

(fonte Geografia fisica e dinamica quaternaria, n.42 2019, pag. 188)

# L'impatto dei cambiamenti climatici sulla producibilità idroelettrica - Alcune esperienze in Enel

**Francesco Dalla Valle**

Enel Green Power Italia S.r.l.

Operation & Maintenance - Maintenance and Technical Services - Dam and Civil Infrastructure Safety

– Hydrology and Hydraulic Analysis





Le evidenze ...

Valle del Boite(BL),  
Ghiacciaio dell'Antelao:

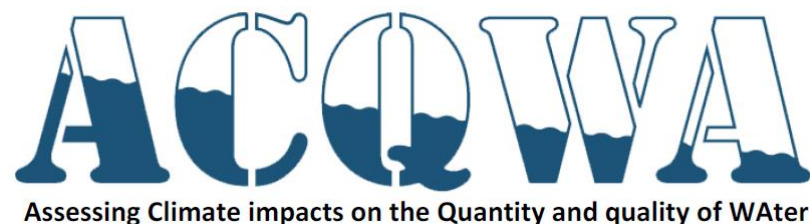
- a) 1984
- b) 2007
- c) 2018

(fonte Geografia fisica e dinamica quaternaria, n.42 2019, pag. 188)



... le previsioni per il futuro.

- i progetti europei FP7 ACQWA ed ECLISE



- Focus sull'aspetto metodologico delle ricerche

Enabling Climate Information Services for Europe





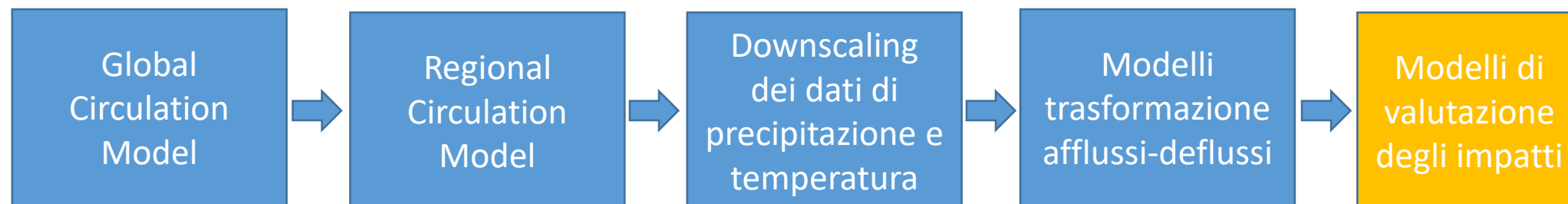
Assessing Climate impacts on the Quantity and quality of WAter

- Il progetto 2008-2013 finanziato dall'UE nell'ambito del 7° Framework Prog.
- 37 partner coordinati dall'Università di Ginevra

- Obiettivi della ricerca →

**valutare gli impatti socio-economici e biologici dei cambiamenti climatici**

Enel in collaborazione con ARPA Piemonte e Politecnico di Milano ha sviluppato un caso studio relativo al bacino imbrifero del fiume Toce(VB) seguendo il seguente schema:





Enabling Climate Information Services for Europe

- Il progetto 2007-2013 finanziato dall'UE nell'ambito del 7° FP
- 10 partner
- 26 casi studio distribuiti in quattro settori: coste, città, acqua, energia

- Obiettivo della ricerca

sviluppare l'offerta di servizi climatici per potenziali utenti:

**Enel** utilizzando i dati climatici prodotti mediante una procedura messa a punto dal CNR-ISAC e Università di Milano ha analizzato le variazioni previste della producibilità di 4 impianti idroelettrici fluenti nel bacino del T. Cordevole (BL) secondo lo schema seguente:





Assessing Climate impacts on the Quantity and quality of WAter

- Area di studio Enel: bacino del fiume Toce
- Dati e metodi utilizzati:
  - risultati simulazioni Global Circulation Model ottenuti nello scenario di emissioni gas serra A1B
  - due distinti modelli meteorologici regionali
  - downscaling statistico per scalare le uscite dei modelli regionali sui dati delle stazioni meteorologiche a terra nel periodo 2001-2010
  - modellazione afflussi-deflussi effettuata da Politecnico Milano calibrata su serie storica 2000-2009 e stima delle portate naturali di afflusso agli impianti
  - simulazione dell'esercizio ottimale degli impianti con scenari prezzi energia attuali e futuri a cura Enel

## Scenario climatico A1B

- Lo scenario prevede per l'area alpina nel periodo 2001-2050 un riscaldamento fino a +2° soprattutto nelle zone con quote superiori ai 1500 m e nel periodo autunnale.

Altri casi studio considerati nel progetto da altri partner : Valle d'Aosta(CVA-ETH-CESI) e alta valle del Rodano(ETH-Uni Ginevra)



# L'impatto dei cambiamenti climatici sulla producibilità idroelettrica - Alcune esperienze in Enel

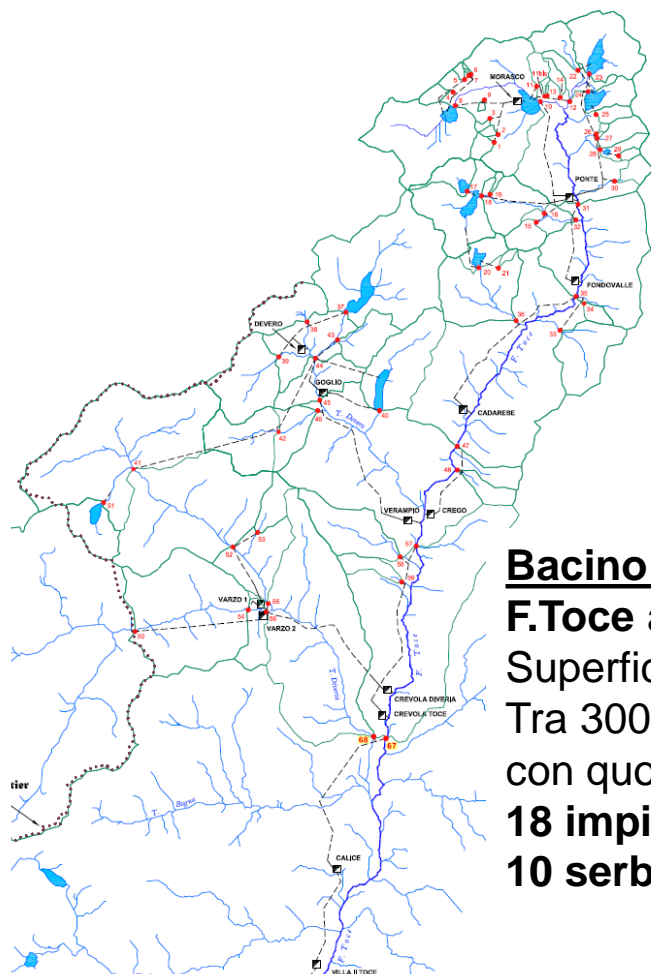


Assessing Climate impacts on the Quantity and quality of Water

Il modello di simulazione è costruito mediante un rete composta di 27 nodi e 64 archi.

L'esercizio ottimale degli impianti è ottenuto risolvendo un problema di programmazione lineare.

Ogni anno è simulato immaginando portate di afflusso note in anticipo.



## Bacino idrografico interessato dal caso studio

**F.Toce** a nord di Domodossola

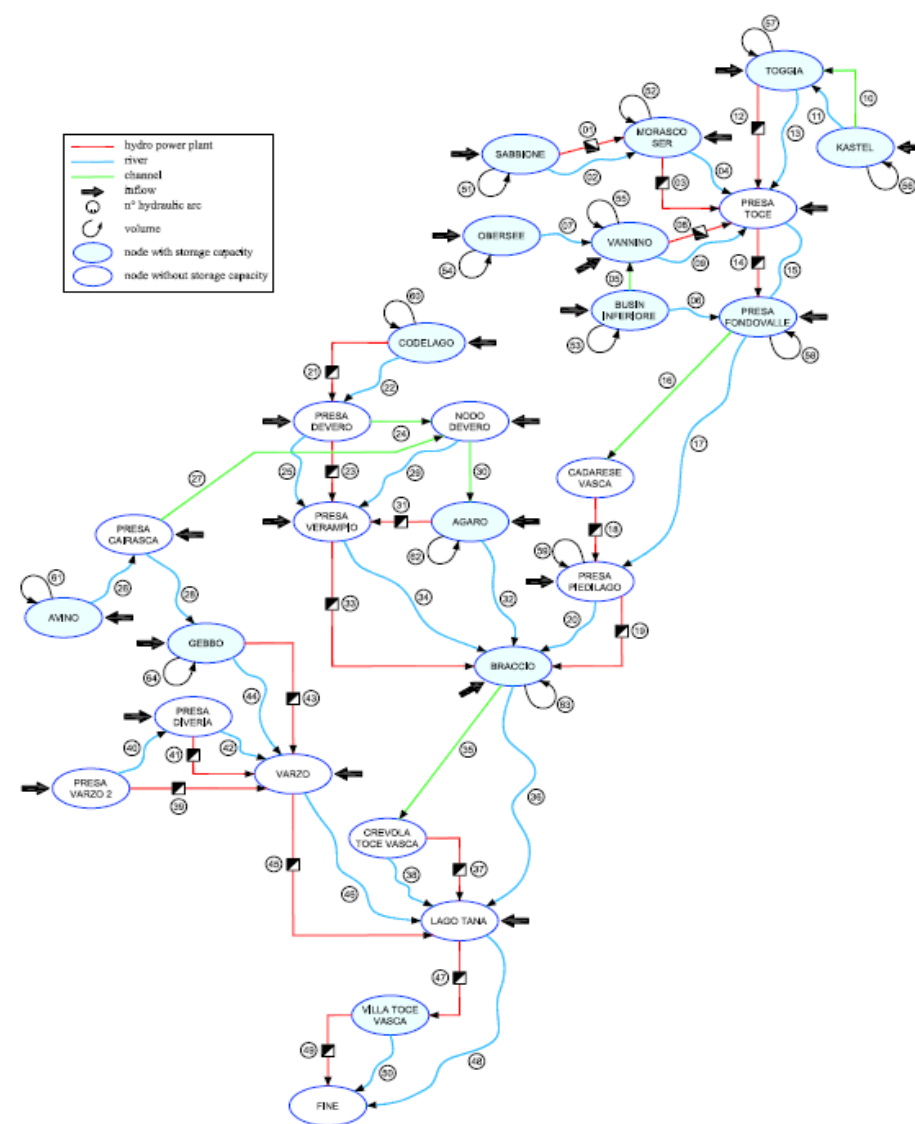
Superficie circa 700 km<sup>2</sup>

Tra 300 e 4100 m s.l.m.

con quota media 1900

**18 impianti idroelettrici (470 MW)**

**10 serbatoi (139 milioni di m<sup>3</sup>)**



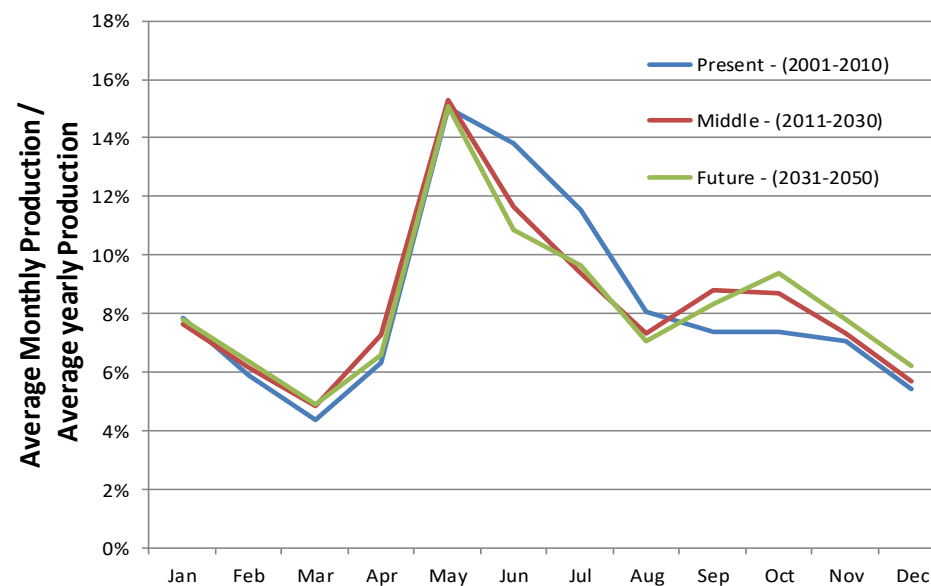
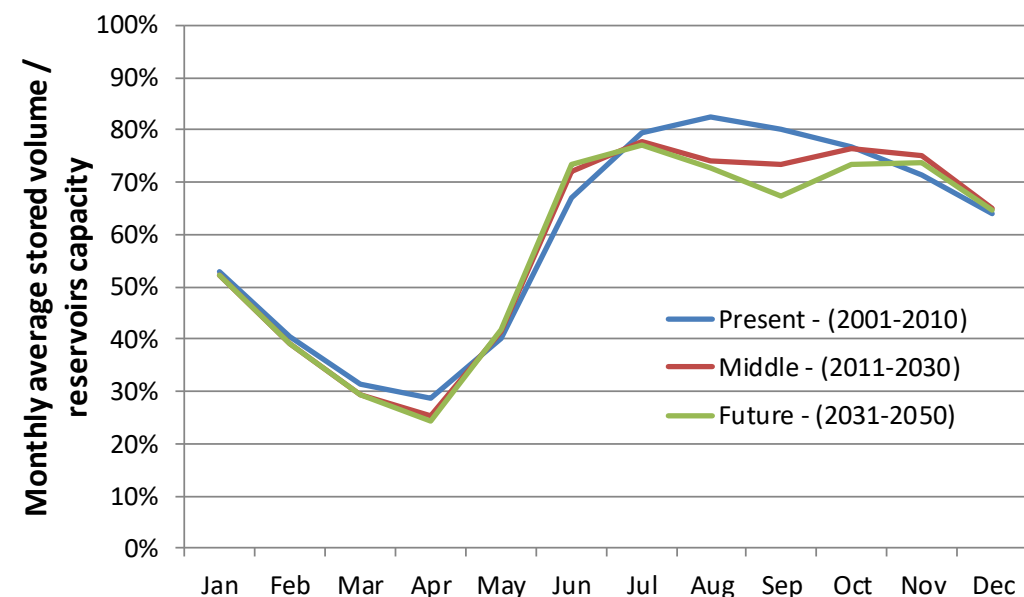
# L'impatto dei cambiamenti climatici sulla producibilità idroelettrica - Alcune esperienze in Enel



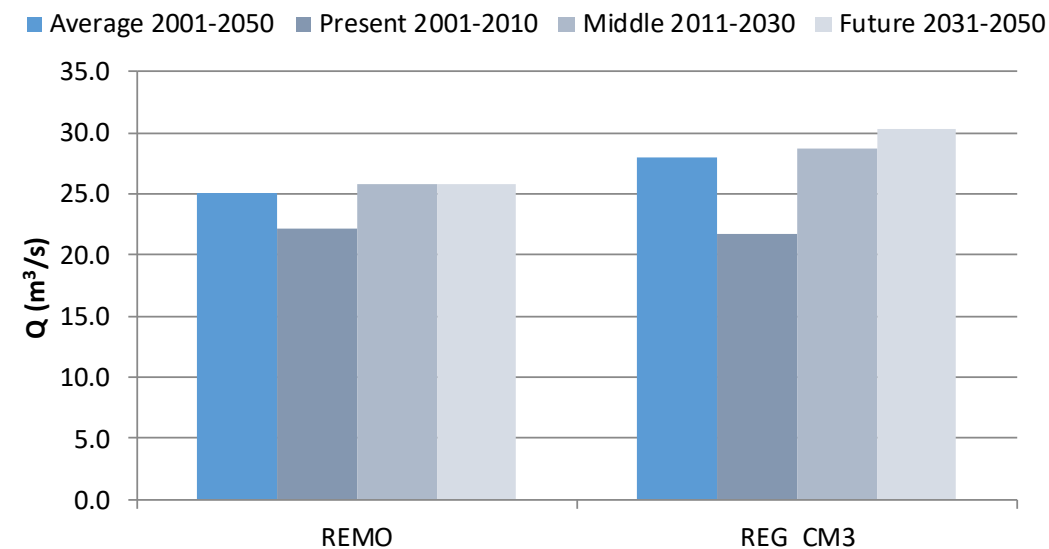
## Risultati

Assessing Climate impacts on the Quantity and quality of Water

- Le portate medie annue alla chiusura del bacino per le decadi dal 2011-2050 sono superiori a quelli della decade di riferimento 2001-2010
- Aumento delle produzioni autunnali ed invernali e diminuzione delle produzioni estive
- A prezzi di mercato dell'energia invariati la gestione dei serbatoi tende a modificarsi.



Toce river case study  
Average inflow for the considered catchment





Enabling Climate Information Services for Europe

- Area di studio Enel: bacino del T. Cordevole (BL) tra i 600 e 3300 m
- Dati e metodi utilizzati:
  - 4 scenari ottenuti risultati di due modelli regionali (**KNMI** e **SMHI**) accoppiati a differenti modelli circolazione (ECHAM5, BCM e Had) nello scenario di emissioni **A1B**:
    - 1) **KNMI-ECHAM5**
    - 2) **SMHI-ECHAM5**
    - 3) **SMHI-BCM**
    - 4) **SMHI-Had**.
  - downscaling a 1 km<sup>2</sup> dei risultati
  - sintesi dei dati su base mensile
  - simulazione della precipitazione liquida mensile mediante calibrazione modello di accumulo e fusione del manto nivale
  - stima della producibilità idroelettrica mensile utilizzando modello calibrato su serie storica 1975-1995





Enabling Climate Information Services for Europe

## **Modello evoluzione manto nevoso calibrato a partire da dati di precipitazione e temperatura mensili:**

- Valutazione della distribuzione stat. delle Tmedie giornaliere con media mensile  $T(t)$
- Stima della frazione nevosa delle precipitazioni (per calcolo accumulo neve)
- Stima della sommatoria mensile delle temperature giornaliere positive (per calcolo fusione manto)
- Valutazione del manto nevoso

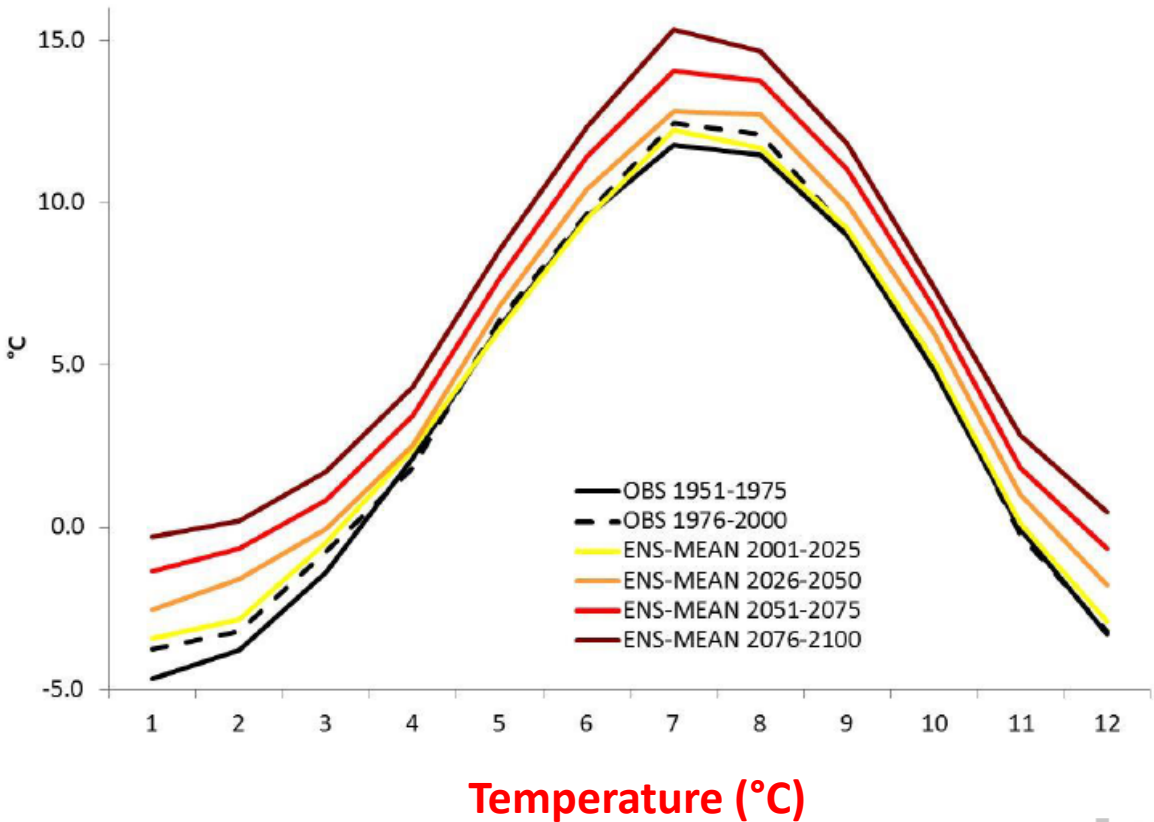
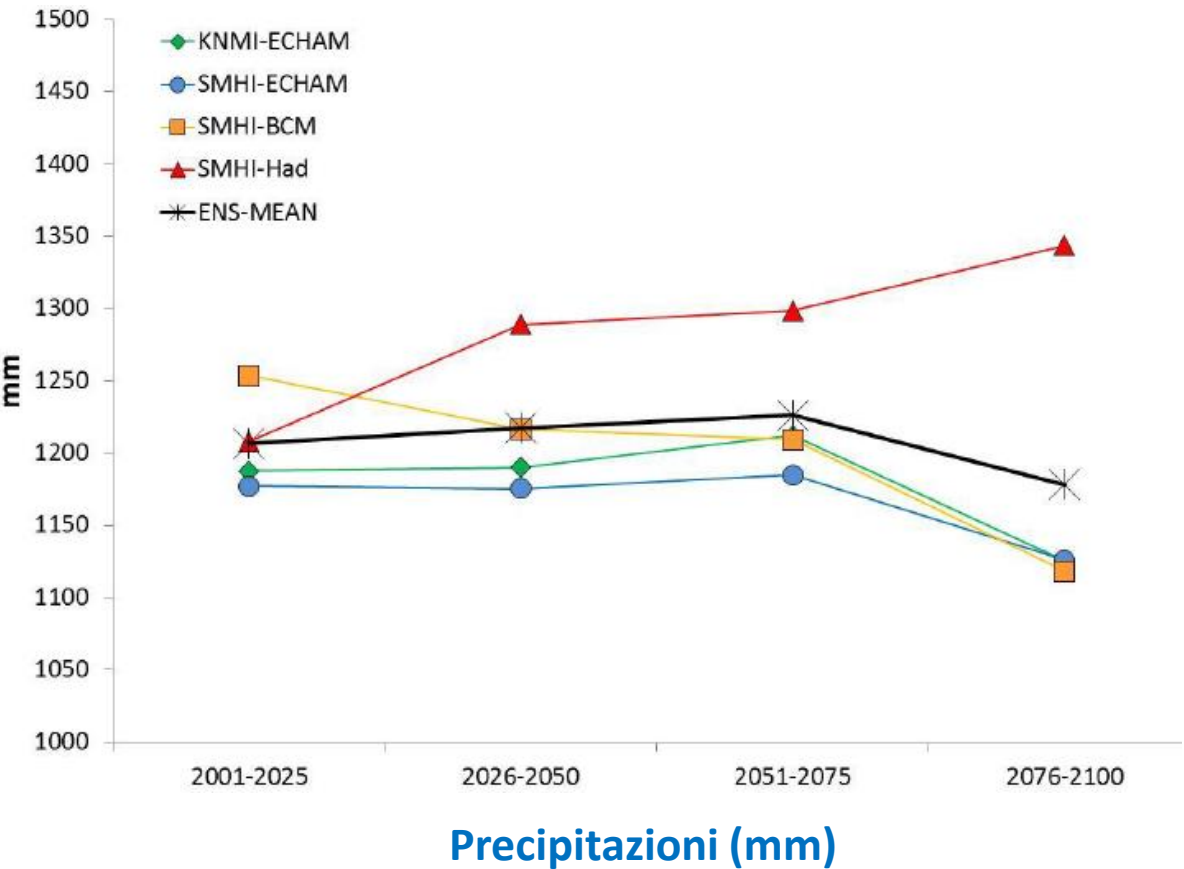
## **Modello di stima della producibilità per impianto**

*Producibilità(t)=Funzione[Precipitazione, MantoNevoso, Temperatura, Producibilità(t-1)]*



Enabling Climate Information Services for Europe

Risultati (forzanti meteorologiche)

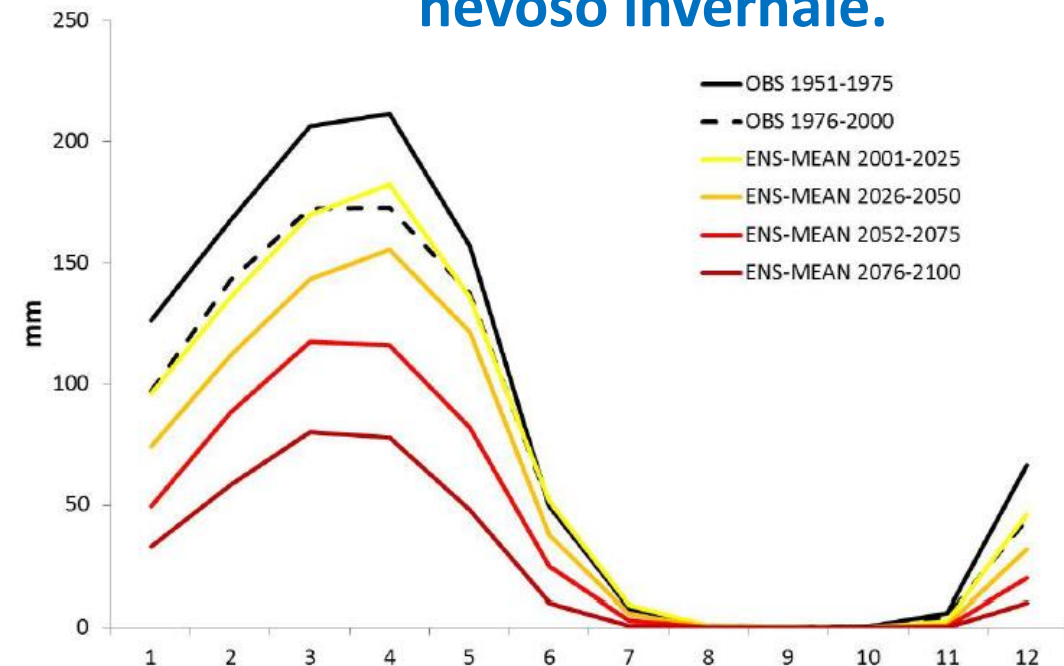




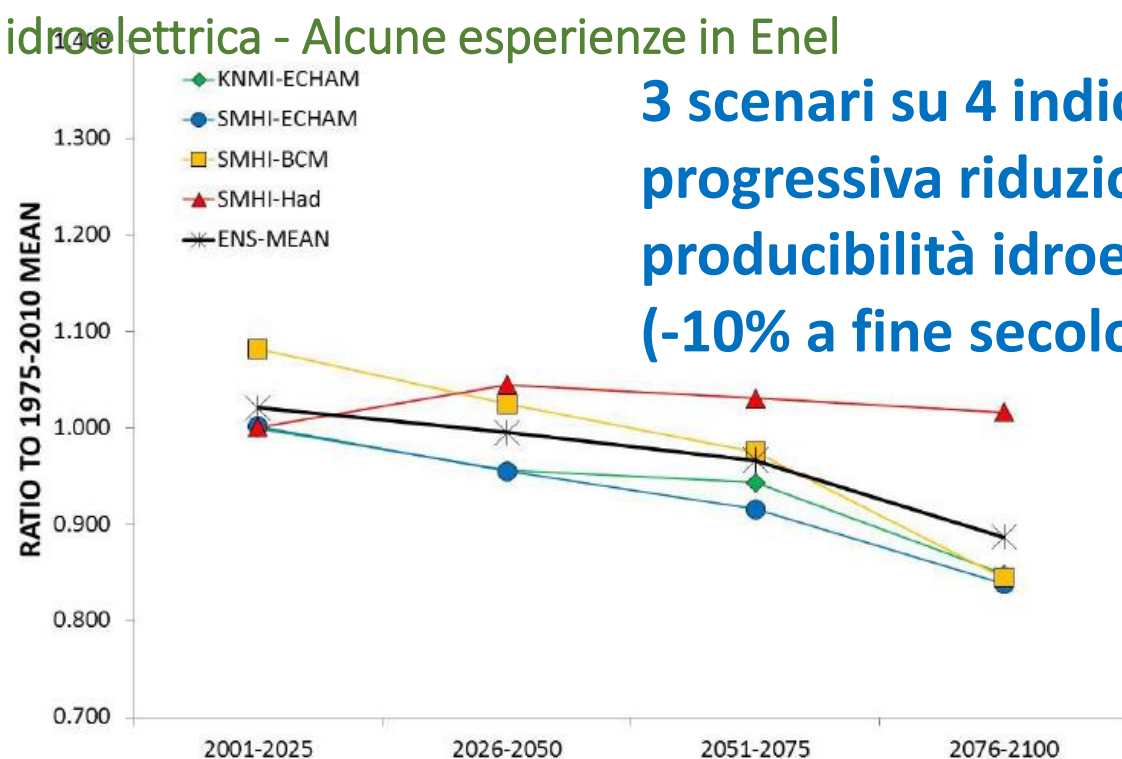
Enabling Climate Information Services for Europe

## Risultati

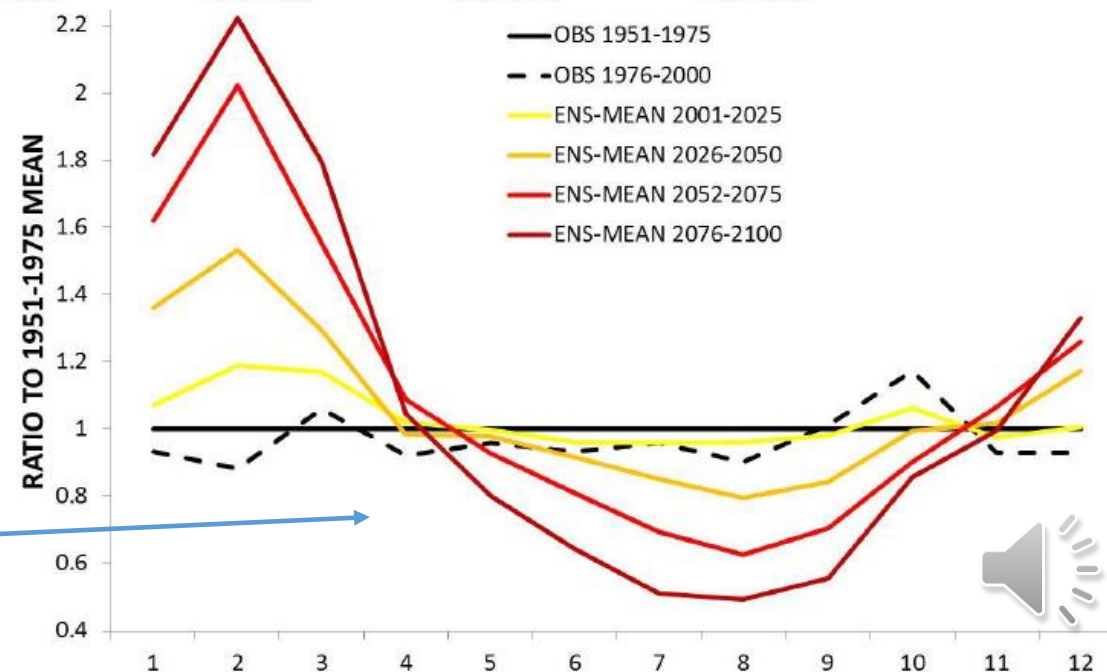
- Si riduce progressivamente la consistenza del manto nevoso invernale.



La distribuzione mensile indica un aumento della produzione invernale ed una contrazione di quella estiva.



3 scenari su 4 indicano una progressiva riduzione della producibilità idroelettrica (-10% a fine secolo)



## Conclusioni

- Le previsioni relative all'evoluzione dei deflussi non sono omogenee tra i diversi modelli (Had+, BCM-, ECHAM5-) e tra le diverse aree (Toce +, Cordevole -, Valle d'Aosta -, Alta valle del Rodano -): difficile trarre delle conclusioni generalizzabili.
- Più concorde lo scenario di aumento della temperatura ed effetti collegati: riduzione progressiva dei deflussi glaciali e nivali con collegato aumento delle portate autunnali ed invernali e riduzione di quelle primaverili ed estive.
- I due approcci consentono livelli di approfondimento e di indagine differenti
- Le analisi restano molto complesse ed insidiose a causa della enorme mole di dati da trattare e delle molte competenze e professionalità che è necessario coinvolgere ma rimangono indispensabili per tentare di dire qualche cosa sul futuro che ci attende a medio lungo termine.

## Riferimenti

**ACQWA** - Assessing Climate impacts on the Quantity and quality of Water, WP4, *Deliverable D.Science.12b: Impacts of CC on hydropower in the Alpine region*

**ECLISE** , Enable Climate Information Services for Europe - WP6 – Energy, *Deliverable 6.5 - Dams management in hydropower generation in Alpine and Apennines regions , Past and future stream flow estimates coupled to dam flow evaluation and hydropower production potential*



GRAZIE PER L'ATTENZIONE,

Dott. Francesco Dalla Valle

Enel Green Power Italia S.r.l.

E-mail [francesco.dallavalle@enel.com](mailto:francesco.dallavalle@enel.com)