



REGIONE
PUGLIA



PROVINCIA DI
BRINDISI



COMUNE DI
BRINDISI

OGGETTO:

“Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV BRINDISI", di potenza pari a 17,8 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Brindisi (BR)”

ELABORATO:

Relazione idrologica e idraulica



PROPONENTE:



AEI SOLAR PROJECT VI S.R.L.
VIA VINCENZO BELLINI, 22
00198- ROMA (RM)
P.IVA 16805281009

PROGETTAZIONE:



Ing. Carmen Martone
Iscr. n. 1872
Ordine Ingegneri Potenza
C.F. MRTCMN73D56H703E



Geol. Raffaele Nardone
Iscr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F. NRDRFL71H04A509H

EGM PROJECT S.R.L.
VIA VERRASTRO 15/A
85100- POTENZA (PZ)
P.IVA 02094310766
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N°. prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio	Tot. fogli	Nome file	Scala
PD	I.IF	A.04	R			A.04Rel_idrologica-idraulica	
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	SETTEMBRE 2023	Emissione				Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 1 di 54</p>
---	--	--

Sommario

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ	5
2.1	Sintesi delle attività	5
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3.1	Analisi della vincolistica	12
4	ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO	19
5	ANALISI GEOMORFOLOGICA	25
5.1	Digital Terrain Model	25
5.2	Slope Model	25
5.3	Flow Accumulation	26
5.4	Perimetrazione dei bacini idrografici	27
6	ANALISI IDROLOGICA	29
6.1	Curve di Possibilità Pluviometrica	29
6.2	Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS	33
7	ANALISI IDRAULICA	40
7.1	Simulazione idraulica	40
8	REGIMENTAZIONI ACQUE SUPERFICIALI	45
9	RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE LUNGO IL CAVIDOTTO	47
10	CONCLUSIONI	53

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 2 di 54</p>
---	--	--

Indice delle Figure

FIGURA 1: INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA SU ORTOFOTO.....	6
FIGURA 2: INQUADRAMENTO SU IGM DELL'IMPIANTO IN PROGETTO.....	7
FIGURA 3: INQUADRAMENTO DEL CAMPO SU CTR.....	8
FIGURA 4: INQUADRAMENTO DELL'AREA DI IMPIANTO SU CATASTALE.....	9
FIGURA 5: AREA IMPIANTO SU BASE ORTOFOTO E COORDINATE UTM 34–WGS 84 CHE DELIMITANO L'AREA DEL PARCO FOTOVOLTAICO	11
FIGURA 6 : STRALCIO CARTA DEI VINCOLI PAI – RISCHIO E PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	13
FIGURA 7 : STRALCIO CARTA DEI VINCOLI PAI – RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDRAULICA	14
FIGURA 8: STRALCIO CARTA DELLE AREE DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA P.G.R.A.	15
FIGURA 9: STRALCIO VINCOLO IDROGEOLOGICO AI SENSI R.D. 3267 DEL 1923	16
FIGURA 10 : SOVRAPPOSIZIONE DEL LAYOUT DI IMPIANTO CON IL PPTR DELLA REGIONE PUGLIA	18
FIGURA 11 : DETTAGLIO DELLA SEZIONE DELLA STRUTTURA.....	20
FIGURA 12: IMMAGINI DELLA DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SULLO STATO DI FATTO	24
FIGURA 13 : PERIMETRAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI	28
FIGURA 14 : AREE PLUVIOMETRICHE OMOGENEE VAPI REGIONE PUGLIA.....	31
FIGURA 15 : SUDDIVISIONE IN SOTTOZONE OMOGENEE PLUVIOMETRICHE DELLA PUGLIA SETTENTRIONALE	32
FIGURA 16 : IDROGRAMMA DI MOCKUS.....	38
FIGURA 17 : SCHEMA GEOMETRICO UTILIZZATO NELLA MODELLAZIONE IDRAULICA 1D - TERRAIN	41
FIGURA 18 : MAPPA DELLE AREE INONDABILI TR= 30 ANNI.....	42
FIGURA 19 : MAPPA DELLE AREE INONDABILI TR= 200 ANNI.....	43
FIGURA 20 : MAPPA DELLE AREE INONDABILI TR= 500 ANNI.....	44
FIGURA 21 : PARTICOLARE CANALETTE PER IL DRENAGGIO SUPERFICIALE	46
FIGURA 22 : CUNETTA IN TERRA.....	47
FIGURA 23 - INTERFERENZE DEL CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO CON LE AREE PERIMETRATE DEL PAI	48
FIGURA 24 - INTERFERENZE DEL CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO CON LETT.C DEL D.LGS 42/2004 – BUFFER FIUMI 150 M	49
FIGURA 25 - INTERFERENZE DEL CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO CON LE AREE A RISCHIO ALLUVIONE (APSFR).....	50
FIGURA 26: SCHEMA DELLE FASI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DELLA TUBAZIONE TRAMITE T.O.C.....	52
FIGURA 26: PARTICOLARE DI UNO STAFFAGGIO SU STRUTTURA ESISTENTE	53
FIGURA 27 : SEZIONE CAVIDOTTO INTERRATO ESEGUITO MEDIANTE TOC	54

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 3 di 54</p>
---	--	--

Indice delle Tabelle

TABELLA 1: PARAMETRI A E B PER AREA PLUVIOMETRICA OMOGENEA.....	31
TABELLA 2: VALORE DEL FATTORE DI CRESCITA KT.....	32
TABELLA 3: ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE AMC	35
TABELLA 4: CLASSIFICAZIONE DEI TIPI IDROLOGICI DI SUOLO SECONDO IL METODO SCS-CN	35
TABELLA 5: VALORI DI "CURVE NUMBER (CN)" IN FUNZIONE DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI USO DEL SUOLO: <i>HANDBOOK OF HYDROLOGY</i> <i>D.R. MAIDMENT, 1992</i>	37
TABELLA 6: PORTATE DEI BACINI INDIVIDUATI	39

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 4 di 54</p>
---	--	--

1 PREMESSA

Il progetto di cui questa relazione è parte integrante riguarda il Progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato ‘Brindisi’ di potenza nominale pari a 17,8 MWp e relative opere di connessione, ricadenti nel comune di Brindisi appartenente alla stessa provincia.

La società ABEI GREEN ENERGY ha dato incarico alla EGM srl di redigere lo studio di compatibilità idrogeologica sulle aree interessate dal progetto.

Il presente studio descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l’analisi idrologica dell’area a scala di bacino e per l’analisi idraulica dell’area di impianto e delle zone limitrofe.

È stato predisposto, pertanto, lo “Studio di compatibilità idrologico ed idraulico” di cui la presente Relazione e gli allegati Appendice A e Appendice B ne costituiscono parte integrante.

Il presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica analizza compiutamente gli effetti sul regime idraulico e vuole dimostrare l’esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica per le opere in progetto, nell’ambito dei vincoli e delle prescrizioni previste dal Regolamento Regionale n. 9 del 11 marzo 2015 della Regione Puglia.

La relazione descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l’analisi idrologica dell’area, l’esame dello stato di fatto e di progetto da un punto di vista idraulico al fine di verificare che gli interventi proposti siano progettati e realizzati in funzione della salvaguardia, della qualità dell’ambiente e dell’assetto idrogeologico.

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 5 di 54</p>
---	--	--

2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

2.1 Sintesi delle attività

In sintesi le attività svolte per la redazione del presente documento sono:

- analisi morfometrica finalizzata alla costruzione del DTM e alla delimitazione dei bacini idrografici;
- analisi morfologica di bacino mediante software Quantum GIS 3.32 e GRASS 8.2.1;
- analisi idrologica per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica mediante la metodologia VAPI ed implementazione del modello idrologico;
- calcolo delle portate di piena per tempi di ritorno T_{30} , T_{200} e T_{500} per ogni sotto-bacino individuato nell'analisi morfometrica;

Tutte le analisi condotte sono state riferite alla Cartografia Tecnica Regionale nel sistema di riferimento UTM34 WGS84.

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 6 di 54</p>
---	--	--

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in cui è ubicato l'impianto agrivoltaico in oggetto, è ubicata nel territorio comunale di Brindisi, nella stessa Provincia, e geograficamente è individuata rispetto ai confini regionali dalle figure seguenti:



Figura 1: Inquadramento generale dell'opera su ortofoto

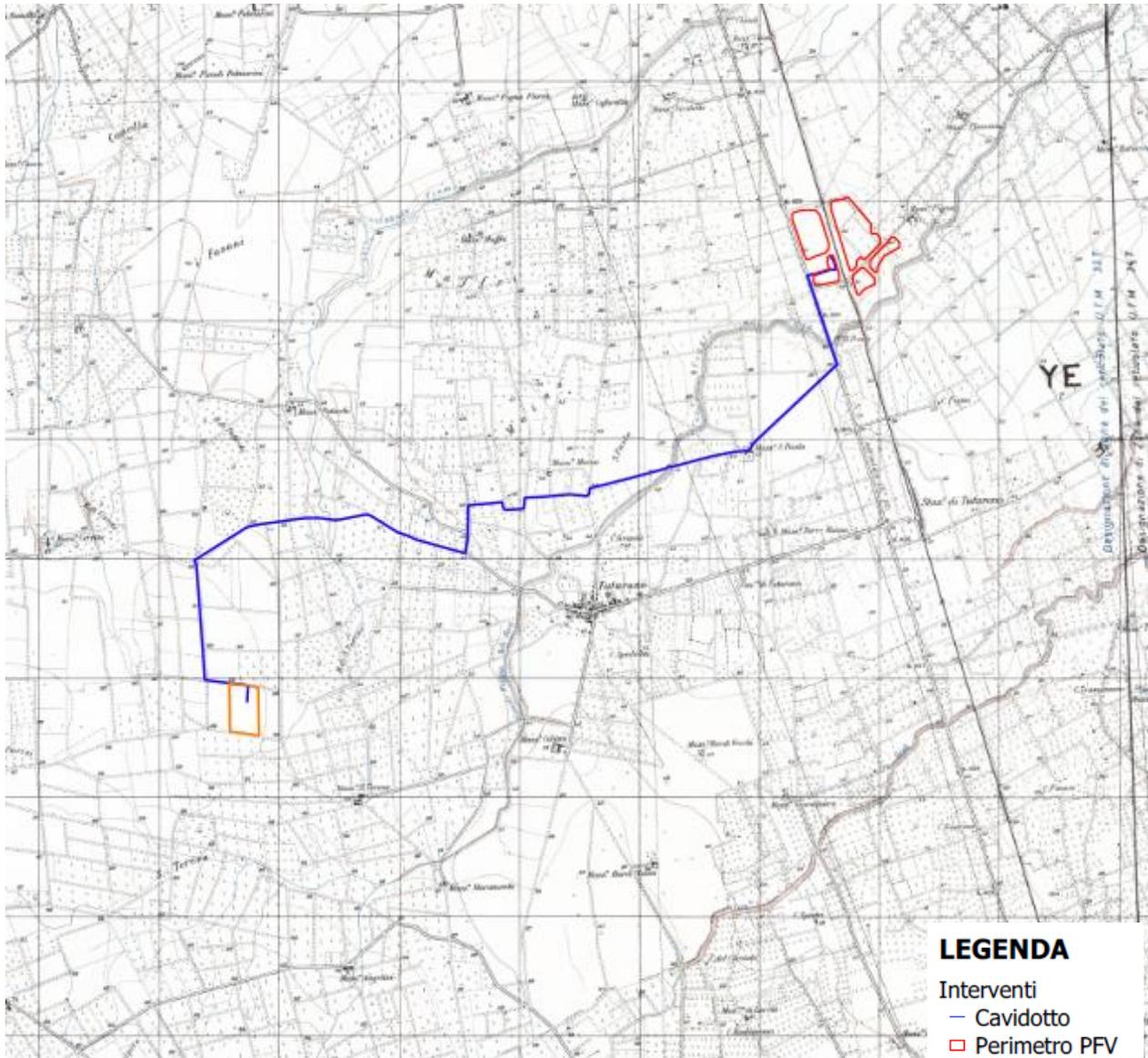


Figura 2: Inquadramento su IGM dell'impianto in progetto

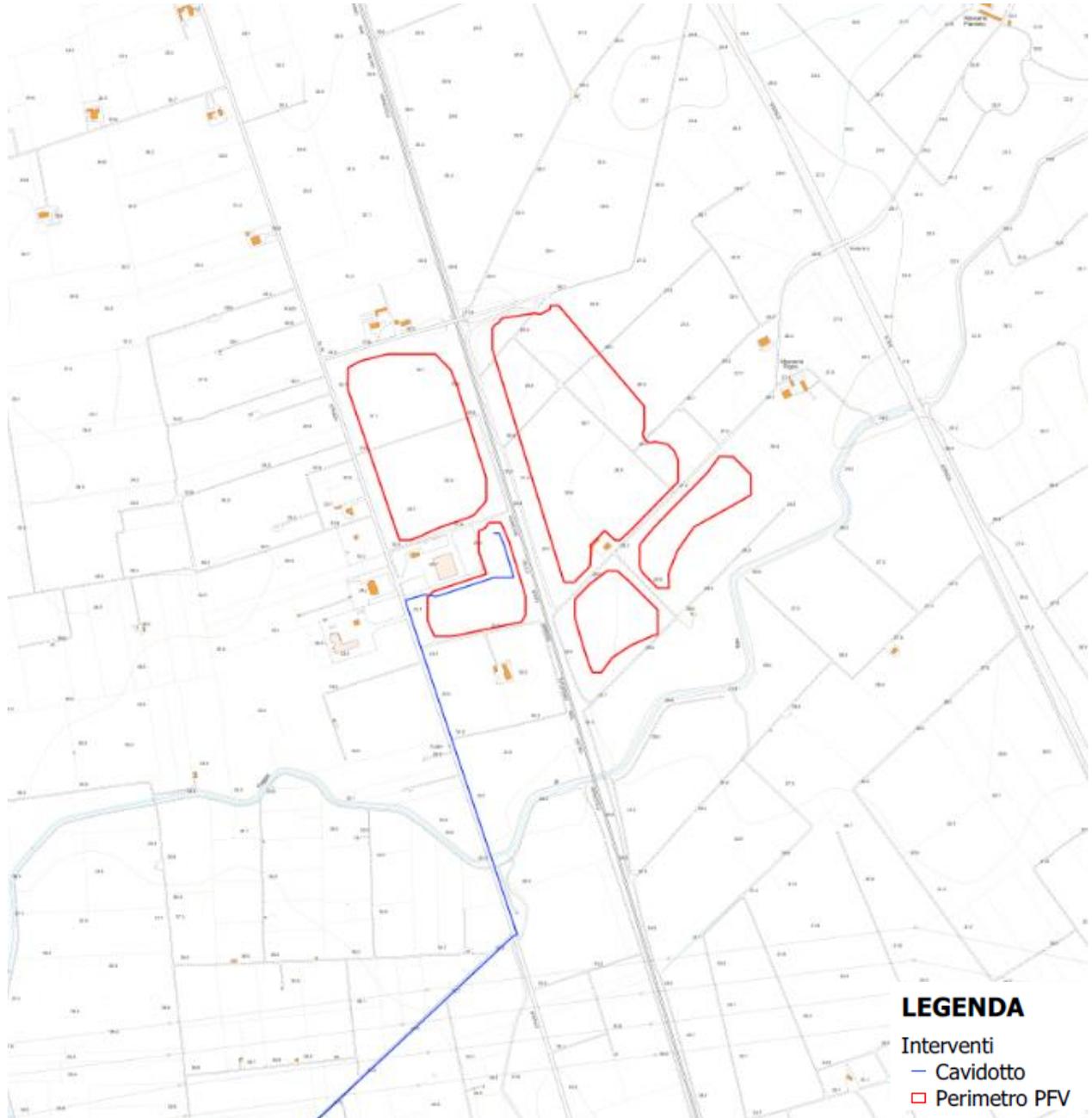


Figura 3: Inquadramento del campo su CTR

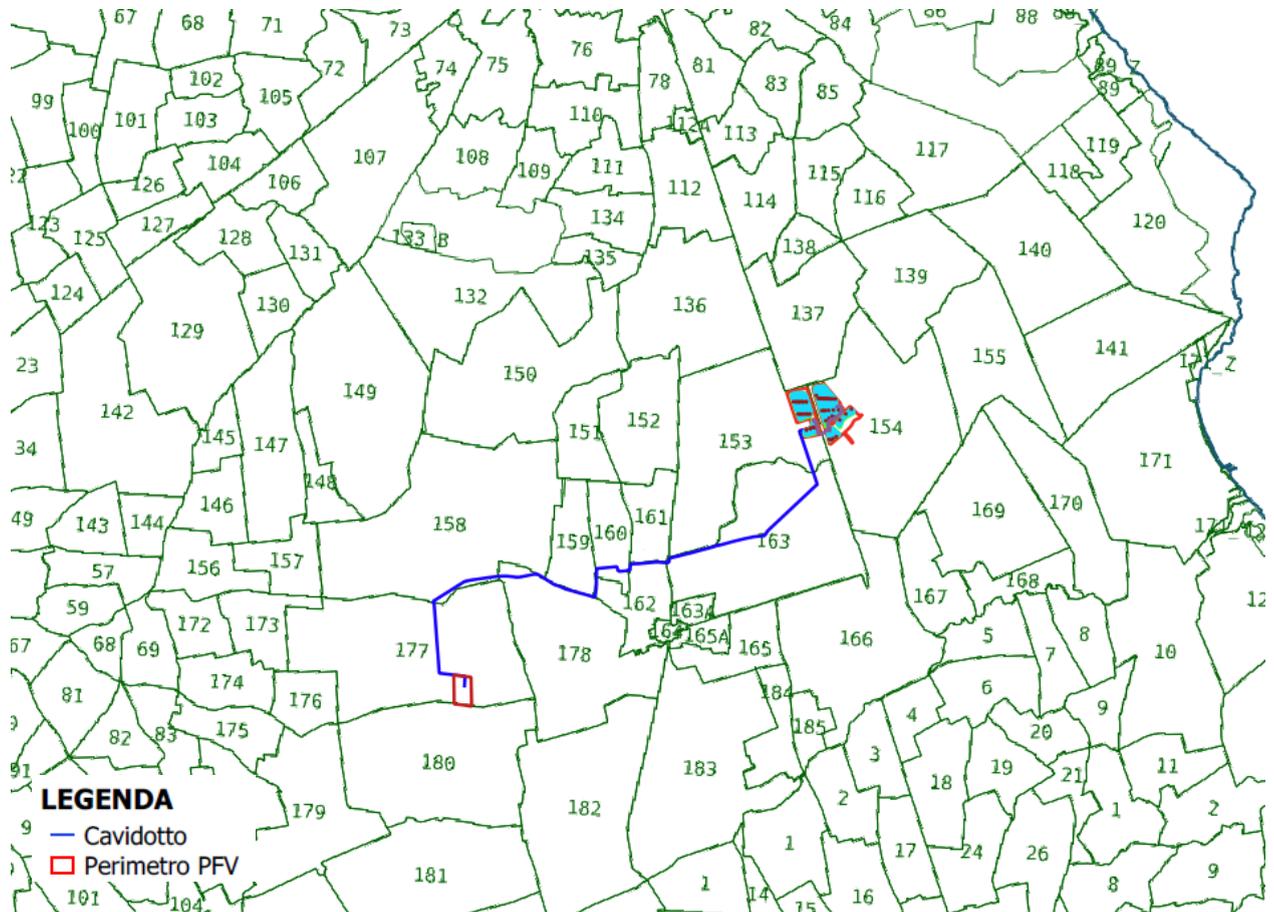


Figura 4: Inquadramento dell'area di impianto su Catastale

La cartografia, ufficiale e metadadata, disponibile sul territorio è la seguente:

- Fogli IGM 1:50.000:
Foglio 495 - Mesagne
- Digital Terrain Model Tavole 1:5.000
g_495084
g_495081
g_495071
g_495044
g_495043
g_495042

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 10 di 54</p>
---	--	---

g_495041

g_495031

- Cartografia Tecnica Regionale Tavole 1:5.000

495032

495041

495042

495043

495071

495081

495084

- Carta Uso del Suolo della Regione Puglia
 - Foglio 495 Mesagne

I terreni interessati dal progetto sono iscritti in un rettangolo individuato, nel sistema di coordinate UTM (Universale Trasverso di Mercatore), dai vertici superiore sinistro e inferiore destro, e nel sistema di coordinate geografiche di latitudine e longitudine:

	Coordinata X	Coordinata Y
<i>1</i>	752212.086	4491329.058
<i>2</i>	752212.086	4495871.33
<i>3</i>	746005.294	4495871.33
<i>4</i>	746005.294	4491329.058

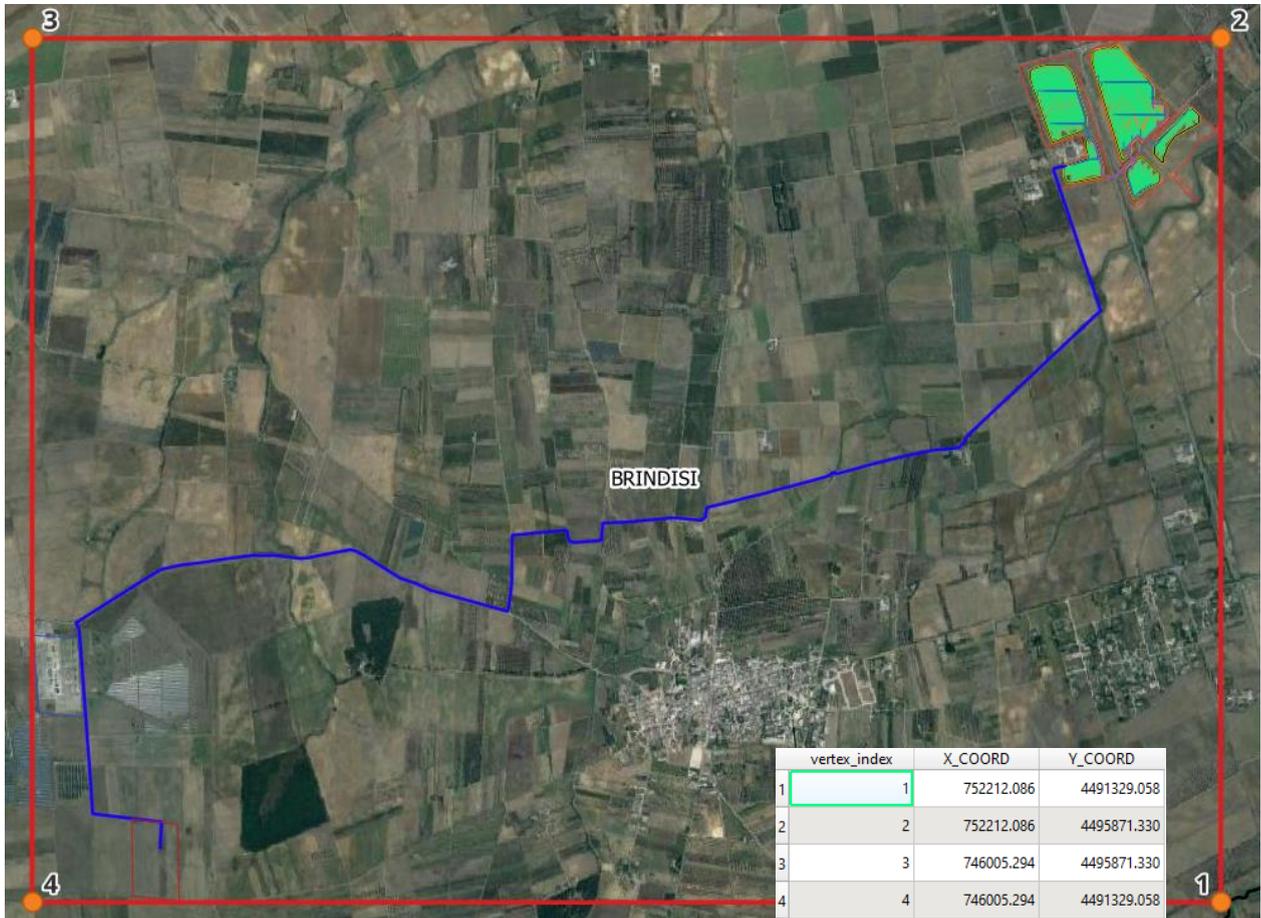


Figura 5: Area impianto su base ortofoto e Coordinate UTM 34–WGS 84 che delimitano l’area del Parco fotovoltaico

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 12 di 54</p>
---	--	---

3.1 Analisi della vincolistica

Il progetto in esame è stato confrontato con il Piano stralcio per Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) redatto dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia.

Il piano stralcio è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, le norme d’uso del suolo e gli interventi riguardanti l’assetto idrogeologico del territorio di competenza dell’Autorità di Bacino. Il Piano stralcio individua le aree a rischio idraulico e di frana del territorio in funzione delle caratteristiche di dissesto del territorio, le aree caratterizzate da diverso grado di suscettività al dissesto, rispetto alle quali si sono impostate le attività di programmazione contenute nel Piano.

Dall’esame della cartografia del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) redatto dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia, l’area di impianto in esame **non ricade** in areali di Pericolosità Geomorfologica PG1, PG2 e PG3, né in areali a Rischio di frana R1-R2-R3-R4, così come evidenziato nelle carte del rischio e pericolosità da frana dell’Autorità di distretto meridionale sede Puglia.

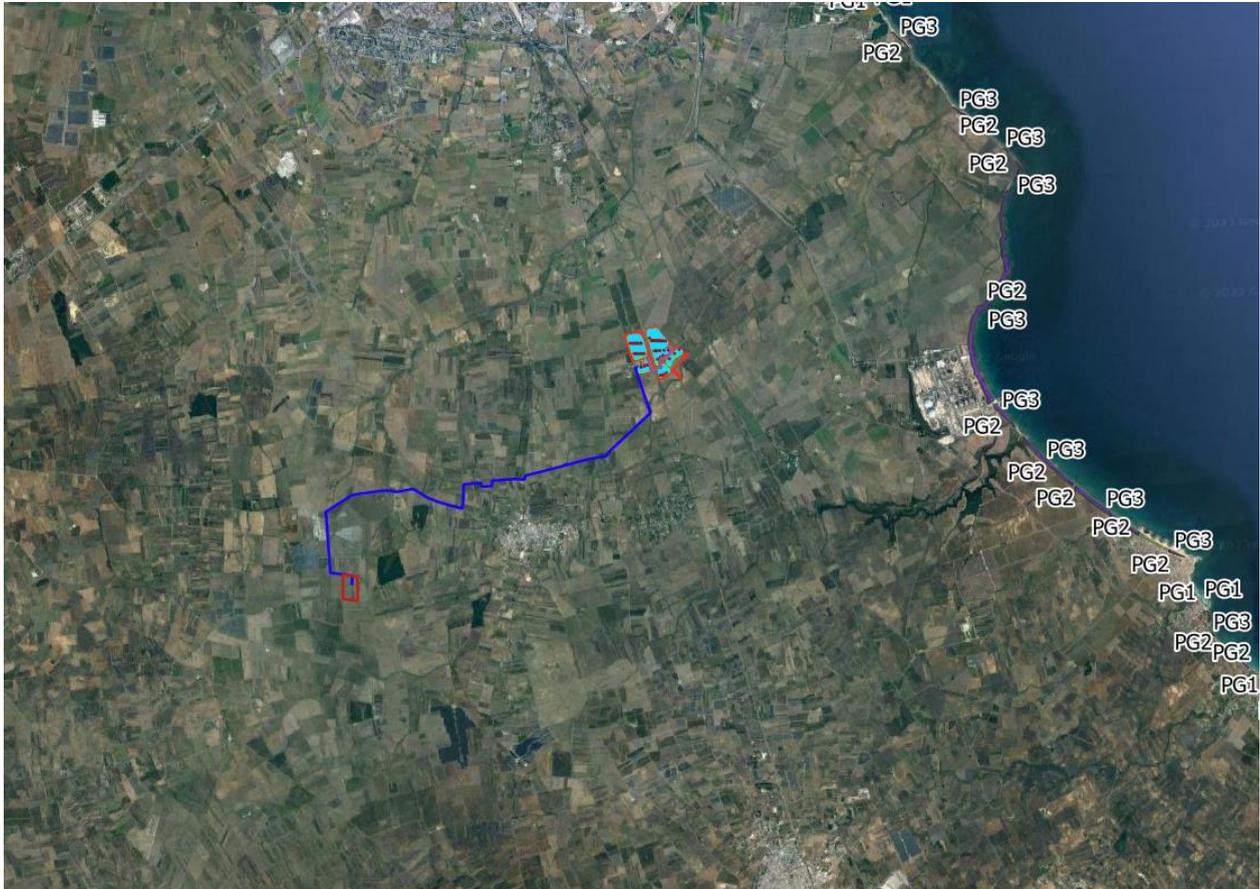


Figura 6 : Stralcio Carta dei vincoli PAI – Rischio e Pericolosità geomorfologica



Figura 7 : Stralcio Carta dei vincoli PAI – Rischio e Pericolosità idraulica

Porzioni del cavidotto in esame, in corrispondenza degli attraversamenti 4 e 5, ricadono in areali a rischio Idraulico (BP) Bassa Pericolosità, (MP) Media Pericolosità e (AP) Alta Pericolosità, mentre nell'area parco non c'è pericolosità idraulica e quindi nelle aree a Pericolosità non ricadono le strutture; Le Norme tecniche di Attuazione del Piano stralcio dell'assetto Idrogeologico (PAI)

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 15 di 54</p>
---	--	---

all'art.9 recita: *comma 1 Nelle aree a bassa probabilità di inondazione sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.*

Gli attraversamenti del cavidotto avverranno in TOC così da non intaccare le aree a pericolosità alta, media e bassa.

In vista della possibilità che le aree interessate dal progetto dell'impianto fotovoltaico in questione possano essere interessate da fenomeni di alluvionamento, si è provveduto all'analisi delle interferenze delle opere in progetto con aree a potenziale rischio alluvione (APFSR).

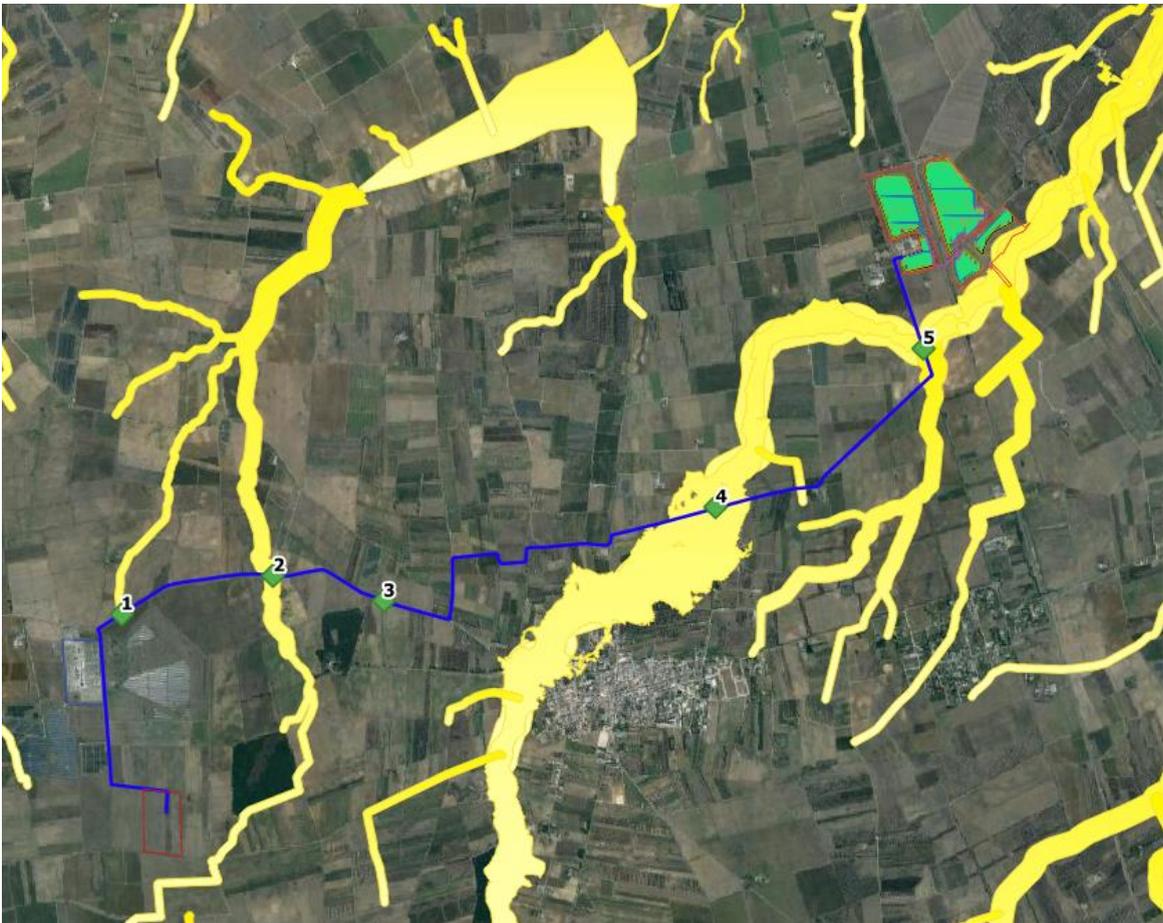
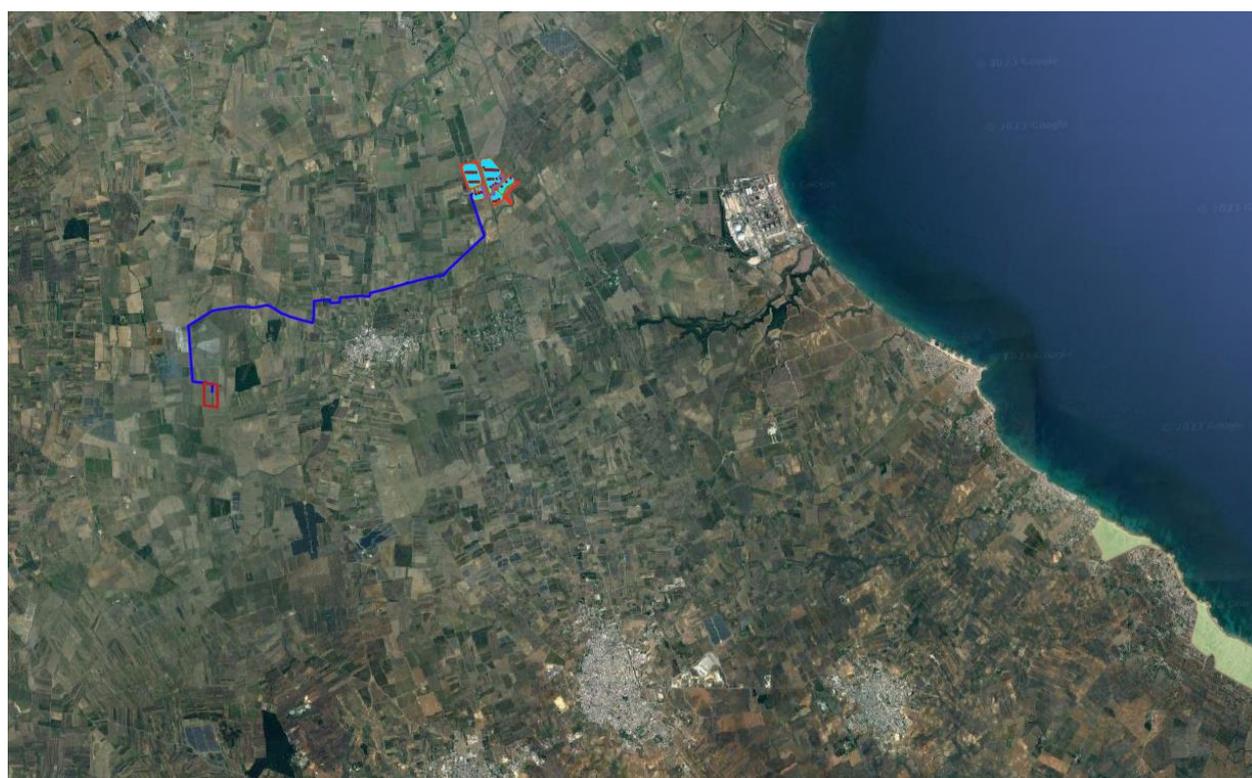


Figura 8: Stralcio Carta delle aree di pericolosità idraulica P.G.R.A.

Le opere in progetto, presentano interferenze lungo il cavidotto con aree a potenziale rischio alluvione in corrispondenza degli attraversamenti 1, 2, 3, 4 e 5, pertanto è stata condotta l'analisi

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 16 di 54</p>
---	--	---

mediante modellazione idraulica con software Hec-Ras. Questo al fine di perimetrare le aree di effettivo rischio come può evincersi dalle planimetrie allegate (mappe delle aree alluvionali). È stata effettuata anche un'analisi vincolistica prendendo in considerazione il vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267 del 30 Dicembre 1923, da essa si è appurato che l'area di progetto non ricade in alcuna zona censita dal suddetto vincolo:



LEGENDA

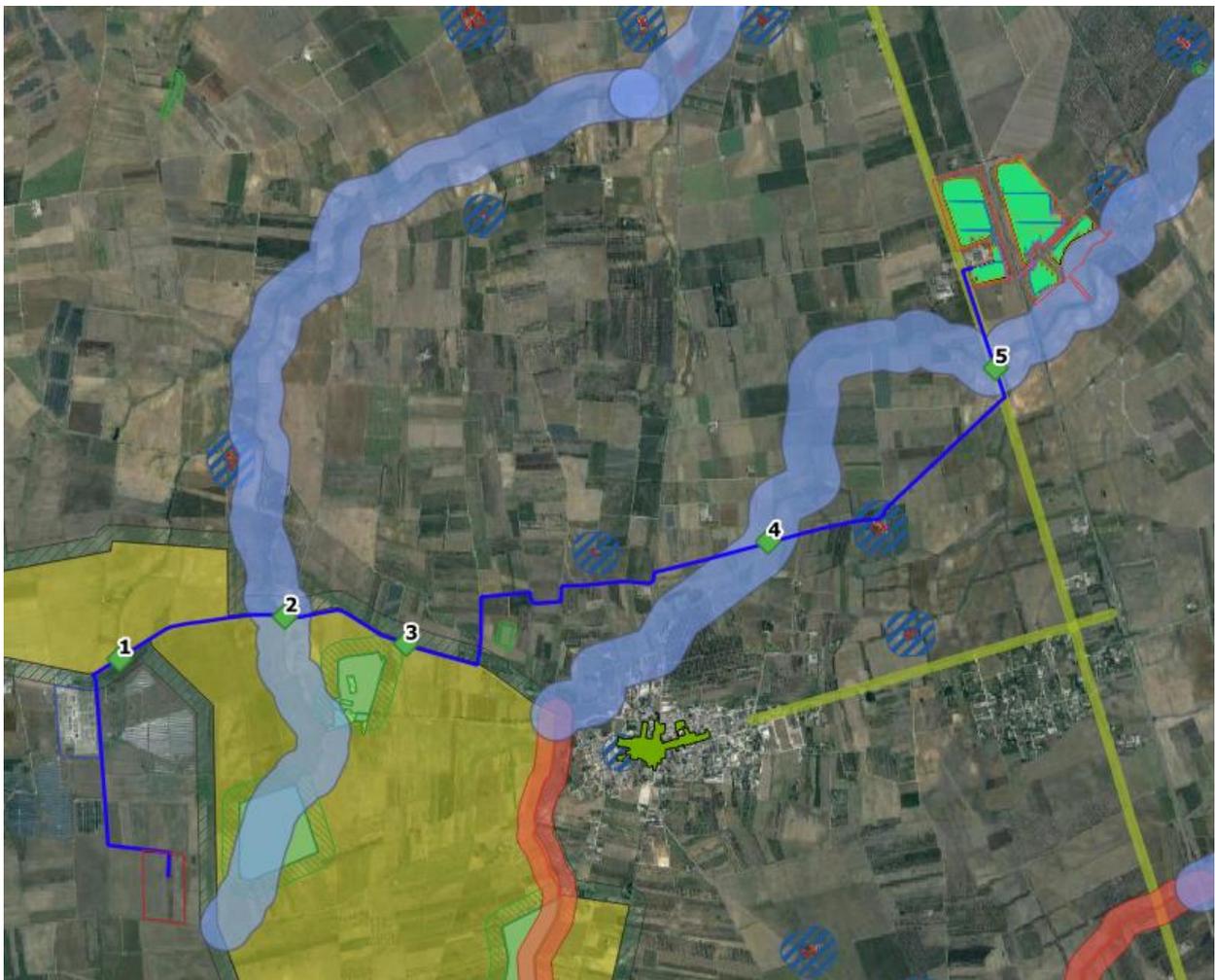
-  UCP - Aree soggette a vincolo idrogeologico
-  Perimetro parco
-  Cavidotto
-  Moduli fotovoltaici
-  Nuovo ampliamento Stazione TERNA

Figura 9: Stralcio Vincolo Idrogeologico ai sensi R.D. 3267 del 1923

È stata verificata la compatibilità del progetto con il Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia e in particolare si è confrontata l'area con le eventuali zone sottoposte a vincolo idrogeologico. Come emerge dalla sovrapposizione del parco fotovoltaico nella figura seguente,

l'area non ricade all'interno di tale vincolo. Solamente parte del tratto di cavidotto sarà realizzato su strada a valenza paesaggistica, ma come meglio si esporrà all'interno della Relazione Paesaggistica, l'intervento sarà completamente interrato, così da non intaccare l'ambiente dal punto di vista paesaggistico.

Dalla figura di seguito riportata, è possibile constatare che lungo il cavidotto, in corrispondenza delle interferenze 2, 4 e 5 si hanno corpi idrici che ricadono nel vincolo paesaggistico dei "Fiumi e Torrenti" ai sensi del D.Lgs 42/2004 art.142 lett.c per i quali è stata svolta un'analisi idraulica.



LEGENDA

- Progetto
- Cavidotto
 - Nuovo ampliamento Stazione TERNA
 - perimetro parco
- PPTR- Piano Paesaggistico Territoriale Regionale
- 6.1.2 Componenti idrologiche
- BP - Fiumi, torrenti, corsi d'acqua iscritti negli elenchi delle acque pubbliche (150m)
 - UCP - Retroscio idrografico di connessione della R.E.R. (100m)
 - UCP - Sorgenti (25m)
- 6.2.1 Componenti botanico-vegetazionali
- BP - Boschi
 - UCP - Formazioni arbustive in evoluzione naturale
 - UCP - Aree di rispetto dei boschi
- 6.2.2 Componenti delle aree protette e dei siti naturalistici
- BP - Parchi e riserve
- Parco Naturale Regionale
 - Riserva Naturale Regionale Orientata
- UCP - Siti di rilevanza naturalistica
- ZSC
 - UCP - Aree di rispetto dei parchi e delle riserve regionali (100m)
- 6.3.1 Componenti culturali e insediative
- UCP - Città Consolidata
- UCP - Testimonianza della stratificazione insediativa
- UCP - stratificazione insediativa - siti storico culturali
- UCP - Area di rispetto delle componenti culturali e insediative (100m - 30m)
- UCP - area di rispetto - siti storico culturali
- 6.3.2 Componenti dei valori percettivi
- UCP - Strade a valenza paesaggistica

Figura 10 : Sovrapposizione del layout di impianto con il PPTR della Regione Puglia

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MW_p NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 19 di 54</p>
---	---	---

4 ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica, tramite l'installazione a terra di pannelli fotovoltaici montati su idonee strutture metalliche di supporto mobili che ruotano in base alla posizione del sole, le strutture sono posizionate in direzione NORD-SUD in maniera tale da sfruttare al massimo la luce del sole.

La potenza nominale è pari a 17,8 MW mentre la potenza in immissione è pari a 13,7 MW; la soluzione Tecnica Minima Generale prevede che la centrale venga collegata in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) a 380/150 kV denominata "Brindisi Sud".

Tale impianto sarà realizzato nel comune di Brindisi (BR). Il territorio interessato alla realizzazione dell'impianto è classificato come "Zona Agricola" secondo il vigente strumento urbanistico. Le opere civili da realizzare risultano essere compatibili con l'inquadramento urbanistico del territorio; esse, infatti, non comportano una variazione della "destinazione d'uso del territorio" e non necessitano di alcuna "variante allo strumento urbanistico", come da giurisprudenza consolidata.

Il progetto agro-fotovoltaico intende valorizzare l'intera superficie disponibile con l'utilizzo di colture erbacee ed arboree, che s'inseriscano perfettamente nel contesto territoriale senza creare elementi di frattura.

Per quanto riguarda l'inquadramento del campo agrivoltaico, questo si colloca sul Foglio 153 particelle 416-419-452-457-459-454, sul Foglio 154 particelle 632-523-525-527-529-531-414-82-442-440.

L'impianto fotovoltaico verrà realizzato per lotti e prevede i seguenti elementi:

- Strutture di supporto dei moduli con altezza minima da terra di 2,1 m;
- 27600 moduli monocristallini di tipo Canadian Solar CS7N-645 o similare da 645 Wp per una potenza complessiva di 17,8 MWp;

- N. 3 stazioni di trasformazione di elevazione BT/AT della potenza di 9000 kVA.
- N. 53 inverter;
- Viabilità interna al parco per le operazioni di costruzione e manutenzione dell'impianto e per il passaggio dei cavidotti interrati.

L'energia elettrica prodotta dall'impianto agrivoltaico energia verrà trasferita mediante un unico cavidotto esterno alla futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) tramite la cabina di consegna posta internamente al campo nel territorio comunale di Brindisi. Il progetto prevede la realizzazione di una Sottostazione Elettrica (SSE), da collegare al futuro ampliamento della stazione elettrica, così come indicato nella STMG.

Si riporta di seguito il layout dell'impianto con l'indicazione su ortofoto del layout dei pannelli,

della recinzione di delimitazione dell'area, la suddivisione del parco in 3 campi, l'identificazione in planimetria della viabilità interna al campo.

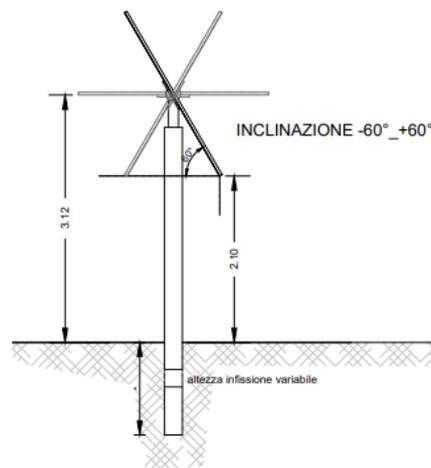


Figura 11 : Dettaglio della sezione della struttura.

Di seguito parte della documentazione fotografica che rappresenta lo stato di fatto dei luoghi.







	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p style="text-align: right;">DATA: LUGLIO 2023 Pag. 24 di 54</p>
---	--	--



Figura 12: Immagini della documentazione fotografica sullo stato di fatto

L'area di interesse è posta a quota di circa 30 m s.l.m. ed insiste su un territorio caratterizzato da una debole antropizzazione e prevalentemente pianeggiante.

Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza vasti bacini ma con linee di impluvio a basso grado di gerarchizzazione che si generano dai rilievi di origine appenninica. I profili delle sezioni trasversali di queste incisioni sono piuttosto profondi. Si tratta di corsi d'acqua a carattere fluviale, con portate basse per la maggior parte dei giorni dell'anno, ma che in occasione di eventi piovosi di un determinata entità e durata sono in grado di convogliare notevoli quantità d'acqua e di trasporto solido.

Sia sul sito che in prossimità di esso, non sono presenti componenti geomorfologiche o idrologiche di rilievo.

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 25 di 54</p>
---	--	---

5 ANALISI GEOMORFOLOGICA

La base per un'analisi idrologica di dettaglio è rappresentata dalla definizione delle principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici di riferimento.

L'analisi geomorfologica, pertanto, precede la fase di analisi in quanto consente la delimitazione dei bacini idrografici sulla base di dati cartografici e topografici disponibili.

Mediante i software Qgis 3.32 e Grass 8.2.1 sono state condotte le analisi morfologiche e morfometriche dei bacini individuati in base alle sezioni di chiusura.

5.1 Digital Terrain Model

Per la definizione del modello digitale del terreno dei territori idrograficamente afferenti ai canali oggetto di studio sono stati utilizzati i dati ufficiali disponibili sul portale cartografico della Regione Puglia.

Il modello digitale di elevazione (anche noto come DEM, dall'inglese Digital Elevation Model) utilizzato rappresenta la distribuzione delle quote del territorio in formato digitale.

Il modello digitale di elevazione utilizzato è in formato raster associando a ciascun pixel l'attributo relativo alla quota assoluta.

5.2 Slope Model

Una volta disponibile il DEM, utilizzando la procedura di calcolo descritta nel seguito è stato possibile ottenere un modello distribuito delle pendenze sul quale sono stati applicati successivamente gli algoritmi che hanno consentito di ottenere le informazioni idrauliche del territorio.

Concettualmente la pendenza identifica la massima variazione nel valore di quota di una cella del grigliato rispetto alle celle circostanti.

Uno dei possibili risultati di questo calcolo può essere una matrice di valori che esprime la pendenza in percentuale oppure in gradi.

In pratica l'algoritmo utilizzato esegue una media quadratica della massima variazione di quota nelle quattro direzioni del piano parallele al grigliato considerando le otto celle che contornano la cella in questione.

5.3 Flow Accumulation

Dallo Slope Model con un opportuno algoritmo, gestito sempre in ambiente GIS, è stato possibile ricavare la griglia delle direzioni di flusso.

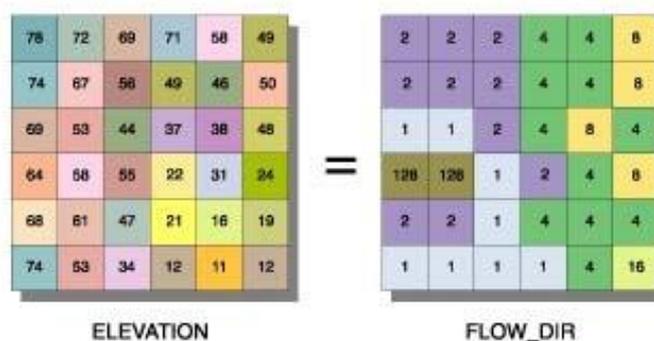
Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti.

Al numero che compare in ogni cella della griglia è associato univocamente una direzione cartesiana secondo lo schema seguente:

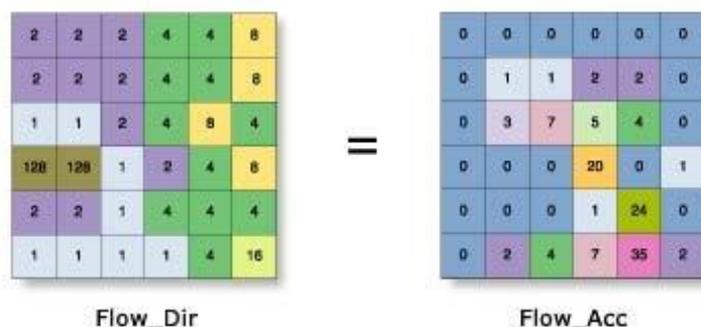
1	Est	2	Sud-Est
4	Sud	8	Sud-Ovest
16	Ovest	32	Nord-Ovest
64	Nord	128	Nord-Est

Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.

Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:



Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:



Grazie alla generazione della griglia di accumulo è possibile successivamente stabilire un numero minimo di celle tributarie e definire in questo modo la linea di compluvio naturale. Queste tecniche, come si è anticipato, consentono la perimetrazione di un *bacino idrografico* oltre che la determinazione di tutti i parametri morfometrici di esso caratteristici.

5.4 Perimetrazione dei bacini idrografici

Un Bacino Idrografico può essere considerato come una porzione di territorio capace di convogliare naturalmente e far defluire attraverso una sezione idraulica comunemente detta “sezione di chiusura” l’acqua precipitata sulla stessa.

La sezione di chiusura è rappresentata dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale. Grazie ai processi di analisi precedentemente esposti è stato possibile individuare i bacini idrografici gravanti l'area di studio, le cui caratteristiche morfometriche sono riportate nelle tabelle riportate nei paragrafi successivi. Un maggiore approfondimento sulle caratteristiche dei bacini idrografici, sui dati morfometrici e gli idrogrammi di piena si rimanda all’Appendice A che completa la presente relazione.

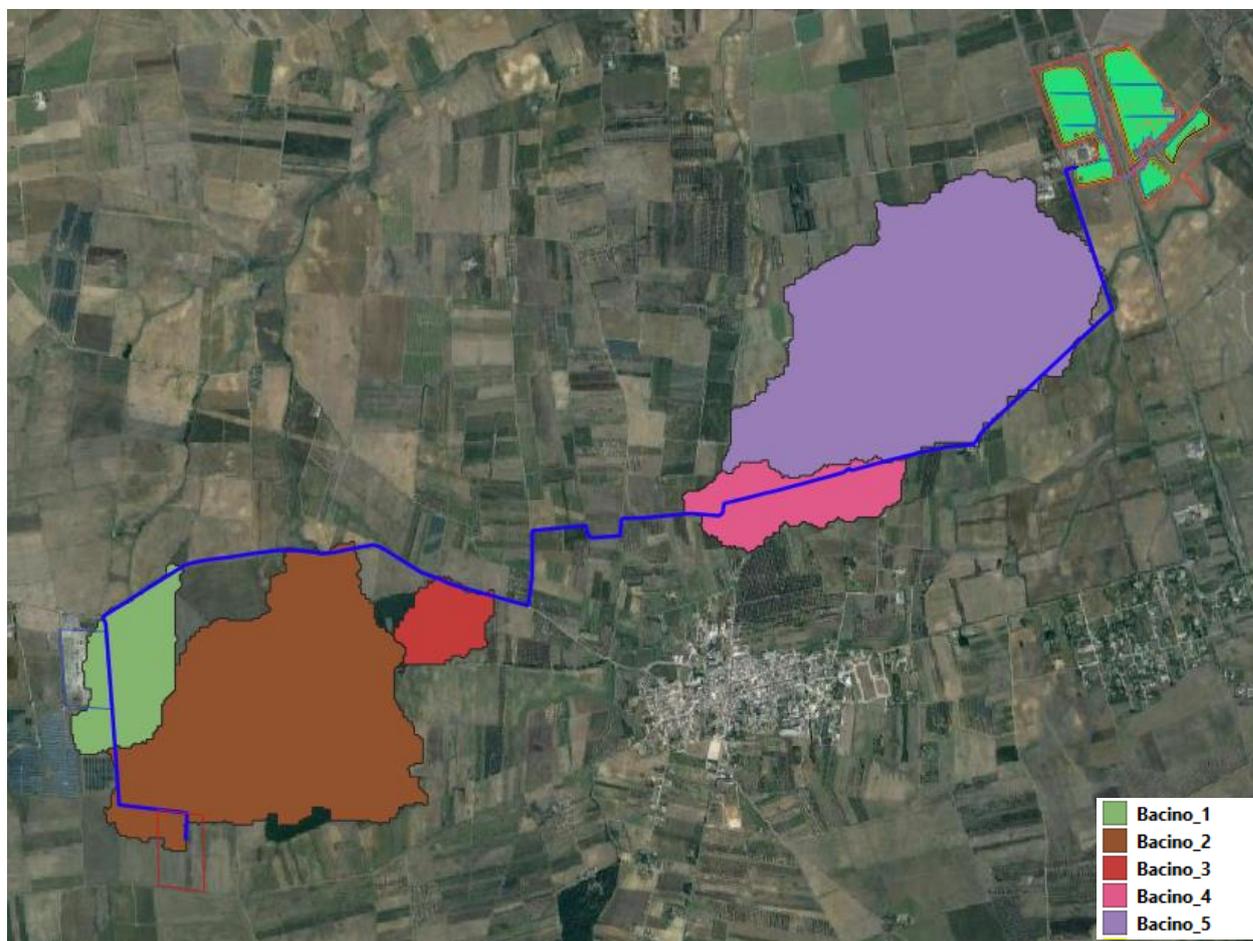


Figura 13 : Perimetrazione dei bacini idrografici

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MW_p NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 29 di 54</p>
---	---	---

6 ANALISI IDROLOGICA

6.1 Curve di Possibilità Pluviometrica

Lo scopo dell'analisi idrologica è stata la valutazione delle portate di piena per prefissati tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni).

La valutazione della massima precipitazione al variare del tempo di ritorno è stata svolta, rifacendosi alla metodologia proposta dal Gruppo Nazionale Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale". Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al., 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al., 1987).

Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

L'utilizzo della TCEV ha consentito di ricostruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, mediante il quale è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (primo livello di regionalizzazione), e sotto-regioni in cui risulta costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione).

La curva di distribuzione di probabilità corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV legati al coefficiente di asimmetria e al coefficiente di variazione. Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea, previamente identificata, al secondo livello di regionalizzazione, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno T ed il fattore di crescita K_T , ritenendo trascurabile la sua variabilità con la durata. Dove il fattore K_T è espresso mediante la formula:

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR) RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA: LUGLIO 2023 Pag. 30 di 54
---	---	--

$$K_T = \frac{P_{d,T}}{X_T}$$

Con il terzo livello di regionalizzazione viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione delle serie storiche in relazione a fattori locali; in particolare si ricercano eventuali legami esistenti tra i valori medi dei massimi annuali delle piogge di diversa durata ed i parametri geografici significativi (ad esempio la quota sul livello del mare) delle diverse località, consentendo in definitiva di proporre la stima dei valori medi dei massimi annuali di precipitazione anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storica di lunghezza ridotta.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio X_t dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$X_t = at^n$$

essendo “a” ed “n” i parametri caratteristici della curva di probabilità pluviometrica.

In definitiva il territorio di competenza della regione Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

Zona 1:	$X(t,z) = 28.66 t^{(0.000503z+0.720/3.178)}$
Zona 2:	$X(t, z) = 22.23 t^{0.247}$
Zona 3:	$X(t,z) = 25.325 t^{(0.696+0.000531z)/3.178}$
Zona 4:	$X(t, z) = 24.70 t^{0.256}$
Zona 5:	$X(t,z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002z)/3.178}$
Zona 6:	$X(t,z) = 33.7 t^{(0.488+0.0022z)/3.178}$

ove

t = durata della precipitazione;

z = altezza media del bacino considerato.



Figura 14 : Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Puglia

Noto il valore di X_t è possibile ricavare il valore della pioggia massima per prefissato tempo di ritorno a partire dalla conoscenza del fattore probabilistico di crescita K_T .

Per la valutazione del fattore di crescita si è utilizzata la seguente relazione:

$$K_T = a + b \ln T$$

Dove a e b sono due parametri che variano in funzione della zona considerata e per la Puglia Centro-Meridionale (zone 5 e 6) in riferimento ai parametri statistici, relativi alla legge del fattore di crescita, si fa riferimento alla seguente tabella

Zona omogenea	a	b
Puglia Centro-Merid	0.1599	0.5166

Tabella 1: parametri a e b per area pluviometrica omogenea

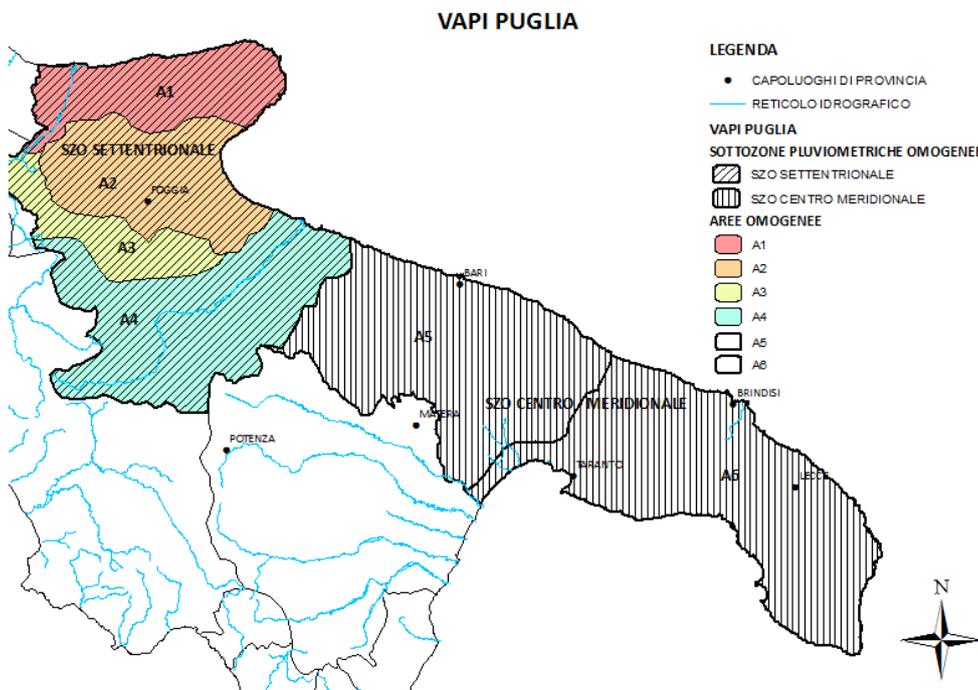


Figura 15 : Suddivisione in Sottozone omogenee pluviometriche della Puglia Settentrionale

L'applicazione della metodologia VAPI all'area oggetto di studio, determinati tutti i parametri necessari, ha portato alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica. Ai fini della determinazione delle Curve di Possibilità Climatica, attraverso lo studio statistico del DEM, si determinano la quota media sul livello del mare del bacino. I valori assunti dal fattore di crescita calcolati per i tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni e per i bacini sono riportati nella tabella sottostante.

TEMPO DI RITORNO	KT
30 anni	2
200 anni	2.90
500 anni	3.37

Tabella 2: Valore del fattore di crescita KT

Per un maggior dettaglio relativo ad ogni singolo bacino individuato si rimanda all'Appendice A alla presente relazione.

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 33 di 54</p>
---	--	---

6.2 Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS

Per la determinazione degli eventi di piena si applicano modelli idrologici afflussi-deflussi basati sulle caratteristiche del bacino in forma globale.

Il metodo Numero di Curva (CN), sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti¹, viene considerato come uno dei più importanti modelli non deterministici utilizzabile per la stima dei deflussi superficiali tanto da essere inserito in modelli di tipo distribuito di previsione dei deflussi (Borselli et.al,1989).

Il metodo del Numero di Curva permette di determinare il deflusso diretto o pioggia efficace (P_e) cioè la frazione della pioggia totale (P) che direttamente e in maniera preponderante contribuisce alla formazione dell'evento di piena.

Per il calcolo della pioggia efficace, il metodo SCS propone le seguenti equazioni:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S} \qquad P_n = P - IA \qquad IA = k_{ia} \cdot S$$

dove:

P = pioggia totale [mm]

P_e = pioggia efficace o deflusso diretto [mm],

P_n = la pioggia netta [mm],

S = capacità idrica massima del suolo o volume specifico di saturazione [mm],

IA = perdite iniziali [mm],

k_{ia} = coefficiente di perdite iniziali.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

¹ SOIL CONSERVATION SERVICE, (1972) *National Engineering Handbook*, section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A.

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MW_p NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 34 di 54</p>
---	---	---

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

In cui i termini sono espressi in millimetri e si è indicato con V il volume di deflusso e con W l'invaso del suolo, cioè il volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo.

Tenendo conto che le perdite iniziali possono essere correlate all'invaso massimo del suolo mediante la seguente relazione:

$$I_a = 0.2 S$$

e che la precipitazione netta P_n si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

sostituendo il valore di W ricavato da quest'ultima nella prima relazione, tenendo conto dell'espressione della pioggia netta e del valore delle perdite iniziali, si perviene alla seguente relazione:

$$V = \frac{(P - 0.2 S)^2}{(P + 0.8 S)}$$

L'applicazione di tale relazione presuppone, oltre alla conoscenza della precipitazione totale P, la stima del massimo invaso S del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra zero (suolo perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso).

La valutazione di S viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25.4 \left(\frac{100}{CN} - 10 \right)$$

in cui figura in parametro CN, denominato *Curve Number*, che assume valori compresi tra 100 e 0.

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico, l'SCS individua tre classi, AMC I, AMC II e AMC III, caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC=Antecedent Moisture Condition) a seconda del valore assunto

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR) RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA: LUGLIO 2023 Pag. 35 di 54
---	---	--

dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'eventometeorico. L'attribuzione della classe AMC si basa sui criteri riportati nella tabella seguente.

Classe <i>AMC</i>	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Tabella 3: Attribuzione della classe AMC

I valori nella tabella precedente si riferiscono ad una condizione media di umidità del terreno all'inizio della precipitazione (classe II). Il CN così individuato può essere adattato a diverse condizioni di umidità attraverso le seguenti formule di conversione:

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 CN(II)} \qquad CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

Mentre nella tabella seguente viene riportata la classificazione in classi delle caratteristiche idrologiche dei suoli.

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

Tabella 4: Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-CN

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 36 di 54</p>
---	--	---

Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si individuano le classi di CN per ogni sottobacino analizzato.

Nel caso in esame, ogni sottobacino scolante è stato analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso: si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino è stato ricavato poi un valore medio del parametro CN, ottenuto come "media pesata" dei valori singoli imposti sulle i-esime sub-aree: $CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$ dove p_1, p_2, \dots, p_n sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a CN_1, CN_2, \dots, CN_n . La determinazione del CN per il sito in oggetto è meglio descritta nell'Appendice A correlata alla seguente relazione.

I valori di CN corrispondenti alle classi AMCI e AMCIII si determinano dal valore del CN relativo alla classe AMCII applicando le seguenti relazioni:

$$FI = 3,0 + ,000636CN \text{ valida per } 20 \leq CN \leq 95$$

$$FIII = 3,4212 - ,11999\log CN$$

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR) RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA: LUGLIO 2023 Pag. 37 di 54
---	---	--

<i>Valori del parametro CN (adimensionale)</i>	← Tipo idrologico Suolo →			
↓ <i>Tipologia di Uso del Territorio</i>	A	B	C	D
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni buone condizioni	68 39	79 61	86 74	89 80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m ² (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m ² (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m ² (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m ² (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m ² (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Tabella 5: Valori di “Curve Number (CN)” in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo:
Handbook of Hydrology D.R. Maidment, 1992

L'individuazione, delle aree omogenee per destinazione d'uso e condizione idrica è stata svolta in ambiente GIS, intersecando gli shapefile di uso del suolo e permeabilità dell'area oggetto di studio.

La portata al colmo di piena corrisponde alla massima portata generata da una precipitazione di durata critica tale da mettere in crisi la rete idrografica e dipende fortemente dall'estensione del bacino. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.

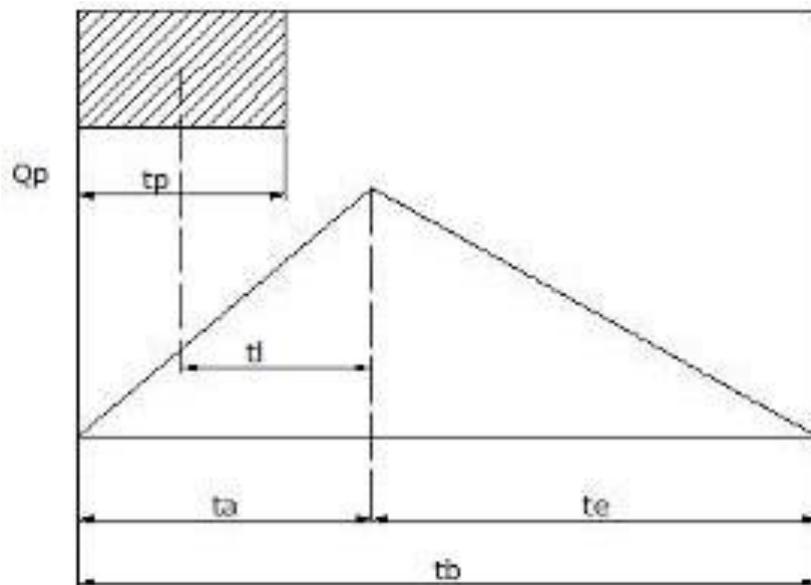


Figura 16 : Idrogramma di Mockus

Per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS, si è considerato un idrogramma approssimato di forma triangolare (Mockus), che ha una fase crescente di durata t_a ed una fase di esaurimento di durata t_e , il cui volume ha la seguente espressione:

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

Dove t_b è il tempo di durata dell'evento di piena ed è rappresentato dalla relazione seguente:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Il tempo t_a , relativo alla fase crescente dell'evento di piena, è legato al tempo t_p ed a t_L dalla

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MW_p NEL COMUNE DI BRINDISI (BR) RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA: LUGLIO 2023 Pag. 39 di 54
---	--	--

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

Mentre il tempo di ritardo, espresso in ore, nella formula di Mockus è definito dalla

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L è la lunghezza dell'asta principale espressa in km e CN è il "curve number" medio del bacino.

Poiché la precipitazione critica per il bacino è quella avente una durata pari al tempo di corrivazione, la durata dell'evento meteorico di riferimento t_p viene imposta pari a t_c mentre il tempo di corrivazione è correlato al tempo di ritardo attraverso la seguente relazione:

$$\frac{t_L}{t_c} = 0,6$$

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle portate calcolate per ogni bacino perimetrato.

ID Bacino	Q _{TR = 30} (mc/s)	Q _{TR = 200} (mc/s)	Q _{TR = 500} (mc/s)
Bacino 1	2.47	4.32	5.34
Bacino 2	7.11	12.21	15.01
Bacino 3	1.62	2.91	3.62
Bacino 4	1.91	3.31	4.08
Bacino 5	3.76	7.65	9.93

Tabella 6: Portate dei bacini individuati

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 MWp NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023 Pag. 40 di 54</p>
---	--	---

7 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica è stata realizzata considerando la situazione attuale di stato di fatto e si è utilizzato un modello di simulazione monodimensionale in moto permanente.

7.1 Simulazione idraulica

L'analisi è stata realizzata con un modello monodimensionale, con il software di simulazione idraulica HEC-RAS 6.3.1. Il software è stato sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. Si sono costruiti i profili di corrente in moto permanente lungo il sistema idrografico di interesse, sono state considerate le portate con periodo di ritorno T di 30, 200, 500 anni calcolate come specificato nell'analisi idrologica.

Le sezioni trasversali, ove possibile, sono state estrapolate dal Modello Digitale del Terreno ottenuto dal rilievo con drone effettuato sull'area parco.

Lo schema geometrico del modello idraulico è riportato nelle figure seguenti.

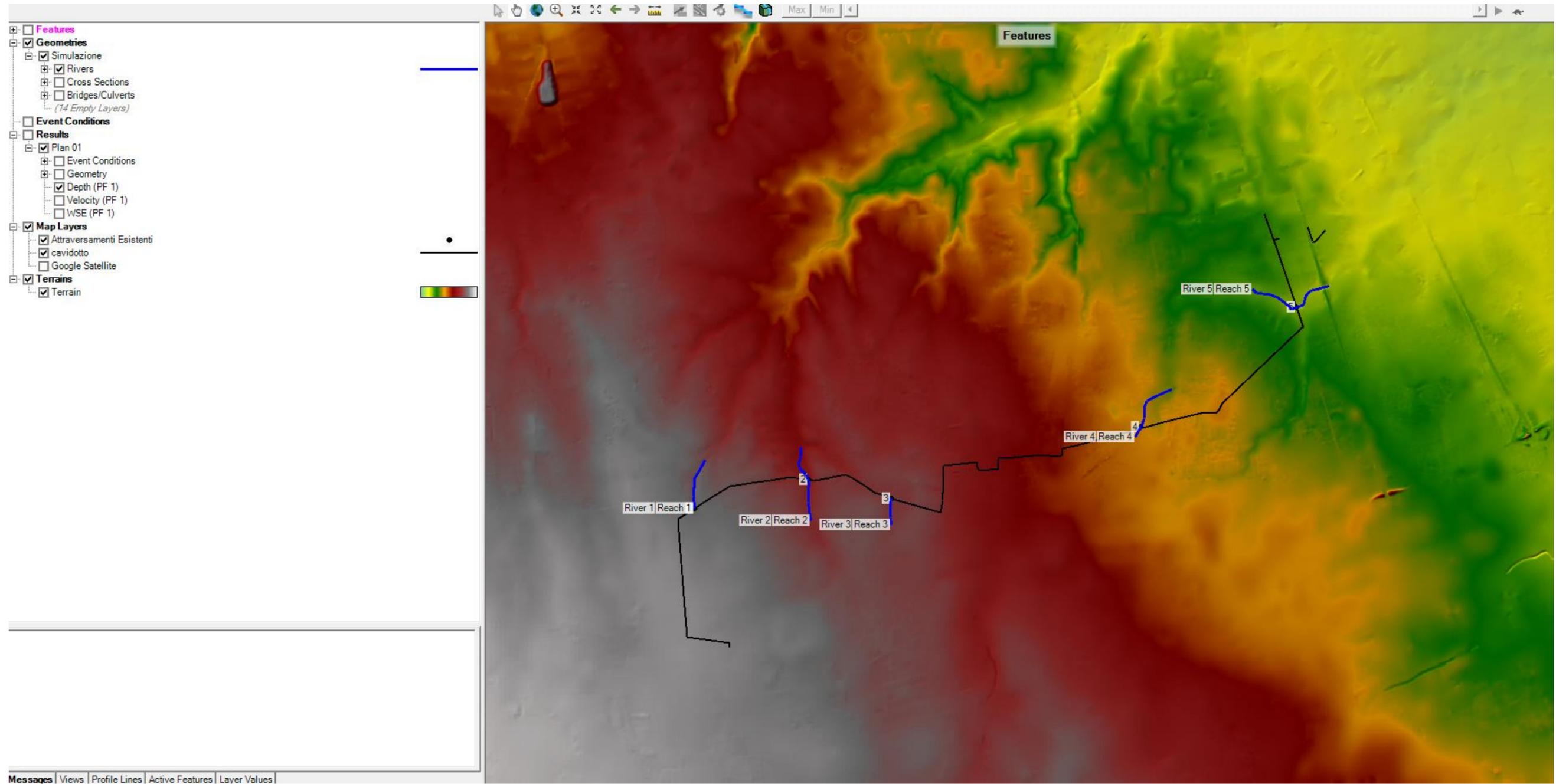


Figura 17 : Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D - terrain

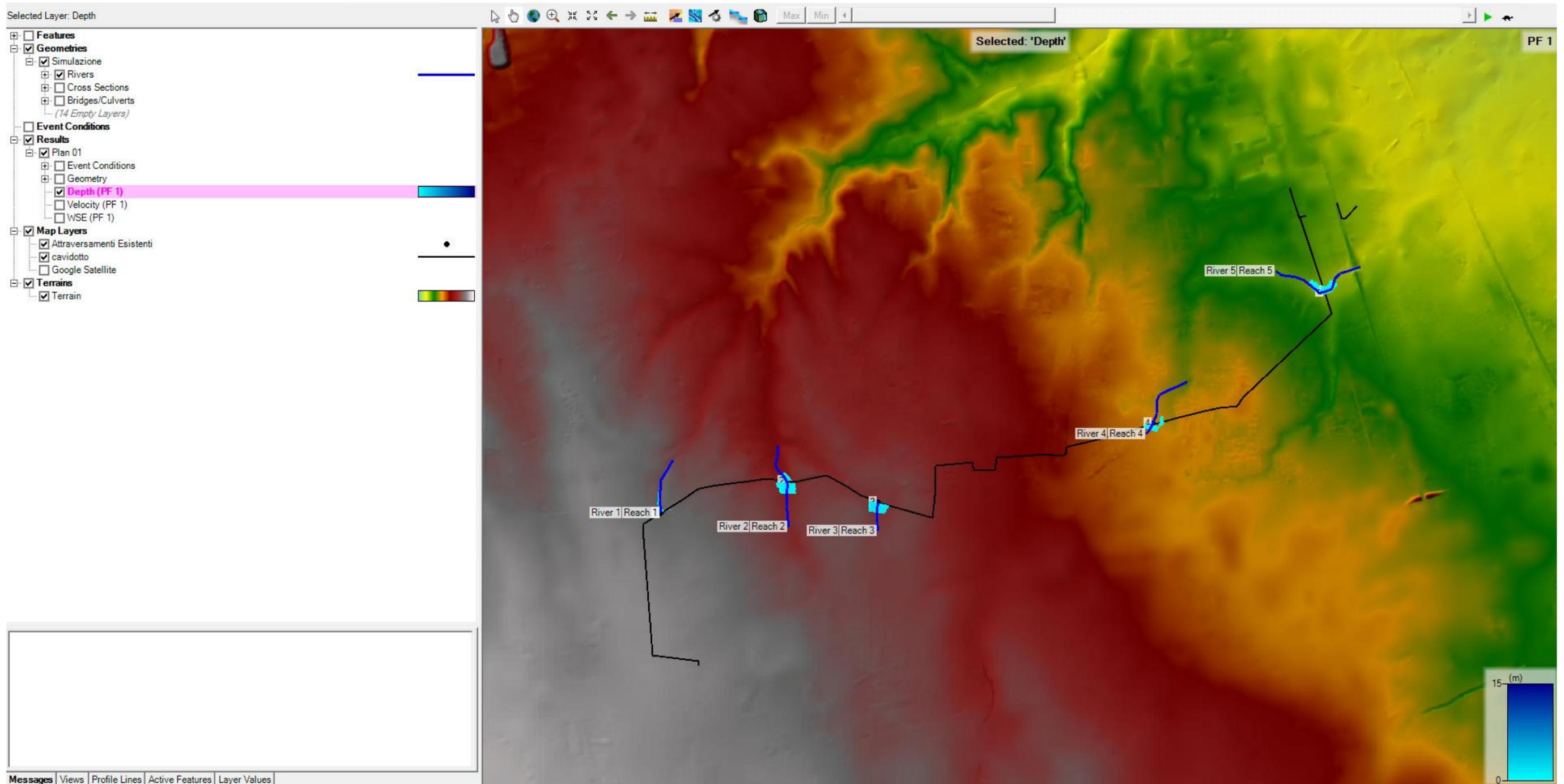


Figura 18 : Mappa delle aree inondabili TR= 30 anni

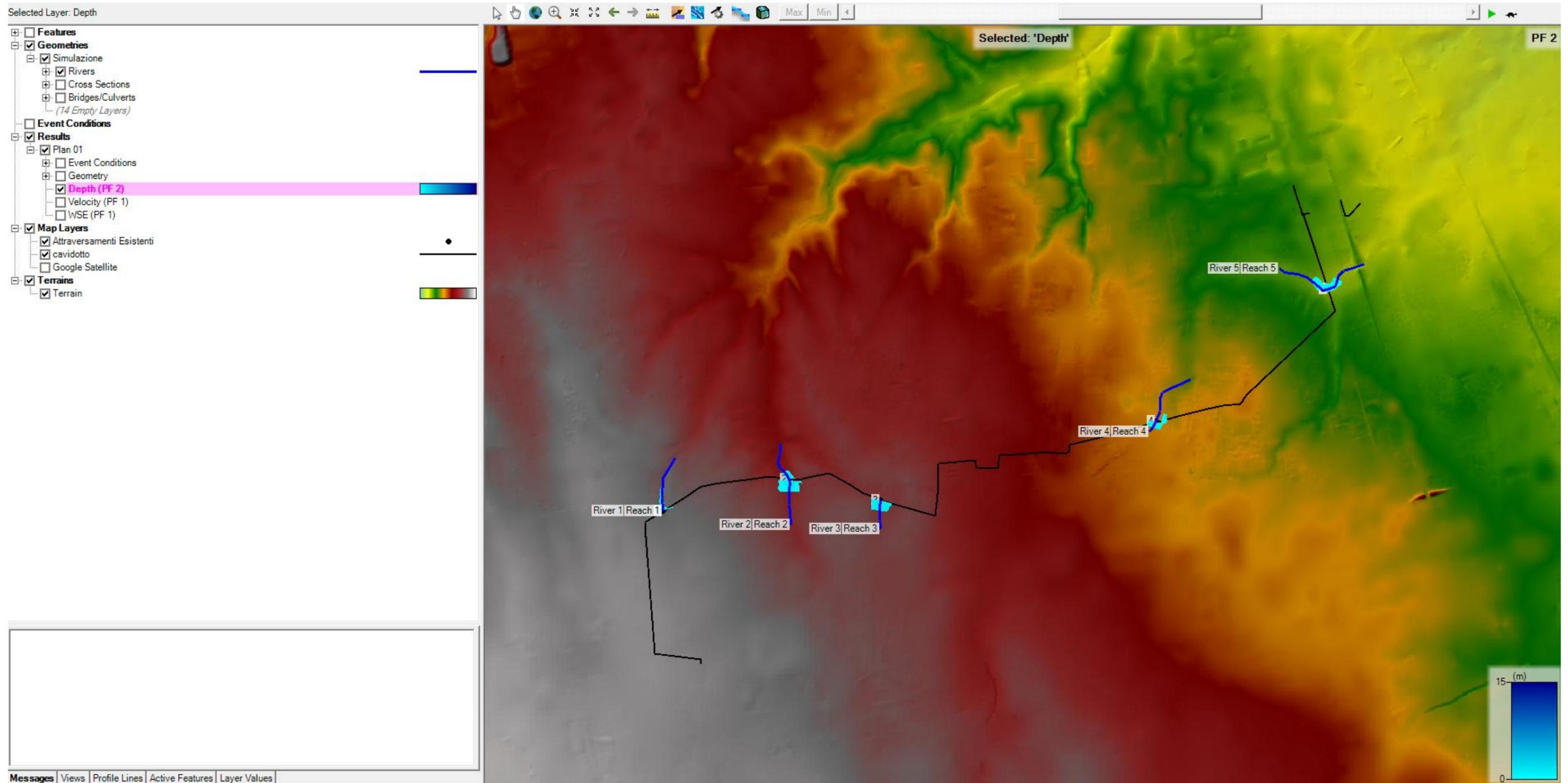


Figura 19 : Mappa delle aree inondabili TR= 200 anni

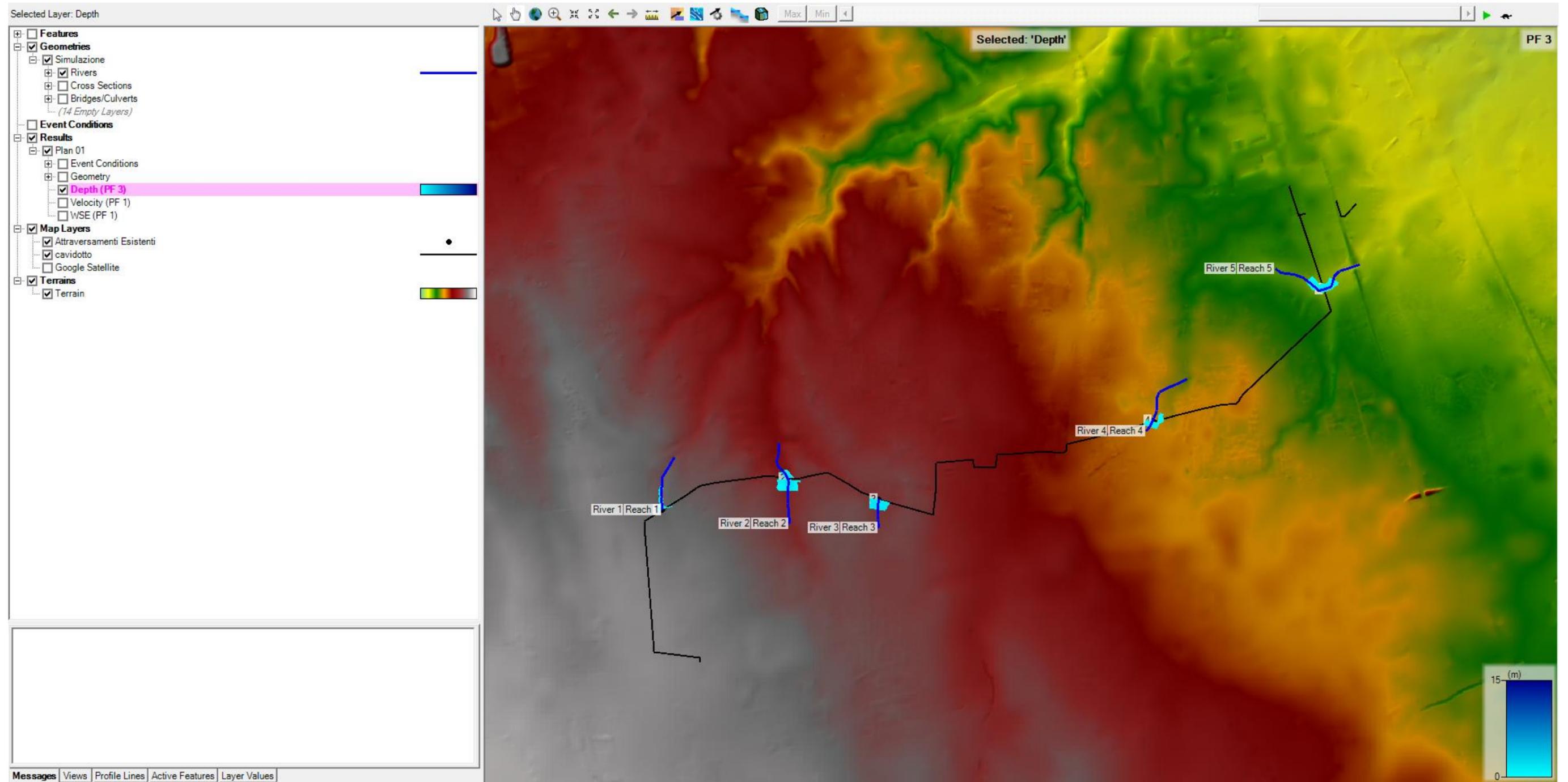


Figura 20 : Mappa delle aree inondabili TR= 500 anni

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 NEL COMUNE DI BRINDISI (BR) RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA: LUGLIO 2023 Pag. 45 di 54
---	---	--

8 REGIMENTAZIONI ACQUE SUPERFICIALI

Sulla base del modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area sono state progettate le opere di sistemazione idrogeologica in modo da migliorare la stabilità del complesso opera terreno.

Le opere previste in progetto e che verranno di seguito illustrate sono compatibili con l'attuale assetto geologico e geomorfologico dell'area e miglioreranno la stabilità del versante e delle strutture presenti.

Nell'ambito del presente paragrafo si approfondirà l'intervento finalizzato all'allontanamento delle acque superficiali attraverso dei drenaggi.

Il sistema drenante in progetto è costituito da linee di intercettazione parallele di lunghezza variabile, le quali corrono parallele lungo la direttrice W-E.

La funzione di queste è quella di convogliare il deflusso d'acqua tra i pannelli verso gli impluvi naturali esistenti e le cunette previste lungo la viabilità interna e perimetrale. Le pendenze delle canalette seguono la morfologia del versante.

Nell'ambito della regimentazione delle acque superficiali in fase di esecuzione verrà data particolare attenzione alla sistemazione dei ricettori finali.

Le canalette superficiali saranno del tipo riportato nella figura seguente, con base minore pari a 0.40, profondità 0.50 m e base maggiore pari a 0.60 m.

**PARTICOLARE
CANALLETTE SUPERFICIALI**

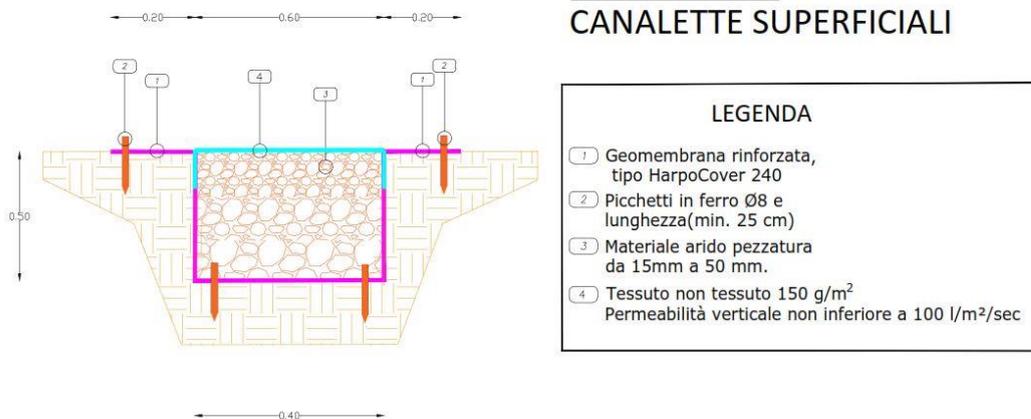


Figura 21 : Particolare canalette per il drenaggio superficiale

Lo scavo verrà rivestito da membrana impermeabile e riempito da pietrame grossolano per consentire rapidamente il deflusso verso le sezioni di recapito. La Geomembrana impermeabile rinforzata, ha la funzione di barriera polimerica geosintetica per usi in costruzione di bacini e dighe, costruzione di canali, barriere ai fluidi nella costruzione di gallerie e strutture interrato associate, costruzione di siti di smaltimento per rifiuti liquidi, stazioni di trasferimento o contenimento secondario, costruzione di discariche e siti di stoccaggio di rifiuti solidi, barriere per infrastrutture di trasporto, dovrà essere costituita da un geotessile tessuto in polietilene ad alta densità (HDPE), rivestito con un triplo strato di polietilene a bassa densità (LDPE); la geomembrana dovrà essere di colore verde, per un migliore inserimento ambientale.

Il tessuto permeabile invece è costituito da polipropilene con permeabilità verticale non inferiore a 100 l/m²/sec. Il pietrame grossolano sarà eseguito con la posa di con ghiaia di fiume o pietrisco di cava lavati, di pezzatura mista da mm 15 a mm 40/50. Le caratteristiche granulometriche dei materiali forniti e posti in opera devono essere opportunamente certificati con relativa analisi granulometrica.

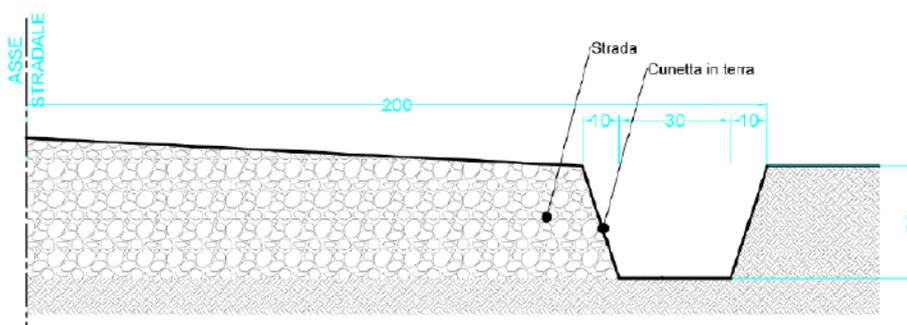


Figura 22 : Cunetta in terra

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

- mantenimento delle condizioni di “equilibrio idrogeologico” preesistenti alla realizzazione del parco fotovoltaico;
- regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco fotovoltaico, attraverso la realizzazione di una adeguata rete di canalette superficiali.

Il tracciato delle opere di regimazione è definito a partire dal layout dell'impianto, individuando le vie preferenziali di deflusso, le caratteristiche plano-altimetriche delle aree. Le acque defluenti dall'area di impianto verranno raccolte ed allontanate dalle opere idrauliche descritte in progetto.

9 RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE LUNGO IL CAVIDOTTO

Il progetto prevede, in corrispondenza di tutti gli attraversamenti con i corpi idrici naturali **TE_1**, **TE_2**, **TE_3** e **TE_4** di superare l'interferenza mediante la tecnica delle Trivellazioni Orizzontali Controllate (T.O.C), che consente di superare le aree tutelate e a pericolosità idrogeologica attraverso l'immissione dei cavi con metodologia “noding” (senza scavo). Si è provveduto ad effettuare una approfondita analisi delle interferenze stesso con il reticolo idrografico, con la perimetrazione del PAI, con il buffer dei fiumi previsto dal D.Lgs 42/2004 all'articolo 142 lettera c ed anche con le zone a rischio alluvionale (APSFR) ai sensi del D.Lgs 49/2010.

Per una più agevole lettura del caso studio, si riportano di seguito le immagini rappresentative del progetto con l'individuazione delle interferenze suddette.

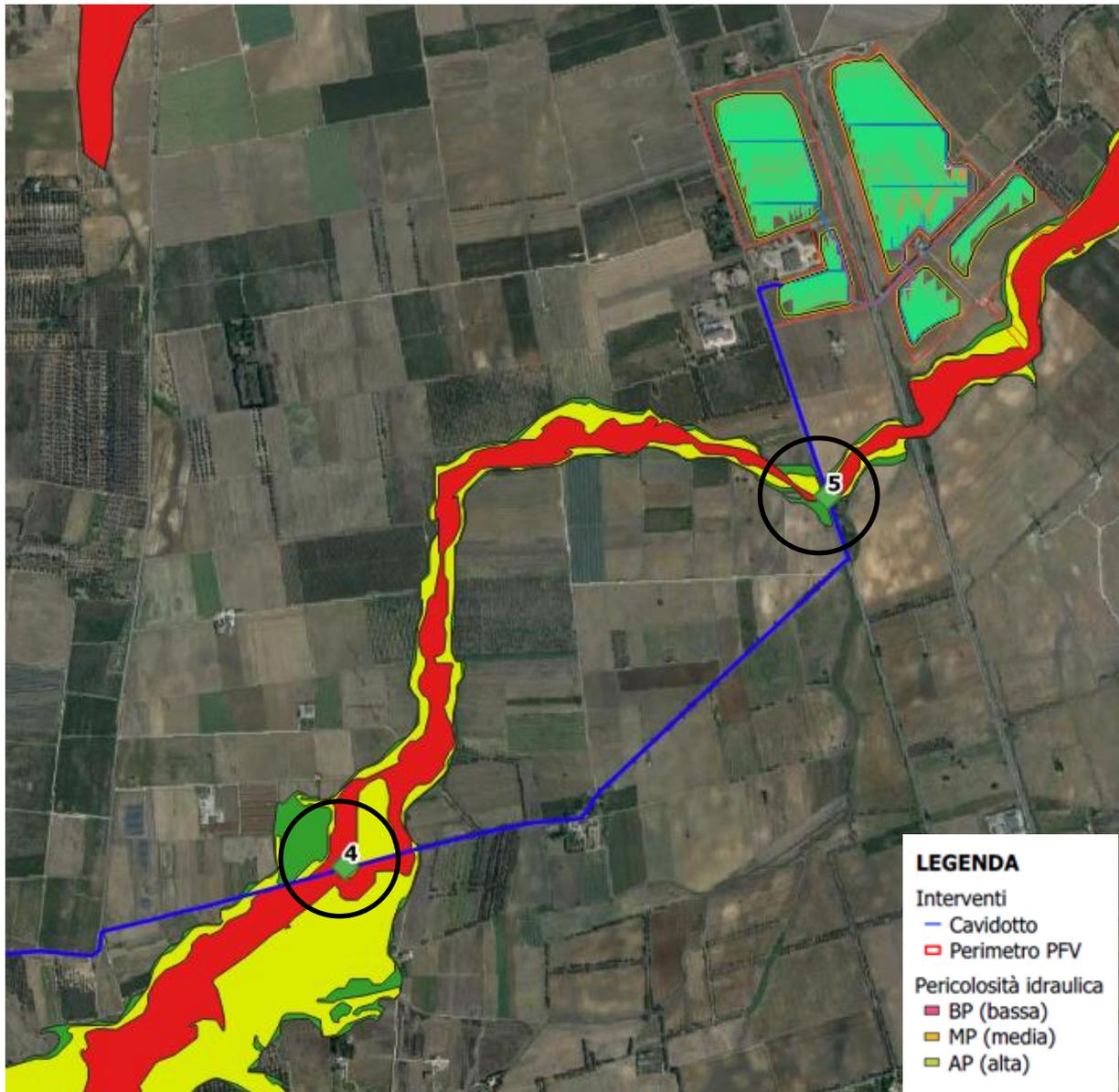


Figura 23 - Interferenze del cavidotto di collegamento con le aree perimetrare del PAI

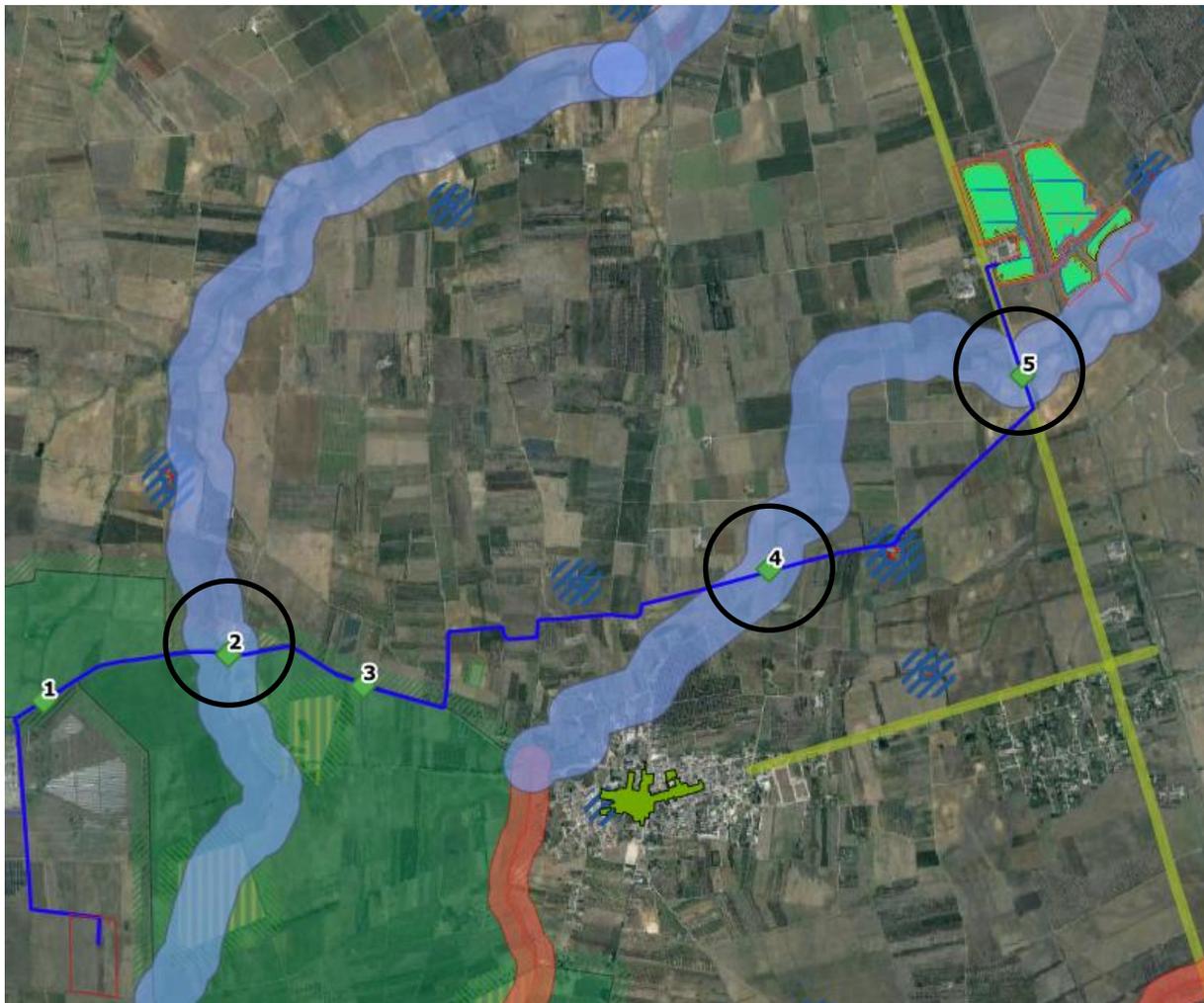


Figura 24 - Interferenze del cavidotto di collegamento con lett.c del D.lgs 42/2004 – buffer fiumi 150 m

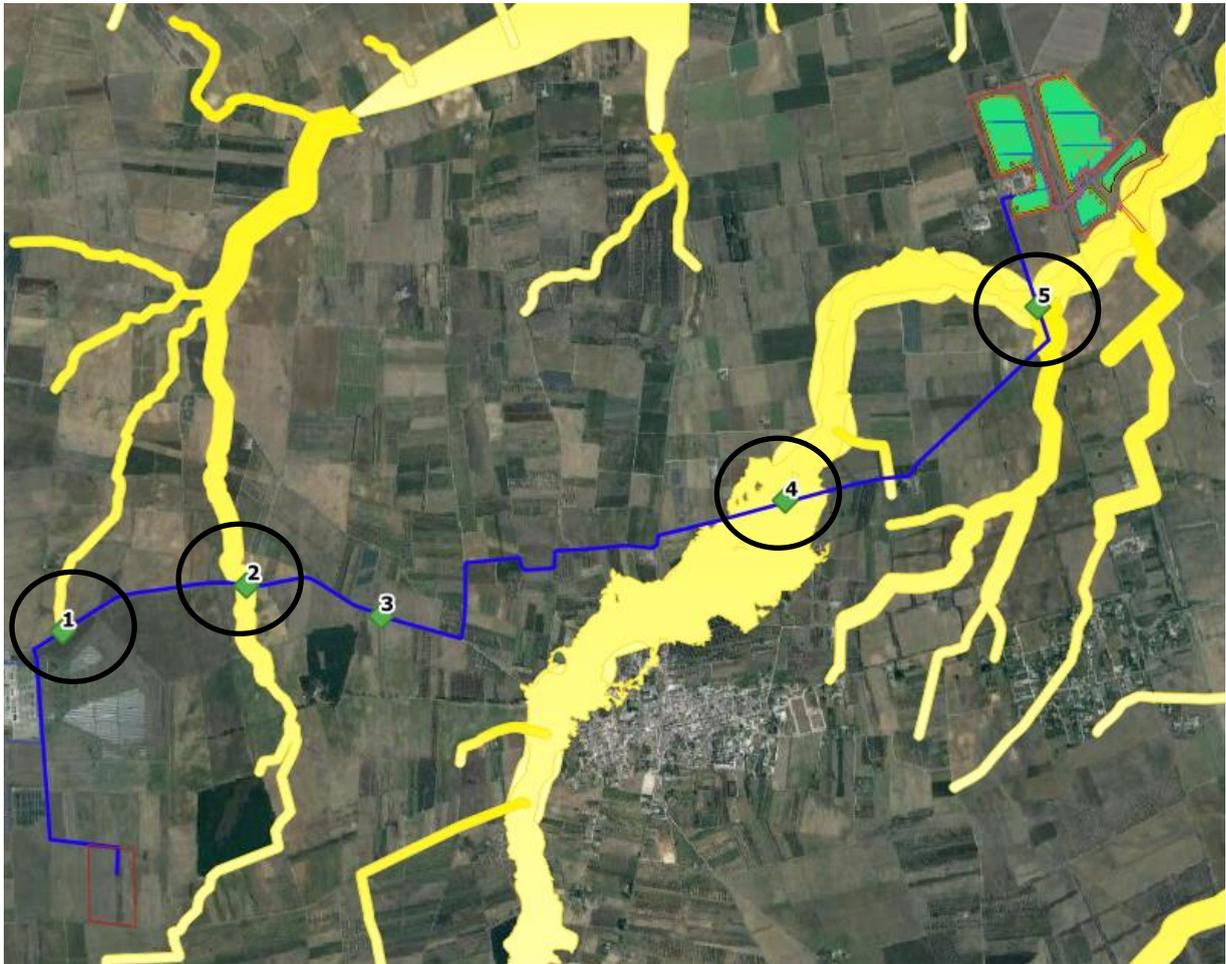


Figura 25 - Interferenze del cavidotto di collegamento con le Aree a rischio alluvione (APSFR)

Le soluzioni adottate dai progettisti sono tali da ubicare il percorso del cavidotto utilizzando le infrastrutture viarie esistenti.

Nel dettaglio, il cavidotto verrà posato in trincea alla profondità di circa 1.20 m, lungo il percorso di strade comunali, provinciali e/o statali.

La posa in opera del cavidotto, non determinerà interferenze sia con le infrastrutture esistenti, sia con il comportamento naturale dei corsi d'acqua interessati e quindi con le aree definite a pericolosità idraulica.

Laddove sono presenti le interferenze 1, 2, 3, 4 e 5, la gestione delle stesse avrà luogo attraverso l'utilizzo della Trivellazione Orizzontale Controllata, con ingresso della stessa prima delle fasce di rispetto e uscita dopo tali fasce di rispetto. Questa tecnologia permette di effettuare la posa di

	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA NOMINALE DI 17,8 NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: LUGLIO 2023</p> <p>Pag. 51 di 54</p>
---	--	---

cavi con un sistema di aste teleguidate che perforano il sottosuolo creando lo spazio necessario alla posa secondo lo schema riportato in Figura 26: Schema delle fasi operative per la realizzazione della tubazione tramite T.O.C..

Tale metodologia presenta due tipologie di vulnerabilità: la prima è relativa all'interferenza possibile tra le opere in "aggetto" dal piano campagna come i pozzetti di estremità la seconda è legata ai fenomeni di evoluzione degli alvei naturali che possono presentare escavazioni al fondo, localizzate o diffuse.

Infatti, una volta realizzato l'attraversamento, questo viene completato con due pozzetti in calcestruzzo armato, uno di monte e l'altro di valle, in corrispondenza delle estremità del contro tubo. La verifica alla vulnerabilità è soddisfatta posizionando tali pozzetti al di fuori delle fasce del rischio individuate in corrispondenza di un periodo di ritorno di 200 anni e comunque esternamente alla fascia di rispetto individuata dal P.A.I. agli artt. 6 e 10 di 75 m in destra idraulica e 75 m in sinistra idraulica.

Il superamento della vulnerabilità legata all'erosioni in corrispondenza della tubazione è ottenuta posizionando la profondità di posa a quota maggiore delle massime escavazioni previste in fase delle piene, dette di modellamento, dell'alveo.

In tali sezioni la profondità di posa della TOC è di circa 2 m, in funzione della profondità della frana, o del complesso di frane, che ivi si realizzano.

Tali profondità sono sicuramente tali da non essere raggiunte da erosioni d'alveo localizzate o diffuse che possono verificarsi in corrispondenza di dinamiche d'alveo.

Pertanto appare superfluo condurre un'analisi di stabilità morfologica d'alveo.



Figura 26: Schema delle fasi operative per la realizzazione della tubazione tramite T.O.C.

Il progetto prevede in corrispondenza dell'attraversamento esistente **TE_5** lo staffaggio a struttura esistente al di sopra dell'intradosso; le verifiche idrauliche relative alle opere previste in progetto sono state finalizzate all'analisi dell'interazione tra le correnti di piena e gli attraversamenti.



Figura 27: Particolare di uno staffaggio su struttura esistente

Tutte le sezioni ed i relativi dati sono riportati dettagliatamente nell'Appendice B.

10 CONCLUSIONI

Nello studio su esposto e negli elaborati allegati Appendice A e Appendice B si è proceduto alla verifica di dettaglio dello stato di fatto valutando per le aste fluviali, le aree di pericolosità.

Per quanto riguarda il cavidotto e l'area parco, opere previste in progetto ed interferenti con il reticolo idrico, si conclude, alla luce dei risultati delle simulazioni idrauliche, restituite graficamente nell'Appendice B, che:

- Nell'area parco non ricade alcuna asta fluviale censita pertanto non è stata condotta alcuna modellazione idraulica.

- Per quanto riguarda il cavidotto saranno adottate tutte le cautele nello scavo e nel ripristino con la chiusura dello scavo, durante la fase di realizzazione, immediata dopo la posa del cavo.

Nel tratto di interferenza con gli attraversamenti 1, 2, 3 e 4, la soluzione progettuale prevede la risoluzione dell'interferenza a mezzo TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata), pertanto anche nelle condizioni peggiori, collegate a tempi di ritorno pari a duecento anni, gli effetti a cui sono soggetti i corsi d'acqua, che interferiscono con il cavidotto, non avranno ripercussioni sugli elementi di progetto interferenti.

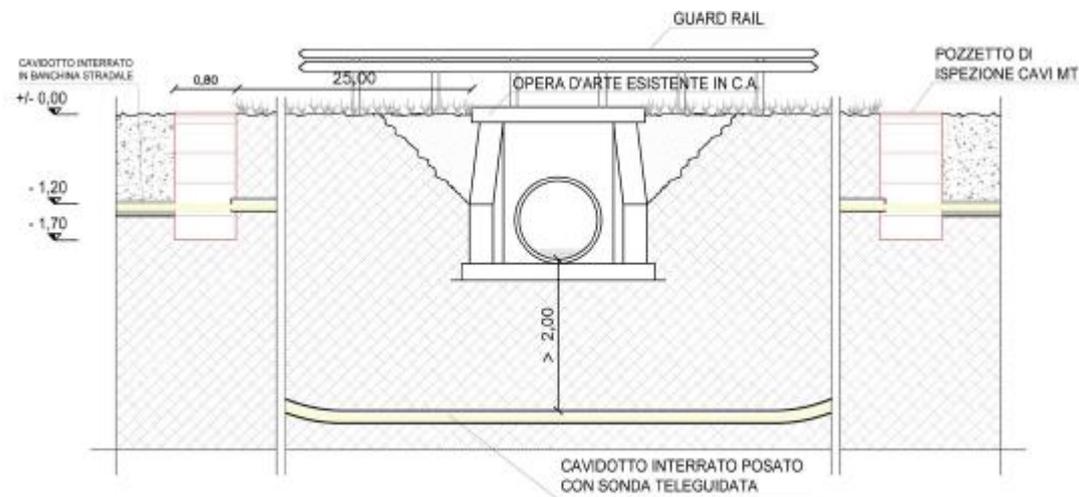


Figura 28 : Sezione cavidotto interrato eseguito mediante TOC