REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI IMPERIA
Comune di Pieve di Teco



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

Autorizzazione Unica ai sensi della L.R. 22/2007 e s.m.e.i alla costruzione ed esercizio di un impianto idroelettrico a salto concentrato sul T.Arroscia in Comune di Pieve di Teco

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
C.So Di Vittorio 5B-5, 17014 Cairo Montenotte (SV)
P.Iva :03502780046

Dati progetto

CODICE LAVORO	FASE PROGETTO	TIPOLOG.DOCUMENTO	N.ELABORATO
PRO1014_RC	DF	R	03

ELABORATO

R.03

REVISIONE	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
01	DICEMBRE_2014	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 *4*

3.1 Condizioni al contorno utilizzate **4**

4 RISULTATI *5*

4.1 Considerazioni idrauliche di progetto **5**

5 CONSIDERAZIONI IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO NEL TRATTO OGGETTO DI INDAGINE8

5.1 Analisi delle caratteristiche granulometriche del sito **8**

5.2 Analisi quali - quantitativa del trasporto solido **9**

5.3 Tendenze evolutive e stabilità del fondo **10**

6 CONCLUSIONI *11*

6.1 Implicazioni e sicurezza delle opere **11**

6.2 Modifiche dei tiranti idrici **11**

6.3 Compatibilità con le opere previste da piano **12**

7 CONFIGURAZIONE FILE DI SIMULAZIONE *12*

STATO DI FATTO ***STATO DI PROGETTO*** **12**

1 INTRODUZIONE

La società F.I.E.M.E s.r.l., con sede in Corso Di Vittorio, 5b-5 17014 Cairo Montenotte (SV), 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 è necessario lo svolgimento di un'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.

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 particolareggiate ricavate dal rilievo tacheometrico di dettaglio per un estensione di circa 100 metri a monte e valle dal punto di intervento.

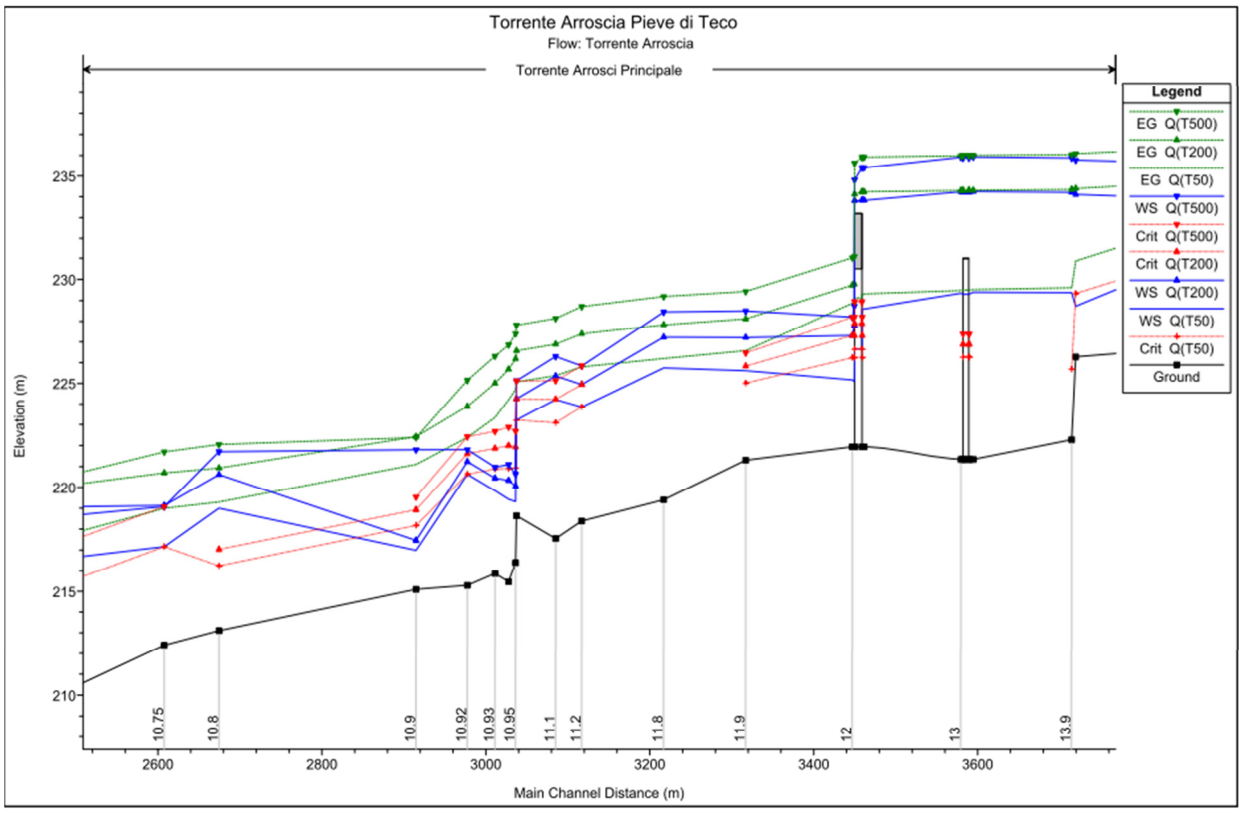


Figura 1: profilo in stato di fatto

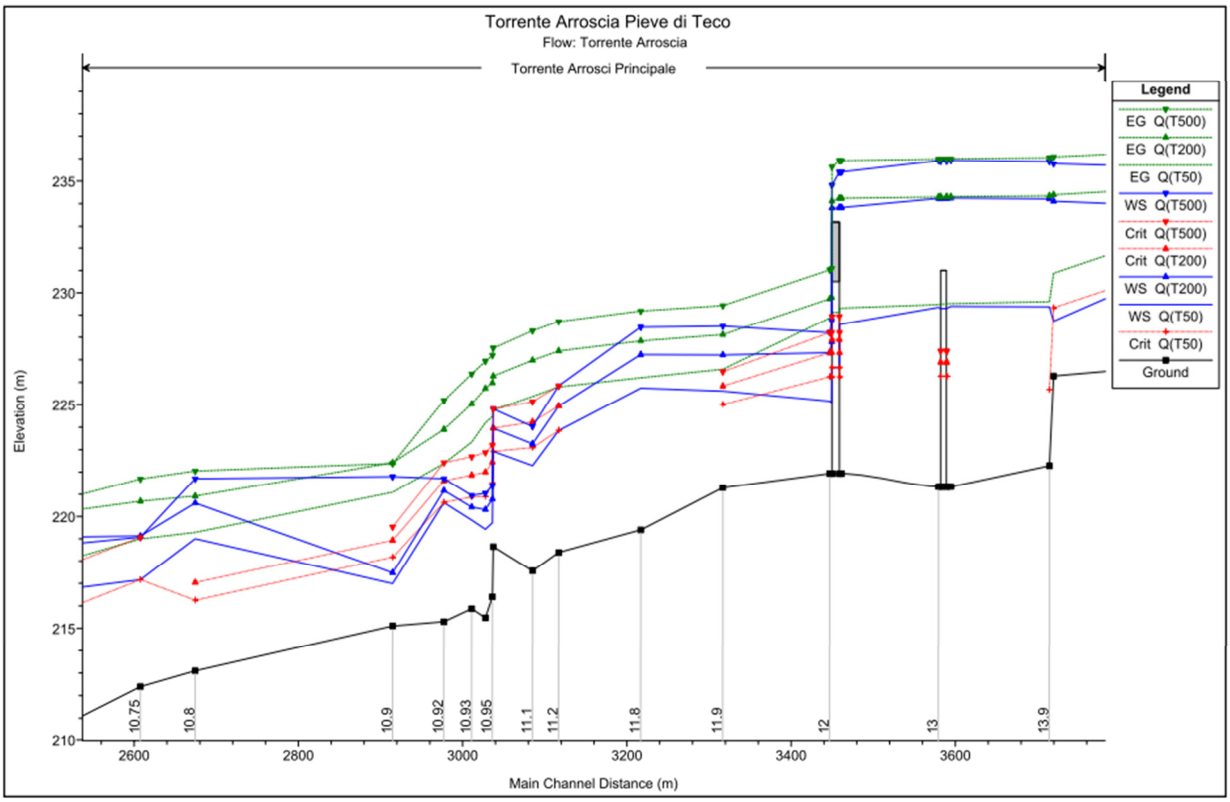


Figura 2: profilo in stato di progetto

Le sezioni da rilievo sono 7, per un'estensione di circa 100 m a monte ed 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
- **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.

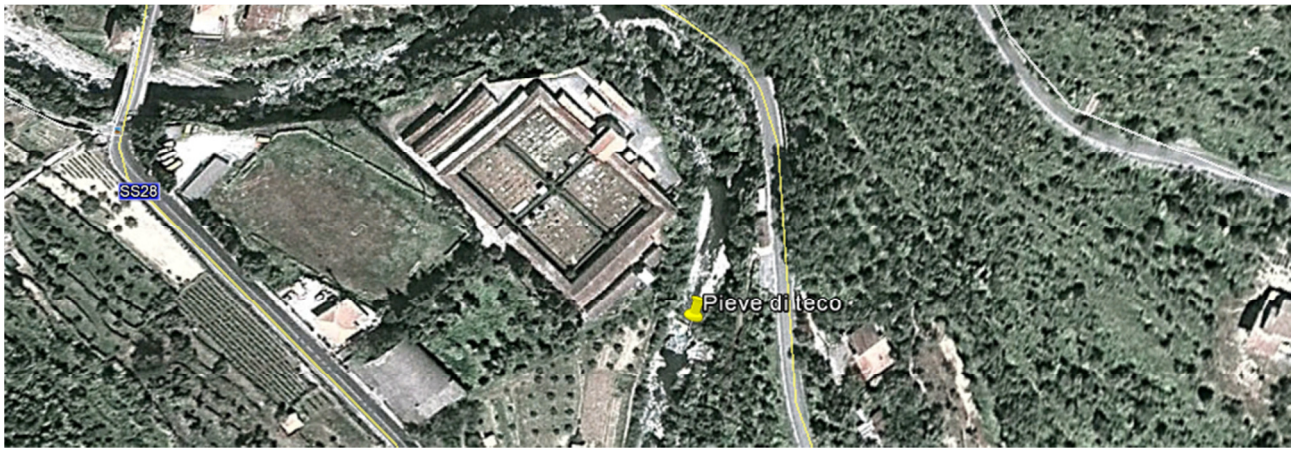


Figura 3: ortofoto dell'area oggetto di intervento

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 la sponda sinistra, pari ad un ks= 30,30*
- *n= 0,033 $m^{-1/3}$/s per la sponda sinistra, 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. Da queste si può notare che non vi sono modifiche significative per il deflusso della piena prima e dopo l'intervento di manutenzione previsto, le variazioni di livello sono contenute entro un numero limitato di sezioni esclusivamente a valle della traversa di derivazione.

4.1 Considerazioni idrauliche di progetto

Il modello idraulico evidenzia come l'innalzamento della soglia relativa alla traversa di derivazione asservita alla centralina idroelettrica influenzi i tiranti idrici rispetto alla condizione attuale.

Tr=50 anni

Per la portata cinquantennale la variazione di livello si può riassumere come un incremento di massimi 41 cm nella sezione 10.95. Tale comportamento è dovuto esclusivamente 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 sezioni di verifica poste a monte della briglia vanno a presentare un abbassamento del profilo concentrato soprattutto in corrispondenza della sezione 11 dovuto all'allargamento della sezione di deflusso. I profili di fatto e di progetto tornano a coincidere dalla sezione 10.9 e non vi sono variazioni dei parametri significativi. 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 un'attenta 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

Tr=200 anni

Nel caso di portata duecentennale l'incremento del livello idrico risulta di 38 cm complessivi e sempre localizzato in corrispondenza della sezione 10.95, con corrispondente diminuzione della velocità della corrente. Le sezioni di verifica poste a monte della briglia vanno a presentare un abbassamento del profilo ed una rispettiva aumento di velocità. 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. I profili di fatto e di progetto tornano a coincidere dalla sezione 10.9 e non vi sono variazioni dei parametri significativi. 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 un'attenta 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

Tr=500 anni

Nel caso di portata cinquecentennale l' incremento del livello idrico risulta di 54 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 si nota un decremento del tirante idrico immediatamente a monte (sezione 11) dovuto al miglioramento della sezione di deflusso . 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 un'attenta 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.

Sezioni	***Tr***	***Q*** ***[m3/s]***	***Livelllo di piena*** ***s. di f. [m.s.l.m.]***	***Livelllo di piena*** ***s. di p. [m.s.l.m.]***	***Delta*** ***[m]***	***U2/2g*** ***s. di p. [m]***	***Livello di*** ***sponda [m.s.l.m.]***	***Franco di sicurezza*** ***s. di f. [m]***	***Franco di sicurezza*** ***s. di p. [m]***	***Franco di sicurezza > U2/29*** ***s. di p. [m]***
11.2	Q(T50)	590	223.85	223.85	0	2.03	229.61	5.76	5.76	Si
11.2	Q(T200)	850	224.94	224.94	0	2.57	229.61	4.67	4.67	Si
11.2	Q(T500)	1090	225.85	225.85	0	3.01	229.61	3.76	3.76	Si
11.1	Q(T50)	590	224.21	222.29	-1.92	3.12	229.27	5.06	6.98	Si
11.1	Q(T200)	850	225.35	223.26	-2.09	3.80	229.27	3.92	6.01	Si
11.1	Q(T500)	1090	226.29	224.03	-2.26	4.39	229.27	2.98	5.24	Si
11	Q(T50)	590	223.22	221.88	-1.34	2.61	228.68	5.46	6.8	Si
11	Q(T200)	850	224.25	222.53	-1.72	3.68	228.68	4.43	6.15	Si
11	Q(T500)	1090	225.12	223.17	-1.95	4.37	228.68	3.56	5.51	Si
10.95	Q(T50)	590	219.31	219.79	0.48	4.49	228.48	9.17	8.69	Si
10.95	Q(T200)	850	220.06	220.44	0.38	5.57	228.48	8.42	8.04	Si
10.95	Q(T500)	1090	220.63	220.96	0.33	6.36	228.48	7.85	7.52	Si
10.94	Q(T50)	590	219.42	219.5	0.08	4.50	228.48	9.06	8.98	Si
10.94	Q(T200)	850	220.33	220.34	0.01	5.31	228.48	8.15	8.14	Si
10.94	Q(T500)	1090	221.09	221.06	-0.03	5.85	228.48	7.39	7.42	Si
						0.00				
10.93	Q(T50)	590	219.83	219.91	0.08	3.30	228.08	8.25	8.17	Si
10.93	Q(T200)	850	220.44	220.45	0.01	4.53	228.08	7.64	7.63	Si
10.93	Q(T500)	1090	220.97	220.95	-0.02	5.41	228.08	7.11	7.13	Si
10.92	Q(T50)	590	220.62	220.62	0	1.77	227.55	6.93	6.93	Si

10.92	Q(T200)	850	221.23	221.3	0.07	2.56	227.55	6.32	6.25	Si
10.92	Q(T500)	1090	221.8	221.73	-0.07	3.44	227.55	5.75	5.82	Si
10.9	Q(T50)	590	216.99	216.99	0	4.11	222.6	5.61	5.61	Si
10.9	Q(T200)	850	217.46	217.46	0	4.98	222.6	5.14	5.14	Si
10.9	Q(T500)	1090	221.8	221.8	0	0.59	222.6	0.8	0.8	Si

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, le quali sono riportate nella figura seguente: dalle curve sopra riportate 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:

$$q = 0.1 \cdot 0.01^{-1.12}\sqrt{g0.053^3} = 0.66\ \frac{m^2}{s}$$

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, e nella fattispecie la realizzazione dell'edificio contenente il canale sghiaiatore, lo sgrigliatore e la turbina idraulica 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.

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, necessari per la realizzazione dell'impianto in progetto, non vanno ad incrementare il grado di pericolosità, o rischio idraulico, della zona in esame.

Infatti l'esiguo aumento del tirante riscontrabile in corrispondenza della sezione immediatamente a valle della traversa su cui andrà ad insistere l'opera in progetto è effetto unicamente dello spostamento verso valle del risalto idraulico già presente in assenza dell'opera, inoltre il flusso, data la conformazione acclive della sezione, viene mantenuto interamente all'interno dell'alveo con un adeguato franco di sicurezza rispetto alle sponde esistenti.

Pertanto le piccole variazioni non genereranno modifiche alle fasce di esondazione definite attraverso il Piano di bacino del Torrente Arroscia.

6.3 Compatibilità con le opere previste da piano

Dalla verifica del vigente piano di Bacino si evince che, circa 300 m a monte dell'opera in progetto, è prevista la realizzazione di un intervento di messa in sicurezza idraulica (Cod. IB1)consistente in un'opera di difesa spondale che impedisca l'allagamento del cimitero.

A tal proposito si specifica che l'effetto dell'inserimento dell'opera in progetto, come evidenziato dall'analisi delle risultanze della simulazione effettuata, si esaurirà circa 80 m a monte della traversa, pertanto non vi sarà alcuna interazione con la sistemazione idraulica prevista da piano.

7 CONFIGURAZIONE FILE DI SIMULAZIONE

STATO DI FATTO

Project: Torrente Arroscia Pieve di Teco
Plan: plan 09
Geometry: stato_di_fatto
Steady flow: Torrente Arroscia

STATO DI PROGETTO

Project: Torrente Arroscia Pieve di Teco
Plan: plan 10
Geometry: stato_di_progetto
Steady flow: Torrente Arroscia