

---

# **Realizzazione di una microcentrale idroelettrica sulla condotta di adduzione tra le sorgenti Valle del Cugnolo e il serbatoio Sasso Grande.**

Studio di fattibilità. Dicembre 2008.

Elaborato da:  
Studio Ingegneria Sciarini SA  
CH-6574 Vira Gambarogno

Per incarico di:  
Società Elettrica Sopracenerina  
Svizzera Energia per le Infrastrutture  
Municipio di Gudo

---

**Committente:**

Società Elettrica Sopracenerica  
Svizzera Energia per le Infrastrutture  
Municipio di Gudo

Comune di Gudo  
CH-6515 Gudo  
Tel. +41 91 850 50 40 , Fax +41 91 850 50 42

Con il sostegno dell'Ufficio Federale dell'Energia  
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen  
Postadresse: CH-3003 Bern  
Tel. +41 31 322 56 11 , Fax +41 31 323 25 00

**Incaricato:**

Studio Ingegneria Sciarini SA  
CH-6574 Vira Gambarogno  
Tel. +41 91 785 90 30 , Fax +41 91 785 90 39

**Autore:**

Matteo Mutti

---

**Indice**

<b>1.</b>	<b>Introduzione</b>	<b>p. 1</b>
<b>2.</b>	<b>La situazione attuale</b>	<b>p. 2</b>
<b>3.</b>	<b>Le risorse idriche disponibili</b>	<b>p. 4</b>
<b>4.</b>	<b>La soluzione proposta</b>	<b>p. 6</b>
<b>5.</b>	<b>Analisi tecnica</b>	<b>p. 6</b>
<b>6.</b>	<b>Analisi economica</b>	<b>p. 10</b>
<b>7.</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>p. 12</b>
<b>8.</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>p. 13</b>
<b>9.</b>	<b>Documenti tecnici</b>	<b>p. 13</b>
<b>10.</b>	<b>Allegati</b>	<b>p. 13</b>
<b>10.1.</b>	<b>Preventivi</b>	<b>p. 13</b>
<b>10.2.</b>	<b>Piani</b>	<b>p. 13</b>



## 1. Introduzione

Nel mese di Settembre 2007, il Municipio di Gudo, in accordo con la Società Elettrica Sopracenerina e Svizzera Energia per le Infrastrutture, ha incaricato lo Studio Ingegneria Sciarini SA di effettuare una valutazione tecnica e finanziaria sulla possibilità di installare un piccolo impianto per la produzione di energia elettrica sulla condotta di adduzione che collega le captazioni delle sorgenti Valle del Cugnolo (620 m s.l.m.) al serbatoio Sasso Grande (320 m s.l.m.).

La condotta di adduzione copre un dislivello interessante (circa 300 m) su un percorso di lunghezza significativa (circa 900 metri) ed è idraulicamente interrotta dalla camera di raccolta Cortacce (530 m s.l.m.) e dal serbatoio San Martino (420 m s.l.m.). Le condotte, vetuste e di piccolo diametro, risultano insufficienti a trasportare a valle le massime portate delle sorgenti e presentano uno stato di conservazione precario. In una situazione analoga versano anche buona parte delle armature idrauliche, ad azionamento manuale, adibite alla regolazione dei deflussi. L'analisi del sistema idraulico attuale evidenzia insufficienze e malfunzionamenti diffusi. Un efficace miglioramento del servizio potrà pertanto essere ottenuto solo tramite un completo risanamento delle captazioni, dei serbatoi e delle condotte di alimentazione.

Stante la favorevole situazione topografica, risulta ragionevole valutare la possibilità di inserire un gruppo turbina-generatore nei pressi del serbatoio Sasso Grande prevedendo di sostituire le tubazioni attuali con condotte di diametro e resistenza maggiori. In tal modo, a prezzo di un investimento ormai da ritenersi indispensabile, ne risulterebbe un migliore sfruttamento delle risorse idriche disponibili, producendo energia elettrica pulita e rinnovabile con un impatto ambientale pressoché nullo.

Questo studio si propone pertanto di:

- valutare il quantitativo d'acqua disponibile presso le sorgenti;
- verificare la possibilità di inserire un gruppo turbina-generatore presso il serbatoio Sasso Grande sostituendo al contempo la condotta esistente con una tubazione di diametro e resistenza adeguate;
- individuare i tratti più critici in relazione alle variazioni di pressione a cui la condotta sarebbe soggetta in seguito alla realizzazione di una tale scelta progettuale;
- verificare la potenza elettrica che potrebbe erogarsi con un tale impianto e valutare l'energia che potrebbe prodursi annualmente, tenendo conto delle variazioni di portata che vengono naturalmente a verificarsi durante il corso delle stagioni;
- valutare la fattibilità di collegamento alla rete elettrica SES;
- valutare la realizzabilità dell'impianto anche dal punto di vista economico stimandone la redditività;
- verificare inoltre che l'opera sia compatibile con la necessità di erogare acqua potabile ai raggruppamenti di case sparsi irregolarmente lungo il pendio e abitati prevalentemente durante il periodo estivo.

## 2. Situazione attuale

In base a rilievi in situ e alle informazioni disponibili, la rete di adduzione predisposta alla costruzione di un impianto di recupero energetico consta di un primo tratto che connette la sorgenti Valle del Cugnolo (comprese tra 630 m s.l.m. e 750 m s.l.m.) alla camera di raccolta Cortacce (530 m s.l.m.) e di un secondo tratto che connette invece la camera di raccolta Cortacce (530 m s.l.m.) al serbatoio Sasso Grande (320 m s.l.m.) passando per il serbatoio intermedio San Martino (420 m s.l.m.).

La camera Cortacce (1 m<sup>3</sup>) serve le frazioni Cortacce e Redonda. Il serbatoio San Martino (50 m<sup>3</sup>) rifornisce le frazioni Case di Cima e Ceresa. Il serbatoio Sasso Grande (100 m<sup>3</sup>) è invece adibito alla distribuzione nel nucleo centrale del Comune a esso sottostante. La lunghezza complessiva della condotta di adduzione è pari a circa 900 m mentre il dislivello geodetico o salto lordo risulta di circa 300 m. Per maggiori dettagli sul percorso piano-altimetrico si veda la Figura 2.1.

Il sistema idraulico di tutto il comune di Gudo (ivi comprendendo anche la parte oggetto di approfondimento in questo studio) è già stato oggetto di estesa analisi in un precedente lavoro dello Studio Ingegneria Sciarini SA (cfr. Documenti Tecnici) e a esso si rimanda per una trattazione dettagliata. Riprendiamo qui, brevemente e per garantire una maggior chiarezza dell'esposizione, soltanto gli elementi critici che tale studio aveva già provveduto a evidenziare.

Le captazioni delle sorgenti, concepite diversi decenni orsono, sono difficilmente ispezionabili con un evidente aggravio dei lavori di manutenzione e pulizia. I collegamenti idraulici non permettono uno sfruttamento ottimale della risorsa idrica. Diverse sono le perdite presso le prese e le infiltrazioni attraverso le strutture. Tutte le sorgenti richiederebbero perciò un risanamento strutturale completo con nuovi collegamenti idraulici.

Le condotte di adduzione, vetuste e parzialmente corrose, versano in pessime condizioni e presentano diametri inadeguati per le funzioni richieste da un impianto per la produzione di energia elettrica sia perché incapaci di resistere meccanicamente alle pressioni di esercizio sia perché il flusso d'acqua transitante, a causa degli sforzi di natura viscosa, dissiperebbe troppa energia tra la camera di carico e il gruppo turbina-generatore. Esse andrebbero perciò sostituite.

La camera Cortacce e il serbatoio San Martino si presentano in condizioni precarie con armature idrauliche e organi di manovra parzialmente o totalmente bloccati. Diverse sono anche le carenze strutturali evidenziate e le difficoltà di un controllo idraulico manuale sulle portate derivate. La camera Cortacce attuale andrebbe quindi eliminata e ricollocata in prossimità delle sorgenti (620 m s.l.m.) provvedendo contemporaneamente al risanamento delle captazioni e dei collegamenti idraulici tra le captazioni e la nuova camera di raccolta. Alla nuova camera di raccolta andrebbe inoltre assegnato un adeguato volume di compenso per fronteggiare gli eventuali fabbisogni antincendio delle frazioni. Il serbatoio San Martino nonché i complessi organi di regolazione manuali attualmente in uso andrebbero invece eliminati tout court per lasciar spazio a un più semplice collegamento diretto alla condotta forzata in pressione.

Il serbatoio Sasso Grande, recentemente ristrutturato, si presenta in buone condizioni ma la sua configurazione strutturale e idraulica non permette l'installazione al suo interno del gruppo turbina-generatore, per il quale sarebbe dunque necessario costruire un nuovo manufatto sul lato di monte dell'opera. Tale manufatto rimarrebbe alla quota di ca. 325 m s.l.m. e dovrebbe essere dimensionato e strutturato in funzione delle necessità legate all'impianto (vasca di raccolta dell'acqua, armature e valvole idrauliche, etc.).

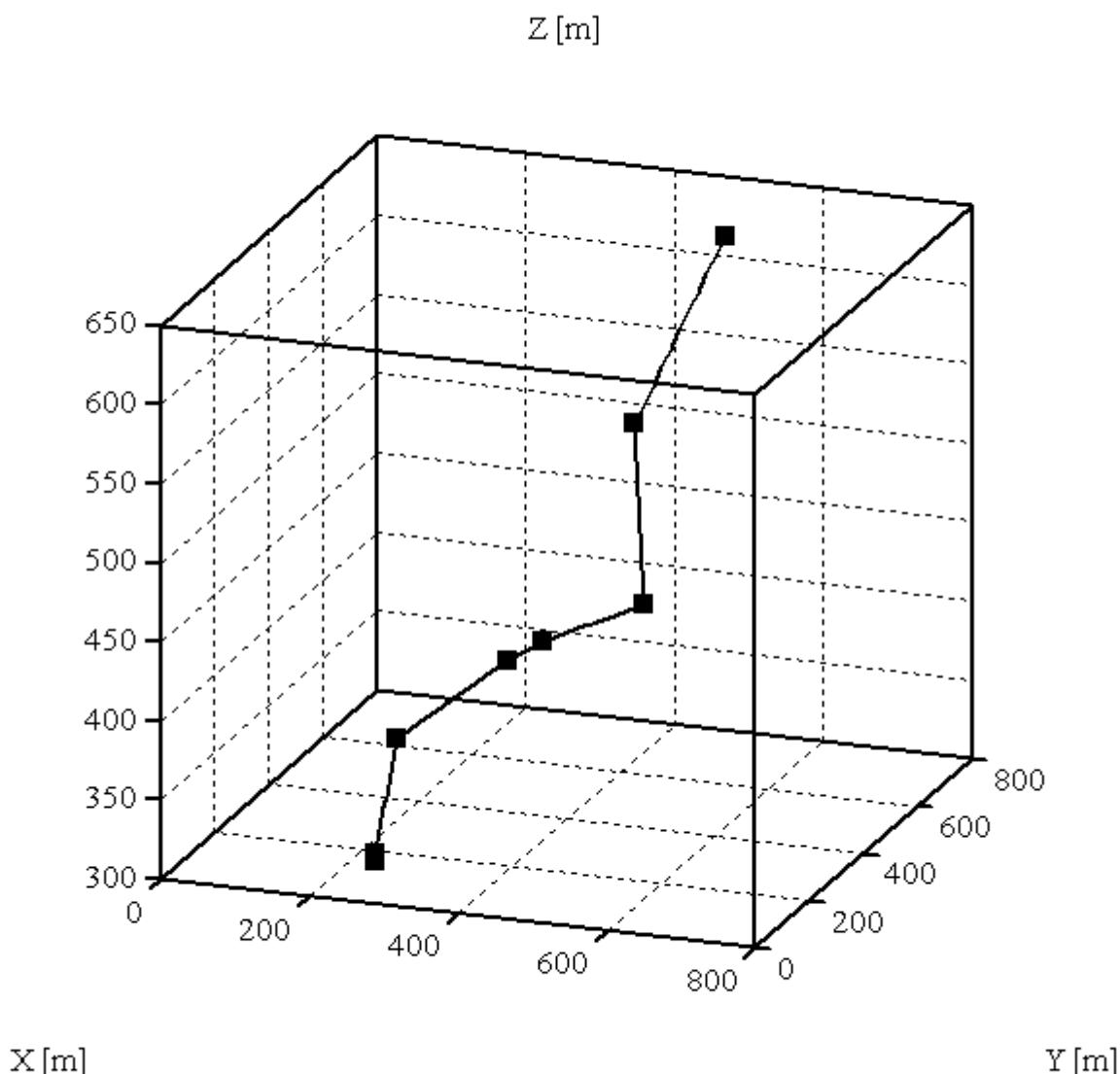


Figura 2.1. Schema piano-altimetrico (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi) della condotta di adduzione tra le captazioni delle sorgenti Valle del Cugnolo (620 m s.l.m.) e il serbatoio Sasso Grande (320 m s.l.m.).

### 3. Disponibilità d'acqua

Un'analisi approfondita della portata delle sorgenti Valle del Cugnolo non è realizzabile perché i dati di misura registrati sono assai scarsi (cfr. Documenti Tecnici). In base ai pochi dati disponibili è stato comunque possibile definire alcune caratteristiche medie delle sorgenti. Come può dedursi dai valori medi complessivi riportati in Tabella 3.1 e basati sul periodo di osservazione Luglio 1998 – Marzo 1999, esse presentano una portata media non abbondante con scarti importanti tra le portate minime e massime registrate. Misure più recenti e successive al periodo siccioso del 2003 indicano una produttività delle sorgenti inferiore.

Tabella 3.1. Caratteristiche delle sorgenti Valle del Cugnolo.

Sorgenti	$Q\left[\frac{1}{s}\right]$	$Q\left[\frac{1}{min}\right]$	$Q\left[\frac{m^3}{g}\right]$
Portata minima	~1.5	~90.0	~129.6
	~6.5	~390.0	~561.6
Portata media	~7.0	~420.0	~604.8
	~7.5	~450.0	~648.0
Portata massima	~13.5	~810.0	~1166.4

Per procedere a una analisi più precisa della disponibilità d'acqua nel corso dell'anno, le frequenze di distribuzione delle portate sono state valutate adottando una funzione di distribuzione di probabilità di tipo lognormale a due parametri (media e deviazione standard) e stimando la media  $\mathbf{m}(\ln Q)$  e la deviazione standard  $s(\ln Q)$  della distribuzione in funzione della media campionaria  $m(Q)$  e della deviazione standard campionaria  $s(Q)$  (i.e.  $\mathbf{m}(\ln Q) = f(\mathbf{m}(Q), s(Q))$  e  $s(\ln Q) = g(\mathbf{m}(Q), s(Q))$ ) dove  $\mathbf{m}(Q) = m(Q)$  e  $s(Q) = s(Q) = 0.3m(Q)$ ). La funzione densità di probabilità e la funzione densità di probabilità cumulata utilizzate per stimare la potenzialità della risorsa idrica nel corso dell'anno sono riportate in Figura 3.1 e in Figura 3.2 rispettivamente.

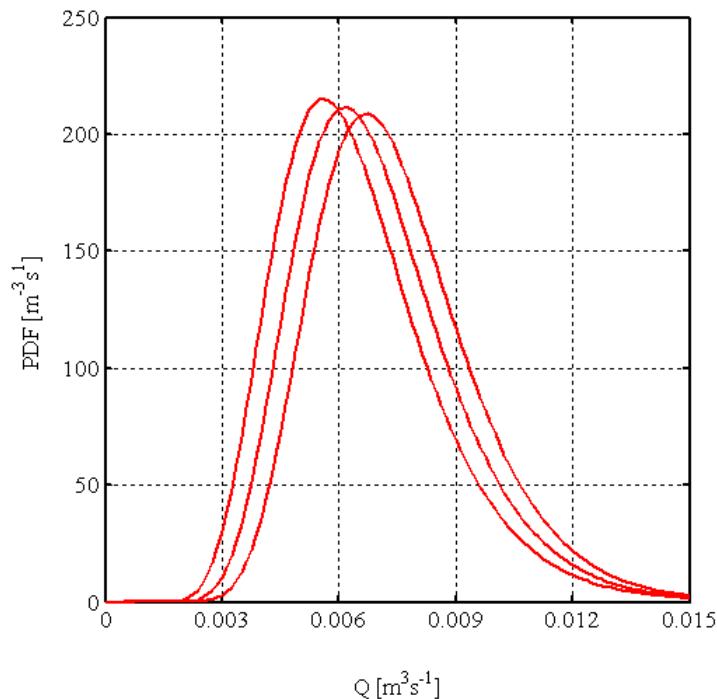


Figura 3.1. Funzioni densità di probabilità di tipo lognormale per le portate delle sorgenti Valle del Cugnolo. Le stime sono state effettuate in base ai dati disponibili.

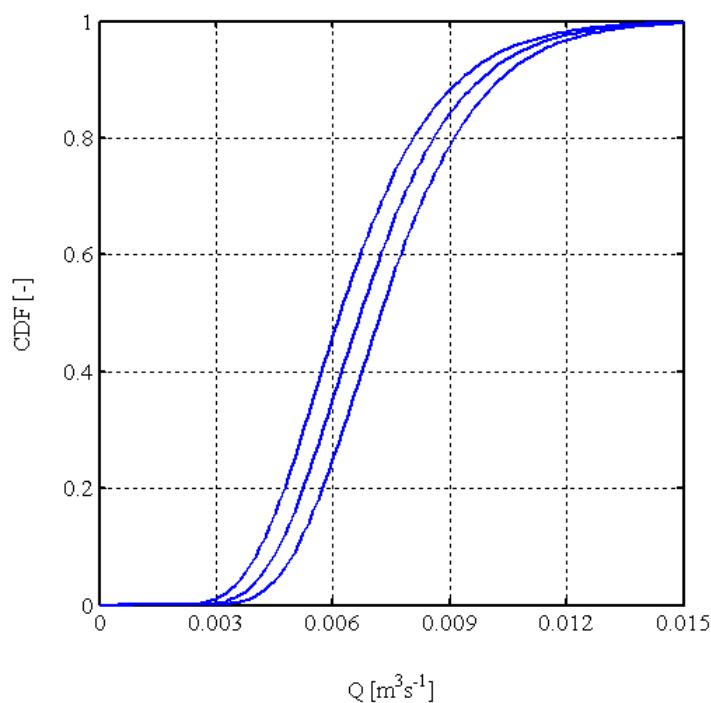


Figura 3.2. Funzioni densità di probabilità cumulata di tipo lognormale per le portate delle sorgenti Valle del Cugnolo. Le stime sono state effettuate in base ai dati disponibili.

#### 4. La soluzione proposta

I collegamenti carrabili sono abbastanza buoni. Le possibilità di allacciamento alla rete elettrica sono agevoli. Le pressioni in gioco assumono però valori elevati soprattutto nella parte terminale del tracciato e richiedono l'adozione di condotte ad alta resistenza e particolari accorgimenti tecnici sulle derivazioni.

Stante la precaria condizione generale delle armature idrauliche e dei serbatoi esistenti, dopo attenta analisi delle varie possibilità, abbiamo considerato nell'analisi di fattibilità gli interventi soddisfacenti i seguenti requisiti tecnici:

- risanamento generale del sistema di adduzione e distribuzione;
- semplificazione degli attuali schemi idraulici;
- migliore gestione e regolazione dei deflussi;
- compatibilità con le esigenze di alimentazione delle frazioni disposte lungo il pendio in condizioni di normale esercizio e in caso di incendio.

Alla luce degli obiettivi sopra esposti, si è stabilito di eliminare i serbatoi Cortacce ( $1\text{ m}^3$ ) e San Martino ( $50\text{ m}^3$ ) e di ricollocare il volume d'acqua necessario per il compenso dei consumi giornalieri, la riserva antincendio e la regolazione del gruppo turbina-generatore in una nuova camera ( $60\text{ m}^3$ ) poco sotto le captazioni delle sorgenti.

Le alimentazioni delle frazioni Cortacce e Redonda saranno garantite da una derivazione con riduzione della pressione (530 m s.l.m.). Analoga soluzione sarà prevista per l'erogazione dell'acqua alle frazioni Case di Cima e Ceresa (420 m s.l.m.).

#### 5. Analisi tecnica

Nel seguito si propone la soluzione tecnica elaborata per sfruttare il carico idraulico disponibile per la generazione di energia tra le captazioni delle sorgenti Valle del Cugnolo e il serbatoio Sasso Grande.

##### Ipotesi di lavoro

- risanamento completo delle attuali captazioni delle sorgenti (655 m s.l.m. – 743 m s.l.m.);
- costruzione di un nuovo serbatoio per la raccolta e lo stoccaggio dell'acqua delle sorgenti (620 m s.l.m,  $60\text{ m}^3$ ,) con funzioni di camera di carico per l'impianto;
- posizionamento del gruppo turbina-generatore in una nuova camera presso il serbatoio Sasso Grande (320 m s.l.m.,  $100\text{ m}^3$ );
- sostituzione integrale della condotta attuale con una di diametro e resistenza maggiori (PN 16-25-40 Ø 100 mm) tra la camera di carico e il serbatoio Sasso Grande.

### Risultati e commenti

- la potenza media dell'impianto (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata media delle sorgenti e della derivazione) risulterebbe di circa 13 kW mentre la potenza massima (cioè la potenza ottenibile turbinando la portata massima delle sorgenti) potrebbe raggiungere all'incirca i 20 kW;
- complessivamente l'energia prodotta nell'arco di un anno ammonterebbe a circa 110'000 kWh, 117'500 kWh o 125'000 kWh in dipendenza della portata media (si consultino la Figura 5.1.2 e la Figura 5.1.3 per ulteriori dettagli);
- per completezza in Figura 5.1.1 sono riportate le quote geometriche, le quote piezometriche e i carichi totali sulla condotta di adduzione tra il bacino di carico delle sorgenti e il serbatoio Sasso Grande per valori di portata turbinata compresi tra 0 e 15 l/s; inoltre nelle Figure 5.1.2 e 5.1.3 sono riportate rispettivamente la potenza erogabile dall'impianto e l'energia prodotta nell'arco di un anno.

### Vantaggi

- il sistema di captazione e adduzione dell'acqua verrebbe completamente risanato;
- si avrebbe una migliore fruibilità della riserva antincendio per le frazioni;
- la gestione e automazione del sistema sarebbe semplice;
- gli interventi sulla rete di distribuzione esistente sarebbero ridotti al minimo.

### Svantaggi

- l'investimento economico sarebbe significativo;
- la scarsità di dati sulla produttività delle sorgenti e le significative fluttuazioni riscontrate nei diversi periodi di osservazione rendono incerta la stima sulla capacità produttiva dell'impianto.

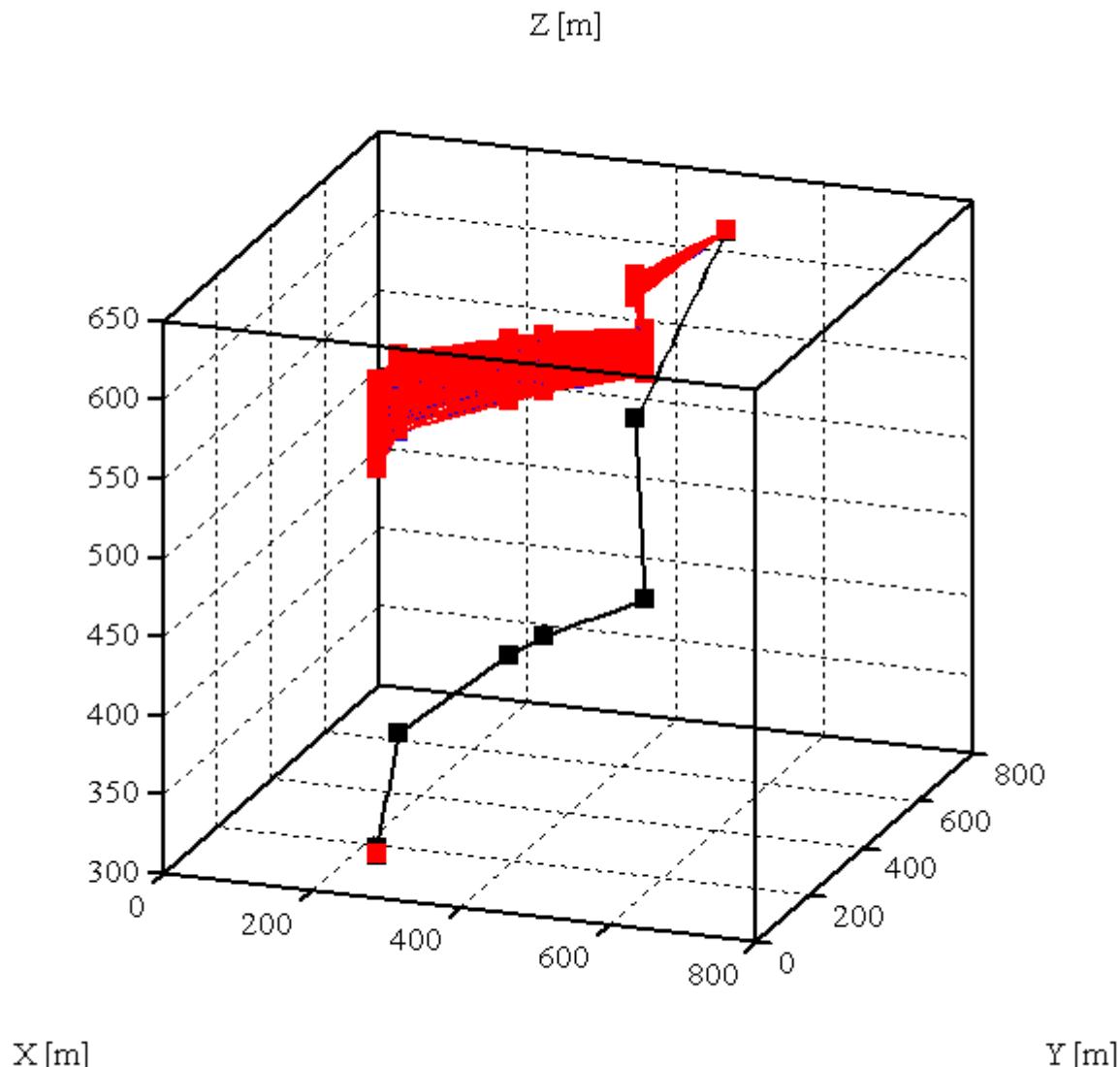


Figura 5.1.1. Analisi tecnica. Quote geometriche (linee nere per le condotte e quadrati neri per i nodi), quote piezometriche (linee blu per le condotte e quadrati blu per i nodi) e carichi totali (linee rosse per le condotte e quadrati rossi per i nodi) sulla condotta di adduzione (PN 16-25-40 Ø 100 mm) tra la camera di raccolta e carico (620 m s.l.m.) e la camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore (325 m s.l.m.) da costruirsi presso il serbatoio Sasso Grande (320 m s.l.m.) per diverse condizioni di portata turbinata.

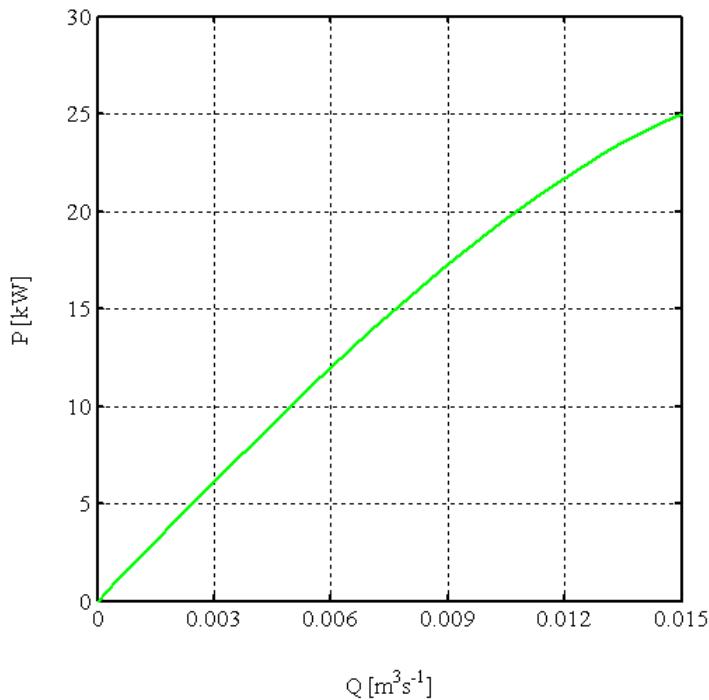


Figura 5.1.2. Analisi tecnica.  
Potenza generata dall'impianto per diverse condizioni di portata turbinata.

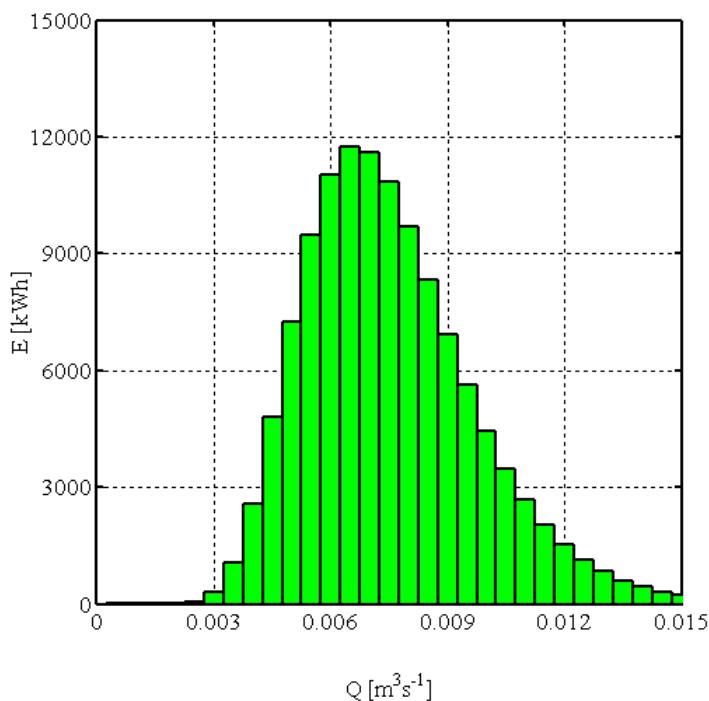


Figura 5.1.3. Analisi tecnica.  
Energia prodotta dall'impianto nell'arco di un anno per diverse condizioni di portata turbinata (portata media annua ca.  $7 \text{ ls}^{-1}$ ).

## 6. Analisi economica

Vista la fattibilità tecnica dell'impianto si è deciso di procedere a valutare il progetto dal punto di vista finanziario, considerando un interesse del denaro annuo pari al 5% e ipotizzando un periodo di vita di 50 anni per le opere civili e di 25 anni per le opere elettromeccaniche.

Il costo complessivo degli investimenti necessari per risanare l'acquedotto e realizzare l'impianto di recupero energetico risulta pari a  $\approx 1'580'000$  CHF a cui corrisponde un costo annuo di  $\approx 93'000$  CHF (cfr. Tabella 6.1).

Il costo complessivo degli investimenti necessari per risanare l'acquedotto risulta pari a  $\approx 880'000$  CHF a cui corrisponde un costo annuo di  $\approx 48'000$  CHF (cfr. Tabella 6.2).

Il costo complessivo degli investimenti necessari per realizzare l'impianto di recupero energetico risulta quindi pari a  $\approx 700'000$  CHF annui a cui corrisponde un costo annuo di  $\approx 45'000$  CHF (cfr. Tabella 6.3).

Il preventivo generale comprende il rifacimento della condotta di adduzione, la costruzione di un nuovo serbatoio di compenso e carico per la microcentrale, la realizzazione della camera di alloggiamento del gruppo turbina-generatore, i collegamenti della rete di distribuzione alla condotta forzata. I costi per il rifacimento delle captazioni delle sorgenti sono invece esclusi.

In base all' Ordinanza sull'Approvvigionamento Elettrico del 14 Marzo 2008 il prezzo di vendita dell'energia risulta definito sulla base di una remunerazione di base dipendente dalla classe di prestazione dell'impianto (potenza equivalente erogata) e da altri bonus. La remunerazione deve in ogni caso essere mantenuta inferiore al valore di 0.35 CHF per kWh ed essa viene garantita per un periodo di 25 anni. La normativa stabilisce inoltre che al termine di tale periodo l'energia prodotta dell'impianto potrà essere venduta al prezzo di mercato.

Nel caso in oggetto (potenza equivalente erogata pari a  $\approx 13$  kW, salto lordo di  $\approx 300$  metri e costi di costruzione delle armature idrauliche superiori al 50% del valore dell'investimento totale) il prezzo di vendita risulterebbe di circa 0.300 CHF/kWh garantendo un ricavo annuo di circa 35'000 CHF.

Ne consegue che:

- il costo dell'investimento complessivo ( $\approx 93'000$  CHF/anno) non verrebbe recuperato dal ricavo dell'impianto (35'000 CHF/anno); si registrerebbero perciò differenze tra ricavi e costi negative ( $\approx -58'000$  CHF/anno);
- il maggior costo dell'investimento richiesto dalla realizzazione dell'impianto rispetto al solo risanamento dell'acquedotto ( $\approx 45'000$  CHF/anno) non verrebbe recuperato dal ricavo dell'impianto (35'000 CHF/anno); anche in questo caso si registrerebbero perciò differenze tra ricavi e costi negative ( $\approx -10'000$  CHF/anno);

Tabella 6.1. Interventi complessivi. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (interesse annuo pari al 5%, ammortamento delle opere civili in 50 anni e ammortamento delle opere elettromeccaniche in 25 anni).

Costi	Costo dell'investimento [CHF]	Costo annuo $\left[ \frac{\text{CHF}}{\text{anno}} \right]$
Opere civili	≈1'320'000	≈72'000
Opere elettromeccaniche	≈260'000	≈19'000
Esercizio e manutenzione	–	≈2'000
Costo totale	≈1'580'000	≈93'000

Tabella 6.2. Interventi richiesti dall'acquedotto. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (interesse annuo pari al 5%, ammortamento delle opere civili in 50 anni e ammortamento delle opere elettromeccaniche in 25 anni).

Costi	Costo dell'investimento [CHF]	Costo annuo $\left[ \frac{\text{CHF}}{\text{anno}} \right]$
Opere civili	≈880'000	≈48'000
Opere elettromeccaniche	–	–
Esercizio e manutenzione	–	–
Costo totale	≈880'000	≈48'000

Tabella 6.3. Interventi richiesti dall'impianto di recupero energetico. Caratteristiche dei costi per la costruzione e l'esercizio delle opere civili ed elettromeccaniche (interesse annuo pari al 5%, ammortamento delle opere civili in 50 anni e ammortamento delle opere elettromeccaniche in 25 anni).

Costi	Costo dell'investimento [CHF]	Costo annuo $\left[ \frac{\text{CHF}}{\text{anno}} \right]$
Opere civili	≈440'000	≈24'000
Opere elettromeccaniche	≈260'000	≈19'000
Esercizio e manutenzione	–	≈2'000
Costo totale	≈700'000	≈45'000

## 7. Conclusioni

In base alle informazioni raccolte e alle nostre analisi, la realizzazione di una microcentrale idroelettrica sulla condotta di adduzione tra la camera di raccolta delle sorgenti Valle del Cugnolo (620 m s.l.m.) e il serbatoio Sasso Grande (320 m s.l.m.) risulta tecnicamente fattibile.

Sostituendo infatti l'attuale condotta con una di resistenza e dimensione adeguata (PN 16-25-40 Ø 100.0 mm) e posizionando un gruppo turbina-generatore (potenza equivalente di circa 13 kW) presso il serbatoio Sasso Grande è infatti possibile produrre circa 110'000 kWh, 117'500 kWh o 125'000 kWh annui in dipendenza della portata media ipotizzabile per le sorgenti.

Dal punto di vista economico, l'adattamento dell'attuale rete di adduzione alla produzione di energia elettrica garantirebbe un ricavo medio di circa 35'000 CHF all'anno.

Alla luce delle nuove indicazioni fornite dall' Ordinanza sull'Approvvigionamento Elettrico del 14 Marzo 2008, ipotizzando un tasso di interesse del denaro al 5% e considerando un periodo di ammortamento di 50/25 anni per le opere civili/ elettromeccaniche, si è riscontrato che né i costi di investimento complessivi né quelli imputabili alla realizzazione del solo impianto di recupero energetico potrebbero essere recuperati.

La realizzazione della microcentrale non risulta pertanto vantaggiosa dal punto di vista economico.

Queste considerazioni andranno naturalmente rivalutate qualora, a seguito del rifacimento delle captazioni delle sorgenti Valle del Cugnolo, si dovessero riscontrare significativi aumenti delle portate idriche defluenti.

## 8. Bibliografia

- Arredi F. (1981). Costruzioni idrauliche. UTET. Torino.
- Evangelisti G. (1982). Impianti idroelettrici. PATRON. Bologna.
- Marchi E. & Rubatta A. (1981). Meccanica dei fluidi: principi e applicazioni idrauliche. UTET. Torino

## 9. Documenti Tecnici

- Studio Ingegneria Sciarini SA (1999). Comune di Gudo. Acquedotto comunale. Studio generale di risanamento e ottimizzazione del sistema di approvvigionamento.
- Studio Muttoni e Beffa SA (2004). Comune di Gudo. Sorgenti Valle del Cugnolo. Revisione zone di protezione. Rapporto idrogeologico.

## 10. Allegati

### 10.1. Preventivi

Preventivo	Oggetto	Descrizione
1	Impianto di recupero energetico	Costo degli interventi per la realizzazione delle opere previste
2	Acquedotto	Costo degli interventi per la realizzazione delle opere previste

### 10.2. Piani

Piano	Oggetto	Descrizione
-	Impianto di recupero energetico	Schema idraulico delle opere esistenti e degli interventi necessari Scala
2627-001	Impianto di recupero energetico	Planimetria delle opere esistenti e degli interventi necessari Scala 1:5000