

TITOLARE DEL DOCUMENTO:

## Aren Green S.r.l. Unipersonale

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: 04032170401

COMUNI DI BANZI, PALAZZO SAN GERVASIO (PZ)  
SPINAZZOLA (BT)  
LOCALITA' "PIANO MADAMA GIULIA

# PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI **IMPIANTO EOLICO** **"PIANO MADAMA GIULIA"**

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](http://www.aren-ep.com)

TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA:



TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

CODICE ELABORATO:

**PMGDC\_GENR00500\_00**

FORMATO:

**A4**

Nr. EL.:

**/**

FASE:

**PROGETTO  
DEFINITIVO**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	16/01/2023	L.Schiavone	E.Teodorani	S.Ulivi
01					
02					
03					
04					

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>2 di 72</b>

## Sommario

1	Premessa.....	4
2	Inquadramento generale e descrizione dell'intervento.....	6
2.1	Inquadramento geografico .....	6
2.2	Inquadramento geologico e idrogeologico e definizione vincolistica AdB .....	8
2.3	Elenco delle opere principali.....	11
2.4	Opere provvisoriale .....	11
2.5	Elenco tratti strada.....	11
2.6	Caratteristiche costruttive generali .....	13
2.7	Caratteristiche generali degli aerogeneratori.....	14
3	Metodologia operativa dello studio.....	15
4	Analisi morfologica e individuazione dei bacini idrografici.....	16
4.1	Modello Digitale del Terreno .....	17
4.2	Individuazione dei bacini idrografici e dei parametri caratteristici.....	17
4.3	Uso del suolo .....	20
5	Studio idrologico del bacino.....	21
5.1	Analisi regionale delle piogge in Basilicata.....	22
5.2	Curve di possibilità climatica.....	25
5.3	Valutazione delle portate di piena .....	27
5.4	Metodo Razionale .....	27
5.5	Metodo SCS - CN.....	32
5.6	Considerazioni finali sulle portate di piena.....	38
6	Analisi idraulica.....	38
6.1	Teoria del modello idraulico.....	38
6.2	Modello idraulico implementato.....	40
7	Definizione delle aree allagabili con tempi di ritorno di 200 anni.....	56
8	Definizione e risoluzione delle interferenze .....	59
8.1	Dimensionamenti di canalette e tombini – interferenze stradali.....	59
8.1.1	Dimensionamento del canale 1 verso l'aerogeneratore PG10 .....	60
8.1.2	Dimensionamento del canale 2 verso l'aerogeneratore PG8 .....	62
8.1.3	Dimensionamento del tombino 1 verso l'aerogeneratore PG10.....	63
8.1.4	Dimensionamento del tombino 2 verso l'aerogeneratore PG8 .....	64
8.1.5	Dimensionamento del tombino 3 verso l'aerogeneratore PG6 .....	65
8.1.6	Dimensionamento del tombino 4 verso l'aerogeneratore PG5 .....	66

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>3 di 72</b>

8.1.7	Realizzazione di sezione stradale drenante complanare al piano campagna di avvicinamento all'aerogeneratore PG3.....	67
8.2	Cavidotti.....	68
9	Conclusioni.....	69

<b>Aren Green Srl Impianto Eolico “PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>4 di 72</b>

## 1 Premessa

La presente Relazione si riferisce al Progetto Definitivo di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, denominato “Piano Madama Giulia”, e sito nei Comuni di Banzi, Palazzo San Gervasio e Spinazzola (nel seguito: il “Progetto”).

La società proponente è Aren Green S.r.l. Unipersonale, con sede in Via dell'Arrigoni 308 – 47522 Cesena (FC), P.IVA 04032170401 (nel seguito: il “Soggetto proponente”).

Il Soggetto proponente ha intrapreso l'iniziativa imprenditoriale di realizzare un impianto di produzione di energia elettrica mediante lo sfruttamento del vento, composto da n. 15 aerogeneratori mod. Siemens Gamesa SG 4.7 – 155, ciascuno della potenza di 4,7 MW, per una potenza di immissione complessiva dell'impianto eolico pari a 70,5 MW.

Gli aerogeneratori si trovano nei Comuni di Banzi (PZ), Palazzo San Gervasio (PZ) e Spinazzola (BT). Il tracciato del cavidotto di collegamento alla Stazione utente attraversa i medesimi Comuni. L'impianto sarà allacciato alla futura Stazione Elettrica Terna di Spinazzola, tramite connessione a 36 kV.

La presente relazione è finalizzata alla verifica della compatibilità idrologica ed idraulica delle opere da realizzare (aerogeneratori, piazzole e strade di accesso, cavidotti).

La presente relazione è stata redatta nel rispetto delle Norme di Attuazione (NA) del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) approvato con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità interregionale di Bacino della Basilicata (AdB) n. 13 del 4 ottobre 2013, attualmente in vigore (PAI- 2013) e del DPCM 29/09/1998 “Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del Decreto-Legge 11 giugno 1998, n. 180”.

Il PAI, finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica, perimetra le aree a pericolosità idraulica e le aree a pericolosità geomorfologica, definendone gli indirizzi di tutela.

Nel piano vengono distinte tre tipologie di aree a pericolosità idraulica:

Aree a pericolosità idraulica molto elevata: porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni

Aree a pericolosità idraulica elevata: porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni

Aree a pericolosità idraulica moderata: porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni

Le aree perimetrate come sopra sono soggette ad una serie di norme finalizzate alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici.

Dalla consultazione della cartografia dell'Autorità di Bacino della Basilicata risulta che i terreni oggetto di studio non sono interessati da aree perimetrate dall'AdB, alcune delle opere di progetto interferiscono con il reticolo idrografico ufficiale.

Preso atto del TITOLO III – PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI NA del P.A.I., è stato dato incarico allo scrivente dello studio idraulico dei corsi d'acqua che interessano la zona, al fine di verificare la compatibilità delle opere di progetto con i corsi d'acqua esistenti e, eventualmente, proporre le necessarie opere di regimentazione.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>5 di 72</b>

Lo studio è stato condotto al fine di valutare le effettive situazioni di rischio utilizzando i modelli e le analisi idrologiche idrauliche previste nelle linee guida contenute nella relazione di Piano del P.A.I.

Per raggiungere le finalità prefissate occorre impostare e realizzare analisi di larga scala che consentono di valutare e stimare i volumi pluviometrici che danno luogo a fenomeni di deflusso eccezionali, successivamente di simulare la propagazione di questi ultimi facendo riferimento ad analisi numeriche di propagazione altamente avanzate che richiedono l'utilizzo di software specialistici di primo livello.

A tal proposito, si è proceduto ad una analisi di dettaglio adottando domini modellistici con celle di dimensioni più contenute per evidenziare le differenze morfologiche che sono significative e potrebbero comportare la deviazione dei deflussi superficiali.

Infatti, soprattutto per le propagazioni in domini bidimensionali con morfologie poco accentuate, bastano differenze di quota di pochi centimetri per determinare deviazioni di deflussi da un lato piuttosto che dall'altro.

La complessità dello studio svolto ha dato luogo allo sviluppo di più fasi che vengono nel seguito elencate:

#### **Fase Preliminare**

---

indagine conoscitiva preliminare dell'area di esame;

verifica ed analisi dei reticoli idrografici;

delimitazione dei bacini idrografici;

individuazione preliminare delle principali criticità presenti sul territorio studiato;

acquisizione dei dati geometrici e topografici delle sezioni di interesse sull'area oggetto di studio;

individuazione della regione di calcolo.

#### **Analisi Idrologica**

---

applicazione della Metodologia Va.Pi.;

definizione delle curve di possibilità pluviometrica;

implementazione dei modelli afflussi-deflussi;

calcolo degli idrogrammi di piena nelle sezioni oggetto di studio.

#### **Analisi Idraulica**

---

implementazione del modello idraulico nel dominio di riferimento;

modellazione idraulica e valutazione delle grandezze idrodinamiche delle piene di riferimento;

descrizione dei risultati ottenuti.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>6 di 72</b>

## 2 Inquadramento generale e descrizione dell'intervento

### 2.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto degli interventi di progetto è ubicata, come già detto, tra i territori comunali di Banzi, Palazzo San Gervasio e Spinazzola, come meglio definibile dalla tabella di seguito.

WTG	Comune	Foglio
PG1	Spinazzola	84
PG2	Palazzo San Gervasio	6
PG3	Banzi	1
PG4	Banzi	1
PG5	Banzi	1
PG6	Banzi	1
PG7	Banzi	13
PG8	Banzi	8
PG9	Banzi	8
PG10	Banzi	14
PG11	Banzi	14
PG12	Banzi	14
PG13	Banzi	14
PG14	Spinazzola	14
PG15	Spinazzola	14

**Tabella 1:** Indicazione dei comuni di ubicazione degli aerogeneratori

La cartografia di riferimento è la seguente:

Carta Topografica d'Italia, scala 1: 25.000, tavoletta 176IISO – Montemilone, 188IVNO – Palazzo San Gervasio, 188IVSO – Genzano di Lucania, 188IVNE – Spinazzola, 188IVSE – Monte Serico;

CTR Regione Basilicata, scala 1: 5.000, sezione 435, 436, 452 e 453;

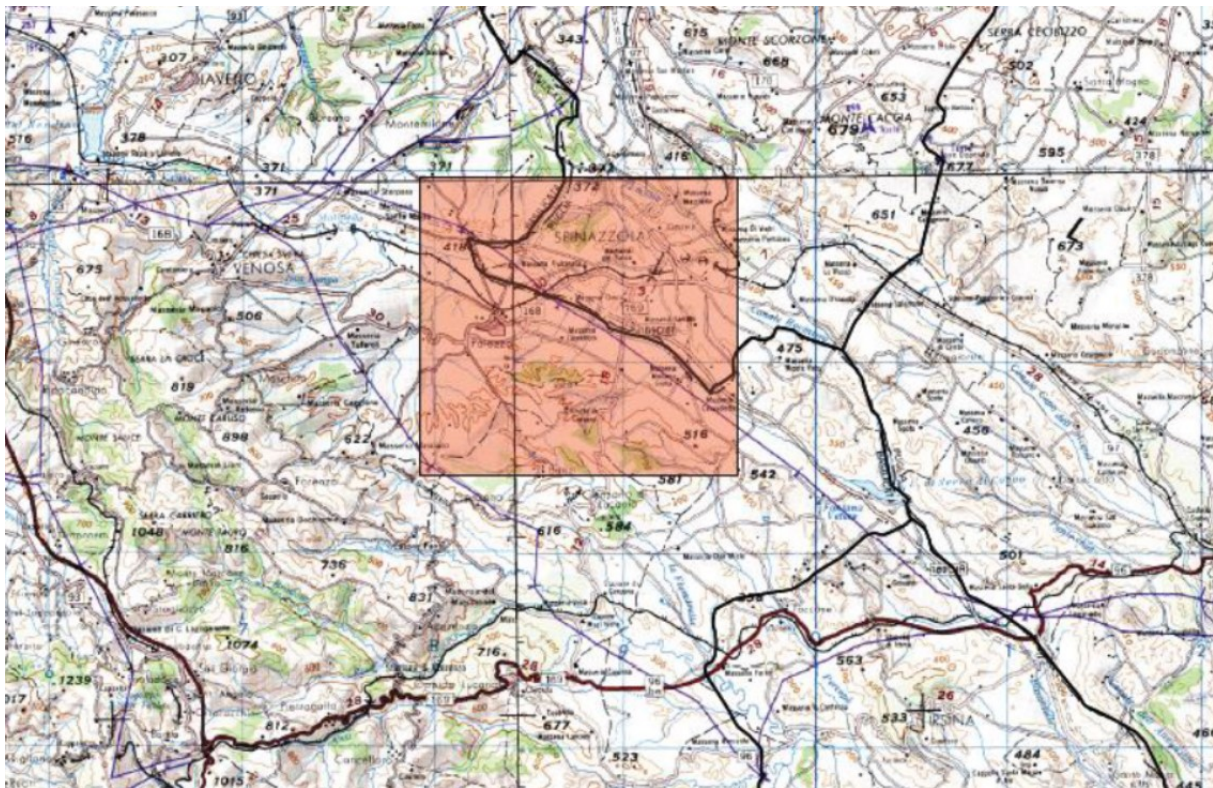
Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000, foglio 188 – Gravina in Puglia.

Gli aerogeneratori si possono ricomprendere, dal punto di vista della posizione, in due gruppi. Gli aerogeneratori del primo gruppo sono situati a circa 3 km a nord-est dal Comune di Palazzo San Gervasio e a circa 7 km a sud-ovest dal Comune di Spinazzola. Gli aerogeneratori del secondo gruppo sono situati a circa 7 km a sud dal Comune di Spinazzola. L'intera area è ad uso generalmente agricolo e di pascolo, con prevalenza di seminativi; sono presenti aree boscate, soprattutto in corrispondenza delle aste torrentizie, e qualche sparso insediamento umano.

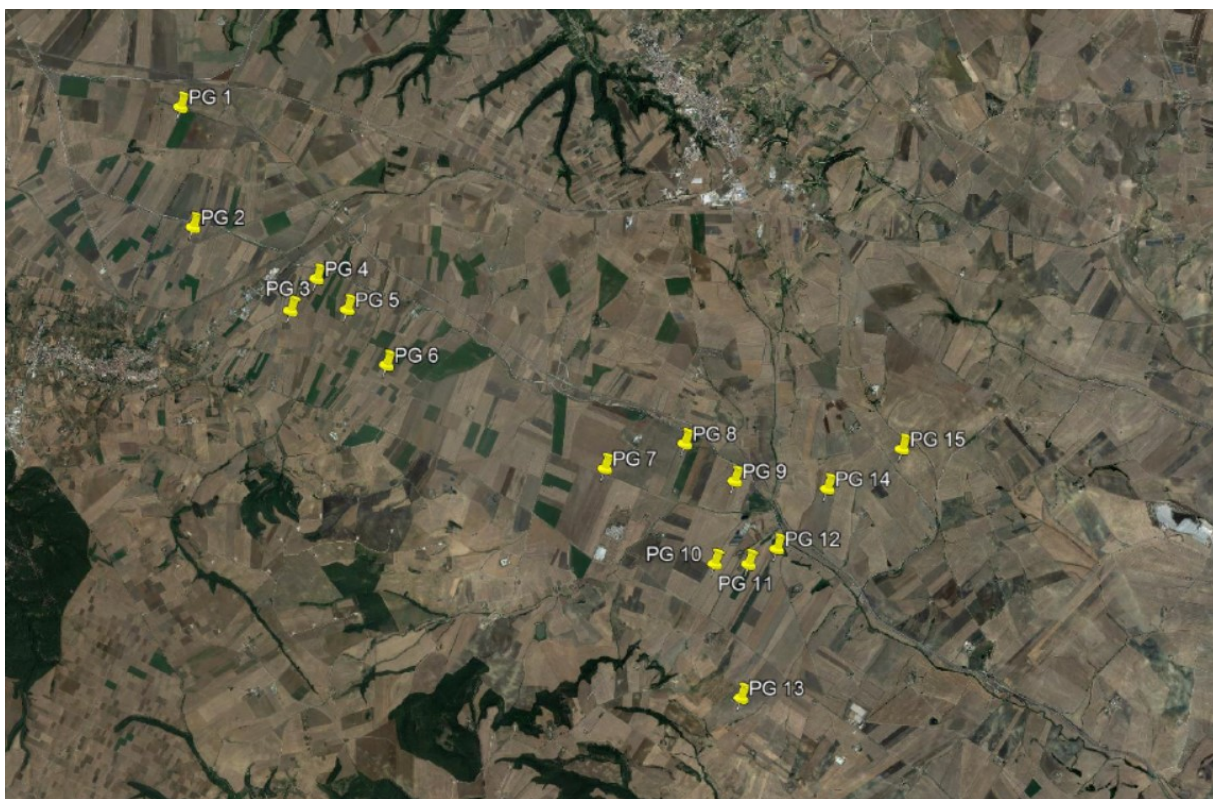
L'area fa parte di un territorio precollinare appartenente all'alto bacino del torrente Basentello, affluente del fiume Bradano, a un'altitudine compresa fra circa 350 e 450 m s.l.m.- Il posizionamento degli aerogeneratori è stato effettuato tenendo conto, principalmente, delle condizioni di ventosità dell'area. In particolare, si sono raccolti dati sulla direzione, sull'intensità, sulla durata e sulla continuità del vento. Si è poi tenuto conto della natura geologica del terreno, nonché del suo andamento piano-altimetrico.

In **Figura 1** e **Figura 2** è mostrato un inquadramento territoriale del progetto.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>7 di 72</b>



**Figura 1:** Inquadramento territoriale del progetto (1/2)



**Figura 2:** Inquadramento territoriale del progetto (2/2)

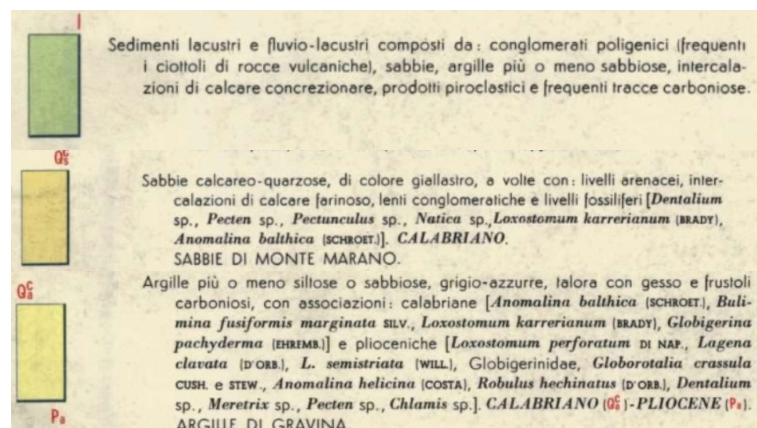
<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>8 di 72</b>

## 2.2 Inquadramento geologico e idrogeologico e definizione vincolistica AdB

Dal punto di vista cartografico il sito ricade, come già detto, nell’ambito del foglio 188 – Gravina in Puglia della Carta Geologica dell’Italia alla scala 1:100.000.



**Figura 3:** Stralcio su Carta Geologica scala 1:100.000 Foglio 188 “Gravina in Puglia”



**Figura 4:** Sezione geologica

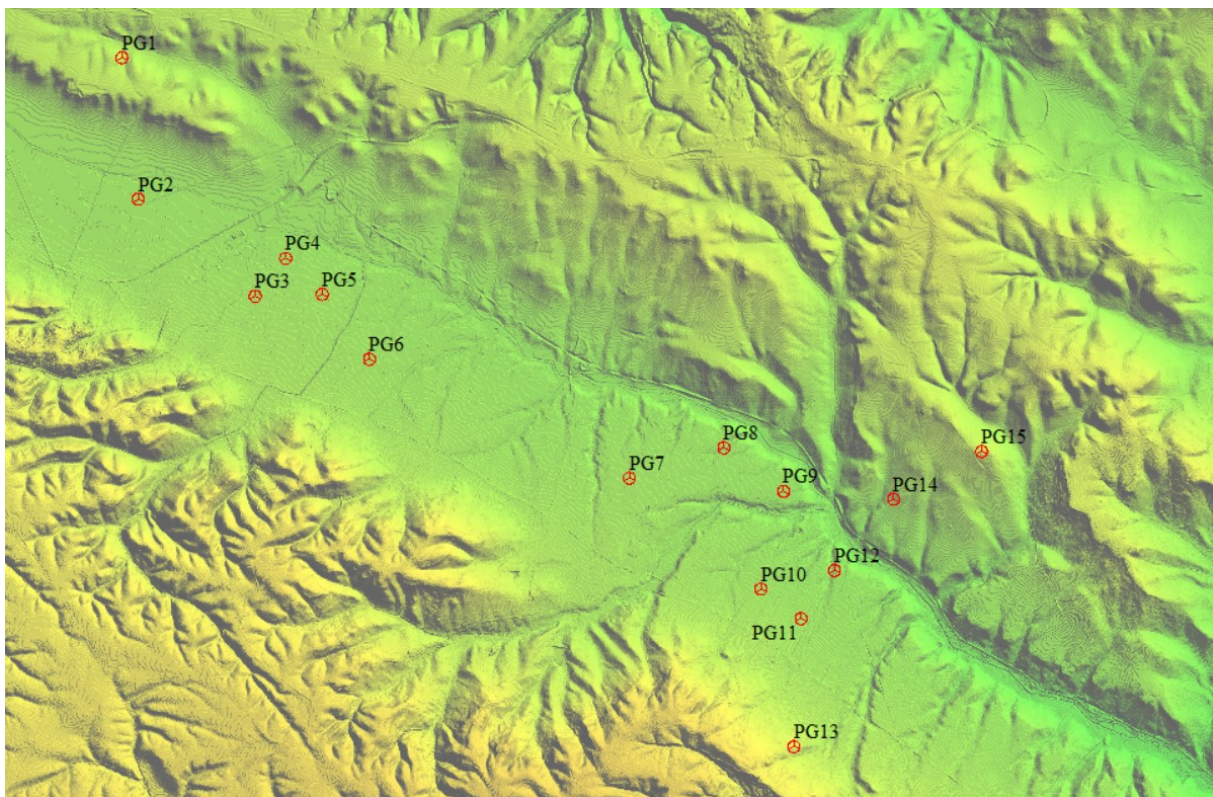


<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>9 di 72</b>

Allo scopo di evidenziare le caratteristiche geologiche, è stato eseguito un rilevamento di dettaglio che ha interessato il sito in studio ed un'ampia zona circostante.

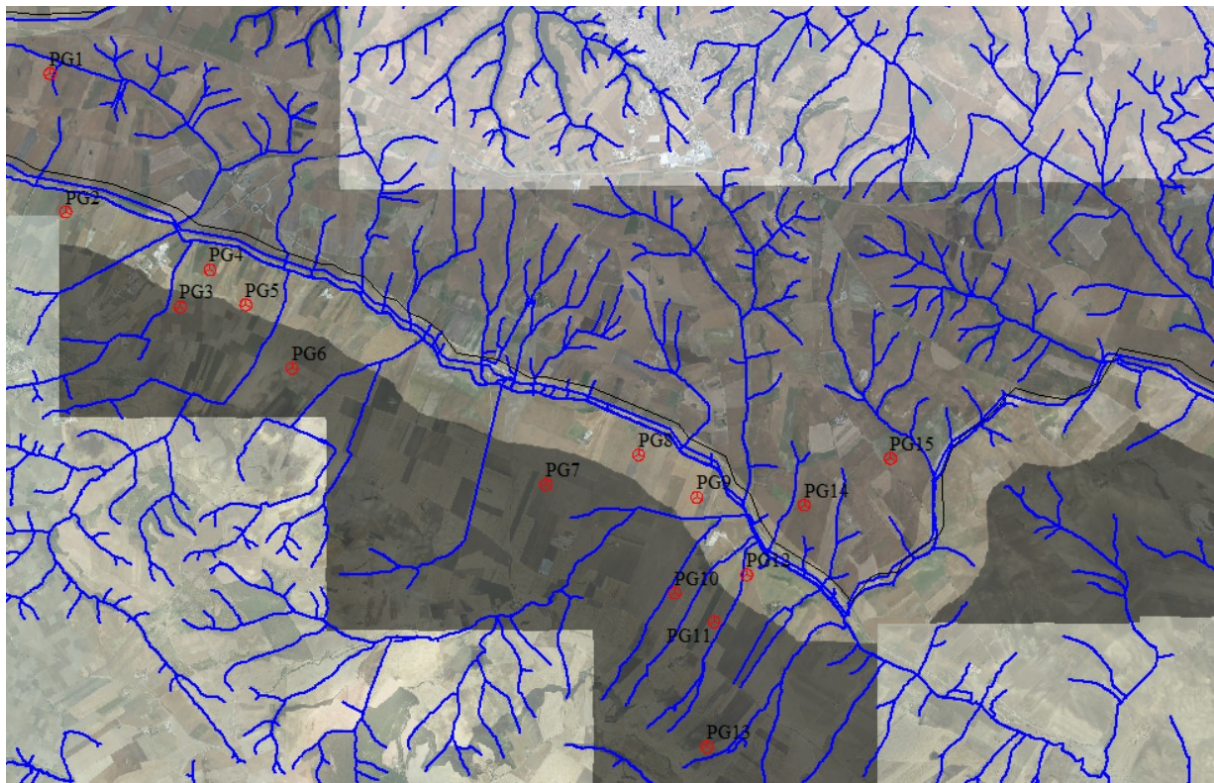
Tra gli Elaborati di Progetto è compreso **PMGDT\_GENR03201\_00\_Relazione geologica, geotecnica, idrogeomorfologica e sismica**, la quale ha la finalità di illustrare le caratteristiche generali dell'area interessata dal Progetto, dal punto di vista geologico, idrogeologico, idrologico, idraulico, geotecnico e sismico. Lo scopo è stabilire che l'area considerata non è incompatibile con la presenza di un impianto eolico come quello definito dal Progetto.

La morfologia dell'area è tendenzialmente collinare con linee di compluvio ben definite anche se poco incise.

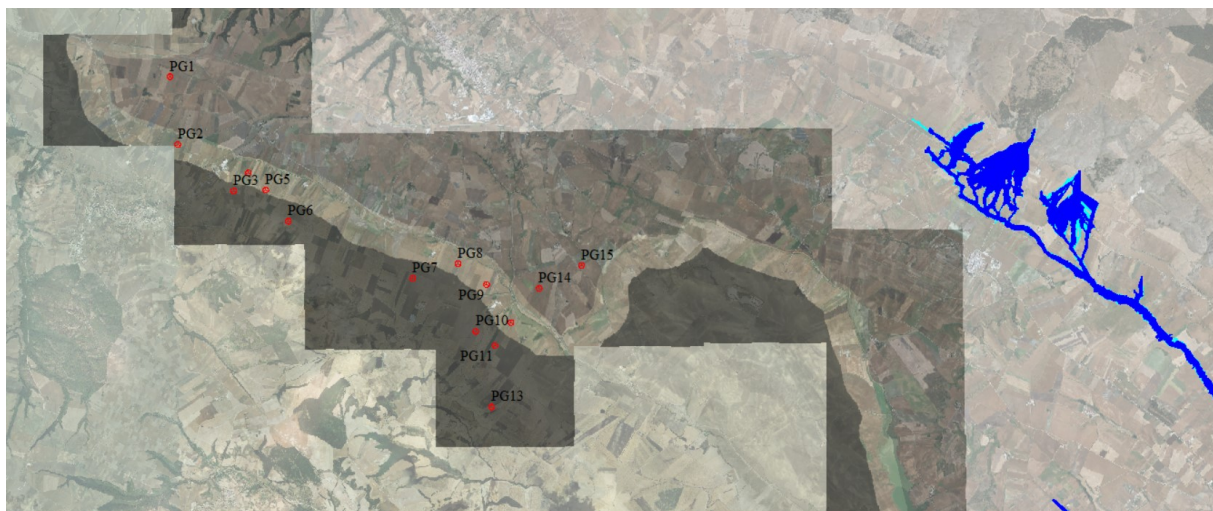


**Figura 5:** Modello LIDAR/DTM dell'area d'interesse

Aren Green Srl Impianto Eolico “PIANO MADAMA GIULIA”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: PMGDG_GENR00300_00
		Data: 16/01/2023
	Relazione tecnica impianto	Revisione: 00
		Pagina: 10 di 72



**Figura 6:** Individuazione del reticolo idrografico interferente con l'area di intervento su base ortofoto



**Figura 7:** Aree a diversa pericolosità idraulica perimetrate nel PAI della Puglia vigente

Come si nota dalle immagini precedenti, nessuno degli interventi di progetto ricade all'interno di aree perimetrate dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (cfr. **Figura 7**).

Alcuni aerogeneratori, invece, sono ubicati a poca distanza dal reticolo idrografico individuato dalla Carta idrogeomorfologica (cfr. **Figura 6**).

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>11 di 72</b>

### 2.3 Elenco delle opere principali

Le opere che costituiranno il Progetto comprendono:

- Opere provvisorie, sono tutte quelle opere aventi carattere provvisorio, in quanto necessarie durante le fasi di costruzione dell'impianto, e sono quindi destinate ad essere rimosse al termine delle attività di cantiere, ripristinando per quanto possibile le condizioni preesistenti;
- Opere di fondazione tra le quali:
  - Opere di fondazione degli aerogeneratori,
  - Opere di fondazione della Stazione utente;
- Strade e piazzole, comprendono i nuovi tratti di strada che devono essere realizzati, a partire dalla viabilità esistente, fino alle posizioni occupate dagli aerogeneratori, insieme alle piazzole a carattere definitivo da realizzare attorno alla base;
- Aerogeneratori, comprendono i nuovi tratti di strada che devono essere realizzati, a partire dalla viabilità esistente, fino alle posizioni occupate dagli aerogeneratori.
- Cavidotto, costituito da una linea interrata di trasporto dell'energia elettrica prodotta, che collega gli aerogeneratori fra loro e con la Stazione utente, e quest'ultimo alla rete di trasmissione nazionale.

### 2.4 Opere provvisionali

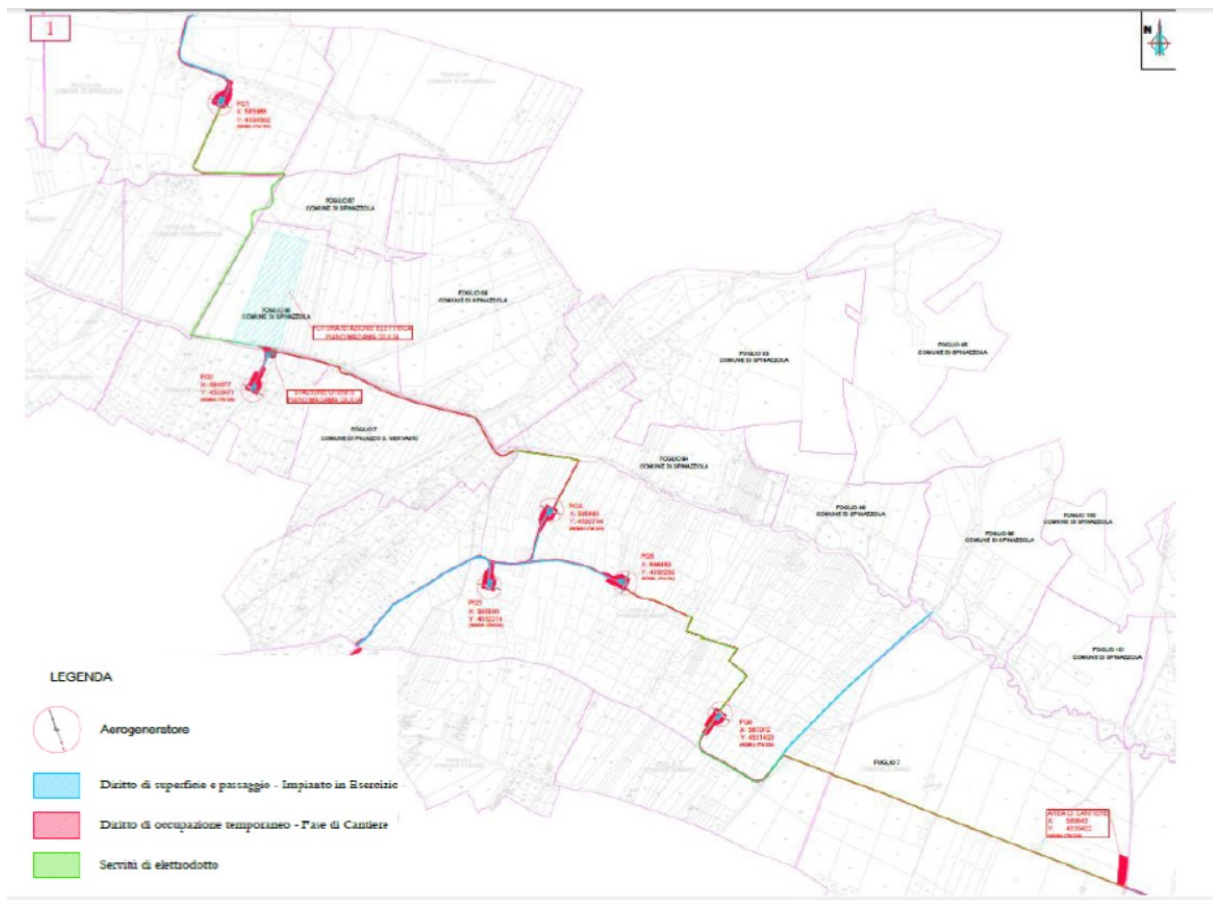
Le opere aventi carattere provvisorio sono quelle che vengono realizzate in via preliminare alla costruzione, e che devono consentire all'impresa costruttrice di espletare le differenti fasi operative. Comprendono, in genere, tratti di strada e piazzole provvisorie. Tali opere sono progettate in maniera tale da consentire, dal punto di vista sia geometrico (ingombri, raggi di curvatura, ecc.) che della portanza, il transito e la operatività in sicurezza dei mezzi impegnati per il trasporto e l'installazione delle componenti previste.

Tali opere verranno rimosse al termine della fase di costruzione dell'impianto, restituendo la superficie occupata alla destinazione originaria. Ciononostante, si limiterà, per quanto possibile, la necessità di occupazione temporanea di ulteriore superficie rispetto a quella utilizzata per le strade definitive, facendo coincidere i tratti di viabilità utilizzata dai mezzi di cantiere con quelli finali.

### 2.5 Elenco tratti strada

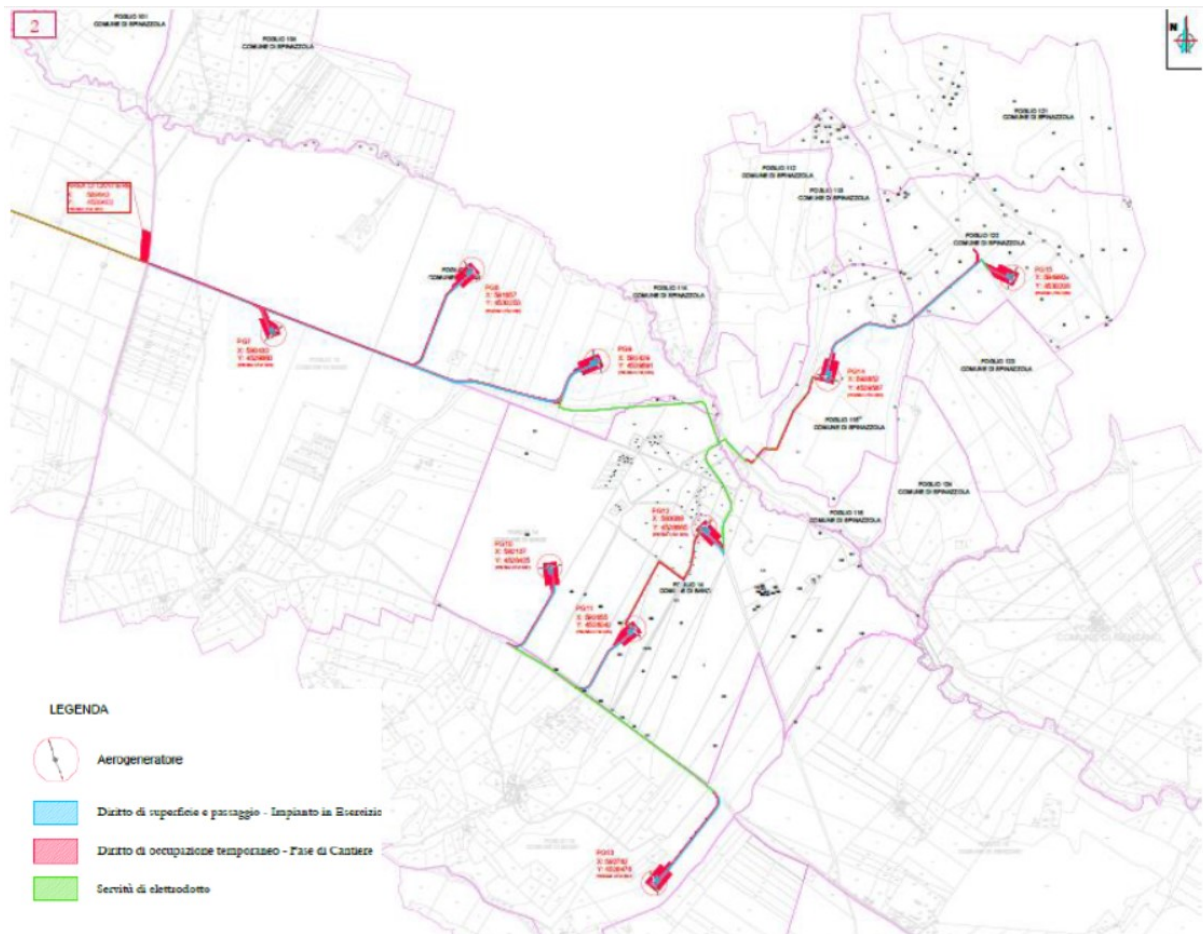
In **Figura 8** è riportata una rappresentazione generale delle aree e strade di accesso agli aerogeneratori. Vengono inoltre riportate le strade esistenti, comunali e provinciali, direttamente interessate dall'opera in oggetto.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Data: <b>16/01/2023</b>
Revisione: <b>00</b>		
Pagina: <b>12 di 72</b>		



**Figura 8:** Rappresentazione grafica generale strada esistente, strade e piazzole provvisorie e definitive (1/2)

Aren Green Srl Impianto Eolico “PIANO MADAMA GIULIA”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	Relazione tecnica impianto	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>13 di 72</b>



**Figura 9:** Rappresentazione grafica generale strada esistente, strade e piazzole provvisorie e definitive (2/2)

Per una rappresentazione di dettaglio dei tratti di strada, sia provvisori che definitivi (si veda la distinzione nei paragrafi seguenti), si rimanda agli elaborati grafici di Progetto.

## 2.6 Caratteristiche costruttive generali

Le strade e le piazzole del parco eolico hanno principalmente il doppio scopo di consentire le attività di trasporto in sito ed installazione degli aerogeneratori e di garantire l'accesso agli stessi durante tutta la loro vita operativa per interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria.

Le strade e le piazzole presentano quindi una minima differenza durante le due fasi di costruzione e di funzionamento, richiedendo nella prima la predisposizione di allargamenti ed adeguamenti a carattere squisitamente temporaneo.

Viste le dimensioni e pesi degli elementi principali componenti i moderni aerogeneratori, piazzole e strade devono necessariamente garantire caratteristiche geometriche (i.e. raggi di curvatura, pendenze) e di portanza in linea con quanto indicato dai costruttori, i quali ne definiscono quindi i criteri di progettazione. Ad ogni modo però il progetto è stato sviluppato perseguendo sempre l'utilizzo di strade e/o vie d'accesso esistenti al fine di minimizzare il consumo di suolo e lasciare il più possibile invariato l'assetto idrogeologico dei luoghi limitrofi all'area dove sorgerà il parco eolico.

<b>Aren Green Srl Impianto Eolico “PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>14 di 72</b>

Ove necessario quindi, strade e piazzole, sia temporanee che definitive, sono progettate in esecuzione con materiale misto stabilizzato, di opportuna pezzatura, al fine di garantirne un'adeguata portanza, stabilità nel tempo e capacità drenante.

## 2.7 Caratteristiche generali degli aerogeneratori

I n.15 aerogeneratori che costituiranno il Progetto sono di marca Siemens Gamesa, modello SG 4.7 – 155.



**Figura 10:** Aerogeneratore Siemens Gamesa SG 4.7 – 155

Sono costituiti da:

- Rotore, comprendente:
  - Mozzo;
  - n.3 pale.
- Navicella, comprendente a sua volta:
  - Trasmissione meccanica (albero lento, moltiplicatore di giri, albero veloce);
  - Generatore e relativi sistemi di accoppiamento alla struttura;
  - Inverter;
  - Trasformatore;
  - Sistema di frenatura;
  - Dispositivo orientamento timone;
  - Sistemi di controllo e gestione dell'aerogeneratore;
  - Sistemi di raffreddamento.
- Torre;
- Fondazioni.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>15 di 72</b>

Per i dettagli si rimanda alla relazione generale.

Nella seguente tabella si elencano le posizioni degli aerogeneratori che costituiscono il Progetto, espresse in coordinate WGS 84, fuso UTM 33:

WTG	X	Y
PG1	583868	4535302
PG2	584077	4533471
PG3	585590	4532214
PG4	585985	4532704
PG5	586459	4532239
PG6	587070	4531400
PG7	590433	4529860
PG8	591657	4530253
PG9	592429	4529691
PG10	592137	4528425
PG11	592655	4528042
PG12	593089	4528665
PG13	592563	4526385
PG14	593852	4529587
PG15	594992	4530206

**Tabella 2:** Posizione aerogeneratori (WGS 84 UTM 33)

La Stazione utente è prevista al Foglio 6 del Comune di Palazzo San Gervasio (PZ), all'interno della particella 22, in vicinanza della Stazione Elettrica di Terna di nuova realizzazione.

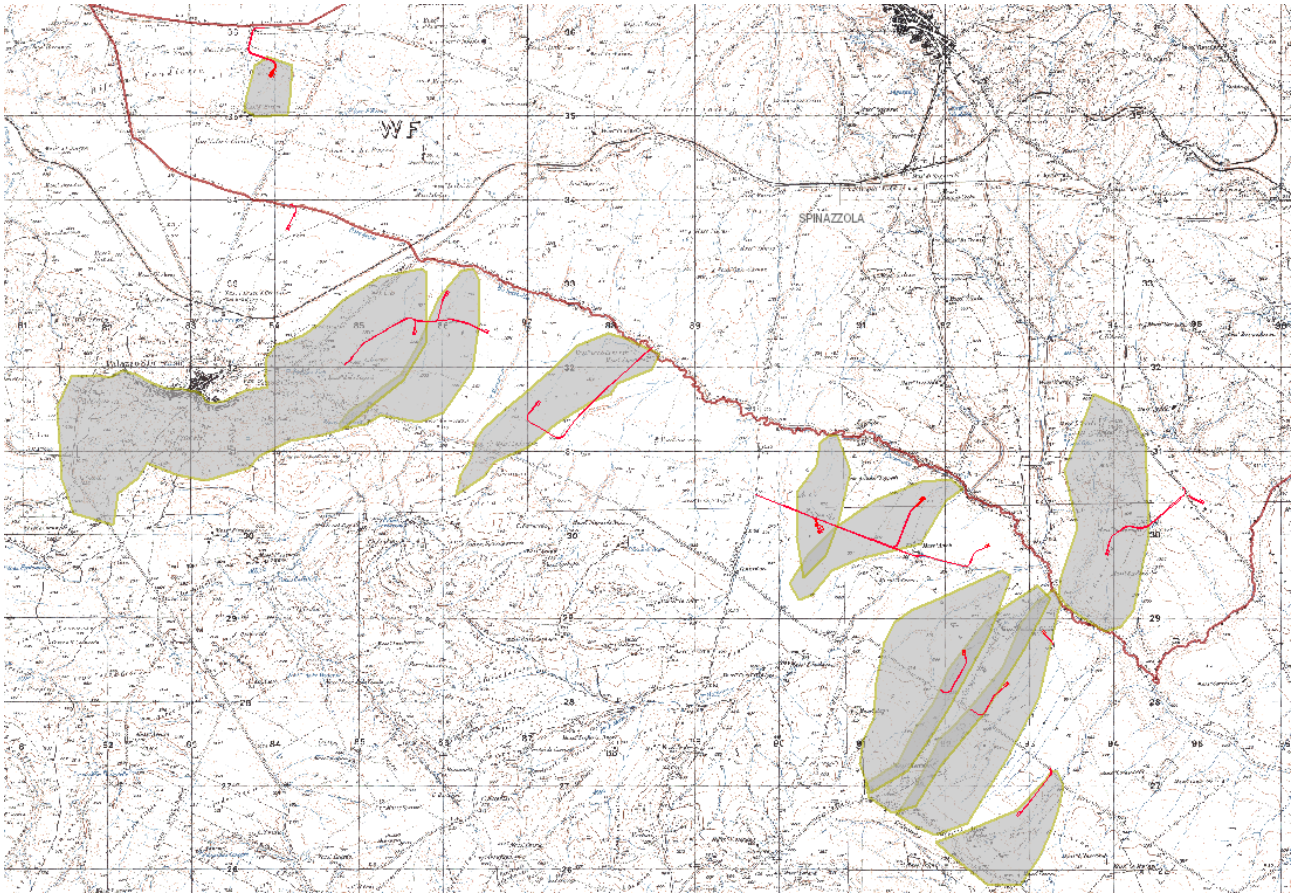
### 3 Metodologia operativa dello studio

A fine della determinazione degli idrogrammi (per TR = 30, 200 e 500 anni) da applicare al modello idraulico di dettaglio dell'intervento, si dovranno studiare tutti gli elementi e le dinamiche che influenzano gli idrogrammi che arrivano nel sito in oggetto.

Inoltre, al fine di determinare la reale distribuzione dei deflussi superficiali, tali dinamiche sono state modellate per applicazione di modelli idraulici di tipo distribuito su più domini computazionali, come meglio individuato nelle figure che seguono.

Allo scopo, per il calcolo della portata di piena nei tempi di ritorno di 200 anni si esaminano i processi idrologici ed idraulici da monte verso valle nel dominio di studio individuato.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>16 di 72</b>



**Figura 11:** Definizione dei domini di calcolo, indicati coi confini in giallo e il retino grigio

Nel modello, che verrà illustrato nel dettaglio nel seguito gli input idrologici sono costituiti dalla pioggia zenitale sul dominio, quindi sarà utilizzato un modello a parametri distribuiti (ietogramma di pioggia applicato). Al fine di addivenire al reale valore temporale relativo alla pioggia critica, sono stati applicati ietogrammi di diversa durata in maniera tale da massimizzare, a vantaggio di sicurezza, i valori dei deflussi verso valle. Immediatamente a monte e a valle dell'area d'intervento sono state inerite delle sezioni di controllo (cfr. paragrafo 6.2) dalle quali si sono determinati gli idrogrammi di "controllo" del modello necessari alla valutazione di cui si è detto.

L'implementazione di detti modelli, da un lato ha permesso di ubicare gli aerogeneratori al di fuori di qualsiasi area allagabile con tempo di ritorno di 200 anni, dall'altro, ha consentito il dimensionamento delle necessarie opere che consentono di garantire la continuità idraulica anche in sede di realizzazione delle strade e delle piazzole di progetto, ci si riferisce, in particolare, a fossi, canalette e tombini di attraversamento stradale.

#### 4 Analisi morfologica e individuazione dei bacini idrografici

L'approccio utilizzato per affrontare e risolvere le problematiche oggetto del presente studio parte da un'analisi a scala di bacino dei processi idrologici ed idraulici determinati dagli eventi meteorici estremi i cui effetti al suolo sono fortemente influenzati dallo stato dei luoghi, sia per l'aspetto della geomorfologia degli stessi sia dal punto di vista della loro destinazione d'uso.

Al fine di giungere a determinazioni che abbiano un riscontro attendibile rispetto alla realtà dei luoghi, è evidentemente necessario ricostruire, nella maniera quanto più dettagliata possibile, la conformazione degli stessi



<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>17 di 72</b>

che si andranno ad analizzare partendo da un esame a scala di bacino e fino a giungere ad una analisi di dettaglio dell'area.

#### 4.1 Modello Digitale del Terreno

Nel presente studio, al fine di ricavare un modello digitale del terreno sufficientemente dettagliato, si è fatto riferimento ai seguenti dati cartografici disponibili:

- Cartografia IGM in scala 1:25.000;
- Nuova Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:5.000;
- Carta Idrogeomorfologica;
- Rilievo Lidar;
- Rilievo topografico in sito;
- Ortofoto.

La base di partenza per l'ottenimento dei bacini idrografici, grazie alle moderne tecnologie disponibili, è sicuramente il modello digitale del terreno. Quanto più il modello digitale del terreno approssima il reale andamento morfologico dei luoghi, tanto più simile alle situazioni reali saranno le determinazioni rinvenienti dall'analisi morfologica. Il livello di dettaglio del modello digitale del terreno è strettamente legato al tipo di “dato grezzo” di partenza ovvero maggiore è il livello di dettaglio della cartografia disponibile migliore sarà la qualità del modello digitale del terreno da essa derivato.

Oltretutto, al fine di rendere quanto più possibile realistica la modellazione idraulica effettuata, è stato effettuato un rilievo dei manufatti esistenti che, chiaramente, non possono non influenzare il deflusso superficiale delle acque meteoriche.

#### 4.2 Individuazione dei bacini idrografici e dei parametri caratteristici

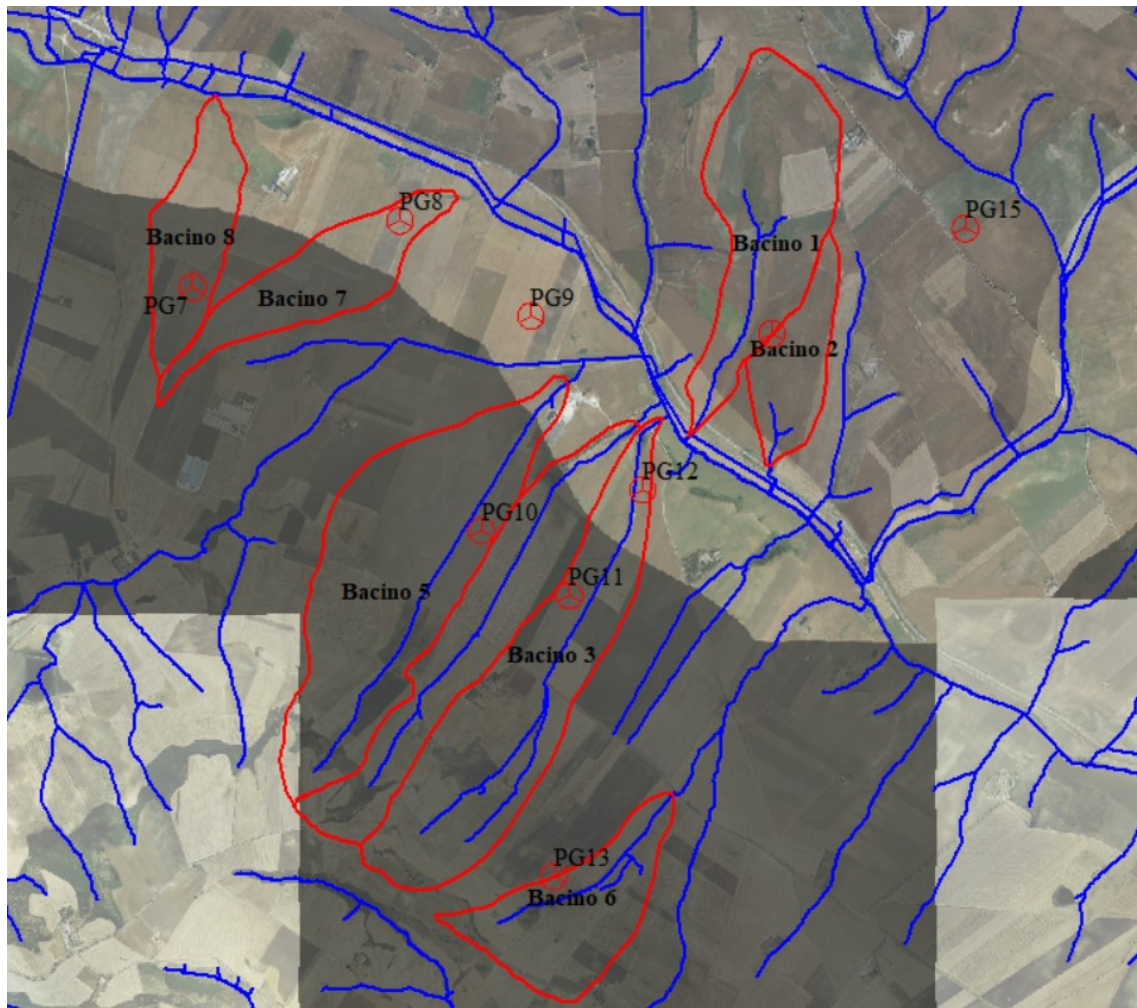
L'individuazione dei bacini scolanti costituisce un passaggio fondamentale al fine di giungere alla determinazione delle portate al picco di piena. I parametri individuati da questo tipo di analisi costituiscono una parte dell'input dei modelli idrologici e idraulici applicati nel seguito.

Dall'analisi del modello digitale del terreno, determinato attraverso l'applicazione di software di elaborazione tipo GIS è stato possibile determinare, per la singola asta interferente, il bacino idrografico afferente alla sezione di chiusura, che a vantaggio di sicurezza è stata posta a valle delle aree d'intervento, e determinare le caratteristiche morfometriche di cui necessita l'elaborazione idrologica.

Il bacino determinato e le relative caratteristiche morfometriche hanno fornito l'input per l'applicazione dei modelli di calcolo afflussi-deflussi che verranno descritti nei paragrafi successivi.

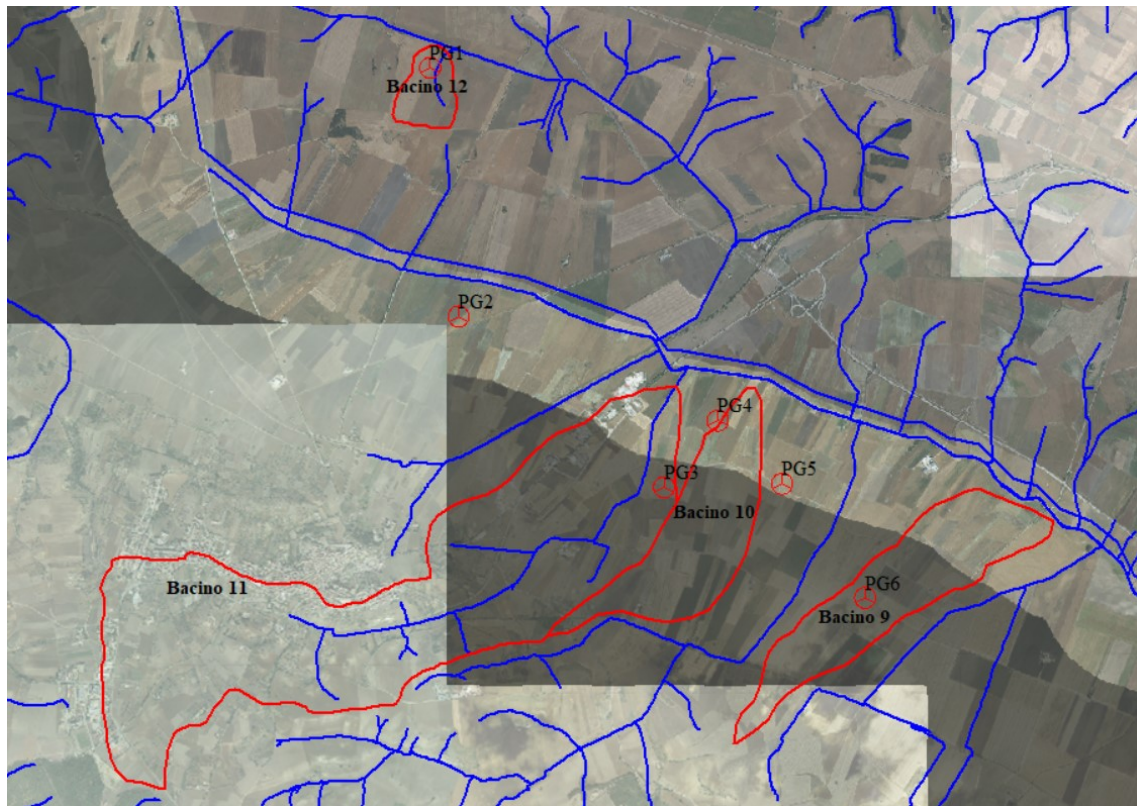
In particolare, le analisi idrologiche ed idrauliche riguarderanno un dominio suddiviso in sottodomini di dimensioni inferiori (ai fini della stabilità del modello).

Aren Green Srl Impianto Eolico "PIANO MADAMA GIULIA"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: PMGDG_GENR00300_00
		Data: 16/01/2023
	Relazione tecnica impianto	Revisione: 00
		Pagina: 18 di 72



**Figura 12:** Inquadramento su ortofoto dei bacini idrografici con indicazione del reticolo idrografico della carta idrogeomorfologica (1/2)

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>19 di 72</b>



**Figura 13:** Inquadramento su ortofoto dei bacini idrografici con indicazione del reticolo idrografico della carta idrogeomorfologica (2/2)

Come mostrato nelle figure precedenti, per alcuni degli aerogeneratori, segnatamente per PG2, PG5, PG9 e PG15, considerate le elevate distanze che li separano dai più vicini corsi d'acqua, non sono state effettuate modellazioni di dettaglio.

I parametri geomorfologici caratteristici dei bacini idrografici sono indicati nelle tabelle seguenti:

<b>PARAMETRI CARATTERISTICI DEI BACINI IDROGRAFICI INDIVIDUATI</b>							
		<b>BACINO 1</b>	<b>BACINO 2</b>	<b>BACINO 3</b>	<b>BACINO 4</b>	<b>BACINO 5</b>	<b>BACINO 6</b>
<i>Lunghezza dell'asta principale</i>	[Km]	1,500	0,380	2,900	2,600	2,700	1,300
<i>H massima del bacino</i>	[m s.l.m.]	439,00	410,00	545,00	547,00	547,00	545,00
<i>H media del bacino</i>	[m s.l.m.]	389,00	377,50	443,50	447,00	449,00	466,00
<i>H minima del bacino</i>	[m s.l.m.]	339,00	345,00	342,00	347,00	351,00	387,00
<i>H monte dell'asta principale</i>	[m s.l.m.]	394,00	366,00	483,00	479,00	529,00	485,00
<i>H media dell'asta principale</i>	[m s.l.m.]	366,50	355,50	412,50	413,00	440,00	436,00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Km <sup>2</sup> ]	1,097	0,382	1,493	1,025	1,767	0,711
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	4,17	4,64	6,15	6,67	6,53	9,29
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[%]	3,67	5,53	4,86	5,08	6,59	7,54

**Tabella 3:** Parametri geomorfologici dei bacini idrografici di progetto (1/2)

<b>Aren Green Srl Impianto Eolico “PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>20 di 72</b>

PARAMETRI CARATTERISTICI DEI BACINI IDROGRAFICI INDIVIDUATI							
		<b>BACINO 7</b>	<b>BACINO 8</b>	<b>BACINO 9</b>	<b>BACINO 10</b>	<b>BACINO 11</b>	<b>BACINO 12</b>
<i>Lunghezza dell'asta principale</i>	[Km]	0,800	0,850	0,800	0,850	3,800	0,415
<i>H massima del bacino</i>	[m s.l.m.]	387,00	385,00	470,00	455,00	500,00	424,00
<i>H media del bacino</i>	[m s.l.m.]	370,00	371,00	417,00	412,50	435,00	410,50
<i>H minima del bacino</i>	[m s.l.m.]	353,00	357,00	364,00	370,00	370,00	397,00
<i>H monte dell'asta principale</i>	[m s.l.m.]	372,00	375,00	372,00	380,00	441,00	416,00
<i>H media dell'asta principale</i>	[m s.l.m.]	362,50	366,00	368,00	375,00	405,50	406,50
<i>Superficie del Bacino</i>	[Km <sup>2</sup> ]	0,596	0,524	1,167	1,017	4,764	0,209
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	1,62	1,65	3,79	3,86	2,32	4,50
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[%]	2,38	2,12	1,00	1,18	1,87	4,58

**Tabella 4:** Parametri geomorfologici dei bacini idrografici di progetto (2/2)

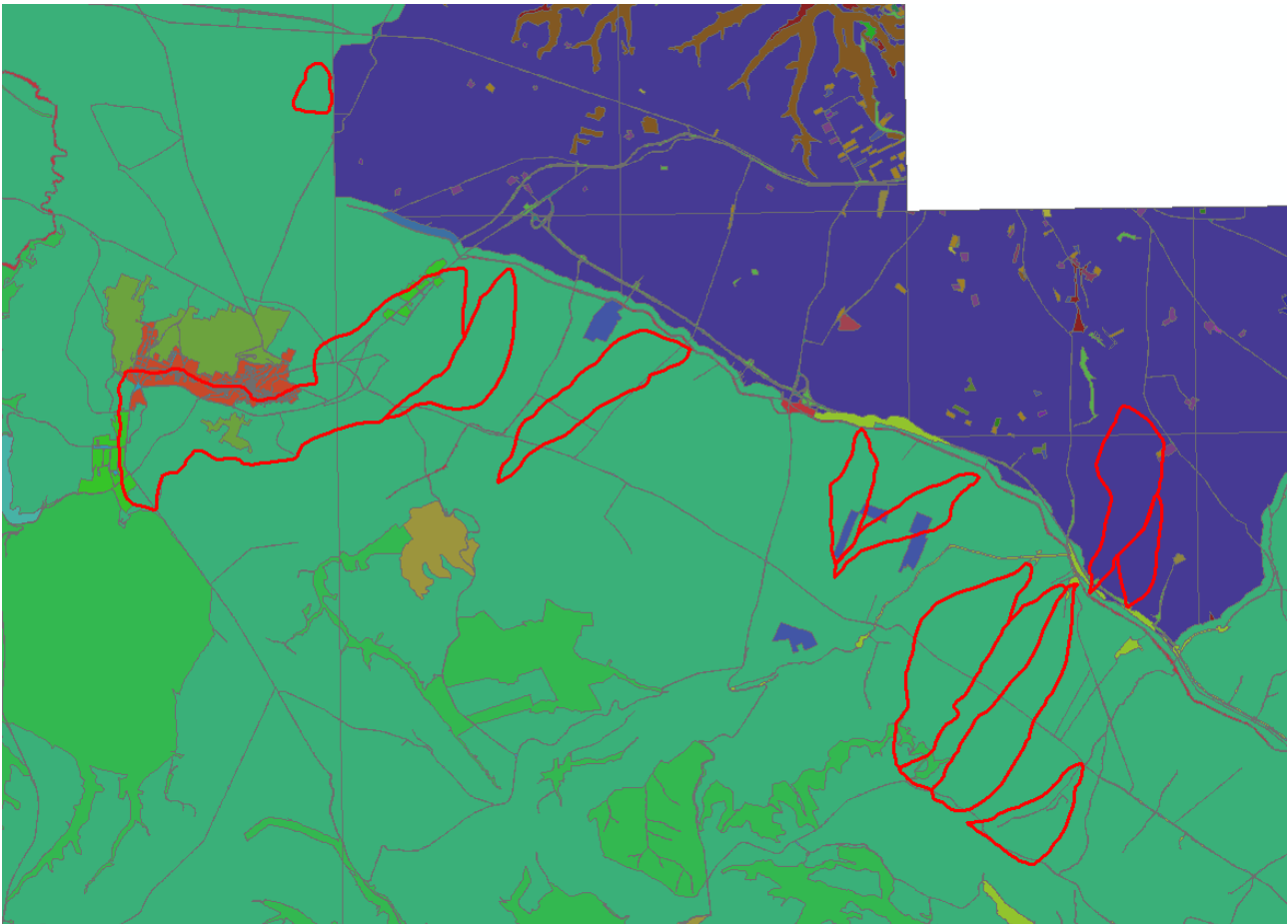
### 4.3 Uso del suolo

Tra le caratteristiche fondamentali da determinare per poter effettuare l'analisi idrologica, con specifico riferimento al metodo sviluppato dalla Soil Conservation Service, vi è il parametro “CN II”, che individua, attraverso l'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 di uso del suolo 2006 Aggiornamento del 2011 (fonte *SIT PUGLLA*), con riferimento alle aree ricadenti nel territorio pugliese e la Carta di uso del suolo della Regione Basilicata del 2013 (fonte *RSDI Geoportale Basilicata*).

Dall'analisi dell'uso del suolo del territorio si evince che nell'area dei bacini idrografici di interesse si evidenzia la presenza di:

- AREE PASCOLO NATURALE
- ZONE RESIDENZIALI A TESSUTO CONTINUO
- AREE INDUSTRIALI E COMMERCIALI
- VIGNETI
- ULIVETI
- SEMINATIVI SEMPLICI IN AREE NON IRRIGUE
- RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI
- INSEDIAMENTI PRODUTTIVI AGRICOLI
- BOSCHI DI LATIFOGLIE
- AREE A VEGETAZIONE SCLEROFILLA

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>21 di 72</b>



**Figura 14:** Carte dell'uso del suolo con indicazione dei bacini idrografici (in rosso)

## 5 Studio idrologico del bacino

Lo studio idrologico del bacino in oggetto è stato condotto desumendo i valori caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica del Va. Pi. Basilicata.

In particolare, la valutazione di dette curve è stata condotta sia seguendo le procedure individuate dal Gruppo Nazionale Difesa della Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia settentrionale, sia verificando l'adattabilità alla serie campionaria alle distribuzioni di probabilità dei valori estremi (Gumbel).

La procedura adoperata e i risultati dei calcoli effettuati sono ampiamente descritti nei paragrafi successivi.

Si è omessa la descrizione dell'applicazione ai dati di precipitazione massima oraria delle analisi statistiche convenzionali (adattabilità delle serie campionarie a distribuzioni di probabilità), in quanto la procedura è ormai consolidata e nota nella pratica tecnica.

Per quanto concerne, invece, la valutazione dei deflussi naturali nelle sezioni di interesse si è fatto ricorso all'analisi comparata dei risultati derivati dall'applicazione di alcune relazioni, a base geomorfologica, atte a definire il tempo di corrivazione dei bacini.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>22 di 72</b>

In particolare, si sono utilizzati i risultati rinvenuti dall'applicazione delle relazioni fornite da Giandotti (1934), Kirpich (1940), Chow (1962), Pezzoli (1970), Watt & Chow (1985) e da Ferro (2002), sulle cui peculiarità e limiti di applicabilità si illustrerà dettagliatamente nel seguito.

Va, infine, evidenziato che i valori dei tempi di ritorno (TR) utilizzati per la definizione delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, per la stima degli eventi di piena sono quelli che il PAI Puglia definisce per la valutazione delle aree ad alta, media e bassa probabilità di inondazione.

In particolare, essi sono per le aree a:

- TR = 30 anni
- TR = 200 anni
- TR = 500 anni

### 5.1 Analisi regionale delle piogge in Basilicata

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come “analisi regionale”.

Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico, che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica.

La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto, la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura.

Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri, noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson,1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace,1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Ciò implica che, se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, questo non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

Lo studio idrologico utilizzato per valutare il rischio di piena in una sezione qualsiasi del reticolo idrografico del bacino è basato sui risultati e le metodologie dell'indagine VAPI già effettuata in Basilicata, (VALutazione delle PIene) *Rapporto di sintesi per la regione Basilicata (bacini del versante ionico)* a cura di P. Claps e M. Fiorentino.

Tale metodologia fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena. Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari in ogni singolo punto ed alla variabilità da sito a sito del valore indice della piena, si adotta una metodologia di analisi regionale che si avvale anche di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni intense sul bacino.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>23 di 72</b>

Tale approccio consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica, posseduta su un dato territorio.

In particolare, viene adottato un modello probabilistico a doppia componente (TCEV) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi; la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici. Si fa poi riferimento ad una procedura di regionalizzazione gerarchica, in cui i diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. La metodologia appena descritta è basata su analisi a scala regionale che tendono a trascurare la presenza di eventuali anomalie locali.

In analisi e studi locali, a scala di bacino, l'elaborazione di tali anomalie può rivestire carattere essenziale ai fini della corretta valutazione della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate di piena: in tutti questi casi potrebbero rendersi necessarie indagini idrologiche ad hoc. A tal proposito va evidenziato che fattori decisivi nella definizione della distribuzione di probabilità delle piene sono quelli climatici “caratteristici”, cioè medi, dei bacini, in aggiunta a quelli geopedologici e di uso del suolo. I primi risultano attivi nel definire il numero medio annuo di piogge intense e la “resa” delle sollecitazioni in termini di numero medio annuo di piene. I fattori d'uso del suolo e geopedologici concorrono essenzialmente a determinare la “resa” delle piogge intense in termini di valore medio e numero delle piene.

La valutazione delle fasce di pertinenza fluviale con assegnata probabilità di accadimento (o tempo di ritorno "T" - vedi DPCM 29/09/1998), è stata effettuata, come già detto, considerando portate al colmo di piena determinate secondo la metodologia "Analisi di frequenza delle portate al colmo di piena" VAPI *Valutazione delle Piene in Italia GNDICI-CNR*.

Tale studio indica la possibilità di stima delle portate al colmo di piena, "QT", con assegnato tempo di ritorno, "T", come prodotto della *piena indice* "E(Q)" per il *fattore probabilistico di crescita* "KT":

$$Q_T = K_T E(Q) \quad (1)$$

E' ben noto che la piena indice, la cui variabilità è fortemente influenzata dall' area del bacino, può essere stimata tramite una legge del tipo:

$$E(Q) = \alpha A^\beta \quad (2)$$

Nel succitato studio VAPI vengono riportate due relazioni per il calcolo della piena indice, relative alle due aree, nelle quali è stata suddivisa la Basilicata, ritenute omogenee ai fini del calcolo della suddetta piena indice, come meglio esposto nella tabella successiva.

<b>Area omogenea 1</b>	<b>Area omogenea 2</b>
Bacini del Bradano, Basento, Cavone e Agri	Bacini del Sinni, del Lao e del Noce
$E(Q) = 2.13 A^{0.766}$	$E(Q) = 5.98 A^{0.645}$

**Tabella 5:** Aree omogenee ai fini del calcolo della piena indice

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>24 di 72</b>



**Figura 15:** Individuazione dei principali bacini idrografici della Basilicata

Ai fini del calcolo del *fattore probabilistico di crescita*  $K_T$ , in accordo con la variabilità dei parametri geomorfoclimatici, si è suddiviso il territorio in tre zone omogenee a ciascuna delle quali corrisponde una coppia di valori dei parametri "a" e "b" da inserire nella seguente relazione:

$$K_T = a + b \ln(T) \quad (3)$$

In cui:

ln = logaritmo naturale

T = tempo di ritorno



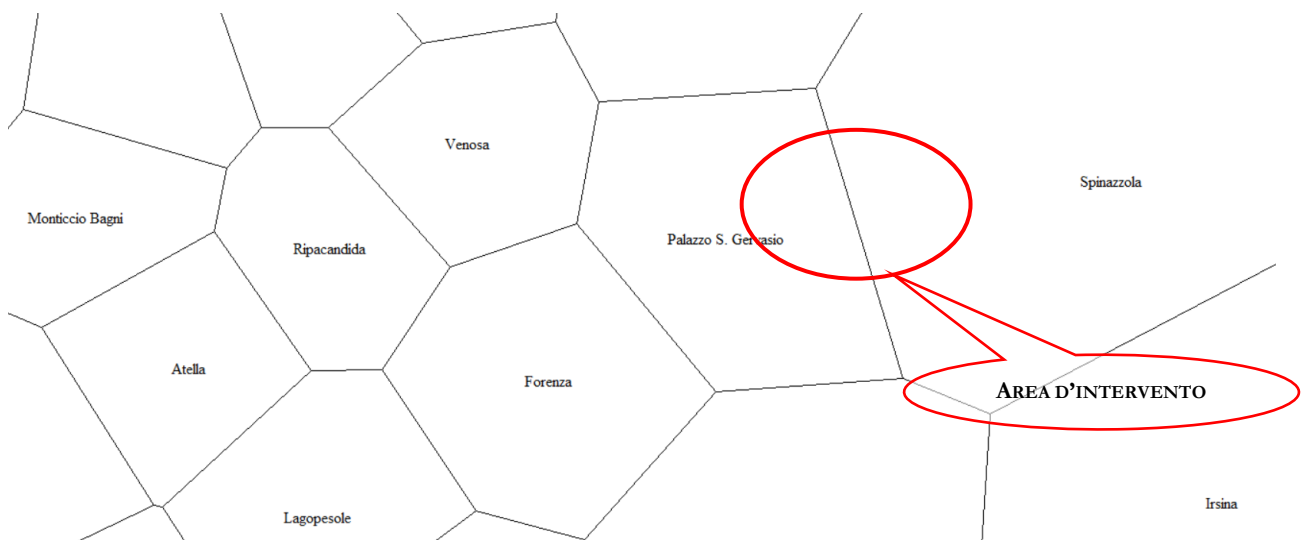
<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>25 di 72</b>

Zona A		Zona B		Zona C	
Bacino del Bradano		Basso bacino del Basento		Bacini dell' Agri, del Sinni, del Cavone, del Noce e alto bacino del Basento	
a	b	a	b	a	b
-0.5673	0.9930	-0.2354	0.7827	0.0565	0.5977

**Tabella 6:** Aree omogenee ai fini del calcolo del coefficiente di crescita.

## 5.2 Curve di possibilità climatica

Per la determinazione delle curve di possibilità climatica si è fatto riferimento alle stazioni pluviometriche che interessano i bacini idrografici che ricadono all'interno dei topoi dei bacini pluviometriche di Spinazzola e Palazzo San Gervasio.



**Figura 16:** Inquadramento dei bacini idrografici con i poligoni di Thiessen

Pertanto, per la individuazione delle curve di possibilità climatiche si è determinata la pioggia ragguagliata mediante l'uso dei poligoni di Thiessen.

Per determinare le portate di progetto, si è fatto riferimento, dunque, a metodi che si basano sul regime delle precipitazioni; tale regime è descritto dalla curva di probabilità pluviometrica.

La curva stabilisce una relazione tra la durata di un evento pluviometrico con un prefissato tempo di ritorno e la relativa altezza di pioggia mediante l'espressione analitica:

$$h = K_T a t^n \quad (4)$$

in cui:

“h” altezza di pioggia

“t” durata della pioggia

“ $K_T$ ” coefficiente di crescita come descritto al paragrafo precedente

“a ed n” parametri caratteristici della singola zona

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>26 di 72</b>

Stazione	a	n	Stazione	a	n
Acerenza	19.96	0.31	Monticchio Bagni	23.77	0.32
Alamura	27.25	0.22	Muro Lucano	22.91	0.32
Anzi	19.20	0.29	Nova Siri Scalo	32.40	0.31
Atella	24.06	0.24	Oriola	29.14	0.38
Calitri	24.48	0.25	<b>Palazzo San Gervasio</b>	<b>20.88</b>	<b>0.29</b>
Castel Lagopesole	23.70	0.29	Pescopagano	24.59	0.35
Castelsaraceno	22.06	0.44	Picerno	20.97	0.26
Cogliandrino	24.68	0.42	Policoro	24.69	0.33
Diga Rendina	22.49	0.23	Potenza	22.51	0.28
Fernandina	22.62	0.30	Racoletta	20.87	0.35
Forenza	26.29	0.23	Ripacandida	26.30	0.22
Ginosa	30.27	0.26	Rocchetta S. Antonio	26.13	0.22
Gravina in Puglia	34.16	0.19	Rocchetta S. A. scalo	25.58	0.22
Irsina	23.06	0.27	S. Arcangelo	20.50	0.33
Isca di Tramutola	18.99	0.36	S. Chirico Raparo	16.52	0.43
Lacedonia	26.23	0.26	S. Fele	22.42	0.30
Lagonegro	29.35	0.45	S. Mauro Forte	21.35	0.41
Lauria inferiore	32.43	0.41	S. Nicola di Avigliano	18.76	0.29
Lavello	24.68	0.24	S. Severino Lucano	20.15	0.45
Maratea	31.51	0.31	Sant'Eramo in Colle	29.02	0.24
Marsico Nuovo	20.09	0.37	Senise	22.22	0.36
Matera	28.35	0.21	<b>Spinazzola</b>	<b>24.62</b>	<b>0.25</b>
Melfi	23.17	0.34	Ternanova del Pollino	22.80	0.47
Metaponto	28.20	0.27	Tolve	19.62	0.32
Minervino	30.66	0.23	Tricarico	19.66	0.35
Moliterno	23.48	0.33	Valsinni	25.26	0.44
Montemilone	25.03	0.24	Venosa	21.49	0.30
Montescaglioso	26.77	0.29			

**Tabella 7:** Definizione dei parametri “a” ed “n” per singole zone

L'elaborazione dei dati pluviometrici ha condotto alla determinazione delle curve di possibilità climatica per i differenti tempi di ritorno (di fatto sono stati considerati esclusivamente due valori validi per sottogruppi di bacini afferenti ai due diversi poligoni). Si riportano di seguito i dati caratterizzanti tali curve.

Distribuzioni probabilistiche	$T_R = 30$ anni	$T_R = 200$ anni	$T_R = 500$ anni
Spinazzola	$b = 69.18 t^{0.250}$	$b = 115.48 t^{0.250}$	$b = 137.72 t^{0.250}$
Palazzo S. Gervasio	$b = 58.67 t^{0.290}$	$b = 97.93 t^{0.290}$	$b = 116.93 t^{0.290}$

**Tabella 8:** Curve di possibilità climatica per i bacini individuati

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>27 di 72</b>

### 5.3 Valutazione delle portate di piena

La stima delle portate di piena con assegnato tempo di ritorno necessita l'utilizzo di metodologie differenti a seconda che, per il caso in studio, sia sufficiente conoscere il colmo dell'idrogramma di piena oppure sia necessario individuare l'intero idrogramma.

In entrambi i casi, il problema può essere risolto in maniera diretta, cioè elaborando le misure di portata disponibili per il bacino in esame, oppure, in maniera indiretta, facendo ricorso o ad equazioni che consentono di ottenere la sola portata al colmo (formula razionale) ovvero a trasformazioni afflussi-deflussi che individuano l'idrogramma di piena corrispondente ad un evento meteorico di data durata ed assegnato tempo di ritorno, e quindi consentono di valutare il volume d'acqua complessivamente coinvolto nell'evento.

I metodi indiretti sono generalmente classificati come empirici e analitici. Mentre quelli empirici prescindono dall'esame che i diversi fattori morfologici e climatici hanno sulla formazione di deflussi di piena, i metodi analitici individuano tutte quelle relazioni che hanno fondamento fisico e che si fondano sull'impostazione, talvolta necessariamente semplificata, di un bilancio idrologico relativo all'evento di piena, tenendo conto della precipitazione a cui è imputabile l'evento stesso.

Nello specifico si è fatto riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, in grado di definire, su base geomorfologica, un parametro chiave nel processo di generazione dei deflussi di piena, quale il **tempo di corrivazione del bacino** ( $t_c$ ).

### 5.4 Metodo Razionale

Per la determinazione della massima piena temibile è stato utilizzato il metodo razionale, che rappresenta un metodo indiretto basato sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari a:

$$Q = \frac{c * h * A * k}{t_c} \quad (5)$$

Q = portata di piena [m<sup>3</sup>/s]

c = coefficiente di deflusso

h = pioggia netta [mm]

A = area del bacino [km<sup>2</sup>]

$t_c$  = tempo di corrivazione [ore]

k = 0.2777 (fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura).

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione  $t_c$ : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo  $t_c$  solo una parte del bacino A contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa, se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>28 di 72</b>

Il *tempo di corrivazione*, che è un parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Una relazione frequentemente utilizzata per il calcolo di tale grandezza è quella proposta da Giandotti (1934), valida per bacino idrografico aventi superficie (**A**) variabile tra 170 e 70000 km<sup>2</sup>, che si esplicita nella seguente relazione:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} \quad (6)$$

nella quale **t<sub>c</sub>** è espresso in ore, **A** in km<sup>2</sup> mentre **L**, la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua a partire dallo spartiacque, è espressa in km e **H<sub>m</sub>**, altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura, in metri sul livello del mare.

Pezzoli (1970), analizzando il comportamento di alcuni bacino piemontesi, ha proposto, invece, una diversa espressione del tempo di corrivazione che ha la seguente forma:

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \quad (7)$$

nella quale **t<sub>c</sub>** è espresso in ore e **L** in km. Il parametro **i<sub>a</sub>** rappresenta la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

Una struttura analitica molto simile ha la formula proposta da Chow (1962), ottenuta analizzando i dati di 20 piccoli bacino americani:

$$t_c = 0.0116 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.64} \quad (8)$$

in cui **t<sub>c</sub>** è espresso in ore ed **L** in m.

Tale relazione è stata leggermente modificata da Watt e Chow nel 1985, per effetto dei risultati rivenienti da una campagna di indagine condotta su 44 bacino americani e canadesi, aventi area compresa tra 0.01 e 5840 km<sup>2</sup>, nella seguente formulazione:

$$t_c = 0.00326 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.79} \quad (9)$$

Kirpich, infine, utilizzando i dati sperimentali di sei bacino americani, nel 1940, aveva proposto una correlazione grafica tra il tempo di corrivazione e il rapporto  $\frac{L}{\sqrt{i_a}}$ . Tale grafico, successivamente integrato dal contributo di altri dati sperimentali, ha condotto alla formulazione della seguente equazione, comunemente nota con il nome di equazione di Kirpich.

$$t_c = 0.00325 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77} \quad (10)$$

Il complesso dei valori determinabili con le succitate equazioni (Pezzoli, Chow, Watt & Chow, Kirpich) può essere ben rappresentato da un'unica espressione (Ferro, Sistemazione dei Bacino Idrografico, McGraw Hill, 2002), che integra tutti i contributi sperimentali derivanti dalle esperienze condotte, ed ha la seguente equazione, nel seguito denominata P-C-W-K:

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>29 di 72</b>

$$t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{t_a}} \right)^{0.8} \quad (11)$$

nella quale  $t_c$  è espresso in minuti e L in metri.

Applicando le relazioni succitate, con riferimento parametri geomorfologici dei bacini di interesse (*cf. paragrafi precedenti*), si sono ottenuti i seguenti risultati:

	P-C-W-K (h)	Giandotti (h)	Pezzoli (h)	Kirpich (h)	Chow (h)	Watt-Chow (h)
<b>BACINO 1</b>	0,483	1,139	0,431	0,324	3,602	3,885
<b>BACINO 2</b>	0,137	0,667	0,089	0,096	1,312	1,117
<b>BACINO 3</b>	0,730	1,146	0,723	0,483	5,019	5,851
<b>BACINO 4</b>	0,658	0,994	0,635	0,436	4,616	5,276
<b>BACINO 5</b>	0,611	1,183	0,578	0,406	4,349	4,903
<b>BACINO 6</b>	0,323	0,749	0,260	0,220	2,610	2,610
<b>BACINO 7</b>	0,347	1,300	0,286	0,236	2,768	2,807
<b>BACINO 8</b>	0,382	1,394	0,321	0,258	2,985	3,081
<b>BACINO 9</b>	0,491	0,948	0,440	0,329	3,651	3,951
<b>BACINO 10</b>	0,483	1,018	0,431	0,324	3,603	3,887
<b>BACINO 11</b>	1,329	2,237	1,529	0,859	8,103	10,569
<b>BACINO 12</b>	0,158	0,834	0,107	0,111	1,474	1,290

**Tabella 9:** Valori del tempo di corrivazione ( $t_c$ ) dei bacini idrografici di interesse con le diverse relazioni presenti in letteratura

Il tempo di corrivazione adottato per la stima della portata di piena è pari a:

	Tempo di corrivazione [h]
<b>BACINO 1</b>	0,483
<b>BACINO 2</b>	0,137
<b>BACINO 3</b>	0,730
<b>BACINO 4</b>	0,658
<b>BACINO 5</b>	0,611
<b>BACINO 6</b>	0,323

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>30 di 72</b>

<b>BACINO 7</b>	<i>0,347</i>
<b>BACINO 8</b>	<i>0,382</i>
<b>BACINO 9</b>	<i>0,491</i>
<b>BACINO 10</b>	<i>0,483</i>
<b>BACINO 11</b>	<i>1,329</i>
<b>BACINO 12</b>	<i>0,158</i>

**Tabella 10:** Valori del tempo di corrivazione (tc) adottati per il calcolo delle portate di piena

Per ciò che concerne il coefficiente di deflusso, esso è stato stimato effettuando una media pesata dei valori afferenti alle differenti sub-aree isoparametriche, ovvero caratterizzate da un determinato tipo di terreno, dal punto di vista della geologia e dell'uso del suolo, sulla base dei valori consigliati in letteratura; i pesi sono stati calcolati in funzione dell'estensione planimetrica delle sotto aree rispetto all'area totale del bacino individuato.

Tra le numerose indicazioni esistenti nella letteratura tecnico-scientifica per la valutazione del coefficiente di deflusso, sono stati utilizzati i valori indicati dal Manuale di Ingegneria Civile riportati nella tabella seguente:

<b>Tipo di terreno</b>	<b>Coltivato</b>	<b>Pascolo</b>	<b>Bosco</b>
Molto permeabile: sabbia o ghiaia	0.20	0.15	0.30
Permeabile: limo	0.40	0.35	0.30
Poco permeabile: argilla o substrato roccioso	0.50	0.45	0.40

**Tabella 11:** Valori del coefficiente di deflusso suggeriti dal Manuale di Ingegneria Civile

<b>Tipologia urbanistica</b>	<b><math>\phi</math></b>
Costruzioni dense	0.80
Costruzioni Spaziate	0.60
Aree con ampi cortili e giardini	0.50
Zone a villini sparsi	0.30-0.40
Giardini, prati e zone non edificabili né destinate a strade	0.20
Parchi e boschi	0.05-0.10

**Tabella 12:** Valori del coefficiente di deflusso consigliati nella letteratura tecnica tedesca

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>31 di 72</b>

Effettuando una media pesata per i bacini individuati sono stati utilizzati valori del coefficiente di deflusso compresi tra **0.19** e **0.31**.

	Coefficiente di deflusso $\varphi$
<b>BACINO 1</b>	<i>0.25</i>
<b>BACINO 2</b>	<i>0.15</i>
<b>BACINO 3</b>	<i>0.30</i>
<b>BACINO 4</b>	<i>0.30</i>
<b>BACINO 5</b>	<i>0.30</i>
<b>BACINO 6</b>	<i>0.30</i>
<b>BACINO 7</b>	<i>0.15</i>
<b>BACINO 8</b>	<i>0.20</i>
<b>BACINO 9</b>	<i>0.22</i>
<b>BACINO 10</b>	<i>0.25</i>
<b>BACINO 11</b>	<i>0.30</i>
<b>BACINO 12</b>	<i>0.25</i>

**Tabella 13:** Valori del coefficiente di deflusso utilizzato per il singolo bacino

L'applicazione della formula razionale ha restituito i seguenti valori per le portate di piena, con riferimento ai bacini di interesse:

	<b>Tr</b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [m<sup>3</sup>/s]</b>
<b>BACINO 1</b>	<i>30 anni</i>	<i>69,184</i>	<i>0,250</i>	<i>0,483</i>	<i>57,663</i>	<i>119,491</i>	<b><i>9,11</i></b>
	<i>200 anni</i>	<i>115,565</i>	<i>0,250</i>	<i>0,483</i>	<i>96,320</i>	<i>199,597</i>	<b><i>15,21</i></b>
	<i>500 anni</i>	<i>137,966</i>	<i>0,250</i>	<i>0,483</i>	<i>114,990</i>	<i>238,287</i>	<b><i>18,16</i></b>
<b>BACINO 2</b>	<i>30 anni</i>	<i>69,184</i>	<i>0,250</i>	<i>0,137</i>	<i>42,055</i>	<i>308,014</i>	<b><i>4,90</i></b>
	<i>200 anni</i>	<i>115,565</i>	<i>0,250</i>	<i>0,137</i>	<i>70,248</i>	<i>514,502</i>	<b><i>8,18</i></b>
	<i>500 anni</i>	<i>137,966</i>	<i>0,250</i>	<i>0,137</i>	<i>83,866</i>	<i>614,234</i>	<b><i>9,76</i></b>
<b>BACINO 3</b>	<i>30 anni</i>	<i>58,675</i>	<i>0,290</i>	<i>0,730</i>	<i>53,566</i>	<i>73,334</i>	<b><i>9,12</i></b>
	<i>200 anni</i>	<i>98,009</i>	<i>0,290</i>	<i>0,730</i>	<i>89,476</i>	<i>122,495</i>	<b><i>15,24</i></b>
	<i>500 anni</i>	<i>117,007</i>	<i>0,290</i>	<i>0,730</i>	<i>106,820</i>	<i>146,240</i>	<b><i>18,20</i></b>
<b>BACINO 4</b>	<i>30 anni</i>	<i>58,675</i>	<i>0,290</i>	<i>0,658</i>	<i>51,965</i>	<i>78,990</i>	<b><i>6,75</i></b>
	<i>200 anni</i>	<i>98,009</i>	<i>0,290</i>	<i>0,658</i>	<i>86,801</i>	<i>131,944</i>	<b><i>11,27</i></b>
	<i>500 anni</i>	<i>117,007</i>	<i>0,290</i>	<i>0,658</i>	<i>103,627</i>	<i>157,521</i>	<b><i>13,46</i></b>
<b>BACINO 5</b>	<i>30 anni</i>	<i>58,675</i>	<i>0,290</i>	<i>0,611</i>	<i>50,857</i>	<i>83,269</i>	<b><i>12,26</i></b>
	<i>200 anni</i>	<i>98,009</i>	<i>0,290</i>	<i>0,611</i>	<i>84,951</i>	<i>139,092</i>	<b><i>20,49</i></b>
	<i>500 anni</i>	<i>117,007</i>	<i>0,290</i>	<i>0,611</i>	<i>101,418</i>	<i>166,054</i>	<b><i>24,46</i></b>

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>		Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>	
			Data: <b>16/01/2023</b>	
	<b>Relazione tecnica impianto</b>		Revisione: <b>00</b>	
			Pagina: <b>32 di 72</b>	

<b>BACINO 6</b>	<i>30 anni</i>	58,675	0,290	0,323	42,263	131,014	<b>7,77</b>
	<i>200 anni</i>	98,009	0,290	0,323	70,595	218,843	<b>12,98</b>
	<i>500 anni</i>	117,007	0,290	0,323	84,279	261,264	<b>15,49</b>
<b>BACINO 7</b>	<i>30 anni</i>	58,675	0,290	0,347	43,174	124,343	<b>3,09</b>
	<i>200 anni</i>	98,009	0,290	0,347	72,118	207,701	<b>5,15</b>
	<i>500 anni</i>	117,007	0,290	0,347	86,097	247,962	<b>6,15</b>
<b>BACINO 8</b>	<i>30 anni</i>	58,675	0,290	0,382	44,372	116,284	<b>3,39</b>
	<i>200 anni</i>	98,009	0,290	0,382	74,119	194,239	<b>5,66</b>
	<i>500 anni</i>	117,007	0,290	0,382	88,486	231,891	<b>6,76</b>
<b>BACINO 9</b>	<i>30 anni</i>	58,675	0,290	0,491	47,731	97,260	<b>6,93</b>
	<i>200 anni</i>	98,009	0,290	0,491	79,730	162,461	<b>11,58</b>
	<i>500 anni</i>	117,007	0,290	0,491	95,184	193,953	<b>13,83</b>
<b>BACINO 10</b>	<i>30 anni</i>	58,675	0,290	0,483	47,503	98,406	<b>6,95</b>
	<i>200 anni</i>	98,009	0,290	0,483	79,349	164,377	<b>11,61</b>
	<i>500 anni</i>	117,007	0,290	0,483	94,730	196,240	<b>13,86</b>
<b>BACINO 11</b>	<i>30 anni</i>	58,675	0,290	1,329	63,724	47,937	<b>19,03</b>
	<i>200 anni</i>	98,009	0,290	1,329	106,444	80,073	<b>31,79</b>
	<i>500 anni</i>	117,007	0,290	1,329	127,077	95,595	<b>37,95</b>
<b>BACINO 12</b>	<i>30 anni</i>	69,184	0,250	0,158	43,616	276,117	<b>4,01</b>
	<i>200 anni</i>	115,565	0,250	0,158	72,856	461,221	<b>6,69</b>
	<i>500 anni</i>	137,966	0,250	0,158	86,978	550,625	<b>7,99</b>

**Tabella 14:** Valori delle portate di piena generate dal bacino di progetto calcolate con il Metodo Razionale

## 5.5 Metodo SCS - CN

Una metodologia per la stima delle precipitazioni efficaci che trova ampia applicazione è quella proposta dal *Soil Conservation Service* (1972). Il metodo, detto *Metodo Curve Number* (“*Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method*”, detto comunemente *Curve Number*), si basa sulla assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace)  $P_{net}$  risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda  $P$  (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

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

nella quale  $S$  è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed  $I_a$  è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro  $S$  corrisponde al volume idrico



<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>33 di 72</b>

trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha  $P > I_a$ ; fino all'istante in cui non si ha  $P > I_a$  il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale  $I_a$  si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di  $I_a$  si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 S$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di  $S$  può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = S_0 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

$S_0$  è un fattore di scala pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- GRUPPO A: Suoli aventi scarsa permeabilità di deflusso; capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- GRUPPO B: Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso; elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- GRUPPO C: Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
- GRUPPO D: Potenzialità di deflusso molto elevata; scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione.

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.

Per i gruppi appena descritti si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>34 di 72</b>

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

**Tabella 15:** Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale

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:

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

**Tabella 16:** Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC)

I valori del CN riportati nella **Tabella 15** si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Per condizioni iniziali differenti, vengono utilizzate delle relazioni di trasformazione del valore CN (II), relativo a AMC I, CN (I), ed in quello relativo a AMC III, CN (III).

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>35 di 72</b>

Nel presente studio, come ampiamente descritto nell'analisi idrologica, sono stati applicati i risultati rinvenuti dall'approccio VAPI. In questa analisi è stata ipotizzata una pioggia uniformemente distribuita sui bacini studiati, in funzione della zona omogenea considerata (zona 2), a cui è stato applicato uno ietogramma costante ricavato dall'analisi delle Curve di Possibilità Climatica riferite ai tre tempi di ritorno di 30, 200 e 50 anni.

Nella fattispecie si è preferito adottare una condizione antecedente all'evento di tipo **AMC=II (CNII)**, considerato che sono stati impiegati valori molto elevati del CN, in via cautelativa e i dati di input sono stati ricavati dall'analisi morfometrica e idrologica descritte in precedenza.

Nel caso in esame, quindi, sono stati sovrapposti i bacini idrografici sulla carta di uso del suolo e sulla carta geologica e ricavate le superfici specifiche in base alla qualità colturale e tipo di suolo.

Per ogni bacino il valore del CN è stato stimato effettuando una media pesata dei valori corrispondenti alle differenti sub-aree isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di uso del suolo e di tipo di suolo; i pesi sono stati calcolati in funzione delle aree delle singole parcelle sull'area totale del bacino individuato.

Per quanto riguarda la tipologia di terreno, si anticipa che si farà riferimento ad una condizione di **suolo aventi moderata potenzialità di deflusso, elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione**.

Dalla media pesata in funzione della superficie sono stati ricavati, per il bacino complessivo, i valori relativi al CN, riportati nella tabella seguente:

	<b>CN<sub>II</sub></b>
<b>Bacino 1</b>	<i>81,05</i>
<b>Bacino 2</b>	<i>81,00</i>
<b>Bacino 3</b>	<i>81,02</i>
<b>Bacino 4</b>	<i>80,14</i>
<b>Bacino 5</b>	<i>80,44</i>
<b>Bacino 6</b>	<i>79,84</i>
<b>Bacino 7</b>	<i>81,69</i>
<b>Bacino 8</b>	<i>81,92</i>
<b>Bacino 9</b>	<i>81,08</i>
<b>Bacino 10</b>	<i>81,03</i>
<b>Bacino 11</b>	<i>83,02</i>
<b>Bacino 12</b>	<i>81,00</i>

**Tabella 17:** Valori del CN dei bacini idrografici di interesse

Noto il valore del Curve Number è stato possibile stimare i due parametri S ed Ia utili per la valutazione della pioggia netta.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>36 di 72</b>

Altro “tempo caratteristico” di un bacino è il “tempo di ritardo”  $t_L$  (lag time), generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluviogramma netto.

Il Soil Conservation Service (SCS) americano ha dedotto, empiricamente, che il rapporto  $t_L/t_c$  (rapporto tra tempo di ritardo e tempo di corrivazione) è pari a 0.6.

Per la stima del tempo di ritardo del bacino, nel caso in esame, si è utilizzata la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui  $s$  è la pendenza del bacino espressa in %,  $L$  la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla displuviale espressa in Km.

Per il calcolo della portata al colmo  $Q_p$  ( $m^3/s$ ) si considera un'idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in  $m^3$ , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

avendo indicato con  $t_b$  la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale  $V$  di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena  $t_b$  e pertanto:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Utilizzando le formule di cui sopra, esprimendo il volume di deflusso  $V$  in  $mm$ , il tempo  $t_a$  in ore, l'area  $A$  del bacino in  $Km^2$ , si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata  $t_p$  e indicando con  $t_L$  il tempo di ritardo, come prima calcolato, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

È stato scelto come evento che massimizza il calcolo della portata di piena un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando come “ $t_c$ ” quello riportato in **Tabella 10**.

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>37 di 72</b>

	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub>[mm]</b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
<b>BACINO 1</b>	<i>30 anni</i>	57,663	35,367	0,785	35,367	1,026	<b>7,87</b>
	<i>200 anni</i>	96,320	71,258	0,785	71,258	1,026	<b>15,85</b>
	<i>500 anni</i>	114,990	89,158	0,785	89,158	1,026	<b>19,83</b>
<b>BACINO 2</b>	<i>30 anni</i>	42,055	21,805	0,484	21,805	0,552	<b>3,13</b>
	<i>200 anni</i>	70,248	46,738	0,484	46,738	0,552	<b>6,72</b>
	<i>500 anni</i>	83,866	59,412	0,484	59,412	0,552	<b>8,54</b>
<b>BACINO 3</b>	<i>30 anni</i>	53,566	31,707	0,834	31,707	1,199	<b>8,21</b>
	<i>200 anni</i>	89,476	64,729	0,834	64,729	1,199	<b>16,76</b>
	<i>500 anni</i>	106,820	81,262	0,834	81,262	1,199	<b>21,04</b>
<b>BACINO 4</b>	<i>30 anni</i>	51,965	29,439	0,763	29,439	1,092	<b>5,75</b>
	<i>200 anni</i>	86,801	61,080	0,763	61,080	1,092	<b>11,93</b>
	<i>500 anni</i>	103,627	76,999	0,763	76,999	1,092	<b>15,04</b>
<b>BACINO 5</b>	<i>30 anni</i>	50,857	28,766	0,764	28,766	1,069	<b>9,89</b>
	<i>200 anni</i>	84,951	59,718	0,764	59,718	1,069	<b>20,53</b>
	<i>500 anni</i>	101,418	75,293	0,764	75,293	1,069	<b>25,88</b>
<b>BACINO 6</b>	<i>30 anni</i>	42,263	20,990	0,414	20,990	0,576	<b>5,40</b>
	<i>200 anni</i>	70,595	45,706	0,414	45,706	0,576	<b>11,75</b>
	<i>500 anni</i>	84,279	58,333	0,414	58,333	0,576	<b>15,00</b>
<b>BACINO 7</b>	<i>30 anni</i>	43,174	23,346	1,108	23,346	1,282	<b>2,26</b>
	<i>200 anni</i>	72,118	49,276	1,108	49,276	1,282	<b>4,76</b>
	<i>500 anni</i>	86,097	62,391	1,108	62,391	1,282	<b>6,03</b>
<b>BACINO 8</b>	<i>30 anni</i>	43,174	23,346	1,108	23,346	1,282	<b>2,26</b>
	<i>200 anni</i>	72,118	49,276	1,108	49,276	1,282	<b>4,76</b>
	<i>500 anni</i>	86,097	62,391	1,108	62,391	1,282	<b>6,03</b>
<b>BACINO 9</b>	<i>30 anni</i>	47,731	26,686	0,930	26,686	1,176	<b>5,51</b>
	<i>200 anni</i>	79,730	55,638	0,930	55,638	1,176	<b>11,48</b>
	<i>500 anni</i>	95,184	70,225	0,930	70,225	1,176	<b>14,49</b>
<b>BACINO 10</b>	<i>30 anni</i>	47,503	26,439	0,761	26,439	1,002	<b>5,58</b>
	<i>200 anni</i>	79,349	55,215	0,761	55,215	1,002	<b>11,65</b>
	<i>500 anni</i>	94,730	69,721	0,761	69,721	1,002	<b>14,71</b>

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>38 di 72</b>

<b>BACINO 11</b>	<i>30 anni</i>	63,724	43,037	1,942	43,037	2,606	<b>16,36</b>
	<i>200 anni</i>	106,444	83,656	1,942	83,656	2,606	<b>31,80</b>
	<i>500 anni</i>	127,077	103,718	1,942	103,718	2,606	<b>39,43</b>
<b>BACINO 12</b>	<i>30 anni</i>	43,616	23,110	0,250	23,110	0,328	<b>3,06</b>
	<i>200 anni</i>	72,856	49,143	0,250	49,143	0,328	<b>6,50</b>
	<i>500 anni</i>	86,978	62,342	0,250	62,342	0,328	<b>8,25</b>

**Tabella 18:** Valori delle portate di piena con il metodo del Curve Number del bacino di progetto

## 5.6 Considerazioni finali sulle portate di piena

Il confronto tra le due metodologie adottate ha evidenziato come le portate derivate utilizzando i due metodi sono sempre confrontabili.

Di fatto, nella modellazione idraulica esposta nel seguito, avendo realizzato un **modello a parametri distribuiti**, sono stati utilizzati, come input, i valori di pioggia, lasciando al modello la trasformazione afflussi-deflussi e utilizzando i valori di uso del suolo come esposti precedentemente.

## 6 Analisi idraulica

Una volta definiti gli input idrologici, si è proceduto con la simulazione della propagazione delle piene in moto vario al fine di individuare le aree inondabili.

L'output dello studio idrologico-idraulico, simulando gli eventi con tempo di ritorno di 200 anni, consente di individuare la parte di territorio allagabile al fine di definire il livello sicurezza idraulica così come definito all'art. 36 delle NTA del PAI vigente.

### 6.1 Teoria del modello idraulico

L'analisi idraulica condotta nel presente studio, non può che essere condotta facendo riferimento a software di propagazione delle piene bidimensionali, al fine di definire, in linea generale, le principali linee di deflusso e le aree occupate dalle piene duecentennali.

Al fine di poter stabilire e ricostruire le dinamiche di propagazione delle piene che si potrebbero verificare sulle vaste aree, tenendo conto delle eventuali deviazioni che le correnti idrodinamiche riceverebbero urtando contro gli ostacoli lungo il percorso, si è utilizzato un modello di propagazione delle piene in campo bidimensionale, che ha anche la capacità di implementare all'interno del dominio 2D elementi monodimensionali, operando analisi idrauliche in moto vario. Il software utilizzato è il FLO-2D (*FLO-2D Software, Inc. – Arizona – USA*).

Il software studia la dinamica della modellazione della piena in condizioni di alvei incisi e di territori pianeggianti, modella la propagazione secondo due direzioni anziché una come i modelli monodimensionali.

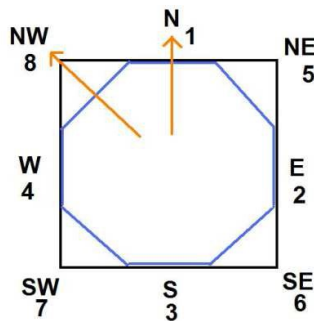
Il modello matematico del moto vario è quello che meglio si presta a descrivere la traslazione dell'onda di piena. La sua formulazione deriva dal sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali di De Saint-Venant che, scritte nella forma ad una dimensione:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{equazione di continuità}$$

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>39 di 72</b>

$$\frac{\partial y}{\partial x} - \frac{U}{g} \cdot \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial U}{\partial t} = i_f - J \quad \text{equazione dinamica}$$

dove  $y$  rappresenta il tirante idrico e  $U$  rappresenta la velocità media nella sezione in una delle otto direzioni del flusso della cella.



L'equazione di continuità esprime il bilancio delle masse entranti ed uscenti da una generica cella, invece l'equazione dell'energia esprime, per quella medesima cella, il bilancio energetico. Questa è differenziata dal moto permanente per l'introduzione delle derivate parziali rispetto tempo. La portata è variabile sia nello spazio che nel tempo. Le perdite di carico sono basate sull'equazione di Manning.

Per Il processo alluvionale le equazioni del moto in FLO-2D sono applicate calcolando la velocità media di flusso attraverso il confine della griglia di calcolo una direzione alla volta delle otto potenziali disponibili come condizioni al contorno di queste otto, quattro sono nel verso ortogonale degli assi principali (Nord-Est, Sud e Ovest) e quattro in direzione diagonale (NE-SE-SW e NW). Ciascun calcolo di velocità è essenzialmente unidimensionale in natura e viene risolto indipendentemente dalle altre sette direzioni. La stabilità di questo schema numerico è basata su un rigido criterio per il controllo della misura della variabile computazionale del passo temporale.

La procedura di calcolo dell'algoritmo consiste in:

- calcolo dei parametri caratteristici idraulici (tirante, pendenza e Manning) sono mediati sul contorno tra i due elementi della griglia;
- ogni cella è associata univocamente ad un valore di elevazione, un coefficiente di scabrezza di Manning ed un tirante idrico;
- il tirante idrico per il calcolo della velocità lungo i confini della cella è stimato dal precedente valore del time-step incrementato in maniera lineare con la formula di Manning:  $d_x^{i+1} = d_x^i + d_{x+1}^i$ ;
- la prima stima della velocità è computata utilizzando l'equazione dell'onda diffusiva ( $S_f = S_o - \frac{\partial h}{\partial x}$ );
- il valore di velocità individuato viene utilizzato come primo valore per il metodo di Newton-Raphson (metodo delle tangenti) per la risoluzione dell'equazione dell'onda dinamica completa. Le velocità  $V$  nelle singole direzioni sono determinate separatamente;
- la portata in ogni singola direzione viene computata moltiplicando la velocità individuata con l'area della sezione idraulica corretta con un parametro che tiene conto della riduzione dovuta ad ostacoli (WRFs);

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>40 di 72</b>

- anche gli altri parametri idraulici sono mediati tra le celle adiacenti in direzione del flusso per calcolare la velocità, scabrezza, sezione bagnata, tirante e perimetro bagnato;
- l'incremento di portata nel passo temporale lungo le otto direzioni viene sommato e distribuito negli accumuli locali e successivamente trasformato in aumento di tirante idrico

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

$$\Delta d_x^{i+1} = \frac{\Delta Q_x^{i+1}}{A_{surf}} \Delta t$$

- il processo deve essere verificato se supera criterio di stabilità numerica senza il quale la simulazione è riportata all'istante precedente e aumentato il time step fino alla determinazione della velocità che soddisfa i criteri di stabilità.

Ossia:  $\Delta t < \xi S_o \Delta x^2 \div q_o$ , dove:

- ✓  $\Delta t$  = passo temporale
- ✓  $\xi$  = coeff. empirico ( $0.10 < \xi < 1.0$ )
- ✓  $S_o$  = pendenza del fondo
- ✓  $\Delta x$  = dimensione della cella
- ✓  $q_o$  = portata specifica per il canale

## 6.2 Modello idraulico implementato

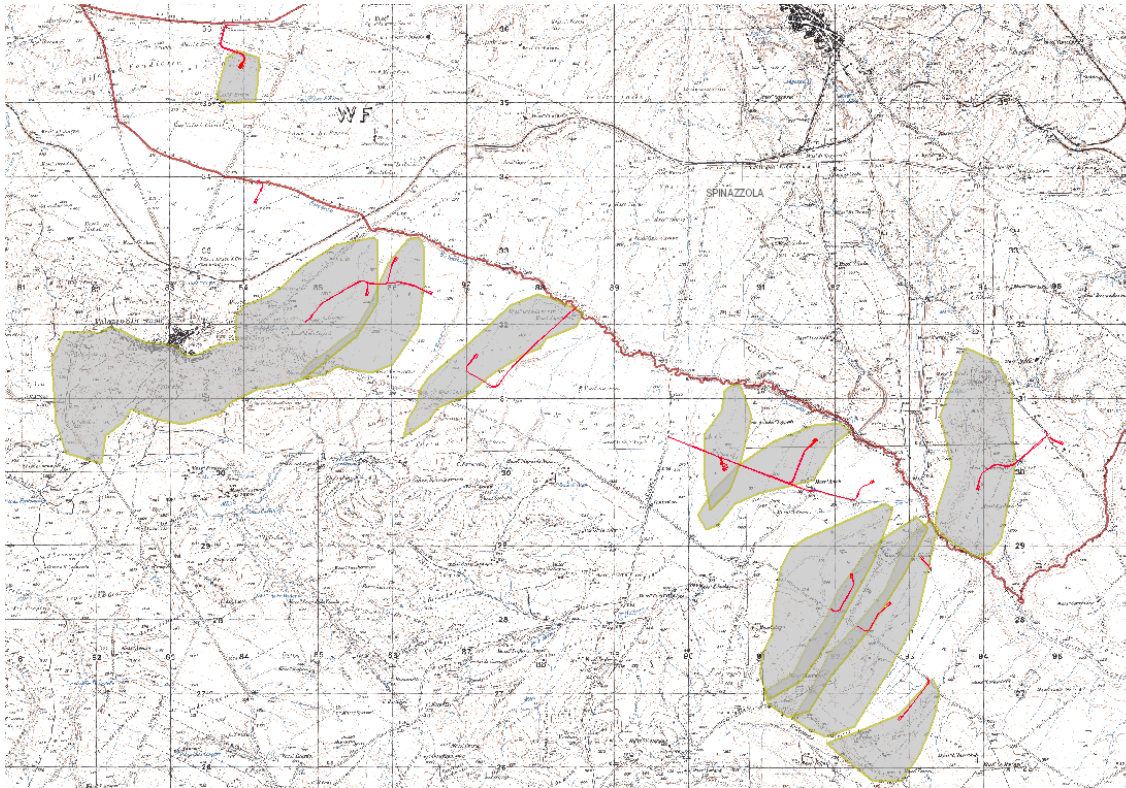
Per il modello implementato nel caso di studio, allo scopo di poter eseguire i calcoli idraulici, si è scelto di acquisire il rilievo effettuato con tecnologia Lidar fornito dal Geoportale Nazionale, con il quale è stato possibile elaborare un accurato DTM (Digital Terrain Model) di risoluzione 1 m.

Il DEM ricavato, a seguito di controllo dello stesso con il rilievo topografico in campo è stato processato attraverso il *Preprocessing Grid Developer System (GDS)*. Il GDS consente di elaborare il DEM inserendo tutti gli elementi necessari per la costruzione della geometria di calcolo. Il GDS opera su un grid di dimensione di cella predefinita, ovviamente le dimensioni della cella è correlata alla stabilità del sistema in funzione del time-step di calcolo, delle condizioni al contorno, ecc.

Nel caso in esame è stata utilizzata una griglia di calcolo la cui dimensione di cella è stata prefissata pari a **5 metri**. La scelta è stata quasi obbligata in quanto se si pensa all'elevato numero di computazioni necessarie per giungere ad una configurazione del fenomeno quanto più possibile aderente alla realtà dei luoghi e agli elevatissimi tempi di calcolo, nonostante l'utilizzo di PC molto performanti.



<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>41 di 72</b>



**Figura 17:** Geometria dei modelli idraulici

Nonostante, come già detto in precedenza, tutti gli aerogeneratori sono stati ubicati al di fuori delle aree allagabili, è stato necessario procedere all’inserimento di sezioni di controllo in alcuni punti (e segnatamente in corrispondenza delle interferenze tra le strade di progetto e le aree allagabili) al fine di addivenire ai valori di portata necessari al dimensionamento degli elementi necessari a garantire la continuità idraulica (tombini e canalette).

Le analisi di propagazione sono state condotte a scabrezza variabile in modo da tener conto dell’effetto dell’uso del suolo sui fenomeni di propagazione, ovvero per ogni cella è stato inserito il valore di scabrezza di Manning corrispondente, in funzione dell’uso del suolo presente in sito. I dati di scabrezza sono stati desunti dalle mappe dell’uso del suolo rese disponibili dal SIT PUGLIA e sul portale cartografico RSDI Basilicata.

Nello studio condotto:

- le condizioni a contorno di monte hanno riguardato un ietogramma di pioggia costante, avente tempi di ritorno pari a 200 anni, applicato su tutto il dominio di calcolo, inserendo per ogni cella il valore di Curve Number corrispondente;
- le condizioni al contorno di valle (celle di *outflow* con libera uscita dal dominio in moto uniforme) sono state inserite lungo la quasi integrità del limite del dominio data la morfologia dell’area.

Le simulazioni idrauliche, condotte in moto vario, hanno consentito di ricavare cella per cella, per tempi di ritorno 200 anni, una serie di grandezze idrodinamiche fondamentali per le valutazioni conseguenti, tra cui la determinazione dei livelli di pericolosità idraulica connessi.

Alcune delle grandezze idrodinamiche ricavate, cella per cella, istante per istante sono:

- ✓ livello del tirante idrico;

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>42 di 72</b>

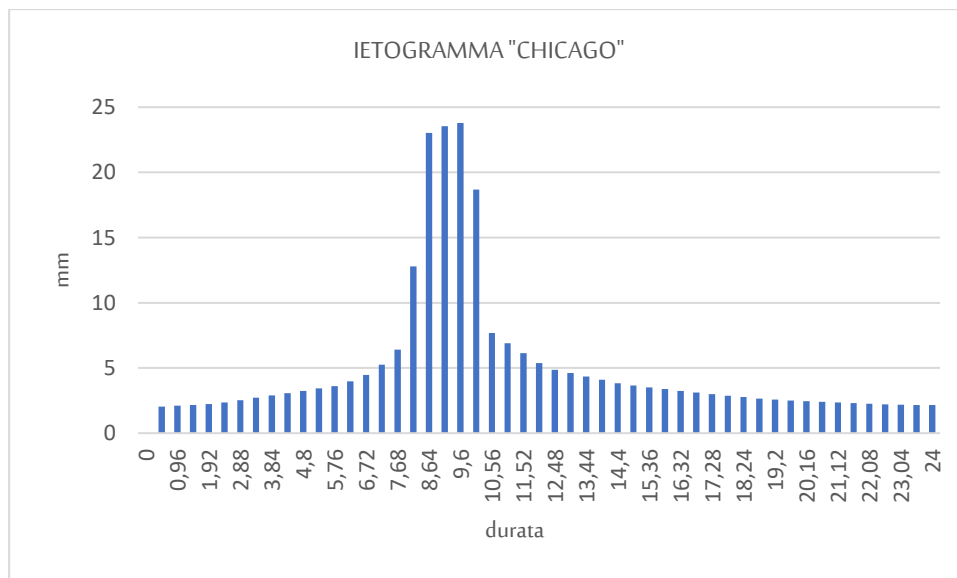
- ✓ velocità della corrente;
- ✓ numero di Froude;
- ✓ spinta idrodinamica;
- ✓ pressione statica;
- ✓ energia specifica.

Nel caso esaminato, a vantaggio di sicurezza, è stato impiegato uno ietogramma del tipo *Chicago* (di durata pari a 24 ore) come pioggia uniformemente distribuita per tutti i domini computazionali utilizzati.

Lo ietogramma applicato, di tipo Chicago, riferito al tempo di ritorno di 200 anni, possiede le caratteristiche illustrate nel seguito.

**Input delle simulazioni (ietogramma di progetto per  $T_r=200$  anni – topoieto Spinazzola):**

- ✓ durata 24 h, altezza totale 255,79 mm



<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>43 di 72</b>

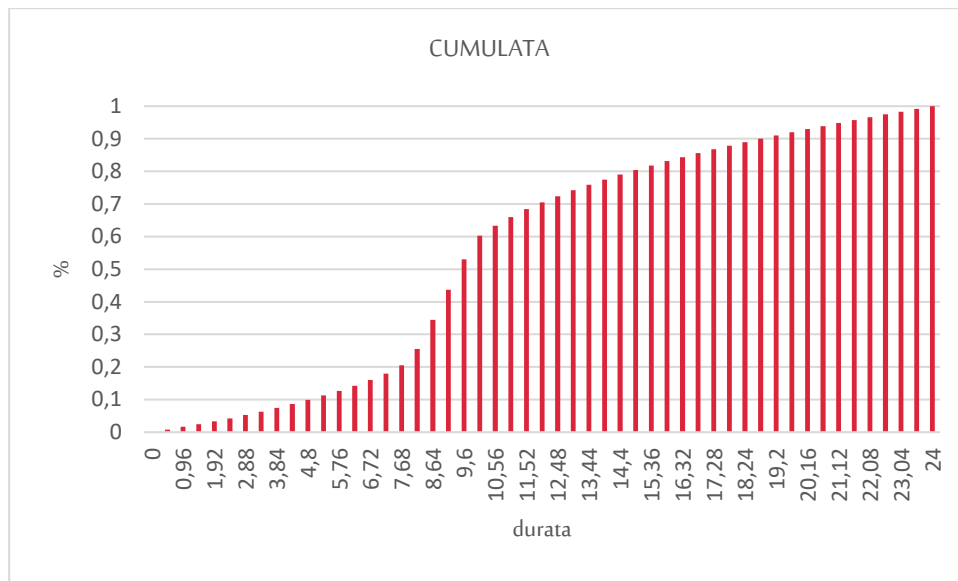
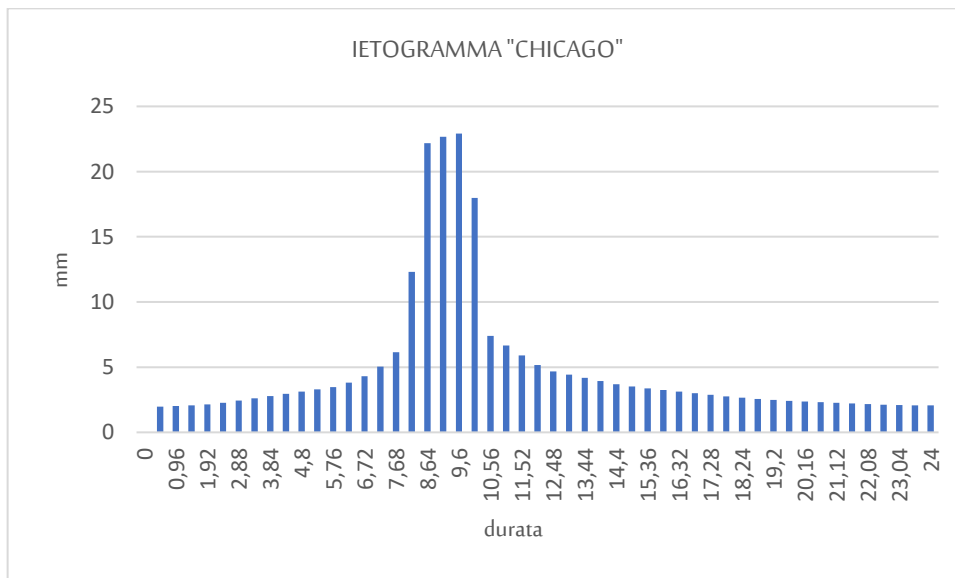


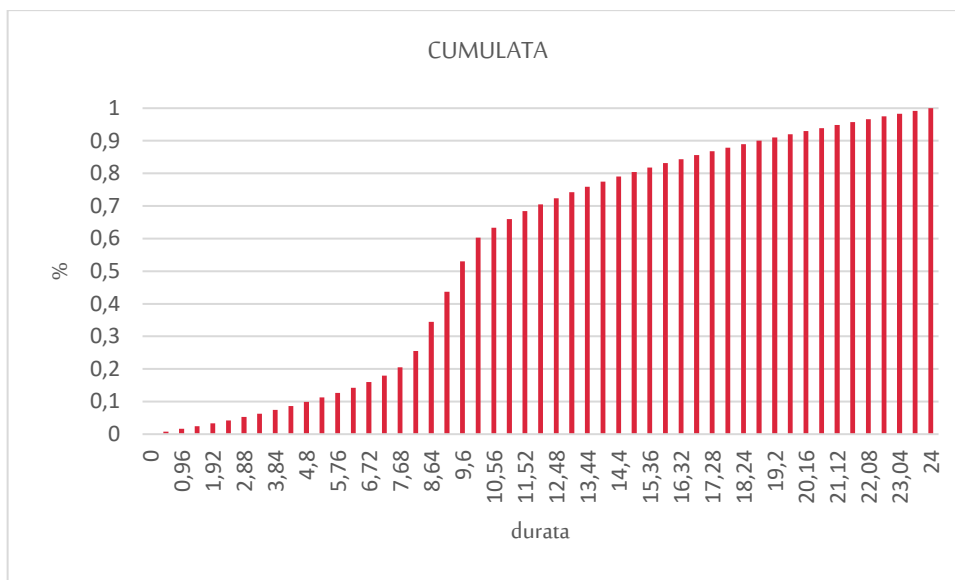
Figura 18: Ietogramma e cumulata di pioggia per durata 24 ore – Spinazzola

**Input delle simulazioni (ietogramma di progetto per  $T_r=200$  anni – topoieto Palazzo San Gervasio):**

- ✓ durata 24 h, altezza totale 246,34 mm

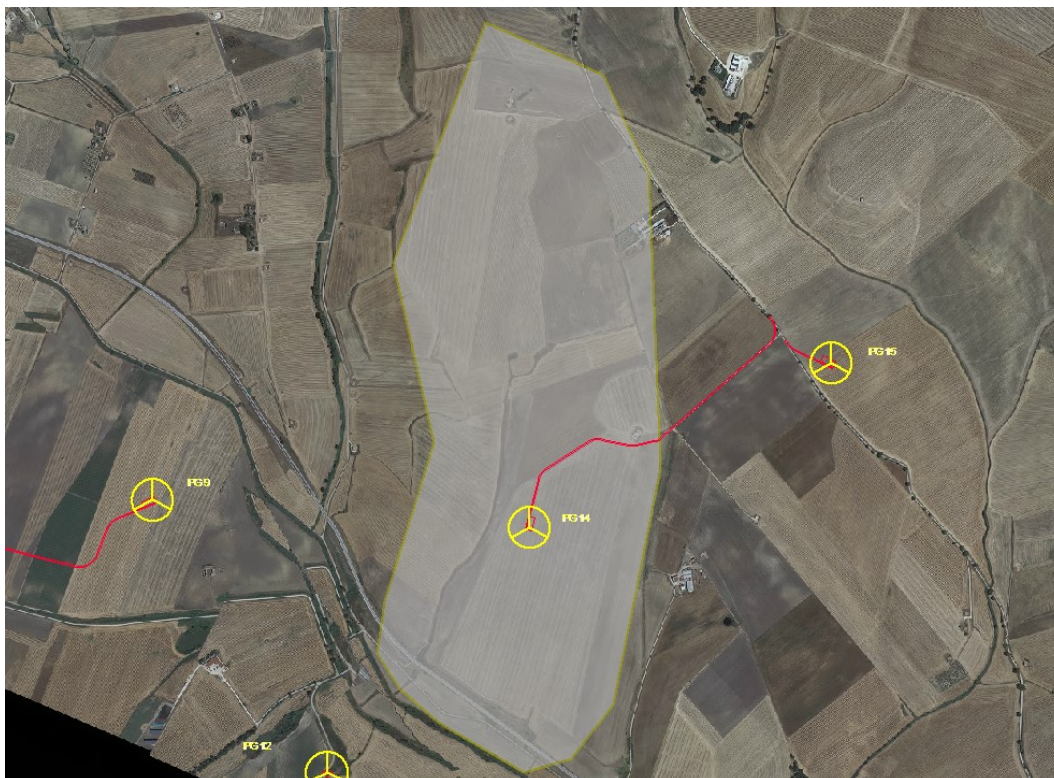


<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>44 di 72</b>



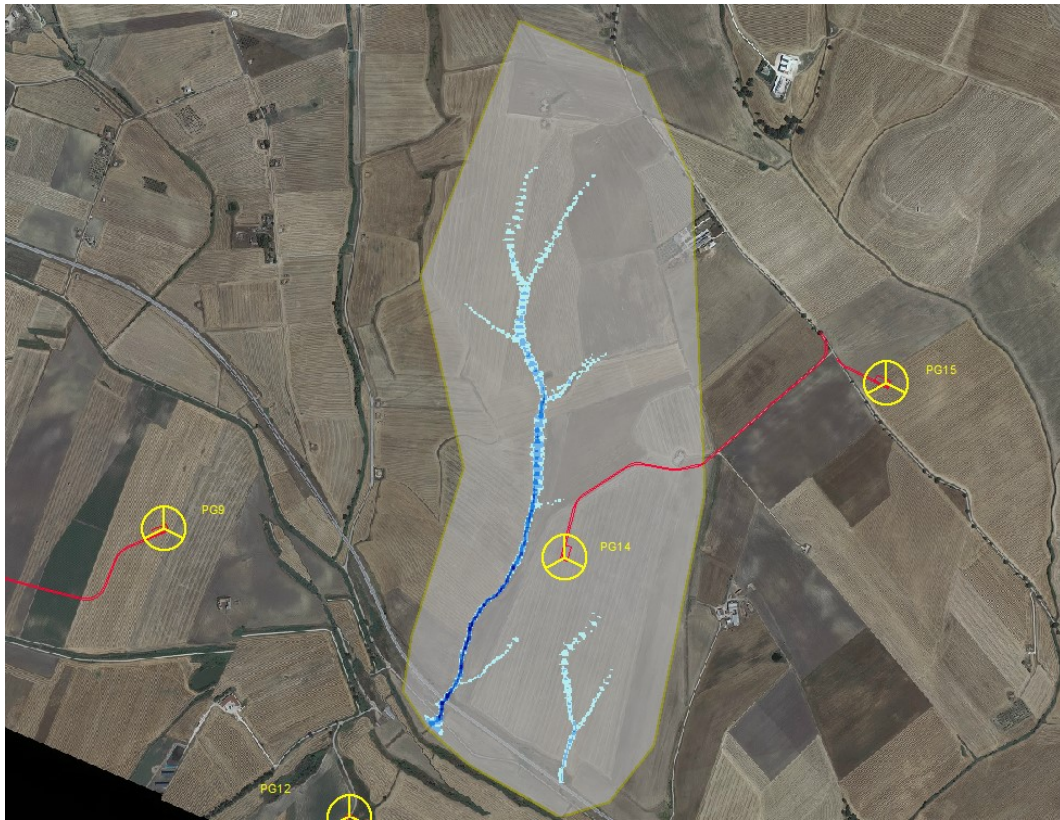
**Figura 19:** Ietogramma e cumulata di pioggia per durata 24 ore

Per la definizione delle portate di calcolo necessarie per il dimensionamento delle opere idrauliche, ove necessarie (in corrispondenza delle interferenze tra deflussi superficiali e opere viarie da realizzare) sono state inserite una serie di sezioni di controllo meglio definite nelle immagini che seguono che mostrano i dettagli dei domini di calcolo e i risultati delle modellazioni condotte.



**Figura 20:** Dettaglio del primo dominio di calcolo.

Aren Green Srl Impianto Eolico "PIANO MADAMA GIULIA"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	Relazione tecnica impianto	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>45 di 72</b>

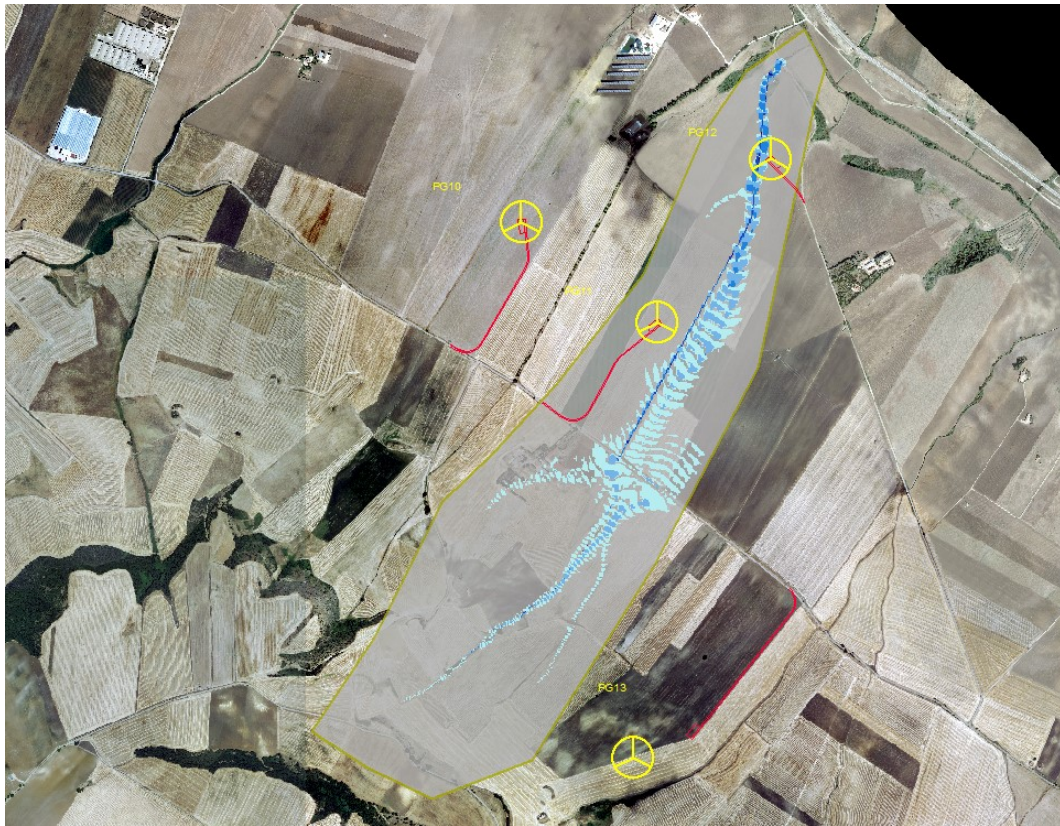


**Figura 21:** Dettaglio del primo dominio di calcolo con indicazione delle aree allagabili a 200 anni. Non sono state inserite sezioni di controllo in quanto non risultano interferenze.



**Figura 22:** Dettaglio del secondo dominio di calcolo.

Aren Green Srl Impianto Eolico "PIANO MADAMA GIULIA"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	Relazione tecnica impianto	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>46 di 72</b>



**Figura 23:** Dettaglio del secondo dominio di calcolo con indicazione delle aree allagabili a 200 anni.



**Figura 24:** Dettaglio del secondo dominio di calcolo con indicazione delle aree allagabili a 200 anni con particolare della zona dell'aerogeneratore da cui si evince che sia la fondazione del WTG sia le opere civili sono esterne alle aree allagabili. Non sono state inserite sezioni di controllo in quanto non risultano interferenze.

Aren Green Srl Impianto Eolico "PIANO MADAMA GIULIA"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	Relazione tecnica impianto	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>47 di 72</b>



**Figura 25:** Dettaglio del terzo dominio di calcolo con indicazione della sezione di controllo indicata in verde.



**Figura 26:** Dettaglio del terzo dominio di calcolo con indicazione della sezione di controllo indicata in verde e indicazione delle aree allagabili. La sezione di controllo è stata impiegata per il dimensionamento della canaletta di raccolta delle acque laterale alla strada di avvicinamento alla WTG PG10 e del tombino di attraversamento della stessa con una portata di 2,80 m<sup>3</sup>/s.

**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](mailto:areenergia@legalmail.it)

Codice Fiscale, P. IVA e numero di iscrizione al Registro delle Imprese di Forlì – Cesena Part. Iva 03803880404



<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>48 di 72</b>



**Figura 27:** Dettaglio del quarto dominio di calcolo.



**Figura 28:** Dettaglio del quarto dominio di calcolo con indicazione delle aree allagabili a 200 anni. Non sono state inserite sezioni di controllo in quanto non risultano interferenze.



<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>49 di 72</b>

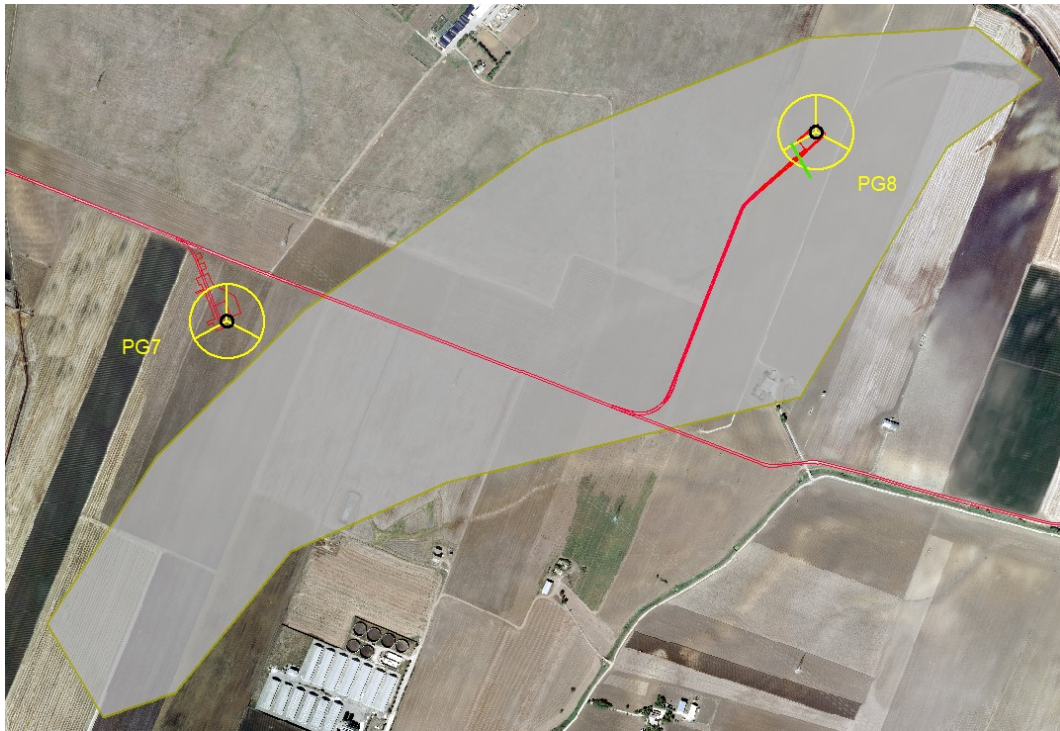


**Figura 29:** Dettaglio del quinto dominio di calcolo.



<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>50 di 72</b>

**Figura 30:** Dettaglio del quinto dominio di calcolo con indicazione delle aree allagabili a 200 anni. Non sono state inserite sezioni di controllo in quanto non risultano interferenze.



**Figura 31:** Dettaglio del sesto dominio di calcolo con indicazione della sezione di controllo indicata in verde.



<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>51 di 72</b>

**Figura 32:** Dettaglio del sesto dominio di calcolo con indicazione della sezione di controllo indicata in verde e indicazione delle aree allagabili. La sezione di controllo è stata impiegata per il dimensionamento della canaletta di raccolta delle acque e del tombino di attraversamento della strada di avvicinamento alla WTG PG8 con una portata di 3,12 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 33:** Dettaglio del settimo dominio di calcolo.



**Figura 34:** Dettaglio del settimo dominio di calcolo con indicazione delle aree allagabili a 200 anni. Non sono state inserite sezioni di controllo in quanto non risultano interferenze.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>52 di 72</b>



**Figura 35:** Dettaglio dell’ottavo dominio di calcolo con indicazione delle sezioni di controllo indicate in verde.



**Figura 36:** Dettaglio dell’ottavo dominio di calcolo con indicazione delle sezioni di controllo indicate in verde e indicazione delle aree allagabili. La sezione di controllo ubicata nei pressi della strada di progetto è stata impiegata per il dimensionamento del tombino di attraversamento della strada di avvicinamento alla WTG PG6 con una portata di 2,30 m<sup>3</sup>/s.

Aren Green Srl Impianto Eolico "PIANO MADAMA GIULIA"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	Relazione tecnica impianto	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>53 di 72</b>

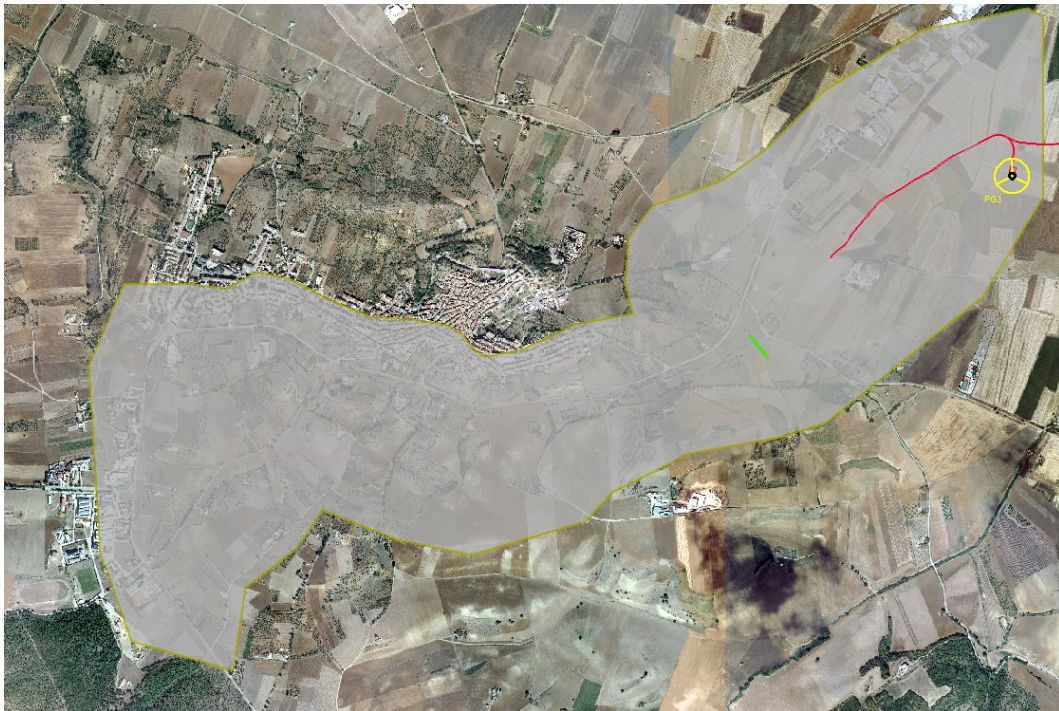


**Figura 37:** Dettaglio del nono dominio di calcolo con indicazione della sezione di controllo indicata in verde.

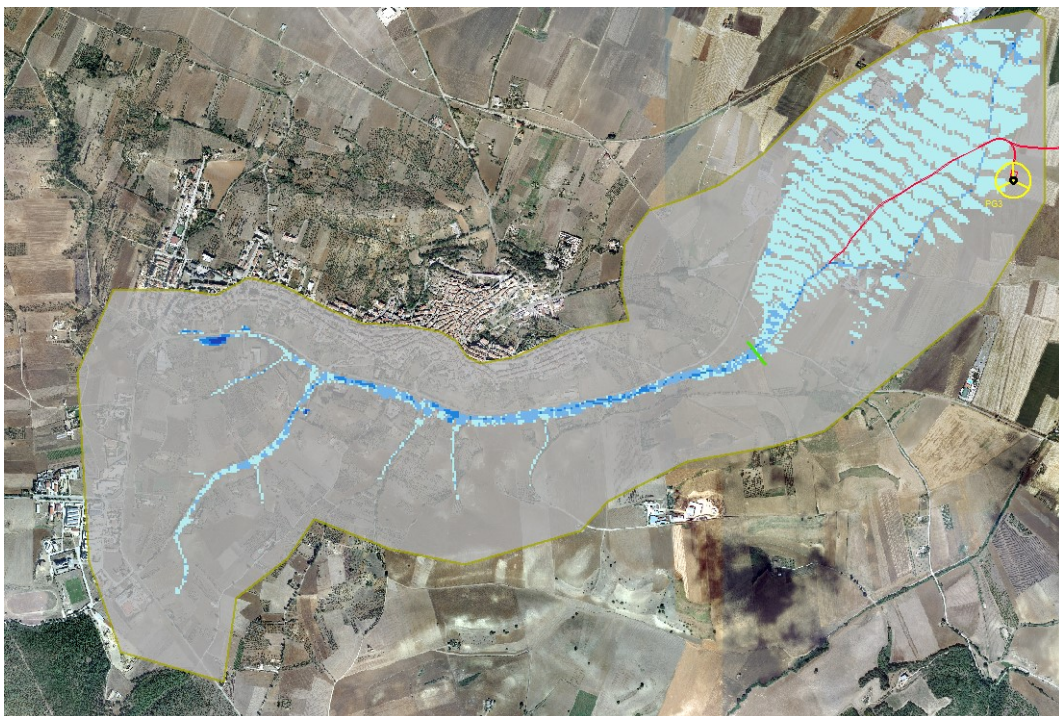


**Figura 38:** Dettaglio del nono dominio di calcolo con indicazione della sezione di controllo indicata in verde e indicazione delle aree allagabili. La sezione di controllo è stata impiegata per il dimensionamento del tombino di attraversamento della strada di avvicinamento alla WTG PG5 con una portata di 2,56 m<sup>3</sup>/s.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>54 di 72</b>

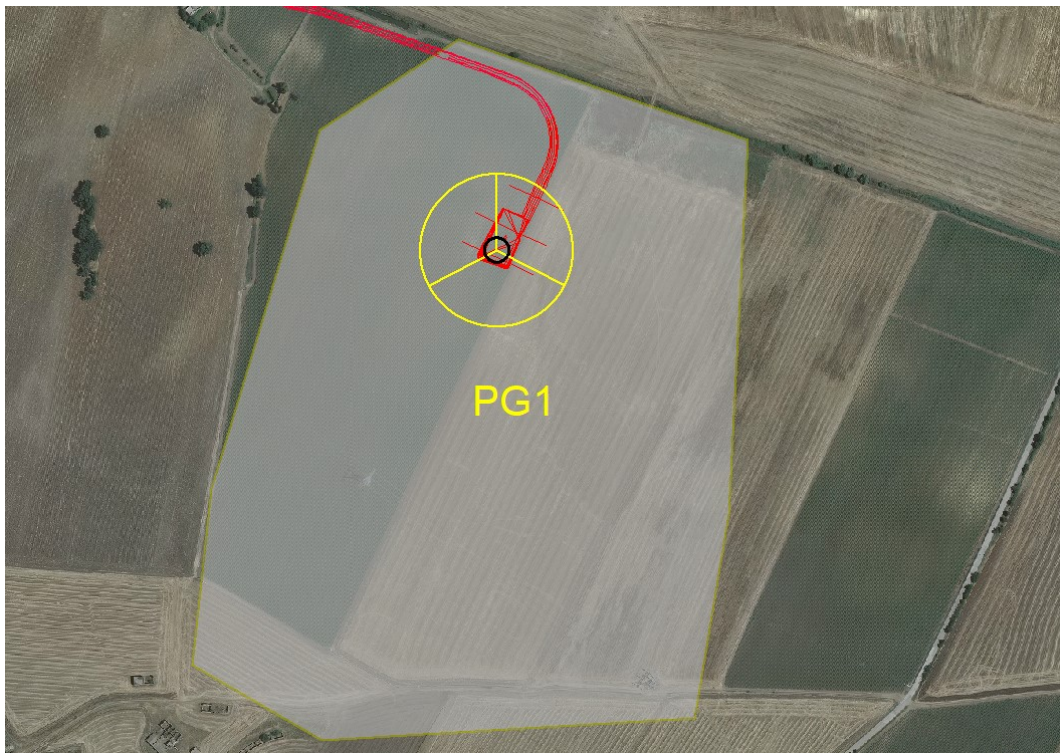


**Figura 39:** Dettaglio del decimo dominio di calcolo con indicazione della sezione di controllo indicata in verde.



**Figura 40:** Dettaglio del decimo dominio di calcolo con indicazione della sezione di controllo indicata in verde e indicazione delle aree allagabili. La sezione di controllo ha registrato una portata di 29,07m<sup>3</sup>/s.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>55 di 72</b>



**Figura 41:** Dettaglio dell'undicesimo dominio di calcolo.

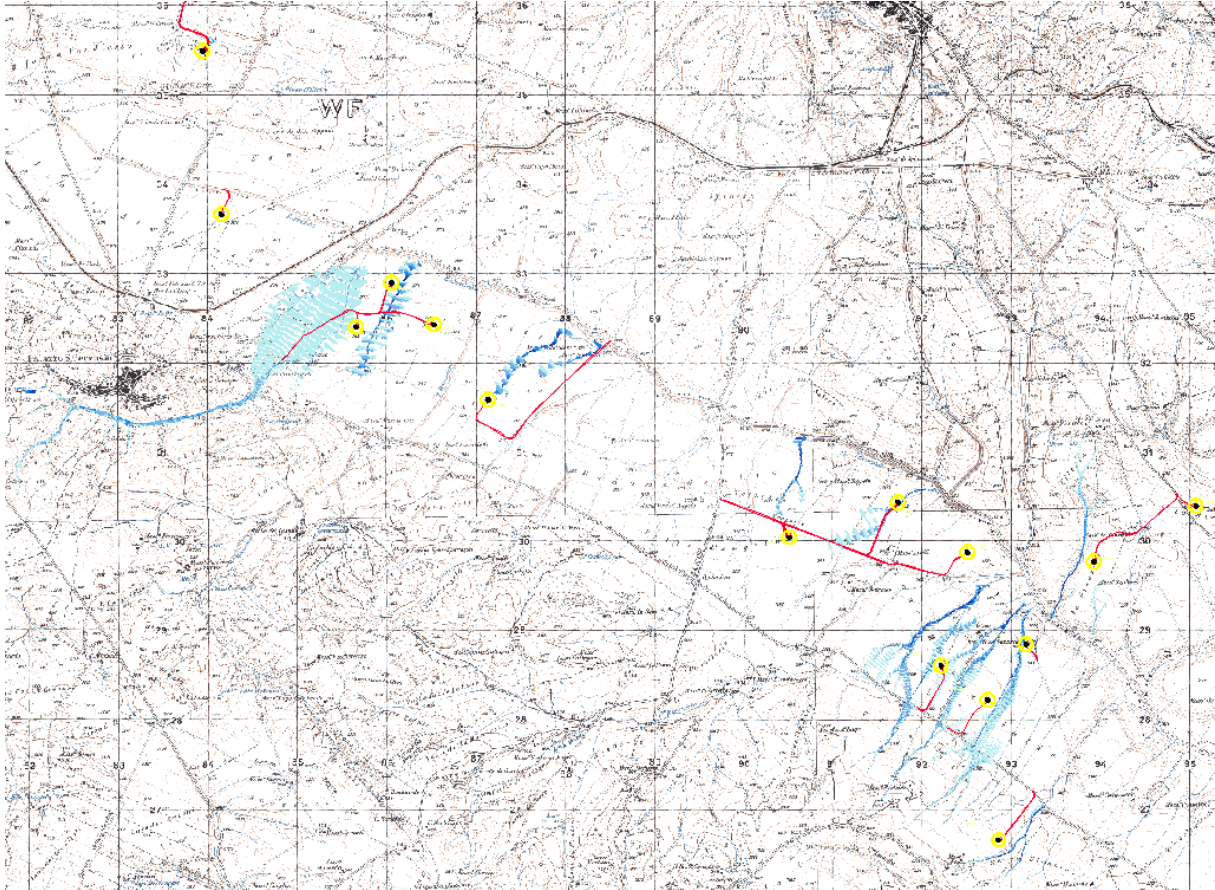


**Figura 42:** Dettaglio dell'undicesimo dominio di calcolo con indicazione delle aree allagabili a 200 anni. Non sono state inserite sezioni di controllo in quanto non risultano interferenze.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>56 di 72</b>

## 7 Definizione delle aree allagabili con tempi di ritorno di 200 anni

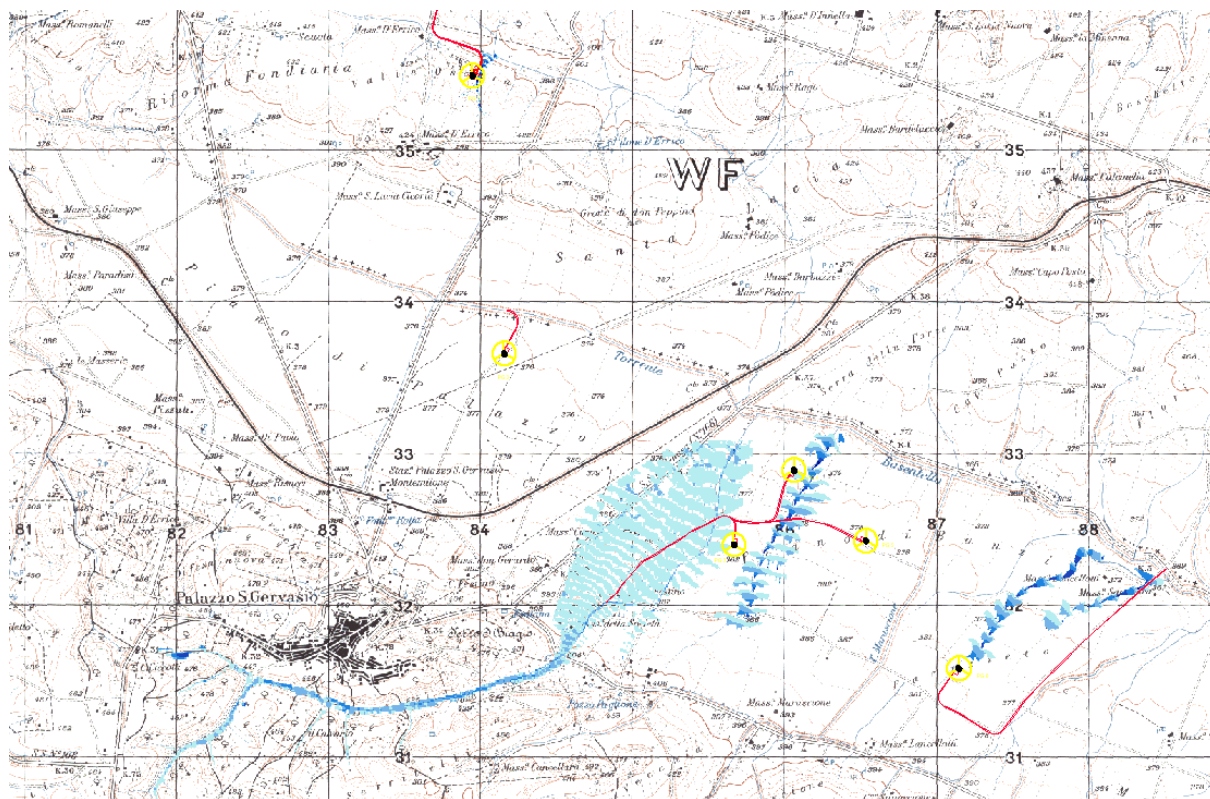
Come si può notare dalla figura che segue, le aree allagabili con tempo di ritorno di 200 anni che interessano l'area di intervento seguono, essenzialmente, i compluvi principali (cfr. Allegato 1).



**Figura 43:** Definizione delle aree allagabili con tempo di ritorno di 200 anni. In giallo gli aerogeneratori, rosso le strade e le piazzole di progetto, in azzurro le aree allagabili con tempi di ritorno di 200 anni

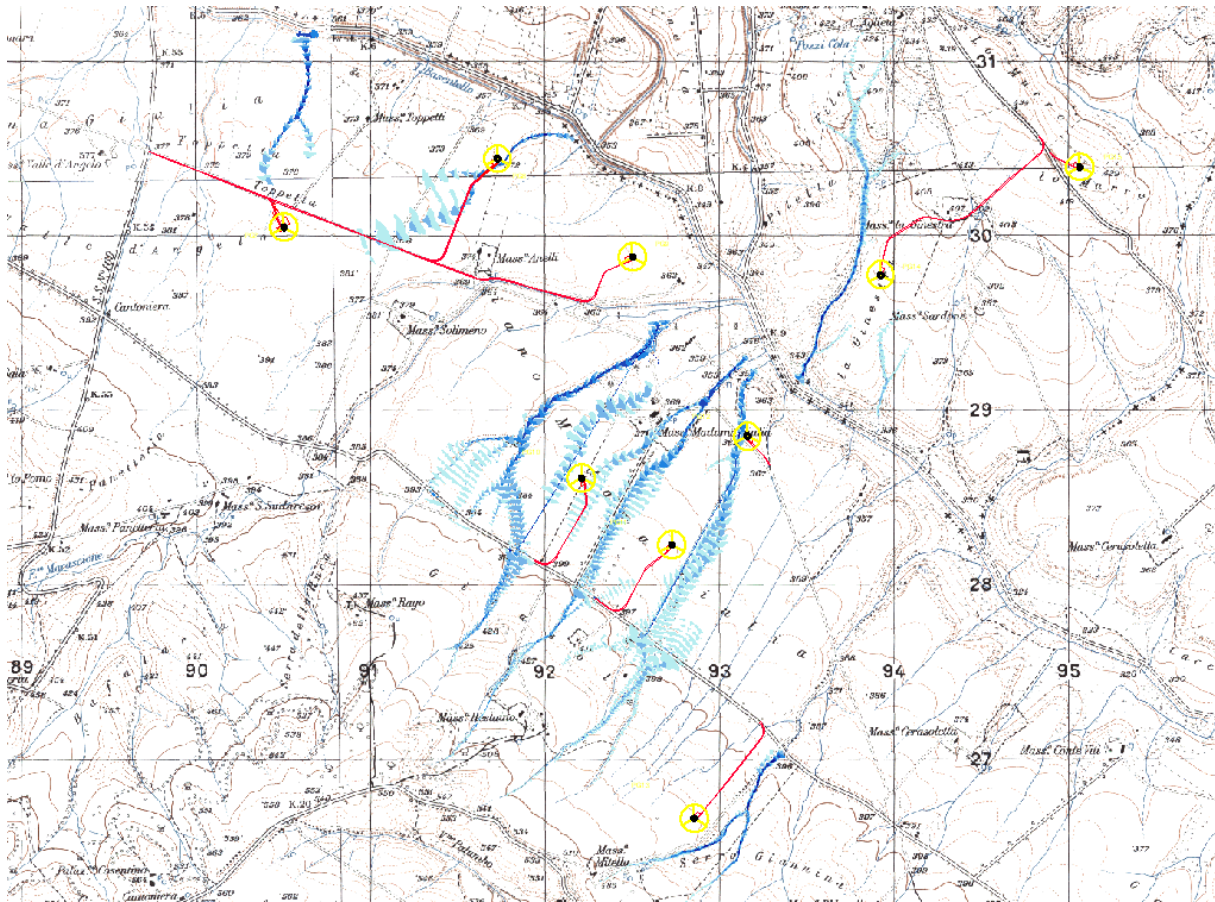


Aren Green Srl Impianto Eolico “PIANO MADAMA GIULIA”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	Relazione tecnica impianto	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>57 di 72</b>



**Figura 44:** Definizione delle aree allagabili con tempo di ritorno di 200 anni. In giallo gli aerogeneratori, rosso le strade e le piazzole di progetto, in azzurro le aree allagabili con tempi di ritorno di 200 anni. Dettaglio aerogeneratori PG1, PG2, PG3, PG4, PG5, PG6.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>58 di 72</b>



**Figura 45:** Definizione delle aree allagabili con tempo di ritorno di 200 anni. In giallo gli aerogeneratori, rosso le strade e le piazzole di progetto, in azzurro le aree allagabili con tempi di ritorno di 200 anni. Dettaglio aerogeneratori PG7, PG8, PG9, PG10, PG11, PG12, PG13, PG14, PG15.

Dall'analisi della figura di sopra e dell'allegato 1, si evince che:

1. Tutti i 15 aerogeneratori risultano esterni a qualsiasi area allagabile;
2. Che le strade di progetto interferiscono in alcuni punti con le aree allagabili;
3. Che i cavidotti interferiscono in alcuni punti con le aree allagabili.

Dunque, sono stati implementati alcuni accorgimenti per garantire la continuità idraulica delle aree su cui insistono le opere di progetto anche a seguito della realizzazione delle stesse e, in particolare:

1. Nel caso di interferenza trasversale tra la strada di progetto e l'area allagabile è stato condotto il dimensionamento di un tombino di attraversamento da realizzare con una tubazione circolare in c.a. precompresso;
2. Nel caso di interferenza longitudinale tra la strada di progetto e l'area allagabile è stato condotto il dimensionamento di una canaletta di raccolta;
3. Nel caso di interferenze con i cavidotti è stato previsto il ripristino dello stato dei luoghi a seguito dello scavo e della posa dello stesso con materiale stabile o la realizzazione di tratti con tecniche NO-DIG.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>59 di 72</b>

## 8 Definizione e risoluzione delle interferenze

### 8.1 Dimensionamenti di canalette e tombini – interferenze stradali

Dall'analisi delle risultanze delle modellazioni idrauliche è emersa l'esigenza di regimentare i deflussi meteorici derivanti da monte che interferiscono con le opere previste in progetto. In particolare, il dimensionamento ha riguardato sia n. 2 canali di guardia da ubicare a tergo della viabilità di nuova realizzazione che n. 4 attraversamenti previsti per convogliare i deflussi superficiali e dirigerli verso l'impluvio naturale a valle della strada e di due fossi di guardia ubicati in senso longitudinale rispetto alle strade di progetto. Il dimensionamento è stato effettuato prendendo a riferimento la portata duecentennale. La verifica è stata condotta in moto uniforme adoperando la classica relazione di Chezy, nella forma:

$$Q = XA\sqrt{RJ}$$

essendo Q la portata, A l'area della sezione, R il raggio idraulico, J la cadente piezometrica, in moto uniforme coincidente con la pendenza i del fondo del condotto e X il coefficiente di scabrezza.

Per i fossi longitudinali è stata utilizzata una sezione trapezoidale costante di dimensione calibrata rispetto alla portata e una pendenza dipendente dall'orografia. Con riferimento al coefficiente di scabrezza, è stato utilizzato un valore k di Gauckler-Strickler pari a 30 m<sup>1/3</sup>/s.

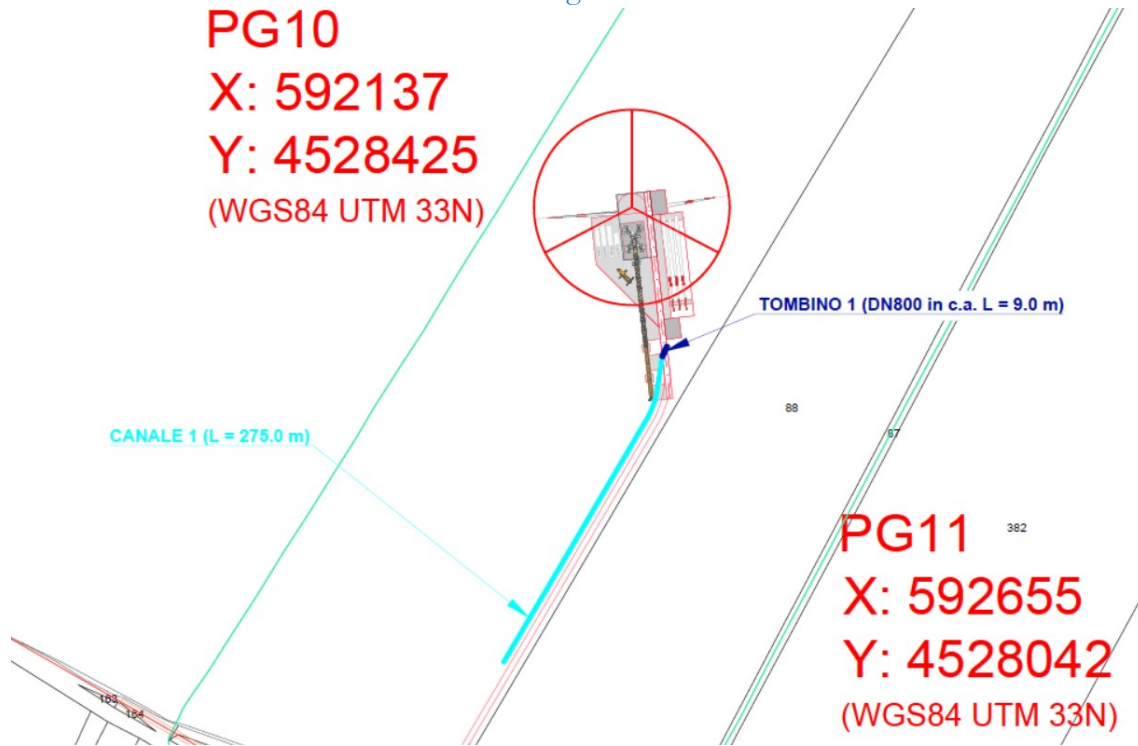
Con riferimento ai sei tombini, sono state ipotizzate diverse soluzioni progettuali in funzione della portata di progetto. In particolare, per portate ridotte sono state impiegate tubazioni in c.a. a sezione circolare e diametro variabile in funzione della portata, da realizzare anche in batteria mentre per le portate superiori sono state utilizzate geometrie rettangolari in c.a. Con riferimento al coefficiente di scabrezza, è stato utilizzato un valore k di Gauckler-Strickler pari a 75 m<sup>1/3</sup>/s. Anche nel caso dei tombini, le pendenze sono state scelte in funzione dell'orografia del terreno a monte e valle.

Con riferimento alla strada di avvicinamento all'aerogeneratore PG3, le portate in gioco necessiterebbero della realizzazione di opere idrauliche fortemente impattanti sul territorio, dunque, si è optato per la realizzazione di una struttura stradale idraulicamente non incidente sulle aree oggetto di intervento (cfr. paragrafo 8.1.7).

I paragrafi che seguono mostrano nel dettaglio i calcoli di dimensionamento delle opere. Nelle tabelle in giallo è indicata la portata di progetto. Si sottolinea che tutti i dimensionamenti sono stati condotti in modo tale da ottenere profili di corrente veloce, evitando profili di rigurgito a monte degli attraversamenti.

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>60 di 72</b>

### 8.1.1 Dimensionamento del canale 1 verso l'aerogeneratore PG10



**Figura 46:** Fosso 1 in sx idraulica rispetto alla strada che conduce all'aerogeneratore PG10

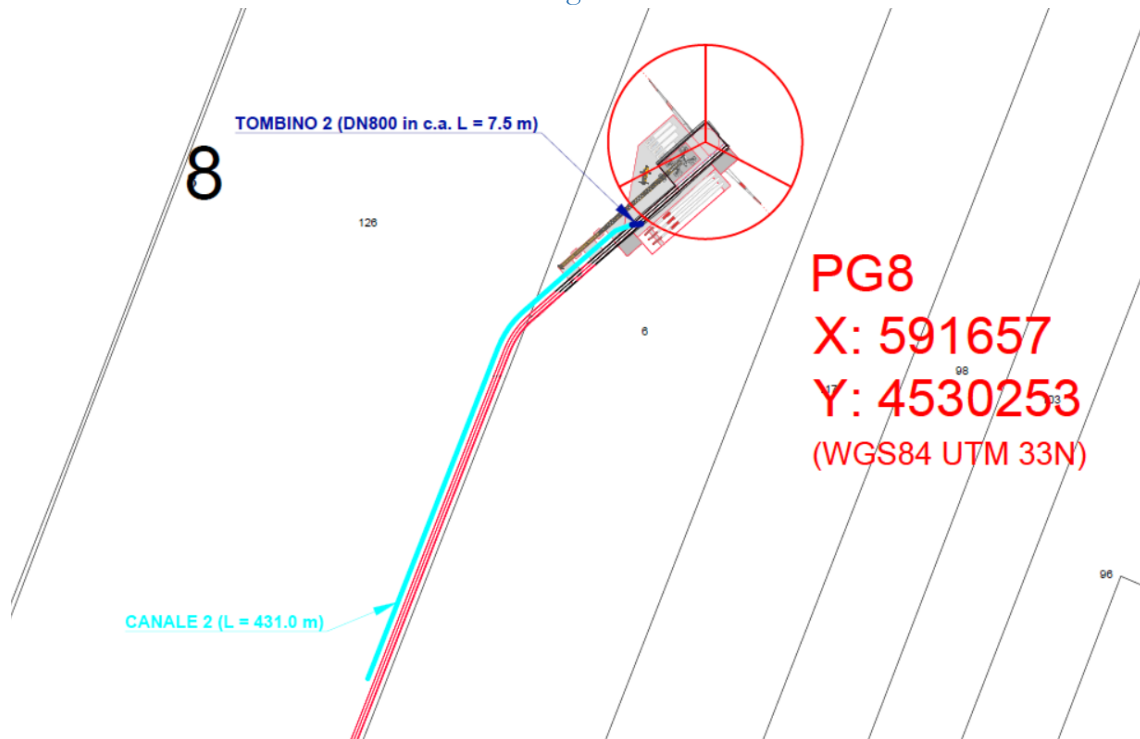
<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>61 di 72</b>

<b>bo=</b>	1,20	m	<b>k=</b>	30	Gauckler-Strickler		
<b>Beta=</b>	60	gradi	<b>i=</b>	0,025	2,50%		
<b>h=</b>	0,75	m					
<b>alfa=</b>	60	gradi					
<b>Y/h</b>	<b>Y</b>	<b>b</b>	<b>Omega</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>v</b>	<b>Q</b>
	[m]	[m]	[mq]	[m]		[m/s]	[mc/s]
0,00	<b>0,00</b>	1,20	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00
0,04	<b>0,03</b>	1,23	0,04	1,32	0,03	0,80	0,03
0,08	<b>0,06</b>	1,27	0,08	1,44	0,05	1,11	0,09
0,12	<b>0,09</b>	1,30	0,12	1,56	0,08	1,33	0,16
0,16	<b>0,12</b>	1,34	0,17	1,68	0,10	1,50	0,25
0,20	<b>0,15</b>	1,37	0,22	1,80	0,12	1,65	0,36
0,24	<b>0,18</b>	1,41	0,27	1,92	0,14	1,79	0,49
0,28	<b>0,21</b>	1,44	0,33	2,04	0,16	1,90	0,62
0,32	<b>0,24</b>	1,48	0,39	2,16	0,18	2,01	0,78
0,36	<b>0,27</b>	1,51	0,45	2,28	0,20	2,11	0,95
0,40	<b>0,30</b>	1,55	0,52	2,40	0,21	2,20	1,13
0,44	<b>0,33</b>	1,58	0,58	2,52	0,23	2,28	1,34
0,48	<b>0,36</b>	1,62	0,66	2,64	0,25	2,37	1,55
0,52	<b>0,39</b>	1,65	0,73	2,76	0,27	2,44	1,79
0,56	<b>0,42</b>	1,68	0,81	2,88	0,28	2,51	2,04
0,60	<b>0,45</b>	1,72	0,89	3,00	0,30	2,58	2,30
0,64	<b>0,48</b>	1,75	0,98	3,12	0,31	2,65	2,59
0,68	<b>0,51</b>	1,79	1,06	3,24	0,33	2,72	2,89
0,72	<b>0,54</b>	1,82	1,15	3,36	0,34	2,78	3,20
0,76	<b>0,57</b>	1,86	1,25	3,48	0,36	2,84	3,54
0,80	<b>0,60</b>	1,89	1,34	3,60	0,37	2,90	3,89
0,84	<b>0,63</b>	1,93	1,44	3,72	0,39	2,95	4,27
0,88	<b>0,66</b>	1,96	1,55	3,84	0,40	3,01	4,66
0,92	<b>0,69</b>	2,00	1,65	3,96	0,42	3,06	5,06
0,96	<b>0,72</b>	2,03	1,76	4,08	0,43	3,12	5,49
1,00	<b>0,75</b>	2,07	1,87	4,20	0,45	3,17	5,94
1,04	<b>0,78</b>	2,10	1,99	4,32	0,46	3,22	6,41

**Figura 47:** Dati di dimensionamento del canale 1 in sx idraulica rispetto alla strada che conduce all'aerogeneratore PG10

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>62 di 72</b>

### 8.1.2 Dimensionamento del canale 2 verso l'aerogeneratore PG8



**Figura 48:** Canale 2 in sx idraulica rispetto alla strada che conduce all'aerogeneratore PG8

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>63 di 72</b>

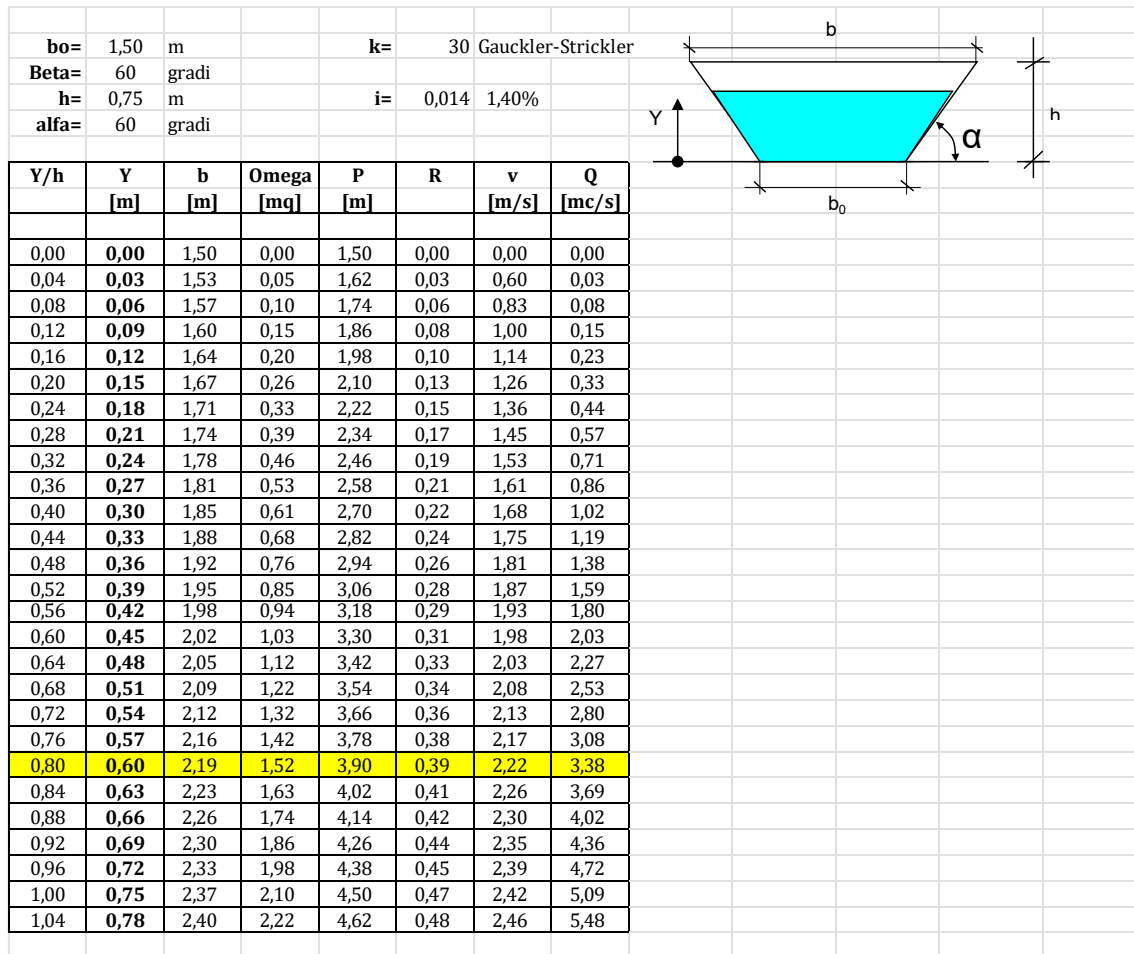


Figura 49: Dati di dimensionamento del canale 2 in sx idraulica rispetto alla strada che conduce all'aerogeneratore PG8

### 8.1.3 Dimensionamento del tombino 1 verso la aerogeneratore PG10

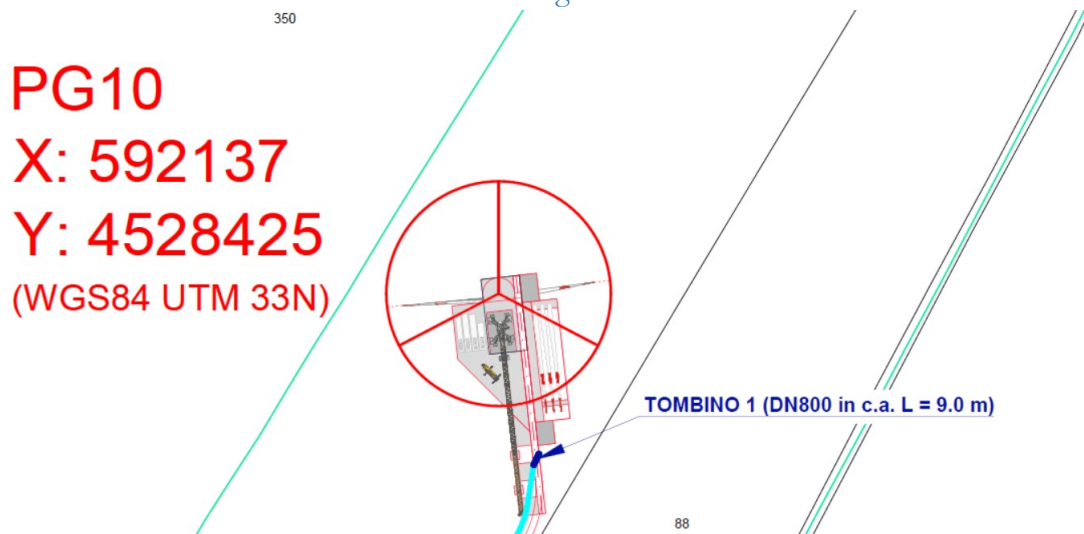


Figura 50: Tombino 1 sulla strada di progetto che conduce all'aerogeneratore PG10

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>64 di 72</b>

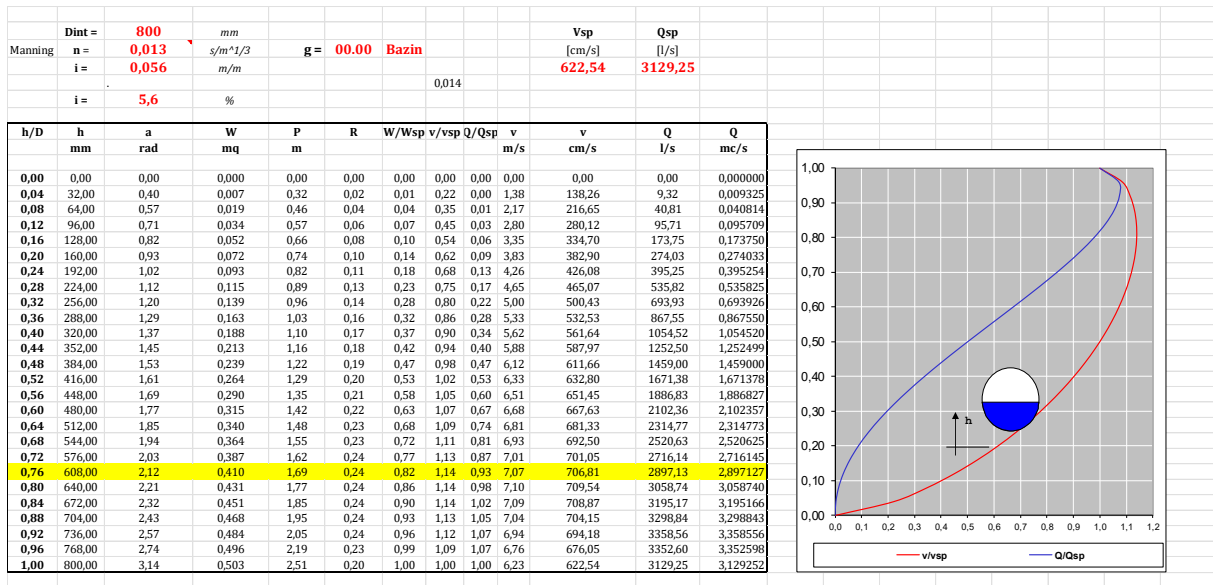


Figura 51: Dati di dimensionamento del tombino 1 sulla strada che conduce all'aerogeneratore PG10 - DN 800

#### 8.1.4 Dimensionamento del tombino 2 verso l'aerogeneratore PG8

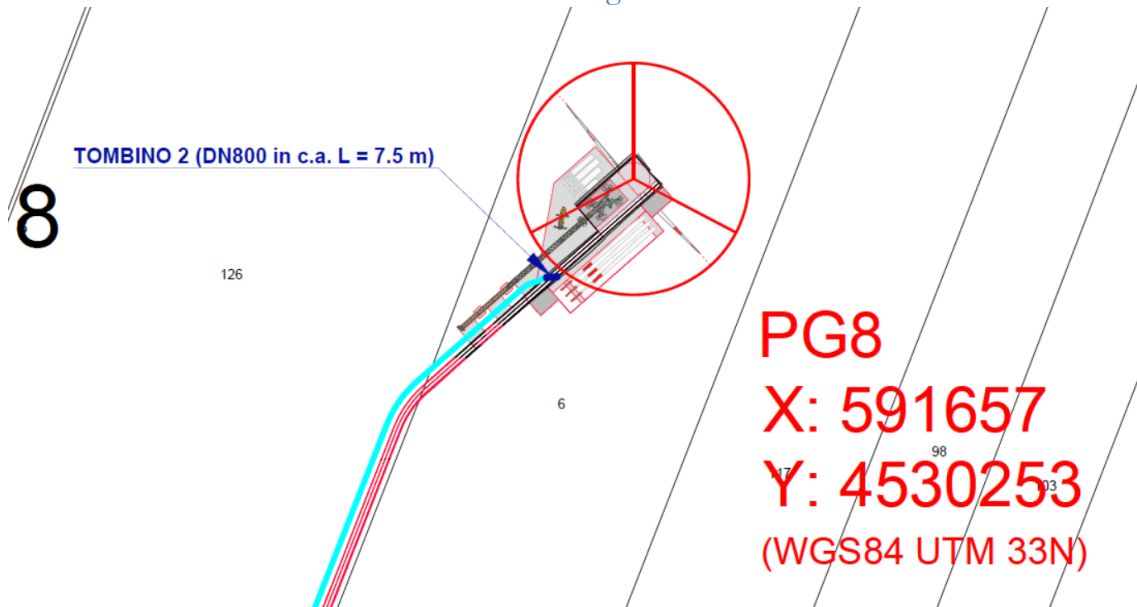


Figura 52: Tombino 2 sulla strada di progetto che conduce all'aerogeneratore PG8



<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>65 di 72</b>

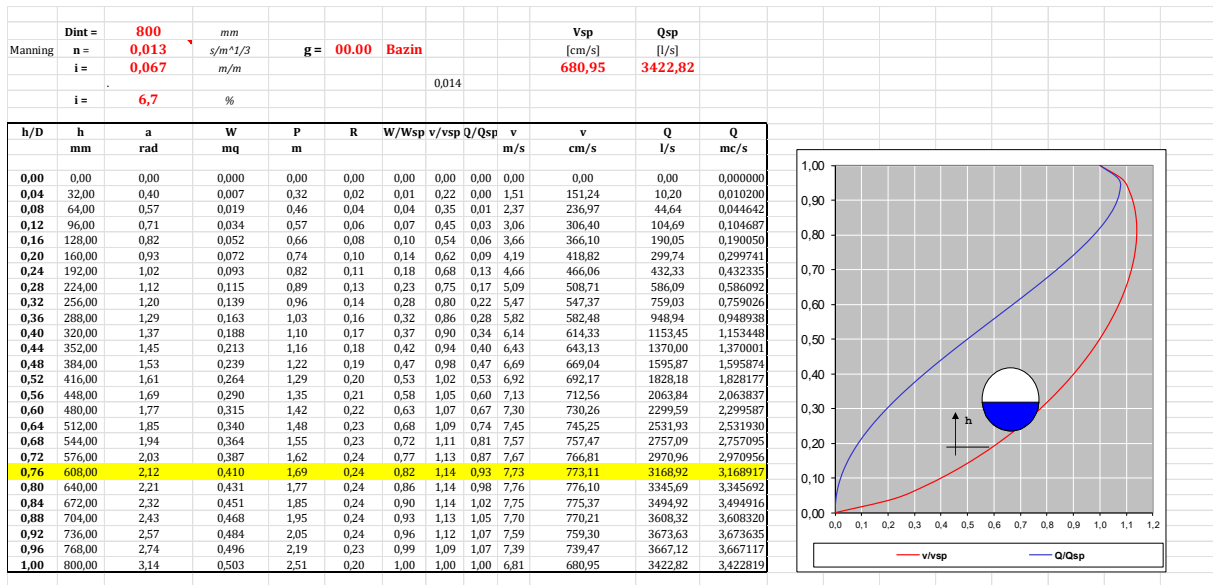


Figura 53: Dati di dimensionamento del tombino 2 sulla strada che conduce all'aerogeneratore PG8 - DN 800

### 8.1.5 Dimensionamento del tombino 3 verso l'aerogeneratore PG6



Figura 54: Tombino 3 sulla strada di progetto che conduce all'aerogeneratore PG6

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>66 di 72</b>

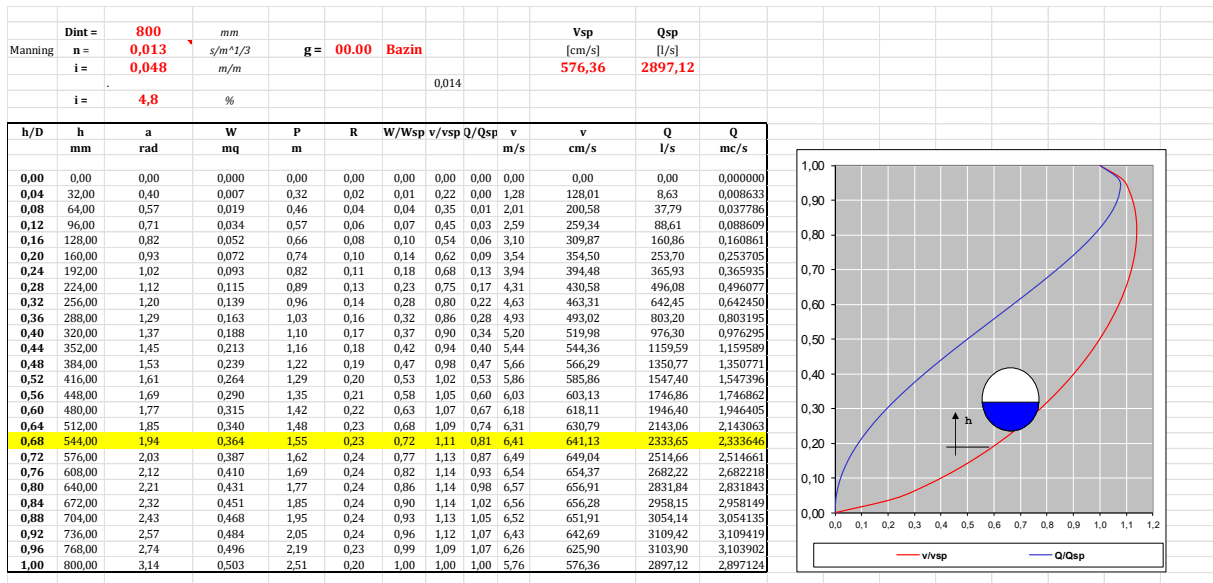


Figura 55: Dati di dimensionamento del tombino 3 sulla strada che conduce all'aerogeneratore PG6 - DN 800

### 8.1.6 Dimensionamento del tombino 4 verso l'aerogeneratore PG5

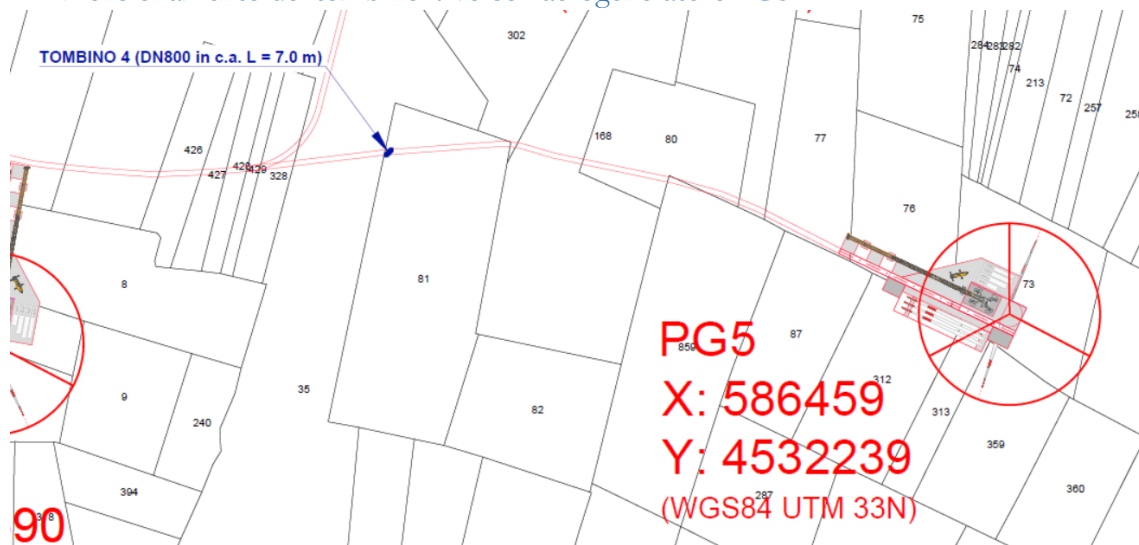


Figura 56: Tombino 3 sulla strada di progetto che conduce all'aerogeneratore PG5

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>		Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
			Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>		Revisione: <b>00</b>
			Pagina: <b>67 di 72</b>

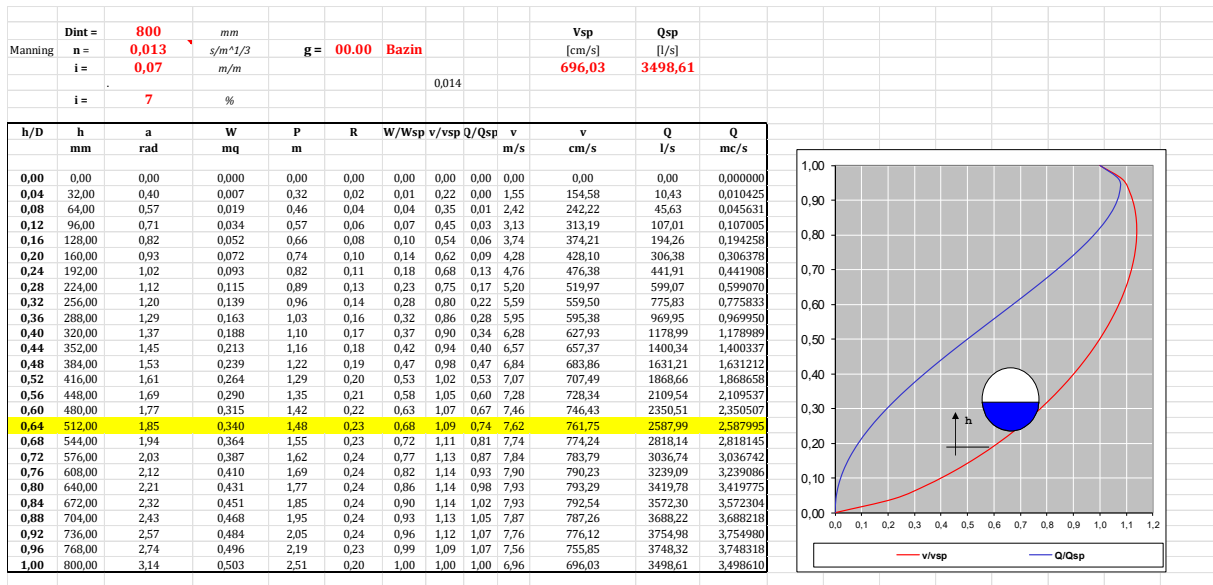


Figura 57: Dati di dimensionamento del tombino 4 sulla strada che conduce all'aerogeneratore PG5 - DN 800

### 8.1.7 Realizzazione di sezione stradale drenante complanare al piano campagna di avvicinamento all'aerogeneratore PG3

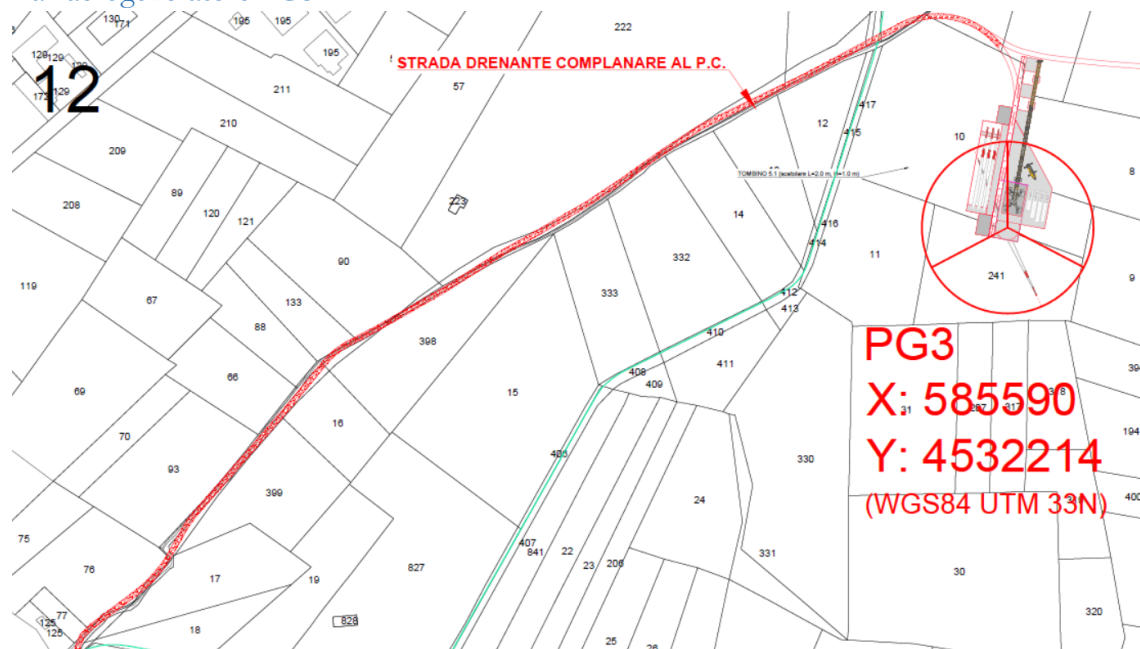


Figura 58: Strada drenante di progetto verso l'aerogeneratore PG3

Al fine di rendere idraulicamente “trasparente” la realizzazione della strada di avvicinamento all'aerogeneratore PG3, è stata progettata una sezione stradale drenante costituita da un pacchetto di fondazione in misto granulare di pezzatura più grossa per uno spessore di 40 cm e uno strato superficiale di 10 cm avente pezzatura inferiore.

La particolarità della sezione di progetto risiede nella perfetta complanarità del piano campagna rispetto alla sede stradale, con la sola eccezione di una soppia falda con pendenza trasversale del 2% per garantire il drenaggio della sede stradale stessa.

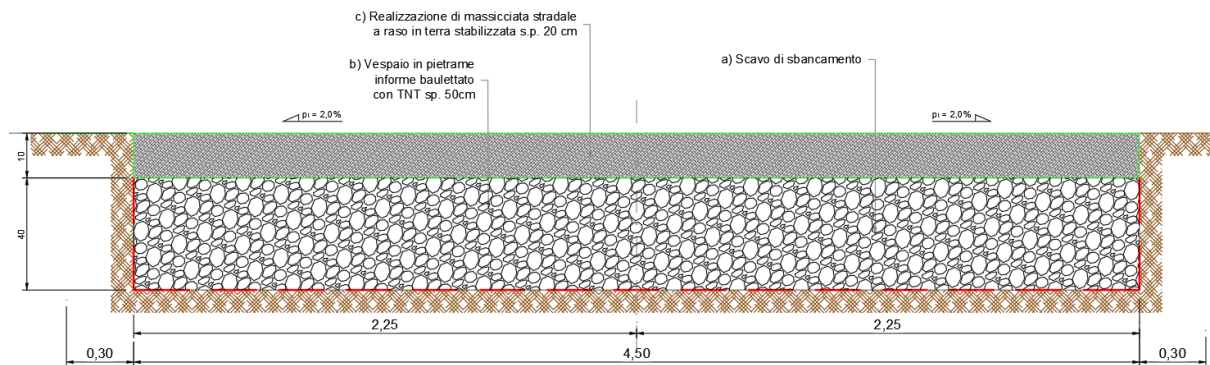
<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>68 di 72</b>

Oltretutto, rispetto ai valori di permeabilità esistenti, la realizzazione di un pacchetto stradale di questo tipo ne garantisce un incremento passando da un valore del CNII esistente pari a 81 ad un valore di progetto pari a 78.

**TIPOLOGIA 3.2: Nuova viabilità parco eolico in aree perimetrate ADB**

**ELENCO LAVORAZIONI**

- a) Scavo di sbancamento per una profondità di circa 50 cm e compattazione fondo scavo
- b) Realizzazione di vespaio in pietrame informe baulettato con TNT sp. 50cm
- c) Realizzazione di massciata stradale a raso in terra stabilizzata s.p. 20 cm



**Figura 59:** Sezione stradale drenante di progetto verso l'aerogeneratore PG3

## 8.2 Cavidotti

Con riferimento alla realizzazione dei cavidotti, in corrispondenza delle aree interessate dai deflussi superficiali con tempi di ritorno di 200 anni, gli stessi dovranno essere opportunamente ricoperti con materiale stabile, al fine di incrementare il livello di sicurezza dell'area.

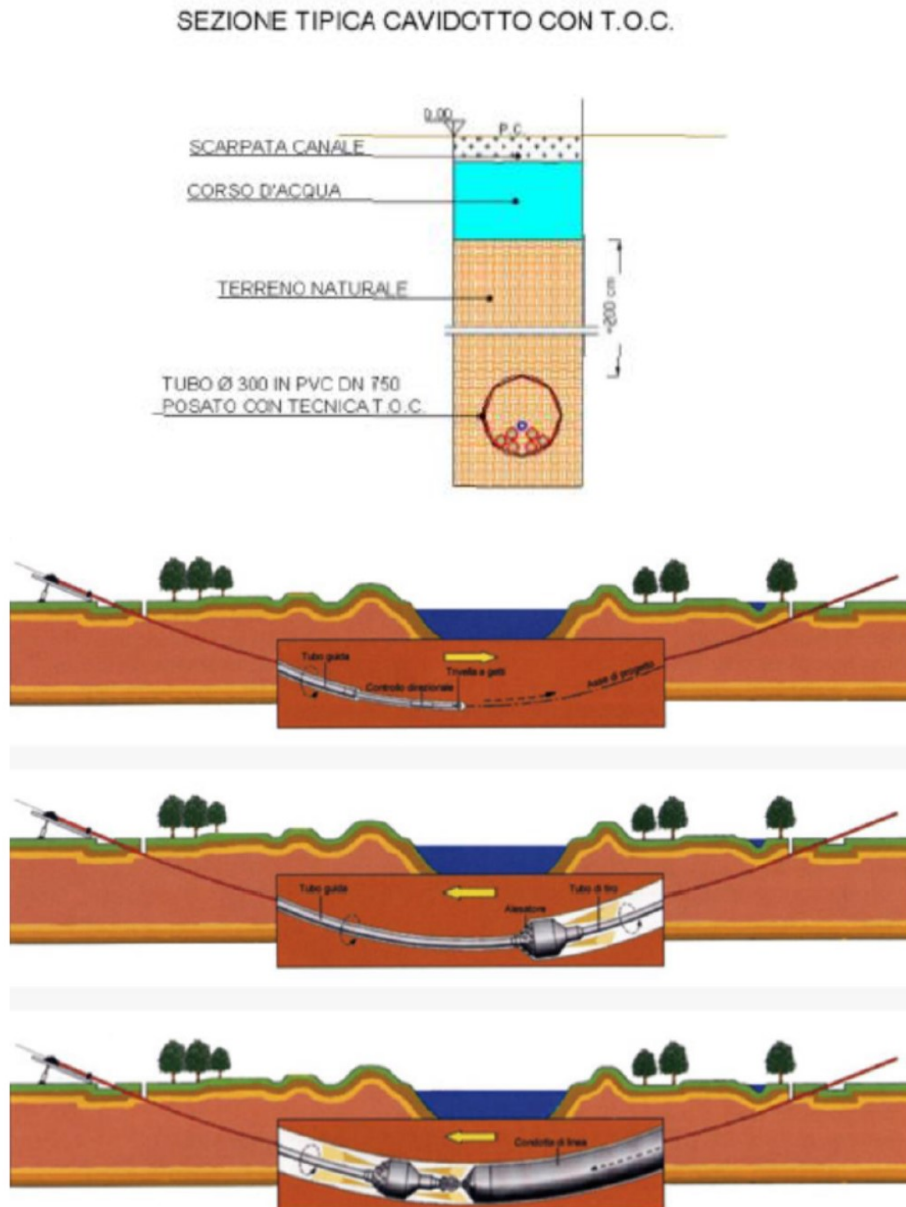
Nel caso in cui sia prescritto dagli enti conferenti, al fine di non alterare assolutamente equilibrio dei materiali che costituiscono il fondo delle aree interessate dal transito delle piene centinarie, lungo i tratti di intersezione gli attraversamenti saranno realizzati con tecnica T.O.C., che si articola secondo tre fasi operative:

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

In particolare, in corrispondenza delle interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico, l'attraversamento della fascia di rispetto avverrà ad una profondità coerente con il calcolo del trasporto solido, le

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>69 di 72</b>

operazioni di scavo direzionale inizieranno e termineranno per ogni interferenza fuori dalle fasce di rispetto così come definite dalle NA del PAI. A seguire si restituiscono alcuni schemi semplificativi della TOC.



**Figura 60:** Operazioni di scavo direzionale con TOC

## 9 Conclusioni

Il presente studio specialistico è stato redatto al fine individuare le aree allagabili con tempo di ritorno di 200 anni nell'area interessata dagli interventi di progetto e **valutare la compatibilità dell'intervento ai sensi delle NA del PAI della Basilicata.**

Le valutazioni di carattere idrologico ed idraulico sono state eseguite secondo quanto prescritto dalle **indicazioni tecniche riportate nella Relazione di Piano del PAI Basilicata.**

<b>Aren Green Srl</b> <b>Impianto Eolico</b> <b>“PIANO MADAMA GIULIA”</b>	<b>Progetto Definitivo</b>	Codice Elaborato: <b>PMGDG_GENR00300_00</b>
		Data: <b>16/01/2023</b>
	<b>Relazione tecnica impianto</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>70 di 72</b>

Al fine di giungere ad una determinazione delle aree di allagamento dei luoghi quanto più prossima alla realtà, le fasi preliminari e finali dello studio effettuato sono state supportate da numerosi sopralluoghi in campo finalizzati al rilevamento di tutti gli elementi numerici necessari per una analisi idrologica ed idraulica completa ed esaustiva.

Dalle analisi idrologiche, morfologiche ed idrauliche effettuate si è dimostrato per la quasi totalità le opere di intervento non interessano aree allagabili con tempo di ritorno di 200 anni.

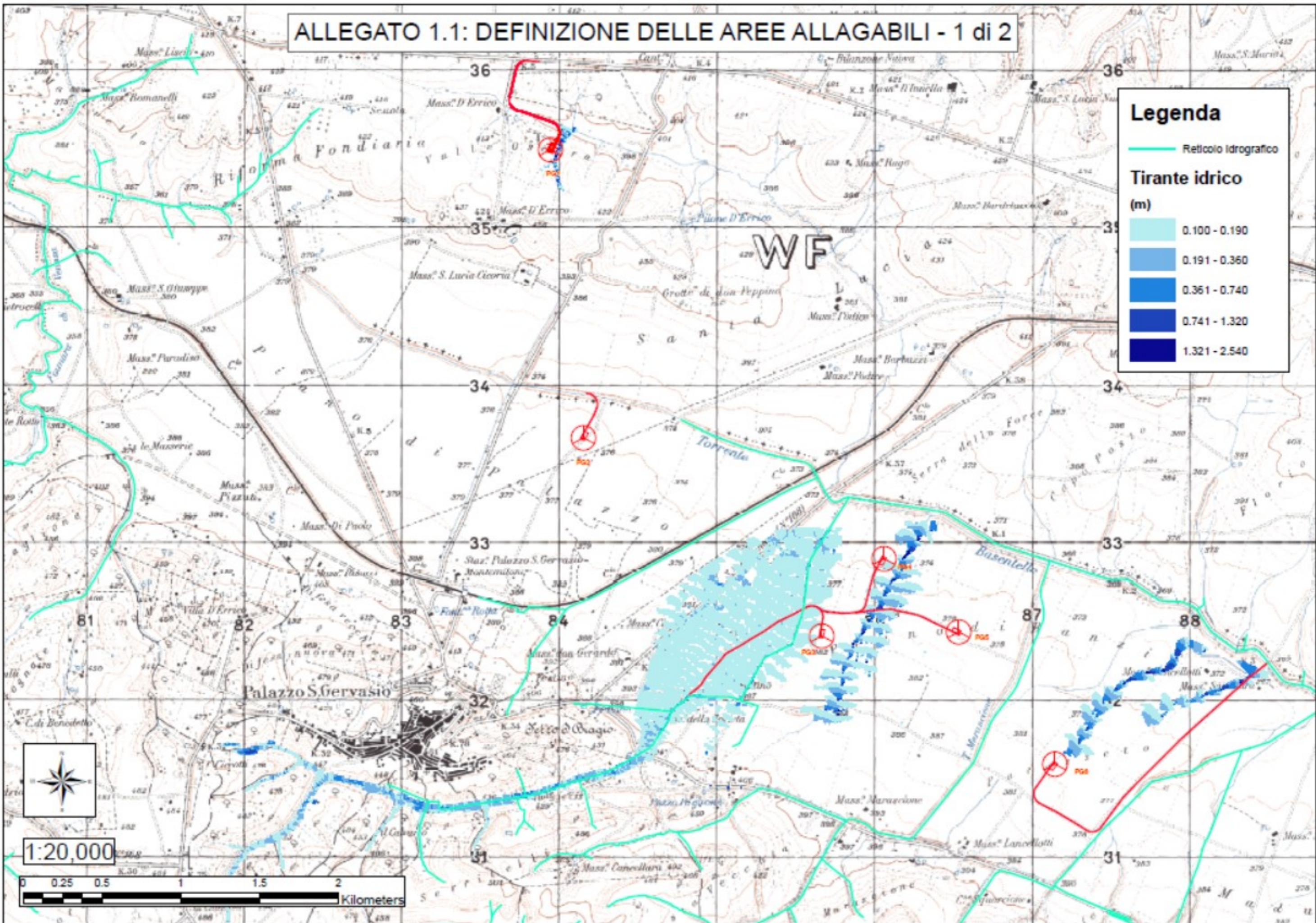
Le uniche interferenze sono state riscontrate con riferimento alle strade di progetto (cfr. paragrafo 8.1) e con i cavidotti (cfr. paragrafo 8.2).

Le stesse sono state risolte, nel primo caso inserendo le necessarie opere finalizzate a garantire la continuità idraulica e opportunamente dimensionate, nel secondo caso, attraverso l'implementazione di prescrizioni di cantiere.

Alla presente si allega:

- Allegato 1: Definizione delle aree allagabili con tempo di ritorno di 200 anni;

# ALLEGATO 1.1: DEFINIZIONE DELLE AREE ALLAGABILI - 1 di 2



# ALLEGATO 1.2: DEFINIZIONE DELLE AREE ALLAGABILI - 2 di 2

