

PROPONENTE

Repower Renewable Spa

Via Lavaredo, 44
30174 Mestre (VE)

PROJECT MANAGER : Dott.Giuseppe Caricato



PROGETTAZIONE



Tenproject Srl -via De Gasperi 61
82018 S.Giorgio del Sannio (BN)
t +39 0824 337144 - f +39 0824 49315
tenproject.it - info@tenproject.it

N° COMMESSA

1478

NUOVO PARCO EOLICO CASAMASSIMA "LOC. PARCO SAN NICOLA" e "VILLA ABBADO"
PROVINCIA DI BARI
COMUNI DI CASAMASSIMA - RUTIGLIANO - TURI



PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA –
RELAZIONE IDRAULICA

CODICE ELABORATO

0.6

NOME FILE
1478-PD_A_0.6_REL_r00

00	12/2021	PRIMA EMISSIONE	EP	NF	NF
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE

 TENPROJECT	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 1 di 34
---	--	---	--

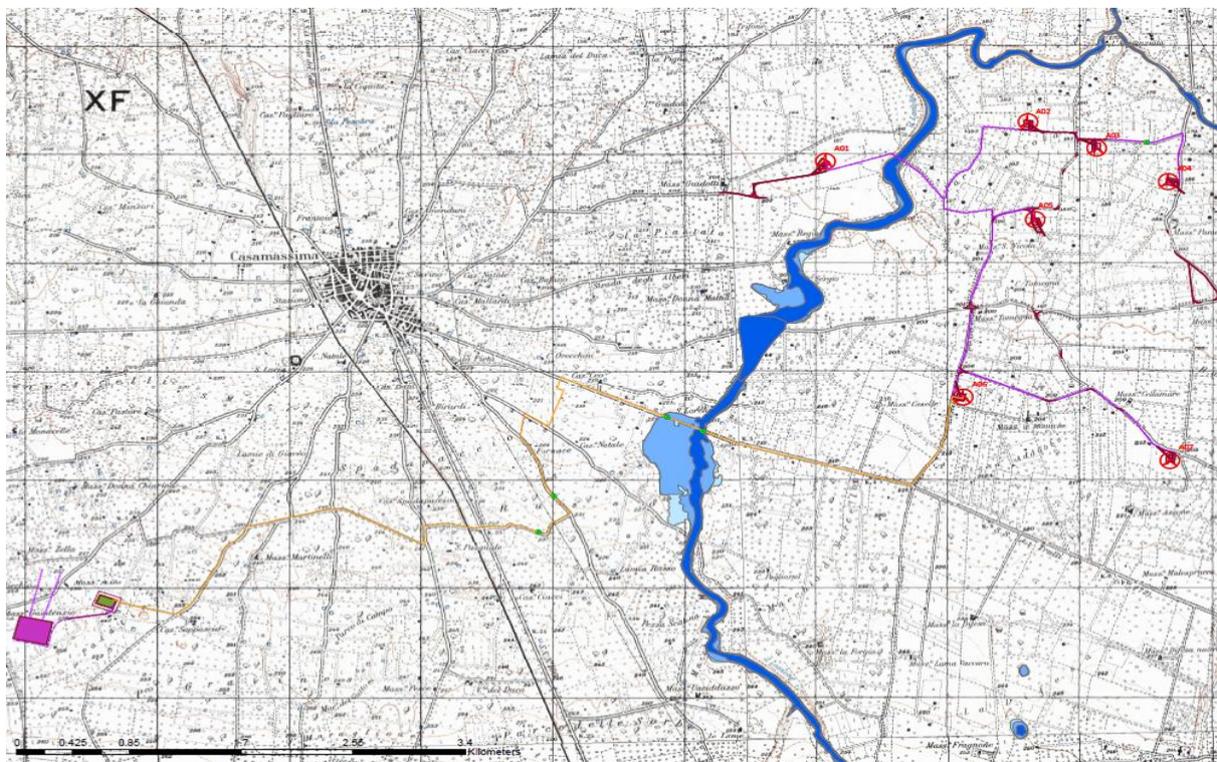
INDICE

1.	INQUADRAMENTO GENERALE	2
1.1	Premessa	2
1.2	Interventi previsti	4
1.3	Impostazione dello studio idraulico	5
2	Studio idraulico	11
2.1	Analisi delle interferenze ed intersezioni.....	12
2.2	Analisi della sicurezza idraulica dell'area	13
2.3	Software di calcolo	13
2.4	Implementazione del modello per il Bacino 1- Interferenze tipo a) – Intersezioni tipo b)	18
3	REALIZZAZIONE TOC-MODALITÀ OPERATIVE	28
4	CONCLUSIONI.....	33

1. INQUADRAMENTO GENERALE

1.1 Premessa

Con riferimento al progetto per la realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 aerogeneratori della potenza di 6 MW ciascuno, per una potenza di 42 MW, integrato con un sistema di accumulo con batterie agli ioni da 15,2 MW, per una potenza complessiva in immissione di 57,2 MW, da installare nei comuni di Rutigliano, Turi e Casamassima, in Provincia di Bari in località “Parco San Nicola” e “Villa Abbado”, con opere di connessione alla rete di trasmissione nazionale ricadenti nel comune di Casamassima in località “Patalino”, con il presente studio si forniscono alcuni approfondimenti di carattere idrologico ed idraulico in ragione delle problematiche idrauliche esistenti nella zona di intervento.



Legend

	AREA ALTA PERICOLOSITA' IDRAULICA- PAI ADB DAM PUGLIA
	AREA MEDIA PERICOLOSITA' IDRAULICA- PAI ADB DAM PUGLIA
	AREA BASSA PERICOLOSITA' IDRAULICA- PAI ADB DAM PUGLIA
Layout	
	Aerogeneratori
	Cavo MT esterno
	Cavo MT esterno - AT
	Cavo MT interno
	Raccordi 380KV
	Allargamenti temporanei
	Area stoccaggio pale
	Piazzole appoggio gru ausiliarie
	Piazzole montaggio
	Pista montaggio braccio gru
	Strade da adeguare
	Stazione Utente
	Stazione SE 150-380KV TERNA

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 3 di 34
---	--	---	--

Proponente dell'iniziativa è la società Repower Renewable SpA (anche solo Repower nel prosieguo).

Il sito di installazione degli aerogeneratori è ubicato tra i centri abitati di Casamassima, Rutigliano e Turi, dai quali gli aerogeneratori più prossimi distano rispettivamente 2,6 km, 4,2 km e 9 km.

Gli aerogeneratori sono collegati tra di loro mediante un cavidotto in media tensione interrato (detto "cavidotto interno") che sarà posato sempre al di sotto di viabilità esistente.

Dall'aerogeneratore denominato A06 parte il tracciato del cavidotto in media tensione (detto "cavidotto esterno") che percorre anch'esso viabilità esistente fino a raggiungere la stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV di progetto (in breve SE di utenza). Il tracciato del cavidotto esterno è lungo poco meno di 10 km.

La SE di utenza, infine, è collegata in antenna a 150 kV alla sezione 150 kV della prevista stazione elettrica di trasformazione della RTN 380/150 kV di proprietà di Terna SpA (in breve SE Terna), da inserire in entra-esce alla linea 380 kV "Andria – Brindisi Sud ST" tramite raccordi aerei di lunghezza inferiore a 500 m.

La futura SE Terna in progetto sarà a servizio anche di altri impianti di produzione di energia elettrica, sia da fonte eolica che da fonte fotovoltaica, e costituirà un vero e proprio hub per la connessione degli impianti di produzione da fonte rinnovabile nell'area vasta di riferimento.

All'interno della stazione utente è prevista l'installazione di un sistema di accumulo di energia denominato BESS - Battery Energy Storage System, basato su tecnologia elettrochimica a ioni di litio, comprendente gli elementi di accumulo, il sistema di conversione DC/AC e il sistema di elevazione con trasformatore e quadro di interfaccia. Il sistema di accumulo è dimensionato per 15,2 MW con soluzione containerizzata, composto sostanzialmente da:

- 8 Container metallici Batterie HC ISO con relativi sistemi di comando e controllo;
- 4 Container metallici PCS HC ISO per le unità inverter completi di quadri servizi ausiliari e relativi pannelli di controllo e trasformazione BT/MT.

Completano il quadro delle opere da realizzare una serie di adeguamenti temporanei alle strade esistenti necessari a consentire il passaggio dei mezzi eccezionali di trasporto delle strutture costituenti gli aerogeneratori.

In fase di realizzazione dell'impianto sarà necessario predisporre un'area logistica di cantiere con le funzioni di stoccaggio materiali e strutture, ricovero mezzi, disposizione dei baraccamenti necessari alle maestranze (fornitore degli aerogeneratori, costruttore delle opere civili ed elettriche) e alle figure deputate al controllo della realizzazione (Committenza dei lavori, Direzione Lavori, Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione, Collaudatore).

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 4 di 34
---	--	---	--

1.2 Interventi previsti

L'impianto eolico di progetto è costituito da 7 aerogeneratori da 6 MW di potenza nominale, per una potenza di 42 MW, integrato con un sistema di accumulo con batterie agli ioni da 15,2 MW, per una potenza complessiva in immissione di 57,2 MW.

Nel dettaglio, il progetto prevede la realizzazione/installazione di:

- 7 aerogeneratori;
- 7 cabine di trasformazione poste all'interno della torre di ogni aerogeneratore;
- Opere di fondazione degli aerogeneratori;
- 7 piazzole di montaggio con adiacenti piazzole di stoccaggio;
- Opere temporanee per il montaggio del braccio gru;
- Un'area temporanea di cantiere, manovra e trasbordo;
- Nuova viabilità per una lunghezza complessiva di circa 896 m;
- Viabilità esistente esterna all'impianto da adeguare in alcune parti per garantire una larghezza minima di 5.0 m su tratti complessivi di circa 3000 m;
- Viabilità esistente interna all'impianto da adeguare in alcune parti per garantire una larghezza minima di 5.0 m su tratti complessivi di circa 2000 m;
- Un cavidotto interrato in media tensione interno all'area di impianto che percorre tracciati stradali esistenti per una lunghezza complessiva di 9656 m;
- Un cavidotto interrato in media tensione esterno all'area di impianto che percorre tracciati stradali esistenti necessario al trasferimento dell'energia prodotta dagli aerogeneratori alla stazione di trasformazione di utenza 30/150 kV; esso percorre un tracciato di lunghezza complessiva pari a 9979 m, calcolato a partire dall'aerogeneratore A06;
- Una stazione elettrica di trasformazione di utenza da realizzarsi in prossimità della prevista stazione elettrica RTN di Casamassima;
- Un cavidotto interrato AT a 150 kV lungo circa 1020 m per il collegamento della stazione di trasformazione di utenza con la futura stazione elettrica RTN 380/150 di Casamassima;
- Uno stallo AT a 150 kV per arrivo linea in cavo nella nuova stazione elettrica RTN 380/150 di Casamassima.

L'energia elettrica viene prodotta da ogni singolo aerogeneratore a bassa tensione trasmessa attraverso una linea in cavo alla cabina MT/BT posta alla base della torre stessa, dove è trasformata a 30kV. Le linee MT in cavo interrato collegheranno fra loro i gruppi di cabine MT/BT e quindi proseguiranno alla stazione di trasformazione 30/150 kV (SE utenza). Da qui l'energia elettrica generata dagli aerogeneratori verrà trasmessa alla SE di utenza da realizzare sempre tramite una linea MT in cavo interrato. Nella SE di utenza l'energia elettrica prodotta viene ulteriormente trasformata alla tensione di 150 kV e consegnata alla RTN tramite un cavidotto AT in cavo interrato collegato alla sezione 150 kV della stazione elettrica di Terna.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 5 di 34
---	--	---	--

Per la realizzazione dell'impianto sono previste le seguenti opere ed infrastrutture:

- **Opere civili:** plinti di fondazione delle macchine eoliche; realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, ampliamento ed adeguamento della rete viaria esistente e realizzazione della viabilità interna all'impianto; realizzazione dell'area temporanea di cantiere e manovra; realizzazione dei cavidotti interrati per la posa dei cavi elettrici; realizzazione della stazione elettrica di trasformazione di utenza e realizzazione della stazione RTN.
- **Opere impiantistiche:** installazione degli aerogeneratori con relative apparecchiature di elevazione/trasformazione dell'energia prodotta; esecuzione dei collegamenti elettrici, tramite cavidotti interrati, tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione. Realizzazione degli impianti di terra delle turbine. Realizzazione delle opere elettriche ed elettromeccaniche per la stazione elettrica di trasformazione e per le opere e le infrastrutture di rete per la connessione.

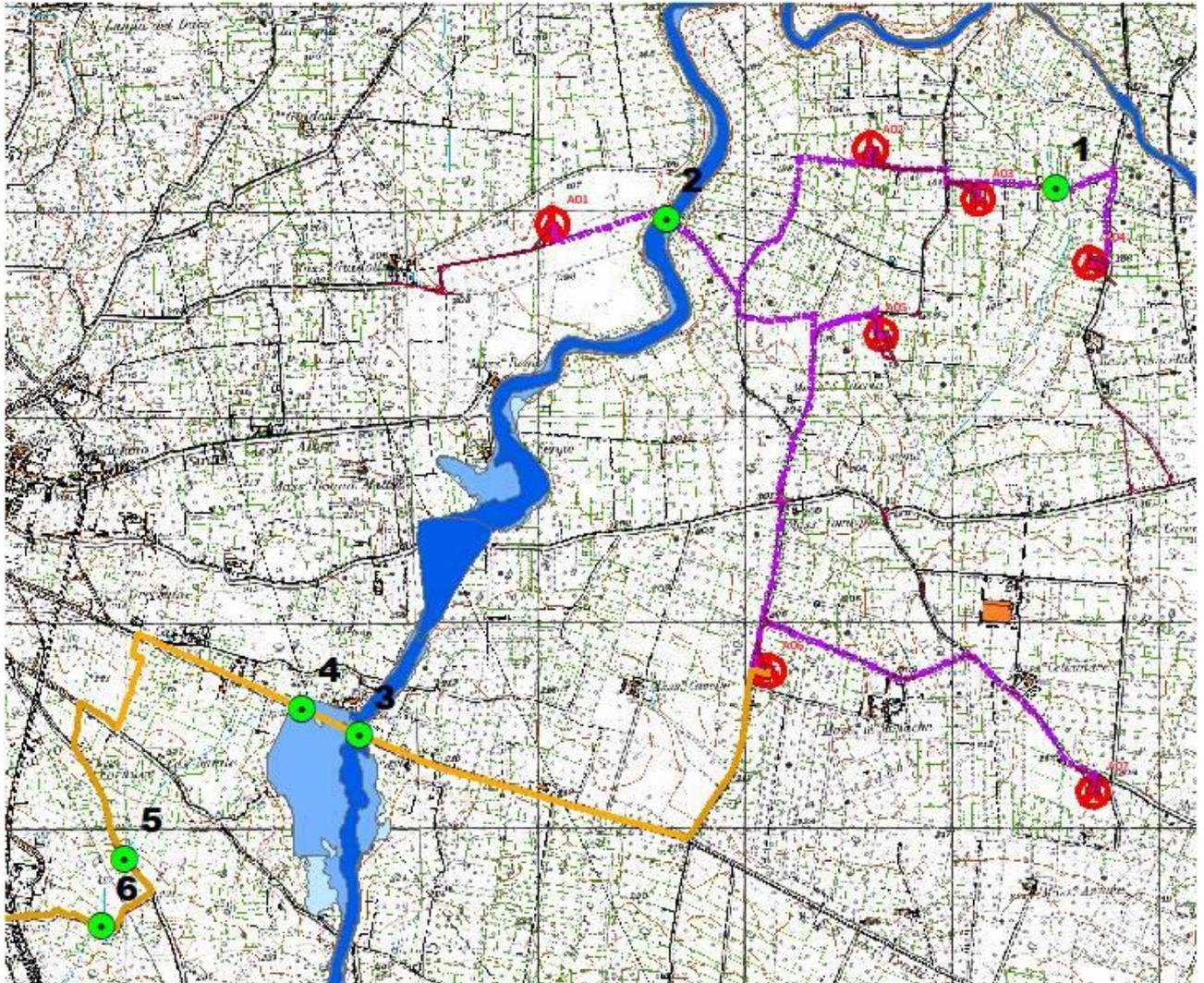
Per i dettagli si rimanda agli elaborati progettuali di riferimento.

1.3 Impostazione dello studio idraulico

Come anticipato nella relazione idrologica cui si rimanda per maggiori dettagli, alcuni tratti del cavidotto a servizio dell'impianto eolico rientrano in aree perimetrate e ai sensi del Piano di Assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia - Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, mentre altri tratti intersecano reticoli idrografici secondari evidenziati sull'IGM e CTR (carta tecnica regionale Puglia).

Si darà evidenza anche delle interferenze rilevate tra le opere di progetto ed il reticolo idrografico riportato sulla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia; la Carta, come noto, non assume valore formale in applicazione delle NTA del PAI Puglia.

Di seguito



● Interferenze

■ AREA ALTA PERICOLOSITA' IDRAULICA- PAI ADB DAM PUGLIA
 ■ AREA MEDIA PERICOLOSITA' IDRAULICA- PAI ADB DAM PUGLIA
 ■ AREA BASSA PERICOLOSITA' IDRAULICA- PAI ADB DAM PUGLIA

Layout

— Aerogeneratori	■ Allargamenti temporanei
— Cavo MT esterno	■ Area stoccaggio pale
— Cavo MT esterno - AT	■ Piazzole appoggio gru ausiliarie
— Cavo MT interno	■ Piazzole montaggio
..... Raccordi 380kV	■ Pista montaggio braccio gru
	■ Strade da adeguare
	■ Stazione Utente
	■ Stazione SE 150-380KV TERNA

In particolare, si rilevano le seguenti interferenze e intersezioni:

A) Interferenza –Aerogeneratore A04 – Fascia di pertinenza fluviale (rif. allegati grafici)

L'aerogeneratore A04 è ubicato nell'area buffer del reticolo secondario evidenziato sulla CTR ma non sull'IGM. Da rilievi effettuati in loco l'impluvio ha evidenza geomorfologica e pertanto si procederà all'analisi di suddetta interferenza.

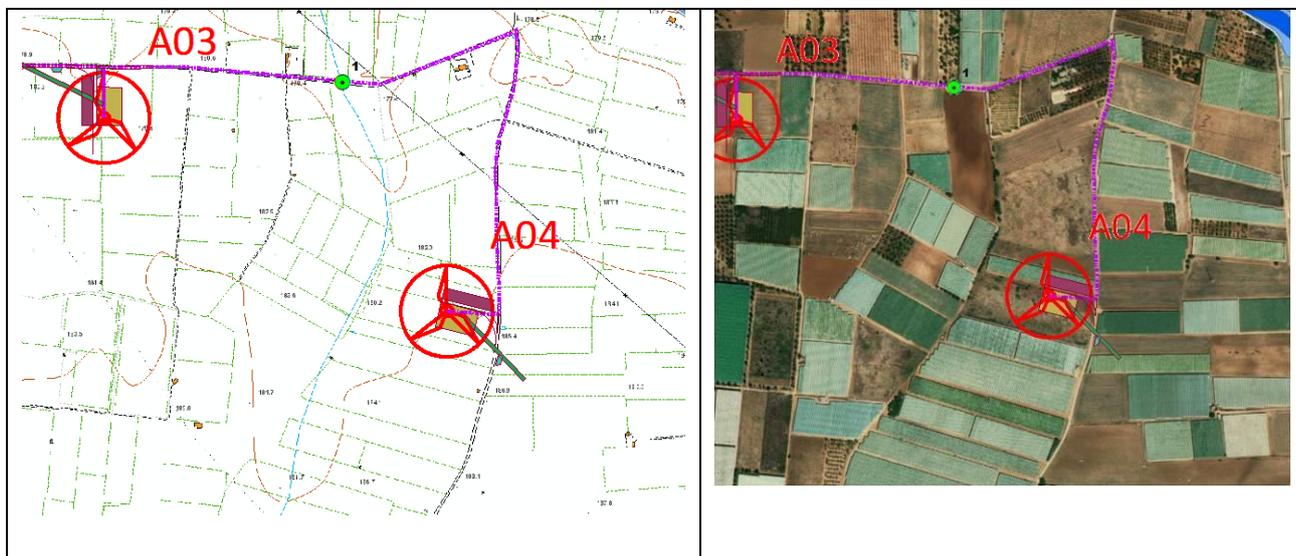


Figura 1 Interferenza dell'aerogeneratore A04 con il buffer del reticolo idrografico rinvenuto su CTR

B) Intersezioni con il reticolo idrografico - Cavidotto (rif. allegati grafici)

Intersezione 1

Il cavidotto interseca il reticolo secondario già evidenziato in precedenza pertanto si procederà all'analisi di suddetta interferenza al fine di determinare con esattezza l'ampiezza della fascia fluviale.

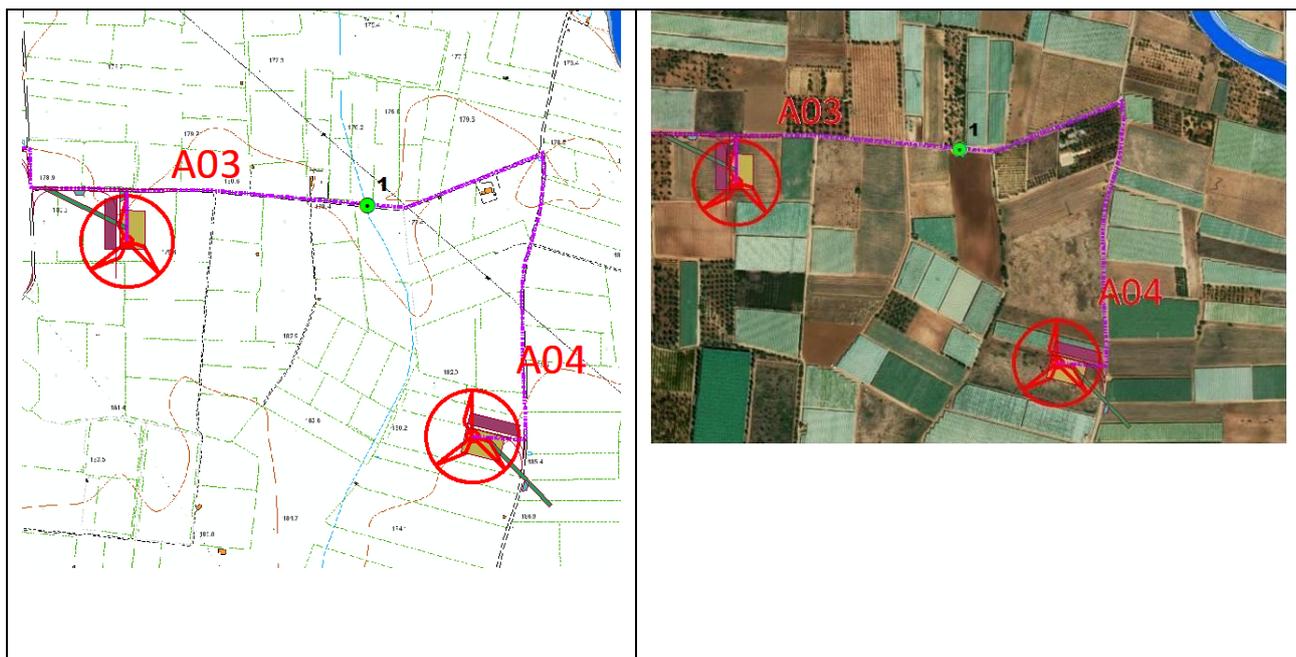


Figura 2 Particolare Intersezione 1

Intersezioni 5 e 6

Sia l'intersezione 5 che l'intersezione 6 si riferiscono ad un reticolo idrografico segnato esclusivamente sulla CTR e non sull'IGM. Da analisi e rilievi effettuati in sito il reticolo non ha alcuna evidenza geomorfologica; pertanto, tale criticità non sarà analizzata analiticamente, tuttavia, a vantaggio di sicurezza, per il superamento della suddetta interferenza si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a circa 70,00 m per l'Intersezione 5, e 75 ml per l'Intersezione 6. Il cavidotto in corrispondenza dei punti di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m.



Figura 3 Particolare intersezioni 5 e 6

**Figura 4 Particolare Intersezione 5****Figura 5 Intersezione 6-monte****Figura 6 Intersezione 6-valle**

C) Intersezioni con aree perimetrate – Cavidotto (rif. allegati grafici)

Al fine di non interferire in alcun modo con il regime idraulico delle aree perimetrate dall'AdB, in questo caso specifico con le aree perimetrate per la lama San Giorgio, per il superamento delle suddette interferenze si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a circa

- 165,00 m per l'Intersezione 2
- 175,00 m per l'Intersezione 3
- 70 ml per l'Intersezione 4.

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

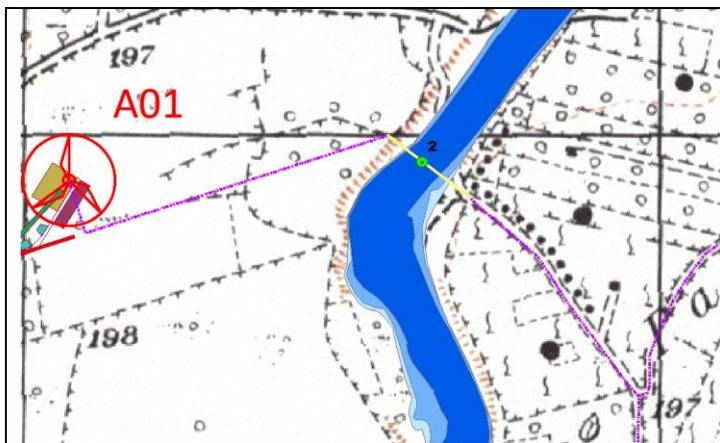


Figura 7 Particolare intersezione 2



Figura 8 Particolare intersezioni 3 e 4



2 Studio idraulico

Definito il bacino idrografico così come specificato nella relazione idrologica (cui si rimanda per maggiori dettagli), le caratteristiche fisiografiche dello stesso 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-Puglia" 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 200 anni, è possibile procedere con le analisi modellistiche.

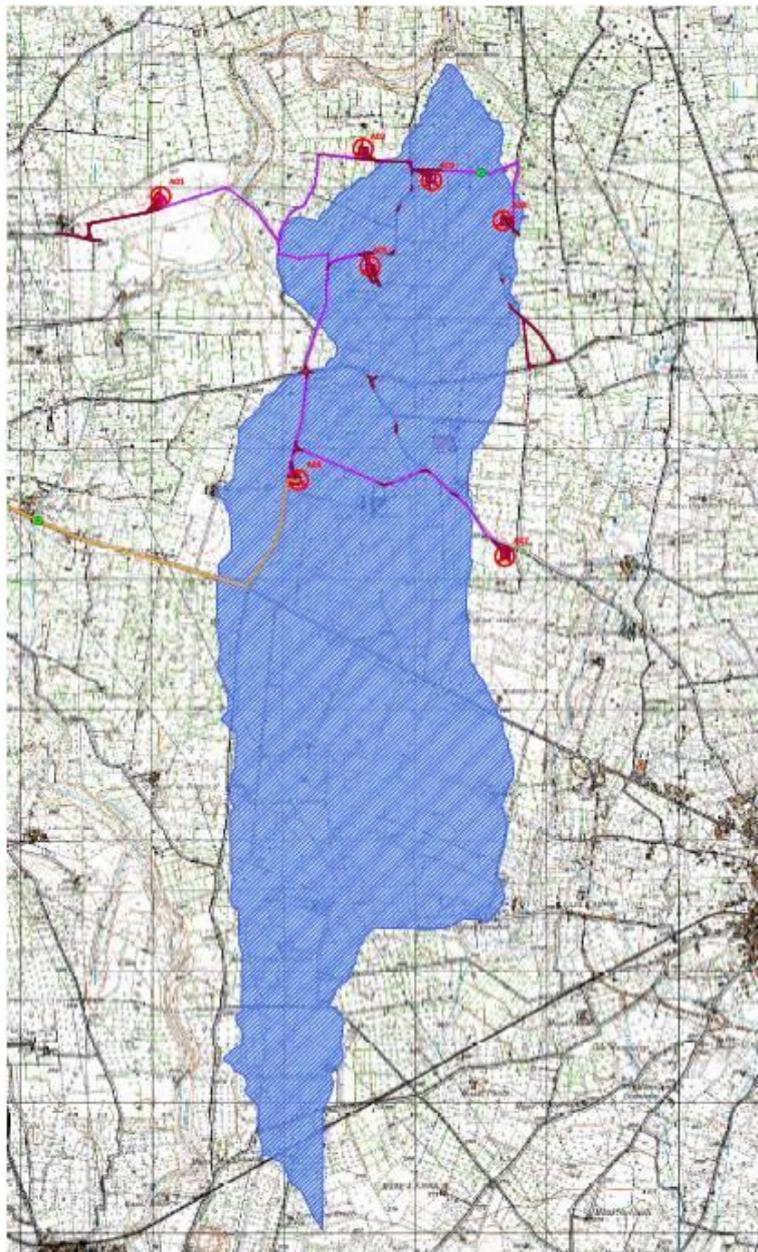


Figura 9 Bacino idrografico di riferimento

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice	1478-PD_A_0.6_REL_r00
		Data creazione	10/12/2021
		Data ultima modif.	22/12/2021
		Revisione	00
		Pagina	12 di 34

Le caratteristiche fisiografiche del bacino idrografico così definito (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 DEL BACINO IDROGRAFICO DEL CANALE SCOLMATORE					
Area (Km²)	Sl_{ave} (%)	H_{min} (m s.l.m.)	H_{max} (m s.l.m.)	H_{ave} (m s.l.m.)	L_{max} (Km)
10.61	2.31	177	272	225.13	8.89

I valori dei parametri CN_{II} e quelli dei derivati parametri CN_{III}, determinati come descritto nella Relazione idrologica, 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)
1	65.03	81.00	4.72	7.87

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 stato quello del SCS (Soil Conservation Service) – CN.

Di seguito si riportano i valori significativi per il bacino studiato per eventi con tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni e per un valore del CN coincidente con quello del CN_{III}.

Bacino	Q₃₀ (mc/s)	Q₂₀₀ (mc/s)	Q₅₀₀ (mc/s)
1	10.01	19.22	23.91

Bacino	V₃₀ (mm)	V₂₀₀ (mm)	V₅₀₀ (mm)
1	39.33	75.49	93.87

2.1 Analisi delle interferenze ed intersezioni

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

- l'aerogeneratore A04 rientra in fascia di pertinenza fluviale;
- il cavidotto a servizio del parco interseca il reticolo idrografico presente sul territorio in corrispondenza dell'Intersezione 1.

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

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 13 di 34
---	--	---	---

esame, garantendo la continuità e la sicurezza idraulica per tutte le parti interessate dal parco eolico e per il parco eolico stesso.

2.2 Analisi della sicurezza idraulica dell'area

Rilevate le criticità nei paragrafi precedenti, per il bacino 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 bicentenaria 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.

2.3 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:

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

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

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 15 di 34
---	--	---	---

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;

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 16 di 34
---	--	---	---

- 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:

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 17 di 34
---	--	---	---

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

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.

2.4 Implementazione del modello per il Bacino 1- Interferenze tipo a) – Intersezioni tipo b)

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

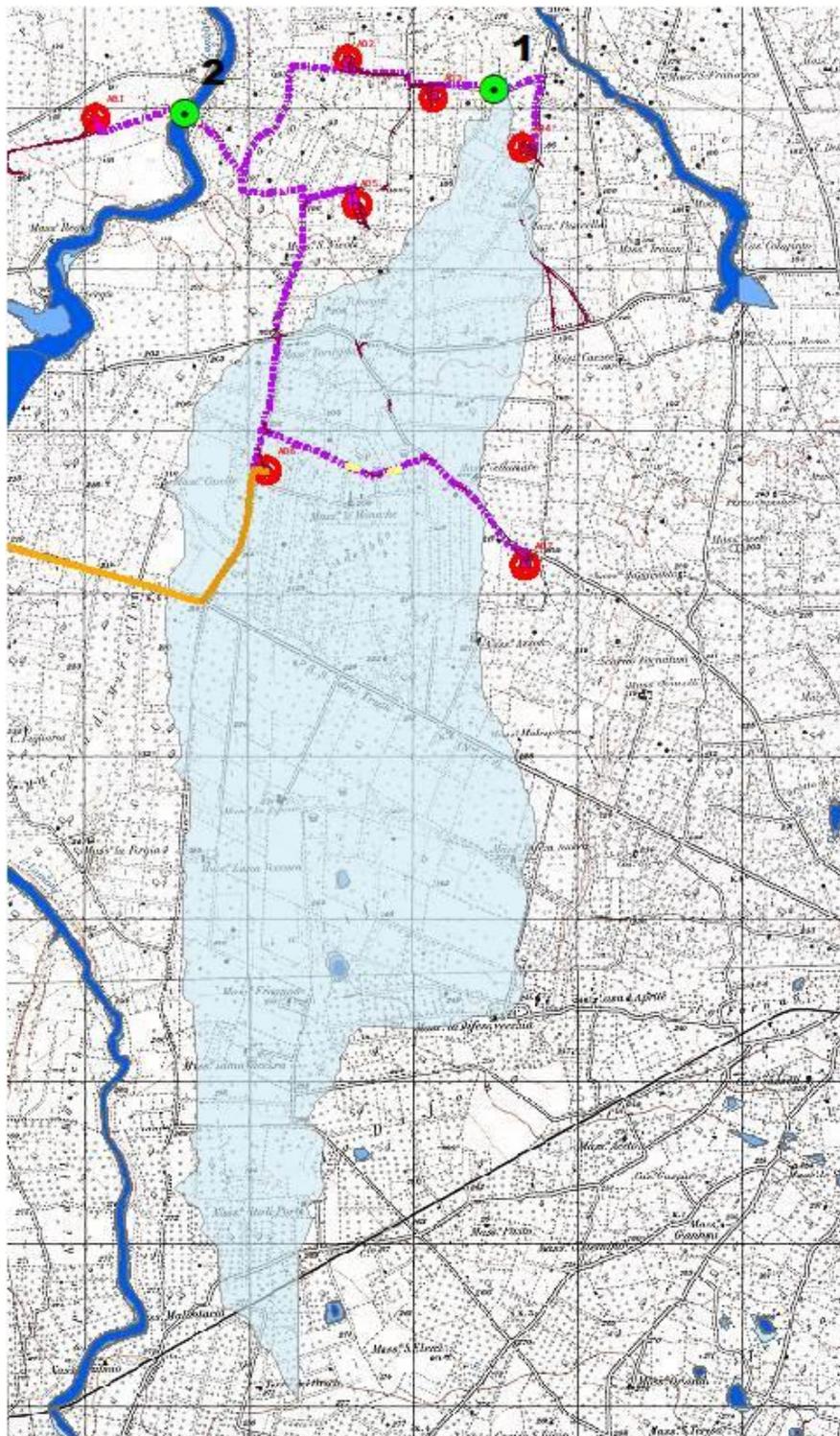
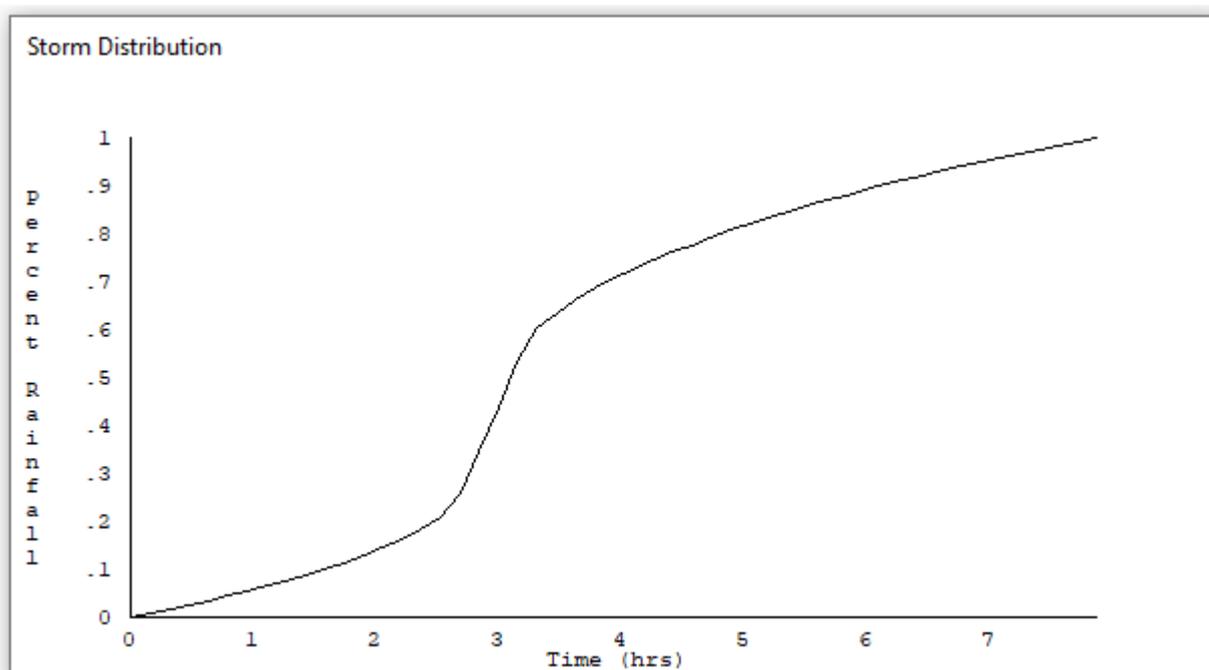


Figura 10 Dominio di studio in ciano

Il dominio di calcolo, coincidente con l'estensione del bacino idrografico 1, 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 proveniente dai dati di rilievo, CTR regionale e dati di tipo LIDAR.

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 corrvazione.



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.

2.5 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.

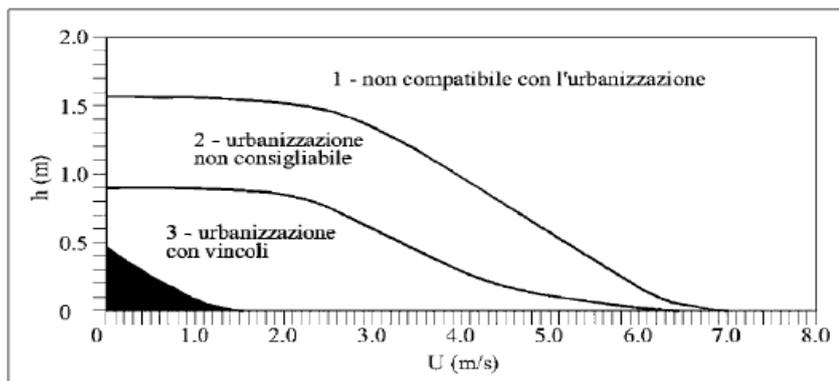
L'indicazione di allagamento di una superficie non è di per sé un fattore di pericolosità; d'altronde, particolari condizioni di allagamento, possono generare condizioni di pericolo per persone e/o cose presenti nelle aree in cui esse si verificano.

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 10.



fonte: A.B. Tevere, 2002

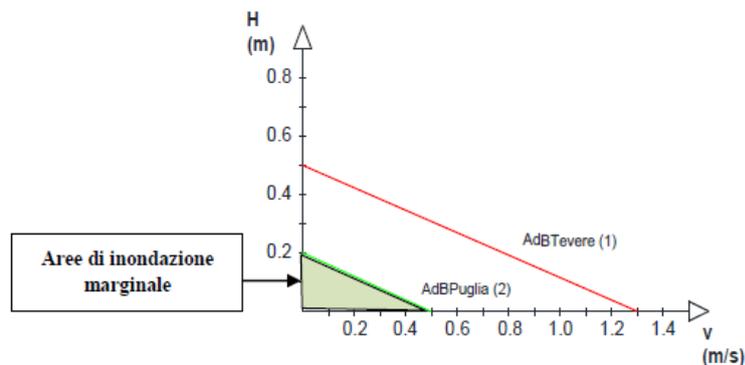


Figura 11 Diagramma della vulnerabilità delle persone in funzione della violenza dell'evento

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 la stessa Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Sede Operativa della Puglia con l'AdB Puglia, 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

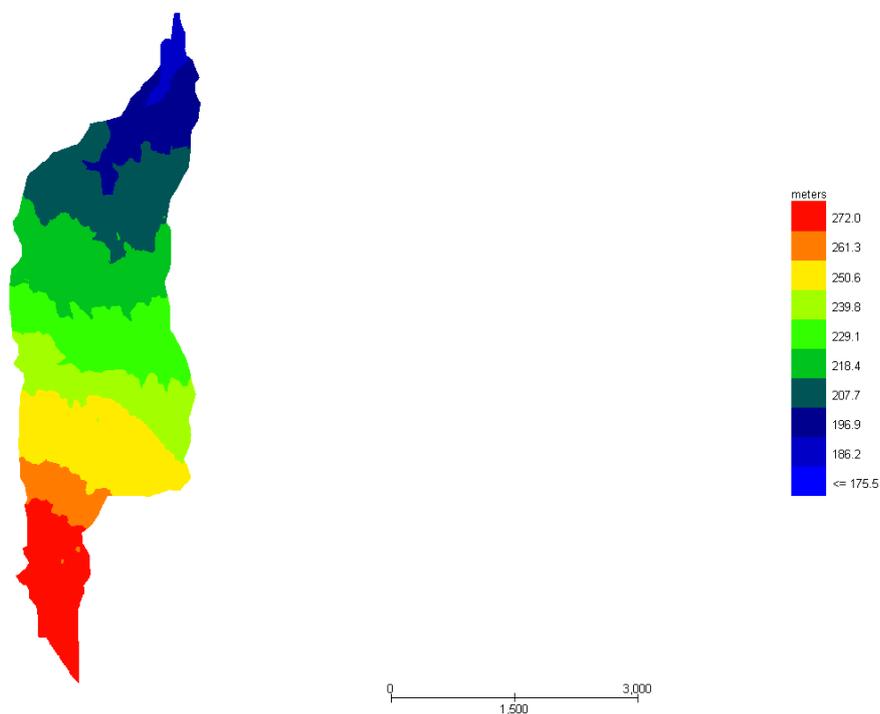
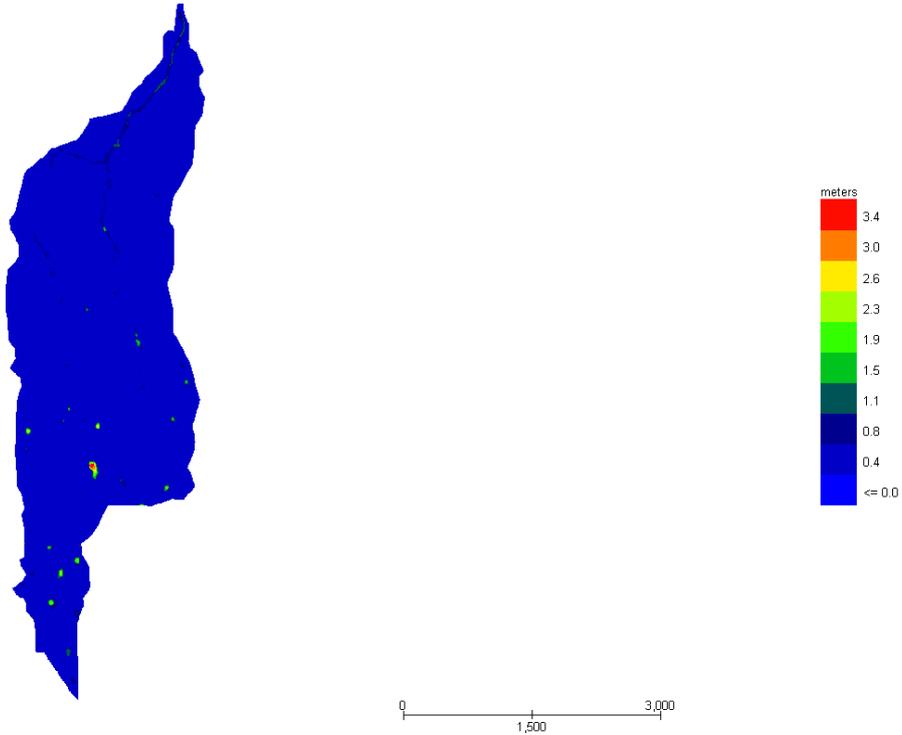


Figura 12 Modello Bacino 1 DTM

Grid Element Maximum Flow Depth

**Figura 13 Modello Bacino 1 Tiranti Tr 200 anni**

Grid Element Maximum Velocity

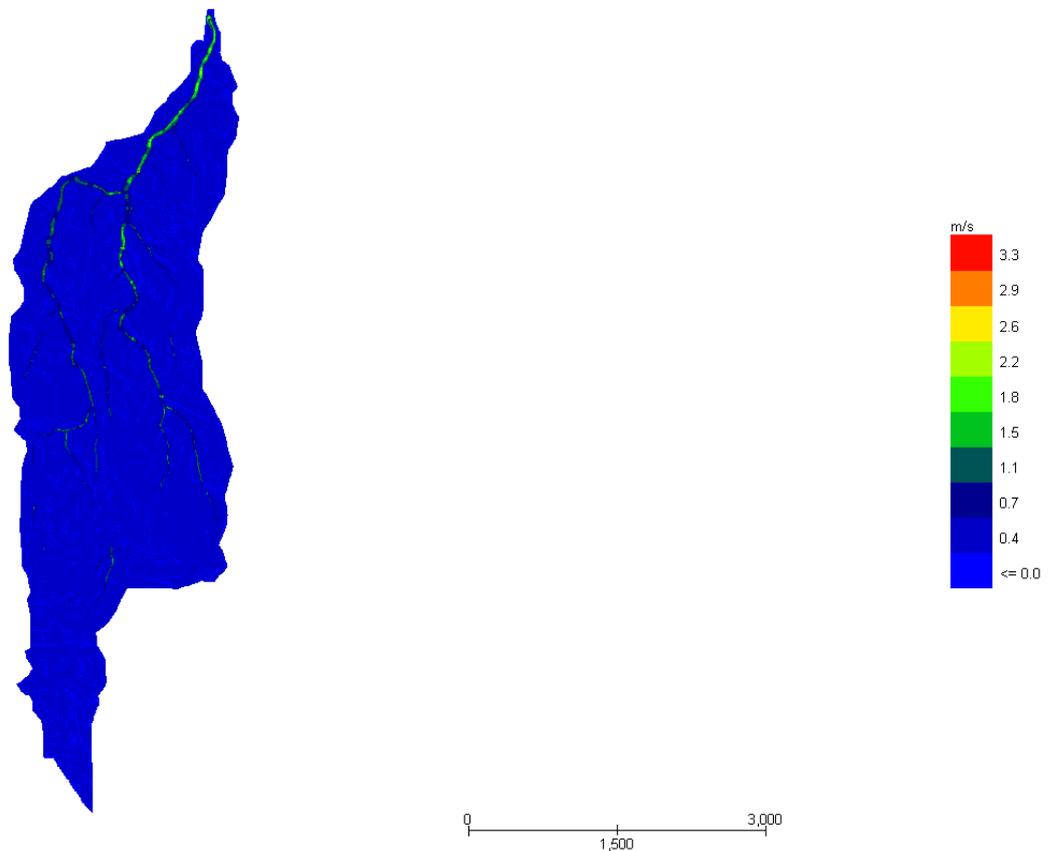
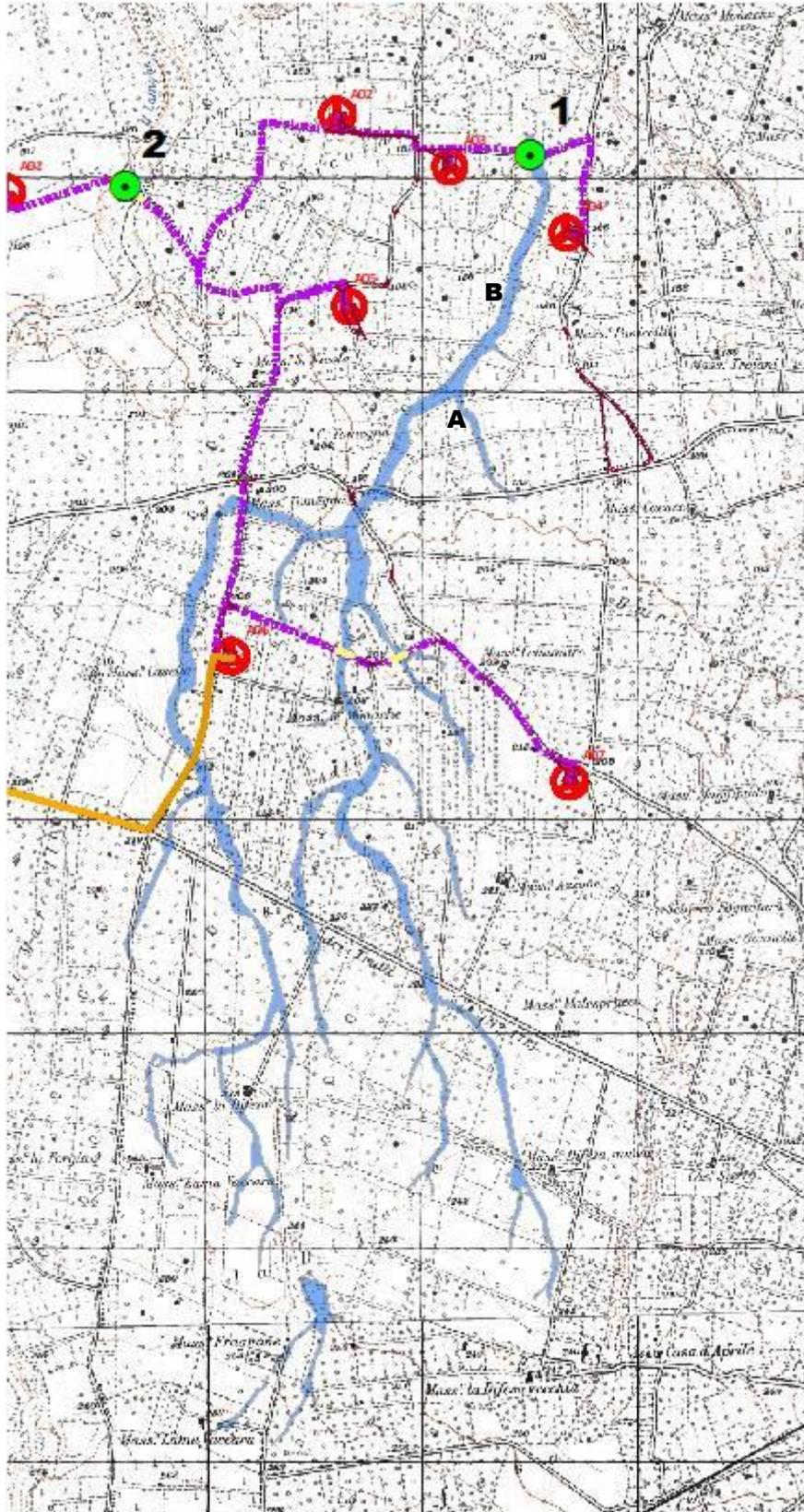


Figura 14 Modello Bacino 1 Velocità Tr 200 anni

Dall'applicazione dell'espressione prima indicata:

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

si ottiene:


Figura 15 Aree allagabili Tr 200 anni

Dall'analisi svolta risulta che:

- l'aerogeneratore A04 è esterno alle aree allagabili calcolate per Tr 200 anni, pertanto risulta in condizioni di sicurezza idraulica;
- per il superamento dell'intersezione 1 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a 82,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata duecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m rispetto al fondo dell'impiuvio esistente;

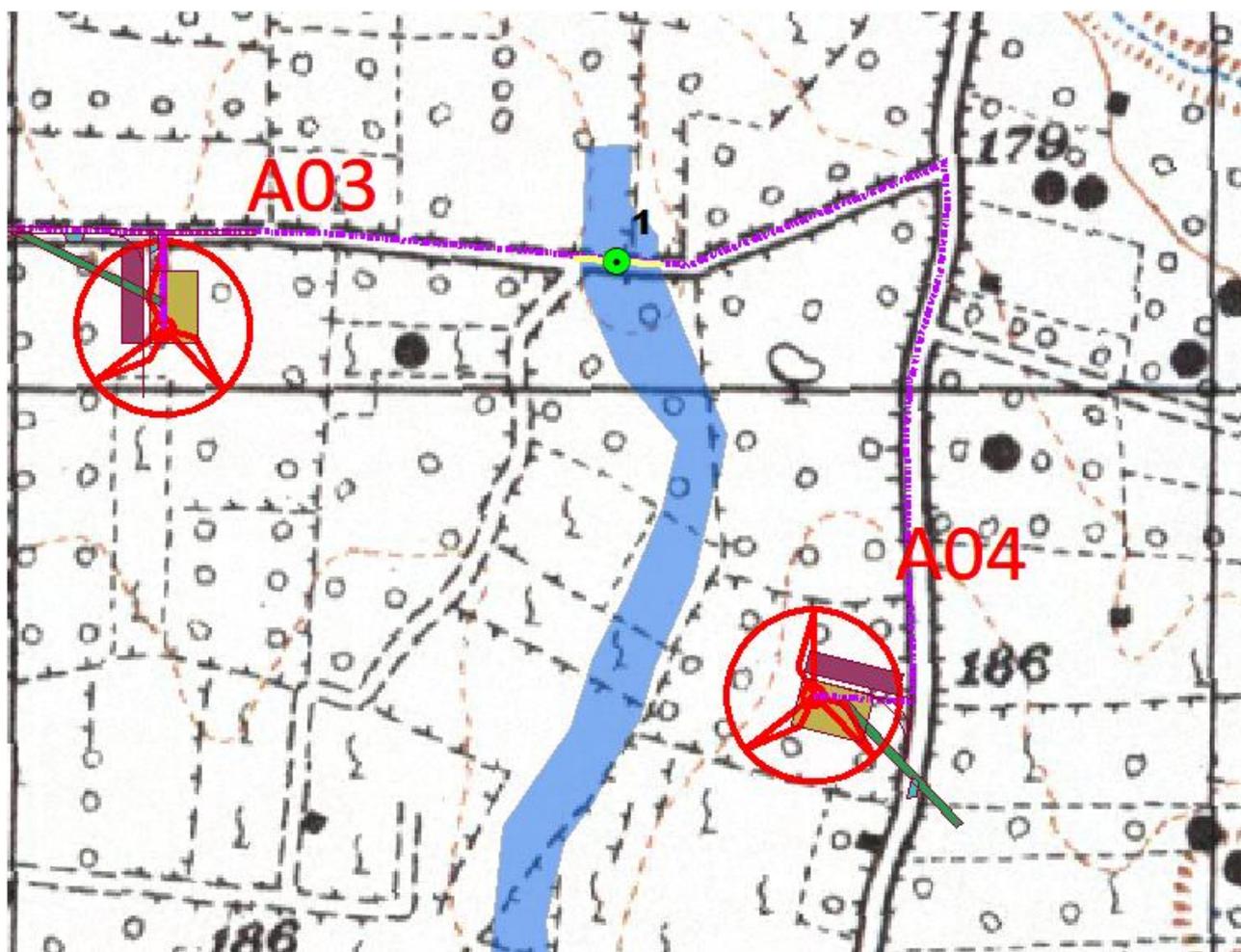


Figura 16 dettaglio Aerogeneratore A04 –Intersezione 1



Figura 17 Foto dello stato dei luoghi in corrispondenza dell'Intersezione 1

Inoltre dalla sovrapposizione tra aree allagabili così determinate e il layout del parco eolico emergono ulteriori criticità di seguito evidenziate:

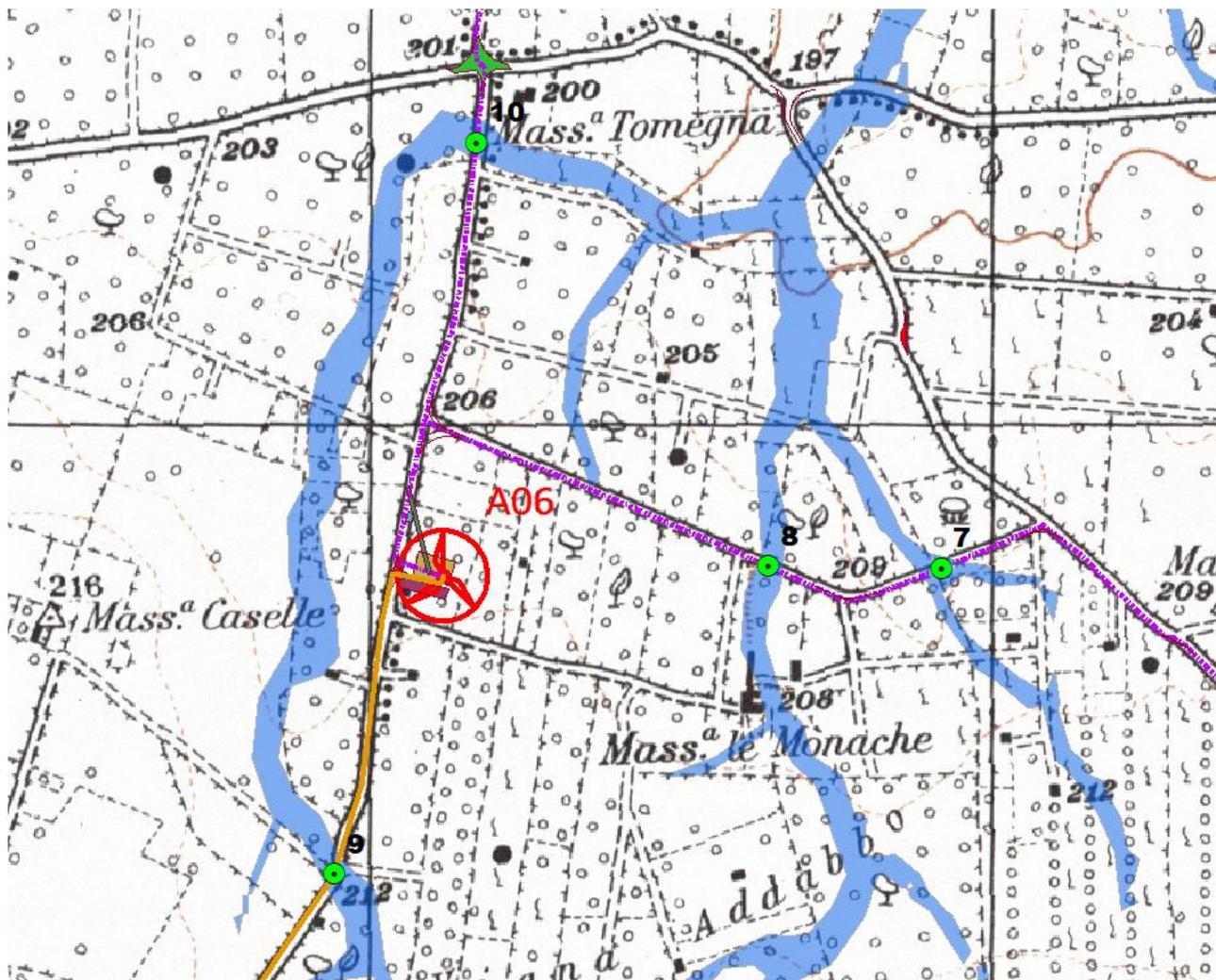


Figura 18 Planimetria nuove intersezioni cavidotto- aree allagabili

Per il superamento di dette interferenze si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza:

- **Intersezione 7 lunghezza 110 m;**
- **Intersezione 8 lunghezza 70 m;**
- **Intersezione 9 lunghezza 85 m;**
- **Intersezione 10 lunghezza 106 m.**

I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata duecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m rispetto al fondo dell'impiuvio esistente.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 28 di 34
---	--	---	---

3 ANALISI DELLE INTERFERENZE RISPETTO ALLA CARTA IDROGEOMORFOLOGICA

La Giunta Regionale della Puglia, con delibera n. 1792 del 2007, ha affidato all’Autorità di Bacino della Puglia il compito di redigere la nuova Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese, quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR), adeguato al Decreto Legislativo 42/2004. In ottemperanza ai compiti attribuiti della Convenzione approvata con DGR 1792/2007, l’Autorità di Bacino della Puglia ha redatto la nuova Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese.

I risultati del lavoro svolto sono rappresentati da n. 54 tavole in formato “pdf” e i relativi dati vettoriali, strutturati in un sistema GIS georeferenziato, corredati da una relazione esplicativa.

Il progetto di elaborazione della nuova Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia ha ottenuto il parere favorevole in linea tecnica dal Comitato Tecnico dell’AdB nella seduta del 10/11/2009, al quale ha fatto seguito la presa d’atto del Comitato Istituzionale della stessa AdB nella seduta del 30/11/2009, formalizzata con Delibera n. 48/2009. **In accordo a quanto previsto nella citata Delibera n. 48/2009, l’attuale dettaglio della scala di rappresentazione della nuova Carta Idrogeomorfologica (1:25.000) evidenzia l’esigenza che la stessa Carta rimanga sia oggetto di fasi di verifica e aggiornamento, al fine di renderla conforme a conoscenze territoriali di maggiore dettaglio che dovessero rendersi disponibili a seguito sia dei continui approfondimenti conoscitivi che i tecnici dell’Autorità di Bacino della Puglia vanno compiendo, sia dei tavoli tecnici per la co-pianificazione degli strumenti di governo del territorio, sia delle istruttorie di progetti ed interventi di competenza dell’Autorità di Bacino della Puglia.** Gli elementi della Carta Idrogeomorfologica, ad oggi, costituiscono un sostanziale elemento conoscitivo ma non assumono valore formale in applicazione delle NTA del PAI dell’Autorità di Bacino della Puglia in attesa della chiusura della fase di verifica e della validazione dei dati complessivamente presenti nella nuova Carta Idrogeomorfologica della Puglia.

In progetto è riportata la sovrapposizione delle opere di progetto con la Carta Idrogeomorfologica (rif. elaborato 2.4.b).

Si rileva una generale coerenza tra quanto riportato sulla Carta Idrogeomorfologica e quanto rilevabile dall’IGM 25.000 a colori e la CTR della Regione in scala 1:5.000, con una sola eccezione. La Carta Idrogeomorfologica riporta una linea di scorrimento che nasce nei pressi dell’aerogeneratore A05 e passa ad est dell’aerogeneratore A03, con andamento circa SW-NE (rif. figura 19), non rilevabile né sull’IGM (rif. elaborato 0.7.1) né sulla CTR (rif. elaborati della sezione 3.1)

Nelle figure 20 e 21 sono riportati dei quadri di confronto per rendere celere la comparazione.

I sopralluoghi effettuati in sito hanno confermato quanto evidenziato dalla CTR, che si sottolinea essere a scala di maggior dettaglio rispetto alla Carta Idrogeomorfologica. La foto in figura 22 è stata presa nei pressi dell’aerogeneratore A05 dove dovrebbe trovarsi il capofosso del reticolo riportato su Carta Idrogeomorfologica: risulta evidente l’assenza di impluvio.

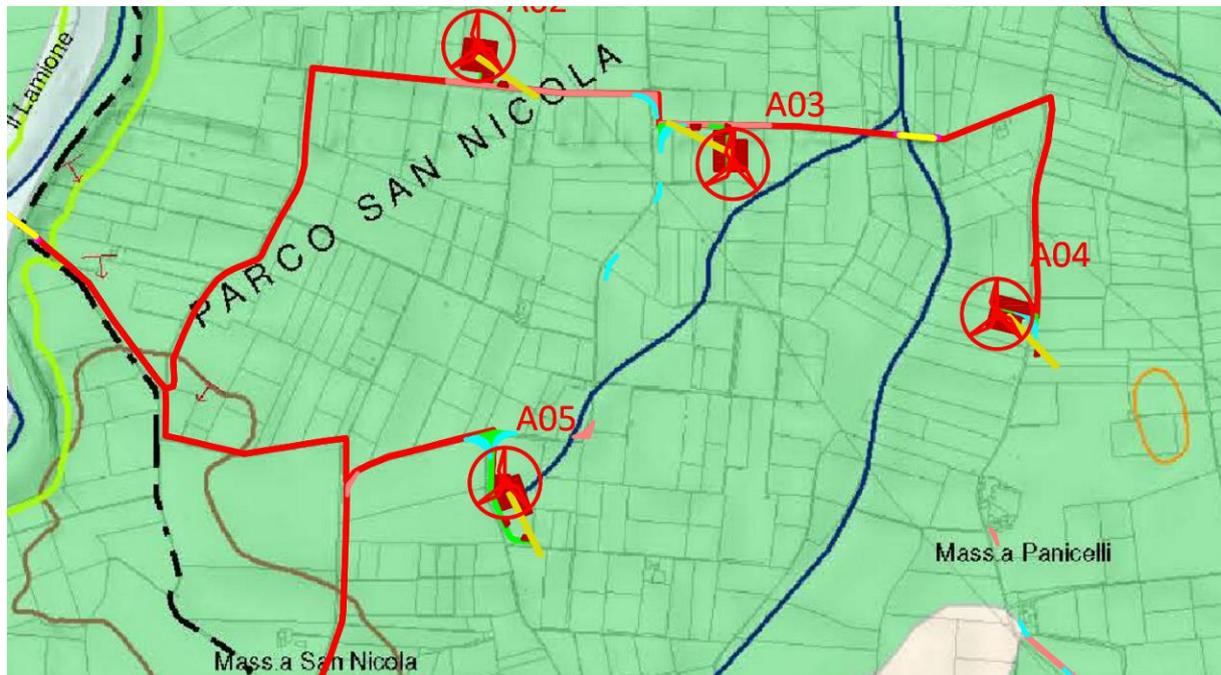


Figura 19: stralcio della sovrapposizione delle opere di progetto su Carta Idrogeomorfologica (rif. elaborato grafico 2.4.b).

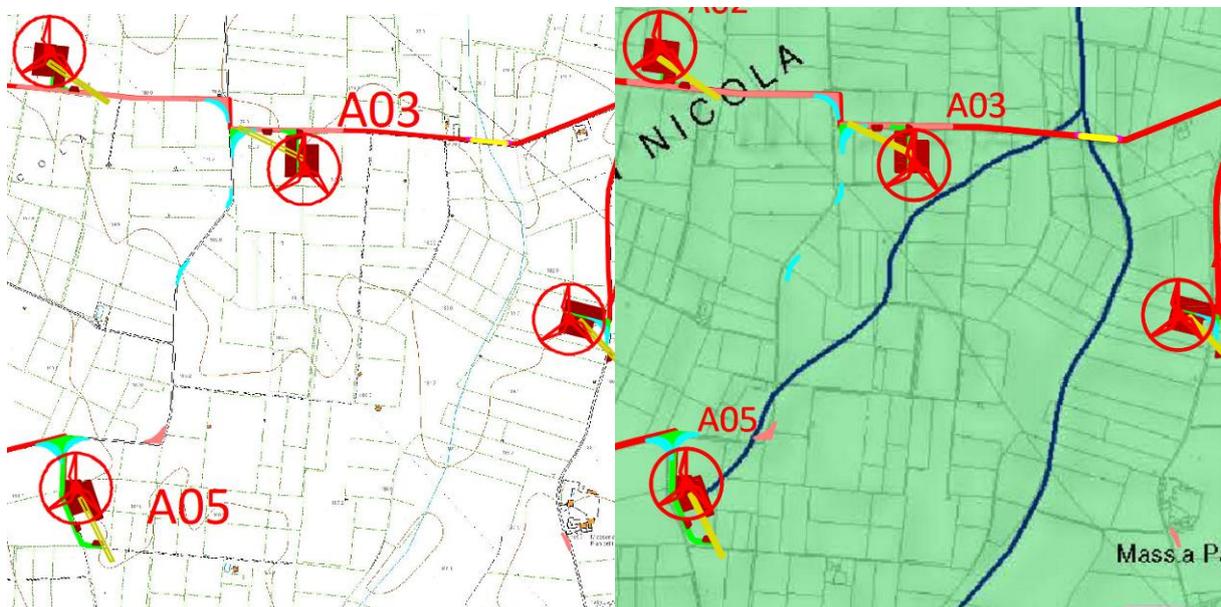


Figura 20: confronto tra CTR e Carta Idrogeomorfologica: la CTR non riporta alcun reticolo tra la A05 e la A03.

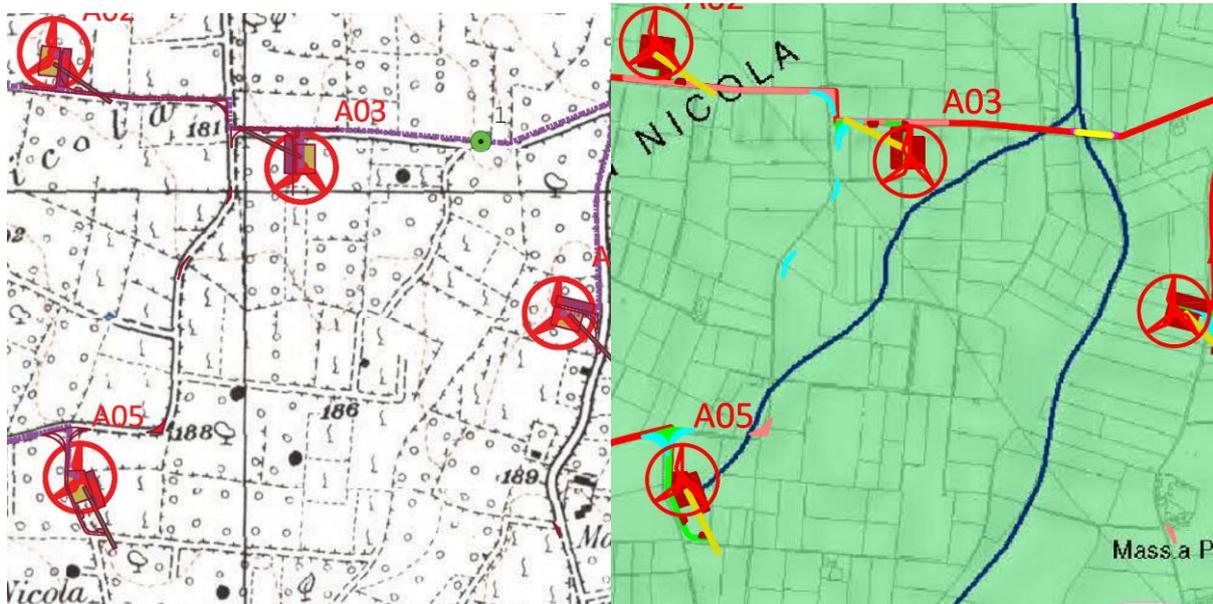


Figura 21: confronto tra IGM e Carta Idrogeomorfologica: l'IGM non riporta alcun reticolo tra la A05 e la A03.

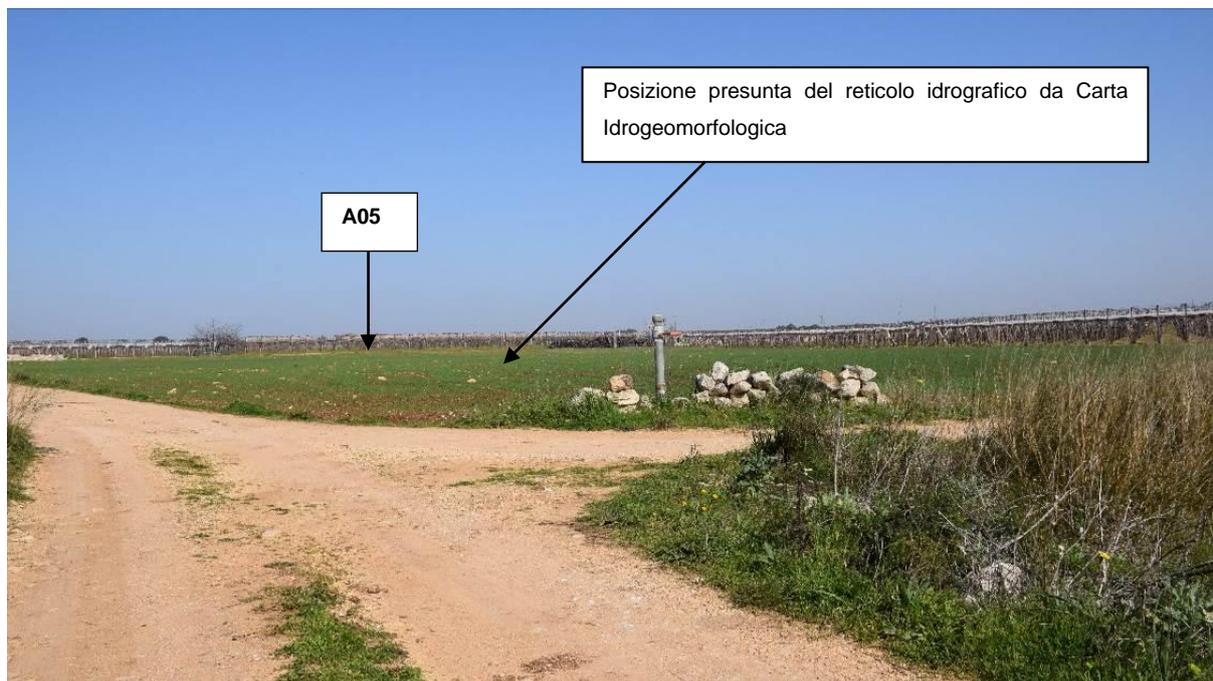


Figura 22: la freccia indica la posizione dell'aerogeneratore A05 nel fondo destinato a seminativo.

4 REALIZZAZIONE TOC - MODALITÀ OPERATIVE

Al fine di assicurare che la posa dei cavi interrati non alteri l'attuale equilibrio dei materiali che costituiscono il fondo delle aree interessate dal transito delle piene bicentinarie, lungo i tratti di intersezione denominati 1, 2, 3, 4, 5 e 6 gli attraversamenti saranno realizzati con tecnica T.O.C., che 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.



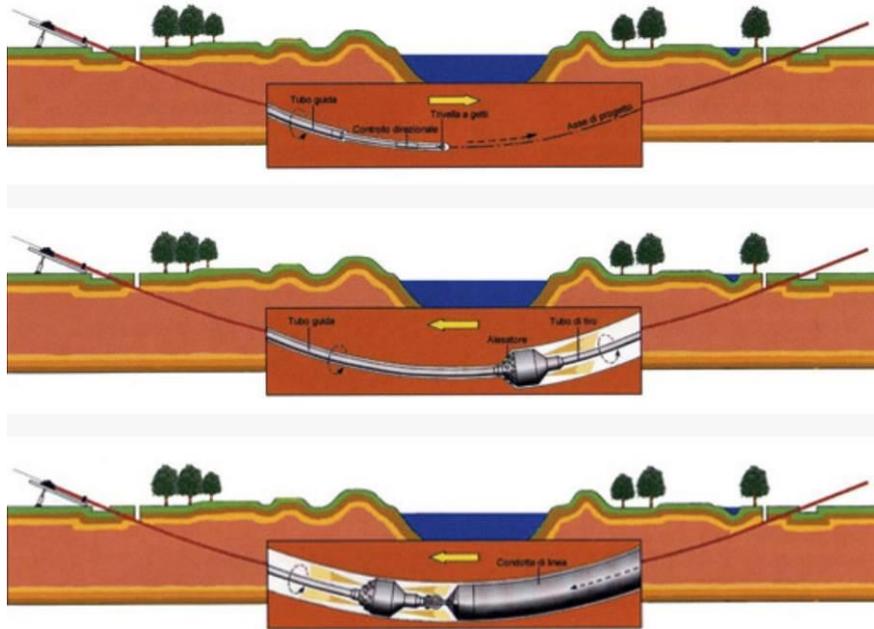


Figura 23 Operazioni di scavo direzionali con TOC

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 33 di 34
---	--	---	---

5 CONCLUSIONI

Con riferimento al progetto per la realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 aerogeneratori della potenza di 6 MW ciascuno, per una potenza di 42 MW, integrato con un sistema di accumulo con batterie agli ioni da 15,2 MW, per una potenza complessiva in immissione di 57,2 MW, da installare nei comuni di Rutigliano, Turi e Casamassima, in Provincia di Bari in località “Parco San Nicola” e “Villa Abbado”, con opere di connessione alla rete di trasmissione nazionale ricadenti nel comune di Casamassima in località “Patalino”, con il presente studio sono stati svolti approfondimenti riguardanti l’assetto idrologico ed idraulico della zona di intervento.

Dalla consultazione della cartografia IGM e della Carta Tecnica Regionale è emerso che le aree del parco eolico ricadono parzialmente all’interno di aree definite come alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali - fasce di pertinenza fluviale.

In particolare:

- **Aerogeneratore A04 – Fascia di pertinenza fluviale**
- **Cavidotto- Intersezioni reticolo idrografico**
- **Cavidotto-Aree perimetrate**
- **Cavidotto-Aree allagabili definite nel presente studio**

Le verifiche idrauliche eseguite in corrispondenza dei punti d’interferenza dei reticoli idrografici hanno permesso di individuare le aree esondabili con tempo di ritorno $Tr=200$ anni, così come richiesto dalle NTA del PAI redatto dall’AdB della Puglia.

Per l’analisi idrologica ed idraulica delle interferenze rilevate è stato individuato un bacino idrografico, di seguito si riporta una sintesi delle risultanze del presente studio: suddivise per tipologia di criticità:

Interferenza a) – Aerogeneratore A04 – Fascia di pertinenza fluviale

Dall’analisi svolta risulta che:

- l’aerogeneratore A04 è esterno alle aree allagabili calcolate per Tr 200 anni, pertanto risulta in condizioni di sicurezza idraulica.

Intersezioni b) - Cavidotto- Intersezioni reticolo idrografico

Al fine di non interferire in alcun modo con il regime idraulico della lama, per il superamento delle suddette interferenze si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a circa 70 m per l’Intersezione 1. Sia l’intersezione 5 che l’Intersezione 6 si riferiscono all’intersezione di un reticolo idrografico segnato esclusivamente sulla CTR e non sull’IGM. Da analisi e rilievi effettuati in sito il reticolo non ha alcuna evidenza geomorfologica, pertanto tale criticità non sarà analizzata analiticamente, tuttavia, a vantaggio di sicurezza, per il superamento della suddetta interferenza si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a circa 70 m per l’Intersezione 5 e 75 m per l’Intersezione 6. Il cavidotto in corrispondenza dei punti di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.6_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 34 di 34
---	--	---	---

Intersezioni c)- Cavidotto-Aree perimetrate

Al fine di non interferire in alcun modo con il regime idraulico della lama San Giorgio, per il superamento delle suddette interferenze si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a circa 175 m per l'Intersezione 3, 70 m per l'Intersezione 4 e 165 m per l'intersezione 2. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente.

Intersezioni d)- Cavidotto-Aree allagabili definite nel presente studio

Inoltre, dalla sovrapposizione tra aree allagabili così determinate e il layout del parco eolico emergono ulteriori criticità di seguito evidenziate,

Per il superamento di dette interferenze si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza:

- Intersezione 7 lunghezza 110 m;
- Intersezione 8 lunghezza 70 m;
- Intersezione 9 lunghezza 85 m;
- Intersezione 10 lunghezza 106 m.

I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata duecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità di circa 2,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente.

La presenza delle problematiche sopra esposte 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.