

REGIONE PIEMONTE  
Comune di  
Premia  
Provincia del Verbano Cusio Ossola

**PROGETTO ESECUTIVO**

Data:

# IMPIANTO IDROELETTRICO SU FIUME TOCE

CON DERIVAZIONE SCARICO CENTRALE ENEL DI CADARESE

**OPERE CIVILI**  
Lavori di posa condotta forzata DN 2500 in PRFV

Elaborato:

**02**

RELAZIONE TECNICO - ECONOMICA DI  
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO e relativa  
CONDOTTA

Progetto:

**C.G.M. s.r.l.**

Via Carale di Masera, 13  
28845 DOMODOSSOLA (VB)  
tel. 0324 241693  
fax 0324 44693  
E-Mail: info@studiotecnicocgm.com

Committente:

**S.I.F.T. s.r.l.**

**Società Idroelettrica Fiume Toce**  
P.za Municipio, 9  
28866 PREMIA (VB)

VARIAZIONI	F			
	E			
D				
C				
B	Ex elab. 2 - Nuova emissione conforme a progetto autorizzato	07/11	gs.	chieu
A	Emissione	04/11	gs.	chieu
rev.	Descrizione	data	dis.	contr.



**S.I.F.T. S.r.l.**  
**Società Idroelettrica Fiume Toce.**  
**Centrale Idroelettrica di Piedilago**

---

**Relazione tecnico-economica di dimensionamento dell'impianto**

---

Sommario :

**1 - Generalità.**

**2 - Calcolo del salto netto.**

- 2.1 - Perdite di carico distribuite in condotta
- 2.2 - Perdite di carico concentrate in corrispondenza alle curve
- 2.3 - Perdite di carico sulla griglia di imbocco.
- 2.4 - Perdite di carico all'imbocco condotta
- 2.5 - Calcolo delle perdite di carico in funzione della portata.
- 2.6 - Calcolo del salto netto ai gruppi in funzione della portata.
- 2.7 - Potenza disponibile alle turbine.

**3 - Valutazione dei rendimenti.**

- 3.1 - Rendimenti delle turbine.
- 3.2 - Rendimento del generatore.
- 3.3 - Rendimento del moltiplicatore.
- 3.4 - Rendimenti meccanici globali.

**4 - Elaborazione dei dati di portata.**

- 4.1 - Analisi della produzione annua degli anni 2007-2010 per una sola turbina biregolante.
- 4.2 - Analisi della produzione annua degli anni 2007-2010 con due turbine biregolante+monoregolante.

**5 - Ammortamento annuo del costo condotta.**

**6 - Riepilogo dei dati.**

**7 - Conclusioni**

## 1 - Generalità

Gli studi preliminari di dimensionamento dell'impianto hanno portato ad individuare diverse possibili alternative di scelta del macchinario e della condotta.

Per il macchinario si considerano le due possibili alternative seguenti :

- a) un singolo gruppo con turbina tipo Kaplan biregolante.
- b) Una turbina Kaplan biregolante ed una Kaplan monoregolante.

Nella scelta della condotta per la facilità di posa ci si è orientati verso tubazioni in PRFV. Si considerano in alternativa i seguenti diametri :

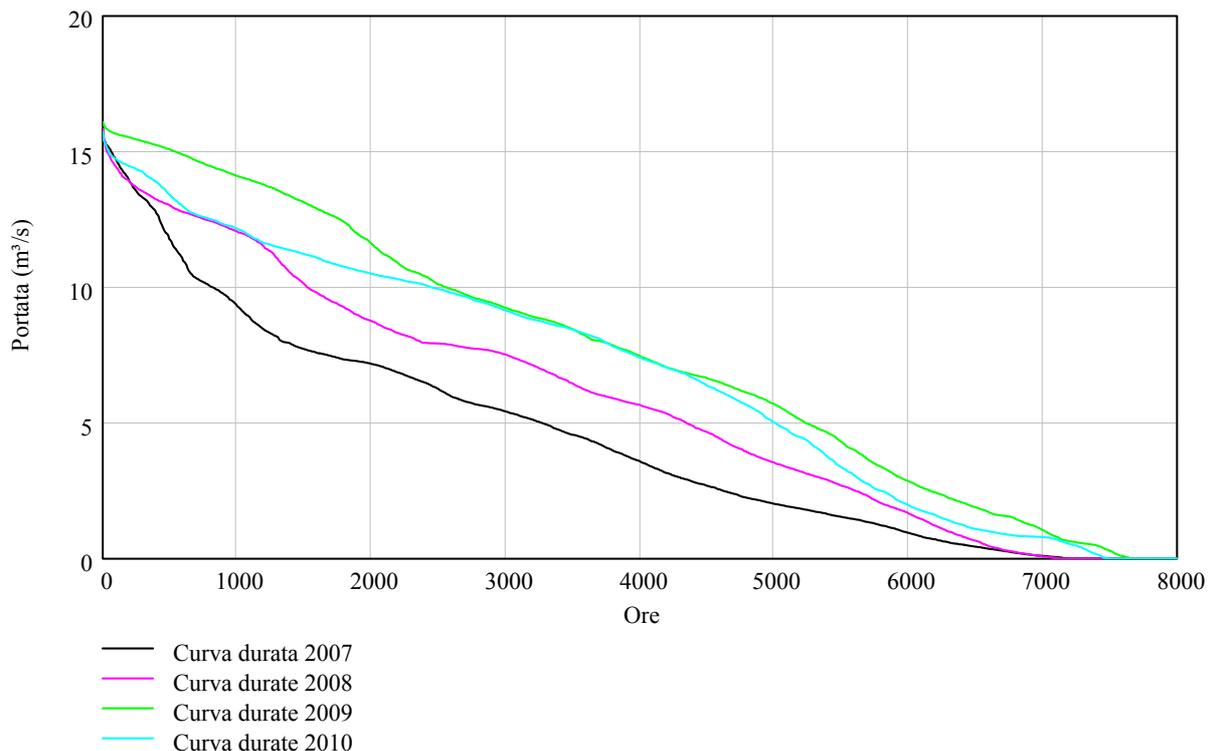
$$De := \begin{pmatrix} 2400 \\ 2500 \\ 2700 \end{pmatrix} \cdot \text{mm}$$

Nelle varie ipotesi si valutano, in base ai dati di portata rilevati negli anni dal 2007 al 2010, le portate di progetto delle due turbine che risultino maggiormente remunerative ed il diametro più economico della condotta.

Nei paragrafi che seguono si svolgono le seguenti elaborazioni :

- Cap. 2 - Si determina il salto netto e la potenza idraulica disponibile alla turbina, in funzione del diametro della condotta e della portata derivata.
- Cap. 3 - Si valuta il rendimento globale di gruppo per ciascuna delle alternative individuate.
- Cap. 4 - Si analizza la produzione annua, nelle due ipotesi, individuando per ciascuna soluzione le portate di massimo rendimento e la soluzione ottimale.
- Cap. 5 - Si fa una verifica economica al fine di valutare il diametro ottimale.
- Cap. 6 - Si riepilogano costi e ricavi per una valutazione di fattibilità economica.

Le curve di durata delle portate derivate negli anni 2007 - 2010 (al netto del DMV) sono riportate in figura :



Si hanno le seguenti portate medie, per i vari anni di rilevazione :

Anno 2007 :	$Q_{med_0} = 4.03 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Anno 2008 :	$Q_{med_1} = 5.24 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Anno 2009 :	$Q_{med_2} = 6.81 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Anno 2010 :	$Q_{med_3} = 6.17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Media globale anni 2007-2010 :	$Q_{medt} = 5.56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Portata media annua di concessione ENEL :  $Q_{conc} := 6.53 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (  $6.67 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  nel periodo 2007-2010 )

Portata massima di concessione :  $Q_{max} := 15 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

## 2 - Calcolo del salto netto

### 2.1 - Perdite di carico distribuite in condotta

in funzione della portata derivata ( $Q_x$ )  
e del diametro condotta ( $D_x$ ).

Sezione della condotta :

$$A_c(D_x) := \frac{\pi}{4} \cdot D_x^2$$

Velocità media in funzione della portata e  
del diametro :

$$V(Q_x, D_x) := \frac{Q_x}{A_c(D_x)}$$

Secondo quanto riportato nelle istruzioni dei costruttori si utilizza la formula di Darcy-Weisback :

Coefficiente di scabrezza :  $K_{1, \text{WW}} := 125 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  tubi in PRFV nuovi.

$K_2 := 120 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  tubi in PRFV vecchi.

Il coefficiente di resistenza viene valutato con la formula di Gauckler-Strickler :

Ipotizzando una situazione di tubo vecchio :

$$K_{\text{WW}} := K_2$$

$$\beta(D_x) := \frac{10.3}{K^2 \cdot D_x^{\frac{1}{3}}}$$

Perdita di carico :  $J(Q_x, D_x) := \beta(D_x) \cdot \frac{Q_x^2}{D_x^5}$



Lunghezza sviluppata della condotta (dal profilo longitudinale) :

$$L_c := 871 \cdot \text{m}$$

Perdita di carico totale :  $\Delta H_{\text{dist}}(Q_x, D_x) := J(Q_x, D_x) \cdot L_c$

## 2.2 - Perdite di carico concentrate in corrispondenza delle curve :

Si considerano curve di ampio raggio, superiore a 10 volte il diametro della tubazione.

Dall'esame del tracciato planimetrico della condotta, si evidenziano in ordine progressivo le seguenti curve :

$$\alpha := (40.06 \quad 23.52 \quad 28.51 \quad 14.35 \quad 10.66 \quad 15.96 \quad 15.72 \quad 15.40 \quad 15.19 \quad 10.72 \quad 22.45) \cdot \text{deg}$$

Numero di curve previste :  $n_c := 11$

Somma delle perdite di carico (da "Condotte in acciaio per grandi acquedotti - Progettazione di tubazioni saldate" - Dalmine ILVA - pag. 16) :

$$\Delta H_{cc}(Qx, Dx) := 0.566 \cdot \frac{V(Qx, Dx)^2}{2 \cdot g} \cdot \sum_{i=0}^{n_c-1} \tan\left(\frac{\alpha_{0,i}}{2}\right)$$

## 2.3 - Perdite di carico sulla griglia di imbocco

Si utilizzano nel calcolo le formule riportate al paragrafo 3.11.15 a pag. H-255 del "Nuovo Colombo - Manuale dell'Ingegnere" - 81a ed.

Larghezza della griglia	$L_g := 5.0 \cdot \text{m}$
altezza d'acqua sulla griglia	$H_g := 1.5 \cdot \text{m}$
Inclinazione della griglia sulla verticale	$\alpha_g := 17 \cdot \text{deg}$
Spessore delle lame	$s_g := 10 \cdot \text{mm}$
Luce tra le lame	$b_g := 30 \cdot \text{mm}$
Coefficiente di forma della griglia : (Fig. 5a - profilati dritti, spigoli non arrotondati)	$\beta_g := 2.42$

Velocità corrispondente alla sezione totale lorda :  
(inclusa l'area della griglia)

$$V_{gr}(Qx) := \frac{Qx}{H_g \cdot L_g} \cdot \frac{s_g + b_g}{b_g}$$

Perdita di carico :

$$\Delta H_{gr}(Qx) := \beta_g \cdot \left(\frac{s_g}{b_g}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{V_{gr}(Qx)^2}{2 \cdot g} \cdot \sin(\alpha_g)$$

## 2.4 - Perdite di carico imbocco condotta

Da "Condotte in acciaio per grandi acquedotti" - pag. 15.

Si considera un raccordo a traccia circolare, fig. 1-5, di raggio  $r = 0,04 D$

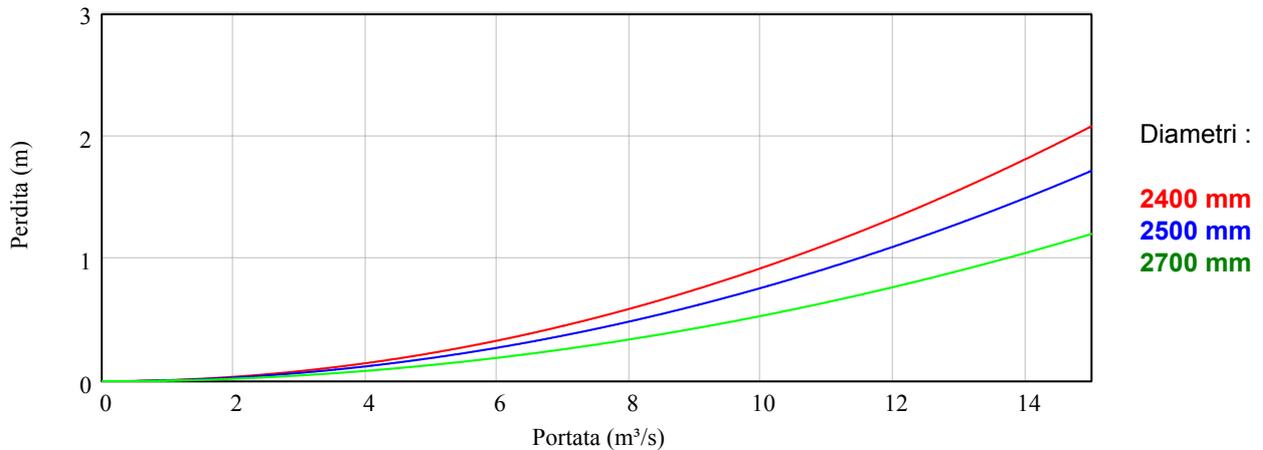
Coefficiente di perdita d'imbocco, Tabella 1-III :  $\beta_i := 0.20$

Perdita di carico :

$$\Delta H_{imb}(Qx, Dx) := \beta_i \cdot \frac{V(Qx, Dx)^2}{2 \cdot g}$$

### 2.5 - Calcolo perdite di carico in funzione della portata

$$\Delta H(Q_x, D_x) := \Delta H_{\text{dist}}(Q_x, D_x) + \Delta H_{\text{cc}}(Q_x, D_x) + \Delta H_{\text{gr}}(Q_x) + \Delta H_{\text{imb}}(Q_x, D_x)$$



### 2.6 - Calcolo salto netto ai gruppi in funzione della portata

Non essendo nota a priori la quota di restituzione nell'invaso di Piedilago, si considera una quota media tra i livelli massimi e minimi di invaso.

Quota dell'opera di presa :

$$H_{\text{pre}} := 727.85 \cdot \text{mslm}$$

Quota della vasca di carico :

$$H_{\text{va}} := 727.65 \cdot \text{mslm}$$

Dislivello tra opera di presa e vasca di carico :

$$\Delta H_{\text{vc}} := H_{\text{pre}} - H_{\text{va}} \quad \Delta H_{\text{vc}} = 0.20 \text{ m}$$

Quota media di restituzione :

$$H_{\text{cen}} := 717 \cdot \text{mslm}$$

Salto geodetico :

$$H_{\text{g}} := H_{\text{va}} - H_{\text{cen}} \quad H_{\text{g}} = 10.65 \text{ m}$$

Salto netto alla portata  $Q_x$  :

$$H_{\text{n}}(Q_x, D_x) := H_{\text{g}} - \Delta H(Q_x, D_x)$$

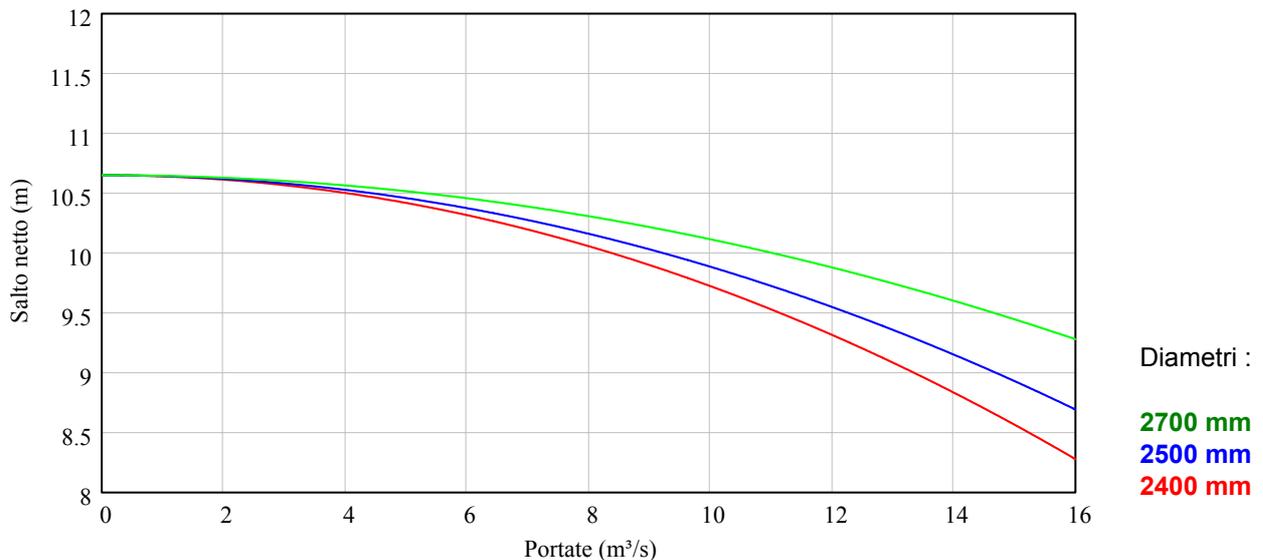
Potenza disponibile alla presa :

$$W_{\text{disp}}(Q_x) := \gamma_w \cdot Q_x \cdot H_{\text{g}}$$

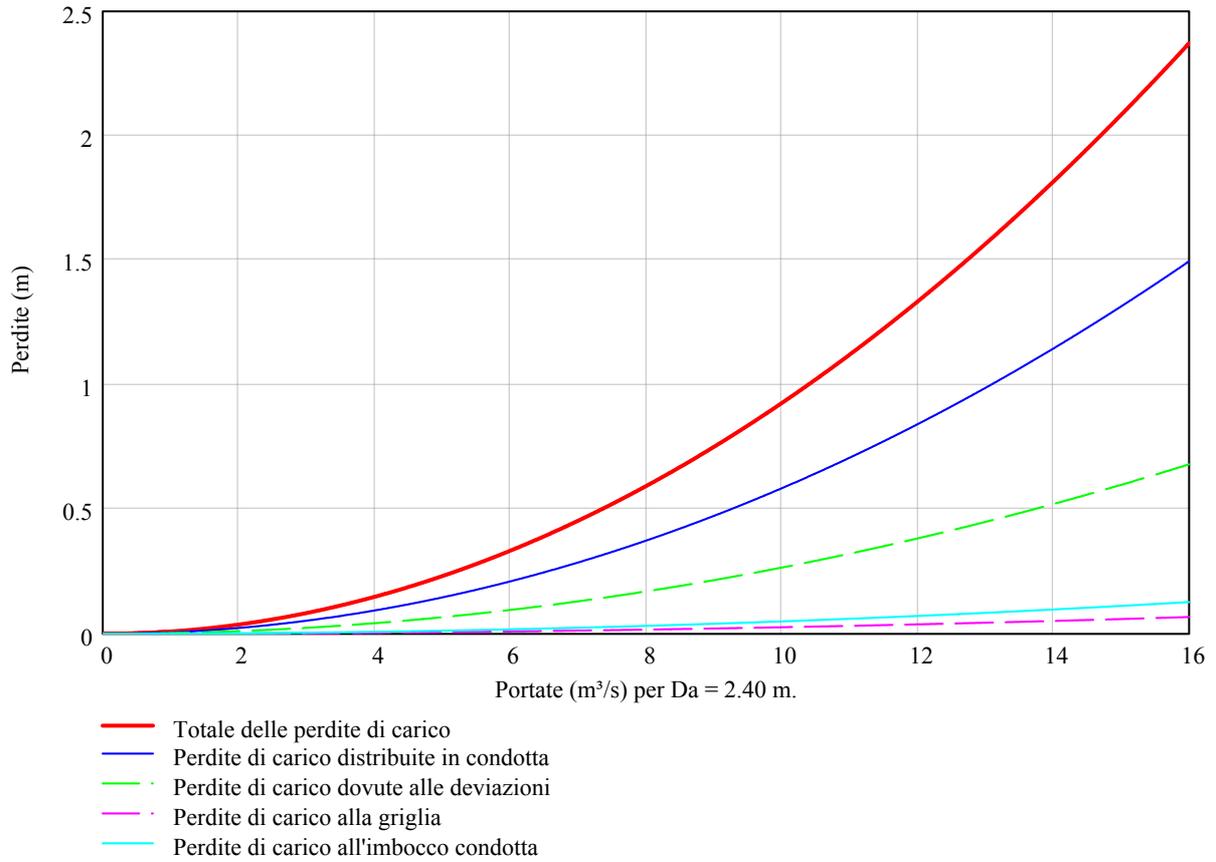
Potenza disponibile in ingresso turbina :

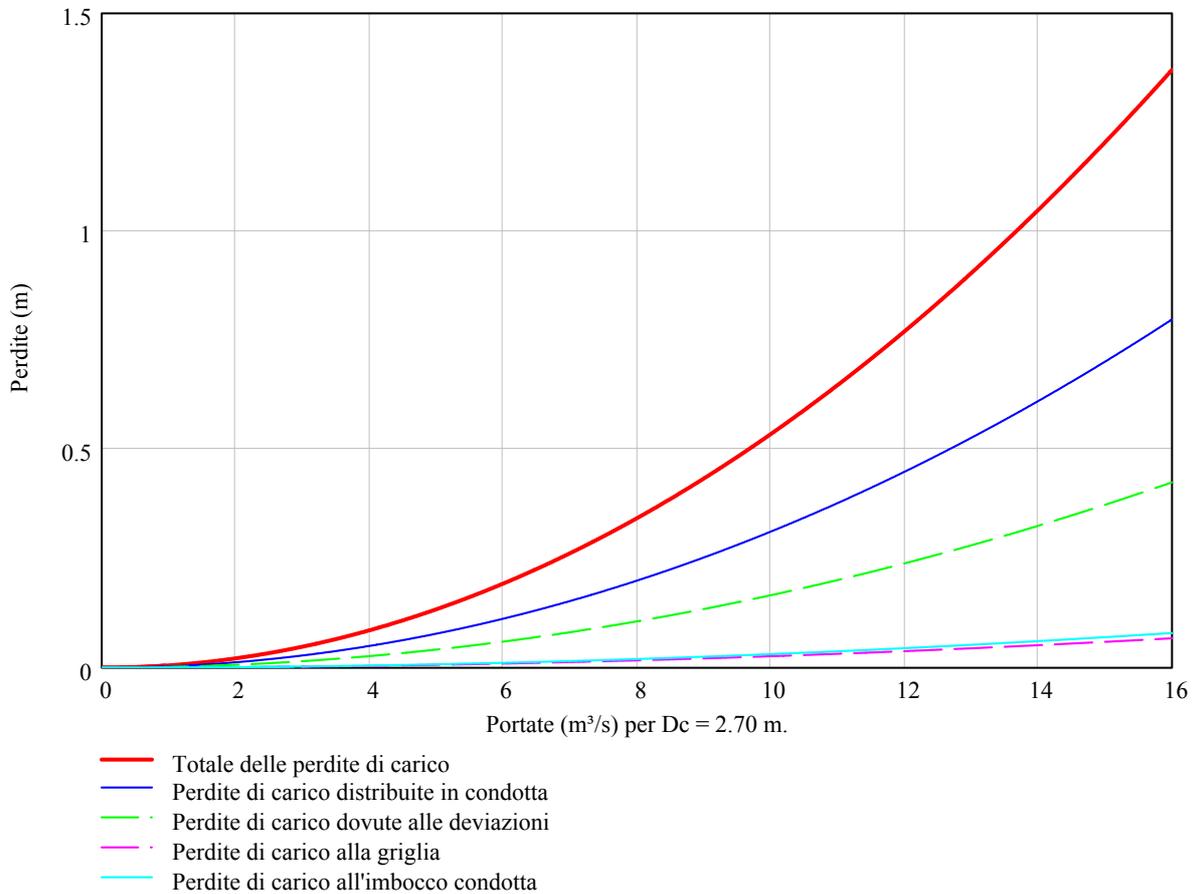
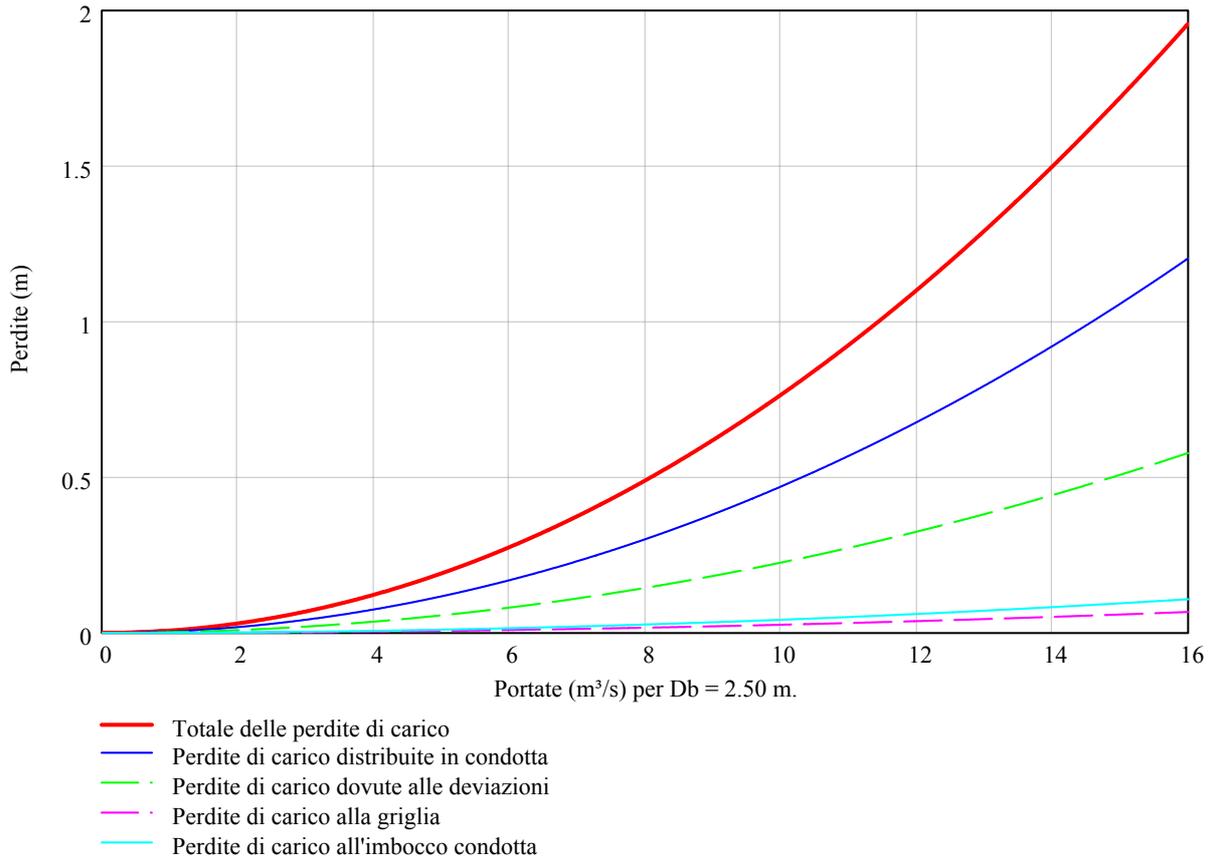
$$W_{\text{t}}(Q_x, D_x) := \gamma_w \cdot Q_x \cdot H_{\text{n}}(Q_x, D_x)$$

**Stima del Salto Netto disponibile, in metri, in funzione della portata disponibile, in mc/s, nella ipotesi di mantenere il livello della vasca di carico costante**



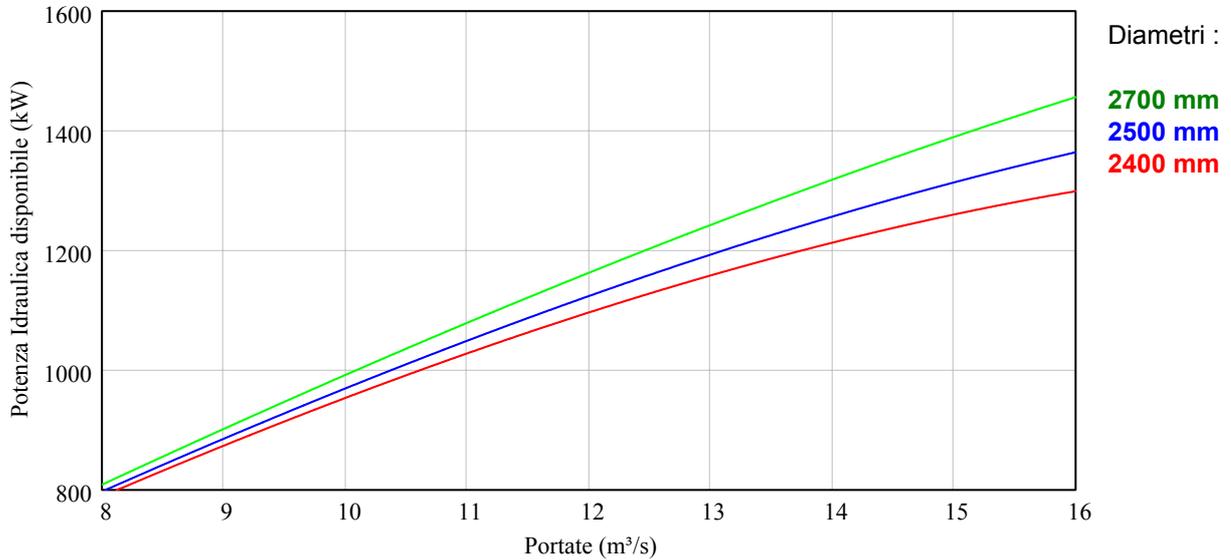
**Perdite di carico (in metri) in funzione della portata derivata (mc/s).**





## 2.7 - Potenza disponibile alle turbine

Stima della potenza disponibile in kW , in funzione della portata disponibile, in mc/s, nella ipotesi di mantenere il livello della vasca di carico costante



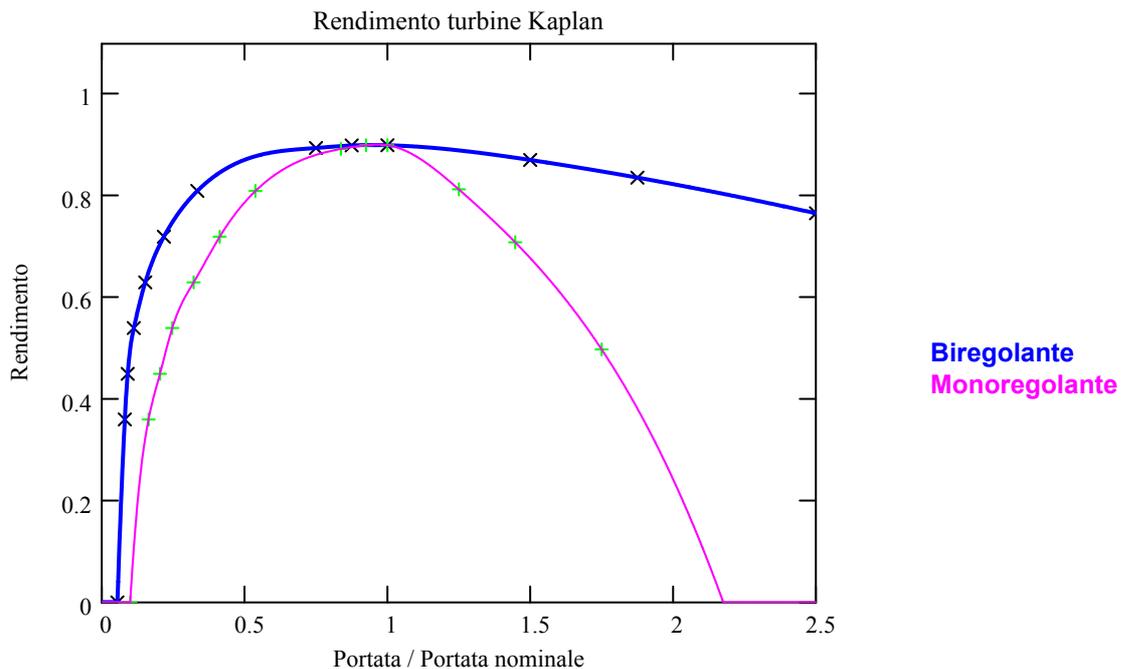
## 3 - Valutazione dei rendimenti

Si valutano i rendimenti complessivi di gruppo, come prodotto dei rendimenti dei singoli componenti : turbina, generatore e moltiplicatore..



### 3.1 - Rendimenti delle turbine

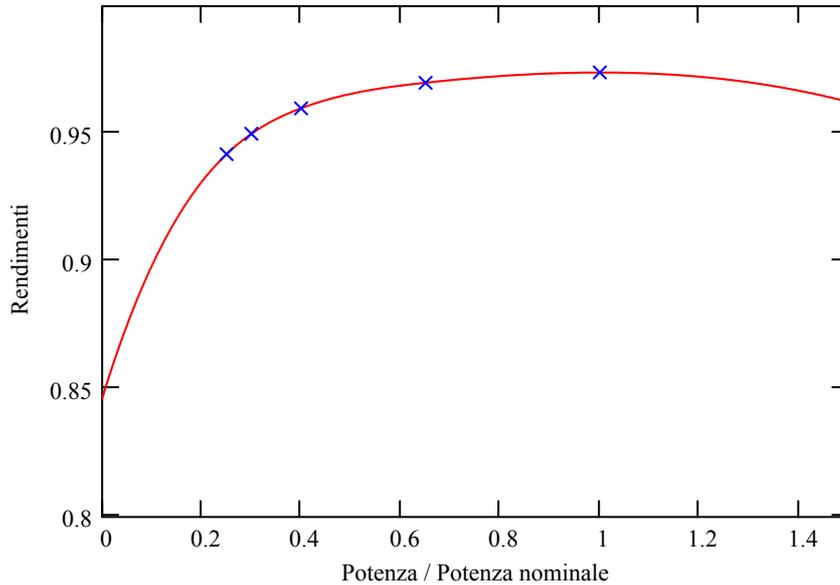
Il seguente grafico riporta le curve di rendimento tipiche delle turbine Kaplan biregolanti e monoregolanti, con numeri di giri caratteristici prossimi ai valori di progetto, riferite alla portata nominale intesa come portata di massimo rendimento.



### 3.2 - Rendimento del generatore :



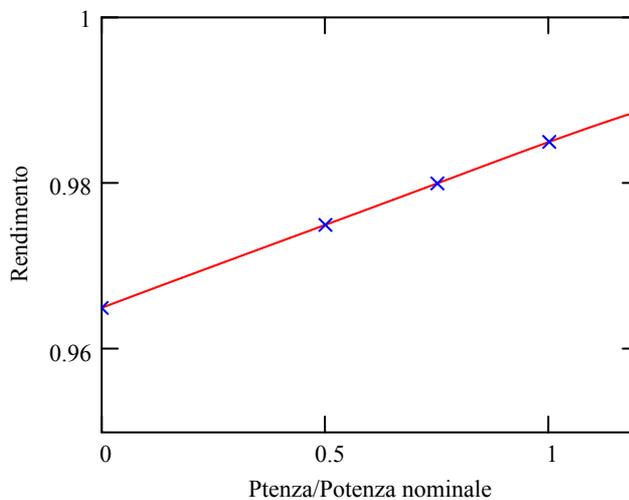
La curva di rendimento tipica di un generatore sincrono con taglia e velocità prossime a quelle di progetto è la seguente :



### 3.3 - Rendimento del moltiplicatore :



Si assume la seguente curva di rendimento per il moltiplicatore :



## 4 - Elaborazione dei dati di portata

### 4.1 - Analisi della produzione annua degli anni 2007 - 2010 (compresi i rendimenti turbine) per una sola turbina biregolante.

Sulla base delle rilevazioni di portata è stata definita la portata nominale che massimizza la produzione media annua.

Portata di massimo rendimento stimata :

$$Q_{\text{optmed}} := 9.7 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$



Si ottengono i seguenti valori di produzione annua :

Produzioni massime di ciascun anno :

Anno 2007 :	Proda(Db, 0) = 2847 MWh
Anno 2008 :	Proda(Db, 1) = 3714 MWh
Anno 2009 :	Proda(Db, 1) = 3714 MWh
Anno 2010 :	Proda(Db, 3) = 4355 MWh

Produzione massima sulla media di 4 anni :	Prodamed(Da) = 3843 MWh	per	Da = 2.40 m
	Prodamed(Db) = 3912 MWh		Db = 2.50 m
	Prodamed(Dc) = 4010 MWh		Dc = 2.70 m

Ipotizzando un prezzo unitario di vendita dell'energia pari a :  $Cst := 0.22 \cdot \text{Euro} \cdot \text{kWh}^{-1}$

si ottiene un ricavo medio annuo di	Cst·Prodamed(Da) = 845415.90 Euro per	Da = 2.40 m
	Cst·Prodamed(Db) = 860642.05 Euro	Db = 2.50 m
	Cst·Prodamed(Dc) = 882206.98 Euro	Dc = 2.70 m

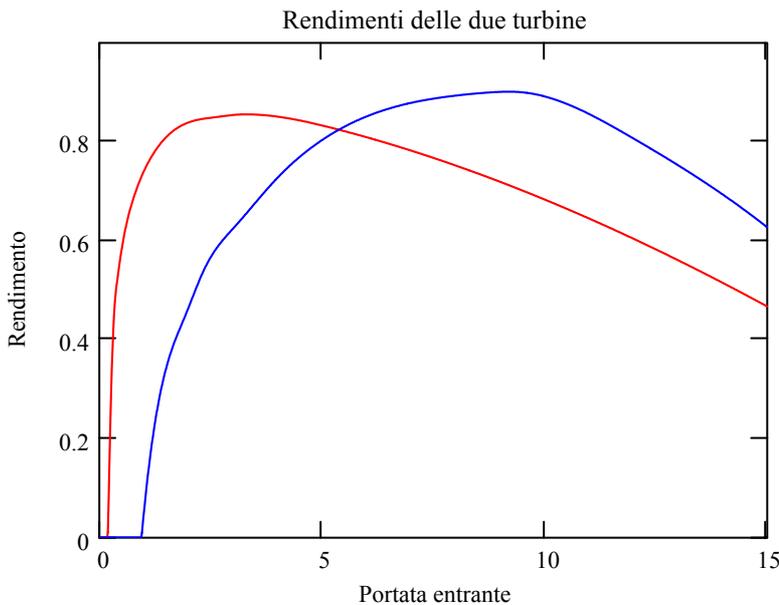
**4.2 - Analisi della produzione annua degli anni 2007 - 2010 (compresi i rendimenti turbine) per la soluzione con due turbine biregolante + monoregolante .**

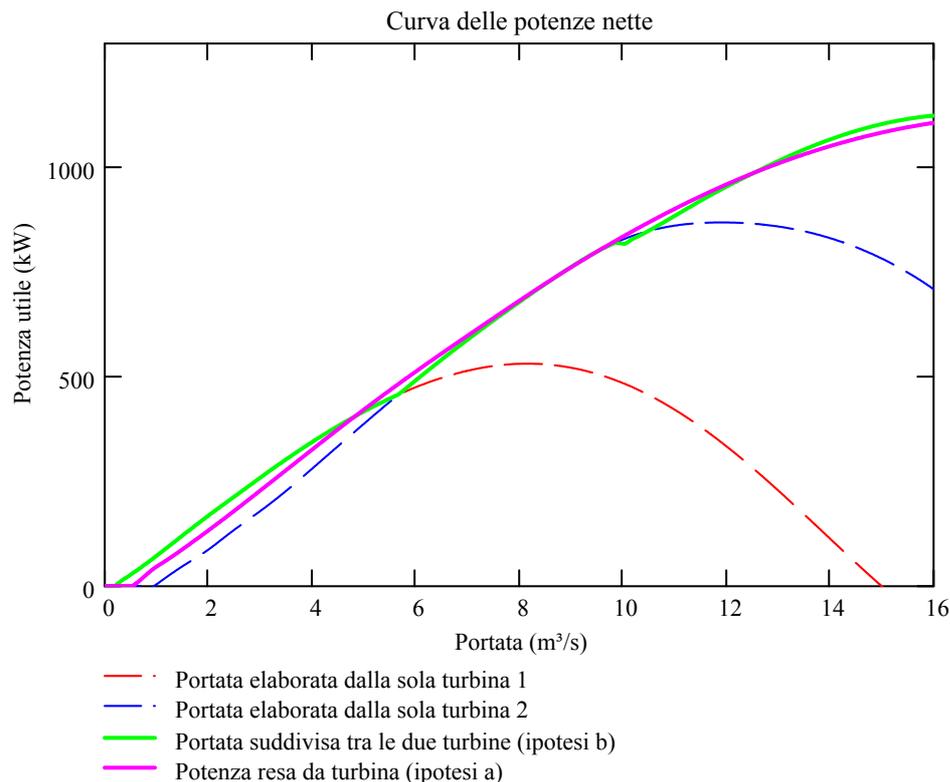
Sono state scelte le seguenti portate nominali :

Portata nominale per turbina biregolante :	$Q_{optb} := 3.5 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Portata nominale per turbina monoregolante :	$Q_{optm} := 9.5 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



Le corrispondenti portate di massima potenza risultano :	$Q_{maxb} = 8.41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
	$Q_{maxm} = 13.01 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$





Produzioni massime di ciascun anno :	Anno 2007	Prodb(Db,0) = 2902.87 MWh
	Anno 2008	Prodb(Db,1) = 3758.85 MWh
	Anno 2009	Prodb(Db,2) = 4772.8 MWh
	Anno 2010	Prodb(Db,3) = 4401.14 MWh

Produzione massima sulla media di 4 anni :	Prodbmed(Da) = 3889.56 MWh	per	Da = 2.40 m
	Prodbmed(Db) = 3958.91 MWh		Db = 2.50 m
	Prodbmed(Dc) = 4057.14 MWh		Dc = 2.70 m

con un ricavo medio annuo di	Cst-Prodbmed(Da) = 855704.08 Euro	per	Da = 2.40 m
	Cst-Prodamed(Db) = 860642.05 Euro		Db = 2.50 m
	Cst-Prodamed(Dc) = 882206.98 Euro		Dc = 2.70 m

Incremento di produzione media annua della soluzione (b) rispetto alla soluzione (a) :

Per	Da = 2.40 m	$\Delta\text{Proda} := \text{Prodbmed}(\text{Da}) - \text{Prodamed}(\text{Da})$	$\Delta\text{Proda} = 46.76 \text{ MWh}$
	Db = 2.50 m	$\Delta\text{Prodb} := \text{Prodbmed}(\text{Db}) - \text{Prodamed}(\text{Db})$	$\Delta\text{Prodb} = 46.91 \text{ MWh}$
	Dc = 2.70 m	$\Delta\text{Prodc} := \text{Prodbmed}(\text{Dc}) - \text{Prodamed}(\text{Dc})$	$\Delta\text{Prodc} = 47.10 \text{ MWh}$

Differenze di ricavo corrispondenti :

Per	Da = 2.40 m	Cst- $\Delta\text{Proda} = 10288.18 \text{ Euro}$
	Db = 2.50 m	Cst- $\Delta\text{Prodb} = 10319.12 \text{ Euro}$
	Dc = 2.70 m	Cst- $\Delta\text{Prodc} = 10362.93 \text{ Euro}$

Come si può constatare, l'aumento di produzione media annua non compensa il maggior costo dovuto al raddoppio delle macchine.

Nel seguito si considera quindi solo l'ipotesi (a) - singola turbina Kaplan biregolante.

## 5 - Ammortamento annuo del costo condotta

Vengono analizzati i costi di fornitura e posa della condotta, e da questi la quota di 'ammortamento annuo nelle tre soluzioni di diametro esaminate.

Costo della condotta :	$cc_0 := 900 \cdot \text{Euro} \cdot \text{m}^{-1}$	$cc_1 := 1000 \cdot \text{Euro} \cdot \text{m}^{-1}$	$cc_2 := 1250 \cdot \text{Euro} \cdot \text{m}^{-1}$
Costo totale tubazione :	$\text{Costo\_Tub}_{di} := cc_{di} \cdot Lc$		
<b>Ammortamento :</b>	Percentuale interesse sui costi :	$ib := 7\%$	
	Anni di ammortamento :	$an := 15$	
<b>Dati costruttivi :</b>			

Lunghezza parte interrata (tutta la tubazione) :	$Lci := Lc$
Maggiorazione larghezza di scavo laterale :	$lscl := 0.5 \cdot \text{m}$
Percentuale maggiorazione per scavo in roccia :	$magroc := 10\%$
Costo scavo in terreno fino a 3 m di profondità :	$Csc1 := 5.79 \cdot \text{Euro} \cdot \text{m}^{-3}$
Costo scavo in terreno oltre 3 m di profondità :	$Csc2 := 8.50 \cdot \text{Euro} \cdot \text{m}^{-3}$
Costo di reinterro e costipazione :	$Crei := 3.68 \cdot \text{Euro} \cdot \text{m}^{-3}$
Costo demolizioni in roccia e trovanti :	$Cscr := 20 \cdot \text{Euro} \cdot \text{m}^{-3}$
Maggiorazione per opere accessorie :	$magacc := 10\%$

In base al profilo longitudinale del terreno e della condotta si ottiene la profondità media di scavo, pari a :

$$psc = 3.92 \text{ m}$$



**Riepilogo dei costi di impianto in Euro :**

Costi =	"Diametri"	2400.00	2500.00	2700.00
	"Costo della condotta"	783900.00	871000.00	1088750.00
	"Costo di scavo"	83463.71	86341.77	92097.89
	"Costo del reinterro"	21948.93	21972.26	21867.89
	"Costo opere accessorie"	88931.26	97931.40	120271.58
	"Totale dei costi"	978243.90	1077245.44	1322987.35

Fattore di sconto (N.Colombo - pag. A-189) :

$$a_{ni} := \frac{(1 + ib)^{an} - 1}{(1 + ib)^{an \cdot ib}} \quad a_{ni} = 9.11$$

Costo di ammortamento annuo :  $Kamm_{di} := \frac{\text{Costo}_{di}}{a_{ni}}$

## 6 - Riepilogo dei dati :

### Ipotesi (a) : Una turbina biregolante

Diametri :		$De_0 = 2.40 \text{ m}$	$De_1 = 2.50 \text{ m}$	$De_2 = 2.70 \text{ m}$
<b>2007</b>	Produzioni disponibili :	$Pr_{10} = 3700.05 \text{ MWh}$		
	Produzioni :	$Pa_0 = 2810.18 \text{ MWh}$	$Pc_0 = 2846.61 \text{ MWh}$	$Pb_0 = 2898.21 \text{ MWh}$
	Mancate produzioni :	$Da_0 = 889.87 \text{ MWh}$	$Dc_0 = 853.44 \text{ MWh}$	$Db_0 = 801.84 \text{ MWh}$
<b>2008</b>	Produzioni disponibili :	$Pr_{11} = 4805.03 \text{ MWh}$		
	Produzioni :	$Pa_1 = 3654.57 \text{ MWh}$	$Pc_1 = 3713.75 \text{ MWh}$	$Pb_1 = 3797.57 \text{ MWh}$
	Mancate produzioni :	$Da_1 = 1150.47 \text{ MWh}$	$Dc_1 = 1091.28 \text{ MWh}$	$Db_1 = 1007.47 \text{ MWh}$
<b>2009</b>	Produzioni disponibili :	$Pr_{12} = 6251.35 \text{ MWh}$		
	Produzioni :	$Pa_2 = 4610.51 \text{ MWh}$	$Pc_2 = 4715.35 \text{ MWh}$	$Pb_2 = 4863.83 \text{ MWh}$
	Mancate produzioni :	$Da_2 = 1640.84 \text{ MWh}$	$Dc_2 = 1536 \text{ MWh}$	$Db_2 = 1387.52 \text{ MWh}$
<b>2010</b>	Produzioni disponibili :	$Pr_{13} = 5661.73 \text{ MWh}$		
	Produzioni :	$Pa_3 = 4276.42 \text{ MWh}$	$Pc_3 = 4355.26 \text{ MWh}$	$Pb_3 = 4466.93 \text{ MWh}$
	Mancate produzioni :	$Da_3 = 1385.31 \text{ MWh}$	$Dc_3 = 1306.47 \text{ MWh}$	$Db_3 = 1194.8 \text{ MWh}$
	Ricavo di vendita per kWh	$C_{st} := 0.22 \cdot \text{Euro} \cdot \text{kWh}^{-1}$		
<b>2007</b>	Ricavo da produzione :	$Ra_0 = 618239.51 \text{ Euro}$	$Rc_0 = 626254.29 \text{ Euro}$	$Rb_0 = 637605.71 \text{ Euro}$
	Costo mancata produzione :	$Ca_0 = 195771.5 \text{ Euro}$	$Cc_0 = 187756.71 \text{ Euro}$	$Cb_0 = 176405.3 \text{ Euro}$
<b>2008</b>	Ricavo da produzione :	$Ra_1 = 804004.67 \text{ Euro}$	$Rc_1 = 817024.44 \text{ Euro}$	$Rb_1 = 835464.46 \text{ Euro}$
	Costo mancata produzione :	$Ca_1 = 253102.32 \text{ Euro}$	$Cc_1 = 240082.55 \text{ Euro}$	$Cb_1 = 221642.53 \text{ Euro}$
<b>2009</b>	Ricavo da produzione :	$Ra_2 = 1014312.56 \text{ Euro}$	$Rc_2 = 1037376.84 \text{ Euro}$	$Rb_2 = 1070043.01 \text{ Euro}$
	Costo mancata produzione :	$Ca_2 = 360984.38 \text{ Euro}$	$Cc_2 = 337920.1 \text{ Euro}$	$Cb_2 = 305253.94 \text{ Euro}$
<b>2010</b>	Ricavo da produzione :	$Ra_3 = 940812.63 \text{ Euro}$	$Rc_3 = 958157.9 \text{ Euro}$	$Rb_3 = 982724.17 \text{ Euro}$
	Costo mancata produzione :	$Ca_3 = 304768.54 \text{ Euro}$	$Cc_3 = 287423.27 \text{ Euro}$	$Cb_3 = 262857 \text{ Euro}$
<b>Media</b>	Costo mancata produzione :	$Cm_0 = 278656.69 \text{ Euro}$	$Cm_1 = 263295.66 \text{ Euro}$	$Cm_2 = 241539.69 \text{ Euro}$
	Costo di ammortamento annuo :	$Kamm_0 = 107406 \text{ Euro}$	$Kamm_1 = 118276 \text{ Euro}$	$Kamm_2 = 145257 \text{ Euro}$
	Totale dei costi :	$C_{tot_0} = 386062.61 \text{ Euro}$	$C_{tot_1} = 381571.42 \text{ Euro}$	$C_{tot_2} = 386796.59 \text{ Euro}$
	Il diametro :	$Db = 2.50 \text{ m}$	rappresenta la scelta migliore.	

## **7 - Conclusioni :**

Sono state esplicitate le considerazioni che hanno portato al dimensionamento idraulico della condotta forzata e dei gruppi di generazione.

Per il dimensionamento idraulico della condotta forzata sono state prese in considerazione tre soluzioni progettuali, caratterizzate da diversi diametri della condotta forzata: 2400, 2500 e 2700 mm. Prendendo a riferimento i dati storici di portata turbinata dai gruppi ENEL di Cadarese, a monte dell'impianto in oggetto, nel periodo 2007-2010, è stata fatta una analisi sui costi di costruzione -benefici stimati, dalla quale è risultato che la diminuzione delle perdite di carico che si ottiene utilizzando la tubazione del diametro di 2700 mm non consentono un aumento di produzione, e quindi di ricavi, tale da giustificare l'incremento di spesa, confermando economicamente più equilibrato l'utilizzo di una tubazione di diametro pari a 2500 mm.

Per il dimensionamento dei gruppi di generazione sono state prese in considerazione due soluzioni, delle quali una prevede la posa di due gruppi di generazione, costituiti da turbine "a bulbo" ad asse orizzontale con generatore sincrono, di cui uno a doppia regolazione per adeguarsi meglio al carico parziale, e l'altra un'unica turbina "a bulbo" biregolante, con portata massima turbinabile pari a 15 mc/s.

Considerando curve di rendimento tipiche per questa tipologia di macchinario, è risultato che l'incremento di produzione (dell'ordine di 50 MWh) che si ottiene installando due gruppi non giustifica i maggiori costi derivanti dalla installazione di due macchine.