

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO "CALTAVUTURO ESTENSIONE"

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica

File: GRE.EEC.R.73.IT.W.14362.12.011.01 - Relazione idraulica.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	19/02/2021	<i>Integrati commenti</i>	D. Mansi	M. Terzi	P. Polinelli
00	12/02/2021	<i>Prima emissione</i>	D. Mansi	M. Terzi	L. Lavazza

GRE VALIDATION

<i>Tomassetti</i>	<i>Bellorini</i>	<i>Iacofano</i>
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT Caltavuturo Estensione	GRE CODE																				
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT					SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	GRE	EEC	R	7	3	I	T	W	1	4	3	6	2	1	2	0	1	1	0	1	
CLASSIFICATION	PUBLIC					UTILIZATION SCOPE	BASIC DESIGN														

INDEX

1. INTRODUZIONE	3
1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE	3
1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3. RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA LOCALE	7
4. STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO	8
4.1. IDENTIFICAZIONE DEI SOTTO-BACINI CRITICI	8
4.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA	14
4.2.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE	15
4.2.2. ALTEZZA DI PIOGGIA	15
4.3. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	16
4.4. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI	17
5. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA	19
5.1. OPERE IDRAULICHE DI PROGETTO	19
5.2. FOSSI DI GUARDIA	19
5.2.1. ATTRAVERSAMENTI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI DI SCARICO	20
5.2.2. CANALETTE TRASVERSALI	21

1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power Solar Energy S.r.l. di redigere il progetto definitivo per la costruzione di un nuovo impianto eolico denominato "Caltavuturo Estensione", da ubicarsi nei comuni di Caltavuturo (PA), Valledolmo (PA) e Sclafani Bagni (PA).

Il progetto proposto prevede l'installazione di 18 nuove turbine eoliche di potenza 4,52 MW ciascuna, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, per una potenza installata totale pari a 81,36 MW.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori, attraverso il sistema di cavidotti interrati in media tensione a 33 kV, verrà convogliata alla sottostazione di trasformazione 150/33 kV in progetto nel comune di Sclafani Bagni, per l'innalzamento da media ad alta tensione. La sottostazione di trasformazione verrà collegata, tramite cavidotto in alta tensione a 150 kV, ad una stazione elettrica di trasformazione 380/150 kV della RTN, di nuova realizzazione da parte dell'ente gestore di rete.

In aggiunta alla sottostazione di trasformazione 150/33 KV in progetto, sarà connesso un sistema di accumulo elettrochimico BESS (Battery Energy Storage System) di taglia pari a 35 MW / 140 MWh.

Il progetto è in linea con gli obiettivi nazionali ed europei per la riduzione delle emissioni di CO₂, legate a processi di produzione di energia elettrica.

1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Il soggetto proponente dell'iniziativa è Enel Green Power Solar Energy S.r.l., società iscritta alla Camera di Commercio di Roma che ha come Socio Unico la società Enel Green Power Italia S.r.l.

La Società ha per oggetto l'esercizio e lo sviluppo dell'attività di produzione e vendita di energia elettrica generata da fonti rinnovabili.

1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

La presente relazione costituisce la relazione idraulica del progetto definitivo.

Il capitolo 2 definisce l'inquadramento territoriale dell'opera.

Nel capitolo 3 si definisce l'inquadramento idrografico dell'opera in progetto, richiamando le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica.

Il capitolo 4 illustra la metodologia di calcolo per la stima della portate di piena di progetto ed i risultati di tale calcolo.

Infine, nel capitolo 5 vengono presentate le opere di progetto finalizzate alla regimazione delle acque meteoriche.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito si trova nella provincia di Palermo, a circa 7 km a sud rispetto al comune di Caltavuturo ed a 3 km a est del comune di Valledolmo.

L'impianto eolico in progetto è ubicato in un'area prevalentemente collinare, con pendii scoscesi e quasi completamente privi di alberi, caratterizzato da una morfologia complessa sviluppandosi ad una quota su livello del mare che oscilla tra i 600 m e i 1.100 m.

L'impianto eolico in progetto ricade entro i confini comunali di Sclafani Bagni, Caltavuturo e Valledolmo, in particolare all'interno dei seguenti riferimenti cartografici:

- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltavuturo n°26, 33, 37;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Sclafani Bagni n°23, 24, 25, 26, 27, 28;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Valledolmo n° 6, 16;
- Fogli I.G.M. in scala 1:25.000, codificati 259-II-NE "Caltavuturo" e 259-II-SE "Vallelunga Pratameno";
- Carta tecnica regionale CTR in scala 1:10.000, fogli n° 621030 e 621070.

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto e la configurazione proposta su ortofoto:



Figura 2-1: Inquadramento generale dell'area di progetto

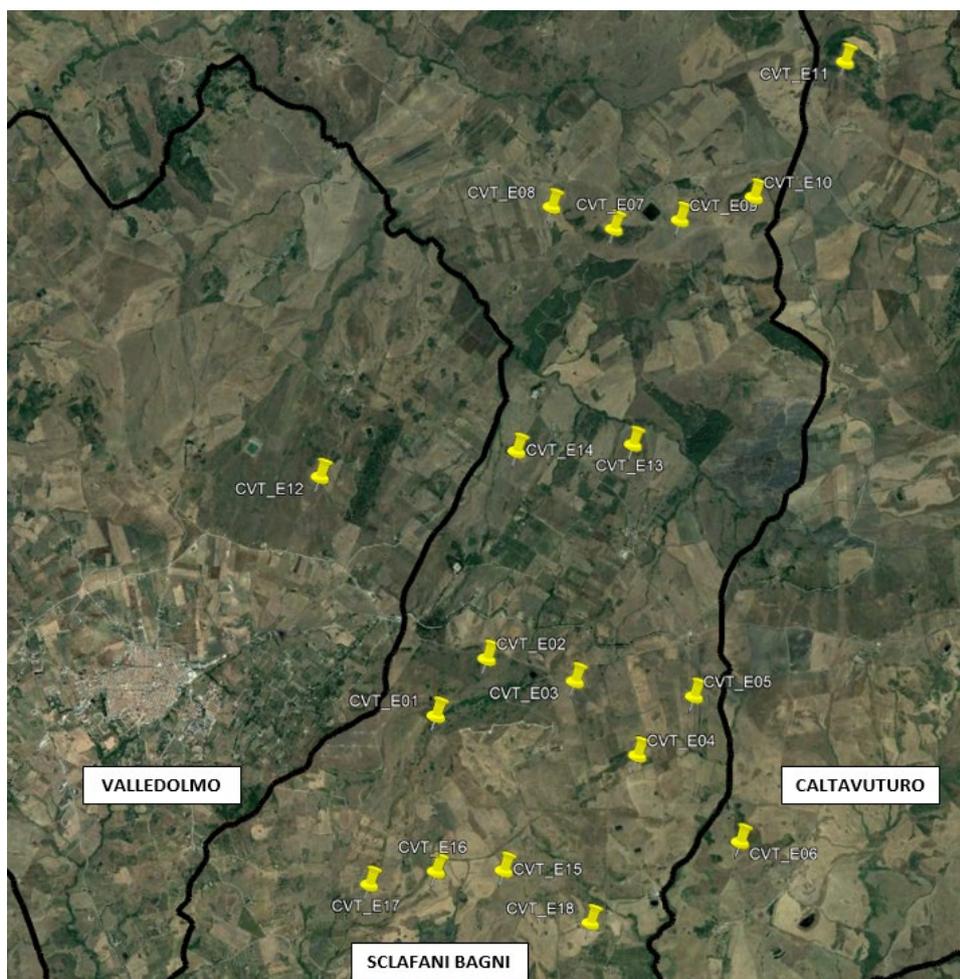


Figura 2-2: Configurazione proposta su ortofoto

Di seguito è riportato in formato tabellare un dettaglio sul posizionamento degli aerogeneratori di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 33N:

Tabella 1: Coordinate aerogeneratori

WTG	Comune	Est [m]	Nord [m]	Altitudine [m s.l.m.]
CVT_E01	Sclafani Bagni	398916,44	4178074,21	1.051
CVT_E02	Sclafani Bagni	399300,05	4178481,10	970
CVT_E03	Sclafani Bagni	399954,50	4178287,26	922
CVT_E04	Sclafani Bagni	400409,94	4177704,71	865
CVT_E05	Sclafani Bagni	400855,21	4178131,90	804
CVT_E06	Caltavuturo	401176,05	4177007,23	797
CVT_E07	Sclafani Bagni	400344,72	4181721,69	792
CVT_E08	Sclafani Bagni	399874,16	4181920,93	715
CVT_E09	Sclafani Bagni	400851,88	4181779,93	769
CVT_E10	Sclafani Bagni	401413,89	4181926,86	828
CVT_E11	Caltavuturo	402158,97	4182923,12	868
CVT_E12	Valledolmo	398059,00	4179887,00	816
CVT_E13	Sclafani Bagni	400448,00	4180074,00	687

CVT_E14	Sclafani Bagni	399553,00	4180045,00	716
CVT_E15	Sclafani Bagni	399376,00	4176864,00	889
CVT_E16	Sclafani Bagni	398861,00	4176861,00	847
CVT_E17	Sclafani Bagni	398341,00	4176758,00	781
CVT_E18	Sclafani Bagni	400018,00	4176396,00	709

L'inquadramento dell'impianto in relazione alla Piano per l'Assetto Idrogeologico è presentato all'elaborato GRE.EEC.X.73.IT.W.14362.05.007 - Carta del Piano di Assetto Idrogeologico.

3. RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA LOCALE

Il presente capitolo richiama le curve di possibilità pluviometrica ricavate nel documento "GRE.EEC.R.73.IT.W.14362.12.010 - Relazione Idrologica" e necessarie alla successiva progettazione delle opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche.

La procedura di definizione è stata derivata dal progetto VA.PI. sulla Valutazione delle Piene in Italia sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio nazionale delle Ricerche. Esso ha l'obiettivo di regionalizzare le piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei. Nel caso in esame si è fatto riferimento allo studio condotto nella Regione Sicilia: M. Cannarozzo e V. Ferro, "Valutazione delle piene in Sicilia".

Di seguito si riporta le curve di possibilità pluviometrica per eventi con tempi di ritorno pari a 10, 20, 50, 100 e 200 anni.

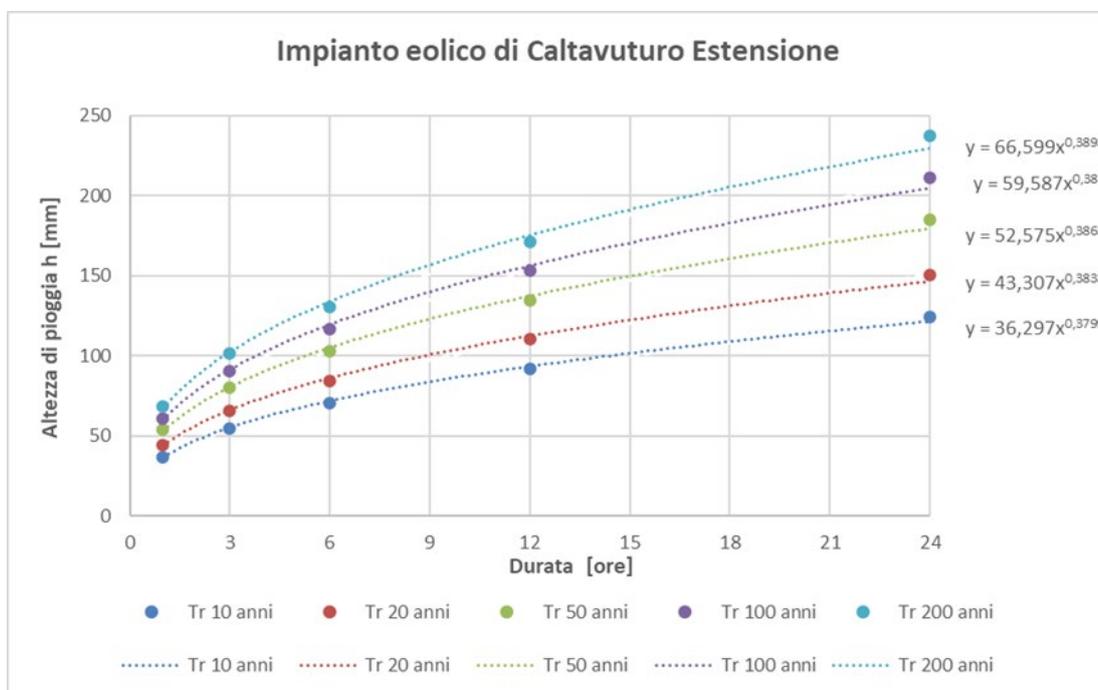


Figura 3-1: Curve di possibilità pluviometrica

4. STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

Scopo del presente capitolo è la definizione delle portate di piena corrispondenti a tempi di ritorno di progetto per quanto riguarda i bacini scolanti identificati come critici ai fini della regimazione delle acque per l'integrale ricostruzione dell'impianto eolico di Caltavuturo Estensione.

La metodologia identificata per la valutazione della piena di progetto è il metodo razionale e si articola come segue:

- a) Delimitazione dei sottobacini idrografici di interesse sulla base della morfologia del territorio e della nuova viabilità interna d'impianto;
- b) Definizione dei parametri morfologici quali superficie del bacino sotteso, lunghezza e pendenza dell'asta principale, quota massima, minima e media del bacino, copertura vegetale e uso del suolo;
- c) Definizione dei tempi di corrivazione in base a diverse formule teorico-sperimentali e attribuzione dei valori di riferimento;
- d) Definizione della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (vedi Capitolo 3);
- e) Analisi dei dati di copertura e vegetazione per la valutazione del coefficiente di deflusso;
- f) Calcolo della portata di massima piena per diversi tempi di ritorno.

4.1. IDENTIFICAZIONE DEI SOTTO-BACINI CRITICI

L'impianto eolico in progetto è ubicato in un'area prevalentemente collinare, con pendii scoscesi e quasi completamente privi di alberi, caratterizzato da una morfologia complessa con una quota su livello del mare che varia tra i 600 m e i 1.100 m. Gli aerogeneratori dunque non sono disposti secondo alcuna direttrice prevalente.

Una conseguenza dell'orografia del sito è che le superfici scolanti a monte dell'impianto in progetto sono ridotte e caratterizzate da elevate pendenze. Si propone di seguito un inquadramento dell'impianto eolico su DTM, avente risoluzione pari a 2 m.

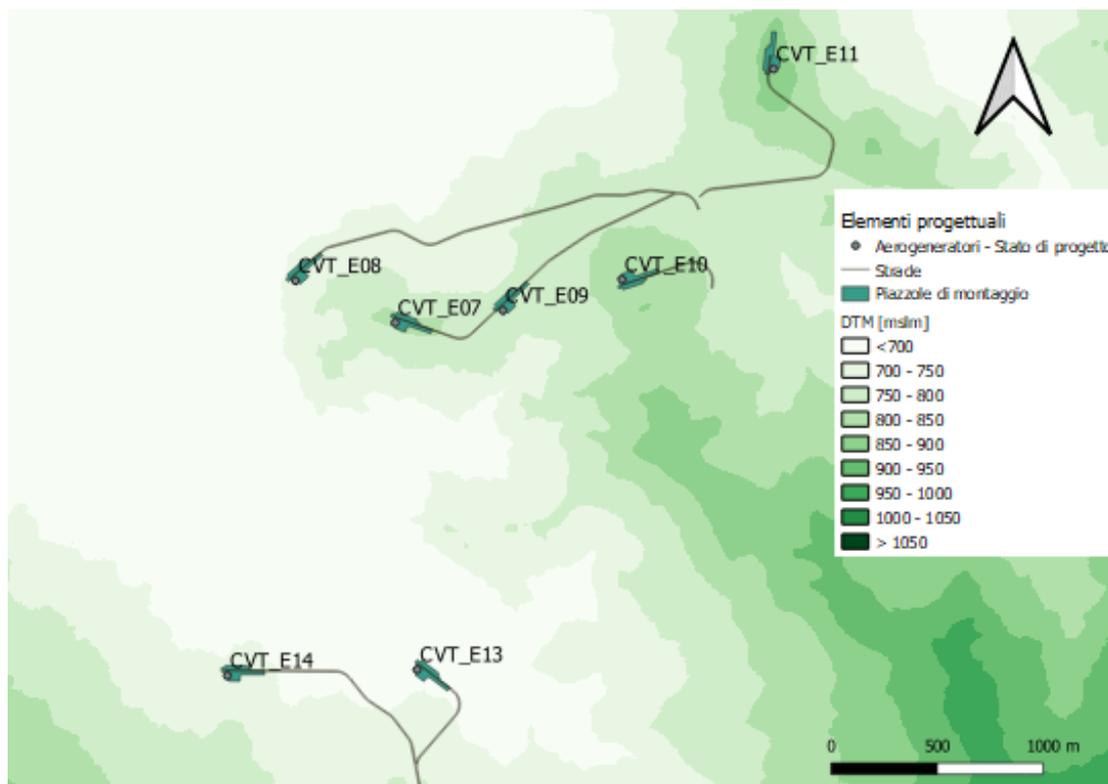


Figura 4-1: Inquadramento dell'area su DTM (parte 1)

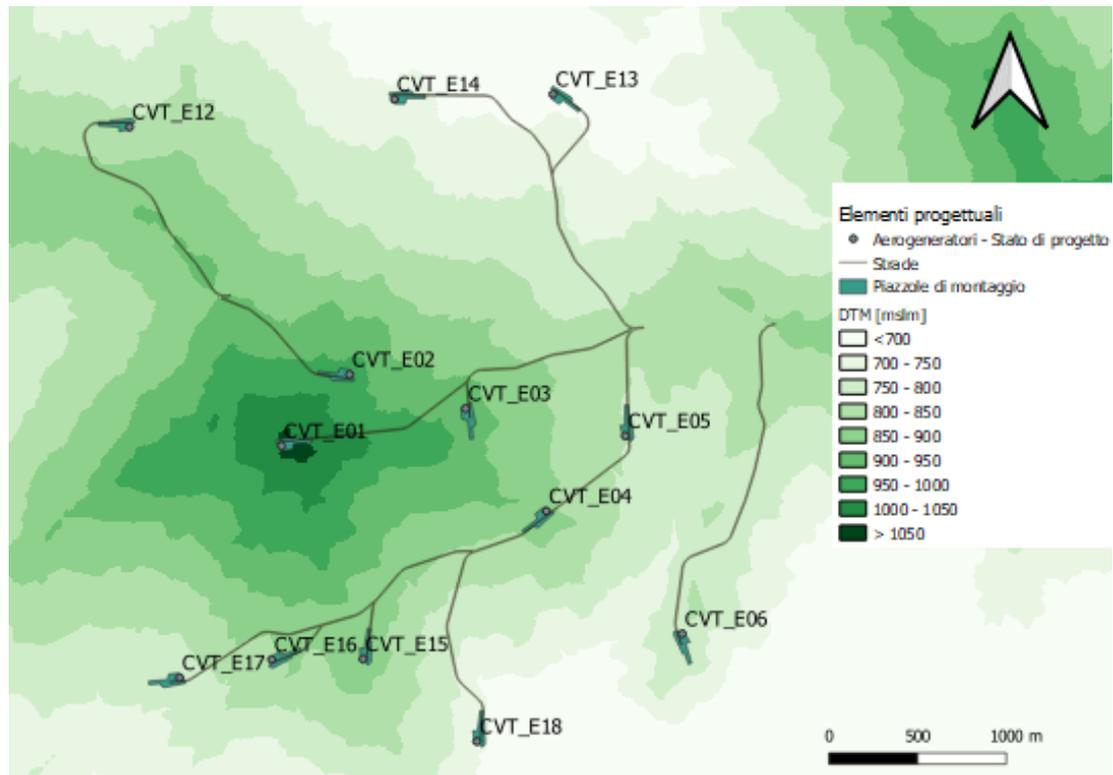


Figura 4-2: Inquadramento dell'area su DTM (parte 2)

Attraverso l'analisi della morfologia del territorio si sono individuati i bacini idrografici locali che caratterizzano l'intorno delle opere di progetto.



Figura 4-3: Identificazione dei bacini idrografici locali (parte 1)



Figura 4-4: Identificazione dei bacini idrografici locali (parte 2)

Al fine di dimensionare correttamente le opere idrauliche di progetto è necessario stimare le massime portate convogliate in corrispondenza della viabilità interna all'impianto. Tale stima prevede, in primo luogo, l'individuazione dei sotto-bacini caratterizzati dall'avere sezioni di chiusura lungo la viabilità di progetto e le maggiori estensioni areali.

I sotto-bacini critici sono illustrati nei seguenti inquadramenti, sia su ortofoto che su DTM, avente risoluzione pari a 2 m.



Figura 4-5: Individuazione dei sotto-bacini critici su ortofoto (parte 1)

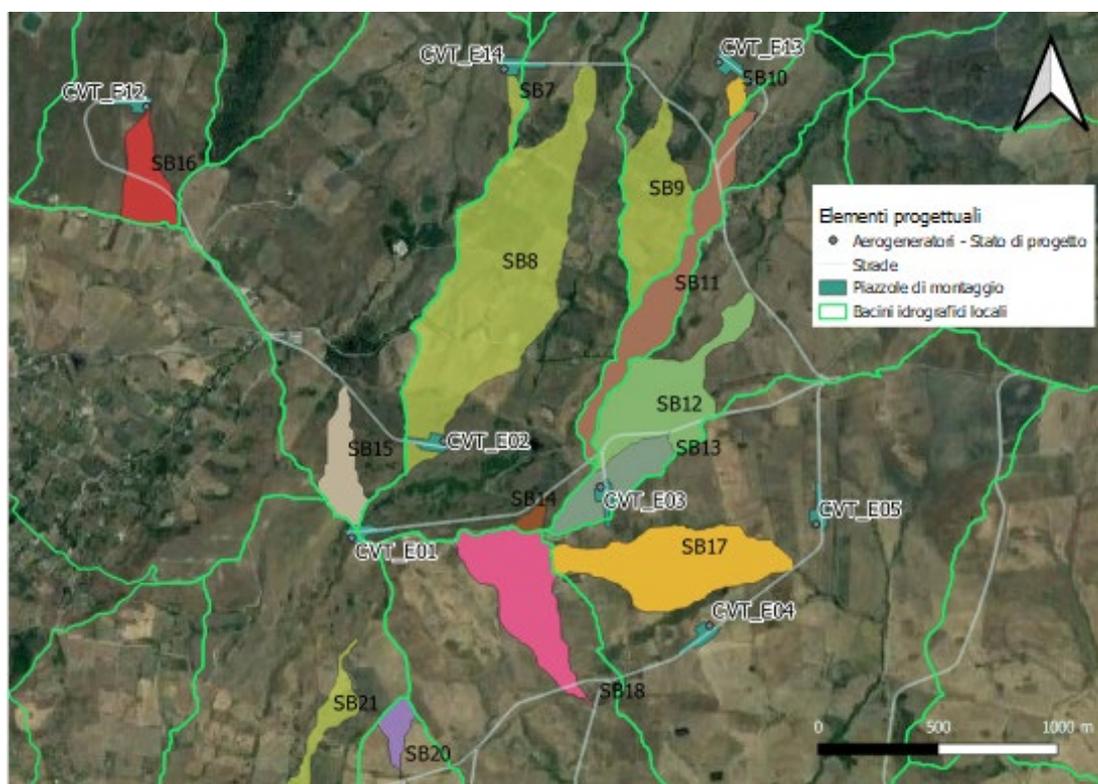


Figura 4-6: Individuazione dei sotto-bacini critici su ortofoto (parte 2)

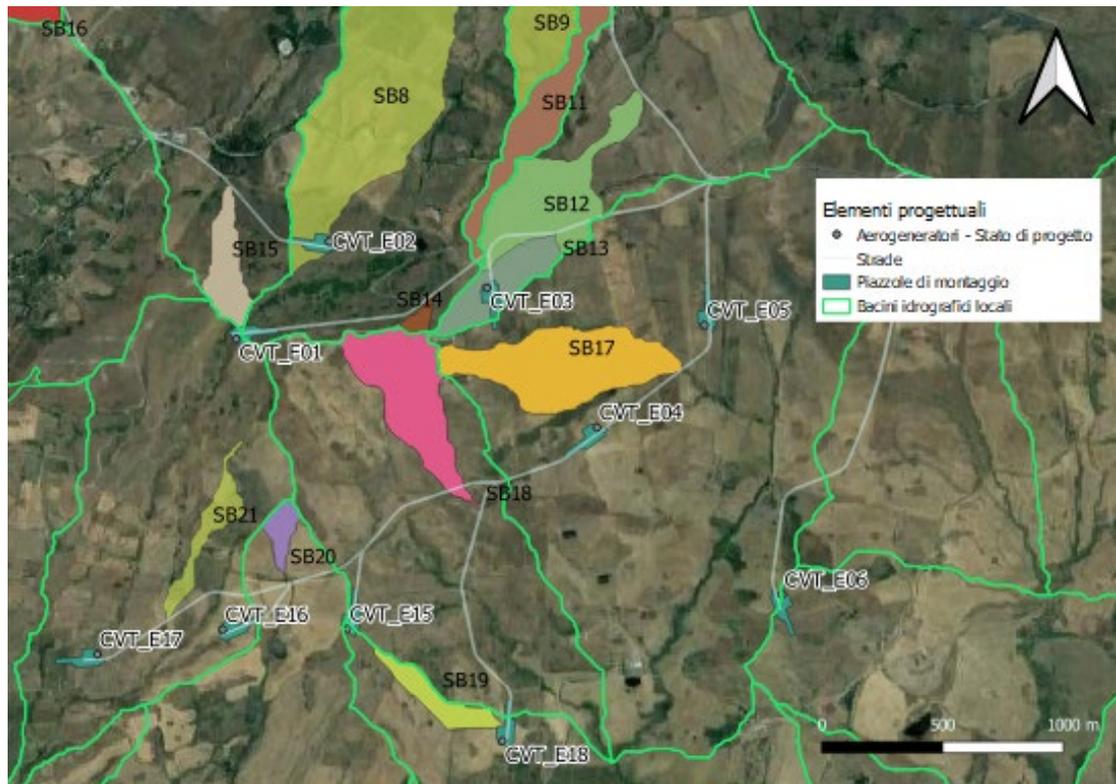


Figura 4-7: Individuazione dei sotto-bacini critici su ortofoto (parte 3)

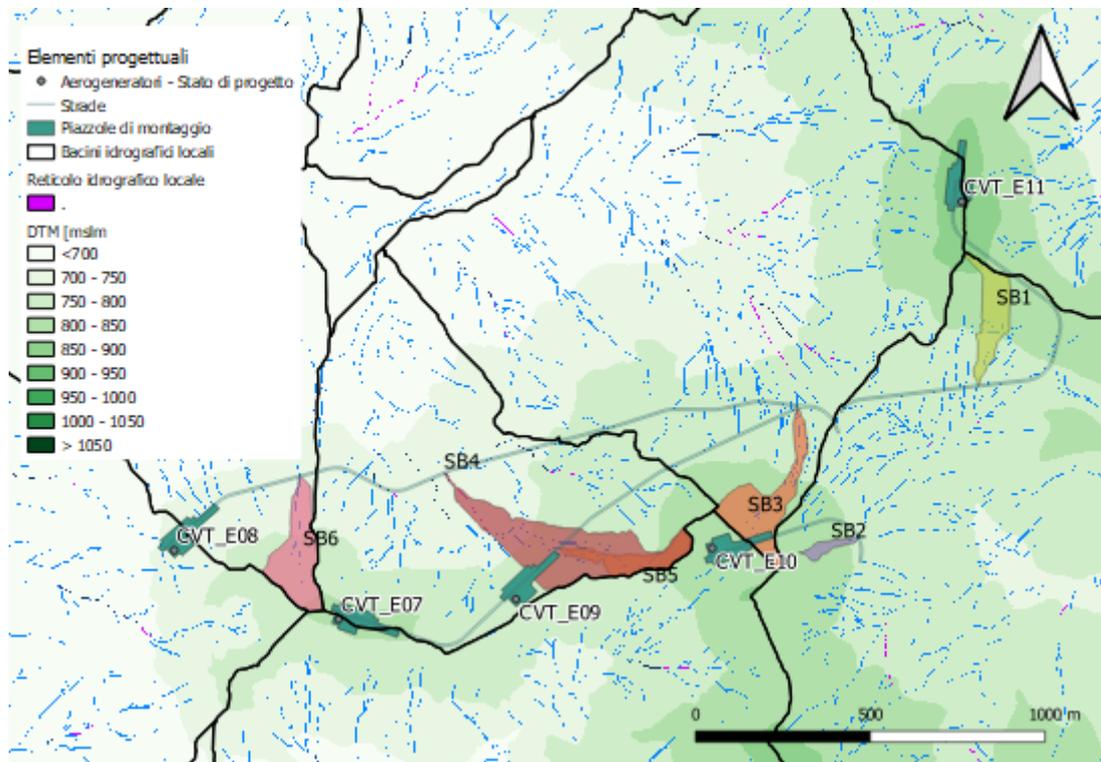


Figura 4-8: Individuazione dei sotto-bacini critici su DTM (parte 1)

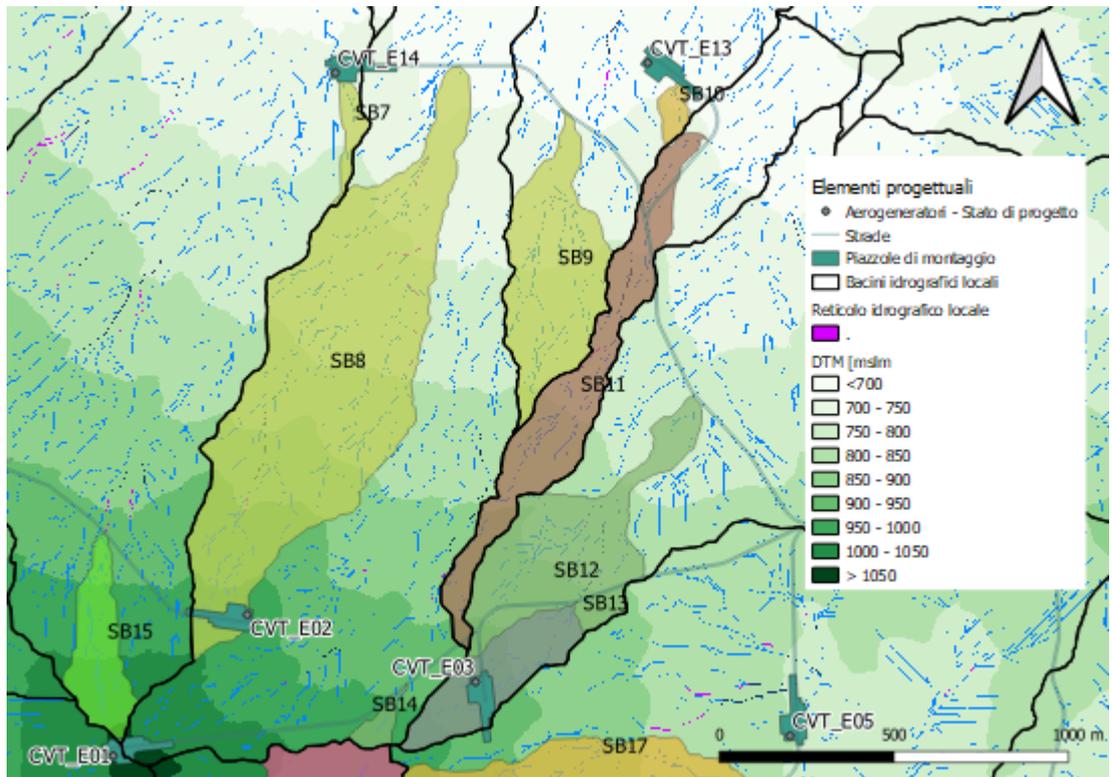


Figura 4-9: Individuazione dei sotto-bacini critici su DTM (parte 2)

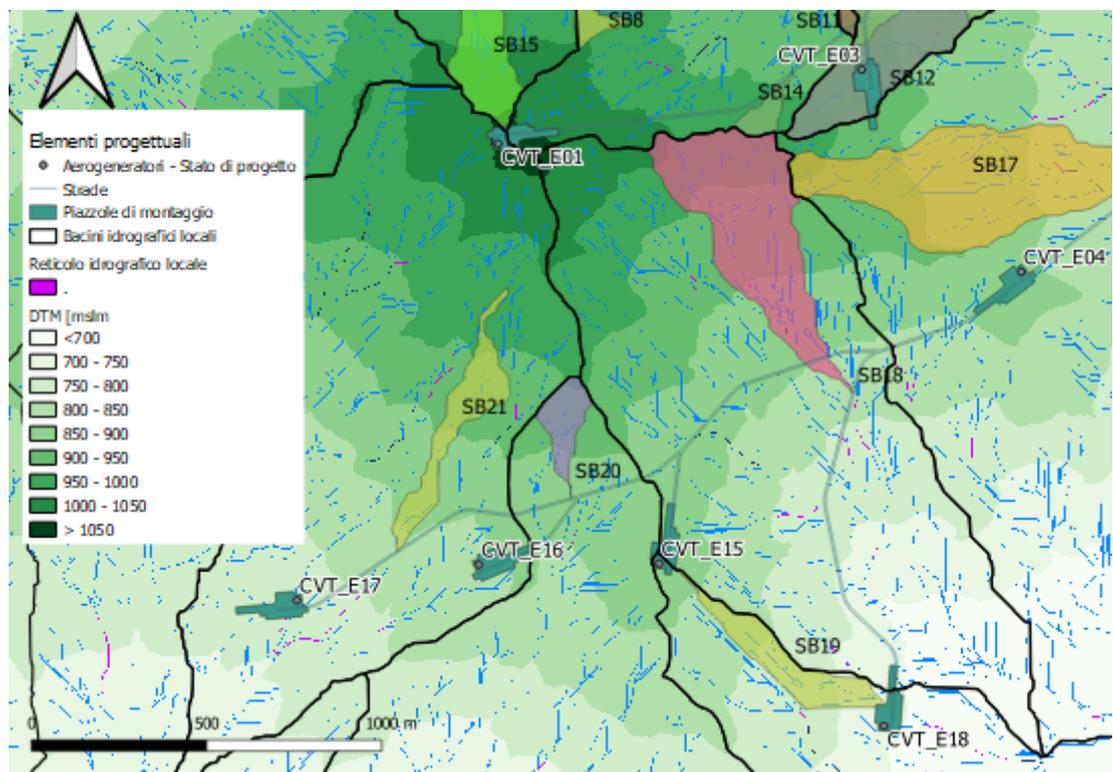


Figura 4-10: Individuazione dei sotto-bacini critici su DTM (parte 3)

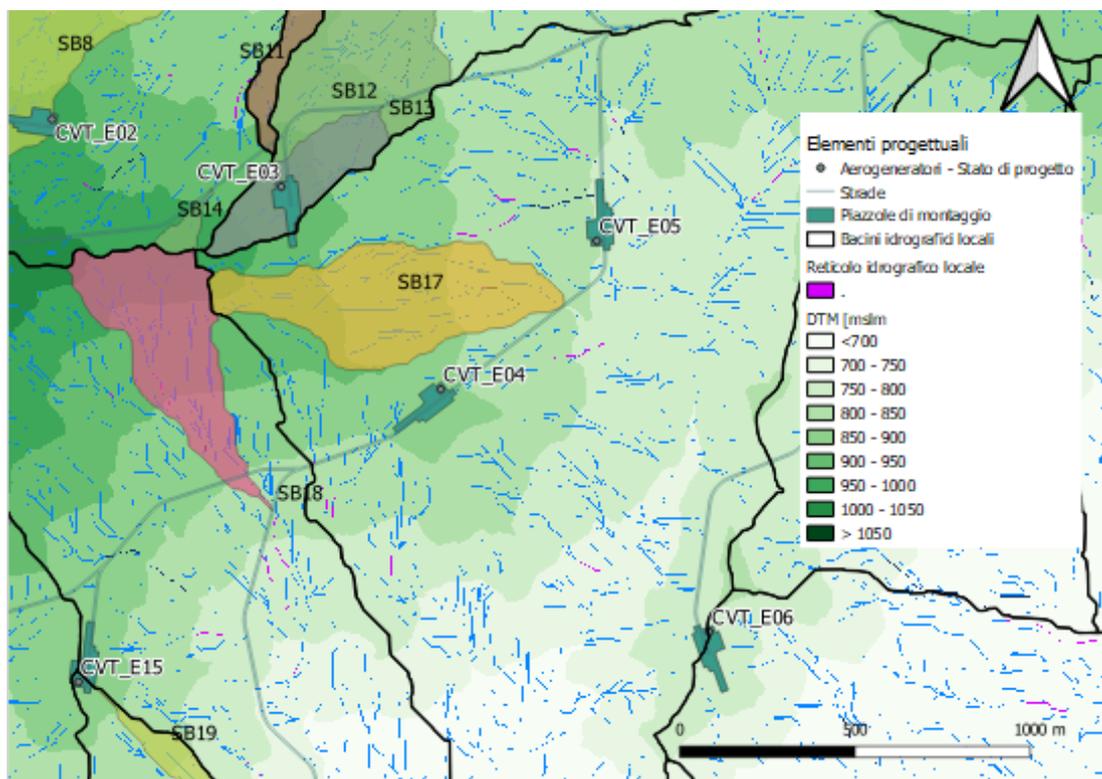


Figura 4-11: Individuazione dei sotto-bacini critici su DTM (parte 4)

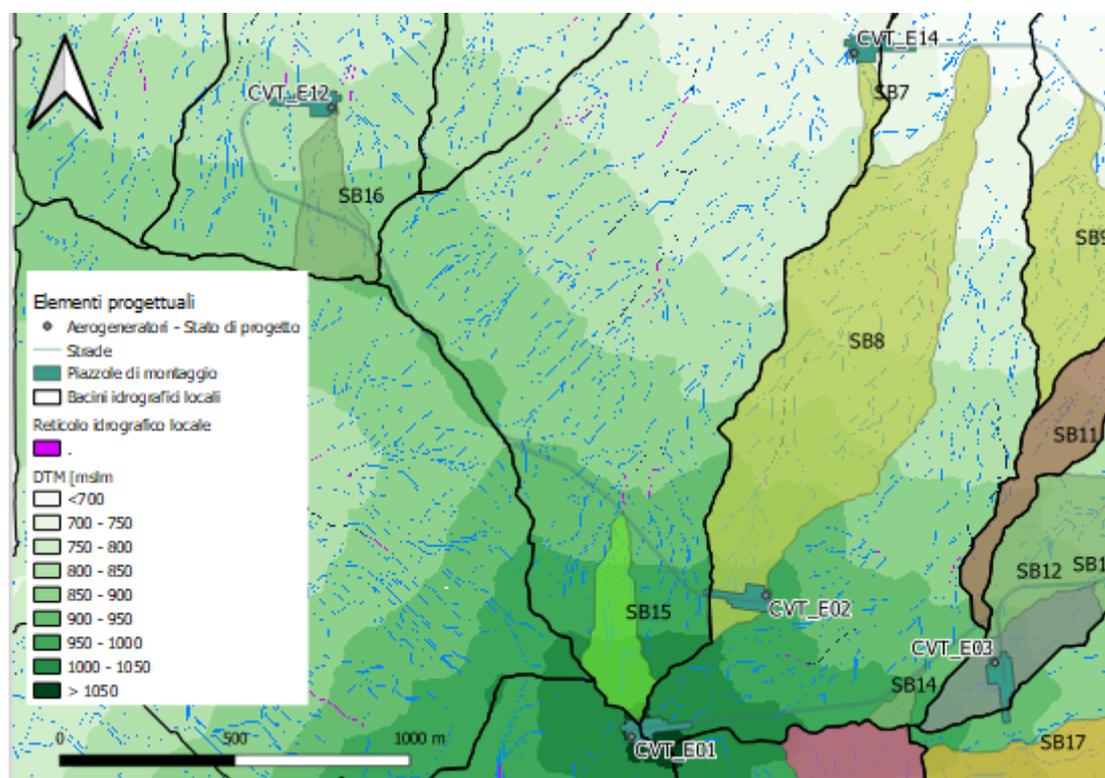


Figura 4-12: Individuazione dei sotto-bacini critici su DTM (parte 5)

4.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

Per il calcolo delle portate di piena si è deciso di adottare il metodo razionale di stima, alla

cui base vi sono le seguenti assunzioni:

- La massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- Il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- La formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avviene senza la formazione di invasi significativi;

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot A}{3,6 \cdot t_c} \text{ in m}^3/\text{s}$$

dove:

- c rappresenta il coefficiente di deflusso del bacino;
- h , l'altezza di massima pioggia per assegnato tempo di ritorno ed una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);
- A è la superficie del bacino (km²);
- t_c tempo di corrivazione del bacino (h).

4.2.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE

La determinazione del valore del tempo di corrivazione per bacini con estensione areale inferiore ai 20 kmq come nel caso in esame è stata effettuata, in funzione delle caratteristiche fisiografiche dei bacini, mediante le formule di Pezzoli, Kirpich e Viparelli. Il tempo di corrivazione di progetto è stato poi calcolato come media dei valori ottenuti.

4.2.2. ALTEZZA DI PIOGGIA

L'altezza di pioggia massima di assegnato tempo di ritorno e durata è ricavabile dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ricavate nella GRE.EEC.R.73.IT.W.14362.12.010 – Relazione Idrologica e riportate nel capitolo 3 del presente elaborato. Assegnato un tempo di ritorno di progetto pari a $T_r = 25$ anni, l'equazione della linea segnalatrice si esprime come:

$$h(t, 25) = 45,564 \cdot t^{0,384}$$

tuttavia, tale equazione ricavata mediante il modello VAPI, trova applicazione per eventi meteorici di durata maggiore ad 1 ora. Nel presente caso, trattandosi di piccoli bacini con brevi tempi di corrivazione, l'equazione di calcolo della precipitazione massima per gli eventi di breve durata si esprime:

$$h(t) = 0,208 \cdot h(1) \cdot t^{0,386} \text{ in cui } t \text{ è espresso in minuti.}$$

Tale espressione, disponibile in letteratura, è stata ricavata analizzando i dati forniti nella Tab. V degli Annali Idrologici, relativi alle precipitazioni di breve durata e notevole intensità (Ferreri G. B. e Ferro V. – 1996 – Rainfall intensity-duration-frequency relationship for South Italy. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 95).

Infine, andrebbe considerato il fatto che piogge di elevata intensità si concentrano in aree piccole, e che, a parità di durata e tempo di ritorno, l'altezza di precipitazione decresca al crescere dell'area. Per tener conto di tale fenomeno, l'altezza di pioggia stimata andrebbe riscalata secondo un fattore di riduzione areale - ARF. Tuttavia, nel caso in esame, le aree dei bacini sono inferiori ad 1 kmq e pertanto il valore di ARF è assunto pari a 1.

4.3. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso relativo a ciascun bacino idrografico di interesse è stimato mediante il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service (1972), il quale si basa sull'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. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 \cdot S$$

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:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

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 tipo di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- Gruppo A - Scarsa potenzialità di deflusso: comprende forti spessori di sabbia con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili.
- Gruppo B - Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
- Gruppo C - Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
- Gruppo D - Potenzialità di deflusso molto elevata: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo per condizioni di umidità iniziale medie.

Tabella 4-1. CN in funzione di uso e tipo del suolo (Soil Conservation Service)

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno a pascolo				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
Terreni boscosi o forestati				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Aree commerciali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade	98	98	98	98
Strade				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

Al fine di definire il valore di CN per i bacini in studio, le risultanze a seguito del sopralluogo e della GRE.EEC.R.73.IT.W.14362.49.001 - Relazione geologica-geotecnica e sismica mostrano un terreno avente tipologia di uso "Spazi aperti, prati rasati, parchi, con copertura erbosa compresa tra il 50% e il 75% dell'area" e un tipo idrologico di suolo di classe C. Ne consegue un valore di CN pari a 79.

Una volta calcolata la pioggia netta (efficace), il coefficiente di deflusso è pari a:

$$c = \frac{P_{netta}}{P}$$

4.4. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Di seguito sono riportati i valori di massima piena per tempo di ritorno pari a 25 anni associate ai sotto-bacini identificati come critici in termini di sollecitazione sulle opere di progetto dell'impianto eolico di Caltavuturo Estensione.

Tabella 4-2. Esiti della valutazione delle piene di progetto.

Sotto-bacino	A [Km2]	L [m]	i	tc [h]	h (T=25 y, t=tc) [mm]	C (SCS-CN)	Q [m3/s]
SB1	0,02	432	0,213	0,07	17	0,01	0,016
SB2	0,01	173	0,289	0,03	12	0,00	0,002
SB3	0,04	434	0,138	0,08	18	0,02	0,037
SB4	0,09	844	0,130	0,16	23	0,05	0,173
SB5	0,02	408	0,176	0,07	17	0,01	0,014
SB6	0,03	430	0,207	0,07	17	0,01	0,023
SB7	0,02	421	0,169	0,08	17	0,01	0,014
SB8	0,59	1880	0,176	0,30	29	0,10	1,664
SB9	0,19	961	0,206	0,15	23	0,05	0,384
SB10	0,01	229	0,144	0,05	14	0,00	0,001
SB11	0,21	1679	0,125	0,30	29	0,10	0,577

SB12	0,29	1428	0,150	0,24	27	0,08	0,761
SB13	0,10	678	0,176	0,12	20	0,03	0,147
SB14	0,02	227	0,233	0,04	13	0,00	0,000
SB15	0,07	642	0,223	0,10	20	0,03	0,097
SB16	0,08	594	0,172	0,10	20	0,03	0,102
SB17	0,24	1039	0,120	0,19	25	0,07	0,563
SB18	0,18	870	0,167	0,15	23	0,05	0,354
SB19	0,06	700	0,223	0,11	20	0,03	0,089
SB20	0,03	381	0,223	0,06	16	0,01	0,012
SB21	0,06	909	0,141	0,16	23	0,05	0,116

Le portate individuate sono alla base del dimensionamento delle tubazioni relative agli attraversamenti in corrispondenza dei punti di scarico al fine di convogliare le portate critiche intercettate a monte della viabilità di progetto in favore degli impluvi esistenti di valle.

5. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

Al fine di garantire la durabilità di strade e piazzole sarà fondamentale una corretta gestione delle acque meteoriche tramite un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle stesse.

Gli interventi da realizzarsi nell'area in esame sono stati sviluppati secondo due differenti linee di obiettivi:

- Mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrologico-idraulico" preesistenti agli interventi di potenziamento dell'impianto eolico attualmente in esercizio;
- Regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco in progetto, attraverso la realizzazione di una adeguata rete drenante, volta a proteggere le infrastrutture del parco eolico.

Le opere di regimazione sono state definite a partire dal DTM – Modello Digitale del Terreno dell'area in esame e dalla progettazione della viabilità del parco, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli impluvi interferenti con le opere in progetto e le caratteristiche planimetriche ed altimetriche della nuova viabilità interna all'impianto.

5.1. OPERE IDRAULICHE DI PROGETTO

Questo paragrafo presenta le opere idrauliche che verranno implementate per una adeguata gestione dei deflussi superficiali.

5.2. FOSSI DI GUARDIA

È previsto l'impiego di 4 tipologie di fossi di guardia a seconda delle caratteristiche di portata e pendenza di ciascun tratto stradale. In particolare:

- Fosso di guardia di tipo 1 per $Q \leq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e $i \leq 6,00\%$;
- Fosso di guardia di tipo 1P per $Q \leq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e $6,00\% < i \leq 11,00\%$;
- Fosso di guardia di tipo 2 per $Q > 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e $i \leq 6,00\%$;
- Fosso di guardia di tipo 2P per $Q > 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e $6,00\% < i \leq 11,00\%$.



Figura 5-1. Tipico fossi di guardia

I fossi di guardia di tipo -P presentano il fondo rivestito in pietrame di media pezzatura in modo da ridurre l'azione erosiva delle acque meteoriche intercettate.

Nei tratti caratterizzati da pendenze superiori all'11%, i fossi di guardia presentano briglie in legname. Tali briglie, poste in opera con una interdistanza variabile in funzione delle caratteristiche del tratto stradale, avranno lo scopo di ridurre la pendenza del fosso di guardia attraverso la naturale deposizione di materiale solido limitando così l'azione erosiva dell'acqua.

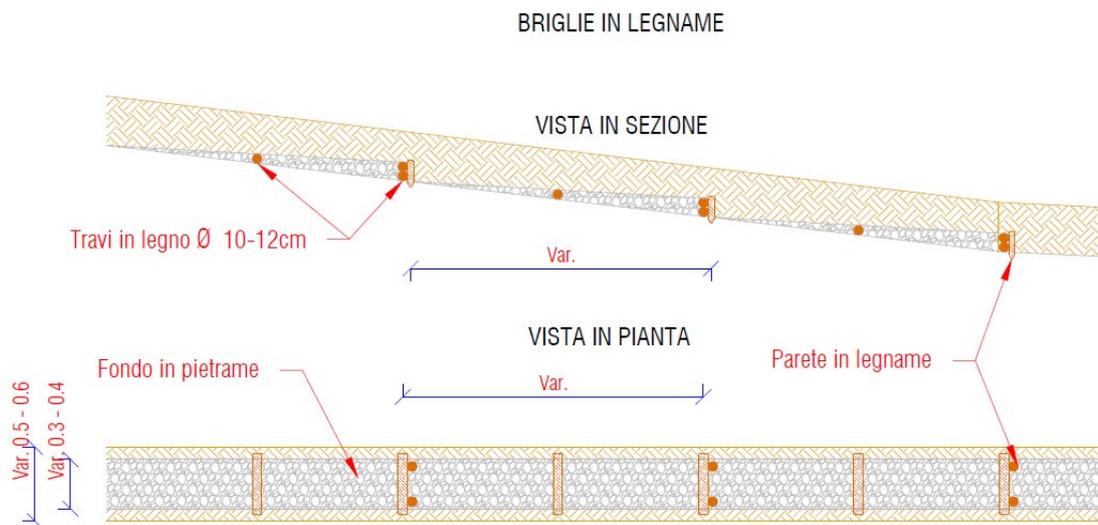


Figura 5-2: Tipico briglie

5.2.1. ATTRAVERSAMENTI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI DI SCARICO

Si tratta di attraversamenti del rilevato stradale resi necessari per lo scarico, presso gli impluvi esistenti, delle acque meteoriche intercettate dai fossi di guardia.

Gli attraversamenti sono realizzati con tubazioni in HDPE corrugato SN8 di diametro variabile e prevedono in ingresso un pozzetto per ispezione e raccordo con il fosso di guardia ed in uscita lo scarico diretto presso gli impluvi esistenti, previa opera di dissipazione in pietrame.

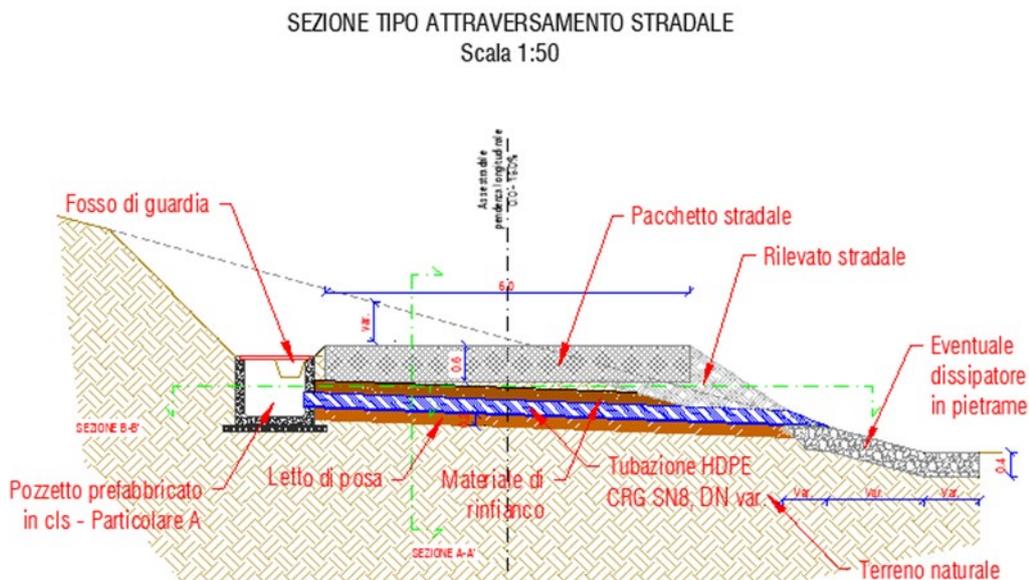


Figura 5-3: Tipico Attraversamento stradale di scarico

Le opere di dissipazione sono poste al termine degli scarichi, in modo tale da ridurre l'energia della corrente idrica reimpressa negli impluvi naturali e limitare quindi l'erosione dei versanti.

Sono previste opere di dissipazione con pietrame di grandi dimensioni, con differente geometria in funzione delle caratteristiche della corrente in uscita e del corpo idrico ricettore.

5.2.2. CANALETTE TRASVERSALI

È prevista la posa di canalette in legname trasversali alla viabilità per i tratti con pendenza superiore a 12%. Tali opere hanno lo scopo di limitare la lunghezza del percorso dell'acqua sul piano stradale convogliandola presso i fossi di guardia paralleli ad essa riducendone così il potere erosivo ed il deterioramento della viabilità.

CANALETTA DI RACCOLTA TRASVERSALE

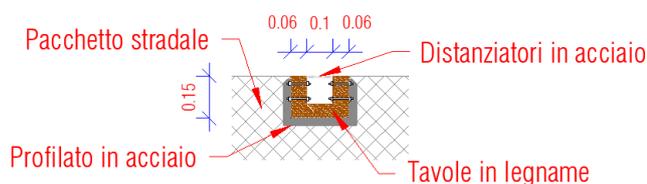
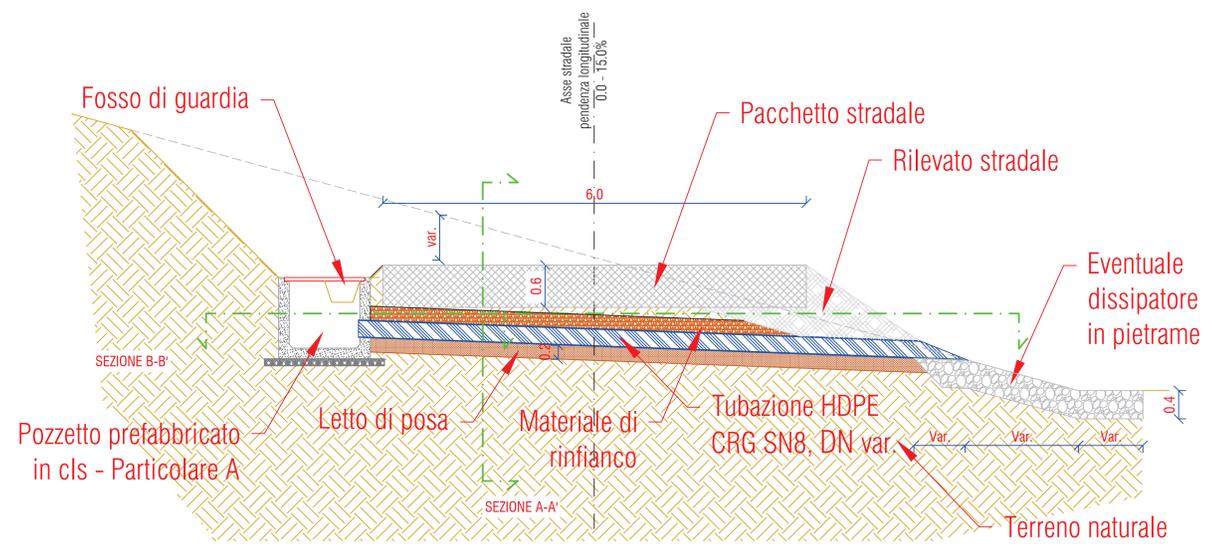


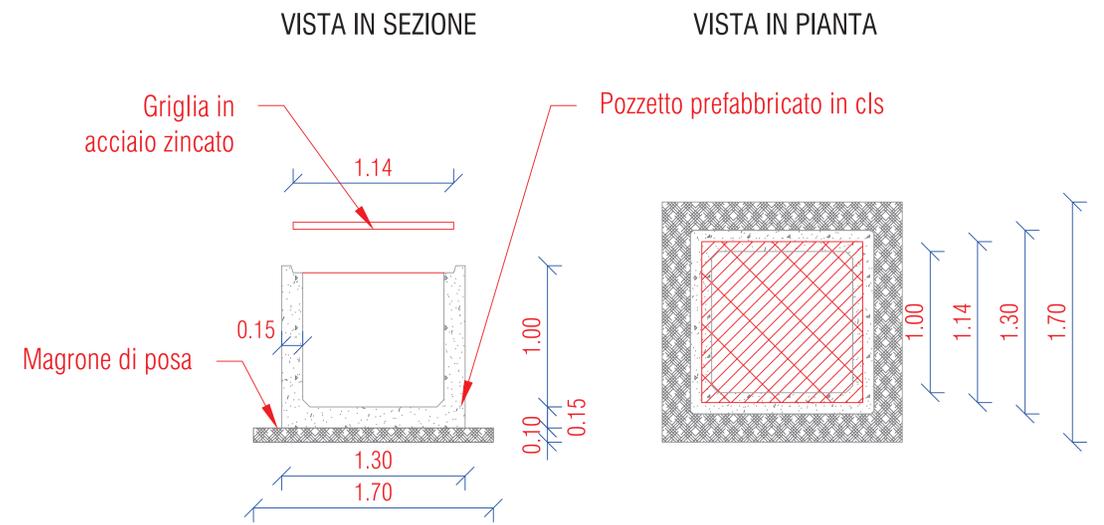
Figura 5-4: Tipico canalette trasversali

La distanza tra le canalette consecutive deve garantire lo smaltimento del deflusso superficiale prodotto sulla sede stradale, limitare l'erosione del fondo stesso ed evitare la formazione di solchi, ma al contempo garantire una qualità di transito ragionevole. Nel caso in esame, si considera di installare una canaletta ogni 50-60 m ed orientamento di 30° rispetto alla perpendicolare dell'asse stradale, per evitare che le ruote gravino contemporaneamente sul manufatto e per conferire una pendenza trasversale alla canaletta.

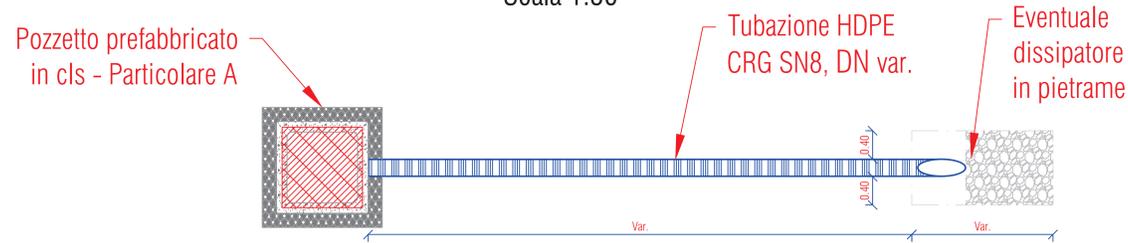
SEZIONE TIPO ATTRAVERSAMENTO STRADALE
Scala 1:50



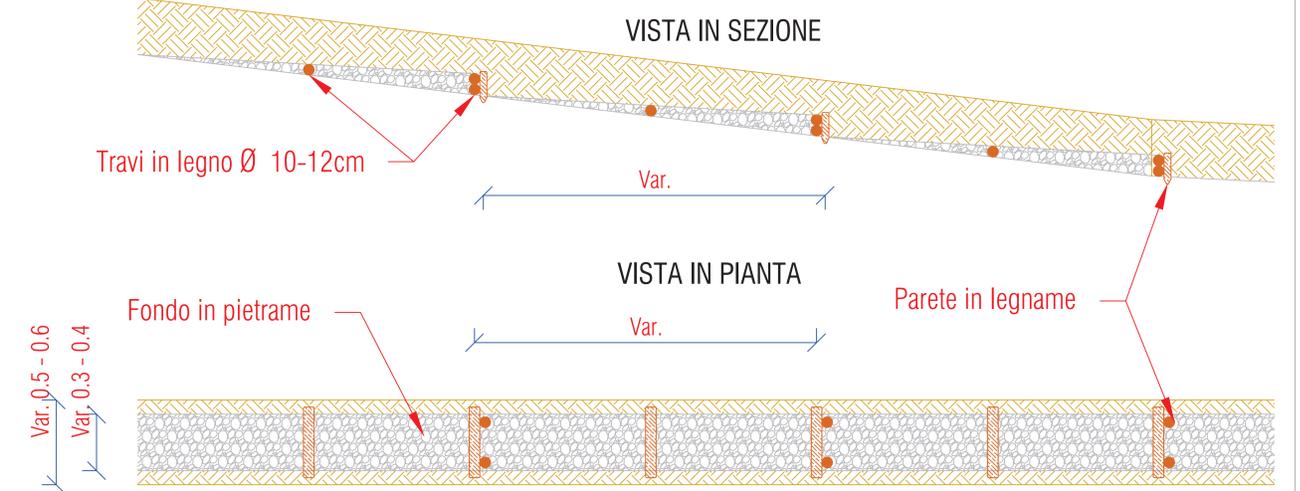
PARTICOLARE A
POZZETTO PREFABBRICATO IN CLS
Scala 1:25



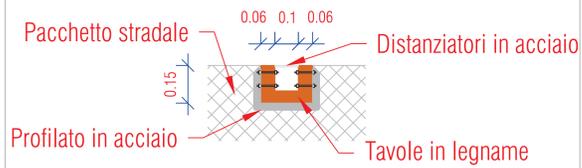
SEZIONE B-B'
Scala 1:50



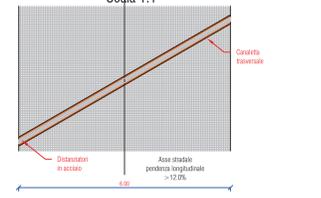
BRIGLIE IN LEGNAME
Scala 1:25



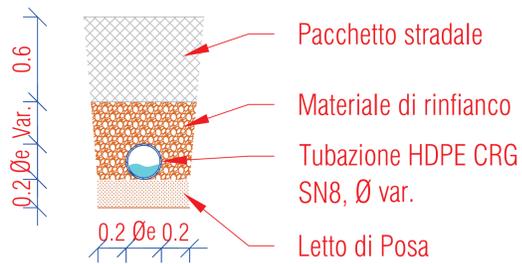
CANALETTA DI RACCOLTA TRASVERSALE
Scala 1:15



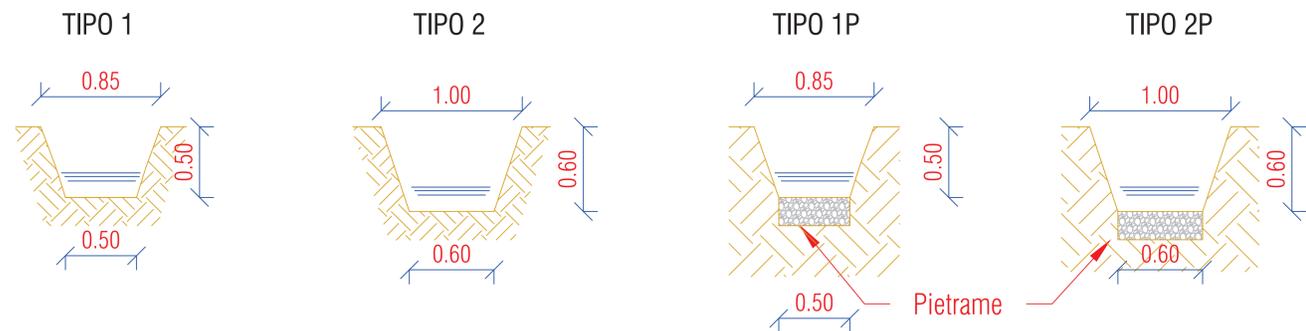
CANALETTA DI RACCOLTA TRASVERSALE
Vista in pianta
Scala 1:1



SEZIONE A-A'
Scala 1:25



SEZIONE TIPO FOSSI DI GUARDIA
Scala 1:25



Nota: TIPOLOGICI DA CONFERMARE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA