PROPONENTE

Enerclean s.r.l

Sede: Via Papa Giovanni XXIII n.° 162/2 - 17031 ALBENGA (SV) - P.IVA:01676780099

CENTRALE IDROELETTRICA IN COMUNE DI RANZO (IM)

Fase di V.I.A.
ai sensi della L. 32/2012 e s.m.i.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione: Tecnica particolareggiata

E.T.A. - Research s.r.l.
Progettazione e ricerca

Sede Legale:
Via Piemonte, n°27
12084 Mondovì (CN)

Sede operativa:
Via Bartolomeo Bruni, n°4/b
12100 Cuneo (CN)

P.IVA: 03273680045

Recapiti:
Tel/Fax: 0171-60.30.59
e-mail: eta@eta-research.net
PEC: eta@pec.it
website: www.eta-research.net

Elaborato: R-01	Scala: Varie	Codice progetto : VIA_AR_01

Data: Ottobre 2014	Professionisti: Demaria Ing. Andrea, Ordine degli ing. della provincia di Cuneo A1945, Tel 392.92.16.521, E-mail: ing.andrea.demaria@gmail.com; Macario Ing. Luca, Ordine degli ing. della provincia di Cuneo A1951, Tel 388.94.27.082, E-mail: ing.andrea.demaria@gmail.com; Gossa Ing. Paolo, Ordine degli ing. della provincia di Cuneo A1964, Tel 348.89.62.431, E-mail: ing.paolo.gossa@gmail.comt

REV. N°	DATA	MODIFICA

RIPRODUZIONE O CONSEGNA A TERZI SOLO DIETRO SPECIFICA AUTORIZZAZIONE

INDICE

PREMESSA ***4***

1 MOTIVAZIONI STRATEGICHE E FINALITÀ DELL'OPERA ***6***

1.1 **Gli orientamenti della politica energetica della Comunità Europea** **6**

1.2 **Le linee di indirizzo della politica energetica nazionale** **8**

1.3 **Il Sistema energetico Ligure** **10**

1.4 **Inquadramento normativo** **11**

2 ANALISI DELLE PORTATE ***14***

2.1 **Calcolo delle portate caratteristiche attraverso la comparazione tra bacini** **14**

2.2 **Definizione del Deflusso Minimo Vitale** **16**

2.3 **Portate derivabili** **17**

3 QUANTIFICAZIONE DEL SALTO ***20***

3.1 **Rilievo planoaltimetrico** **20**

3.2 **Capisaldi di riferimento** **21**

4 DESCRIZIONE GENERALE DELLO STATO DEI LUOGHI ***23***

4.1 **Il torrente Arroscia** **23**

4.2 **Il sito d'interesse** **23**

4.3 **Il manufatto traversa** **25**

4.4 **Le opere esistenti** **29**

5 DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE IN PROGETTO ***30***

5.1 **La traversa** **31**

5.2 **I dispositivi per il rilascio del DMV** **33**

5.3 **L'opera di presa** **35**

5.4 **La Centrale** **38**

5.4.1 La turbina 39

5.4.2 Il generatore 39
5.4.3 Canale di restituzione 39
5.5 La cabina di comando e consegna **40**
5.5.1 Allacciamento alla linea M.T. 41
6 OPERE DI COMPENSAZIONE AMBIENTALE ***43***
7 REGOLA OPERATIVA DELL'IMPIANTO IDROELETTRICO ***44***
8 LA PROGETTAZIONE DELLA TRAVERSA FLUVIALE ***45***
8.1 Volume d'invaso dello sbarramento **45**
8.2 Valutazione del rischio intrinseco **45**
8.3 Verifica rigurgito dello sbarramento **48**
9 CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E MORFODINAMICHE DOVUTE ALL'INESRIMENTO DELLA TRAVERSA FLUVIALE ***49***
9.1 Aspetti idrologici ed idraulici **49**
9.2 Effetti di deposito, trasporto ed erosione **51**
9.3 Analisi del trasporto solido **57**
10 VERIFICA IDRAULICA DELLE OPERE PRICIPALI ***61***
10.1 Opera di presa con dispositivo per il rilascio del DMV **61**
10.2 La camera di carico con sfioratore laterale **62**
10.3 Sgrigliatore **63**
11 QUADRO ENERGETICO DI PROGETTO ***64***
11.1 Potenze erogate **64**
11.2 Produzioni **65**
12 VALUTAZIONE DEI COSTI ***67***
13 DESCRIZIONE DEL CANTIERE ***68***
13.1 Allaccio alla rete ENEL **72**
13.2 Movimenti terra **73**
14 VERIFICA IDRAULICA ***74***

14.1 **Studio idraulico** **74**
14.1.1 Metodo di calcolo 74
14.1.2 Condizioni al contorno utilizzate 75
14.1.3 Posizionamento sezioni idrauliche 77
14.1.4 Confronto tra lo stato di fatto e stato di progetto con ludi di fondo chiuse 78
14.1.5 Confronto tra lo stato di fatto e stato di progetto con ludi di fondo aperte 83
14.1.6 Confronto tra stati di progetto (luci di fondo chiuse e luci di fondo aperte) 88
14.1.7 Profili idraulici - stato di fatto 93
14.1.8 Profili idraulici - stato di progetto con luci di fondo chiuse 94
14.1.9 Profili idraulici - stato di progetto con luci di fondo aperte 95
14.1.10 Risultati e considerazioni 96

15 CONCLUSIONI ***98***

ALLEGATI ***99***

Crono programma **100**

Foto inserimenti **102**

PREMESSA

La società Enerclean s.r.l., con sede legale ed amministrativa in Via Papa Giovanni XIII n.° 162/2, 17031 Albenga (SV), P.IVA 01676780099; ha incaricato i tecnici scriventi: l'ing. Andrea Demaria iscritto all'albo degli ingegneri della provincia di Cuneo con numero A1945, l'ing. Paolo Gossa, iscritto all'albo degli ingegneri della provincia di Cuneo con numero A1964 e l'ing. Luca Macario, iscritto all'albo degli ingegneri della provincia di Cuneo con numero A1951; di predisporre la presente relazione tecnica con oggetto l'impianto idroelettrico, a salto concentrato, sul Torrente Arroscia in comune di Ranzo (IM), con l'officina idroelettrica localizza presso la Chiesa di San Pantaleo.

Il progetto di cui alle tavole allegate risulta, ai sensi della normativa regionale in materia di programmazione energetica, essere così definito:

Impianto Idroelettrico a *salto concentrato* di caratteristiche:

Bacino idrografico:	***Torrente Arroscia***
Corso d'acqua:	***Torrente Arroscia***
Bacino di dominio:	***165,66 km²*** *(diretta su carta C.T.R. alla scala 1:10.000)*
Coordinate UTM (32T):	***E 419084,44 m***
	N 4878662,76 m
Altitudine max:	***2.152 m s.l.m.***
Altitudine min:	***135,75 m s.l.m.*** *(sfioro traversa)*
Portata massima derivata:	***6,00 m³ /s***
Portata media derivata:	***3,57 m³/s***
Salto disponibile medio:	***4,30 m***
Potenza legale media:	$\frac{(1000 \cdot 3{,}57 \cdot 4{,}30)}{102} = 150{,}50$ kW
Potenza legale massima:	$\frac{(1000 \cdot 6{,}00 \cdot 4{,}16)}{102} = 244{,}70$ kW

Il progetto è principalmente motivato dalla opportunità di utilizzare una traversa esistente, al fine di produrre energia idroelettrica, in conformità con i più recenti indirizzi di politica energetica regionale, nazionale e comunitaria, ed in particolare in relazione agli "*Indirizzi generali in materia di programmazione energetica regionale*".

Le finalità perseguite si possono solo indirettamente considerare come finalità strettamente ambientali, in quanto la politica di riferimento dell'intervento è la politica energetica. A tale riguardo, l'energia prodotta dalla centrale oggetto di studio ed immessa in rete contribuirebbe positivamente ad incrementare la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili.

Considerato inoltre che l'energia in rete per le leggi di kirchof tende a percorrere il tratto più breve fra il punto di produzione ed il punto di consumo è logico pensare che parte dell'energia potrà andare a vantaggio della popolazione ed utenti del comune di Ranzo quindi con un risparmio sulle dispersioni di rete che possono anche raggiungere su reti antiche il 12% e oltre l'energia prodotta.

Disporre inoltre di impianti anche se piccoli distribuiti sul territorio costituisce un fattore di sicurezza nella fornitura di energia a popolazioni locali soprattutto in caso di eventi calamitosi che possono mettere fuori servizio reti di trasporto e centrali di dimensioni maggiori.

Nella predisposizione del progetto sono state osservate alcune specifiche indicazioni tendenti a minimizzare l'impatto ambientale dell'intervento: la portata derivata, oltreché inserirsi in un razionale utilizzo della risorsa idrica, a salvaguardia dell'ecosistema fluviale.

La realizzazione della centrale in progetto inoltre è mirata al mantenimento e all'utilizzo delle strutture esistenti, servendosene e ripristinandole laddove si presentino in cattivo stato di conservazione, utilizzando materiali autoctoni e proporzioni costruttive non invasive a livello paesaggistico. Le opere previste pertanto si inseriscono perfettamente nel contesto attuale rendendo gli interventi di progetto minimi e localizzati nell'intorno della traversa fluviale esistente.

Nella presente relazione tecnico-descrittiva, dopo aver presentato il contesto normativo in cui si inserisce l'opera analizzandone le motivazioni strategiche e le finalità, si intende descrivere in maniera accurata le opere in progetto e il contesto in cui esse si vanno a collocare, al fine di valutare l'impatto economico-ambientale della centrale idroelettrica.

1 MOTIVAZIONI STRATEGICHE E FINALITÀ DELL'OPERA

1.1 Gli orientamenti della politica energetica della Comunità Europea

Un primo contributo innovativo alla definizione di strategie di sviluppo "durevole e sostenibile" nel settore energetico viene offerto dal Quinto Programma di Azione Ambientale, documento di carattere politico-programmatico approvato nel febbraio 1993 dal Consiglio e dai rappresentanti dei Governi degli Stati-membri della Comunità Europea[1]. Tale documento, relativo al periodo 1992-2000, sottolinea la necessità di elaborare strategie di sviluppo a lungo termine per assicurare che l'impatto ambientale della produzione e del consumo di energia sia ricondotto nell'ambito della sostenibilità, le cui caratteristiche principali sono:

- la salvaguardia della qualità della vita;
- il mantenimento della fruibilità delle risorse naturali;
- l'eliminazione del danno ambientale durevole;
- il soddisfacimento dei fabbisogni presenti senza pregiudizio per quelli delle generazioni future.

Facendo seguito al Quinto Programma, la Commissione europea il 24 gennaio 2001 ha adottato una proposta contenente una nuova ambiziosa strategia ambientale che definisce le aree prioritarie di intervento per il periodo 2001-2010. Il Sesto Programma "*Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta*" ruota attorno a quattro aspetti fondamentali: cambiamento climatico, ambiente e salute, natura e biodiversità, gestione delle risorse naturali e sottolinea l'importanza di nuove forme di partecipazione di cittadini e imprese.

Con particolare riguardo al cambiamento climatico, l'obiettivo di riduzione delle emissioni dell'8% entro il 2008-2012 ai sensi del Protocollo di Kyoto costituisce l'asse portante del nuovo programma.

Il Trattato sulla Carta dell'energia e l'allegato Protocollo sull'efficienza energetica firmati a Lisbona il 17 dicembre 1994 e ratificati dall'Italia con la Legge 10 novembre 1997, n. 415, affiancano all'obiettivo primario di favorire gli scambi Est-Ovest e gli investimenti nel settore dell'energia, quello dello sviluppo sostenibile e della tutela dell'ambiente, impegnando le Parti a tenere in particolare considerazione *"il miglioramento dell'efficienza energetica, lo sviluppo e l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, la promozione dell'impiego di combustibili puliti e il ricorso a tecnologie e ad altri mezzi che riducano l'inquinamento".*

Nel 1995 la Commissione europea predispone un Libro Bianco intitolato *"Una politica energetica per l'Unione Europea"*, in cui, nell'ambito dell'individuazione di tre macro-obiettivi quali una migliore

[1] Informazioni tratte dal Piano Energetico della Regione Piemonte.

competitività, la sicurezza dell'approvvigionamento e la protezione dell'ambiente, vengono suggeriti riferimenti e indicazioni per un quadro comune di politica energetica sostenibile.

In particolare, grande enfasi viene attribuita al principio dei vantaggi competitivi che possono derivare per le attività economiche e produttive dall'adozione di tecnologie energetiche efficienti, nonché ad una nuova strategia che muove dalla necessità di stimolare un rinnovato ruolo delle Regioni e delle Autorità locali nel settore energetico.

Una strategia, quest'ultima, dettata dalla consapevolezza della maggiore efficacia di un approccio locale nell'attuazione di politiche per l'efficienza energetica e lo sviluppo delle fonti rinnovabili e nella applicazione di strumenti fortemente correlati alla specificità locale.

Due anni più tardi, nel 1997, a seguito di un ampio dibattito sulle potenzialità di sviluppo delle fonti rinnovabili e sul loro ruolo nel raggiungimento degli obiettivi strategici di protezione ambientale e di diversificazione delle fonti di approvvigionamento, incentrato su uno specifico Libro Verde, la Commissione europea propone un secondo Libro Bianco, questa volta dal titolo *"Energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili"*, quale piano d'azione frutto di una strategia concertata.

Nel dicembre 1997 ha luogo a Kyoto, sotto l'egida dell'ONU, la terza Conferenza delle Parti alla Convenzione sui cambiamenti climatici. Un'assise internazionale convocata con il difficile compito di negoziare un accordo vincolante che stabilisca quantificati impegni di riduzione delle emissioni clima alteranti da mettersi in atto da parte dei Paesi industrializzati.

Dopo undici giorni di negoziato in cui emerge il ruolo trainante svolto dall'Unione Europea, i rappresentanti dei 170 Paesi partecipanti alla Conferenza adottano, il 10 dicembre, un Protocollo di attuazione nel quale sono definiti gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra, rispetto ai livelli del 1990, da conseguirsi entro il 2008-2010.

In particolare, trentotto Paesi, tra cui l'Italia, dovranno procedere ad una riduzione delle emissioni in misura maggiore. Segnatamente per gli Stati-membri dell'Unione Europea viene stabilita una percentuale di riduzione pari all'8% entro il periodo preso in considerazione.

Inoltre, il Protocollo orienta l'azione dei singoli Paesi, individuando misure e specifici settori d'intervento in cui primariamente procedere ai fini del conseguimento degli obiettivi posti, e in particolare:

- promozione dell'efficienza energetica in tutti i settori;
- sviluppo delle fonti rinnovabili per la produzione di energia e delle tecnologie innovative per la riduzione delle emissioni;
- protezione ed estensione delle foreste per l'assorbimento del carbonio;
- promozione dell'agricoltura sostenibile;
- limitazione e riduzione delle emissioni di metano dalle discariche di rifiuti e dagli altri settori energetici;
- misure fiscali appropriate per disincentivare le emissioni di gas serra.

Più recentemente, il 29 novembre 2000, la Commissione europea ha adottato il Libro Verde *"Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico"* che ha messo in evidenza le debolezze strutturali dell'approvvigionamento di energia dell'Unione europea e le sue fragilità geopolitiche, economiche e sociali alla luce soprattutto degli impegni europei nel quadro del Protocollo di Kyoto.

In questo Libro, la Commissione ha evidenziato che l'Unione europea è fortemente dipendente dall'approvvigionamento energetico esterno e le sue importazioni coprono oggi il 50% della domanda. Persistendo l'attuale tendenza, questa percentuale è destinata ad aumentare entro il 2030 fino al 70%.

In questa direzione, la Direttiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 settembre 2001 sulla *"promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità"* partendo dalla considerazione che il potenziale di sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili è attualmente sottoutilizzato nella Comunità, riconosce la necessità di promuovere in via prioritaria le energie rinnovabili poiché queste, nel contribuire alla protezione dell'ambiente, allo sviluppo sostenibile e alla sicurezza degli approvvigionamenti, permettono di conseguire più rapidamente gli obiettivi di Kyoto.

La direttiva, prendendo le mosse dall'obiettivo indicativo del 12% quale contributo delle rinnovabili al complessivo consumo interno lordo di energia, da conseguire entro l'anno 2010, contenuto nel Libro Bianco sulle fonti energetiche rinnovabili, stabilisce che entro la stessa data sia raggiunta la quota indicativa del 22,1%, quale percentuale di elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili sul consumo totale di elettricità della Comunità.

1.2 Le linee di indirizzo della politica energetica nazionale

La Conferenza Nazionale per l'Energia e l'Ambiente tenutasi a Roma nel novembre 1998 rappresenta il segnale di un nuovo modo di fare politica energetica, basato sulla concertazione, sul decentramento, sull'utilizzo dei meccanismi di mercato e sull'integrazione della stessa politica con quelle riguardanti il territorio.

Nel documento conclusivo della Conferenza, accanto alla stipulazione del Patto per l'energia e l'ambiente, sono indicate altre iniziative prioritarie in campo energetico:

- il riassetto del settore elettrico
- la delibera CIPE sul Protocollo di Kyoto
- l'introduzione della carbon-tax
- l'attuazione della Bassanini
- legge 10/91

Il Governo, nel documento citato, ha delineato un programma di azioni che prevede, tra l'altro, il raddoppio della quota di fonti energetiche rinnovabili entro la data del 2010 quale obiettivo da raggiungere in un costante dialogo con le Regioni.

Emerge dunque chiaramente la necessità di dialogare e confrontarsi con le Regioni, riconoscendo alle stesse un ruolo di programmazione troppo spesso trascurato a favore dell'attribuzione di compiti meramente operativi. Il generale processo di riforma amministrativa, intrapreso in questi ultimi anni con le cosiddette leggi Bassanini (leggi 59/97, 127/97, 191/98 e decreto legislativo 112/98, modificato dal D. Lgs. 443/99), delinea un nuovo sistema di governo dell'energia, ridisegnando ruoli, competenze e procedure. Si tratta di un processo di regionalizzazione che rovescia il criterio di distribuzione delle funzioni, riconoscendo al sistema decentrato e integrato di regioni ed enti locali un ruolo programmatorio sul territorio che ha come punto di riferimento gli indirizzi fissati dall'Amministrazione centrale.

Specificamente, il decentramento alle regioni di compiti di pianificazione, indirizzo e controllo nel settore energetico, in parte già avviato con l'emanazione della legge 10/91 ed, in particolare, con leggi successive, con la legge 59/97 e il D.Lgs. 112/98, consente alle medesime di meglio strutturare le funzioni in materia energetica, fermo restando il rispetto delle competenze riservate allo Stato dall'art.29 dello stesso D.Lgs 112/98 e il conferimento di funzioni agli enti locali come previsto dall'art.31 dello stesso decreto.

Allo Stato sono riservati la definizione degli indirizzi di politica energetica nazionali, il coordinamento della programmazione energetica regionale, l'unificazione tecnica delle condotte delle varie amministrazioni, l'assolvimento di funzioni di rilevanza nazionale (quali la ricerca scientifica, la costruzione delle centrali elettriche oltre i 300 MW, l'attuazione del programma di metanizzazione del Mezzogiorno, la vigilanza sull'ENEA); agli enti locali sono attribuite le funzioni in materia di controllo sul risparmio energetico e l'uso razionale dell'energia , nonchè le altre funzioni previste dalla legislazione regionale, oltrechè la redazione e l'adozione dei programmi di intervento per la promozione delle fonti rinnovabili e del risparmio energetico, l'autorizzazione all'installazione e all'esercizio degli impianti di produzione di energia, il controllo sul rendimento energetico degli impianti termici. In sintesi alle Regioni è riconosciuta quale potestà generale, quella di redigere ed approvare i piani energetici regionali, nonchè funzioni di amministrazione diretta in tema di certificazione energetica degli edifici e di contributi per i progetti di uso razionale dell'energia.

Il Parlamento, in data 26 marzo 2002, in occasione della discussione del D.L.7 febbraio 2002, n. 7 *(c.d. "Sblocca Centrali")* ha approvato l'ordine del giorno 9/2523/3 con cui ha impegnato il Governo alla presentazione di un disegno di legge di complessivo riordino e riforma del settore energetico.

Tra gli aspetti salienti del disegno di legge emerge la previsione di norme volte alla promozione dell'incremento della quota obbligatoria dell'energia elettrica da fonti rinnovabili e all'utilizzo razionale dell'energia. Per quanto riguarda la risorsa idroelettrica, che ha rappresentato in passato uno dei significativi fattori di sviluppo economico del Paese, essa è ancora, a tutt'oggi, la fonte

energetica nazionale di maggior rilievo; tale risorsa contribuisce, infatti, alla copertura del fabbisogno elettrico nazionale per circa il 17%, a fronte di una produzione netta pari a 46.769 GWh nel 1998, di cui il 75% da impianti ENEL e il rimanente 25% da impianti di soggetti privati e aziende municipalizzate. Malgrado le potenzialità di sfruttamento della risorsa idrica a fini di produzione elettrica, come di seguito meglio specificato, siano ormai prossime all'esaurimento, il carattere strategico di tale forma di produzione, e pertanto il ruolo da essa svolto nel quadro del soddisfacimento del fabbisogno elettrico nazionale, continuano ad essere rilevanti. In particolare, nel nuovo scenario venutosi a determinare con la creazione del mercato unico europeo dell'energia elettrica, gli impianti idroelettrici continuano a ricoprire una funzione insostituibile nel breve periodo, consentendo un'efficace e rapida rimodulazione della produzione, un'ottimizzazione della stessa in funzione dei diagrammi di carico della rete elettrica, nonché il soddisfacimento delle punte di richiesta.

Tutto ciò, grazie alle peculiarità degli impianti contraddistinti dalla rapidità di presa di carico, dalla possibilità di funzionare per brevi periodi (e più volte) nell'arco della stessa giornata, nonché dalla capacità di regolazione della tensione, della frequenza e delle potenze attive e reattive. Inoltre, la completa indipendenza del funzionamento di tali impianti da interventi esterni li rende insostituibili per quanto attiene alla "riaccensione della rete" nei casi di blackout. Al di là di tali caratteristiche della produzione, che potremmo definire "dinamiche", altro fondamentale requisito della fonte idroelettrica è rappresentato dal suo squisito carattere di rinnovabilità che, unitamente alla sua estraneità a qualsiasi emissione in atmosfera, fa della risorsa un elemento d'importanza strategica nel bilancio energetico del Paese.

1.3 Il Sistema energetico Ligure

Le linee guida della politica energetica della Regione Liguria sono contenute all'interno del Piano Energetico Ambientale della Regione Liguria, all'interno del quale viene descritta la situazione attuale e vengono delineati le strategie future e gli obiettivi da raggiungere. Il quadro attuale evidenzia un'offerta complessiva di energia primaria nel territorio ligure di circa 6000 ktep, a fronte di consumi pari a 3443 ktep, con un'esportazione in altre regioni di circa il 43% dell'energia prodotta. Dietro questo quadro apparentemente positivo si nasconde però il problema dell'inquinamento, la produzione di energia, "è responsabile della più ampia percentuale di emissioni di gas serra sul territorio regionale, pari al 58%". È stato quindi stabilito che il futuro assetto energetico della regione non possa prescindere da alcuni principi base:

- rispetto dell'ambiente;
- razionalizzazione delle attività più energivore;
- produzione di sistemi produttivi ambientalmente qualificati;
- innovazione nella produzione di energia.

Alla luce di tali elementi, che costituiscono gli assi portanti delle strategie in campo energetico, la Regione Liguria intende raggiungere il riassetto energetico promuovendo **la progressiva costituzione di un sistema di produzione diffuso sul territorio e caratterizzato dalla presenza di impianti produttivi di piccola-media taglia ad alta efficienza e contenuto impatto ambientale**. Gli obiettivi che infatti la Regione intende perseguire nella sua politica energetica sono:

- aumento dell'efficienza energetica;
- stabilizzazioni delle emissioni climalteranti ai livelli dell'anno 1990;
- raggiungimento del 7% del fabbisogno energetico da fonti rinnovabili, a fronte di una produzione da fonte rinnovabile attuale pari a solo l'1,5% dell'intero quantitativo di energia consumata.

La Regione intende raggiungere tale obiettivo attraverso l'impiego dell risorse energetiche rinnovabili. Alla luce di questo "è intenzione della Regione Liguria operare per la massima snellezza e semplificazione delle procedure necessarie per l'insediamento di impianti che utilizzino energie rinnovabili." "Per quanto attiene al comparto dell'idroelettrico la Regione Liguria, pur presentando caratteristiche geo-morfologiche particolari, presenta un potenziale idroelettrico di rilievo. Il quadro della produzione idroelettrica in Liguria nel 1998 rivela la presenza sul territorio regionale di 35 impianti per una potenza installata complessiva teorica pari a 4600 GWh e una produzione reale pari a 250 GWh nell'annualità di riferimento. Sulla base della conoscenza dell'attuale situazione la Regione ha delineato la realizzazione di nuovi impianti sostenibili dal punto di vista economico e ambientale quale una delle linee di indirizzo su cui orientare e sviluppare le future azioni specifiche di intervento.

1.4 Inquadramento normativo

Il presente capitolo, riporta un elenco delle principali leggi e norme vigenti che possono avere interesse per la realizzazione dell'opera in progetto, ovvero per la costruzione di un impianto di derivazione finalizzato alla produzione di energia idroelettrica.

Per quanto riguarda la presenza di vincoli presso l'area oggetto di intervento, sono stati verificati gli adempimenti normativi dettati dalle seguenti disposizioni di legge:

- Regio Decreto 30 dicembre 1923, n. 3267 - Riordino e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani. Titolo I, Capo I, Sezione 1: Vincolo per scopi idrogeologici;
- Legge 29 giugno 1939, n. 1497 - Protezione delle bellezze naturali;
- Decreto legislativo 27 giugno 1985, n. 312 - Disposizione urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale;
- Legge 8 agosto 1985, n. 431 - Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 312/85;

- Legge 28 gennaio 1977, n. 10 - Norme per la edificabilità dei suoli. Art. 4: rilascio della concessione edilizia;
- Decreto Legislativo 29 Ottobre 1999, n.490 - Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, a norma dell'art. 1 della legge 8 ottobre 1997, n. 352;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 - Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 (Codice Urbani), che ha abrogato il Decreto Legislativo 29 Ottobre 1999, n. 490 - Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali;
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 – Norme in materia ambientale (Codice dell'Ambiente o Testo unico dell'Ambiente).

Leggi in materia di acque pubbliche, aria e produzione di energia elettrica

- Regio Decreto 25 luglio 1904, n. 523 - Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie;
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 - Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici. Art. 7: rilascio della concessione di derivazione;
- Legge 5 marzo 1990, n. 46 - Norme per la sicurezza degli impianti;
- Decreto del Presidente della Repubblica 6 dicembre 1991, n. 447 - Regolamento di attuazione della L. 46/90;
- Legge 9 gennaio 1991, n. 9 - Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali. Art. 22: Regime giuridico degli impianti di produzione di energia elettrica a mezzo di fonti rinnovabili e assimilate; Art. 23: Circolazione dell'energia elettrica prodotta da impianti di produzione di energia elettrica a mezzo di fonti rinnovabili e assimilate;
- Legge 9 gennaio 1991, n. 10 - Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia;
- Decreto Ministeriale 25 settembre 1992 - Approvazione della convenzione - tipo prevista dall'art. 22 L. 9/1991;
- Legge 5 gennaio 1994, n. 37 - Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche;
- Direttiva 19 dicembre 1996, n. 96/92/CE - Norme comuni per il mercato interno di energia elettrica;
- Delibera CIPE 19 novembre 1998 n. 137 - Linee guida per le politiche e misure nazionali di produzione delle emissioni di gas serra;

- Delibera dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas 18 febbraio 1999, n. 13 (G.U. n. 49 del 1 marzo 1999)
- Disciplina delle condizioni tecnico-economiche del servizio di vettoriamento dell'energia elettrica e di alcuni servizi di rete;
- Decreto Legislativo 16 marzo 1999, n. 79 - Attuazione della direttiva 96/92/CE, recante norme comuni per il mercato interno dell' energia elettrica. Art. 11: Fonti rinnovabili;
- Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152 - Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole;
- Decreto Legislativo 4 agosto 1999, n. 351 – Attuazione della Direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente;
- Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258 - Disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128;
- Direttiva 27 settembre 2001, n. 2001/77/CE - Promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno di energia elettrica;
- Decreto Legge 7 febbraio 2002, n. 7 - Misure urgenti per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale;
- Legge 9 aprile 2002, n. 55 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 7 febbraio 2002, n. 7, recante misure urgenti per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale;
- Decreto Ministeriale 2 aprile 2002, n. 60 - Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.
- D.L. 29 Dicembre 2003 n. 387 - Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- Delibera regionale 1122/2012 - Linee guida regionali, recepimento Linee Guida Nazionali di cui al DM 10 settembre 2010, (nel seguito denominate Linee Guida Nazionali) a corredo del quadro autorizzativo delineato con l.r. 16/2008 ss.mm.ii.e L.R. n. 10/2012, nonché Norma Tecnica per la VIA ai sensi dell'art. 16 c. 1 della L.R. 38/98.

2 ANALISI DELLE PORTATE

Nel seguente capitolo si riporta in forma sintetica le principali caratteristiche idrologiche del sito valutate più attentamente all'interno dello "Studio idrologico".

In particolare si riportano:

- deflussi dell'anno medio;
- deflusso minimo vitale;
- portate derivabili nell'anno medio;
- portate di massima piena.

Come scritto nello Studio Idrologico dopo attente valutazione si è deciso di utilizzare i dati calcolati attraverso la comparazione tra bacini. Questo in via cautelativa a livello idrologico visto i valori più bassi rispetto alle altre metodologie di calcolo.

2.1 Calcolo delle portate caratteristiche attraverso la comparazione tra bacini

Per valutare l'andamento delle portate naturali all'interno del Torrente Arroscia si è voluto valutare i risultati ottenuti attraverso la comparazione tra bacini utilizzando i dati registrati dalla stazione di Pogli sul torrente Arroscia. Si riportano a seguito i valori ottenuti

	Gen	***Feb***	***Mar***	***Apr***	***Mag***	***Giu***	***Lug***	***Ago***	***Set***	***Ott***	***Nov***	***Dic***
Q Pogli	4,420	5,790	6,980	6,560	5,880	2,790	1,380	0,720	1,520	2,750	7,330	5,450
Q traversa	3,625	4,748	5,724	5,380	4,822	2,288	1,132	0,590	1,247	2,255	6,011	4,470

Tabella 1. Portate medie mensili del Torrente Arroscia calcolate attraverso la comparazione tra bacini

Giorni	***Q Pogli***	***Q traversa***
[gg]	*[m³/s]*	*[m³/s]*
10	21,860	17,927
30	17,000	13,942
60	9,600	7,873
91	4,080	3,346
135	2,000	1,640
182	1,820	1,493
274	0,820	0,672
335	0,360	0,295

Tabella 2. Curva di durata delle portate naturali nel Torrente Arroscia calcolate attraverso la comparazione tra bacini

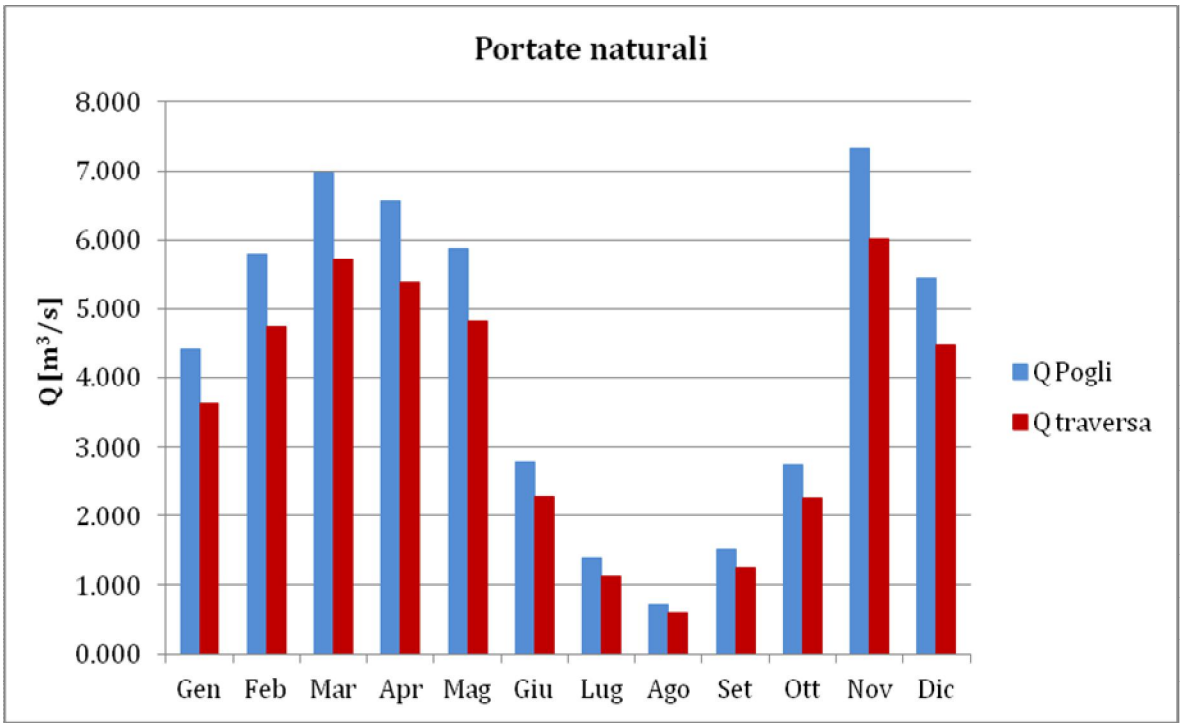


Figura 1. Portate medie mensili naturali a Pogli e nella sezione di progetto

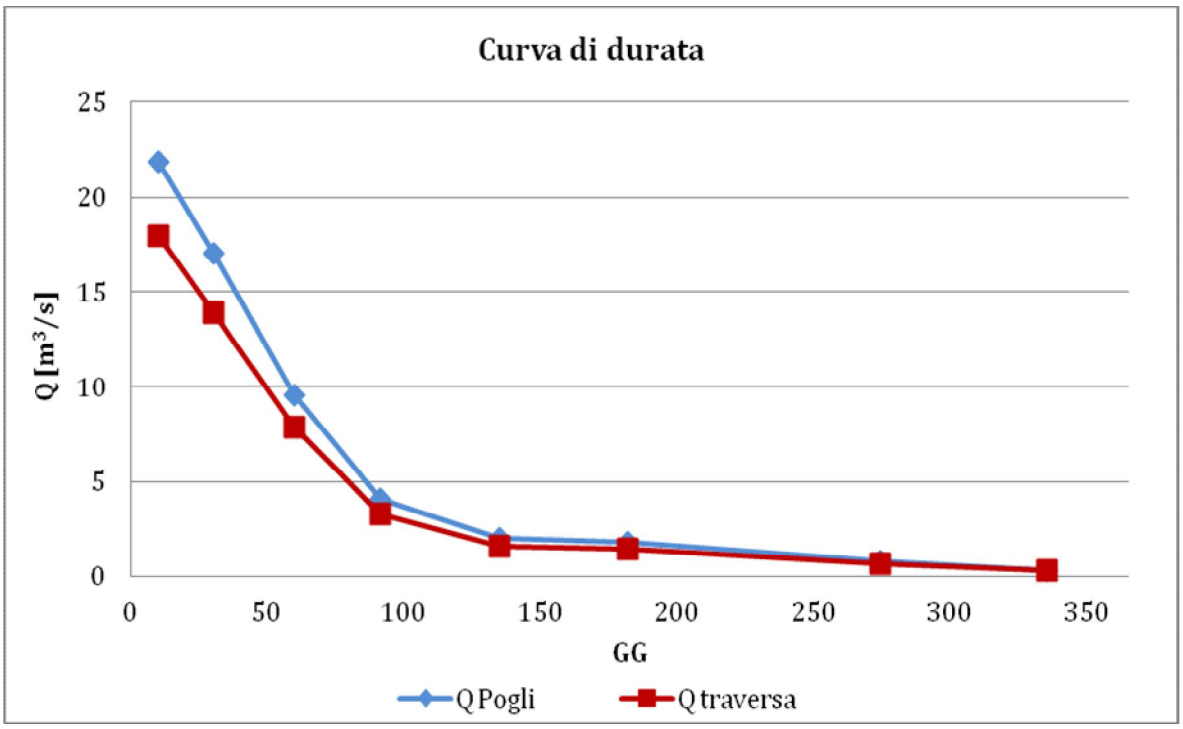


Figura 2. Curva di durata delle portate naturali nella sezione di pogli e nella sezione di progetto

2.2 Definizione del Deflusso Minimo Vitale

Secondo quanto disposto dalla D.G.R. 1146 del 15/10/2004 (allegato A punto 7.4) il DMV deve essere calcolato utilizzando l'equazione proposta per il Bacino del Fiume Po, così come definito dall'Allegato B alla deliberazione 13 Marzo 2002 n. 7 del Comitato dell'Autorità di bacino del Fiume Po: "...è il deflusso che, in un corso d'acqua, deve essere presente a valle delle captazioni idriche al fine di mantenere le condizioni di funzionalità e di qualità degli ecosistemi interessati..."

Il Deflusso Minimo Vitale in una determinata sezione del corso d'acqua è calcolato secondo la formula:

$$Q_{DMV} = k \cdot q_{meda} \cdot S$$

Dove

- **K** = parametro sperimentale determinato per singole aree idrografiche, che esprime la percentuale della portata media che deve essere considerata;
- **qmeda** = portata specifica media annua per unità di superficie del bacino (in l/s Km);
- **S** = superficie del bacino sottesa dalla sezione del corso d'acqua (in km);

In seguito si è andati a definire il DMV "base" attraverso la definizione di esso con le caratteristiche definite dalla delibera n.1175 del 25 settembre 2013 della Regione Liguria. Con la suddetta delibera si definiscono i nuovi parametri per la determinazione del DMV da far rilasciare alla centrale oggetto di richiesta di concessione.

$$Q_{DMV} = k \cdot q_{meda} \cdot S \cdot M \cdot Z \cdot A \cdot T$$

Dove

- **M** = 1,1 = parametro morfologico che esprime l'attitudine dell'alveo a mantenere le portate di deflusso;
- **Z** = 1 = il massimo dei valori dei tre parametri N, F, Q, calcolati distintamente, dove:
- **N** = parametro naturalistico
- **F** = parametro di fruizione
- **Q** = parametro relativo alla qualità delle acque fluviali
- **A** = 1 = parametro relativo all'interazione tra le acque superficiali e le acque sotterranee e che esprime le esigenze di maggiore o minore rilascio dovuto al contributo delle acque sotterranee alla formazione dei deflussi in alveo;
- **T** = 1 = parametro relativo alla modulazione nel tempo dei rilasci delle opere di presa, in funzione degli obiettivi di tutela definiti per i tratti di corso d'acqua sottesi dalla derivazione (tutela dell'ittiofauna, fruizione turistica – ricreativa, o per altre esigenze di carattere ambientale).

Nel caso in oggetto si è definito che il parametro morfologico (M) risulta pari a 1,1 ed il parametro qualitativo (Q) risulta pari a 1. Adottando L'equazione definita dalla delibera si definisce come DMV "base" da rilasciare prima dell'inizio della derivazione il seguente valore:

Per cui:

- **k** = 0,05404
- **qmeda** = 23,83
- **S** = 165,66
- **M** =1,10
- **Z** = il massimo dei valori dei tre parametri N, F, Q, calcolati distintamente, dove:
- **N** = 1
- **F** = 1
- **Q** = Q = 0,3 SC + 0,7 SE =0,3 *1 +0,7*1 = 1
- **A** = 1
- **T** = 1

DMV = 0,05404 · 165,66· 23,83 · 1,10 = 234,66 l/s ==> 250 l/s

2.3 Portate derivabili

Dall'analisi delle portate effettuate nei capitoli precedenti e definito il DMV da adottare alla traversa di derivazione si calcolano i valori delle portate disponibili e derivate dall'impianto idroelettrico in progetto. Nella valutazione della portata naturali e disponibili si è tenuto in considerazione la possibile presenza di derivazioni significativi sia a monte della derivazione che nel tratto da essa sotteso.

Non sono state rilavate derivazioni, quindi alla presa non è necessario rilasciare portate aggiuntive a quelle previste dal DMV o dalla quota parte non derivabile.

L'intervallo di portate derivabili dall'impianto è:

- Q_{max} = 6.000 l/s portata massima derivabile;
- Q_{min} = 1.200 l/s portata minima derivabile.

Come scritto precedentemente il DMV viene definito nella misura di 250 l/s.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Q traversa	3,625	4,748	5,724	5,380	4,822	2,288	1,132	0,590	1,247	2,255	6,011	4,470
DMV	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Q disp	3,375	4,498	5,474	5,130	4,572	2,038	0,882	0,340	0,997	2,005	5,761	4,220
Q der	3,375	4,498	5,474	5,130	4,572	2,038	0,000	0,000	0,000	2,005	5,761	4,220

Tabella 3. Portate caratteristiche alla sezione di progetto

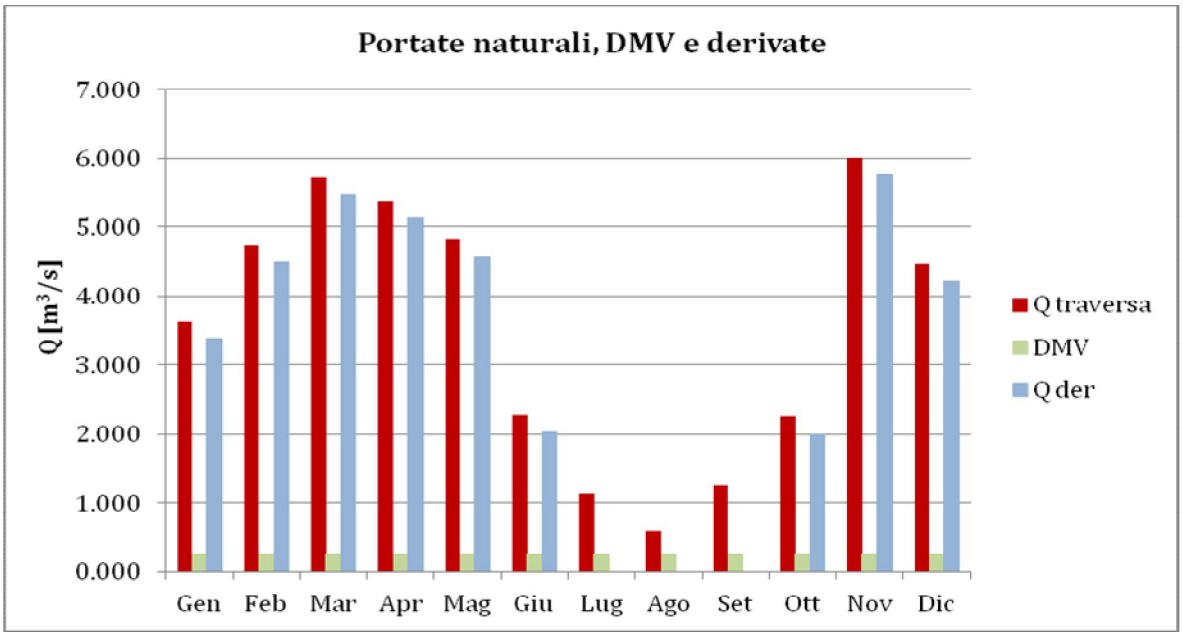


Figura 3. Portate naturali, DMV e derivate nel Torrente Arroscia

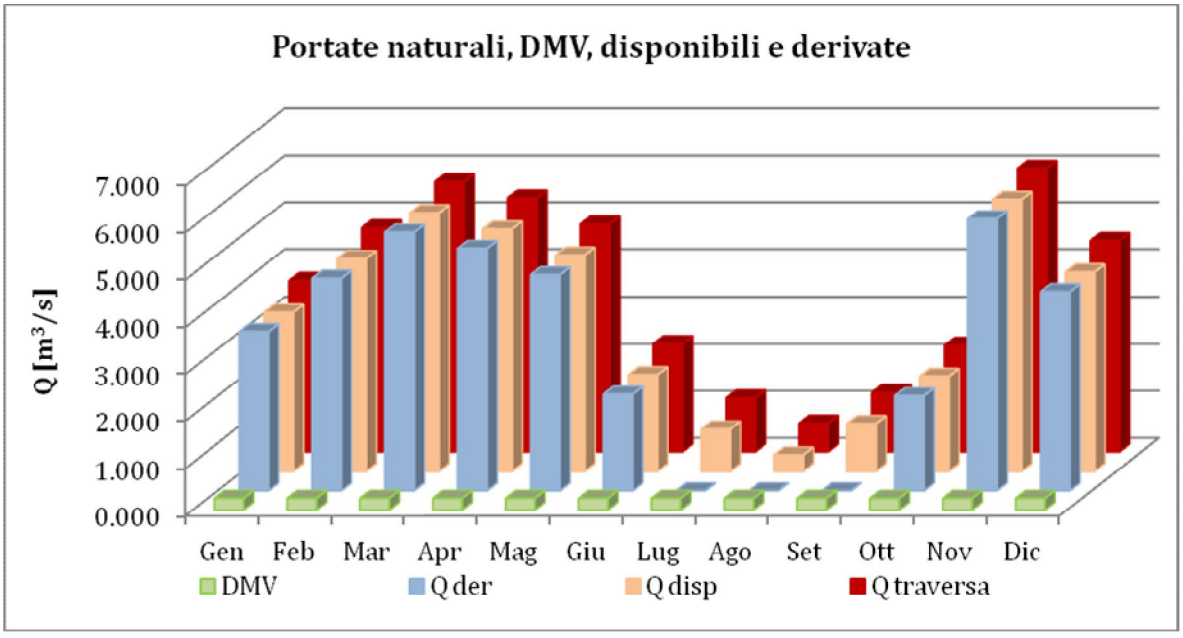


Figura 4. Portate naturali, DMV, disponibili e derivate nel Torrente Arroscia

Giorni	*Q traversa*	*DMV*	*Q disp*	*Q der*
[gg]	*[m³/s]*	*[m³/s]*	*[m³/s]*	*[m³/s]*
10	17,927	0,250	17,677	6,000
30	13,942	0,250	13,692	6,000
60	7,873	0,250	7,623	6,000
91	3,346	0,250	3,096	3,096
135	1,640	0,250	1,390	1,390
182	1,493	0,250	1,243	1,243
274	0,672	0,250	0,422	0,000
335	0,295	0,250	0,000	0,000

Tabella 4. Curva di durata delle portate caratteristiche alla sezione di progetto

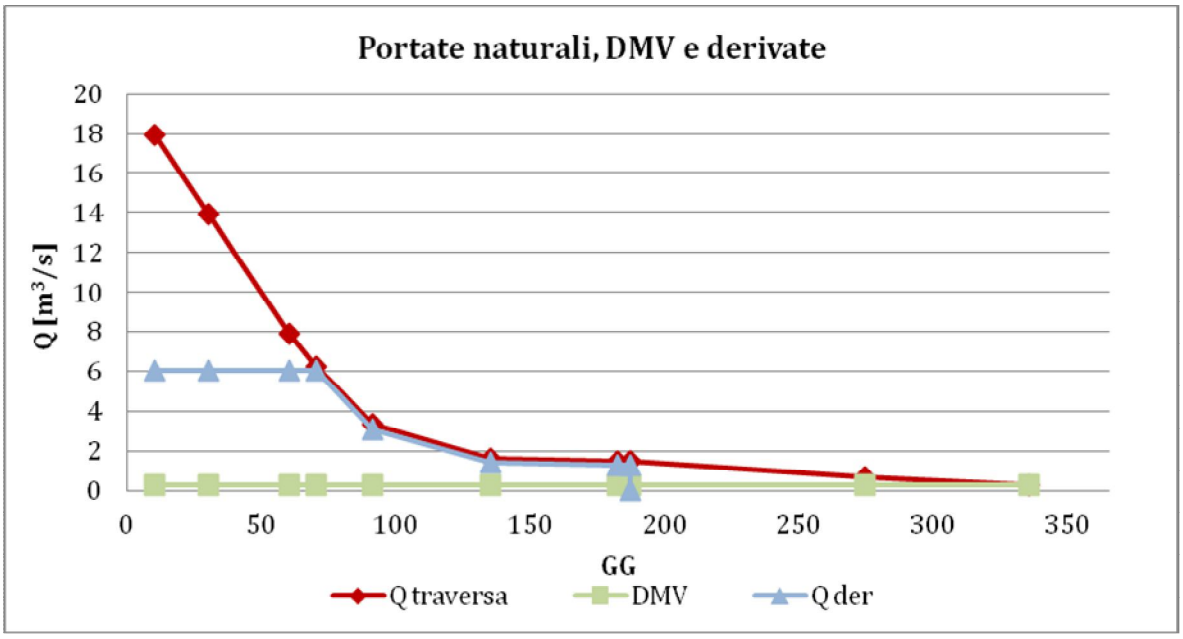


Figura 5. Curva di durata delle portate naturali, DMV e derivate nel Torrente Arroscia

Dalla valutazione della curva di durata giornaliera si osserva che la portata massima derivata pari a 6.000 l/s è presente e derivabile per circa 70 giorni all'anno nell'anno medio.

L'impianto funzionerà (con portate comprese tra la massima derivabile e la minima derivabile) per 187 giorni all'anno. Quindi la centrale idroelettrica mantiene inattiva la derivazione per 178 giorni circa. Attraverso queste considerazioni si osserva che la centrale in oggetto va a turbinare la alte portate e permette, in condizioni di basse portate non andar a derivare e quindi fare un uso ottimale della risorsa idroelettrica.

La derivazione oggetto della presente richiesta presenta le seguenti caratteristiche:

- ***portata massima derivata*** = 6,00 m³/s disponibile per circa 70 gg/anno;
- ***portata media derivata*** = 3,57 m³/s
- ***portata minima derivata*** = 1,20 m³/s disponibile fino a 187 gg/anno;

3 QUANTIFICAZIONE DEL SALTO

Nel seguente capitolo si va a definire il metodo di calcolo adottato per la quantificazione del salto, che deve tenere altresì conto, della sua variabilità in funzione delle portate derivate e dei livelli di valle, prendendo in considerazione anche gli eventuali rigurgiti provocati da altre derivazioni e/o opere a valle.

3.1 Rilievo planoaltimetrico

Per la determinazione del salto geodetico è stato adottato come metodo di calcolo il rilievo tacheometrico il quale ha restituito il rilievo di dettaglio dell'intera zona andando a definire i dislivelli naturali tra i peli liberi di monte e valle.

Il rilevo è stato georiferito con appoggio a stazioni permanenti GNSS Regione Liguria, sistema di riferimento: RDN (rete dinamica nazionale) ETRF 2000 Coordiante UTM - Quote ortometriche (SLM).

Definito le quote di riferimento si è andati ad impostare la posizione e la quota del coronamento della traversa, la quale è stata impostata a 135,75 m s.l.m..

Vista la tipologia progettuale dell'intera opera idroelettrica, il ***livello di monte*** verrà ad attestarsi ad una quota pari a ***135,75 m.s.l.m.***. Questo livello rimarrà costante visto che l'impianto funzionerà a livello di monte costante e questo verrà regolato grazie alla funzione del coronamento della traversa come si può osservare all'interno delle tavole tecniche allegate al progetto.

Per quanto concerne il livello di valle questo risulta collegato dal regime naturale del'alveo e dalle altezze d'acqua generate all'interno dell'asta fluviale.

Il livello di valle verrà definito in funzione delle portate derivate (massima media e minima).

- Quota livello idrico Qmassima: ***131,20 m s.l.m.***
- Quota livello idrico Qmedia: ***131,45 m s.l.m***.
- Quota livello idrico Qminima: ***131,59 m s.l.m***.

Definite le due quote, quella di presa e quella di rilascio, si definisce così il salto lordo d'impianto che si attesterà a:

- ***4,16 m***. per la Qmassima;
- ***4,30 m***. per la Qmedia;
- ***4,55 m***. per la Qminima.

3.2 Capisaldi di riferimento

Si è provveduto alla definizione dei capisaldi di riferimento fissi a cui sono state riferite tutte le quote altimetriche dei profili, delle planimetrie e delle relazioni.

Il primo è stato posizionato presso la Chiesa di San Pantaleo.



Figura 6. Caposaldo presso la chiesa di San Pantaleo



Figura 7. Particolare caposaldo presso la Chiesa di San Pantaleo

Il secondo è stato posizionato sulla strada a valle della chiesa.



Figura 8. Caposaldo sulla strada a valle della chiesa di San Pantaleo



Figura 9. Particolare caposaldo sulla strada a valle della chiesa di san Pantaleo

4 DESCRIZIONE GENERALE DELLO STATO DEI LUOGHI

Al fine di descrivere le principali caratteristiche dell'impianto idroelettrico in progetto e gli interventi necessari per la sua realizzazione, nel presente capitolo, si provvede ad analizzare le principali caratteristiche ambientali ed idrauliche del tratto di corso d'acqua interessato, prestando particolare attenzione alle opere presenti ed eventuali impatti.

La derivazione di acqua per scopi idroelettrici riguarderà un tratto del Torrente Arroscia nell'ambito del Comune di Ranzo (IM) presso al chiesa di San Pantaleo. Più specificamente l'area di intervento si sviluppa nei pressi della traversa fluviale al di sotto del piccolo piazzale delle chiesa sopra descritta. In prossimità del sito, nonostante l'elevato livello di naturalità del contesto ambientale, non sono presenti aree di interesse nazionale e/o regionale e/o provinciale.

4.1 Il torrente Arroscia

Il torrente Arroscia che rappresenta uno degli affluenti principali del Fiume Centa, nasce nei pressi dell'abitato di Poilarocca ad una quota di circa 1400 m. s.l.m. e si snoda con andamento sinuoso secondo una direzione W-E. Il reticolo idrografico si presenta di tipo detritico, con le aste principali dei torrenti disposte a raggiera, e si apre a ventaglio dall'abitato di Ponterotto verso monte. L'organizzazione del reticolo evidenzia spesso valli parallele la cui impostazione sembra dettata da eventi tettonici, in particolare da una serie di faglie con direttrice NE-SW; talvolta si comporta differentemente seguendo percorsi dettati probabilmente dalla diversa erodibilità dei terreni.

Il corso d'acqua principale accoglie nei pressi di Pieve di Teco il Torrente Arogna (tributario sinistro) e poco più a valle il Torrente Giara di Rezzo (tributario destro); i corsi d'acqua citati rappresentano i due sottobacini principali.

4.2 Il sito d'interesse

La zona interessata dalla futura opera idroelettrica risulta in prossimità della Chiesa di San Pantaleo, facilmente raggiungibile dalla strada statale n.°453.

Dal punto di vista morfologico il tratto in esame si trova in una zona piuttosto stretta della valle del Torrente Arroscia. Si osserva che in sponda sinistra idrografica, dove verrà posizionata la centrale idroelettrica, si riscontra l'affioramento di ammassi rocciosi i quali fungeranno da appoggio alla centrale e sperone per le ali della traversa. A monte della zona centrale la sezione d'alveo si presenta leggermente più ampia, mentre nel tratto di valle il torrente si fa più inciso, stretto tra due scoscese

pareti rocciose. In sponda sinistra con pareti quasi verticali ed in sponda destra con sponde inclinate di circa 45°. La differenza altimetrica tra strada e l'alveo è pari a circa 36,50 m.

L'accesso alla zona centrale può avvenire attraverso due vie d'accesso: la prima una strada sterrata interpoderale in completo stato di abbandono e ormai colonizzata da ampie specie infestanti. La presenza della strada viene garantita a livello normativo e cartograficamente attraverso il suo posizionamento all'interno della Carta Tecnica Regionale. La seconda attraverso un sentiero pedonabile che diparte anch'esso dal retro della chiesa di San Pantaleo e che discende direttamente sulla traversa. Anche questo accesso risulta non in buone condizioni ma viene normalmente utilizzato per recarsi sul manufatto per la pesca. Il progetto prevede la messa in ripristino delle due vie d'accesso con operazioni di ingegneria naturalistica.

Si Sottolinea l'assenza di elementi naturalistici di rilievo, alberi ad alto fusto di importanza naturale e paesaggistica, nella zona interessata dalla realizzazione della centrale idroelettrica visto il sua caratteristica rocciosa.

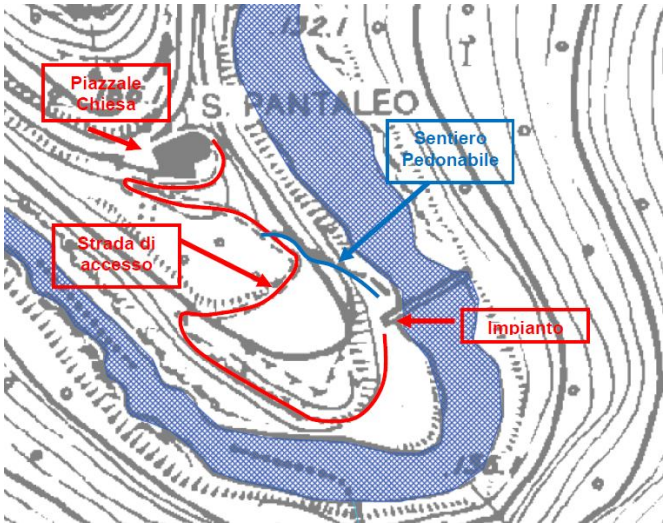


Figura 10. Accessi alla zona poste su Carta Tecnica Regionale



Figura 11. Vista aerea delle vie d'accesso esistenti

4.3 Il manufatto traversa

La traversa esistente è costituita da una soglia in calcestruzzo e pietrame cementato di larghezza minima di circa 1,80 e massima di 2 m; con lunghezza di circa 43 m. Le ali laterali della struttura si vanno ad ancorare tra le sponde in roccia naturale presenti nel sito.

Dal sopraluogo effettuato la struttura presenta molte parti danneggiate degli eventi di piena. Attraverso un'analisi temporale delle condizioni di piena riscontrate nel torrente, si è giunto a definire che la struttura della traversa risultava ancora intatta nell'anno 2005, anche se già colpita e lievemente danneggiata dagli eventi di piena presentatesi negli anni precedenti.

La strutta, realizzata senza l'ausilio di barre di acciaio ad aderenza migliorata (calcestruzzo armato) con il passare degli anni ed il susseguirsi di piene, si è andata a deteriorare ed aprire centralmente, zona di massimo impatto e di minima resistenza, per un varco di circa 4 m; questo causa anche dell'incuria e della non manutenzione dell'opera idraulica. Attraverso memorie storiche si è definito che i danni strutturali maggiori attribuiti alla traversa è avvenuto nell'anno 2010 anno di una forte piena del Torrente.

Al problema strutturale l'amministrazione pubblica (Provincia di Imperia e guardia Forestale) non ha mai posto rimedio attraverso delle operazioni di consolidamento e ristrutturazione del manufatto, per problemi di bilancio economico, facendo si che la struttura idraulica non potesse più svolgere il compito di laminazione delle portate di piena, diminuzione dell'energia cinetica del flusso e regolazione del fondo del torrente.



Figura 12. Vista aerea della zona d'intervento con traversa fluviale ancora intatta



Figura 13. Vista aerea della zona d'intervento con traversa fluviale danneggiata

Durante il rilievo di dettaglio si è riscontrato lo zoccolo della traversa al di sotto del pelo libero nella zona dello "squarcio". Questo fa si che la struttura rimanga ancora ancorata e definita come elemento strutturale unico. Purtroppo se non vi si porrà rimedio, un evento di piena eccezionale, come ormai si presentano frequentemente, potrebbe portare al collasso totale della struttura, la quale frantumata, andrebbe a compromettere la stabilità delle atre traverse poste più a valle creando un possibile effetto tappo alle infrastrutture lineari trasversali (ponti) compromettendone la stabilità e la loro sicurezza.



Figura 14. Particolare della traversa fluviale danneggiata

Caratteristica intrinseca del sito d'indagine e che il letto del Torrente Arroscia risulta in pietra compatta, questo ha permesso che il trasporto solido accumulato a monte del paramento della traversa (limitato e di piccole dimensioni), nel momento in cui questa è stata danneggiata ed aperta sia stato eliminato e trasportato verso valle.

Purtroppo questo effetto ormai continuo di non "raccolta" del trasporto solido al fondo all'interno dell'alveo, fa si che le opere di derivazione poste a valle abbiamo un effetto di riempimento molto accelerato ed accentuato, compromettendone l'uso.

Attraverso una ricognizione attenta di tutto il meandro si sono potuti riscontrare delle zone di deposito di materiale temporaneo, dovuto all'ingrossarsi del torrente, questi verranno completamente dilavati e trasportati a valle al primo evento di piena.

Questo effetto di dilavazione del materiale è dovuto anche alle alte velocità del flusso che si vengono a creare nella zona compresa tra la traversa di Borgata Calabria e quella di Martinetto; velocità che sarebbe limitata dalla presenza della traversa nella sua integrità (come dimostrato nello studio di compatibilità idraulica).



Figura 15. Vista aerea della zona d'intervento e rispettive distanze tra le traverse esistenti (Borgata Calabria e Martinetto)

Come si evince dalle figure riportate a seguito entrambe le spalle della traversa sono incastrate nella roccia che determina il tracciato del Torrente Arroscia. Analizzando nel dettaglio il tratto a valle della traversa si denota che la sponda sinistra, scavata in roccia viva, presenta un andamento regolare pressoché verticale per almeno 5 m in verticale per poi proseguire con una zona vegetata da alberi ed

arbusti. Anche in sponda destra, anch'essa scavata in roccia viva, presenta un andamento regolare con pendenza abbastanza costante di quasi 45°,per poi risultare vegetata da alberi ed arbusti.



Figura 16. sponda sinistra della traversa fluviale



Figura 17. sponda destra della traversa fluviale

4.4 Le opere esistenti

A monte della traversa, trasversalmente al corso d'acqua, si segnala la presenza del viadotto della superstrada che collega Pieve di Teco ad Imperia, un ponte in acciaio e c.a. di recente costruzione.

La struttura dell'impalcato non ha nessun elemento di sostegno all'interno dell'alveo e si trova ad uno quota molto elevata rispetto all'alveo stesso.

L'opera non crea alcun ostacolo alla derivazione idroelettrica poiché posizionata molto distante rispetto ala zona di presa.

L'opera non crea alcun ostacolo al deflusso della piena anche in condizioni di ripristino della traversa e rigurgito del livello idrico verso monte, poiché non ha nessun elemento posto in alveo ed è posizionata ad un livello altimetrico molto superiore al livello del pelo libero in condizioni di piena.



Figura 18. Vista del viadotto della superstrada Pieve di Teco-Albenga

5 DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'impianto idroelettrico in progetto intende inserirsi nel contesto paesaggistico e di opere descritto nel paragrafo precedente minimizzando gli interventi, l'impatto visivo e le conseguenze dello stesso sul deflusso naturale del corso d'acqua. Particolare attenzione in fase di progettazione è stata, pertanto, posta nella scelta dell'ubicazione e del tipo di centrale, al fine di descrivere le principali caratteristiche dell'impianto idroelettrico in progetto e gli interventi necessari per la sua realizzazione. La tipologia di centrale, è ad acqua fluente con salto concentrato. Negli impianti a salto concentrato caratterizzati dall'assenza del canale di derivazione, con presa e restituzione poste immediatamente a monte e a valle della traversa esistente, non si ha l'alterazione in alcun modo del regime idraulico del torrente Arroscia. La turbina produce con modi e tempi totalmente dipendenti dalla disponibilità nel corso d'acqua.

Quando il corso d'acqua è in magra e la portata scende al di sotto di un certo valore predeterminato (la portata minima della turbina installata sull'impianto) la produzione di energia cessa. L'impianto utilizza un'opera di presa, collocata a monte della traversa esistente da consolidare e ristrutturare, caratterizzata da una quota sul coronamento di circa 135,75 m s.l.m. La centrale di produzione è posizionata in sponda sinistra idrografica, in aderenza al nuovo manufatto idraulico, molto prossima al corso d'acqua. A seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche dell'impianto per avere una visione d'insieme sulla centrale idroelettrica. Per gli approfondimenti tecnici si rimanda ai capitoli seguenti.

Si riportano le caratteristiche principali del progetto:

- superficie = 165,66 km^2;
- altitudine massima = 2152 m s.l.m.;
- altitudine minima (sezione di presa) = 135,75 m s.l.m;
- portata massima derivabile = 6,00 m^3/s;
- portata media derivata = 3,57 m^3/s;
- portata minima derivabile = 1,200 m^3/s;
- Deflusso minimo vitale = 0,250 m^3/s;
- salto nominale = 4,30 m;
- producibilità media = 0,956 GWh/anno.

Come scritto precedentemente il progetto prevede la realizzazione di un nuovo impianto idroelettrico a salto concentrato, costituito da un'unica opera in aderenza alla traversa. Nel progetto presentato si ipotizza la ricostruzione della traversa esistente, ormai in stato di abbandono avanzato, progettandola e realizzandola seguendo le più nuove e affermate tecniche di ingegneria ambientale ed idraulica, minimizzando il più possibile l'impatto antropico. La centrale di produzione (rivestita in

pietra) è posizionata in sponda sinistra idrografica, in aderenza alla roccia della sponda della vallata, molto prossima al corso d'acqua, ma protetta dalla corrente dalla presenza dai banchi rocciosi di monte e valle che incanalano il deflusso verso il centro della sezione d'alveo. La restituzione delle acque utilizzate avviene per mezzo di un canale interrato posto al di sotto del locale di produzione.

L'intervento in progetto si può quindi scindere in cinque parti essenziali:

- la traversa;
- i dispositivi per il rilascio del DMV;
- l'opera di presa;
- la centrale di produzione (locale macchina e canale di scarico);
- cabina di comando e consegna (allaccio alla linea MT);

Nelle sezioni successive saranno descritti in modo particolareggiato ciascuna parte dell'impianto precedentemente elencata.

5.1 La traversa

Come scritto precedentemente, parte fondamentale del progetto è la ricostruzione della nuova traversa fluviale. L'infrastruttura idraulica in progetto avrà il compito di regolare il flusso idrico sia in condizioni normali come sopratutto in condizioni di piena; contestualmente all'effetto di trattenimento del trasporto solido generato all'interno del torrente Arroscia.

La nuova traversa sarà realizzata attraverso un muro di larghezza pari a 2 m e di lunghezza di circa 44 con quota di coronamento pari a 135,75 m s.l.m. con sommità in corrispondenza delle ali paria a 136,75 m s.l.m. La struttura presenterà due bocche di fondo (sghiaiatrici) di dimensioni 1,5 m di altezza e 2,5 m di larghezza poste ad una quota pari a 132,00 m, distanti tra loro di 7 m. Queste luci sottobattente avranno una doppia funzione, la prima di sghiaiare l'invaso che si troverà a monte della traversa e la seconda, in condizioni di piena, la diminuzione dei battenti idrici con il mantenimento di queste luci aperte.

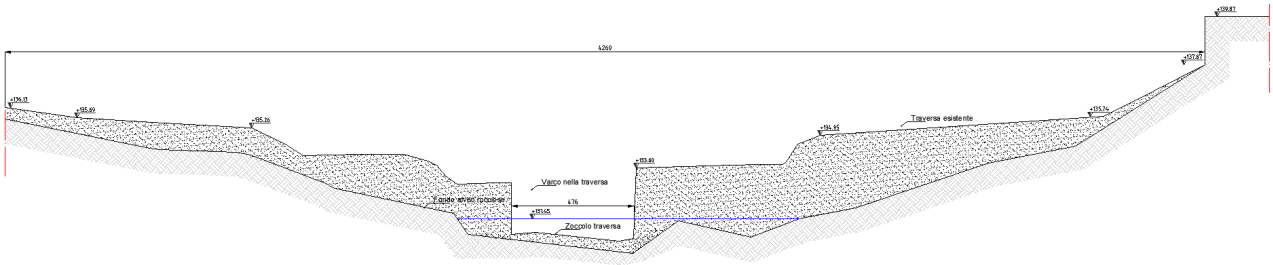


Figura 19. Profilo della traversa esistente

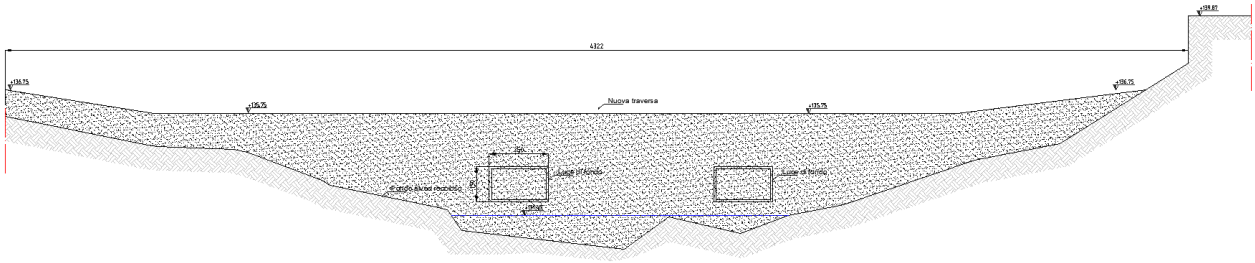


Figura 20. Profilo della traversa in progetto

Come si vede nelle figure riportate in precedenza le quote per la definizione del nuovo coronamento della traversa sono state definite analizzando la struttura esistente. Il livello del coronamento, 135,75 m s.l.m., è stato ricavato esaminando le parti laterali della struttura esistente. Si osserva che nel lato destro la presenza di un'ala laterale con quota di imposta principale a 137,87 m s.l.m. ed una quota di gaveta a 135,74 m s.l.m. Sul lato sinistro l'ala ha quota 136,13 m s.l.m. e l'inizio della gaveta a 135,69 m s.l.m. Valutate queste quote si è deciso di imporre il coronamento a quota 135,75 m s.l.m. quota già rispettata nella struttura esistente. Se si osservano le immagini riportate precedentemente, si potrà osservare che il profilo della struttura esistente risulta omogeneo e rettilineo nelle sue parti, questo nella realtà non è vero, ma è presente una linea frastagliata. Questa condizione si è presentata solo nella rappresentazione grafica del manufatto. Per cui la linea di unione delle due quote134,95 e135,74 n s.l.m., in sponda destra, non risulta una gaveta in discesa ma è solo l'unione di due punti posti a diversa quota. Stessa situazione si ripropone in sponda sinistra con le quote135,69 e 135,26 m s.l.m.



Figura 21. Particolare dello squarcio della traversa esistente

La struttura sarà realizzate seguendo le più attestate ed efficienti tecnologie di ingegneria idraulica ed naturalistica. Per la realizzazione del manufatto si ipotizza la realizzazione verso monte di un muro in cemento armato il quale funzionerà da scheletro e poi la posa di massi cementati verso valle per completare la larghezza di 2m dove defluirà il volume liquido. Questa soluzione permetterà un inserimento paesaggistico dell'opera ottimale. Nella parte centrale inferiore dell'opera (al piede traversa) saranno introdotte due paratoie, verso il paramento di valle, le quali avranno un doppio compito. Il primo; essere uno scarico di fondo per permettere la pulizia dei detriti che si verranno a sedimentare verso la traversa. Il secondo funzionare da scarico di fondo per permettere una minima laminazione delle piene che si verranno a generare all'interno del Torrente Arroscia.

Una più attenta analisi delle funzioni svolte dalla nuova traversa verrà trattata nei capitoli a parte.

5.2 I dispositivi per il rilascio del DMV

All'interno del coronamento della traversa, in prossimità della bocca di presa, verranno realizzati i dispositivi per il rilascio del Deflusso Minimo Vitale all'interno della scala di rimonta per l'ittiofauna e la rampa per le anguille realizzate lateralmente alla centrale.

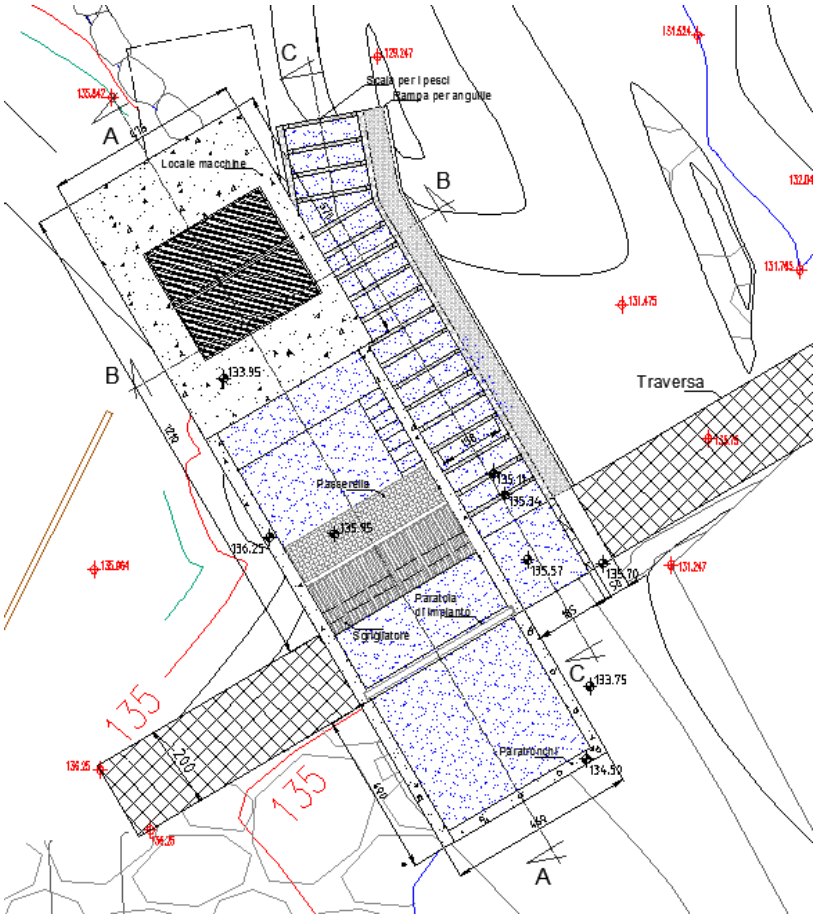


Figura 22. L'officina idroelettrica

Il deflusso minimo vitale è rilasciato attraverso due stramazzi a larga soglia ricavati all'interno del coronamento della traversa. Il primo, dove transiterà la portata di circa 240,9 l/s alimenterà la scala di rimonta per l'ittiofauna. Il secondo, alimenterà la rampa per le anguille, verrà utilizzato per rilasciare il complementare ai 250 l/s (calcolato come DMV).

La progettazione delle due strutture di risalita per l'ittiofauna risultano necessarie al fine di permettere all'ittiofauna e alle specie acquatiche abitanti il Torrente Arroscia di superare l'ostacolo creato dalla briglia. Dato il particolare contesto ambientale in cui si colloca l'intervento, si è scelta una soluzione progettuale che ben si inserisca in tale paesaggio, pertanto piuttosto che un passaggio per pesci "tecnico" si è preferito pensare un passaggio di concezione "naturalistica".

Il modello in questione ha l'obiettivo primario di proporre un disegno che imiti la varietà strutturale delle rapide del fiume, restituendo la continuità tra monte e valle nella maniera più naturale possibile. La tipologia progettuale rientra nel gruppo delle Fish Ramp (passaggio a bacini successivi), sotto-tipologia "Rough-channel pool pass", di cui si riporta una figura esemplificativa.

Il modello in questione ha l'obiettivo primario di proporre un disegno che imiti la varietà strutturale delle rapide del fiume, restituendo la continuità tra monte e valle nella maniera più naturale possibile. La tipologia progettuale rientra nel gruppo delle Fish Ramp (passaggio a bacini successivi), sotto-tipologia "Rough-channel pool pass", di cui si riporta una figura esemplificativa.

Tale soluzione ricostituisce il tipico andamento geomorfologico riffle and pool, garantisce un adeguato tirante idrico e sviluppa una serie di microhabitat favorevoli alla fauna ittica che ha la possibilità di scegliere tane, vene d'acqua, cambiamenti di velocità, flussi favorevoli alla risalita.

Il corpo dell'opera sarà costituito a bacini successivi, completamente ricavato all'interno delle strutture rocciose che dipartono dalla traversa. I bacini saranno intervallati trasversalmente da soglie di pietrame. Si prevede di rivestire, esternamente la struttura, con materiale lapideo tale che possa rendere al minimo l'impatto sull'ambiente.

A fianco della scala per la rimonta dell'ittiofauna si andrà a posizionare la rampa di risalita per le anguille, specie presente nell'alveo del torrente Arroscia.

La tipologia scelta per la costruzione della scala per anguille consiste in una rampa parallela alla scala per l'ittiofauna, essa avrà sezione rettangolare di circa 50 x 0,05 cm, l'interno della scala sarà rivestita in alluminio con degli elementi cilindrici a occupare trasversalmente la sezione e disposti in maniera da creare di percorsi ai quali possano aderire le "cieche". La portata defluente all'interno della rampa sarà tale da creare un tappeto con velocità ridotte, considerando un battente di 5 cm d'acqua.



Figura 23. Particolare di una scala di rimonta per l'ittiofauna

Il passaggio per pesci è quindi finalizzato alla mitigazione degli impatti ambientali, nel momento in cui lo stato naturale di un ecosistema fluviale viene alterato da manufatti che ne comportino una modifica dello stato originario. Tali dispositivi andrebbero previsti sin dalla fase di progettazione dei manufatti idraulici che determinano un ostacolo alla libera circolazione dell'ittiofauna, ma sicuramente il suo impiego è di notevole valenza ed importanza anche su manufatti esistenti, venendo così a costituire un rilevante intervento finalizzato alla riqualificazione degli ambienti fluviali e riparali.

Per Le caratteristiche tecniche e costruttive specifiche si rimanda allo ***Studio di Impatto Ambientale.***

5.3 L'opera di presa

L'opera di presa deve essere in grado di indirizzare la quantità d'acqua prevista, verso la turbina idraulica riducendo al minimo ogni impatto negativo sull'ambiente locale e con perdite energetiche ridotte. La presa funge quindi da elemento di transizione tra un corso d'acqua la centrale di produzione, che convoglia una portata controllata sia in quantità sia in qualità. Il progetto della presa, basato su considerazioni geologiche, idrauliche, strutturali ed economiche richiede un'attenzione

particolare per evitare problemi di manutenzione e d'esercizio, cui non è facile porre rimedio e che bisogna poi portarsi appresso per tutta la vita dell'impianto.

L'opera di presa risulta costituita da:

- ✓ bocche di presa per la derivazione dell'acqua;
- ✓ opere complementari alla presa.

Visto la conformazione progettuale adottata e il bacino che si verrà a realizzare a monte della nuova traversa fluviale non occorrerà la realizzazione di un 'opera di presa con dimensioni eccessive come deducibile dalle tavole di progetto.

La nuova opera di presa non presenterà sistemi di dissabbiatura visto che il bacino permetterà la sedimentazione di tutte le particelle fini presenti in trasporto di superficie.

Nel caso in esame l'opera di presa è costituita da un'unica apertura realizzata sulla traversa avente una larghezza interna 4 m ed una profondità di circa 1,8 m sotto il pelo acqua. Tale presa convoglia la portata derivata alla turbina idraulica.

In particolare si prevede di eseguire una struttura in c.a. costituita da una vasca di dimensioni 4 m di larghezza 3,75 antecedente all'apertura nella traversa. Sul fronte della suddetta presa, al fine di minimizzare l'ingresso del materiale grossolano trasportato dall'acqua in arrivo, vengono collocate una serie di barre verticali ancorate al muretto di fondo che definisce l'imbocco della bocca di presa con passo 1,00 m.

Al di sotto dello sgrigliatore verrà realizzato uno scalino per permettere il trattenimento della ghiaia o materiale di piccole dimensioni trasportati al fondo. Questo materiale verrà evacuato attraverso una paratoia di sghiaio che metterà in comunicazione la zona con l'eterno della centrale passando all'interno della scala di rimonta dell'ittiofauna e della rampa per le anguille.

La camera di carico è presidiata da uno sgrigliatore la cui funzione è di arrestare il materiale flottante ed in sospensione trasportato dalla corrente. Essendo l'impianto non presidiato è prevista l'installazione di uno sgrigliatore di tipo "automatico". Lo sgrigliatore è una macchina oleodinamica comandata dal sistema elettronico di gestione dell'impianto idroelettrico che si occupa di mantenere pulita la griglia. Quest'ultima è composta da aste metalliche sub-verticali ancorate agli estremi. La griglia deve avere un'area netta, data dall'area totale meno l'ingombro frontale delle barre, tale che la velocità dell'acqua in griglia non superi 1m/s al fine di evitare che i corpi galleggianti siano attratti verso la griglia. La griglia è imbullonata ad un telaio di supporto in modo da poter essere agevolmente rimossa e sostituita. Lo sgrigliatore è azionato periodicamente oppure in funzione del grado di intasamento della griglia, che è misurato da sensori idrometrici che determinano la differenza di carico piezometrico tra le vasche di sedimentazione e carico. Esso può anche essere manovrato dall'operatore a propria discrezione. In prossimità della paratoia d'impianto verrà posta una griglia a maglie fine per impedire l'ingresso di specie ittiche nell'opera di presa e conseguentemente in turbina.

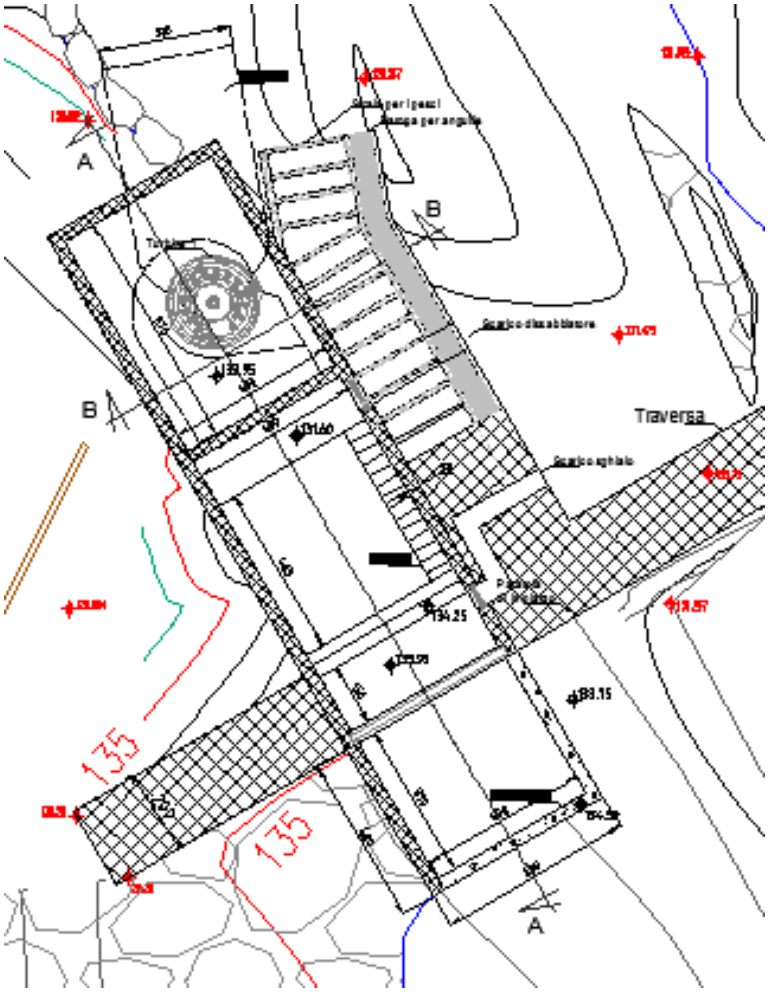


Figura 24. Planimetria dell'officina idroelettrica

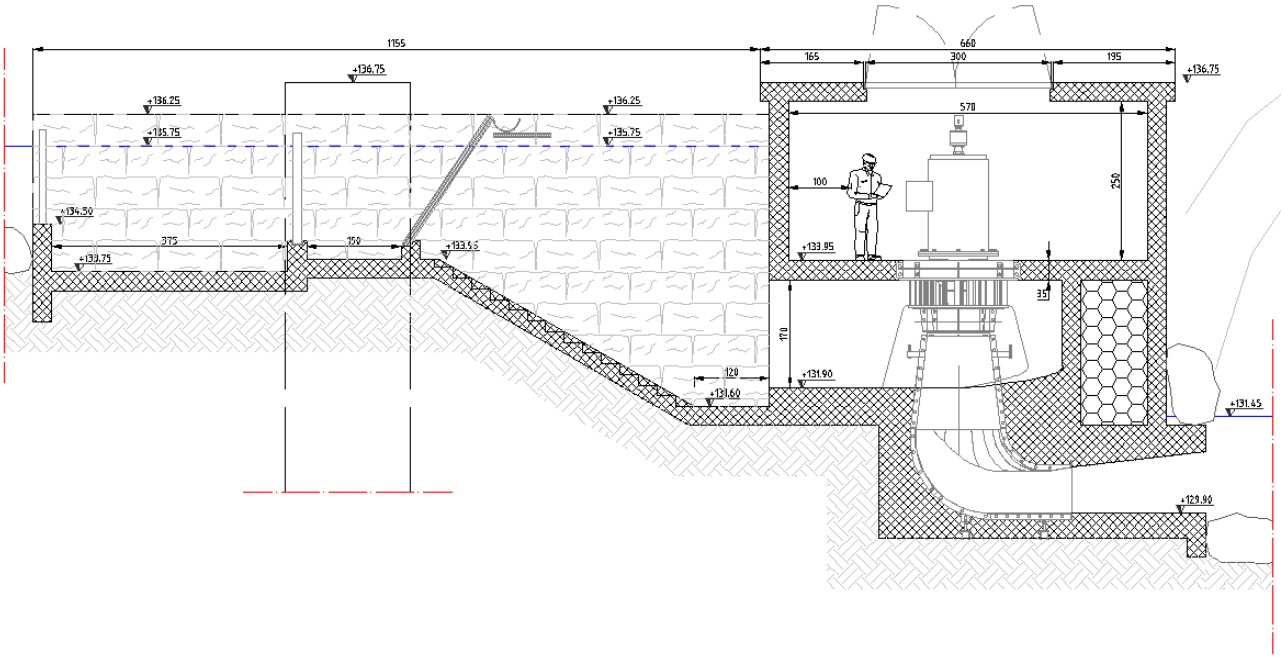


Figura 25. Sezione longitudinale dell'officina idroelettrica

5.4 La Centrale

La centrale ha il compito di proteggere l'equipaggiamento idraulico ed elettrico che converte l'energia potenziale dell'acqua in energia elettrica. Il numero, il tipo e la potenza delle turbine, la loro disposizione rispetto al canale di scarico, l'altezza del salto e la geomorfologia del luogo condizionano la tipologia dell'edificio.

L'officina idroelettrica, costituita dalla sala macchine e canale di restituzione, sarà realizzata in sponda sinistra del Torrente Arroscia, a valle dell'attuale traversa.

Le apparecchiature di controllo e manovra verranno collocate a parte, lungo l'esistente strada di accesso, in posizione rialzata e distaccata rispetto il torrente, in modo da evitare problemi e guasti nel caso in cui, nei fenomeni di piena, il livello si alzi al di sopra della sala macchine, che in casi eccezionali potrà essere sommersa senza danni. La sala macchine, in cui trova alloggiamento la turbina, è a pianta rettangolare di dimensioni interne 4,00 x 5,70 m. La struttura della centrale sarà realizzata in cls armato, con fondazione continua è protetta dall'umidità da un rivestimento impermeabilizzante e da un drenaggio in pietrame (vespaio) con tubi drenanti per la raccolta dell'acqua alla base. Per un perfetto inserimento ambientale si è deciso di rivestire la centrale con un rivestimento roccioso ottenuto dalle operazioni di frantumazione e di vaglio delle rocce da scavo per limitare il più possibile il trasporto del materiale in discarica.

L' impianto non risulterà presidiato e non vi sarà la permanenza di persone, per cui lo sgrigliatore e le paratoie saranno automatizzate, comandabili eventualmente dalla cabina di comando. Si riporta a seguito una descrizione approfondita delle parti che compongono la centrale idroelettrica.

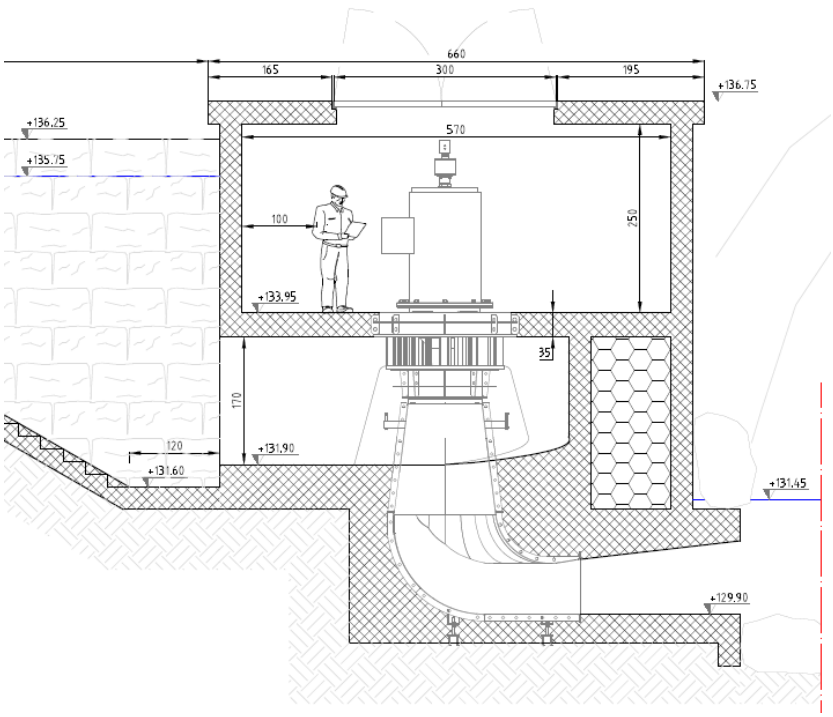


Figura 26. Particolare della centrale di produzione

5.4.1 La turbina

Nel caso specifico si prevede di installare una turbina Kaplan bi regolante ad asse verticale.

La turbina Kaplan è una turbina idraulica a reazione che sfrutta piccoli dislivelli, fino a qualche decina di metri, ma con grandi portate. Costruttivamente è un'elica, dove le pale si possono orientare, al variare della portata d'acqua permettendo di mantenere alto il rendimento fino a portate del 20% della portata nominale. Solitamente è dotata di deflettori statorici fissi che orientano il flusso. Si può ottimizzare il rendimento della macchina per un range maggiormente ampio rispetto alla portata ideale tramite un sistema di orientamento dei deflettori statorici al variare della portata (macchina bi regolate).

5.4.2 Il generatore

Il generatore è a presa diretta sull'asse della turbina e sarà di tipo asincrono.

L'asincrono supera il limite di potenza ed inoltre al 15% di funzionamento della turbina il rendimento scende molto ed inoltre richiede una corrente reattiva eccessiva che non è detto che la linea così lunga lo possa supportare. Le norme per l'erogazione d'elettricità obbligano le società di distribuzione a mantenere, entro limiti molto stretti, la sicurezza e la qualità del servizio. Il produttore deve perciò immettere in rete energia elettrica in modo che il distributore possa rispettare questi obblighi. Per questo tra i morsetti del generatore e la linea si installano dispositivi che controllando il funzionamento della macchina, la proteggono, la mettono in parallelo con la rete o la staccano dalla stessa in caso di guasto.

Il controllo si realizza mediante apparati perciò più o meno sofisticati per misurare la tensione, l'intensità e la frequenza della corrente in ognuna delle tre fasi, l'energia prodotta dal generatore, il fattore di potenza ed eventualmente il livello dell'acqua nella camera di carico.

La tensione e l'intensità di corrente si misurano mediante trasformatori di misura (TV e TA) per ridurre il loro valore, generalmente molto elevato, a livelli più accessibili. All'interno della centrale sono installati perciò dei quadri di controllo e di potenza al fine di contenere tutti i dispositivi per una corretta e sicura erogazione di energia elettrica.

5.4.3 Canale di restituzione

Una volta turbinata, l'acqua ritorna nel torrente attraverso un breve canale di restituzione.

Il canale di scarico posto al di sotto del piano di calpestio presenta un abbassamento in corrispondenza della girante della turbina, necessario a creare un cuscino d'acqua per smorzare l'energia cinetica residua della vena liquida.

Il canale a forma rettangolare, è scavato in roccia e successivamente rivestito in calcestruzzo armato. L'opera di restituzione ha origine della vasca di scarico posta al di sotto delle turbine ad una

quota di 129,90 m s.l.m. e si costituisce di una sezione scatolare in c.a. avente dimensioni 3,10 x 1 m e di sviluppo pari a circa 5,85 m.

Il rivestimento del canale serve a favorire l'allontanamento della portata turbinata; la parte rivestita in calcestruzzo è solamente quella sommersa dall'acqua, questo per mimetizzare l'intervento di rivestimento. Tale opera restituisce la portata liquida derivata direttamente nel torrente Arroscia, nella direzione principale della corrente. Non si renderà necessaria la creazione di alcuna scogliera di protezione ne platea di dissipazione all'uscita dello scarico visto che il fondo alveo del Torrente Arroscia risulta completamente roccioso e quindi non attaccabile da effetti di erosione dovuti all'emissione all'esterno della portata derivata e turbinata.

5.5 La cabina di comando e consegna

La centrale oggetto del progetto lavora senza presidio di personale e funziona mediante un sistema automatico di controllo. I requisiti del sistema automatico installato in centrale sono:

- tutti gli equipaggiamenti devono essere provvisti di controlli manuali e misure, totalmente indipendenti dal controllo automatico, da usarsi soltanto per l'avviamento iniziale dell'impianto e per le operazioni di manutenzione;
- il sistema deve includere i dispositivi necessari per poter individuare il funzionamento difettoso di qualsiasi componente importante e poter disconnettere immediatamente la centrale dalla rete;
- i dati essenziali di funzionamento dell'impianto devono essere registrati permanentemente e resi facilmente leggibili affinché l'operatore possa prendere le decisioni più corrette. Inoltre queste registrazioni saranno inseribili in una base dati per valutazioni storiche dell'impianto;
- deve essere presente un sistema di controllo "intelligente" affinché la centrale possa funzionare senza personale;
- si deve poter accedere al sistema di controllo da un punto remoto per poter annullare qualsiasi decisione del sistema intelligente;
- sarà installato un sistema di allarme che mediante comunicazione telefonica avvertirà del fuori servizio.

La camera di manovra e controllo, che contiene gli organi di automazione, regolazione, e di misura troverà ubicazione lungo la strada sterrata che diparte dalla zona della chiesa di San Pantaleo per discendere fino ai pianori posizionati a minor elevazione anche se posizionata in zona rialzata rispetto la sala macchina. La camera di manovra è a pianta rettangolare (dimensioni esterna 9,40 x 3,00 m ed altezza pari a 2,5 m), le pareti sono in calcestruzzo armato risulterà completamente interrata e la sola

faccia esterna verrà rivestita in materiale lapideo per un inserimento paesaggistico ottimale. Nella stessa camera si trova un quadro elettrico di controllo, comando e regolazione delle macchine presenti nella centrale.

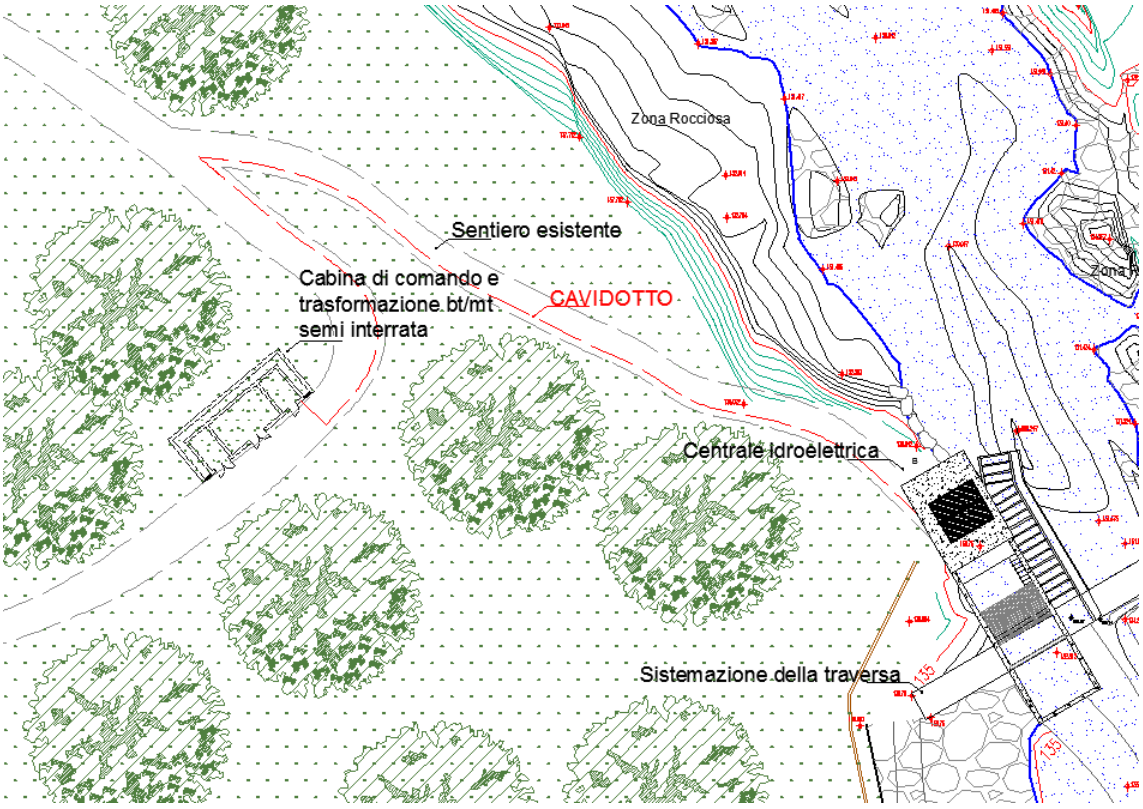


Figura 17. Posizionamento della cabina di comando e trasformazione e cavidotto di collegamento

5.5.1 Allacciamento alla linea M.T.

Essendo la potenza di picco dell'impianto superiore a 200kW, il ritiro della energia immessa in rete avverrà in M.T. Il locale di cessione dell'energia elettrica alla rete di trasmissione nazionale è il tramite ultimo per la consegna alla rete di distribuzione.

L'ubicazione del locale è individuato a monte dell'edificio centrale, lungo la strada comunale che porta alla chiesa di San Pantaleo, con precisione nella cabina di comando e trasformazione, garantendo quindi ad ENEL l'accessibilità al sito.

Le dimensioni del fabbricato, come già riportato, sono di 9,40 x 3,00 metri con un altezza 2,50 metri.

Il locale tecnico deve rispondere ai requisiti strutturali e tipologici previsti dal capitolato relativo alla cabine BT/MT adottato dall'ENEL.

La struttura risulterà in calcestruzzo armato completamente interrata e la sola faccia esterna verrà rivestita in materiale lapideo per un inserimento paesaggistico ottimale. Nella stessa camera si trova un quadro elettrico di controllo, comando e regolazione delle macchine presenti nella centrale.

Attualmente non è definito da ENEL un punto di allaccio, e di conseguenza non si può ancora definire le dimensioni e le caratteristiche dell'intervento di collegamento alla rete. L'allaccio si presume di realizzarlo in prossimità del collegamento della centrale di Borgata Calabria.

L'allaccio potrà avvenire attraverso una linea di media tensione interrata a fianco della strada la quale andrà a collegarsi alla linea aerea della centrale di Borgata Calabria.

Questa soluzione permetterà un ottimo inserimento ambientale, senza dover effettuare linee aeree e pose di nuovi tralicci.

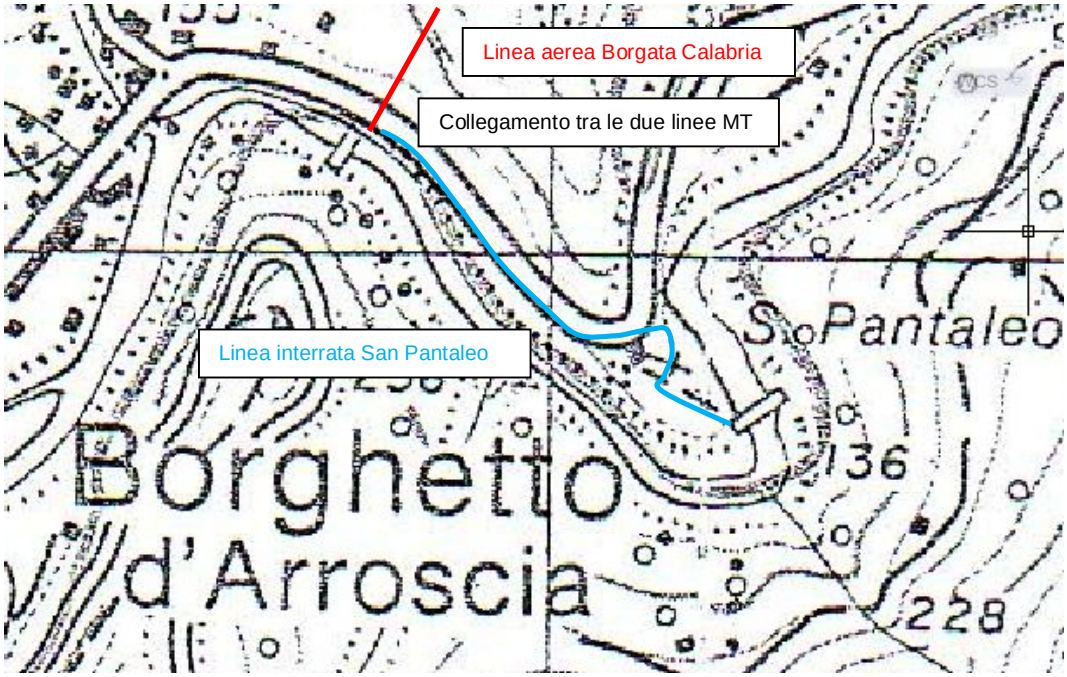


Figura 28. Planimetria dell'allaccio alla rete nazionale elettrica

6 OPERE DI COMPENSAZIONE AMBIENTALE

Valore aggiunto all'impianto idroelettrico è la realizzazione di un'area turistica ricettiva sopra l'ultimo pianoro dove termina la strada di accesso ed il recupero del giardino posto immediatamente al di sotto della chiesa .

La zona interessata dalla realizzazione della zona turistica ricettiva verrà ripulita ed utilizzata. Durante le fasi di costruzione verrà utilizzata come deposito temporanee di attrezzature e materiale ricavato dalle operazioni di scavo e costruzione. Al termine della costruzione la zona risulterà bonificata, verranno effettuate delle operazioni di piantumazione e verranno istallati delle tavole e panche in legno per permettere alla popolazione di stazionare nei pressi del piccolo invaso creato.

Come scritto precedentemente anche la zona sotto la chiesa verrà ripulita portando il giardino a nuova vita.

La società comunque è pronta a rispondere alle richieste della pubblica amministrazione per il completamento della zona per soddisfare a pieno le loro richieste.

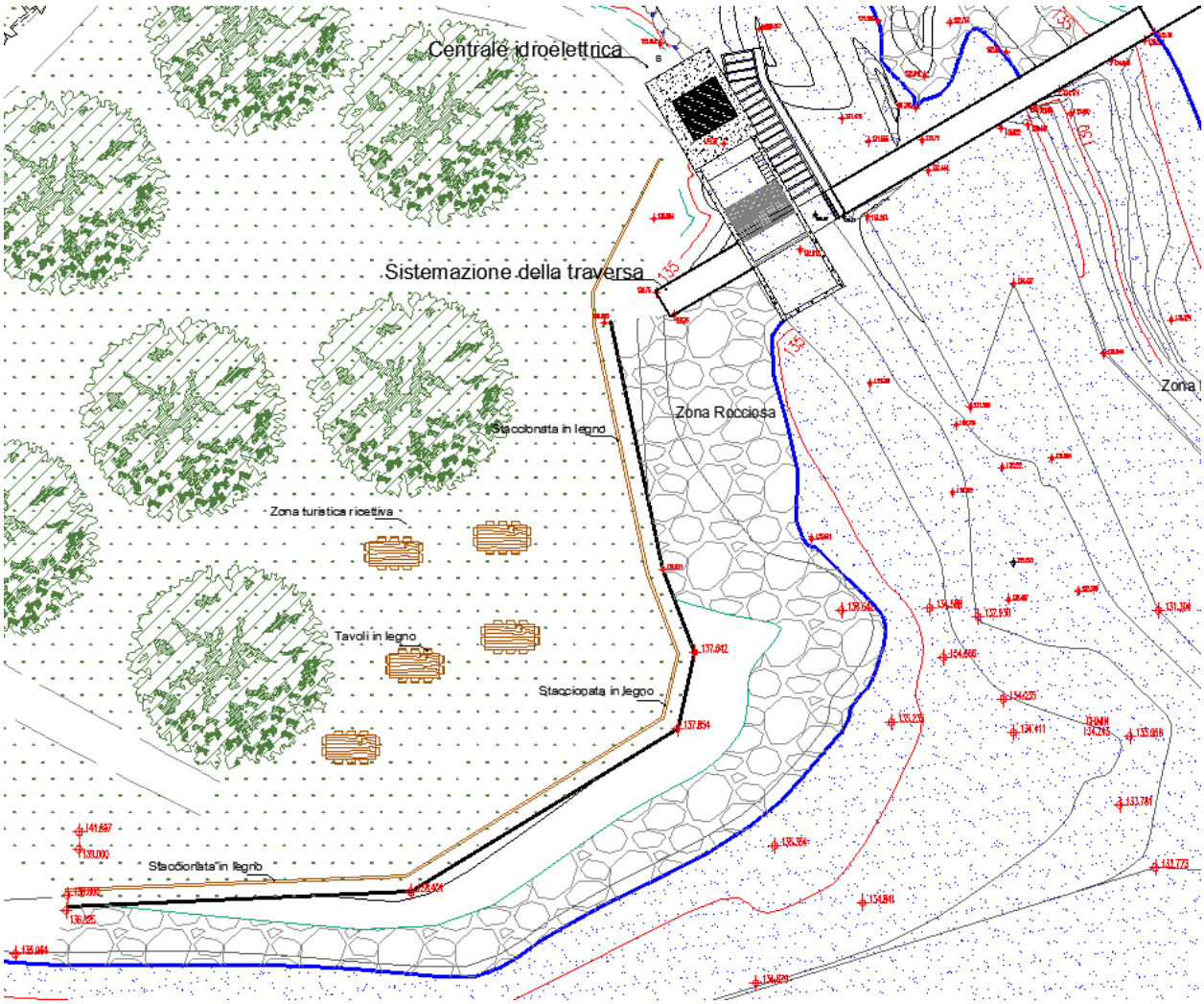


Figura 29. Planimetria della zona di compensazione ambientale

7 REGOLA OPERATIVA DELL'IMPIANTO IDROELETTRICO

Per l'impianto in progetto si prevede di utilizzare n.1 turbina Kaplan a doppia regolazione ad asse verticale di potenza massima pari a circa 208 kw, tale turbina verrà progetta per una portata massima pari a 6.000 l/s.

La tipologia di turbina scelta (kaplan bi regolante) permette di ottenere un rendimento complessivo di impianto pari a 0,75 per portate sino a circa il 20% della portata massima di progetto, ciò vale a dire che nel caso in esame l'impianto rimarrà in esercizio sino a quando la portata turbinabile (pari alla differenza tra la portata naturale in arrivo all'opera di presa e la portata rilasciata in alveo) sarà maggiore o pari a 1.200 l/s.

Si descrive a seguito i regimi di funzionamento dell'impianto:

- Per portate inferiori al su scritto valore (1.200 l/s) la paratoia d'impianto verrà abbassata, comandata dal misuratore di portata e l'impianto verrà quindi fermato.
- Per portate comprese tra il valore massimo (6.000 l/s) e minimo (1.200 l/s) di concessione l'impianto funzionerà a livello costante; ciò il livello all'interno della camera di carico sarà mantenuto costante. Il mantenimento del livello sarà assicurato in due modi: il attraverso l'effetto di laminazione del coronamento della traversa la quale per piccoli incrementi di battente sul suo coronamento permetterà il rilascio di cospicue portate; il secondo attraverso la regolazione del livello dallo sfioratore laterale posto nella camera di carico. La stessa regolazione effettuata dalla turbina con l'apertura o la chiusura di essa permetterà il mantenimento del livello di monte costante, questa funzione sarà effettuata attraverso l'elaborazione dati rilevati dal misuratore di livello posto all'interno della camera di carico.
- Per portate superiori a quella di massima derivazione definita da concessione (6.000 l/s) si avrà un innalzamento del livello sul coronamento della traversa. Questo premetterà, con la messa anche in funzione dello sfioratore laterale della camera di carico, di far defluire la portata naturale eccedente al di sopra della traversa fluviale creando un effetto cascata apprezzato a livello paesaggistico.

Come evidenziato dalla curva delle portate disponibili, presentata dalla presente relazione, si prevede che la centrale in progetto resti in esercizio per circa 187 giorni all'anno.

Si rimanda allo Studio di Impatto Ambientale per la definizione delle altezze idriche che si verranno a generare al di sopra della traversa di derivazione.

8 LA PROGETTAZIONE DELLA TRAVERSA FLUVIALE

Come scritto nei capitoli precedenti la nuova traversa fluviale va ad inserirsi in alternativa alla struttura idraulica ora in elevato stato di abbandono e con serie problematiche strutturali.

La nuova struttura sarà realizzata in calcestruzzo armato con rivestimento nel paramento di valle con materiale lapideo di grosse dimensioni. Al fondo del paramento verranno realizzate due luci di fondo con dimensione 1,50 m di altezza e 2,50 m di larghezza distanti tra loro 7 m. Queste due luci, regolate da due paratoie poste sul lato di valle, avranno due mansioni: la prima di sghiaiatura e pulizia dell'invaso a monte dello sbarramento, la seconda di limitare l'innalzamento dei peli liberi in condizione di piena aprendole e facendo defluire parte della portata dalle luci sottobattente.

A seguito si analizzeranno le caratteristiche della nuova struttura idraulica.

8.1 Volume d'invaso dello sbarramento

Il volume d'invaso dello sbarramento in progetto è definito considerando un bacino con carico piezometrico pari alla quota della soglia della traversa fluviale.

Il volume complessivo d'invaso dello sbarramento in progetto è pari a circa 17.250 m^3

8.2 Valutazione del rischio intrinseco

Valutato il volume invasato si vanno a fare due considerazioni sul rischio intrinseco di lasciare la traversa fluviale nelle condizioni attuali (danneggiata ed in ampio stato di abbandono) e andare a realizzare la nuova opera. In prima analisi si è andati a valutare le altezze dei tiranti in alveo andando a simulare la curva di durata delle portate naturali.

Si è visto che nella zona traversa la portata che genera il massimo incremento di pelo libero risulta la Q10 la quale si attesta a 133,46 m s.l.m. La su scritta portata non defluisce più solo per il varco centrale ma anche sulla sponda destra della traversa. Questa condizione crea un minimo invaso per sui si viene a creare un rischio intrinseco. Per la determinazione del rischio intrinseco si definisce la portata al colmo che scaturirebbe dall'invaso qualora si verificasse un cedimento della struttura di sbarramento. Per assurdo s'ipotizza che la traversa in questione venga a mancare istantaneamente. In tale situazione, parte dell'altezza piezzomentrica dell'acqua accumulata nel bacino a monte della traversa si trasforma in energia cinetica secondo l'equazione:

$$U = \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_1$$

Dove:

- U = Velocità della corrente

- g = accelerazione di gravità
- h_1 = carico cinetico a valle

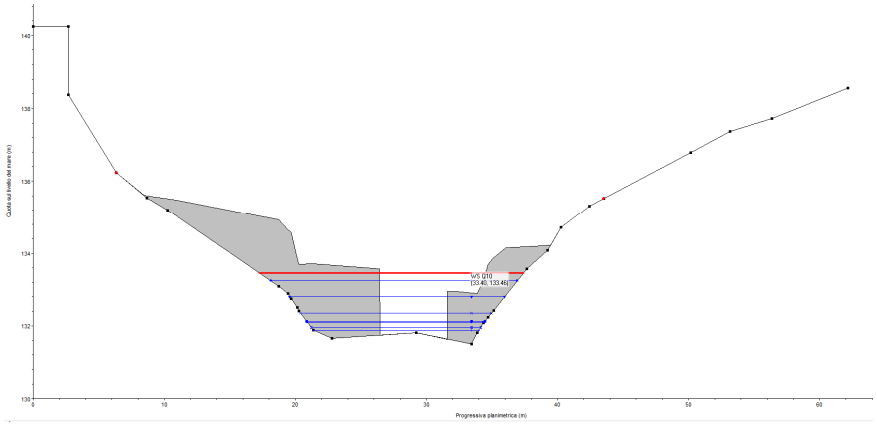


Figura 30. Sezione trasversale in prossimità della traversa esistente

La potata che ne scaturisce è calcolata come:

$$Q = U \cdot \Omega = U \cdot l \cdot h_2 = U \cdot l \cdot (H - h_1)$$

Dove:

- Q = Portata al colmo;
- Ω = Area della sezione idraulica a valle;
- l = Larghezza della sezione idraulica circa 33 m (zona più stretta);
- h_2 = altezza piezometrica a valle;
- H =h_1 + h_2 = carico idraulico totale =1,96 m

Ne consegue:

$$Q = \sqrt{2g \cdot h_1} \cdot l \cdot (H - h_1)$$

Ipotizzando valori diversi di carico idraulico cinetico si ottengono le portate indicate in tabella.

h1	***h2***	***Ω***	***U***	***Q***
0	1,96	64,68	0,00	0,00
0,196	1,764	58,212	1,96	114,15
0,392	1,568	51,744	2,77	143,50
0,588	1,372	45,276	3,40	***153,78***
0,784	1,176	38,808	3,92	152,20
0,98	0,98	32,34	4,38	141,81
1,176	0,784	25,872	4,80	124,27
1,372	0,588	19,404	5,19	100,67
1,568	0,392	12,936	5,55	71,75
1,764	0,196	6,468	5,88	38,05
1,96	0	0		0,00

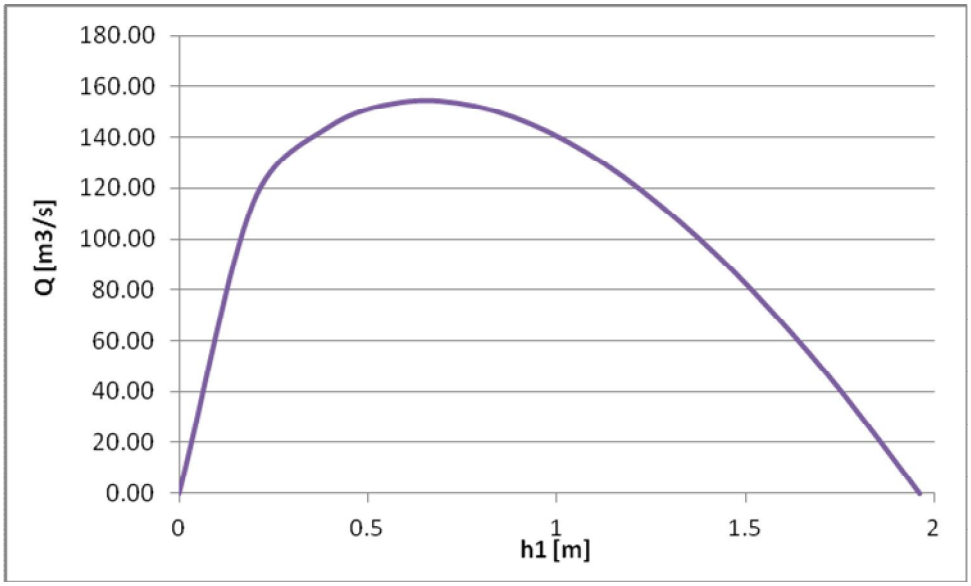


Figura 31. Inviluppo delle portate di colmo per rottura della traversa esistete

Il valore massimo è quello riferito al carico cinetico pari a circa 1/3 dell'altezza totale con una portata di colmo pari a ***153,78*** m³/s. La su scritta portata di circa 154 m³/s risulta una portata che associata all'eventuale demolizione della parte di struttura ancora esistente potrebbe portare al collasso o al mal funzionamento e danneggiamento delle strutture idrauliche e civili (ponti ecc...) che si trovano a valle della zona d'intervento.

Nel caso in cui, invece, venga ricostruita la traversa anche se l'invaso costituito a monte risulterebbe limitato la portata al colmo ne caso di una sua rottura repentina risulterebbe pari a 448,34 m³/s.

h1	***h2***	***Ω***	***U***	***Q***
0	4	132	0,00	0,00
0,4	3,6	118,8	2,80	332,81
0,8	3,2	105,6	3,96	418,37
1,2	2,8	92,4	4,85	***448,34***
1,6	2,4	79,2	5,60	443,75
2	2	66	6,26	413,44
2,4	1,6	52,8	6,86	362,32
2,8	1,2	39,6	7,41	293,51
3,2	0,8	26,4	7,92	209,18
3,6	0,4	13,2	8,40	110,94
4	0	0		0,00

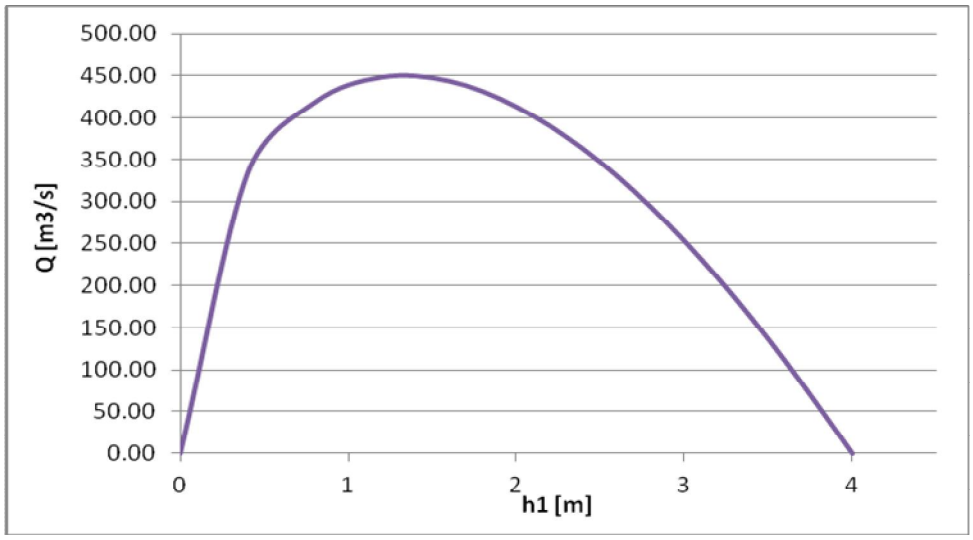


Figura 32. Inviluppo delle portate di colmo per rottura della nuova traversa

Il valore massimo è quello riferito al carico cinetico pari a circa 1/3 dell'altezza totale con una portata di colmo pari a ***448,34*** m^3/s.

La portata massima che può scaturire dall'invaso in seguito ad un ipotetico collasso totale ed istantaneo dallo sbarramento in progetto è circa il 40 % della portata con tempo di ritorno 50 anni (1090 m^3/s). Questa valutazione del rischio intrinseco è stata effettuata sopratutto per porre l'accento ai possibili problemi che si avrebbe nel caso di una piena che vada a demolire completamente la traversa esistete visto la sua debolezza strutturale.

Si sottolinea che se anche la struttura idraulica ha un varco nel suo mezzo, per portate ordinaria come la Q10, si avrà lo stesso un effetto di accumulo posteriore visto che il varco centrale non potrà far defluire la totalità della portata in arrivo. Si ottiene così che la portata di colmo rilasciata in caso di rottura della nuova traversa risulterà tre volte superiore a quella attuale, ma questa situazione di collasso presenterà un percentuale di avveramento molto inferiore alla soluzione di demolizione totale di quella esistente, visto che la nuova infrastruttura idraulica sarebbe progettata e realizzata adottando nuove tecnologie costruttive, utilizzando materiali con caratteristiche di resistenza certificate.

8.3 Verifica rigurgito dello sbarramento

Nei capitolo seguenti, ed in particolare all'interno dello Studio di Compatibilità idraulica, vengono contenuti i risultati e la loro analisi delle verifiche idrauliche condotte con codice di calcolo HEC RAS.

In particolare le verifiche idrauliche sono sviluppate considerando le portate di massima piena per i tre tempi di ritorno (TR50, TR200, TR500). In condizioni ordinarie con funzionamento della centrale e regolazione da parte della traversa si nota che il rigurgito sale per circa 323 m., mantenuto all'interno dell'alveo inciso.

9 CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E MORFODINAMICHE DOVUTE ALL'INESRIMENTO DELLA TRAVERSA FLUVIALE

9.1 Aspetti idrologici ed idraulici

Si riporta parte della Relazione geologica prodotta dal Dott. Geo. Andrea Bredy.

Per quanto riguarda gli aspetti idrologici ed idraulici, rimandando alla documentazione progettuale per la parte di verifica delle sezioni dell'alveo, a seguire verranno riportate alcune considerazione sull'assetto morfodinamico del tratto d'alveo in studio pre/post realizzazione dell'opera in progetto.

Come già descritto nei precedenti studi, ed anche riportato nel Parere del Dipartimento Ambiente della Regione Liguria (Prot. n. PG/2011/109260) relativo alla procedura di verifica/screening di un progetto presentato sullo stesso sito ed abbandonato, la briglia oggetto d'intervento "*è stata scalzata in un'ampia porzione centrale, per cui allo stato attuale i resti dell'opera determinano un locale restringimento di sezione d'alveo ma non uno sbarramento. [..] Da testimonianze orali, si è potuto stabilire che la briglia in esame, come le altre incidenti sul territorio comunale, è stata realizzata negli anni '50, probabilmente per contenere localmente la pendenza del torrente e la sua tendenza all'erosione. La briglia di San Pantaleo ha ceduto per ben due volte".*

Attraverso un'analisi temporale dettagliata si è giunti a definire che la struttura della traversa risultava ancora intatta nell'anno 2005, anche se già colpita e lievemente danneggiata dagli eventi di piena presentatesi negli anni precedenti. Attraverso memorie storiche si è definito che i danni strutturali maggiori attribuiti alla traversa sono avvenuti nell'anno 2010 anno di una forte piena del Torrente. Essendo l'alveo del torrente impostato sul substrato roccioso a seguito dello sfondamento il materiale che negli anni si era depositato sul fondo a monte della traversa è stato velocemente trasportato a valle.

Le cause del cedimento dell'opera vanno ricercate sia nelle carenze costruttive (scarsa armatura e assenza di fori di drenaggio) e conseguente scarsa resistenza alla pressione idrostatica del corso d'acqua nel tempo, che nell'assetto geologico-strutturale con presenza di giaciture a franapoggio del substrato. E' opinione dello scrivente che il primo fattore sia nettamente predominante rispetto al secondo: le spalle dell'opera risultano infatti ancora oggi ben ancorate al substrato che presenta buone condizioni di compattezza.

In ogni caso la briglia, anche se sfondata, ha influenzato parzialmente l'evoluzione del tratto d'alveo in studio condizionando soprattutto per quanto riguarda gli aspetti erosivi/deposizionali ed lo farà a seguito della realizzazione delle opere in progetto.

Se da un lato infatti l'alveo meandriforme ha una sua naturale tendenza evolutiva con maggiore erosione in sponda destra (esterno curva) e deposizione quella sinistra (interno curva), come si

osserva foto aeree, immediatamente a monte ed a valle della traversa il regime idraulico del corso d'acqua subisce significative variazioni:

- attualmente si può osservare la presenza di una barra di sedimentazione vegetata anche in esterno curva, zona normalmente caratterizzata da forte erosione. E' verosimile pensare che la sua formazione sia dovuta al rallentamento della corrente a monte della briglia prima del suo crollo e che il consolidamento della stessa da parte della vegetazione ne abbia permesso la conservazione fino ad oggi.
- la presenza di sedimenti a granulometria più fine (sabbioso-ghiaiosa) immediatamente a monte della briglia in sponda sinistra può essere invece ricondotta all'azione di contenimento dei resti di manufatto ancora presenti.

Analizzando l'assetto idraulico del corso d'acqua ad una scala maggiore è comunque importante sottolineare che *il ripristino dell'opera garantirà attraverso l'azione di laminazione delle portate di piena, diminuzione dell'energia cinetica del flusso e regolazione del fondo del torrente un maggiore "controllo" delle portate di piena ed una minor sollecitazione delle opere di difesa idraulica esistenti più a valle*.



Figura 33. Planimetria schematica dell'assetto morfodinamico del tratto di alveo in studio



Figura 34. Depositi ghiaioso - sabbiosi a monte della traversa

9.2 Effetti di deposito, trasporto ed erosione

Per determinare in che momento ha inizio il trasporto dei grani solidi sono stati sviluppati diversi metodi che hanno l'obiettivo di assegnare ad una variabile (tipicamente la velocità della corrente) un valore critico che descriva il momento in cui le particelle solide incoerenti che costituiscono il letto del corso d'acqua incominciano a muoversi: al di sopra di tale valore la corrente e in grado di trasportare materiali solidi. Un metodo molto noto e impiegato è quello che utilizza il grafico di Hjulstrom (1935) che fornisce, in funzione del diametro delle particelle, i valori della velocità media critica della corrente, per i quali si ha erosione, trasporto o sedimentazione. Il grafico, riportato a seguire, è in doppia scala logaritmica e presenta sull'asse delle ascisse il diametro delle particelle solide (in mm) e sull'asse delle ordinate il corrispondente valore di velocità critica per cui si hanno fenomeni di erosione, trasporto o sedimentazione.

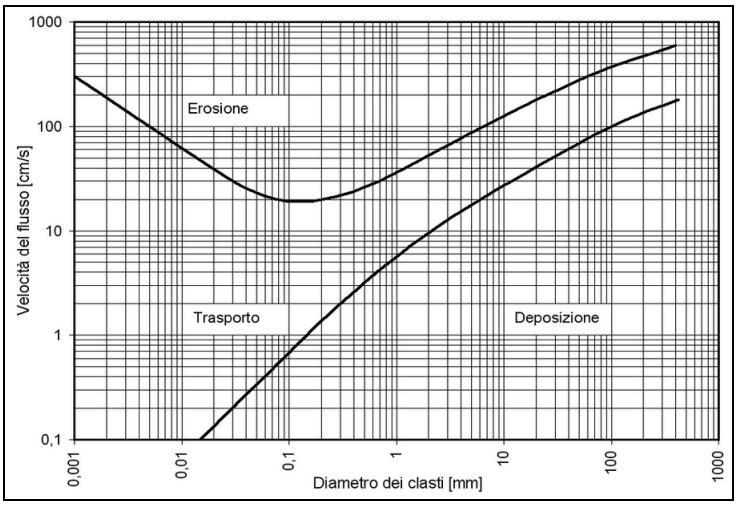


Figura 35. Diagramma di Hjulstrom

In prima analisi si sono analizzate le velocità che si vengono a generare all'interno dell'alveo con il regime delle portate naturali si a in stato di fatto che in stato di progetto. Si sono analizzate le sezioni comprese tra quella dove verrà realizzato l'impianto fino a quella di monte non vi si riscontrano più variazioni di velocità nelle due configurazioni.

Come diametro caratteristico si è inserito quello con la maggior percentuale di passante, definito nella tabella del capitolo seguente il quale risulta pari all'intorno compreso tra i 4 e 46 mm.

Come si evince da grafico riportato in precedenza l'intervallo della granulometria di riferimento è stato evidenziato tra due linee rosse, le condizioni di velocità che si presentano nelle sezioni indagate risultano in blu quelle in condizioni di stato di fatto e quelle in giallo quelle in condizioni in stato di progetto.

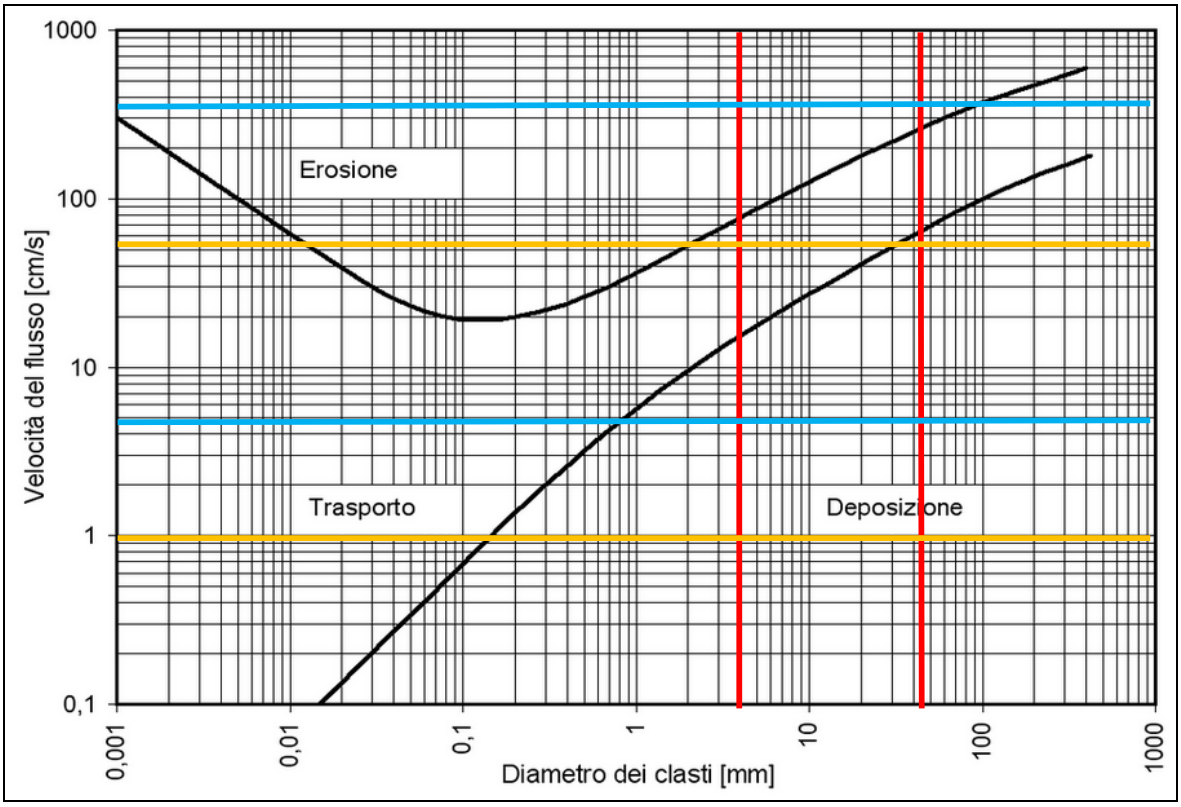


Figura 36. Diagramma di Hjulstrom nel sito d'interesse

In prima analisi si può notare che l'inserimento della traversa va a bloccare o limitare fortemente gli effetti di erosione della corrente, per l'intervallo di granulometria definito, in compenso si va ad aumentare l'effetto di deposito delle particelle solide.

Questo effetto, fortemente influenzato dalla portata naturale transitante.

In seguito si riporta una tabella riassuntiva con le fasi di erosione (E), trasporto (T) e deposito (D) sia in stato di fatto che in stato di progetto. Questa descrive ancora meglio le fasi morfodimamiche del Torrente Arroscia in funzione delle portate naturali.

Sezione	Profilo	Q (m3/s)	Vel Stato di fatto (m/s)	Stato	Vel stato di progetto (m/s)	Stato
0,137	Q10	17,93	2,89	E	0,56	T
0,137	Q30	13,94	2,64	E	0,46	T
0,137	Q60	7,87	2,15	E	0,29	D
0,137	Q91	3,35	1,62	E	0,14	D
0,137	Q135	1,64	1,31	T	0,07	D
0,137	Q182	1,49	1,29	T	0,07	D
0,137	Q274	0,67	1,04	T	0,03	D
0,137	Q355	0,3	0,73	T	0,01	D
0,136	Q10	17,93	1,06	T	0,39	D
0,136	Q30	13,94	0,97	T	0,31	D
0,136	Q60	7,87	0,8	T	0,19	D
0,136	Q91	3,35	0,67	T	0,09	D
0,136	Q135	1,64	0,69	T	0,04	D
0,136	Q182	1,49	0,71	T	0,04	D
0,136	Q274	0,67	0,73	T	0,02	D
0,136	Q355	0,3	0,58		0,01	D
0,135	Q10	17,93	0,86	T	0,39	D
0,135	Q30	13,94	0,74	T	0,31	D
0,135	Q60	7,87	0,52	T	0,19	D
0,135	Q91	3,35	0,3	D	0,08	D
0,135	Q135	1,64	0,18	D	0,04	D
0,135	Q182	1,49	0,17	D	0,04	D
0,135	Q274	0,67	0,09	D	0,02	D
0,135	Q355	0,3	0,05	D	0,01	D
0,134	Q10	17,93	0,93	T	0,41	T
0,134	Q30	13,94	0,8	T	0,33	D
0,134	Q60	7,87	0,55	T	0,2	D
0,134	Q91	3,35	0,31	D	0,09	D
0,134	Q135	1,64	0,19	D	0,05	D
0,134	Q182	1,49	0,17	D	0,04	D
0,134	Q274	0,67	0,09	D	0,02	D
0,134	Q355	0,3	0,05	D	0,01	D
0,133	Q10	17,93	1,08	T	0,46	T
0,133	Q30	13,94	0,92	T	0,37	D
0,133	Q60	7,87	0,63	T	0,22	D
0,133	Q91	3,35	0,35	D	0,1	D
0,133	Q135	1,64	0,21	D	0,05	D
0,133	Q182	1,49	0,19	D	0,05	D
0,133	Q274	0,67	0,1	D	0,02	D
0,133	Q355	0,3	0,05	D	0,01	D

Sezione	Profilo	Q (m3/s)	Vel Stato di fatto (m/s)	Stato	Vel stato di progetto (m/s)	Stato
0,132	Q10	17,93	1,31	T	0,5	T
0,132	Q30	13,94	1,11	T	0,41	T
0,132	Q60	7,87	0,75	T	0,25	D
0,132	Q91	3,35	0,41	T	0,11	D
0,132	Q135	1,64	0,23	D	0,06	D
0,132	Q182	1,49	0,22	D	0,05	D
0,132	Q274	0,67	0,11	D	0,02	D
0,132	Q355	0,3	0,06	D	0,01	D
0,131	Q10	17,93	1,24	T	0,47	T
0,131	Q30	13,94	1,04	T	0,38	D
0,131	Q60	7,87	0,7	T	0,23	D
0,131	Q91	3,35	0,38	D	0,1	D
0,131	Q135	1,64	0,22	D	0,05	D
0,131	Q182	1,49	0,2	D	0,05	D
0,131	Q274	0,67	0,11	D	0,02	D
0,131	Q355	0,3	0,05	D	0,01	D
0,13	Q10	17,93	1,06	T	0,4	T
0,13	Q30	13,94	0,89	T	0,32	D
0,13	Q60	7,87	0,6	T	0,19	D
0,13	Q91	3,35	0,33	D	0,09	D
0,13	Q135	1,64	0,19	D	0,04	D
0,13	Q182	1,49	0,18	D	0,04	D
0,13	Q274	0,67	0,09	D	0,02	D
0,13	Q355	0,3	0,05	D	0,01	D
0,129	Q10	17,93	0,88	T	0,31	D
0,129	Q30	13,94	0,75	T	0,25	D
0,129	Q60	7,87	0,51	T	0,15	D
0,129	Q91	3,35	0,29	D	0,07	D
0,129	Q135	1,64	0,17	D	0,04	D
0,129	Q182	1,49	0,16	D	0,03	D
0,129	Q274	0,67	0,09	D	0,01	D
0,129	Q355	0,3	0,05	D	0,01	D
0,128	Q10	17,93	1,23	T	0,29	D
0,128	Q30	13,94	1,1	T	0,24	D
0,128	Q60	7,87	0,87	T	0,15	D
0,128	Q91	3,35	0,66	T	0,07	D
0,128	Q135	1,64	0,54	D	0,03	D
0,128	Q182	1,49	0,53	D	0,03	D
0,128	Q274	0,67	0,52	D	0,01	D
0,128	Q355	0,3	0,48	D	0,01	D

Sezione	Profilo	Q (m3/s)	Vel Stato di fatto (m/s)	Stato	Vel stato di progetto (m/s)	Stato
0,127	Q10	17,93	1,76	E	0,28	D
0,127	Q30	13,94	1,63	E	0,22	D
0,127	Q60	7,87	1,41	E	0,14	D
0,127	Q91	3,35	1,11	T	0,06	D
0,127	Q135	1,64	0,82	T	0,03	D
0,127	Q182	1,49	0,79	T	0,03	D
0,127	Q274	0,67	0,58	T	0,01	D
0,127	Q355	0,3	0,42	T	0,01	D
0,126	Q10	17,93	1,95	E	0,26	D
0,126	Q30	13,94	1,84	E	0,21	D
0,126	Q60	7,87	1,58	E	0,13	D
0,126	Q91	3,35	1,17	T	0,06	D
0,126	Q135	1,64	1,09	T	0,03	D
0,126	Q182	1,49	1,1	T	0,03	D
0,126	Q274	0,67	0,9	T	0,01	D
0,126	Q355	0,3	0,73	T	0,01	D
0,125	Q10	17,93	2,06	E	0,24	D
0,125	Q30	13,94	1,89	E	0,19	D
0,125	Q60	7,87	1,57	E	0,12	D
0,125	Q91	3,35	1,32	E	0,05	D
0,125	Q135	1,64	1,62	E	0,03	D
0,125	Q182	1,49	1,59	E	0,02	D
0,125	Q274	0,67	1,57	E	0,01	D
0,125	Q355	0,3	1,39	T	0,01	D
0,124	Q10	17,93	2,2	E	0,22	
0,124	Q30	13,94	2,04	E	0,17	D
0,124	Q60	7,87	2,76	E	0,11	D
0,124	Q91	3,35	2,85	E	0,05	D
0,124	Q135	1,64	2,81	E	0,02	D
0,124	Q182	1,49	2,75	E	0,02	D
0,124	Q274	0,67	2,05	E	0,01	D
0,124	Q355	0,3	1,56	E	0	D
0,123	Q10	17,93	3,8	E	0,17	D
0,123	Q30	13,94	3,77	E	0,13	D
0,123	Q60	7,87	3,54	E	0,08	D
0,123	Q91	3,35	2,7	E	0,04	D
0,123	Q135	1,64	2,03	E	0,02	D
0,123	Q182	1,49	1,97	E	0,02	D
0,123	Q274	0,67	1,65	E	0,01	D
0,123	Q355	0,3	1,42	E	0	D

Sezione	Profilo	Q (m3/s)	Vel Stato di fatto (m/s)	Stato	Vel stato di progetto (m/s)	Stato
0,122	Q10	17,93	1,11	T	0,16	D
0,122	Q30	13,94	1,34	T	0,13	D
0,122	Q60	7,87	1,69	E	0,08	D
0,122	Q91	3,35	2,11	E	0,03	D
0,122	Q135	1,64	1,87	E	0,02	D
0,122	Q182	1,49	1,84	E	0,02	D
0,122	Q274	0,67	1,53	E	0,01	D
0,122	Q355	0,3	1,22	T	0	D
0,12	Q10	17,93	0,73	T	0,15	D
0,12	Q30	13,94	0,68	T	0,12	D
0,12	Q60	7,87	0,57	T	0,07	D
0,12	Q91	3,35	0,43	T	0,03	D
0,12	Q135	1,64	0,32	T	0,02	D
0,12	Q182	1,49	0,3	D	0,01	D
0,12	Q274	0,67	0,19	D	0,01	D
0,12	Q355	0,3	0,11	D	0	D
0,117	Q10	17,93	0,7	T	0,17	D
0,117	Q30	13,94	0,64	T	0,14	D
0,117	Q60	7,87	0,52	T	0,08	D
0,117	Q91	3,35	0,38	D	0,04	D
0,117	Q135	1,64	0,27	D	0,02	D
0,117	Q182	1,49	0,25	D	0,02	D
0,117	Q274	0,67	0,15	D	0,01	D
0,117	Q355	0,3	0,09	D	0	D
0,116	Q10	17,93	0,55	T	0,15	D
0,116	Q30	13,94	0,49	T	0,12	D
0,116	Q60	7,87	0,38	D	0,07	D
0,116	Q91	3,35	0,25	D	0,03	D
0,116	Q135	1,64	0,16	D	0,02	D
0,116	Q182	1,49	0,15	D	0,02	D
0,116	Q274	0,67	0,08	D	0,01	D
0,116	Q355	0,3	0,04	D	0	D
0,115	Q10	17,93	0,65	T	0,15	D
0,115	Q30	13,94	0,6	T	0,12	D
0,115	Q60	7,87	0,51	T	0,07	D
0,115	Q91	3,35	0,4	T	0,03	D
0,115	Q135	1,64	0,31	D	0,02	D
0,115	Q182	1,49	0,3	D	0,01	D
0,115	Q274	0,67	0,21	D	0,01	D
0,115	Q355	0,3	0,15	D	0	D

9.3 Analisi del trasporto solido

A seguire verranno esposte alcune considerazioni sul trasporto solido potenziale del Torrente Arroscia ed eseguiti calcoli utili ad una sua quantificazione.

La portata che fluisce in un alveo può causare fenomeni di erosione e deposito del materiale costitutivo del fondo e delle sponde, mosso dalla corrente: i grani solidi possono essere messi in movimento e trasportati verso valle sotto l'azione delle spinte idrodinamiche.

Il trasporto dei sedimenti di un corso d'acqua avviene principalmente secondo due modalità:

- in soluzione o in sospensione (wash load), con un trasporto praticamente continuo che si arresta solo al di sotto di una velocità della corrente molto bassa;
- per trascinamento o saltellamento (bed load movement), ha luogo solo al di sopra di una determinata velocità della corrente.

Come già evidenziato nel corso di precedenti studi a supporto del progetto il materiale trasportato dal Torrente Arroscia è costituito principalmente da ghiaie e ciottoli con ∅ max di 25 cm circa sia a monte che a valle della briglia. La composizione granulometrica di massima del materiale che costituisce il fondo dell'alveo è quindi costituito da ghiaie e ciottoli con sabbie, stimabili nelle quantità percentuali riportate a seguire.

MATERIALE	DIMENSIONI (mm)	QUANTITA' (%)
Limo e argilla	< 0.06	5
Sabbia	0,06 - 2	10
Ghiaia fine	2 - 4	15
Ghiaia media	4 - 64	45
Ghiaia grossa - ciottolo	64 - 256	25

Tabella 5. Analisi della granulometria in situ

Vista la granulometria presentata e rilevata in situ si è deciso di valutare la portata con la quale avviene la movimentazione delle particelle con dimensione caratteristica. Considerate le caratteristiche granulometriche e morfologiche attuali (non uniformità del sedimento, elevata pendenza del fondo), risulta inapplicabile la teoria sviluppata da Shields. Eventuali considerazioni quantitative possono essere effettuate adottando la portata per unità di larghezza come variabile in grado di assumere un valore critico nel momento in cui le particelle solide che costituiscono il letto del corso d'acqua cominciano a muoversi. Si definisce portata per unità di larghezza q (m^2/s)il rapporto tra la portata liquida Q e la larghezza della sezione liquida in corrispondenza del pelo libero B:

$$q = \frac{Q}{B}$$

Un'espressione che fornisce un valore critico per q maggiormente utilizzate nella pratica professionale è quella di Graf (1983):

$$q = 0.1 i^{-1.12} \sqrt{g d^3}$$

Dove:

- qc è la portata per unità di larghezza in condizioni di equilibrio limite, [m^2/s];
- g è l'accelerazione di gravità, g = 9.807 m/s2;
- i è la pendenza del fondo, [m/m];
- d è la dimensione caratteristica delle particelle incoerenti che costituiscono il fondo alveo [m].

Si riportano a seguito i risultati per ogni classe caratteristica di particella:

MATERIALE	DIMENSIONI (mm)	Portata di movimentazione [m^3/s]
Limo e argilla	< 0.06	0,014
Sabbia	0,06 - 2	0,087
Ghiaia fine	2 - 4	0,25
Ghiaia media	4 - 64	15,86
Ghiaia grossa - ciottolo	64 - 256	126,90

Tabella 6. portata di movimentazione caratteristica

Analizzate le portate di movimentazione valutate in funzione delle particelle fini che l'alveo naturale si è giunti a definire che per le condizioni di portate naturali all'interno del Torrente Arroscia la movimentazione preponderante avverrà per particelle compresa tra il limo ghiaie medio fini. Nelle condizioni in cui il regime idrologico comporterà l'istaurarsi di portate superiori a circa 16 m^3/s (portata prossima alla Q10) si avrà anche la movimentazione di particelle con dimensione fino a 60/70 mm ma in quantità inferiori a quelle definite in precedenza. Essendo il materiale costituito per l'80% da ghiaie e subordinatamente sabbie (granulometria compresa tra 2 e 256 mm) in base alle velocità della corrente è possibile identificare l'entità del trasporto solido nel tratto di alveo in studio.

Al fine di quantificare il trasporto solido lungo l'alveo, seppur in modo approssimato, è stato applicato il metodo speditivo di Di Silvio (1983) , basato essenzialmente su misure effettuate in bacini delle Alpi venete e lombarde. Permette di valutare l'entità del trasporto solido lungo l'asta principale del bacino in funzione della portata liquida del corso d'acqua.

La relazione proposta da Di Silvio è la seguente:

$$Q_s \text{ (mc/anno)} = (0.027 / 1.8) \times [\, i^{2.1} / (b^{0.8} \times D_{50}^{1.2})] \times (Q_0^{0.8} \times V_0)$$

dove:

- V_0(mc) = volume idrico di deflusso = C_a x h x S_b x 1000;
- C_a = coefficiente di afflusso del bacino;
- h (mm) = precipitazioni ragguagliate collegate all'evento di piena;

- S_b (kmq) = area bacino;
- i (%) = pendenza asta principale;
- b (m) = larghezza media dell'alveo nel tratto preso in esame;
- D_{50} (m) = diametro mediano del materiale di fondo;
- Q_0 (mc/s) = portata di massima piena nel periodo di riferimento (un anno).

Per valutare il trasporto solido in condizioni ordinarie, nella formula deve essere inserito il valore della portata di massima piena con tempo di ritorno 1 anno e la relativa altezza di precipitazione. Il metodo fornisce un'indicazione sul trasporto solido partendo dall'ipotesi che ci si trovi in condizioni morfodinamiche di equilibrio, cioè che la morfologia dell'alveo e la composizione del materiale di fondo rimanga invariata. L'elaborazione è stata realizzata con un software di calcolo della ProgramGeo (PIENA) in licenza d'uso inserendo come caratteristiche granulometriche del materiale trasportato quelle indicate nella tabella sopra riportata ed i seguenti dati (riferiti alla sezione di chiusura 1.4, ovvero quella a monte dell'invaso che si creerà con la realizzazione delle opere in progetto:

- Area del Bacino: 165, 66 km^2
- Larghezza dell'alveo: 18 m
- Altezza precipitazione efficace: 740 mm (riferita alla stazione di Pieve di Teco)
- Inclinazione alveo: 1%
- Peso Specifico materiale di fondo: 2,0 t/m^3
- Portata massima di piena (annuale): 17,93 m^3/s
- Coefficiente di afflusso al bacino: 0,2

Così come riportato nel report del software riportato a seguire si ottiene una portata solida potenziale di 770,6 t/anno.

Committente: EnerClean s.r.l.

Località: San Pantaleo - Ranzo (IM) Descrizione:

Note: Sigla:

Stima della portata solida con il metodo di Di Silvio

Diametro (mm)	Passante %
0.06	5
2	10
4	15
64	45
256	25

Area bacino (kmq):	165.66	Larghezza dell'alveo (m):	18.0
Inclinazione alveo (%):	1.0	Gamma materiale di fondo(t/mc):	2.0
Coefficiente di afflusso:	0.2	Portata di massima piena (mc/s)	17.9
Altezza precipitazione efficace(mm):	740.0		

Portata solida (t/anno): 770.6042

Tabella 7. Report tima Trasporto Solido con il metodo Di Silvio

La suddetta quantità di trasporto solido viene definita, come scritto precedentemente utilizzando una portata di "progetto" pari alla portata di piena con tempo di ritorno 1 anno.

Questo valore quindi viene desunto avendo come condizione al contorno il presentarsi di questa portata per tutto l'anno.

Per questo motivo si ha una sovrastima sensibile del dato di trasporto solido.

Come si evince da quanto riportato nei paragrafi precedenti la realizzazione delle opere in progetto condizionerà l'assetto idraulico del corso d'acqua con un potenziale aumento del deposito a monte della stessa, soprattutto dove già presente, ovvero in sponda sinistra, ma anche sul fondo alveo ed in sponda destra.

La presenza di due bocche di fondo nella nuova briglia garantirà però che una buona parte del materiale trasportato sul fondo, quello a granulometria più grossolana, superi la barriera diminuendo l'accumulo di materiale a monte.

L'invaso che si andrà a creare a monte della traversa condizionerà sicuramente il deposito dei materiali trasportati dal corso d'acqua ed in particolare di quelli fini nelle zone dove la velocità della corrente è più bassa. A tal proposito il progetto prevede comunque l'attivazione di un piano di manutenzione che prevede una costante pulizia del bacino d'invaso con restituzione in alveo del materiale precedentemente sottoposto a vagliatura.

10 VERIFICA IDRAULICA DELLE OPERE PRICIPALI

Nel seguente capitolo si va descrivere a verificare le caratteristiche idrauliche delle opere principali.
Le opere oggetto di verifica sono:

- opera di presa con dispositivo per il rilascio del DMV;
- la camera di carico con sfioratore laterale;
- Sgrigliatore;

10.1 Opera di presa con dispositivo per il rilascio del DMV

Di seguito sono riportate le verifiche idrauliche dei dispositivi per il rilascio del DMV all'interno della rampa di rimonta per l'ittiofauna e dello stramazzo per il rilascio del complementare del DMV nella rampa per le anguille. La verifica idraulica è condotta secondo le equazioni dell'ingegneria idraulica, tuttavia sarà necessario provvedere in fase di collaudo alla taratura specifica dei dispositivi di rilascio. Entrambi i sistemi di rilascio sono gestiti da due stramazzi Bazin posti sul coronamento della traversa. Gli stramazzi sono stati ricavati andando ad effettuare un taglio nel coronamento, con questa soluzione progettuali il livello all'interno dello stramazzo è regolato dal coronamento stesso.

Equazione generale di progetto:

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

Dove:

- L = larghezza dello stramazzo;
- h = altezza di sfioro sul coronamento dello stramazzo;
- μ= coefficiente dello stramazzo a larga soglia 0,385

Nel caso in esame (scala di rimonta dell'ittiofauna l'ittiofauna) si ha:

- L = 1,85 m
- h = 0,18 m

Nel caso dello stramazzo di rilascio del DMV complementare (la rampa per le anguille)si ha:

- L = 0,50 m
- h = 0,05 m

Viste le caratteristiche dei due stramazzi si verifica che in quello di alimentazione della scala di rimonta transiteranno 240,9 l/s, e nel secondo 9,5 l/s. per un totale. Per una più attenta valutazione delle portate transitanti negli stramazzi della scala di rimonta e le velocità create all'interno si rimanda alla relazione ittiologica e sistemi di rimonta dell'ittiofauna.

10.2 La camera di carico con sfioratore laterale

Lo sfioratore laterale è verificato mediante la seguente relazione:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot L \cdot h^{3/2}$$

Dove:

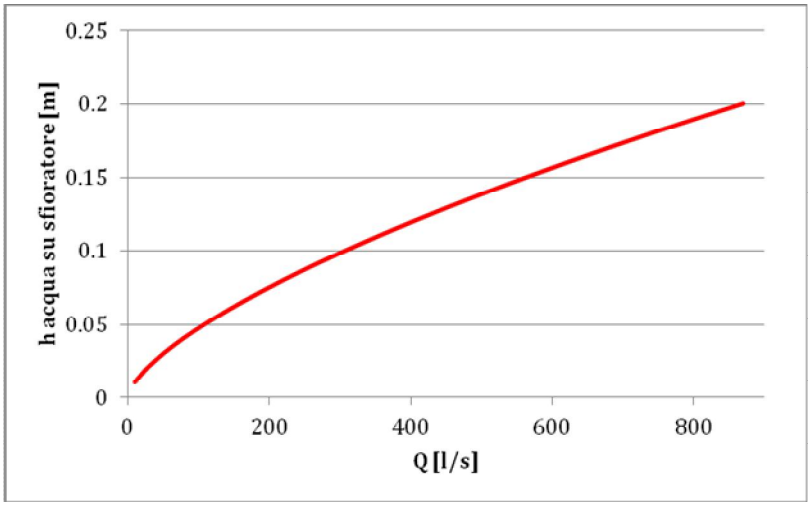
- L = lunghezza dello sfioratore
- h = altezza di sfioro sul coronamento dello sfioratore
- μ = coefficiente dello sfioratore laterale pari 0,385

Nel caso in esame si ha:

- L = 5,70 m

Vista la lunghezza dello sfioratore è verificato che per smaltire elevate portate l'incremento su esso rimane molto contenuto, per cui, sarà ottimale per la regolazione del livello all'interno della camera di carico.

Q [l/s]	*L [m]*	*H [m]*
9	5,7	0,01
27	5,7	0,02
50	5,7	0,03
77	5,7	0,04
108	5,7	0,05
142	5,7	0,06
180	5,7	0,07
219	5,7	0,08
262	5,7	0,09
307	5,7	0,1
354	5,7	0,11
404	5,7	0,12
455	5,7	0,13
509	5,7	0,14
564	5,7	0,15
622	5,7	0,16
681	5,7	0,17
742	5,7	0,18
805	5,7	0,19
869	5,7	0,2



10.3 Sgrigliatore

La griglia è realizzata in più elementi costituiti da una serie di barre con spaziatura costante, ed è installata subito a monte della condotta forzata.. Le griglie vengono realizzate con barre di acciaio; queste ultime possono essere facilmente costruite con diversi profili, nel nostro caso quello circolare, che consentono di conseguire minor insorgenza di fenomeni turbolenti e minori perdite di carico. La griglia deve avere un'area netta, data dall'area totale meno l'ingombro frontale delle barre, tale che la velocità dell'acqua in griglia non superi 1 m/s per evitare il rischio di trascinamenti di materiale e per non aumentare eccessivamente le perdite di carico. Nel calcolo statico di grandi griglie si deve ipotizzare che la griglia possa essere completamente intasata e quindi si deve calcolare la struttura di sostegno in modo che resista senza eccessive deformazioni ad un carico pari alla pressione totale dell'acqua esercitata sull'intera area della griglia. La perdita di carico attraverso la griglia è calcolata con la formula di Kirschmer, che è valida solo nel caso che la corrente sia perpendicolare alla griglia.

Le perdite sono:

$$\Delta h = k_2 \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} sen\alpha$$

dove:

- Δh = perdita di carico in griglia misurata in metri di colonna d'acqua.
- s = spazio tra le barre;
- b = larghezza delle barre
- v = velocità di ingresso, cioè a monte della griglia;
- k2 = coefficiente di forma delle barre, 1,8 per sezioni circolari.

Nella fattispecie avremo:

- s = 0.01 m
- b = 0.03 m
- v = 0.08 m/s periodo estivo
- k2 = coefficiente di forma delle barre, 1.8 per sezioni circolari.
- $\alpha =$ Angolo di inclinazione = 56°

Pertanto le perdite possono essere stimate in: 0,02.

Le perdite a griglia sporca sono di difficile valutazione; esistono dei coefficienti correttivi della perdita di carico che variano da 1,2 per griglie con apparecchi di pulizia automatici a 2-4 per griglie pulite a mano, si assume un fattore 2 di amplificazione del carico che porta il valore a griglia sporca, a circa 0,04 m.

11 QUADRO ENERGETICO DI PROGETTO

11.1 Potenze erogate

La potenza massima prodotta dall'impianto dipende dal legame rendimento-portata della turbina idraulica installata, portata massima turbinata e il salto idraulico sulla turbina.

L'espressione che fornisce la potenza è la seguente:

$$P = g * \eta(Q) * H * Q$$

dove:

- g è l'accelerazione di gravità;
- $\eta(Q)$ è il legame rendimento-portata di turbina idraulica/generatore;
- H è il salto idraulico;
- Q è la portata turbinata.

Considerando che la curva $\eta(Q)$ dipende dal tipo di turbina/generatore installati, per ora si può solo ipotizzare un rendimento; che comunque si attesterà su un valore compreso nel range 0,80÷0,82.

Si riportano a seguito le potenze caratteristiche dell'impianto:

- Portata Massima derivata: *6,000 m³/s*
- Portata minima derivata: *1,200 m³/s*
- Portata media derivata: *3,57 m³/s*
- Salto nominale: *4,30 m*
- Potenza legale massima: (Qmax*H) / 102 = (6,00*4,16) / 102 = *244,70 Kw*
- Potenza legale media: (Qmed*H) / 102 = (3,57*4,30) / 102 = *150,50 Kw*
- Potenza installata massima = $g \cdot \eta(Q) \cdot H \cdot Qmax$ = 9,81*0,85*4,16*6,00 = *208,12 Kw*
- Potenza installata media = $g \cdot \eta(Q) \cdot H \cdot Qmed$ = 9,81*0,83*4,30*3,57 = *124,99 Kw*
- Potenza installata generatore = *225 Kw*

11.2 Produzioni

In questo capitolo si è provveduto alla stima dell'energia prodotta nell'arco di un anno calcolata sulla base di una disponibilità idrica corrispondente alla portata media turbinata.

Dai calcoli idraulici si stima una portata annua massima derivata di 6,000 m^3/s e media di 3,57 m^3/s ed un salto medio di circa 4,30 per una potenza legale massima di circa 244,70 kW, tenendo conto dei rendimenti del sistema si stima una potenza massima effettiva di circa 208,12 kW, una potenza media effettiva di circa 124,99 kW a cui corrisponde una produzione energetica effettiva di circa **956.121,40 Kwh** medi annui.

Il ricavo annuo pari a circa ***209.390,58 €,*** calcolato sotto tale ipotesi si basa su un prezzo dell'energia di circa 0,219 €/kWh relativo alla tariffa omnicomprensiva per i primi 20 anni.

Si è valutato anche il ritorno dell'investimento con la sola vendita dell'energia elettrica con il Ritiro Dedicato definendo un rientro annuo di ***94.982,07 €.***

Con entrambi i sistemi di vendita dell'energia l'investimento ha un ottimo tempo di ritorno, un investimento di tipo industriale e non speculativo come effettuati negli anni scorsi da società operanti nel campo delle energie rinnovabili.

Si presume il funzionamento dell'impianto per un periodo minimo di trenta anni.

Di seguito sono riassunti i principali parametri relativi alla configurazione prospettata.

	gg	***10***	***30***	***60***	***91***	***121***	***135***	***151***	***182***	***186***	***243***	***274***	***304***	***334***	***355***
Qnaturale	m^3/s	17,927	13,942	7,873	3,346	2,183	1,640	1,590	1,493	1,457	0,949	0,672	0,532	0,393	0,295
Qnaturale	l/s	17 927	13 942	7 873	3 346	2 183	1 640	1 590	1 493	1 457	949	672	532	393	295
Volume di acqua naturale	m^3	15 488 928	27 534 816	28 272 240	15 024 485	7 165 348	2 312 040	2 232 547	4 128 697	509 813	5 924 401	2 170 363	1 560 864	1 198 944	623 918
D,M,V,	l/s	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
Qmax derivabile	l/s	17 677	13 692	7 623	3 096	1 933	1 390	1 340	1 243	1 207	699	422	282	143	45
Qmax turbinabile	l/s	**6 000**	**6 000**	**6 000**	**3 096**	**1 933**	**1 390**	**1 340**	**1 243**	**1 207**	0	0	0	0	0
Q min turbinabile	l/s	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	0	0	0	0	0
Q utilizzabile sulla turbina	l/s	6 000	6 000	6 000	3 096	1 933	1 390	1 340	1 243	1 207	0	0	0	0	0
Q derivata media periodo	l/s	6 000	6 000	6 000	4 548	2 514	1 661	1 365	1 291	1 225	0	0	0	0	0
Q/qmax		100%	100%	100%	76%	42%	28%	23%	22%	20%	0%	0%	0%	0%	0%
Salto netto	m	**3,83**	**3,91**	**4,10**	**4,34**	**4,46**	**4,53**	**4,53**	**4,55**	**4,55**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rendimento turbina	%	93,10%	93,10%	93,10%	90,30%	89,20%	87,60%	87,60%	84,00%	82,00%	88,00%	88,00%	86,00%	80,00%	78,00%
Rendimento generatore	%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%	94,00%
Rendimento sistema elettrico	%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%
Rendimento globale impianto	%	85,76%	85,76%	85,76%	83,18%	82,17%	80,70%	80,70%	77,38%	75,54%	81,07%	81,07%	79,22%	73,70%	71,85%
Potenza sviluppata	kW	**193,22**	**197,26**	**206,84**	**160,97**	**90,34**	**59,54**	**48,92**	**44,58**	**41,28**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume acqua utilizzata	m^3	5 184 000	10 368 000	15 552 000	12 181 363	6 517 348	2 009 640	1 886 947	3 459 097	423 413	0	0	0	0	0
Volume totale acqua turbinata m^3															
V,a,utilizzata/V,A,naturale	%	33,47%	37,65%	55,01%	81,08%	90,96%	86,92%	84,52%	83,78%	83,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Media annuale in %															
Volume di acqua rilasciata		10 304 928	17 166 816	12 720 240	2 843 122	648 000	302 400	345 600	669 600	86 400	5 924 401	2 170 363	1 560 864	1 198 944	623 918

Tabella 8. Produzioni annuali

12 VALUTAZIONE DEI COSTI

In seguito si è andati a determinare una stima dei costi per la realizzazione dell'impianto. I costi che si dovranno sostenere per la messa in funzione della centrale idroelettrica possono essere suddivisi nelle seguenti voci:

- Macchine idrauliche (turbina e generatore, valvole di sicurezza, quadristica ecc...);
- Impianti elettrici;
- Impianti elettromeccanici (sgrigliatore, paratoie ecc...);
- Opere civili (traversa fluviale, edificio centrale, strade d'accesso, sistemazione ambientale ecc...).

Le suddette voci vengono espresse con le seguenti spese:

SINTESI DEI COSTI IMPIANTO DI DERIVAZIONE IDROELETTRICA Comune di Ranzo (IM) - Centrale San Pantaleo	
LAVORI	***€***
MACCHINE IDRAULICHE (turbina, generatore, quadristica ecc...)	280.000,00
IMPIANTI ELETTRICI	30.000,00
IMPIANTI ELETTROMECCANICI (sgrigliatore, paratoie, ecc..)	35.000,00
OPERE CIVILI (Traversa fluviale, edificio centrale, strada d'accesso, ecc...)	180.000,00
IMPORTO LAVORI	*525.000,00*
VARIE	25.000,00
	€
TOTALE	***550.000,00***

Tabella 9. Sintesi dei costi d'impianto

Al termine dell'attività produttiva, stimata in un arco di tempo pari a 30 anni, si procederà alla demolizione della centrale e alla risistemazione dei luoghi interessati dall'intervento.

Si precisa che al termine dell'attività si procederà alla demolizione della struttura relativa alle proprietà demaniali, alla movimentazione degli inerti e alla loro localizzazione nella discarica più vicina al sito. In seguito si effettueranno degli interventi di ingegneria naturalistica, come piantumazione di specie autoctone, profilatura della scarpata ecc... per la "riqualificazione" del sito. Si precisa che la committenza si renderà disponibile alle richieste da parte dell'ente Regionale, Provinciale e Comunale per la gestione del sito e della sua riqualificazione.

13 DESCRIZIONE DEL CANTIERE

I lavori eseguiti sono prevalentemente:

- lavori di disgaggio;
- scavo e movimento terra in alveo per la realizzazione della nuova traversa fluviale;
- scavo e movimento terra in alveo per la realizzazione delle opere di presa;
- scavo e movimento terra a lato dell'alveo per la centrale e del canale di restituzione;
- scavo e movimento terra per la realizzazione della cabina di comando e trasformazione
- ripristino del verde e delle aree scavate.

Vengono inoltre eseguiti i lavori di pulizia e sistemazione delle strade di accesso alla centrale, alle prese e agli organi di regolazione, vengono altresì eseguite le opere di recinzione per la messa in sicurezza del cantiere e dell'impianto stesso.

Eventuale materiale di supero degli scavi sarà utilizzato all'interno del cantiere stesso, per il ripristino della sponda e dell'area di intervento. Il cantiere sarà organizzato in un cantiere fisso localizzato in sponda sinistra, in corrispondenza dell'area principale di intervento.

Dal punto di vista della cantierizzazione e movimentazione di macchinari e persone, dato il contesto in cui viene inserito l'intervento in progetto, l'aspetto più rappresentativo è l'accesso all'area. Valutando attentamente il progetto si sono identificate tre aree d'intervento prevalente per la realizzazione dell'impianto idroelettrico:

1. area per la costruzione della traversa e delle opere di presa;
2. area per la costruzione dell'edificio della centrale.
3. area per la costruzione della cabina di comando e trasformazione

A seguito di attenti sopraluoghi, si sono andati a definire i possibili accessi alle aree di cantiere sopra elencate.

Per la totalità delle aree d'intervento si prevedono due accessi: il primo, per la realizzazione delle opere attraverso la strada interpoderale che si distacca sotto la chiesa di San Pantaleo che discende fino al terrazzamento sopra la zona centrale. La zona traversa verrà raggiunta attraverso una discesa temporanee dall'ultimo terrazzamento e creando una strada temporanea all'interno dell'alveo. Per rendere agevole la discesa di macchinari e persone si andrà a mettere in sicurezza la strada andando ad effettuare le consone operazioni di pulizia (la zona è in forte stato di abbandono), si andrà a posizionare uno strato di compattamento con ghiaione per permettere il drenaggio delle acque in caso di pioggia ed agevolare il transito delle cose e persone. Dopo un attento sopraluogo e essendosi districati all'interno di zone con ampia vegetazione infestante si è riscontrato la larghezza della strada interpoderale che risulta di larghezza media prossima ai 2,5/3 m, larghezza consona per il transito

delle macchine operatrici. Per una discesa agevole si è deciso di non far transitare le macchine operatrici nella zona di strada a fianco della chiesa di San Pantaleo, ma si verrà a realizzare un varco nel muretto che si trova nel piazzale antecedente alla chiesa andando a realizzare una discesa temporanea che colleghi il piazzale alla prima curva della strada. Al termine dei lavori la rampa verrà rimossa (materiale sciolto) e verrà chiuso il varco nel muretto andando a realizzare la chiusura nelle stesse caratteristiche presenti prima dell'opera.

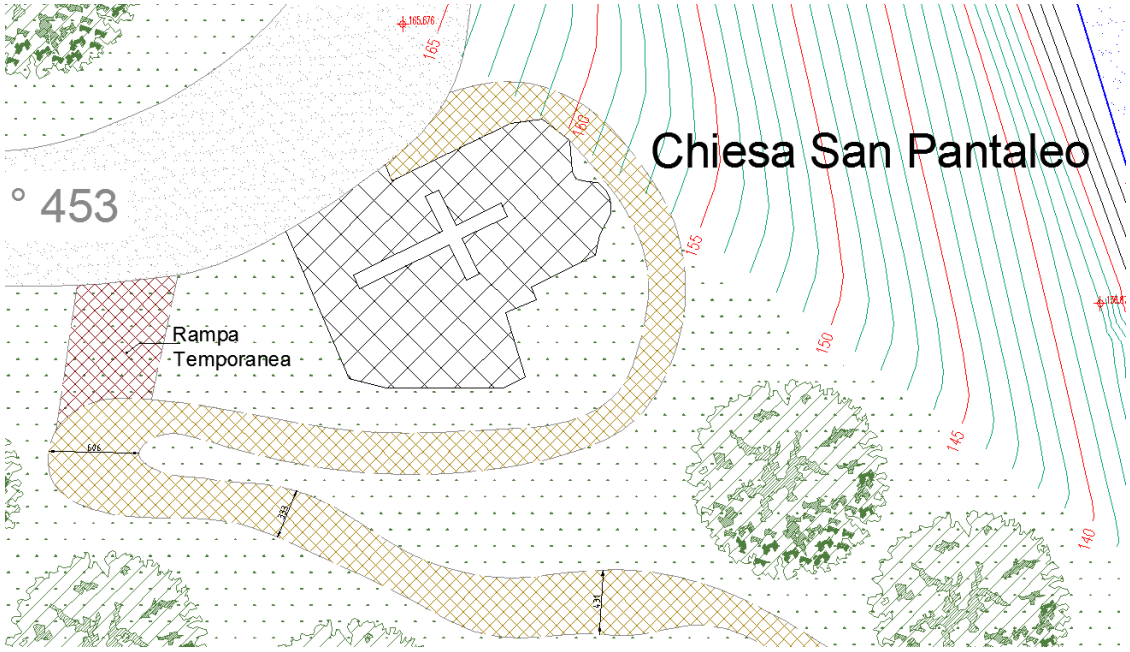


Figura 37. Particolare degli accessi alla zona oggetto d'intervento



Figura 38. Particolare del piazzale antistante alla Chiesa di San Pantaleo

La strada di accesso, in fase di vita dell'opera verrà mantenuta in uso visto che risulterà la via d'accesso alla cabina di comando e trasformazione, la quale porta essere raggiunta anche con l'ausilio di una piccola macchina ed in seconda analisi perché risulterà la via d'accesso alla zona turistica ricettiva che si andrà a realizzare dove durante la fase di costruzione verranno impiantate le aree di deposito temporaneo per i mezzi e il materiale derivante dalle azioni di scavo.

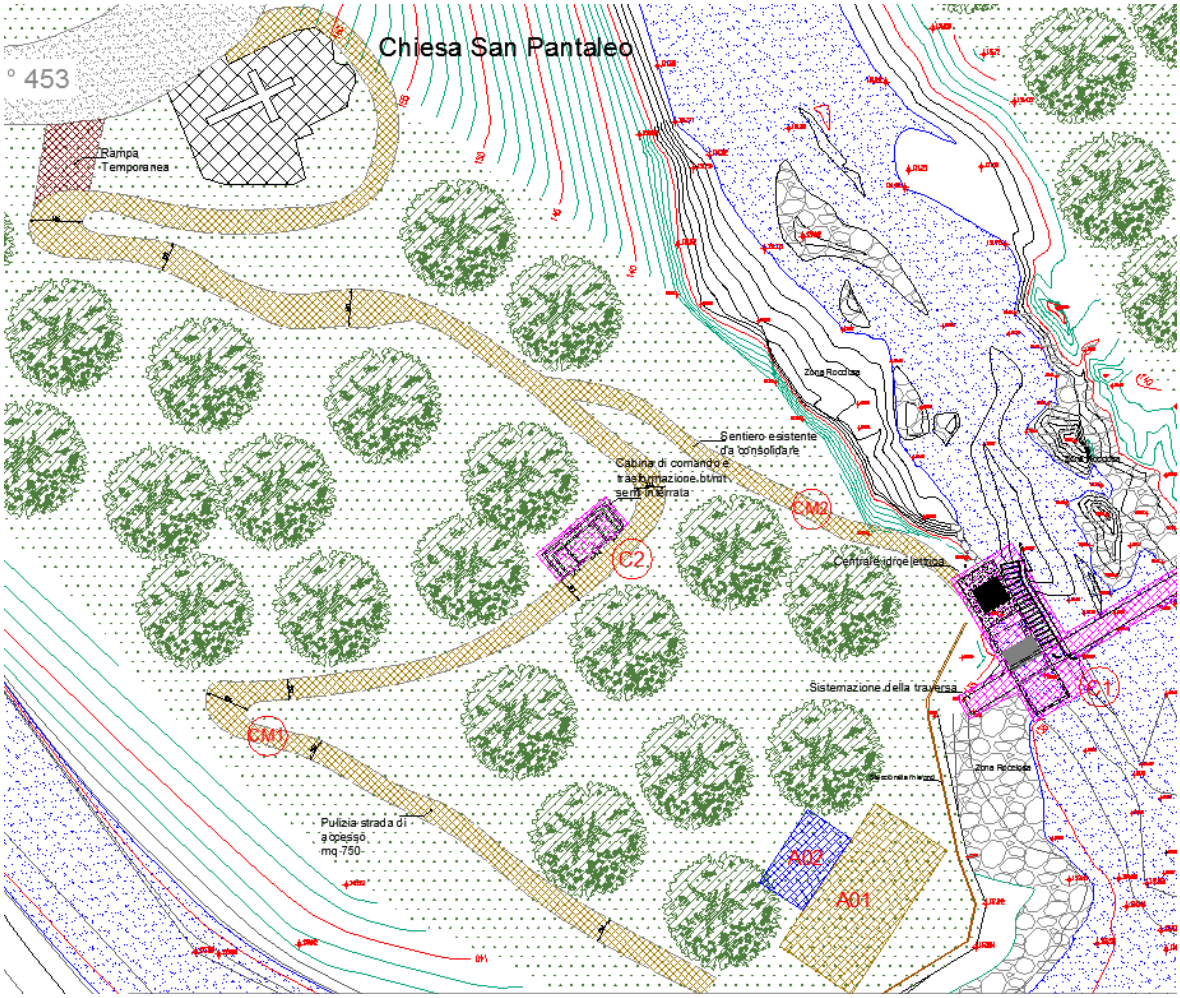


Figura 39. Planimetria delle vie d'accesso

Il secondo accesso, di tipo pedonale verrà realizzato andando a mettere in sicurezza il sentiero che scende fino sul coronamento della traversa.

Questo accesso verrà utilizzato per recarsi alla cabina di comando e trasformazione e per giungere fino sulla centrale idroelettrica per le operazioni di controllo per le normali operazioni di vigilanza e manutenzione.

Per lo stoccaggio del materiale, come scritto precedentemente si utilizzerà la zona dove discende la strada in prossimità dell'alveo. Al termine delle lavorazioni la zona verrà riqualificata e ne verrà ricavata una zona turistica ricettiva con l'installazione di tavole e panche in legno la quel affaccerà sopra il piccolo invaso creato dalla traversa.

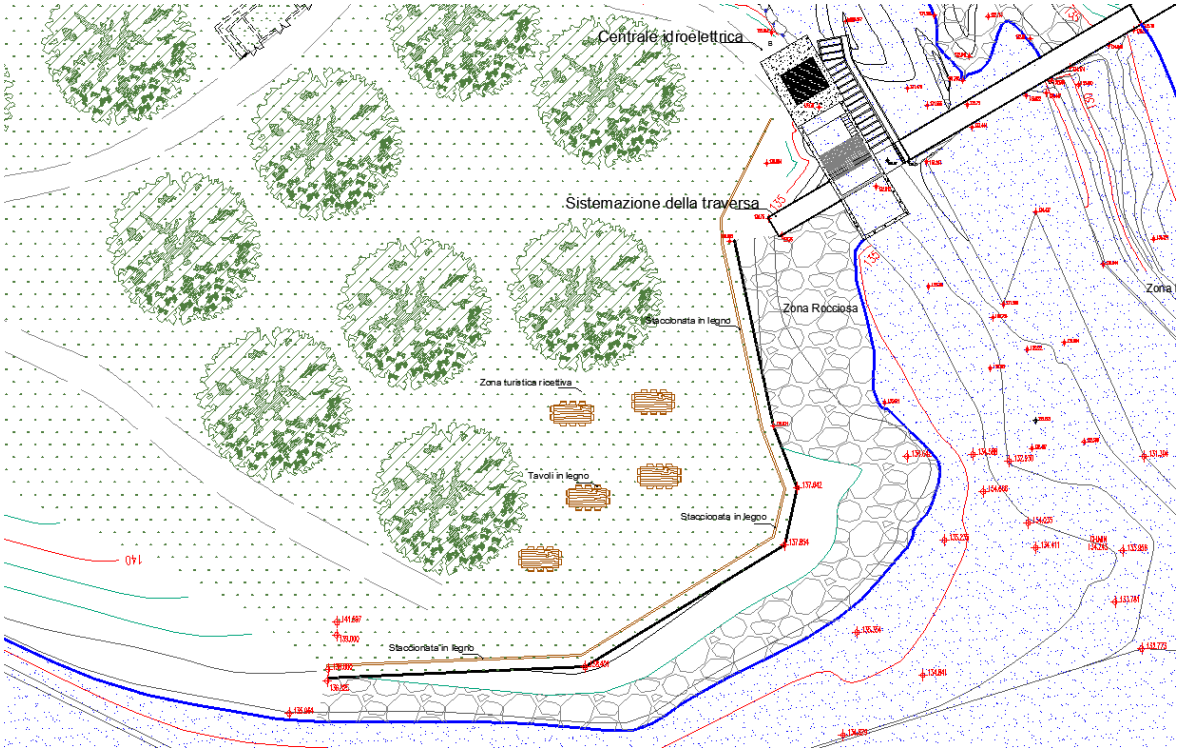


Figura 40. zona interessata dalla compensazione ambientale

Per quanto riguarderà la posa delle macchine idrauliche ed elettriche, il getto del cls per la realizzazione delle strutture avverrà attraverso delle pompe a lungo braccio posate sulla zona sovrastante la centrale.

Questo potrà avvenire visto la scelta di collocare la centrale molto vicino alla scarpata naturale.

Per la realizzazione della centrale e delle opere a lei connesse verrà necessario il taglio di alcune specie arboree presenti. Questo conteggio verrà effettuato durante i lavori attraverso un preciso piano dei tagli. Come compensazione ambientale la committenza si impegna e prende l'onere di effettuare delle operazioni di piantumazione, in numero maggiore di quelle tagliate, di vegetazione riparia per poter andare ad integrare quella già presente in sito.

Questo trova spiegazione all'interno dello studio ambientale riportato nella documentazione progettuale.

13.1 Allaccio alla rete ENEL

Come detto nella precedentemente, l'allacciamento avverrà alla rete MT nazionale.

L'ubicazione del locale è individuato a monte dell'edificio centrale, lungo la strada che porta alla chiesa di San Pantaleo, con precisione nella cabina di comando e trasformazione, garantendo quindi ad ENEL l'accessibilità al sito.

La struttura risulterà in calcestruzzo armato completamente interrata e la sola faccia esterna verrà rivestita in materiale lapideo per un inserimento paesaggistico ottimale. Nella stessa camera si trova un quadro elettrico di controllo, comando e regolazione delle macchine presenti nella centrale.

Il trasporto della corrente elettrica tra la centrale e la cabina verrà effettuato attraverso un cavo il quale verrà interrato. Il suddetto cavo verrà inserito all'interno di uno scavo di larghezza di circa 60 cm e di profondità di circa 60 cm ed in seguito ricoperto dal materiale precedentemente asportato

Attualmente non è definito da ENEL un punto di allaccio, e di conseguenza non si può ancora definire le dimensioni e le caratteristiche dell'intervento di collegamento alla rete. L'allaccio si presume di realizzarlo in prossimità del collegamento della centrale di Borgata Calabria.

L'allaccio potrà avvenire attraverso una linea di media tensione interrata a fianco della strada la quale andrà a collegarsi alla linea aerea della centrale di Borgata Calabria.

Questa soluzione permetterà un ottimo inserimento ambientale, senza dover effettuare linee aeree e pose di nuovi tralicci.

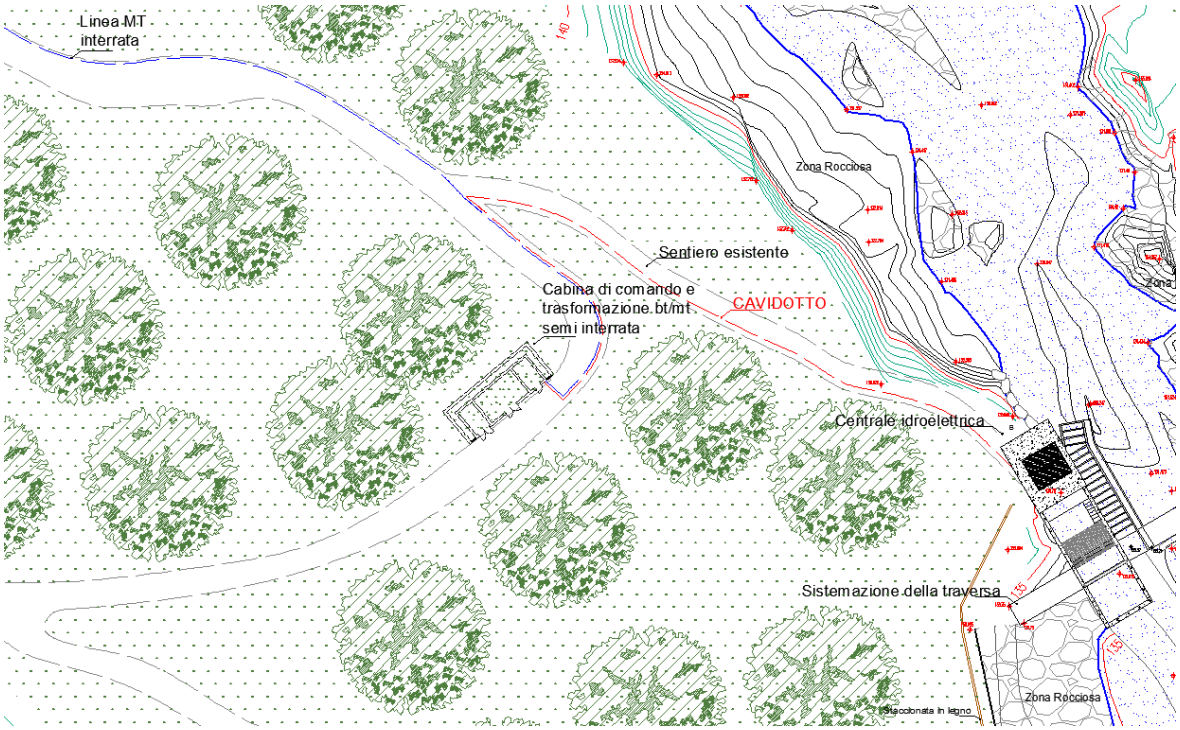


Figura 41. Particolare dell'allaccio alla cabina di comando e trasformazione

13.2 Movimenti terra

Come si evince dai paragrafi precedenti i movimenti terra risultano necessari per la realizzazione dell'opera idroelettrica.

Questo dovranno avvenire per la realizzazione: della traversa, dell'opera di presa, della centrale e delle opere a lei connesse. Le opere di maggior importanza saranno opere per la realizzazione della traversa e la centrale. Queste ultime comporteranno uno scavo consistente, il quale verrà in parte riutilizzato per la chiusura di quest'ultimi e per le operazioni di rifiniture esterne delle strutture (ricopertura con pietra) essendo costituito in buona parte da roccia compatta.

Per il materiale in eccesso verrà stoccato nella discarica per inerti più vicina al sito oggetto dell'intervento se non possibile in suo riutilizzo nel cantiere.

In questo capitolo si è provveduto alla stima dei volumi di:

- Roccia che viene movimentato
- Volume di ingombro nel terreno delle strutture che compongono l'impianto idroelettrico.

LAVORI	*Vol. struttura esistente (m^3)*	*Volume struttura a progetto (m^3)*	*Vol. esubero (m^3)*
Traversa	154,89	298,25	154,89
TOTALI			
	154,89	298,25	154,89

Tabella 10. Volumi caratteristici della nuova traversa

LAVORI	*Vol. di scavo (m^3)*	*Vol. di riporto (m^3)*	*Volume in esubero (m^3)*	*Vol. di cls. (m^3)*
Centrale	131,35	23,64	107,71	198,76
Cabina di comando	62.10	18,95	43,15	31,75
TOTALI				
	193,45	42,59	150,86	230,51

Tabella 11. Volumi di scavi e di edificazione

Come si può osservare dalle tavole tecniche sono state previste due zone di deposito temporaneo, la prima per i mezzi e le attrezzature, la seconda per i depositi temporanei dovuti agli scavi. La zona definita per lo stoccaggio degli scavi viene identificata con un'estensione di 200 mq. La zona è stata dimensionata per le opere da realizzare visto che in quell'area andando a depositare materiale per 1 m di altezza (altezza molto limitata) si otterrà un volume di accumulo pari a 200 m^3, volume sufficiente a stoccare i volumi di scavo in progetto per fasi di costruzione separate. (traversa-->centrale-->cabina).

14 VERIFICA IDRAULICA

Per la valutazione delle opere a progetto si sono studiate le variazioni del profilo della corrente causate dall'inserimento di manufatti nell'alveo, in condizioni di massima piena avente tempo di ritorno di:

- Tr 50 anni;
- Tr 200 anni;
- Tr 500 anni.

Pertanto, il presente capitolo ha per oggetto lo studio del profilo idraulico di piena del Torrente Arroscia nella zona della centrale idroelettrica la quale risulterà un'estensione del Piano di Bacino adottato dalla Provincia di Imperia.

Lo studio viene effettuato al fine di stabilire le zone interessate dall'esondazione, per poter individuare le eventuali situazioni di rischio.

Si è verificato, attraverso un rilievo di dettaglio *con appoggio a stazioni permanenti GNSS Regione Liguria, sistema di riferimento: RDN (rete dinamica nazionale) ETRF 2000 Coordinante UTM - Quote ortometriche (SLM)* , che le quote altimetriche del Piano di bacino non coincidono con quelle rilevate nella realtà ma differenziano a livello altimetrico di 327 cm.

La controprova è stata realizzata andando a rilevare anche l'intradosso della strada statale da Pieve di Teco ad Albenga, anche in questo caso i livelli differenziano per 3,27 m

14.1 Studio idraulico

14.1.1 Metodo di calcolo

Il programma di simulazione utilizzato HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) è stato sviluppato presso lo U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, e permette, tramite l'utilizzo di una procedura di calcolo iterativa, la risoluzione delle equazioni che descrivono il moto permanente gradualmente vario (moto di una corrente a pelo libero costante nel tempo, con variazioni graduali di sezione ed eventualmente di direzione).

La simulazione dei flussi permette di analizzare la capacità dei corsi d'acqua (rischi di esondazioni) e lo studio d'impatto a seguito di modificazioni delle condizioni al contorno (tipo l'inserimento di ponti, sbarramenti ecc.).

I calcoli dei flussi in moto gradualmente vario sono basati sull'equazione di Bernoulli; le perdite di carico sono valutate con l'equazione di Manning - Strickler per il termine di scabrezza, e da coefficienti di contrazione ed espansione.

Nel caso di moti bruscamente vari l'equazione utilizzata è quella della quantità di moto; quest'ultima è applicata nei restringimenti e in particolari casi come il passaggio della corrente in presenza di pile di ponti o nelle confluenze.

La risoluzione di queste equazioni necessita la conoscenza della geometria del corso d'acqua, delle caratteristiche di rugosità e della portata del flusso; le condizioni al contorno non ricavabili direttamente per mancanza di dati rilevati direttamente , vengono calcolate dal programma a partire dalla profondità critica.

14.1.2 Condizioni al contorno utilizzate

La verifica idraulica del corso d'acqua principale è stata condotta per portate con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

La schematizzazione di calcolo adottata si basa sulle seguenti assunzioni:

- *geometria delle sezioni, espressa mediante coppie di coordinate (progressiva, quota);*
- *distanza tra la sezione ennesima e quella successiva;*
- *coefficiente di scabrezza n di Manning, in particolare i valori adottati dal piano di bacino; portata costante in ogni tratto considerato anche nell'eventualità di superamento dei punti estremi delle sezioni: il procedimento consiste nell'immaginare che la sezione sia limitata da argini infinitamente alti;*
- *riduzione del 20% della luce libera degli attraversamenti dotati di pile in considerazione di possibili ostruzioni in caso di piene rilevanti;*
- *definizione delle condizioni al contorno a seconda del regime di flusso che si simula (corrente subcritica, supercritica, condizione mista);*
- *introduzione delle portate di calcolo.*

La scelta dei parametri di scabrezza (coefficienti di Manning) è stata effettuata considerando le caratteristiche specifiche dei materiali che compongono l'alveo e la copertura vegetazionale delle sponde e di zone d'alveo nei diversi tratti esaminati. Nel caso in esame si sono assunti i seguenti valori:

- *n= 0,035 $m^{-1/3}$/s per la sponda sinistra, pari ad un ks= 28,57*
- *n= 0,033 $m^{-1/3}$/s per centro alveo, pari ad un ks= 30,30*
- *n=0,04 $m^{-1/3}$/s per la sponda destra, pari ad un ks= 25,00*

Tali valore sono stati desunti basandosi sui dati presentati dalle verifiche idrauliche relative al piano di bacino del T. Arroscia.

La verifica è stata condotta assumendo le seguenti condizioni al contorno in termini di carico piezometrico *h*:

- *la condizione di valle per il calcolo del profilo di moto permanente è stata posta pari all'altezza critica, cioè il valore limite di profondità che può raggiungere una corrente veloce;*
- *considerata la pendenza media del tratto iniziale nell'asta montana del torrente, caratteristica di correnti veloci, anche al condizione di monte è stata posta pari all'altezza critica.*

Le portate di piena con assegnato tempo di ritorno, utilizzate per le verifiche idrauliche del piano di bacino, sono a seguito presentate.

Per l'analisi sono stati considerati i seguenti valori di portata:

- *Q = 1090 m³/s corrispondente alla portata al colmo per TR = 50 anni;*
- *Q = 1580 m³/s corrispondente alla portata al colmo per TR = 200 anni;*
- *Q = 1900 m³/s corrispondente alla portata al colmo per TR = 500 anni.*

Considerando le ipotesi precedenti è stata effettuata la simulazione per le portate sopraindicate per i seguenti due casi:

- situazione attuale (condizioni attuali della traversa fluviale);
- situazione a progetto (ricostruzione della traversa e realizzazione della centrale);
- situazione a progetto (ricostruzione della traversa e realizzazione della centrale con apertura delle due bocche di fondo per lo sghiaio della traversa).

La simulazione in stato di fatto è stata redatta per valutare gli effetti della piena, analizzando sopratutto i livelli dei battenti e le velocità del flusso nelle diverse sezioni per valutare gli effetti dannosi che potrebbe avere sotto l'aspetto di erosione localizzata sulle sponde della vallata.

La seconda simulazione è stata compiuta andando ad inserire il nuovo manufatto della traversa e centrale considerando le luci di fondo per lo sghiaio del bacino chiuse. questa situazione va ad implementare la condizione più gravosa sotto l'aspetto dei battenti idrici generati dalla piena.

La terza simulazione è stata compiuta mantenendo aperte le due bocche sottobattenti nelle tre condizioni di piena per valutarne l'effetto di abbassamento dei tiranti e diminuzione delle velocità del flusso nelle sezioni indagate.

Per la definizione delle fasce di esondazione si terrà conto dei risultati ottenuti in stato di progetto con luci di fondo chiuse.

14.1.3 Posizionamento sezioni idrauliche

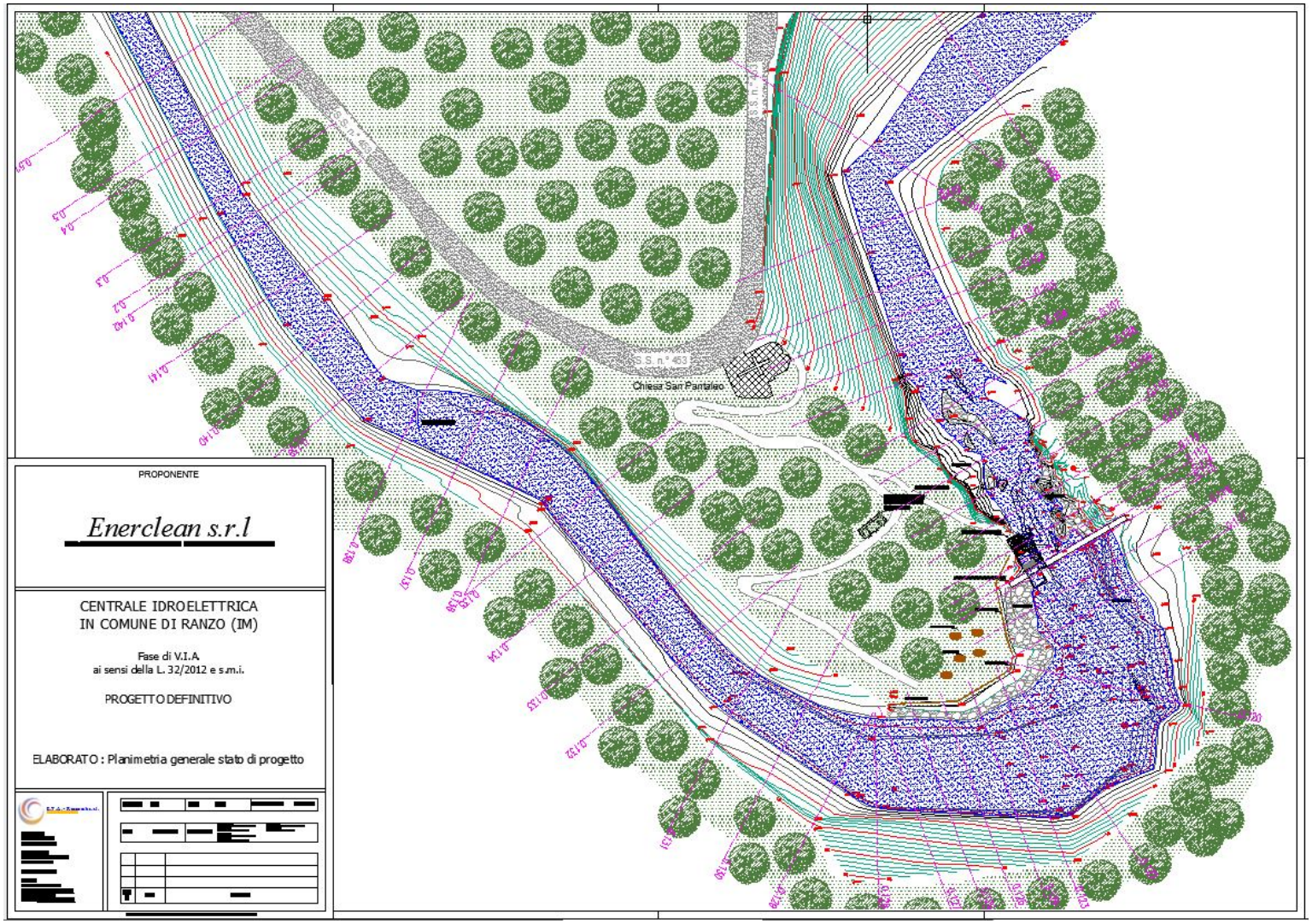


Figura 42. Planimetria generale con posizionamento delel sezioni idrauliche

14.1.4 Confronto tra lo stato di fatto e stato di progetto con ludi di fondo chiuse

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di Fatto Livello	S. Di Progetto Livello	Differenza	S. Di Fatto Velocità	S. Di Progetto Velocità	Differenza
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,099	Q(T50)	1090	134,13	134,13	0	8,34	8,34	0
0,099	Q(T200)	1580	135,07	135,07	0	9,31	9,31	0
0,099	Q(T500)	1900	135,61	135,61	0	9,84	9,84	0
0,1	Q(T50)	1090	134,53	134,53	0	8,24	8,24	0
0,1	Q(T200)	1580	135,52	135,52	0	9,17	9,17	0
0,1	Q(T500)	1900	136,08	136,08	0	9,69	9,69	0
0,101	Q(T50)	1090	134,91	134,91	0	8,17	8,17	0
0,101	Q(T200)	1580	135,84	135,84	0	9,17	9,17	0
0,101	Q(T500)	1900	136,37	136,37	0	9,72	9,72	0
0,102	Q(T50)	1090	136,01	136,01	0	7,21	7,21	0
0,102	Q(T200)	1580	137,1	137,1	0	8,16	8,16	0
0,102	Q(T500)	1900	137,7	137,7	0	8,71	8,71	0
0,103	Q(T50)	1090	136,59	136,59	0	6,68	6,68	0
0,103	Q(T200)	1580	137,94	137,94	0	7,39	7,39	0
0,103	Q(T500)	1900	138,68	138,68	0	7,83	7,83	0
0,104	Q(T50)	1090	137,34	137,34	0	5,69	5,69	0
0,104	Q(T200)	1580	138,69	138,69	0	6,5	6,5	0
0,104	Q(T500)	1900	139,47	139,47	0	6,95	6,95	0
0,105	Q(T50)	1090	137,68	137,68	0	5,2	5,2	0
0,105	Q(T200)	1580	139,17	139,17	0	5,87	5,87	0
0,105	Q(T500)	1900	140,04	140,04	0	6,23	6,23	0
0,106	Q(T50)	1090	138	138	0	4,69	4,69	0
0,106	Q(T200)	1580	139,66	139,66	0	5,12	5,12	0
0,106	Q(T500)	1900	140,65	140,65	0	5,34	5,34	0
0,107	Q(T50)	1090	138,29	138,29	0	4,31	4,31	0
0,107	Q(T200)	1580	139,93	139,93	0	4,88	4,88	0
0,107	Q(T500)	1900	140,88	140,88	0	5,22	5,22	0
0,108	Q(T50)	1090	138,19	138,19	0	4,6	4,6	0
0,108	Q(T200)	1580	139,73	139,73	0	5,37	5,37	0
0,108	Q(T500)	1900	140,62	140,62	0	5,82	5,82	0
0,109	Q(T50)	1090	138,07	138,07	0	5,04	5,04	0
0,109	Q(T200)	1580	139,59	139,59	0	5,83	5,83	0
0,109	Q(T500)	1900	140,46	140,46	0	6,28	6,28	0

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di Fatto Livello	S. Di Progetto Livello	Differenza	S. Di Fatto Velocità	S. Di Progetto Velocità	Differenza
		(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,11	Q(T50)	1090	138,42	138,42	0	4,52	4,52	0
0,11	Q(T200)	1580	140,16	140,16	0	5,03	5,03	0
0,11	Q(T500)	1900	141,17	141,17	0	5,34	5,34	0
					0			
0,111	Q(T50)	1090	138,09	136,61	-1,48	5,71	8,17	2,46
0,111	Q(T200)	1580	139,93	139,93	0	5,92	5,92	0
0,111	Q(T500)	1900	140,97	140,97	0	6,14	6,14	0
0,112	Q(T50)	1090	137,74	138,05	0,31	6,83	6,64	-0,19
0,112	Q(T200)	1580	139,87	139,66	-0,21	6,41	6,88	0,47
0,112	Q(T500)	1900	140,99	140,84	-0,15	6,44	6,79	0,35
0,113	Q(T50)	1090	139,06	139,13	0,07	4,59	4,93	0,34
0,113	Q(T200)	1580	140,5	140,39	-0,11	5,29	5,75	0,46
0,113	Q(T500)	1900	141,51	141,36	-0,15	5,51	5,97	0,46
0,114	Q(T50)	1090	139,27	139,44	0,17	3,8	4,04	0,24
0,114	Q(T200)	1580	140,72	140,75	0,03	4,45	4,81	0,36
0,114	Q(T500)	1900	141,69	141,69	0	4,73	5,11	0,38
0,1145		Traversa						
0,115	Q(T50)	1090	139,97	141,75	1,78	3,97	2,91	-1,06
0,115	Q(T200)	1580	141,31	142,78	1,47	4,62	3,7	-0,92
0,115	Q(T500)	1900	142,13	143,56	1,43	4,95	4,07	-0,88
0,116	Q(T50)	1090	140,1	141,76	1,66	3,54	2,76	-0,78
0,116	Q(T200)	1580	141,44	142,79	1,35	4,19	3,53	-0,66
0,116	Q(T500)	1900	142,24	143,56	1,32	4,53	3,9	-0,63
0,117	Q(T50)	1090	140,09	141,78	1,69	3,64	2,75	-0,89
0,117	Q(T200)	1580	141,47	142,83	1,36	4,18	3,46	-0,72
0,117	Q(T500)	1900	142,31	143,63	1,32	4,45	3,79	-0,66
0,12	Q(T50)	1090	140,29	141,85	1,56	3,21	2,54	-0,67
0,12	Q(T200)	1580	141,66	142,93	1,27	3,77	3,21	-0,56
0,12	Q(T500)	1900	142,5	143,73	1,23	4,07	3,53	-0,54
0,122	Q(T50)	1090	140,27	141,83	1,56	3,47	2,71	-0,76
0,122	Q(T200)	1580	141,63	142,9	1,27	4,04	3,41	-0,63
0,122	Q(T500)	1900	142,46	143,7	1,24	4,34	3,74	-0,6
0,123	Q(T50)	1090	140,23	141,81	1,58	3,69	2,9	-0,79
0,123	Q(T200)	1580	141,57	142,86	1,29	4,34	3,67	-0,67
0,123	Q(T500)	1900	142,39	143,65	1,26	4,68	4,02	-0,66

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di Fatto Livello	S. Di Progetto Livello	Differenza	S. Di Fatto Velocità	S. Di Progetto Velocità	Differenza
		(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,124	Q(T50)	1090	137,37	141,69	4,32	8,82	3,42	-5,4
0,124	Q(T200)	1580	138,15	142,68	4,53	10,15	4,32	-5,83
0,124	Q(T500)	1900	138,57	143,44	4,87	10,89	4,73	-6,16
0,125	Q(T50)	1090	137,74	141,6	3,86	8,64	3,87	-4,77
0,125	Q(T200)	1580	138,59	142,51	3,92	9,94	4,92	-5,02
0,125	Q(T500)	1900	139,08	143,23	4,15	10,65	5,39	-5,26
0,126	Q(T50)	1090	137,74	141,56	3,82	8,95	4,03	-4,92
0,126	Q(T200)	1580	138,64	142,44	3,8	10,14	5,17	-4,97
0,126	Q(T500)	1900	139,17	143,12	3,95	10,79	5,69	-5,1
0,127	Q(T50)	1090	137,71	141,6	3,89	9,35	3,97	-5,38
0,127	Q(T200)	1580	138,55	142,52	3,97	10,56	5,06	-5,5
0,127	Q(T500)	1900	139,04	139,04	0	11,23	11,23	0
0,128	Q(T50)	1090	137,89	141,53	3,64	9,41	4,28	-5,13
0,128	Q(T200)	1580	138,82	138,82	0	10,51	10,51	0
0,128	Q(T500)	1900	139,36	139,36	0	11,14	11,14	0
0,129	Q(T50)	1090	138,3	141,39	3,09	9,27	4,88	-4,39
0,129	Q(T200)	1580	139,38	139,38	0	10,32	10,32	0
0,129	Q(T500)	1900	139,97	139,97	0	10,97	10,97	0
0,13	Q(T50)	1090	139,6	139,6	0	8,18	8,18	0
0,13	Q(T200)	1580	140,56	140,56	0	9,41	9,41	0
0,13	Q(T500)	1900	141,03	141,03	0	10,17	10,17	0
0,131	Q(T50)	1090	140,4	140,4	0	7,53	7,53	0
0,131	Q(T200)	1580	141,51	141,51	0	8,76	8,76	0
0,131	Q(T500)	1900	142,09	142,09	0	9,52	9,52	0
0,132	Q(T50)	1090	140,73	140,73	0	7,33	7,33	0
0,132	Q(T200)	1580	141,99	141,99	0	8,42	8,42	0
0,132	Q(T500)	1900	142,59	142,59	0	9,18	9,18	0
0,133	Q(T50)	1090	141,08	141,08	0	7,09	7,09	0
0,133	Q(T200)	1580	142,6	142,6	0	7,9	7,9	0
0,133	Q(T500)	1900	143,06	143,06	0	8,85	8,85	0
0,134	Q(T50)	1090	141,74	141,74	0	6,41	6,41	0
0,134	Q(T200)	1580	142,65	142,65	0	8,07	8,07	0
0,134	Q(T500)	1900	143,61	143,61	0	8,49	8,49	0

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di Fatto Livello	S. Di Progetto Livello	Differenza	S. Di Fatto Velocità	S. Di Progetto Velocità	Differenza
		(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,135	Q(T50)	1090	142,01	142,01	0	6,31	6,31	0
0,135	Q(T200)	1580	143,23	143,23	0	7,75	7,75	0
0,135	Q(T500)	1900	143,66	143,66	0	8,83	8,83	0
0,136	Q(T50)	1090	142,83	142,83	0	5,03	5,03	0
0,136	Q(T200)	1580	144,65	144,65	0	5,82	5,82	0
0,136	Q(T500)	1900	145,77	145,77	0	6,22	6,22	0
0,137	Q(T50)	1090	142,92	142,92	0	4,89	4,89	0
0,137	Q(T200)	1580	144,95	144,95	0	5,34	5,34	0
0,137	Q(T500)	1900	146,18	146,18	0	5,58	5,58	0
0,138	Q(T50)	1090	143,15	143,15	0	4,54	4,54	0
0,138	Q(T200)	1580	145,35	145,35	0	4,61	4,61	0
0,138	Q(T500)	1900	146,66	146,66	0	4,71	4,71	0
0,139	Q(T50)	1090	143,16	143,16	0	4,67	4,67	0
0,139	Q(T200)	1580	145,39	145,39	0	4,62	4,62	0
0,139	Q(T500)	1900	146,71	146,71	0	4,66	4,66	0
0,14	Q(T50)	1090	143,12	143,12	0	5,01	5,01	0
0,14	Q(T200)	1580	145,3	145,3	0	5,09	5,09	0
0,14	Q(T500)	1900	146,61	146,61	0	5,17	5,17	0
0,141	Q(T50)	1090	141,23	141,23	0	8,17	8,17	0
0,141	Q(T200)	1580	145,19	145,19	0	5,47	5,47	0
0,141	Q(T500)	1900	146,5	146,5	0	5,52	5,52	0
0,142	Q(T50)	1090	142,64	142,64	0	6,71	6,71	0
0,142	Q(T200)	1580	144,87	144,87	0	6,38	6,38	0
0,142	Q(T500)	1900	146,21	146,21	0	6,31	6,31	0
0,2	Q(T50)	1090	144	144	0	4,6	4,6	0
0,2	Q(T200)	1580	145,88	145,88	0	4,77	4,77	0
0,2	Q(T500)	1900	147,23	147,23	0	4,67	4,67	0
0,3	Q(T50)	1090	144,05	144,05	0	4,55	4,55	0
0,3	Q(T200)	1580	145,92	145,92	0	4,74	4,74	0
0,3	Q(T500)	1900	147,26	147,26	0	4,65	4,65	0
0,31		Ponte						
0,4	Q(T50)	1090	144,14	144,14	0	4,47	4,47	0
0,4	Q(T200)	1580	146	146	0	4,68	4,68	0
0,4	Q(T500)	1900	147,31	147,31	0	4,61	4,61	0

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di Fatto Livello	S. Di Progetto Livello	Differenza	S. Di Fatto Velocità	S. Di Progetto Velocità	Differenza
		(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,5	Q(T50)	1090	144,17	144,17	0	4,45	4,45	0
0,5	Q(T200)	1580	146,02	146,02	0	4,67	4,67	0
0,5	Q(T500)	1900	147,34	147,34	0	4,57	4,57	0
0,51	Q(T50)	1090	144,12	144,12	0	4,79	4,79	0
0,51	Q(T200)	1580	146,04	146,04	0	4,75	4,75	0
0,51	Q(T500)	1900	147,35	147,35	0	4,68	4,68	0
0,59	Q(T50)	1090	144,36	144,36	0	4,57	4,57	0
0,59	Q(T200)	1580	146,05	146,05	0	5,01	5,01	0
0,59	Q(T500)	1900	147,3	147,3	0	5,04	5,04	0
0,6	Q(T50)	1090	140,69	140,69	0	10,43	10,43	0
0,6	Q(T200)	1580	141,72	141,72	0	11,57	11,57	0
0,6	Q(T500)	1900	142,32	142,32	0	12,16	12,16	0
0,65	Q(T50)	1090	143,69	143,69	0	7,61	7,61	0
0,65	Q(T200)	1580	145,53	145,53	0	8,28	8,28	0
0,65	Q(T500)	1900	146,58	146,58	0	8,63	8,63	0
0,7	Q(T50)	1090	144,62	144,62	0	6,53	6,53	0
0,7	Q(T200)	1580	146,72	146,72	0	6,98	6,98	0
0,7	Q(T500)	1900	147,93	147,93	0	7,18	7,18	0
0,75	Q(T50)	1090	145,68	145,68	0	4,95	4,95	0
0,75	Q(T200)	1580	147,89	147,89	0	5,34	5,34	0
0,75	Q(T500)	1900	149,13	149,13	0	5,55	5,55	0
0,8	Q(T50)	1090	146,18	146,18	0	3,99	3,99	0
0,8	Q(T200)	1580	148,49	148,49	0	4,27	4,27	0
0,8	Q(T500)	1900	149,77	149,77	0	4,44	4,44	0
0,99	Q(T50)	1090	146,74	146,74	0	6,73	6,73	0
0,99	Q(T200)	1580	148,11	148,11	0	7,45	7,45	0
0,99	Q(T500)	1900	148,9	148,9	0	7,84	7,84	0
1	Q(T50)	1090	148,65	148,65	0	3,37	3,37	0
1	Q(T200)	1580	150,36	150,36	0	3,93	3,93	0
1	Q(T500)	1900	151,35	151,35	0	4,24	4,24	0

Tabella 12. Tabella riassuntiva livelli di piena - stato di fatto/stato di progetto con ludi di fondo chiuse

14.1.5 Confronto tra lo stato di fatto e stato di progetto con ludi di fondo aperte

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di Fatto Livello	S. Di Progetto Livello	Differenza	S. Di Fatto Velocità	S. Di Progetto Velocità	Differenza
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,099	Q(T50)	1090	134,13	134,13	0	8,34	8,34	0
0,099	Q(T200)	1580	135,07	135,07	0	9,31	9,31	0
0,099	Q(T500)	1900	135,61	135,61	0	9,84	9,84	0
0,1	Q(T50)	1090	134,53	134,53	0	8,24	8,24	0
0,1	Q(T200)	1580	135,52	135,52	0	9,17	9,17	0
0,1	Q(T500)	1900	136,08	136,08	0	9,69	9,69	0
0,101	Q(T50)	1090	134,91	134,91	0	8,17	8,17	0
0,101	Q(T200)	1580	135,84	135,84	0	9,17	9,17	0
0,101	Q(T500)	1900	136,37	136,37	0	9,72	9,72	0
0,102	Q(T50)	1090	136,01	136,01	0	7,21	7,21	0
0,102	Q(T200)	1580	137,1	137,1	0	8,16	8,16	0
0,102	Q(T500)	1900	137,7	137,7	0	8,71	8,71	0
0,103	Q(T50)	1090	136,59	136,59	0	6,68	6,68	0
0,103	Q(T200)	1580	137,94	137,94	0	7,39	7,39	0
0,103	Q(T500)	1900	138,68	138,68	0	7,83	7,83	0
0,104	Q(T50)	1090	137,34	137,34	0	5,69	5,69	0
0,104	Q(T200)	1580	138,69	138,69	0	6,5	6,5	0
0,104	Q(T500)	1900	139,47	139,47	0	6,95	6,95	0
0,105	Q(T50)	1090	137,68	137,68	0	5,2	5,2	0
0,105	Q(T200)	1580	139,17	139,17	0	5,87	5,87	0
0,105	Q(T500)	1900	140,04	140,04	0	6,23	6,23	0
0,106	Q(T50)	1090	138	138	0	4,69	4,69	0
0,106	Q(T200)	1580	139,66	139,66	0	5,12	5,12	0
0,106	Q(T500)	1900	140,65	140,65	0	5,34	5,34	0
0,107	Q(T50)	1090	138,29	138,29	0	4,31	4,31	0
0,107	Q(T200)	1580	139,93	139,93	0	4,88	4,88	0
0,107	Q(T500)	1900	140,88	140,88	0	5,22	5,22	0
0,108	Q(T50)	1090	138,19	138,19	0	4,6	4,6	0
0,108	Q(T200)	1580	139,73	139,73	0	5,37	5,37	0
0,108	Q(T500)	1900	140,62	140,62	0	5,82	5,82	0
0,109	Q(T50)	1090	138,07	138,07	0	5,04	5,04	0
0,109	Q(T200)	1580	139,59	139,59	0	5,83	5,83	0
0,109	Q(T500)	1900	140,46	140,46	0	6,28	6,28	0

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di Fatto Livello	S. Di Progetto Livello	Differenza	S. Di Fatto Velocità	S. Di Progetto Velocità	Differenza
		(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,11	Q(T50)	1090	138,42	138,42	0	4,52	4,52	0
0,11	Q(T200)	1580	140,16	140,16	0	5,03	5,03	0
0,11	Q(T500)	1900	141,17	141,17	0	5,34	5,34	0
0,111	Q(T50)	1090	138,09	136,61	-1,48	5,71	8,17	2,46
0,111	Q(T200)	1580	139,93	139,93	0	5,92	5,92	0
0,111	Q(T500)	1900	140,97	140,97	0	6,14	6,14	0
0,112	Q(T50)	1090	137,74	138,05	0,31	6,83	6,64	-0,19
0,112	Q(T200)	1580	139,87	139,66	-0,21	6,41	6,88	0,47
0,112	Q(T500)	1900	140,99	140,84	-0,15	6,44	6,79	0,35
0,113	Q(T50)	1090	139,06	139,13	0,07	4,59	4,93	0,34
0,113	Q(T200)	1580	140,5	140,39	-0,11	5,29	5,75	0,46
0,113	Q(T500)	1900	141,51	141,36	-0,15	5,51	5,97	0,46
0,114	Q(T50)	1090	139,27	139,44	0,17	3,8	4,04	0,24
0,114	Q(T200)	1580	140,72	140,75	0,03	4,45	4,81	0,36
0,114	Q(T500)	1900	141,69	141,69	0	4,73	5,11	0,38
0,1145		Traversa						
0,115	Q(T50)	1090	139,97	141,27	1,3	3,97	3,12	-0,85
0,115	Q(T200)	1580	141,31	142,59	1,28	4,62	3,78	-0,84
0,115	Q(T500)	1900	142,13	143,4	1,27	4,95	4,14	-0,81
0,116	Q(T50)	1090	140,1	141,29	1,19	3,54	2,95	-0,59
0,116	Q(T200)	1580	141,44	142,6	1,16	4,19	3,61	-0,58
0,116	Q(T500)	1900	142,24	143,41	1,17	4,53	3,96	-0,57
0,117	Q(T50)	1090	140,09	141,3	1,21	3,64	2,96	-0,68
0,117	Q(T200)	1580	141,47	142,65	1,18	4,18	3,54	-0,64
0,117	Q(T500)	1900	142,31	143,48	1,17	4,45	3,85	-0,6
0,12	Q(T50)	1090	140,29	141,39	1,1	3,21	2,7	-0,51
0,12	Q(T200)	1580	141,66	142,75	1,09	3,77	3,28	-0,49
0,12	Q(T500)	1900	142,5	143,59	1,09	4,07	3,59	-0,48
0,122	Q(T50)	1090	140,27	141,37	1,1	3,47	2,9	-0,57
0,122	Q(T200)	1580	141,63	142,73	1,1	4,04	3,49	-0,55
0,122	Q(T500)	1900	142,46	143,56	1,1	4,34	3,8	-0,54
0,123	Q(T50)	1090	140,23	141,35	1,12	3,69	3,09	-0,6
0,123	Q(T200)	1580	141,57	142,68	1,11	4,34	3,75	-0,59
0,123	Q(T500)	1900	142,39	143,5	1,11	4,68	4,09	-0,59

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di Fatto Livello	S. Di Progetto Livello	Differenza	S. Di Fatto Velocità	S. Di Progetto Velocità	Differenza
		(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,124	Q(T50)	1090	137,37	141,21	3,84	8,82	3,69	-5,13
0,124	Q(T200)	1580	138,15	142,49	4,34	10,15	4,43	-5,72
0,124	Q(T500)	1900	138,57	143,28	4,71	10,89	4,82	-6,07
0,125	Q(T50)	1090	137,74	141,09	3,35	8,64	4,19	-4,45
0,125	Q(T200)	1580	138,59	142,3	3,71	9,94	5,06	-4,88
0,125	Q(T500)	1900	139,08	143,05	3,97	10,65	5,51	-5,14
0,126	Q(T50)	1090	137,74	141,05	3,31	8,95	4,36	-4,59
0,126	Q(T200)	1580	138,64	142,23	3,59	10,14	5,32	-4,82
0,126	Q(T500)	1900	139,17	139,17	0	10,79	10,79	0
0,127	Q(T50)	1090	137,71	141,1	3,39	9,35	4,3	-5,05
0,127	Q(T200)	1580	138,55	138,55	0	10,56	10,56	0
0,127	Q(T500)	1900	139,04	139,04	0	11,23	11,23	0
0,128	Q(T50)	1090	137,89	141,01	3,12	9,41	4,65	-4,76
0,128	Q(T200)	1580	138,82	138,82	0	10,51	10,51	0
0,128	Q(T500)	1900	139,36	139,36	0	11,14	11,14	0
0,129	Q(T50)	1090	138,3	138,3	0	9,27	9,27	0
0,129	Q(T200)	1580	139,38	139,38	0	10,32	10,32	0
0,129	Q(T500)	1900	139,97	139,97	0	10,97	10,97	0
0,13	Q(T50)	1090	139,6	139,6	0	8,18	8,18	0
0,13	Q(T200)	1580	140,56	140,56	0	9,41	9,41	0
0,13	Q(T500)	1900	141,03	141,03	0	10,17	10,17	0
0,131	Q(T50)	1090	140,4	140,4	0	7,53	7,53	0
0,131	Q(T200)	1580	141,51	141,51	0	8,76	8,76	0
0,131	Q(T500)	1900	142,09	142,09	0	9,52	9,52	0
0,132	Q(T50)	1090	140,73	140,73	0	7,33	7,33	0
0,132	Q(T200)	1580	141,99	141,99	0	8,42	8,42	0
0,132	Q(T500)	1900	142,59	142,59	0	9,18	9,18	0
0,133	Q(T50)	1090	141,08	141,08	0	7,09	7,09	0
0,133	Q(T200)	1580	142,6	142,6	0	7,9	7,9	0
0,133	Q(T500)	1900	143,06	143,06	0	8,85	8,85	0
0,134	Q(T50)	1090	141,74	141,74	0	6,41	6,41	0
0,134	Q(T200)	1580	142,65	142,65	0	8,07	8,07	0
0,134	Q(T500)	1900	143,61	143,61	0	8,49	8,49	0

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di Fatto Livello	S. Di Progetto Livello	Differenza	S. Di Fatto Velocità	S. Di Progetto Velocità	Differenza
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,135	Q(T50)	1090	142,01	142,01	0	6,31	6,31	0
0,135	Q(T200)	1580	143,23	143,23	0	7,75	7,75	0
0,135	Q(T500)	1900	143,66	143,66	0	8,83	8,83	0
0,136	Q(T50)	1090	142,83	142,83	0	5,03	5,03	0
0,136	Q(T200)	1580	144,65	144,65	0	5,82	5,82	0
0,136	Q(T500)	1900	145,77	145,77	0	6,22	6,22	0
0,137	Q(T50)	1090	142,92	142,92	0	4,89	4,89	0
0,137	Q(T200)	1580	144,95	144,95	0	5,34	5,34	0
0,137	Q(T500)	1900	146,18	146,18	0	5,58	5,58	0
0,138	Q(T50)	1090	143,15	143,15	0	4,54	4,54	0
0,138	Q(T200)	1580	145,35	145,35	0	4,61	4,61	0
0,138	Q(T500)	1900	146,66	146,66	0	4,71	4,71	0
0,139	Q(T50)	1090	143,16	143,16	0	4,67	4,67	0
0,139	Q(T200)	1580	145,39	145,39	0	4,62	4,62	0
0,139	Q(T500)	1900	146,71	146,71	0	4,66	4,66	0
0,14	Q(T50)	1090	143,12	143,12	0	5,01	5,01	0
0,14	Q(T200)	1580	145,3	145,3	0	5,09	5,09	0
0,14	Q(T500)	1900	146,61	146,61	0	5,17	5,17	0
0,141	Q(T50)	1090	141,23	141,23	0	8,17	8,17	0
0,141	Q(T200)	1580	145,19	145,19	0	5,47	5,47	0
0,141	Q(T500)	1900	146,5	146,5	0	5,52	5,52	0
0,142	Q(T50)	1090	142,64	142,64	0	6,71	6,71	0
0,142	Q(T200)	1580	144,87	144,87	0	6,38	6,38	0
0,142	Q(T500)	1900	146,21	146,21	0	6,31	6,31	0
0,2	Q(T50)	1090	144	144	0	4,6	4,6	0
0,2	Q(T200)	1580	145,88	145,88	0	4,77	4,77	0
0,2	Q(T500)	1900	147,23	147,23	0	4,67	4,67	0
0,3	Q(T50)	1090	144,05	144,05	0	4,55	4,55	0
0,3	Q(T200)	1580	145,92	145,92	0	4,74	4,74	0
0,3	Q(T500)	1900	147,26	147,26	0	4,65	4,65	0
0,31		Ponte						
0,4	Q(T50)	1090	144,14	144,14	0	4,47	4,47	0
0,4	Q(T200)	1580	146	146	0	4,68	4,68	0
0,4	Q(T500)	1900	147,31	147,31	0	4,61	4,61	0

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di Fatto Livello	S. Di Progetto Livello	Differenza	S. Di Fatto Velocità	S. Di Progetto Velocità	Differenza
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,5	Q(T50)	1090	144,17	144,17	0	4,45	4,45	0
0,5	Q(T200)	1580	146,02	146,02	0	4,67	4,67	0
0,5	Q(T500)	1900	147,34	147,34	0	4,57	4,57	0
0,51	Q(T50)	1090	144,12	144,12	0	4,79	4,79	0
0,51	Q(T200)	1580	146,04	146,04	0	4,75	4,75	0
0,51	Q(T500)	1900	147,35	147,35	0	4,68	4,68	0
0,59	Q(T50)	1090	144,36	144,36	0	4,57	4,57	0
0,59	Q(T200)	1580	146,05	146,05	0	5,01	5,01	0
0,59	Q(T500)	1900	147,3	147,3	0	5,04	5,04	0
0,6	Q(T50)	1090	140,69	140,69	0	10,43	10,43	0
0,6	Q(T200)	1580	141,72	141,72	0	11,57	11,57	0
0,6	Q(T500)	1900	142,32	142,32	0	12,16	12,16	0
0,65	Q(T50)	1090	143,69	143,69	0	7,61	7,61	0
0,65	Q(T200)	1580	145,53	145,53	0	8,28	8,28	0
0,65	Q(T500)	1900	146,58	146,58	0	8,63	8,63	0
0,7	Q(T50)	1090	144,62	144,62	0	6,53	6,53	0
0,7	Q(T200)	1580	146,72	146,72	0	6,98	6,98	0
0,7	Q(T500)	1900	147,93	147,93	0	7,18	7,18	0
0,75	Q(T50)	1090	145,68	145,68	0	4,95	4,95	0
0,75	Q(T200)	1580	147,89	147,89	0	5,34	5,34	0
0,75	Q(T500)	1900	149,13	149,13	0	5,55	5,55	0
0,8	Q(T50)	1090	146,18	146,18	0	3,99	3,99	0
0,8	Q(T200)	1580	148,49	148,49	0	4,27	4,27	0
0,8	Q(T500)	1900	149,77	149,77	0	4,44	4,44	0
0,99	Q(T50)	1090	146,74	146,74	0	6,73	6,73	0
0,99	Q(T200)	1580	148,11	148,11	0	7,45	7,45	0
0,99	Q(T500)	1900	148,9	148,9	0	7,84	7,84	0
1	Q(T50)	1090	148,65	148,65	0	3,37	3,37	0
1	Q(T200)	1580	150,36	150,36	0	3,93	3,93	0
1	Q(T500)	1900	151,35	151,35	0	4,24	4,24	0

Tabella 13. Tabella riassuntiva livelli di piena - stato di fatto/stato di progetto con ludi di fondo aperte

14.1.6 Confronto tra stati di progetto (luci di fondo chiuse e luci di fondo aperte)

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di P. Chiuse Livello	S. Di P. Aperte Livello	Diff.	S. Di P. Chiuse Velocità	S. Di P. Aperte Velocità	Diff.
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,099	Q(T50)	1090	134,13	134,13	0	8,34	8,34	0
0,099	Q(T200)	1580	135,07	135,07	0	9,31	9,31	0
0,099	Q(T500)	1900	135,61	135,61	0	9,84	9,84	0
0,1	Q(T50)	1090	134,53	134,53	0	8,24	8,24	0
0,1	Q(T200)	1580	135,52	135,52	0	9,17	9,17	0
0,1	Q(T500)	1900	136,08	136,08	0	9,69	9,69	0
0,101	Q(T50)	1090	134,91	134,91	0	8,17	8,17	0
0,101	Q(T200)	1580	135,84	135,84	0	9,17	9,17	0
0,101	Q(T500)	1900	136,37	136,37	0	9,72	9,72	0
0,102	Q(T50)	1090	136,01	136,01	0	7,21	7,21	0
0,102	Q(T200)	1580	137,1	137,1	0	8,16	8,16	0
0,102	Q(T500)	1900	137,7	137,7	0	8,71	8,71	0
0,103	Q(T50)	1090	136,59	136,59	0	6,68	6,68	0
0,103	Q(T200)	1580	137,94	137,94	0	7,39	7,39	0
0,103	Q(T500)	1900	138,68	138,68	0	7,83	7,83	0
0,104	Q(T50)	1090	137,34	137,34	0	5,69	5,69	0
0,104	Q(T200)	1580	138,69	138,69	0	6,5	6,5	0
0,104	Q(T500)	1900	139,47	139,47	0	6,95	6,95	0
0,105	Q(T50)	1090	137,68	137,68	0	5,2	5,2	0
0,105	Q(T200)	1580	139,17	139,17	0	5,87	5,87	0
0,105	Q(T500)	1900	140,04	140,04	0	6,23	6,23	0
0,106	Q(T50)	1090	138	138	0	4,69	4,69	0
0,106	Q(T200)	1580	139,66	139,66	0	5,12	5,12	0
0,106	Q(T500)	1900	140,65	140,65	0	5,34	5,34	0
0,107	Q(T50)	1090	138,29	138,29	0	4,31	4,31	0
0,107	Q(T200)	1580	139,93	139,93	0	4,88	4,88	0
0,107	Q(T500)	1900	140,88	140,88	0	5,22	5,22	0
0,108	Q(T50)	1090	138,19	138,19	0	4,6	4,6	0
0,108	Q(T200)	1580	139,73	139,73	0	5,37	5,37	0
0,108	Q(T500)	1900	140,62	140,62	0	5,82	5,82	0
0,109	Q(T50)	1090	138,07	138,07	0	5,04	5,04	0
0,109	Q(T200)	1580	139,59	139,59	0	5,83	5,83	0
0,109	Q(T500)	1900	140,46	140,46	0	6,28	6,28	0

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di P. Chiuse Livello	S. Di P. Aperte Livello	Differenza	S. Di P. Chiuse Velocità	S. Di P. Aperte Velocità	Differenza
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,11	Q(T50)	1090	138,42	138,42	0	4,52	4,52	0
0,11	Q(T200)	1580	140,16	140,16	0	5,03	5,03	0
0,11	Q(T500)	1900	141,17	141,17	0	5,34	5,34	0
0,111	Q(T50)	1090	136,61	136,61	0	8,17	8,17	0
0,111	Q(T200)	1580	139,93	139,93	0	5,92	5,92	0
0,111	Q(T500)	1900	140,97	140,97	0	6,14	6,14	0
0,112	Q(T50)	1090	138,05	138,05	0	6,64	6,64	0
0,112	Q(T200)	1580	139,66	139,66	0	6,88	6,88	0
0,112	Q(T500)	1900	140,84	140,84	0	6,79	6,79	0
0,113	Q(T50)	1090	139,13	139,13	0	4,93	4,93	0
0,113	Q(T200)	1580	140,39	140,39	0	5,75	5,75	0
0,113	Q(T500)	1900	141,36	141,36	0	5,97	5,97	0
0,114	Q(T50)	1090	139,44	139,44	0	4,04	4,04	0
0,114	Q(T200)	1580	140,75	140,75	0	4,81	4,81	0
0,114	Q(T500)	1900	141,69	141,69	0	5,11	5,11	0
0,1145		Traversa						
0,115	Q(T50)	1090	141,75	141,27	-0,48	2,91	3,12	0,21
0,115	Q(T200)	1580	142,78	142,59	-0,19	3,7	3,78	0,08
0,115	Q(T500)	1900	143,56	143,4	-0,16	4,07	4,14	0,07
0,116	Q(T50)	1090	141,76	141,29	-0,47	2,76	2,95	0,19
0,116	Q(T200)	1580	142,79	142,6	-0,19	3,53	3,61	0,08
0,116	Q(T500)	1900	143,56	143,41	-0,15	3,9	3,96	0,06
0,117	Q(T50)	1090	141,78	141,3	-0,48	2,75	2,96	0,21
0,117	Q(T200)	1580	142,83	142,65	-0,18	3,46	3,54	0,08
0,117	Q(T500)	1900	143,63	143,48	-0,15	3,79	3,85	0,06
0,12	Q(T50)	1090	141,85	141,39	-0,46	2,54	2,7	0,16
0,12	Q(T200)	1580	142,93	142,75	-0,18	3,21	3,28	0,07
0,12	Q(T500)	1900	143,73	143,59	-0,14	3,53	3,59	0,06
0,122	Q(T50)	1090	141,83	141,37	-0,46	2,71	2,9	0,19
0,122	Q(T200)	1580	142,9	142,73	-0,17	3,41	3,49	0,08
0,122	Q(T500)	1900	143,7	143,56	-0,14	3,74	3,8	0,06
0,123	Q(T50)	1090	141,81	141,35	-0,46	2,9	3,09	0,19
0,123	Q(T200)	1580	142,86	142,68	-0,18	3,67	3,75	0,08
0,123	Q(T500)	1900	143,65	143,5	-0,15	4,02	4,09	0,07

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di P. Chiuse Livello	S. Di P. Aperte Livello	Differenza	S. Di P. Chiuse Velocità	S. Di P. Aperte Velocità	Differenza
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,124	Q(T50)	1090	141,69	141,21	-0,48	3,42	3,69	0,27
0,124	Q(T200)	1580	142,68	142,49	-0,19	4,32	4,43	0,11
0,124	Q(T500)	1900	143,44	143,28	-0,16	4,73	4,82	0,09
0,125	Q(T50)	1090	141,6	141,09	-0,51	3,87	4,19	0,32
0,125	Q(T200)	1580	142,51	142,3	-0,21	4,92	5,06	0,14
0,125	Q(T500)	1900	143,23	143,05	-0,18	5,39	5,51	0,12
0,126	Q(T50)	1090	141,56	141,05	-0,51	4,03	4,36	0,33
0,126	Q(T200)	1580	142,44	142,23	-0,21	5,17	5,32	0,15
0,126	Q(T500)	1900	143,12	139,17	-3,95	5,69	10,79	5,1
0,127	Q(T50)	1090	141,6	141,1	-0,5	3,97	4,3	0,33
0,127	Q(T200)	1580	142,52	138,55	-3,97	5,06	10,56	5,5
0,127	Q(T500)	1900	139,04	139,04	0	11,23	11,23	0
0,128	Q(T50)	1090	141,53	141,01	-0,52	4,28	4,65	0,37
0,128	Q(T200)	1580	138,82	138,82	0	10,51	10,51	0
0,128	Q(T500)	1900	139,36	139,36	0	11,14	11,14	0
0,129	Q(T50)	1090	141,39	138,3	-3,09	4,88	9,27	4,39
0,129	Q(T200)	1580	139,38	139,38	0	10,32	10,32	0
0,129	Q(T500)	1900	139,97	139,97	0	10,97	10,97	0
0,13	Q(T50)	1090	139,6	139,6	0	8,18	8,18	0
0,13	Q(T200)	1580	140,56	140,56	0	9,41	9,41	0
0,13	Q(T500)	1900	141,03	141,03	0	10,17	10,17	0
0,131	Q(T50)	1090	140,4	140,4	0	7,53	7,53	0
0,131	Q(T200)	1580	141,51	141,51	0	8,76	8,76	0
0,131	Q(T500)	1900	142,09	142,09	0	9,52	9,52	0
0,132	Q(T50)	1090	140,73	140,73	0	7,33	7,33	0
0,132	Q(T200)	1580	141,99	141,99	0	8,42	8,42	0
0,132	Q(T500)	1900	142,59	142,59	0	9,18	9,18	0
0,133	Q(T50)	1090	141,08	141,08	0	7,09	7,09	0
0,133	Q(T200)	1580	142,6	142,6	0	7,9	7,9	0
0,133	Q(T500)	1900	143,06	143,06	0	8,85	8,85	0
0,134	Q(T50)	1090	141,74	141,74	0	6,41	6,41	0
0,134	Q(T200)	1580	142,65	142,65	0	8,07	8,07	0
0,134	Q(T500)	1900	143,61	143,61	0	8,49	8,49	0

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di P. Chiuse Livello	S. Di P. Aperte Livello	Differenza	S. Di P. Chiuse Velocità	S. Di P. Aperte Velocità	Differenza
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,135	Q(T50)	1090	142,01	142,01	0	6,31	6,31	0
0,135	Q(T200)	1580	143,23	143,23	0	7,75	7,75	0
0,135	Q(T500)	1900	143,66	143,66	0	8,83	8,83	0
0,136	Q(T50)	1090	142,83	142,83	0	5,03	5,03	0
0,136	Q(T200)	1580	144,65	144,65	0	5,82	5,82	0
0,136	Q(T500)	1900	145,77	145,77	0	6,22	6,22	0
0,137	Q(T50)	1090	142,92	142,92	0	4,89	4,89	0
0,137	Q(T200)	1580	144,95	144,95	0	5,34	5,34	0
0,137	Q(T500)	1900	146,18	146,18	0	5,58	5,58	0
0,138	Q(T50)	1090	143,15	143,15	0	4,54	4,54	0
0,138	Q(T200)	1580	145,35	145,35	0	4,61	4,61	0
0,138	Q(T500)	1900	146,66	146,66	0	4,71	4,71	0
0,139	Q(T50)	1090	143,16	143,16	0	4,67	4,67	0
0,139	Q(T200)	1580	145,39	145,39	0	4,62	4,62	0
0,139	Q(T500)	1900	146,71	146,71	0	4,66	4,66	0
0,14	Q(T50)	1090	143,12	143,12	0	5,01	5,01	0
0,14	Q(T200)	1580	145,3	145,3	0	5,09	5,09	0
0,14	Q(T500)	1900	146,61	146,61	0	5,17	5,17	0
0,141	Q(T50)	1090	141,23	141,23	0	8,17	8,17	0
0,141	Q(T200)	1580	145,19	145,19	0	5,47	5,47	0
0,141	Q(T500)	1900	146,5	146,5	0	5,52	5,52	0
0,142	Q(T50)	1090	142,64	142,64	0	6,71	6,71	0
0,142	Q(T200)	1580	144,87	144,87	0	6,38	6,38	0
0,142	Q(T500)	1900	146,21	146,21	0	6,31	6,31	0
0,2	Q(T50)	1090	144	144	0	4,6	4,6	0
0,2	Q(T200)	1580	145,88	145,88	0	4,77	4,77	0
0,2	Q(T500)	1900	147,23	147,23	0	4,67	4,67	0
0,3	Q(T50)	1090	144,05	144,05	0	4,55	4,55	0
0,3	Q(T200)	1580	145,92	145,92	0	4,74	4,74	0
0,3	Q(T500)	1900	147,26	147,26	0	4,65	4,65	0
0,31		Ponte						
0,4	Q(T50)	1090	144,14	144,14	0	4,47	4,47	0
0,4	Q(T200)	1580	146	146	0	4,68	4,68	0
0,4	Q(T500)	1900	147,31	147,31	0	4,61	4,61	0

Sezione	Tempo di ritorno	Q	S. Di P. Chiuse Livello	S. Di P. Aperte Livello	Differenza	S. Di P. Chiuse Velocità	S. Di P. Aperte Velocità	Differenza
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
0,5	Q(T50)	1090	144,17	144,17	0	4,45	4,45	0
0,5	Q(T200)	1580	146,02	146,02	0	4,67	4,67	0
0,5	Q(T500)	1900	147,34	147,34	0	4,57	4,57	0
0,51	Q(T50)	1090	144,12	144,12	0	4,79	4,79	0
0,51	Q(T200)	1580	146,04	146,04	0	4,75	4,75	0
0,51	Q(T500)	1900	147,35	147,35	0	4,68	4,68	0
0,59	Q(T50)	1090	144,36	144,36	0	4,57	4,57	0
0,59	Q(T200)	1580	146,05	146,05	0	5,01	5,01	0
0,59	Q(T500)	1900	147,3	147,3	0	5,04	5,04	0
0,6	Q(T50)	1090	140,69	140,69	0	10,43	10,43	0
0,6	Q(T200)	1580	141,72	141,72	0	11,57	11,57	0
0,6	Q(T500)	1900	142,32	142,32	0	12,16	12,16	0
0,65	Q(T50)	1090	143,69	143,69	0	7,61	7,61	0
0,65	Q(T200)	1580	145,53	145,53	0	8,28	8,28	0
0,65	Q(T500)	1900	146,58	146,58	0	8,63	8,63	0
0,7	Q(T50)	1090	144,62	144,62	0	6,53	6,53	0
0,7	Q(T200)	1580	146,72	146,72	0	6,98	6,98	0
0,7	Q(T500)	1900	147,93	147,93	0	7,18	7,18	0
0,75	Q(T50)	1090	145,68	145,68	0	4,95	4,95	0
0,75	Q(T200)	1580	147,89	147,89	0	5,34	5,34	0
0,75	Q(T500)	1900	149,13	149,13	0	5,55	5,55	0
0,8	Q(T50)	1090	146,18	146,18	0	3,99	3,99	0
0,8	Q(T200)	1580	148,49	148,49	0	4,27	4,27	0
0,8	Q(T500)	1900	149,77	149,77	0	4,44	4,44	0
0,99	Q(T50)	1090	146,74	146,74	0	6,73	6,73	0
0,99	Q(T200)	1580	148,11	148,11	0	7,45	7,45	0
0,99	Q(T500)	1900	148,9	148,9	0	7,84	7,84	0
1	Q(T50)	1090	148,65	148,65	0	3,37	3,37	0
1	Q(T200)	1580	150,36	150,36	0	3,93	3,93	0
1	Q(T500)	1900	151,35	151,35	0	4,24	4,24	0

Tabella 14. Tabella riassuntiva livelli di piena - stato di progetto con ludi di fondo chiuse/stato di progetto con ludi di fondo aperte

14.1.7 Profili idraulici - stato di fatto

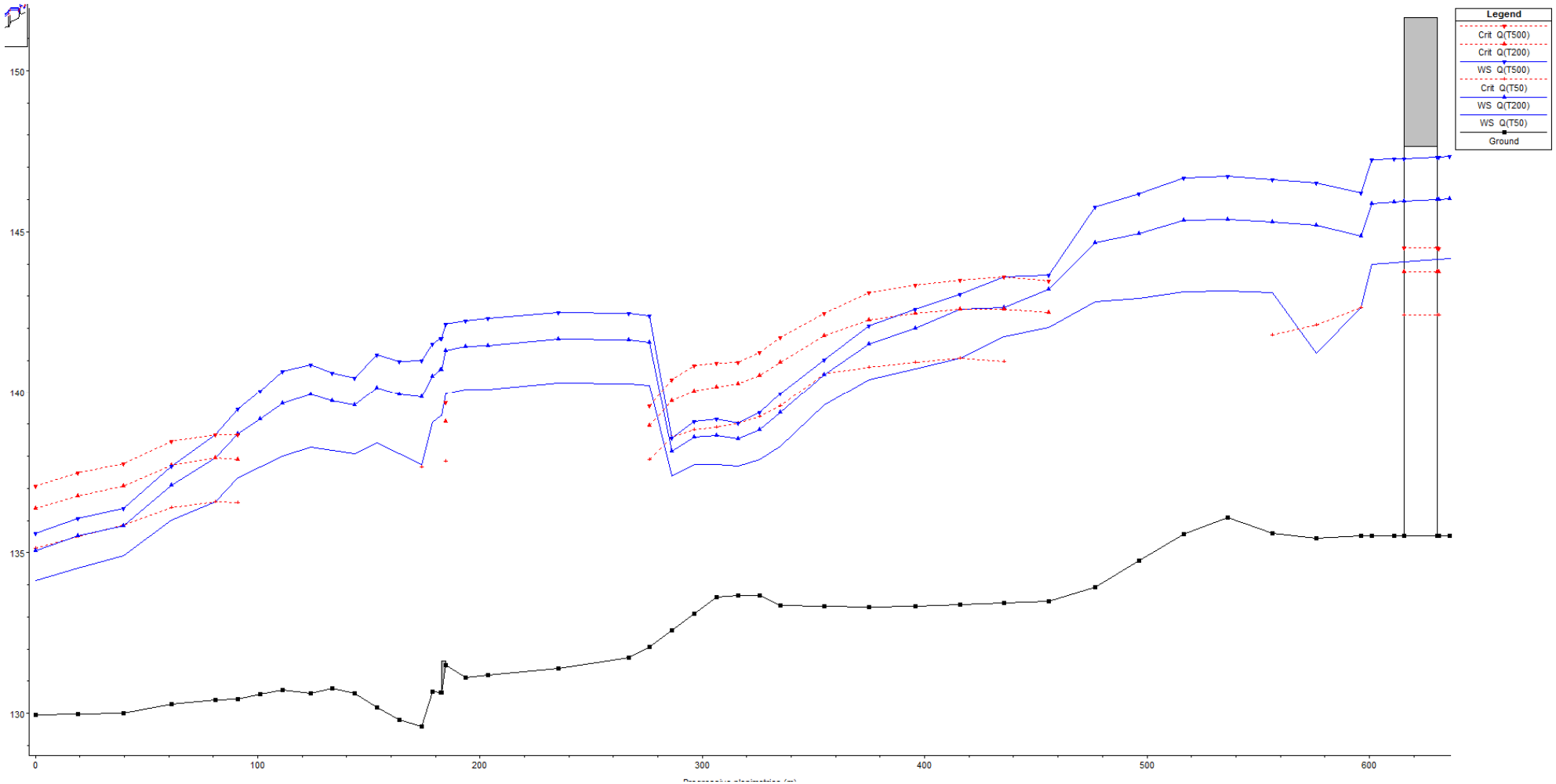


Figura 43. Profilo di piena stato di fatto

14.1.8 Profili idraulici - stato di progetto con luci di fondo chiuse

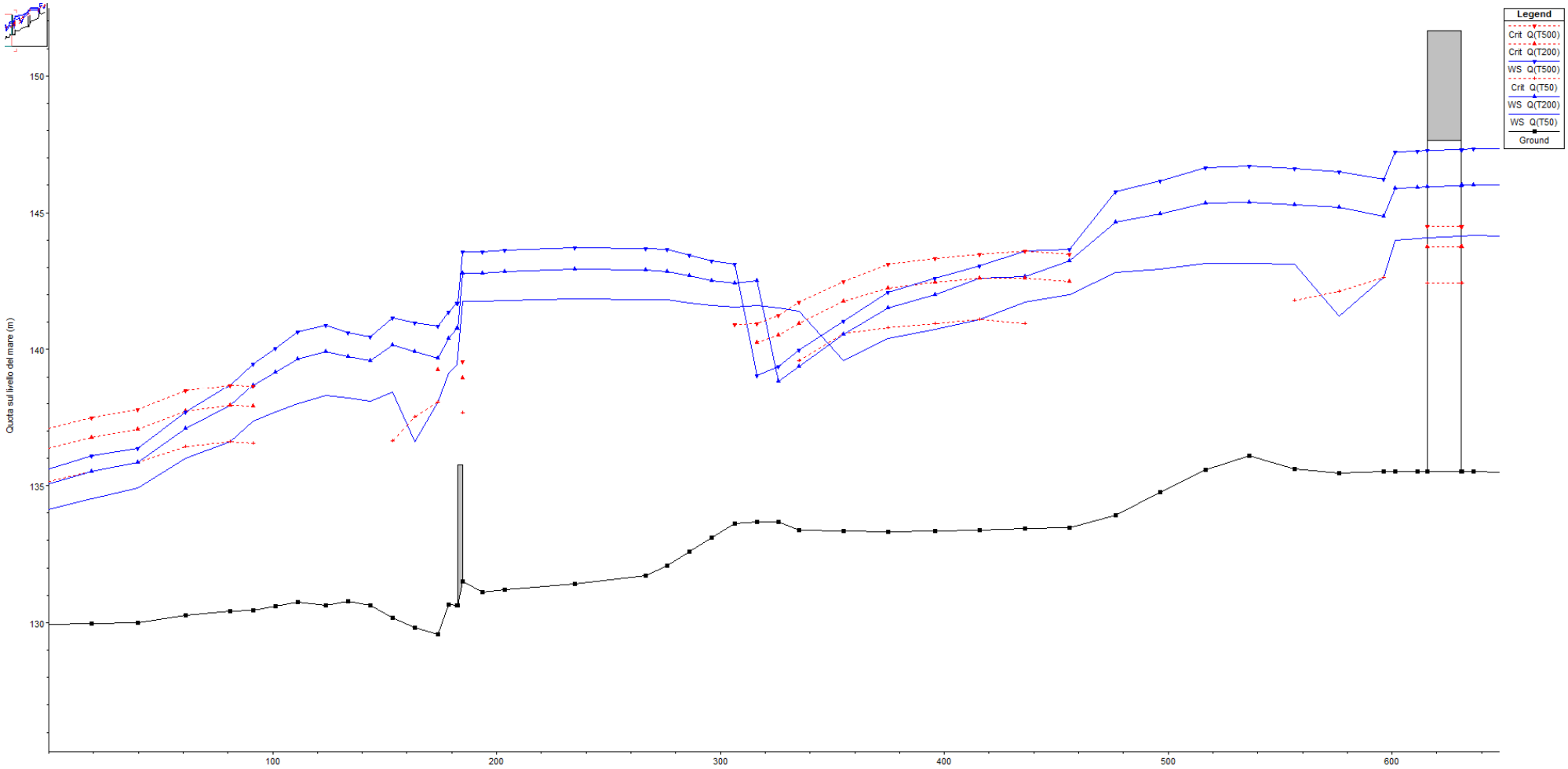


Figura 44. Profilo di piena stato di progetto con luci di fondo chiuse

14.1.9 Profili idraulici - stato di progetto con luci di fondo aperte

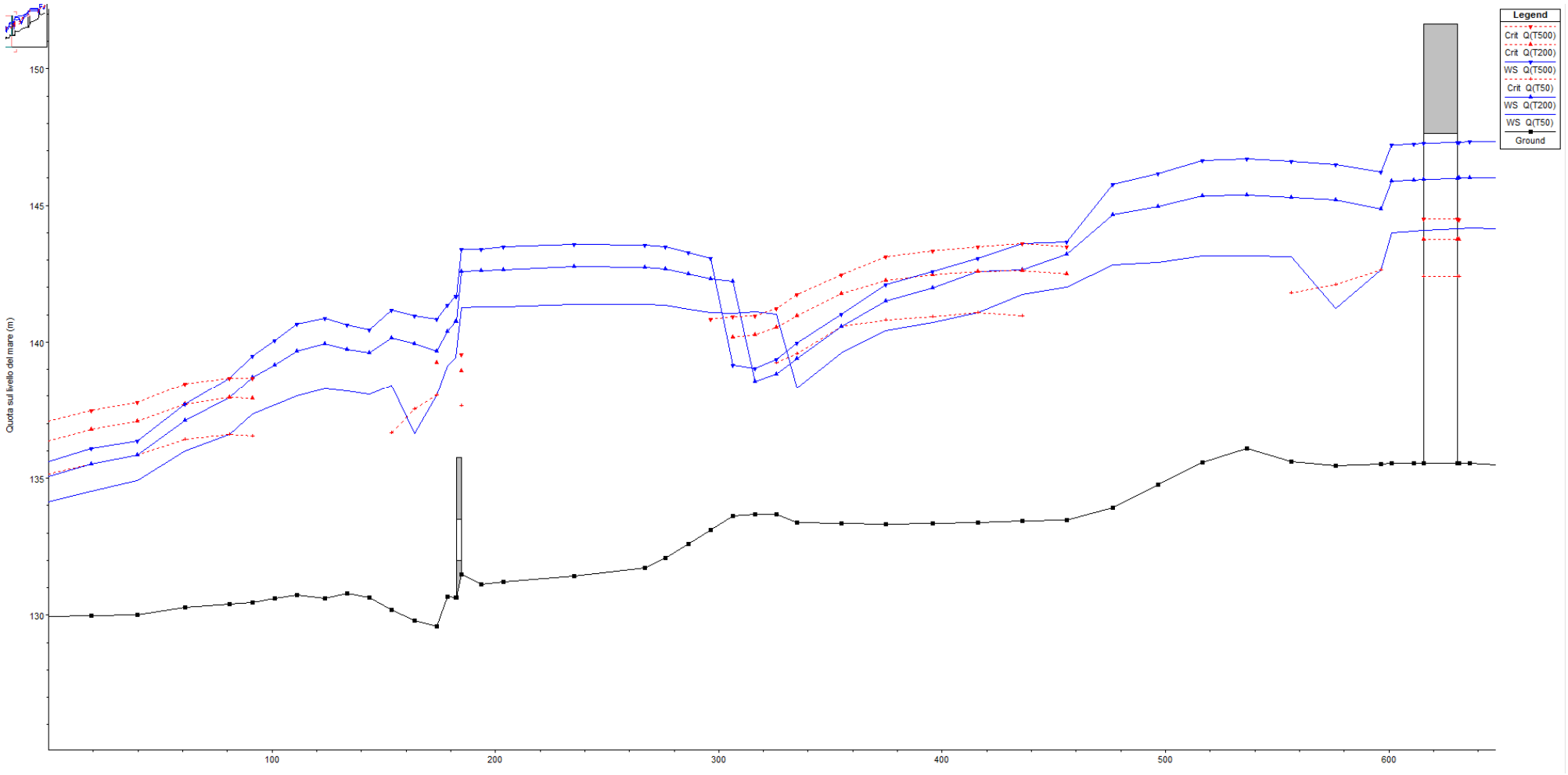


Figura 45. Profilo di piena stato di progetto con luci di fondo aperte

14.1.10 Risultati e considerazioni

Si sono analizzante le situazioni attuali e le situazioni di progetto (luci di fondo chiuse e luci di fondo aperte)in condizioni di piena.

Le tabelle riportate precedentemente vanno a descrivere lo stato di fatto e gli stati di progetto sia nella zona centrale e nelle zone a monte e a valle del sito in oggetto. Come si può dedurre analizzando le prime due configurazioni, stato di fatto e stato di progetto con luci di fondo chiuse, i livelli idrici vanno a modificarsi nelle zone prossime alla centrale.

Per le sezioni a valle della sezione 0,112 (sezione a valle della centrale idroelettrica) sia i livelli idrici che di velocità della corrente rimangono uguali nelle due configurazioni per tutte le portate di piena. Fatta eccezione per la sezione 0,111 con tr 50 visto che si ha lo spostamento del risalto, questo dovuto al passaggio da corrente veloce a corrente lenta.

Analizzando attentamente a valle della traversa (sezione 0,115) i profili rimangono pressoché simili a quelli esistenti solo con piccole variazione sia in aumento che in diminuzione nell'ordine di poche decine di centimetri (innalzamento massimo 31 cm nella sezione 0,112 per TR50). Le velocità che si vanno a registrare a valle della traversa vanno ad aumentare di circa 0,5 m/s questo dovuto al passaggio tra corrente veloce e corrente lenta subito a valle della traversa fluviale. A monte della traversa, invece, i livelli e le velocità risentono maggiormente della traversa ricostruita. Come facilmente deducibile i livelli idrici vanno ad aumentare.

Nelle sezioni prossime alla travasa l'incremento risulta dell'ordine di 1,50 m, per poi aumentare e arrivare al suo massimo nella sezione 0,124 dove per la portata con TR50 si ha un innalzamento di 4,32 m per la portata TR200 4,52 m e per la TR500 4,87 m. Questo aumento sensibile è dato dal sommarsi dell'effetto di invaso prodotto dalla traversa e dalla portata di piena in arrivo che visto anche la conformazione del terreno andrà a far si che la corrente risulti veloce e vi sia un passaggio in corrente lenta (visto l'effetto di invaso della traversa) con dissipazione di energia attraverso l'aumento di livello.

Questo aumento dei livelli, i passaggi in corrente lenta prima della traversa farà si che le velocità della corrente risulti fortemente abbattuta (anche nell'ordine del 50% della velocità in stato di fatto), andando così a limitare gli effetti erosivi al piede della vallata e sopratutto gli effetti di trasporto sia di terra, rocce, ma anche di altri materiali presenti in alveo. Questo farà si che a valle della traversa non si avrà più il trasporto di materiale di grandi dimensioni (movimentati da correnti a circa 10 m/s)mettendo anche in sicurezza le strutture idrauliche a valle di San Pantaleo grazie all'effetto di diminuzione dell'energia della corrente data dalla nuova traversa fluviale. A monte della sezione 0,129 le condizioni di livello e velocità risulteranno uguali allo stato di fatto.

In seguito si è voluti andare a valutare i battenti e le velocità generate durante gli eventi di piena nel caso in cui si volessero lasciare aperte le luci di fondo della traversa (sghiaio) per descriverne gli effetti.

Come facilmente deducibile dalle tabelle riassuntive l'aperture delle bocche di fondo vanno a diminuire le altezze dei tiranti idrici di piena in tutte le sezioni interessate dall'aumento rispetto allo stato di progetto.

La diminuzione risulta nell'ordine di 50 cm per la portata con TR50 nelle sezioni comprese tra la 0,115 e 0,128 (rispetto alle condizioni di progetto con luci chiuse).

Per la portata con TR200 l'abbassamento risulta di circa 17/21 cm anche in questo caso nelle sezioni comprese tra la 0,115 e 0,128 (rispetto alle condizioni di progetto con luci chiuse).

Per la portata con TR500 l'abbassamento risulta di circa 14/18 cm anche in questo caso nelle sezioni comprese tra la 0,115 e 0,128 (rispetto alle condizioni di progetto con luci chiuse).

Si potrà notare che per la sezione 0,126 l'abbassamento riscontrato per la portata con TR500 risulta 3,95 questo è dovuto al fatto che l'apertura delle bocche di fondo hanno permesso di "traslare" il passaggio da corrente veloce a lenta e perciò comprimere il risalato in un'altra sezione più vicino alla traversa fluviale, zona già interessata dall'innalzamento.

Medesima situazione si trova nella sezione 0,129 per la portata con TR50.

A monte della sezione 0,129 i livelli idrici risultano invariati.

Questa lieve diminuzione dei livelli ha portato un aumento delle velocità della piena nelle sezioni di progetto, questa però risulta molto contenuta, con valore massimo di circa 0,37 m/s nella sezione 0,128. Anche in questo caso nelle sezioni incriminate dall'abbassamento sensibile (sezione 0,126 per la portata con TR500 e sezione 0,129 con portata con TR50) si ha un innalzamento delle velocità (nell'ordine dei 4. 5 m/s) questo controprova del passaggio in corrente veloce per poi creare il risalto più a valle.

Analizzati questi dati e sopratutto valutato l'aspetto geomorfologico del letto del Torrente Arroscia nel meandro della chiesa di San Pantaleo, l'innalzamento dei livelli non andrà a compromettere la sicurezza idraulica lungo il tracciato (sponde molto alte e ripide) non aumentando il rischio idraulico della zona garantendo la sicurezza dei luoghi e delle persone poste a quote nettamene più alte.

La centrale di produzione, visto le caratteristiche idrauliche della zona è stata concepita e progettata per essere allagabile e sommergibile dalle piene visto che al suo interno non vi sarà stazionamento di personale. La cabina di comando e trasformazione, luogo dove vi sarà la presenza di un addetto per le operazioni di controllo e di comando settimanale sarà posizionata in zona rialzata e non innondabile.

Per una più attenta riflessione sugli aspetti idraulici si rimanda allo Studio di Compatibilità idraulica allegata al progetto.

15 CONCLUSIONI

La realizzazione delle opere in progetto è motivato da finalità che si possono solo indirettamente considerare come strettamente ambientali, in quanto la politica di riferimento dell'intervento, come già precisato, è la politica dell'energia pulita.

A tale riguardo, l'energia prodotta dalla centralina in progetto di studio ed immessa in rete contribuirebbe positivamente ad incrementare la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili. La realizzazione della centrale è, quindi, sicuramente in linea con le aspettative della programmazione pubblica Provinciale e Regionale in materia di energia.

La quantità di acqua derivata, tra l'altro, come descritto nel dettaglio nello Studio Idrologico risulta perfettamente compatibile con il regime ideologico e idraulico del torrente stesso.

Per ultimo, ma non per questo di minore importanza, vi sono gli aspetti economici, con il contributo di energia da fonte rinnovabile al sistema energetico della provincia di Imperia.

L'esiguità delle opere edili e il loro buon inserimento ambientale nel contesto esistente, fanno inoltre sì che l'impianto in questione abbia un impatto ambientale pressoché nullo.

A tal riguardo si sottolinea inoltre l'estrema attenzione che è stata posta in fase di progettazione alla conservazione e al ripristino delle opere esistenti.

ALLEGATI

Crono programma

CRONOPROGRAMMA GENERALE

FASE	INTERFERENZE		DESCRIZIONE	DURATA (mesi)	MESI LAVORATIVI							
					1	2	3	4	5	6	7	coommenti
1	nessuna		TRACCIAMENTO CANTIERE	1								si prevede inizio lavori MAGGIO
2	limitatamente area di cantiere		INSTALLAZIONE CANTIERE E RELATIVI SERVIZI	1								
3	nessuna		RICERCA SOTTOSERVIZI	1								
4	corsi d'acqua	OPERE DI DERIVAZIONE TRAVERSA	OPERE IN CLS	3								lavori da effeetuarsi nel minimo di portata
5	corsi d'acqua		REINTERRI	1								lavori da effeetuarsi nel minimo di portata
6	corsi d'acqua		OPERE IN FERRO, GRIGLIE, CHIUSURE	1								lavori da effeetuarsi nel minimo di portata
7	corsi d'acqua		COLLAUDO	1								
8	terreni vegetati	CENTRALE IDROELETTRICA	SISTEMAZIONE STRADA DI ACCESSO	1								
9	corsi d'acq. terreni veg.		SCAVI DI SBANCAMENTO	2								
10	corsi d'acqua		REALIZZAZIONE OPERE IN CLS PER FONDAZIONE	1								lavori da effeetuarsi nel minimo di portata
11	corsi d'acqua		REALIZZAZIONI OPERE IN CLS IN ELEVAZIONE	2								lavori da effeetuarsi nel minimo di portata
12	corsi d'acqua		REALIZZAZIONE DEL CANALE DI SCARICO	2								lavori da effeetuarsi nel minimo di portata
13	corsi d'acqua		REINTERRI E RICOPRIMENTI IN TERRA	3								lavori da effeetuarsi nel minimo di portata
14	corsi d'acqua		OPERE IN FERRO, GRIGLIE	1								lavori da effeetuarsi nel minimo di portata
15	terreni vegetati		FINITURE SUPERFICIALI E PIANTUMAZIONI	2								opere da realizzarsi in autunno
16	nessuna		COLLAUDO	1								
17	corsi d'acqua	OPERE ELETTRO MECCANICHE	INSTALLAZIONE PARATOIE	1								
18	nessuna		INSTALLAZIONETURBINE E GENERATORI	2								
19	nessuna		INSTALLAZIONE QUADRI ELETTRICI DI POTENZA	2								
20	nessuna		INSTALLAZIONE SISTEMI DI CONTROLLO E AUTOMAZIONE	2								
21	nessuna		ALLACCIAMANTO ALLA RETE ENEL	1								
22	nessuna		COLLAUDO	1								

23	nessuna	LINEA ENEL	TRACCIAMENTO ASSE LINEA	1								
24	terreni vegetati		SCAVO E REINTERRO	3								
25	terreni vegetati		POSA CAVO ELETTRICO	3								
26	nessuna		REALIZZAZIONE COLLEGAMENTI	1								
27	nessuna		COLLAUDO	1								
28	nessuna		SMANTELLAMENTO CANTIERE E RIPRISTINI	1								
29	nessuna		MESSA IN FUNZIONE E COLLAUDO FINALE	1								fine lavori prevista per NOVEMBRE

DURATA DEI LAVORI		(mesi*)	7	1	2	3	4	5	6	7
		(giorni lavorativi)*	140	20	40	60	80	100	120	140

* giorni lavorativi per mese: 20 gg/mese

Foto inserimenti







