

REGIONE PUGLIA

Città Metropolitana di Sassari

COMUNE DI SASSARI



| | | | | | |
|------|----------------------------|----------|------------|-------------|----------|
| | | | | | |
| 01 | EMISSIONE PER ENTI ESTERNI | 26/05/23 | NASTASI M. | BELFIORE G. | FURNO C. |
| 00 | EMISSIONE PER COMMENTI | 19/05/23 | NASTASI M. | BELFIORE G. | FURNO C. |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | CONTROL. | APPROV. |

Committente:

SASSARI EOLICA S.R.L.

Via Napo Torriani 17/A – 22100 Como (CO) – P.IVA/C.F. 03921560136 – Pec: sassarieolica@pec.it

Società di Progettazione:

Ingegneria & Innovazione



Via Jonica, 16 – Loc. Belvedere – 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

PARCO EOLICO DI "SASSARI"

Progettista/Resp. Tecnico:

Dott. Ing. Cesare Furno
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Catania
n° 6130 sez. A

Elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

Geologo:

Dott. Geol. Milko Nastasi
Ordine Regionale
dei Geologi di Sicilia
n° 3139 sez. A

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C21002S05-PD-RT-05-01

Allegato:

1/1

F.to:


A4

Livello:

DEFINITIVO

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



| | | | | |
|-----------------------|---|--|--|--|
| SASSARI EOLICA S.R.L. | <p style="text-align: center;">PARCO EOLICO DI "SASSARI"</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA</p> | <div style="text-align: center;">  <i>Ingegneria & Innovazione</i> </div> <div> <div>26/05/2023</div> <div>REV: 01</div> <div>Pag.2</div> </div> | | |
|-----------------------|---|--|--|--|

SOMMARIO


| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO | 3 |
| 3. GEOMORFOLOGICO-IDROGRAFICO | 5 |
| 4. CONSIDERAZIONI IDRAULICHE E IDROLOGICHE | 6 |
| 4.1 METODO DI STUDIO | 6 |
| 4.2 ANALISI IDRAULICA | 10 |
| 5. EROSIONE DELL'ALVEO | 14 |
| 6. POSA DEL CAVIDOTTO | 14 |
| 7. OPERE IDRAULICHE | 16 |
| CONCLUSIONI | 17 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Corografia della zona in scala 1:25000..... | 4 |
| Figura 2 - Mappa dei vari siti dell'impianto in progetto | 5 |
| Figura 3 - Area interessata dagli impianti con le interferenze con il reticolo idrografico presente | 6 |
| Figura 4 - carta idrografica dell'area di studio | 8 |
| Figura 5 - ubicazione ed immagine dell'impluvio interessato..... | 11 |
| Figura 6 - altezze del tirante idraulico alla portata considerata con TR = 100 e 200 | 12 |
| Figura 7 - sezioni di chiusura del bacino nei vari TR 30, 200, 500 | 13 |
| Figura 8 - illustrazione tecnica TOC..... | 15 |

ALLEGATI:

ALLEGATO 1: COROGRAFIA 1:25000
ALLEGATO 2: CARTA IDROGRAFICA 1:25000

| | | | | |
|-----------------------|---|---|--|--|
| SASSARI EOLICA S.R.L. | PARCO EOLICO DI "SASSARI" RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA |  Ingegneria & Innovazione 26/05/2023 REV: 01 Pag.3 | | |
|-----------------------|---|---|--|--|

1. PREMESSA

Su incarico della SASSARI EOLICA S.r.l., la società Antex Group Srl e la Società Geotech S.r.l. hanno redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nel comune di Sassari (SS), la prima riguardo la progettazione ambientale e civile, la seconda riguardo la progettazione elettrica della connessione in cavo interrato a 36 kV alla Rete di Trasmissione Nazionale del Parco Eolico "Sassari Eolica".

Il Parco Eolico in progetto, da ubicarsi nel Comune di Sassari, sarà costituito da 5 aerogeneratori da 5,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 28 MW.

L'elettrodotto 36 kV in cavo interrato collegherà l'impianto suddetto alla RTN partendo dalla cabina utente 36 kV ubicata nei pressi dell'aerogeneratore 4 e arrivando alla futura SE 150/36 kV della RTN "Fiumesanto 2" in comune di Sassari. Il progetto di tale Stazione Elettrica è in carico ad altro produttore.

Nello specifico la soluzione tecnica minima generale indicata da TERNI per la connessione dell'impianto di produzione "Sassari Eolica" alla RTN per una potenza in immissione pari a 28 MW prevede, come indicato nella lettera P20220091076-18.10.2022, che il Parco Eolico venga collegato in antenna a 36kV sulla sezione a 36 kV della futura Stazione Elettrica (SE) a 150/36 kV della RTN da inserire in entra – esce alle linee esistenti della RTN a 150 kV n. 342 e 343 "Fiumesanto – Porto Torres" e alla futura linea 150 kV "Fiumesanto – Porto Torres" di cui al Piano di Sviluppo Terna.

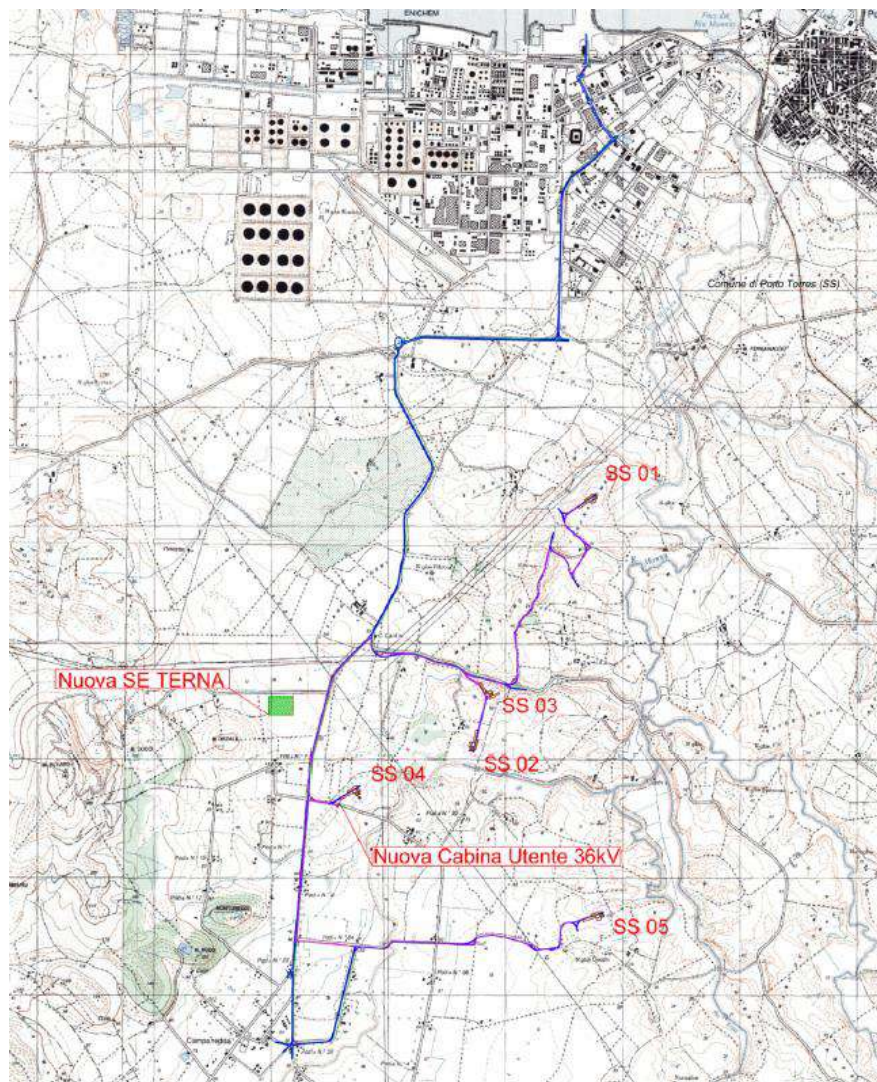
Le attività di progettazione definitiva civile e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl.

Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali e gestionali e pone a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001 nelle loro ultime edizioni.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Al fine di verificare la fattibilità del progetto in esame e definire al meglio il modello geologico in fase di progetto definitivo, è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree in esame, spinte fino ad un intorno utile a definire le caratteristiche sopra menzionate.



Legenda

- viabilità
- cavidotto a 36 kV
- cavidotto AT
- SE Terna
- Cabina utente

Figura 1 - Corografia della zona in scala 1:25000

L'area sulla quale verranno installate le turbine ricade nel Foglio 441 III Porto Torres e 459 IV La crucca (fig.1). Le turbine sono ubicate nel territorio comunale di Sassari, mentre il cavidotto si estende fino al territorio comunale di Porto Torres (SS). Le quote relative all'impianto eolico vanno dai 60 ai 40 m.s.l.m e si trova ubicato a Sud dell'abitato di Porto Torres tra la SP42 e la E25.

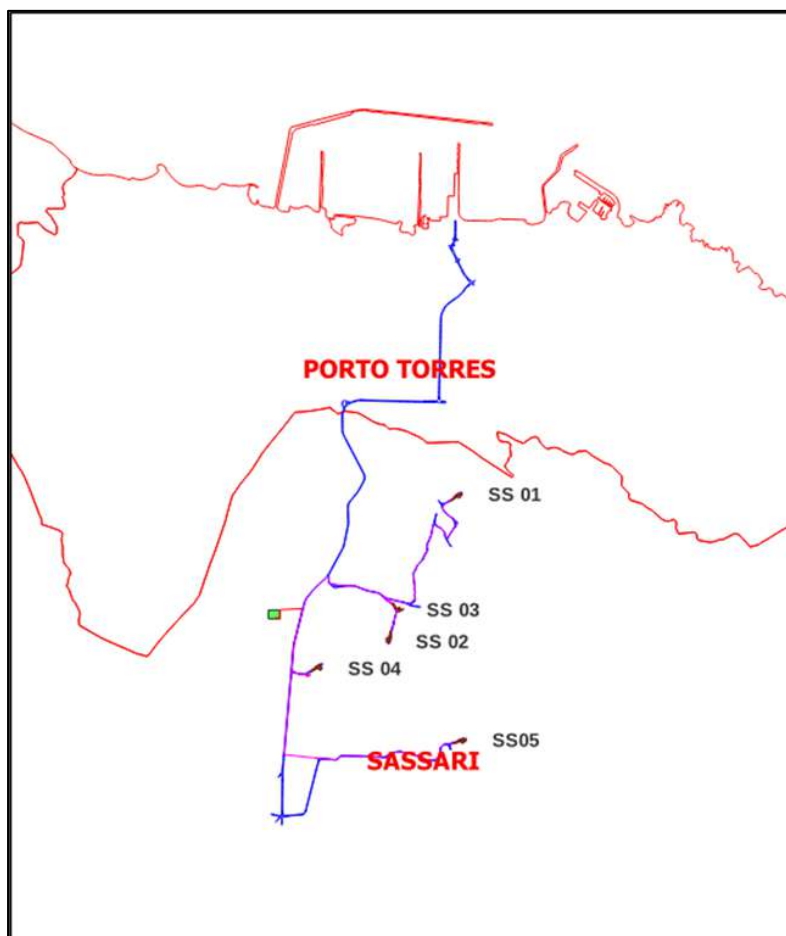


Figura 2 - Mappa dei vari siti dell'impianto in progetto

3. GEOMORFOLOGICO-IDROGRAFICO

L'area di intervento è individuata sulla cartografia tecnica della Regione Autonoma della Sardegna in scala 1:10000, più precisamente all'interna delle CTR n° 441130 e 459010.

Tale zona appartiene ad un contesto geomorfologico caratterizzato da un'area per lo più pianeggiante con diverse incisioni, la più importante delle quali è il Rio Mannu, quest'area degrada verso N con una pendenza media intorno al 4%.

Sono presenti sporadiche colline e orli di scarpata nelle aree dove sono presenti le incisioni che non destano il minimo rischio per le turbine in progetto.

Il reticolo idrografico è di tipo dendritico con pattern fortemente condizionati dall'assetto strutturale del basamento.

I corsi d'acqua principali sono dunque il Rio Mannu, con il suo affluente destro Rio d'Ottava; entrambi a carattere permanente.

Il rio Mannu ed il Rio d'Ottava drenano la porzione di territorio impostata sulle formazioni marmose arenacee Terziarie. Il reticolo idrografico su queste litologie è impostato su un sistema di valli e compluvi, dal fondo piatto, spesso delimitati da scarpate rocciose originatesi a seguito di processi di dilavamento e scalzamento al piede non più attivi nelle condizioni attuali. Il pattern di distribuzione del

reticolo è estremamente semplice e poco ramificato in stretta relazione con l'elevata capacità di infiltrazione delle acque superficiali tipico di contesti carsici.

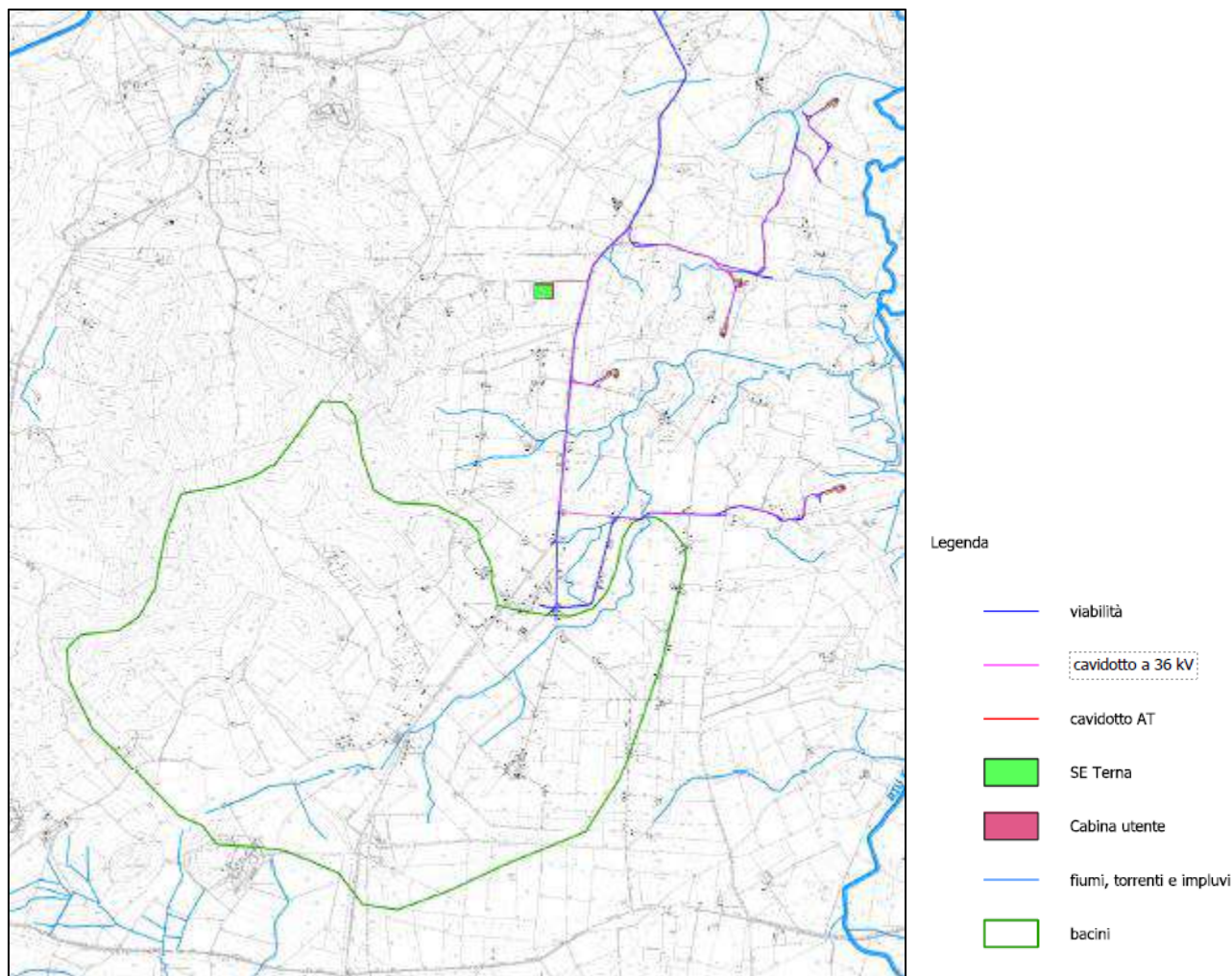



Figura 3 - Area interessata dagli impianti con le interferenze con il reticolo idrografico presente

4. CONSIDERAZIONI IDRAULICHE E IDROLOGICHE

4.1 Metodo di studio

Idrologicamente il sito si presenta con diversi impluvi ma solo 5 interferiscono con il passaggio dei cavidotti, di queste interferenze ne è stata studiata solo una perché ha un bacino abbastanza esteso per cui è stato considerato come il peggiorativo rispetto agli altri.

Sono stati consultati gli annali idrologici della Sardegna per avere i dati di pioggia a 1,3,6,12,24 ore, in modo da ottenere la curva pluviometrica, il Tc (tempo di corrivazione, e di conseguenza la portata Qc del torrente alla sezione di chiusura

| | | | | |
|-----------------------|---|---|---------|-------|
| SASSARI EOLICA S.R.L. | PARCO EOLICO DI "SASSARI" RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA |  Ingegneria & Innovazione | | |
| | | 26/05/2023 | REV: 01 | Pag.7 |

stabilità e vedere tramite studio idraulico con software Hec-Ras se c'è il rischio che le aree si allaghino e che vadano a innalzarsi sopra la viabilità esistente in quel punto.

I dati utilizzati, sfortunatamente pochi per analisi più ampie e dettagliate, sono stati ottenuti dagli annali idrologici dal 2012 al 2021 negli annali idrologici della regione con registrazione delle massime precipitazioni annue per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore sono presenti solo per il periodo sopra detto, e attraverso il metodo di Gumbel e alla formula del metodo razionale si ottengono le portate massime a diversi tempi di ritorno, che visti i pochi anni a disposizione risultano sovrastimate.

La formula razionale, conosciuta anche come metodo razionale o metodo delle sole piogge, è una formula che, sotto alcune ipotesi, permette la stima della portata al colmo di piena che un evento di pioggia di determinato tempo di ritorno può produrre in una data sezione di chiusura di un bacino idrografico; viene utilizzata nella progettazione dei collettori fognari e dei canali artificiali, oltre che nella verifica della capacità idraulica degli alvei fluviali.

L'idrogramma di piena viene approssimato da un triangolo. Viene inoltre assunta l'ipotesi che la durata t_p della precipitazione di progetto P sia pari al tempo di corrivazione t_c . All'istante t_c , quando tutta la superficie del bacino concorre alla produzione del deflusso alla sezione di chiusura, la precipitazione cessa e la portata inizia a diminuire. Quindi anche t_a , (tempo di accumulo o di concentrazione) risulta esattamente uguale a t_c e t_p .

La scelta di un idrogramma simmetrico (triangolo isoscele) rende infine la durata della fase di esaurimento t_e esattamente pari alle altre grandezze.

$$Q_p = \frac{CPA}{3.6t_c}$$

La soluzione è geometrica, tenendo conto che l'area dell'idrogramma corrisponde al volume di deflusso V in m^3 ed esprimendo l'area A in km^2 , la precipitazione P in mm e i tempi t in ore. La portata al picco Q_p viene ovviamente espressa in m^3s^{-1} mentre il coefficiente di deflusso C è adimensionale.

Il concetto di **tempo di corrivazione (T_c)** è stato formulato ben prima dell'avvento delle tecniche di analisi distribuita del DEM con tecniche GIS. Secondo la definizione classica il tempo di corrivazione – t_c è il tempo che impiega una "goccia d'acqua" caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per giungere alla sezione di chiusura.

Nelle formule successive t_c è espresso in ore.

| | |
|--|---|
| Formula di Giandotti <small>$A > 170 km^2$</small> | $= \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m \cdot H_0}}$ |
| Formula di Tournon <small>$30 < A < 170 km^2$</small> | $= \frac{0.396L}{\sqrt{P_i}} \left(\frac{S}{L^2} \sqrt{\frac{P_i}{P_b}} \right)^{-}$ |
| Formula di Pezzoli <small>bacini piccoli</small> | $= 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8}$ |

È stato individuato un bacino, rappresentato nella figura sottostante, dal quale sono stati eseguite le analisi statistiche utilizzando la formula di Pezzoli, Kirpich

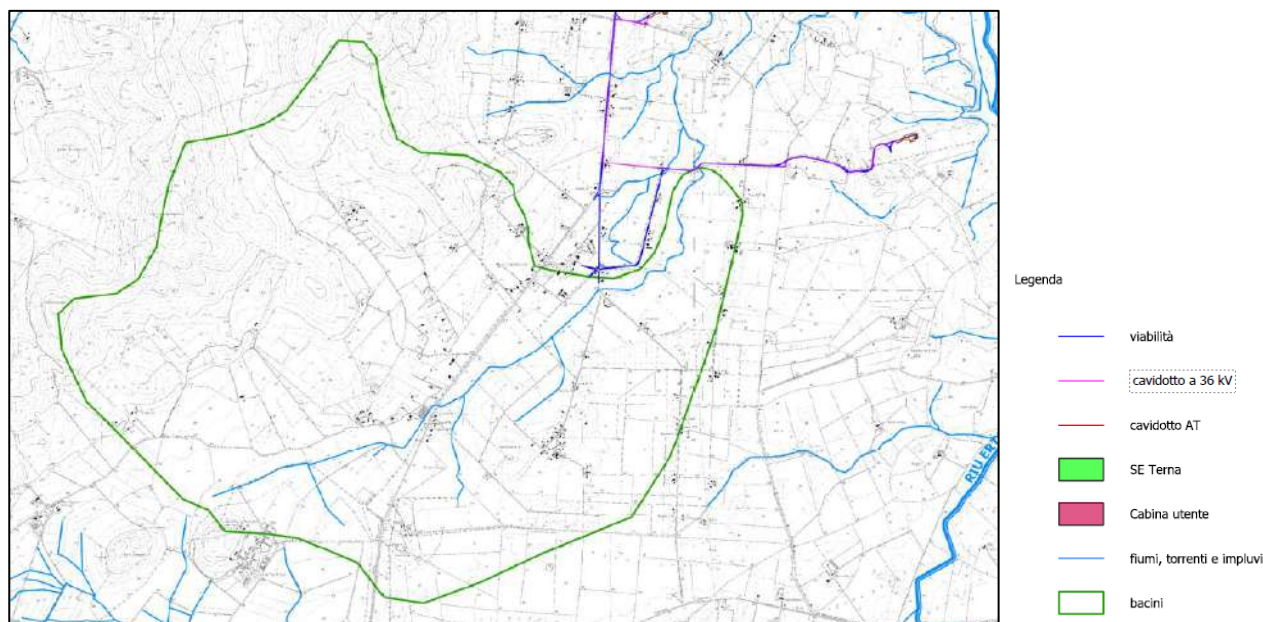


Figura 4 – carta idrografica dell'area di studio

Impluvio 1

Il bacino 1 ha un'estensione di 0.30 km² circa e la sezione di chiusura è individuata a SO dell'impianto.


Di seguito verranno riportati il risultato del bacino individuato.

| | | | |
|---|------------------|---------------|-----------------|
| Superficie del Bacino | S = | 15,00 | Km ² |
| Lunghezza percorso idraulico principale | L = | 10,00 | Km |
| Altitudine max percorso idraulico | Hmax = | 75,00 | m (s.l.m.) |
| Altitudine min percorso idraulico | H0 = | 58,00 | m (s.l.m.) |
| Pendenza media percorso idraulico | Pi = | 0,00 | (m/m) |
| Altitudine max bacino | Hmax = | 336,00 | m (s.l.m.) |
| Altitudine sezione considerata | H0 = | 58,00 | m (s.l.m.) |
| Altitudine media bacino | Hm = | 489,00 | m (s.l.m.) |
| Dislivello medio bacino | Hm - H0 = | 95,00 | m |

Per le analisi statistiche si è presa come riferimento la stazione di Roccamena che, per la quantità di dati di registrazione di eventi estremi con durate inferiori al giorno, e per la sua ubicazione, può essere ritenuta significativa.

I dati, ricavati negli annali idrologici della regione si riferiscono al periodo dal 1999 al 2021, con registrazione delle massime precipitazioni annue per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Serie osservazioni

| DATI PLUVIOGRAFICI (Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo su 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive) | | | | | |
|--|---------------------|---|---------------------|----------------------|----------------------|
| Stazione di : Sassari | |  | | | |
| Quota (m s.l.m.) : | | Numero di osservazioni : N = 10 | | | |
| Anno | t = 1 ora h (mm) | t = 3 ore h (mm) | t = 6 ore h (mm) | t = 12 ore h (mm) | t = 24 ore h (mm) |
| 2021 | 26,80 | 26,80 | 27,80 | 30,40 | 31,80 |
| 2020 | 53,00 | 58,20 | 61,20 | 62,60 | 63,80 |
| 2019 | 24,00 | 37,20 | 41,80 | 55,40 | 62,40 |
| 2018 | 13,00 | 18,00 | 21,20 | 36,00 | 57,20 |
| 2017 | 17,00 | 19,60 | 24,60 | 29,20 | 29,60 |
| 2016 | 31,20 | 36,20 | 36,80 | 50,40 | 51,20 |
| 2015 | 16,80 | 19,80 | 34,40 | 41,60 | 43,40 |
| 2014 | 24,40 | 30,00 | 41,40 | 44,40 | 49,80 |
| 2013 | 14,20 | 27,80 | 36,20 | 40,00 | 48,20 |
| 2012 | 11,00 | 18,40 | 33,20 | 55,80 | 63,80 |

| DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTOSO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA | | | TEMPO DI CORRIVAZIONE: t_c (ore) | | |
|---|---------------|-----------------------|--|------|--|
| Superficie del Bacino | $S =$ | 15,00 km ² | Glandati $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_b}} =$ | | |
| Lunghezza percorso idraulico principale | $L =$ | 10,00 km | Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P_b}} \right)^{0.8} =$ | 7.52 | |
| Altitudine max percorso idraulico | $H_{max} =$ | 75,00 m (s.l.m.) | | | |
| Altitudine min percorso idraulico | $H_b =$ | 58,00 m (s.l.m.) | Tournon $\Rightarrow T_c = \frac{0.396L}{\sqrt{P_b}} \left(\frac{S}{L^2 \sqrt{P_b}} \right)^{0.72} =$ | | |
| Pendenza media percorso idraulico | $P_b =$ | 0,00 (m/m) | | | |
| Altitudine max bacino | $H_{max} =$ | 336,00 m (s.l.m.) | | | |
| Altitudine sezione considerata | $H_b =$ | 58,00 m (s.l.m.) | | | |
| Altitudine media bacino | $H_m =$ | 489,00 m (s.l.m.) | | | |
| Dislivello medio bacino | $H_m - H_b =$ | 95,00 m | | | |
| Pendenza media bacino | $P_b =$ | #DIV/0! (m/m) | | | |
| Lunghezza da Qmax bacino - sezione | | 0 m | | | |

| CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER A SSGNATI TEMPI DI RITORNO (FORMULA del METODO RAZIONALE) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------|------------------|---------------------------------|---------------|----------------------|-----|-------------|------------------|---------------------------------|--------|--------------------------------------|--------|------|-------|---|------|---------|--------|--|-------|------|------|---------|--------|------|-------|------|-----|---------|--------|------|-------|------|-----|---------|--------|------|-------|-------|
| $Q_{max} = \frac{ch_{(t,T)} S}{3.6t_c}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| c = coefficiente di deflusso $h_{(t,T)}$ = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm) S = superficie del bacino (km ²) t_c = tempo di corrivazione (ore) 3,6 = fattore di conversione che permette di ottenere la Qmax in m ³ /sec | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di suolo</th> <th colspan="3">Copertura del bacino</th> </tr> <tr> <th>Coltivi</th> <th>Pascoli</th> <th>Boschi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Molto permeabile sabbioso o ghiaioso</td> <td>0,20</td> <td>0,15</td> <td>0,10</td> </tr> <tr> <td>Mediamente permeabili; medio impasto o simili</td> <td>0,40</td> <td>0,35</td> <td>0,30</td> </tr> <tr> <td>Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile</td> <td>0,50</td> <td>0,45</td> <td>0,40</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | Tipo di suolo | Copertura del bacino | | | Coltivi | Pascoli | Boschi | Molto permeabile sabbioso o ghiaioso | 0,20 | 0,15 | 0,10 | Mediamente permeabili; medio impasto o simili | 0,40 | 0,35 | 0,30 | Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile | 0,50 | 0,45 | 0,40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tipo di suolo | Copertura del bacino | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Coltivi | Pascoli | Boschi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Molto permeabile sabbioso o ghiaioso | 0,20 | 0,15 | 0,10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mediamente permeabili; medio impasto o simili | 0,40 | 0,35 | 0,30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile | 0,50 | 0,45 | 0,40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RISULTATI Deflusso $C =$ 0,20 S (km ²) = 15,00 t_c (ore) = 7,52 451,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>T_r (anni)</th> <th>a</th> <th>n</th> <th>t_c (ore)</th> <th>$h_{(t,T)}$ (mm)</th> <th>Q_{max} (m³/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>39,2443</td> <td>0,1659</td> <td>7,52</td> <td>54,85</td> <td>6,08</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>50,7083</td> <td>0,1262</td> <td>7,52</td> <td>65,41</td> <td>7,25</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>55,9839</td> <td>0,1123</td> <td>7,52</td> <td>70,20</td> <td>7,78</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>63,0891</td> <td>0,0988</td> <td>7,52</td> <td>76,64</td> <td>8,49</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>70,1638</td> <td>0,0835</td> <td>7,52</td> <td>83,04</td> <td>9,203</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | T_r (anni) | a | n | t_c (ore) | $h_{(t,T)}$ (mm) | Q_{max} (m ³ /sec) | 10 | 39,2443 | 0,1659 | 7,52 | 54,85 | 6,08 | 30 | 50,7083 | 0,1262 | 7,52 | 65,41 | 7,25 | 50 | 55,9839 | 0,1123 | 7,52 | 70,20 | 7,78 | 100 | 63,0891 | 0,0988 | 7,52 | 76,64 | 8,49 | 200 | 70,1638 | 0,0835 | 7,52 | 83,04 | 9,203 |
| T_r (anni) | a | n | t_c (ore) | $h_{(t,T)}$ (mm) | Q_{max} (m ³ /sec) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 39,2443 | 0,1659 | 7,52 | 54,85 | 6,08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 50,7083 | 0,1262 | 7,52 | 65,41 | 7,25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 55,9839 | 0,1123 | 7,52 | 70,20 | 7,78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 63,0891 | 0,0988 | 7,52 | 76,64 | 8,49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | 70,1638 | 0,0835 | 7,52 | 83,04 | 9,203 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4.2 Analisi idraulica

Sono stati eseguiti 5 studi idraulici, ipotizzando che ci sia un flusso permanente e quindi mettendoci nelle peggiori condizioni, in corrispondenza delle interferenze del cavidotto con la viabilità esistente per verificare quanto disposto al paragrafo 4.1 con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Calcolo idraulico impluvio 1

È stato individuato l'impluvio con l'intersezione con il cavidotto

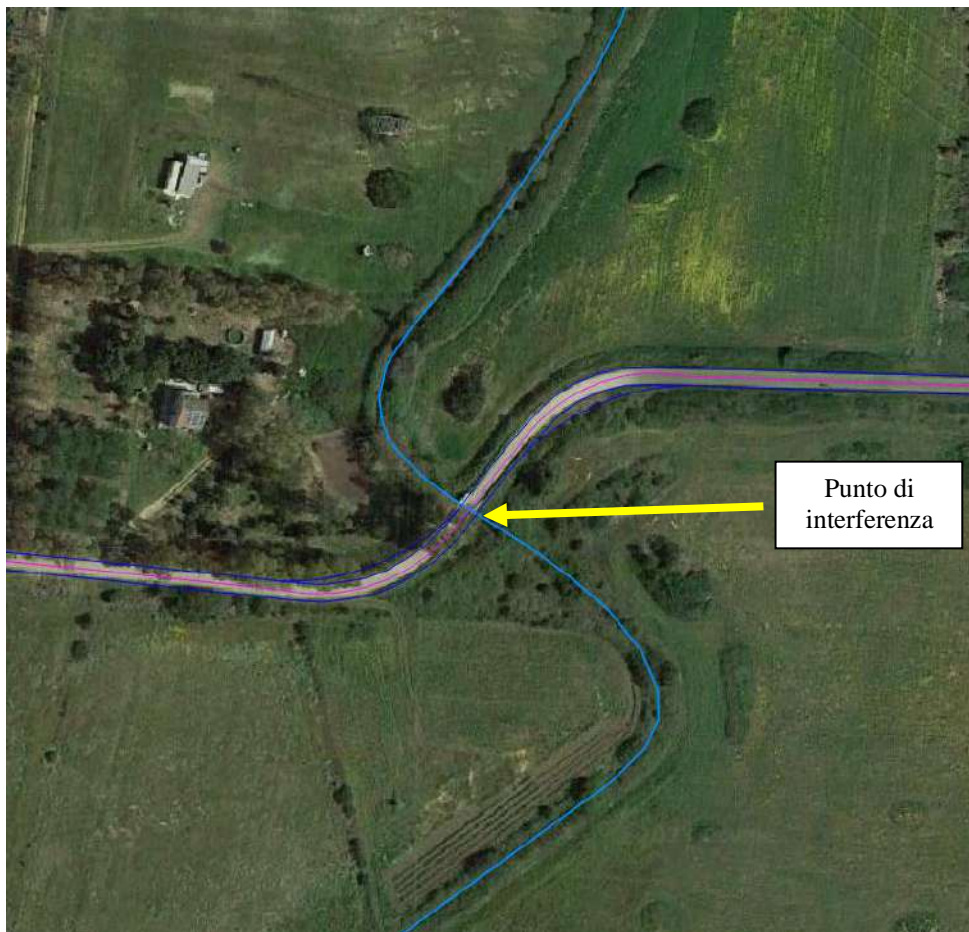


Figura 5 – ubicazione ed immagine dell'impluvio interessato

Inserite le condizioni al contorno del modello è stata lanciata la simulazione ottenendo l'altezza del tirante idraulico nei vari tempi di ritorno Fig. 6.

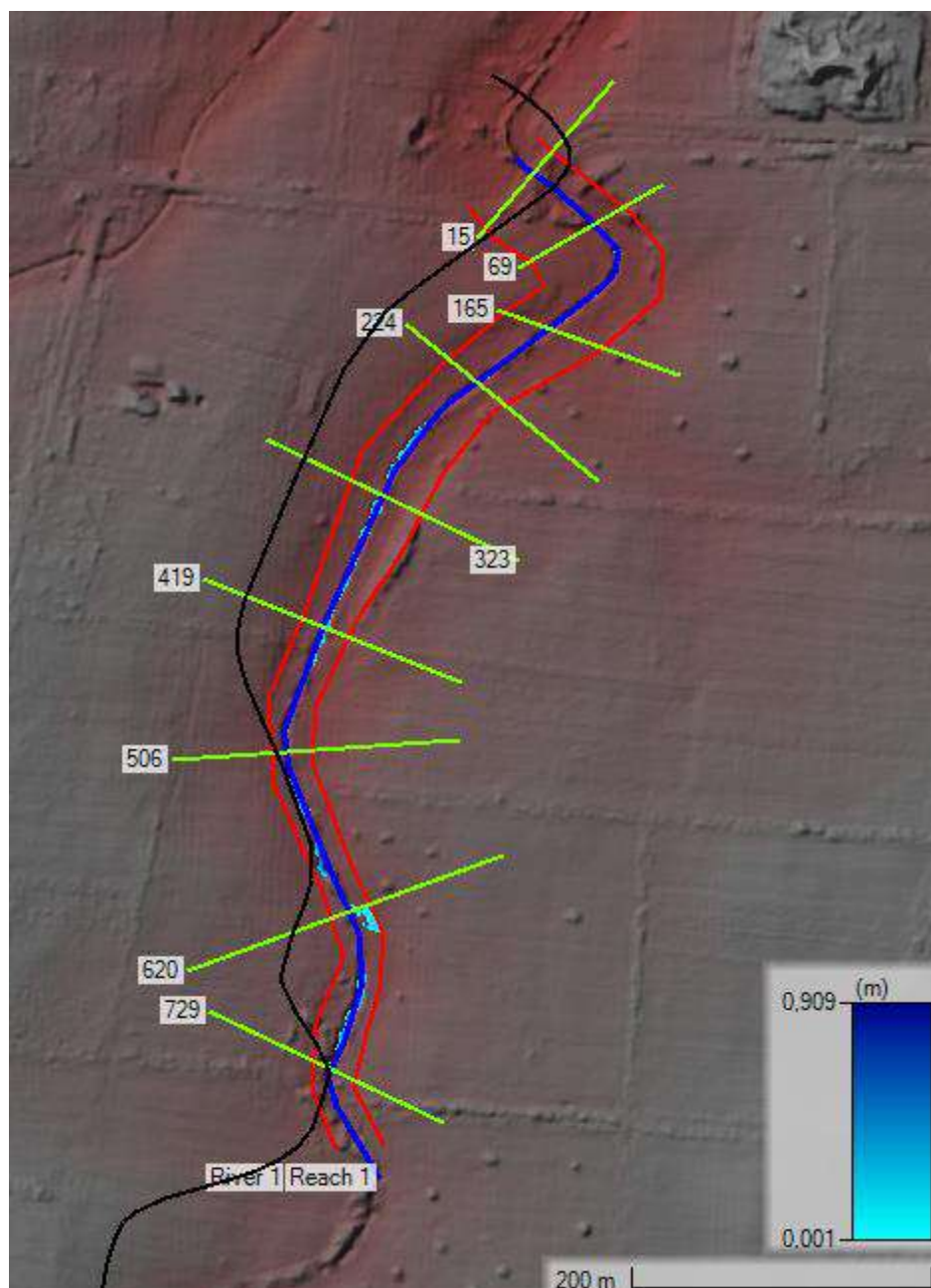


Figura 6 – altezze del tirante idraulico alla portata considerata con TR = 100 e 200

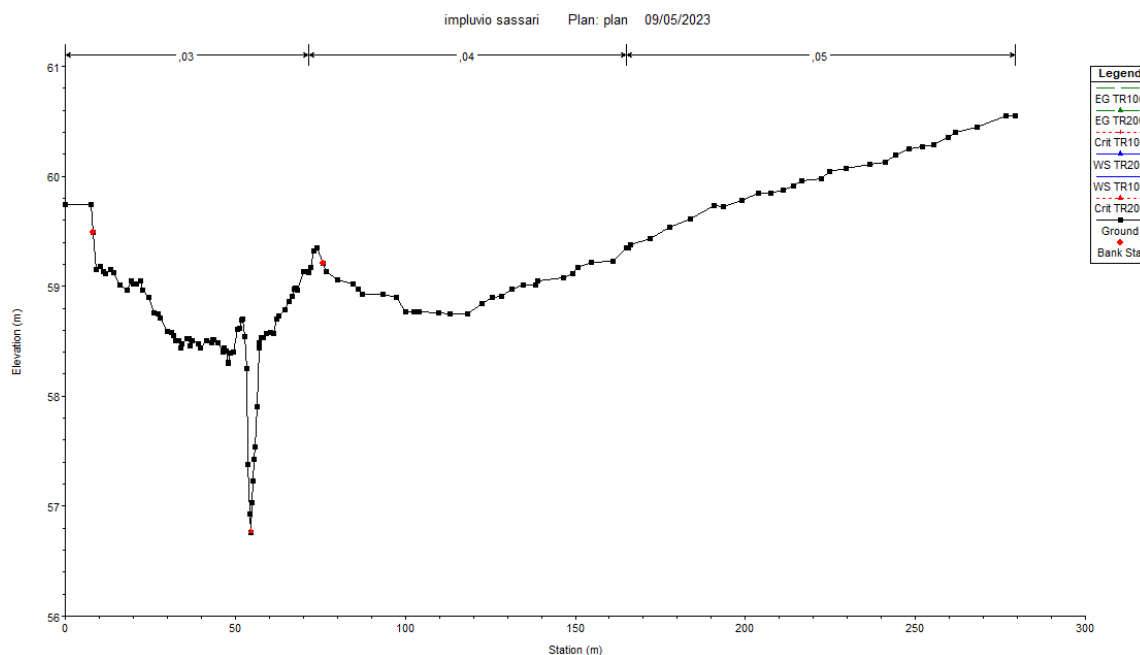



Figura 7 – sezioni di chiusura del bacino nei vari TR 30, 200, 500

Dalle simulazioni effettuate, si può notare come l'altezza massima del tirante idraulico è intorno ai 90 cm per un TR di 100 anni, considerato come aree ad alta probabilità di inondazione.

L'altezza del tirante idraulico alla sezione di chiusura non inonda la strada, dove tra l'altro esiste già un'opera di ingegneria idraulica che attraversa la viabilità.

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|---------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Reach 1 | 729 | TR100 | 0,00 | 60,27 | 60,53 | | 60,53 | 0,000000 | 0,00 | 0,52 | 3,04 | 0,00 |
| Reach 1 | 729 | TR200 | 0,00 | 60,27 | 60,53 | | 60,53 | 0,000000 | 0,00 | 0,52 | 3,04 | 0,00 |
| Reach 1 | 620 | TR100 | 0,00 | 60,52 | 60,53 | 60,53 | 60,53 | 0,000003 | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0,01 |
| Reach 1 | 620 | TR200 | 0,00 | 60,52 | 60,53 | 60,53 | 60,53 | 0,000003 | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0,01 |
| Reach 1 | 506 | TR100 | 0,00 | 59,44 | 59,45 | 59,45 | 59,45 | 0,001036 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 0,13 |
| Reach 1 | 506 | TR200 | 0,00 | 59,44 | 59,45 | 59,45 | 59,45 | 0,001036 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 0,13 |
| Reach 1 | 419 | TR100 | 0,00 | 58,72 | 59,04 | 58,73 | 59,04 | 0,000000 | 0,00 | 0,44 | 2,78 | 0,00 |
| Reach 1 | 419 | TR200 | 0,00 | 58,72 | 59,04 | 58,73 | 59,04 | 0,000000 | 0,00 | 0,44 | 2,78 | 0,00 |
| Reach 1 | 323 | TR100 | 0,00 | 59,03 | 59,04 | 59,04 | 59,04 | 0,000001 | 0,00 | 0,00 | 0,72 | 0,00 |
| Reach 1 | 323 | TR200 | 0,00 | 59,03 | 59,04 | 59,04 | 59,04 | 0,000001 | 0,00 | 0,00 | 0,72 | 0,00 |
| Reach 1 | 224 | TR100 | 0,00 | 57,74 | 57,80 | 57,75 | 57,80 | 0,000000 | 0,00 | 0,02 | 0,71 | 0,00 |
| Reach 1 | 224 | TR200 | 0,00 | 57,74 | 57,80 | 57,75 | 57,80 | 0,000000 | 0,00 | 0,02 | 0,71 | 0,00 |
| Reach 1 | 165 | TR100 | 0,00 | 57,79 | 57,80 | 57,80 | 57,80 | 0,000832 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 0,11 |
| Reach 1 | 165 | TR200 | 0,00 | 57,79 | 57,80 | 57,80 | 57,80 | 0,000832 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 0,11 |
| Reach 1 | 69 | TR100 | 0,00 | 56,95 | 56,96 | 56,96 | 56,96 | 0,000025 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,02 |
| Reach 1 | 69 | TR200 | 0,00 | 56,95 | 56,96 | 56,96 | 56,96 | 0,000025 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,02 |
| Reach 1 | 15 | TR100 | 0,00 | 56,76 | 56,77 | 56,77 | 56,77 | 0,004860 | 0,04 | 0,00 | 0,02 | 0,25 |
| Reach 1 | 15 | TR200 | 0,00 | 56,76 | 56,77 | 56,77 | 56,77 | 0,004860 | 0,04 | 0,00 | 0,02 | 0,25 |

| | | | | |
|-----------------------|---|--|--|--|
| SASSARI EOLICA S.R.L. | PARCO EOLICO DI "SASSARI" RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA |  Ingegneria & Innovazione 26/05/2023 REV: 01 Pag.14 | | |
|-----------------------|---|--|--|--|

Q = flusso totale in sezione trasversale

Min Ch. El. = elevazione minima del canale

W. S. Elev. = superficie dell'acqua calcolata dall'equazione dell'energia

Crit. W.S. = Elevazione critica della superficie dell'acqua. (superficie dell'acqua corrispondente all'energia minima sulla curva energia rispetto alla profondità)

E.G. elev. = Grado di energia per un dato WSEL

E.G. Slope = Pendenza della linea di classe energetica in una sezione trasversale

Vel chnl = Velocità media del flusso nel canale principale

Flow area = area totale della sezione trasversale del flusso attivo

Top Width = larghezza superiore della sezione bagnata

5. EROSIONE DELL'ALVEO

In generale, la corrente idrica esercita un'azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta ossia, erode il letto fluviale mobile.

L'erosione può provocare l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento e spostamento (migrazione) dell'alveo.

Si distinguono pertanto i seguenti fenomeni:


- Erosione locale, dovuta principalmente ad eventi intensi associati a precipitazioni eccezionali: si esplica in prossimità di singolarità idrauliche, come pile o spalle di ponti, ovvero salti e scivoli che comportano perturbazioni alla corrente, ove la turbolenza risulta particolarmente intensa. Il fenomeno ha decorso rapidissimo e può portare alla rovina dell'opera in alveo nel corso di una sola piena;
- Erosione generalizzata, dovuta alle piene ordinarie: si sviluppa quando la portata di sedimento immessa da monte non è sufficiente a saturare la capacità di trasporto della corrente idrica; la saturazione della capacità di trasporto avviene prelevando materiale d'alveo, ossia erodendo il letto; questa può procedere uniformemente o localmente ma in maniera graduale.

Dove sono previsti attraversamenti di alvei, ove non è presente viabilità si ricorrerà a tecnologie avanzate come la TOC, spingendolo ad una profondità tale che l'eventuale erosione del fiume non ne comprometta la stabilità.

Gli impluvi presenti sia per litologia che per pendenze non presentano una erosione elevata, in ogni caso il cavidotto sarà posizionato lungo tutta la viabilità esistente per cui non sussistono problemi di sorta.

6. POSA DEL CAVIDOTTO

Come già spiegato nei paragrafi precedenti, il tracciato del cavidotto di collegamento con la sottostazione elettrica, interseca in diversi punti il reticolo idrografico riportato nell'allegato 2. L'attraversamento può avvenire, superando una

| | | | | |
|-----------------------|--|---|---------|--------|
| SASSARI EOLICA S.R.L. | PARCO EOLICO DI "SASSARI" RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA |  Ingegneria & Innovazione | | |
| | | 26/05/2023 | REV: 01 | Pag.15 |

infrastruttura idraulica (tombino, ponte ecc..) oppure "a raso" dove esiste un leggero avvallamento lungo la strada di servizio.

Per tutti gli attraversamenti vale il comune denominatore: tutela delle infrastrutture idrauliche esistenti senza alterare la morfologia del reticolo attuale.

Per questo motivo, si anticipa che:

- il cavidotto in progetto verrà interrato lungo la viabilità di servizio ad una profondità di circa 0.80 - 1 m utilizzando lo stesso materiale di scavo per il rinterro (verificando la trincea alle forze di erosione massime), e alcuni tratti sono previsti su terreno ad una distanza che va da 1,80 m a 4 m circa dall'eventuale piede della scarpata.
- nel caso di attraversamento di infrastruttura idraulica, ove necessario sarà posato al di sotto della stessa, utilizzando la tecnologia NO DIG (TOC o con spingitubo) garantendo un franco di sicurezza di circa 20 – 30 cm dalla fondazione del tombino;

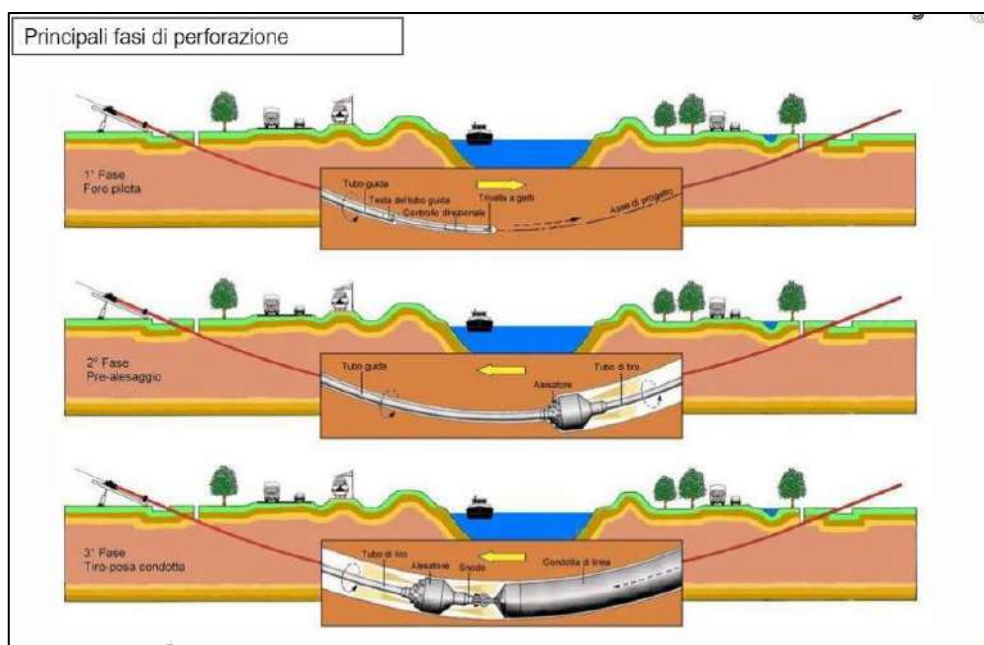



Figura 8 – illustrazione tecnica TOC

- oppure discostandosi dalla sede stradale verso valle del tombino e attraversare il reticolo con spingitubo ad una profondità di -1,50 - 2 m garantendo la resistenza del rinterro alle azioni di trascinamento delle piene (che saranno verificate in seguito). Una volta attraversato il reticolo il cavo sarà posato in sede stradale sempre alla profondità di -1,50 - 2 m.

La verifica dell'erosione della trincea di rinterro viene effettuata in base alle forze di trascinamento generate dalla piena nel caso più gravoso. Una volta verificato il rinterro della trincea descritto in progetto nelle condizioni peggiorative, questo viene steso, a vantaggio di sicurezza, a tutti gli attraversamenti.

| | | |
|-----------------------|---|---|
| SASSARI EOLICA S.R.L. | PARCO EOLICO DI "SASSARI" RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA |  Ingegneria & Innovazione |
| | | |
| | | 26/05/2023 REV: 01 Pag.16 |

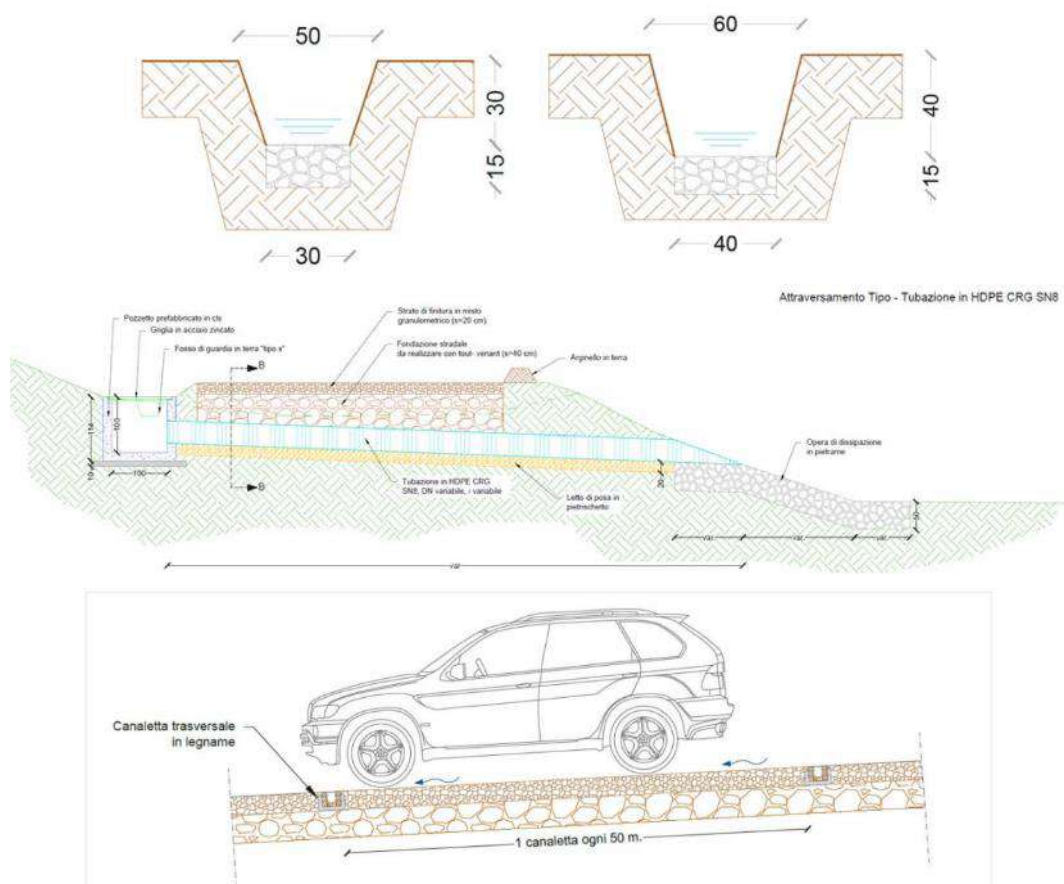
La profondità di 1,50 - 2 m ci mette in sicurezza anche per quanto riguarda l'erosione del letto fluviale, in quanto l'erosione è molto lenta a causa degli apporti sedimentari durante eventi di piena e soprattutto per la natura litologica dei terreni in loco.

7. OPERE IDRAULICHE


La durabilità delle strade e delle piazzole di un parco eolico è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti.

In fase di esecuzione, così come per le opere di bioingegneria, saranno scelte le opere migliori per il drenaggio delle acque meteoriche, come ad esempio:



Con la costruzione del parco è anche mantenuta l'invarianza idraulica in quanto le fondazioni, essendo interrato, non ostacolano il deflusso delle acque.

| | | |
|-----------------------|---|--|
| SASSARI EOLICA S.R.L. | <p align="center">PARCO EOLICO DI "SASSARI"</p> <p align="center">RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA</p> | <div align="center">  <p>Antex group</p> <p><i>Ingegneria & Innovazione</i></p> </div> <div> <div>26/05/2023</div> <div>REV: 01</div> <div>Pag.17</div> </div> |
|-----------------------|---|--|

CONCLUSIONI

Si tratta di un'area per lo più pianeggiante con qualche incisione di modeste entità sulla quale è in progetto un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, denominato Parco Eolico "SASSARI", che è composto da 5 aerogeneratori con una potenza nominale pari a 5.6 MW per una potenza nominale installata pari a 28 MW, da realizzarsi nel territorio del Comune di Sassari.

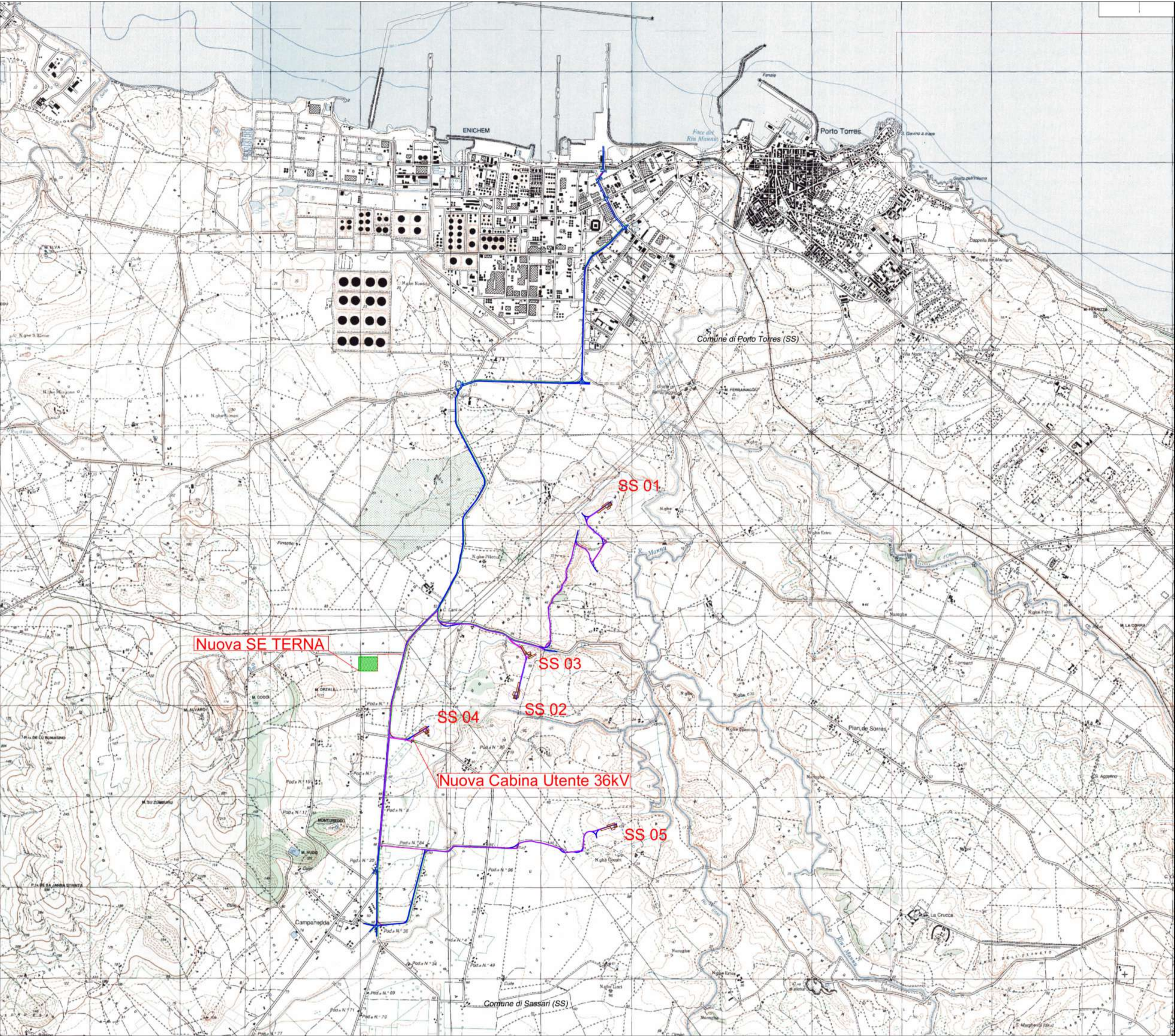
Dallo studio geologico eseguito dalle ricognizioni effettuate sui luoghi l'area risulta geomorfologicamente stabile, come evidenziato anche nella cartografia PAI e la carta geomorfologica allegate alla relazione.

Dal punto di vista idrologico sono presenti alcuni impluvi o torrenti che interferiscono con la viabilità esistente e con il tracciato del cavidotto, in uno di questi impluvi sono stati fatti gli studi idraulici tramite HEC-RAS per capire se i punti dove passano i cavidotti sono idonei.

Sono stati elaborati i dati secondo i TR 100 e 200 anni e i risultati ottenuti non mostrano aree particolarmente pericolose in quanto abbiamo altezze di acqua che non superano i 90, ben al di sotto della sede stradale che attraversa l'impluvio alla sezione di chiusura considerata.

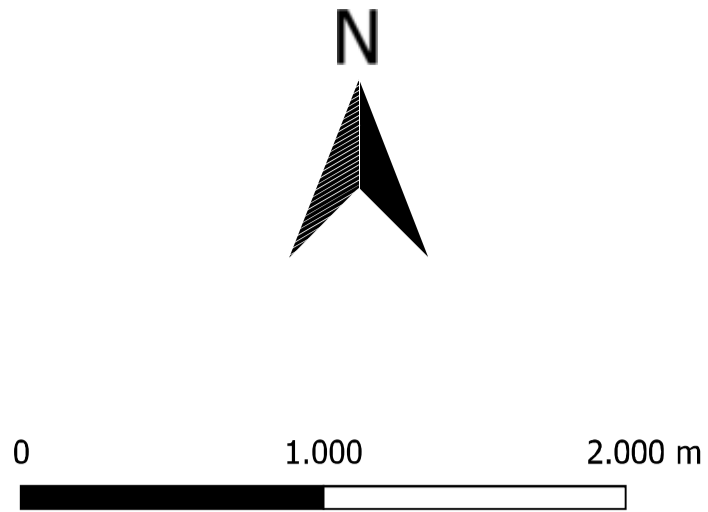
Alla luce dello studio redatto sia la posizione delle turbine che il cavidotto possono essere progettati senza nessun problema dal punto di vista idraulico.

FIRMA



Legenda

- viabilità
- cavidotto a 36 kV
- cavidotto AT
- SE Terna
- Cabina utente



Sistema di riferimento
"WGS 84 / UTM zone 32N"

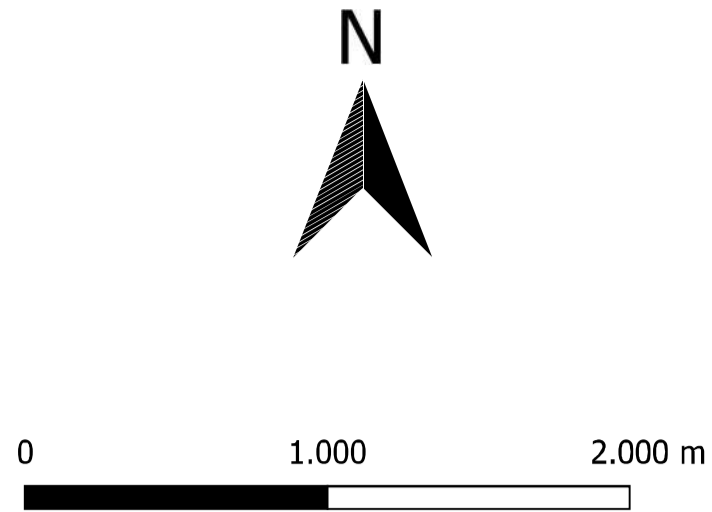
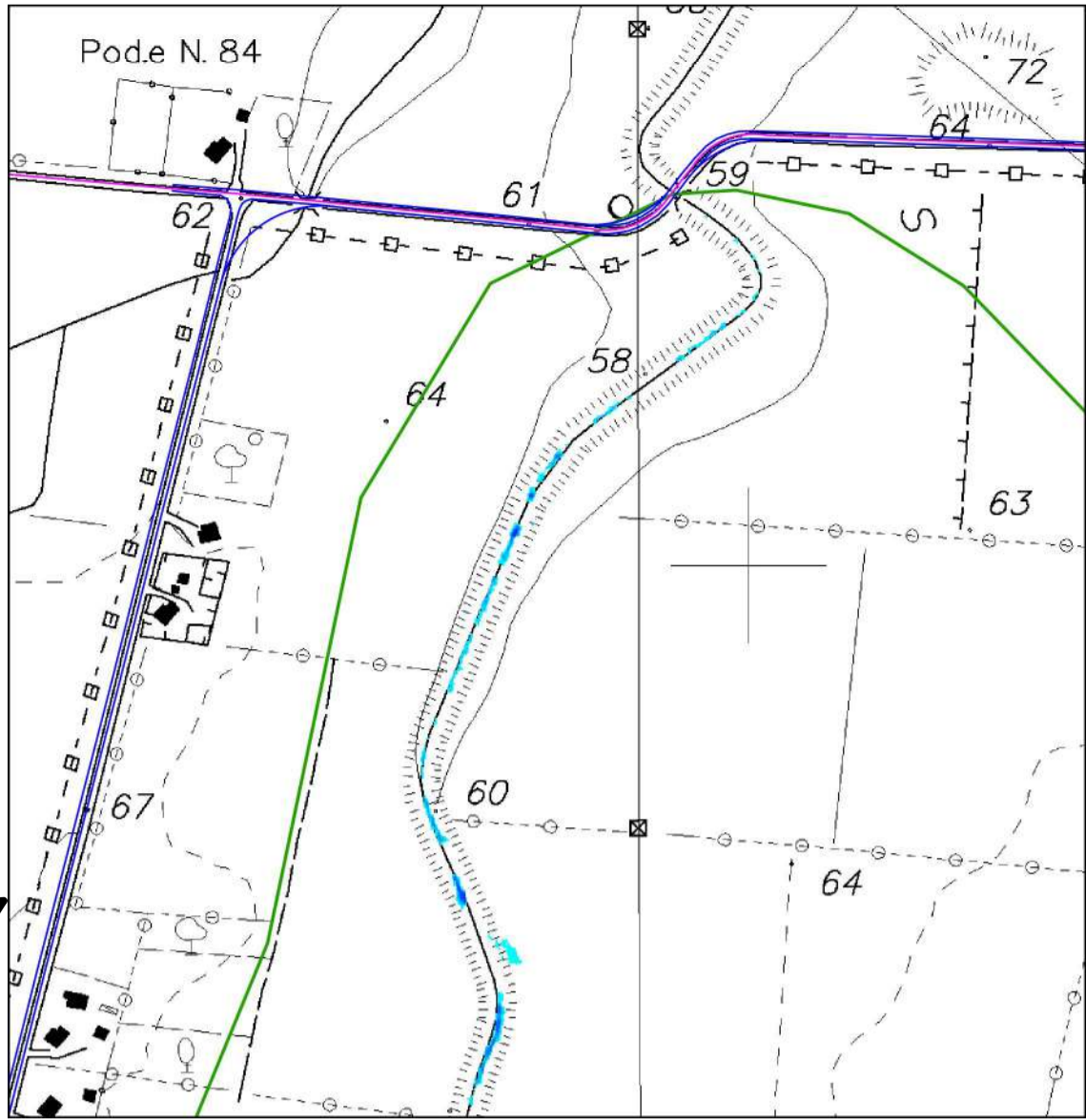
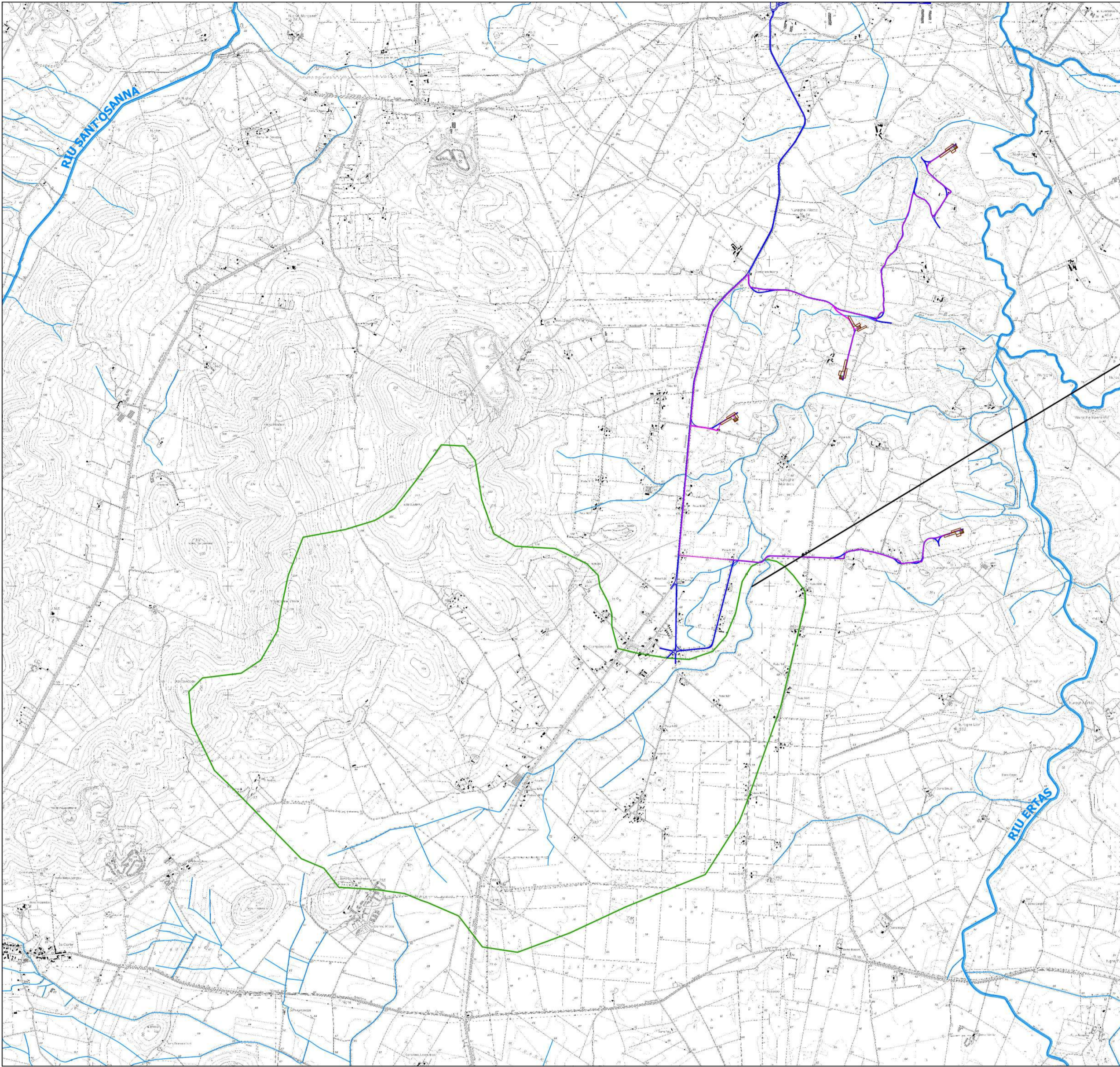
Note: i dati shape sono ottenuti dal sito <http://www.sardegnaeopoitale.it>

REGIONE SARDEGNA
Provincia della Città Metropolitana di Sassari

COMUNE DI SASSARI

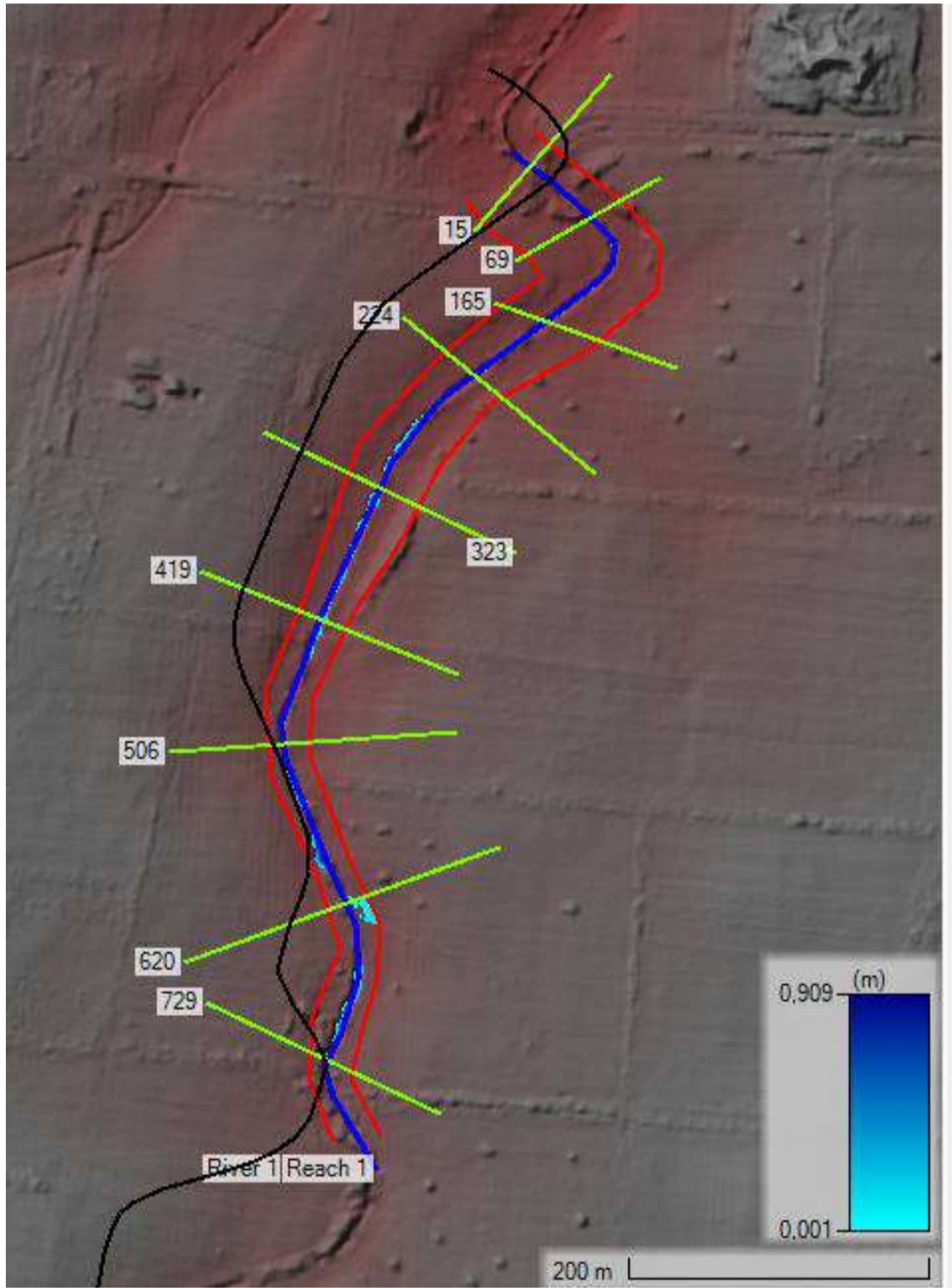


| | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|---|-------------------|
| committente: | | | | SASSARI EOLICA S.R.L. | |
| Via Napa Torioni 17/A - 22100 Como (CO) - P.IVA/C.F. 05921560138 - Pec: sassarieolica@pec.it | | | | Ingegneria & Innovazione | |
| Società di Progettazione: | | | |  | |
| Via Jonico, 16 - Loc. Balvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel: 0931.1603409 Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it | | | | | |
| Progetto: | | | | | Livello: |
| PARCO EOLICO DI "SASSARI" | | | | | DEFINITIVO |
| Elaborato: | | | | | Il geologo |
| COROGRAFIA | | | | | |
| Scala: | Nome | Allegato: | F.to: | | |
| 1:25000 | DIS/FILE: | 1 | A1 | | |



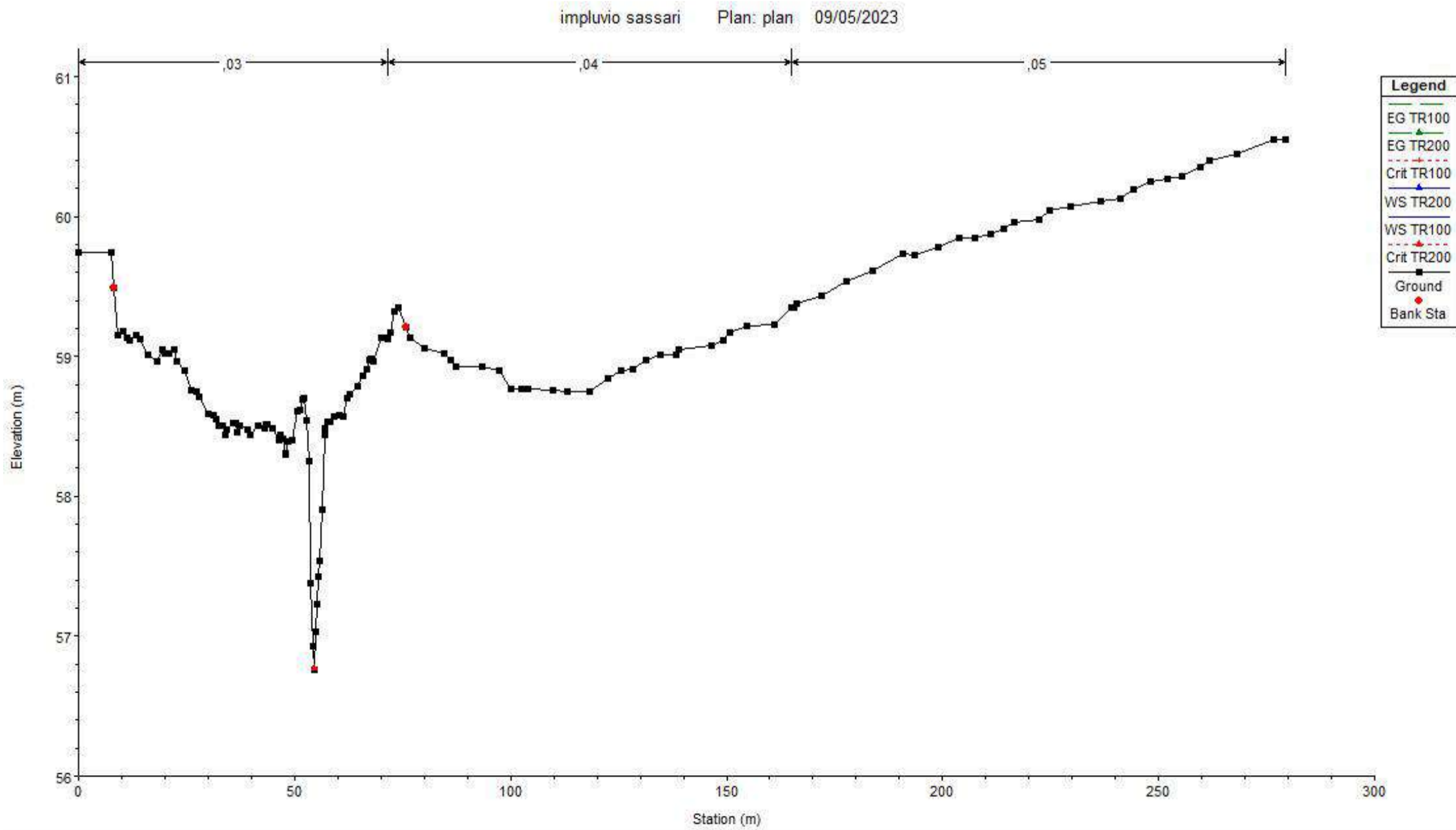
Sistema di riferimento
"WGS 84 / UTM zone 32N"

Note: i dati shape sono ottenuti dal sito <http://www.sardegnaeoportale.it>



Legenda

- viabilità
- cavidotto a 36 kV
- cavidotto AT
- SE Terna
- Cabina utente
- fiumi, torrenti e impluvi
- bacini



Legend
EG TR100
EG TR200
CR1 TR100
WS TR200
WS TR100
CR1 TR200
Ground
Bank Sta

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|---------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Reach 1 | 729 | TR100 | 0,00 | 60,27 | 60,53 | | 60,53 | 0,000000 | 0,00 | 0,52 | 3,04 | 0,00 |
| Reach 1 | 729 | TR200 | 0,00 | 60,27 | 60,53 | | 60,53 | 0,000000 | 0,00 | 0,52 | 3,04 | 0,00 |
| Reach 1 | 620 | TR100 | 0,00 | 60,52 | 60,53 | 60,53 | 60,53 | 0,000003 | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0,01 |
| Reach 1 | 620 | TR200 | 0,00 | 60,52 | 60,53 | 60,53 | 60,53 | 0,000003 | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0,01 |
| Reach 1 | 506 | TR100 | 0,00 | 59,44 | 59,45 | 59,45 | 59,45 | 0,001036 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 0,13 |
| Reach 1 | 506 | TR200 | 0,00 | 59,44 | 59,45 | 59,45 | 59,45 | 0,001036 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 0,13 |
| Reach 1 | 419 | TR100 | 0,00 | 58,72 | 59,04 | 58,73 | 59,04 | 0,000000 | 0,00 | 0,44 | 2,78 | 0,00 |
| Reach 1 | 419 | TR200 | 0,00 | 58,72 | 59,04 | 58,73 | 59,04 | 0,000000 | 0,00 | 0,44 | 2,78 | 0,00 |
| Reach 1 | 323 | TR100 | 0,00 | 59,03 | 59,04 | 59,04 | 59,04 | 0,000001 | 0,00 | 0,00 | 0,72 | 0,00 |
| Reach 1 | 323 | TR200 | 0,00 | 59,03 | 59,04 | 59,04 | 59,04 | 0,000001 | 0,00 | 0,00 | 0,72 | 0,00 |
| Reach 1 | 224 | TR100 | 0,00 | 57,74 | 57,80 | 57,75 | 57,80 | 0,000000 | 0,00 | 0,02 | 0,71 | 0,00 |
| Reach 1 | 224 | TR200 | 0,00 | 57,74 | 57,80 | 57,75 | 57,80 | 0,000000 | 0,00 | 0,02 | 0,71 | 0,00 |
| Reach 1 | 165 | TR100 | 0,00 | 57,79 | 57,80 | 57,80 | 57,80 | 0,000832 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 0,11 |
| Reach 1 | 165 | TR200 | 0,00 | 57,79 | 57,80 | 57,80 | 57,80 | 0,000832 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 0,11 |
| Reach 1 | 69 | TR100 | 0,00 | 56,95 | 56,96 | 56,96 | 56,96 | 0,000025 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,02 |
| Reach 1 | 69 | TR200 | 0,00 | 56,95 | 56,96 | 56,96 | 56,96 | 0,000025 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,02 |
| Reach 1 | 15 | TR100 | 0,00 | 56,76 | 56,77 | 56,77 | 56,77 | 0,004860 | 0,04 | 0,00 | 0,02 | 0,25 |
| Reach 1 | 15 | TR200 | 0,00 | 56,76 | 56,77 | 56,77 | 56,77 | 0,004860 | 0,04 | 0,00 | 0,02 | 0,25 |

REGIONE SARDEGNA

Provincia della Città Metropolitana di Sassari

COMUNE DI SASSARI



committente:

SASSARI EOLICA S.R.L.

Via Napa Torioni 17/A - 22100 Como (CO) - P.IVA/C.F. 05921560136 - Pec: sassarieolica@pec.it

Società di Progettazione:



Via Jonico, 16 - Loc. Balvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel: 0931.1663409 Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Ingegneria & Innovazione

Progetto:

PARCO EOLICO DI "SASSARI"

Livello:

DEFINITIVO

Elaborato:

CARTA IDROGRAFICA

Il geologo

Scala:

1:25000

Nome

DIS/FILE:

Allegato:

2

F.to:

A1