



INTERNAL CODE

C23FSTR002WR05500

PAGE

1 di/of 122

TITLE: Relazione Idrologica-Idraulica

AVAILABLE LANGUAGE: IT

**“IMPIANTO EOLICO TERRANOVA DA SIBARI”**

COMUNI DI TERRANOVA DA SIBARI, SAN DEMETRIO CORONE, SPEZZANO ALBANESE, CORIGLIANO – ROSSANO, SANTA SOFIA D'EPIRO E TARSIA (CS)

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione idrologica - idraulica**

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido

File: C23FSTR002WR05500\_Relazione Idrologica-Idraulica

00	22/12/2023	PRIMA EMISSIONE	V. Bertucci	P.E.	L. Sblendido
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

**VALIDATION**

NOME	NOME	NOME
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT TERRANOVA DA SIBARI EO	INTERNAL CODE <b>C23FSTR002WR05500</b>
---	---

CLASSIFICATION: COMPANY	UTILIZATION SCOPE
-------------------------	-------------------



## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	4
2.1	Idrografia.....	11
2.2	Individuazione dei sottobacini idrografici .....	15
2.2.1	Sottobacini parte Nord .....	19
2.2.2	Sottobacini parte Sud.....	23
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO DI SETTORE .....	26
3.1	Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Calabria (PAI) .....	26
3.2	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) .....	37
4	ANALISI IDROLOGICA .....	51
4.1	Caratterizzazione climatica .....	51
4.1.1	Spezzano Albanese .....	51
4.1.2	Terranova da Sibari .....	54
4.1.3	San Demetrio Corone.....	57
4.2	Distribuzione statistica TCEV secondo la metodologia VAPI .....	60
4.2.1	Curve di possibilità pluviometrica per i bacini della parte Nord dell'impianto .....	63
4.2.2	Curve di possibilità pluviometrica per i bacini della parte Sud dell'impianto .....	65
4.3	Stima delle curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora (Bell).....	67
4.4	Trasformazione afflussi-deflussi .....	70
4.4.1	Metodo razionale .....	70
4.4.2	Metodo CN - SCS .....	71
5	ANALISI IDRAULICA .....	75
5.1	Stima del Curve Number .....	75
5.2	Definizione della scabrezza .....	82
5.3	Stima dello ietogramma di progetto.....	85
5.4	Risultati della simulazione idraulica.....	86
5.4.1	Risultati parte Nord dell'impianto .....	87
5.4.2	Risultati parte Sud dell'impianto .....	90
6	RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON ELEMENTI IDRICI E IMPLUVI .....	94
7	PREDIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO STRADALE.....	100
7.1	Individuazione dei bacini di influenza .....	100
7.2	Calcolo della portata al colmo di piena .....	106
7.3	Dimensionamento delle cunette di raccolta .....	108
7.4	Dimensionamento della trincea drenante.....	117
8	CONCLUSIONI .....	121



## 1 PREMESSA

La presente relazione descrive le caratteristiche idrologiche e idrauliche riferite all'impianto eolico, comprensivo delle opere di connessione alla futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV, proposto da Hergo Renewables S.p.A., nei territori comunali di Terranova da Sibari, San Demetrio Corone, Spezzano Albanese, Corigliano – Rossano, Santa Sofia d'Epiro e Tarsia nella provincia di Cosenza, in Calabria.

Il parco eolico è costituito da n. 31 aerogeneratori di potenza nominale singola pari a 4,5 MW per una potenza nominale complessiva pari a 139,5 MW.

L'energia elettrica prodotta sarà convogliata dall'impianto, mediante cavi interrati di tensione 30 kV, ad una prima sottostazione elettrica di trasformazione 150/30 kV (SSE), e successivamente, tramite collegamento in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV da inserire in entra – esce sulla linea 380 kV "Laino – Rossano TE".

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per l'Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento dell'impianto sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione."

Le opere in progetto risultano:

- Impianto eolico costituito da n. 31 aerogeneratori;
- Cavidotto a 30 kV dall'impianto alla SSE;
- Sottostazione Elettrica di trasformazione 30/150 kV (SSE 30/150 kV);
- Cavidotto AT di connessione tra la SSE 30/150 kV e la futura Stazione Elettrica 36/150/380 kV.

L'energia elettrica prodotta dall'impianto concorrerà al raggiungimento dell'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall'Italia.

L'impianto sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete.

Nel seguito del documento, laddove opportuno, data la particolare collocazione territoriale dell'impianto in progetto, verranno trattate separatamente le WTG ubicate a Nord da quelle ubicate a Sud come mostrato negli inquadramenti territoriali seguenti.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Le aree interessate dalla posizione degli aerogeneratori interessano i comuni di Terranova da Sibari, San Demetrio Corone, Spezzano Albanese, Corigliano – Rossano, Santa Sofia d'Epiro e Tarsia. La parte Nord dell'impianto si trova in una zona prevalentemente collinare a vocazione agricola con un'altitudine che varia da 258,7 m.s.l.m. (STT05) a 77,2 m.s.l.m. (STT18). La parte Sud si trova in una zona collinare in cui la vocazione agricola lascia il posto ad un paesaggio maggiormente boschivo con altitudini che variano da 360,5 m.s.l.m. (STT27) a 276 m.s.l.m. (STT22).

Di seguito si mostrano gli inquadramenti della zona su base satellitare e IGM.

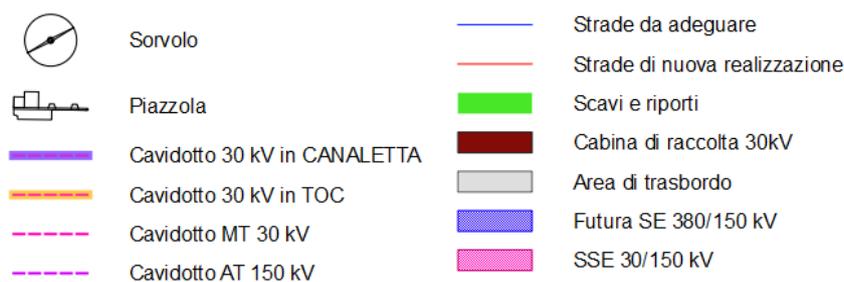
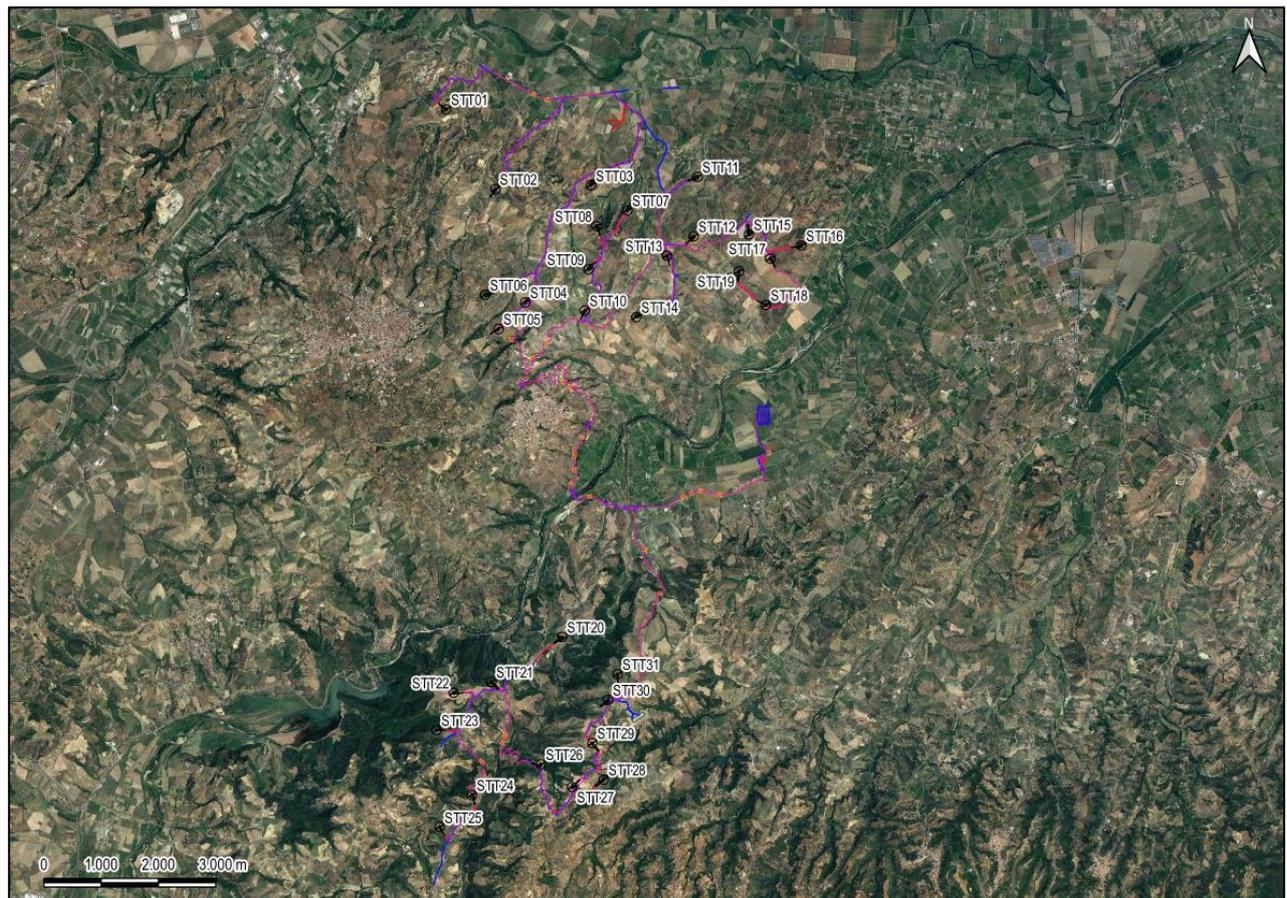


Figura 1 - Inquadramento del layout di progetto su base satellitare. (Fonte: Google Earth)

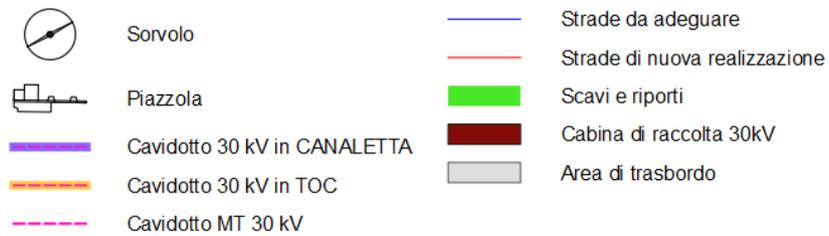
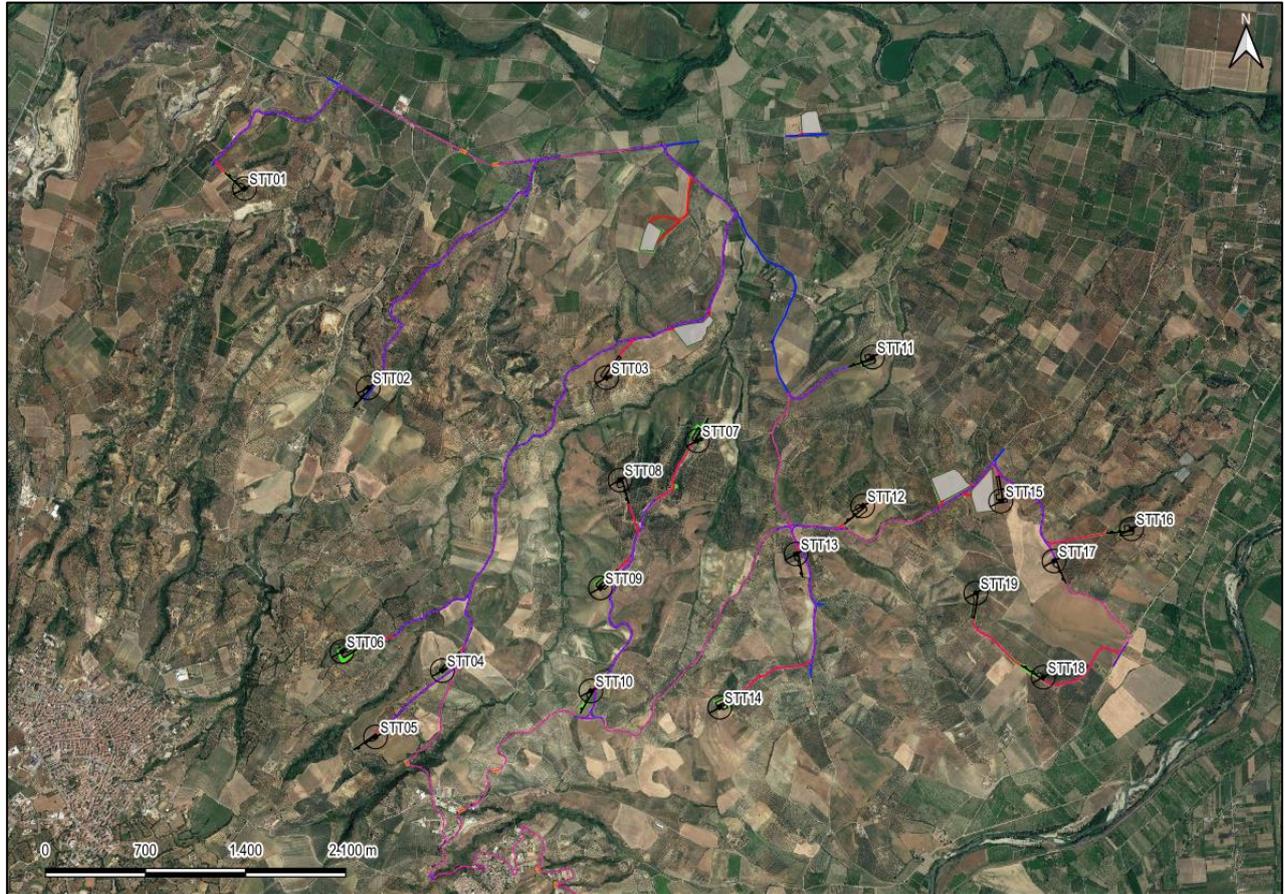


Figura 2 – Inquadramento di dettaglio del layout di progetto parte Nord su base satellitare. (Fonte: Google Earth)

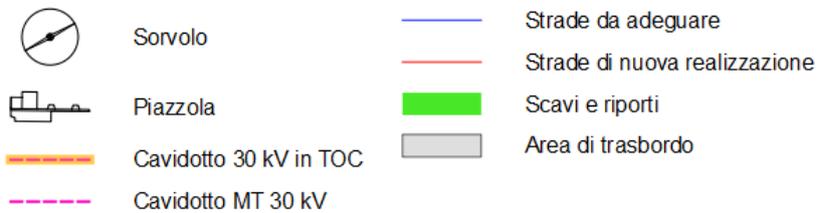
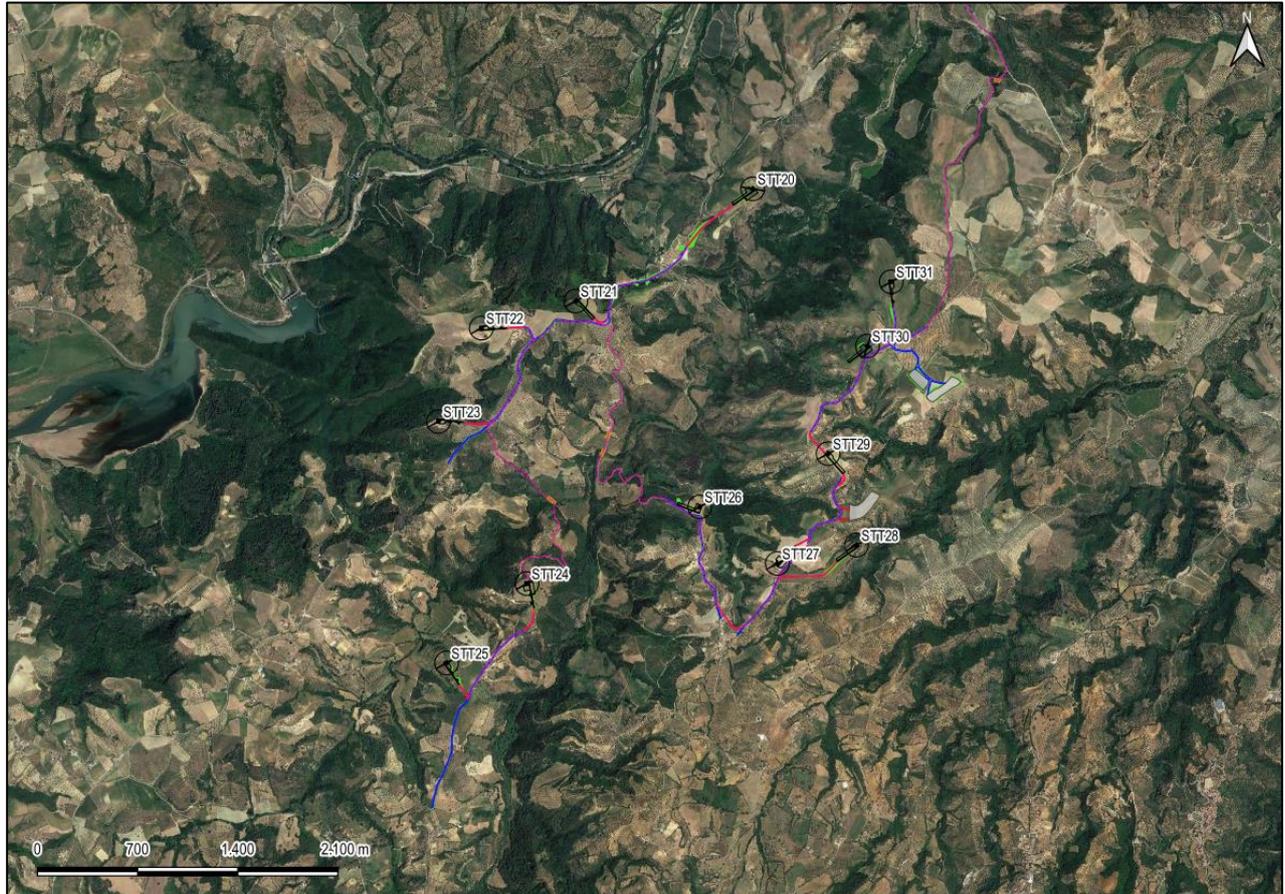


Figura 3 - Inquadramento di dettaglio del layout di progetto parte Sud su base satellitare. (Fonte: Google Earth)

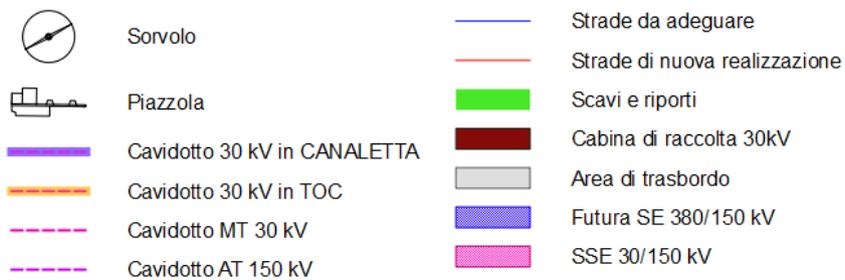
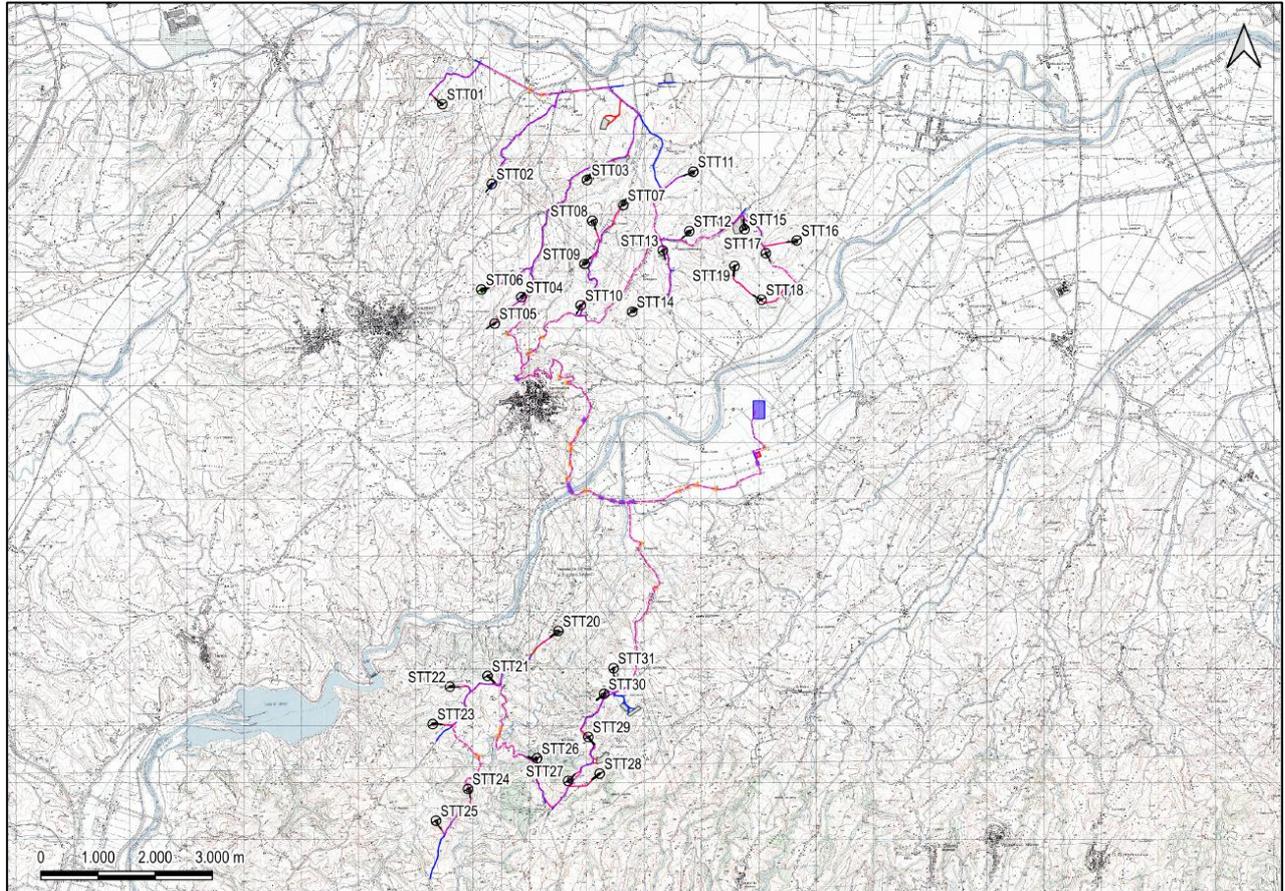


Figura 4 - Inquadramento del layout di progetto su base IGM 25000. (Fonte: IGM)

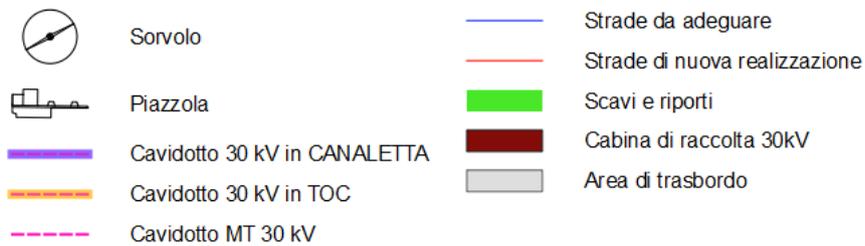
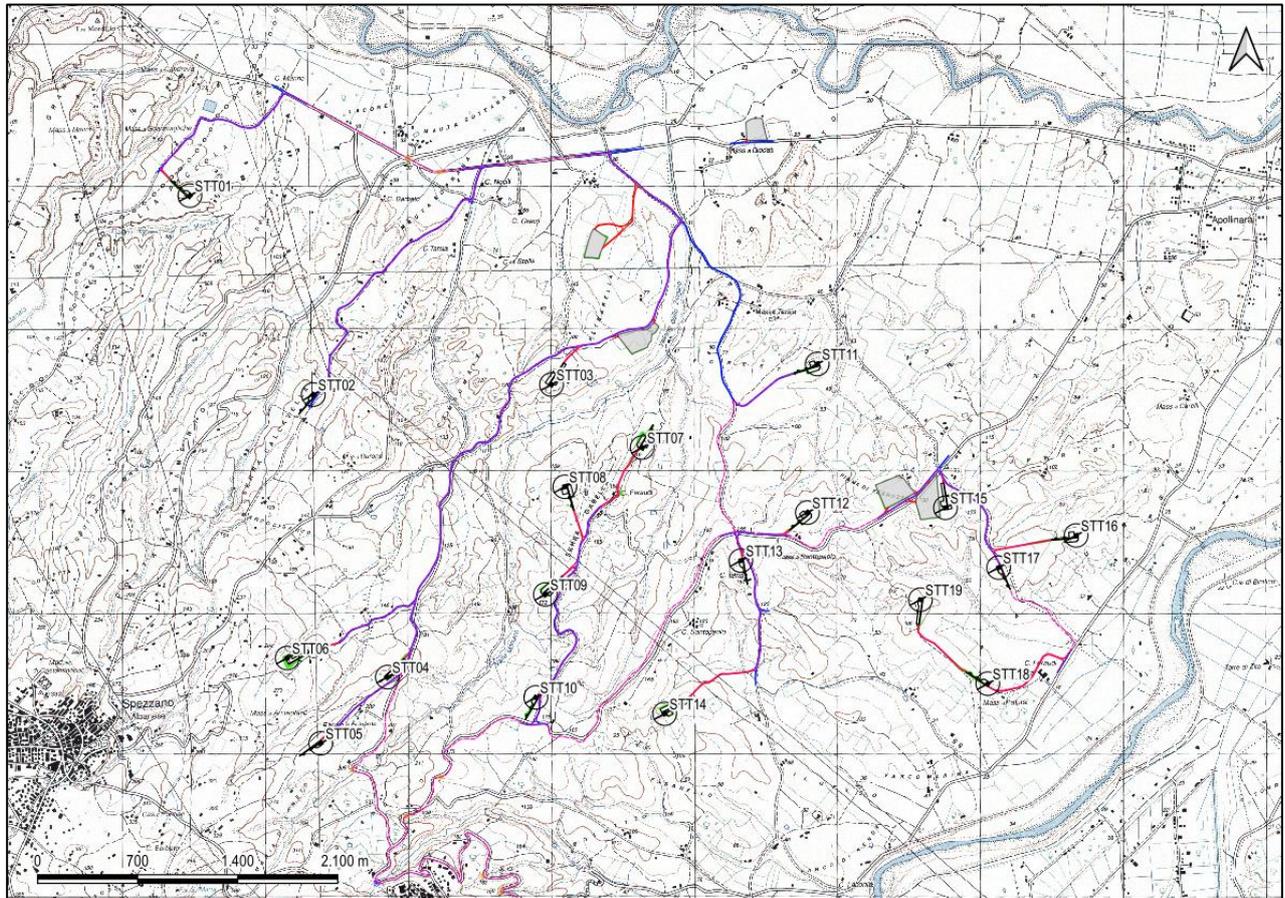


Figura 5 - Inquadramento di dettaglio del layout di progetto parte Nord su base IGM 25000. (Fonte: IGM)

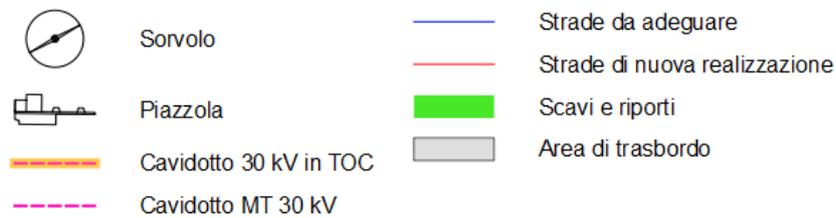
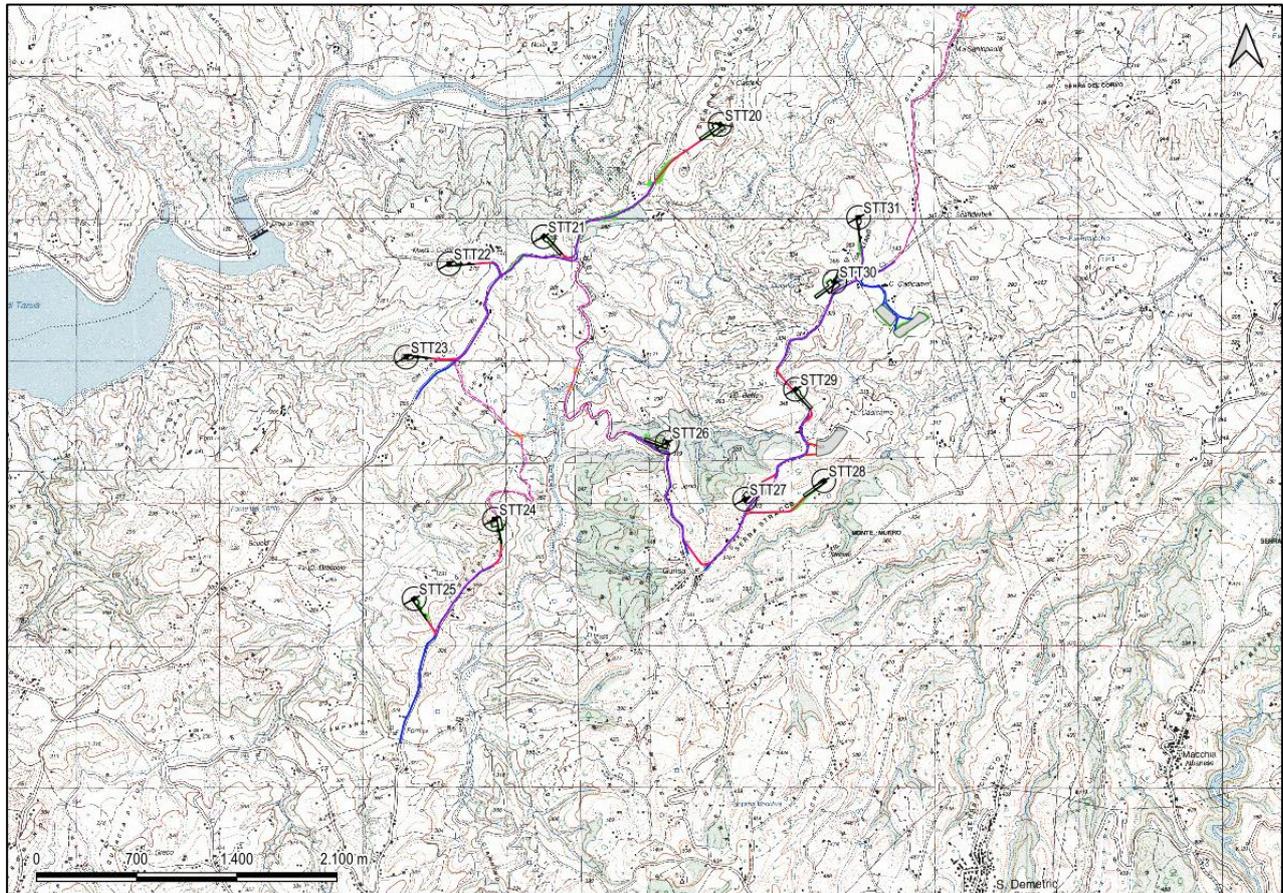


Figura 6 - Inquadramento di dettaglio del layout di progetto parte Sud su base IGM 25000. (Fonte: IGM)

Le coordinate delle WTG in progetto, espresse nel sistema di riferimento UTM - WGS84 (fuso 33) risultano essere le seguenti:

Tabella 1 - Coordinate delle WTG in progetto

ID Aerogeneratori	Coord X	Coord Y
STT01	613413.16	4395748.64
STT02	614276.74	4394345.56
STT03	615763.06	4394381.15
STT04	614796.37	4392355.85
STT05	614328.50	4391888.35
STT06	614094.60	4392489.42



INTERNAL CODE

C23FSTR002WR05500

PAGE

10 di/of 122

STT07	616578.67	4393972.88
STT08	616037.35	4393696.16
STT09	615900.96	4392937.37
STT10	615833.86	4392211.59
STT11	617803.15	4394561.70
STT12	617734.46	4393514.32
STT13	617269.25	4393175.4
STT14	616729.96	4392094.97
STT15	618700.51	4393548.16
STT16	619614.66	4393353.19
STT17	619073.13	4393126.01
STT18	618996.11	4392309.53
STT19	618525.51	4392899.97
STT20	615452.44	4386483.57
STT21	614204.63	4385685.43
STT22	613544.70	4385495.01
STT23	613244.87	4384837.93
STT24	613862.94	4383697.00
STT25	613301.35	4383138.15
STT26	615068.99	4384238.11
STT27	615612.53	4383838.43
STT28	616164.96	4383967.46
STT29	615966.97	4384611.37
STT30	616241.39	4385369.49
STT31	616408.22	4385821.02



## 2.1 Idrografia

Dal punto di vista idrografico, le aree oggetto di intervento ricadono completamente all'interno del bacino idrografico del fiume Crati.

Lungo 91 km e con un bacino idrografico di 2240 km quadrati, il Crati è il fiume più lungo della Calabria, nasce sui monti della Sila e finisce la sua lunga corsa nel mar Ionio.

Origina con il nome di Craticello dal Timpone Bruno a 1.742 metri di altitudine sulle pendici occidentali dell'Altopiano della Sila, scende poi assai ripido in direzione nord disegnando una delle valli più ampie e popolate della Calabria. Il Crati prosegue la sua corsa bagnando la città di Cosenza dove raddoppia di dimensione per l'affluenza del fiume Busento.

Da qui attraversa con ampio letto ciottoloso la pianura chiamata Vallo del Crati, dove si arricchisce ancora per l'apporto di svariati affluenti tra cui il fiume Mucone e Arente sulla sponda destra, e i torrenti Turbolo e Cucchiato sulla sponda sinistra.

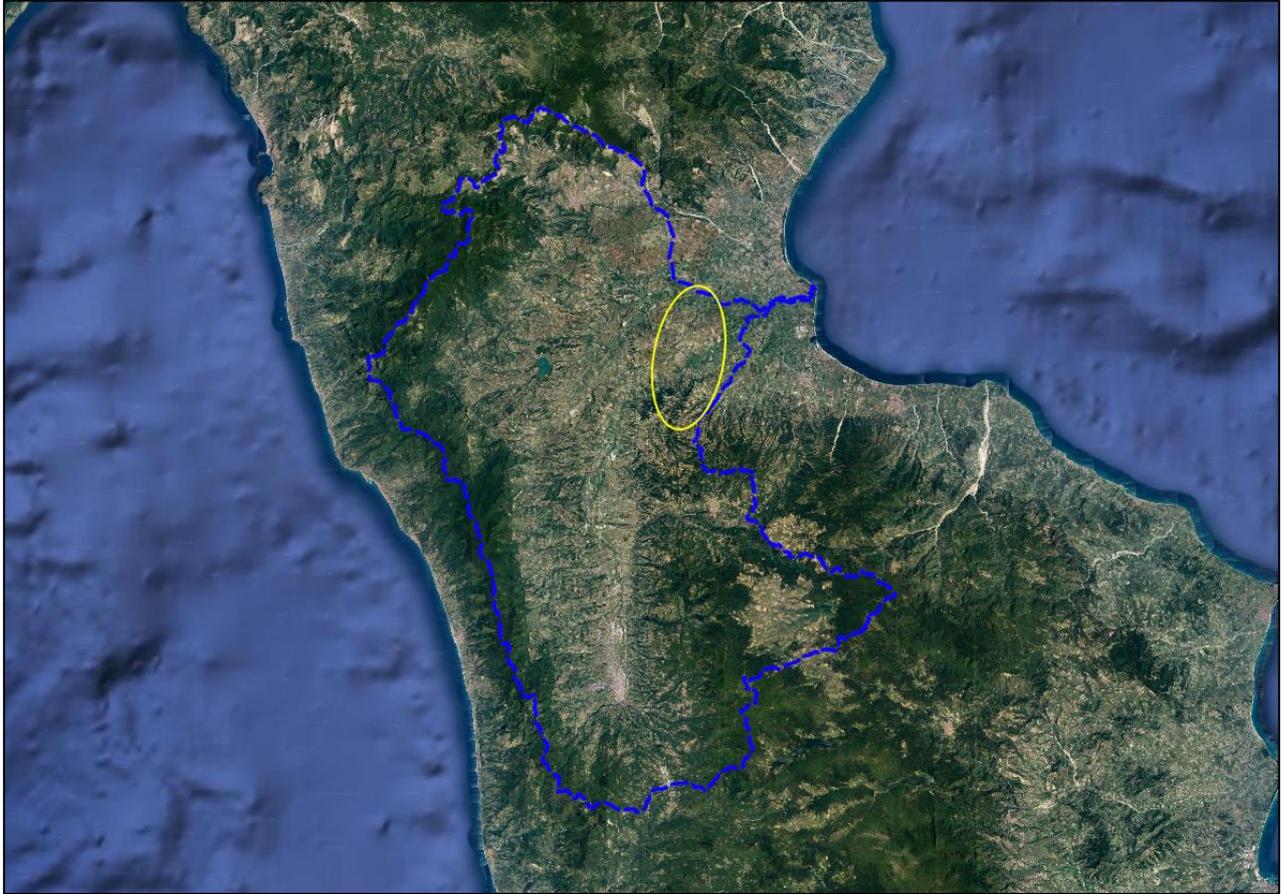
Dopo una lunga e ripida discesa, il fiume Crati giunge in prossimità di Tarsia a 208 metri di altitudine, dove la sua corsa viene sbarrata dalla diga che forma il lago artificiale di Tarsia, Riserva Regionale e punto di approdo e nidificazione di molte specie di uccelli migratori. A valle dello sbarramento il fiume Crati si dirige ad est verso la Piana di Sibari dove riceve l'ultimo affluente, il Coscile, prima di gettarsi nelle acque del mar Ionio all'altezza del paese di Mirto Crosia.

Alla sua foce, il Crati crea un ambiente umido di tipo palustre di estremo interesse ambientale, in cui la flora tipica è costituita da tamerici e canne palustri, e dove si concentra un'avifauna migratoria di notevole densità. Anche la foce del Crati è divenuta nel 1990 Riserva Regionale, al pari dell'altra Riserva del lago Tarsia, anch'essa prodotta dalle acque del più lungo fiume calabrese.

A fronte di una discreta portata media di 26 metri cubi di acqua al secondo, il Crati è un fiume a carattere torrentizio, alternando forti e a volte disastrose piene invernali a marcatissime magre estive, che lo svuotano totalmente. Il bacino del fiume invece è caratterizzato da un continuo dissesto geologico in cui sono coinvolti nei fenomeni franosi non solo le coperture sedimentarie sabbiose ed argillose, ma anche le rocce metamorfiche di alto grado e perfino i graniti, aumentando in modo considerevole la portata solida del fiume.

Scendendo più nel dettaglio, l'area di progetto è caratterizzata da una discreta circolazione superficiale con una forte presenza di elementi idrici di elevato livello gerarchico (IV o V ordine di Horton).

Si riporta di seguito un inquadramento dell'area di progetto in relazione al bacino del Crati e successivamente un inquadramento degli elementi idrici:



*Figura 7 - Inquadramento del bacino idrografico del fiume Crati con evidenza dell'ubicazione dell'impianto in progetto (cerchio giallo).*

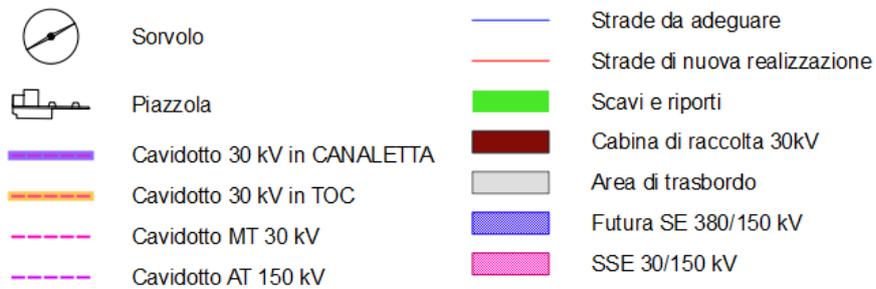


Figura 8 - Inquadramento della parte Nord dell'impianto con evidenza degli elementi idrici (Fonte: Geoportale Nazionale)

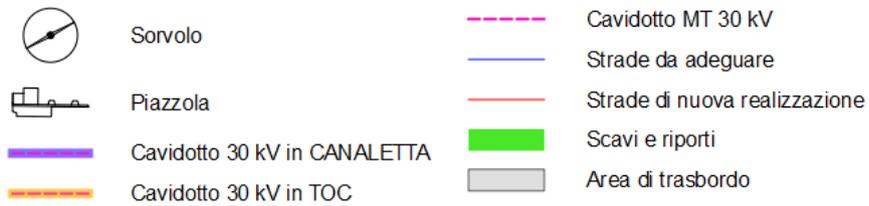


Figura 9 - Inquadramento della parte Sud dell'impianto con evidenza degli elementi idrici (Fonte: Geoportale Nazionale)

## 2.2 Individuazione dei sottobacini idrografici

L'area su cui sorgeranno gli aerogeneratori è caratterizzata da una morfologia collinare con pendenze moderate che vede il susseguirsi di diversi impluvi e displuvi; la parte Sud, data la morfologia del territorio presenta pendenze maggiori.

Le immagini che seguono mostrano le caratteristiche morfologiche della zona indagata:

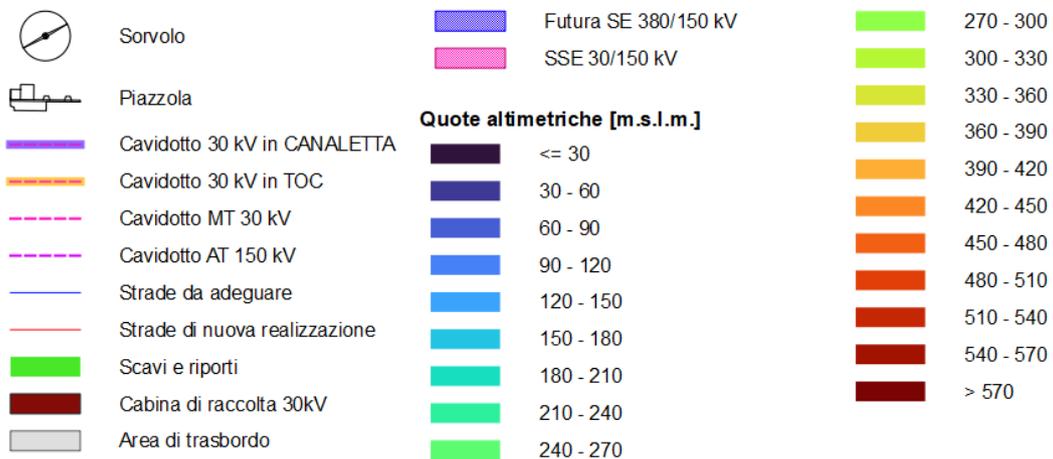
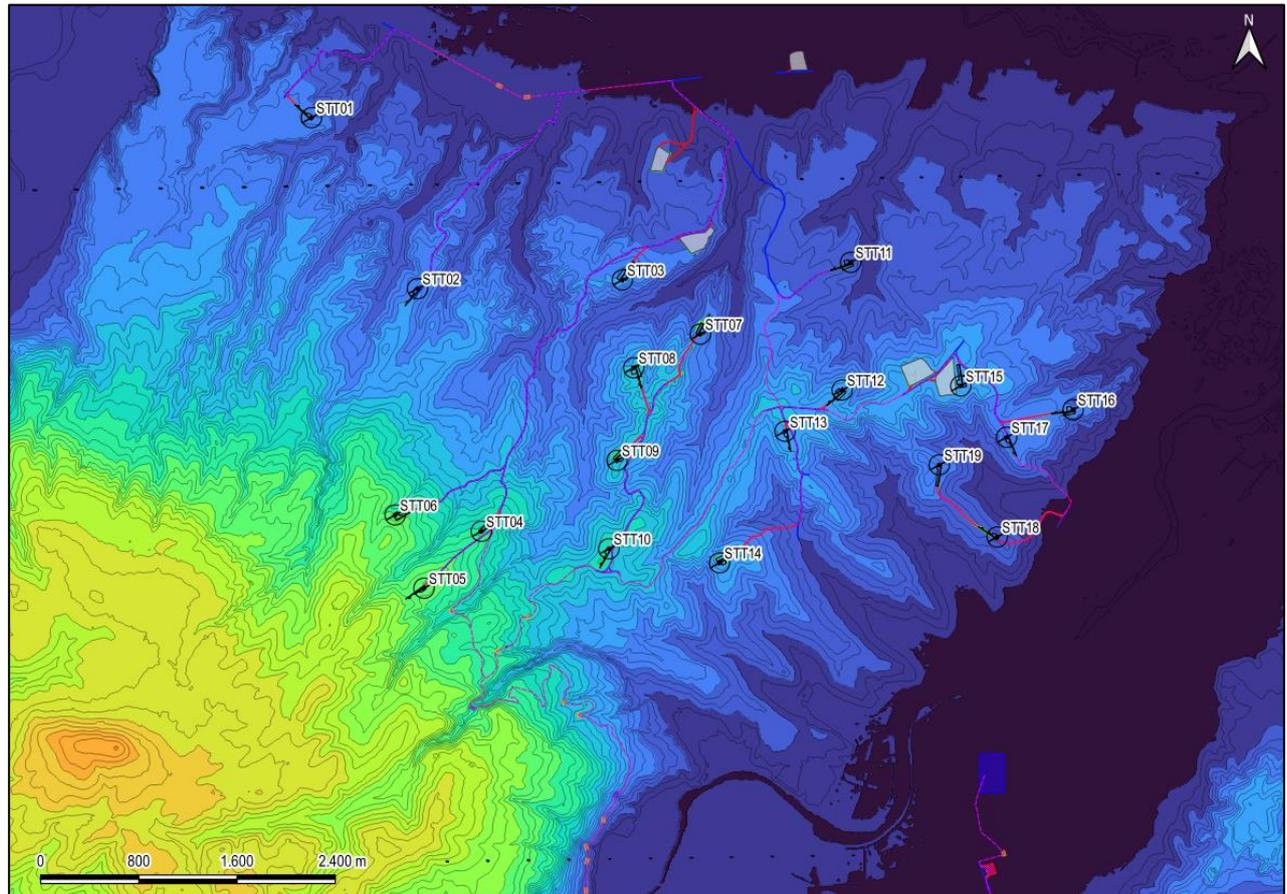


Figura 10 - Inquadramento della parte Nord dell'impianto in esame con evidenza delle quote altimetriche (Fonte: Elaborazioni GIS)

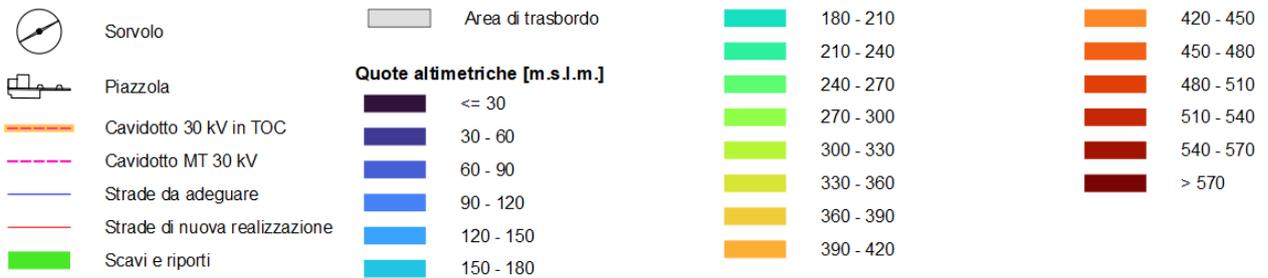
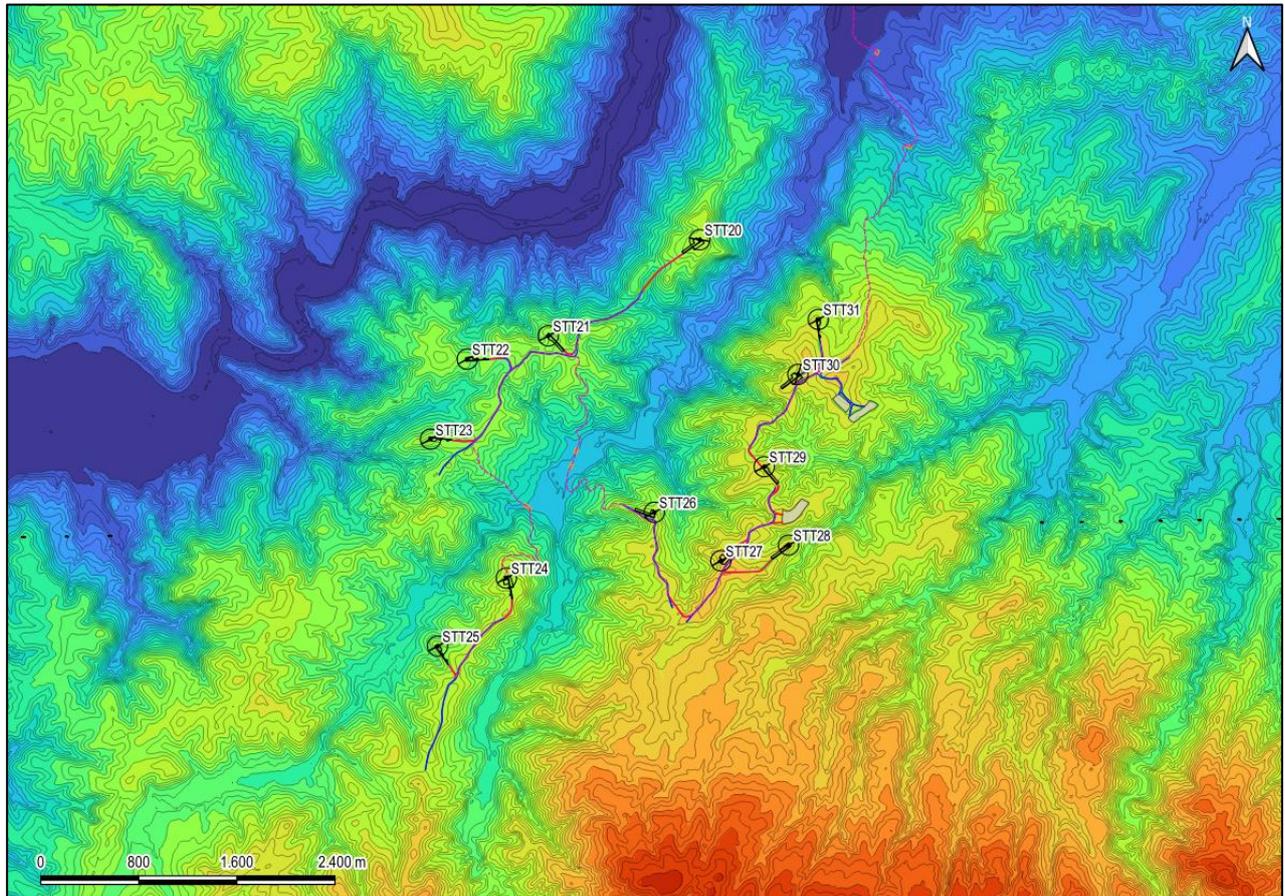


Figura 11 - Inquadramento della parte Sud dell'impianto in esame con evidenza delle quote altimetriche (Fonte:

Elaborazioni GIS)

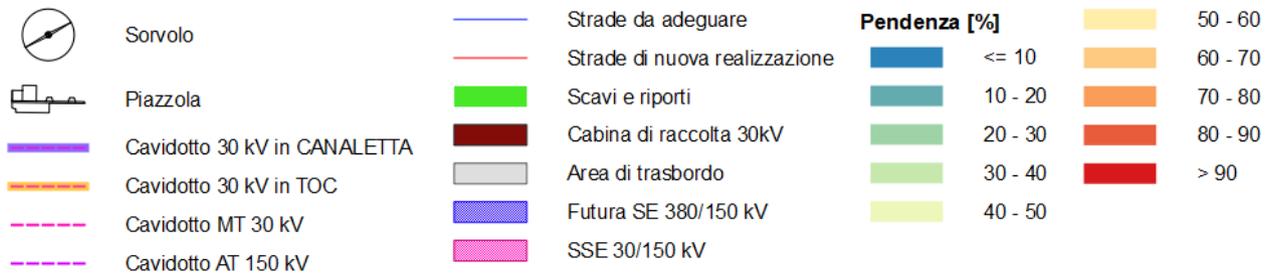
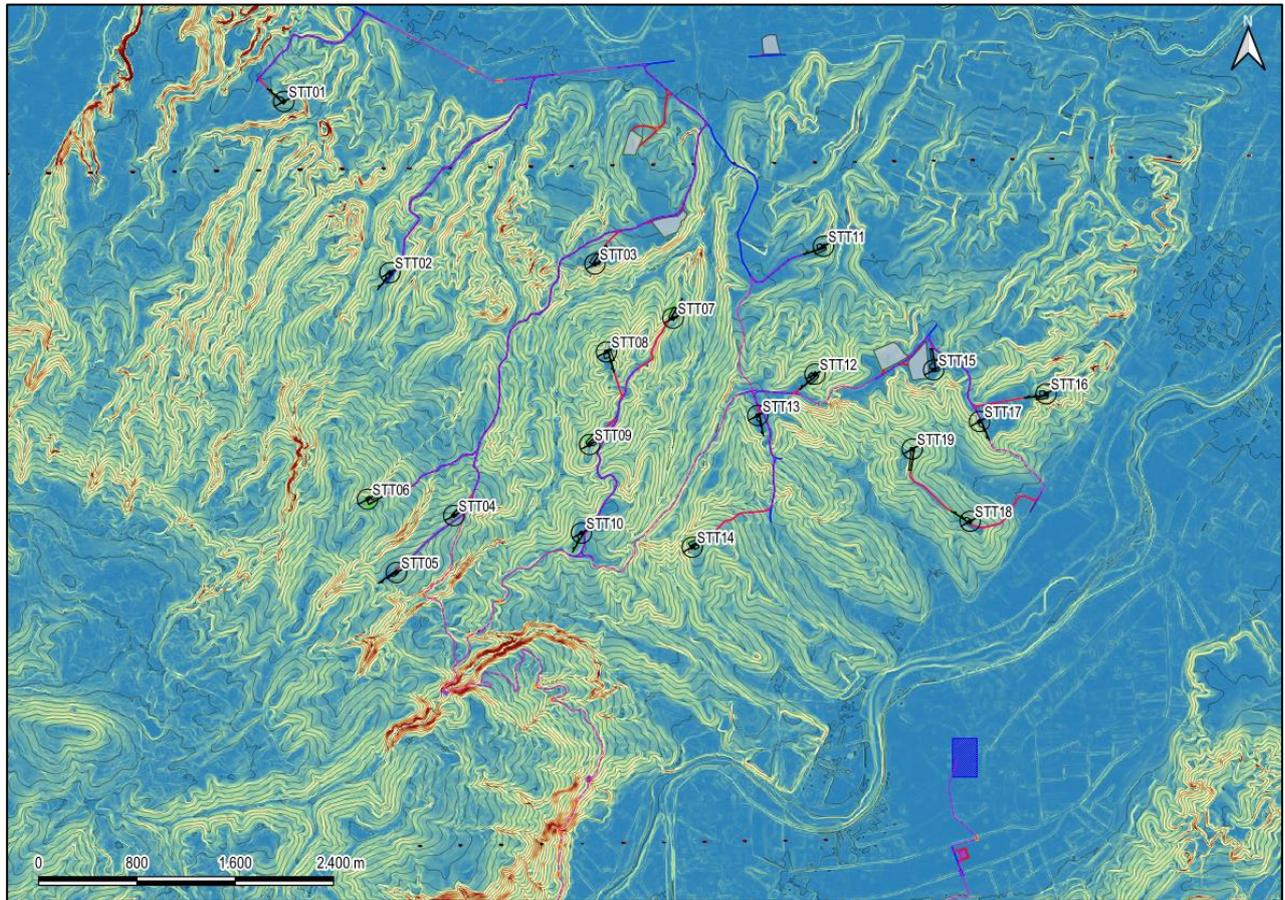


Figura 12 - Inquadramento della parte Nord dell'impianto con evidenza delle pendenze (Fonte: Elaborazioni GIS)

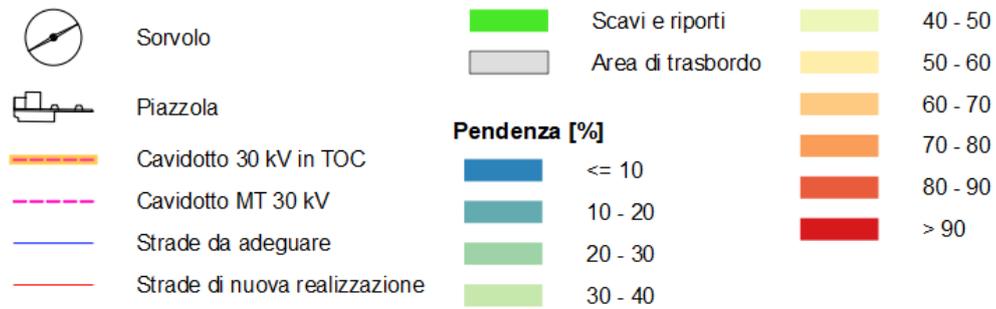
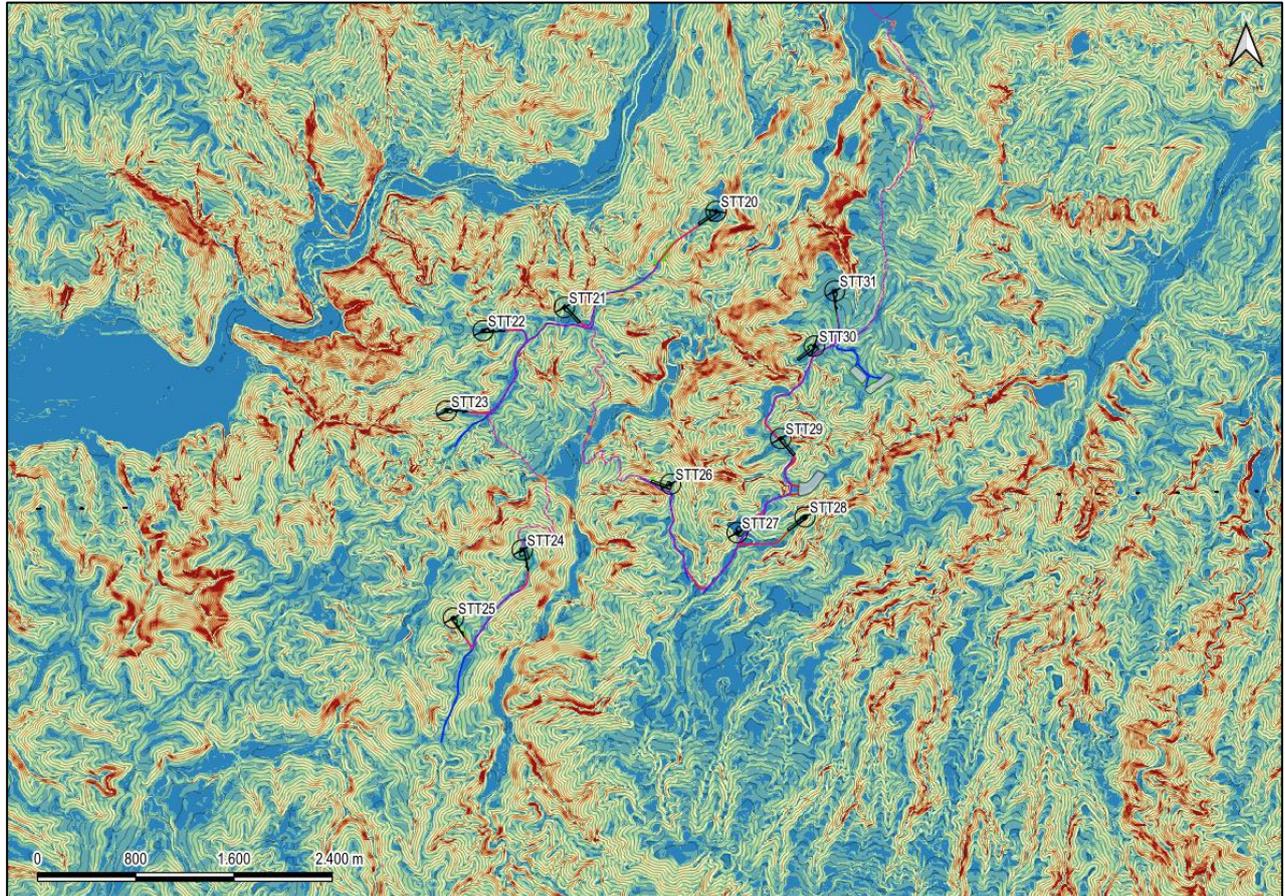


Figura 13 - Inquadramento della parte Sud dell'impianto con evidenza delle pendenze (Fonte: Elaborazioni GIS)

### 2.2.1 Sottobacini parte Nord

Grazie agli strumenti offerti dal software QGIS è stato possibile estrarre, dal modello digitale del terreno con risoluzione 5 m, sei sottobacini all'interno dei quali si collocano gli aerogeneratori in progetto:

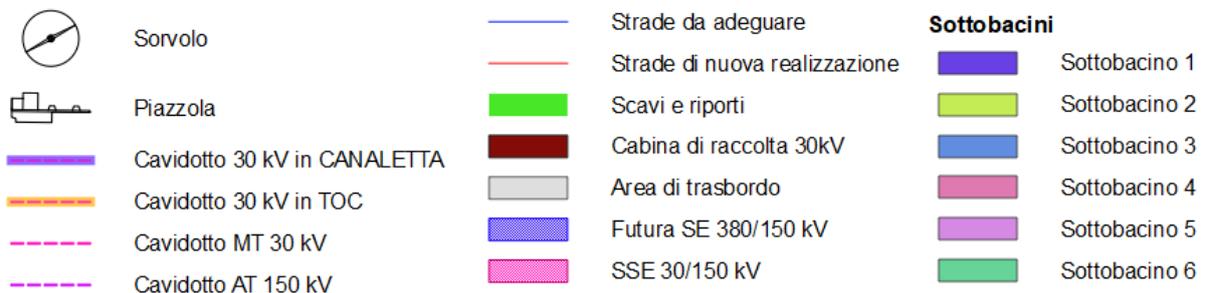
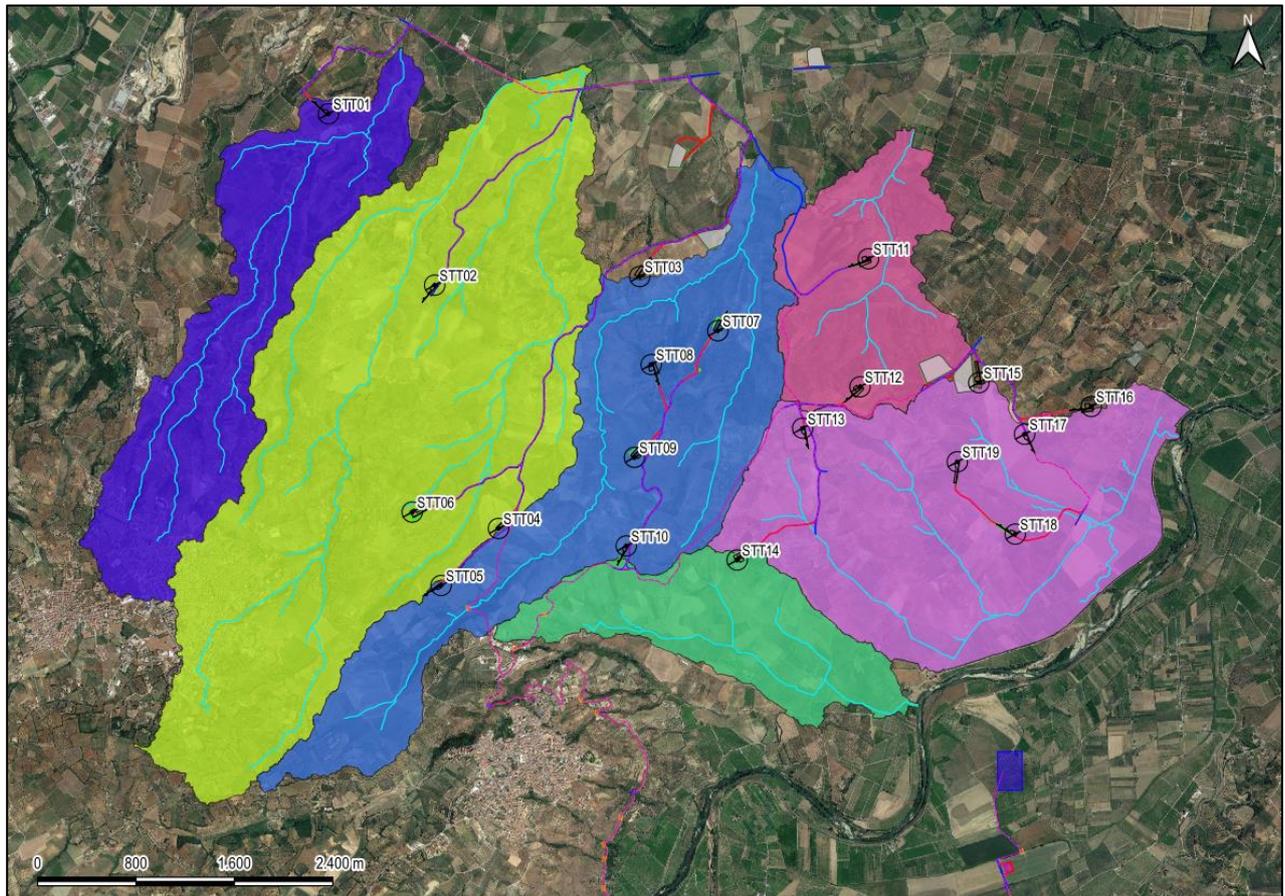


Figura 14 - Inquadramento dei sottobacini di interesse della parte Nord dell'impianto (Elaborazioni GIS)

Di seguito si riportano le caratteristiche morfologiche e le curve ipsometriche dei sottobacini considerati:

Tabella 2 - Caratteristiche morfologiche dei sottobacini parte Nord

	Area [km <sup>2</sup> ]	Lunghezza asta principale [km]	Pendenza asta principale	Pendenza media bacino	Quota massima [m.s.l.m.]	Quota minima [m.s.l.m.]	Quota media [m.s.l.m.]
<b>Sottobacino 1</b>	3.83	6.22	4.94%	22.16%	352.05	35.05	174.47
<b>Sottobacino 2</b>	11.05	8.71	4.18%	20.19%	420.66	30.73	186.08
<b>Sottobacino 3</b>	5.80	8.26	3.96%	22.48%	360.86	33.31	157.17
<b>Sottobacino 4</b>	2.47	3.09	3.63%	15.21%	157.52	33.02	85.87
<b>Sottobacino 5</b>	6.12	5.97	2.34%	15.52%	168.40	16.18	67.33
<b>Sottobacino 6</b>	2.25	4.32	5.04%	18.25%	240.32	21.77	103.65

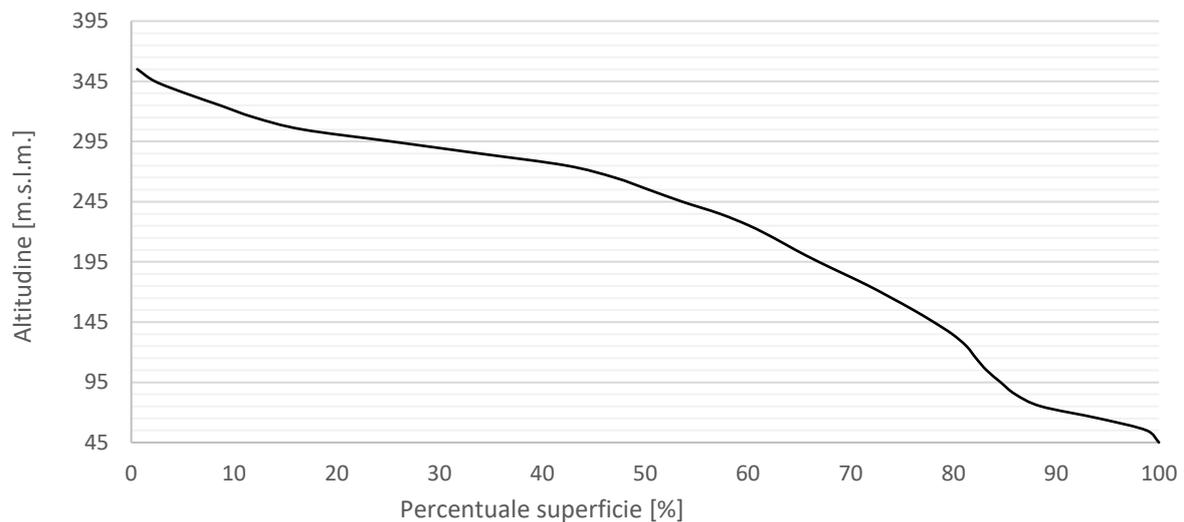


Figura 15 - Curva ipsografica riferita al sottobacino 1 (Elaborazioni GIS)

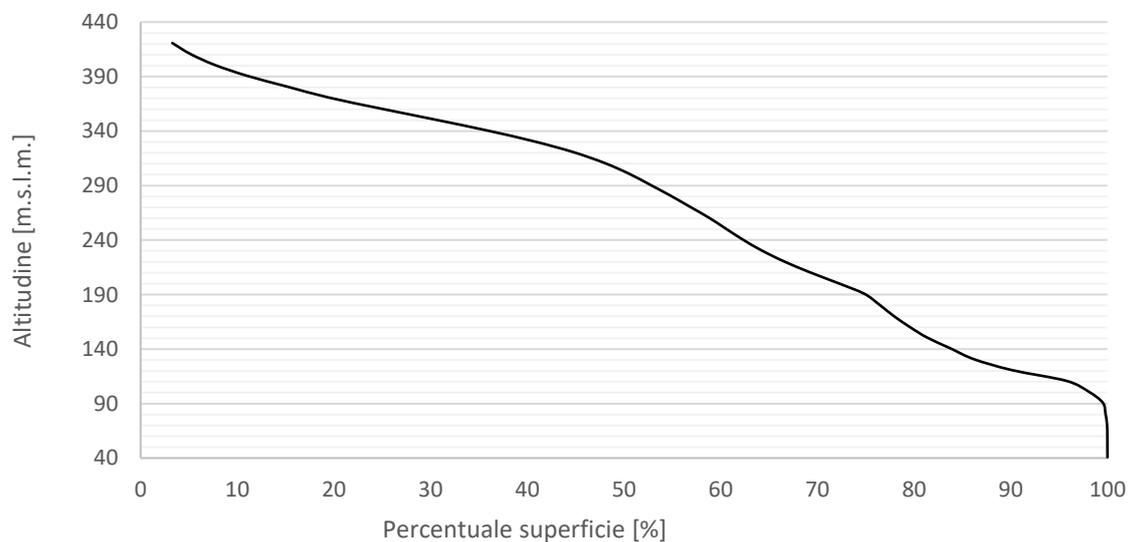


Figura 16 - Curva ipsografica riferita al sottobacino 2 (Elaborazioni GIS)

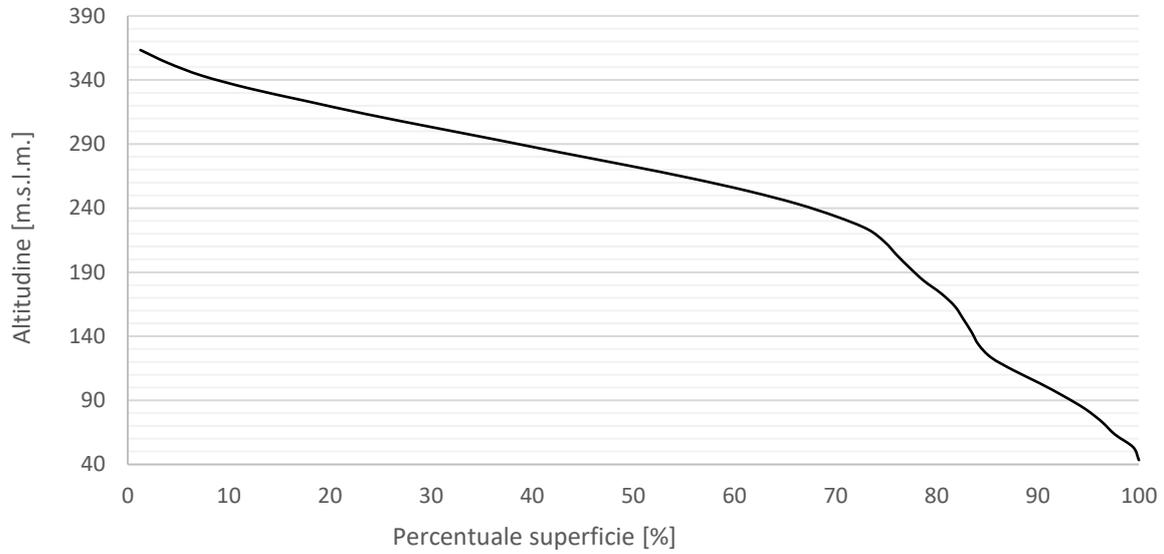


Figura 17 - Curva ipsografica riferita al sottobacino 3 (Elaborazioni GIS)

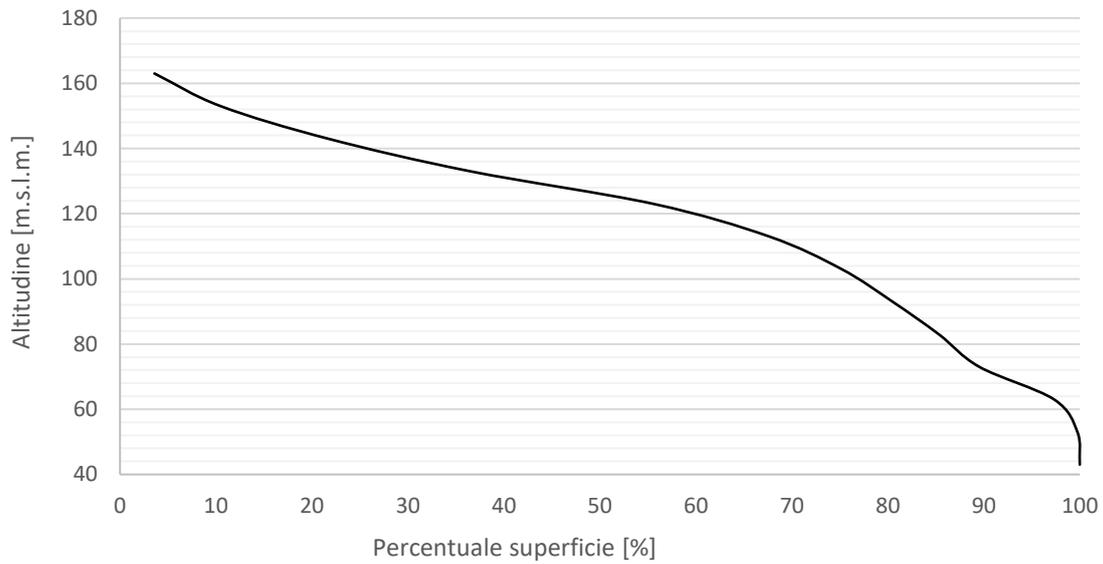


Figura 18 - Curva ipsografica riferita al sottobacino 4 (Elaborazioni GIS)

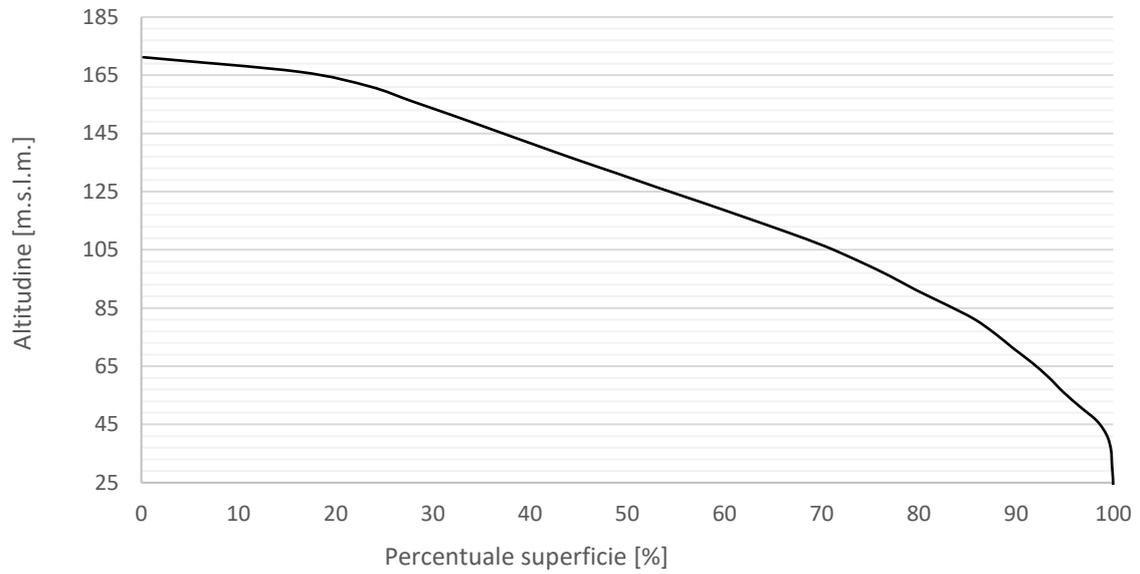


Figura 19 - Curva ipsografica riferita al sottobacino 5 (Elaborazioni GIS)

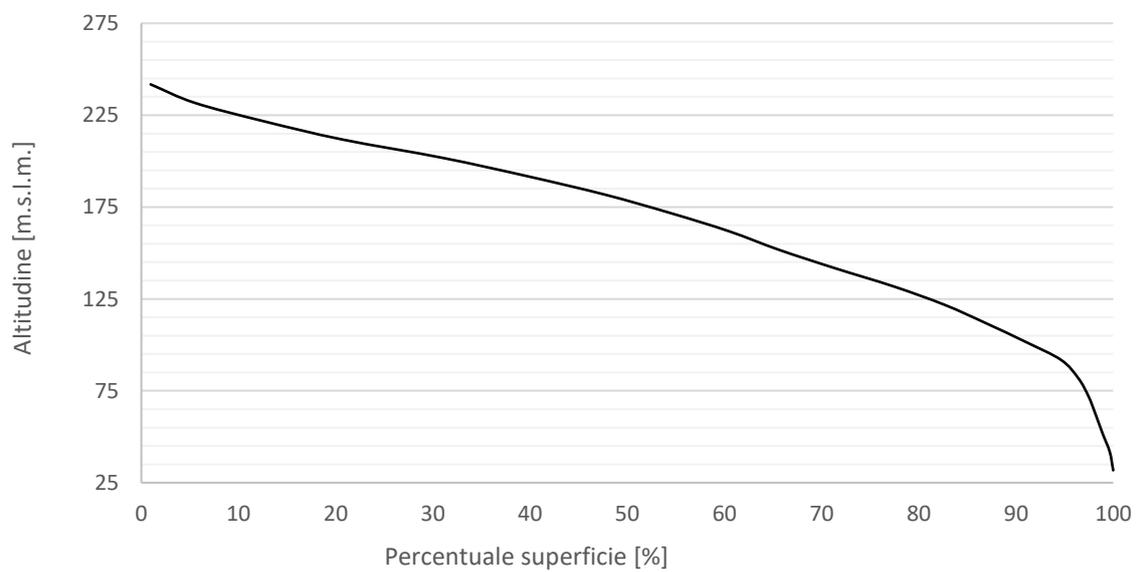


Figura 20 - Curva ipsografica riferita al sottobacino 6 (Elaborazioni GIS)

### 2.2.2 Sottobacini parte Sud

Grazie agli strumenti offerti dal software QGIS è stato possibile estrarre, dal modello digitale del terreno con risoluzione 5 m, tre sottobacini all'interno dei quali si collocano gli aerogeneratori in progetto:

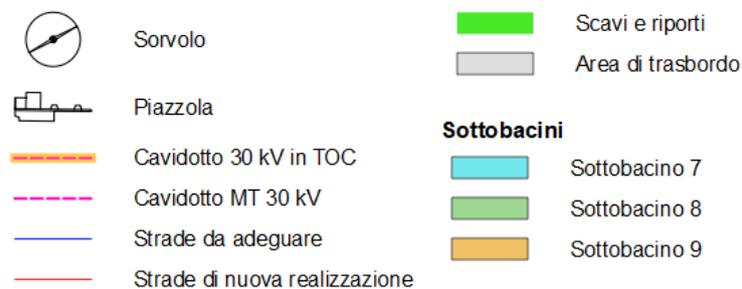
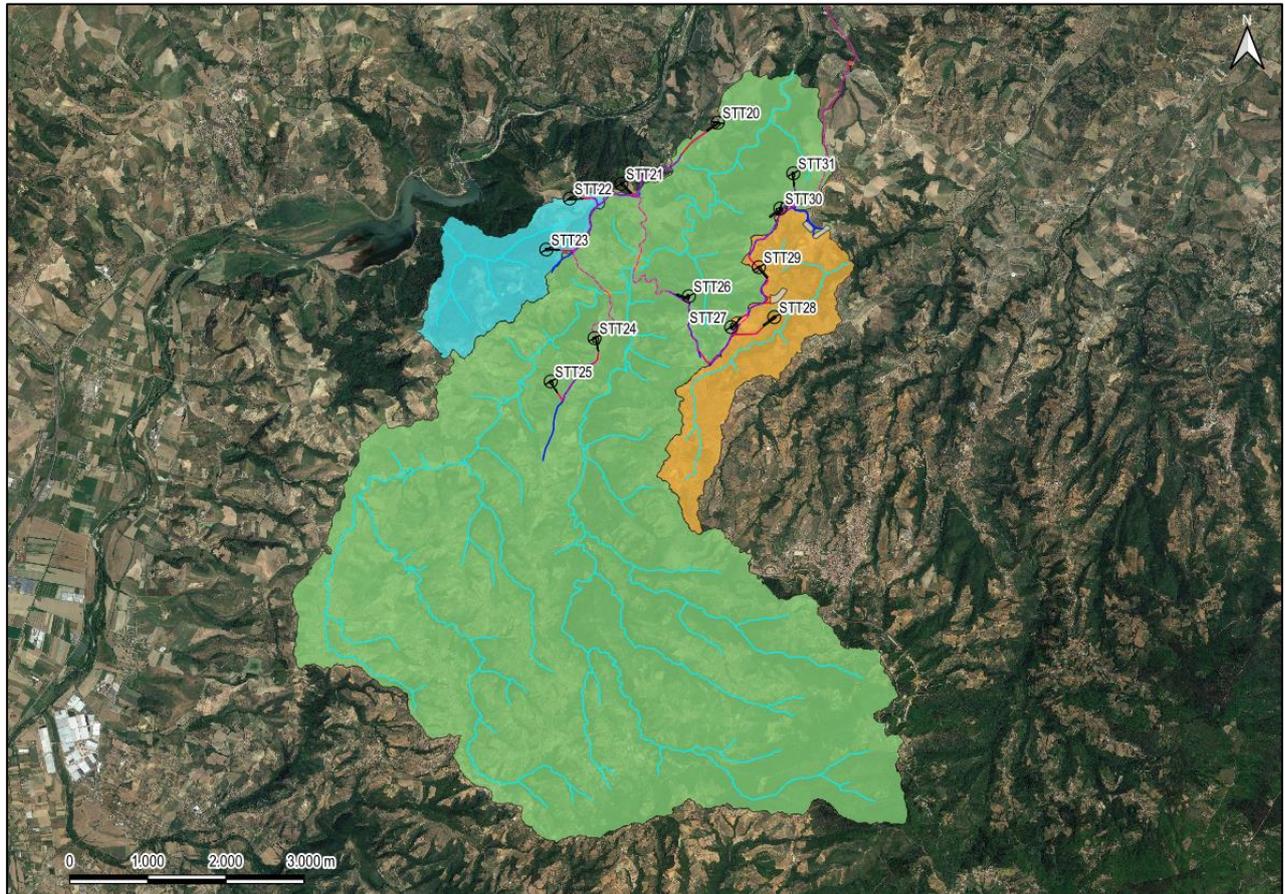


Figura 21 - Inquadramento dei sottobacini di interesse della parte Sud dell'impianto (Elaborazioni GIS)

Tabella 3 - Caratteristiche morfologiche dei sottobacini parte Sud

	Area [km <sup>2</sup> ]	Lunghezza asta principale [km]	Pendenza asta principale	Pendenza media bacino	Quota massima [m.s.l.m.]	Quota minima [m.s.l.m.]	Quota media [m.s.l.m.]
<b>Sottobacino 7</b>	2.43	2.87	8.18%	39.19%	323.85	62.61	226.51
<b>Sottobacino 8</b>	39.04	19.18	3.25%	32.75%	905.00	72.28	397.83
<b>Sottobacino 9</b>	3.24	5.59	5.65%	26.66%	520.00	204.01	349.83

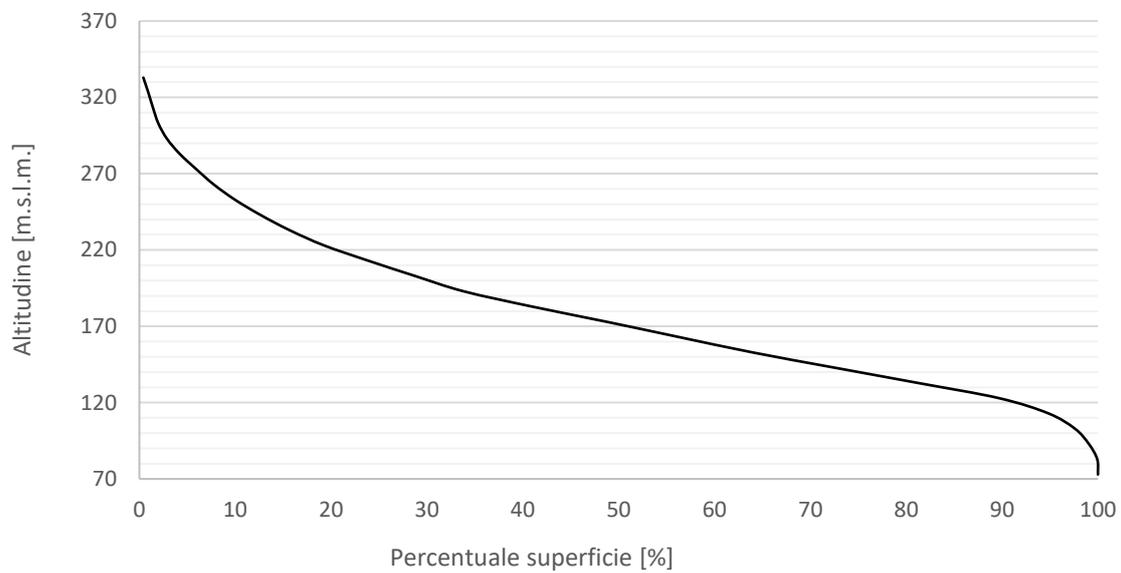


Figura 22 - Curva ipsografica riferita al sottobacino 7 (Elaborazioni GIS)

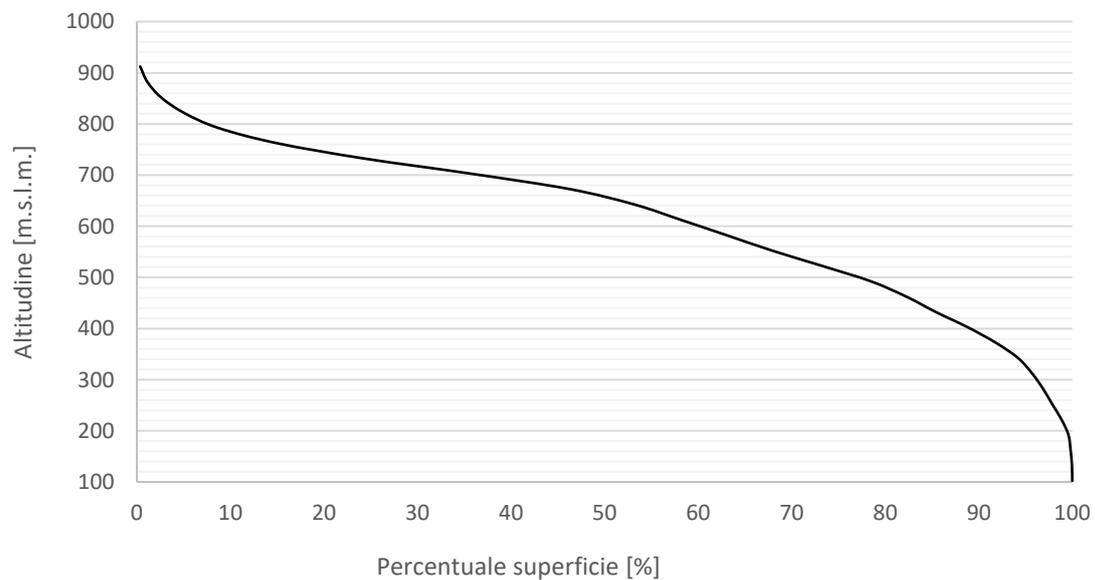


Figura 23 - Curva ipsografica riferita al sottobacino 8 (Elaborazioni GIS)

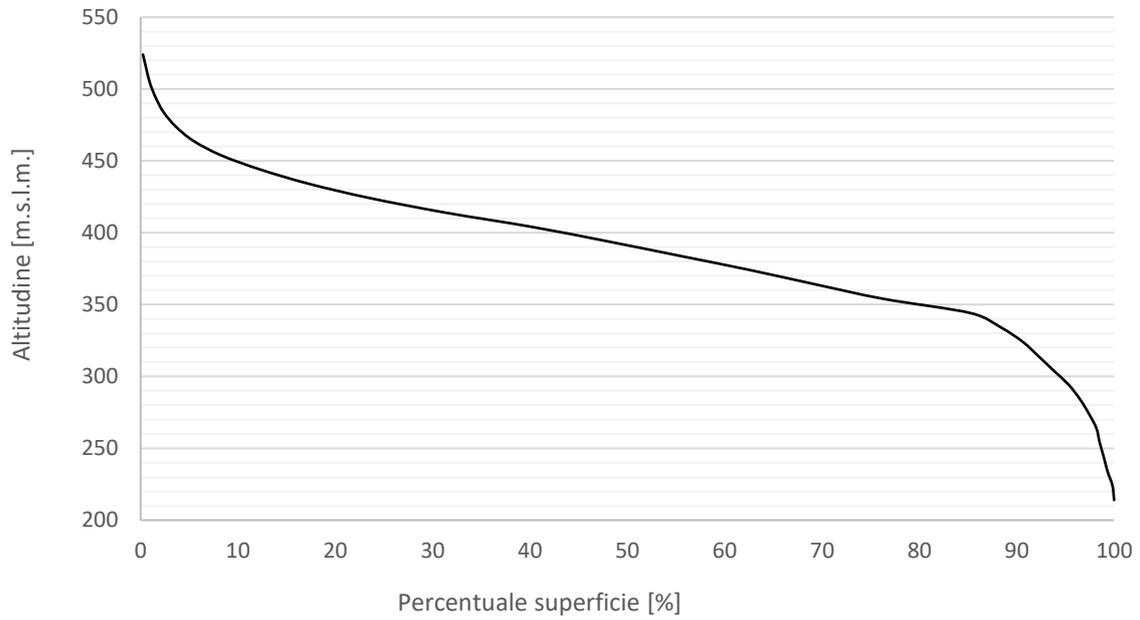


Figura 24 - Curva ipsografica riferita al sottobacino 9 (Elaborazioni GIS)



### 3 INQUADRAMENTO NORMATIVO DI SETTORE

#### 3.1 Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Calabria (PAI)

Il *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI 2001)*, approvato con Delibera di Consiglio Regionale n. 115 del 28/12/2001 persegue le finalità del DL 180/98 emanato per accelerare quanto già previsto dalla legge organica ed ordinaria sulla difesa del suolo n.183/89. Il Piano è finalizzato alla valutazione del rischio di frana ed alluvione (la Calabria ha poi aggiunto il rischio di erosione costiera).

Con Delibera n. 3/2016 dell'11 Aprile 2016 è stato avviato il processo di aggiornamento del PAI Calabria (PAI 2016) e con la stessa è stata avviata, prima dell'adozione del progetto di piano, una fase di consultazione con i Comuni di competenza dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria. Alla data di emissione del presente documento non è reperibile alcuna delibera di approvazione dell'aggiornamento al Piano di Assetto Idrogeologico.

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo o di pianificazione mediante il quale l'Autorità di Bacino Regionale della Calabria pianifica e programma le azioni e le norme d'uso finalizzate alla salvaguardia delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo.

Il PAI persegue l'obiettivo di garantire al territorio di competenza dell'ABR adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, relativo alla dinamica dei versanti e al pericolo di frana, all'assetto idraulico, relativo alla dinamica dei corsi d'acqua e al pericolo di inondazione, all'assetto della costa, relativo alla dinamica della linea di riva e al pericolo di erosione costiera.

Le finalità del PAI sono perseguite mediante:

- l'adeguamento degli strumenti urbanistici e territoriali;
- la definizione del rischio idrogeologico e di erosione costiera in relazione ai fenomeni di dissesto considerati;
- la costituzione di vincoli e prescrizioni, di incentivi e di destinazioni d'uso del suolo in relazione al diverso livello di rischio;
- l'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico e ambientale, nonché alla tutela e al recupero dei valori monumentali e ambientali presenti e/o alla riqualificazione delle aree degradate;
- l'individuazione di interventi su infrastrutture e manufatti di ogni tipo, anche edilizi, che determinino rischi idrogeologici, anche con finalità di rilocalizzazione;
- la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture adottando modalità di intervento che privilegino la conservazione e il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- la moderazione delle piene, la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;



- la definizione dei programmi di manutenzione;
- l'approntamento di adeguati sistemi di monitoraggio;
- la definizione degli interventi atti a favorire il riequilibrio tra ambiti montani e costieri con particolare riferimento al trasporto solido e alla stabilizzazione della linea di riva.

Come riportato nell'art. 8 delle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia (Testo aggiornato con Delibera del CI n. 27 del 02/08/2011) il "*rischio idrogeologico viene definito dall'entità attesa delle perdite di vite umane, feriti, danni a proprietà, interruzione di attività economiche, conseguentemente al verificarsi di frane, inondazioni o erosione costiera*". Il PAI individua il rischio laddove nell'ambito delle aree in frana, inondabili, oppure soggette ad erosione costiera, si rileva la presenza di elementi esposti, costituiti dall'insieme delle presenze umane e di tutti i beni mobili e immobili, pubblici e privati, che possono essere interessati e coinvolti dagli eventi di frana, inondazione ed erosione costiera.

Nelle finalità del Piano, le situazioni di rischio vengono raggruppate ai fini della programmazione degli interventi, in tre categorie:

- Rischio di frana;
- Rischio di inondazione;
- Rischio di erosione costiera.

Per ciascuna categoria di rischio, in conformità al DPCM 29 Settembre 1998, sono definiti quattro livelli:

- Rischio molto elevato R4: quando esistono condizioni che determinano la possibilità di perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone; danni gravi agli edifici e alle infrastrutture; danni gravi alle attività socio-economiche;
- Rischio elevato R3: quando esiste la possibilità di danni a persone o beni; danni funzionali ad edifici ed infrastrutture che ne comportino l'inagibilità; interruzione di attività socio-economiche;
- Rischio medio R2: quando esistono condizioni che determinano la possibilità di danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale senza pregiudizio diretto per l'incolumità delle persone e senza comprometterne l'agibilità e la funzionalità delle attività economiche;
- Rischio basso R1: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono limitati.

Si riporta di seguito uno stralcio cartografico ricostruito mediante i dati vettoriali messi a disposizione dal distretto dell'Appennino Meridionale per quanto concerne le perimetrazioni relative

alle aree a rischio idraulico.

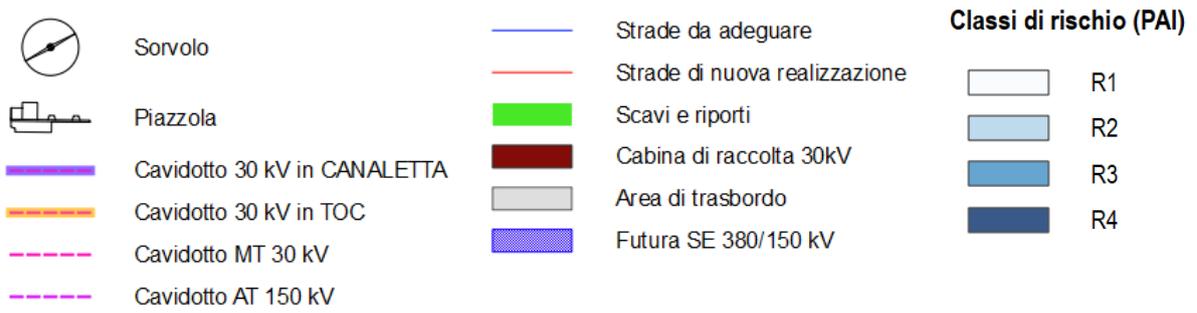


Figura 25– Inquadramento della parte Nord del layout di progetto con gli shapefile relativi alle perimetrazioni delle aree rischio idraulico (Fonte: <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-adb-calabria-menu/piano-stralcio-assetto-idrogeologico-rischio-da-frana-articolo>)

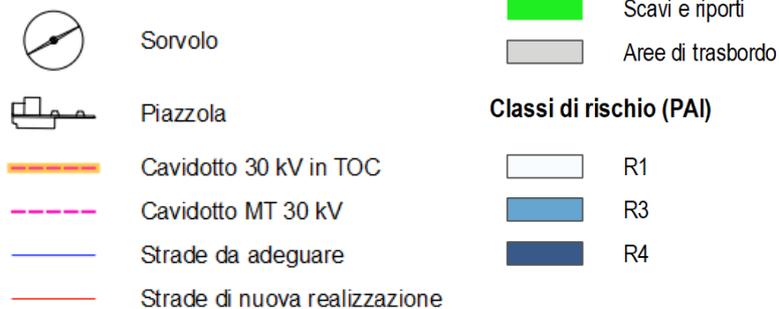
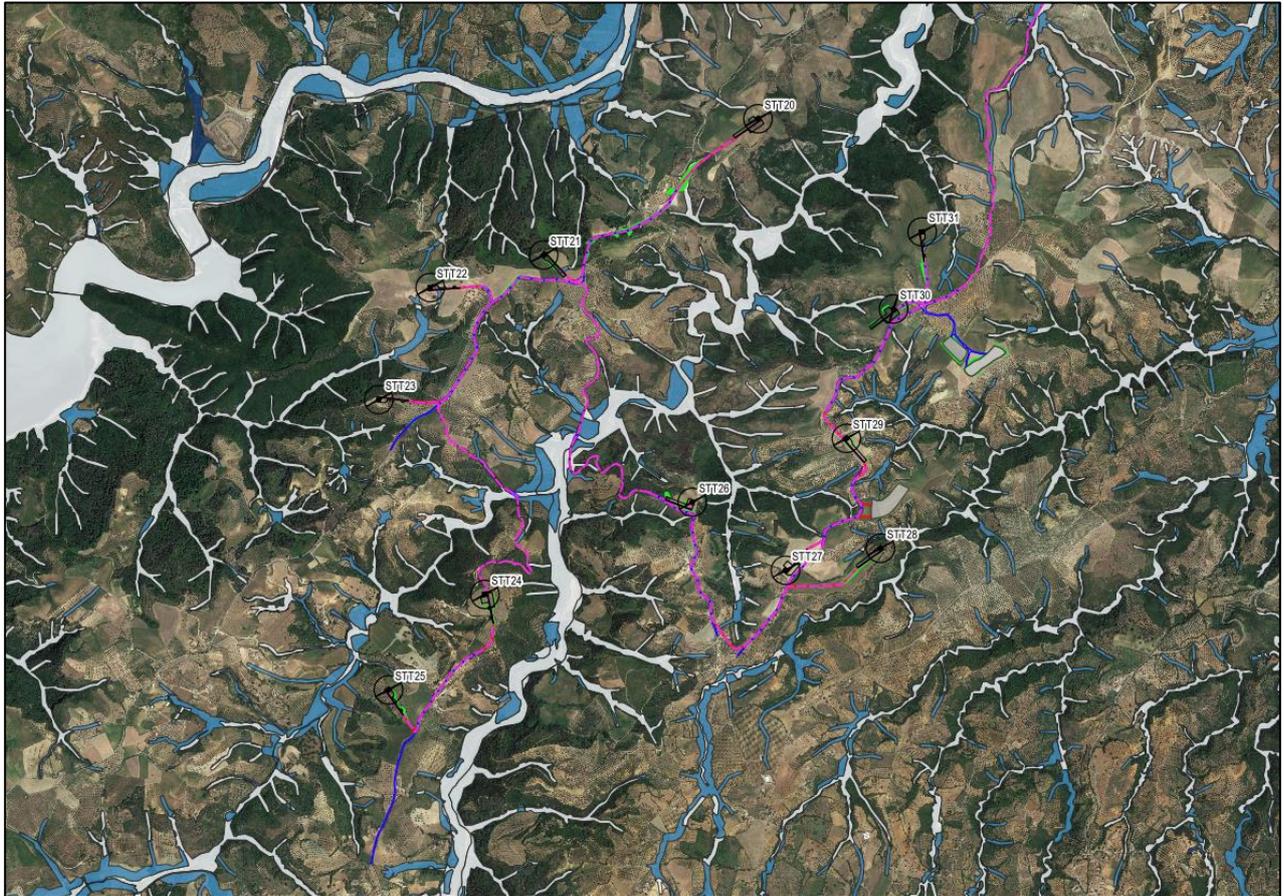
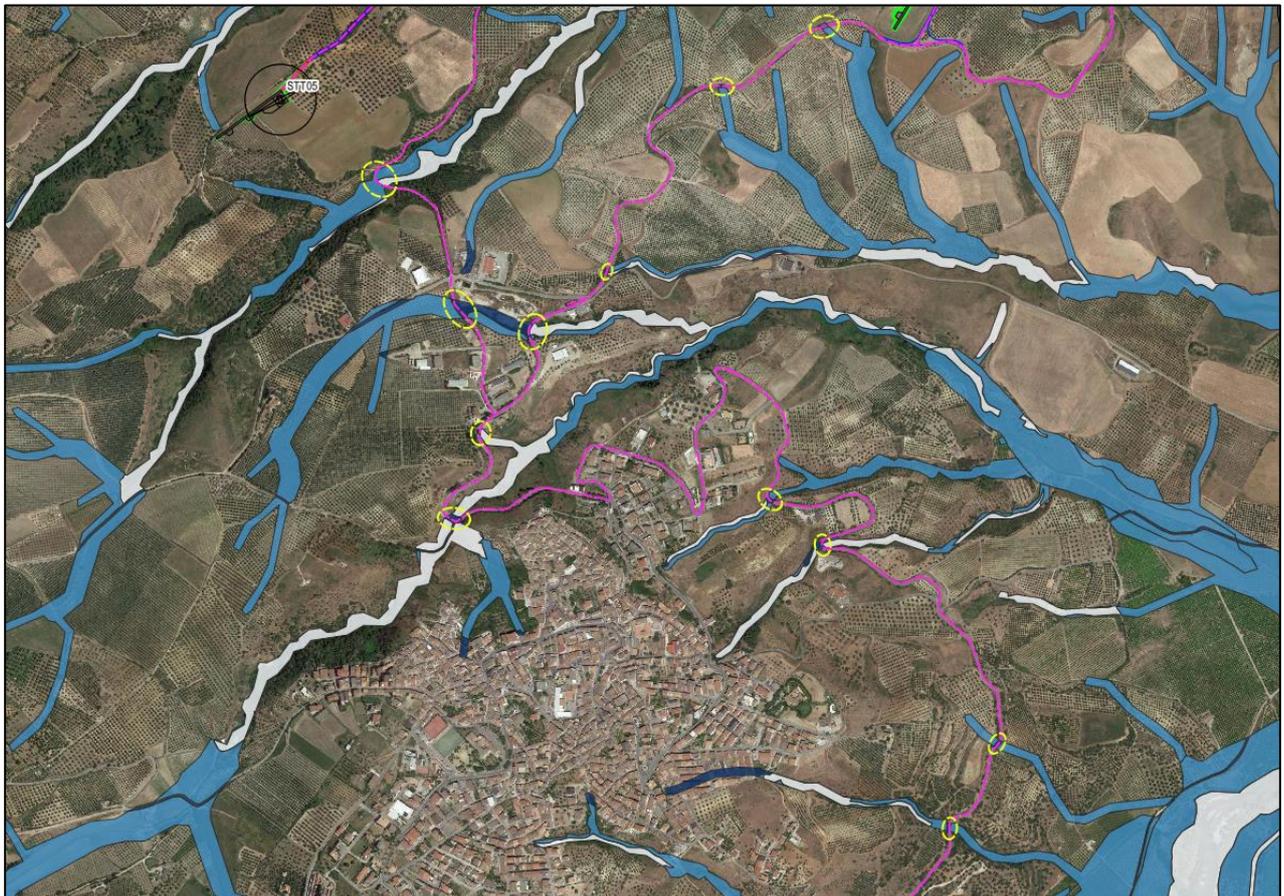
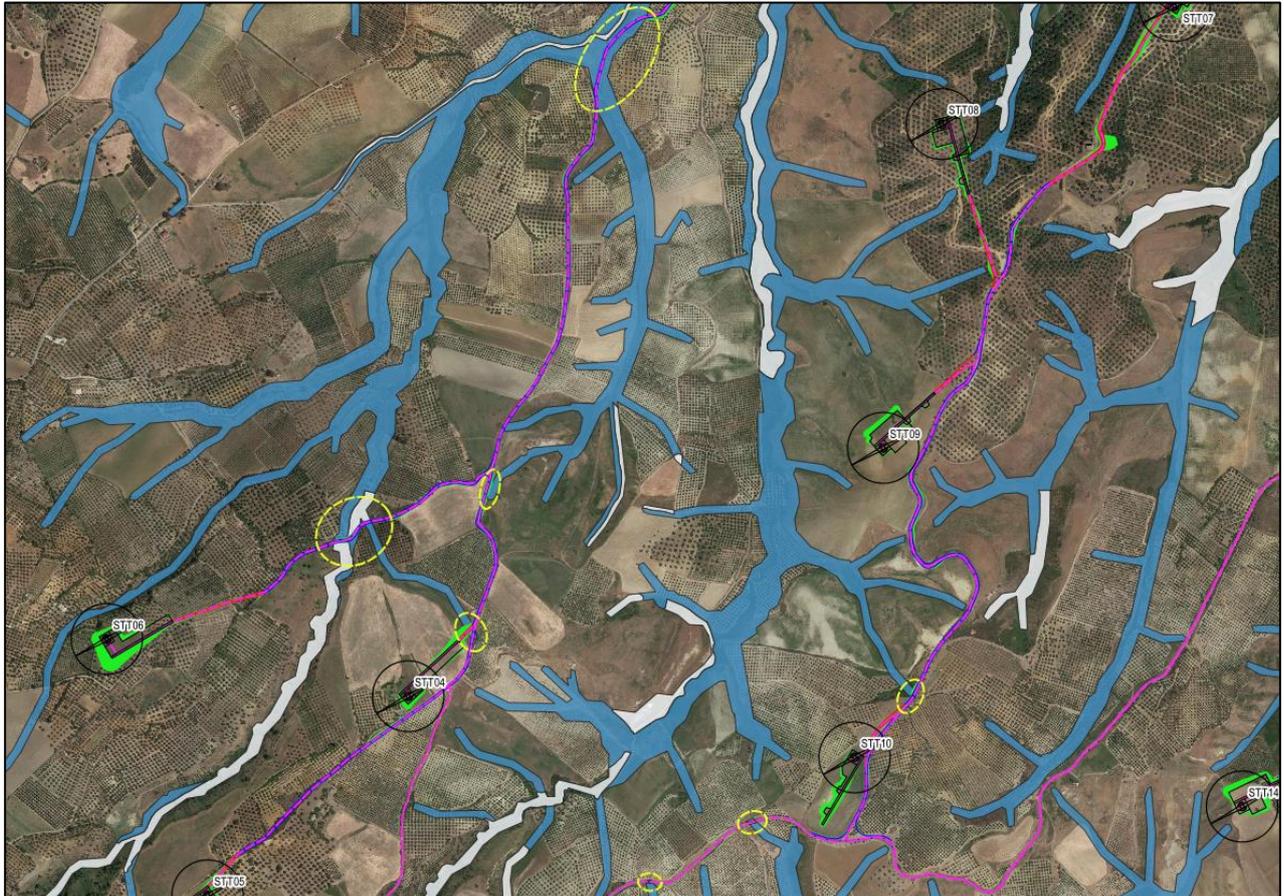
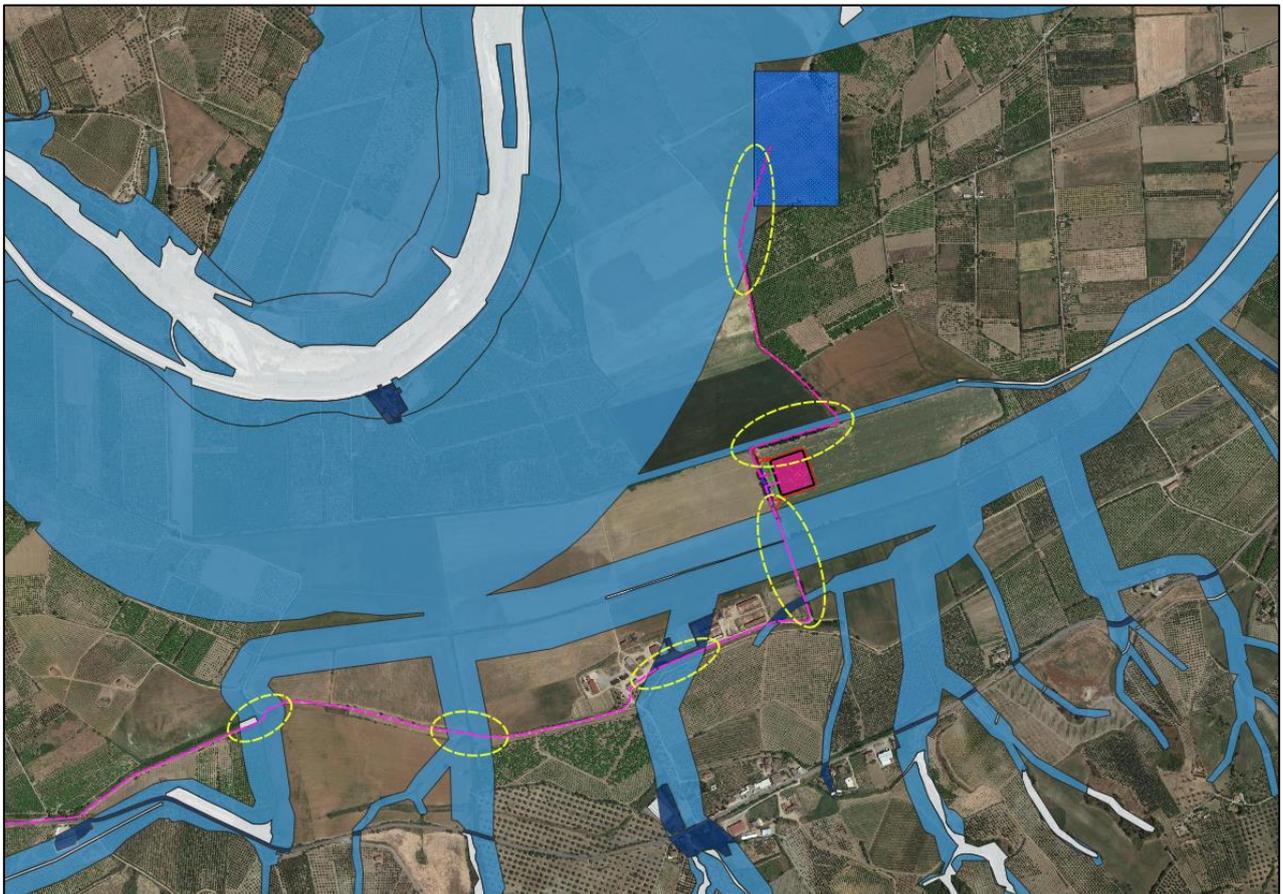


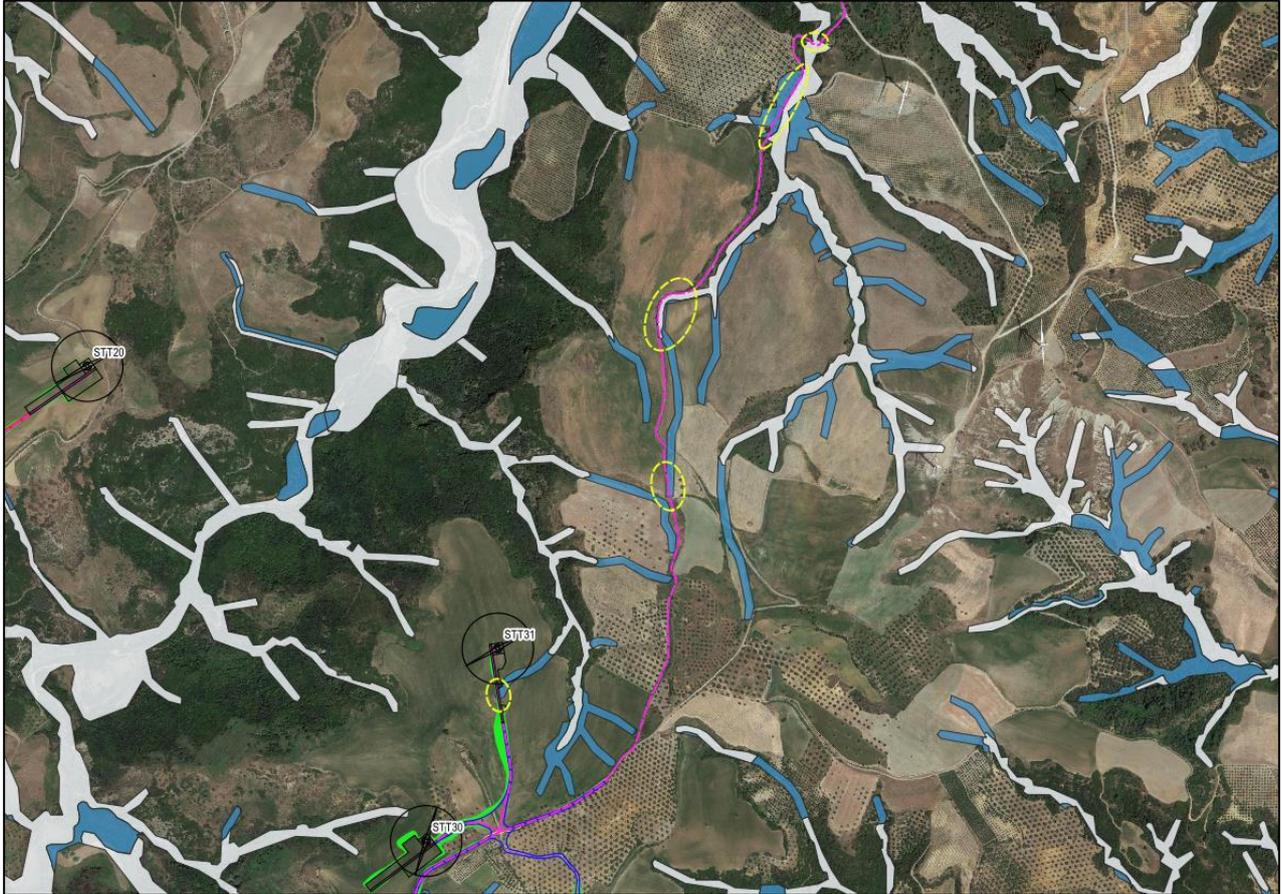
Figura 26 - Inquadramento della parte Nord del layout di progetto con gli shapefile relativi alle perimetrazioni delle aree rischio idraulico (Fonte: <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-adb-calabria-menu/piano-stralcio-assetto-idrogeologico-rischio-da-frana-articolo>)

Di seguito si riporta un dettaglio degli inquadramenti, evidenziando le interferenze con ovali in giallo.









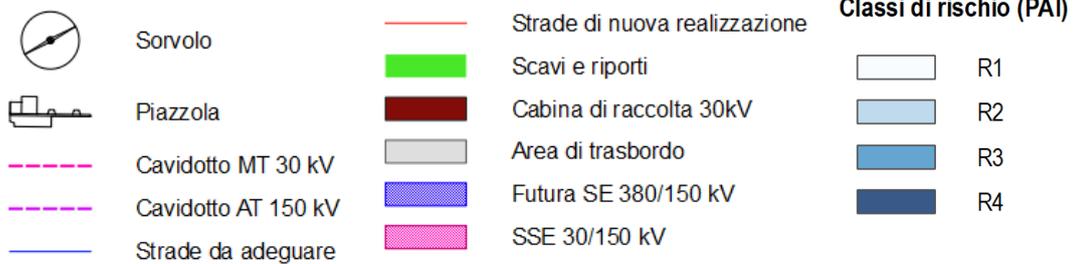


Figura 27 - Inquadramenti di dettaglio del layout di impianto con evidenziazione delle interferenze con le aree perimetrate dal PAI

Dalle figure si evince:

- Una piccola porzione delle piazzole di montaggio temporanee degli aerogeneratori STT21, STT22 e STT31 interferiscono con aree PAI rischio idraulico R3;
- Il cavidotto interferisce in vari punti con aree a rischio R1, R3 e R4;
- La viabilità di impianto sia di nuova realizzazione che gli adeguamenti alla viabilità esistente interferiscono con le aree a rischio R1, R2 e R3;

L'art.23 delle NTA disciplina le aree a rischio inondazione R1 e R2:



1. Nelle aree a rischio R2 e R1 non è consentita la realizzazione di locali sotterranei e/o seminterrati ad uso abitativo e commerciale.

2. Per gli interventi da realizzare in area R1 ed R2, esclusi quelli finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico, non è previsto il parere dell'ABR

L'art.22 delle NTA disciplina le aree a rischio inondazione R3:

“1. Nelle aree predette, il PAI persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza idraulica, mantenendo o aumentando le condizioni d'invaso delle piene con tempo di ritorno di 200 anni, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2. In tali aree sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle di seguito elencate:

a) tutti gli interventi consentiti nelle aree a rischio R4;

b) gli interventi di cui alla lettera d) dell'art. 31 della L. 457/1978, a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione dell'attuale capacità d'invaso delle aree stesse senza aumento di superficie e volume;

c) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per necessità di adeguamento igienicosanitario;

d) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate, da realizzarsi secondo le modalità prescritte dai dispositivi di autorizzazione”.

Gli interventi consentiti nelle aree a rischio R4 riportate all'art.21 sono i seguenti:

“[...]

a) interventi di demolizione senza ricostruzione;

b) interventi sul patrimonio edilizio esistente, di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo, così come definiti dall'articolo 31, lettere a), b) e c) della legge 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superfici e di volumi;

c) interventi di adeguamento del patrimonio edilizio esistente per il rispetto delle norme in materia di sicurezza e igiene del lavoro, di abbattimento delle barriere architettoniche, nonché interventi di adeguamento o miglioramento sismico o di riparazione o intervento locale così come definiti nel Cap. 8 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 approvate con D.M. 14.01.2008;

d) interventi finalizzati alla manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture, delle reti idriche e tecnologiche, delle opere idrauliche esistenti e delle reti viarie;

e) interventi idraulici volti alla mitigazione o rimozione del rischio che non pregiudichino le attuali condizioni di sicurezza a monte e a valle dell'area oggetto dell'intervento, nonché la sola realizzazione di nuove infrastrutture lineari di trasporto (strade, ferrovie e canali); f) interventi volti a diminuire il grado di vulnerabilità dei beni e degli edifici esistenti esposti al rischio, senza aumento di superficie e di volume;



***g) ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o d'interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture a rete (energetiche, di comunicazione, acquedottistiche e di scarico) non altrimenti localizzabili, compresi i manufatti funzionalmente connessi, a condizione che non costituiscano ostacolo al libero deflusso, o riduzione dell'attuale capacità d'invaso;***

*h) le pratiche per la corretta attività agraria, con esclusione di ogni intervento che comporti modifica della morfologia del territorio o che provochi ruscellamento ed erosione;*

*i) interventi volti alla bonifica dei siti inquinati, ai recuperi ambientali e in generale alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione dei fattori d'interferenza antropica;*

*j) occupazioni temporanee, se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non recare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;*

*k) interventi di manutenzione idraulica ordinaria (esclusa la risagomatura dell'alveo), di idraulica forestale, di rinaturazione come definiti nelle linee guida predisposte dall'ABR; l) interventi di manutenzione idraulica straordinaria come definiti nelle linee guida predisposte dall'ABR;"*

Secondo quanto prescritto dalle NTA i manufatti connessi alle opere di interesse pubblico possono realizzarsi nelle aree a rischio a condizione che non costituiscano ostacolo al libero deflusso degli elementi idrici.

Per quanto riguarda il cavidotto, che interferisce lungo il suo sviluppo in vari punti a rischio R1, R3 e R4, verrà realizzato su viabilità esistente, interrato, laddove necessario in fiancheggiamento al ponte esistente attraverso canaletta, senza comportare aggravio delle condizioni idrauliche, e non ostacolando il deflusso naturale delle acque.

Per quanto riguarda la viabilità di impianto, sia di nuova realizzazione che di adeguamento a quella esistente, interferisce con aree a rischio R1, R3 e R4, lo sviluppo avverrà preservando il deflusso delle acque, la stabilità dell'area e non aggravando il rischio idraulico, realizzando ove necessarie opere idrauliche opportunamente dimensionate.

*In conclusione, il progetto, secondo quanto disposto dalle NTA del PAI, si pone NON in contrasto con il piano, in quanto verranno previste delle opere idrauliche al fine di consentire il deflusso delle acque, non comportando ulteriore aggravio del rischio idraulico.*



### 3.2 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Il primo Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale PGRA DAM è stato adottato, ai sensi dell'art. 66 del D.Lgs. 152/2006, con Delibera n.1 del Comitato Istituzionale Integrato del 17 Dicembre 2015. È stato successivamente approvato dal Comitato Istituzionale Integrato in data 3 Marzo 2016: con l'emanazione del DPCM in data 27/10/2016 si è concluso il I Ciclo di Gestione.

Il II Ciclo del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni 2016-2021 prevede una Valutazione preliminare del rischio di alluvioni e definizione delle aree a potenziale rischio significativo di alluvioni ai sensi degli art. 4 e 5 della Direttiva 2007/60/CE – D.Lgs. 49/2010. All'interno della Relazione Metodologica R.1 datata Dicembre 2018, si definisce che agli adempimenti delle Flood Directive FD debbano provvedere le autorità di bacino distrettuali e che le regioni, in coordinamento tra loro e con il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale (DPCN) provvedano, per il distretto cui afferiscono, alla predisposizione e attuazione del sistema di allertamento per il rischio idraulico ai fini di protezione civile.

Il panorama normativo che ha reso possibile la pianificazione del rischio idrogeologico (frane e alluvioni) attraverso l'individuazione dei vari livelli di pericolosità e rischio, trova un fondamento nella Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 Ottobre 2000, che introduce l'obbligo di predisporre piani di gestione dei distretti idrografici al fine di realizzare un buono stato ecologico e chimico delle acque e contribuirà a mitigare gli effetti delle alluvioni. In Italia, tale direttiva è stata recepita con il *D.Lgs. 3 Aprile 2006, n.152 e s.m.i.* che ripropone sostanzialmente lo schema dei Piani Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico già previsti dal vigente quadro normativo e dispone che le Autorità di Bacino adottino i Piani Stralcio di Distretto per l'Assetto Idrogeologico contenenti, in particolare, l'individuazione delle aree a rischio idrogeologico, la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia e la determinazione delle misure medesime.

La successiva *Direttiva 2007/60/CE* si occupa di introdurre il concetto di un quadro per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche connesse con le alluvioni all'interno della Comunità. Tale direttiva comunitaria è stata recepita in Italia dal *D.Lgs. 49/2010* che ha introdotto a pieno titolo il Piano di Gestione Rischio Alluvioni PGRA da predisporre per ciascuno dei distretti idrografici individuati nell'art. 64 del D.Lgs. 152/2006 e che contiene il "*quadro di gestione delle aree soggette a pericolosità e rischio individuate nei distretti, delle aree dove possa sussistere un rischio potenziale significativo di alluvioni e dove si possa generare in futuro, nonché delle zone costiere soggette ad erosione*".

Il territorio del Distretto dell'Appennino Meridionale interessato dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, così come definito dall'art. 64 del D. Lgs. 152/2006, interessa complessivamente 7



Regioni (Basilicata, Calabria, Campania, Molise e Puglia interamente; parte dell'Abruzzo e del Lazio): tutto il territorio italiano è stato suddiviso in Unit of Management (UoM) ovvero unità territoriali omogenee di riferimento corrispondenti ai principali bacini idrografici. Inoltre, a livello Comunitario, si riferisce a Competent Authority (CA) quali Enti competenti sul territorio alla predisposizione del PGRA.

Per quanto concerne le specifiche Competent Authority, la relazione per l'AdB Regione Calabria datata Luglio 2015 riporta che, nella definizione della pericolosità, la prima attività svolta è stata quella di riprendere tutte le aree perimetrate dal PAI, sia come aree a rischio idraulico che come aree e zone d'attenzione e di trasformarle in aree a diversa pericolosità idraulica utilizzando opportune procedure, che sono le seguenti:

- Passaggio dalle attuali aree a rischio idraulico ad aree a diversa pericolosità idraulica: le aree che nel PAI erano perimetrate come aree a rischio idraulico R1, R2, R3 e R4 sono state trasformate in aree a pericolosità idraulica come di seguito specificato:

- Aree R4 → Aree P3 (pericolosità elevata): aree allagabili con tempi di ritorno di 50 anni;
- Aree R3 → Aree P2 (pericolosità media): aree allagabili con tempi di ritorno di 200 anni;
- Aree R2, R1 → Aree P1 (pericolosità bassa): aree allagabili con tempi di ritorno di 500 anni.

- Passaggio delle aree e zone d'attenzione ad aree a pericolosità idraulica P3: in questa fase le aree di attenzione sono state trattate come le aree R4 e quindi trasformate in aree a pericolosità idraulica P3 e allo stesso tempo si è proceduto a definire le zone d'attenzione.

In funzione di quanto espresso si è pervenuti alla redazione della carta della pericolosità del PGRA attraverso una rivisitazione e l'aggiornamento del PAI, rischio idraulico, attraverso le seguenti fasi di attività:

- Definizione della pericolosità sulla base delle aree perimetrate nel PAI;
- Aggiornamento del PGRA attraverso l'inserimento di studi idrologici-idraulici condotti in ambito istituzionale.

Attualmente si sta procedendo all'aggiornamento delle carte di pericolosità del PGRA attraverso le seguenti attività:

- Riperimetrazione delle aree a pericolosità derivate da aree e zone d'attenzione;
- Implementazione di studi idraulici, con schema di moto bidimensionale, mediante software Mike flood, DHI.

Sulla base di tali procedure sono state predisposte delle apposite cartografie per la rappresentazione delle informazioni relative alla pericolosità del PGRA.

Dalla documentazione reperibile online, è possibile evidenziare che l'area di intervento ricada nella Unit of Management Regionale della Calabria, afferente alla più ampia Competent Authority AdB



regionale della Calabria:

UNIT OF MANAGEMENT (UOM)		COMPETENT AUTHORITY (CA)		REGIONI
CODICE	NOME	CODICE	NOME	SPECIFICA
ITN005	Garigliano Liri	ITADBN902	AdB Nazionale dei fiumi Liri Garigliano e Volturno	Abruzzo, Campania, Lazio, Molise, Puglia
ITN011/ITR155	Volturno/ Regionale Campania			
<b>2 Unit of Management (UoM)</b>		<b>1 Competent Authority</b>		
ITR171	Basento, Cavone Agri	ITADBR171	AdB Interregionale Basilicata	Basilicata, Calabria e Puglia
ITIO12	Bradano			
ITIO29	Noce			
ITIO24	Sinni			
<b>4 Unit of Management (UoM)</b>		<b>1 Competent Authority</b>		
ITR161I020	Regionale Puglia/Ofanto	ITADBR161	AdB Interregionale Puglia	Puglia, Basilicata, Campania
<b>1 Unit of Management (UoM)</b>		<b>1 Competent Authority</b>		
ITIO15	Fortore	ITADBI902	AdB Interregionale dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore	Molise Abruzzo Campania Puglia
ITIO22	Saccione			
ITIO27	Trigno			
ITR141	Regionale Molise			
<b>4 Unit of Management (UoM)</b>		<b>1 Competent Authority</b>		
ITIO16	Lao	ITADBR181	AdB Regionale Calabria	Calabria Basilicata
ITR181	Regionale Calabria			
<b>2 Unit of Management (UoM)</b>		<b>1 Competent Authority</b>		
ITIO25	Sele	ITCAREG15	Regione Campania	Regione Campania
ITR152	Regionale Destra Sele			
ITR153	Regionale Sinistra Sele			
ITR151	Regionale Campania Nord Occidentale			
ITR154	Regionale Sarno			
<b>5 Unit of Management (UoM)</b>		<b>1 Competent Authority</b>		
<b>TOTALE DISTRETTO</b>	<b>18 UNIT OF MANAGEMENT (UOM)</b>	<b>6 COMPETENT AUTHORITY</b>		<b>7 REGIONI</b>

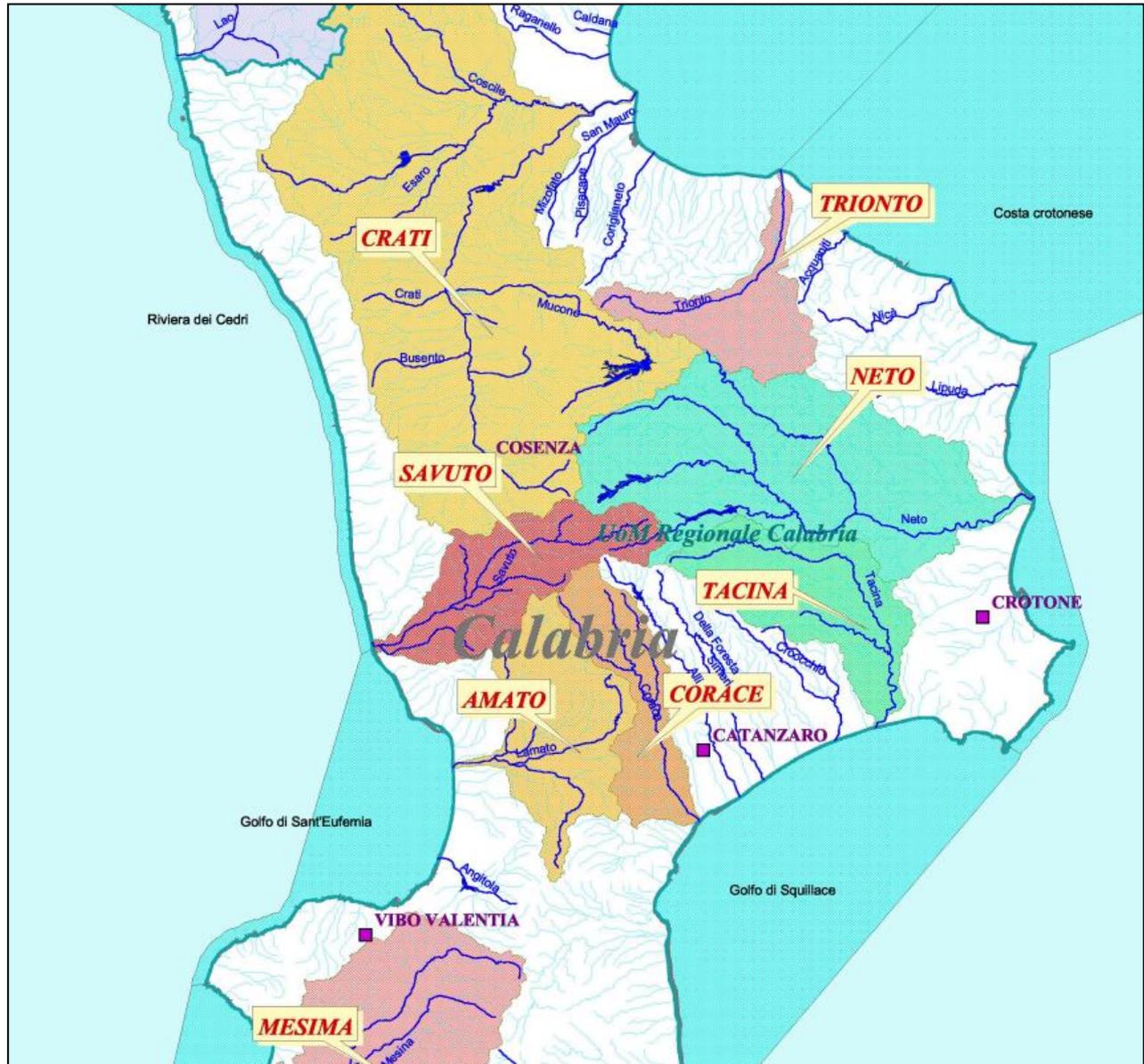
Figura 28 - Unit of Management, Competent Authority e Regioni comprese (Fonte: Piano di Gestione del Rischio Alluvioni)



Figura 29 - Inquadramento dell'area oggetto di indagine (in rosso) nella Carta delle Competent Authority e Unit of Management (Fonte: Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

[http://www.adb.basilicata.it/adb/pStralcio/pianoacque/docum/C.A.1\\_Carta%20delle%20Compete](http://www.adb.basilicata.it/adb/pStralcio/pianoacque/docum/C.A.1_Carta%20delle%20Compete)

Nella UoM di interesse sono state poi individuate 14 aree programma che rappresentano le Unità di Analisi (UA), individuate accorpando superfici contigue che presentano uniformità di caratteristiche fisico-territoriali e affinità di problematiche di riequilibrio idrologico e di risanamento ambientale. L'area di intervento ricade all'interno del Bacino del Fiume Crati:



**Bacini Idrografici principali**  
(fonte ISPRA - SINANET)

 AGRI	 FORTORE	 REGI LAGNI
 ALENTO	 GARIGLIANO	 SACCIONE
 AMATO	 LAGO DI LESINA	 SARNO
 BASENTO	 LAGO DI VARANO	 SAVONE
 BIFERNO	 LAO	 SAVUTO
 BRADANO	 LATO	 SELE
 BUSSENTO	 LENNE	 SINNI
 CANDELARO	 MESIMA	 TACINA
 CARAPELLE	 MINGARDO	 TRIGNO
 CAVONE	 NETO	 TRIONTO
 CERVARO	 NOCE	 TUSCIANO
 CORACE	 OFANTO	 VOLTURNO
 CRATI	 PETRACE	

Figura 30 - Inquadramento dell'area oggetto di indagine (in rosso) nella Carta del Reticolo e dei Bacini Idrografici

Principali (Fonte: Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

[https://www.distrettoappenninomeridionale.it/images/\\_PGRA/C.A.2.1.pdf](https://www.distrettoappenninomeridionale.it/images/_PGRA/C.A.2.1.pdf))

Di seguito si riporta la sovrapposizione del layout di impianto con le aree di attenzione perimetrate nel PGRA.



Figura 31 - Inquadramento di dettaglio del layout di impianto parte Nord con le tematiche PGRA (Fonte: <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/ii-ciclo-2016-2021-menu/piano-adottato-menu/aggiornamento-mappe-ii-ciclo-menu>)

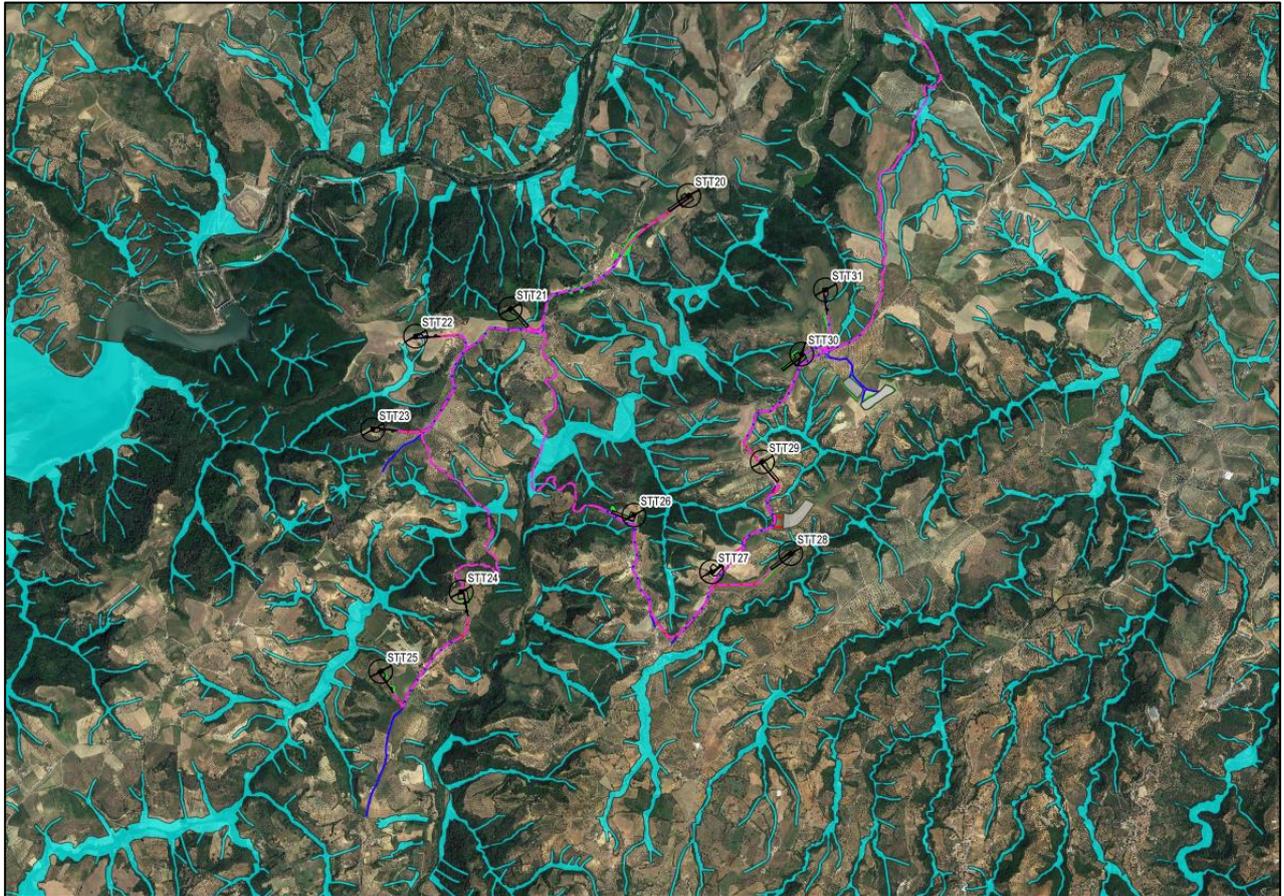
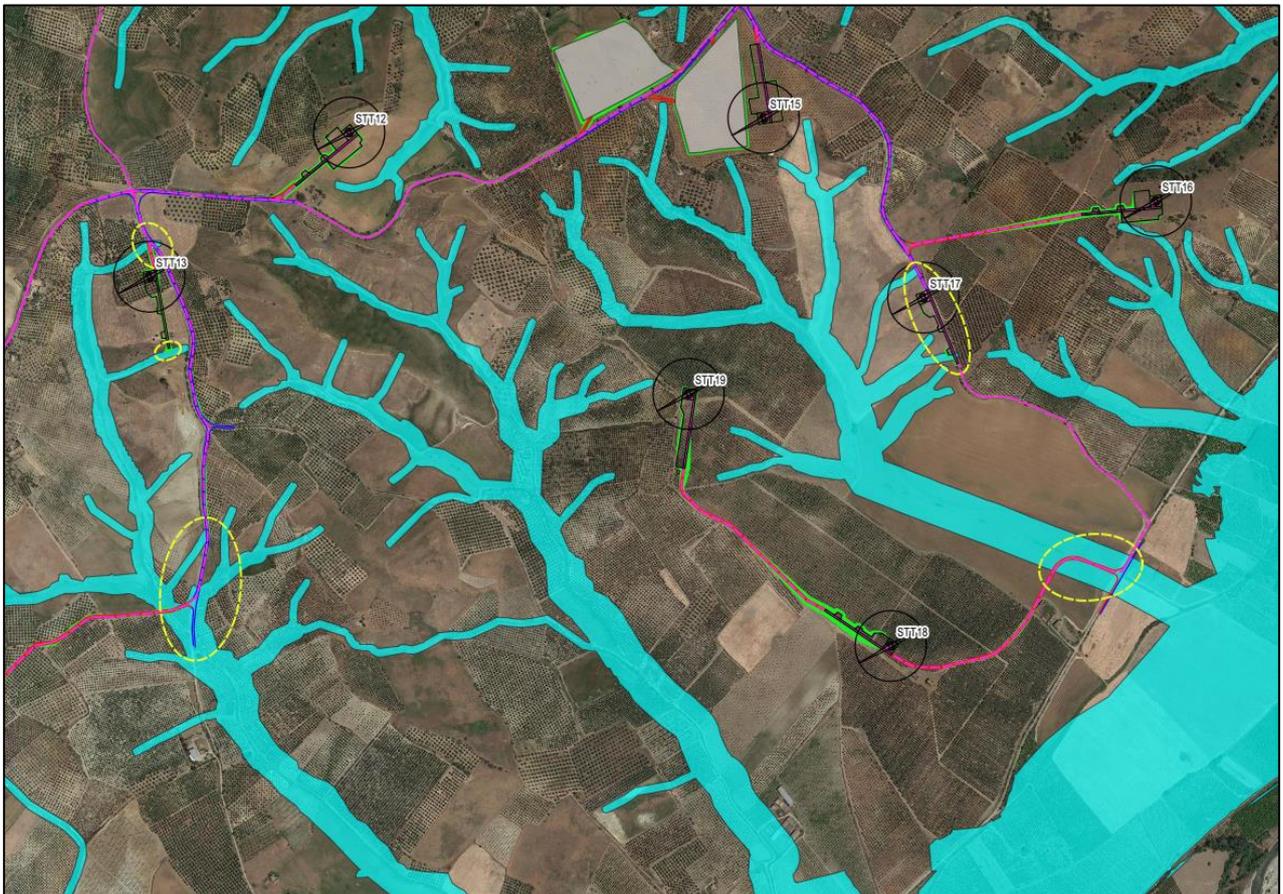
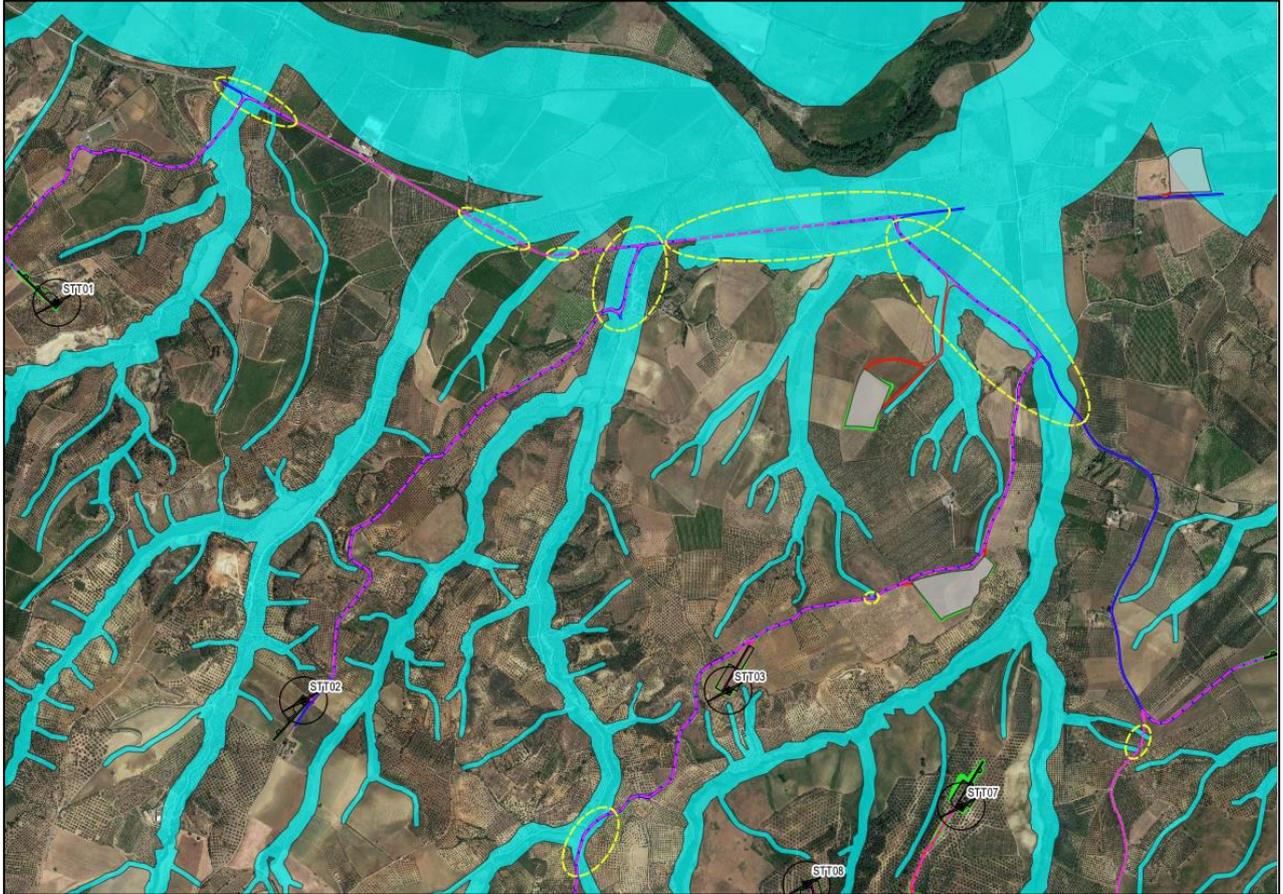
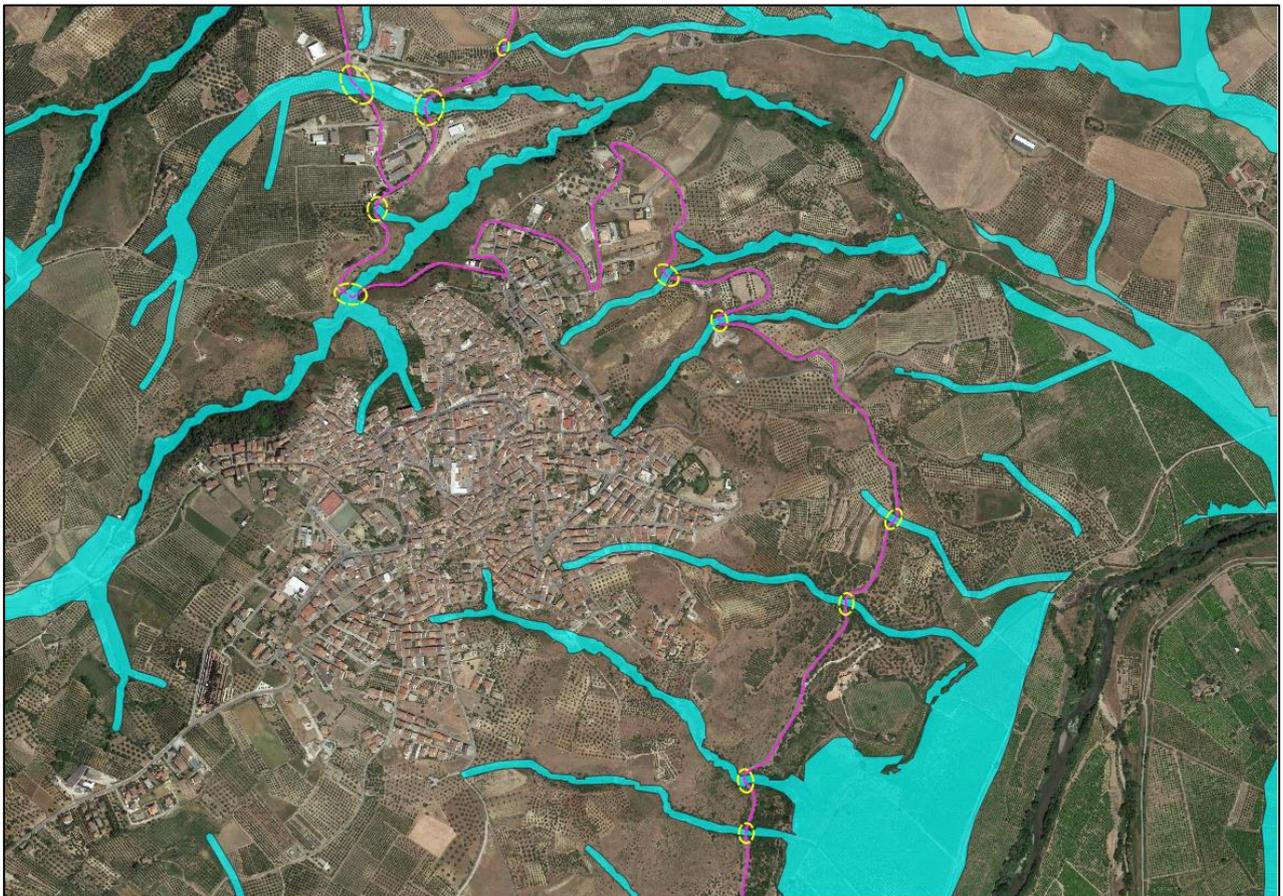
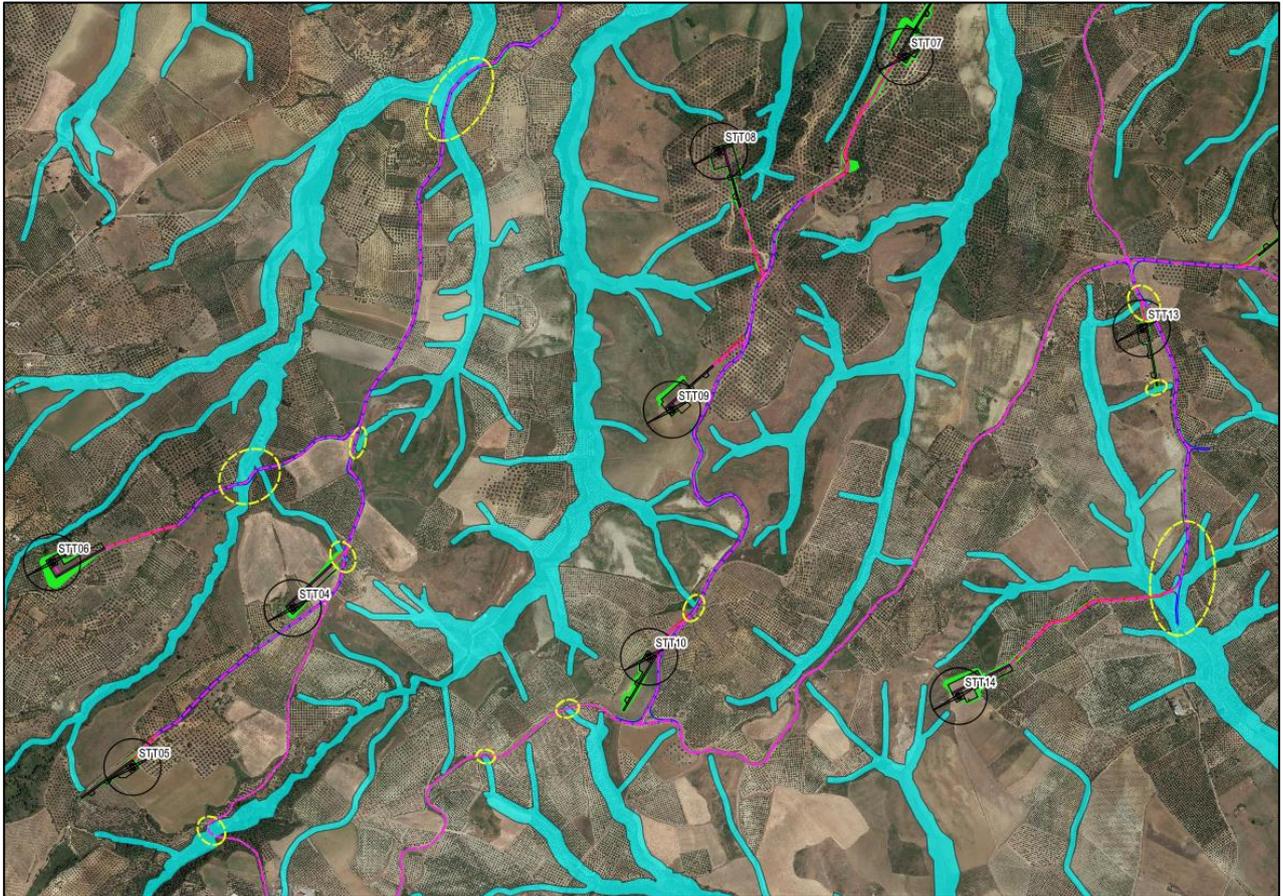
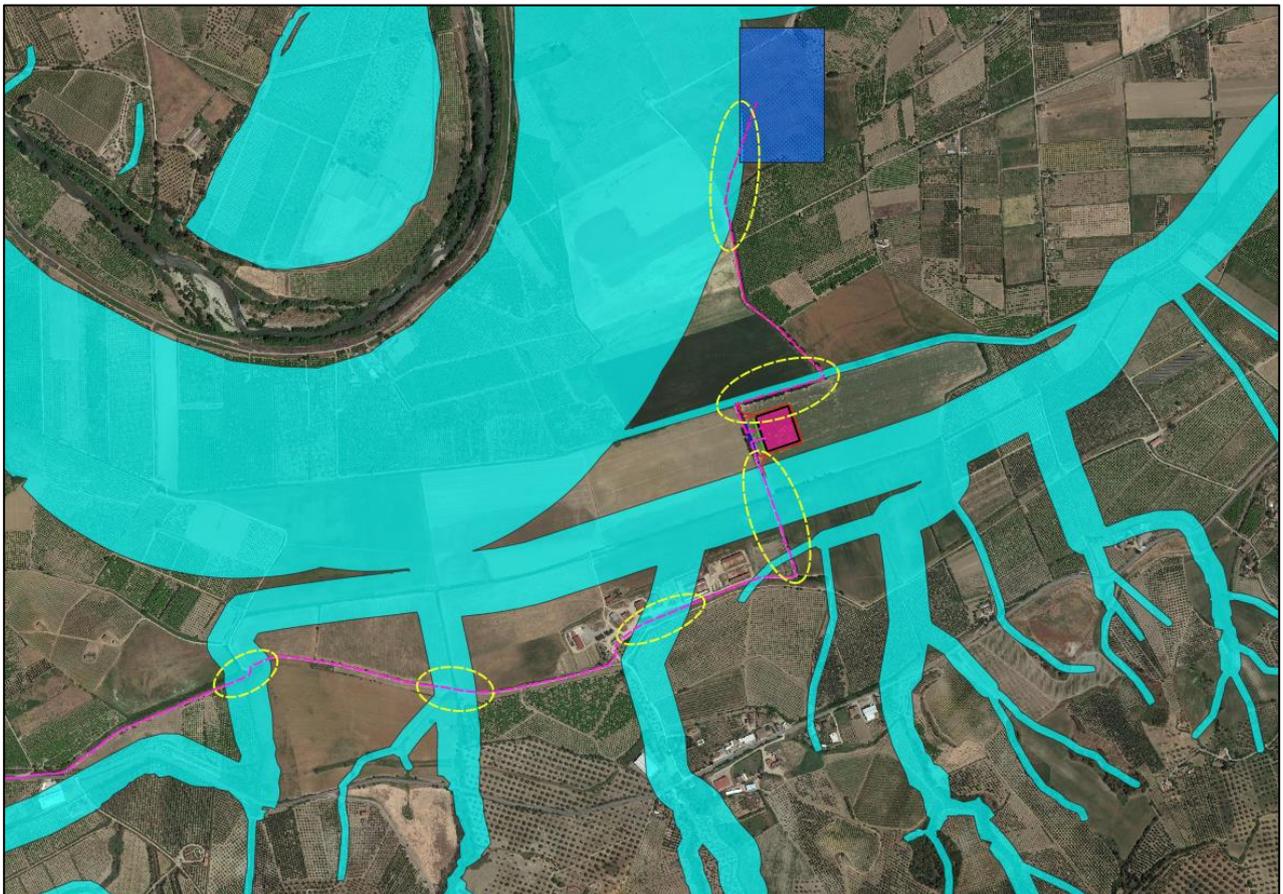
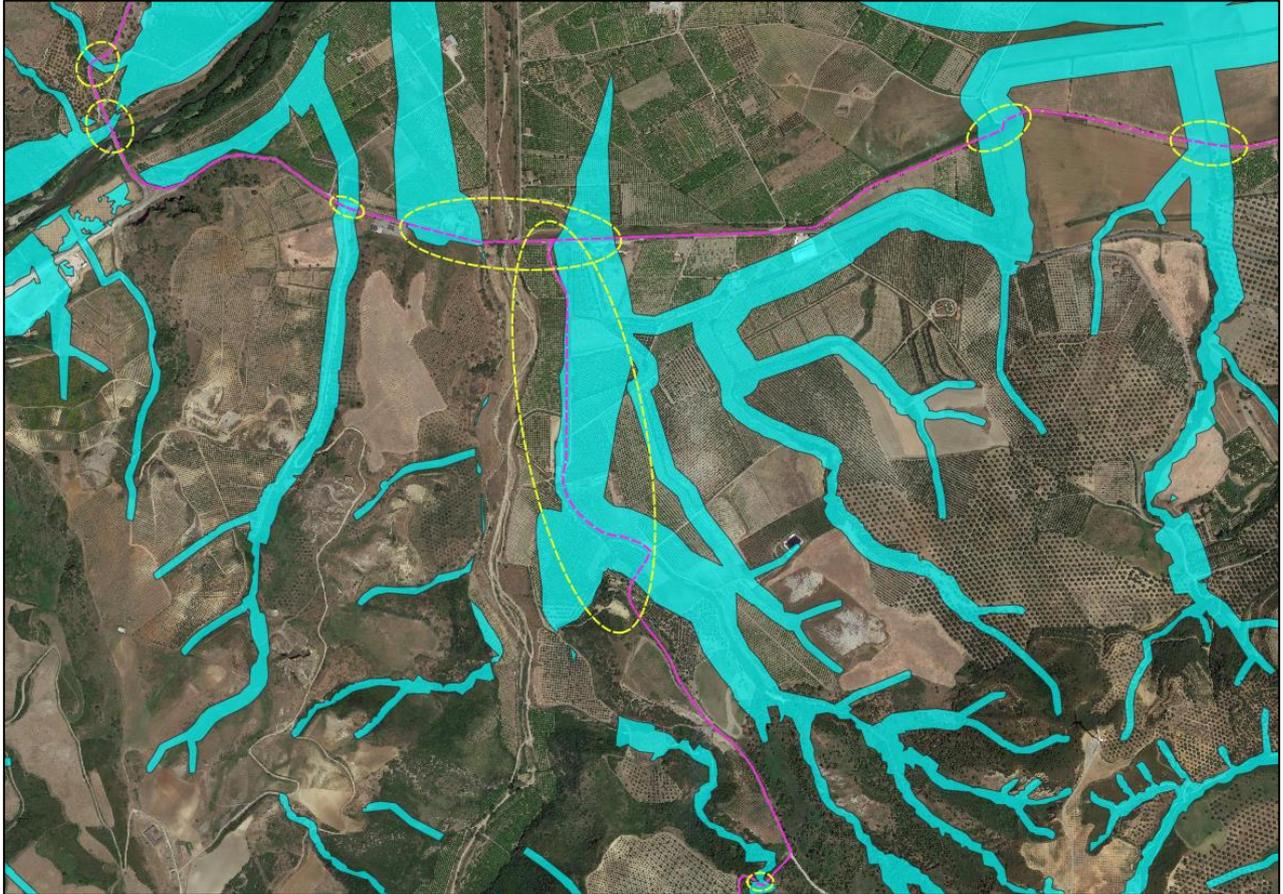


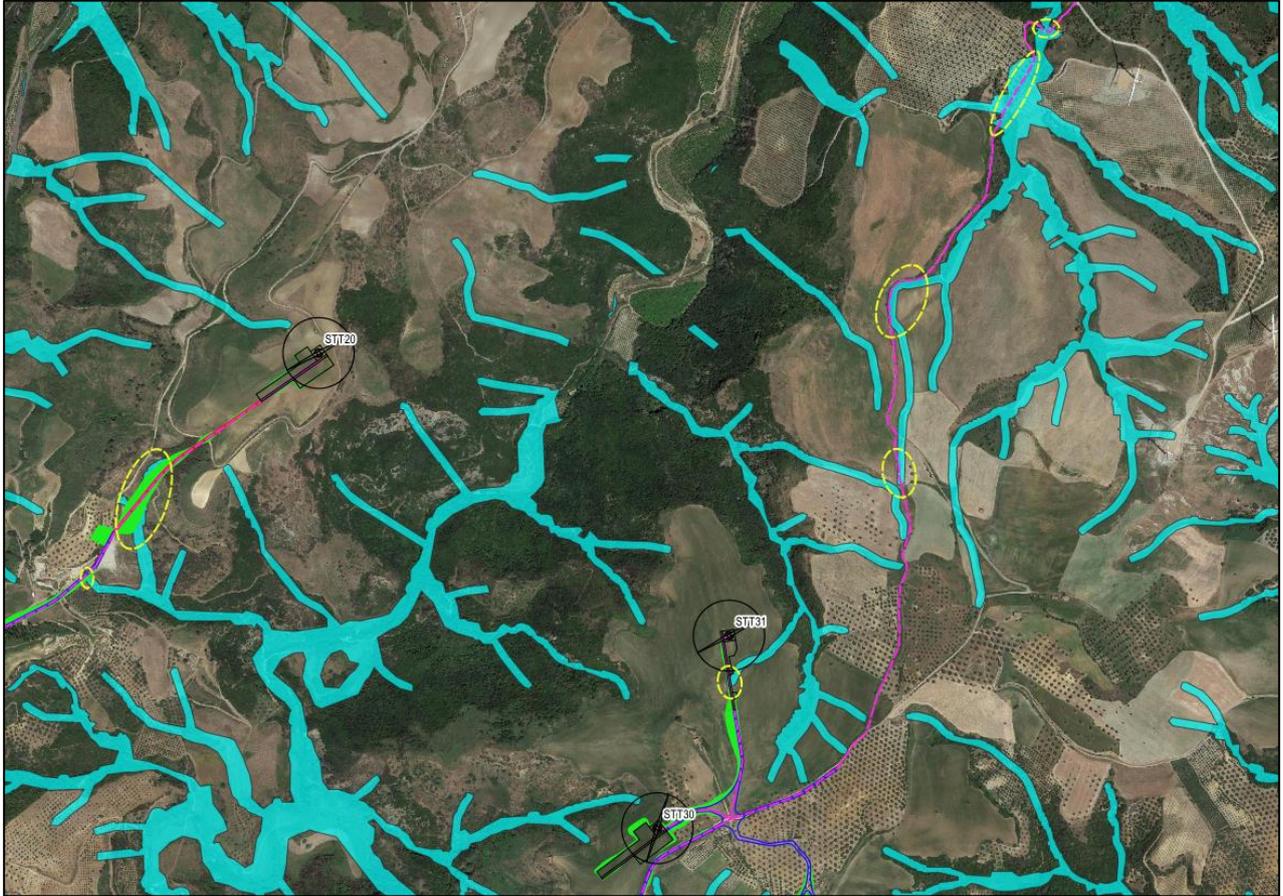
Figura 32 - Inquadramento di dettaglio del layout di impianto parte Sud con le tematiche PGRA (Fonte: <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/ii-ciclo-2016-2021-menu/piano-adottato-menu/aggiornamento-mappe-ii-ciclo-menu>)

Di seguito si riporta un dettaglio degli inquadramenti, evidenziando le interferenze con ovali in giallo.









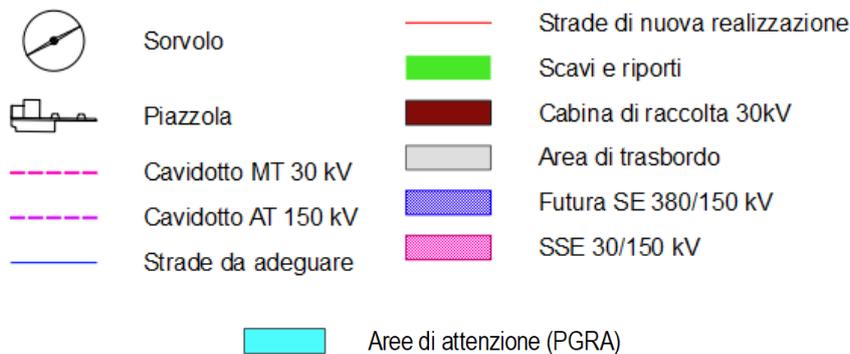
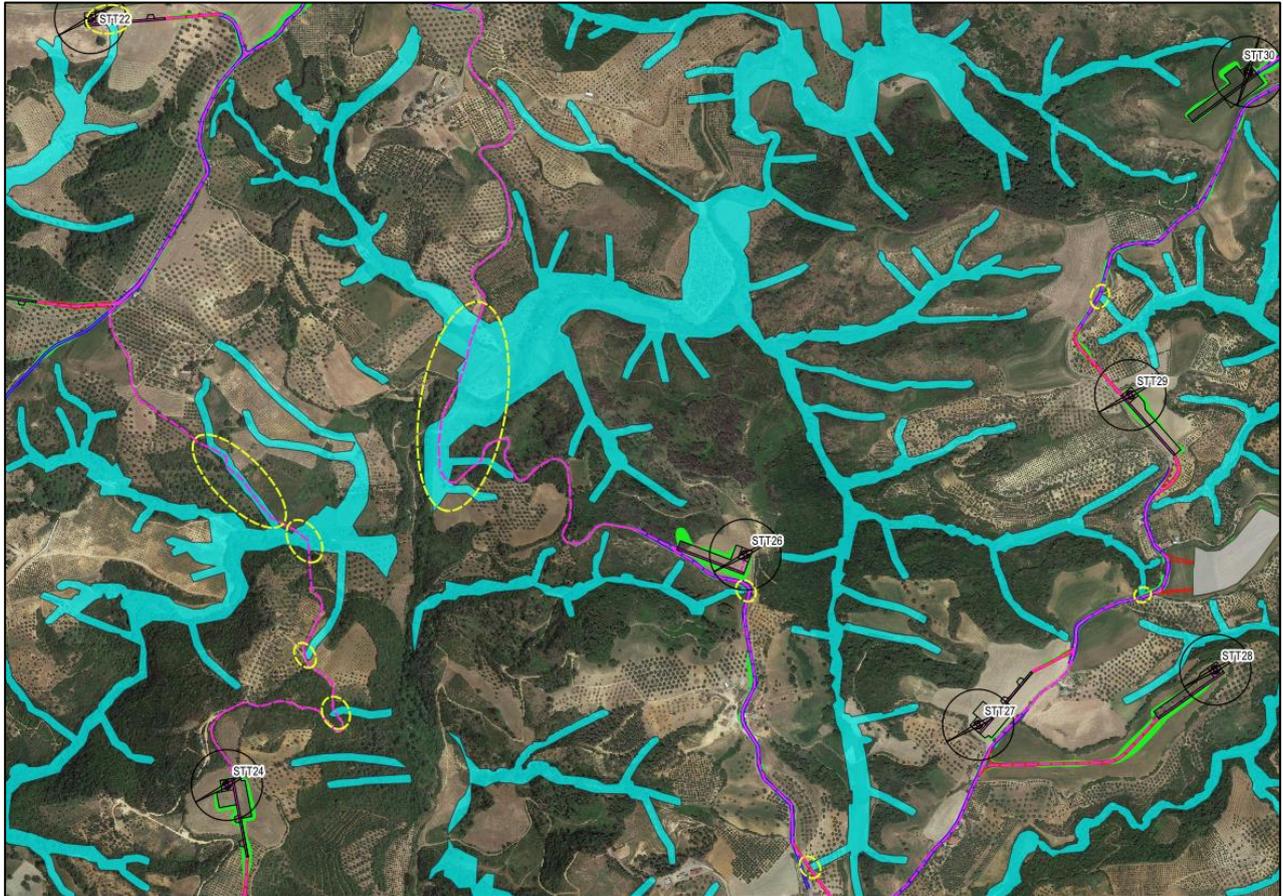


Figura 33 - Inquadramenti di dettaglio del layout di impianto con evidenziazione delle interferenze con le aree perimetrate dal PGRA

Dalle figure si evince l'interferenza del progetto con le aree di attenzione del PGRA, in particolare di alcuni tratti di cavidotto che si sviluppano su viabilità esistente, delle strade di nuova viabilità o da adeguare e delle piazzole di alcuni aerogeneratori.

Secondo quanto disposto dalle Misure di Salvaguardia relative alle aree soggette a modifica di perimetrazione e/o classificazione della pericolosità e rischio dei Piani di assetto idrogeologico configurate nei progetti di varianti di aggiornamento dei PAI alle nuove mappe del PGRA all'art.4:



*“Nelle aree perimetrare come aree di attenzione PGRA nelle mappe dei progetti di varianti di aggiornamento che le prevedono, tutte le nuove attività e i nuovi interventi a farsi devono essere tali da:*

- a) Migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;*
  - b) Non comportare significative alterazioni morfologiche o topografiche e un apprezzabile pericolo per l'ambiente e le persone;*
  - c) Non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;*
- [...]*

*Nelle aree di attenzione PGRA sono consentiti esclusivamente:*

- a) gli interventi volti a ridurre la vulnerabilità dei beni presenti nelle aree di attenzione PGRA, nonché gli interventi idraulici di regolazione, di regimazione e di manutenzione volti al miglioramento delle condizioni di deflusso e tali, da non aumentare il rischio di inondazione a valle, da non pregiudicare la possibile attuazione di una sistemazione idraulica definitiva e nel rispetto delle componenti ambientali e degli habitat fluviali eventualmente presenti;*
  - b) ) gli interventi di demolizione dei corpi di fabbrica esistenti, anche con ricostruzione con incremento massimo di volumetria pari al 20% di volumetria utile e utilizzando criteri costruttivi volti alla riduzione della vulnerabilità;*
  - c) gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. 380/2001 e s. m. e i., con aumento di superficie o volume non superiore al 20%;*
  - d) la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non producano un significativo incremento del valore del rischio idraulico dell'area;*
  - e) l'espianto e il reimpianto di colture;*
  - f) la realizzazione di annessi agricoli purché indispensabili alla conduzione del fondo;*
  - g) tutti gli ulteriori interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, compresi quelli di cui alle lett. b) e c), senza le limitazioni imposte, a condizione che non comportino apprezzabili*
- [...]*

L'art. 5 (Pareri di compatibilità dell'Autorità di Bacino) enuncia:



*“Gli interventi consentiti di cui all’art.4 lett. a), d) e g), per i quali è prevista la predisposizione dello studio idrologico e idraulico e/o lo studio di compatibilità idraulica, sono soggetti al parere vincolante dell’Autorità di Bacino, che potrà fornire anche le eventuali prescrizioni per il rispetto di tutte le disposizioni di cui all’art. 4.”*

Secondo quanto prescritto dalle misure di salvaguardia i manufatti connessi alle opere di interesse pubblico possono realizzarsi nelle aree a rischio a condizione che non costituiscano ostacolo al libero deflusso degli elementi idrici.

Gli interventi di cui alla lett. d), a esclusione di quelli di manutenzione, devono essere corredati da uno studio di compatibilità idraulica, predisposto nel rispetto delle disposizioni del Piano Stralcio territorialmente competente che valuti i livelli di pericolosità e/o rischio della zona d’interesse ante e post operam e garantisca la compatibilità degli interventi con le disposizioni della normativa del Piano stralcio.

*Pertanto, il presente documento allegato al progetto si propone l’obiettivo di verificare e garantire la compatibilità idraulica dell’intervento, che secondo quanto riportato dalle misure di salvaguardia risulta NON in contrasto con il piano, rispettando il principio di non aggravio delle condizioni idrauliche dell’area.*

## 4 ANALISI IDROLOGICA

### 4.1 Caratterizzazione climatica

#### 4.1.1 Spezzano Albanese

Il territorio comunale di Spezzano Albanese è caratterizzato da estati brevi, calde, asciutte e prevalentemente serene mentre gli inverni sono lunghi, freddi, umidi e parzialmente nuvolosi. Durante l'anno, la temperatura in genere va da 6 °C a 31 °C ed è raramente inferiore a 2 °C o superiore a 34 °C.

La stagione calda dura 2,8 mesi, dal 15 giugno al 10 settembre, con una temperatura giornaliera massima oltre 27 °C. Il mese più caldo dell'anno è agosto, con una temperatura media massima di 30 °C e minima di 22 °C. La stagione fresca dura 4,1 mesi, da 22 novembre a 25 marzo, con una temperatura massima giornaliera media inferiore a 15 °C. Il mese più freddo dell'anno è febbraio, con una temperatura media massima di 6 °C e minima di 12 °C.

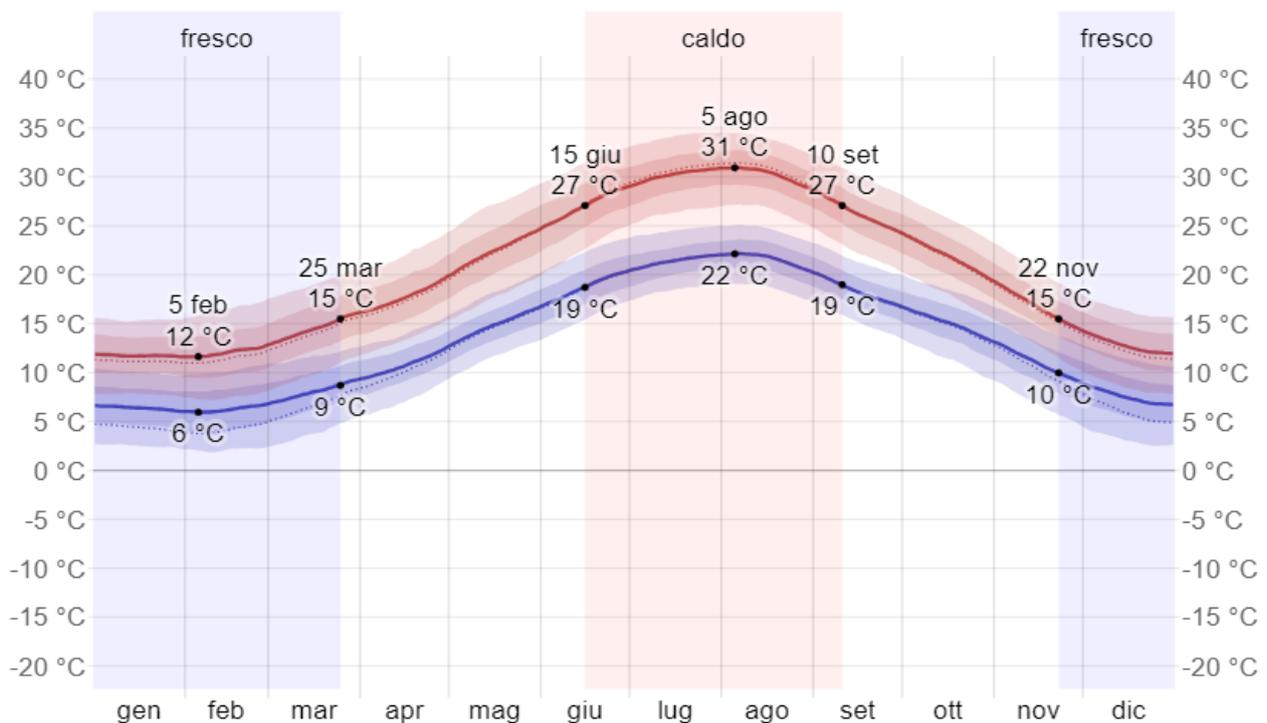


Figura 34 - Temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie, con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile. Le righe sottili tratteggiate rappresentano le temperature medie percepite (fonte: <https://weatherspark.com/>)

La figura a seguire mostra una caratterizzazione compatta delle temperature medie orarie per tutto l'anno. L'asse orizzontale rappresenta il giorno dell'anno, l'asse verticale rappresenta l'ora del giorno, e il colore rappresenta la temperatura media per quell'ora e giorno.

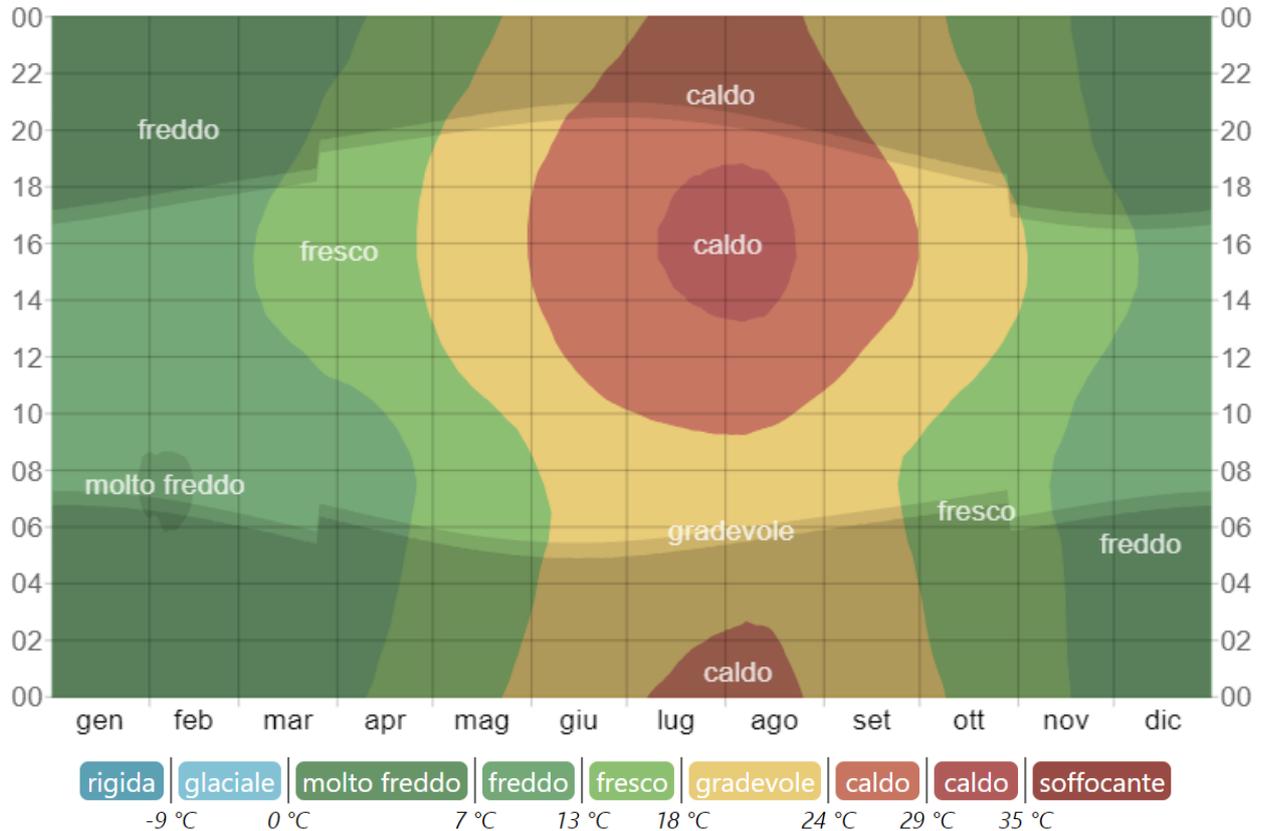


Figura 35 - Temperatura oraria media, con fasce di diversi colori. L'ombreggiatura indica la notte e il crepuscolo civile  
(fonte: <https://weatherspark.com/>)

La stagione più piovosa dura 7,6 mesi, dal 17 settembre al 4 maggio, con una probabilità di oltre 21% che un dato giorno sia piovoso. Il mese con il maggiore numero di giorni piovosi è febbraio, con in media 9,3 giorni di almeno 1 millimetro di precipitazioni.

La stagione più asciutta dura 4,4 mesi, dal 4 maggio al 17 settembre. Il mese con il minor numero di giorni piovosi è luglio, con in media 2,5 giorni di almeno 1 millimetro di precipitazioni.

Fra i giorni piovosi, si fa la differenza fra giorni con solo pioggia, solo neve, o un misto dei due. Il mese con il numero maggiore di giorni di solo pioggia è dicembre, con una media di 10,2 giorni. In base a questa categorizzazione, la forma più comune di precipitazioni durante l'anno è solo pioggia, con la massima probabilità di 35% il 21 novembre.

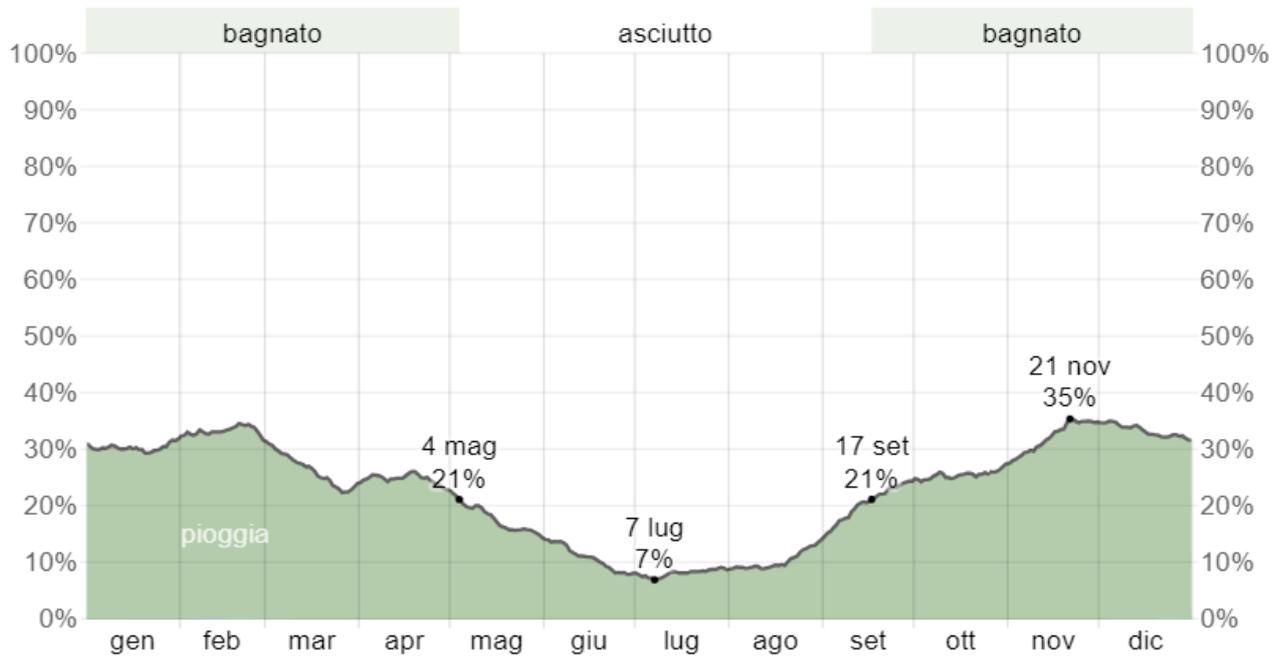


Figura 36 - Probabilità giornaliera di precipitazioni (fonte: <https://weatherspark.com/>)

Per mostrare le variazioni nei mesi e non solo il totale mensile, viene riportata la pioggia accumulata in un periodo mobile di 31 giorni centrato su ciascun giorno. Il territorio di Spezzano Albanese ha significative variazioni stagionali di piovosità mensile. La pioggia cade in tutto l'anno e il mese con la maggiore quantità di pioggia è febbraio, con piogge medie di 88 millimetri. Il mese con la minore quantità di pioggia è luglio, con piogge medie di 13 millimetri.

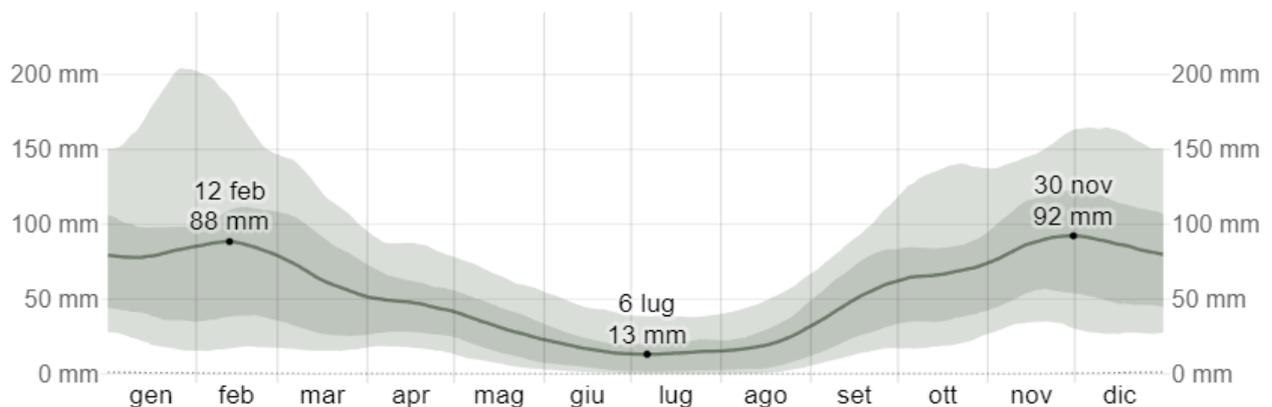


Figura 37 - Precipitazioni mensili medie (fonte: <https://weatherspark.com/>)

#### 4.1.2 Terranova da Sibari

Il territorio comunale di Terranova da Sibari è caratterizzato da estati brevi, calde, asciutte e prevalentemente serene mentre gli inverni sono lunghi, freddi, umidi e parzialmente nuvolosi. Durante l'anno, la temperatura in genere va da 6 °C a 31 °C ed è raramente inferiore a 2 °C o superiore a 34 °C.

La stagione calda dura 2,9 mesi, dal 15 giugno al 11 settembre, con una temperatura giornaliera massima oltre 27 °C. Il mese più caldo dell'anno è agosto, con una temperatura media massima di 30 °C e minima di 22 °C. La stagione fresca dura 4,1 mesi, da 23 novembre a 25 marzo, con una temperatura massima giornaliera media inferiore a 15 °C. Il mese più freddo dell'anno è febbraio, con una temperatura media massima di 6 °C e minima di 12 °C.

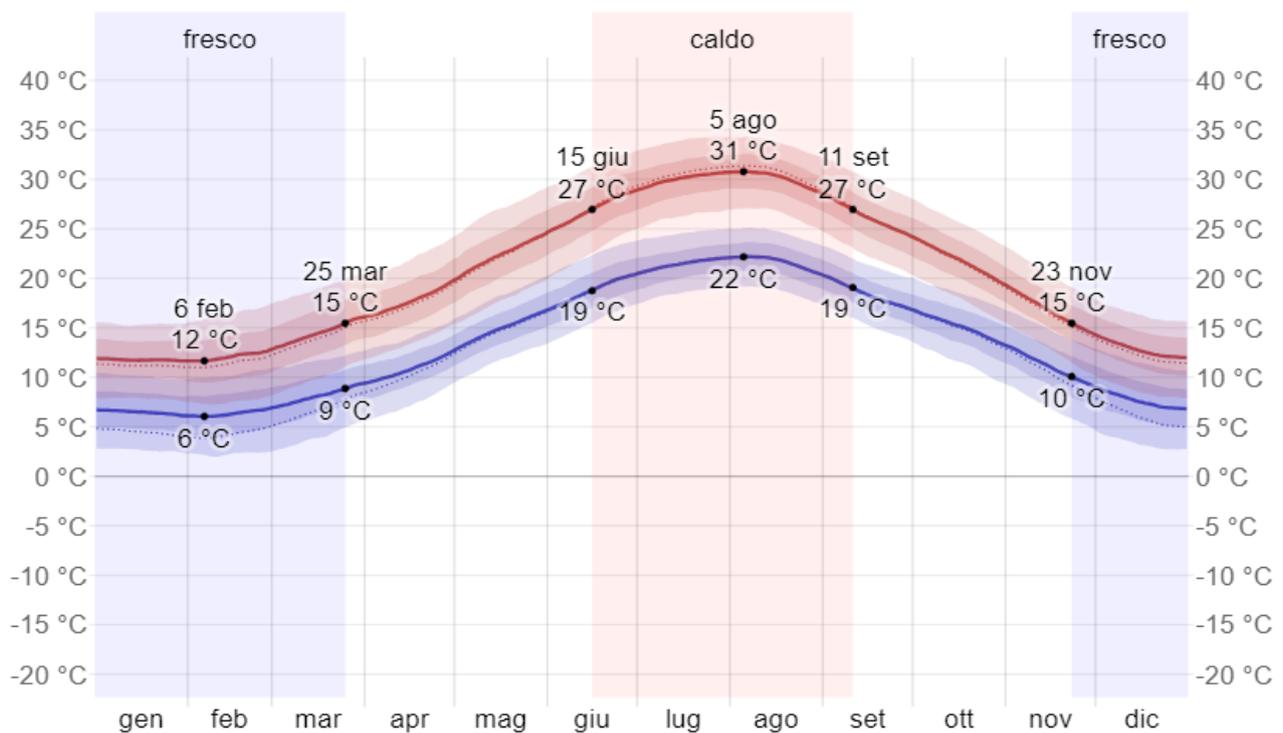


Figura 38 - Temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie, con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile. Le righe sottili tratteggiate rappresentano le temperature medie percepite (fonte: <https://weatherspark.com/>)

La figura a seguire mostra una caratterizzazione compatta delle temperature medie orarie per tutto l'anno. L'asse orizzontale rappresenta il giorno dell'anno, l'asse verticale rappresenta l'ora del giorno, e il colore rappresenta la temperatura media per quell'ora e giorno.

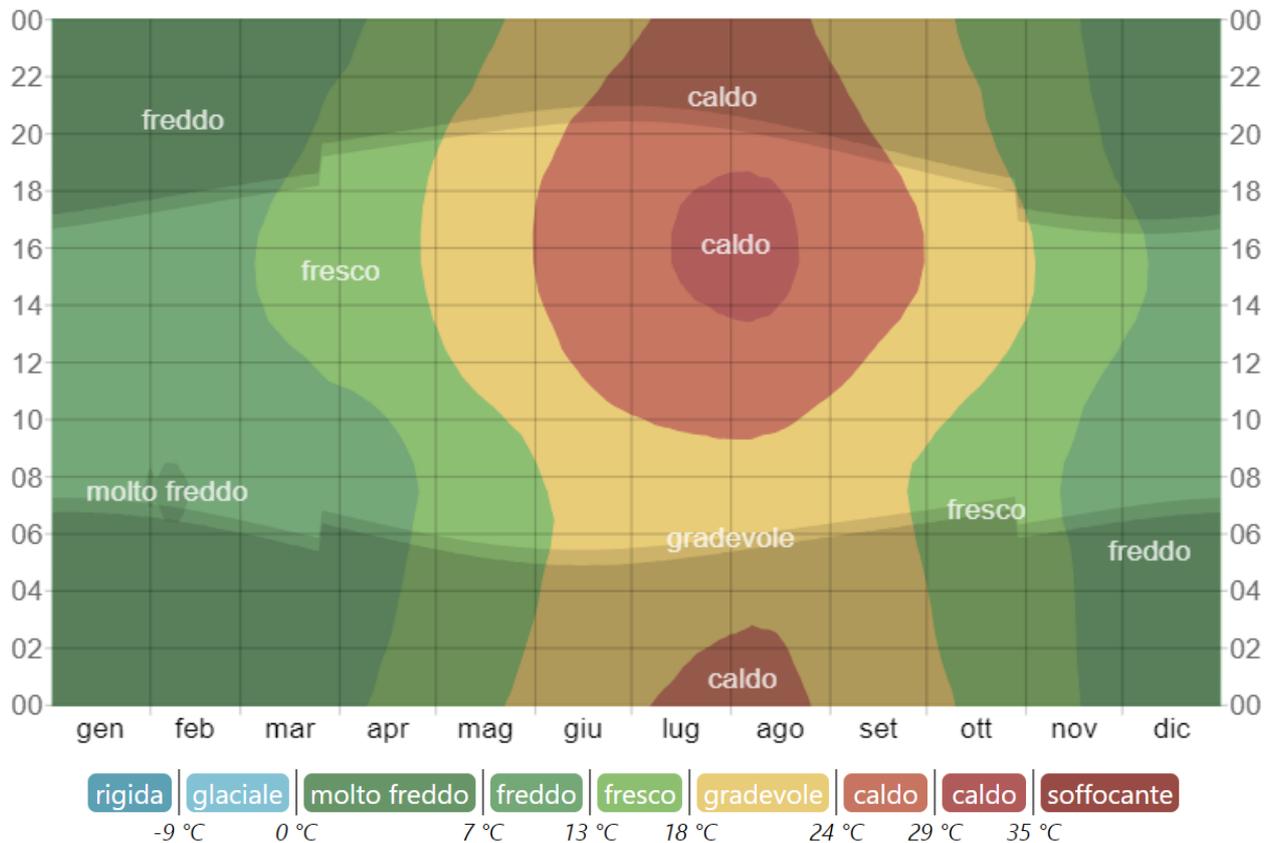


Figura 39 - Temperatura oraria media, con fasce di diversi colori. L'ombreggiatura indica la notte e il crepuscolo civile (fonte: <https://weatherspark.com/>)

La stagione più piovosa dura 7,6 mesi, dal 17 settembre al 4 maggio, con una probabilità di oltre 21% che un dato giorno sia piovoso. Il mese con il maggiore numero di giorni piovosi è febbraio, con in media 9,4 giorni di almeno 1 millimetro di precipitazioni. La stagione più asciutta dura 4,4 mesi, dal 4 maggio al 17 settembre. Il mese con il minor numero di giorni piovosi è luglio, con in media 2,4 giorni di almeno 1 millimetro di precipitazioni.

Fra i giorni piovosi, si fa differenza fra giorni con solo pioggia, solo neve, o un misto dei due. Il mese con il numero maggiore di giorni di solo pioggia è febbraio, con una media di 9,3 giorni. In base a questa categorizzazione, la forma più comune di precipitazioni durante l'anno è solo pioggia, con la massima probabilità di 36% il 21 novembre.

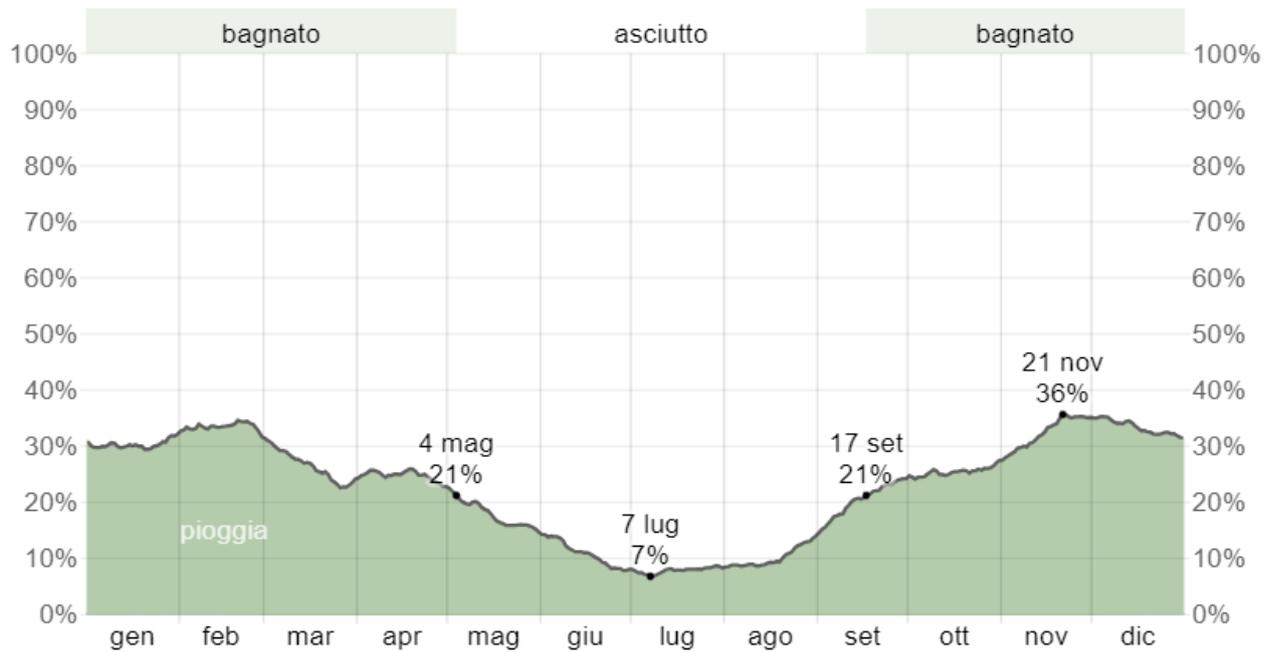


Figura 40 - Probabilità giornaliera di precipitazioni (fonte: <https://weatherspark.com/>)

Per mostrare le variazioni nei mesi e non solo il totale mensile, viene riportata la pioggia accumulata in un periodo mobile di 31 giorni centrato su ciascun giorno. Il territorio comunale di Terranova da Sibari ha significative variazioni stagionali di piovosità mensile. La pioggia cade in tutto l'anno e il mese con la maggiore quantità di pioggia è febbraio, con piogge medie di 88 millimetri. Il mese con la minore quantità di pioggia è luglio, con piogge medie di 14 millimetri.

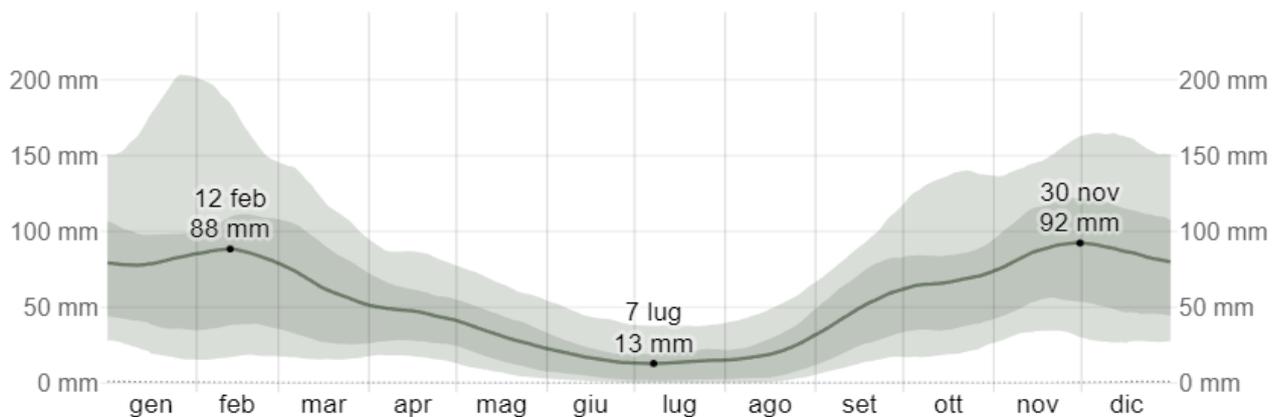


Figura 41 - Precipitazioni mensili medie (fonte: <https://weatherspark.com/>)

#### 4.1.3 San Demetrio Corone

Il territorio di San Demetrio Corone è caratterizzato da estati brevi, calde, asciutte e prevalentemente serene mentre gli inverni sono lunghi, freddi, umidi e parzialmente nuvolosi. Durante l'anno, la temperatura in genere va da 5 °C a 29 °C ed è raramente inferiore a 1 °C o superiore a 33 °C.

La stagione calda dura 2,9 mesi, dal 14 giugno al 10 settembre, con una temperatura giornaliera massima oltre 25 °C. Il mese più caldo dell'anno è agosto, con una temperatura media massima di 28 °C e minima di 20 °C.

La stagione fresca dura 4,0 mesi, da 24 novembre a 24 marzo, con una temperatura massima giornaliera media inferiore a 14 °C. Il mese più freddo dell'anno è febbraio, con una temperatura media massima di 5 °C e minima di 10 °C.

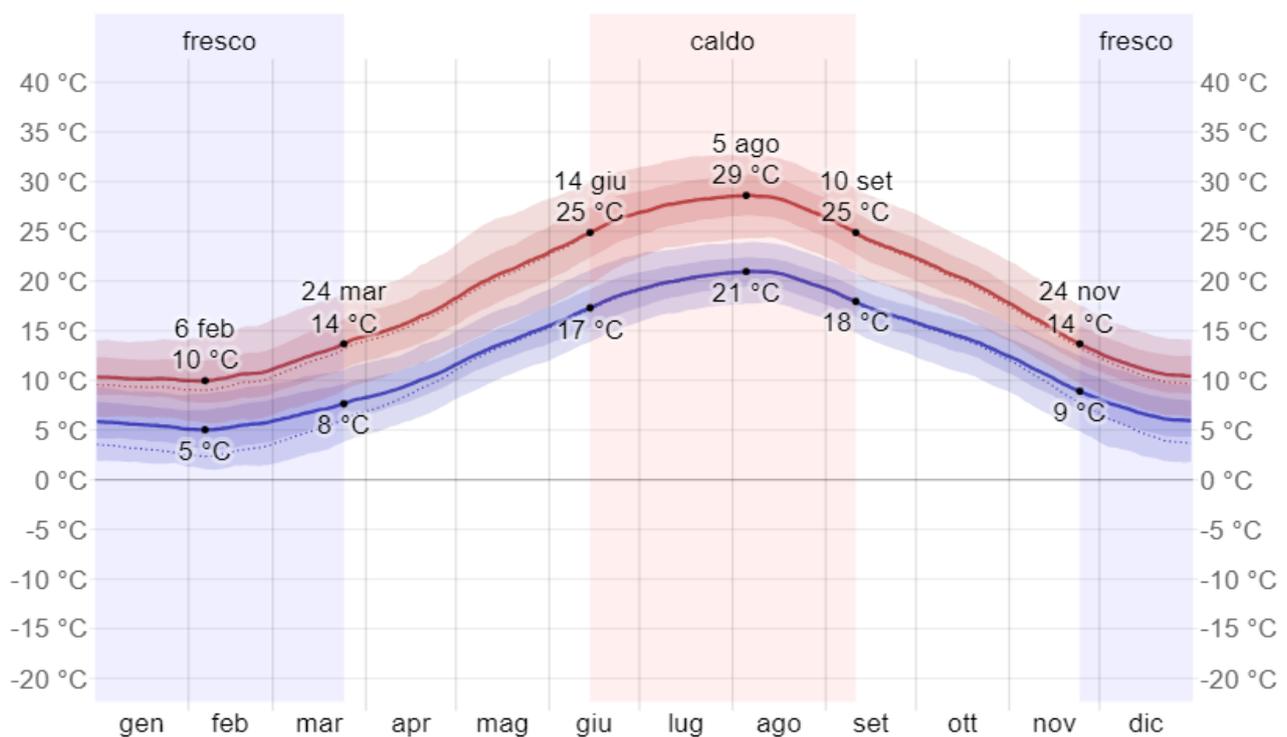


Figura 42 - Temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie, con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile. Le righe sottili tratteggiate rappresentano le temperature medie percepite (fonte: <https://weatherspark.com/>)

La figura qui di seguito mostra una caratterizzazione compatta delle temperature medie orarie per tutto l'anno. L'asse orizzontale rappresenta il giorno dell'anno, l'asse verticale rappresenta l'ora del giorno, e il colore rappresenta la temperatura media per quell'ora e giorno.

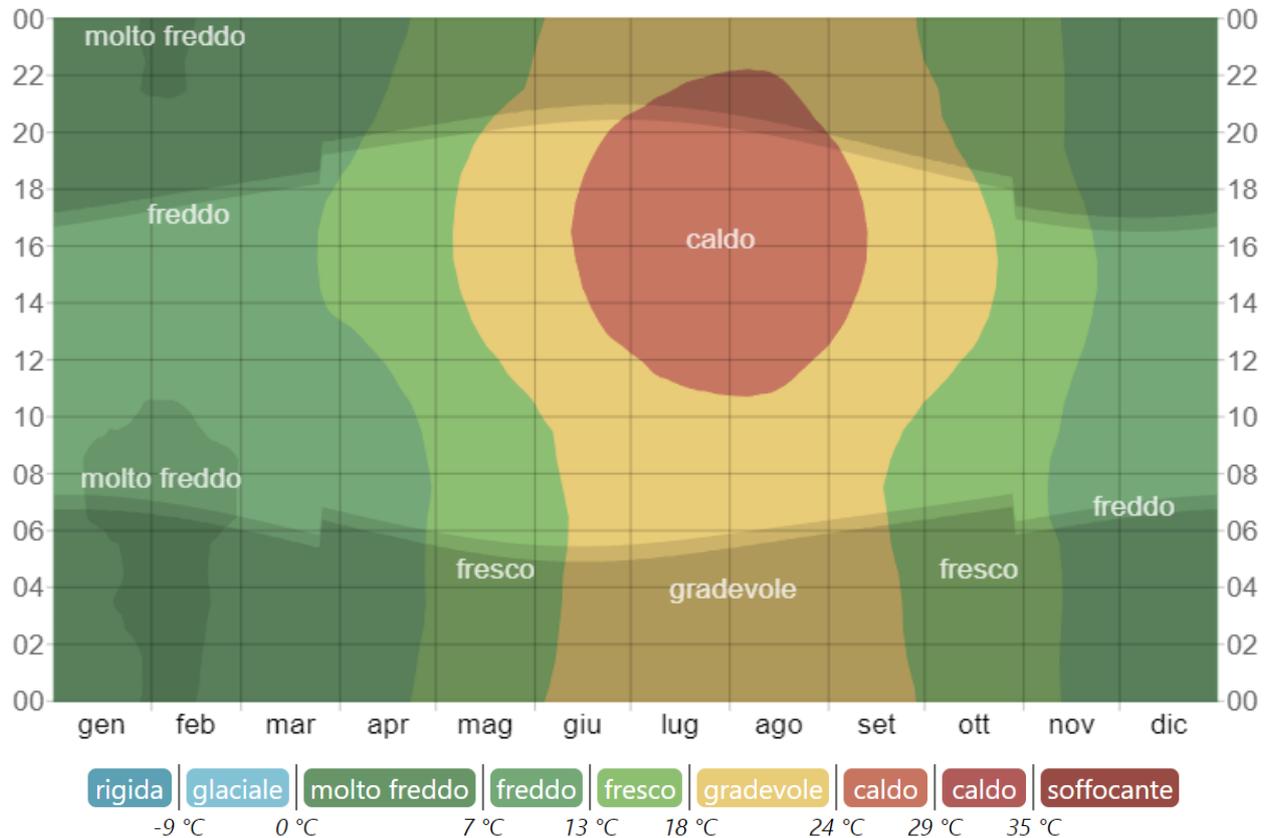


Figura 43 - Temperatura oraria media, con fasce di diversi colori. L'ombreggiatura indica la notte e il crepuscolo civile (fonte: <https://weatherspark.com/>)

La stagione più piovosa dura 7,4 mesi, dal 21 settembre al 2 maggio, con una probabilità di oltre 22% che un dato giorno sia piovoso. Il mese con il maggiore numero di giorni piovosi è dicembre, con in media 10,5 giorni di almeno 1 millimetro di precipitazioni.

La stagione più asciutta dura 4,6 mesi, dal 2 maggio al 21 settembre. Il mese con il minor numero di giorni piovosi è luglio, con in media 2,4 giorni di almeno 1 millimetro di precipitazioni.

Fra i giorni piovosi, si fa differenza fra giorni con solo pioggia, solo neve, o un misto dei due. Il mese con il numero maggiore di giorni di solo pioggia è novembre, con una media di 10,1 giorni. In base a questa categorizzazione, la forma più comune di precipitazioni durante l'anno è solo pioggia, con la massima probabilità di 37% il 21 novembre.

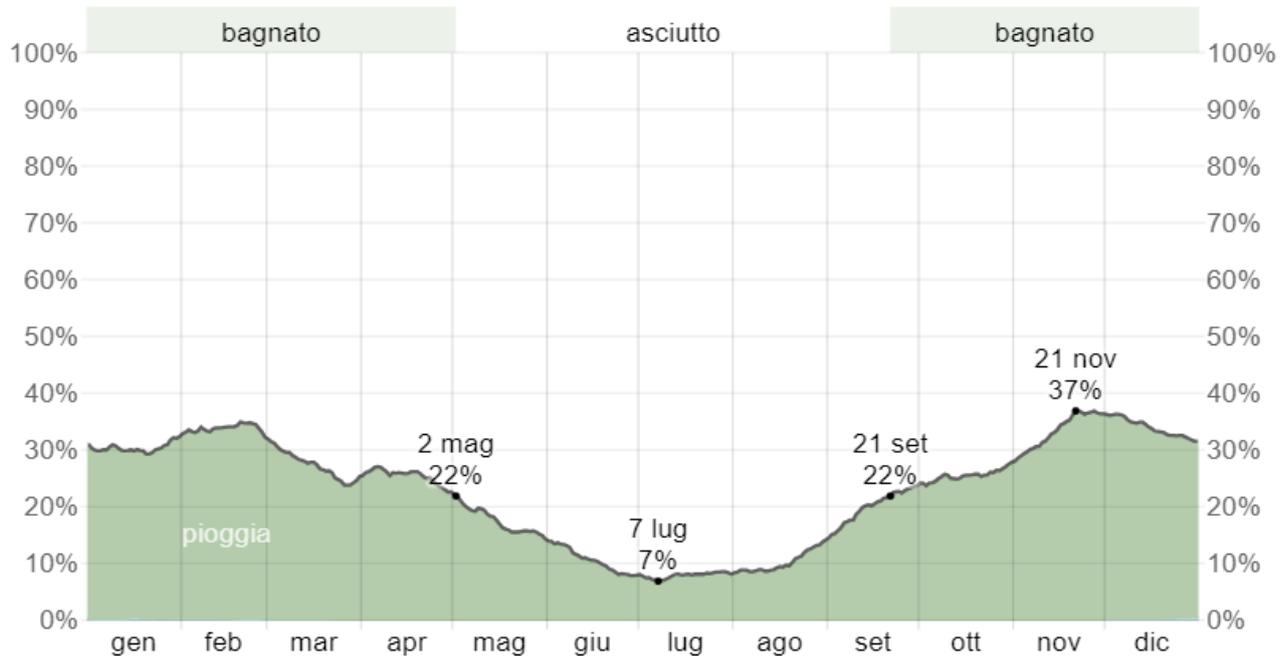


Figura 44 - Probabilità giornaliera di precipitazioni (fonte: <https://weatherspark.com/>)

Per mostrare le variazioni nei mesi e non solo il totale mensile, si fa riferimento alla pioggia accumulata in un periodo mobile di 31 giorni centrato su ciascun giorno. Il territorio comunale di San Demetrio Corone ha significative variazioni stagionali di piovosità mensile. La pioggia cade in tutto l'anno e il mese con la maggiore quantità di pioggia è febbraio, con piogge medie di 92 millimetri, mentre il mese con la minore quantità di pioggia è luglio, con piogge medie di 13 millimetri.

## 4.2 Distribuzione statistica TCEV secondo la metodologia VAPI

La stima della pioggia di massima intensità per un dato tempo di corrivazione e per un dato tempo di ritorno, viene sviluppata secondo i criteri sviluppati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche pubblicati nel rapporto “La valutazione delle piene in Calabria”.

Il Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. La metodologia adottata nel progetto VAPI fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena e quindi non esiste un valore massimo assoluto, ma ad ogni valore della portata di piena viene associato una probabilità che si verifichino eventi di piena con valori superiori. Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari, si adotta una metodologia di analisi regionale che consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica posseduta su un dato territorio.

Nell'ambito di tale studio si è utilizzata l'informazione pluviografica raccolta dal Servizio Idrografico Italiano e, in particolare, sono stati utilizzati i risultati dell'analisi statistica a scala regionale ed applicando la legge di distribuzione a doppia componente su tre livelli successivi di regionalizzazione, basato sulla seguente formula:

$$F_X(x) = \exp\left\{-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} \exp\left[-x/(\theta_* \theta_1)\right]\right\} \quad x \geq 0$$

Il modello a doppia componente appena citato è denominato TCEV (acronimo di Two Components Extreme Value): i parametri della TCEV sono 4 ed è quindi molto elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche disponibili la cui dimensione campionaria è in genere inferiore a 80. Per ridurre tale incertezza, si utilizzano tecniche di analisi regionale che consentono di stimare almeno alcuni dei parametri sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee. In particolare:

- Al I livello di regionalizzazione per i due parametri di forma  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  si può assumere un valore costante all'interno di ampie zone omogenee;
- Al II livello di regionalizzazione, oltre ai valori costanti dei parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  nelle zone omogenee, all'interno di queste è possibile identificare sottozone omogenee, entro cui si può ritenere costante anche il parametro di scala  $\Lambda_1$ ;
- Al III livello di regionalizzazione, oltre ai parametri  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda_1$  di cui si può assumere un valore regionale, si persegue in modo regionale anche la stima del quarto parametro che sia  $\theta_1$  o  $\eta$  in relazione all'approccio che si intende adottare.

In generale, poiché le stazioni idrometriche sono molto meno numerose rispetto a quelle pluviometriche, l'analisi delle piene in Calabria, come d'altronde nelle altre regioni italiane, è stata preceduta dall'analisi delle piogge estreme e, in particolare, l'analisi dei massimi annuali di pioggia giornaliera fornisce utili indicazioni circa l'identificazione delle sottozone idrometriche che si ammette coincidano in prima approssimazione con le sottozone pluviometriche.

Nell'ipotesi che la Calabria possa essere considerata come un'unica zona pluviometrica omogenea, i due parametri del primo livello di regionalizzazione sono i seguenti:

$$\theta^* = 2.154, \quad \Lambda^* = 0.418$$

Al secondo livello di regionalizzazione è stato verificato che la Calabria può essere suddivisa in 3 sottozone omogenee denominate rispettivamente: Tirrenica, Centrale, Jonica e caratterizzate dai valori di  $\Lambda_1$  e  $\eta$  riportati nella seguente tabella:

Tabella 4 - Valori regionali dei parametri TCEV relativi al 1° e 2° livello di regionalizzazione

	Piogge giornaliere	Portate
<b>1° LIVELLO</b>		
$\theta_*$	2.154	2.654
$\Lambda_*$	0.418	0.350
<b>2° LIVELLO</b>		
$\Lambda_1$ TIRRENO	48.914	10.147
$\Lambda_1$ CENTRO	22.878	5.519
$\Lambda_1$ IONIO	10.987	3.047
$\eta$ TIRRENO	5.183	3.651
$\eta$ CENTRO	4.423	3.042
$\eta$ IONIO	3.690	2.448

Al terzo livello di regionalizzazione il territorio calabrese è suddiviso in ulteriori sottozone omogenee come mostrate di seguito:

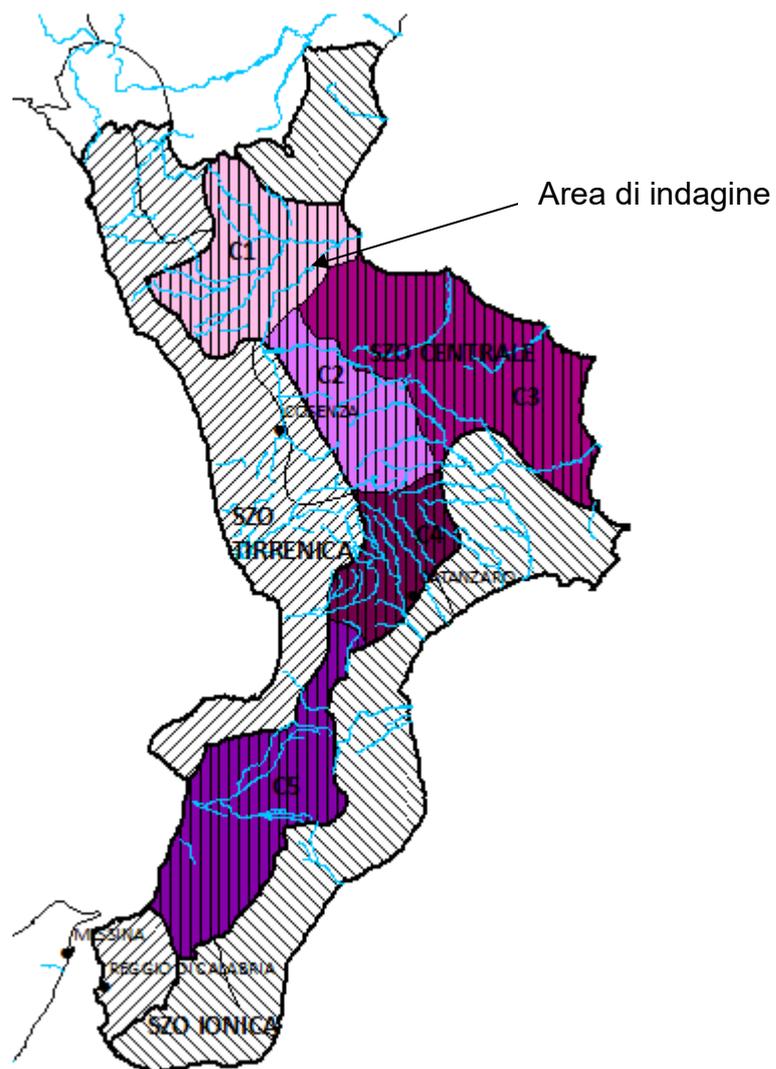


Figura 45 - Sottozone e aree omogenee individuate nel progetto VAPI Calabria

Tabella 5 - Valori dei parametri al 3° livello di regionalizzazione delle piogge estreme per singola area omogenea

<b>3° LIVELLO - Piogge giornaliere ed orarie</b>				
Area omogenea	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
T1	0.00014	1.907	27.79	0.521
T2	0.00021	1.683	23.75	0.365
T3	0.00022	1.769	26.61	0.402
T4	0.00028	1.736	16.73	0.367
C1	0.00049	1.690	21.73	0.411
C2	0.00021	1.683	23.75	0.365
C3	0.00016	1.951	31.02	0.517
C4	0.00032	1.840	33.22	0.377
C5	0.00036	1.815	34.99	0.329
I1	0.00026	1.778	24.37	0.449
I2	0.00025	1.922	30.97	0.489
I3	0.00043	1.953	39.58	0.414
I4	0.00027	1.817	34.13	0.342

Come è possibile evincere dall'immagine precedente, i sottobacini considerati ricadono nella sottozona omogenea C1.

#### 4.2.1 Curve di possibilità pluviometrica per i bacini della parte Nord dell'impianto

Di seguito si riportano le curve di possibilità pluviometrica e i relativi parametri *a* e *n*, per il sottobacino 2, ritenuto il più rappresentativo della zona esaminata in riferimento a tempi di ritorno  $T = 10, 25, 50, 100$  e  $200$  anni:

Tabella 6 - Altezze di pioggia [mm] calcolate per diverse durate e diversi periodi di ritorno utilizzando la metodologia VAPI

		TR [anni]				
		10	25	50	100	200
d [ore]	1	30.19	37.74	43.89	50.30	56.85
	3	41.32	51.65	60.06	68.83	77.80
	6	50.26	62.83	73.07	83.74	94.65
	12	61.02	76.28	88.71	101.66	114.90
	24	74.57	93.22	108.40	124.23	140.41

I risultati sono stati espressi sotto forma di *curve di probabilità pluviometrica*, rappresentate in forma esponenziale secondo la seguente espressione:

$$h = a \cdot d^n$$

Dove  $h$  è l'altezza di pioggia espressa in millimetri,  $a$  è un coefficiente espresso in  $\text{mm}/\text{ora}^n$  che determina la dipendenza della relazione al tempo di ritorno  $TR$ ,  $d$  è la durata della pioggia espressa in ore ed  $n$  un parametro di forma non dipendente dal tempo di ritorno.

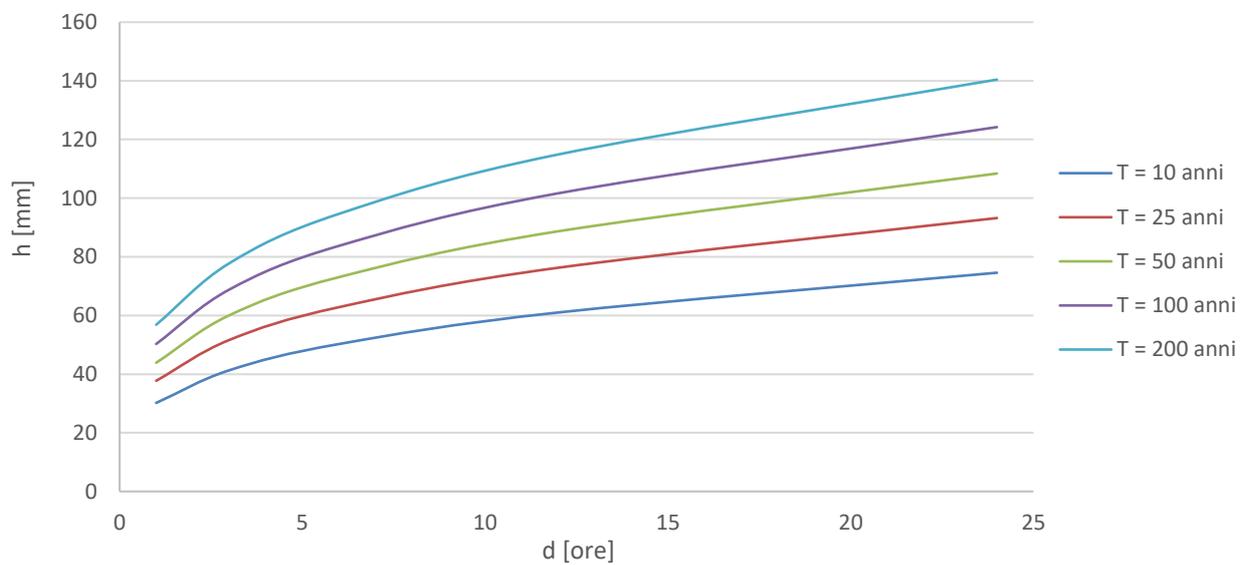


Figura 46 - Curve di possibilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno stimati con l'approccio VAPI

Tabella 7 - Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno stimati con l'approccio VAPI

		<b>a</b>	<b>n</b>
<b>TR [anni]</b>	<b>10</b>	30.205	0.284
	<b>25</b>	37.759	0.284
	<b>50</b>	43.91	0.284
	<b>100</b>	50.321	0.284
	<b>200</b>	56.877	0.284

#### 4.2.2 Curve di possibilità pluviometrica per i bacini della parte Sud dell'impianto

Di seguito si riportano le curve di possibilità pluviometrica e i relativi parametri  $a$  e  $n$ , per il sottobacino 8, ritenuto il più rappresentativo della zona esaminata in riferimento a tempi di ritorno  $T = 10, 25, 50, 100$  e  $200$  anni:

Tabella 8 - Altezze di pioggia [mm] calcolate per diverse durate e diversi periodi di ritorno utilizzando la metodologia VAPI

		TR [anni]				
		10	25	50	100	200
d [ore]	1	31.51	39.39	45.81	52.50	59.34
	3	45.92	57.40	66.75	76.50	86.47
	6	58.18	72.73	84.57	96.92	109.55
	12	73.63	92.04	107.03	122.66	138.64
	24	93.57	116.97	136.03	155.88	176.19

I risultati sono stati espressi sotto forma di *curve di probabilità pluviometrica*, rappresentate in forma esponenziale secondo la seguente espressione:

$$h = a \cdot d^n$$

Dove  $h$  è l'altezza di pioggia espressa in millimetri,  $a$  è un coefficiente espresso in mm/ora che determina la dipendenza della relazione al tempo di ritorno  $TR$ ,  $d$  è la durata della pioggia espressa in ore ed  $n$  un parametro di forma non dipendente dal tempo di ritorno.

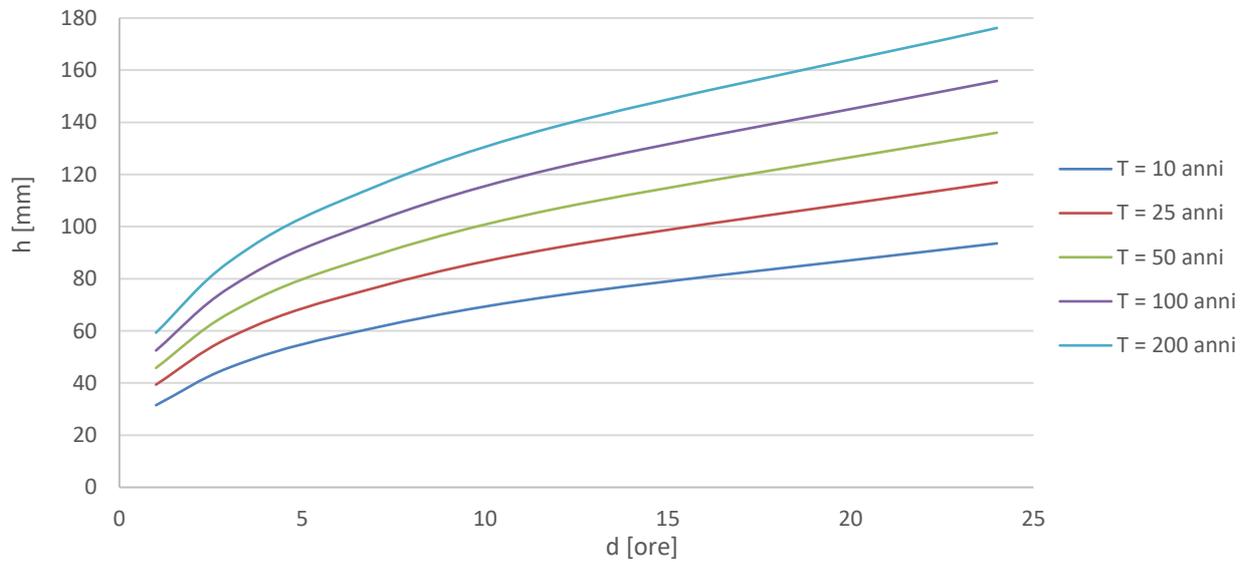


Figura 47 - Curve di possibilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno stimati con l'approccio VAPI

Tabella 9 - Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno stimati con l'approccio VAPI

		<b>a</b>	<b>n</b>
<b>TR [anni]</b>	<b>10</b>	31.515	0.3421
	<b>25</b>	39.396	0.3421
	<b>50</b>	45.813	0.3421
	<b>100</b>	52.502	0.3421
	<b>200</b>	59.342	0.3421



#### 4.3 Stima delle curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora (Bell)

Nel caso in cui si dovrebbero trattare bacini imbriferi molto piccoli, caratterizzati da tempi di corrivazione inferiori all'ora, la stima dello ietogramma di progetto potrebbe risultare sovradimensionata perciò si procede ad un adattamento dei parametri della curva di possibilità pluviometrica al fine di stabilire portate di pioggia più corrette.

Bell ha osservato che i rapporti  $r\delta$  tra le altezze di durata  $\tau$  molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo *U.S. Water Bureau* raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata. Tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50$$

dove:

- $h_{t,T}$  = Altezza di pioggia [mm] di una durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$ ;
- $h_{60,T}$  = Altezza di pioggia di durata 1 ora con determinato tempo di ritorno  $T$ ;
- $t$  = Durata di pioggia [min].

Questa formula consente di calcolare l'altezza di pioggia di durata inferiore ai 60 minuti e tempo di ritorno a partire dal valore di  $h_{60,T}$  ottenuto dalla curva di probabilità pluviometrica relativa allo stesso tempo di ritorno  $T$ .

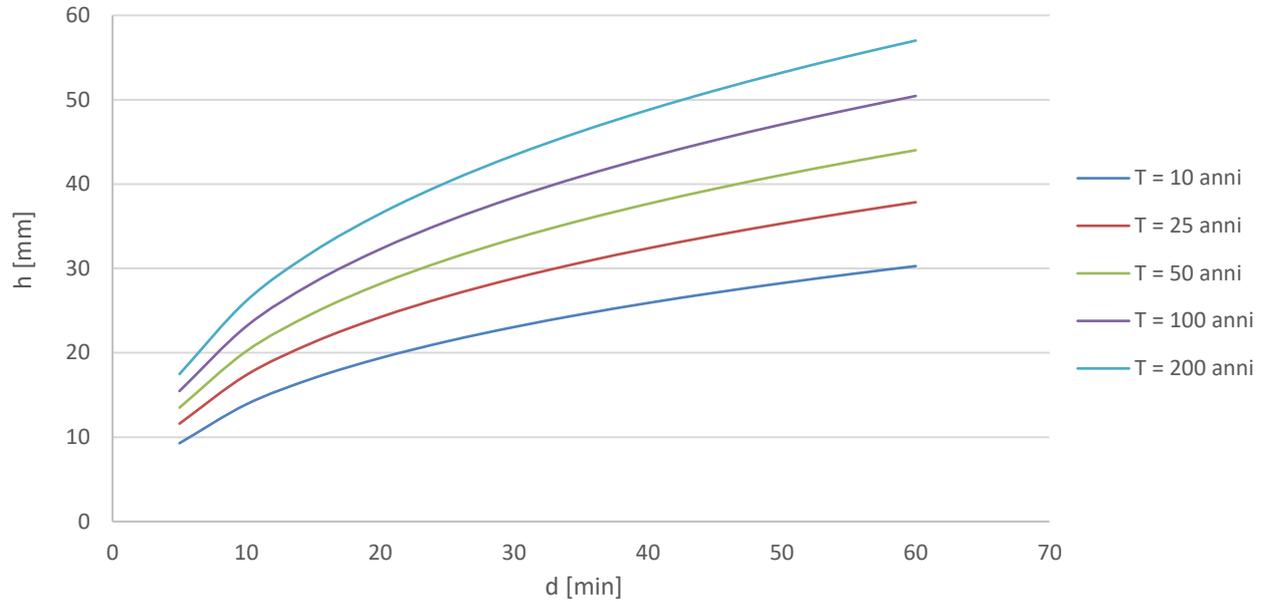


Figura 48 - Curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora per i bacini della parte Nord dell'impianto

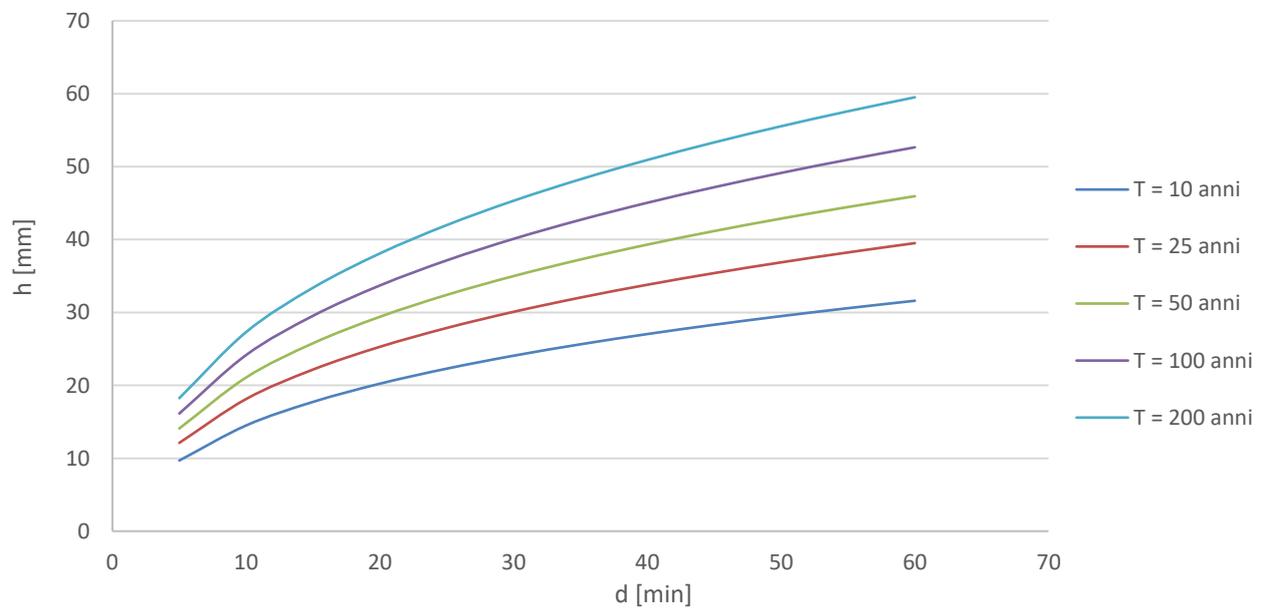


Figura 49 - Curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora per i bacini della parte Sud dell'impianto



*Tabella 10 - Parametri della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora per i bacini della parte Nord dell'impianto*

		<b>a</b>	<b>n</b>
<b>TR</b>	<b>10</b>	4.679	0.4638
	<b>25</b>	5.849	0.4638
	<b>50</b>	6.801	0.4638
	<b>100</b>	7.794	0.4638
	<b>200</b>	8.810	0.4638

*Tabella 11 - Parametri della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora per i bacini della parte Sud dell'impianto*

		<b>a</b>	<b>n</b>
<b>TR</b>	<b>10</b>	4.883	0.4638
	<b>25</b>	6.105	0.4638
	<b>50</b>	7.099	0.4638
	<b>100</b>	8.135	0.4638
	<b>200</b>	9.195	0.4638



#### 4.4 Trasformazione afflussi-deflussi

La stima della portata di piena per un assegnato tempo di ritorno viene condotta attraverso l'impiego di modelli afflussi-deflussi che trasformano l'input pluviometrico in deflusso superficiale.

Tra i modelli afflussi-deflussi disponibili in letteratura si farà riferimento in particolare a due metodi che trovano ampia diffusione a livello nazionale e internazionale:

- Il *Metodo Razionale*, che rappresenta a livello nazionale la formulazione più utilizzata a livello operativo per la stima della portata al colmo in bacini idrografici di piccola e media dimensione
- Il metodo proposto dal Soil Conservation Service americano [1972], nel seguito indicato come *Metodo S.C.S.*

##### 4.4.1 Metodo razionale

Il modello razionale ipotizza una pioggia costante nel tempo ed uniforme nello spazio, avente un'altezza  $h'_{T_c}$  (mm) ed una durata pari al tempo di corrivazione  $T_c$  (ore) del bacino. Si suppone inoltre che a tale precipitazione consegue un idrogramma triangolare con durata pari a  $2 \cdot T_c$ . La portata al colmo  $Q$  vale di conseguenza:

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

Dove  $A$  è l'area del bacino in  $\text{km}^2$  e  $\varphi$  il coefficiente di deflusso, che stabilisce la quota di afflusso meteorico efficace ai fini del deflusso superficiale.

Per l'applicazione del metodo razionale è necessario specificare l'intensità di pioggia di assegnato tempo di ritorno con durata pari al tempo di corrivazione del bacino.

Tale intensità può essere valutata a partire dalla curva di possibilità pluviometrica da stimare in relazione al sito cui la verifica si riferisce.

La determinazione dei coefficienti di deflusso è di fondamentale importanza e si può svolgere secondo diversi approcci. Si può avere una prima valutazione approssimativa dei coefficienti di deflusso da indicazioni di letteratura. In generale, i coefficienti di deflusso sono un elemento altamente soggettivo e dipendente dalle scelte fatte dal progettista, anche se esistono riscontri sperimentali che individuano il range dei valori plausibili. La rilevanza dei coefficienti di deflusso ai fini della stima delle portate richiama l'attenzione sul fatto che occorre una valutazione esperta caso per caso. In assenza di indicazioni specifiche, viene usualmente adottato un coefficiente di deflusso pari a 0,7.

Altro parametro fondamentale è il tempo di corrivazione definito come il “tempo necessario ad una particella di acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino lungo il percorso idraulicamente più lungo”; nel metodo cinematico tale tempo è indipendente dalla forma del bacino e della sua rete drenante: quindi, più che grandezza fisica, esso ha un significato modellistico di parametro di taratura.

#### 4.4.2 Metodo CN – SCS

Questo metodo, messo a punto dal Dipartimento dell’Agricoltura degli Stati Uniti [Soil Conservation Service, S.C.S.], nel 1972, è una procedura con ampia diffusione in ambiente americano e che consente la ricostruzione delle piene in bacini idrografici di superficie medio piccola, in genere non superiore a 20-30 km<sup>2</sup>. Il metodo, noto anche come metodo “*del numero di curva*” dalla denominazione inglese di Curve Number, terminologia che deriva dal simbolo usato per la sua parametrizzazione, consente sia la determinazione del volume della piena e della sua portata al colmo sia, qualora di interesse, la completa ricostruzione dell’idrogramma.

La procedura di calcolo che viene prevista dal metodo in trattazione viene illustrata nei seguenti passaggi, sintetizzati per punti:

- Stima del Curve Number, relativo a condizioni di elevata umidità (CN(III)), utilizzando la seguente formula:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{(0.43 + 0.0057 \cdot CN(II))}$$

Dove:

CN(II) = Curve Number, relativo a condizioni di umidità media, desumibile dalla seguente tabella in funzione di diversi tipi di suolo e copertura:

Corine LIVELLO 3	SCS-CN per diversi HSG				Rif. USDA 1986
	A	B	C	D	
111 - Tessuto urbano continuo	89	92	94	95	Commercial and business (85% imp.)
112 - Tessuto urbano discontinuo	77	85	90	92	1/8 acre or less (town houses) (65% imp.)/small>
121 - Unità industriali o commerciali	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
122 - Reti di strade e binari e territori associati	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
123 - Aree portuali	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
124 - Aeroporti	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
131 - Luoghi di estrazioni di minerali	76	85	89	91	Gravel (including right of way)
132 - Discariche	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
133 - Luoghi di costruzione	77	86	91	94	Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation)
141 - Aree di verde urbano	49	69	79	84	Fair condition (grass cover 50 to 75%)
142 - Strutture di sport e tempo libero	68	79	86	89	Poor condition (grass cover <50%)



211 - Seminativi non irrigati	61	73	81	84	Contoured (C)
212 - Suolo permanentemente irrigato	67	78	85	89	Straight row (SR)
213 - Risaie	62	71	78	81	Contoured & terraced (C&T)
221 - Vigneti	76	85	90	93	Crop residue cover
222 - Frutteti e frutti minori	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
223 - Oliveti	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
231 - Pascoli	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
241 - Colture annuali associate a colture permanenti	61	73	81	84	Small grain
242 - Coltivazione complessa	61	73	81	84	Small grain
243 - Suoli principalmente occupati dall'agricoltura	61	73	81	84	Small grain
244 - Aree di agro-selvicoltura	43	65	76	82	Small grain
311 - Foreste a latifoglie	36	60	73	79	Woods
312 - Foreste a conifere	36	60	73	79	Woods
313 - Foreste miste	36	60	73	79	Woods
321 - Prateria naturale	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
322 - Lande e brugheria	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
323 - Vegetazione sclerofila	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
324 - Transizione suolo boscoso/arbusti	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
331 - Spiagge, dune e piani di sabbia	46	65	77	82	12% imp.
332 - Roccia nuda	96	96	96	96	Artificial desert landscaping
333 - Aree scarsamente vegetate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
334 - Aree bruciate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
335 - Ghiacciai e nevi perenni	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
411 - Paludi interne	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
412 - Torbiere	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
421 - Paludi di sale	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
422 - Saline	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
423 - Piani intertidali	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
511 - Corsi d'acqua	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
512 - Corpi d'acqua	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
521 - Lagune costiere	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
522 - Estuari	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
523 - Mare	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies

Tabella 12 - Valori del parametro CN per diverse combinazioni di suolo e copertura, considerando condizioni di media umidità CN(II). (Fonte: [https://www.regione.toscana.it/documents/10180/12745809/Parametri\\_HMS.pdf/fd3b35dc-98d9-463b-aa87-ed3eaf6da89](https://www.regione.toscana.it/documents/10180/12745809/Parametri_HMS.pdf/fd3b35dc-98d9-463b-aa87-ed3eaf6da89))

Tabella 13 - Tipi idrologici di suolo da considerare nella scelta del parametro CN. (Fonte: [http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2011/Argomento\\_7/produz\\_deflusso\\_superficiale.pdf](http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2011/Argomento_7/produz_deflusso_superficiale.pdf))

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
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.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

- Stima del volume specifico di saturazione del terreno con la seguente formula:

$$V_s = 25.4 \left( \frac{1000}{CN(III)} - 10 \right)$$

dove:

$V_s$  = Volume specifico di saturazione del terreno [mm];

CN(III) = Parametro numerico precedentemente calcolato.

- Stima della pioggia efficace con la seguente formula:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 \cdot V_s)^2}{(P + 0.8 \cdot V_s)}$$

dove:

$P_e$  = Pioggia efficace [mm];

$P$  = Pioggia totale [mm], esprimibile sulla base delle curve di probabilità pluviometrica risultanti dall'analisi idrologica e riferibile ad una durata pari al tempo di corrivazione del bacino ( $t_c$ );

$V_s$  = Volume specifico di saturazione del terreno [mm], precedentemente calcolato.

- Calcolo del tempo di accumulo nel bacino ( $t_a$ ) in ore, in funzione del tempo efficace ( $t_{eff}$ ) in ore e del tempo di ritardo ( $t_r$ ) in ore, usando le seguenti formule:

$$t_a = 0.5 \cdot t_{eff} + t_r$$



$$t_{eff} = T_c \left( 1 - \frac{0.2 S}{h_{T_c, T}} \right)$$

$$t_r = 0.6 \cdot T_c$$

dove:

$h_{T_c, T}$  (mm) = Altezza di pioggia esprimibile sulla base delle curve di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno (T) e del tempo totale di pioggia assunto pari al tempo di corrivazione del bacino ( $T_c$ );

$T_c$  (ore) = Tempo di corrivazione del bacino considerato.

- Calcolo dell'idrogramma unitario, usando la seguente formula:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{P_e \cdot S}{t_a}$$

dove:

$Q_p$  = Portata di picco dell'idrogramma unitario [ $m^3/sec \cdot mm$ ];

$P_e$  = Pioggia efficace [mm];

$S$  = Estensione del bacino [ $km^2$ ];

$t_a$  = Tempo di accumulo [ore].

- Calcolo della portata al colmo, usando la seguente formula:

$$Q = Q_p \cdot h_{T_c, T}$$

dove:

$Q$  = Portata al colmo [ $m^3/s$ ];

$Q_p$  = Portata di picco dell'idrogramma unitario [ $m^3/sec \cdot mm$ ];

$h_{T_c, T}$  = Altezza di pioggia calcolata sulla base della curva di probabilità pluviometrica in relazione ad un evento di durata pari al tempo di corrivazione ( $t_c$ ) e di fissato tempo di ritorno (T).



INTERNAL CODE

**C23FSTR002WR05500**

PAGE

75 di/of 122

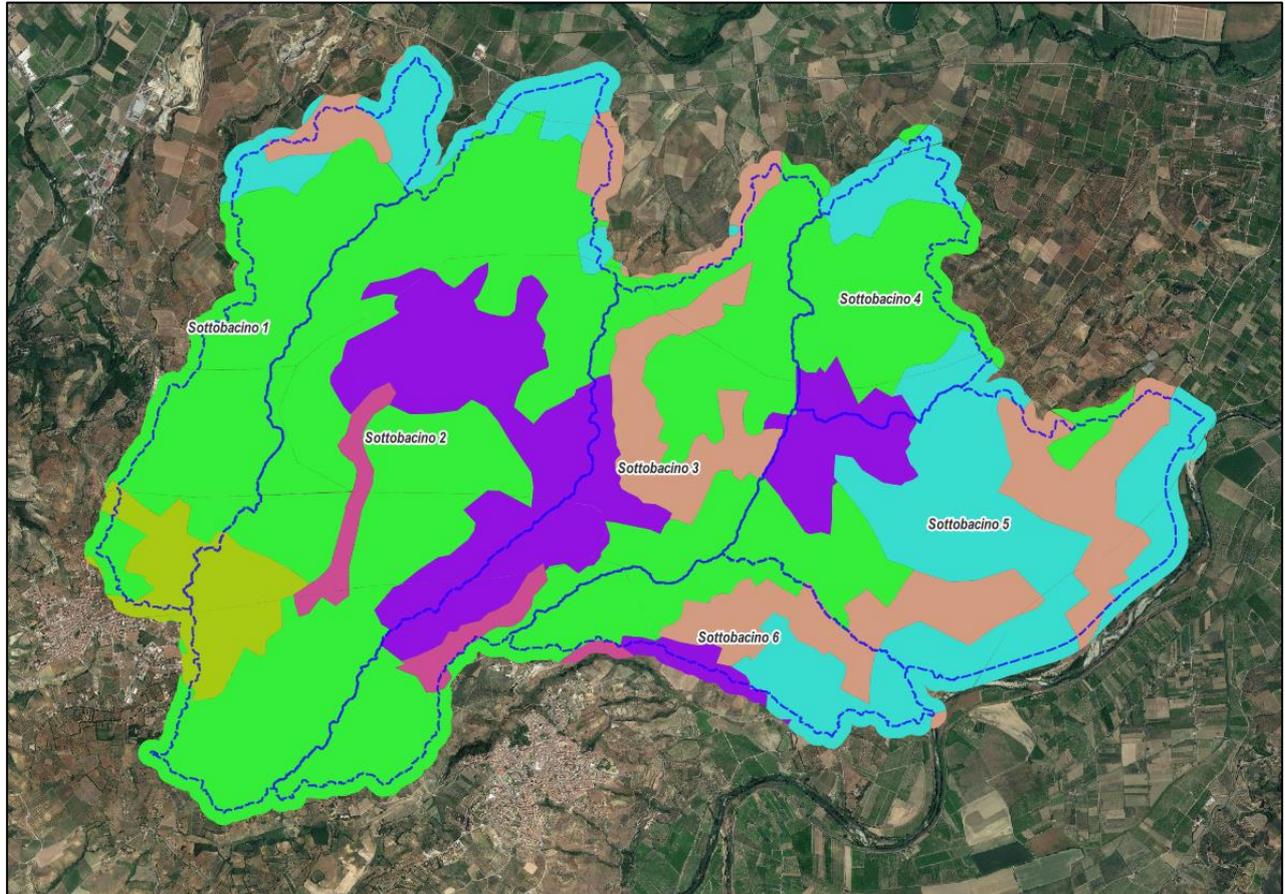
## **5 ANALISI IDRAULICA**

L'analisi idraulica verrà svolta utilizzando il software HEC-RAS 6.2, sviluppato all'Hydrologic Engineering Center (HEC) della U.S. Army Corps of Engineers (USACE), utilizzato per la modellazione mono e bidimensionale di reti di canali naturali e artificiali.

A livello operativo, la modellazione idraulica verrà estesa ai sottobacini idrografici considerati all'interno dei quali ricadono le WTG, utilizzando la pioggia come condizione al contorno e modellando i sottobacini inserendo le informazioni riguardanti il valore del Curve Number per tenere conto della capacità di deflusso del terreno e il valore del coefficiente di Manning per tenere conto della scabrezza dei suoli.

### **5.1 Stima del Curve Number**

Per calcolare il Curve Number per i sottobacini di interesse secondo il metodo SCS si considerano le tematiche relative all'uso del suolo e alla litologia delle aree in esame riportate nel seguito:



Linea spartiacque dei sottobacini

**Uso del suolo**



Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti



Colture intensive (Seminativi semplici)



Frutteti e frutti minori



Oliveti

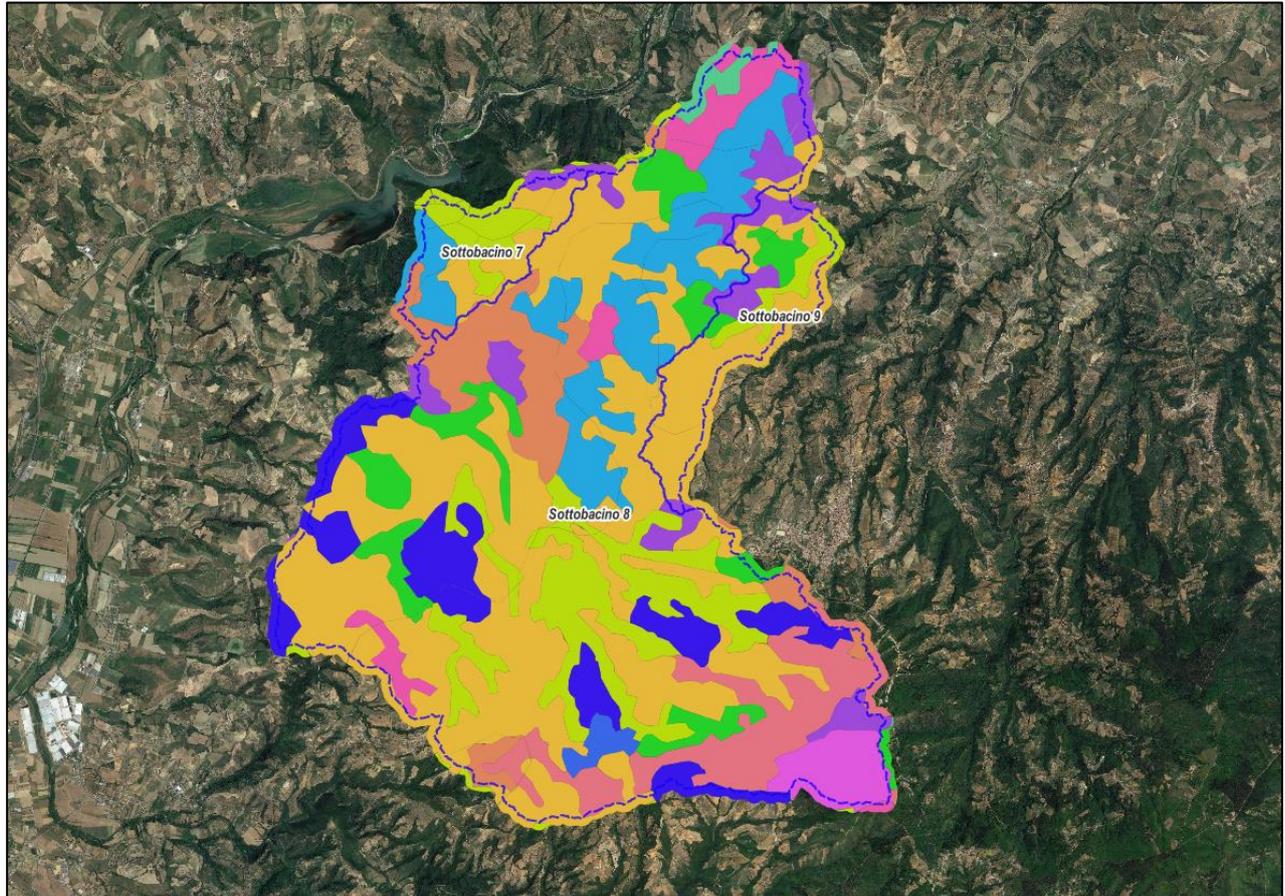


Sistemi colturali e particellari complessi



Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado

Figura 50 - Uso del suolo per i sottobacini di interesse della parte Nord dell'impianto

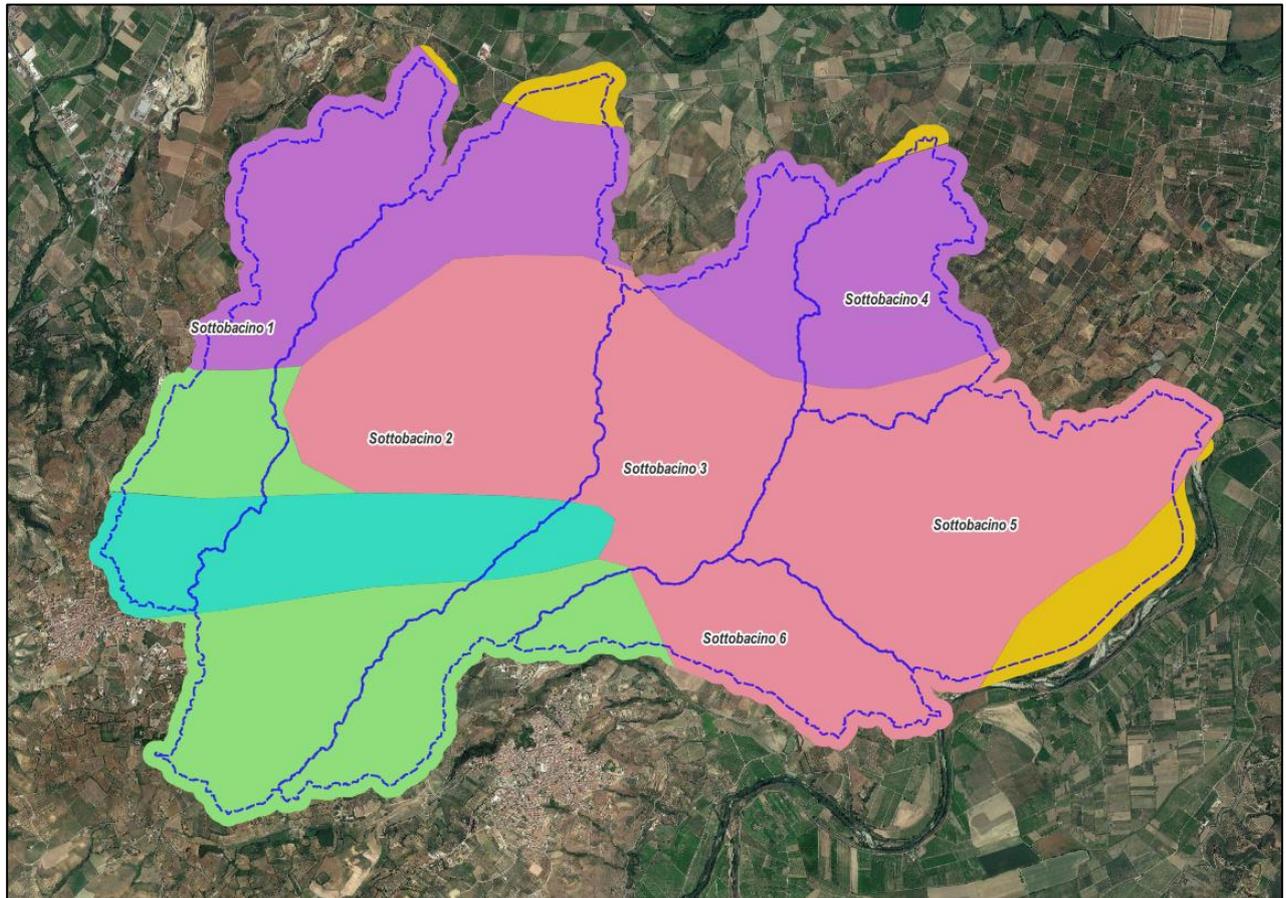


Linea spartiacque dei sottobacini

**Uso del suolo**

-  Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione
-  Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
-  Boschi a prevalenza di pini mediterranei (pino domestico, pino marittimo) e cipressete
-  Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)
-  Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini mediterranei
-  Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini montani e Oromediterranei
-  Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie
-  Colture estensive (Seminativi arborati)
-  Colture intensive (Seminativi semplici)
-  Colture temporanee associate a colture permanenti
-  Oliveti
-  Sistemi colturali e particellari complessi
-  Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado

Figura 51 - Uso del suolo per i sottobacini di interesse della parte Sud dell'impianto



Linea spartiacque dei sottobacini

#### Litologia



Argille



Calcari micritici e micriti argillose pelagiche



Detriti, alluvioni terrazzate, fluviolacustri e fluvioglaciali

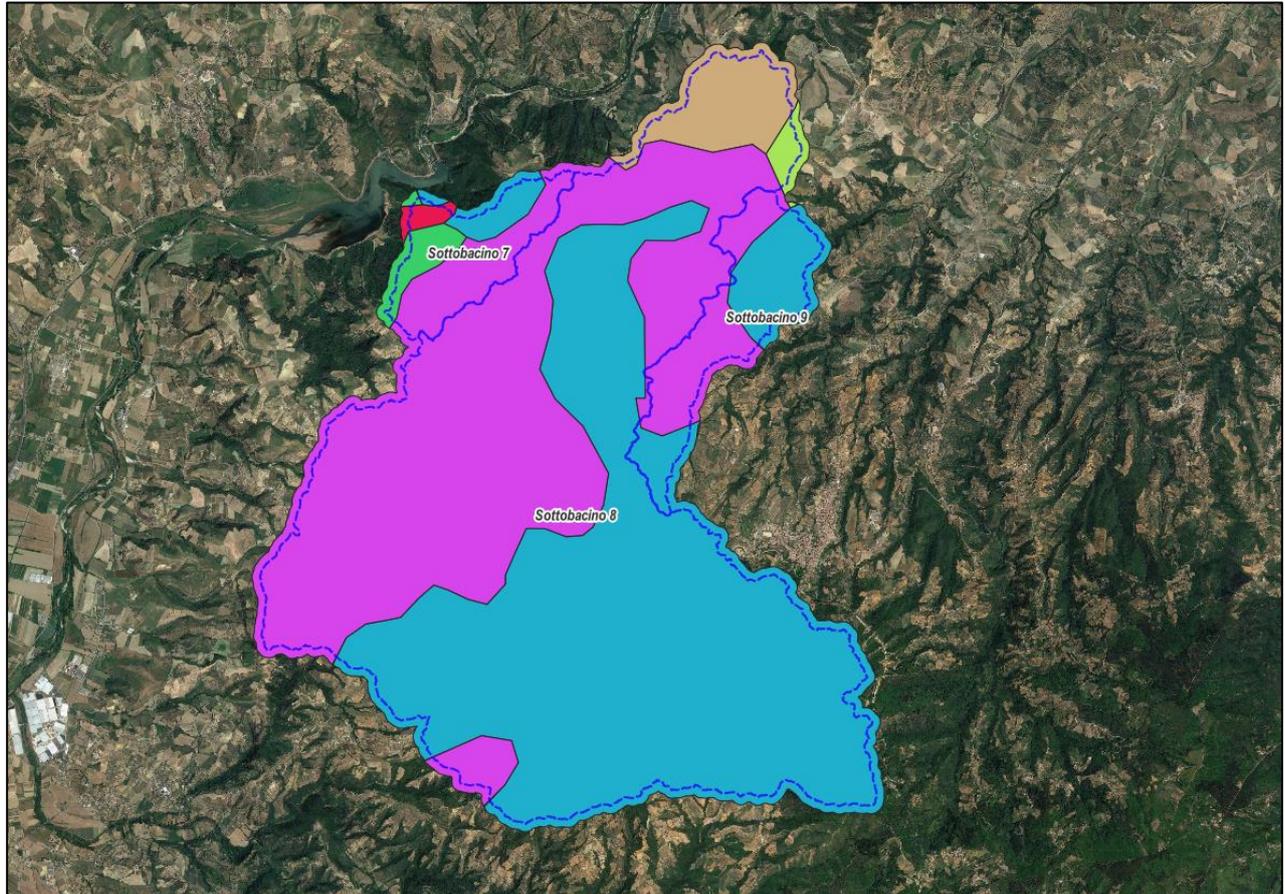


Detriti, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali



Sabbie e conglomerati

Figura 52 - Tipologia di suolo per i sottobacini di interesse della parte Nord dell'impianto



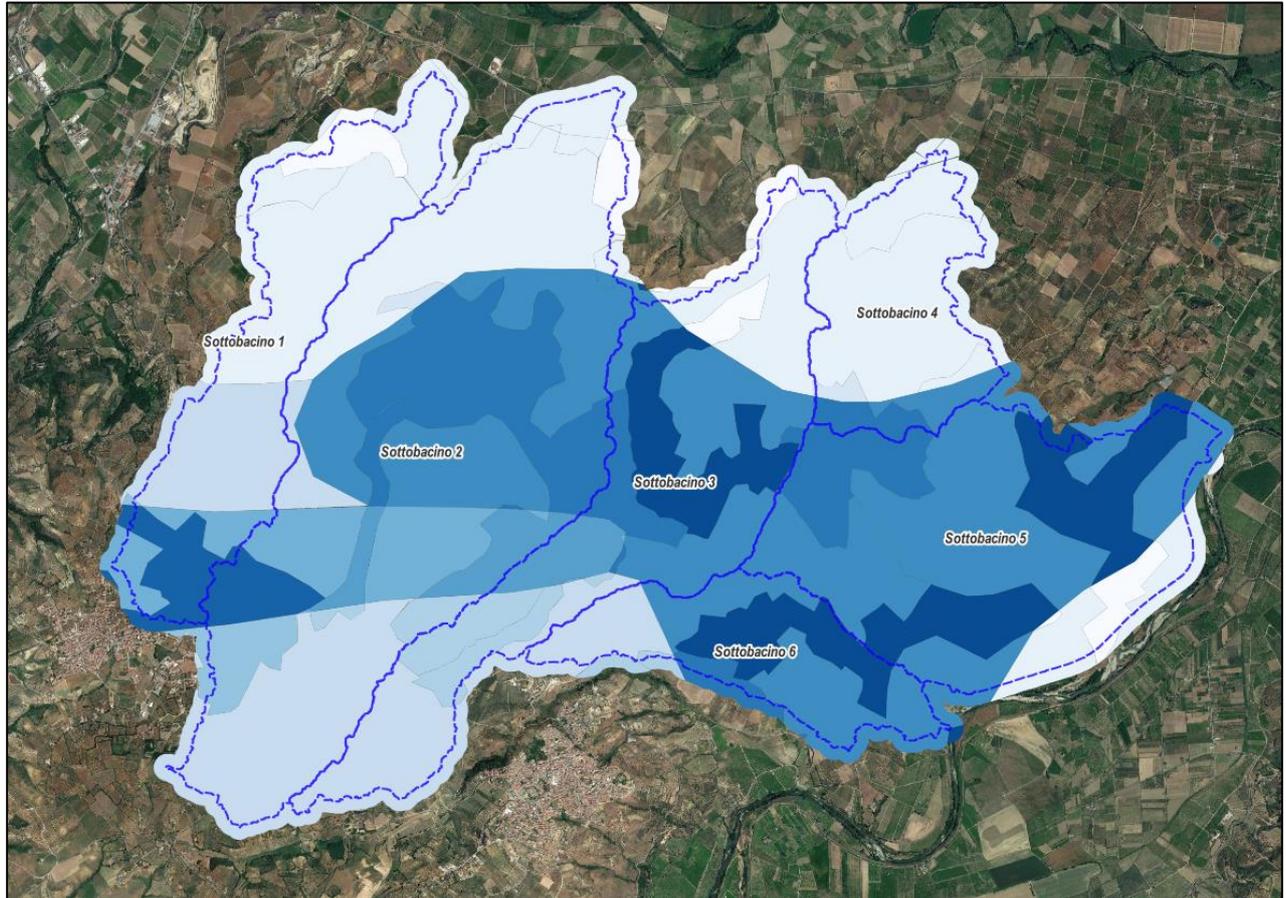
Linea spartiacque dei sottobacini

#### Litologia

-  Arenarie e conglomerati, talora torbiditici
-  Argille
-  Filladi, porfiroidi, marmi e scisti verdi (metamorfiti di basso grado)
-  Granuliti, gneiss con marmi e anfiboliti (metamorfiti di alto grado)
-  Laghi e ghiacciai
-  Sabbie e conglomerati

Figura 53 - Tipologia di suolo per i sottobacini di interesse della parte Sud dell'impianto

Dalla combinazione delle informazioni sopra riportate, in relazione ai valori riportati in Tabella 12 e Tabella 13, viene assegnato un valore univoco del Curve Number.

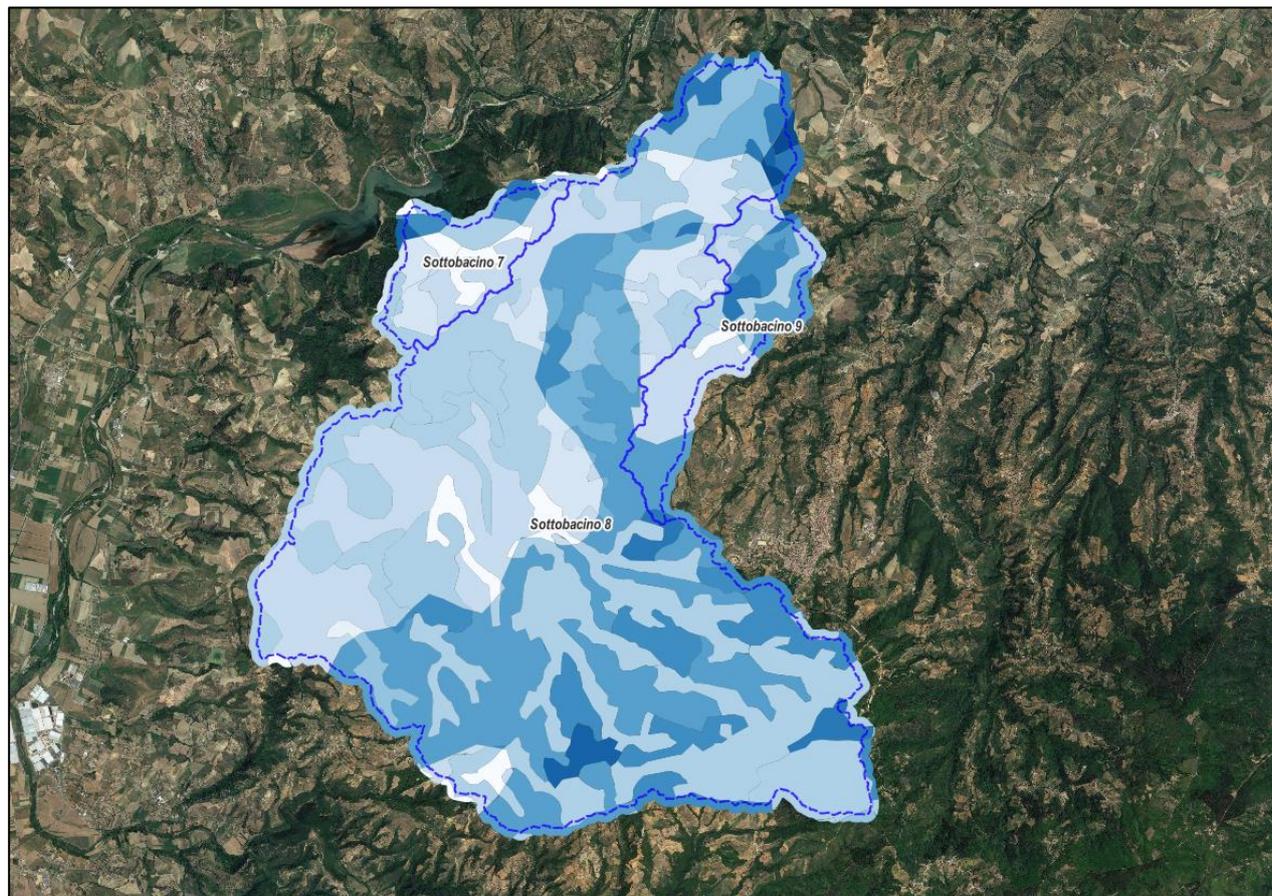


Linea spartiacque dei sottobacini

**Curve Number**

	61,0
	62,0
	64,0
	71,0
	73,0
	75,0
	78,0
	79,0
	81,0
	82,0
	83,0
	84,0

Figura 54 - Curve Number dei sottobacini di interesse per la parte Nord dell'impianto



Linea spartiacque dei sottobacini

**Curve Number**

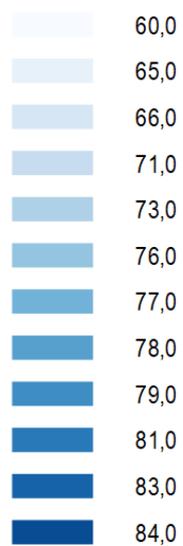


Figura 55 - Curve Number dei sottobacini di interesse per la parte Sud dell'impianto

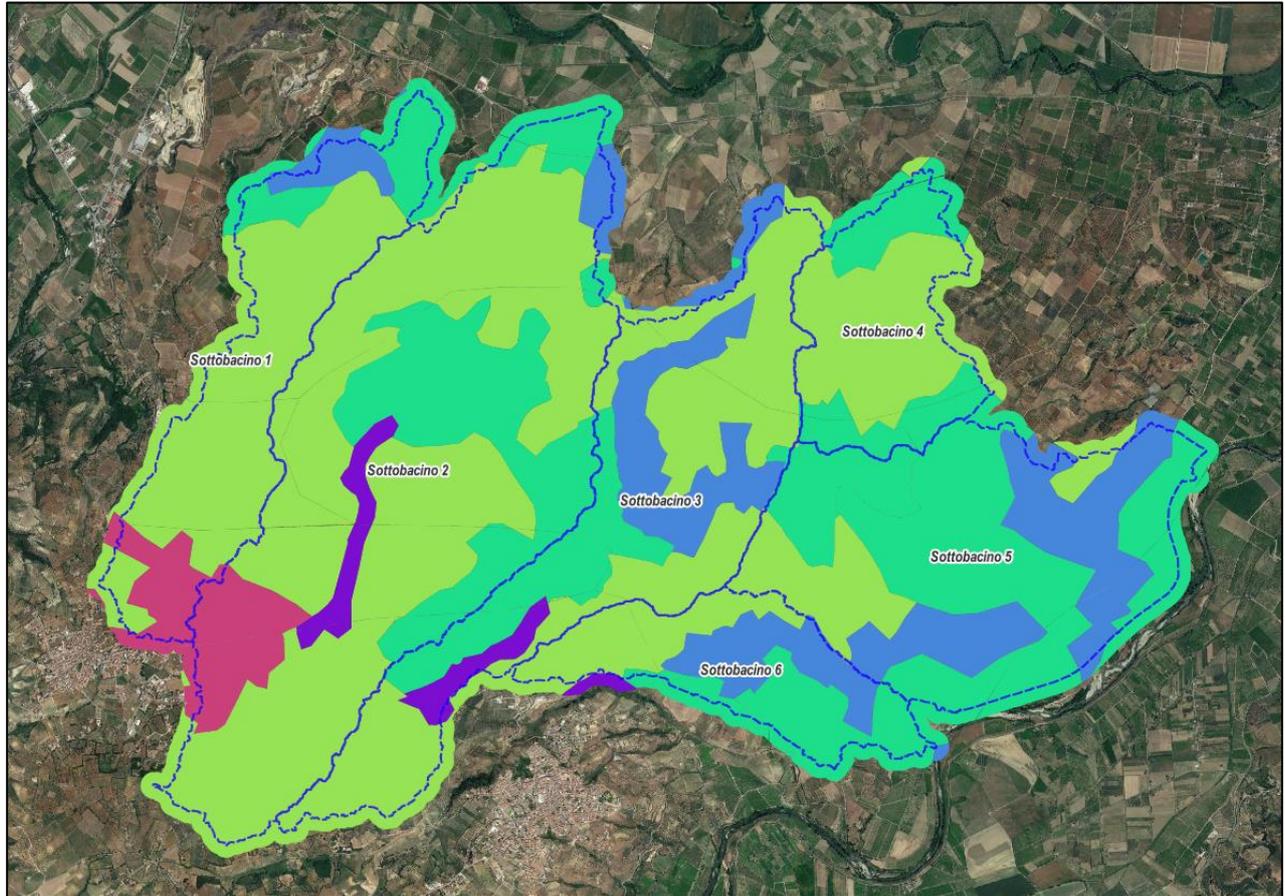


## 5.2 Definizione della scabrezza

La stima della scabrezza viene effettuata in relazione all'uso del suolo, associando ad ogni tipologia di destinazione d'uso un parametro caratteristico definito coefficiente di Manning [ $m^{-1/3}/s$ ] e mostrato nella tabella di seguito:

Tabella 14 - Coefficienti di Manning e categorie di uso del suolo associate (Fonte: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/r2dum/latest/developing-a-terrain-model-and-geospatial-layers/creating-land-cover-mannings-n-values-and-impervious-layers>)

C-CAP Class	C-CAP Value	C-CAP Land Cover Type	Range of n (HEC-RAS 2D Manual)	Suggested Initial n	Percent Impervious
Nodata	0	N/A	N/A	N/A	N/A
Unclassified	1	N/A	N/A	N/A	N/A
Developed Land	2	Developed, High Intensity	0.12 - 0.20	0.15	90
	3	Developed, Medium Intensity	0.08 - 0.16	0.12	65
	4	Developed, Low Intensity	0.06 - 0.12	0.08	35
	5	Developed, Open Space	0.03 - 0.05	0.035	10
Agricultural Land	6	Cultivated Crops	0.020 - 0.05	0.05	0
	7	Pasture/Hay	0.025 - 0.05	0.045	0
Grassland	8	Grassland/Herbaceous	0.025 - 0.05	0.04	0
Forest Land	9	Deciduous Forest	0.10 - 0.20	0.10	0
	10	Evergreen Forest	0.08 - 0.16	0.15	0
	11	Mixed Forest	0.08 - 0.20	0.12	0
Scrub Land	12	Shrub/Scrub	0.07 - 0.16	0.08	0
Palustrine Forested Wetlands	13	Palustrine Forested Wetland	0.045 - 0.15	0.08	50
	14	Palustrine Scrub/Shrub Wetland	0.045 - 0.15	0.08	50
	15	Palustrine Emergent Wetland (Persistent)	0.05 - 0.085	0.06	75
Estuarine Wetlands	16	Estuarine Forested Wetland	0.045 - 0.15	0.08	50
	17	Estuarine Scrub/Shrub Wetland	0.045 - 0.15	0.08	50
	18	Estuarine Emergent Wetland	0.05 - 0.085	0.06	75
Barren Land	19	Unconsolidated Shore	0.023 - 0.03	0.03	0
	20	Barren Land (Rock/Sand/Clay)	0.023 - 0.03	0.03	0
	24	Tundra	0.023 - 0.03	0.03	0
	25	Perennial Ice/Snow	0.023 - 0.03	0.03	50
Water and Submerged Lands	21	Open Water	0.025 - 0.05	0.035	100
	22	Palustrine Aquatic Bed	0.025 - 0.05	0.035	100
	23	Estuarine Aquatic Bed	0.025 - 0.05	0.035	100

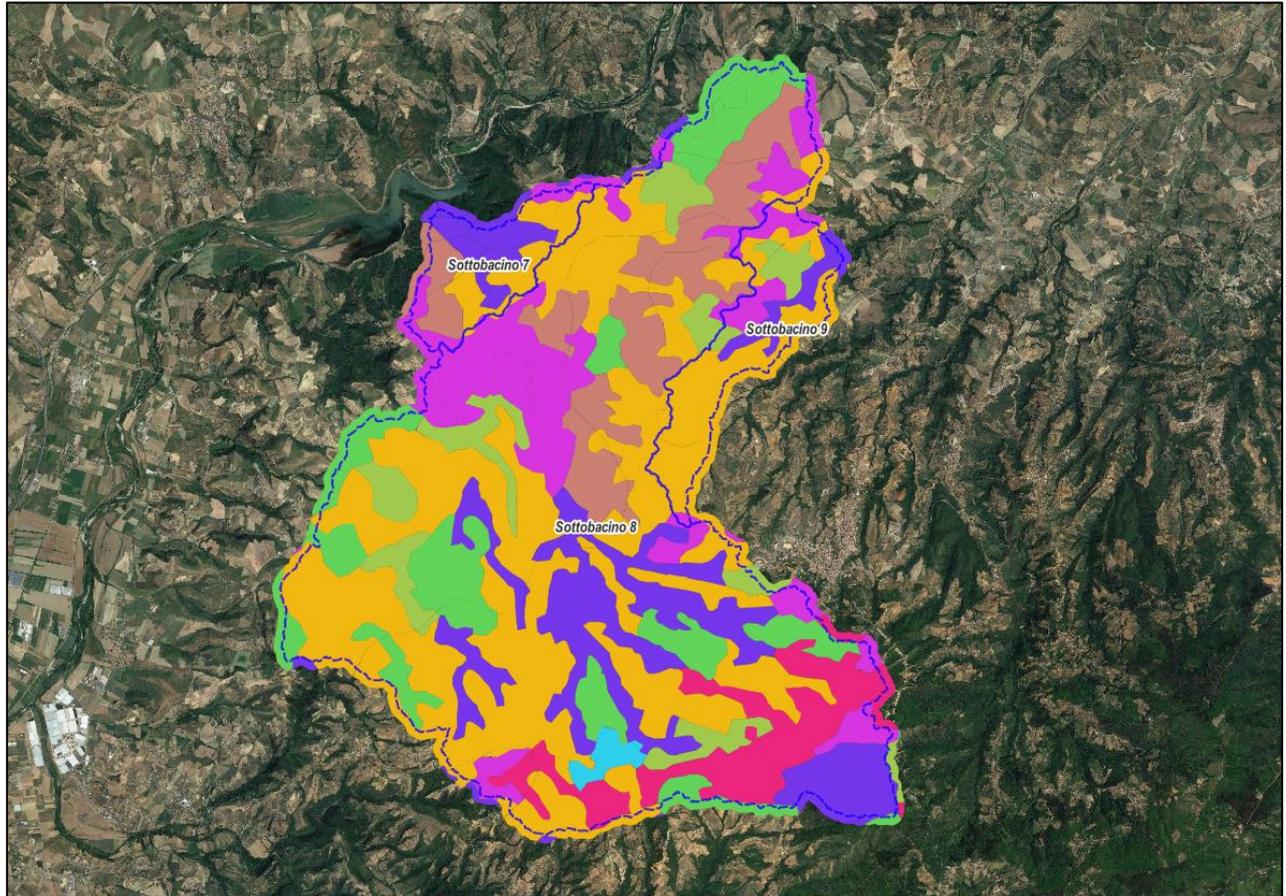


 Linea spartiacque dei sottobacini

**Coefficiente di Manning**

	0,013
	0,03
	0,035
	0,04
	0,05

Figura 56 - Classificazione dei sottobacini di interesse per la parte Nord dell'impianto secondo il valore del coefficiente di Manning



Linea spartiacque dei sottobacini

**Coefficiente di Manning**

	0,013
	0,03
	0,035
	0,04
	0,05
	0,12
	0,13
	0,15
	0,18

Figura 57 - Classificazione dei sottobacini di interesse per la parte Sud dell'impianto secondo il valore del coefficiente di Manning

### 5.3 Stima dello ietogramma di progetto

Per ietogramma (spesso definito anche come pioggia di progetto) si intende una certa distribuzione temporale della precipitazione da utilizzare per la progettazione o per la verifica in condizioni estreme di specifiche opere.

Più in generale si può dire che uno ietogramma sia un modello, cioè una schematizzazione, più o meno complessa, ideata per ottenere, in maniera univoca e riproducibile, l'evoluzione temporale di un singolo evento di pioggia.

Lo ietogramma di progetto è stato costruito seguendo il cosiddetto modello Chicago in base alla curva di possibilità pluviometrica estratta dal metodo VAPI con tempo di ritorno  $T_r = 200$  anni e una durata di 3 ore:

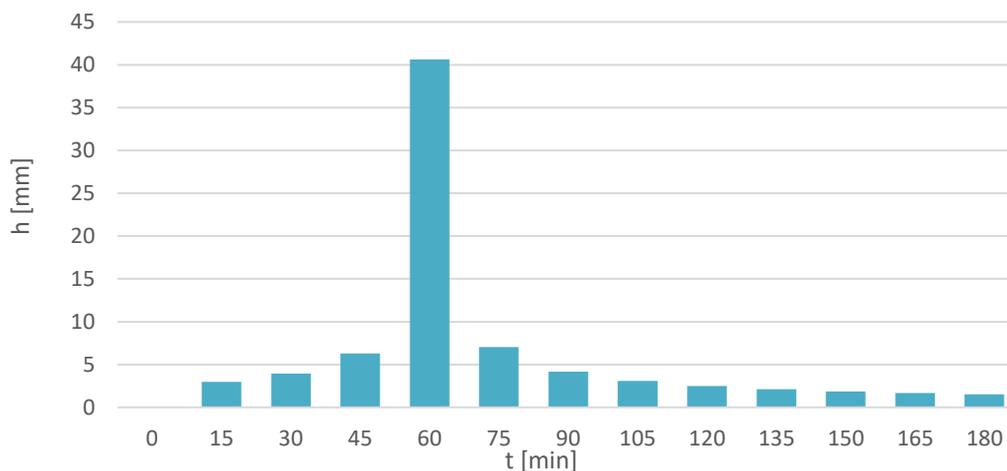


Figura 58 - Ietogramma di progetto per i bacini della parte Nord dell'impianto

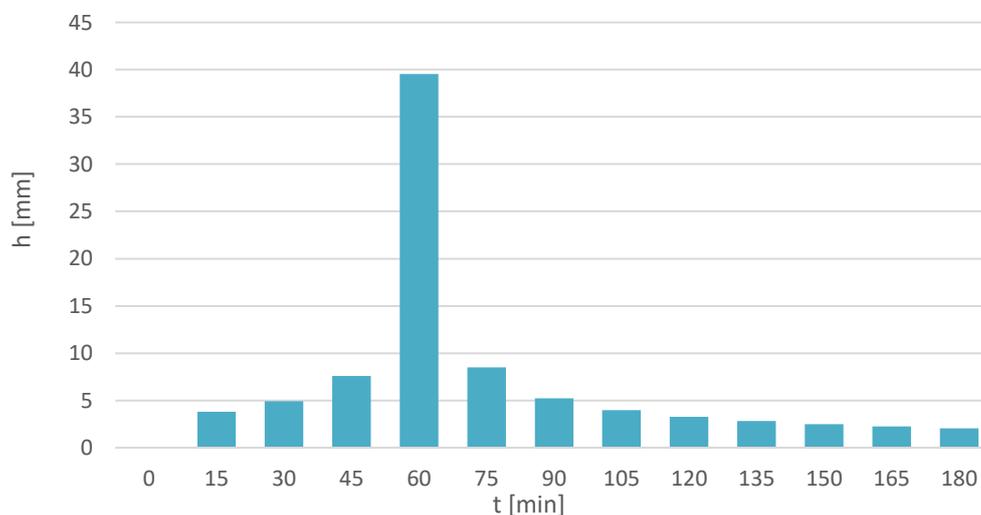


Figura 59 - Ietogramma di progetto per i bacini della parte Sud dell'impianto



#### 5.4 Risultati della simulazione idraulica

La simulazione idraulica è stata eseguita in condizioni di moto vario considerando una durata dell'evento di piena pari a 5 ore, tempo maggiore rispetto a quello usato per costruire lo ietogramma di progetto, così da permettere il completo deflusso delle acque meteoriche e ottenere risultati più precisi.

A livello geometrico è stato implementato un modello bidimensionale per entrambe le parti dell'impianto inserendo delle aree a deflusso 2D con celle di calcolo di 20 m per ogni sottobacino considerato, aggiungendo delle *breaklines* lungo gli elementi idrici principali che infittiscono le celle di calcolo al fine di migliorare i risultati della simulazione.

### 5.4.1 Risultati parte Nord dell'impianto

Si riportano di seguito gli inquadramenti di dettaglio con i risultati della simulazione:

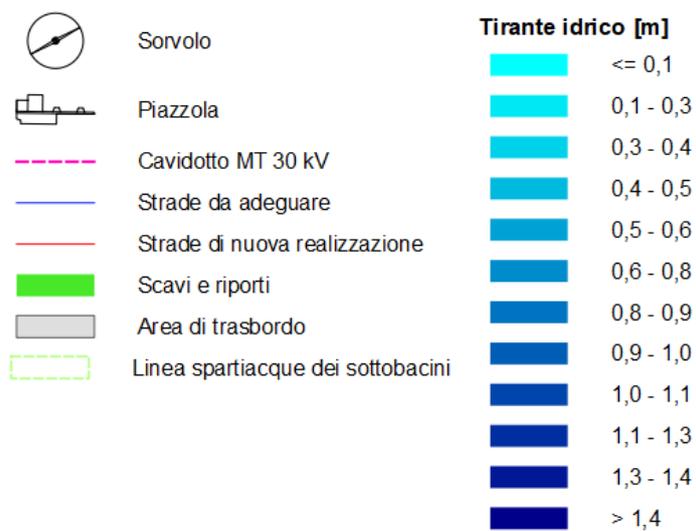
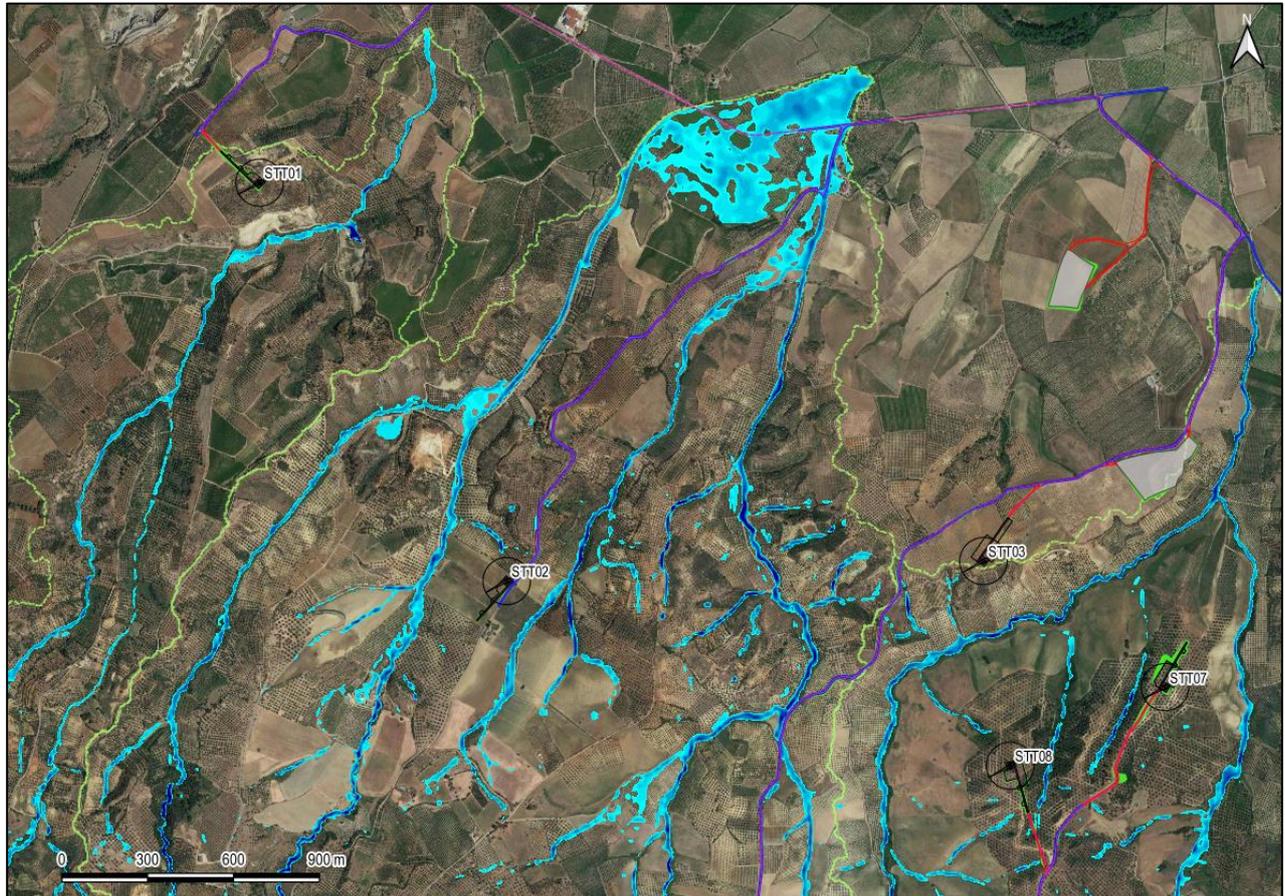


Figura 60 - Inquadramento di dettaglio (1 di 3) del layout di impianto e dei tiranti idrici

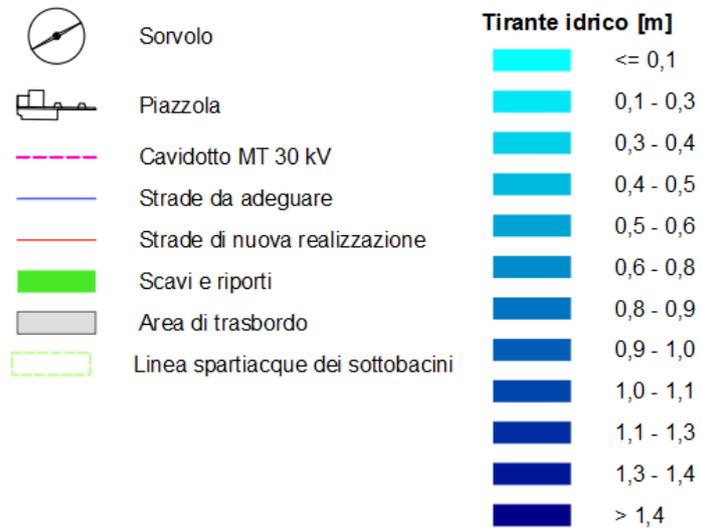
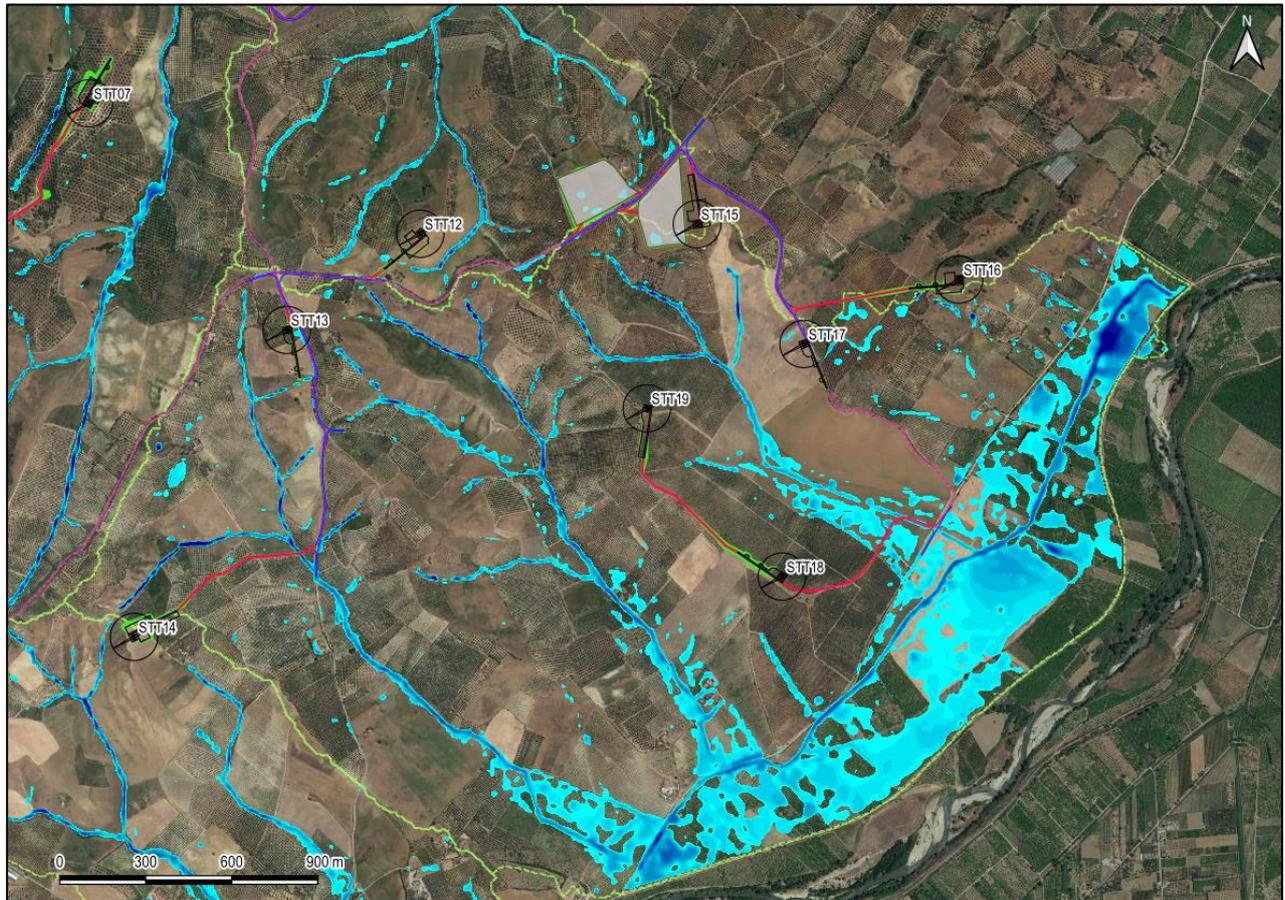


Figura 61 - Inquadramento di dettaglio (2 di 3) del layout di impianto e dei tiranti idrici

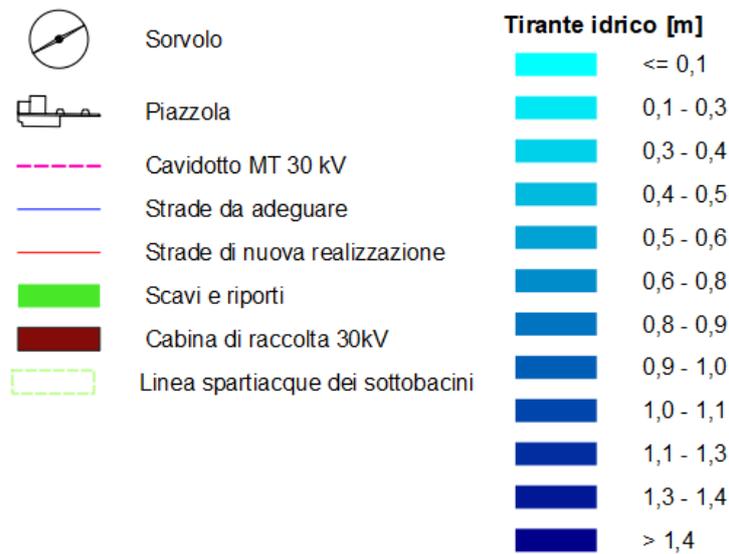
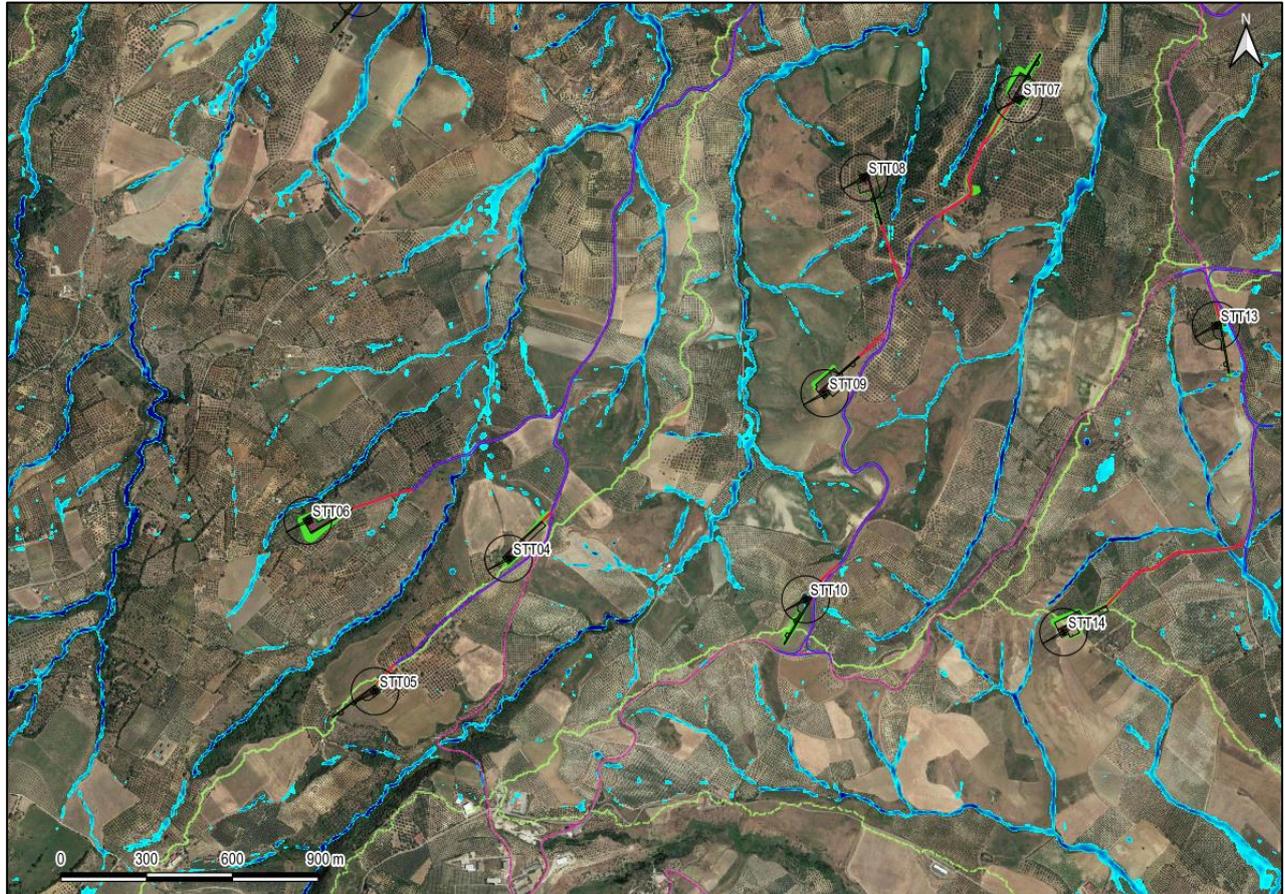
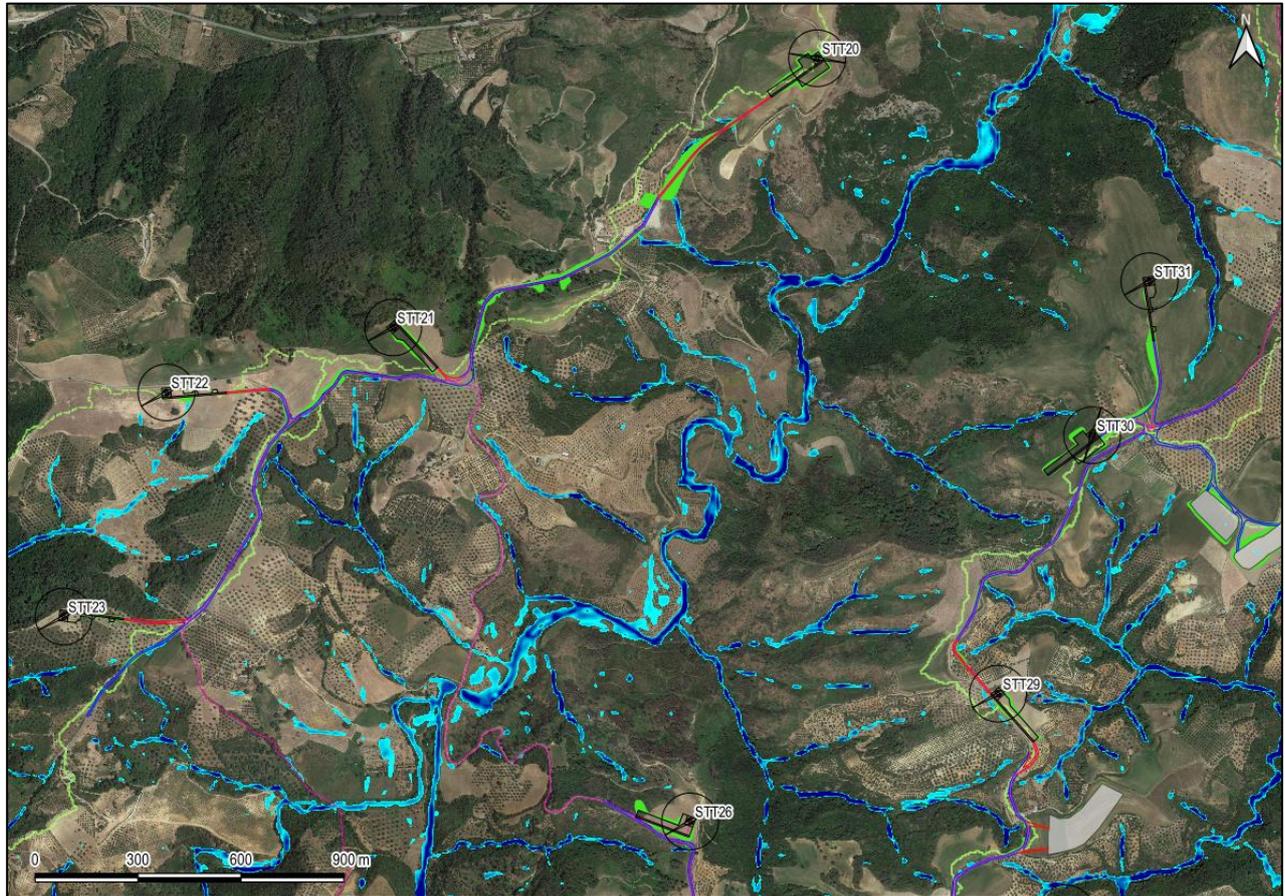


Figura 62 - Inquadramento di dettaglio (3 di 3) del layout di impianto e dei tiranti idrici

Alla luce di quanto sopra riportato non si riscontrano particolari criticità tra l'impianto parte Nord in progetto e le superfici interessate dall'inondazione per l'evento meteorico preso in considerazione.

### 5.4.2 Risultati parte Sud dell'impianto

Si riportano di seguito gli inquadramenti di dettaglio con i risultati della simulazione:



Sovolo



Piazzola



Cavidotto MT 30 kV



Strade da adeguare



Strade di nuova realizzazione



Scavi e riporti



Area di trasbordo



Linea spartiacque dei sottobacini

Tirante idrico [m]

<= 0,1

0,1 - 0,2

0,2 - 0,3

0,3 - 0,5

0,5 - 0,6

0,6 - 0,7

0,7 - 0,8

0,8 - 0,9

0,9 - 1,0

1,0 - 1,2

1,2 - 1,3

1,3 - 1,4

> 1,4

Figura 63 - Inquadramento di dettaglio (1 di 2) del layout di impianto e dei tiranti idrici

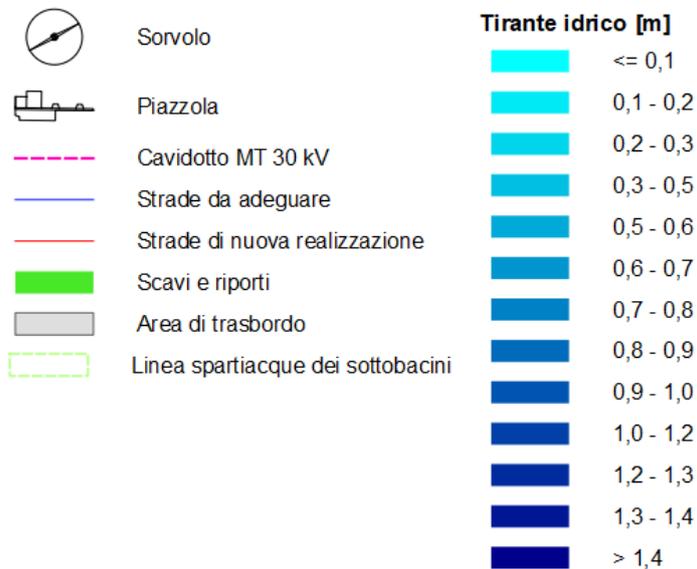
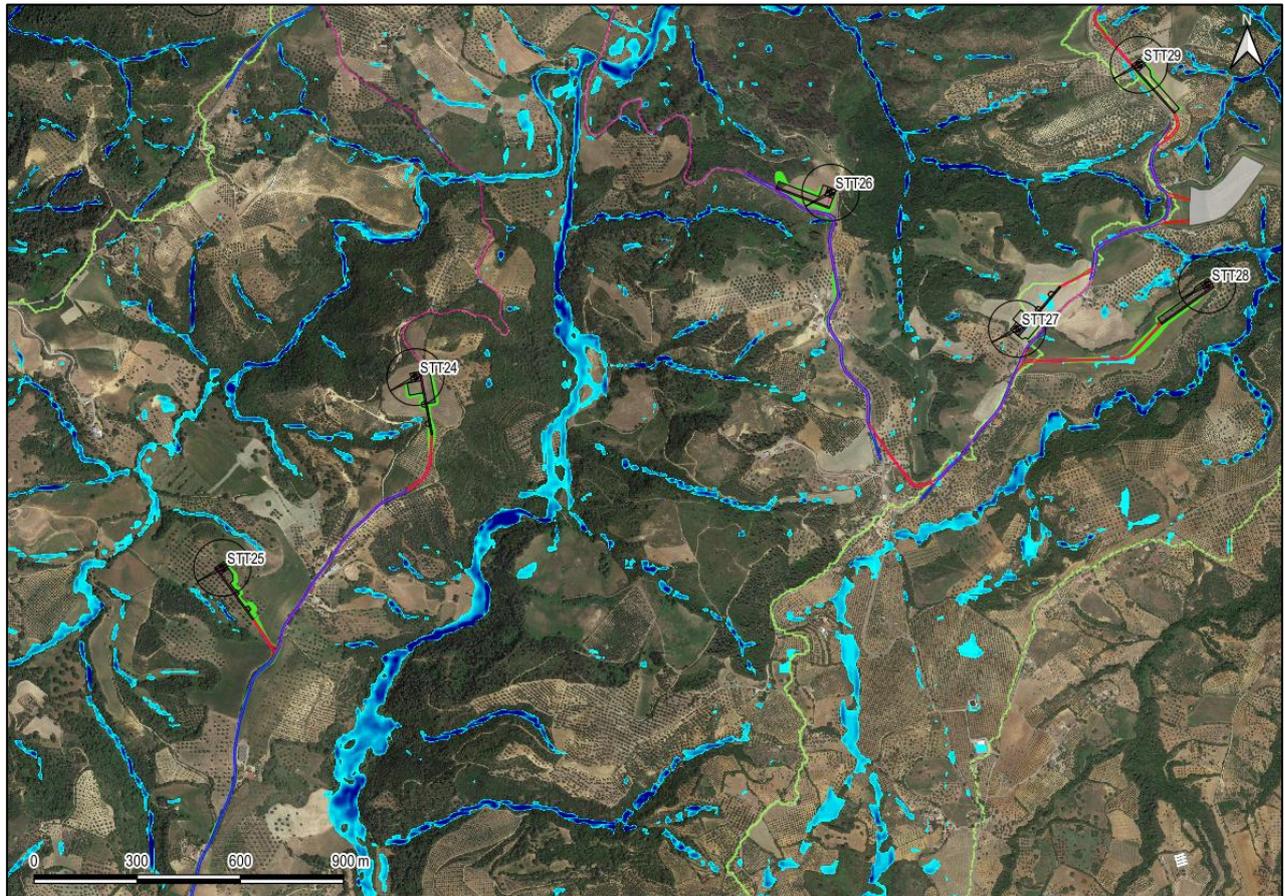


Figura 64 - Inquadramento di dettaglio (2 di 2) del layout di impianto e dei tiranti idrici

Alla luce di quanto sopra riportato non si riscontrano particolari criticità tra l'impianto in progetto e le superfici interessate dall'inondazione per l'evento meteorico preso in considerazione, tuttavia permangono alcuni punti meritevoli di attenzione in particolare, le interferenze del cavidotto MT con alcuni elementi idrici e l'interferenza del rilevato stradale della viabilità d'accesso alla STT20

con un impluvio naturale di cui si riporta un inquadramento di dettaglio di seguito:

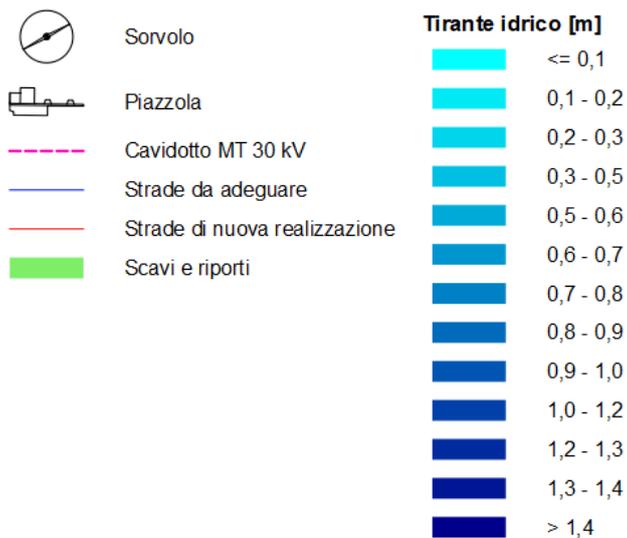
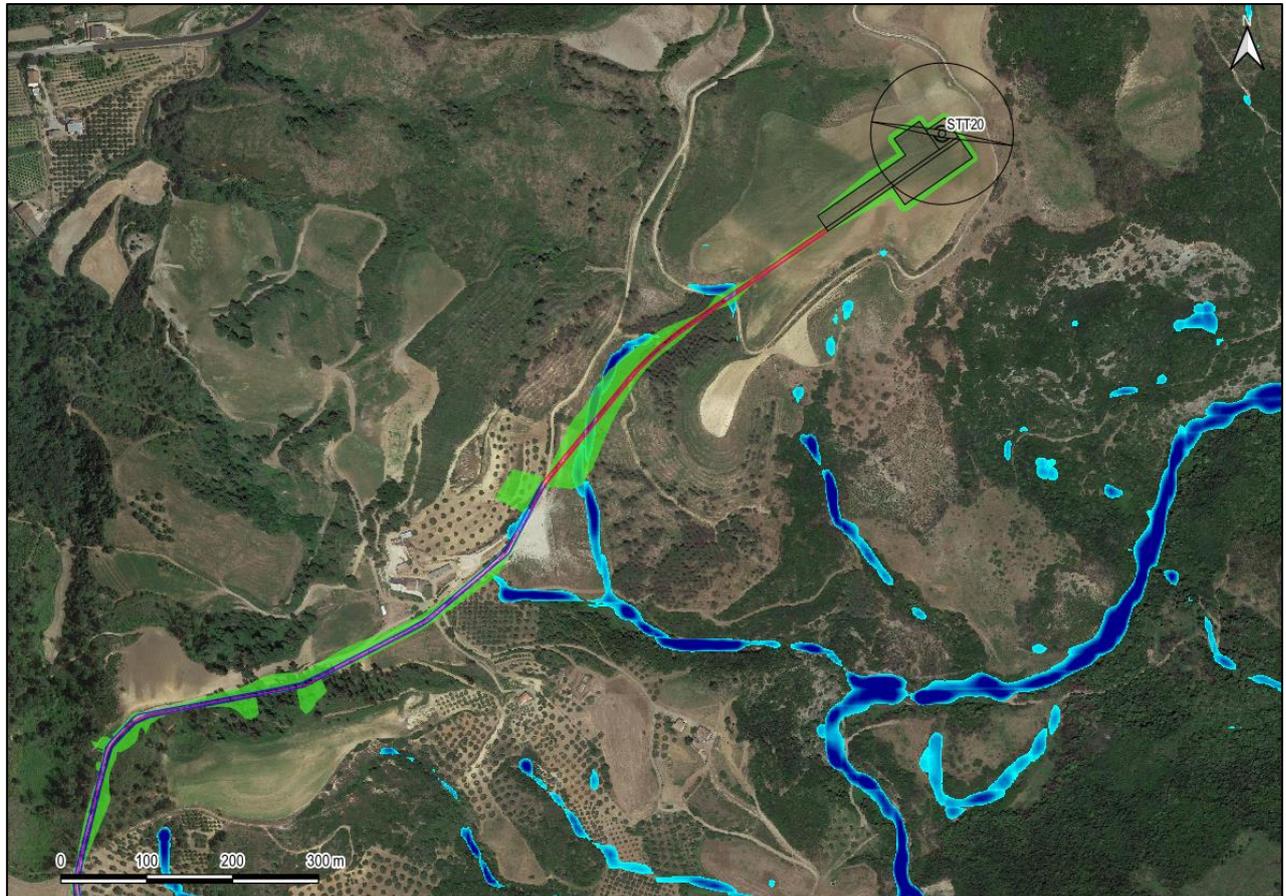
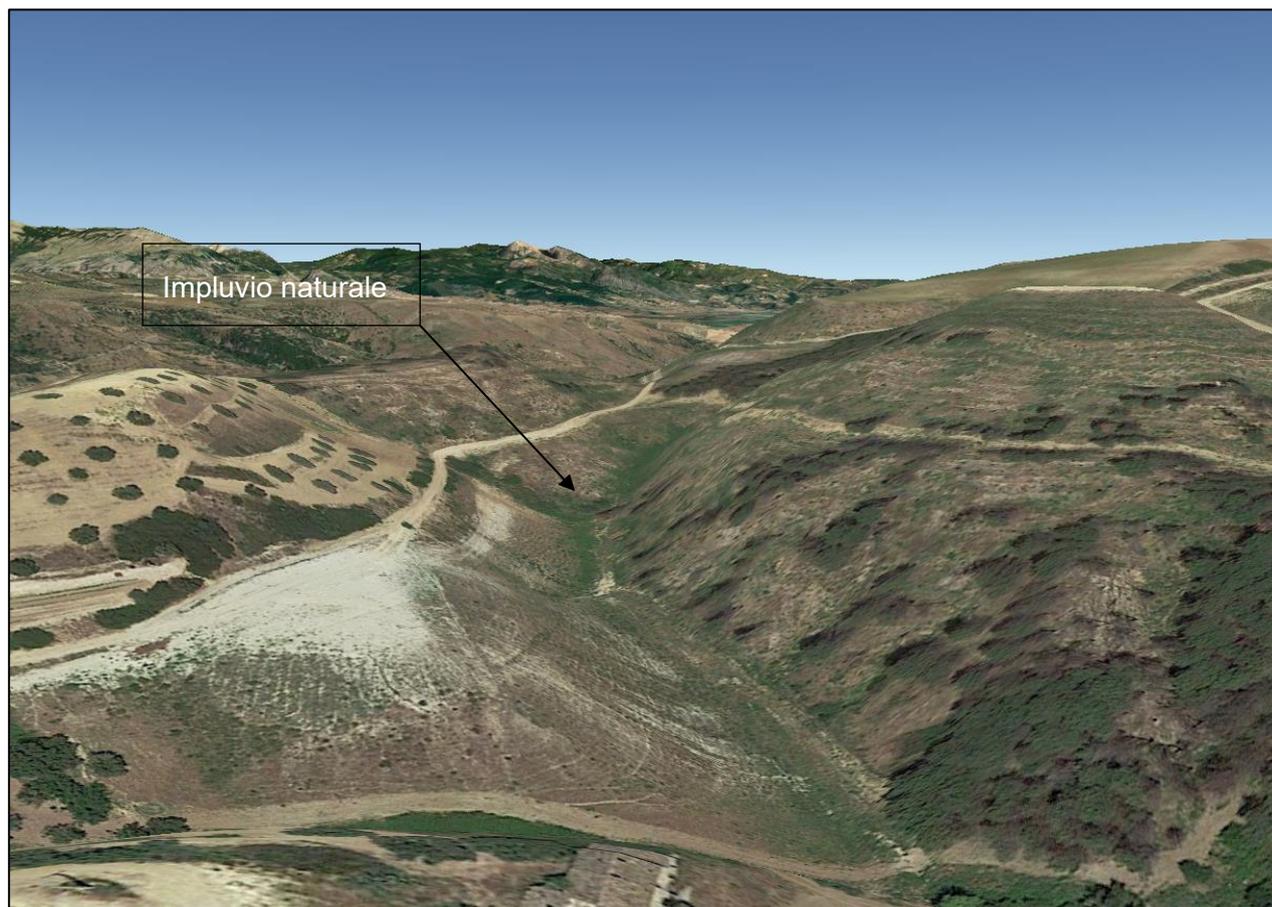


Figura 65 - Inquadramento di dettaglio della viabilità d'accesso alla STT20



*Figura 66 - Immagine tridimensionale della zona interessata dalla realizzazione del rilevato stradale della viabilità d'accesso alla STT20*

Le suddette criticità verranno descritte meglio nei capitoli a seguire.

## 6 RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON ELEMENTI IDRICI E IMPLUVI

Come accennato in precedenza, il rilevato stradale della viabilità in progetto che collega la STT20 risulta interferire con un impluvio naturale andando a ostruire il naturale deflusso delle acque che si raccolgono a monte.

Si riporta di seguito un inquadramento dettagliato dell'area esaminata:

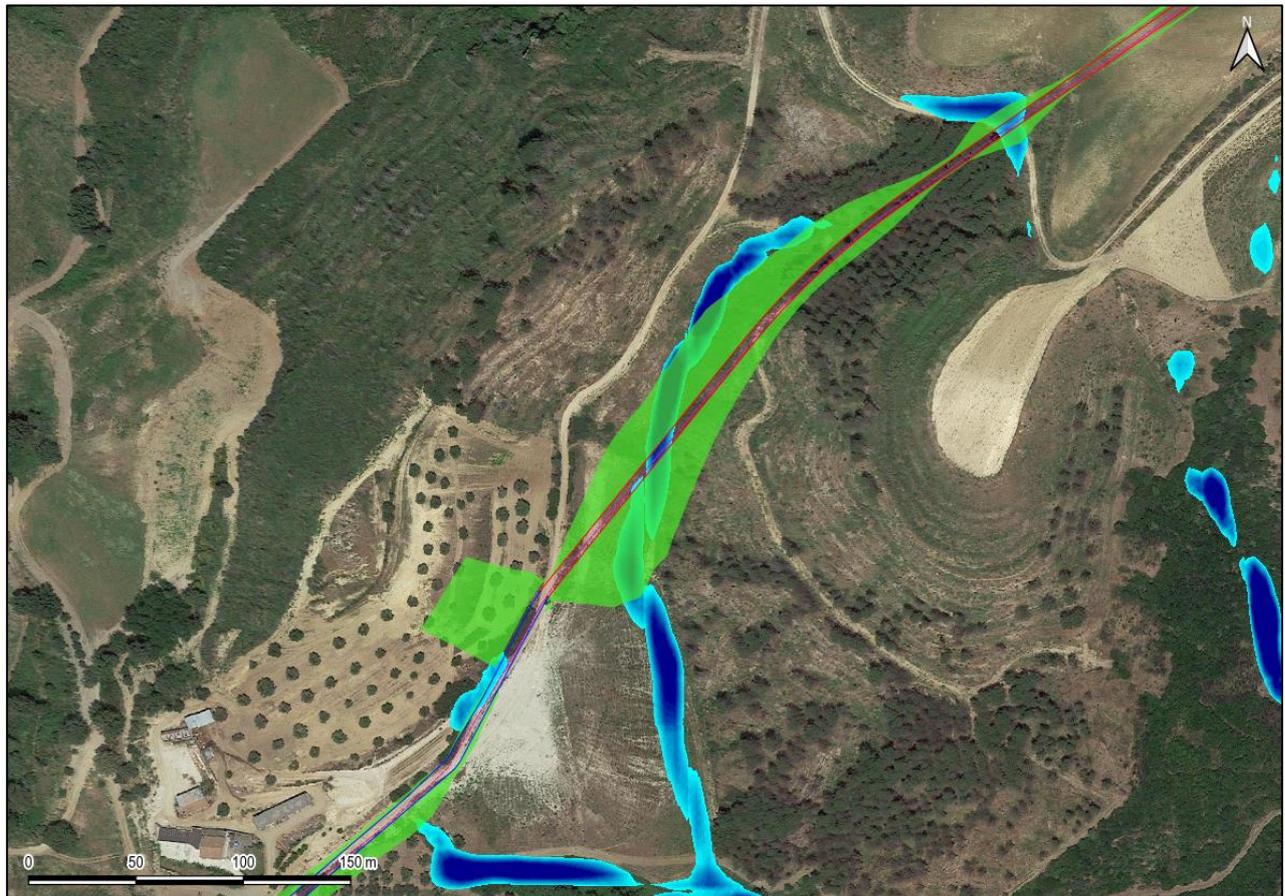


Figura 67 - Inquadramento di dettaglio del rilevato stradale interferente con l'impluvio naturale

La risoluzione dell'interferenza con l'impluvio dovrà lasciare inalterato il naturale deflusso delle acque.

La soluzione proposta è quella di posizionare, al di sotto del rilevato della viabilità e in continuità con l'impluvio, una tubazione di drenaggio che raccolga le acque a monte e le scarichi a valle.

La tubazione in progetto è costituita da piastre metalliche ondulate in lamiera grecata opportunamente curvate e unite tra loro mediante giunzioni bullonate.

Si tratta di strutture portanti metalliche flessibili che si basano sullo sfruttamento dell'interazione

terreno – struttura che si instaura tra il profilo strutturale metallico e il rilevato tecnico circostante, il quale gioca un ruolo fondamentale nel garantire la stabilità strutturale.

Il dimensionamento viene condotto confrontando il valore della portata di picco calcolata tramite una simulazione su HEC-RAS per un evento pluviometrico con tempo di ritorno di 25 anni, con il valore di portata ricavato dall'equazione di continuità di Gauckler-Strickler:

$$Q = A_m K_s R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}$$

con R, pari al raggio idraulico, così definito:

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

– Q = portata del canale in m<sup>3</sup>/s;

– A<sub>m</sub> = area bagnata in m<sup>2</sup>;

– K<sub>s</sub> = coefficiente di resistenza di Strickler in (m<sup>1/3</sup> / s) posto pari a 70 m<sup>1/3</sup> / s per le superfici in acciaio;

– i = pendenza longitudinale del tombino posta pari alla pendenza naturale dell'impiuvio (15%).

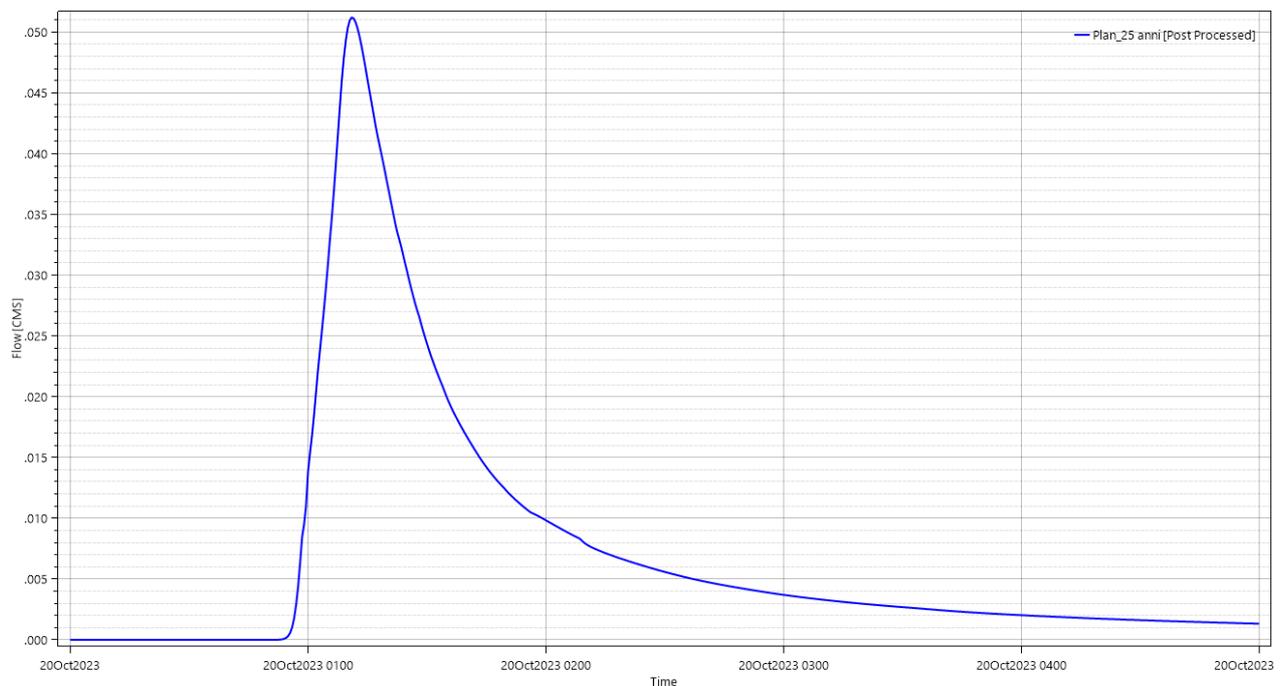


Figura 68 - Idrogramma di piena dell'impiuvio in esame nella sezione a monte del rilevato stradale (TR 25 anni)



La portata di picco dell'idrogramma di piena sopra riportato (0,051 m<sup>3</sup>/s) rappresenta la portata di progetto con la quale dimensionare la tubazione di drenaggio proposta.

Una volta ottenuta la portata di progetto, le dimensioni del tombino vengono scelte con un metodo iterativo, in modo da ottenere un grado di riempimento ( $h/D$ ) della sezione compresa tra il 30% e l'85%.

La verifica idraulica viene eseguita ricercando il tirante idrico della sezione per il quale si verifica la portata nota.

In questo contesto, dunque si fa affidamento alla seguente espressione:

$$y(h) = A_m K_s R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} - Q_p$$

Dove  $Q_p$  è la portata di progetto derivante dalla simulazione idraulica.

Quello che si vuole ricercare è il tirante idrico  $h$  per il quale la funzione  $y(h)$  è uguale a zero.

I risultati vengono riportati di seguito:

D [m]	h [m]	Am (mq)	Pm (m)	R	i	Ks	h/D
0.21	0.09	0.01	0.30	0.05	0.15	70.00	44.30%

Il diametro della tubazione che soddisfa la relazione sopra riportata è pari a 210 mm a cui può essere associata una tubazione con diametro commerciale  $\varnothing = 200$  mm.

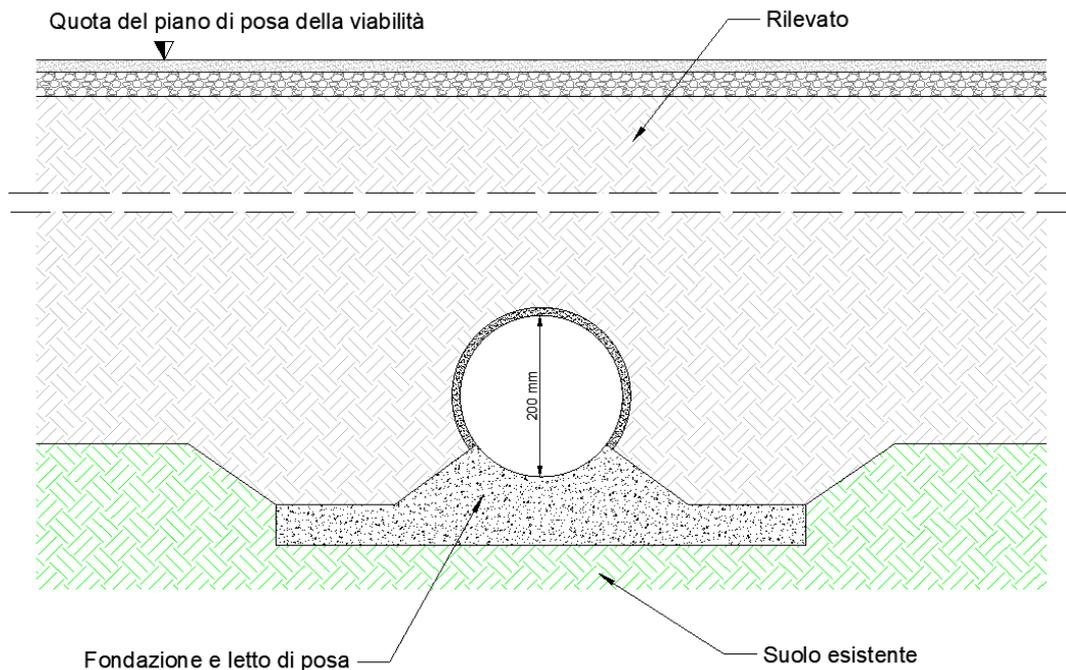


Figura 69 - Tipologico tubazione di drenaggio

Per quanto riguarda le interferenze del cavidotto a 30 kV con elementi idrici e attraversamenti stradali saranno previste due modalità di risoluzione rispettivamente, il metodo della trivellazione controllata e il fiancheggiamento in canaletta.

Per ciò che attiene all'esecuzione tecnica di trivellazione orizzontale controllata per la posa in opera delle connessioni, essa avviene mediante l'inserimento nel terreno di una serie di aste flessibili rotanti, la prima delle quali collegata ad una testa di trivellazione orientabile. L'asportazione del terreno in eccesso avviene per mezzo di fanghi bentonitici e vari polimeri biodegradabili che, passando attraverso le aste di perforazione e fuoriuscendo dalla testa, asporta il terreno facendolo defluire a ritroso lungo il foro, fino alla buca di partenza (immersione) sotto forma di fango. Il controllo della testa di trivellazione, generalmente, avviene tramite onde radio o via cavo per mezzo di una speciale sonda che, alloggiata all'interno della testa, è in grado di fornire in ogni istante dati multipli su profondità, inclinazione e direzione sul piano orizzontale. Di frequente utilizzo, in casi in cui non è possibile guidare la testa della trivella con uno dei metodi descritti precedentemente, è il sistema di guida denominato Para Track. Tale sistema consiste nel guidare la testa rotante tramite un segnale GPS di estrema precisione, permettendo così di ridurre ulteriormente eventuali deviazioni della trivellazione. Una volta realizzato il foro pilota, la testa di trivellazione viene sostituita con particolari alesatori di diverso diametro che vengono trascinati a ritroso all'interno del foro, i quali, ruotando grazie al moto trasmesso dalle aste, esercitano un'azione fresante e rendono il foro del diametro richiesto, sempre coadiuvati dai getti di fango per l'asportazione del terreno e

la stabilizzazione delle pareti del foro (generalmente il diametro dell'alesatura deve essere del 20 - 30% più grande del tubo da posare). Terminata la fase di alesatura, viene agganciato il tubo o il fascio di tubi (PEAD) dietro l'alesatore stesso per mezzo di un giunto rotante (per evitare che il moto di rotazione sia trasmesso al tubo stesso) e viene trainato a ritroso fino al punto di partenza.

Le fasi della realizzazione di un microtunnel sono le seguenti:

1. Costruzione dei pozzi di spinta con dimensioni adeguate al microtunnel da eseguire;
2. installazione dell'unità di spinta, del sistema di recupero dello smarino (recupero del materiale e dei fanghi provenienti dallo scudo di perforazione) e delle varie strumentazioni per il controllo in remoto;
3. posizionamento dello scudo cilindrico di perforazione;
4. inizio della perforazione realizzata dallo scudo cilindrico di perforazione;
5. contemporanea spinta delle tubazioni, adatte alla posa con il sistema microtunnelling, con giunzioni a tenuta stagna;
6. controllo della spinta con un raggio laser posto all'interno del pozzo di spinta.

Si riporta a seguire un tipologico relativo all'apprestamento dell'area di cantiere per l'esecuzione della TOC:

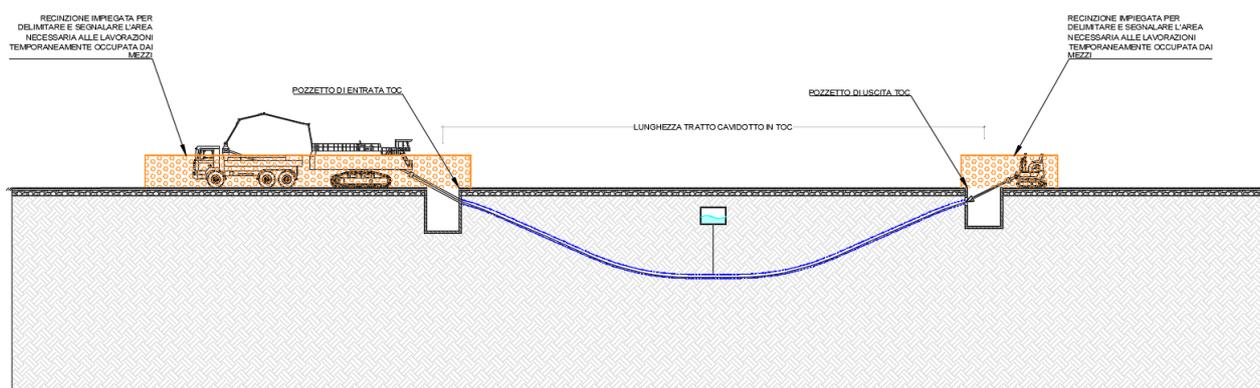


Figura 70 - Tipologico apprestamento area cantiere TOC per risoluzione interferenza tra cavidotto a 30 kV

Per la risoluzione dell'interferenza con attraversamenti stradali sarà previsto il passaggio del cavidotto mediante fiancheggiamento in canaletta, ancorata con staffe metalliche sul bordo esterno dell'impalcato, all'interno della quale andranno alloggiare le terne costituenti il cavidotto AT.

Di seguito è illustrato un tipologico della sezione con particolare di staffaggio delle mensole di appoggio per il passaggio dei cavi in corrispondenza degli attraversamenti idraulici.

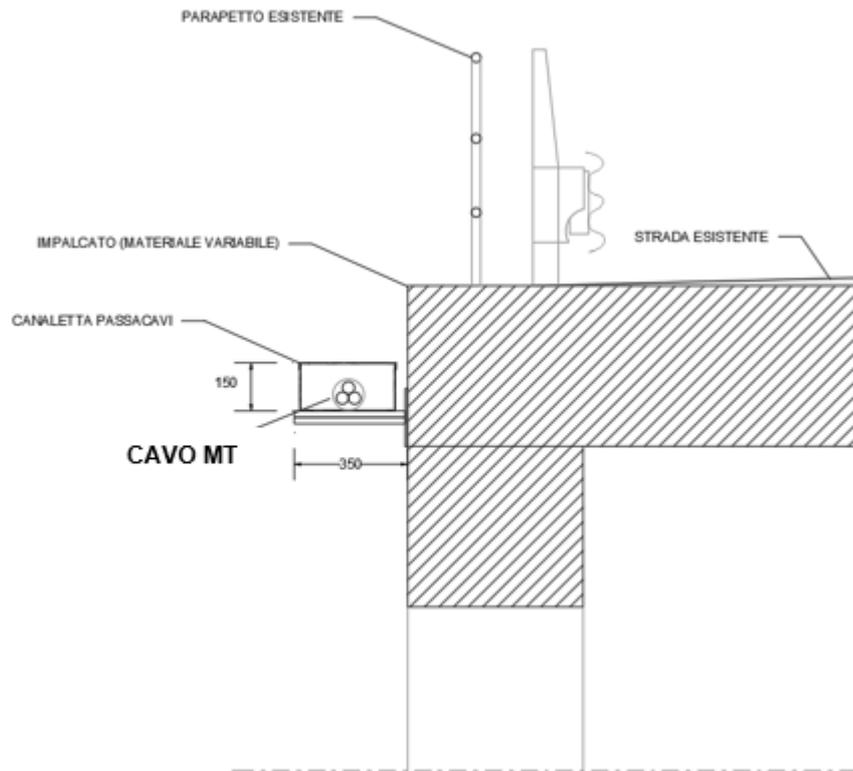


Figura 71 - Tipologico della sezione del cavidotto in canaletta in fiancheggiamento dell'attraversamento carrabile per cavo MT.



## 7 PREDIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO STRADALE

La rete per l'evacuazione delle acque meteoriche dal corpo stradale, viene progettata in maniera da captare la totalità delle acque piovane che cadono all'interno dell'area scolante per i tratti stradali in scavo che non si trovano su una linea di displuvio.

In sostanza la rete è costituita da una cunetta laterale, situata al bordo della carreggiata con pendenza trasversale dell'1%, che intercetta le acque piovane che vengono scaricate dalle scarpate laterali. Gli elementi che costituiscono la rete sono quindi le cunette laterali alla carreggiata.

### 7.1 Individuazione dei bacini di influenza

La delimitazione dei bacini di influenza relativi alle cunette stradali da realizzare è stata ottenuta studiando la morfologia del terreno tramite l'utilizzo dell'algoritmo r.water.outlet presente nel software QGis inserendo come input il DTM (Digital Terrain Model) relativo all'area di studio.

Di seguito si riportano gli inquadramenti dei bacini individuati:

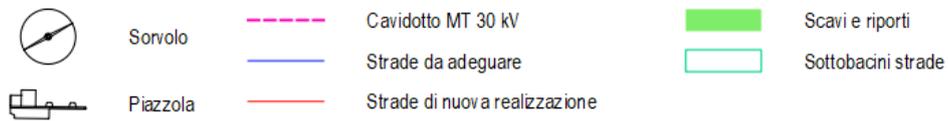


Figura 72 - Inquadramento dei bacini di raccolta per i tratti di viabilità in scavo (1 di 5)

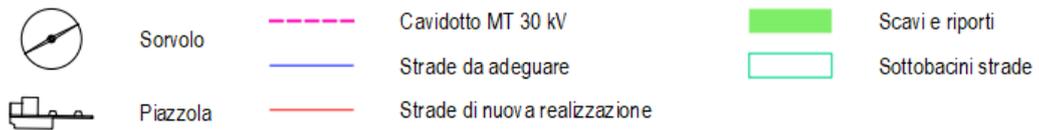
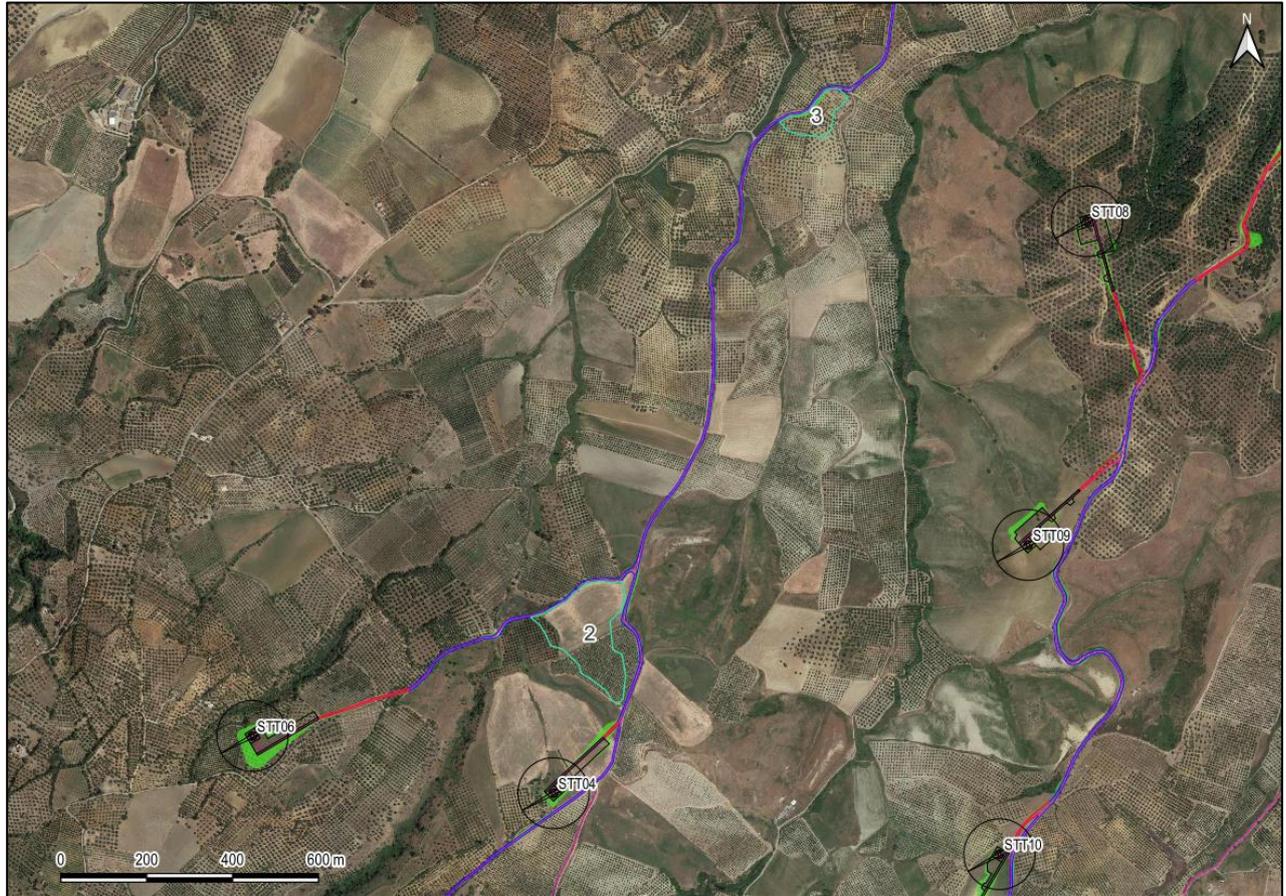


Figura 73 - Inquadramento dei bacini di raccolta per i tratti di viabilità in scavo (2 di 5)

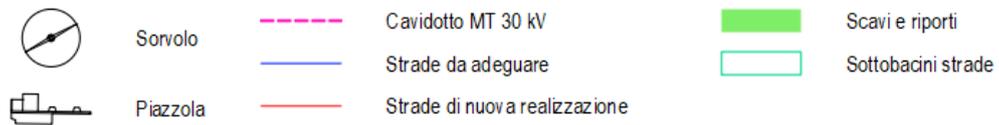
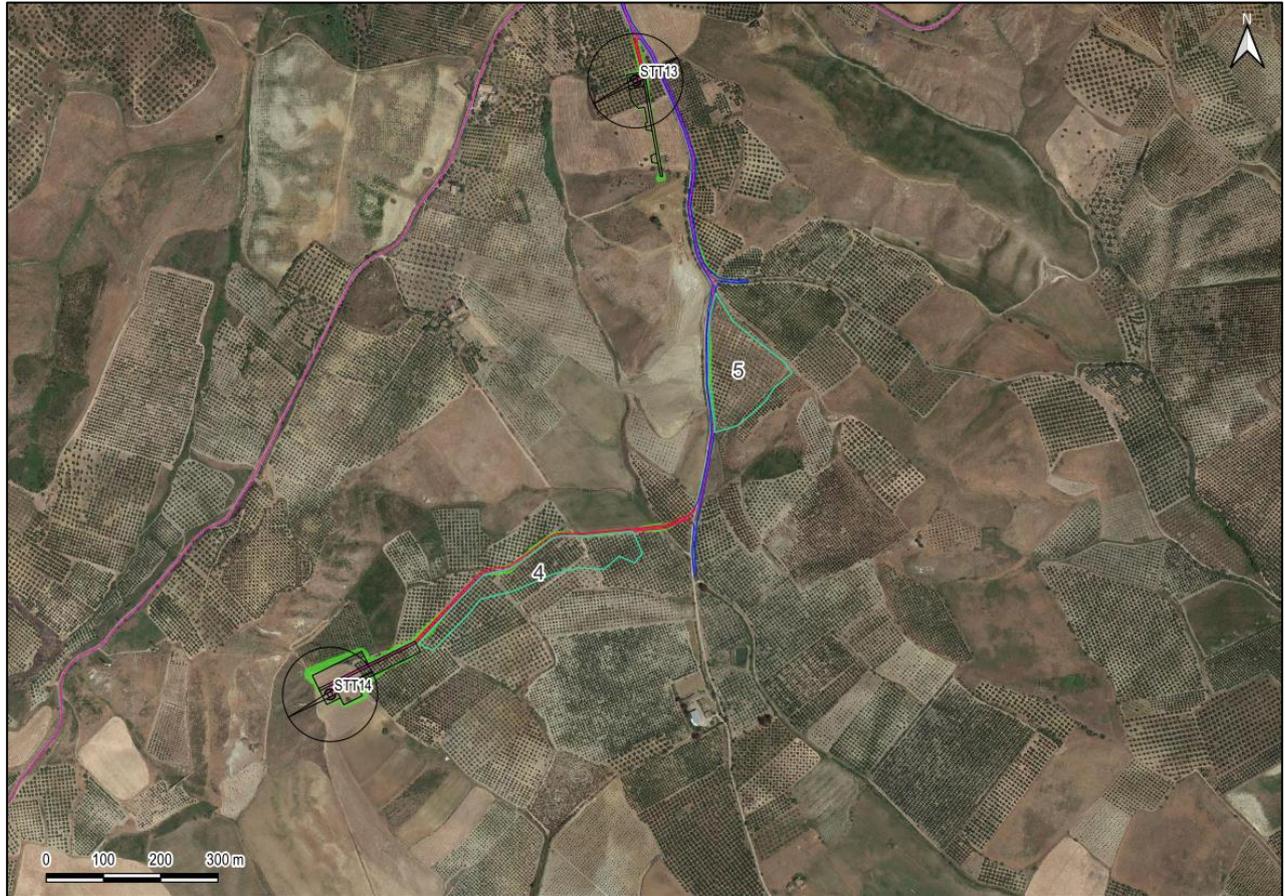


Figura 74 - Inquadramento dei bacini di raccolta per i tratti di viabilità in scavo (3 di 5)

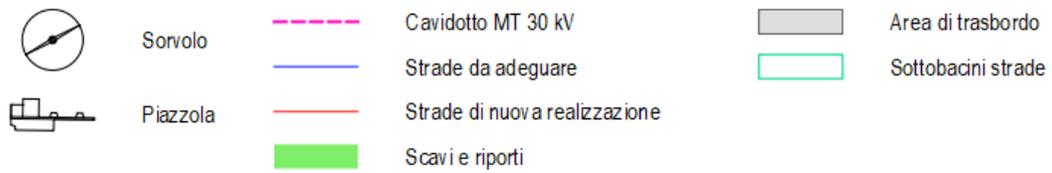
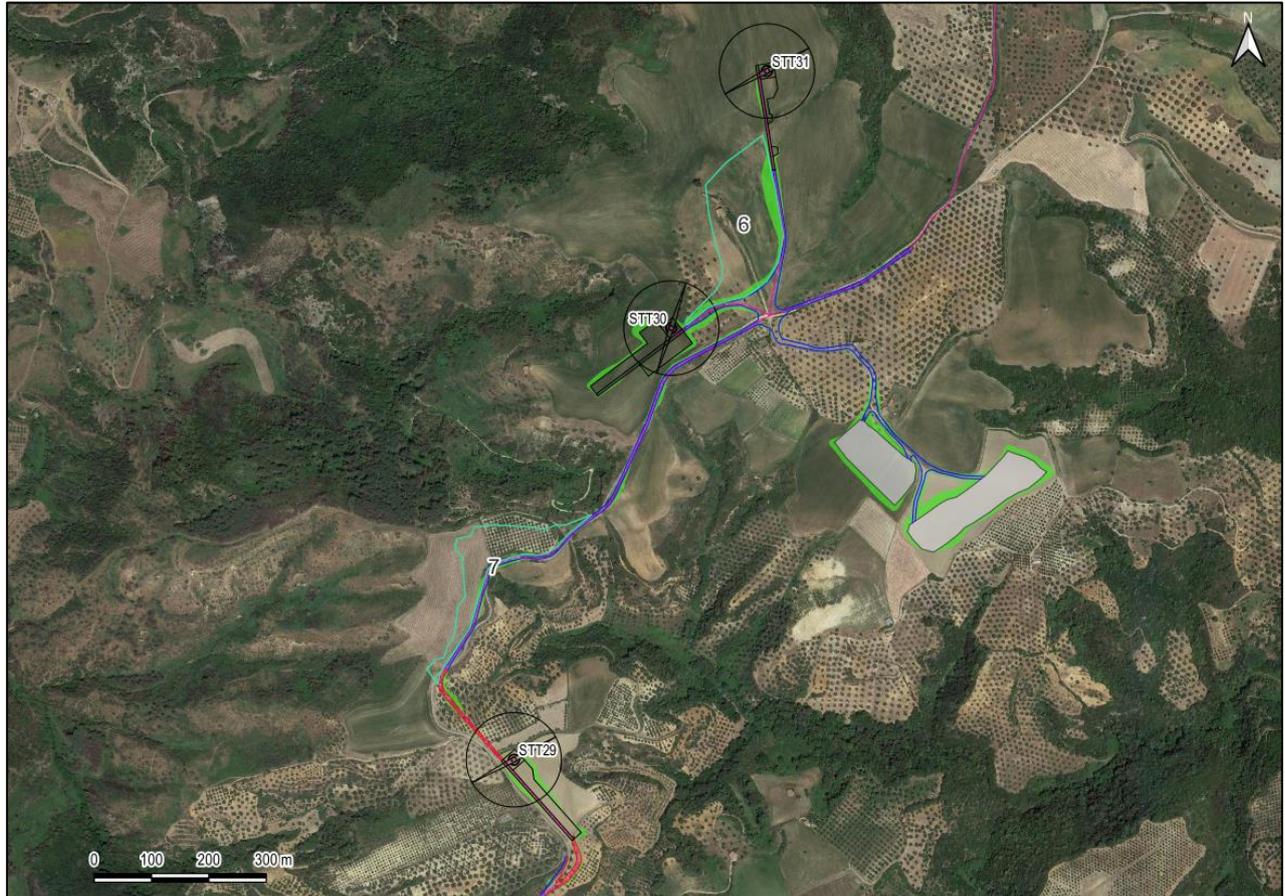


Figura 75 - Inquadramento dei bacini di raccolta per i tratti di viabilità in scavo (4 di 5)

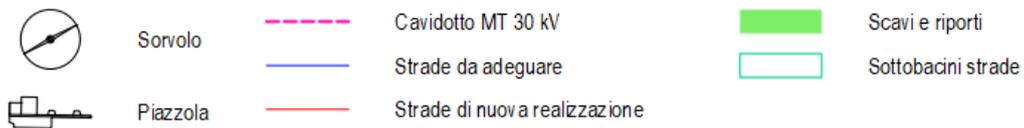


Figura 76 - Inquadramento dei bacini di raccolta per i tratti di viabilità in scavo (5 di 5)

Di seguito si riportano le caratteristiche morfologiche dei bacini in esame:

Tabella 15 - Caratteristiche dei bacini in esame

id	Area	Area [ha]	Lunghezza asta principale [m]	Pendenza strada [-]	Pendenza bacino [-]
1	12088.67	1.209	343	0.05	23.67
2	32903.7	3.29	436	0.05	16.47
3	8654.639	0.865	200	0.12	24.82
4	18208.92	1.821	448.7	0.15	17.47
5	18887.75	1.889	247	0.13	22.39
6	27937.27	2.794	432	0.04	19.33
7	15593.56	1.559	441	0.015	14.65
8	7124.629	0.712	251.5	0.035	25.25
9	28037.92	2.804	412	0.08	33.74

## 7.2 Calcolo della portata al colmo di piena

Il calcolo della portata al colmo di piena per i vari bacini di scolo è stato ottenuto applicando la formula del Metodo Razionale (paragrafo 4.4.1) per un evento pluviometrico con tempo di ritorno di 10 anni.

Il coefficiente di deflusso è stato scelto in base alla copertura di suolo per ogni bacino considerato.

Per il calcolo del tempo di corrvazione si è fatto riferimento alla formula di Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385} \quad (\text{ore})$$

dove:

- $L$  = Lunghezza dell'asta principale [km];
- $i_b$  = Pendenza media del bacino [-];

I risultati sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 16 - Calcolo della portata al colmo di piena

id	L [km]	C	T <sub>c</sub> [min]	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]
1	0.34	0.45	3.04	0.035
2	0.44	0.6	4.21	0.107
3	0.20	0.45	1.97	0.032
4	0.45	0.45	4.20	0.044
5	0.25	0.45	2.41	0.062
6	0.43	0.7	3.93	0.110
7	0.44	0.7	4.44	0.057
8	0.25	0.7	2.34	0.037
9	0.41	0.36	3.06	0.065

I deflussi appena calcolati per ogni sottobacino considerato sono da ritenersi portate di progetto ai fini del dimensionamento della rete di drenaggio stradale la quale, data la morfologia del territorio, può incorrere a due differenti scenari:

- Facilità di collegamento verso un recettore finale;
- Difficoltà nel raggiungimento di un recettore finale.

Nel caso in cui sia possibile convogliare le acque raccolte dal sistema di drenaggio verso un



INTERNAL CODE

**C23FSTR002WR05500**

PAGE

107 di/of 122

recettore finale (impluvi, corsi d'acqua, ecc.) la soluzione proposta è quella di prevedere la raccolta delle acque provenienti dal deflusso superficiale tramite cunette a bordo strada a sezione trapezoidale, collegate a pozzetti di raccolta e a tubazioni interrato fino al recapito finale.

Qualora non fosse possibile accedere facilmente ad un recettore, e nel caso in cui il tipo di suolo lo permetta (permeabilità superiore a  $10^{-6}$  m/s), saranno previste delle trincee drenanti che scaricheranno le acque raccolte direttamente nel terreno.

### 7.3 Dimensionamento delle cunette di raccolta

Le cunette proposte per il drenaggio stradale hanno una sezione trasversale di tipo trapezoidale rivestite in geostuoia con inerbimento a idrosemina.

Il dimensionamento viene condotto confrontando il valore di portata proveniente dal calcolo del Metodo Razionale, con il valore di portata ricavato dall'equazione di continuità di Manning.

Si è ipotizzata un'altezza del tirante idrico all'interno della cunetta tale che il rapporto tra l'area bagnata  $A_i$  e l'area totale della sezione  $A_{cunetta}$  sia compreso tra il 45% e lo 80%.

Si riporta di seguito un tipologico della cunetta stradale in progetto:

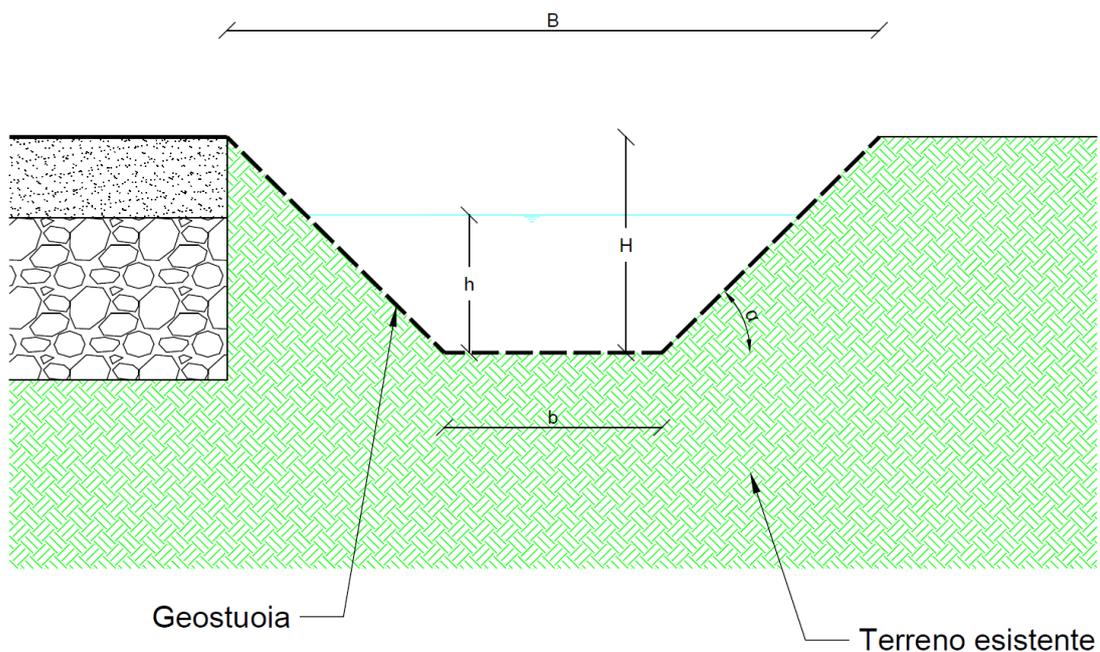


Figura 77 - Tipologico cunetta stradale

L'obiettivo del dimensionamento è quello di garantire che tutta la portata di progetto  $Q_p$  rimanga convogliata all'interno della cunetta. Tutto ciò viene garantito quando la portata calcolata con l'equazione di continuità di Manning risulta maggiore di  $Q_p$ .



Tabella 17 - Risultati del dimensionamento delle cunette stradali

id	B <sub>cunetta</sub> [m]	b <sub>cunetta</sub> [m]	H <sub>cunetta</sub> [m]	A <sub>cunetta</sub> [m <sup>2</sup> ]	h <sub>i</sub> [m]	B <sub>i</sub> [m]	A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	P <sub>i</sub> [m]	R	Ks	Q [m <sup>3</sup> /s]	Verifica	A <sub>i</sub> /A <sub>cunetta</sub>	v [m/s]
1	0.9	0.3	0.3	0.18	0.2	0.7	0.1	0.87	0.12	33	0.18	OK	55.56%	1.75
2	1.2	0.4	0.4	0.32	0.3	1	0.21	1.25	0.17	33	0.47	OK	65.63%	2.25
3	0.6	0.2	0.2	0.08	0.15	0.5	0.05	0.62	0.08	33	0.12	OK	65.63%	2.19
4	0.6	0.2	0.2	0.08	0.15	0.5	0.05	0.62	0.08	33	0.13	OK	65.63%	2.45
5	0.6	0.2	0.2	0.08	0.15	0.5	0.05	0.62	0.08	33	0.12	OK	65.63%	2.28
6	0.9	0.3	0.3	0.18	0.2	0.7	0.1	0.87	0.12	33	0.16	OK	55.56%	1.57
7	0.9	0.3	0.3	0.18	0.2	0.7	0.1	0.87	0.12	33	0.10	OK	55.56%	0.96
8	0.9	0.3	0.3	0.18	0.2	0.7	0.1	0.87	0.12	33	0.15	OK	55.56%	1.46

La tabella sopra riportata mostra che le dimensioni ipotizzate per le cunette (B<sub>cunetta</sub>, b<sub>cunetta</sub>, H<sub>cunetta</sub>) risultano idonee a convogliare la portata di progetto.

Si riportano di seguito gli inquadramenti su base satellitare del sistema di drenaggio delle cunette in progetto con evidenziazione della direzione del flusso idrico, dei pozzetti di raccolta e delle tubazioni interrate fino al recapito finale.

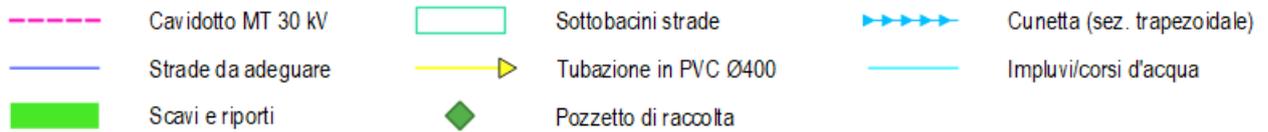
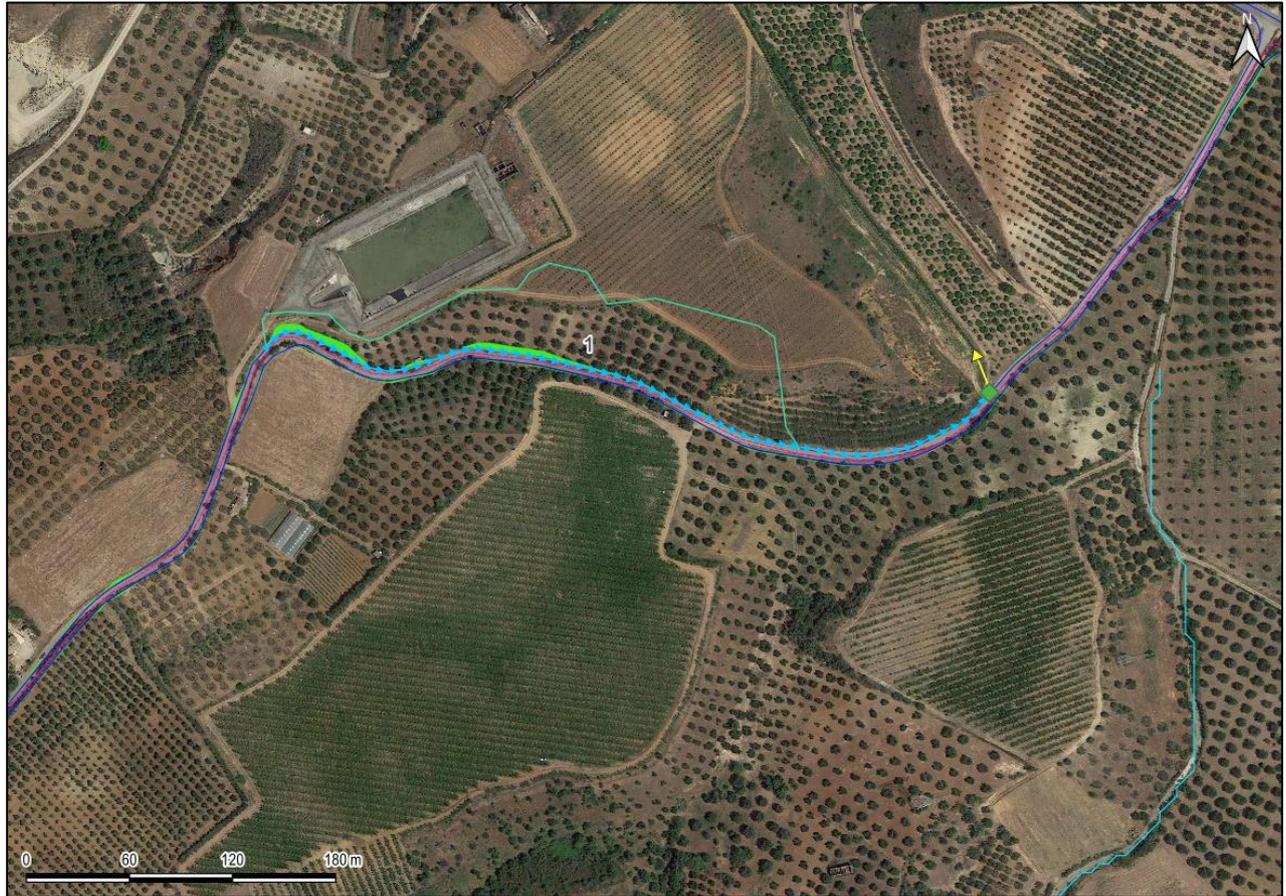


Figura 78 - Inquadramento delle cunette in progetto (1 di 7)

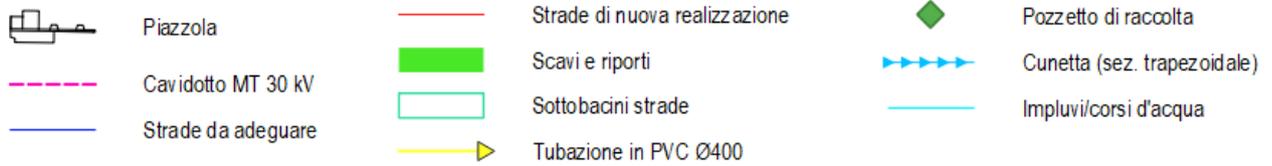
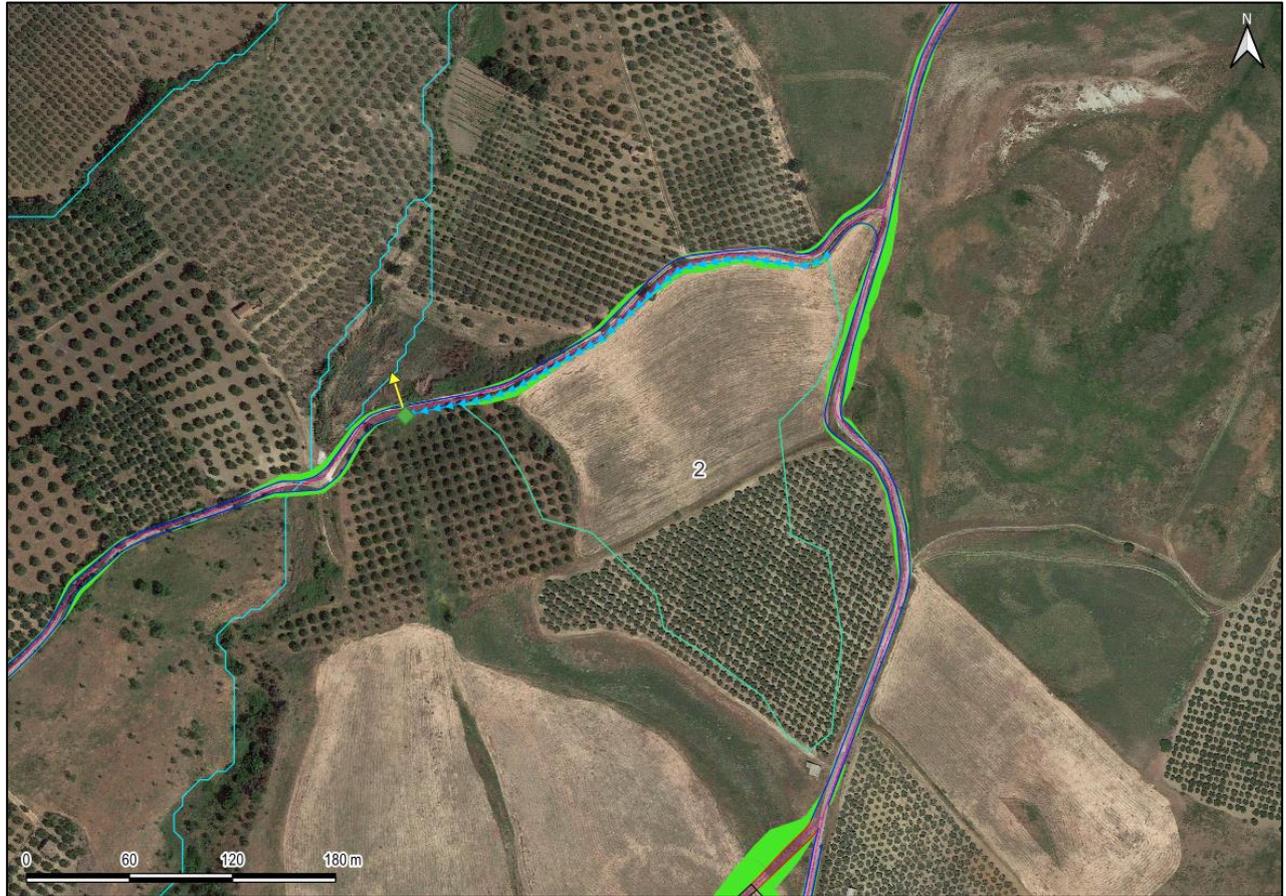
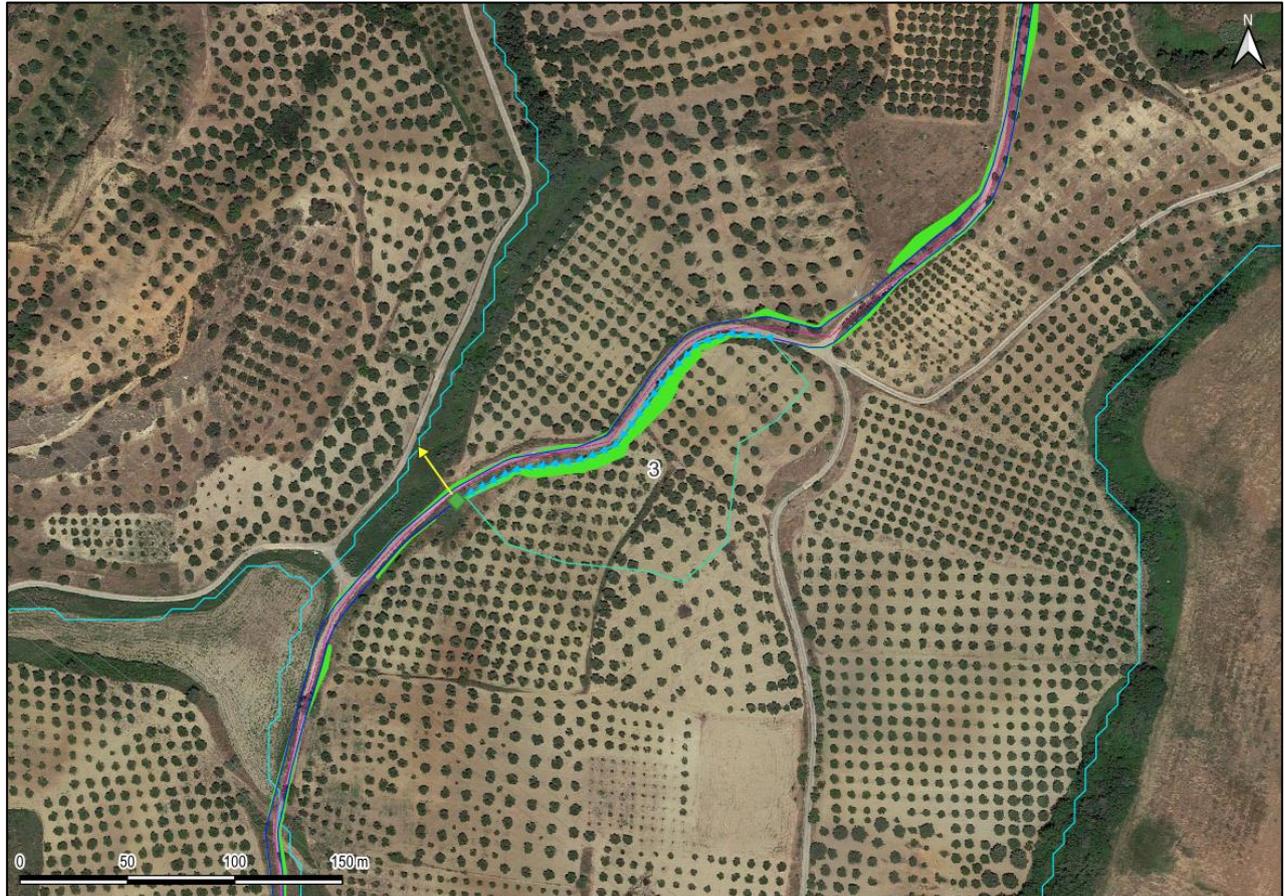


Figura 79 - Inquadramento delle cunette in progetto (2 di 7)



- |  |   |   |
|--|---|---|
|  Cavidotto MT 30 kV |  Sottobacini strade    |  Cunetta (sez. trapezoidale) |
|  Strade da adeguare |  Tubazione in PVC Ø400 |  Impluvi/corsi d'acqua       |
|  Scavi e riporti    |  Pozzetto di raccolta  |   |

Figura 80 - Inquadramento delle cunette in progetto (3 di 7)

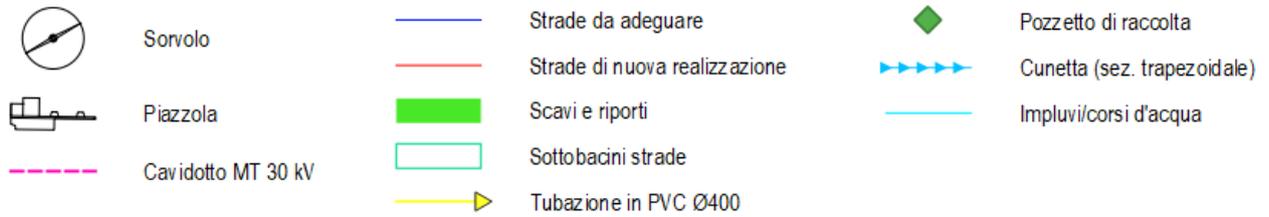
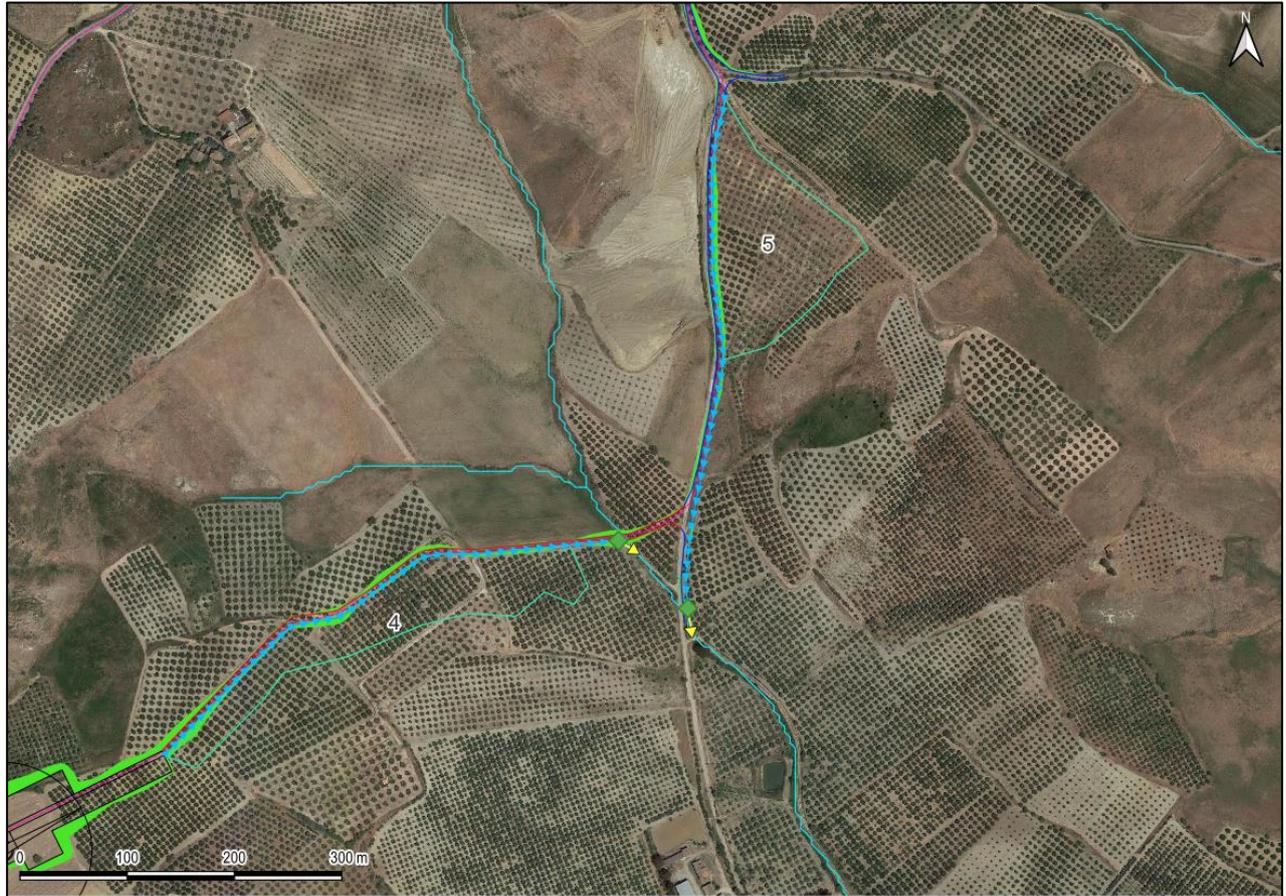


Figura 81 - Inquadramento delle cunette in progetto (4 di 7)

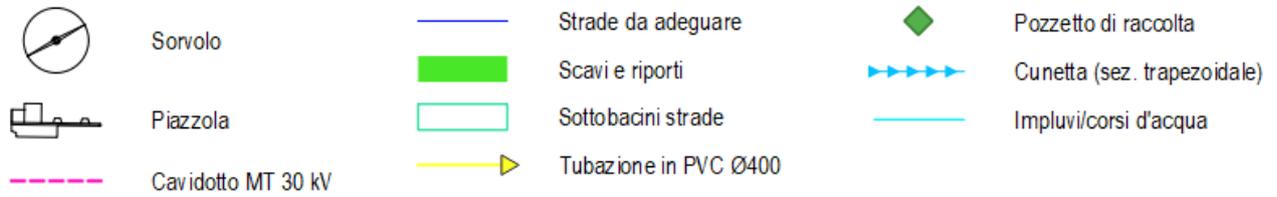
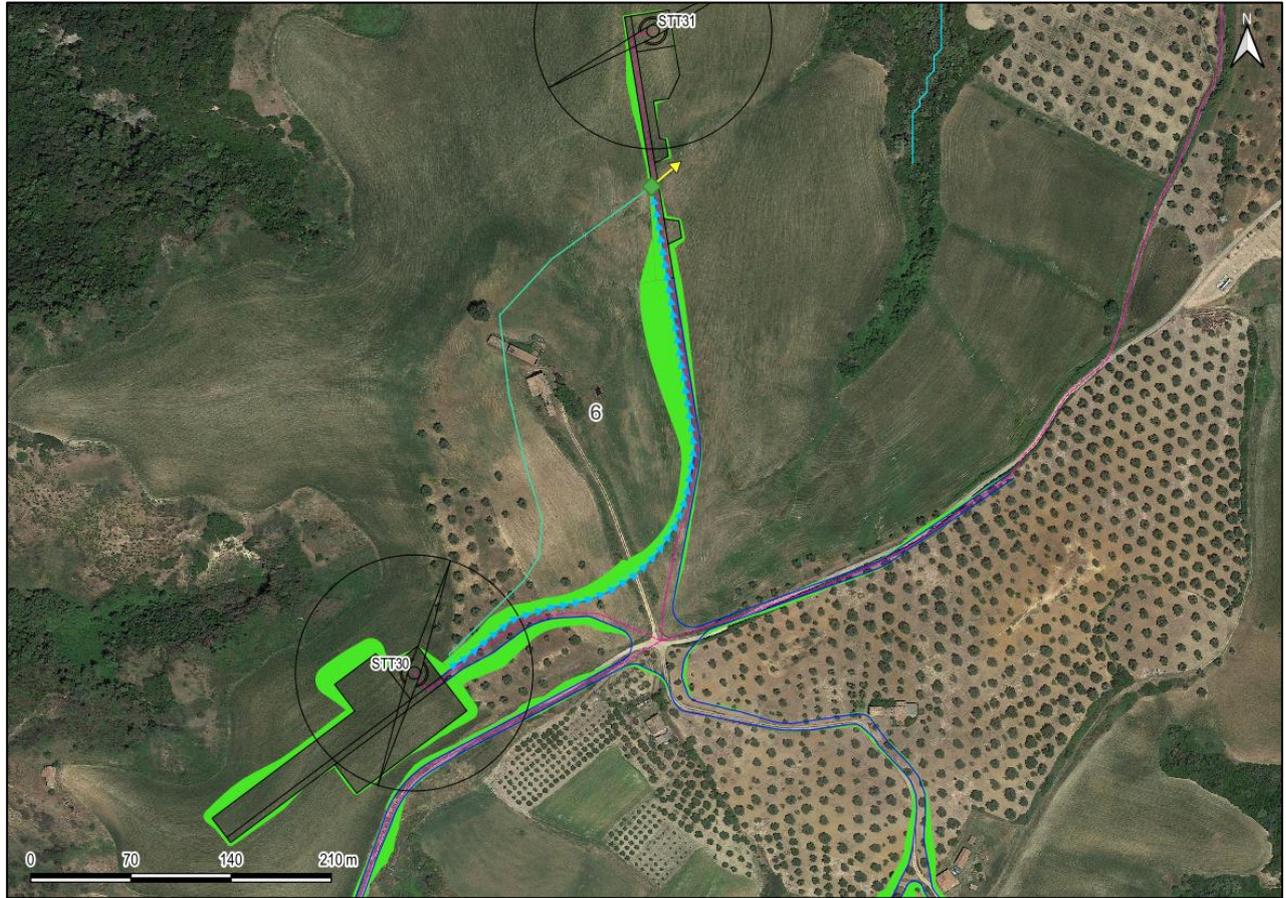


Figura 82 - Inquadramento delle cunette in progetto (5 di 7)

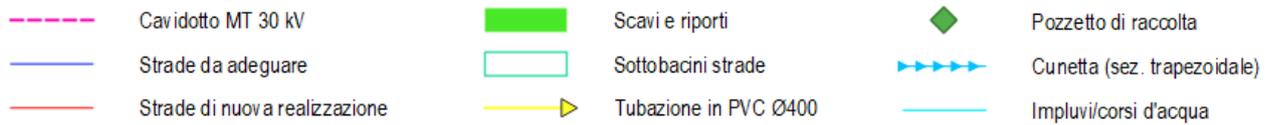
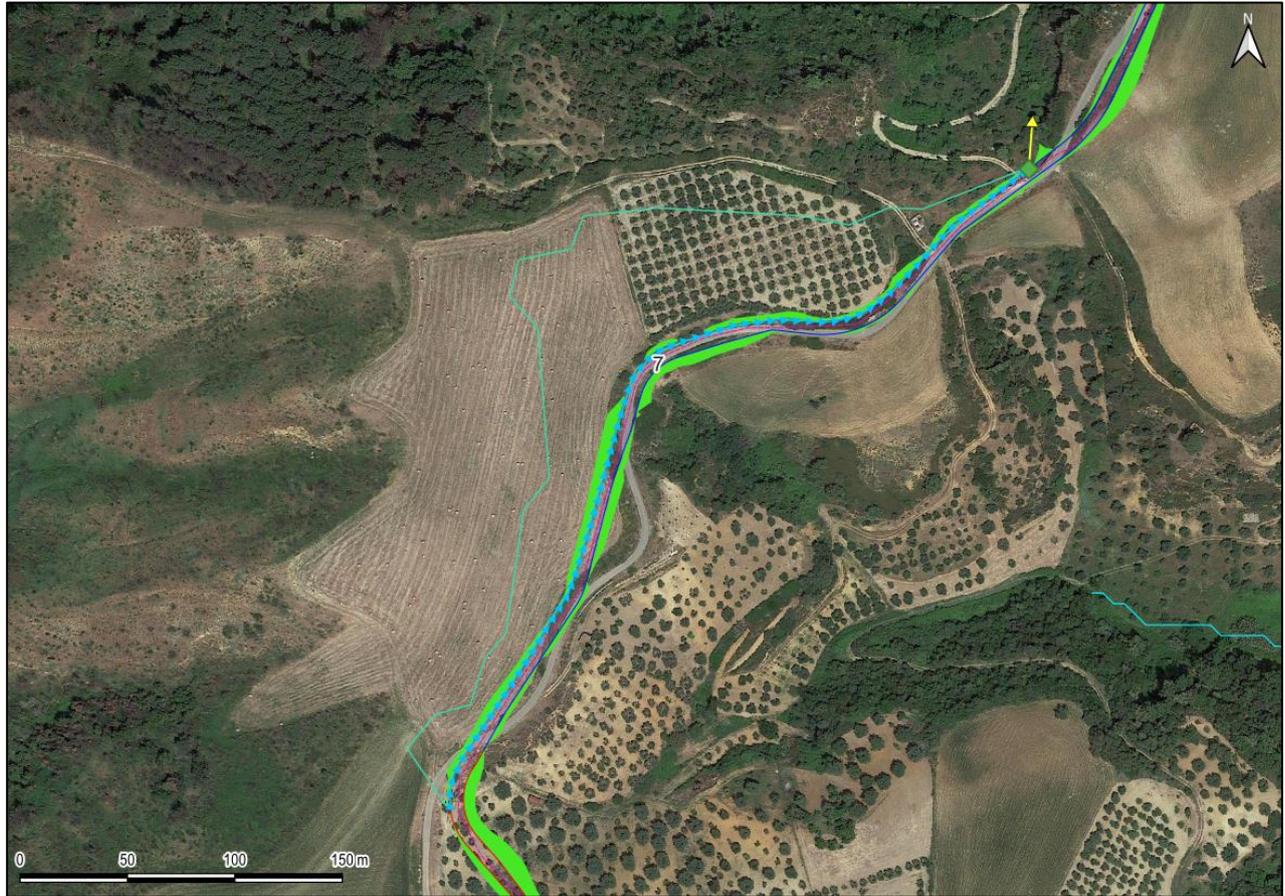


Figura 83 - Inquadramento delle cunette in progetto (6 di 7)

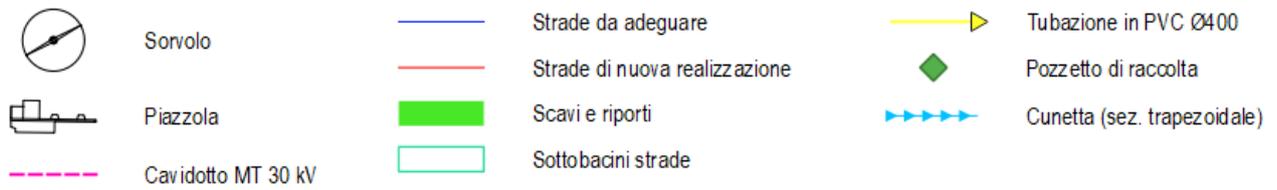
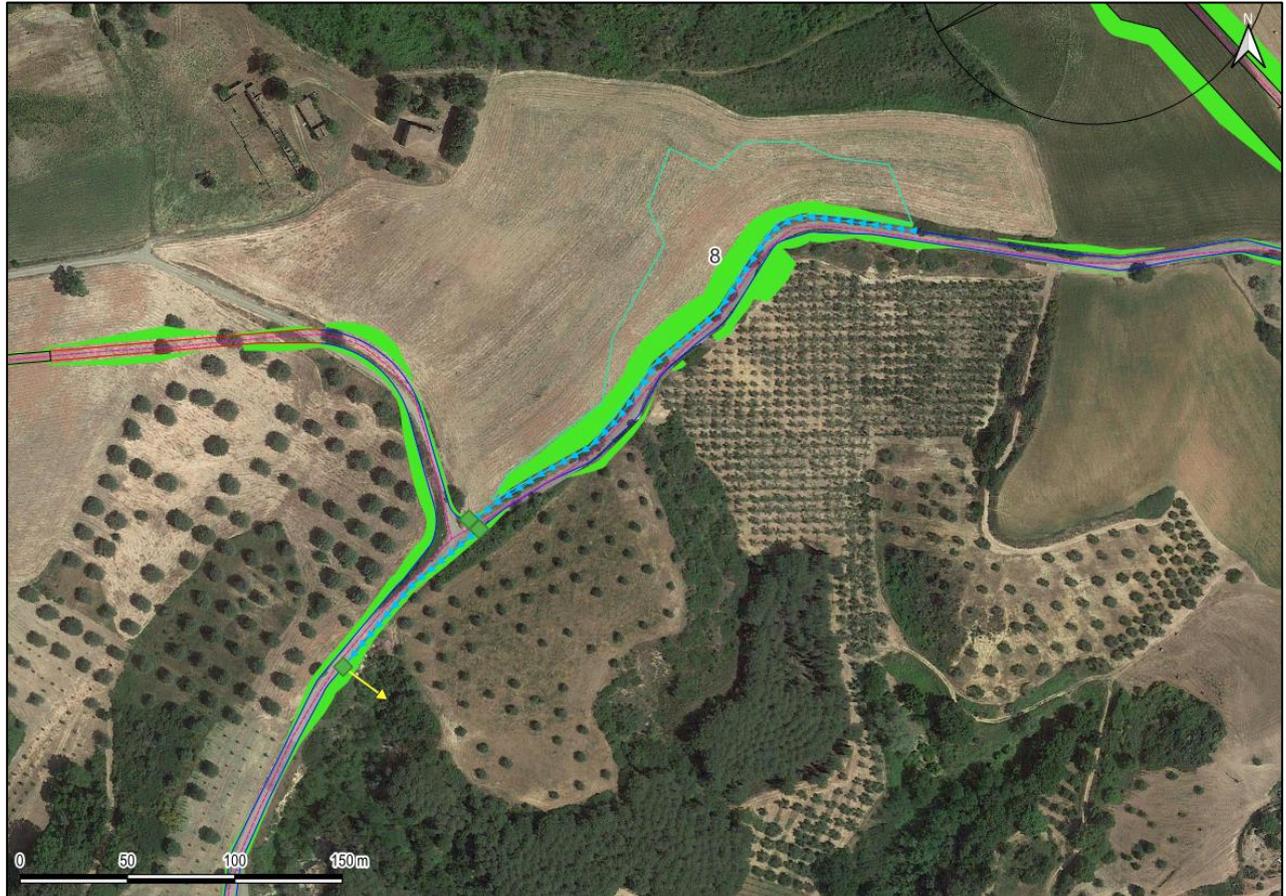


Figura 84 - Inquadramento delle cunette in progetto (7 di 7)

#### 7.4 Dimensionamento della trincea drenante

Come già anticipato in precedenza, la scelta di adottare uno scarico in trincea drenante è dettato dalla difficoltà di raggiungere recettori in zona e dalla possibilità di sfruttare la buona permeabilità dei suoli.

L'esecuzione delle trincee drenanti prevede a bordo strada la realizzazione di uno scavo del terreno a sezione rettangolare, successivamente riempito con del materiale arido altamente permeabile; sul fondo della trincea è posizionato un tubo drenante a cui segue la posa del materiale arido; la parte superiore è poi riempita con il materiale stesso di scavo compattato. Tra il terreno circostante e il materiale permeabile di riempimento della trincea viene frapposto uno strato di geotessuto per evitare l'intasamento del corpo drenante.

Si riporta di seguito un tipologico della trincea:

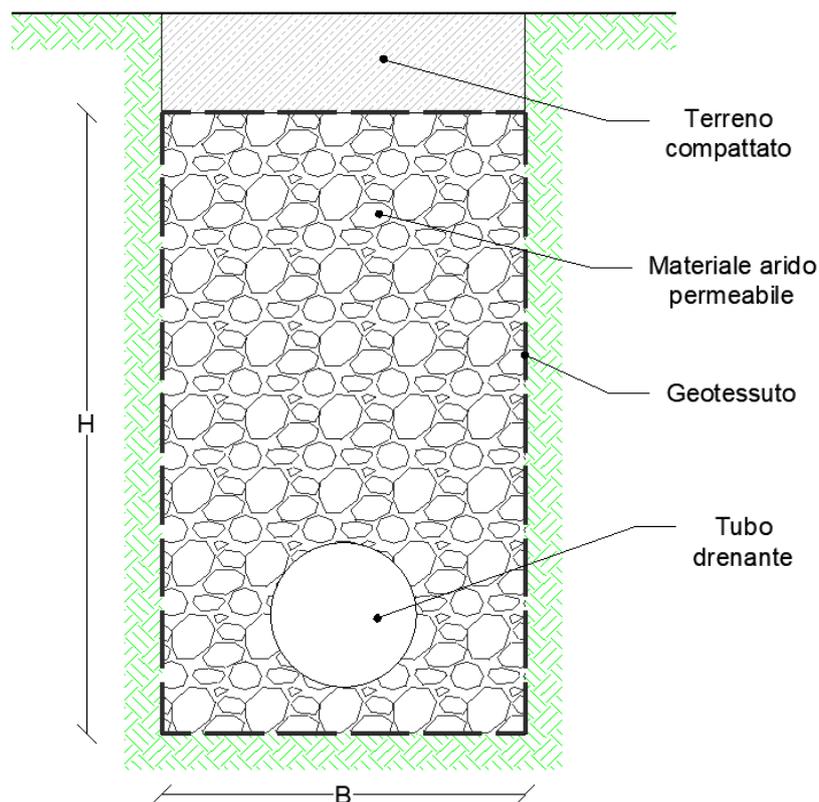


Figura 85 - Tipologico trincea drenante

Il dimensionamento di una trincea drenante va eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema con la capacità di infiltrazione del terreno e con l'eventuale capacità di immagazzinamento del sistema. Il confronto è espresso con una equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti ed uscenti attraverso il mezzo filtrante, in cui si trascura, per semplicità, il contributo legato alla evaporazione:



$$(Q_p - Q_f)\Delta t = \Delta W$$

Dove:

- $Q_p$  è la portata di progetto in ingresso calcolata con il metodo razionale in  $\text{m}^3/\text{s}$ ;
- $Q_f$  è la portata di infiltrazione in uscita in  $\text{m}^3/\text{s}$ ;
- $\Delta t$  è l'intervallo di tempo in secondi;
- $\Delta W$  è la variazione del volume invasato nel mezzo filtrante nell'intervallo di tempo  $\Delta t$  in  $\text{m}^3$ .

La capacità di infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione con la legge di Darcy:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A$$

Dove:

- $Q_f$  è la portata di infiltrazione in  $\text{m}^3/\text{s}$ ;
- $K$  è il coefficiente di permeabilità in  $\text{m}/\text{s}$ ;
- $J$  è la cadente piezometrica in  $\text{m}/\text{m}$ ;
- $A$  è la superficie netta di infiltrazione in  $\text{m}^2$ .

La superficie netta di infiltrazione è data dalla seguente espressione:

$$A = L \cdot B + 2 \cdot (L + B) \cdot H$$

Dove:

- $L$  è la lunghezza della trincea in  $\text{m}$ ;
- $B$  è la larghezza della trincea in  $\text{m}$ ;
- $H$  è la profondità della trincea in  $\text{m}$ ;

A livello operativo si vuole ricercare la massima variazione tra il volume di acqua entrante e quello infiltrato nell'unità di tempo.

Il dimensionamento della trincea prevede di fissarne la larghezza e la profondità ricavando, dall'equazione di continuità sopra riportata, la lunghezza.

La variazione di volume invasato può essere determinata con la seguente espressione:

$$\Delta W = L \cdot B \cdot H \cdot n$$

Dove:

- $L$  è la lunghezza della trincea in  $\text{m}$ ;



- $B$  è la larghezza della trincea in m;
- $H$  è la profondità della trincea in m;
- $n$  è la porosità del materiale di riempimento della trincea assunto pari a 0.3.

Se la lunghezza ricavata dall'espressione sopra riportata risulta minore della lunghezza della trincea, assunta pari all'intera lunghezza della viabilità che sottende il sottobacino di scolo, la capacità di infiltrazione sarà sufficiente a drenare le acque raccolte.

Di seguito si riportano le procedure di calcolo e l'inquadramento delle trincee:

Trincea

a	31.515
n	0.3421
L trincea [m]	412
H trincea [m]	1.5
B trincea [m]	1
porosità	0.3
K [m/s]	0.00001

t (ore)	h [mm]	i [mm/ora]	Wp [m <sup>3</sup> ]	Wf [m <sup>3</sup> ]	Wu [m <sup>3</sup> ]
0.3	20.88	69.59	210.73	17.83	192.90
0.6	26.46	88.21	267.12	35.66	231.46
0.9	30.40	101.33	306.86	53.49	253.37
1.2	33.54	111.81	338.60	71.32	267.28
1.5	36.20	120.68	365.46	89.15	276.30
1.8	38.53	128.45	388.98	106.98	281.99
2.1	40.62	135.40	410.04	124.82	285.23
2.4	42.52	141.73	429.21	142.65	286.56
2.7	44.27	147.56	446.86	160.48	286.38
3	45.89	152.97	463.26	178.31	284.95
3.3	47.41	158.04	478.61	196.14	282.47
3.6	48.85	162.82	493.07	213.97	279.10
3.9	50.20	167.34	506.76	231.80	274.96
4.2	51.49	171.64	519.77	249.63	270.14
4.5	52.72	175.74	532.18	267.46	264.72
4.8	53.90	179.66	544.06	285.29	258.77
5.1	55.03	183.42	555.47	303.12	252.34
5.4	56.11	187.05	566.43	320.95	245.48
5.7	57.16	190.54	577.01	338.79	238.22
6	58.17	193.91	587.22	356.62	230.61
6.3	59.15	197.17	597.11	374.45	222.66
6.6	60.10	200.34	606.69	392.28	214.41
6.9	61.02	203.41	615.98	410.11	205.87
7.2	61.92	206.39	625.02	427.94	197.08
7.5	62.79	209.29	633.81	445.77	188.04
7.8	63.64	212.12	642.37	463.60	178.77
8.1	64.46	214.88	650.71	481.43	169.28
8.4	65.27	217.57	658.86	499.26	159.60
8.7	66.06	220.19	666.82	517.09	149.72
9	66.83	222.76	674.60	534.92	139.67

Wu max [m <sup>3</sup> ]	286.56
L	128.95
Verificato	OK

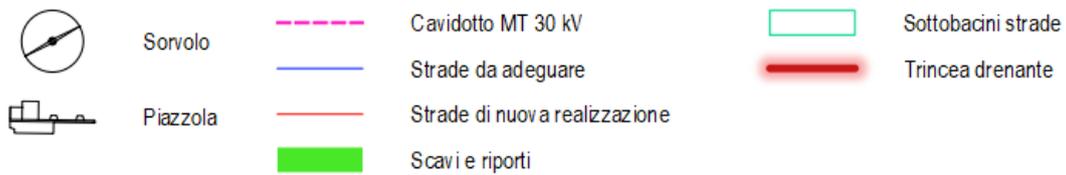


Figura 86 - Inquadramenti della trincea drenante in progetto per il sottobacino di raccolta 9.

Le dimensioni della trincea appena calcolata saranno:

- lunghezza 412 m, larghezza 1 m e profondità 1.5 m;



## 8 CONCLUSIONI

Alla luce di quanto sopra esposto si può concludere che:

- Le aree interessate dalla posizione degli aerogeneratori interessano i comuni di Terranova da Sibari, San Demetrio Corone, Spezzano Albanese, Corigliano – Rossano, Santa Sofia d'Epiro e Tarsia. La parte Nord dell'impianto si trova in una zona prevalentemente collinare a vocazione agricola con un'altitudine che varia da 258,7 m.s.l.m. (STT05) a 77,2 m.s.l.m. (STT18). La parte Sud si trova in una zona collinare in cui la vocazione agricola lascia il posto ad un paesaggio maggiormente boschivo con altitudini che variano da 360,5 m.s.l.m. (STT27) a 276 m.s.l.m. (STT22).
- Dal punto di vista idrografico, l'area oggetto di intervento ricade completamente all'interno del bacino idrografico del fiume Crati ed è caratterizzata da una discreta circolazione superficiale con una forte presenza di elementi idrici di elevato livello gerarchico (IV o V ordine di Horton);
- Grazie agli strumenti offerti dal software QGIS è stato possibile estrarre, dal modello digitale del terreno con risoluzione 5 m, sei sottobacini per la parte Nord e tre sottobacini per la parte Sud all'interno dei quali si collocano gli aerogeneratori in progetto:
- Il progetto, secondo quanto disposto dalle NTA del PAI, in alcuni punti interferisce con aree individuate dal piano ma si pone NON in contrasto con il piano, in quanto verranno previste delle opere idrauliche al fine di consentire il deflusso delle acque, non comportando ulteriore aggravio del rischio idraulico.
- Per quanto concerne l'analisi statistica degli estremi idrologici, è stata condotta utilizzando la distribuzione TCEV secondo la metodologia VAPI;
- L'analisi idraulica è stata svolta utilizzando il software HEC-RAS 6.2, sviluppato all'Hydrologic Engineering Center (HEC) della U.S. Army Corps of Engineers (USACE), utilizzato per la modellazione mono e bidimensionale di reti di canali naturali e artificiali. A livello operativo, la modellazione idraulica è stata estesa ai sottobacini idrografici considerati all'interno dei quali ricadono le WTG, utilizzando una pioggia di 3 ore e tempo di ritorno di 200 anni come condizione al contorno e modellando i sottobacini inserendo le informazioni riguardanti il valore del Curve Number per tenere conto della capacità di deflusso del terreno e il valore del coefficiente di Manning per tenere conto della scabrezza dei suoli;
- Non si riscontrano particolari criticità tra l'impianto in progetto e le superfici interessate dall'inondazione per l'evento meteorico preso in considerazione tuttavia, permangono alcuni punti meritevoli di attenzione in particolare, le interferenze del cavidotto MT con alcuni elementi idrici e l'interferenza del rilevato stradale della viabilità d'accesso alla



STT20;

- Per quanto riguarda le interferenze del cavidotto a 30 kV con elementi idrici e attraversamenti stradali saranno previste due modalità di risoluzione rispettivamente, il metodo della trivellazione orizzontale controllata (TOC) e il fiancheggiamento in canaletta;
- Per quanto riguarda l'interferenza del rilevato stradale della viabilità d'accesso alla STT20 con l'impluvio si propone di posizionare, al di sotto del rilevato della piazzola e in continuità con l'impluvio, una tubazione di drenaggio che raccolga le acque a monte e le scarichi a valle. La tubazione in progetto ( $\varnothing = 200$  mm) è costituita da piastre metalliche ondulate in lamiera grecata opportunamente curvate e unite tra loro mediante giunzioni bullonate;
- Per quanto riguarda il sistema di drenaggio stradale sarà prevista l'installazione di cunette a sezione trapezoidale a bordo strada;
- Laddove non sia stato possibile recapitare ad un recettore finale le acque raccolte dal sistema di scolo, è stata dimensionata una trincea drenante posizionata a bordo strada.

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido