

# TECNOLOGIA DELLE ENERGIE RINNOVABILI

## IMPIANTI IDROELETTRICI

Piero Pinamonti

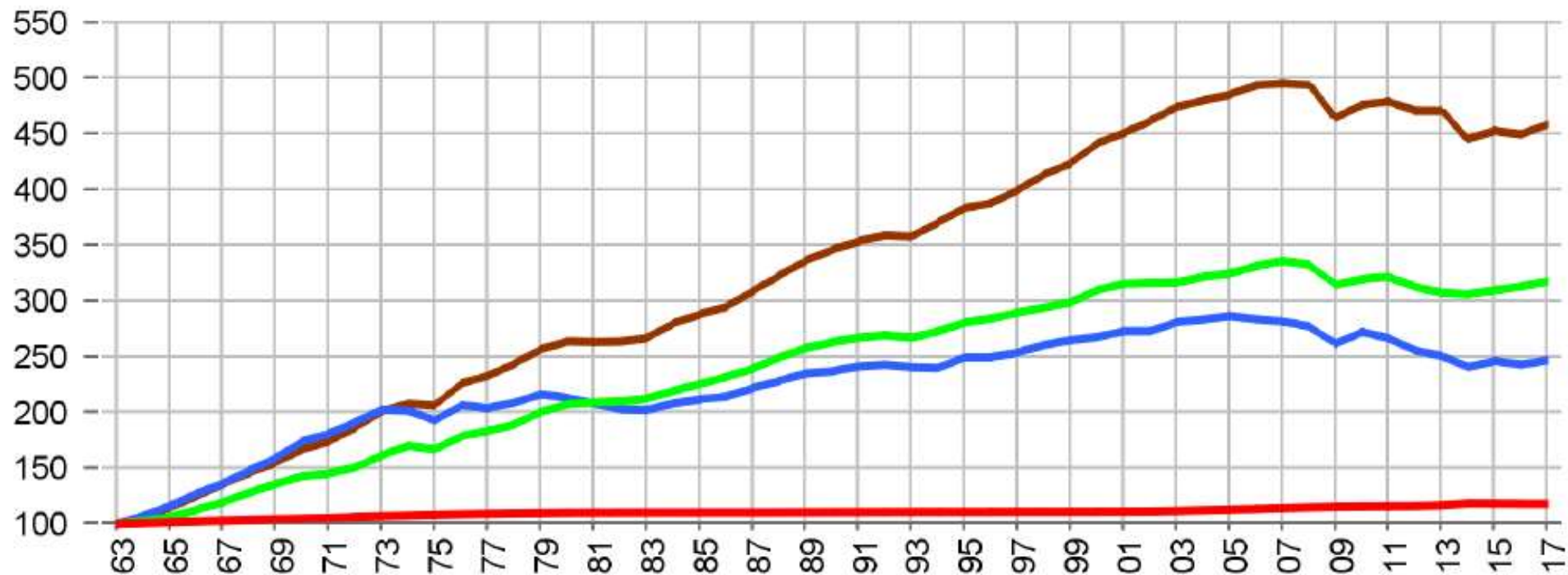
Docente di “Sistemi per l’Energia e l’Ambiente”

Università di Udine

## Popolazione, reddito e consumi energetici in Italia

- Consumo interno lordo di energia elettrica
- Consumo interno lordo di energia
- Prodotto interno lordo ai prezzi di mercato
- Popolazione residente a metà anno

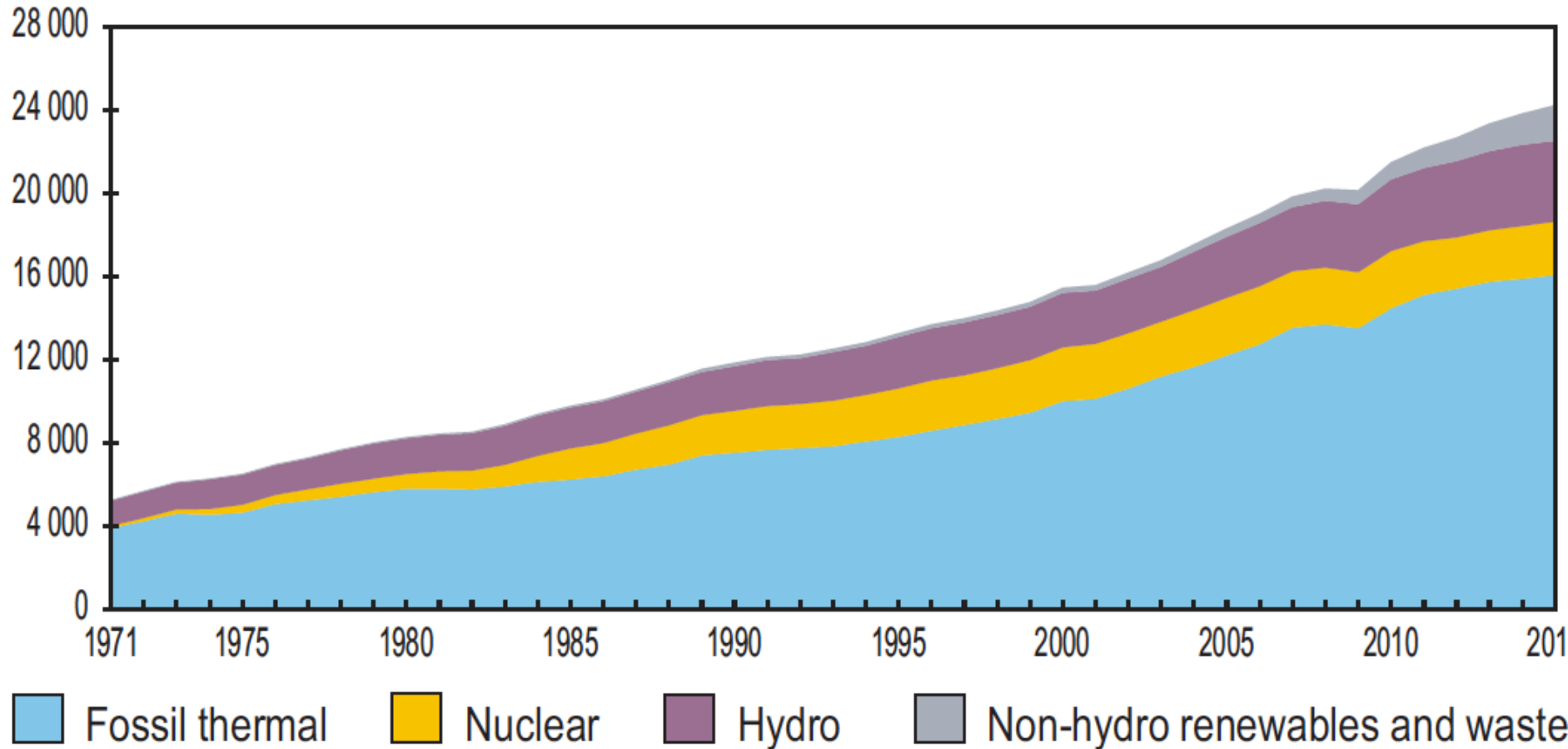
Numeri indice (base 1963=100)



fonte: TERNA



# World electricity generation<sup>1</sup> from 1971 to 2015 by fuel (TWh)

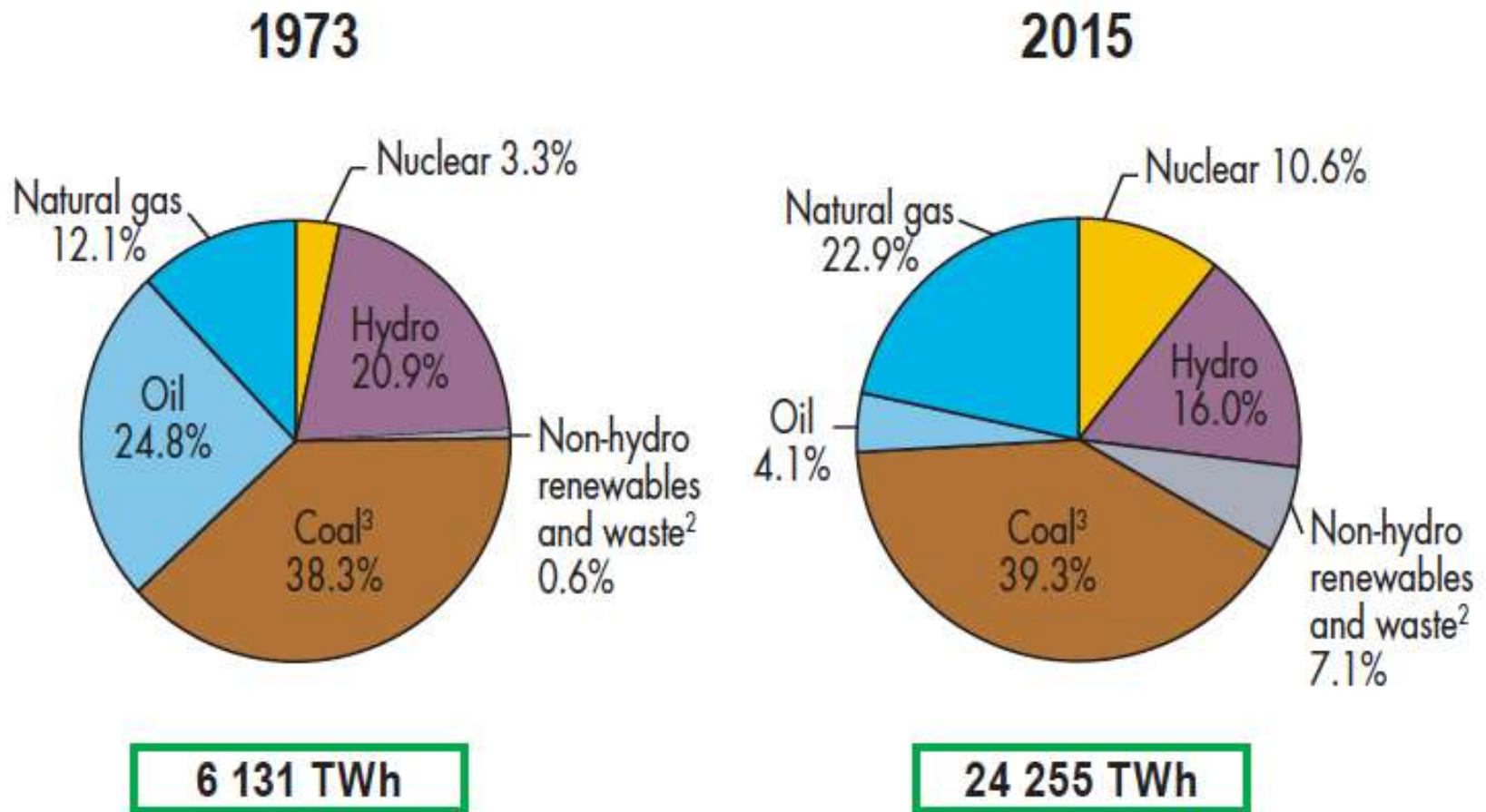


Fonte: IEA





# 1973 and 2015 source shares of electricity generation<sup>1</sup>



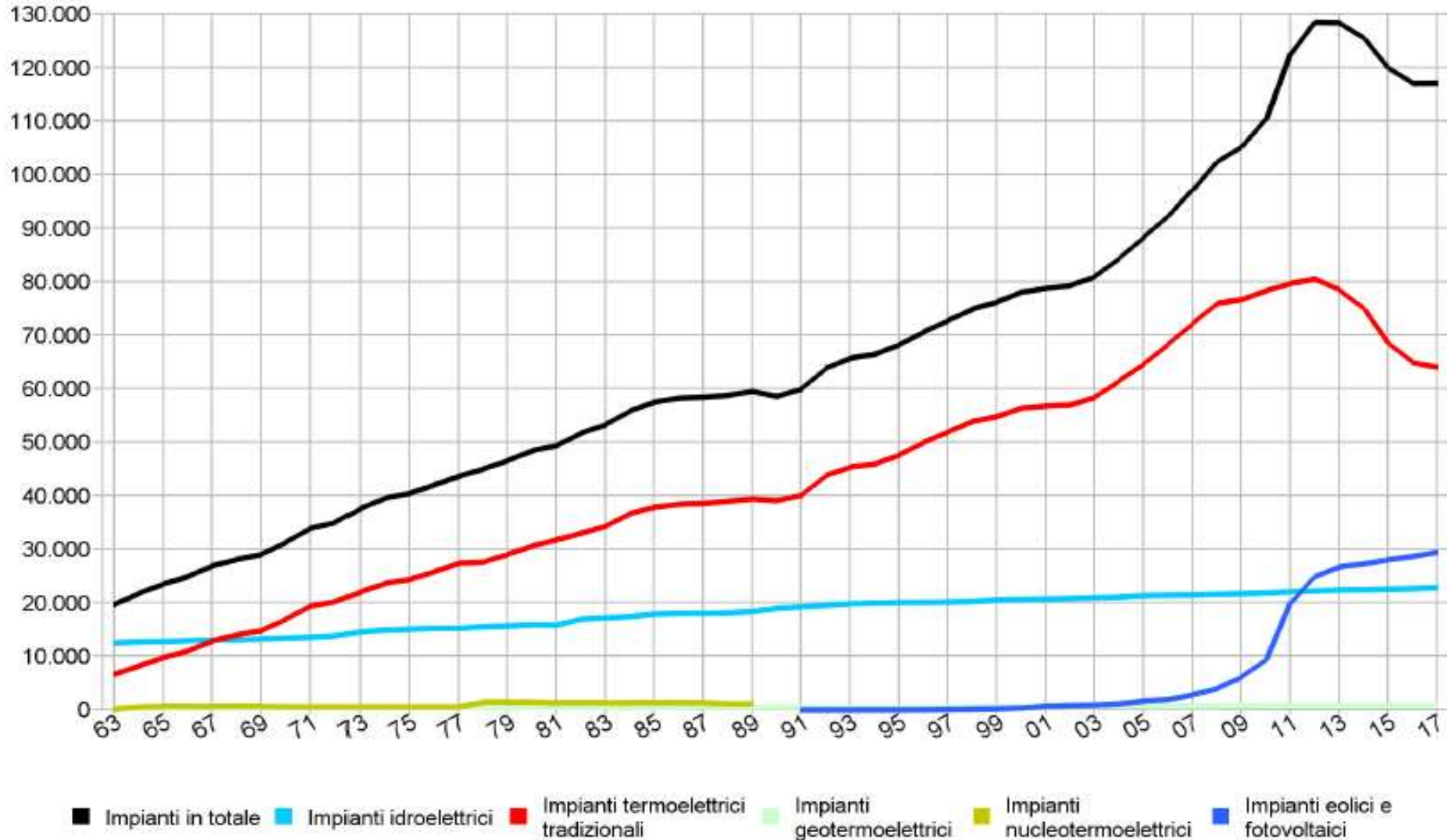
1. Excludes electricity generation from pumped storage.
2. Includes geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean, biofuels, waste, heat and other.
3. In these graphs, peat and oil shale are aggregated with coal.

Fonte: IEA



## Potenza efficiente in Italia 1963-2017

Potenza efficiente lorda MW



## Potenza efficiente in Italia al 31-12-2016

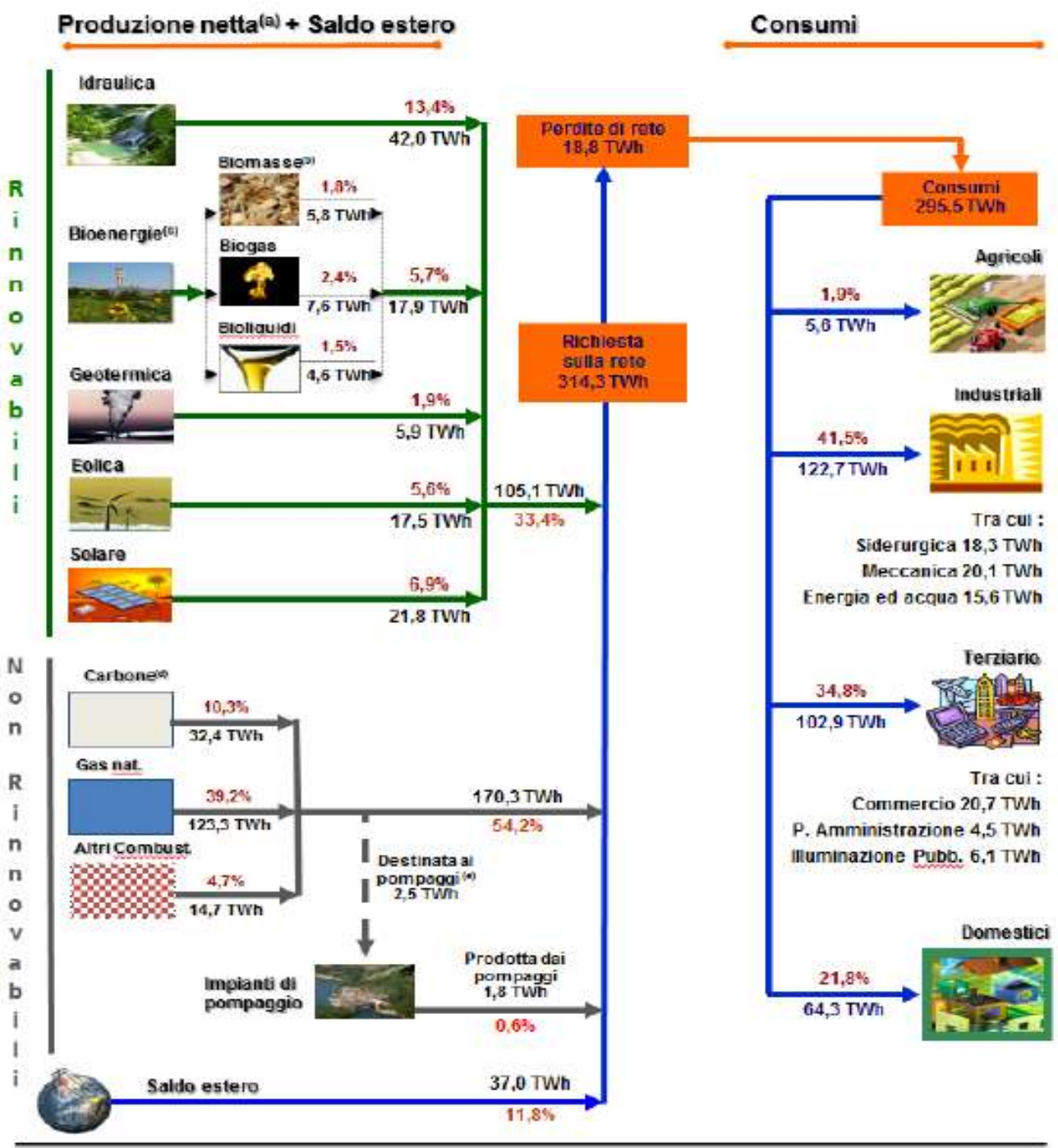
MW	Lorda			Netta			2017
	Produttori	Autoproduttori	Totale	Produttori	Autoproduttori	Totale	
idroelettrici	22.714,5	123,4	22.837,9	22.307,2	118,9	22.426,0	
termoelettrici	59.741,1	5.117,1	64.858,2	57.480,8	4.915,0	62.395,8	
<i>tradizionali</i>	58.928,0	5.117,1	64.045,1	56.713,6	4.915,0	61.628,6	
<i>geotermoelettrici</i>	813,1	-	813,1	767,2	-	767,2	
eolici	9.765,8	..	9.765,9	9.736,6	..	9.736,6	
fotovoltaici	19.682,3	-	19.682,3	19.682,3	-	19.682,3	
<b>totale</b>	<b>111.903,7</b>	<b>5.240,6</b>	<b>117.144,3</b>	<b>109.206,8</b>	<b>5.033,9</b>	<b>114.240,6</b>	

FONTE	%	2016
TERMOELETTRICO	55.4%	
EOLICO	8.2%	
FOTOVOLTAICO	16.9%	
IDROELETTRICO	19.5%	

%	2017
54.6 %	
8.5 %	
17.2 %	
19.6 %	

fonte: TERNA

# BILANCIO ENERGIA ELETTRICA in ITALIA Anno 2016



Fonte: GSE





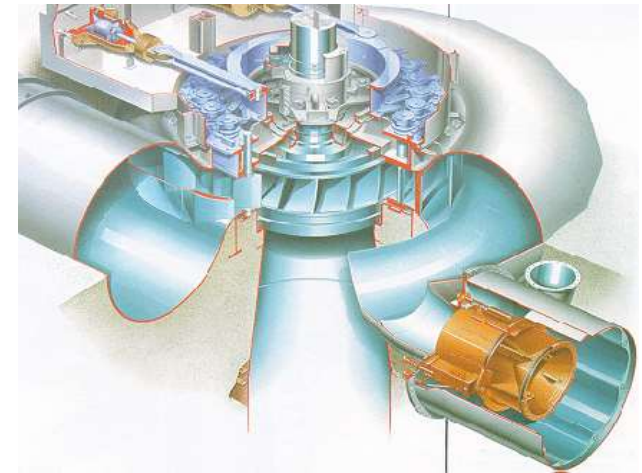
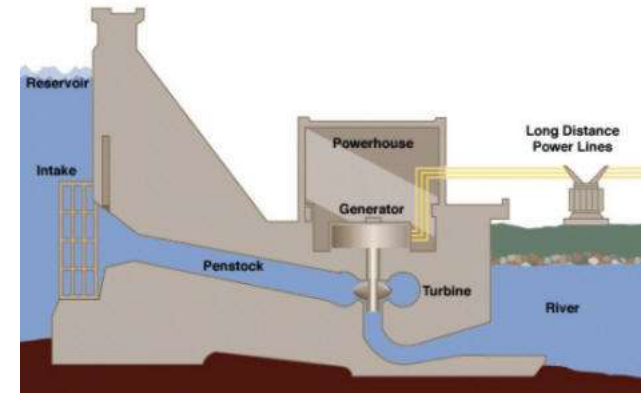
# INTRODUZIONE: Impianti Idroelettrici

Gli impianti idroelettrici consentono di produrre potenza elettrica a partire dalla disponibilità di una determinata portata ed un corrispondente salto geodetico.

Tali impianti sono basati sull' utilizzo di turbine idrauliche, in grado di convertire energia potenziale in energia meccanica e quindi elettrica disponibile ai morsetti dell' alternatore

## Vantaggi:

Affidabilità e disponibilità elevata (richiedono scarsa manutenzione), vita lunga, assenza inquinamento aria e acqua, transitori rapidi, elevata automazione.

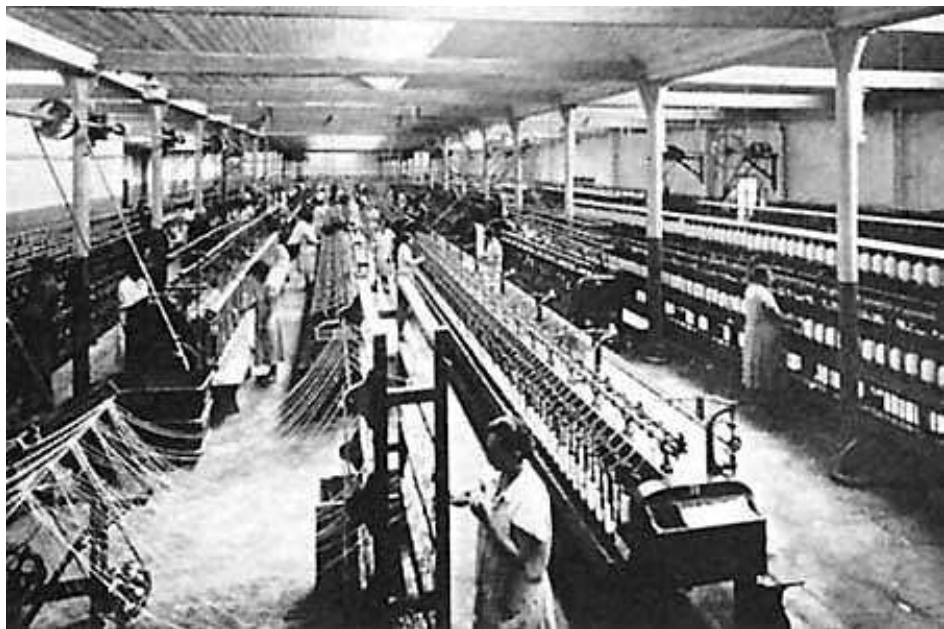


## Svantaggi:

Notevole impatto paesaggistico (e ambientale) nel caso di grossi impianti. Costi a volte elevati.

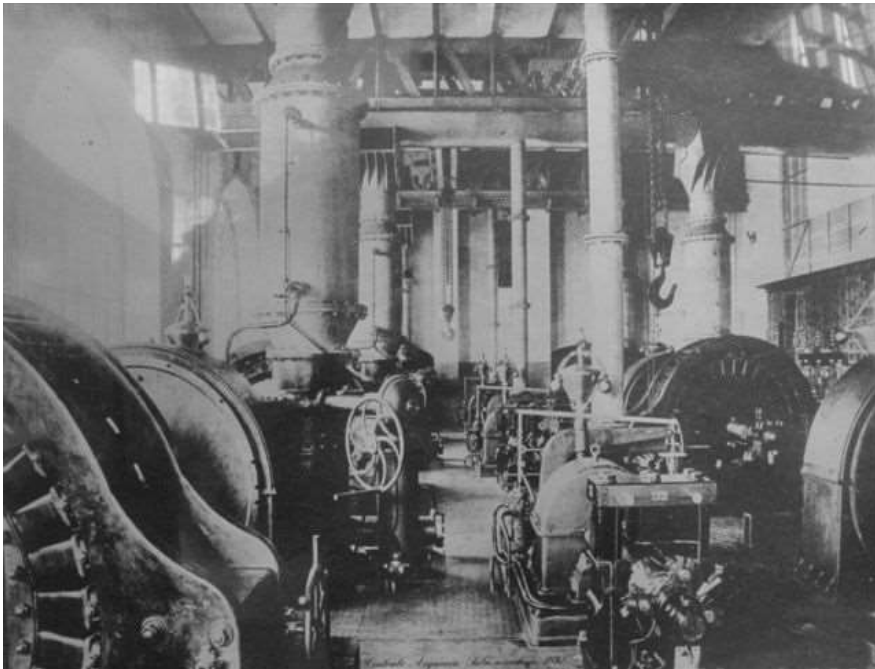


Le prime “Turbine ad Azione” per ottenere lavoro meccanico



## Le prime centrali idroelettriche in Italia:

- Centrale di Isoverde - Genova (1887)
- Centrale di Tivoli - Roma (1892)
- Centrale Bertini a Paderno d'Adda (1898)





## Centrale di Malnisio – Pordenone (1905)



## Diga vecchia sul torrente Cellina





# Impianti idro-elettrici in Italia (Dati 2017)

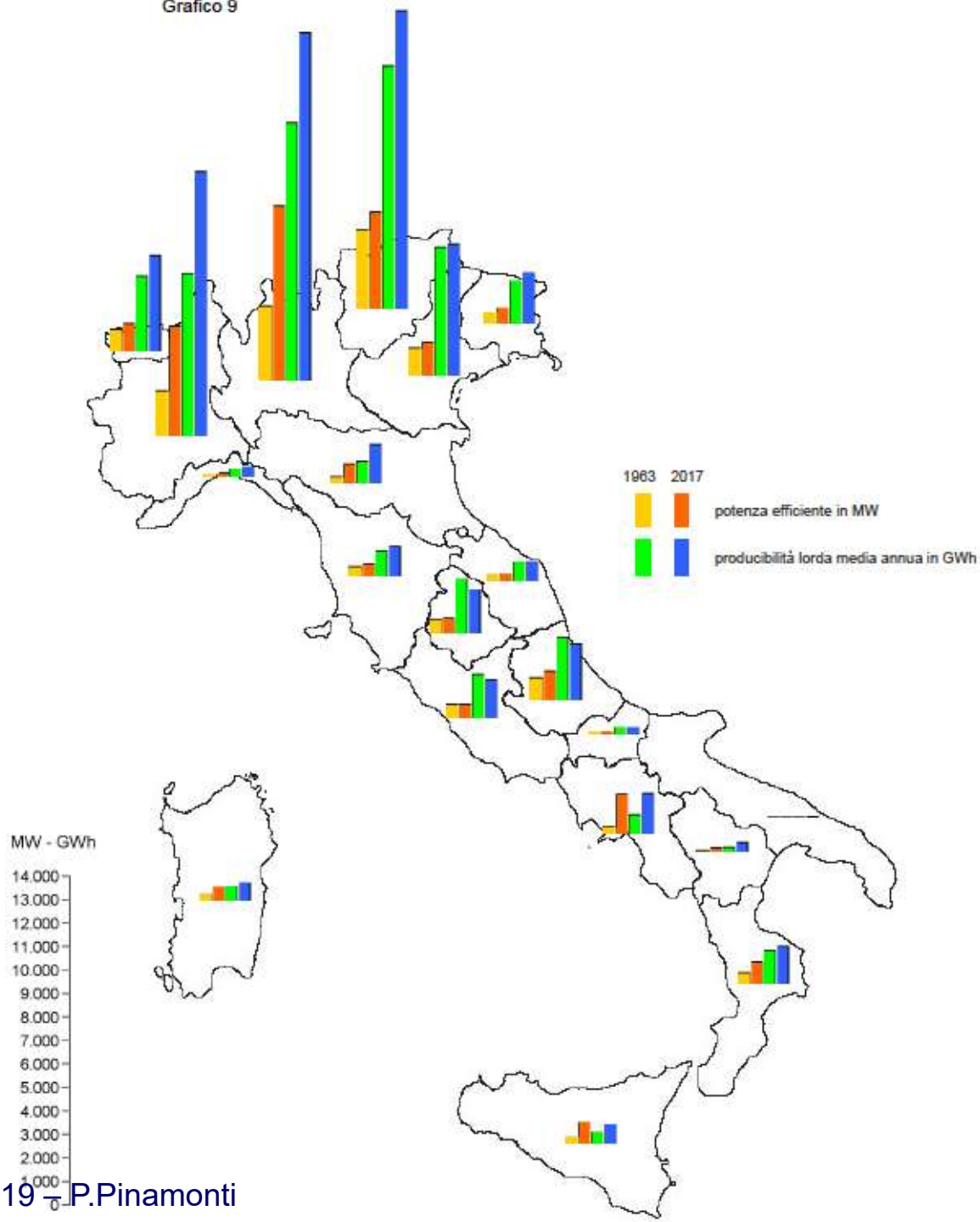
	Produttori	Autoproduttori	Italia
N° impianti	4.188	86	4.274
Pot.Efficiente lorda (MW)	22.715	123	22.838
Di cui di pompaggio (MW)	7.394	-	7.394
Produzione lorda (GWh)	37.536	489	38.025

## In Friuli Venezia Giulia

N° impianti	222	11	233
Pot.Efficiente lorda (MW)	511	10	521
Produzione (GWh)	1.195	41	1.236

(Fonte: TERNA)

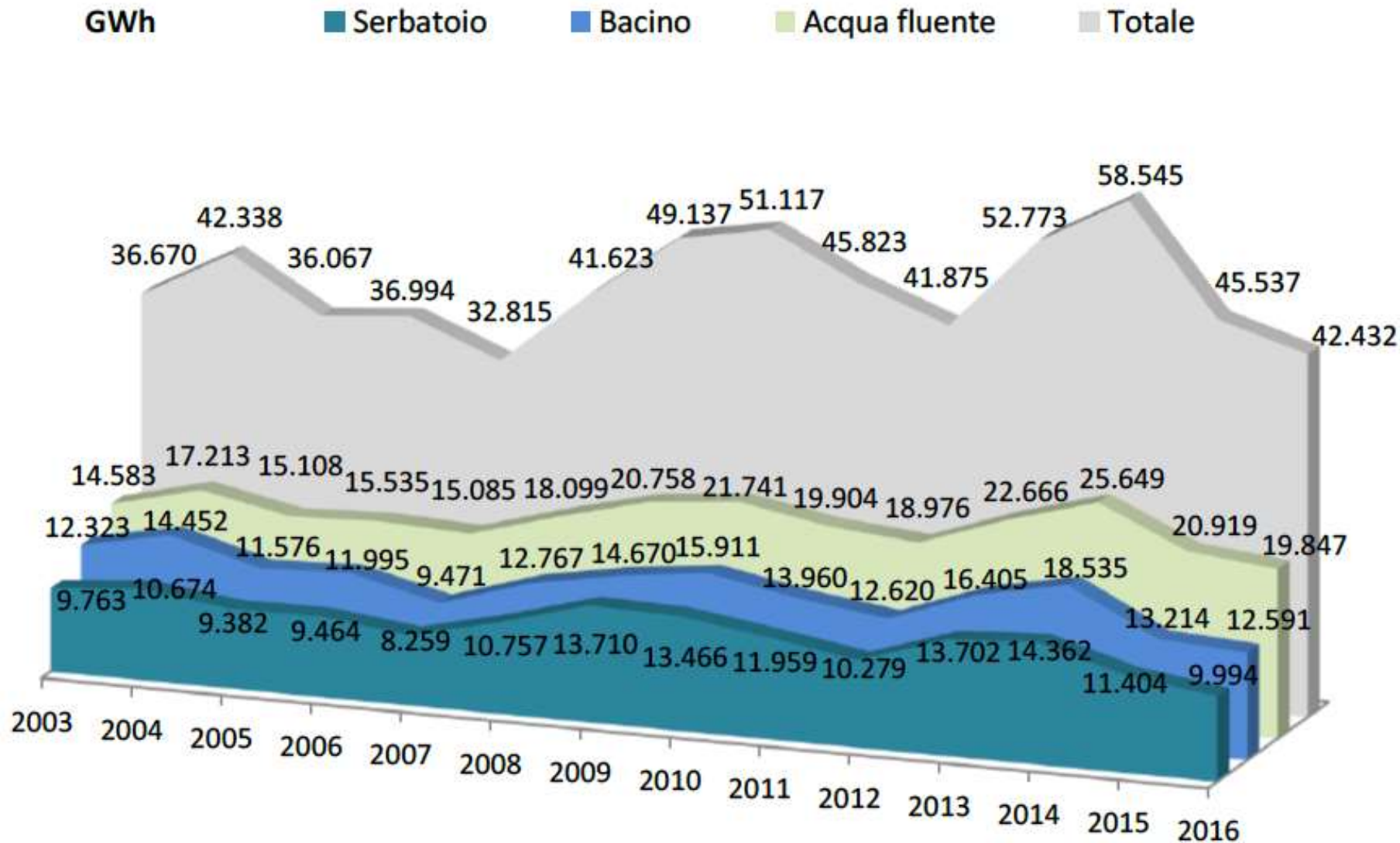
**Potenza efficiente lorda  
media annua  
impianti idro-elettrici  
in Italia  
al 31 dicembre  
degli anni 1963 e 2017**



(Fonte: TERNA)

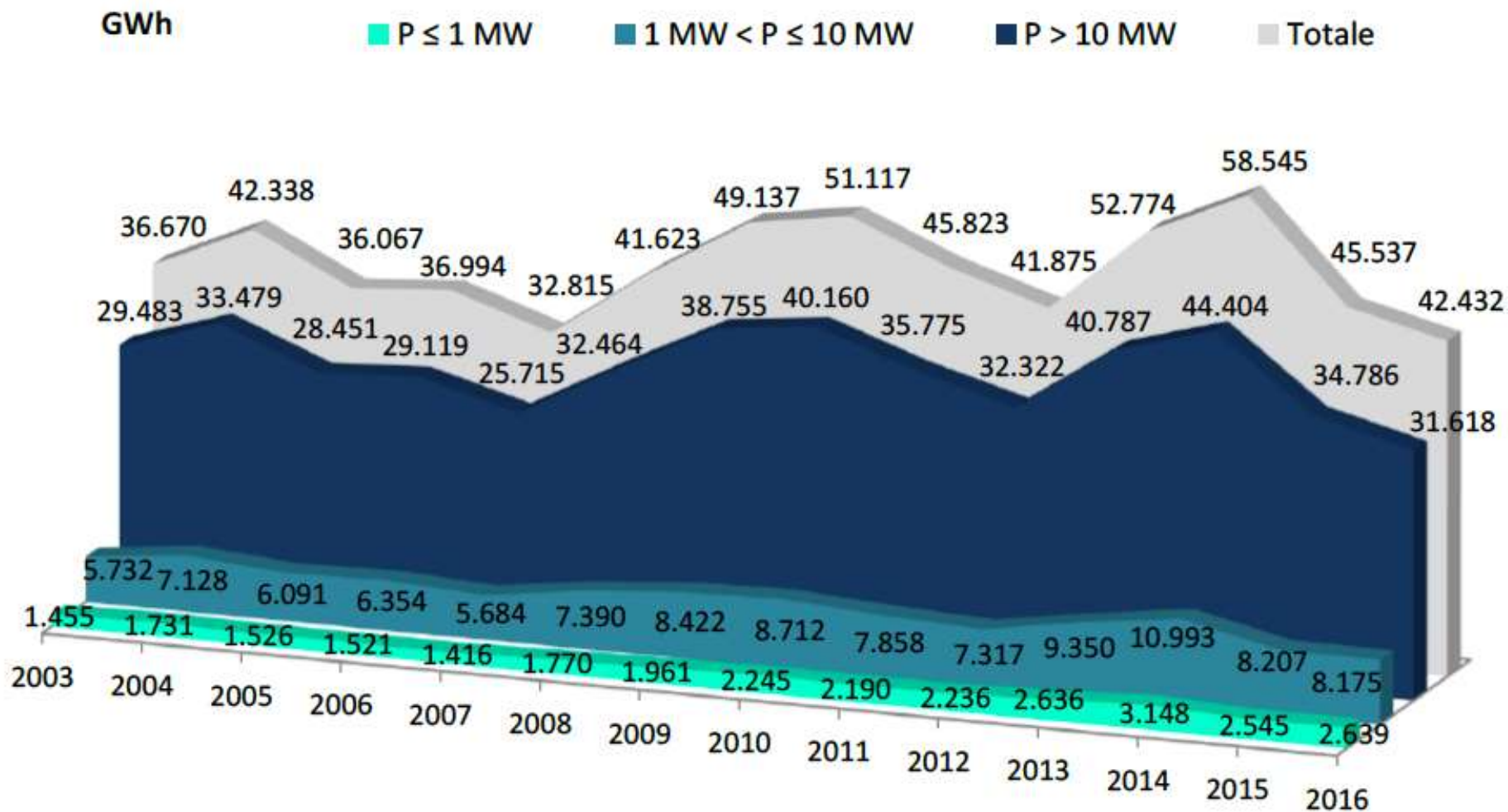
# Evoluzione della Produzione idroelettrica in Italia

Secondo tipologia di impianto



# Evoluzione della Produzione idroelettrica in Italia

Secondo classe di potenza



Fonte GSE

Impianti idroelettrici - Trieste – maggio, 2019 – P.Pinamonti



# Potenza efficiente producibilità annua

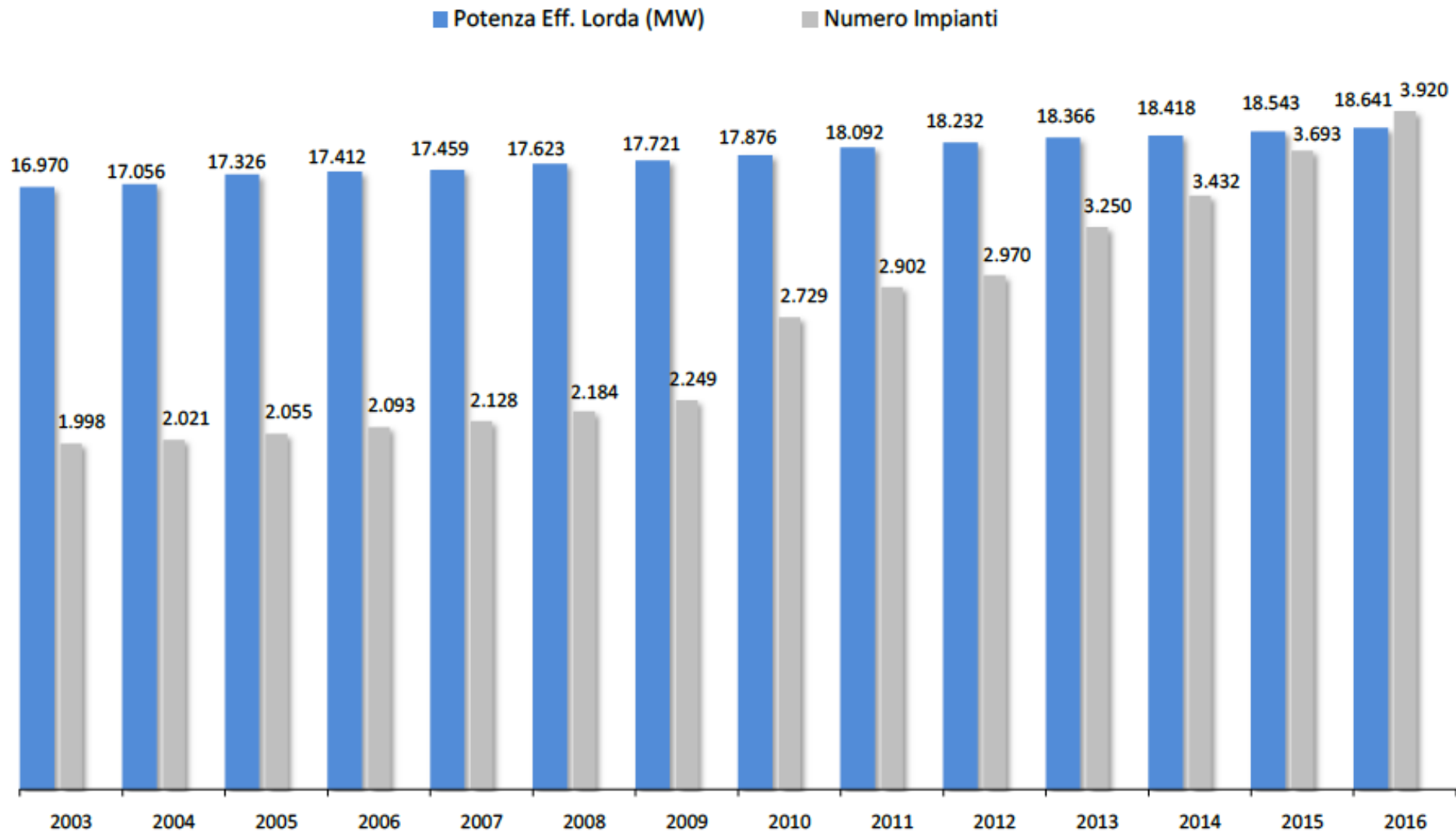
## Impianti idro-elettrici in Italia

al 31/12/2017

	impianti	potenza efficiente		producibilità
		lorda	netta	lorda media annua totale
	n.	MW	MW	GWh
impianti a serbatoio	186	12.123	11.950	15.456
impianti a bacino	204	5.090	4.997	14.640
impianti ad acqua fluente	3.884	5.625	5.479	24.244
<b>ITALIA</b>	<b>4.274</b>	<b>22.838</b>	<b>22.426</b>	<b>54.341</b>

Fonte dati TERNA

# Evoluzione della potenza e della numerosità degli impianti idroelettrici



Fonte GSE

Impianti idroelettrici - Trieste – maggio, 2019 – P.Pinamonti

# UTILIZZAZIONE DELL' ENERGIA IDRAULICA



Per dimensionare gli impianti e ottimizzarne la collocazione bisogna prima valutare la disponibilità della risorsa idrica all' interno del **bacino idrografico** di interesse.

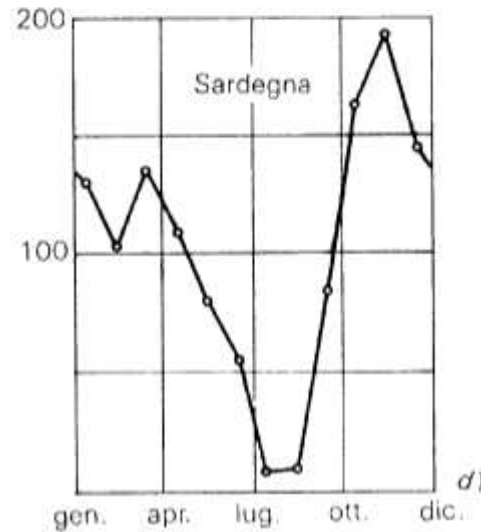
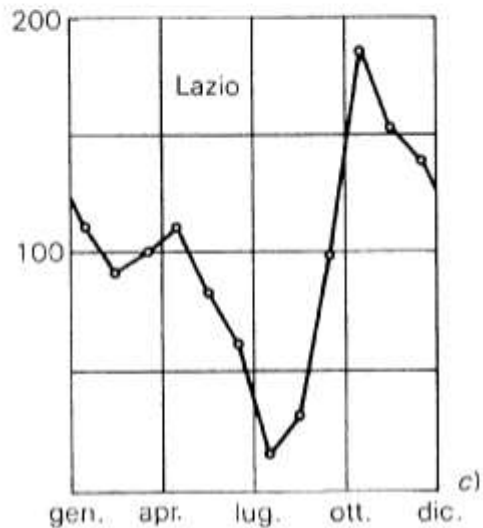
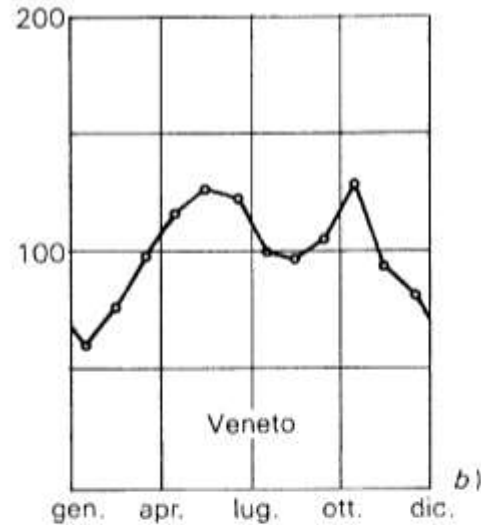
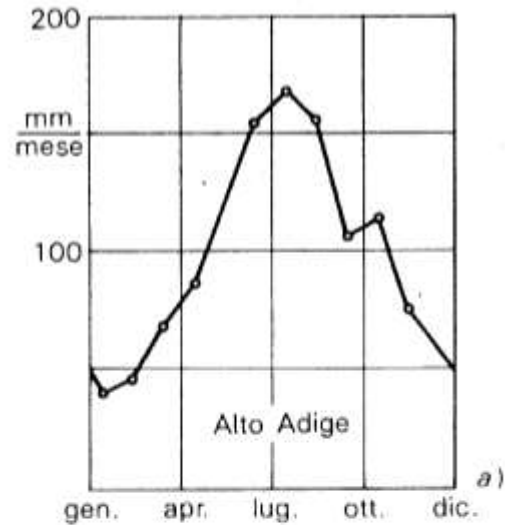
$$V_a = S \cdot p \text{ [m}^3\text{]}$$

- $V_a$  volume d' acqua affluito in un anno [m<sup>3</sup>]
- $S$  superficie del bacino [m<sup>2</sup>]
- $p$  precipitazione annue [mm]

Valutazione dell' acqua disponibile = condizioni idrologiche e orografiche

PLUVIOMETRIA E IDROLOGIA

# UTILIZZAZIONE DELL' ENERGIA IDRAULICA



REGIMI PLUVIOMETRICI:

a) Continentale

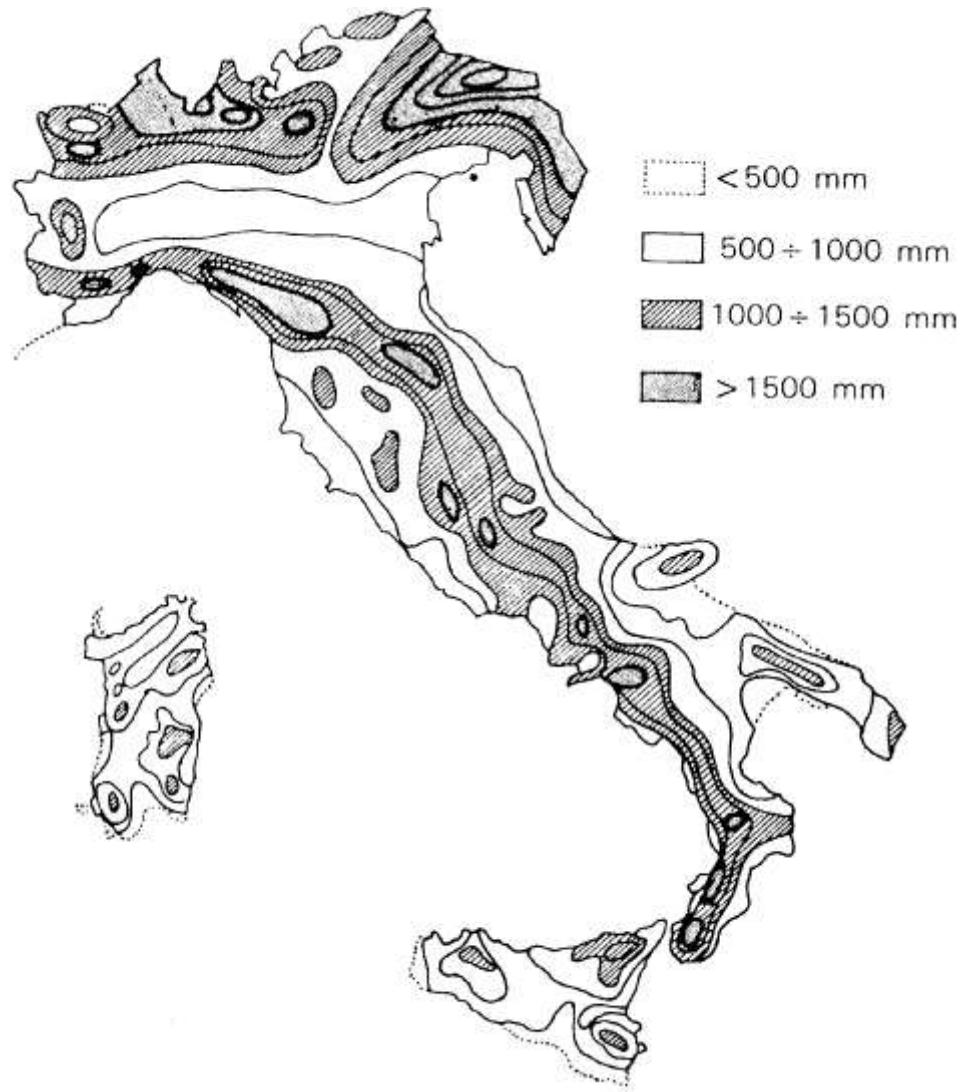
b) Sublitoraneo alpino

c) Sublitoraneo appenninico

d) Marittimo

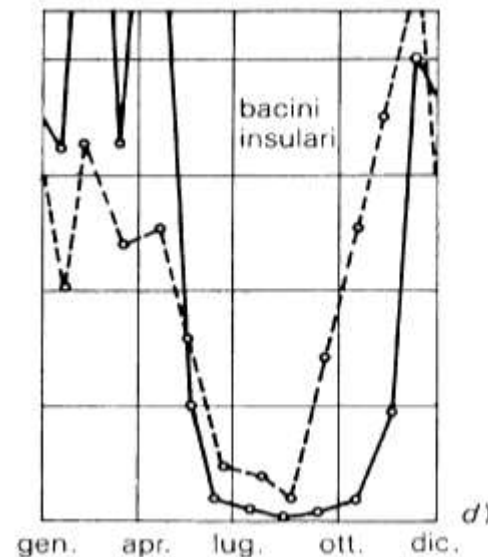
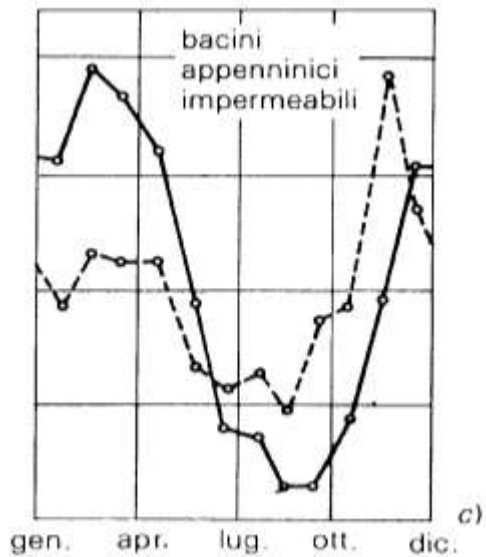
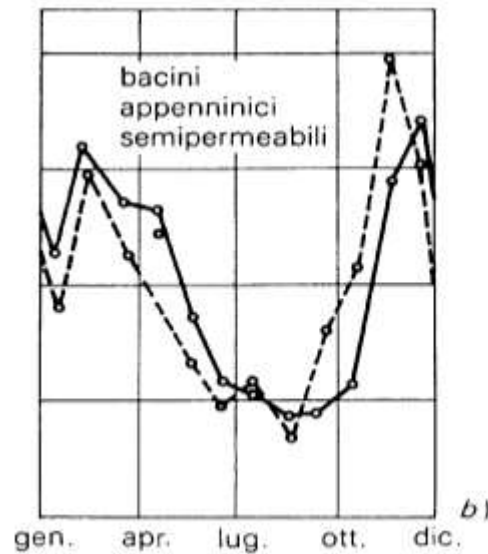
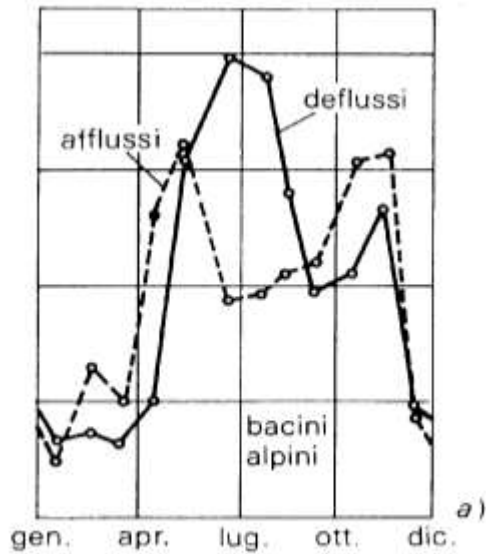


# UTILIZZAZIONE DELL' ENERGIA IDRAULICA



PRECIPITAZIONI  
NORMALI IN ITALIA

# UTILIZZAZIONE DELL' ENERGIA IDRAULICA



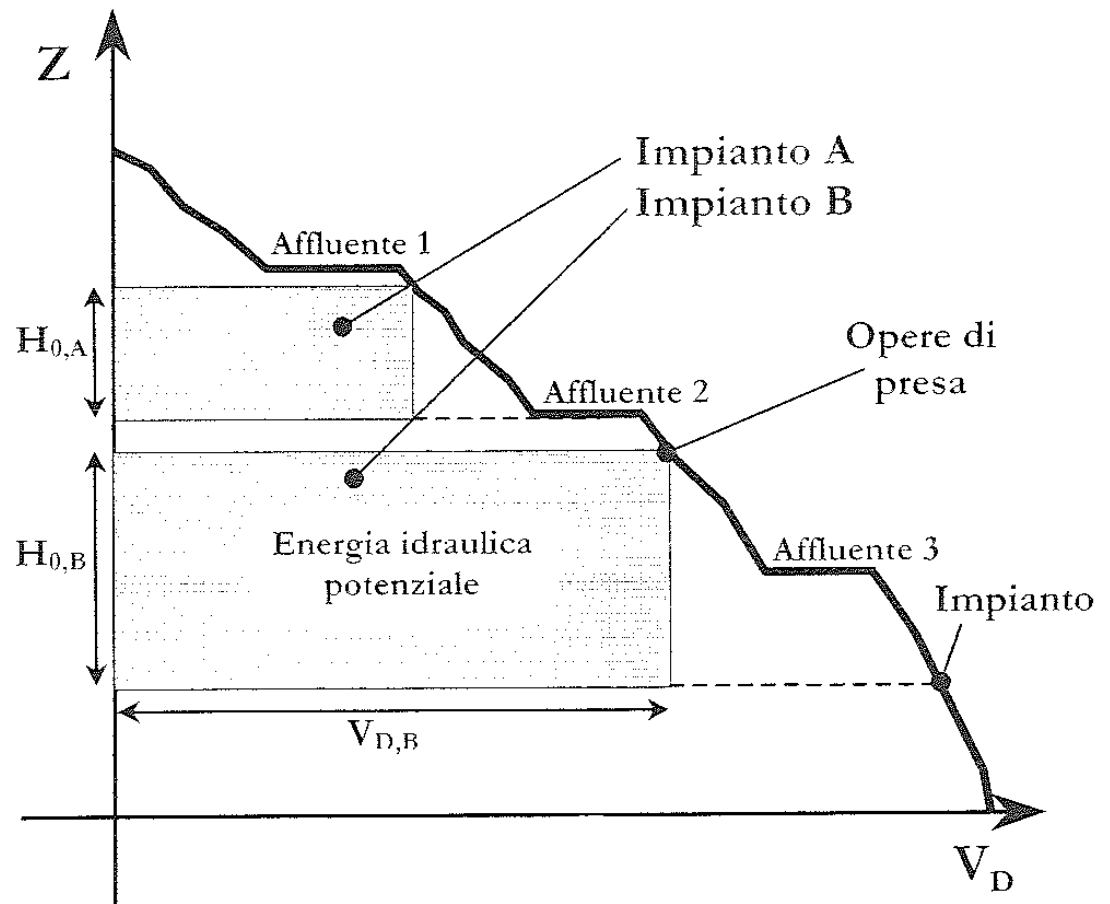
CARATTERISTICHE  
IDROGRAFICHE  
DEI CORSI D'ACQUA:

4 regimi idrografici tipici

# UTILIZZAZIONE DELL' ENERGIA IDRAULICA

Il volume d' acqua che defluisce in ogni sezione del bacino può essere messo in relazione alla corrispondente quota geodetica, ottenendo un diagramma utile per definire la localizzazione degli impianti. L' obiettivo è di massimizzare lo sfruttamento (area sottesa alla curva), nel rispetto dei vincoli di natura tecnica, economica e ambientale.

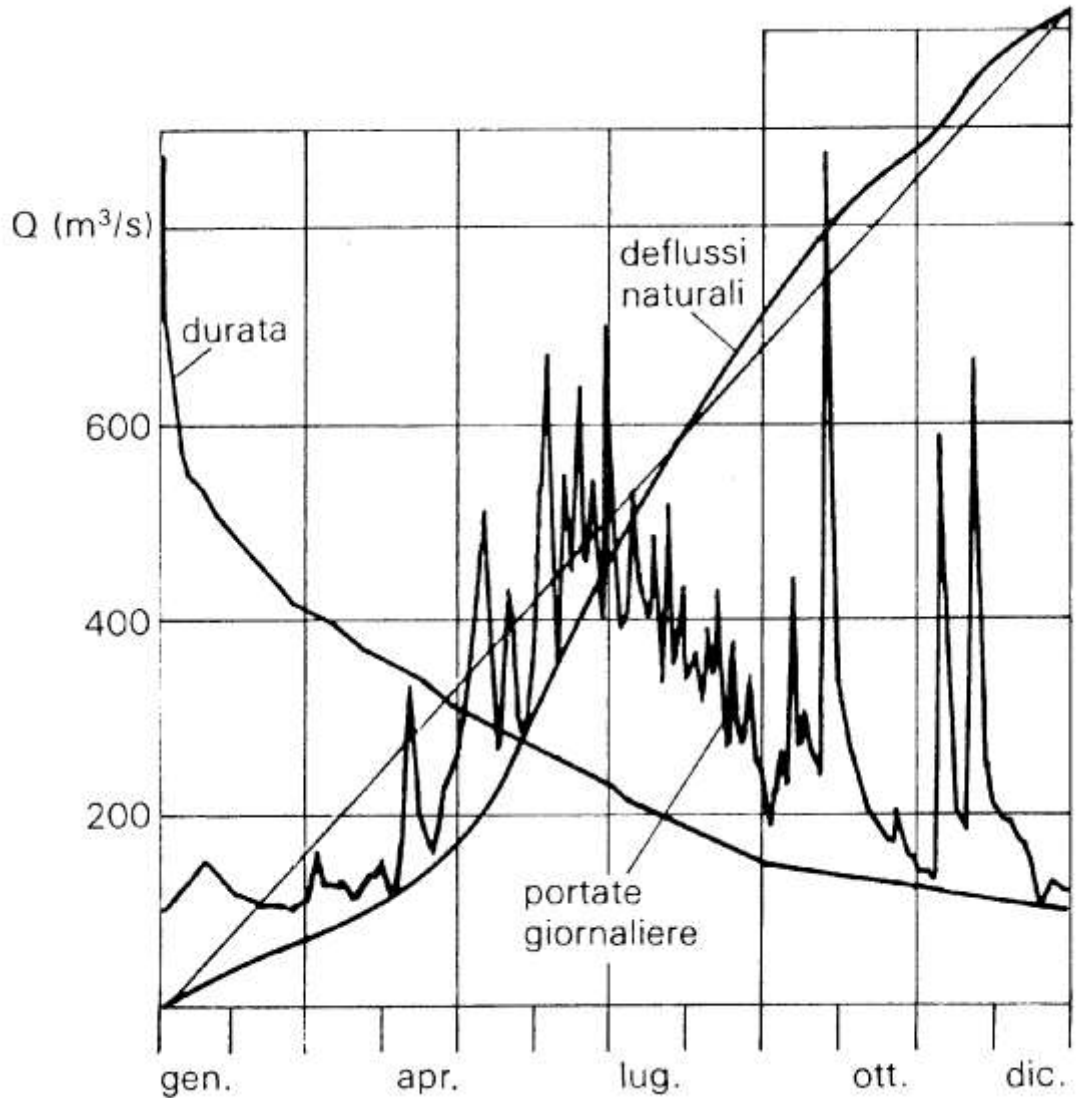
Definita la localizzazione, il dimensionamento dell' impianto richiede la conoscenza degli andamenti annuali della portata disponibile.



# UTILIZZAZIONE DELL' ENERGIA IDRAULICA

DISPONIBILITA' DELLE PORTATE:

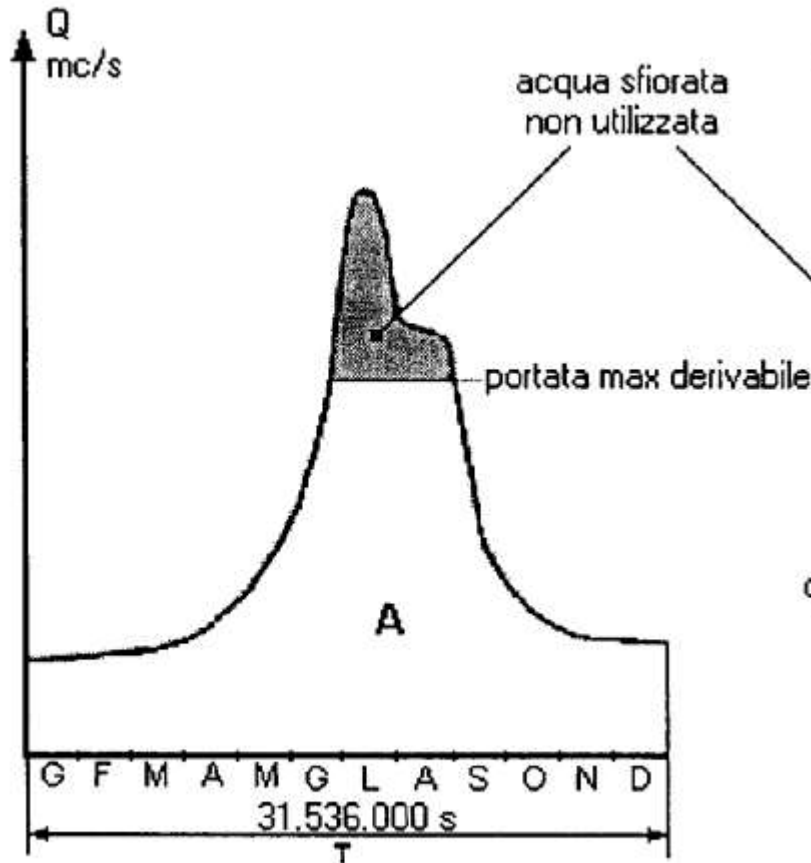
Portate giornaliere  
Diagramma dei Deflussi  
Diagramma di Durata



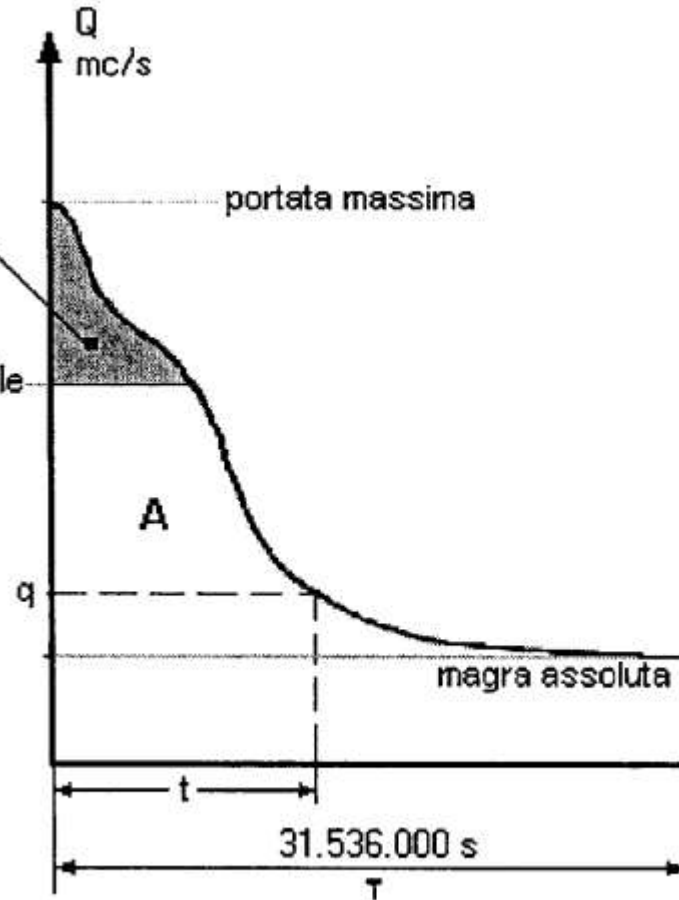


# UTILIZZAZIONE DELL' ENERGIA IDRAULICA

*Diagramma cronologico delle portate*



*Diagramma delle durate delle portate*

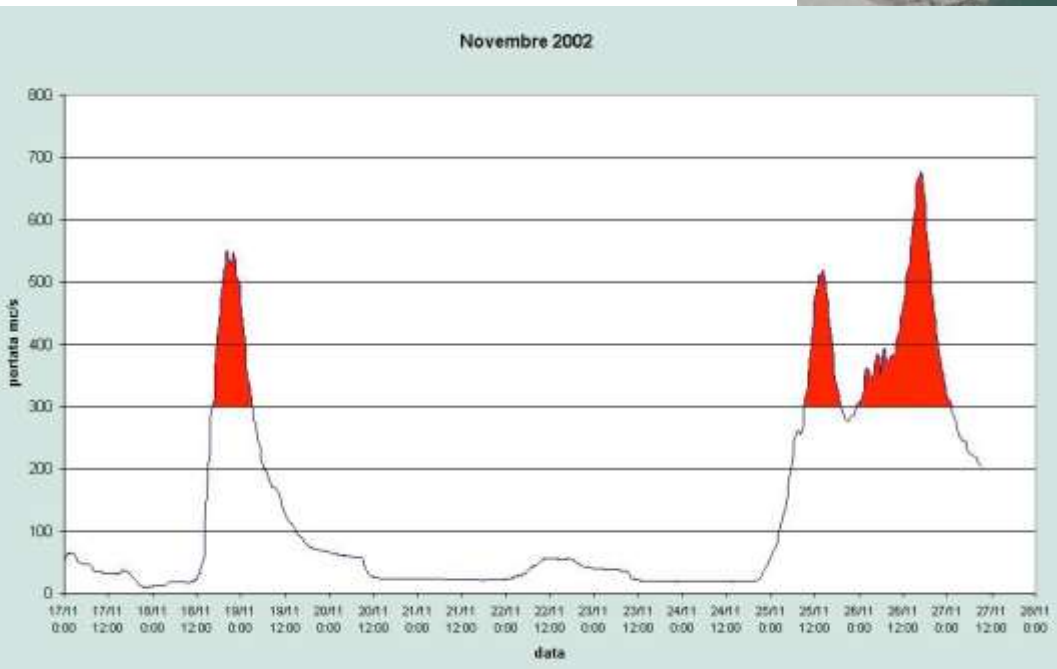


$A =$  volume utilizzato (proporzionale all'energia producibile)

# UTILIZZO PLURIMO DELLE ACQUE

La scelta della tipologia dell' impianto non segue soltanto considerazioni di carattere energetico ma anche aspetti legati all' orografia della zona, al l' impatto ambientale, all' investimento richiesto e al tipo di servizio che eventualmente l' impianto deve svolgere oltre a quello di conversione energetica. Ad esempio potrebbe convenire realizzare un impianto a bacino per garantire un accumulo dell' acqua anche per usi potabili od irrigui, oltre che per il controllo delle piene.

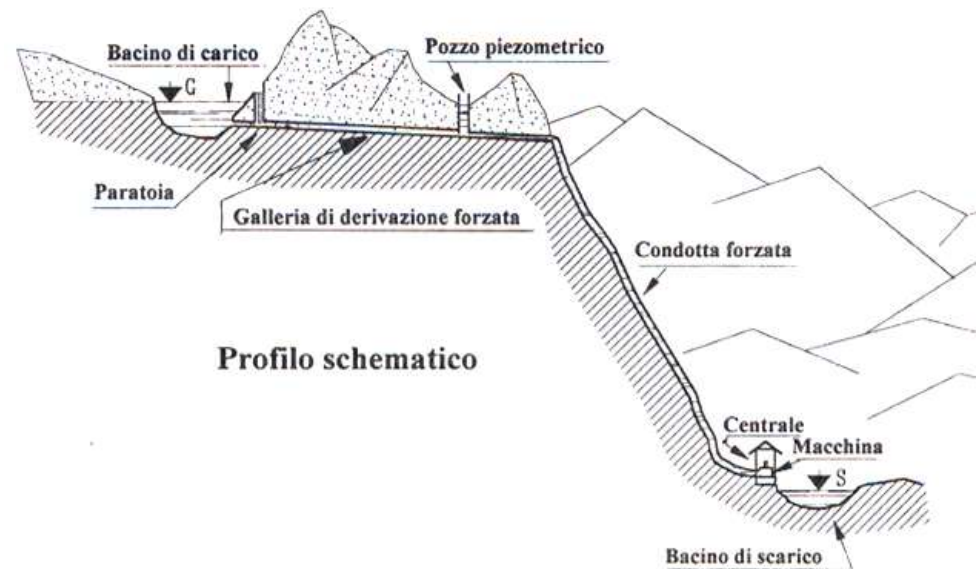
## ESEMPIO SERBATOIO DI RAVEDIS (PN)



# Caratteristiche Impianti idroelettrici: componenti principali

Una macchina idraulica ha quindi bisogno di una serie di strutture di tipo civile per potere convogliare l'acqua dal livello superiore fino al livello della centrale cioè di un **impianto idroelettrico**, i cui componenti sono generalmente:

- Serbatoio (naturale o artificiale)
- Opera di presa
- Galleria di derivazione (in pressione o a pelo libero)
- Condotta forzata (tubazione in pressione)
- Pozzo piezometrico (o vasca di carico)
- Centrale (sito di installazione di macchina idraulica e macchina elettrica)
- Bacino di scarico (permette all'acqua di allontanarsi dalla centrale)



# Caratteristiche Impianti idroelettrici: DIGHE

Opere di sbarramento di valli e fiumi costruite per creare una riserva d'acqua.

Scopi: per produrre energia, irrigare, regolare le portate fluviali, trattenere il materiale solido trasportato dal corso d'acqua, etc.).

Traversa fluviale: se l'opera di sbarramento non comporta un dislivello notevole tra monte e valle (altezza inferiore a 10 m).





# Caratteristiche Impianti idroelettrici: DIGHE

Tipologia dighe		
Dighe murarie	a gravità <small>si oppongono alla spinta dell'acqua con il proprio peso</small>	ordinarie (massicce);
		a speroni, a vani interni;
	a volta	ad arco <small>la pressione idrostatica, per l'effetto arco, viene scaricata sulle spalle della stretta da sbarrare.</small>
		ad arco-gravità
		a cupola
	a volte o solette, sostenute da contrafforti.	
Dighe di materiali sciolti	in terra <small>adatte a terreni sciolti coesivi e non coesivi</small>	
	in pietrame (scogliere) <small>indicate per terreni rocciosi eterogenei fratturati e/o alterati</small>	
	di terra e/o pietrame, zonate, con nucleo di terra per la tenuta	
	di terra permeabile o pietrame, con manto o diaframma di tenuta di materiali artificiali	
Sbarramenti di tipo vario		
Traverse fluviali		

# Caratteristiche Impianti idroelettrici: SCARICHI delle DIGHE

La diga deve essere provvista di scarichi per:

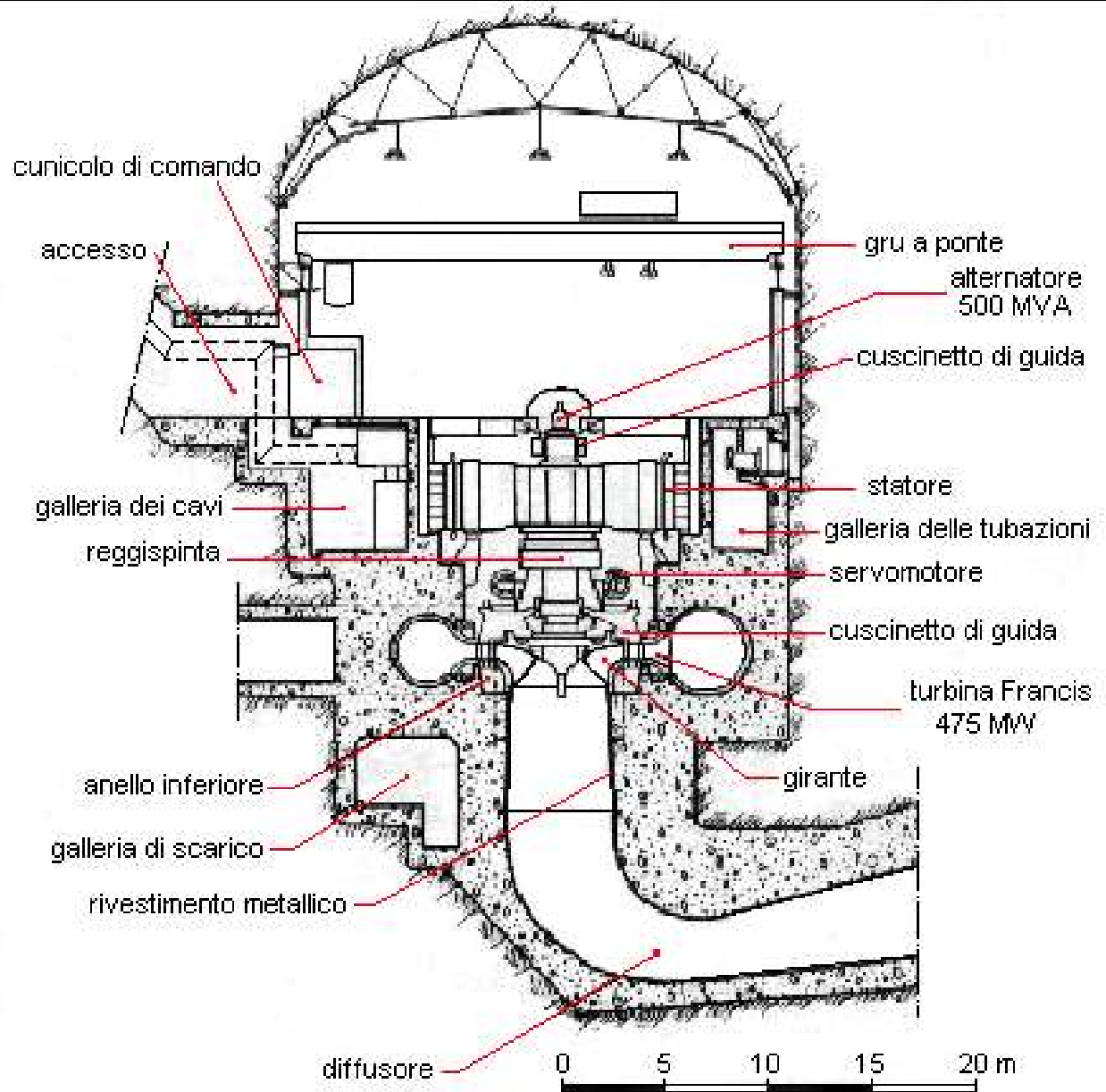
- svuotare il serbatoio
- mantenere il livello voluto nel serbatoio
- incanalare parte dell' acqua per uso idroelettrico/irriguo

Tipi di scarichi/prese presenti su ogni diga:

- Opere di presa
- Scarichi di superficie
- Scarichi di fondo
- Scarichi di esaurimento



# Schema di centrale idro-elettrica



# Classificazione Impianti idroelettrici

Classificazione in base alla potenza nominale dell' impianto:

- **Micro centrali idroelettriche** **P < 100 kW**
- **Mini centrali idroelettriche** **P < 1000 kW**
- **Piccole centrali idroelettriche** **P < 10 MW**
- **Grandi centrali idroelettriche** **P > 10 MW**

**Classificazione in base al Salto H**

- Bassa caduta  $H < 50$  m
- Media caduta  $H = 50-250$  m
- Alta caduta  $H = 250-1000$  m
- Altissima caduta  $H > 1000$  m

**Classificazione in base alla Portata (Q)**

- Piccola portata  $Q < 10$  m<sup>3</sup>/s
- Media portata  $Q = 10-100$  m<sup>3</sup>/s
- Grande portata  $Q = 100-1000$  m<sup>3</sup>/s
- Altissima portata  $Q > 1000$  m<sup>3</sup>/s

Classificazione in relazione alla derivazione idraulica che alimenta l' impianto:

- **Impianti ad acqua fluente**
- **Impianti a bacino (a regolazione parziale)**
- **Impianti a serbatoio (a regolazione totale)**

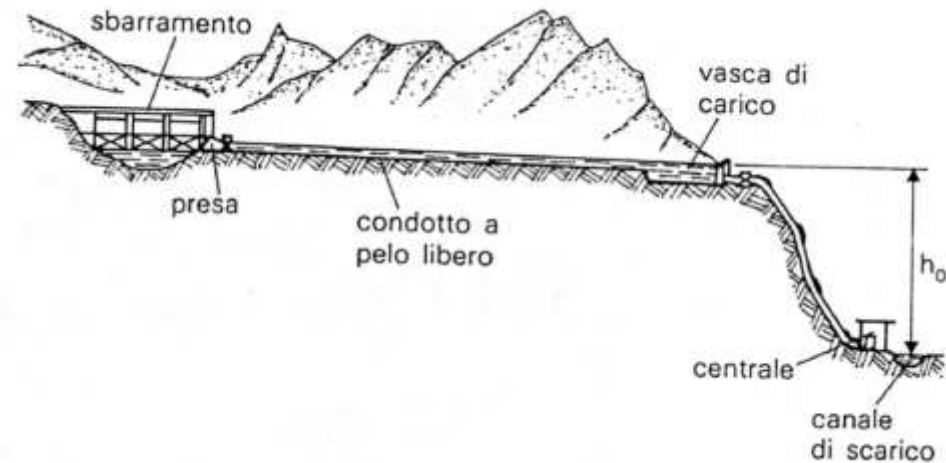
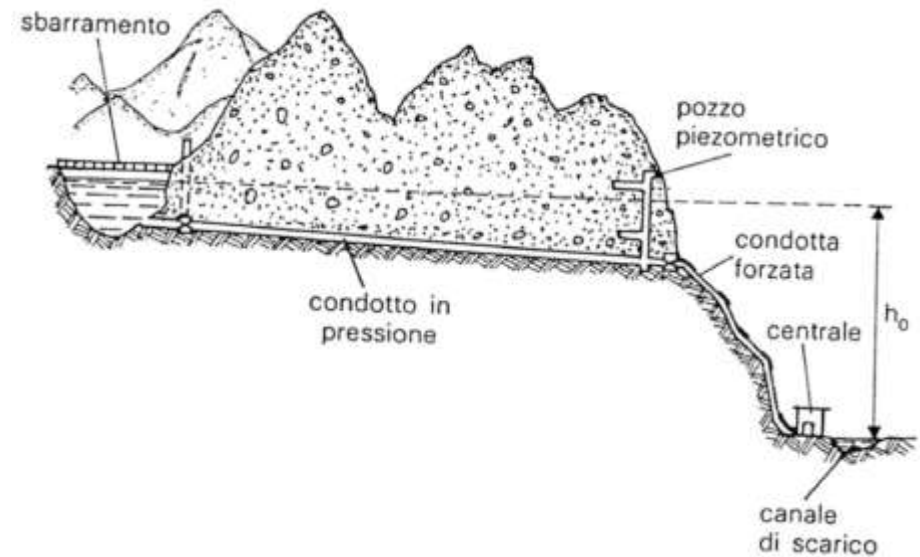


# Tipologie di impianti idroelettrici

## Impianto a bacino o a serbatoio

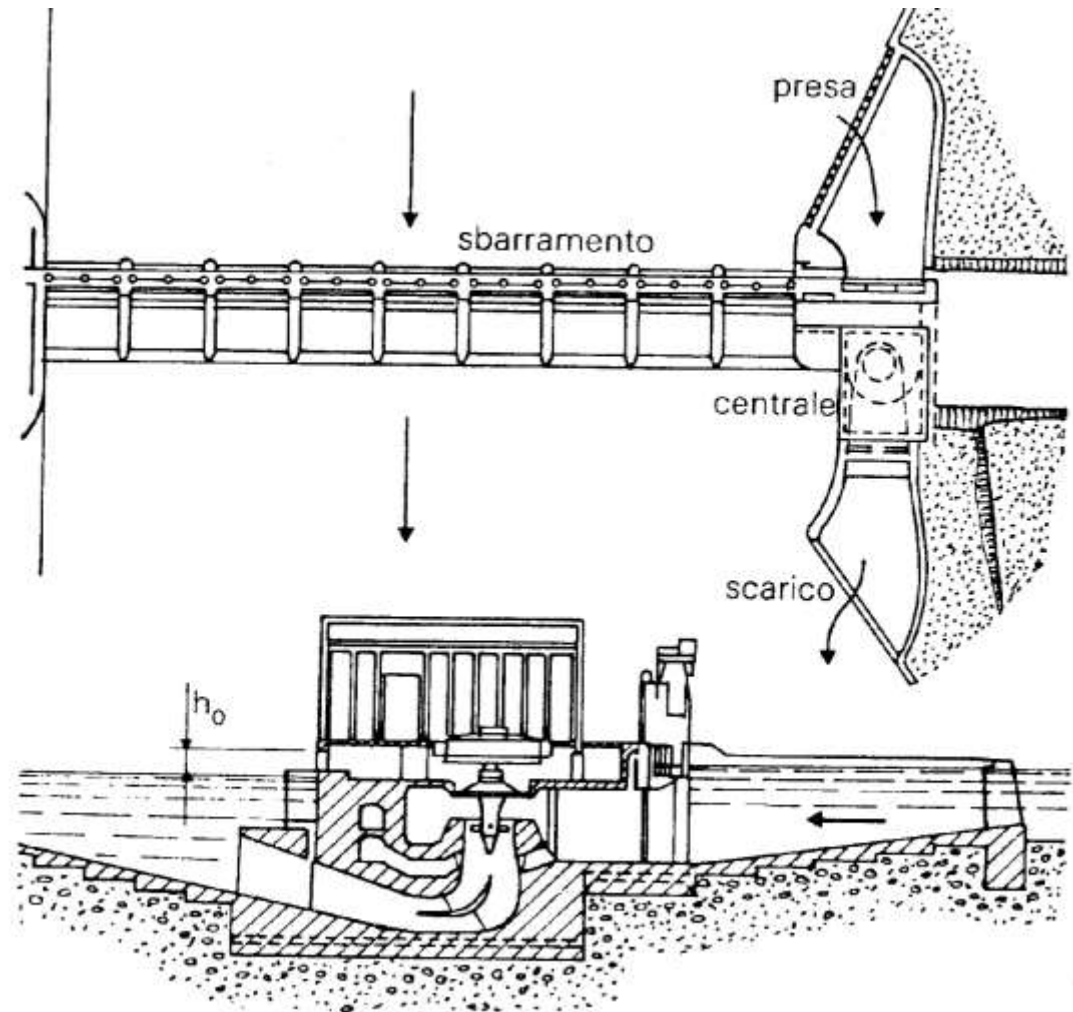
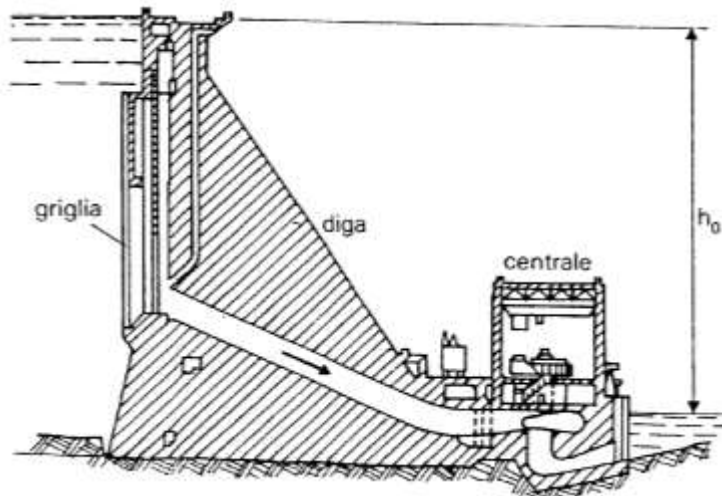
Presenza di un bacino di carico; si dice a serbatoio se la durata di invaso è maggiore di 400 ore.

Possono essere con condotto in pressione (moderni) o con canale a pelo libero (primi impianti idro).

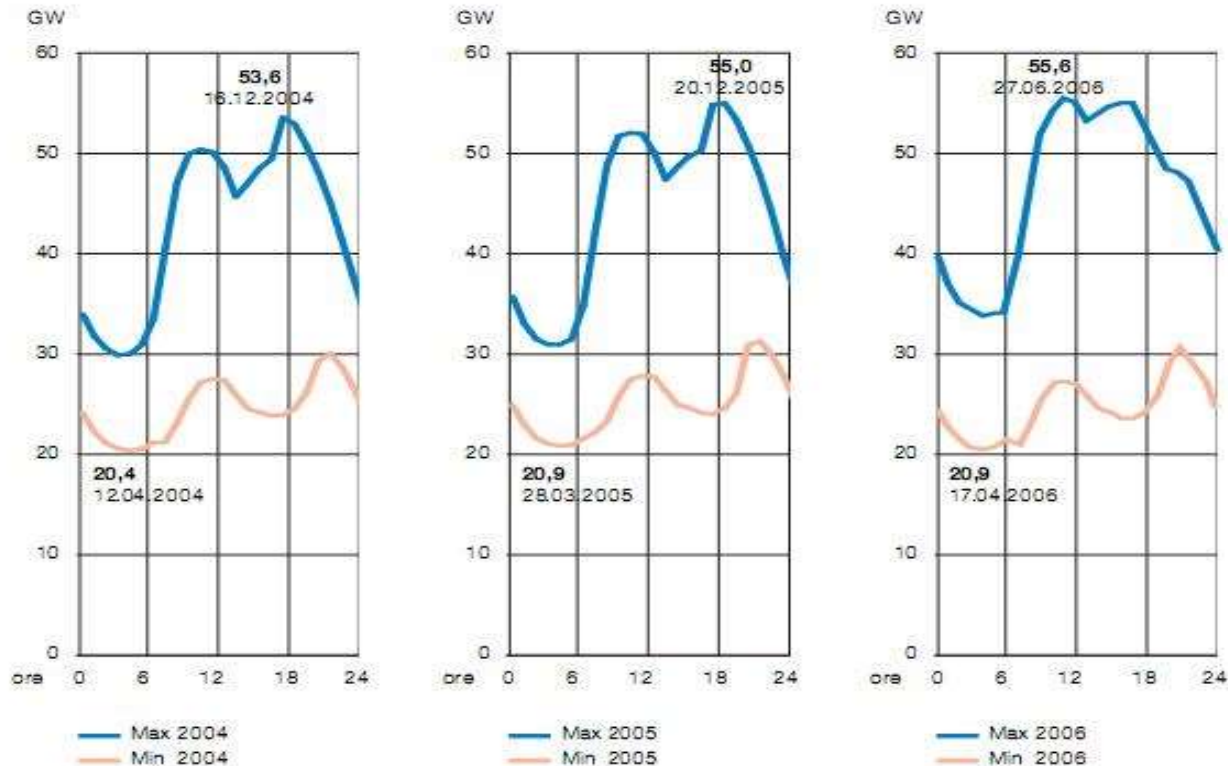


# Tipologie di impianti idroelettrici

## Impianto ad acqua fluente



# Diagrammi di carico giornaliero



- La richiesta di energia elettrica della rete di un Paese industriale viene rappresentata dalla curva del *diagramma di carico giornaliero*.
- La variabilità del diagramma di carico è un problema tecnico-economico legato al tipo di centrali che alimentano la rete.
- Gli impianti termoelettrici di grande potenza hanno ridotti campi di regolazione e limiti di funzionamento ad alto rendimento estremamente limitati, al contrario degli impianti idraulici.

# Copertura del diagramma di carico

- Dalla base del carico alle punte, utilizzando gli impianti seguenti:
- **Impianti idraulici ad acqua fluente**
- **Impianti geotermici**
- **Impianti termonucleari**
- **Impianti termici a vapore**
- **Impianti idraulici a bacino di modulazione**
- **Impianti idraulici a bacino di regolazione**

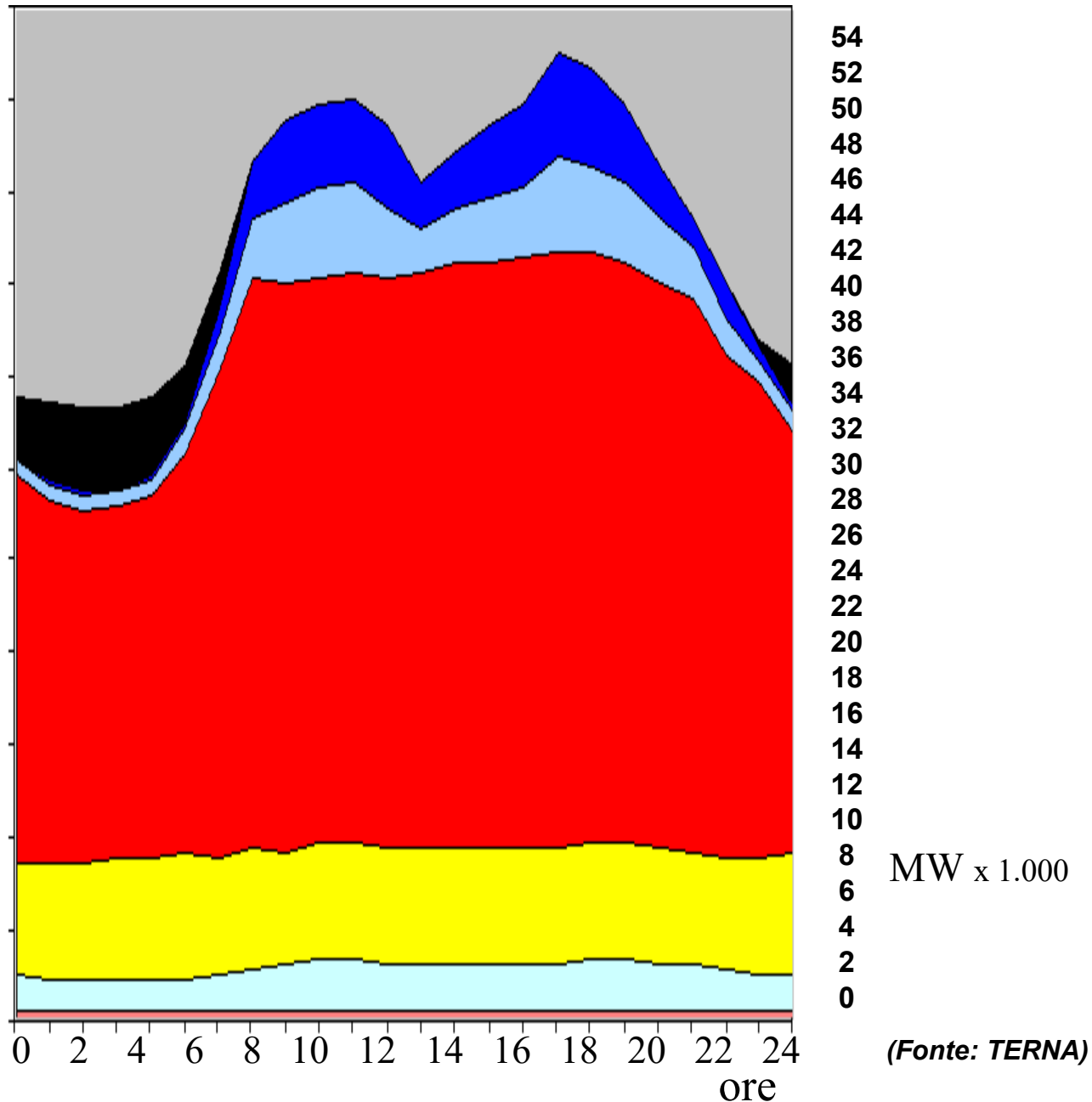
Per i primi quattro tipi di impianti, necessario/ottimale il funzionamento il più possibile a carico nominale (*rendimento, coefficiente di utilizzazione di impianti costosi, "lentezza" di variazioni di carico*).

Gli impianti idro-elettrici a bacino ideali per effettuare la regolazione (*capacità di forti e rapide variazioni di carico, rendimenti elevati anche a carichi parziali, forte automazione*).

La loro presenza costituisce per il sistema di produzione un punto di forza per una gestione ottimale sia tecnica che economica.



# Andamento del carico giornaliero



# Impianti ad accumulo mediante pompaggio

## Impianto di pompaggio

Nelle ore di minor carico (notte), è spesso disponibile energia termoelettrica a costo ridotto. In tali situazioni è economicamente conveniente ricorrere all'accumulo dell'energia idraulica mediante pompaggio. Si utilizza cioè l'energia prodotta dalle centrali termoelettriche, al costo marginale nelle ore di basso carico, per pompare acqua nei serbatoi in quota e produrre quindi energia idroelettrica nelle ore di punta.



Dal punto di vista tecnico, gli impianti di pompaggio sono realizzati secondo due tipologie:

**Impianti ternari:** con una sola macchina elettrica (motore-generatore) e due macchine idrauliche (turbina e pompa).

**Impianti binari:** con una sola macchina elettrica e una sola macchina idraulica.

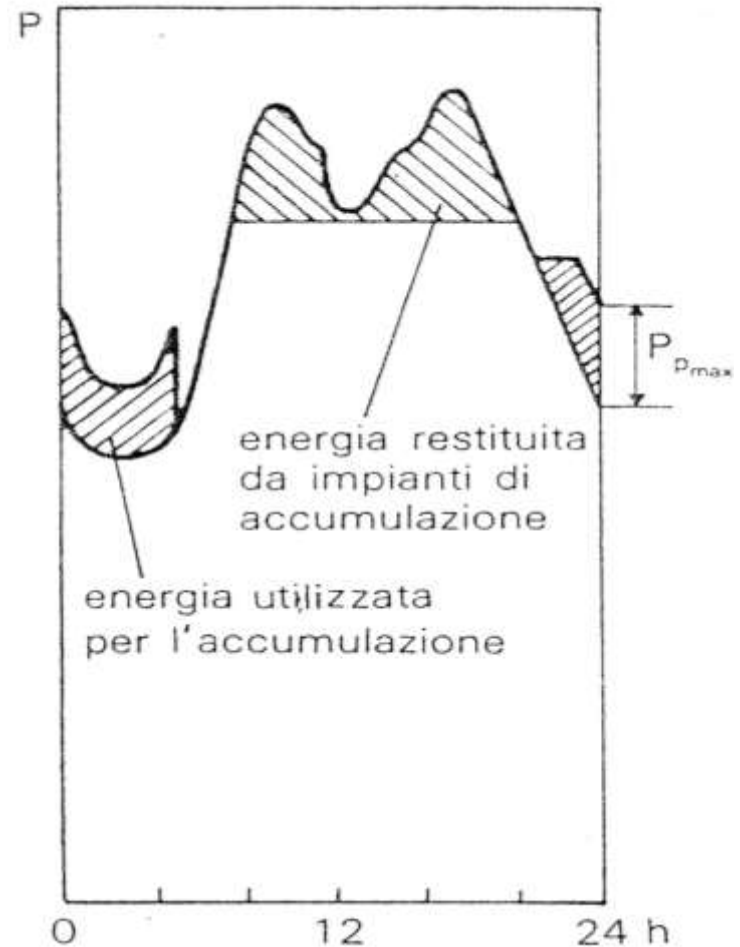
# Vantaggi Impianti idroelettrici di pompaggio

“Appiattimento” del diagramma di carico

Operazione economicamente conveniente

che porta sia alla riduzione delle potenze installate degli impianti di base,

sia al consumo di energia elettrica a basso valore commerciale per l'accumulo di energia che sarà utilizzata nei periodi di maggiore richiesta della rete e quindi con un valore commerciale nettamente superiore (*rapporto circa 3/1*).

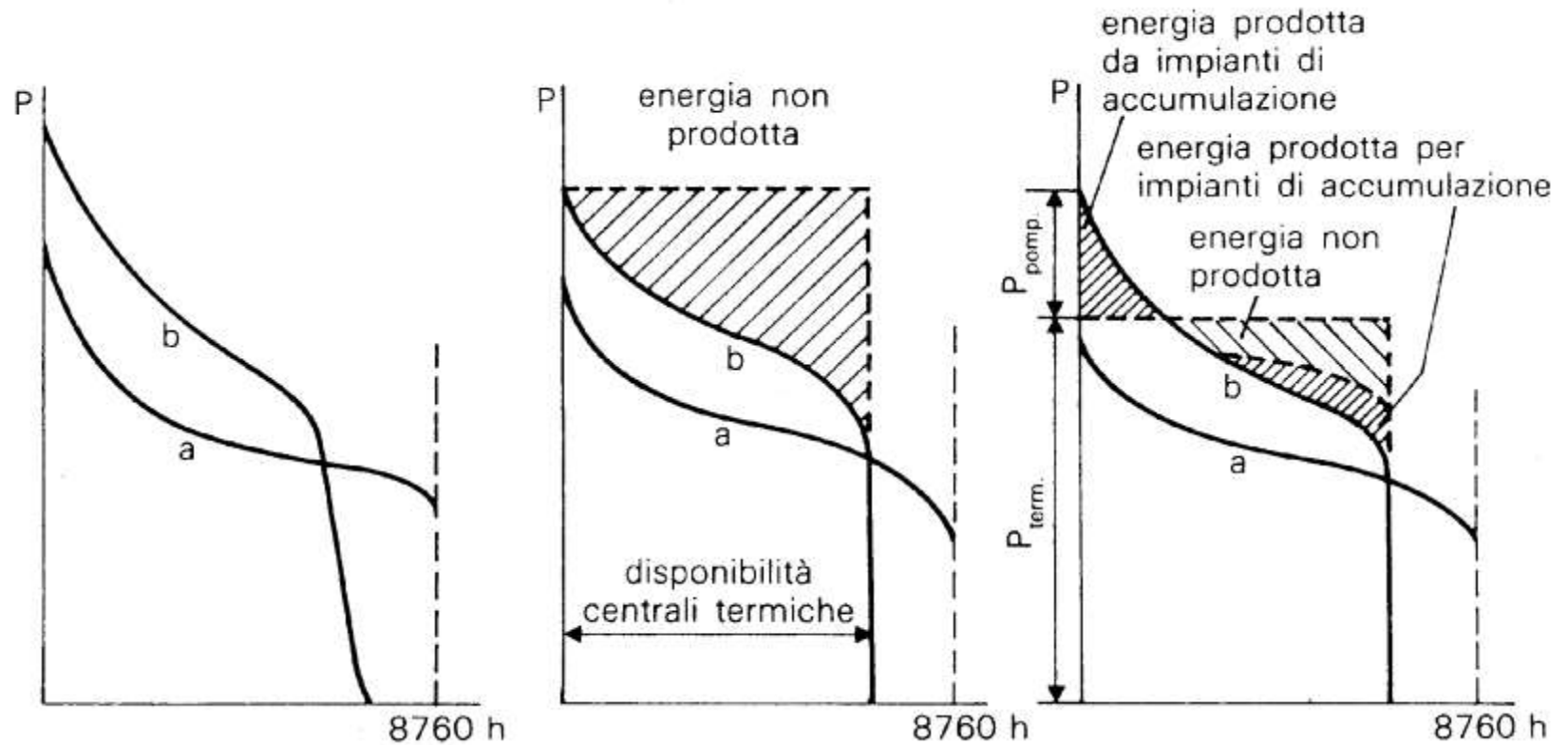


## I servizi offerti dagli impianti di accumulazione

- L' inserimento di un sistema di questo genere in una rete elettrica consente di effettuare
- una serie di servizi:
  - Servizio di potenza.
  - Servizio di trasferimento.
  - Servizio di rampa.
  - Servizio di riserva rotante.
  - Servizio di regolazione.
- I quali corrispondono a quelli relativi agli impianti idraulici a bacino, salvo per il servizio di
- trasferimento.

# Impianti ad accumulo mediante pompaggio

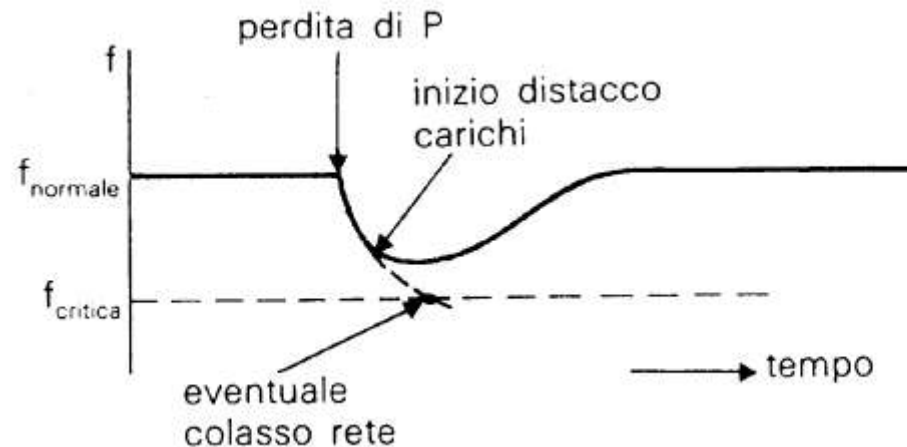
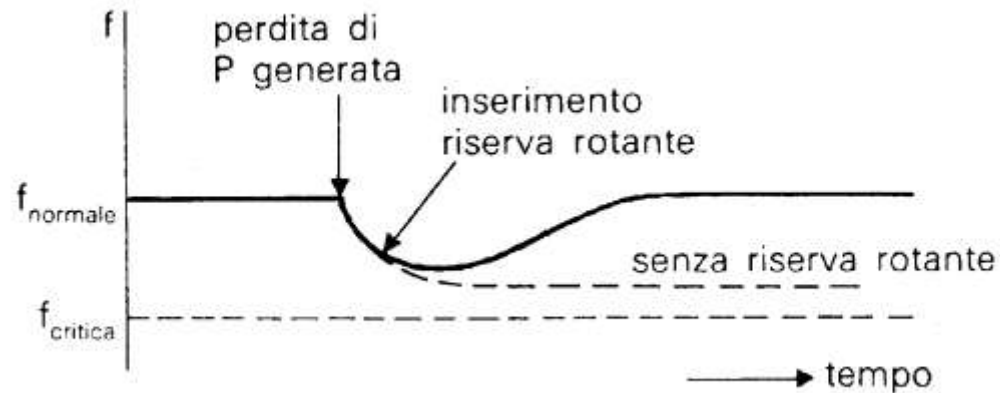
Monotona di carico e Monotona di produzione





# Impianti ad accumulo mediante pompaggio

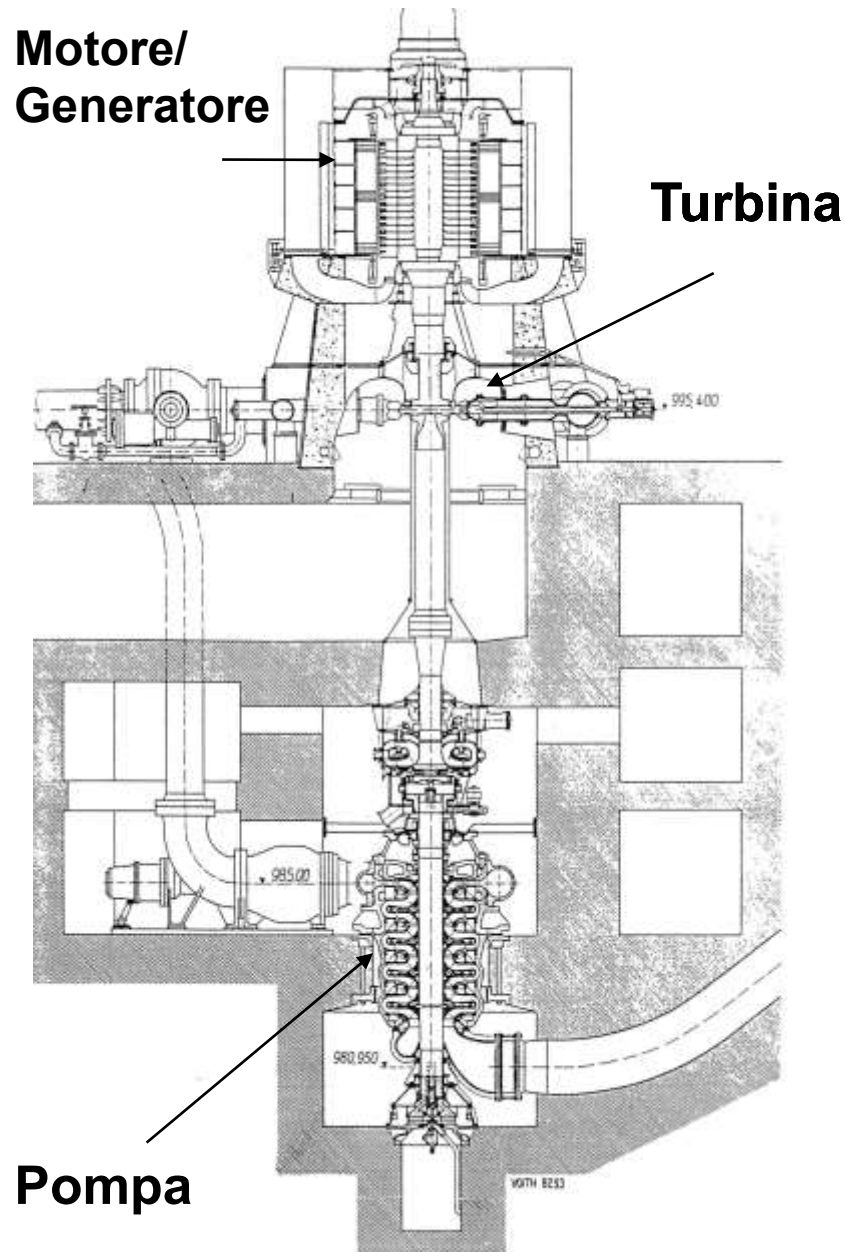
Andamento della frequenza di rete per perdita di potenza di generazione



## Scelta dello schema d' impianto

- La scelta dello schema della centrale di pompaggio dipende dalle caratteristiche dell' impianto (portata massima e dislivello tra i bacini) ed è condizionata dall' esigenza di ottenere il più elevato rendimento nel doppio trasferimento di energia pompa-acqua e acqua-turbina che interviene nel ciclo di accumulazione ed utilizzazione.
- L' energia utile prodotta dalla turbina raggiunge normalmente il 70-80 %, di quella utilizzata dalla pompa (a causa dei rendimenti delle singole trasformazioni energetiche).
- I gruppi macchina installati in una centrale di pompaggio possono essere così strutturati:
  - Un gruppo motore-pompa più un gruppo turbina-generatore.
  - **Un gruppo turbina-pompa-generatore/motore (“*impianto ternario*”).**
  - **Un gruppo pompa/turbina-generatore/motore (“*impianto binario*”).**

## Gruppi ternari



- Nei gruppi ternari le 3 macchine (generatore/motore, turbina e pompa) sono disposte sullo stesso asse, generalmente con disposizione verticale.
- Questa configurazione permette di installare l'alternatore e la turbina al di sopra del livello dell'acqua dello scarico, mentre la pompa si trova al di sotto di tale livello.

**Motore/  
Generatore**

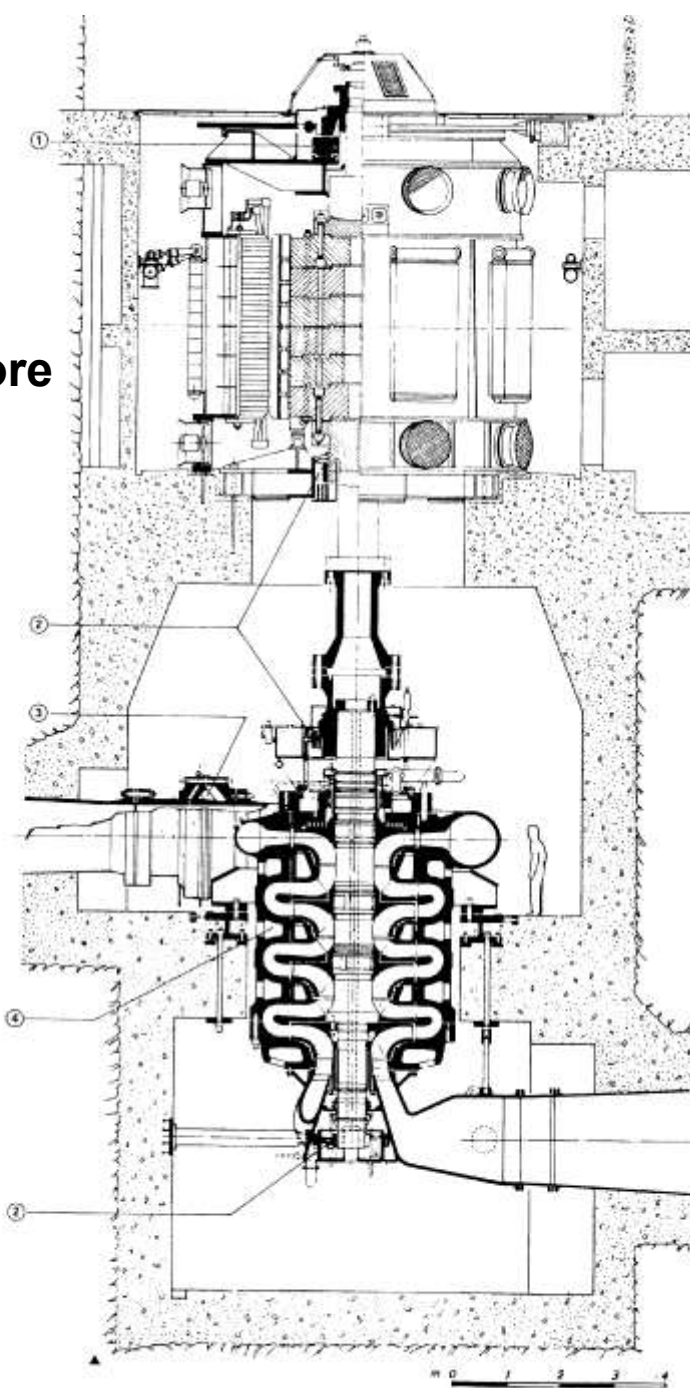


Fig. 1.5.6. —  
Impianto «binario»  
(da HYDROART 1984).

Generazione:  $H=1046,5$   
m;  $Q=16,1$  m<sup>3</sup>/s;  $P=147,3$   
MW;  $n=600$  r/min.

Pompaggio:  $H=1068,8$  m;  
 $Q=12,3$  m<sup>3</sup>/s;  $P=145,1$   
MW;  $n=600$  r/min.

1 - supporto di guida e  
spinta; 2 - supporto di guida;  
3 - giunto equilibratore; 4 -  
pompa-turbina.

## Gruppi binari

- Nei gruppi binari le 2 macchine (generatore/motore, Pompa/turbina e pompa) sono disposte sullo stesso asse, generalmente con disposizione verticale.
- Questa configurazione permette di installare l'alternatore al di sopra del livello dell'acqua dello scarico, mentre la pompa si trova al di sotto di tale livello.

Ci possono essere problemi di cavitazione in pompaggio.

**Pompa-  
Turbina**

# Produzione lorda di Energia Idro-elettrica da apporti di pompaggio in Italia (GWh) *secondo regione*

Regione	Anno 2008	Anno 2013	Anno 2016
Piemonte	1.167	406	556
Lombardia	1.505	430	515
Trentino Alto Adige	45	29	49
Veneto	0,3	1,3	1,4
Emilia Romagna	326	22	20
Abruzzo	165	46	19
Campania	609	466	316
Sicilia/Sardegna	375	470	321
ITALIA	5.570	1868	1825

(Fonte: TERNA)



# Tipi di turbine: Pelton



Alta caduta

Bassa portata

Turbina  
tangenziale

Turbina ad  
azione

# Tipi di turbine: Francis



Media caduta

media portata

Turbina radiale

Turbina a  
reazione



# Turbina tipo Kaplan



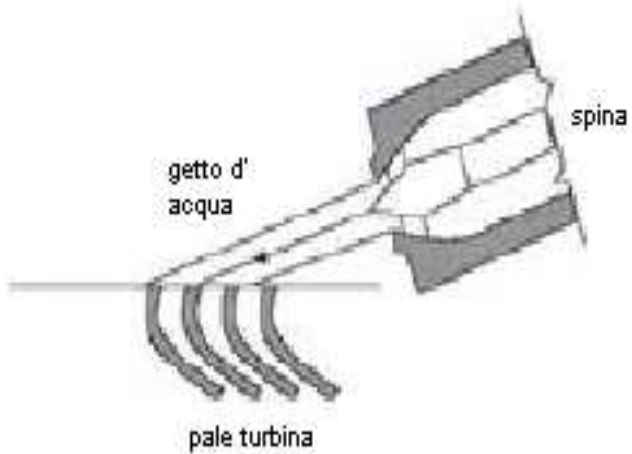
Bassa caduta

alta portata

Turbina assiale

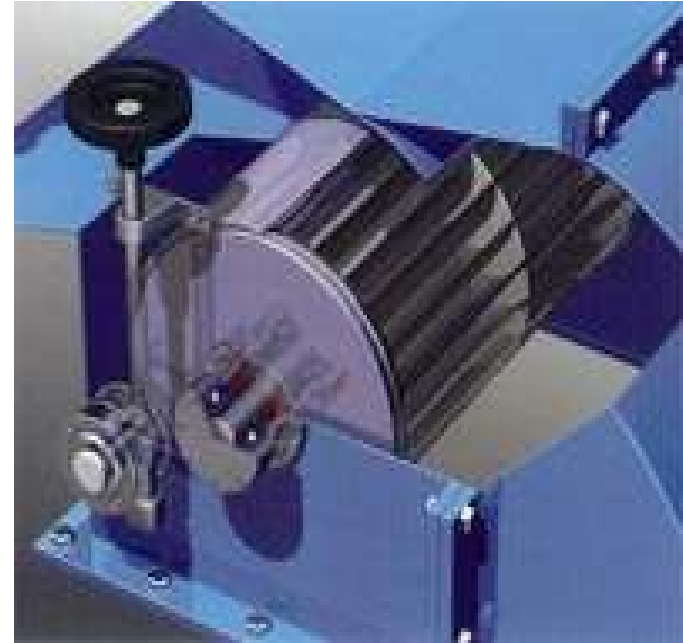
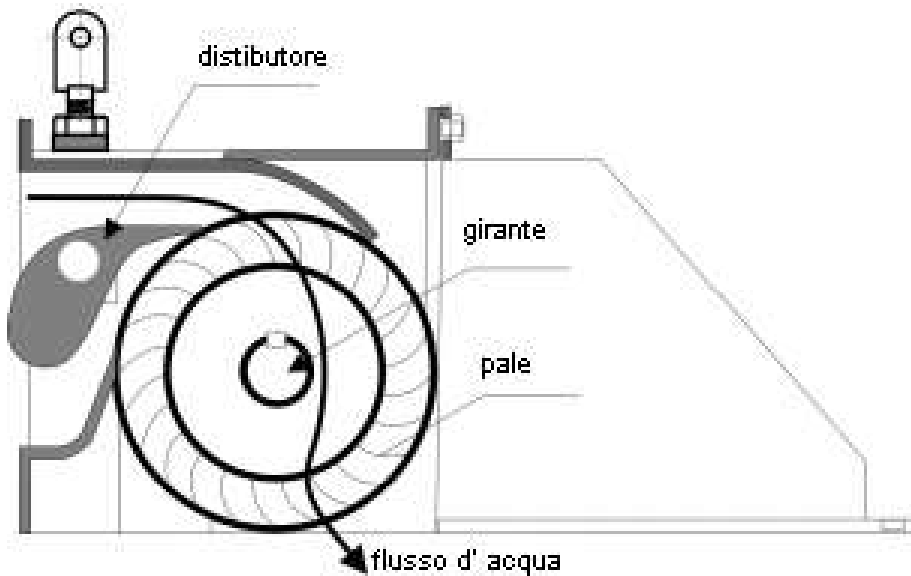
Turbina a  
reazione

# Turbina Turgo



Media caduta  
Bassa portata  
Turbina tangenziale  
Turbina ad azione

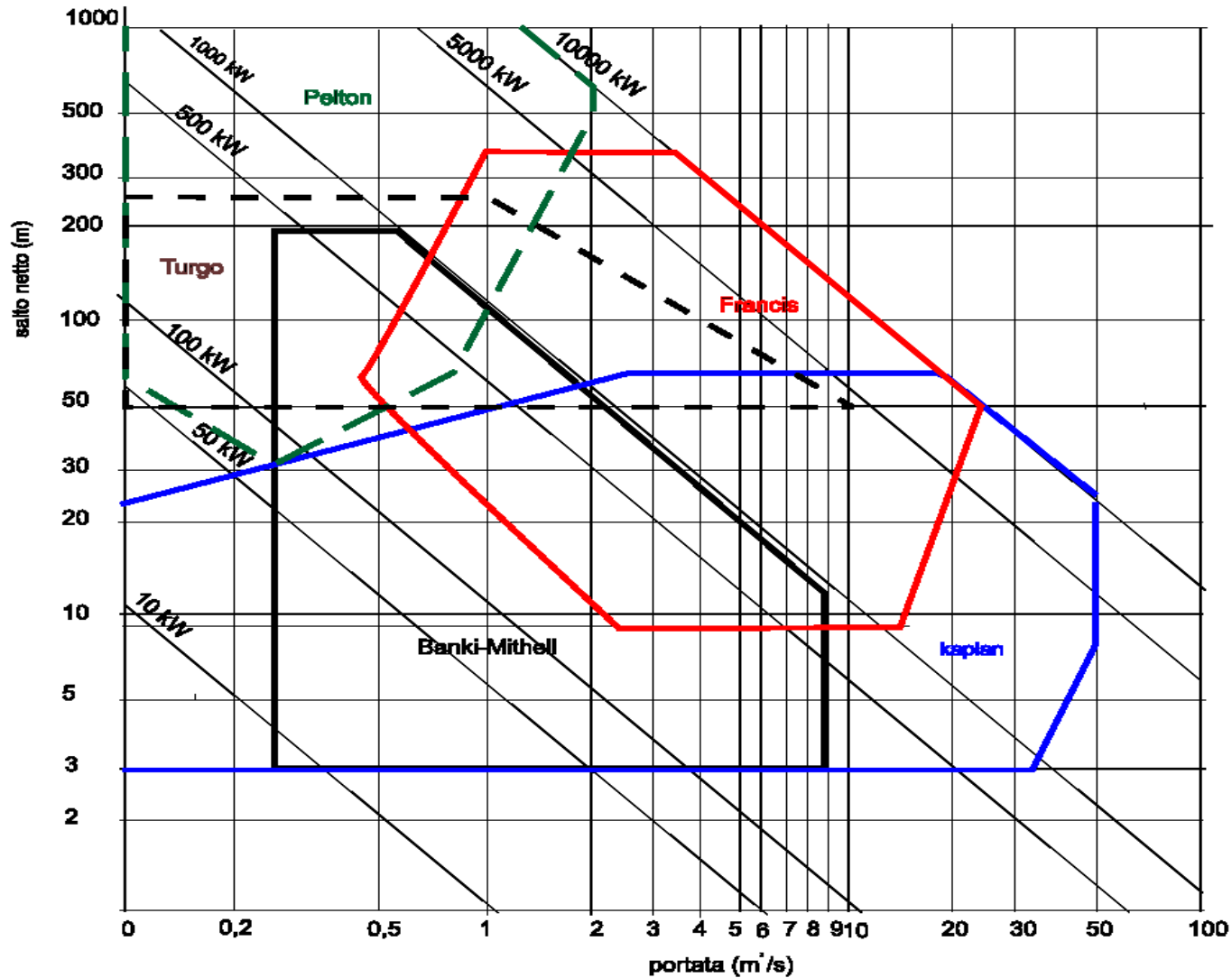
# Turbina Banki-Mitchell



bassa caduta  
Bassa portata  
Turbina radiale  
Turbina ad azione



# Campi funzionamento turbine idrauliche



# Impianti Mini-idroelettrici

Il mini-idro è considerato, nei documenti programmatici sulle fonti rinnovabili, come uno dei settori dove è possibile operare maggiori sviluppi. Alcuni fattori che rendono interessante questa categoria di impianti:

**Copertura della domanda elettrica nazionale:** Pur essendo di limitata potenza unitaria, possono diventare complessivamente molto numerosi, e quindi apportare un contributo non trascurabile. Contribuiscono inoltre positivamente alla generazione distribuita e all' ampliamento del mix energetico.

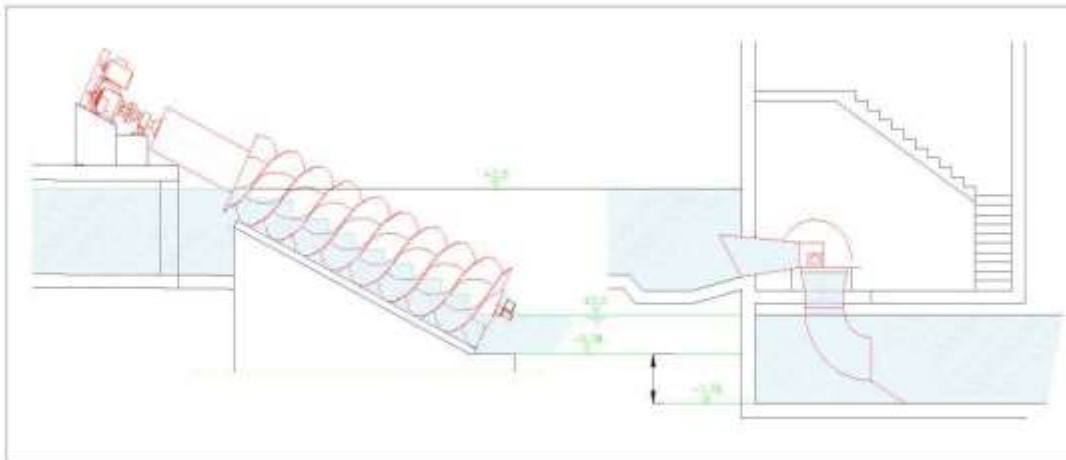
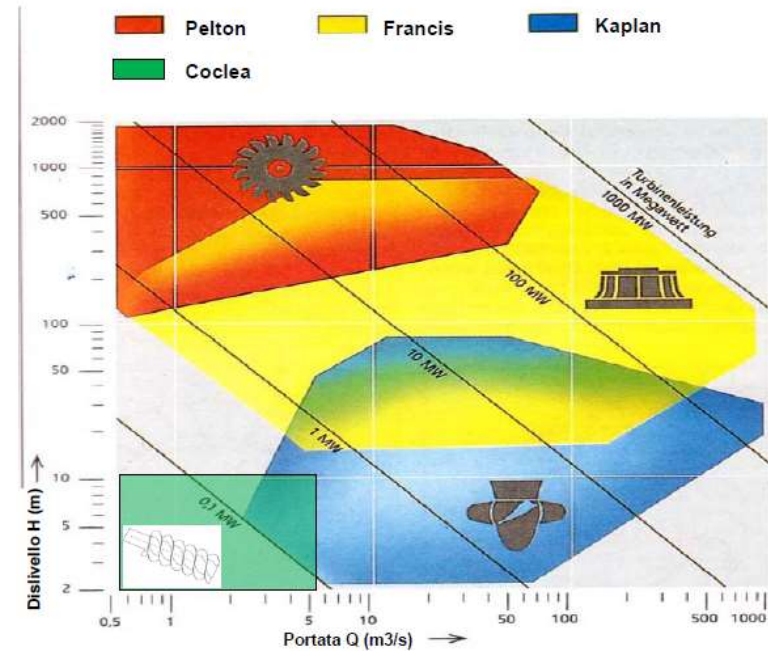
**Salvaguardia dell'ambiente:** Gli impianti idroelettrici di piccola taglia sono caratterizzati da modalità costruttive e organizzative di scarso impatto sul territorio; inoltre possono essere gestiti, almeno per l'ordinario funzionamento, anche da piccole comunità (alcuni impianti, ad esempio, sono condotti dai gestori di rifugi alpini) ed anche integrati in un uso plurimo ed equilibrato della risorsa acqua.

**Tutela del territorio:** la presenza di piccoli impianti sul territorio induce all' osservazione e manutenzione del territorio.

**Tecnologia:** i mini-idro sono impianti idroelettrici che si basano sulle tecnologie consolidate degli impianti maggiori; nel caso delle taglie “micro” le tecnologie sono più innovative e stanno mostrando ampi margini di sviluppo.

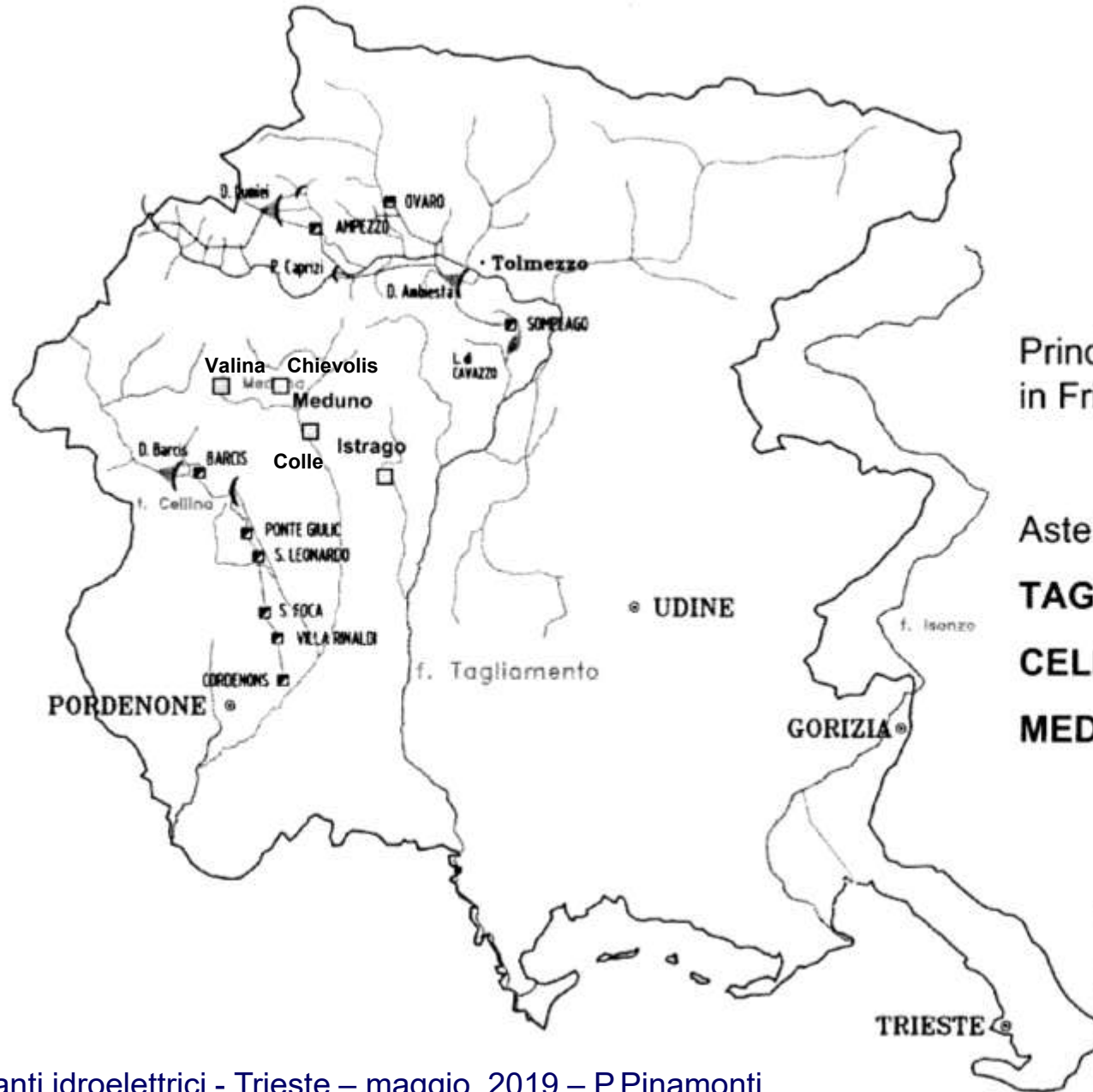
**Costi di installazione e tempi di ritorno di investimento** competitivi rispetto alle altre fonti di energia rinnovabili, grazie anche alle forme di incentivazione.

# Mini-idro: Turbine a Vite



**Campo di impiego**  
**Portata fino a 5500 l/s**  
**Dislivello idraulico fino a 10 m**

# Impianti idro-elettrici Friuli Venezia Giulia



Principali impianti idroelettrici  
in Friuli Venezia Giulia

Aste idrauliche

**TAGLIAMENTO**

**CELLINA**

**MEDUNA**

# Impianti idro-elettrici Friuli Venezia Giulia

Centrale	Entrata in esercizio	Potenza installata (turbina)	Producibilità media annua *	Turbine	Bacino/serbatoio	Capacità serbatoio
		<i>MW</i>	<i>GWh</i>			<i>milioni m<sup>3</sup></i>
Ampezzo	1948	59.1	132.2	6 Pelton	Lumiei	70
Somplago	1957	166.2	414.4	3 Francis	Ambiesta	3,6
Barcis	1954	25	72.7	2 Kaplan	Ponte Antoi	20
Ponte Giulio	1988	16.3	33.8	2 Kaplan	Ravedis	22
S.Leonardo	1988	22	89.1	2 Francis	-	fluente
S.Foca	1954	13.5	55.8	2 Francis	-	fluente
Villa Rinaldi	1954	12	44.3	2 Francis	-	fluente
Cordenons	1997	13.5	40.5	2 Francis	-	fluente
Valina	1965	10	12,3	1 Francis	Ca'Zul	11
Chievolis	1964	20,5	32,3	2 Francis	Ca'Selva	36
Meduno	1952	9,1	45,9	2 Francis	Ponte Racli	27,5
Colle	1949	4	24,2	1 Kaplan	-	fluente
Istrago	1953	7,3	40,9	2 Francis	-	fluente

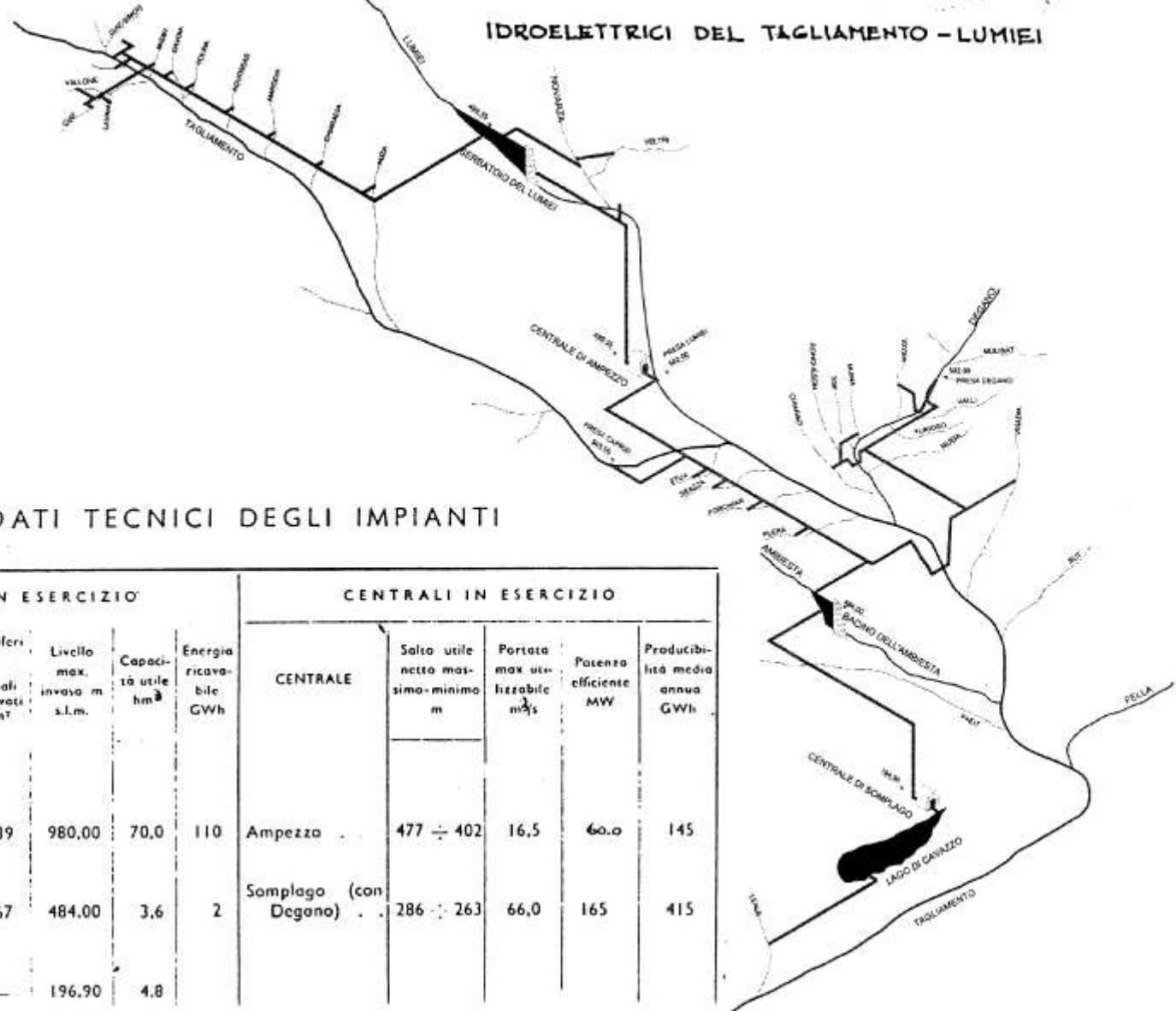
\*media ultimi 10 anni (2001-2010)

*Tab. 2 – Dati tecnici delle principali centrali idroelettriche in esercizio nel Friuli Venezia Giulia (fonte dati EDIPOWER ed EDISON).*



# Impianti idro-elettrici Friuli Venezia Giulia

SCHEMA ALTIMETRICO DEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI DEL TAGLIAMENTO - LUMIEI



DATI TECNICI DEGLI IMPIANTI

SERBATOI IN ESERCIZIO					CENTRALI IN ESERCIZIO					
SERBATOIO	Bacini imbriferi		Livello max. invaso m s.l.m.	Capacità utile hm <sup>3</sup>	Energia ricavabile GWh	CENTRALE	Salto utile netto massimo-minimo m	Portata max utilizzabile m <sup>3</sup> /s	Potenza efficiente MW	Producibilità media annua GWh
	Direttamente km <sup>2</sup>	Totali derivati km <sup>2</sup>								
Lumiei	59	139	980.00	70.0	110	Ampezzo	477 ÷ 402	16,5	60,0	145
Ambiesta (con Degano)	9	667	484.00	3,6	2	Somplago (con Degano)	286 ÷ 263	66,0	165	415
Lago di Cavazzo	19	—	196.90	4,8						

# Impianti idro-elettrici Friuli Venezia Giulia

## Centrale di Ampezzo:

- Inizio esercizio 1948
- potenza nominale 60 MW
- 3 gruppi Pelton a due giranti, ad asse orizzontale
- Salto utile 477m
- Portata massima 16,5 m<sup>3</sup>/s

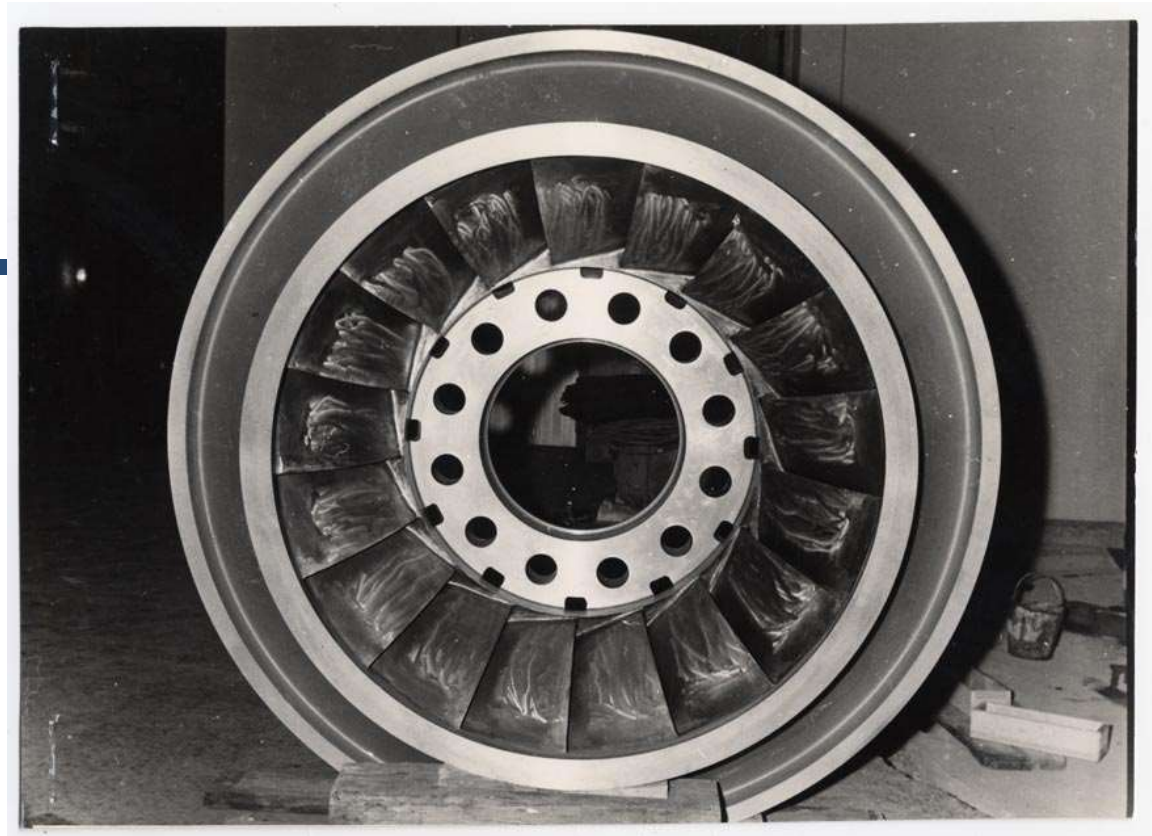


# Impianti idro-elettrici Friuli Venezia Giulia

## Centrale di Somplago:

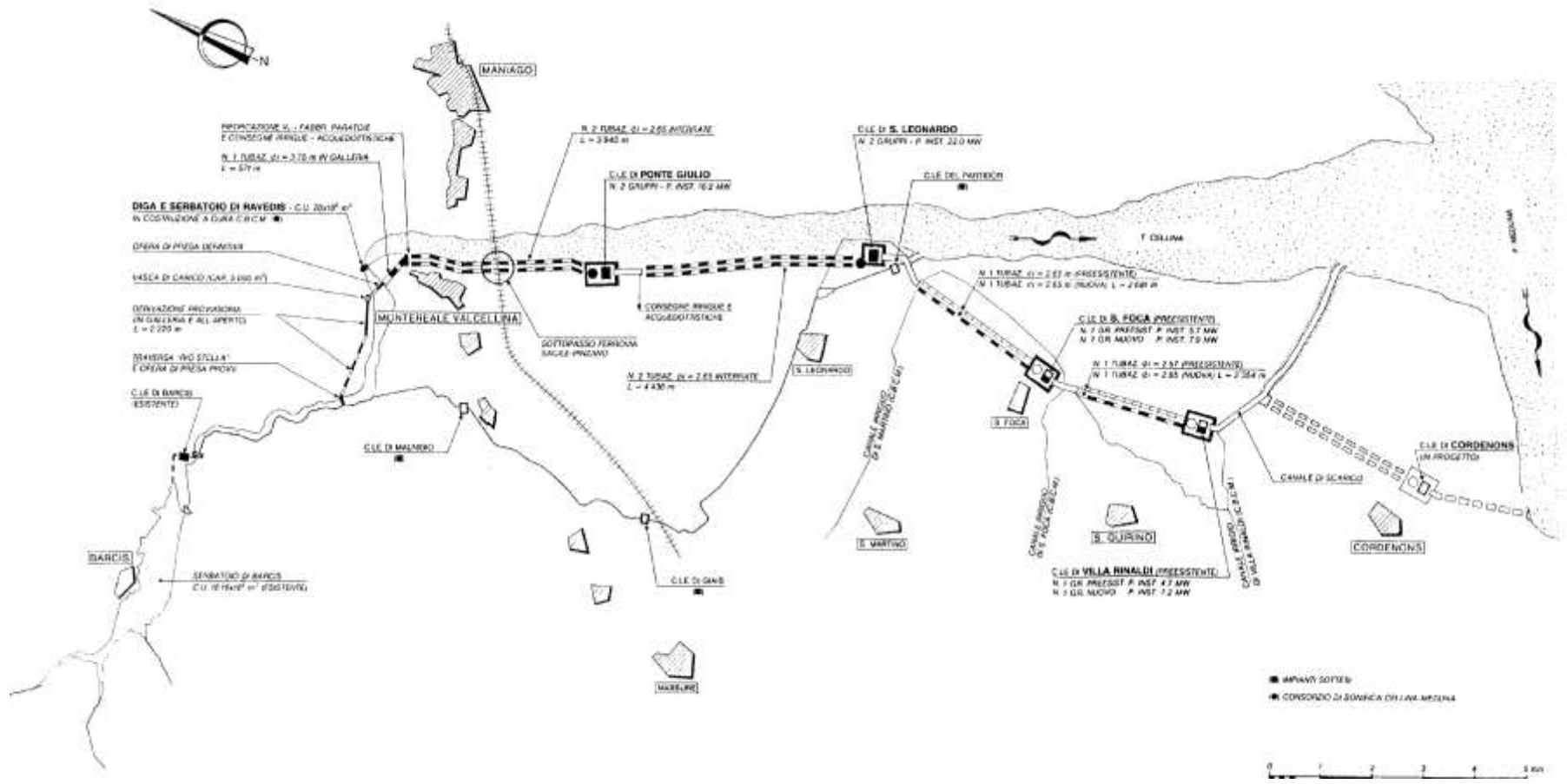
- potenza nominale 165 MW
- 3 gruppi Francis ad asse verticale
- Salto utile 286m
- Portata massima 66 m<sup>3</sup>/s

Girante Francis  
Diametro 2300 mm



# Impianti idro-elettrici Friuli Venezia Giulia

## Impianti del Cellina



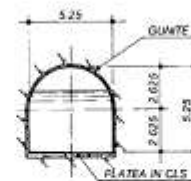


# Impianti idro-elettrici Friuli Venezia Giulia

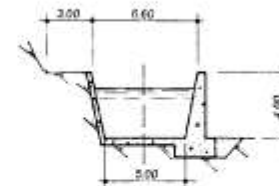
## Impianti del Cellina

- (A) REMPIMENTO CON MATERIALE INERTE AVENTE PEZZATURA DA 5-30 mm
- (B) REMPIMENTO CON MATERIALE INERTE AVENTE PEZZATURA  $\leq$  80 mm
- (C) REMPIMENTO CON MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI

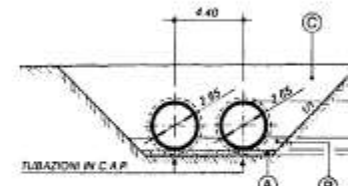
SEZIONE 1



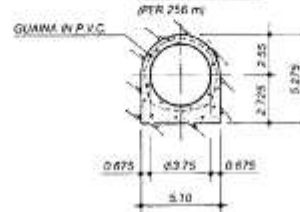
SEZIONE 2



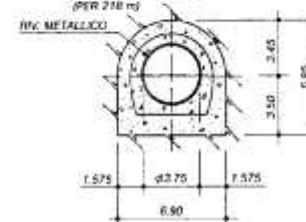
SEZIONE 5



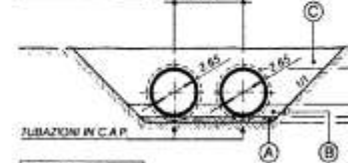
SEZIONE 3



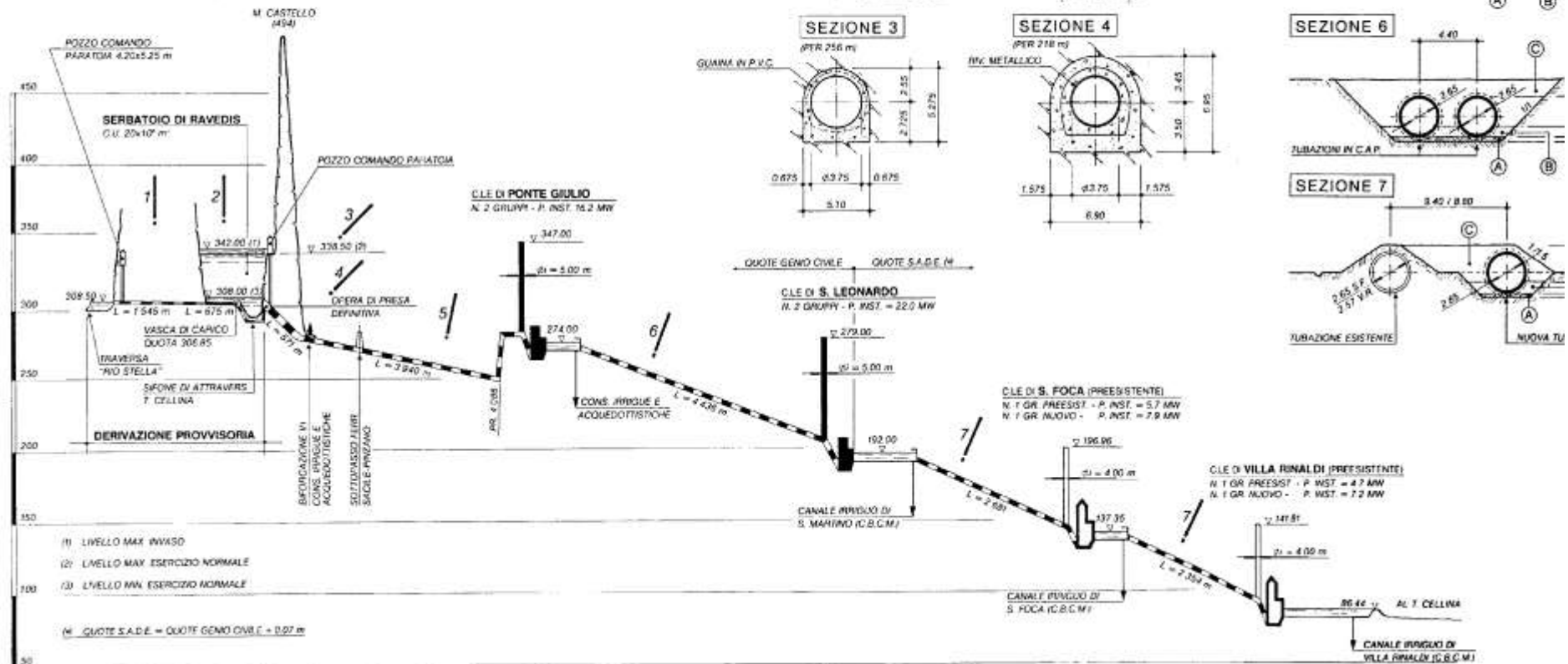
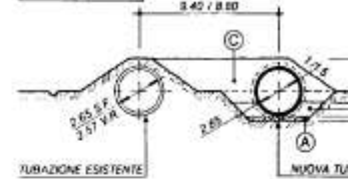
SEZIONE 4



SEZIONE 6

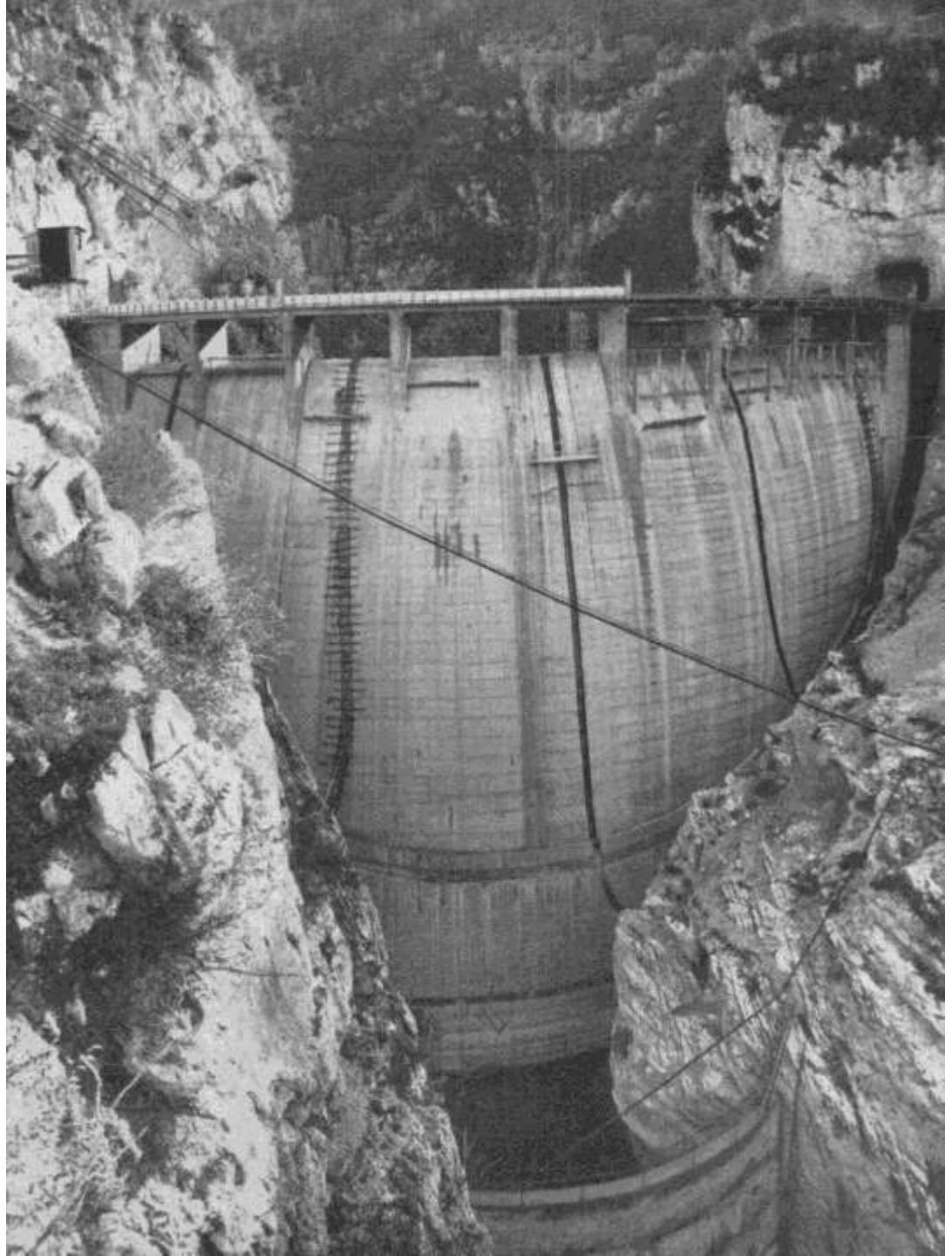


SEZIONE 7





*Bacino di Barcis*  
*invaso 21.000.000 m<sup>3</sup>*



# Impianti idro-elettrici Friuli Venezia Giulia

Impianti del Meduna:

Valina, Chievolis, Meduno, Colle, Istrago

Centrale di Meduno:

- Inizio esercizio 1952
- 2 turbine Francis ad asse verticale
- salto nominale 68m
- portata massima 17 m<sup>3</sup>/s
- potenza massima 9 MW



***Grazie per  
la Vostra  
attenzione***

***Piero***

***Pinamonti***

