

TITOLARE DEL DOCUMENTO:

AREN ELECTRIC POWER S.p.a.

Sede legale e amministrativa: Via Dell'Arrigoni, 308 – 47522 – Cesena (FC)
Codice Fiscale, P. IVA e numero di iscrizione al Registro delle Imprese di FC: 03803880404

COMUNE DI TROIA (FG)
LOCALITA' "SERRAREDINE"

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI
IMPIANTO EOLICO
"SERRAREDINE"

REDAZIONE / PROGETTISTA:



AREN Electric Power S.p.A.
Società per Azioni con Unico Socio
Via dell'Arrigoni n. 308 - 47522 Cesena (FC)
Ph. +39 0547 415245 - Fax +39 0547 415274
Web: www.aren-ep.com

TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA:



TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

CODICE ELABORATO:

TRODC_GENR00500_00

FORMATO:

A4

Nr. EL.:

/

FASE:

**PROGETTO
DEFINITIVO**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	20/04/2022	GECOSistema srl	E.Teodorani	S.Ulivi
01					
02					
03					
04					

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 1 di 43

1 Sommario

1	Premessa.....	2
2	Inquadramento dell’area di studio.....	2
3	Il Progetto.....	4
4	Compatibilità idraulica rispetto gli strumenti pianificativi vigenti.....	5
4.1	Piano di gestione rischio alluvioni e PAI.....	5
4.2	Mappe del rischio.....	5
4.3	PTCP Provincia di Foggia.....	13
4.4	PSC Comune Troia.....	15
5	Modello digitale del terreno.....	17
5.1	Lidar ministeriale.....	17
5.2	Integrazione dati fotogrammetrici.....	19
5.3	Mosaicatura raster.....	21
6	Analisi idrologiche.....	23
6.1	Definizione dei bacini.....	23
6.2	Coefficiente di deflusso.....	25
6.3	Precipitazioni intense.....	28
6.4	Tempo di corrvazione e metodo razionale.....	34
6.5	Metodo razionale.....	36
7	Impatto idraulico delle opere.....	38
7.1	Locale utente.....	38
7.2	Deflusso superficiale, interferenze e schemi tipologici di soluzione.....	39
8	Conclusioni.....	43

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 2 di 43

1 Premessa

La presente Relazione caratterizza dal punto di vista idrologico ed idraulico il progetto di un impianto eolico, costituito da 15 aerogeneratori, relative piazzole a viabilità di accesso /cavidotti di collegamento (il “Progetto”).

Nei seguenti capitoli si descriveranno l’area di studio e il Progetto che si intende realizzare, l’inquadramento nei principali piani e programmi relativi alla protezione dal rischio idraulico e le analisi per la costruzione del modello digitale del terreno aggiornato.

Successivamente si mostreranno i calcoli idrologici ed idraulici svolti per l’identificazione delle possibili interferenze delle opere con il deflusso superficiale ed il dimensionamento di dispositivi di drenaggio per la risoluzione delle interferenze medesime.

2 Inquadramento dell’area di studio

L’area oggetto di studio è localizzata a sud Troia, in provincia di Foggia (Figura 1).

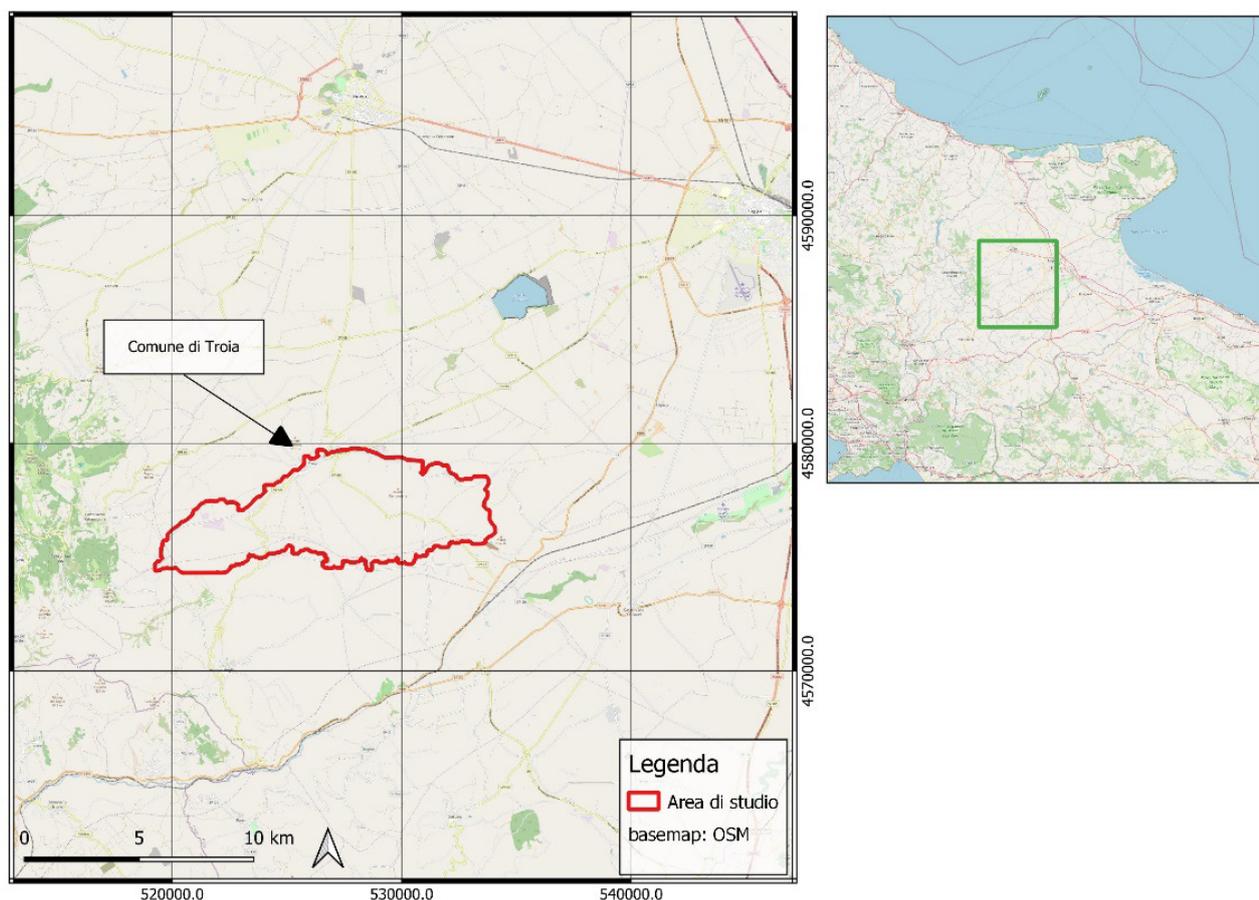


Figura 1 - Inquadramento spaziale

Il bacino idrografico complessivo di interesse per l’area del Progetto è pari a circa 50 km², all’interno del quale troviamo le 15 aree in cui saranno installati gli aerogeneratori, e il cavidotto di collegamento e realizzata la viabilità di accesso.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 3 di 43

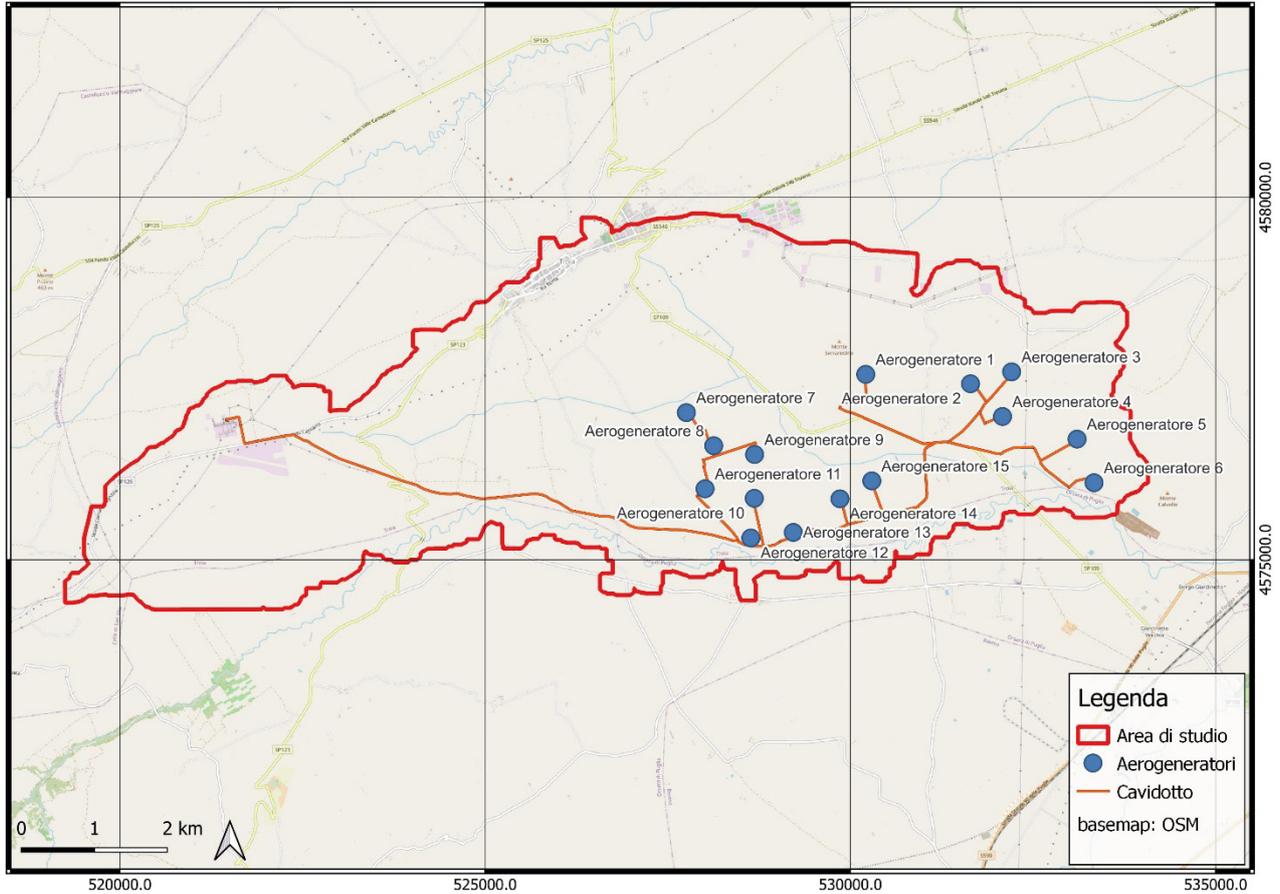


Figura 2 - Localizzazione opere

Il cavidotto interrato di collegamento (Figura 2), prosegue verso ovest rispetto le aree alle piazzole degli aerogeneratori per circa 7 km, andando a collegarsi poi alla centrale di interconnessione RTN.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 4 di 43

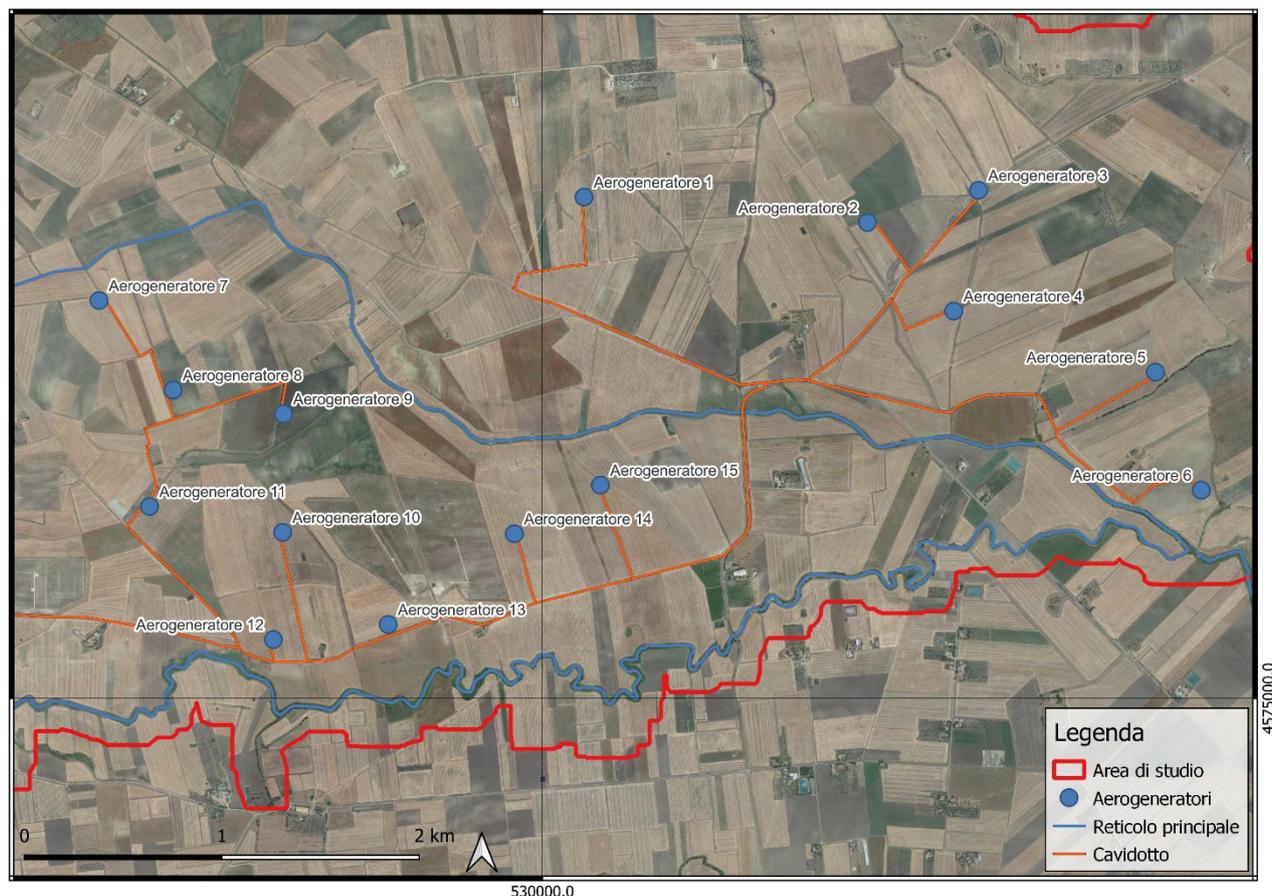


Figura 3 - Dettaglio aree di progettazione impianti eolici

All'estremo sud dell'area di interesse troviamo il torrente Sannoro, corso fluviale a regime torrentizio, mentre un affluente del torrente funge da rete di drenaggio per la porzione di intervento a nord-nord-est.

3 Il Progetto

Le opere costituenti il Progetto eolico sono formate da:

- Piazzole per gli aerogeneratori
- Opere di fondazione per le turbine eoliche
- Nuove strade di accesso alle piazzole
- Locale utente
- Cavidotti do collegamento tra gli aerogeneratori e il locale utente, e da questo al punto di interconnessione alla RTN.

Per tutti i dettagli si faccia riferimento al progetto cui questa relazione di compatibilità idraulica costituisce allegato specialistico

Dal punto di vista della interferenza con il regime idraulico superficiale hanno rilevanza essenzialmente le opere fuori terra, che possono alterare le direzioni di scorrimento e generare accumuli e ristagni, in particolare strade e piazzole degli aereogeneratori; mentre i cavidotti interrati possono attraversare corsi d'acqua e linee di drenaggio principali, nel qual caso l'interferenza è immediatamente risolta, in assenza di ogni ingombro al deflusso,

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 5 di 43

prevedendo idonea profondità di posa ed eventuale protezione anti erosiva del tracciato.

4 Compatibilità idraulica rispetto gli strumenti pianificativi vigenti

Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state soppresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali. Ai sensi dell'art. 64, comma 1, del suddetto D.lgs. 152/2006, come modificato dall'art. 51, comma 5 della Legge 221/2015, il territorio nazionale è stato ripartito in 7 distretti idrografici, tra i quali quello dell'Appennino Meridionale, di pertinenza del territorio oggetto di Progetto.

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico relative alla difesa, tutela, uso e gestione sostenibile delle risorse suolo e acqua, alla salvaguardia degli aspetti ambientali svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali in base al disposto della ex legge 183/89 e concorre, pertanto, alla difesa, alla tutela e al risanamento del suolo e del sottosuolo, alla tutela quali-quantitativa della risorsa idrica, alla mitigazione del rischio idrogeologico, alla lotta alla desertificazione, alla tutela della fascia costiera ed al risanamento del litorale (in riferimento agli articoli 53, 54 e 65 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.).

La pianificazione di bacino fino ad oggi svolta dalle ex Autorità di Bacino ripresa ed integrata dall'Autorità di Distretto, costituisce riferimento per la programmazione di azioni condivise e partecipate in ambito di governo del territorio a scala di bacino e di distretto idrografico.

4.1 Piano di gestione rischio alluvioni e PAI

Primo Piano di Gestione Rischio di Alluvioni del Distretto idrografico Appennino Meridionale PGRA DAM è stato adottato, ai sensi dell'art. 66 del d.lgs. 152/2006, con Delibera n° 1 del Comitato Istituzionale Integrato del 17 dicembre 2015, è stato approvato dal Comitato Istituzionale Integrato in data 3 marzo 2016. Con l'emanazione del DPCM in data 27/10/2016 si è concluso il I ciclo di Gestione.

La Direttiva 2007/60/CE (cd. Direttiva alluvioni) derivata dalla più generale Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE, ha introdotto il concetto di un quadro per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche connesse con le alluvioni all'interno della Comunità.

La direttiva alluvioni è stata recepita in Italia dal D.Lgs. 49/2010, che ha introdotto il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), da predisporre per ciascuno dei distretti idrografici individuati nell'art. 64 del D.Lgs. 152/2006, contiene il quadro di gestione delle aree soggette a pericolosità e rischio individuate nei distretti, delle aree dove possa sussistere un rischio potenziale significativo di alluvioni e dove si possa generare in futuro, nonché delle zone costiere soggette ad erosione.

Attualmente per il Distretto dell'Appennino Meridionale resta in vigore il II ciclo (2016 – 2021) che seppur scaduto, resta il vigente quadro normativo, in attesa (alla data di scrittura di questa relazione) dell'attuazione del III ciclo normativo.

4.2 Mappe del rischio

L'art. 5 del D.Lgs. 49/2010 dispone che le mappe del rischio di alluvione devono essere redatte nell'ambito degli scenari di cui al comma 2 e prevedono le 4 classi di rischio di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei ministri in data 29 settembre 1998, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 3 del 5 gennaio 1999, espresse in termini di:

- a) numero indicativo degli abitanti potenzialmente interessati;
- b) infrastrutture e strutture strategiche (autostrade, ferrovie, ospedali, scuole, etc.);

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 6 di 43

- c) beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse presenti nell'area potenzialmente interessata;
- d) distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata;
- e) impianti di cui all'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvione e aree protette potenzialmente interessate, individuate all'allegato 9 alla parte terza del decreto legislativo n. 152 del 2006;
- f) altre informazioni considerate utili dalle autorità di bacino distrettuali, come le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di trasporto solido e colate detritiche o informazioni su fonti rilevanti di inquinamento.

Gli Indirizzi operativi del MATTM, che partendo dai 4 livelli di danno potenziale, indicano una matrice di incrocio tra il danno D e la pericolosità P, secondo la trattazione generale del rischio, di cui si riportano le definizioni e l'equazione generale.

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

dove:

- P (pericolosità): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;
- E (elementi esposti): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale;
- V (vulnerabilità): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;
- Dp (danno potenziale): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;
- R (rischio): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.

Queste definizioni sono state applicate per la predisposizione delle mappe nel modo seguente. La pericolosità P è ovviamente espressa nei tre livelli P1, P2 e P3.

Il Danno potenziale coincide con il bene esposto in quanto la vulnerabilità è posta uguale a 1 svincolandosi dalle difficoltà collegate alla sua valutazione in questa fase di definizione qualitativa del rischio.

Il rischio R è quello definito dalle 4 note classi del DPCM 29/09/1998 (sostanzialmente coincidenti con le quattro classi di danno atteso). In merito ai criteri di attribuzione della classe di rischio, così come proposto negli Indirizzi operativi MATTM, si fa riferimento ad una matrice per la definizione del rischio che, seppur lasciando alcune discrezionalità derivanti dalle specificità territoriali, è stata utilizzata dal PGRA per la redazione delle mappe su tutto il territorio del distretto.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 7 di 43

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		AP	MP	BP
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R3	R2
	D3	R3	R3	R2
	D2	R2	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

Figura 4 - Tabella Matrice del rischio

Secondo il D.P.C.M. 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180":

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socioeconomiche;
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni relativi al patrimonio ambientale;
- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Nelle seguenti immagini sono rappresentate le mappe raffiguranti l'area oggetto di relazione, gli elementi di interesse e le mappe di pericolosità come da II ciclo dell'Autorità di Bacino dell'Appennino Meridionale

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 8 di 43

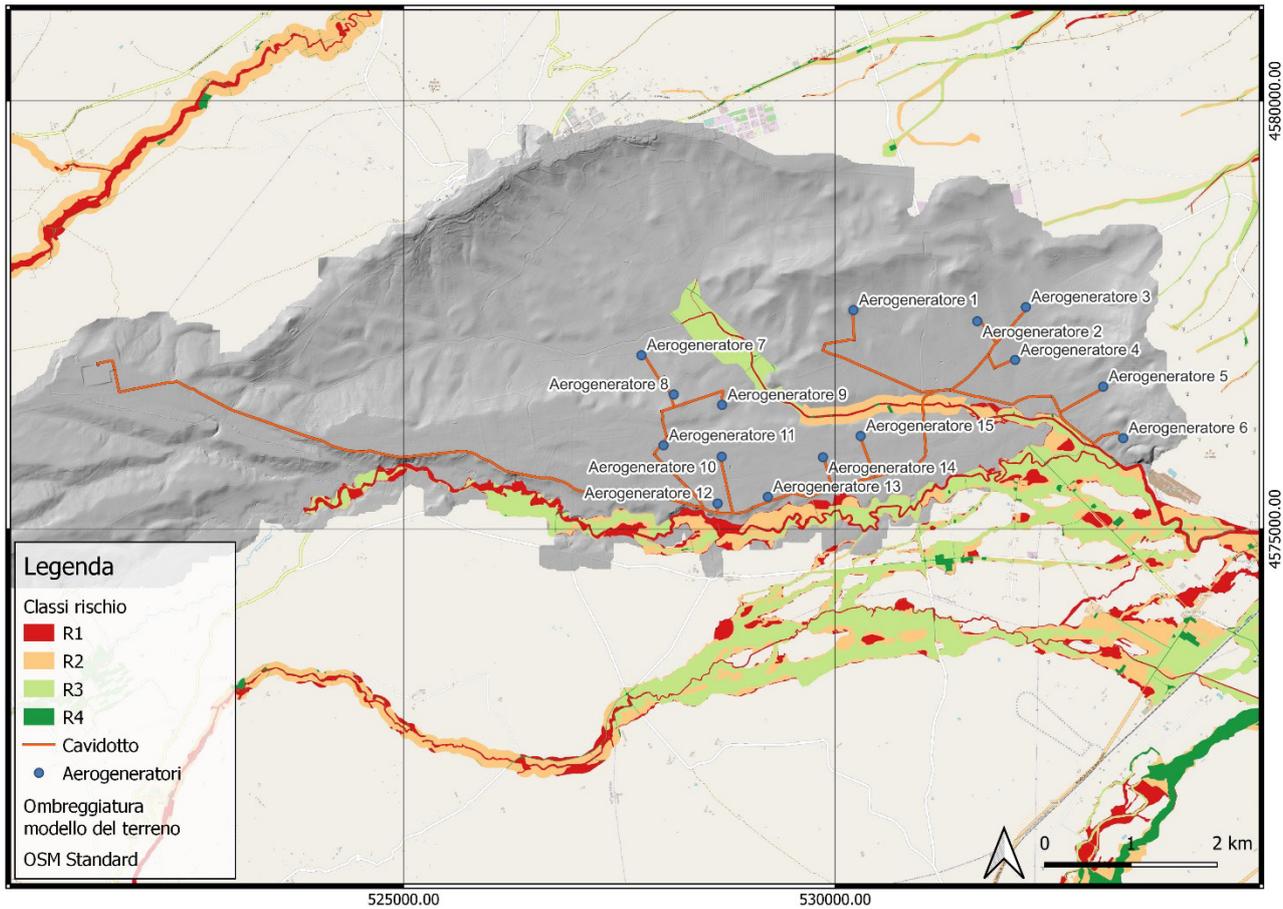


Figura 5 - Inquadramento generale rischio

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 9 di 43

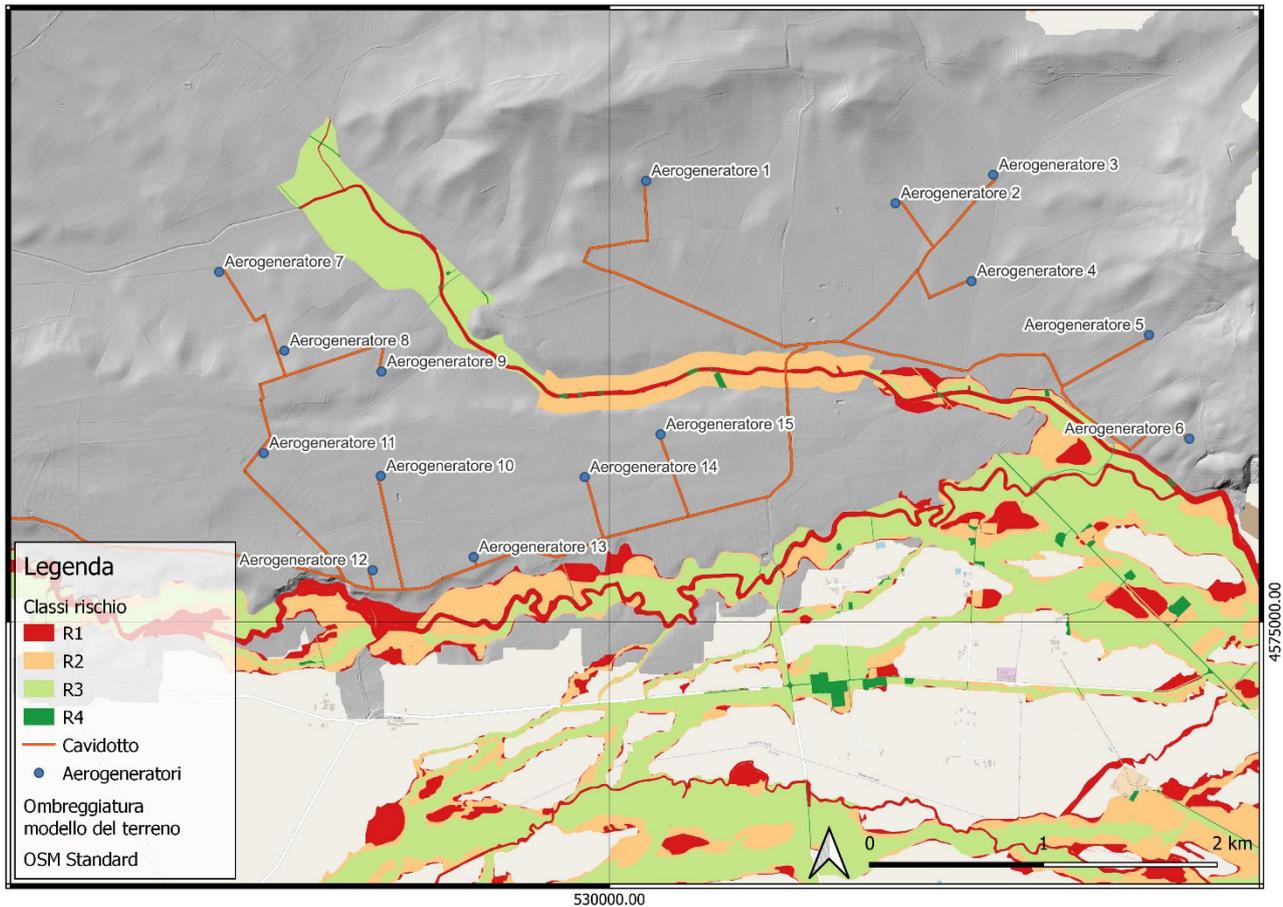


Figura 6 - dettaglio aree aerogeneratori mappe del rischio

Come si può osservare dalle immagini appena presentate, le uniche aree soggette a rischio potenziale come da mappatura ufficiale II ciclo, sono quelle di pertinenza del torrente Sannoro e sue aree di espansione ed anche quelle del reticolo secondario a nord, il quale taglia l'area trasversalmente fino a ricongiungersi al torrente, a valle dell'ultimo aerogeneratore (n#6).

L'unica sovrapposizione tra aree soggette a rischio e opere in Progetto è quella indicata di seguito, in cui il cavidotto attraversa l'affluente del Sannoro, in corrispondenza di un manufatto stradale.

Si verifica infine una marginale sovrapposizione anche con il cavidotto interrato dell'aerogeneratore 6 (Figura 7).

Dal punto di vista normativo continuano a valere le norme del PAI della Ex.-Adb Puglia, approvato il 30/11/2005 e successivamente coordinato con il PGRA, le aree allagabili del PGRA sono infatti la trasposizione delle corrispondenti aree PAI, per le quali vale il Titolo II delle NTA PAI, per quanto detto sopra le opere sono esterne ai perimetri delle aree allagabili salvo l'attraversamento e la ridotta interferenza di cui sopra per il cavidotto interrato dell'aerogeneratore 6 (quest'ultimo in aree MP e marginalmente AP).

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 10 di 43

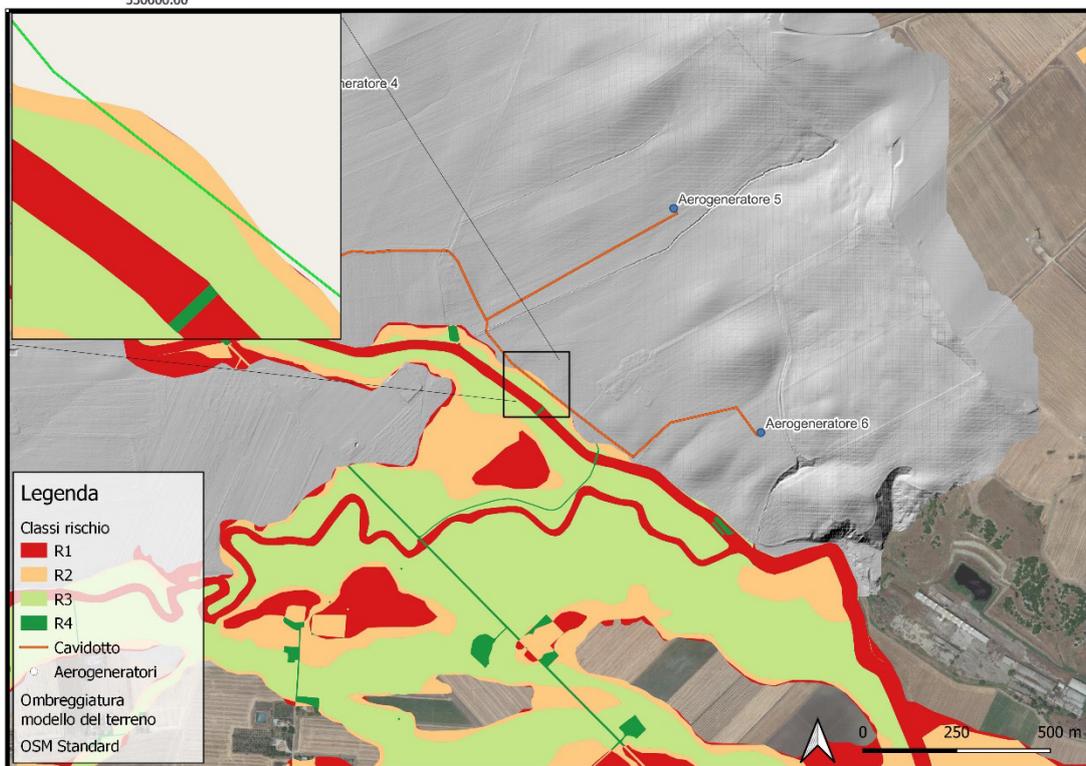
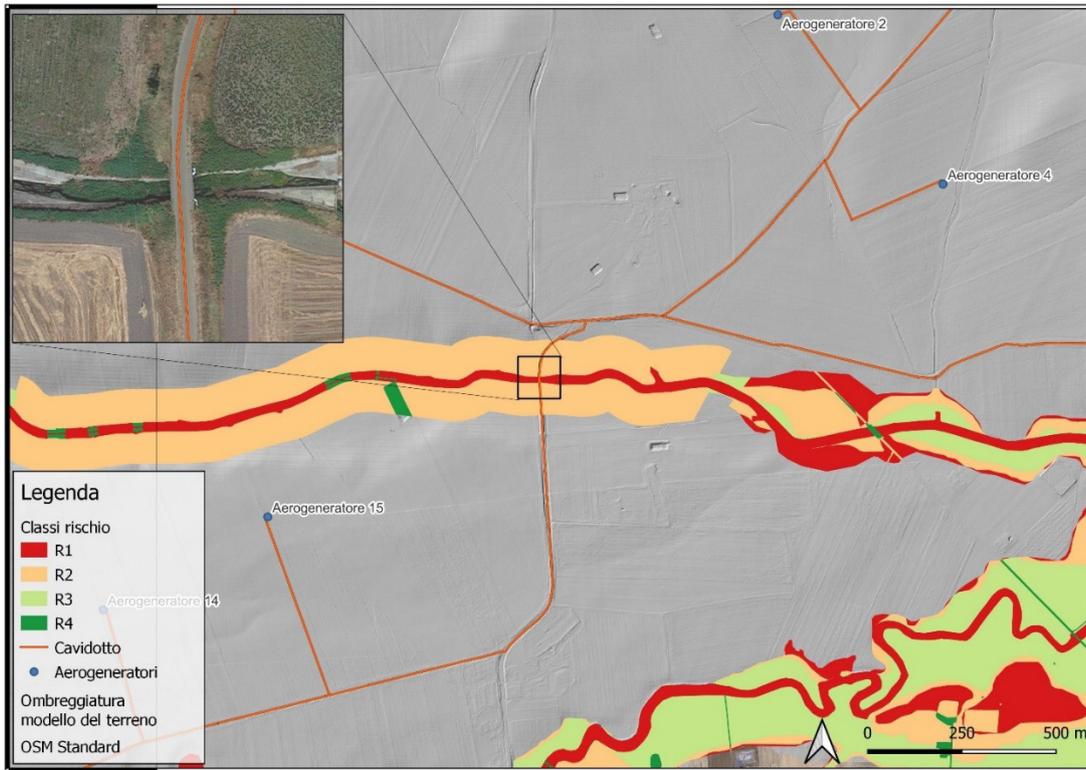


Figura 7 - Dettaglio attraversamento cavidotto e interferenza marginale con aree a rischio

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 11 di 43

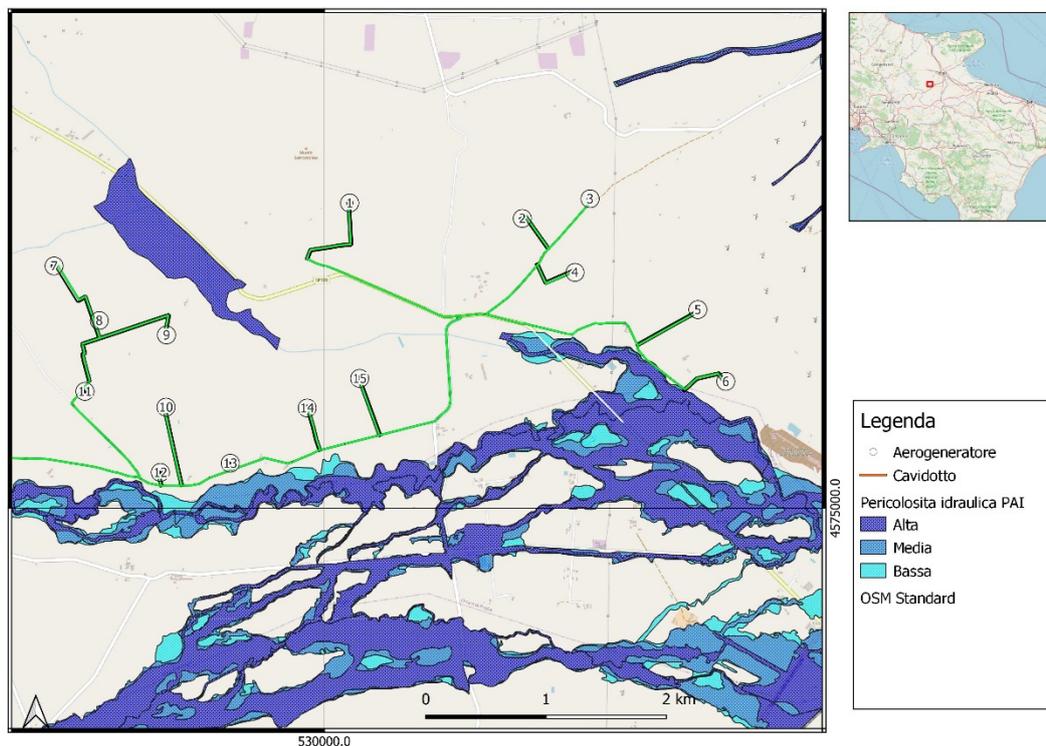


Figura 8 - inquadramento nelle classi di pericolosità idraulica PAI

Le norme del titolo II, in particolare l’art 6 (alveo fluviale) evidenziano che

4. All’interno delle aree e nelle porzioni di terreno di cui al precedente comma 1, possono essere consentiti l’ampliamento e la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell’Autorità di Bacino.

Mentre all’ art.7 (aree ad alta pericolosità) si evince che:

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 12 di 43

ARTICOLO 7 Interventi consentiti nelle aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.)

1. Nelle aree ad alta probabilità di inondazione, oltre agli interventi di cui ai precedenti artt. 5 e 6 e con le modalità ivi previste, sono esclusivamente consentiti:
 - a) interventi di sistemazione idraulica approvati dall'autorità idraulica competente, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla compatibilità degli interventi stessi con il PAI;
 - b) interventi di adeguamento e ristrutturazione della viabilità e della rete dei servizi pubblici e privati esistenti, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale;
 - c) interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;
 - d) interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché **la realizzazione di nuove infrastrutture a rete pubbliche o di interesse**

NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE

5/24

Autorità di Bacino della Puglia - Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico

- pubblico**, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino;
- e) interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a ridurre la vulnerabilità e a migliorare la tutela della pubblica incolumità;
 - f) interventi di demolizione senza ricostruzione, interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. n.380/2001 e s.m.i., a condizione che non concorrano ad incrementare il carico urbanistico;
 - g) adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture, degli edifici e degli impianti relativamente a quanto previsto in materia igienico - sanitaria, sismica, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche nonché gli interventi di riparazione di edifici danneggiati da eventi bellici e sismici;
 - h) ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici o ad adeguamenti igienico-sanitari, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile o funzionale per gli edifici produttivi senza che si costituiscano nuove unità immobiliari, nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità nelle aree adiacenti;
 - i) realizzazione, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità, di recinzioni, pertinenze, manufatti precari, interventi di sistemazione ambientale senza la creazione di volumetrie e/o superfici impermeabili, annessi agricoli purché indispensabili alla conduzione del fondo e con destinazione agricola vincolata;
2. Per tutti gli interventi di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, **la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata. Detto studio è sempre richiesto per gli interventi di cui ai punti a), b), d), e), h) e i).**

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 13 di 43

È chiaro che per l'attraversamento la possibilità di utilizzare un manufatto esistente permette di considerare in sede di progettazione sia l'opzione di procedere interrati che l'eventuale aggancio in aereo, vista la necessità di connettere comunque elettricamente le opere tale interferenza può considerarsi non altrimenti localizzabile

Si tratta comunque di opere lineari che, se realizzate interrate o senza ostruzione di sezione idraulica, non pongono problemi di compatibilità o di alterazione del regime idraulico e possono quindi essere considerate realizzabili ai sensi delle norme PAI.

Per la seconda interferenza si suggerisce comunque di valutare se, con un leggero spostamento di tracciato a margine delle aree coltivate esistenti possa uscire dall'area AP ed MP del PAI:



Figura 9 - possibilità di uscire dalle aree MP-AP del PAI con un leggero spostamento di tracciato

Nel complesso la pianificazione sul rischio idraulico di livello Distrettuale non evidenzia profili di incompatibilità con le opere di progetto.

4.3 PTCP Provincia di Foggia

Il PTCP della Provincia di Foggia vigente ¹, in relazione agli aspetti idraulici, evidenzia alla Tavola A1 Figura 10 il sostanziale recepimento, per l'area di progetto, delle perimetrazioni PAI dell'epoca di stesura del piano e, in Tavola B1 (Figura 11), la presenza di aree di tutela dei caratteri ambientali e paesaggistici dei corpi idrici. Le relative norme riprendono il carattere vincolante dei disposti PAI precedentemente esaminati e detta disposizione mirate ai piani comunali con indirizzi sugli interventi ammessi che non evidenziano divieti per gli impianti rinnovabili quali quelli di progetto.

¹ <http://territorio.provincia.foggia.it/PTCP>

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 14 di 43

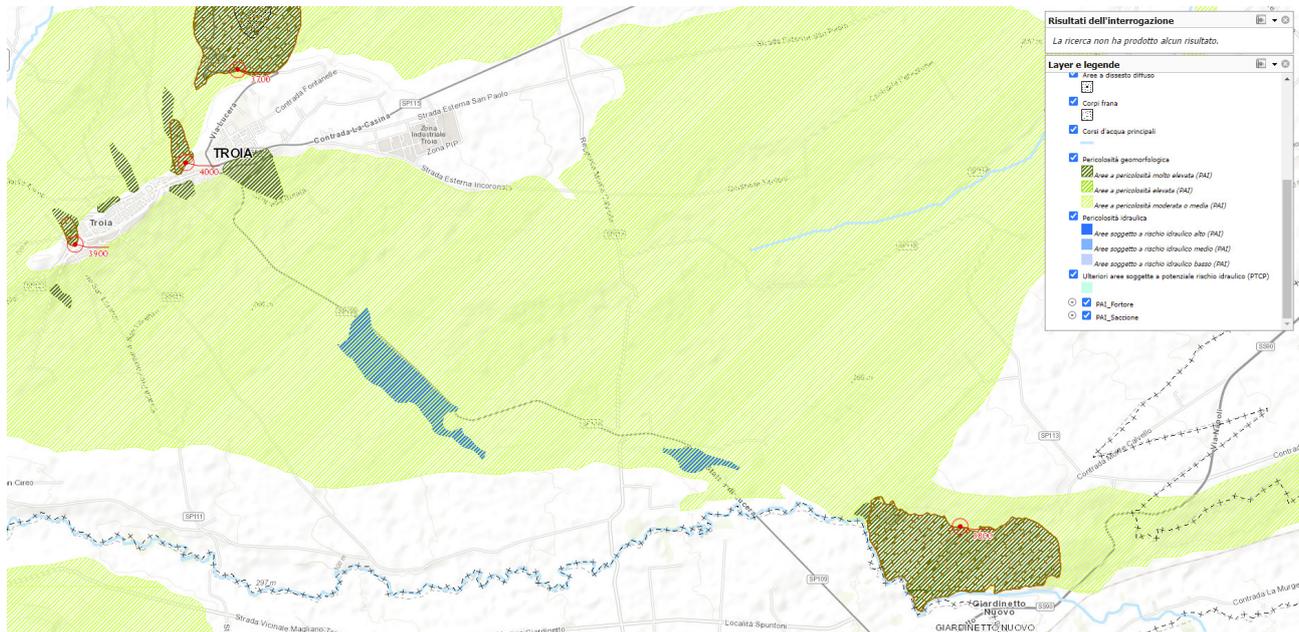


Figura 10 - PTCP PV Foggia- Tavola 1 -tutela della integrità fisica

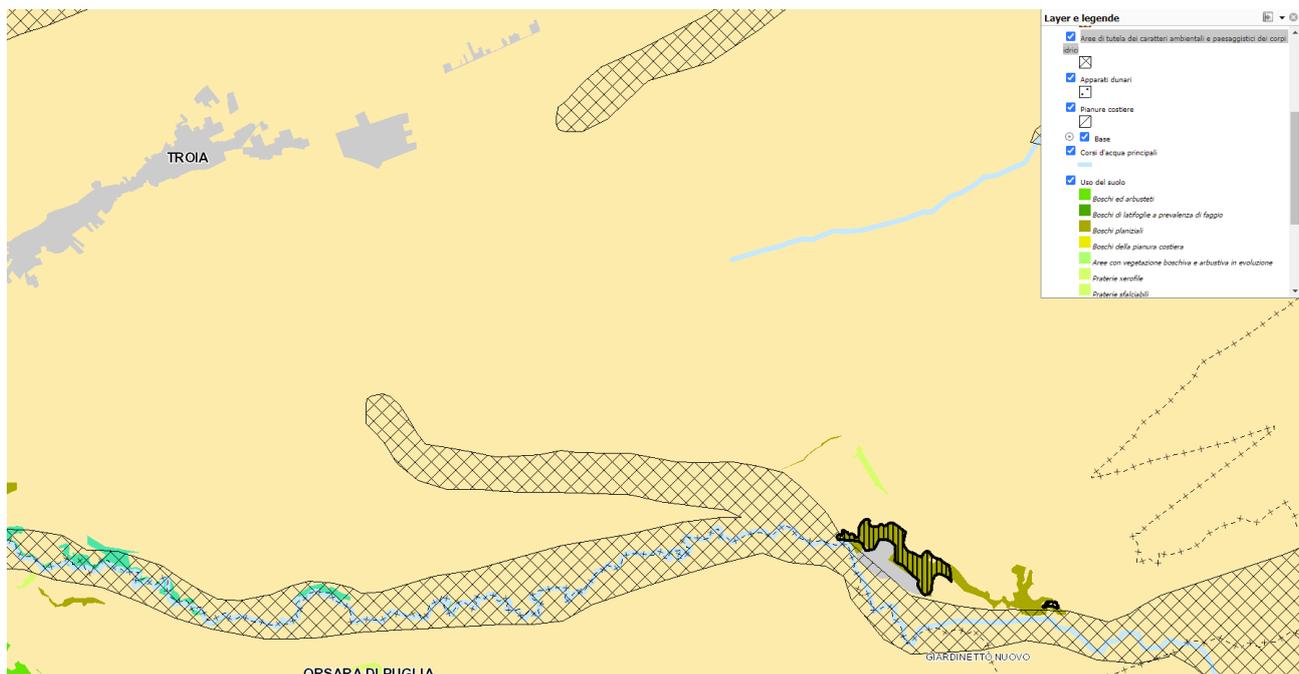


Figura 11 - PTCP PV Foggia- Tavola 1 – elementi di matrice naturale

A livello provinciale si segnala infine la competenza a ricevere le comunicazioni sullo scarico cdi acque di dilavamento ai sensi del regolamento Regionale *REGOLAMENTO REGIONALE 9 dicembre 2013, 26- “Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia”*. Il Regolamento prevede al Capo II i casi in cui Lo scarico e l'immissione di acque meteoriche di dilavamento vadano autorizzati e siano soggetti a specifici limiti, essenzialmente qualora provengano da superfici in cui vi sia il rischio di dilavamento di sostanze pericolose o di altre sostanze che possano pregiudicare il conseguimento e/o mantenimento degli obiettivi di qualità dei corpi

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 15 di 43

recettori.

Il progetto non prevede attività siffatte, come riscontrabile anche nell'elenco contenuto all'art9 del Regolamento citato:

- | | |
|---|---|
| <p>2. Ai fini del presente regolamento si identificano, a titolo indicativo, i seguenti settori produttivi e/o attività specifiche per le quali c'è il rischio di dilavamento di sostanze pericolose:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Industria petrolifera; b. Industrie ed impianti chimici; c. Impianti di produzione e trasformazione dei metalli e dei minerali; d. Trattamento e/o rivestimento dei metalli; e. Concia e tintura delle pelli e del cuoio; f. Produzione della pasta carta, della carta e del cartone; g. Produzione di pneumatici; h. Aziende tessili che eseguono stampa, tintura e finissaggio di fibre tessili; i. Produzione di calcestruzzo; j. Aree intermodali destinate all'interscambio di merci e materiali; k. Autofficine; | <ul style="list-style-type: none"> l. Carrozzerie; m. Depositi di rifiuti, centri di raccolta e/o gestione e trasformazione degli stessi; n. Depositi di rottami e/o produzione di fluff; o. Depositi di veicoli destinati alla demolizione, attività di demolizione di autoveicoli; p. Impianti di trattamento delle acque reflue industriali; q. Attività destinate al carico ed alla distribuzione dei carburanti ed operazioni di vendita delle stazioni di servizio per autoveicoli; r. Attività in cui vi sia il deposito, il carico, lo scarico, il travaso delle sostanze di cui alle Tabelle 3/A e 5 dell'Allegato 5 alla Parte Terza del D.lgs. n. 152/06 e ss. mm. ed ii.; s. Attività di cui all'Allegato VIII alla Parte Seconda del D.lgs. n. 152/06 e ss. mm. ed ii. |
|---|---|

Non occorre dunque approfondire ulteriormente il tema della gestione delle acque di prima pioggia.

4.4 PSC Comune Troia

Il comune di Troia ha adeguato il proprio Piano urbanistico Generale recepito a livello regionale con Delibera 1003 del 12/07/2006.

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici il PUG evidenzia l'area di rispetto ex R.D. 523/1904 definita all'art 26/c (Tavola 16/c) per la quale:

c. Fascia di rispetto delle acque pubbliche (demanio idrico).

In base all'art. 96 del R.D. n. 523/1904 lungo le sponde dei torrenti e dei canali non è ammessa la realizzazione di edifici, di scavi e di opere in profondità per una distanza di 10,0 metri dal piede degli argini, né piantagioni di alberi e siepi e movimenti del terreno a meno di 4,0 m.

Sono ammesse coperture dei canali solo per attraversamenti stradali e per il tratto strettamente necessario alla realizzazione dell'opera.

E' inoltre vietato lo sradicamento o l'abbruciamento dei ceppi degli alberi che sostengono le ripe dei torrenti, per una distanza orizzontale non minore di 9,0 m. dalla linea a cui arrivano le acque ordinarie.

È chiaro (Figura 12) che localmente parte delle opere e dei movimenti terra possono ricadere nelle fasce di rispetto suddette, **dovrà essere quindi verificata in dettaglio la distanza delle opere dalle sponde con particolare riferimento alle opere in profondità e agli scavi che, se del caso, andranno delocalizzati esternamente alla fascia.**

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 16 di 43

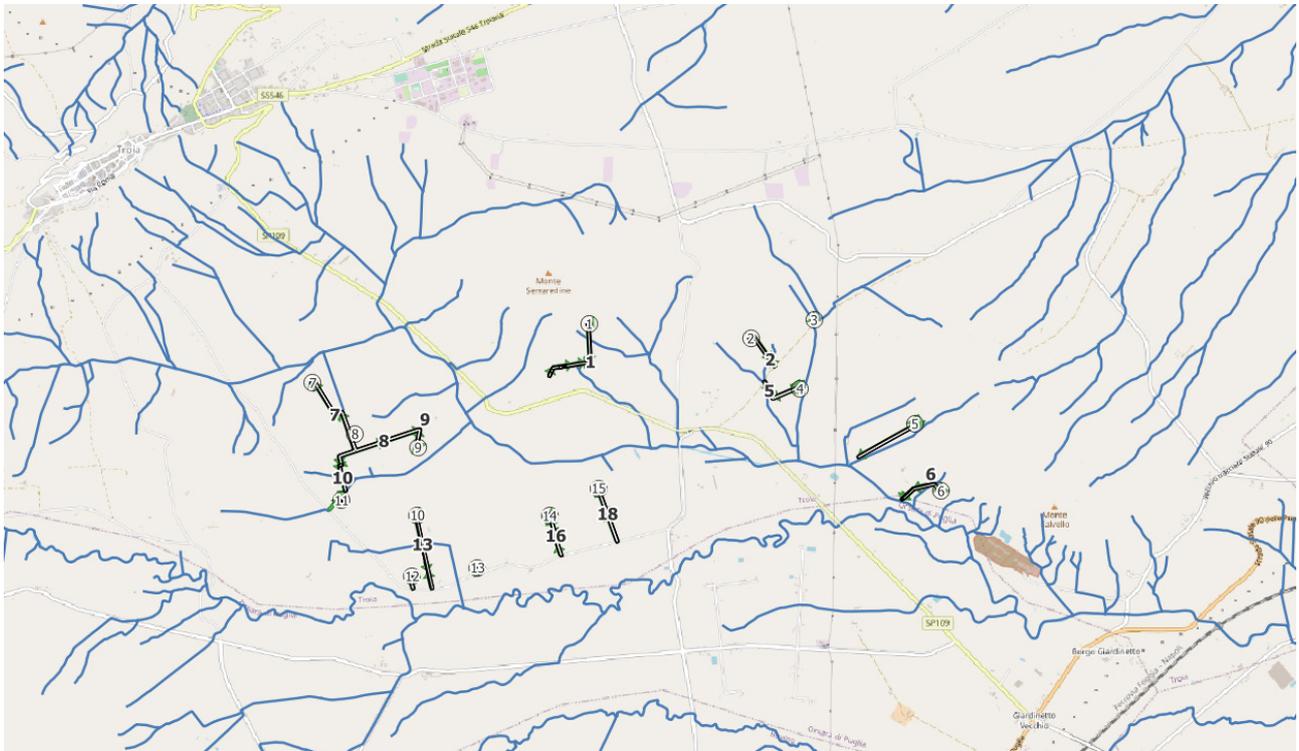
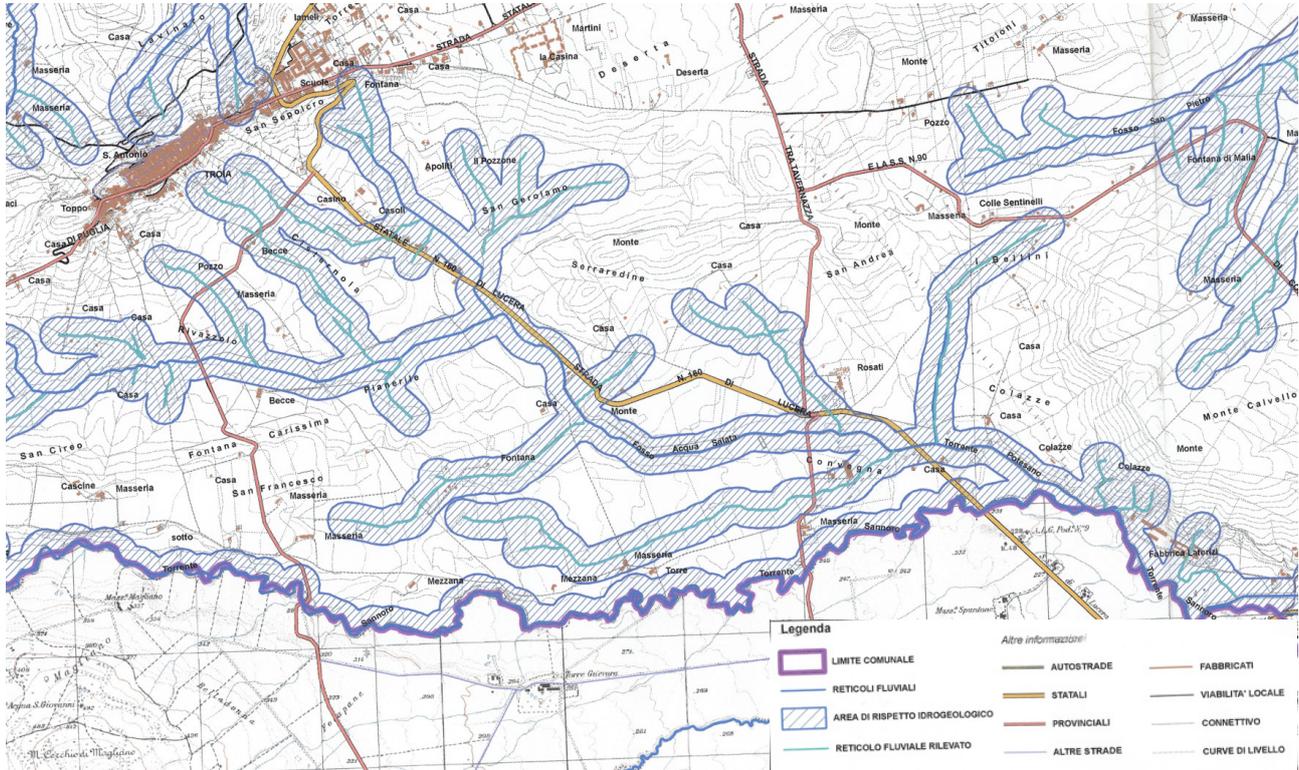


Figura 12 - estratto Tavola 16c PUG Troia

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 17 di 43

5 Modello digitale del terreno

5.1 Lidar ministeriale

I calcoli idrologici ed idraulici descritti nel seguente capitolo sono stati svolti sulla base del dato LIDAR acquisito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, nell'ambito dei Progetti PST-A (Contratto 140), PST-A Estensione 2008 (Contratto 145), MIADRA (Contratto 155) e MIADRA Estensione (Contratto 172) con risoluzione a terra 1 metro.



Figura 13 - Copertura (quadro d'unione) LIDAR ministeriale

Specificatamente, il dato usato è quello nella sua forma DTM (Digital Terrain Model), il quale è un sottoprodotto processato del segnale originale, che viene consegnato già filtrato e ripulito dalla vegetazione e da tutto ciò che si

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 18 di 43

presenta “sopra suolo”.

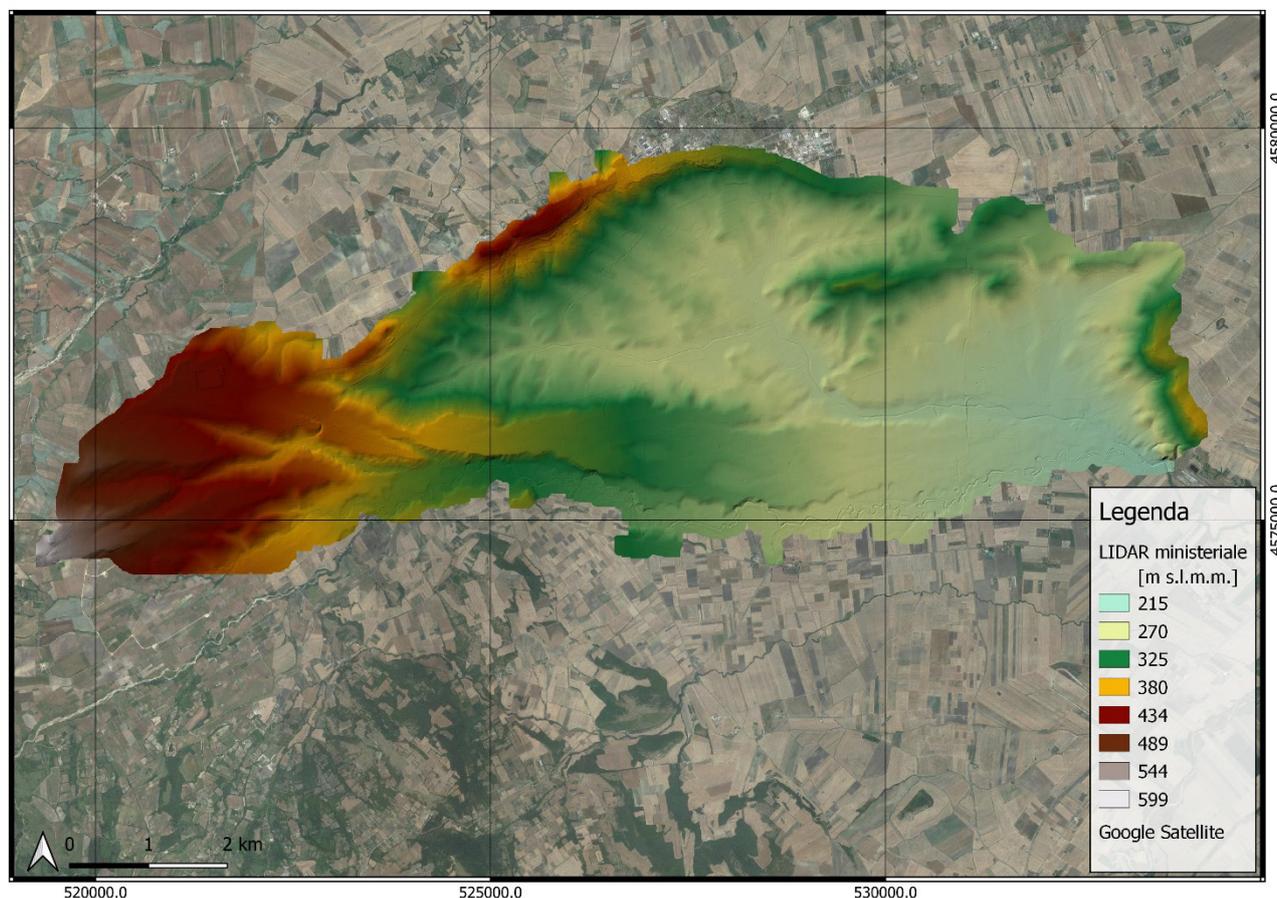


Figura 14 - Stralcio LIDAR ministeriale per area di interesse

Il sistema di riferimento dei dati originali delle singole tile LIDAR è SR:4326², sistema geodetico globale in coordinate geografiche.

Per poter utilizzare in modo corretto queste informazioni, sono state convertire in un sistema proiettato, in coordinate metriche, mentre le quote, già predisposte a livello del mare, sono rimaste ovviamente invariate.

Questa operazione è stata svolta mediante l'uso di grigliati IGM. gk2 ed il software del CISIS “Convergo³”, software delle Regioni per la trasformazione delle coordinate nel nuovo Sistema di Riferimento Geodetico Definito con DECRETO in data 10 novembre 2011 “Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale”.

Trasformazione sistemi di riferimento:

SR Geografici SR Proiettati
➔

² http://www.pcn.minambiente.it/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=m_amte%3A299FN3%3Af9f310e3-2a7d-4b04-f3f1-f827e8c67339

³ https://www.cisis.it/?page_id=3214

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 19 di 43

4326 = 4258

25833 ≈ 32633

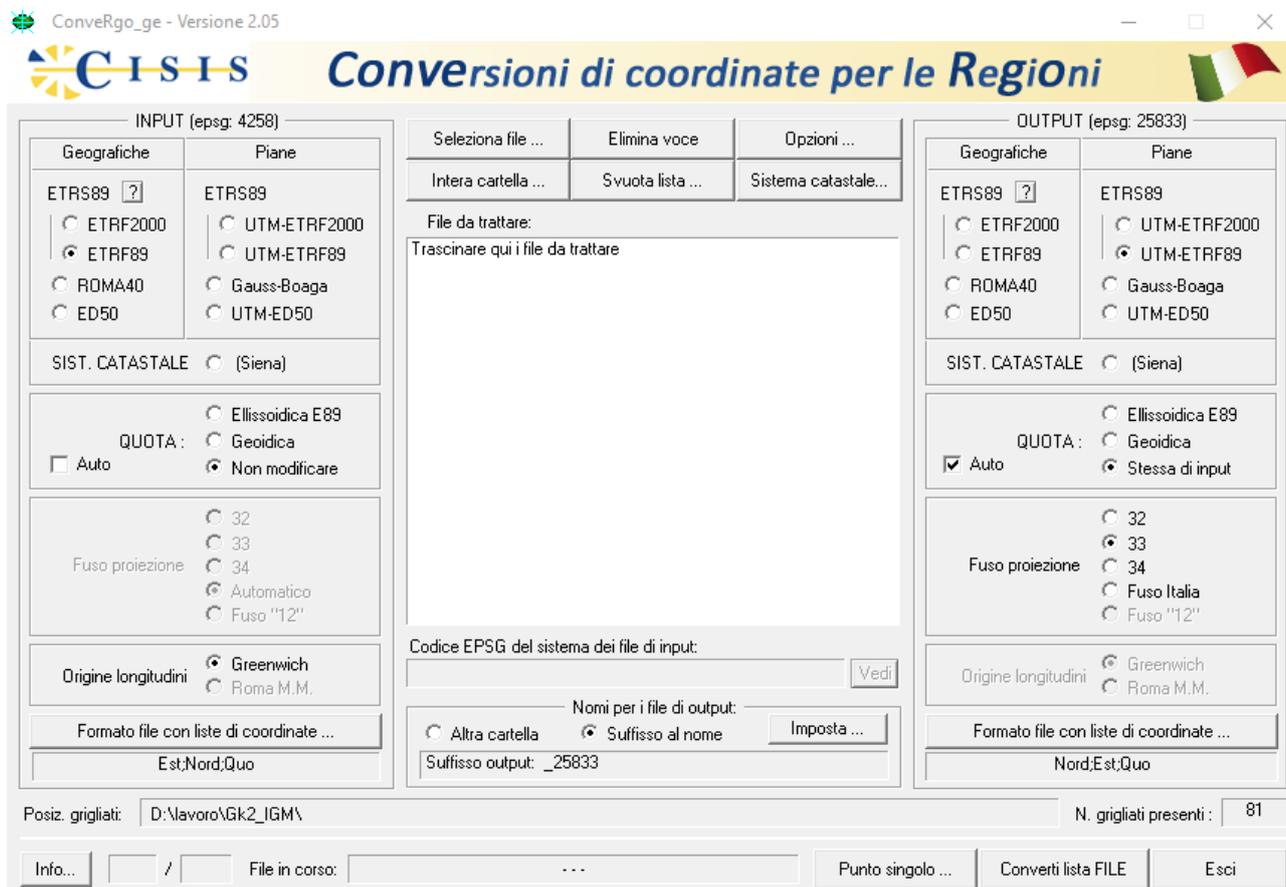


Figura 15 - Interfaccia ConveRgo

Da ultimo, il LIDAR è stato ricampionato per ottenere una risoluzione geometrica pari a 0.2m, maggiormente compatibile coi dati aerofotogrammetrici descritti nel seguente paragrafo.

5.2 Integrazione dati fotogrammetrici

Oltre al dato del terreno ministeriale, generato come detto nel 2008, per le aree che vedranno la realizzazione dei generatori eolici, la società proponente ha commissionato una campagna di rilievi aerofotogrammetrici con SAPR, al fine di ottenere un aggiornamento all'andamento del terreno, sia per scopi progettuali che idraulici.

Sono stati mappati quindi cinque lotti, di dimensione variabile come indicato nella seguente immagine.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 20 di 43

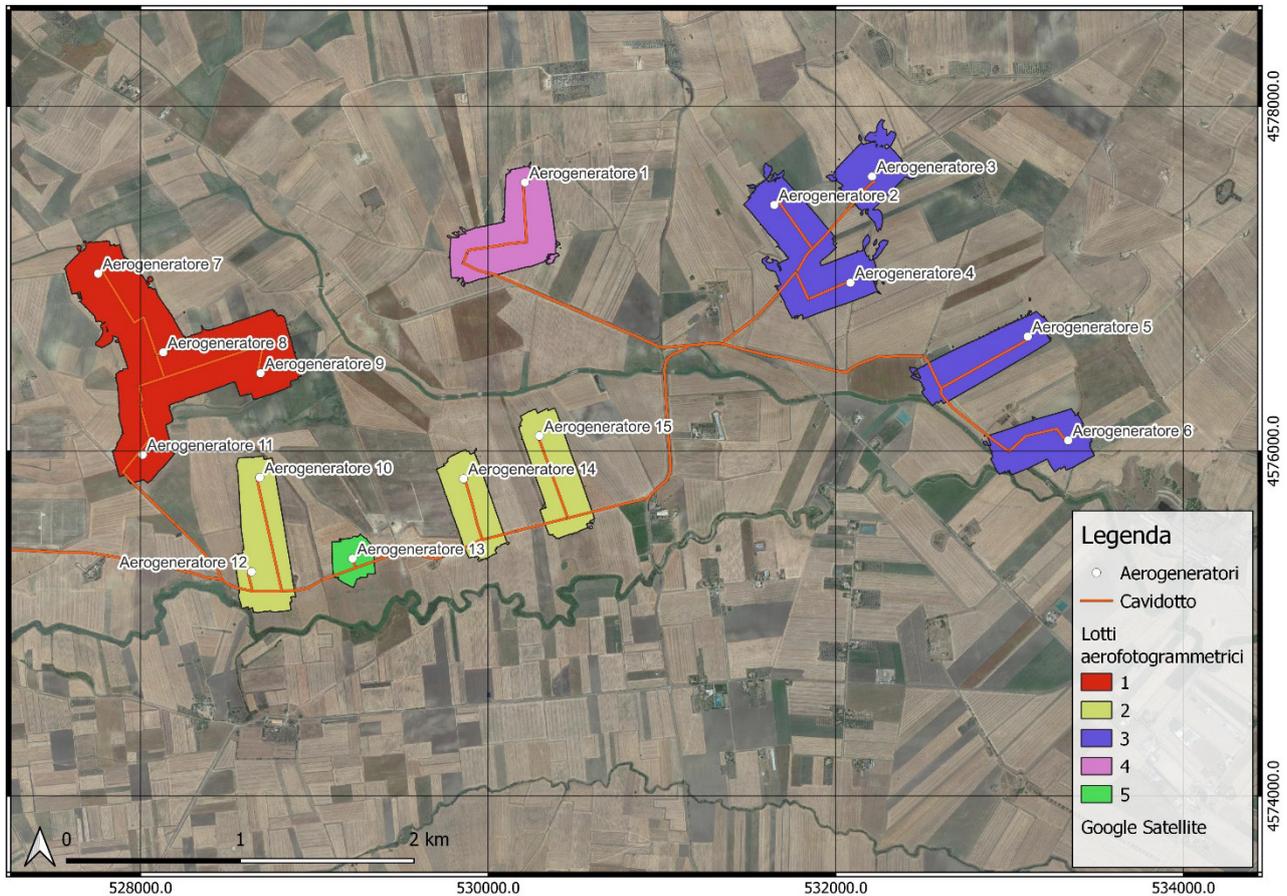


Figura 16 - Inquadramento lotti rilievo aerofotogrammetrico

Ai fini della presente relazione, si considererà solamente il prodotto raster, ovvero il DEM a risoluzioni a 0.1m, ricampionato poi a 0.2m, ritenuto un buon compromesso tra risoluzione e peso finale/utilizzabilità del geotif (considerata la mosaicatura con il LIDAR, descritta di seguito).

Nella seguente immagine troviamo un esempio di confronto tra la risoluzione metrica del LIDAR originale e quella submetrica (0.2m) del DEM aerofotogrammetrico integrativo.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 21 di 43

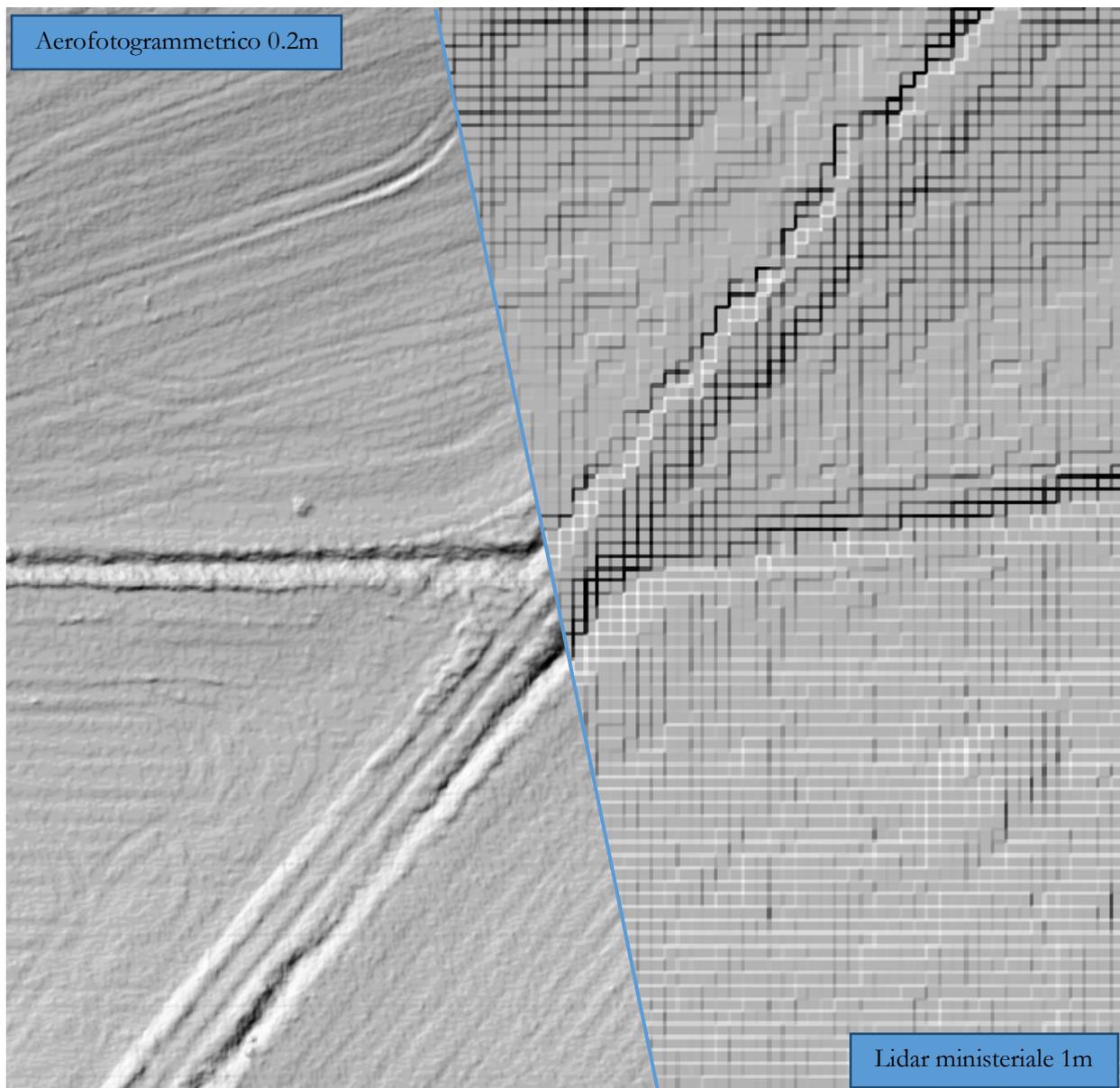


Figura 17 - Confronto LIDAR vs DEM aerofotogrammetrico (in prossimità del lotto 1)

5.3 Mosaicatura raster

Operazione finale al fine di ottenere un dato morfologico unitario è la mosaicatura dei prodotti aerofotogrammetrici con LIDAR (entrambi come detto, portati a risoluzione di 0.2m). Questa operazione è stata fatta in ambiente GIS.

Il risultato è del tutto soddisfacente, con ragionevoli scostamenti ai margini tra le due sorgenti dati.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 22 di 43

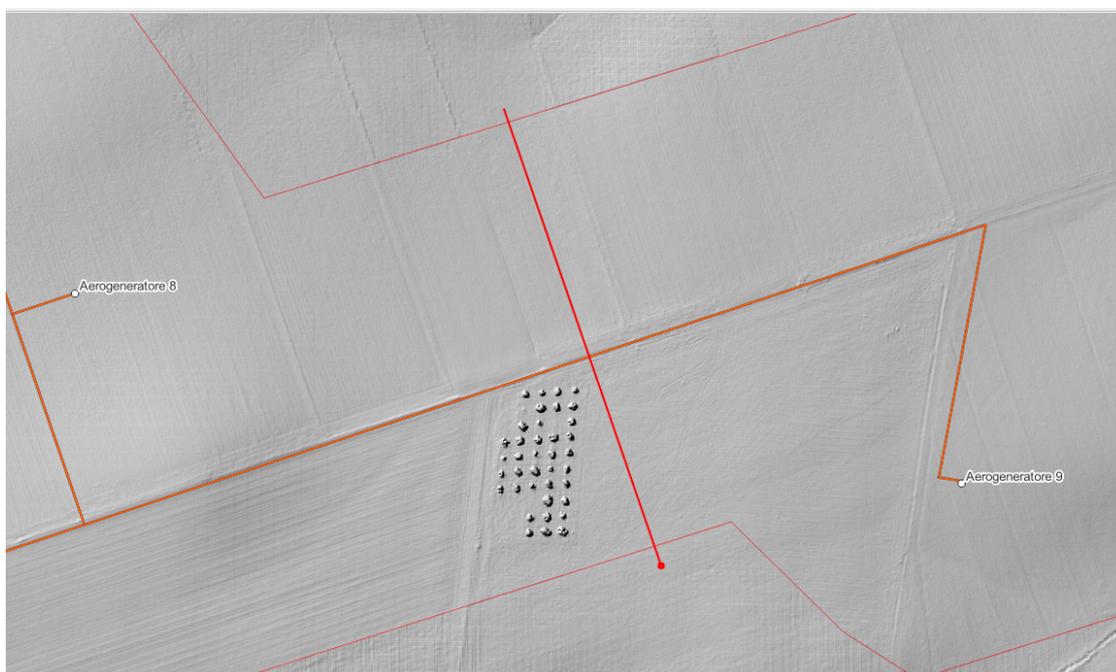
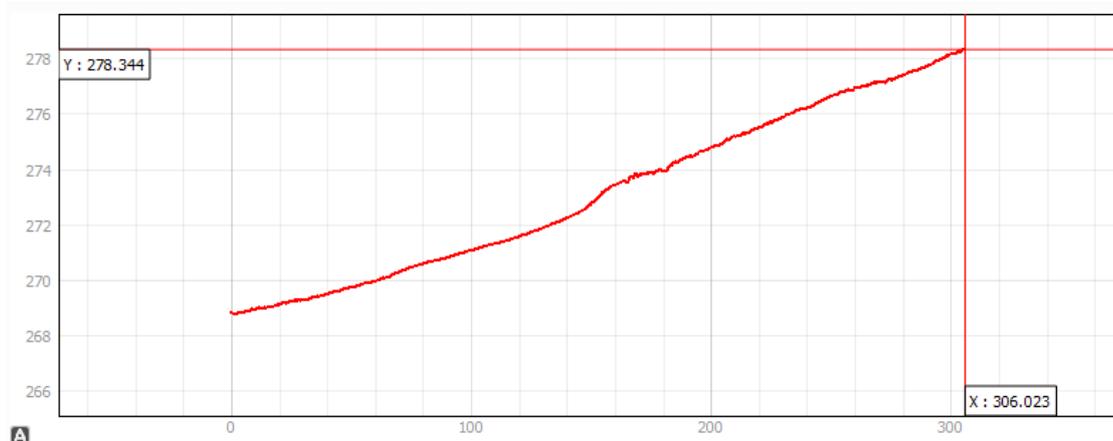


Figura 18 - Esempio transetto in prossimità degli aerogeneratori 8/9

Vengono riportate nella seguente tabella le statistiche di differenza media e la rispettiva deviazione standard della differenza tra quote rilievo aerofotogrammetrico e dato LIDAR ministeriale, per i rispettivi lotti (si faccia riferimento alla Figura 16 per la disposizione dei lotti).

Tabella 1 - Statistiche su differenza dati aerofotogrammetrici e lidar

Lotto	Media [m]	Dev.st [m]
Primo lotto	0.01	0.21
Secondo lotto	-0.02	0.13
Terzo lotto	0.01	0.28
Quarto lotto	0.01	0.09
Quinto lotto	0.01	0.21

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 23 di 43

6 Analisi idrologiche

Per la stima dell'eventuale impatto delle opere di Progetto sul deflusso superficiale è necessario definire i bacini scolanti per ogni singola area di intervento, il coefficiente di deflusso l'intensità di pioggia per assegnato tempo di ritorno, come di seguito descritto.

6.1 Definizione dei bacini

La definizione dei bacini idrografici rispetto ai diversi lotti di interesse è stata svolta mediante l'uso di TauDEM 5.3⁴ (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models). A partire dal DTM TauDEM permette di generare diversi layer propedeutici all'analisi idrologica ed in particolare:

- Rimozione dei “pit”
- *Flow Direction*
- *Flow Accumulation*
- Bacinizzazione di dettaglio in formato raster (per bacini superiori a 0.01 Km²)
- Definizione principale del deflusso superficiale come reticolo in formato vettoriale

Di seguito un esempio della analisi descritta.

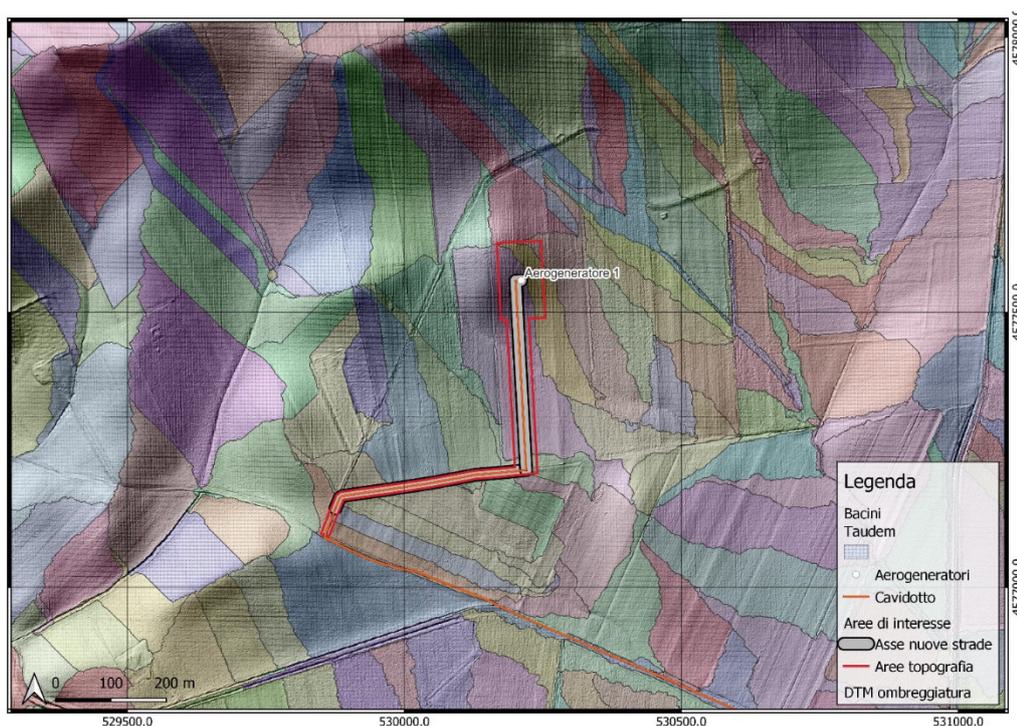


Figura 19 – stralcio bacinizzazione totale, su area aerogeneratore 1

Si riporta la tabella riassuntiva per i bacini individuati:

⁴ <https://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/>

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 24 di 43

Tabella 2 – Dati bacini

Fid [GIS]	Bacino	area [km ²]	Pend media bacino [%]	Q media [m]	Q min [m]	Q max [m]	Lung. asta [Km]	Pend asta [%]
1	attraversamento 1	0.21	11.10	288.21	271.57	338.90	0.90	7%
2	attraversamento 2	0.25	10.19	264.32	245.04	321.25	1.08	7%
3	piazzola 4	0.03	6.32	243.15	239.48	247.48	0.26	3%
4	attraversamento 5	0.02	6.14	244.80	241.89	294.43	0.33	16%
5	piazzola 3	2.07	12.25	285.03	246.52	359.39	2.12	5%
8	piazzola 6	0.00	19.43	257.99	254.13	263.81	0.07	14%
9	attraversamento 6	0.02	17.38	264.62	246.69	281.59	0.26	13%
10	strada 6 nord	0.04	16.79	252.01	225.93	281.62	0.45	12%
12	piazzola e strada 7	0.05	6.23	266.85	264.32	271.87	0.38	2%
13	attraversamento 7 e strada piazzola 8 est	0.13	11.51	286.74	269.01	390.42	0.64	19%
14	piazzola 8	0.00	12.88	284.93	279.42	295.13	0.13	12%
15	strada piazzola 8	0.01	4.85	303.00	300.70	305.90	0.32	2%
16	attraversamento 9	0.12	9.48	283.77	270.44	303.98	0.32	10%
19	attraversamento 10	0.43	5.60	314.36	296.17	334.20	1.76	2%
20	piazzola 11	0.01	6.77	300.01	298.26	303.03	0.14	3%
21	accesso arogen 11	0.50	6.49	315.76	298.30	334.18	1.64	2%
23	strada piazzola 12	0.02	6.23	290.59	288.45	294.23	0.17	3%
24	piazzola 13	0.02	5.99	279.07	276.64	281.17	0.20	2%
25	attraversamento 16	0.87	5.83	292.56	264.81	327.63	3.65	2%
26	piazzola 14/attraversamento 15	0.75	4.72	278.71	264.73	390.36	2.04	6%
28	attraversamento 18	1.87	5.33	283.03	257.10	390.36	2.60	5%
29	piazzola 15	0.03	4.77	261.60	259.73	264.41	0.28	2%
30	attraversamento 8	0.09	10.48	286.92	273.54	303.98	0.49	6%
31	attraversamento 13	0.76	5.71	297.86	283.50	390.36	2.10	5%
32	piazzola 5	0.04	9.41	244.37	231.24	265.64	0.63	5%
33	strada 5	0.03	22.52	312.18	260.87	362.11	0.59	17%

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 25 di 43

6.2 Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso (\square) è un parametro di trasformazione afflussi deflussi secondo il noto metodo *cinematico* o razionale, esso viene valutato principalmente rispetto alla permeabilità e alla pendenza delle superfici del bacino scolante, come media tra i valori tipici di diverse tipologie di terreno/uso del suolo, ponderata sulle estensioni areali delle varie tipologie.

Per questo studio i parametri di deflusso sono stati derivati dalla seguente riferimento di letteratura

Tabella 3 - Coefficienti di deflusso rispetto pendenza e gruppo di suolo (McCuen 1988)

Land Use	A			B			C			D		
	0-2%	2-6%	6% ⁺	0-2%	2-6%	6% ⁺	0-2%	2-6%	6% ⁺	0-2%	2-6%	6% ⁺
Cultivated land	0.08 ^a	0.13	0.16	0.11	0.15	0.21	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.31
	0.14 ^b	0.18	0.22	0.16	0.21	0.28	0.20	0.25	0.34	0.24	0.29	0.41
Pasture	0.12	0.20	0.30	0.18	0.28	0.37	0.24	0.34	0.44	0.30	0.40	0.50
	0.15	0.25	0.37	0.23	0.34	0.45	0.30	0.42	0.52	0.37	0.50	0.62
Meadow	0.10	0.16	0.25	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.36	0.24	0.30	0.40
	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.37	0.26	0.35	0.44	0.30	0.40	0.50
Forest	0.05	0.08	0.11	0.08	0.11	0.14	0.10	0.13	0.16	0.12	0.16	0.20
	0.08	0.11	0.14	0.10	0.14	0.18	0.12	0.16	0.20	0.15	0.20	0.25
Residential lot size 1/8 acre	0.25	0.28	0.31	0.27	0.30	0.35	0.30	0.33	0.38	0.33	0.36	0.42
	0.33	0.37	0.40	0.35	0.39	0.44	0.38	0.42	0.49	0.41	0.45	0.54
Residential lot size 1/4 acre	0.22	0.26	0.29	0.24	0.29	0.33	0.27	0.31	0.36	0.30	0.34	0.40
	0.30	0.34	0.37	0.33	0.37	0.42	0.36	0.40	0.47	0.38	0.42	0.52
Residential lot size 1/3 acre	0.19	0.23	0.26	0.22	0.26	0.30	0.25	0.29	0.34	0.28	0.32	0.39
	0.28	0.32	0.35	0.30	0.35	0.39	0.33	0.38	0.45	0.36	0.40	0.50
Residential lot size 1/2 acre	0.16	0.20	0.24	0.19	0.23	0.28	0.22	0.27	0.32	0.26	0.30	0.37
	0.25	0.29	0.32	0.28	0.32	0.36	0.31	0.35	0.42	0.34	0.38	0.48
Residential lot size 1 acre	0.14	0.19	0.22	0.17	0.21	0.26	0.20	0.25	0.31	0.24	0.29	0.35
	0.22	0.26	0.29	0.24	0.28	0.34	0.28	0.32	0.40	0.31	0.35	0.46
Industrial	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.70
	0.85	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	0.87	0.86	0.86	0.88
Commercial	0.71	0.71	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89	0.89	0.90
Streets	0.70	0.71	0.72	0.71	0.72	0.74	0.72	0.73	0.76	0.73	0.75	0.78
	0.76	0.77	0.79	0.80	0.82	0.84	0.84	0.85	0.89	0.89	0.91	0.95
Open space	0.05	0.10	0.14	0.08	0.13	0.19	0.12	0.17	0.24	0.16	0.21	0.28
	0.11	0.16	0.20	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.32	0.22	0.27	0.39
Parking	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87
	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97

^a Runoff coefficients for storm recurrence intervals less than 25 years.

^b Runoff coefficients for storm recurrence intervals of 25 years or longer.

I quattro gruppi di terreno sono definiti come

- A. Bassa capacità di deflusso: suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi (sabbie o ghiaie profonde ben drenate)
- B. Suoli con moderata infiltrabilità se saturi (tessitura medio grossolana)

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 26 di 43

- C. Suoli con bassa infiltrabilità se saturi (tessitura mediofine)
- D. Capacità di deflusso elevata: suoli con infiltrabilità ridottissima in condizioni di saturazione (suoli poco profondi su substrato impermeabile)

Per quanto riguarda la tipologia di suolo per l'area di interesse, è stata utilizzata la carta pedologia⁵ della regione Puglia, liberamente disponibile sul geoportale della Regione in formato vettoriale.

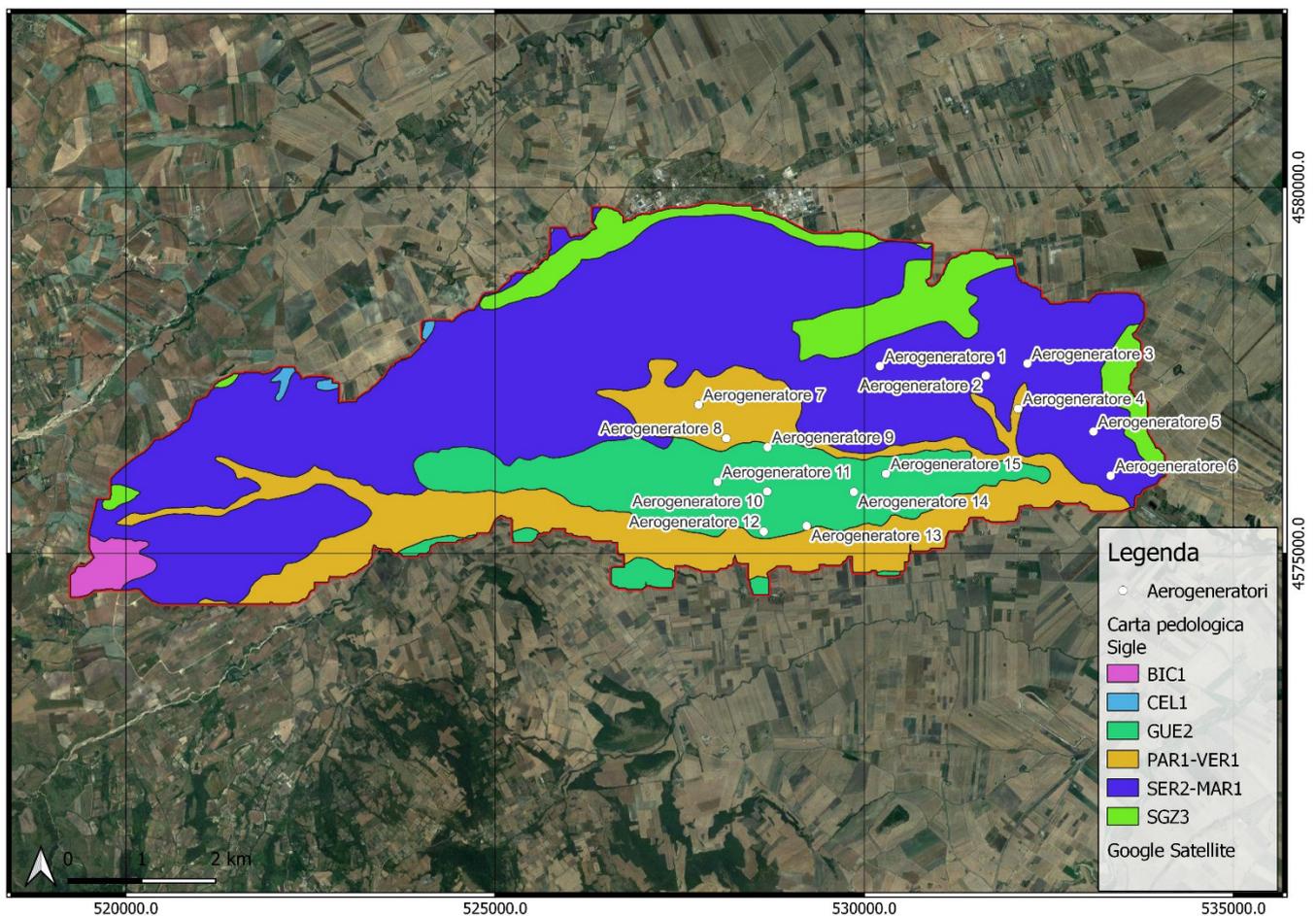


Figura 20 - Carta pedologica

La legenda disponibile allegata alla carta non si riferisce con precisione alle caratteristiche pedologiche, quanto ad informazioni di tipo geo-litologico, ma è comunque utilizzabile per stimare le classi di tipo di suolo necessarie al Coeff. di deflusso come segue.

Tabella 4 - Legenda classi pedologiche e tipologia di suolo deflusso

LEV50K	DESC	Gruppo_S
BIC1	Substrato geolitologico: Argille, marne siltose e calcari compatti (Miocene)	D

⁵ <https://pugliacon.regione.puglia.it/web/sit-puglia-sit/sistema-informativo-dei-suoli>

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 27 di 43

CEL1	Substrato geolitologico: depositi alluvionali (Olocene)	D
GUE2	Substrato geolitologico: depositi alluvionali (Pleistocene), calcareniti (Pleistocene), crostone evaporitico (Pleistocene)	D
PAR1-VER1	Substrato geolitologico: depositi alluvionali (Olocene)	D
SER2-MAR1	Substrato geolitologico: argille (Pliocene)	D
SGZ3	Substrato geolitologico: depositi conglomeratici (Pleistocene)	B

Come possiamo vedere le aree di pertinenza degli aerogeneratori ricadono su substrati geolitologici di tipo “deposito alluvionale” e “argille”, per tale motivo si è assunta come prevalente classe la “D”, con ridotta capacità di infiltrazione e quindi massimo deflusso.

La distribuzione delle pendenze è un calcolo immediato eseguibile su DTM in ambiente GIS (Figura 21).

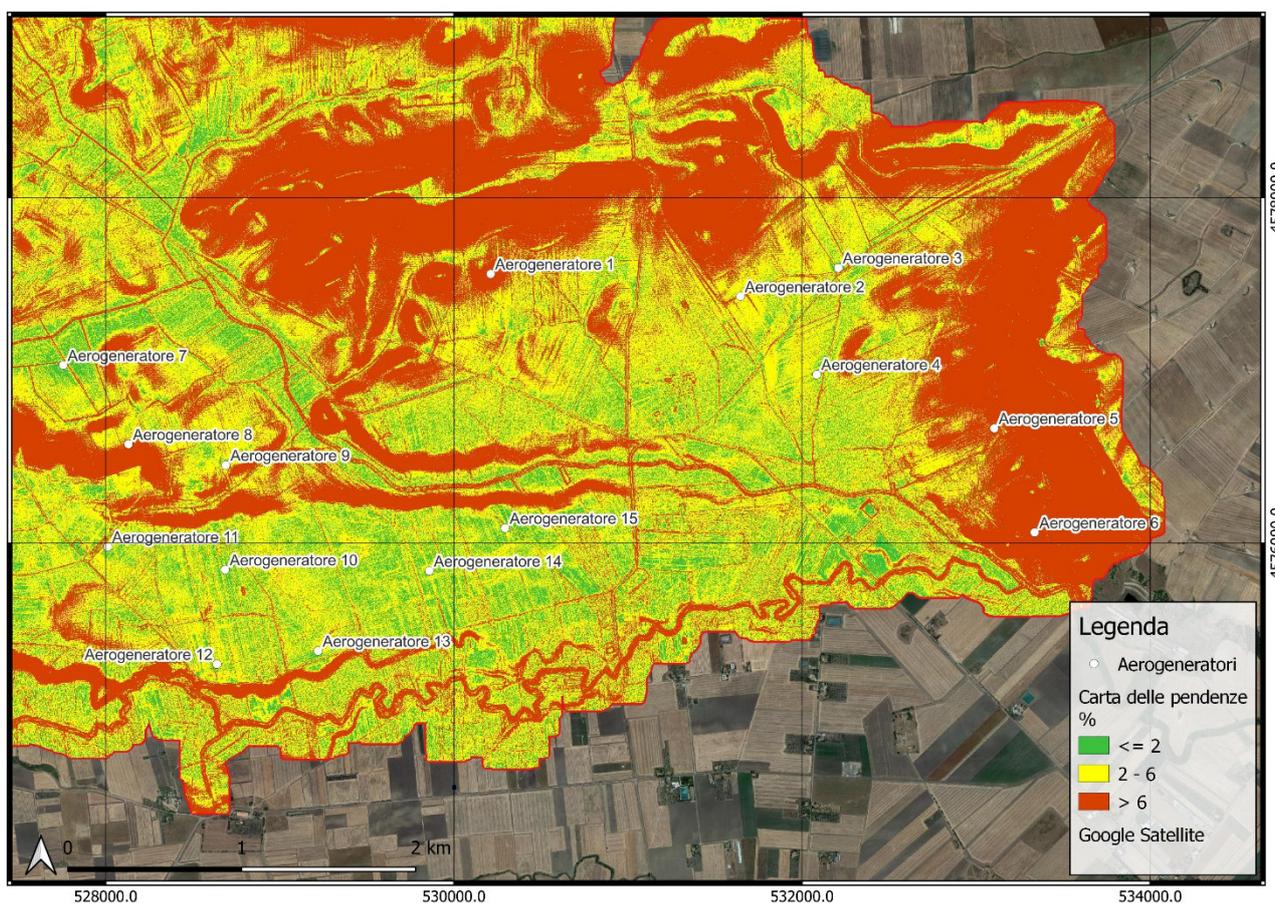


Figura 21 - Pendenze % per l'area di interesse degli aerogeneratori

Nella seguente tabella vengono riportati i dati riassuntivi di queste operazioni e il coefficiente di deflusso ottenuto, considerando per l'intera area un uso del solo a *cultivated land*.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 28 di 43

Tabella 5 - Parametri per coefficiente di deflusso

Fid [GIS]	Bacino	Gruppo suolo	Pendenza % media	Uso del suolo	Coeff. di deflusso
1	attraversamento 1	D	11.10	Cultivated land	0.41
2	attraversamento 2	D	10.19	Cultivated land	0.41
3	piazzola 4	D	6.32	Cultivated land	0.41
4	attraversamento 5	D	6.14	Cultivated land	0.41
5	piazzola 3	D	12.25	Cultivated land	0.41
8	piazzola 6	D	19.43	Cultivated land	0.41
9	attraversamento 6	D	17.38	Cultivated land	0.41
10	strada 6 nord	D	16.79	Cultivated land	0.41
11	strada 6 sud	D	10.98	Cultivated land	0.41
12	piazzola e strada 7	D	6.23	Cultivated land	0.41
13	attraversamento 7 e strada piazzola 8 est	D	11.51	Cultivated land	0.41
14	piazzola 8	D	12.88	Cultivated land	0.41
15	strada piazzola 8	D	4.85	Cultivated land	0.29
16	attraversamento 9	D	9.48	Cultivated land	0.41
19	attraversamento 10	D	5.60	Cultivated land	0.29
20	piazzola 11	D	6.77	Cultivated land	0.41
21	accesso arogen 11	D	6.49	Cultivated land	0.41
23	strada piazzola 12	D	6.23	Cultivated land	0.41
24	piazzola 13	D	5.99	Cultivated land	0.29
25	attraversamento 16	D	5.83	Cultivated land	0.29
26	piazzola 14/attraversamento 15	D	4.72	Cultivated land	0.29
28	attraversamento 18	D	5.33	Cultivated land	0.29
29	piazzola 15	D	4.77	Cultivated land	0.29
30	attraversamento 8	D	10.48	Cultivated land	0.41
31	attraversamento 13	D	5.71	Cultivated land	0.29
32	piazzola 5	D	9.41	Cultivated land	0.41
33	strada 5	D	22.52	Cultivated land	0.41

SI fa riferimento per tali valori alla Tabella 3 ed in particolare, ad eventi con tempo di ritorno pari a 25 anni o superiore.

A favore di sicurezza si adotterà comunque per tutte le zone, in relazione anche ai valori particolarmente bassi di durata critica e quindi alla intensità elevata degli event di pioggia corrispondenti descritti la paragrafo successivo, un valore di Coefficiente di deflusso minimo pari a:

$$\Psi = 0.45$$

6.3 Precipitazioni intense

AREN Electric Power S.p.A.

Sede legale: Via dell'Arrigoni n. 308 - 47522 Cesena (FC), Italia

Ph. +39 0547 415245 - email: areenergia@legalmail.it

Codice Fiscale, P. IVA e numero di iscrizione al Registro delle Imprese di Forlì - CesenaPart. Iva 03803880404



Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 29 di 43

Per la determinazione dell'intensità di pioggia per tempo di ritorno, sono stati usati gli annali idrologici della Regione Puglia, Sezione Protezione Civile del centro funzionale decentrato di Troia.

Tale stazione è localizzata sul tetto del Circolo Didattico Scuole Elementari Statali Troia alle coordinate latitudine 41° 21' 44,5"; longitudine 15° 18' 35,6" E.

I dati riguardano la massima intensità di pioggia in mm per 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per una serie che parte indicativamente dagli anni 50 fino al 2020.

I valori estremi di assegnata probabilità (e quindi tempo di ritorno) sono desunti applicando alla serie dati storici la distribuzione di Gumbel, o distribuzione del valore estremo di primo tipo. In questa particolare distribuzione statistica, l'insieme dei valori x assunti da una generica grandezza idrologica può essere considerato una variabile casuale X la cui popolazione è costituita dall'insieme di tutti i valori che la x ha assunto per il passato o potrà assumere in futuro. La serie statistica costituita dagli n valori $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ assunti dalla x in una determinata stazione di misura, può essere considerato come un campione di dimensione n tratto a caso dalla popolazione della X .

Ci si propone quindi di risalire dalla composizione nota del campione a quella incognita della popolazione, tenendo però bene in conto che, per difetto di campionatura, la composizione del primo può scostarsi, più o meno, da quella della seconda. All'interno di una generica variabile casuale Z , definita variabile originaria, si considera un campione di dimensione k di osservazioni tratte a caso dalla popolazione della z e si assume come variabile il massimo valore $x = z_k$ assunto da z fra le osservazioni del campione. Posto che dalla popolazione della z possono pensarsi tratti infiniti campioni di dimensione k e posto che z_k assume di volta in volta valori diversi, alla distribuzione della variabile originaria z si può associare quella del valore massimo in un campione di dimensione k .

Ciò premesso, la funzione di ripartizione $\Phi(x)$ del massimo valore $x = z_k$, raggiunto dalla variabile originaria z in un campione di dimensione k , misura la probabilità che x risulti inferiore o al più eguale a un assegnato valore. Se fosse nota la funzione di ripartizione $\Phi(z)$ della z , $\Phi(x)$, in base al quinto assioma del calcolo delle probabilità, sarebbe definito a mezzo della relazione:

$$\Phi(x = z_k) = [\Phi(z)]^k$$

se le k osservazioni che costituiscono il campione sono indipendenti una dall'altra.

In effetti la $\Phi(z)$ raramente è nota. Quando però si considerino campioni di grande dimensione, sicché i valori massimi z_k risultano spostati nel campo dei valori più grandi della x , ai fini applicativi è sufficiente conoscere l'andamento della $\Phi(z)$ in prossimità dei valori massimi e dedurre da questo l'andamento assunto dalla $\Phi(x)$ per diversi valori di k , in particolare esaminando se essa tende a una forma asintotica al crescere di k all'infinito.

Nel campo dell'idrologia la $\Phi(z)$ risulta generalmente di tipo esponenziale. Sia ϵ il valore di z che ci si deve attendere che venga superato una volta su k (estremo atteso), per cui:

$$k[1 - \Phi(z = \epsilon)] = 1$$

considerando il parametro $\alpha = k\Phi(z = \epsilon)$ che misura la rapidità con cui ϵ varia al variare di k (intensità di funzione) e sviluppando in serie di Taylor la funzione $\Phi(z)$ in prossimità di ϵ si può dimostrare che per grandi valori di z ,

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 30 di 43

quale che sia $\Phi(z)$, risulta:

$$\Phi(z) = 1 - \frac{1}{k} e^{-\alpha(x-\varepsilon)}$$

$$\Phi(x) = \left[1 - \frac{1}{k} \cdot e^{-\alpha(x-\varepsilon)} \right]^k$$

che tende, per k tendente ad infinito, alla funzione asintotica:

$$\Phi(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}}$$

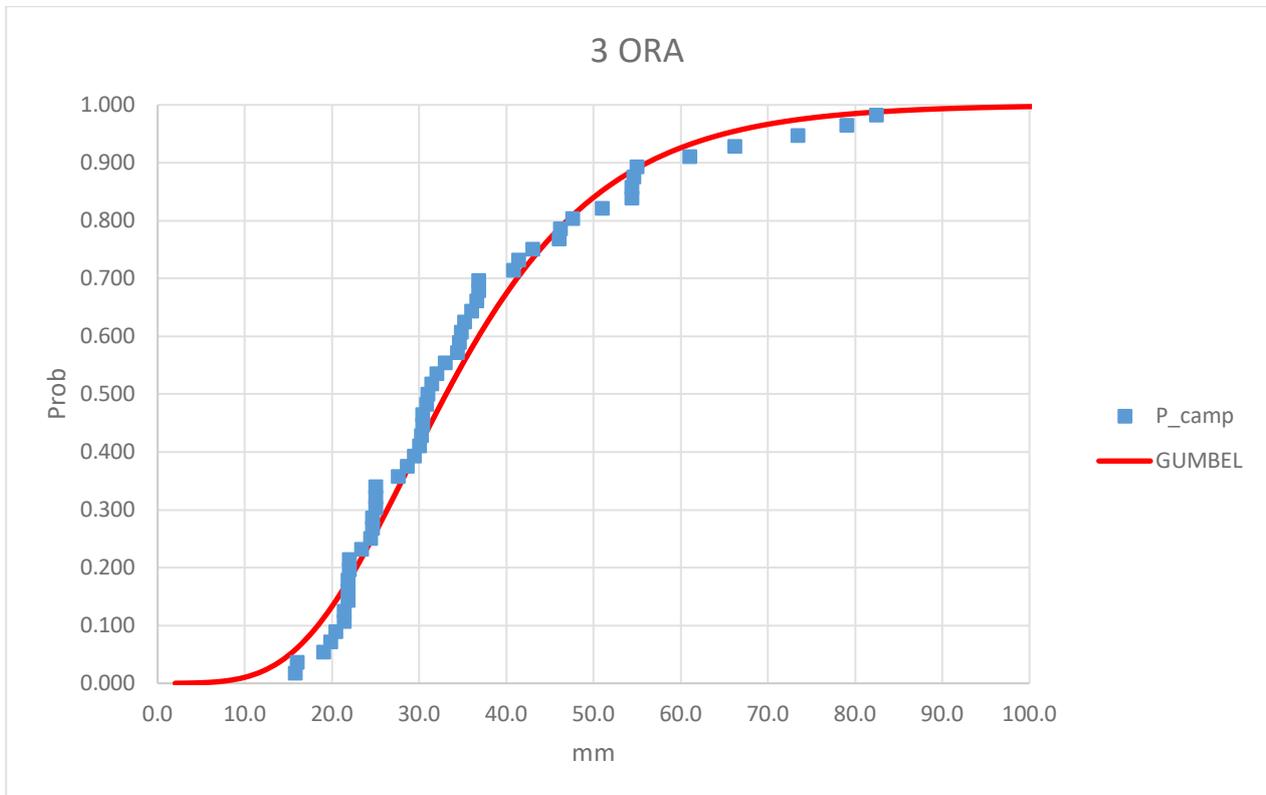
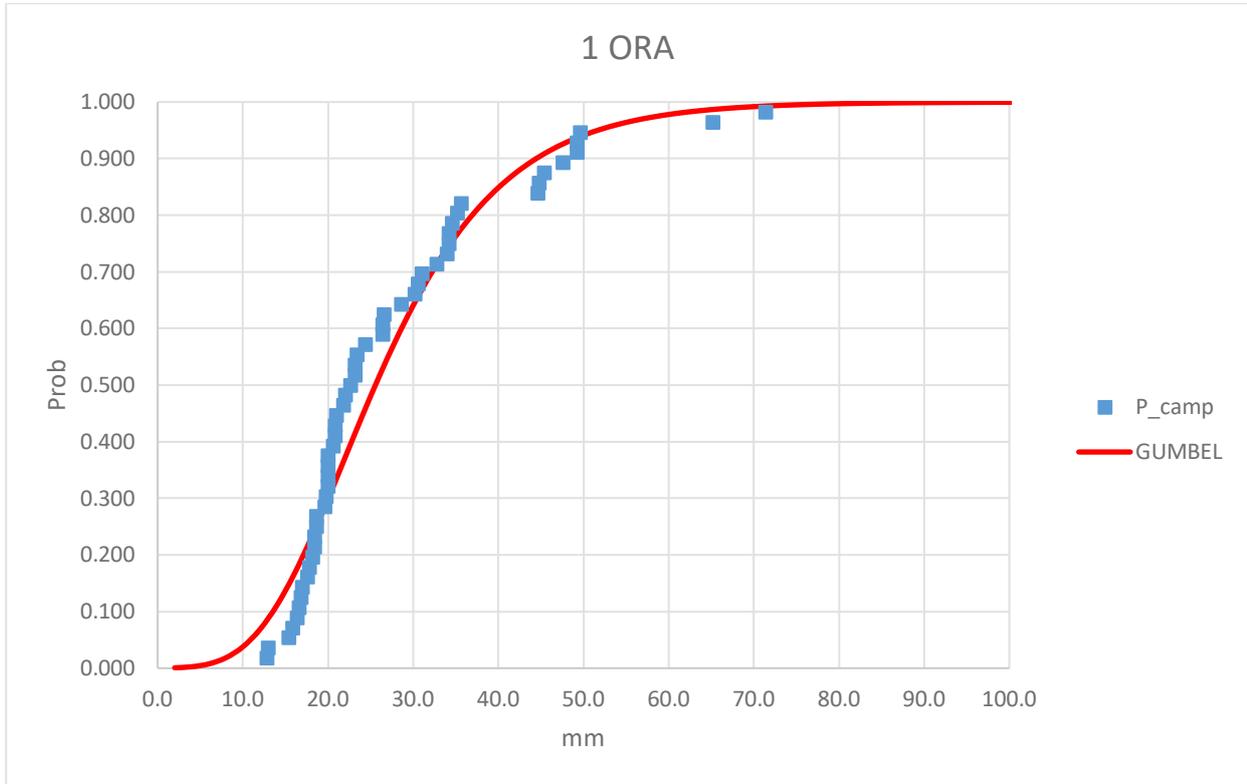
che viene perciò definita legge asintotica del massimo valore, o legge doppio esponenziale o **legge di Gumbel**.

I parametri ε e α sono legati alla media η e allo scarto quadratico medio σ della x dalle relazioni:

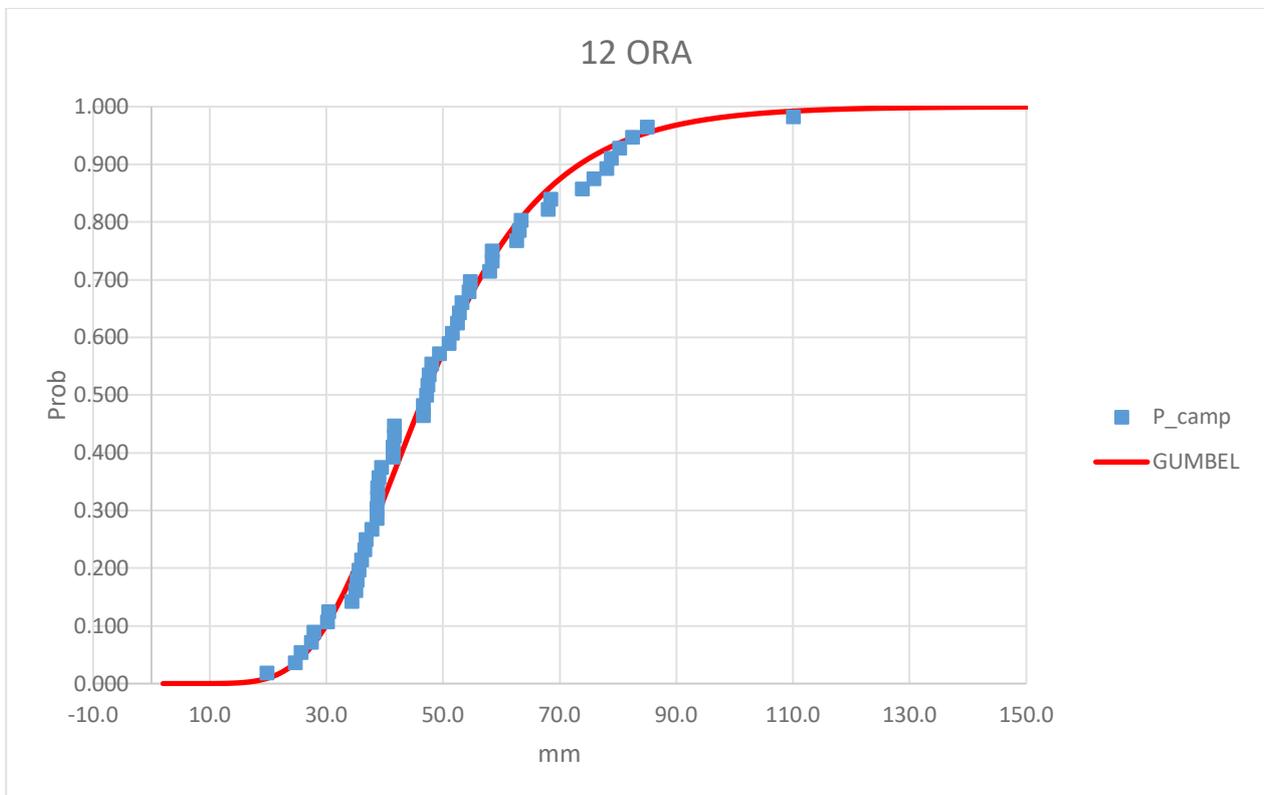
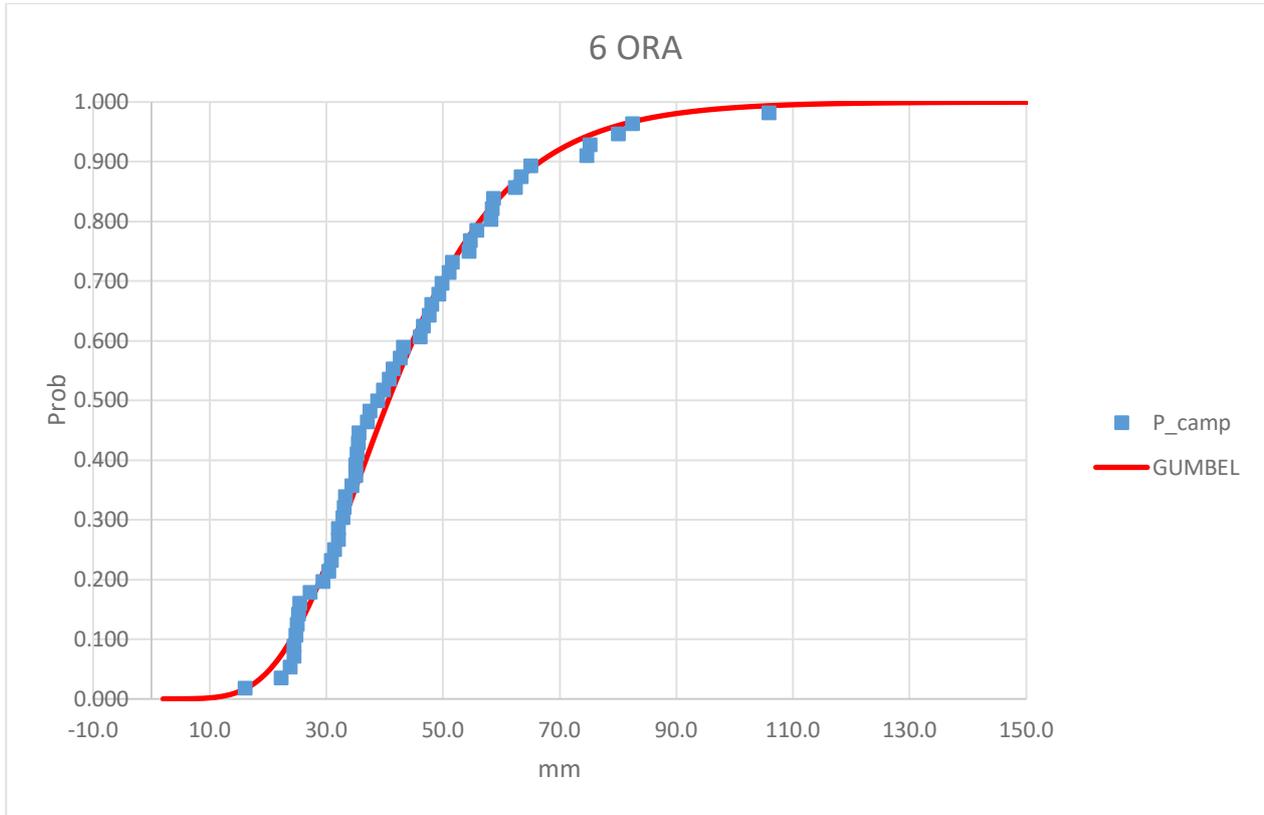
$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma = \frac{\sigma}{1,28255}$$

Come possiamo vedere dai seguenti grafici, i quali mostrano in blu la probabilità campionaria del dataset e in rosso, la linea della distribuzione di Gumbel, essa approssima ragionevolmente bene il campione specie nella coda a basa probabilità, di maggiore interesse operativo.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
	Relazione idrologica e idraulica	Data: 21/04/2022
		Revisione: 00
		Pagina: 31 di 43



Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 32 di 43



Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 33 di 43

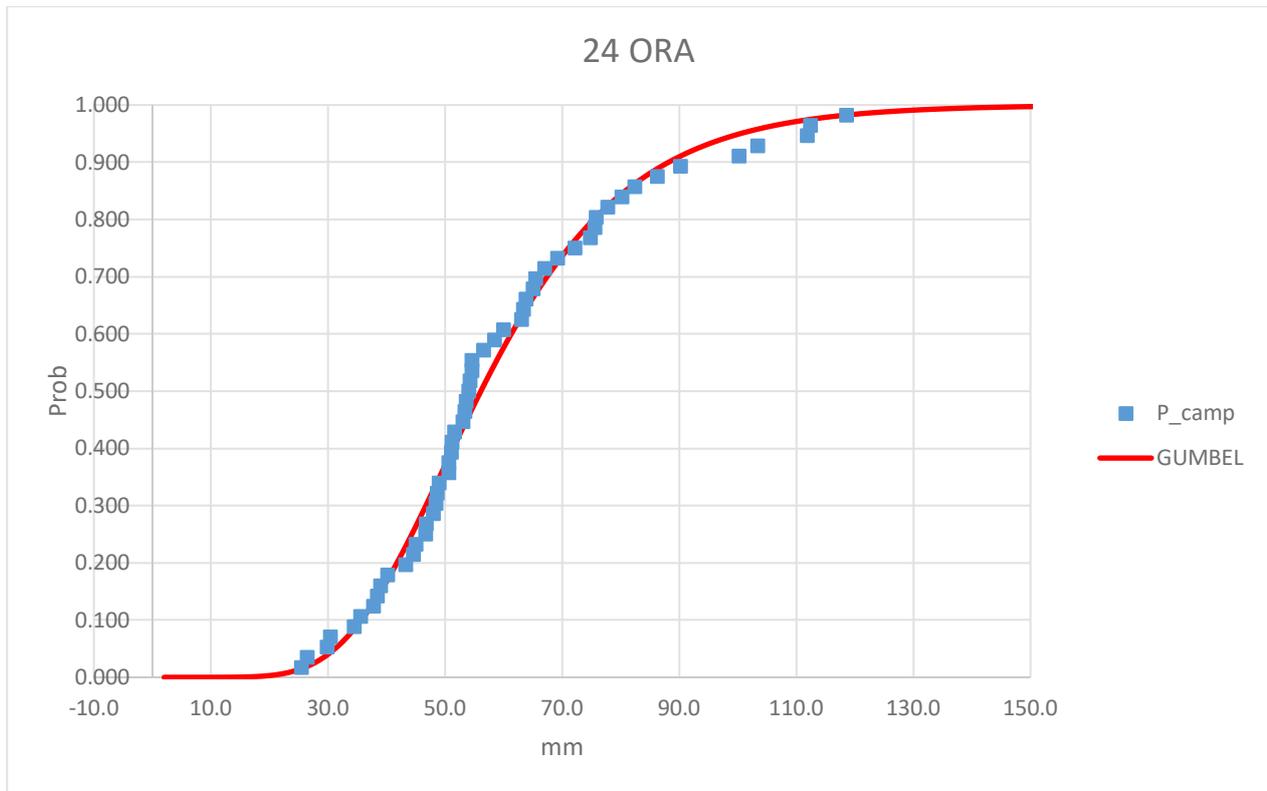


Figura 22 – distribuzioni di Gumbel per le diverse durate di pioggia

Si può dunque stimare l'altezza di pioggia "h" per tempo di ritorno ben definiti, secondo la formulazione:

$$h = u + \alpha \left(- \ln \left(\ln \left(\frac{TR}{TR - 1} \right) \right) \right)$$

I risultati sono riassunti per diverse durate e tempi di ritorno nelle tabelle seguenti

Tabella 6 - Statistiche dei dati per 1/3/6/12/24

	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
media	27.7	35.7	43.5	49.8	59.7
dev.st	12.85	15.71	17.74	18.09	21.83
alfa_gumbel	10.0197	12.2504	13.8317	14.1081	17.0205
u_gumbel	21.8892	28.5943	35.5361	41.6638	49.8737

Tabella 7 - Altezza di pioggia per determinato tempo di ritorno

T	mm(T)
---	-------

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 34 di 43

	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
5	36.92	46.97	56.28	62.83	75.40
10	44.44	56.16	66.66	73.41	88.18
20	51.65	64.98	76.62	83.57	100.43
30	55.80	70.05	82.35	89.41	107.48
50	60.99	76.39	89.51	96.71	116.29
100	67.98	84.95	99.16	106.56	128.17
200	74.95	93.47	108.79	116.38	140.01
500	84.15	104.71	121.48	129.33	155.63

6.4 Tempo di corrivazione e metodo razionale

Il tempo di corrivazione “ T_c ” di un bacino è il tempo necessario perché il bacino sia integralmente contribuente, ovvero il tempo impiegato da una singola particella d'acqua piovuta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura.

Nella seguente tabella vengono presentate diverse 20 formule di letteratura utilizzate per il calcolo, non essendovi un approccio univo co genericamente consigliabile e valido su per una vasta serie di contesti differenti.

#	Nome	Formula	Note
1	Basso (Eslamian and Mehrabi, 2005)	$T_c = 0.957L^{1.155} H_m^{-0.385}$	N/A
2	Bransby Williams (ASDOT, 1995)	$T_c = 0.605 L(100S)^{-0.2} A^{-0.1}$	Specially recommended to rural basins
3	California Culverts Practice (CDH, 1960)	$T_c = 0.95L^{1.155} H^{-0.385}$	Data of small mountain basins in the USA
4	Carter (1961)	$T_c = 0.0977 L^{0.6} S^{-0.2}$	Data of an urban basin in the USA ($A < 20.72 \text{ km}^2$) and ($S < 0.005$)
5	Chow (1988)	$T_c = 0.1602L^{0.64} S^{-0.32}$	Data of 20 rural basins in the USA ($0.01-18.5 \text{ km}^2$) and ($0.0051 < S < 0.09$)
6	Corps of Engineers (Linsley et al, 1977)	$T_c = 0.191L^{0.76} S^{-0.19}$	Data of 25 rural basins in the USA ($A \leq 12 \text{ km}^2$)
7	Dooge (1973)	$T_c = 0.365A^{0.41} S^{-0.17}$	Data of 10 rural basins in Ireland ($145 - 948 \text{ km}^2$)
8	Epsey (Hotchkiss and McCallum, 1995)	$T_c = 6.89L^{0.36} S^{-0.18}$	Data of 11 rural basins in the USA

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 35 di 43

9	Flavell (1983)	$T_c = 2.31 A^{0.54}$	Obtained from observed times of hydrograph rise on basins in the southwest of Western Australia
10	Giandotti (1934)	$T_c = (4\sqrt{A} + 1.5L) / (0.8\sqrt{H_m})$	Data of basins in central and northern Italy (170-70000 km2)
11	Johnstone and Cross (1949)	$T_c = 0.4623 L^{0.5} S^{-0.25}$	Data of 19 rural basins in the USA (64.8 – 4206.1 km2)
12	Kirpich-Tennessee (Kirpich, 1940)	$T_c = 0.0653 L^{0.77} S^{-0.385}$	Data of small watersheds in Tennessee and Pennsylvania (0.004 – 0.453 km2) and (0.03<S<0.1)
13	Kirpich-Pennsylvania (Kirpich, 1940)	$T_c = 0.01104 L^{0.77} S^{-0.5}$	Data of small watersheds in Tennessee and Pennsylvania (0.004 – 0.453 km2) and (0.03<S<0.1)
14	Pasini (1914)	$T_c = 0.108 A^{0.332} L^{0.332} S^{-0.5}$	Data of rural basins in Italy
15	Pickering (Mata-Lima et al. 2007)	$T_c = 0.9482 L^{1.155} H^{-0.385}$	Equivalent to Kirpich's
16	Picking (Silveira 2005)	$T_c = 0.0883 L^{0.667} S^{-0.332}$	Data of rural basins
17	Pilgrim and Mac Dermott (1982)	$T_c = 0.76 A^{0.38}$	Developed from 96 basins in eastern New South Wales
18	Sheridan (1994)	$T_c = 2.20L^{0.92}$	nine flatland watersheds located in Georgia and Florida and ranging in size from 2.62 to 334.34 km2
19	Temez (1987)	$T_c = 0.3 L^{0.76} S^{-0.19}$	Data of natural basins in Spain
20	Ventura (Mata-Lima et al., 2007)	$T_c = 4 A^{0.5} L^{0.5} H^{-0.5}$	Data of rural basins in Italy

In cui abbiamo A: area del bacino (km²); H: differenza di quota del canale (m); H_m: quota media del bacino (m); L: lunghezza del percorso di scorrimento (km); S: pendenza del percorso di scorrimento (m/m).

Applicando le formule indicate ed isolando la media dei valori ricadenti tra il 5 ed il 95% dei risultati, si ottiene la stima finale riportata nella tabella seguente, per i punti di interferenza descritti nei paragrafi successivi.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 36 di 43

Tabella 8 - Tempi di corrivazione

interferenza	Aerogeneratore	area [km2]	Lunghezza Asta [Km]	Tc [ore]
attraversamento 1	1	0.21	0.90	0.49
attraversamento 2	2	0.25	1.08	0.55
piazzola 4	4	0.03	0.26	0.24
attraversamento 5	4	0.02	0.33	0.22
piazzola 3	3	2.07	2.12	1.10
piazzola 6	6	0.00	0.07	0.07
attraversamento 6	6	0.02	0.26	0.17
strada 6 nord	6	0.04	0.45	0.25
piazzola e strada 7	7	0.05	0.38	0.35
attraversamento 7 e strada piazzola 8 est	8	0.13	0.64	0.33
piazzola 8	8	0.00	0.13	0.33
strada piazzola 8	8	0.01	0.32	0.28
attraversamento 9	9	0.12	0.32	0.26
attraversamento 10	11	0.43	1.76	0.92
piazzola 11	11	0.01	0.14	0.16
accesso aerogen 11	11	0.5	1.64	0.90
strada piazzola 12	12	0.02	0.17	0.19
piazzola 13	13	0.02	0.20	0.21
attraversamento 16	14	0.87	3.65	1.58
piazzola 14/attraversamento 15	14	0.75	2.04	0.95
attraversamento 18	15	1.87	2.60	1.23
piazzola 15	15	0.03	0.28	0.29
attraversamento 8	9	0.09	0.49	0.32
attraversamento 13	10	0.76	2.10	0.99
piazzola 5	5	0.04	0.63	0.34
strada 5	5	0.03	0.59	0.27

Come vediamo dalla tabella appena presentata, abbiamo tempi di corrivazione generalmente al di sotto dell'ora salvo alcuni bacini di maggior dimensioni con tempi comunque di poco superiori.

6.5 Metodo razionale

Per il calcolo della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno è stato usato il metodo razionale o cinematico, ben noto ed utilizzato per il dimensionamento odi opere di drenaggio.

Questo metodo si basa su tre assunti fondamentali:

- Piogge di tempo di ritorno T generano portate di picco di identico tempo di ritorno T;
- A parità di tempo di ritorno T, la portata al colmo maggiore è quella determinata dall'evento di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione Tc;
- La portata al colmo Q determinata da una pioggia di intensità costante e durante Tc è proporzionale al

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 37 di 43

prodotto dell'intensità della pioggia ragguagliata all'area e dell'area del bacino A, attraverso un coefficiente φ che comprende l'effetto delle perdite per infiltrazione.

Ne deriva la seguente formulazione

$$Q = \frac{\varphi \cdot h'_{Tc} \cdot A}{3.6 \cdot Tc}$$

Di seguito viene riportato il risultato ottenuto, sottoforma tabellare, relativo ai punti di interferenza descritti nei paragrafi successivi

Tabella 9 - Portate di picco per assegnato tempo di ritorno [mc/s]

Interferenza /portata [mc/s]	Aerogen.	Aerogen.					TR10	TR20
		TR5	TR10	TR20	TR30	TR50	0	0
attraversamento 1	1	1.49	1.80	2.09	2.26	2.47	2.75	3.03
attraversamento 2	2	1.67	2.01	2.34	2.53	2.76	3.08	3.39
piazzola 4	4	0.28	0.34	0.39	0.43	0.46	0.52	0.57
attraversamento 5	4	0.24	0.29	0.34	0.37	0.40	0.45	0.49
piazzola 3	3	9.53	11.47	13.33	14.40	15.74	17.54	19.34
piazzola 6	6	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09
attraversamento 6	6	0.25	0.30	0.35	0.38	0.42	0.46	0.51
strada 6 nord	6	0.40	0.48	0.55	0.60	0.65	0.73	0.80
strada 6 sud	7	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.21
piazzola e strada 7	8	0.43	0.52	0.60	0.65	0.71	0.79	0.87
attraversamento 7 e strada piazzola 8 est	8	1.09	1.31	1.52	1.64	1.79	2.00	2.20
piazzola 8	8	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07
strada piazzola 8	9	0.12	0.15	0.17	0.18	0.20	0.22	0.25
attraversamento 9	11	1.21	1.46	1.69	1.83	2.00	2.23	2.45
attraversamento 10	11	2.15	2.58	3.00	3.24	3.55	3.95	4.36
piazzola 11	12	0.13	0.15	0.18	0.19	0.21	0.23	0.26
accesso arogen 11	11	2.57	3.09	3.59	3.88	4.24	4.73	5.21
strada piazzola 12	13	0.21	0.25	0.29	0.31	0.34	0.38	0.42
piazzola 13	14	0.19	0.23	0.27	0.29	0.32	0.35	0.39
attraversamento 16	14	3.33	4.01	4.66	5.03	5.50	6.13	6.76
piazzola 14/attraversamento 15	15	3.74	4.50	5.23	5.65	6.17	6.88	7.59
attraversamento 18	15	8.12	9.78	11.37	12.28	13.42	14.96	16.49
piazzola 15	9	0.26	0.31	0.36	0.39	0.43	0.48	0.53
attraversamento 8	10	0.79	0.95	1.11	1.20	1.31	1.46	1.61
attraversamento 13	5	3.71	4.46	5.19	5.61	6.13	6.83	7.53
piazzola 5	5	0.32	0.39	0.45	0.49	0.54	0.60	0.66
strada 5		0.30	0.36	0.42	0.46	0.50	0.56	0.61

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 38 di 43

Per la soluzione delle interferenze idrauliche ed il dimensionamento delle relative opere idrauliche si possono utilizzare i risultati per tempo di ritorno 30 anni, ragionevolmente cautelativi considerando che tutte le opere si collocano ben al di fuori di contesti urbanizzati, all'interno di aree adibite sostanzialmente alla pratica agricola.

7 Impatto idraulico delle opere

7.1 Locale utente

Il locale utente, localizzato sulla strada in Progetto per l'accesso all'aerogeneratore 10, si colloca all'interno di un sottobacino di deflusso naturale che, partendo dalla piazzola aerogeneratore 12, continua verso est oltre la strada appena indicata.

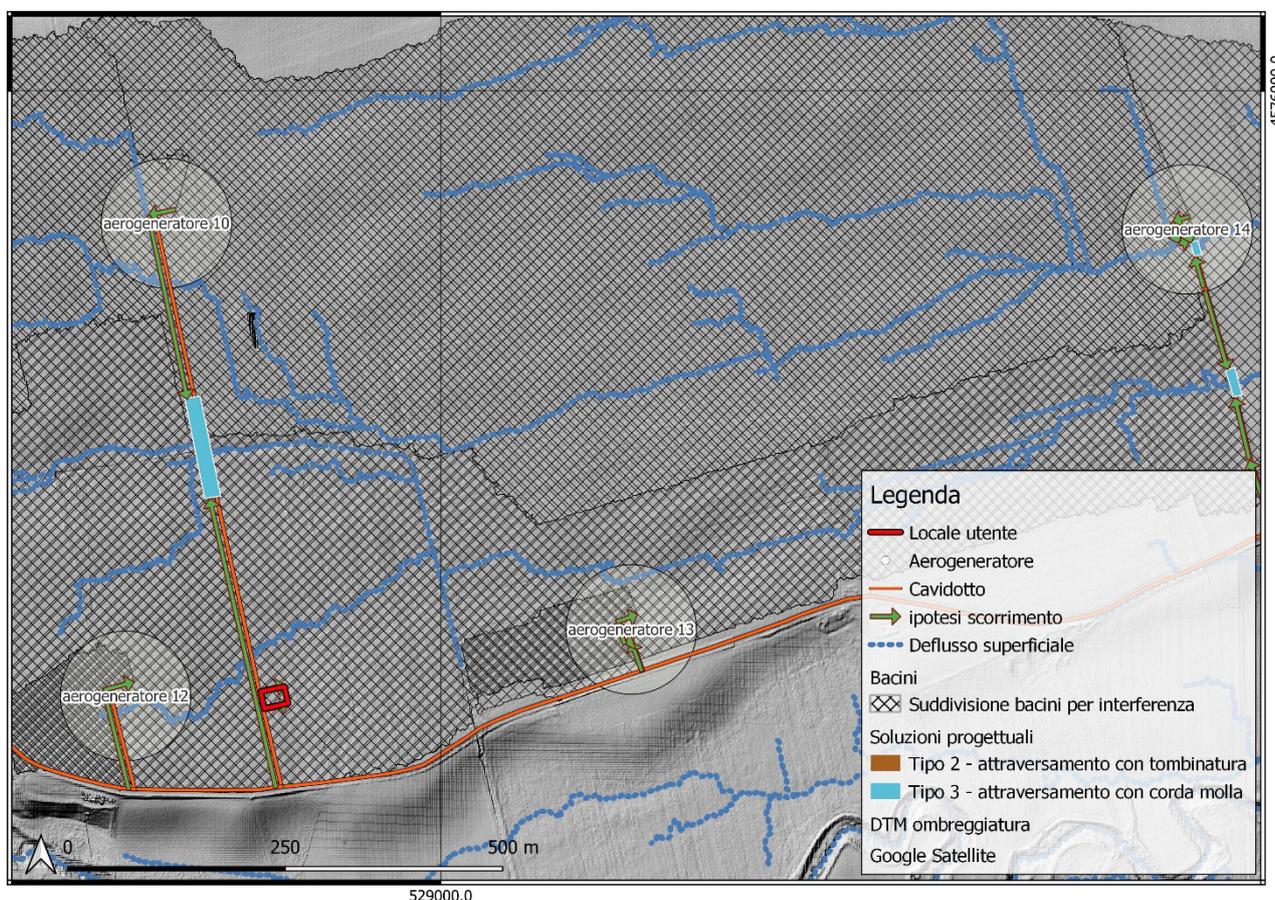


Figura 23 - locale utente

La piazzola risulta posizionata in una zona marginale del sottobacino, che naturalmente permetterebbe il deflusso superficiale verso est. Per tale elemento si ritiene più che adeguata la semplice previsione di canalette di scolo perimetrali, in modo da evitare eventuali fenomeni di ristagno localizzato.

Si ricorda peraltro che la strada di accesso alla piazzola del locale utente sarà dotata di canaletta di guardia per la regimazione dei deflussi in arrivo secondo le tipologie di seguito descritte.

Il locale utente risulta pertanto privo di criticità idrauliche di rilievo.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 39 di 43

7.2 Deflusso superficiale, interferenze e schemi tipologici di soluzione

In questo paragrafo si andranno ad esaminare puntualmente le interferenze possibili con il sistema di drenaggio superficiale legate al Progetto, essenzialmente piazzole e strade.

Partendo dai risultati delle analisi morfologiche ed idrologiche precedentemente descritte, e dopo confronto tecnico con la squadra di progettazione, si sono identificate le seguenti tipologie di interferenza:

“piazzola”: limitata al sedime delle piazzole degli aerogeneratori, da presidiare con canalette di guardia perimetrali per permette ai deflussi in arrivo di aggirare l’area senza dilavarla

“strada”: relativa al tracciato stradale per il quale si deve sia poter drenare normalmente il tracciato con le usuali canalette di guardia, sia, se collocato trasversalmente alle linee di drenaggio naturali, poter intercettare anche gli ulteriori deflussi in arrivo.

“attraversamento”: questo tipo di interferenza è legata solitamente alla precedente, quando il tracciato si colloca trasversalmente alle linee di drenaggio naturali, in particolare in presenza di impluvi, è opportuno prevedere che le acque in arrivo da monte possano concentrarsi a ridosso di uno più segmenti stradali, in tal caso si intende permettere l’attraversare della strada da parte dei deflussi ed il mantenimento dello scolo verso valle.

Per quanto riguarda il cavidotto interrato l’unica interferenza di rilievo è quella già evidenziata in attraversamento dell’affluente del Sannoro, per la quale, qualora venga individuata la tipologia area (in aggancio a manufatti esistenti) l’unica indicazione a questo livello di progettazione riguarda la non ostruzione della sezione idraulica libera e la protezione della tubazione (ad esempio con carter o contro tubo). Qualora si opti per l’attraversamento interrato con tecnologie di scavo a cielo aperto è opportuno prevedere una protezione antierosiva dello scavo ritombato (ad esempio con pietrame di opportuna pezzatura). Ulteriori prescrizioni quali sezioni tipologiche e profondità minime potranno essere dettate dalla autorità idraulica competente.

Va infine evidenziato come per le opere di progetto, una volta garantita la sostanziale permeabilità delle superfici e dei relativi spessori di sottofondo in condizioni post-operam, si possano considerare raggiunte accettabili condizioni di invarianza idraulica della trasformazione d’uso, senza cioè particolari aggravii dei deflussi generatisi rispetto alla configurazione ante operam.

Nelle tavole di dettaglio in allegato 1 sono riportati i singoli punti di interferenza con il sistema di drenaggio superficiale per cui sono stati sviluppati i calcoli presentati nel capitolo 6.

Nelle tavole si fa riferimento anche alle soluzioni tipologiche di seguito descritte per il superamento delle interferenze medesime.

Le soluzioni proposte rappresentano una indicazione da affinare con il proseguo della progettazione. Nella grande varietà di soluzioni progettuali possibili, che sconsigliano di definire in modo rigido soluzioni “tecnicamente conformi” si possono comunque individuare le seguenti tipologie.

Ciascuna soluzione è proposta accompagnata da un set di dimensionamenti standard al variare di alcuni parametri base, definito con La formula di Manning in condizioni di moto uniforme:

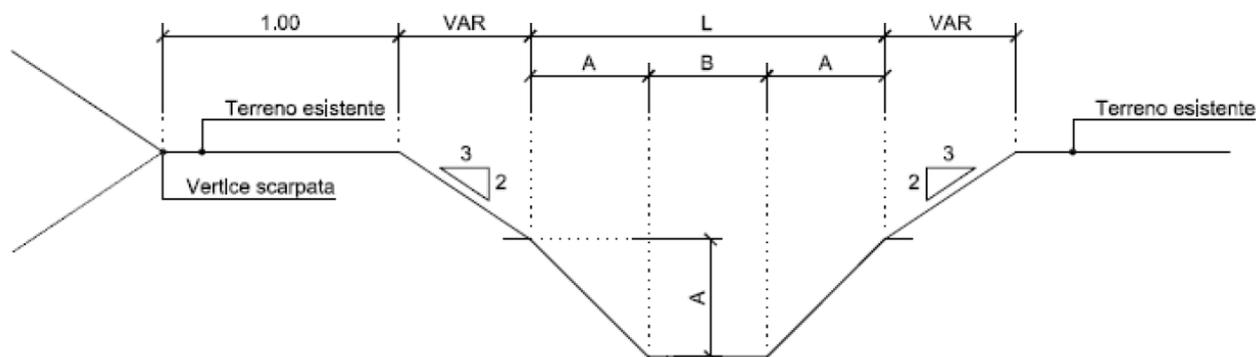
$$Q = V \cdot A = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} \cdot A$$

Ove:

A [m²] è l’area bagnata della sezione, R [m] il raggio idraulico, i [-] la pendenza del fondo e n [s m^{-1/3}] la scabrezza secondo Manning.

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 40 di 43

Soluzione tipologia 1 – canaletta di guardia perimetrale in terra



Questa soluzione tipologica può essere realizzata con sezione trapezia e geometrie convenzionali quali inclinazione delle sponde 1/1 e dimensioni pari ad una larghezza alla base B ed una altezza A minime di 0.50 m, al di sopra di tale valore il raccordo morfologico con il p.c. andrà realizzato con pendenze generalmente minori dell'ordine di 2/3 (da perfezionare eventualmente in base tipo ed alla granulometria di terreno).

Adottando lo schema di calcolo di moto uniforme una simile soluzione in terra inerbata (scabrezza n di Manning $0.33 \text{ s m}^{-1/3}$) è in grado di drenare nei primi 50 cm di profondità le seguenti portate variabili con pendenza longitudinale del tracciato. È del tutto superfluo, visto il contesto agricolo in cui si inseriscono le opere, prevedere un esplicito franco di sicurezza nel funzionamento di tale canaletta, potendosi a tale fine considerare sufficiente la predisposizione di una profondità minima accompagnata da un periodico controllo sullo stato (e l'eventuale interrimento). Il calcolo è proposto quindi anche pe profondità A maggiori.

	A=B=0.5	A= 0.75m B=0.5m	A=1 m b= 0.5 m
Pendenza %	Portata [mc/s]	Portata [mc/s]	Portata [mc/s]
0.1	0.2	0.4	0.8
0.3	0.3	0.75	1.4
0.5	0.4	1	1.9
1	0.6	1.4	2.6
1.5	0.8	1.7	3.2
2	.9	2	3.7
2.5	1	2.2	4.2
3	1.1	2.5	4.6
4	1.2	2.8	5.3
5	1.4	3.2	5.9

Soluzione tipologia 2 – attraversamento con tombinatura

Quest soluzione può essere applicata singolarmente o in abbinamento alla successiva, in base alla presenza di un effettivo asse di drenaggio (fosso di guardia on canale) piuttosto che di un semplice impluvio (avvallamento nel terreno), in base alle portate attese ed alla disponibilità in altezza per non interferire con le quote del piano stradale.

È ragionevole in tal senso prendere la soluzione come esclusiva in caso di basse portate di drenaggio e in

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 41 di 43

abbinamento alla successiva per i deflussi più consistenti.

A tal fine è proposto di seguito il calcolo per sezione circolare standard in cls (scabrezza n di Manning 0.14 s m^{1/3}) riempita all'80% alla variare di raggio e pendenza con un minimo funzionale di 500 mm di diametro.

Portata [mc/s]	Raggio [m]					
Pendenza %	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75
0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	1.1	2.0
0.3	0.2	0.3	0.6	1.2	1.9	3.4
0.5	0.2	0.4	0.8	1.5	2.5	4.4
1	0.3	0.5	1.2	2.1	3.5	6.3
1.5	0.4	0.7	1.4	2.6	4.2	7.7
2	0.5	0.8	1.7	3.0	4.9	8.9
2.5	0.5	0.9	1.9	3.4	5.5	9.9
3	0.6	0.9	2.0	3.7	6.0	10.9
4	0.7	1.1	2.4	4.3	6.9	12.6
5	0.8	1.2	2.6	4.8	7.8	14.1

Soluzione tipologia 3 – attraversamento a raso con *corda molla*

Quando le dimensioni dei manufatti di colettamento e drenaggio eccederebbero le geometrie disponibili ed i benefici conseguibili in termini di sicurezza idraulica delle opere è accettabile che in occasione di eventi eccezionali vi sia una temporanea sommersione.

Si è quindi identificata come soluzione ragionevole la predisposizione di strada a raso accettando che la stessa possa venire temporaneamente interessata da una battente idrico contenuto in caso di eventi estremi.

È comunque consigliabile, in presenza di un impluvio significativo o di un fosso di drenaggio esistente, preservarlo abbinando la soluzione 3 alla tipologia 2 precedente, ove quest'ultima permetta di scolare solo le portate più modeste inferiori a 0.5-1 mc/s per non eccedere con il diametro.

Adottando il medesimo schema di moto uniforme già visto in precedenza per le canalette ed un battente massimo ammissibile sulla strada di 10 cm si ottiene la seguente portata a smaltibile per metro di lunghezza della corda molla (scabrezza n di Manning 0.33 s m^{-1/3}), al variare della pendenza laterale della strada (con un minimo funzionale del 2 %).

Portata [mc/s/m]	Pendenza %
0.08	2
0.1	3
0.11	4
0.13	5

Elevando il battente ammissibile a 15 cm (adottando ad esempio materiale di fondo di pezzatura grossolana per resistere al dilavamento) le portate smaltibili aumentano come da tabella seguente:

Portata [mc/s/m]	Pendenza %
0.15	2
0.18	3

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico "Serraredine"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODG_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 42 di 43

0.21	4
0.24	5

Analogamente Elevando il battente ammissibile a 20 cm le portate smaltibili aumentano come da tabella seguente:

Portata [mc/s/m]	Pendenza %
0.23	2
0.28	3
0.33	4
0.37	5

Aren Electric Power Spa Impianto Eolico “Serraredine”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: TRODC_GENR00500_00
		Data: 21/04/2022
	Relazione idrologica e idraulica	Revisione: 00
		Pagina: 43 di 43

8 Conclusioni

La presente Relazione caratterizza dal punto di vista idrologico ed idraulico il progetto di un impianto eolico, costituito da 15 aerogeneratori, relative piazzole a viabilità di accesso /cavidotti di collegamento (il “Progetto”).

Il Progetto è stato inquadrato nei principali piani e programmi relativi alla protezione dal rischio idraulico e alla tutela del reticolo idraulico (PTCP, PUG, PAI_PGRA e regolamento regionale di gestione delle acque di prima pioggia) senza che si evidenzino profili di incompatibilità con le opere previste.

Sulla base delle informazioni topografiche ed idrologico- idrauliche ad alta risoluzione, esistenti ed acquisite *ad hoc*, è stata successivamente caratterizzata la riposta idrologica dei bacini afferenti alle opere del Progetto, con particolare riferimento alle interferenze di queste ultime con il deflusso superficiale (identificate nell’elaborato TRODC_S00T01700_00_Elaborati reti di drenaggio acque).

Per ciascuna di queste è proposta una soluzione tipologica tra tre preliminarmente identificate, per ciascuna delle quali è fornito il dimensionamento idraulico per taglie, a supporto della scelta di dettaglio in sede di progettazione più avanzata.

In generale le opere previste interagiscono marginalmente con il reticolo superficiale principale (e per tali interferenze sono state indicate le possibili soluzioni) mentre le interferenze identificate con la rete minuta di scolo superficiale possono essere agevolmente risolte garantendo così la piena compatibilità del Progetto con il buon regime delle acque.