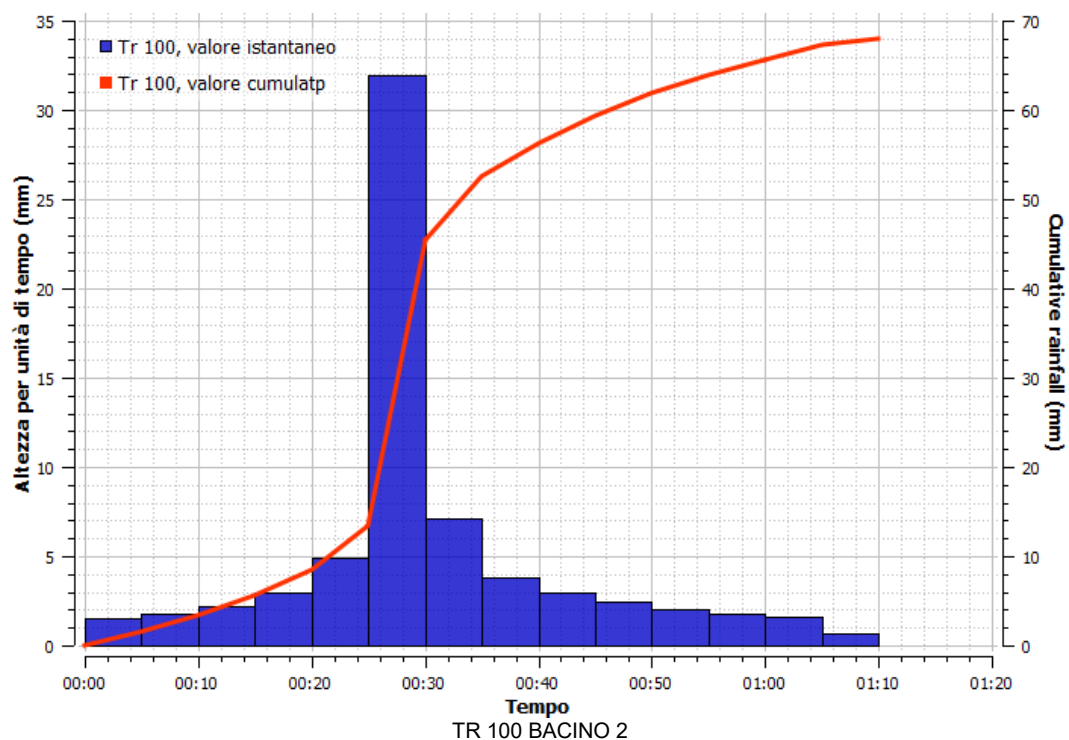
Una caratteristica importante dello ietogramma Chicago è quella di essere poco sensibile al variare della durata complessiva  $\theta$ . Infatti, l'aumento di quest'ultima non influisce sulla parte centrale dello ietogramma, quella attorno al picco, che rimane immutata, ma solo sull'allungamento delle code estreme prima e dopo il picco.

L'adozione dello ietogramma Chicago presenta alcuni elementi positivi ed altri negativi. L'elemento negativo è che ha la tendenza a sovrastimare le intensità di precipitazione e di conseguenza le portate. Ciò è dovuto alla struttura logica con cui è definito, infatti esso rappresenta un evento di pioggia ideale che si manifesta con una precipitazione critica per ogni sua durata. Per cui se il tempo di corrivazione è pari a sei ore, non solo la cumulata dell'evento sarà la critica per le sei ore, ma esso conterrà anche le precipitazioni critiche per un'ora, due ore, e così via. Tale caratteristica in realtà potrebbe avere un risvolto positivo, infatti l'analista è così consapevole che tale ietogramma fornisce l'estremo superiore della precipitazione possibile operando quindi in favore di sicurezza. Infine, è interessante notare che lo ietogramma Chicago rende meno influente il parametro  $\theta$ . Infatti quest'ultimo condiziona solo il volume totale dell'evento, mentre il picco di intensità sarà sempre uguale alla precipitazione critica relativa alla risoluzione temporale dell'evento.

Nel caso in esame si è considerata una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione del bacino. Il passo temporale utilizzato per la discretizzazione dello ietogramma di pioggia è stato assunto pari a 2 minuti per il bacino 1 e 5 minuti per il bacino 2.







#### 4.3 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI

Per la stima delle perdite e della pioggia netta o effettiva, che rappresenta il volume d'acqua che raggiunge per ruscellamento superficiale la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura,



è stato applicato il metodo del Curve Number proposto dal Soil Conservation Service (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972).

Il metodo scelto assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale  $P$ , sia proporzionale a quello precipitato  $I$ , depurato dall'assorbimento iniziale  $I_a$ , in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato  $F$ , e un volume specifico  $S$ , che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

Dalla formula  $P = (I - I_a) F/S$  si ottiene la relazione che fornisce il deflusso superficiale:

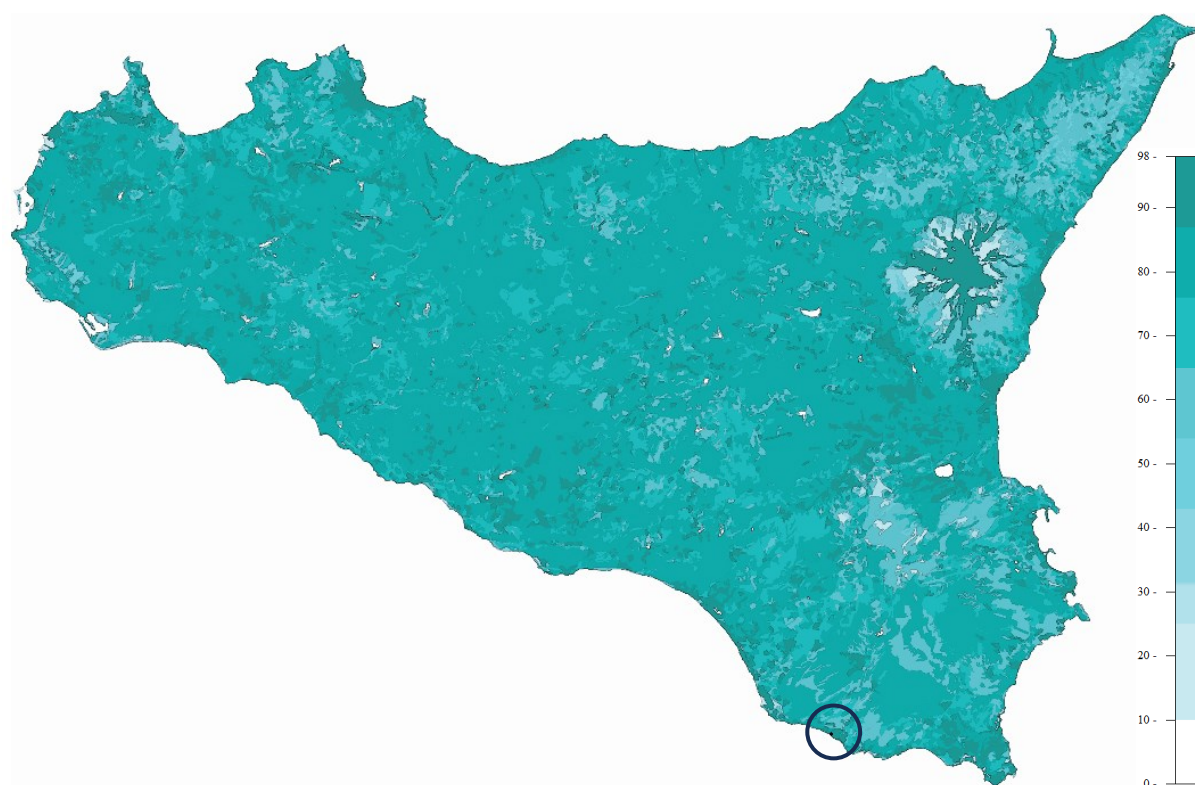
$$P = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S}$$

Il parametro  $S$  dipende fondamentalmente dalla combinazione di due fattori: la natura geopedologica del terreno e l'uso/copertura del suolo. L'effetto combinato di questi due fattori viene rappresentato globalmente dal parametro adimensionale CN ( $0 < CN < 100$ ), legato a  $S$  dalla relazione:

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

L'altro parametro da stimare è  $I_a$  che rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto, a priori, al bilancio idrico. Dati sperimentali (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972) indicano che questo parametro è sempre proporzionale a  $S$ , per cui si è stabilito di porlo pari a  $\lambda S$  con  $\lambda$  pari a 0,2.

La stima del CN presuppone inizialmente la determinazione del gruppo idrologico di ciascun suolo ricadente nel bacino e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, sistemazione e condizione idrica. A ciascuna area omogenea, di nota superficie, viene attribuito l'appropriato CN-II; il valore di CN-II dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee.



Il metodo tiene anche conto delle condizioni di umidità del suolo antecedente all'inizio dell'evento AMC (Antecedent Moisture Condition). La definizione di AMC richiede la determinazione della precipitazione totale caduta dei cinque giorni precedenti l'evento in esame con CN pari a 81 per Bacino 1 e CN pari a 80 per il Bacino 2.

Operativamente si è fatto riferimento alla condizione AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo III.

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

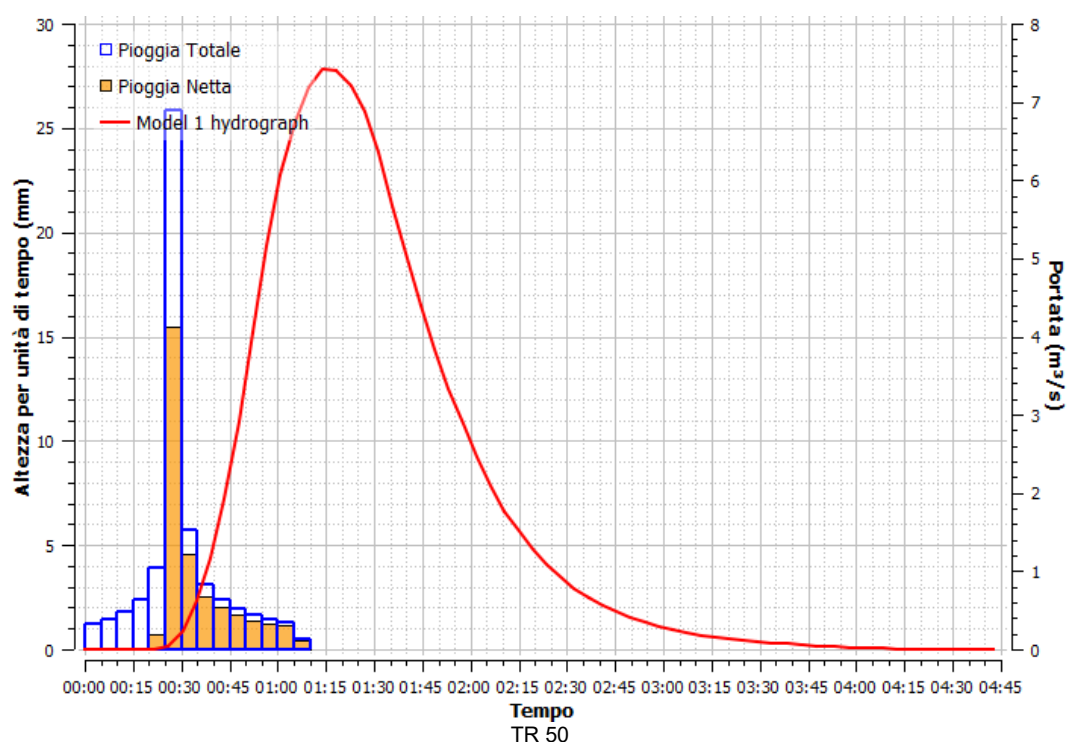
#### 4.4 GENERAZIONE IDROGRAMMA DI PIENA

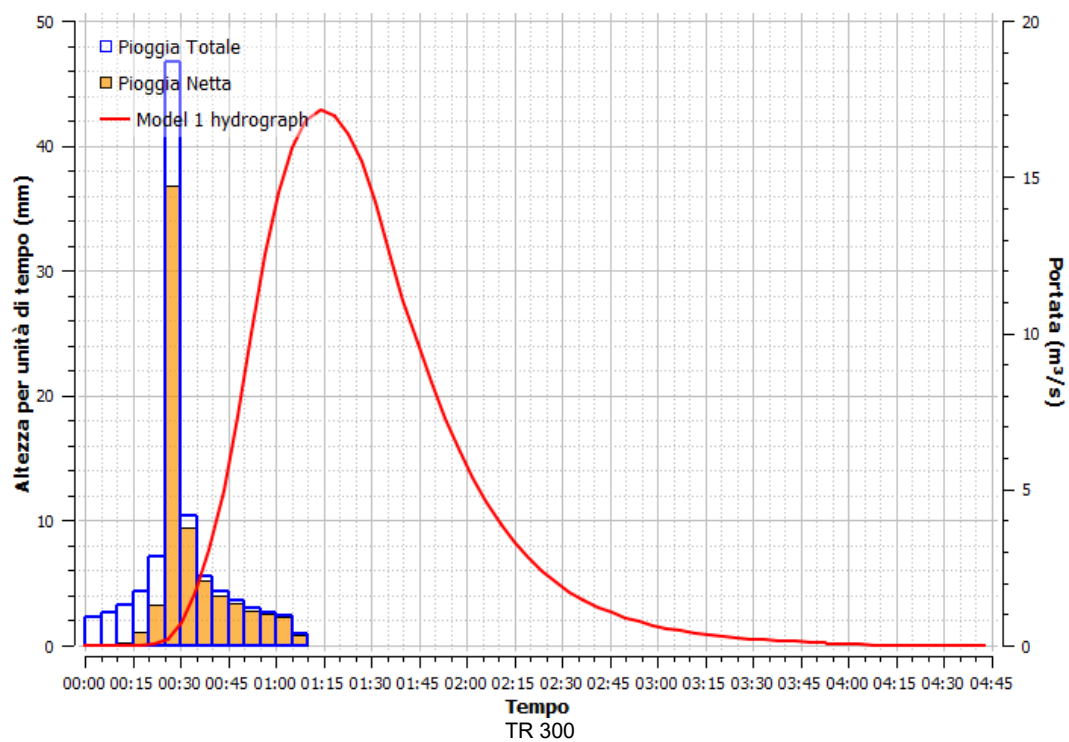
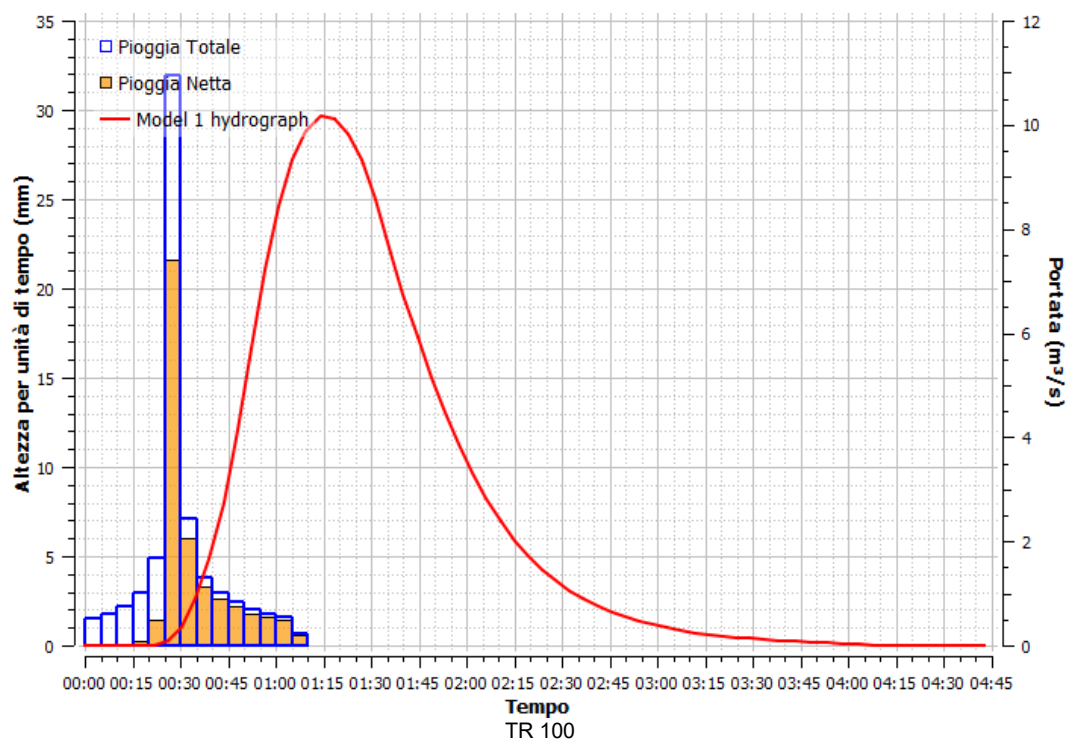
Per la determinazione degli idrogrammi di piena necessari per la modellazione idraulica si è adottato la metodologia, riportata nel Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia, che suggerisce di adottare uno ietogramma di tipo Chicago con durata di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino e il metodo del Soil Conservation Service, questa è una procedura che consente la ricostruzione delle piene nei bacini idrografici. Il metodo consente sia la semplice determinazione del volume della piena o della sua portata al colmo sia la completa ricostruzione dell'idrogramma di piena. La trasformazione afflussi-deflussi adottata è quella basata sul

metodo del Curve Number e per la convoluzione, nell'applicazione in esame, si è scelto un idrogramma unitario del tipo SCS. I parametri di pioggia adottati sono quelli del PAI come riportato nel precedente paragrafo.

La trasformazione afflussi-deflussi è stata sviluppata con l'ausilio del software LEKAN versione 2.3.3 ed ha consentito la stima dell'idrogramma di piena atteso per i tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni.

Le seguenti figure mostrano gli idrogrammi ottenuti





Portate al colmo di piena Q (mc/s) sezione chiusura sottobacino per i diversi tempi di ritorno:

| TR 50    | TR 100    | TR 300    |
|----------|-----------|-----------|
| 9,2 mc/s | 10,5 mc/s | 12,8 mc/s |

#### **4.5 MODELLAZIONE IDRAULICA**

È stata eseguita una modellazione puramente bidimensionale condotta in regime di moto vario utilizzando gli idrogrammi di pieni ricavati dalla modellazione idrologica descritta in precedenza e le precipitazioni ricadenti nel bacino 1 per i diversi tempi di ritorno.

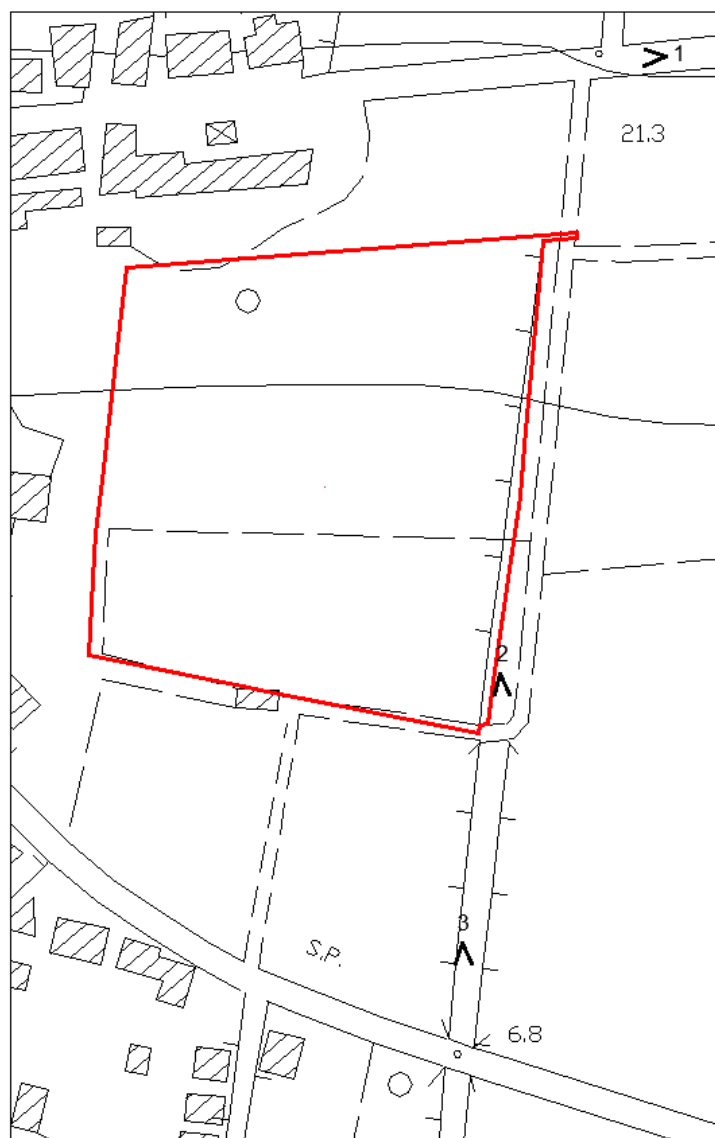
La modellazione è stata eseguita impostando un dominio di calcolo tale da racchiudere l'area di indagine individuata.

Nel presente capitolo, saranno descritte le operazioni di predisposizione del modello idraulico bidimensionale utilizzato.

Il codice di calcolo utilizzato è Hec-RAS versione 6.6 sviluppato dal Hydrologic Engineering Center (HEC). L'utilizzo è motivato dalla sua ampia diffusione in ambito professionale tecnico oltre che essere un software free.

#### **5. RILIEVO FOTOGRAFICO**

Nel presente paragrafo si documentano le criticità strutturali presenti nell'area di oggetto di qualificazione urbanistica.



AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

PLANIMETRIA PUNTI DI VISTA



PUNTO DI VISTA 1





PUNTO DI VISTA 2



PUNTO DI VISTA 3



PANORAMICA



## 6. RILIEVO TOPOGRAFICO

Per definire l'assetto geometrico complessivo dell'area di interesse studiata occorre pervenire a DTM sufficientemente precisi e dettagliati in quanto, dal dato geometrico, dipende la bontà della simulazione.

Nel caso in esame, le fonti topografiche sono riassumibili come di seguito elencato:

- rilievo topografico eseguito con drone;
- rilievo laseraltimetrico (LiDAR), risoluzione 2x2 m, fornito dalla Regione Sicilia.

Il rilievo aerofotogrammetrico con drone ha permesso di acquisire con grande precisione ed in tempi brevi tutte le informazioni geometriche, morfologiche del sito mediante una considerevole quantità di immagini aeree ad elevata definizione, che soddisfa la necessità di avere un rilievo preciso georeferenziato e inserito in CTR regionale.

La pianificazione del rilievo topografico si è basata sugli esiti della modellazione idraulica preliminare semplificata con modello 2D in relazione alla cartografia digitale disponibile e su appositi sopralluoghi.

L'obiettivo del rilievo è stata la produzione di un modello digitale del terreno sufficientemente dettagliato da permettere di procedere a:

- Elaborazione di piano quotato in cad in scala 1:1000 di un congruo intorno del lotto interessato al progetto e con la stessa destinazione d'uso;
- Elaborazione di ortofoto RGB georiferita e sua sovrapposizione alla CTR;
- Estrapolazione di curve di livello del terreno ad intervallo 0,1 m del congruo intorno;
- Modelli in 3D geo-referenziati.

### Elaborazione dati

Per eseguire l'orientamento delle strisciate fotogrammetriche sono stati utilizzati algoritmi automatici di structure from motion. Sotto il nome di structure from motion ricadono diverse metodologie e algoritmi che sono finalizzati a ricostruire automaticamente i parametri di orientamento interno della fotocamera utilizzata, di orientamento esterno tramite l'ausilio dei punti di controllo rilevati strumentalmente, le caratteristiche geometriche, materiche e cromatiche dell'oggetto partendo da una sequenza di immagini.

Il processamento delle immagini è stato realizzato con un pacchetto software articolato nelle seguenti fasi:

- a) caricamento delle immagini;
- b) controllo delle immagini caricate ed eliminazione di quelle non necessarie;
- c) allineamento foto;

- d) costruzione dense cloud point;
- h) costruzione del DTM;
- i) generazione dell'ortofoto;
- j) esportazione dei risultati.

La geometria di rilievo adottata presenta una risoluzione tale da poter conferire una buona verticalità agli elementi del territorio fortemente discontinui come i ponti, i muri esistenti e gli edifici. Tale risoluzione è il migliore compromesso tra l'esigenza di descrizione connessa alla resa del rilievo topografico puntuale, ove la traccia dei muri è rilevata in verticale, e la dimensione fisica dei dati che ovviamente aumenta all'aumentare della risoluzione.

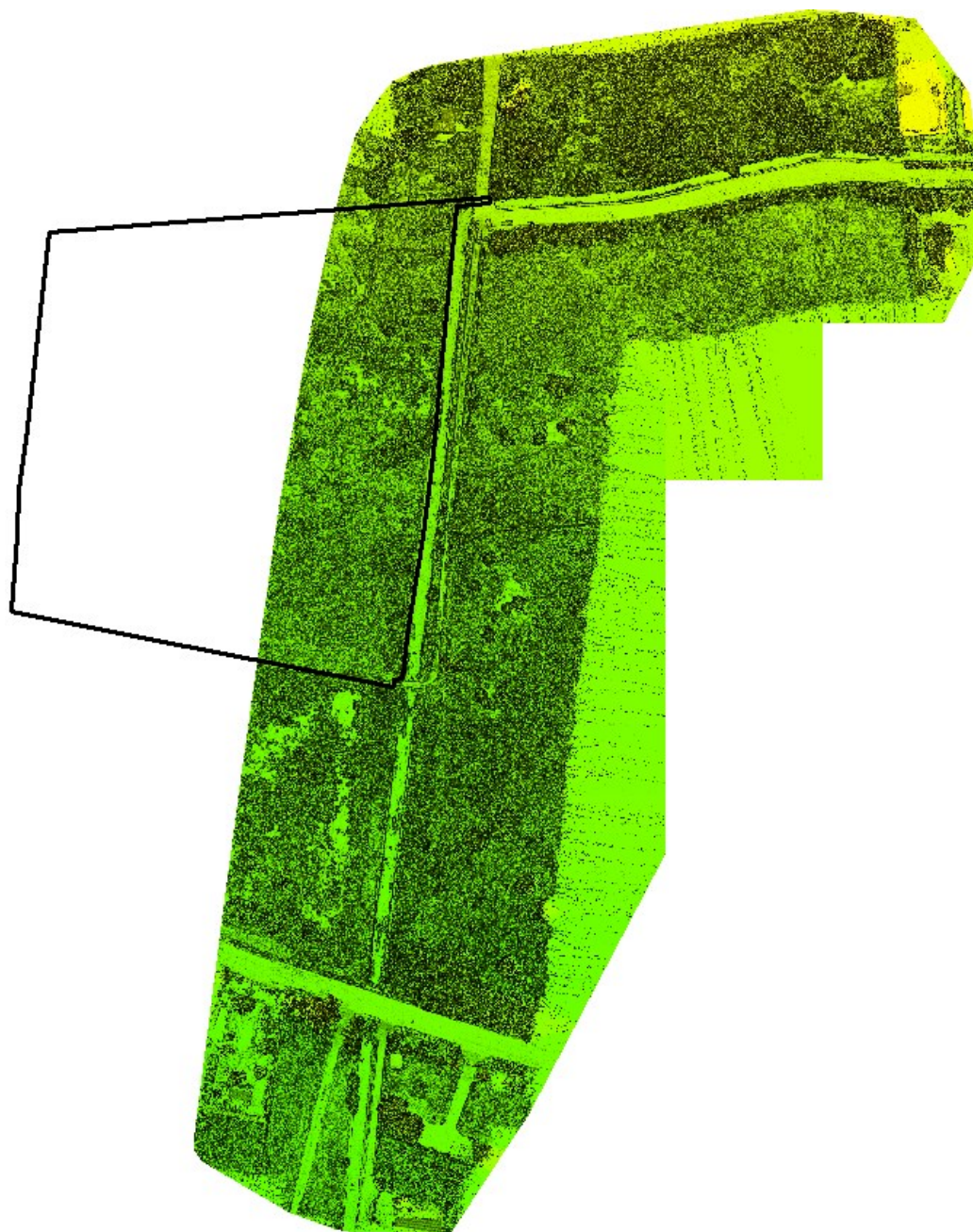
Allo scopo di confrontare i dati topografici, provenienti dalle diverse fonti sopra citate, è stato utilizzato il sistema di riferimento ETRS89/UTM zona 33N - EPSG:25833

Il successivo modello 2D è stato redatto anch'esso nel suddetto sistema di riferimento.

La scelta adottata è conforme, per quanto possibile, alla recente realizzazione della RDN (Rete Dinamica Nazionale) sistema ETRF2000, la quale, in conformità con il Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 10 novembre 2011 ("Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale", G.U. n.48 del 27/02/2012) è stato riconosciuto come la materializzazione del nuovo sistema di riferimento italiano.



AREA RILIEVO TOPOGRAFICO



DSM RILIEVO DRONE

## 7. USO DI MODELLI IDRAULICI 2D IN AMBITO URBANO

Il corso d'acqua non presenta restringimenti, ostruzioni o impedimenti significativi al libero deflusso delle acque; la continuità monte-valle dell'asta è evidente e gli argini o le sponde sono integri e privi di danni strutturali. È presente lungo le sponde vegetazione erbacea e/o arbustiva, rada e flessibile, che permette un agevole deflusso.

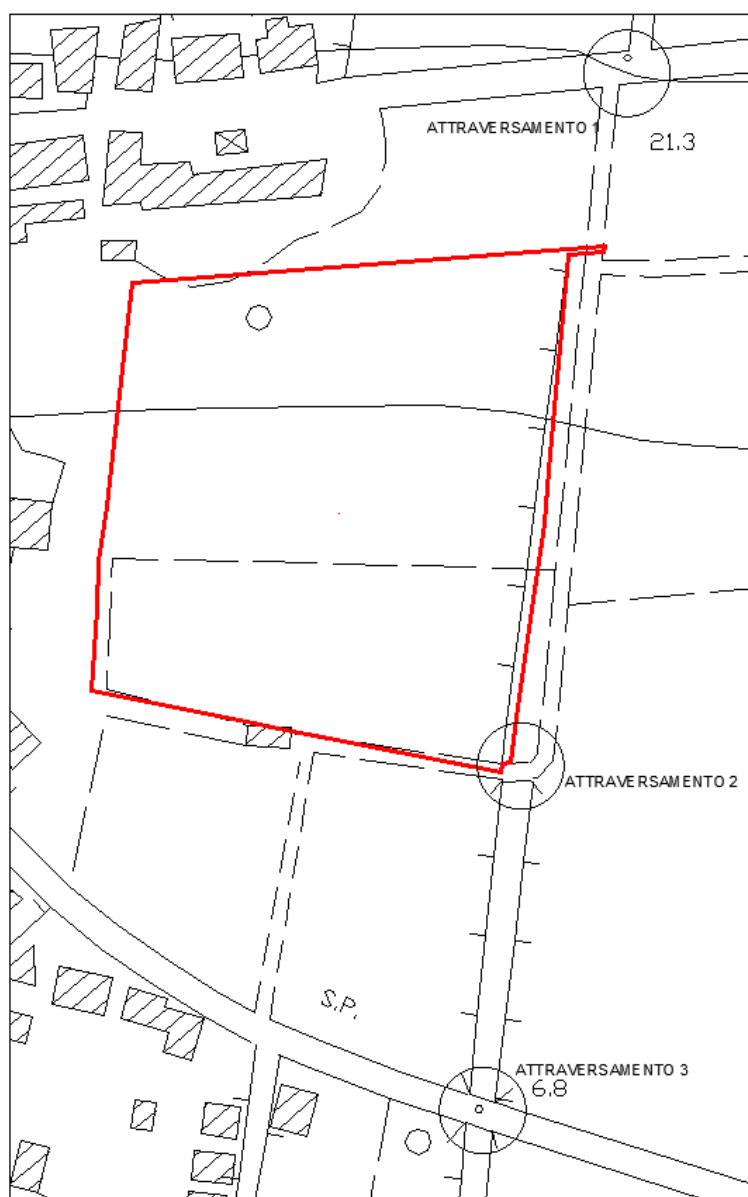
L'alveo nell'area di studio risulta artificiale, con rivestimento in calcestruzzo.



Con riferimento alla corografia del bacino idrografico sono state individuate le interferenze tra il reticolo idrografico e le infrastrutture presenti.

In particolare, in corrispondenza delle suddette interferenze sono presenti i seguenti attraversamenti:

1. attraversamento stradale con ponticello con impalcato orizzontale privo di pile con luce 4,0 m x 0,90m e lungo 3,80 m;
2. attraversamento stradale con ponte con impalcato orizzontale privo di pile con luce 5,1 m x 1,0m e lungo 7,0 m;
3. attraversamento stradale con ponte con impalcato orizzontale privo di pile con luce 5,3 m x 2,0m e lungo 10,3 m



 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA



Risulta necessaria quindi un modello di simulazione 2D che tiene in considerazione la presenza di una molteplicità di ostacoli.

Si è sviluppato il modello (numerico) idraulico bidimensionale (2D), in regime di moto vario. Lo studio idraulico è stato eseguito su un tronco dell'impluvio in argomento che si sviluppa per circa 0,5 km.

L'insieme degli elementi geometrici costituenti il modello idrodinamico è una sub componente assai importante, costituita a sua volta da uno o più modelli per rappresentare i vari elementi che sono inseriti nel modello principale.

Tra questi:

- il modello del terreno;
- il modello degli ostacoli presenti dell'area (manufatti, edifici, muri etc).

Il processo di implementazione del modello idrodinamico 2D ad un caso reale in ambito appare, quindi, parimenti complesso ed è ben noto come siano richieste numerose analisi e valutazione preliminare alla soluzione, tra le quali si ricordano:

- a) rappresentare adeguatamente il problema fisico inserendo nel modello gli aspetti e le proprietà più rappresentative della situazione reale;
- b) individuare correttamente il campo di flusso e la soluzione numerica da ricercare;
- c) discretizzare fisicamente l'area di studio con un adeguato numero di elementi;
- d) validare il modello sulla base di riscontri reali o altri modelli o eventi ben conosciuti;
- e) individuare aree specifiche dove dettagliare la soluzione del modello;
- f) applicare il modello per l'evento di interesse.

## **8. PREDISPOSIZIONE DEI DATI PLANO-ALTIMETRICI PER L'ANALISI IDRAULICA**

A prescindere dagli aspetti tipici dell'ambito della modellazione (fluviale, rurale o urbana), una componente basilare delle informazioni nella modellazione idraulica è costituita dal modello digitale del terreno che descrive il dominio spaziale delle variabili del moto. La predisposizione del modello digitale di terreno è una parte integrante del processo che include la modellazione idraulica e consente di individuare preliminarmente anche l'estensione più probabile del dominio del moto. Le informazioni di base concernono:

- A. Modello digitale del terreno: strato informativo ottenuto come risultato di elaborazioni del dato LiDAR con il set di punti rilevati attraverso il sistema Laser Scanning, rielaborato mediante algoritmi di filtratura per distinguere gli echi vegetazionali e quelli

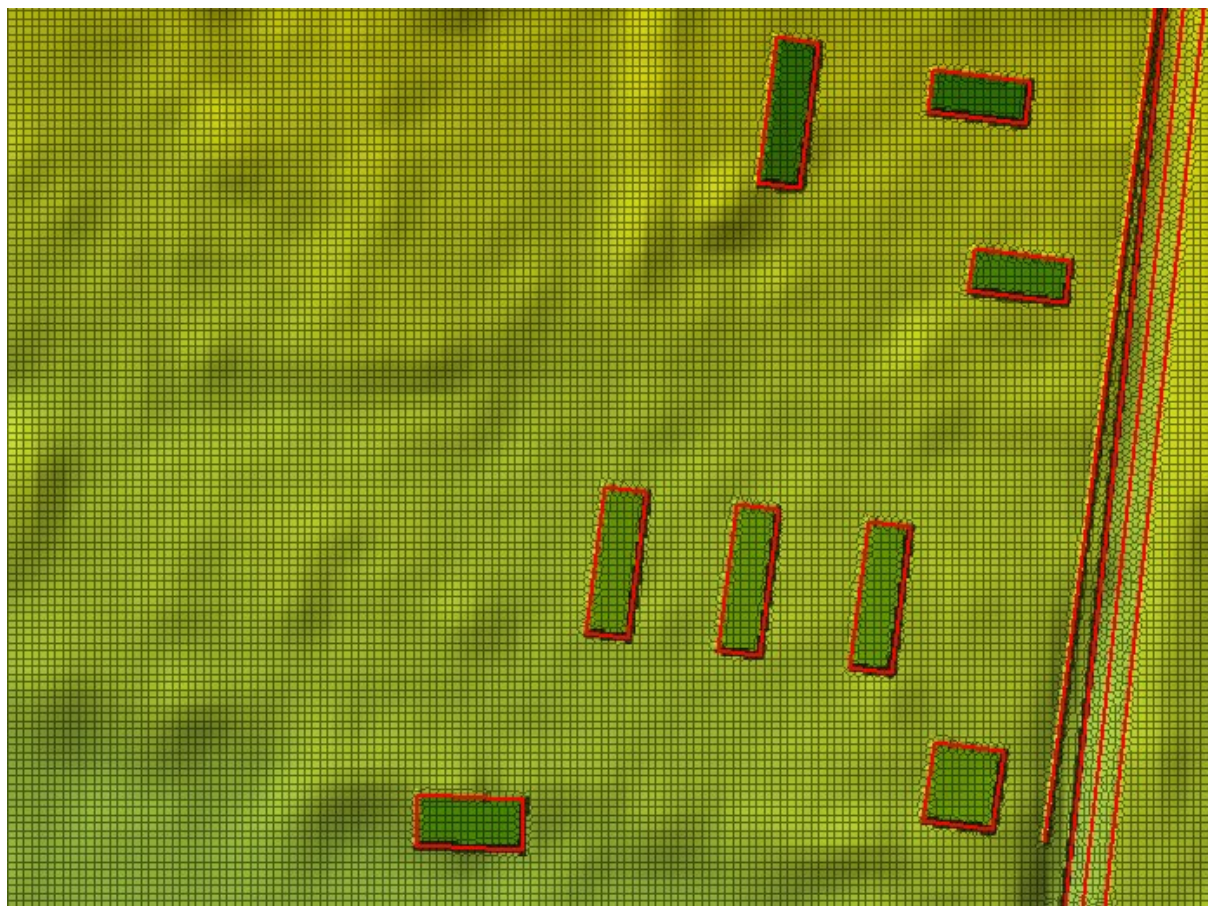
delle strutture di soprassuolo. Si osserva che generalmente la precisione altimetrica corrispondente a tale tipologia di dato è di circa  $\pm 15$  cm, valore che generalmente migliora in ambiti privi di vegetazione come quelli urbani. Come detto, il dato è reperibile presso il GeoPortale istituzionale regionale che copre l'intero bacino unico regionale con risoluzione pari a 2 metri. Questo è stato integrato con il DTM ottenuto dal rilievo topografico eseguito per un congruo intorno a valle e a monte dell'area.

- B. Modello digitale degli edifici e delle opere divisorie: Il modello digitale del terreno è stato integrato con il modello digitale degli edifici e degli ostacoli al deflusso quali i muri e opere divisorie, così come ricavati dal rilievo del drone, dalla cartografia, dalle ortofoto e dai sopralluoghi. Tali elementi costituiscono un'interferenza al deflusso, alle opere divisorie è stata assegnata un'altezza compresa tra 1 m-1,5 m.

Infatti, il modello di superficie ottenuto al termine di tale fase rappresenta elemento essenziale per le elaborazioni idrauliche ed è ovviamente richiesto che questo sia fornito con adeguato dettaglio.

Per giungere ad una soluzione valida sarà imprescindibile una valutazione bilanciata della risoluzione spaziale adottata. La scelta del livello del dettaglio influenzerà sostanzialmente sia l'accuratezza dei risultati che il peso computazionale nella risoluzione del modello.

Con riferimento allo strato informativo degli edifici e dei muri, le cui forme hanno gli orientamenti più vari, si consideri che la rasterizzazione delle geometrie vettoriali potrebbe provocare una eccessiva scalettatura (aliasing) ai contorni che avrebbe ricadute sulla valutazione delle resistenze viscosse nel calcolo idraulico.



DETTAGLIO DEL DTM CON GLI EDIFICI: SI NOTA LA RUGOSITÀ DEI CONTORNI SENZA GIUNGERE AD UNO SCALETTAMENTO DELLE SUPERFICI

Le dimensioni tipiche del pixel in questo caso sono state di 0,2 m per muri ed edifici.

La prima fase consiste nella predisposizione dei dati plano-altimetrici utili per l'implementazione del modello, così come descritto nei paragrafi precedenti.

Scenari simulati

- ante operam: si intende la geometria ottenuta dal modello del terreno nello stato attuale;
- post operam: si intende la geometria ottenuta dal modello del terreno unitamente alle opere in progetto.

## **9. DEFINIZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO**

### **9.1 DELIMITAZIONE DEI DOMINI 2D E LORO CONDIZIONI AL CONTORNO**

La definizione dei domini bidimensionali rappresenta una fase fondamentale dell'implementazione del modello 2D. Il software Hec-Ras consente di inserire diverse tipologie di input in funzione dei quali va definita l'area 2D di riferimento.

Qualora l'input del modello sia una pioggia il cui ietogramma è distribuito in modo omogeneo sul bacino (approccio *Rainfall on grid*) è necessario considerare un dominio 2D che comprende l'intero bacino idrologico precedentemente calcolato per permettere di considerare l'effettivo e totale volume di pioggia che darà luogo all'allagamento del territorio. L'approccio "*Rainfall on grid*" risulta sempre più utilizzato in letteratura ed in ambito professionale (David and Schmalz, 2020; Costabile et al., 2020)<sup>2</sup>

#### ASSEGNAZIONE CONDIZIONI AL CONTORNO

HEC-RAS ha permesso di inserire 3 tipologie di condizioni al contorno:

- Precipitation;
- Flow Hydrograph;
- Normal Depth.

La prima è stata impiegata per ipotizzare un ingresso di acqua nell'area (approccio *Rainfall on grid*) e si sono utilizzate le piogge lorde ricavate dalla modellazione idrologica per i diversi periodi di ritorno. Queste vengono trasformate in piogge nette dal software stesso mediante il metodo del Curve Number proposto dal Soil Conservation Service (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972, vedi paragrafo sopra) dopo aver importato il layer contenente la distribuzione spaziale dei valori di CN.

La seconda condizione è stata impiegata per ipotizzare un ingresso di acqua nell'area relativamente all'area di calcolo e si sono utilizzati gli idrogrammi ricavati dalla modellazione idrologica, imposti come condizione al contorno di monte.

La terza condizione al contorno, a valle, è stata impiegata per simulare l'uscita dell'acqua dall'area in corrispondenza della sezione di chiusura. Per il caso in esame si è supposta una Normal Depth corrispondente alla pendenza del terreno, (si ricorda che HEC RAS richiede l'inserimento di un fattore di attrito che impiega per calcolare l'altezza critica mediante l'utilizzo dell'equazione di Manning).

Le opere di attraversamento esistenti sono state invece implementate tramite appositi elementi disponibili nel software di calcolo. Nello specifico, il modello consente di inserire delle "internal connections" che, per tali manufatti, prevedono delle "Structure type". Nel dettaglio i

---

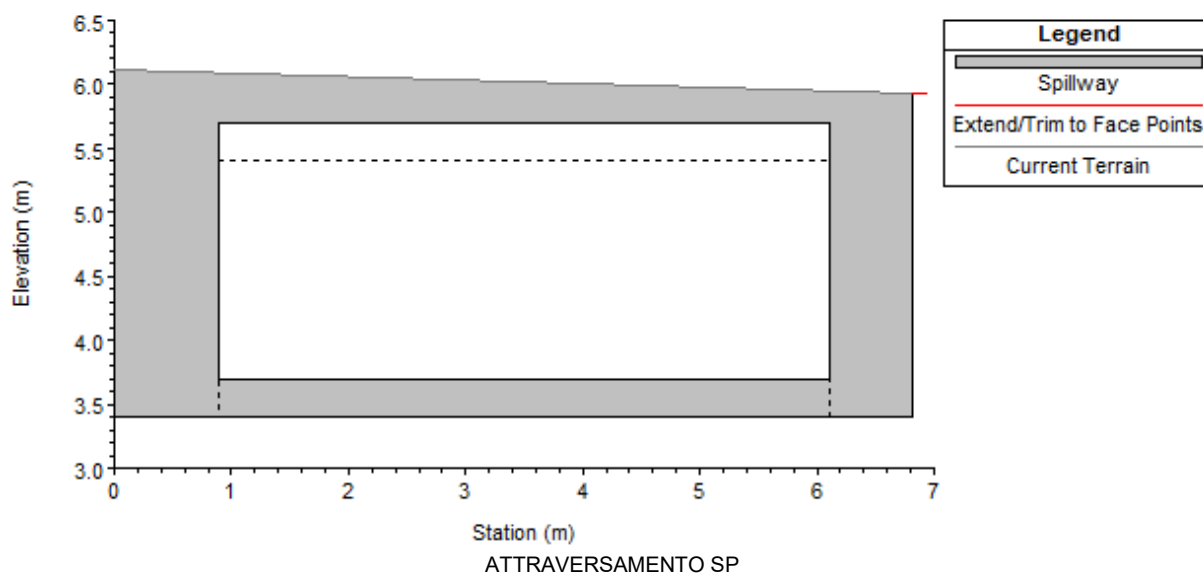
<sup>2</sup>David, A., Schmalz, B., 2020. Flood hazard analysis in small catchments: Comparison of hydrological and hydrodynamic approaches by the use of direct rainfall. *Journal of Flood Risk Management*, 13 (4), art. no. e12639.

Costabile, P., Costanzo, C., Ferraro, D., Macchione, F., Petaccia, G, 2020a. Performances of the new HEC-RAS version 5 for 2-D hydrodynamic-based rainfall-runoff simulations at basin scale: Comparison with a state-of-the art model. *Water*, 12 (9), art. no. 3433.

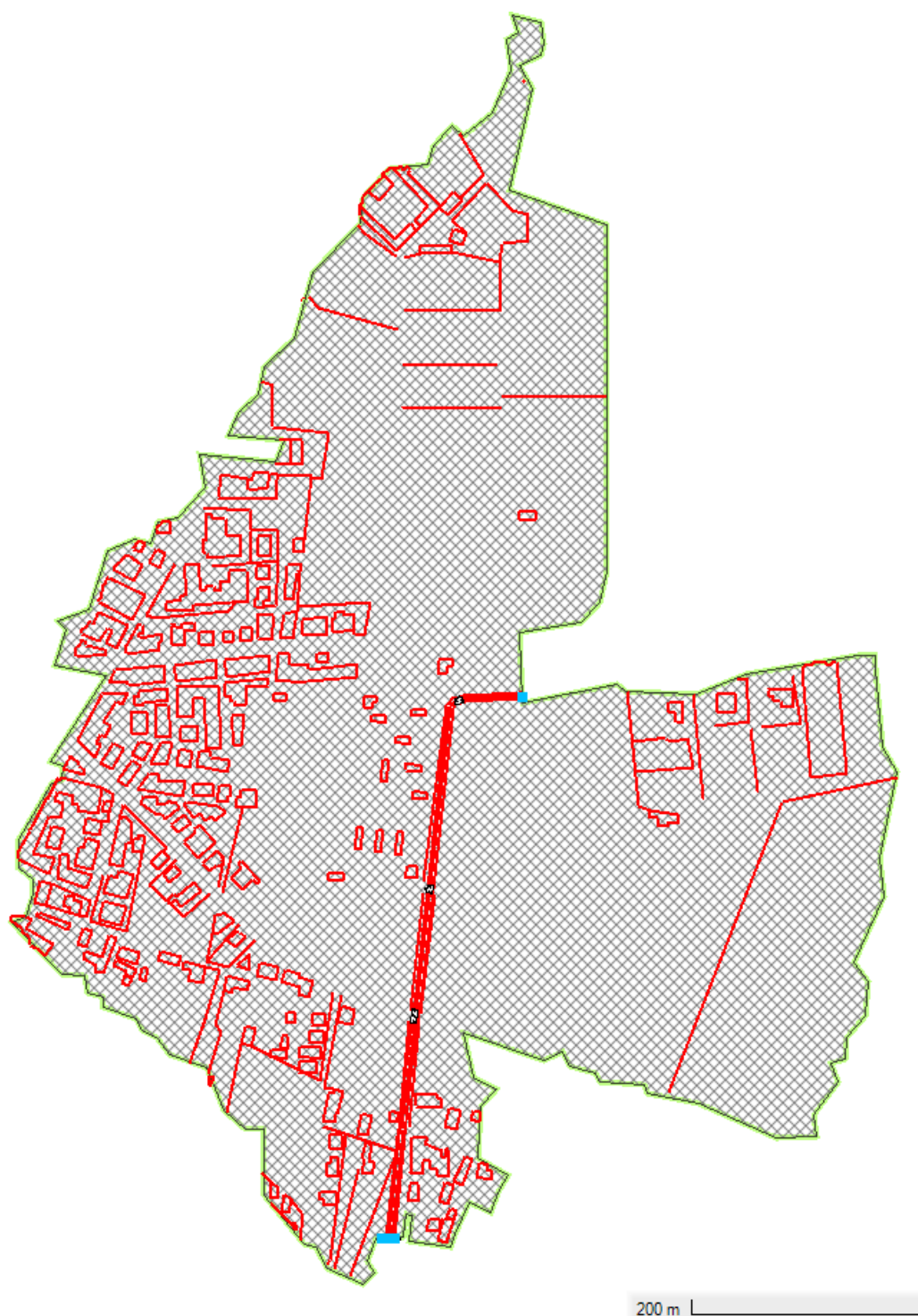
manufatti sono stati implementati come “internal connections” ma del tipo “Weir and Culvert” e la luce di deflusso è stata “approssimata” con una forma scatolare

Inoltre per il “Weir” occorre indicare il flusso al di sopra del manufatto e questo è stato modellato con la “normal 2D equation”.

Inoltre per gli attraversamenti si è adottato come da manuale di Hec Ras un coefficiente di perdita in entrata di 0,4 e in uscita di 1, e per il coefficiente di Manning il valore  $0,011 \text{ s/m}^{-1}$ .





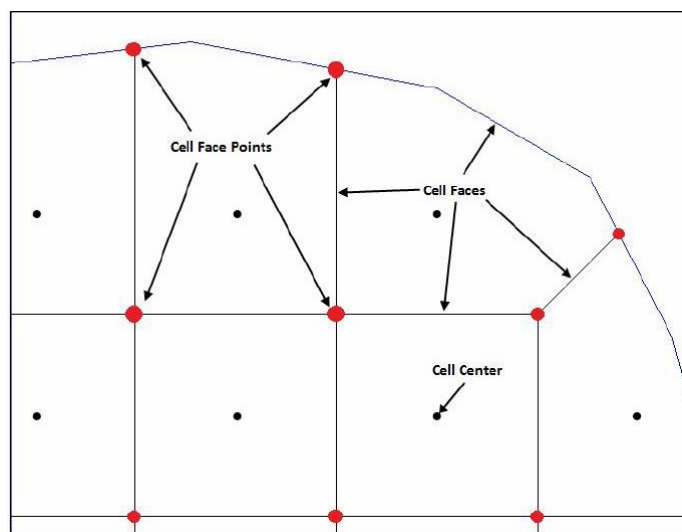


UBICAZIONE DELLE CONDIZIONI AL CONTERNO INDIVIDUATE ALL'INTERNO DELL'AMBITO DI INTERESSE IN AZZURRO USCITA DEL MODELLO (CONDIZIONI AL CONTERNO APPLICATA NORMAL DEPTH) IN VERDE CONTERNO ESTERNO AREA DI FLUSSO 2D (CONDIZIONE AL CONTERNO APPLICATA PRECIPITATION) IN NERO LA GRIGLIA DI CALCOLO, IN ROSSO BREAKLINES

La griglia di calcolo utilizzata è stata di 1m x 1m, il software comunque adatta la forma e le dimensioni delle celle di calcolo alla topografia sottostante e al contorno, per cui si possono avere celle quadrate e rettangolari (celle strutturate) sia elementi triangolari o quadrilateri con dimensioni diverse (celle non strutturate); non si possono avere celle con più di otto lati.

La griglia di calcolo risulta costituita da 408678 celle, di dimensione media  $0,98 \text{ m}^2$ , minima  $0,19 \text{ m}^2$  e massima  $1,79 \text{ m}^2$ .

All'interno della griglia ogni cella presenta le seguenti caratteristiche:

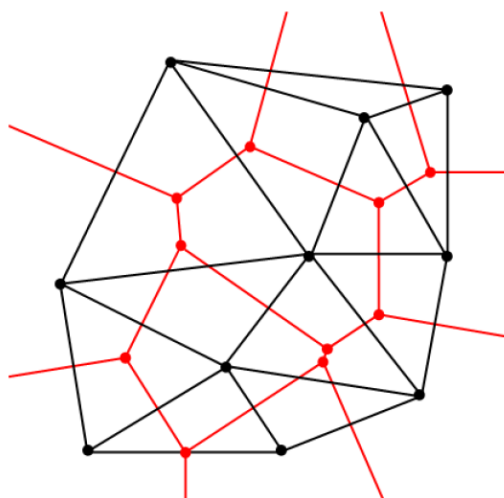


Cell Center (Centro della Cella): rappresenta il punto dove viene computato il livello idrico.

Cell Faces (Lati della Cella): rappresentano i contorni esterni della cella. Generalmente sono delle linee rette, ma in corrispondenza del bordo esterno della 2D Flow Area, si adattano a questo perimetro.

Cell Face Points (Vertici delle Celle): sono i punti che vengono utilizzati per collegare la 2D Flow Area alla Lateral Structure ed anche per collegare gli elementi 2D con elementi 1D.

HEC-RAS costruisce la rete computazionale seguendo la tecnica di triangolazione Delaunay Triangolazione, e quindi la costruzione di un Diagramma Voronoi (triangoli in nero nella figura sottostante).



In tal modo poiché le cellule riescono a rappresentare in modo ottimale i dettagli del terreno sottostante a differenza di molti altri modelli 2D che utilizzano semplicemente una quota costante per l'intera cella che viene così ad essere modellata come "piatta". Analogo ragionamento per le facce della cella le quali modellano il flusso seguendo il reale andamento del terreno senza interpolazioni e appiattimenti.

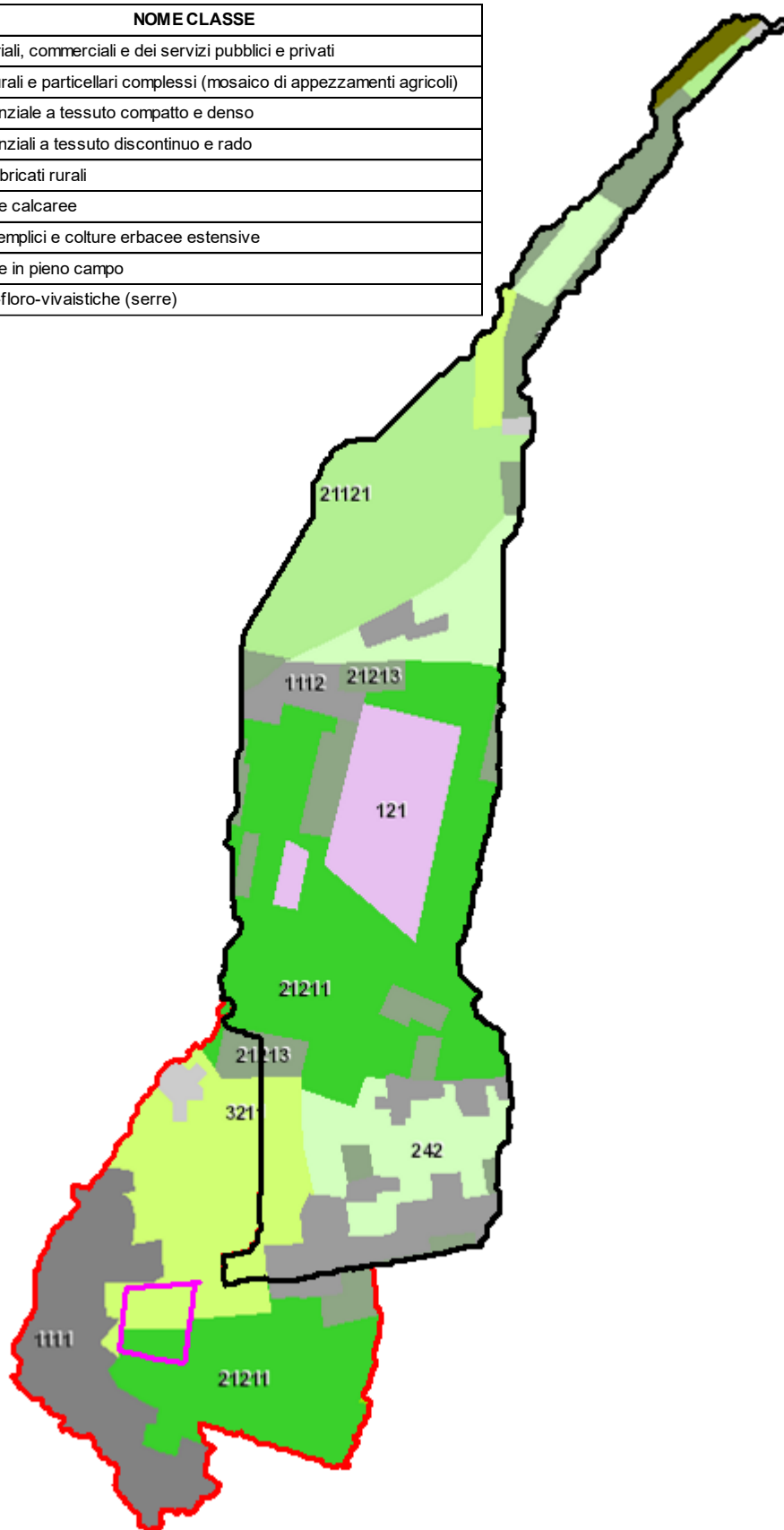
Per garantire maggior precisione al calcolo bidimensionale, sono state inserite nel modello opportune break lines lungo le quali si allineano le facce delle celle, per rappresentare eventuali barriere fisiche presenti sul terreno (muri, edifici, strade), che di fatto possono costituire elementi di disconnessione interni all'area di calcolo.

## **9.2 DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA IDRAULICA**

Con riferimento alla scabrezza da attribuire alle celle del campo del moto, deve essere valutato il coefficiente di Manning sulla base dell'uso e copertura dei suoli in conformità con quanto indicato Linee Guida della Regione Sardegna per la redazione degli studi comunali dei bacini urbani e periurbani interessati da elementi del reticolo idrografico regionale (articolo 8 comma 5septies delle NTA del PAI) Relazione Metodologica per la modellazione idraulica bidimensionale Allegato alla deliberazione del Comitato Istituzionale n. 7 del 07.04.2021.

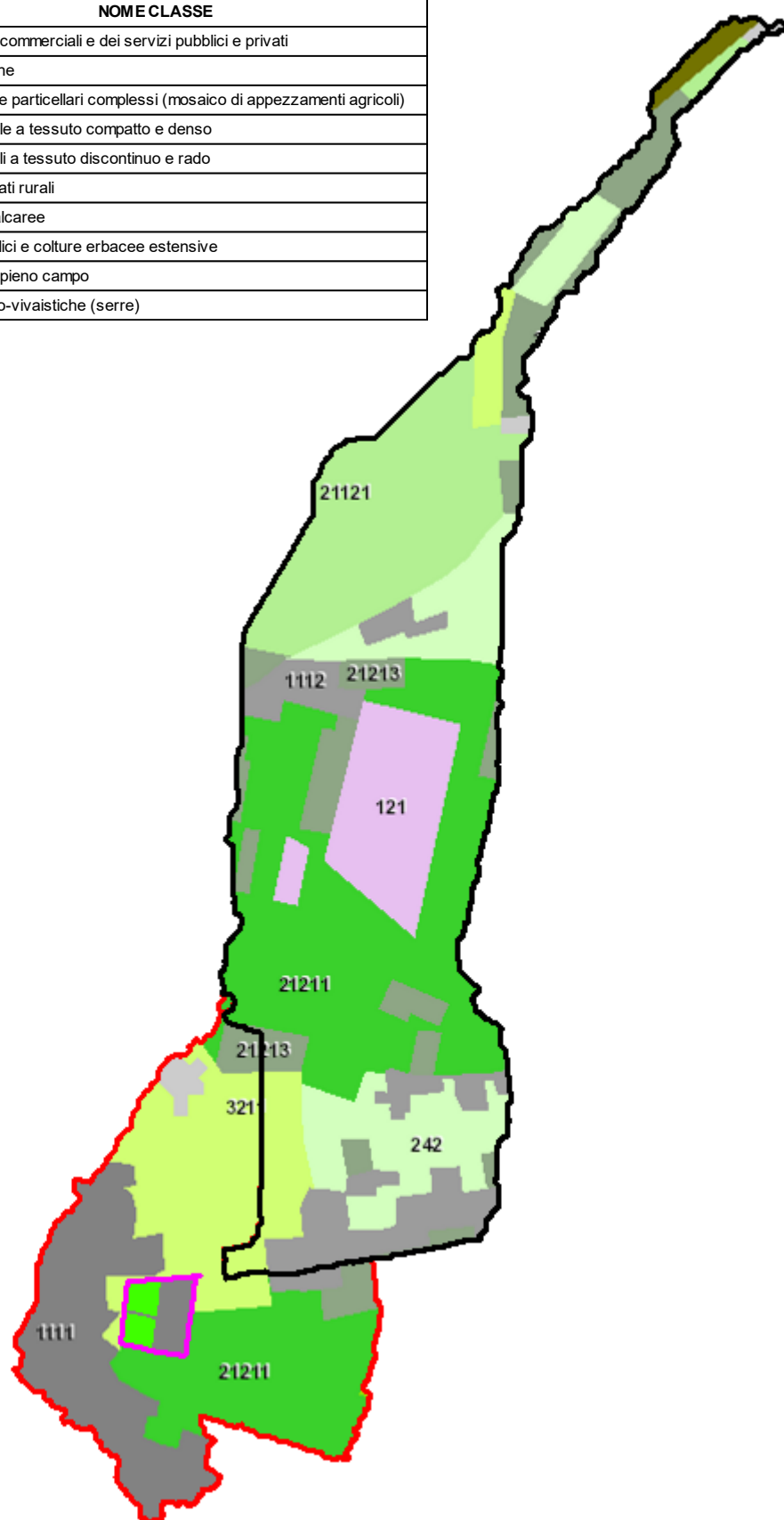
Il valore del coefficiente N viene assegnato a ciascuna cella in conformità con la classificazione della carta dell'uso del suolo e litologica ufficiale e mediante l'analisi di immagini satellitari e ortofoto, infine per il canale rivestito in calcestruzzo si è adottato un valore del coefficiente di Manning pari a  $0,02 \text{ s/m}^{1/3}$ .

| CLC   | NOME CLASSE                                                                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 121   | Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati                |
| 242   | Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli) |
| 1111  | Zone residenziale a tessuto compatto e denso                                  |
| 1112  | Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado                                |
| 1122  | Borghi e fabbricati rurali                                                    |
| 3211  | Praterie aride calcaree                                                       |
| 21121 | Seminativi semplici e colture erbacee estensive                               |
| 21211 | Colture ortive in pieno campo                                                 |
| 21213 | Colture orto-floro-vivaistiche (serre)                                        |



USO DEL SUOLO ANTE OPERA

|  | CLC   | NOME CLASSE                                                                   |
|--|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
|  | 121   | Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati                |
|  | 141   | Aree verdi urbane                                                             |
|  | 242   | Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli) |
|  | 1111  | Zone residenziale a tessuto compatto e denso                                  |
|  | 1112  | Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado                                |
|  | 1122  | Borghi e fabbricati rurali                                                    |
|  | 3211  | Praterie aride calcaree                                                       |
|  | 21121 | Seminativi semplici e colture erbacee estensive                               |
|  | 21211 | Colture ortive in pieno campo                                                 |
|  | 21213 | Colture orto-floro-vivaistiche (serre)                                        |



USO DEL SUOLO POST OPERA



## RISOLUZIONE DELLE EQUAZIONI

Il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda o quelle complete di Saint Venant. La modellazione è stata eseguita utilizzando le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant (full momentum) applicabili a una gamma ampia di problemi.

Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo di soluzione consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti fornisce anche miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti.

In una simulazione di moto vario, comunque, il parametro più significativo da considerare è l'intervallo computazionale  $\Delta T$ , che deve essere scelto con accuratezza in modo da non influenzare negativamente l'esito delle analisi.

Generalmente questo valore viene valutato basandosi sul criterio di Courant, esprimibile nella maniera seguente:

$$C = \frac{V\Delta T}{\Delta X} \leq 1$$

Tenendo presente che  $V$  e  $\Delta X$  sono rispettivamente la velocità massima dell'acqua e la dimensione media delle celle.

Molto importante è anche sottolineare che il software computa la velocità della corrente nei nodi della griglia, mentre il livello idrico è calcolato nel cell center della griglia stessa.

Si è scelto il passo temporale  $\Delta T$  variabile tra 0,5s e 1s, in modo da contenere il numero di Courant tra 0,45 e 1 mentre la durata della simulazione è stata di 2 ore.

## 10. DEFINIZIONE DEGLI ELEMENTI ESPOSTI

La definizione degli elementi esposti è stata effettuata sulla base della nuova definizione emanata del D.P.Reg. 6 maggio 2021 e riportata nella tabella Elementi a rischio.

Per l'individuazione è stato utilizzato il tematismo dell'ISTAT, nell'ultimo censimento disponibile relativo al 2011.

Per la tipologia dell'elemento a rischio si è considerata la classe E2 (case sparse).

## 11. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO

I risultati della modellazione idraulica ricavate con l'applicazione di un modello 2D, supportati da una buona qualità dell'informazione cartografica e morfologica disponibile, hanno fornito informazioni spazialmente distribuite delle altezze idrauliche per cui ai fini della valutazione della pericolosità si è fatto ricorso ad una metodologia "completa" che valuta la pericolosità incrociando le informazioni relative al tempo di ritorno e alla distribuzione spaziale delle altezze idriche stesse.

| Battente Idraulico      | Tempo di Ritorno |     |     |
|-------------------------|------------------|-----|-----|
|                         | 50               | 100 | 300 |
| $H < 0,3$               | P1               | P1  | P1  |
| $0,3 < H < 1 \text{ m}$ | P2               | P2  | P2  |
| $1 < H < 2 \text{ m}$   | P4               | P3  | P2  |
| $H > 2 \text{ m}$       | P4               | P4  | P3  |

Per la tipologia dell'elemento a rischio si è considerata la classe E2 (case sparse).

Mediante l'incrocio del dato relativo all'elemento a rischio con quello della classe di pericolosità, si può risalire al grado di rischio. La valutazione del rischio si è così effettuata sulla base della matrice riportata nella seguente tabella:

| Rischio | E1 | E2 | E3 | E4 |
|---------|----|----|----|----|
| P1      | R1 | R1 | R2 | R2 |
| P2      | R1 | R1 | R3 | R3 |
| P3      | R2 | R2 | R3 | R4 |
| P4      | R2 | R2 | R4 | R4 |

## 12. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NUMERICHE 2D (SCENARI SIMULATI)

### RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NUMERICHE 2D

#### Scenari simulati

Come precedentemente introdotto, si è proceduto alla simulazione delle inondazioni riferite ai tempi di ritorno ( $T_r$ ) di 50, 100, 300 anni considerando le configurazioni ante operam e post operam. Nel post operam si è tenuto conto della modifica dell'area, oggetto di qualificazione urbanistica, con la probabile ubicazione dei fabbricati su indicazione della committenza.

Per le mappe dei tiranti è stata utilizzata la classificazione proposta da ISPRA consistente nei 5 intervalli di altezze idrometriche indicati nella tabella sottostante.

| Classe | altezza critica: h (m) |
|--------|------------------------|
| 1      | $h < 0,5$              |
| 3      | $0,5 < h < 1$          |
| 3      | $1,5 < h < 1,5$        |
| 4      | $1,5 < h < 2$          |
| 5      | $h \geq 2$             |

Le mappe di velocità derivano direttamente da quelle del modello bidimensionale, utilizzando la classificazione proposta da ISPRA consistente nei 2 intervalli indicati nella tabella sottostante (vedi allegati).

| Classe | velocità: v (m/s) |
|--------|-------------------|
| 1      | $v < 2$           |
| 3      | $v \geq 2$        |

### 13. CALIBRAZIONE

In assenza di dati storici per i deflussi liquidi, portate di colmo e trasporto solido (piccolo bacino non strumentato) non è stato possibile una calibrazione a scala di evento.

#### 14. CONCLUSIONI

La qualificazione urbanistica prevista risulta compatibile con l'assetto idraulico del territorio in esame con una pericolosità idraulica e rischio idraulico classificato come P1-P2 per i tempi di ritorno considerati.

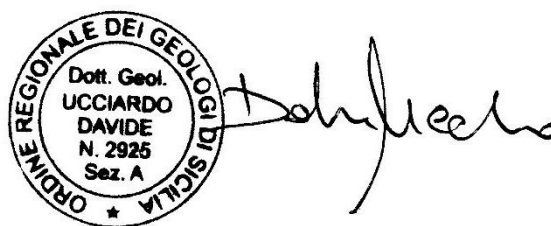
Secondo le norme di attuazione del PAI nelle aree a pericolosità P1-P2, è consentita l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi e di settore vigenti, corredati da un adeguato studio idrologico-idraulico, esteso ad un ambito significativo, con il quale si dimostri la compatibilità.

In definitiva, le analisi e le verifiche idrauliche svolte dimostrano l'assenza di effetti negativi sull'assetto idraulico e quindi la compatibilità idraulica dell'opera in progetto come prescritto dal PAI.

Infine, visto che la modellazione idraulica ha restituito valori dei tiranti idrici non superiori a 30 cm, si suggerisce di adottare misure di salvaguardia, come ad esempio il rialzo topografico delle aree dove sorgeranno i fabbricati, affinché gli stessi siano in sicurezza idraulica.

Pozzallo, 11/03/2025

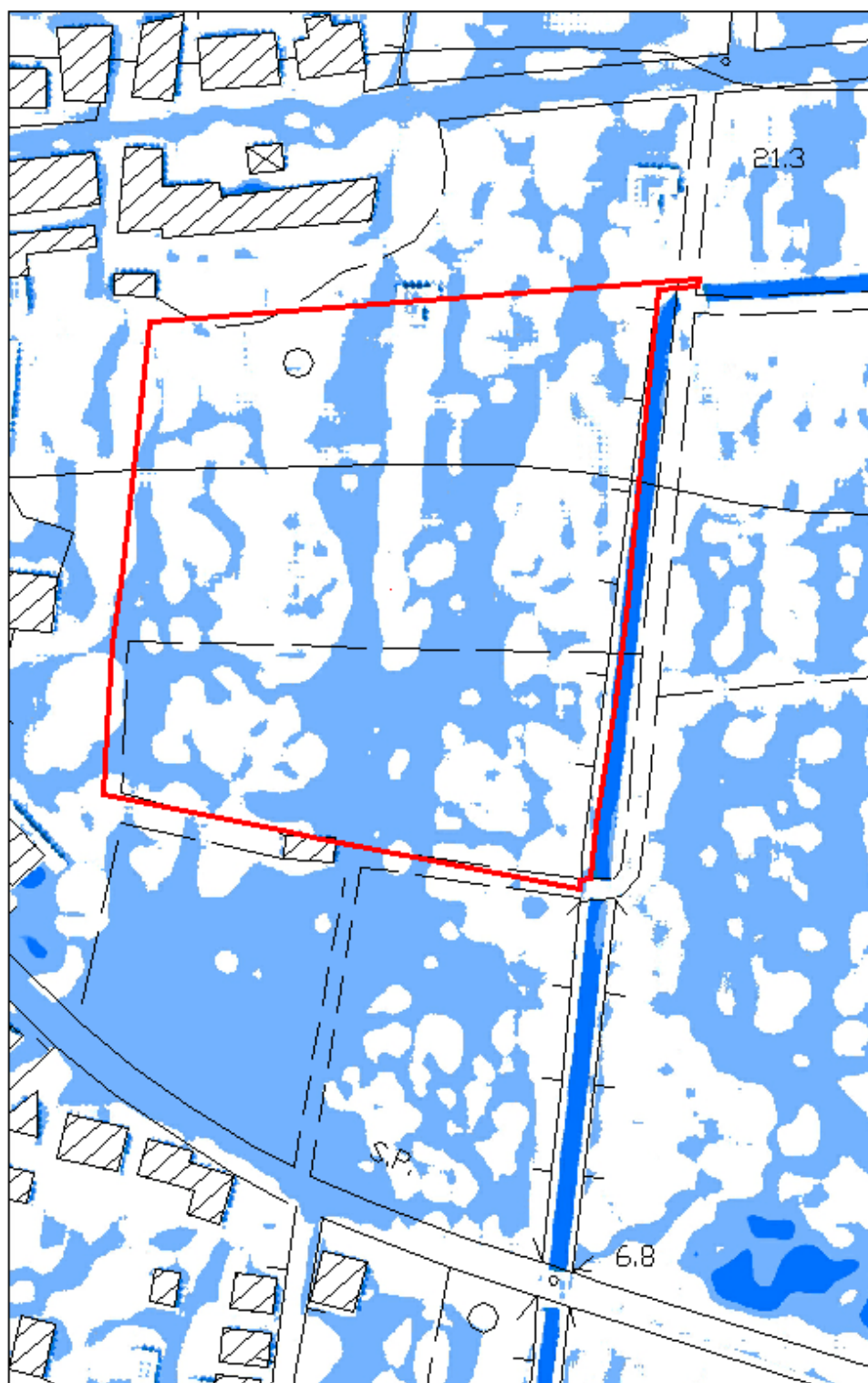
DOTT. GEOL. DAVIDE UCCIARDO

The image shows a circular professional stamp for the Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia. The stamp contains the text: "Dott. Geol. UCCIARDO DAVIDE N. 2925 Sez. A". To the right of the stamp is a handwritten signature in black ink.

DOTT. GEOL. ROSARIO ZACCARIA

The image shows a circular professional stamp for the Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia. The stamp contains the text: "Dott. Geol. ROSARIO ZACCARIA N. 1270". To the right of the stamp is a handwritten signature in black ink.

ALLEGATI:



 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

 P1 PERICOLOSITÀ BASSA

 P2 PERICOLOSITÀ MODERATA

MAPPA PERICOLOSITÀ TR50 ANTE OPERA



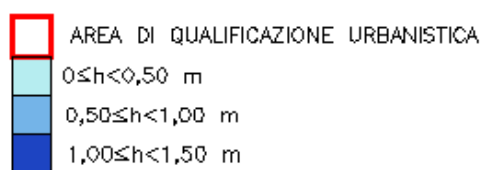
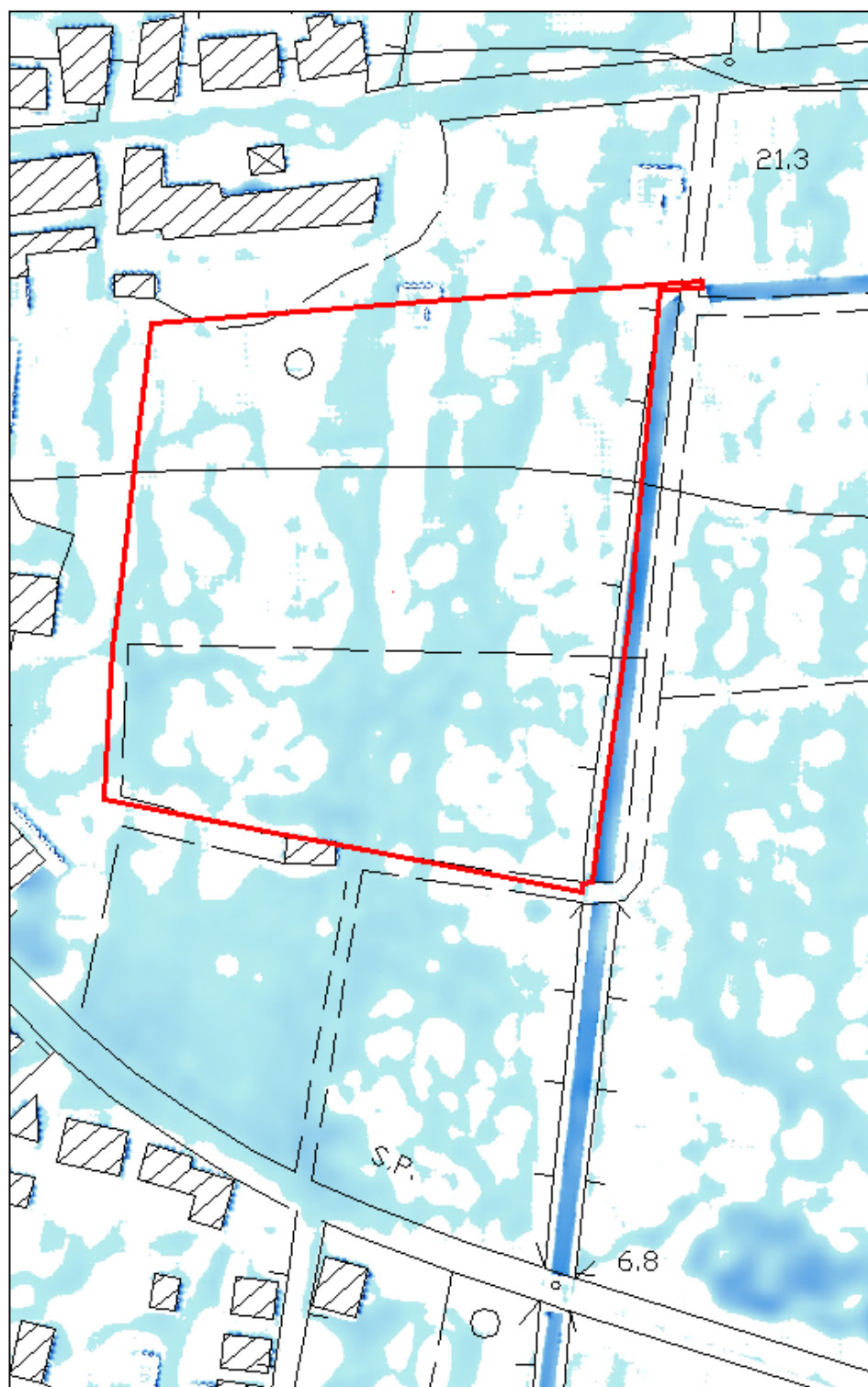


 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

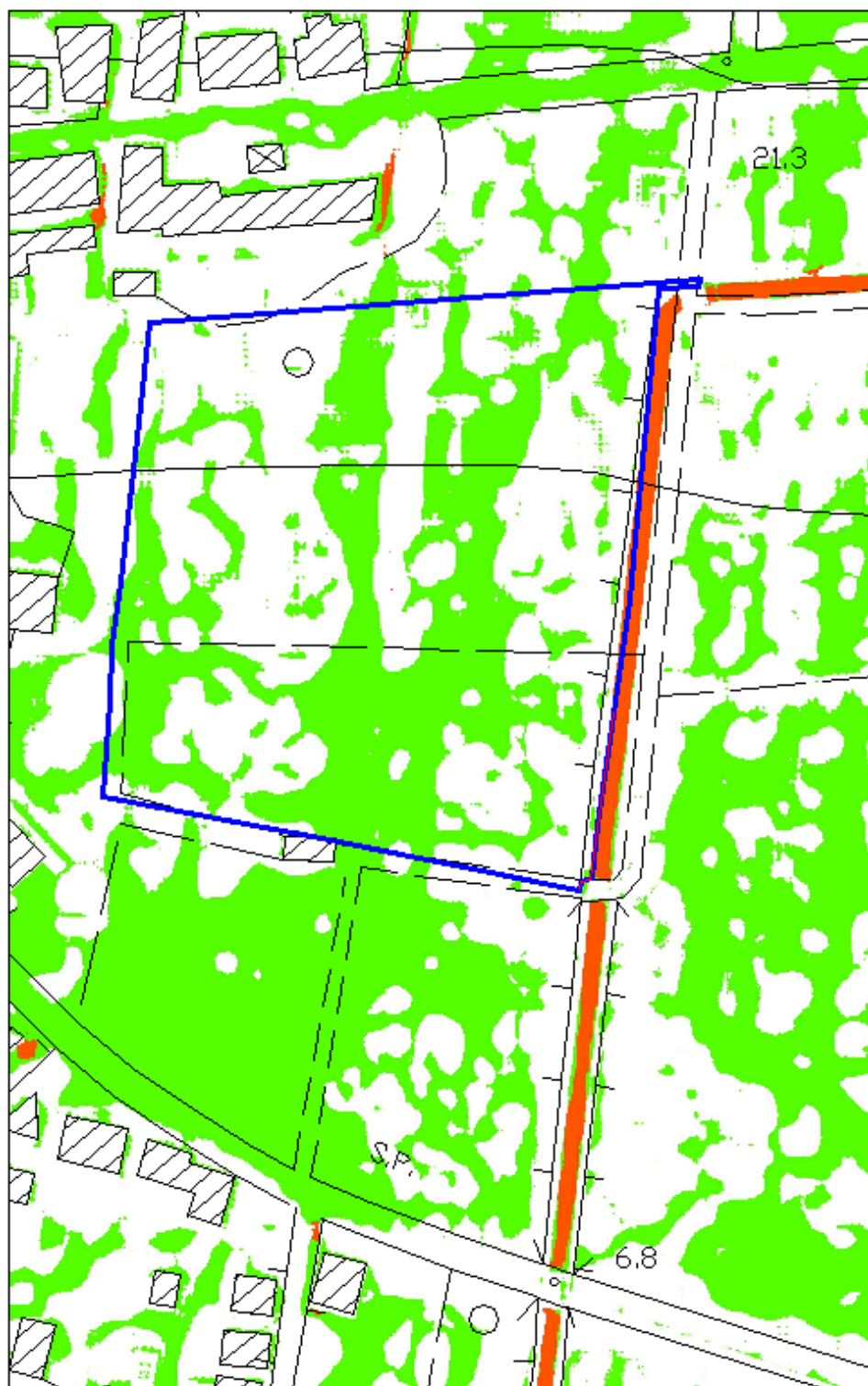
 R1 RISCHIO MODERATO

 R2 RISCHIO MEDIO

MAPPA DEL RISCHIO TR50 ANTE OPERA



MAPPA DEI TIRANTI IDRICI TR50 ANTE OPERA



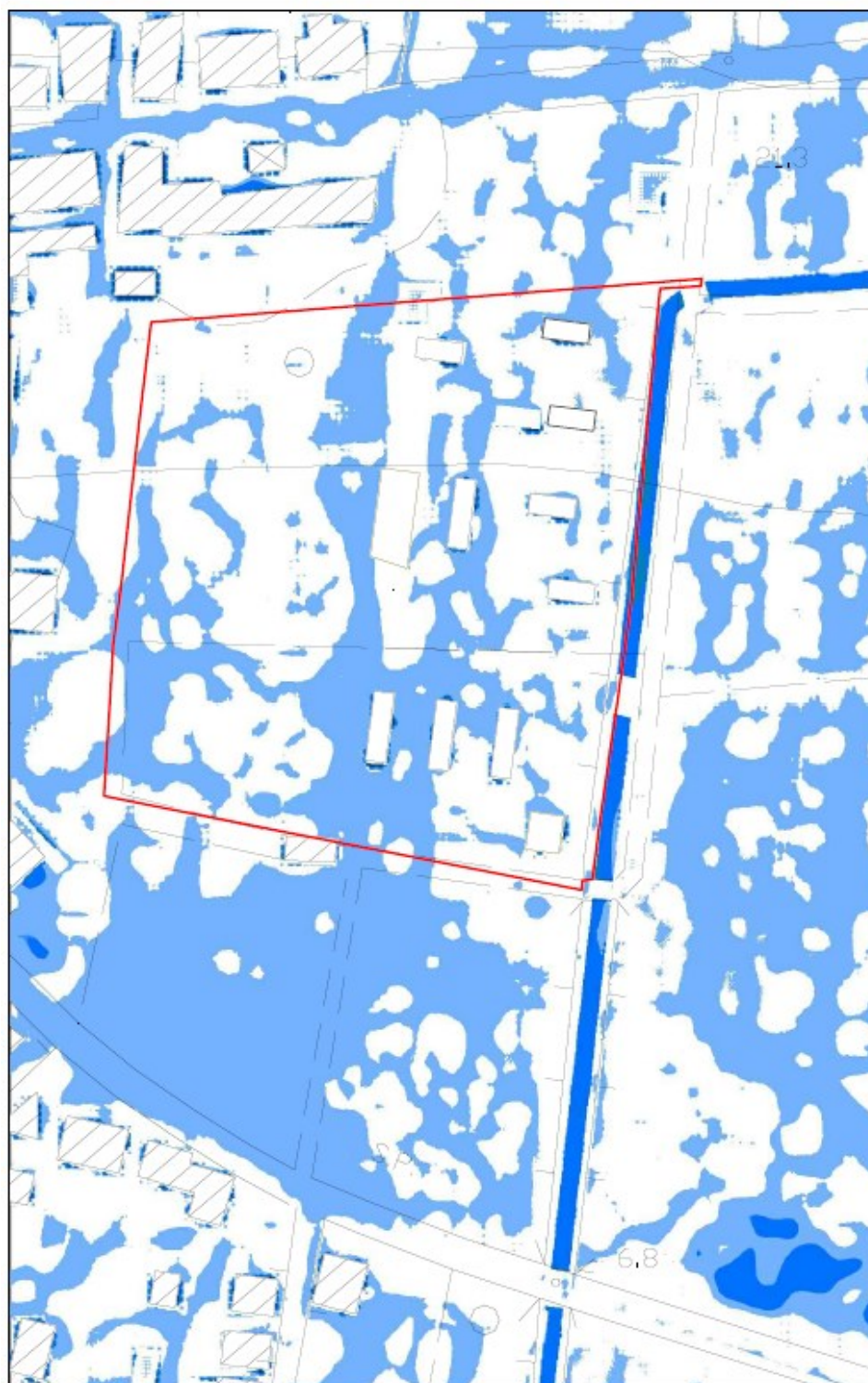
AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

$v < 2 \text{ m/s}$

$v \geq 2 \text{ m/s}$

MAPPA DELLA VELOCITÀ TR50 ANTE OPERA





 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

 P1 PERICOLOSITÀ BASSA

 P2 PERICOLOSITÀ MODERATA

MAPPA PERICOLOSITÀ TR50 POST OPERA



 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

 R1 RISCHIO MODERATO

 R2 RISCHIO MEDIO

MAPPA DEL RISCHIO TR50 POST OPERA



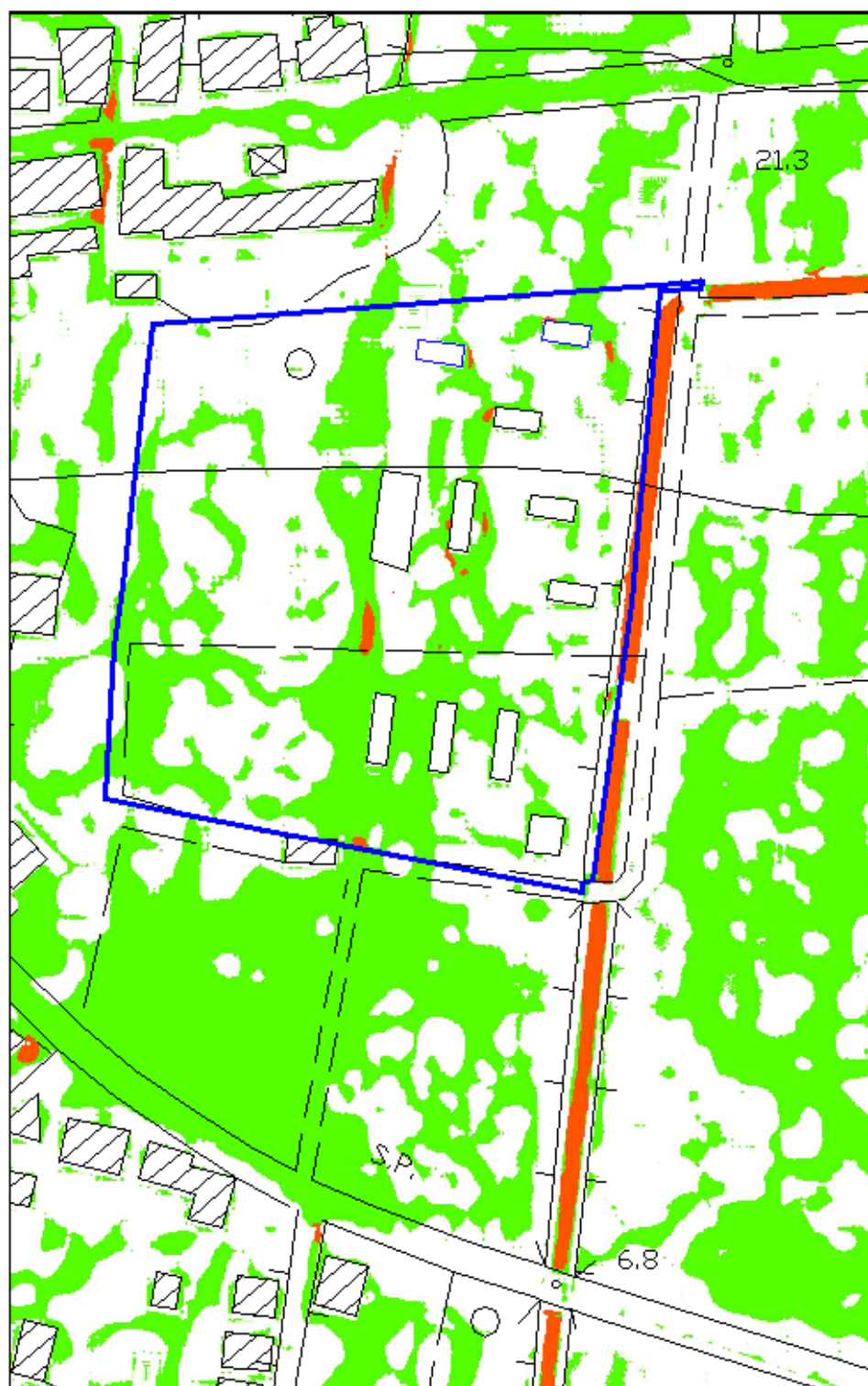


MAPPA DEI TIRANTI IDRICI TR50 POST OPERA



-  AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA
-   $v < 2\text{m/s}$
-   $v \geq 2\text{m/s}$



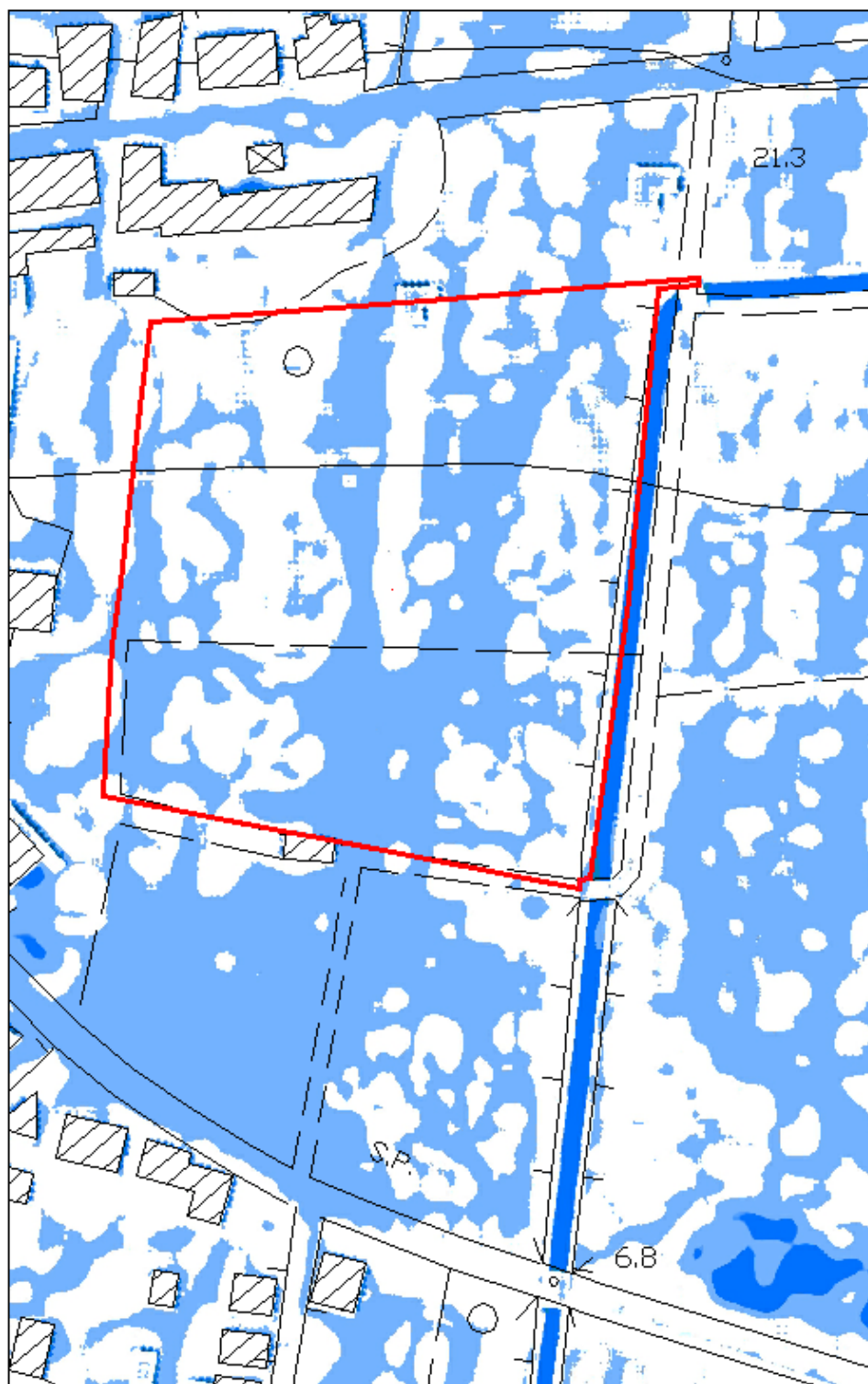


AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

$v < 2 \text{ m/s}$

$v \geq 2 \text{ m/s}$

MAPPA DELLA VELOCITÀ TR50 POST OPERA

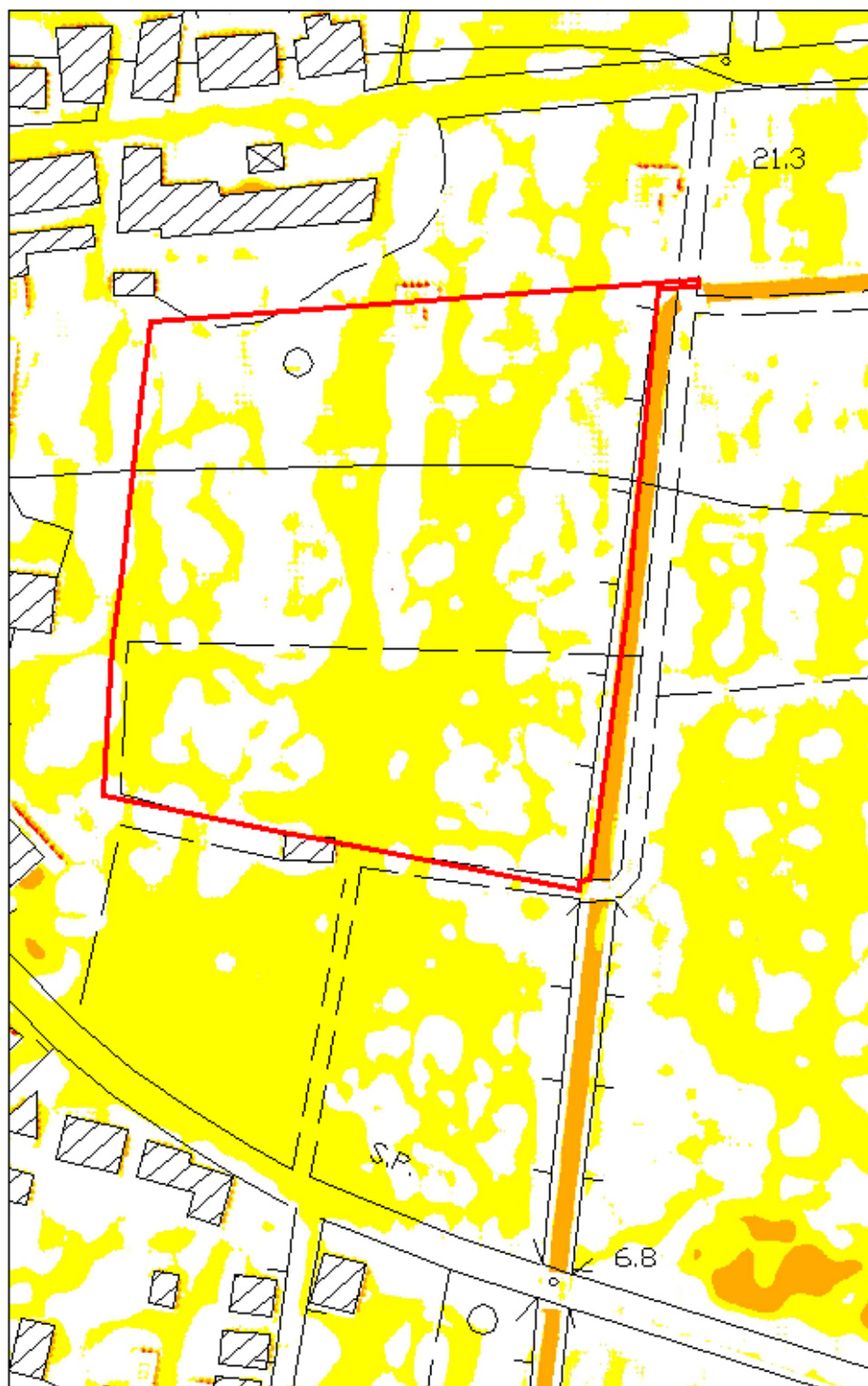


 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

 P1 PERICOLOSITÀ BASSA

 P2 PERICOLOSITÀ MODERATA

MAPPA PERICOLOSITÀ TR100 ANTE OPERA



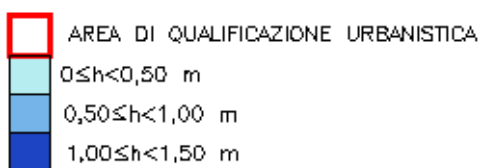
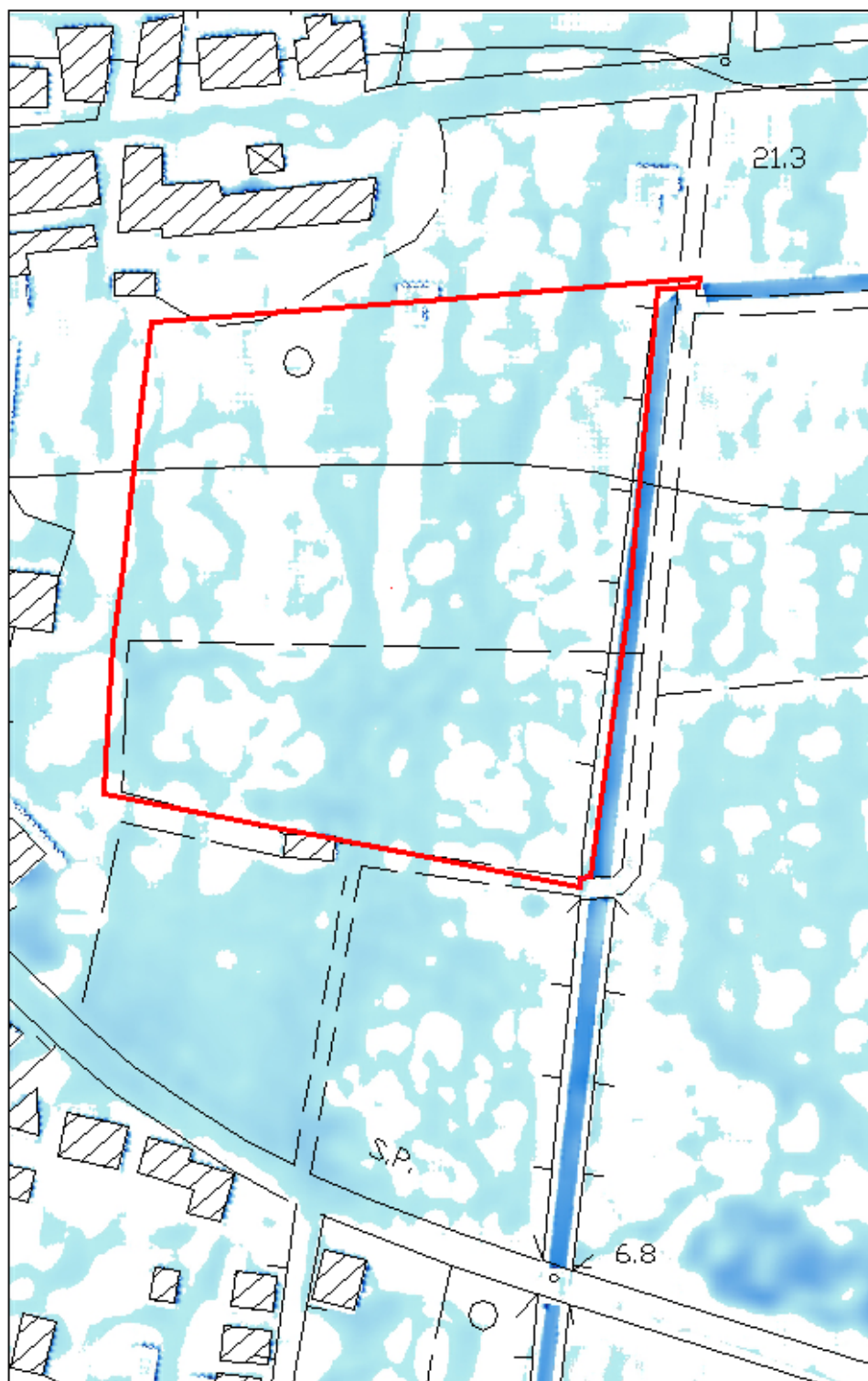
 AREA QUALIFICAZIONE URBANISTICA

 R1 RISCHIO MODERATO

 R2 RISCHIO MEDIO

MAPPA DEL RISCHIO TR100 ANTE OPERA





MAPPA DEI TIRANTI IDRICI TR100 ANTE OPERA



AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

$v < 2 \text{ m/s}$

$v \geq 2 \text{ m/s}$

MAPPA DELLA VELOCITÀ TR100 ANTE OPERA



 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

 P1 PERICOLOSITÀ BASSA

 P2 PERICOLOSITÀ MODERATA

MAPPA PERICOLOSITÀ TR100 POST OPERA



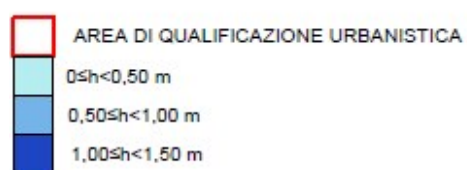


 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

 R1 RISCHIO MODERATO

 R2 RISCHIO MEDIO

MAPPA DEL RISCHIO TR100 POST OPERA



MAPPA DEI TIRANTI IDRICI TR100 POST OPERA



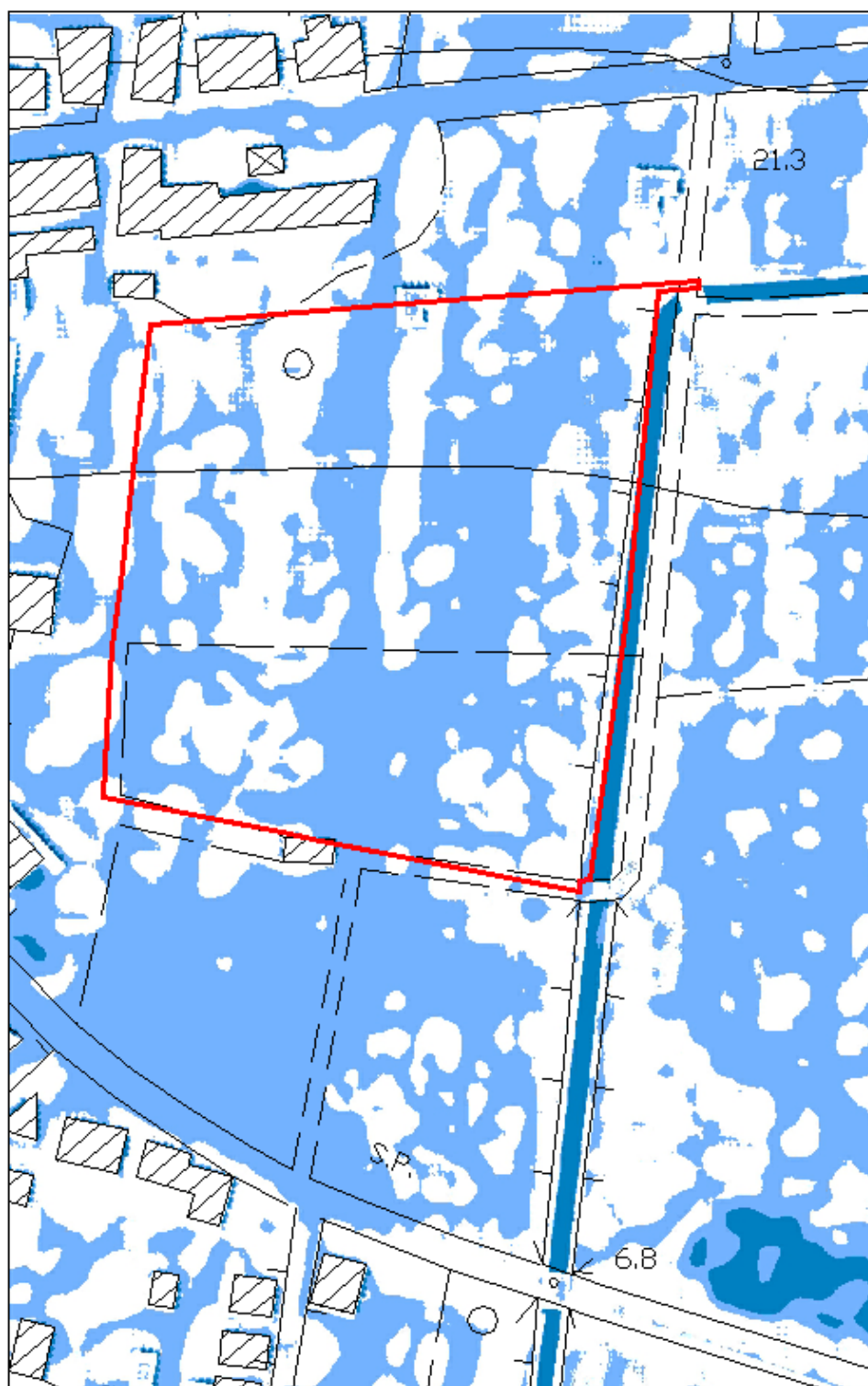


 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

  $v < 2\text{m/s}$

  $v \geq 2\text{m/s}$

MAPPA DELLA VELOCITÀ TR100 POST OPERA

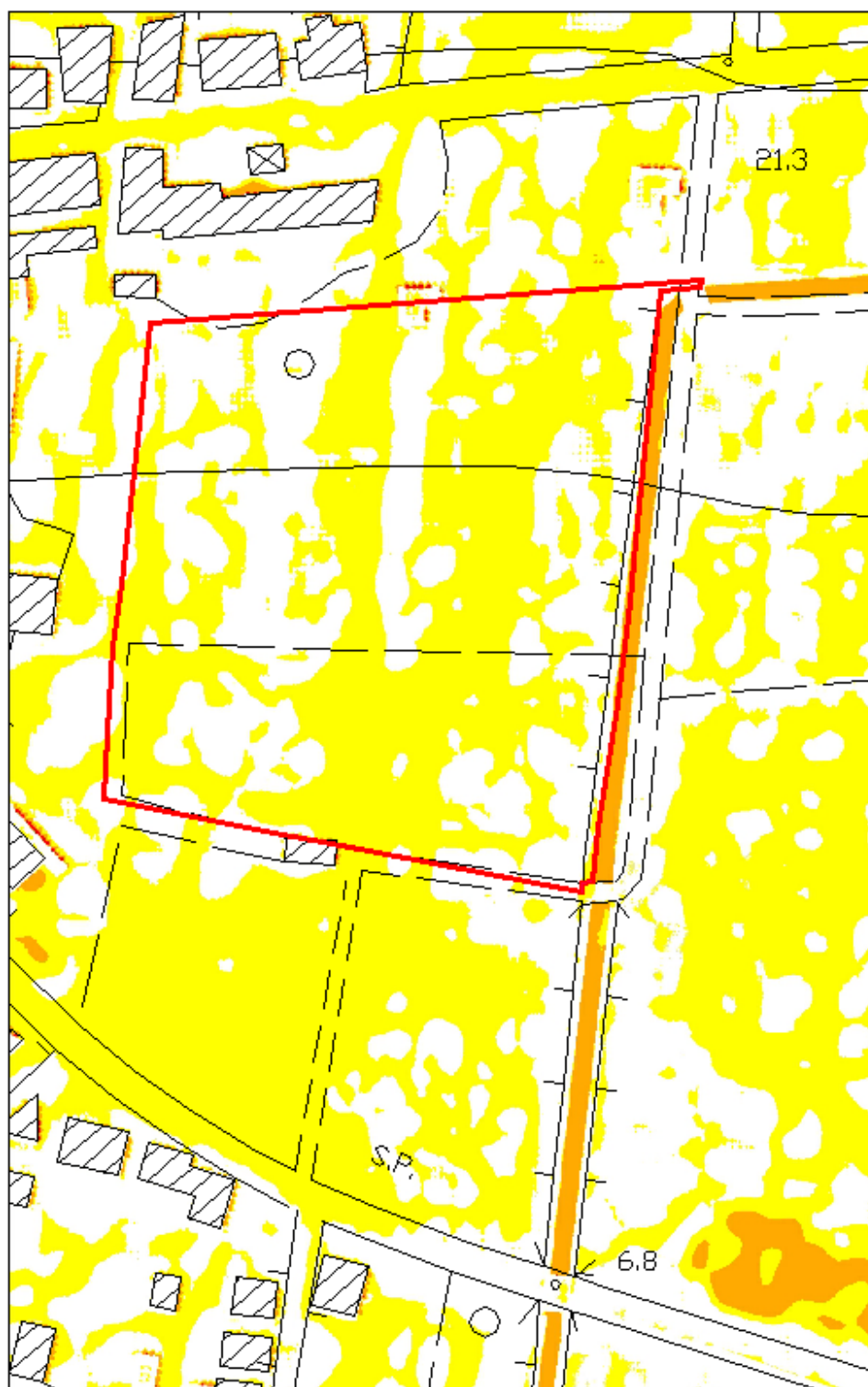


 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

 P1 PERICOLOSITÀ BASSA

 P2 PERICOLOSITÀ MODERATA

MAPPA PERICOLOSITÀ TR300 ANTE OPERA



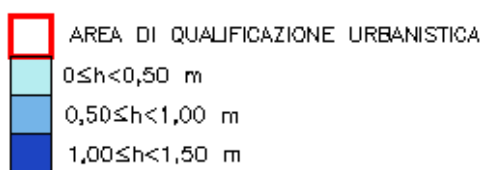
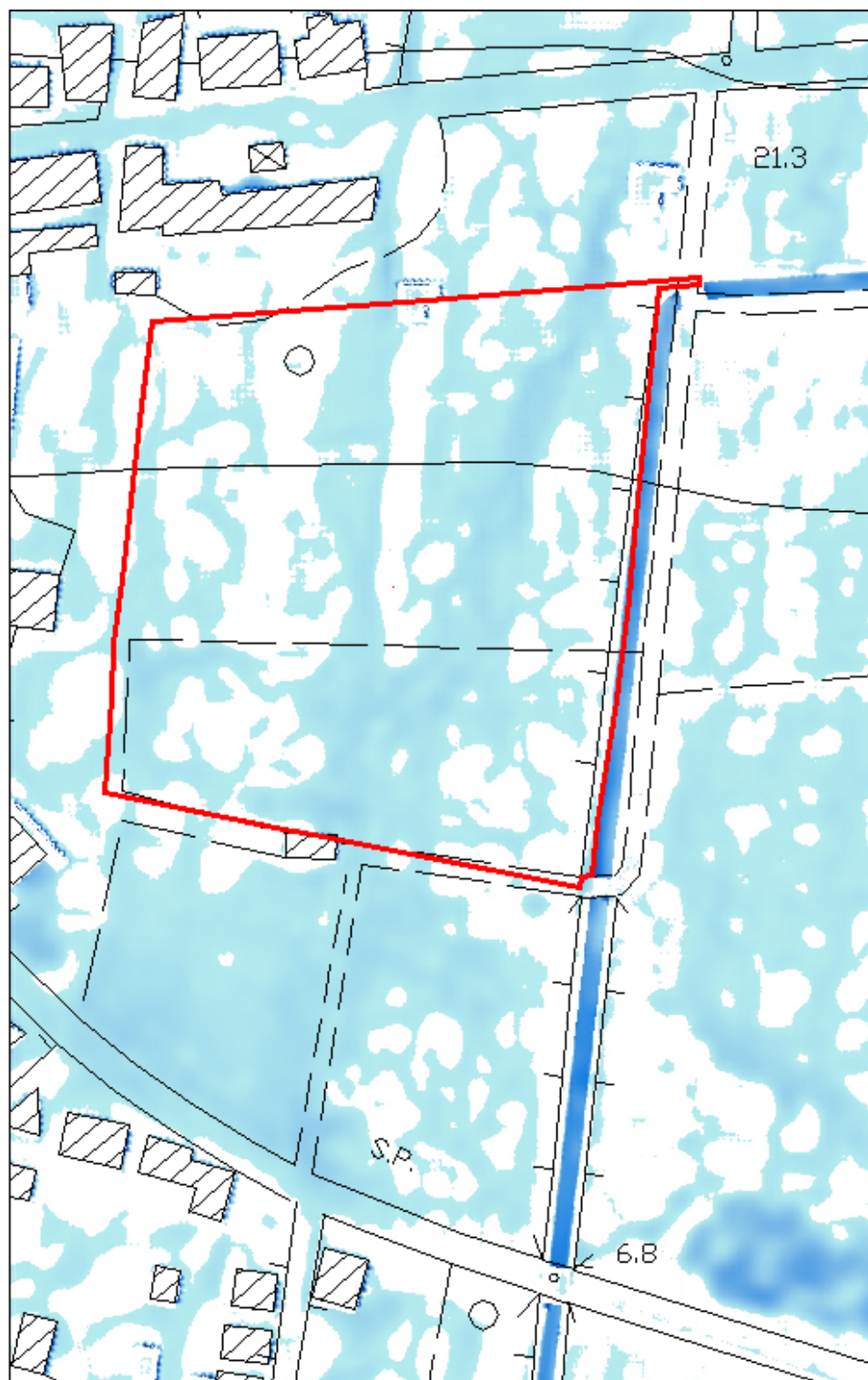
AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

R1 RISCHIO MODERATO

R2 RISCHIO MEDIO

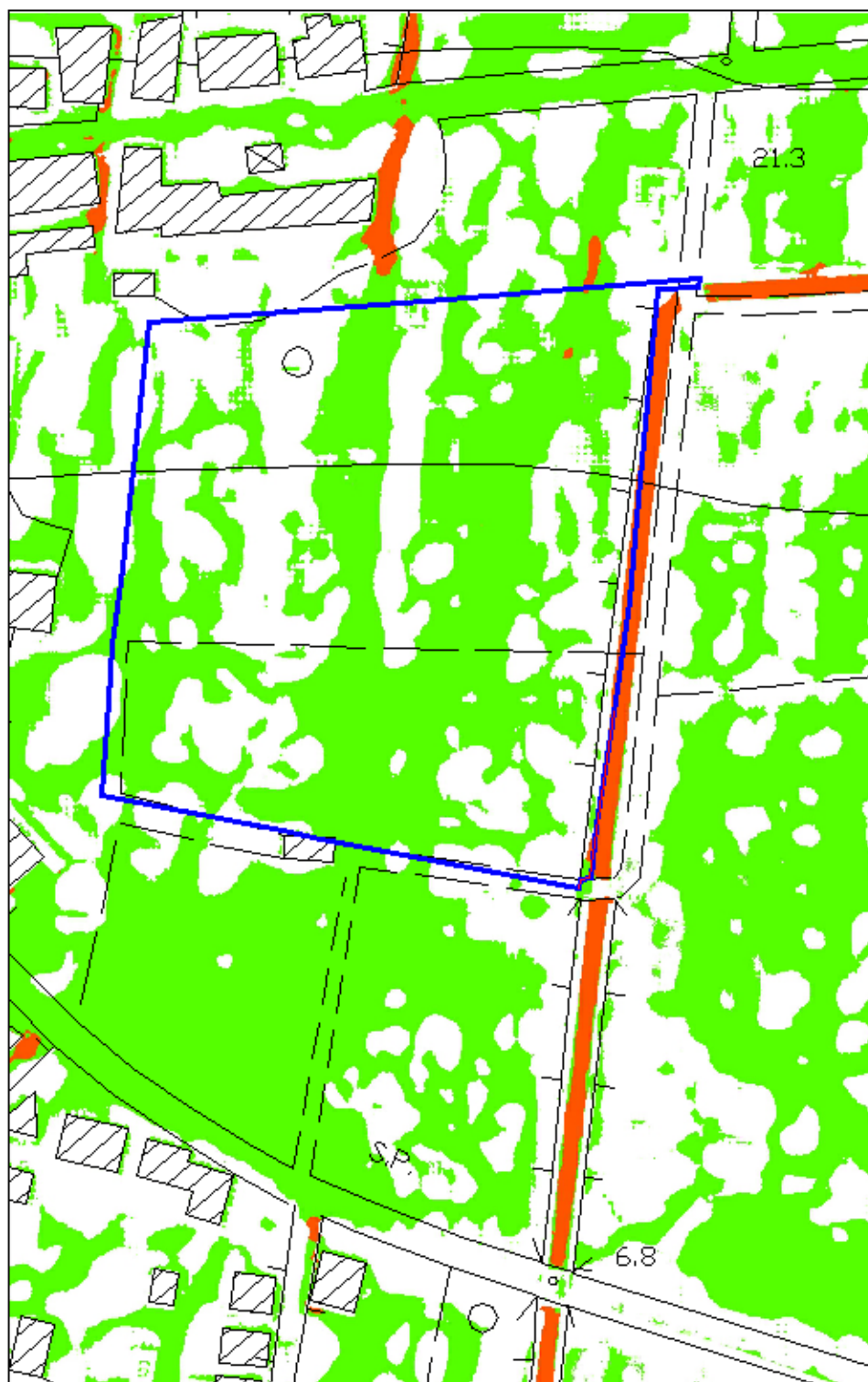
MAPPA DEL RISCHIO TR300 ANTE OPERA





MAPPA DEI TIRANTI IDRICI TR300 ANTE OPERA



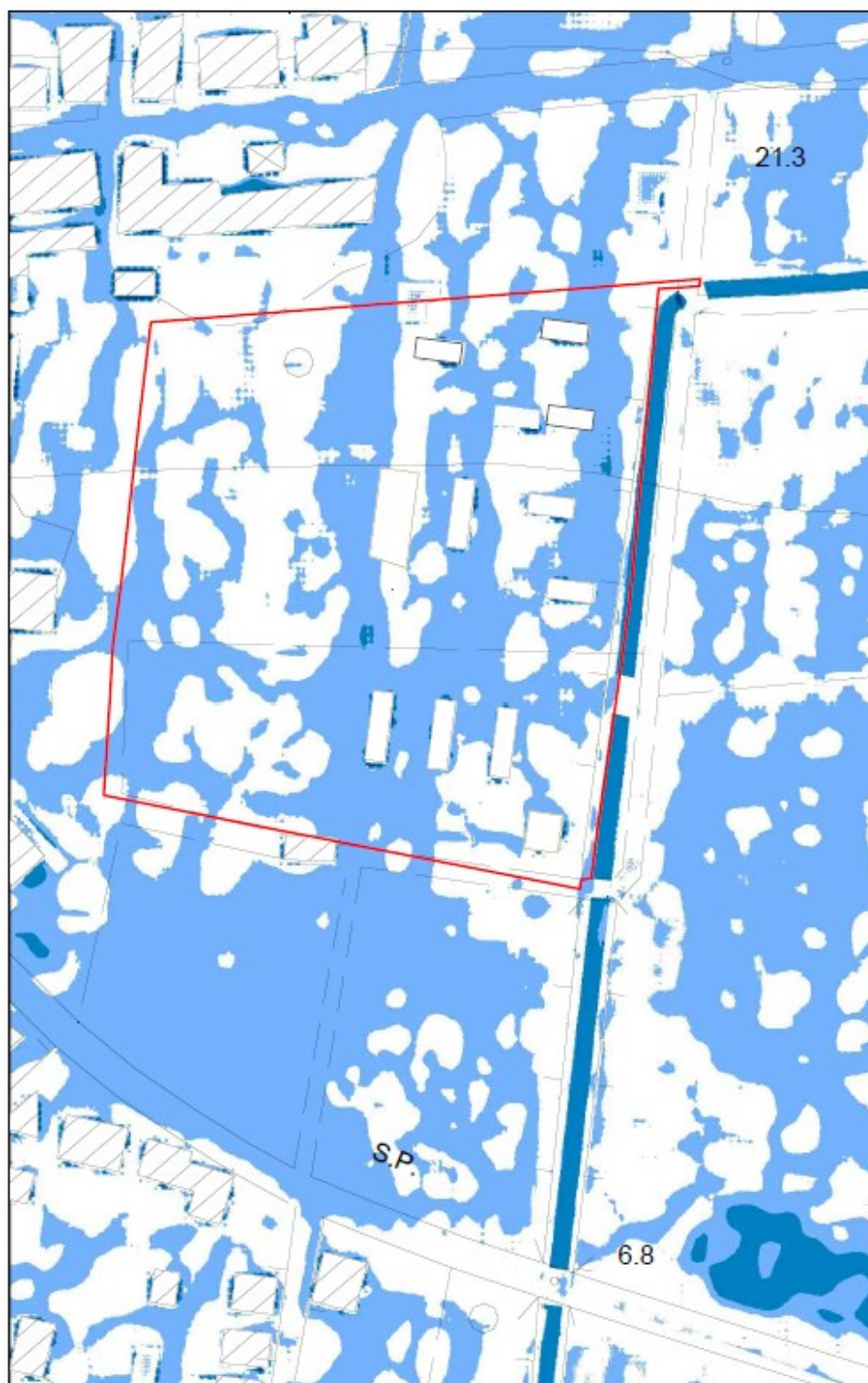


AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

$v < 2\text{m/s}$

$v \geq 2\text{m/s}$

MAPPA DELLA VELOCITÀ TR300 ANTE OPERA



 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

 P1 PERICOLOSITÀ BASSA

 P2 PERICOLOSITÀ MODERATA

MAPPA PERICOLOSITÀ TR300 POST OPERA



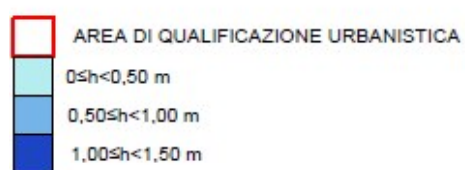


 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

 R1 RISCHIO MODERATO

 R2 RISCHIO MEDIO

MAPPA DEL RISCHIO TR300 POST OPERA



MAPPA DEI TIRANTI IDRICI TR300 POST OPERA



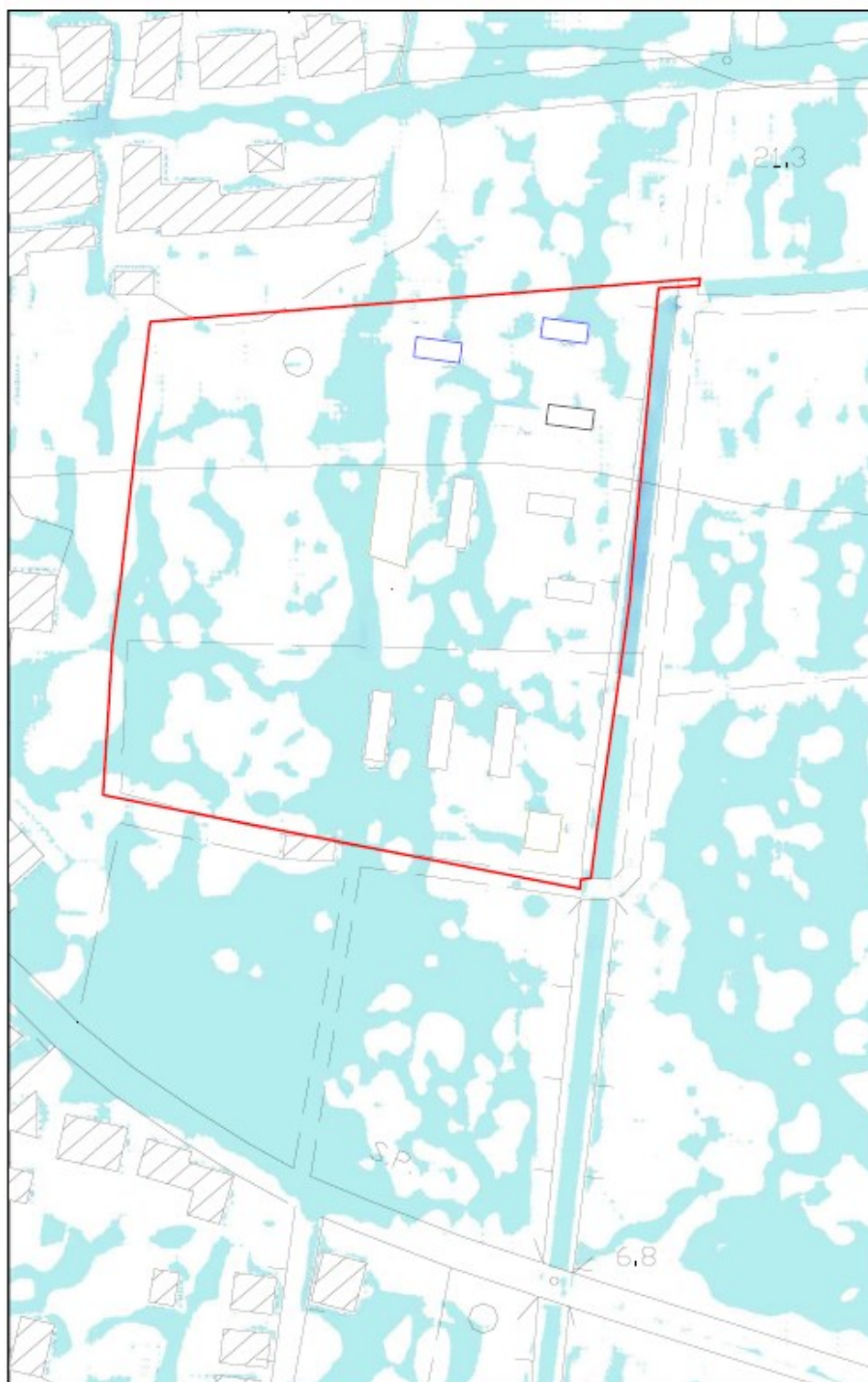


 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

  $v < 2 \text{ m/s}$

  $v \geq 2 \text{ m/s}$

MAPPA DELLA VELOCITÀ TR300 POST OPERA

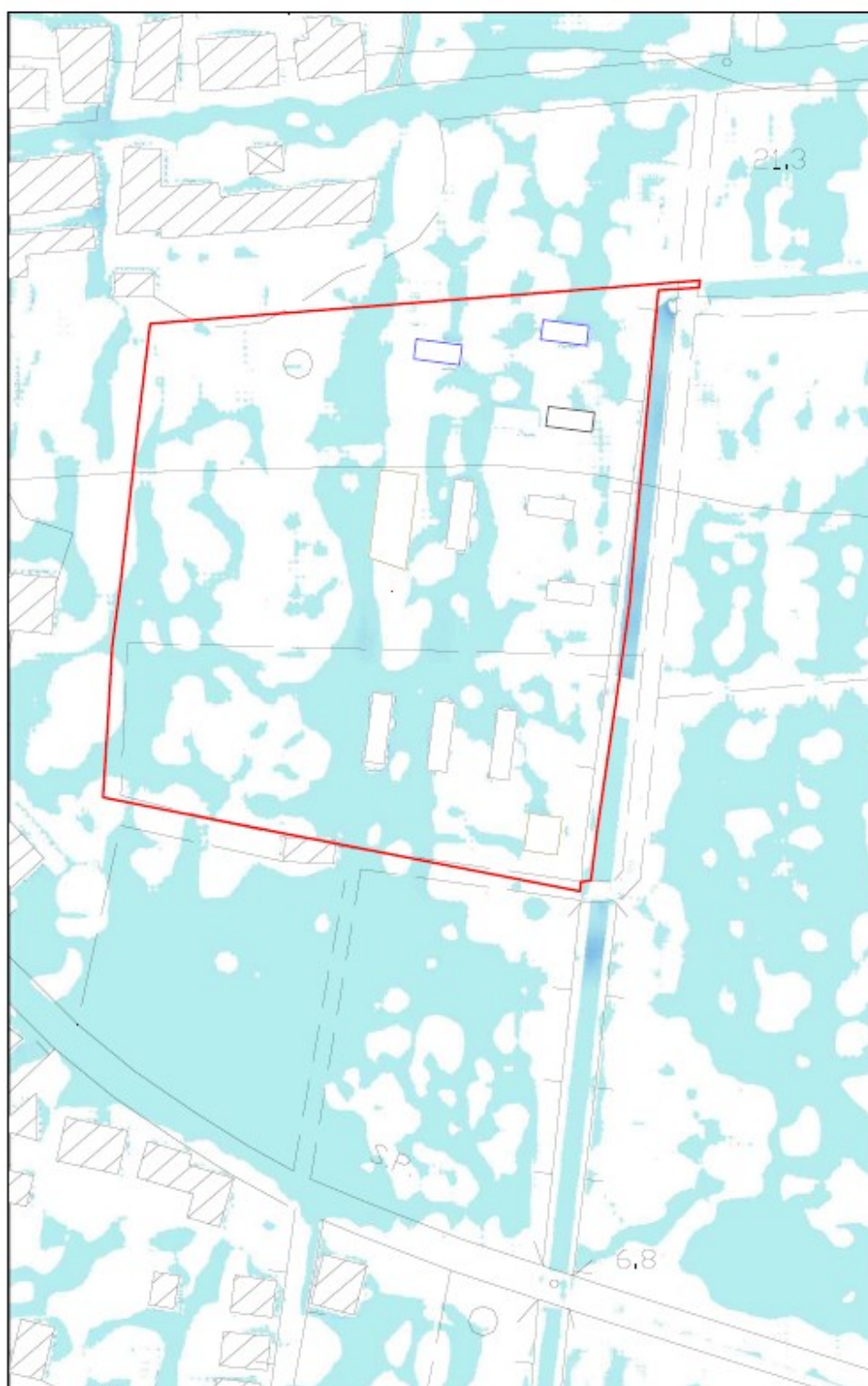


 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

  $h < 0,50 \text{ m}$

MAPPA DELLA DIFFERENZA DEI TIRANTI IDRICI POST OPERA ANTE OPERA TR50

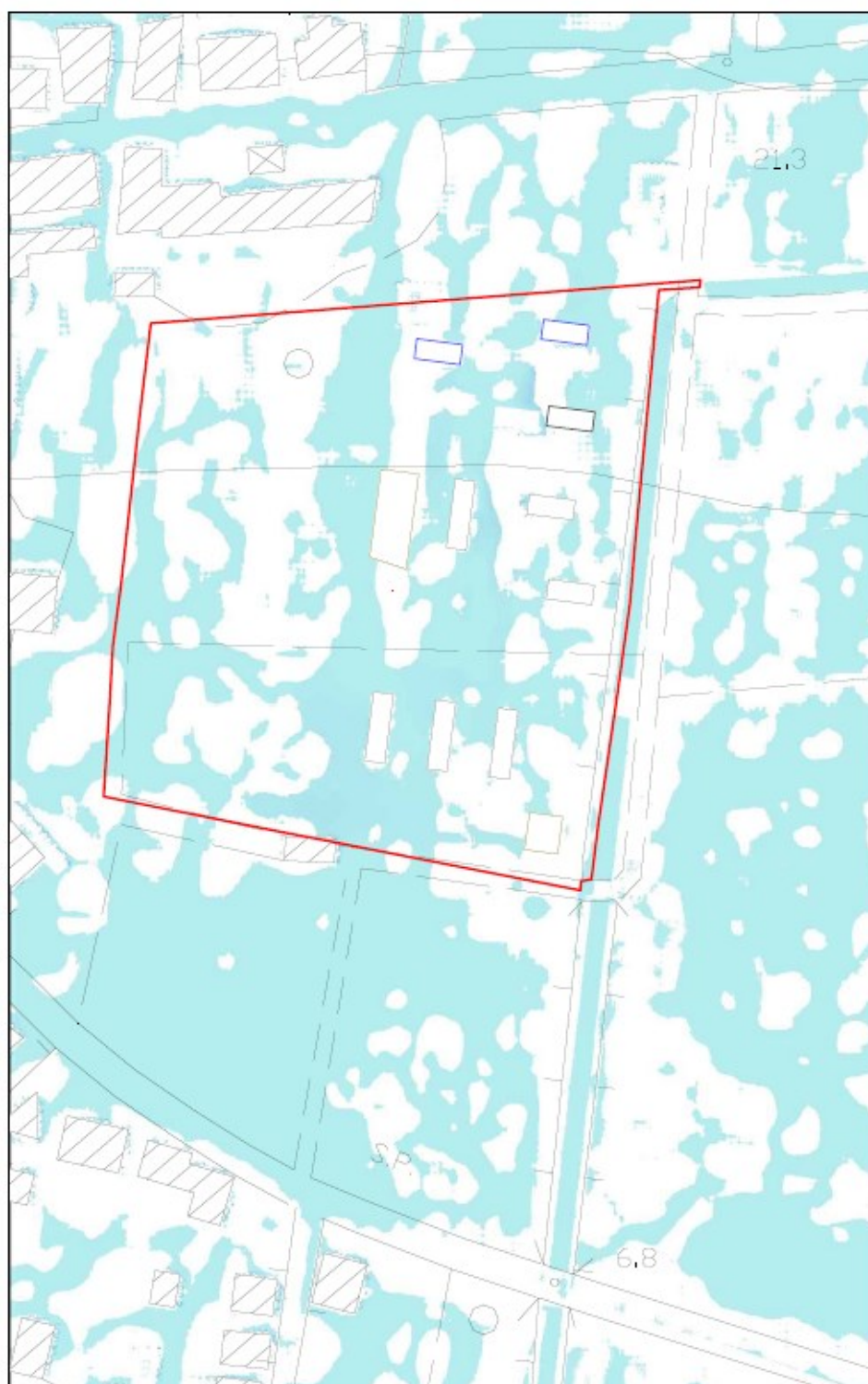




 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

  $h < 0,50 \text{ m}$

MAPPA DELLA DIFFERENZA DEI TIRANTI IDRICI POST OPERA ANTE OPERA TR100



 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

  $h < 0,50 \text{ m}$

MAPPA DELLA DIFFERENZA DEI TIRANTI IDRICI POST OPERA ANTE OPERA TR300





 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

  $v < 2 \text{ m/s}$

MAPPA DELLA DIFFERENZA DELLA VELOCITÀ POST OPERA ANTE OPERA TR50



 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

  $v < 2$  m/s

MAPPA DELLA DIFFERENZA DELLA VELOCITÀ POST OPERA ANTE OPERA TR100





 AREA DI QUALIFICAZIONE URBANISTICA

  $v < 2$  m/s

MAPPA DELLA DIFFERENZA DELLA VELOCITÀ POST OPERA ANTE OPERA TR300