

# REGIONE LAZIO

Provincia di Roma

BACINO IMBRIFERO DELL'ALTO ANIENE E SIMBRIVIO

## IMPIANTO IDROELETTRICO DI AGOSTA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO CON  
DERIVAZIONE DAL FIUME ANIENE A QUOTA 342,00 M. S.L.M. IN  
COMUNE DI AGOSTA (RM) E DELLE RELATIVE OPERE DI  
CONNESSIONE ALLA RETE TERNA (CODICE – RTN T01-Sez.1.A).

### ET. 12. : PIANO FINANZIARIO DELLE OPERE PROGETTATE

**IL RICHIEDENTE LA CONCESSIONE:**

**MILANETTI FERDINANDO**

Via Raffaele Aversa, n. 96 – 00128 Roma (RM)

**IL PROGETTISTA:**

**Ing. Ferdinando MILANETTI**

**Albo Ingegneri di Roma: 11439**

F. Di...  
  
F. Di...

ROMA, Li 16 NOVEMBRE2016

FMI/--

Questo documento contiene informazioni di proprietà di Milanetti Ferdinando e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Milanetti Ferdinando.  
This document is property of Milanetti Ferdinando. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Milanetti Ferdinando.

## INDICE

---

1.0. – PREMESSA.....	PAG. 3
2.0. – POTENZA E RENDIMENTO.....	PAG. 5
3.0. – CALCOLO DELLA ENERGIA IDROELETTRICA MEDIA ANNUA PRODOTTA.....	PAG. 7
4.0. – QUADRO ECONOMICO ED ANALISI DEI COSTI E RICAVI ANNUI.....	PAG. 8
4.1. – QUADRO ECONOMICO.....	PAG. 8
4.2. – COSTO DEL KWh PRODOTTO.....	PAG. 10
4.3. – COSTI BENEFICI.....	PAG. 10
4.4. – INCENTIVI.....	PAG. 10
4.5. – ANALISI RICAVI.....	PAG. 11
4.6. – COSTI DI ESERCIZIO DELL'IMPIANTO .....	PAG. 11
5.0. – CONCLUSIONI.....	PAG. 12

## **ET. 12. : PIANO FINANZIARIO DELLE OPERE PROGETTATE**

### *1.0. - Premessa*

Il presente progetto si prefigge di utilizzare, ai fini energetici, lo sfruttamento delle acque provenienti dal Fiume Aniene a valle dell'attuale Centrale Idroelettrica di Subiaco (RM), dell'Enel Green Power S.p.A., ed a modulare le portate che saranno scaricate dalla nuova Centrale di Agosta per evitare le esondazioni a valle.

Il progetto prevede un bacino di accumulo artificiale attraverso la realizzazione di uno sbarramento del tipo alleggerito con presa subalvea con installate, all'interno del corpo stesso dello sbarramento, di dieci elettroturbine sommerse intercettate da paratoie cilindriche.

L'opera di prelievo dell'acqua dall'alveo fluviale è costituita da una presa subalvea autopulente che non crea perciò problemi di intasamento ed evita nello stesso tempo l'installazione all'esterno dello sbarramento di uno sgrigliatore.

Il deposito del trasporto solido dell'acqua che viene a formarsi a monte dello sbarramento, è tenuto sotto controllo da uno scandaglio elettronico collegato alla paratoia piana di scarico di fondo del bacino di monte che la fa sollevare fino ad abbassare la quota di sommità del sedimento formatosi.

Pertanto il sedimento non raggiungerà mai la sommità del paramento di monte dello sbarramento, ovviamente dovrà essere posta molta attenzione al funzionamento dello scandaglio se del caso intervenire sulla paratoia di scarico di fondo anche durante le portate massime del corso d'acqua.

Il macchinario elettromeccanico installato, completamente sommerso dall'acqua, permette la realizzazione di un impianto di produzione d'energia idroelettrica inserito nello sbarramento senza che vi sono visibili, all'esterno, parti di macchinario o di manufatti fuori dal profilo dello sbarramento stesso.

In particolare il problema legato alla presenza, all'esterno dello sbarramento, delle vie di corsa per il sollevamento delle paratoie di intercettazione dei gruppi di produzione è stato risolto utilizzando un nuovo tipo di paratoia cilindrica a cannocchiale concepita in modo tale da non richiedere tali guide e viene movimentata, dal basso verso l'alto, da due pistoni con attacco a cerniera.

Il funzionamento è a semplice effetto, considerando che lo scorrimento dall'alto verso il basso avviene per gravità, ciò consente al sistema un intervento in sicurezza intercettando il relativo gruppo generatore di energia.

Il problema del rumore, connesso al funzionamento dell'impianto, è risolto dalla presenza dell'acqua intorno al macchinario che ne attutisce l'intensità.

In definitiva utilizzando questo tipo di macchinario, in questo nuovo tipo di opera idraulica, si ottiene un impianto idroelettrico che consente di lasciare pressoché inalterato l'ambiente fluviale, salvo la presenza di una briglia come ce ne sono comunemente nei corsi d'acqua.

Inoltre, ai fini della manutenzione dell'impianto, ogni gruppo generatore installato è intercettato da una caditoia, con coperchio removibile a tenuta, realizzata, la caditoia, nello spessore della copertura in c.a., costituente il coronamento dello sbarramento, ogni qual volta deve essere fatta manutenzione al gruppo, un autocarro munito di gru semovente si porta sul piano del coronamento dello sbarramento stesso ed agganciato il gruppo generatore elettromeccanico, dopo averlo scollegato, lo solleva per poi caricarlo sullo stesso autocarro che lo porta in manutenzione.

Prima del sollevamento del gruppo generatore, lo stesso è sganciato dalla posizione di funzionamento facendolo leggermente ruotare su se stesso, essendo il sistema di fissaggio del tipo a "baionetta".

## 2.0. – Potenza e Rendimento

Viene di seguito richiamata la definizione della potenza idraulica di un impianto idroelettrico come per il nostro caso previsto in progetto e la sua determinazione.

La “potenza idraulica disponibile” è la potenza teorica che sarebbe fornita da un impianto idraulico senza perdite (rendimento = i); si intende quindi riferita al “salto lordo massimo” e ad una determinata portata utilizzata.

La “potenza nominale di concessione” è la potenza idraulica media teoricamente disponibile nell’anno in relazione alla portata ed al salto di concessione.

Quando la portata di concessione ( $Q_c$ ) sia espressa in mc/sec ed il salto di concessione ( $H_c$ ) in m, si ha la potenza di concessione ( $W_c$ ) espressa in KW dalla seguente formula:

$$W_c = 9,81 \times i \times Q_c \times H_c$$

La potenza effettiva di una utilizzazione idroelettrica si esprime in Kw ed è in funzione della portata d’acqua utilizzata e del salto utile o salto motore (per l’ovvio motivo di non imputare al motore idraulico delle perdite che dipendono da questo) e del rendimento complessivo dell’impianto: condotta, turbina, generatore elettrico.

Indicando con:

$H_u = \dots\dots\dots$ salto motore;

$Q_u = \dots\dots\dots$ portata utilizzata;

$\eta_e = \dots\dots\dots$ rendimento della condotta (0,93 ÷ 0,98);

$\eta_t = \dots\dots\dots$ rendimento della turbina (0,85 ÷ 0,92);

$\eta_g = \dots\dots\dots$ rendimento del generatore elettrico (0,95 ÷ 0,98);

$\eta = \eta_e \times \eta_t \times \eta_g = \dots\dots\dots$ rendimento complessivo dell’impianto.

Si ha la potenza effettiva  $W_c = 9,81 \times \eta \times Q_u \times H_u$

In prima approssimazione, ove non siano noti i rendimenti, si può assumere per i piccoli impianti il prodotto:

$$9,81 \times \eta = 7,5 \div 8.$$

Si definisce “potenza efficiente” di una Centrale Idroelettrica la massima potenza elettrica sviluppabile dalla Centrale in servizio continuo nelle più favorevoli condizioni di salto e di portata ( $Q_{\max d}$  = portata massima derivabile).

Pertanto nel nostro caso, avendo definito sia il salto massimo e sia la portata derivabile massima, avremo che la potenza efficiente è data da:

$$W_c = 8,0 \times \eta \times Q_{\max d} \times H_u$$

Da cui, sostituendo avremo:

$$W_c = 8,0 \times 28,00 \times 13,00 = \dots\dots\dots 2912 \text{ KW} = \text{circa } 3 \text{ MW}.$$

Per quanto riguarda il macchinario occorre definire le potenze nominali.

Per i motori primi idraulici, la potenza nominale è determinata all'albero e si esprime in Kw.

Per i generatori elettrici, la potenza nominale è determinata ai morsetti e si esprime, per i generatori a corrente continua e per quelli asincroni in Kw; per i generatori sincroni in KVA (potenza elettrica apparente) e se possibile anche in Kw.

Il valore della potenza nominale è rilevato generalmente dai dati di targa.

La “potenza nominale di una Centrale Idroelettrica” è la somma delle potenze nominali delle macchine della stessa categoria (turbine, generatori) di tutti i gruppi idroelettrici che la compongono.

Pertanto, per il nostro caso avremo che la Potenza Nominale – Pn – è pari a:

$$P = Q \times H \times g \times \eta$$

Da cui abbiamo

$$P_n = 9,01 \times 12,5 \times 9,81 \times 0,84 = \dots\dots\dots 928,08 \text{ KW}.$$

### 3.0. – *Calcolo dell’Energia Idroelettrica media annua Prodotta*

Prima di eseguire il calcolo dell’energia idroelettrica prodotta vengono qua di seguito riportate le caratteristiche idroelettriche dell’impianto di Agosta che sono le seguenti:

- Salto lordo max:.....13,0 m;
- Salto lordo medio:.....12,5 m;
- Salto netto max:.....12,0 m;
- Salto netto medio:.....12,5 m;
- Portata massima derivata:.....28,0 m<sup>3</sup>/s;
- Portata media derivata:.....9,01 m<sup>3</sup>/s;

A partire da tali dati e considerando i seguenti rendimenti:

- rendimento turbina kaplan al variare della portata turbinata;
- rendimento generatore a magneti permanenti ed inverter:.....95%;
- rendimento trasformatore:.....98%;
- rendimento linea ed ausiliari:.....97%;

Si è ottenuta, vedi punto che precede, una potenza media prodotta annua di 2912 KW, pari a circa 3 MW.

Pertanto il calcolo della producibilità annua dell’Impianto Idroelettrico di Agosta è definita in base alla curva di durata ed alla utilizzazione delle portate d’acqua derivate, in base al salto medio in metri, al numero di ore di funzionamento annuo, al numero di gruppi elettromeccanici da installare previsti in progetto, ed avendo un rendimento medio di 0,8 circa, ed essendo, pertanto:

$$E_{tot.} = 9,81 \times P_m \times H_m \times h/anno \times \eta_m$$

e sapendo che:

- g = .....9,81;
- P<sub>m</sub> = portata media annua = .....9,01 mc/s;
- H<sub>m</sub> = salto medio = .....12,5 m;
- h/anno = ore di funzionamento annue:.....8.760 ore;
- η<sub>m</sub> = rendimento medio delle macchine:.....0,8;

Dal valore di potenza media calcolata, e sostituendo, abbiamo una produzione annua di:

$$E_{tot.} = 9,81 \times 9,01 \times 12,5 \times 8.760 \times 0,8 = .....7,743 \text{ GWh};$$

Avendo considerato di produrre per 8760 ore annue e quindi non considerando un fermo impianto che potrebbe essere di circa il 5%.

#### 4.0. – *Quadro Economico ed Analisi dei Costi e Ricavi Annui*

##### 4.1. – *Quadro Economico*

I costi imputabili alla soluzione in esame per quanto riguarda le opere elettriche, meccaniche e civili sono riassunti dalle tabelle sottostanti:

<b>OPERE ELETTRICHE</b>	
Trasformatori (Trasformatore di macchina, Trasformatore SA)	€ 100 000
Cabina MT, TR MT/BT, Quadro MT 20 kV	€ 50 000
QUADRO BT MONT. DI GRUPPO 690 V	€ 40 000
Cavi e terminazioni di pot. MTe BT	€ 20 000
Sevizi ausiliari cc - ca	€ 100 000
Sistema automazione	€ 100 000
Montaggi elettrici	€ 60 000
Linea di connessione alla rete trasformatore Cabina di consegna	€ 20 000
Linee MT entra-esci Cabina di consegna-rete esistente + allestimento Cabina + connessione	€ 50 000
<b>Totale costo opere elettriche</b>	<b>€ 540 000</b>

<b>OPERE MECCANICHE</b>	
N. 10 Gruppi turbina generatore (n. 5 tipo a pale fisse e n. 5 tipo a pale variabili) + valvola di macchina + diffusore + SOD	€ 1 000 000
Inverter	€ 120 000
Carro Ponte	€ 80 000
Paratoie di presa e di scarico	€ 200 000
<b>Totale costo Opere Meccaniche</b>	<b>€ 1 400 000</b>



<b>OPERE CIVILI</b>	
Scavi e rinterrì in alveo fluviale per la realizzazione dello Sbarramento e della Centrale, ecc)	€ 200 000
Sbarramento del tipo alleggerito (calcestruzzi, armature, casseri, finiture...)	€ 1 700 000
Scavi e rinterrì per la realizzazione degli argini del Bacino di accumulo	€ 500 000
Edificio Servizi e Cabina MT	€ 150 000
Cantiere	€ 100 000
Arrotondamenti	€ 50 000
<b>Totale costo Opere civili</b>	<b>€ 2 700 000</b>

Nella tabella sottostante si possono invece ricavare il costo dell'investimento e il capitale da investire; per ricavarlo, al costo di installazione dell'impianto, sono stati aggiunti i costi di progettazione dello stesso, pari al 6% del totale dell'impianto, e le spese di istruttoria, pari a 549 € secondo quanto espresso per le piccole derivazioni ad uso idroelettrico dall'aggiornamento per l'anno 2016 delle spese di istruttoria per gestione demanio idrico.

Complessivamente la situazione è così riassumibile:

Opere elettromeccaniche	€ 1 940 000
Opere civili	€ 2 700 000
Sicurezza (3%)	€ 130.000
Contingency (5% Meccanico; 10% Civile)	€ 250.000
<b>TOTALE IMPIANTO</b>	<b>€ 5.020.000</b>
Autorizzazioni, concessione, espropri, progettazione, avviamento e collaudo dell'impianto (6%)	€ 300.000
Spese istruttoria	€ 5 000
<b>TOTALE CAPITALE</b>	<b>€ 5.325.000</b>

#### 4.2. – Costo del KWh prodotto

Per la determinazione del costo per ogni chilowattora di energia idroelettrica prodotto dall'Impianto, è considerato il costo dell'impianto, gli anni di concessione ed il coefficiente di costo (\*), da cui si ha:

5.350.000.00/30 anni = ..... 178.333.33;

Ed ancora, avremo:

178.333.33 / 8760 = ..... 20,36 €;

Per cui avremo:

20,36 € / 928,08 (kW) = ..... 0,022 € / kW h;

#### 4.3. – Costi Benefici

<b>COSTI</b>				
ANNUO	COSTO COMPLESSIVO	ANNI DI FUNZIONAMENTO	COSTO ANNUO	
	€5.325.000,00	30	€	177.500,00
TOTALE	COSTO COMPLESSIVO		COSTO TOTALE	
			€	5.325.000,00
<b>BENEFICI</b>				
ANNUO	INCENTIVI (€/KWh)	ANNI DI FUNZIONAMENTO	ENERGIA MEDIA ANNUA (MWh)	BENEFICIO ANNUO
€	31,05		7742,80	240.413,94
TOTALE			ENERGIA MEDIA ANNUA (MWh)	
	31,05	30	7742,80	5.368.178,01

#### 4.4. – Incentivi

<b>CALCOLO DEGLI INCENTIVI</b>				
CASO	TARIFFA ONNICOMPENSATIVA	$T_o = D \cdot (T_b + PR - P_{zmo}) + P_{zmo}$	COSTO ANNUO	
T <sub>b</sub>	PR	P <sub>zmo</sub>	D	T <sub>o</sub> (€/KWh)
180	O	59,26	0,5	31,05
		R = COSTO TOTALE (€/KWh)	CR	R
DIPENDE DA	R = COSTO TOTALE (€/KWh)/CR	€1.840,00	2300	0,80

SE R > 0,5 ALLORA D = 0,5

#### 4.5. – *Analisi Ricavi*

I dati di produzione stimati per l'impianto sono riportati nella tabella seguente:

Portata media derivata	9,01 m <sup>3</sup> /s;
Salto medio netto	12,5 m;
Potenza di concessione dell'impianto	2.912 kW;
Energia media annua prodotta	7,743 GWh;

Secondo il DM del 06-07-2012 - Attuazione dell'art. 24 del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, recante incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti a fonti rinnovabili diverse dai fotovoltaici, per impianti con potenza inferiore a 5000 kW si può accedere ad una tariffa incentivante pari a 180 €/MWh, da scalare di un 2% all'anno per l'entrata in esercizio dopo il 2013.

Considerando il prezzo di vendita dell'energia pari a 214,62 €/MW e l'energia media annua prodotta di 7,743 GWh si ottiene un ricavo annuo di circa €589.000 per 30 anni.

#### 4.6. – *Costi di Esercizio dell'Impianto*

Il costo annuo dell'impianto idroelettrico è dato da:

- Spese manutenzione: tali spese sono state assunte pari al 2% del costo dell'impianto.
- Tasse e canoni: tali costi sono funzioni della potenza installata.

Nell'analisi si è utilizzato un costo di 18 €/kW secondo quanto imposto dalla Regione Lazio con la Legge Regionale n. 18 del 23/11/2006 e s.m.ed a..

<b>COSTI ANNUI</b>		
Costi gestione manutenzione	2%	€ 100.000,00
Costo tasse e canoni	35,00 €/kW	€ 25.000,00
	Costo impianto	€ 125.000,00

### 5.0. – Conclusioni

Da quanto precede, si ritiene realizzabile l'Impianto Idroelettrico di AGOSTA i cui dati impiantistici riassuntivi sono i seguenti:

- Derivabilità massima:.....28 mc/sec.;
- Producibilità:.....7,743 GWh;
- Costo complessivo:.....5.325 K€;
- Costo del kWh:.....0,022 €/ kW h.

**IL RICHIEDENTE LA CONCESSIONE:**  
**MILANETTI FERDINANDO**  
Via Raffaele Aversa, n. 96 – 00128 Roma (RM)

**IL PROGETTISTA:**  
Ing. Ferdinando MILANETTI  
Albo Ingegneri di Roma: 11439

F. Di...  
  
F. Di...

ROMA, Li 16 NOVEMBRE 2016

FMi/-