

Levant Wind S.r.l.

**Parco Eolico "Levant" sito nei comuni di:
Buseto Palizzolo, Erice e Valderice**

**STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED
IDRAULICA E ALLEGATI**

Giugno 2022



Committente:

Levant Wind S.r.l.

Levant Wind S.r.l.
Via Sardegna, 40
00187 Roma
P.IVA/C.F. 1618113100

Titolo del Progetto:

Parco Eolico "Levant" sito nei Comuni di: Busetto Palizzolo, Erice e Valderice

Documento:

**STUDIO DI COMPATIBILITA'
IDROLOGICA ED IDRAULICA E ALLEGATI**

N° Documento:

IT-VESLVT-TEN-GEN-TR-07

Progettista:



sede legale e operativa
San Martino Sannita (BN) Località Chianarile snc Area Industriale
sede operativa
Lucera (FG) via Alfonso La Cava 114
P.IVA 01465940623
Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Progettista
Dott. Ing. Nicola FORTE

Consulente per la progettazione
Dott. Ing. Gaetano PUELLA
Dott. Ing. Salvatore PRIOLO
Geo Tecnologie srl: Dott. Ing. Elena PIERRI



| Rev | Data Revisione | Descrizione | Redatto | Controllato | Approvato |
|-----|----------------|--------------|---------|-------------|-----------|
| 00 | Giugno 2022 | Richiesta AU | EP | PM | NF |
| | | | | | |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INQUADRAMENTO GENERALE..... | 2 |
| 1.1 | Premessa..... | 2 |
| 1.2 | Interventi previsti | 3 |
| 1.3 | Impostazione dello studio idraulico | 5 |
| 1.4 | Inquadramento generale dell’assetto dell’area. Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici..... | 10 |
| 2 | STUDIO IDROLOGICO | 12 |
| 2.1 | Impostazione metodologica..... | 12 |
| 2.2 | Analisi geomorfologica | 13 |
| 2.3 | Analisi pluviometrica | 15 |
| 2.4 | Calcolo della c.p.p. | 19 |
| 2.5 | Caratterizzazione del tempo di risposta e della potenzialità al deflusso dei bacini | 20 |
| 2.5.1 | Metodo del CN..... | 20 |
| 3 | STUDIO IDRAULICO..... | 25 |
| 3.1 | Analisi delle criticità | 26 |
| 3.1.1 | Analisi della sicurezza idraulica dell’area | 26 |
| 3.1.2 | Software di calcolo..... | 27 |
| 3.1.3 | Implementazione del modello per il Bacino 0 | 32 |
| 3.1.4 | Implementazione del modello per il Bacino 4 | 40 |
| 3.1.5 | Implementazione del modello per il Bacino 5 | 46 |
| 3.1.6 | Implementazione del modello per il Bacino 6 | 53 |
| 3.1.7 | Implementazione del modello per il Bacino 7 | 59 |
| 3.1.8 | Implementazione del modello per il Bacino 8 | 65 |
| 3.2 | Ulteriori adeguamenti progettuali e relative verifiche | 70 |
| 4 | REALIZZAZIONE TOC-MODALITÀ OPERATIVE..... | 75 |
| 5 | ACCORGIMENTI PER SCAVI A CIELO APERTO | 76 |
| 6 | INVARIANZA IDRAULICA DELLE OPERE IN PROGETTO..... | 77 |
| 7 | CONCLUSIONI..... | 78 |

1 INQUADRAMENTO GENERALE

1.1 Premessa

Con riferimento al progetto per la realizzazione di un impianto eolico di un impianto eolico costituito da undici aerogeneratori della potenza unitaria di 6,00 MW modello Vestas-V162, per una potenza complessiva di impianto pari a 66,00 MW con il presente studio si forniscono alcuni approfondimenti di carattere idrologico ed idraulico in ragione delle problematiche idrauliche esistenti nella zona di intervento.

L'installazione insisterà nei comuni di Buseto Palizzolo (TP), Erice (TP) e Valderice (TP) alle località "Menta", "Carrubazza", "Timpone Tangi", con opere di connessione ricadenti sugli stessi territori comunali, proponente dell'iniziativa è la società LEVANT WIND s.r.l. con sede in Via Sardegna 40, 00187 Roma (RM).

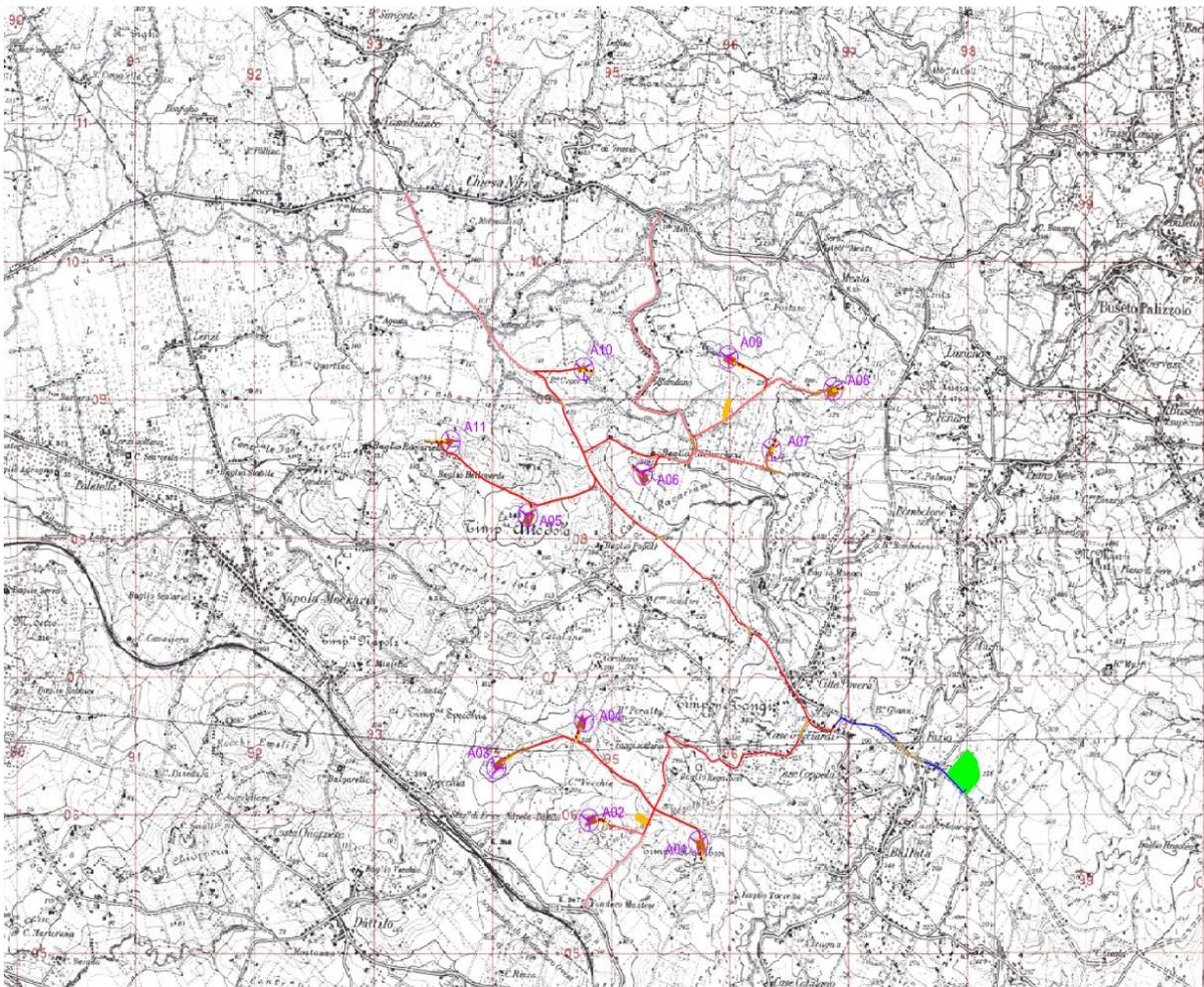


Figura 1 Inquadramento impianto eolico con relative opere connesse e di connessione su IGM 1:25.000

1.2 Interventi previsti

Il progetto prevede l'installazione di 11 aerogeneratori ognuno di potenza nominale pari a 6,00 MW per una potenza complessiva dell'impianto di 66 MW. L'aerogeneratore previsto in progetto è il modello V162-6.0 MW della Vestas con altezza al mozzo pari a 125 metri e diametro del rotore pari a 162 metri.

L'impianto ricade sul territorio dei comuni di Erice, Valderice e Busetto Palizzolo in provincia di Trapani. In particolare, gli aerogeneratori denominati con le sigle A01, A02, A03, A04, ricadono sul territorio di Erice in località "Timpone Tangi", gli aerogeneratori denominati con le sigle A05, A06, A10, A11 ricadono sul territorio di Valderice in località "Carrubazza", mentre gli aerogeneratori denominati A07-A08-A09 ricadono sul territorio del comune di Busetto Palizzolo in località "Menta".

Il layout d'impianto si suddivide in due raggruppamenti: il primo raggruppamento riguarda le torri A01-A02-A03-A04 che si dispongono su due linee parallele ognuna costituita da due aerogeneratori; il secondo raggruppamento si colloca più a nord e si organizza sempre su due linee la prima costituita dalle torri A05-A06-A07 e la seconda dalle torri A08-A09-A10-A11.

Le aree d'impianto sono servite dalla viabilità esistente che in parte verrà adeguata e in parte verrà integrata con tratti di nuova realizzazione. In particolare, il punto di installazione delle torri A01-A02-A03-A04 è raggiungibile percorrendo la SS113 e, una volta superata la frazione Specchia del comune di Erice in direzione Fulgatore, imboccando la viabilità locale in direzione di strada vicinale "Calvano Recalbesi Torretta Ballata". Il punto di installazione delle torri A05-A10 e A11 è raggiungibile percorrendo Contrada "Carrubazza" che si snoda a partire dalla SP52 in corrispondenza delle frazioni Chiesa Nuova e Crocci del comune di Valderice. A partire dalla Sp36, il punto di installazione della torre A06 è raggiungibile imboccando la strada vicinale "Racarrume" in direzione sud/ovest, mentre il punto di installazione delle torri A08 e A09 è raggiungibile imboccando la stessa strada vicinale in direzione nord/ovest. Il punto di installazione della torre A07 è raggiungibile imboccando una strada interpodereale che si snoda sempre dalla SP36 nei pressi dell'incrocio di quest'ultima con la strada vicinale "Racarrume".

Gli interventi di sistemazione/adeguamento della viabilità esistente consisteranno in sistemazione del fondo stradale o del manto di usura, e in allargamenti temporanei per garantire i dovuti raggi di curvatura per il transito dei mezzi. Gli interventi di adeguamento interni all'area parco sono raffigurati sugli elaborati progettuali. Ulteriori interventi sono specificati

nel report trasporti allegato al progetto (vedi elaborato IT-VESLVT-TEN-CIV-TR-01). I tratti di nuova viabilità consisteranno nella realizzazione di strade con finitura in massiciata che si raccorderanno alla viabilità esistente e consentiranno di raggiungere il punto di installazione degli aerogeneratori seguendo l'andamento orografico naturale.

In prossimità di ogni postazione di macchina è prevista la realizzazione di una piazzola le cui dimensioni, in accordo con le specifiche tecniche del fornitore dell'aerogeneratore, sono state definite in funzione dell'orografia dei luoghi, cercando di limitare al massimo le alterazioni morfologiche e di ridurre l'occupazione di superficie. Sono altresì previste opere temporanee di appoggio finalizzate alla erezione delle strutture costituenti gli aerogeneratori. Solo per alcuni aerogeneratori è prevista anche la realizzazione di una piazzola temporanea per lo stoccaggio delle pale.

Per la sola fase di costruzione sono previste due aree di cantiere con le funzioni di stoccaggio materiali e mezzi e di ubicazione dei baraccamenti necessari alle maestranze e alle figure deputate al controllo della realizzazione. Un'area è prevista in prossimità della torre A09 con accesso a partire dalla strada vicinale Racarrume. Una seconda area è prevista nei pressi della torre A02 con accesso diretto dalla viabilità locale esistente.

Si specifica che al termine dei lavori di realizzazione del parco eolico, le aree per il montaggio del braccio gru, le aree per lo stoccaggio pale, gli interventi di adeguamento puntuale della viabilità esistente e le aree di cantiere, come tutte le altre opere temporanee, saranno dismessi prevedendo la rinaturalizzazione delle aree e il ripristino allo stato ante operam.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in alta tensione AT a 36 kV interrato denominato "cavidotto interno" e che, seguendo la viabilità di nuova realizzazione ed esistente, trasferisce l'energia prodotta dall'impianto eolico verso la cabina di raccolta prevista sul territorio del comune di Erice, poco più a sud della frazione "Città Povera". A partire dalla cabina di raccolta si sviluppa un cavidotto AT a 36 kV interrato, denominato "cavidotto esterno", per il trasferimento dell'energia alla nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione a 150/36 kV della RTN prevista sul foglio 42 del comune di Buseto Palizzolo e da inserire in doppio entra- esce alle due linee RTN 150 kV "Buseto Palizzolo - Fulgatore" e "Buseto Palizzolo – Castellammare Golfo" previa la realizzazione di opere di rete. La stazione di trasformazione 150/36 kV sarà realizzata in prossimità di via Vincenzo Fazio su un'area posta a nord/est della frazione Ballata del comune di Erice.

1.3 Impostazione dello studio idraulico

Gli approfondimenti sull'assetto idraulico delle aree in esame saranno svolti con riferimento a tutte le opere elencate al paragrafo precedente, ad eccezione dei tratti di strada da adeguare e gli allargamenti temporanei, in quanto, come già precisato innanzi, si tratta di opere provvisorie volte a consentire il solo transito dei mezzi per trasporto speciale in fase di montaggio dell'aerogeneratore, per poi ripristinare lo stato dei luoghi alle condizioni *ex ante*.

Dalla consultazione degli elaborati grafici si può notare, che:

- l'aerogeneratore n.A01 rientra in fascia di pertinenza fluviale così come la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio;
- l'aerogeneratore n.A08 rientra in fascia di pertinenza fluviale così come la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio;
- il cavidotto interrato interseca diversi reticoli idrografici.

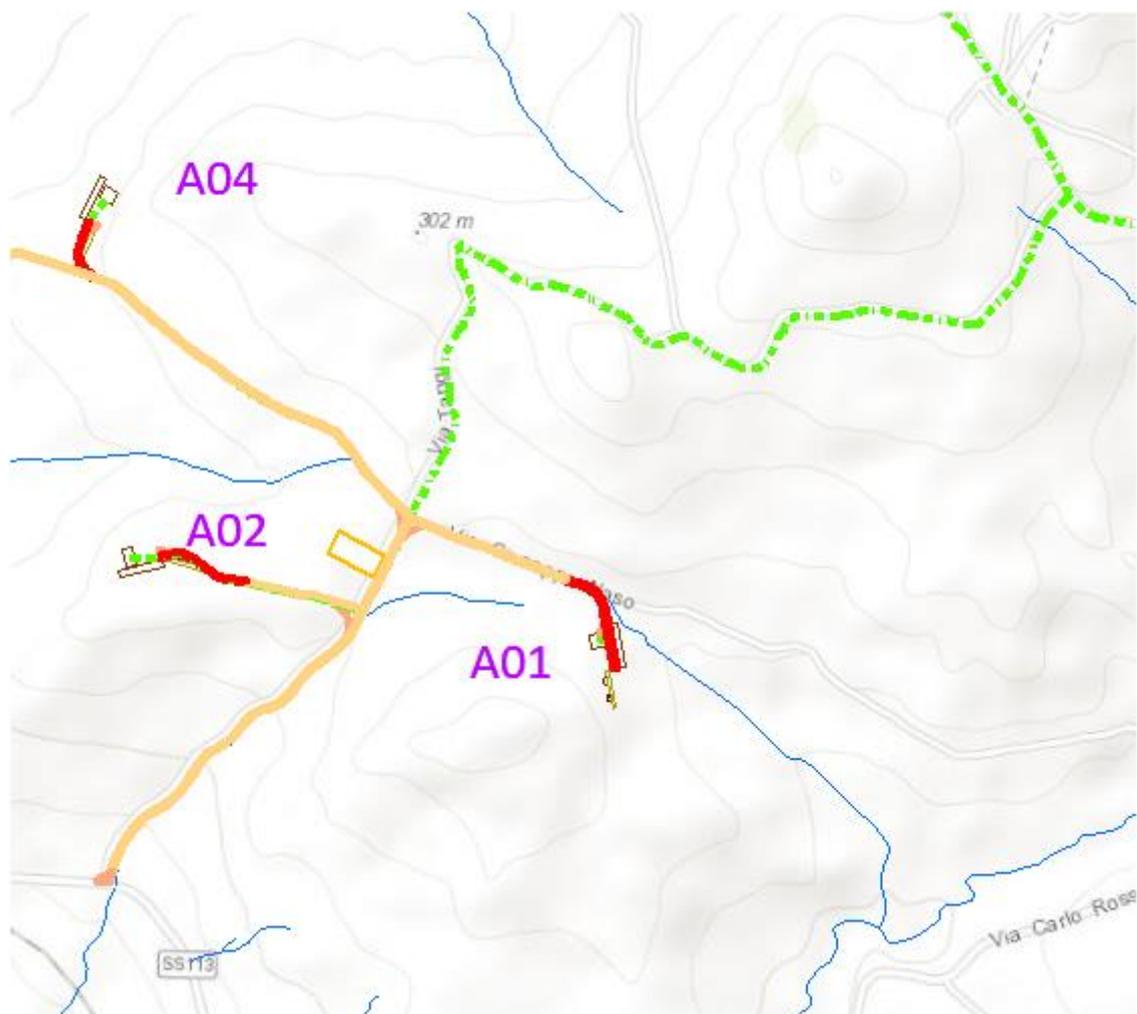


Figura 2 Dettaglio aerogeneratore A01(reticolo idrografico in blu)



Figura 3 Dettaglio aerogeneratore A08 (reticolo idrografico in blu)

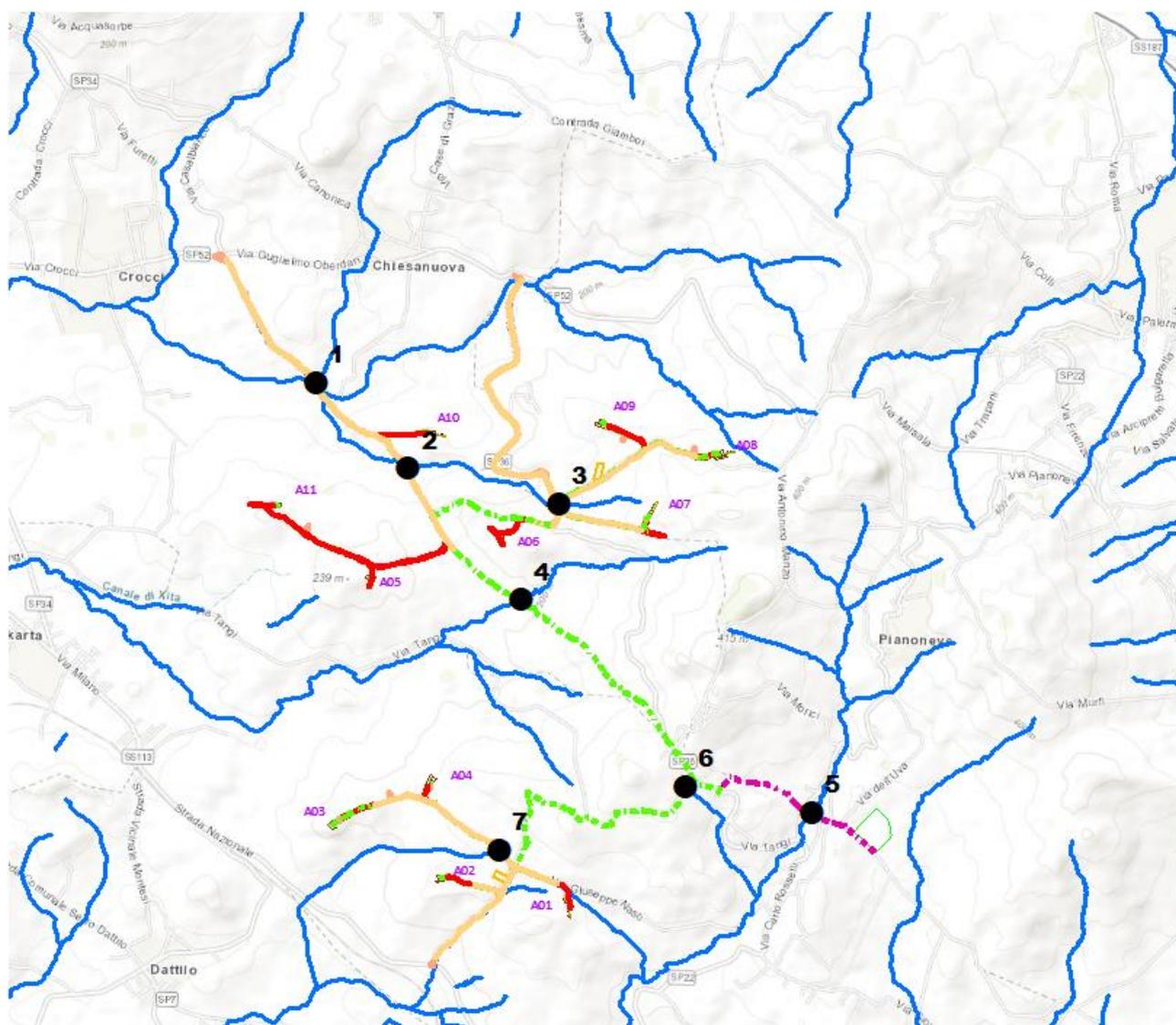


Figura 4 Planimetria intersezioni cavidotto(e/ o viabilità)/reticolo idrografico (intersezioni cerchio nero)

Il Piano stralcio di distretto per l'assetto idrogeologico, di seguito "piano" o "P.A.I.", costituisce, ai sensi dell'art. 67 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i., uno stralcio tematico e funzionale del Piano di Bacino Distrettuale previsto dall'art. 65 dello stesso decreto legislativo.

Il P.A.I. costituisce lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo sulla base del quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico, per prevenire fenomeni di dissesto geomorfologico, di alluvione, di erosione costiera e di inondazione marina e definire gli scenari di riferimento per le successive attività di prevenzione e tutela nella gestione del rischio da parte delle Amministrazioni competenti.

Il P.A.I. definisce lo scenario di riferimento a scala regionale delle situazioni di pericolosità geomorfologica, idraulica e di morfodinamica costiera ed è uno strumento (conoscitivo, normativo e tecnico-amministrativo) di supporto per le politiche di conservazione, difesa e valorizzazione del territorio, ai fini della mitigazione del rischio idrogeologico e della tutela della salute pubblica e dell'ambiente, nonché della salvaguardia degli insediamenti e delle infrastrutture.

Le finalità del PAI sono realizzate mediante:

- la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di difesa esistenti;
- la definizione degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la definizione di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo della evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

L'ambito territoriale di riferimento del P.A.I. è il Distretto Idrografico della Sicilia, previsto dall'art.51, comma 5, della legge n. 221 del 28 dicembre 2015. Attualmente il Distretto Idrografico della Sicilia è suddiviso in n. 102 bacini idrografici e aree territoriali (più 5 raggruppamenti di isole minori) per il P.A.I. geomorfologico e idraulico e n. 10 unità fisiografiche di primo ordine e n. 21 unità fisiografiche di secondo ordine lungo le coste siciliane (e di n. 5 unità fisiografiche di primo e secondo ordine per le isole minori) ai sensi delle Linee Guida del Tavolo Nazionale sull'Erosione Costiera del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (TNEC MATTM-Regioni).

Prescrizioni del PAI

Le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI, in relazione alle condizioni idrauliche e geomorfologiche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, dettano norme per le aree di cui all'art.14 (relativamente all'assetto idraulico) e agli artt. 20, 21,22,23 e 24 (relativamente all'assetto geomorfologico).

In particolare, per l'assetto idraulico è specificato quanto segue:

L'Autorità competente individua le fasce di pertinenza fluviale, come definite nel precedente articolo 5.

I soggetti gestori delle dighe di ritenuta o delle traverse idrauliche valutano, secondo quanto previsto dalla normativa vigente, la massima portata transitabile in alveo, a valle dello sbarramento, che risulti contenuta nella fascia di pertinenza fluviale e il cui valore non dovrà essere superato nel corso delle manovre ordinarie degli organi di scarico.

L'Autorità competente provvede ad individuare, per i corsi d'acqua principali e per gli affluenti principali le fasce fluviali, partendo dalla sezione fluviale che sottende un bacino idrografico con superficie almeno superiore a 10 km², sulla base degli studi e delle indicazioni metodologiche fornite in merito da ISPRA e dalle istituzioni scientifiche.

Nelle more dell'individuazione delle fasce fluviali previste dal comma precedente l'Autorità competente provvede ad individuare in via provvisoria, per gli stessi corsi d'acqua sopracitati, le fasce fluviali così come di seguito definite:

- a) fascia fluviale A: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 50 anni;
- b) fascia fluviale B: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 100 anni non compresa nella fascia A;
- c) fascia fluviale C: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 300 anni non compresa nelle fasce A e B.

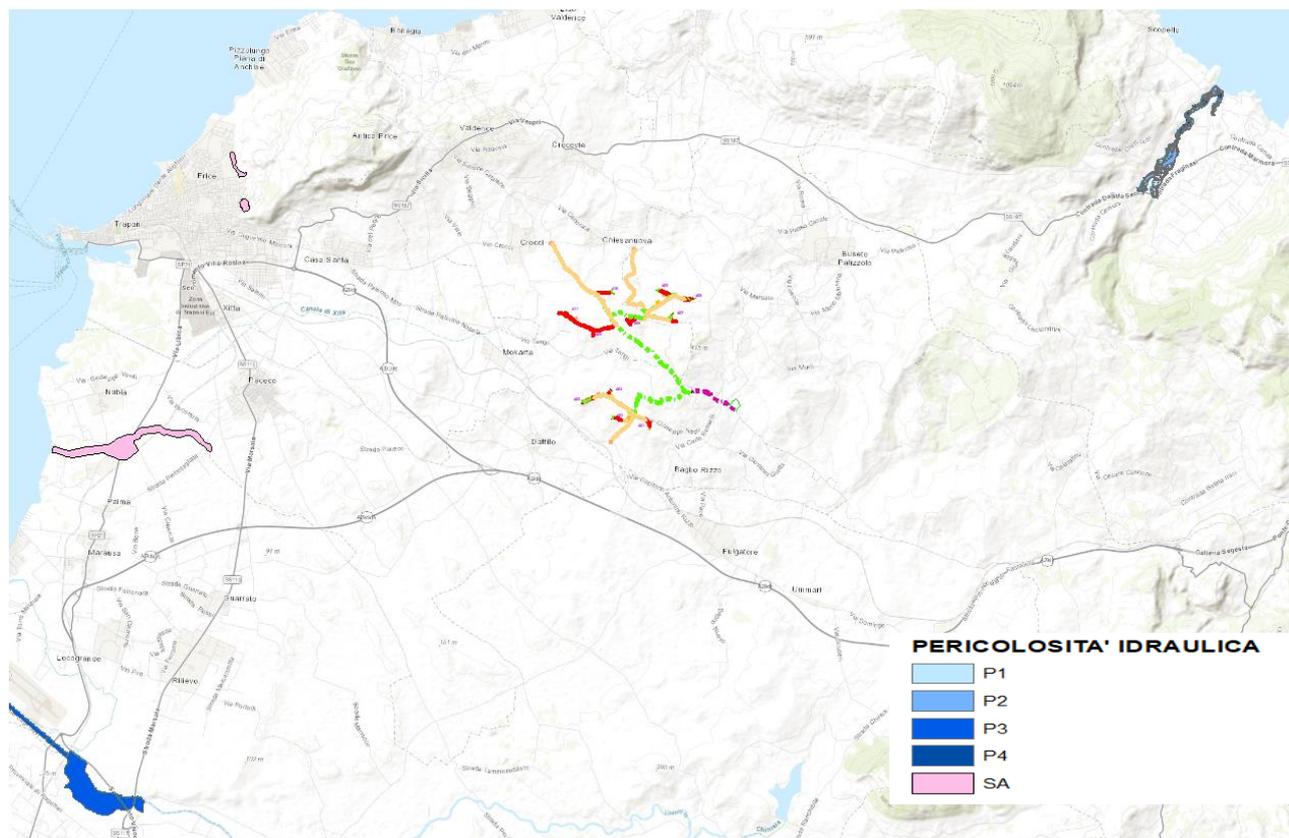


Figura 5 Inquadramento rispetto al PAI

Dalla consultazione degli elaborati grafici si può notare che le aree di progetto non sono interessate da alcun vincolo, tuttavia come già evidenziato:

- l'aerogeneratore n.A01 rientra in fascia di pertinenza fluviale così come la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio;
- l'aerogeneratore n.A08 rientra in fascia di pertinenza fluviale così come la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio;
- il cavidotto interrato interseca diversi reticoli idrografici.

Trattandosi di realizzazione di nuove infrastrutture a rete di interesse pubblico non diversamente localizzabili gli stessi sono sempre consentiti a prescindere dall'esistenza del vincolo di pericolosità idraulica di qualsiasi grado, tuttavia 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.

Si precisa che tutti i cavidotti sono interrati e che pertanto gli stessi non hanno alcuna influenza sul regime idraulico dell'area.

1.4 Inquadramento generale dell'assetto dell'area. Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici

Il territorio di interesse ricade quasi interamente all'interno del bacino idrografico del fiume Lenzi-Baiata. Il bacino del Fiume Lenzi-Baiata è ubicato all'estremità occidentale dell'Isola e si sviluppa interamente nel territorio della Provincia di Trapani con una estensione di circa 130 km².

Esso comprende i territori comunali di Trapani, Erice, Valderice, Paceco e Buseto Palizzolo.

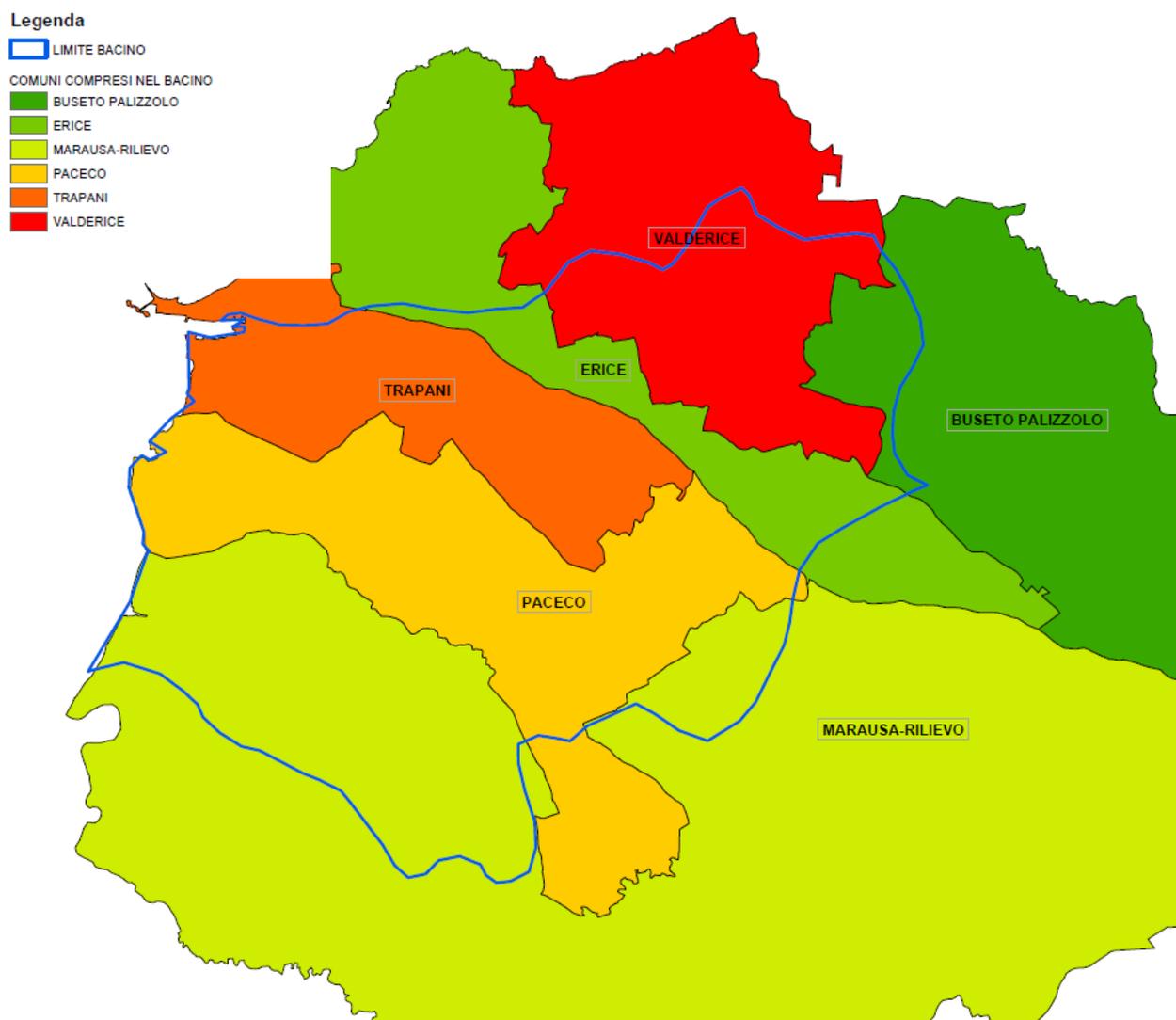


Figura 6 Bacino idrografico Lenzi Baiata

L'area compresa entro il bacino idrografico presenta una morfologia complessiva caratterizzata da deboli pendenze e forme dolci e arrotondate che, raramente, superano i 300 m slm. Le quote più elevate si hanno ai margini settentrionale ed orientale del bacino, dovesi sviluppano le pendici rocciose di Monte Erice (761,5 m slm), Monte Luziano (476,9 m slm) e Monte Giamboi (297 m slm). In tale settore del bacino si hanno pendenze più elevate e morfologie più articolate, da molto

ripide e scoscese, con tratti subverticali, ad acclivi o mediamente acclivi con morfologie regolari. In tutto il settore centro-settentrionale e meridionale si hanno, invece, deboli pendenze con forme dolci e arrotondate mediamente comprese tra le quote 50 e 150 m slm. Dalle blande pendici, che in generale caratterizzano il bacino, si ergono, a zone, alture collinari isolate che talora superano di poco i 200 m slm, quali: Timpone Alto Iola (243 m slm), M. Serro (216 m slm), Timpone Castellazzo (120 m slm). Le aree di pianura sono da ricollegare alle ampie piane alluvionali dei Fiumi Lenzi e Baiata. Esse sono localizzate nel settore centrale del bacino, tra le frazioni di Crocci e Balatella, dove si sviluppa l'ampia piana alluvionale del F. Lenzi, nel settore meridionale ad Est di Paceco, dove si sviluppa la più modesta piana alluvionale del F. Baiata e all'estremità occidentale del bacino, nel settore compreso tra gli abitati di Trapani e Paceco e le saline costiere, dove si ha un'ampia piana alluvionale attraversata dai tratti canalizzati dei Fiumi Lenzi e Baiata, i quali, poco a monte delle saline, confluiscono nel Canale di Baiata. Il bacino imbrifero presenta la forma di un quadrilatero irregolare allungato in senso E-W e si estende complessivamente su una superficie di circa 130 Km². La rete idrografica è caratterizzata da due corsi d'acqua principali, il F. Lenzi a Nord ed il F. Baiata più a Sud, che confluiscono ad Ovest dell'abitato di Paceco, dando luogo ad un unico corpo idrico interamente canalizzato, il Canale di Baiata. Quest'ultimo sfocia a mare in corrispondenza dell'area delle Saline di Trapani, pochi chilometri a Sud dell'area portuale. Lo spartiacque fra F. Lenzi e F. Baiata si sviluppa lungo le alture di Monte Serro, Rocche Emilio, Baglio Vecchio e Baglio Peralta.

Il Fiume Lenzi trae origine dai versanti collinari presenti a Sud-Est di Valderice e a Sud- Sud-Ovest di Buseto Palizzolo, tra i quali emerge il rilievo del Monte Luziano e, con uno sviluppo complessivo di circa 18 Km e andamento abbastanza regolare, scorre con direzione prevalente Est-Ovest. L'affluente principale è il Torrente Lenzi, suo tributario di destra, che drena l'area settentrionale del bacino imbrifero, confluendo nell'asta principale nel tratto mediano del bacino, poco ad Ovest della borgata di Napola-Mockarta. Dopo l'immissione del Torrente Lenzi, il Fiume Lenzi prosegue, sempre verso Ovest, in direzione della linea di costa. Il tratto terminale del fiume, a partire dall'abitato di Xitta e fino alla foce, è canalizzato artificialmente (Canale di Xitta).

L'altra asta fluviale principale, il Fiume Baiata, si origina dalle pendici collinari poste ai margini meridionali del bacino idrografico e, nel suo basso corso, è anch'esso canalizzato.

Esso convoglia le acque provenienti dalla zona meridionale del bacino e riversa le sue acque nel tratto prefociale canalizzato del Canale di Baiata, pochi chilometri ad Ovest del paese di Paceco. Lungo il suo corso è stato realizzato un invaso, denominato Paceco, che raccoglie parte dei deflussi del bacino del Baiata e parte del bacino indiretto del Lenzi.

L'invaso artificiale, oltre a consentire l'accumulo di risorse idriche per usi irrigui, ha la funzione di laminare le piene a salvaguardia della città di Trapani e del suo retroterra.

Ai corsi d'acqua citati si aggiunge una rete idrografica minore data da torrenti e fossi che si articolano con un pattern di tipo dendritico. I corsi d'acqua citati presentano tutti un regime idrologico marcatamente torrentizio, con deflussi naturali, nei periodi asciutti, molto modesti o esigui per i principali e, addirittura nulli, per gli altri.

La zona prefociale del bacino del Lenzi-Baiata è caratterizzata dalla presenza di ampie zone adibite a saline, poste a quote che di rado superano i 10 m s.l.m. Tale area, denominata Margi di Xitta, si estende per circa 680 ha e comprende gli stagni di Paceco e la zona Calderaro. L'area dei Margi di Xitta nei primi anni del 1900 fu parzialmente bonificata mediante la costruzione di canali di scolo e l'inalveamento del Lenzi e del Baiata che, quindi, nel loro tratto terminale si presentano canalizzati artificialmente, già a partire dalla zona dei centri abitati di Paceco e Xitta.

2 STUDIO IDROLOGICO

2.1 Impostazione metodologica

Il criterio per affrontare lo studio idrologico dell'area in esame è stato scelto in conformità con le N.T.A. del PAI dell'Autorità di Bacino della Sicilia, che attribuiscono ad eventi con tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni la verifica per il requisito della "sicurezza idraulica".

Lo studio è stato condotto secondo le seguenti fasi:

- reperimento della cartografia di base (I.G.M. in scala 1:25.000, rilievi aerofotogrammetrici in scala 1:5.000 ed ortofoto) e del modello digitale del terreno (DEM) della Regione Sicilia;
- individuazione del bacino idrografico;
- definizione delle caratteristiche fisiografiche del bacino (superficie, altitudine media, minima e massima, lunghezza massima e pendenza media dei versanti);
- analisi della piovosità sulla base delle curve di possibilità pluviometrica relative alle zone omogenee di pioggia in cui i bacini, definite negli studi "VAPI-Sicilia" attraverso le procedure di regionalizzazione dei dati osservati delle precipitazioni intense, ed indicate come metodologia di riferimento nel PAI;
- determinazione delle grandezze idrauliche con tempo di ritorno di 300 anni.

2.2 Analisi geomorfologica

Lo studio geomorfologico è stato affrontato, come già rappresentato, con l'ausilio della carta I.G.M. in scala 1:25000 e delle Ortofoto CGR in scala 1:2000. Sono state poi acquisite le carte tecniche aereofotogrammetriche delle zone di interesse in scala 1:5000, delle quali si sono utilizzati tutti i dati vettorializzati utili ai fini di una completa rappresentazione del territorio indagato. I dati a disposizione sono stati elaborati tramite l'applicazione di software GIS. Infine, si è fatto uso della carta geolitologica della Sicilia e della carta dell'uso del suolo. Come già evidenziato in precedenza, tutta l'area in esame si vede interessata da una certa rete drenante che consente l'allontanamento ed il collettamento delle acque meteoriche.

Al fine di assicurare la necessaria rappresentatività allo studio, il criterio inizialmente stabilito per estrapolare la significatività delle modellazioni idrologiche ed idrauliche con specifico riguardo alla zona di cui trattasi, è stato quello di indagare, ad una scala di dettaglio spinto, su un'area molto più ampia di quella strettamente interessata dagli interventi. L'area di studio è interessata dalla presenza di una vasta rete idrografica esoreica in parte già studiata e perimetrata dall'Autorità di bacino competente.

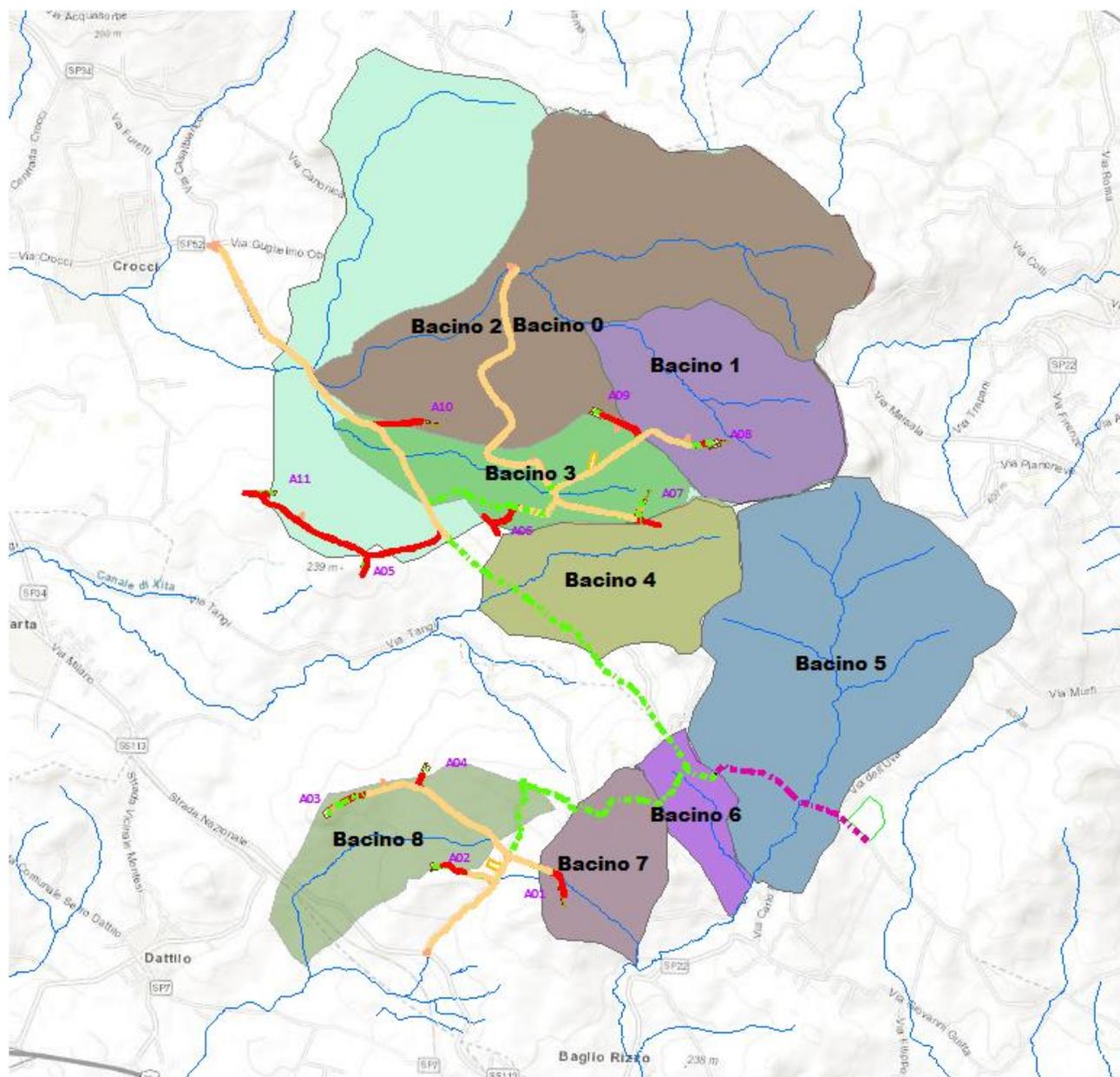


Figura 7 Individuazione bacini idrografici

Le caratteristiche fisiografiche dei bacini idrografici individuati, in cui ricade l'area di interesse (nell'ordine: pendenza media dei versanti, quota minima, massima e media s.l.m., lunghezza totale dell'asta alla cresta spartiacque), sono riportate nella tabella a seguire.

| CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE BACINI IDROGRAFICI | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Bacino | Area (Km ²) | Slave (%) | H _{min} (m s.l.m.) | H _{max} (m s.l.m.) | H _{ave} (m s.l.m.) | L _{max} (Km) |
| 0 | 11.81 | 14.97 | 96.841 | 475.771 | 224.68 | 4.72 |

| | | | | | | |
|----------|------|-------|--------|---------|--------|------|
| 1 | 1.87 | 18.39 | 175.87 | 475.77 | 305.36 | 2.16 |
| 2 | 6.76 | 16.16 | 102.55 | 475.771 | 248.76 | 4.38 |
| 3 | 1.15 | 14.17 | 118.23 | 376.35 | 220.28 | 2.65 |
| 4 | 1.6 | 17.29 | 179.62 | 436.35 | 285.92 | 1.94 |
| 5 | 4.19 | 15.64 | 227.00 | 504.73 | 339.86 | 3.12 |
| 6 | 0.49 | 15.35 | 219.73 | 367.53 | 288.15 | 1.32 |
| 7 | 0.93 | 13.03 | 196.65 | 378.54 | 272.22 | 1.36 |
| 8 | 1.43 | 13.50 | 114.17 | 327.13 | 205.72 | 2.19 |

Effettuato lo studio morfologico dei bacini in esame, è ora possibile individuare, in base alle caratteristiche che gli stessi presentano, la metodologia più idonea per le successive analisi idrologiche con l'approccio più oggettivo.

2.3 Analisi pluviometrica

In linea con quanto stabilito in merito agli indirizzi forniti dal D.P.C.M 29.09.1998, si è deciso di effettuare la determinazione della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) dei bacini in studio, con riferimento agli eventi di pioggia di breve durata, attraverso la metodologia propria del progetto Va. Pi. Sicilia, progetto all'interno del quale ricade anche l'area di studio.

Il Progetto VAPI (VALutazione PIene) sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali e delle piogge intense secondo criteri omogenei.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica). La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di

alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico G_t delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata t sia costante per la regione Sicilia. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri e sono $\Theta^* = 2.24$ e $\Lambda^* = 0.71$ costanti ed indipendenti dalla durata t .

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee: Z0 -Z5, Z1, Z2, Z3, Z4. A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro λ_1 (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo Λ_1 , che risulta indipendente dalla durata. Le sottozone Z0 e Z5, possono anche essere "unite" e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro Λ_1 .

In ogni sottozona la variabile adimensionale $h'_{t,T} = h_t/\mu$ (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media μ della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h'_{t,T} = K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

In tale relazione i coefficienti a e b sono stati tarati in funzione della particolare sottozona :

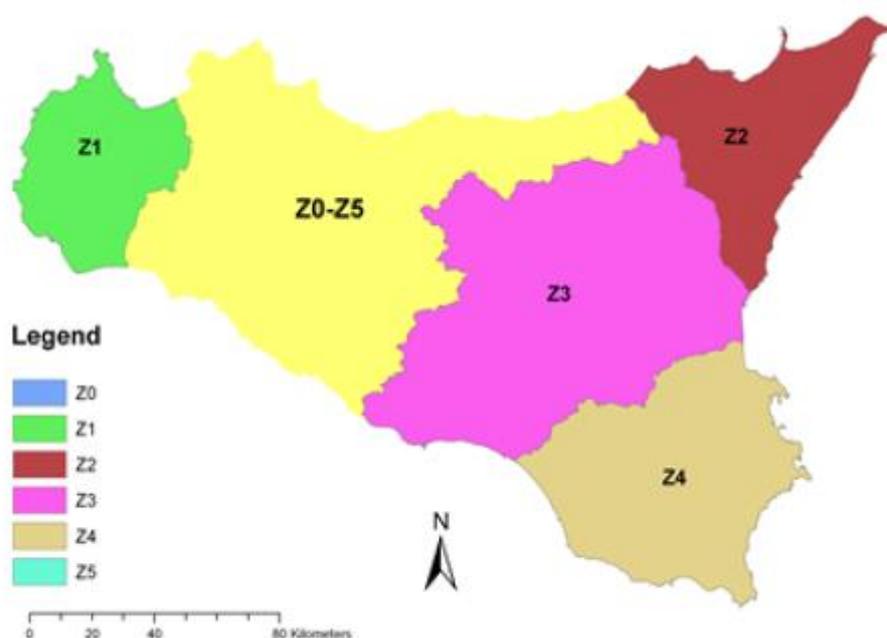


Figura 8 Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007)

K_t è definito fattore di crescita e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti a e b) e del tempo di ritorno T dell'evento meteorico.

| <i>Sottozona</i> <i>Parametro</i> | Z_0 | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 | Z_5 |
|--------------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Λ_1 | 24,429 | 19,58 | 17,669 | 14,517 | 15,397 | 24,402 |

Tabella 1 Valore del parametro Λ_1 per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

| <i>Sottozona</i> <i>Parametro</i> | $Z_0 - Z_5$ | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 |
|--------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| <i>a</i> | 0.4485 | 0.4695 | 0.4799 | 0.5011 | 0.4946 |
| <i>b</i> | 0.5117 | 0.4889 | 0.4776 | 0.4545 | 0.4616 |

Tabella 2 Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al, 2007).

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura.

Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t,T} = K_T \cdot \mu(t)$$

In cui $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T .

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica μ risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata t :

$$\mu(t) = a \cdot t^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti a ed n sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti a ed n possono essere stimati sulla base della carta delle iso- a e delle iso- n (Cannarozzo et al, 1995). Nelle figg. che seguono è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

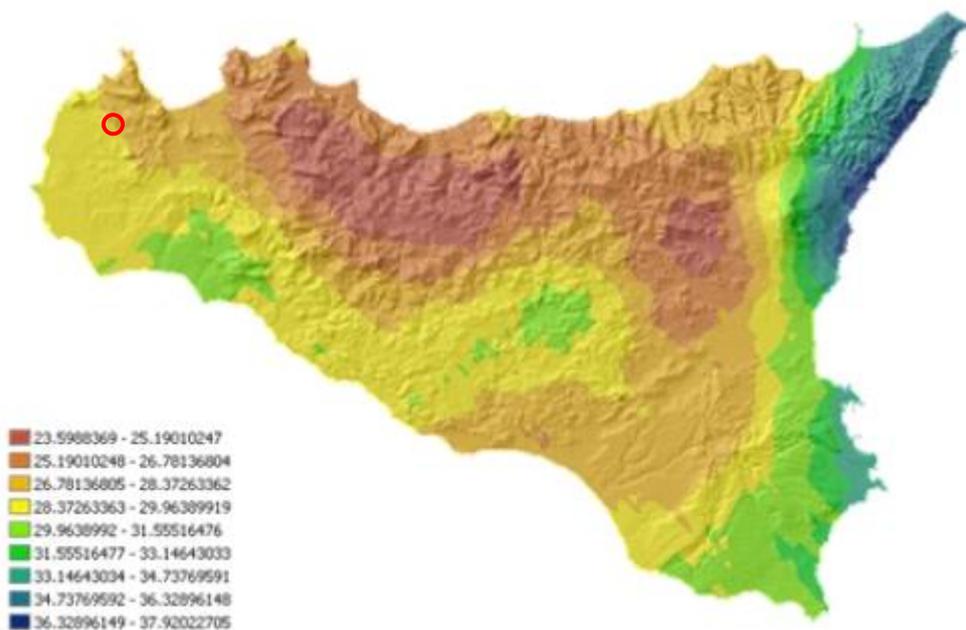


Figura 9 Valori dei coefficienti a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

○ Area di intervento

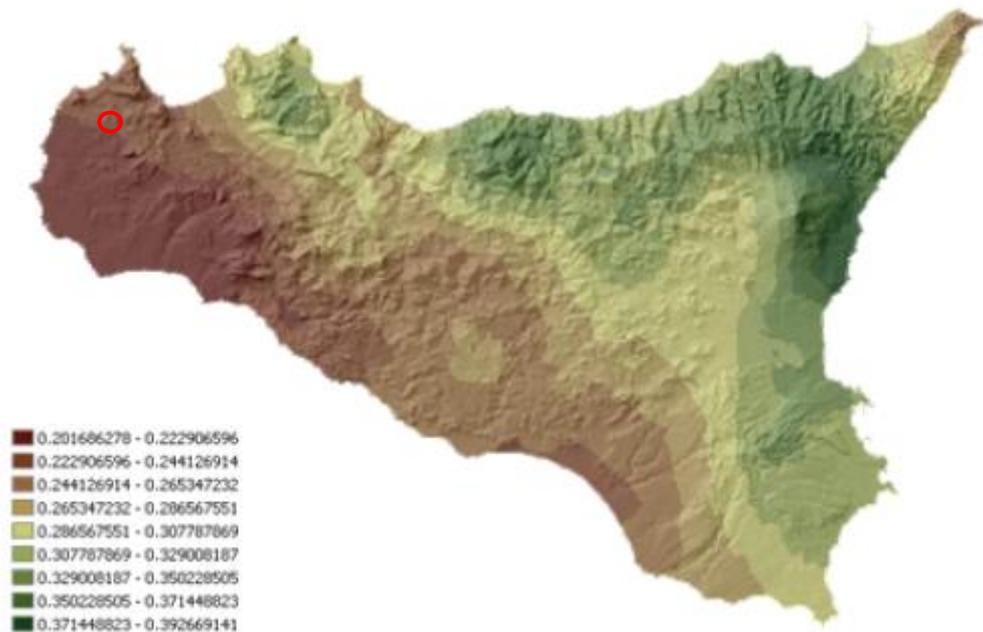


Figura 10 Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007).

○ Area di intervento

Sono quindi stati calcolati, per i tempi di ritorno di interesse i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata e la legge di probabilità pluviometrica.

2.4 Calcolo della c.p.p.

I bacini oggetto del presente studio si trovano nella sottozona pluviometrica omogenea Z1: il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti a e b (in base ai valori della tabella 2):

$$K_T = 0.4695 \ln(T) + 0.4889$$

In base al posizionamento geografico dell'intervento in oggetto, e facendo riferimento alle carte dei valori a ed n per il territorio siciliano (Lo Conti et al. 2007), sono stati stimati i valori di a ed n , nei seguenti valori:

$$a = 26,78$$

$$n = 0,2335$$

Di seguito si riportano i valori tabellati del fattore di crescita:

| Tempo di Ritorno (anni) | | | |
|-------------------------|------|------|------|
| 50 | | | |
| 100 | | | |
| 300 | | | |
| K _T | 2.32 | 2.65 | 3.16 |

Valori di K_T al variare del Tempo di Ritorno

2.5 Caratterizzazione del tempo di risposta e della potenzialità al deflusso dei bacini

Effettuato lo studio morfologico dei bacini in esame, è ora possibile individuare, in base alle caratteristiche che gli stessi presentano, la metodologia più idonea per le successive analisi idrologiche con l'approccio più oggettivo.

2.5.1 Metodo del CN

Nell'individuazione delle caratteristiche pluviometriche, riveste particolare importanza la scelta della durata dell'evento, che di norma si assume pari al tempo critico di risposta del bacino oggetto di studio, assimilabile al tempo di corrivazione. È quindi fondamentale la determinazione di detta grandezza che, deve essere desunta attraverso procedure appropriate alla tipologia del bacino. Le peculiarità dei sottobacini in esame spingono la scelta verso il metodo SCS, secondo il quale, il tempo di ritardo del bacino idrografico viene calcolato con la formula di Mockus, per cui:

$$t_r = 0.342 * (((L)^{0.8} / ((s)^{0.5}))) * (((1000/CN) - 9))^{0.7}$$

in cui s è la pendenza (%) del bacino ed L è la lunghezza massima dell'asta principale (Km).

Il passaggio dal tempo di ritardo al tempo di corrivazione del bacino avviene attraverso la seguente formula:

$$t_c = t_r / 0,6$$

Il metodo citato si basa innanzi tutto sulla determinazione del Curve Number (CN), parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità, intesa come caratteristica globale del tipo e dell'uso del suolo. La sua determinazione è ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e litologica dei suoli ed all'uso del suolo. Il suo valore è compreso tra 0 e 100 ed è diffusamente tabulato.

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II, e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm). Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena relative ad

eventi estremi, considerato che in occasione di queste ultime molto spesso il terreno del bacino soggetto all'evento meteorico si presenta in condizioni di elevato imbibimento e che il bacino in esame, nella parte di monte, ha pendenze elevate, si è preferito adottare il valore di CN corrispondente alla classe AMC-tipo III, legato alla classe standard dalla relazione:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 CN_{II}}$$

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi aventi, rispettivamente, potenzialità di deflusso scarsa (A), moderatamente bassa (B), moderatamente alta (C) e molto alta (D). La suddivisione in base al tipo di copertura o uso del suolo comprende, invece, diverse situazioni di aree caratterizzate da differenti morfologie (pascoli, terrazzamenti, etc.) varie coperture vegetali (boschi, praterie, parchi), condizioni di conservazione e destinazione d'uso (coltivazioni, parcheggi, distretti industriali o altro).

| Tipo idrologico di suolo | Descrizione |
|--------------------------|--|
| A | Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili. |
| B | Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione. |
| C | Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione. |
| D | Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici. |

Il bacino scolante viene analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso; si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino viene ricavato poi un valore medio pesato sulle sub aree del parametro CN:

$$CN = p_1 CN_1 + p_2 CN_2 + \dots + p_n CN_n$$

dove p_1, p_2, \dots, p_n sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a CN_1, CN_2, \dots, CN_n .

Nella individuazione e caratterizzazione delle zone omogenee si fa riferimento alla Carta dell'uso del suolo ed alle Carte litologiche.

Tabella 3.15 Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale e per condizioni medie di umidità antecedenti l'evento (AMCB)^[13].

| Destinazione | Sistemazione | Condizione idrica | A | B | C | D |
|--|------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| Incolto | | | 77 | 86 | 91 | 94 |
| Coltivazioni in filari | Rittochino | Povera | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | | Buona | 67 | 78 | 85 | 89 |
| | Girapoggio | Povera | 70 | 79 | 84 | 88 |
| | | Buona | 65 | 75 | 82 | 86 |
| Cereali da granella | Terrazzato | Povera | 66 | 74 | 80 | 82 |
| | | Buona | 62 | 71 | 78 | 81 |
| | Rittochino | Povera | 65 | 76 | 84 | 88 |
| | | Buona | 63 | 75 | 83 | 87 |
| Prati di leguminose o a rotazione | Girapoggio | Povera | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | | Buona | 61 | 73 | 81 | 84 |
| | Terrazzato | Povera | 61 | 72 | 79 | 82 |
| | | Buona | 59 | 70 | 78 | 81 |
| Prato permanente | Rittochino | Povera | 66 | 77 | 85 | 89 |
| | | Buona | 58 | 72 | 81 | 85 |
| | Girapoggio | Povera | 64 | 75 | 83 | 85 |
| | | Buona | 55 | 69 | 78 | 83 |
| Boschi | Terrazzato | Povera | 63 | 73 | 80 | 83 |
| | | Buona | 51 | 67 | 76 | 80 |
| | Prato permanente | Buona | 30 | 58 | 71 | 78 |
| | | Povera | 45 | 66 | 77 | 83 |
| Superfici impermeabili e superfici d'acqua | | Discreta | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | | Buona | 25 | 55 | 70 | 77 |
| | | | 74 | 84 | 90 | 92 |
| | | | 100 | 100 | 100 | 100 |

Figura 11 Tabella di sintesi che indica il valore del parametro CN riferito alle varie zone omogenee (La sistemazione dei bacini idrografici –Vito Ferro)

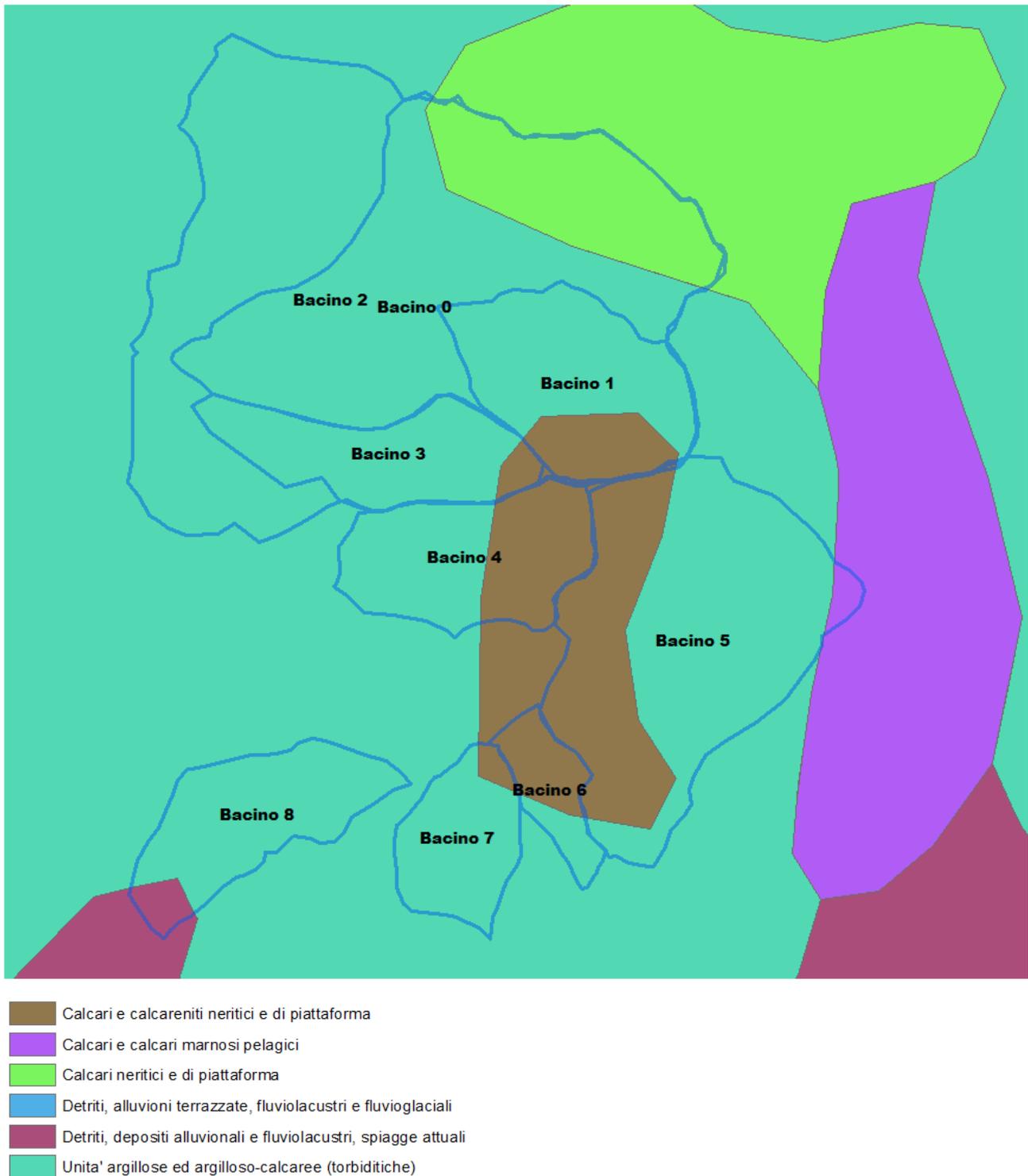


Figura 12 Stralcio Carta geologica 100:000

Infine, i valori dei parametri CN_{II} e quelli dei derivati parametri CN_{III} , determinati come sopra descritto, sono riportati nella tabella a seguire, dove sono indicati anche il tempo di ritardo ed il tempo di corrivazione del bacino calcolato come specificato prima.

| Bacino | CNII | CNIII | Tempo di ritardo (ore) | Tempo di corrivazione (ore) |
|--------|-------|-------|---------------------------|--------------------------------|
| 0 | 80.27 | 91.18 | 0.73 | 1.21 |
| 1 | 79.51 | 90.71 | 0.36 | 0.60 |
| 2 | 79.18 | 90.50 | 0.68 | 1.14 |
| 3 | 80.59 | 91.37 | 0.46 | 0.77 |
| 4 | 78.78 | 90.25 | 0.54 | 0.89 |
| 5 | 80.06 | 91.05 | 0.51 | 0.86 |
| 6 | 79.10 | 90.45 | 0.27 | 0.45 |
| 7 | 82.07 | 92.27 | 0.27 | 0.45 |
| 8 | 82.70 | 92.65 | 0.38 | 0.64 |

Ai fini dello studio della propagazione dei deflussi, il metodo di trasformazione afflussi – deflussi utilizzato per effettuare la separazione delle piogge, di tipo concettuale, è quello del SCS (Soil Conservation Service) – CN. Il procedimento consente di ricavare il valore delle portate al colmo di piena Q_p attraverso la determinazione del volume V di deflusso della piena stessa così espresso:

$$V = (h - 0,2S)^2 / (h + 0,8S)$$

ove h è l'altezza di pioggia prima calcolata in corrispondenza di un evento con assegnato tempo di ritorno ed S , che rappresenta il massimo volume di invaso del suolo, è calcolato come:

$$S = 25.4(1000/CN-10)$$

Per il calcolo della portata al colmo si considera un diagramma di piena triangolare, che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento).

$$t_a = 0.5 t_c + t_r$$

l'area sottesa da tale triangolo definisce la portata al colmo di piena, che, pertanto, assume la formulazione seguente:

$$Q_p = 0,208 V A / t_a$$

di seguito si riportano i valori significativi per i bacini studiati per eventi con tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni e per un valore del CN coincidente con quello del CNIII.

| Bacino | V ₅₀ (mm) | Q ₅₀ (mc/s) |
|--------|-----------------------|-------------------------|
| 0 | 42.66 | 78.42 |
| 1 | 32.85 | 23.46 |
| 2 | 40.39 | 45.31 |
| 3 | 37.23 | 10.39 |
| 4 | 36.74 | 12.43 |
| 5 | 37.80 | 34.86 |
| 6 | 29.51 | 6.02 |
| 7 | 32.75 | 12.67 |
| 8 | 37.44 | 15.81 |
| Bacino | V ₁₀₀ (mm) | Q ₁₀₀ (mc/s) |
| 0 | 51.21 | 91.12 |
| 1 | 39.86 | 23.46 |
| 2 | 48.70 | 54.63 |
| 3 | 44.85 | 12.52 |
| 4 | 44.48 | 15.05 |
| 5 | 45.58 | 42.03 |
| 6 | 35.65 | 7.35 |
| 7 | 39.46 | 15.27 |
| 8 | 44.84 | 18.94 |
| Bacino | V ₃₀₀ (mm) | Q ₃₀₀ (mc/s) |
| 0 | 64.65 | 118.83 |
| 1 | 50.96 | 23.46 |
| 2 | 61.81 | 69.33 |
| 3 | 56.87 | 15.87 |
| 4 | 56.74 | 19.20 |
| 5 | 57.85 | 53.34 |
| 6 | 45.87 | 9.46 |
| 7 | 50.05 | 19.37 |
| 8 | 56.48 | 23.86 |

3 STUDIO IDRAULICO

Definiti i bacini idrografici ed effettuata l'analisi della piovosità sulla base delle curve di possibilità pluviometrica relative alle zone omogenee di pioggia in cui i bacini, definite negli studi "VAPI-Sicilia" attraverso le procedure di regionalizzazione dei dati osservati delle precipitazioni intense, ed indicate come metodologia di riferimento nel PAI e determinata la portata di piena con tempo di ritorno di 300 anni, è possibile procedere con le analisi modellistiche.

3.1 Analisi delle criticità

Come già detto nei precedenti paragrafi, le problematiche idrauliche residue da affrontare derivano dalle seguenti previsioni di progetto:

- l'aerogeneratore n.A01 rientra in fascia di pertinenza fluviale così come la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio;
- l'aerogeneratore n.A08 rientra in fascia di pertinenza fluviale così come la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio;
- il cavidotto interrato interseca diversi reticoli idrografici.

Per quel che riguarda il cavidotto sono state individuate 5 interferenze.

| Sezione | Interferenza cavidotto con reticolo idrografico | Interferenza viabilità da adeguare con reticolo idrografico | Bacino idrografico |
|---------|---|---|------------------------|
| 1 | | x | Bacino 0 |
| 2 | | x | Bacino 0-Sottobacino 3 |
| 3 | x | x | Bacino 0-Sottobacino 3 |
| 4 | x | | Bacino 4 |
| 5 | x | | Bacino 5 |
| 6 | x | | Bacino 6 |
| 7 | x | | Bacino 8 |

Questa sezione dello studio contiene indicazioni progettuali volte a definire opere d'arte e modalità di esecuzione atte ad assicurare il mantenimento del naturale deflusso delle acque su tutto il territorio in esame, garantendo la continuità e la sicurezza idraulica per tutte le parti interessate dal parco eolico e per il parco eolico stesso.

3.1.1 Analisi della sicurezza idraulica dell'area

Tutte le valutazioni successive saranno condotte in riferimento a un tempo di ritorno pari a 300 anni.

Rilevate le criticità nei paragrafi precedenti, per i bacini di studio è stato implementato un modello idraulico di calcolo bidimensionale a parametri distribuiti. Il metodo assunto, attraverso un applicativo implementato nel modello di calcolo che si utilizzerà, consente di inserire lo

ietogramma funzione della pioggia netta tricenaria individuata come descritto nei paragrafi precedenti e di propagare i corrispondenti deflussi sulle aree individuate dal dominio, simulando quanto accade per effetto di un evento dopo l'infiltrazione nel terreno di quota parte degli afflussi meteorici. In questo modo sarà possibile definire il comportamento del bacino quando è sollecitato da un evento estremo, osservando lo scorrimento dei deflussi idrici prima calcolati.

Di seguito vengono meglio descritte le varie fasi delle attività svolte e quindi presentati i principali risultati delle modellazioni eseguite.

3.1.2 Software di calcolo

Il software utilizzato è il FLO-2D, il codice di calcolo bidimensionale FLO-2D è un modello commerciale distribuito dalla FLO-2D Inc. che rappresenta un punto di riferimento nell'ambito dei software per la modellazione bidimensionale, essendo accreditata presso la FEMA e la Corps Engineers tra i modelli idraulici per gli studi dei fiumi e dei fenomeni di inondazione. È un modello basato su processi fisici in grado di combinare gli aspetti idrologici (quantità di pioggia, ruscellamento, infiltrazione, etc.) con aspetti idraulici (effetti delle strade, degli edifici e di ostruzioni in genere sul flusso, variazione della velocità del flusso tra due elementi di calcolo), al fine di delineare il rischio da inondazione ed assistere nella scelta dei processi di mitigazione di quest'ultimo.

Pertanto, si presta sia a simulazione monodimensionali, come ad esempio canali con una geometria naturale o con sezioni schematizzate (rettangolari o trapezoidali), sia alla simulazione di un flusso non confinato in una piana inondabile, sia la modellazione dell'impatto dell'inondazione sugli edifici in base a parametri fisici come pressione e velocità.

Tutto ciò è reso possibile grazie allo schema di calcolo del flusso non confinato in otto direzioni con la conservazione di massa, utilizzando un passo tempo variabile che può aumentare o diminuire a seconda delle necessità, ricorrendo ad efficienti criteri di stabilità con la possibilità di avere un numero illimitato di elementi calcolo.

FLO-2D è un modello basato sulla semplice conservazione dei volumi, in cui i flussi di acqua sul dominio di calcolo sono controllati dalla topografia e dai fattori di resistenza alla propagazione.

La modellazione bidimensionale si realizza attraverso un'integrazione numerica delle equazioni del moto e con la conservazione dei volumi, sia per fenomeni alluvionali che per flussi di sedimenti iperconcentrati. Le equazioni che governano questi processi sono l'equazione di continuità e l'equazione del moto nella forma completa includendo anche il termine dell'accelerazione:

equazione di continuità:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} = i i$$

equazione del moto:

$$\partial S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

dove:

- h è l'altezza idrica,
- V_x è la componente x della velocità media della corrente,
- S_{fx} è la cadente,
- S_{ox} è la pendenza del fondo
- g è l'accelerazione di gravità (FLO-2D User Manual, 2007).

L'eccesso dell'intensità di pioggia (i) può causare un flusso superficiale diverso da zero. La componente S_{fx} dell'attrito è funzione della pendenza ed è ricavata dall'equazione di Manning, mentre S_{ox} è la pendenza di fondo, e gli altri termini sono il gradiente della pressione ed il termine di accelerazione locale. Le equazioni del moto possono essere definite come quasi bidimensionali, poiché l'equazione del momento è risolta calcolando la velocità media del flusso in un determinato tempo per le componenti al contorno della griglia di calcolo. Esistono otto potenziali direzioni di flusso, le quattro direzioni cardinali più le altre quattro diagonali, ed ogni velocità è essenzialmente calcolata con una natura monodimensionale risolvendo lo schema in maniera indipendente alle altre sette direzioni. La stabilità dello schema numerico esplicito è basata su un criterio specifico per controllare la dimensione del passo temporale. In ogni singola cella della griglia di calcolo sono stoccate le informazioni inerenti la quota, la profondità di flusso, il valore di attrito di Manning (n), le dimensioni della cella e le portate nelle otto possibili direzioni pertanto la zona di flusso è descrivibile come il prodotto della larghezza della cella per la profondità media del flusso.

Con un sistema appropriato di stima delle resistenze al flusso, FLO-2D distribuisce numericamente il volume di liquido in blocchi (quelli della griglia di calcolo), per imitare i fenomeni di propagazione spazio-temporale di un'onda di piena. Concettualmente, FLO-2D non ha un approccio Lagrangiano al moto del fluido, poiché il movimento di questo ultimo nella griglia di calcolo è unicamente controllato dai criteri di stabilità. Ricorrendo a otto direzioni di flusso si risolve il problema di quei modelli che usano l'approssimazione diffusiva, la quale obbliga il flusso a seguire la massima pendenza anche quando il flusso non ha una propria pendenza e la sua direzione non è allineata con la griglia di calcolo. Quest'ultimo problema viene risolto tramite un riallineamento

artificiale, che consente di eliminare il problema della perdita dell'accelerazione convettiva. Certamente in un modello con otto direzioni di flusso, la diagonale di flusso può incrociarsi in verso opposto con quella della cella adiacente, ma questo non viola il principio di conservazione del volume. La conservazione del volume è un criterio di stabilità numerica e di accuratezza. I volumi in entrata, quelli in uscita, il cambiamento della capacità di accumulo, di infiltrazione e la perdita per evapotraspirazione, sono sommati alla fine di ogni passo temporale. Il volume conservato si esprime come la differenza totale tra i volumi in entrata, quelli in uscita e quelli persi per evapotraspirazione.

L'inserimento di dati errati, fenomeni d'instabilità numerica e tecniche di simulazione inappropriate causano la perdita della conservazione dei volumi; pertanto la conservazione dei volumi può essere usata per discernere quale elemento della modellazione conduce all'instabilità, e più in generale come parametro di bontà della simulazione. È importante sottolineare come in nessuna simulazione la conservazione del volume sia esatta; per valori intorno allo 0.001 per cento o meno sarà sufficientemente accurata.

Lo schema risolutore delle equazioni differenziali della continuità e del momento è quello delle differenze centrali. La soluzione della forma differenziale dell'equazione del momento è il risultato di una sua rappresentazione discreta in un punto. Questo schema numerico è di semplice formulazione, ma presenta l'inconveniente che deve essere limitato da un passo temporale piccolo e da ristretti criteri di stabilità numerica. Infatti, lo schema delle differenze finite può richiedere un elevato tempo di calcolo quando sono simulate onde di sommersione in lenta crescita o canali con sezioni molto variabili. È importante considerare un altro aspetto: le equazioni complete usate da FLO-2D sono equazioni differenziali di secondo ordine non lineari, in cui la velocità viene inizialmente calcolata con un'approssimazione diffusiva usando la pendenza media della superficie dell'acqua. La velocità è successivamente usata nel metodo della tangente di Newton – Raphson per determinare le radici dell'equazione completa. L'equazione di Manning è applicata per calcolare l'attrito dovuto alla pendenza. Se la soluzione di Newton-Raphson fallisce la convergenza dopo tre iterazioni, l'algoritmo passa automaticamente all'utilizzo della soluzione diffusiva.

Volendo riassumere l'algoritmo risolutore include i seguenti passi:

- il flusso medio, la rugosità, e la pendenza tra due celle vengono calcolati;
- la profondità di flusso (d) per calcolare la velocità attraverso gli elementi di contorno della griglia di calcolo al passo temporale $i+1$ è stimato al precedente passo temporale i usando una relazione lineare;

$$d_x^{i+1} = d_x^i + d_{x+1}^i$$

- la prima stima della velocità è calcolata usando l'approssimazione diffusiva; infatti l'unica variabile non nota in tale semplificazione è la velocità. Questo è il caso di flussi non confinati, canali e strade;
- il risultato al determinato passo temporale con approssimazione diffusiva è usato nella soluzione di Newton-Raphson per risolvere le equazioni complete ed ottenere la velocità;
- la portata Q attraverso le celle di contorno è calcolata moltiplicando la velocità per l'area di flusso;
- l'incremento di portata ad un determinato tempo, nelle otto direzioni calcolo, è il risultato della seguente somma:

$$\Delta Q_x^{i+1} = Q_n + Q_e + Q_s + Q_w + Q_{ne} + Q_{se} + Q_{sw} + Q_{nw}$$

la variazione di volume (portata netta per il passo temporale) è distribuita sull'area di accumulo disponibile all'interno della griglia per determinare l'aumento della profondità del flusso.

$$\Delta d^{i+1} = \Delta Q_x^{i+1} \Delta t / SurfaceArea$$

I criteri di stabilità numerica sono testati per la nuova griglia della profondità precedentemente calcolata;

- se un qualunque criterio di stabilità viene superato, il tempo di simulazione viene azzerato e riportato al precedente passo temporale, il passo viene ridotto e tutti i calcoli sono cancellati e si riprende dal calcolo della velocità;
- la simulazione procede con l'aumento del passo temporale fino a che i criteri di stabilità sono superati.

Per quanto concerne i criteri di stabilità numerica, FLO-2D garantisce la stabilità con passo temporale sufficientemente piccolo. La chiave per una modellazione funzionale alle differenze finite sono i criteri di stabilità numerica, che sono condizionati dal rapporto tra la variazione di volume degli elementi della griglia e il passo temporale in base alla relazione:

$$\Delta V / \Delta t \cong 0$$

Inoltre, un brusco aumento delle portate in ingresso su una griglia di calcolo con elementi molto piccoli può produrre una forte instabilità. La stabilità numerica viene controllata per ogni elemento della griglia ad ogni intervallo temporale per assicurare la stabilità della soluzione. Se i criteri di

stabilità numerica sono superati, il passo temporale diminuisce e tutti i calcoli idraulici precedenti sono cancellati.

Esistono tre metodi per i criteri di stabilità numerica:

- Specificare la percentuale di variazione della profondità dal precedente passo temporale;
- CFL (Courant-Friedrich-Lewy), mette in relazione la celerità dell'onda di sommersione con la suddivisione temporale e spaziale. L'interpretazione fisica del CFL asserisce che una particella del fluido non deve compiere un percorso superiore all'incremento spaziale N_x in un passo temporale N_t (Fletcher,1990). FLO-2D usa le condizioni CFL per le piane inondabili, i canali e le strade. Il passo temporale può essere limitato secondo la relazione:

$$\Delta t = C^* \Delta x / (v + c)$$

dove C è il numero di Courant ($C \leq 1.0$), N_x è la dimensione dell'elemento della griglia, v è la velocità media calcolata lungo la sezione trasversale, c è la celerità calcolata dell'onda;

- Dynamic Wave Stability Criteria, sviluppato da Ponce e Theurer (1982). Questo criterio è funzione della pendenza di fondo, delle portate e delle dimensioni degli elementi della griglia. Infatti in base alla seguente relazione:

$$\Delta t < \zeta^* \Delta x^2 / q_0$$

Dove q_0 è la portata unitaria, S_0 è la pendenza di fondo e z è un coefficiente empirico con valori compresi tra 0.10 e 1.0.

Gli effetti di una possibile instabilità numerica si manifestano con elevati valori di velocità e livelli degli idrometrici in uscita molto elevati. Come si può notare il fattore fondamentale è quello del passo temporale che generalmente si colloca in un intervallo di valori tra 0.1 secondi e 30 secondi. Il modello inizia la sua simulazione con un passo temporale minimo, cioè uguale ad 1 secondo e aumenta fino a che una delle tre condizioni di stabilità non viene superata, e successivamente il passo temporale torna a diminuire. Se i criteri di stabilità continuano ad essere superati, il passo temporale diminuisce fino al minimo valore. Se il minimo intervallo temporale non è sufficientemente piccolo per conservare il volume o la stabilità numerica si presentano tre possibili soluzioni: a) riduzione del passo temporale; b) il coefficiente C di stabilità numerica viene adattato; c) vengono modificati i dati di input. I tre parametri fondamentali per la stabilità sono: le dimensioni della griglia, la portata di picco in ingresso ed il passo temporale. Piccole dimensioni degli elementi della griglia con un aumento delle portate dell'idrogramma in ingresso ed un'ampia portata di picco, necessitano di un passo temporale molto ridotto.

Nel caso in esame, trattandosi di overland flow, è sufficiente applicare il criterio di stabilità di Courant.

3.1.3 Implementazione del modello per il Bacino 0

Il bacino 0 comprende i sottobacini 1, 2 e 3, pertanto si è proceduto con lo studio e analisi del bacino complessivo. Lo studio del Bacino 0 ci consentirà di determinare l'ampiezza delle aree allagabili con Tr pari a 300 anni e, di conseguenza di definire l'ampiezza dell'area allagabile in corrispondenza delle intersezioni nn. 1, 2 e 3 del cavidotto con il reticolo idrografico e di verificare se l'aerogeneratore n.A08 rientra in fascia di pertinenza fluviale così come la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio.

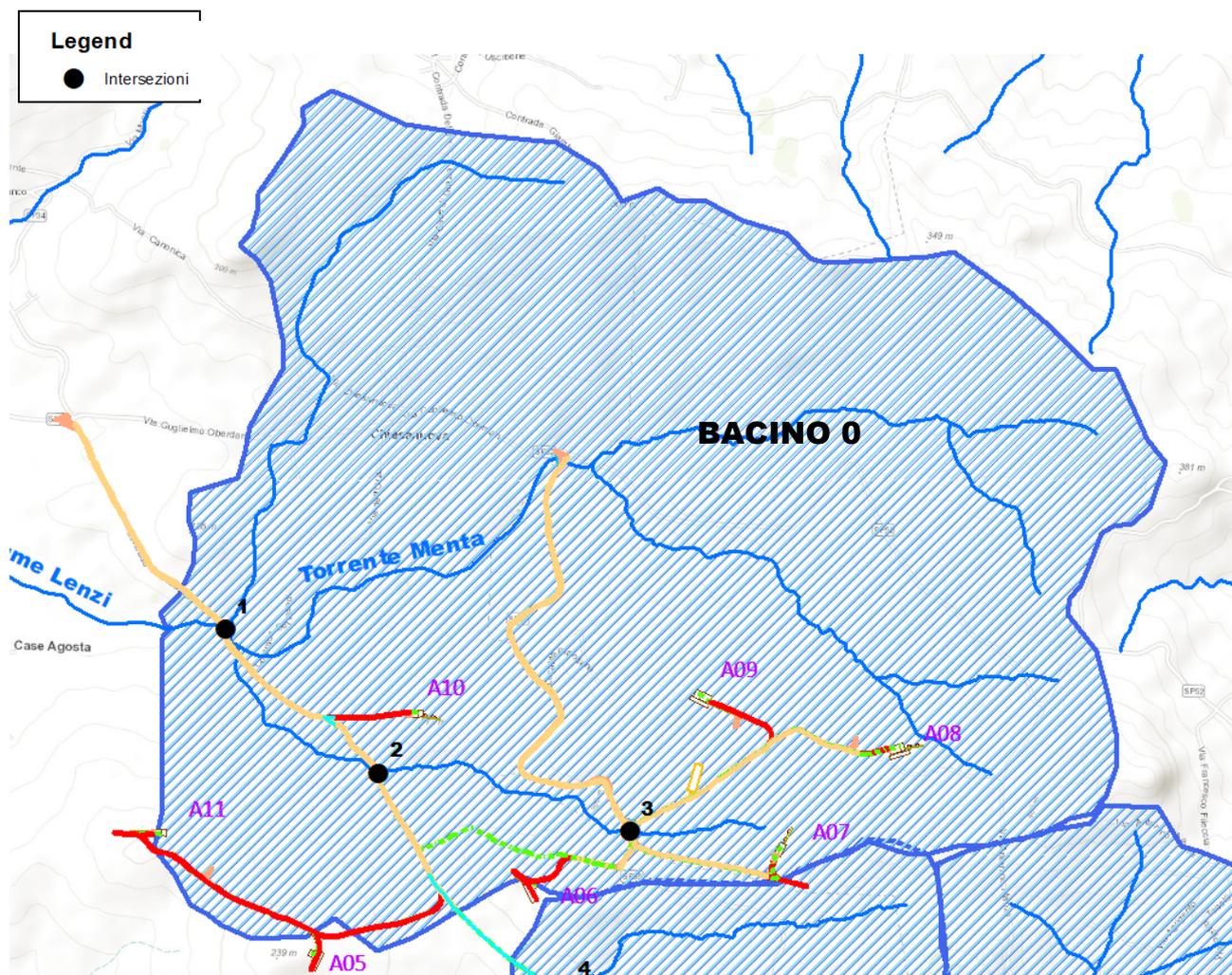


Figura 13 Bacino 0 con rappresentazione delle criticità oggetto di studio

Come già detto nel paragrafo precedente è stato implementato un modello bidimensionale puro.

Il dominio di calcolo, coincidente con l'estensione del bacino idrografico 0, è stato creato in ambiente di pre-processamento GDS; lo stesso è stato discretizzato con celle di 10 m, la quota di ogni cella è stata ottenuta sulla base delle quote del DEM 10 m della regione Sicilia.

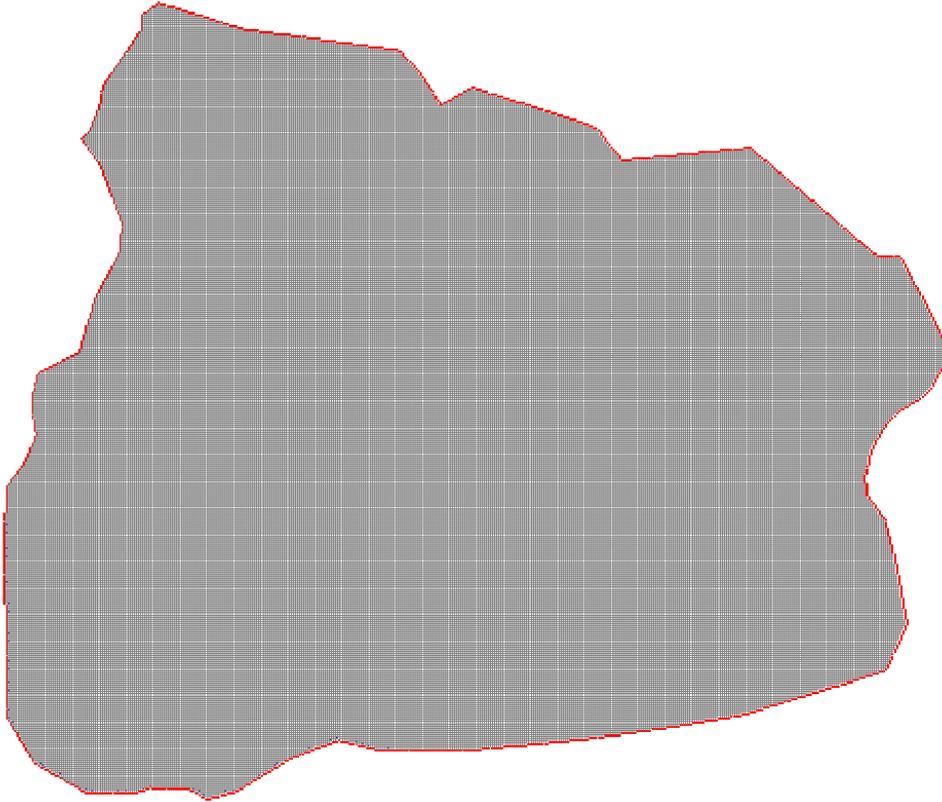
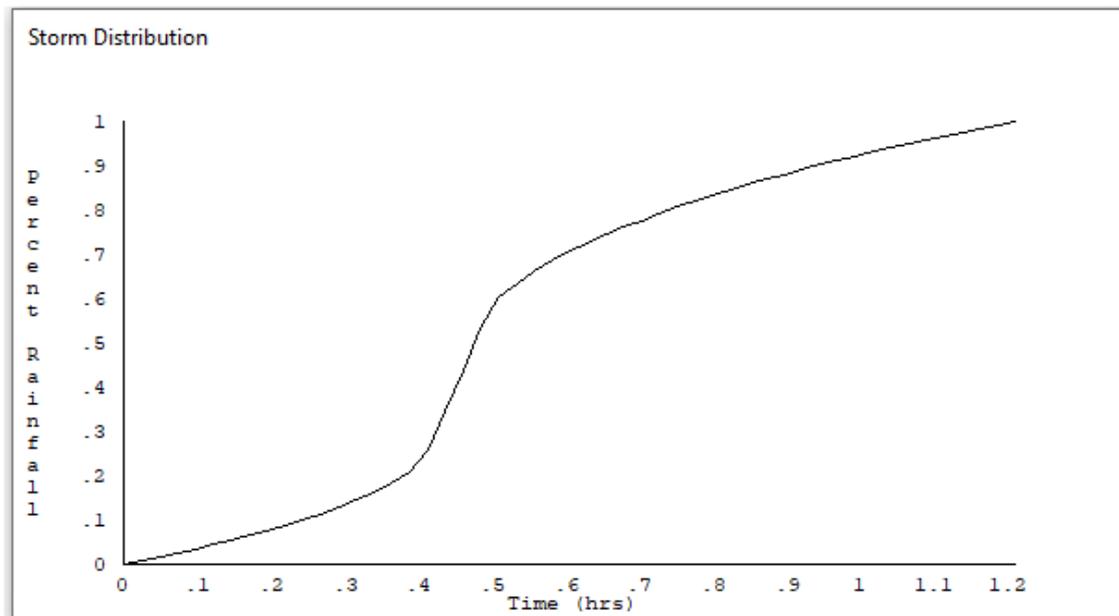


Figura 14 Dominio di studio

La valutazione delle dinamiche idrauliche sull'area di interesse è stata effettuata inserendo nel dominio di calcolo bidimensionale lo ietogramma netto di pioggia sulla base del volume specifico di deflusso prima definito con la metodologia dell'SCS-CN, per una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione.



Come condizioni al contorno di valle sono state semplicemente impostate come outflow tutte le celle a ridosso della sezione di chiusura immediatamente a monte della sezione di chiusura.

3.1.3.1 Risultati ottenuti

Le valutazioni idrauliche condotte, come meglio dettagliato nel seguito, hanno consentito di definire il comportamento del bacino stesso quando è sollecitato da un evento estremo.

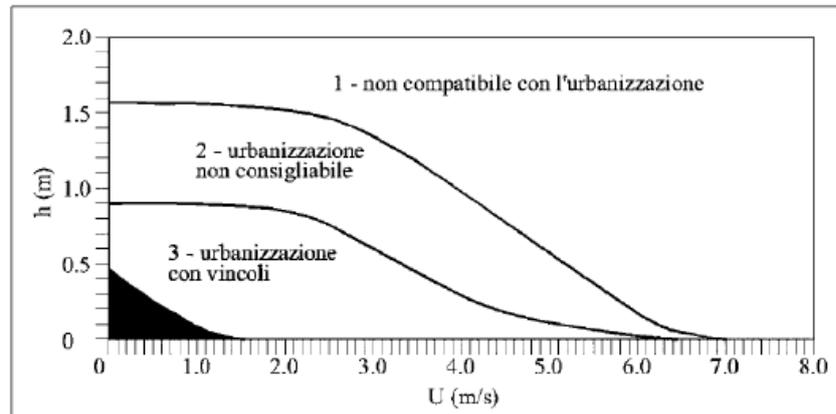
L'indicazione di allagamento di una superficie non è di per sé un fattore di pericolosità; d'altronde, particolari condizioni di allagamento, possono generare condizioni di pericolo per persone e/o cose presenti nelle aree in cui esse si verificano.

Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolo sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. A tal proposito, l'Autorità di Bacino del Tevere propone una serie di approcci per la delimitazione delle fasce fluviali, definendo tre differenti tipologie di inondazione:

1. Aree di inondazione diretta, in immediata comunicazione con il corso d'acqua, dove l'inondazione è rapida e le velocità di deflusso sono relativamente elevate;
2. Aree di inondazione indiretta, inondate solo attraverso passaggi ristretti che limitano drasticamente la rapidità di allagamento;
3. Aree di inondazione marginale, in cui la velocità e l'altezza idrica sono talmente basse da non causare seri pericoli alle persone.

Per la determinazione delle aree marginali, l'AdB del Fiume Tevere ha fatto riferimento al diagramma rappresentato nella figura seguente, diagramma velocità - tirante, in cui tramite curve a uguale spinta totale sono determinate combinazioni di diversa pericolosità.

Vengono così definite aree "marginali", quelle ricadenti nella porzione 4 del grafico della figura sottostante o al di sotto della retta di figura 15.



fonte: A.B. Tevere, 2002

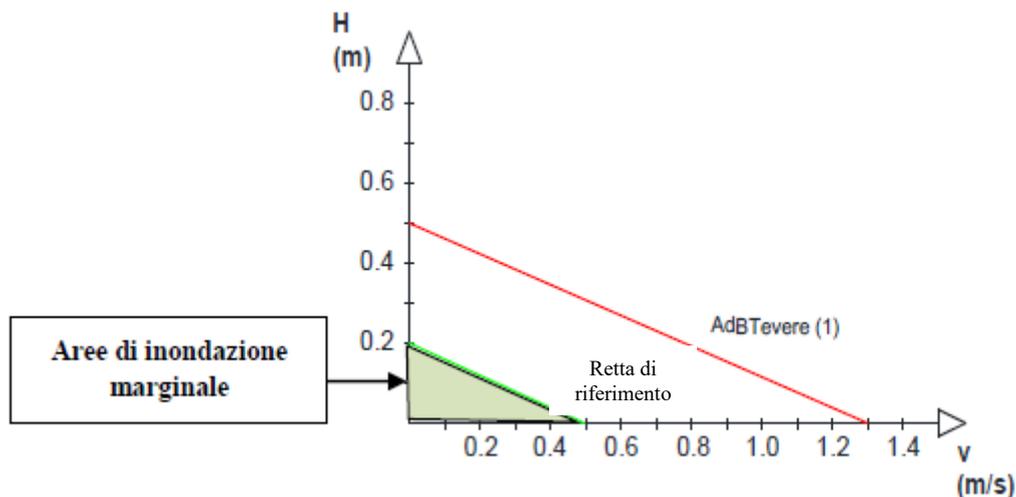


Figura 15 Diagramma della vulnerabilità delle persone in funzione della violenza dell'evento

In definitiva viene messo in evidenza il fatto che le condizioni di rischio non dipendono solo dalla presenza/assenza d'acqua e dell'entità del tirante idrico ma anche il fattore velocità di scorrimento (valutata localmente) gioca un ruolo nell'attribuzione del livello di danno effettivo.

Ciò detto, secondo una prassi in uso presso diverse Autorità di Distretto, i valori soglia adottati risultano essere pari a 0,2 m per i tiranti e 0,5 m/s per le velocità

Pertanto, le aree inondabili generate dai modelli di calcolo utilizzati per la definizione delle aree a diversa pericolosità idraulica, sono state "depurate" dalle suddette "aree di inondazione marginale", ossia da quelle aree che, per combinazione tra tiranti e velocità raggiunte nella singola cella di

calcolo, non rappresentano fonte di pericolo per persone o cose, ricercando le aree con potenziale di pericolosità sono state ricercate attraverso l'intersezione tra la mappa dei tiranti e la mappa delle velocità, utilizzando la seguente espressione:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

Grid Element Ground Surface Elevation

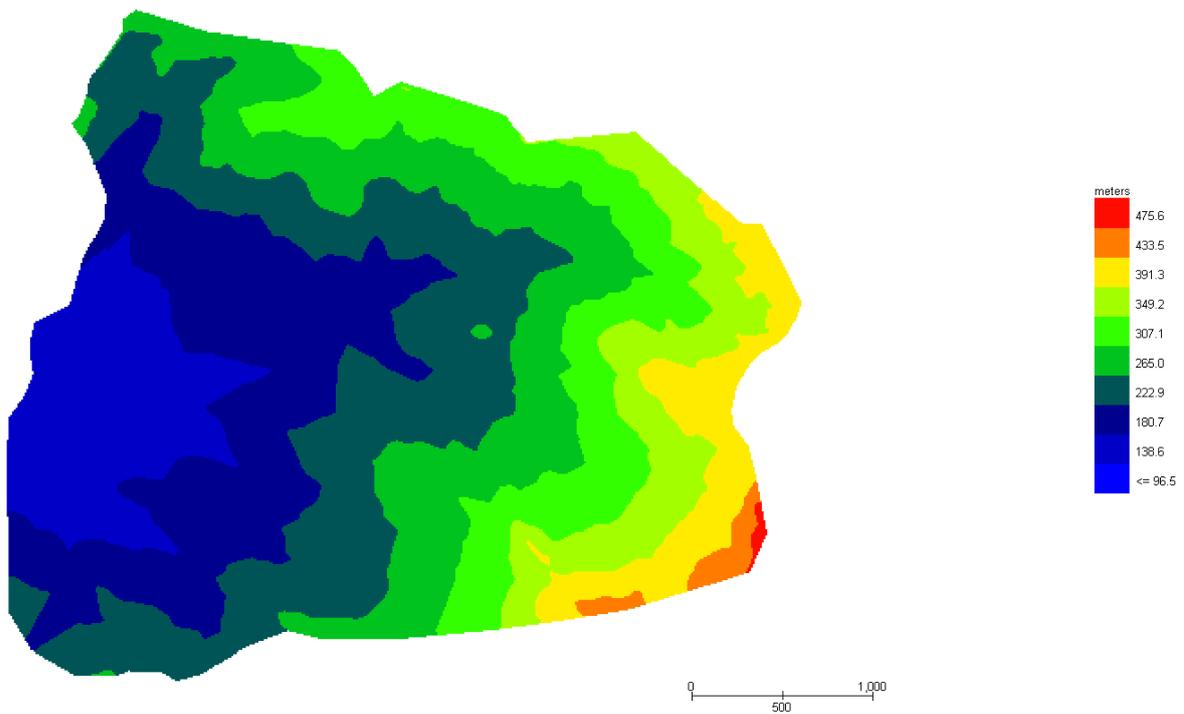


Figura 16 Modello Bacino 0 DTM

Grid Element Maximum Flow Depth

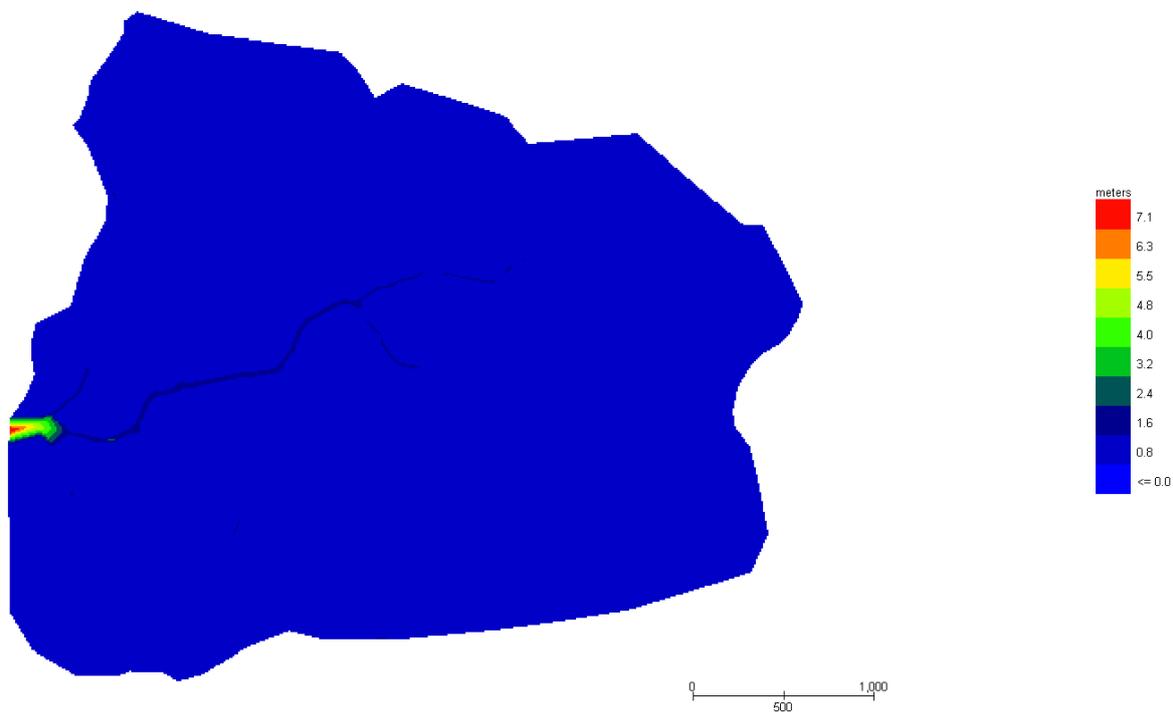


Figura 17 Modello Bacino 0 Tiranti Tr 300 anni

Grid Element Maximum Velocity

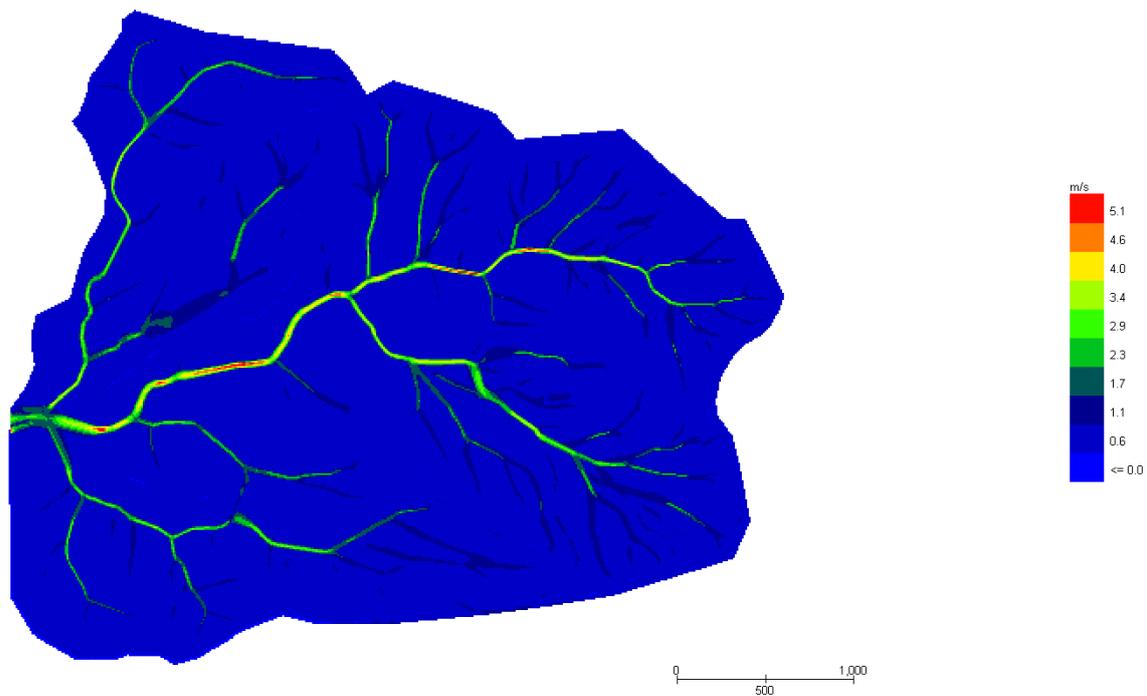


Figura 18 Modello Bacino 0 Velocità Tr 300 anni

Dall'applicazione dell'espressione prima indicata:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

si ottiene:

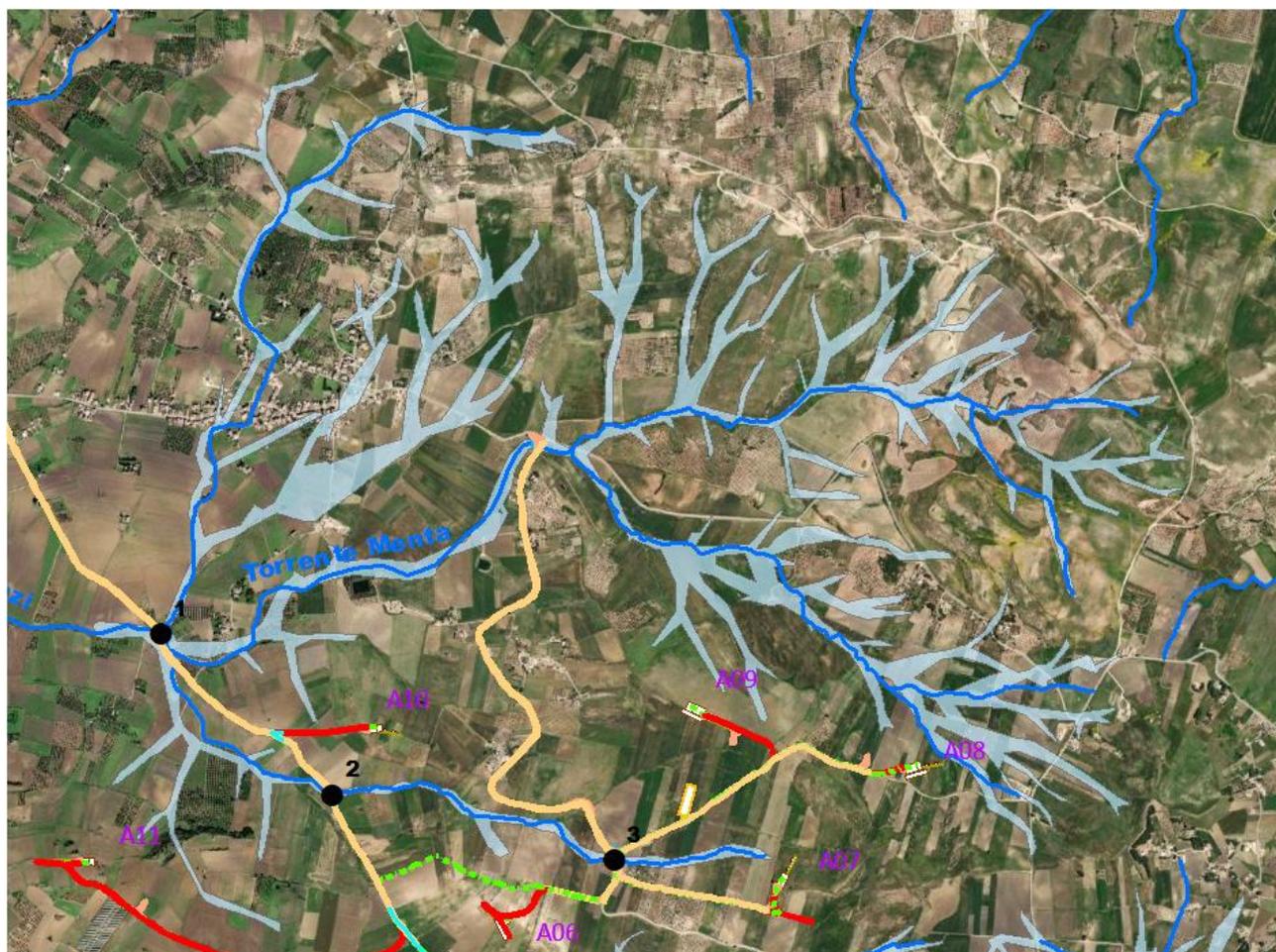


Figura 19 Aree allagabili Tr 200 anni in ciano



Figura 20 Dettaglio intersezioni 1, 2 e 3



Figura 21 dettaglio aerogeneratore A 08

Dall'analisi svolta risulta che:

- l'aerogeneratore n. A08 non rientra in fascia di pertinenza fluviale così come la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio

- Le intersezioni 1 e 2 si riferiscono ad intersezioni della viabilità da adeguare con il reticolo idrografico, ossia di interventi di semplice **sistemazione del fondo stradale o del manto di usura** ;
- per il superamento dell'intersezione 3 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a 30 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata trecentennale.

Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente.

3.1.4 Implementazione del modello per il Bacino 4

Lo studio del Bacino 4 ci consentirà di determinare l'ampiezza delle aree allagabili con Tr pari a 300 anni e, di conseguenza di definire l'ampiezza dell'area allagabile in corrispondenza della intersezione n.4 del cavidotto con il reticolo idrografico.

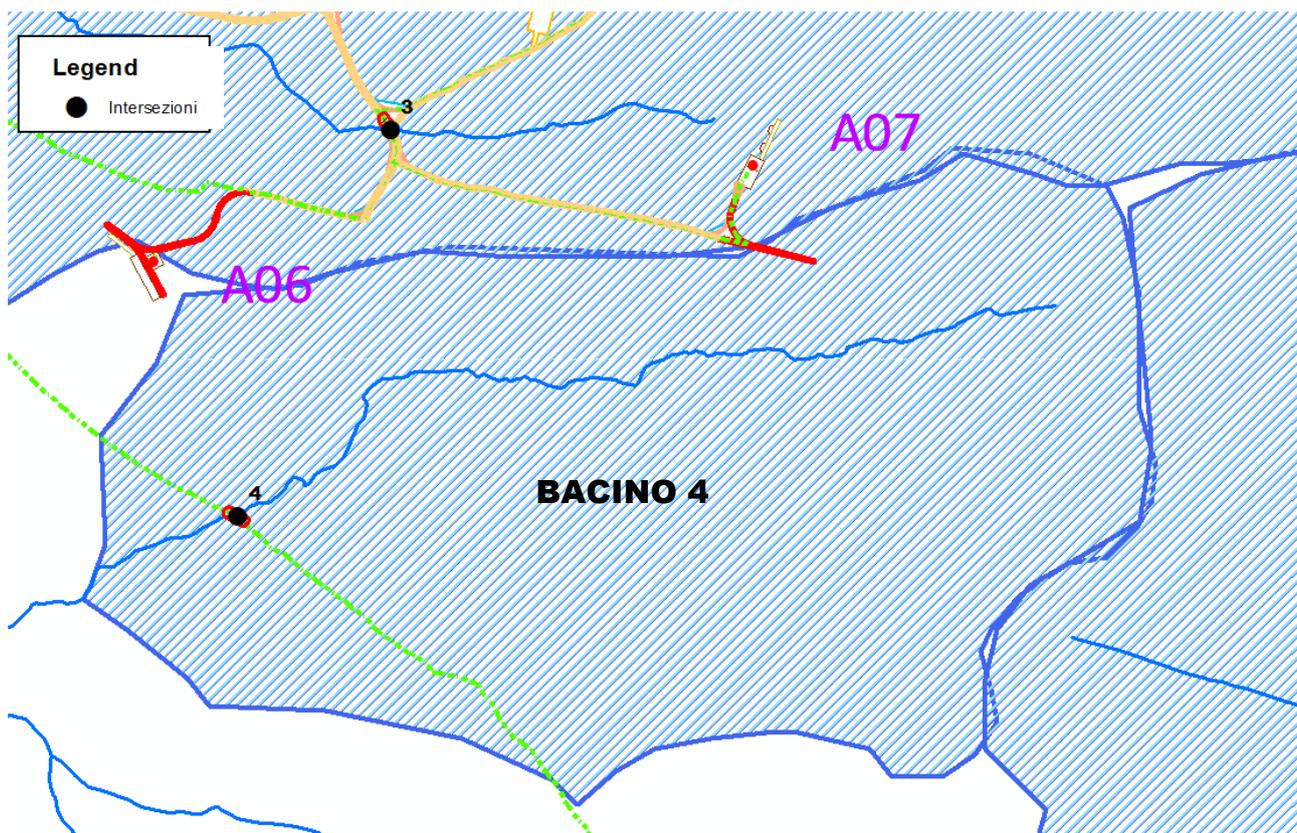


Figura 22 Bacino 1 con rappresentazione delle criticità oggetto di studio

Come già detto nel paragrafo precedente è stato implementato un modello bidimensionale puro.

Il dominio di calcolo, coincidente con l'estensione del bacino idrografico 4, è stato creato in ambiente di pre-processamento GDS; lo stesso è stato discretizzato con celle di 5 m, la quota di ogni cella è stata ottenuta sulla base delle quote del DEM 10 m della Regione Sicilia.

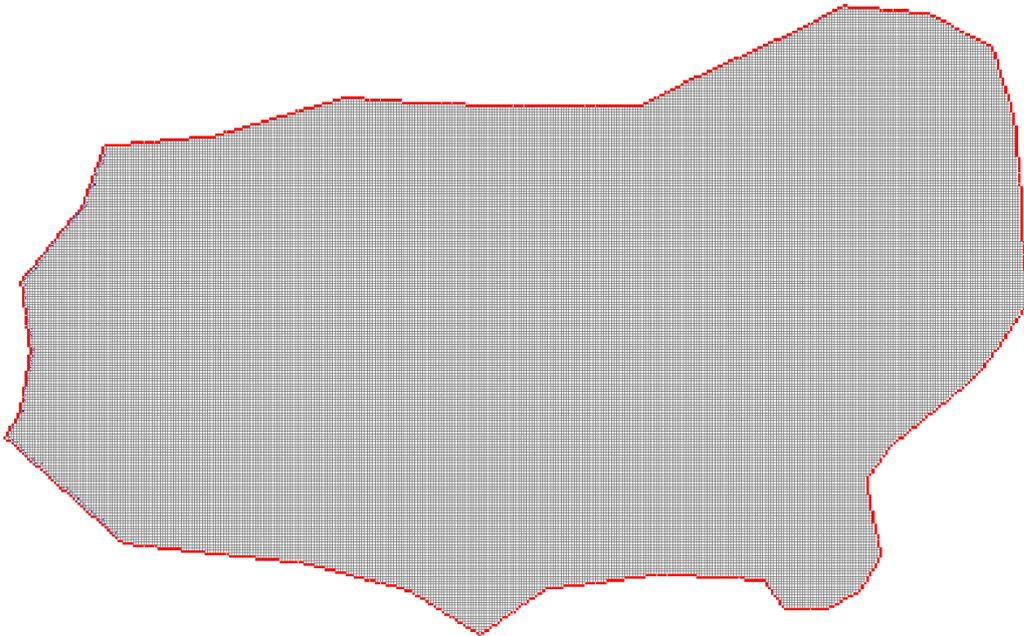
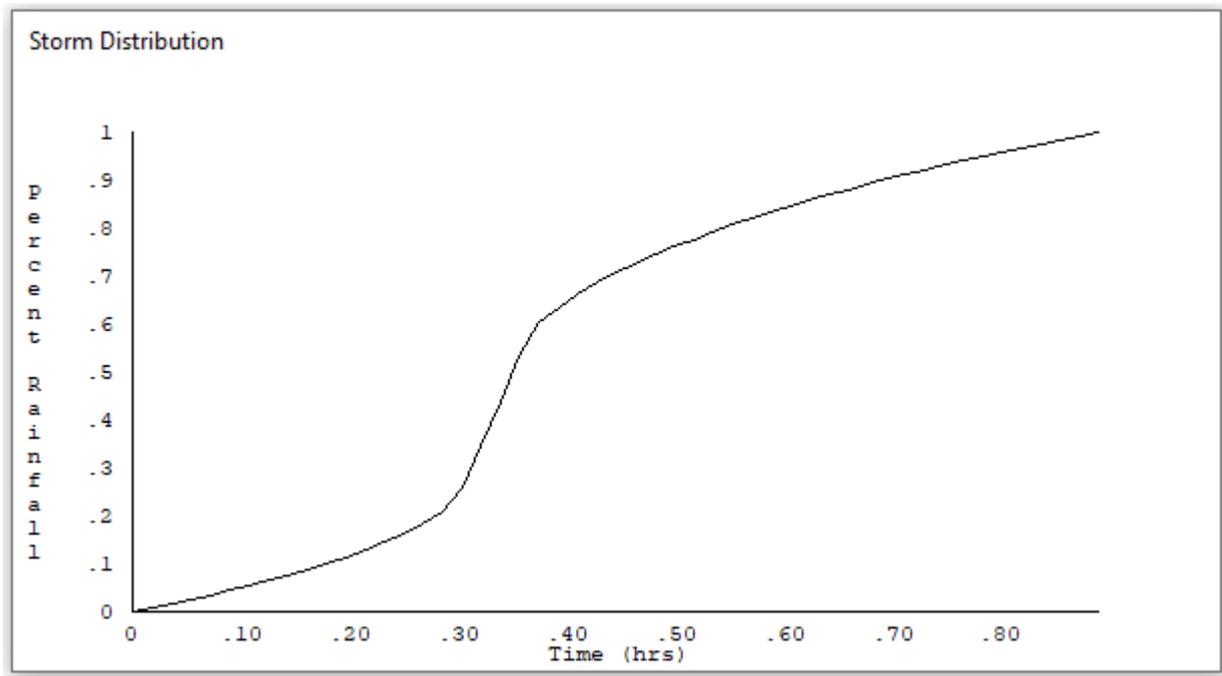


Figura 23 Dominio di studio

La valutazione delle dinamiche idrauliche sull'area di interesse è stata effettuata inserendo nel dominio di calcolo bidimensionale lo ietogramma netto di pioggia sulla base del volume specifico di deflusso prima definito con la metodologia dell'SCS-CN, per una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione.



Come condizioni al contorno di valle sono state semplicemente impostate come outflow tutte le celle a ridosso della sezione di chiusura immediatamente a monte della sezione di chiusura.

3.1.4.1 Risultati ottenuti

Le valutazioni idrauliche condotte, come meglio dettagliato nel seguito, hanno consentito di definire il comportamento del bacino stesso quando è sollecitato da un evento estremo.

Per la determinazione delle aree allagabili, come già illustrato nei paragrafi precedenti si utilizzerà la seguente espressione:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

Grid Element Ground Surface Elevation

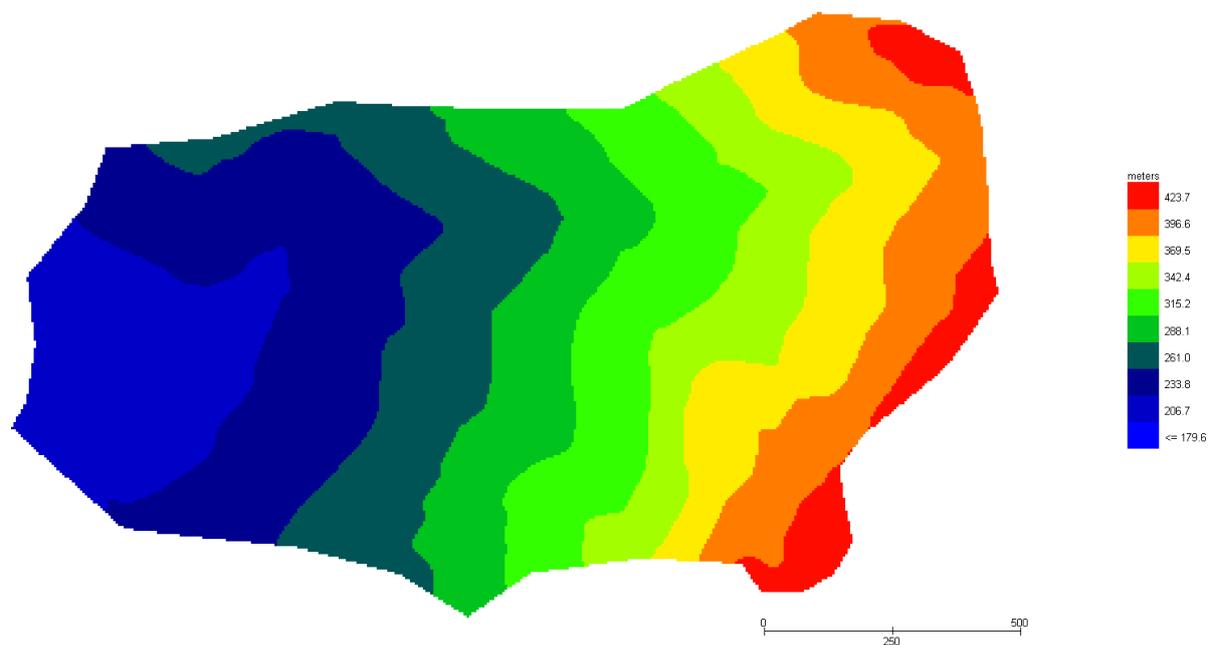


Figura 24 Modello Bacino 4 DTM

Grid Element Maximum Flow Depth

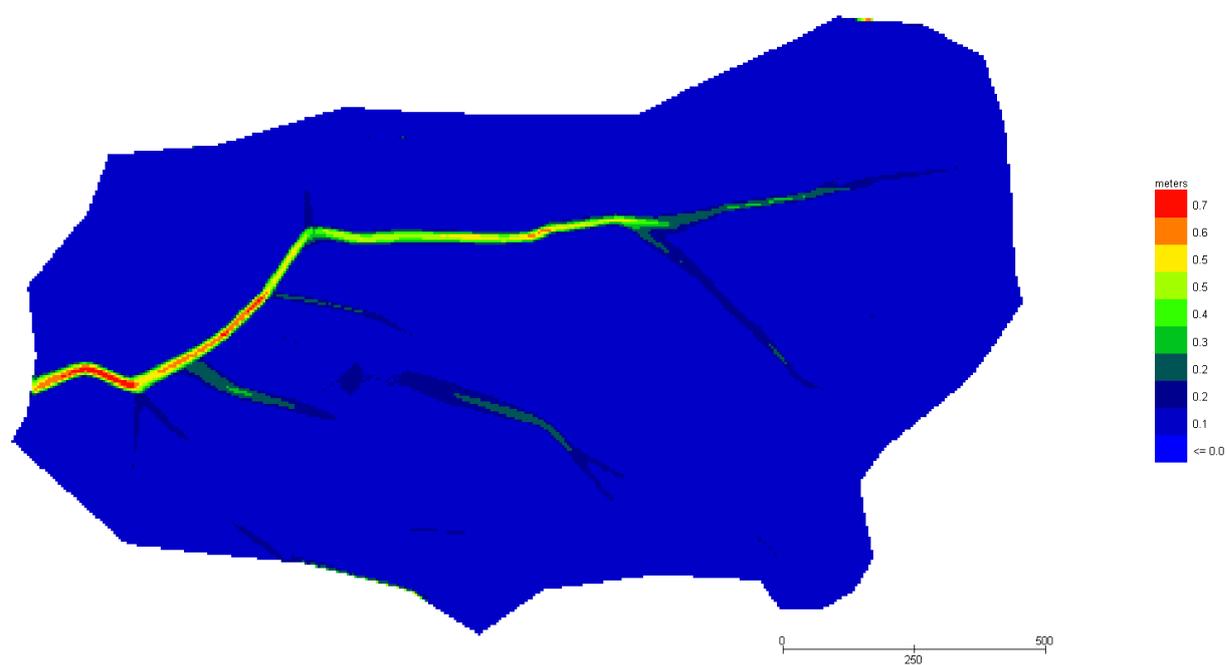
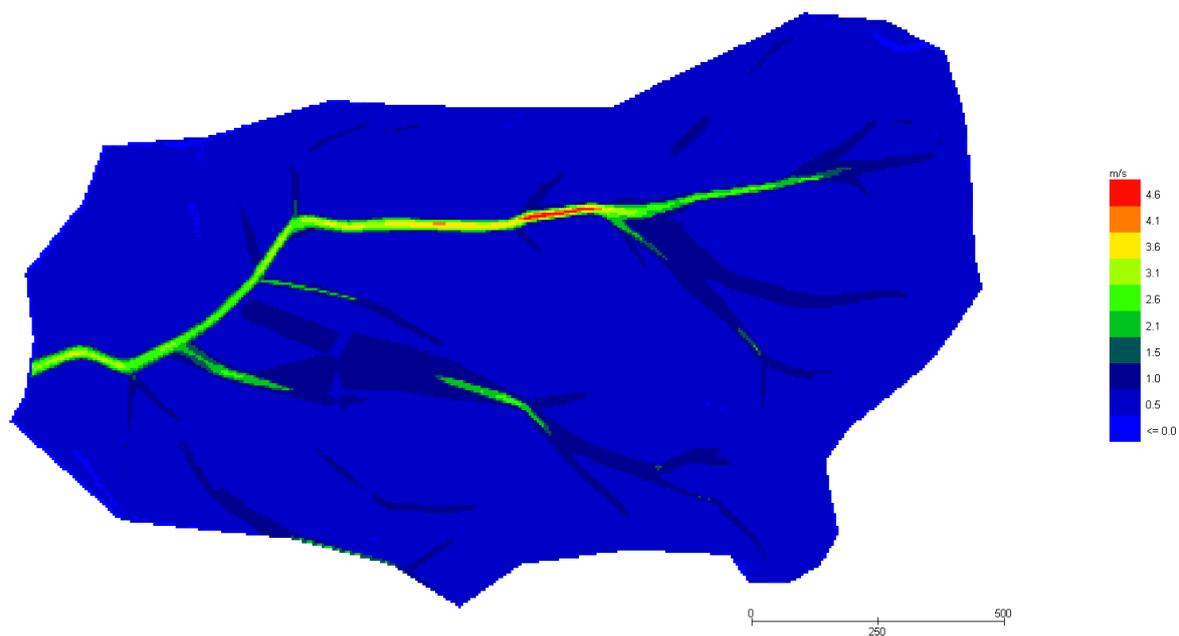


Figura 25 Modello Bacino 4 Tiranti Tr 300 anni

Grid Element Maximum Velocity

**Figura 26 Modello Bacino 4 Velocità Tr 300 anni**

Dall'applicazione dell'espressione prima indicata:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

si ottiene:

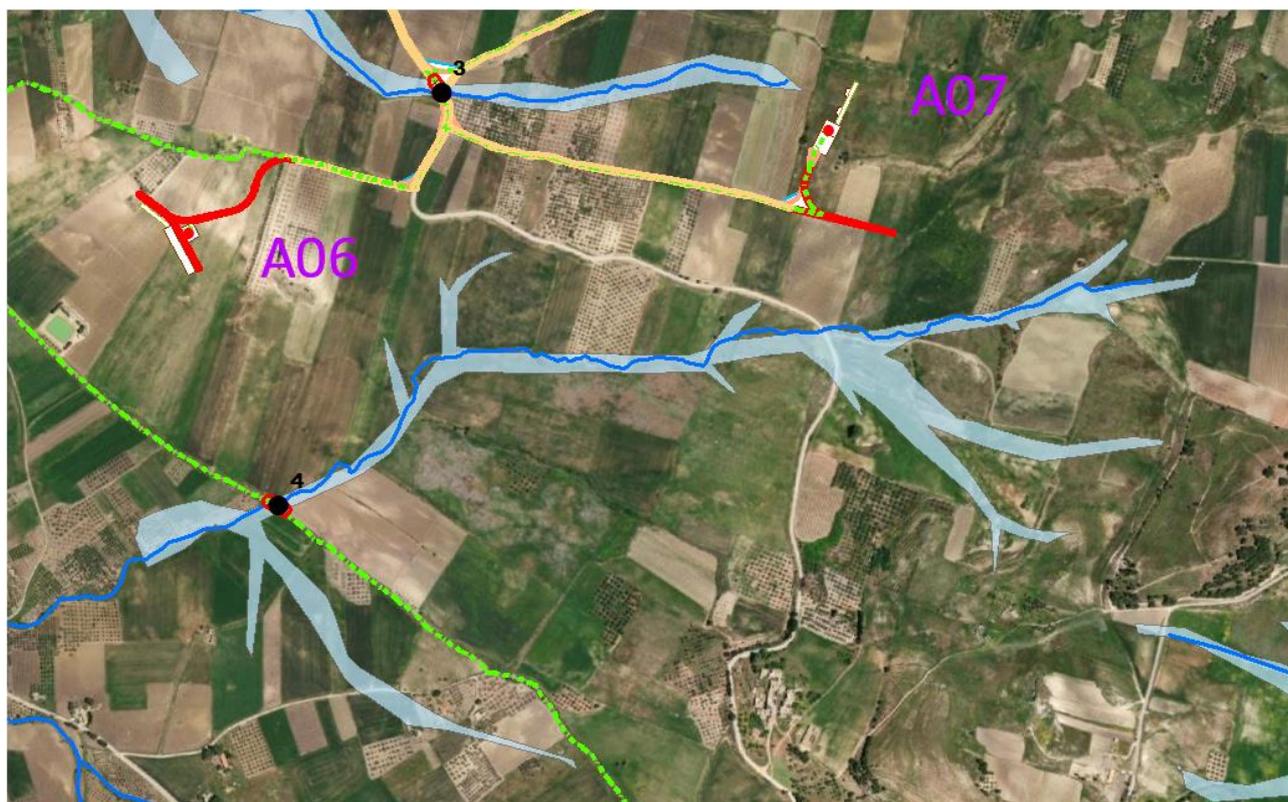


Figura 27 Aree allagabili Tr 300 anni in ciano

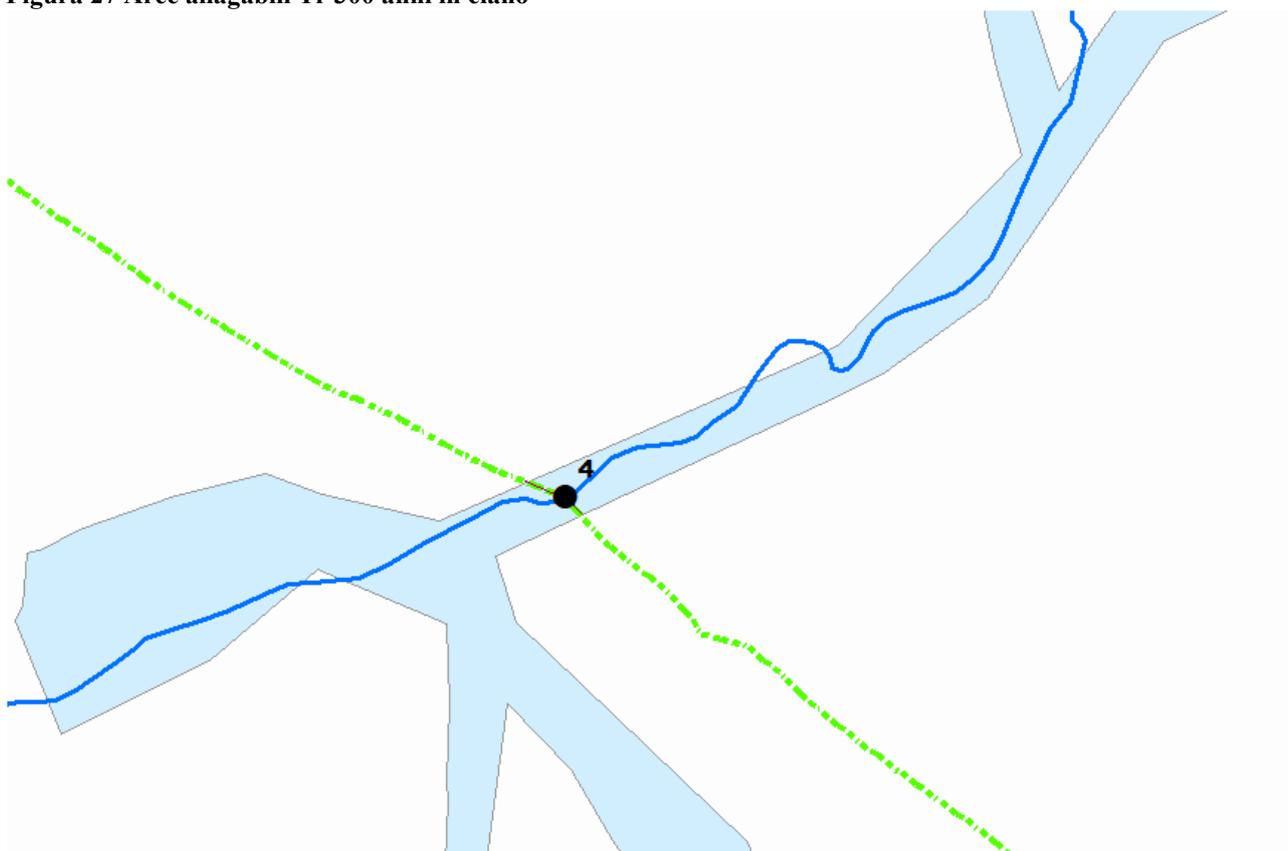


Figura 28 dettaglio intersezione n.4

Dall'analisi svolta risulta che:

- Per il superamento dell'intersezione 4 si propone di posare il cavidotto tramite TOC, lunghezza 35 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata trecentennale.

Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente.

3.1.5 Implementazione del modello per il Bacino 5

Lo studio del Bacino 5 ci consentirà di determinare l'ampiezza delle aree allagabili con Tr pari a 300 anni e, di conseguenza di definire l'ampiezza dell'area allagabile in corrispondenza della intersezione n.3 del cavidotto con il reticolo idrografico.

Il dominio di calcolo, coincidente con l'estensione del bacino idrografico 5, è stato creato in ambiente di pre-processamento GDS; lo stesso è stato discretizzato con celle di 10 m, la quota di ogni cella è stata ottenuta sulla base delle quote del DEM 10 m della regione Sicilia.

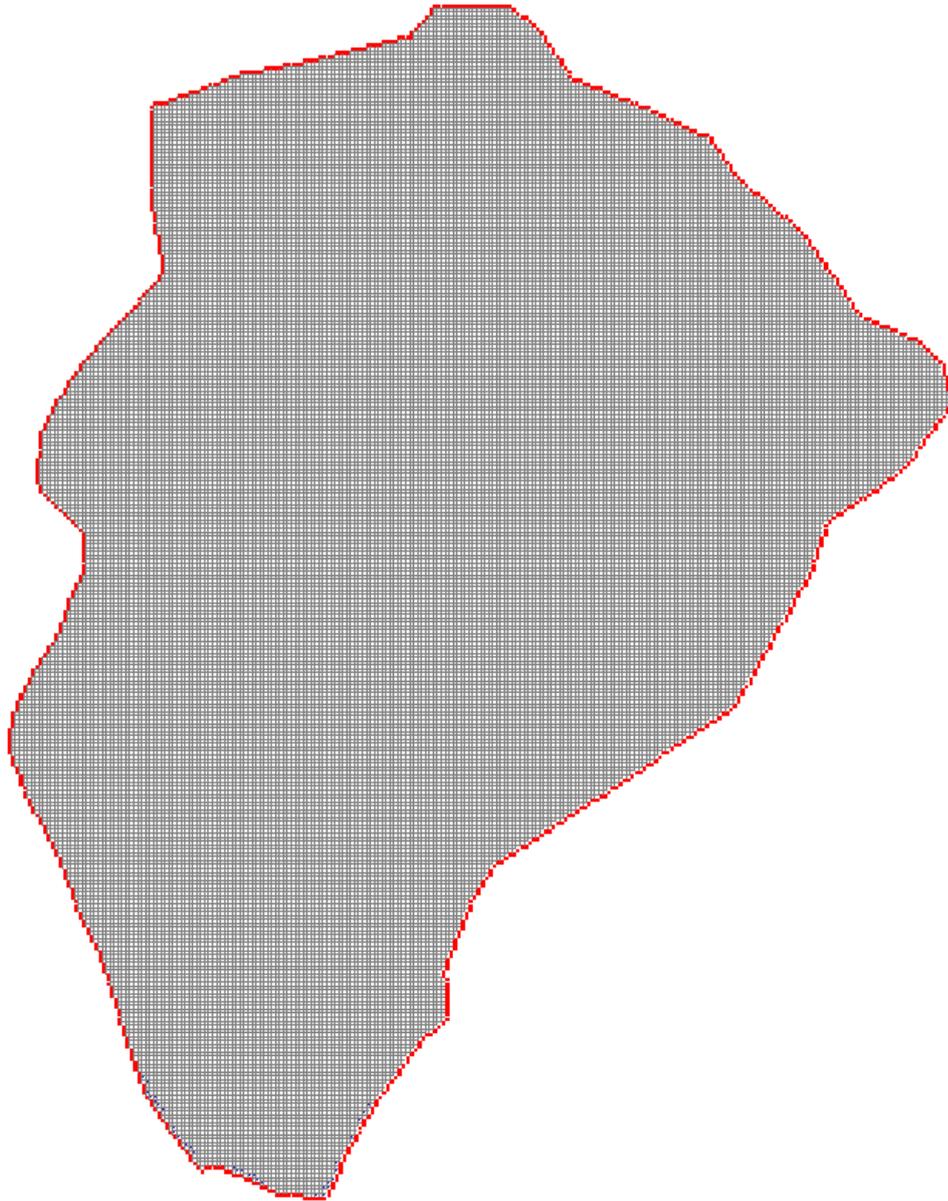
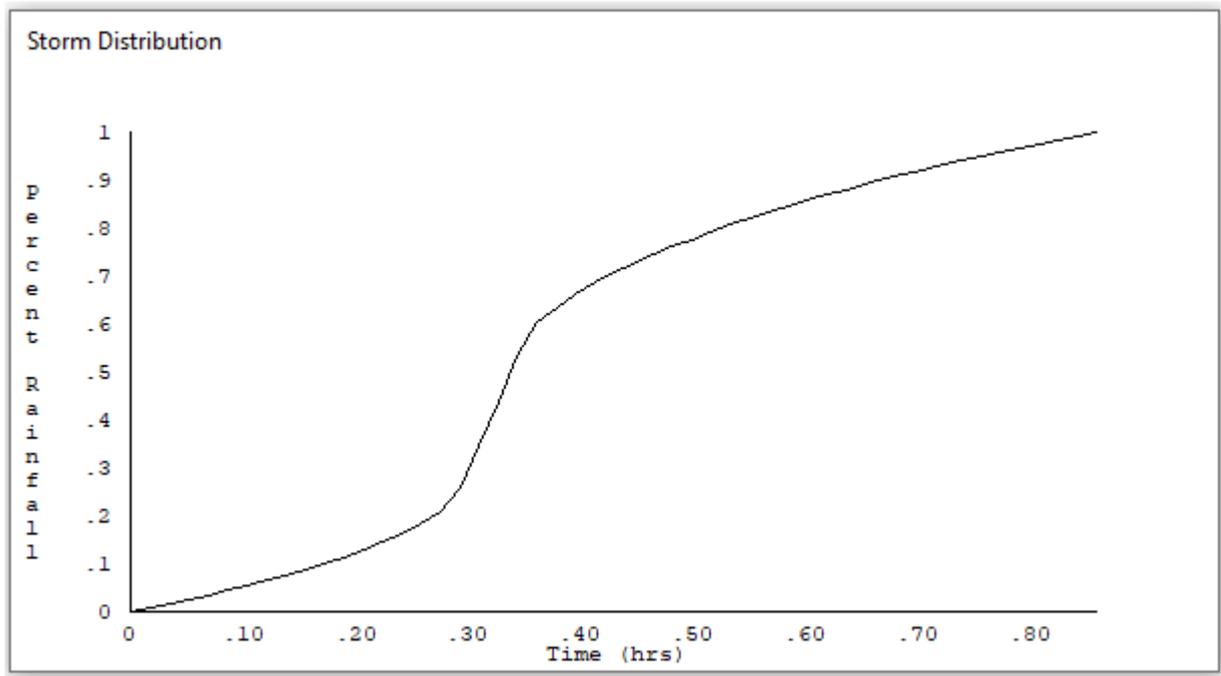


Figura 30 Dominio di studio

La valutazione delle dinamiche idrauliche sull'area di interesse è stata effettuata inserendo nel dominio di calcolo bidimensionale lo ietogramma netto di pioggia sulla base del volume specifico di deflusso prima definito con la metodologia dell'SCS-CN, per una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione.



Come condizioni al contorno di valle sono state semplicemente impostate come outflow tutte le celle a ridosso della sezione di chiusura immediatamente a monte della sezione di chiusura.

3.1.5.1 Risultati ottenuti

Le valutazioni idrauliche condotte, come meglio dettagliato nel seguito, hanno consentito di definire il comportamento del bacino stesso quando è sollecitato da un evento estremo.

Per la determinazione delle aree allagabili, come già illustrato nei paragrafi precedenti si utilizzerà la seguente espressione:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

Grid Element Ground Surface Elevation

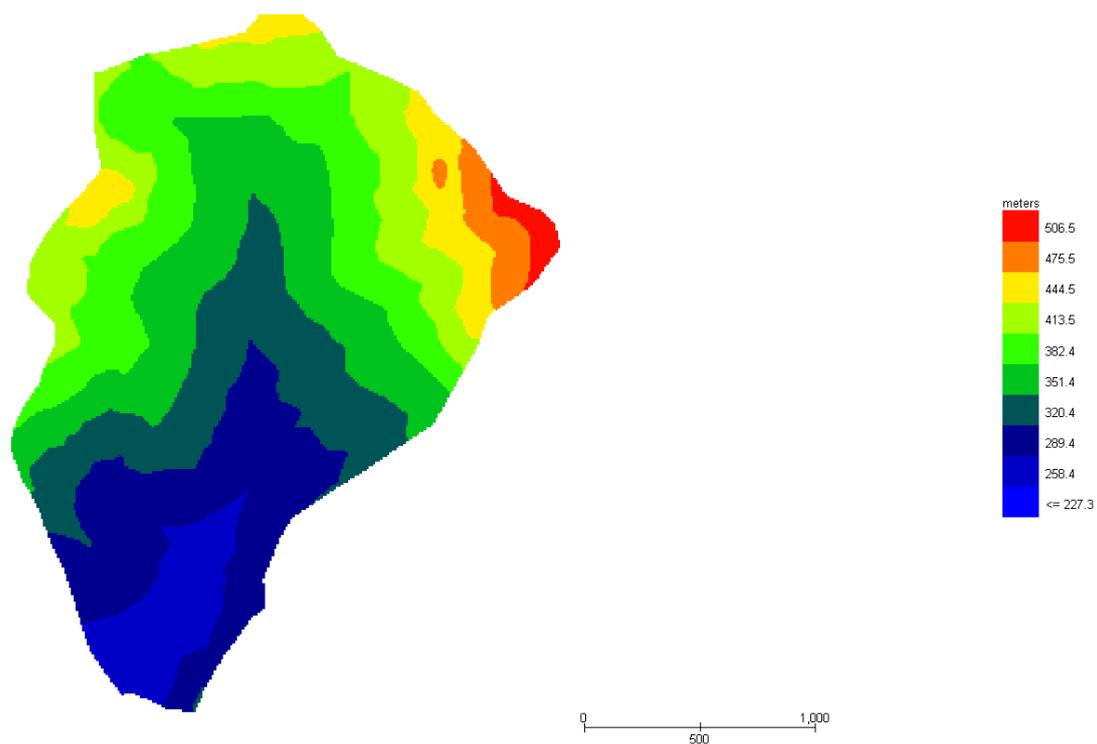


Figura 31 Modello Bacino 5 DTM
Grid Element Maximum Flow Depth

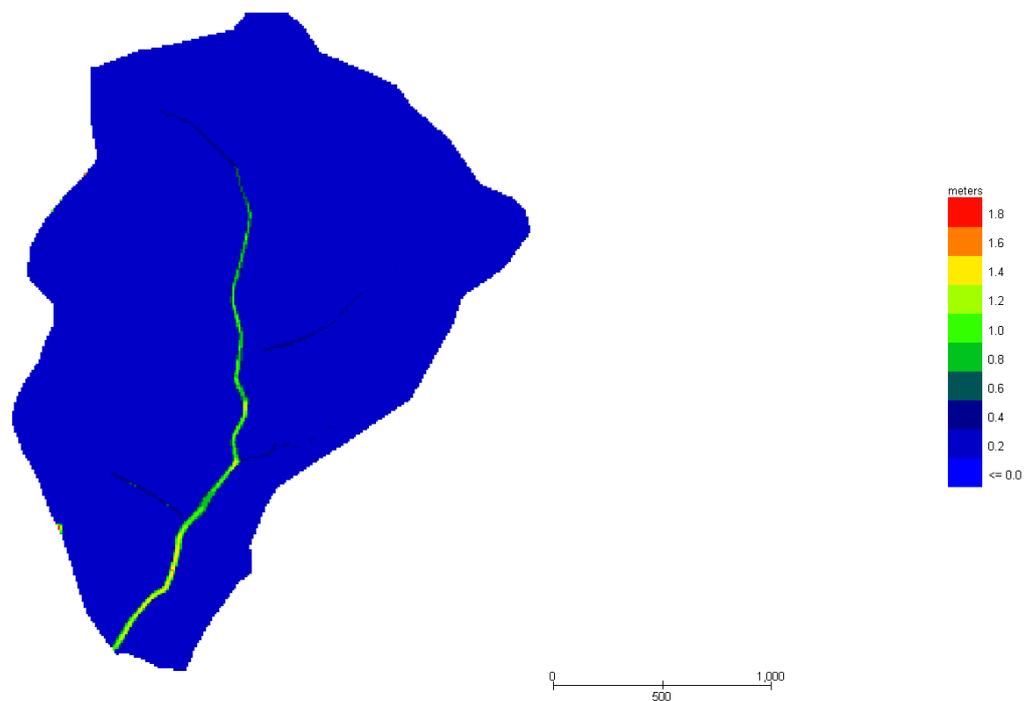


Figura 32 Modello Bacino 5 Tiranti Tr 300 anni

Grid Element Maximum Velocity

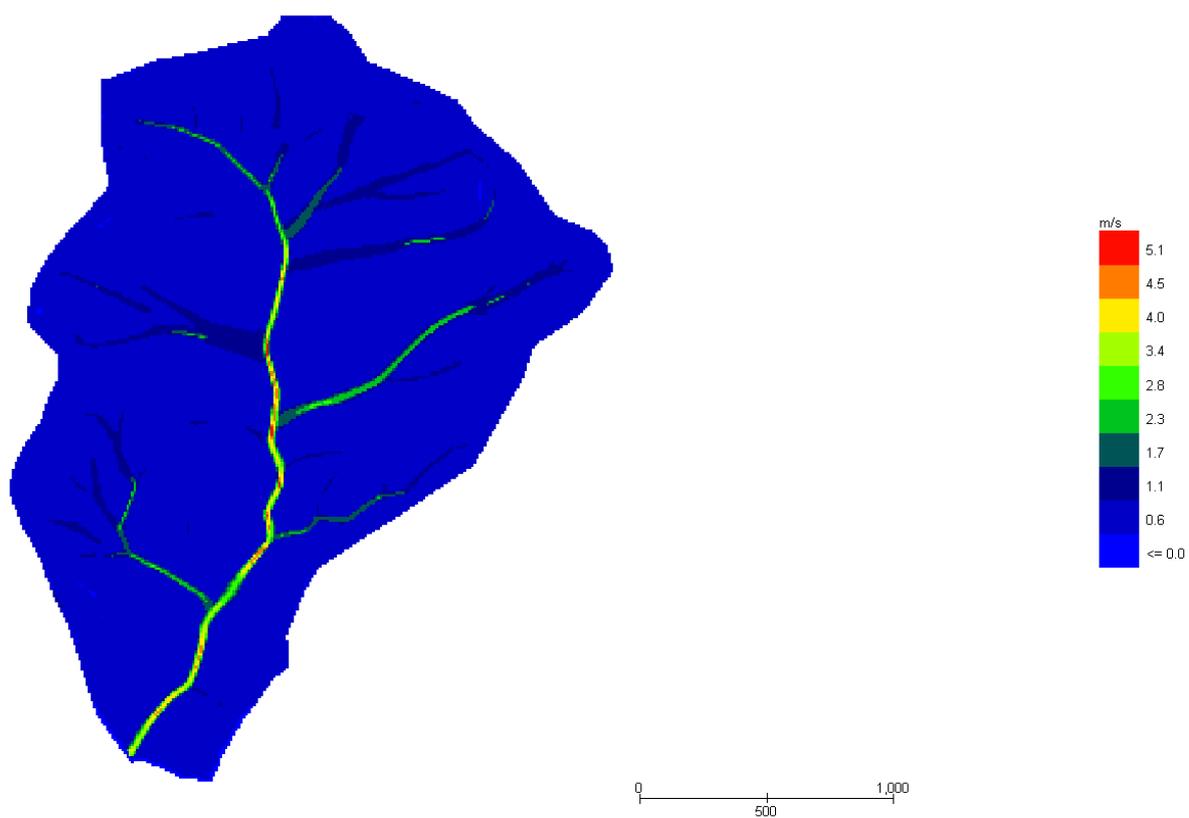


Figura 33 Modello Bacino 5 Velocità Tr 300 anni

Dall'applicazione dell'espressione prima indicata:

$$h + 0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

si ottiene:

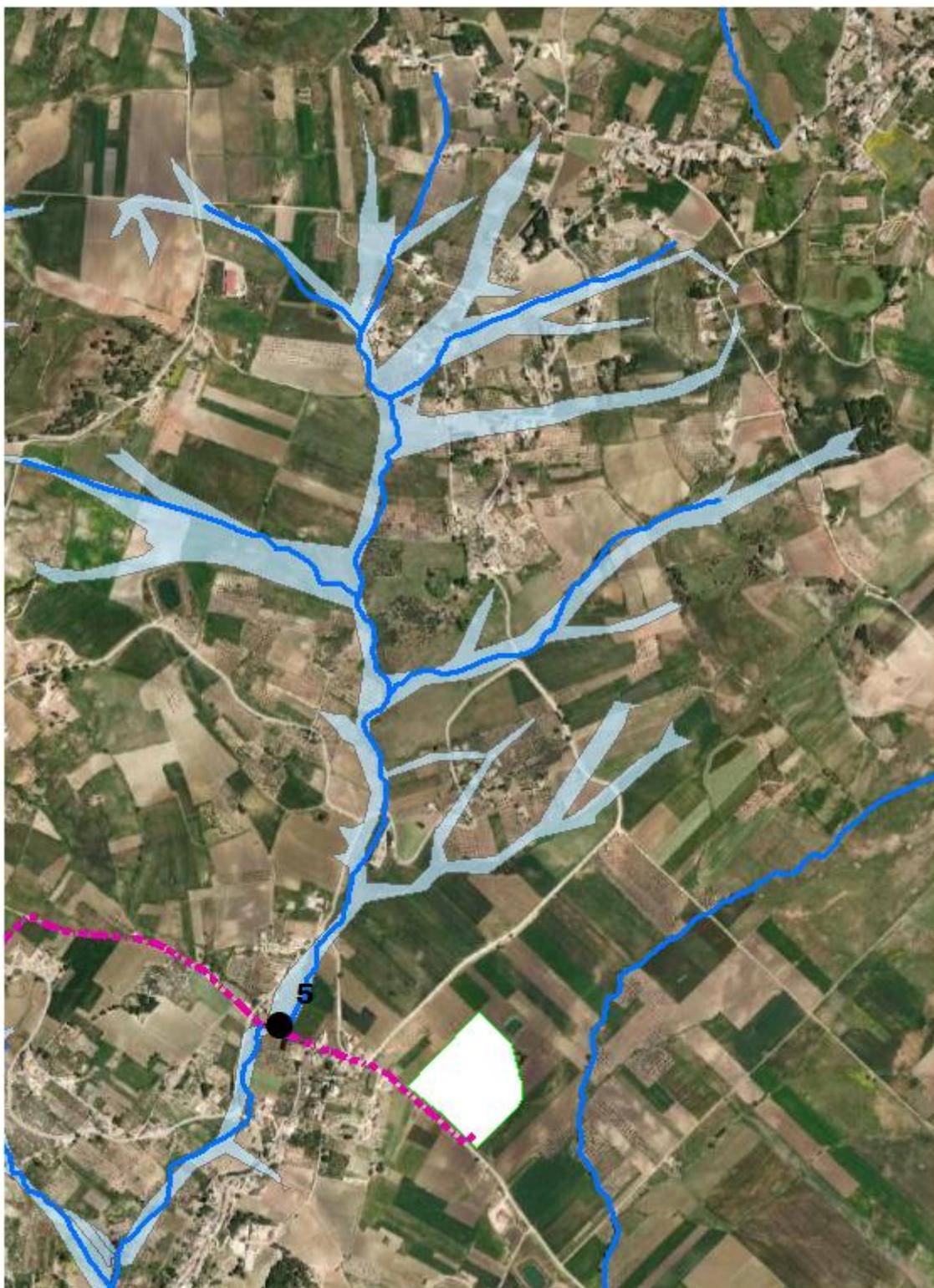


Figura 34 Aree allagabili Tr 300 anni in ciano

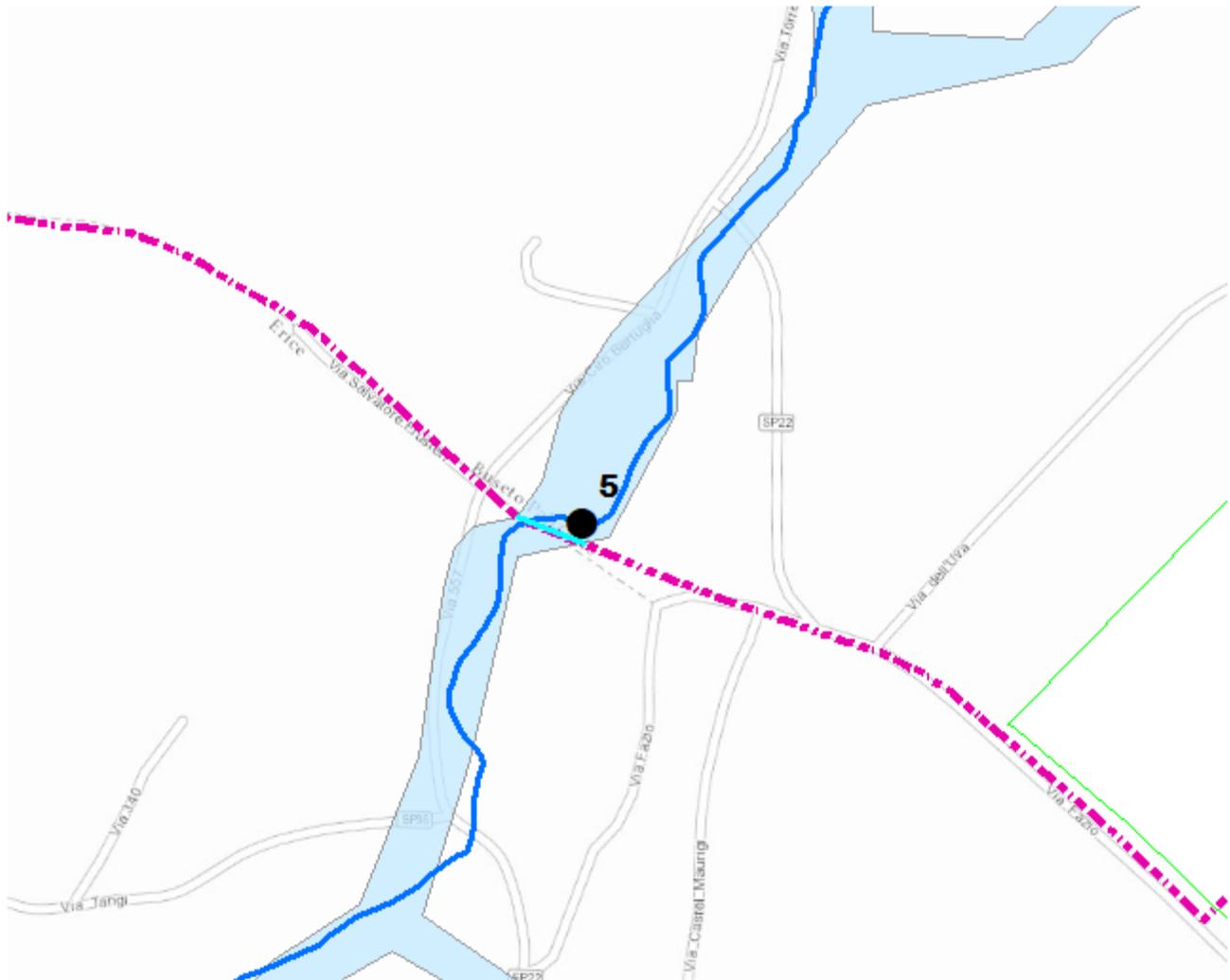


Figura 35 dettaglio intersezione n.5

Dall'analisi svolta risulta che:

Per il superamento dell'intersezione 5 si propone di posare il cavidotto tramite TOC. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata trecentennale, lunghezza 50 m.

Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente.

3.1.6 Implementazione del modello per il Bacino 6

Lo studio del Bacino 6 ci consentirà di determinare l'ampiezza delle aree allagabili con Tr pari a 300 anni e, di conseguenza di definire l'ampiezza dell'area allagabile in corrispondenza dell'intersezione n. 6 del cavidotto con il reticolo idrografico.

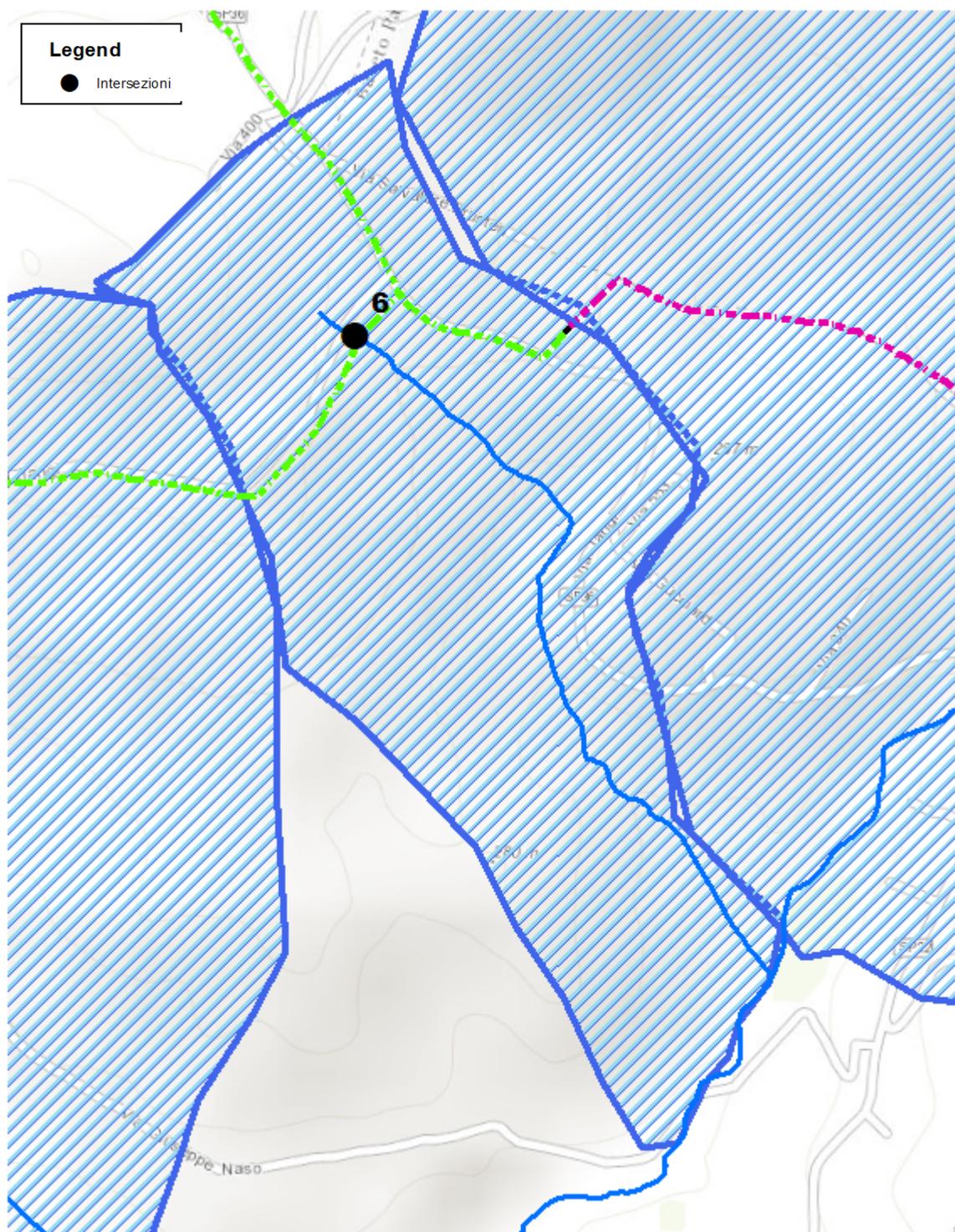


Figura 36 Bacino 6 con rappresentazione delle criticità oggetto di studio

Come già detto nel paragrafo precedente è stato implementato un modello bidimensionale puro. Il dominio di calcolo, coincidente con l'estensione del bacino idrografico 6, è stato creato in ambiente di pre-processamento GDS; lo stesso è stato discretizzato con celle di 5 m, la quota di ogni cella è stata ottenuta sulla base delle quote del DEM 10 m della regione Sicilia.

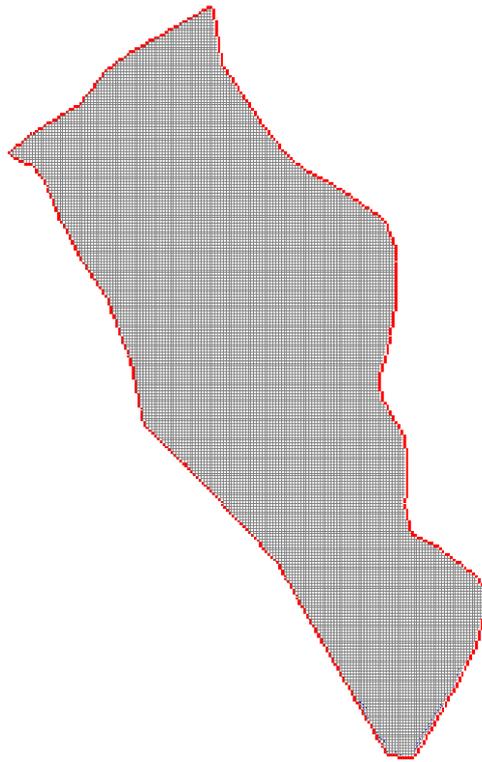
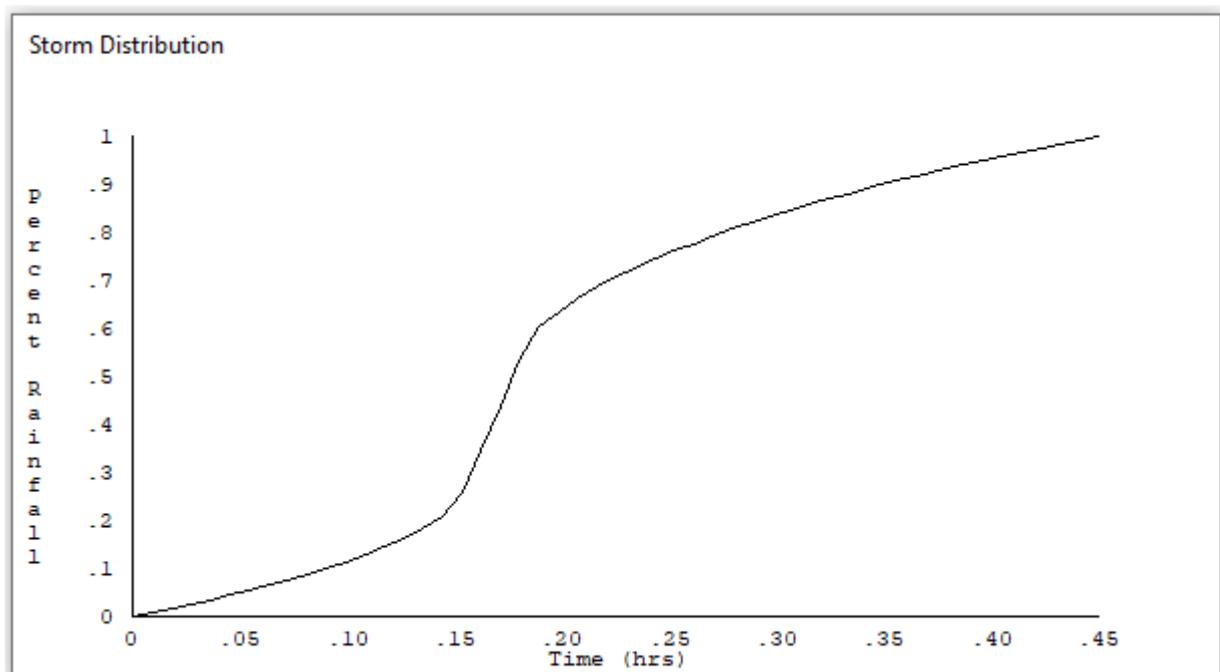


Figura 37 Dominio di studio

La valutazione delle dinamiche idrauliche sull'area di interesse è stata effettuata inserendo nel dominio di calcolo bidimensionale lo ietogramma netto di pioggia sulla base del volume specifico di deflusso prima definito con la metodologia dell'SCS-CN, per una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione.



Come condizioni al contorno di valle sono state semplicemente impostate come outflow tutte le celle a ridosso della sezione di chiusura immediatamente a monte della sezione di chiusura.

3.1.6.1 Risultati ottenuti

Le valutazioni idrauliche condotte, come meglio dettagliato nel seguito, hanno consentito di definire il comportamento del bacino stesso quando è sollecitato da un evento estremo.

Per la determinazione delle aree allagabili, come già illustrato nei paragrafi precedenti si utilizzerà la seguente espressione:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

Grid Element Ground Surface Elevation

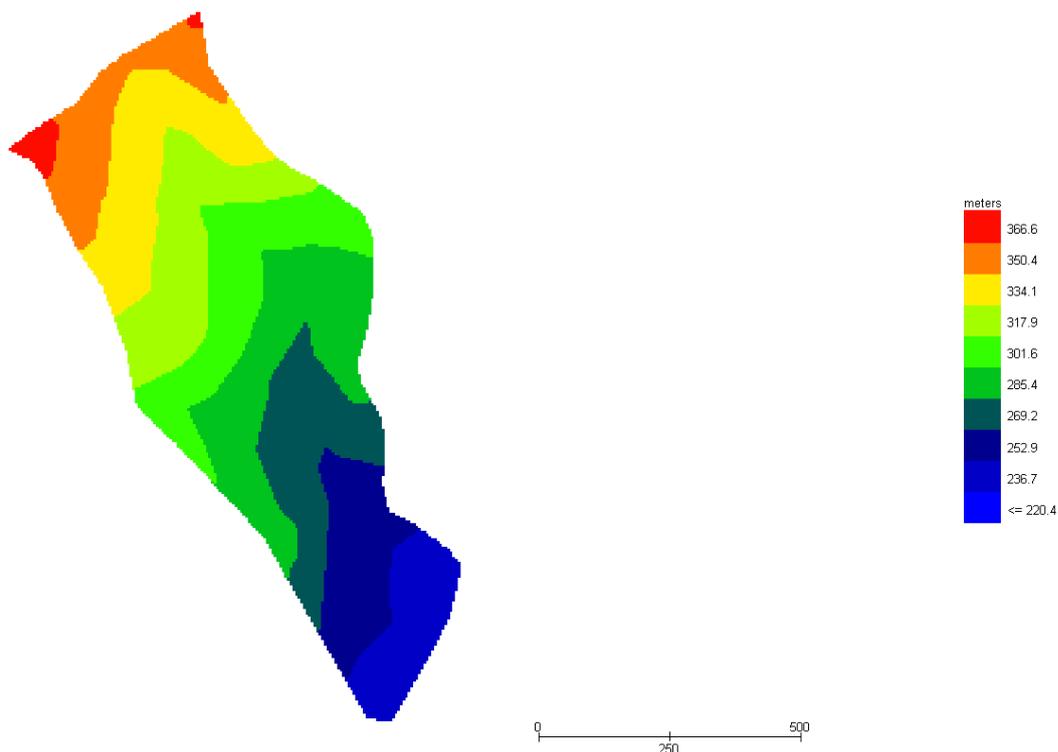


Figura 38 Modello Bacino 6 DTM

Grid Element Maximum Flow Depth

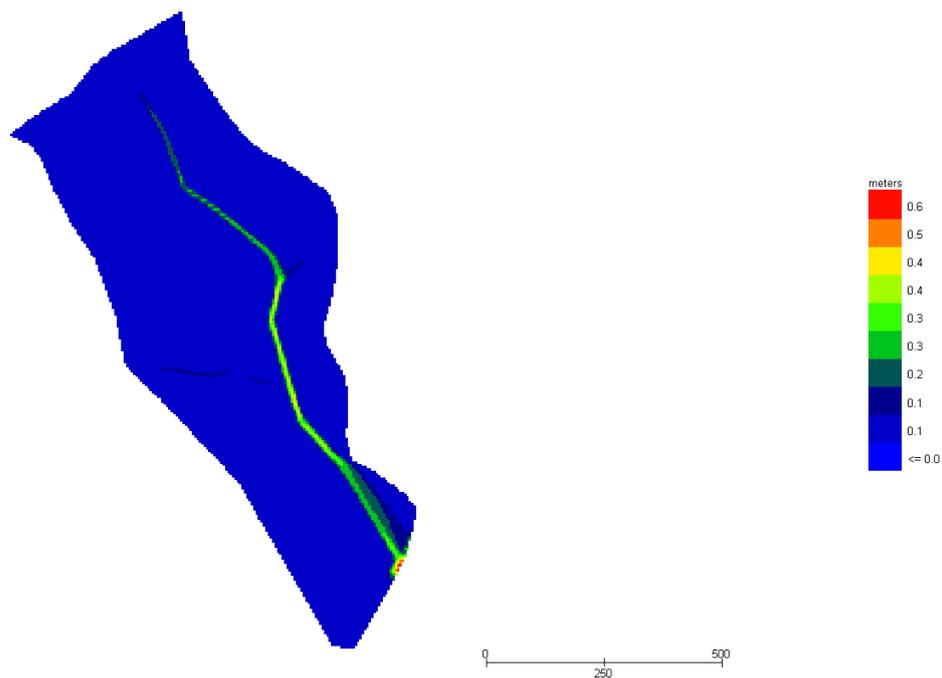


Figura 39 Modello Bacino 6 Tiranti Tr 300 anni

Grid Element Maximum Velocity

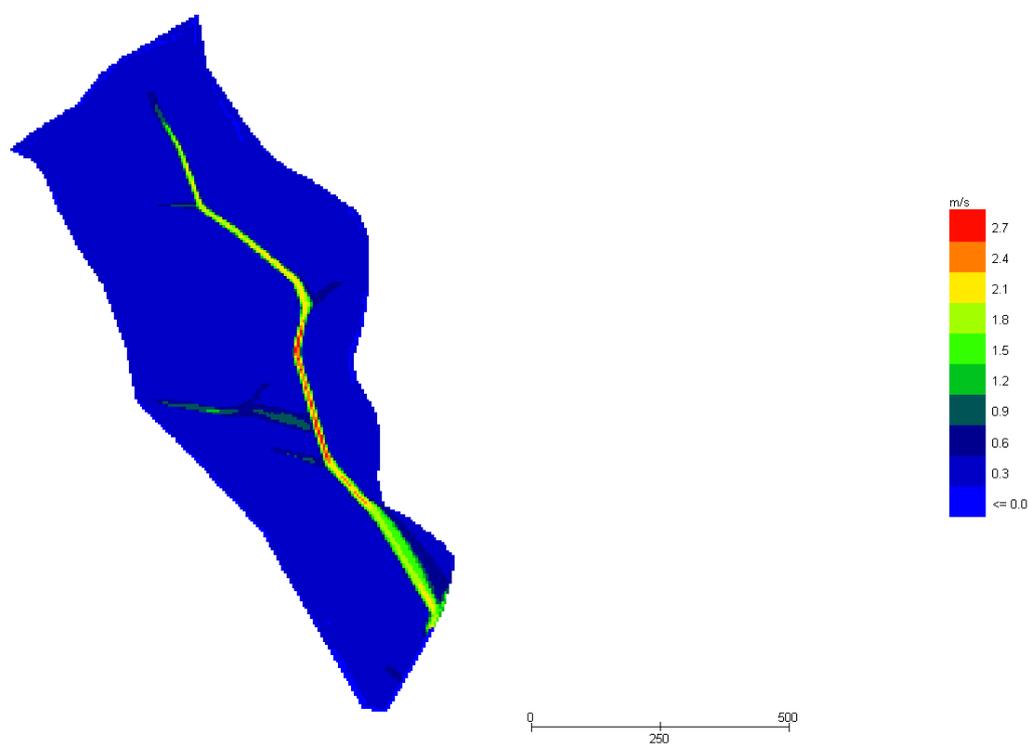


Figura 40 Modello Bacino 6 Velocità Tr 300 anni

Dall'applicazione dell'espressione prima indicata:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

si ottiene:



Figura 41 Aree allagabili Tr 300 anni in ciano



Figura 42 dettaglio intersezione n.6

Dall'analisi svolta risulta che:

- per il superamento dell'intersezione 6 si propone di posare il cavidotto tramite TOC. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata trecentennale, lunghezza 20 m.

Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente.

3.1.7 Implementazione del modello per il Bacino 7

Lo studio del Bacino 7 ci consentirà di determinare l'ampiezza delle aree allagabili con Tr pari a 300 anni e, di conseguenza di definire se l'aerogeneratore A01 e la viabilità di nuova realizzazione a su servizio rientrano in fascia di pertinenza fluviale.

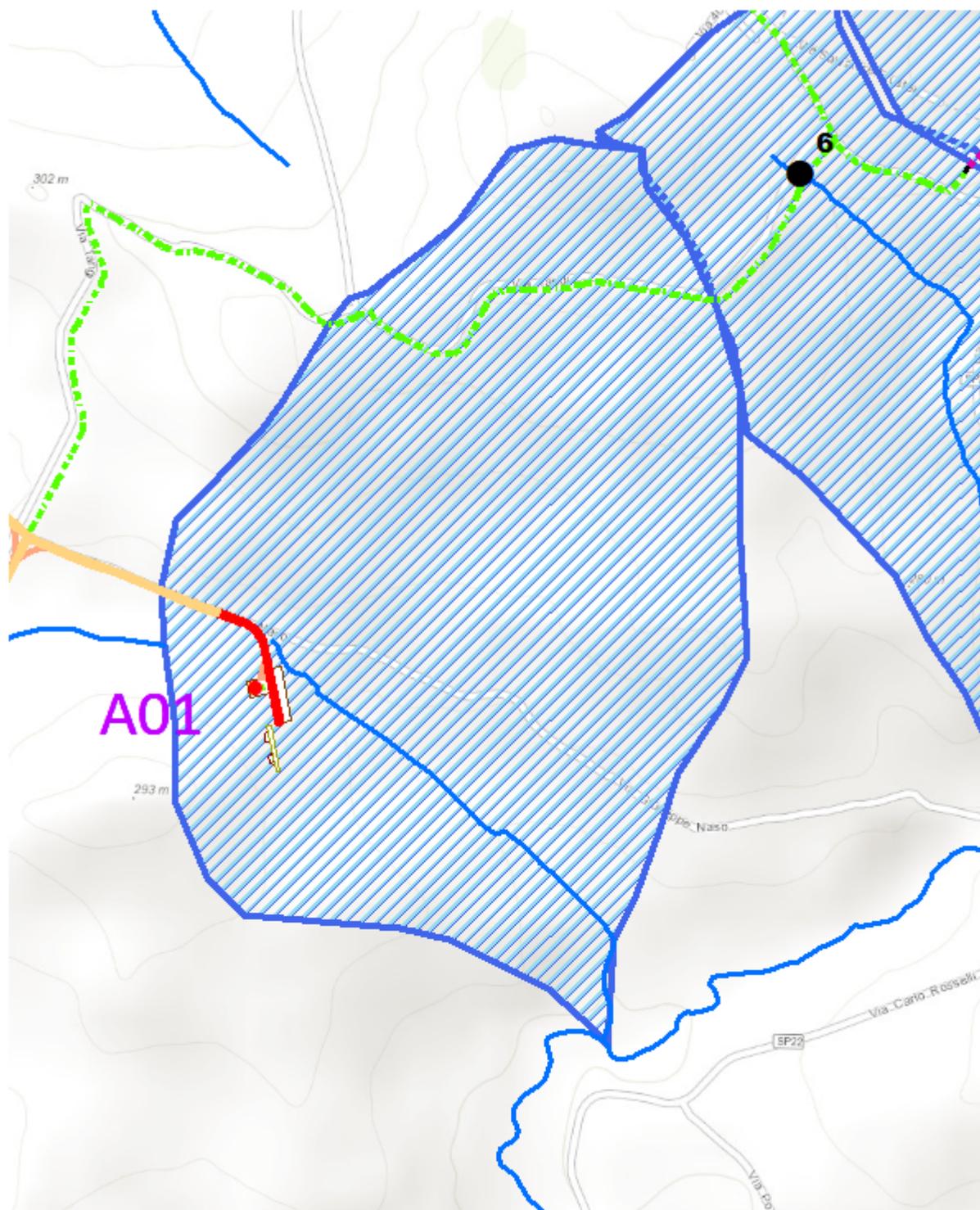


Figura 43 Bacino 7 con rappresentazione delle criticità oggetto di studio

Come già detto nel paragrafo precedente è stato implementato un modello bidimensionale puro. Il dominio di calcolo, coincidente con l'estensione del bacino idrografico 7, è stato creato in ambiente di pre-processamento GDS; lo stesso è stato discretizzato con celle di 5 m, la quota di ogni cella è stata ottenuta sulla base delle quote del DEM 10 m della regione Sicilia.

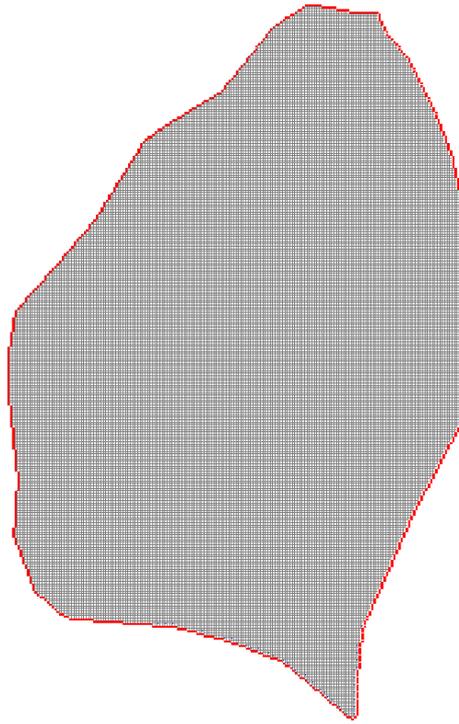
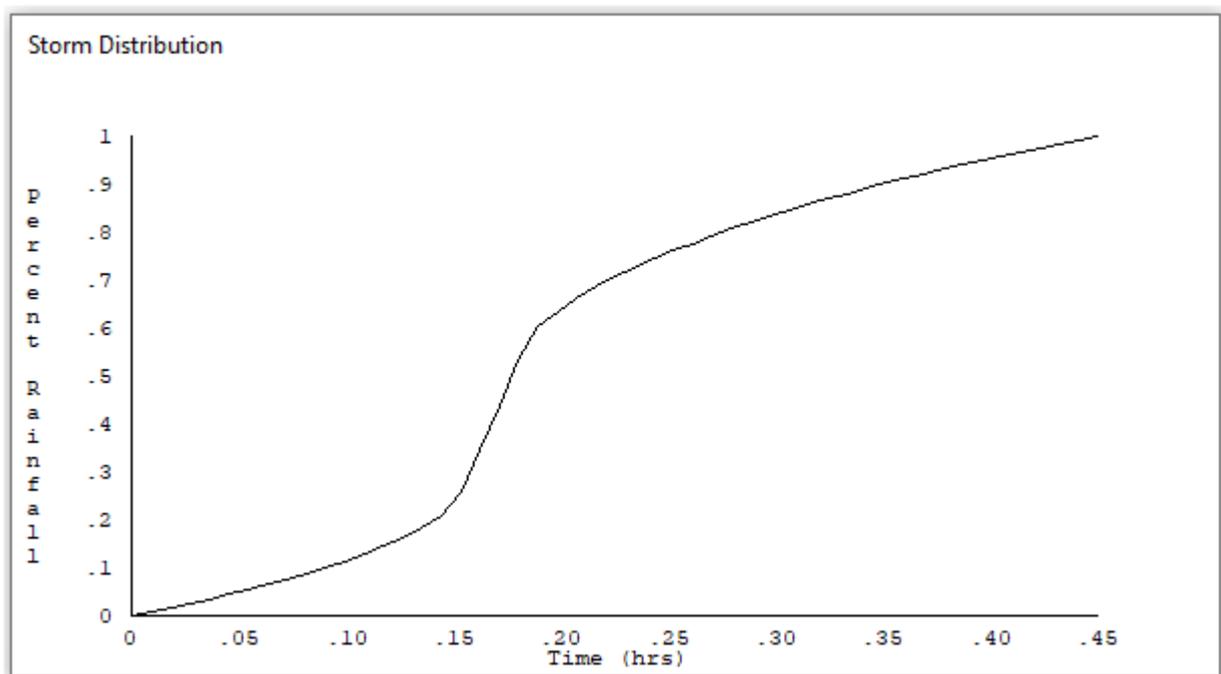


Figura 44 Dominio di studio

La valutazione delle dinamiche idrauliche sull'area di interesse è stata effettuata inserendo nel dominio di calcolo bidimensionale lo ietogramma netto di pioggia sulla base del volume specifico di deflusso prima definito con la metodologia dell'SCS-CN, per una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione.



Come condizioni al contorno di valle sono state semplicemente impostate come outflow tutte le celle a ridosso della sezione di chiusura immediatamente a monte della sezione di chiusura.

3.1.7.1 Risultati ottenuti

Le valutazioni idrauliche condotte, come meglio dettagliato nel seguito, hanno consentito di definire il comportamento del bacino stesso quando è sollecitato da un evento estremo.

Per la determinazione delle aree allagabili, come già illustrato nei paragrafi precedenti si utilizzerà la seguente espressione:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

Grid Element Ground Surface Elevation

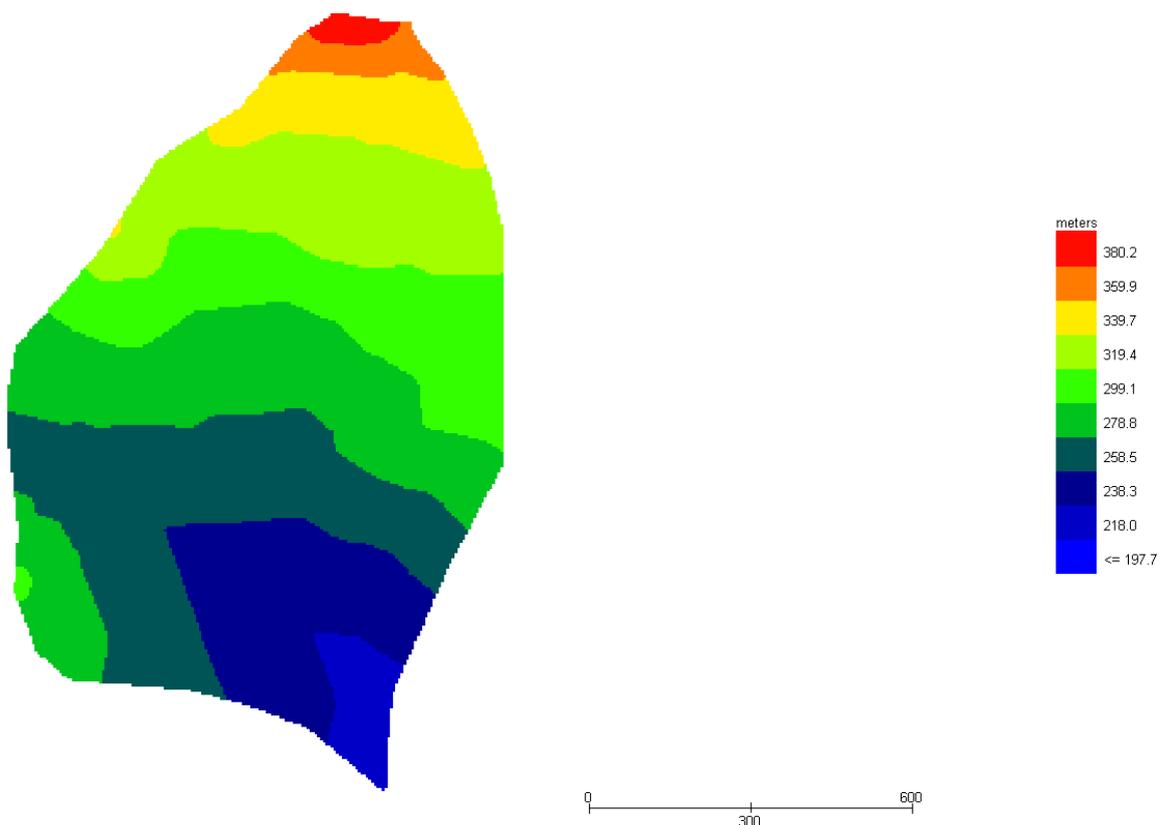


Figura 45 Modello Bacino 7 DTM

Grid Element Maximum Flow Depth

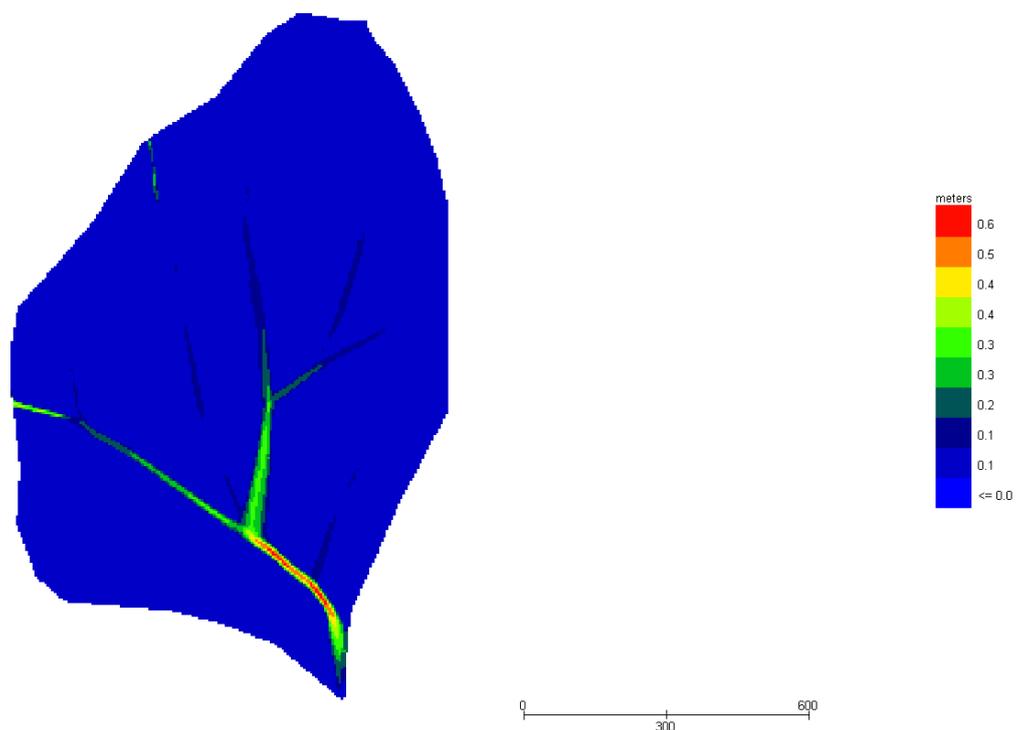


Figura 46 Modello Bacino 7 Tiranti Tr 300 anni

Grid Element Maximum Velocity

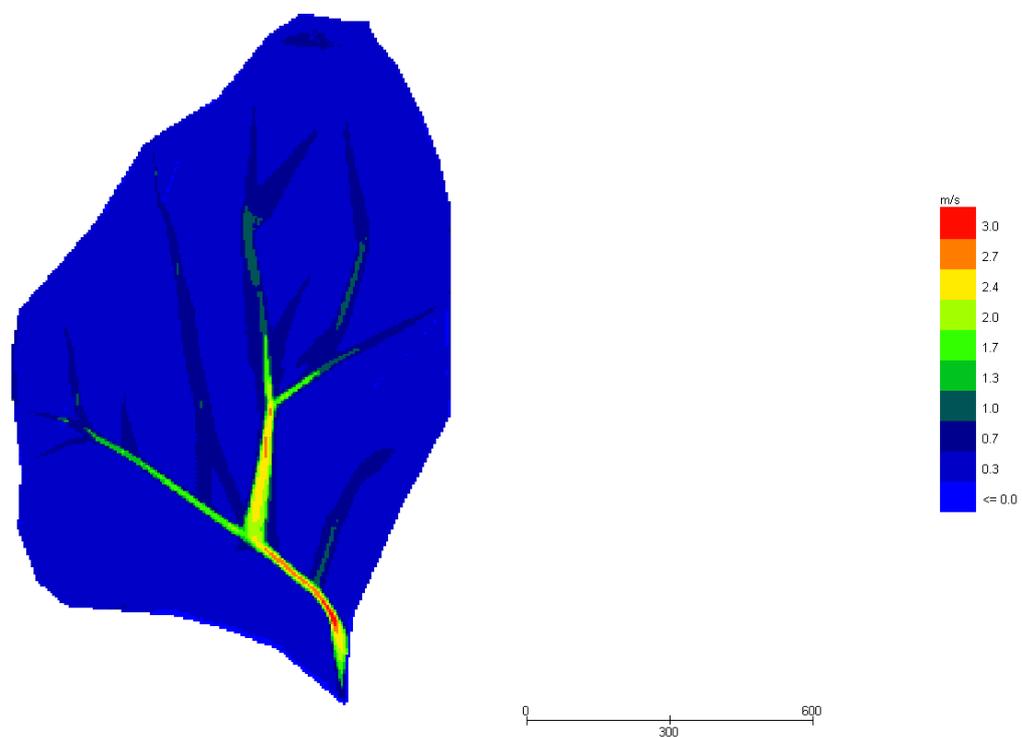


Figura 47 Modello Bacino 7 Velocità Tr 300 anni

Dall'applicazione dell'espressione prima indicata:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

si ottiene:



Figura 48 Aree allagabili Tr 300 anni in ciano



Figura 49 Dettaglio aerogeneratore A01

Dall'analisi svolta risulta che:

- l'aerogeneratore A01 e la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio non rientrano in fascia di pertinenza fluviale e pertanto risultano in condizioni di sicurezza idraulica.

3.1.8 Implementazione del modello per il Bacino 8

Lo studio del Bacino 8 ci consentirà di determinare l'ampiezza delle aree allagabili con Tr pari a 300 anni e, di conseguenza di definire l'ampiezza dell'area allagabile in corrispondenza dell'intersezione n. 7 del cavidotto con il reticolo idrografico.

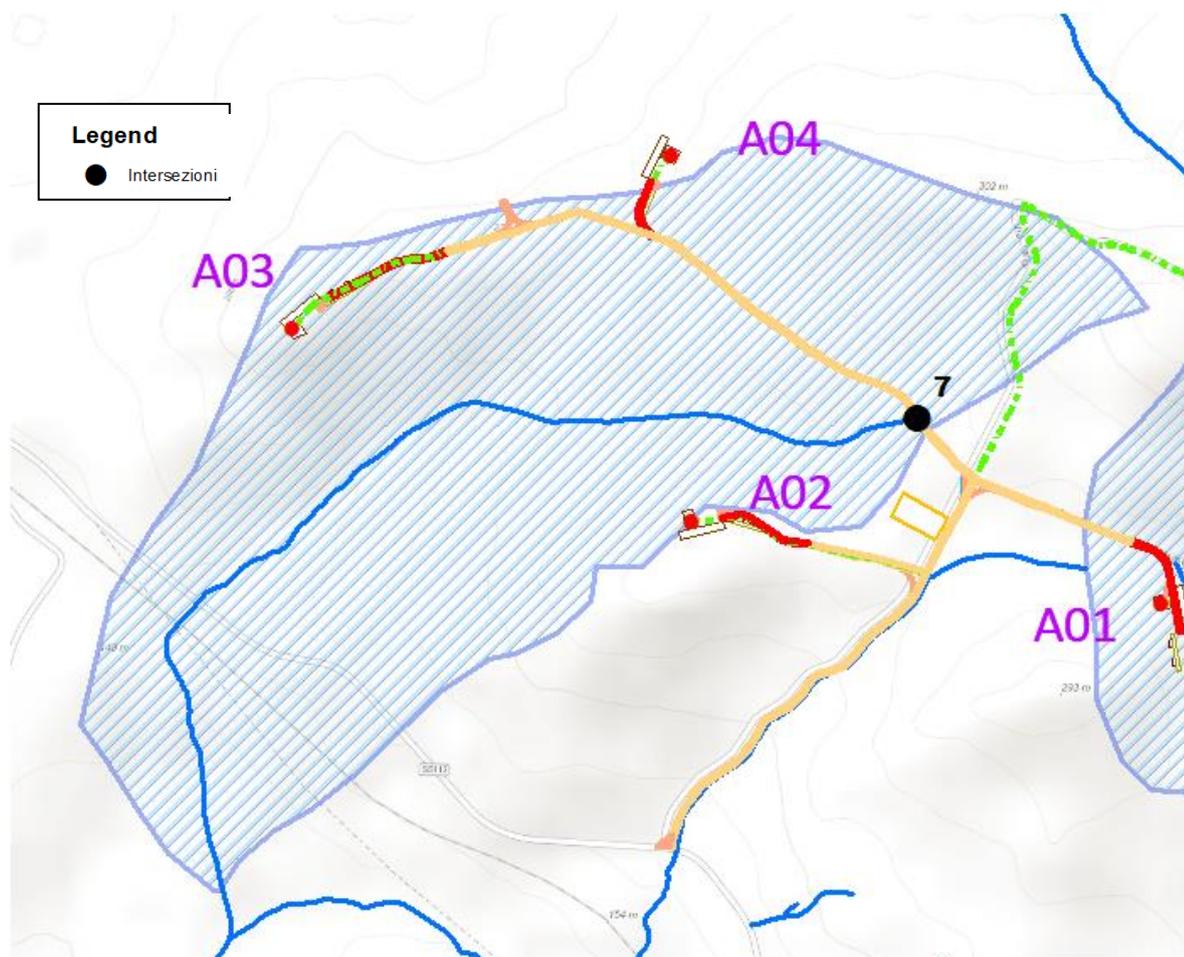


Figura 50 Bacino 7 con rappresentazione delle criticità oggetto di studio

Come già detto nel paragrafo precedente è stato implementato un modello bidimensionale puro.

Il dominio di calcolo, coincidente con l'estensione del bacino idrografico 8, è stato creato in ambiente di pre-processamento GDS; lo stesso è stato discretizzato con celle di 5 m, la quota di ogni cella è stata ottenuta sulla base delle quote del DEM 10 m della regione Sicilia.

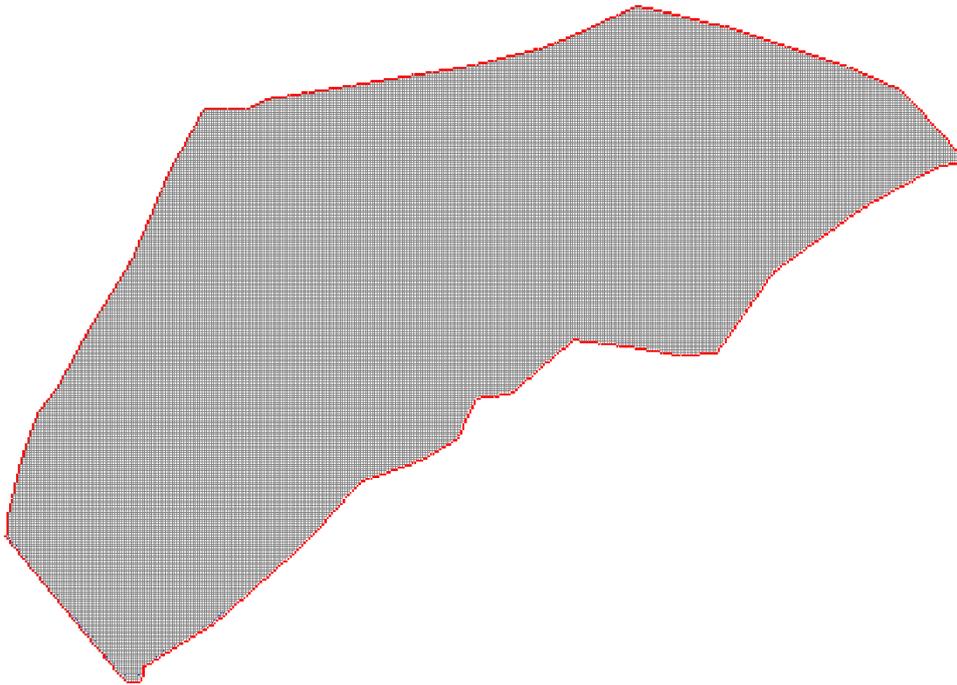
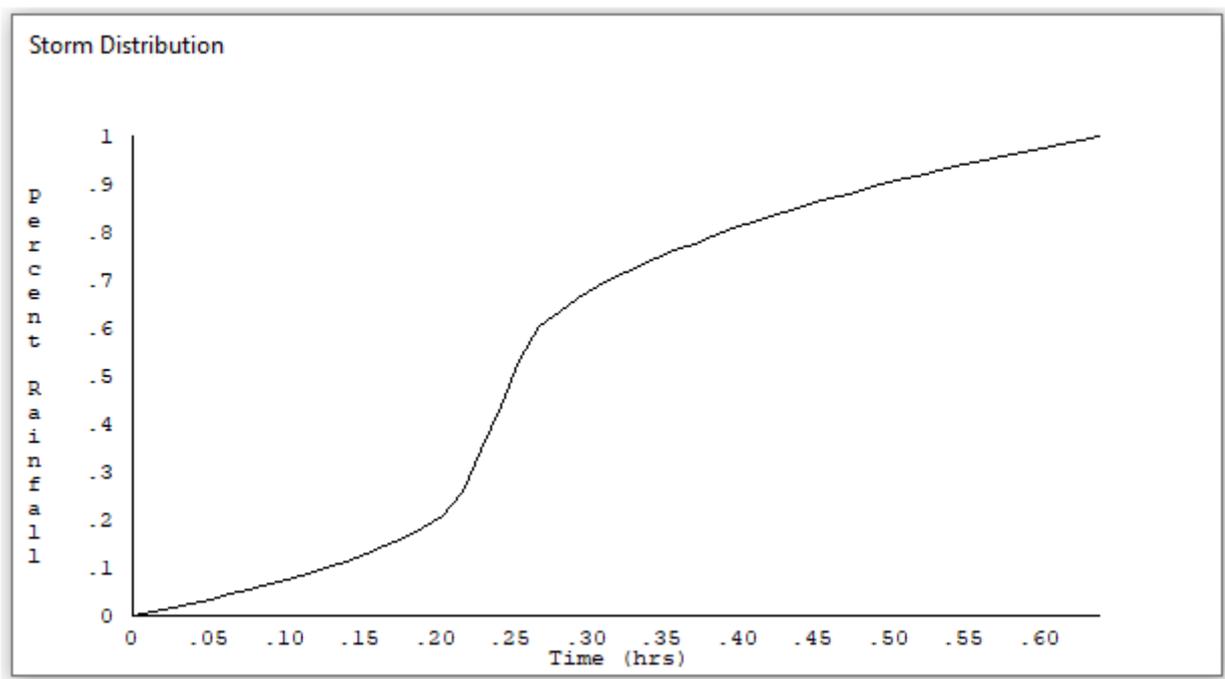


Figura 51 Dominio di studio

La valutazione delle dinamiche idrauliche sull'area di interesse è stata effettuata inserendo nel dominio di calcolo bidimensionale lo ietogramma netto di pioggia sulla base del volume specifico di deflusso prima definito con la metodologia dell'SCS-CN, per una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione.



Come condizioni al contorno di valle sono state semplicemente impostate come outflow tutte le celle a ridosso della sezione di chiusura immediatamente a monte della sezione di chiusura.

3.1.8.1 Risultati ottenuti

Le valutazioni idrauliche condotte, come meglio dettagliato nel seguito, hanno consentito di definire il comportamento del bacino stesso quando è sollecitato da un evento estremo.

Per la determinazione delle aree allagabili, come già illustrato nei paragrafi precedenti si utilizzerà la seguente espressione:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

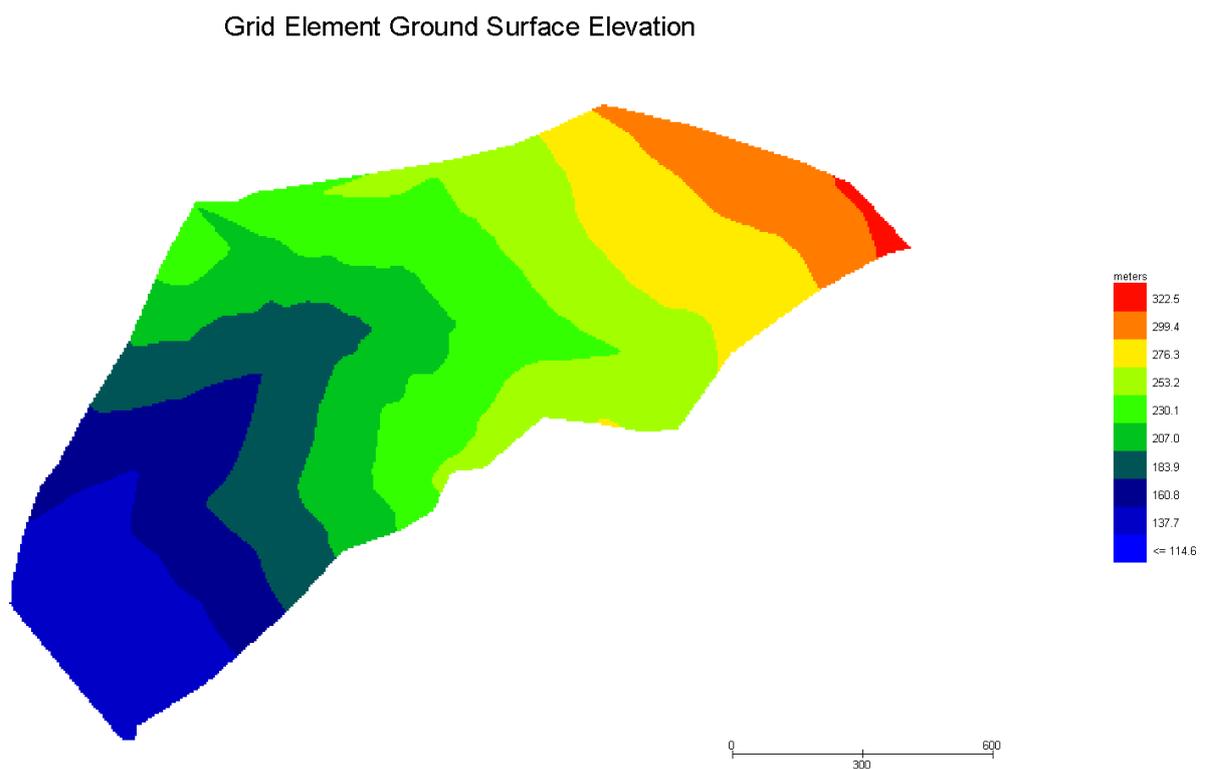


Figura 52 Modello Bacino 8 DTM

Grid Element Maximum Flow Depth

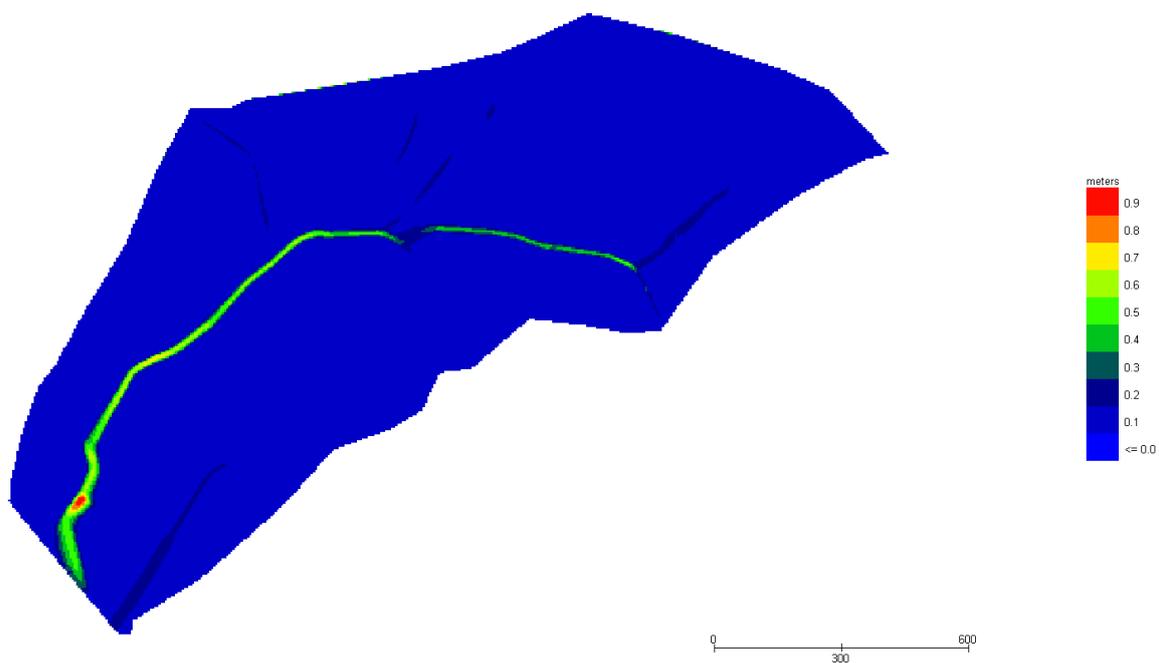


Figura 53 Modello Bacino 8 Tiranti Tr 300 anni

Grid Element Maximum Velocity

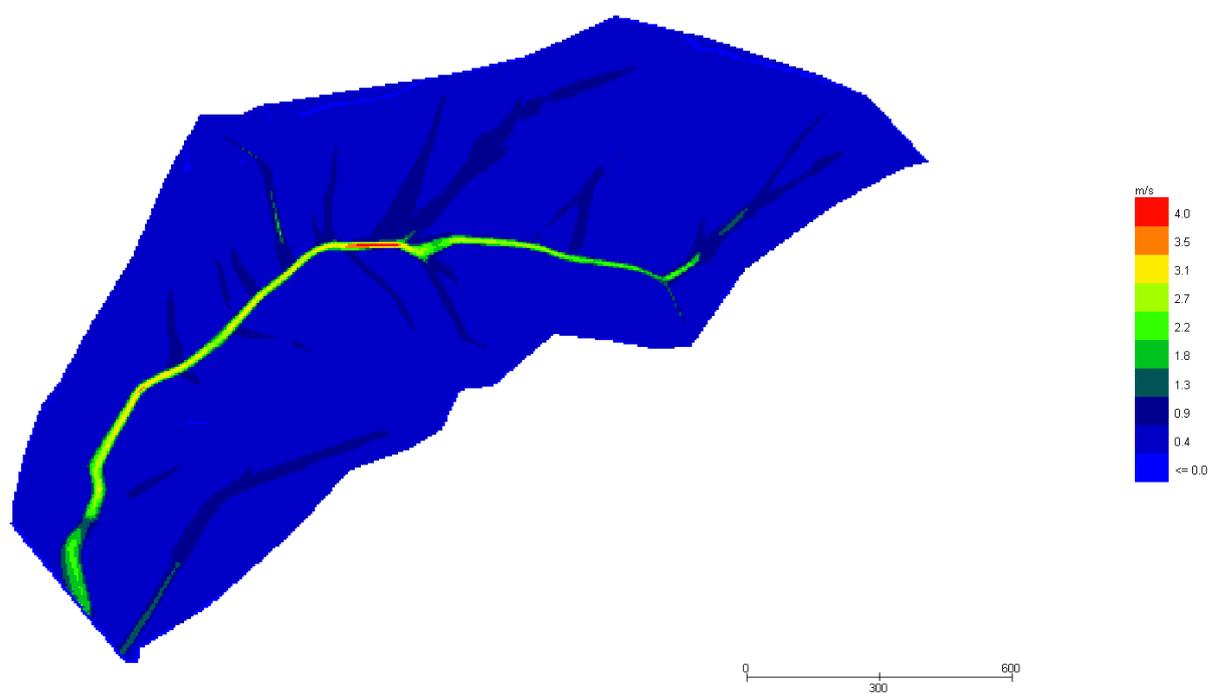


Figura 54 Modello Bacino 8 Velocità Tr 300 anni

Dall'applicazione dell'espressione prima indicata:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

si ottiene:

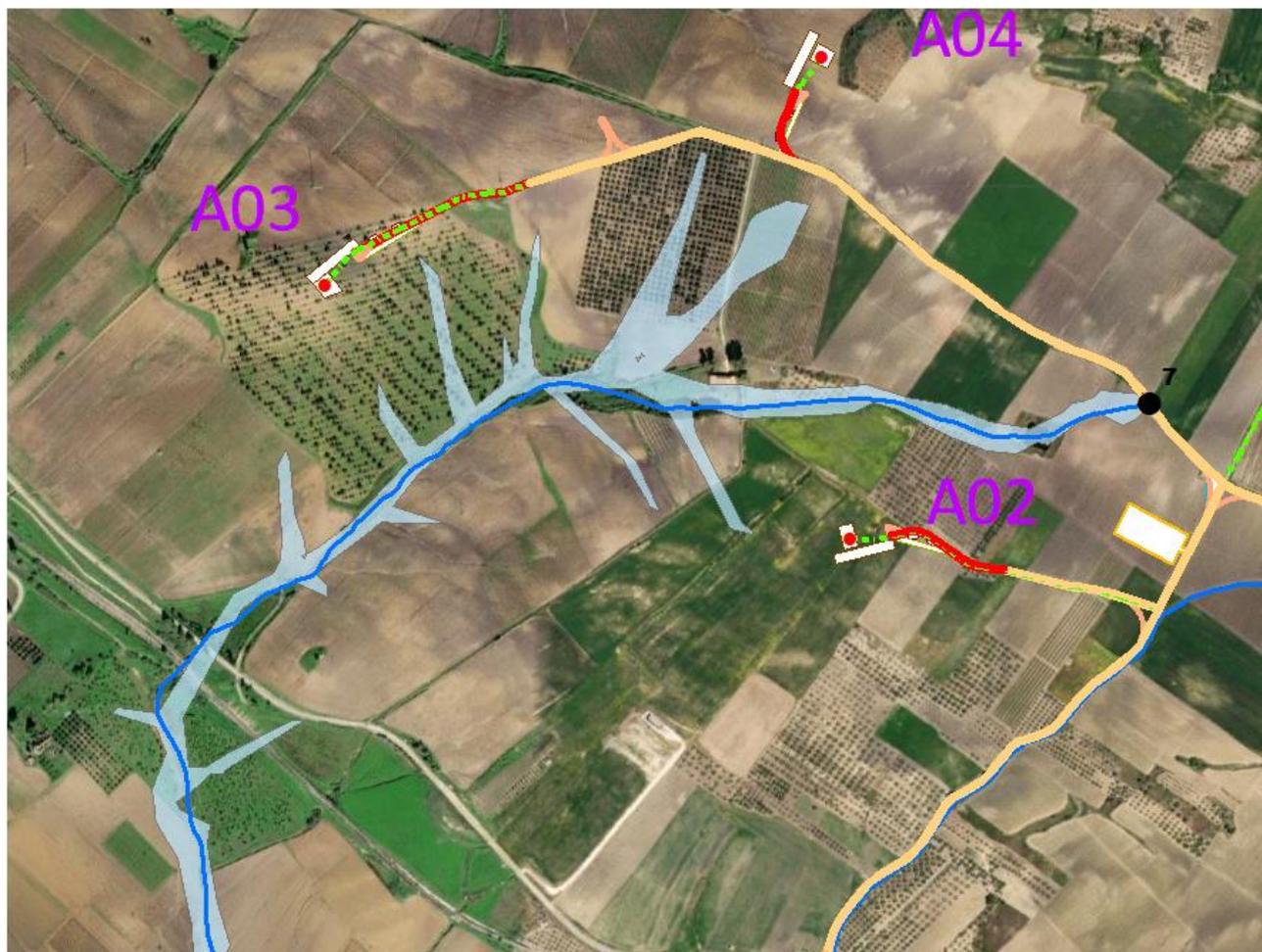


Figura 55 Aree allagabili Tr 300 anni in ciano



Figura 56 Dettaglio intersezione n.7

Dall'analisi svolta risulta che:

- per il superamento dell'intersezione 7 si propone di posare il cavidotto tramite TOC. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata trecentennale, lunghezza 25 m.

Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente.

3.2 Ulteriori adeguamenti progettuali e relative verifiche

Come già specificato nel paragrafo 1.2 **gli interventi di sistemazione/adeguamento della viabilità esistente consistranno in sistemazione del fondo stradale o del manto di usura, e in allargamenti temporanei per garantire i dovuti raggi di curvatura per il transito dei mezzi.**

Al termine dei lavori di realizzazione del parco eolico, le aree per il montaggio del braccio gru, le aree per lo stoccaggio pale, gli interventi di adeguamento puntuale della viabilità esistente e le aree di cantiere, come tutte le altre opere temporanee, saranno dismessi prevedendo la rinaturalizzazione delle aree e il ripristino allo stato ante operam.

In corrispondenza delle intersezioni non è prevista la realizzazione di alcuna opera di attraversamento, tuttavia qualora in fase di cantiere fosse necessario prevedere opere di attraversamento temporanee si forniscono di seguito le indicazioni progettuali per la realizzazione egli stessi.

Tutte le valutazioni saranno condotte in riferimento a un tempo di ritorno pari a 50 anni, trattandosi di opere provvisorie.

| Sezione | Interferenza cavidotto con reticolo idrografico | Interferenza viabilità da adeguare con reticolo idrografico | Q ₅₀ (mc/s) | Bacino idrografico |
|---------|---|---|------------------------|------------------------|
| 1 | | x | 78.42 | Bacino 0 |
| 2 | | x | 10.39 | Bacino 0-Sottobacino 3 |
| 3 | x | x | 10.39 | Bacino 0-Sottobacino 3 |

Dati attraversamento provvisorio Intersezione 1

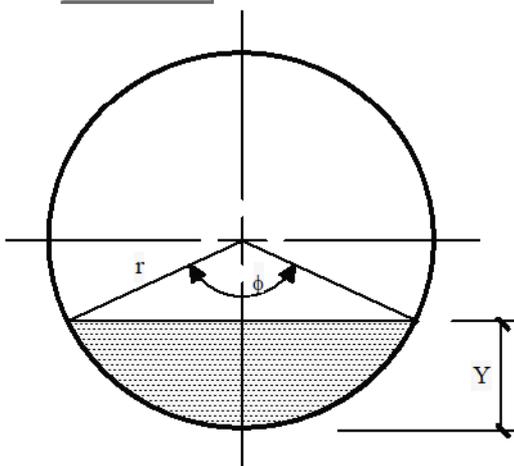
| | | | | |
|---|-------------------------------|--------------|-------|-----------------|
| : | Diametro= | 2 | metri | |
| | Area | 3.14159 | mq | |
| | Pendenza canale= | 1 | m/m | in % 100 |
| | Coeff ScabrezzaG.- Strickler= | 80 | | |
| | Portata di progetto= | 78.42 | mc/s | |

| % riempimento | gradi | rad. | Area defl. | Cont. Bagn. | R idr. | Portata (mc/s) | H riemp |
|---------------|--------|------|------------|-------------|--------|----------------|---------|
| 5% | 51.68 | 0.90 | 0.16 | 0.90 | 0.17 | 3.92 | 0.100 |
| 10% | 73.74 | 1.29 | 0.31 | 1.29 | 0.24 | 9.82 | 0.200 |
| 15% | 91.15 | 1.59 | 0.47 | 1.59 | 0.30 | 16.75 | 0.300 |
| 20% | 106.26 | 1.85 | 0.63 | 1.85 | 0.34 | 24.43 | 0.400 |
| 25% | 120.00 | 2.09 | 0.79 | 2.09 | 0.37 | 32.67 | 0.500 |
| 30% | 132.84 | 2.32 | 0.94 | 2.32 | 0.41 | 41.37 | 0.600 |
| 35% | 145.08 | 2.53 | 1.10 | 2.53 | 0.43 | 50.44 | 0.700 |
| 40% | 156.93 | 2.74 | 1.26 | 2.74 | 0.46 | 59.80 | 0.800 |
| 45% | 168.52 | 2.94 | 1.41 | 2.94 | 0.48 | 69.40 | 0.900 |
| 50% | 180.00 | 3.14 | 1.57 | 3.14 | 0.50 | 79.16 | 1.000 |
| 55% | 191.48 | 3.34 | 1.73 | 3.34 | 0.52 | 89.05 | 1.100 |
| 60% | 203.07 | 3.54 | 1.88 | 3.54 | 0.53 | 98.99 | 1.200 |
| 65% | 214.92 | 3.75 | 2.04 | 3.75 | 0.54 | 108.92 | 1.300 |
| 70% | 227.16 | 3.96 | 2.20 | 3.96 | 0.55 | 118.77 | 1.400 |
| 75% | 240.00 | 4.19 | 2.36 | 4.19 | 0.56 | 128.44 | 1.500 |
| 80% | 253.74 | 4.43 | 2.51 | 4.43 | 0.57 | 137.82 | 1.600 |
| 85% | 268.85 | 4.69 | 2.67 | 4.69 | 0.57 | 146.70 | 1.700 |
| 90% | 286.26 | 5.00 | 2.83 | 5.00 | 0.57 | 154.76 | 1.800 |
| 95% | 308.32 | 5.38 | 2.98 | 5.38 | 0.55 | 161.17 | 1.900 |
| 100% | 360.00 | 6.28 | 3.14 | 6.28 | 0.50 | 158.33 | 2.000 |

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

| | | | | | | | |
|------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 50% | 179.13 | 3.13 | 1.56 | 3.13 | 0.50 | 78.42 | 0.992 |
|------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|

Deflusso



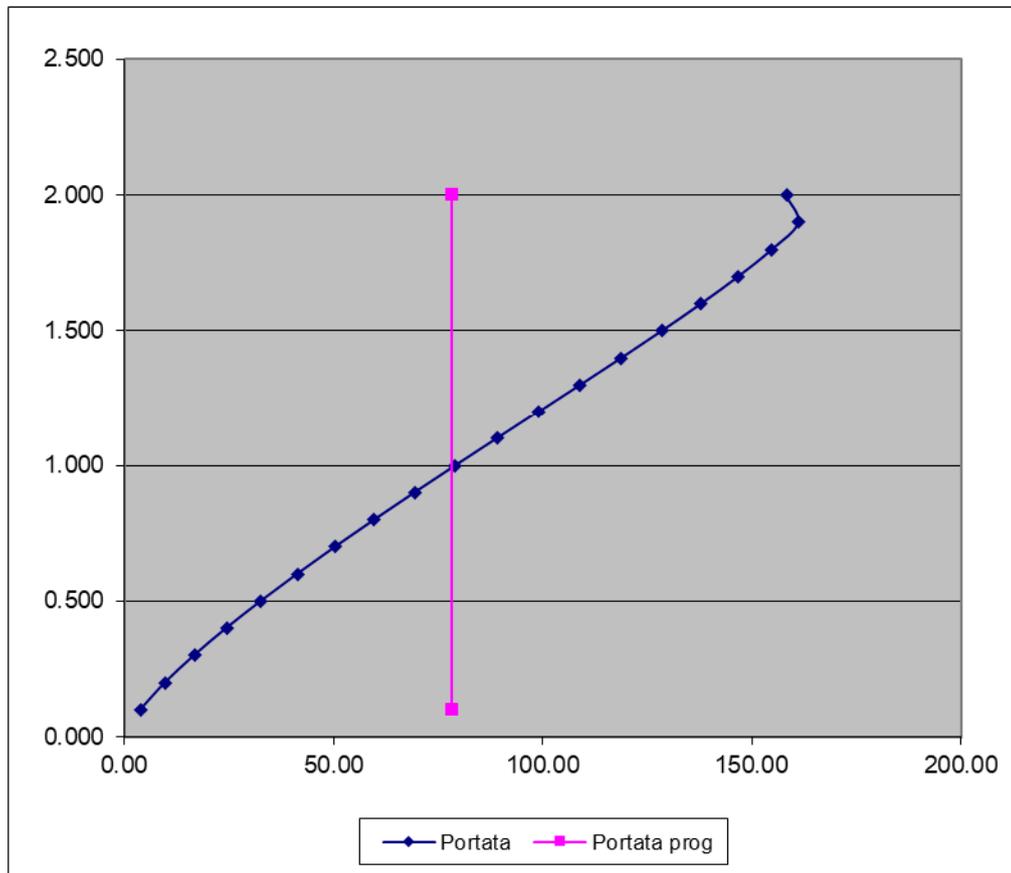
$$Y = r \times \left(1 - \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) \right)$$

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\varphi - \sin\varphi)$$

$$C = r \times \varphi$$

$$\mathfrak{R} = \frac{A}{C}$$

$$\% = \frac{Y}{2 \times r}$$



Dati attraversamento provvisorio Intersezioni 2 e 3

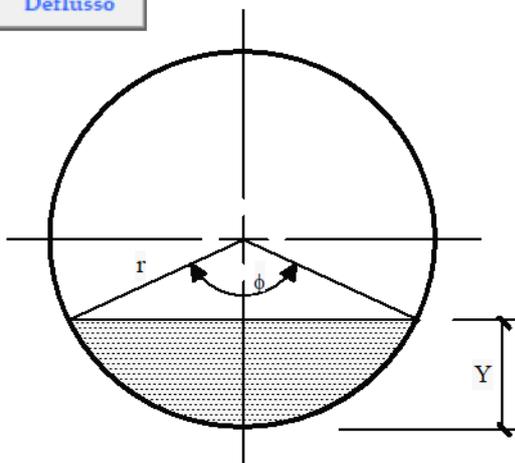
| | | | |
|------------------------------|--------------|-------|-----------------|
| Diametro= | 1 | metri | |
| Area | 0.7853975 | mq | |
| Pendenza canale= | 1 | m/m | in % 100 |
| Coeff ScabrezzaG.-Strickler= | 80 | | |
| Portata di progetto= | 10.39 | mc/s | |

| % riempimento | gradi | rad. | Area defl. | Cont. Bagn. | R idr. | Portata (mc/s) | H riemp |
|---------------|--------|------|------------|-------------|--------|----------------|---------|
| 5% | 51.68 | 0.90 | 0.04 | 0.45 | 0.09 | 0.62 | 0.050 |
| 10% | 73.74 | 1.29 | 0.08 | 0.64 | 0.12 | 1.55 | 0.100 |
| 15% | 91.15 | 1.59 | 0.12 | 0.80 | 0.15 | 2.64 | 0.150 |
| 20% | 106.26 | 1.85 | 0.16 | 0.93 | 0.17 | 3.85 | 0.200 |
| 25% | 120.00 | 2.09 | 0.20 | 1.05 | 0.19 | 5.15 | 0.250 |
| 30% | 132.84 | 2.32 | 0.24 | 1.16 | 0.20 | 6.52 | 0.300 |
| 35% | 145.08 | 2.53 | 0.27 | 1.27 | 0.22 | 7.94 | 0.350 |
| 40% | 156.93 | 2.74 | 0.31 | 1.37 | 0.23 | 9.42 | 0.400 |
| 45% | 168.52 | 2.94 | 0.35 | 1.47 | 0.24 | 10.93 | 0.450 |
| 50% | 180.00 | 3.14 | 0.39 | 1.57 | 0.25 | 12.47 | 0.500 |
| 55% | 191.48 | 3.34 | 0.43 | 1.67 | 0.26 | 14.02 | 0.550 |
| 60% | 203.07 | 3.54 | 0.47 | 1.77 | 0.27 | 15.59 | 0.600 |
| 65% | 214.92 | 3.75 | 0.51 | 1.88 | 0.27 | 17.15 | 0.650 |
| 70% | 227.16 | 3.96 | 0.55 | 1.98 | 0.28 | 18.70 | 0.700 |
| 75% | 240.00 | 4.19 | 0.59 | 2.09 | 0.28 | 20.23 | 0.750 |
| 80% | 253.74 | 4.43 | 0.63 | 2.21 | 0.28 | 21.71 | 0.800 |
| 85% | 268.85 | 4.69 | 0.67 | 2.35 | 0.28 | 23.10 | 0.850 |
| 90% | 286.26 | 5.00 | 0.71 | 2.50 | 0.28 | 24.37 | 0.900 |
| 95% | 308.32 | 5.38 | 0.75 | 2.69 | 0.28 | 25.38 | 0.950 |
| 100% | 360.00 | 6.28 | 0.79 | 3.14 | 0.25 | 24.93 | 1.000 |

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

| | | | | | | | |
|------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 43% | 164.43 | 2.87 | 0.34 | 1.43 | 0.24 | 10.39 | 0.432 |
|------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|

Deflusso



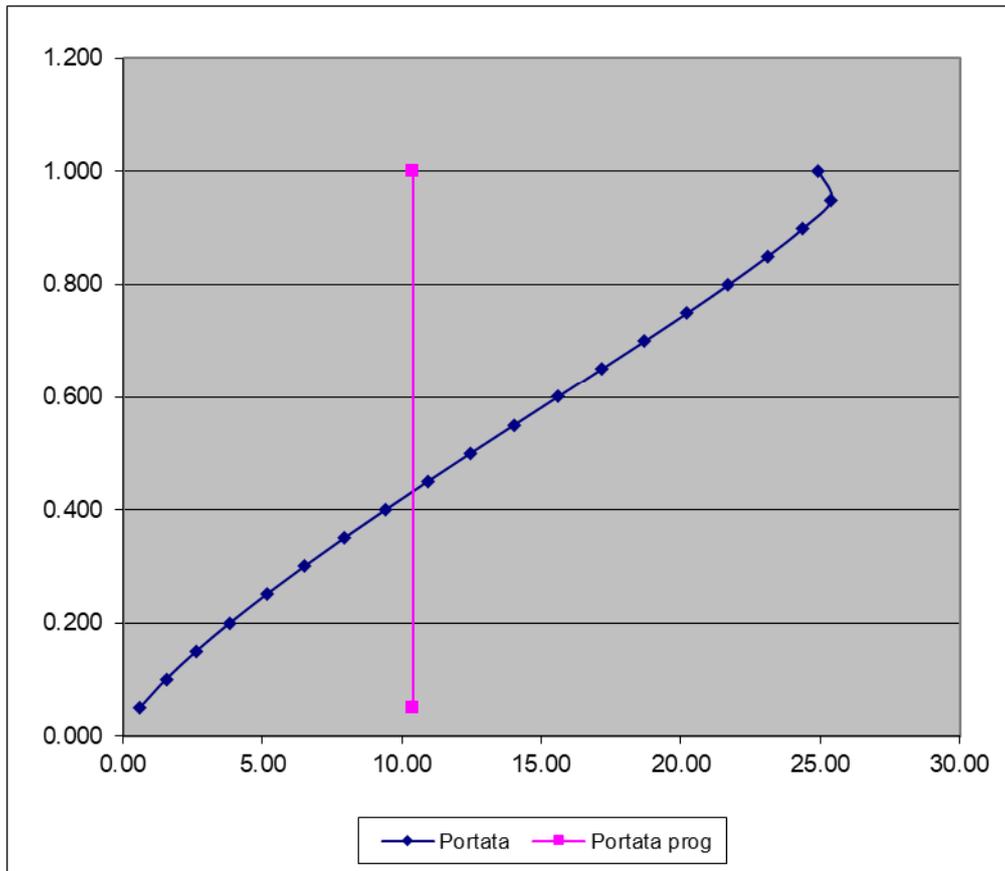
$$Y = r \times \left(1 - \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \right)$$

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\phi - \sin\phi)$$

$$C = r \times \phi$$

$$\mathfrak{R} = \frac{A}{C}$$

$$\% = \frac{Y}{2 \times r}$$



4 REALIZZAZIONE TOC-MODALITÀ OPERATIVE

La tecnica T.O.C. si articola secondo tre fasi operative:

- 1) esecuzione del foro pilota: questo sarà di piccolo diametro e verrà realizzato mediante l'utilizzo dell'utensile fondo foro, il cui avanzamento all'interno del terreno è garantito dalla macchina perforatrice che trasmetterà il movimento rotatorio ad una batteria di aste di acciaio alla cui testa è montato l'utensile fresante. La posizione dell'utensile sarà continuamente monitorata attraverso il sistema di localizzazione;
- 2) trivellazione per l'allargamento del foro fino alle dimensioni richieste: una volta completato il foro pilota con l'uscita dal terreno dell'utensile fondo foro (exit point) verrà montato, in testa alla batteria di aste di acciaio, l'utensile per l'allargamento del foro pilota, di diametro superiore al precedente, e il tutto viene tirato verso l'impianto di trivellazione (entry point). Durante il tragitto di rientro del sistema di trivellazione, l'alesatore allargherà il foro pilota;
- 3) tiro della tubazione o del cavo del foro: completata l'ultima fase di alesatura, in corrispondenza dell'exit point verrà montato, in testa alle condotte da posare già giuntate tra loro, l'utensile per la fase di tiro-posa e questo viene collegato con l'alesatore. Tale utensile ha lo scopo di evitare che durante la fase di tiro, il movimento rotatorio applicato al sistema dalla macchina perforatrice non venga trasmesso alle tubazioni. La condotta viene tirata verso l'exit point. Raggiunto il punto di entrata la posa della condotta si può considerare terminata.

A seguire si restituiscono alcuni schemi semplificativi della TOC.

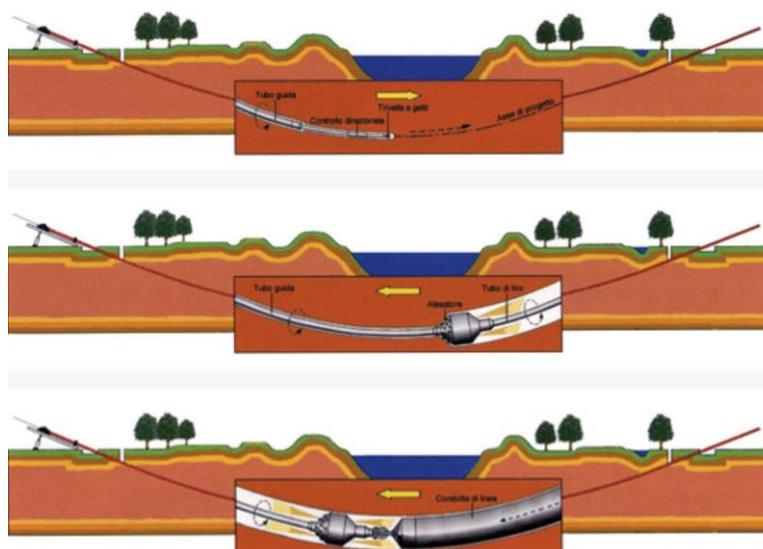


Figura 57 Operazioni di scavo direzionali con TOC

5 ACCORGIMENTI PER SCAVI A CIELO APERTO

In fase di realizzazione degli scavi si adotteranno i seguenti accorgimenti:

- le operazioni di scavo e rinterro per la posa dei cavidotti non modificheranno il libero deflusso delle acque superficiali;

- saranno realizzate opere atte ad impedire il trasferimento nel sottosuolo di eventuali acque superficiali che si dovessero infiltrare nella trincea di scavo anche in funzione della pendenza longitudinale del fondo;
- durante l'esercizio delle opere si eviterà, in modo assoluto, l'infiltrazione delle acque piovane nelle trincee realizzate per la posa dei cavidotti;
- il materiale di risulta provenienti dagli scavi, non utilizzato, sarà portato nel più breve tempo possibile alle discariche autorizzate.

6 INVARIANZA IDRAULICA DELLE OPERE IN PROGETTO

La realizzazione delle opere in progetto mantiene inalterata, a scala globale, l'equilibrio tra afflussi e deflussi dei bacini sottesi ai punti di immissione nei corpi idrici ricettori. Le nuove opere a servizio del parco eolico (nuova viabilità e nuove piazzole) rispettano infatti i principi dell'invarianza idraulica.

In particolare:

1. le caratteristiche di permeabilità dei diversi bacini interessati dalle opere subiscono modifiche pressoché nulle e, pertanto, la variazione tra la situazione ante e post interventi è irrilevante e trascurabile. Il coefficiente di afflusso dei bacini (con il quale determinare l'aliquota di afflussi infiltrati) si mantiene infatti sostanzialmente invariato, data la minima (o nulla) variazione della permeabilità delle aree in seguito alla realizzazione degli interventi. Per effetto della presenza di misto stabilizzato compattato, utilizzato come strato di finitura per la nuova viabilità, e le piazzole il coefficiente di afflusso ϕ_p è compreso in un range 0.30-0.35 (strato drenante, da letteratura). Le caratteristiche di permeabilità delle nuove aree risultano pressoché identiche a quelle del terreno naturale esistente.
2. La realizzazione dell'impianto non prevede elementi impermeabili sul terreno ma opere con inerti, altamente permeabili, in corrispondenza delle piazzole e della viabilità di servizio. In ogni caso, si sottolinea come le aree occupate da strade e piazzole hanno dimensioni trascurabili rispetto ai bacini ove esse scolano (0,2%-4%).
3. Considerando che la nuova viabilità presenta dei punti di minimo che coincidono con punti di minimo orografici del terreno - si può affermare che le infrastrutture viarie di parco non modificano la risposta di ciascun bacino per tutti gli aspetti che riguardano i meccanismi di formazione dei deflussi (morfometria, percorsi di corrivazione, permeabilità, etc.) e non determinano alcun aumento di portata, ΔQ , sui corpi idrici ricettori.

4. Le opere idrauliche previste in progetto rispettano il regime idraulico ante operam: le acque meteoriche, infatti, vengono sempre recapitate presso gli impluvi naturali ove esse erano già precedentemente e naturalmente convogliate per ragioni orografiche.

5. Per tutte le intersezioni cavidotto reticolo idrografico si utilizzerà la tecnica della TOC che non interferisce in alcun modo con il regime idrologico/idraulico dell'area.

Le opere in progetto, pertanto, non alterano in nessun modo né il reticolo idrografico esistente né le portate che dagli impluvi esistenti arrivano verso i “canali naturali” presenti a valle.

7 CONCLUSIONI

Con riferimento al progetto per la realizzazione di un impianto eolico costituito da undici aerogeneratori della potenza unitaria di 6,00 MW modello Vestas-V162, per una potenza complessiva di impianto pari a 66,00 MW con il presente studio si sono forniti alcuni approfondimenti di carattere idrologico ed idraulico in ragione delle problematiche idrauliche esistenti nella zona di intervento.

L'installazione insisterà nei comuni di Buseto Palizzolo (TP), Erice (TP) e Valderice (TP) alle località “Menta”, “Carrubazza”, “Timpone Tangi”, con opere di connessione ricadenti sugli stessi territori comunali, proponente dell'iniziativa è la società LEVANT WIND s.r.l. con sede in Via Sardegna 40, 00187 Roma (RM).

Dalla consultazione degli elaborati grafici sono emerse le seguenti criticità:

- l'aerogeneratore n.A01 rientra in fascia di pertinenza fluviale così come la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio;
- l'aerogeneratore n.A08 rientra in fascia di pertinenza fluviale così come la viabilità di nuova realizzazione a suo servizio;
- il cavidotto interrato interseca diversi reticoli idrografici.

Per quel che riguarda il cavidotto sono state individuate 5 interferenze.

In particolare sono stati individuati nove bacini idrografici, che sono stati analizzati e studiati sia dal punto di vista idrologico che idraulico, in particolare è stato implementato un modello idraulico di calcolo bidimensionale a parametri distribuiti. Il metodo assunto, attraverso un applicativo implementato nel modello di calcolo che si è utilizzato, consente di inserire lo ietogramma funzione della pioggia netta tricenaria individuata e di propagare i corrispondenti deflussi sulle aree individuate dal dominio, simulando quanto accade per effetto di un evento dopo l'infiltrazione nel terreno di quota parte degli afflussi meteorici. In questo modo è stato possibile definire il

comportamento del bacino quando è sollecitato da un evento estremo, osservando lo scorrimento dei deflussi idrici prima calcolati.

Per il superamento delle intersezioni cavidotto / reticolo idrografico si propone di posare il cavidotto tramite TOC:

| Sezione | Interferenza cavidotto con reticolo idrografico | Lunghezza minima TOC (m) |
|---------|--|-----------------------------|
| 3 | x | 30 |
| 4 | x | 35 |
| 5 | x | 50 |
| 6 | x | 20 |
| 7 | x | 25 |

La realizzazione delle opere in progetto mantiene inalterata, a scala globale, l'equilibrio tra afflussi e deflussi dei bacini sottesi ai punti di immissione nei corpi idrici ricettori. Le nuove opere a servizio del parco eolico (nuova viabilità e nuove piazzole) rispettano infatti i principi dell'invarianza idraulica.

La presenza delle problematiche sopra esposte, dichiarata, dall'impresa proponente, la non delocalizzabilità dell'opera, non costituisce vincolo ostativo alla fattibilità dell'opera, a seguito delle analisi svolte e degli accorgimenti progettuali previsti è possibile affermare che il parco eolico nella sua interezza risulta essere in condizioni di sicurezza idraulica.

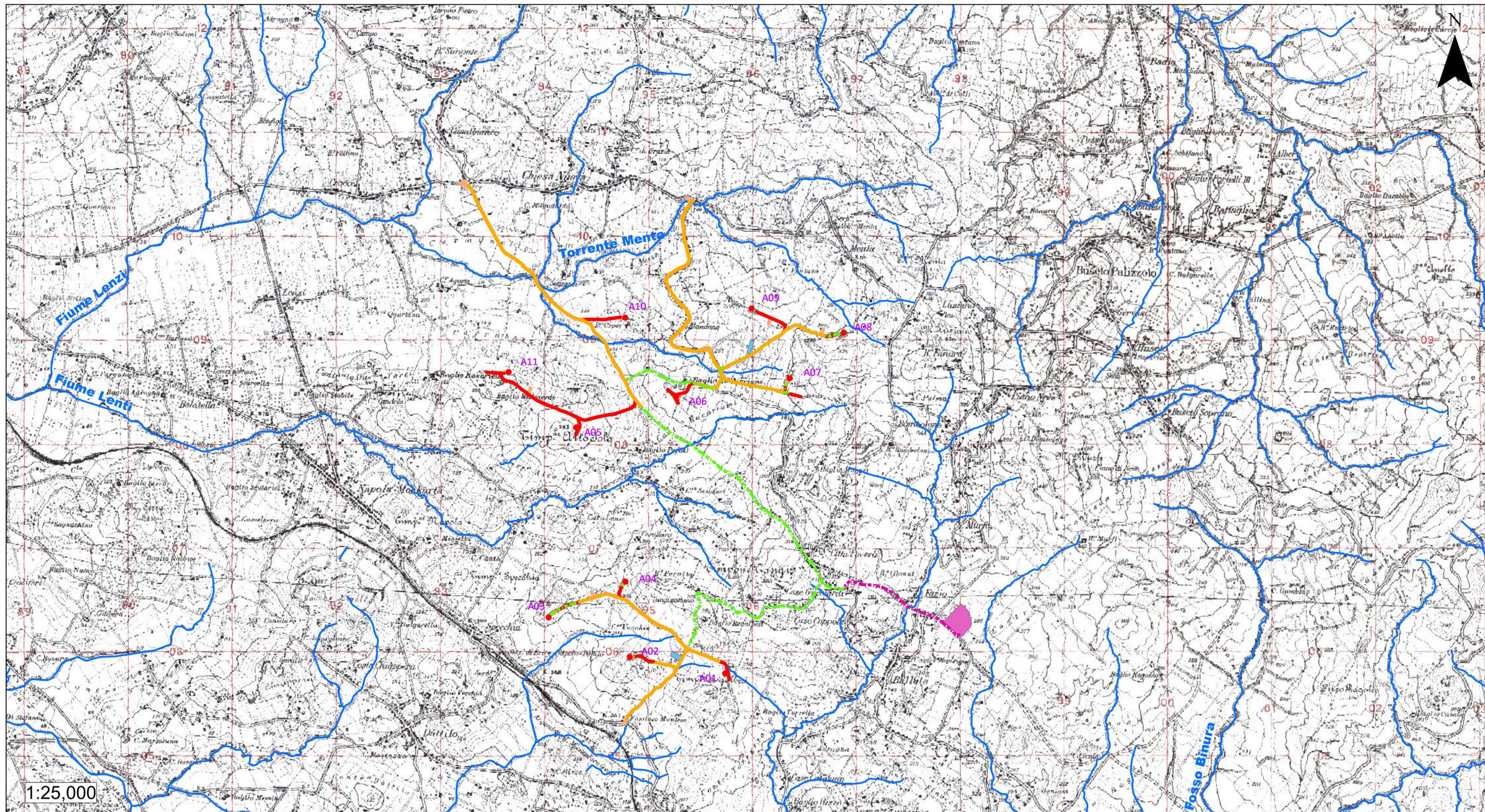


TAVOLA 1 COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO CON RETICOLO IDROGRAFICO E AREE PAI SU IGM

Legend

- Aerogeneratori
- c-civ-allargamenti temporanei
- c-civ-allargamenti temporanei
- c-civ-aree temporanee di cantiere
- c-civ-strade esistenti da adeguare
- c-civ-strade di nuova realizzazione
- c-civ-allargamenti temporanei
- c-civ-aree temporanee di cantiere
- c-civ-piazzola montaggio braccio gru
- c-civ-piazzole ausiliarie appoggio gru
- c-civ-piazzole di montaggio
- c-civ-piazzole di stoccaggio temporanee
- d-area stazione di consegna - opere di rete
- d-cabina di raccolta - locali
- d-cavidotto esterno
- d-cavidotto interno
- Reticolo idrografico

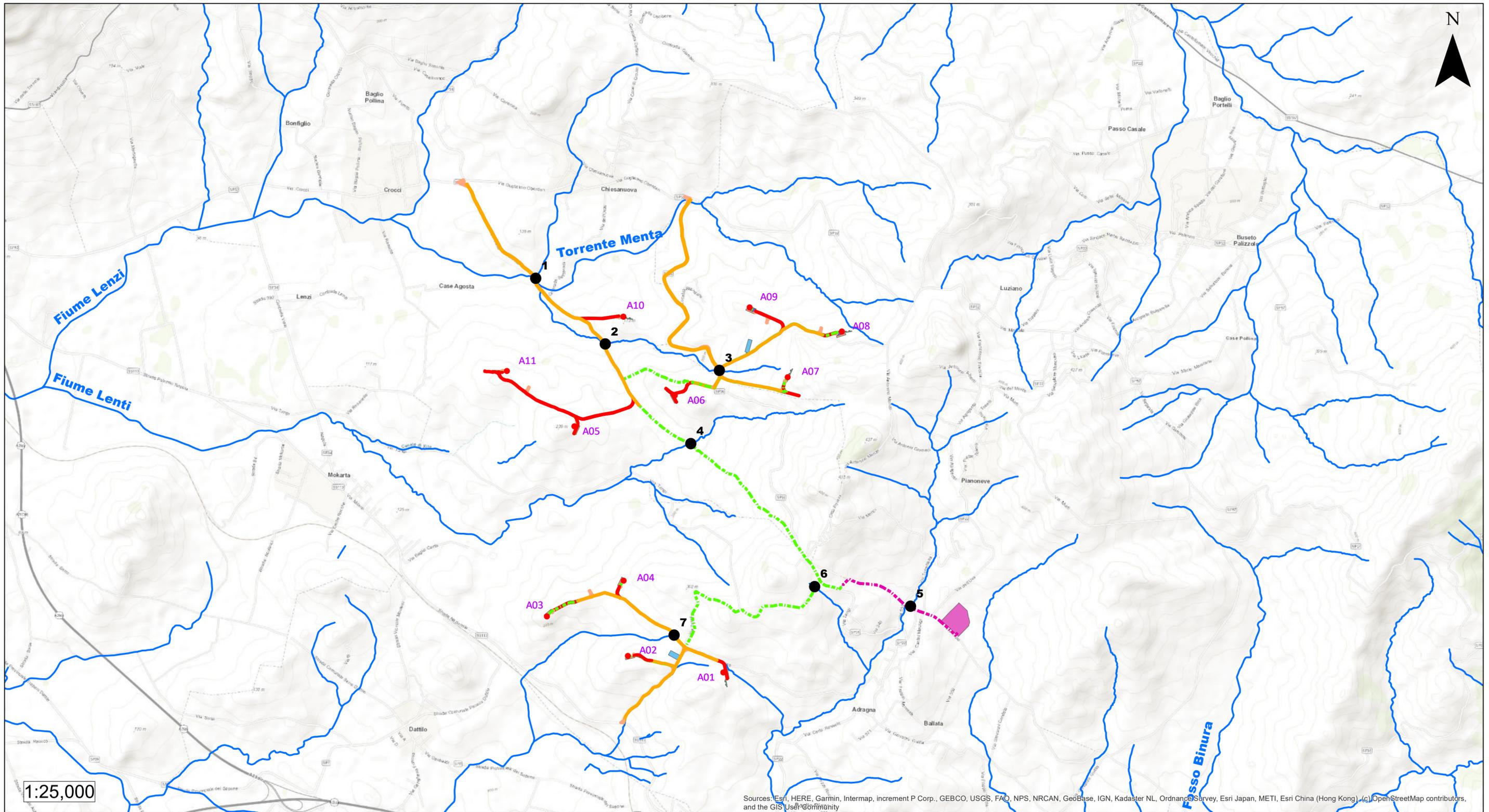


TAVOLA 2 PLANIMETRIA INTERSEZIONI OPERE DI PROGETTO/RETICOLO IDROGRAFICO

Legend

- Aerogeneratori
- · - · - d-cavidotto esterno
- · - · - d-cavidotto interno
- c-civ-strade esistenti da adeguare
- c-civ-strade di nuova realizzazione
- c-civ-allargamenti temporanei
- c-civ-allargamenti temporanei
- c-civ-aree temporanee di cantiere
- c-civ-piazzola montaggio braccio gru
- c-civ-piazzole ausiliarie appoggio gru
- c-civ-piazzole di montaggio
- c-civ-piazzole di stoccaggio temporanee
- d-area stazione di consegna - opere di rete
- d-cabina di raccolta - locali
- Reticolo idrografico
- Intersezioni opere di progetto/reticolo idrografico

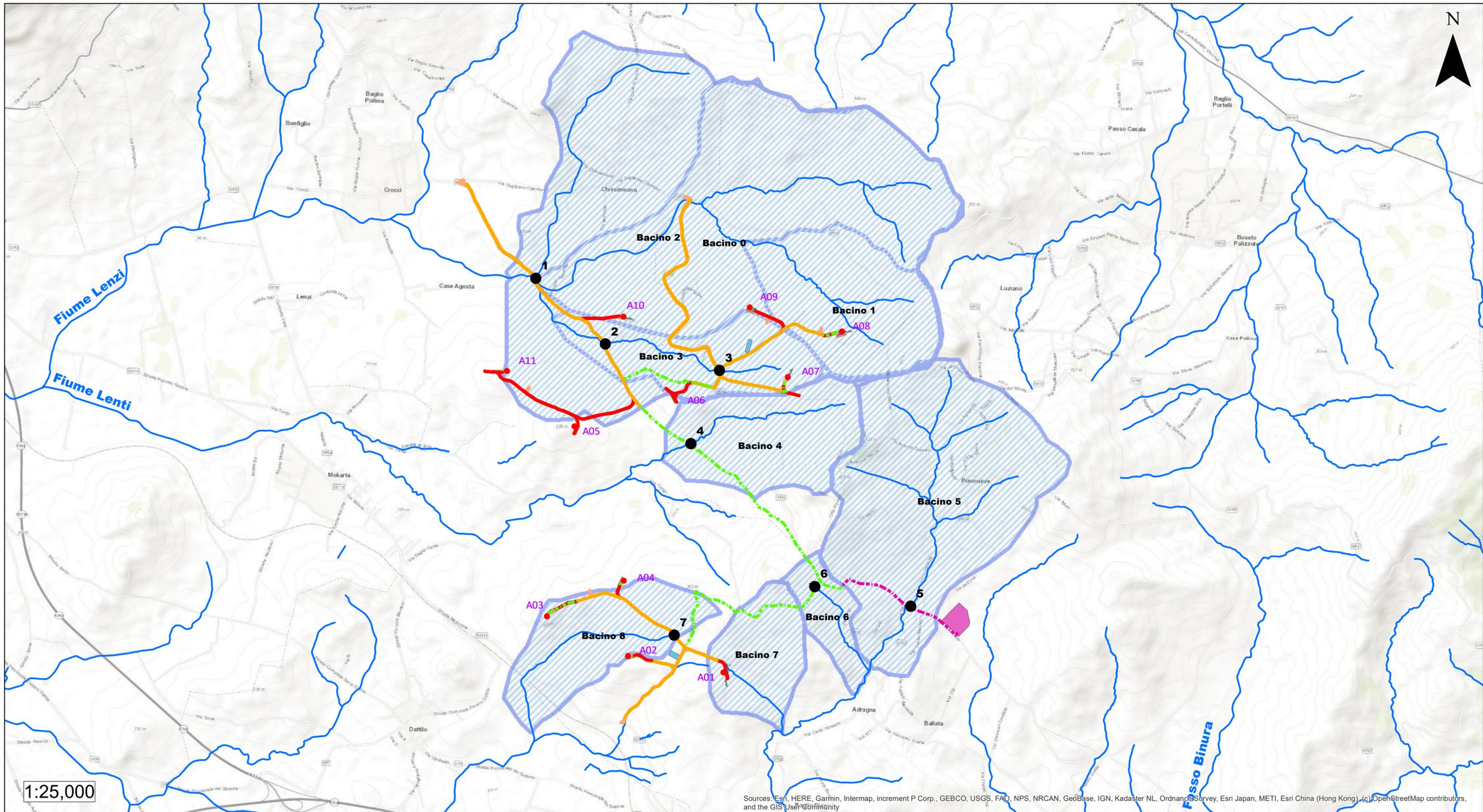


TAVOLA 3 CARTA BACINI IDROGRAFICI

Legend

- Aerogeneratori
- c-civ-allargamenti temporanei
- c-civ-allargamenti temporanei
- c-civ-aree temporanee di cantiere
- c-civ-piazzola montaggio braccio gru
- c-civ-strade esistenti da adeguare
- c-civ-strade di nuova realizzazione
- c-civ-piazzole di montaggio
- c-civ-piazzole di stoccaggio temporanee
- d-area stazione di consegna - opere di rete
- d-cabina di raccolta - locali
- Reticolo idrografico
- Intersezioni operedi progetto/reticolo idrografico
- Bacini idrografici



TAVOLA 4 CARTA DELLE AREE ALLAGABILI TR 300 ANNI

Legend

- Aerogeneratori
 - ⋯ d-cavidotto esterno
 - ⋯ d-cavidotto interno
 - c-civ-strade esistenti da adeguare
 - c-civ-strade di nuova realizzazione
- c-civ-allargamenti temporanei
 - c-civ-allargamenti temporanei
 - c-civ-aree temporanee di cantiere
 - c-civ-piazzola montaggio braccio gru
 - c-civ-piazzole ausiliarie appoggio gru
- c-civ-piazzole di montaggio
 - c-civ-piazzole di stoccaggio temporanee
 - d-area stazione di consegna - opere di rete
 - d-cabina di raccolta - locali
- Reticolo idrografico
 - Intersezioni operedi progetto/reticolo idrografico
 - Aree allagabili Tr 300 anni

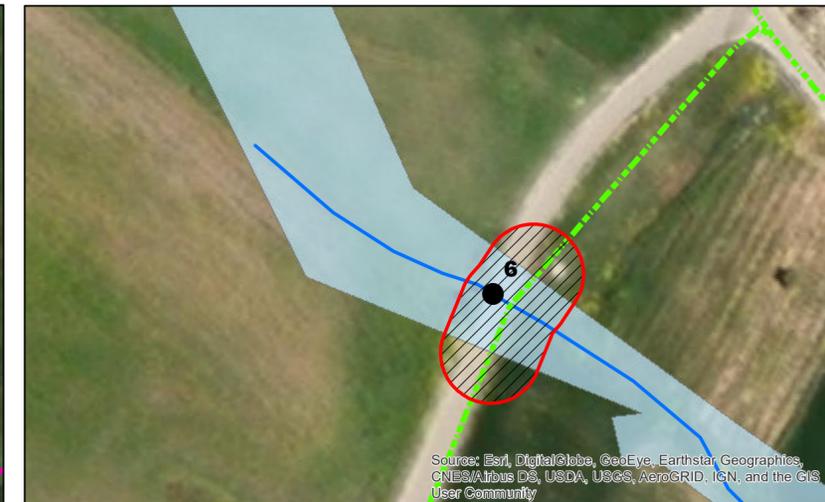
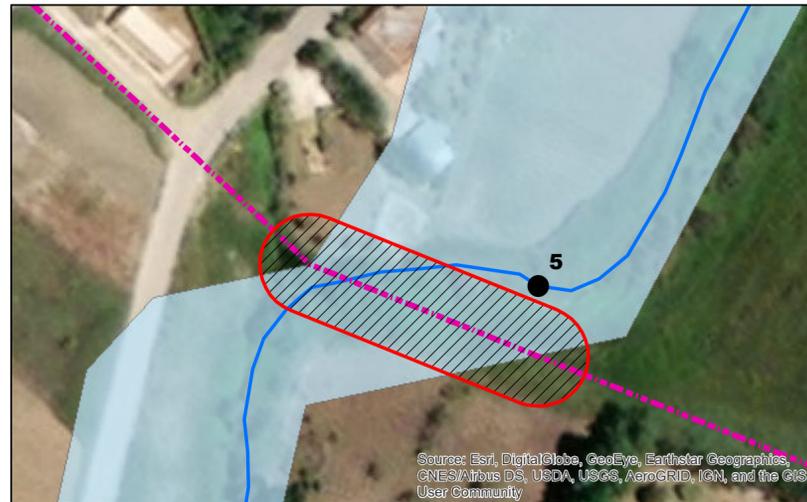
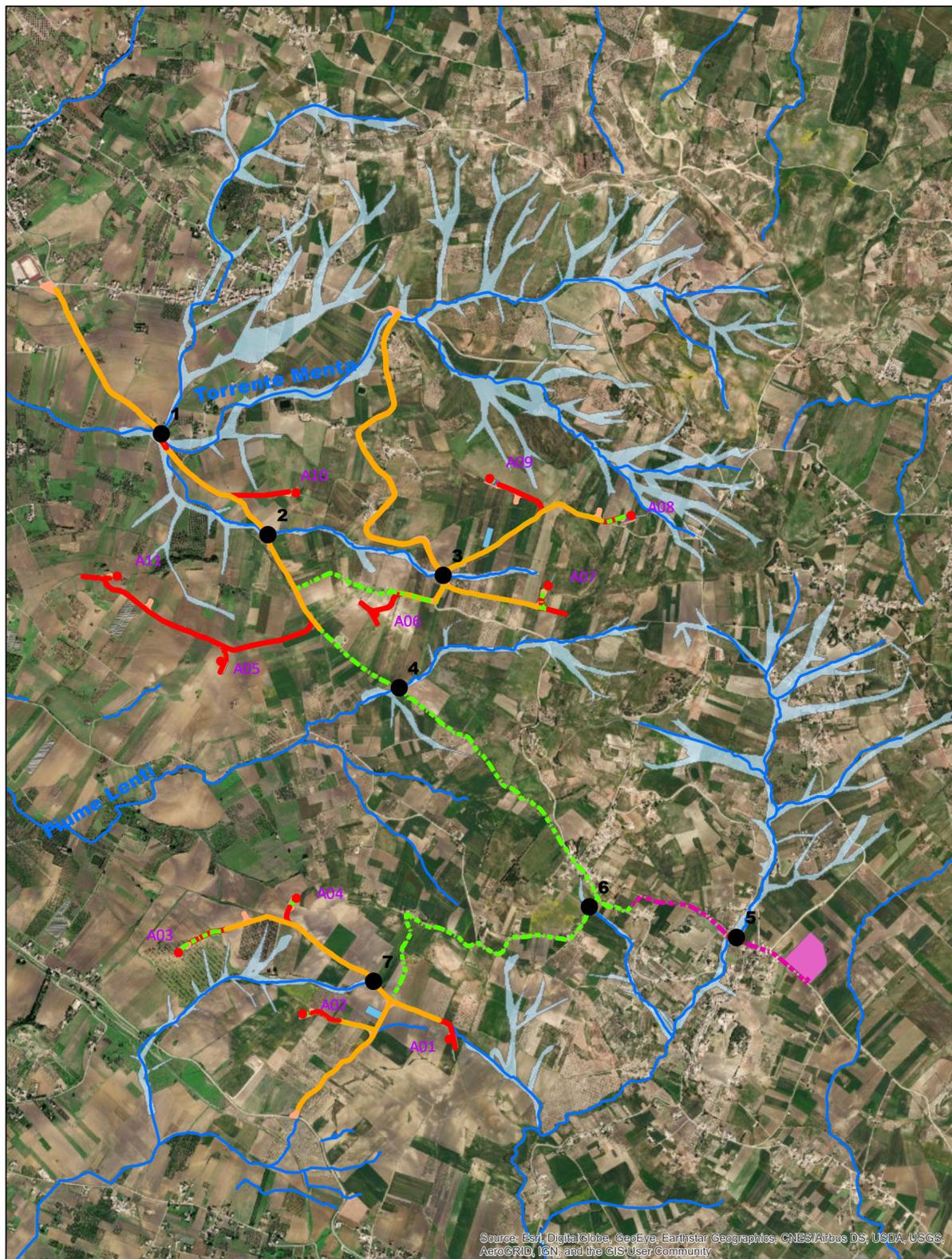


TAVOLA 5 DETTAGLIO TOC

Legend

- Aerogeneratori
- - - d-cavidotto esterno
- - - d-cavidotto interno
- c-civ-strade esistenti da adeguare
- c-civ-strade di nuova realizzazione
- c-civ-allargamenti temporanei
- c-civ-allargamenti temporanei
- c-civ-aree temporanee di cantiere
- c-civ-piazzola montaggio braccio gru
- c-civ-piazzole ausiliarie appoggio gru
- c-civ-piazzole di montaggio
- c-civ-piazzole di stoccaggio temporanee
- d-area stazione di consegna - opere di rete
- d-cabina di raccolta - locali
- Reticolo idrografico
- Intersezioni operedi progetto/reticolo idrografico
- Aree allagabili Tr 300 anni
- TOC