

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. 9. : RELAZIONE FABBISOGNO IDRICO

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/--

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. È 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. – DESCRIZIONE DEL SITO.....	PAG. 4
3.0. – DISPONIBILITÀ IDRICA.....	PAG. 7
4.0. – DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO IN PROGETTO.....	PAG. 10
4.1. – PORTATA DI PROGETTO.....	PAG. 14
4.2. – SALTO DISPONIBILE.....	PAG. 16
4.3. – CURVA DI DURATA DELLE PORTATE UTILIZZATE.....	PAG. 19
5.0. – ASSETTO IMPIANTISTICO E CALCOLI IDRAULICI.....	PAG. 21
5.1. – SBARRAMENTO.....	PAG. 22
5.1.1. – SFIORATORE DELLO SBARRAMENTO.....	PAG. 23
5.1.2. – PARATOIE DELLO SCARICO DI FONDO DEL BACINO.....	PAG. 25
5.2. – BACINO.....	PAG. 26
5.3. – OPERA DI PRESA.....	PAG. 28
5.4. – CENTRALE.....	PAG. 29
5.5. – SCARICO.....	PAG. 30
6.0. – SCELTA DEL MACCHINARIO.....	PAG. 31
6.1. – POTENZA E RENDIMENTO.....	PAG. 35
6.2. – ISTOGRAMMA DEL FUNZIONAMENTO DELLE TURBINE.....	PAG. 37
6.3. – CALCOLO DELL’ENERGIA PRODOTTA.....	PAG. 38
7.0. – SICUREZZA IDRAULICA DELL’OPERA.....	PAG. 38
8.0. – TEMPI DI ESECUZIONE.....	PAG. 39
9.0. – CONCLUSIONE.....	PAG. 39

ET. 9. : RELAZIONE FABBISOGNO IDRICO

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., e a modulare le portate che saranno scaricate dalla nuova Centrale di Agosta per evitare le esondazioni a valle.

CARTA D'ITALIA



Figura 9-1: Ubicazione dell'Impianto con riferimento alla carta d'Italia.

2.0. – *Descrizione del Sito*

L'area di intervento, dove è ubicato l'Impianto Idroelettrico di Agosta in progetto, si trova all'interno di proprietà Terzi ed in area Demaniale nell'ambito del territorio del Comune di Agosta (RM).

CARTA D'ITALIA – FOGLIO IGM N. 376 SEZ. IV – SUBIACO

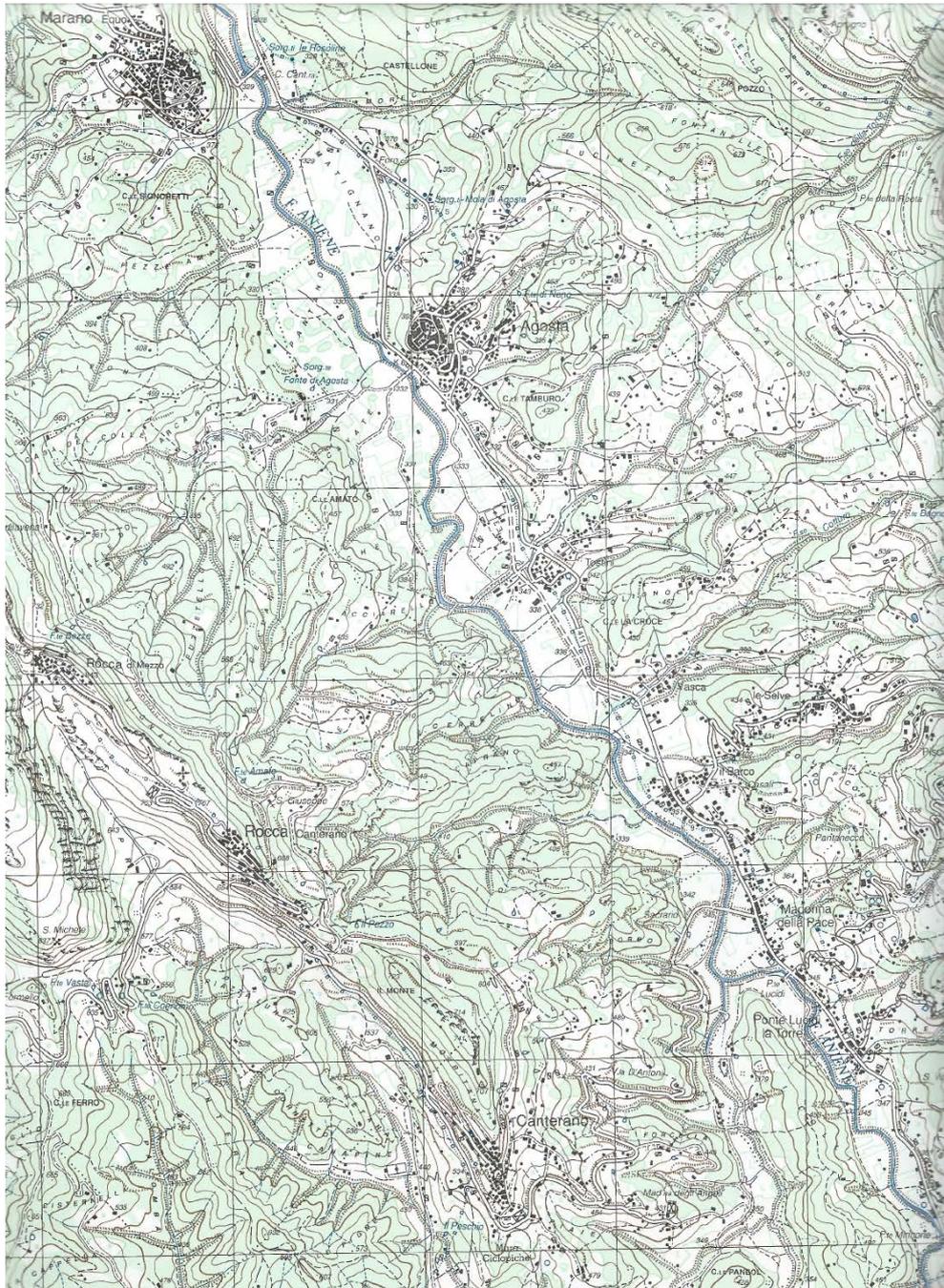


Figura 9-2: Cartografia IGM Serie 25 dell'Inquadramento – Carta Topografica d'Italia – Stralcio Foglio 376 Sezione IV – Subiaco.

La zona in Progetto è situata in località “Alta Valle del Fiume Aniene” e vi si accede, dal Km 4,70 circa (ponte di Agosta), della Strada Regionale, n. 411 denominata “Sublacense” che si diparte, dal Km 60,70 circa della Strada Statale n. 5 Tiburtina Valeria nei pressi di Roviano, per proseguire per Subiaco (RM).

L’area oggetto dell’intervento in progetto ricade nel territorio del Comune di Agosta, per una lunghezza complessiva di circa 4,5 km e posto ad una altitudine media di circa **350 m s.l.m.**

In questo tratto il fondovalle si estende in larghezza per circa 500 metri; il territorio a sinistra del Fiume Aniene è ancora in massima parte libero da insediamenti, mentre alla destra idraulica del Fiume Aniene si trova il Centro abitato di Agosta separato dalla Strada Regionale SR 411 che corre ai piedi delle alture.

Il Fiume Aniene, provenendo dalla valle strettissima a monte dell’abitato di Subiaco, che nei pressi della città si apre leggermente, trova in questo punto una prima area di esondazione naturale.

L’area interessa in totale quattro Comuni e il Fiume Aniene rappresenta il confine tra i Comuni di Agosta e Subiaco, da un lato, e quelli di Canterano e Rocca Canterano dall’altro.

La scelta di quest’area, ai fini dell’ubicazione dell’Impianto in progetto, è stata dettata dal fatto che in essa già oggi insistono alcune aree a rischio di esondazione e che la realizzazione del Bacino di accumulo non fa nient’altro che gestire le piene, produrre energia idroelettrica, garantire le sponde del Fiume Aniene specialmente quelle in destra idraulica, prossime all’abitato di Madonna della Pace lungo il corso della Strada Sublacense, e rendere l’area di interesse turistico con il lago artificiale.

Alla Centrale Idroelettrica vi si accede, dopo aver percorso un breve tratto a monte del ponte sul Fiume Aniene (Ponte di Agosta), della Strada Provinciale SP47A che si diparte dalla Strada Regionale SR 411 - Sublacense.

ORTO FOTO DELL' AREA DI INTERVENTO

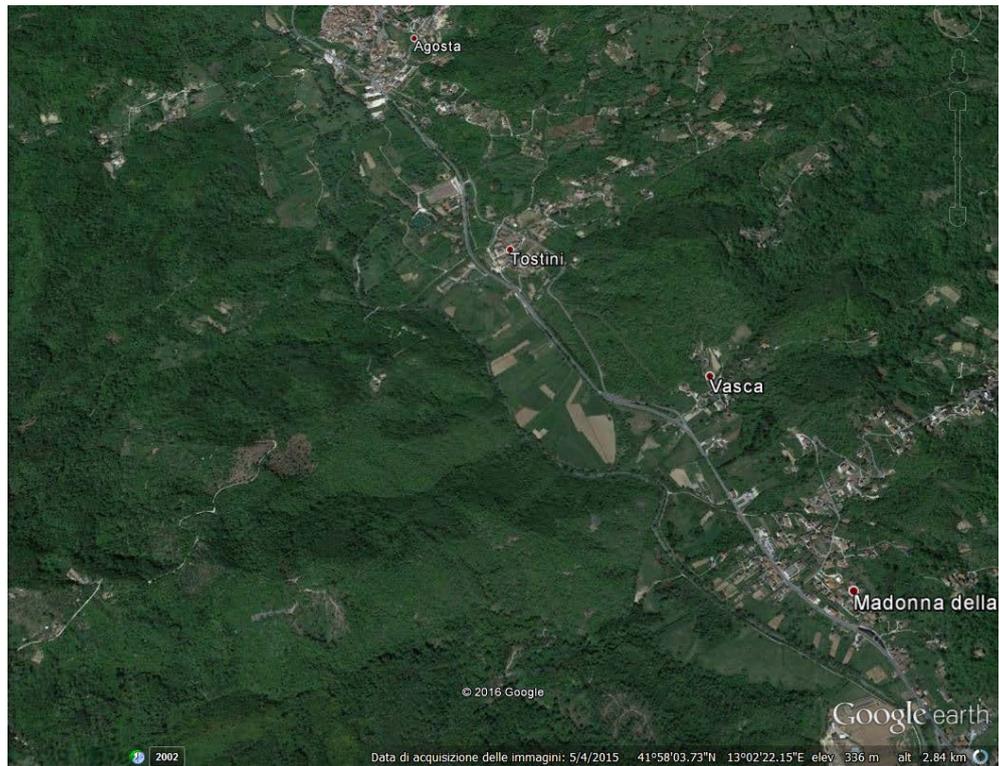


Figura 9-3: Veduta generale dell'area di collocazione del Bacino, dello Sbarramento e della Centrale (fonte Google Earth).

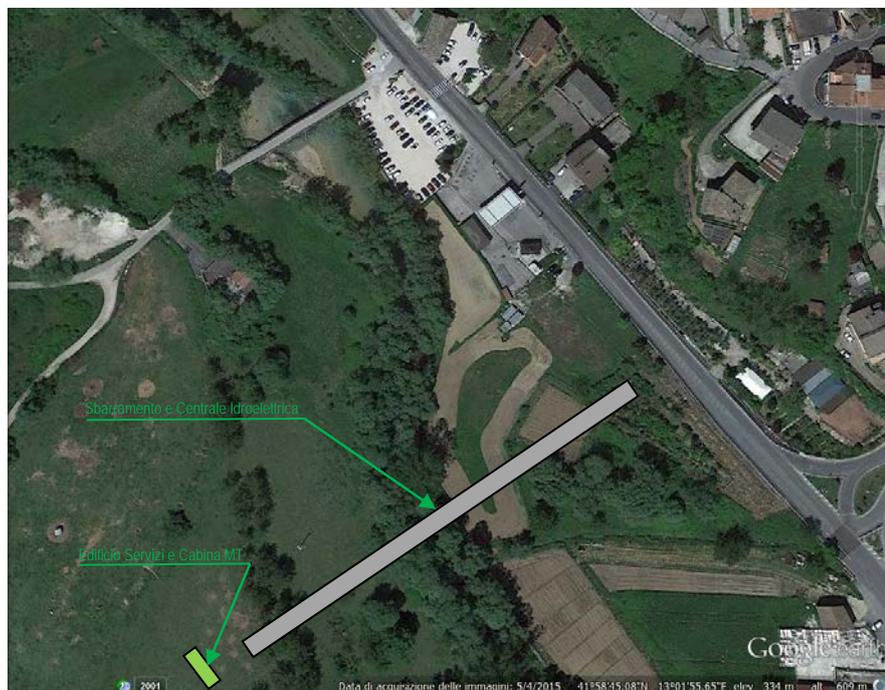


Figura 9-4: Veduta generale dell'area di collocazione dello Sbarramento e della Centrale (fonte Google Earth).

3.0. – *Disponibilità Idrica*

L'Impianto di Agosta utilizza le acque che affluiscono al Serbatoio di Agosta dal Fiume Aniene (dal quale sono derivate in corrispondenza delle opere di restituzione della Centrale di Subiaco), dal Fosso delle Cone (confluenza a quota 339 m s.l.m.) in sinistra idraulica del Fiume Aniene ed a monte di Ponte Lucidi, dal torrente Rio in sinistra idraulica del Fiume Aniene ed a valle di Ponte Lucidi, in località Madonna della Pace, e dal modesto Fosso Cotturo, subito a valle, in destra idraulica a valle della località il Barco, sotteso dall'omonimo Sbarramento.

La quota in progetto di derivazione dal Fiume Aniene è alquanto più bassa della quota attuale di restituzione dell'Impianto di Subiaco le acque del Fiume Aniene vengono pertanto convogliate al Serbatoio di accumulo dell'Impianto Idroelettrico di Agosta.

Per valutare le portate disponibili derivabili nel Serbatoio di Agosta si è distinto, nel totale Bacino allacciato pari a **299 Km²**, la parte sottesa dalle Opere di Derivazione dell'Impianto di Subiaco (**233 Km²**) e la parte residua a valle di queste Opere (**66 Km²**).

La prima parte coincide con i Bacini del Fiume Aniene e dell'affluente Simbrivio controllati dalle Stazioni di misura di Cascata di Trevi, di Comunacqua e di Subiaco e pertanto la sua portata media disponibile risulta pari a quella determinata per tali Sezioni ossia $4,07 + 2,40 = 6,47 \text{ m}^3/\text{sec.}$.

Per valutare la disponibilità del bacino a valle dell'opera di presa di Subiaco, in mancanza di misure dirette, si è tenuto conto del fatto che questo bacino (66 Km²) è una quota parte del più vasto bacino del Fiume Aniene compreso tra le anzidette Stazioni di misura di Comunacqua e Cascata di Trevi e la Stazione di misura di Subiaco (esteso quindi $233 + 66 = 299 \text{ Km}^2$) il cui deflusso può calcolarsi, sulla base delle valutazioni riportate.

Nei precedenti paragrafi; in $9,87 - 6,47 = 3,40 \text{ m}^3/\text{sec.}$, pari ad un contributo unitario di $3,40/40,02 = 84,9 \text{ l/sec./Km}^2$.

La Portata Media probabile del bacino del Fiume Aniene compreso tra le Sezioni di presa e di restituzione dell'Impianto di Scalette risulta pertanto $29,9 \times 0,0849 = 2,54 \text{ m}^3/\text{sec}.$

In totale quindi la portata media del Fiume Aniene disponibile alla Sezione di presa dell'Impianto di Agosta in Progetto risulta di $6,47 + 2,54 = \mathbf{9,01 \text{ m}^3/\text{sec}.$

Per valutare la portata media derivabile del Fiume Aniene nel serbatoio di Agosta si è fatto riferimento alle curve di durata dei deflussi del Fiume Aniene rispettivamente alle Sezioni di presa e di restituzione dell'Impianto di Subiaco; tali curve si sono assunte proporzionali all'analogha curva determinata per la Stazione di Subiaco secondo la rispettiva media statistica; ciò appare giustificato in quanto, dal confronto dei dati relativi al comune periodo di osservazioni (1935/1940), si è rilevata l'identità di regime del Fiume Aniene nelle Stazioni di Cascata di Trevi, Comunacqua e in quella più a valle di Subiaco.

La portata derivabile dalla restituzione dell'Impianto di Subiaco è naturalmente la totale utilizzata dall'Impianto stesso, il quale è proporzionato per derivare una portata massima di $28 \text{ m}^3/\text{sec}.$, pari a 3,11 volte la portata media disponibile alle Sezioni di presa, nel periodo di osservazione; a tale dimensionamento corrisponde un coefficiente di cattura di 1,393 e quindi la possibilità di derivare $1,393 \times 6,47 = 8,99 \text{ m}^3/\text{sec}.$

La portata disponibile del bacino a valle dello scarico della Centrale di Subiaco, è incrementata dalle portate sfiorate dalla traversa di Sbarramento dell'opera di presa di Subiaco e da queste il deflusso medio disponibile alla Sezione, ove è ubicata la Stazione di Subiaco per derivare una portata massima di $28 \text{ m}^3/\text{sec}.$

Il volume medio annuo derivabile dal serbatoio di Agosta sul Fiume Aniene si è calcolato con l'ausilio delle curve di durata delle portate del Fiume Aniene alle Sezioni di presa e di restituzione dell'Impianto di Subiaco; tale volume è, infatti, rappresentato dall'area compresa tra la curva di durata delle portate naturali del Fiume Aniene alla

sezione di restituzione di Subiaco, delimitata dalla portata massima derivabile nel serbatoio di Agosta (pari a 28 m³/sec., somma delle portate massime derivabili dalla restituzione di Subiaco e la curva delle portate del Fiume Aniene all'opera di presa dell'Impianto di Subiaco, delimitata dalla portata massima derivabile da questo Impianto; si è così calcolato per la portata media derivabile dal Serbatoio di Agosta il valore di 9,01 m³/sec..

La portata media probabile derivabile dal Fiume Aniene risulta in complesso pari a 9,01 m³/sec..

La seguente Tabella riporta le caratteristiche idrologiche dei bacini allacciati dall'Impianto Idroelettrico di Agosta (RM).

TABELLA

BACINO	ESTENSIONE Km ²	PORTATA DISPONIBILE m ³ /sec.	PORTATA DERIVABILE NEL SERBATOIO m ³ /sec.
Carpine	23,5	0,25	0,25
Roiate	4,5	0,05	0,05
Aniene	211,0	8,43	8,73
Totale	239,0	8,73	9,03

Tenendosi conto di una perdita per evaporazione del serbatoio pari a 0,02 m³/sec., relativi ad una altezza annua di evaporazione di 1000 mm dallo specchio liquido medio dell'invaso pari a 0,8 Km², la portata media utilizzabile dell'Impianto di Agosta risulta di 9,03 – 0,02 = **9,01 m³/sec.**

4.0. – *Descrizione dell’Impianto in Progetto*

L’Impianto Idroelettrico di Agosta in progetto, da realizzare nell’ambito del territorio del Comune di Agosta (RM), con una popolazione di 1765 abitanti e con una superficie di 9,50 Km², sarà un Impianto del tipo ad accumulo, alimentato dall’invaso del Bacino di Agosta (serbatoio artificiale), che si andrà a realizzare, della capacità utile di circa **800 (ottocento) mila** metri cubi, con la quota di massimo invaso posta a **343,00 m s.l.m.**, con un salto medio di **12,50 m**, una portata derivabile massima turbinabile di **28 mc./sec.**, e sarà in grado di fornire una potenza efficiente di **3 MW** ed ha una producibilità media annua di **7,743 GWh**.

REGIONE LAZIO

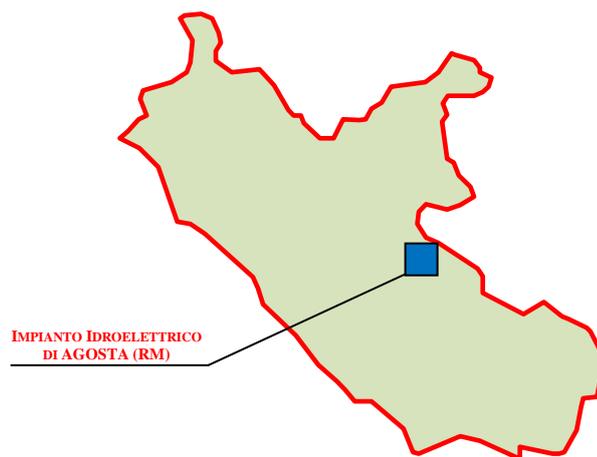


Figura 9-5: Ubicazione dell’Impianto con riferimento alla carta Regionale del Lazio.

Questo nuovo Impianto, come sopra detto, preleverà pertanto le acque attraverso un invaso da realizzare mediante una traversa di sbarramento sul fiume Aniene e le restituirà appena a valle della stessa traversa attraverso gli scarichi delle turbine, inoltre avrà lo scopo di regolare anche, come precedentemente detto, le portate dell’alto bacino imbrifero del fiume Aniene e modulare i deflussi che

saranno in seguito turbinati dalla Centrale Idroelettrica di Agosta per gestire al meglio le portate ed evitare le esondazioni che ad oggi avvengono nell'area di Pontelucano, posta a valle dell'attuale Centrale Idroelettrica dell'Acquoria, dell'Enel Green Power S.p.A., in Comune di Tivoli (RM) e nella zona di Lunghezza (RM), prima di confluire le portate nel fiume Tevere.

Gli interventi in progetto, così come saranno descritti nel presente documento, riguardano la realizzazione di un nuovo Impianto Idroelettrico nell'ambito del territorio del Comune di Agosta, in provincia di Roma, ed in alveo fluviale del fiume Aniene ed a valle dell'attuale Impianto Idroelettrico di Subiaco dell'Enel Green Power S.p.A. e la connessione dello stesso alla rete tramite la realizzazione di linee MT e cabina di consegna.

L'impianto idroelettrico in progetto turbinerà le acque sia quelle provenienti dal bacino imbrifero sotteso e sia quelle scaricate dall'Impianto Idroelettrico di Subiaco, dell'Enel Green Power S.p.A., in Comune di Subiaco (RM), ed accumulate nel Bacino che sarà realizzato in alveo fluviale, del fiume Aniene, e subito a monte del Ponte attuale di Agosta e in aree dello stesso Comune di Agosta (RM), attraverso uno Sbarramento del tipo alleggerito conglobante al suo interno sia i gruppi di produzione di energia elettrica che le camere di alimentazione degli stessi.

Oltre ad installare i gruppi di produzione sarà prevista la fornitura di una serie di apparecchiature elettriche che saranno poste all'interno di un Edificio Servizi, inoltre verrà allestita una Cabina di consegna nei pressi della Centrale in sponda sinistra dello Sbarramento e realizzate tutte le opere necessarie alla connessione dell'impianto alla rete.

L'impianto, è concepito del tipo completamente automatico senza la presenza di personale addetto all'esercizio e telecontrollo da posto remoto che potrà essere da computer da casa.

Stralcio cartografico della Carta d'Italia

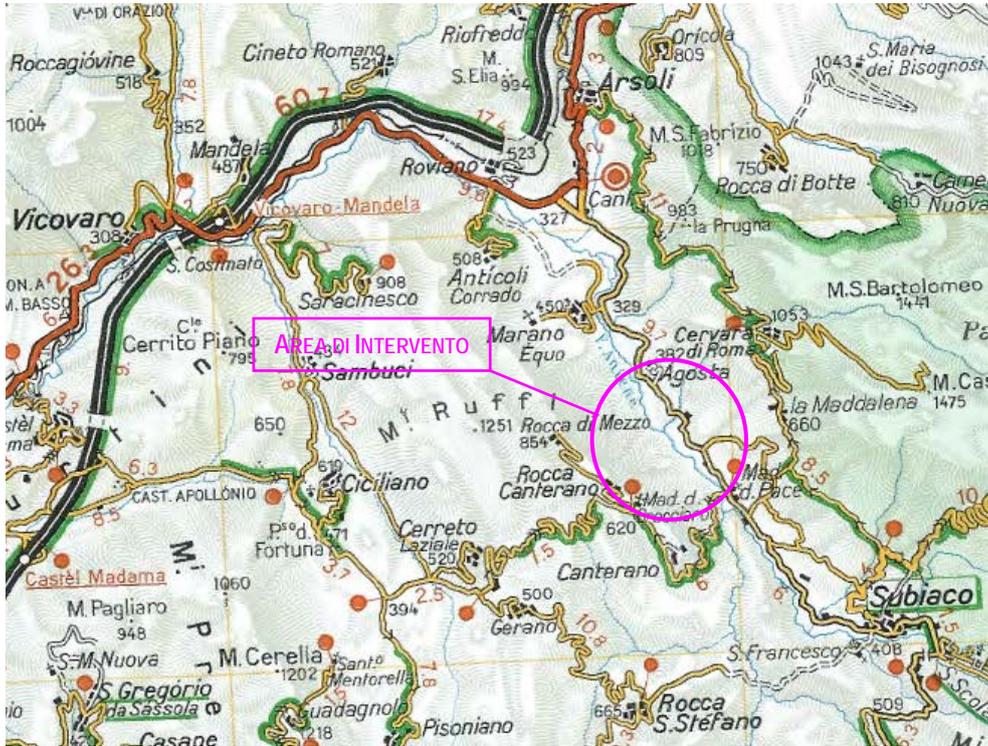
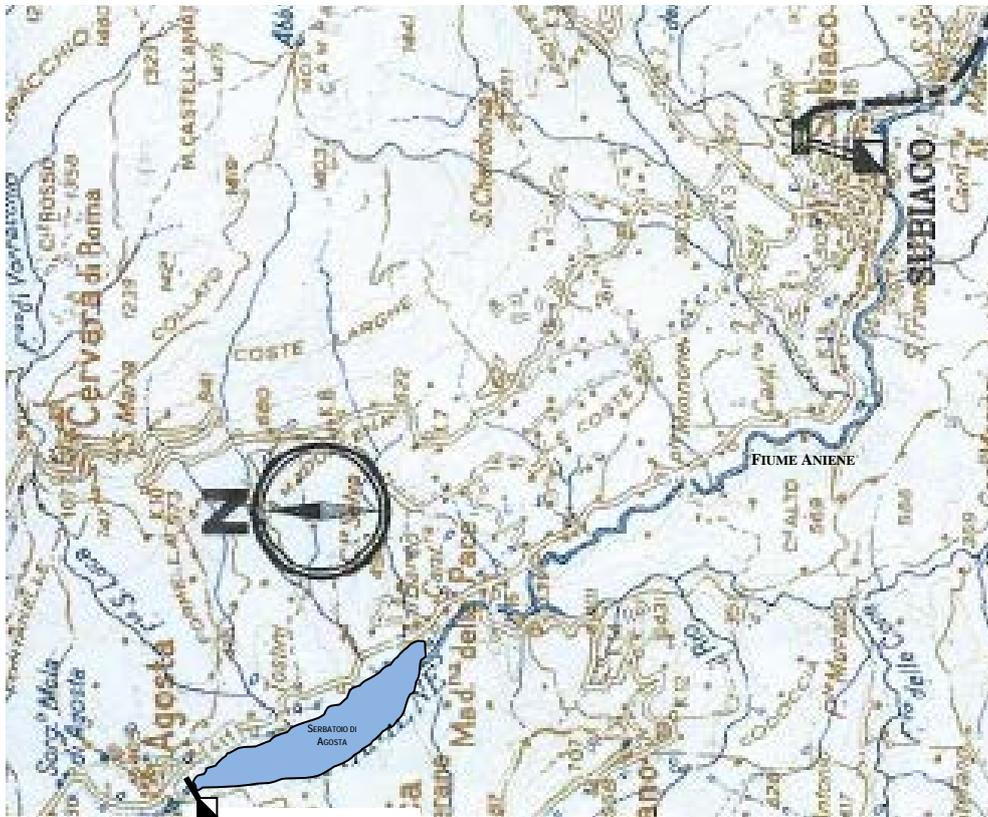


Figura 9-6: Corografia dell'Area di Intervento.



SBARRAMENTO E
CENTRALE DI AGOSTA

Figura 9-7: Impianto di Agosta – Planimetria Generale.

CARTA D'ITALIA – FOGLIO IGM N. 376 SEZ. IV – SUBIACO

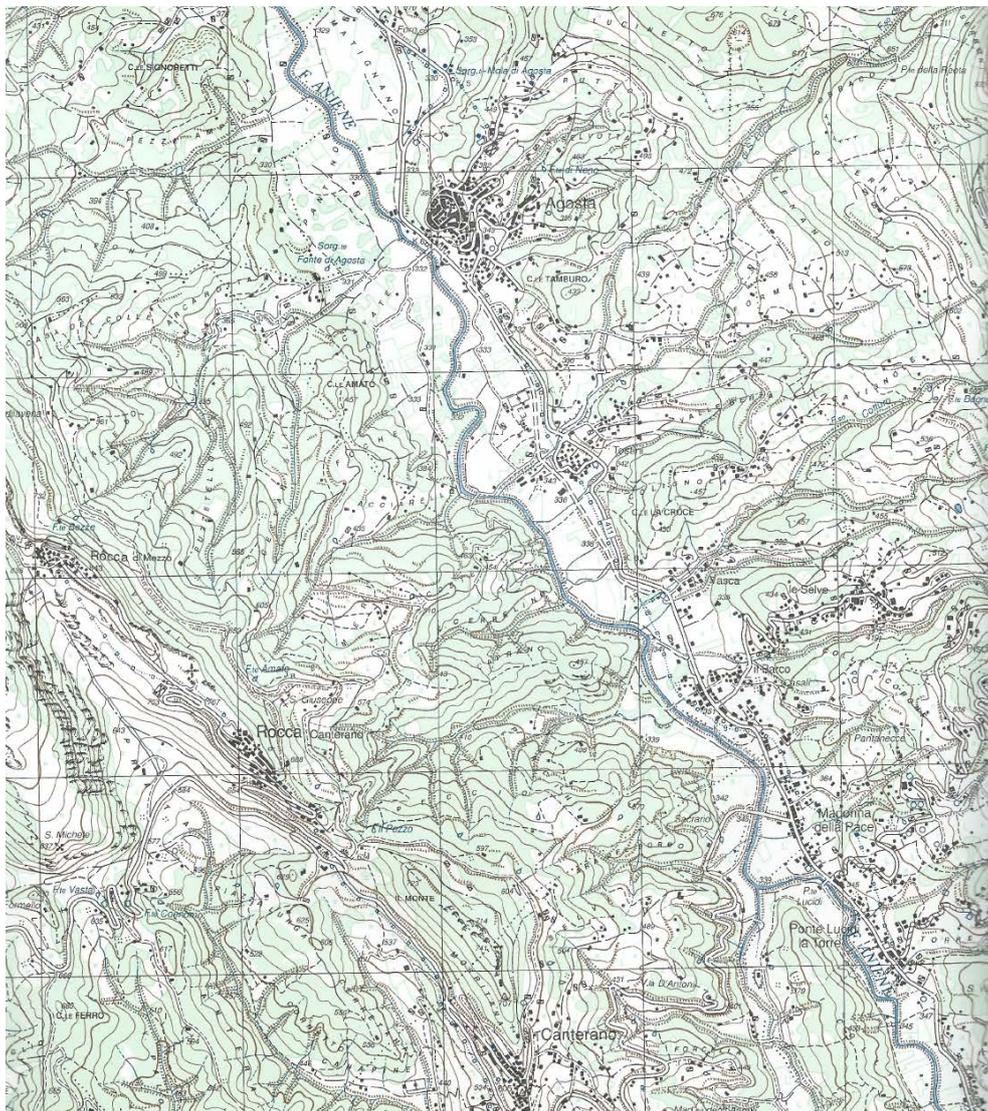


Figura 9-8: Cartografia IGM Serie 25 dell'Inquadramento – Carta Topografica d'Italia – Stralcio Foglio 376 Sezione IV – Subiaco.

Si riportano sinteticamente le caratteristiche dei Gruppi da installare:

- 1.- Capacità del Bacino di accumulo:.....2.800.000 m³;
- 2.- Portata di concessione:.....28,00 m³/sec.;
- 3.- Salto di concessione:.....13,00 m;
- 4.- Potenza di concessione:.....3 MW;
- 5.- Portata massima di derivazione:..... 28,00 m³/sec.;
- 6.- Potenza installata:.....3 MW;
- 7.- Producibilità.....7,743 GWh;

4.1. – *Potata di Progetto*

La portata massima derivata è stata assunta pari a **28,0 mc/s**. Il motivo di tale scelta è da imputare alla possibilità di turbinare con buoni rendimenti il DMV pari a **0,5 mc/s** che caratterizza lo Sbarramento di Agosta. Il DMV rappresenta, infatti, la portata garantita tutto l'anno poiché deve essere necessariamente rilasciata dallo Sbarramento ed è quindi caratterizzato da una durata del 100%.

Inoltre una portata derivata bassa consente di installare per ogni gruppo turbina generatore di dimensioni contenute che risulta particolarmente importante dato che l'impianto sarà collocato nella camera turbina interrata e costituente il corpo Traversa e quindi i ridotti ingombri agevolano significativamente le operazioni di montaggio e le successive operazioni di manutenzione.

La portata di progetto è caratterizzata da una durata superiore al 45% come si vede dalla figura sottostante.

Avendo scelto una portata di progetto dell'impianto pari a **28 m³/s** si ottiene una portata media derivata pari a **9,01 mc/s**.

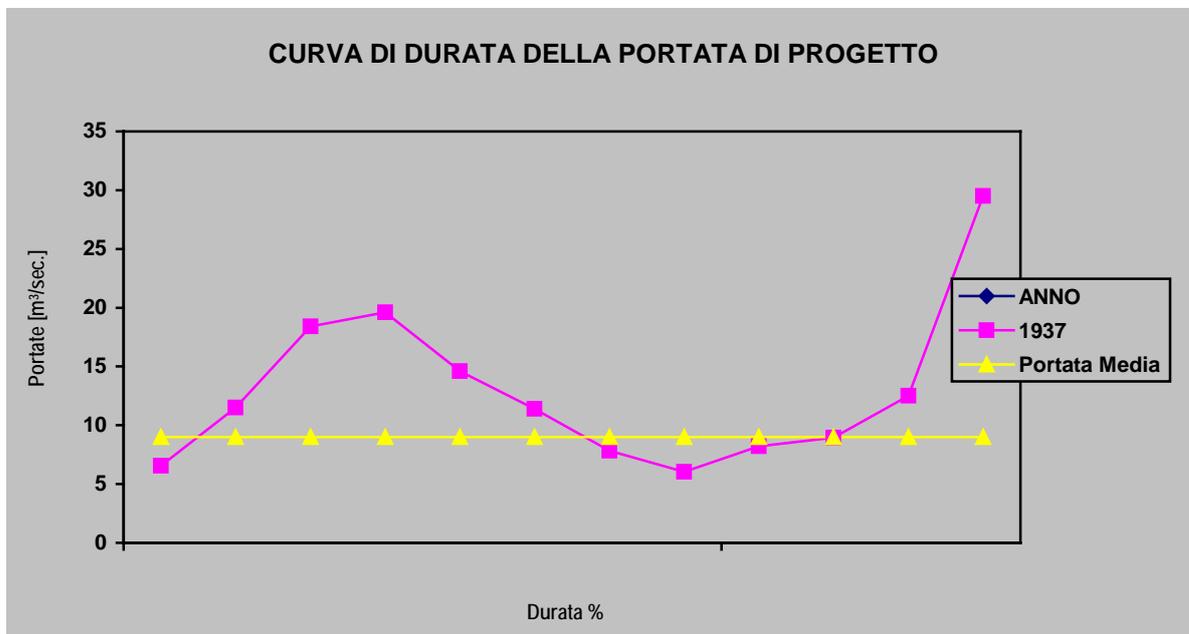


Grafico 1 – Fiume Aniene ad Agosta – Curva di durata della portata media di progetto.

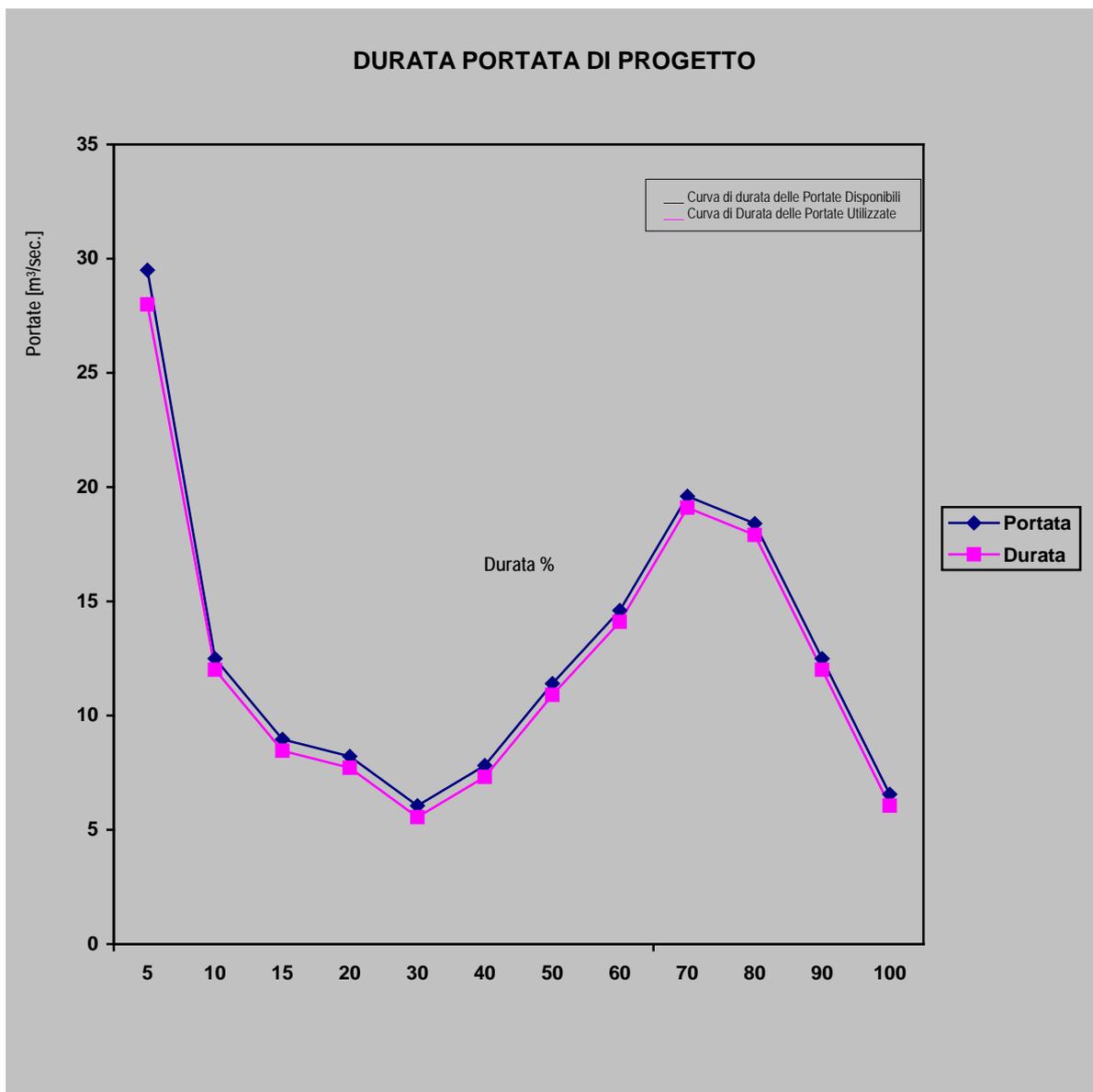


Grafico 2 – Fiume Aniene ad Agosta – Curva di durata delle portate utilizzate.

A partire dalla curva di durata delle portate disponibili e dalla portata di progetto è stata tracciata la curva di durata delle portate utilizzate dall'impianto.

4.2. – Salto Disponibile

Una volta determinate le portate disponibili e sfruttabili dall'impianto, l'altro parametro fondamentale per la stima delle produzioni attese è la determinazione del salto disponibile, dato dalla differenza tra il livello idrico nel bacino H_m e il livello idrico nel punto di rilascio all'interno dello scarico.

I livelli di monte utilizzati per la stima della producibilità attesa sono quelli di Progetto in contemporanea delle portate rilasciate dalla Centrale di Subiaco.

I livelli di valle sono stati invece determinati calcolando l'altezza di moto uniforme nello scarico a valle dello Sbarramento.

Tale scarico (dieci) ha sezione circolare con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche:

$I = 1,04\%$; $D = 2,1 \text{ m}$; K_s (tubo in acciaio in esercizio) = 70.

La scala d'efflusso determinata tramite la legge di Chezy è riportata nella figura sottostante.

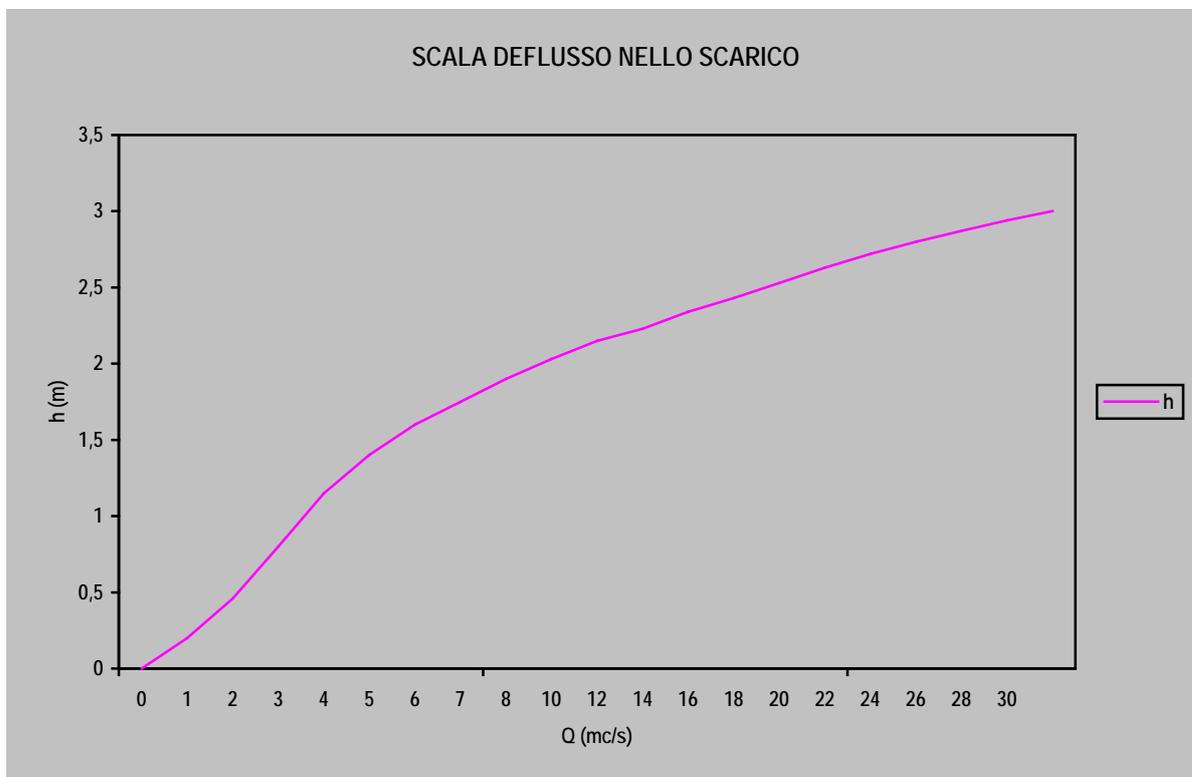


Figura 9-9: Scala di deflusso negli scarichi.

Il livello di valle H_v è determinato sommando ai tiranti ottenuti dalla scala d'efflusso il livello di fondo dello scarico pari a 329,00 m s.l.m..

La curva di durata dei salti lordi disponibili ottenuta sottraendo ai livelli di monte i livelli di valle è riportata in figura sottostante.

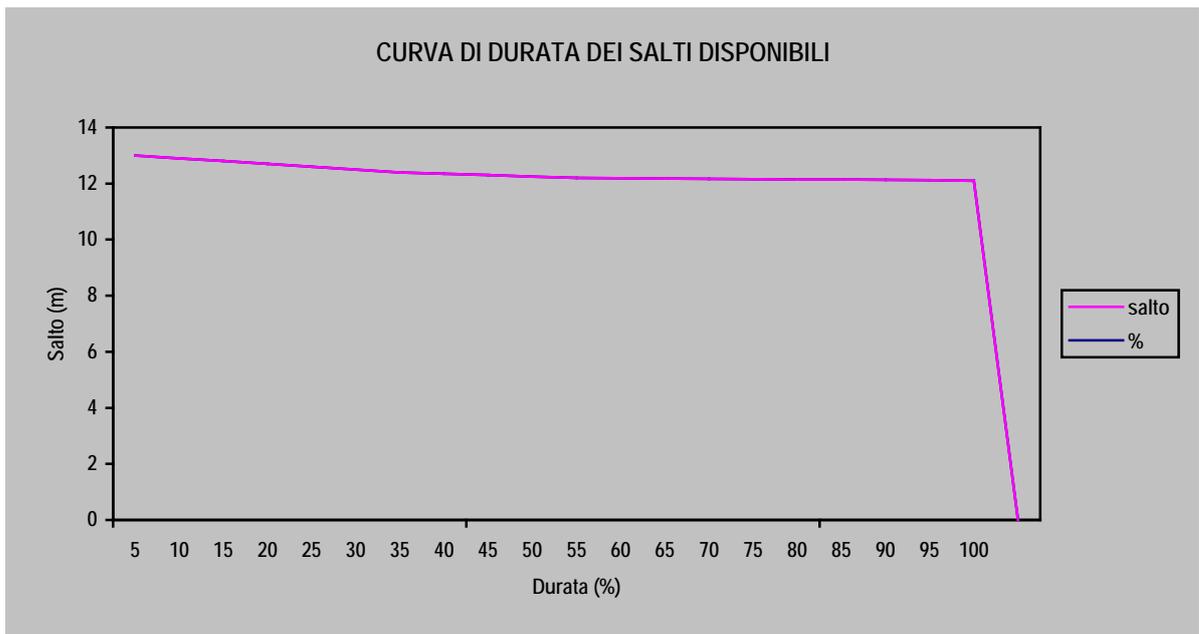


Figura 9-10: Curva di durata dei Salti Disponibili.

Salto lordo [m]	
Hmedio	12,50
Hmax	13,00
Hmin	12,00

Figura 9-11: Salti lordi massimi, medi e minimi di progetto.

A partire dal calcolo dei salti lordi, il salto netto è determinato andando a sottrarre le perdite di carico date dai seguenti contributi:

–perdite di imbocco;

–perdite lineari lungo lo scarico;

–perdite concentrate in corrispondenza della biforcazione;

–perdite concentrate in corrispondenza della valvola a farfalla a monte della turbina.

Il salto netto massimo, medio e minimo così calcolato, è riportato nella tabella seguente.

Salto netto [m]	
H_{medio}	12,50 m
H_{max}	13,00 m
H_{min}	12,00 m

Figura 9-12: Salto netto.

4.3. – Curva di Durata delle Portate Utilizzate

Fiume Aniene a Subiaco:

q. = 350 m s.l.m. circa - Curva di durata delle Portate medie mensili del periodo 1926 – 1956.

Q max = 29,50 m³/sec. raggiunta nel mese di Dicembre;

Q min = 2,96 m³/sec. raggiunta nel mese di Ottobre.

Portata [m ³ /s]	
Q _{max}	29,50
Q _{min}	2,96
Q _{media}	16,23

Tabella 9-1: Portate massime, medie e minime relative al periodo 1926-1956.

Il valore medio registrato nel periodo 1926 ÷ 1956 corrispondente ad una portata media annua di **9,01 m³/s**, che corrisponde a un volume medio in afflusso di **284.139.360 m³/anno**.

Tabella 9-2: Durata delle portate disponibili

Portata [m ³ /s]	Durata [%]
29,50	5
25,10	5
24,60	15
20,70	20
19,30	25
17,80	30
16,20	35
15,00	40
14,40	45
13,30	50
12,10	55
11,60	60
9,16	65
8,27	70
7,24	75
6,85	80
5,17	85
4,23	90
3,54	95
2,96	100

CURVA DI DURATA DELLA PORTATA

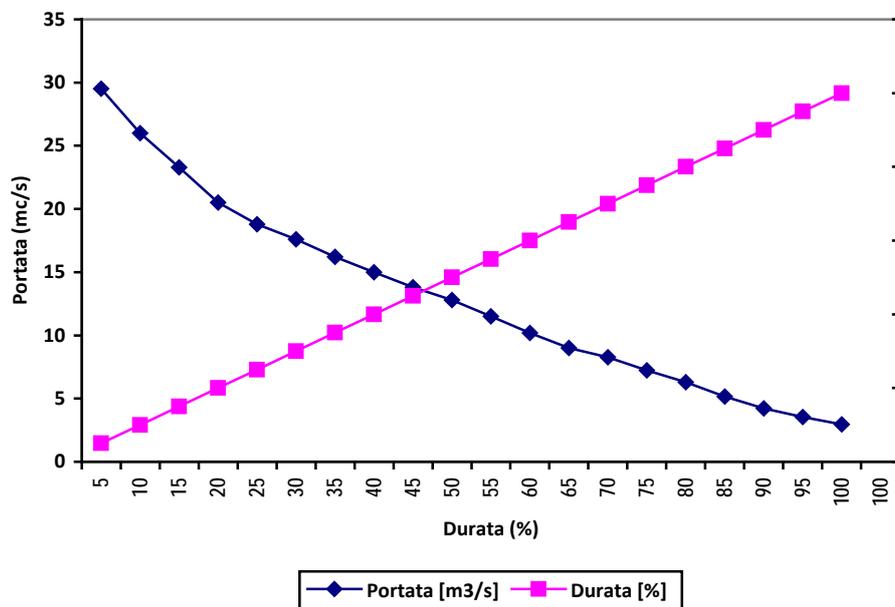


Grafico 3 – Fiume Aniene ad Agosta – Curva di durata delle portate utilizzate.

Nel caso specifico non è stato ricostruito il regime delle portate (portata media annua, portate medie mensili e curva di durata delle portate) dell'anno idrologico indicativo perché l'Impianto in Progetto prevede di prelevare la portata invasata dal corso d'acqua naturale del Fiume Aniene e quindi non sussistono tutti i problemi connessi ad un prelievo condizionato.

La curva di durata così ottenuta è la seguente:

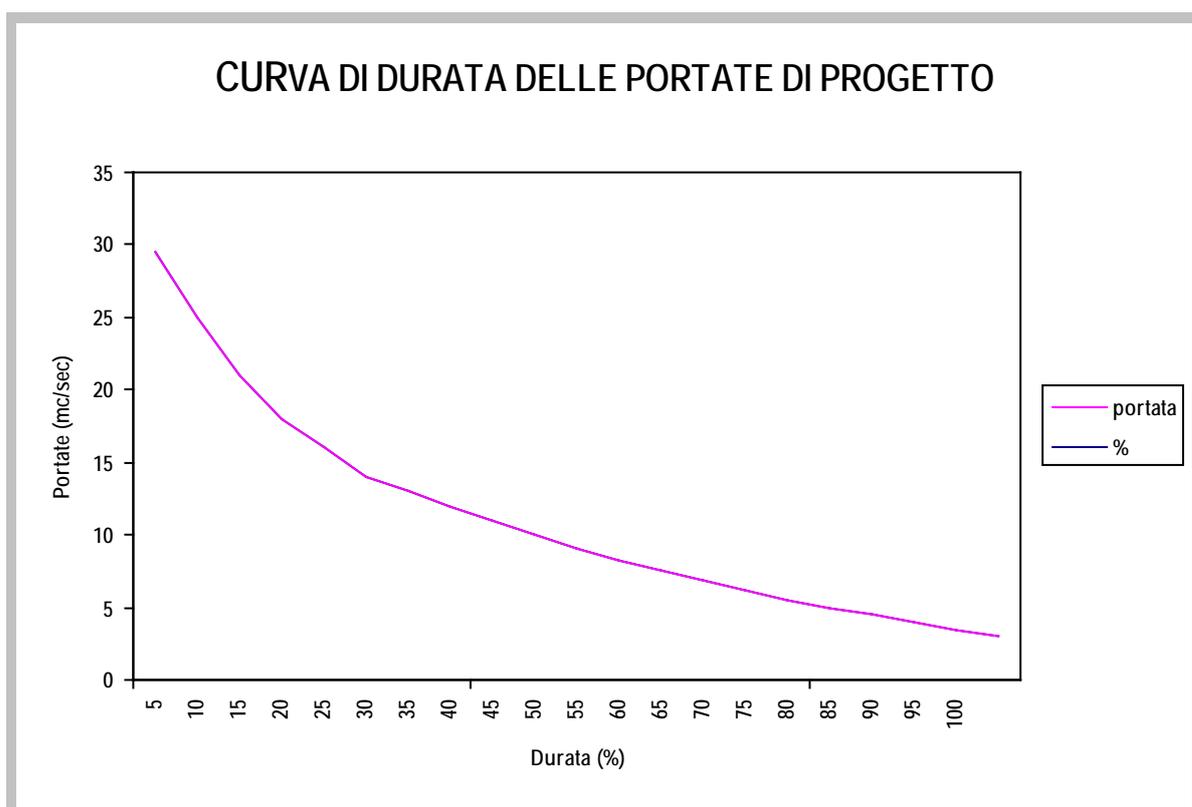


Figura 9-13: Curva di durata delle portate rilasciate dalla Centrale di Subiaco tramite lo scarico.

La valutazione della portata media turbinata nella Centrale di Agosta è stata ottenuta a partire dall'elaborazione dei dati della Stazione Idrometrica di Subiaco a valle della Centrale stessa di Subiaco dell'Enel Green Power S.p.A. per il periodo 1926 ÷ 1956.

5.0. – Assetto Impiantistico e Calcoli Idraulici

Con l'ausilio di turbine ad Asse Verticale Tipo Kaplan si prevede il seguente assetto di massima:

5.1. – Sbarramento

L'impianto di produzione idroelettrica in progetto, posto a monte del Ponte di Agosta sul fiume Aniene, viene realizzato mediante un'opera di ritenuta dell'acqua consistente in uno sbarramento alleggerito, fisso a gravità, di modesta altezza, e dotata di uno scarico, munito di due paratoie piane, per consentire lo sghiaimento e/o lo smelmamento del fondo alveo e la manutenzione del bacino in generale, mentre le portate eccessive sono smaltite automaticamente attraverso lo sfioro di superficie.

In destra idraulica dello sbarramento è ubicata una scala risalita pesci che garantisce anche il DMV.

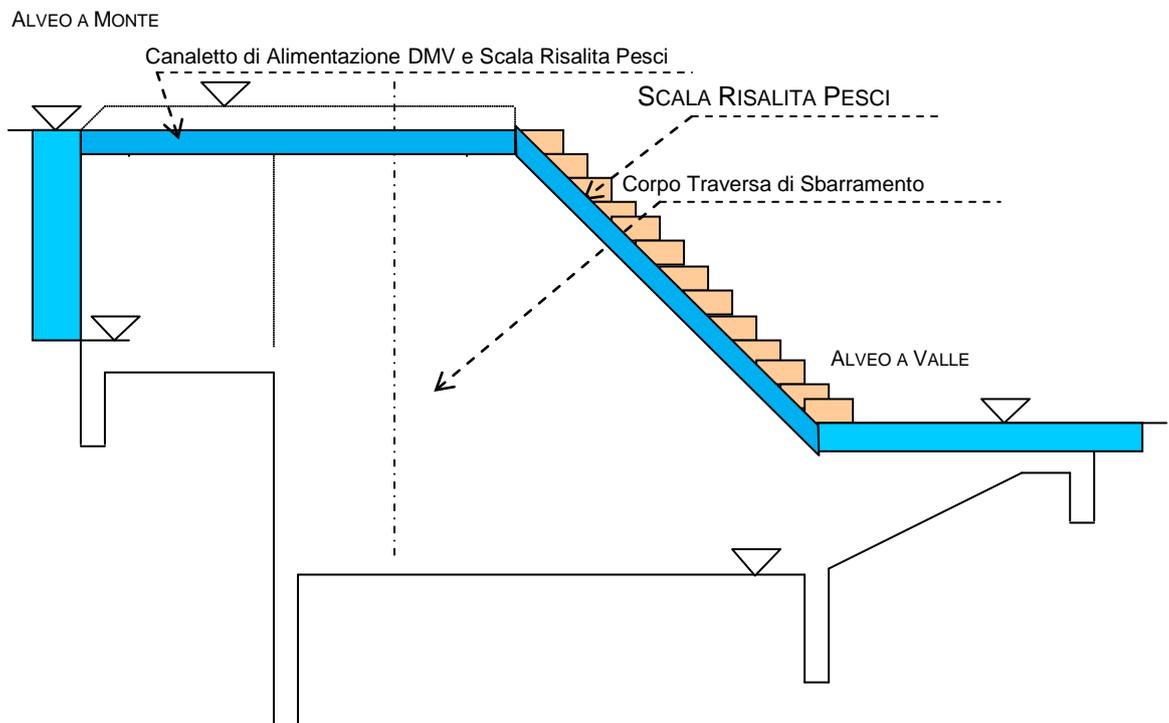


Figura 9-14: SEZIONE TRASVERSALE DELLO SBARRAMENTO

Quota coronamento e di sfioro:..... 342,00 m s.l.m.;

Quota opera di presa:..... 341,00 m s.l.m.;

Quota battente paratoie di scarico Centrale:..... 329,00 m s.l.m.;

Quota battente paratoie di esaurimento bacino:..... 330,00 m s.l.m.;

Quota minima di fondo alveo fiume Aniene:..... 328,80 m s.l.m.;

Quota minima di fondazione traversa:..... 323,80 m s.l.m..

5.1.1. – Sfiatore dello Sbarramento

Lo sbarramento è in c.a. a gravità a profilo triangolare, con il paramento di valle inclinato del 70 % e con il paramento di monte verticale.

Lo spessore in cresta è di **20,00** metri sulla massima ritenuta; lo sbarramento ha uno sviluppo in cresta di **120** metri ed è lineare da sponda a sponda.

Nell'impostare il calcolo si è previsto una sottopressione di $0,70 \times \gamma_a \times Y \times \theta^2$ come dalle norme emanate.

Le sollecitazioni della muratura sono contenute in limiti prudenzialmente bassi e si è previsto un adeguato sistema di drenaggio.

L'invaso massimo è a quota **343,00** m s.l.m., lo svaso a quota 230,00 m s.l.m. con un volume utile di circa 800.000 m³ tale da trattenere gran parte delle acque di piena.

Nella parte destra dello Sbarramento è sistemato lo scarico di superficie.

Essendo la superficie del Bacino Imbrifero di Km² 66, abbiamo supposto una portata massima di piena di **132** m³/sec. ossia 2,0 m³/sec. per Km².

Avendo ammesso un'altezza di lama stramazzone di 1 metri la lunghezza dello sfioratore risulta:

$$165 = \mu \times h \times L \times \sqrt{2 \times g \times h} = 0,45 \times 2 \times L \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 2,00}$$

Da cui $L = 41,38$ m.

Abbiamo assunto **L = 50,00** m.

Lo scarico avviene sopra un manto sostenuto da una soletta in c.a. che costituisce parte dello scatolare sempre in c.a.;

Nella parte bassa, ove la vena liquida è costretta a cambiare bruscamente di direzione, un rivestimento a gradoni in blocchi di travertino evita corrosioni pericolose.

Per il calcolo della portata sfiorata dallo sfioratore, sono ipotizzate due soluzioni come di seguito.

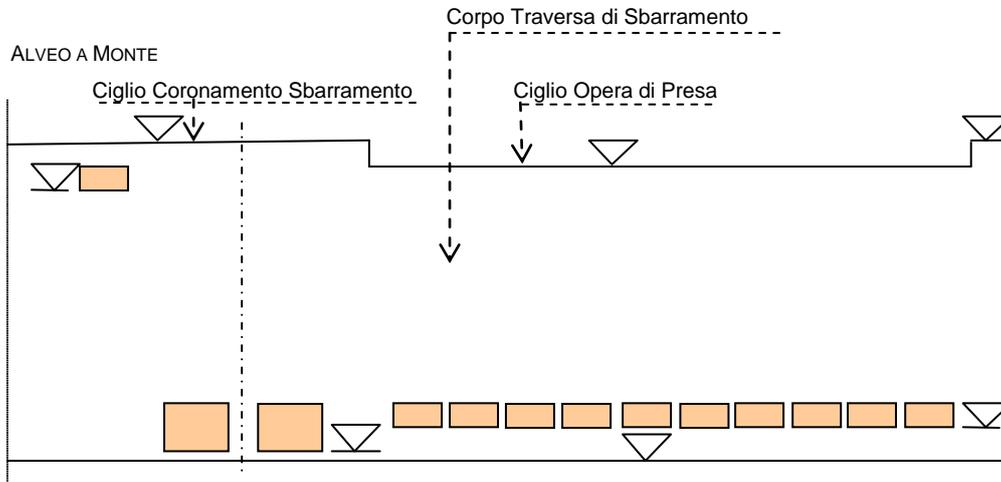
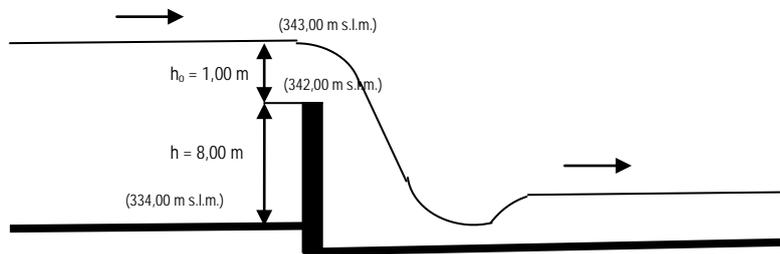


Figura 9-15: Vista schematica del paramento di Valle dello Sbarramento.

Quota sfioratore bacino:..... 342,00 m s.l.m.;



1.- Lo sfioratore con una larghezza di 50,00 m ed una altezza di lama di acqua (343,00 – 342,00) = 1,00 m erogherebbe (trascurando la velocità di arrivo dell'acqua nel Bacino):

$$Q = 1,89 \times l \times h \times \sqrt{h}$$

$$Q = 1,89 \times l \times h \times \sqrt{h} = \dots 1,89 \times 50,00 \times 1,00 \times 0,3 = \dots \mathbf{94,50 \text{ m}^3/\text{sec.}}$$

2.- Lo sfioratore con una larghezza di 50,00 m ed una altezza di lama di acqua (343,00 – 342,00) = 1,00 m erogherebbe (senza trascurare la velocità di arrivo dell'acqua nel Bacino):

$$Q = m \times L \times h \times \sqrt{2 g \times h}$$

$$\text{Con } m = (0,405 + 0,050) \times [1 + 0,55 \times (15/15 + 1)^2] = \dots \dots \dots 0,674.$$

$$Q = m \times L \times h \times \sqrt{2 g \times h} = 0,674 \times 50,00 \times 1,00 \times \sqrt{2 \times 9,8 \times 1,00} = \mathbf{148 \text{ m}^3/\text{sec.}}$$

5.1.2. – Paratoie dello Scarico di Fondo del Bacino

Il funzionamento del sistema è stato verificato per una ipotesi catastrofica ammettendo che mancando ogni funzionamento di entrambe le paratoie, l'acqua possa raggiungere la quota **343,00 m** s.l.m. per la quale lo Sbarramento è stato calcolato (vedi Relazione di Calcolo Strutturale), ottenendosi il seguente quadro.

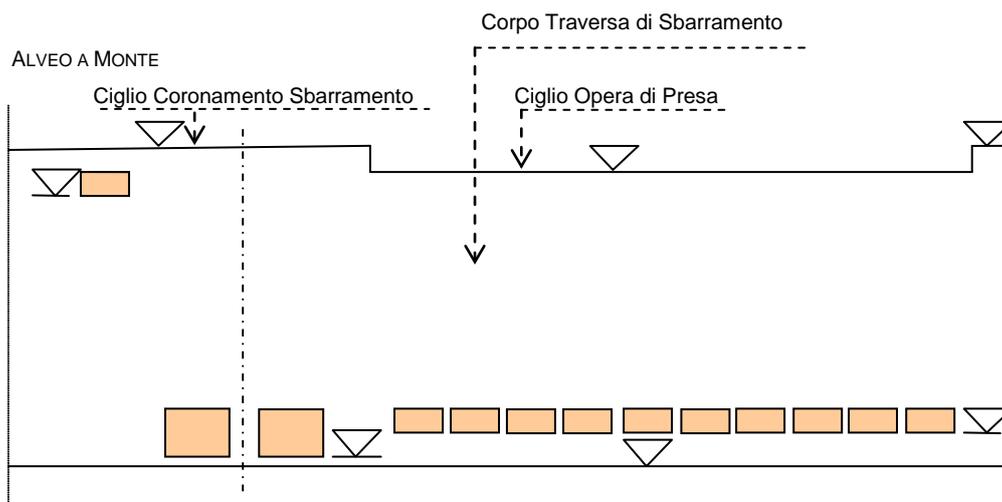


Figura 9-16: Vista schematica del paramento di Valle dello Sbarramento.

Dimensioni delle due paratoie di esaurimento:..... 2,00 x 1,00 m;
 Quota battente paratoie di esaurimento bacino:..... 330,00 m s.l.m.;
 Quota battente paratoie di scarico Centrale:..... 329,00 m s.l.m.;
 Quota battente paratoia risalita pesci:..... 340,00 m s.l.m..

1.- Lo scarico di fondo del Bacino, calcolato secondo la formula:

$$Q = 3 \times A \times \sqrt{h}$$

con $A = 4 \text{ m}^2$ ed $h = 12 \text{ m}$.

Erogherebbe una portata $Q = 3 \times 4 \times 3,5 = \dots\dots\dots$ **42 m³/sec.**

2.-Le dieci bocche dell'Opera di Presa erogherebbero la portata massima di derivazione di:..... **28,00 m³/sec..**

3.-La bocca di Presa della Scala Risalita pesci erogherebbe la portata massima di derivazione di:..... **0,50 m³/sec. (DMV).**

5.2. – Bacino

Nella conca attraversata dal Fiume Aniene, che in corrispondenza dell'abitato di Agosta si restringe, a formare una stretta gola, nella quale sarà realizzata, subito a monte del Ponte di Agosta, una Traversa di Sbarramento del Fiume Aniene ed il conseguente accumulo delle portate in un Bacino di Carico che oltre che alimentare le Turbine della Centrale, ha anche la funzione di scolmatore per evitare l'esondazione del Torrente Fiumicino nell'area di Castel Madama e l'esondazione del Fiume Aniene nelle aree a valle di Tivoli (RM) di Pontelucano e di Lunghezza.

Il terreno attraversato dal Bacino di accumulo è costituito da un banco di Flysch Cretaceo a permeabilità bassa.

STRALCIO CARTOGRAFICO DELL'AREA

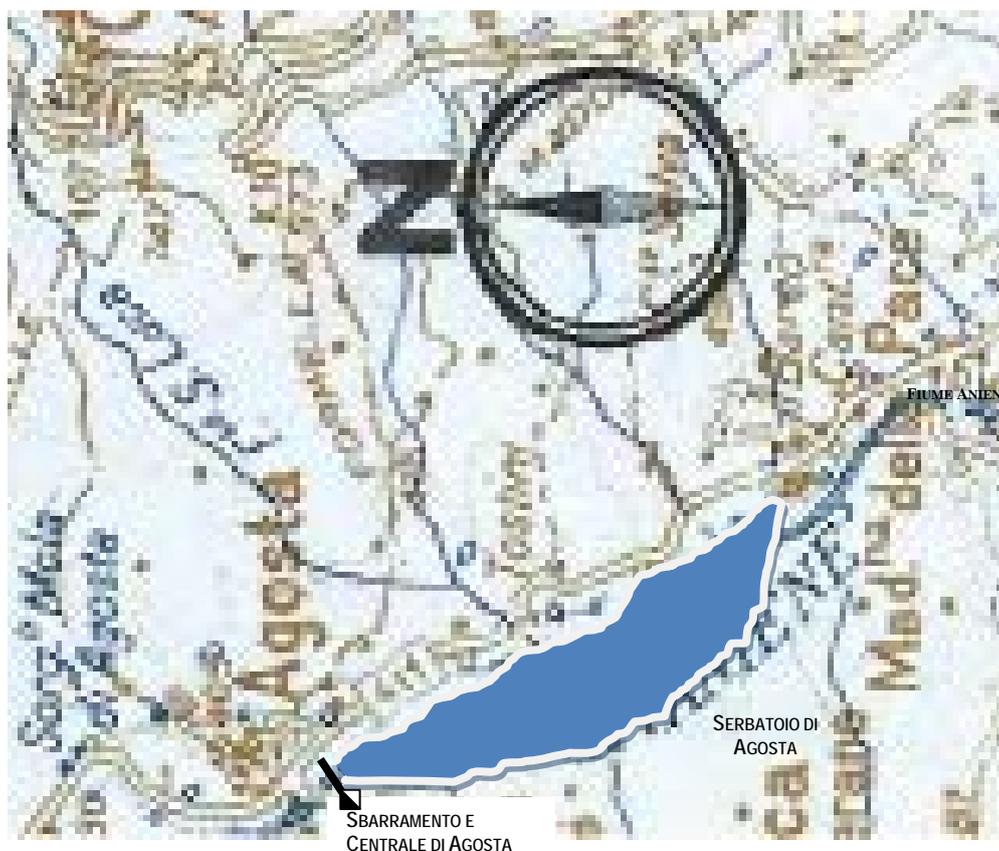


Figura 9-17: Impianto di Agosta – Planimetria Generale.

BACINO DI ACCUMULO - PROFILO DA SUBIACO AL PONTE DI AGOSTA

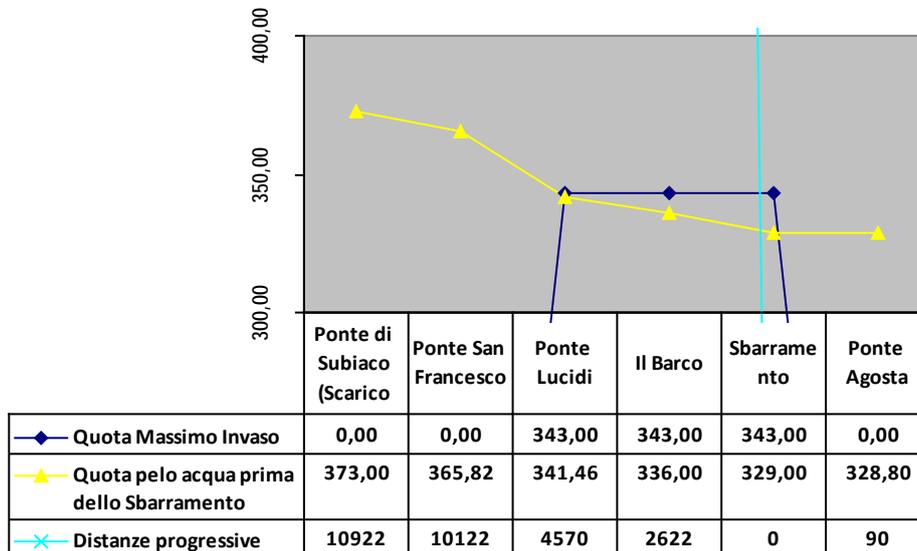


Figura 9-18: Impianto di Agosta – Profilo Longitudinale.

I dati caratteristici del Bacino e della Traversa di Sbarramento sono:

Capacità complessiva del Bacino di accumulo:..... 2,800 Mm³;
 Capacità utile del Bacino di accumulo:..... utile 0,800 Mm³;
 Quota di max invasore:..... 343,00 m s.l.m.;
 Quota di max regolazione:..... 342,00 m s.l.m.;
 Quota di min regolazione:..... 341,00 m s.l.m.;
 Quota battente paratoie di scarico Centrale:..... 329,00 m s.l.m.;
 Quota battente paratoie di esaurimento bacino:..... 330,00 m s.l.m.;
 Quota minima di fondo alveo fiume Aniene:..... 328,80 m s.l.m.;
 Quota minima di fondazione traversa:..... 323,80 m s.l.m.;
 Salto massimo:..... 13,00 m;
 Salto minimo:..... 12,00 m;
 Salto medio:..... 12,50 m;
 Portata massima:..... 28,00 m³/sec.;
 Portata minima:..... 2,00 m³/sec.;
 Portata media:..... 15,00 m³/sec..

5.3. – Opera di Presa

L'opera di presa e di adduzione dell'acqua, del tipo subalvea, è costituita da una griglia, con lieve pendenza verso valle, con elementi a sezione di elica, per l'arresto dei corpi estranei trasportati dall'acqua (legni, fogliame, ecc.), da una paratoia piana sub-orizzontale, per evitare l'immissione dell'acqua, ai fini della manutenzione, nella sottostante camera di presa e dalla stessa camera di presa collegata questa alla camera di carico.

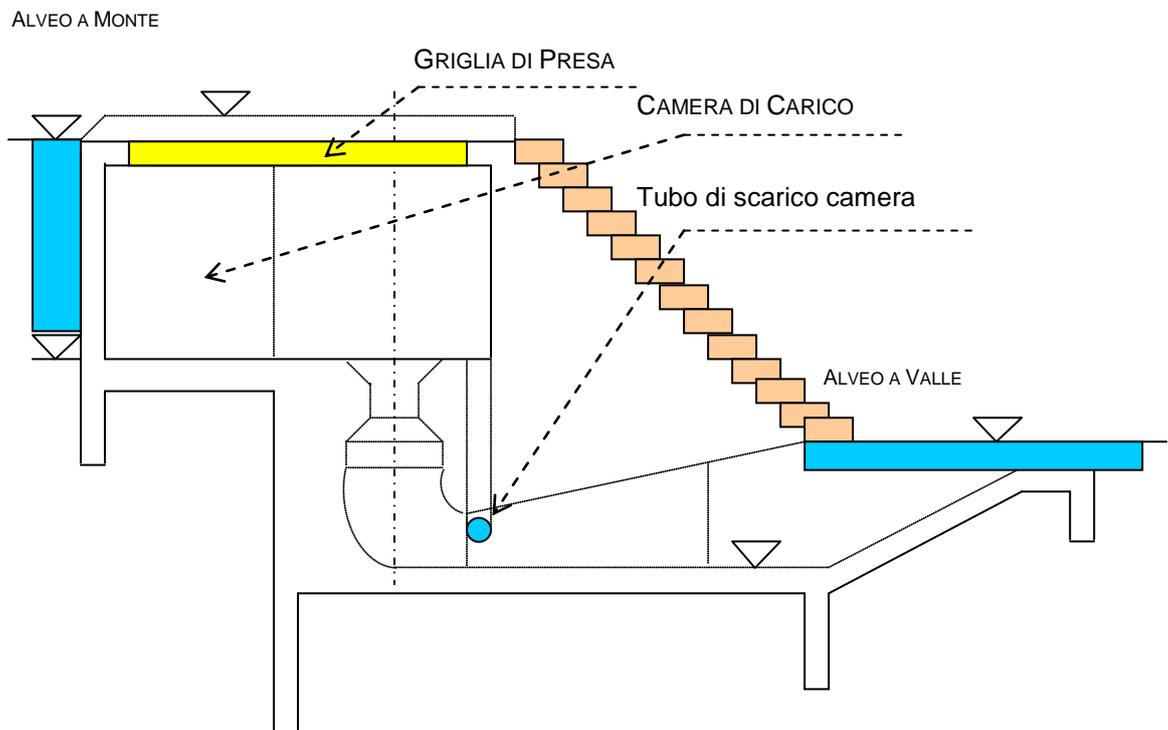


Figura 9-19: SEZIONE TRASVERSALE DELLO SBARRAMENTO E DELL'OPERA DI PRESA SUBALVEA.

5.4. – Centrale

La Centrale, ricavata all'interno della traversa di sbarramento, è formata da una Vasca di carico e di alimentazione delle turbine, questa costituita da una doppia camera con varie diramazioni, è inserita all'interno dello sbarramento.

Tra la camera di presa e la vasca di carico è prevista l'installazione di una paratoia piana per eseguire la manutenzione alla vasca di carico stessa.

Il corpo Centrale, contenente l'equipaggiamento elettromeccanico, è inserito all'interno dello sbarramento.

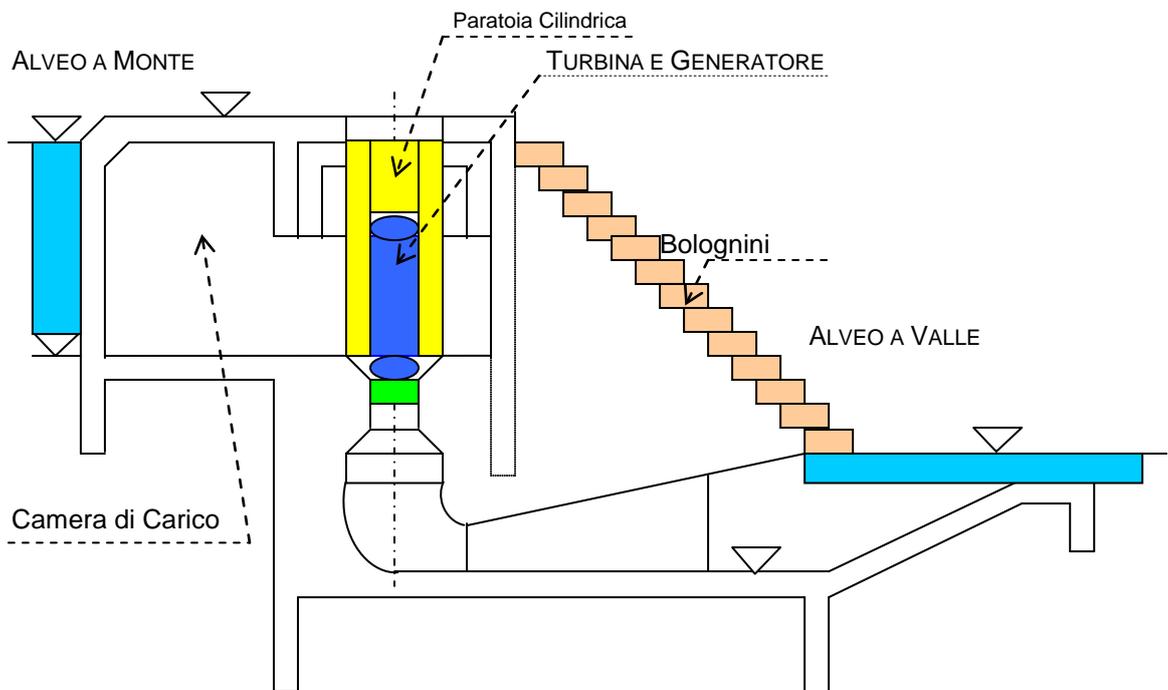


Figura 9-20: SEZIONE TRASVERSALE DELLA CAMERA DI CARICO, DEL CORPO CENTRALE E DELLO SCARICO DELLE MACCHINE.

L'equipaggiamento elettromeccanico dell'impianto è costituito dalla turbina, che è il motore primo per la trasformazione dell'energia idraulica in energia meccanica, dal generatore elettrico, che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica, e da dispositivi di regolazione, comando e controllo, che consentono l'esercizio dell'impianto in sicurezza.

5.5. – Scarico

L'opera di restituzione dell'acqua nell'alveo naturale, è munita di una paratoia piana e vano pancone, ed è inserita parte all'interno dello sbarramento e parte a valle di esso.

Sul fondo di ciascuna camera libera, di alloggiamento dei gruppi elettromeccanici, sarà realizzato lo scarico delle turbine che, passando di sotto lo sbarramento, permetterà la fuoriuscita a valle delle acque turbinate.

Per l'isolamento idraulico di sicurezza di ciascuna turbina è prevista la realizzazione di due panconature, una da porsi all'imbocco della camera libera, valida per tutti i Gruppi elettromeccanici, l'altra sullo scarico di ciascuna turbina.

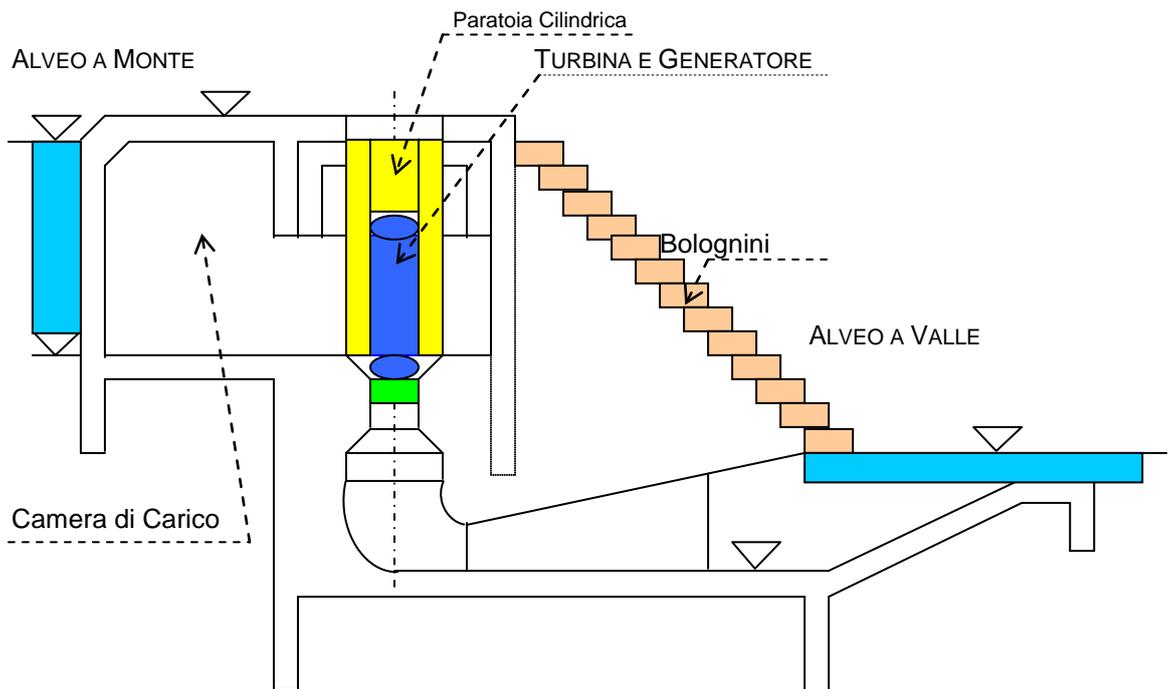


Figura 9-21: SEZIONE TRASVERSALE DELLA CAMERA DI CARICO, DEL CORPO CENTRALE E DELLO SCARICO DELLE MACCHINE.

6.0. – Scelta del Macchinario

Tra le varie ipotesi di funzionamento prese in esame, per il funzionamento in termini di rendimento e di costi si è operata una scelta attuando la soluzione utilizzando due Turbine con le caratteristiche di cui sotto riportate essendo la Potenza Nominale – Pn - pari a:

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

da cui, ipotizzando una portata turbinabile di 1,5 m³/sec., abbiamo:

$$P = 1,5 \times 13,00 \times 9,81 \times 0,84 = \dots\dots\dots 160,69 \text{ KW.}$$

Vengono qui di seguito riportate, nel quadro di riferimento, le caratteristiche della scelta dell'utilizzo dei due Gruppi Generatori, Gruppo tipo "A" e Gruppo tipo "B", con le due turbine ad Asse Verticale, una a pale fisse ed una a pale variabili:

	GRUPPO (A)	GRUPPO (B)
- portata (mc/sec):	.....0,8 / 2,5.....	.....2,5 / 3,5
- salto (m):	.....4 / 15.....	.....4 / 20
- potenza max (Kw):	.....110.....	.....480
- pale (n.):	.....4.....	.....4
- regolazione:	..... man. ....	.....man.
- diametro lordo (mm):	.....800.....	.....1200
- altezza totale (mm):	.....3900.....	.....4200

Dalla griglia di presa subalvea l'acqua derivata sarà convogliata nella camera di carico verso il distributore della turbina kaplan sollevando la paratoia cilindrica che permette all'acqua di confluire verso le pale della turbina.

La scelta del macchinario è ricaduta su questa tipologia di turbina poiché è risultata la macchina ideale data la variabilità delle condizioni di esercizio.

L'analisi dei dati riguardanti il bacino di Agosta ha, infatti, permesso di constatare che i principali dati di progetto, portata e salto geodetico, presentano una variabilità e la macchina proposta è in grado di lavorare con buoni rendimenti all'interno dell'intero campo di utilizzo previsto.

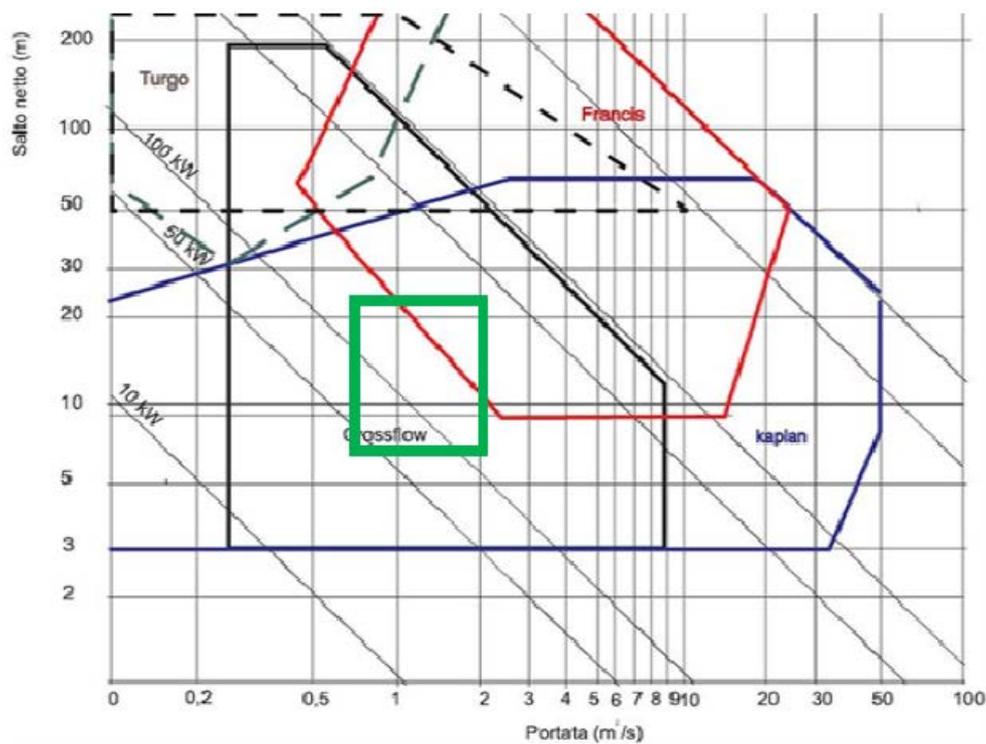


Figura 9-22: Campo di utilizzo turbina Kaplan biregolante (in verde).

La portata massima prevista per questa macchina è pari a 2,5 mc/s, il motivo di tale scelta è da imputare alla possibilità, con questa taglia di macchina, di turbinare durante tutto l'arco dell'anno il DMV mantenendo sempre buoni i rendimenti.

Il DMV è, infatti, pari a **0,5 mc/s**, anche se lo scarico delle turbine garantisce comunque per tutto l'anno una portata minima rilasciata pari a circa **2,5 mc/s**; con la scelta di macchina effettuata sarà possibile turbinare queste portate con rendimenti superiori all'80%.

In questo modo inoltre la variabilità della portata è abbastanza contenuta, tenendo conto che già bisogna lavorare sulla variazione del salto.

Per quanto riguarda il salto di progetto della macchina si è considerato il valore del salto massimo di **13 m**.

Si è scelto di adottare questo valore di salto di progetto poiché esso rappresenta un buon compromesso tra la necessità di contenere le dimensioni della macchina e la possibilità di riuscire a turbinare, anche per il salto di progetto minimo di **12 m** (salti inferiori hanno durate inferiori al 5%), almeno 1,8 mc/s.

Data la variabilità della portata derivabile, la turbina, a pale variabili, sarà accoppiata ad un generatore trifase a magneti permanenti che consentirà di variare il numero di giri della turbina in base alla portata disponibile.

La velocità della turbina sarà modificata al variare della portata in maniera da portare il punto di funzionamento sempre in prossimità del centro collinare della turbina stessa e quindi ottenere rendimenti elevati per tutti gli scenari portata-salto che si potranno verificare.

Il collegamento del generatore alla turbina avverrà tramite un apposito giunto del tipo elastico senza il ricorso ad un moltiplicatore di giri.

Di seguito sono riportati i dati caratteristici della macchina:

DATI TURBINA		
SALTO NETTO DI PROGETTO	m	13
SALTO NETTO MASSIMO	m	12.9
SALTO NETTO MINIMO	m	12
PORTATA MASSIMA	m ³ /s	2,5
POTENZA MASSIMA	kW	~480
N. GIRI TURBINA	n. giri/min.	600/750

Figura 9-23: Dati caratteristici della turbina

DATI GENERATORE		
TIPOLOGIA		SINCRONO A MAGNETI PERMANENTI
POTENZA	kW	500
POTENZA	kVA	625
FATTORE DI POTENZA		0.8
TENSIONE DI USCITA	V 690	N. GIRI 600/750
GENERATORE	n. giri/min.	600/750

Figura 9-24: Dati caratteristici del generatore.

6.1. – Potenza e Rendimento

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 =salto motore;

Q_u =portata utilizzata;

η_e =rendimento della condotta (0,93 ÷ 0,98);

η_t =rendimento della turbina (0,85 ÷ 0,92);

η_g =rendimento del generatore elettrico (0,95 ÷ 0,98);

η = $\eta_e \times \eta_t \times \eta_g$ =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 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).

Si ha la potenza efficiente $W_c = 8,0 \times \eta \times Q_{\max d} \times H_u$

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

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.

Le caratteristiche idroelettriche dell'impianto di Agosta 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 m³/s;
- Portata media derivata:..... 9,01 m³/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 una potenza media prodotta annua di:..... 2912 KW.

A tale valore di potenza media corrisponde una produzione annua di circa 7,743 GWh, avendo considerato di produrre per 8760 ore annue e quindi non considerando un fermo impianto che potrebbe essere di circa il 5%.

6.2. – Istogramma del Funzionamento delle Turbine

Il numero di giri di rotazione sarà definito dal progettista della macchina in base alla sua esperienza in modo da garantire il buon funzionamento della stessa in tutte le condizioni di esercizio.

Di seguito è riportata la tabella di rendimento della macchina in questione (tabella valida per una kaplan ad S biregolante):

TURBINA KAPLAN

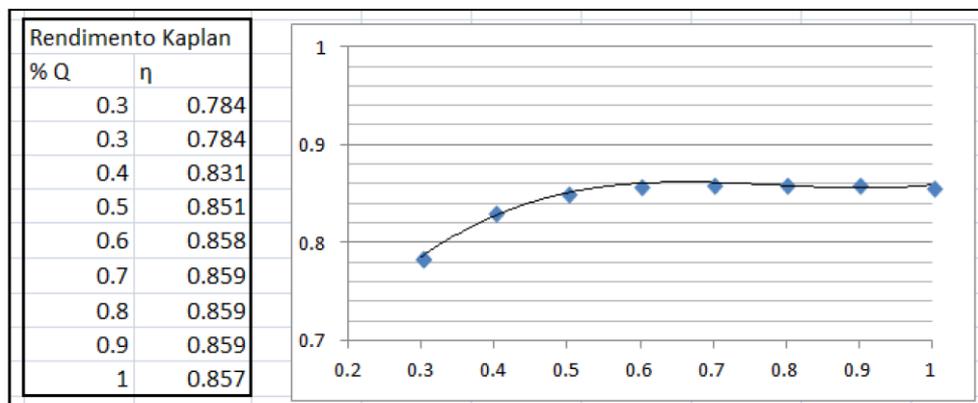


Figura 9-25: Istogramma di funzionamento della Turbina.

6.3. – *Calcolo dell'Energia Prodotta*

Il calcolo della producibilità annua dell'impianto di Agosta è calcolata 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, pertanto, essendo:

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

e sapendo che:

$$g = \dots\dots\dots 9,81;$$

$$P_m = \text{portata media annua} = \dots\dots\dots 9,01 \text{ mc/s};$$

$$H_m = \text{salto medio} = \dots\dots\dots 12,5 \text{ m};$$

$$h/\text{anno} = \text{ore di funzionamento annue}:\dots\dots\dots 8.760 \text{ ore};$$

$$\eta_m = \text{rendimento medio delle macchine}:\dots\dots\dots 0,8;$$

Abbiamo:

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

7.0. – *Sicurezza Idraulica dell'Opera*

La valutazione completa della sicurezza idraulica è stata prevista in progetto da una paratoia a ventola ubicata sul lato destro idraulico ed a lato del corpo Centrale dello Sbarramento, la quale sarà tarata con una quota del pelo dell'acqua del Bacino di accumulo in modo da non superare la quota di massimo invaso del Bacino, **343,00 m s.l.m.** ed allo stesso tempo di garantire la idraulicità delle opere sia quelle realizzate a valle (Impianto di Mandela) sia quelle da realizzare in progetto (impianto di Agosta).

8.0. – *Tempi di esecuzione.*

La durata dei lavori, programmata, è di circa 730 giorni solari, il periodo più idoneo per la loro esecuzione, data la ubicazione e la quota altimetrica del sito in cui si dovrà andare ad adoperare e per la buona riuscita dei materiali che saranno applicati, è dall' 1 Agosto 2017 al 31 Luglio 2019, vale a dire 730 giorni solari.

9.0. – *Conclusioni.*

Le elaborazioni del fabbisogno idrico effettuate per il dimensionamento delle opere e gli impianti per la realizzazione dell'IMPIANTO IDROELETTRICO DI AGOSTA sono risultate semplificate in quanto i dati riportati sono stati attinti dalla Relazione Idraulica.

L'impianto di produzione idroelettrica in progetto può essere esercito sia in modo autonomo, sia collegato in parallelo con la rete elettrica di distribuzione nazionale esistente.

Il funzionamento in parallelo con la rete esterna risolve tutti quei problemi di regolazione della frequenza e della tensione risolvibili in modo autonomo da parte del gestore solo con notevoli oneri aggiuntivi.

Il servizio di parallelo comporta da parte del gestore dell'impianto l'obbligo di installare particolari apparecchiature di protezione, e quello di rispettare un regolamento di servizio studiato al fine di garantire gli operatori e gli impianti, sia del produttore sia dall'ente gestore, da qualsiasi incidente o perturbazione.

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...

- Pn = Potenza nominale = 2912 KW

- Pma = Producibilità media annua = 7.743.000 KWh

ROMA, Li 16 NOVEMBRE 2016

FMi/-