REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI IMPERIA
Comune di Pieve di Teco



CENTRALE IDROELETTRICA UBICATA SUL TORRENTE ARROSCIA NEL COMUNE DI PIEVE DI TECO (IM)

Richiesta di concessione a derivare
dal Torrente Arroscia per la realizzazione di una
centrale idroelettrica a salto concentrato

PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto

Relazione idraulica

Gruppo di progettazione

Dott. Ing. Paolo Gossa
via Torre Allera 49 - 12100 Cuneo (CN)
tel 348 8962431
ing.paolo.gossa@gmail.com

Dott. Ing. Andrea Demaria
via del Canale, 28 bis
12100 Cuneo (CN)
tel 392 9216521
ing.andrea.demaria@gmail.com

Dott. Ing. Luca Macario
via Combe n. 21,
12013 Chiusa di Pesio (CN)
tel 388 9427082
lucamac81@gmail.com

Committente

F.I.E.M.E S.r.l
Località San Gervasio, 12076 Lesegno (CN)

Dati progetto

CODICE LAVORO	FASE PROGETTO	TIPOLOG.DOCUMENTO	N.ELABORATO
PRO1013_RC	DF	R	03

ELABORATO

R.03

REVISIONE	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
01	SETTEMBRE_2013	PRIMA EMISSIONE	Ing. Paolo GOSSA	Ing. Luca MACARIO	Ing. Andrea DEMARIA
02					

INDICE

1 INTRODUZIONE ***2***

2 TRATTO OGGETTO DI INDAGINE ***2***

3 METODOLOGIA DI CALCOLO ***5***

3.1 **Condizioni al contorno utilizzate** **5**

4 RISULTATI ***6***

4.1 **Considerazioni idrauliche di progetto** **9**

5 CONSIDERAZIONI IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO NEL TRATTO OGGETTO DI INDAGINE. ***12***

5.1 **Analisi delle caratteristiche granulometriche del sito** **12**

5.2 **Analisi quali - quantitativa del trasporto solido** **13**

5.3 **Tendenze evolutive e stabilità del fondo** **14**

6 CONCLUSIONI ***14***

6.1 **Implicazioni e sicurezza delle opere** **14**

6.2 **Modifiche dei tiranti idrici** **15**

7 CONFIGURAZIONE FILE DI SIMULAZIONE ***15***

1 INTRODUZIONE

La società F.I.E.M.E s.r.l., con sede in Loc. San Gervasio, 12076 Lesegno (CN), ha incaricato il tecnico scrivente Gossa Ing. Paolo, residente a Cuneo Via Torre Allera n. 49, iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Cuneo con il n° A1964, di predisporre il presente progetto per la realizzazione di una centrale idroelettrica nel Comune di Pieve di Teco (IM). Tale intervento consiste nella realizzazione di un manufatto contenente le macchine idrauliche e nell'inserimento di una scala di risalita per l'ittiofauna immediatamente a valle della traversa di presa. Al fine di individuare le principali criticità idrauliche dei corsi d'acqua del bacino e delle aree soggette a rischio di inondazione come analizzate in particolare nella ***Relazione Tecnica Particolareggiata - Regimazione idraulica*** è necessario lo svolgimento di un'attenta indagine in merito alla dinamica dei fenomeni di piena.

Nel caso in esame l'indagine è stata condotta attraverso la verifica idraulica, in ipotesi di moto in regime permanente considerando tre possibili scenari. Il primo effettuando la verifica idraulica in stato di fatto andando ad implementare le verifiche del Piano di Bacino del Torrente Arroscia con le sezioni di dettaglio definite dal rilievo effettuato, il secondo scenario implementa lo stato di progetto con le modifiche effettuare alla struttura della briglia considerando il totale abbattimento della paratoia autoabbattente; il terzo ed ultimo contempla la verifica idraulica in stato di progetto ma con la paratoia in condizione di funzionamento (paratoia alzata)

2 TRATTO OGGETTO DI INDAGINE

Il modello idraulico è stato sviluppato basandosi sulla geometria utilizzata per lo studio del piano di Bacino del Torrente Arroscia, ed integrandola mediante le sezioni ottenute da un rilievo particolareggiato effettuato con il tacheometro per un estensione di circa 100 metri a monte e valle dal punto di intervento. Adottando le verifiche idrauliche del Piano di Pacino ed essendo la zona interna da una zona di valutazione da parte del Piano suddetto si è riscontrato la presenza di molte traverse sia a monte che a valle della zona indagata che fanno si che la zona sia idraulicamente disconnessa e significativa. Le sezioni da rilievo sono 7, per un'estensione di circa 100 m a monte e 100 m a valle della traversa oggetto di intervento, e risultano comprese tra le sezioni ***10.9*** e ***11.8*** della verifica del Piano di Bacino. Per il tratto in esame, (a valle dell'abitato di Pieve di Teco) la scelta del tratto significativo è stata dettata dalle seguenti considerazioni:

- **Dalla traversa di derivazione verso valle** la presenza della traversa definisce una evidente sezione di disconnessione idraulica. a Valle di essa vi è la presenza di un ponte il quale genera una discontinuità idraulica.
- **Dalla traversa di derivazione verso monte** la rappresentazione grafica è stata interrotta in corrispondenza di una sezione rilevata a circa 100 m a monte dell' intervento, non essendovi

variazioni sul profilo indotto dalle opere in progetto. Altra motivazione che a monte dell'opera in progetto vi è la presenza anche di un ponte il quale genera la discontinuità idraulica avvalorata anche dalla presenza di altre traverse a monte.

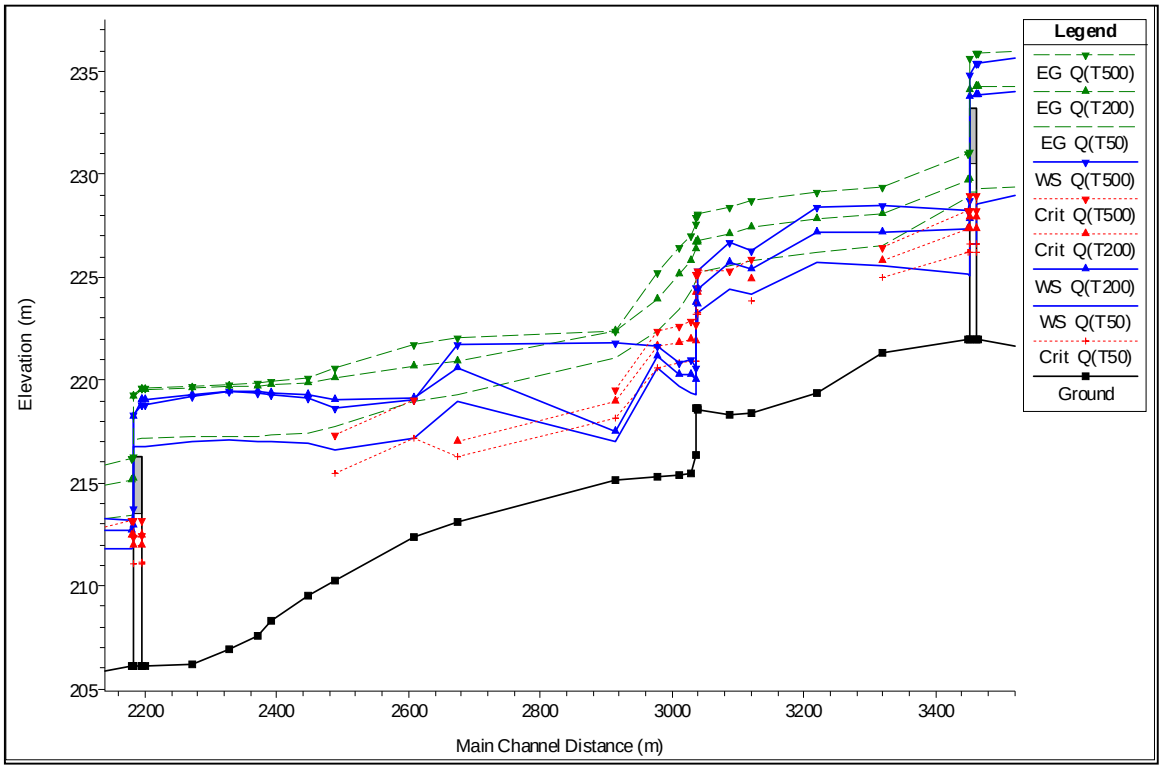


Figura 1: Particolare profilo in stato di fatto

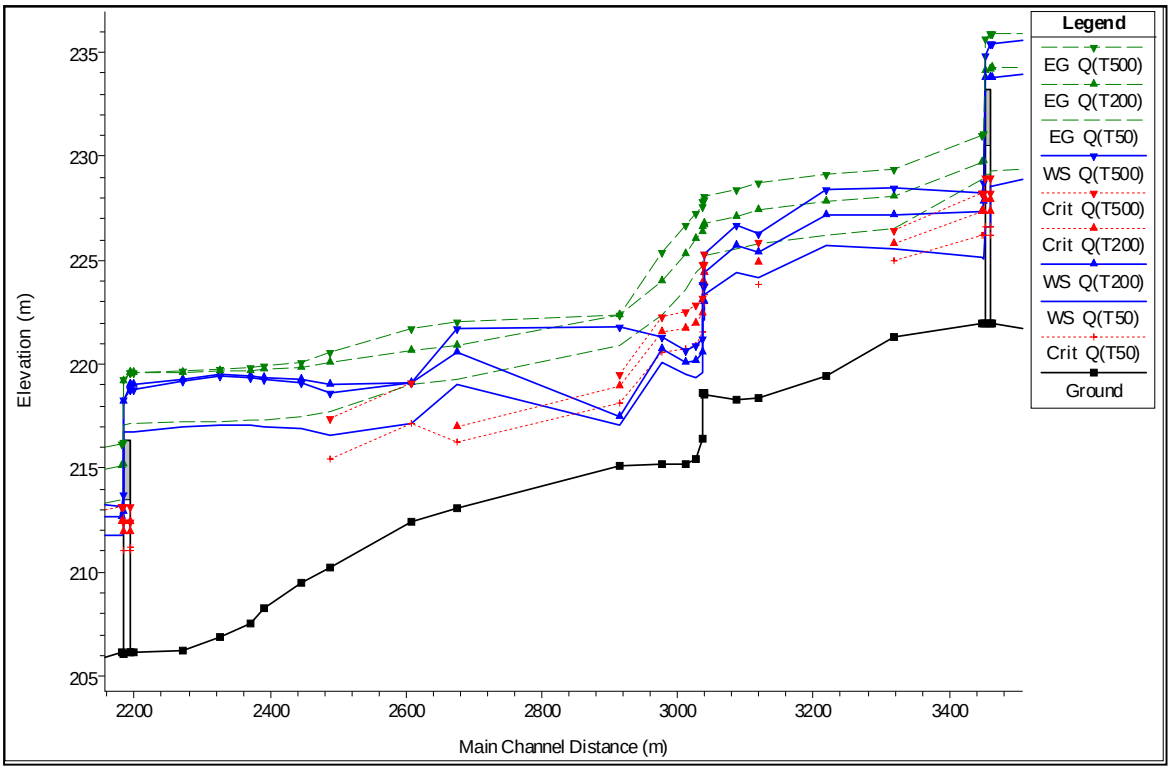


Figura 2: Particolare profilo in stato di progetto paratoia abbassata

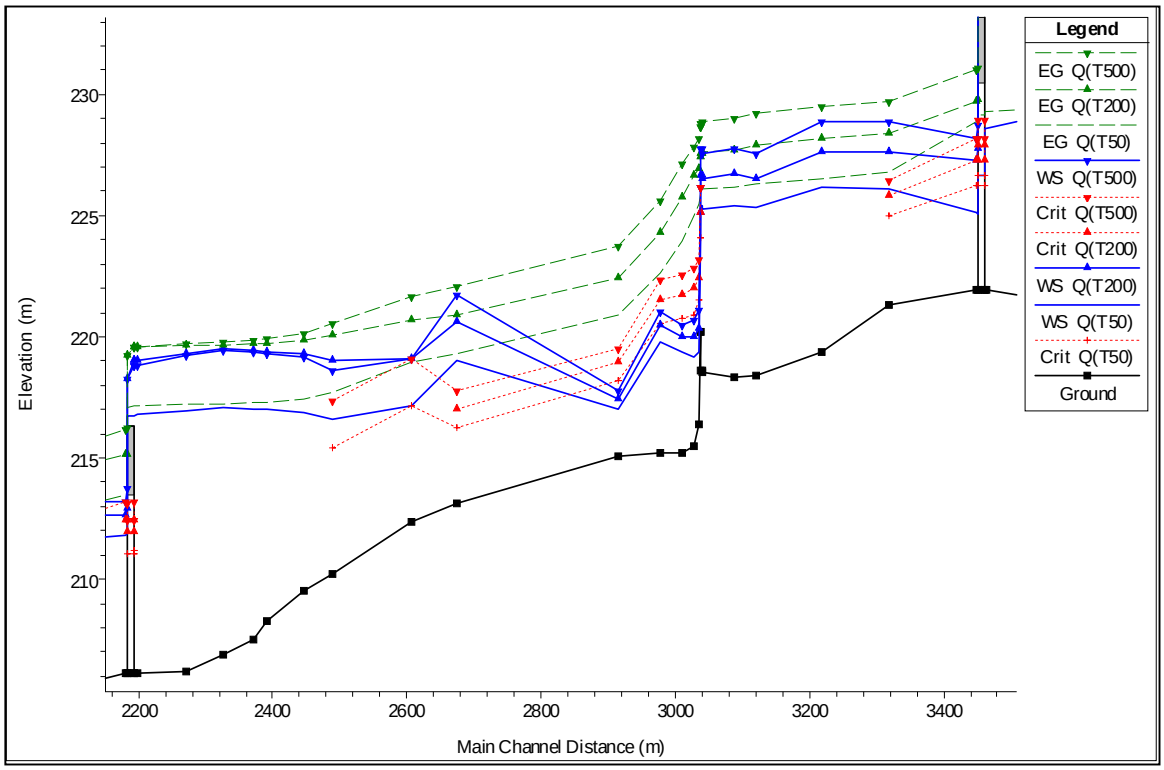


Figura 3: Particolare profilo in stato di progetto paratoia alzata



Figura 4: Ortofoto dell'area oggetto di intervento

3 METODOLOGIA DI CALCOLO

Il programma utilizzato nel calcolo è il programma Hec-Ras (Hydrologic Engineering Center – River Analys System, della US Army Corps Engineers). Il modello determina il profilo di moto permanente per ogni tratto scegliendo tra i possibili profili di corrente lenta e di corrente veloce quello a cui corrisponde la spinta totale maggiore.

3.1 Condizioni al contorno utilizzate

La verifica idraulica del corso d'acqua principale è stata condotta per portate con tempi di ritorno di 100, 200 e 500 anni. La schematizzazione di calcolo adottata si basa sulle seguenti assunzioni:

- *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.*

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 n:

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

tali valore sono stati desunti basandosi sui dati presentati dalle verifiche idrauliche relative al piano di bacino del T. Arroscia per il tratto considerato (sezioni 21.3-1). 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.

	Sup bacino [km²]	**T=50 anni [m³/s]**	**T=200 anni [m³/s]**	**T=500 anni [m³/s]**
T. Arroscia	85.70	590	850	1090

4 RISULTATI

I risultati sono riportati nelle tavole della verifica idraulica allegate alla presente relazione.

Come già scritto nella ***Relazione Tecnica Particolareggiata - Regimazione idraulica*** il fine della progettazione oltre sotto l'aspetto idroelettrico ha tenuto in considerazione il non aggravio e se possibile la limitazione della pericolosità idraulica per la zona in progetto e con occhio di riguardo le condizioni di monte per la non esondazione del Torrente al di sopra della strada provinciale.

Dai risultati ottenuti si può osservare che la differenza tra le condizioni in stato di fatto e le condizioni in stato di progetto con paratoia abbassata vanno a migliorare notevolmente le condizioni in caso di piena per tutti i tempi di ritorno presi in esame. La condizione di paratoia alzata è stata presa in esame per valutare un elevato aggrazio della pericolosità idraulica e sopratutto per definire una portata di rottura per la paratoia a rottura controllata.

Si riportano a seguito le tabelle riassuntive dei livelli idrici.

			Stato di Fatto			***Stato di Progetto***			***Differenze***		
River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)
10.9	Q(T50)	590	216.99	221.09	8.98	217.03	220.9	8.71	-0.04	0.19	0.27
10.9	Q(T200)	850	217.47	222.42	9.86	217.48	222.38	9.81	-0.01	0.04	0.05
10.9	Q(T500)	1090	221.8	222.38	3.4	221.8	222.38	3.4	0	0	0
10.92	Q(T50)	590	220.62	222.39	5.89	220.11	222.4	6.71	0.51	-0.01	-0.82
10.92	Q(T200)	850	221.13	223.92	7.4	220.72	224.04	8.07	0.41	-0.12	-0.67
10.92	Q(T500)	1090	221.68	225.21	8.32	221.3	225.35	8.91	0.38	-0.14	-0.59
10.93	Q(T50)	590	219.69	223.43	8.57	219.53	223.56	8.9	0.16	-0.13	-0.33
10.93	Q(T200)	850	220.29	225.12	9.74	220.11	225.33	10.12	0.18	-0.21	-0.38
10.93	Q(T500)	1090	220.81	226.47	10.54	220.62	226.69	10.91	0.19	-0.22	-0.37
10.94	Q(T50)	590	219.39	224.3	9.82	219.34	224.45	10.02	0.05	-0.15	-0.2
10.94	Q(T200)	850	220.27	225.81	10.43	220.18	226.06	10.75	0.09	-0.25	-0.32
10.94	Q(T500)	1090	221	227.02	10.87	220.89	227.28	11.2	0.11	-0.26	-0.33
10.95	Q(T50)	590	219.28	224.81	10.42	219.59	224.77	10.08	-0.31	0.04	0.34
10.95	Q(T200)	850	220.02	226.33	11.13	220.6	226.33	10.61	-0.58	0	0.52
10.95	Q(T500)	1090	220.58	227.58	11.72	221.26	227.57	11.13	-0.68	0.01	0.59
11	Q(T50)	590	222.81	225.15	6.81	222.22	225.04	7.45	0.59	0.11	-0.64
11	Q(T200)	850	223.73	226.68	7.66	223.1	226.58	8.28	0.63	0.1	-0.62
11	Q(T500)	1090	224.48	227.95	8.32	223.87	227.83	8.85	0.61	0.12	-0.53

River Sta	Profile	Q Total	Stato di fatto			Stato di progetto			Differenze		
			W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m/s)
11.05	Q(T50)	590	222.74	225.18	6.94	222.13	225.12	7.67	0.61	0.06	-0.73
11.05	Q(T200)	850	223.64	226.72	7.82	223.01	226.66	8.48	0.63	0.06	-0.66
11.05	Q(T500)	1090	224.44	227.97	8.39	223.77	227.91	9.05	0.67	0.06	-0.66
11.06	Q(T50)	590	223.31	225.24	6.22	223.31	225.24	6.22	0	0	0
11.06	Q(T200)	850	224.42	226.79	6.94	224.42	226.79	6.94	0	0	0
11.06	Q(T500)	1090	225.34	228.05	7.46	225.34	228.05	7.46	0	0	0
11.1	Q(T50)	590	224.43	225.55	4.77	224.43	225.55	4.77	0	0	0
11.1	Q(T200)	850	225.68	227.12	5.44	225.68	227.12	5.44	0	0	0
11.1	Q(T500)	1090	226.69	228.39	5.94	226.69	228.39	5.94	0	0	0
11.2	Q(T50)	590	224.19	225.84	5.8	224.2	225.84	5.8	-0.01	0	0
11.2	Q(T200)	850	225.37	227.44	6.53	225.37	227.44	6.53	0	0	0
11.2	Q(T500)	1090	226.29	228.75	7.14	226.29	228.75	7.14	0	0	0

Tabella 1: Raffronto tra i livelli in stato di fatto e stato di progetto a paratoia abbassata

			Stato di fatto		***Stato di progetto***		***Differenze***	***U2/2g***	***Livello sponda***	***Franco sicurezza***	***F. S. > U2/29***
River Sta	Profile	Q Total	W.S. Elev	Vel Chnl	W.S. Elev	Vel Chnl	W.S. Elev	s. di p.		s. di p	s. di p.
		(m3/s)	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)	(m)	[m]	[m.s.l.m.]	[m]	[m]
10.9	Q(T50)	590	216.99	8.98	217.03	8.71	-0.04	3.87	222.6	5.57	Sì
10.9	Q(T200)	850	217.47	9.86	217.48	9.81	-0.01	4.91	222.6	5.12	Sì
10.9	Q(T500)	1090	221.8	3.4	221.8	3.4	0	0.59	222.6	0.8	Sì
10.92	Q(T50)	590	220.62	5.89	220.11	6.71	0.51	2.29	227.55	7.44	Sì
10.92	Q(T200)	850	221.13	7.4	220.72	8.07	0.41	3.32	227.55	6.83	Sì
10.92	Q(T500)	1090	221.68	8.32	221.3	8.91	0.38	4.05	227.55	6.25	Sì
10.93	Q(T50)	590	219.69	8.57	219.53	8.9	0.16	4.04	228.08	8.55	Sì
10.93	Q(T200)	850	220.29	9.74	220.11	10.12	0.18	5.22	228.08	7.97	Sì
10.93	Q(T500)	1090	220.81	10.54	220.62	10.91	0.19	6.07	228.08	7.46	Sì
10.94	Q(T50)	590	219.39	9.82	219.34	10.02	0.05	5.12	228.48	9.14	Sì
10.94	Q(T200)	850	220.27	10.43	220.18	10.75	0.09	5.89	228.48	8.3	Sì
10.94	Q(T500)	1090	221	10.87	220.89	11.2	0.11	6.39	228.48	7.59	Sì
10.95	Q(T50)	590	219.28	10.42	219.59	10.08	-0.31	5.18	228.48	8.89	Sì
10.95	Q(T200)	850	220.02	11.13	220.6	10.61	-0.58	5.74	228.48	7.88	Sì
10.95	Q(T500)	1090	220.58	11.72	221.26	11.13	-0.68	6.31	228.48	7.22	Sì
11	Q(T50)	590	222.81	6.81	222.22	7.45	0.59	2.83	228.68	6.46	Sì
11	Q(T200)	850	223.73	7.66	223.1	8.28	0.63	3.49	228.68	5.58	Sì
11	Q(T500)	1090	224.48	8.32	223.87	8.85	0.61	3.99	228.68	4.81	Sì
11.05	Q(T50)	590	222.74	6.94	222.13	7.67	0.61	3.00	228.68	6.55	Sì
11.05	Q(T200)	850	223.64	7.82	223.01	8.48	0.63	3.67	228.68	5.67	Sì
11.05	Q(T500)	1090	224.44	8.39	223.77	9.05	0.67	4.17	228.68	4.91	Sì
11.06	Q(T50)	590	223.31	6.22	223.31	6.22	0	1.97	228.68	5.37	Sì
11.06	Q(T200)	850	224.42	6.94	224.42	6.94	0	2.45	228.68	4.26	Sì
11.06	Q(T500)	1090	225.34	7.46	225.34	7.46	0	2.84	228.68	3.34	Sì
11.1	Q(T50)	590	224.43	4.77	224.43	4.77	0	1.16	229.27	4.84	Sì
11.1	Q(T200)	850	225.68	5.44	225.68	5.44	0	1.51	229.27	3.59	Sì
11.1	Q(T500)	1090	226.69	5.94	226.69	5.94	0	1.80	229.27	2.58	Sì
11.2	Q(T50)	590	224.19	5.8	224.2	5.8	-0.01	1.71	229.61	5.41	Sì
11.2	Q(T200)	850	225.37	6.53	225.37	6.53	0	2.17	229.61	4.24	Sì
11.2	Q(T500)	1090	226.29	7.14	226.29	7.14	0	2.60	229.61	3.32	Sì

Tabella 2: Raffronto tra i livelli e i franchi di sicurezza

4.1 Considerazioni idrauliche di progetto

Il modello idraulico evidenzia come la ricalibrazione della traversa e l'abbassamento del fondo alveo ai piedi del cregher influenzino i tiranti idrici rispetto alla condizione attuale. Questa influenza in caso di paratoia completamente abbattuta e realizzazione della centrale va a diminuire i battenti e garantendo una diminuzione del rischio idraulico.

Andando a definire nelle tavole tecniche le aree di esondazione si sono notate delle discrepanze con le fasce di esondazione definite dal Pdb.

Si è osservato come, sopratutto in sponda destra idrografica, la zona subito a valle del cimitero questa dia interessata dall'esondazione della piena con tempo di ritorno di 500 anni.

Andando a tracciare le fasce di esondazione ed andando a posizionarle al di sopra del rilievo di dettaglio si è visto che queste non coincidevano (come visibile nella tavola T.09).

A questo punto si è andati ad analizzare le altezze dei tiranti definiti nella verifica idraulica in stato di progetto e si è visto che questi erano sensibilmente inferiori al livello del pianoro presente, il quale è confinato da un muretto a secco, come riportato in figura.



Figura5: Sponda destra a valle della traversa

Analizzate anche le larghezze di esondazione attinte dalle sezioni idrauliche si è visto che queste non coincidevano per estensione ma quelle riportate sul CTR risultavano sensibilmente maggiorate.

Visto il problema si è giunti alla soluzione che, anche se le fasce da noi descritte risultano più limitate, l'assunzione delle fasce di piano risultano a fattore di sicurezza visto la loro estensione sopratutto che in stato di progetto i tiranti generati sono sensibilmente inferiori a quelli ora presenti il che genera una zona di esondazione più limitata.

In sponda sinistra idrografica, nella zona traversa e a valle di essa, le fasce di esondazione vanno a coincidere con quelle di piano visto la zona ben definita dai terrazzamenti e ampie differenze di acclività ben definite geologicamente.

Il problema riscontrato nella riunione congiunta, autorità e progettisti, l'esondazione della piena Tr500 sulla strada a monte della zona d'interesse in prossimità della curva, è stata analizzata in modo molto preciso.

Attraverso il rilievo di dettaglio si è andati a definire il ciglio della strada il quale presenta una quota massima di 229.61. Valutando le verifiche idrauliche non si è riscontrato alcun livello che possa interessare il livello della strada, la quale lievemente più a valle è definita anche attraverso un muro di sostegno.

Si è visto che la piena con Tr500 dovrebbe essere contenuta all'interno dell'alveo e non andare ad interessare la strada nella zona di nostro interesse.

Più a monte, nella zona del ponte presente anche nel PdB, l'esondazione è possibile sulla strada ma questa dovrebbe rientrare nell'arco di poche decine di metri visto anche la conformazione sia della strada (dislivello e pendenza verso il fiume) che dei muri di sostegno di quest'ultima.

In fine si può anche in questo caso definire che le fasce definite attraverso il rilievo di dettaglio risultano inferiori a quelle di piano e il mantenimento di quelle di piano vanno a rendere un ampio coefficiente di sicurezza per la zona.

La strada comunque risulta non inondabile dalla piena con Tr200, la realizzazione del progetto andrà ***a diminuire i battenti ora previsti nel PdB andando così a limitare il rischio idraulico ora presente come richiesto dalle autorità amministrative.***

Tr=50 anni

Per la portata cinquantennale la variazione di livello si riassume come un incremento massimo di 31 cm nella sezione 10.95.

Tale comportamento è dovuto allo spostamento del risalto idraulico verso valle, ed è in accordo con la teoria generale dell'idraulica, in relazione alla riduzione della sezione di deflusso dovuta all'inserimento dell'opera in progetto ed al profilo di corrente veloce che caratterizza la sezione in questione.

Le poste a monte della briglia vanno a presentare un abbassamento del profilo ed una rispettiva aumento di velocità.

I profili di fatto e di progetto tornano a coincidere dalla sezione 10.8. Sia a valle che a monte della traversa il livello idrico risulta in ogni caso contenuto all'interno della sezione di deflusso senza incrementi del rischio.

Attraverso l'analisi idraulica si è desunto che la condizione di sicurezza idraulica (franco idraulico pari ad una volta il termine cinetico rispetto alle sponde) viene sempre verificato con una diminuzione sensibile del rischio idraulico.

Tr=200 anni

Nel caso di portata duecentennale l'incremento del livello idrico risulta leggermente maggiore (58 cm complessivi) e sempre localizzato in corrispondenza della sezione 10.95, con corrispondente diminuzione della velocità della corrente.

Le sezioni poste a monte della briglia vanno a presentare un abbassamento del profilo ed una rispettiva aumento di velocità. Anche in questo caso non vi sono variazioni di profilo sia a monte che a valle della sezione di studio.

I profili di fatto e di progetto tornano a coincidere dalla sezione 10.8. Sia a valle che a monte della traversa il livello idrico risulta in ogni caso contenuto all'interno della sezione di deflusso senza incrementi del rischio.

Attraverso l'analisi idraulica si è desunto che la condizione di sicurezza idraulica (franco idraulico pari ad una volta il termine cinetico rispetto alle sponde) viene sempre verificato con una diminuzione sensibile del rischio idraulico.

Tr=500 anni

Nel caso di portata cinquecentennale l' incremento del livello idrico risulta di 68 cm con decremento della velocità sempre localizzato in corrispondenza della sezione 10.95.

Anche in questo caso il flusso è interamente contenuto all'interno della sezione di deflusso, e non vi sono variazioni di profilo sia a monte che a valle della sezione di studio.

Sia a valle che a monte della traversa il livello idrico risulta in ogni caso contenuto all'interno della sezione di deflusso senza incrementi del rischio.

Attraverso l' analisi idraulica si è desunto che la condizione di sicurezza idraulica (franco idraulico pari ad una volta il termine cinetico rispetto alle sponde) viene sempre verificato con una diminuzione sensibile del rischio idraulico

5 CONSIDERAZIONI IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO NEL TRATTO OGGETTO DI INDAGINE

5.1 Analisi delle caratteristiche granulometriche del sito

La definizione delle caratteristiche granulometriche del materiale nell'intorno della traversa oggetto di intervento è basata sulle seguenti considerazioni: a monte dell'opera la pezzatura del materiale è grossolana con diametro dei ciotoli (circa 25-30 cm medi), decisamente superiore a quello di valle; ciò fa propendere per il fatto che si sia instaurato un fenomeno di corazzamento dell'alveo, con protezione dall'erosione della parte più fine di sedimento e conseguente stabilizzazione del fondo.

Non ritenendo utile ai fini dello studio in essere un'analisi più approfondita della granulometria a monte dell'opera di derivazione si è proceduto ad un campionamento del materiale a valle di detta opera. Considerata la pezzatura media del materiale (nell'ordine di qualche centimetro), si è scelto di procedere alla valutazione diretta statistica della distribuzione dei diametri mediante il metodo della "griglia di campionamento". La procedura prevede la stesa sul deposito di un reticolo a maglia quadrata di lato 0.5 m per un'estensione minima di 5x5 m. In corrispondenza dei vertici del reticolo si procede al prelievo dei ciottoli e alla misura dei tre diametri caratteristici (assimilando ogni elemento ad un ellissoide) mediante compasso comparatore. Chiamando a, b e c i diametri misurati secondo i tre assi perpendicolari tra di loro il diametro nominale è definito come il diametro della sfera di ugual volume. Di seguito sono riportati i diametri nominali per i diversi vertici della griglia di campionamento.

Vertice reticolo [m]/ Diametro nominale [cm]	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
0,5	7	2	4,5	2,5	9,8	5	1,8	1,8	8	5
1	5	2	6	3	7	2	20	12	3	10
1,5	2,5	7	6	4	5	7	7	6	3	1,5
2	10	1,5	5,6	15,3	4,5	7	3,5	6	5	8
2,5	4	6	2	5	5	7	4	6	8	5,6
3	3	15	2,5	10	7	5	8	4,5	5,5	6
3,5	15	10	1	5	8	4	4	1	7	9
4	25	4	8	5	10	4	1	1	12	3
4,5	2	22	6	2	14	5	12	8	4	8
5	6	1	5	17	2	4	8	8	19	2

Per la classificazione dei sedimenti si è adottata una progressione geometrica di passo 2, in cui i diametri raddoppiano ad ogni classe superiore (scala di wentworth); la suddivisione in classi ha permesso di caratterizzare il campione analizzato mediante una curva di frequenza relativa ed una curva di frequenza cumulata: dalle curve è possibile ricavare alcune considerazioni: la curva di frequenza percentuale presenta un'asimmetria marcata verso sinistra, ovvero verso la parte più "fine"

del sedimento, il D50 del materiale analizzato risulta essere pari a 5.3 cm, mentre il diametro medio (ricavato mediante media ponderale) è maggiore del D50 ed è pari a 7,6 cm.

5.2 Analisi quali - quantitativa del trasporto solido

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 (m2/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, [m2/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 del corso d'acqua, [m];

Nel caso in esame si ha:
i=0.01 m/m
d=0.053 m
mediante l'applicazione della formula di Graf si giunge al seguente risultato:

$$q = 0.1 \cdot 0.01^{-1.12} \sqrt{g 0.053^3} = 0.66 \frac{m^2}{s}$$

Moltiplicando tale valore per la larghezza dell'alveo in corrispondenza della sezione di imposta della traversa si ottiene il valore di portata liquida critica per la movimentazione del sedimento:

$$Q = q \cdot B = 0.66 * 23 = 15.18 \frac{m^3}{s}$$

5.3 Tendenze evolutive e stabilità del fondo

La traversa oggetto di intervento si trova al termine di una curva dell'asta fluviale in direzione E, a monte ed a valle della traversa l'alveo presenta una sede fortemente scavata in roccia compatta.

Dall'analisi planimetrica inoltre non risultano esservi alvei secondari abbandonati e/o riattivabili in caso di piena né zone di invaso, il tracciato planimetrico dell'alveo inciso è monocursale e risulta chiaramente delineato e all'interno dell'assetto morfologico dell'area di interesse.

Attraverso quest'analisi di evince che vista le caratteristiche dell'alveo, scavato in roccia compatta, la morfologia fluviale del Torrente Arroscia in quella zona non potrà avere forti cambiamenti visto la "legatura" nell'ammasso roccioso alpino..

6 CONCLUSIONI

In base alle considerazioni sin qui effettuate si può affermare che la realizzazione delle opere idrauliche asservite alla centrale idroelettrica in progetto non influenzino il regime di deflusso attuale e le stesse opere in progetto non sono suscettibili di danni in caso di allagamenti derivanti dai deflussi di piena. ***Si sottolinea che la realizzazione della centrale e delle strutture a lei connesse vanno a diminuire sensibilmente il rischio idraulico ora presente.***

6.1 Implicazioni e sicurezza delle opere

Visto quanto sopra si attesta che i manufatti per l'impianto in progetto essendo opere necessarie alla derivazione d'acqua finalizzata alla produzione di energia elettrica da fonte idrica non comportano la permanenza o la sosta di persone. Inoltre essendo opere di derivazione idrica progettate per un funzionamento in presenza di acqua non risentono degli effetti di allagamenti o sommersioni dei manufatti. I lavori e le opere in progetto non interferiscono con gli interventi di sistemazione del corso d'acqua previsti dal piano e sono assunte le misure e gli accorgimenti a tutela della pubblica incolumità con l'istallazione di dispositivi anticaduta in prossimità della presa d'acqua.

6.2 Modifiche dei tiranti idrici

Si attesta inoltre che le variazione dei tiranti idrici (abbassamento ed innalzamento) causati dalla presenza dei nuovi manufatti ***non vanno ad incrementare il grado di pericolosità, o rischio idraulico, della zona in esame ma anzi lo diminuiscono per quelle di monte dove vi si presentava l'esondazione sulla strada provinciale.***

7 CONFIGURAZIONE FILE DI SIMULAZIONE

STATO DI FATTO

- *Project: Torrente Arroscia*
- *Plan: Plan 48*
- *Geometry: stato_di_fatto*
- *Steady flow: Torrente Arroscia Portate di Piena*

STATO DI PROGETTO A PARATOIA ABBASSATA

- *Project: Torrente Arroscia*
- *Plan: Plan 49*
- *Geometry: stato_di_progetto_paratoia_abbassata*
- *Steady flow: Torrente Arroscia Portate di Piena*

STATO DI PROGETTO A PARATOIA ALZATA

- *Project: Torrente Arroscia*
- *Plan: Plan 50*
- *Geometry: stato_di_progetto_paratoia_alzata*
- *Steady flow: Torrente Arroscia Portate di Piena*