

# **Realizzazione di centrale idroelettrica ad acqua fluente su fiume Elsa.**

**Procedimento A.U.E. art.12 D. Lgs.387/03 e LR 39/05**

## **RELAZIONE TECNICA**



**Loc. Granaiole – Castelfiorentino (FI)**  
**Fiume Elsa**

Committenza:

**MERS s.a.s.**

Via A. Pacinotti 6/A  
Santa Croce S/Arno

Tecnico:

**Ing. Roberto Simoni**

Firenze, 20/01/2017

# 1. SOMMARIO

## 1.1. INDICE DEI PARAGRAFI

1.	SOMMARIO .....	2
1.1.	Indice dei paragrafi .....	2
1.2.	Indice delle figure .....	3
2.	SCOPO.....	4
3.	SITUAZIONE ATTUALE .....	6
4.	SITUAZIONE PREVISTA.....	9
5.	DESCRIZIONE INTERVENTI .....	10
5.1.	Opera di captazione .....	10
5.2.	locale turbina.....	10
5.3.	Opere elettromeccaniche ed idrauliche.....	11
5.4.	turbina Kaplan .....	11
5.5.	Scarico.....	13
5.6.	Connessione alla rete elettrica nazionale .....	13
5.7.	Passaggio artificiale per pesci.....	13
6.	LA PORTATA.....	15
6.1	Deflusso Minimo Vitale (D.M.V.) .....	16
6.2	MONITORAGGIO PORTATE.....	18
6.1.1.	Sensori di livello piezometrici .....	20
6.1.2.	Programma taratura sistemi di misura .....	21
7.	PARAMETRI ECONOMICI E PRODUTTIVI.....	22
7.1.	valori produttivi stimati.....	23

## 1.2. INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Vista briglia di Granaiole con vecchio molino .....	6
Figura 2 briglia vista da valle .....	7
Figura 3 area di intervento .....	7
Figura 4 vecchio canale adduzione al molino in parte ricoperto da terra e vegetazione .....	8
Figura 5 - Spaccato turbina Kaplan .....	12
Figura 6 Bacino imbrifero a Granaiole .....	15
Figura 7 - Diagramma della curva di durata delle portate- Fiume Elsa – Loc. Granaiole .....	17
Figura 8 - Esempio curva rendimento turbina .....	19
Figura 9 – Sensore piezometrico .....	20

## 2. SCOPO

Per incarico della società MERS s.a.s, è stata redatta la seguente relazione tecnica inerente alla richiesta di concessione di derivazione di acqua superficiale per uso idroelettrico località Granaioolo nel Comune di Castelfiorentino, sul fiume Elsa, affluente sinistro del fiume Arno, attraverso l'istallazione di turbina completamente interrata in sponda idraulica destra del Fiume Elsa in corrispondenza della briglia esistente.

Si precisa che l'impianto avrà l'opera di presa e restituzione fisicamente non distinte in quanto il prelievo verrà eseguito subito a monte della briglia ed il rilascio subito a valle della briglia medesima.

Si richiede quindi di poter derivare una portata massima di 5745 l/sec, per uso idroelettrico con immissione dell'energia prodotta nella rete elettrica nazionale.

Le coordinate dell'impianto sono rispettivamente 43°38'52.30" N 10°36'52.63"E per l'opera di presa e restituzione; espressi in coordinate vettoriali puntuali, Gradi DECIMALI SR EPSG 3003:

X	Y	
1657153	4836644	IMPIANTO



La quota di presa (coronamento briglia) è a 38.10 m s.l.m. e la quota di restituzione è 34.90 m s.l.m. con un salto geodetico pari a 3.2 m.

### 3. SITUAZIONE ATTUALE

Attualmente, nell'asta di fiume interessata non esiste alcun prelievo.

In sponda sinistra pianeggiante esiste una vegetazione prevalentemente a prato. In sponda destra esiste il vecchio canale che derivava l'acqua del fiume Elsa al molino di Granaiole, ormai in disuso da tempo. La restituzione avveniva più a valle grazie ad un canale oggi ricoperto parzialmente da terra.

La briglia è in buono stato di conservazione.



**Figura 1 Vista briglia di Granaiole con vecchio molino**





**Figura 2 briglia vista da valle**



**Figura 3 area di intervento**



**Figura 4 vecchio canale adduzione al molino in parte ricoperto da terra e vegetazione**



## 4. SITUAZIONE PREVISTA

L'impianto proposto si posiziona in destra idraulica con tutte le opere in cemento armato ed il macchinario elettroidraulico completamente interrato. Fuori terra ed in area protetta dalle esondazioni sarà realizzato il manufatto di consegna alla rete ENEL e misura dell'energia elettrica prodotta.

Sarà quindi realizzato un manufatto per adduzione acqua con relative opere di chiusura, sgrigliatura e sghiaiatrice completamente interrate.

A seguire e sempre interrato il locale impianti che alloggerà la turbina ed i quadri di regolazione e controllo.

Opportune aperture saranno eseguite sulla copertura del locale per il passaggio delle stesse macchine in fase di installazione e/o manutenzione.

Dette aperture sono ermetiche e consentiranno in piena sicurezza il funzionamento dell'impianto.

Si renderanno necessari idonei sistemi di ventilazione per il corretto e sicuro funzionamento dell'impianto.

Le opere di restituzione dell'acqua, anch'esse interrate completano l'intera opera.

In sponda sinistra sarà realizzata adeguata scala di risalita per ittiofauna.

Un cavidotto di trasporto energia elettrica prodotta collegherà la centrale di produzione con il box precedentemente menzionato.

## **5. DESCRIZIONE INTERVENTI**

### **5.1. OPERA DI CAPTAZIONE**

Sarà rimodellata la sponda destra del fiume in corrispondenza della briglia, ripercorrendo il percorso idraulico esistente.

L'opera di captazione verrà realizzata all'interno del vecchio canale, rimodellandone i profili idraulici. Sarà realizzata un'opera di sgrigliatura per trattenere i corpi solidi.

L'opera di presa, completamente a filo del piano di campagna, è costituita da una struttura in ca atta alla captazione dell'acqua. Una griglia munita di sgrigliatore consente l'introduzione di acqua alla turbina. L'impianto è dotato di opera di sghiaatura per impedire ai solidi di accedere alla turbina.

Adeguate paratoie di macchina consentono il totale sezionamento del flusso idraulico.

### **5.2. LOCALE TURBINA**

Dall'opera di captazione, dopo un breve canale di adduzione si arriva al locale turbina realizzato in c.a., anch'esso completamente interrato.

Dall'opera di captazione, dopo un breve canale di adduzione si arriva al locale turbina realizzato in c.a., anch'esso completamente interrato.

Sulla sommità, a filo piano di campagna, sono posizionati i portelloni ermetici dai quali effettuare il passaggio delle macchine e delle attrezzature elettriche necessarie, nonché l'accesso degli addetti tramite scala in carpenteria

metallica. Detti portelloni sono a tenuta stagna, quindi impermeabili alle eventuali piene che lasceranno defluire sopra l'acqua senza compromettere il regolare e sicuro funzionamento dell'impianto.

Saranno inoltre posizionati dei condotti di areazione del locale turbina per consentire il corretto funzionamento delle apparecchiature elettromeccaniche; detti condotti sono dotati di valvole antiriflusso a galleggiante che ne consentono la automatica chiusura stagna in occasione di eventi alluvionali.

### **5.3. OPERE ELETTROMECCANICHE ED IDRAULICHE**

La centrale idroelettrica sarà dotata di:

- Turbina ad elica/generatore
- Quadro di regolazione e controllo ed inverter
- Opere di intercettazione flusso idraulico
- Opere ausiliarie quali illuminazioni, rete di terra, ventilazione
- Quadro di potenza BT, trasformatore a 15 kV cella MT
- Elettrodotto secondo normative ENEL da locale produzione a punto di connessione alla rete

### **5.4. TURBINA KAPLAN**

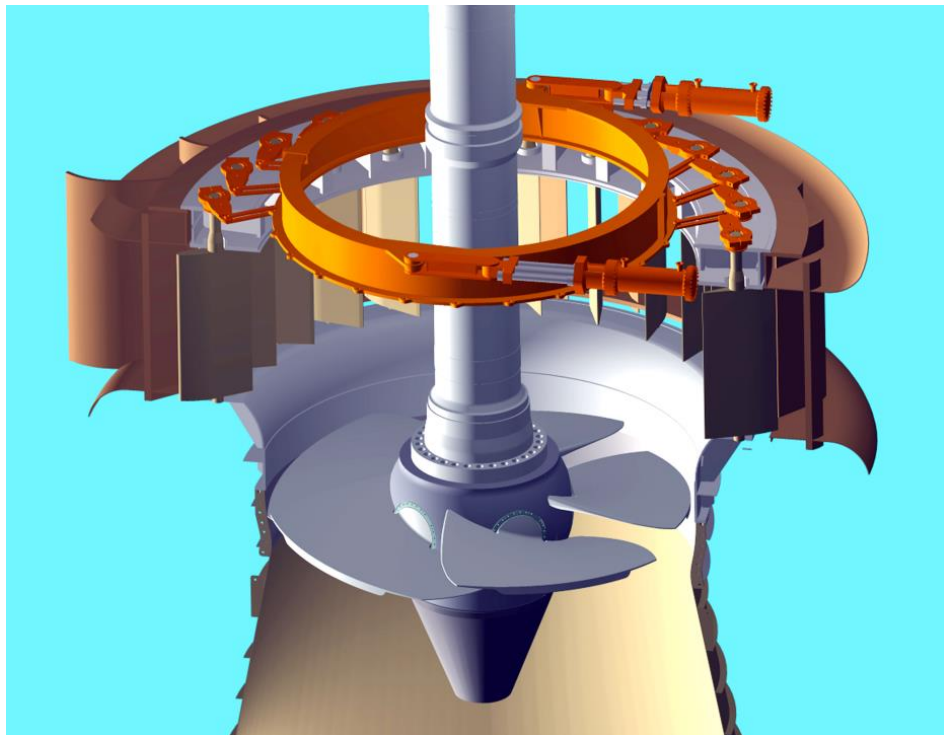
L'acqua derivata verrà turbinata una turbina ad elica di tipo Kaplan, soluzione individuata come ottimale per sfruttare con i massimi rendimenti le portate ed il salto disponibili

La turbina Kaplan infatti sfrutta piccoli dislivelli ma con considerevoli portate. Costruttivamente è un'elica, ove le pale si possono orientare, al

variare della portata d'acqua permettendo di mantenere alto il rendimento fino a portate dell'ordine del 12-18% della portata nominale.

Il fluido situato nella vasca di carico sopra la turbina alimenta su tutta la circonferenza un distributore che dà al fluido una rotazione vorticoso. Il distributore, essenziale per imprimere il moto alla girante, devia il flusso di  $90^\circ$  investendo assialmente la turbina.

L'orientamento delle pale del distributore e dell'elica è regolabile in funzione di salto e portata in modo da massimizzare il rendimento della macchina



**Figura 5 - Spaccato turbina Kaplan**

## **5.5. SCARICO**

Lo scarico diffusore dalla caratteristica forma “a pipa” sarà realizzato in c.a. e sarà posizionato sotto il locale turbina, completamente interrato, con la funzione di restituire le acque turbinate al fiume Elsa.

## **5.6. CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE**

La connessione della centrale alla cabina di consegna sarà effettuata tramite un'opera interrata a circa 1,00 ml. di profondità e costituita da un corrugato con diametro di 160 mm. che ospiterà il cavo di MT, e da un corrugato di 125 mm. per l'alimentazione degli ausiliari della centrale in BT.

Ogni 30 – 35 ml saranno posizionati i pozzetti cosiddetti di tiro che, una volta effettuato il lavoro, saranno sigillati e ricoperti con terreno vegetale.

Il fabbricato di cabina di consegna si compone di tre vani così distinti:

- Locale di consegna di pertinenza dell'utente
- Locale di misura che ospita appunto il contatore dell'energia immessa in rete, vano questo a comune tra utente ed ENEL
- Vano prettamente di gestione ENEL con tutte le apparecchiature necessarie all'uopo.

La cabina di consegna e misura dell'energia elettrica prodotta verrà realizzata secondo specifica ENEL DG2092 Rev. 02 1 luglio 2011,

La connessione dalla cabina al palo ENEL di MT posto nelle immediate vicinanze avrà le stesse caratteristiche di quello sopra descritto

## **5.7. PASSAGGIO ARTIFICIALE PER PESCI**

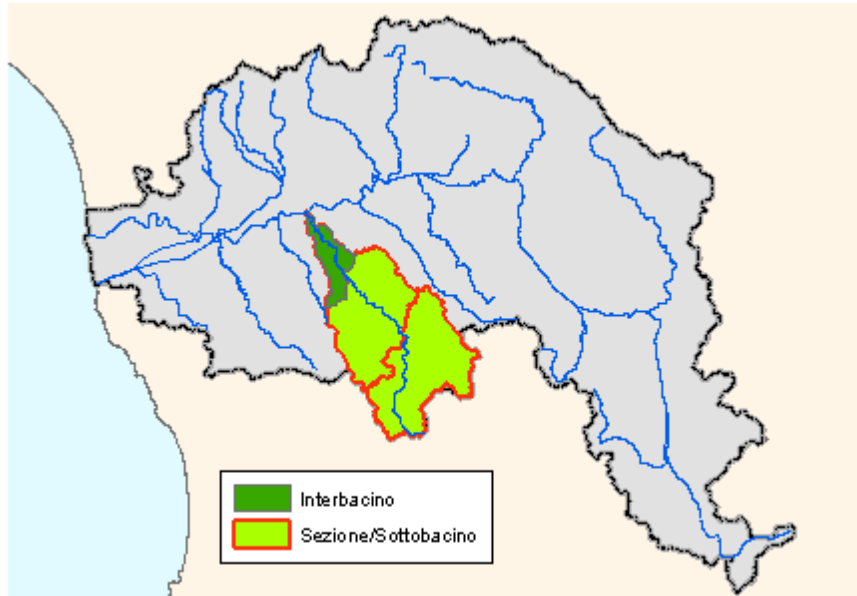


In sponda sinistra sarà realizzata scala di risalita per pesci della tipologia “Passaggio a fenditure verticali” costituito da un canale in muratura con setti divisorii in legno con una fenditura che si estende per tutta l’altezza della parete che vanno a realizzare una serie di 16 vasche a livelli decrescenti.

Per approfondimenti si rimanda agli elaborati progettuali e alle relazioni specialistiche allegate alla procedura di A.U.E.

## 6. LA PORTATA

La superficie dell'intero bacino imbrifero del Fiume Elsa relativa al punto di presa, come riportato dall'Autorità di Bacino dell'Arno, è pari a 826 km<sup>2</sup>.



**Figura 6 Bacino imbrifero a Granaiolo**

L'autorità di Bacino inoltre rappresenta, nel grafico di fig 15, il valore di durata delle portate.

Le portate misurabili sono ottenute dal calcolo teorico.

Le portate naturali sono quelle teoriche con aggiunta delle portate di prelievo a monte. Non sono conteggiate le restituzioni

Nell'asta fluviale interessata non sono censite ulteriori derivazioni.

## 6.1 DEFLUSSO MINIMO VITALE (D.M.V.)

Le misure di salvaguardia ambientale prevedono che in presenza di captazioni idriche ci sia un valore minimo della portata che deve essere lasciata defluire a valle della captazione al fine di mantenere vitali le condizioni di funzionalità e di qualità degli ecosistemi interessati.

Detto valore di portata è definito Deflusso Minimo Vitale (D.M.V.), ovvero la portata istantanea che in ogni tratto omogeneo del corso d'acqua garantisce la salvaguardia delle caratteristiche fisiche del corpo idrico, delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque nonché il mantenimento delle biocenosi tipiche delle condizioni naturali locali.

Dette misure di salvaguardia sono recepite nell' Articolo 15 *Deflusso Minimo Vitale*, al CAPO III - DEFLUSSO MINIMO VITALE, del "Regolamento demanio idrico" che stabilisce:

*Al fine di assicurare il minimo deflusso necessario alla vita animale e vegetale negli alvei sottesi, nonché allo scopo di garantire gli equilibri dei sistemi interessati e di assicurare il raggiungimento od il mantenimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici, le derivazioni di acque da corpi idrici superficiali sono soggette al rilascio del Deflusso Minimo Vitale (DMV).*

Ai sensi delle Misure di Piano del Progetto di Piano di Bilancio – Stralcio di “Bilancio Idrico” la disciplina inerente il DMV non si applica alle derivazioni da acque superficiali non dissipative che sfruttano la portata fluente con opere idrauliche trasversali al corso d’acqua. Infatti nell’Allegato 6 (Criteri integrativi per il rilascio di pareri sui prelievi da acque superficiali) vengono riportati i criteri integrativi, rispetto a quelli fissati nelle misure, per il rilascio del parere dell’Autorità sui prelievi da acque superficiali. In particolare al

punto 1 si afferma che per le “derivazioni non dissipative con restituzione in prossimità del punto di prelievo e nello stesso corpo idrico - il prelievo è sempre ammesso. Potrà essere proposta l’adozione o meno di dispositivi di mitigazione dell’impatto sul corpo idrico per opere di presa fisse in alveo”.

Non vengono quindi posti vincoli sulla quantità d’acqua derivabile, giacché il prelievo è non dissipativo e punto di presa e di rilascio sono praticamente coincidenti trovandosi rispettivamente a monte e valle della briglia: così facendo non viene ad esserci alcun tratto sotteso in cui la disponibilità idrica nel corso risulti diminuita.

Per il caso in questione trattandosi di impianto con presa e rilascio non fisicamente distinti, il DMV rilasciato sarà la portata necessaria al corretto funzionamento del passaggio artificiale per l’ittiofauna pari a 159 litri/s.

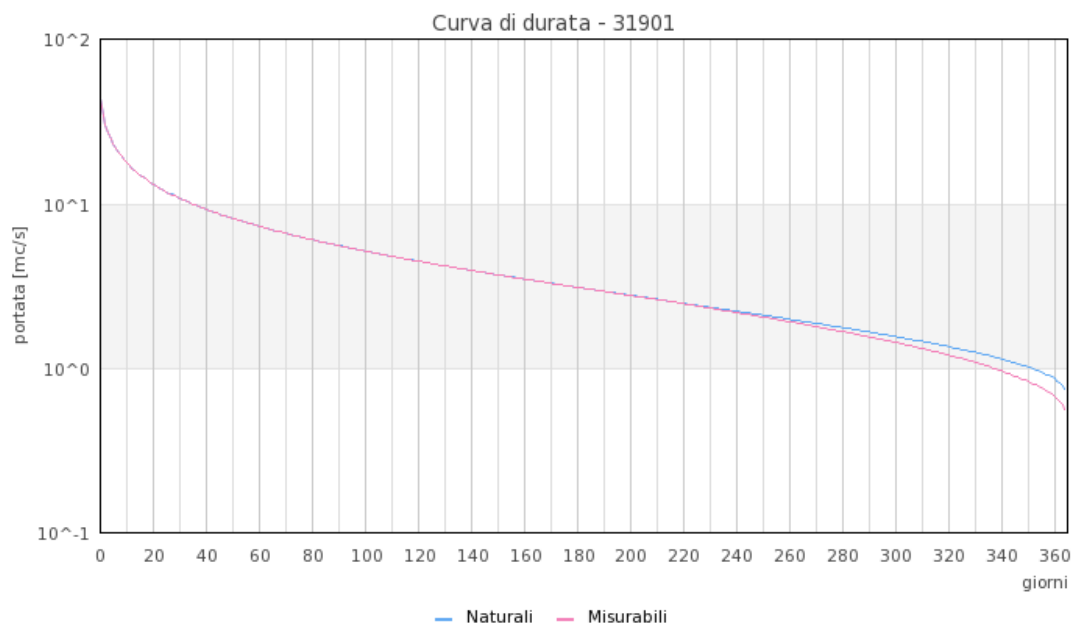


Figura 7 - Diagramma della curva di durata delle portate- Fiume Elsa – Loc. Granaiole

## 6.2 MONITORAGGIO PORTATE

La portata in corrispondenza dell'opera di presa sarà misurata quale somma della portata sfiorante il corpo briglia, della portata rilasciata dalla scala risalita ittiofauna e dalla portata turbinata.

La misura delle portate turbinate sarà data dalla misura indiretta della potenza generata dalla turbina al netto delle curve di rendimento certificate dal costruttore della turbina.

Il salto complessivo  $H$  sarà dato dalla differenza di quota del pelo libero dell'acqua fra monte e valle.

La potenza ideale è data da:

$$P_{id} = \frac{Q \times H}{102}$$

La potenza effettiva  $P$  è quella generata dalla turbina al netto del rendimento:

$$\eta = \frac{P}{P_{id}}$$

che è dato dalle curve caratteristiche fornite dal costruttore (di seguito se ne riporta un esempio).



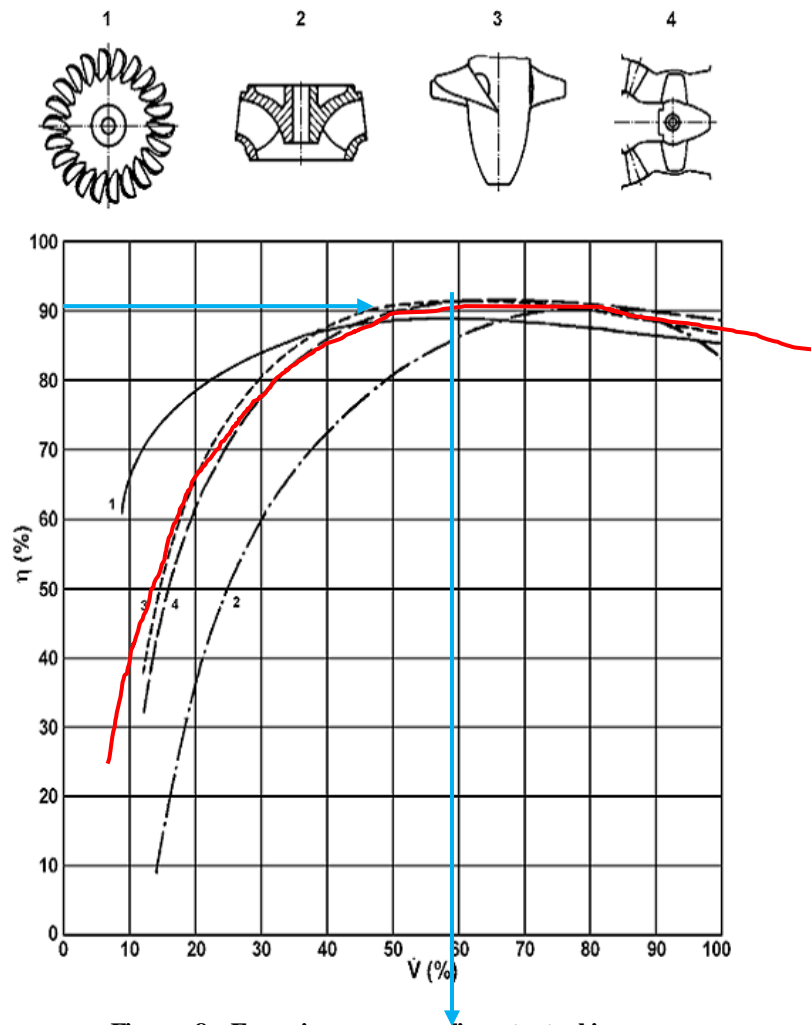


Figura 8 - Esempio curva rendimento turbina

### 6.1.1. Sensori di livello piezometrici

Il principio di funzionamento è basato su misura piezometrica di pressione differenziale, tenendo conto che un liquido esercita una pressione sul sensore che è proporzionale, oltre che all'altezza assunta dal liquido stesso, anche alla massa volumetrica e all'accelerazione di gravità.



Figura 9 – Sensore piezometrico

Nel cavo di collegamento del sensore è inserito un tubicino di compensazione della pressione atmosferica. Il sensore rileva la differenza tra la pressione atmosferica e la pressione idrostatica esercitata dalla colonna del liquido misurato. La sottrazione dei due valori di pressione consentono di ottenere la misura idrometrica del liquido al di sopra del sensore. La massa volumetrica può variare in funzione della composizione del liquido e della sua temperatura, per questo motivo il dato ottenuto viene compensato automaticamente con la temperatura del liquido misurata con un sensore incorporato alla sonda.

Il cavo elettrico di immersione è del tipo autoportante ed è in grado di garantire la totale impermeabilità.

Campo di misura:	da 0 m a 5 m
Risoluzione:	$\leq 10 \text{ mm}$
Precisione	$\pm 0,25\%$ del range o 6 mm
Montaggio	in un “tubo di calata” a scomparsa, diametro 2” pollici, al fine di garantire corrette misure del battente idrometrico, prevenendo, inoltre, danni al sensore stesso.

La sonda fornisce il segnale digitale del livello che verrà acquisito ai sistemi di controllo posti nei locali di centrale.

#### **6.1.2. Programma taratura sistemi di misura**

La taratura dei sistemi di misura verrà effettuata contemporaneamente alla messa in esercizio dell'impianto.

## 7. PARAMETRI ECONOMICI E PRODUTTIVI

La produttività dell'impianto è stata calcolata considerando una serie di parametri, fra cui:

- Portata del torrente variabile nel corso dell'anno
- Salto utile variabile al variare della portata del torrente
- Curve di rendimento impianto caratteristiche del tipo di turbina/generatore e variabili in base al carico
- Rendimento di trasformazione e trasporto energia elettrica variabile in base alla potenza erogata

### 7.1. VALORI PRODUTTIVI STIMATI

Il valore di portata massima derivata indicati nella presente relazione tecnica, è leggermente inferiore al valore di portata massima autorizzata nel procedimento n°14295 del 23/12/2016 (6,5 mc/s).

**MERS s.a.s., per ragioni tecnico economiche, ritiene di dover utilizzare una sola turbina, anziché due come previsto nel sopra indicato decreto autorizzativo.**

**I valori produttivi pertanto sono i seguenti (in armonia con i valori richiesti pubblicati sul BURT N° 5 del 3/3/2016).**

<b>Q max</b>	<b>5.745</b>	mc/s
<b>Q media</b>	<b>3.244</b>	mc/s
<b>Potenza</b>	<b>200</b>	kW
<b>Volumi</b>	<b>102.3</b>	Mmc/anno
<b>Salto</b>	<b>3.2</b>	m
<b>Potenza di concessione</b>	<b>101.8</b>	kW

*Caratteristiche tecniche impianto*