

Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "Campiglia" di potenza pari a 67 MWp e 63,5 MW nel comune di Campiglia Marittima (LI) ed opere connesse alla RTN nel Comune di Suvereto (LI)

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROGEOLOGICA

| | | | | | |
|---|-----------|------------------------|--|------------|----------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| 20/03/2024 | 00 | PRIMA EMISSIONE | ER | SA | Ing. Domenico Memme |
| Data | Rev. | Descrizione Emissione | Preparato | Verificato | Approvato |
| Logo Committente e Denominazione Commerciale  | | | ID Documento Committente CoD021_FV_BCR_00093 | | |
| Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale  Meta Studio S.r.l. | | | Timbro e Firma Resp. Progettazione Ing. Domenico Memme | | |
| Consulente / Specialista Montana S.P.A. | | | ID Documento Appaltatore REL 09 | | |

Sommario

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Premessa..... | 4 |
| 2 | Dati di riferimento..... | 6 |
| 2.1 | Modello digitale del terreno..... | 6 |
| 2.2 | Normativa e fonti di riferimento..... | 6 |
| 3 | Descrizione dello stato di fatto..... | 7 |
| 3.1 | Localizzazione impianto..... | 7 |
| 3.2 | Uso del suolo..... | 7 |
| 3.3 | Inquadramento litologico e della permeabilità..... | 8 |
| 3.4 | Idrografia del territorio..... | 11 |
| 3.4.1 | Idrografia superficiale..... | 11 |
| 3.5 | Inquadramento della pericolosità e del rischio idraulico dell'area di progetto e della linea di connessione..... | 13 |
| 3.5.1 | Piano di gestione del rischio alluvioni del Distretto dell'Appennino Settentrionale (PGRA) 13 | |
| 3.5.2 | Piano strutturale intercomunale – Comuni di Piombino e Campiglia Marittima..... | 15 |
| 4 | Stato di progetto..... | 20 |
| 4.1 | Criteri di progettazione..... | 20 |
| 4.2 | Disponibilità di connessione..... | 20 |
| 4.3 | Configurazione impianto..... | 21 |
| 4.4 | Layout di impianto..... | 21 |
| 4.5 | Descrizione dei componenti dell'impianto fotovoltaico..... | 23 |
| 5 | Studio idrologico area nuovo impianto fotovoltaico..... | 24 |
| 5.1 | Considerazioni climatiche..... | 24 |
| 5.2 | Scelta del tempo di ritorno..... | 24 |
| 5.3 | Analisi probabilistica delle precipitazioni intense..... | 25 |
| 5.4 | Identificazione dei bacini scolanti di progetto..... | 27 |
| 5.5 | Valutazione della pioggia efficace (netta)..... | 32 |
| 5.5.1 | Valutazione post-operam..... | 32 |
| 5.6 | Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto ante-operam e post-operam..... | 34 |
| 6 | Studio di compatibilità idraulica nuovo impianto fotovoltaico..... | 37 |
| 6.1 | Identificazione e risoluzione interferenze layout di impianto..... | 37 |
| 6.1.1 | Viabilità di progetto..... | 40 |
| 6.2 | Identificazione interferenze linea di connessione..... | 41 |
| 6.2.1 | Metodologia di verifica profondità di sicurezza posa TOC..... | 43 |
| 6.3 | Risoluzione interferenze linea di connessione..... | 45 |

| | | |
|--------|--|----|
| 6.3.1 | I01 | 46 |
| 6.3.2 | I02 | 47 |
| 6.3.3 | I03 | 49 |
| 6.3.4 | I04 | 51 |
| 6.3.5 | I05 | 53 |
| 6.3.6 | I06 | 54 |
| 6.3.7 | I07 | 57 |
| 6.3.8 | I08 | 59 |
| 6.3.9 | I09 | 61 |
| 6.3.10 | I10 | 64 |
| 6.3.11 | I11 | 66 |
| 6.3.12 | I12 | 67 |
| 6.3.13 | I13 | 70 |
| 6.3.14 | P01 | 72 |
| 6.3.15 | P02 | 74 |
| 6.3.16 | P03 | 76 |
| 6.4 | Studio preliminare per l'invarianza idraulica..... | 77 |
| 7 | Verifiche e dimensionamenti idraulici..... | 79 |
| 7.1 | Sistema di drenaggio superficiale dell'area di intervento..... | 79 |
| 7.2 | Sistema di gestione acque meteoriche – viabilità | 81 |
| 7.3 | Punti di scarico del sistema di drenaggio..... | 81 |
| 8 | Opere di regimazione SSE..... | 82 |
| 8.1 | Studio idrologico – idraulico..... | 82 |
| 8.1.1 | Coefficiente di deflusso | 82 |
| 8.1.2 | Superficie scolante impermeabile | 82 |
| 8.1.3 | Volume di laminazione | 82 |
| 8.2 | Conclusioni e prescrizioni finali | 83 |
| 9 | Conclusione..... | 84 |

1 Premessa

La Società IREN GREEN GENERATION TECH S.R.L. (di seguito Proponente) ha in progetto la realizzazione di un impianto fotovoltaico, nel territorio comunale di Campiglia Marittima (LI), Regione Toscana denominato “Campiglia” di potenza nominale complessivamente pari a 67,00 MWp.

In relazione a tale parco fotovoltaico, il Proponente ha in progetto la realizzazione delle opere di collegamento alla RTN, costituite da una Stazione Elettrica di trasformazione 132/30kV-Stazione Utente connessa alla nuova SE Terna di “Suvereto” da realizzarsi da parte di Terna e relativi cavidotti MT e AT di connessione.

Titolo del progetto “CAMPIGLIA” (di seguito Progetto).

L’iter procedurale per l’ottenimento dei permessi alla realizzazione del progetto prevede la trasmissione, da parte del Proponente, di diversi elaborati ad Enti di competenza per l’acquisizione delle autorizzazioni. Tra i diversi documenti da esibire in fase autorizzativa, vi è anche il presente elaborato “Relazione di invarianza idraulica e idrogeologica”.

Con la realizzazione dell’impianto fotovoltaico si intende conseguire un significativo risparmio energetico mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole.

Il progetto si inquadra in quelli che sono i programmi Nazionali e Internazionali per la transizione verso un’economia globale a impatto climatico zero entro il 2050.

In occasione della Conferenza sul clima tenutasi nel 2015 a Parigi è stato stipulato un nuovo accordo sul clima per il periodo dopo il 2020 che, per la prima volta, impegna tutti i Paesi, compreso l’Italia a ridurre le proprie emissioni di gas serra. In tal modo è stata di fatto abrogata la distinzione di principio tra Paesi industrializzati e Paesi in via di sviluppo. Nell’ambito di tale accordo l’Italia ha elaborato un Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) in cui l’Italia fissa degli obiettivi vincolanti al 2030 sull’efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di CO₂. Stabilisce inoltre il target da raggiungere in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell’energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile, definendo precise misure che garantiscano il raggiungimento degli obiettivi definiti con l’accordo di Parigi e la transizione verso un’economia a impatto climatico zero entro il 2050.

Lo sviluppo delle rinnovabili concorre agli obiettivi europei e nazionali di riduzione delle emissioni di CO₂ e di decarbonizzazione dell’economia.

A livello europeo, un primo traguardo, previsto dalla **direttiva 2009/28/CE** e fissato **al 2020**, è stato conseguito dall’Italia e dall’UE nel suo complesso. **L’Italia, raggiungendo il 20,1% di copertura di consumi finali lordi di energia da fonti rinnovabili ha superato l’obiettivo del 17%** e l’UE, arrivando al 22,1%, l’obiettivo del 20%.

Il nuovo target **al 2030** è stato fissato a livello europeo al **32%** dalla Direttiva 2018/2001, salvo poi essere rivisto volta al 40% con il Pacchetto Fit for 55, per ridurre le emissioni del 55% al 2030. Nel 2022, il Piano REPowerEU ha ulteriormente elevato obiettivo, che sarà fissato dalla direttiva sulle rinnovabili in via di approvazione al **42,5%** vincolante ed al 45% orientativo.

A dicembre 2019 l’Italia ha adottato, il **Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima**, che specifica gli obiettivi di incremento della quota di energia da fonte rinnovabile sul totale dei consumi per ciascun settore (elettrico, termico, trasporti), in modo da conseguire l’obiettivo nazionale complessivo del **30%** di consumi finali lordi di energia soddisfatti da fonti rinnovabili nel 2030.

L’obiettivo è ripartito per settore: 55% nel settore elettrico; 33,9% nel settore termico; 22% nel settore dei trasporti. Rispetto alle traiettorie indicate dal PNIEC, i dati riferiti agli ultimi anni indicano una crescita della percentuale di **consumi energetici coperti da fonti rinnovabili** nel 2020; con la ripresa dei consumi, **nel 2021**, il dato si attesta al **19%**, poco sotto l’obiettivo indicato dal PNIEC, **al 20%**. Nel settore elettrico, la **quota di copertura dei consumi elettrici da rinnovabili** è pari nel **2021** al **36%**, contro un dato **preventivato del 37,5%**. Negli ultimi anni la potenza installata e la produzione

di energia eolica e fotovoltaica sono cresciute significativamente, ma i traguardi posti al 2030 richiedono un'accelerazione. Nel settore idrico, la produzione di energia elettrica risente degli eventi siccitosi che si verificano periodicamente. Quanto al **settore termico e dei trasporti**, la copertura dei consumi da fonti rinnovabili è stata nel 2021 rispettivamente del **19,7% e dell'8,2%**, contro un dato preventivato dal PNIEC rispettivamente del **22,1% e del 9,9%**.

Lo scorso 30 giugno l'Italia ha trasmesso alla Commissione europea la proposta di aggiornamento del PNIEC, da adottarsi entro giugno 2024. L'obiettivo complessivo di copertura di consumi energetici da fonti rinnovabili è fissato al 40% al 2030, così ripartito: **65% nel settore elettrico, 37% nel settore termico, 31% nel settore dei trasporti**. Inoltre è stato stabilito un obiettivo di **consumo di idrogeno da fonti rinnovabili del 42% negli usi industriali**.

Il PNIEC approvato nel 2019, al fine del raggiungimento dell'obiettivo di copertura del fabbisogno elettrico da fonti energetiche rinnovabili (FER) del 55%, prevede che entro il 2030 la potenza degli impianti da fonti rinnovabili debba aumentare a **95,21 GW**. Il Piano per la Transizione energetica stima che, per raggiungere i più ambiziosi obiettivi posti dal Green Deal e dal Pacchetto Fit for 55, sarebbe necessaria una crescita complessiva della potenza installata da fonti rinnovabili di 70-75 GW al 2030 rispetto al 2019 (quando era pari a 55,5 GW).

La **proposta di aggiornamento del PNIEC** propone di elevare l'obiettivo di potenza installata da fonti rinnovabili a **131,3GW**, (quanto sopra fonte "Servizio Studi" Camera dei Deputati "Le Fonti Rinnovabili dell'agosto 2023". Elettricità FUTURA sostiene che per il Piano Elettrico 2030 coerente con il REPowerEU (84% di rinnovabili nel mix elettrico) occorrono **143 GW** di potenza rinnovabile installata (fonte "Audizioni annuali ARERA 2023).

In tale scenario l'impianto fotovoltaico di progetto con la sua produzione netta attesa di **121.952,56 MWh/anno** di energia elettrica da fonte rinnovabile e con un sostanziale abbattimento di emissioni in atmosfera di CO₂ ogni anno risponde pienamente agli obiettivi energetici e climatici del Paese.

In sintesi l'intervento proposto:

- è finalizzato alla realizzazione di un'opera infrastrutturale, non incentivato;
- è compatibile con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- consente la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- utilizza fonti rinnovabili eco-compatibili;
- consente il risparmio di combustibile fossile;
- non produce nessun rifiuto o scarto di lavorazione;
- non è fonte di inquinamento acustico;
- non è fonte di inquinamento atmosferico;
- utilizza viabilità di accesso già esistente;
- comporta l'esecuzione di opere edili di dimensioni modeste che non determinano in alcun modo una significativa trasformazione del territorio, relativamente a fondazioni superficiali di alcune stazioni di conversione/trasformazione e cabine di smistamento con volumetrie decisamente molto contenute;
- le opere di connessione consentiranno di migliorare l'infrastruttura elettrica nazionale.

2 Dati di riferimento

2.1 Modello digitale del terreno

Il modello digitale del terreno utilizzato per la maggior parte delle aree di impianto è quello fornito dal Geoportale della Regione Toscana – SITA Cartoteca, avente risoluzione spaziale 1m x 1m. Per una porzione dell'area di impianto è assente il dato Lidar sopra citato; pertanto, per questa zona è stato ottenuto e consultato attraverso il portale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), dal progetto "Tinality", il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 10x10 metri.

2.2 Normativa e fonti di riferimento

I seguenti documenti sono stato utilizzati come principali riferimenti per lo studio:

- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Appennino Settentrionale (PGRA) previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010;
- Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione - Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation - FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual pubblicato da FHWA (Federal Highway Administration-US Department of transportation);
- Tarquini S., Isola I., Favalli M., Battistini A. (2023) TINITALY, a digital elevation model of Italy with a 10 m-cell size (Version 1.1) [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).”;
- Gruppo Nazionale Per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche - Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia;

3 Descrizione dello stato di fatto

3.1 Localizzazione impianto

Il progetto in esame è ubicato nel territorio comunale di Campiglia Marittima (LI), nel settore centro-occidentale della Regione Toscana, diviso in più sotto campi (A, B, C, D, E, F) di potenza nominale complessiva pari a 67 MWp. La superficie catastale complessiva è pari a circa 96,99 ettari.

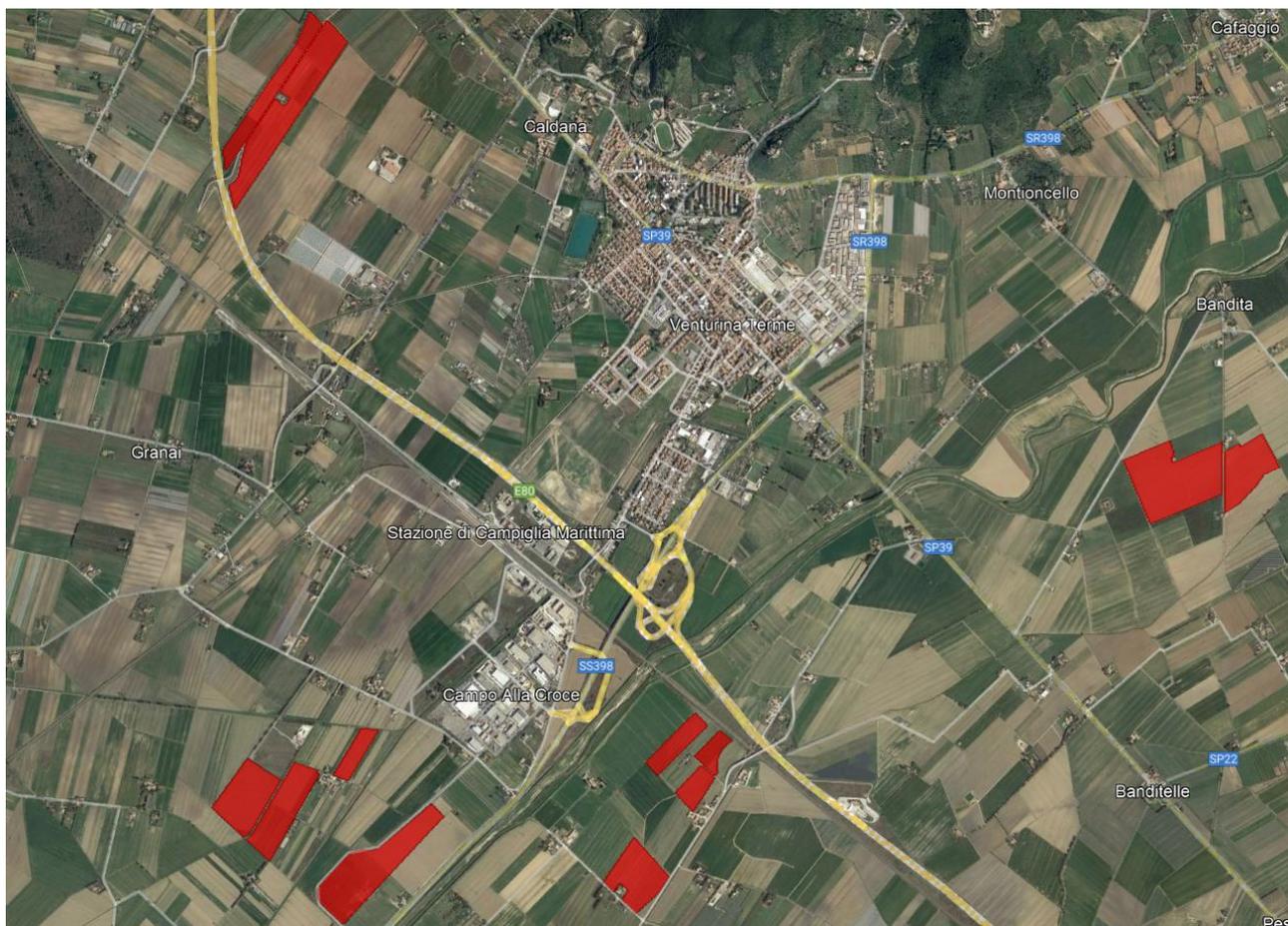


Figura 3.1: Inquadramento aree impianto, in rosso

3.2 Uso del suolo

In Figura 3.2 è presente un inquadramento dell'area di progetto rispetto alla carta di uso e copertura del suolo della Regione Toscana. Le aree di interesse si trovano in corrispondenza di seminativi irrigui e non irrigui (210).

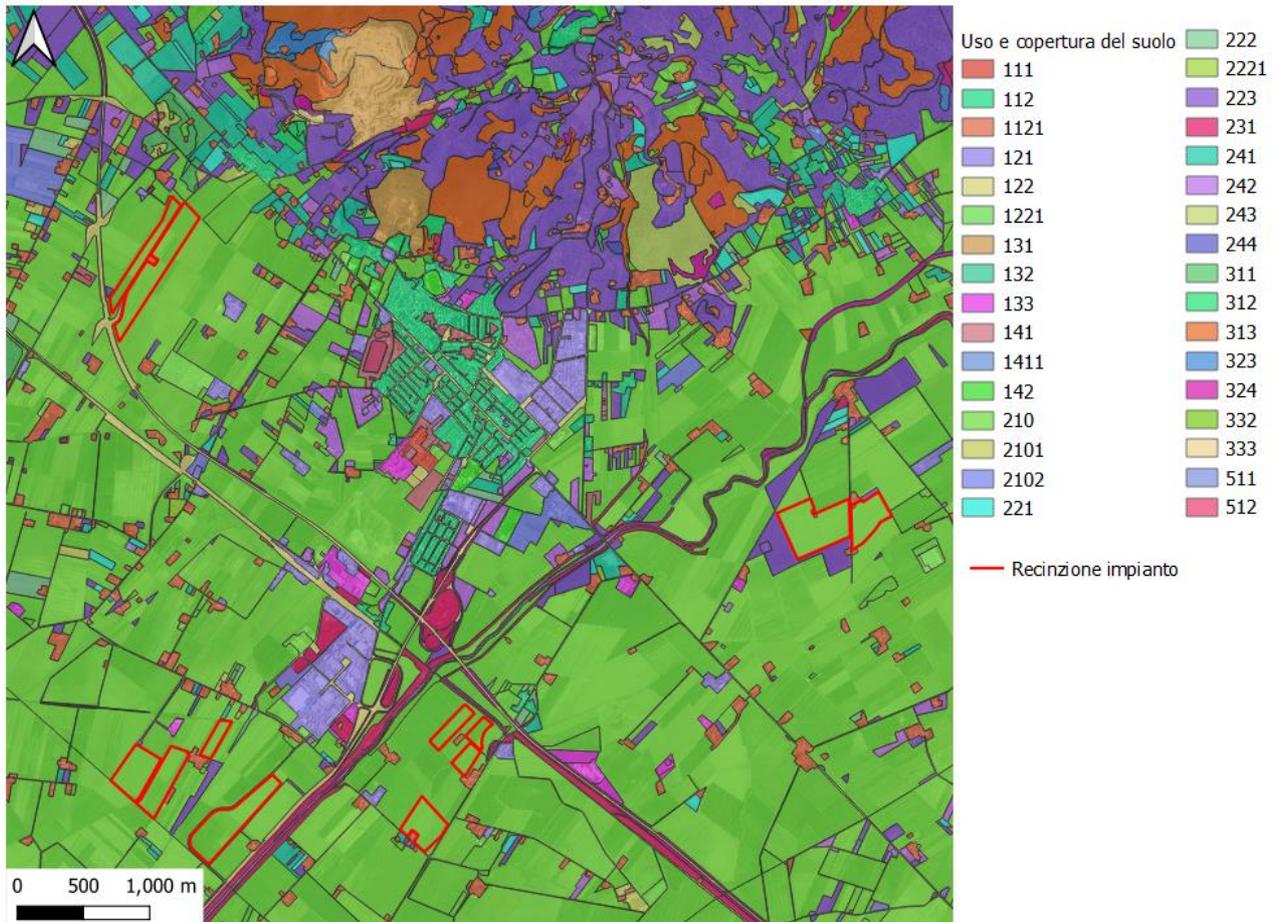
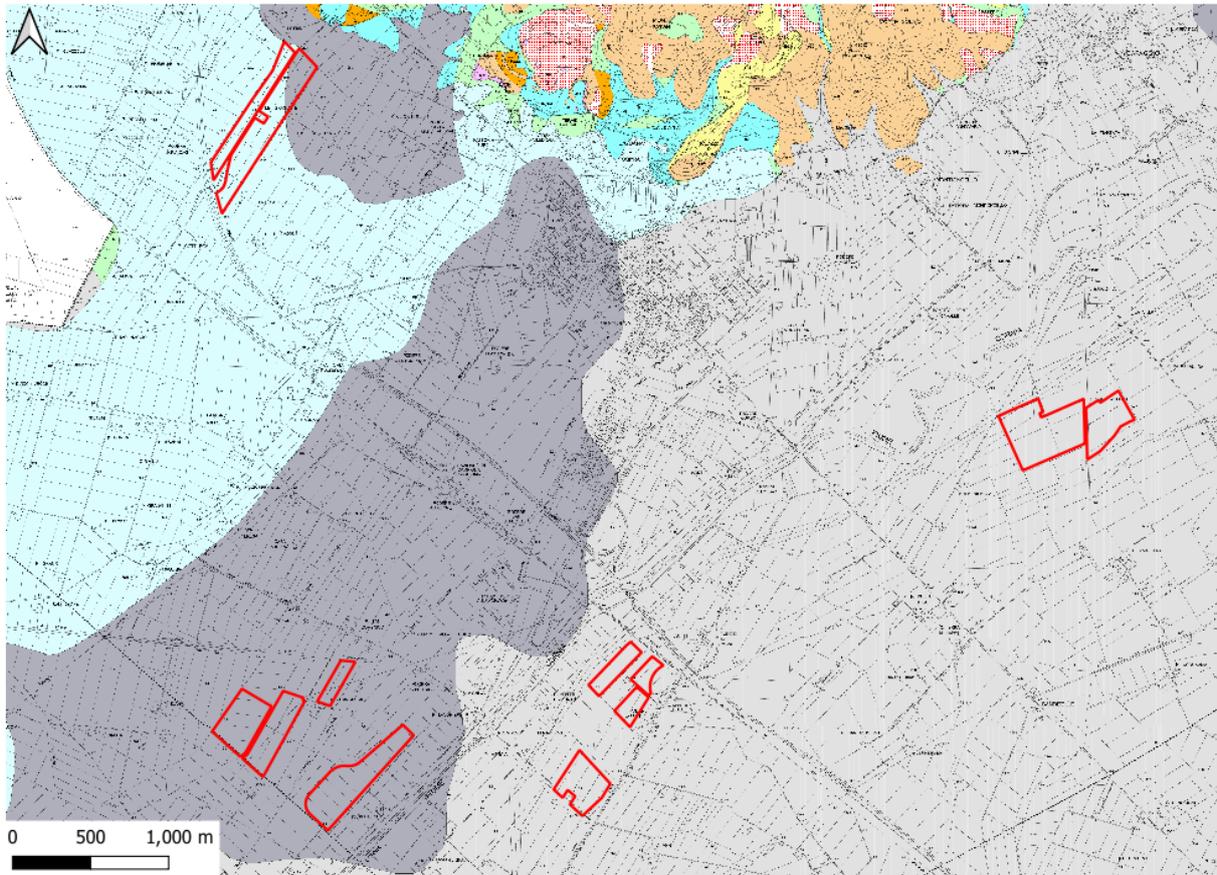


Figura 3.2: Stralcio carta uso e copertura del suolo Regione Toscana, in rosso la recinzione dell'impianto fotovoltaico

3.3 Inquadramento litologico e della permeabilità

Nella Tavola 4.7 del Piano Strutturale d'area della Val di Cornia dei Comuni di Campiglia M.ma Piombino Suvereto è presente la carta litotecnica in cui le informazioni geologiche sono organizzate in unità litologico-tecniche in funzione delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e fisico-meccaniche.

In Figura 3.3 è riportato uno stralcio della carta litotecnica, le aree di impianto si trovano prevalentemente in corrispondenza dell'unità litologico-technica F che comprende i terreni coesivi a bassa consistenza. Mentre le sezioni A1 e A2 a Nord ricadono in corrispondenza dell'unità E, che comprende terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituiti da materiale prevalentemente granulare non cementato o con lieve grado di cementazione.



UNITA' LITOLOGICO - TECNICA E

MATERIALI GRANULARI NON CEMENTATI O POCO CEMENTATI

L' U.L.T.E comprende terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituiti da materiale prevalentemente granulare non cementato o con lieve grado di cementazione

- | | |
|---|--|
|  | E1 - Detrito antropico in zone archeologiche (h1) Corpi detritici grossolani con elementi lapidei di dimensioni mediamente > 60 mm |
|  | E2 - Depositi di versante (a) - Coperture detritiche indifferenziate (a3) - Detrito canalizzato (a5) Depositi eluvio colluviali e/o terrazzati (b2) - Conoidi (c) - Depositi da debris flow (df) - Terreni di riporto (h5) Depositi alluvionali recenti ed attuali prevalentemente sabbiosi-ghiaiosi |
|  | E3 - Depositi di spiaggia attuale (g2a) - Depositi eolici (dune) (e) Depositi recenti ed attuali prevalentemente limo-sabbiosi |

UNITA' LITOLOGICO - TECNICA F

MATERIALI CON CONSISTENZA LIMITATA O NULLA

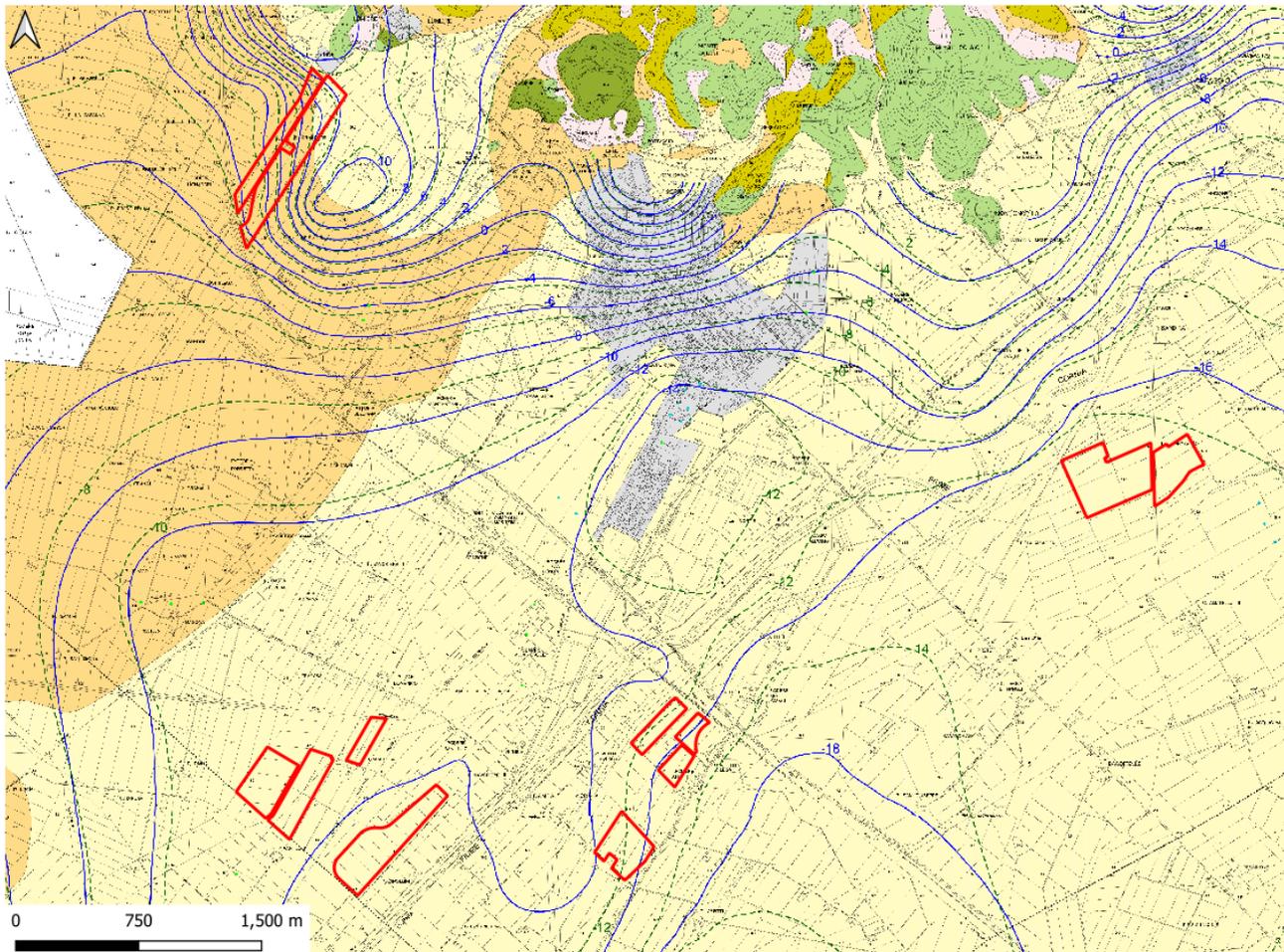
L' U.L.T.F comprende i terreni coesivi a bassa consistenza

- | | |
|---|---|
|  | F - Argille di Casa Ghiaccino (GHI-GHIt), Depositi alluvionali recenti ed attuali (b), a comportamento intermedio |
|  | F2 - Depositi alluvionali recenti ed attuali (b), a comportamento prevalentemente coerente |

Figura 3.3: Stralcio carta litotecnica Comuni di Campiglia M.Ma Piombino Suvereto, in rosso le aree di impianto

Nella tavola 4.6 del Piano Strutturale d'area della Val di Cornia dei Comuni di Campiglia M.ma Piombino Suvereto è presente la carta della permeabilità in cui sono presenti oltre alle classi di permeabilità, gli elementi idrogeologici del territorio.

Come rappresentato nello stralcio in Figura 3.4, la maggior parte delle aree di impianto sono caratterizzate da depositi di origine alluvionale a permeabilità variabile, contenenti livelli di ghiaie sede di falde idriche a buona trasmissività. Le sezioni A1 e A2 a Nord sono caratterizzate da sabbie con ghiaie, conglomerati, arenarie e calcareniti alternati a livelli di argille a permeabilità variabile, molto alta in alcuni livelli sabbioso-ghiaiosi.



CLASSI DI PERMEABILITA'

-  Depositi di origine alluvionale a permeabilità variabile, contenenti livelli di ghiaie sede di falde idriche a buona trasmissività
-  Detriti
-  Permeabilità alta
-  Permeabilità medio/bassa
-  Permeabilità scarsa/nulla
-  Sabbie con ghiaie, conglomerati, arenarie e calcareniti alternati a livelli di argille a permeabilità variabile, molto alta in alcuni livelli sabbioso-ghiaiosi
-  Aree urbane e industriali consolidate o dismesse dove la permeabilità naturale è stata profondamente alterata

Figura 3.4: Stralcio carta della permeabilità Comuni di Campiglia M.Ma Piombino Suvereto, in rosso le aree di impianto

3.4 Idrografia del territorio

3.4.1 Idrografia superficiale

La pianificazione concernente il distretto idrografico è coordinata dalle Autorità di bacino distrettuale (art. 63 del D.Lgs 152/2006).

Il territorio della Regione Toscana è ricompreso in tre distretti idrografici, identificati in Figura 3.5.

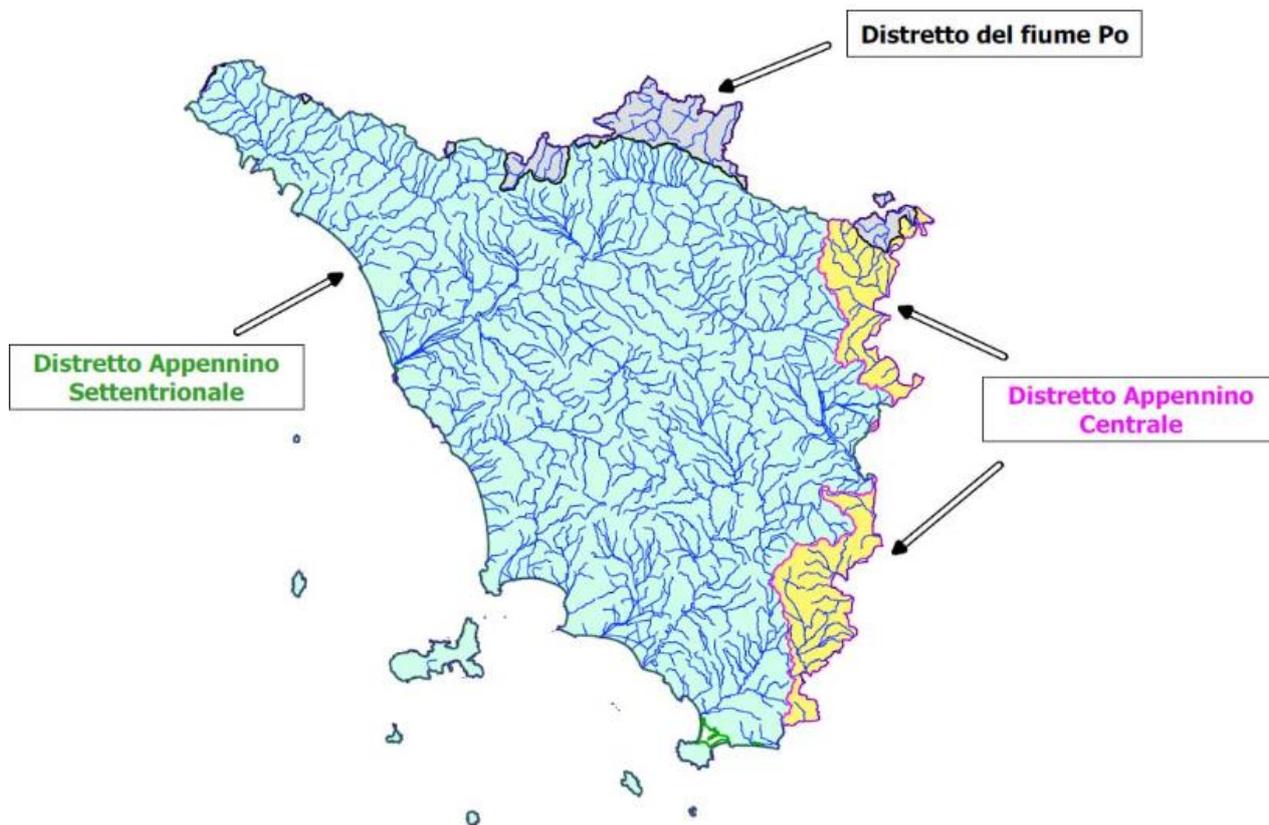


Figura 3.5: Distretti idrografici nel territorio della Regione Toscana

L'area di impianto ricade all'interno del bacino Toscana Costa (Figura 3.6). L'UoM Toscana Costa rappresenta uno degli otto bacini della Toscana ricompresi nel Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale: Arno (bacino nazionale), Magra, Fiora, Marecchia-Conca e Reno (bacini interregionali), Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone (bacini regionali).

Il bacino Toscana Costa è diviso in quattro sottobacini: Cecina, Cornia, Pecora e Fine. I due sottobacini più importanti sono il Cecina ed il Cornia, che rispettivamente si estendono su una superficie pari a 765 ha e 435 km².

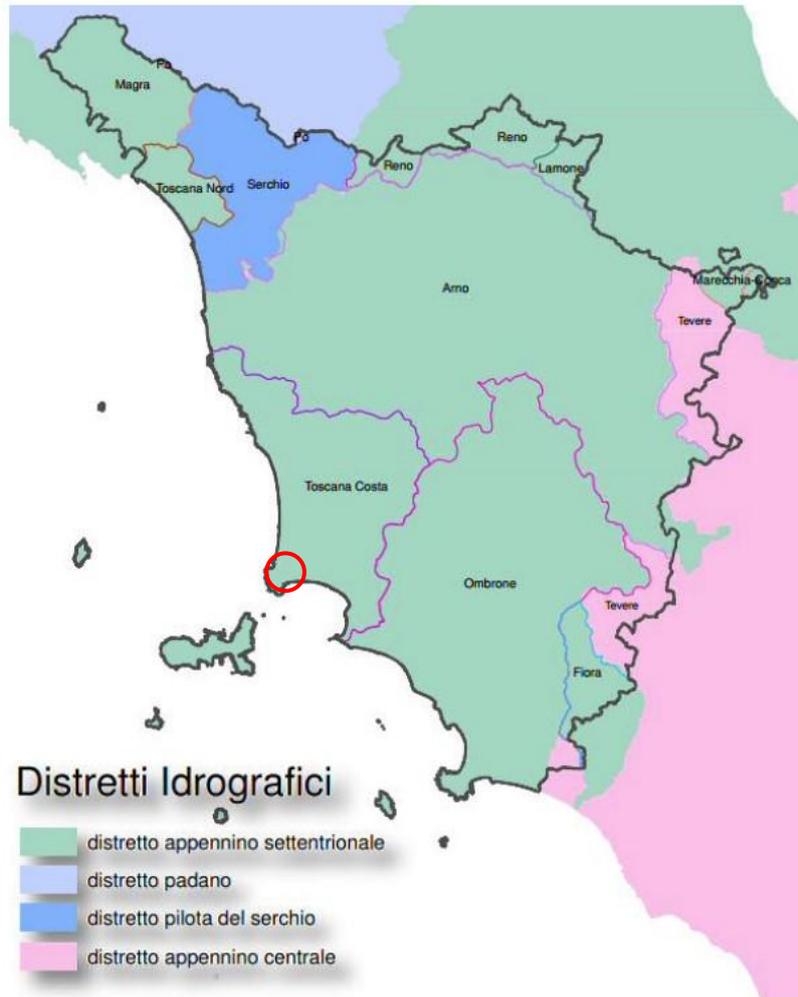


Figura 3.6: Distretti idrografici e bacini principali nella Regione Toscana, in rosso l'ubicazione dell'area di impianto

L'UoM Toscana costa copre un territorio compreso tra il bacino del Fiume Arno a Nord e ad Est, del Fiume Bruna a Sud ed il mar Tirreno a Ovest. Rientrano nel territorio Toscana Costa anche le isole dell'arcipelago toscano. La superficie dell'UoM è pari a circa 2730 km².

L'area in oggetto è posta a Nord-Est dell'abitato di Piombino e rientra nel bacino idrografico del Fiume Cornia.

La valle del Cornia coincide in buona parte con la Pianura di Piombino e costituisce un serbatoio naturale di acqua dolce, localizzato in un acquifero costituito da depositi alluvionali, alimentato dall'infiltrazione delle acque meteoriche, dai deflussi di subalveo del Fiume Corni e da alcuni torrenti minori.

Il Fiume Cornia nasce dal Monte Aia dei Diavoli (875 m s.l.m.) e si divide in due rami: Fosso Cornia Vecchia, che sfocia nel Mar Tirreno, e fiume Cornia, canalizzato, che si immette nella Cassa di Colmata a Bocche di Cornia. Gli affluenti principali sono, in riva sinistra il Rio Secco ed il Torrente Milia; in destra riceve il Torrente Massera.

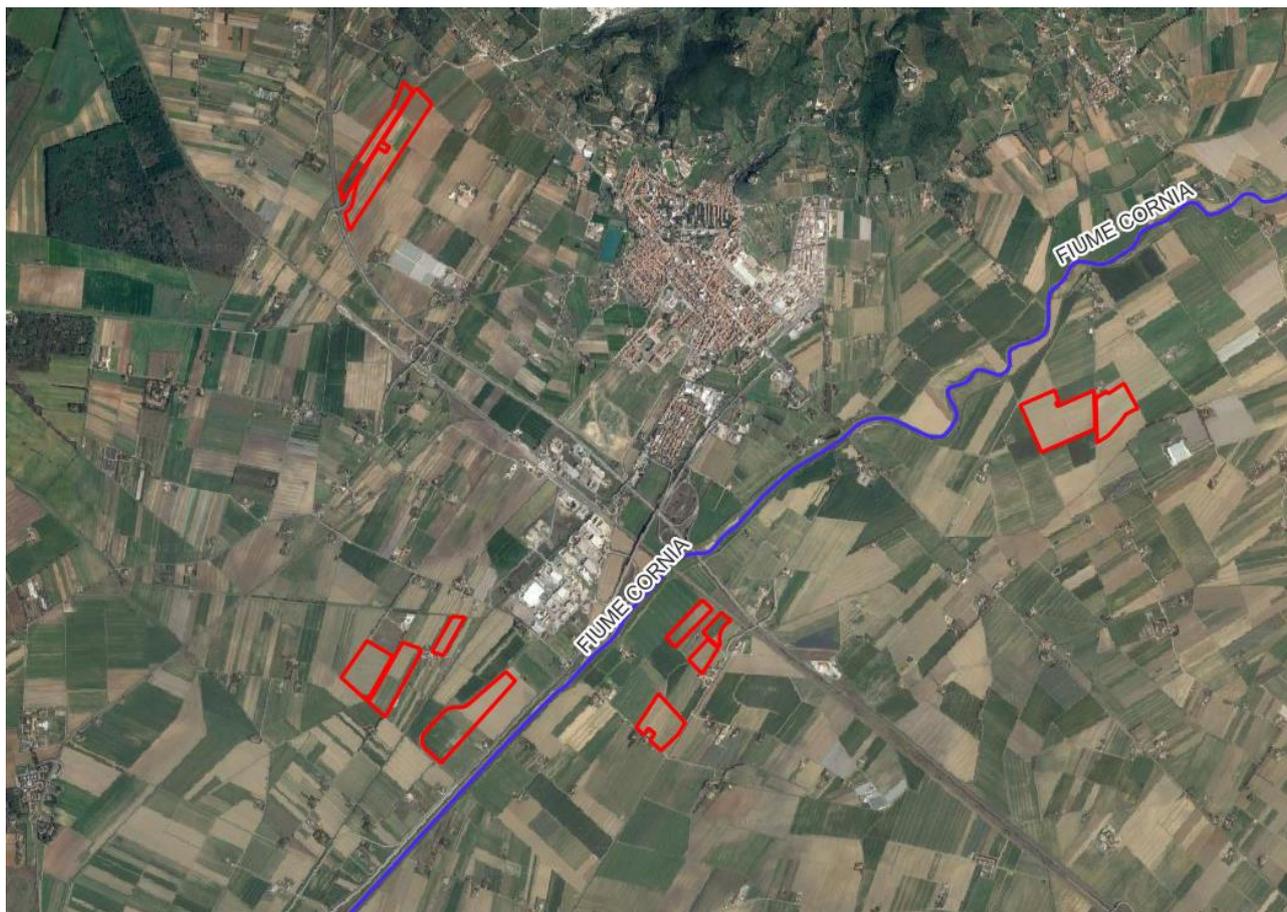


Figura 3.7: Inquadramento delle aree di impianto (in rosso) nei pressi del Fiume Cornia.

La zona appartiene al bacino di bonifica del Fiume Cornia di competenza del Consorzio Bonifica 5 Toscana Costa.

3.5 Inquadramento della pericolosità e del rischio idraulico dell'area di progetto e della linea di connessione

Il progetto in esame è ubicato nel territorio comunale di Campiglia Marittima, provincia di Livorno in Toscana.

Le opere di progetto ricadono dunque all'interno della Unit Of Management Regionale Toscana Costa, appartenente al Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale.

Nel bacino del fiume Arno e negli ex bacini regionali toscani il PAI vigente si applica per la parte relativa alla pericolosità da frana e da dissesti di natura geomorfologica mentre la parte relativa alla pericolosità idraulica del PAI è abolita e sostituita integralmente dal Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA). (Fonte: Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale).

3.5.1 Piano di gestione del rischio alluvioni del Distretto dell'Appennino Settentrionale (PGRA)

Come spiegato in precedenza, il bacino Toscana Costa rappresenta uno degli otto bacini della Toscana ricompresi nel Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale.

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) è previsto dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni') e mira a costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche.

| | | |
|--|---|---------------------|
|  | <p>ID Documento Committente</p> <p>CoD021_FV_BCR_00093</p> | Pagina 14 / 85 |
| | | Numero Revisione |
| | | 00 |

Nell'ordinamento italiano la Direttiva è stata recepita con il D.Lgs. n. 49/2010 che ha individuato nelle Autorità di bacino distrettuali le autorità competenti per gli adempimenti legati alla Direttiva stessa e nelle Regioni, in coordinamento tra loro e col Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, gli enti incaricati di predisporre ed attuare, per il territorio del distretto a cui afferiscono, il sistema di allertamento per il rischio idraulico ai fini di protezione civile.

L'elaborazione dei PGRA è temporalmente organizzata secondo cicli di pianificazione in quanto la Direttiva prevede che i Piani siano riesaminati e, se del caso, aggiornati ogni sei anni. Il primo ciclo ha avuto validità per il periodo 2015-2021.

Attualmente è in corso il secondo ciclo. La Conferenza Istituzionale Permanente (CIP), con delibera n. 26 del 20 dicembre 2021, ha infatti adottato il primo aggiornamento del PGRA (2021-2027).

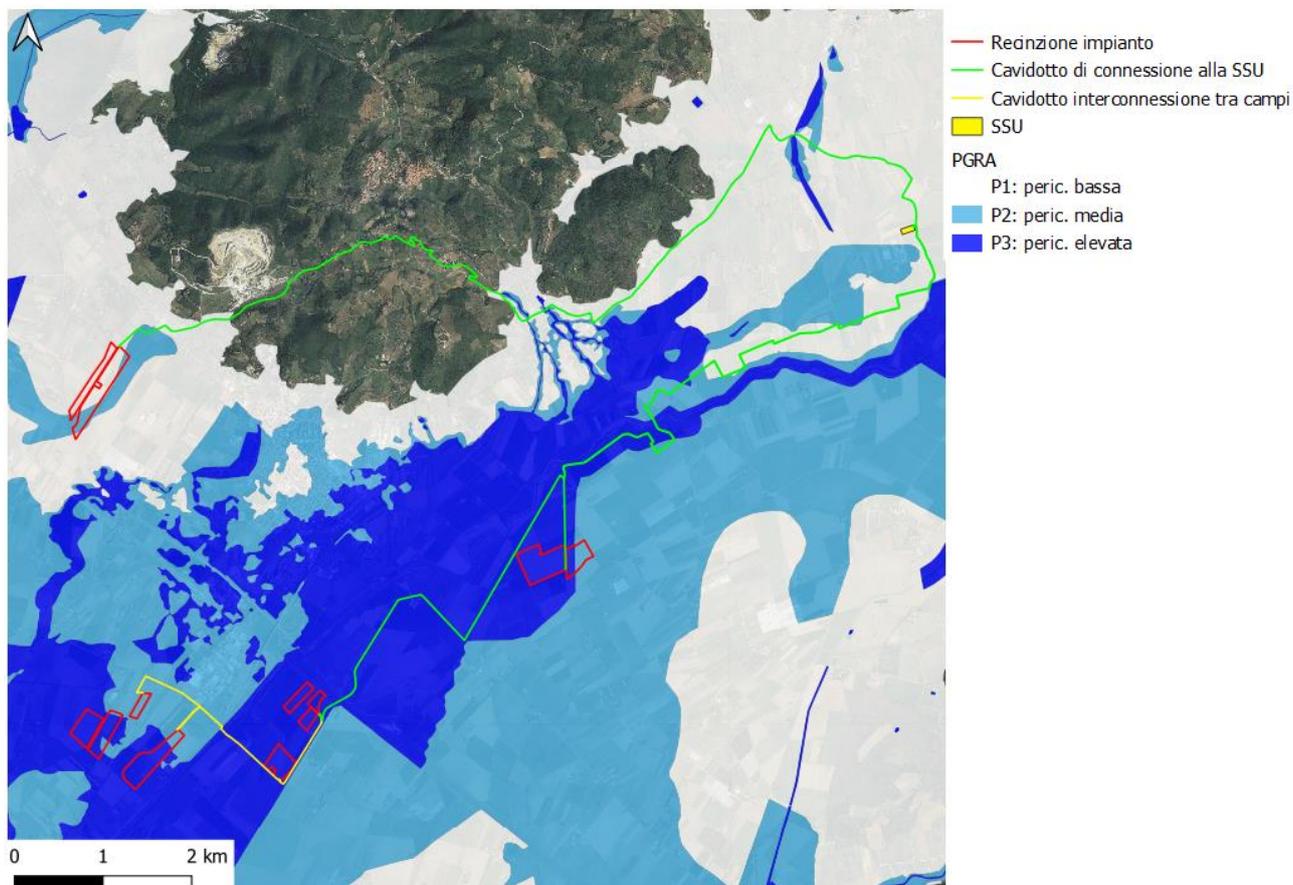


Figura 3.8: PGRA Distretto Appennino Settentrionale, fasce di pericolosità idraulica nell'intorno delle aree di progetto – in rosso le aree di impianto

Come si evince dallo stralcio cartografico in Figura 3.8, le aree di impianto e gran parte del tracciato del cavidotto di connessione ricadono all'interno di aree a pericolosità bassa, media ed elevata.

Si rimanda al capitolo 6 per lo studio di compatibilità dell'impianto fotovoltaico.

3.5.2 Piano strutturale intercomunale – Comuni di Piombino e Campiglia Marittima

In merito alla pericolosità idraulica, il Piano Strutturale d'area della Val di Cornia è stato consultato come ulteriore strumento pianificatorio disponibile in materia.

Tra la documentazione disponibile a supporto del Piano Regolatore d'area nell'ambito del circondario val di Cornia è presente uno studio idrologico-idraulico datato Ottobre 2005 e aggiornato nel 2011.

In Figura 3.9 è presente uno stralcio della Tavola 4.12, che riporta la pericolosità idraulica nei pressi delle aree di progetto.

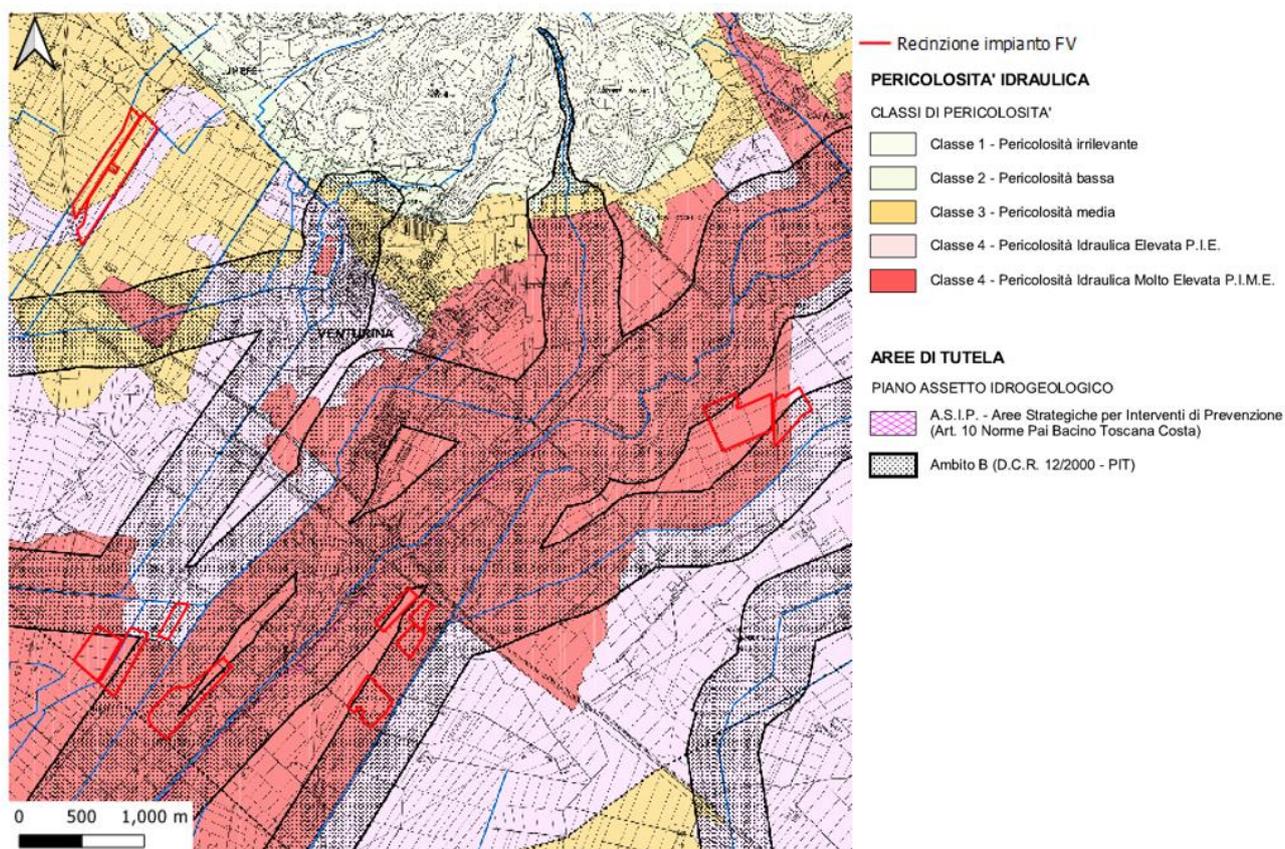


Figura 3.9: Pericolosità idraulica secondo il Piano Strutturale d'area della Val di Cornia

Le sezioni di impianto rientrano nelle classi di pericolosità media, pericolosità idraulica elevata P.I.E. e pericolosità idraulica molto elevata P.I.M.E.

Nel Piano Strutturale Intercomunale del Comune di Campiglia Marittima e del Comune di Piombino è presente la relazione idrologico-idraulica. Gli studi idraulici si propongono di definire la pericolosità idraulica all'interno del territorio comunale, valutando gli input idrologici e modellando i corsi d'acqua costituenti la rete idraulica superficiale, al fine di caratterizzare le aree a pericolosità idraulica secondo la classificazione del DPGR 53R/2011.

Dai risultati della modellazione idraulica svolta, ne risulta inoltre la definizione della magnitudo idraulica su tutto il territorio oggetto di studio, così come definita nella L.R. 41/2018.

Nelle seguenti figure sono riportati gli stralci delle planimetria delle aree allagate a 30 anni (Figura 3.10) e a 200 anni (Figura 3.11) con l'indicazione dei battenti idrici massimi.

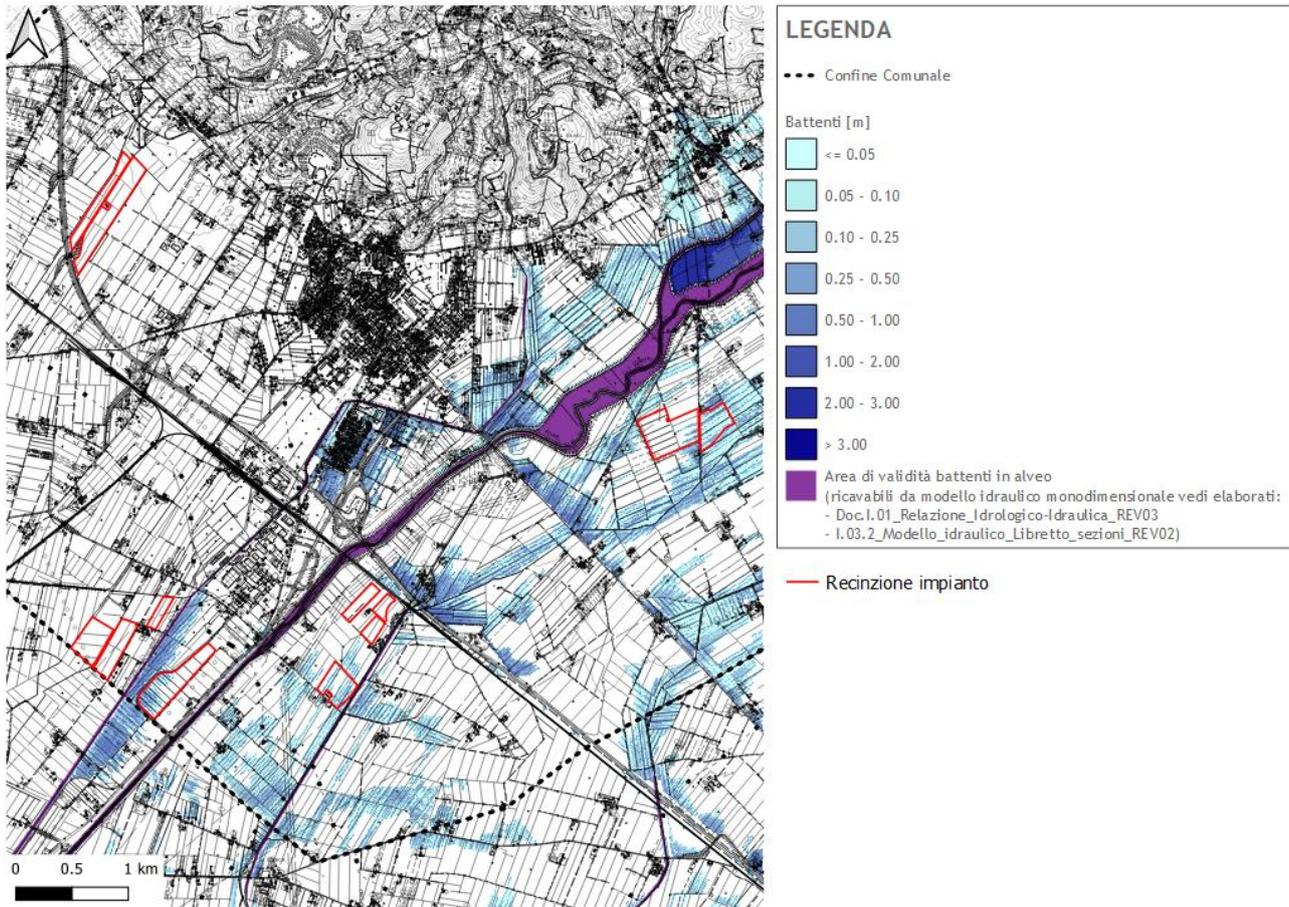


Figura 3.10: Planimetria delle aree allagate TR 30 anni: battenti idrometrici massimi (tav. I.04 piano strutturale intercomunale)

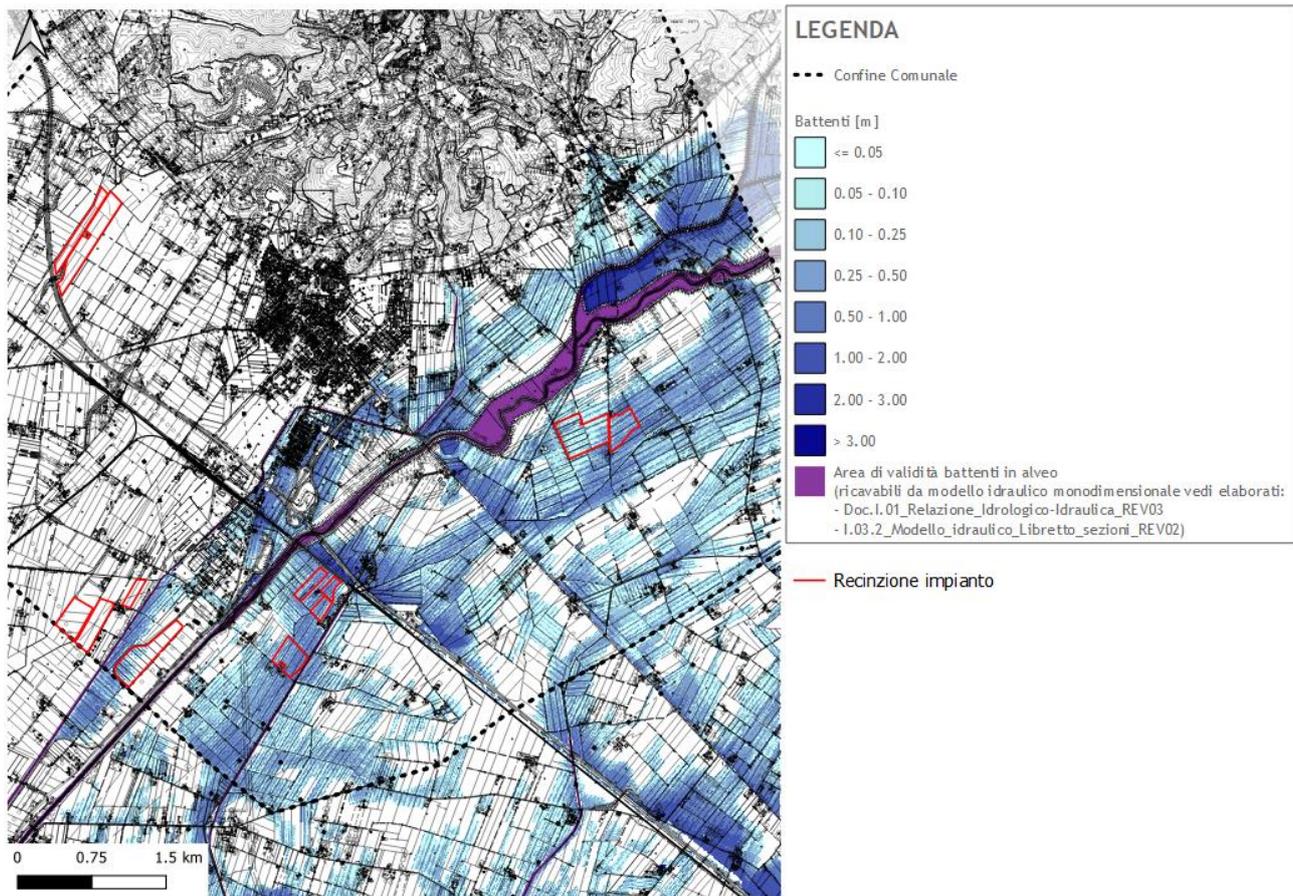


Figura 3.11: Planimetria delle aree allagate TR 200 anni: battenti idrometrici massimi (tav. I.05 piano strutturale intercomunale)

I picchi di battenti si riscontrano in corrispondenza delle tracce dei canali scolo esistenti. Facendo riferimento alla quota di piano campagna delle aree di impianto si riscontra un valore massimo di battente pari a 0,1-0,2 m per un tempo di ritorno 30 anni e pari a 0,4-0,5 m per un tempo di ritorno 200 anni.

In Figura 3.12 è riportata la planimetria con la classificazione delle aree in base alla magnitudo (ai sensi della L.R. 41/2018).

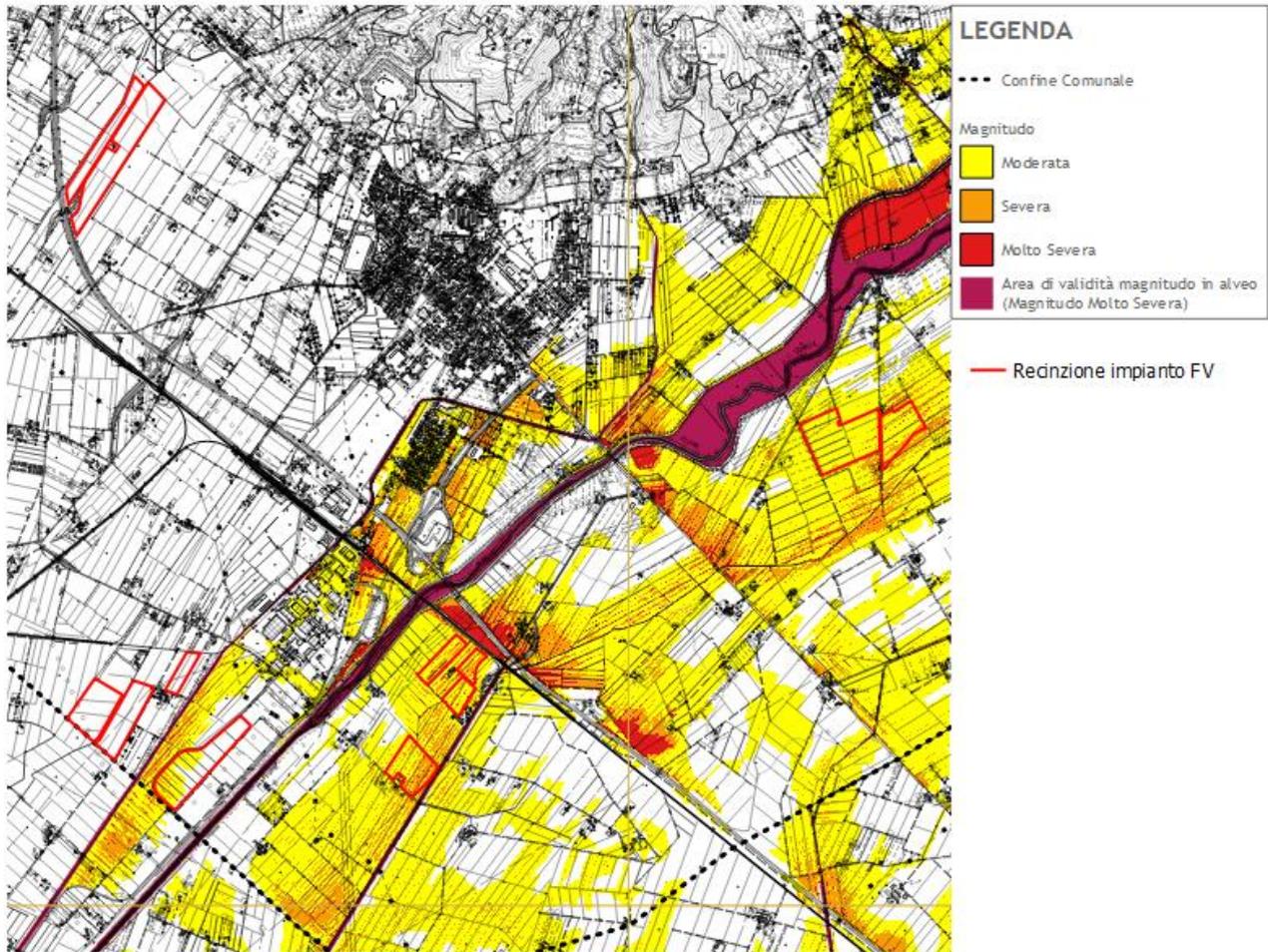


Figura 3.12: Planimetria delle aree allagate TR 200 anni: magnitudo ai sensi della L.R 41/2018 (tav. I.11 piano strutturale intercomunale)

Si rimanda al capitolo 6 per lo studio di compatibilità dell'impianto fotovoltaico.

4 Stato di progetto

4.1 Criteri di progettazione

I criteri con cui è stata realizzata la progettazione definitiva dell'impianto fotovoltaico fanno riferimento sostanzialmente a:

- scelta preliminare della tipologia impiantistica, ovvero impianto fotovoltaico con tipologia di struttura a terra tipo mobile (tracker) con tecnologia moduli bifacciali;
- ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica realizzata mediante orientamento dinamico dei moduli posizionati su strutture mobili;
- disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.
- rispetto dei vincoli presenti sull'area nella predisposizione del layout finale.

Oltre a queste assunzioni preliminari si è proceduto tenendo conto di:

- rispetto delle leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- soddisfazione dei requisiti di performance dell'impianto;
- conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- ottimizzazione del rapporto costi/benefici;
- impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto, al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete.

4.2 Disponibilità di connessione

La richiesta di connessione per l'impianto oggetto di questa relazione è stata effettuata dalla società Iren Green Generation Tech S.r.l.

La soluzione tecnica minima generale (STMG) di connessione è stata elaborata ed emessa da Terna S.p.a. con codice pratica (CP) 202204248 e accettata dalla società Iren Green Generation Tech S.r.l..

La soluzione tecnica minima generale elaborata prevede che la centrale venga collegata in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV, in doppia sbarra, da inserire in entra – esce alle linee RTN a 132 kV “Piombino SA AI – Suvereto” e “Piombino Termica – Suvereto”, previo:

- Nuovo elettrodotto RTN a 132 kV tra la nuova SE e SE Suvereto;
- intervento 301-P da Piano di Sviluppo Terna, limitatamente alla liberazione di uno stallo in SE Suvereto, prevista dagli interventi finalizzati a razionalizzare la porzione di rete afferente al nodo di Suvereto.

4.3 Configurazione impianto

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa della configurazione di impianto:

Tabella 4.1: Configurazione dell'impianto

| ITEM | DESCRIZIONE |
|--------------------------------------|---|
| Richiedente | Iren Green Generation Tech S.r.l. |
| Luogo di installazione: | Campiglia (LI) |
| Denominazione impianto: | Campiglia |
| Potenza di picco (MW _p): | 67,00 MWp |
| Informazioni generali del sito: | Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è piuttosto regolare. |
| Connessione: | Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI |
| Tipo strutture di sostegno: | Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker fissate a terra su pali |
| Inclinazione piano dei moduli: | +55°/- 55° |
| Azimut di installazione: | 0° |
| Sezioni impianto: | n.12 denominate A1, A2, B1, B2, B3, C, D, E1, E2, E3, F1 ed F2 |
| Power Station: | n. 20 distribuite all'interno del campo fotovoltaico, lungo la viabilità interna |
| SSE Utente | n. 1 |
| Cabina di Connessione: | n. 6 interne al campo FV, posizionate lungo la recinzione |

4.4 Layout di impianto

L'area dedicata all'installazione dei pannelli fotovoltaici è suddivisa in 12 sezioni denominate A1, A2, B1, B2, B3, C, D, E1, E2, E3, F1, F2.

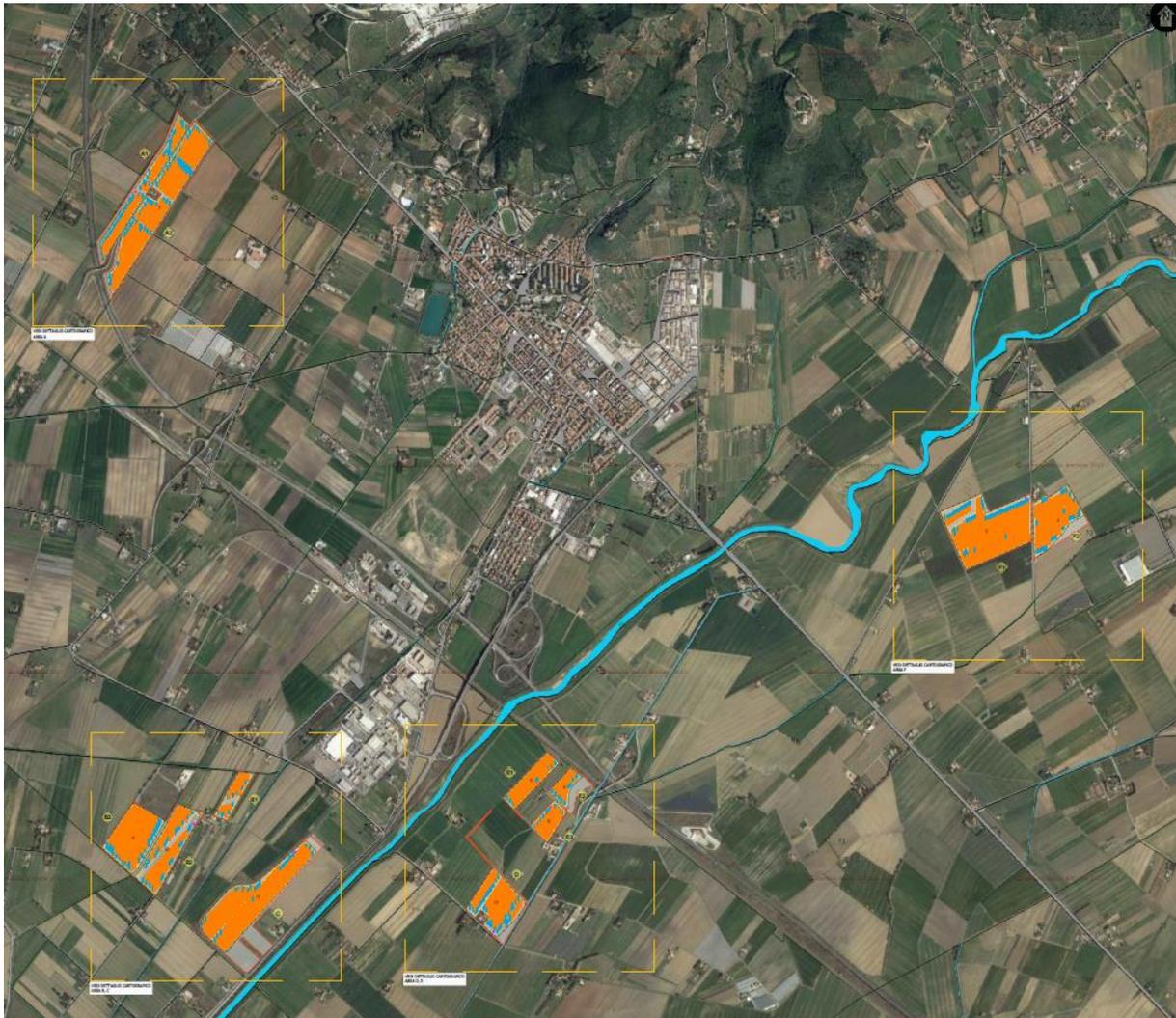


Figura 4.1: Layout di impianto

Il layout di impianto è stato progettato considerando le seguenti specifiche, per strutture mobili (tracker):

- Larghezza massima struttura in pianta: 2,384 m;
- Altezza massima palo struttura: 1,782 m;

- Altezza massima struttura: 2,826 m;
- Altezza minima struttura: 0,85 m;
- Pitch (distanza palo-palo) tra le strutture: 5,25 m;
- Larghezza viabilità del sito: 5,00 m;
- Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 1 fila (1p).

4.5 Descrizione dei componenti dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 67,00 MW è così costituito da:

- n.1 Sottostazione elettrica di utenza (SSEU). La SSEU dell'impianto, a livello di tensione pari a 132 kV, sarà posizionata in posizione strategica rispetto alle linee "Piombino SA AI – Suvereto" e "Piombino Termica – Suvereto";
- n.6 Cabine di Connessione. Le Cabine di Connessione hanno la funzione di raccogliere le terne provenienti dalle Power Station, presenti nei vari sottocampi. Le cabine saranno posizionate in maniera strategica all'interno dell'impianto. Nella stessa area all'interno della cabina sarà presente i quadri contenenti i dispositivi generali DG, di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- n. 20 Power Station. Le Power Station avranno la funzione di convertire la corrente elettrica in DC proveniente dai moduli FV in corrente elettrica AC e di elevare la tensione da bassa tensione a livello di media tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dalle stringhe che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai moduli fotovoltaici collegati in serie;
- n.8 Uffici ad uso del personale, installati in ogni sezione dell'impianto;
- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno mobili (tipo tracker) fondate su pali infissi nel terreno;
- L'impianto è completato da:
 - tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
 - opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

L'impianto dovrà essere in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad esempio: quadri di alimentazione, illuminazione). Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza verranno alimentati da un generatore temporaneo di emergenza, che si ipotizza possa essere rappresentato da un generatore diesel.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda alle relazioni e agli elaborati dedicati.

5 Studio idrologico area nuovo impianto fotovoltaico

In questo capitolo si presentano gli step dello studio idrologico e idraulico svolto per le aree di intervento.

Lo studio idrologico-idraulico è stato articolato secondo i seguenti punti:

- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, 35, 50, 100 e 200 anni;
- Costruzione dello ietogramma di progetto avente una durata superiore al tempo di corrivazione del bacino sotteso dall'invaso;
- Stima del processo di infiltrazione e determinazione dello ietogramma netto di progetto;
- Modello di trasformazione afflussi-deflussi – stima delle portate di progetto ante-operam e post-operam.

5.1 Considerazioni climatiche

Il clima dell'UoM Toscana Costa rientra nella classe di clima Mediterraneo umido/semiarido con una temperatura media annuale di 15°C; presenta i punti critici ambientali di un tipico bacino costiero Mediterraneo: un regime pluviometrico con una netta distinzione fra stagione asciutta (estate) e umida (autunno-inverno) con una precipitazione media annua di 850 mm.

Il regime pluviometrico dell'UoM Toscana Costa è caratterizzato da una marcata stagionalità, per cui si alternano periodi con abbondanti precipitazioni accompagnati da intensi processi erosivi dei versanti, a periodi estremamente siccitosi. L'elevata variabilità di regime tra due condizioni estreme ha reso maggiormente vulnerabile il territorio, elevandone il rischio idraulico.

Situazioni di pericolosità idraulica elevata e molto elevata si riscontrano in gran parte delle pianure alluvionali costiere.

5.2 Scelta del tempo di ritorno

L'evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e della simulazione/dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto di tempo di ritorno.

Il periodo di ritorno di un evento, definito anche come "tempo di ritorno", è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi la probabilità che un evento con tempo di ritorno T si realizzi in N anni:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Il grafico riportato di seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno T durante N anni.

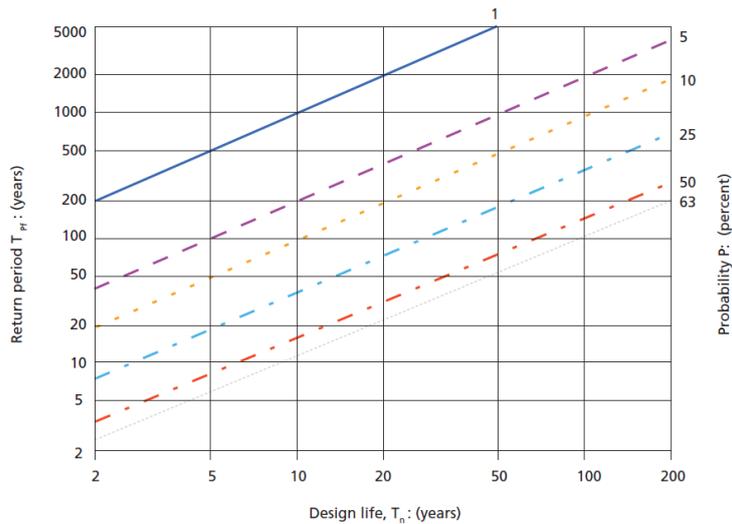


Figura 5.1: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

Lo studio idrologico e idraulico è stato condotto sia per il tempo di ritorno di 35 anni, ossia la durata della vita utile dell'impianto fotovoltaico in oggetto, che per il tempo di ritorno di 50 anni.

5.3 Analisi probabilistica delle precipitazioni intense

Per il calcolo della portata critica di progetto è stato necessario determinare le curve di possibilità climatica caratteristiche dell'area oggetto di intervento.

Il tempo di ritorno da assegnare alla curva di possibilità climatica è stato fatto variare da un minimo di 2 anni ad un massimo di 200 anni.

Nel caso in esame, lo studio idrologico e idraulico è stato condotto assumendo i tempi di ritorno di 35 e 50 anni per il calcolo della precipitazione.

La determinazione delle portate attese per diversi tempi di ritorno è da condurre mediante la parametrizzazione della LSPP (Linea segnalatrice di probabilità pluviometrica).

Il modello proposto, di tipo scala invariante, è stato identificato, controllato, tarato e validato in base ai dati della rete pluviometrica della Toscana; ed è stato quindi spazializzato all'intera regione tramite tecniche di estrapolazione geostatistica.

Le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica vengono calcolate mediante la seguente formula, in cui i parametri a_n ed n rappresentano il coefficiente pluviometrico e il coefficiente di scala.

$$h_T(D) = a_n D^n$$

Dove:

$h(t)$ = Altezza della pioggia (mm)

D = durata dell'evento pluviale (ore).

La Curva di Possibilità Pluviometrica permette di stimare le altezze di precipitazione relative ad eventi pluviali con durate superiori ad 1 h, in quanto i parametri di tale equazione vengono ottenuti mediante l'analisi di eventi pluviometrici di lunga durata ($t > 60$ minuti). Nel caso di eventi brevi ($t < 60$ minuti) è possibile stimare le altezze di precipitazione mediante la legge di Bell:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^s$$

Dove:

- $h_{60,T}$ = Altezza di precipitazione (mm) con durata pari a 60 min e fissato T;

- s = coefficiente assunto pari a 0,25.

I parametri a ed n delle curve sono ottenuti dalla spazializzazione sull'intera regione di tali parametri per i diversi tempi di ritorno fissati, selezionando la coppia di valori maggiori identificati nelle diverse sezioni di impianto.

Di seguito si riportano le Curve di Possibilità pluviometrica per durate minori di 1 h e maggiori di 1 h per diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 20 30, 35, 50, 100, 200 anni). Per la definizione delle curve relative a tempo di ritorno di progetto pari a 35 anni, i parametri a ed n sono stati ricavati dall'equazione di interpolazione dei parametri noti riferiti agli altri tempi di ritorno per la zona di interesse.

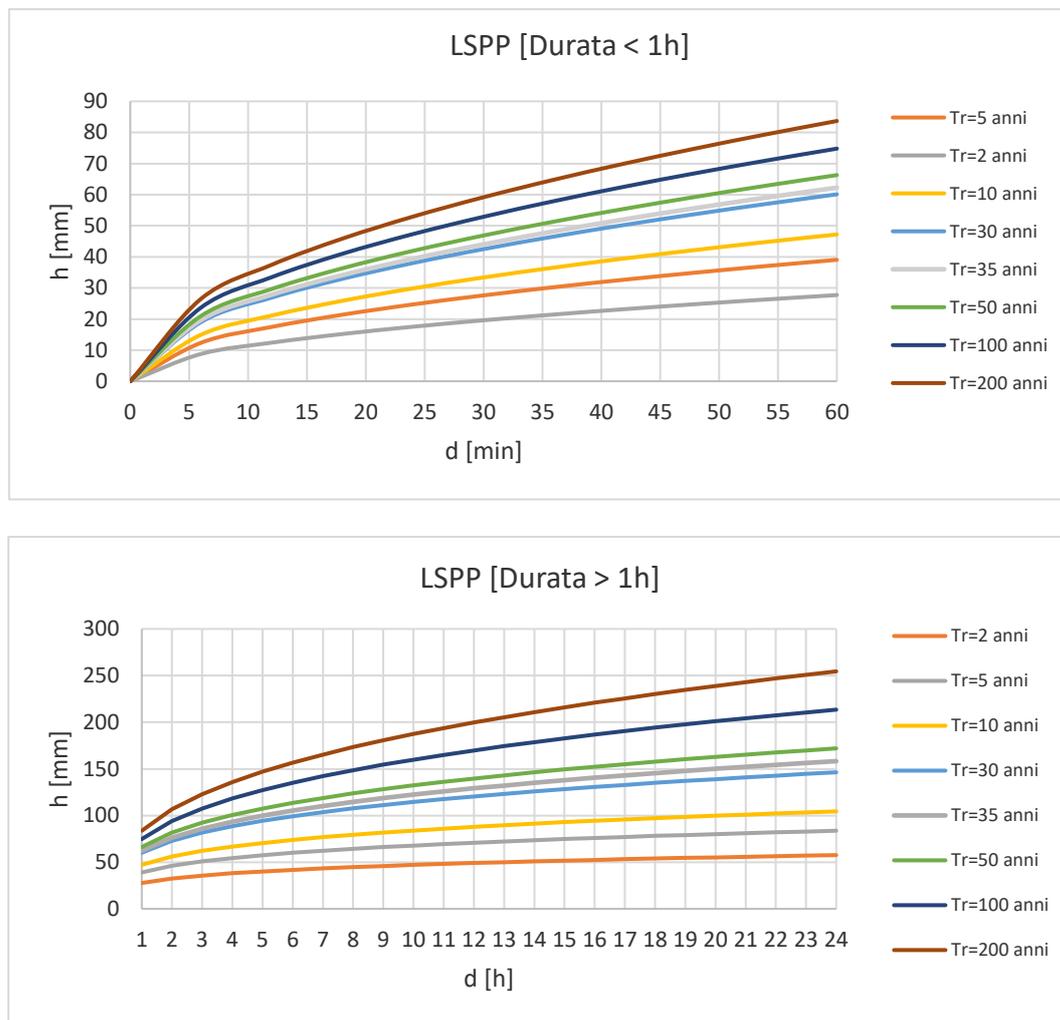


Figura 5.2: Curve di possibilità pluviometrica legate a diversi tempi di ritorno per durate di pioggia inferiori e superiori a 1 ora

Tabella 5.1: Altezze di pioggia per le diverse durate per i diversi tempi di ritorno

| | TR 2 ANNI | TR 5 ANNI | TR 10 ANNI | TR 30 ANNI | TR 35 ANNI | TR 50 ANNI | TR 100 ANNI | TR 200 ANNI |
|---------------------------|--|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| a | 27.71 | 39.05 | 47.2 | 60.1 | 62.2 | 66.3 | 74.8 | 83.7 |
| n | 0.23 | 0.24 | 0.25 | 0.28 | 0.29 | 0.3 | 0.33 | 0.35 |
| Durata evento critico [h] | Altezza di pioggia critica al variare del tempo di ritorno e della durata [mm] | | | | | | | |
| 1 | 27.7 | 39.1 | 47.2 | 60.1 | 62.2 | 66.3 | 74.8 | 83.7 |

| | TR 2 ANNI | TR 5 ANNI | TR 10 ANNI | TR 30 ANNI | TR 35 ANNI | TR 50 ANNI | TR 100 ANNI | TR 200 ANNI |
|----|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 2 | 32.5 | 46.1 | 56.1 | 73.0 | 76.3 | 81.6 | 94.0 | 106.7 |
| 3 | 35.7 | 50.8 | 62.1 | 81.7 | 85.9 | 92.2 | 107.5 | 122.9 |
| 4 | 38.1 | 54.5 | 66.8 | 88.6 | 93.5 | 100.5 | 118.2 | 136.0 |
| 5 | 40.1 | 57.5 | 70.6 | 94.3 | 99.9 | 107.4 | 127.2 | 147.0 |
| 6 | 41.8 | 60.0 | 73.9 | 99.3 | 105.4 | 113.5 | 135.1 | 156.7 |
| 7 | 43.4 | 62.3 | 76.8 | 103.6 | 110.2 | 118.8 | 142.2 | 165.4 |
| 8 | 44.7 | 64.3 | 79.4 | 107.6 | 114.6 | 123.7 | 148.6 | 173.3 |
| 9 | 45.9 | 66.2 | 81.8 | 111.2 | 118.7 | 128.2 | 154.5 | 180.6 |
| 10 | 47.1 | 67.9 | 83.9 | 114.5 | 122.4 | 132.3 | 159.9 | 187.4 |
| 11 | 48.1 | 69.4 | 86.0 | 117.6 | 125.9 | 136.1 | 165.0 | 193.7 |
| 12 | 49.1 | 70.9 | 87.8 | 120.5 | 129.1 | 139.7 | 169.8 | 199.7 |
| 13 | 50.0 | 72.3 | 89.6 | 123.2 | 132.2 | 143.1 | 174.4 | 205.4 |
| 14 | 50.9 | 73.6 | 91.3 | 125.8 | 135.1 | 146.3 | 178.7 | 210.8 |
| 15 | 51.7 | 74.8 | 92.9 | 128.3 | 137.9 | 149.4 | 182.8 | 215.9 |
| 16 | 52.4 | 76.0 | 94.4 | 130.6 | 140.5 | 152.3 | 186.8 | 220.9 |
| 17 | 53.2 | 77.1 | 95.8 | 132.9 | 143.0 | 155.1 | 190.5 | 225.6 |
| 18 | 53.9 | 78.1 | 97.2 | 135.0 | 145.5 | 157.8 | 194.2 | 230.2 |
| 19 | 54.6 | 79.2 | 98.5 | 137.1 | 147.8 | 160.4 | 197.6 | 234.6 |
| 20 | 55.2 | 80.1 | 99.8 | 139.0 | 150.0 | 162.8 | 201.0 | 238.8 |
| 21 | 55.8 | 81.1 | 101.0 | 141.0 | 152.2 | 165.2 | 204.3 | 242.9 |
| 22 | 56.4 | 82.0 | 102.2 | 142.8 | 154.3 | 167.6 | 207.4 | 246.9 |
| 23 | 57.0 | 82.9 | 103.4 | 144.6 | 156.3 | 169.8 | 210.5 | 250.8 |
| 24 | 57.6 | 83.7 | 104.5 | 146.3 | 158.3 | 172.0 | 213.5 | 254.5 |

5.4 Identificazione dei bacini scolanti di progetto

Nel presente paragrafo vengono identificate le aree scolanti e le principali caratteristiche sulla base delle quali calcolare le portate idrologiche di progetto.

Al fine di non modificare la rete naturale allo stato attuale e definire un sistema di drenaggio interno al sito con il minor impatto è stata eseguita una simulazione del modello digitale del terreno disponibile con lo scopo di identificare le principali informazioni morfologiche e idrologiche a scala di bacino nello stato di fatto (pendenze e isoipse, delimitazione del bacino idrografico, rete principale e secondaria).

Il modello digitale del terreno utilizzato per la maggior parte delle aree di impianto è quello fornito dal Geoportale della Regione Toscana – SITA Cartoteca, avente risoluzione 1m x 1m.

Per una porzione dell'area di impianto è assente il dato Lidar sopra citato; pertanto, per questa zona è stato ottenuto e consultato attraverso il portale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), dal progetto "Tinality", il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 10x10 metri.

La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborata in ambiente GIS.

Le opere in progetto insisteranno sui sottobacini scolanti identificati nelle seguenti figure.



Figura 5.3: Delimitazione bacini scolanti (giallo) e relativa codifica delle sezioni A1, A2



Figura 5.4: Delimitazione bacini scolanti (giallo) e relativa codifica delle sezioni B1, B2, B3, C1, C2

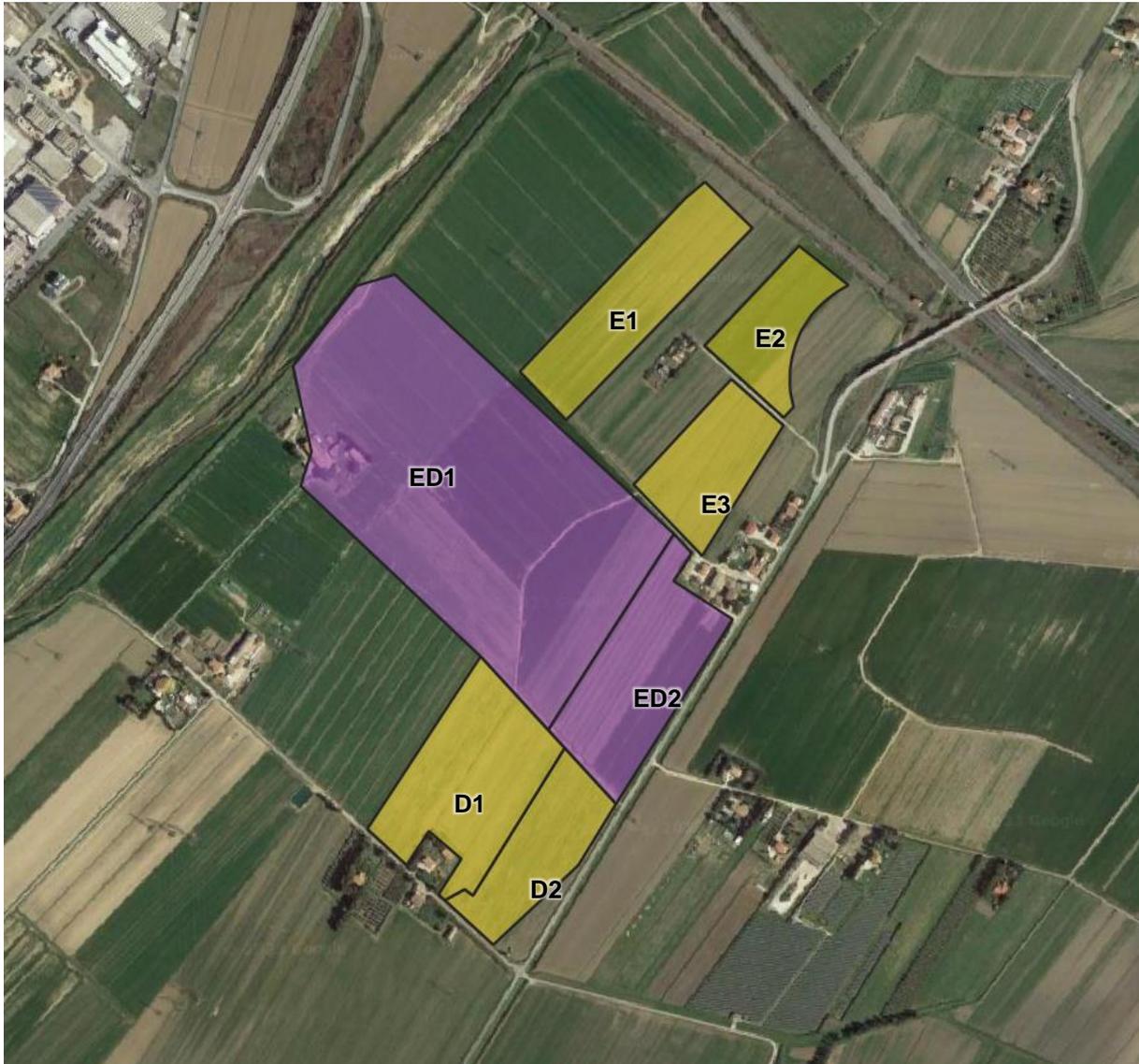


Figura 5.5: Delimitazione bacini scolanti interni (giallo) ed esterni (viola) e relativa codifica delle sezioni D, E1, E2, E3



Figura 5.6: Delimitazione bacini scolanti (giallo) e relativa codifica delle sezioni F1, F2

Oltre ai bacini individuati internamente al campo D, l'area di intervento, per via della morfologia del territorio in cui è inserita, è sottesa anche da due sottobacini idrografici esterni all'impianto che drenano le proprie portate verso il perimetro dello stesso (Figura 5.5).

Nelle tabelle seguenti si elencano i bacini scolanti individuati con le relative superfici.

Tabella 5.2: Bacini scolanti interni

| ID BACINO | AREA [MQ] |
|-----------|-----------|
| A1.1 | 11588 |
| A1.2 | 55761 |
| A2 | 156439 |
| B1 | 27100 |
| B2 | 84494 |
| B3.1 | 60898 |
| B3.2 | 24532 |
| C1 | 145823 |
| D1 | 48625 |
| D2 | 27464 |
| E1 | 38929 |
| E2 | 2156 |
| E3 | 26647 |
| F1.1 | 137228 |
| F1.2 | 25302 |
| F2.1 | 25993 |

| | | |
|---|--|---------------------|
|  iren green generation iren Green Generation Tech s.r.l. | ID Documento Committente CoD021_FV_BCR_00093 | Pagina 32 / 85 |
| | | Numero Revisione |
| | | 00 |

| ID BACINO | AREA [MQ] |
|-----------|-----------|
| F2.2 | 50400 |

Tabella 5.3: Bacini scolanti esterni

| ID BACINO | AREA [MQ] |
|-----------|-----------|
| ED1 | 188045 |
| ED2 | 44555 |

La rete estratta attraverso la simulazione, descritta in precedenza, è stata quindi sovrapposta alle aree di progetto e sulla base dei risultati ottenuti è stato definito il sistema interno di gestione delle acque meteoriche e i punti di affluenza.

Lo stato di progetto presenterà quindi una rete di drenaggio con percorsi e punti di affluenza ai canali perimetrali compatibili con lo stato di fatto.

5.5 Valutazione della pioggia efficace (netta)

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della porzione di volume della precipitazione che contribuisce effettivamente alla formazione dell'onda di piena, è stata eseguita applicando il "metodo percentuale" φ .

Questo metodo ipotizza che le perdite costituiscano una percentuale costante della quantità di pioggia durante l'evento.

Si considera il coefficiente di deflusso φ , caratteristico dell'evento nella sua totalità, come rapporto tra il volume di precipitazione netta (P_{netta}) ed il volume di precipitazione totale (P):

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

Al fine di ottenere lo ietogramma di pioggia netta, la pioggia sintetica "di progetto" viene moltiplicata per il parametro φ , ammettendo così che i fenomeni di infiltrazione e perdita idrica siano costanti durante tutta la durata dell'evento piovoso.

Tale coefficiente, è stato estratto per ogni bacino a partire dal layer dei Curve Number (CN) disponibile sul sito della Regione Toscana, prodotto nell'ambito dell'Accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze, dove si è proceduto ad effettuare un aggiornamento del modello idrologico distribuito sviluppato dal Dipartimento di Ingegneria civile ed Ambientale in uso presso il Centro Funzionale della Regione Toscana per la previsione degli eventi di piena in tempo reale (MOBIDIC).

Per le sezioni A1 e A2 viene identificato un valore di CN pari a 61 e pari a 73 per tutte le altre sezioni. Ne deriva un coefficiente di deflusso ante-operam medio ponderale pari a 0,49 per il tempo di ritorno di 35 anni e di 0,50 per il tempo di ritorno di 50 anni.

5.5.1 Valutazione post-operam

In merito alle aree prevalentemente permeabili è stato valutato l'impatto dell'installazione di strutture tracker.

L'interasse fra i pali di sostegno delle strutture sarà di circa 5 metri. I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo a zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.

Si ritiene che durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto, la capacità di infiltrazione, così come le caratteristiche di permeabilità del terreno, delle aree di intervento non siano modificate dall'installazione delle strutture tracker.

Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine elettriche che avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili.

Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 –American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

L'area di interfila presenta una capacità di infiltrazione non influenzata.

Il modello schematizza l'area interessata dalla struttura come composta al 50% da una sezione "wet" con capacità di infiltrazione non influenzata e collegata alla precedente area di interfila e una sezione "dry" che si assume a favore di sicurezza come non soggetta ad infiltrazione diretta e quindi con coefficiente di deflusso pari a 1. Lo schema è visibile nella figura seguente.

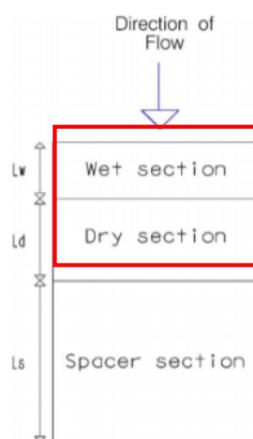


Figura 5.7: Modulo tipo, descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pali infissi comprendente l'area pannelli (in rosso) e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American Society of Civil Engineers)

Come descritto, la proiezione del tracker a terra non risulterà fissa in quanto la struttura varierà il tilt durante le fasi della giornata. Volendo comunque assumere la condizione più sfavorevole di evento intenso di progetto in occasione di tilt della struttura pari a zero si ottiene un'area dry pari al 50% dell'area utile di installazione pannelli.

Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale per la situazione post-operam sulla base delle precedenti assunzioni: in particolare, il coefficiente di deflusso post-operam è pari a 0,57 per il tempo di ritorno di 35 anni (Tabella 5.4) e pari a 0,58 anni per il tempo di ritorno di 50 anni (Tabella 5.5).

Tabella 5.4: Aree scolanti e caratteristiche di infiltrazione negli scenari ante-operam/post-operam – T=35 anni

| STATO DI FATTO | AREA [HA] | AREA MODULI [HA] | PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA DI INSTALLAZIONE | AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARI A 0° [HA] | PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALMENTE DRY | COEFF. DEFLUSSO ANTE-OPERAM ASSUNTO | COEFF. DEFLUSSO POST-OPERAM STIMATO |
|--|-----------|------------------|---|--|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Seminati vi irrigui e non irrigui | 96,85 | 30,16 | 31 | 15,1 | 15 | 0,49 | 0,57 |

Tabella 5.5: Aree scolanti e caratteristiche di infiltrazione negli scenari ante-operam/post-operam – T=50 anni

| STATO DI FATTO | AREA [HA] | AREA MODULI [HA] | PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA DI INSTALLAZIONE | AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARI A 0° [HA] | PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALMENTE DRY | COEFF. DEFLUSSO ANTE-OPERAM ASSUNTO | COEFF. DEFLUSSO POST-OPERAM STIMATO |
|--|-----------|------------------|---|--|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Seminati vi irrigui e non irrigui | 96,85 | 30,16 | 31 | 15,1 | 15 | 0,50 | 0,58 |

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l'evento intenso di progetto negli scenari ante-operam e post-operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti e in progetto per entrambi i tempi di ritorno.

L'impermeabilità del sito, post operam, aumenta di circa il **16%**.

5.6 Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto ante-operam e post-operam

Per calcolare le portate di scolo dai bacini imbriferi costituiti dai singoli settori in cui è prevista la posa delle strutture fotovoltaiche, si è determinato per ognuno di essi l'evento critico, cioè l'evento meteorico che produce la massima portata al colmo (portata critica). A tal fine si è adottato il modello cinematico (o della corrivazione).

Ipotizzando che la precipitazione sia a intensità costante e che la curva tempi aree del bacino sia lineare, la durata critica coincide con il tempo di corrivazione del bacino e la portata critica (portata di progetto) è data dall'espressione:

$$Q_P = \phi \cdot \frac{i(T_0, t_C) \cdot A}{360}$$

Dove:

Q_P = portata critica (netta) [m³/s];

ϕ = coefficiente di deflusso, mediante il quale si tiene conto delle perdite per infiltrazione e detenzione superficiale [adimensionale];

$i(T_0, t_C)$ = intensità media della precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (t_C - min) ed avente un tempo di ritorno (T - anni) [mm/h];

A = superficie del bacino [ha].

Il valore del tempo di corrivazione è stato calcolato come somma del tempo di entrata in rete più il tempo di rete.

Come mostrato in Tabella 5.6, lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso coerente con l'incremento del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo e posizione dei tracker orizzontale.

Dal confronto ante-operam/post-operam emerge che l'aumento delle portate al colmo sarà compatibile con la rete di drenaggio esistente e con le portate attualmente scolanti.

Si riportano di seguito i risultati del calcolo delle portate di progetto, negli scenari ante- e post-operam, per i tempi di ritorno di 35 e 50 anni.

Tabella 5.6: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post-operam – $T=35$ anni.

| ID BACINO | A1.1 | A1.2 | A2 | B1 | B2 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Superficie [ha] | 1,16 | 5,58 | 15,61 | 2,71 | 8,45 |
| Tempo di corrivazione t_c [h] | 0,27 | 0,33 | 0,37 | 0,30 | 0,35 |
| $h(t)$ [mm] | 32 | 35 | 37 | 34 | 36 |
| Intensità [mm/h] | 120,4 | 107,8 | 102,9 | 113,4 | 105,6 |
| Coeff. Deflusso ante-operam | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| Coeff. Deflusso post-operam | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| Portata al colmo ante-operam [mc/s] | 0,19 | 0,82 | 2,18 | 0,42 | 1,21 |
| Portata al colmo post-operam Q_{cr} [mc/s] | 0,22 | 0,95 | 2,53 | 0,48 | 1,41 |

| ID BACINO | B3.1 | B3.2 | C1 | D1 | D2 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Superficie [ha] | 6,09 | 2,45 | 14,58 | 4,86 | 2,75 |
| Tempo di corrivazione t_c [h] | 0,31 | 0,28 | 0,28 | 0,30 | 0,31 |
| $h(t)$ [mm] | 34 | 33 | 33 | 34 | 35 |
| Intensità [mm/h] | 112,2 | 117,2 | 117,2 | 113,6 | 112,2 |
| Coeff. Deflusso ante-operam | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| Coeff. Deflusso post-operam | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| Portata al colmo ante-operam [mc/s] | 0,93 | 0,39 | 2,32 | 0,75 | 0,42 |
| Portata al colmo post-operam Q_{cr} [mc/s] | 1,08 | 0,45 | 2,70 | 0,87 | 0,49 |

| ID BACINO | E1 | E2 | E3 | F1.1 | F1.2 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Superficie [ha] | 3,89 | 2,16 | 2,66 | 13,72 | 2,53 |
| Tempo di corrivazione t_c [h] | 0,33 | 0,27 | 0,29 | 0,31 | 0,28 |
| $h(t)$ [mm] | 36 | 32 | 34 | 34 | 33 |
| Intensità [mm/h] | 107,8 | 119,5 | 115,0 | 112,4 | 117,2 |
| Coeff. Deflusso ante-operam | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| Coeff. Deflusso post-operam | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| Portata al colmo ante-operam [mc/s] | 0,57 | 0,35 | 0,42 | 2,10 | 0,40 |
| Portata al colmo post-operam Q_{cr} [mc/s] | 0,66 | 0,41 | 0,48 | 2,43 | 0,47 |

| ID BACINO | F2.1 | F2.2 | ED1 | ED2 |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Superficie [ha] | 2,60 | 5,04 | 18,80 | 4,46 |
| Tempo di corrivazione t_c [h] | 0,31 | 0,31 | 0,32 | 0,29 |
| $h(t)$ [mm] | 34 | 34 | 35 | 33 |
| Intensità [mm/h] | 112,2 | 112,2 | 109,2 | 115,7 |
| Coeff. Deflusso ante-operam | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| Coeff. Deflusso post-operam | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| Portata al colmo ante-operam [mc/s] | 0,40 | 0,77 | 2,79 | 0,70 |
| Portata al colmo post-operam Q_{cr} [mc/s] | 0,46 | 0,89 | - | - |

Tabella 5.7: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post-operam – T=50 anni.

| ID BACINO | A1.1 | A1.2 | A2 | B1 | B2 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Superficie [ha] | 1,16 | 5,58 | 15,61 | 2,71 | 8,45 |
| Tempo di corrivazione tc [h] | 0,27 | 0,33 | 0,37 | 0,30 | 0,35 |
| h (t) [mm] | 34,3 | 38,3 | 40,1 | 36,4 | 39,1 |
| Intensità [mm/h] | 128,3 | 114,8 | 109,5 | 120,8 | 112,5 |
| Coeff. Deflusso ante-operam | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Coeff. Deflusso post-operam | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 |
| Portata al colmo ante-operam [mc/s] | 0,21 | 0,89 | 2,38 | 0,45 | 1,32 |
| Portata al colmo post-operam Qcr [mc/s] | 0,24 | 1,03 | 2,76 | 0,53 | 1,53 |

| ID BACINO | B3.1 | B3.2 | C1 | D1 | D2 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Superficie [ha] | 6,09 | 2,45 | 14,58 | 4,86 | 2,75 |
| Tempo di corrivazione tc [h] | 0,31 | 0,28 | 0,28 | 0,30 | 0,31 |
| h (t) [mm] | 36,8 | 35,2 | 35,2 | 36,3 | 36,8 |
| Intensità [mm/h] | 119,5 | 124,8 | 124,8 | 121,0 | 119,5 |
| Coeff. Deflusso ante-operam | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Coeff. Deflusso post-operam | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 |
| Portata al colmo ante-operam [mc/s] | 1,01 | 0,43 | 2,53 | 0,82 | 0,46 |
| Portata al colmo post-operam Qcr [mc/s] | 1,17 | 0,49 | 2,93 | 0,95 | 0,53 |

| ID BACINO | E1 | E2 | E3 | F1.1 | F1.2 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Superficie [ha] | 3,89 | 2,16 | 2,66 | 13,72 | 2,53 |
| Tempo di corrivazione tc [h] | 0,33 | 0,27 | 0,29 | 0,31 | 0,28 |
| h (t) [mm] | 38,3 | 34,5 | 35,9 | 36,7 | 35,2 |
| Intensità [mm/h] | 114,8 | 127,3 | 122,5 | 119,7 | 124,8 |
| Coeff. Deflusso ante-operam | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Coeff. Deflusso post-operam | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 |
| Portata al colmo ante-operam [mc/s] | 0,62 | 0,04 | 0,45 | 2,28 | 0,44 |
| Portata al colmo post-operam Qcr [mc/s] | 0,72 | 0,04 | 0,53 | 2,65 | 0,51 |

| ID BACINO | F2.1 | F2.2 | ED1 | ED2 |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Superficie [ha] | 2,60 | 5,04 | 18,80 | 4,46 |
| Tempo di corrivazione tc [h] | 0,31 | 0,31 | 0,32 | 0,29 |
| h (t) [mm] | 36,8 | 36,8 | 37,8 | 35,7 |
| Intensità [mm/h] | 119,5 | 119,5 | 116,3 | 123,2 |
| Coeff. Deflusso ante-operam | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Coeff. Deflusso post-operam | 0,58 | 0,58 | - | - |
| Portata al colmo ante-operam [mc/s] | 0,43 | 0,84 | 3,04 | 0,76 |
| Portata al colmo post-operam Qcr [mc/s] | 0,50 | 0,97 | - | - |

6 Studio di compatibilità idraulica nuovo impianto fotovoltaico

In questo capitolo è presente lo studio di compatibilità idraulica del nuovo impianto fotovoltaico e del tracciato della linea di connessione.

Per la classificazione delle aree si è fatto riferimento al PGRA del Distretto dell'Appennino Settentrionale e al Piano Strutturale del Comune di Campiglia Marittima.

In aggiunta, per l'identificazione di canali minori è stata consultata la cartografia di base disponibile sul Geoportale Nazionale su scala 1: 25.000, oltre agli elementi idrici presenti sul portale della regione Toscana.

6.1 Identificazione e risoluzione interferenze layout di impianto

Come anticipato al capitolo 3.5, le aree di impianto ricadono in aree a pericolosità da alluvione elevata (P3) secondo il PGRA. Le aree a pericolosità da alluvione elevata (P3) comprendono le aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni.

Ai sensi della Disciplina di Piano del Distretto dell'Appennino Settentrionale (art. 7) nelle aree P3 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio.

Non si identificano interferenze tra elementi del reticolo idrico della Regione Toscana e il perimetro di progetto dei campi.

Dalla consultazione della cartografia dell'IGM su scala 1:25.000, dalla visione di ortofoto e da rilievo e si sono identificati gli avvallamenti del terreno esistenti in corrispondenza delle aree di impianto.

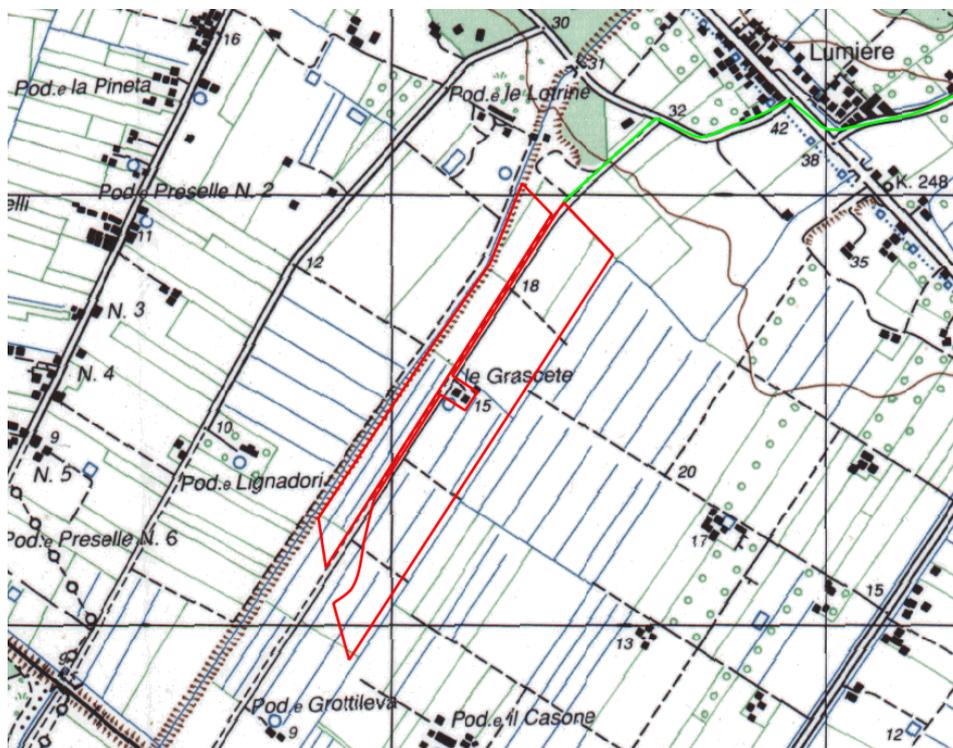


Figura 6.1: Stralcio Carta Istituto Geografico Militare 1:25.000 con elementi idrici – in rosso la recinzione dell'impianto (campo A), in verde la linea di connessione

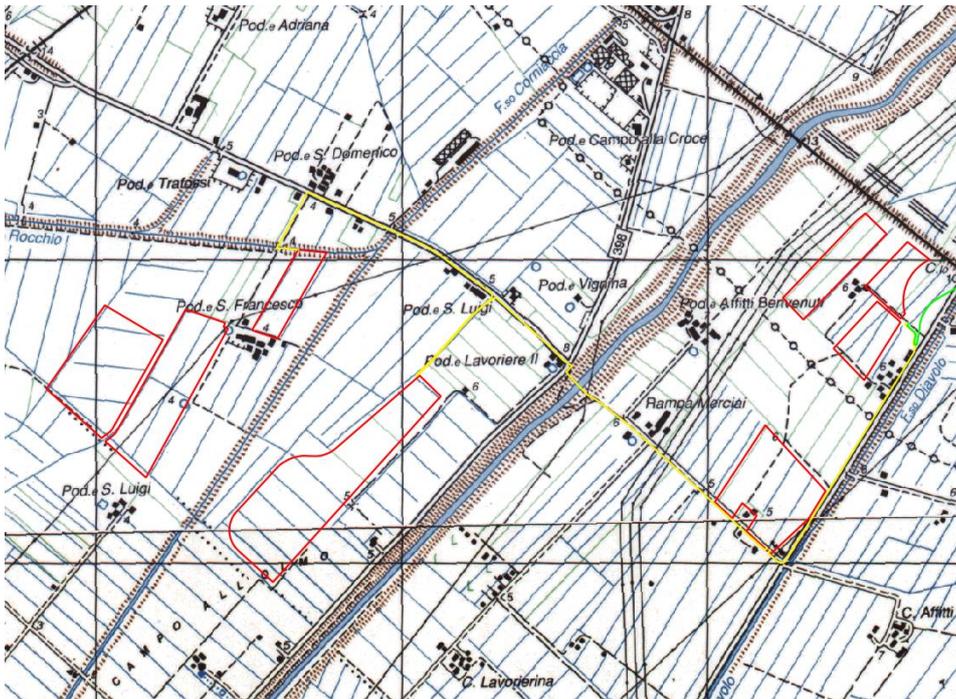


Figura 6.2: Stralcio Carta Istituto Geografico Militare 1:25.000 con elementi idrici – in rosso la recinzione dell'impianto (campo B, C, D, E), in verde la linea di connessione, in giallo le linee di interconnessione tra campi

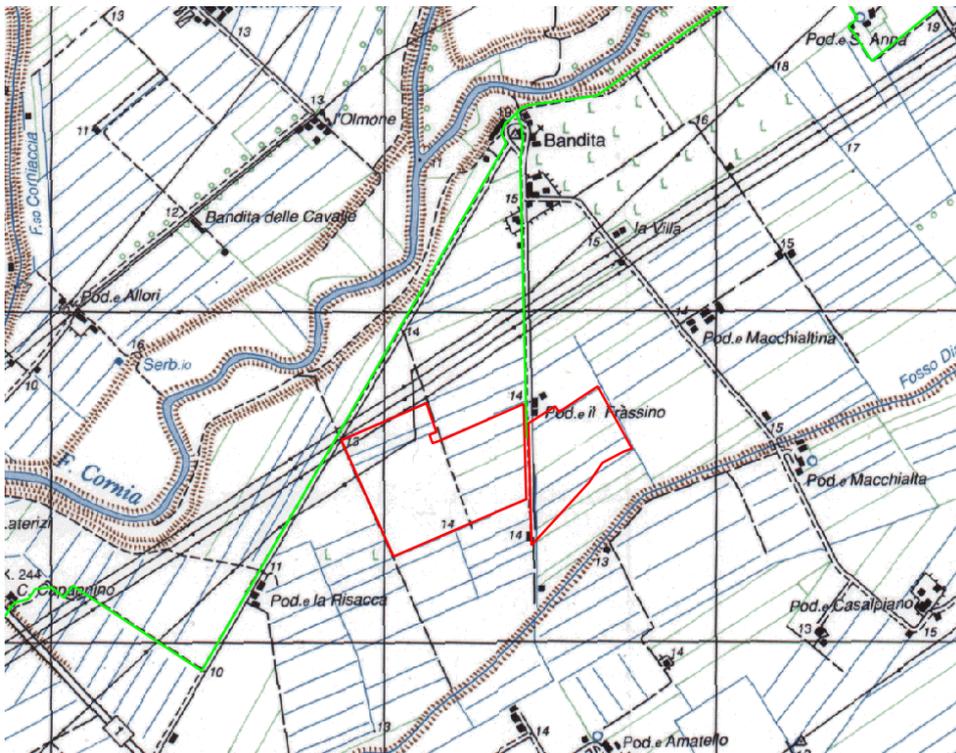
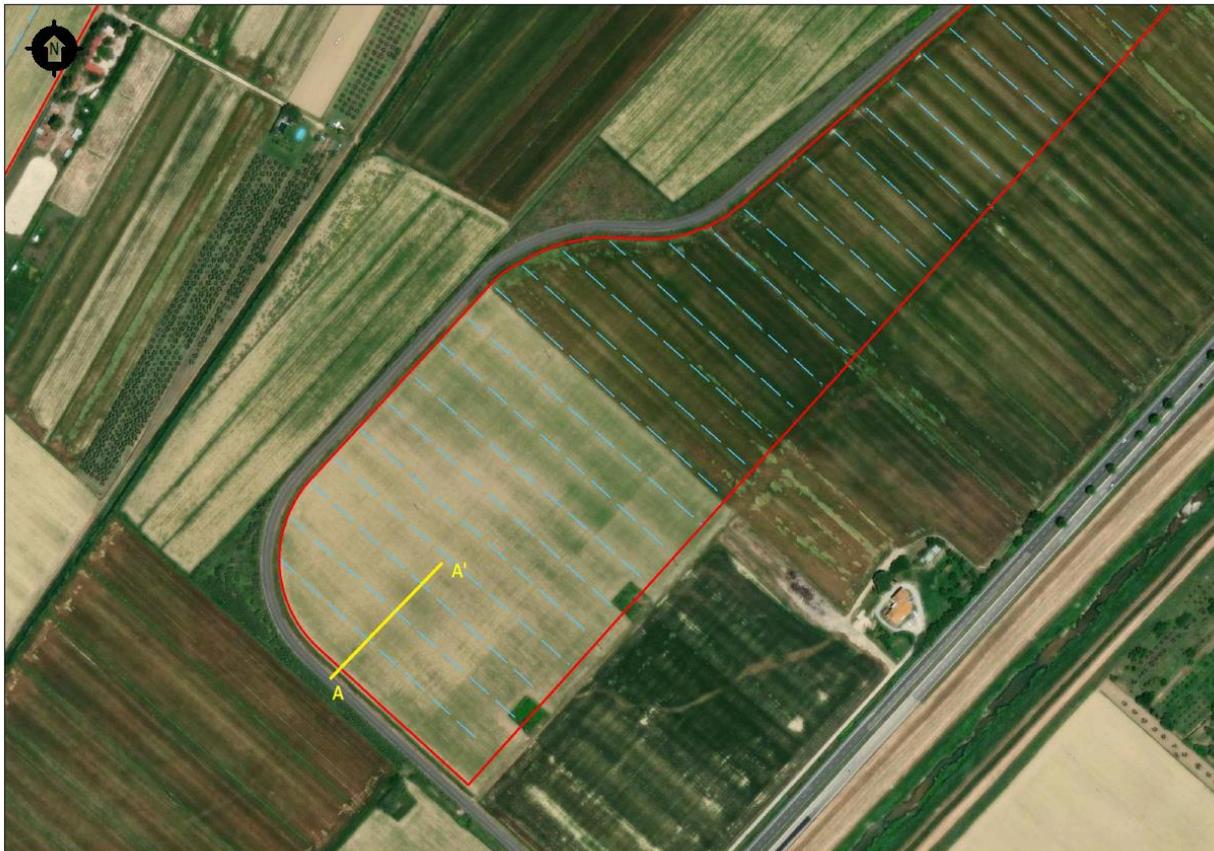


Figura 6.3: Stralcio Carta Istituto Geografico Militare 1: 25.000 con elementi idrici – in rosso la recinzione dell'impianto (campo F), in verde la linea di connessione

La definizione del layout di impianto e le soluzioni progettuali adottate mirano da un lato a garantire la sicurezza idraulica e l'accessibilità dell'impianto e dall'altro a mantenere invariate le condizioni di deflusso dell'area di interesse senza modifiche tra ante-operam e post-operam.

All'interno delle aree di impianto saranno preservati per quanto possibile gli avvallamenti presenti allo stato di fatto, attualmente destinati ad uso irriguo/bonifica. Date le dimensioni e le pendenze di tali avvallamenti (come mostrati nella sezione tipo in Figura 6.5), essi non rappresentano un ostacolo al passaggio di mezzi che normalmente operano su terreno naturale.



— AREA IMPIANTO

KPLAN - CAMPO C

- - - - - AVVALLAMENTI AD USO IRRIGUO/ BONIFICA ESISTENTI

Figura 6.4: Posizione planimetrica della sezione tipo d'esempio per il profilo d'elevazione del terreno

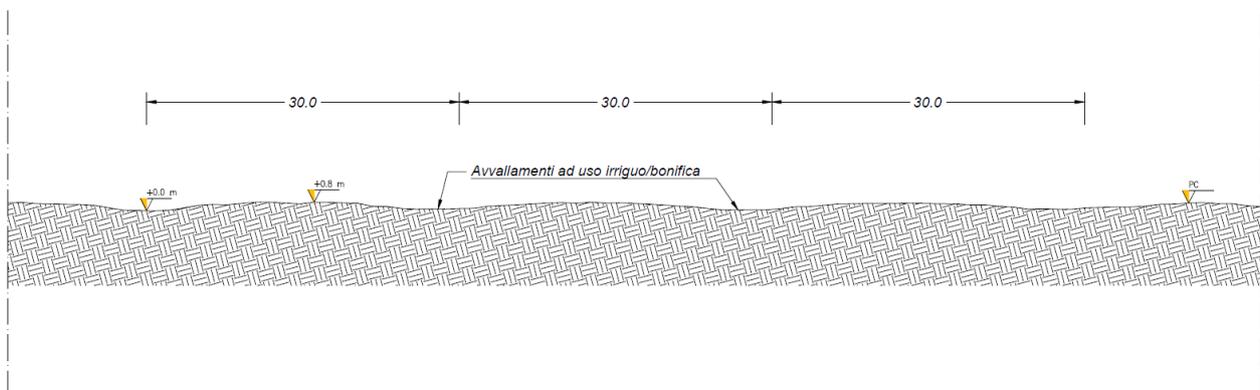
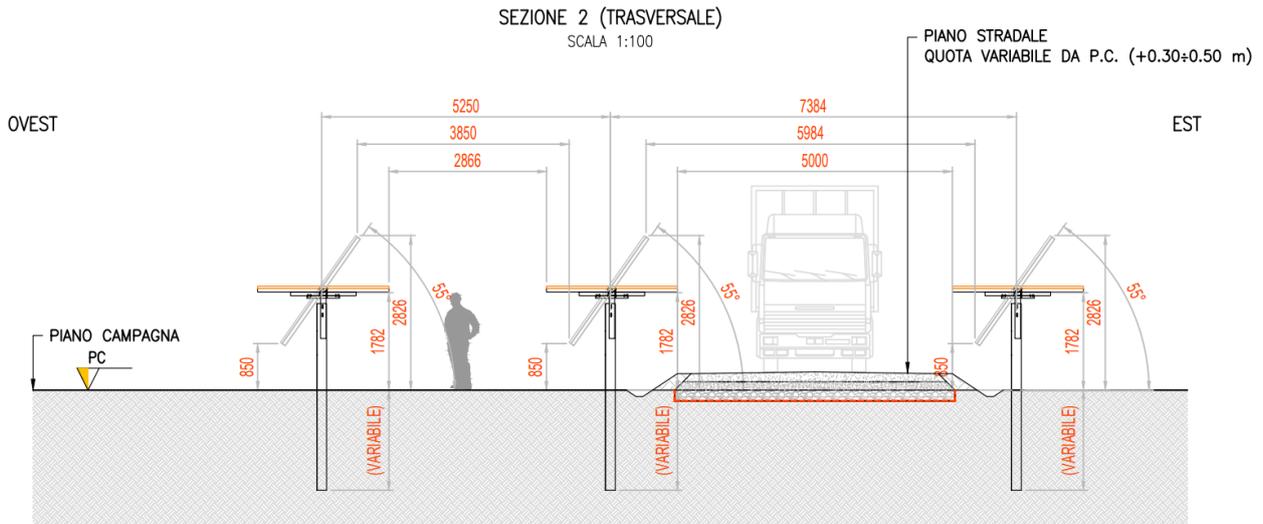


Figura 6.5: Esempio di profilo del terreno allo stato di fatto

I pali di sostegno dei moduli fotovoltaici hanno un'altezza tale da non interferire con la propagazione della piena relativa ad eventi fino a 200 anni.



6.1.1 Viabilità di progetto

La viabilità di progetto sarà in materiale permeabile per l'intero pacchetto stradale, di conseguenza la trasformazione dell'uso del suolo sarà trascurabile.

Le strade di servizio dell'impianto fotovoltaico sono previste di due tipi. La prima tipologia prevede un piano strada rialzato di 0,3 m da piano campagna, mentre la seconda tipologia prevede un piano strada rialzato di 0,5 m da piano campagna. Il secondo tipo è quello previsto nelle aree mappate a magnitudo moderata o severa, ovvero i campi C, D e F (vedi Figura 3.12).

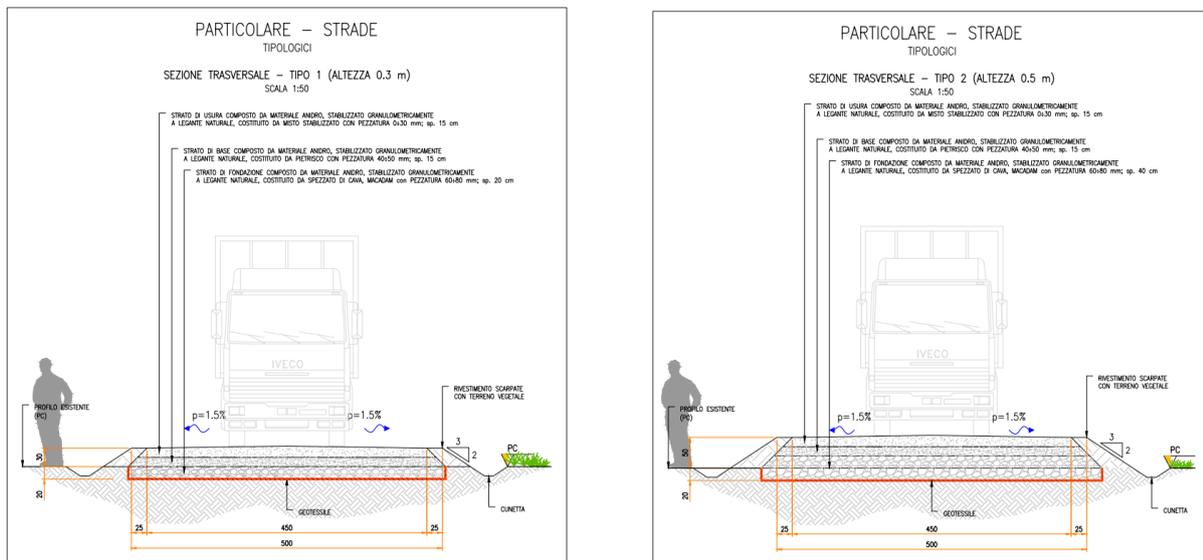


Figura 6.6: Particolari tipologici delle strade di progetto (tipo 1, tipo 2)

Inoltre, nella necessità di superare le interferenze tra la viabilità di impianto e l'idrografia esistente (canali di scolo, solchi di drenaggio, avvallamenti) si rende utile l'utilizzo di tombotti, scatolari o tubazioni in HDPE previsti in corrispondenza di ciascun attraversamento in modo tale da garantire la continuità idraulica.

| | | |
|--|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente CoD021_FV_BCR_00093 | Pagina 41 / 85 |
| | | Numero Revisione |
| | | 00 |

Le strade di progetto, seppur rialzate rispetto al piano campagna non costituiscono un elemento di alterazione del deflusso superficiale rispetto allo stato di fatto sia in condizioni normali sia in condizioni di piena con possibili allagamenti.

Al fine di evitare che all'ingresso del tombotto si possano formare rallentamenti del deflusso e ristagni che causano la deposizione di materiale e quindi ne riducono l'efficienza fino ad intasarlo, saranno implementati i seguenti accorgimenti:

- Evitare allargamenti dell'alveo in prossimità dell'imboccatura;
- Evitare diminuzioni di pendenza in prossimità dell'imboccatura;
- Raccordare alveo e tombotto con angoli quanto più ottusi.

Si rimanda agli elaborati grafici di progetto per maggiori dettagli riguardo la posizione degli attraversamenti (“CoD21_FV_BCD_00094_Planimetria opere di regimazione delle acque_rev00b”).

6.2 Identificazione interferenze linea di connessione

Il progetto prevede la realizzazione di opere di collegamento alla RTN, come precedentemente descritto:

- Tre cavi interrati di interconnessione tra i campi B e C, C e D, D ed E di collegamento in entrata tra le rispettive cabine di connessione;
- Tre cavi interrati in media tensione a 30 kV, di collegamento tra le cabine elettriche di connessione (dai campi A, E, F) con la Sottostazione Utente che sarà realizzata nel territorio comunale di Suvereto.

Come anticipato precedentemente, si riscontrano interferenze tra le aree a pericolosità idraulica mappate da PGRA e il tracciato delle linee di connessione.

In aggiunta, tramite consultazione del reticolo idrografico della Regione Toscana e dalla visione di ortofoto si identificano diverse interferenze puntuali con gli elementi idrici esistenti.

Le soluzioni adottate sono “cavo interrato”, con scavo in trincea, o “trenchless”, ovvero una tipologia di interrimento del cavo che non prevede il tradizionale scavo a cielo aperto. Tra le tipologie trenchless vi sono: TOC, microtunnel, spingitubo, ecc.

Per i corsi d'acqua minori, effimeri o episodici, in cui l'alveo sia molto superficiale e con una sponda molto ridotta non è sempre necessario interrare i cavi con un metodo *trenchless*. Nei lunghi periodi di secca, tipici delle stagioni estive, è possibile valutare scavi tradizionali purché il cavo venga interrato almeno di 1,5 metri dal punto di impluvio, mentre nelle stagioni critiche più piovose o irrigue, è opportuno affidarsi ai *trenchless*. Inoltre, ulteriore elemento di decisione tra le due soluzioni tecniche è che nel caso di scavo tradizionale questo non debba compromettere la stabilità spondale o creare punti critici che inneschino nel tempo erosioni. In ogni caso la modalità di superamento dell'interferenza dovrà essere approvata dal gestore della rete attraversata.

Nelle aree alluvionate diffuse (senza attraversamento di alvei), il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale della viabilità ad una profondità minima in funzione del numero di terne presenti nello scavo. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione. Si sottolinea che nella fase post operam della posa del cavo, non vi sarà ostacolo al deflusso naturale delle acque meteoriche e non si riscontrerà una riduzione delle capacità di invaso delle aree interessate.

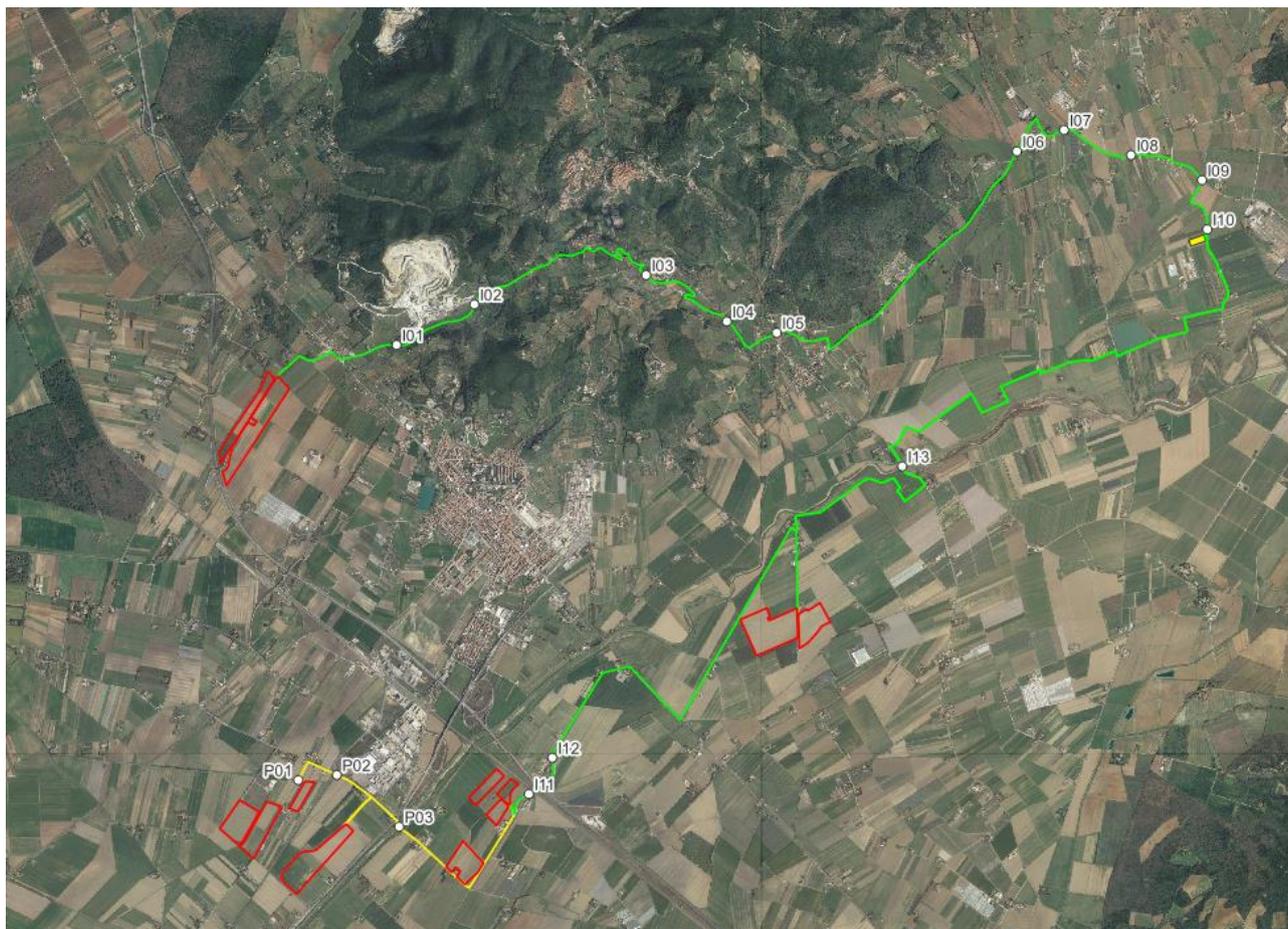


Figura 6.7: Identificazione interferenze con il tracciato del cavo di connessione (in verde) e con il cavo di interconnessione tra i campi (in giallo), in rosso il perimetro di progetto

La tabella di seguito riporta un riepilogo per i vari punti analizzati lungo il percorso di connessione, indicando il livello di pericolosità individuato e la risoluzione prevista per l'interferenza.

Tabella 6.1: Riepilogo interferenze

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------------|--------------|-----------------------------------|
| I01 | TC12417 | bassa | TOC |
| I02 | - | - | TOC |
| I03 | TC12240 | - | Cavo interrato/ <i>trenchless</i> |
| I04 | TC12351 | bassa | Cavo interrato/ <i>trenchless</i> |
| I05 | Fosso Taddo | alta | TOC |
| I06 | Fosso Riomerdancio | bassa | TOC |
| I07 | Fosso Acquari | alta | Cavo interrato/ <i>trenchless</i> |
| I08 | - | bassa | Cavo interrato/ <i>trenchless</i> |
| I09 | Fosso Delle Gore | bassa | TOC |
| I10 | TC12199 | bassa | TOC |
| I11 | Fosso Cosimo | alta | Staffatura |
| I12 | Fosso Cosimo | alta | TOC |
| I13 | Fiume Cornia | alta | Staffatura |
| P01 | Fosso Corniaccia | media | TOC |
| P02 | Fosso Corniaccia | media | TOC |
| P03 | Fiume Cornia | alta | TOC |

6.2.1 Metodologia di verifica profondità di sicurezza posa TOC

6.2.1.1 Analisi qualitativa

In seguito all'identificazione dei punti di interferenza, per gli attraversamenti di corsi d'acqua naturali/antropici è stata effettuata un'analisi qualitativa di stabilità dei tratti di interesse. L'analisi è stata condotta sulla base delle indicazioni HEC-20 - Stream Stability at Highway Structures – FHWA. Per ognuno è stato assegnato un valore numerico totale derivante dall'analisi qualitativa multicriteria al quale corrisponde una categoria di stabilità dell'alveo: eccellente, buono, moderato, cattivo stato. Gli indicatori di stabilità considerati sono stati:

- Caratteristiche e attività del bacino e delle golene: è stato valutato il grado di interferenze dovuto all'esercizio di attività come pascoli, allevamenti, costruzioni, infrastrutture, ecc.
- Periodicità caratteristica: periodicità e frequenza del flusso (effimero, regolare, flash flood, ecc) e clima (umido, semiarido, arido);
- Classificazione geomorfologica del canale;
- Presenza e tipologia di aree golenali. Grado di confinamento, quindi se il canale è delimitato da argini, infrastrutture;
- Materiale di fondo e granulometria tipologica;
- Presenza delle barre e caratteristiche dell'asta (pendenza longitudinale, il rapporto tra larghezza/altezza della sezione di interesse);
- Potenziali ostruzioni;
- Caratteristiche dello stato delle golene e delle sponde;
- Pendenza media delle sponde;
- Grado di protezione delle sponde sulla base della copertura vegetale o di opere di ingegneria;
- Valutazione del livello di frastagliamento della sponda;
- Segni di cedimenti delle golene ed eventuali evidenze di trasporto di materiale;
- Allineamento di eventuali ponti e pile rispetto al flusso.

6.2.1.2 Analisi quantitativa

L'analisi quantitativa potrà essere effettuata in corrispondenza delle interferenze a valle della presente fase progettuale al fine di verificare e confermare le profondità di posa preliminarmente identificate in questa fase.

L'analisi quantitativa ha seguito la metodologia HEC18 "Evaluating Scour at Bridges" FHWA-HIF-12-003 basata sulle portate caratteristiche idrologiche/idrauliche, le caratteristiche geometriche e granulometriche del corso d'acqua.

La granulometria assunta è quella caratteristica dello strato risultante dal modello geotecnico consistente al di sotto dei 3 metri da piano campagna in ciottoli di matrice sabbiosa-limosa.

Considerata la stabilità geomorfologica complessiva non è stata considerata la migrazione dell'alveo. A favore di sicurezza non sono stati considerati fenomeni di deposizione ma solo di erosione.

L'erosione totale potenziale è stata valutata come somma:

- Erosione a lungo termine;
- Erosione in corrispondenza di contrazioni;
- Erosioni locali in corrispondenza di pile di ponti.

Erosione a lungo termine

Il calcolo dell'erosione a lungo termine è stato condotto nell'ipotesi di formazione di uno strato di corazzamento "armoring". L'erosione graduale dello strato attivo di fondo con il dilavamento dei sedimenti crea uno strato di corazzamento assunto quale condizione di stabilità.

Tale stabilità è mantenuta sino a nuovo evento che supera quello alla base del calcolo.

Non essendo possibile stabilire allo stato attuale se tale corazzamento sia avvenuto o in divenire, a favore di sicurezza il valore di escavazione calcolato è stato sommato interamente con le altre erosioni.

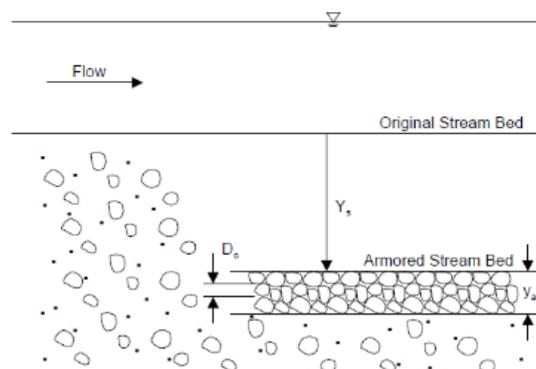


Figura 6.8: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA)

La portata utilizzata per il calcolo dell'erosione a lungo termine è stata la portata formativa/dominante definita come quel valore teorico di portata che ha maggiori effetti sulla forma e sulle dimensioni dell'alveo.

Esistono tre possibili approcci per determinare tale portata "teorica" (Biedenharn et al., 2001):

- Portata ad alveo pieno (bankfull discharge);
- Portata con tempo di ritorno compreso tra 1 e 3 anni (il valore della portata con tempo di ritorno di 1.5 anni è quello più comunemente usato);
- Portata efficace (effective discharge), intesa come portata che trasporta più sedimenti in un intervallo temporale sufficientemente ampio.

Nel presente calcolo è stata assunta la portata con metodo b.

Erosione da contrazione e da pile in corrispondenza di ponti stradali

L'erosione dovuta alla presenza di un ponte di attraversamento stradale è calcolata come somma dell'erosione dovuta alla contrazione della vena più quella dovuta alla presenza di pile in alveo.

La portata alla base del calcolo a favore di sicurezza è quella con tempo di ritorno 200 anni riportata dallo "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese, con particolare riferimento alle aree del Gargano, delle coste joniche e salentine della Regione Puglia" nelle sezioni.

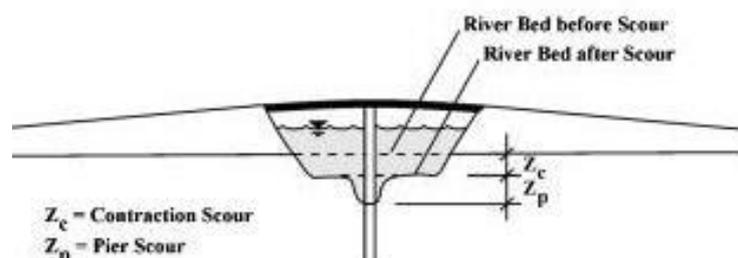


Figura 6.9: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA)

Contrazione

L'erosione da contrazione e da pile è diversa dal degrado a lungo termine, in quanto la contrazione si verifica in prossimità di restringimenti naturali o antropici quali ponti. Questa può essere ciclica e/o correlata al passaggio di una piena.

L'erosione dello strato attivo è tipicamente ciclica; ad esempio, durante la fase ascendente di evento di piena può creare erosioni che si riempiono poi nella fase discendente.

La natura ciclica incrementa la difficoltà nel determinare la profondità di escavazione dopo un'alluvione. A favore di sicurezza nel calcolo è assunta l'erosione totale calcolata quindi nel punto più critico della piena.

La contrazione del flusso può mediamente essere causata sia da una diminuzione naturale dell'area di flusso del torrente sia da restringimenti antropici.

Assumendo la possibilità di rimozione dello strato di corazzamento in occasione di eventi di piena la formulazione adottata per il calcolo ha previsto la condizione di Live Bed cioè di trasporto solido in atto e non di acqua limpida come indicato da linea guida FHWA.

Pile e spalle

Il meccanismo di base che causa l'erosione localizzata delle pile è rappresentato dalle correnti non lineari create dall'interazione tra flusso di monte e pila.

Il vortice a ferro di cavallo creato è il risultato dell'accumulo di acqua sulla superficie a monte dell'ostruzione con prima importante escavazione e della successiva accelerazione del flusso con creazioni di vortici a frequenza oscillatoria. L'azione di tali vortici rimuove il materiale del letto intorno alla base della pila.

Il tasso di trasporto dei sedimenti a valle del ponte è superiore al tasso di trasporto alla pila e, di conseguenza, si sviluppa un'erosione. Con l'aumento della profondità dell'escavazione, la forza del vortice a ferro di cavallo si riduce, riducendo così il tasso di trasporto dalla regione di base.

Ristabilito l'equilibrio tra l'afflusso e il deflusso del materiale del letto si crea una stabilità di fondo.

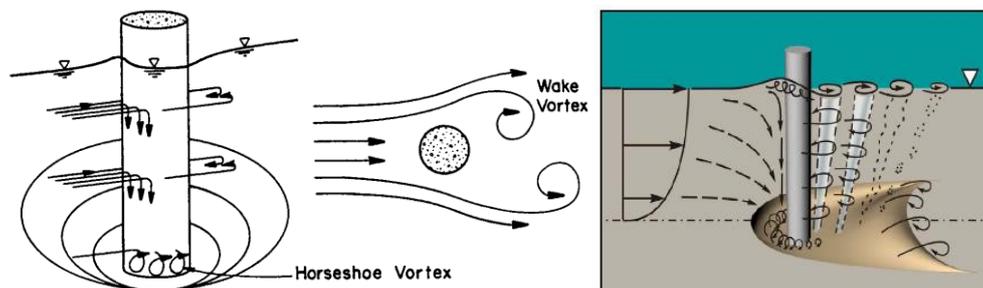


Figura 6.10: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FHWA)

6.3 Risoluzione interferenze linea di connessione

Lungo il percorso di connessione dal campo A alla SSU sono state individuate 10 interferenze, 3 dal campo E ed F alla SSU e 3 interferenze lungo le linee di interconnessione tra i campi.

6.3.1 I01

Identificazione

L'interferenza I01 è situata lungo via di Citerna. In questo punto il tracciato della linea di connessione attraversa un elemento idrico del reticolo idrografico della Regione Toscana. Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.2: Riepilogo interferenza I01

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------|--------------|-------------|
| I01 | TC12417 | bassa | TOC |



Figura 6.11: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I01, in verde il tracciato del cavidotto di connessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.12: Interferenza I01

Osservazioni

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano segni di erosione. Il canale appare particolarmente vegetato.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell’interferenza con la rete idrografica esistente, la posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2,5 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l’attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.2 I02

Identificazione

L’interferenza I02 è situata lungo via di Citerna ed è dovuta alla presenza di un manufatto idraulico in corrispondenza dell’attraversamento della sede stradale di un elemento idrico non mappato.

Di seguito è riportato uno stralcio dell’ubicazione dell’interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.3: Riepilogo interferenza I02

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|---------------------|--------------|-------------|
| I02 | Manufatto idraulico | - | TOC |



Figura 6.13: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I02, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 6.14: Interferenza I02

Osservazioni

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano segni di erosione.

Le sezioni dell'elemento idrico oggetto dell'interferenza appaiono vegetate con specie erbacee e arbustive.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell’interferenza con la rete idrografica esistente, la posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2,5 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l’attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.3 I03

Identificazione

L’interferenza I03 è situata lungo la strada provinciale SP21 in Via Cafaggio ed è dovuta a un elemento idrico che attraversa la sede stradale tramite sottopasso.

Di seguito è riportato uno stralcio dell’ubicazione dell’interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.4: Riepilogo interferenza I03

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------|--------------|---------------------------|
| I03 | TC12240 | - | Cavo interrato/trenchless |



Figura 6.15: Ubicazione su ortofoto dell’interferenza I03, in verde il tracciato del cavidotto di connessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.16: Interferenza I03

Osservazioni

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano segni di erosione.

Le sezioni dell'elemento idrico oggetto dell'interferenza appaiono regolati e vegetate con specie erbacee e arbustive.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di media tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

Si ritiene che con tali soluzioni l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.4 I04

Identificazione

L'interferenza I04 è situata lungo la strada provinciale SP21 in Via Cafaggio ed è dovuta alla presenza di un elemento idrico.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.5: Riepilogo interferenza I04

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------|--------------|-----------------------------------|
| I04 | TC12351 | bassa | Cavo interrato/ <i>trenchless</i> |



Figura 6.17: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I04, in verde il tracciato del cavidotto di connessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.18: Interferenza I04

Osservazioni

La mappatura dell'elemento idrico nel reticolo idrografico è unilaterale rispetto alla viabilità. Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano segni di erosione.

Le sezioni dell'elemento idrico oggetto dell'interferenza appaiono regolati e vegetate con specie erbacee ed elofite.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà confermare l'interferenza ed eventualmente valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di media tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

Si ritiene che con tali soluzioni l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.5 I05

Identificazione

L'interferenza I05 è situata lungo Via delle Piagge ed è dovuta a un elemento del reticolo idrografico della Regione Toscana denominato Fosso Taddo che attraversa la sede stradale tramite sottopasso. Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.6: Riepilogo interferenza I05

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------|--------------|-------------|
| I05 | Fosso Taddo | alta | TOC |



Figura 6.19: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I05, in verde il tracciato del cavidotto di connessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.20: Interferenza I05

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un canale naturale non in sede pensile che attraversa il tratto stradale tramite sottopasso.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano segni di erosione.

Il tratto in corrispondenza dell'interferenza appare lineare e vegetato con specie erbacee ed elofite.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell'interferenza con la rete idrografica esistente, data l'entità del canale e delle sue caratteristiche si prevede di eseguire la posa del cavo secondo tecnologie *trenchless*, ad esempio mediante perforazione TOC. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.6 I06

Identificazione

L'interferenza I06 è situata lungo la strada regionale SR398 ed è dovuta ad un elemento del reticolo idrografico della Regione Toscana denominato Fosso Riomerdancio che attraversa la sede stradale tramite sottopasso subito a valle della confluenza con il Fosso Volpaiola.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.7: Riepilogo interferenza I06

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------------|--------------|-------------|
| I06 | Fosso Riomerdancio | bassa | TOC |



Figura 6.21: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I06, in verde il tracciato del cavidotto di connessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.22: Interferenza 106

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un canale naturale non in sede pensile che attraversa il tratto stradale tramite sottopasso.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano particolari segni di erosione.

Il tratto in corrispondenza dell'interferenza appare riprofilato e lineare, senza presenza di vegetazione.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell’interferenza con la rete idrografica esistente, data l’entità del canale e delle sue caratteristiche si prevede di eseguire la posa del cavo secondo tecnologie *trenchless*, ad esempio mediante perforazione TOC. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2,5 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l’attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.7 I07

Identificazione

L’interferenza I07 è situata lungo una strada secondaria non asfaltata che collega la strada regionale SR398 e la strada provinciale SP22 ed è dovuta ad un elemento del reticolo idrografico della Regione Toscana denominato Fosso Acquari che attraversa la sede stradale senza sottopasso.

Di seguito è riportato uno stralcio dell’ubicazione dell’interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.8: Riepilogo interferenza I07

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|---------------|--------------|-----------------------------------|
| I07 | Fosso Acquari | alta | Cavo interrato/ <i>trenchless</i> |



Figura 6.23: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I07, in verde il tracciato del cavidotto di connessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.24: Interferenza I07

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un canale naturale non in sede pensile che attraversa il tratto stradale senza sottopasso.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano particolari segni di erosione.

| | | |
|--|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente CoD021_FV_BCR_00093 | Pagina 59 / 85 |
| | | Numero Revisione |
| | | 00 |

Il tratto di canale in corrispondenza dell'interferenza appare lineare e sono presenti canneti.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A seguito di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di media tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

Si ritiene che con tali soluzioni l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.8 I08

Identificazione

L'interferenza I08 è situata lungo una strada secondaria che collega la strada regionale SR398 e la strada provinciale SP22 ed è dovuta a un elemento irriguo della rete di canali di scolo che attraversa la sede stradale tramite manufatto.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo.

Tabella 6.9: Riepilogo interferenza I08

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|---------------------|--------------|-----------------------------------|
| I08 | Manufatto idraulico | bassa | Cavo interrato/ <i>trenchless</i> |



Figura 6.25: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I08, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 6.26: Interferenza I08

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un canale di scolo che attraversa il tratto stradale tramite manufatto. Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2022, non si riscontrano segni di erosione.

Le sezioni del canale appaiono regolari e l'alveo appare vegetato con specie erbacee.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di media tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

Si ritiene che con tali soluzioni l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.9 I09

Identificazione

L'interferenza I09 è situata lungo la strada provinciale 22 di collegamento alla SP22 ed è dovuta a un elemento del reticolo idrografico della Regione Toscana denominato Fosso Delle Gore che attraversa la sede stradale tramite sottopasso in C.A.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.10: Riepilogo interferenza I09

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|------------------|--------------|-------------|
| I09 | Fosso Delle Gore | bassa | TOC |



Figura 6.27: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I09, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 6.28: Interferenza I09

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un fosso non in sede pensile che attraversa il tratto stradale tramite sottopasso.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano segni di erosione.

Il tratto in corrispondenza dell'interferenza appare lineare e vegetato con specie erbacee, arbustive e canneti.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell'interferenza con la rete idrografica esistente, data l'entità del canale e delle sue caratteristiche si prevede di eseguire la posa del cavo secondo tecnologie *trenchless*, ad esempio mediante perforazione TOC. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.10 I10

Identificazione

L'interferenza I10 è situata lungo una strada secondaria in prossimità della SSU ed è dovuta a un elemento del reticolo idrografico della Regione Toscana senza denominazione che attraversa la sede stradale tramite sottopasso in cls.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.11: Riepilogo interferenza I10

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------|--------------|-------------|
| I10 | TC12199 | bassa | TOC |

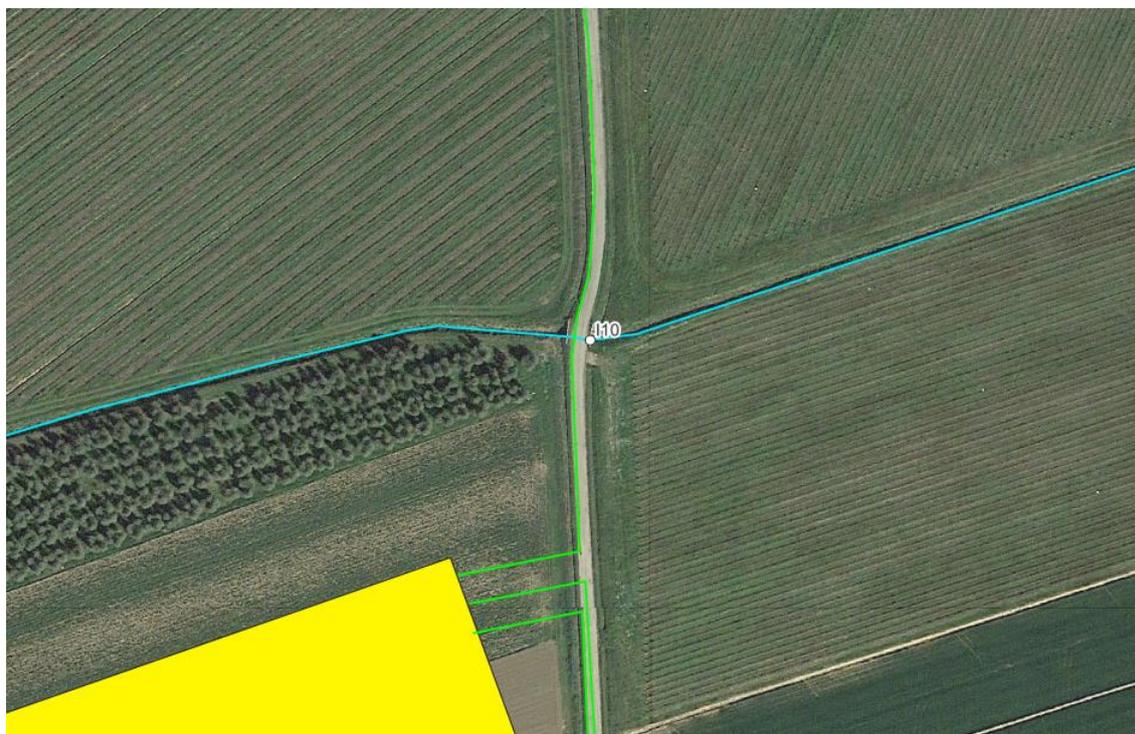


Figura 6.29: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I10, in verde il tracciato del cavidotto di connessione, in azzurro il reticolo idrico, in giallo la SSU



Figura 6.30: Interferenza I10

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un fosso non in sede pensile che attraversa il tratto stradale tramite sottopasso.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano segni di erosione.

Il tratto in corrispondenza dell'interferenza appare lineare, con un alveo vegetato con specie erbacee.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell'interferenza con la rete idrografica esistente, data l'entità del canale e delle sue caratteristiche si prevede di eseguire la posa del cavo secondo tecnologie *trenchless*, ad esempio mediante perforazione TOC. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.11 I11

Identificazione

L'interferenza I11 si riferisce al tratto di cavidotto di connessione dal campo E alla SSU. L'interferenza è situata lungo Via degli Affitti ed è dovuta a un elemento del reticolo idrografico della Regione Toscana denominato Fosso Cosimo.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.12: Riepilogo interferenza I11

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------|--------------|-------------|
| I11 | Fosso Cosimo | alta | Staffatura |



Figura 6.31: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I11, in verde il tracciato del cavidotto di connessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.32: Interferenza I11

Osservazioni

La strada di posa del cavidotto è sopraelevata rispetto a piano campagna e supera il fosso tramite cavalcavia.

Verifica di compatibilità idraulica

Il progettista della linea di connessione prevede di realizzare il cavidotto in canalizzazione metallica staffata alla struttura in C.A. del cavalcavia.

Data la sopraelevazione della strada e, di conseguenza, del cavidotto, l'interferenza idraulica si ritiene automaticamente superata.

6.3.12 I12

Identificazione

L'interferenza I12 si riferisce al tratto di cavidotto di connessione dal campo E alla SSU. L'interferenza è situata lungo Via degli Affitti in corrispondenza di un incrocio stradale ed è dovuta a un elemento del reticolo idrografico della Regione Toscana denominato Fosso Cosimo.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.13: Riepilogo interferenza I12

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------|--------------|-------------|
| I12 | Fosso Cosimo | alta | TOC |

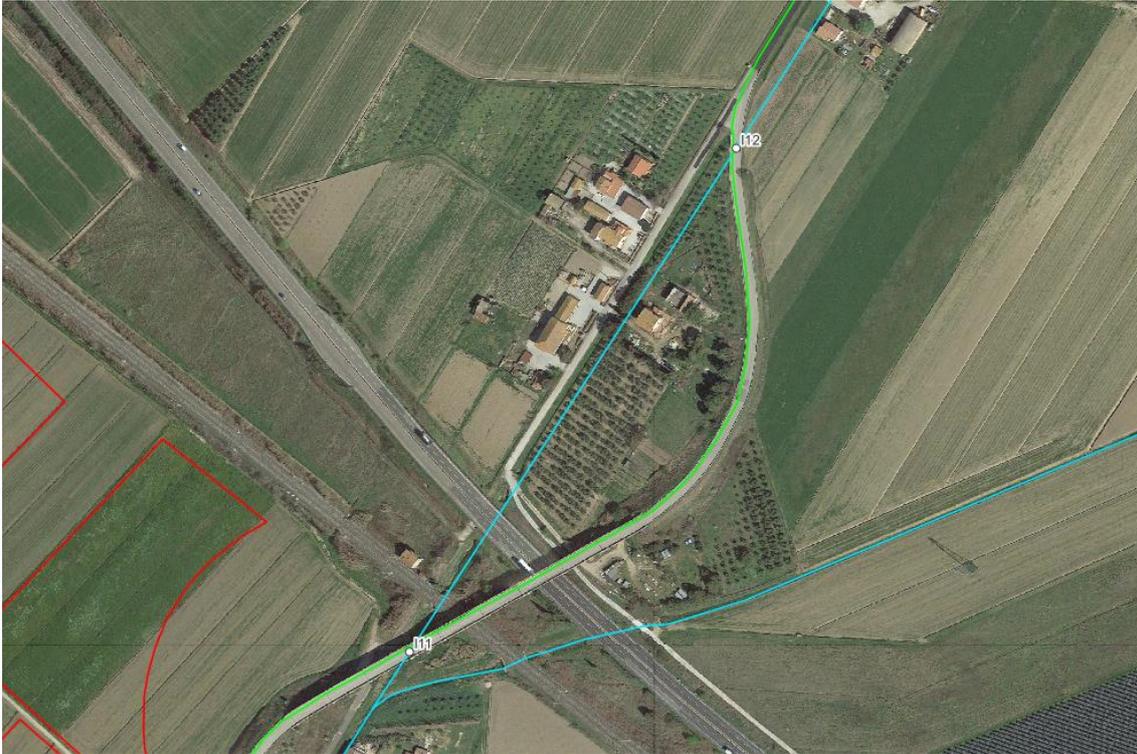


Figura 6.33: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza 112, in verde il tracciato del cavidotto di connessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.34: Interferenza I12

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un fosso non in sede pensile che viene interrato per l'attraversamento del tratto stradale.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano segni di erosione.

Il tratto in corrispondenza dell'interferenza appare lineare e vegetato con specie erbacee.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell'interferenza con la rete idrografica esistente, data l'entità del canale e delle sue caratteristiche si prevede di eseguire la posa del cavo secondo tecnologie *trenchless*, ad esempio mediante perforazione TOC. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.13 I13

Identificazione

L'interferenza I13 è situata lungo la Strada Provinciale 21 ed è dovuta a un corso d'acqua appartenente al reticolo idrografico della Regione Toscana, il Fiume Cornia.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.14: Riepilogo interferenza I13

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------|--------------|-------------|
| I13 | Fiume Cornia | alta | Staffatura |

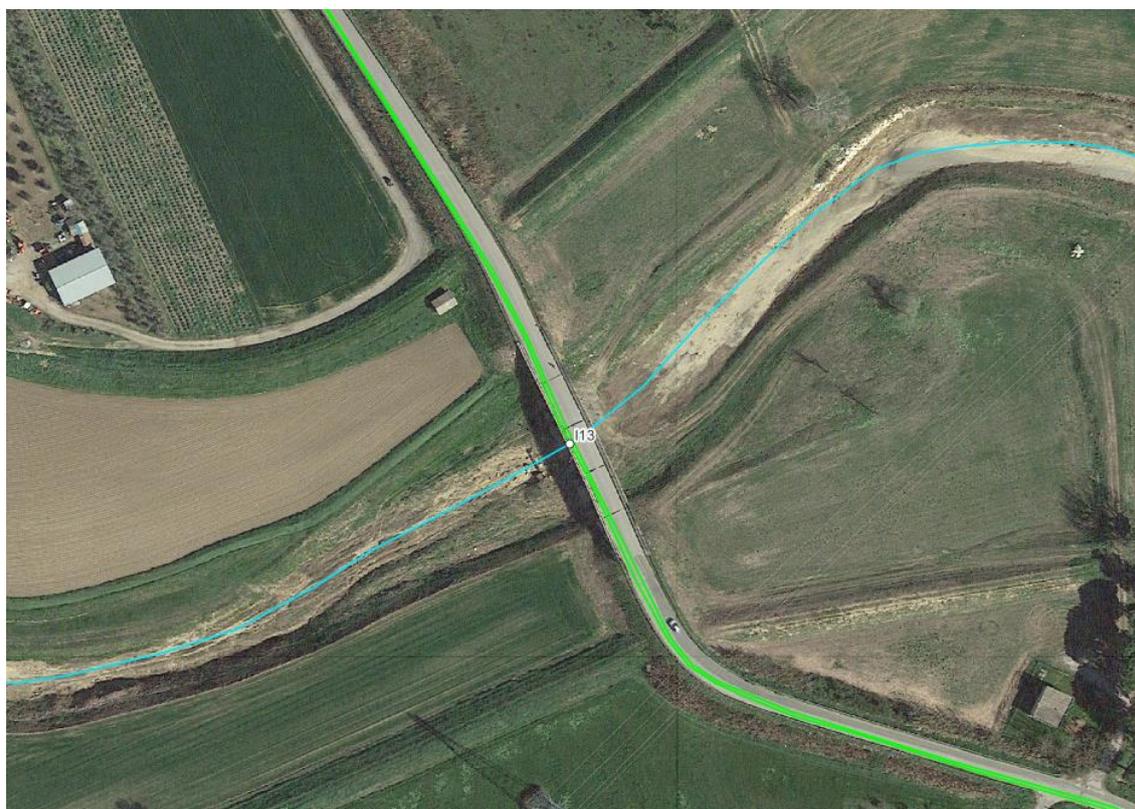


Figura 6.35: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I13, in verde il tracciato del cavidotto di connessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.36: Interferenza I13

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un fiume naturale non in sede pensile che attraversa il tratto stradale tramite ampio sottopasso.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontra qualche segno di erosione.

Le sezioni in corrispondenza dell'interferenza appaiono in parte vegetate con specie erbacee e arbustive.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

Il progettista della linea di connessione prevede di realizzare il cavidotto in canalizzazione metallica staffata alla struttura in C.A. del ponte che attraversa il corso d'acqua.

Data la sopraelevazione della strada e, di conseguenza, del cavidotto, l'interferenza idraulica si ritiene automaticamente superata.

6.3.14 P01

Identificazione

L'interferenza P01 si riferisce al tratto di cavidotto di interconnessione tra il campo B e il campo C ed è situata lungo Via Lavoriere. L'interferenza è dovuta ad un elemento idrico appartenente al reticolo idrografico della Regione Toscana denominato Fosso Corniaccia.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.15: Riepilogo interferenza P01

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|------------------|--------------|-------------|
| P01 | Fosso Corniaccia | media | TOC |



Figura 6.37: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza P01, in giallo il tracciato del cavidotto di interconnessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.38: Interferenza P01

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un canale naturale non in sede pensile che attraversa il tratto stradale tramite sottopasso.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano segni di erosione.

Il tratto in corrispondenza dell'interferenza appare lineare e vegetato con specie erbacee.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell'interferenza con la rete idrografica esistente, data l'entità del fiume e delle sue caratteristiche si prevede di eseguire la posa del cavo secondo tecnologie *trenchless*, ad esempio mediante perforazione TOC. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **3 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.15 P02

Identificazione

L'interferenza P02 si riferisce al tratto di cavidotto di interconnessione tra il campo B e il campo C ed è situata lungo Via Lavoriere. L'interferenza è dovuta ad un elemento idrico appartenente al reticolo idrografico della Regione Toscana denominato Fosso Corniaccia.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.16: Riepilogo interferenza P02

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|------------------|--------------|-------------|
| P02 | Fosso Corniaccia | media | TOC |



Figura 6.39: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza P02, in giallo il tracciato del cavidotto di interconnessione, in azzurro il reticolo idrico



Figura 6.40: Interferenza P02

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un canale naturale non in sede pensile che attraversa il tratto stradale tramite sottopasso.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontrano segni di erosione.

Il tratto in corrispondenza dell'interferenza appare lineare e vegetato con specie erbacee ed elofite.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell'interferenza con la rete idrografica esistente, data l'entità del fiume e delle sue caratteristiche si prevede di eseguire la posa del cavo secondo tecnologie *trenchless*, ad esempio mediante perforazione TOC. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **3 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.3.16 P03

Identificazione

L'interferenza P03 si riferisce al tratto di cavidotto di interconnessione tra il campo C e il campo D ed è dovuta all'attraversamento da parte del cavidotto del Fiume Cornia.

Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione dell'interferenza su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 6.17: Riepilogo interferenza P03

| ID | INTERFERENZA | PERICOLOSITÀ | RISOLUZIONE |
|-----|--------------|--------------|-------------|
| P03 | Fiume Cornia | alta | TOC |



Figura 6.41: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza P03, in giallo il tracciato del cavidotto di interconnessione, in azzurro il reticolo idrico

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un fiume naturale non in sede pensile che attraversa il tratto stradale tramite ampio sottopasso.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2024, non si riscontra qualche segno di erosione.

Le sezioni in corrispondenza dell'interferenza appaiono in parte vegetate con specie erbacee e arbustive.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.2.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore che rientra nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

A causa dell'interferenza con la rete idrografica esistente, data l'entità del fiume e delle sue caratteristiche si prevede di eseguire la posa del cavo secondo tecnologie *trenchless*, ad esempio mediante perforazione TOC. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **4 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

6.4 Studio preliminare per l'invarianza idraulica

Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione; in base a tale principio si richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di incaricarsi, attraverso opportune azione compensative, degli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi mantenere le condizioni di sicurezza nel tempo.

Ai sensi della normativa e alla luce dell'area di trasformazione considerata sono stati analizzati gli interventi di progetto in termini di superficie occupata dall'intervento e di incremento dell'impermeabilizzazione.

La viabilità di progetto sarà in materiale permeabile per l'intero pacchetto stradale, di conseguenza la trasformazione dell'uso del suolo sarà trascurabile.

Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine elettriche che avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Le strutture a supporto dei moduli avranno come fondazione un palo infisso. L'interasse fra le strutture sarà di circa 5 metri. I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo a zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.

Si ritiene che durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto, la capacità di infiltrazione, così come le caratteristiche di permeabilità del terreno, delle aree di intervento non siano modificate dall'installazione delle strutture.

Nella successiva fase progettuale, a seguito di prove di permeabilità in sito e del completamento del progetto del verde e della definizione del layout in fase finale, sarà possibile verificare il sistema di drenaggio dell'impianto integrato nel rispetto dei solchi di drenaggio esistenti e dei punti di scarico.

7 Verifiche e dimensionamenti idraulici

L'approccio utilizzato nella progettazione preliminare ha posto grande attenzione non solo alla definizione della rete di drenaggio delle acque meteoriche, ma soprattutto all'integrazione delle opere con lo stato di fatto. Si sono quindi minimizzate le interferenze con l'idrografia esistente.

In particolare, in contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è l'allontanamento delle acque dal sito, nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto.

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;
- Realizzazione di interventi che favoriscano i fenomeni di infiltrazione e ritenzione e gli indiretti processi di bioremediation;
- Contrastare i processi di erosione.

Il presente progetto ha mirato all'utilizzo di:

- Fossi di scolo in terra;
- Protezione rete idrografica principale con scarichi verso solchi di drenaggio naturali.

7.1 Sistema di drenaggio superficiale dell'area di intervento

Attraverso l'analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS è stato indentificato un reticolo idrografico principale caratterizzato da corsi preferenziali che non presentano un alveo ben definito, ma possono raggiungere portate significative in seguito ad eventi di pioggia intensi non ordinari.

Il progetto ha previsto una sistemazione del drenaggio integrata con gli avvallamenti ad uso irriguo/bonifica esistenti al fine di indirizzare e distribuire le portate costituita da fossi in terra di forma trapezia scavati nel terreno naturale e rinverdite.

Tali fossi, in aggiunta agli avvallamenti già presenti, favoriscono il drenaggio superficiale indirizzandolo verso i ricettori ed evitando così ristagni, impaludamenti e il formarsi di rivoli non controllati.

Tra i vantaggi idraulici essi immagazzinano e convogliano le acque scolanti meteoriche favorendo la riduzione dei picchi di deflusso, l'infiltrazione e il rallentamento dei flussi, a seconda della pendenza. Tali opere sono state e sono tuttora largamente in uso nelle aree rurali.

Durante l'avvento dei sistemi di gestione sostenibile questa categoria è stata rielaborata progettualmente creando nuove funzioni quali detenzione, infiltrazione, bioremediation ed ecologica.

Di seguito alcuni esempi:

- Può essere promossa la sedimentazione mediante l'uso di una fitta vegetazione, solitamente piante erbacee, che garantisce basse velocità di flusso per intrappolare gli inquinanti particellari e indiretti effetti fitodepurativi;
- È possibile installare dighe o berme lungo il fosso per favorire ulteriormente lo stoccaggio, il rallentamento, la sedimentazione e l'infiltrazione;
- Mediante la formazione di sottofondo in materiale drenante è possibile incrementare l'infiltrazione creando opere miste con trincee drenanti;
- Utilizzo in commistione con bacini di detenzione come ingresso o uscita.

Nel presente paragrafo sono presentate le verifiche idrauliche di moto uniforme per il dimensionamento delle canalette di drenaggio dei diversi settori dell'impianto.

La capacità di convogliamento della sezione idraulica è stata calcolata attraverso una verifica idraulica in regime di moto uniforme, secondo la normale prassi progettuale, utilizzando la nota formula di Chezy con il coefficiente di scabrezza di Manning (parametro che si usa nello studio dei flussi dei canali e che varia rispetto alla natura della superficie di riferimento):

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

Dove:

- Q: portata di riferimento [m³/s];
- A: area della sezione bagnata [m²];
- R: raggio idraulico [m] (rapporto tra A e il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- i: pendenza dell'alveo [m/m];
- n: coefficiente di conduttanza idraulica di Manning.

I fossi di drenaggio saranno realizzati in scavo con una sezione trapezia di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di circa 26°.

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolari in c.a. carrabili o da tubazioni in HDPE carrabili.

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso dell'intera portata di progetto, relativa a un tempo di ritorno di 50 anni.

Più in dettaglio sono previsti dei fossi che permettono di convogliare il deflusso internamente al layout e verso i punti di scarico aventi le seguenti dimensioni caratteristiche:

Tabella 7.1: Caratteristiche geometriche canalette

| PENDENZA SPONDE | L2 [M] | L1 [M] | H [M] |
|-----------------|--------|--------|-------|
| 26° | 1,20 | 0,20 | 0,25 |

Tali dimensioni dovranno essere verificate nella successiva fase progettuale.

L'ubicazione planimetrica delle canalizzazioni e delle opere di regimazione idraulica è illustrata nella tavola "CoD21_FV_BCD_00094_Planimetria opere di regimazione delle acque_rev00b".

I fossi potranno essere posizionati in maniera tale da consentire l'eventuale passaggio dei mezzi di manutenzione. In Figura 7.1 si riporta una sezione tipo delle opere di regimazione delle acque meteoriche in progetto tra le strutture di sostegno in progetto.

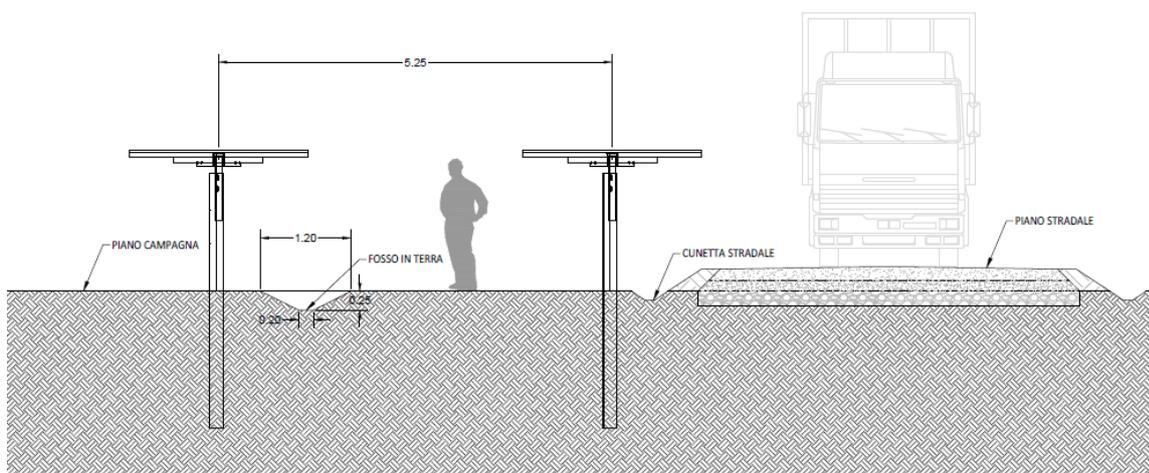


Figura 7.1: Sezione tipologica opere di regimazione delle acque meteoriche nell'area di impianto tra le strutture

7.2 Sistema di gestione acque meteoriche – viabilità

Il presente paragrafo identifica gli interventi necessari per garantire il corretto deflusso della viabilità di servizio, il minimo impatto della stessa sull'idrografia esistente e l'attraversamento in sicurezza di canali idrici.

Le opere di regimazione delle acque superficiali si rendono necessarie nell'ottica di una riduzione dell'impatto ambientale e nel limitare gli interventi di manutenzione e quindi i costi di gestione.

Tutte le strade saranno in materiale permeabile e saranno realizzate in piano con manto a schiena d'asino con pendenza minima pari a circa il 1,5%. Le strade sono previste dotate di due cunette di forma trapezoidale a lato che scaricheranno le acque raccolte in corrispondenza di canali e solchi naturali.

Le cunette ai lati delle strade hanno lo scopo di raccogliere le acque e di convogliarle verso gli attraversamenti (tombotti) che hanno la funzione di collegare idraulicamente le aree a destra e a sinistra del rilevato stradale.

Si rimanda all'elaborato grafico con i particolari costruttivi per maggiori dettagli (CoD21_FV_BCD_00098_Sottocampo tipo_particolari_rev00b).

7.3 Punti di scarico del sistema di drenaggio

Gli scarichi della rete di drenaggio senza modifiche tra ante-operam e post-operam convergeranno ai ricettori esistenti.

Si specifica che:

- Il criterio di scelta dei punti di scarico è principalmente quello di non modificare lo stato di fatto. Gli scarichi in progetto corrispondono a canali esistenti o in ogni caso si trovano nei punti in cui l'acqua naturalmente già defluisce;
- Le canalette di drenaggio scaricano in ricettori esistenti costituiti da canali artificiali o solchi di drenaggio non identificati e non appartenenti al reticolo idrografico regionale oppure scaricano su terreno.

Si rimanda alla tavola di riferimento ("CoD21_FV_BCD_00094_Planimetria opere di regimazione delle acque_rev00b") per maggiori dettagli sull'ubicazione degli scarichi.

8 Opere di regimazione SSE

La soluzione progettuale ha previsto l'inserimento di alcune opere di regimazione idraulica della SSE in progetto. In particolare, si prevede di realizzare un bacino di accumulo per la raccolta e la laminazione delle acque meteoriche di dilavamento dell'area di intervento.

8.1 Studio idrologico – idraulico

Nel presente paragrafo si riportano i calcoli idrologici e idraulici alla base del dimensionamento preliminare del volume di laminazione.

8.1.1 Coefficiente di deflusso

Inizialmente, è stato definito il coefficiente di deflusso ϕ caratteristico dell'area di intervento (paragrafo 5.5).

In via preliminare, il coefficiente ϕ medio ponderale dell'area di intervento viene calcolato, generalmente, assumendo:

- 0.9 per le aree impermeabilizzate;
- 0,3 per le aree a verde permeabili;
- 0,7 per le aree semipermeabili;

Allo stato di progetto, la copertura SSE è interamente impermeabile; pertanto, il coefficiente di deflusso di progetto ϕ è stato assunto pari a 0.9.

8.1.2 Superficie scolante impermeabile

Dopo aver definito il coefficiente di deflusso ϕ , è stato possibile calcolare la superficie scolante impermeabile dell'intervento (A_{imp}) dal prodotto tra la superficie interessata dall'intervento (A) e il coefficiente di deflusso ϕ .

$$A_{imp} = \phi \cdot A$$

L'area totale dall'intervento è pari a circa 5661 m²: pertanto, la superficie impermeabile equivalente è di circa 5095 m² (0,51 ha).

| SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO - A | COEFF. DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE - ϕ | SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE DELL'INTERVENTO - A_{IMP} |
|--|---|--|
| [m ²] | [-] | [m ²] |
| 5661 | 0,90 | 5095 |

8.1.3 Volume di laminazione

Il calcolo del volume di laminazione è stato condotto, in via preliminare, adottando un coefficiente udometrico $w_0=500$ m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile.

A tal fine, si è fatto riferimento alle prescrizioni fornite dal regolamento n.7 del 2017 di Regione Lombardia, recante indicazione dei “*Criteri per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica delle acque meteoriche*”, e al D.D.G. 102/2021 della Regione Siciliana.

Il volume di laminazione di progetto W_0 è stato quindi calcolato, in via preliminare, come segue:

$$W_0 = w_0 \cdot A_{imp}$$

Sulla base di tali assunzioni, è stato stimato $W_0 = 255 \text{ m}^3$.

8.2 Conclusioni e prescrizioni finali

La soluzione progettuale per la regimazione idraulica della SSE in progetto prevede di adottare un bacino di accumulo per la raccolta e la laminazione delle acque meteoriche di dilavamento della copertura in progetto.

Il volume di laminazione, in particolare, è stato stimato pari a circa 255 m^3 : Il calcolo, tuttavia, è stato condotto in via preliminare utilizzando un coefficiente udometrico costante pari a $500 \text{ m}^3 / \text{ha}_{imp}$: il volume di laminazione di progetto, pertanto, dovrà essere verificato nella successiva fase di progettazione esecutiva, sulla base di uno studio idrologico e idraulico di dettaglio per un tempo di ritorno di 50 anni, e potrà differire anche in modo significativo dal valore fornito dal presente elaborato.

Nella successiva fase di progettazione esecutiva si valuterà se realizzare un bacino di accumulo naturale scavato nel terreno (infrastruttura verde) o, in alternativa, se ricorrere alle tradizionali opere dell'ingegneria civile adottando una vasca di laminazione in c.a. (infrastruttura grigia).

Si definirà, inoltre, la soluzione progettuale più idonea per lo svuotamento dalla vasca di laminazione: in particolare, si valuterà la possibilità di adottare opere di infiltrazione, quali trincee drenanti o pozzi perdenti, per lo smaltimento delle acque meteoriche nel sottosuolo in alternativa allo scarico in un corpo idrico superficiale.

A tale fine, sarà necessario eseguire un rilievo topografico di dettaglio che identifichi il sistema di rogge prossime all'area di intervento e di indagare le condizioni idrauliche di tali corsi d'acqua; inoltre, sarà necessario condurre uno studio geologico e idrogeologico che definisca le caratteristiche di permeabilità del terreno e di soggiacenza della falda e permetta quindi di stabilire la fattibilità di un'opera di infiltrazione.

Infine, si rimanda alla successiva fase progettuale esecutiva anche il dimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche che convoglierà il deflusso superficiale dalla SSE alla vasca di laminazione.

9 Conclusione

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico e della linea di connessione ha analizzato eventuali interferenze con le aree a pericolosità idraulica (Piano Gestione del Rischio Alluvioni PGRA, Piano Strutturale comunale).

Si evidenzia che l'approccio utilizzato nello studio ha posto grande attenzione non solo alla mera progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche, ma soprattutto all'integrazione delle opere con lo stato di fatto. Si sono quindi minimizzate le interferenze con l'idrografia esistente, sostituendo l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile (infrastrutture grigie) con le infrastrutture verdi, che mitigano gli impatti biofisici delle opere in progetto, riducendo il potenziale rischio idrogeologico, creando benefici ecosistemici e promuovendo gli obiettivi della politica comunitaria.

Questo studio ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post-operam, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione variazione degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

In merito allo stato post-operam, si è valutato l'impatto dell'installazione delle strutture tracker monoassiali. Vista l'interdistanza esistente tra le strutture, l'altezza da piano campagna e la mobilità che varierà la copertura su suolo (rendendo quindi non permanente la schermatura), durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto non sono previste variazioni critiche della capacità di infiltrazione, così come delle caratteristiche di permeabilità del terreno nelle aree interessate dall'installazione di tracker. Analogamente le platee di appoggio delle cabine avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza nell'ipotesi di fissità orizzontale dei tracker e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili. Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard – 2013 – American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli e una di interfila.

Nelle aree interessate dal progetto, durante la fase post-operam, nello scenario più cautelativo si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il 16%.

Nel confronto tra la rete di drenaggio naturale dello stato di fatto e di progetto si segnala che è prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti, realizzati in corrispondenza degli impluvi naturali esistenti ("CoD21_FV_BCD_00094_Planimetria opere di regimazione delle acque_rev00b"); questi ultimi sono stati identificati sulla base di una simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente. Le canalette di nuova realizzazione saranno integrate al sistema di avvallamenti ad uso irriguo/bonifica presenti allo stato di fatto nelle aree di impianto, che verranno preservati senza modifiche nelle modalità di deflusso tra ante e post-operam.

Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'ingegneria naturalistica.

Nel presente elaborato, infine, si è proceduto con il dimensionamento preliminare della vasca di laminazione per la regimazione delle acque meteoriche della SSE. In via preliminare, è stato definito un volume di laminazione di circa 255 m³ che, tuttavia, dovrà essere rivalutato nella successiva fase di progettazione esecutiva, sulla base di uno studio idrologico e idraulico di dettaglio. Inoltre, sarà necessario definire la soluzione progettuale più idonea per lo svuotamento della vasca di laminazione: a tal fine, sarà richiesto di condurre un rilievo topografico di dettaglio che identifichi del sistema di rogge prossime all'area di intervento e di conoscere le caratteristiche di permeabilità del terreno e di

| | | |
|--|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente CoD021_FV_BCR_00093 | Pagina 85 / 85 |
| | | Numero Revisione |
| | | 00 |

soggiacenza della falda per stabilire la fattibilità di un'opera di infiltrazione. Infine, si rimanda alla successiva fase progettuale esecutiva anche il dimensionamento della rete di raccolta delle acque meteoriche che convoglierà il deflusso superficiale dalla SSE alla vasca di laminazione.