

---

# COMUNE DI MOTTA MONTERCORVINO

Provincia di Foggia

---

---

## PROGETTO DI POTENZIAMENTO

DEL PARCO EOLICO DI MOTTA MONTECORVINO (FG) E VOLTURARA APPULA (FG)  
CONSISTENTE NELLO SMANTELLAMENTO DI 18 WTG ESISTENTI E NELLA REALIZZAZIONE  
DI 9 NUOVI WTG PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW

---

---

---

---

## RELAZIONE IDROGEOLOGICA CON VALUTAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

---

---

**Committente:** ERG WIND 4 SRL  
Via De marini, 1 - 16149 Genova (GE)

**Tecnici:** geol. Raffaele Sassone  
Via dei Mori, 22 - 70023 Gioia del Colle (BA)  
[r.sassone@yahoo.it](mailto:r.sassone@yahoo.it)

geol. Francesco Pezzati  
Via Baione n 72 – 70043 Monopoli (BA)  
[geol.pezzati@gmail.com](mailto:geol.pezzati@gmail.com)



Gioia del Colle, 18/11/2019

## Sommario

1. PREMESSA .....	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO .....	2
3. INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO IN RELAZIONE AGLI ASPETTI MORFOLOGICI ED IDROGRAFICI PRESENTI SUL TERRITORIO.....	5
3.1. Analisi morfologica e individuazione del bacino idrografico .....	6
3.2. Determinazione del tempo di corrivazione e del Curve Number.....	8
4. ANALISI IDROLOGICA.....	11
4.1. Analisi Pluviometrica.....	12
4.2. Applicazione dei modelli afflussi-deflussi (METODO SCS-CN).....	14
5. ANALISI IDRAULICA.....	15
6. CONSIDERAZIONI FINALI .....	24

### ALLEGATI CARTOGRAFICI

- ALLEGATO A: Cross Section Modellazione bacino (prima analisi)
- ALLEGATO B: Cross Section – seconda analisi

## 1. PREMESSA

Il presente studio si configura nell'ambito della richiesta di approfondimenti pervenuti da parte dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino meridionale – sede Puglia di VIA relativamente ad un progetto di potenziamento dell'impianto eolico esistente a Motta Montecorvino e Volturara Appula della società ERG WIND 4 s.r.l.. Il progetto prevede lo smantellamento di 18 aerogeneratori e l'installazione nella stessa area di un impianto di 9 aerogeneratori di nuova generazione per la potenza complessiva di 42 MW e relative opere accessorie e sottostazione elettrica.

Lo studio mira ad ottemperare la richiesta di integrazioni pervenuta dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – sede Puglia, con nota prot. n. 11705 del 15/10/2019 in cui si invita la società proponente a presentare un adeguato “studio di compatibilità idrologica ed idraulica”, redatto ai sensi degli artt. 4,6 e 10 delle NTA del PAI, che “dimostri la esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica (riferite ad evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni, così come definito all'art. 36 delle NTA del PAI) per la **strada di accesso** all'aerogeneratore identificato col codice “R-MT09”, nonché la rete elettrica interrata MT di vettoriamento, nelle parti che rientrano nelle aree disciplinate ai sensi degli artt. 6-10 delle NTA del PAI, sulla base di una accurata individuazione dei bacini idrografici sottesi dalle opere interessate dai deflussi e conseguente modellazione dei deflussi idraulici sulla base delle caratteristiche morfologiche e idrogeologiche delle aree interessate”.

L'aerogeneratore “R-MT09” è situato alle coordinate:

WGS 84 UTM 33N Est: 509725 m – Ovest: 4596791

La strada di accesso attraversa una linea di impluvio presente sia nella cartografia Corografica dell'IGM scala 1:25.000 sia nelle Carta Idrogeomorfologica redatta dall'Ex-AdB Puglia.

Catastalmente, l'area di studio è ubicata nel fg. di mappa n° 5, particelle 185 del Comune di Motta Montecorvino.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO

L'area di intervento è situata a nord dell'abitato di Motta Montecorvino (FG), su di un alto morfologico corrispondente allo spartiacque che separa gli impluvi del torrente Triolo a nord in direzione dell'abitato di Pietramontecorvino, ed il torrente Sàlsola a sud;

L'area in studio ricade nel territorio conosciuto come Appennino Dauno, caratterizzato da

una serie di accavallamenti tettonici a vergenza adriatica che coinvolgono unità tettoniche individuate tra l'Oligocene e il Pliocene.

Tra i terreni affioranti, di origine sedimentaria, prevalgono unità prevalentemente lapidee (Formazione della Daunia o Flysch di Faeto) e terreni prevalentemente argillosi (Complesso indifferenziato o Argille Varicolori). Nelle aree con affioramenti argillosi è maggiormente diffusa la presenza di movimenti gravitativi.

Più in particolare, il substrato geologico dell'area di intervento è caratterizzato dall'affioramento di rocce di origine marina la cui età è compresa tra il Miocene e il Pliocene.

Queste vengono di seguito brevemente descritte dalle più antiche alle più recenti (F. 163 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000).

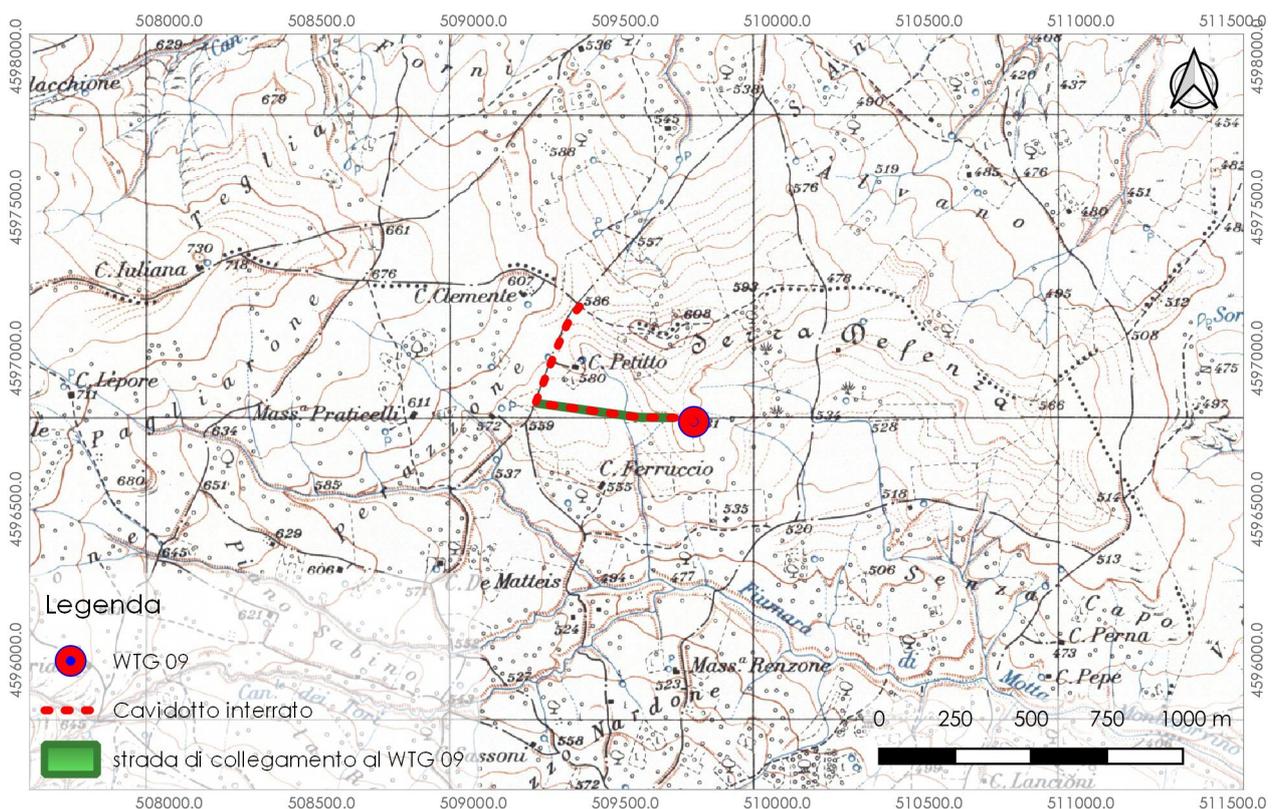


Figura 1: Stralcio corografico con ubicazione dell'aerogeneratore WTG 09 da installare.

L'assetto tettonico attuale del Subappennino Dauno è dovuto alle ultime fasi deformative che hanno caratterizzato la formazione della catena appenninica meridionale.

Nel corso dell'ultima fase orogenetica, cominciata durante il Messiniano, si individuò la così detta avanfossa adriatica meridionale, sede di un'attiva sedimentazione dal Pliocene a tutto il Pleistocene. Le spinte tettoniche verso oriente continuarono durante il Pliocene,

causando, lungo il margine appenninico dell'avanfossa, l'accavallamento tettonico di unità appenniniche su depositi più recenti. In pratica, in questo periodo il fronte attivo della catena migrò verso est. Infine, durante il Quaternario, dopo una fase deformativa che portò alla generale subsidenza dei terreni al margine della catena, incominciò un graduale sollevamento.

Oggi, l'allineamento tettonico Carlantino - Volturara Appula separa i sedimenti più interni della Catena, maggiormente disturbati dalle spinte tettoniche, da quelli della fascia orientale in cui la sedimentazione è stata più continua.

L'area di studio, che ricade in prossimità del margine esterno dell'Appennino, è caratterizzata da una serie di faglie orientate NNO-SSE, a loro volta disseccate da faglie ad andamento antiappenninico.

Il locale substrato geologico è costituito dal Complesso indifferenziato, generalmente conosciuto con il nome di Argille varicolori. Alla scala dell'affioramento, ma anche a livello del campione, le argille recano evidenti segni di profondo rimaneggiamento tettonico, con assetto caotico e strutture sedimentarie obliterate. Quando non alterate, il loro aspetto è tipicamente scaglioso.

Il Complesso indifferenziato costituisce la base su cui, con contatto tettonico, si sovrappone la Formazione torbiditica della Daunia. Rispetto al loro stato originario, gli strati della Formazione della Daunia si presentano in genere marcatamente degradati a causa degli stress tettonici che hanno favorito una intensa fratturazione.

Nell'area di Motta Montecorvino l'assetto giaciturale di tale unità è caratterizzato da una notevole immersione verso ovest, che cambia ad est dell'abitato, dove gli strati immergono verso i quadranti orientali con un'inclinazione circa parallela a quella dei depositi pliocenici sovrastanti.

La morfologia dell'area è dominata da creste allungate grosso modo lungo l'asse est-ovest, con elevazioni via via minori man mano che ci si allontana dal cuore della catena appenninica. Nell'area in esame la cima più alta è quella del Monte Sambuco (980 s.l.m.).

A seconda delle litologie affioranti, gli spartiacque separano valli più o meno ampie con versanti le cui pendenze massime si aggirano in media sui 30°. Acclività maggiori si registrano in corrispondenza degli affioramenti costituiti da rocce lapidee.

Alla scala del versante, l'altro carattere morfologico dominante è costituito dalla propensione al dissesto. Questa è maggiore laddove affiorano sedimenti a granulometria fine e/o litotipi lapidei intensamente fratturati.

In generale, gran parte dei dissesti documentati è attualmente quiescente, ma recrudescenze del fenomeno franoso possono innescarsi in occasione di sollecitazioni

sismiche e/o severi eventi meteoroclimatici.

### **3. INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO IN RELAZIONE AGLI ASPETTI MORFOLOGICI ED IDROGRAFICI PRESENTI SUL TERRITORIO**

L'area oggetto del presente studio riguarda una porzione del territorio ricadente in un bacino idrografico relativo ad un corso d'acqua effimero, a carattere del tutto episodico. In particolare, l'area oggetto di studio è ubicata nel tratto di testa dell'impluvio.

In funzione della posizione prevista da progetto dell'aerogeneratore WTG 09, sulla base dei dati del Modello Digitale del Terreno, disponibili sul Portale Istituzionale Cartografico della Regione Puglia (<http://www.sit.puglia.it/>), delle tavolette IGM in scala 1:25000, e della Carta Tecnica Regionale, è stata ricostruita la morfometria del bacino in esame.

La morfologia dell'impluvio è abbastanza evidente, sia in campo sia da ortofoto, tuttavia non è riconoscibile una distinzione tra alveo di magra e alveo di piena.

ID	Denominazione	Area [km <sup>2</sup> ]	Perimetro [m]
1	Bacino_1	0.25	2900

Al fini del presente studio è stato effettuato una analisi in ambiente GIS sul DTM regionale nella zona in cui ricade il sito di interesse ed il reticolo, per la determinazione del bacino scolante fino ad una sezione di chiusura scelta ad una distanza di circa 500 m a valle della strada di accesso e del cavidotto dell'aerogeneratore WTG 09.

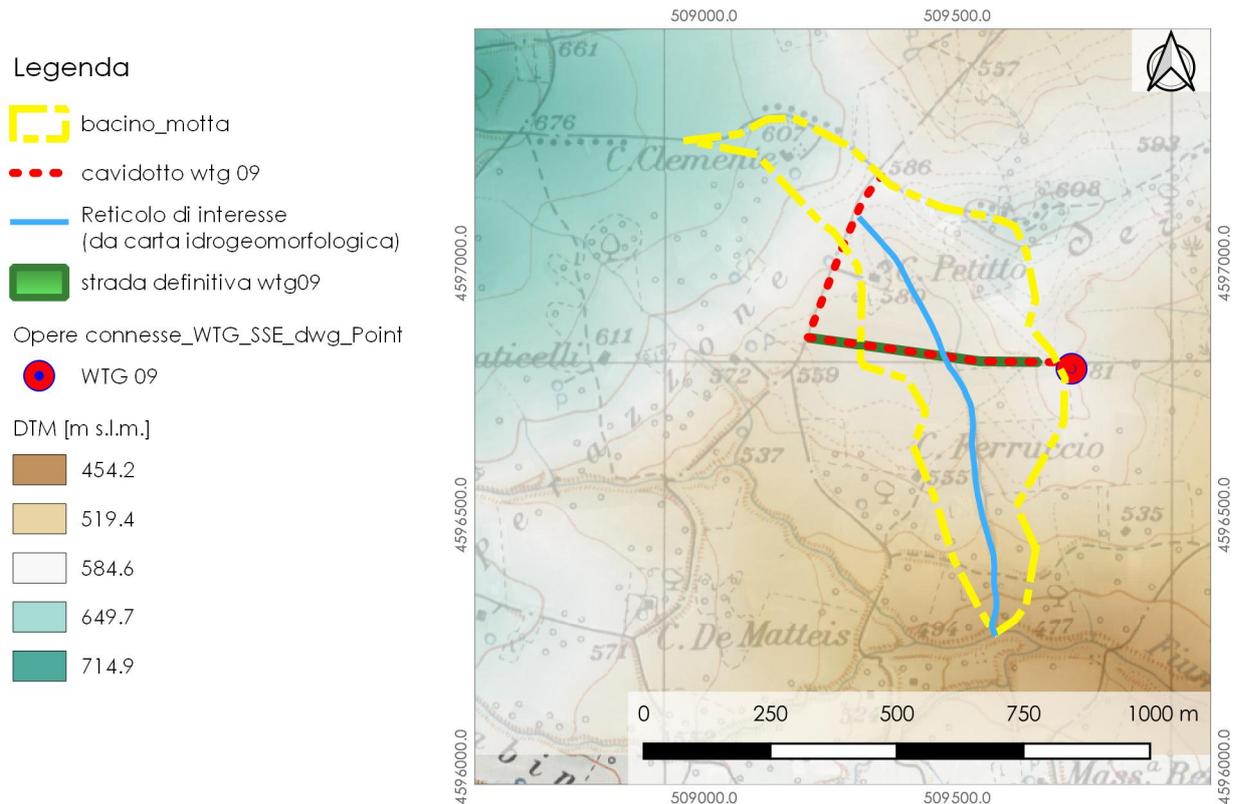


Figura 2: Individuazione del bacino idrografico rispetto ad una sezione di chiusura individuata a 500 m a valle della strada dell'aerogeneratore WTG 09.

Finalità del presente studio è quella di individuare l'impronta planimetrica definita dall'evento di piena caratterizzato da un Tempo di Ritorno di 200 anni secondo la definizione di Sicurezza idraulica dell'art.36 delle NTA del P.A.I.

### 3.1. Analisi morfologica e individuazione del bacino idrografico

Come accennato in precedenza, per l'individuazione del bacino idrografico, in questo caso meglio definito come area di drenaggio (data la limitata estensione), è stata utilizzata come cartografia di base il dtm con risoluzione geometrica di 8\*8 m, scaricabile dal SIT Puglia. I dati scaricati si riferiscono al foglio 407, in particolare è stato utilizzato il raster riferito agli elementi 407063 - 407064.

Di seguito si riportano le caratteristiche morfometriche dell'area di drenaggio in funzione della sezione di chiusura individuata a circa 500 m a valle dell'area oggetto dell'intervento edilizio.

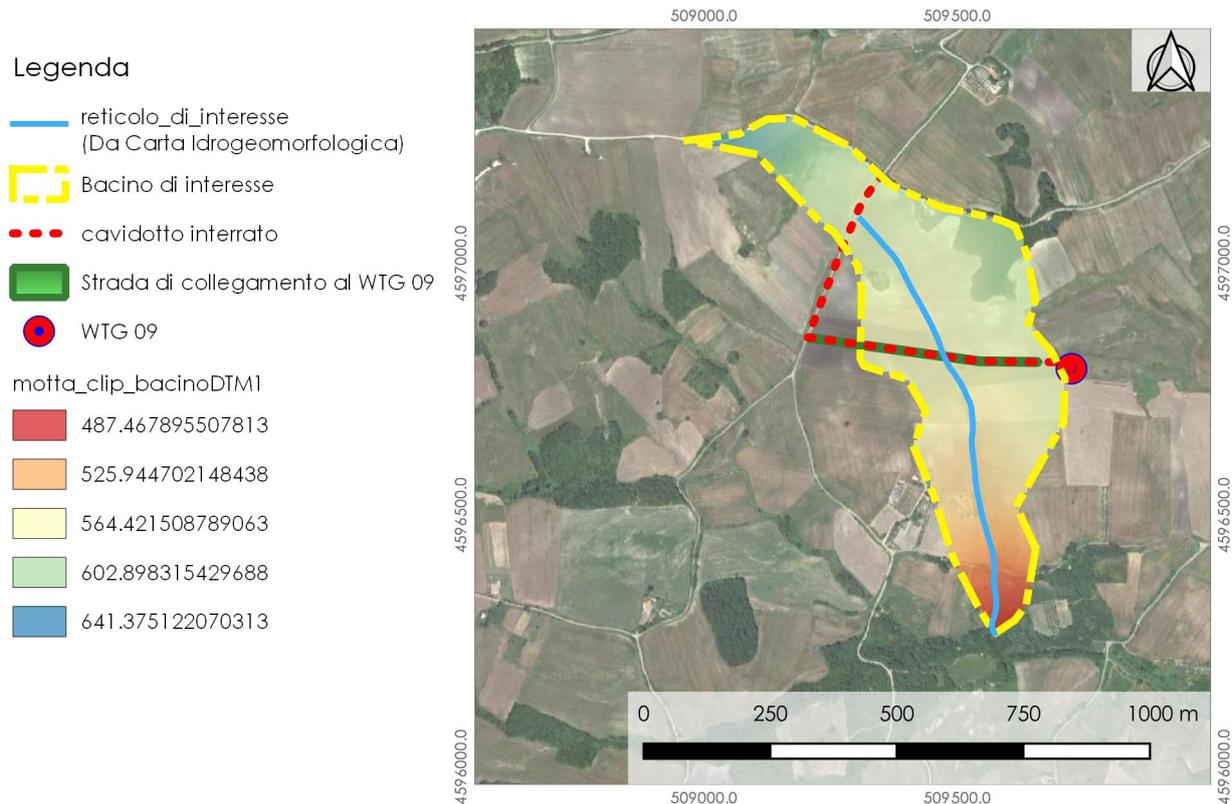


Figura 3: Rappresentazione del bacino 1 con sovrapposto il modello digitale del terreno "clippato" dalla tavola regionale.

Tabella 1: Dati morfometrici del bacino oggetto di studio

Bacino 1	Dati
A = Area di bacino [Kmq]	0,25
Hmax = H massima del bacino [m s.l.m.]	641
H = H media del bacino [m]	569
H min = H minima del bacino [m]	487
Lp = Flowlength MAX [Km]	1,3
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	0,89
im = Pendenza media del bacino [%]	13
ia = Pendenza media dell'asta principale [m/m]	0,09
Ha = H media dell'asta princ. [m]	548

L'individuazione del bacino scolante costituisce un passaggio fondamentale al fine di giungere alla determinazione della portata al picco di piena nell'area di indagine. I parametri individuati da questo tipo di analisi costituiscono una parte dell'input dei modelli idrologici e idraulici applicati nel seguito. I dati morfometrici del bacino sono stati determinati *clippando* il raster relativo al DTM dell'area del bacino e calcolando le

statistiche di cella relative alle quote e alle pendenze.

I dati così calcolati hanno costituito l'input per il calcolo afflussi-deflussi descritto nei paragrafi successivi.

### 3.2. Determinazione del tempo di corrivazione e del Curve Number

In un bacino il tempo di corrivazione massimo denominato tempo di corrivazione "tc" del bacino rappresenta il tempo che impiega la goccia d'acqua che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura.

Per la determinazione del tempo di corrivazione esistono in letteratura svariate formule di natura per lo più empirica che variano in base ai parametri morfometrici del bacino. Nel presente studio si è fatto riferimento alle relazioni elencate in Tabella 3.

Tabella 2: Principali formule per la determinazione del tempo di corrivazione.

Kirpich - Pezzoli	$t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.8}$
SCS-CN	$t_c = 0.675\sqrt{A}$
Viparelli	$t_c = \frac{L}{v}$
Giandotti	$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}}$
Kirpich	$t_c = 0.000325 \left( \frac{L_p}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$

In cui:

L = lunghezza dell'asta principale -  $i_a$  = pendenza dell'asta principale) – A = area del bacino  
– v = velocità media dell'acqua –  $H_m$  = altezza media del bacino –  $L_p$  = flowlength.

Fra le relazioni utilizzate quelle che nella pratica trovano maggior riscontro sotto l'aspetto delle applicazioni di questo tipo sono quelle di Giandotti, Viparelli e Kirpich. Considerato che l'approccio del Giandotti è esplicitamente rivolto a bacini di dimensioni variabili fra 170 e 70000 kmq e quello di Kirpich riguarda l'analisi di piccoli bacini americani, la formulazione razionale che appare più adatta al caso in esame risulta quella di Viparelli che, si ricorda, è stata sviluppata dall'analisi sperimentale su piccoli bacini pedemontani piemontesi ed è

una delle poche ad avere un significato fisico oltre che empirico in quanto si basa sulla misura della velocità dell'acqua. Il tempo di corrivazione considerato è dato dalla media delle formule di SCS-CN, Viparelli e Kirpich-Pezzoli.

Tabella 3: Media dei tempi di corrivazioni stimati per il bacino in esame

Formule	Tempo di corrivazione
Kirpich-Pezzoli	0,222
SCS-CN	0,338
Viparelli	0,247
<b>Tc medio considerato</b>	0,269

Infine, fra le caratteristiche fondamentali da determinare per poter effettuare l'analisi idrologica, con specifico riferimento al metodo sviluppato dalla Soil Conservation Service (SCS), vi è il parametro "CN" che individua, attraverso la analisi geolitologica dei suoli del bacino, la capacità di risposta in termini di infiltrazione e ruscellamento a fronte di un evento di pioggia del bacino. Le caratteristiche geolitologiche sono state determinate facendo riferimento alla carta dell'uso del suolo Corine Land Cover (IV livello, 2013, agg. Puglia), ed è stato possibile caratterizzare i suoli dal punto di vista della permeabilità secondo la classificazione SCS.

<b>Gruppo A</b>	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
<b>Gruppo B</b>	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
<b>Gruppo C</b>	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
<b>Gruppo D</b>	Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

*Gruppi geolitologici*

Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si

individuano le classi di CN per ogni bacino analizzato. I valori di CN per i diversi tipi di copertura analizzati sono quelli riportati nella tabella seguente desunti dalla letteratura tecnica disponibile.

Tabella 4: Valori di CN in funzione dei diversi tipi di copertura di suolo

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di queste ultime è fondamentale la condizione di imbibimento del terreno, il metodo SCS-CN fa riferimento a tre diverse situazioni di umidità antecedenti all'evento considerato:

Tabella 5: Classi AMC (Antecedent Moisture Conditions)

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
<b>I</b> (Terreno secco)	$0 < P < 50$
<b>II</b> (Umidità media)	$50 < P < 110$
<b>III</b> (Terreno da mediamente umido a saturo)	$P > 110$

I valori di CN corrispondenti alle classi AMCI e AMCIII si determinano dal valore del CN relativo alla classe AMCII applicando le seguenti formule:

$$FI = 0,3 + 0,00636CN \quad \text{valida per } 20 \leq CN \leq 95$$

$$FIII = 3,4212 - 1,1999 \log CN$$

Ai fini del presente studio è stato utilizzato il CNII calcolando la media ponderata dei CN in funzione delle coperture di suolo presenti nel bacino.

Per il bacino sono stati considerati, quale gruppo geolitologico della classificazione SCS, il gruppo "C" – "Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta [...]" e il gruppo "D" – "scarsa capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso molto elevata, pressochè impermeabili", inoltre, analizzando le cartografie del progetto "Corine Land Cover IV livello", secondo cui si ha per il 87% di copertura di suolo costituita da "Seminativi semplici in aree non irrigue", e per il 6% "boschi di latifoglie"; da tale analisi è emerso un valore del CN per il presente bacino scolante è pari a 84.

#### **4. ANALISI IDROLOGICA**

L'analisi idrologica consente di determinare le portate di ingresso da utilizzare come input nel modello di calcolo idraulico effettuato per il bacino e presentato nei prossimi paragrafi. Per l'analisi idrologica, così come riportato nella normativa vigente sulla difesa del suolo, è possibile far riferimento allo studio sulla Valutazione delle Piene (VAPI) che riguarda la Puglia e parte della Basilicata effettuato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR, conformemente al DPCM del 29.09.1998 e alla Relazione di Piano allegata al PAI approvato con delibera n. 39 del 30/11/2005. Nel VAPI l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (Rossi et al. 1984); la peculiarità di questo modello è quella di riuscire a considerare anche gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali.

L'analisi idrologica è stata condotta in due step:

- Analisi pluviometrica
- Applicazione modello afflussi-deflussi

#### 4.1. Analisi Pluviometrica

Al fine di stabilire la portata al picco di piena da utilizzare come input nei modelli di calcolo idraulici del bacino è necessario, in prima battuta, stabilire gli ietogrammi di pioggia che consentiranno di applicare i modelli afflussi-deflussi. Per questo motivo è stata effettuata un'analisi statistica degli eventi piovosi verificatisi in passato che, attraverso l'analisi di un campione significativo di dati storici, consente di determinare le Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) dalle quali si determina lo ietogramma di pioggia. In questo studio viene applicata la metodologia di analisi riportata nel VAPI Puglia, che si basa sulla funzione di distribuzione di probabilità (*fdp*) TCEV. La TCEV ha la caratteristica di conferire al modello idrologico maggiore flessibilità e capacità di adattamento alle serie di dati disponibili, tuttavia occorre disporre di una serie storica di dati sufficientemente lunga per non incorrere in errori di campionatura. Per ovviare a questo problema il GNDICI ha messo a punto una procedura di regionalizzazione (Beran et al. 1986) che ha permesso di determinare i parametri della TCEV su tutto il territorio pugliese estendendo, in questo modo, la lunghezza delle serie storiche. In Puglia la procedura di regionalizzazione ha individuato 6 zone omogenee la cui individuazione è rappresentata nella figura seguente.



Figura 4: Zone omogenee della Puglia

Le relazioni che regolano ognuna delle sei zone sono le seguenti:

$$\text{Zona 1: } x(t, z) = 26.8t^{[(0.720+0.00503z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 2: } x(t) = 22.23t^{0.247}$$

$$\text{Zona 3: } x(t, z) = 25.325t^{[(0.0696+0.00531z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 4: } x(t) = 24.7t^{0.256}$$

$$\text{Zona 5: } x(t, z) = 28.2t^{[(0.626+0.0002z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 6: } x(t, z) = 33.7t^{[(0.488+0.0022z)/3.178]}$$

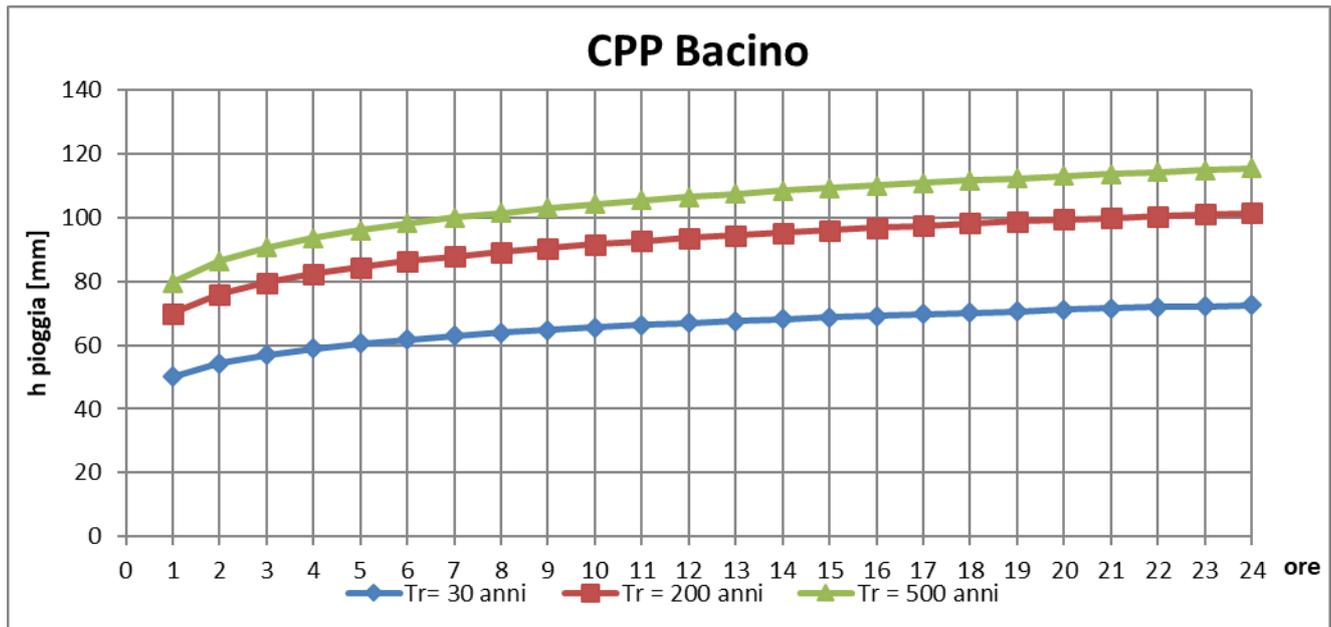
Il bacino analizzato ricade nella Zona Omogenea 3, pertanto, conformemente al DPCM 29/09/98 ed a quanto previsto dalla relazione di piano del PAI, si è provveduto a calcolare la CPP mediante l'applicazione della metodologia VaPi (Valutazione Piene) mediante l'equazione:

$$\text{Zona 3: } x(t, z) = 25,325t^{[(0,0696+0,00531z)/3,178]}$$

Tale equazione consente di valutare le altezze critiche per i differenti intervalli di precipitazione e per i vari tempi di ritorno prescelti. Ai valori così ottenuti, vanno applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita KT (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al Fattore di Riduzione Areele KA (funzione della superficie del bacino espressa in kmq, e della durata dell'evento di progetto espressa in ore). Determinando i valori di x per piogge di durata variabile da 1 a 24 ore è possibile costruire le curva di possibilità pluviometrica per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni tipici delle valutazioni di pericolosità idraulica dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Ora	h30 [mm]	h200 [mm]	h500 [mm]
1	50.05	69.99	79.62
2	54.28	75.90	86.34
3	56.91	79.59	90.54
4	58.86	82.31	93.63
5	60.42	84.49	96.11
6	61.72	86.31	98.18
7	62.84	87.88	99.97
8	63.83	89.26	101.54
9	64.72	90.50	102.95
10	65.52	91.62	104.23
11	66.25	92.65	105.40
12	66.93	93.60	106.47

Ora	h30 [mm]	h200 [mm]	h500 [mm]
13	67.56	94.48	107.48
14	68.15	95.30	108.41
15	68.70	96.07	109.29
16	69.22	96.80	110.12
17	69.72	97.49	110.90
18	70.18	98.14	111.65
19	70.63	98.77	112.35
20	71.05	99.36	113.03
21	71.46	99.93	113.68
22	71.85	100.47	114.30
23	72.22	101.00	114.89
24	72.59	101.50	115.47



#### 4.2. Applicazione dei modelli afflussi-deflussi (METODO SCS-CN)

Il metodo SCS è adatto nell'ambito delle applicazioni tecniche di questo tipo per qualunque tipologia di bacino ed è ampiamente diffuso anche in Italia. Il metodo consente sia la semplice valutazione del volume della piena, o della sua portata al colmo. La stima della portata al colmo generata da un bacino, a seguito di una determinata precipitazione caratteristica, avviene attraverso l'analisi geomorfologica e di uso del suolo del bacino; essa viene valutata attraverso la preventiva acquisizione di diversi parametri tra cui quelli elencati nel seguito:

- CN (Curve Number);
- S grado di saturazione del terreno;
- Ia (Initial Abstraction), grado di assorbimento iniziale del terreno;
- AMC (Antecedent Moisture Condition), grado di imbibizione precedente l'evento;
- TL (Time Lag), tempo di ritardo tra il centro del pluviogramma e quello dell'idrogramma;
- RL (Reach Lag), tempo impiegato dall'onda di piena per il trasferimento attraverso l'asta.

La metodologia si basa sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

$$V/Pn = W/S$$

In cui:

V = volume di deflusso;

Pn = Pioviggia netta;

W = volume idrico realmente invaso nel suolo;

S= volume massimo che il suolo può immagazzinare;

La pioggia netta si può determinare sottraendo alla precipitazione totale il parametro  $la$  che tiene conto dell'accumulo di volumi idrici in superficie, dell'infiltrazione iniziale e superficiale nel suolo e dell'intercettazione operata dalla copertura vegetale.

In linea generale il valore di  $la$  può essere assunto, come è stato fatto per il presente studio, secondo le indicazioni dell'SCS, pari a:

$$la = 0,2 S$$

Pertanto, il volume di deflusso  $V$  può essere ricavato dalla seguente relazione:

$$V = \frac{(P - 0,2 S)^2}{(P + 0,8 S)}$$

in cui:

$$S = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

La stima del CN si effettua determinando il gruppo idrologico di appartenenza e, all'interno di ciascun gruppo, valutando la copertura d'uso del suolo; alle sottoclassi così determinate viene associato un valore di CN.

Nel presente studio, come precedentemente descritto nell'analisi pluviometrica, sono stati applicati i risultati rivenienti dall'approccio VAPI. In questa analisi è stata ipotizzata una pioggia uniformemente distribuita sul bacino studiato, in funzione della zona omogenea considerata (zona 3), a cui è stato applicato un ietogramma costante ricavato dall'analisi delle Curve di Possibilità Pluviometrica riferita al tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Come descritto in precedenza, si è utilizzato uno  $la=0,2S$ , una condizione antecedente all'evento di tipo AMC=II e i dati di input sono stati ricavati dall'analisi morfometrica e pluviometrica descritte in precedenza. I valori di portata al picco calcolati per un tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, per il bacino in oggetto, sono rispettivamente:

Bacino	Qp <sub>30 anni</sub>	Qp <sub>200 anni</sub>	Qp <sub>500 anni</sub>
Bacino 1	0,25	0,66	0,91

## 5. ANALISI IDRAULICA

Definiti i valori dei picchi dell'idrogramma di piena relativamente ai tempi di ritorno di 30, 200 anni e 500 come indicato nelle NTA del PAI, si è proceduto con la simulazione in moto permanente al fine di individuare le aree inondabili adiacenti all'alveo della lama. L'output dello studio idrologico-idraulico consiste nell'individuare la **parte di territorio allagabile con tempo di ritorno di 200 anni**, al fine di definire il livello di pericolosità idraulica e di conseguenza individuare le aree in sicurezza idraulica.

Per determinare in maniera oggettiva le aree a pericolosità idraulica, si è utilizzato un programma di calcolo e modellazione molto diffuso, l'HEC RAS. La sigla è l'acronimo di Hydrologic Engineering Center's River Analysis System, il software è prodotto dallo US ARMY Engineering Corps, ed è gratuitamente scaricabile da internet. HEC-RAS è un programma realizzato per simulare la propagazione delle piene attraverso uno schema di calcolo monodimensionale; il software può lavorare in moto permanente o vario, e oltre che analizzare la singola asta fluviale (come nel caso in studio), è possibile analizzare reticoli più complessi, che prevedono la confluenza di più canali. Inoltre, è possibile prevedere trasporto di sedimenti, stazioni di pompaggio e celle di accumulo (nel caso di modellazione in moto vario), ecc.

Il software dispone di una interfaccia grafica attraverso cui inserire i dati fisici necessari (caratteristiche geometriche dell'asta), idraulici (condizioni al contorno e portate di verifica), ed applicare le differenti routine di modellazione, ovvero scegliere le metodologie di calcolo. Inoltre, è stato sviluppato un applicativo in ambiente GIS (GEO RAS), attraverso cui è possibile realizzare le attività di pre e post-processing delle applicazioni dell'HEC-RAS, sino alla individuazione delle aree inondate in formato *shapefile*.

Di seguito si illustrano brevemente i contenuti della modellazione idraulica svolta per il bacino scolante in esame.

### **Modellazione bacino scolante**

Allo scopo di poter eseguire i calcoli idraulici, note le dimensioni del bacino e le portate in gioco è stato utilizzato il Modello Digitale del Terreno derivante dall'unione dei dati del dtm regionale da cui sono state estrapolate le curve di livello ad 1 m. La modellazione idraulica è stata eseguita tracciando delle sezioni di lunghezza di compresa tra 50 m e 200 m, ogni 15-20 m circa sull'asta principale, e successivamente interpolandole ogni 5 m in Hec-Ras.

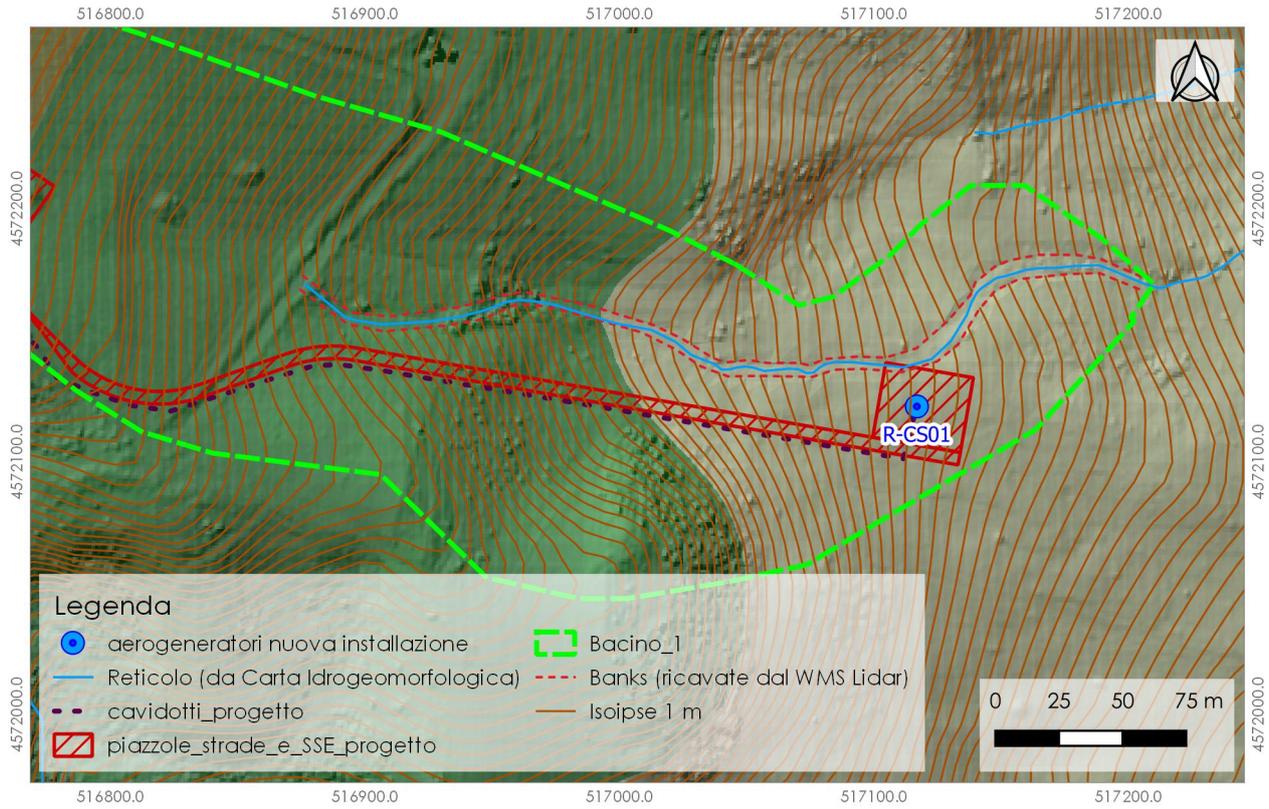


Figura 5: Rappresentazione della modellazione del terreno sito-specifica con sullo sfondo il WMS lidar dal PCN e la TIN ricavata

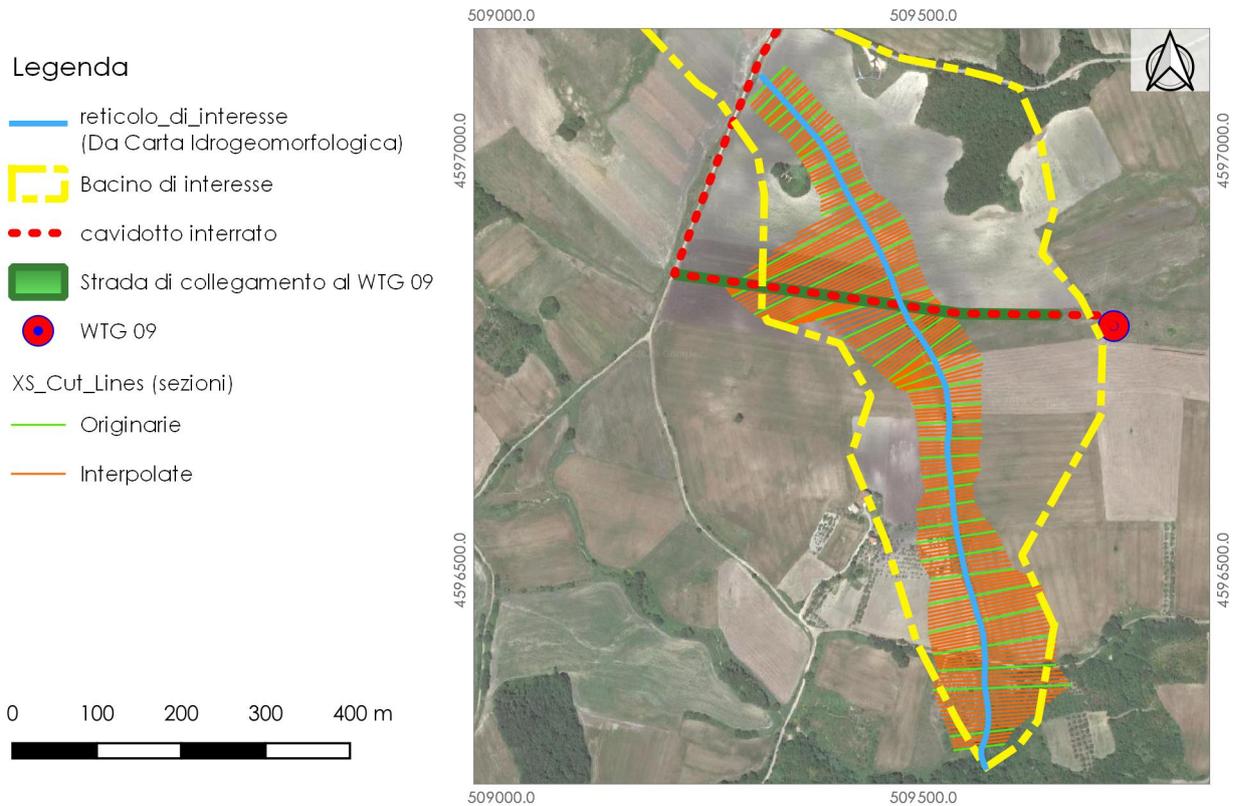


Figura 6: Preparazione della modellazione del bacino scolante in ambiente GIS

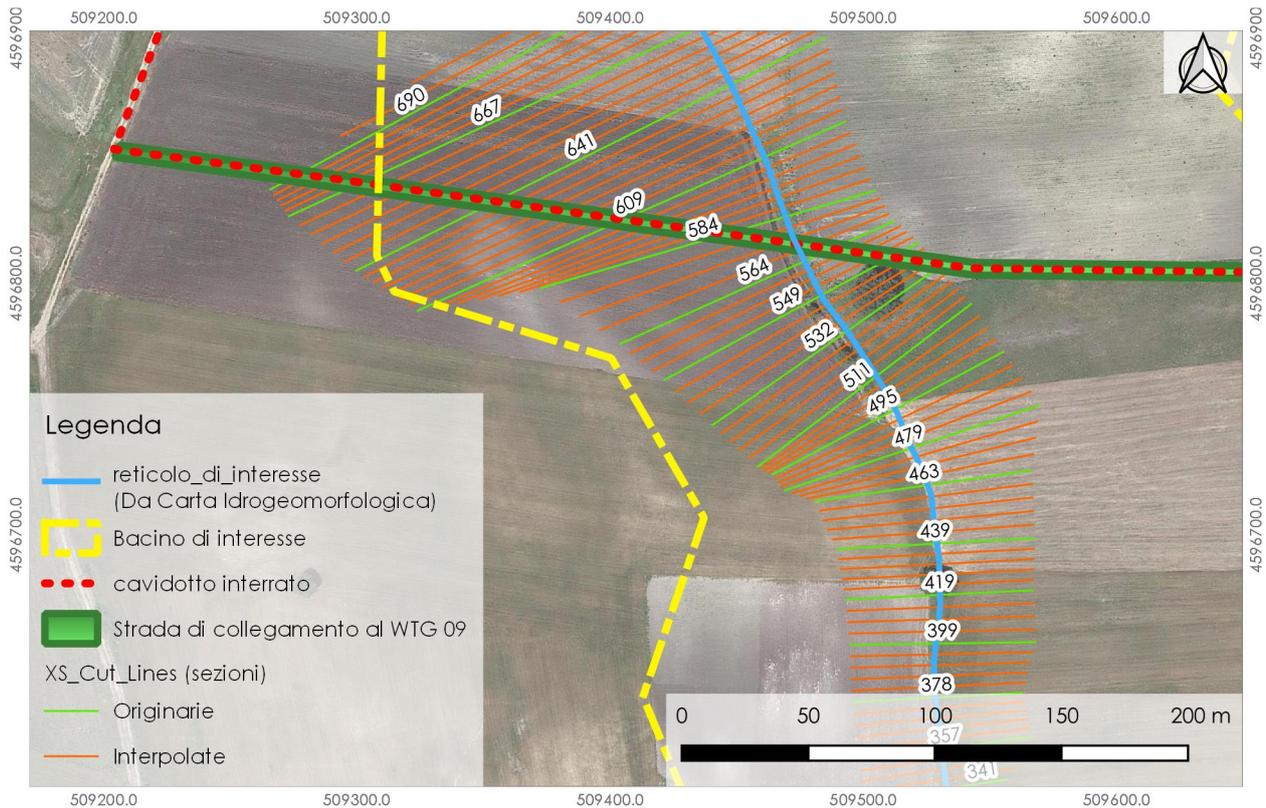


Figura 7: particolare delle sezioni che attraversano il reticolo in corrispondenza della strada di accesso al WTG 09

Nel caso in questione sono state utilizzate, sia come condizione al contorno di monte sia come condizione al contorno di valle, la condizione di livello idrico noto pari a zero, in quanto all'interno dei tratti analizzati non vi è deflusso in condizioni normali (periodi non piovosi). Tale considerazione è ampiamente fondata in quanto il reticolo dell'intera zona ha le tipiche caratteristiche dei *rill erosion*, ovvero incisioni superficiali caratterizzate da apporti effimeri e solo in casi di piogge intense.

Per la tipologia di scabrezza è stato considerato cautelativamente un coefficiente di Manning pari a 0.03 relativo agli alvei di pianura non vegetati (come la maggior parte di tutta la lama) e pari a 0.05 per le sponde (aree con cespugli sparsi) (CHOW V. T., 1959).

Nella tabella che segue sono riportati i valori corrispondenti alle portate transitanti, ai tiranti idrici generati, all'energia della corrente, ai valori di velocità e del numero di Froude, della potenza della corrente, ecc.

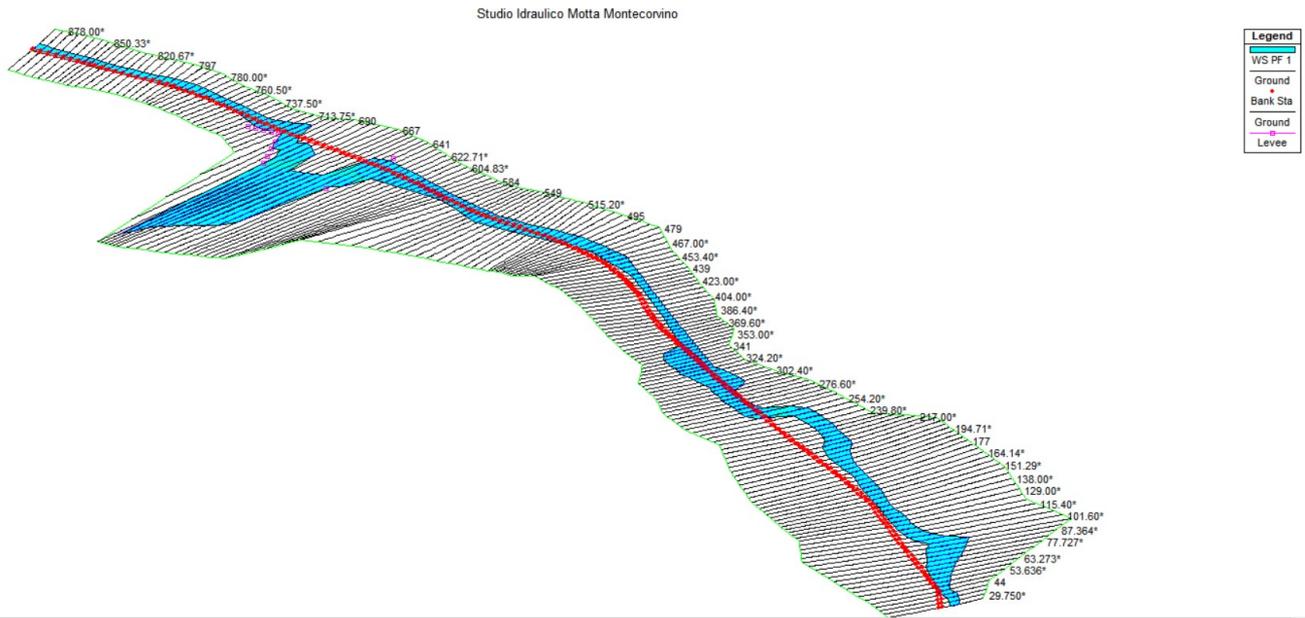
Tabella 6: Profile output table (Hec Ras 5.0.5). Evidenziate in rosso le sezioni prossime all'intersezione della strada di accesso all'aerogeneratore WTG 09 con il reticolo idrografico.

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Hydr Depth C	Crit W.S.	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
-------	-----------	---------	---------	-----------	-----------	--------------	-----------	----------	-----------	-----------	--------------

			(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
r1	883	PF 1	0.66	579.92	580.01	0.06	580.01	1.1	0.75	10.1	1.47
r1	868	PF 1	0.66	578.7	578.81	0.08	578.81	1.24	0.75	9.33	1.38
r1	854	PF 1	0.66	577.64	577.75	0.06	577.75	1.12	0.71	8.72	1.45
r1	843	PF 1	0.66	576.82	576.91	0.06	576.91	1.07	0.73	9.19	1.41
r1	830	PF 1	0.66	575.83	575.92	0.06	575.92	1.05	0.7	8.23	1.41
r1	816	PF 1	0.66	574.81	574.94	0.1	574.94	1.27	0.77	8.83	1.3
r1	797	PF 1	0.66	573.81	573.89	0.04	573.89	0.91	0.76	9.89	1.43
r1	785	PF 1	0.66	572.89	572.92	0.01	572.92	0.45	0.75	9.7	1.21
r1	765	PF 1	0.66	571.75	571.79	0.02	571.79	0.55	0.67	7.04	1.25
r1	747	PF 1	0.66	570.65	570.73	0.04	570.73	0.86	0.71	8.21	1.36
r1	728	PF 1	0.66	569.65	569.76	0.1	569.76	1.25	0.88	11.75	1.27
r1	709	PF 1	0.66	568.51	568.63	0.07	568.57	0.47	1.75	17.43	0.56
r1	690	PF 1	0.66	568.42	568.34		568.15		4.13	27.94	0
r1	667	PF 1	0.66	568.5	568.34				81.63	103.76	0
r1	641	PF 1	0.66	568.25	568.33	0.08	568.31	0.67	2.08	42.73	0.76
r1	609	PF 1	0.66	567.75	567.82	0.07	567.81	1	1.1	17.71	1.2
r1	584	PF 1	0.66	566.84	566.95	0.08	566.94	1.08	0.82	9.36	1.19
r1	564	PF 1	0.66	566.3	566.41	0.1	566.41	1.23	0.9	12.24	1.23
r1	549	PF 1	0.66	565.83	565.94	0.11	565.94	1.18	1.03	15.19	1.16
r1	532	PF 1	0.66	565.16	565.27	0.1	565.27	1.19	0.98	13.63	1.18
r1	511	PF 1	0.66	564.31	564.41	0.08	564.41	1.18	0.91	13.63	1.31
r1	495	PF 1	0.66	563.65	563.7	0.03	563.7	0.74	0.86	13.98	1.38
r1	479	PF 1	0.66	562.8	562.7		562.7		0.76	9.92	0
r1	463	PF 1	0.66	561.83	561.79		561.79		0.81	12.29	0
r1	439	PF 1	0.66	559.58	559.12		559.12		0.61	5.25	0
r1	419	PF 1	0.66	557.16	556.72		556.72		0.58	4.62	0
r1	399	PF 1	0.66	555.09	554.4		554.4		0.58	4.41	0
r1	378	PF 1	0.66	553.13	552.9		552.9		0.65	6.34	0
r1	357	PF 1	0.66	551.58	551.61	0.01	551.6	0.36	0.77	8.29	1.03
r1	341	PF 1	0.66	550.82	550.87	0.04	550.86	0.81	1.18	23.51	1.24
r1	320	PF 1	0.66	549.95	549.99	0.03	549.99	0.76	0.98	20.47	1.39
r1	298	PF 1	0.66	548.67	548.75	0.08	548.75	1.11	1.14	21.91	1.27
r1	281	PF 1	0.66	547.09	547.16	0.04	547.16	0.85	0.78	11.01	1.42
r1	259	PF 1	0.66	543.78	543.89	0.1	543.89	1.08	1.16	18.12	1.07
r1	235	PF 1	0.66	538.57	537.97		537.97		0.82	12.34	0
r1	208	PF 1	0.66	531.61	531.41		531.41		0.93	18.59	0
r1	177	PF 1	0.66	523.56	523.37		523.37		0.69	7.68	0
r1	147	PF 1	0.66	516.27	516.17		516.17		0.7	7.78	0
r1	120	PF 1	0.66	510.41	510.17		510.17		0.77	10.47	0
r1	97	PF 1	0.66	505.63	505.14		505.14		1.05	23.88	0
r1	44	PF 1	0.66	496.21	496.32	0.05	496.32	0.99	0.69	8.18	1.4
r1	25	PF 1	0.66	493.03	492.22		492.22		0.6	4.93	0

La modellazione idraulica del Bacino oggetto di indagine ha permesso di determinare l'area inondabile per i tre intervalli di tempo di ritorno. Al fine del presente lavoro si è considerata tuttavia solo la planimetria dell'area inondabile con Tr 200 anni (PF1), in modo da definire univocamente le aree in sicurezza idraulica rispetto alla posizione della particella oggetto di indagine.

Tutte le sezioni trasversali sono riportate nell'allegato A.



Legenda

- ▲ Water\_Surface\_Extents
- Area\_allagabile\_Tr200
- reticolo\_di\_interesse  
(Da Carta Idrogeomorfologica)
- cavidotto interrato
- WTG 09
- XS\_Cut\_Lines (sezioni)
  - Originarie
  - Interpolate
- Curve di livello [1 m]
  - 620 - 641
  - 600 - 620
  - 579 - 600
  - 558 - 579
  - 537 - 558
  - 517 - 537
  - 496 - 517
  - 475 - 496

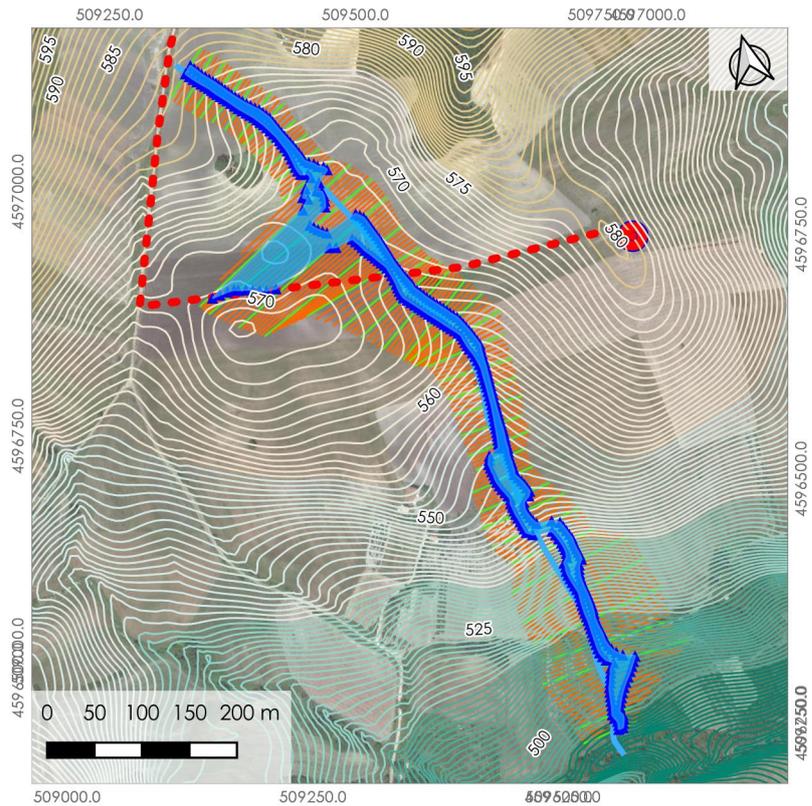
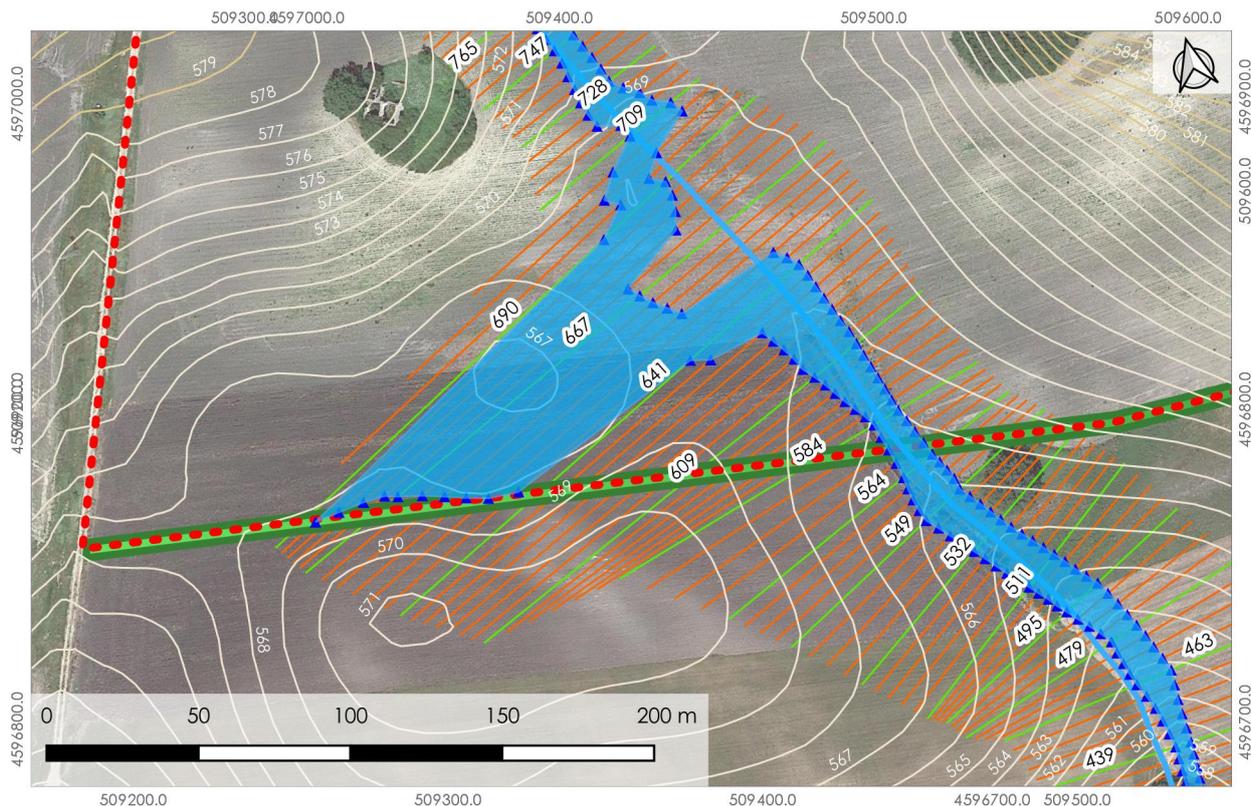


Figura 8: Area Allagabile con  $Tr=200$  anni rispetto alla posizione del piazzale, del cavidotto e dell'aerogeneratore, con rappresentate le sezioni di studio.



### Legenda

- |  |                                    |                          |
|--|------------------------------------|--------------------------|
| ▲ Water_Surface_Extents                                  | ■ Strada di collegamento al WTG 09 | — Curve di livello [1 m] |
| ■ Area_allagabile_Tr200                                  | — XS_Cut_Lines (sezioni)           | — 600 - 620              |
| — reticolo_di_interesse<br>(Da Carta Idrogeomorfologica) | — Originarie                       | — 579 - 600              |
| ●●● cavidotto interrato                                  | — Interpolate                      | — 558 - 579              |
|  |                                    | — 537 - 558              |

Figura 9: particolare dell'area oggetto di studio rispetto all'area Allagabile con  $Tr=200$  anni, da cui si evince che la strada verrebbe dapprima lambita dalla area allagabile e successivamente in direzione dell'aerogeneratore, vi è una netta intersezione.

## 6. VALUTAZIONI E SECONDA ANALISI

Alla luce dei risultati ottenuti, sono state individuate due zone di intersezione tra l'area allagabile con  $Tr$  200 anni e l'impronta delle opere a farsi.

Nella prima zona, indicata nell'immagine seguente, l'area allagabile, trovando una zona pianeggiante confermata dall'attenuazione delle curve di livello, arriva a lambire la posizione della strada prevista in progetto, come si può osservare dalla planimetria delle sezioni comprese tra la n. 690 e la n. 641.

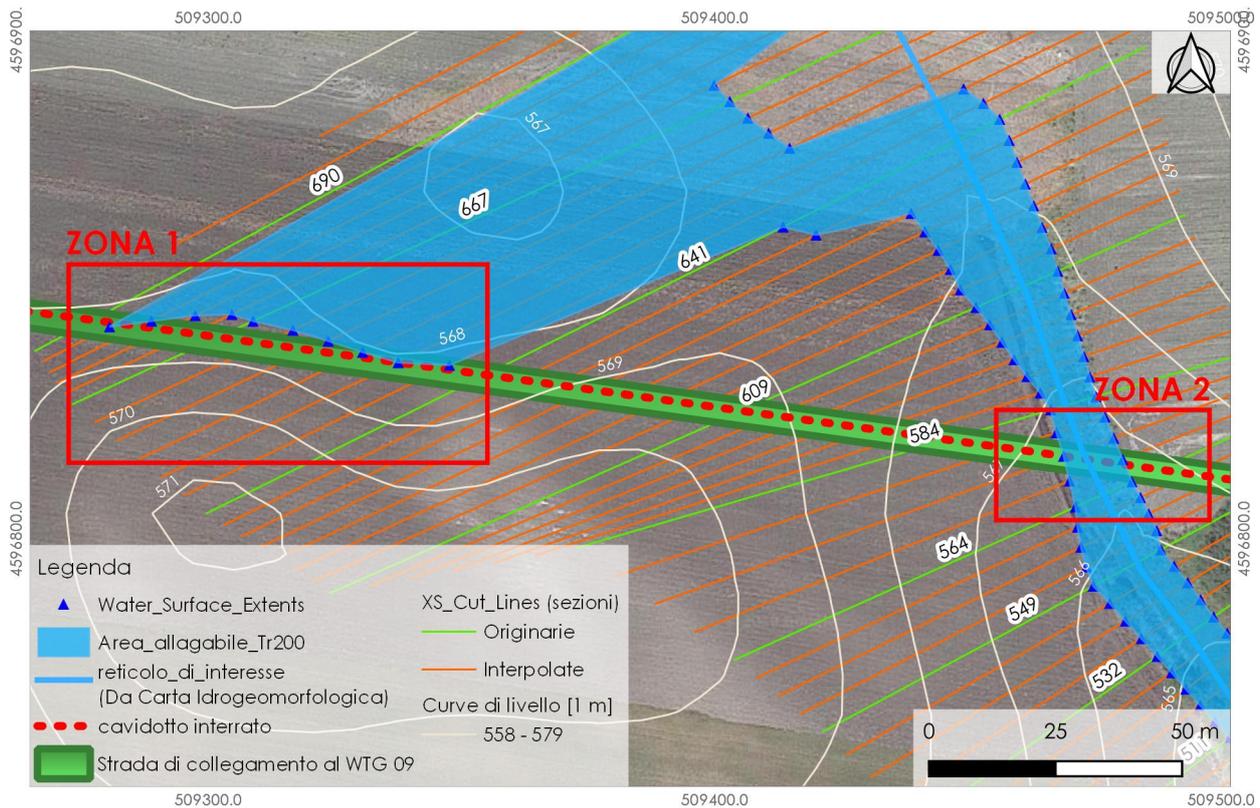


Figura 10: Zone di interferenza individuate tra l'area allagabile con Tr 200 anni ed il tracciato di collegamento con il WTG 09

In tale interferenza dalla consultazione delle sezioni in allegato, si può constatare che i tiranti si attestano intorno ai 10 cm sopra la quota del piano campagna lungo il tracciato della strada. Poiché la strada a realizzarsi dovrà sostenere mezzi pesanti si può prevedere la posa di uno strato di breccia di almeno 20 cm, che con il pacchetto di completamento stradale renderà in sicurezza idraulica la strada nella zona di intersezione individuata.

Per la zona 2 invece, la situazione è differente, in quanto essendoci un attraversamento del tracciato stradale con il reticolo, occorre intervenire con una piccola opera idraulica al fine di mettere in sicurezza il piano stradale e contemporaneamente non impedire il deflusso delle acque superficiali che si incanalano nell'alveo.

La migliore soluzione individuata riguarda la realizzazione di un culvert costituito da almeno 4 elementi prefabbricati circolari aventi un diametro di 50 cm, affiancati perpendicolarmente al flusso idrico, sormontati da un piccolo ponte (deck). Tale soluzione è stata verificata introducendo nel modello "Hec Ras" un culvert composto da 4 elementi circolari, tra le sezioni 574 e 569. Dopo aver modificato la geometria è stata effettuata nuovamente la verifica di sicurezza idraulica per un tempo di ritorno di 200 anni. Da tale seconda analisi si evince che un culvert così dimensionato consente il libero deflusso delle

acque a valle del punto di attraversamento del tracciato stradale.

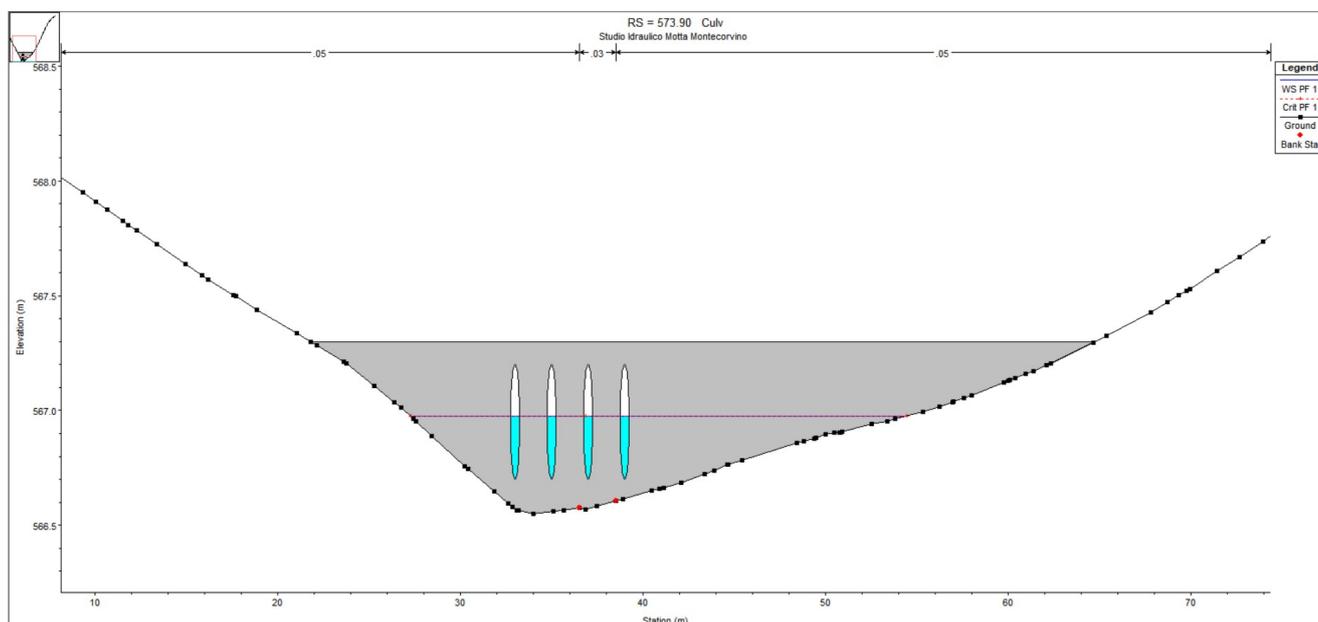


Figura 11: Sezione a monte del culvert di attraversamento stradale

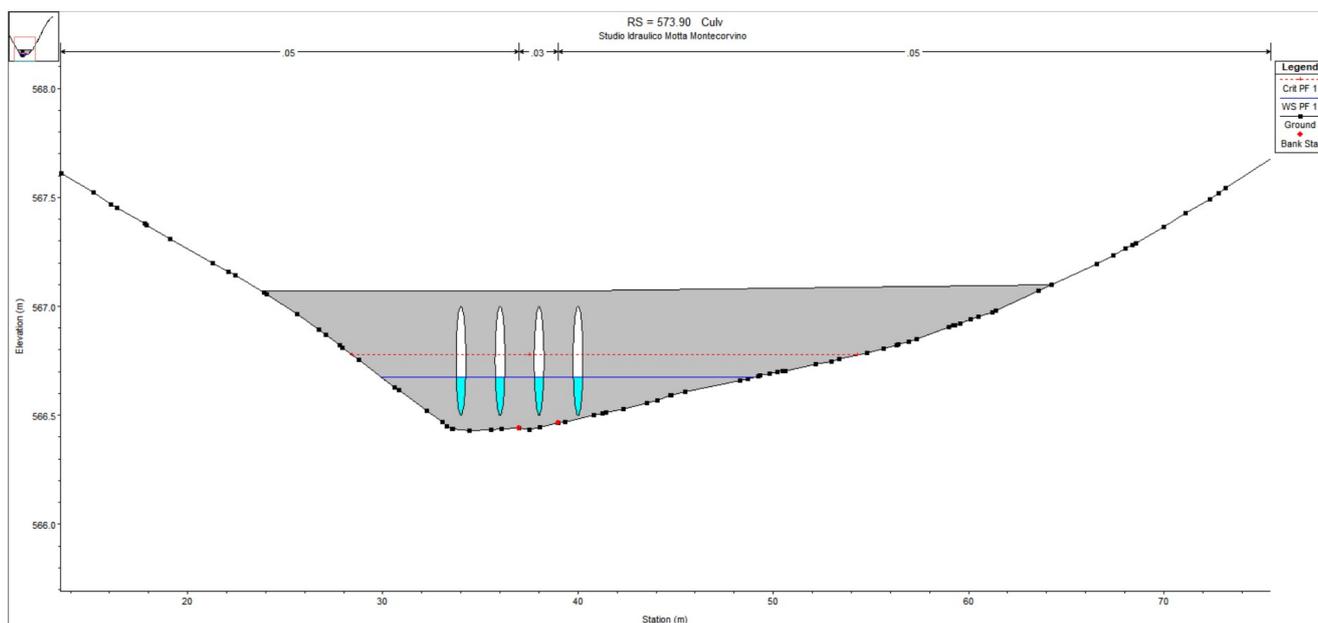


Figura 12: Sezione a valle del culvert di attraversamento stradale

Planimetricamente, a monte del culvert si verifica un piccolo allargamento dell'area allagabile rispetto alla prima analisi per la presenza del restringimento, tuttavia questo allargamento rimane contenuto e non comporta alcuna criticità sulle opere a realizzarsi.

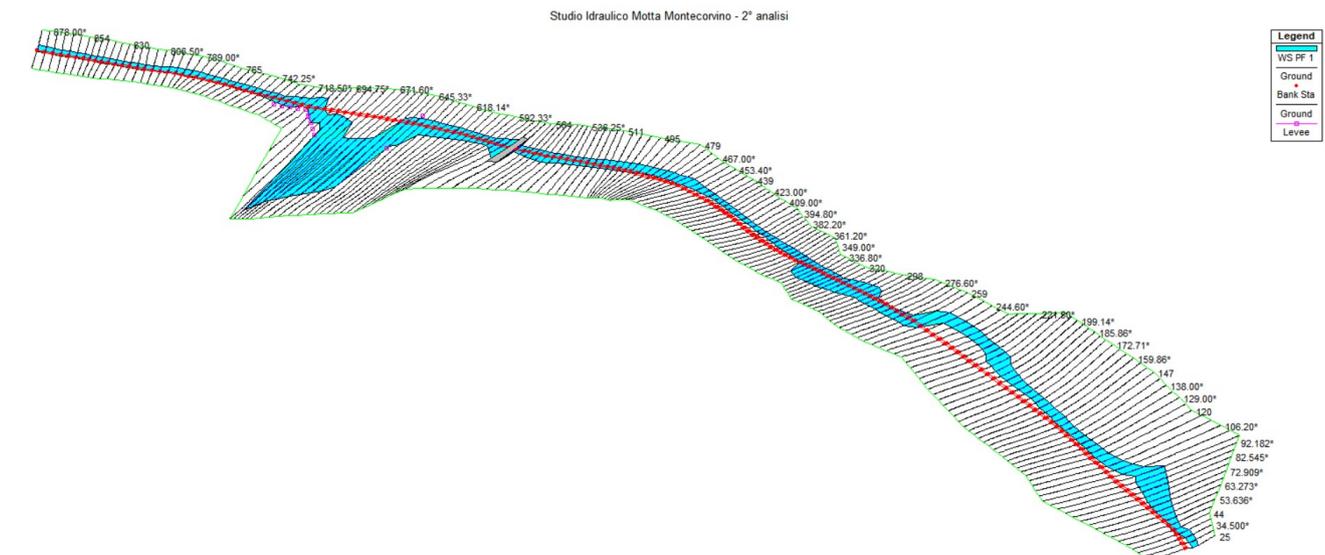


Figura 13: Area allagabile derivata dalla seconda analisi di sicurezza idraulica con l'introduzione di un culvert per l'attraversamento stradale

Tabella 7: Profile output table (Hec Ras 5.0.5) relativa alla seconda analisi idraulica con l'introduzione del culvert

Reach	River Sta	Profile	Q	Min Ch	W.S.	Hydr	Crit W.S.	Vel	Flow	Top	Froude #
			Total	El	Elev	Depth C	(m)	Chnl	Area	Width	Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
r1	883	PF 1	0.66	579.92	580.01	0.06	580.01	1.1	0.75	10.1	1.47
r1	878.00*	PF 1	0.66	579.51	579.61	0.07	579.61	1.17	0.76	10	1.43
r1	873.00*	PF 1	0.66	579.11	579.21	0.08	579.21	1.21	0.77	9.79	1.39
r1	868	PF 1	0.66	578.7	578.81	0.08	578.81	1.24	0.75	9.33	1.38
r1	863.33*	PF 1	0.66	578.35	578.46	0.07	578.46	1.22	0.73	9.17	1.43
r1	858.67*	PF 1	0.66	577.99	578.1	0.07	578.1	1.18	0.72	8.92	1.46
r1	854	PF 1	0.66	577.64	577.75	0.06	577.75	1.12	0.71	8.72	1.45
r1	850.33*	PF 1	0.66	577.37	577.47	0.06	577.47	1.1	0.71	8.88	1.45
r1	846.67*	PF 1	0.66	577.09	577.19	0.06	577.19	1.09	0.71	9	1.45
r1	843	PF 1	0.66	576.82	576.91	0.06	576.91	1.07	0.73	9.19	1.41
r1	838.67*	PF 1	0.66	576.49	576.58	0.06	576.58	1.07	0.71	8.78	1.42
r1	834.33*	PF 1	0.66	576.16	576.25	0.06	576.25	1.06	0.7	8.47	1.42
r1	830	PF 1	0.66	575.83	575.92	0.06	575.92	1.05	0.7	8.23	1.41
r1	825.33*	PF 1	0.66	575.49	575.59	0.07	575.59	1.17	0.71	8.4	1.42
r1	820.67*	PF 1	0.66	575.15	575.27	0.08	575.27	1.24	0.73	8.61	1.38
r1	816	PF 1	0.66	574.81	574.94	0.1	574.94	1.27	0.77	8.83	1.3
r1	811.25*	PF 1	0.66	574.56	574.68	0.08	574.68	1.24	0.74	8.95	1.4
r1	806.50*	PF 1	0.66	574.31	574.42	0.06	574.42	1.15	0.73	9.12	1.46
r1	801.75*	PF 1	0.66	574.06	574.15	0.05	574.15	1	0.75	9.49	1.42
r1	797	PF 1	0.66	573.81	573.89	0.04	573.89	0.91	0.76	9.89	1.43
r1	793.00*	PF 1	0.66	573.5	573.57	0.03	573.57	0.77	0.77	9.99	1.36
r1	789.00*	PF 1	0.66	573.2	573.24	0.02	573.24	0.62	0.77	9.95	1.29
r1	785	PF 1	0.66	572.89	572.92	0.01	572.92	0.45	0.75	9.7	1.21
r1	780.00*	PF 1	0.66	572.6	572.64	0.02	572.64	0.48	0.73	8.96	1.22
r1	775.00*	PF 1	0.66	572.32	572.35	0.02	572.35	0.51	0.71	8.27	1.23
r1	770.00*	PF 1	0.66	572.03	572.07	0.02	572.07	0.53	0.7	7.67	1.23
r1	765	PF 1	0.66	571.75	571.79	0.02	571.79	0.55	0.67	7.04	1.25
r1	760.50*	PF 1	0.66	571.48	571.52	0.03	571.52	0.63	0.69	7.36	1.27
r1	756.00*	PF 1	0.66	571.2	571.26	0.03	571.26	0.71	0.7	7.68	1.29

r1	751.50*PF 1	0.66	570.93	570.99	0.04	570.99	0.79	0.7	7.92	1.34
r1	747PF 1	0.66	570.65	570.73	0.04	570.73	0.86	0.71	8.21	1.36
r1	742.25*PF 1	0.66	570.4	570.49	0.06	570.49	1.05	0.71	8.82	1.43
r1	737.50*PF 1	0.66	570.15	570.25	0.08	570.25	1.19	0.78	10.22	1.36
r1	732.75*PF 1	0.66	569.9	570.01	0.09	570.01	1.24	0.84	11	1.3
r1	728PF 1	0.66	569.65	569.76	0.1	569.76	1.25	0.88	11.75	1.27
r1	723.25*PF 1	0.66	569.36	569.48	0.1	569.48	1.19	0.98	14.71	1.21
r1	718.50*PF 1	0.66	569.08	569.19	0.09	569.19	1.15	0.98	16.41	1.25
r1	713.75*PF 1	0.66	568.79	568.88	0.05	568.88	1.04	0.83	13.23	1.5
r1	709PF 1	0.66	568.51	568.63	0.07	568.57	0.47	1.75	17.43	0.56
r1	704.25*PF 1	0.66	568.49	568.59	0.07	568.56	0.6	1.87	30.45	0.72
r1	699.50*PF 1	0.66	568.47	568.49	0.01	568.47	0.35	1.11	20.89	1.04
r1	694.75*PF 1	0.66	568.44	568.34		568.31		1.08	12.84	0
r1	690PF 1	0.66	568.42	568.34		568.15		4.13	27.94	0
r1	685.40*PF 1	0.66	568.44	568.34				85.97	145.45	0
r1	680.80*PF 1	0.66	568.45	568.34				82.3	130.67	0
r1	676.20*PF 1	0.66	568.47	568.34				80.55	116.38	0
r1	671.60*PF 1	0.66	568.48	568.34				80.78	105.59	0
r1	667PF 1	0.66	568.5	568.34				81.63	103.76	0
r1	662.67*PF 1	0.66	568.46	568.34				67.02	99.23	0
r1	658.33*PF 1	0.66	568.42	568.34				53.29	96.3	0
r1	654.00*PF 1	0.66	568.37	568.34				40.34	93.6	0
r1	649.67*PF 1	0.66	568.33	568.34	0		0	28.25	102.27	0.01
r1	645.33*PF 1	0.66	568.29	568.34	0.05		0.02	17.77	106.08	0.04
r1	641PF 1	0.66	568.25	568.33	0.08	568.31	0.67	2.08	42.73	0.76
r1	636.43*PF 1	0.66	568.18	568.27	0.09		0.79	1.66	33.78	0.86
r1	631.86*PF 1	0.66	568.11	568.19	0.09		0.82	1.48	23.25	0.9
r1	627.29*PF 1	0.66	568.04	568.12	0.09		0.81	1.46	21.99	0.88
r1	622.71*PF 1	0.66	567.96	568.05	0.09		0.82	1.42	20.81	0.89
r1	618.14*PF 1	0.66	567.89	567.98	0.08		0.83	1.39	19.92	0.91
r1	613.57*PF 1	0.66	567.82	567.91	0.09		0.75	1.51	19.73	0.79
r1	609PF 1	0.66	567.75	567.82	0.07	567.81	1	1.1	17.71	1.2
r1	604.83*PF 1	0.66	567.6	567.68	0.08	567.68	1.14	0.99	16.02	1.3
r1	600.67*PF 1	0.66	567.45	567.54	0.09	567.54	1.15	0.97	14.75	1.24
r1	596.50*PF 1	0.66	567.3	567.39	0.09	567.39	1.16	0.93	13.45	1.22
r1	592.33*PF 1	0.66	567.14	567.24	0.09	567.24	1.18	0.86	11.94	1.25
r1	588.17*PF 1	0.66	566.99	567.14	0.13		0.78	1.34	12.76	0.69
r1	584PF 1	0.66	566.84	567.14	0.28		0.34	3.48	17.53	0.2
r1	579.00*PF 1	0.66	566.7	567.14	0.42		0.2	6.6	26.25	0.1
r1	574.00*PF 1	0.66	566.57	567.14	0.56	566.68	0.12	11.55	35.75	0.05
r1	573.9		Culvert							
r1	569.00*PF 1	0.66	566.44	566.55	0.1	566.55	1.21	0.88	11.39	1.21
r1	564PF 1	0.66	566.3	566.41	0.1	566.41	1.23	0.9	12.24	1.23
r1	560.25*PF 1	0.66	566.18	566.3	0.11	566.3	1.18	1	13.75	1.13
r1	556.50*PF 1	0.66	566.07	566.19	0.11	566.19	1.17	1.05	14.92	1.11
r1	552.75*PF 1	0.66	565.95	566.07	0.11	566.07	1.15	1.08	15.69	1.1
r1	549PF 1	0.66	565.83	565.94	0.11	565.94	1.18	1.03	15.19	1.16
r1	544.75*PF 1	0.66	565.66	565.78	0.1	565.78	1.2	1.01	14.72	1.18
r1	540.50*PF 1	0.66	565.5	565.61	0.11	565.61	1.19	1.01	14.49	1.17
r1	536.25*PF 1	0.66	565.33	565.44	0.1	565.44	1.19	1	14.05	1.17
r1	532PF 1	0.66	565.16	565.27	0.1	565.27	1.19	0.98	13.63	1.18

r1	527.80*PF 1	0.66	564.99	565.1	0.11	565.1	1.2	0.98	13.48	1.18
r1	523.60*PF 1	0.66	564.82	564.93	0.11	564.93	1.2	0.98	13.6	1.17
r1	519.40*PF 1	0.66	564.65	564.76	0.1	564.76	1.18	0.98	13.73	1.17
r1	515.20*PF 1	0.66	564.48	564.58	0.1	564.58	1.18	0.96	13.73	1.22
r1	511 PF 1	0.66	564.31	564.41	0.08	564.41	1.18	0.91	13.63	1.31
r1	507.00*PF 1	0.66	564.15	564.23	0.07	564.23	1.16	0.88	13.67	1.38
r1	503.00*PF 1	0.66	563.98	564.05	0.06	564.05	1.1	0.84	13.4	1.46
r1	499.00*PF 1	0.66	563.82	563.88	0.05	563.87	0.9	0.91	13.87	1.3
r1	495 PF 1	0.66	563.65	563.7	0.03	563.7	0.74	0.86	13.98	1.38
r1	491.00*PF 1	0.66	563.44	563.45	0.01	563.45	0.29	0.83	13.11	1.12
r1	487.00*PF 1	0.66	563.23	563.21		563.2		0.82	12.02	0
r1	483.00*PF 1	0.66	563.01	562.95		562.95		0.78	10.79	0
r1	479 PF 1	0.66	562.8	562.7		562.7		0.76	9.92	0
r1	475.00*PF 1	0.66	562.56	562.48		562.47		0.82	11	0
r1	471.00*PF 1	0.66	562.31	562.25		562.25		0.8	11.41	0
r1	467.00*PF 1	0.66	562.07	562.03		562.02		0.86	12.13	0
r1	463 PF 1	0.66	561.83	561.79		561.79		0.81	12.29	0
r1	458.20*PF 1	0.66	561.38	561.27		561.27		0.76	9.98	0
r1	453.40*PF 1	0.66	560.93	560.73		560.73		0.7	8.07	0
r1	448.60*PF 1	0.66	560.48	560.2		560.2		0.67	6.88	0
r1	443.80*PF 1	0.66	560.03	559.66		559.66		0.64	6	0
r1	439 PF 1	0.66	559.58	559.12		559.12		0.61	5.25	0
r1	435.00*PF 1	0.66	559.1	558.65		558.65		0.61	5.19	0
r1	431.00*PF 1	0.66	558.61	558.17		558.17		0.6	5.08	0
r1	427.00*PF 1	0.66	558.13	557.69		557.69		0.6	4.95	0
r1	423.00*PF 1	0.66	557.64	557.21		557.21		0.59	4.81	0
r1	419 PF 1	0.66	557.16	556.72		556.72		0.58	4.62	0
r1	414.00*PF 1	0.66	556.64	556.15		556.15		0.59	4.71	0
r1	409.00*PF 1	0.66	556.13	555.57		555.57		0.58	4.66	0
r1	404.00*PF 1	0.66	555.61	554.99		554.99		0.58	4.58	0
r1	399 PF 1	0.66	555.09	554.4		554.4		0.58	4.41	0
r1	394.80*PF 1	0.66	554.7	554.11		554.11		0.59	4.73	0
r1	390.60*PF 1	0.66	554.31	553.81		553.81		0.61	5.06	0
r1	386.40*PF 1	0.66	553.91	553.51		553.51		0.62	5.42	0
r1	382.20*PF 1	0.66	553.52	553.21		553.21		0.64	5.84	0
r1	378 PF 1	0.66	553.13	552.9		552.9		0.65	6.34	0
r1	373.80*PF 1	0.66	552.82	552.66		552.66		0.67	6.82	0
r1	369.60*PF 1	0.66	552.51	552.41		552.41		0.68	7.28	0
r1	365.40*PF 1	0.66	552.2	552.15		552.15		0.7	7.71	0
r1	361.20*PF 1	0.66	551.89	551.88		551.88		0.7	7.95	0
r1	357 PF 1	0.66	551.58	551.61	0.01	551.6	0.36	0.77	8.29	1.03
r1	353.00*PF 1	0.66	551.39	551.43	0.03	551.43	0.65	0.74	8.92	1.26
r1	349.00*PF 1	0.66	551.2	551.27	0.06	551.27	0.87	1.02	21.14	1.18
r1	345.00*PF 1	0.66	551.01	551.07	0.05	551.07	0.98	1.07	22.49	1.37
r1	341 PF 1	0.66	550.82	550.87	0.04	550.86	0.81	1.18	23.51	1.24
r1	336.80*PF 1	0.66	550.65	550.69	0.04	550.69	0.86	1.1	22.91	1.34
r1	332.60*PF 1	0.66	550.47	550.52	0.05	550.52	0.81	1.18	22.94	1.22
r1	328.40*PF 1	0.66	550.3	550.34	0.04	550.34	0.85	1.04	21.87	1.39
r1	324.20*PF 1	0.66	550.12	550.17	0.04	550.17	0.76	1.15	22.1	1.19
r1	320 PF 1	0.66	549.95	549.99	0.03	549.99	0.76	0.98	20.47	1.39
r1	315.60*PF 1	0.66	549.69	549.75	0.05	549.75	0.97	1.02	21.6	1.43

r1	311.20*PF 1	0.66	549.44	549.5	0.06	549.5	1.08	1.07	22.42	1.4
r1	306.80*PF 1	0.66	549.18	549.26	0.07	549.26	1.1	1.12	22.31	1.33
r1	302.40*PF 1	0.66	548.93	549	0.07	549	1.12	1.12	21.94	1.31
r1	298PF 1	0.66	548.67	548.75	0.08	548.75	1.11	1.14	21.91	1.27
r1	293.75*PF 1	0.66	548.28	548.38	0.1	548.38	1.02	1.24	20.86	1.04
r1	289.50*PF 1	0.66	547.88	547.97	0.07	547.97	1.17	0.87	13.29	1.38
r1	285.25*PF 1	0.66	547.49	547.57	0.05	547.57	1.04	0.78	11.68	1.5
r1	281PF 1	0.66	547.09	547.16	0.04	547.16	0.85	0.78	11.01	1.42
r1	276.60*PF 1	0.66	546.43	546.51	0.04	546.51	0.95	0.77	11.1	1.48
r1	272.20*PF 1	0.66	545.77	545.85	0.06	545.85	1.12	0.78	11.59	1.49
r1	267.80*PF 1	0.66	545.1	545.2	0.08	545.2	1.18	0.85	12.62	1.38
r1	263.40*PF 1	0.66	544.44	544.55	0.09	544.55	1.16	0.97	14.45	1.23
r1	259PF 1	0.66	543.78	543.89	0.1	543.89	1.08	1.16	18.12	1.07
r1	254.20*PF 1	0.66	542.74	542.78	0.04	542.78	0.93	1.01	23.66	1.46
r1	249.40*PF 1	0.66	541.7	541.59		541.59		0.83	12.8	0
r1	244.60*PF 1	0.66	540.65	540.38		540.38		0.82	12.35	0
r1	239.80*PF 1	0.66	539.61	539.18		539.18		0.81	12.21	0
r1	235PF 1	0.66	538.57	537.97		537.97		0.82	12.34	0
r1	230.50*PF 1	0.66	537.41	536.94		536.94		0.8	11.5	0
r1	226.00*PF 1	0.66	536.25	535.88		535.88		0.78	11.03	0
r1	221.50*PF 1	0.66	535.09	534.8		534.8		0.8	11.55	0
r1	217.00*PF 1	0.66	533.93	533.7		533.7		0.84	13.28	0
r1	212.50*PF 1	0.66	532.77	532.57		532.57		0.98	18.75	0
r1	208PF 1	0.66	531.61	531.41		531.41		0.93	18.59	0
r1	203.57*PF 1	0.66	530.46	530.29		530.29		0.87	15.14	0
r1	199.14*PF 1	0.66	529.31	529.15		529.15		0.83	13.22	0
r1	194.71*PF 1	0.66	528.16	528		528		0.79	11.41	0
r1	190.29*PF 1	0.66	527.01	526.85		526.85		0.75	10.04	0
r1	185.86*PF 1	0.66	525.86	525.69		525.69		0.74	9.11	0
r1	181.43*PF 1	0.66	524.71	524.53		524.53		0.71	8.3	0
r1	177PF 1	0.66	523.56	523.37		523.37		0.69	7.68	0
r1	172.71*PF 1	0.66	522.52	522.36		522.36		0.72	8.6	0
r1	168.43*PF 1	0.66	521.48	521.34		521.34		0.74	9.32	0
r1	164.14*PF 1	0.66	520.44	520.32		520.32		0.75	9.73	0
r1	159.86*PF 1	0.66	519.39	519.29		519.29		0.75	9.81	0
r1	155.57*PF 1	0.66	518.35	518.26		518.26		0.75	9.71	0
r1	151.29*PF 1	0.66	517.31	517.22		517.22		0.73	8.96	0
r1	147PF 1	0.66	516.27	516.17		516.17		0.7	7.78	0
r1	142.50*PF 1	0.66	515.29	515.18		515.18		0.7	8.01	0
r1	138.00*PF 1	0.66	514.32	514.18		514.18		0.72	8.42	0
r1	133.50*PF 1	0.66	513.34	513.18		513.18		0.74	9.23	0
r1	129.00*PF 1	0.66	512.36	512.18		512.18		0.76	10.03	0
r1	124.50*PF 1	0.66	511.39	511.18		511.18		0.76	10.26	0
r1	120PF 1	0.66	510.41	510.17		510.17		0.77	10.47	0
r1	115.40*PF 1	0.66	509.45	509.2		509.2		0.79	11.63	0
r1	110.80*PF 1	0.66	508.5	508.22		508.22		0.84	13.36	0
r1	106.20*PF 1	0.66	507.54	507.23		507.23		0.87	15.17	0
r1	101.60*PF 1	0.66	506.59	506.21		506.21		0.93	18.19	0
r1	97PF 1	0.66	505.63	505.14		505.14		1.05	23.88	0
r1	92.182*PF 1	0.66	504.77	504.36		504.36		1.03	24.95	0
r1	87.364*PF 1	0.66	503.92	503.57		503.57		1.01	23.4	0

r1	82.545*PF 1	0.66	503.06	502.78		502.78		1	22.04	0
r1	77.727*PF 1	0.66	502.21	501.98		501.98		0.97	20.14	0
r1	72.909*PF 1	0.66	501.35	501.18		501.18		0.93	18.29	0
r1	68.091*PF 1	0.66	500.49	500.38		500.38		0.89	15.98	0
r1	63.273*PF 1	0.66	499.63	499.57		499.57		0.85	13.64	0
r1	58.455*PF 1	0.66	498.78	498.76		498.76		0.81	11.7	0
r1	53.636*PF 1	0.66	497.92	497.95	0.01	497.95	0.47	0.77	10.06	1.24
r1	48.818*PF 1	0.66	497.07	497.14	0.03	497.14	0.72	0.73	8.89	1.33
r1	44PF 1	0.66	496.21	496.32	0.05	496.32	0.99	0.69	8.18	1.4
r1	39.250*PF 1	0.66	495.41	495.41		495.41		0.75	9.52	0
r1	34.500*PF 1	0.66	494.62	494.4		494.4		0.68	7.17	0
r1	29.750*PF 1	0.66	493.83	493.31		493.31		0.63	5.68	0
r1	25PF 1	0.66	493.03	492.22		492.22		0.6	4.93	0

## 7. CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio si configura nell'ambito della richiesta di approfondimenti pervenuti da parte dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino meridionale – sede Puglia di VIA relativamente ad un progetto di potenziamento dell'impianto eolico esistente a Motta Montercorvino e Volturara Appula della società ERG WIND 4 s.r.l.. Il progetto prevede lo smantellamento di 18 aerogeneratori e l'installazione nella stessa area di un impianto di 9 aerogeneratori di nuova generazione per la potenza complessiva di 42 MW e relative opere accessorie e sottostazione elettrica.

Lo studio mira ad ottemperare la richiesta di integrazioni pervenuta dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – sede Puglia, con nota prot. n. 11705 del 15/10/2019 in cui si invita la società proponente a presentare un adeguato “studio di compatibilità idrologica ed idraulica”, redatto ai sensi degli artt. 4,6 e 10 delle NTA del PAI, che “dimostri la esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica (riferite ad evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni, così come definito all'art. 36 delle NTA del PAI) per la **strada di accesso** all'aerogeneratore identificato col codice “R-MT09”, nonché la rete elettrica interrata MT di vettoriamento

Il modello di calcolo applicato ha consentito di determinare gli effetti al suolo della simulazione condotta attraverso l'applicazione di software in grado di acquisire la posizione nello spazio dei tiranti idrici in ogni sezione per il tempo di ritorno considerato, ed intersecarli con il modello tridimensionale del terreno. I risultati ottenuti dall'elaborazione così condotta sono stati poi oggetto di ulteriore verifica e integrazione su base conoscitiva piano altimetrica al fine di rendere omogenei i risultati ottenuti adoperando, naturalmente, esclusivamente modifiche in via cautelativa.

Le valutazioni di carattere idrologico ed idraulico sono state condotte secondo quanto prescritto dalle indicazioni tecniche riportate nella relazione di Piano del PAI Puglia. Lo studio riportato individua le aree di allagamento per un evento con  $Tr = 200$  anni per il bacino entro cui ricade l'area oggetto di intervento. Secondo la definizione dell'art. 36 delle Norme Tecniche di Attuazione “*Sicurezza idraulica: condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni*”.

Tutte le modellazioni e i risultati planimetrici ottenuti sono riportati nel paragrafo 5, nonché nell'allegato A (Cross Section).

In sintesi, dal presente studio sono state individuate due zone di intersezione tra l'area allagabile con Tr 200 anni e l'impronta delle opere a farsi relative alla strada e al cavidotto. Come illustrato al paragrafo precedente, in una zona l'area allagabile lambisce il tracciato stradale (e cavidotto) in una zona pianeggiante, pertanto prevedendo una strada leggermente sopraelevata (  $+0,20 \div +0,30$  m ) rispetto all'attuale piano campagna, sussisterebbero le condizioni di sicurezza idraulica in quanto i tiranti determinati lungo le sezioni relative alla zona si attestano intorno a 10-15 cm.

Per la seconda zona invece, corrispondente all'attraversamento del tracciato stradale ( e del cavidotto) sul reticolo idrografico, occorre intervenire con una piccola opera idraulica al fine di mettere in sicurezza il piano stradale e contemporaneamente non impedire il deflusso delle acque superficiali che si incanalano nell'alveo.

La migliore soluzione individuata riguarda la realizzazione di un culvert costituito da almeno 4 elementi prefabbricati circolari aventi un diametro di 50 cm, affiancati perpendicolarmente al flusso idrico, sormontati da un piccolo ponte (deck). Tale soluzione è stata verificata introducendo nel modello "Hec Ras" un culvert composto da 4 elementi circolari, tra le sezioni 574 e 569. Dopo aver modificato la geometria è stata effettuata nuovamente la verifica di sicurezza idraulica per un tempo di ritorno di 200 anni.

Da tale seconda analisi si evince che un culvert così dimensionato consente il libero deflusso delle acque a valle del punto di attraversamento del tracciato stradale.

In allegato B si riportano le cross section relative alla seconda analisi effettuata.

Gioia del Colle, 19/11/19

I tecnici

Geol. Raffaele Sassone

Geol. Francesco Pezzati



