

**COMENERGY SRL**

Via dei Balani n.27, 55100 Lucca (LU)

**IMPIANTO IDROELETTRICO "STECCAIA"  
SUL FIUME OMBRONE**

**Comune di Grosseto (GR)**



**DOMANDA DI CONCESSIONE DI DERIVAZIONE**  
**Ai sensi dell'art.7 del R.D. 1775/33**

**PROGETTO PRELIMINARE**

# RELAZIONE TECNICA

## INDICE

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1</b>  | <b>PREMESSA</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2</b>  | <b>LOCALIZZAZIONE DI PROGETTO</b>                              | <b>4</b>  |
| <b>3</b>  | <b>CARATTERISTICHE TERRITORIALI DEL FIUME OMBRONE</b>          | <b>9</b>  |
| 3.1       | .....Inquadramento ed analisi geologica                        | 10        |
| 3.2       | .....Altri inquadramenti                                       | 11        |
| <b>4</b>  | <b>ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA DEL FIUME OMBRONE</b>        | <b>14</b> |
| 4.1       | .....Disponibilità idriche utilizzate                          | 14        |
| 4.2       | .....Deflusso Minimo Vitale (DMV)                              | 15        |
| 4.3       | .....Portate turbinabili                                       | 16        |
| 4.4       | .....Metodi di misura delle portate turbinare e rilasciate     | 17        |
| 4.5       | .....Salto disponibile   | 19        |
| <b>5</b>  | <b>DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO</b>                     | <b>20</b> |
| 5.1       | .....Opera di presa  | 20        |
| 5.2       | .....Canale di derivazione                                     | 20        |
| 5.3       | .....Fabbricato di centrale                                    | 23        |
| 5.4       | .....Canale di restituzione                                    | 23        |
| <b>6</b>  | <b>SCAVI DI CANTIERE</b>                                       | <b>24</b> |
| <b>7</b>  | <b>MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO</b>                               | <b>25</b> |
| <b>8</b>  | <b>CONCLUSIONI</b>   | <b>25</b> |
| <b>9</b>  | <b>CRONOPROGRAMMA</b>  | <b>26</b> |
| <b>10</b> | <b>DATI DI CONCESSIONE</b>                                     | <b>27</b> |
| <b>11</b> | <b>STIMA DEL COSTO DI COSTRUZIONE</b>                          | <b>28</b> |
|           | <b>TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO</b> | <b>29</b> |

## 1 PREMESSA

Il presente *Progetto Preliminare* illustra gli interventi di costruzione di un nuovo impianto idroelettrico denominato "**STECCAIA**", sul Fiume Ombrone, localizzato nel Comune di Grosseto (GR).

Il committente del progetto è la Società COMENERGY SRL, con sede a Lucca (LU), in Via dei Balani n°37.

Il progetto si compone della presente "*Relazione Tecnica*" contenente l'analisi tecnica, idrologica ed idraulica degli interventi prospettati e degli "*Elaborati Grafici*" per l'individuazione delle caratteristiche geometriche delle opere.

### ELABORATI GRAFICI

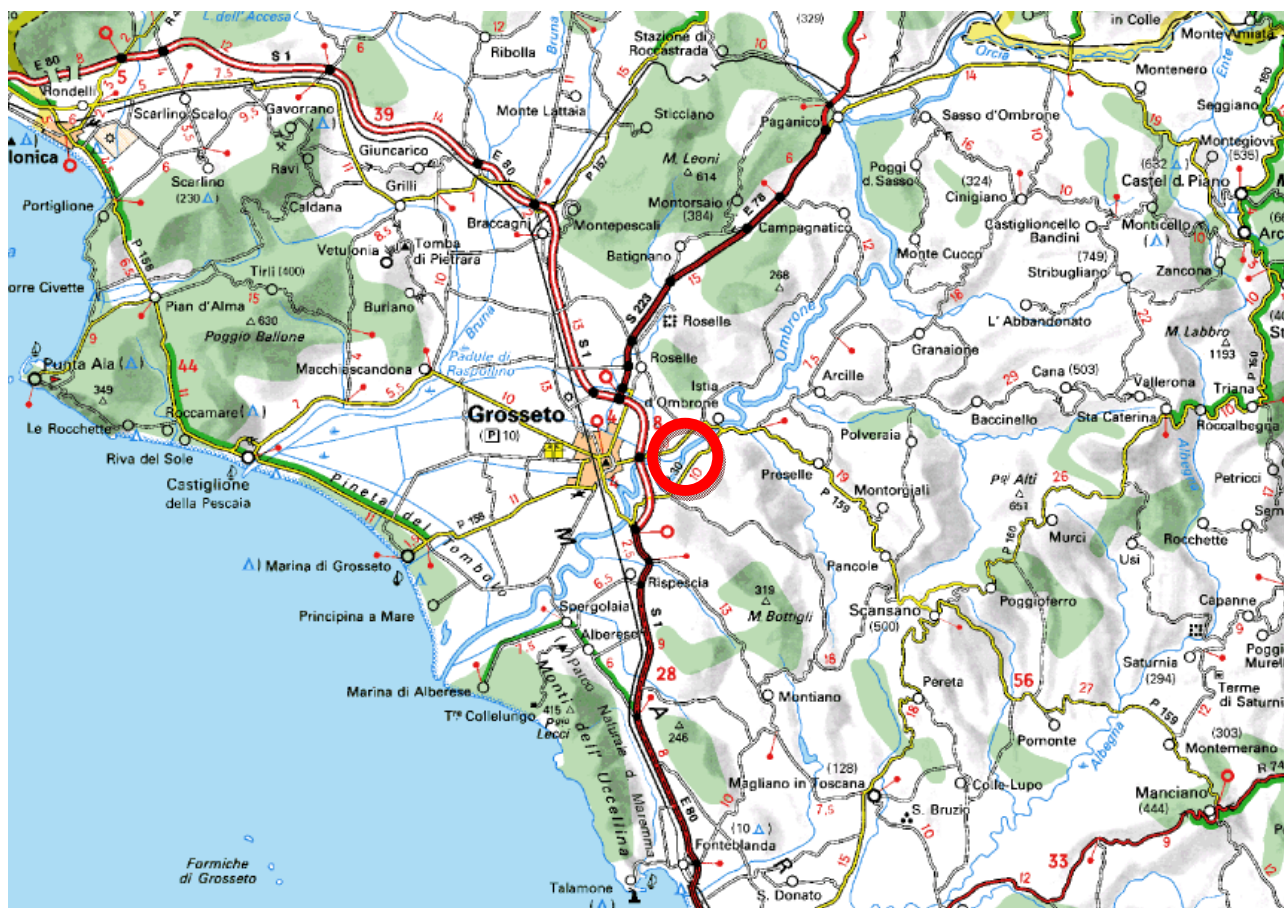
| N. | DESCRIZIONE  | SCALA         | FORMATO |
|----|--|---------------|---------|
| 1  | COROGRAFIA IGM                                     | 1:25000       | A3      |
| 2  | CARTOGRAFIA CTR                                    | 1:10000       | A3      |
| 3  | CARTOGRAFIA CATASTALE                              | 1:2000        | A3      |
| 4  | PLANIMETRIA GENERALE – STATO ATTUALE               | 1:500         | A1      |
| 5  | SEZIONI TRASVERSALI 1-3 E LONGITUDINALE - ATTUALE  | 1:100 - 1:500 | A0      |
| 6  | INSERIMENTO SU CATASTALE E AEREA                   | 1:1000        | A3      |
| 7  | PLANIMETRIA GENERALE – STATO DI PROGETTO           | 1:100         | A0      |
| 8  | SEZIONI TRASVERSALI 1-3 E LONGITUDINALE - PROGETTO | 1:100 - 1:500 | A0      |
| 9  | AREA DI CANTIERE ED ALLACCIO ENEL                  | 1:2000        | A2      |

### ELABORATI SCRITTI

| N. | DESCRIZIONE       | FORMATO |
|----|-------------------|---------|
| A  | RELAZIONE TECNICA | A4      |

## 2 LOCALIZZAZIONE DI PROGETTO

Il presente progetto riguarda la realizzazione di una centralina idroelettrica con captazione idraulica sul Fiume Ombrone, che scorre per circa 161 km tra le province di Siena e Grosseto fino a sfociare a delta nel Mar Tirreno a Bocca d'Ombrone.



**Figura 1:** Localizzazione dell'area di progetto

Si prevede di localizzare l'opera in prossimità della traversa esistente in località "la Steccaia", posta circa 3 km ad est della città di Grosseto. Il tratto di interesse ricade nel territorio comunale di Grosseto (GR).

Le opere necessarie alla captazione delle acque e quelle necessarie per il sostegno dell'impianto di produzione di energia elettrica verranno quindi realizzate in prossimità della sponda idrografica sinistra. Tali manufatti, integrati con l'ambiente circostante, serviranno per convogliare le acque verso una turbina Kaplan e restituirle subito a valle della traversa esistente. Superiormente al vano dove sarà alloggiata la turbina, verrà realizzato un locale tecnico in grado di contenere e proteggere i quadri di controllo e di misura dell'energia elettrica prodotta.

La traversa presso cui verrà collocato l'impianto è già dotata di una scala di risalita per l'ittiofauna, la quale risulta però essere soggetta ad interrimento. La realizzazione della bocca di presa dell'impianto in progetto nelle immediate vicinanze dell'imbocco della scala di risalita contribuirà alla mitigazione di tale problema, in virtù dei maggiori flussi d'acqua che andranno ad interessare quella zona periferica della traversa, limitando la sedimentazione.

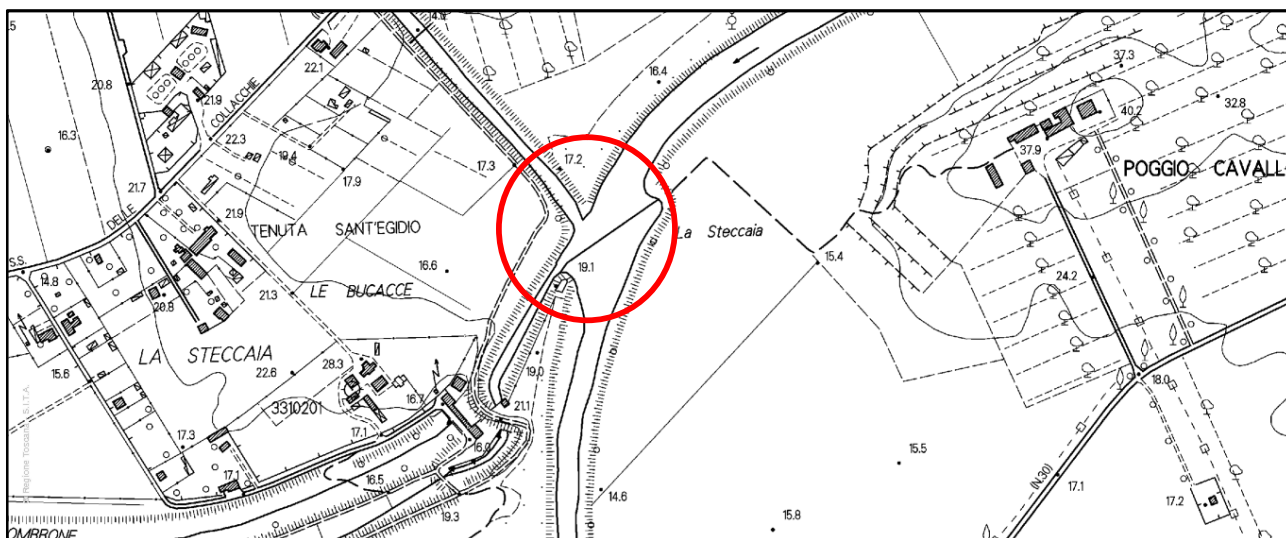
Sulla sponda destra ha origine il Canale Diversivo Ombrone, che risulta essere interessato da una piccola concessione a scopo idroelettrico (Centrale idroelettrica di San Martino). Al fine di garantire tale concessione (a diritto di precedenza) è stato valutato di lasciare sempre disponibile, e quindi di escludere dai calcoli delle portate derivabili del presente progetto, oltre al DMV per la scala di risalita e il tenere bagnata la traversa, una quantità di acqua di minimo 3 m<sup>3</sup>/s, a salire con l'aumento delle portate. Per cui l'impianto in oggetto andrà ad utilizzare tutte quelle portate che al momento transitano sopra la traversa.

Si evidenzia che il progetto, così come illustrato, prevede la realizzazione di un "impianto di derivazione con presa e rilascio non fisicamente distinti", ossia di tipo PUNTUALE e pertanto tutte le opere e i manufatti in progetto (presa, locale turbina, restituzione delle acque nel canale) saranno dislocati in corrispondenza della traversa esistente.

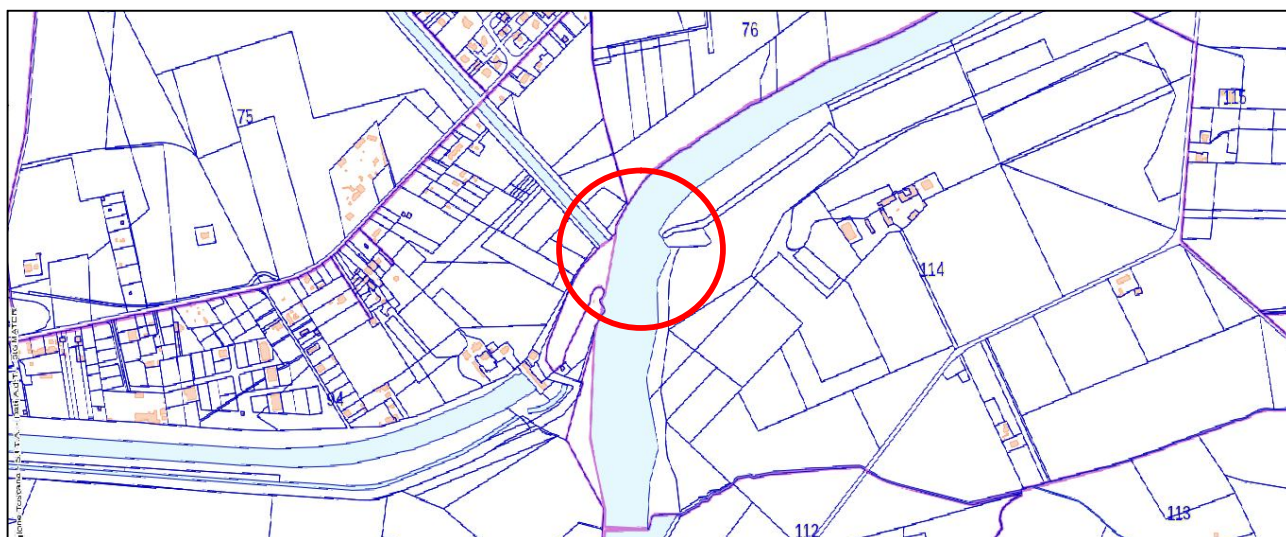
Di seguito si riportano stralci di cartografie per chiarire l'esatta posizione dell'intervento.



**Figura 2:** Ortofoto della zona di progetto.



**Figura 3:** Stralcio di cartografia CTR.



**Figura 4:** Stralcio di cartografia catastale vettoriale.

L'identificazione delle ditte catastali facenti parte dell'area di progetto è perciò così individuata:

- mappali 1,2 e 43 del foglio 114 del comune di Grosseto (GR)

La cartografia catastale in scala di dettaglio (1:1000) con le opere sopra riportate per evidenziare le aree interessate è riportata nella Tavola 6 di progetto.

## SINTESI DEL PROGETTO

Le opere in progetto consistono sostanzialmente nei seguenti manufatti:

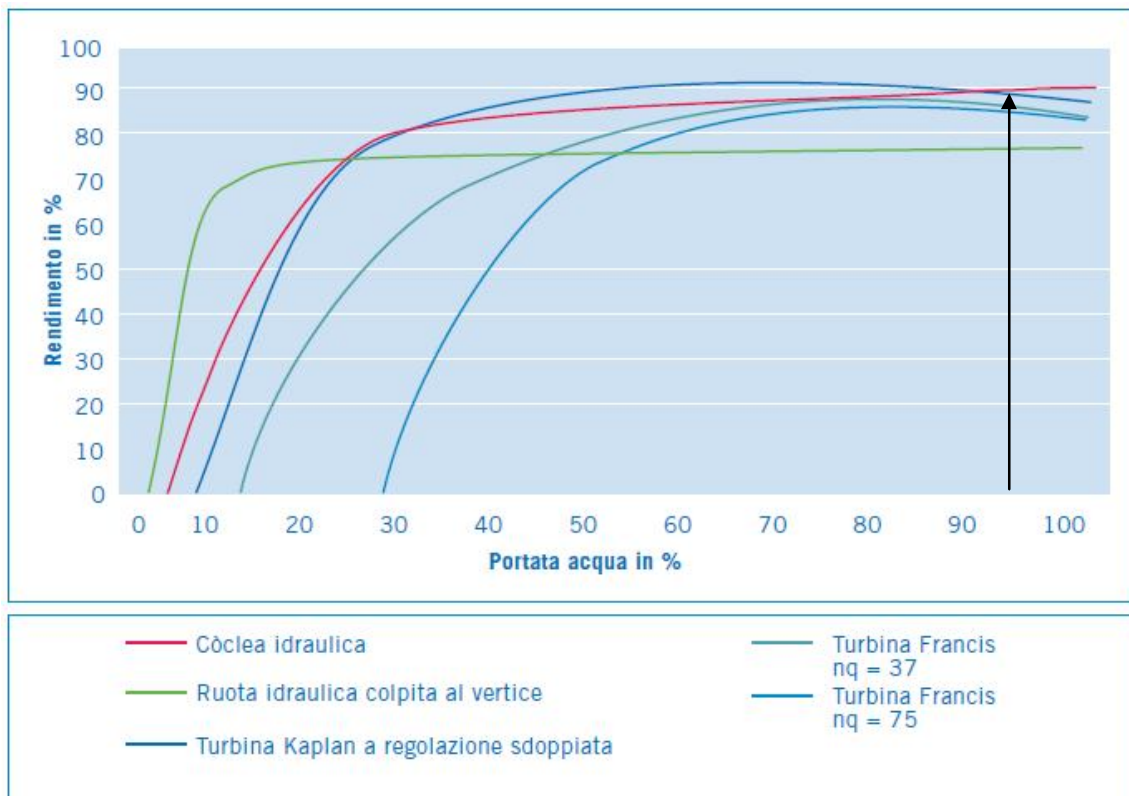
- opera di presa idraulica delle portate di concessione;
- breve canale di derivazione interrato;
- fabbricato di centrale interrato, con soprastante locale tecnico;
- breve canale interrato di restituzione delle portate turbinate nel fiume;

Alla chiusura in esame dell'opera in progetto, in corrispondenza della traversa di presa, si hanno le seguenti caratteristiche:

- corso d'acqua sotteso: Fiume Ombrone
- bacino imbrifero alla sezione di presa: 3397 kmq
- ubicazione: località La Steccaia, Grosseto (GR)
- ubicazione captazione: Est 1677491.1; Nord 4737257.8 (Roma 40)
- ubicazione restituzione: Est 1677475.9 Nord 4737196.8 (Roma 40)
- portata massima derivabile: 10,00 m<sup>3</sup>/s
- portata minima derivabile: 1,00 m<sup>3</sup>/s
- portata media derivabile: 5,172 m<sup>3</sup>/s
- DMV imposto: 1,400 m<sup>3</sup>/s
- salto legale di concessione: 3,23 m

La derivazione d'acqua richiesta è pari a 5,172 m<sup>3</sup>/s medi annui, a fronte di una portata massima pari a 10,00 m<sup>3</sup>/s e ad una portata minima pari a 1,00 m<sup>3</sup>/s. La portata minima derivabile è essenzialmente imposta dai rendimenti della macchina idraulica; essa infatti al disotto del 10% della portata massima prevista (10,00 m<sup>3</sup>/s) presenta evidenti cali di rendimento. Le portate di magra del Fiume Ombrone, risultano essere minori della portata minima che l'impianto potrebbe derivare per circa 4 mesi all'anno, anche in funzione della garanzia di rilascio per gli altri usi come sopra già specificato. Per questo motivo l'impianto sarà in grado di funzionare, con rendimenti buoni, per 8 mesi l'anno, sviluppando una producibilità media annua di circa 1.220.000 kilowattora (kWh).

Si riporta un grafico attestante i vari gradi di rendimento di differenti tipologie di impianti, alle medesime condizioni di portata.



**Grafico 1:** Valori di rendimenti medi per le varie tipologie di turbine idrauliche (studio effettuato dal Politecnico di Kaiserslautern).

### 3 CARATTERISTICHE TERRITORIALI DEL FIUME OMBRONE

L'Ombrone è per lunghezza ed estensione di bacino il secondo fiume della Toscana dopo l'Arno. Come volume d'acqua risulta invece il terzo della regione dopo l'Arno e il Serchio.

L'Ombrone nasce dal Poggio Macchioni (590 m. slm) nei pressi di San Gusmè (nel comune di Castelnuovo Berardenga) sul lato sud-orientale dei Monti del Chianti. Dopo un corso tortuoso e articolato, dove riceve importanti affluenti come l'Arbia, il Merse, l'Orcia e le Trasubbie, il fiume giunge in pianura presso Istia d'Ombrone, e il suo tracciato assume andamento meandriforme.

Quindi, dopo aver lambito la periferia est della città di Grosseto, attraversa per 12 km circa il Parco naturale della Maremma e infine sfocia a delta nel Mar Tirreno, a Bocca d'Ombrone.

Nel suo corso l'Ombrone attraversa i comuni di Castelnuovo Berardenga, Rapolano Terme, Asciano, Buonconvento, Murlo, Montalcino, Civitella Paganico, Cinigiano, Campagnatico, Scansano e Grosseto.

Il letto dell'Ombrone è particolarmente sedimentoso a causa delle forte erodibilità delle formazioni plioceniche argilloso-sabbiose dei terreni su cui scorre, in particolare quelli costituenti le cosiddette "Crete senesi" (per lo più argille plioceniche glauconitiche sovraconsolidate): per questo stesso motivo, il suo deflusso torbido annuo è superiore addirittura a quello dell'Arno.

In epoca granducale questa caratteristica è stata sfruttata per bonificare in un tempo relativamente breve le paludi costiere che costituivano la Maremma toscana.

L'Ombrone, specialmente nel tratto a monte dell'affluente Orcia, è un fiume dal regime estremamente torrentizio, che alterna periodi di magra estremi in estate e piene in autunno.

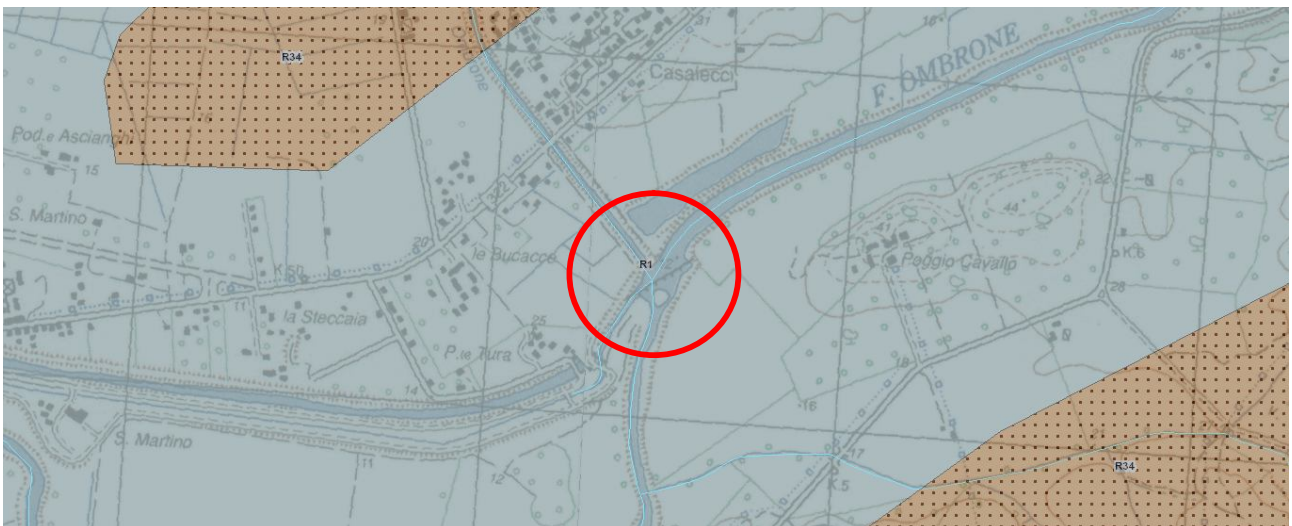
I suoi principali affluenti di destra sono il Torrente Arbia ed il Fiume Merse, mentre quelli di sinistra sono il Fiume Orcia ed altri minori come il Torrente Melacce ed il Torrente Trasubbie.

### 3.1 INQUADRAMENTO ED ANALISI GEOLOGICA

La pianura grossetana è una pianura alluvionale formatasi a partire dal Pleistocene superiore (1,5 milioni di anni fa) grazie all'apporto dei sedimenti del fiume Ombrone nel grande golfo che si era creato in conseguenza alle trasgressioni legate alle fasi interglaciali. La formazione di cordoni dunali lungo il litorale in epoca etrusca favorì la creazione di una laguna che in tempi più recenti si trasformò in un grande lago (lago Prile).



Il successivo e graduale processo di interrimento del lago portò al degrado della zona e al diffondersi della malaria. Solo dalla fine del '500 i governanti iniziarono ad affrontare il problema del risanamento della zona.

Si riporta un estratto di mappa geologica del sito:



**Figura 5:** Estratto carta geologica con sovrapposizione della IGM con le aste fluviali (Geoportale Nazionale).

Estratto di legenda:

|   |  |
|---|--|
|  | R1_Detriti, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali (Olocene) |
|  | R34_Unità arenacee e arenaceo-marnose (torbiditiche) (Paleogene)             |

Come evidenziato in legenda, l'intera opera rientra nella categoria R1 dei Detriti, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali (Olocene).

La zona presa in esame è costituita da detriti, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali, nelle zone circostanti si registra inoltre una consistente presenza di unità arenacee e arenaceo-marnose (torbiditiche) risalenti al Paleogene.

### 3.2 ALTRI INQUADRAMENTI

#### ZPS e SIC

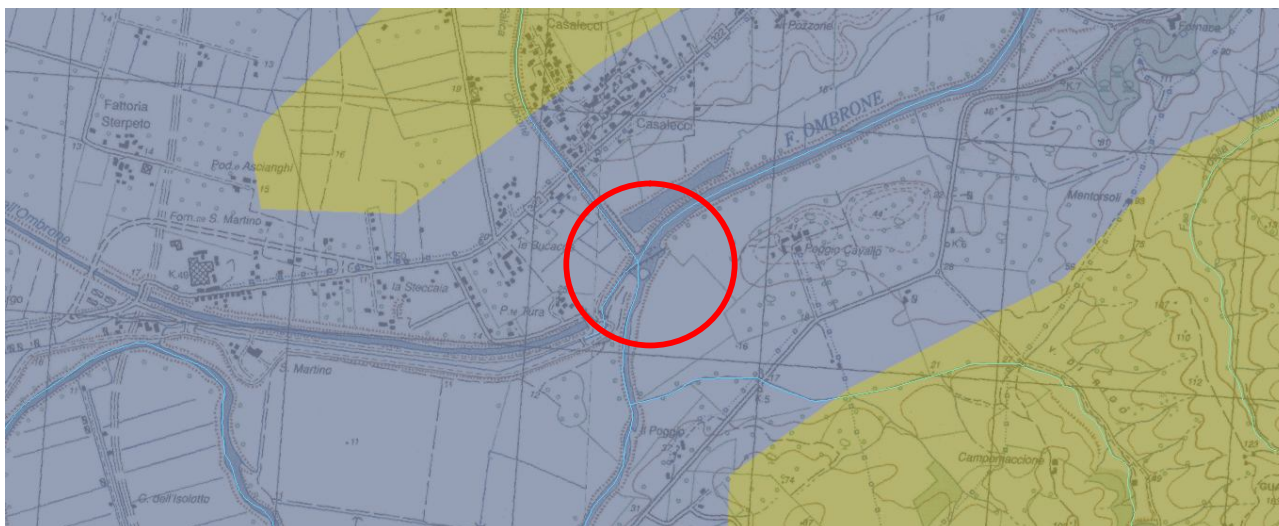


**Figura 6:** Area di progetto con sovrapposizione di reticolo delle aste fluviali minori, delle ZPS e dei SIC (Geoportale Nazionale).

Nell'immagine sopra sono rappresentati il reticolo delle aste fluviali e dei fiumi minori, le "Zone a Protezione Speciale" ed i "Siti di Importanza Comunitaria".

L'area nella quale andrà a svilupparsi il nostro progetto non rientra in nessuna ZPS o SIC.

#### Carta Geolitologica



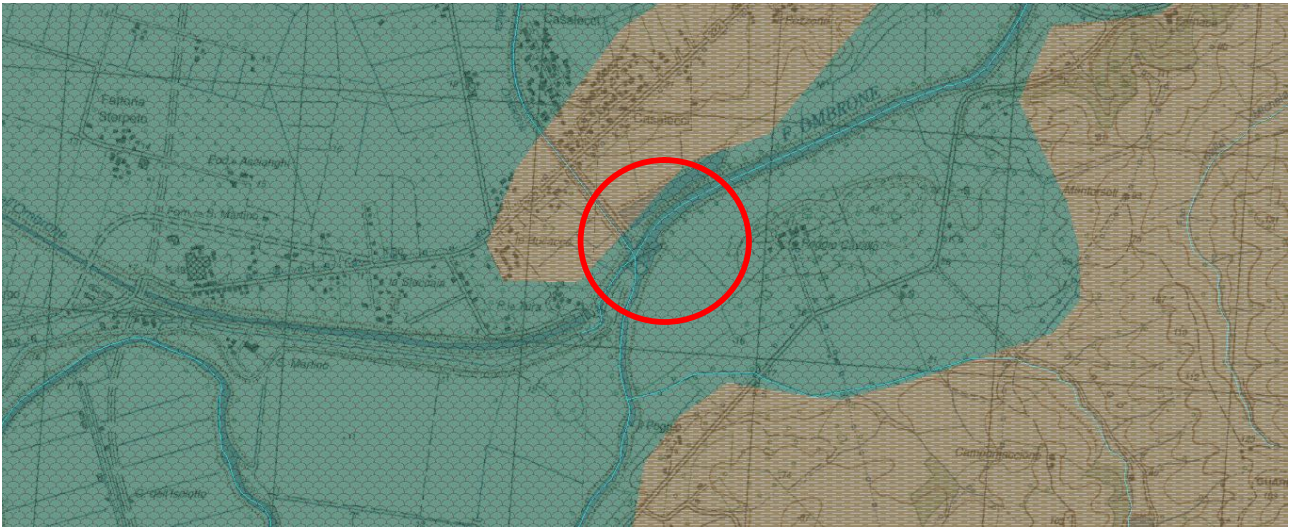
**Figura 7:** Stralcio cartografia geolitologica con evidenziata la zona di progetto.

Estratto di legenda:

Unità prevalentemente flyschoidi, torbidi
  Alluvioni e terreni misti



La zona di progetto ricade interamente nell'area degli "Alluvioni e terreni misti".

### Carta Ecopedologica



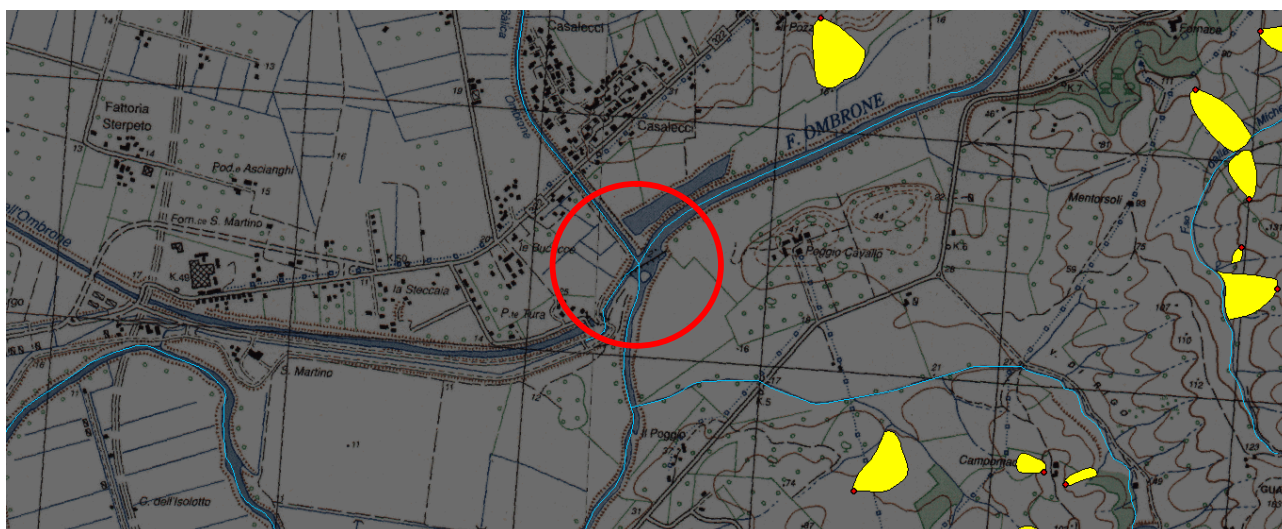
**Figura 8:** Stralcio cartografia ecopedologica con evidenziata la zona di progetto.

Estratto di legenda:

-  Aree pianeggianti fluvio-alluvionali
-  Rilievi calcareo-marnosi

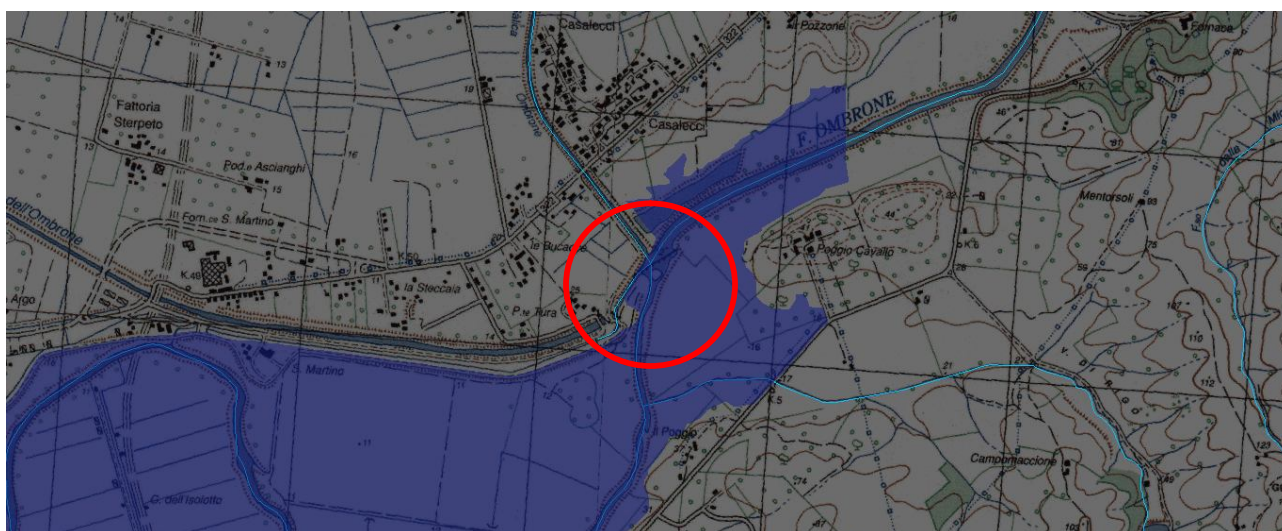
La zona di progetto ricade interamente nell'area "Aree pianeggianti fluvio-alluvionali".

A Nord ed a Sud sono presenti rilievi calcareo - marnosi.

Catalogo delle frane


**Figura 9:** Stralcio catalogo frane con evidenziata la zona di progetto.

Come è possibile osservare dall'immagine, la zona di progetto non è interessata da alcun evento franoso ma sono presenti nei dintorni alcuni fenomeni di scivolamento rotazionale/traslazionale.

Carta rischio frane

**Figura 10:** Stralcio carta rischio frane con evidenziata la zona di progetto

La zona di progetto non è interessata da alcun "sito di attenzione" a rischio frana, tuttavia, appena a valle della zona interessata dal progetto, si evidenzia un rischio alluvione molto elevato.

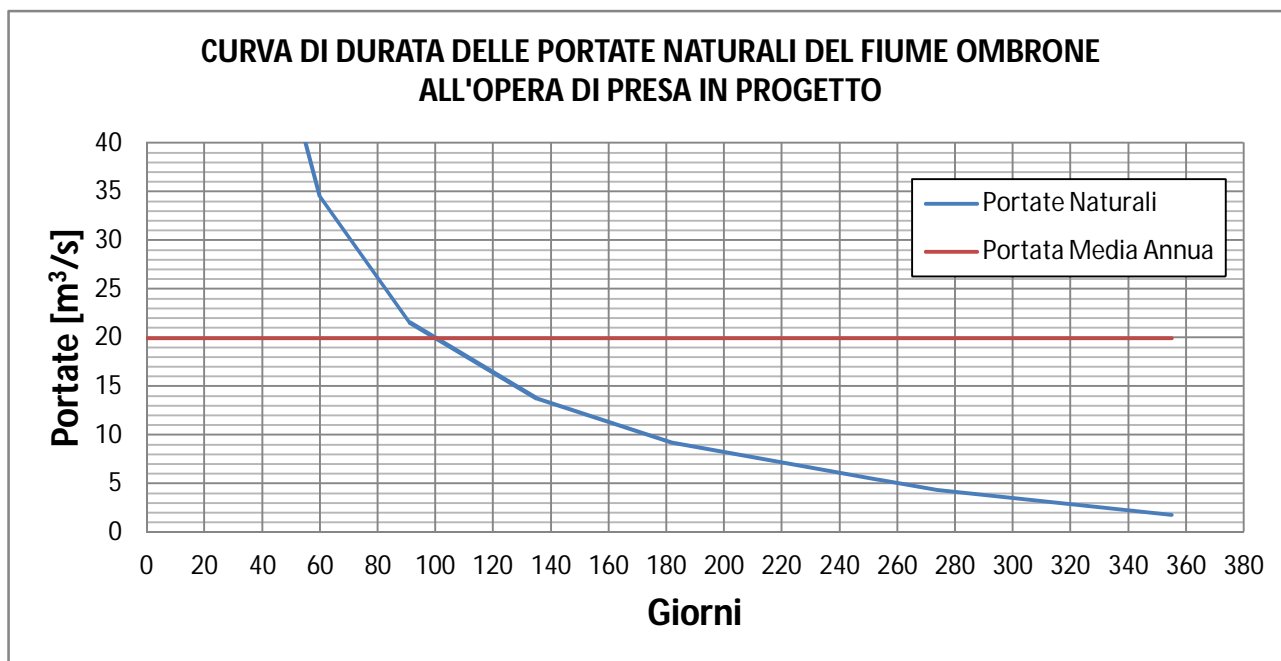
 MOLTO ELEVATA

## 4 ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA DEL FIUME OMBRONE

### 4.1 DISPONIBILITÀ IDRICHE UTILIZZATE

Nella presente relazione si fa riferimento ai dati ricavati per la sezione in esame partendo dall'analisi degli annali idrologici disponibili per il Fiume Ombrone relativamente alla stazione di Sasso d'Ombrone.

Sono state innanzitutto valutate le portate unitarie in l/s per km<sup>2</sup> di bacino relative al Fiume Ombrone a Sasso d'Ombrone 1926-1996. Successivamente, utilizzando i dati di pioggia di alcuni pluviometri localizzati nell'intero bacino dell'Ombrone (Radda in Chianti, Monteroni d'Arbia, Campiano, Roccastrada, Pari, Sovicille, Granaione, Castel del Piano, Spineta, Montalcino, Montisi, Paganico e Monte Antico) relativi agli anni 2003-2012, si sono ricavati i coefficienti correttivi per la stima delle portate. Utilizzando opportunamente i dati di portata unitaria con i relativi coefficienti correttivi riguardanti il deflusso e le precipitazioni atmosferiche, sono state ricavate le portate unitarie in l/s per km<sup>2</sup> relative al Fiume Ombrone alla sezione di presa (La Steccaia). Essendo nota l'area del bacino del Fiume Ombrone alla sezione di presa (3397 km<sup>2</sup>), sono state infine ricavati i dati relativi alla durata delle portate naturali del Fiume Ombrone alla sezione di presa.



**Grafico 2.** Curva di durata delle portate relative al Fiume Ombrone alla sezione in esame.

La portata media annua del Fiume Ombrone è pari a **19,946 m³/s**.

#### 4.2 DEFLUSSO MINIMO VITALE (DMV)

Si evidenzia che il progetto, così come illustrato, prevede la realizzazione di un "Impianto di derivazione con presa e rilascio non fisicamente distinte " e quindi di tipo PUNTUALE. Tutte le opere e i manufatti in progetto (presa, alloggiamento turbina, restituzione delle acque nel canale) saranno dunque dislocati in corrispondenza della traversa sul salto esistente.

Non ci sarà alcun tratto di Fiume sotteso dalla derivazione ed il DMV - valutato pari a 1400 l/s - transiterà nella modalità così ripartita:

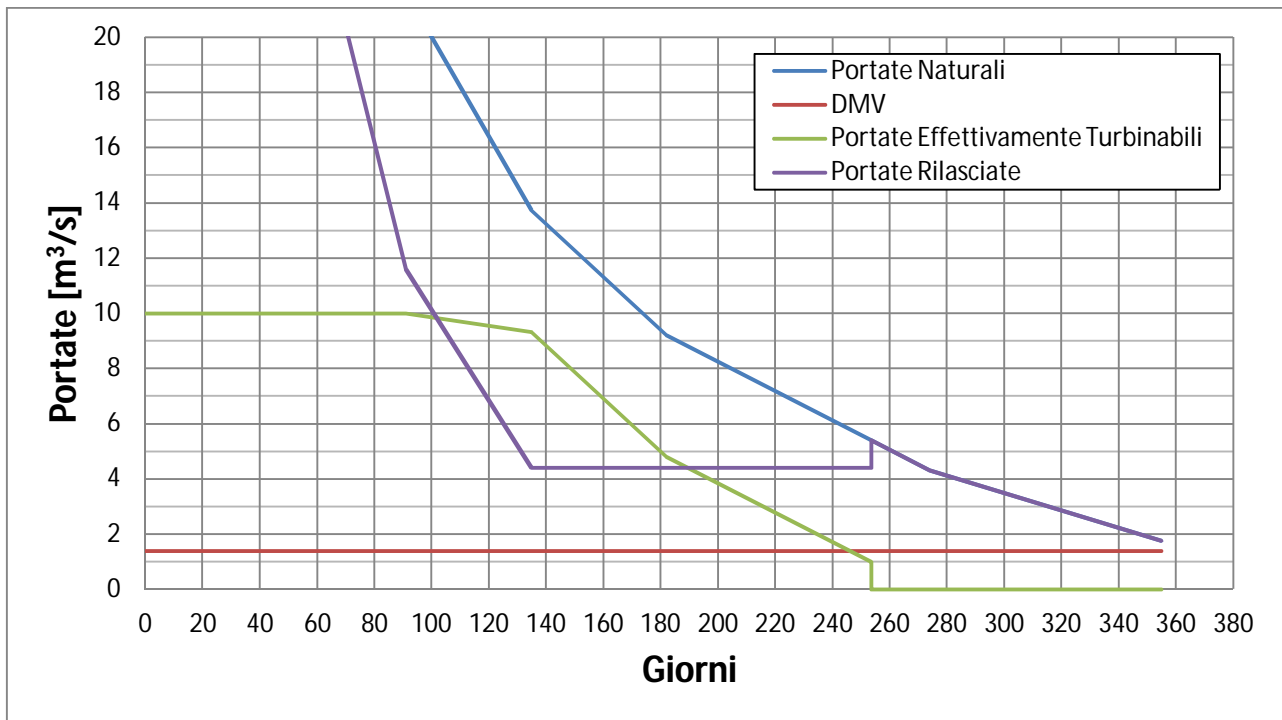
- 400 l/s circa transiteranno nella scala di risalita dell'ittiofauna garantendone il corretto funzionamento;
- 1000 l/s circa transiteranno sulla gaveta centrale della traversa esistente larga 185 metri al fine di lasciare un velo d'acqua sulla traversa per fini estetici e di pulizia della stessa traversa.

Si veda il paragrafo 4.4 per i calcoli delle sopracitate portate.

### 4.3 PORTATE TURBINABILI

Le portate turbinabili sono quelle derivate all'opera di presa, nel rispetto del DMV e della portata massima utilizzabile dall'impianto.

Pertanto, detraendo dalle portate naturali del Fiume Ombrone all'opera di presa il DMV e la disponibilità per garantire la concessione di cui al capitolo 2, si ottengono le portate derivabili all'opera di presa e pertanto turbinabili dalla coclea.



**Grafico 3.** Curve di durata delle portate naturali, turbinabili e rilasciate relative al Fiume Ombrone alla sezione in esame.

Dall'analisi dei dati relativi al Grafico 3 si deduce che la portata media derivabile (turbinabile) risulta pari a **5,172 m³/s**, avendo fissato la **portata massima** turbinabile a **10,00 m³/s** e la **portata minima** turbinabile a **1,00 m³/s**.

L'impianto è a massimo regime per circa 131 giorni all'anno e riesce a produrre per 253 giorni all'anno.

Il volume annuo turbinabile risulta pari a 163.123.000 metri cubi d'acqua.

Detraendo, dalle portate naturali, le portate effettivamente turbinabili dall'impianto in progetto, si ottengono le portate rilasciate all'opera di presa.

|  |                    |            |
|--|--------------------|------------|
| <b>portata media annua turbinabile</b> | <b>5,172 mc/s</b>  | <b>26%</b> |
| <b>portata media annua rilasciata</b>  | <b>14,774 mc/s</b> | <b>74%</b> |

|                                     |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| <b>portata media annua naturale</b> | <b>19,946 mc/s</b> |
|-------------------------------------|--------------------|

Da questo si deduce come la portata media annua non turbinata sia effettivamente molto superiore ai valori fissati, a garanzia.

#### 4.4 METODI DI MISURA DELLE PORTATE TURBINATE E RILASCIATE

Durante la fase di esercizio dell'impianto verranno effettuate regolari attività di monitoraggio delle portate, sia per quanto riguarda quelle derivate attraverso l'impianto ai fini produttivi, sia per quelle rilasciate ai fini del Deflusso Minimo Vitale. Tale monitoraggio verrà effettuato utilizzando le opportune strumentazioni tecniche in grado di restituire dati e di trasmetterli in tempo reale, anche a distanza, ai ricettori abilitati.

Si prevede quindi di realizzare, in prossimità della briglia esistente e dell'opera di presa in progetto, una stazione di misura in continuo grazie alla quale è possibile risalire alla misura delle portate derivate transitanti nell'impianto ed alla misura di quelle rilasciate ai fini del DMV.

Come prima cosa si calcola il livello morto di monte necessario a far transitare sulla gaveta i 1000 l/s come già specificato al paragrafo 4.2.

La portata transitante attraverso la gaveta centrale è stata stimata mediante la seguente formula per traverse con vena aderente:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove:

$\mu$  = coefficiente di efflusso pari a 0,473;

$L$  = larghezza dello stramazzo (185 m);

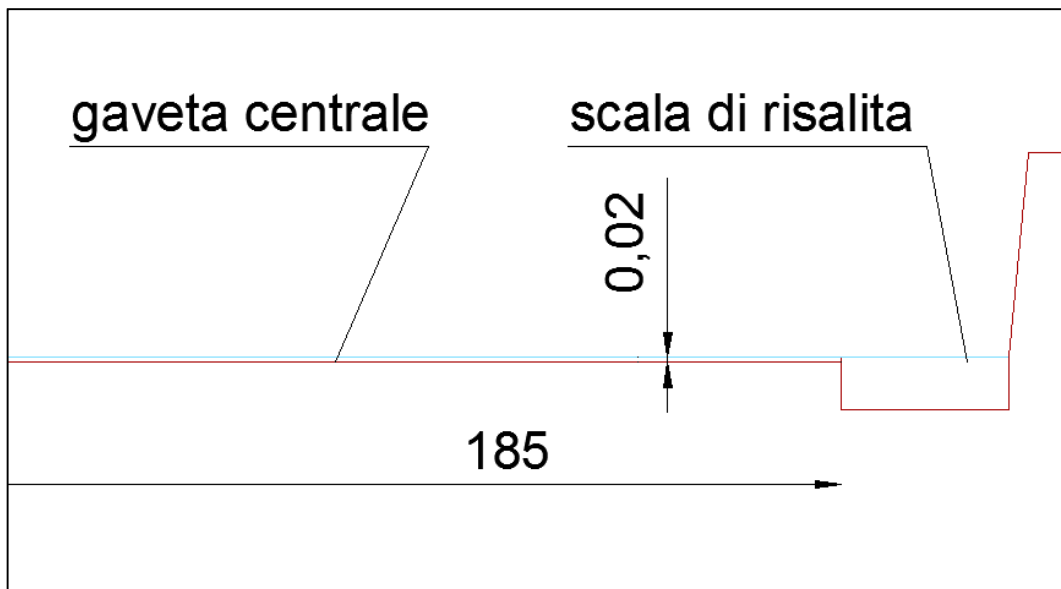
$h$  = carico idraulico tra la quota del pelo libero della corrente e la soglia fissa.

| Q [mc/s]    | h [m] |
|-------------|-------|
| 0,859123805 | 0,017 |
| 0,936032931 | 0,018 |
| 1,015109219 | 0,019 |
| 1,096294825 | 0,02  |
| 1,179536305 | 0,021 |

**Tabella 1:** Valori di portata e relative altezze per il calcolo della gaveta di passaggio del DMV transitante sulla briglia.

Come si nota dalla tabella precedente, la portata di  $1,00 \text{ m}^3/\text{s}$  transita attraverso la gaveta con un battente d'acqua di circa 2 cm.

Essendo la gaveta centrale a quota 12,32 m slm, si fissa quindi il pelo libero morto di monte a quota 12,34 m slm.



**Figura 11:** Livelli liquidi per garantire il transito del DMV.

L'eccedenza di portata, in caso di portate naturali superiori a  $14,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , transita ad un livello superiore di pelo libero sulla sommità della traversa, quindi:

- il minimo livello di monte sarà costante (pari alla quota di 12,34 m slm), mantenuto tale al variare dei regimi di portata dai sensori di livello che, accoppiati con il sistema di gestione automatico dell'impianto, fanno variare la portata transitante dalla turbina per garantire il DMV come sopra calcolato.
- Il livello può salire qualora la portata naturale fosse superiore a  $14,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . L'eccedenza infatti transita dalla sommità della traversa, con un battente variabile a seconda della portata.

#### 4.5 SALTO DISPONIBILE

Il salto disponibile è stato calcolato come differenza dei peli morti a monte e a valle della traversa di presa. Il livello di monte è fissato dalla quota della traversa di presa esistente. I valori di valle sono dettati dal pelo libero del Fiume Ombrone al piede della traversa. Il salto utile risulta essere di 3,23 m. Tale valore è stato misurato con strumento GPS Leica a correzione differenziale automatica, come differenza tra la quota di pelo libero di monte, calcolata in 12,34 m slm, e la quota del pelo morto di valle, misurato in 9,11 m slm.



**Foto 1:** Immagine della traversa in oggetto

## 5 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Le opere in progetto consistono sostanzialmente nei seguenti manufatti:

- opera di presa idraulica delle portate di concessione;
- breve canale di derivazione interrato;
- fabbricato di centrale interrato, con soprastante locale tecnico;
- breve canale interrato di restituzione delle portate turbinate nel fiume.

### 5.1 OPERA DI PRESA

L'opera di presa, immediatamente a monte della traversa esistente, è costituita da un'apertura laterale di larghezza 6,00 m ed altezza 1,90 m, con soglia di captazione posta in allineamento con l'attuale profilo della sponda sinistra in prossimità della traversa.

L'opera di presa è completata da 1 paratoia di larghezza pari a 6 m, a funzionamento automatico, posta immediatamente a tergo della soglia di captazione. La bocca di presa verrà protetta con pali para-tronchi.

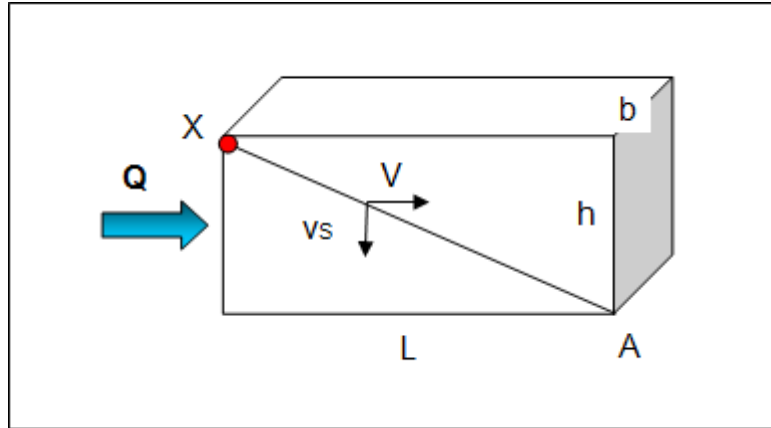
### 5.2 CANALE DI DERIVAZIONE

Il canale di derivazione dell'acqua alla turbina è costituito da un manufatto scatolare completamente interrato, con larghezza di circa 6 m. La lunghezza in asse, dalla bocca di presa alla vasca di carico della turbina risulta di circa 32 m.

Il canale di derivazione, oltre a portare l'acqua alla vasca di carico della turbina, svolge la funzione di dissabbiatore. Al termine di tale canale infatti si trova il condotto sghiaiatore, che scarica lateralmente - nel fiume - i materiali che si sono sedimentati nel canale di derivazione.

Un dissabbiatore è schematizzabile come una unità prismatica attraversata da un fluido con flusso longitudinale di portata  $Q$ .

Note le caratteristiche geometriche della vasca, si vuole calcolare la minima velocità di sedimentazione  $v_s$ , che deve avere la particella  $X$ , immessa in vasca alla altezza  $h$  per sedimentare nella vasca, ovvero almeno nel punto A di figura.



**Figura 12:** Funzionamento schematico di un dissabbiatore.

Data  $Q$  (portata volumetrica in ingresso), si può stabilire la velocità di traslazione longitudinale  $V$  del fluido e dunque delle particelle in esso contenute:

$$V = \frac{Q}{b \cdot h}$$

Il tempo di percorrenza orizzontale  $t_1$  risulta quindi  $t_1 = \frac{L}{V} = \frac{L \cdot h \cdot b}{Q}$ .

Il tempo di percorrenza verticale è invece:  $t_2 = \frac{h}{v_s}$ .

La condizione di minima velocità si ha quando il tempo di sedimentazione della particella è uguale a quello di percorrenza del fluido all'interno della vasca ovvero per  $t_1 = t_2$ , da cui si ottiene che:

$$v_{s \min} = \frac{Q}{b \cdot L} = \frac{Q}{S} \quad \text{con } S \text{ superficie del fondo della vasca.}$$

Nel nostro caso  $v_{s \min}$  risulta pari a circa 0,052 m/s avendo una  $Q$  di circa 10 m<sup>3</sup>/s ed una superficie di circa 192 m<sup>2</sup>.

Tutte le particelle aventi velocità di sedimentazione maggiore od uguale a  $v_{s \min}$  riescono quindi a sedimentare nella vasca.

L'obiettivo è quello di verificare che le particelle aventi diametro pari ad 1 mm riescano a sedimentare nella vasca in esame.

Inizialmente è stata applicata l'espressione della velocità limite di sedimentazione secondo Stokes dalla quale risulta:

$$v(t_{\infty}) = \frac{1}{18} g \frac{(\rho_s - \rho_f) D^2}{\mu_f} = 0,87 \text{ m/s}$$

Essendo:

- densità del fluido  $\rho_f = 1000 \text{ Kg/m}^3$
- viscosità dinamica  $\mu_f = 1,002 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$
- diametro:  $D = 0,001 \text{ m}$
- densità del solido  $\rho_s = 2600 \text{ Kg/m}^3$

Valutando il numero di Reynolds, si vede che le ipotesi alla base della legge di Stokes (condizioni di moto laminare) non risultano verificate, infatti  $Re = 737,5 (> 0,3)$

Per il calcolo della velocità limite di sedimentazione si deve quindi ricorrere ad una procedura iterativa assumendo una velocità di sedimentazione iniziale (quella calcolata con la formula di Stokes). Si parte da questa per calcolare il numero di Reynolds che serve per stimare il coefficiente di resistenza  $C_D$  mediante la seguente espressione:

$$C_D^{(1)} = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34$$

Noto quest'ultimo si può ricavare un valore di secondo tentativo  $v^{(2)}$  della velocità di sedimentazione utilizzando l'espressione di Newton:

$$v^{(2)} = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g(\rho_s - \rho_f)D}{C_D \rho_f}}$$

Nel caso in esame abbiamo ottenuto la convergenza del sistema per  $Re = 140,21$  e  $v_s = 0,165 \text{ m/s}$ .

Il valore di  $v_s$  così calcolato risulta maggiore di  $v_{smin}$ ; questo significa che le particelle aventi diametro di 1 mm riescono a sedimentare.

### 5.3 FABBRICATO DI CENTRALE

Il fabbricato di centrale è ubicato in prossimità dell'argine di sponda sinistra, ad un livello inferiore a quest'ultimo; può quindi essere interrato fatto salvo l'accesso a tale fabbricato. L'accesso è garantito tramite una botola a tenuta stagna di dimensioni in pianta 3,00 m. per 3,00 m.

L'edificio di centrale contiene le apparecchiature elettromeccaniche, costituite da una turbina di tipo Kaplan tubolare, dotata di moltiplicatore di giri e generatore ad asse orizzontale. Superiormente al locale macchine è presente un fabbricato di dimensioni in pianta pari a circa 10,00 per 6,00 metri, ed altezza 3,00 m, destinato a contenere i quadri elettrici, i trasformatori e la strumentazione di misura e controllo.

All'interno del fabbricato verrà collocato un trasformatore a media tensione, i quadri elettrici di regolazione e controllo, i quadri elettrici ENEL e apparecchiature di misura.

### 5.4 CANALE DI RESTITUZIONE

Il canale di scarico è completamente interrato, in cemento armato, e presenta una larghezza di 6,00 metri. La lunghezza totale del canale è pari a circa 36 metri.

Il canale di scarico è dotato di paratoie di chiusura, predisposte con la finalità di evitare il rigurgito del fiume durante le piene, e conseguente intasamento della vasca di scarico sotto le turbina.

Affiancato al canale di restituzione è costruito il canale sghiaiatore, avente una sezione quadrata di un metro di lato. Questo ricalca il percorso del canale di restituzione, scaricando a monte di quest'ultimo.

## 6 SCAVI DI CANTIERE

Il cantiere prevede lo scavo per l'alloggiamento di tutte le strutture necessarie al funzionamento dell'impianto idroelettrico.

Le terre scavate saranno trattate in due modalità distinte. La gestione degli scavi seguirà il seguente criterio:

- le terre derivanti da scotico del terreno ed escavazioni degli orizzonti superficiali, se di buona qualità, verranno riutilizzate nelle operazioni di rinterro, piantumazione, risagomatura sponde, miglioramento della viabilità campestre;
- i materiali di risulta da scavi profondi, ciottolami, rocce, altro materiale grossolano ed eventuali demolizioni verranno trattate come rifiuti da discarica ai sensi del D.Lgs 152/2006.

In termini di volumi, espressi in metri cubi, lo scavo avrà le seguenti dimensioni:

- scavo complessivo per un volume di circa 3000 mc;
- terre riutilizzate esclusivamente all'interno del cantiere, per un volume di 2000 mc;
- materiali di risulta da smaltire, per un volume di 1000 mc.

## 7 MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO

Il funzionamento della centralina prevede che tutte le manovre siano automatizzate, da quelle inerenti la normale gestione a quelle di emergenza nel caso in cui l'impianto debba essere messo in sicurezza in modo tempestivo. Infatti, nel caso di fenomeni idraulici anomali come piene o esondazioni, l'impianto è progettato per andare in arresto di sicurezza. Infatti l'impianto è provvisto di un sensore che monitora costantemente il livello del pelo libero di monte, che qualora dovesse superare un determinato valore stabilito come limite, metterebbe in atto la procedura di sicurezza, chiudendo la paratoia sulla bocca di presa e fermando l'impianto.

## 8 CONCLUSIONI

Il progetto prevede l'installazione di una micro-centrale idroelettrica ad acqua fluente. Questa tipologia di centrale è caratterizzata da bassissimo impatto ambientale e bassissima impronta antropica.

Inoltre la tipologia dell'impianto, unito all'adozione di una apposita scala di risalita dell'ittiofauna, permetterà il transito dell'ittiofauna in modo agevole e sicuro in entrambe le direzioni.

**Si specifica che le opere in progetto sopra descritte, fermo restando i dati di concessione, sono relative ad un livello di progettazione preliminare. La configurazione esecutiva delle opere potrebbe essere adeguata in corso di iter autorizzativo.**

In conclusione il progetto si ritiene idoneo.

## 9 CRONOPROGRAMMA

Il programma dei lavori è sviluppato sulla base delle principali fasi di lavoro previste dal progetto dell'opera, come descritto nelle relazioni tecniche e sulle tavole di progetto.

Come indicato nel capitolo precedente, la realizzazione dell'impianto in progetto prevede l'approntamento di un unico cantiere di lavoro a lato della traversa esistente.

La durata presunta complessiva dei lavori è di circa 6 mesi, come riportato nel seguente diagramma, con le principali fasi di lavoro e le relative durate.

| FASE DI LAVORO  | MESI |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
|---|------|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|
|   | 1    |  |  |  | 2 |  |  |  | 3 |  |  |  | 4 |  |  |  | 5 |  |  |  | 6 |  |  |  |
| Installazione cantiere  |      |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
| Scavi e riempimenti   |      |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
| Opere civili canale di adduzione, fabbricato di centrale, canale di scarico |      |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
| Paratoie e automazioni  |      |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
| Installazione macchine  |      |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
| Impianti e automatismi  |      |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
| Prove e regolazioni   |      |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
| Finiture, ripristini e opere di mitigazione ambientale                      |      |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |

**Tabella 2:** Diagramma di Gant di cronoprogramma lavori.

## 10 DATI DI CONCESSIONE

### ✓ Salto legale o di concessione

dislivello tra i due peli morti della corrente a monte e a valle del meccanismo motore

$$H = 3,23 \text{ m}$$

### ✓ Portata massima derivabile

la portata massima che l'impianto può derivare in relazione alle portate naturali e a quelle rilasciate  $Q_{\max} = 10,00 \text{ m}^3/\text{s}$

### ✓ Portata media annua derivabile

la portata media che l'impianto può derivare per l'intero anno in relazione alle portate naturali e a quelle rilasciate  $Q_{\text{med}} = 5,172 \text{ m}^3/\text{s}$

### ✓ Potenza media teorica o nominale dell'impianto

la potenza teorica sviluppabile in assenza completa di perdite

$$P = Q_{\text{med}} * H * g = 163,88 \text{ Kw}$$

### ✓ Potenza media effettiva dell'impianto

la potenza media sviluppabile in relazione alla portata media derivabile ed al salto effettivo

$$P = \eta * Q_{\text{med}} * H' * g = 139,29 \text{ Kw}$$

dove:  $\eta$  = rendimento medio macchine pari a 0.85

$H'$  = salto effettivo pari a quello legale (3,23 m)

### ✓ Producibilità media dell'impianto

la producibilità media ottenibile in relazione alla portata media derivabile ed al salto effettivo

$$E = \eta * g * Q_{\text{med}} * H' * (24 * 365) = 1.220.261 \text{ Kwh/anno}$$

### ✓ Potenza massima effettiva dell'impianto

la potenza massima erogabile in relazione alla portata massima derivabile, al salto effettivo e al rendimento medio macchine

$$P = \eta * Q_{\max} * H' * g = 269,33 \text{ Kw}$$

## 11 STIMA DEL COSTO DI COSTRUZIONE

Sulla base del confronto con opere analoghe, e di una stima sommaria dei costi di costruzione, è stata effettuata una stima del costo di realizzazione dell'impianto in progetto.

L'importo complessivo di costruzione dell'impianto è stimato in 600.000 Euro, come risulta dalla seguente ripartizione.

| DESCRIZIONE LAVORI  | IMPORTO [Euro] |
|---|----------------|
| Scavi e riempimenti   | 60'000         |
| Canale di adduzione, fabbricato di centrale e canale di scarico | 240'000        |
| Apparato elettromeccanico                                       | 300'000        |
| <b>TOTALE IMPORTO LAVORI</b>                                    | <b>600'000</b> |

**Tabella 3:** Tabella di ripartizione dei costi previsti

## CENTRALINA IDROELETTRICA SUL FIUME OMBRONE in Comune di Gosseto (Gr)

### TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <b>Portata massima derivabile</b>  | <b>10,00 m<sup>3</sup>/s</b>  |
| <b>Portata minima derivabile</b>   | <b>1,00 m<sup>3</sup>/s</b>   |
| <b>Portata media annua naturale</b>                                      | <b>19,946 m<sup>3</sup>/s</b> |
| <b>Portata media annua turbinabile<br/>(Portata di concessione)</b>      | <b>5,172 m<sup>3</sup>/s</b>  |
| <b>Portata media annua non turbinata</b>                                 | <b>14,774 m<sup>3</sup>/s</b> |
| <b>Salto legale</b>  | <b>3,23 m</b>                 |
| <b>Salto utile (dedotte le perdite di carico)</b>                        | <b>3,23 m</b>                 |
| <b>Potenza massima nominale dell'impianto</b>                            | <b>316,86 Kw</b>              |
| <b>Rendimento medio (stima)</b>  | <b>0,85</b>                   |
| <b>Potenza massima effettiva dell'impianto</b>                           | <b>269,33 Kw</b>              |
| <b>Potenza media nominale dell'impianto<br/>(potenza di concessione)</b> | <b>163,88 Kw</b>              |
| <b>Potenza media erogata</b>   | <b>139,29 Kw</b>              |
| <b>Funzionamento annuo teorico</b>                                       | <b>365 giorni</b>             |
| <b>Producibilità effettiva media annua</b>                               | <b>1.220.261 Kwh/anno</b>     |

**Tabella 4.** Tabella riassuntiva dei dati caratteristici dell'impianto.