



Enerservizi Studio S.r.l.

Prot. gp 004 31/08/2013

STUDIO DI FATTIBILITÀ
MINI-IDRO COSTA PARADISO

Data: agosto 2013

Responsabile Tecnico

Ing. Giuseppe Pittalis



Enerservizi Studio S.r.l.
Il Responsabile Tecnico
Giuseppe Pittalis



INDICE

1 – CONTENUTO	Pag. 3
2 - PORTATE DISPONIBILI	Pag. 4
3 - IMPIANTO AD ACQUA FLUENTE	Pag. 7
4 - IMPIANTO CON SERBATOIO DI REGOLAZIONE E PRODUZIONE CONTINUA	Pag. 10
5 – IMPIANTO CON SERBATOIO DI REGOLAZIONE E PRODUZIONE NEL PERIODO ESTIVO	Pag. 14
6 – CONCLUSIONI	Pag. 18

ALLEGATO 1 PORTATE ACQUA DEPURATA

ALLEGATO 2 CONSUMI ELETTRICI E COSTI DI RETE FOGNARIA E IMPIANTO DI DEPURAZIONE

1. CONTENUTO

Il presente studio di fattibilità contiene una valutazione della potenza installabile e dell'energia producibile utilizzando le acque depurate dall'impianto di trattamento scarichi della Comunità Costa Paradiso.

In particolare sono stati considerati:

1. SALTO NETTO

È stata fatta un'analisi di sensitività ipotizzando salti netti di 20-40-60-90-120 m

2. PORTATE DISPONIBILI

Sono state considerate le portate in uscita dall'impianto di trattamento relativamente all'anno 2012

3. TIPOLOGIA di IMPIANTO

Sono stati ipotizzati TRE scenari base:

- o impianto ad acque fluente (senza regolazione)
- o impianto con serbatoio di regolazione e produzione durante tutto l'anno
- o impianto con serbatoio di regolazione e produzione concentrata nel periodo estivo

Nessuna considerazione è stata fatta sulle opere di presa, convogliamento, restituzione e sulle apparecchiature elettro-meccaniche. Queste considerazioni dovrebbero essere parte di un eventuale progetto integrato sulla gestione complessiva delle acque depurate.

2. PORTATE DISPONIBILI

I dati delle portate delle acque depurate in uscita dall'impianto di trattamento reflui sono registrati nei fogli di marcia dell'impianto. Nell'allegato 1 sono riportati i valori che coprono il periodo da settembre 2011 alla fine di luglio 2013.

L'andamento delle portate medie giornaliere è mostrato nella figura 1.

La figura evidenzia che:

4. la portata media giornaliera MASSIMA è stata di circa 389 m³/giorno (settembre 2012);
5. la portata media giornaliera MINIMA è stata di circa 25 m³/giorno (marzo 2012);
6. la portata MEDIA ANNUA 2012 può essere stimata in 112 m³/giorno (pari a circa 41000 m³ all'anno);
7. si osserva una grande VARIABILITÀ STAGIONALE legata alla variazione della popolazione residente (le massime portate medie giornaliere sono concentrate nel periodo giugno-settembre);
8. si osserva una VARIABILITÀ ANNUA attribuita dagli operatori all'andamento della piovosità in quanto si ritiene che parte dell'acqua meteorica finisca nella rete fognaria.

Si è deciso di considerare ai fini del calcolo unicamente i deflussi relativi al 2012.

In pratica si è eseguita una *back-analysis* valutando quale sarebbe stata la potenza installabile e l'energia prodotta nel caso di deflussi disponibili pari a quelli osservati nell'anno 2012.

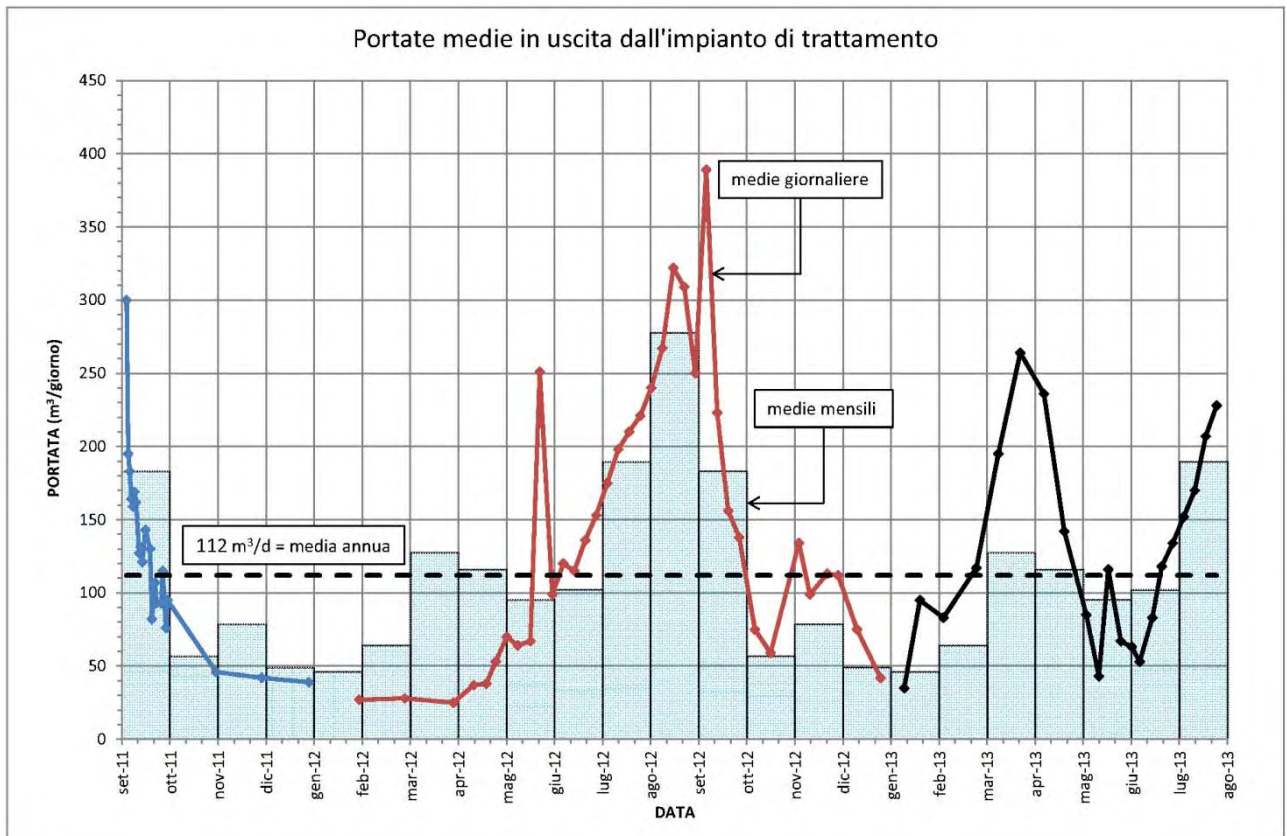


Figura 1: Portate medie in uscita dall'impianto di trattamento

L'analisi statistica delle portate medie giornaliere in uscita dall'impianto di trattamento relativamente all'anno 2012 è sintetizzata nel grafico riportato nella figura 2.

Tale grafico, ricavato dai dati resi disponibili, indica per ogni valore di portata la relativa frequenza di superamento. La portata minima registrata (25 m³/giorno) ha una frequenza di superamento del 100 % ossia è garantita per 365 giorni all'anno. Viceversa quella massima (389 m³/giorno) ha una probabilità di superamento nulla.

Tale grafico, soprattutto nel caso di impianto ad acqua fluente, è un utile strumento per selezionare la portata di progetto. Maggiore è la massima portata di progetto (e di conseguenza la potenza installata) maggiore è la capacità dell'impianto di adattarsi alla variabilità delle portate in ingresso e minore sarà l'energia persa per sfioro. Tuttavia i costi di installazione saranno più elevati e l'energia marginale prodotta sarà minore. La selezione della portata di progetto è quindi un processo iterativo da eseguire valutando il rapporto costi / benefici di ogni soluzione.

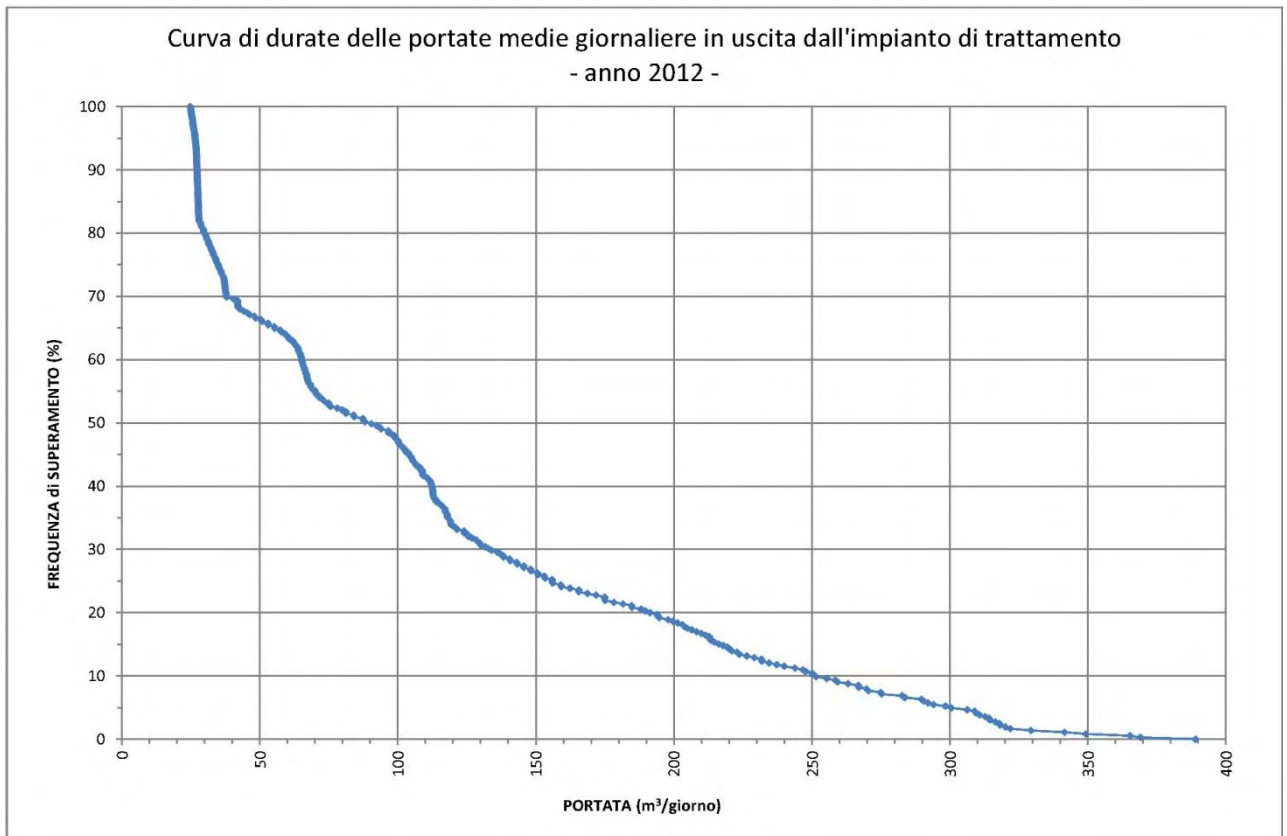


Figura 2: Curva di durata delle portate, anno 2012

3. IMPIANTO AD ACQUA FLUENTE

In questo primo scenario si ipotizza l'assenza di qualsiasi serbatoio di accumulo. L'impianto ad acqua fluente turbinata le portate in ingresso con le seguenti limitazioni:

- minima portata turbinabile per UNA macchina pari a 1 l/s. Questo valore corrisponde ad una taglia di macchina disponibile sul mercato in una ampia varietà di tipologia di turbine;
- massima portata turbinabile pari al numero di macchine per la portata caratteristica di una singola macchina (pari a 4 l/s = 345.6 m³/giorno, nell'ipotesi di installare un sistema multi-turbina con 4 macchine)

Le portate in ingresso al di sopra e al di sotto di tale intervallo di valori (86.4 – 345.6 m³/giorno) sono perse per sfioro.

Le portate in ingresso comprese nell'intervallo indicato sono invece integralmente turbinate dalle macchine ipotizzando che sia possibile variare in una certa misura la portata turbinata da ogni singola macchina per inseguire esattamente il diagramma delle portate in ingresso.

Si è assunto in via conservativa un valore di oscillazione della portata pari al 40 % di quella ottimale. Questo valore è sicuramente compatibile con quello tollerato dalle principali turbine utilizzate nell'idro-elettrico minore.

Dal grafico riportato in figura 2 si osserva che portate minori di 90 m³/giorno si verificano in circa il 50% del tempo mentre portate superiori a 350 m³/giorni sono eccezionali (circa 2% del tempo).

Ipotizzando di installare 4 macchine (presumibilmente di tipo Pelton) da 1 l/s ciascuna (corrispondente a 86.4 m³/giorno) e assumendo rendimento e salto costanti in funzione della portata turbinata risulta quanto segue:

		H _{netto} = 20 m	H _{netto} = 40 m	H _{netto} = 60 m	H _{netto} = 90 m	H _{netto} = 120 m
Q _{max}	m ³ /s (m ³ /giorno)	0.004 (345.6)	0.004 (345.6)	0.004 (345.6)	0.004 (345.6)	0.004 (345.6)
η _{tot} *	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
P _{nom}	W	533	1067	1600	2400	3200
E	kWh/anno	1278	2556	3833	5750	7667

* = valore di prima approssimazione del rendimento globale impianto

Tabella 1: Risultati principali impianto ad acqua fluente

L'andamento della produzione giornaliera di energia per i casi di salto netto di 20, 40, 60 m è riportato nella figura 3. Per i salti di 90 e 120 m l'andamento è analogo.

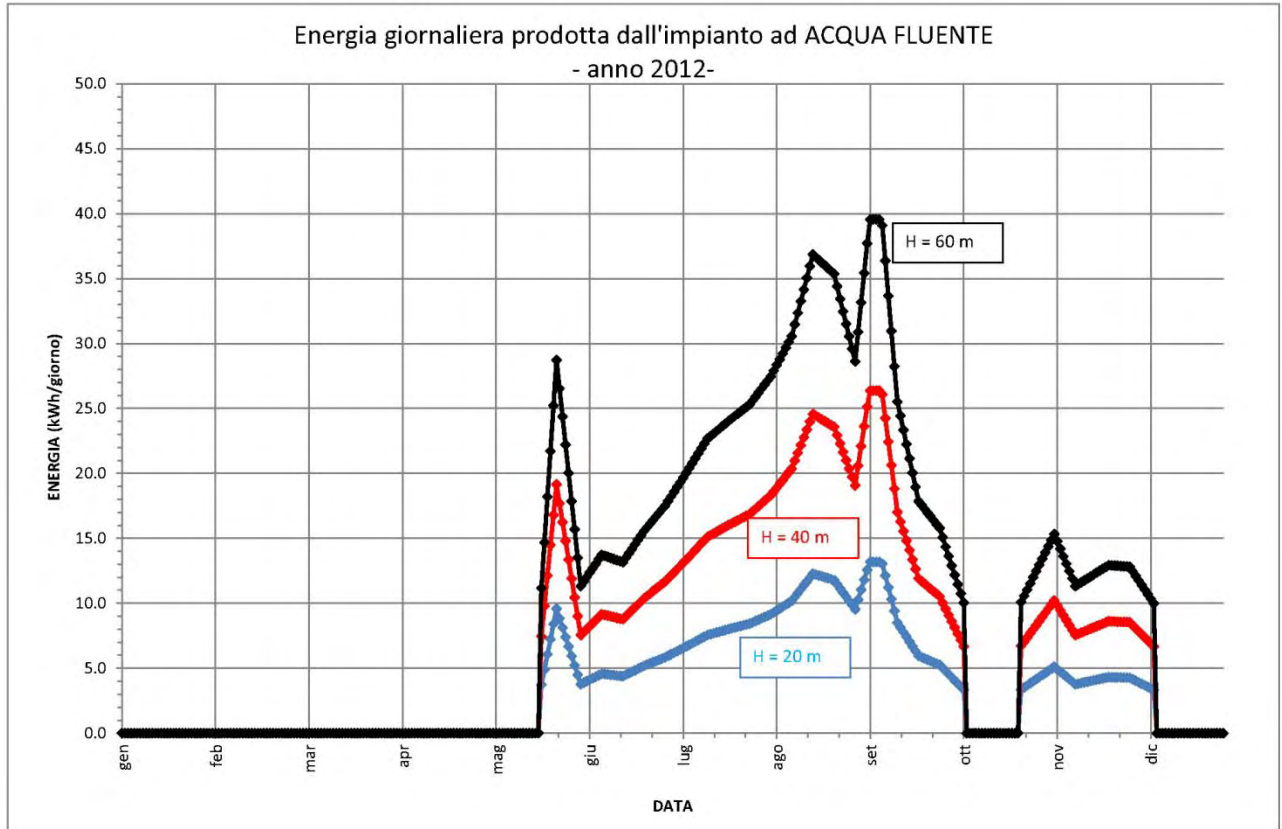


Figura 3: Energia giornaliera prodotta nell'anno 2012 (impianto ad acqua fluente)

Come si può vedere dal grafico la produzione di energia è concentrata in circa 190 giorni all'anno nel periodo tra metà maggio e fine settembre e con una coda nel mese di novembre (forse dovuta alle piogge più intense).

L'analogo grafico relativo alla potenza è riportato in figura 4.

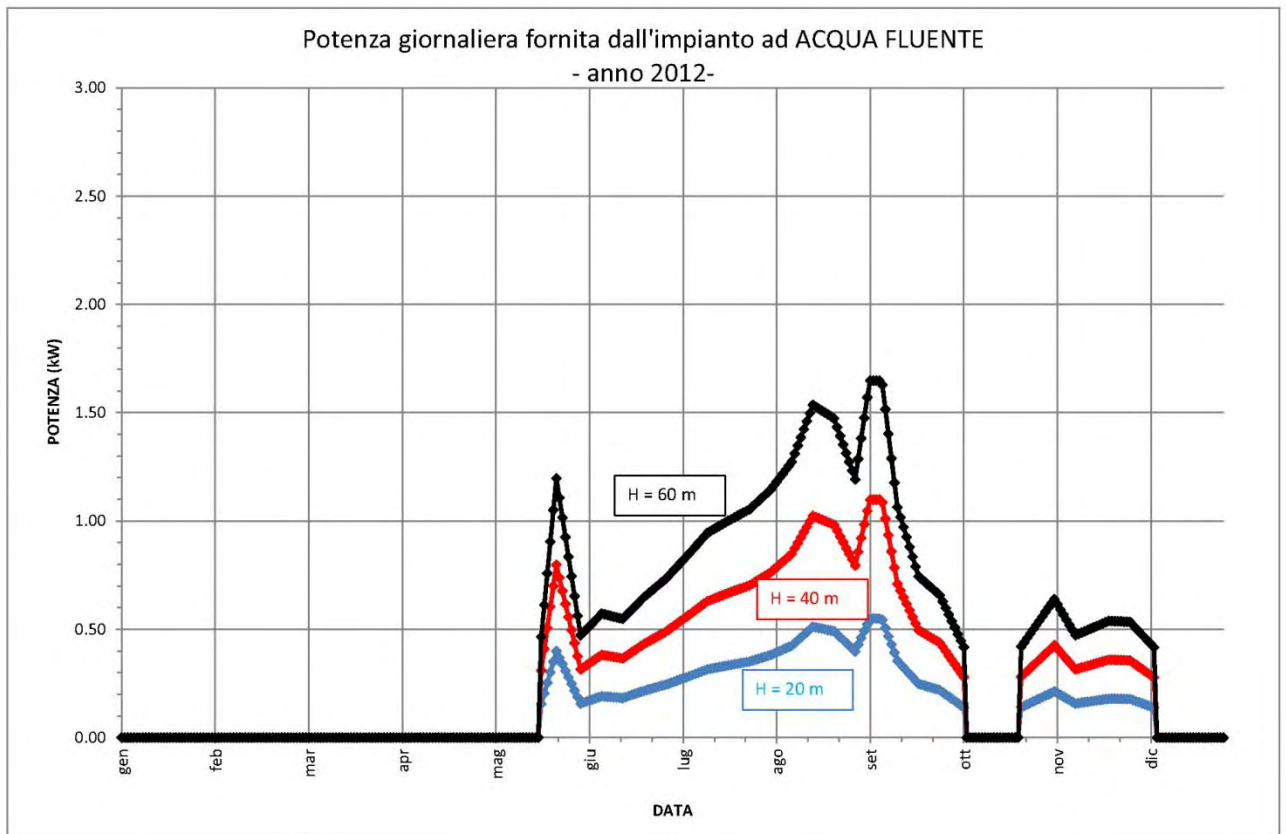


Figura 4: Potenza giornaliera fornita nell'anno 2012 (impianto ad acqua fluente)

4. IMPIANTO CON SERBATOIO DI REGOLAZIONE E PRODUZIONE CONTINUA

In questo secondo scenario si ipotizza la presenza di un serbatoio di accumulo in testa all'opera di presa. Il calcolo della dimensione ottimale di tale serbatoio richiede una analisi costi/benefici dettagliata che è oltre lo scopo della presente nota. A titolo di esempio si ipotizza un serbatoio di accumulo tale da permettere la **REGOLAZIONE TOTALE** nelle portate effluenti l'impianto di depurazione. Tale vasca permetterà l'accumulo d'acqua nel periodo estivo e il rilascio nei mesi invernali.

Le ipotesi principali sono le seguenti:

- L'impianto ha 2 macchine con portata di progetto pari a 1 l/s ciascuna.
- Le macchine operano a PORTATA COSTANTE con le seguenti regole:
 - quando le portate in ingresso sono maggiori di 2 l/s entrambe le macchina sono in funzione;
 - quando il volume d'acqua invasato è pari al 90% della capacità del serbatoio entrambe le macchine sono in funzione (indipendentemente dalle portate in ingresso);
 - negli altri casi solo una macchina è in funzione.

Si ipotizza inoltre che:

- il salto netto disponibile è costante con le portate turbinate e con i livelli dell'acqua nel serbatoio di accumulo (ipotesi quest'ultima conservativa);
- le perdite per evaporazione o di altro genere dal serbatoio sono trascurabili

Il volume del serbatoio è determinato in modo tale che:

- il volume invasato alla fine dell'anno sia pari a quello invasato all'inizio dell'anno;
- ci sia sempre almeno una macchina in funzione.

Nelle ipotesi di cui sopra il volume del serbatoio di regolazione risulta essere pari a circa 8000 m³ (pari a circa il 20% del volume annuo di acqua depurata).

I risultati sono riportati nella tabella seguente:

		H _{netto} = 20 m	H _{netto} = 40 m	H _{netto} = 60 m	H _{netto} = 90 m	H _{netto} = 120 m
Q _{max}	m ³ /s (m ³ /giorno)	0.002 (172.8)	0.002 (172.8)	0.002 (172.8)	0.002 (172.8)	0.002 (172.8)
η _{tot} *	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
P _{nom}	W	267	533	800	1200	1600
E	kWh/anno	1537	3074	4611	6916	9221

* = valore di prima approssimazione del rendimento globale impianto

Tabella 2: Risultati principali impianto con serbatoio di regolazione

L'andamento della produzione giornaliera di energia per i primi tre salti è riportato nella figura 5.

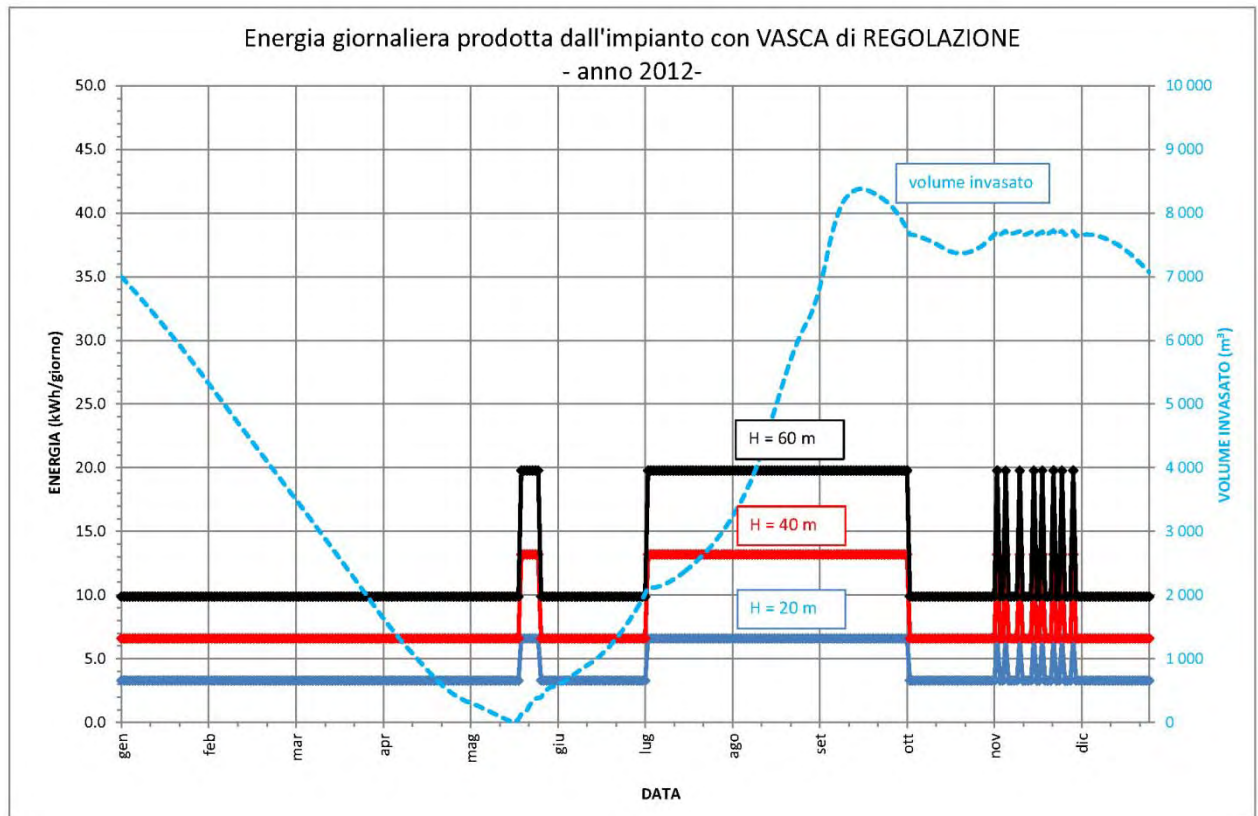


Figura 5: Energia giornaliera prodotta nell'anno 2012 (impianto con serbatoio di regolazione)

L'analogo grafico relativo alla potenza è riportato in figura 6.

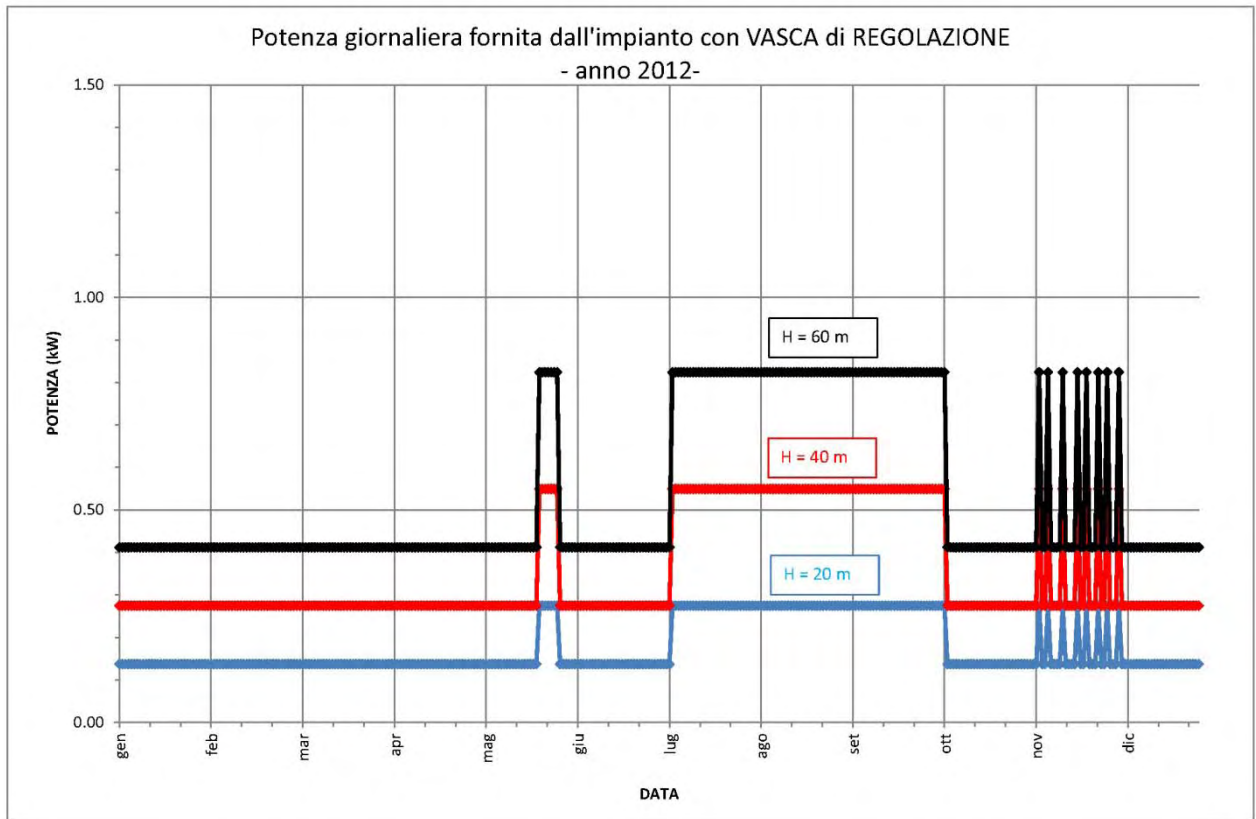


Figura 6: Potenza giornaliera fornita nell'anno 2012 (impianto con serbatoio di regolazione)

L'andamento delle portate in ingresso, delle portate turbinate e del volume invasato è illustrato nella figura 7.

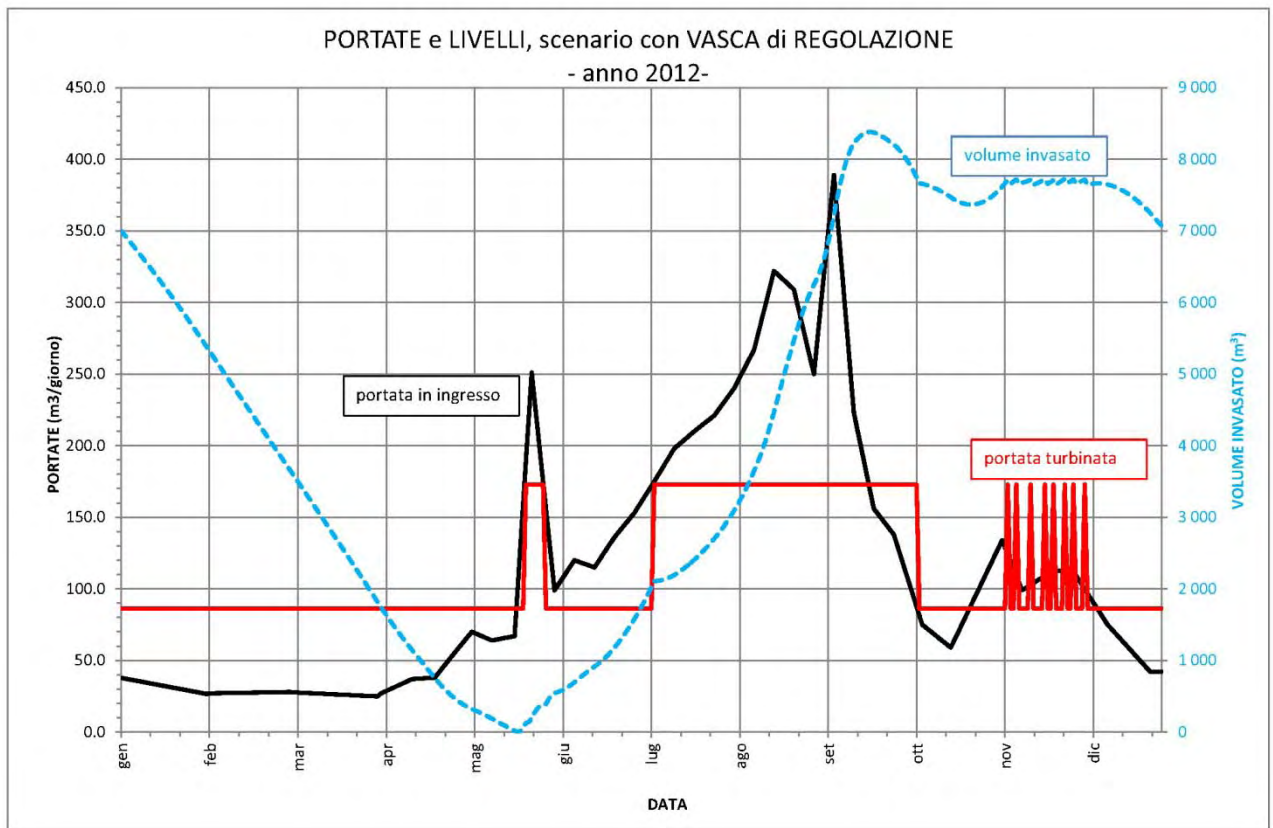


Figura 7: Portate e livelli (impianto con serbatoio di regolazione)

5. IMPIANTO CON SERBATOIO DI REGOLAZIONE E PRODUZIONE NEL PERIODO ESTIVO

Questo terzo scenario prevede un serbatoio di accumulo in testa all'opera di presa analogamente al caso precedente. La differenza sostanziale è che il volume viene accumulato nel serbatoio durante i mesi invernali per essere consumato durante i mesi estivi quando la richiesta di energia per il sollevamento dei liquami è massima. Si privilegia quindi una produzione di energia e una disponibilità di potenza non continue durante l'anno ma concentrate nei mesi di massima richiesta. La potenza installata sarà necessariamente maggiore (e quindi anche i costi) mentre l'energia prodotta è identica al caso precedente (ma distribuita diversamente).

Le ipotesi principali sono le seguenti:

- L'impianto ha 3 macchine con portata di progetto pari a 2 l/s ciascuna.
- Le macchine operano a PORTATA COSTANTE seguendo l'idrogramma in ingresso nel periodo compreso tra metà luglio e metà settembre. Quando il volume d'acqua invasato è pari al 90% della capacità del serbatoio una macchina entra in funzione.
 - negli altri casi NESSUNA macchina è in funzione.

Si ipotizza inoltre che:

- il salto netto disponibile è costante con le portate turbinate e con i livelli dell'acqua nel serbatoio di accumulo (ipotesi quest'ultima conservativa);
- le perdite per evaporazione o di altro genere dal serbatoio sono trascurabili

Il volume del serbatoio è determinato in modo tale che:

- il volume invasato alla fine dell'anno sia pari a quello invasato all'inizio dell'anno;
- ci sia sempre almeno una macchina in funzione.

Nelle ipotesi di cui sopra il volume del serbatoio di regolazione risulta essere pari a circa 8000 m³ (pari a circa il 20% del volume annuo dell'acqua depurata).

I risultati sono riportati nella tabella seguente:

		H _{netto} = 20 m	H _{netto} = 40 m	H _{netto} = 60 m	H _{netto} = 90 m	H _{netto} = 120 m
Q _{max}	m ³ /s (m ³ /giorno)	0.006 (518.4)	0.006 (518.4)	0.006 (518.4)	0.006 (518.4)	0.006 (518.4)
η _{tot} *	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
P _{nom}	W	800	1600	2400	3600	4800
E	kWh/anno	1539	3078	4618	6926	9235

* = valore di prima approssimazione del rendimento globale impianto

Tabella 3: Risultati principali impianto con serbatoio di regolazione (produzione nel periodo estivo)

L'andamento della produzione giornaliera di energia per i primi tre casi di salto è riportato nella figura 8.

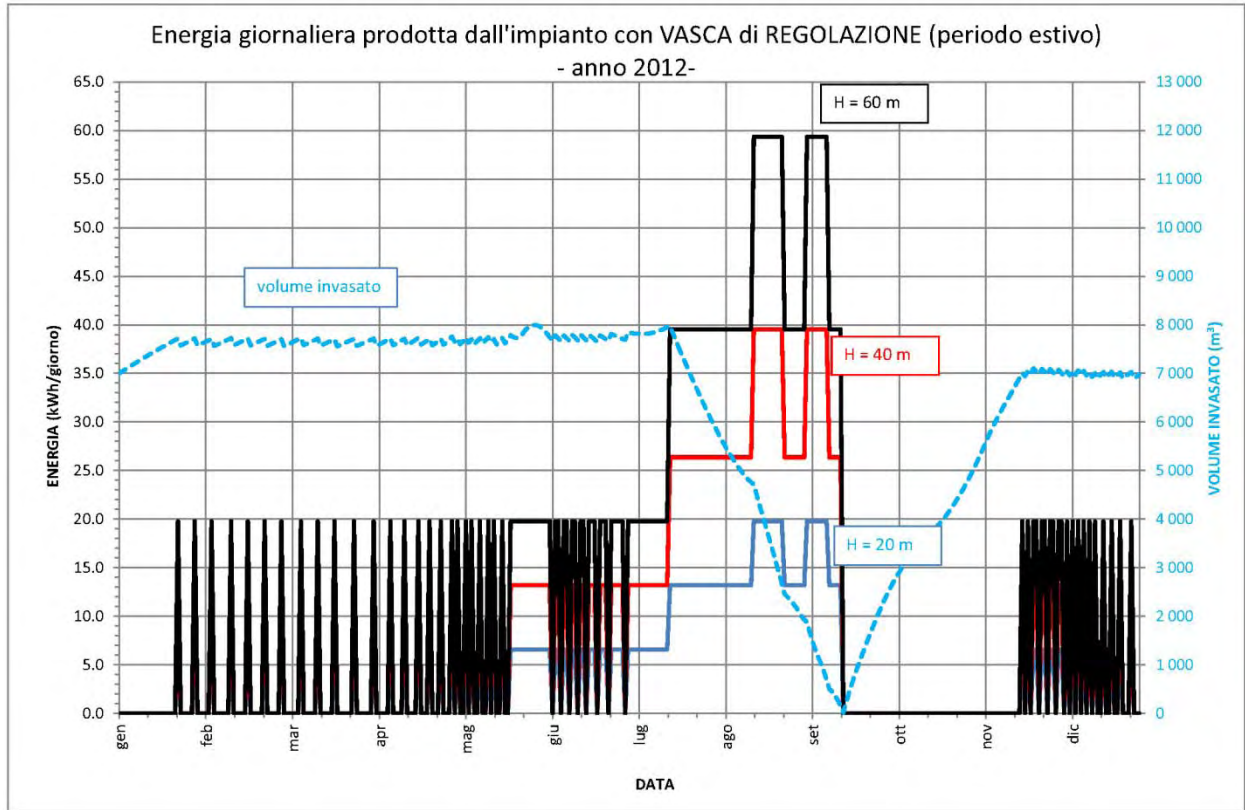


Figura 8: Energia giornaliera prodotta nell'anno 2012 (serbatoio di regolazione, produzione estiva)

L'analogo grafico relativo alla potenza è riportato in figura 9.

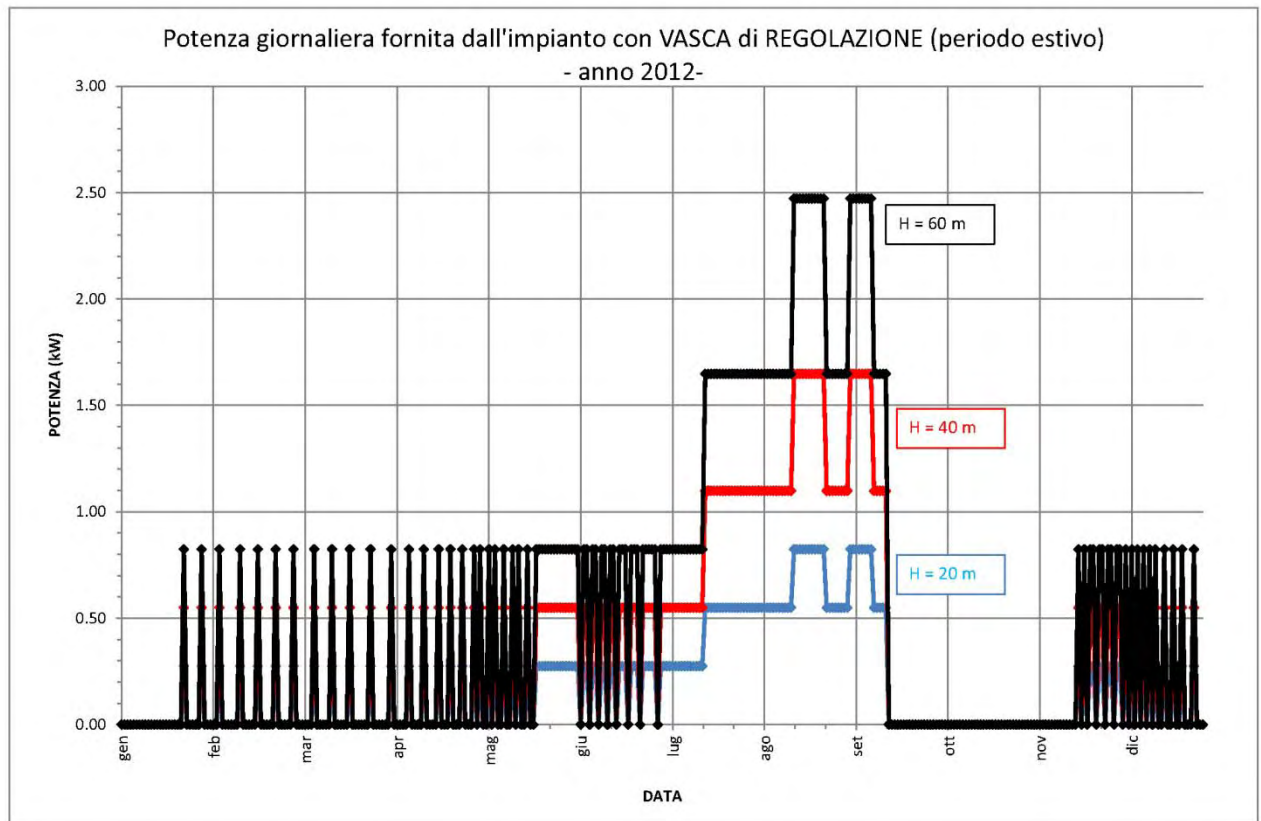


Figura 9: Potenza giornaliera fornita nell'anno 2012 (serbatoio di regolazione, produzione estiva)

L'andamento delle portate in ingresso, delle portate turbate e del volume invasato è illustrato nella figura 10.

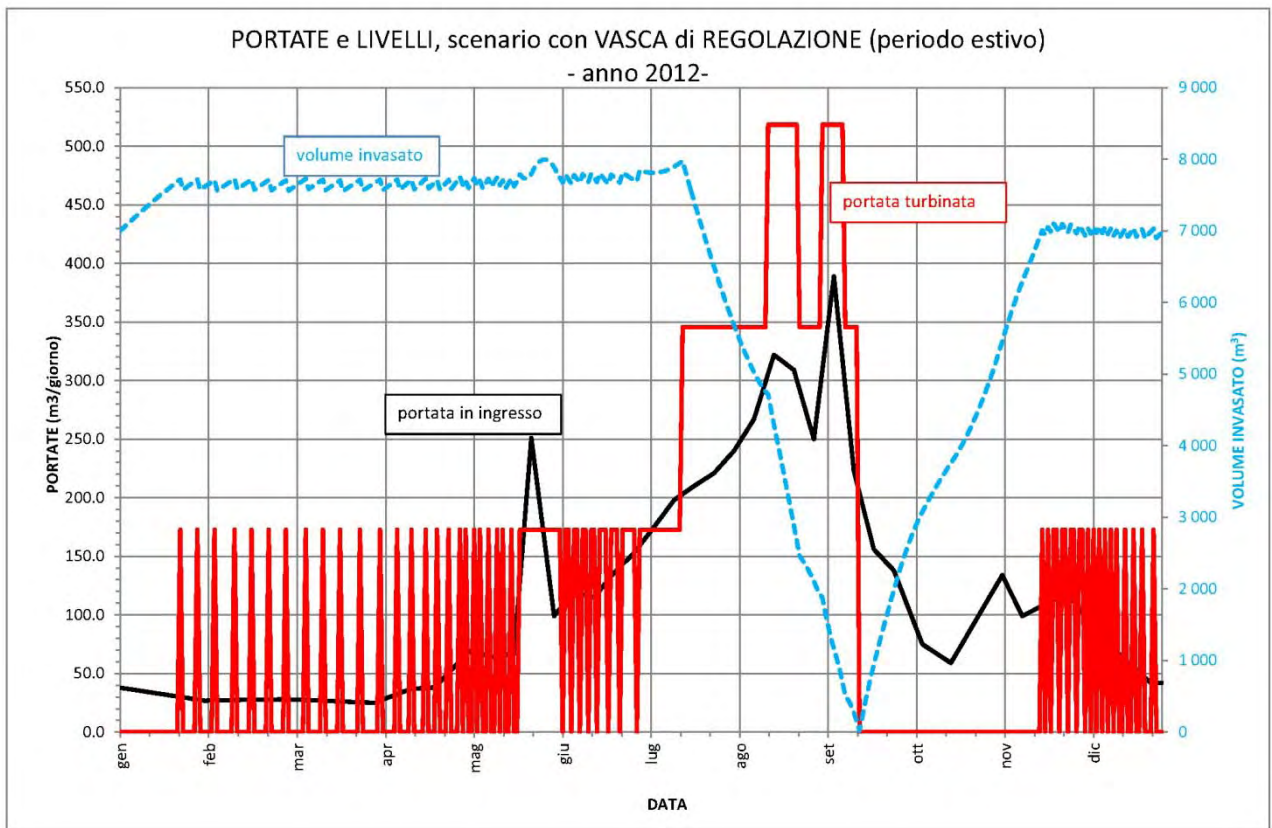


Figura 10: Portate e livelli (serbatoio di regolazione, produzione estiva)

6. CONCLUSIONI

Il presente studio di fattibilità illustra i risultati ottenuti in termini di potenza installata ed energia prodotta nel caso di 3 scenari base:

1. impianto ad acque fluente (senza regolazione);
2. Impianto con serbatoio di regolazione e produzione durante tutto l'anno;
3. Impianto con serbatoio di regolazione e produzione concentrata nel periodo estivo.

Le portate considerate nel calcolo sono quelle relative all'anno 2012.

Per quanto riguarda il salto netto è stata fatta una analisi di sensitività assumendo come valori di riferimento 20, 40, 60, 90 e 120 m.

		H _{netto} = 20 m	H _{netto} = 40 m	H _{netto} = 60 m	H _{netto} = 90 m	H _{netto} = 120 m
Caso 1	E (kWh/anno)	1.278	2.556	3.833	5.750	7.667
Caso 2	E (kWh/anno)	1.537	3.074	4.611	6.916	9.221
Caso 3	E (kWh/anno)	1.539	3.078	4.618	6.926	9.235
Riferim.	E (kWh/anno)	2.225	4.450	6.675	10.013	13.351

I risultati sono sintetizzati di seguito:

Tabella 4: Sintesi dei risultati

Nella tabella sono riportati i valori dell'energia in kWh/anno ottenibili nei tre casi considerati in corrispondenza a salti di 20, 40, 60, 90 e 120 m rispettivamente. In particolare:

- Il caso 1 è quello dell'impianto ad acqua fluente equipaggiato con 4 turbine;
- Il caso 2 è quello dell'impianto di regolazione e produzione continua equipaggiato con 2 turbine;
- Il caso 3 è quello dell'impianto con bacino di regolazione e produzione nel periodo estivo equipaggiato con 3 turbine;
- Nella quarta riga (Riferim.) è riportata l'energia ottenibile in base al potenziale idro-elettrico nel caso, puramente teorico, che le risorse idro-elettriche vengano utilizzate integralmente e con un rendimento di sistema del 100 %. Questi dati indicano l'energia massima ottenibile per i diversi salti considerati e costituiscono un limite non superabile.

Come si può osservare la presenza di un bacino di regolazione permette un funzionamento più regolare delle macchine (portata costante) e, di conseguenza, incrementa l'energia prodotta eliminando le perdite per sfioro della risorsa idrica.

In particolare il terzo scenario permette di produrre energia in corrispondenza del periodo di massima affluenza nel territorio di Costa Paradiso.

Nell'allegato 2 sono riportati i consumi elettrici ed i costi delle stazioni di pompaggio della rete fognaria e dell'impianto di trattamento scarichi limitatamente all'anno 2012 ricavati dalle bollette Enel.

Un confronto tra l'energia idro-elettrica producibile utilizzando la risorsa idrica stimata in circa 41.000 m³/anno riportata in tabella 4 ed i consumi elettrici delle stazioni di pompaggio degli scarichi e dell'impianto di trattamento mostra come la prima sia marginale rispetto alla seconda.

Risulta evidente dai dati riportati nell'allegato 2 come soprattutto la rete fognaria ma anche l'impianto di trattamento sono delle strutture caratterizzate da un'alta intensità energetica.

Queste considerazioni consiglierebbero, nell'attuale fase di revisione del progetto di potenziamento ed ampliamento della rete fognaria, di dedicare particolare attenzione a tutte quelle soluzioni tecnico-impiantistiche che possano contribuire al contenimento dei consumi energetici e dei relativi costi.

Allegato 1

Portate acqua depurata

Portate acqua depurata

Anno 2011	Data	Tempo tot.	Tempo funz.	Portata
		h	Δh	m ³ /d
	04/09/11	18.188,82		300
	05/09/11	18.193,43	4,61	195
	06/09/11	18.197,76	4,33	183
	07/09/11	18.201,65	3,89	164
	08/09/11	18.205,40	3,75	159
	09/09/11	18.209,40	4,00	169
	10/09/11	18.213,23		162
	12/09/11	18.219,22		127
	13/09/11	18.222,31		131
	14/09/11	18.225,18		121
	16/09/11	18.231,93		143
	19/09/11	18.241,18		130
	20/09/11	18.243,13		82
	22/09/11	18.248,20		107
	23/09/11	18.250,40		93
	26/09/11	18.257,01		93
	27/09/11	18.259,74		115
	29/09/11	18.263,28		76
	30/09/11	18.265,53		95
	31/10/11	18.299,26		46
	29/11/11	18.327,98		42
	29/12/11	18.355,72		39

Portate acqua depurata

Anno 2012	Data	Tempo tot.	Tempo funz.	Portata
		h	Δh	m ³ /d
	30/01/12	18.376,43	20,71	27
	28/02/12	18.395,74	19,31	28
	30/03/12	13,20	17,46	25
	12/04/12	24,56	11,36	37
	20/04/12	31,85	7,29	38
	26/04/12	39,34	7,49	53
	03/05/12	50,87	11,53	70
	10/05/12	61,51	10,64	64
	18/05/12	74,24	12,73	67
	24/05/12	109,79	35,55	251
	01/06/12	128,52	18,73	99
	08/06/12	148,32	19,80	120
	15/06/12	167,31	18,99	115
	22/06/12	189,85	22,54	136
	29/06/12	215,21	25,36	153
	06/07/12	244,27	61,90	175
	13/07/12	277,11	34,71	198
	20/07/12	311,82	36,52	210
	27/07/12	348,34	39,67	221
	03/08/12	388,01	44,23	240
	10/08/12	432,24	44,23	267
	17/08/12	485,53	53,29	322
	24/08/12	535,60	50,07	309
	31/08/12	577,02	41,42	250
	07/09/12	641,44	64,42	389
	14/09/12	678,36	36,92	223
	21/09/12	704,15	25,79	156
	28/09/12	726,94	22,79	138
	08/10/12	744,79	17,85	75
	18/10/12	758,66	13,87	59
	05/11/12	815,57	56,91	134
	12/11/12	831,98	16,41	99
	23/11/12	861,41	29,43	113
	30/11/12	879,99	18,58	112
	12/12/12	901,17	21,18	75
	27/12/12	916,03	14,86	42

Portate acqua depurata

Anno 2013	Data	Tempo tot.	Tempo funz.	Portata
		h	Δh	m ³ /d
	11/01/13	928,49	928,49	35
	21/01/13	950,97	22,48	95
	05/02/13	980,38	29,41	83
	26/02/13	1.038,40	58,02	117
	12/03/13	1.102,91	64,51	195
	26/03/13	1.190,48	87,57	264
	10/04/13	1.274,07	83,59	236
	23/04/13	1.317,68	43,61	142
	07/05/13	1.345,89	28,21	85
	15/05/13	1.354,03	8,14	43
	21/05/13	1.370,53	16,50	116
	29/05/13	1.383,15	12,62	67
	05/06/13	1.393,67	10,52	63
	10/06/13	1.400,07	6,40	53
	18/06/13	1.415,70	15,63	83
	24/06/13	1.432,43	16,73	118
	01/07/13	1.454,57		134
	08/07/13	1.479,75	25,18	152
	15/07/13	1.507,98	28,23	170
	22/07/13	1.542,30	34,32	207
	29/07/13	1.580,12	37,82	228

Allegato 2

Rete fognaria e impianto trattamento scarichi

Consumi e costi

Consumi e costi fognatura

Depuratore	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
Anno 2012													
Att. kWh	8.570	7.303	8.878	8.739	5.512	1.781	13.400	16.421	12.359	6.421	4.858	4.327	98.569
Reatt. kVAh	10.949	9.342	11.435	10.993	6.538	1.169	15.843	17.773	14.000	8.333	6.276	6.030	118.681
Costo €	2.761,04	1.955,12	2.359,17	2.317,36	1.400,13	556,71	2.983,21	4.291,36	3.283,92	1.780,29	1.340,93	1.190,25	26.219,49
Tamerici													
Anno 2012													
Att. kWh	237	716	896	609	933	864	1.046	1.183	964	610	839	386	9.283,00
Reatt. kVAh	445	1.471	1.785	1.069	1.814	1.453	1.643	1.748	1.620	1.176	1.619	465	16.308,00
Costo €	100,76	234,32	284,05	197,01	290,76	279,95	345,00	362,89	306,35	213,59	270,40	140,42	3.025,50
Maia 9													
Anno 2012													
Att. kWh	535	531	552	612	1.520	4.234	288	3.312	909	1.880	1.364	2.737	18.474,00
Reatt. kVAh	361	366	385	418	1.028	4.771		2.145	661	1.343	948	1.817	14.243,00
Costo €	242,62	245,04	248,93	267,88	480,04	1.192,44	812,31	929,84	339,26	578,86	457,57	792,10	6.586,89
Maia 50													
Anno 2012													
Att. kWh	441	457	487	540	1.454	1.656	2.471	2.539	1.869	944	1.259	598	14.715,00
Reatt. kVAh	353	371	406	435	1.175	1.302	1.893	2.056	1.577	824	1.130	533	12.055,00
Costo €	201,16	212,62	212,94	227,73	448,67	503,88	726,27	737,40	562,42	333,20	409,39	235,00	4.810,68
Maia 95													
Anno 2012													
Att. kWh	228	832	421	530	1.269	3.059	3.322	3666	3.028	1.770	1.869	794	20.788,23
Reatt. kVAh	2.899	389	246	447	955	2.921	99	2677	2.529	1.718	1.696	707	17.283,00
Costo €	691,18	360,99	196,67	225,27	406,47	867,68	995,71	986,67	844,36	534,11	540,66	276,51	6.926,28
Totale													
Att. kWh	10.011	9.839	11.234	11.030	10.688	11.594	20.527	27.121	19.129	11.625	10.189	8.842	161.829
Reatt. kVAh	15.007	11.939	14.257	13.362	11.510	11.616	19.478	26.399	20.387	13.394	11.669	9.552	178.570
Costo €	3.996,76	3.008,09	3.301,76	3.235,25	3.026,07	3.400,66	5.862,50	7.308,16	5.336,31	3.440,05	3.018,95	2.634,28	47.568,84