

Bilancio idrologico nazionale: focus su siccità e disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile. Aggiornamento al 2022

Bilancio idrologico nazionale: focus su siccità e disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile. Aggiornamento al 2022

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Rapporti 388/2023
ISBN 978-88-448-1167-9

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Alessia Marinelli, **ISPRA** – Area Comunicazione Ufficio Grafica
Foto di copertina: Stefano Mariani, Fiumara Bonamico a Bovalino (RC)

ISPRA – Area per l'idrologia, l'idrodinamica e l'idromorfologia, lo stato e la dinamica evolutiva degli ecosistemi delle acque interne superficiali

Coordinamento pubblicazione online:

Daria Mazzella
ISPRA – Area Comunicazione

Autori

Giovanni Braca, Stefano Mariani, Barbara Lastoria, Francesca Piva, Francesca Archi, Anna Botto, Marco Casaioli, Tiziana Forte, Giulia Marchetti, Cosimo Peruzzi, Robertino Tropeano, Claudia Vendetti e Martina Bussetini

ISPRA, Dipartimento per il Monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente e per la Conservazione della Biodiversità, Area per l'idrologia, l'idrodinamica e l'idromorfologia, lo stato e la dinamica evolutiva degli ecosistemi delle acque interne superficiali

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano i colleghi ISPRA: della Sezione di climatologia operativa per le mappe di temperatura media mensile, prodotte in ambito SCIA; del Servizio per il sistema informativo nazionale ambientale per il "*Soil Sealing rate*" layer ad alta risoluzione, ottenuto dagli "*Imperviousness*" layer dell'EU Copernicus Land Monitoring Service; del Servizio per la geologia applicata, la pianificazione di bacino e la gestione del rischio idrogeologico, l'idrogeologia e l'idrodinamica delle acque sotterranee per la carta del coefficiente di infiltrazione potenziale. Tali strati informativi sono stati utilizzati nel modello BIGBANG per la valutazione delle componenti del bilancio idrologico.

Un ringraziamento particolare va ai colleghi degli uffici regionali e delle province autonome afferenti al Tavolo Nazionale per i Servizi di Idrologia Operativa per il supporto nella raccolta dei dati di precipitazione utilizzati nel BIGBANG e per la proficua collaborazione e la disponibilità offerta.

Contatti

Giovanni Braca, giovanni.braca@isprambiente.it

Citare come segue:

Braca, G., Mariani, S., Lastoria, B., Piva, F., Archi, F., Botto, A., Casaioli, M., Forte, T., Marchetti, G., Peruzzi, C., Tropeano, R., Vendetti, C., e Bussetini, M., 2023: Bilancio idrologico nazionale: focus su siccità e disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile. Aggiornamento al 2022. Rapporti n. 388/2023, ISPRA, Roma.

Sommario

1	Introduzione	5
2	Analisi delle precipitazioni	6
3	Caratterizzazione della siccità a scala annuale	9
4	Valutazione della disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile	16
5	Bibliografia	20

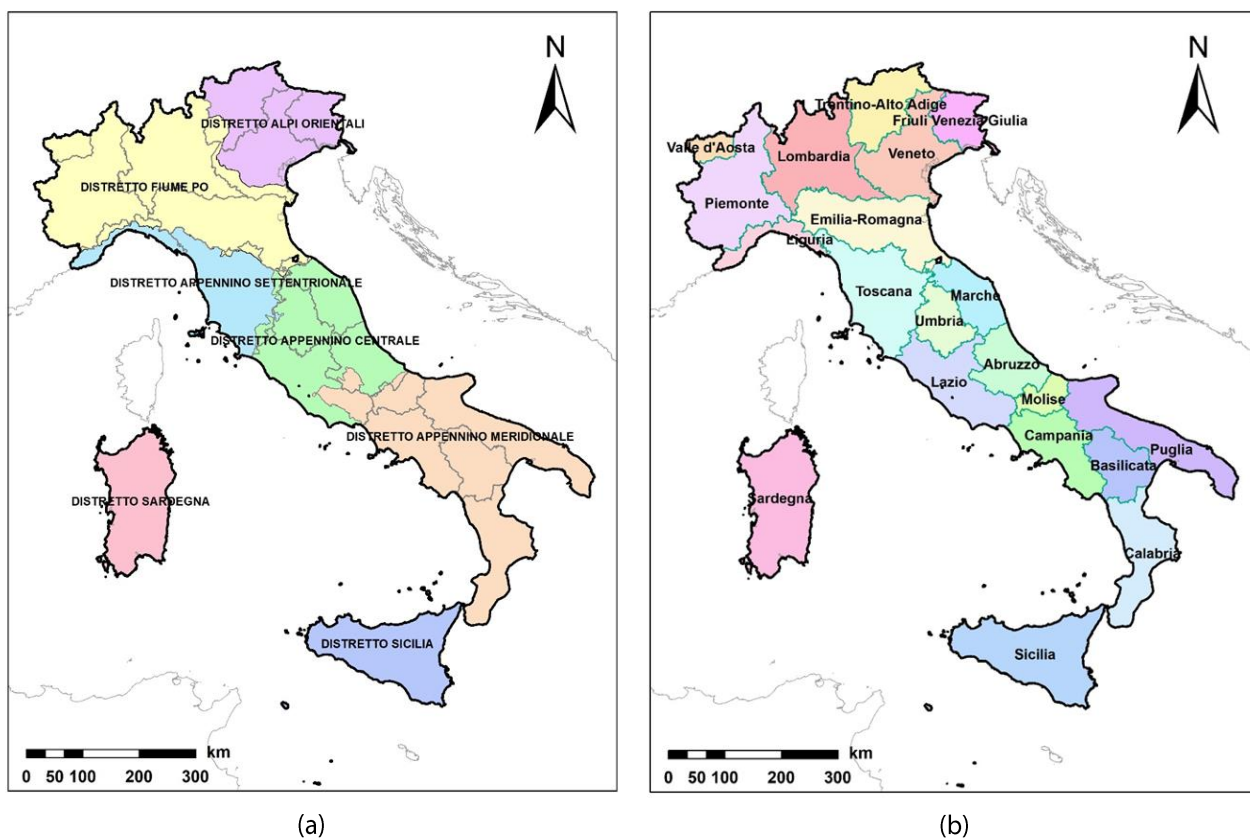
1 Introduzione

L'ISPRA, mediante il modello denominato BIGBANG-Bilancio Idrologico GIS BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare (Braca et al., 2021), elabora ogni anno la stima delle componenti del bilancio idrologico, come precipitazione totale (*total precipitation*), evapotraspirazione (*actual evapotranspiration*), ruscellamento (*surface run-off*), ricarica degli acquiferi (*aquifer recharge*), ecc., nonché una serie di variabili idrologiche, a diverse scale di aggregazione temporale e spaziale. A partire da tali elaborazioni, l'Istituto stima la disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile, definita come la differenza tra l'afflusso totale (somma di pioggia e scioglimento nivale) e l'evapotraspirazione. Le scale di aggregazione temporale alle quali sono forniti gli output del modello di bilancio idrologico sono quelle mensile e annuale, incluse in queste ultime le medie annuali sui trentenni climatologici e quelle di lungo periodo (LTAA-Long Term Annual Average), mentre per quanto riguarda la scala spaziale, oltre a quella nazionale, l'aggregazione di riferimento è quella di bacino, ambito territoriale rispetto al quale si valutano processi e fenomeni che attengono al ciclo idrologico. Sono, inoltre, considerate le aggregazioni spaziali a livello di Distretto Idrografico (di cui all'art. 64 del D.Lgs. 152/2006¹), di Regione e di compartimento (del soppresso SIMN-Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale).

A giugno 2023, rilasciando la versione 7.0 delle elaborazioni del modello BIGBANG, l'ISPRA ha aggiornato al 2022 la stima delle componenti del bilancio idrologico, coprendo così integralmente il periodo 1951–2022, dei cui esiti il presente Report rappresenta una prima sintesi e analisi.

In esso, in particolare, si forniscono le stime delle componenti del bilancio idrologico e la disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile, per l'anno 2022, alle scale spaziali nazionale, di Distretto Idrografico (Figura 1a) e di Regione (Figura 1b), quest'ultima fornita con finalità meramente statistica, trattandosi di aggregazione amministrativa e non di bacino.

Figura 1: Territori rispetto ai quali sono aggregate le componenti del bilancio idrologico stimate tramite il modello BIGBANG: (a) Distretti Idrografici; (b) Regioni.

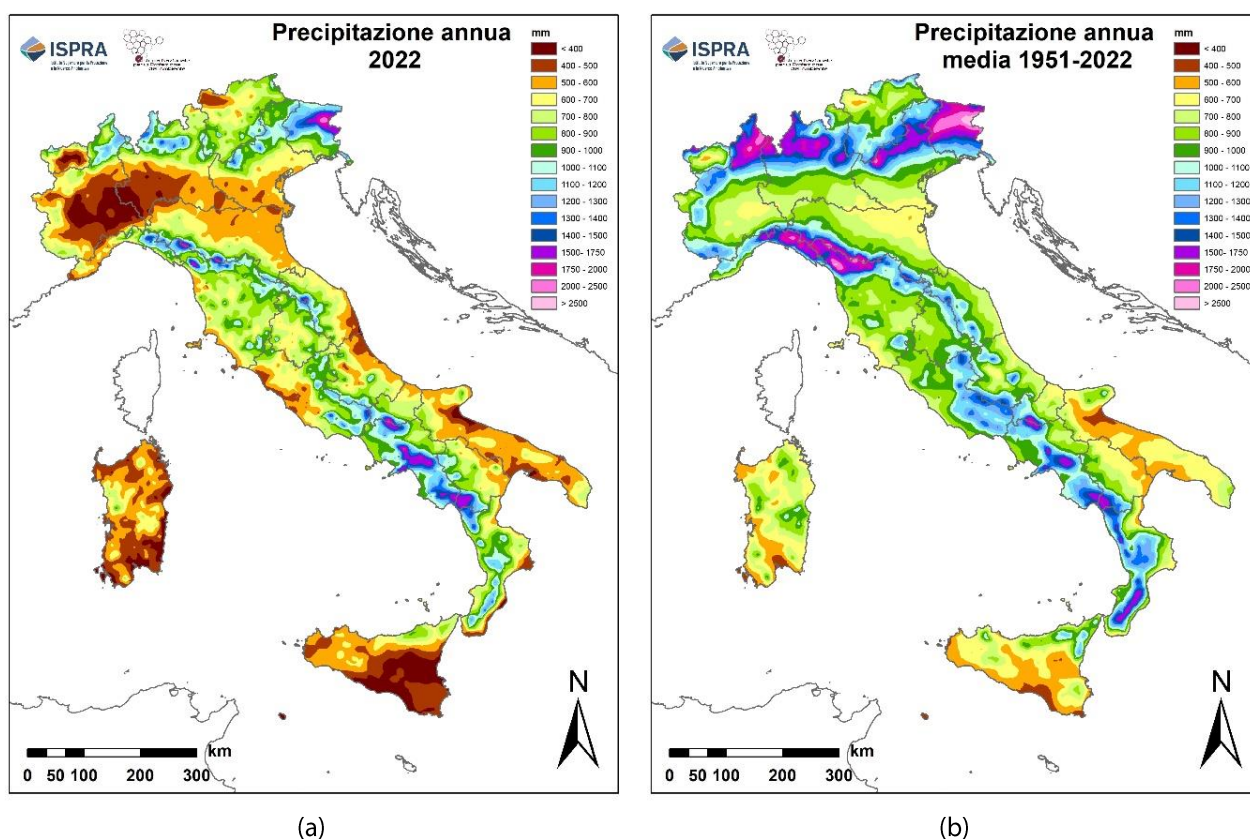


¹ Così come modificato dall'art. 51 comma 5 della L. 221/2015.

2 Analisi delle precipitazioni

Dalle elaborazioni del modello BIGBANG 7.0, basato sui dati di precipitazione e temperatura principalmente degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN, è emerso che il 2022 è stato l'anno in cui la precipitazione totale annua (Figura 2a), ragguagliata al territorio nazionale, ha fatto registrare il valore minimo dal 1951. I 719.1 mm di precipitazione totale annua del 2022, rapportati ai 949.9 mm corrispondenti al valore medio annuo per il periodo 1951–2022 (Figura 2b), presentano una riduzione o deficit di precipitazione di circa il –24%. Prima del 2022, i due valori più bassi di precipitazione totale annua erano i 751.9 mm registrati nel 2007 e i 757.5 mm del 2017, come ben evidenziato nella Figura 3.

Figura 2: Mappe di precipitazione: (a) precipitazione annua per il 2022; (b) precipitazione annua media su lungo periodo 1951–2022. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.



Il deficit di precipitazione annua, tuttavia, ha interessato il territorio nazionale in maniera molto diversificata (Figura 4). L'area più colpita è stata quella del Nord Ovest, dove, in vaste porzioni di territorio, si sono raggiunti valori di deficit, anche inferiori a –50%. Sul Distretto Idrografico del Fiume Po il deficit è risultato essere del –36%, conseguente a un valore di precipitazione che nel 2022 è stato per il territorio distrettuale di soli 650.2 mm a fronte di una media di lungo periodo di 1015.7 mm. Sempre elevato, è stato il deficit di precipitazione annua nel territorio del Distretto delle Alpi Orientali, dove gli 862.1 mm di precipitazione annua rispetto a una media di lungo periodo di 1198.2 mm corrispondono a un deficit medio di –28%, sebbene in ampie zone dello stesso Distretto il deficit di precipitazione abbia raggiunto anche valori compresi tra –30% e –40%. Meno estremi, ma pur sempre notevoli, sono stati i deficit di precipitazione annua nei Distretti dell'Appennino Settentrionale e dell'Appennino Centrale dove si sono raggiunti valori medi di –21% e di –20%, rispettivamente, con punte che localmente hanno raggiunto valori anche dell'ordine del –40%. Nel Distretto dell'Appennino Meridionale, il deficit medio è risultato, invece, molto più contenuto e pari al –9%. Nel Distretto della Sicilia il valore di precipitazione annua di 496.5 mm per il 2022 ha comportato, rispetto alla media di lungo periodo di 668.2 mm, un deficit percentuale pari a –26% con punte dell'ordine di –50% nella zona orientale della Regione. Nel Distretto della Sardegna il deficit di precipitazione medio annuo è stato di –27%, tenendo conto che, rispetto alla media di lungo periodo di 699.8 mm, nel 2022 la precipitazione annua è stata di 510.7 mm.

Figura 3: Serie storica della precipitazione annua ragguagliata al territorio nazionale ordinata in senso decrescente. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.

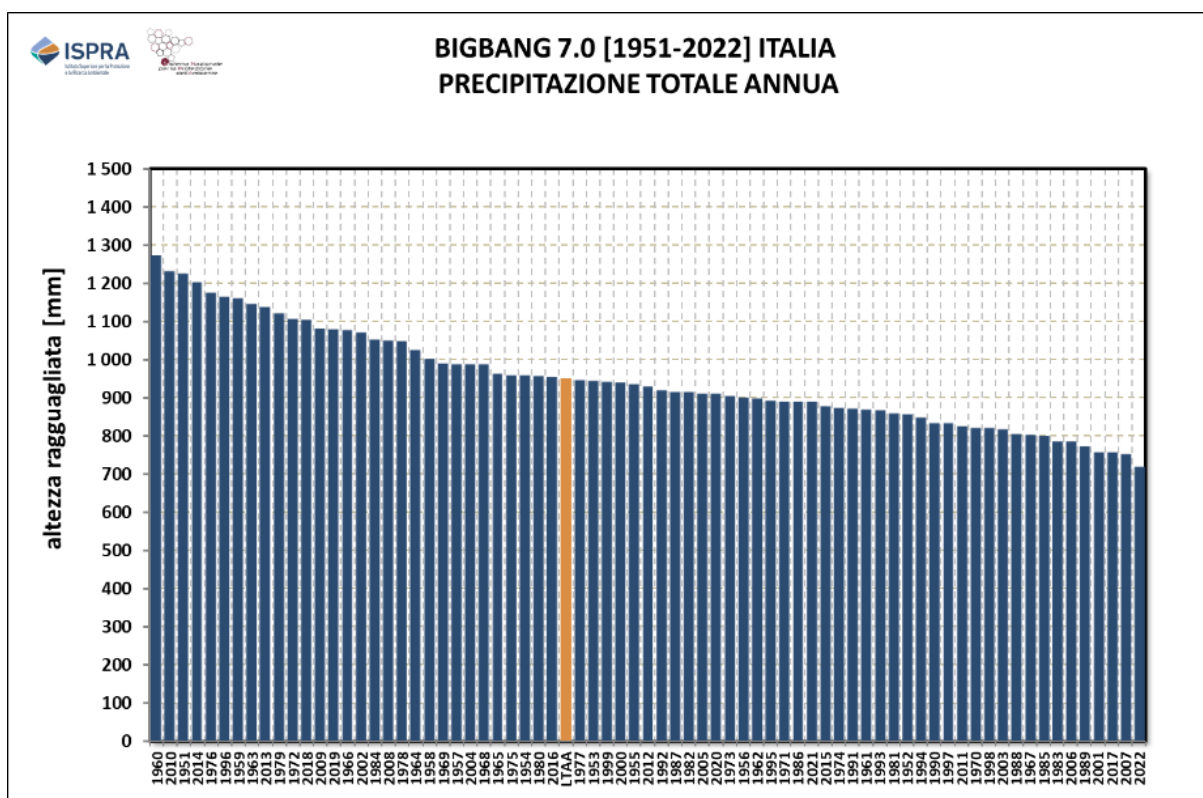
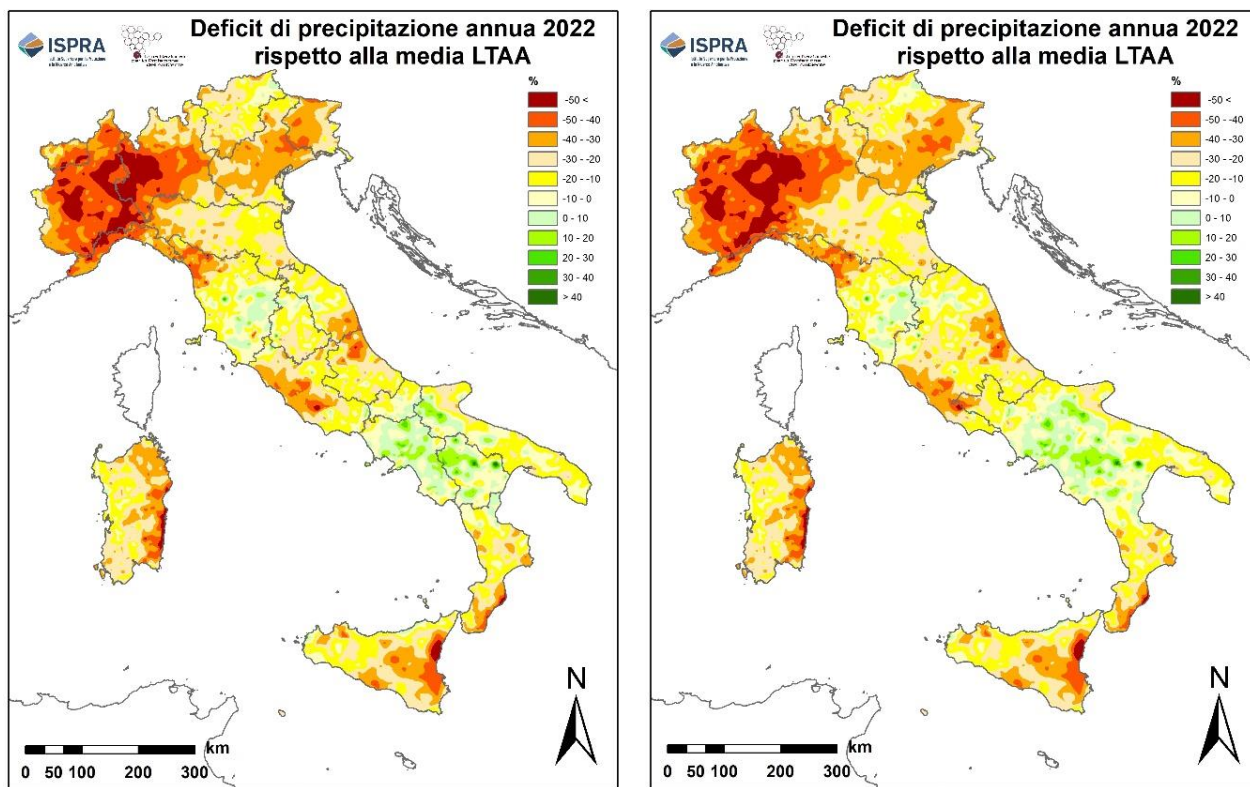


Figura 4: Mappa del deficit percentuale di precipitazione annua nel 2022 rispetto alla media di lungo periodo 1951–2022: (a) con la suddivisione in Regioni; (b) con la suddivisione in Distretti Idrografici. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.



(a)

(b)

Nella Tabella 1 sono riportati i valori della precipitazione annua del 2022 ragguagliata ai territori dei Distretti Idrografici e al territorio nazionale e i corrispondenti deficit percentuali calcolati sia rispetto alla media di lungo periodo sulla serie storica 1951–2022 (LTAA), sia rispetto alla media annua dell'ultimo trentennio climatologico 1991–2020. La tabella, che riassume in forma sintetica e immediata quanto precedentemente illustrato, aggiunge un'ulteriore informazione riguardo alla specificità del 2022, ovvero che anche il raffronto con i dati medi riferiti all'ultimo trentennio climatologico conferma la significatività dei deficit di precipitazione del 2022 sia a scala distrettuale che nazionale.

Nella Tabella 2 sono riportate le medesime tipologie di anomalia riportate nella Tabella 1, ma aggregate alla scala regionale anziché a quella distrettuale. Il confronto con i valori medi calcolati sul lungo periodo mostra che il valore massimo del deficit di precipitazione annua rispetto alla LTAA si è verificato in Piemonte con circa il –44%, seguito da Liguria (–40.6%), Lombardia (–38.2%) e Valle d'Aosta (–37.5%). Positiva invece, anche se di poche unità, la differenza percentuale tra la precipitazione annua del 2022 e la LTAA per la Campania (+1.8%) e la Basilicata (+2.4%), come d'altra parte evidenziato anche in Figura 4.

Tabella 1: Precipitazione annua (in mm) del 2022 nei Distretti Idrografici e in Italia e deficit percentuale rispetto alla media di lungo periodo 1951–2022 (LTAA) e alla media del trentennio climatologico 1991–2020. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.

DISTRETTO IDROGRAFICO	2022	MEDIA LTAA	DEFICIT	MEDIA 1991–2020	DEFICIT
	mm	mm	%	mm	%
ALPI ORIENTALI	862.1	1198.2	–28.1	1237.2	–30.3
FIUME PO	650.2	1015.7	–36.0	1015.2	–36.0
APPENNINO SETTENTRIONALE	821.5	1036.1	–20.7	1028.0	–20.1
APPENNINO CENTRALE	754.7	943.9	–20.0	915.5	–17.6
APPENNINO MERIDIONALE	830.3	910.8	–8.8	892.7	–7.0
SARDEGNA	510.7	699.8	–27.0	664.6	–23.2
SICILIA	496.5	668.2	–25.7	687.6	–27.8
ITALIA	719.1	949.9	–24.3	944.4	–23.9

Tabella 2: Precipitazione annua (in mm) del 2022 nelle Regioni e in Italia e deficit percentuale rispetto alla media di lungo periodo 1951–2022 (LTAA) e alla media del trentennio climatologico 1991–2020. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.

REGIONE	2022	MEDIA LTAA	DEFICIT	MEDIA 1991–2020	DEFICIT
	mm	mm	%	mm	%
ABRUZZO	713.4	914.4	–22.0	909.3	–21.5
BASILICATA	839.7	820.3	+2.4	804.1	+4.4
CALABRIA	848.3	1067.5	–20.5	1030.4	–17.7
CAMPANIA	1120.1	1099.9	+1.8	1058.9	+5.8
EMILIA ROMAGNA	669.0	885.5	–24.4	872.7	–23.3
FRIULI VENEZIA GIULIA	1153.2	1683.6	–31.5	1727.3	–33.2
LAZIO	789.9	1026.7	–23.1	980.2	–19.4
LIGURIA	767.2	1291.9	–40.6	1303.6	–41.1
LOMBARDIA	678.7	1097.5	–38.2	1092.7	–37.9
MARCHE	761.3	935.5	–18.6	912.9	–16.6
MOLISE	846.7	920.7	–8.0	923.0	–8.3
PIEMONTE	585.8	1048.7	–44.1	1048.7	–44.1
PUGLIA	576.0	638.6	–9.8	650.4	–11.4
SARDEGNA	511.5	701.1	–27.0	665.7	–23.2
SICILIA	496.5	668.2	–25.7	687.6	–27.8
TOSCANA	848.6	1011.0	–16.1	996.1	–14.8
TRENTINO ALTO ADIGE	782.0	987.3	–20.8	1028.1	–23.9
UMBRIA	801.4	931.9	–14.0	903.4	–11.3
VALLE D'AOSTA	599.0	957.8	–37.5	1029.9	–41.8
VENETO	743.3	1064.0	–30.1	1095.7	–32.2
ITALIA	719.1	949.9	–24.3	944.4	–23.9

3 Caratterizzazione della siccità a scala annuale

La siccità è una condizione meteorologica naturale e temporanea in cui si manifesta una sensibile riduzione delle precipitazioni rispetto alle condizioni climatiche del luogo in esame. Come è noto la caratterizzazione della siccità può essere effettuata a diverse scale temporali, ognuna delle quali può evidenziare impatti diversi in ambiti diversi: ambientali, economici e sociali. La valutazione della siccità può essere pertanto effettuata mediante diversi indici.

Ai fini del presente report, si è deciso di utilizzare in primis lo *SPI-Standardized Precipitation Index* (McKee et al., 1993) l'indice comunemente usato a livello internazionale (WMO, 2006, 2009, 2012) e nazionale (Mariani et al., 2018) per quantificare la siccità in termini dei valori di precipitazione. Ricordiamo brevemente che lo SPI è un indice standardizzato che valuta lo scostamento della precipitazione cumulata su diverse durate (scale temporali) rispetto alla climatologia dell'area in esame, i cui valori positivi indicano un eccesso o surplus di precipitazione rispetto alla mediana della serie, mentre valori negativi ne indicano un deficit, ossia condizioni siccitose. Una condizione di siccità estrema si ha per valori di $SPI \leq -2$; condizioni di siccità severa si hanno per valori superiori a -2.0 e minori o uguali a -1.5 , mentre si parla di siccità moderata per valori superiori a -1.5 e minori o uguali a -1.0 (WMO, 2012). I valori di SPI compresi tra -1 e 1 indicano condizioni di normalità, mentre valori di $SPI > 1$ indicano diverse condizioni di umidità, da quella moderata a quella severa (WMO, 2012). Si è, inoltre, scelto di analizzare la gravità della siccità utilizzando come scala temporale di riferimento quella annuale rappresentativa della cosiddetta "siccità idrologica", ossia degli impatti del deficit di precipitazione sul deflusso nei corsi d'acqua, sulla ricarica delle falde acquifere e sugli invasi. La caratterizzazione della siccità viene quindi effettuata sulla base della valutazione dell'indicatore a 12 mesi (SPI12).

Dall'analisi dello SPI12, calcolato per ciascun mese del 2022, si osserva che i mesi in cui la porzione di territorio italiano affetto da condizioni di siccità estrema ha raggiunto la sua massima estensione sono stati novembre e luglio (Figura 5 e Figura 6). In tali mesi, la percentuale di territorio caratterizzata da $SPI12 \leq -2$ è stata del 21.4% e del 20.9%, rispettivamente, interessando in particolare il Distretto Idrografico del Fiume Po e l'area meridionale del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali e, in maniera minore e localizzata, alcuni territori dei Distretti dell'Appennino Settentrionale e dell'Appennino Centrale (Figura 5). La valutazione dello SPI di luglio tiene anche conto del deficit di precipitazione che aveva interessato l'Italia e, in particolare, diverse aree del nord, già dalla fine del 2021. Ciò è dovuto al fatto che la valutazione dello SPI12 di luglio è basata sul confronto e sullo scostamento della precipitazione cumulata tra agosto 2021–luglio 2022 e la climatologia delle cumulate agosto–luglio, costruita a partire dalle serie di precipitazione dal 1951 a oggi.

Nell'analisi della siccità va, inoltre, considerata un'ulteriore percentuale di territorio soggetta a un livello di siccità severa o moderata ($-2 < SPI \leq -1$) che per tutti i mesi del 2022, ad eccezione di settembre (28.4%), è stata compresa all'incirca tra il 30% e il 40% (Figura 6), con il 34% a luglio e 31.6% a novembre (mesi caratterizzati da maggior siccità estrema in termini di SPI12). Nel complesso, l'analisi dello SPI12 ha evidenziato che mediamente circa il 49.2% del territorio nazionale è stato colpito da siccità, con punte dell'ordine del 54–55%.

Analizzando lo SPI12 di dicembre (Figura 6 e Figura 7), che utilizza la cumulata di precipitazione calcolata sui dati mensili riferiti al solo anno 2022 (ossia effettuando la valutazione sull'anno solare), si osserva che mentre la percentuale di territorio in condizioni di siccità severa o moderata si è mantenuta elevata (41%), quella relativa al territorio in condizioni di siccità estrema è risultata di poco più del 13%. In particolare, in riferimento all'anno solare, la siccità estrema a scala annuale ha riguardato i territori del Piemonte e della Lombardia e ad alcune aree più limitate del Veneto, del Friuli Venezia Giulia e alcuni settori dei Distretti dell'Appennino Settentrionale e dell'Appennino Centrale. La riduzione registrata a dicembre 2022 della percentuale del territorio nazionale colpito da siccità estrema a scala annuale, a fronte dell'aumento delle aree colpite da siccità severa e moderata, rispetto a quanto osservato con lo SPI12 a novembre 2022 (Figura 7 vs. Figura 6b), è da ricercare nelle precipitazioni occorse a dicembre 2022 nel centro-nord Italia che sono state superiori alla media mensile di lungo periodo, con un +13.4% per il Distretto dell'Appennino Centrale, un +16.7% per il Distretto delle Alpi Orientali, un +24.9% per il Distretto del Fiume Po e un +54.9% per il Distretto dell'Appennino Settentrionale. A dicembre 2021, l'anomalia di precipitazione mensile (rispetto sempre alla media mensile di lungo periodo) risultata invece essere -49.6% e -41.4% sui Distretti Idrografici delle Alpi Orientali e del Fiume Po, rispettivamente.

Ciò, d'altra parte, è in linea col fatto che la condizione di scarsità di precipitazione, come anticipato, ha avuto inizio

già nei mesi precedenti all'anno 2022. Inoltre, è da tener presente, anche per le future analisi, che l'evento siccitoso che ha attraversato il 2022 ha avuto propaggini non solo nell'anno precedente, ma anche in quello successivo. Solo a partire dal mese di maggio 2023, i quantitativi di precipitazione occorsi sull'Italia hanno interrotto la situazione di intensa siccità e ridotto il grave deficit di risorsa idrica che aveva interessato, in particolare, il nord Italia.

Figura 5: Mappe dello Standardized Precipitation Index (SPI) di durata 12 mesi per i mesi di luglio (a) e novembre (b) 2022 in cui è stata registrata la massima estensione della siccità estrema ($SPI_{12} \leq -2$) superiore al 20% del territorio nazionale. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.

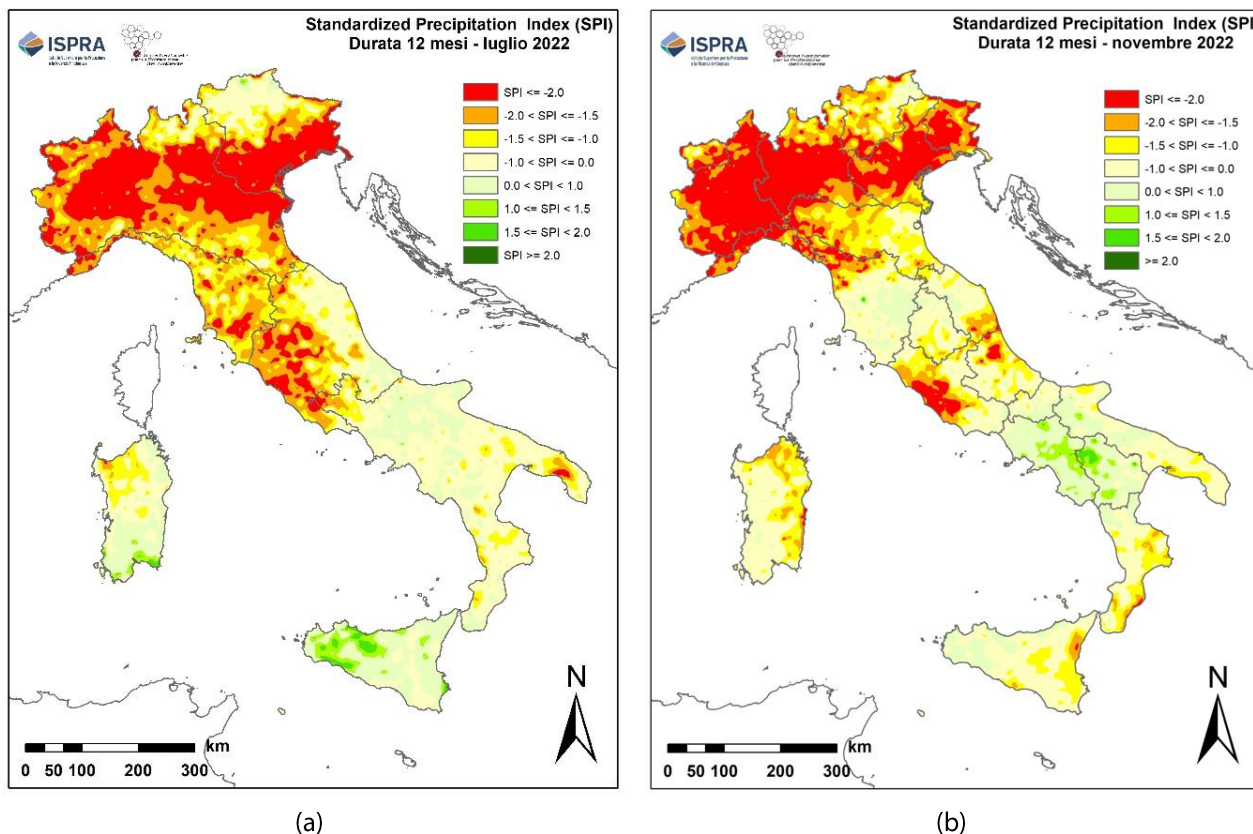


Figura 6: Percentuali di territorio italiano soggetto a condizioni di siccità estrema ($SPI_{12} \leq -2$) e da condizioni di siccità severa o moderata ($-2 < SPI_{12} \leq -1$) nell'anno 2022. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.

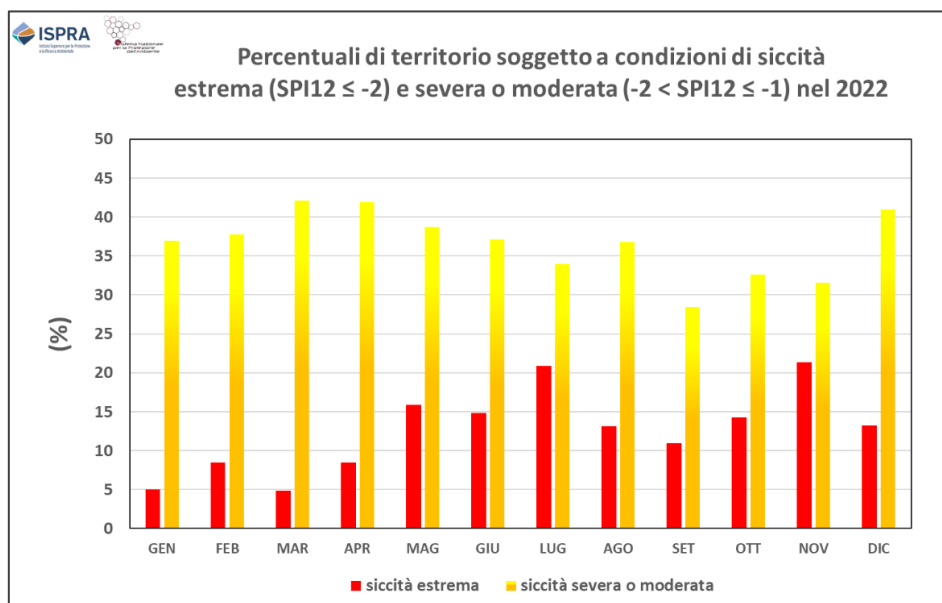
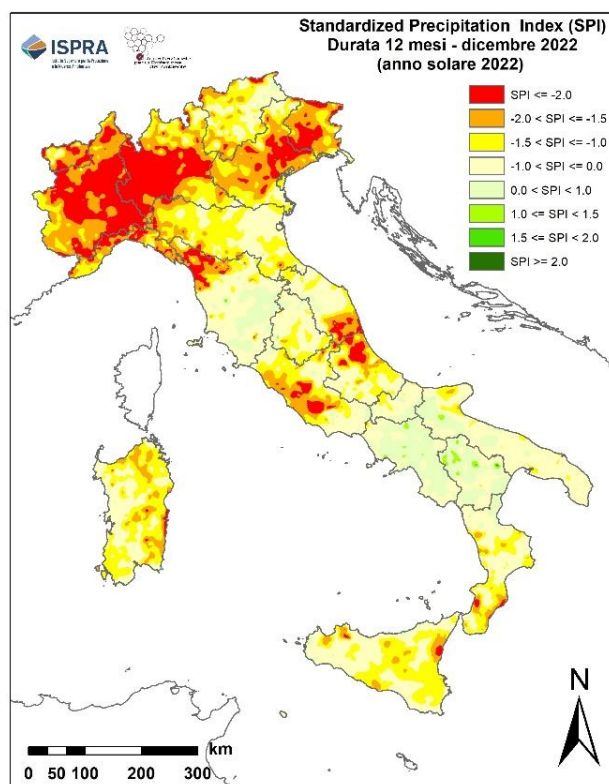


Figura 7: Mappa dello Standardized Precipitation Index (SPI) di durata 12 mesi per il mese di dicembre 2022 (anno solare). Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.



Per valutare la situazione del 2022 rispetto a quanto verificatosi in passato e, in particolare, dal 1952 in poi, si è ritenuto utile procedere applicando due diversi approcci, entrambi basati su indicatori costruiti con riferimento alla percentuale di territorio affetta da condizioni di siccità estrema ottenuta attraverso i valori di $SPI_{12} \leq -2$. Nel primo caso, l'indicatore di anno siccitoso considerato è il valore mensile massimo che in ciascun anno viene raggiunto dalla percentuale mensile di territorio nazionale soggetta a siccità estrema; nel secondo caso l'indicatore è la media annua delle percentuali mensili di territorio con $SPI_{12} \leq -2$. La differenza fra i due approcci concettualmente sta nel fatto che nel primo si utilizza un indicatore di intensità del fenomeno, nel secondo si tiene conto anche della persistenza nel tempo (nel caso specifico nel corso dell'intero anno solare) delle condizioni di siccità estrema.

Applicando il primo dei due approcci sopra descritti, il 2022 con il valore massimo raggiunto nel mese di novembre di 21.4% si pone al sesto posto tra gli anni più siccitosi dal 1952 a oggi dopo il 2002, quando si è raggiunto addirittura il valore di 41.0%, il 1990 con il 39.1%, il 2017 con il 29.8%, il 2012 con il 28.1% e il 1989 con il 24.7% (Figura 8).

Applicando il secondo indicatore, il 2022, con un valore medio di percentuale di territorio affetto da siccità estrema di 12.6%, risulta il terzo anno più siccitoso dal 1952 a oggi, subito dopo il 2002 (17.2%), che anche mediante questa valutazione si conferma essere l'anno più gravoso in termini di siccità estrema, e il 1990 (13.8%). Il fatto che gli anni 2012 (12.6%), 1989 (12.1%) e 2017 (10.5%) si collochino in questa successione dopo il 2022, segnala che sebbene questi 3 anni siano stati in termini di intensità più siccitosi rispetto al 2022, tuttavia la persistenza della condizione di siccità estrema in essi è stata minore di quella che ha contraddistinto il 2022 (Figura 8).

Un altro indice particolarmente efficace per la caratterizzazione della siccità è lo SPEI-Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (Vicente-Serrano et al., 2010). Esso può considerarsi l'analogo dello SPI rispetto al quale, anziché far riferimento alla sola precipitazione, si tiene conto anche della temperatura attraverso la variabile idrologica costituita dalla differenza ($P - PET$) tra precipitazione ed evapotraspirazione potenziale cumulata (Mariani et al., 2018). L'analisi delle condizioni di siccità per l'anno 2022 condotta mediante l'indicatore SPEI a scala annuale (SPEI₁₂) risulta ancora più gravosa di quanto emerso dall'utilizzo del solo SPI. Ciò si evince dalla mappa relativa alla distribuzione sul territorio nazionale dello SPEI₁₂ riferito all'intero anno solare 2022, riportata in Figura 9 e dal suo confronto con la corrispondente mappa per lo SPI₁₂, riportata in Figura 7.

Figura 8: Serie dei valori massimi e medi annui della percentuale di territorio nazionale caratterizzato da valori di Standardized Precipitation Index (SPI) con durata 12 mesi inferiori o uguali a -2, con il quale si definisce una situazione di siccità estrema. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.

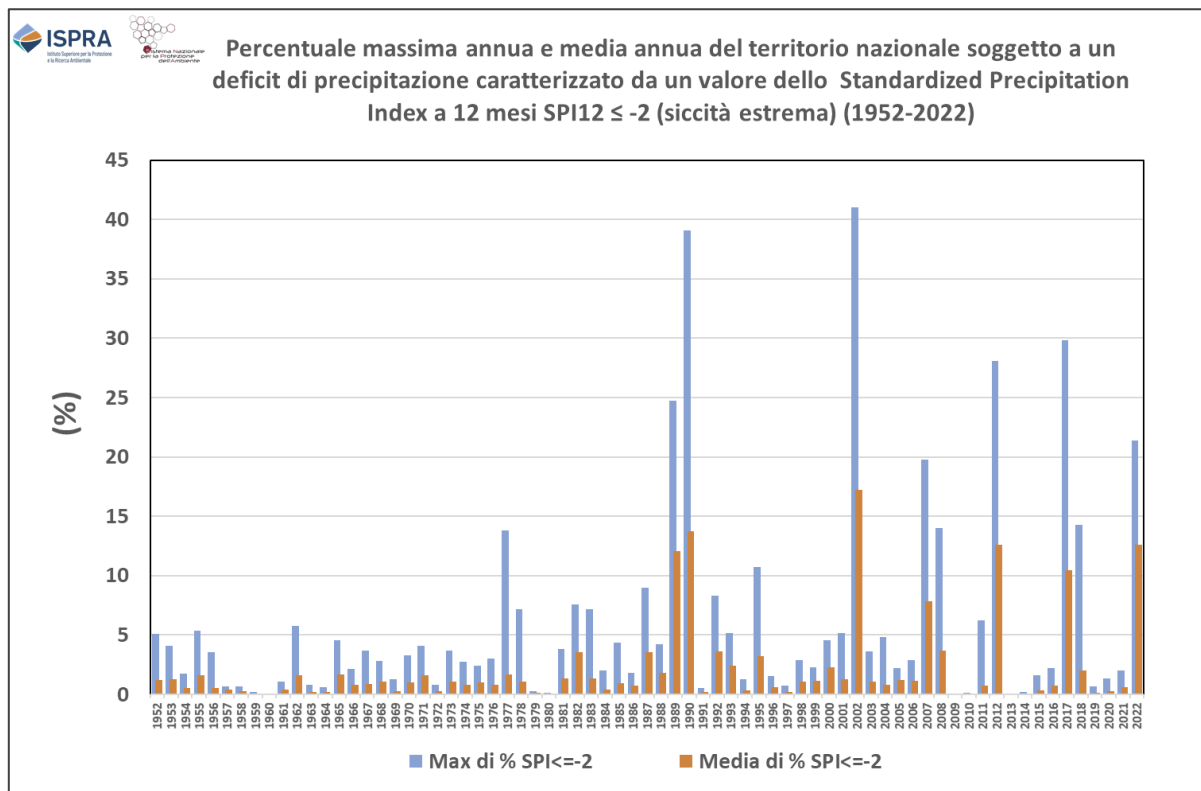
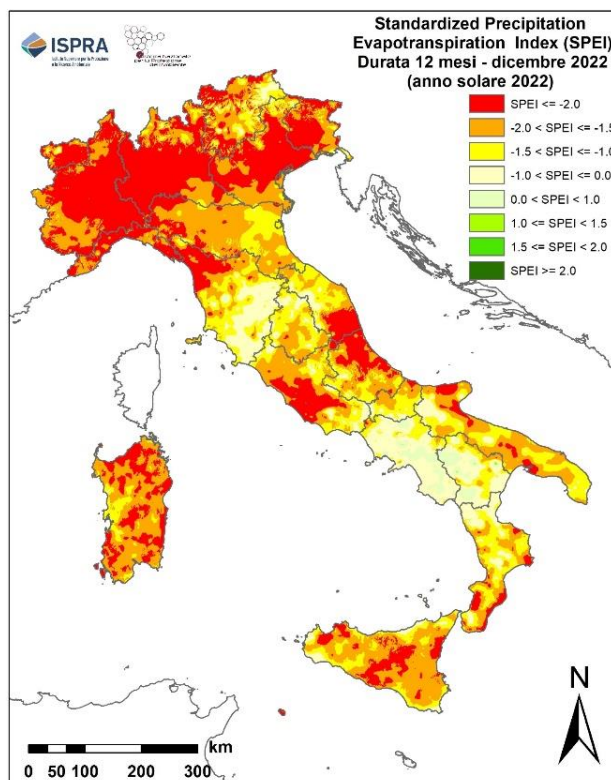
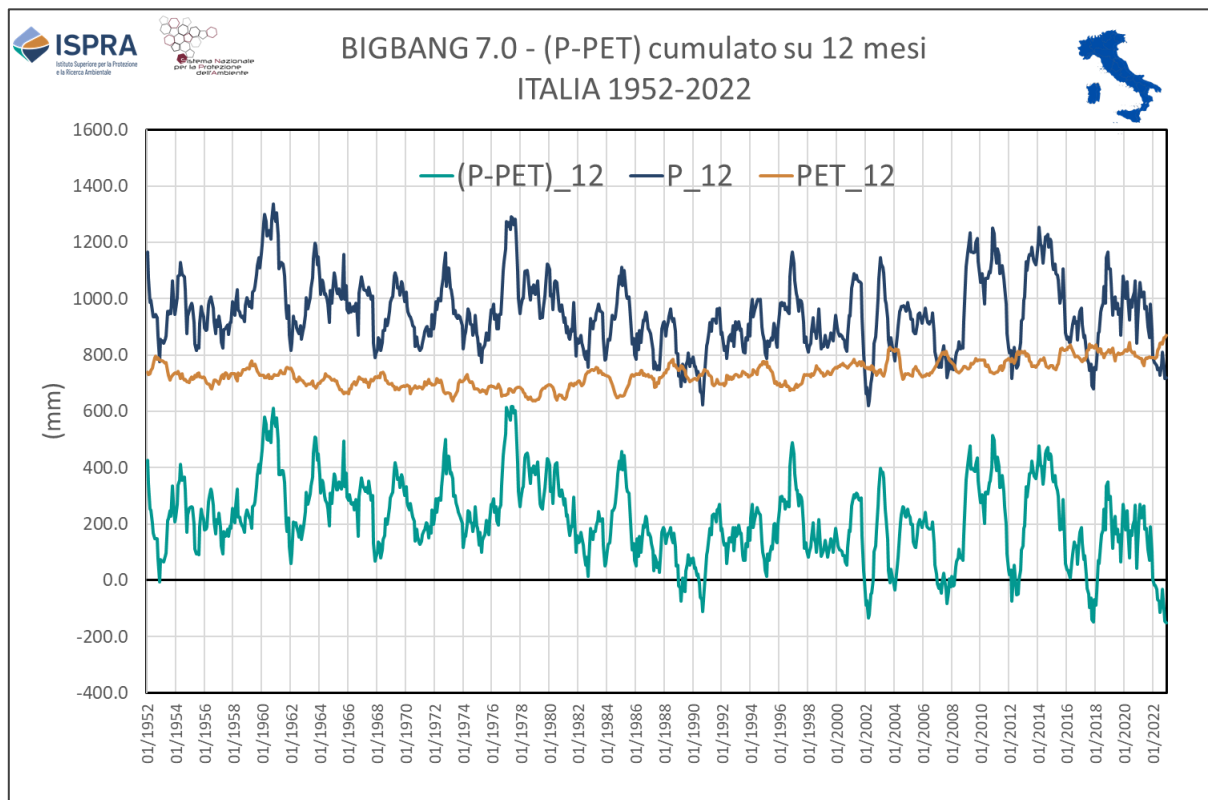


Figura 9: Mappa dello Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) di durata 12 mesi per il mese di dicembre 2022 (anno solare). Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.



La maggiore estensione delle aree con $SPEI \leq -2$, rispetto alle aree con $SPI \leq -2$, è spiegata, almeno in parte, con il trend crescente della serie storica dell'evapotraspirazione potenziale cumulata (PET) dal 1952 (Figura 10). Tale trend esalta negli ultimi anni l'effetto che nella variabile $(P - PET)$, alla base del calcolo dello SPEI, ha il termine legato alla temperatura.

Figura 10: Serie storica dal 1952 al 2022 dei valori della precipitazione cumulata su 12 mesi (P_{12}), dell'evapotraspirazione potenziale cumulata su 12 mesi (PET_{12}) e della loro differenza ($(P-PET)_{12}$), che sono alla base del calcolo dello Standardized Precipitation Index (SPI) e dello Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI). Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.



Questo effetto e, quindi, la maggiore severità che in genere si evidenzia con lo SPEI rispetto allo SPI è ben visibile anche nella Figura 11, che mette a confronto le serie storiche dal 1952 al 2022 dello SPI12 e dello SPEI12 relativi al territorio nazionale. In particolare, questo impatto maggiore della temperatura sull'intensità della siccità è evidente nei due eventi che hanno caratterizzato gli ultimi anni in termini di siccità estrema, ovvero il 2022 e il 2017.

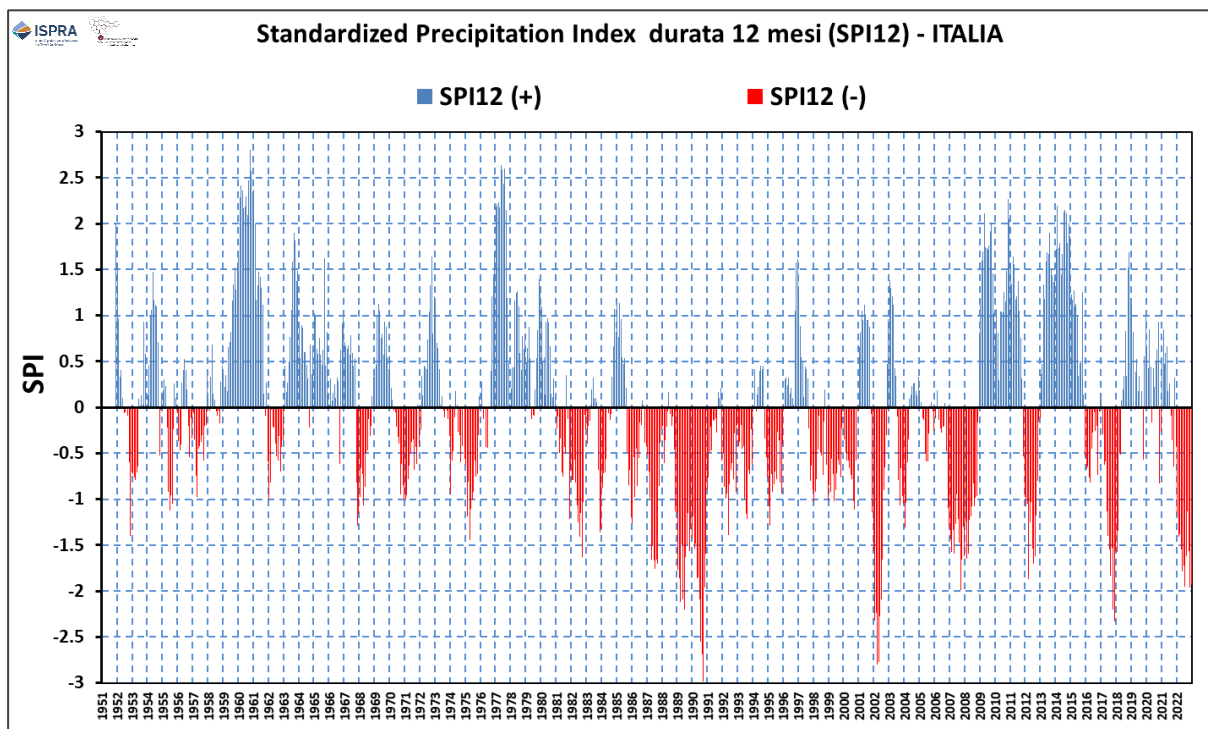
Sulla base di quanto sopra esposto, si può dunque asserire, che sebbene il 2022 a livello nazionale non sia stato l'anno più siccitoso dal 1952 a oggi, è stato indubbiamente fra i più impattanti. Ciò per il fatto che alcune delle aree maggiormente interessate dalla scarsità di precipitazione e da elevate temperature, ovvero quelle del nord Italia, sono tra le più popolate del Paese e sede di numerose attività produttive, sia di tipo agricolo che industriale.

La serie storica delle percentuali di territorio nazionale affette da condizioni di siccità estrema ($SPI_{12} \leq -2$), rappresentata in Figura 12, mostra che sono essenzialmente 5 i periodi in cui la condizione di siccità estrema ha interessato più del 20% del territorio nazionale: 1989–1990, 2002, 2012, 2017, 2022, tutti successivi alla grande siccità occorsa nel triennio 1988–1990, a fronte di nessun episodio di uguale livello verificatosi nel periodo precedente (1952–1987).

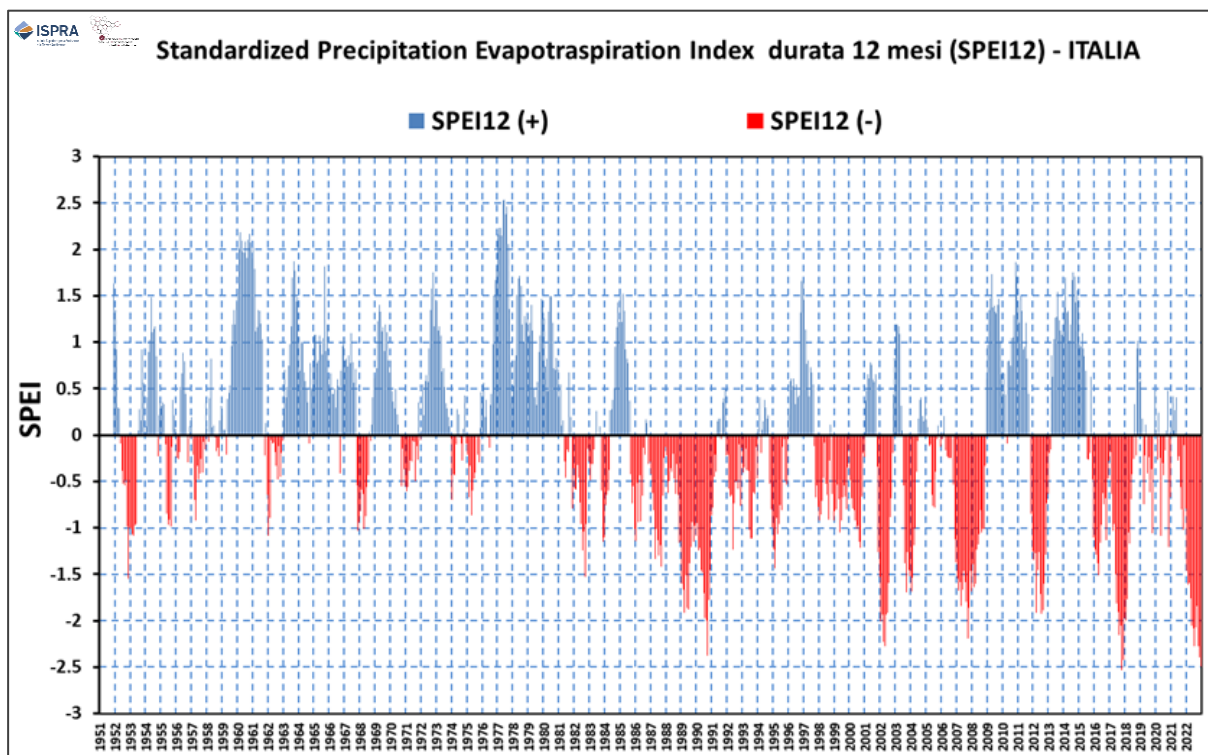
Ciò sembrerebbe evidenziare un incremento nella frequenza degli episodi suddetti, verosimilmente da attribuire al cambiamento climatico. Analisi condotte a scala europea hanno mostrato un aumento degli eventi di siccità e un peggioramento in termini di severità e persistenza, nonché in termini di impatti al suolo (Cammalleri et al., 2020). Tuttavia, analizzando la serie storica delle precipitazioni annue sul territorio nazionale dal 1951, non si riscontra un

trend decrescente statisticamente significativo (Figura 13); circostanza, quest'ultima, che suggerisce la necessità di approfondimenti mirati alla verifica della eventuale sussistenza di una modifica nella distribuzione delle precipitazioni, sia temporalmente nell'arco dell'anno sia spazialmente sul territorio nazionale.

Figura 11: Serie storiche mensili, dal 1952 al 2022, dello Standardized Precipitation Index (SPI) e dello Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) di durata 12 mesi relativi al territorio nazionale. In blue sono riportati i valori positivi, mentre in rosso sono riportati i valori negativi. Elaborazione mediante software ANABASI dell'ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.



(a)



(b)

Figura 12: Serie storica dal 1952 al 2022 delle percentuali di territorio nazionale soggetto a condizioni di siccità estrema (SPI-Standardized Precipitation Index con durata 12 mesi inferiori o uguali a -2) e soglia del 20%. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.

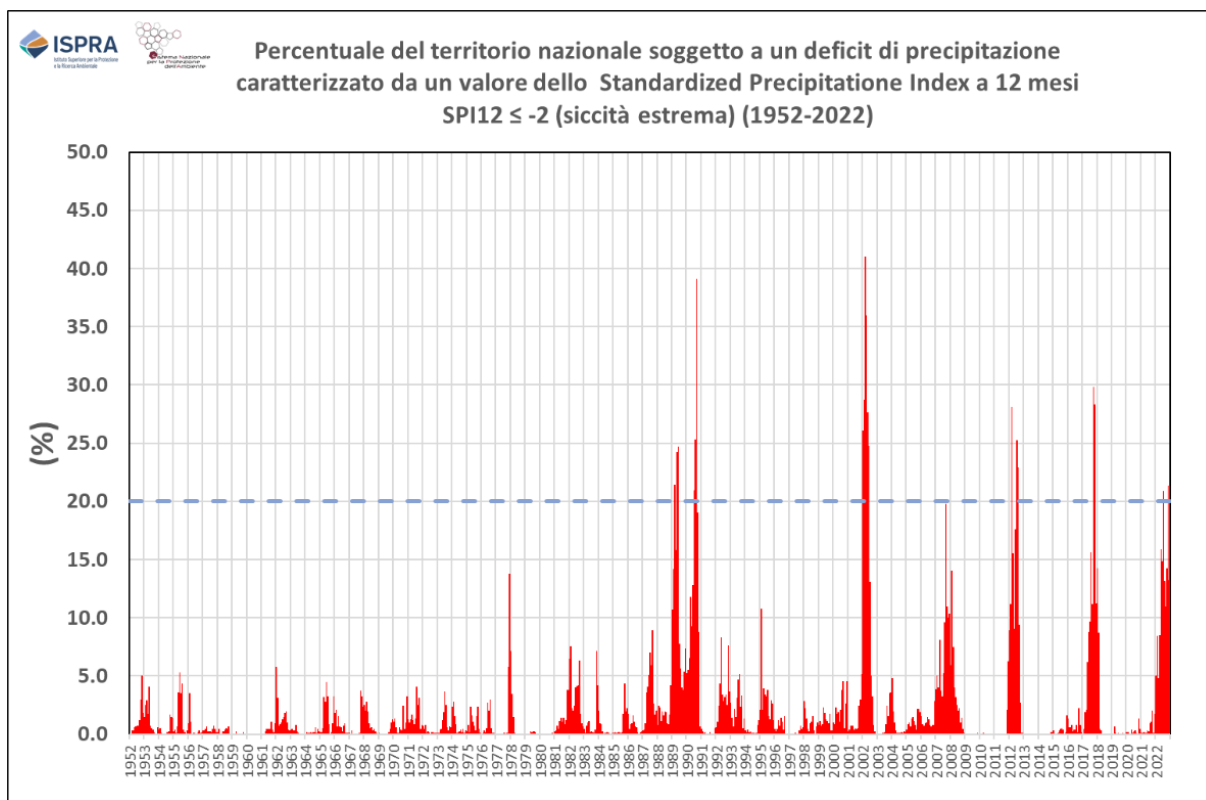
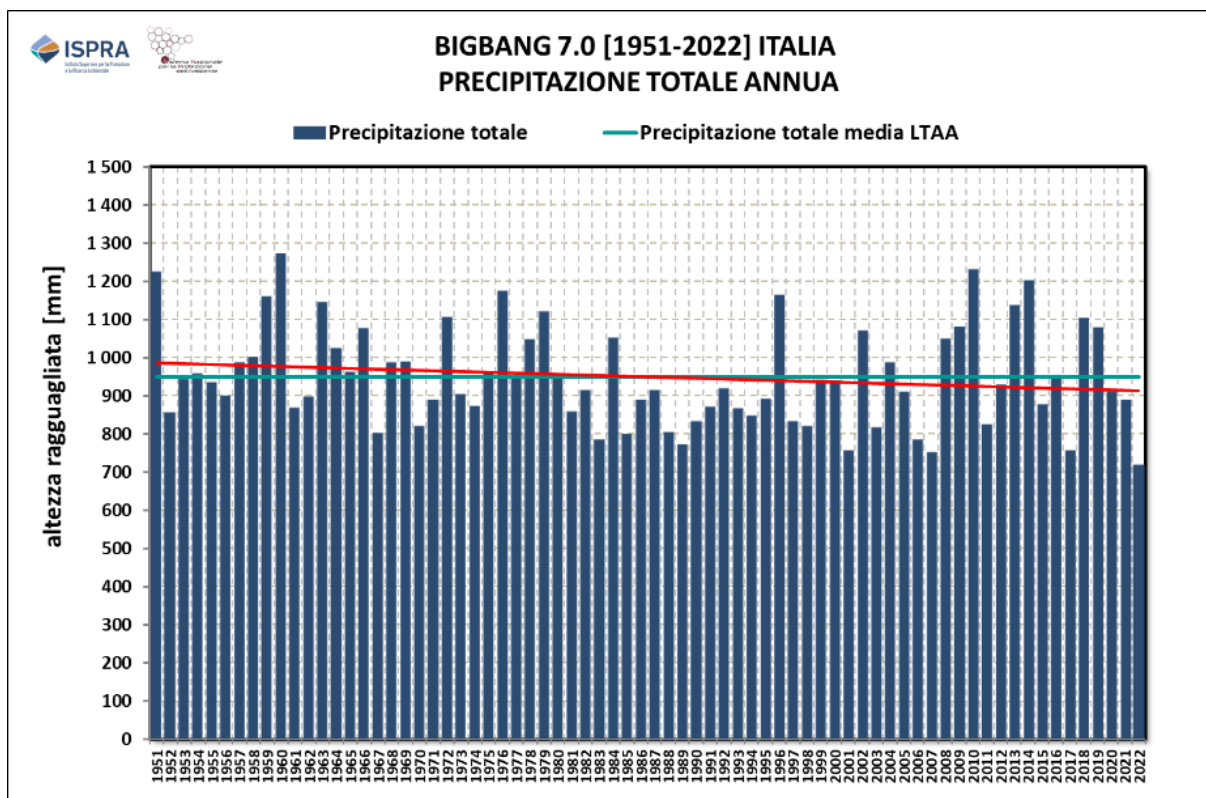


Figura 13: Serie storica della precipitazione annua ragguagliata al territorio nazionale, con indicazione della media di lungo periodo (linea verde) e della linea di tendenza (in rosso). Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.



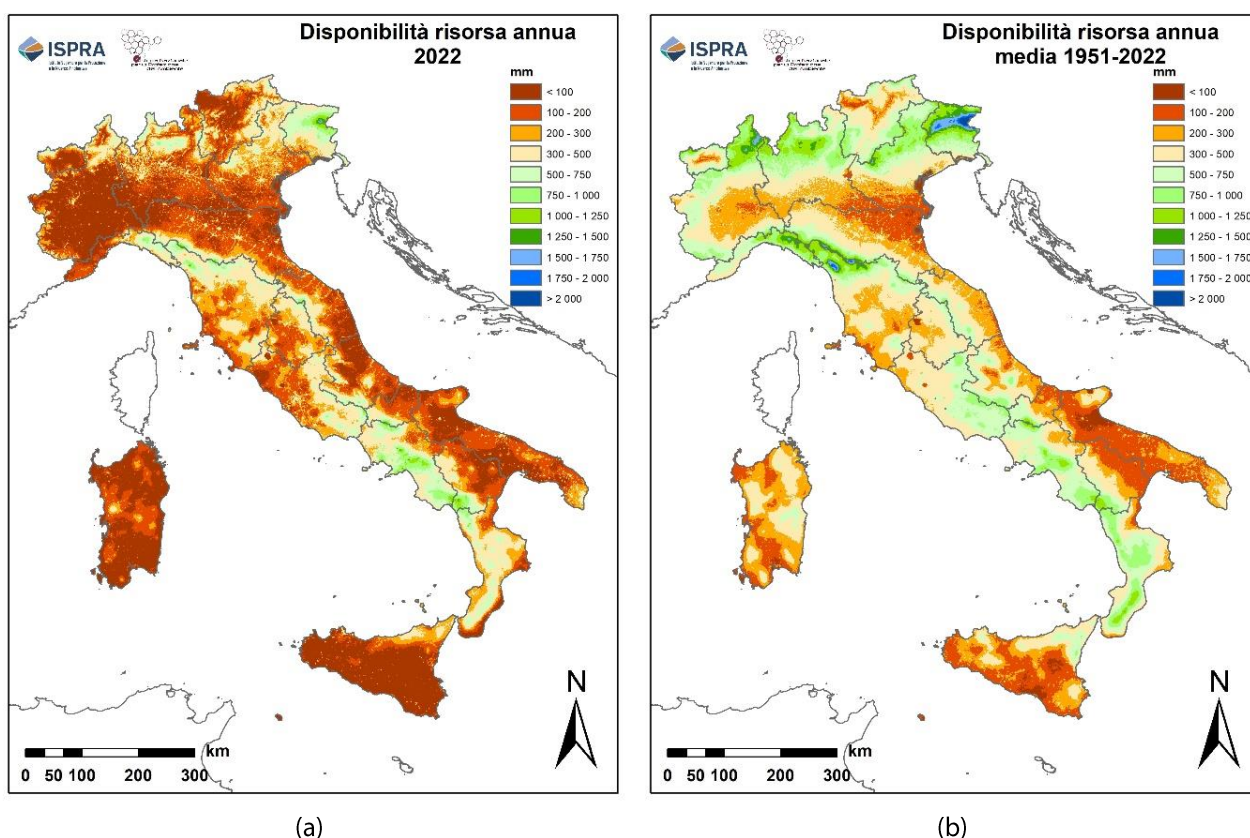
4 Valutazione della disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile

L'elevato deficit di precipitazione registrato nel 2022, si è ovviamente tradotto in una notevole riduzione della disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile, quella cioè che si riproduce annualmente attraverso il ciclo idrologico.

La disponibilità naturale di risorsa idrica rinnovabile e, in particolare, l'aliquota che viene generata dalle precipitazioni che cadono direttamente sul territorio e denominata nella terminologia anglosassone "*internal flow*" (IF), è fornita dalla differenza tra l'afflusso liquido al suolo (pioggia e scioglimento nivale) e l'evapotraspirazione.

Ponendo a confronto (Figura 14) la distribuzione spaziale sul territorio nazionale dell'IF per il 2022 e quella dell'IF medio calcolato sul periodo 1951–2022, entrambe stimate mediante il modello BIGBANG 7.0, risalta con immediatezza la netta e diffusa prevalenza nel 2022 di territori che sono stati caratterizzati da valori di disponibilità naturale di risorsa idrica rinnovabile inferiore ai 100 mm.

Figura 14: Mappa della disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile annua (*internal flow*): (a) anno 2022; (b) media 1951–2022. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.



Nel complesso a livello nazionale il valore della disponibilità di risorsa idrica per l'anno 2022 è stato di 221.7 mm (corrispondenti a un volume totale di 67 km³), a fronte di un valore medio annuo nel periodo 1951–2022 di 456.9 mm (corrispondenti a un volume totale di 138 km³), con una riduzione percentuale del –52% (Tabella 3 e Figura 15). Dello stesso ordine (–50%) sarebbe il deficit di disponibilità di risorsa idrica, qualora si facesse riferimento alla media dell'ultimo trentennio climatologico 1991–2020 (Tabella 3 e Figura 15). La stima annuale del 2022 rapportata alla media annua storica per il trentennio 1921–1950, così come pubblicata nel 1972 dalla Conferenza Nazionale delle Acque, mostra una riduzione della disponibilità di circa il 60%. Nella serie storica dal 1951 della disponibilità naturale di risorsa idrica rinnovabile (Figura 16), il 2022 si pone come il peggiore anno in assoluto, facendo segnare il minimo storico.

La situazione di deficit di risorsa idrica che nel 2022 ha interessato le diverse aree del territorio nazionale si è manifestata con valori sempre molto elevati, anche per effetto delle elevate temperature registrate nel corso dell'anno, come già anticipato.

Figura 15: Stima della disponibilità media annua di risorsa idrica nazionale riportata per trentenni climatologici successivi (barra gialla per la stima della CNA-Conferenza Nazionale delle Acque, pubblicato nel 1972, e barre blue per le stime prodotte dal BIGBANG 7.0) e per la media di lungo periodo 1951–2022 (barra blu a trama verticale dal BIGBANG 7.0) e confronto con la stima annuale per l'anno 2022 (barra rossa a pois dal BIGBANG 7.0). Elaborazioni ISPRA su dato della CNA e su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.

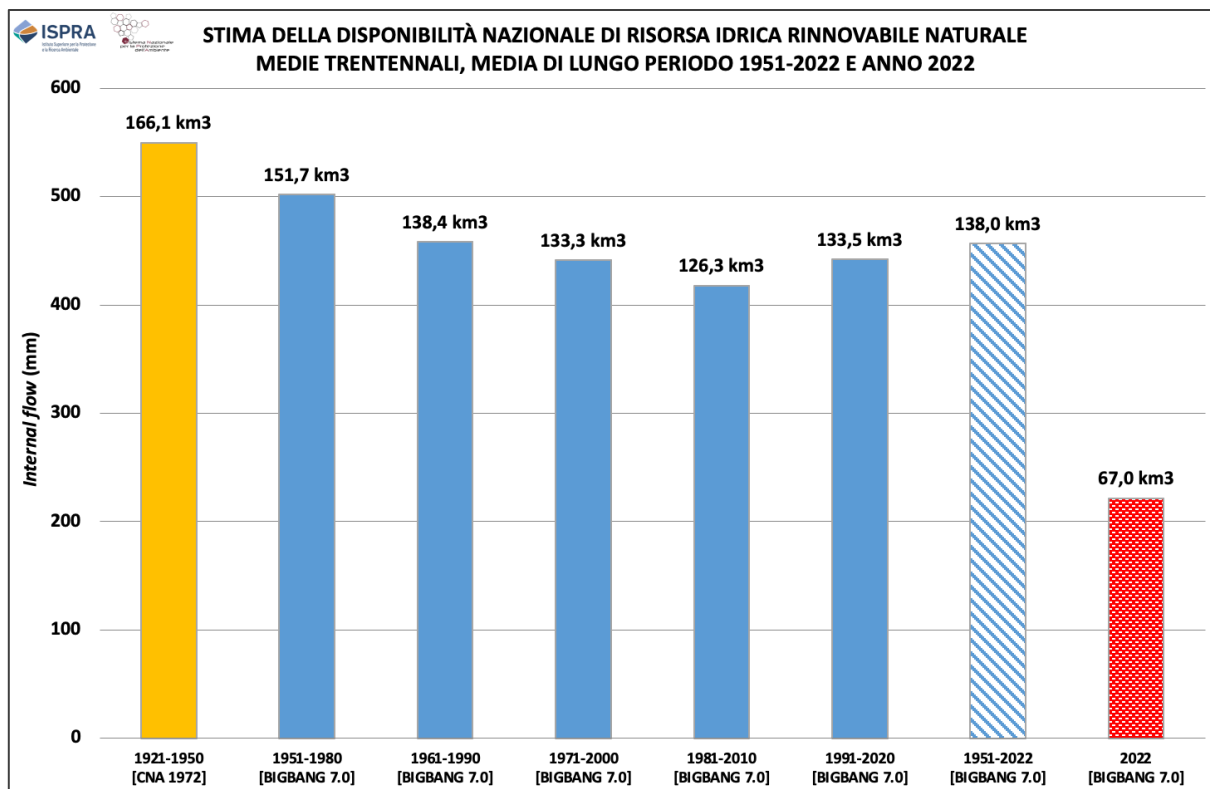
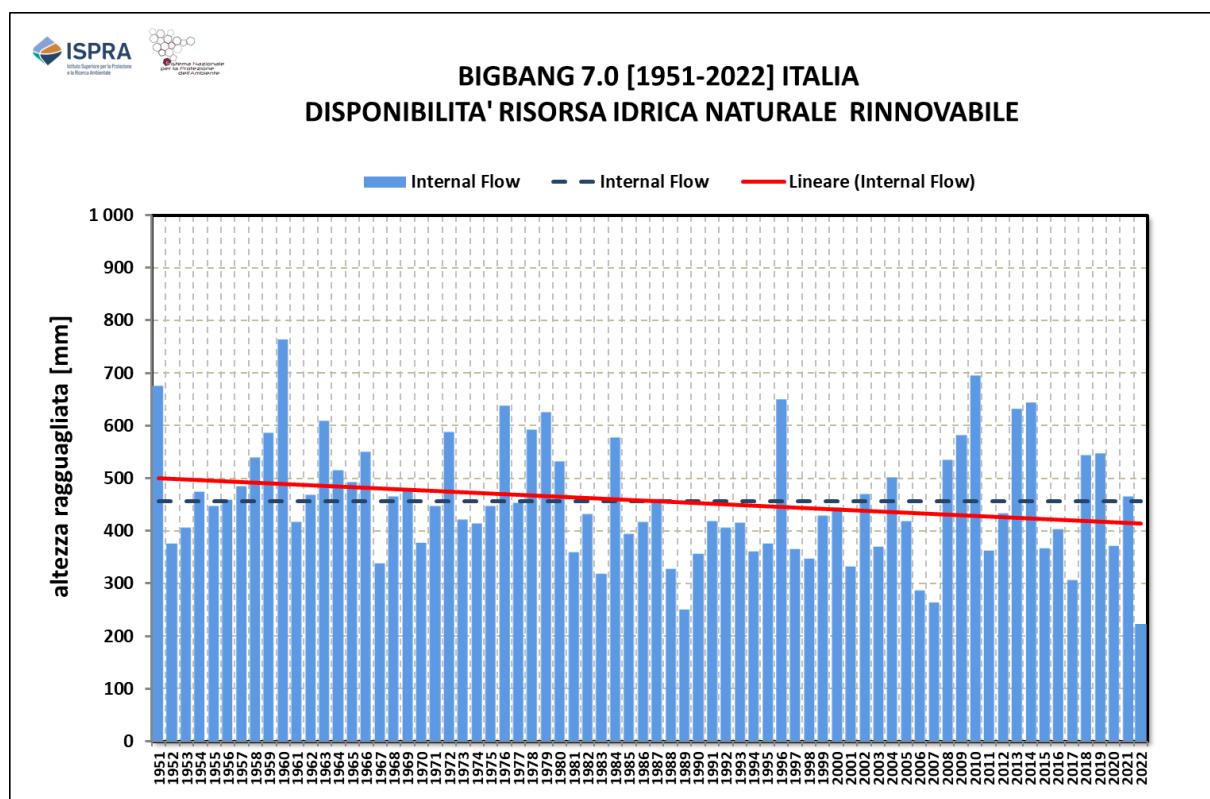


Figura 16: Serie storica della disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile e linea di tendenza (in rosso). Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.



Tuttavia, si possono evidenziare delle significative differenze sul territorio nazionale, descrivibili alla scala di Distretto Idrografico e di Regione. A livello distrettuale, il dato peggiore di deficit di disponibilità di risorsa idrica è quello del Distretto della Sicilia con -80.7%, a seguire il Distretto della Sardegna con -73.0% e il Distretto del Fiume Po con -66.6%. Il valore migliore in termini di deficit è quello del Distretto dell'Appennino Meridionale, che comunque è stato soggetto a un ragguardevole deficit di disponibilità, con una stima di -29.2%. Con riferimento alla serie storica dal 1951 della disponibilità naturale di risorsa idrica rinnovabile, il 2022, come già detto non solo è stato l'anno con il minimo valore di disponibilità naturale di risorsa idrica in Italia, ma lo è stato anche per i Distretti delle Alpi Orientali, del Fiume Po e della Sardegna. Negli altri Distretti la disponibilità naturale di risorsa idrica, ancorché molto bassa, non è stata la minima registrata dal 1951. Nei Distretti dell'Appennino Settentrionale e Centrale il minimo valore si è verificato nel 2007, nel Distretto dell'Appennino Meridionale nel 1989 e in Sicilia nel 1977.

Benché di scarso significato idrologico, e qui riportata solo a fini statistici, l'analisi della variabilità della disponibilità di risorsa idrica rinnovabile a scala regionale (Tabella 4) indica il Piemonte come la Regione con la maggiore riduzione percentuale di disponibilità di risorsa idrica (-82.1%), rispetto alla media di lungo periodo, seguita dalla Sicilia (-80.7%) e dalla Sardegna (-73.0%); anche le due Regioni Campania e Basilicata, che avevano fatto registrare un surplus, ancorché ridotto, di precipitazione hanno subito un deficit di disponibilità di risorsa idrica rispetto alla media di lungo periodo.

Tabella 3: Disponibilità della risorsa idrica rinnovabile annua del 2022 nei Distretti Idrografici e deficit rispetto alla media di lungo periodo 1951-2022 (LTAA) e alla media del trentennio 1991-2020. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.

DISTRETTO IDROGRAFICO	2022	MEDIA LTAA	DEFICIT	MEDIA 1991-2020	DEFICIT
	mm	mm	%	mm	%
ALPI ORIENTALI	316.1	657.9	-52.0	679.0	-53.4
FIUME PO	168.6	505.5	-66.6	494.0	-65.9
APPENNINO SETTENTRIONALE	316.3	518.3	-39.0	506.5	-37.6
APPENNINO CENTRALE	245.0	421.8	-41.9	388.4	-36.9
APPENNINO MERIDIONALE	307.8	434.7	-29.2	408.8	-24.7
SARDEGNA	75.4	279.3	-73.0	238.2	-68.3
SICILIA	48.9	253.8	-80.7	259.8	-81.2
ITALIA	221.7	456.9	-51.5	441.9	-49.8

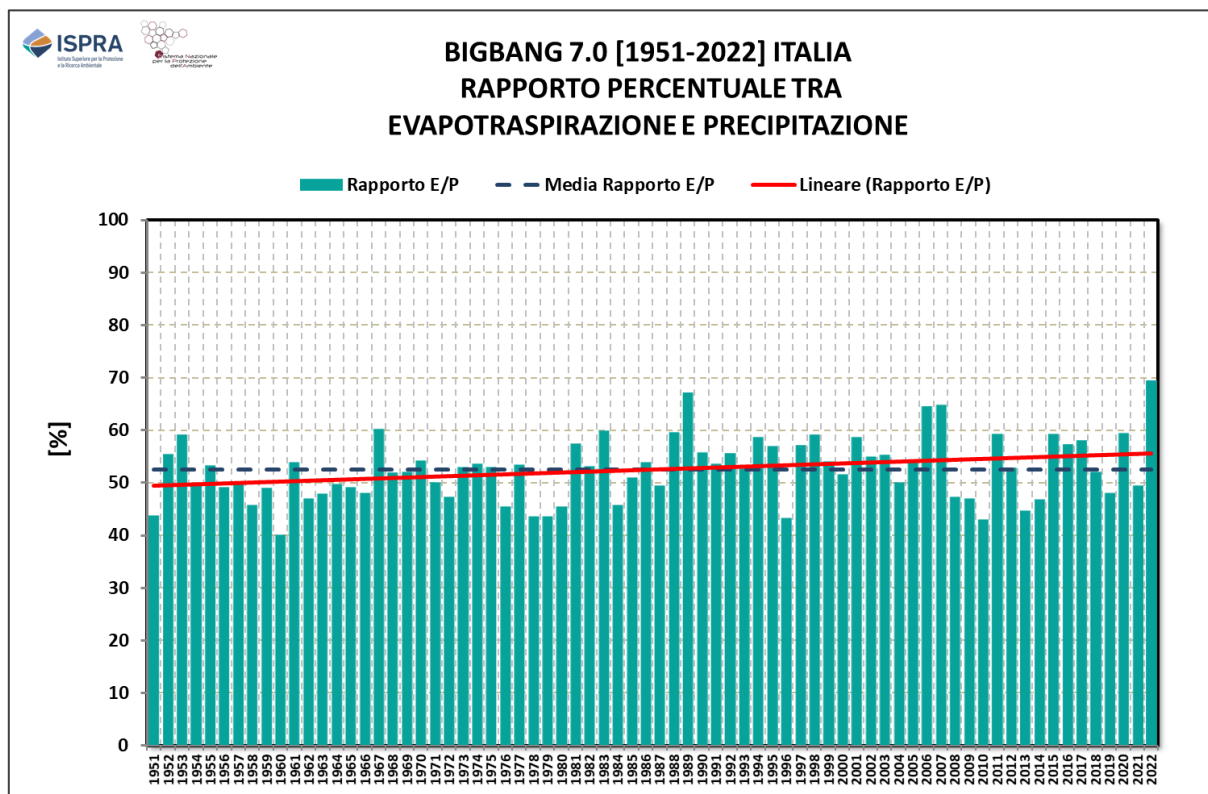
Tabella 4: Disponibilità della risorsa idrica rinnovabile annua del 2022 nelle Regioni e deficit rispetto alla media di lungo periodo 1951-2022 (LTAA) e alla media del trentennio 1991-2020. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.

REGIONE	2022	MEDIA LTAA	DEFICIT	MEDIA 1991-2020	DEFICIT
	mm	mm	%	mm	%
ABRUZZO	204.3	412.0	-50.4	397.0	-48.5
BASILICATA	264.1	339.0	-22.1	311.7	-15.3
CALABRIA	344.3	598.2	-42.4	549.4	-37.3
CAMPANIA	534.8	596.9	-10.4	556.3	-3.9
EMILIA-ROMAGNA	188.4	374.4	-49.7	361.7	-47.9
FRIULI VENEZIA GIULIA	555.9	1077.2	-48.4	1108.4	-49.8
LAZIO	293.7	516.4	-43.1	466.7	-37.1
LIGURIA	277.7	763.7	-63.6	770.4	-64.0
LOMBARDIA	204.5	577.4	-64.6	564.2	-63.8
MARCHE	232.8	386.5	-39.8	360.9	-35.5
MOLISE	249.9	402.9	-38.0	390.3	-36.0
PIEMONTE	96.9	542.1	-82.1	523.4	-81.5
PUGLIA	134.4	200.7	-33.1	204.4	-34.3
SARDEGNA	75.7	280.2	-73.0	238.9	-68.3
SICILIA	48.9	253.8	-80.7	259.8	-81.2
TOSCANA	332.6	491.3	-32.3	472.5	-29.6
TRENTINO ALTO ADIGE	225.0	504.0	-55.4	507.9	-55.7
UMBRIA	267.5	391.0	-31.6	358.9	-25.5
VALLE D'AOSTA	191.7	547.5	-65.0	578.6	-66.9
VENETO	240.7	514.7	-53.2	540.9	-55.5
ITALIA	221.7	456.9	-51.5	441.9	-49.8

D'altra parte, la notevole riduzione della disponibilità idrica nel 2022 è stata determinata oltre che da elevato deficit di precipitazione anche dagli elevati valori di temperatura che hanno determinato un alto valore della percentuale di evapotraspirazione rispetto alla precipitazione (già di per sé scarsa) raggiungendo quasi il 70%, rispetto a una media del 53% (Figura 17) e che costituisce il valore massimo della serie dal 1951.

È, infine, opportuno precisare che le valutazioni espone nel presente rapporto sono basate su stime effettuate con il modello BIGBANG che, come tutti i modelli, necessariamente schematizza e semplifica la estrema complessità dei fenomeni fisici. Tali stime, correttamente interpretate, possono fornire indicazioni utili per la gestione della risorsa idrica.

Figura 17: Serie storica del rapporto percentuale tra precipitazione ed evapotraspirazione e linea di tendenza. Elaborazioni ISPRA su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e su dati storici del soppresso SIMN.



5 Bibliografia

Braca, G., Bussettini, M., Lastoria, B., Mariani, S., e Piva, F., 2021: Il Bilancio Idrologico Gis BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare – BIGBANG: metodologia e stime. Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Rapporti 339/21. Roma. Disponibile online al link: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/il-bilancio-idrologico-gis-based-a-scala-nazionale-su-griglia-regolare-bigbang>

Cammalleri, C., Naumann, G., Mentaschi, L., Formetta, G., Forzieri, G., Gosling, S., Bisselink, B., De Roo, A., and Feyen, L., 2020: Global warming and drought impacts in the EU, EUR 29956 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-12947-9. DOI: 10.2760/597045.

Mariani, S., Braca, G., Romano, E., Lastoria, B., Bussettini, M., 2018. Linee Guida sugli indicatori di siccità e scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici. Pubblicazione nell'ambito del progetto CReAMO PA. Disponibile online al link: https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/Osservatori/Linee%20Guida%20Pubblicazione%20Finale%20L6WP1_con%20copertina_ec.pdf.

McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J., 1993: The relationship of drought frequency and duration of time scales. In *Proc. Eighth Conference on Applied Climatology*. American Meteorological Society. January 17–23, 1993. Anaheim CA.

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., 2010: A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *J. Climate*, **23**, 1696–1718.

WMO–World Meteorological Organization, 2006: Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges. WMO-No. 1006, Geneva, 24pp.

WMO–World Meteorological Organization, 2009: Experts agree on a universal drought index to cope with climate risks. Press Release No. 872.

WMO–World Meteorological Organization, 2012: Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M., Hayes, M., Wood, D.). WMO-No. 1090, Geneva, 24pp.

