



ALDAI

ASSOCIAZIONE LOMBARDA
DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI



FEDERMANAGER

FEDERAZIONE NAZIONALE DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI

« Le Dighe in Italia per la Produzione e l'Accumulo Idroelettrico »

- *Livio Magri (Gdl Energia-Ecologia)*
- *Milano, Via Larga 31 : 27/ 11/ 2018*

SOMMARIO

- ❑ Opere di Sbarramento idraulico : Traverse e Dighe
- ❑ Dighe : nascita utilizzo e principali tipologie (*funzionalità statica e materiali*)
- ❑ La “Diga “ ruolo primario nell’Impianto idroelettrico (es. **Bardonecchia**)

Traverse fluviali: es. **Tagliuno** (*come regolatore di livello*) – es, **Quincinetto II** (*come sfioratore*)

- ❑ Diga a gravità massiccia rettilinea in muratura dell’**Alpe Gera** (**Campo Moro**)
- ❑ Dighe ad arco gravità in muratura , record italiani : **Vajont** , **Place Moulin** (**Signayes**)
- ❑ Dighe in muratura a gravità alleggerita : di **S. Chiara** , **Scais** (**Venina**)
- ❑ Diga a gravità massiccia in materiali sciolti: di **Bomba** (**S.Angelo**)

- ❑ Organi ausiliari principali: Prese , Scarichi di superficie e di fondo : **Coghinas** , **Pranu Antoni**

- ❑ Generazione ed Accumulo con impianti idroelettrici (*acqua luente e accumulo*)
- ❑ Dighe per impianti di accumulazione: **Alto Gesso** (**Chiotas**), **Suviana** (**Bargi**), **Anapo**, **S.Massenza**
- ❑ Peculiarità e possibilità di sviluppo dell’accumulo idroelettrico in Italia

*Per opera di **sbarramento** si intende una struttura in grado di imbrigliare le acque fluenti ai fini di regolarizzarne il deflusso o utilizzarne i volumi ai fini potabili, agro- industriali o energetici.*

*Gli **sbarramenti** ammontano in Italia ad oltre **9.500** unità che a seconda della tipologia si possono suddividere in **Traverse** e **Dighe**.*

▪ **Traverse**

Le traverse sono quelle opere di altezza modesta ($H < 10m$) inserite nell'alveo fluviale per *imbrigliarne* il flusso e/o contenere il sopraelevamento del livello dell'acqua a monte di esse: questo consente di derivare una quota di portata d'acqua da convogliare in una centrale idroelettrica. Le traverse possono essere:

- **Fisse** : generalmente in muratura , destinate ad essere tracimate in caso di piene,
- **Mobili** : parte bassa di base in muratura sormontata da una parte mobile costituita da: paratoie di forme varie, piana, a settore o a ventola; oppure sempre con basamento fisso, ma parte mobile costituita da involucro tubolare in gomma gonfiabile con acqua/aria di altezza modesta ($h = 0,5-4 m$). in funzione delle esigenze operative

▪ **Dighe**

Sono denominate *dighe* le strutture di sbarramento al flusso costruite , generalmente sul fondo valle, con la funzione di trattenere in determinati periodi, in tutto o in parte i deflussi naturali di un corso d'acqua o quelli artificialmente addotti, dando origine ad un *invaso artificiale* al fine di un successivo utilizzo industriale e/o energetico dei volumi d'acqua immagazzinati.

- **Grandi Dighe** (*) vengono poi denominate quelle con altezza $> 15 m$ o invasi $> \mathbf{1 \text{ Mio di } m^3}$, in Italia queste ultime **532** sono di competenza statale (* *MIT 2018*) in concessione alle grandi Utilities, tra cui Enel (**153**), CVA, IREN, Edison, a2a...

Dighe in Italia: *Nascita e Classificazione*

La nascita delle Dighe per la creazione di bacini ad uso industrial e/o idroelettrico è databile alla fine dell'800 inizi '900 sulla spinta della prima industrializzazione del paese; la spinta prosegue poi con le realizzazioni per l'idroelettrico, sia nel primo che nel secondo dopoguerra fino agli anni '70. La maggior parte è dislocata lungo l'arco alpino, anche se non mancano alcune notevoli realizzazioni lungo l'arco appenninico. L'utilizzo medio dei volumi d'acqua invasati è del 60% per fini industriali (irrigui e acquedottistici), mentre solo il 60% delle dighe ha fini puramente idroelettrici.

Dighe : classificazione in base al tipo di funzionamento statico

- ☐ **Dighe a Gravità:** la spinta dell'acqua viene contrastata dal peso stesso della diga: la struttura può essere «**massiccia**» con sezione trasversale triangolare costante lungo l'asse o «**alleggerita**» mediante speroni o contrafforti
- ☐ **Dighe a volta:** la spinta dell'acqua è retta anche grazie alla forma ad arco che scarica le spinte sulle sponde; si distinguono in dighe ad arco puro, ad **arco gravità** e **a cupola**

*Dighe : classificazione in base ai **materiali impiegati** :*

- ☐ **Dighe murarie :** in materiali legati, intendendosi con questi la muratura ordinaria con malta idraulica, *peraltro oggi in disuso*, e il calcestruzzo di cemento
- ☐ **Dighe in materiali sciolti:** costipati in opera, senza legante (dighe in terra), inteso per materiali sciolti: la terra e cioè insieme di elementi sciolti di rocce sedimentarie, di granulometria assortita, e il pietrame di varia granulometria
- ☐ **Dighe miste:** costituite per qualche parte di materiali sciolti e per qualche parte di materiali legati

La «Diga» nell' *Impianto Idroelettrico*

L'impianto idroelettrico è un insieme di O.C. ed O.E.M per trasformare l'E.pot. Idr. in En.El.

In questa trasformazione la «DIGA» con i suoi accessori è l'organo primario di impianto più importante: in quanto accumula e regola la fonte primaria di energia potenziale idraulica.

Diga ad arco gravità massiccia in calcestruzzo
(ex FS) 1918-23 , H=58 m, V= 3,8 Mio m³



Enel

**Energia
Potenziale
Idraulica**



**Energia
Meccanica**



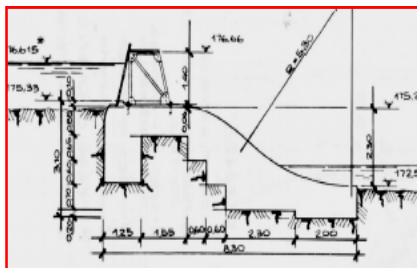
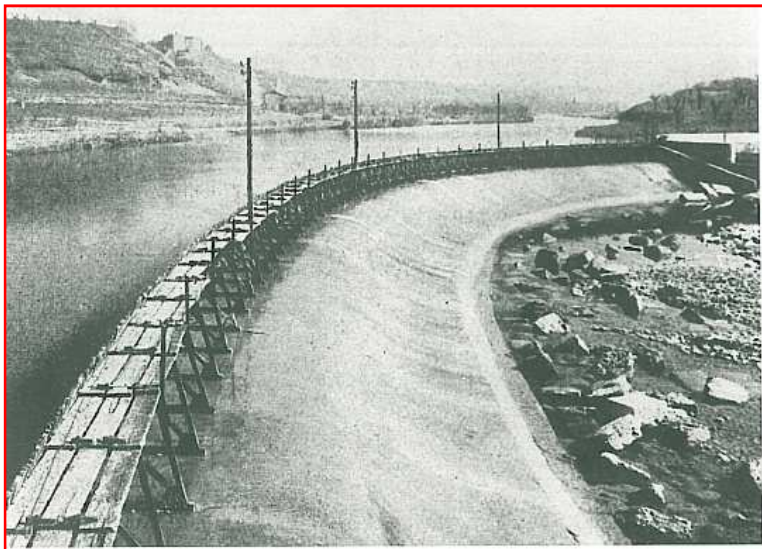
**Energia
Elettrica**



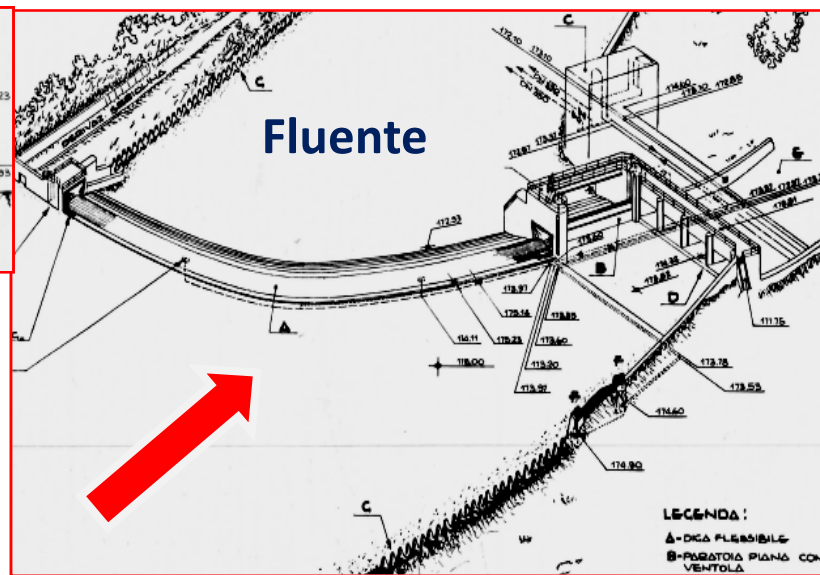
Bardonecchia (1978): Pe 2J O. H= 656 m; P=22,2 MW; n=600 rpm

Gli impianti idroelettrici contribuiscono per il **16%-20%** alla produzione di energia elettrica italiana.

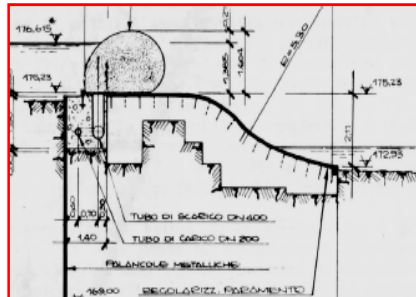
Traverse fluviali per Impianti Idroelettrici ad acqua fluente : *Tagliuno*



**SBARRAMENTO
MOBILE**



Ritenuta Poirée del 1917 “*a panconcelli*”



Potenza (kW)	Salto (m)	Portata (m ³ /s)
977	8.86	12

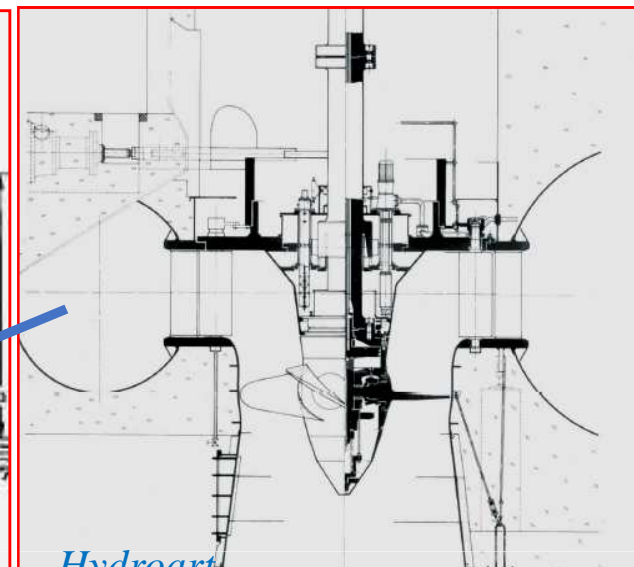
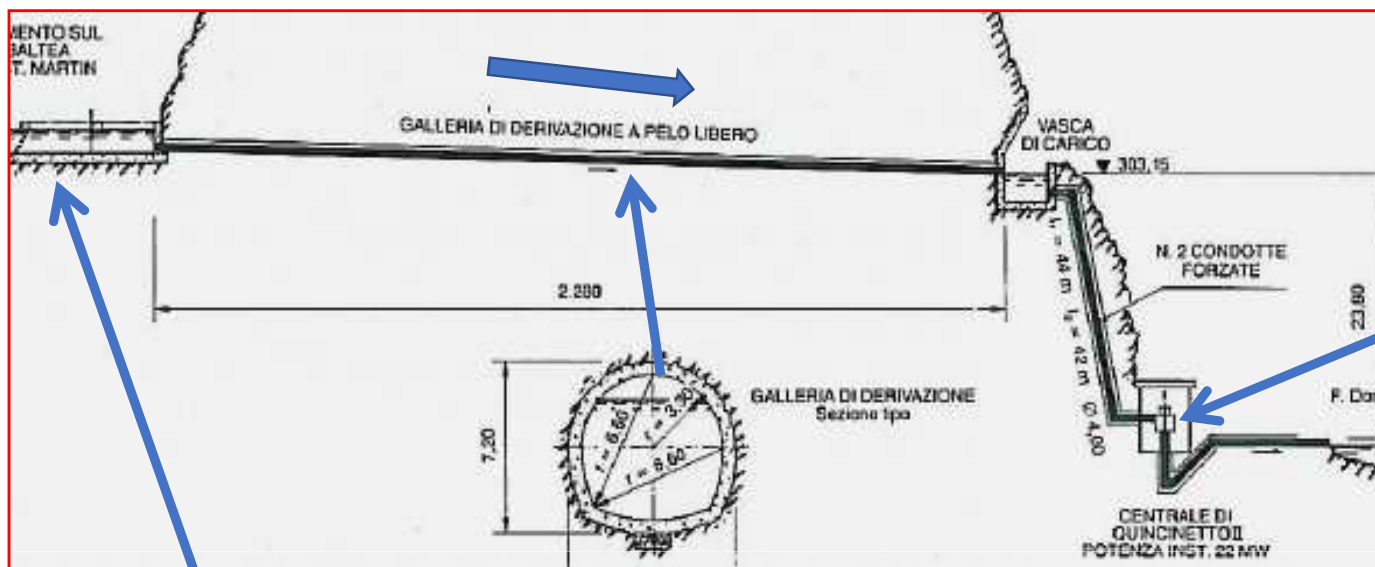


3+1 gruppi TAT
da ≈1MW l'uno

Traversa mobile in gomma (*ad acqua*) sul fiume Oglio del 1980
per automatizzare l'esercizio.

ALDAI - Associazione Lombarda
Dirigenti Aziende Industriali

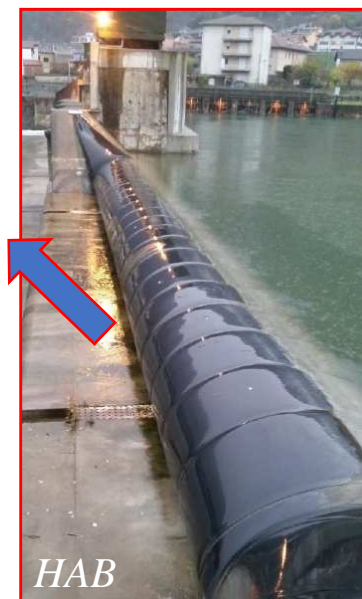
Traverse fluviali per Impianti Idroelettrici : *Quincinetto II*



Hydroart



Enel

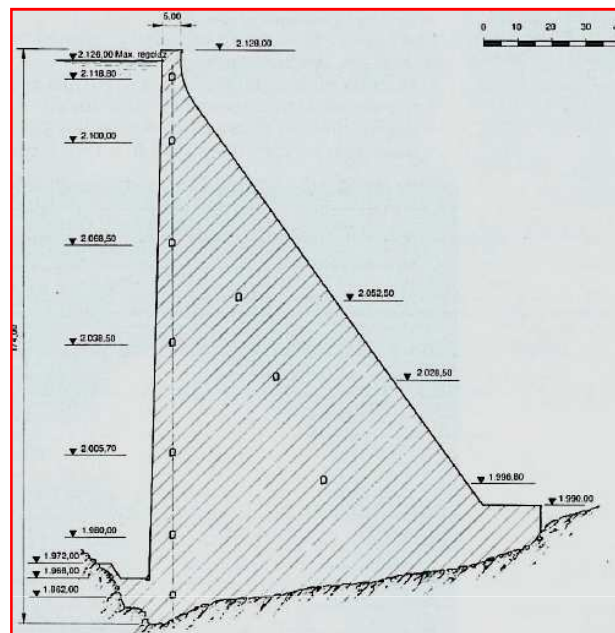
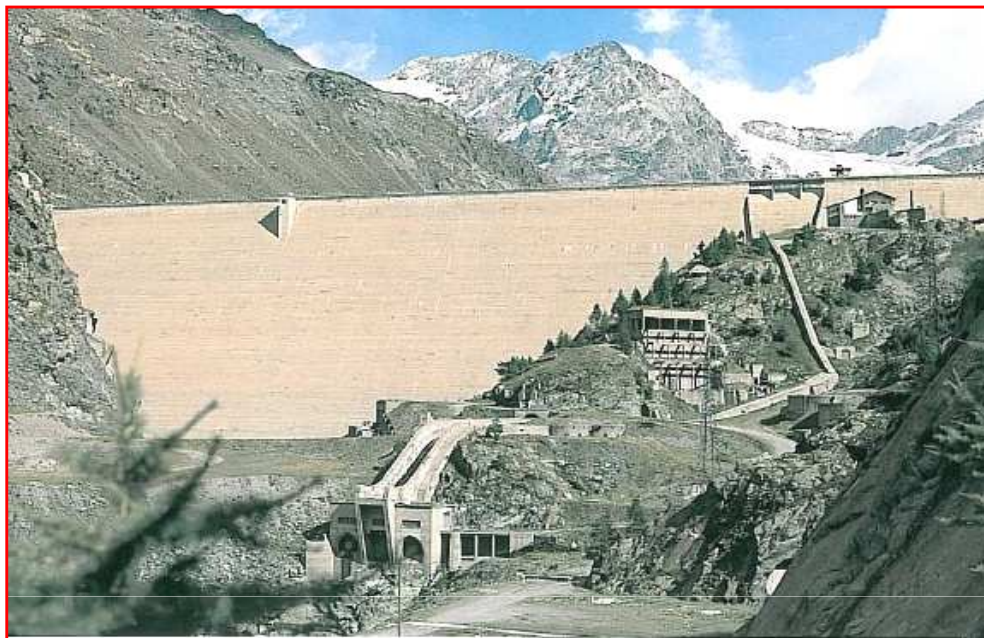


HAB

SFIORATORE MOBILE

- Sbarramento sulla Dora Baltea – Carema - costituito da 4 luci: una da 8m e tre da 26 m con paratoie a settore di $h \approx 3$ m che mantengono il livello a ca. 305 mslm.
- L'opera di presa, in destra orografica, con 8 luci ed il suo **sfioratore laterale è mobile in gomma** gonfiabile ad acqua. $L = 40$ m; $h = 2,05$ m.
- La Centrale è dotata di 2 gruppi Kaplan da 12 MW ciascuno (1983)

Diga “muraria” a gravità “massiccia” : Alpe Gera



Diga muraria a gravità massiccia rettilinea (Sondrio 1961-64) prima diga in calcestruzzo rullato $H=174$ m; $V= 62,7$ Mio di m^3
Nata per regolare la produzione annuale di energia del sistema del Mallero .



Scarico di fondo in funzione

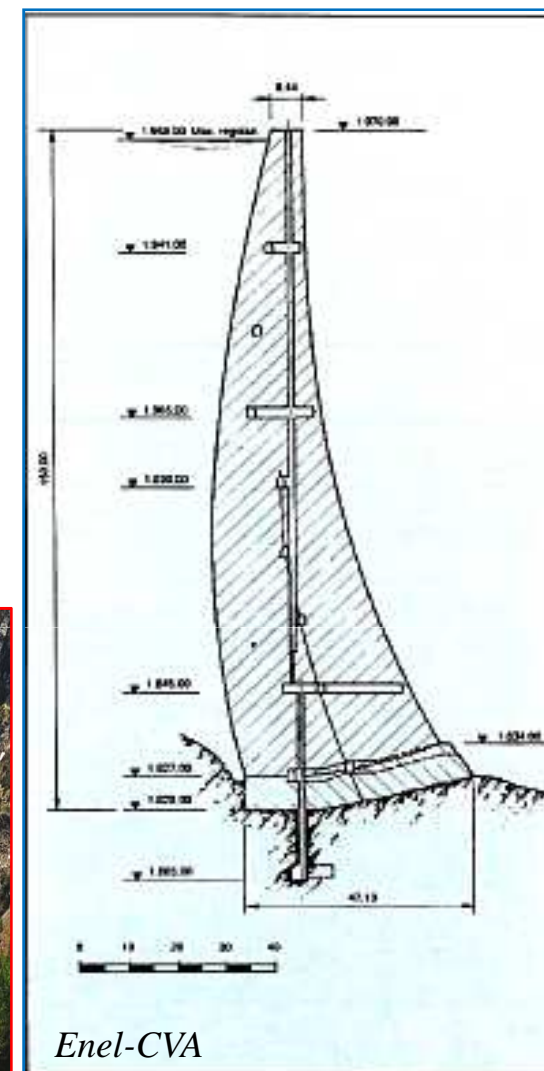
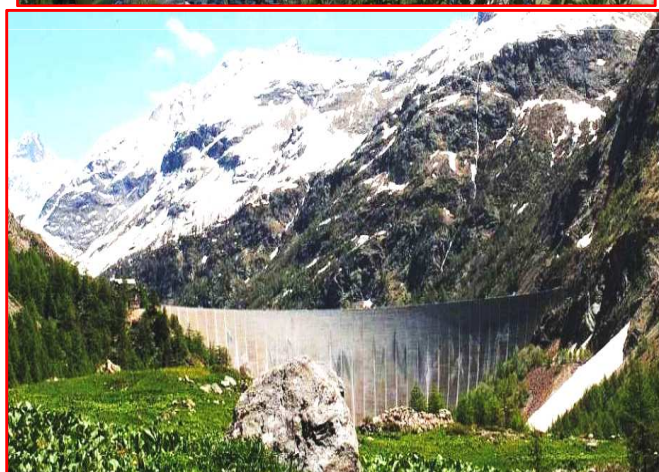
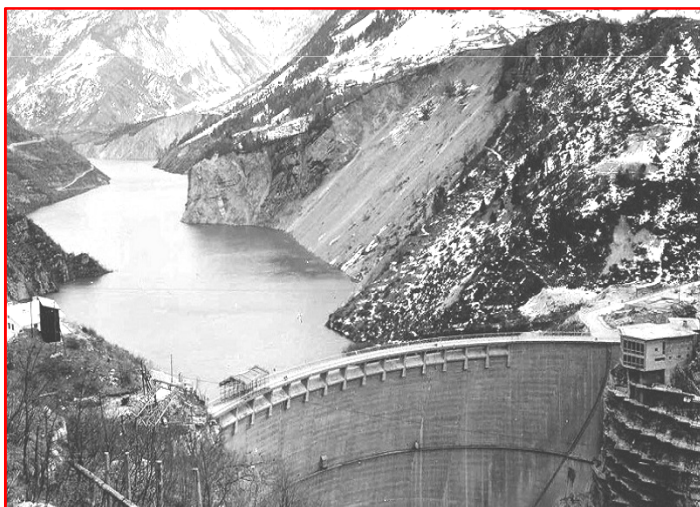
Enel



Centrale di accumulazione di **Campo Moro** con gruppo ternario Francis-pompa doppia da 36,5 MW alimentata da galleria e C.F. dal bacino dell'Alpe Gera.

**ALDAI**ASSOCIAZIONE LOMBARDA
DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI

Dighe record in Italia: in soluzione ad « arco gravità »



Vajont (ex SADE) – Friuli 1960 ad **arco doppia curvatura** (H= 261 m): la più alta d'Italia. Serbatoio idrico stagionale acque del Piave V=168 Mio m³ (*piccola centrale di Colomber in caverna a piè diga*)

Place Moulin (ex Cogne) – Val d'Aosta 1963 ad **arco gravità** in calcestruzzo (1,5 Mio di m³ cemento) H=143m, L= 678m: più lunga d'Italia; V=105 Mio m³ per produzione idroelettrica: *Signayes 3Pe. 42MW*

ALDAI - Associazione Lombarda
Dirigenti Aziende Industriali

Dighe a “gravità alleggerita”

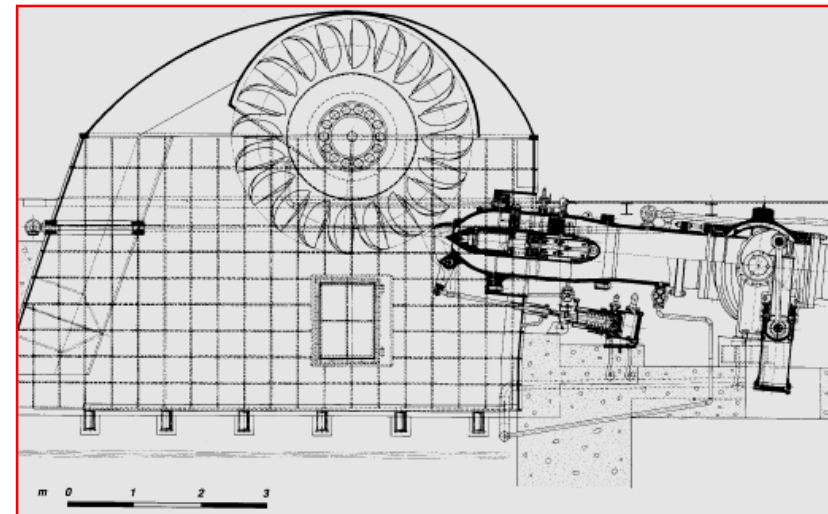


Diga di **S. Chiara** (Tirso- Sardegna 1918-24) sul lago Omodeo a gravità alleggerita con archi multipli $H=61$ m $V=361$ Mio di m^3 . *(Oggi sommersa dalla costruzione negli anni 80-90 della diga **Cantoniera** $H=93,2$ m, $V=750$ Mio m^3 progetto Arredi) .*

La diga alimenta la Centrale idroelettrica di Tirso I con 1 gr. Francis da ca 20 MW (ora Regione Sardegna)

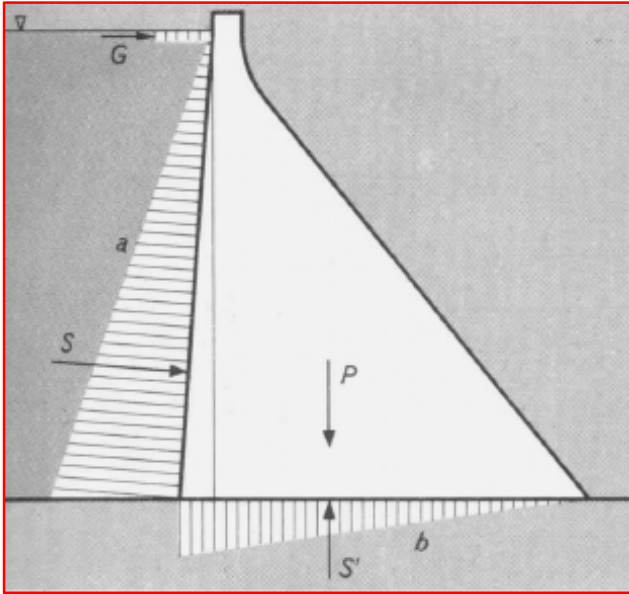


Diga di **Scais** (ex Falk Sondrio 1936-39) a gravità “alleggerita” mediante 23 speroni piani: $H=60$ m; $V=9$ Mio di m^3 .

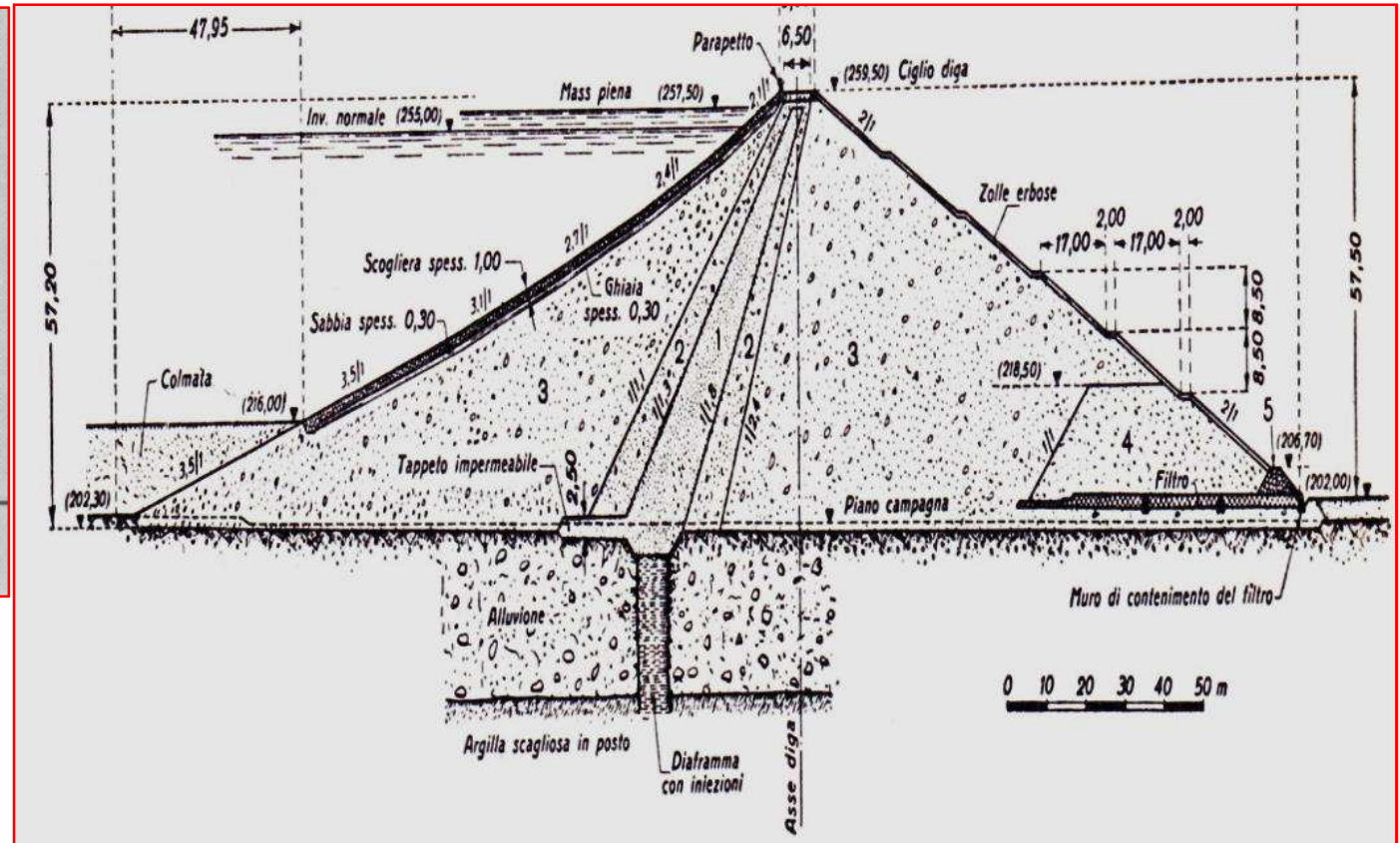


Centrale di **Venina** (Edison 1 gr. Pelton da 67 MW)

Diga a gravità massiccia in «materiali sciolti»



Schema delle forze agenti su una Diga a gravità.



Diga di **Bomba** (Chieti 1956-62) in materiale alluvionale misto argilla. $H=57,5$ m; $L=681$ m e $V=4$ Mio m^3 , con scogliera a piè di diga.

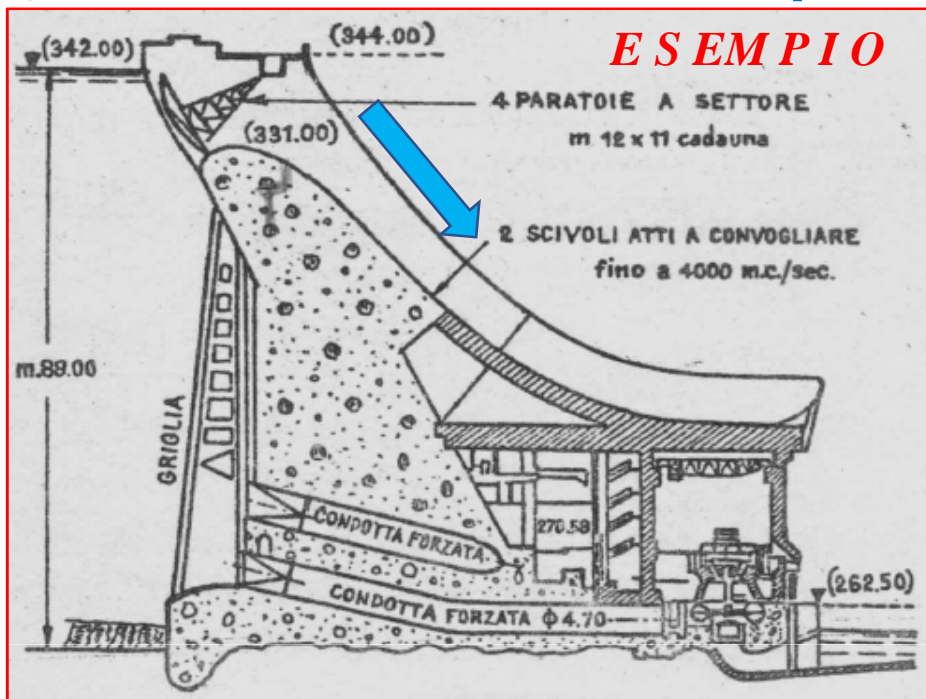
La tenuta sotto il rilevato è realizzata a mezzo di un diaframma ottenuto con iniezione di argilla e cemento.

Le acque sono convogliate con 2 gallerie+CF nella centrale di **S.Angelo** di Altino dell'ACEA in funzione di copertura delle punte equipaggiata con 2 gruppi Francis verticali da 29 MW ciascuno.

- 2 scarichi di superficie con sfioratori a calice diametro di 25 metri, seguiti da pozzi di diametro 6,5 m;
- 2 gallerie di scarico profondo con diametro di 5 e di 6 m .

Le dighe in materiale di riporto sono molto usate per i "polder" olandesi

Principali opere «ausiliarie» alla Diga

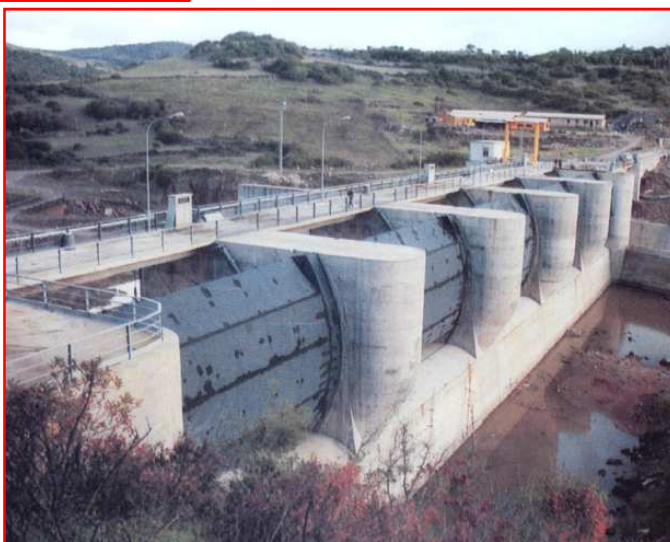


- **Scarichi di fondo** o di svuotamento, generalmente posti ad una quota bassa della diga e per dighe alte anche a quote intermedie, costituiscono degli organi di esercizio previsto per la diga;
- **Scarichi di superficie** o sfioratori debbono consentire l'evacuazione dell'acqua che perviene al serbatoio dopo che in questo è stato raggiunto il massimo livello di regolazione e debbono impedire il raggiungimento del livello massimo assoluto dell'invaso;
- **Opere di presa** : Gallerie e condotte forzate.



Scarichi di fondo D=2,6 m

Coghinas (SIEE Tirso) Diga H=58m,
V =246 Mio m³ a gravità massiccia '20)



ALDAI - Associazione Lombarda
Dirigenti Aziende Industriali



Scarico di superficie con
paratoia a settore 15x9 m e
ventola 13x2 m sovrapposta
(Pranu Antoni - Calzoni)

Impianti Idroelettrici: Generazione ed Accumulo

*Gli impianti idroelettrici per la produzione di energia si possono dividere in diverse categorie in base al **tempo di durata dell'invaso**: tempo necessario per fornire all'opera stessa un volume d'acqua pari alla sua capacità.*

- *impianti ad «**acqua fluente**», costruiti su corsi d'acqua, senza grossa capacità di accumulo (durata di **invaso inferiore alle 2 ore**), per i quali la produzione di energia elettrica dipende dalla corrente del corso d'acqua.*
- *impianti «**ad accumulo**» :*
 - *a «**bacino di modulazione**», con durata di **invaso da 2 e 400 ore**;*
 - *a «**serbatoio di regolazione**» con durata di **invaso maggiore a 400 ore**.*

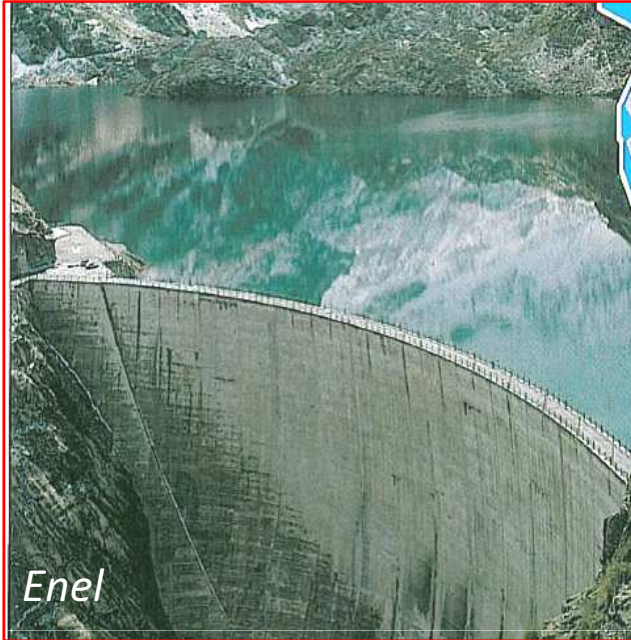
❖ *I ca. **7.600 MW** dei **26** impianti di accumulazione, di cui **4.000** di pompaggio puro, costituiscono il **33%** della potenza idroelettrica installata ; quest'ultima ammonta infatti a **≈ 22.000 MW** e contribuisce mediamente per il **20% ca.** alla produzione di energia elettrica. Produzione netta nel 2014: **59,5 Gwh** da fonte idrica su **269** totali -Terna-*

❖ *La particolare complessità degli impianti di accumulazione mediante pompaggio ne rende un settore dedicato a competenze specialistiche elevate in tutte la fasi: progettuali, realizzative e di manutenzione quindi, ad oggi, riservato a «Grandi Utilities : **ENEL** , **CVA** , **a2a** , **IREN** , **Edison** ..»*

❖ *Le principali tipologie rese disponibili dall'evoluzione tecnologica hanno tutte trovato nel tempo la loro applicazione in Italia segnando per alcune di esse anche dei record mondiali (Pompe turbine multistadio di **Chiotas** ed **Edolo**).*

**ALDAI**ASSOCIAZIONE LOMBARDA
DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI

Dighe per Impianti di accumulo: serbatoio *Alto Gesso*



Alto Gesso (Chiotas)-Piemonte ad arco-gravità a doppia curvatura a struttura simmetrica in calcestruzzo H= 130m ;



Chiotas : 6+2
Gruppi PTM
da ≈ 160 MW
1200 MW:
maggior
impianto idro in
Italia

ALDAI - Associazione Lombarda
Dirigenti Aziende Industriali

Dighe per Impianti di accumulo: *Suviana*



Diga di **Suviana** – gravità massiccia a pianta arcuata (FS negli anni '28-32) $H= 91,5\text{ m}$, $L= 225\text{ m}$ e $V=46,7\text{ Mio m}^3$ con:

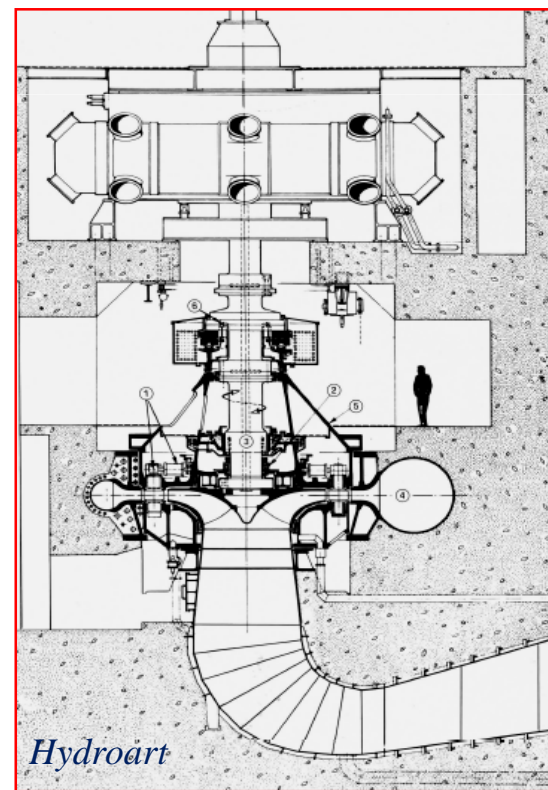
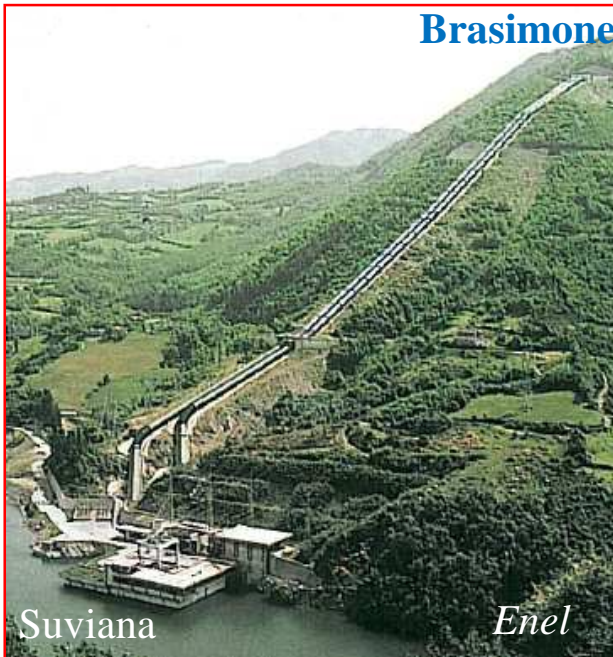
- sfioratore di superficie regolabile con quattro paratoie piane in grado di evacuare una portata massima di $214\text{ m}^3/\text{s}$.
- scarico di mezzofondo con portata massima di $100\text{ m}^3/\text{s}$
- scarico di fondo con portata massima di $10\text{ m}^3/\text{s}$ costituito da una galleria scavata in sponda sinistra.

Funge da sbarramento per il bacino inferiore della centrale di Barga (produzione oggi utilizzata per le punte giornaliere 2 gruppi PT da 170 MW ciascuno con $H \approx 380\text{ m}$; $Q \approx 52\text{ mcs}$

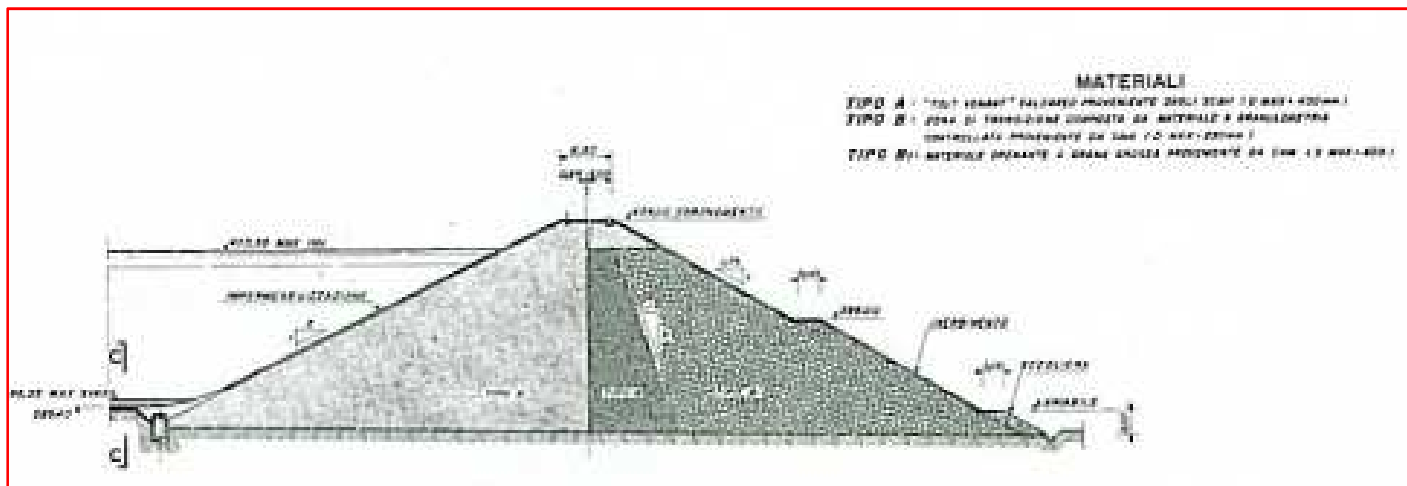
Condotte forzate $D = 4,4\text{ m}$



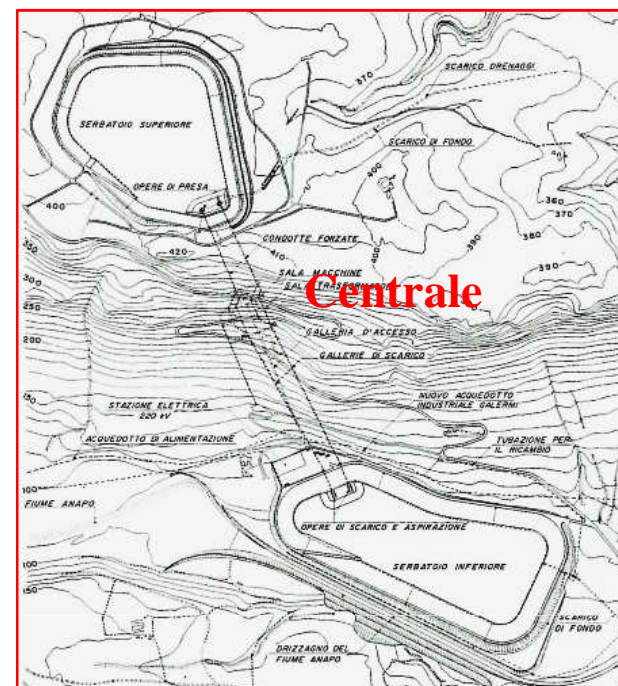
Brasimone



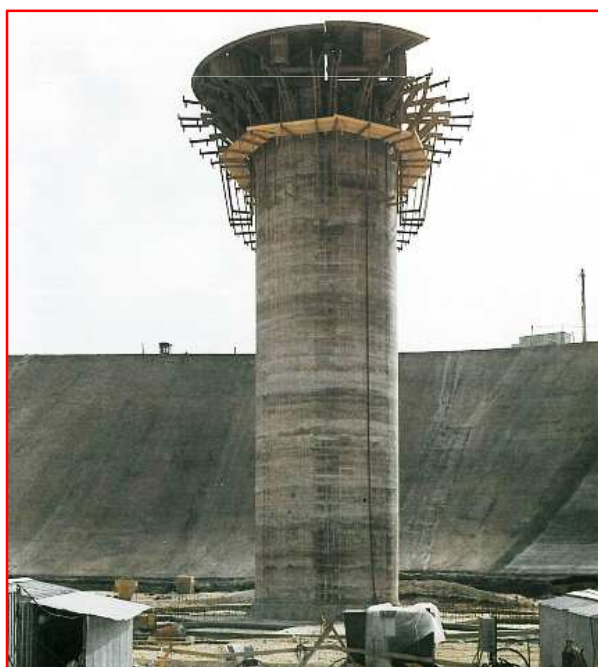
Impianto di Accumulazione fra bacini artificiali: Anapo



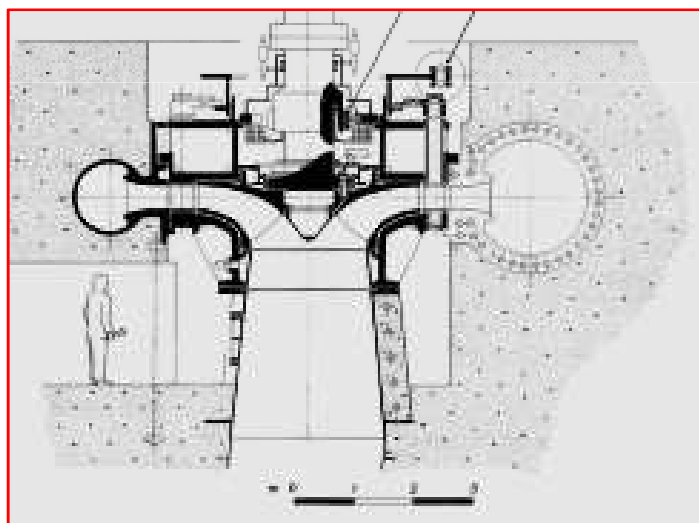
Diga in materiali *auto-cicratizzanti* (elevata sismicità) $H = 31,5\text{m}$; $V = 5,6 \text{ Mio m}^3$



Bacini artificiali Superiore ed Inferiore: scavati con diga e scarichi di fondo rispettivamente: 90- 60 ore, con $Q = 30\text{-}60 \text{ mcs}$



Torre di presa del serbatoio superiore

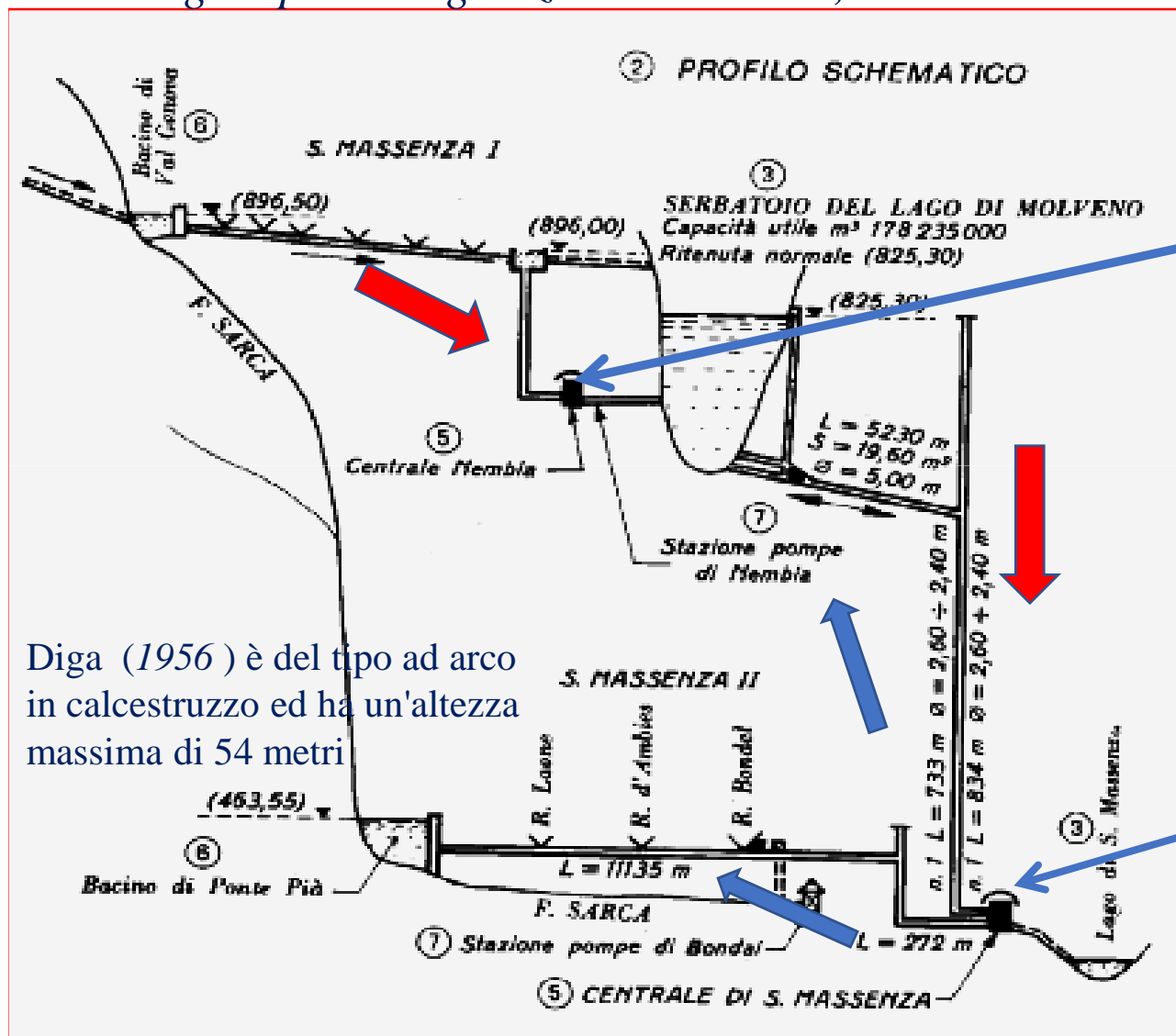


Centrale in caverna di Anapo (Sicilia 1980) : 4 gruppi Pompa-Turbina da 150 MW ciascuno ($H \approx 328 \text{ m}$, $Q \approx 52 \text{ mcs}$) a compensazione della produzione termica dell'isola e compensazione sincrona (*invaso/ reintegro da centrale idroelettrica esistente*)

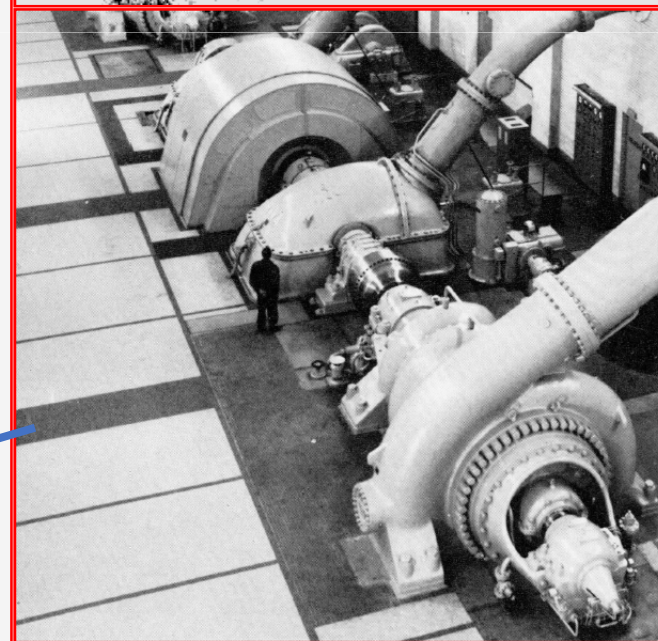
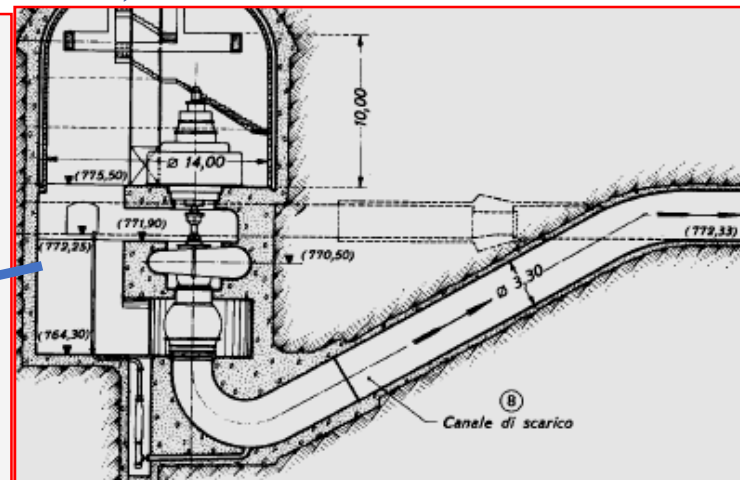
Impianti di Accumulazione: il sistema *Sarca-Molveno*

Impianto di Accumulazione di S. Massenza I e II *Strategico per la regolazione della rete; ca. 340 MW*

Turbina Kaplan di Nembia H=88 m,
P= 13,5MW



Diga (1956) è del tipo ad arco in calcestruzzo ed ha un'altezza massima di 54 metri



Accumulo idroelettrico: *Peculiarità e possibili sviluppi in Italia*

❑ **RISERVA STRATEGICA TOTALMENTE AUTONOMA**

*Fonte di **generazione** primaria e **potenza** non aleatoria.*

❑ **ELEVATA FLESSIBILITA' e RAPIDITA' di FUNZIONAMENTO**

*Passaggi rapidi da : Generazione, Pompaggio, Compensatore sincrono; **30-60 sec.***

❑ **RIAVVIAMENTO in «BLACK -START» e RIACCENSIONE RETE**

*Attivazione ausiliari in c.c., apertura valvola ,spunto ,rampa giri, sincronizzazione e presa di carico: **120-180 sec.***

❖ Nel **nord** la morfologia delle zone alpine si configura con i siti più interessanti e favorevoli mentre al **sud** le condizioni favorevoli risultano più rare anche se le necessità di rete sarebbero maggiori .

❖ Le possibilità possono emergere da realizzazioni che sfruttino **caverne sotterranee**, quale bacino di valle, o salti energetici in vicinanza del mare come già sperimentato con l'impianto di **Okinawa** o collegamenti fra laghi esistenti

RSE ha individuato una dozzina di possibili impianti di pompaggio e accumulazione: **8** con collegamenti fra laghi esistenti e **4** tra laghi naturali e la costa marina meridionale ed insulare, per un totale di **3 GW** di potenza ed una producibilità di **9TWh/anno.**(Micolano 2011)

❖ Non ultimo un utilizzo locale a compensazione di reti con forte prevalenza di generazione solare o eolica senza capacità di accumulo, per le quali **taglie di bassa potenza** potrebbero essere «**tipizzate**» e proposte anche per un uso plurimo di tipo acquedottistico o agricolo .

❖ In generale le prospettive per un ulteriore sviluppo di questa tipologia d'impianti che si avvalgono di tecnologie ed esperienze particolari , ma ormai consolidate, restano legate all'evoluzione di una **rete e di un mercato più integrati a livello Europeo.**



ALDAI

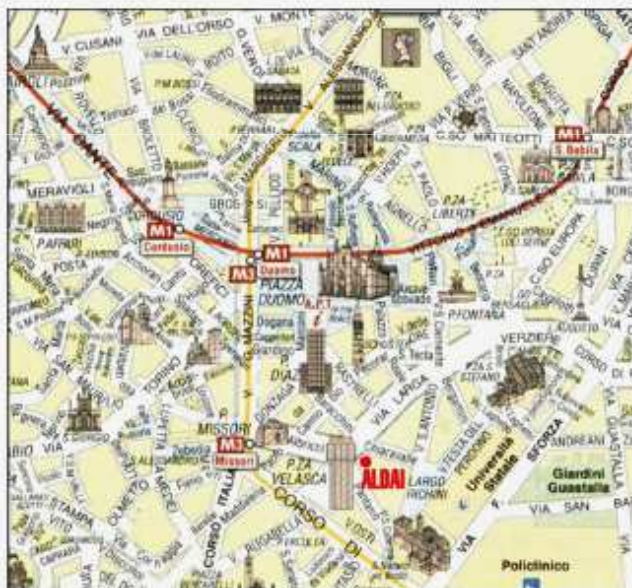
ASSOCIAZIONE LOMBARDA
DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI



FEDERMANAGER

FEDERAZIONE NAZIONALE DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI

Grazie per l'attenzione e arrivederci



ALDAI

ASSOCIAZIONE LOMBARDA
DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI

via Larga 31 - 20122 Milano
www.aldai.it - organizzazione@aldai.it