

CARENZA IDRICA E IMPATTI SULLA PRODUZIONE DI ENERGIA

IL TREND DELL'IDROELETTRICO IN EMILIA-ROMAGNA MOSTRA UNA RESA RIDOTTA RISPETTO AL PASSATO, A CAUSA DELLE PROLUNGATE SICCIITÀ E DELL'AUMENTO DEL FABBISOGNO EVAPOTRASPIRATIVO. UNA SOLUZIONE, SOPRATTUTTO DURANTE LA STAGIONE ESTIVA, POTREBBE ESSERE DI ACCOPPIARLO A PANNELLI FOTOVOLTAICI GALLEGGIANTI.

Una delle maggiori criticità associata al cambiamento climatico è la gestione dell'acqua. L'acqua è essenziale nella maggior parte delle attività della nostra vita, è d'obbligo quindi riuscire a gestire in maniera ottimale questo bene sia nei momenti di sovrabbondanza sia di scarsità. L'uso dell'acqua è molto importante anche a fini energetici, essendo utilizzata sia per la produzione idroelettrica sia per il raffreddamento delle centrali termoelettriche.

L'idroelettrico in Italia soddisfa da decenni una rilevante percentuale del fabbisogno elettrico interno, approssimandosi al 20% della produzione nazionale su un valore normalmente intorno ai 50 TWh all'anno (il fabbisogno nazionale è di circa 300 TWh all'anno¹).

L'energia idroelettrica è sempre stata considerata una fonte (rinnovabile) non intermittente perché meno soggetta alla variabilità meteorologica rispetto all'eolico e al fotovoltaico grazie al fatto che la generazione spesso avviene in grandi impianti in prossimità di un invaso che funge da riserva d'acqua durante i periodi siccitosi. Il cambiamento climatico tuttavia mette a rischio questa fonte di approvvigionamento energetico a causa di prolungate siccità che diventano sempre più frequenti e intense, come constatato negli ultimi anni. Sebbene la media del cumulo annuo di precipitazione a livello regionale non abbia fino a ora

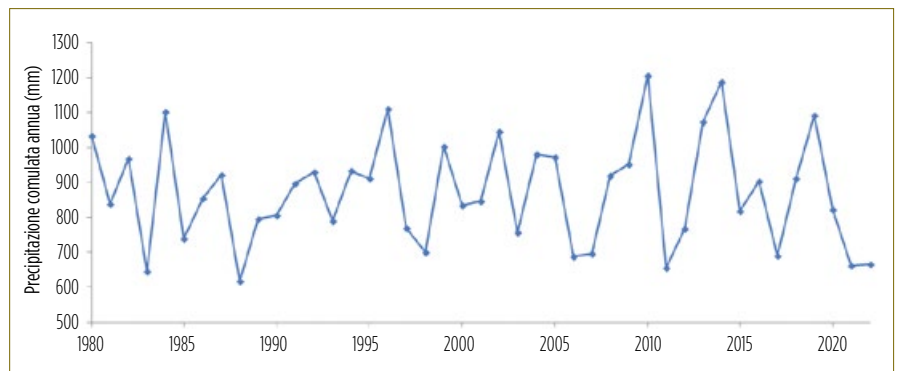


FIG. 1 CUMULATO ANNUO DI PRECIPITAZIONE
Media regionale calcolata dai dati del dataset Eraclito di Arpae.

mostrato un significativo cambiamento a livello regionale, la produzione di energia idroelettrica sta calando.

Nella *figura 1* riportiamo la media regionale del cumulo annuo di precipitazione, calcolata dai dati del dataset Eraclito di Arpae², da cui si nota un'elevata variabilità inter-annuale su tutto il periodo. Tuttavia, analizzando i dati degli anni del XXI secolo rispetto ai 20 anni precedenti, tale variabilità sembra cresciuta, con un aumento della deviazione standard da 136 mm a 176 mm, cioè un +27%. La grande irregolarità precipitativa interannuale diventa un grosso problema per la pianificazione. Le siccità che periodicamente colpiscono l'Emilia-Romagna portano a un numero di ore di esercizio dell'impianto inferiore, impattando negativamente sulle

produzioni. Tra l'altro neanche l'eccesso idrico, durante i momenti concentrati di piogge, apporta grandi vantaggi essendo i serbatoi progettati con un limite massimo di contenimento della risorsa idrica.

Il riscaldamento globale inoltre aumenta la traspirazione della vegetazione e l'evaporazione dal suolo e specchi d'acqua. I suddetti fattori concorrono tutti alla diminuzione dell'afflusso di risorsa idrica verso l'invaso e alla perdita di acqua dall'invaso stesso.

Nello stesso arco di tempo analizzato precedentemente, le temperature medie annuali regionali hanno visto un netto incremento (*figura 2*) che a sua volta ha portato a un accrescimento del fabbisogno idrico medio annuale valutato mediante l'evapotraspirazione di riferimento di circa 3,5 mm in più all'anno (*figura 3*).

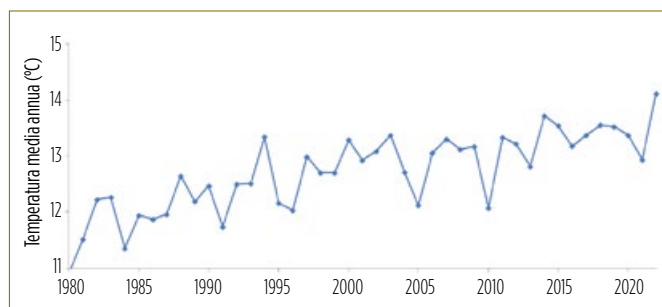


FIG. 2 ANDAMENTO MEDIO DELLE TEMPERATURE MEDIE ANNUALI DAL 1980 AL 2022
Le temperature medie annuali regionali hanno visto un netto incremento.

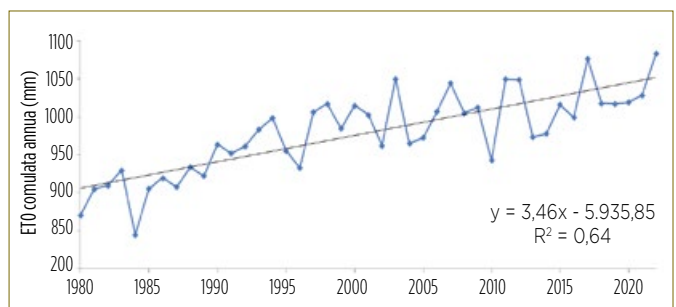


FIG. 3 ANDAMENTO MEDIO DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE DAL 1980 AL 2022
Fabbisogno idrico medio regionale annuale valutato mediante l'evapotraspirazione di riferimento.

Anno	Produzione (GWh)	Variazione percentuale
2019	716,4	-
2020	721,3	+1%
2021	640	-11%
2022	329,8	-54%

TAB. 1 DATI CUMULATI DI PRODUZIONE
Produzioni da grandi derivazioni regionali dal 2019 al 2022.

Analizziamo ora gli impatti dei cambiamenti climatici sopra descritti sul comparto idroelettrico regionale, utilizzando i dati di produzione provenienti dai rapporti annuali Terna³. La figura 4 mostra per la regione Emilia-Romagna la potenza efficiente netta degli impianti in esercizio durante gli ultimi anni. La potenza efficiente netta è aumentata dai 599,1 MW dell'anno 2000 a 677,7 MW installati a fine 2021. Malgrado la maggior potenzialità di produzione di energia, indicata dalla potenza efficiente netta, la produzione ha visto un evidente calo. Il trend rappresentato nella figura 5 mostra un calo medio annuale di quasi 18 GWh, legato prevalentemente alle condizioni climatiche.

I massimi di produzione si osservano proprio negli anni più piovosi, mentre i minimi corrispondono agli anni siccitosi ed è chiara la tendenza alla diminuzione.

I grafici di figura 4 e di figura 5 presentano i dati fino al 2021 poiché per l'anno 2022 sono al momento disponibili solo i dati di produzione delle grandi derivazioni, cioè degli impianti al di sopra dei 3.000 kW di potenza nominale. Questi impianti coprono indicativamente più della metà della produzione idroelettrica regionale. A livello di grandi derivazioni possiamo però vedere l'impatto di due anni siccitosi consecutivi sulle produzioni. La tabella 1 riporta i dati cumulati di produzione da grandi derivazioni dal 2019.

Il secondo anno estremamente secco consecutivo (2022) ha portato come conseguenza un crollo delle produzioni che sono risultate circa il 54% più basse rispetto al 2019 che risultava nella media. Esiste una discreta correlazione tra produzione lorda e precipitazioni, come mostrato dalla figura 6, ma ancora più forte è la correlazione tra produzione lorda ed evapotraspirazione di riferimento, come mostrato nella figura 7: l'aumentato fabbisogno idrico di suolo e piante, principalmente legato all'aumento delle temperature, ha un impatto negativo molto consistente sulle prestazioni degli impianti presenti in regione. Una cospicua perdita di produzione da bacini idroelettrici è da attribuire alla quantità d'acqua persa per evaporazione nel bacino dell'invaso.

Gli impianti idroelettrici con invaso artificiale possiedono uno specchio di acqua libera da cui l'acqua evapora. L'evaporazione da acqua libera può essere stimata tramite la formula di Shuttleworth (1993)⁴, uno sviluppo della formula di Penman (1948), basata su dati meteo giornalieri:

$$E = [m R_n + 6,43\gamma(1 + 0,536 U_2)\delta_e] / [\lambda v(m + \gamma)]$$

dove E (mm/giorno) è l'evaporato giornaliero, m (kPa/K) il coefficiente angolare della curva di pressione di vapore, R_n (MJ/m²/day) la radiazione netta, γ (kPa/K) è la costante psicrometrica, U₂ (m/s) la velocità del vento, δ_e (kPa) è il deficit di pressione di vapore, λ_v (MJ/kg) il calore latente di vaporizzazione.

Moltiplicando l'evaporato stimato per l'estensione degli invasi possiamo determinare i metri cubi d'acqua persi da ciascuno di essi per evaporazione. Abbiamo considerato i 19 invasi presenti nella più recente carta di uso del suolo della regione Emilia-Romagna (anno di riferimento 2017)⁵, considerando la superficie riferita al codice 5.1.2.2., denominata "bacini idroelettrici e bacini di potabilizzazione". I dati meteorologici osservati per ognuno di essi sono stati scaricati per gli anni dal 2007 (primo anno in cui è disponibile il dato di radiazione

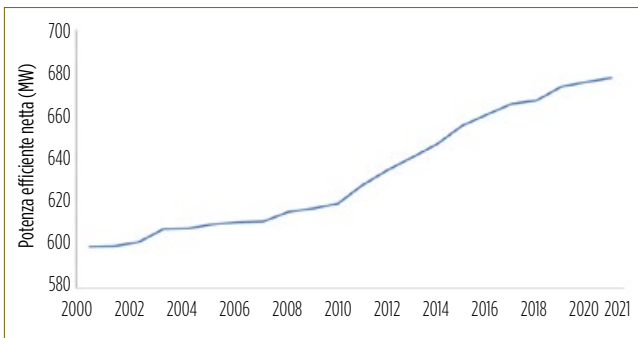


FIG. 4 TREND DI POTENZA EFFICIENTE NETTA REGIONALE DAL 2000 AL 2021
La potenza efficiente netta è aumentata dai 599,1 MW dell'anno 2000 a 677,7 MW installati a fine 2021.

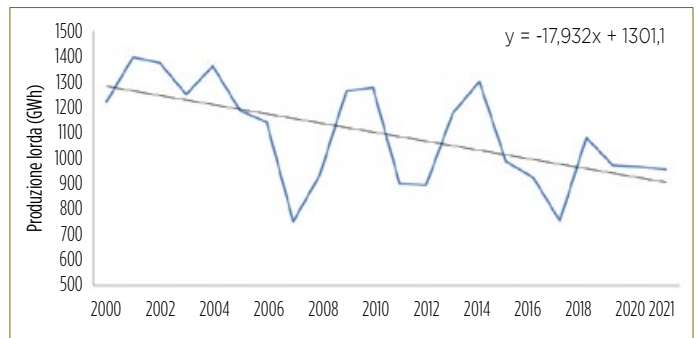


FIG. 5 TREND DI PRODUZIONE ANNUA LORDA REGIONALE DAL 2000 AL 2021
Il calo medio annuale è di quasi 18 GWh, legato prevalentemente alle condizioni climatiche.

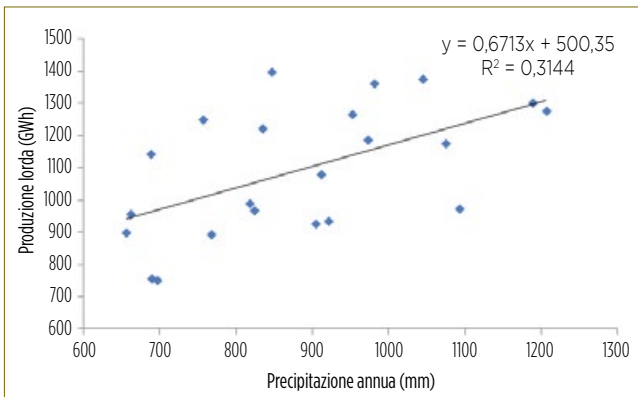


FIG. 6 PRODUZIONE LORDA E PRECIPITAZIONI
Relazione tra precipitazione cumulata annua mediata sull'Emilia-Romagna e produzione annua lorda.

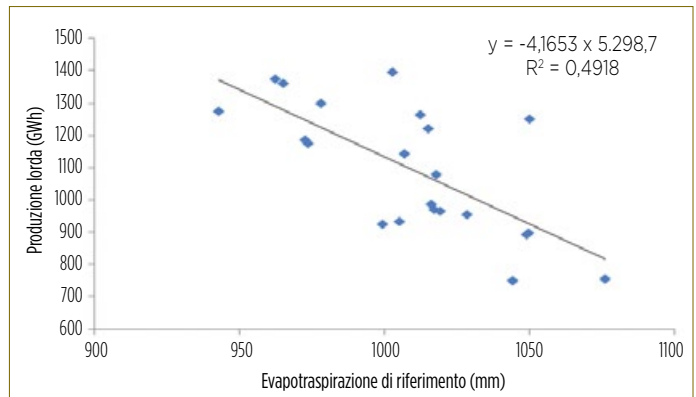


FIG. 7 TREND DI PRODUZIONE ANNUA LORDA REGIONALE DAL 2000 AL 2021
L'aumentato fabbisogno idrico di suolo e piante ha un impatto negativo sulle prestazioni degli impianti.

solare globale) al 2021 dalla banca dati Arpae Erg5⁶. Nella *tabella 2* sono riportati i valori medi di evaporazione annua e di volume evaporato calcolati per ogni bacino. L'incertezza del dato è stata calcolata come la semidispersione massima, cioè la metà della differenza tra valore massimo e valore minimo trovati nell'intervallo 2007-2021.

Si nota che l'evaporazione è strettamente legata al fattore altimetrico che non appare esplicitamente nella formula di Shuttleworth, ma che influenza temperatura e pressione locali dell'aria. Sommando i contributi di tutti i bacini regionali il volume evaporato mediamente dai bacini regionali è di quasi 5 milioni di metri cubi (4.888.549 m³). Questo numero è l'equivalente del consumo medio annuo domestico di circa 50.000 persone in Emilia-Romagna, considerando il consumo medio giornaliero di 250 litri pro-capite (vedasi Dgr 1195/2016). La quantità di acqua evaporata direttamente dagli specchi d'acqua è quindi ragguardevole e in annate estremamente siccitose, come sono state il 2021 e il 2022, se non fosse così dispersa potrebbe tornare di grande aiuto nella gestione dei momenti più critici dell'anno per qualsiasi utilizzo anche civile.

Un'idea per disperdere meno acqua potrebbe essere quella di coprire parzialmente la superficie degli invasi con pannelli fotovoltaici galleggianti in modo da limitare l'evaporazione (limitando lo specchio d'acqua libero) e allo stesso tempo fornire energia solare fotovoltaica soprattutto nei momenti dell'anno in cui l'idroelettrico è più scarso, cioè la stagione estiva. Il pannello fotovoltaico galleggiante è una tecnologia molto promettente che durante i periodi estivi produce di più rispetto al pannello fotovoltaico tradizionale poiché lavora a una temperatura inferiore a causa dell'adiacenza allo specchio d'acqua, aumentando di conseguenza la resa⁷.

In conclusione, in questo articolo abbiamo analizzato il trend di produzione dell'idroelettrico in Emilia-Romagna, che mostra come questo tipo di approvvigionamento energetico presenti una resa ridotta rispetto al passato. In particolare abbiamo visto come l'impatto delle prolungate siccità (vedasi soprattutto gli anni 2006-2007 e 2021-2022) e dell'aumento del fabbisogno evaporotraspirativo pregiudichi le produzioni da questa fonte. Per questo motivo è importante pianificare attentamente i nuovi impianti ed eventuali adeguamenti di quelli esistenti anche in base agli scenari climatici futuri

e non semplicemente analizzando i dati climatici attuali. Una soluzione per dare maggiore importanza all'idroelettrico a invaso potrebbe essere quella di accoppiarlo con pannelli fotovoltaici galleggianti, soluzione che darebbe vantaggi sia in termini di produzione di energia elettrica sia di risparmio idrico evitando parzialmente l'evaporazione superficiale dagli specchi d'acqua.

Antonio Volta, Simonetta Tugnoli, Gabriele Antolini, Valentina Pavan, Giulio Kerschbaumer, Matteo Sterpetti, Federico Grazzini, Cinzia Alessandrini, Leonardo Palumbo, Donatella Bandoli

Arpae Emilia-Romagna

NOTE

- ¹ www.terna.it/it/sistema-elettrico/pubblicazioni/rapporto-mese
- ² <https://dati.arpae.it/dataset/erg5-eracrito>
- ³ www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche
- ⁴ <https://hess.copernicus.org/articles/11/210/2007/hess-11-210-2007.pdf>
- ⁵ <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/notizie/servizi-e-applicazioni/uso-del-suolo-di-dettaglio-2017>
- ⁶ <https://dati.arpae.it/dataset/erg5-interpolazione-su-griglia-di-dati-meteo>
- ⁷ https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/10/04_Boris-FARNUNG_Floating-PV.pdf



Bacino	Altitudine (m slm)	Estensione (ha)	Evaporazione (mm)	Volume evaporato (m ³)
Lago di Trebecco	400	47,2	1.265 ± 203	596.448 ± 95.775
Torrente Aveto	800	4,6	895 ± 138	41.453 ± 6.406
Lago di Mignano	463	75,1	1.057 ± 160	793.797 ± 120.181
Bacino di Bosco	1168	0,9	708 ± 105	6.558 ± 968
Laghi di Vecciatica	1000	2,7	967 ± 141	26.290 ± 3.829
Lago della presa alta	1417	1,0	663 ± 108	6.926 ± 4.964
Lago di Fontanaluccia	773	18,9	926 ± 144	175.350 ± 27.327
Torrente Dragone	953	2,2	851 ± 132	18.441 ± 2.860
Lago Oasi Serena	892	0,9	884 ± 127	7.728 ± 1.114
Torrente Scoltenna	887	5,4	994 ± 153	54.045 ± 8.309
Centrale di Strettara	534	0,3	1.110 ± 170	3.576 ± 547
Bacino di Pavana	597	2,6	1.051 ± 171	27.156 ± 4.421
Lago di Suviana	597	148,9	1.051 ± 171	1.565.562 ± 254.848
Lago del Brasimone	759	53,8	982 ± 168	528.199 ± 90.365
Lago di Santa Maria	567	7,7	977 ± 170	75.415 ± 13.146
Centrale idroelettrica le Piane	370	0,4	1.095 ± 187	4.584 ± 781
Lago di Tavianella	884	1,5	971 ± 157	14.455 ± 2.337
Lago di Ridracoli	866	99,2	919 ± 190	912.497 ± 188.155
Lago di Quarto	374	2,8	1.069 ± 161	30.070 ± 4.530

TAB. 2 EVAPORAZIONE
Stima dell'evaporazione da ciascun bacino idroelettrico dal 2007 al 2021.