



REGIONE SICILIA
PROVINCE DI RAGUSA E CATANIA
COMUNI DI ACATE E CALTAGIRONE

PROGETTO:

Progetto per la realizzazione di un impianto agrofotovoltaico per la produzione di energia elettrica, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili denominato "BIDDINE"

Progetto Definitivo

PROPONENTE: Renantis Sicilia S.r.l. (già Falck Renewables Sicilia S.r.l) P.iva e C.f. 10531600962 Sede legale in Corso Italia, 3 20122- Milano	 Renantis												
ELABORATO: Relazione di dimensionamento idraulico													
PROGETTISTI COORDINATORI: BLC s.r.l. Via Umberto Giordano, 152 - 90144 Palermo (PA) P.IVA 07007040822 Ing. Eugenio Bordonali Ing. Gabriella Lo Cascio	 Scala: -												
PROGETTISTI: Ing. Riccardo Baratta Ing. Caterina Giacona	 Tavola: 1.12												
Data: 11 Aprile 2023	<table border="1"><thead><tr><th>Rev.</th><th>Data</th><th>Descrizione</th></tr></thead><tbody><tr><td>00</td><td>11 Aprile 2023</td><td>prima emissione</td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr></tbody></table>	Rev.	Data	Descrizione	00	11 Aprile 2023	prima emissione						
Rev.	Data	Descrizione											
00	11 Aprile 2023	prima emissione											

INDICE

1	PREMESSA	2
2	DATI GENERALI DEL PROGETTO	3
3	INQUADRAMENTO GENERALE.....	6
	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	7
	GEOLOGIA	13
4	INTERFERENZE.....	14
5	INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO	16
	Posa cavidotto interrato interferente con reticolo idrografico	16
6	CALCOLO IDRAULICO	18
	Premessa.....	18
	Modello TCEV	19
	Calcolo della C.P.P.....	23
	Individuazione dei bacini idrografici.....	24
	Portata di Colmo.....	25
	Tempo di corrivazione.....	27
	Verifica canali a pelo libero	30
	Definizione della profondità di scavo del cavidotto.....	32
7	CONCLUSIONI	33

1 PREMESSA

La presente costituisce la relazione di verifica delle interferenze con il reticolo idrografico a corredo del progetto di un impianto fotovoltaico da 35MWp ca. da realizzarsi nel territorio del comune di Acate (RG) con opere di connessione nel comune di Caltagirone (CT) denominato “Biddine” (di seguito il “Progetto” o “l’Impianto”) corredato di Progetto Agrovoltaico e delle relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale, in progetto per la Renantis Sicilia S.r.l. – già Falck Renewables Sicilia s.r.l.. Il progetto è da intendersi integrato e unico, Progetto di Impianto Fotovoltaico insieme con il Progetto Agrovoltaico, pertanto la società proponente si impegna a realizzarlo per intero.

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza di picco del generatore di 35 MWp ca. e prevede l’installazione di inseguitori solari ad un asse (tracker orizzontali monoassiali a linee indipendenti) quali strutture di supporto ai moduli fotovoltaici.

L’impianto, sarà di tipo grid-connected in modalità trifase (collegata direttamente alla rete elettrica di distribuzione). L’impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato direttamente a terra con struttura in acciaio zincato e l’energia elettrica da essi prodotta verrà convogliata ai gruppi di conversione (inverters) ed ai trasformatori di tensione distribuiti all’interno dell’area di impianto.

Conformemente al preventivo di connessione di cui alla nota del 19/10/2020 del gestore di rete e successiva modifica di cui alle note del 23/02/2023, TERNA s.p.a. la connessione dell’impianto alla Rete di Trasmissione dell’energia Elettrica (RTN) avverrà in antenna a 36kV con una nuova stazione di smistamento 220 kV della RTN da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV “Favara – Chiaramonte Gulfi”.

L’iniziativa s'inquadra nel piano di sviluppo di impianti per la produzione d'energia da fonte rinnovabile che la società Renantis Sicilia S.r.l. – già Falck Renewables Sicilia s.r.l., intende realizzare nella Regione Sicilia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze d'energia pulita e sviluppo sostenibile sancite sin dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997, ribadite nella “Strategia Energetica Nazionale 2017” e successivamente dal Piano nazionale integrato per l'energia e il clima per gli anni 2021-2030.

L’applicazione della tecnologia fotovoltaica consente: la produzione d'energia elettrica senza emissione di alcuna sostanza inquinante, il risparmio di combustibile fossile, nessun inquinamento acustico e disponibilità dell'energia anche in località disagiate e lontane dalle grandi dorsali elettriche.

2 DATI GENERALI DEL PROGETTO

L'area oggetto di studio è ubicata nella parte meridionale della Sicilia nella provincia di Ragusa; a cavallo tra le provincie di Ragusa e Catania; nello specifico, l'area interessata dall'installazione dell'impianto "Biddine" ricade in località C.da Biddine del Comune di Acate, e distante circa 3,5 km dal centro abitato di Acate. La stazione di utenza è ubicata nella contrada Marfisa del comune di Caltagirone (CT).

La linea elettrica in AT, di circa 21 km, per il collegamento dell'impianto alla rete RTN, ricade in parte nel territorio del Comune di Acate (RG) ed in parte nel territorio del Comune di Caltagirone (CT), e si sviluppa quasi totalmente lungo le sedi stradali SP2, SP34, SP62, SP227 mentre solamente l'ultimo tratto finale della lunghezza di circa 2 km su superficie agricola.

Il territorio dove verrà realizzato l'impianto è caratterizzato da un'orografia varia, sub-pianeggiata e collinare; l'area di impianto si distingue come già detto in quattro macro aree (A, B, C e D): la prima ha un'altitudine media s.l.m. di 230 m, la seconda ha un'altitudine media s.l.m. di 102 m s.l.m., la terza di 95 m s.l.m. e la quarta di 90 m s.l.m.

L'impianto prevede l'installazione di 57.876 moduli fotovoltaici, marca Tiger Neo N-type 78HL4-BDV di potenza unitaria pari a 605 Wp per una potenza complessiva di 35.014,98 kWp in DC collocati su inseguitori mono-assiali.

L'area dell'impianto fotovoltaico (strutture sostegno pannelli, viabilità, cabine, fascia tagliafuoco etc.) è pari a: 46,2 ha ca. entro cui ricadono:

- Area per le colture/allevamenti di cui alla Relazione Progetto Agrovoltaiico: 34,7ha ca. tra i filari di pannelli;
- Fascia tagliafuoco: 3,4ha ca. (non pannellata);
- Area fasce di 10 m contermini agli impluvi e canali preesistenti: 1,5 ha ca. (non pannellata).

Pertanto si prevede di lasciare incolte soltanto le aree strettamente non coltivabili al di sotto delle strutture di sostegno pannelli ed in corrispondenza della viabilità e cabine, per un totale pari a 6,6 ha ca..

La committenza si impegna inoltre a realizzare su aree al di fuori dei 46,2 ha ca. d'impianto e comunque nella propria disponibilità, ulteriori aree a verde per: 20 ha ca. di cui:

- Area fascia arborata di 10 m di separazione e protezione dell'impianto fotovoltaico: 6,9 ha ca.;
- Aree esterne: 13,1 ha ca. entro cui ricadono le colture/allevamenti di cui alla Relazione Progetto Agrovoltaiico.

L'area di impianto sarà composta da n. 4 lotti (A, B, C e D) di cui:

- il lotto A verrà suddiviso in n.3 sottocampi;
- il lotto B sarà composto da n.1 sottocampo;
- il lotto C sarà composto da n.1 sottocampo;
- il lotto D sarà composto da n.1 sottocampo.

L'impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta attraverso la realizzazione di una nuova cabina di utenza, sita nella contrada Marfisa del Comune di Caltagirone (CT), collegata in antenna con una nuova stazione di trasformazione 220/36 della RTN da inserire in entra – esce su entrambe le terne della linea RTN a 220 kV “Favara – Chiaramonte Gulfi”. L'energia prodotta dall'impianto verrà consegnata alla cabina di utenza tramite un cavidotto a 36 kV interrato della lunghezza di circa 18 km. La linea sarà equipaggiata di cavo ottico dielettrico da n. 24 fibre ottiche, rispondenti alle caratteristiche previste dalla norma ITU-T/G.652 comprensiva di certificati di collaudo. Sarà prevista inoltre l'installazione di n.2 cabine di parallelo, una collocata nella zona a Sud dell'impianto (denominata Cabina di parallelo 1), avente la funzione di raccogliere l'energia prodotta dai lotti B, C e D, e l'altra posta nella zona a Nord (denominata Cabina di parallelo 2) avente la funzione di raccogliere l'energia prodotta dal lotto A, nonché quella consegnata dalla cabina di parallelo ubicata nella zona di Sud che si collegherà tramite un cavidotto della lunghezza di circa 3,70 km. Da quest'ultima cabina di parallelo si dipartirà un cavidotto della lunghezza di circa 18 km che consegnerà l'energia prodotta dall'intero impianto alla stazione di utenza 36 kv ubicata in prossimità della stazione di consegna RTN 220_36 kV.

Le opere progettuali da realizzare si possono così sintetizzare:

- impianto agro-fotovoltaico con sistema tracker, della potenza complessiva installata di 35 MWp, ubicato in C.da Biddine, Comune di Acate (RG);
- n. 6 cabine di trasformazione;
- n. 2 cabine di parallelo una ubicata nella zona a Sud e l'altra nella zona a Nord;
- N°1 cabina locale tecnico/guardiana + wc chimico;
- n. 1 cabine di utenza 36 kV ubicata in prossimità della Stazione di consegna RTN 220-36 kV;
- n.1 cavidotto, della lunghezza di circa 3,7 km e con sviluppo lungo la sede stradale SP2, di collegamento porzione di impianto posto a Sud con la porzione posta a Nord, ovvero di collegamento delle due cabine di parallelo;
- n.1 cavidotto della lunghezza di circa 18 km per convogliare l'energia prodotta dall'intero impianto alla stazione di utenza 36 kV;

Nella “Tabella 1” vengono riportate le principali caratteristiche dell'impianto agro-fotovoltaico di progetto.

Tabella 1- Caratteristiche impianto agro-fotovoltaico

NOME	DESCRIZIONE
Luogo di installazione impianto FV	Comune di Acate (RG)
Denominazione impianto	<u>Biddine</u>
Coordinate geografiche Lotto A	37° 3' 19.92''N; 14°30'14.13'' E - Altitudine media 230 m s.l.m.
Coordinate geografiche Lotto B	37°2'41.57''N; 14°30'24.75''E - Altitudine media 102 m s.l.m.
Coordinate geografiche Lotto C	37°2'36.26''N; 14°30'26.84''E - Altitudine media 95 m s.l.m.
Coordinate geografiche Lotto D	37°2'28.53''N; 14°30'14.23''E - Altitudine media 90 m s.l.m.
Dati catastali area impianto comprensivo di fascia arborea	Lotto A: foglio 2, <u>p.lla</u> 268 – 291 Lotto B: foglio 2, <u>p.lla</u> 254 – 261 – 280 – 40 Lotto C: foglio 2, <u>p.lla</u> 245 – 246 – 247 – 248 Lotto D: foglio 2, <u>p.lla</u> 259 – 260 – 270 -272 -273 – 274 – 275 - 277 – 272 - 273 – 259 – 271 – 276 – 270 – 274 – 275 - 277
Potenza di picco	35 <u>MW_p</u>
Informazione generali impianto	Sito raggiungibile dal centro abitato di Acate percorrendo la SP 2
Tipo Strutture di sostegno	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker <u>monoassiali</u> fissate a terra su pali
Inclinazione piano dei moduli	+55° -55°
<u>Azimuth</u> di installazione	0°
Caratterizzazione urbanistico vincolistica	Zona E1 – Aree agricole suscettibili di ulteriore sviluppo e di servizi connessi. Zona E2 – Aree agricole di parziale pregio ambientale. Zona E3 – Aree agricole con particolare pregio ambientale e con vincoli idrogeologici.
N° inverter	n. 101 da 330 <u>kVA</u> ciascuno
N° cabine elettriche	n. 6 cabine di trasformazione interne al campo FV, n.2 cabine di parallelo interne al campo FV n.1 cabina di utenza ubicata in prossimità della stazione di consegna 220/36 <u>kV</u>
Rete di connessione	Alta Tensione 36 <u>kV</u>
Stazione di consegna AT	Stazione di trasformazione 220/36 della RTN da inserire in entra – esce su entrambe le terne della linea RTN a 220 <u>kV</u> “Favara – Chiaramonte Gulfi”.
Dati catastali stazione di utenza e di consegna	Foglio 239 <u>p.lla</u> 269, 193, 270, 194, 293 e 195

3 INQUADRAMENTO GENERALE

Il sito del costruendo impianto fotovoltaico è ubicato all'interno del comune di Acate, nella parte orientale della Sicilia, ad est del territorio provinciale di Ragusa. Le opere di connessione sono previste in agro di Caltagirone (CT).



Figura 1 – Inquadramento geografico del sito di interesse (fuori scala)

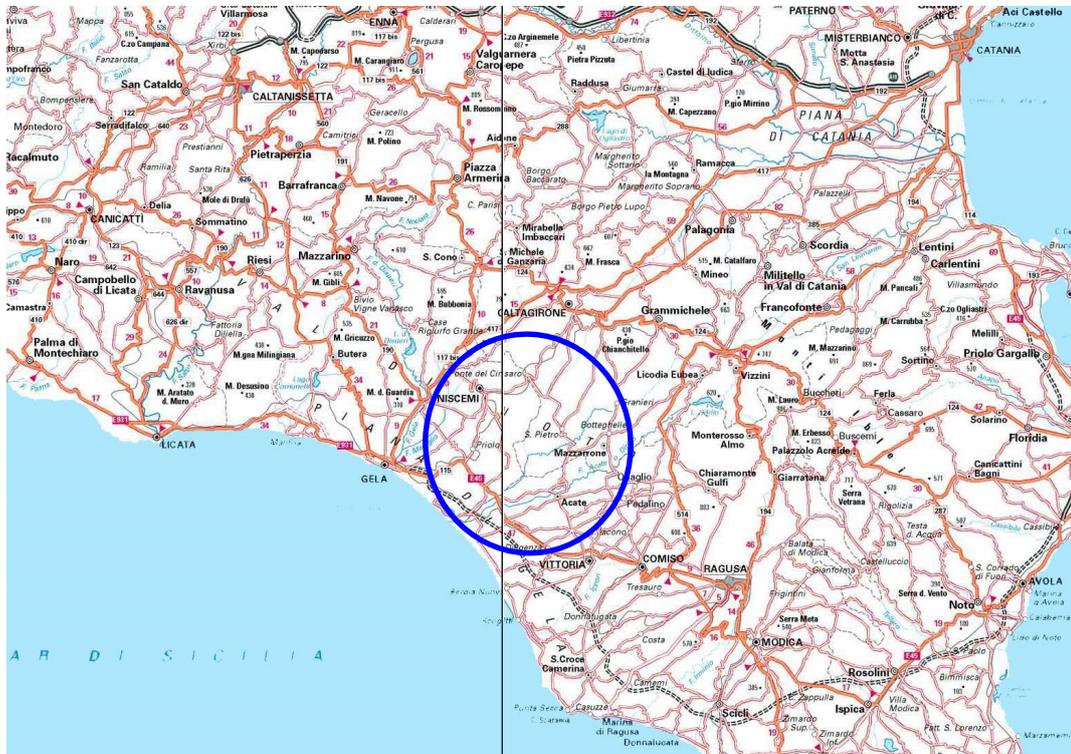


Figura 2 – Localizzazione sito (fuori scala)

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di progetto (impianto agro-fotovoltaico+cavidotto+stazione di utenza) sulla cartografia I.G.M. in scala 1:25.000 edita dall'Istituto Geografico Militare è inquadrata nella Serie 273 – III – SO (Acate) e 273 [Impianto FV] e Serie 273 - III – NO (Mazzarrone) [Opere di connessione], mentre sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 edita dalla Regione Siciliana l'area d'impianto ricade tra la Sezione - 644100 (Torre di Terrana) - 644110 (Mazzarrone) - 644140 (Acate) - 644150 (Pedalino) [Impianto FV] - 644020 (Masseria Valle Pilieri) - 644060 (Santo Pietro) - 644070 (Granieri) [Opere di connessione].

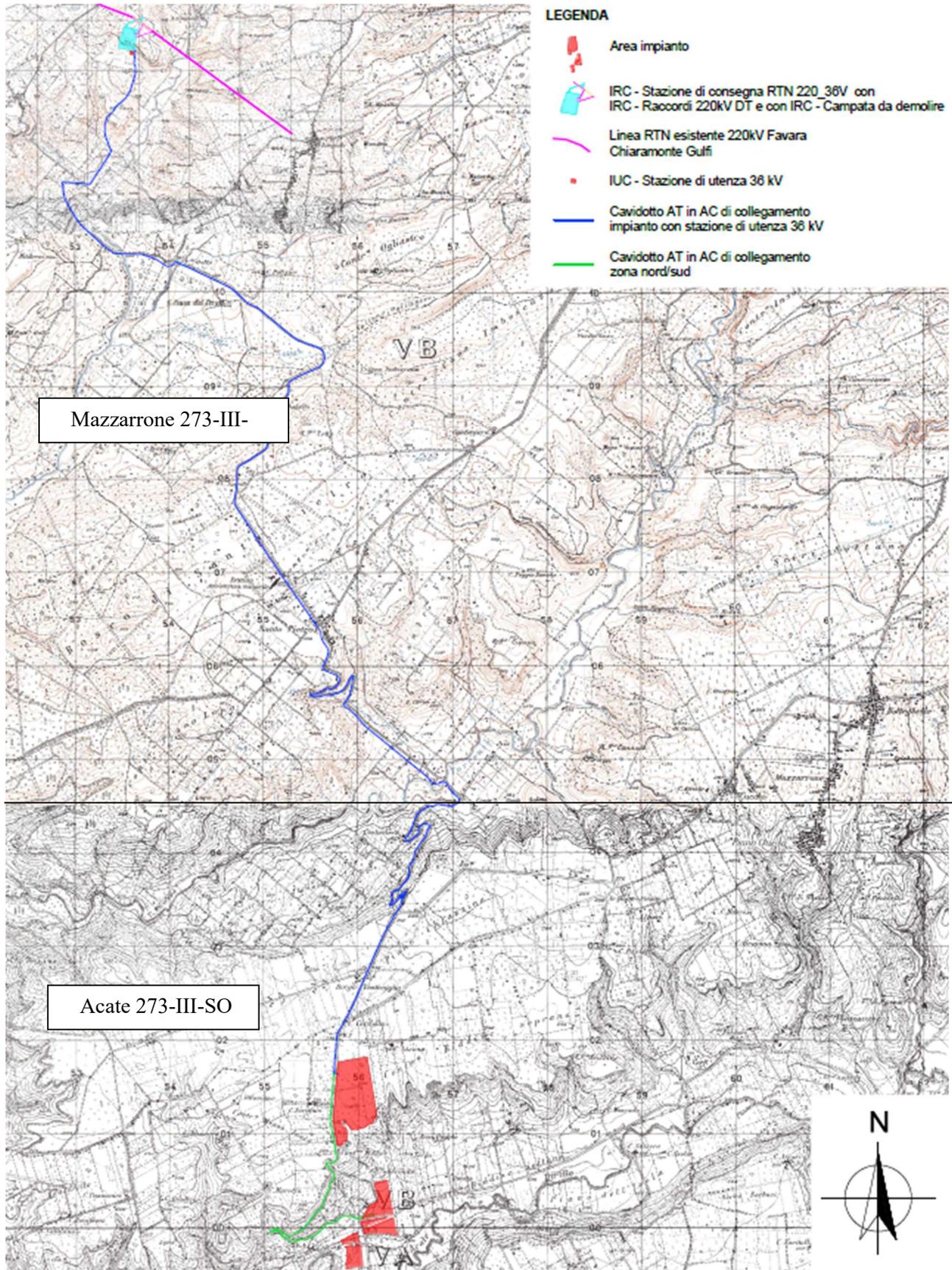


Figura 3 - Inquadramento territoriale su I.G.M.

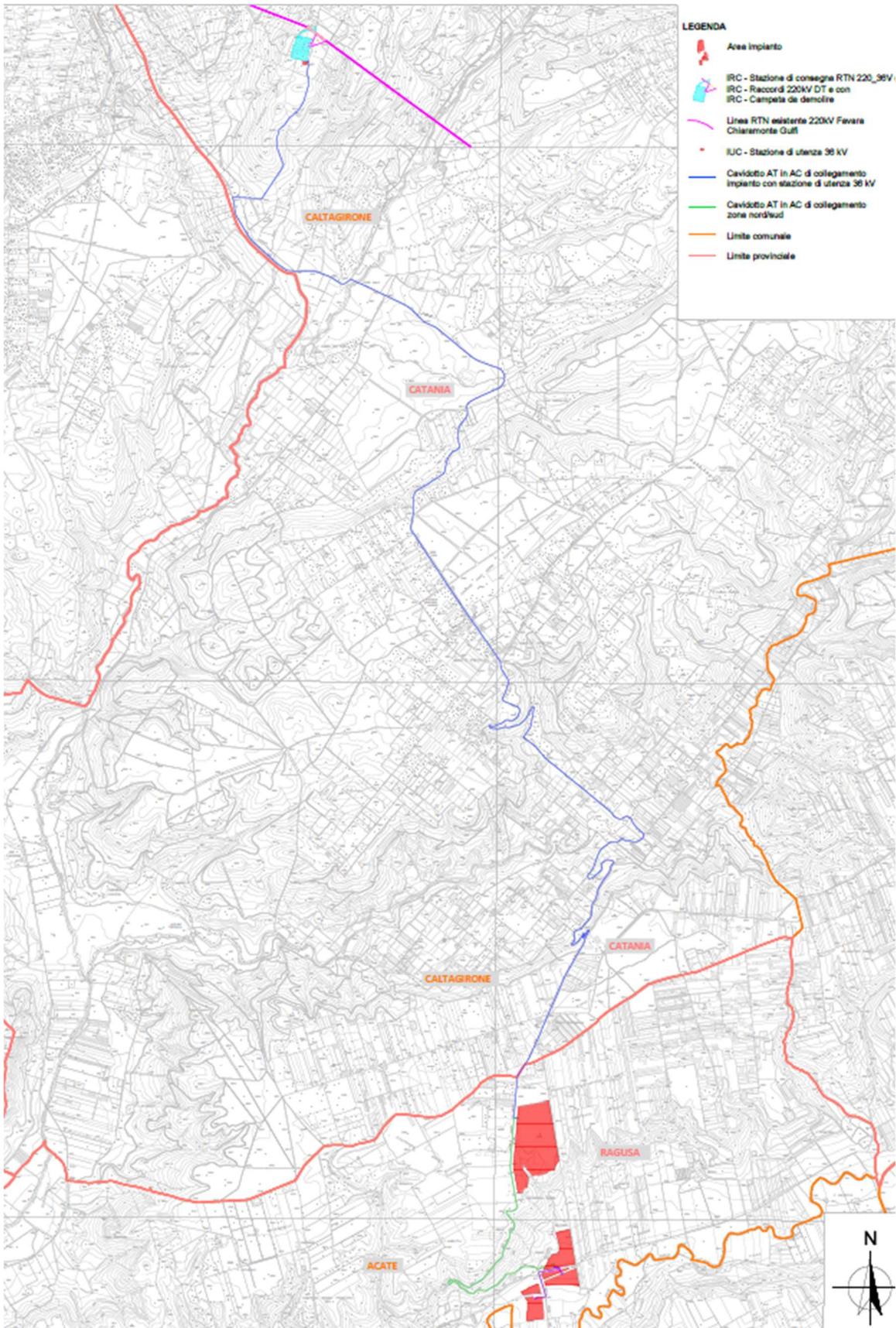


Figura 4 - Inquadramento territoriale su C.T.R.

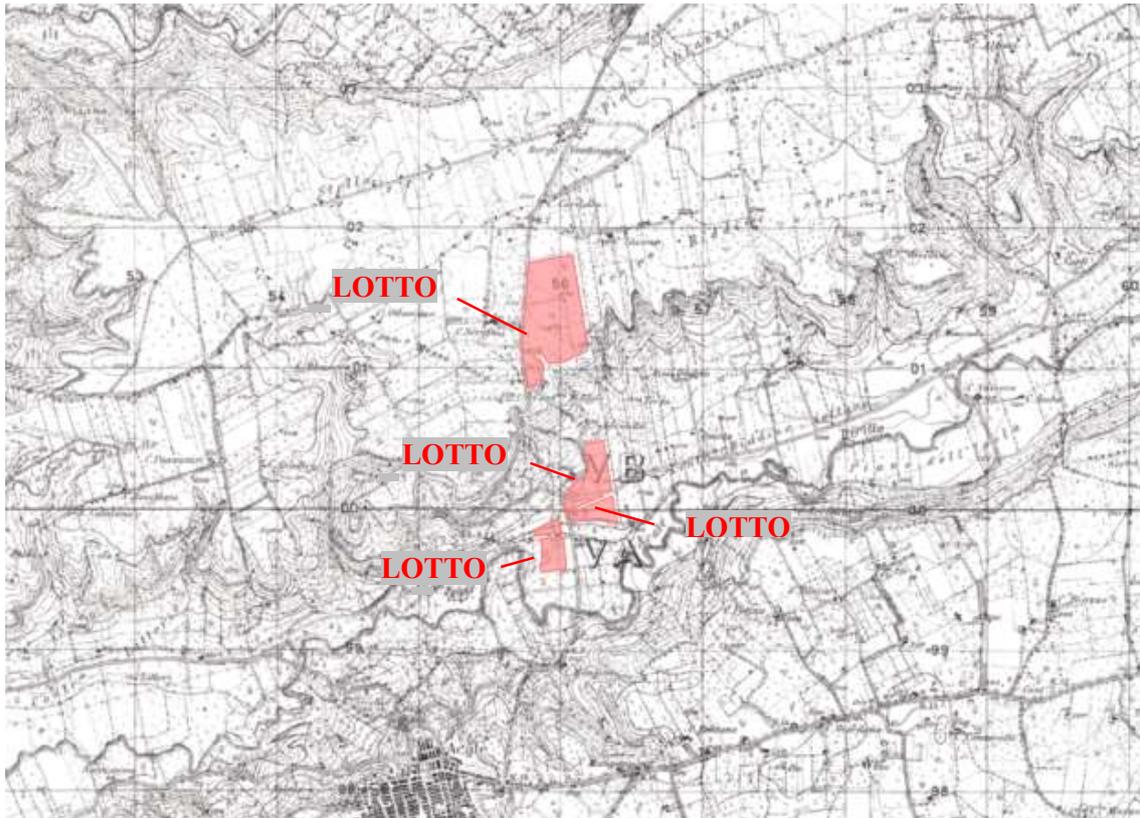


Figura 5 - Inquadramento locale impianto FV su I.G.M.

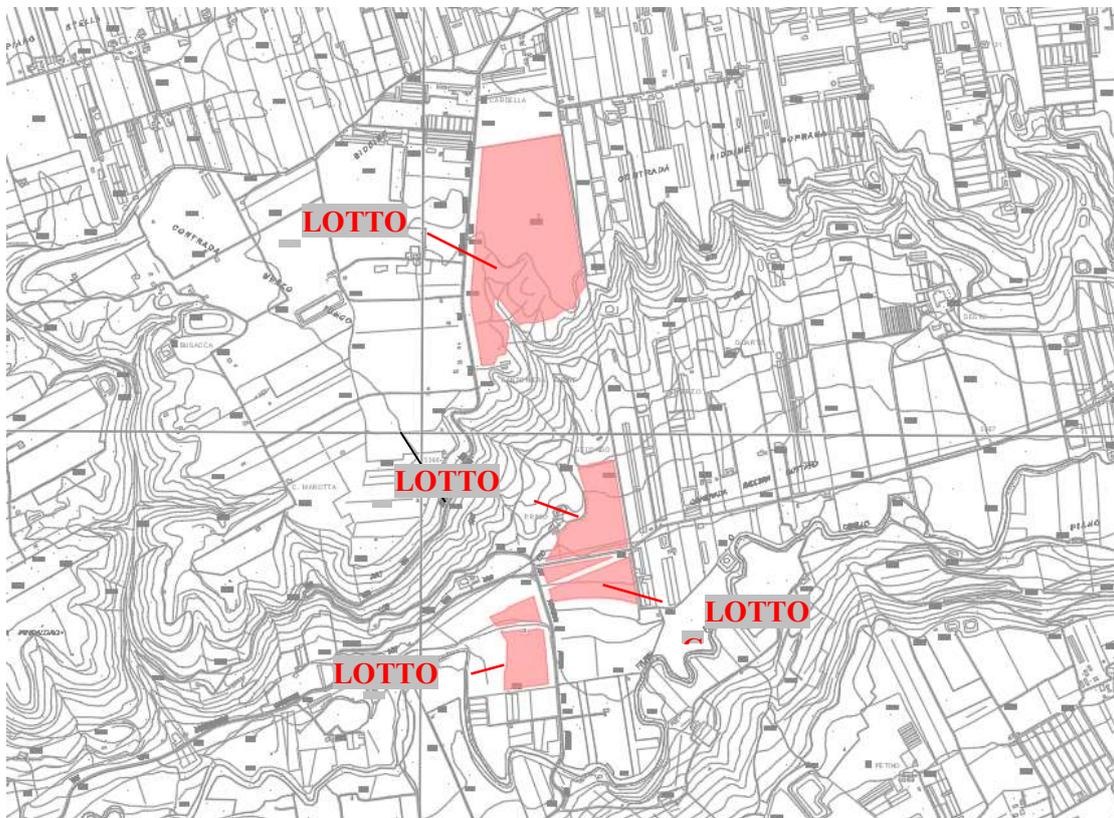


Figura 6 - Inquadramento locale impianto FV su C.T.R.

I baricentri delle quattro macro aree dell'impianto, sono individuati dalle seguenti coordinate geografiche (Tabella 2):

Tabella 2- Coordinate Geografiche

	Latitudine	Longitudine	H (s.l.m.)
Lotto A	37° 3' 19.92''N	14°30'14.13'' E	230 m
Lotto B	37°2'41.57''N	14°30'24.75''E	102 m
Lotto C	37°2'36.26''N	14°30'26.84''E	95 m
Lotto D	37°2'28.53''N	14°30'14.23''E	90 m



Figura 6 - Inquadramento territoriale su immagine satellitare

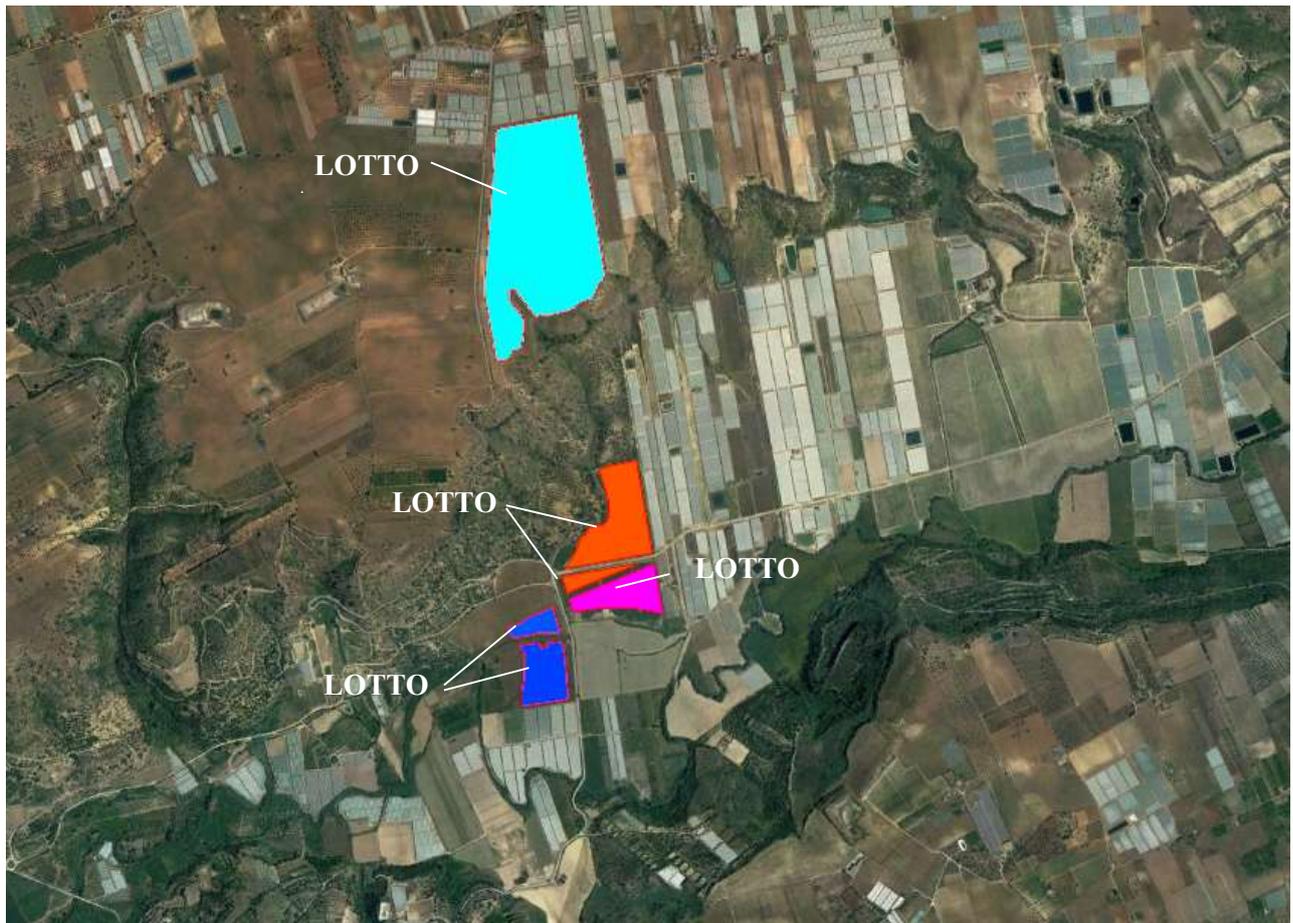


Figura 8 - Inquadramento locale impianto FV

L'area destinata alla realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico ricade nel territorio di Acate (RG), c.da Biddine, a circa 3,5 km dal centro abitato, in un'area sub-pianeggiante con quota media intorno a 130 m s.l.m. che presenta un buon irraggiamento solare. L'accessibilità al sito è consentita percorrendo dal centro abitato di Acate la strada provinciale SP 2 per circa 7 km per la macro area posta a Nord (lotto A), mentre l'accessibilità alle macro area poste a Sud (lotti B, C e D) è garantita percorrendo la medesima strada provinciale per soli 3,5 Km.

Ogni lotto verrà recintato e l'accesso ai 4 lotti (A, B, C e D) avverrà tramite passo carraio posizionati tre in prossimità della strada provinciale e tre in prossimità della Strada Consorziale Acate Licodia che costeggia le particelle 280 e 40. Tutti gli ingressi verranno rientrati rispetto alla viabilità in modo da facilitare la fermata dei mezzi e non intralciare il passaggio ad altri veicoli.

La connessione dell'impianto alla rete è costituita tramite cavo interrato in AT di circa 21 km, il cui tracciato è riportato nelle cartografie (Tav_2.1 e 2.2), che convoglia l'energia prodotta dall'impianto alla stazione di utenza 36 kV ubicata in adiacenza alla stazione consegna RTN 220_36 kV nel Comune di Caltagirone, località "C.da Marfisa".

GEOLOGIA

L'area oggetto di studio, è ubicata nella parte meridionale della Sicilia nella provincia di Ragusa; precisamente a cavallo tra le provincie di Ragusa e Catania. In dettaglio ci troviamo su un'area degradante in direzione sud-ovest, facente parte del territorio comunale di Acate, e ricadente nella contrada denominata Bidinne, e distante circa 3,5 km dall'abitato di Acate.

Dall'analisi degli affioramenti geologici nei dintorni dell'area in esame ("Carta geologica d'Italia - Foglio 268 Caltanissetta" E. Beneo - Servizio geologico Italiano 1955 e "Carta geologica del settore centro meridionale dell'Altopiano Ibleo", redatta dal Mario Grasso e pubblicata a cura dell'Istituto di Geofisica dell'Università di Catania ed elaborata in scala 1:50.000) litostratigraficamente dall'alto verso il basso possiamo distinguere i seguenti terreni:

- Alluvioni recenti e attuali (a)
- Sabbie marine e calcareniti (Qms);
- Sabbie gialle (Qs);
- Silt argillosi (Qsa);
- Argille grigio azzurre (Qa).

In particolare l'area di impianto ricade:

- Lotto A su terreni caratterizzati da sabbie marine e calcareniti (Pleistocene medio) - Qms;
- Lotto B su terreni caratterizzati in parte da argille grigio azzurre (Pleistocene inferiore) – Qa ed in parte su alluvioni recenti e attuali (Olocene) – a;
- Lotto C e D su terreni caratterizzati in parte da argille grigio azzurre (Pleistocene inferiore) – Qa.

La stazione di consegna ricade su terreni caratterizzati da sabbie marine e calcareniti (Pleistocene medio) Qms.

Per maggiori chiarimenti sugli aspetti geologici del sito si rimanda alla relazione specialistica [Cfr. Relazione Geologico – Tecnica].

4 INTERFERENZE

La sovrapposizione della cartografia Regionale CTR 2012/2013 ha permesso di ricavare le seguenti interferenze riportate nella “Tabella 3”:

Tabella 3- Interferenze

TABELLA INTERFERENZE			
N° Interferenza	Comune	Tipologia Interferenza	Opera interferente
1	Acate	Reticolo Idrografico	Viabilità - Recinzione
2	Acate	Reticolo Idrografico	Viabilità - Recinzione - Interne con cavo
3	Acate	Reticolo Idrografico	Viabilità - Recinzione
4	Acate	Reticolo Idrografico	Viabilità - Recinzione
5	Acate	Reticolo Idrografico	Viabilità - Recinzione
6	Acate	Reticolo Idrografico	Viabilità - Recinzione
7	Acate	Reticolo Idrografico	Viabilità - Recinzione
8	Acate	Reticolo Idrografico	Viabilità - Recinzione
9	Acate	Acquedotto	Esterne con cavo
10	Acate	Reticolo Idrografico	Esterne con cavo
11	Acate	Reticolo Idrografico	Viabilità - Recinzione
12	Acate	Condotta ANIC	Interne con cavo
13	Acate	Reticolo Idrografico	Interne con cavo
14	Acate	Condotta ANIC	Viabilità
15	Acate	Condotta ANIC	Recinzione
16	Acate	Acquedotto	Esterne con cavo
17	Acate	Reticolo Idrografico	Recinzione
18	Acate	Condotta ANIC	Viabilità - Recinzione
19	Acate	Reticolo Idrografico	Esterne con cavo
20	Caltagirone	Reticolo Idrografico	Esterna con cavo
21	Caltagirone	Reticolo Idrografico	Esterna con cavo
22	Caltagirone	Reticolo Idrografico	Esterna con cavo
23	Caltagirone	Reticolo Idrografico	Esterna con cavo
24	Caltagirone	Reticolo Idrografico	Esterna con cavo
25	Caltagirone	Reticolo Idrografico	Esterna con cavo
26	Caltagirone	Reticolo Idrografico	Esterna con cavo

A seguito dei sopralluoghi svolti in situ si è riscontrato difatti l’inesistenza delle interferenze ID. 19, ID.17, ID.13, ID.11, ID.10, ID.8, ID.7, ID.6, ID.5, ID.4, ID.3, ID.2, ID.1 e del relativo corso d’acqua.

Come riportato nelle sezioni precedenti, l’impianto di produzione sarà connesso alla rete mediante cavidotto interrato di collegamento. Tale cavidotto, al di fuori delle aree interne all’impianto, si svilupperà lungo viabilità pubblica esistente. Le interferenze sono state individuate tramite la sovrapposizione planimetrica tra il cavidotto dell’impianto e il reticolo idrografico realmente esistente.

A tal scopo, oltre a servirsi dei dati rilevabili dalla cartografia di riferimento, si sono svolti sopralluoghi in situ volti al rilievo puntuale degli alvei interessati dal passaggio dell’opera e delle relative opere idrauliche di attraversamento.

In particolare, nel suo sviluppo, il cavidotto andrà ad interferire con le seguenti viabilità:

La tipologia di interferenza è limitata alla posa del cavidotto interrato.

Tabella 4- Tipologia di interferenza

N° Interferenza	Tipologia Viabilità interferita	Denominazione	Tipologia Interferenza	Comune
ID. 20	Strada Provinciale.34	C.da Ficuzza	Posa cavidotto interrato	Caltagirone
ID. 21	Strada Provinciale n.34	C.da Ficuzza	Posa cavidotto interrato	Caltagirone
ID. 22	Strada Provinciale n.34	C.da Cona	Posa cavidotto interrato	Caltagirone
ID. 23	Strada Provinciale n.62	C.da Cava Imboscata– C.da Fossa del Pero	Posa cavidotto interrato	Caltagirone
ID. 24	Strada Provinciale n.62	C.da Valle Pileri – Ponte Gallo	Posa cavidotto interrato	Caltagirone
ID. 25	Strada Provinciale n.227	C.da Gallo - C.da Valle Pileri	Posa cavidotto interrato	Caltagirone
ID. 26	Strada privata	C.da Marfisa	Posa cavidotto interrato	Caltagirone

5 INTERFERENZE CON RETICOLO IDROGRAFICO

La distribuzione dei pannelli è stata progettata in modo tale da non interferire con il reticolo idrografico né ricadono entro la fascia di rispetto dei corsi d'acqua, distando tutti oltre 10m dalle relative sponde. A seguire in "Tabella 5" si riportano le interferenze con il reticolo idrografico, per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato grafico "Planimetria con interferenze".

Tabella 5- Interferenze con reticolo idrografico

Tabella Interferenze			
N° Interferenza	Comune	Tipologia Interferenza	Opera interferente
ID. 20	Caltagirone	Reticolo idrografico	Viabilità
ID. 21	Caltagirone	Reticolo idrografico	Viabilità
ID. 22	Caltagirone	Reticolo idrografico	Viabilità
ID. 23	Caltagirone	Reticolo idrografico	Viabilità
ID. 24	Caltagirone	Reticolo idrografico	Viabilità
ID. 25	Caltagirone	Reticolo idrografico	Viabilità
ID. 26	Caltagirone	Reticolo idrografico	Viabilità

A seguire si riportano le descrizioni delle risoluzioni tecniche previste in progetto nei casi di canalizzazioni d'acqua al di sotto della viabilità esistente interessata dal suddetto tracciato.

Posa cavidotto interrato interferente con reticolo idrografico

Si propongono nel seguito alcuni esempi di risoluzione dell'interferenza per casi tipici. Per l'individuazione puntuale delle interferenze rilevate, si rimanda all'elaborato grafico "Planimetria con interferenze". Nella previsione degli attraversamenti verranno mantenuti le indicazioni da CdS e le prescrizioni specificamente impartite dagli enti gestori.

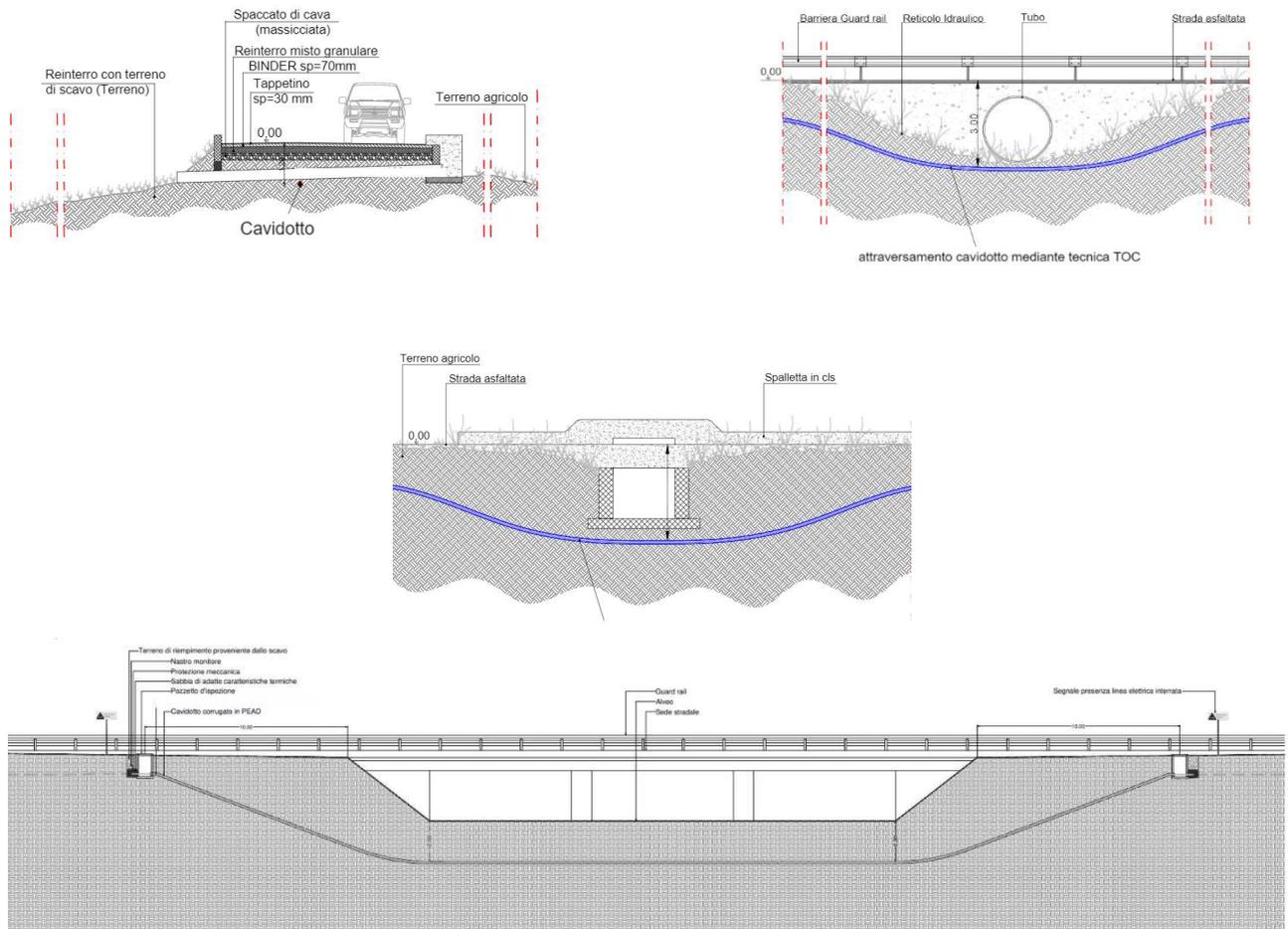


Figura 9- Esempi risoluzione interferenza per casi tipici

6 CALCOLO IDRAULICO

Premessa

Le interferenze con il reticolo idrografico sono state individuate attraverso la cartografia Regionale CTR 2012/2013 e successivamente verificate tramite specifici sopralluoghi.

Tali interferenze sono state sottoposte a verifica idraulica al fine di verificare che il deflusso superficiale, originato dal bacino di pertinenza relativo a ciascuna di esse, non superi la portata massima transitabile.

La verifica idraulica relativa ad una data sezione di chiusura consiste nel confronto tra la portata realmente transitabile in tale sezione e la portata di piena generata dal deflusso superficiale del bacino idrografico di pertinenza. In particolare se la prima risulta essere maggiore della seconda la sezione è verificata idraulicamente e l'opera idraulica è in grado di drenare la portata di piena per dato tempo di ritorno.

L'evento di piena può essere stimato a partire dall'elaborazione statistica di misurazioni dirette della portata, cioè un metodo diretto, tuttavia non disponendo di tali dati si è adottato un metodo indiretto. Questo ultimo si basa sulla determinazione della portata massima per fissato tempo di ritorno a partire dall'altezza di pioggia e quindi dell'intensità di precipitazione per fissata durata. Al fine di ricostruire l'evento di pioggia per fissato tempo di ritorno ci si è serviti del modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) mentre per la trasformazione della pioggia in portata di deflusso del modello afflussi deflussi.

Nel caso in esame le sezioni in cui effettuare tale studio coincidono con le interferenze idrauliche in corrispondenza delle quali si è svolta la verifica idraulica delle relative opere di attraversamento in modo da accertarsi che le opere esistenti siano adeguatamente dimensionate. In tal modo si ottiene una maggiore stabilità e durabilità delle opere in progetto e dei pendii esistenti permettendone un uso in sicurezza nel tempo.

Di seguito in "Figura 10" si riporta il tracciato del cavidotto e le interferenze idrauliche con il reticolo idrografico individuate in Google Earth.

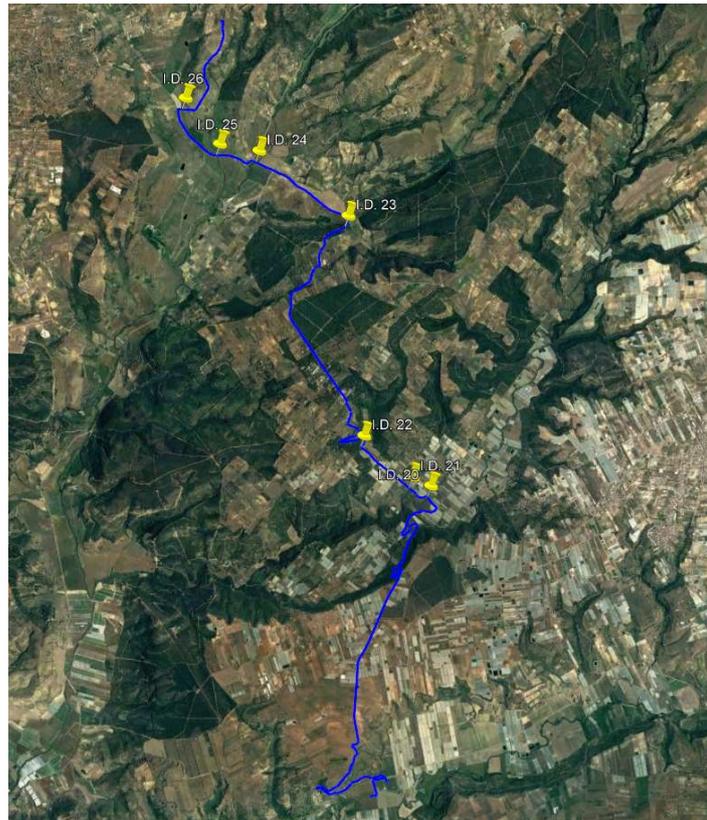


Figura 10- Cavidotto con interferenze idrauliche (Google Earth)

Modello TCEV

Tale modello consente di stimare altezze di pioggia e intensità seguendo una logica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messo a punto dall'Università di Palermo.

L'osservazione empirica dei campioni dei massimi annuali delle precipitazioni di breve durata ha portato a riconoscere valori estremamente più elevati degli altri, denominati *outliers*, eventi straordinari responsabili dei maggiori danni. Gli outliers, secondo la corrente interpretazione statistica, risultano dunque appartenenti ad una popolazione legata ad una differente fenomenologia meteorologica che deve essere riprodotta dalla legge di distribuzione di probabilità. Per tali motivi il modello TCEV si riconduce al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel, la prima denominata *componente base* riproduce i valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda, denominata *componente straordinaria* assume eventi più rari ma mediamente più rilevanti. Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà (1):

$$P(y) = \exp \left[- \exp(-y) - \Lambda^* \exp \left(- \frac{y}{\theta^*} \right) \right] \quad (1)$$

La legge di distribuzione TCEV è una legge a quattro parametri, i quali conferiscono al modello caratteristiche di maggiore flessibilità che migliora l'andamento delle singole serie, di contro ciò comporta

maggiori difficoltà nella stima dei parametri e la notevole variabilità di questa stima con la dimensione campionaria. Di conseguenza al posto della stima puntuale si preferisce quella regionale che si serve, per ciascuna durata, di tutti i dati storici rilevanti all'interno della regione idrologica in esame (Sicilia).

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si può ritenere che la Sicilia sia una zona pluviometrica omogenea per cui i valori di Λ^* e θ^* assumono dei valori costanti rispettivamente pari a 0,71 e 0,24.

Il secondo livello di regionalizzazione individua all'interno della prima regione delle sottozone pluviometriche omogenee. In particolare la Sicilia è stata suddivisa in sei sottozone che non cambiano al variare della durata. Nel caso in esame l'opera, la cui ubicazione è indicata in rosso in "Figura 11", ricade interamente nella zona Z3.



Figura 11- Zonizzazione TCEV Sicilia al secondo livello di regionalizzazione (Lo Conti et al 2007)

In questo livello di regionalizzazione si determina il valore di K_T , fattore di distribuzione di frequenza della probabilità o fattore di crescita, con seguente formula (2):

$$K_T = a^* \ln(T) + b \quad (2)$$

In cui:

- a e b sono due fattori dipendenti dalla zonizzazione del modello;
- T è il tempo di ritorno considerato.

In “Tabella 5” si riportano i valori delle variabili a e b per le sottozone siciliane.

Tabella 6- Valori a e b secondo livello di regionalizzazione

	Zona				
	Z0-Z5	Z1	Z2	Z3	Z4
a	0,4485	0,4695	0,4799	0,5011	0,4946
b	0,5117	0,4889	0,4776	0,4545	0,4616

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze geografiche come altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico. Pertanto, l’espressione della curva di probabilità pluviometrica diventerà (3):

$$h_{d,T} = K_T \mu_t(t) \quad (3)$$

In cui:

- $h_{d,T}$ è l’altezza di pioggia per un data durata d e dato tempo di ritorno T ;
- $\mu_d(d)$ è il fattore di relazione tra la media teorica ed il tempo di pioggia.

In particolare per le stazioni pluviografiche situate in Sicilia, che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stata ricavata la seguente relazione di potenza tra la media campionaria e la durata di precipitazione t (4):

$$\mu(t) = a t^n \quad (4)$$

Per ogni stazione i valori di a e n sono tabellati ma per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti di a e n possono essere stimati sulla base della carta delle iso-a “Figura 12” e delle iso-n (Cannarozzo et al, 1995) “Figura 13”

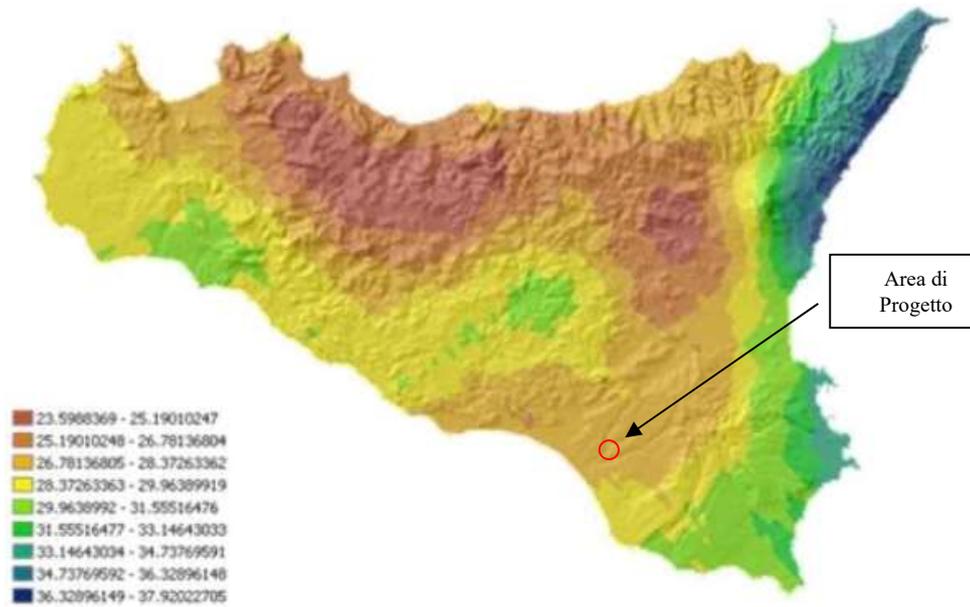


Figura 12- Valori del coefficiente a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

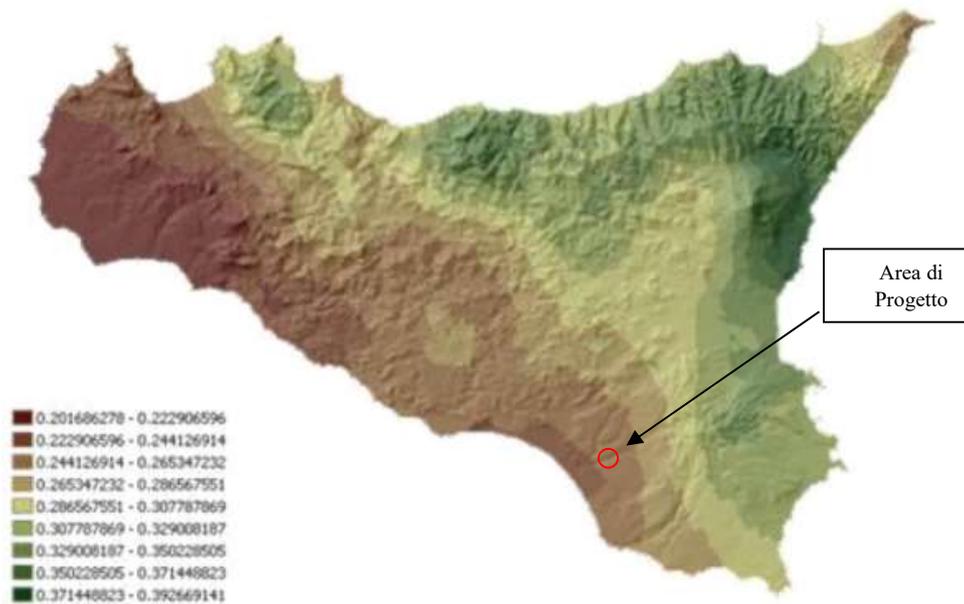


Figura 13- Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

Nel caso in esame è stata individuata la stazione pluviometrica di Caltagirone, la più vicina alle interferenze considerate, e ricavati i seguenti valori di a e n :

$$a = 27$$

$$n = 0.25$$

Servendosi della procedura e dei valori riportati precedentemente è stato possibile ricavare le altezze di precipitazione massime $h_{d,T}$ per assegnata durata d e tempo di ritorno T , a cui nel caso in esame sono stati assegnati i valori 50, 100, 200 e 300.

Calcolo della C.P.P.

Per il calcolo della curva di probabilità pluviometrica si è partiti dalla consultazione degli annali che hanno fornito i dati pluviometrici relativi alla stazione di Caltagirone, di questi sono state ottenute le medie per ciascuna durata canonica di 1, 3, 6, 12 e 24 ore ovvero $\mu(t)$.

La stazione di riferimento presenta i seguenti dati:

Nome: Caltagirone

Anni di funzionamento: 45

Altitudine: 513 m.s.l.m

Strumento: Termo-pluviometro

Il restante fattore $k(t)$, necessario ai fini del calcolo, è stato ricavato dai valori di a e b della zona Z3 con la seguente espressione (5):

$$k_T = 0,504 \ln(T) + 0.4545 \quad (5)$$

In accordo con le indicazioni contenute nel D.S.G. n.187/2022 – “Autorizzazione Idraulica Unica 2022”, nel D.S.G. n.119/2022 – “Direttive per la determinazione dell’ampiezza dell’alveo nel caso di sponde incerte” e nel D.S.G. n.71/2022 - “Direttive tecniche per la verifica di compatibilità idraulica di ponti e attraversamenti” emanati dall’Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, per le verifiche di compatibilità idraulica nel caso degli attraversamenti in subalveo si è svolta la verifica e quindi ricavata la CPP per tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 300 anni.

In “Tabella 6” vengono riportati i valori di altezza di precipitazione, per le durate canoniche e tempo di ritorno, $h_{d,T}$ necessari al tracciamento delle curve.

Tabella 7- Altezze di precipitazione in funzione della durata e del tempo di ritorno

	h₅₀	h₁₀₀	h₂₀₀	h₃₀₀
1	67,9	77,7	87,5	93,2
3	91,4	104,5	117,7	125,4
6	110,2	126,1	141,9	151,2
12	132,9	152	171,1	182,3
24	160,2	183,3	206,4	219,9

Di seguito in “Grafico 1” sono riportate le CPP per i quattro tempi di ritorno *T* considerati.

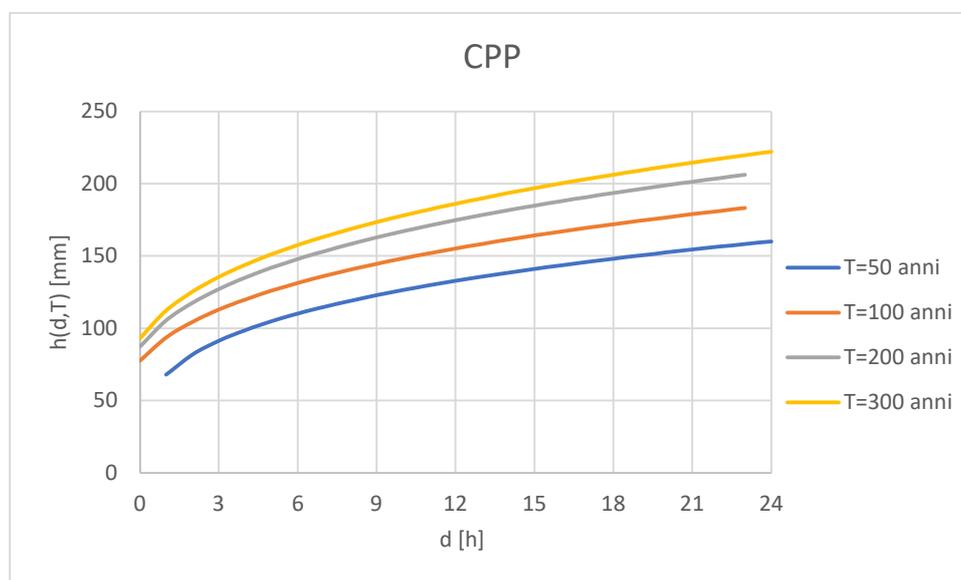


Grafico 1- Curve di probabilità pluviometrica

Individuazione dei bacini idrografici

Relativamente agli interventi in progetto, attraverso lo studio della cartografia di riferimento (Carta Tecnica Regionale - scala 1:10.000) e l’osservazione diretta dei luoghi, supportata da rilievi topografici, sono stati individuati i bacini idrografici naturali [Cfr. Tav. “*Monografie interferenze con rete idrografica*”] e sono stati suddivisi così come riportato in “*Tabella 7*”.

Tabella 8- Informazioni interferenze e bacini di pertinenza

Identificativo interferenza	Comune	Foglio	Particelle adiacenti	Contrada	Denominazione e impluvio	Opera interferenze	Area bacino
id. 26	Caltagirone	239	27-123	Marfisa	Fosso del noce	Ponticello su strada privata	12,62008
id. 25	Caltagirone	239	32-250-118	Gallo	Torrente fosso	Tombino su strada	17,20127
id.24	Caltagirone	274	99-193-121	Gallo	Ponte Gallo	Ponte su strada	31,55689
id.23	Caltagirone	279	221-239-140	Cava Imboscata	Pero	Tombino su strada	3,38994
id. 22	Caltagirone (Santo)	289	35-46-181	Cona	Torrente Ficuzza	Tombino su strada	0,930174
id. 21	Caltagirone	285	250-1-6-102	Ficuzza	Torrente Ficuzza	Tombino su strada	3,86529
id.20	Caltagirone	285	47-32-139	Ficuzza	Torrente Ficuzza	Ponte su strada	51,4395

Portata di Colmo

Le portate di piena sono state ricavate con il modello afflussi deflussi per cui la risposta idrologica di un bacino, ovvero la formazione di deflussi superficiali e/o sotterranei, può essere ricavata a partire da input di pioggia attraverso la simulazione dei processi che intervengono nella trasformazione tra gli afflussi e i deflussi.

La formula razionale consente di ricavare la portata al colmo per assegnato tempo di ritorno T mediante la relazione (6):

$$Q_T = \frac{\varphi i_T S}{3.6} \quad (6)$$

In cui

- Q_T è la portata di piena per fissato tempo di ritorno in m^3/s ;
- φ è il coefficiente di afflusso ed è adimensionale;
- i_T è l'intensità di precipitazione di fissato tempo di ritorno in mm/h ;
- S è la superficie del bacino in km^2 ;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

Il coefficiente di afflusso φ è stato stimato con il metodo proposto dal Soil Conservation Service (USDA) nel 1972 (detto metodo SCS). Questo si basa sulla stima del parametro CN (Curve Number) che è un parametro sintetico che esprime l'attitudine di una porzione di territorio a produrre deflusso diretto (superficiale). Il CN varia da zero a cento. Più alto è il valore maggiore è il deflusso prodotto a parità di precipitazione.

Il metodo del CN si basa sull'ipotesi che il volume specifico di deflusso superficiale (pioggia efficace P_e) è proporzionale all'altezza di pioggia totale P depurata dall'assorbimento iniziale I_a (perdite iniziali) nel rapporto tra volume specifico di acqua infiltrato F e volume specifico di saturazione del terreno S come riportato nella seguente espressione (7):

$$P_e = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} \quad (7)$$

In cui:

- P è la precipitazione totale;
- I_a è il fattore che tiene conto delle perdite iniziali (intercettazione fogliare, evapotraspirazione) posto pari a $0,2S$;
- S viene parametrizzato in funzione della natura del terreno e dell'uso del suolo attraverso la dipendenza dal CN che è $S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 10 \right)$

Il Curve Number è pari a CN(III) calcolato con la seguente relazione (8):

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43+0.0057CN(II)} \quad (8)$$

Il CN è valutato in base alle caratteristiche geo-pedologiche (“Tabella 8”):

Tabella 9- Caratteristiche geo-pedologiche del terreno

I gruppi idrologici	
A	Bassa capacità di deflusso – suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi – sabbie o ghiaie profonde ben drenate – notevole conducibilità idrica
B	Suoli con moderata infiltrabilità se saturi – discretamente drenati e profondi – tessitura medio-grossolana – conducibilità idrica media
C	Suoli con bassa infiltrabilità se saturi – uno strato impedisce la percolazione verticale – suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità – conducibilità idrica bassa
D	Capacità di deflusso elevata – suoli con infiltrabilità ridottissima in condizioni di saturazione – suoli ricchi di argilla rigonfanti – suoli con strato argilloso superficiale – suoli poco profondi su substrato impermeabile – conducibilità idrica estremamente bassa

Con la classe ricavata si entra poi in “Tabella 9” e si ricava il CN(II) in funzione della destinazione colturale e del tipo di sistemazione del terreno.

Tabella 10- Destinazione colturale e tipo di sistemazione del terreno

Uso del suolo	Tipo di copertura		Classe del suolo			
	Trattamento o pratica	Condizione idrologica	A	B	C	D
Maggesi	a solchi diritti	-	77	86	91	94
Colture a solchi	a solchi diritti	cattiva	72	81	88	91
	a solchi diritti	buona	67	78	85	89
	a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
	a reggipoggio	buona	65	75	82	86
	a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli	a solchi diritti	cattiva	65	76	84	88
	a solchi diritti	buona	63	75	83	87
	a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
	a reggipoggio	buona	61	73	81	84
	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
Legumi seminati folti o prati in rotazione	a solchi diritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi diritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
	a reggipoggio	buona	55	69	78	83
	a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
	a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
		discreta	49	69	79	84
		buona	39	61	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	88
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	79
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	79
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole		-	59	74	82	86
Strade sterrate		-	72	82	87	89
Str. pavimentate		-	74	84	90	92

Tempo di corrivazione

Per la valutazione del tempo di corrivazione è stata utilizzata la formula di Kirpich (9):

$$\tau_c = 0,01947 \left(\frac{L^{0,77}}{p^{0,385}} \right) \quad (9)$$

Dove:

- L è la distanza tra il punto idraulicamente più svantaggiato e la sezione di chiusura;
- p è la pendenza del tratto di lunghezza L .

Di seguito in “Tabella 10”, “Tabella 11”, “Tabella 12” e “Tabella 13” si riportano i valori delle grandezze necessarie alla stima della portata al colmo e valori questa ultima.

Tabella 11- Portate al colmo per T=50anni

Tabella di calcolo portata di progetto T=50 anni																										
Identificativo	calcolo tempo di corruzione				calcolo intensità di pioggia										calcolo pioggia efficace							calcolo portata di progetto				
	L	Dsl	p	τC	t	T	a	b	KT	a	n	mc	h't,T	i	P	a bassa permeab	a alta permeab	CN(II)	CN(III)	S	Ia	Pe	S _{noc}	Q		
Interferenza	[m]	[m]	[-]	[minuti]	[h]	[anni]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[%]	CN	[%]	CN			[mm]	[mm]	[mm]	[kmq]	[m3/s]
id. 26	5037,39	244	0,048	44,3	0,74	50	0,4946	0,4616	2,43	27	0,25	25,03	60,81	82,4	60,8	55	80	45	50	67	82,20	55,02	11,0	23,7	12,62008	112,40
id. 25	6083,23	268,88	0,044	53,0	0,88	50	0,4946	0,4616	2,43	27	0,25	26,18	63,62	72,0	63,6	40	80	60	50	62	79,14	66,94	13,4	21,5	17,20127	116,38
id.24	10856,54	290,4	0,027	100,5	1,68	50	0,4946	0,4616	2,43	27	0,25	30,72	74,65	44,5	74,6	6	80	94	50	52	71,51	101,22	20,2	19,0	31,55689	99,50
id.23	1247,72	122,89	0,098	11,5	0,19	50	0,4946	0,4616	2,43	27	0,25	17,87	43,42	226,4	43,4	0	80	100	50	50	69,93	109,22	21,8	3,6	3,38994	17,47
id. 22	569,45	97,12	0,171	5,1	0,08	50	0,504	0,4545	2,43	27	0,25	14,57	35,41	417,3	35,4	73	80	27	50	72	85,49	43,09	8,6	10,3	0,93017	31,28
id. 21	2522,98	174,23	0,069	22,7	0,38	50	0,504	0,4545	2,43	27	0,25	21,17	51,45	136,1	51,4	24	80	76	50	57	75,59	82,03	16,4	10,5	3,86529	29,79
id.20	18404,63	311,32	0,017	180,1	3,00	50	0,504	0,4545	2,43	27	0,25	35,54	86,36	28,8	86,4	0	80	100	50	50	69,93	109,22	21,8	24,0	51,43950	114,05

Tabella 12- Portate al colmo per T=100 anni

Tabella di calcolo portata di progetto T=100 anni																										
Identificativo	calcolo tempo di corruzione				calcolo intensità di pioggia										calcolo pioggia efficace							calcolo portata di progetto				
	L	Dsl	p	τC	t	T	a	b	KT	a	n	mc	h't,T	i	P	a bassa permeab	a alta permeab	CN(II)	CN(III)	S	Ia	Pe	S _{noc}	Q		
Interferenza	[m]	[m]	[-]	[minuti]	[h]	[anni]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[%]	CN	[%]	CN			[mm]	[mm]	[mm]	[kmq]	[m3/s]
id. 26	5037,39	244	0,048	44,3	0,74	100	0,4946	0,4616	2,78	27	0,25	25,03	69,57	94,3	69,6	55	80	45	50	67	82,20	55,0	11,0	30,2	12,62008	143,43
id. 25	6083,23	268,88	0,044	53,0	0,88	100	0,4946	0,4616	2,78	27	0,25	26,18	72,78	82,3	72,8	40	80	60	50	62	79,14	66,9	13,4	27,9	17,20127	150,91
id.24	10856,54	290,4	0,027	100,5	1,68	100	0,4946	0,4616	2,78	27	0,25	30,72	85,40	51,0	85,4	6	80	94	50	52	71,51	101,2	20,2	25,5	31,55689	133,48
id.23	1247,72	122,89	0,098	11,5	0,19	100	0,4946	0,4616	2,78	27	0,25	17,87	49,67	259,0	49,7	0	80	100	50	50	69,93	109,2	21,8	5,7	3,38994	27,74
id. 22	569,45	97,12	0,171	5,1	0,08	100	0,504	0,4545	2,78	27	0,25	14,57	40,51	477,4	40,5	73	80	27	50	72	85,49	43,1	8,6	13,6	0,93017	41,30
id. 21	2522,98	174,23	0,069	22,7	0,38	100	0,504	0,4545	2,78	27	0,25	21,17	58,86	155,7	58,9	24	80	76	50	57	75,59	82,0	16,4	14,5	3,86529	41,11
id.20	18404,63	311,32	0,017	180,1	3,00	100	0,504	0,4545	2,78	27	0,25	35,54	98,80	32,9	98,8	0	80	100	50	50	69,93	109,2	21,8	31,8	51,43950	151,43

Tabella 13- Portate al colmo per T=200 anni

Tabella di calcolo portata di progetto T=200 anni																										
Identificativo	calcolo tempo di corrivazione				calcolo intensità di pioggia										calcolo pioggia efficace								calcolo portata di progetto			
Interferenza	L	Dsl	p	τ_c	t	T	a	b	KT	a	n	mc	h't,T	i	P	Area a bassa permeabilità		Area a alta permeabilità		CN(II)	CN(III)	S	Ia	P _e	S _{bac}	Q
	[m]	[m]	[-]	[minuti]	[h]	[anni]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[%]	CN	[%]	CN			[mm]	[mm]	[mm]	[kmq]	[m ³ /s]
id. 26	5037,39	244	0,048	44,3	0,74	200	0,4946	0,4616	3,12	27	0,25	25,03	78,1	105,8	78,1	55	80	45	50	66,50	82,20	55,0	11,0	36,9	12,62008	175,02
id. 25	6083,23	268,88	0,044	53,0	0,88	200	0,4946	0,4616	3,12	27	0,25	26,18	81,7	92,4	81,7	40	80	60	50	62,00	79,14	66,9	13,4	34,5	17,20127	186,40
id. 24	10856,54	290,4	0,027	100,5	1,68	200	0,4946	0,4616	3,12	27	0,25	30,72	95,8	57,2	95,8	6	80	94	50	51,90	71,51	101,2	20,2	32,3	31,55689	169,10
id. 23	1247,72	122,89	0,098	11,5	0,19	200	0,4946	0,4616	3,12	27	0,25	17,87	55,7	290,7	55,7	0	80	100	50	50,00	69,93	109,2	21,8	8,0	3,38994	39,43
id. 22	569,45	97,12	0,171	5,1	0,08	200	0,504	0,4545	3,12	27	0,25	14,57	45,5	535,8	45,5	73	80	27	50	71,71	85,49	43,1	8,6	17,0	0,93017	51,72
id. 21	2522,98	174,23	0,069	22,7	0,38	200	0,504	0,4545	3,12	27	0,25	21,17	66,1	174,7	66,1	24	80	76	50	57,11	75,59	82,0	16,4	18,7	3,86529	53,16
id. 20	18404,63	311,32	0,017	180,1	3,00	200	0,504	0,4545	3,12	27	0,25	35,54	110,9	36,9	110,9	0	80	100	50	50,00	69,93	109,2	21,8	40,0	51,43950	190,36

Tabella 14- Portate al colmo per T=300 anni

Tabella di calcolo portata di progetto T=300 anni																										
Identificativo	calcolo tempo di corrivazione				calcolo intensità di pioggia										calcolo pioggia efficace								calcolo portata di progetto			
Interferenza	L	Dsl	p	τ_c	t	T	a	b	k _i	a	n	m _c	h' _{t,T}	i	P	Area a bassa permeabilità		Area ad alta permeabilità		CN(II)	CN(III)	S	I _a	P _e	S _{bac}	Q
	[m]	[m]	[-]	[minuti]	[h]	[anni]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[%]	CN	[%]	CN			[mm]	[mm]	[mm]	[kmq]	[m ³ /s]
id. 26	5037,39	244	0,048	44,3	0,74	300	0,4946	0,4616	3,33	27	0,25	25,03	83,3	112,91	83,3	55	80	45	50	66,5	82,20	55,0	11,0	41,08	12,62008	195,12
id. 25	6083,23	269	0,044	53,0	0,88	300	0,4946	0,4616	3,33	27	0,25	26,18	87,2	98,61	87,2	40	80	60	50	62,00	79,14	66,9	13,4	38,69	17,20127	209,12
id. 24	10856,54	290	0,027	100,5	1,68	300	0,4946	0,4616	3,33	27	0,25	30,72	102,3	61,05	102,3	6	80	94	50	51,90	71,51	101,2	20,2	36,74	31,55689	192,17
id. 23	1247,72	123	0,098	11,5	0,19	300	0,4946	0,4616	3,33	27	0,25	17,87	59,5	310,27	59,5	0	80	100	50	50,00	69,93	109,2	21,8	9,65	3,38994	47,40
id. 22	569,45	97	0,17	5,1	0,08	300	0,504	0,4545	3,33	27	0,25	14,57	48,5	571,90	47,9	73	80	27	50	71,71	85,49	43,1	8,6	18,73	0,93017403	57,04
id. 21	2522,98	174	0,07	22,7	0,38	300	0,504	0,4545	3,33	27	0,25	21,17	70,5	186,47	71,7	24	80	76	50	57,11	75,59	82,0	16,4	22,27	3,86529	63,24
id. 20	18404,63	311	0,02	180,1	3,00	300	0,504	0,4545	3,33	27	0,25	35,54	118,3	39,43	125,5	0	80	100	50	50	69,93	109,2	21,8	50,44	51,43950	240,12

Verifica canali a pelo libero

La verifica dei canali e delle sezioni dei tombini è stata effettuata in condizioni di moto uniforme tramite la seguente formula (10):

$$Q = \chi \Omega \sqrt{R i_f} \quad (10)$$

In cui:

- Ω è la sezione in m²;
- R raggio idraulico in m;
- i_f pendenza del ramo;
- χ coefficiente di scabrezza ricavato con la relazione di Gauckler-Strickler (11)

$$\chi = K_S R^{1/6} \quad (11)$$

In cui:

- K_S è il coefficiente adimensionale di scabrezza;

Combinando la (9) e la (10) si ottiene la formula di Gauckler-Strickler (12):

$$Q = K_S R^{2/3} i_f^{1/2} \Omega \quad (12)$$

Con la formula (11) si è costruita la scala delle portate per le sezioni in progetto, riportando in “Tabella 10” la portata massima defluente per ogni sezione di interferenza. Si è verificato che la sezione di interferenza permettesse il deflusso della portata massima di progetto Q_p , calcolata precedentemente, con franco libero di almeno 5 cm o nelle sezioni circolari un grado di riempimento inferiore al 95%.

Nella tabella seguente si riportano le tabelle di calcolo delle verifiche effettuate.

Tabella 15- Verifica portate

Verifica idraulica delle sezioni di interferenza																								
Identificativo interferenza	Comune	Foglio	Particelle adiacenti	Contrada	Denominazione e impluvio	Opera interferenze	Tipo sezione	Materiale	Base [m]	Altezza [m]	Scabrezza [m ^{1/3} s ⁻¹]	Pendenza	H [m]	Lt [m]	A [m ²]	P [m]	P' [m]	A' [m]	R [m]	γ	V [m/s]	Qmax [m ³ /s]	Riempimento	verifica
id. 26	Caltagirone	239	27-123	Marfisa	Fosso del noce	Ponticello su strada	Rettangolare	Cls	5	3,7	100	0,19	3,65	4,5	18,5	17,4	17,3	18,25	1,05	100,895	44,59	813,849	0,24	verificato
id. 25	Caltagirone	239	32-250-118	Gallo	Torrente fosso	Tombino su strada	Rettangolare	Cls	5	4,7	100	0,05	5,35	9,8	23,5	19,4	20,7	26,75	1,29	104,366	26,80	716,86	0,29	verificato
id. 24	Caltagirone	274	99-193-121	Gallo	Ponte Gallo	Ponte su strada	Circolare	Cls		11	100	0,10	10,45	9,7	94,99	34,54	32,81	85,72	2,61	117,357	60,90	5221,00	0,04	verificato
id. 23	Caltagirone	279	21-239-14	Cava Imboscata	Pero	Tombino su strada	Circolare	Cls		1,8	110	0,167	1,71	14,4	2,54	5,65	5,37	2,30	0,43	95,47	25,48	58,50	0,81	verificato
id. 22	Caltagirone (Santo)	289	35-46-181	Cona	Torrente Ficuzza	Tombino su strada	Circolare	Acciaio		3,5	100	0,14	3,33	22,2	9,62	10,99	10,44	8,68	0,83	96,97	32,50	282,05	0,20	verificato
id. 21	Caltagirone	285	150-1-6-10	Ficuzza	Torrente Ficuzza	Tombino su strada	Circolare	Acciaio		3,5	110	0,04	3,33	7,4	9,62	10,99	10,44	8,68	0,83	106,66	19,58	169,93	1,41	verificato
id. 20	Caltagirone	285	47-32-139	Ficuzza	Torrente Ficuzza	Ponte su strada	Circolare	Cls		8	100	0,13	7,6	7,5	50,24	25,12	23,9	45,3416	1,9	111,291	56,02	2539,81	0,09	verificato

Definizione della profondità di scavo del cavidotto

In corrispondenza delle interferenze idrauliche individuate si prevede la posa del cavidotto al di sotto dell'alveo, in particolare il passaggio avverrà aggirando i manufatti di attraversamento che vengono a costituire punti in cui il fondo del corso d'acqua non è soggetto a fenomeni erosivi. Al contrario, al di fuori delle opere idrauliche l'alveo è soggetto a potenziale erosione che deve essere considerata al fine di ricavare l'altezza di escavazione per la posa della condotta.

Per determinare la profondità di posa di una condotta che passa in sub-alveo, considerando i fenomeni di erosione localizzati, esistono in letteratura delle formulazioni semplificate ed estremamente cautelative che mirano a valutare i potenziali fenomeni di escavazione in alveo in modo che un eventuale abbassamento della quota iniziale di fondo dell'alveo non interessi la condotta.

Solitamente viene fatto riferimento agli studi di Yalin (1964) e Nordin (1965) che in sintesi considerano un valore cautelativo di escavazione del fondo pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena.

Un approccio cautelativo proposto in Italia, basato su osservazioni dirette dei corsi d'acqua in Pianura Padana pone il limite massimo di escavazione pari al 50% dell'altezza del tirante massimo in caso di piena, in maniera indipendente dalla natura del fondo dell'alveo e dal regime di corrente (L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene; Vollo L, - L'energia elettrica, vol. XXIX, Milano 1952 e Variazioni del fondo degli alvei durante le piene; Zanovello A. - L'energia elettrica, vol. XXXV, Milano 1959).

Dunque considerando il fondo dell'alveo Z ed in corrispondenza di questo ultimo una data sezione, una stima prudenziale della profondità di escavazione è del 50% dell'altezza idrometrica di piena h_0 (12):

$$Z = 0.5 h_0 \quad (12)$$

7 CONCLUSIONI

La presente relazione ha riguardato la verifica idraulica delle opere interferenti con il tracciato del cavidotto, a seguito della quale comunque non sono emerse criticità. Gli attraversamenti delle opere idrauliche sono stati previsti con metodologia TOC ed al fine di ridurre le soggezioni con il traffico veicolare, in corrispondenza delle interferenze individuate, si è ritenuto di effettuare l'attraversamento direttamente in alveo e fuori dalla sede stradale in quanto, in caso contrario, gli ingombri per il piazzamento dell'attrezzatura necessaria, seppur per un periodo di tempo limitato, avrebbero condizionato pesantemente la fruibilità della strada coinvolta. Per quanto attiene la profondità di attraversamento, si è comunque tenuto conto della potenziale erosione del fondo alveo e pertanto si sono utilizzati dei parametri cautelativi presi da letteratura.