

IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA
DA FONTE SOLARE DENOMINATO "STRECAPRETE" DI POTENZA
NOMINALE PARI A 15,0 MVA E POTENZA INSTALLATA PARI A 16,396 MW

REGIONE BASILICATA
PROVINCIA di POTENZA
COMUNI DI VENOSA e MONTEMILONE

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:

Titolo:

R13

Relazione Idraulica

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

R13_RelazioneIdraulica_13

Progettazione:

Committente:



Dott. Ing. Fabio CALCARELLA

Via B. Ravenna, 14 - 73100 Lecce
Mob. +39 340 9243575
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu

Stern PV 5 S.r.l.

Largo Michele Novaro 1/A
CAP 43121 - PARMA (PR)
PEC - sternpv5srl@pec.it

Dott. Geol. Gianluca SELLERI
Via Francesco Lo RE, 6
73100 - LECCE
Tel: +39 3929534082
E-mail: geologogianlucaselleri@gmail.com



S. Stern

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Novembre 2021	Prima emissione	STC	FC	Stern PV 5 srl

Sommario

1	- PREMESSA	2
2	- CARATTERI GEOMORFOLOGICI, IDROLOGRAFICI E DINAMICA AMBIENTALE	2
3	- INTERFERENZA CON LA RETE IDROGRAFICA E PERICOLOSITA' IDRAULICA.....	4
4	- DATI IDROLOGICI.....	4
5	- VERIFICHE IDRAULICHE ED INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE.....	7
5.1	Verifiche idrauliche: input.....	10
5.1.1	- Dati geometrici	10
5.1.2	- Dati idraulici.....	12
5.2	Verifiche idrauliche: output.....	12
6	- CONCLUSIONI.....	15

1 – PREMESSA

Lo studio idraulico di cui si relazione è stato redatto a supporto dell'intervento di realizzazione dell'impianto fotovoltaico denominato Strecaprete della potenza nominale di 15MW.

L'impianto ricade nei territori comunali di Venosa (PZ) e Montemilone (PZ), più precisamente in un'area collinare, denominata 'Piana di Boreano', che si estende ad una quota media di circa 350 m. s.l.m., compresa negli elementi 435150 e 452030 della CTR in scala 1:10000 della Regione Basilicata (Figura 1.1) In particolare, le aree di impianto più settentrionali ricadono nel comune di Montemilone, mentre l'area di impianto meridionale e l'area di sottostazione ricadono nel territorio comunale di Venosa.

L'area è nel complesso pianeggiante e risulta incisa da aste fluviali del primo ordine che confluiscono verso Ovest nel torrente Lampeggiano e verso Est nella valle Cornuta, affluenti a propria volta dell'invaso artificiale di Locone.

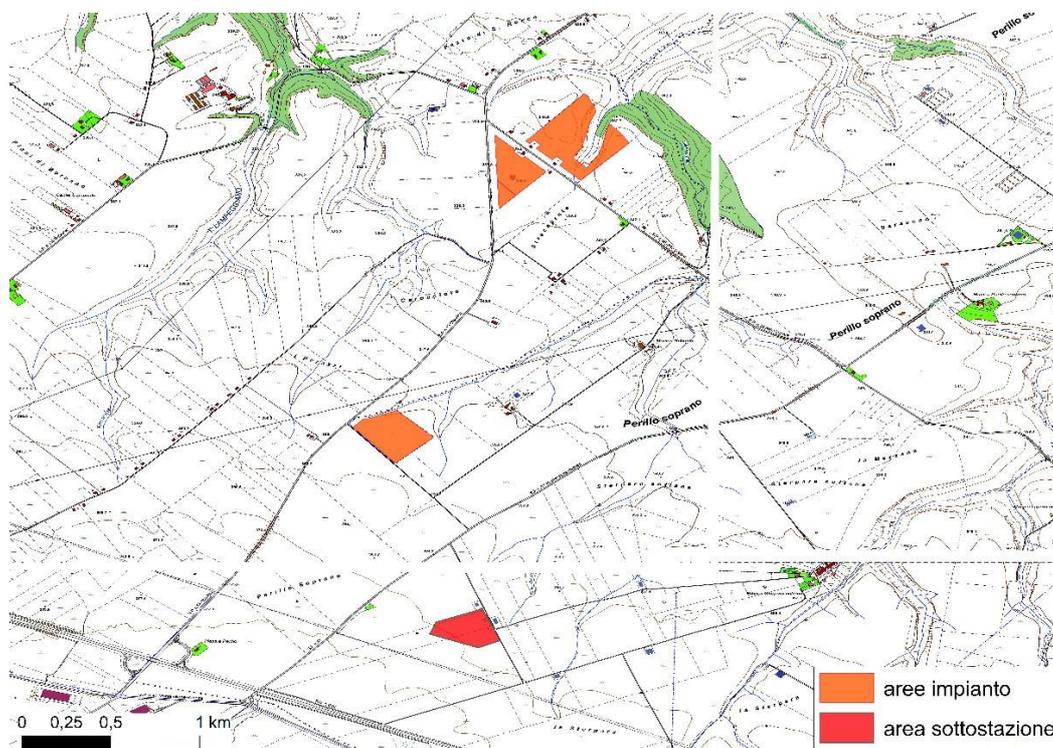


Fig. 1.1 – Area di impianto

2 – CARATTERI GEOMORFOLOGICI, IDROLOGGRAFICI E DINAMICA AMBIENTALE

L'area oggetto di studio ricade al limite tra il Foglio 187 "Melfi" (Area Sottostazione) ed il Foglio 175 "Cerignola" (Area Impianto) della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000). I caratteri geologico-strutturali a grande scala rientrano nel contesto geodinamico

dell'Avanfossa Bradanica, bacino di sedimentazione plio-pleistocenico, compreso tra la catena appenninica meridionale ad ovest, ed il Gargano e le Murge ad est.

Dal punto di vista litostratigrafico, le successioni affioranti nell'area appartengono al ciclo deposizionale della Fossa Bradanica, costituito da successioni silicoclastiche e carbonatiche, in rapporto regressivo e trasgressivo sui Calcari di Altamura e sui Flysch della Catena Appenninica. I termini trasgressivi della successione, dovuti all'annegamento della rampa regionale e all'approfondimento batimetrico del bacino, sono rappresentati da notevoli spessori di sedimenti siltoso-argillosi con livelli sabbiosi (Argille Subappennine), all'interno dei quali si rinvencono isolati corpi ghiaiosi deltizi (Conglomerato di Serra del Cedro) associati a biocalcareniti e biocalciruditi intrabacinali e/o da calciruditi (Calcareniti di Gravina).

I termini regressivi, legati alla successiva fase di emersione dell'avanfossa, sono costituiti, invece, da unità sabbiose e conglomeratiche silicoclastiche e/o miste, di colmamento, che rappresentano la parte alta del ciclo sedimentario bradanico e poggiano stratigraficamente sulle Argille Subappennine con passaggio graduale e rapido o con contatto erosivo (Sabbie di Monte Marano, Calcareniti di Monte Castiglione, Sabbie dello Staturo e Conglomerato di Irsina). Alla scala sito-specifica si rileva che in corrispondenza delle Aree di Impianto il substrato geologico è rappresentato da conglomerati poligenici con ciottoli di medie e grandi dimensioni, talvolta fortemente cementatati e con intercalazioni di sabbie e arenarie (Pleistocene inferiore), mentre, in corrispondenza del Sito di Sottostazione il substrato è composto di conglomerati poligenici, perlopiù incoerenti o debolmente cementati con intercalazioni di lenti sabbiose (Pleistocene – Calabriano).

La morfologia dell'area è condizionata principalmente dalle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni affioranti; il paesaggio, infatti, si presenta come un'estesa superficie sub-pianeggiante delimitata da incisioni, con pareti anche molto acclivi, che appaiono più pronunciate in corrispondenza dei cambi litologici, prevalentemente da litologie conglomeratiche a depositi sabbioso – arenacei. Le aree di progetto si sviluppano su morfologie perlopiù pianeggianti, con pendenza media che non supera i 5°, se non in corrispondenza di ripide incisioni che solcano e bordano il plateau sommitale lungo tutte le direzioni. In particolare, l'area di impianto più settentrionale presenta significative variazioni locali di pendenza (da 3° a 15° circa), in corrispondenza delle profonde incisioni fluviali che la delimitano verso NE, le quali degradano verso l'abitato di Montemilone (Valle Cornuta).

Dall'analisi delle foto satellitari e della cartografia topografica, è stato possibile verificare che i pendii in studio non presentano evidenze significative di forme riconducibili a

movimenti gravitativi in atto o in preparazione, come riscontrabile anche dalla consultazione del vigente Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale; i siti, infatti, non ricadono in aree classificate come esposte a pericolosità e rischio da frana né interessate da fenomeni di alluvionamento.

Si evidenzia, inoltre, che, attualmente, il principale fattore di modellamento morfologico, oltre all'azione delle acque meteoriche, è dovuto alla coltivazione agricola dei terreni.

3 - INTERFERENZA CON LA RETE IDROGRAFICA E PERICOLOSITA' IDRAULICA

La pericolosità idraulica del territorio in cui ricadono le aree di impianto è determinata dalla dinamica idrologica del sito e quindi dalle piene che interessano la rete idrografica alle quali, comunque, considerando la scarsa importanza degli elementi idrografici presenti, non possono certo essere associati alta intensità ed effetti rilevanti. Le aste fluviali che interessano direttamente le aree in cui ricadono i siti sono infatti aste di primo ordine con un regime pluviale e carattere occasionale, di conseguenza le piene sono in diretta connessione con le precipitazioni meteoriche e sono innescate dagli eventi pluviometrici intensi. Tanto premesso, si rileva che l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia, nel cui territorio di competenza i siti ricadono, non ha cartografato aree a pericolosità idraulica (Fig. 3.1).

4 – DATI IDROLOGICI

Sono stati studiati 5 sottobacini del Vallone Cornuta nel cui perimetro ricadono le aree di impianto, il cavidotto e la sottostazione considerando come sezione idraulica di chiusura di ognuno la confluenza morfologica nella valle in cui scorre il torrente Cornuta (Fig. 4.1). La rete idrografica è stata estratta dal DTM della Basilicata con maglia 5m x 5m.

I 3 bacini hanno le seguenti caratteristiche morfometriche estratte anch'esse dal DTM¹.

¹ I dati tabellati sono stati estratti mediante Qgis e GRASS Gis in accordo con:

- L. Fanizzi, G. Pisicchio (2016): "Morfometria dei bacini idrografici mediante l'uso del software QGIS – Parte I", *Rivista L'AMBIENTE*, n. 1/2016, Ed. G.I.R.S.A., Milano 2
- L. Fanizzi (2016): "Morfometria dei bacini idrografici mediante l'uso del software QGIS – Parte II", *Rivista L'AMBIENTE*, n. 2/2016, Ed. G.I.R.S.A.,



Pericolosità e Rischio

Peric. Idraulica

■ bassa (BP)

■ alta (AP)

■ media (MP)

Cartografia di base

Figura 3.1 – Stralcio del PAI

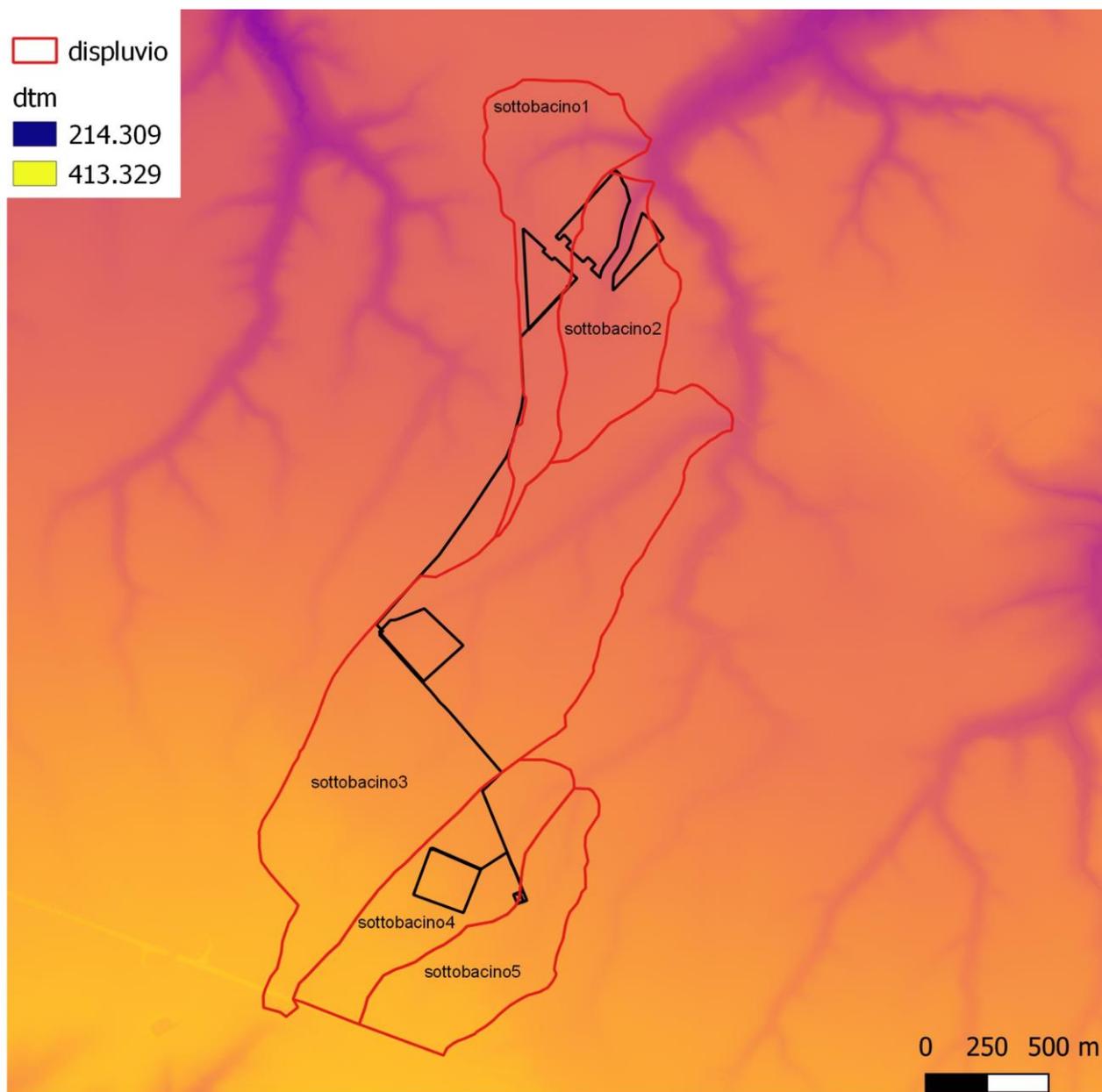


Fig. 4.1 – Sottobacini studiati

Nome sottobacino		1	2	3	4	5
Superficie	S (mq)	0,49	0,39	1,64	0,43	0,39
Altezza massima	Hmax (m)	346,92	344,04	389,17	388,26	386,54
Altezza media	Hmed (m)	337,94	339,32	356,84	371,12	372,38
Altezza minima	Hmin (m)	308,94	310,07	326	352,79	352,82
Lunghezza asta principale	L (km)	0,86	0,74	2,82	0,59	1,28
Quota scorrimento asta sezione monte	hm (m)	338,3	339,46	379,31	366,94	382,13
Quota scorrimento asta sezione valle	hv (m)	308,94	310,07	326	352,78	352,76
Pendenza media asta	i	0,0343	0,0396	0,0189	0,0238	0,0229
Pendenza media versanti	iv	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04

Attraverso lo studio idraulico di cui si è relazionato nello specifico elaborato sono state definite le portate al colmo prodotte da eventi critici di pioggia con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Per la determinazione del quantitativo di pioggia efficace si è fatto riferimento al metodo del Curve Number, correlando, quindi, la capacità di immagazzinamento dei terreni al tipo ed all'uso del suolo.

Per effettuare il calcolo dell'evento critico di pioggia di assegnato tempo di ritorno in assenza di dati pluviometrici sitospecifici è stato utilizzato il cosiddetto metodo regionale, secondo le indicazioni contenute nel capitolo VI.3.1 della Relazione di Piano proposta dall'ex Autorità di Bacino della Puglia (nel cui territorio di competenza il sito ricade), che prevede la suddivisione del territorio di competenza in sei regioni aventi caratteristiche pluviometriche differenti.

Si proceduto quindi alla determinazione delle portate di picco, per i diversi tempi di ritorno considerati e per ciascun sottobacino.

	Sottobacino 1			Sottobacino 2			Sottobacino 3		
Tr	30	200	500	30	200	500	30	200	500
Qp (mc/s)	1,04	1,83	2,23	0,92	1,60	1,95	1,02	1,94	2,43

	Sottobacino 4			Sottobacino 5		
Tr	30	200	500	30	200	500
Qp (mc/s)	1,43	2,44	2,95	0,47	0,84	1,04

5 – VERIFICHE IDRAULICHE ED INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE

L'analisi è stata condotta mediante l'ausilio del codice di calcolo denominato **HEC-RAS**, River Analysis System, sviluppato da U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Hydrologic Engineering Center per il calcolo dei profili idraulici in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o artificiali.

Il codice di calcolo necessita in primo luogo delle informazioni relative alla geometria del corso d'acqua in un'apposita sezione (*geometric data*), all'interno della quale si definiscono il corso del fiume (*reach*), la geometria delle sezioni (*cross section geometry*), la distanza fra le sezioni (*reach length*) e il coefficiente di scabrezza, rappresentativo delle perdite di carico, secondo la formulazione di Manning. In questa sezione sono disponibili altre opzioni, fra le quali la procedura di interpolazione fra una sezione e l'altra (*XS Interpolation*), per infittire il numero di sezioni; inoltre, è possibile definire la quota delle

sponde (*left and right elevations*) e degli argini (*levees*) e inserire delle aree dove l'acqua arriva ma non contribuisce al deflusso (*ineffective flow areas*) e le coperture (*lids*).

Il codice di calcolo permette anche di descrivere la geometria dei ponti (*bridge and culvert data*) definendone l'impalcato (*deck/roadway*), le pile (*piers*), le spalle (*sloping abutments*) e le condizioni di calcolo (*bridge modelling approach*).

Successivamente occorre impostare la sezione relativa alle condizioni di moto (*steady flow data*), definendo la portata di riferimento per le diverse sezioni fluviali e le condizioni al contorno (*boundary conditions*).

La definizione delle condizioni al contorno è necessaria per stabilire il livello idrico iniziale nelle sezioni estreme del canale (sezione di monte e di valle).

Se il regime di deflusso è sub-critico (alveo torrentizio) è necessario imporre le condizioni al contorno nella sezione di valle del canale, se il regime di deflusso è super-critico (alveo tranquillo) tali condizioni devono essere imposte nella sezione di monte, infine in condizioni di moto misto, bisogna imporre le condizioni al contorno sia a monte sia a valle. Le condizioni al contorno che possono essere imposte sono:

- livello noto del tirante idraulico,
- altezza di deflusso pari all'altezza critica,
- altezza di deflusso pari all'altezza di moto uniforme,
- scala di deflusso nota.

A questo punto il codice di calcolo è pronto per eseguire i calcoli idraulici nella sezione denominata *steady flow analysis*. I risultati delle computazioni idrauliche sono proposti attraverso tabelle riepilogative (*cross-section table* e *profile table*), grafici delle sezioni geometriche (*plot cross-section*) e del profilo longitudinale (*plot profile*) e, infine, tramite una visione prospettica tridimensionale del sistema fluviale (*x, y, z perspective plot*).

L'ipotesi alla base delle formulazioni per la determinazione del profilo idraulico è che il moto dell'acqua nel canale si considera uniforme. Questo significa che tutte le grandezze caratterizzanti la corrente (altezza idrica, velocità media nella sezione, portata, ecc.) risultano costanti nel tempo e nello spazio. Sotto questa ipotesi, la pendenza media disponibile i_m , definita come il rapporto fra la differenza di quota e la distanza fra la sezione di monte e quella di valle, è esattamente pari alla pendenza piezometrica J , che rappresenta le dissipazioni energetiche per unità di lunghezza.

La relazione $i_m = J$ costituisce l'equazione fondamentale del moto uniforme.

La determinazione del profilo teorico in moto permanente è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard Step Method*, basato appunto sull'equazione monodimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove H_1 (m) ed H_2 (m) sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, h_f (m) sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre h_e (m) è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare, h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = J \cdot L$$

con J pendenza motrice nel tratto di lunghezza L (m).

Il calcolo di J è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto. Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la relazione:

$$J = \left[\frac{Q}{K} \right]^2$$

dove Q (m³/s) è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) rappresenta un parametro di conducibilità, ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove A (m²) l'area della sezione liquida, R (m) il raggio idraulico e n (m^{-1/3} s) è il parametro rappresentativo della scabrezza, espresso in termini di coefficiente di Manning.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il termine h_e dipende, invece, dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 (m/s) sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Al tirante idrico in condizioni di stato critico corrisponde la massima portata teoricamente smaltibile dalla sezione, indipendentemente dalla natura del fondo e delle pareti, nonché dall'inserimento della sezione stessa in un tronco fluviale. Esso è valutato imponendo che il numero di Froude, indicato con Fr , assuma valore unitario. In termini di portata e per le sezioni in esame, si scrive

$$Fr = \frac{VA}{\sqrt{A^2 gh_m}}$$

dove g è l'accelerazione di gravità, h_m il tirante idrico, A l'area bagnata della sezione, e V la velocità media della sezione. L'equazione precedente permette la determinazione dell'altezza di stato critico.

5.1 Verifiche idrauliche: input

Di seguito si riportano i dati di input utilizzati per l'esecuzione delle verifiche idrauliche distinguendo quelli geometrici da quelli idraulici.

5.1.1 – Dati geometrici

I dati geometrici inseriti in HEC-RAS per ciascun alveo sono²:

- il profilo longitudinale del canale
- i profili delle sezioni trasversali e relative distanze d'interasse
- l'identificazione dell'alveo principale e delle aree golenali
- il coefficiente di scabrezza.

Profilo del canale

Il profilo longitudinale del canale è stato ottenuto intersecando la sua traccia planimetrica con il modello digitale del terreno (la traccia della linea impluvio è stata estratta dal DTM con l'utilizzo del software SAGA GIS). Vista la conformazione geometrica del reticolo idrografico, si è optato per lo studio di un reticolo composto da singoli tronchi.

Sezioni trasversali

I profili delle sezioni trasversali sono stati ottenuti intersecando il DTM con delle linee ortogonali alla direzione di ciascuna asta fluviale del reticolo (attraverso l'applicativo RAS MAPPER). Sono stati ottenuti, quindi, i profili trasversali numerati da valle verso monte riportati in Fig. 5.1.1.1.

² Lungo la rete idrografica non ci sono attraversamenti o opere idrauliche trasversali o longitudinali.

Per ciascuna sezione si è proceduto alla definizione delle caratteristiche geometriche e fisiche dell'alveo; come richiesto dal programma di calcolo sono state inoltre introdotte le lunghezze (*reach length*) di ciascun tratto dell'alveo centrale (*Channel*) e delle aree golenali destra (*ROB*) e sinistra (*LOB*)

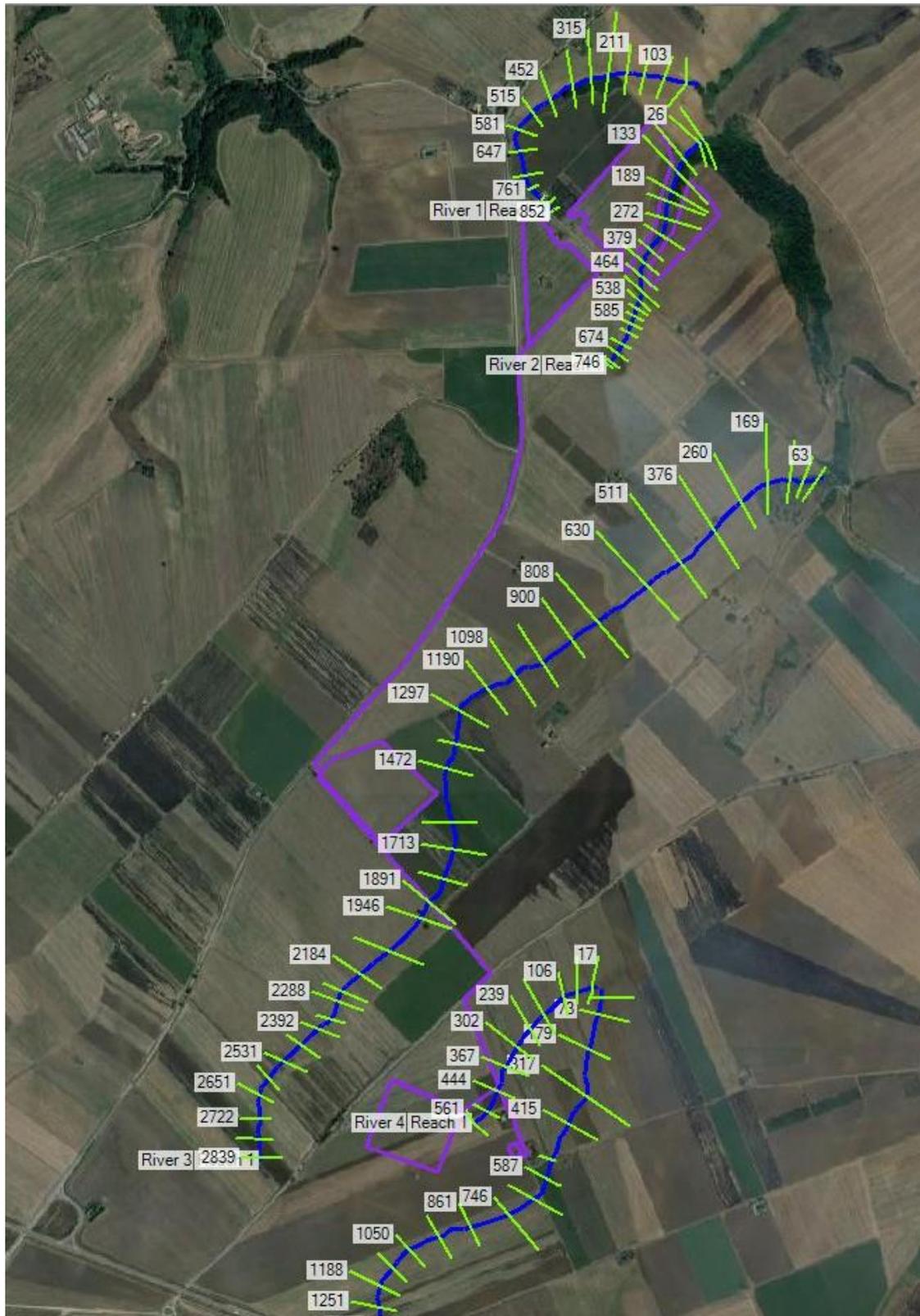


Fig. 5.1.1.1 – Ubicazione dei profili trasversali studiati

Coefficiente di scabrezza

Per il coefficiente di scabrezza n di Manning si è fatto riferimento ai valori consigliati da Marchi E. & Rubatta A., 'Meccanica dei fluidi principi e applicazioni tecniche', UTET, 1981 ed in particolare: canali in abbandono con vegetazione $n = 0.035 \text{ s/m}^{1/3}$

Questo valore è stato imposto per tutti i tronchi in cui è stata suddivisa la rete idrografica sia per il tratto centrale (canale) che per le aree di golena destra e sinistra

5.1.2 – Dati idraulici

I dati idraulici da inserire nel codice di calcolo riguardano la definizione:

- della portata di progetto
- delle condizioni al contorno e di stato critico.

Portata di progetto

La portata di progetto è stata assunta pari a quella prodotta da un evento di pioggia con tempi di ritorno di 200 anni precedentemente calcolata. A favore di sicurezza la portata è stata considerata costante e pari al valore di colmo.

Condizioni al contorno e stato critico

Il regime di flusso considerato è stato imposto di tipo misto e sono state definite per le due sezioni di monte e per la sezione di chiusura le seguenti condizioni al contorno:

- sezione di valle: normal depth (altezza di moto uniforme calcolata in funzione della formula di Manning calcolata dal programma previo inserimento della pendenza del fondo del canale)
- sezioni di monte: normal depth (altezza di moto uniforme calcolata in funzione della formula di Manning calcolata dal programma previo inserimento della pendenza del fondo del canale).

5.2 Verifiche idrauliche: output

I risultati del calcolo idraulico sono riportati nelle figure successive. Nelle figure si è proceduto a perimetrare le aree inondabili per il passaggio della piena studiata (Tr 200 anni).



Fig. 5.2.1 a - Mappa di esondazione su Ortofoto



Fig. 5.2.1 b - Mappa di esondazione su Ortofoto



Fig. 5.2.2a – Dettaglio mappa di esondazione su Ortofoto area di impianto settentrionale



Fig. 5.2.2b – Dettaglio mappa di esondazione su Ortofoto area di impianto meridionale e cavidotto



Fig. 5.2.2c – Dettaglio mappa di esondazione su Ortofoto area sottostazione e cavidotto

6 – CONCLUSIONI

Lo studio idraulico condotto ha permesso di riconoscere analiticamente le interazioni potenziali tra le opere di progetto e la rete idrografica e le aree di esondazione.

Tutte queste si riducono alle sole due intersezioni tra rete idrografica e cavidotto riportate in Fig. 5.2.2b e 5.2.2c. In tali siti bisogna tenere conto di questo particolare contesto nella definizione delle misure di contrasto dell’impatto prodotto che, in generale, potrà essere affrontato con le seguenti modalità:

- con scavi a cielo aperto nel caso l’area risulti asciutta, avendo tuttavia grande cura nel ripristinare il piano campagna e lo stato dei luoghi alle condizioni ante operam al fine di non creare avvallamenti o dossi o barriere che possano modificare o ostacolare il deflusso. Le trincee dovranno essere riempite con lo stesso materiale di scavo al fine di non alterare la permeabilità originale dei terreni;
- con l’utilizzo della tecnica della Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.). Questa tecnica da utilizzarsi necessariamente nel caso di attraversamento di canali e scoline determina un minore interferenza sul regime idraulico e, quindi, nel complesso un minore impatto ambientale. Eventualmente la T.O.C. potrebbe essere utilizzata per tutta la lunghezza del segmento di cavidotto che si sovrappone all’area allagabile.

La tecnica della T.O.C. consente di posare, per mezzo della perforazione controllata, linee di servizio al di sotto di strade, fiumi e torrenti, con nullo o scarso impatto sulla superficie. L'esecuzione della T.O.C. costa essenzialmente di 3 fasi successive di lavoro Fig. 6.1):

- 1) Foro pilota: si realizza un foro pilota infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste di perforazione teleguidate, in modo da creare un percorso sotterraneo da un pozzetto di partenza ad uno di arrivo;
- 2) Alesatura: realizzato il foro pilota, questo viene allargato tirando successivamente alesatori di dimensioni crescenti fino all'ottenimento del foro della dimensione voluta;
- 3) Posa della tubazione: vengono posati in opera i tubi camicia che ospiteranno il cavidotto interrato.

In conclusione, con riferimento alla condizione dello stato di progetto e con l'applicazione degli accorgimenti tecnici sopra raccomandati si può affermare che la realizzazione delle opere di progetto non comportano modificazioni dell'assetto idraulico dell'area di intervento e nessuna variazione del livello di sicurezza.

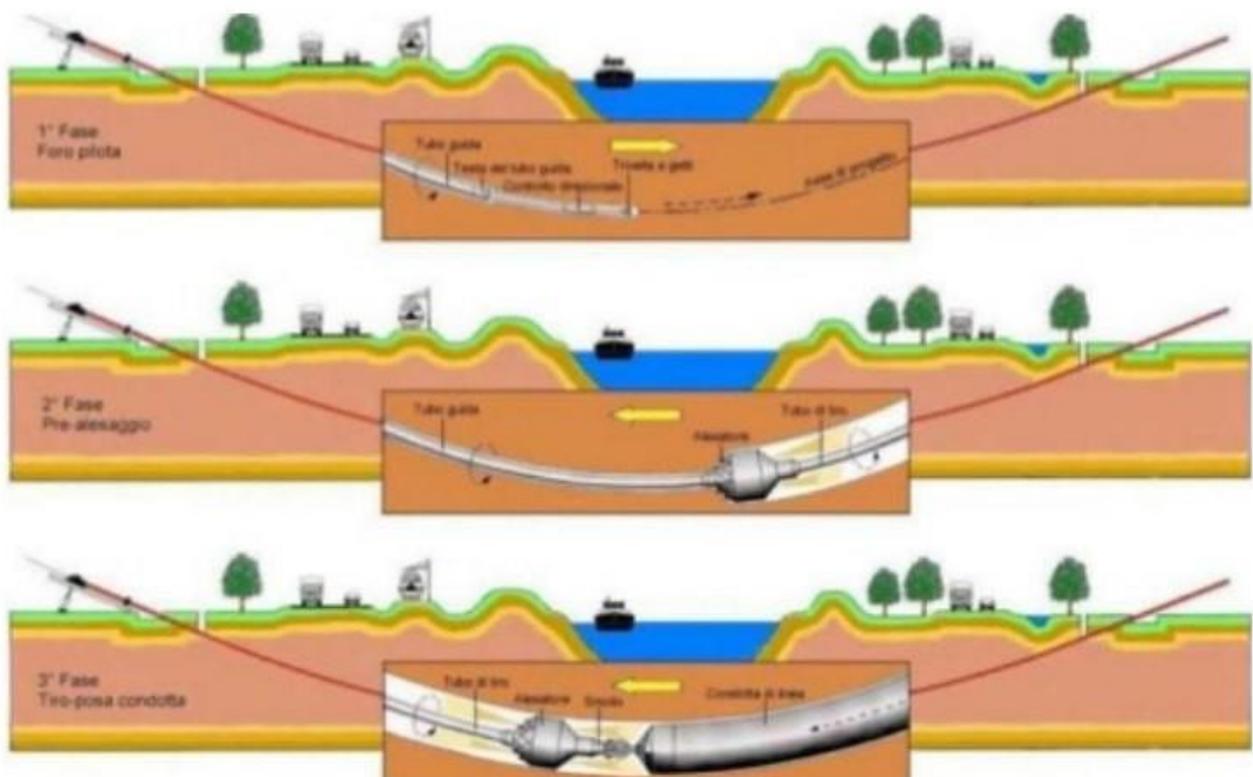


Fig. 6.1 – Fasi della T.O.C.