

FESTIVAL  
dell'ACQUA

# Mini/micro idroelettrico: quali possibilità

## Evoluzione tecnologica nel settore

MAURIZIO RIGHETTI – Libera Università di Bolzano

# CLASSIFICAZIONE IMPIANTI IDROELETTRICI

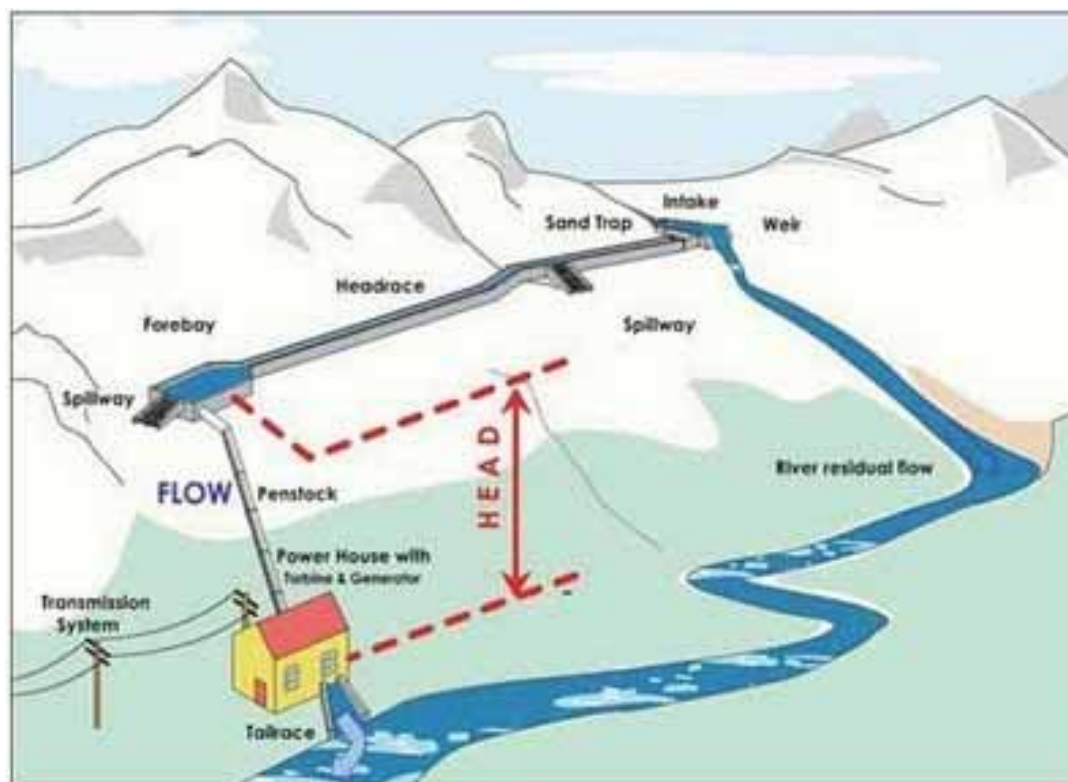
## In base alle dimensioni

Potenza nominale	
Micro-impianti	$P < 100 \text{ kW}$
Mini-impianti	$100 < P(\text{kW}) < 1000$
Piccoli-impianti	$1000 < P(\text{kW}) < 10000$ (3000)
Grandi-impianti	$P > 10000 \text{ kW}$

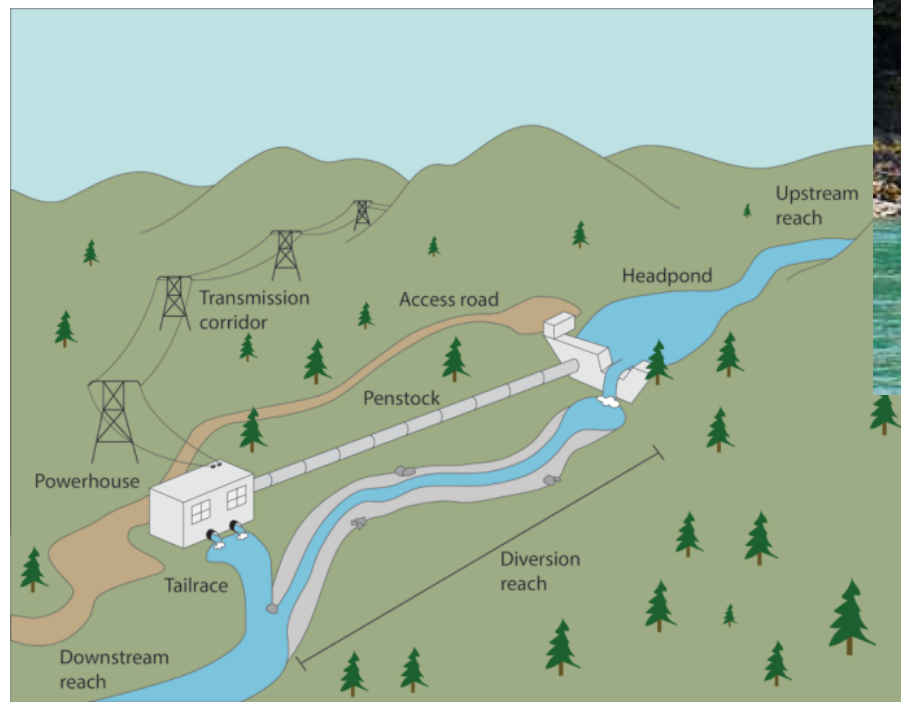
## In base all'accumulo

Impianti ad accumulo	A Bacino
	A Serbatoio
Impianti ad acqua fluente (run of the river)	

# LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO

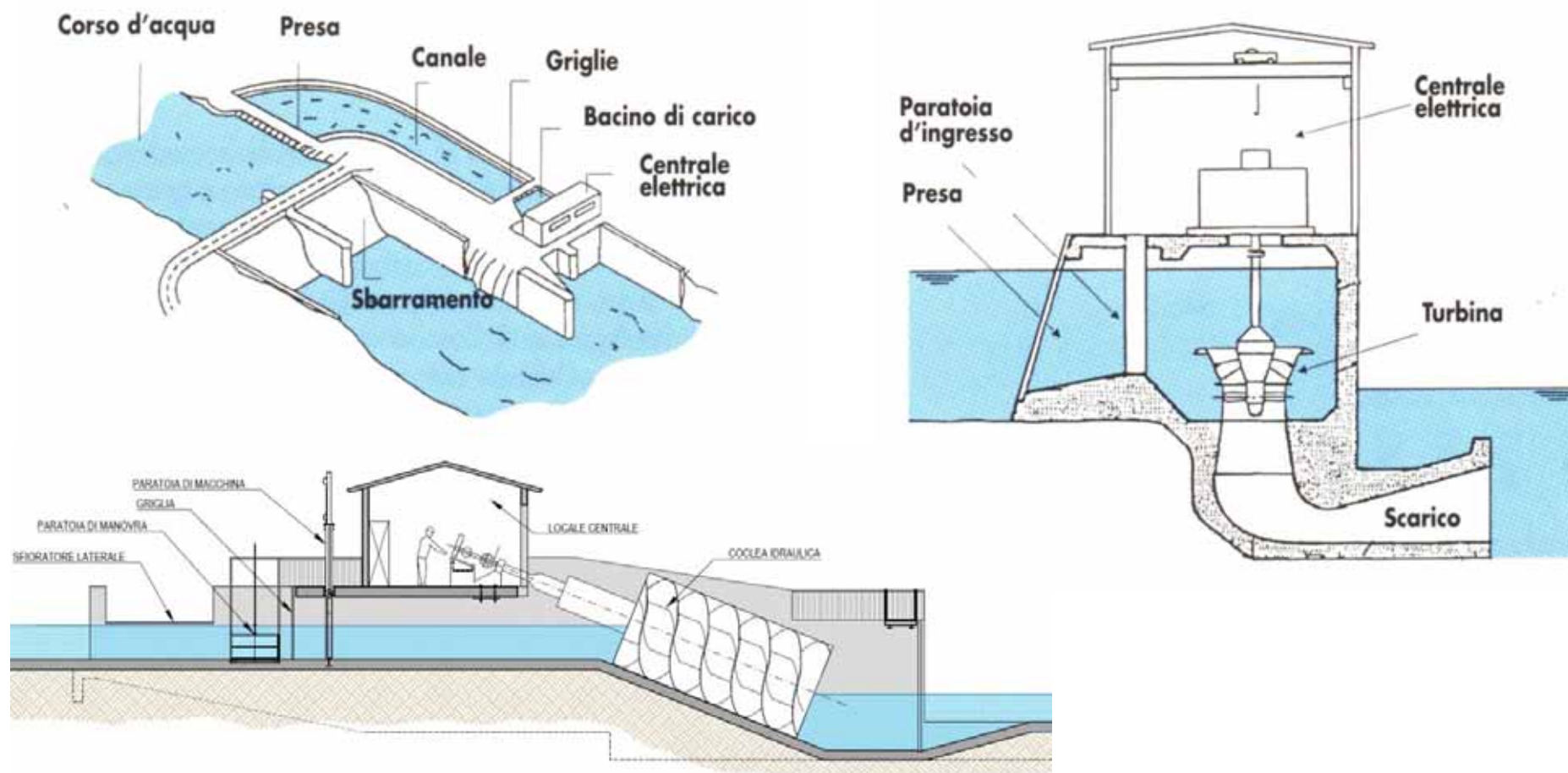


# LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



# LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO

## Locale turbine in corpo traversa





# LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



## MINI HYDRO - ALCUNI VANTAGGI

Le centrali idroelettriche, e in particolare le piccole centrali idroelettriche sono:

- altamente decentralizzate e
- vicine al consumatore, contribuendo così ulteriormente a:
  - sicurezza e indipendenza dell'approvvigionamento;
  - le perdite dovute alla rete di trasmissione sono basse a causa delle brevi distanze coinvolte.

gli impianti ad acqua fluente sono privi di capacità di regolazione e pertanto la portata utilizzata, e quindi la potenza istantanea, è pari alla quantità di acqua disponibile fino al limite consentito dall'opera di presa.

## MINI HYDRO - ALCUNI VANTAGGI

### Storicamente il primo esempio di «economia verde»

Lo sviluppo e la produzione di componenti idroelettrici, la pianificazione, la costruzione e il funzionamento di impianti idroelettrici e le reti di trasmissione richiedono notevoli conoscenze e ricerche tecnologiche.

- **L'esportazione di tecnologia** e conoscenza crea entrate aggiuntive per le economie delle zone alpine.
- Ciò contribuisce a creazione di nuovi posti di lavoro (verdi) e a **crescita delle economie locali**, oltre a portare un contributo fiscale netto positivo ai bilanci nazionali e locali.



# MINI HYDRO - CONTROINDICAZIONI ECOLOGICHE

Controindicazioni ecologiche:

## Effetti a valle legati alla regolazione della portata

- riduzione delle portate a valle e quindi riduzione dell'habitat disponibile complessivo

## Interruzione fisica della continuit  fluviale

- alterazione del trasporto monte-valle di nutrienti e organismi
- impedimento delle migrazioni della fauna ittica

## MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI SULL'HABITAT

- deve essere garantita una portata minima al corso d'acqua:  
*il deflusso minimo vitale (dmv) → deflusso minimo ecologico (dme).*  
*dal punto di vista economico è auspicabile che il dmv sia il più basso possibile mentre dal punto di vista ambientale il dmv dovrebbe essere su valori elevati in modo da proteggere la flora e la fauna e garantire la qualità dell'ambiente. Si richiede quindi una soluzione di compromesso fra queste due legittime esigenze.*
- Scale a pesci
- Rilasci controllati dei sedimenti
- Turbine «fish friendly»
- ... ..

## MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI SULL'HABITAT

- Scale a pesci

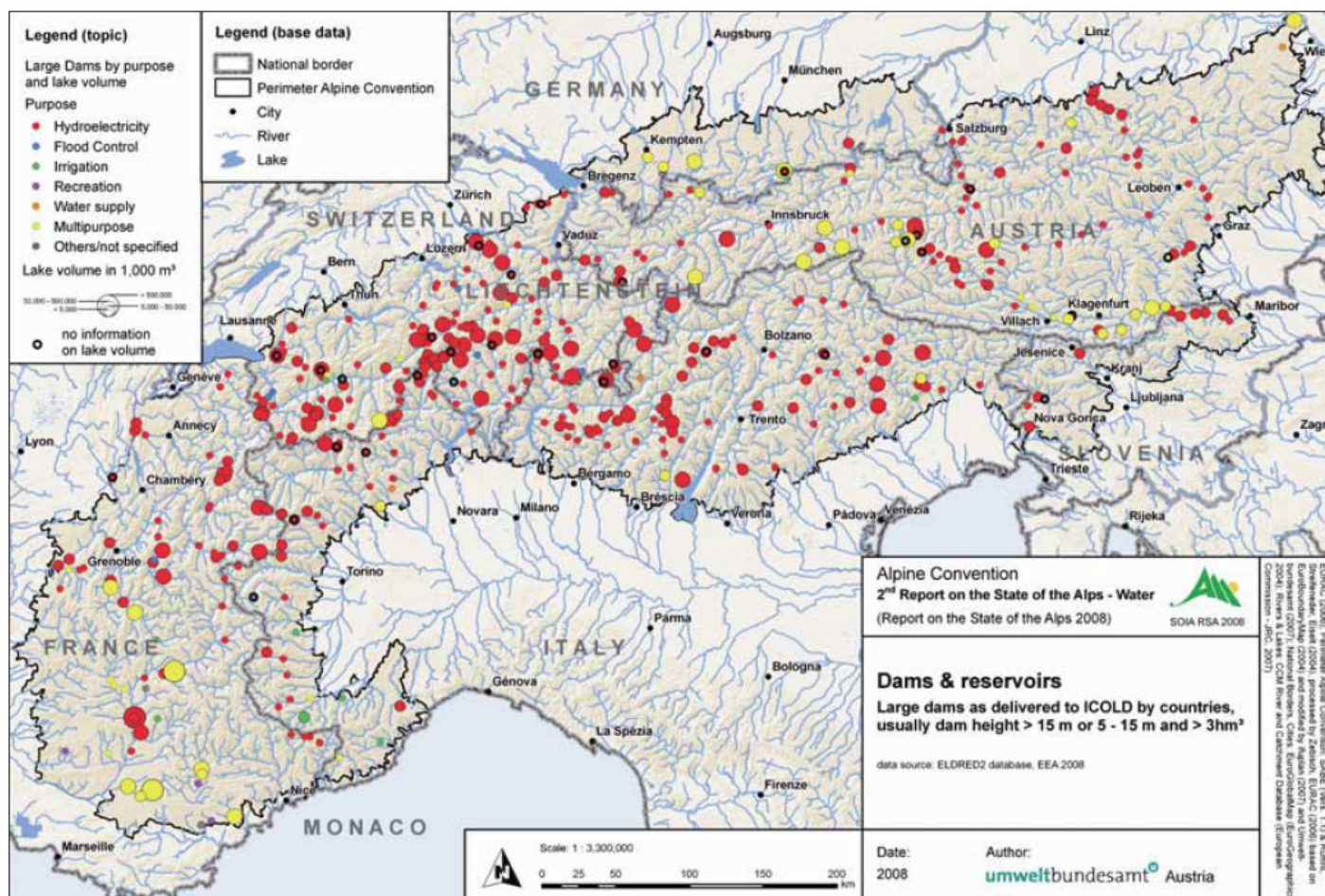


M. Righetti Mini Micro idroelettrico  
Evoluzione Tecnologica



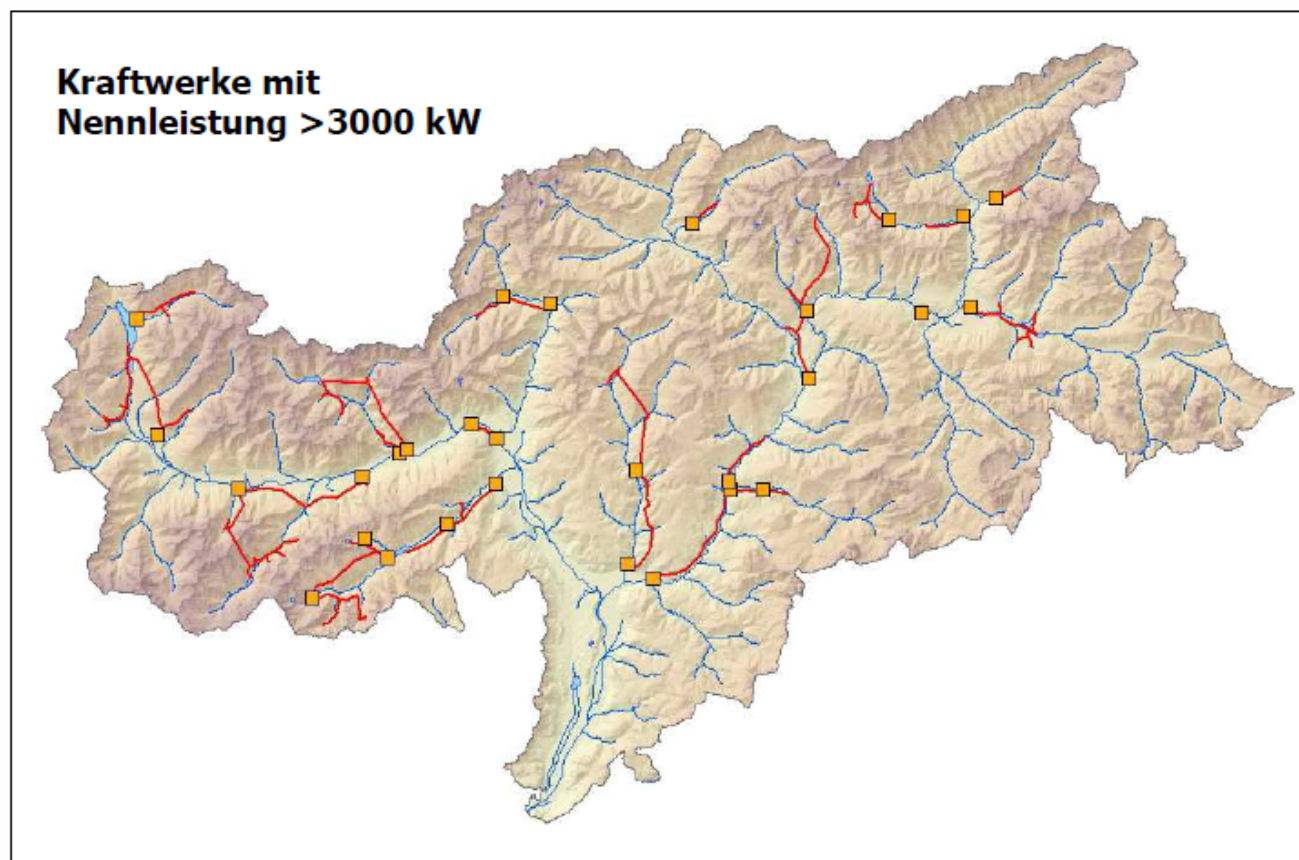
# IDROELETTRICO NELLE ALPI

## Distribuzione (grandi) dighe nelle Alpi



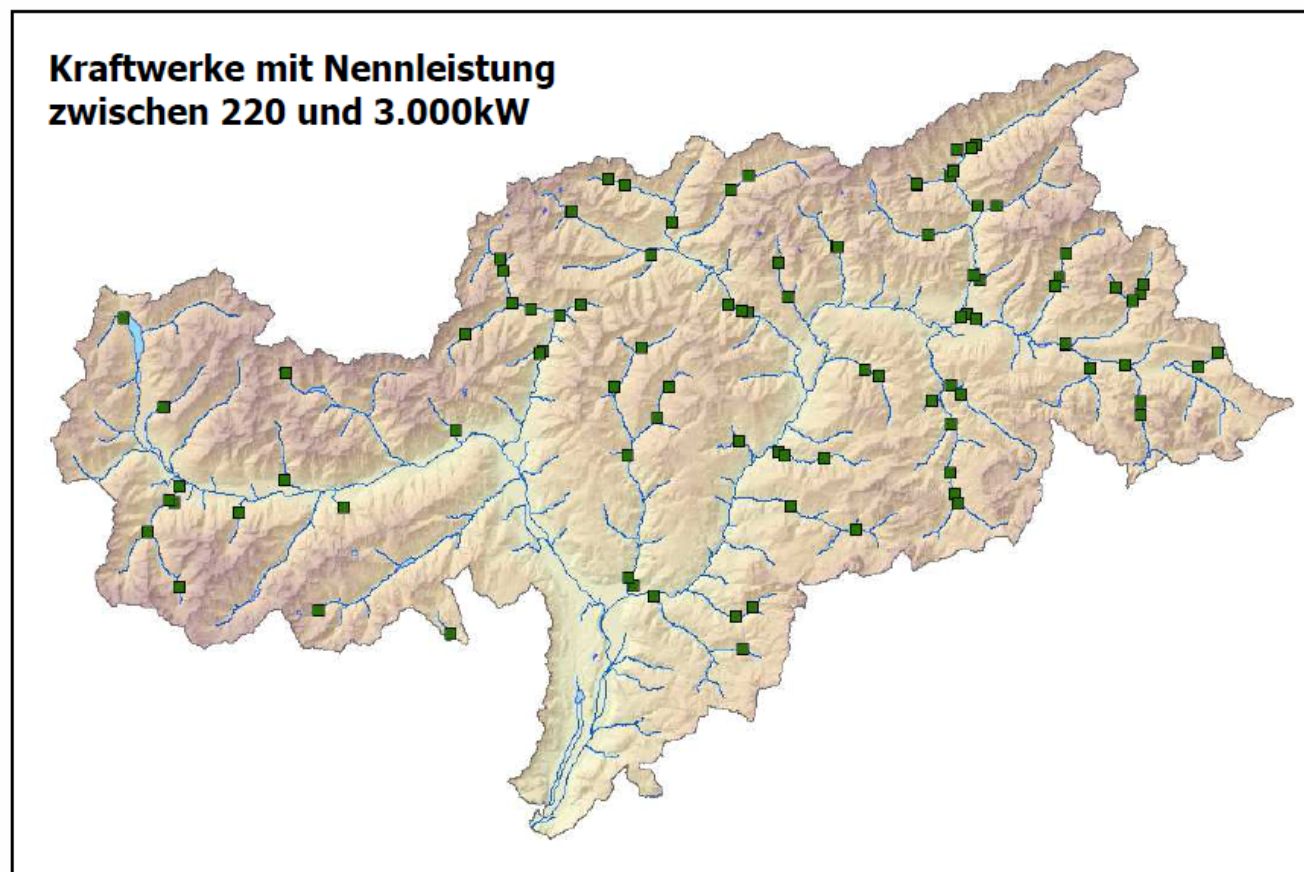
M. Righetti Mini Micro idroelettrico  
Evoluzione Tecnologica

# GRANDI IMPIANTI IDROELETTRICI IN ALTO ADIGE

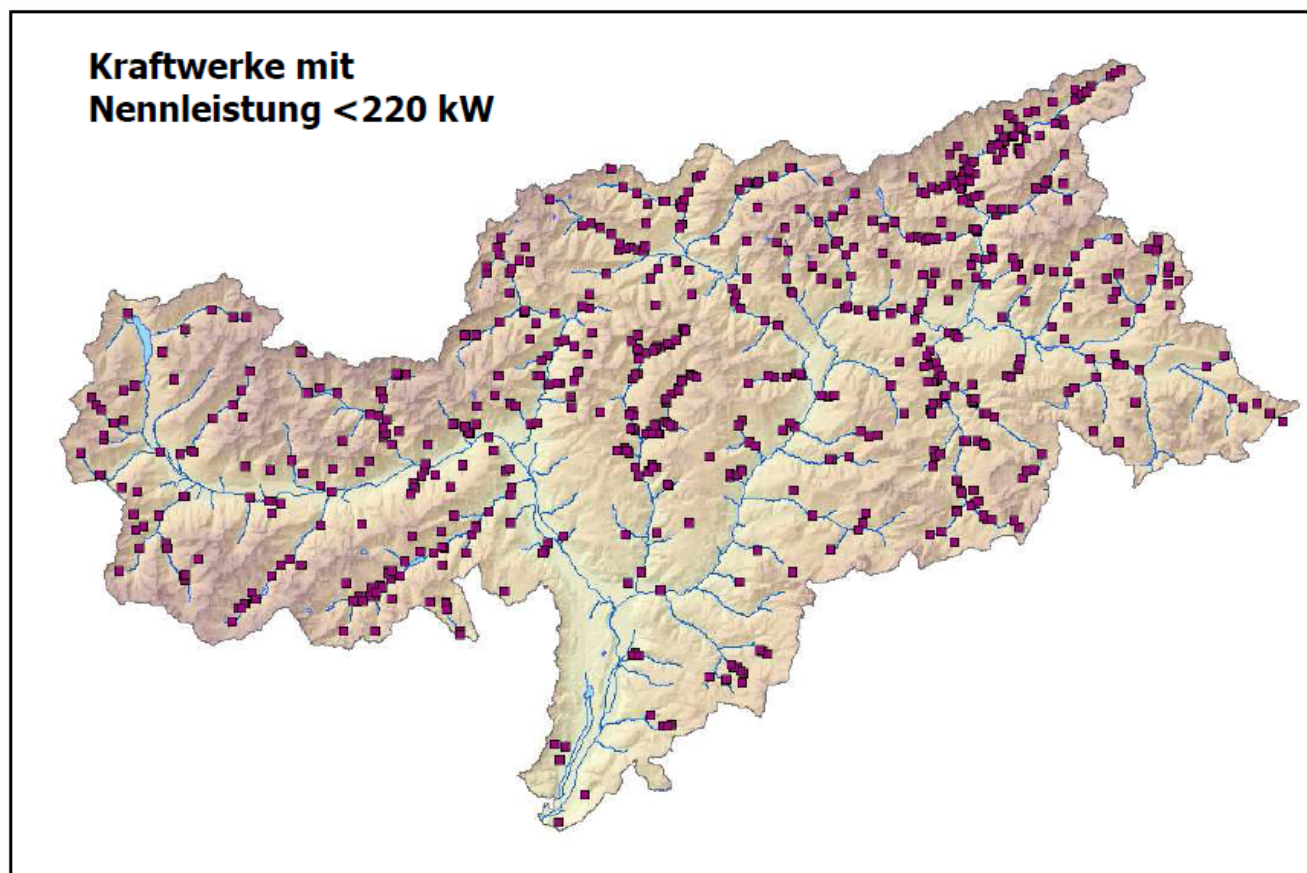




## MEDI IMPIANTI IDROELETTRICI IN ALTO ADIGE

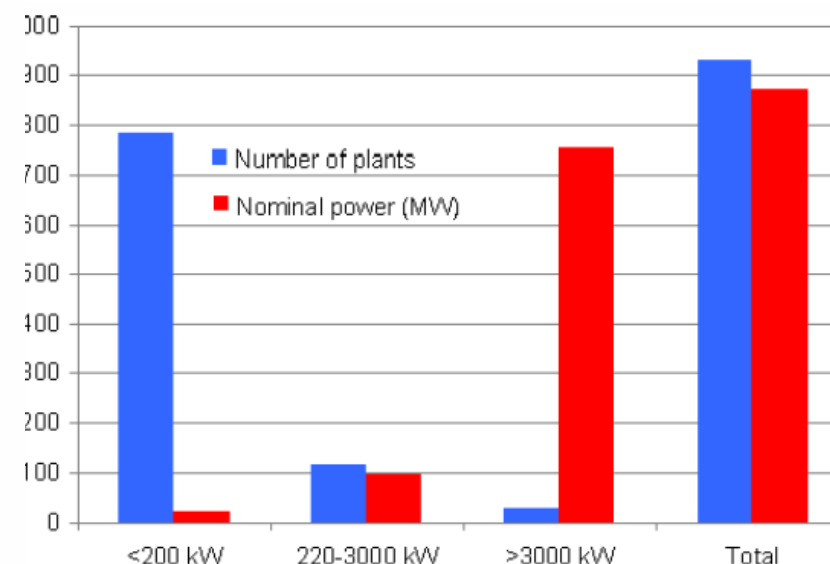
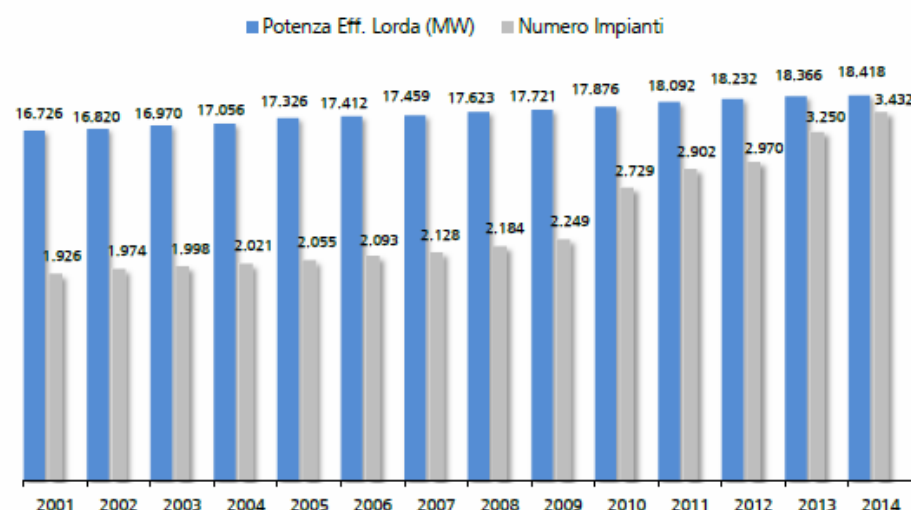


# PICCOLI IMPIANTI IDROELETTRICI IN ALTO ADIGE



# PICCOLI IMPIANTI IDROELETTRICI IN ALTO ADIGE

Evoluzione della potenza e della numerosità degli impianti idroelettrici



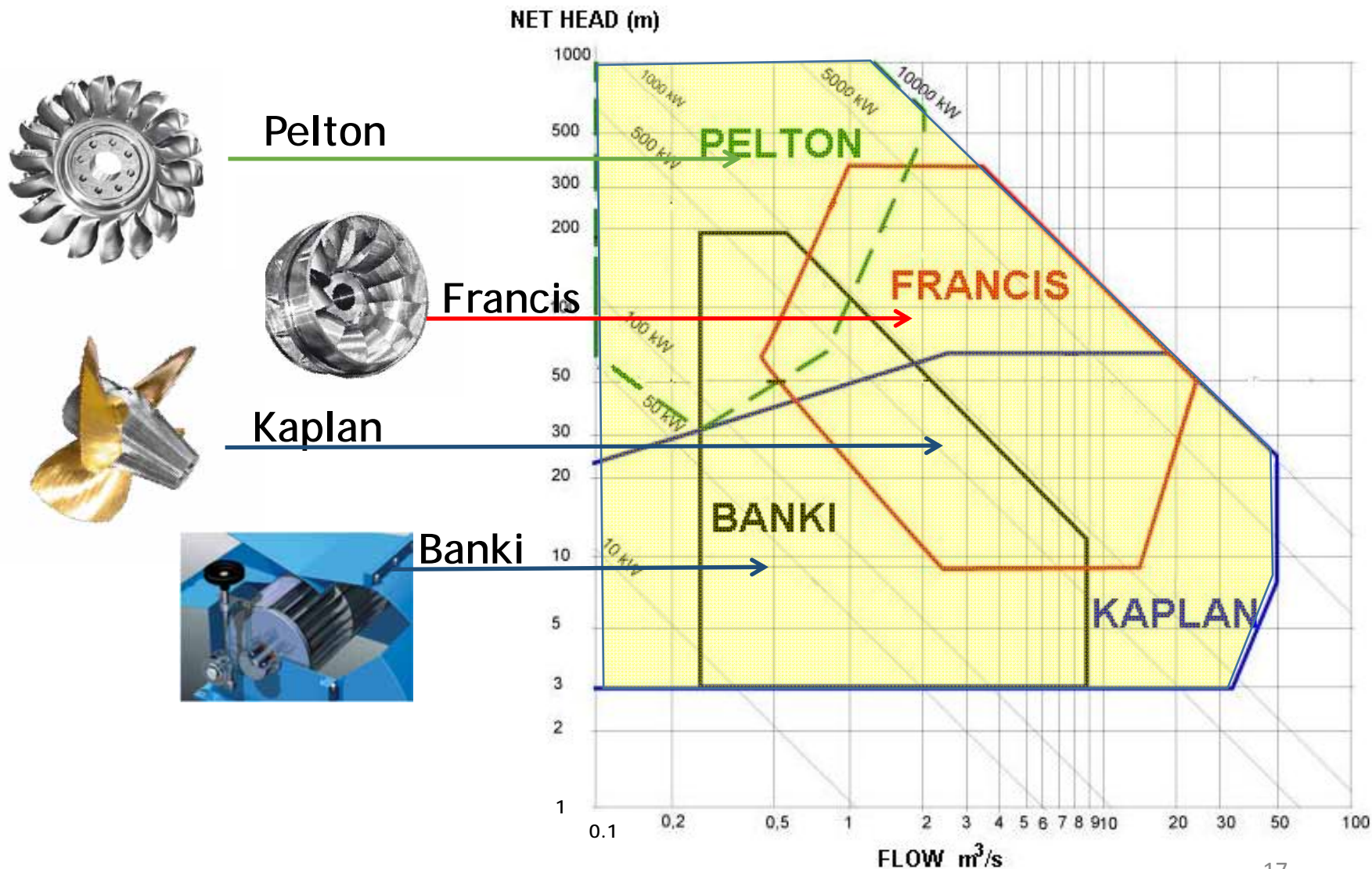
source: Amt für Stromversorgung: Die Wasserkraftwerke in Südtirol

L'arco temporale compreso tra il 2001 e il 2014 è stato caratterizzato soprattutto dall'installazione di impianti di piccole dimensioni; la potenza installata in Italia è cresciuta secondo un tasso medio annuo dello 0,7%. Naturale conseguenza di questo fenomeno è la progressiva contrazione della taglia media degli impianti, passata da 8,7 MW del 2001 a 5,4 MW nel 2014.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Taglia media impianti MW	8,7	8,5	8,5	8,4	8,4	8,3	8,2	8,1	7,9	6,6	6,2	6,1	5,7	5,4

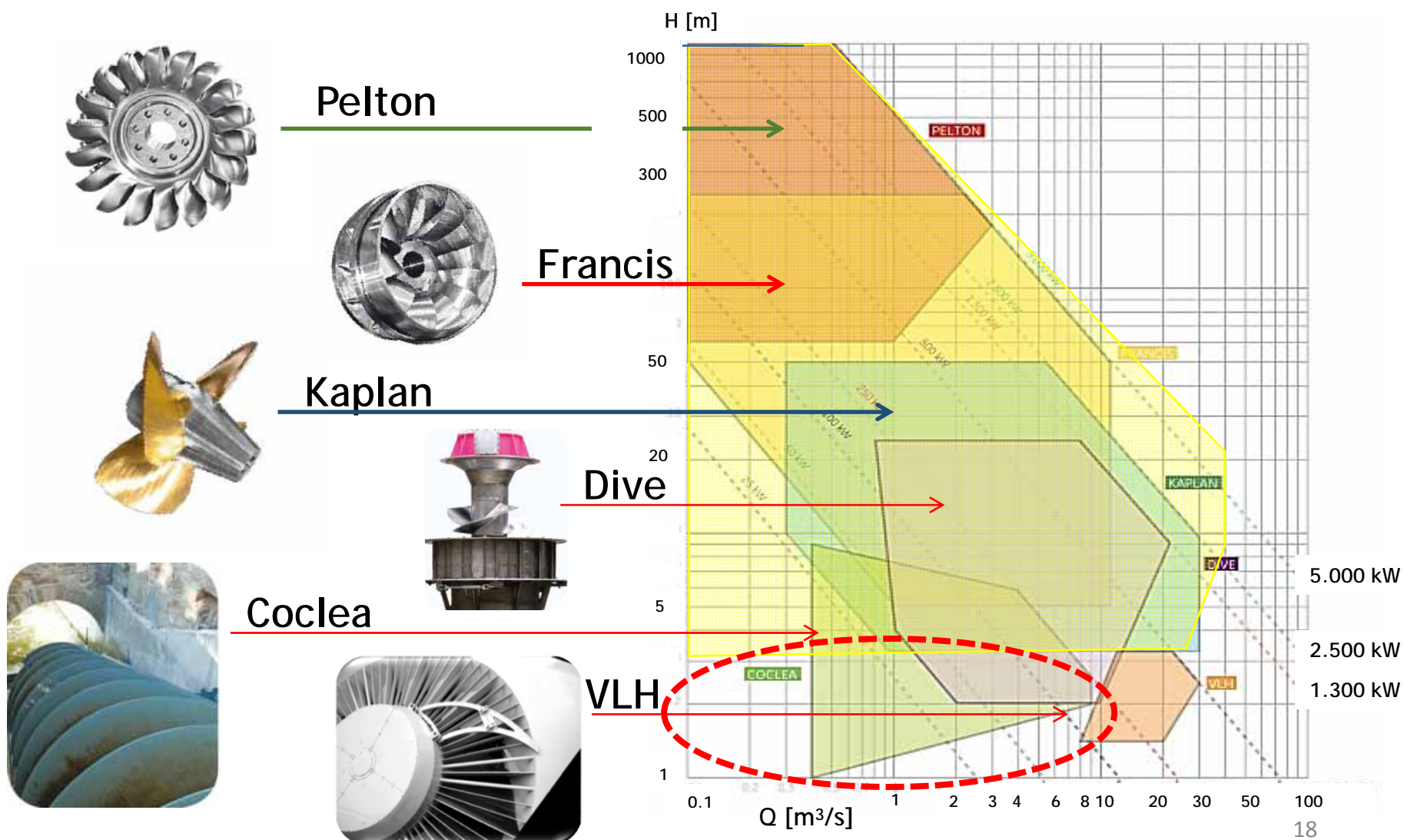


# TECNOLOGIA - TURBINE (25÷5000) KW



(courtesy prof M. Fauri, univ di Tn)

# TECNOLOGIA - TURBINE (25÷5000) KW



(courtesy prof M. Fauri, univ di Tn)



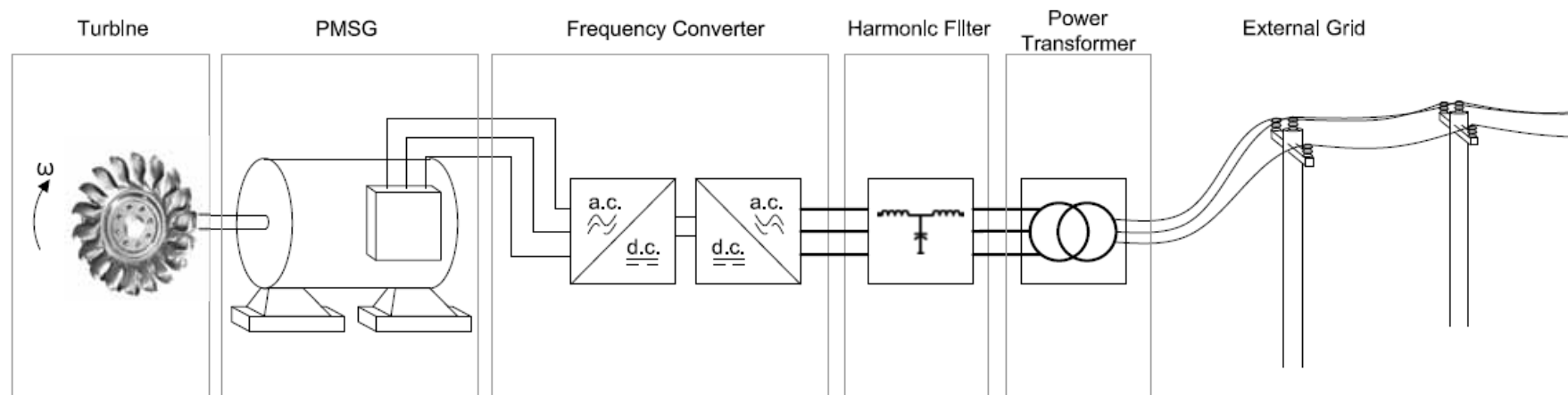
# TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

## FUNZIONAMENTO A VELOCITÀ VARIABILE

Connessione alla rete tramite convertitore di frequenza «*inverter*»



Vantaggio di inseguire i punti di massima efficienza meccanica

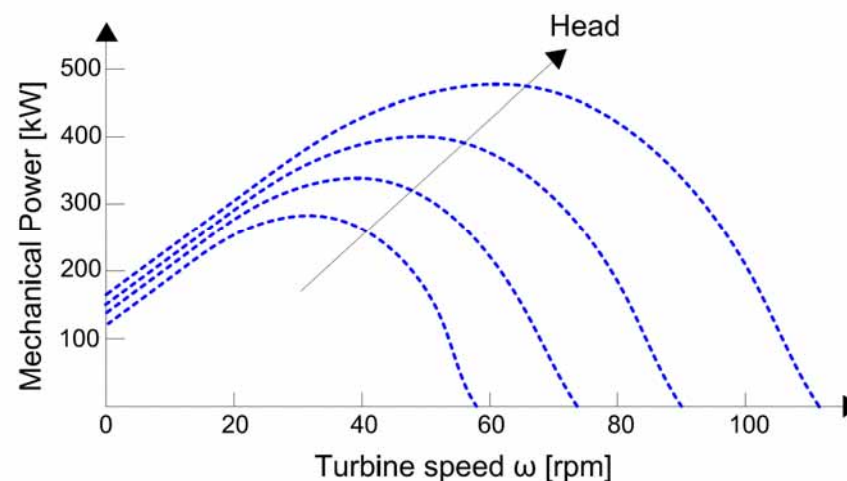
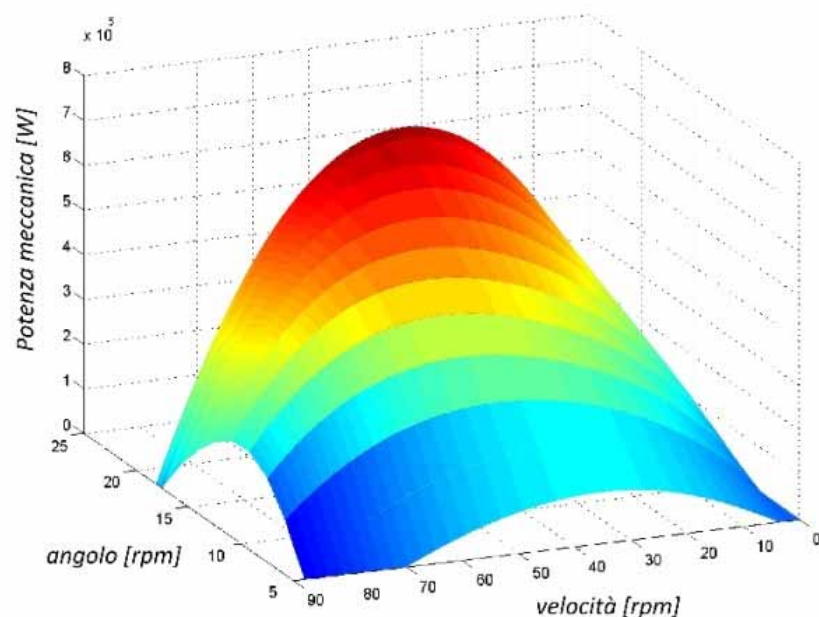


(courtesy prof M. Fauri, univ di Tn)

# TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

## FUNZIONAMENTO A VELOCITÀ VARIABILE

Al variare delle condizioni di funzionamento (salto e portata) il sistema automatico di controllo calcola un opportuno set-point di velocità in modo inseguire i punti di massima efficienza della macchina [MPPT - Maximum Power Point Tracking, mutuato da fotovoltaico ed eolico]



(courtesy prof M. Fauri, univ di Tn)

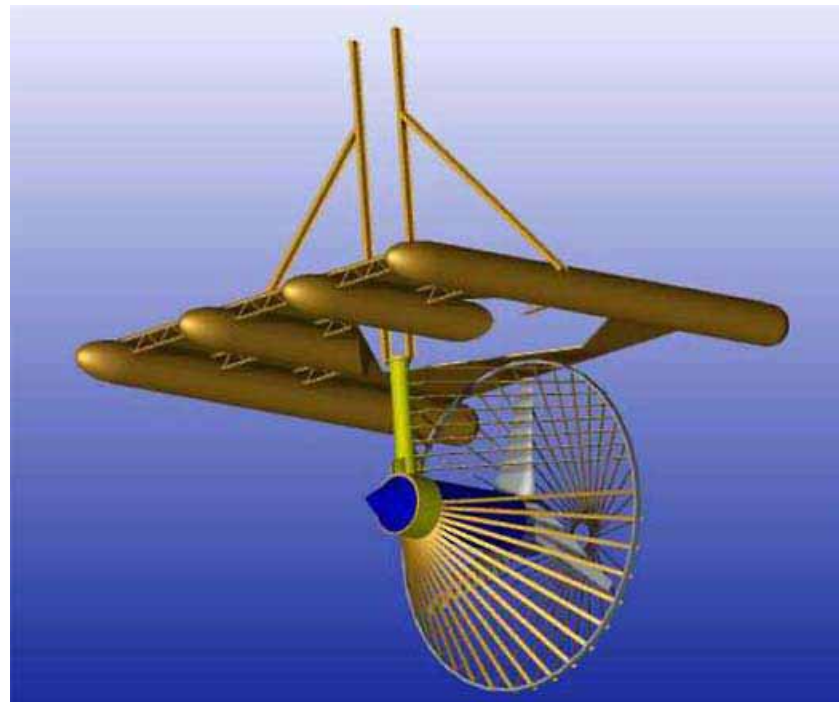
# TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

## TURBINE MAREOMOTRICI:



**Dual-Turbine Offshore Units**

*(Courtesy of Marine Current Turbines Ltd.)*



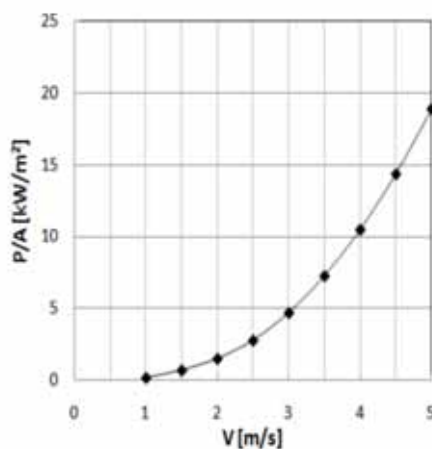
**KHECS Demonstration Unit**

*(Courtesy of Verdant Power)*

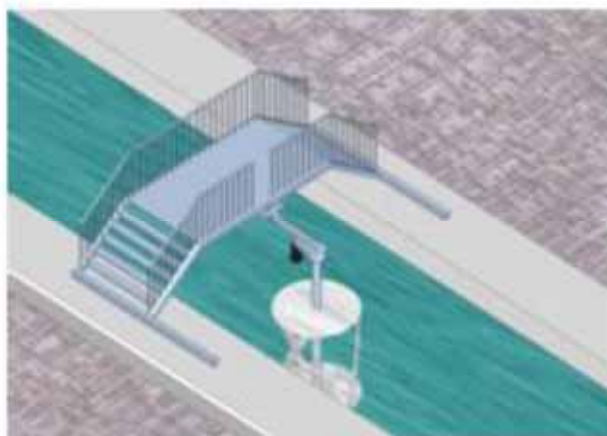
*(courtesy prof M. Fauri, univ di Tn)*

# TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

## TURBINE MAREOMOTRICI: Turbine Gorlov (River-Wheel)



Potenza elettrica per unità di superficie di rotore in funzione della velocità dell'acqua

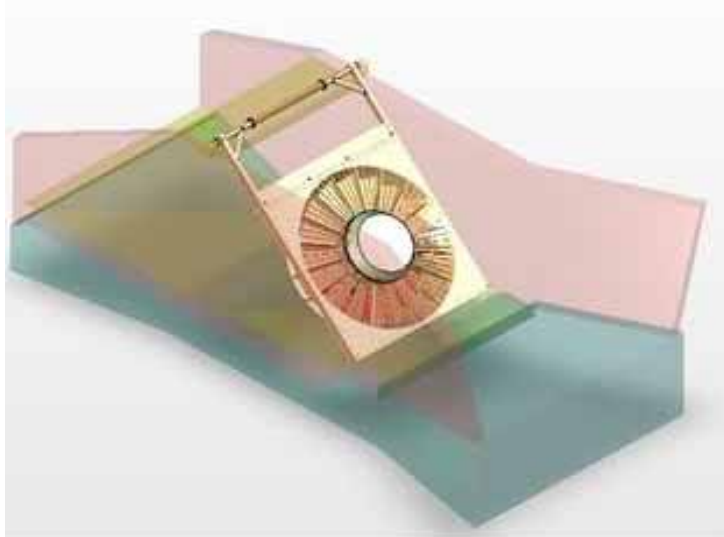




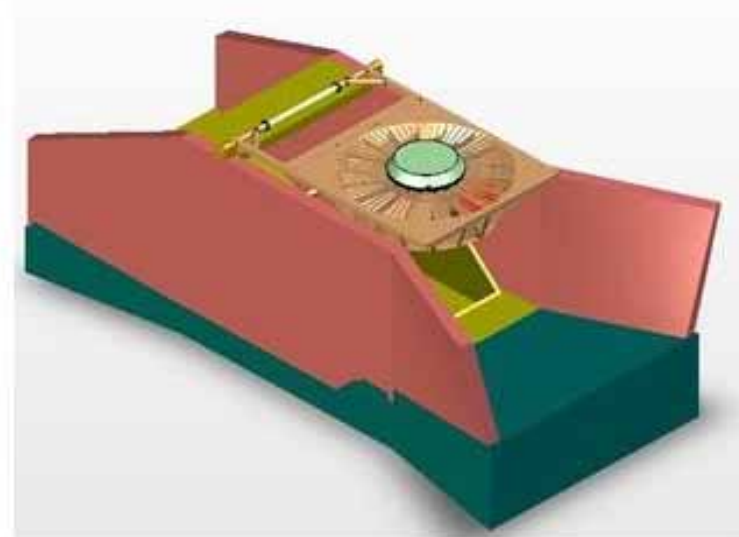
# TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

## VLH TURBINE

- Grande diametro di ruota con bassa velocità di rotazione (30-50 rpm) e ridotta velocità dell'acqua
- Generatore a magneti permanenti a velocità variabile (inverter): massimizzazione dei rendimenti alle varie condizioni idrauliche



Turbine in working position



Turbine in withdrawn position



# TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

## VLH TURBINE

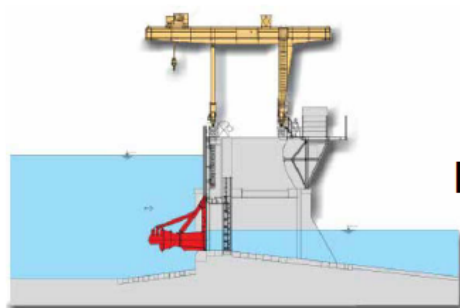


Forte integrazione visiva, nessun edificio sull'opera idraulica, macchina sommersa, invisibile e silenziosa

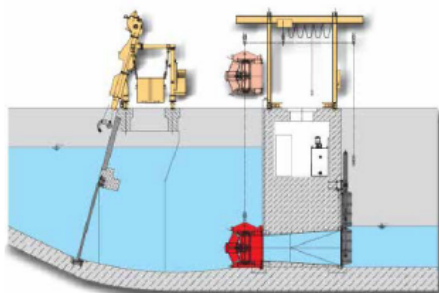
M. Nighetti Mini Micro Idroelettrico  
Exhibition Technology  
(courtesy prof M. Fauri, univ di Tn)

# TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

## Potential Applications

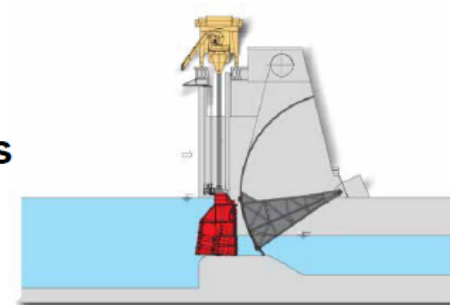


**Irrigation Dams**

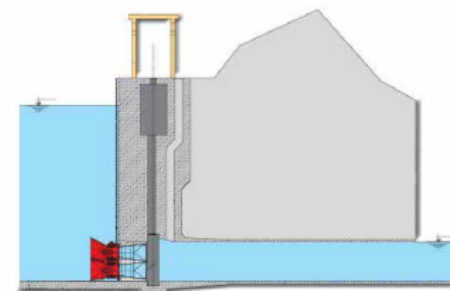


**Canals and  
Abandoned Shiplocks**

**Navigation Dams**



**Intake Towers**



# TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

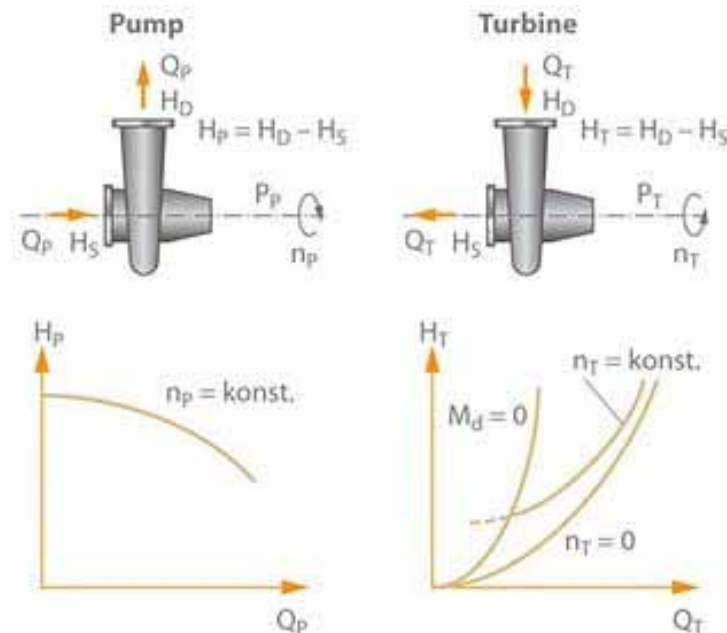
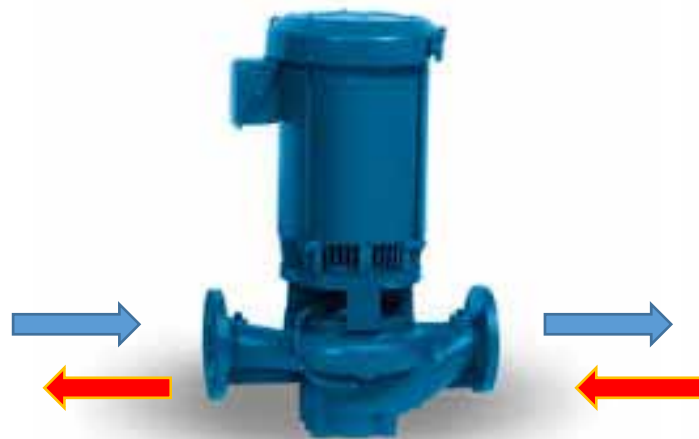
## PaT: PUMPS AS TURBINES

Invertendo il flusso in un gruppo **motore-pompa** utilizzato per sollevare acqua  
Lo si fa lavorare come gruppo **turbina-alternatore** (il motore diventa alternatore)

Rendimenti circa 85%

Economiche

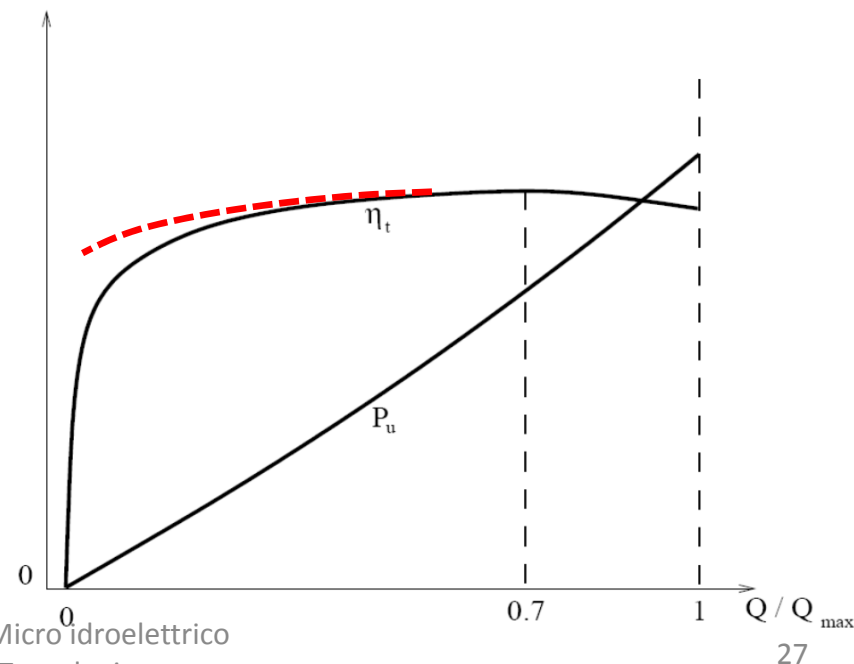
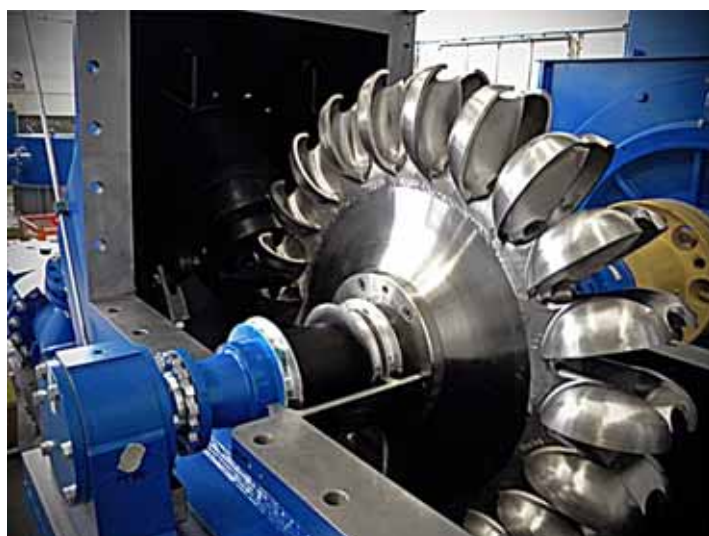
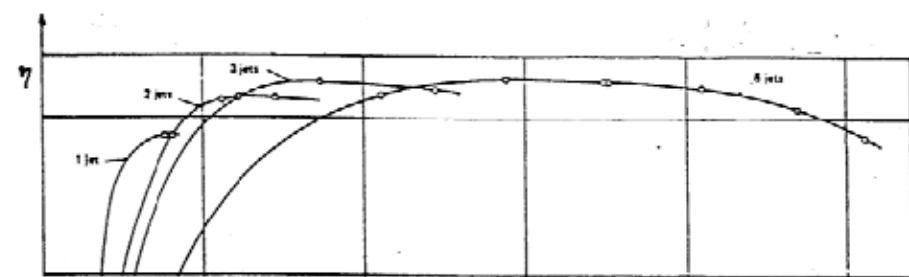
se con inverter aumenta range di applicabilità



# TECNOLOGIA – INNOVAZIONE

## ADATTAMENTO MACCHINE «TRADIZIONALI» A NUOVE ESIGENZE DI PRODUZIONE

**Esempio PELTON:** ottimizzazione alle portate bassissime, per meglio sfruttare le oscillazioni di portata



# MINI HYDRO

Alcune forzanti esterne influenti sull'idroelettrico:

- Cambiamento climatico
- Variabilità oraria dei prezzi

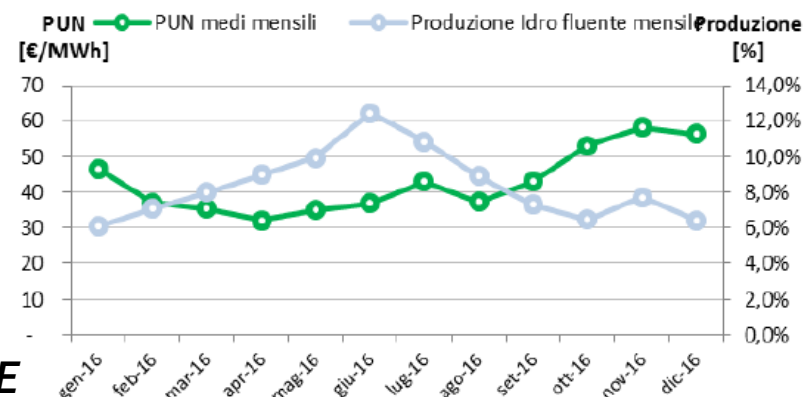
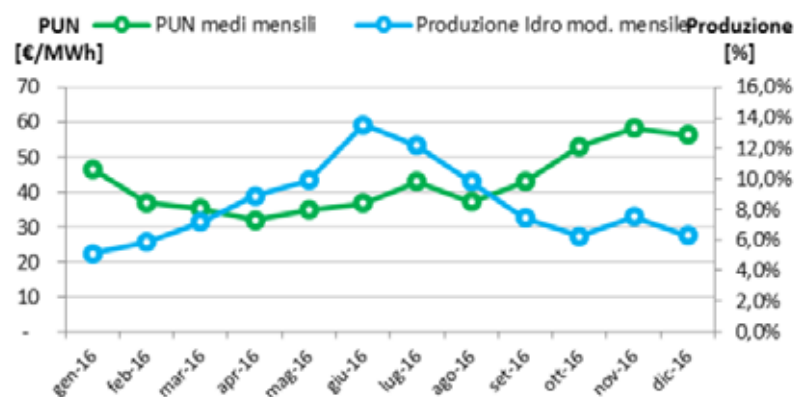
Uno sguardo anche sul grande idroelettrico...



# MINI HYDRO

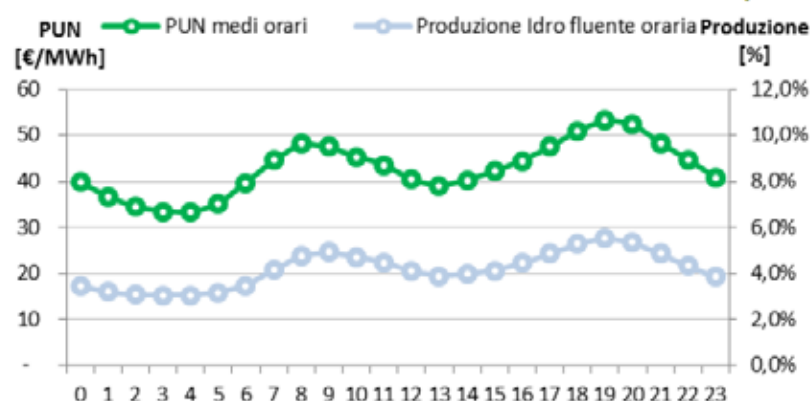
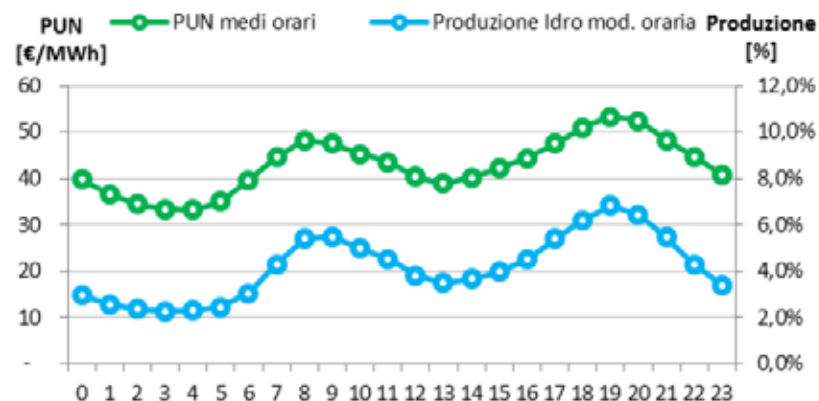
## VARIABILITA' DEI PREZZI

### Produzione mensile Idro a bacino vs PUN mensile (2016)    Produzione mensile Idro fluente vs PUN mensile (2016)



Fonte GSE

### Produzione oraria Idro a bacino vs PUN orario (2016)    Produzione oraria Idro fluente vs PUN orario (2016)



## VARIABILITA' DEI PREZZI

La produzione **idroelettrica a bacino**:

si concentra nella zona di mercato **NORD**

**prezzi al di sopra del prezzo zonale di riferimento**

lasciando presupporre che si riesca a sfruttare la capacità degli invasi per ottimizzare le produzioni in funzione delle condizioni di mercato

▪ La **produzione oraria è modulata** in funzione dell'andamento dei **prezzi orari**

La produzione **idroelettrica fluente**:

si concentra nella zona di mercato **NORD**

**prezzi in linea con il prezzo zonale di riferimento**

▪ La **produzione oraria segue** per quanto possibile l'andamento dei **prezzi orari**

**Fonte GSE**

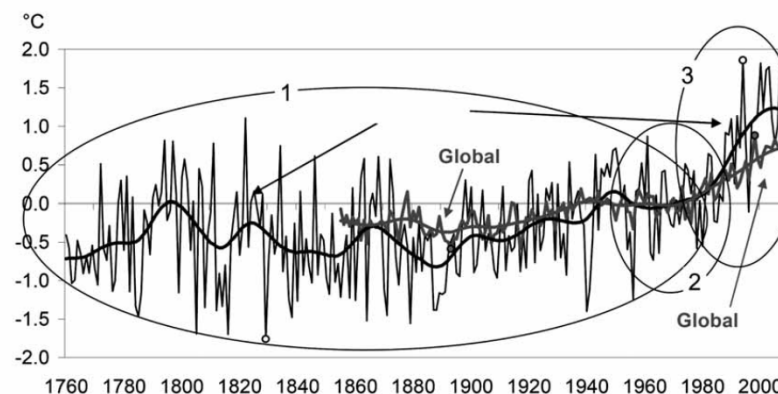
# MINI HYDRO

## CAMBIAMENTO CLIMATICO

Average of the annual air temperature in the Alpine space 1760-2007 (black) and the global average 1858-2007 (grey)

- 1: last natural period – solar flux and volcanic activity dominant
- 2: increasing influence of human activity – the period of aerosols
- 3: start of the global warming period

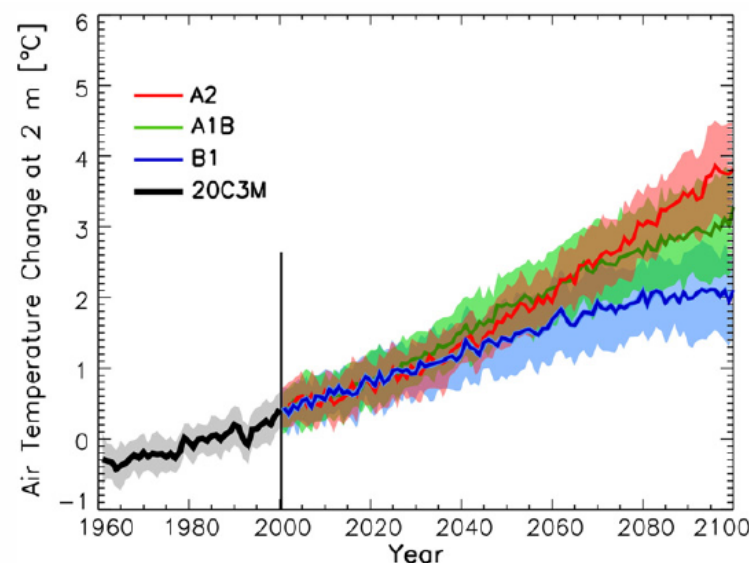
Source: Jones et al., 1999; Auer et al., 2007 (modified)



Temperature evolution over Europe based on the CMIP3 simulations driven by the emission scenarios A2 (red), A1B (green) and B1 (blue).

The bold coloured lines depict the multi-model mean for each scenario; the shadings indicated the standard deviation.

Source Prein et al. (2011). Analysis of uncertainty in large scale climate change projections over Europe. Meteorol Z 2011;20:383–95.



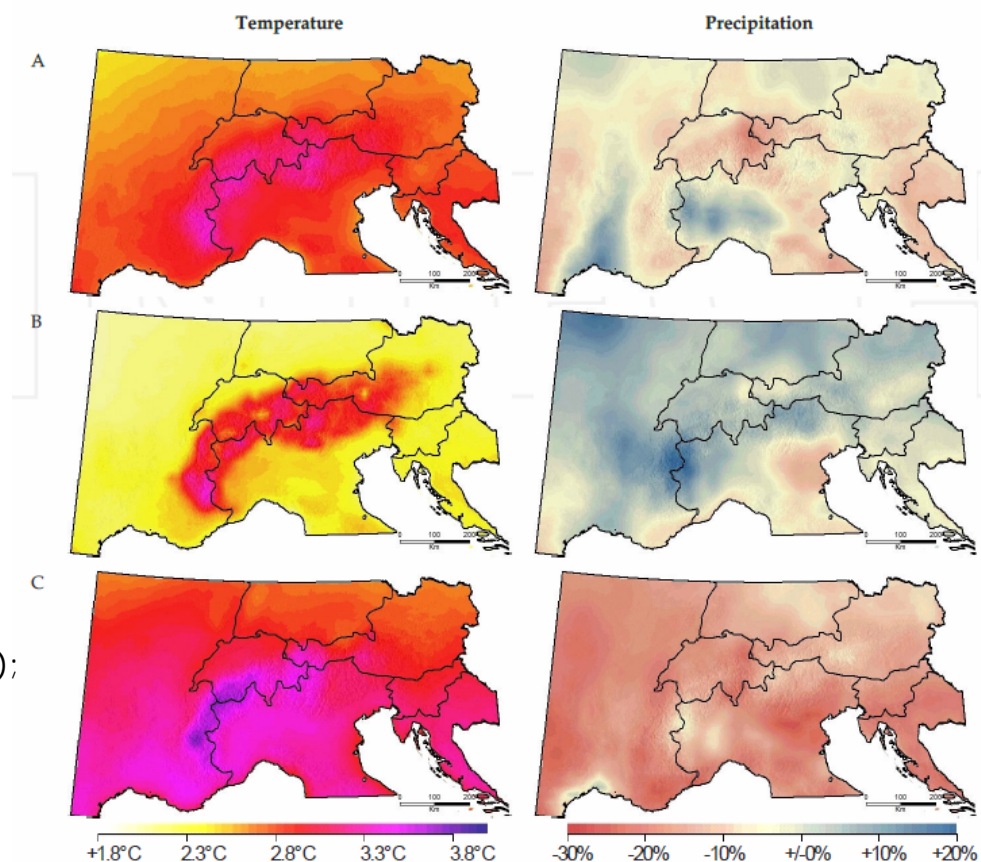
# CAMBIAMENTO CLIMATICO

Climate anomalies for the A1B scenario by 2080 (*deviations of the 2051-2080 period from the current, i.e. 1950-2000 climate*) averaged over the six RCM models used to assess the impact of climate change in the MANFRED project.

A: Anomalies for annual temperature and precipitation;

B: Anomalies for winter months (October-March):

C: Anomalies for summer months (April-September);





## CAMBIAMENTO CLIMATICO



*Il ghiacciaio dei Forni in 26 anni ha perso 2mila miliardi di litri di riserve acqua su Alpi Centrali* [www.ansa.it](http://www.ansa.it)

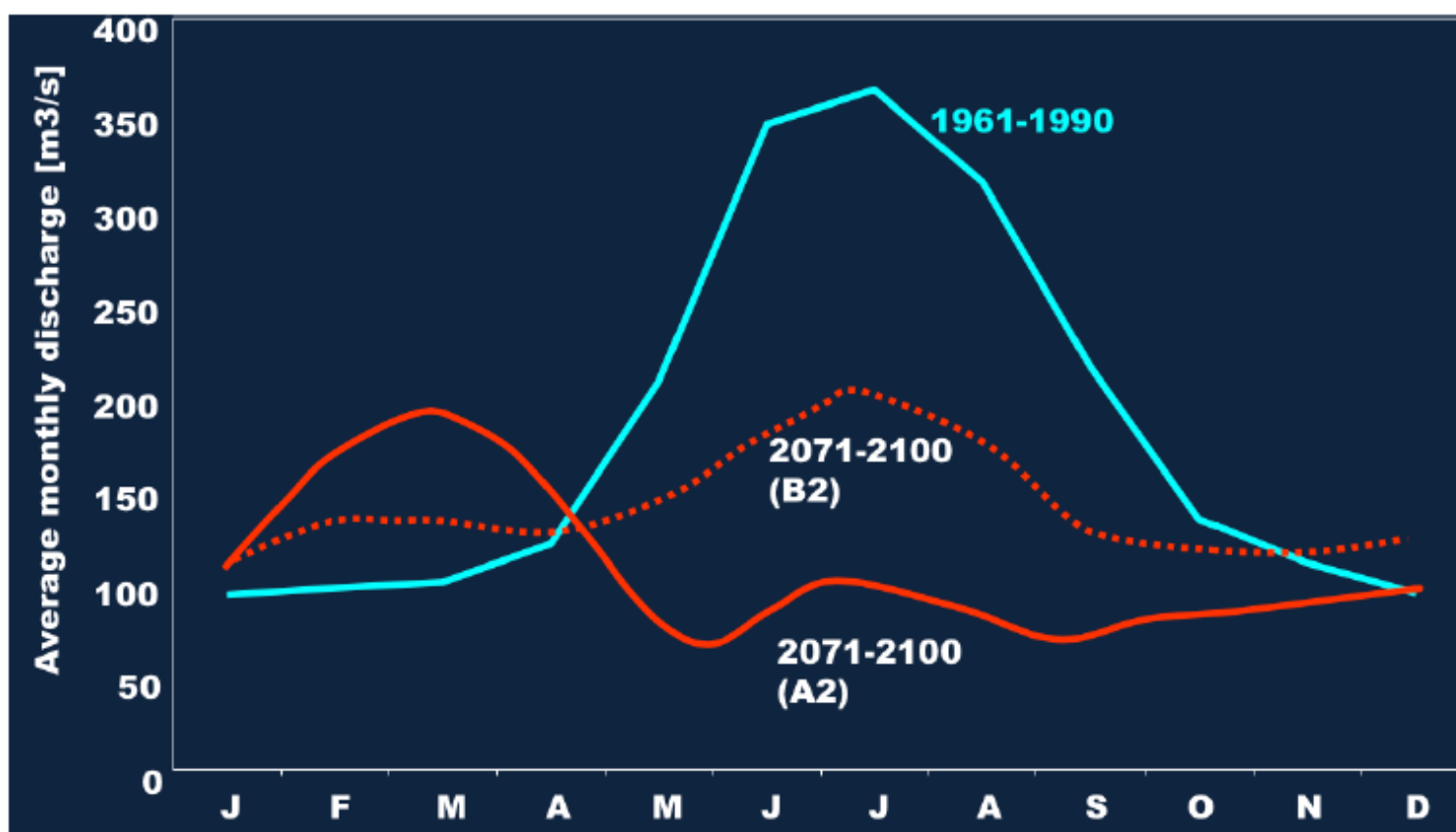
«Impatti del cambiamento climatico nella regione alpina sono più evidenti sui ghiacciai.

Si prevede che il cambiamento climatico avrà anche un'influenza sul ciclo dell'acqua e la disponibilità di acqua.»

**NON SOLO!**

**- Aumento dell'erosione/trasporto solido      - siccità lunghe piogge più intense**

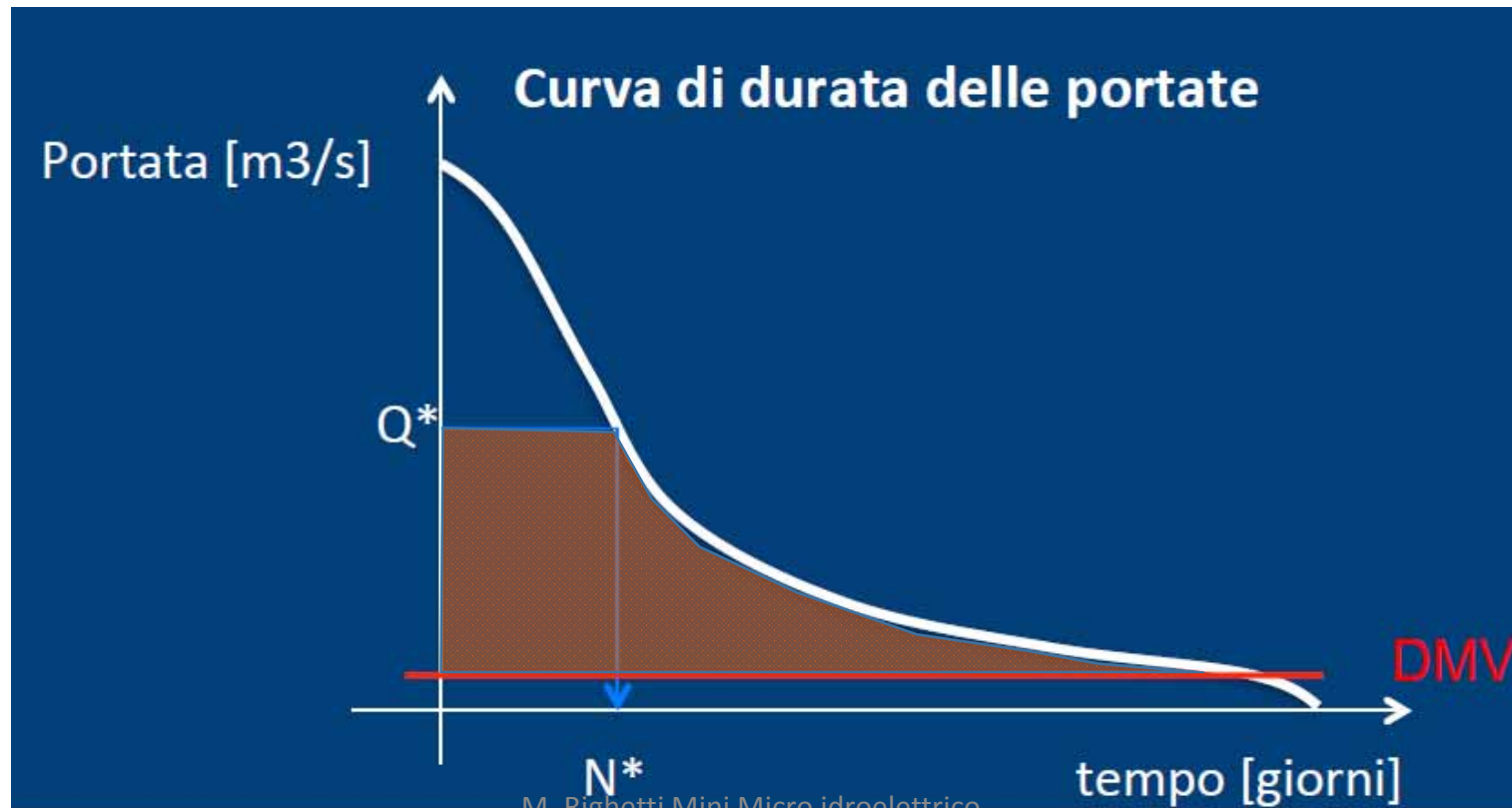
# CAMBIAMENTO CLIMATICO



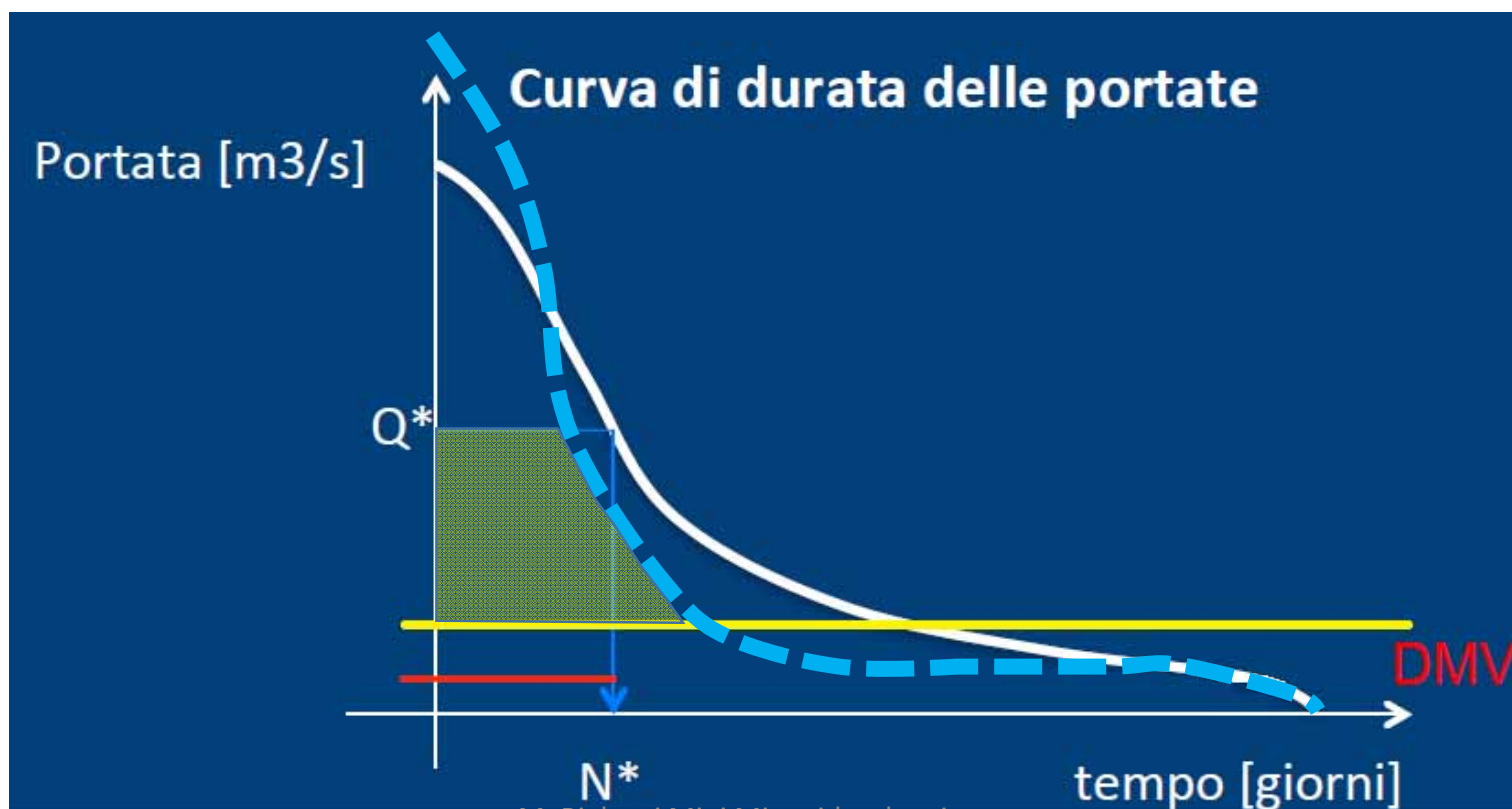
*Possible future discharge by 2100 (Beniston et al).*

## MINI HYDRO

gli impianti ad acqua fluente sono privi di capacità di regolazione (se non all'interno della centrale) e pertanto la portata utilizzata, e quindi la potenza istantanea, è pari alla quantità di acqua disponibile fino al limite consentito dall'opera di presa.



# MINI HYDRO



M. Righetti Mini Micro idroelettrico  
Evoluzione Tecnologica



# MINI HYDRO

## IDROELETTRICO IN GENERALE

18,5 GW installati al 2015,

fornisce circa il **20% della generazione nazionale di elettricità** e in media  
fornisce oltre il **40% di quella rinnovabile**

Il nostro Paese si colloca al **quarto posto** per energia idroelettrica generata  
in Europa

La **potenza installata è aumentata con passo costante** seppur lento nel tempo,  
oltre il 10% in quindici anni, mentre il numero delle installazioni è salito del  
78%.

## MINI HYDRO

- i piccoli impianti idroelettrici, pur avendo valenza locale come produzione decentrata (anche con FUNZIONAMENTO IN ISOLA) e indotto industriale non assumono ruolo strategico nella produzione nazionale rispetto al grande idroelettrico
- I limiti di compatibilità ambientale per impianti ad acqua fluente con derivazione sempre più stringenti (DMV DME, ..)
- I crescenti oneri di concessione

ne riducono ancor più la convenienza economica se non supportati adeguatamente da politiche incentivanti

- Ulteriori fattori «stressanti» esterni:
  - Cambiamento climatico
  - Andamento dei prezzi orari e «incapacità» di compenso

## QUALE MINI HYDRO ?

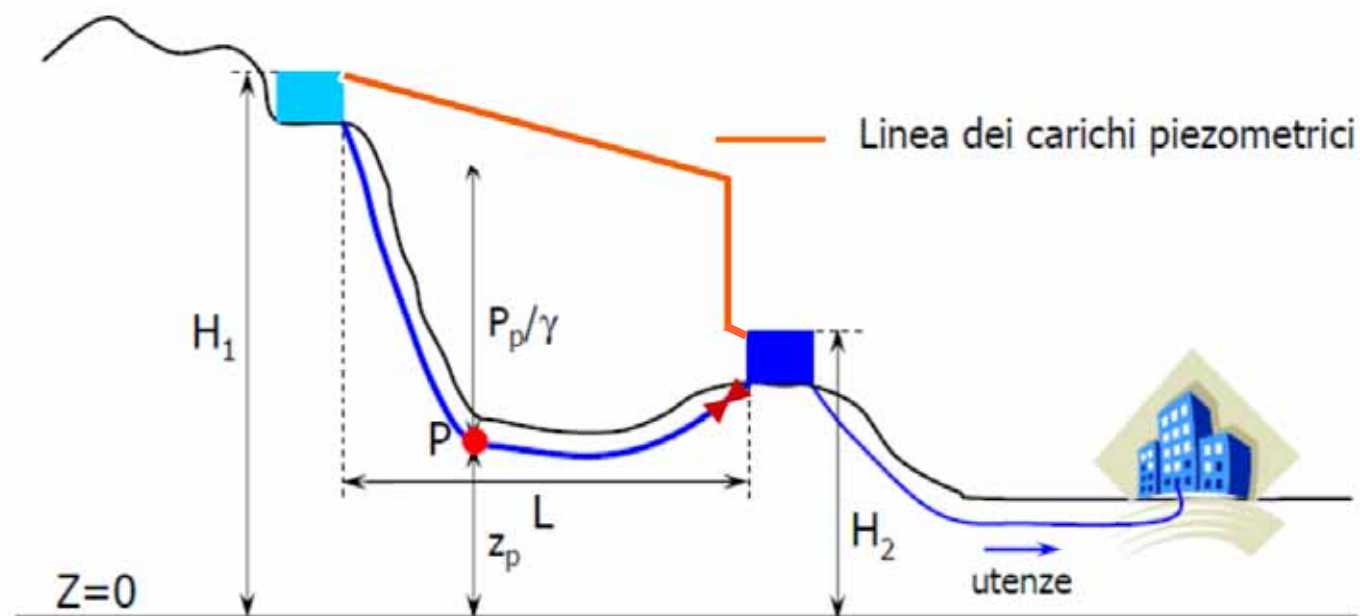
**il settore ha raggiunto la maturità** e una crescita è possibile quasi solo per il *mini hydro*, mentre lo sfruttamento del potenziale dei grandi impianti potrà avvenire soltanto con un ampio **programma di rinnovamento**.

- **Recupero energetico da «cascami energetici» quali:**

- Acquedotti idropotabili
- Acquedotti irrigui
- sistemi industriali in pressione e non
- Reti bonifica
- ... ..

# MINI HYDRO

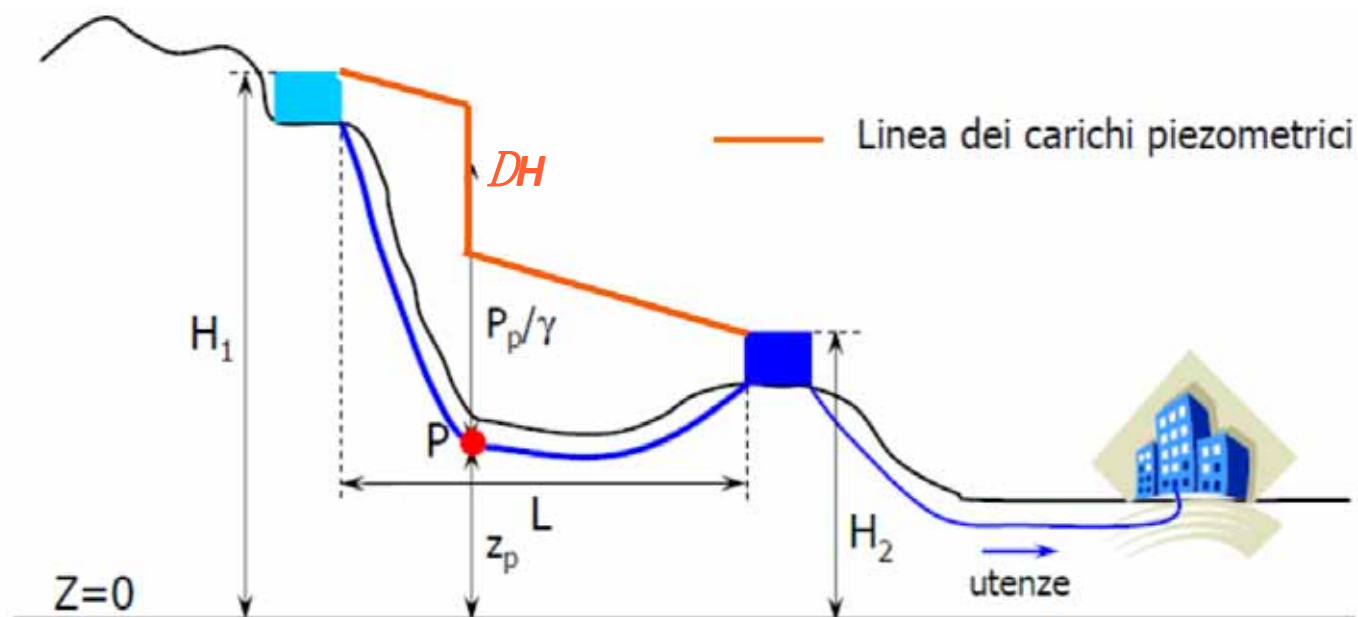
## MINI IDRO SU ACQUEDOTTI





# MINI HYDRO

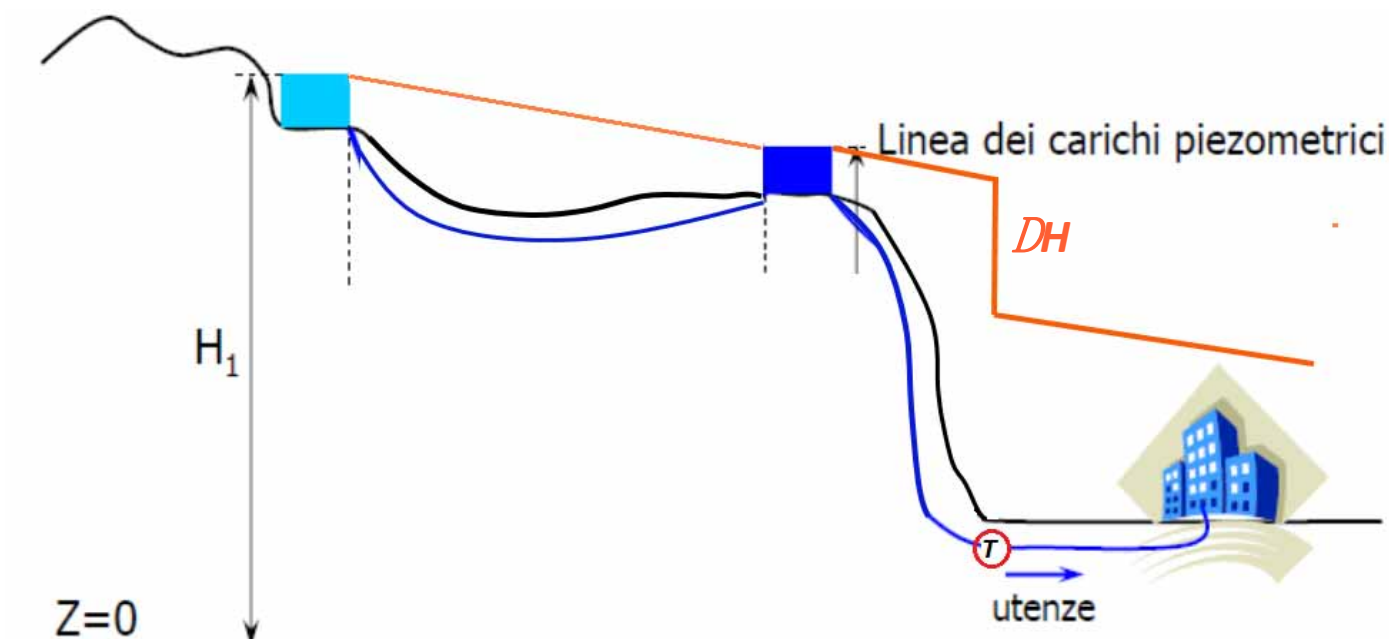
## MINI IDRO SU ACQUEDOTTI



$$P = g \cdot Q \cdot DH$$

# MINI HYDRO

## MINI IDRO SU ACQUEDOTTI



Perdite idriche su acquedotti in media del 35-40% (probabilim. stime ottimistiche)

**Le perdite idriche sono proporzionali alle pressioni nelle tubazioni**

**Controllo attivo delle perdite**

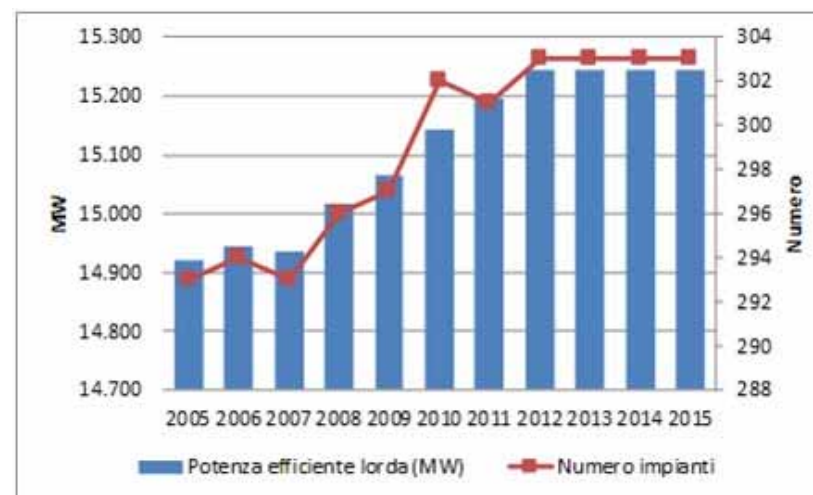
## IDROELETTRICO IN GENERALE

La **potenza installata è aumentata con passo costante** seppur lento nel tempo, oltre il 10% in quindici anni, mentre il numero delle installazioni è salito del 78%.

**sviluppo del *mini-hydro*** è passato dai 4.760 MW del 2010 ai 5.200 MW del 2015, contribuendo per il 63% degli investimenti in nuova capacità, mentre il numero di impianti è passato da 2.393 a 3.317 nello stesso periodo.

**sviluppo idroelettrico di taglia *medio-grande*** (potenza maggiore di 10 MW in Figura), ormai sostanzialmente stabili.

Fonte: Terna



## IDROELETTRICO IN GENERALE

**18,5 GW installati al 2015,**

fornisce circa il **20% della generazione nazionale di elettricità** e in media  
fornisce oltre il **40% di quella rinnovabile**

**L'età media dei grandi impianti è prossima a 60 anni**

Solo il 42% della capacità realizzata prima del 1960 è stata ammodernata,  
con 6,7 GW potenzialmente ancora da rinnovare e potenziare

**un impianto idroelettrico su tre** dovrà essere rinnovato per non perdere un  
potenziale di quasi 6.000 MW al 2030 (studio Althesia)



## IDROELETTRICO IN GENERALE

- ❖ Gli interventi più semplici, in parte già effettuati, riguardano:
  - Opere elettromeccaniche (turbine, parti elettromeccaniche)
  
- ❖ Mancano in gran parte interventi sulle cosiddette opere bagnate quali:
  - messa in pressione di canali e gallerie,
  - manutenzione-revamping di condotte forzate
  - **lotta all'interrimento dei bacini delle grandi dighe**

# INTERRIMENTO DEI BACINI DELLE GRANDI DIGHE

## STUDIO ITCOLD (2010)

Sono presenti sul territorio nazionale 541 grandi dighe di competenza statale (volume d'invaso maggiore di 1.000.000 m<sup>3</sup>, altezza maggiore di 15 m)

La loro età media è prossima a 60 anni, ed è maggiore nell'arco alpino-appennino settentrionale rispetto al meridione/isole.

L'utilizzazione prevalente è quella idroelettrica (58%) ed irrigua (26%),

Il Comitato Nazionale Italiano per le Grandi Dighe (ITCOLD) ha effettuato una stima dell'entità complessiva dell'interrimento dei serbatoi italiani utilizzando le informazioni di 285 serbatoi (52% del parco totale)

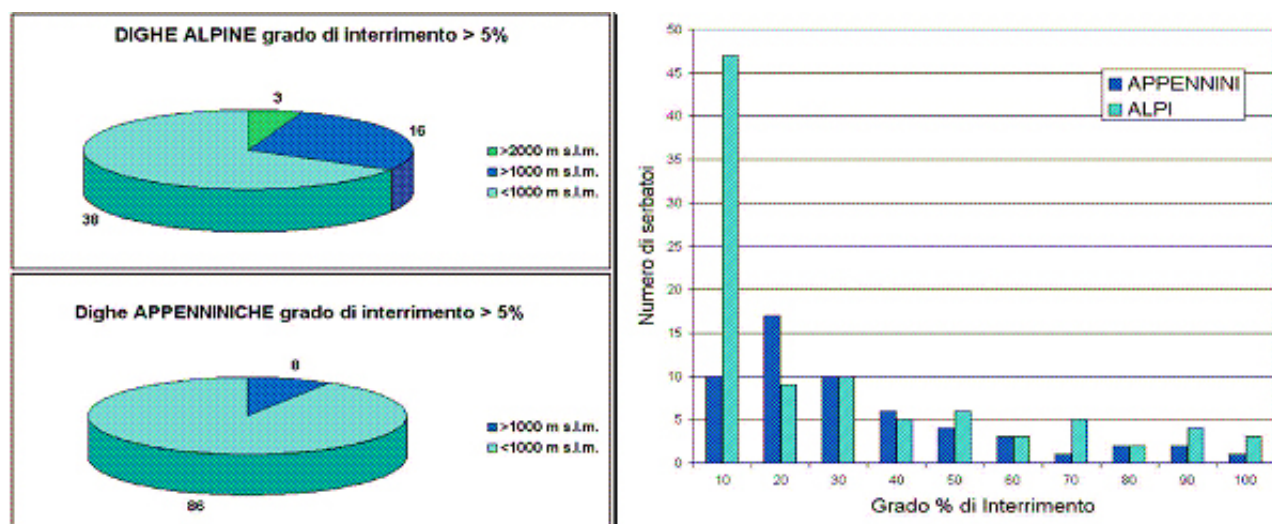


*Distribuzione delle grandi dighe sul territorio nazionale*

# INTERRIMENTO DEI BACINI DELLE GRANDI DIGHE

Più della metà dei serbatoi analizzati (53%, 151 su 285) risultano interruti (variazione del volume di invaso superiore al 5% del volume originario di progetto).

**La riduzione media del volume di invaso è del 47%.** In generale gli invasi che presentano i maggiori problemi sono quelli localizzati alle quote inferiori a 1000 m.



(Bizzini et al.)

**Grandi impianti 15 GW**

M. Righetti Mini Micro idroelettrico  
Evoluzione Tecnologica

## UNA ALTRA GRANDE PARTITA DA GIOCARE

- Mini hydro ancora interessante
- Non «strategico», comunque importante per economia locale/indotto e per produzione decentrata
- Recupero energetico da «cascami energetici»
- Particolare attenzione alla sostenibilità ambientale

### Revamping delle grandi centrali idroelettriche ormai datate

- Rimedi all'interrimento dei grandi bacini

Si potrebbero recuperare/salvaguardare centinaia di MW .... Capacità ben più importante dell'installazione di nuovi mini hydro

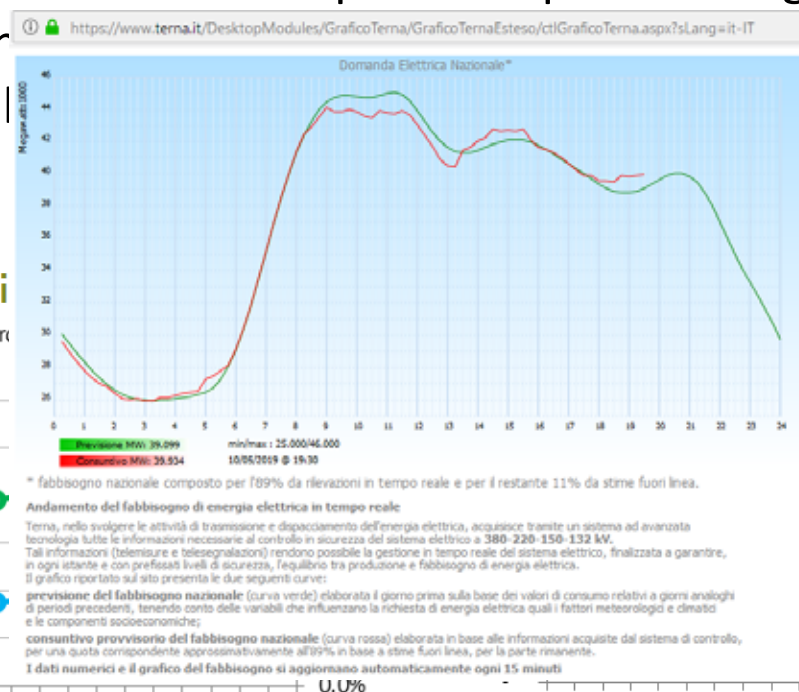
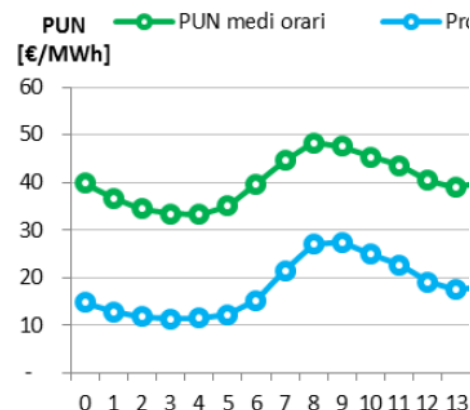
**GRAZIE**



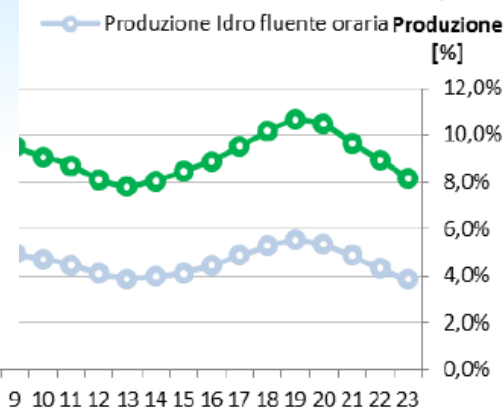
# LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO

- gli impianti ad acqua fluente sono privi di capacità di regolazione (se non all'interno della cerchia di bacino) e quindi la potenza istantanea, è pari al limite consentito dall'opera di presa.

## Produzione oraria Idro a bacino



## Acqua fluente vs PUN orario (2016)



prezzi orari energia e produzione a serbatoio

prezzi orari energia e produzione acqua fluente

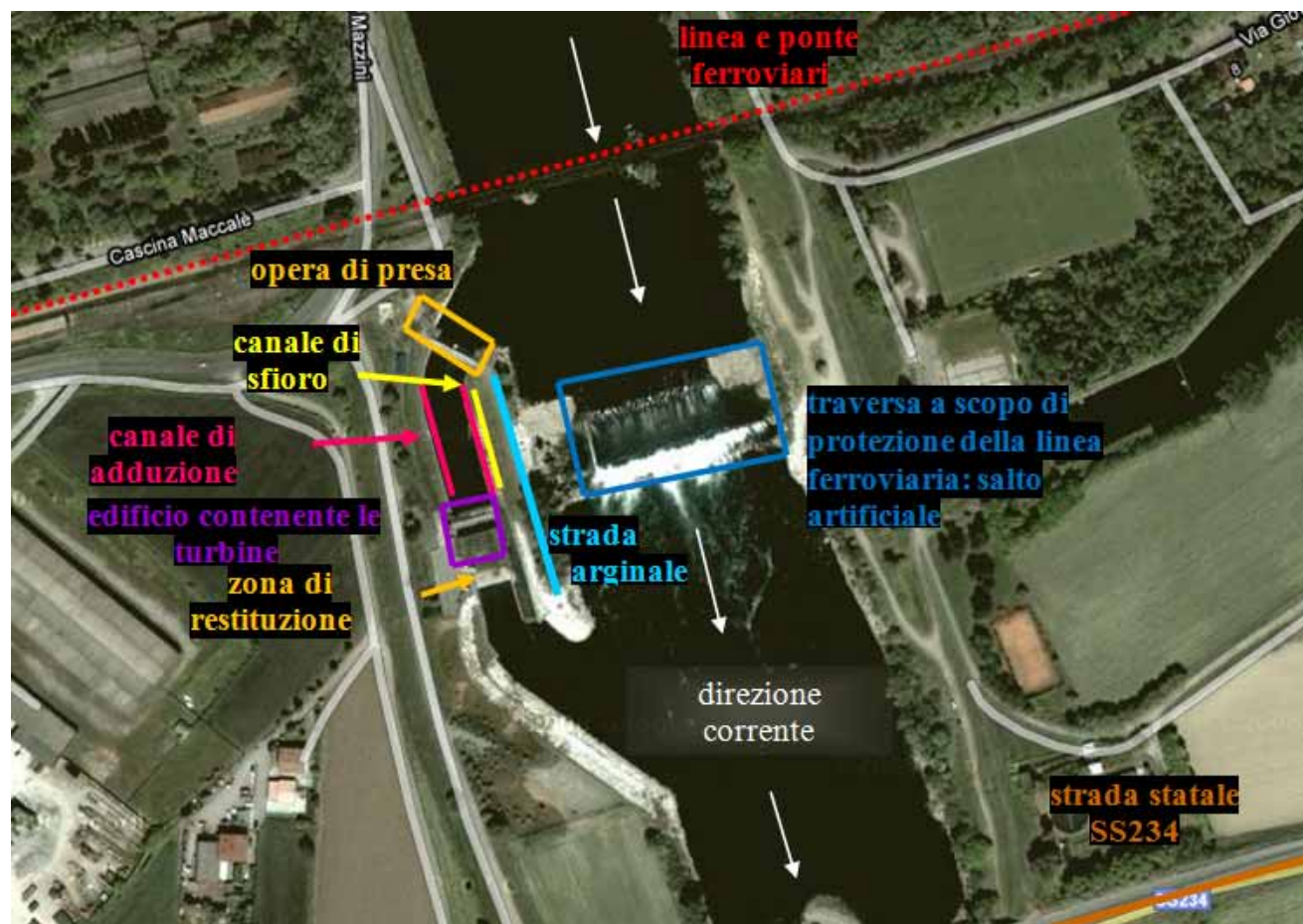
(Fonte GSE)

# LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



M. Righetti Mini Micro idroelettrico  
Evoluzione Tecnologica

# LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



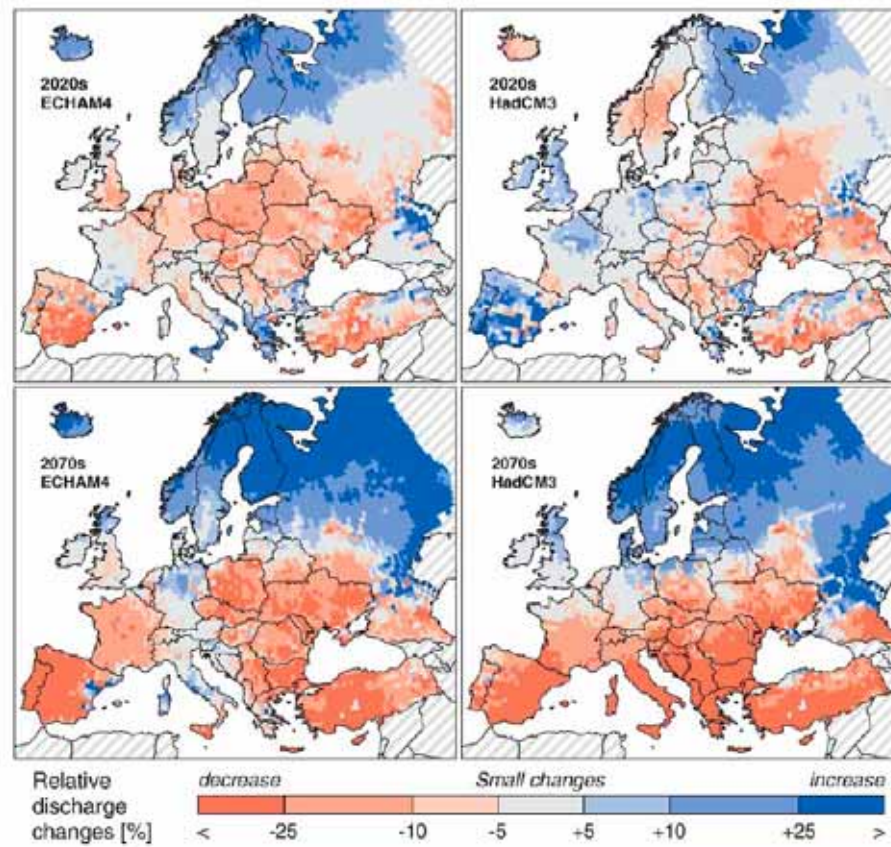
M. Righetti Mini Micro idroelettrico  
Evoluzione Tecnologica



# LA TRADIZIONALE CONCEZIONE DEI MINI HYDRO



# Climate change



*Predicted changes in river discharge across Europe by two models, for 2020s and 2070s. Map from Lehner et al. 2005.*