



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2017

ANNO XIII



STATO DELL'AMBIENTE



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2017

ANNO XIII

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, Stato dell'Ambiente 80/2018

ISBN 978-88-448-0904-1

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Franco Desiato

Coordinamento pubblicazione on line:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Luglio 2018

Autori

Franco Desiato, Guido Fioravanti, Piero Frascchetti, Walter Perconti, Emanuela Piervitali (ISPRA);
Valentina Pavan (ARPAE).

Contributi e ringraziamenti

La pubblicazione rientra tra le attività del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), nell'adempimento dei compiti che le assegna la legge istitutiva in materia di diffusione di dati e informazioni sulle condizioni oggettive e tendenziali dell'ambiente. Essa si basa in gran parte su statistiche e indicatori climatici elaborati attraverso il sistema SCIA, realizzato dall'ISPRA e alimentato grazie alla collaborazione e alle serie di dati dei seguenti organismi (tra parentesi, i referenti per il sistema SCIA):

Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare;
ARPA: Piemonte (Barbara Cagnazzi, Chiara De Luigi), Valle d'Aosta (Tiziana Magri), Lombardia (Orietta Cazzuli, Erica Brambilla), Friuli Venezia Giulia (Andrea Cicogna), Veneto (Francesco Rech), Liguria (Elisabetta Trovatore, Veronica Bonati), Emilia-Romagna (Valentina Pavan), Sardegna (Alessandro Delitala, Michele Fiori);
Regione Campania, ARPA (Giuseppe Onorati, Antonio D'Ambrosio) e Centro Funzionale di Protezione Civile;
Regione Sicilia, Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano – SIAS (Luigi Neri, Giuseppe Puleo);
Regione Sicilia, Osservatorio delle Acque (Luigi Pasotti);
Regione Marche, Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche – ASSAM (Daniele Sparvoli);
Regione Puglia, Servizio Agrometeorologico Regionale – ASSOCODIPUGLIA (Gennaro Laera);
Regione Basilicata, Agenzia Lucana di Sviluppo e di Innovazione in Agricoltura - ALSIA (Emanuele Scalcione);
Regione Lazio, Servizio Integrato Agrometeorologico - ARSIAL (Paolo Onorati);
Regione Marche, Centro Funzionale (Maurizio Ferretti, Marco Lazzeri);
CREA-CMA

Si ringraziano inoltre, per dati e informazioni riportati nel capitolo 2, dati accessibili online e dati non inclusi nel sistema SCIA:

Dipartimento di Protezione Civile Nazionale;
ARPA Sardegna, Protezione Civile Regione Sardegna;
Regione Sicilia, Osservatorio delle Acque;
Centro Funzionale Regione Lazio;
Centro Funzionale della Regione Marche;
Centro Funzionale - Dipartimento di Protezione Civile della Regione Molise;
Consorzio LaMMA e Servizio Idrologico del Centro Funzionale della Regione Toscana;
Centro Funzionale Regione Umbria;
Centro Funzionale Multirischi di Protezione Civile – Giunta Regionale della Campania;
Centro Funzionale Decentrato Regione Basilicata;
ARPA Calabria e Centro Funzionale Multirischi della Regione Calabria;
ARPAE-SIMC Emilia-Romagna;
ARPA Liguria e Centro Funzionale della Regione Liguria ARPAL;
ARPA Piemonte – Dipartimento Servizi Previsionali;
Centro Funzionale Regionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta;
ARPA Lombardia – Servizio Meteorologico Regionale;
Province Autonome di Trento e di Bolzano;
Regione Abruzzo – Servizio Idrografico e Mareografico;
ARPA Veneto Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio;
ARPA Friuli Venezia Giulia - OSMER Osservatorio Meteorologico Regionale.

INDICE

SINTESI.....	6
1. INTRODUZIONE.....	8
2. IL CLIMA NEL 2017.....	9
2.1 Il clima nel 2017 a grande scala.....	9
2.2 Circolazione e fenomeni significativi sull'Italia.....	15
3. TEMPERATURA.....	26
4. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL MARE.....	45
5. PRECIPITAZIONE.....	48
6. UMIDITÀ RELATIVA.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	74

SINTESI

Il XIII rapporto del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente "Gli indicatori del clima in Italia" illustra l'andamento del clima nel corso del 2017 e aggiorna la stima delle variazioni climatiche negli ultimi decenni in Italia. Gli elementi di conoscenza della variabilità climatica presente e passata sono di importanza fondamentale per valutare gli impatti e definire le strategie e i piani di adattamento ai cambiamenti climatici.

Il rapporto si basa in gran parte su dati, statistiche, indici e indicatori climatici derivati dal Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA, www.scia.isprambiente.it), realizzato dall'ISPRA in collaborazione e con i dati degli organismi titolari delle principali reti osservative presenti sul territorio nazionale. Le statistiche e gli indici climatici del 2017 sono derivati complessivamente dalle osservazioni di circa 1100 stazioni di monitoraggio meteorologico. Le rappresentazioni del clima nel corso del 2017 derivano dai dati di un numero elevato di stazioni, densamente distribuite sul territorio nazionale. Viceversa, le stime delle variazioni e delle tendenze climatiche nel lungo periodo, si basano sull'elaborazione di un numero ridotto di serie temporali.

Temperatura

Mentre a livello globale sulla terraferma, con un'anomalia della temperatura media di +1.20 °C, il 2017 è stato il 3° anno più caldo della serie storica dopo il 2016 e il 2015, in Italia il valore di +1.30°C colloca il 2017 al 9° posto dal 1961 e rappresenta il 26° valore annuale positivo consecutivo. L'anomalia della temperatura massima è stata più elevata di quella della temperatura minima; il 2017 si colloca al terzo posto della serie di temperatura massima, dopo il 2003 e il 2000. Se a gennaio le temperature sono state mediamente più basse della norma, da febbraio ad agosto il clima è stato nettamente più caldo della norma ovunque, con punte di anomalia media mensile nel mese di marzo al Nord (+3.72°C) e di giugno al Centro (+3.82 °C) e al Sud e sulle Isole (+3.13 °C). Fino al mese di agosto compreso, il 2017 è stato l'anno nettamente più caldo di tutta la serie storica, con un'anomalia media nazionale negli 8 mesi di quasi +2 °C. Negli ultimi 4 mesi dell'anno le temperature sono tornate su valori prossimi alla media climatologica, riducendo sensibilmente il valore di anomalia media annuale a consuntivo dell'anno. Su base stagionale, la primavera (+2.0 °C) e l'estate (+2.8 °C) del 2017 si collocano al secondo posto tra le più calde dell'intera serie storica. Viceversa, in inverno e in autunno la temperatura media è stata solo debolmente superiore ai valori stagionali di riferimento. Tale andamento è analogo a quello della temperatura superficiale dei mari italiani: l'anomalia media annuale del 2017 si colloca tra gli anni più caldi al sesto posto della serie e i valori più elevati di anomalia sono stati registrati nei mesi primaverili ed estivi, con un massimo di anomalia mensile a giugno di +2.2°C.

Riguardo alle stime del rateo di variazione della temperatura dal 1981 ad oggi, rimane invariato quello della temperatura media e della massima ($+0.36 \pm 0.06^\circ\text{C} / 10$ anni), mentre quello della temperatura minima scende leggermente rispetto alla stima dello scorso anno (da +0.35 a $+0.33 \pm 0.05^\circ\text{C} / 10$ anni). Su base stagionale salgono i trend della temperatura media in primavera (da +0.45 a $+0.47 \pm 0.11^\circ\text{C} / 10$ anni) e in estate (da +0.42 a $+0.46 \pm 0.11^\circ\text{C} / 10$ anni).

Le deviazioni dalla media climatologica, più forti nelle stagioni estiva e primaverile e più deboli in quelle invernale e autunnale, si riflettono anche nell'andamento degli indici degli estremi di temperatura.

Nel corso dell'estate 2017 sono stati registrati numerosi record di temperatura massima assoluta: circa un quarto delle stazioni della rete sinottica nazionale di cui si dispone di serie temporali sufficientemente lunghe e complete, ha superato i precedenti valori record e per 8 di esse si tratta di temperature maggiori o uguali a 40°C.

Come sempre negli ultimi 31 anni, l'indice rappresentativo delle onde di calore (*Warm Spell Duration Index*, WSDI) nel 2017 è stato superiore alla media 1961-1990; con un'anomalia media di circa +23 giorni nell'anno, per questo indice il 2017 si colloca ai primi posti della serie dal 1961, sebbene a distanza dal 2003.

Viceversa, l'anomalia negativa del numero di giorni con gelo, nel 2017 è stata tra le più deboli degli ultimi 10 anni, a conferma di una stagione invernale solo poco più calda della media climatologica.

Sia per il numero medio di notti tropicali, cioè con temperatura minima maggiore di 20°C, che per il

numero medio di giorni estivi, cioè con temperatura massima maggiore di 25°C, il 2017 si colloca ai primi posti della serie dal 1961, a conferma delle forti anomalie positive di temperatura che hanno caratterizzato le stagioni primaverile ed estiva. Degli altri indici di estremi di temperatura che si basano sul confronto con la distribuzione statistica dei valori normali, il numero di “giorni freddi” (TX10P) è stato nel 2017 il secondo più basso della serie storica, mentre il numero di “notti fredde” (TN10p) e di “giorni caldi” (TX90p) collocano il 2017 tra i primi 6 anni più caldi dell’intera serie.

Precipitazione

La caratteristica prevalente del clima in Italia nel 2017 è stata la siccità, che ha interessato gran parte del territorio nazionale, causando gravi problemi di gestione delle risorse idriche in molte regioni.

Con un’anomalia di precipitazione cumulata media in Italia di -22% circa, il 2017 si colloca al 2° posto, appena dopo il 2001, tra gli anni più “secchi” dell’intera serie dal 1961. In realtà fino al mese di novembre il 2017 risultava essere nettamente l’anno meno piovoso; gli ultimi due mesi dell’anno, in cui sono state registrate in media precipitazioni di poco superiori ai valori climatologici normali, hanno leggermente attenuato l’entità dell’anomalia media annuale.

Solo sul settore centrale dell’arco alpino e sulle zone costiere delle Marche e dell’Abruzzo la precipitazione cumulata annuale è stata superiore al valore normale 1961-1990, mentre le anomalie negative più marcate (fino a -70% circa) sono state registrate sulle regioni nord-occidentali e sul medio versante tirrenico.

Ottobre è stato il mese mediamente più secco su tutta l’Italia, con un’anomalia media di -78%; da marzo ad agosto le precipitazioni sono state inferiori alla norma ovunque, con un picco di anomalia negativa ad agosto al Centro e al Sud (rispettivamente -84% e -88%); solo a settembre, novembre e (tranne al Sud) dicembre, le precipitazioni sono state superiori alla media, mentre il mese di gennaio è stato relativamente molto secco al Nord e molto piovoso al Sud.

Riguardo ai valori medi nazionali su base stagionale, con un’anomalia media di circa -50% l’estate 2017 è stata la seconda più “secca” dell’intera serie dal 1961 (dopo il 1985), mentre la primavera 2017, con un’anomalia media di circa -35%, è stata la terza più “secca”, dopo il 1997 e il 2003.

Nell’intervallo 1961-2017 i valori medi nazionali delle precipitazioni cumulate risultano in leggera diminuzione ma non risultano tendenze statisticamente significative su base annuale, né su base stagionale.

La forte siccità che ha caratterizzato il 2017 è confermata anche dall’analisi dell’umidità relativa: con un’anomalia media in Italia di -5.1% rispetto al valore climatologico normale 1961-1990, il 2017 è stato l’anno più secco dell’intera serie dal 1961, superando largamente il precedente record del 2003 (-3.9%). Le anomalie di umidità relativa più marcate sono state registrate nei mesi estivi, con una punta di -16% circa ad agosto al Centro Italia.

Il numero di giorni asciutti, cioè con precipitazione inferiore o uguale a 1 mm, è stato generalmente molto elevato e ha raggiunto valori record su diverse località. Il valori più alti si registrano a Capo Carbonara (CA, 343 giorni), Capo Bellavista (NU, 340 giorni) e Catania Fontanarossa (339 giorni); valori di circa 330 giorni si registrano anche in alcune località della Maremma.

Anche l’indice di siccità “*Consecutive Dry Days*” (CDD), che rappresenta il numero massimo di giorni asciutti consecutivi nell’anno, fa registrare valori elevatissimi, in particolare nella Sicilia occidentale (fino a 158 giorni asciutti consecutivi) e nella Sardegna sud-orientale (da 120 a 130 giorni asciutti consecutivi).

Nonostante il carattere marcatamente siccitoso del 2017, anche stavolta non sono mancati eventi estremi con precipitazioni intense di brevissima, breve e media durata. I valori più elevati di precipitazione giornaliera sono stati registrati l’11 dicembre in provincia di Genova, con una punta massima di 469 mm a Cabanne (GE). Le massime precipitazioni orarie sono state invece registrate il 10 e 11 settembre in occasione di eventi temporaleschi molto intensi e hanno raggiunto valori di circa 120 mm/h su alcune località della provincia di Livorno e di circa 110 mm/h in provincia di Roma, circa 20 km a sud della capitale.

Per quanto riguarda le tendenze nel medio e lungo periodo, gli indici rappresentativi della frequenza, dell’intensità e dei valori estremi di precipitazione non mostrano segnali evidenti di variazioni significative. Va però considerato che l’insieme di stazioni di monitoraggio utilizzabile per il calcolo di questi indici è ancora abbastanza limitato e che per valutare in modo approfondito l’eventuale trend delle precipitazioni intense, sarebbe necessario disporre anche di serie molto lunghe, complete e di qualità controllata, di dati orari.

1. INTRODUZIONE

Con questa XIII edizione prosegue la pubblicazione regolare del rapporto annuale sul clima in Italia, promossa e avviata dal sistema delle agenzie ambientali nel 2006. In esso sono raccolti e presentati i principali elementi che hanno caratterizzato il clima nell'ultimo anno, confrontandoli anche, laddove possibile, con i valori climatologici normali e con il loro andamento negli ultimi decenni. Per favorire l'elaborazione, la rappresentazione e la disponibilità di indicatori sul clima italiano, l'ISPRA ha realizzato e gestisce da tempo il Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA) [1, 2, 3, 4]; il sistema SCIA viene attualmente alimentato con i dati e grazie alla collaborazione del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, di numerose Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) e di alcuni Servizi Agrometeorologici regionali, a cui si aggiungono i dati accessibili attraverso i siti web di enti delle regioni e delle provincie autonome. Mediante l'elaborazione delle serie temporali di dati misurati da diverse reti di osservazione, il sistema SCIA rende disponibili i valori decadali, mensili e annuali e i valori climatologici normali di diverse variabili meteoroclimatiche. Di recente, la base dati è stata arricchita con un certo numero di serie giornaliere di temperatura minima e massima e di precipitazione.

Gli indici e indicatori climatici sono calcolati, aggiornati annualmente e sottoposti a controlli di validità con metodologie omogenee e condivise con gli organismi titolari dei dati. Le informazioni prodotte da SCIA sono accessibili attraverso un sito web dedicato, all'indirizzo: www.scia.isprambiente.it. I criteri generali adottati per il calcolo e la rappresentazione degli indicatori climatici sono dettati dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) [5], mentre per una descrizione dei controlli di validità dei dati di ingresso e degli indicatori calcolati attraverso il sistema SCIA, si rimanda a documenti specifici [6, 7].

Da quest'anno alcuni prodotti climatici spazializzati sono arricchiti da dati delle reti che fanno capo ai Centri Funzionali regionali, grazie alla collaborazione, dettata anche dai rispettivi compiti istituzionali, tra il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale e il Sistema Nazionale di Protezione dell'Ambiente, in materia di monitoraggio del clima, prevenzione del rischio climatico e adattamento ai cambiamenti climatici.

Le statistiche e gli indici climatici dell'anno 2017 sono derivati complessivamente dalle osservazioni di circa 1100 stazioni distribuite sull'intero territorio nazionale.

Le stime aggiornate delle variazioni e delle tendenze climatiche nel lungo periodo, attraverso indicatori rappresentativi dell'andamento dei valori medi e degli estremi delle variabili climatiche, si basano invece sui dati di un sottoinsieme di stazioni, che rispondono ai necessari requisiti di durata, completezza e qualità delle serie temporali. Nel rapporto vengono utilizzati prevalentemente i valori climatologici normali [8] riferiti all'ultimo trentennio "principale" (1961-1990); questa scelta deriva sia dall'indicazione dell'OMM relativa alla stima delle variazioni climatiche nel medio e lungo periodo, sia dalla maggiore disponibilità di dati rispetto ai trentenni di riferimento più recenti.

Il rapporto è articolato in 6 capitoli. Il capitolo 2 descrive sinteticamente gli aspetti salienti del clima nel 2017, dapprima a scala globale e poi a scala sinottica, con particolare riguardo agli elementi che hanno influenzato l'andamento delle temperature e delle precipitazioni in Italia nel corso dell'anno. Nella seconda parte del capitolo vengono riportate le principali caratteristiche delle condizioni del tempo in Italia mese per mese e in particolare gli eventi meteorologici di rilievo, per i quali viene fornita una breve descrizione dei fenomeni e di eventuali impatti locali. I capitoli successivi sono dedicati ciascuno ad una variabile climatica. La prima parte di ogni capitolo illustra sinteticamente gli indicatori dell'anno 2017, anche in termini di scostamenti dai valori climatologici normali; la seconda, per quanto possibile in base al popolamento delle serie storiche, riporta e aggiorna con i valori del 2017 gli indicatori attraverso i quali è possibile stimare la variabilità e le tendenze del clima nell'ultimo mezzo secolo. Per una descrizione dei criteri di selezione delle serie temporali e dei metodi e modelli statistici applicati per la stima della variabilità climatica si rimanda ai riferimenti bibliografici e in particolare ai rapporti ISPRA - Serie "Stato dell'Ambiente" [9, 10, 11].

2. IL CLIMA NEL 2017

2.1 Il clima nel 2017 a grande scala

Il 2017 a livello globale è stato il terzo anno più caldo, sia della serie di temperature medie annuali su terraferma, che di quella su continenti e oceani insieme; in entrambi i casi è stato comunque l'anno più caldo tra quelli in cui non è stata presente un'anomalia positiva delle temperature superficiali del mare del tipo El Niño.

L'anomalia della temperatura media globale sulla terraferma rispetto al trentennio climatologico 1961-1990, è stata di 1.20°C (www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/globe/land_ocean/ytd); il 1998 e tutti gli anni successivi al 2000 sono gli anni più caldi della serie storica. Nel mese di marzo, per la prima volta in assenza di un evento di tipo El Niño, è stata osservata un'anomalia globale media mensile superiore ad 1°C. Nei mesi successivi le anomalie sono state inferiori, ma sempre positive, mentre gli ultimi quattro mesi dell'anno sono stati i più caldi delle rispettive serie mensili dall'inizio delle misurazioni.

Il confronto tra l'andamento della temperatura media globale e in Italia è rappresentato nella **figura 2.1**. In Italia il 2017 è stato il nono anno più caldo dall'inizio delle osservazioni, con un'anomalia media rispetto al trentennio 1961-1990 di +1.30°C.

Nella **figura 2.2** è riportata una sintesi dei principali eventi che hanno caratterizzato il clima a scala globale nel corso del 2017: gran parte delle aree continentali ha presentato valori positivi di anomalia della temperatura media annuale. Le regioni più calde, dove sono stati registrati valori record di temperatura mensile o annuale, sono state quelle del Pacifico centro-occidentale, dell'Oceano Indiano occidentale, le aree meridionali dell'America del Sud, le aree sud-occidentali degli Stati Uniti ed alcune regioni dell'Asia orientale. In particolare, la temperatura di 43.5°C rilevata a Puerto Madryn il 27 gennaio, sulla costa orientale dell'Argentina, è stata la più alta mai rilevata dall'inizio delle osservazioni ad una latitudine così meridionale (43°S).

Nel 2017 l'estensione massima annuale della calotta artica ha segnato nuovamente il minimo della serie: è il terzo anno consecutivo che ciò accade. In Antartide, invece, l'estensione minima annuale dei ghiacci marini è stata la più bassa della serie, mentre l'estensione massima è stata la seconda più bassa della serie.

L'attività degli uragani atlantici è stata nettamente superiore alla media: nella seconda metà del mese di agosto e a settembre tre uragani (Irma, Maria e Harvey) hanno colpito Porto Rico, le Isole Vergini e i Caraibi, oltre alle coste orientali degli Stati Uniti, con venti di forte intensità e raffiche fino a 295 km/h (Irma), provocando diverse vittime, distruzione e danni ingenti. Le stagioni degli uragani del Pacifico e dell'Oceano Indiano sono state invece nella media.

La mappa dell'anomalia media annuale del geopotenziale a 500 hPa del 2017 (**figura 2.3**) mostra la presenza di anomalie positive sul Mediterraneo occidentale, sull'Europa centrale e le Isole britanniche, sulla penisola iberica e sull'Oceano Atlantico ad essa prospiciente, mentre la penisola scandinava e il Baltico sono stati interessati da anomalie negative. Questo *pattern* di anomalia indica uno spostamento a nord del jet Atlantico anche sull'Europa, coerente con le anomalie di precipitazione registrate nel corso dell'anno: in Portogallo il 2017 è stato tra gli anni più secchi dal 1931 e il periodo da aprile a dicembre il più secco dall'inizio delle osservazioni, mentre in Nord Europa sono state osservate anomalie pluviometriche positive.

In Italia il 2017 è stato caratterizzato dalla persistenza e intensificazione delle condizioni di siccità già riscontrate nel corso del 2016. La siccità è stata particolarmente severa nel corso dell'estate e si è conclusa con le piogge autunnali. In molte regioni le temperature massime nei mesi estivi sono state nettamente superiori alla media climatologica, a seguito sia dall'amplificazione delle anomalie di temperatura superficiale dovuta all'estrema aridità delle superfici non irrigate, sia alle anomalie della circolazione a grande scala, come si può rilevare anche dalla mappa di anomalia annuale di geopotenziale (figura 2.3).

Con l'arrivo dell'autunno il mutamento della circolazione a grande scala ha determinato il ritorno delle

piogge su gran parte della Penisola e temperature vicine alla media climatologica della stagione, con la comparsa della neve sui rilievi anche con un certo anticipo rispetto alla norma.

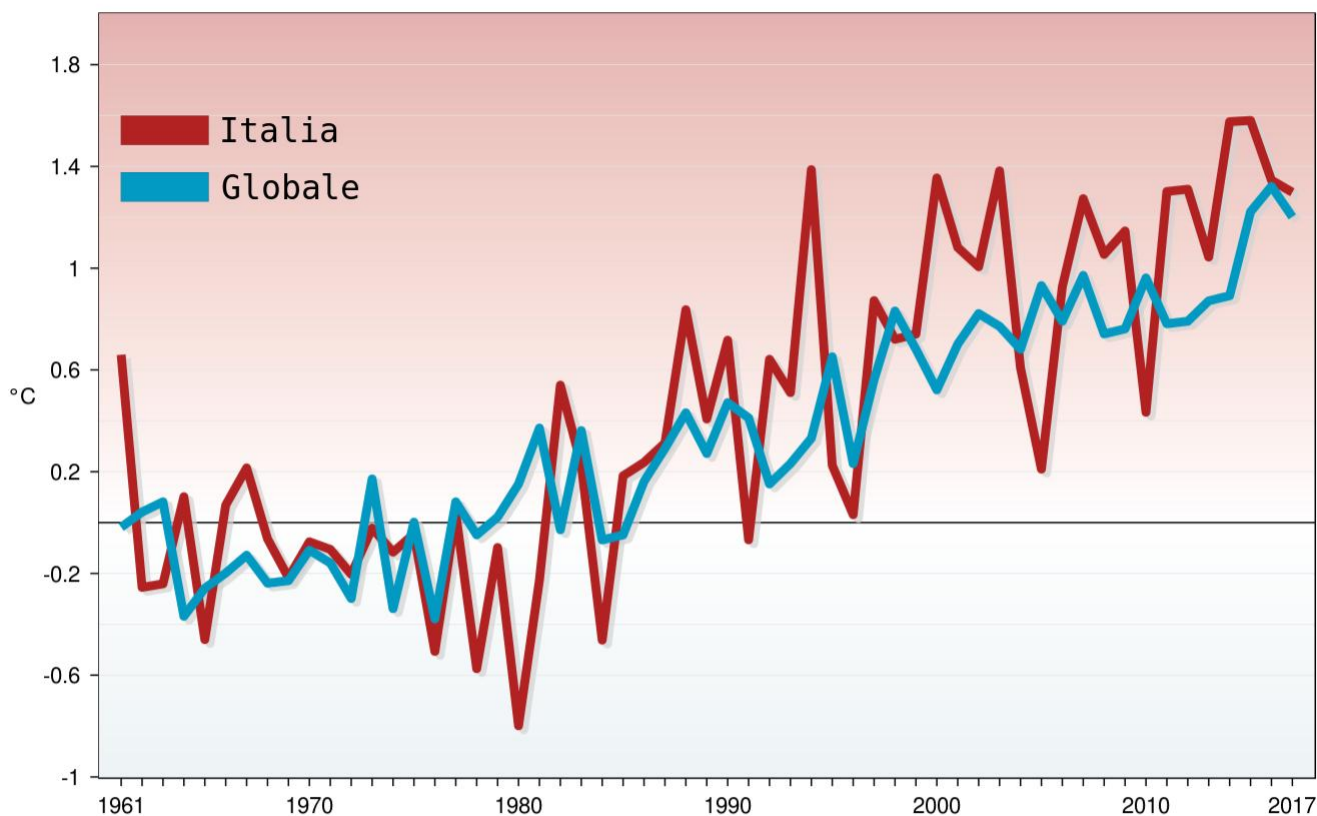


Figura 2.1: Serie delle anomalie di temperatura media globale sulla terraferma e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990. Fonti: NCDC/NOAA e ISPRA. Elaborazione: ISPRA.



Figura 2.2: Sintesi delle principali anomalie climatiche globali verificatesi nel corso del 2017. Fonte: NOAA. Elaborazione: ISPRA.

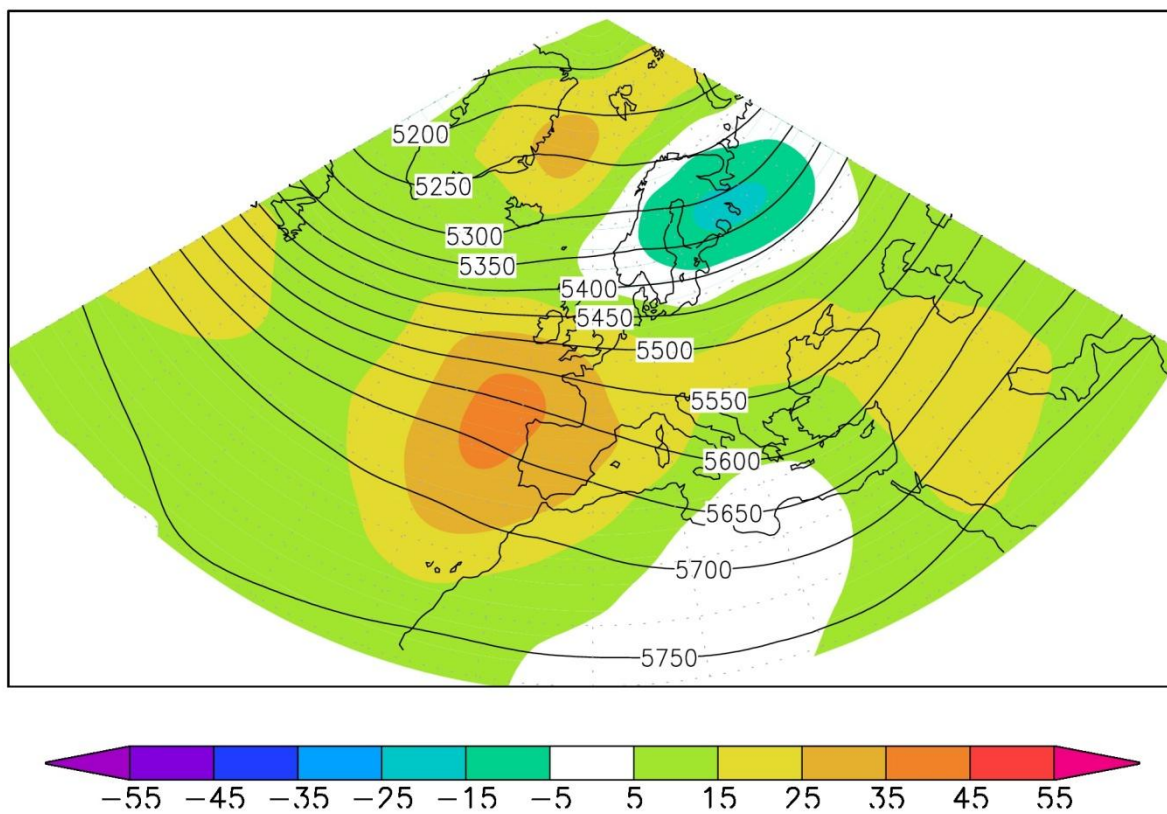


Figura 2.3: *Mapa del geopotenziale medio annuale 2017 a 500 hPa. L'intervallo tra le isolinee è 50 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2017 rispetto al valore normale 1981-2010. Fonte: NCEP/NCAR.*

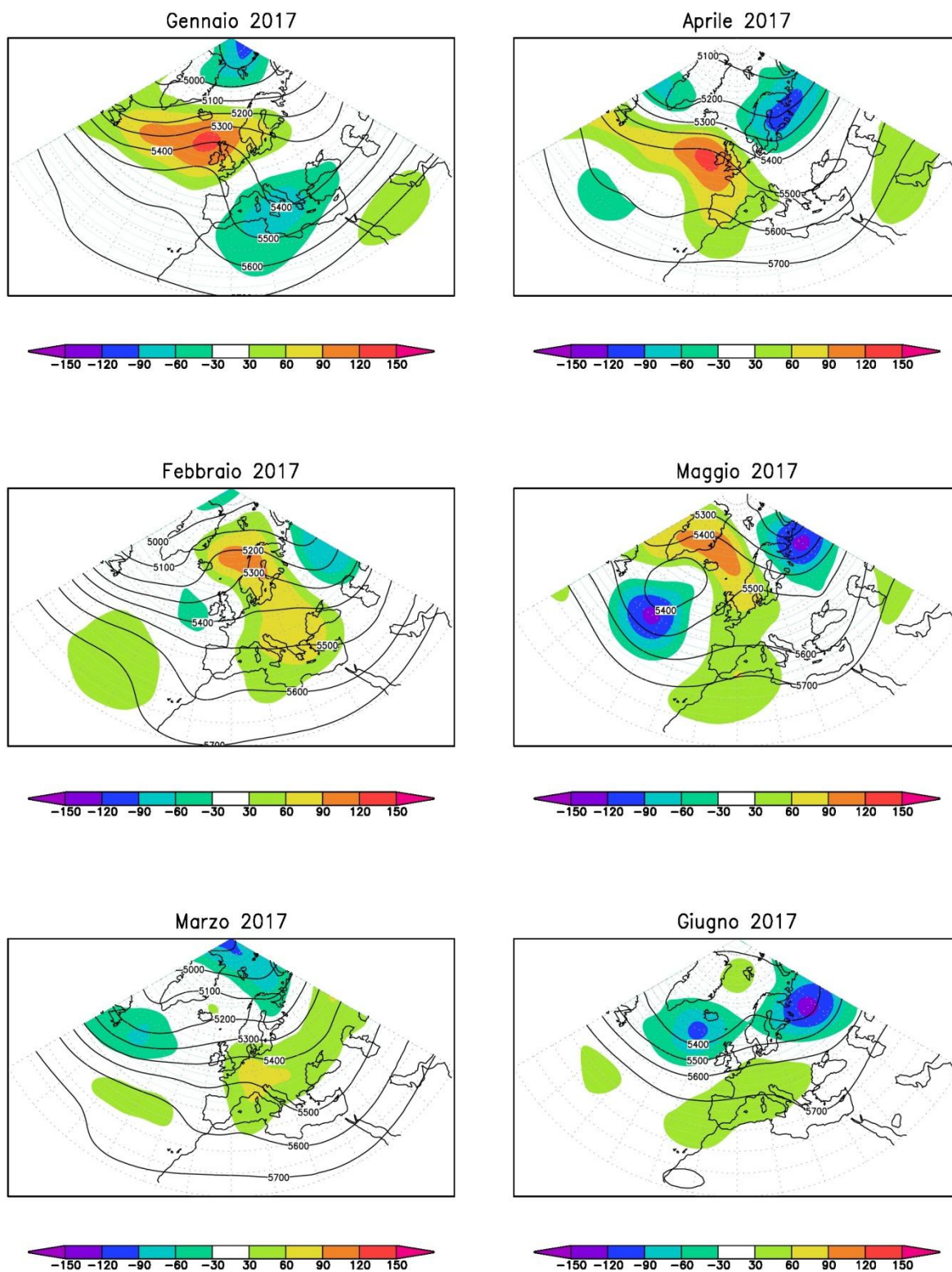


Figura 2.4a: Mappa del geopotenziale medio mensile a 500hPa. L'intervallo fra le isolinee è 100 mgp. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2017 rispetto al valore normale 1981-2010. Fonte: NCEP/NCAR.

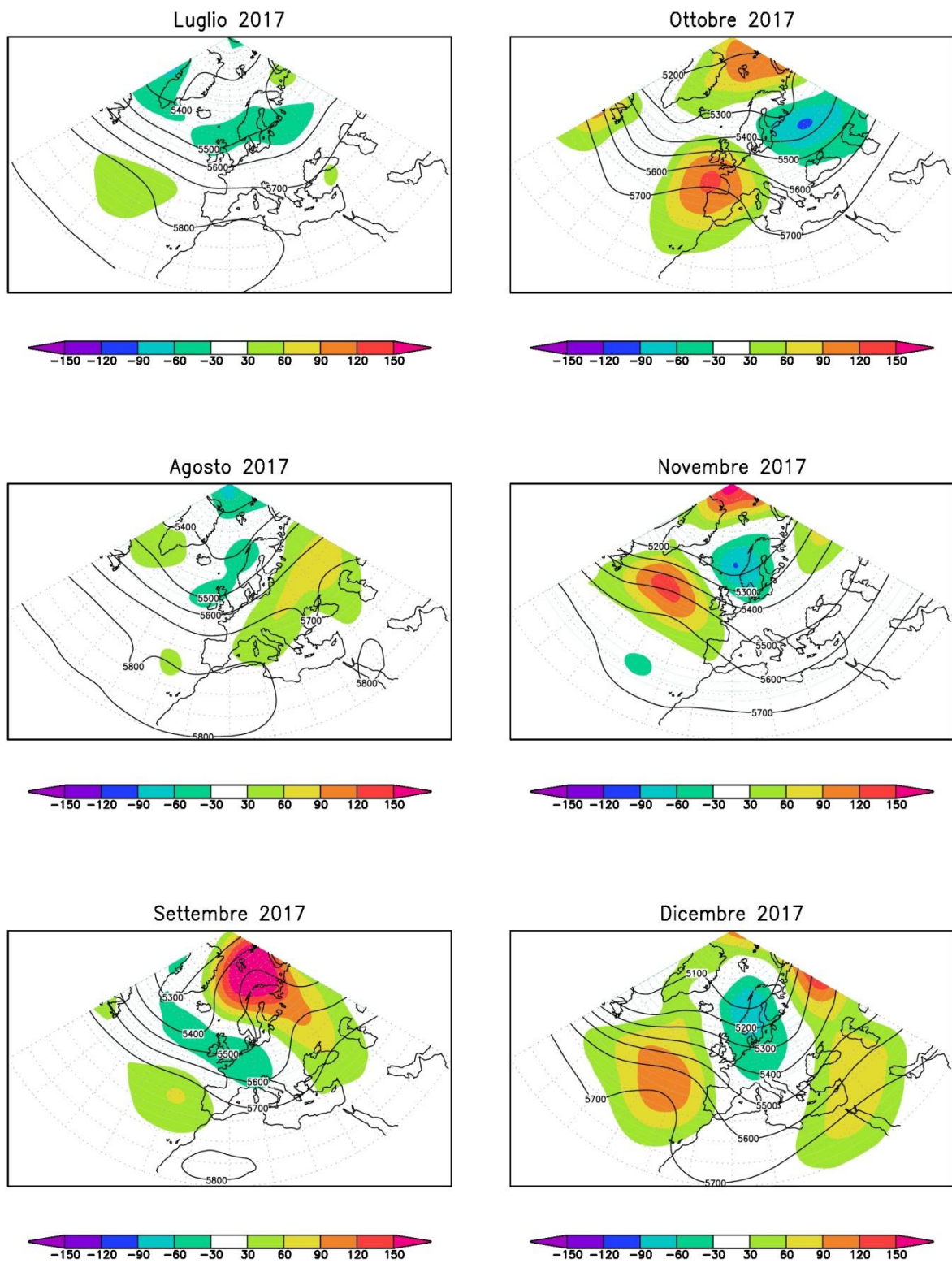


Figura 2.4b: Mappa del geopotenziale medio mensile a 500hPa. L'intervallo fra le isolinee è 100 mgs. Le aree colorate rappresentano l'anomalia 2017 rispetto al valore normale 1981-2010. Fonte: NCEP/NCAR.

2.2 Circolazione e fenomeni significativi sull'Italia

Inverno

L'inizio del 2017 è stato caratterizzato da un netto cambiamento delle anomalie termiche rispetto agli ultimi mesi del 2016. A gennaio le temperature sono state inferiori alla media climatologica su tutte le regioni italiane; queste condizioni sono state favorite dalla prevalenza di correnti settentrionali che hanno riportato le temperature a valori più tipicamente invernali. Tuttavia al Nord Italia questa circolazione a grande scala non è stata accompagnata da precipitazioni consistenti e le condizioni di intensa siccità che hanno caratterizzato gli ultimi mesi del 2016 hanno continuato a persistere su gran parte della Penisola anche nel mese di gennaio, con neve relativamente scarsa sull'arco alpino.

Tra il 5 e l'11 gennaio Molise, Puglia, Basilicata e Sicilia sono state investite da ripetute ondate di gelo, associate ad eccezionali precipitazioni nevose. Successivamente, tra l'8 ed il 14 gennaio, l'improvviso innalzamento delle temperature e le forti raffiche di vento hanno causato in Molise lo scioglimento del manto nevoso con conseguente innalzamento dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua, rapida imbibizione dei suoli e correlati fenomeni franosi. La nuova ondata di gelo e maltempo a partire dal 15 gennaio ha riportato la neve su gran parte della regione con accumuli che hanno raggiunto i valori massimi il giorno 18 e successivamente hanno causato frane e valanghe.

La presenza di temperature particolarmente basse nella Pianura Padana e il passaggio di fronti in quota hanno favorito fenomeni di pioggia congelantesi, come quello osservato il 12 e 13 gennaio tra la pianura lombarda occidentale e la corrispondente fascia prealpina; in questi giorni si sono registrate le uniche nevicate del mese sull'arco alpino.

A partire dal 18 gennaio le regioni centrali (Abruzzo, Lazio, Marche ed Umbria) sono state interessate da intense nevicate, che hanno isolato molti comuni dell'Appennino già colpiti dal sisma di agosto 2016 e nuovamente interessati, a partire da questo mese, da una nuova sequenza sismica. Nelle Marche il manto nevoso ha raggiunto spessori più consistenti nelle zone interne, con cumulate variabili a causa dell'azione del vento; i valori più elevati, tra 150 e 200 cm, sono stati registrati sui versanti appenninici orientali mentre nei versanti occidentali dei Monti Sibillini le cumulate sono state mediamente di circa 100 cm (**figura 2.5**). La concomitanza fra la sequenza sismica di questi giorni e gli ingenti accumuli di neve ad alta quota ha provocato numerose valanghe. Tra queste, una valanga di grandi dimensioni ha travolto l'Hotel Rigopiano nel comune di Farindola in Abruzzo e 29 persone hanno perso la vita. Un uomo ha perso la vita a Ortolano, nel comune di Campotosto, travolto da una valanga mentre usciva di casa a causa delle scosse di terremoto.

Le regioni colpite da questi eventi hanno subito danni alle linee elettriche: le interruzioni del servizio sono state decine di migliaia, soprattutto nell'Ascolano. Vi sono stati anche problemi e criticità nelle reti di telecomunicazione.

In provincia di Ascoli Piceno la spessa coltre nevosa ha causato il crollo del tetto di diversi edifici, tra cui una struttura sportiva ed una chiesa, quest'ultima già lesionata dal sisma. Altri crolli hanno costretto a sfollare diverse famiglie. In seguito, lo scioglimento dello strato nevoso ha portato all'innalzamento dei livelli idrometrici, ma soprattutto il verificarsi di nuove frane e la riattivazione di smottamenti e altri fenomeni franosi preesistenti.

Le criticità hanno riguardato anche il settore agricolo-zootecnico: la spessa coltre nevosa ha causato il crollo o il danneggiamento di diverse stalle, con conseguente perdita di animali.

Tra il 21 e il 23 gennaio la Sicilia è stata interessata da piogge abbondanti, soprattutto nel settore orientale: le precipitazioni cumulate giornaliere hanno raggiunto il valore massimo di 148.6 mm a Sciacca, dove la massima intensità oraria è stata di 39.7 mm, e valori ancora superiori sono stati osservati nell'area dell'Etna, dove tuttavia i quantitativi non hanno assunto carattere di eccezionalità. Le piogge di gennaio in Sicilia hanno momentaneamente mitigato le preesistenti condizioni di estrema siccità. A febbraio i flussi medi zonali hanno determinato un ritorno delle precipitazioni nelle regioni settentrionali, lasciando quelle meridionali in condizioni meno piovose della norma. Le temperature sono tornate al di sopra della norma climatica su tutto il territorio nazionale e si sono mantenute tali fino ad agosto incluso. Sull'arco alpino gran parte degli apporti nevosi invernali sono dovuti alle precipitazioni di questo mese. Le precipitazioni sono state diffuse sia sulle Alpi che sugli Appennini.

Primavera

Nel corso della primavera il flusso medio è stato meno favorevole all'ingresso di perturbazioni atlantiche nel Mediterraneo e sull'Italia. A marzo il jet Atlantico è rimasto mediamente posizionato sulle Isole Britanniche, mentre in Italia il clima è stato caratterizzato da anomalie termiche positive e pluviometriche negative. Ad aprile il jet si è spostato ulteriormente a nord, favorendo la persistenza delle anomalie climatiche in corso.

In Piemonte il periodo compreso tra metà febbraio a metà aprile 2017 è stato il più lungo, dall'inizio delle osservazioni, con persistente anomalia termica positiva rispetto alla media climatologica 1971-2000. Ciononostante sull'arco alpino, all'inizio di marzo e tra la fine di aprile e la prima settimana di maggio, sono stati registrati importanti apporti di precipitazioni nevose.

Il 6 marzo un minimo depressionario di origine artica che ha causato danni notevoli nel sud della Francia, è transitato sul territorio piemontese; al passaggio del fronte e nel giro di 3 ore il minimo si è approfondito di circa 10 hPa, determinando un notevole rinforzo dei venti, con raffiche fino a 135 km/h presso la stazione di Monte Malanotte (CN). La riflettività della struttura nuvolosa, e l'immagine da satellite nel canale del visibile (**figura 2.6**) non evidenziano la presenza di strutture temporalesche (cumulonembi): si può quindi escludere che il fenomeno sia stato associato al transito di una tromba d'aria, come ampiamente ed erroneamente riportato da alcune testate giornalistiche. Questa conclusione è stata confermata da un'analisi svolta dal Servizio Meteorologico di ARPA Piemonte, che suggerisce piuttosto che i fenomeni osservati siano da attribuirsi ad una particolare tipologia di vento di caduta (catabatico), simile alla "bora scura".

A parte i fenomeni locali talvolta anche intensi, la siccità ha continuato a persistere su gran parte delle regioni italiane; in aprile, in Veneto, l'Adige ha raggiunto la portata minima di 34-40 m³/s, ben inferiore alla soglia di 70 m³/s necessaria per mantenere la risorsa idro-potabile.

Un'irruzione artica ha determinato un nuovo improvviso calo delle temperature tra il 20 e il 22 aprile; in Sicilia diverse stazioni hanno registrato temperature vicine ai minimi storici per la terza decade di aprile (-3.2°C a Piazza Armerina). Anche in Veneto, il 20 aprile, sono state rilevate temperature minime inferiori allo zero anche in pianura: -1.0°C a Roverchiara (VR), -2.5°C a Colognola ai Colli, -0.6°C ad Arcole (VR). Le basse temperature hanno provocato danni rilevanti ai vigneti.

Nel corso del mese di maggio il jet Atlantico si è spostato a sud, riavvicinando i valori termici e pluviometrici alla norma nelle regioni centro-settentrionali, mentre nelle regioni meridionali le precipitazioni sono state ancora nettamente inferiori ai valori normali.

Un evento significativo si è verificato in Sicilia il 16 maggio, quando nell'area di Bronte una grandinata ha danneggiato produzione del pistacchio.

Estate

Nel corso della stagione estiva il flusso medio è stato caratterizzato dalla presenza di un jet Atlantico piuttosto intenso che però non sempre ha influenzato le nostre regioni; nel mese di luglio e nella prima parte di agosto l'alta pressione africana si è intensificata e si è estesa alle coste settentrionali del Mediterraneo, determinando sull'Italia, insieme all'avvezione di masse d'aria tropicali molto calde, anomalie di temperatura molto elevate.

Su quasi tutte le regioni, fino al termine dell'estate, è continuata e si è intensificata la siccità. Diverse regioni, tra cui Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Toscana, Lazio ed Umbria hanno dichiarato lo stato di emergenza regionale per l'uso idro-potabile. Le regioni alpine, invece, pur coinvolte dalle principali ondate di calore, sono state teatro di numerosi eventi temporaleschi, localmente anche di forte intensità. In Alto Adige, a differenza del resto d'Italia, l'umidità relativa media nel corso dell'estate 2017 è stata superiore alla norma. Il disgelo del permafrost ad alta quota a seguito delle temperature elevate ha determinato in molte vallate l'insorgere di fenomeni franosi. Lungo le coste, invece, i fenomeni convettivi sono stati talvolta accompagnati da intense mareggiate; quella che si è verificata tra la fine di giugno e l'inizio di luglio in Liguria, in condizioni d'intenso Libeccio, ha fatto registrare massimi di altezza d'onda pari a 5 metri il 30 giugno (boa di Capo Mele) e ha causato una vittima nel Savonese.

Le onde di calore estive del 2017 sono state di notevole intensità e durata e hanno coinvolto tutte le

regioni italiane.

In Piemonte una decina di stazioni hanno registrato valori record di temperatura massima già nel corso del mese di giugno; il 23 giugno a Villanova Solaro (CN) è stato rilevato il massimo valore di temperatura per il mese mai registrato nella regione dall'inizio delle osservazioni: 39.2°C. Il numero di giorni estivi da maggio a settembre presso la stazione di Cameri è stato pari a 90, tre volte superiore al valore medio di riferimento 1971-2000.

In diverse stazioni del Trentino, tra cui Lavarone, Cavalese e Rovereto, il mese di giugno 2017 è stato il secondo più caldo dall'inizio delle osservazioni, dopo quello del 2003.

Tra il 5 e il 6 giugno in Lombardia sono stati osservati massimi di intensità di precipitazione fino a 47 mm/h a Gambara (BS) e sono stati stimati (da misure di riflettività radar) massimi di intensità fino a 88 mm/h in provincia di Brescia; all'evento vanno associate anche due trombe d'aria, una in provincia di Cremona e l'altra in provincia di Brescia.

Nella seconda decade di giugno la Toscana è stata interessata dalla prima onda di calore, durante la quale il valore medio regionale della temperatura media è stato quasi 4 °C al di sopra della media di riferimento 1981-2010 ed è stata registrata una temperatura massima di 34.7°C a Firenze.

Il 14 giugno un temporale si è abbattuto sulla pianura centro orientale dell'Emilia-Romagna, con massime intensità di precipitazione di 41.8 mm in 1 ora a Riglio e 54.6 mm in 3 ore a Carpineti, corrispondenti a tempi di ritorno dell'ordine di 20 anni.

Il 24 giugno, in Lombardia, nel corso di un temporale è stata misurata una precipitazione cumulata oraria di 64.6 mm a Branzi-Il Pizzo (BG).

Nella seconda decade di luglio si è verificata la seconda ondata di calore; in Toscana la temperatura media regionale ha superato di circa 3°C la norma 1981-2010; la temperatura massima a Firenze ha raggiunto 37.8°C. Negli stessi giorni anche la Sicilia ha subito l'onda di calore più intensa della stagione; nel settore orientale sono stati superati i 45°C e a Siracusa è stata registrata una massima di 45.4°C, che rappresenta il valore più elevato di tutta la serie storica.

Alla fine di luglio, mentre le temperature hanno toccato valori record su gran parte della Penisola, sulle Alpi si sono verificati temporali sparsi, associati spesso a precipitazioni molto intense ma di breve durata e venti con raffiche che localmente hanno assunto valori classificati come "fortunale" nella scala Beaufort. In Valle d'Aosta le raffiche hanno raggiunto l'intensità massima di 112 km/h a Brusson, massimo dei valori registrati presso la stazione dall'inizio osservazioni; a Saint Denis quella di 108 km/h.

Il mese di agosto è stato caratterizzato da intense anomalie termiche: le temperature massime giornaliere in molte regioni hanno raggiunto valori massimi mai osservati e, successivamente, con la rottura delle condizioni di blocco, si è osservato un repentino calo termico associato a intensi fenomeni convettivi.

In Toscana, nella prima decade di agosto, le temperature medie regionali sono state 4°C al di sopra della norma 1981-2010 e hanno toccato i valori record di 40.4°C ad Arezzo e 41.3°C a Firenze.

Anche in Emilia-Romagna il termometro ha superato i 40°C: i 42.5°C del 4 agosto a Brisighella (RA), rappresentano il nuovo record regionale. In Emilia Romagna, l'estate 2017 è stata la terza più calda dal 1961, dopo le estati del 2003 e del 2012 e l'anomalia di temperatura media regionale estiva è stata 5.6 deviazioni standard più alta della media di riferimento 1961-1990.

In Veneto due stazioni hanno registrato il record storico di temperatura massima dall'inizio delle rilevazioni: Montagnana (39.2°C) e Pradon Porto Tolle (38.6°C).

In Piemonte, tra il 2 e il 5 agosto, 37 stazioni hanno registrato il record storico di temperatura massima dall'inizio delle osservazioni (di queste, 22 erano già attive nel 2003, anno con la massima anomalia di temperatura media estiva dal 1961). Il picco massimo è stato registrato ad Acqui Terme (AL) il 5 agosto con 41.3°C. Per i giorni 4 e 5 agosto è stata calcolata una temperatura media nella pianura piemontese di 28.7°C, inferiore solo ai 29°C dell'11 agosto 2003. Le temperature minime più elevate del mese sono state invece registrate il 6 agosto, con 22.2°C di media in pianura, superiore a quella del mese di agosto 2003.

In Liguria, il 2 agosto sono stati raggiunti 40.4°C a Padivarna (SP, 75 m s.l.m.) e il 5 agosto i 39.8°C a Castelnuovo Magra (SP, 96 m s.l.m.).

In Sardegna i giorni più caldi sono stati il 1° e il 4 agosto. Il 1° agosto il 30% delle stazioni della Sardegna ha superato i 40°C, con picchi di 46.6°C a Fraigas e 46.4°C nella località Cantoniera Coghinas a Perfugas (SS), mentre il 4 agosto il 65% delle stazioni ha superato i 40°C, con picchi di 46.3°C a Villa Verde (OR), 45.2°C a Fraigas nella Piana di Ozieri (SS) e 45.0°C a Ottana (NU).

In Sicilia, dall'1 all'11 agosto le temperature massime sono state sempre superiori o uguali a 40°C. Nel corso di questi giorni l'arco alpino è stato interessato da ripetuti fenomeni temporaleschi, localmente e per brevi periodi anche di forte intensità: il 1° agosto in Valle d'Aosta sono state misurate intensità massime di 27.4 mm in 10 minuti a Jovençon, 11 mm in 10 minuti a Valtournenche e 6.2 mm in 10 minuti a Saint-Marcel. Le precipitazioni intense hanno provocato diverse colate detritiche.

Sempre in Valle d'Aosta, le intense temperature di questi giorni hanno causato la fusione del permafrost e il crollo di frazioni di pareti rocciose, come quello occorso tra il 3 e il 6 agosto sulla parete est della Granta Parey a Rhêmes-Notre-Dame. Nel bacino del Vofrède, nel Comune di Valtournenche, è stata rinvenuta la presenza di blocchi di ghiaccio nei depositi relativi alle colate verificatesi l'1 e l'8 agosto. Ancora l'8 agosto, un nuovo rovescio di forte intensità ha causato colate detritiche nei pressi del comune di Ollomont, con notevoli impatti sulla popolazione (**figura 2.7**). In quei giorni la quota dello zero termico è stata generalmente al di sopra di 4000 m, con valori massimi fino a 4800 m. Le temperature elevate hanno rappresentato un ulteriore fattore che ha contribuito ai dissesti, sia attraverso fenomeni di fusione dei ghiacciai, sia attraverso la presenza di precipitazioni liquide a quote più alte.

Tra il 4 e il 5 agosto, temporali intensi hanno colpito il Veneto, con massime intensità osservate a Misurina di 62.0 mm in 1 ora, 110.4 mm in 3 ore e 111.4 mm in 24 ore. Le precipitazioni intense hanno provocato una colata detritica dal monte Cristallo che ha ostruito i torrenti, fatto tracimare i corsi d'acqua coinvolgendo ponti ed edifici e causato una vittima in località Rio Gere.

Questa intensa onda di calore è terminata al Nord il 6 agosto, quando un fronte atlantico ha innescato i primi temporali sulle Alpi. In Friuli le raffiche di Bora hanno raggiunto i 100 km/h e hanno causato una vittima a seguito della caduta di un albero. Il 5 agosto un temporale molto intenso si è abbattuto sull'Alta Val Pusteria: a Dobbiaco è stato misurato un massimo di precipitazione cumulata su 2 ore pari a 64 mm. Le precipitazioni hanno causato un picco di portata di 70 m³/s misurato alla stazione idrometrica di Braies di Fuori sul rio omonimo, con un tempo di ritorno stimato di circa 300 anni; il livello del Lago di Braies è salito di 90 cm in 2 ore con laminazione dell'onda di piena proveniente da monte. Nella Provincia di Bolzano le precipitazioni intense di questo mese hanno riattivato diverse frane.

Le temperature sono scese definitivamente quasi ovunque solo tra il 9 e il 10 agosto, quando una vasta depressione fredda è scesa dalla Francia verso il Mediterraneo, richiamando correnti da sud-ovest in quota e aria calda e umida negli strati inferiori. Il giorno 10 agosto sull'Appennino tosco-emiliano si è sviluppato un sistema temporalesco, che nel primo pomeriggio ha interessato la Romagna e le coste del Veneto fino ad arrivare al Friuli Venezia Giulia, con un fronte complessivo di lunghezza superiore a 200 km. L'estensione e l'intensità di questo sistema convettivo sono state eccezionali; il radiosondaggio dell'Aeronautica Militare lanciato a Rivolto alle ore 11 UTC ha misurato il massimo storico di energia convettiva potenzialmente disponibile (CAPE calcolato con la correzione virtuale pari a 4352 J/kg); una conferma della grande estensione dell'area con aria potenzialmente molto instabile viene dal fatto che anche il sondaggio fatto contemporaneamente a Roma aveva valori di CAPE ben superiori a 3000 J/kg. In Friuli Venezia Giulia i venti molto forti osservati nel corso di questo evento, con raffiche fino a 125 km/h, hanno causato danni a più di 2500 coperture (di cui 170 distrutte) e a più di 300 tra automobili e motociclette, per un totale stimato di 318 milioni di Euro; i danni sono stati ingenti anche per l'agricoltura e l'industria, con molti casi di black-out e interruzioni delle linee ferroviarie.

La quota neve è scesa improvvisamente a 2300 m sulle Alpi occidentali e le precipitazioni hanno assunto localmente carattere di forte intensità. A Dobbiaco (BZ) nell'arco di 3 ore sono caduti 65 mm di pioggia, un'intensità mai registrata in questa località almeno negli ultimi 30 anni.

Gli intensi e ripetuti temporali estivi sull'arco alpino hanno causato diverse frane; in particolare, quella sul Monte Cengalo in Svizzera ha causato depositi di fango sul fiume Mera (**figura 2.8**) ed ha interessato il bacino di Villa di Chiavenna in Valchiavenna (Lombardia).

Autunno e Dicembre

Anche l'autunno è stato caratterizzato da contrastanti anomalie climatiche. Le mappe di anomalia di Z500 indicano la presenza di una intensa e persistente anomalia positiva ad ovest-nord-ovest della penisola Iberica, che si è prolungata anche nel mese di dicembre.

A differenza dei mesi successivi, in cui il flusso medio sull'Italia è stato prevalentemente da nord, nel

corso di settembre il flusso medio è stato prevalentemente da nord-ovest, favorendo in tutte le regioni valori termici prossimi alla media climatologica e pluviometrici superiori al clima di riferimento.

Le piogge diffuse su gran parte del territorio nazionale hanno interrotto il lungo periodo di forte siccità. Le precipitazioni sono arrivate spesso in occasione di intensi eventi convettivi.

Il 7 settembre si sono verificati temporali diffusi in Emilia-Romagna, con intensità massime superiori a 15 mm in 15 minuti: 15.2 mm a Malborghetto di Boara (FE), 16.8 mm a Ponte Prati (FE), 20.2 mm a Ponte Vicini (FE), 23.2 mm a Seminato (FE), 18.4 mm a Ponte Bacchello (MO), 17.6 mm a Mormorola (PR) e 15.6 mm a Marzaglia (MO).

Il 9 e il 10 settembre diverse regioni italiane sono state interessate da temporali diffusi; su molte località l'intensità delle precipitazioni è stata eccezionale, favorita anche dalla temperatura elevata dei mari italiani. A Livorno un'alluvione ha provocato la morte di otto persone; le massime intensità di precipitazione osservate nel corso della prima parte dell'evento sono state di 63.4 mm in 1 ora a Livorno e 65.6 mm in 1 ora a Bocca d'Arno (Marina di Pisa, PI); nella seconda parte dell'evento, tra Livorno e Rosignano a Quercianella, si sono osservate intensità massime di precipitazione di 42.4 mm in 15 minuti, 121.8 mm in 1 ora e 188.0 mm in 3 ore, mentre a Valle Benedetta sono state osservate massime intensità di 38.4 mm in 15 minuti, 120.8 mm in 1 ora e 210.2 mm in 2 ore. I tempi di ritorno stimati sono superiori a 200 anni.

In questi giorni anche la pianura centrale lombarda e la corrispondente fascia prealpina sono state colpite da temporali intensi nel corso dei quali sono state misurate precipitazioni massime cumulate su 12 ore di 199 mm a Cassina Valsassina Moggio (LC).

Il 10 settembre intense precipitazioni hanno interessato l'areale romano del Lazio con intensità che in diverse stazioni hanno superato i 60 mm in 1 ora e 100 in 3 ore. Valori massimi di intensità sono stati misurati ad Ardea (circa 110 mm in 1 ora).

Il mese di ottobre, che generalmente è tra i più piovosi dell'anno, è stato caratterizzato dal ritorno della siccità in molte regioni italiane.

In Lombardia è stato uno dei mesi meno piovosi degli ultimi 30 anni, con cumulate mensili da 0 a 10 mm in Pianura Padana (3.4 mm a Milano Brera, MI) e massimi di poco più di 20 mm sulle zone confinanti con il Veneto. In Piemonte quello del 2017 è stato il mese di ottobre più siccitoso dal 1960, con una precipitazione media sulla regione di circa 3 mm. In Trentino le precipitazioni sono state pressoché assenti, con un deficit medio dell'80-90% circa rispetto ai valori di riferimento 1961-1990. In Toscana la pioggia è stata quasi totalmente assente: nelle stazioni di Pistoia, Prato, Pisa e Livorno non ha mai piovuto così poco dall'inizio delle osservazioni.

In Sicilia il 5 ottobre un forte temporale si è abbattuto su Santa Croce Camerina, dove le intensità di precipitazione hanno raggiunto valori massimi di 81.8 mm in 1 ora e il totale di evento è stato di 137 mm.

In Emilia-Romagna il 6 ottobre nel corso di temporali locali sono state misurate intensità superiori a 15 mm in 15 minuti: 20.0 mm a Mirabello (FE) e 17.8 mm a S. Pietro in Capofiume (BO).

Tra il 5 e il 7 novembre la Campania è stata interessata da intense ed estese precipitazioni: le intensità massime sono state registrate il 6 novembre a Cetara (SA) con 213.3 mm giornalieri, 64.7 mm in 1 ora e 103.7 mm in 3 ore; nella stessa stazione è stata misurata la massima precipitazione cumulata sull'evento: 262.3 mm. Valori elevati di intensità di precipitazione sono stati osservati a Rocca d'Evandro Meteo (45.8 mm in 30 minuti) e Caiazzo (66.8 mm in 1 ora, 121.4 mm in 3 ore 130.6 mm in 6 ore). L'evento è stato particolarmente critico tra l'alto Casertano e la Valle Telesina, tra Alvignano (CE), Melizzano (BN) e Caiazzo (CE); per le intensità di precipitazione negli intervalli temporali fra 3 e 12 ore sono stati stimati tempi di ritorno anche superiori a 100 anni. L'evento è stato particolarmente critico a Caiazzo dove sono stati registrati valori di pioggia superiori a 3 volte la media dei massimi annuali in 3 ore. Per durate comprese tra 12 e 24 ore, invece, sono stati stimati tempi di ritorno superiori a 50 anni presso la stazione di Cetara. Per durate di un'ora, tempi di ritorno prossimi o superiori a 50 anni sono stati registrati in tre punti molto distanti tra loro: a Caiazzo, Cetara e nel Cilento a S. Mauro la Bruca (SA). In termini di effetti indotti al suolo, i fenomeni più critici sono stati registrati nelle aree pedemontane del bacino del Sarno, dell'Irno e dei bacini vesuviani, che sottendono estese aree percorse dal fuoco degli incendi nell'estate 2017. Le precipitazioni intense hanno causato allagamenti e frane in varie località, ma anche colate di fango misto a prodotti della combustione derivante dagli incendi boschivi.

Su gran parte del Nord l'inverno è iniziato precocemente, con le nevicate del 13 novembre sulle Alpi e sull'Appennino settentrionale, che si sono estese anche in pianura tra Bologna e Imola.

L'inizio dell'inverno è stato caratterizzato da frequenti sbalzi termici, con neviccate abbondanti sull'arco alpino sin dai primi giorni di dicembre, seguite da improvvisi rialzi della temperatura con piogge anche ad alta quota e ripetute piogge congelantesi; quest'ultimo fenomeno, in particolare, è stato osservato tra il 10 e 11 dicembre sull'Appennino pavese, sulle colline a sud di Piacenza, nelle zone di pianura adiacenti, nelle zone montuose di confine tra il Piemonte e la Liguria e nelle valli alpine dell'Alto Adige, dove è estremamente raro.

Nel corso di questi giorni in Emilia-Romagna sono state misurate raffiche di vento del grado 12 della scala Beaufort categorizzata come "Uragano" e piogge abbondanti sono cadute sull'Appennino emiliano e ligure. Su aree estese la precipitazione cumulata sull'evento è stata superiore a 300 mm in 48 ore e presso la stazione di Cabanne (Appennino Ligure) ha raggiunto il valore massimo di 507 mm e la massima intensità di precipitazione di 39.4 mm/h. Le intense precipitazioni hanno causato significativi aumenti del livello idrometrico del fiume Enza e la rottura degli argini presso il comune di Brescello (RE). L'11 dicembre le raffiche hanno raggiunto valori massimi di 48.3 m/s a Lago Scaffaiolo (1794 m s.l.m., MO), 33.8 m/s a Madonna dei Fornelli (900 m s.l.m., BO), 49.5 m/s a Loiano (741 m s.l.m., BO) e 27.3 m/s a Mulazzano (190 m s.l.m., RN). Il valore medio orario scalare dell'intensità del vento ha raggiunto a Loiano un massimo di 33.6 m/s. In queste località l'intensità del vento si è mantenuta su valori molto alti continuativamente per tutto il giorno. Nel corso della giornata sono stati osservati anche intensi gradienti orizzontali di temperatura superficiale, dell'ordine di 15°C/20 km tra Bologna e Imola.

Negli stessi giorni in Liguria il vento ha raggiunto raffiche di 157 km/h a Fontana Fresca e la costa è stata battuta da una violenta mareggiata con onde massime di 8.4 m e periodo d'onda di 11.6 secondi (**figura 2.9**). L'evento è occorso in una situazione di flusso sud-occidentale associato all'approfondimento di un'estesa depressione dalle caratteristiche tipicamente autunnali, che si è estesa dalle coste africane a gran parte del Mediterraneo centro-occidentale; a questa configurazione di Libeccio è associato il *fetch* più esteso tra quelli possibili nel Mediterraneo, come si evidenzia anche dal periodo d'onda.

In sintesi, il 2017 è stato un anno caratterizzato da intense anomalie climatiche. Le più rilevanti ed estese sono state l'intensa siccità, che ha interessato in particolare le regioni centro-settentrionali fino all'inizio del mese di settembre, e le intense ondate di calore estive, che hanno portato anche a valori record della temperatura massima. Nel corso dell'anno si sono altresì sviluppati numerosi eventi convettivi, localmente violenti, sia nell'interno che lungo le coste. Le notevoli intensità di precipitazione sono state causa di improvvise alluvioni e di colate detritiche, queste ultime anche in concomitanza con temperature elevate in alta quota o con eventi geofisici come la sequenza sismica che ha interessato l'Italia centrale.



Figura 2.5: *Ingenti accumuli nevosi sui canaloni a ridosso del Passo di Sasso Boghese. Fonte: Centro Funzionale Multirischi Regione Marche.*

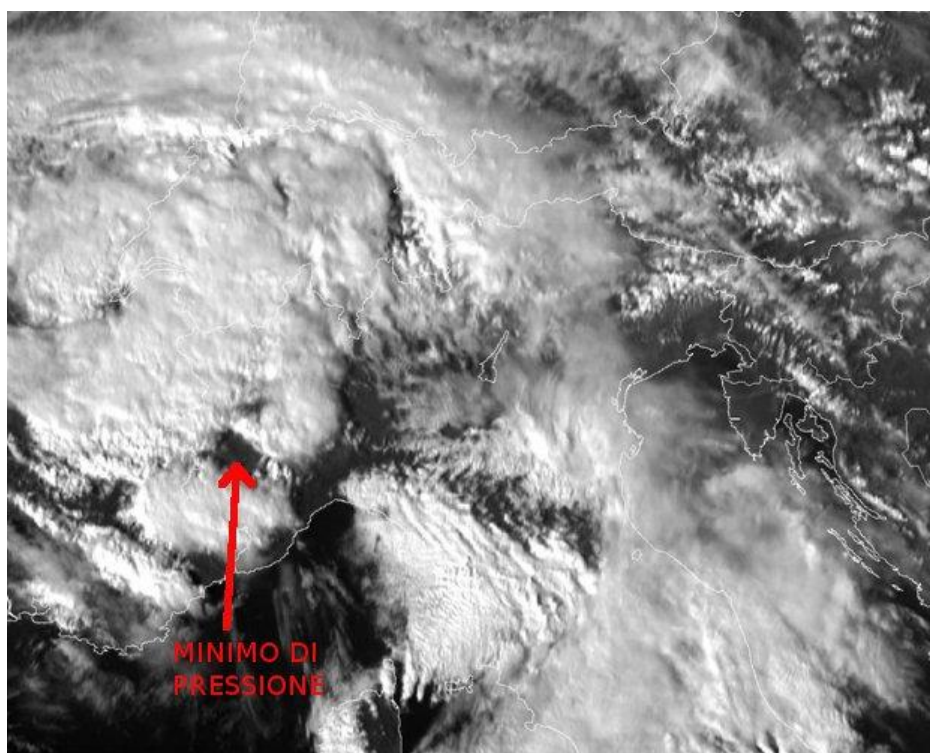
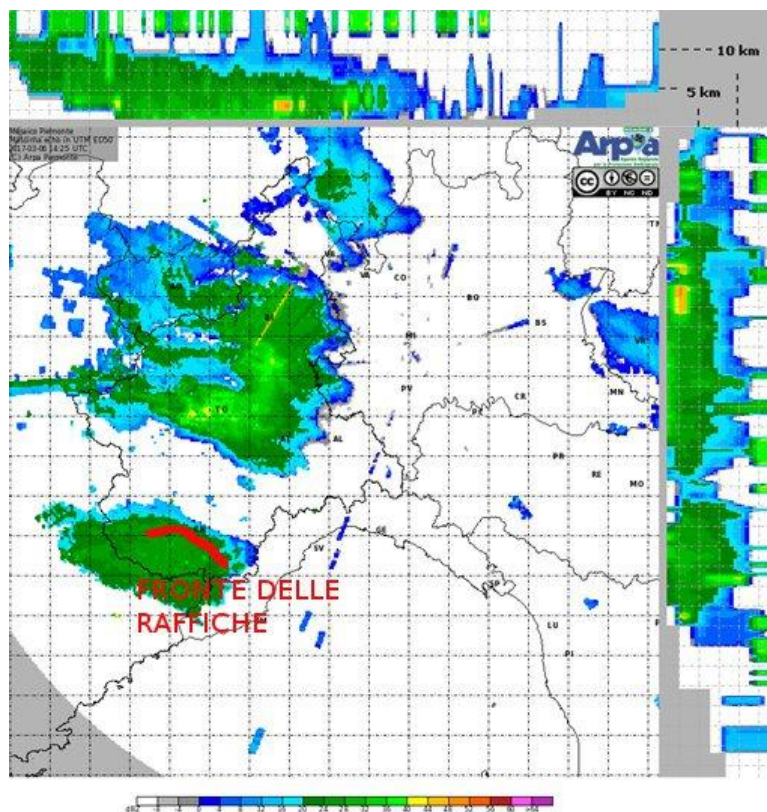


Figura 2.6: Massima riflettività radar (sopra), con evidenziato il fronte delle raffiche osservato e immagine da satellite nel canale del visibile ad alta risoluzione (sotto), con evidenziato il minimo di pressione al suolo in corrispondenza di una locale assenza di copertura nuvolosa alle ore 14:25 UTC. Fonte: ARPA Piemonte.



Figura 2.7: *Particolare del territorio alluvionato nel Comune di Ollomont l'8 agosto 2017. Fonte: Centro Funzionale Regione Autonoma ARPA Valle d'Aosta.*



Figura 2.8: *Depositi di fango lungo il Fiume Mera (SO) a seguito della frana del Monte Cengalo il 24 agosto 2017. Fonte: ARPA Lombardia.*



Figura 2.9: Mareggiata lungo la costa Ligure (Genova Sturla) dell'11 dicembre 2017. Fonte: Luca Onorato, ARPA Liguria.

3. TEMPERATURA

Anno 2017

Nelle **figure 3.1-3.3** sono rappresentate le mappe dei valori annuali di temperatura media, minima assoluta e massima assoluta.

I valori più bassi di temperatura media sono stati registrati su località dell'arco alpino centrale a oltre 3000 m di quota s.l.m. (-5.3°C) e dalla stazione sinottica di Pian Rosà (AO, 3488 m s.l.m., -5.2°C); i valori più alti sono stati registrati dalle stazioni sinottiche di Lampedusa (19.7°C), Capo Carbonara (19.3°C) e Catania Sigonella (19.2°C). Il valore medio sull'intero territorio nazionale della temperatura media 2017 è di 12.5°C .

Le temperature minime assolute sono comprese tra -28°C (stazioni a oltre 3000 m di quota sull'arco alpino centrale) e 4.9°C (stazione sinottica di Pantelleria). Le temperature massime assolute più elevate della rete sinottica sono state rilevate in Sicilia a Catania Sigonella (44.4°C) e Siracusa (43.1°C), mentre alcune stazioni delle reti regionali del Lazio, della Sicilia, della Sardegna e della Lombardia hanno registrato temperature anche superiori a 45°C .

L'andamento della temperatura in Italia nel corso del 2017 è illustrato dalle **figure 3.4 e 3.5**. I valori di anomalia rappresentano le differenze tra le temperature medie del 2017 e quelle normali riferite al periodo climatologico 1961-1990. L'anomalia della temperatura media annuale (**figura 3.5**) è stata più elevata al Nord ($+1.56^{\circ}\text{C}$ di media) e meno elevata al Sud e sulle Isole ($+1.08^{\circ}\text{C}$). A gennaio le temperature sono state ovunque più basse della norma (anomalie medie mensili comprese tra -0.96°C al Nord e -1.60°C al Sud). Da febbraio ad agosto il clima è stato nettamente più caldo della norma ovunque, con punte di anomalia media mensile nel mese di marzo al Nord ($+3.72^{\circ}\text{C}$) e di giugno al Centro ($+3.82^{\circ}\text{C}$) e al Sud ($+3.13^{\circ}\text{C}$). Fino al mese di agosto compreso, il 2017 rappresentava l'anno nettamente più caldo di tutta la serie storica, con un'anomalia media nazionale che sfiorava $+2^{\circ}\text{C}$. Negli ultimi 4 mesi dell'anno le temperature sono tornate su valori prossimi alla media climatologica, riducendo sensibilmente il valore di anomalia media annuale a consuntivo del 2017. In particolare, nei mesi di settembre al Nord e al Centro e di dicembre al Sud, le temperature medie mensili sono state inferiori alla norma, con anomalie negative comprese all'incirca tra -0.5 e -1°C .

Le anomalie della temperatura media nel 2017 sono illustrate anche dalle mappe nella **figura 3.6** (anomalia annuale) e nelle **figure 3.7a e 3.7b** (anomalie mensili). Le mappe sono state realizzate rappresentando sempre con gli stessi colori valori uguali di anomalia, in modo da renderne più facile e immediato il confronto.

La **figura 3.6** mette a confronto anche le anomalie della temperatura minima e della temperatura massima. Come accaduto spesso negli anni passati, gli scostamenti dalla norma 1961-1990 della temperatura massima sono stati, in media, superiori a quelli della temperatura minima.

Variazioni e tendenze

La variabilità interannuale della temperatura in Italia è illustrata dalle serie di anomalie annuali di temperatura media, minima e massima a partire dal 1961 (**figure 3.8 e 3.9**).

Il valore dell'anomalia media annuale ($+1.30^{\circ}\text{C}$) colloca il 2017 al 9° posto nell'intera serie dal 1961 e rappresenta il 26° valore annuale positivo consecutivo. Come già ricordato, fino al mese di agosto compreso, il 2017 era mediamente il più caldo di tutta la serie storica.

Gli anni più caldi dell'ultimo mezzo secolo sono stati, nell'ordine, il 2015, il 2014, il 1994, il 2003 ed il 2000, con anomalie della temperatura media comprese tra $+1.35$ e $+1.58^{\circ}\text{C}$.

Anche nel 2017 l'anomalia della temperatura massima è stata più elevata di quella della temperatura minima. In particolare, nel 2017 la differenza tra l'anomalia media annuale della temperatura massima e quella della temperatura minima (0.62°C) è stata la più alta registrata dal 1961. Il 2017 si colloca al terzo posto nella serie della temperatura massima, dopo il 2003 e il 2000.

L'analisi delle serie di anomalia della temperatura su base stagionale (**figura 3.10**) mostra che la primavera ($+2.0^{\circ}\text{C}$) e l'estate ($+2.8^{\circ}\text{C}$) del 2017 si collocano al secondo posto tra le più calde dell'intera serie storica, rispettivamente dopo quella del 2007 e del 2003. Viceversa, in inverno e in autunno la temperatura media è stata solo debolmente superiore ai valori stagionali di riferimento

1961-1990.

Nella tabella 1 viene riportato l'aggiornamento al 2017 dei trend di temperatura calcolati con un modello di regressione lineare. Poiché si fa risalire all'inizio degli anni '80 un cambiamento del trend di temperatura, quando ha inizio un periodo caratterizzato da un riscaldamento più marcato nel corso dell'ultimo secolo [12], i trend sono calcolati sul periodo 1981 - 2017. Vengono confermate le stime del rateo di variazione in Italia della temperatura media e della massima ($+0.36 \pm 0.06^\circ\text{C} / 10$ anni), mentre quella della temperatura minima scende leggermente rispetto alla stima dello scorso anno (da $+0.35$ a $+0.33 \pm 0.05^\circ\text{C} / 10$ anni). Su base stagionale salgono i trend della temperatura media in primavera (da $+0.45$ a $+0.47 \pm 0.11^\circ\text{C} / 10$ anni) e in estate (da $+0.42$ a $+0.46 \pm 0.11^\circ\text{C} / 10$ anni). Le variazioni dei trend rispetto alle stime dell'anno scorso sono tutte ampiamente all'interno di una deviazione standard.

Estremi

Oltre ad essere la seconda più calda della serie storica a partire almeno dal 1961, l'estate del 2017 è stata contrassegnata da numerosi record di temperatura massima assoluta. Limitandosi al set di stazioni della rete sinottica nazionale di cui si dispone di serie temporali sufficientemente lunghe e complete, circa un quarto di esse ha registrato i nuovi record di temperatura massima, per lo più nella prima decade di agosto 2017; tra di esse, quelle con valori superiori o uguali a 40°C sono, in ordine decrescente, Siracusa, Alghero, Ferrara, Perugia, Pescara, Monte Argentario, Ferrara e Vigna di Valle. Per un'analisi sistematica degli estremi di temperatura, sono stati presi in considerazione alcuni indici definiti da uno specifico Gruppo di Lavoro della Commissione per la Climatologia dell'OMM [13, 14]. I criteri di selezione delle serie di dati italiani utili e i metodi di calcolo degli indici, che riprendono quelli di valutazioni analoghe a scala globale o continentale [15,16], sono descritti in dettaglio in [11]. Anche questi indici sono stati calcolati per gruppi di stazioni distribuite in modo abbastanza uniforme sul territorio nazionale e che soddisfano requisiti di completezza e omogeneità delle serie temporali. I valori medi nazionali degli indici e conseguentemente anche le relative anomalie riportate nelle **figure 3.11-3.18**, dipendono naturalmente dal campione, cioè dalla composizione dei gruppi di stazioni di cui è stato possibile utilizzare i dati; pertanto, l'elemento significativo da cogliere in ciascuna figura non è rappresentato dai singoli valori numerici degli indici ma dal confronto tra i valori nei diversi anni, cioè dall'andamento temporale delle serie di anomalia di ciascun indice. Per un'analisi dettagliata dei dati e dei metodi di stima degli estremi di temperatura in Italia v. [17].

Anche nel 2017 l'indice relativo al numero di giorni con gelo, cioè del numero medio di giorni con temperatura minima minore o uguale a 0°C , è stato inferiore al valore normale 1961-1990 (**figura 3.11**). Negli ultimi 22 anni i giorni con gelo sono stati sempre inferiori alla norma, ad eccezione del 2005. Tuttavia l'anomalia negativa del 2017 è stata tra le più deboli degli ultimi 10 anni, a conferma di un inverno solo lievemente più caldo della norma e anzi relativamente freddo nel mese di gennaio.

Sia per il numero medio di notti tropicali, cioè con temperatura minima maggiore di 20°C (**figura 3.12**) che per il numero medio di giorni estivi, cioè con temperatura massima maggiore di 25°C (**figura 3.13**), il 2017 si colloca ai primi posti della serie dal 1961, a conferma delle forti anomalie positive di temperatura che hanno caratterizzato le stagioni primaverile ed estiva. Il 2017 è il 18° anno consecutivo con numero di notti tropicali e numero di giorni estivi superiori alla media climatologica.

L'indice rappresentativo delle onde di calore è il *Warm Spell Duration Index* (WSDI). Ai fini del calcolo di questo indice, un'onda di calore è un evento della durata di almeno 6 giorni consecutivi nei quali la temperatura massima è superiore al 90° percentile della distribuzione delle temperature massime giornaliere nello stesso periodo dell'anno sul trentennio climatologico. L'indice WSDI conta il numero dei giorni caratterizzati da un'onda di calore, così definita, in un anno. Come sempre negli ultimi 31 anni, nel 2017 il WSDI è stato superiore alla media 1961-1990; con un'anomalia media di +23 giorni nell'anno, anche per questo indice il 2017 si colloca ai primi posti della serie dal 1961, sebbene a distanza dal 2003 (**figura 3.14**).

Altri indici di estremi di temperatura che si basano sul confronto con la distribuzione statistica dei valori normali sono le notti fredde (TN10p), cioè la percentuale di giorni in un anno con temperatura minima inferiore al 10° percentile della corrispondente distribuzione sul periodo climatologico, i giorni freddi (TX10p), cioè la percentuale di giorni con temperatura massima inferiore al 10° percentile, le notti calde (TN90p), cioè la percentuale di giorni con temperatura minima superiore al 90° percentile e i giorni caldi (TX90p), cioè la percentuale di giorni con temperatura massima

superiore al 90° percentile. Come illustrato dalle **figure 3.15-3.18** negli ultimi 50 anni le notti e i giorni freddi mostrano una chiara tendenza a diminuire mentre i giorni e le notti calde mostrano una chiara tendenza ad aumentare; il 2017 ha fatto registrare il secondo valore più basso di giorni freddi (TX10P) dopo il record registrato nel 2015; anche le anomalie delle notti fredde (TN10p) e dei giorni caldi (TX90p) collocano il 2017 tra i primi 6 anni più caldi dell'intera serie. Negli ultimi 30 anni i due indici di "freddo" sono stati sempre inferiori alla media climatologica e i due indici di "caldo" sono stati sempre superiori alla media climatologica.

INDICATORE	TREND (°C/10 anni)
Temperatura media	+0.36 ± 0.06
Temperatura minima	+0.33 ± 0.05
Temperatura massima	+0.36 ± 0.06
Temperatura media inverno	+0.34 ± 0.14
Temperatura media primavera	+0.47 ± 0.11
Temperatura media estate	+0.46 ± 0.11
Temperatura media autunno	+0.23 ± 0.10

Tabella 1: *Trend stimati (e relative deviazioni standard) della temperatura in Italia dal 1981 al 2017. Tutti i trend sono statisticamente significativi al livello del 5%.*

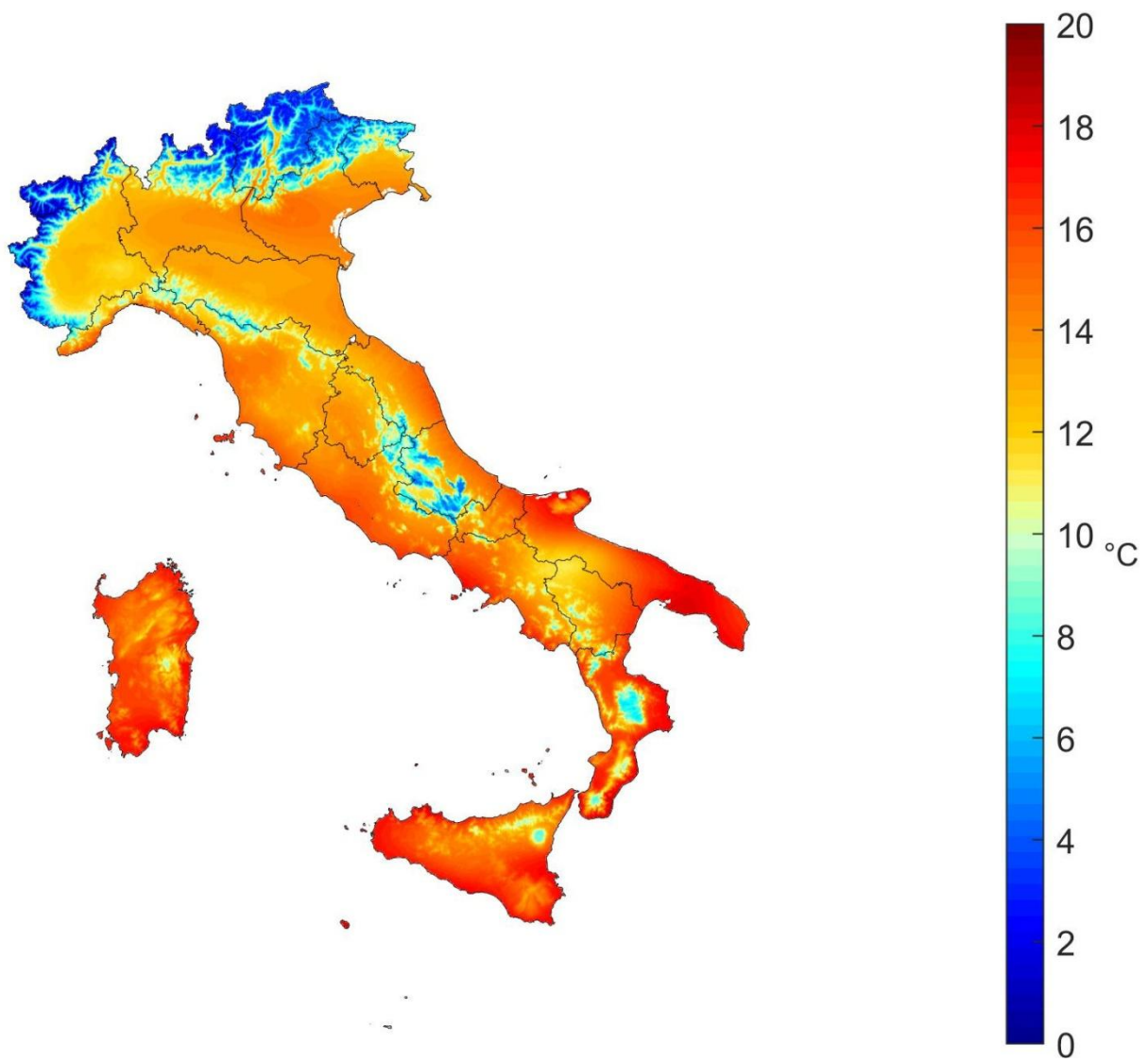


Figura 3.1: *Temperatura media 2017*

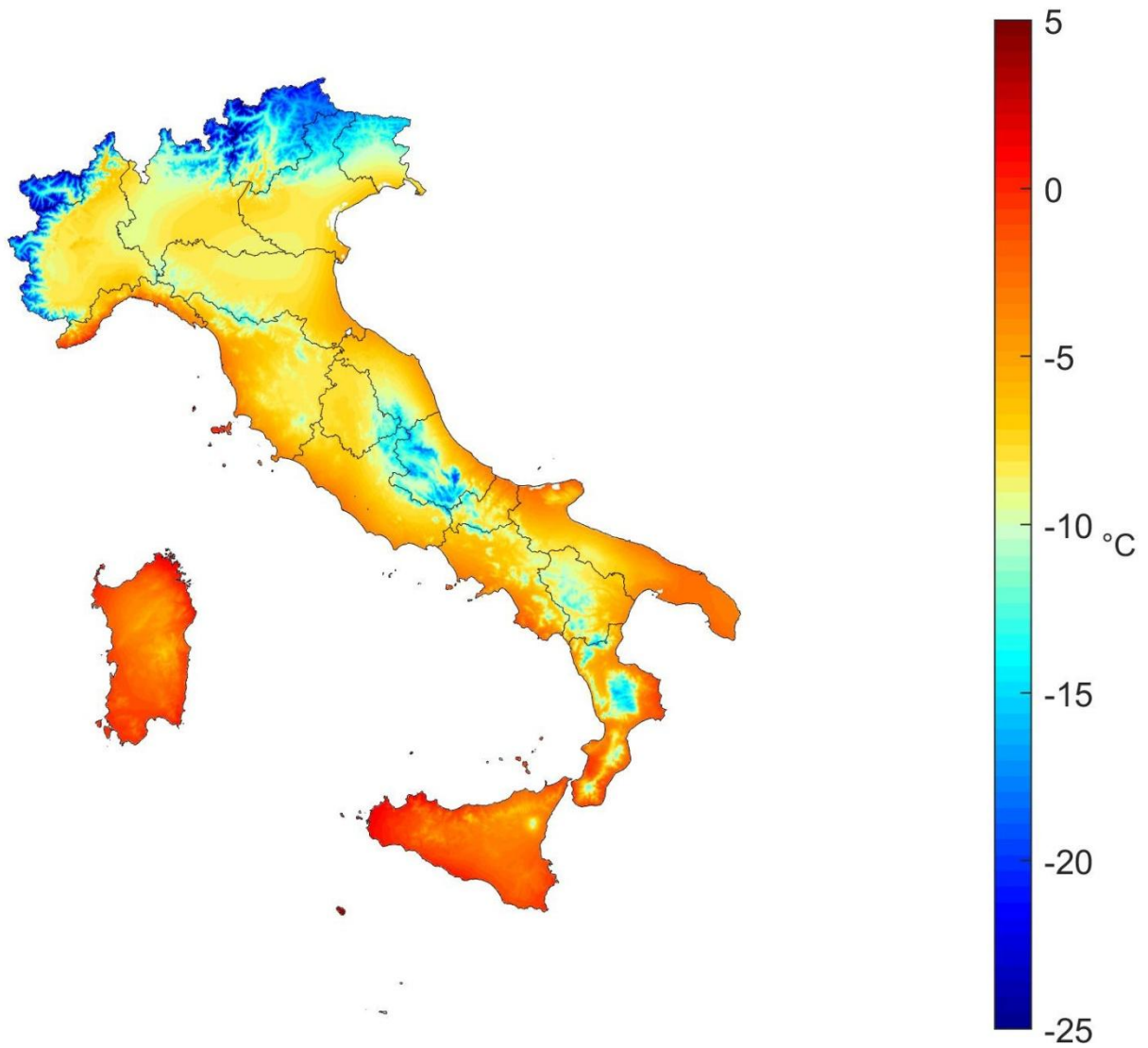


Figura 3.2: *Temperatura minima assoluta 2017.*

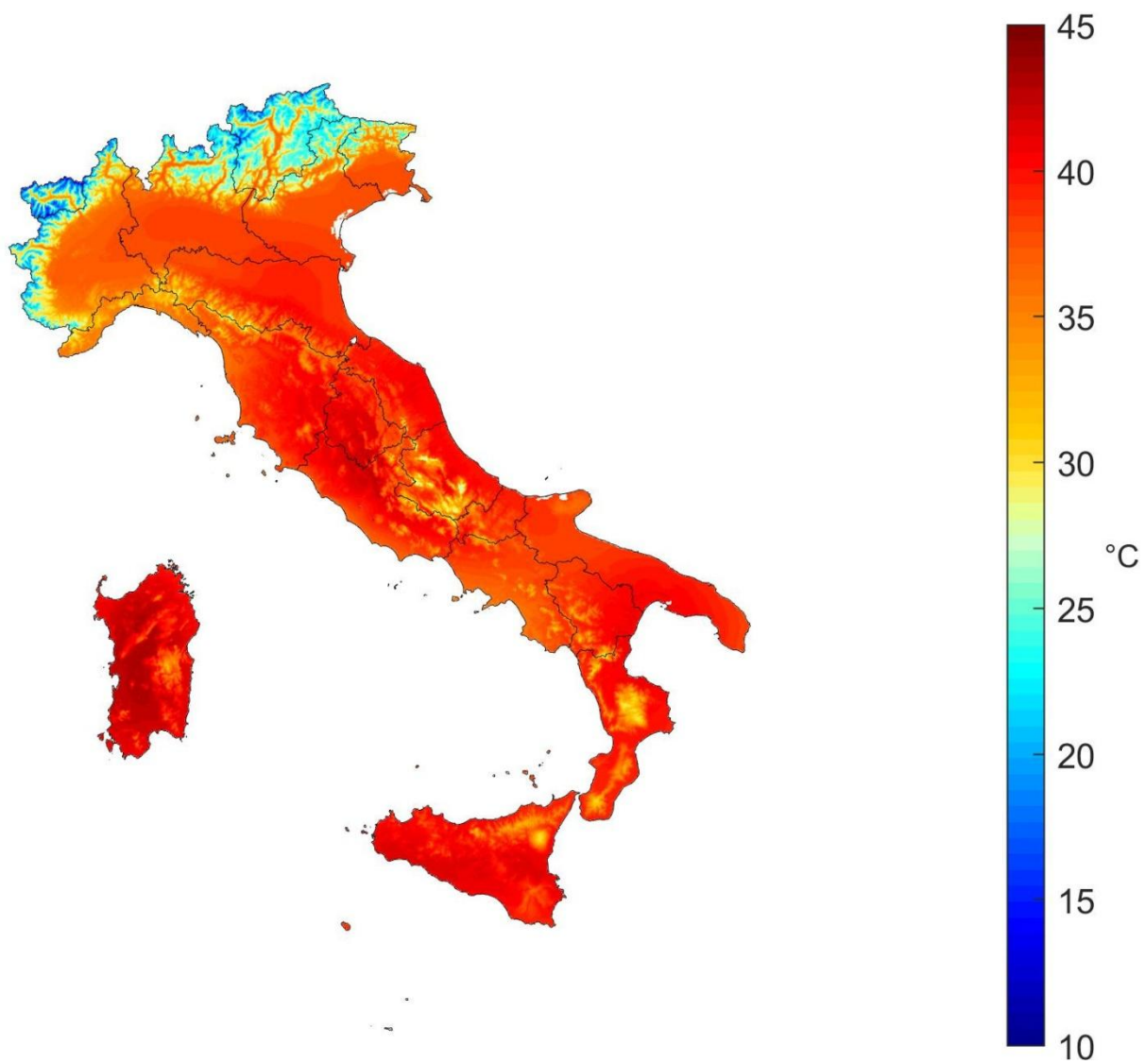


Figura 3.3: *Temperatura massima assoluta 2017.*

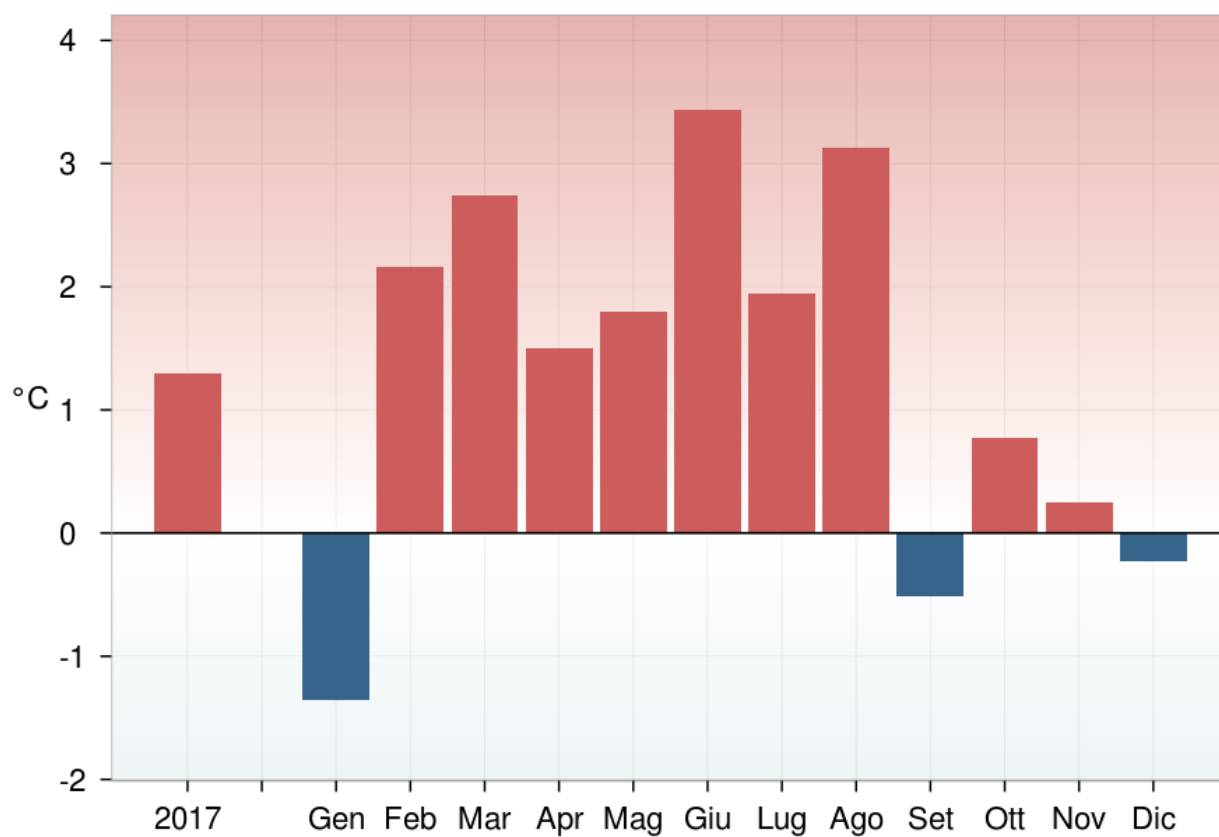


Figura 3.4: *Anomalia media 2017 in Italia (annuale e mensile) della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990.*

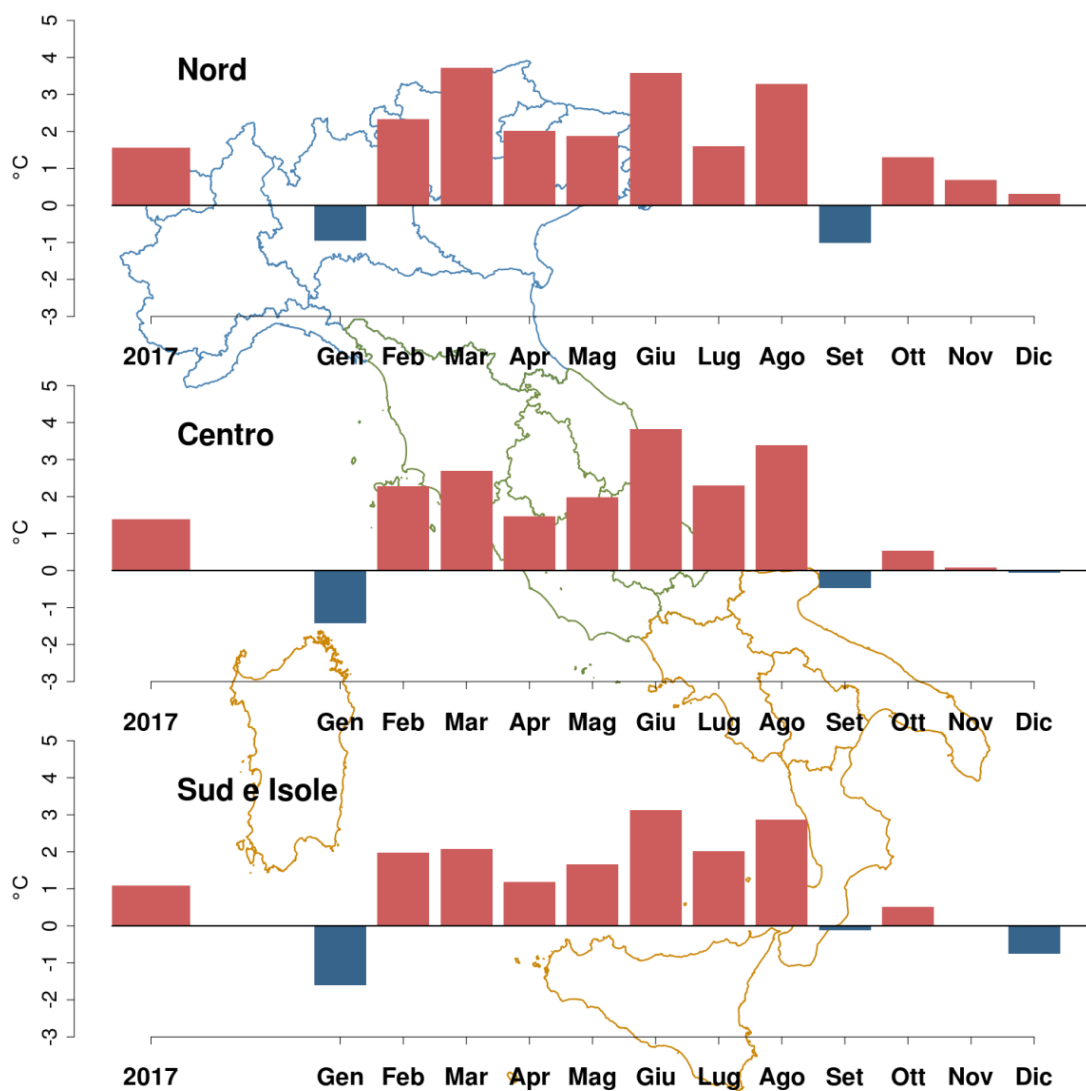


Figura 3.5: Anomalia media 2017 (annuale e mensile) della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990 – Nord, Centro, Sud e Isole.

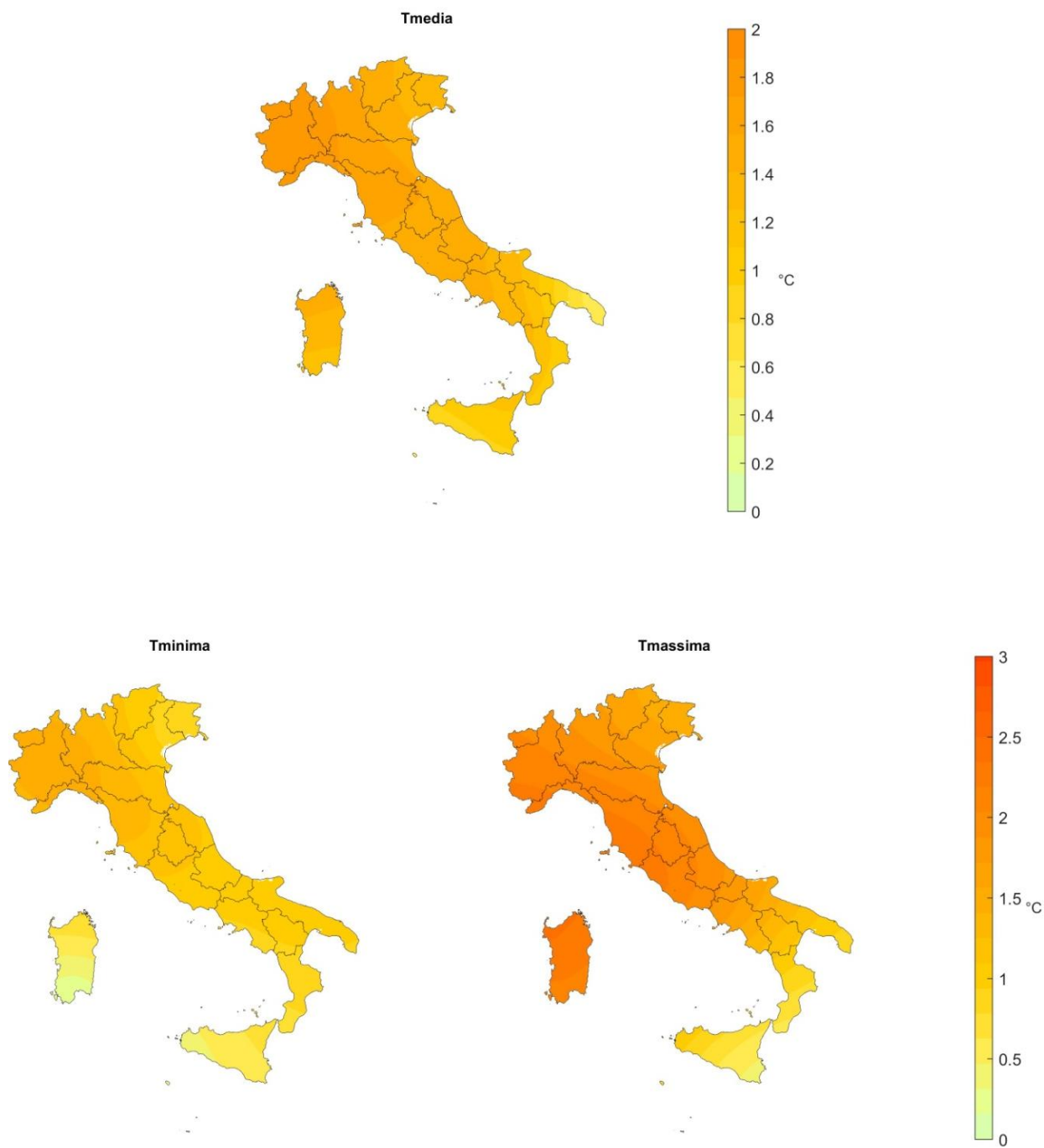


Figura 3.6: Anomalia della temperatura media, minima e massima annuale 2017 rispetto al valore normale 1961-1990.

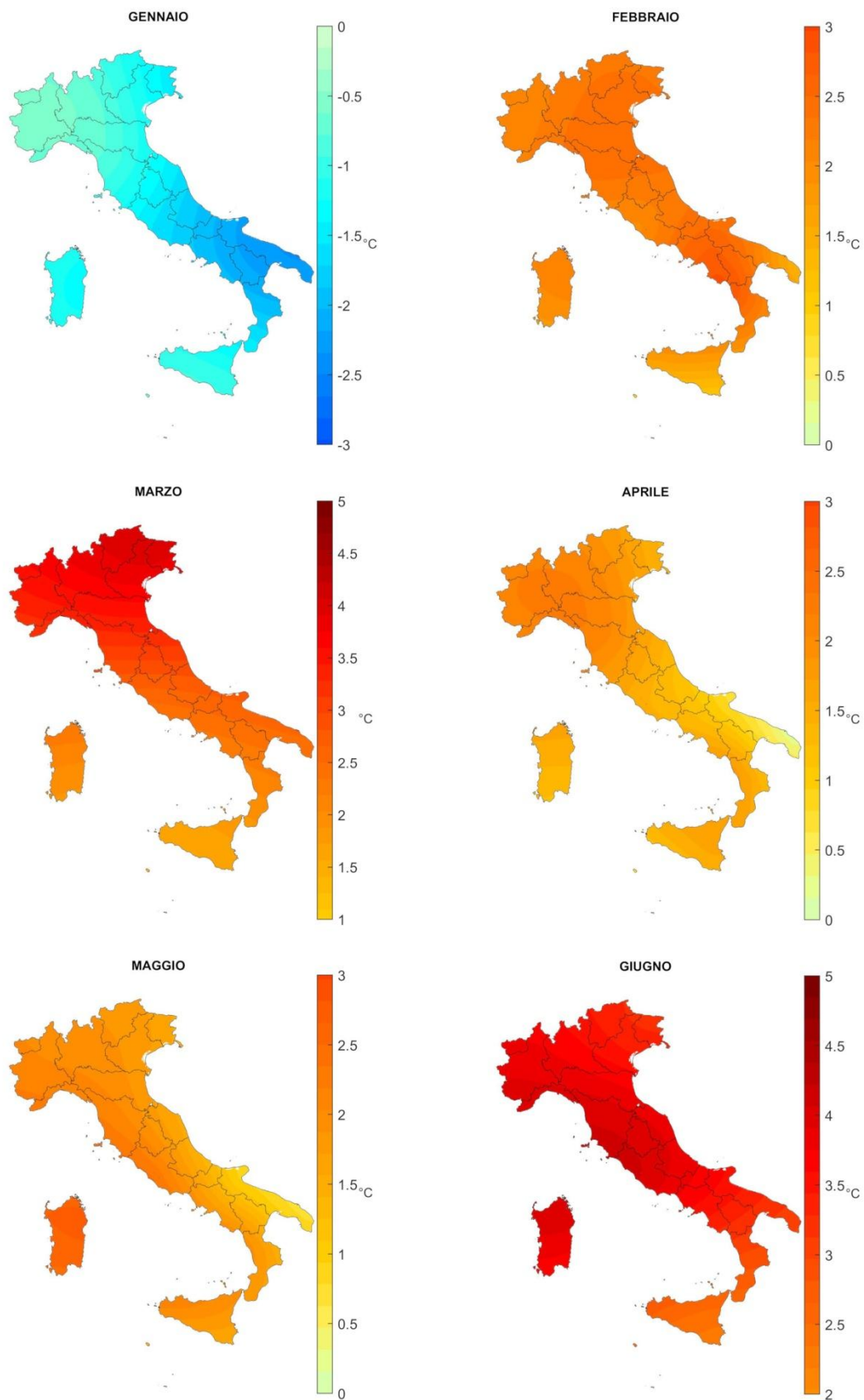


Figura 3.7a: Anomalie della temperatura media mensile 2017 rispetto ai valori normali 1961-1990 (gennaio-giugno). Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

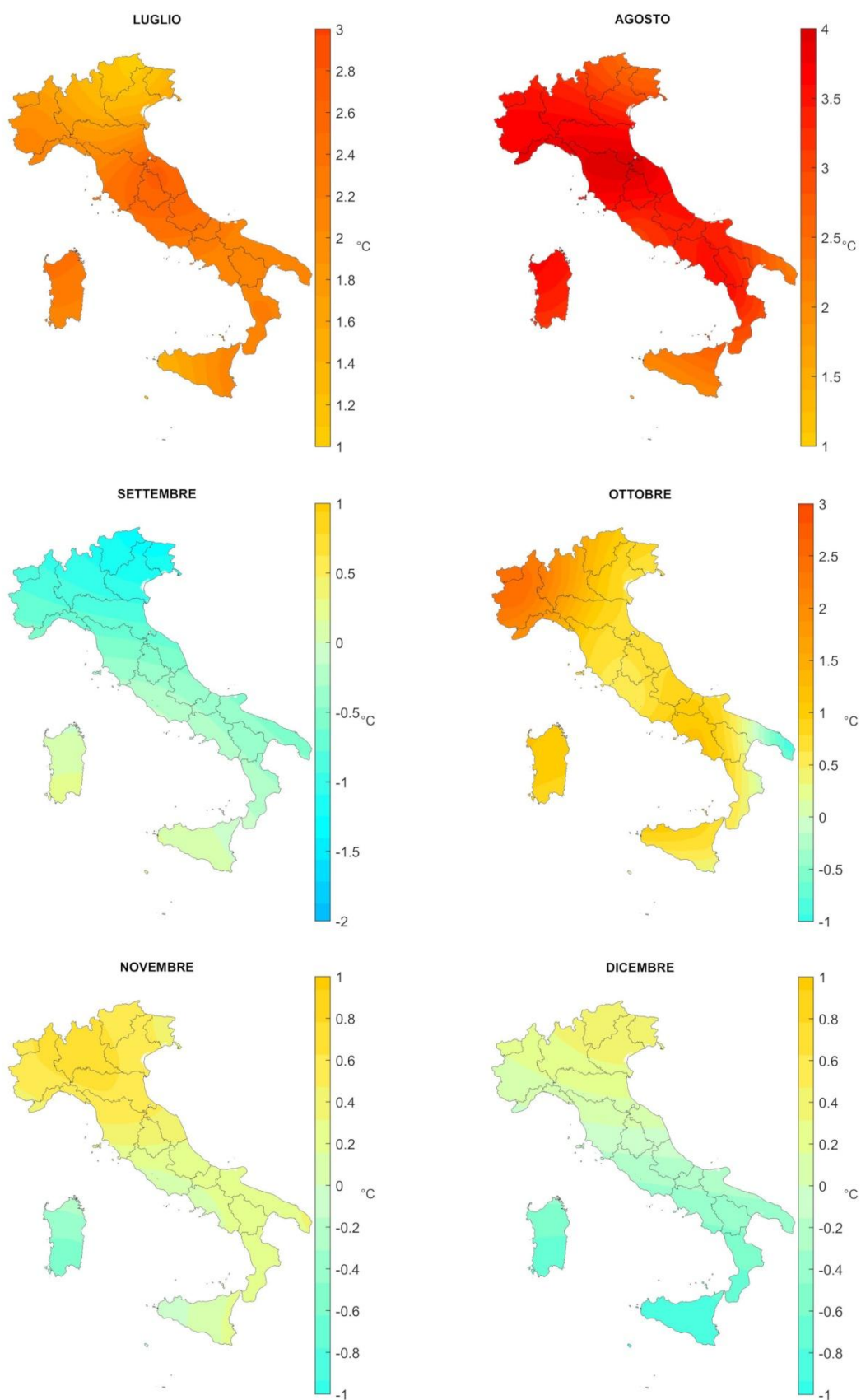


Figura 3.7b: Anomalie della temperatura media mensile 2017 rispetto ai valori normali 1961-1990 (luglio-dicembre). Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

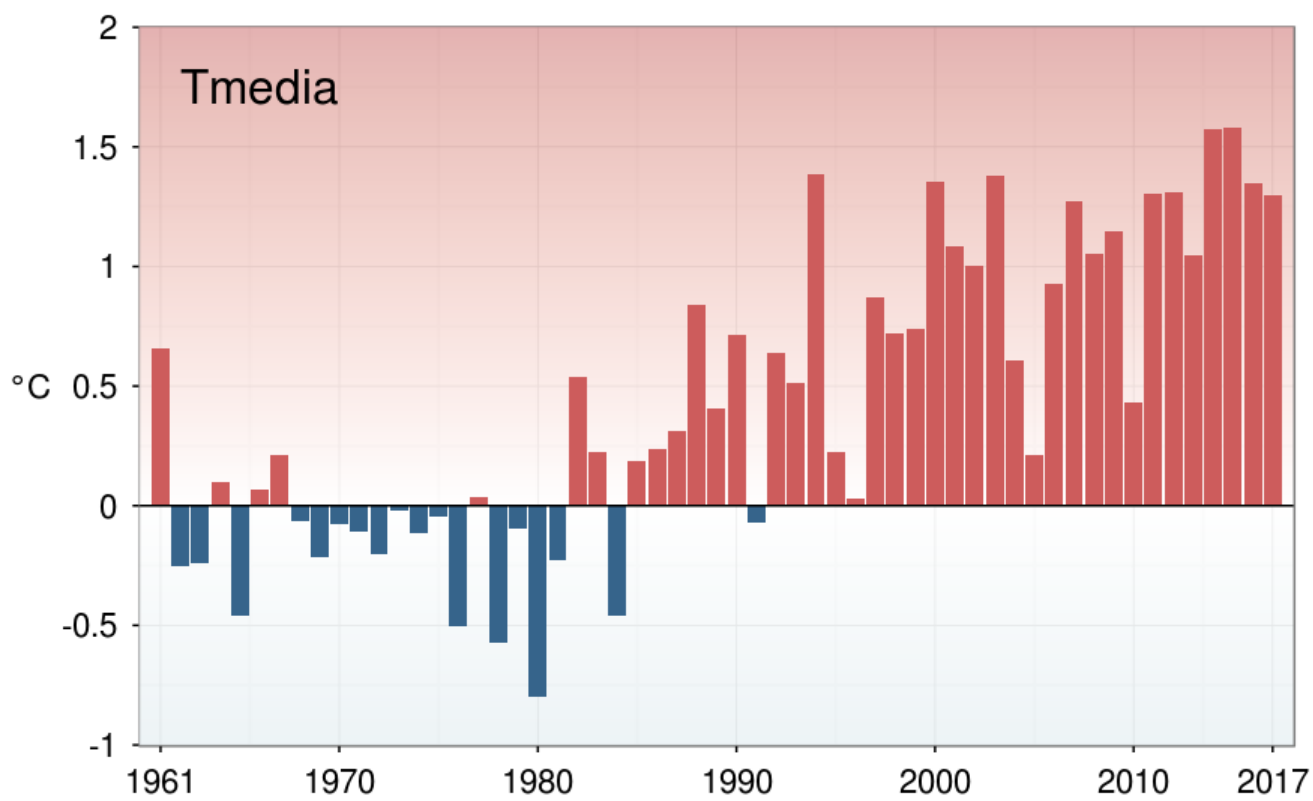


Figura 3.8: Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura media rispetto al valore normale 1961-1990.

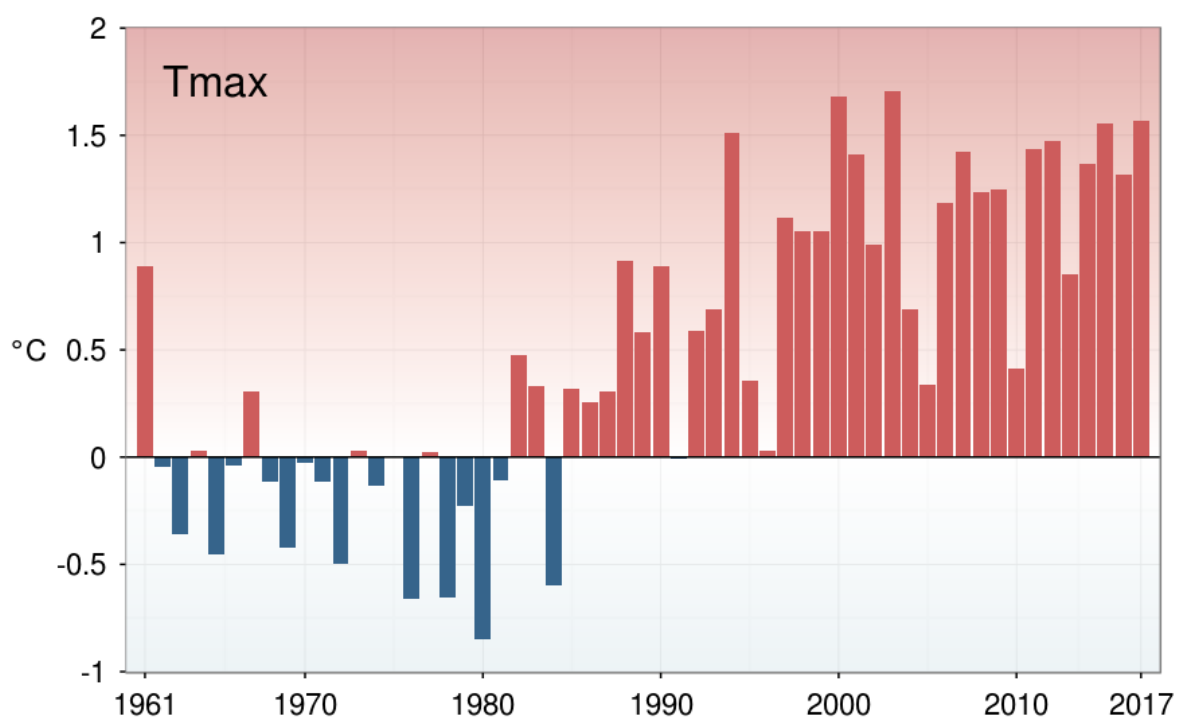
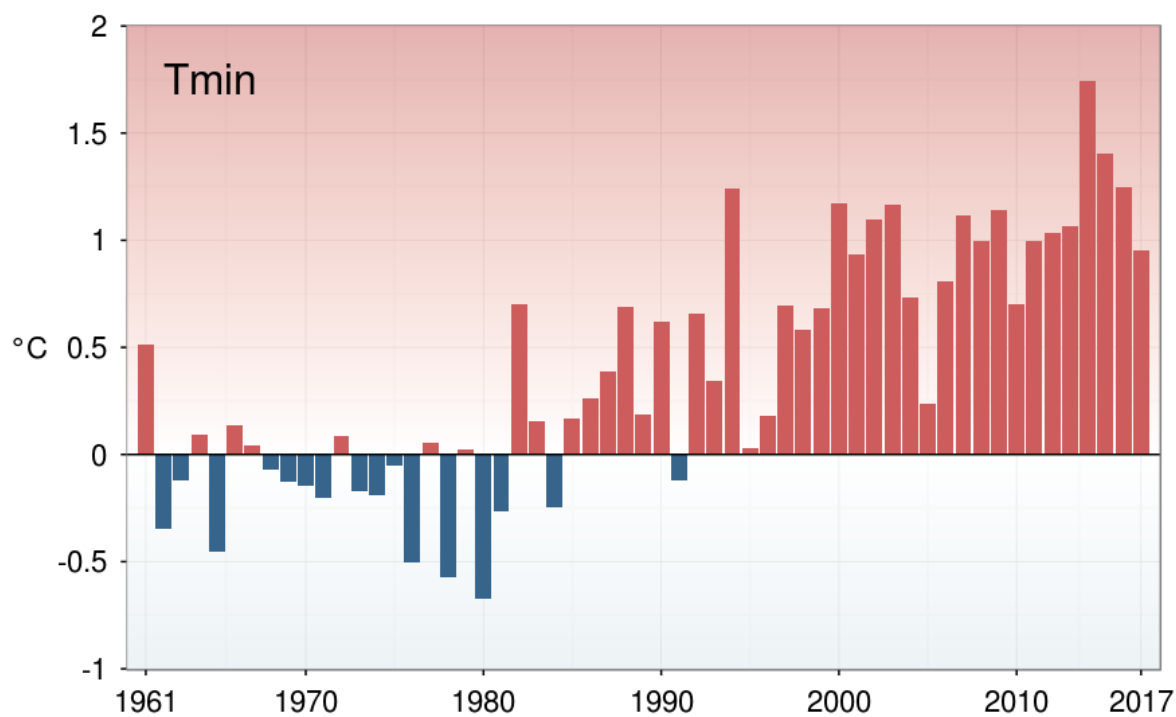


Figura 3.9: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura minima e massima in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

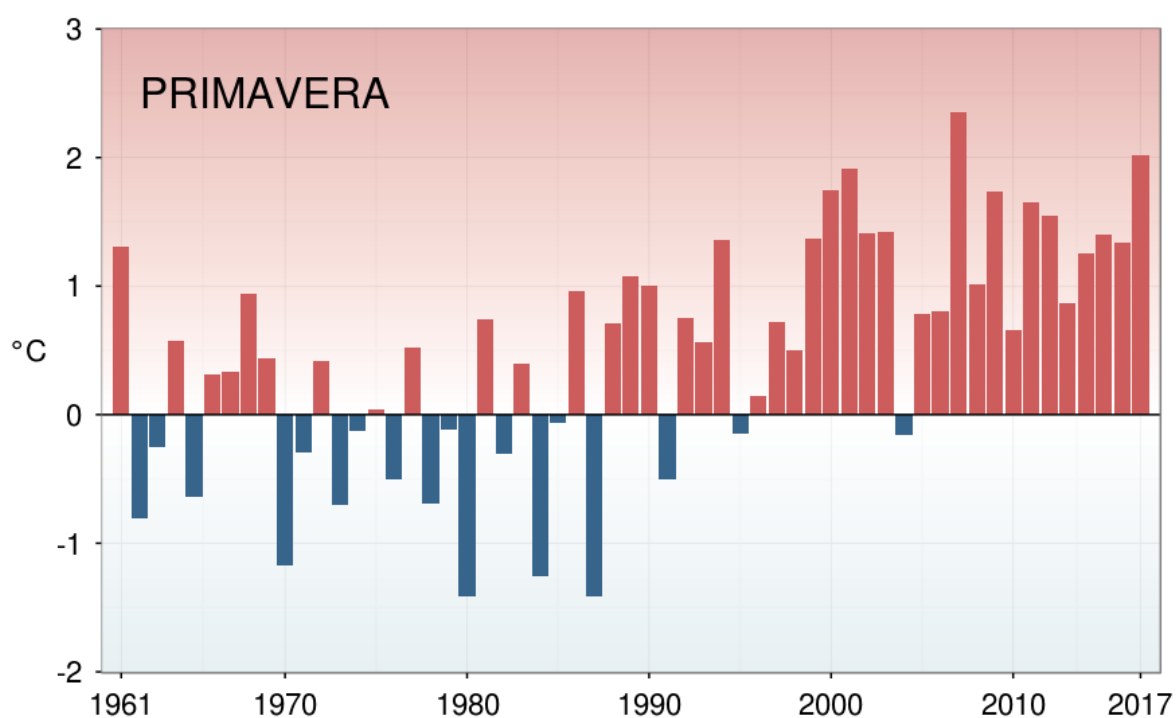
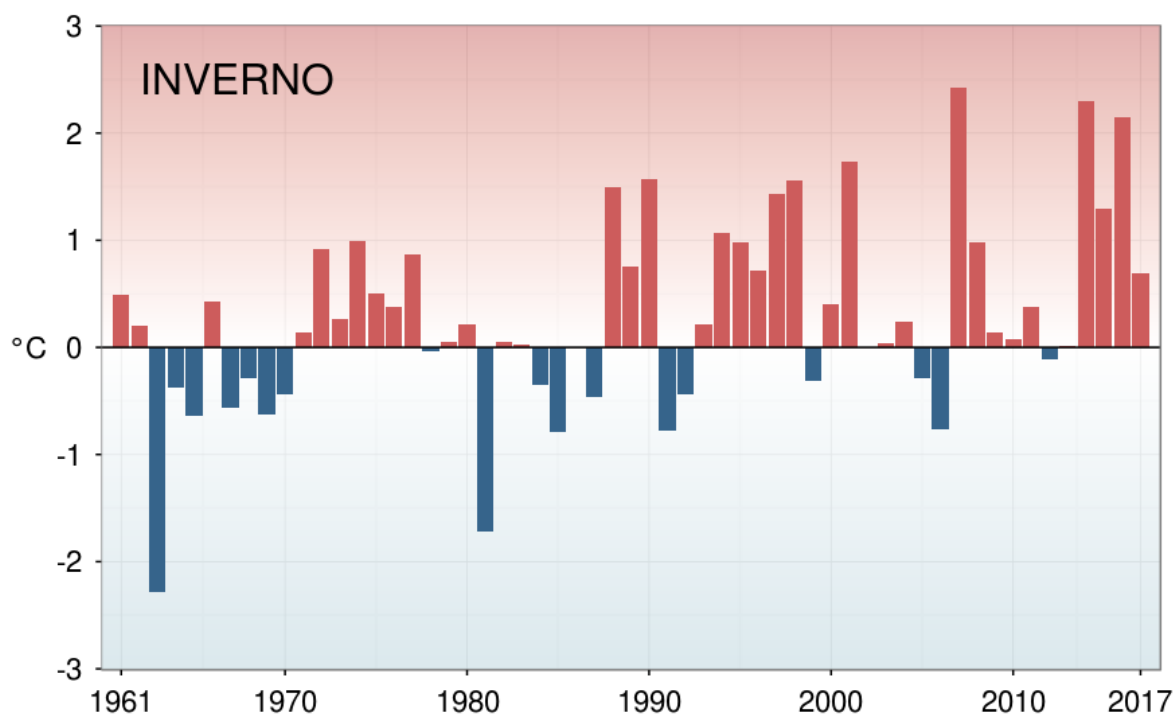


Figura 3.10a: Serie delle anomalie medie stagionali della temperatura media in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (inverno e primavera).

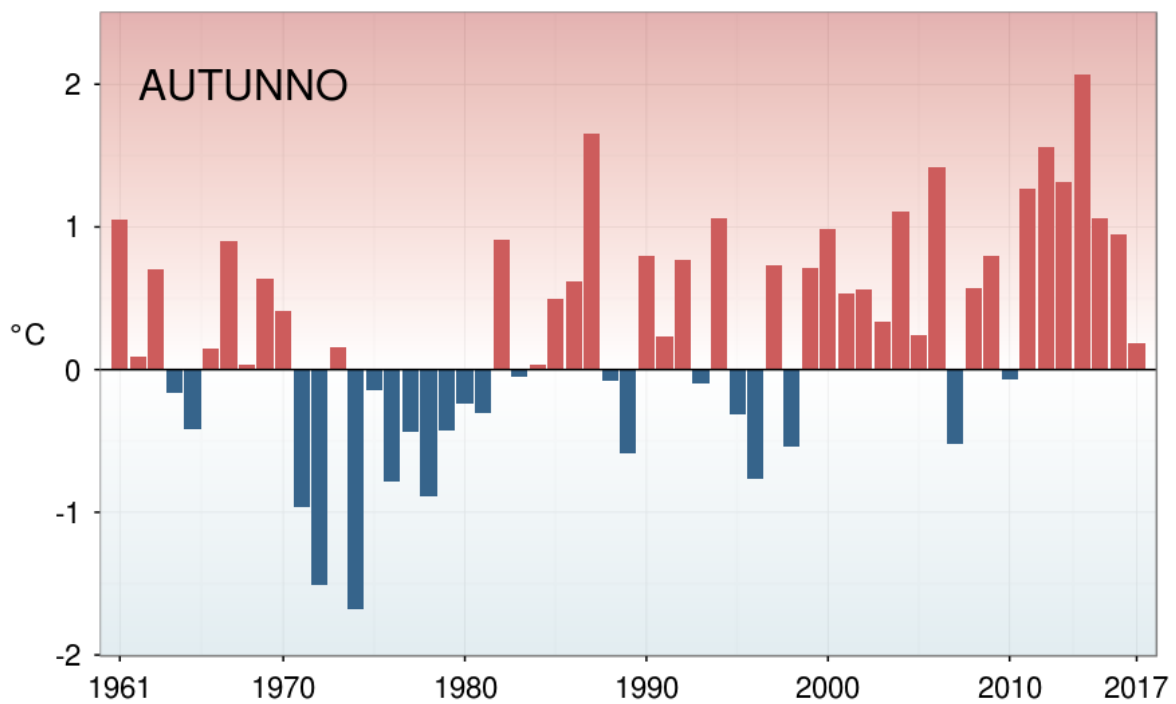
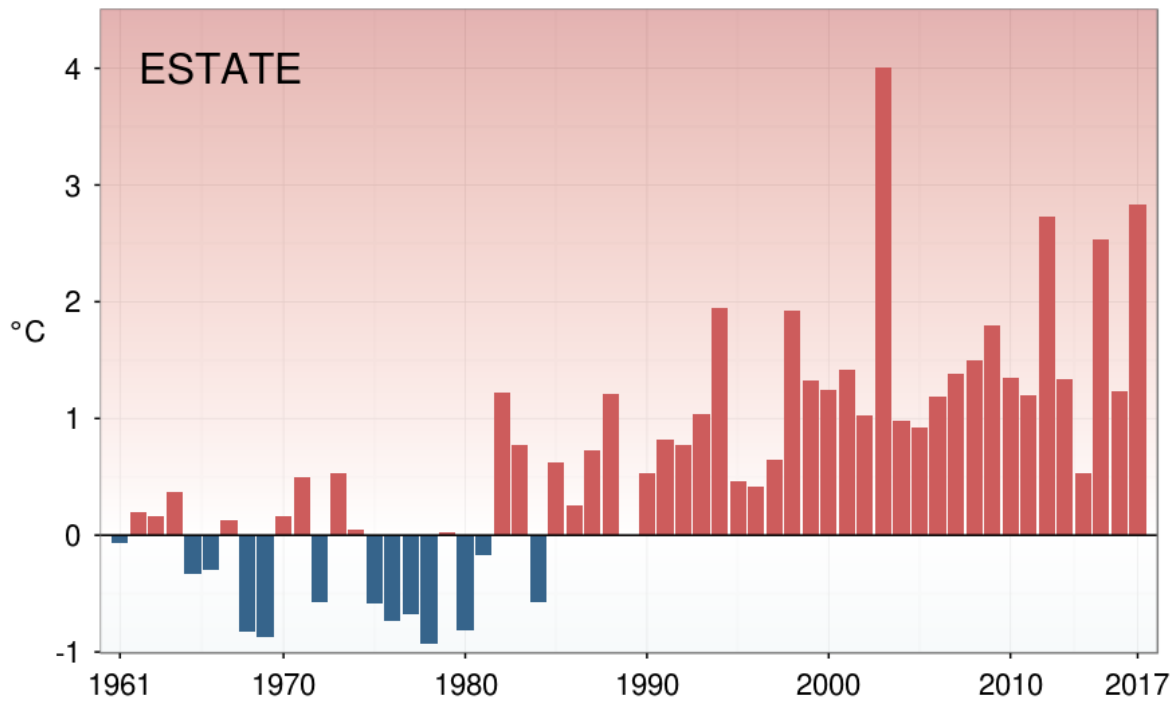


Figura 3.10b: Serie delle anomalie medie stagionali della temperatura media in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (estate e autunno).

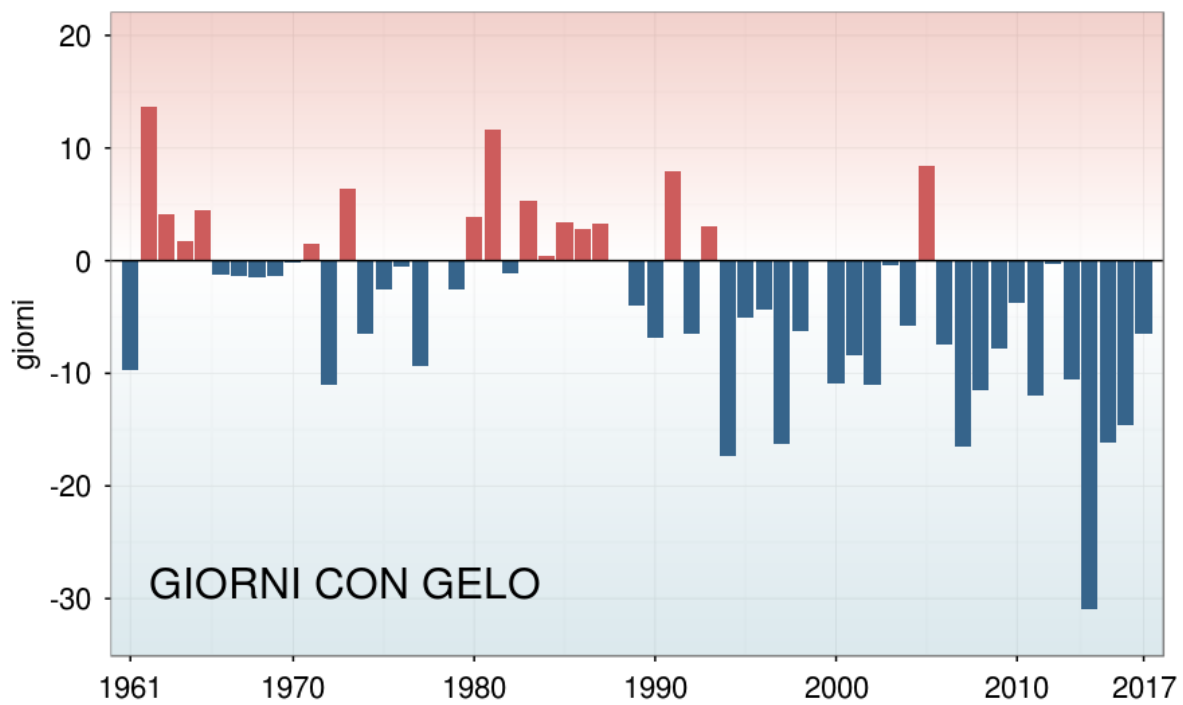


Figura 3.11: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con gelo in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

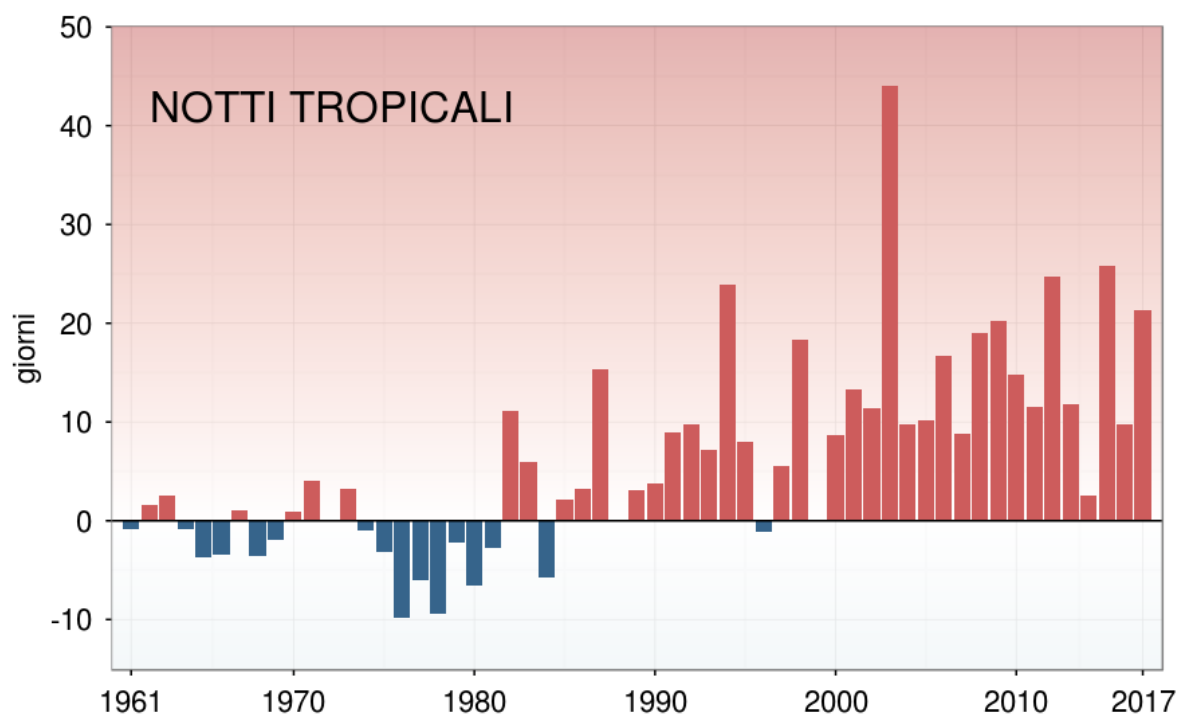


Figura 3.12: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti tropicali in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

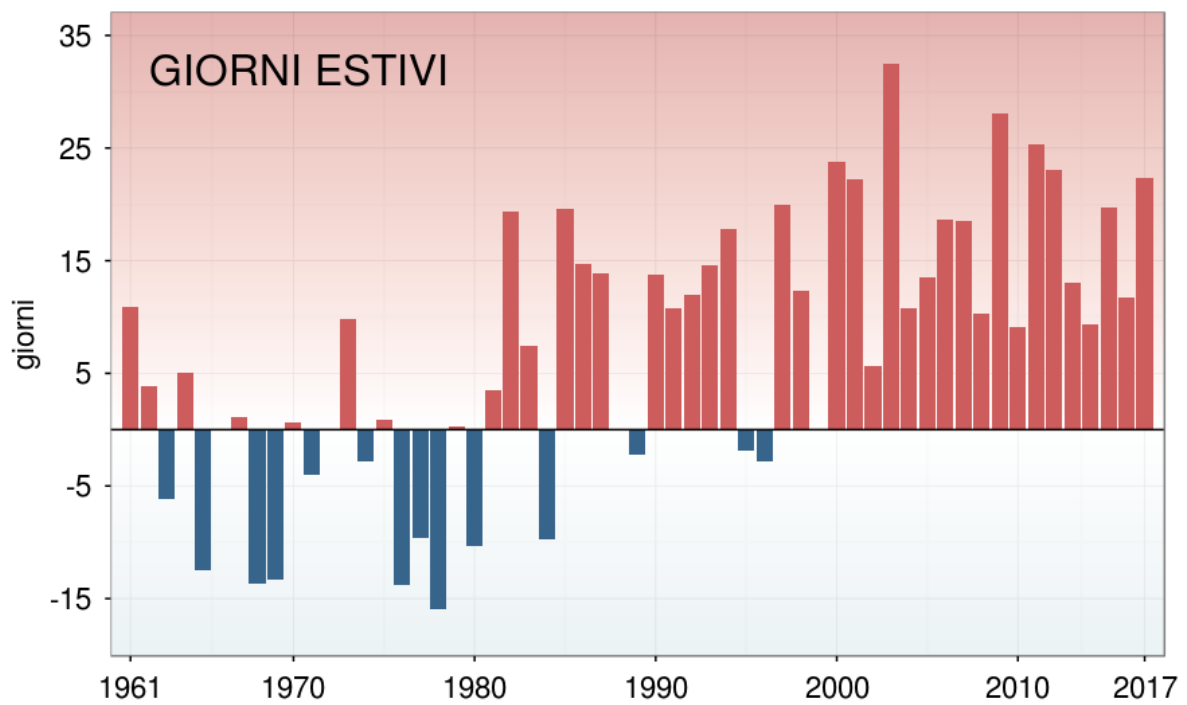


Figura 3.13: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni estivi in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

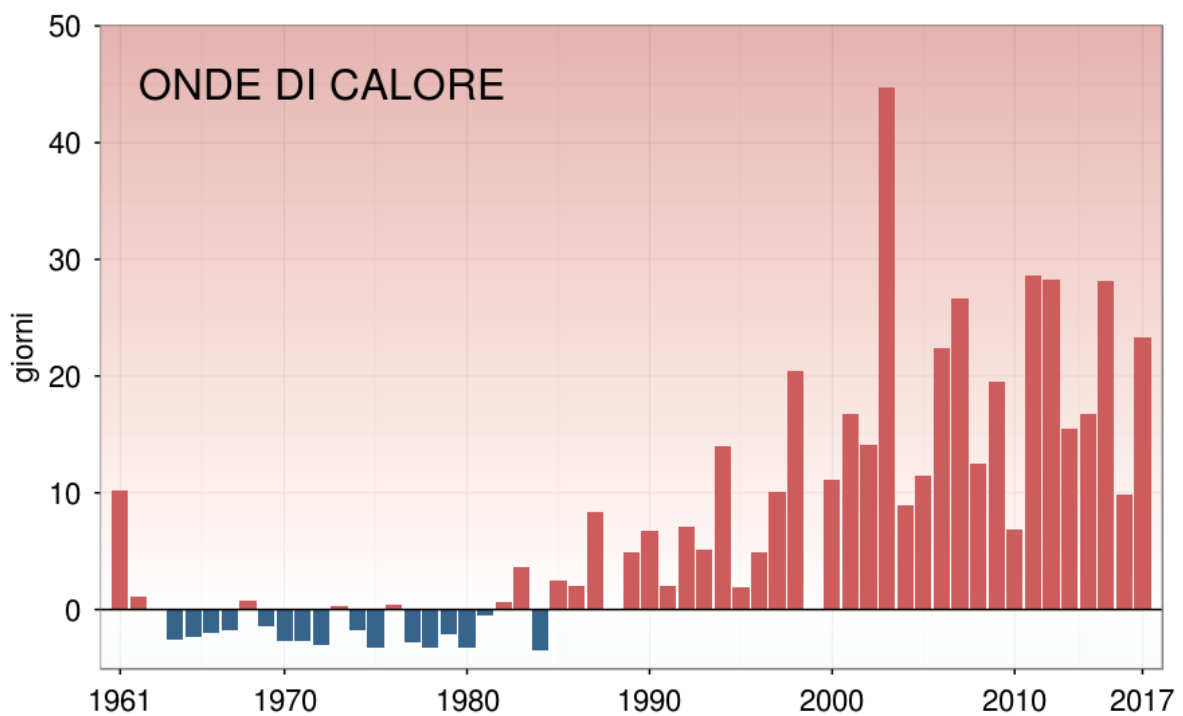


Figura 3.14: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con onde di calore (WSDI) in Italia rispetto al valore normale 1961-1990.

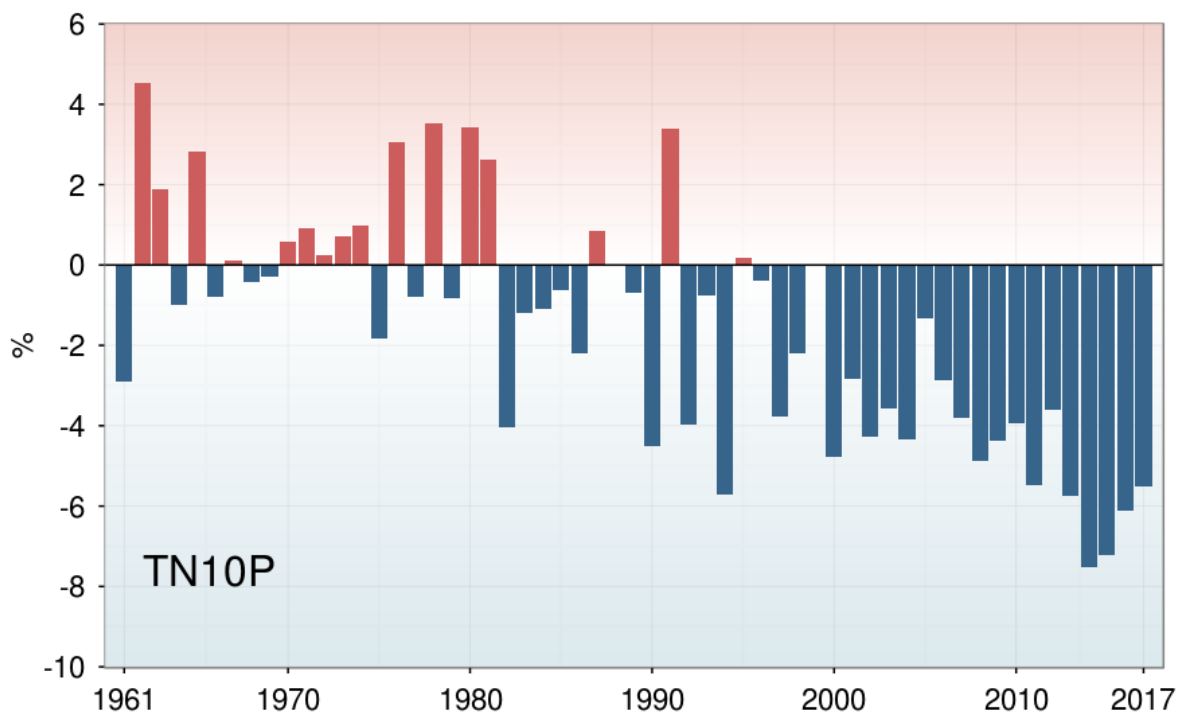


Figura 3.15: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti fredde in Italia (TN10p), espresso in % di giorni/anno rispetto al valore normale 1961-1990.

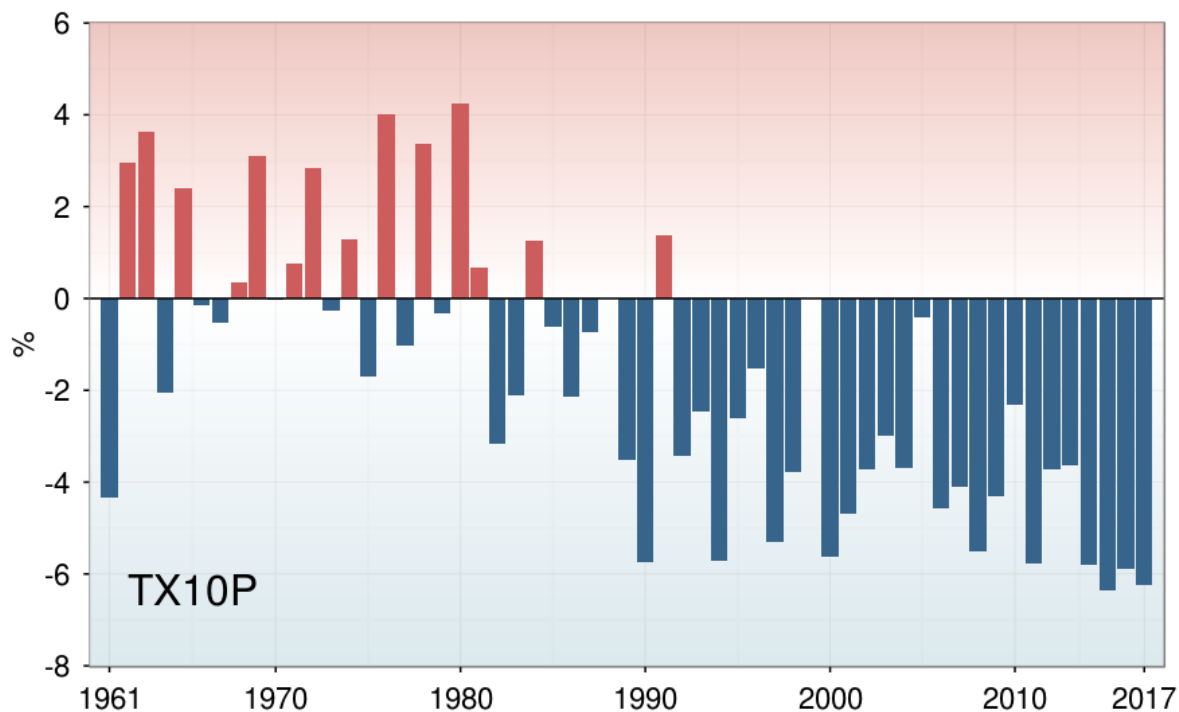


Figura 3.16: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni freddi in Italia (TX10p), espresso in % di giorni/anno rispetto al valore normale 1961-1990.

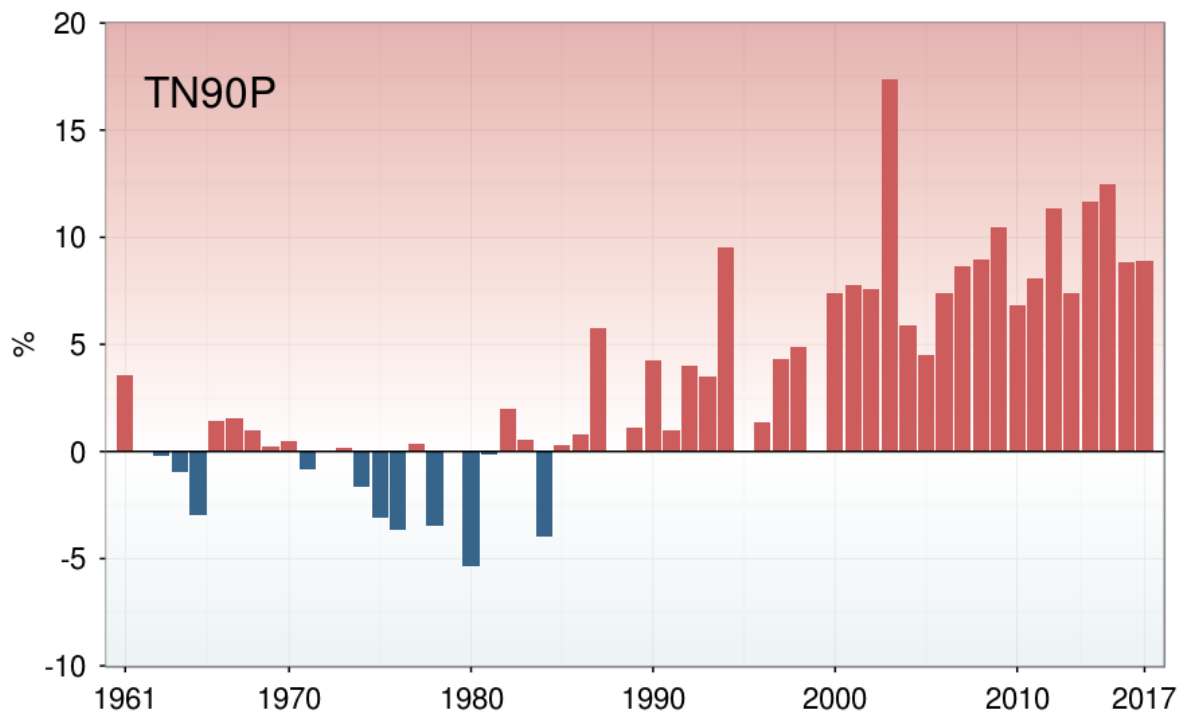


Figura 3.17: Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti calde in Italia (TN90p), espresso in % di giorni/anno rispetto al valore normale 1961-1990.

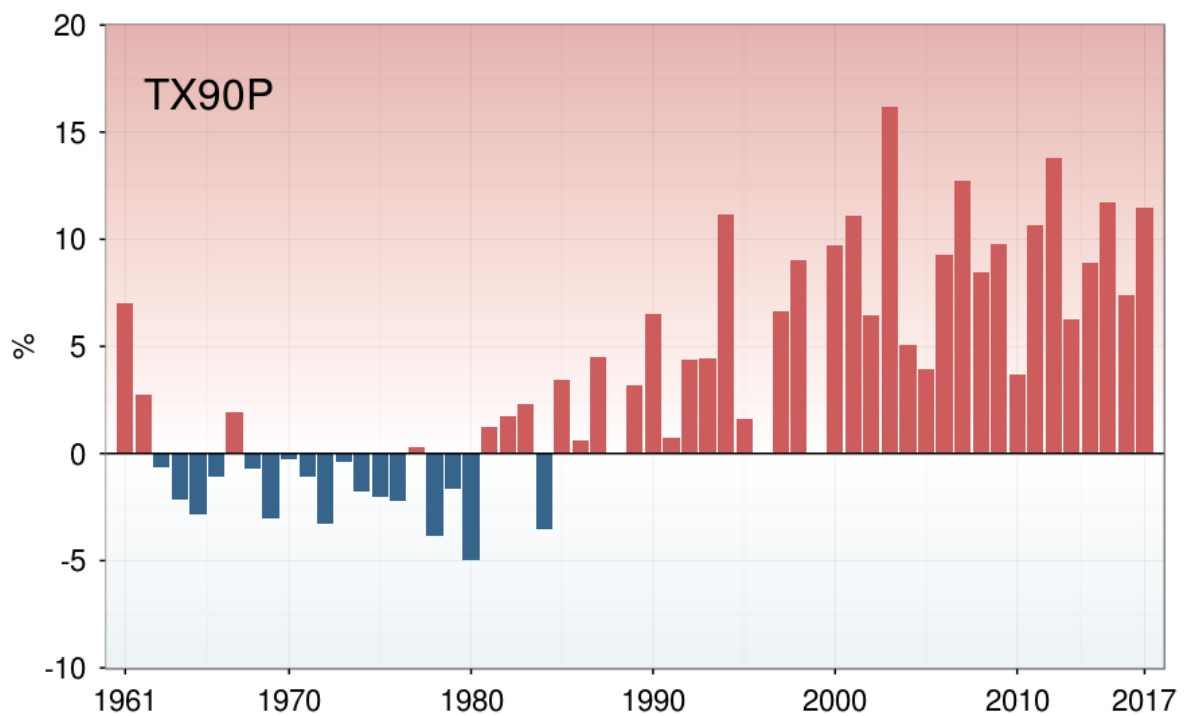


Figura 3.18: Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni caldi in Italia (TX90p), espresso in % di giorni/anno rispetto al valore normale 1961-1990.

4. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL MARE

Gli indicatori 2017 della temperatura superficiale dei mari italiani sono stati calcolati a partire dai dati elaborati dalla *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Essi rappresentano le stime dei valori medi mensili su un grigliato regolare alla risoluzione spaziale di $2^\circ \times 2^\circ$, ottenute dal lavoro di ricostruzione spaziale stabile della temperatura superficiale del mare a scala globale [18,19]. Le stime sono basate sull'integrazione di misure da satellite e di dati dell'*International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set SST* (ICOADS, <http://icoads.noaa.gov/>), che si riferiscono a misure effettuate da navi, boe ed altri tipi di piattaforma.

Sono stati selezionati dal grigliato regolare sei gruppi di punti, ciascun gruppo rappresentativo di uno dei mari italiani (**figura 4.1**):

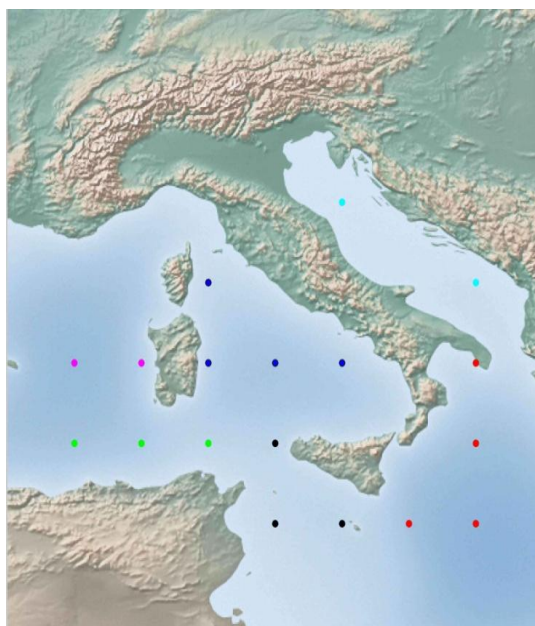


Figura 4.1: Punti di griglia selezionati per la temperatura media dei mari italiani. Colori: blu, Tirreno; celeste, Adriatico; rosso, Ionio; nero, Canale di Sicilia; verde, Canale di Sardegna; viola, Mare di Sardegna.

I valori medi annui della temperatura media superficiale dei mari italiani nel 2017, così ottenuti, sono compresi tra 18.9°C (Adriatico) e 20.6°C (Canale di Sicilia) (**figura 4.2**).

Per tutti i mari i valori mensili più bassi si registrano nel mese di febbraio, e i valori massimi nel mese di agosto. Il valore minimo è stato registrato nel mare Adriatico (13.2°C), quello massimo nello Ionio (27.2°C). Analogamente alla temperatura dell'aria, la temperatura superficiale dei mari italiani nel 2017 (**figura 4.3**) è stata ben superiore alla media climatologica 1961-1990. L'anomalia media è stata positiva in tutti i mesi dell'anno; il valore minimo di anomalia è stato registrato a dicembre ($+0.1^\circ\text{C}$) mentre i valori più elevati sono stati registrati nei mesi primaverili ed estivi, con un picco nel mese di giugno ($+2.2^\circ\text{C}$).

Esaminando la serie delle anomalie medie annuali rispetto al trentennio climatologico di riferimento 1961-1990, il 2017, con un'anomalia media di $+0.84^\circ\text{C}$, si colloca al 6° posto dell'intera serie (**figura 4.4**). Negli ultimi 21 anni l'anomalia media è stata sempre positiva.

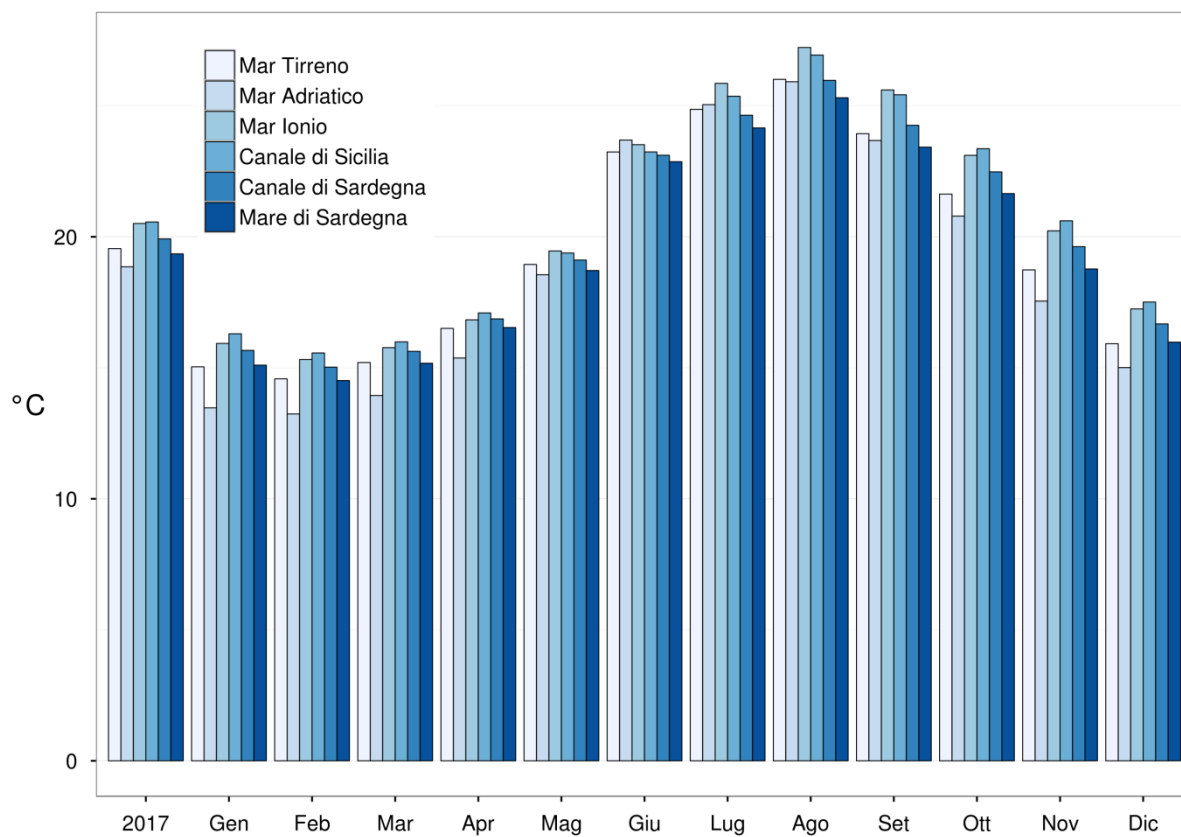


Figura 4.2: *Temperatura media superficiale del mare 2017 in Italia (annuale e mensile). Elaborazione ISPRA su dati NOAA.*

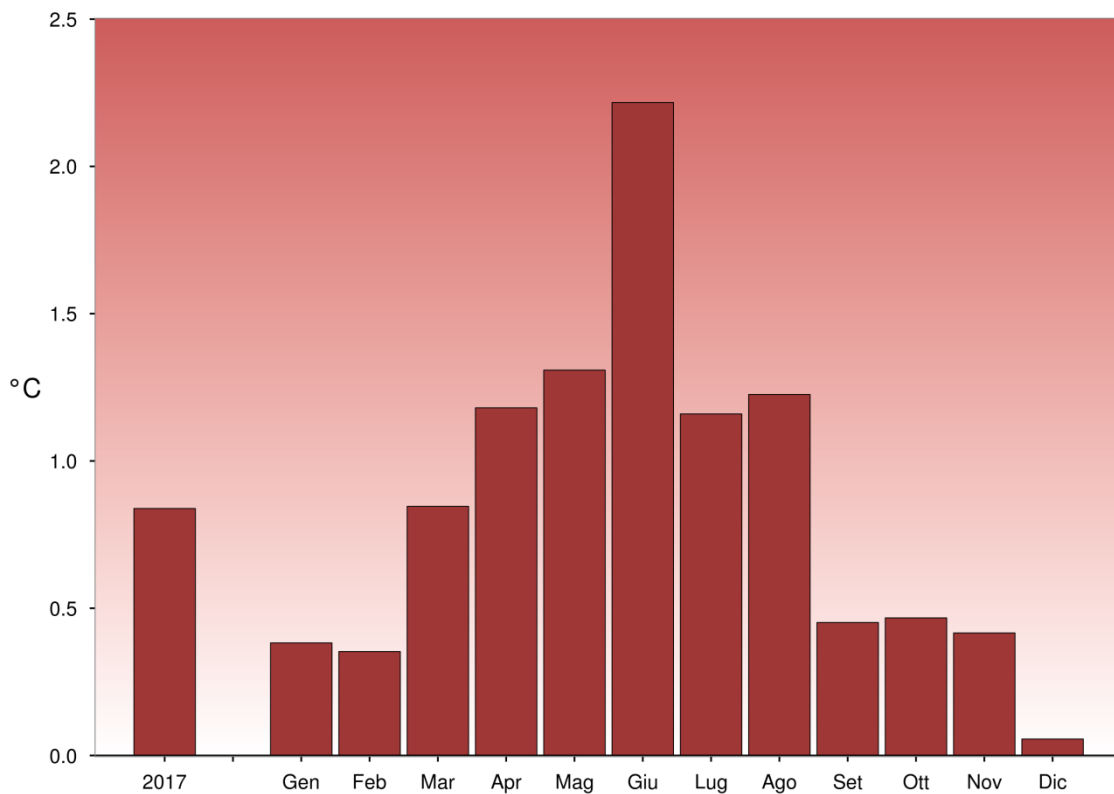


Figura 4.3: Anomalia media 2017 (annuale e mensile) della temperatura media superficiale dei mari italiani rispetto al valore normale 1961-1990. Elaborazione ISPRA su dati NOAA.

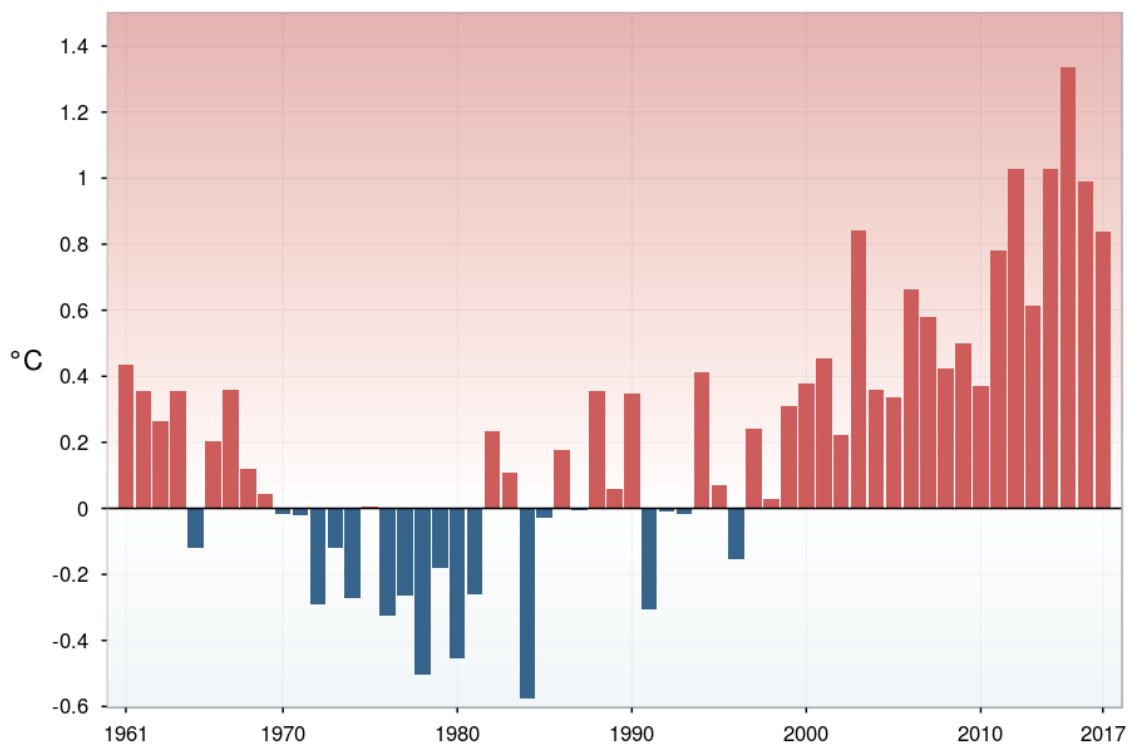


Figura 4.4: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura media superficiale dei mari italiani, rispetto al valore normale 1961-1990. Elaborazione ISPRA su dati NOAA.

5. PRECIPITAZIONE

Anno 2017

Nella **figura 5.1** è rappresentata la mappa delle precipitazioni cumulate annuali.

Nel 2017 le precipitazioni sono state complessivamente molto più scarse della media. Le precipitazioni cumulate annuali più elevate sono state registrate sulle Alpi e Prealpi del Friuli Venezia Giulia, con valori anche superiori a 3000 mm; quelle più basse sono state registrate nella Sardegna meridionale, con valori di poco superiori a 200 mm.

L'andamento delle precipitazioni in Italia nel corso dell'anno è illustrato dai grafici delle **figure 5.2 e 5.3** e dalle mappe delle **figure 5.4–5.6**, in cui sono rappresentate le anomalie di precipitazione cumulata rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990. Le precipitazioni cumulate annuali del 2017 sono state complessivamente inferiori alla media climatologica del 22% circa. Le condizioni prevalentemente siccitose hanno caratterizzato praticamente l'intero territorio nazionale. Ottobre è stato il mese mediamente più secco su tutta l'Italia, con un'anomalia media di -78%.

Da marzo ad agosto le precipitazioni sono state inferiori alla norma ovunque, con un picco di anomalia negativa ad agosto al Centro e al Sud (rispettivamente -84% e -88%); solo a settembre, novembre e (ad eccezione del Sud) dicembre, le precipitazioni sono state superiori alla media, mentre il mese di gennaio è stato relativamente molto secco al Nord e molto piovoso al Sud.

Le **figure 5.4 e 5.5** mostrano la distribuzione spaziale dell'anomalia di precipitazione cumulata annuale del 2017, espressa rispettivamente come differenza percentuale e come differenza in mm di precipitazione rispetto al valore climatologico 1961-1990. Solo sul settore centrale dell'arco alpino e sulle zone costiere delle Marche e dell'Abruzzo la precipitazione cumulata annuale è stata superiore al valore normale 1961-1990, mentre le anomalie negative più marcate (fino a circa -72%) si registrano sulle regioni nord-occidentali e sul medio versante tirrenico. Le mappe delle **figure 5.6a e 5.6b** mostrano l'andamento delle precipitazioni sul territorio nazionale mese per mese: sono evidenti le forti ed estese anomalie negative nei mesi estivi, in quelli primaverili e nel mese di ottobre e la divisione dell'Italia in due zone con caratteristiche opposte nel mese di gennaio.

Variazioni e tendenze

Le stime delle variazioni di precipitazione riportate in questo rapporto si basano su un set di dati più esteso rispetto a quello utilizzato negli anni passati; inoltre, da quest'anno anche le anomalie di precipitazione si riferiscono al trentennio climatologico di riferimento 1961-1990. Di conseguenza, le nuove serie di anomalia di precipitazione in Italia possono differire da quelle presentate nei precedenti rapporti annuali, senza tuttavia modificare sostanzialmente la stima delle variazioni di lungo periodo.

L'andamento delle precipitazioni in Italia negli ultimi decenni è illustrato dalle serie di anomalie di precipitazione cumulata annuale nel periodo 1961-2017, rispetto al valore climatologico 1961-1990 (**figure 5.7 e 5.8**).

Con un'anomalia di precipitazione cumulata media in Italia di -22% circa, il 2017 si colloca al 2° posto, appena dopo il 2001, tra gli anni meno piovosi dell'intera serie dal 1961. In realtà fino al mese di novembre il 2017 risultava essere nettamente l'anno meno piovoso; gli ultimi due mesi dell'anno, in cui sono state registrate in media precipitazioni di poco superiori ai valori climatologici normali, hanno attenuato l'entità dell'anomalia media annuale. Dalle serie di anomalia della precipitazione cumulata stagionale (**figura 5.9**) si rileva che, con un'anomalia media di circa -50%, l'estate 2017 è stata la seconda più "secca" dell'intera serie dal 1961 (dopo il 1985) e, con un'anomalia media di circa -35%, la primavera 2017 è stata la terza più "secca", dopo il 1997 e il 2003.

Nella tabella 2 vengono riassunti i trend della precipitazione cumulata nel periodo 1961-2017, calcolati con un modello di regressione lineare. Le stime sono sostanzialmente confermate anche applicando un modello non parametrico (stimatore di Theil - Sen e test di Mann - Kendall, [20]). I trend sono stati calcolati dapprima per le serie annuali aggregando le stazioni dell'Italia intera, del Nord, del Centro e del Sud e Isole e poi per le serie stagionali dell'Italia intera. Per l'inverno, la precipitazione cumulata stagionale viene determinata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente.

In tutti i casi non risultano tendenze statisticamente significative.

PRECIPITAZIONE CUMULATA	TREND (%/10 anni)
ANNUALE	
Italia	(-0.5 ± 1.0)
Nord	(-0.1 ± 1.3)
Centro	(-1.7 ± 1.2)
Sud e Isole	
STAGIONALE (Italia)	
Inverno	(-1.3 ± 2.3)
Primavera	(+0.3 ± 1.5)
Estate	(-3.0 ± 2.3)

Tabella 2: Trend stimati (e relative deviazioni standard) delle precipitazioni cumulate dal 1961 al 2017. Tra parentesi i trend statisticamente non significativi al livello del 5%.

Frequenza, intensità, estremi

Nella **figura 5.10** sono rappresentate le precipitazioni massime giornaliere registrate nel 2017. Per massima giornaliera si intende qui il valore massimo delle precipitazioni cumulate su intervalli fissi dalle ore 0 alle ore 24 e non quello su tutti gli intervalli di 24 ore a orario mobile. Va tenuto presente che i valori interpolati sul grigliato regolare e spazializzati su mappa sono generalmente inferiori ai massimi registrati dalle singole stazioni. I valori più elevati sono stati registrati in Liguria in occasione dell'evento estremo dell'11 dicembre, con una punta massima di 469 mm a Cabanne (GE). Le massime precipitazioni orarie sono state invece registrate il 10 settembre in occasione di eventi temporaleschi molto intensi e hanno raggiunto valori di circa 120 mm/h su alcune località della provincia di Livorno e di circa 110 mm/h in provincia di Roma, circa 20 km a sud della capitale.

Le precipitazioni massime giornaliere di circa 60 stazioni con i necessari requisiti di continuità e completezza delle serie e distribuite in modo abbastanza uniforme sul territorio nazionale, sono state elaborate e aggregate spazialmente per ricavare 3 serie di anomalie annuali rispetto al periodo climatologico 1961-1990 (**figura 5.11**). Dall'analisi di queste serie non emergono segnali statisticamente significativi di variazioni.

Nella **figura 5.12** sono rappresentati i valori del numero di giorni asciutti, cioè con precipitazione inferiore o uguale a 1 mm. I valori più elevati si registrano a Capo Carbonara (CA, 343 giorni), Capo Bellavista (NU, 340 giorni) e Catania Fontanarossa (339 giorni); valori elevati, di circa 330 giorni, si registrano anche in diverse località della Maremma. Il valori più bassi (tra 210 e 230 giorni asciutti) si registrano su Alpi e Prealpi orientali. Le **figure 5.13** e **5.14** mostrano le mappe dello Standard Precipitation Index (SPI). L'SPI è un indice di siccità, che si ottiene tramite una normalizzazione della distribuzione di probabilità della pioggia, stimata elaborando lunghe serie storiche di precipitazione, in questo caso di almeno 30 anni. Conseguentemente, regioni a clima secco o umido sono "valutate" nello stesso modo. I valori di SPI possono riferirsi a diversi intervalli di tempo (da 1 a 24 mesi), in funzione del settore di applicazione (meteorologico, agricolo o idrologico). Qui vengono riportate la mappa di SPI a 12 mesi dell'anno solare 2017 e le mappe di SPI a 3 mesi relative alle 4 stagioni del 2017: inverno (dicembre 2016-febbraio 2017), primavera (da marzo a maggio 2017), estate (da giugno ad agosto 2017), autunno (settembre-novembre 2017). Va tenuto presente che tutte le mappe sono ottenute interpolando i valori di SPI di circa 400 stazioni distribuite in modo non uniforme sul territorio nazionale; conseguentemente, esse danno una rappresentazione dell'indice a scala nazionale a bassa risoluzione spaziale e non possono essere utilizzate per una stima accurata dell'SPI a scala locale o per singoli bacini idrografici.

Nella **figura 5.15** sono rappresentati i valori di un altro indice di siccità, il *Consecutive Dry Days* (CDD), che rappresenta il numero massimo di giorni consecutivi nell'anno con precipitazione giornaliera inferiore o uguale a 1 mm. I valori più alti si registrano nella Sicilia occidentale, fino a 158

giorni secchi consecutivi, seguiti dai 120-130 giorni della Sardegna sud-orientale. La durata minima dei periodi siccità è di 13-15 giorni e si registra sulle zone alpina e prealpina orientale.

Come per la temperatura, per valutare l'andamento della frequenza, dell'intensità e dei valori estremi di precipitazione, sono stati presi in considerazione alcuni indici definiti dal Gruppo di Lavoro della Commissione per la Climatologia dell'OMM [13]. Vengono presentate le serie temporali di anomalia degli indici per l'Italia settentrionale, centrale e meridionale, ottenuti aggregando i dati di stazioni appartenenti a ciascuna macro-area. I criteri di selezione delle serie utili e i metodi di calcolo degli indici, che riprendono quelli di valutazioni analoghe a scala globale o continentale [15,16], sono descritti in [11]. Per favorire l'ingresso di un maggior numero di serie, è stato considerato come periodo di riferimento il trentennio climatologico 1971-2000 e i risultati sono presentati sotto forma di serie di anomalie degli indici dal 1971 al 2017.

L'indice R10 rappresenta il numero di giorni nell'anno con precipitazione ≥ 10 mm (**figura 5.16**). L'indice R95p rappresenta la somma nell'anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 95° percentile della distribuzione delle precipitazioni giornaliere nei giorni piovosi nel periodo climatologico 1971-2000 (**figura 5.17**). L'intensità di pioggia giornaliera (SDII, *Simple Daily Intensity Index*) rappresenta la precipitazione cumulata annuale divisa per il numero di giorni piovosi nell'anno, considerando piovosi i giorni con precipitazione ≥ 1 mm (**figura 5.18**). Tutte le serie temporali di questi indici, sottoposte ad analisi delle tendenze con modelli di regressione lineari o non parametrici [20], non mostrano trend statisticamente significativi (al livello del 5%) dal 1971 al 2017. Complessivamente, dall'analisi delle serie temporali di questi indici non emergono segnali netti di variazioni significative della frequenza e della intensità delle precipitazioni nel medio-lungo periodo. Un elemento forse significativo che si può cogliere dalle serie del Centro Italia, è rappresentato dalla sequenza di anomalie positive degli indici R95p e SDII negli ultimi anni, che vanno nella direzione di una concentrazione delle precipitazioni in un numero minore di eventi di maggiore intensità.

Va tenuto comunque presente che i risultati sono stati ottenuti su un insieme ancora piuttosto limitato di stazioni di misura. Inoltre, per valutare in modo più approfondito l'esistenza di trend degli eventi di precipitazione intensa, sarebbe necessario disporre di lunghe serie osservative con frequenza oraria.

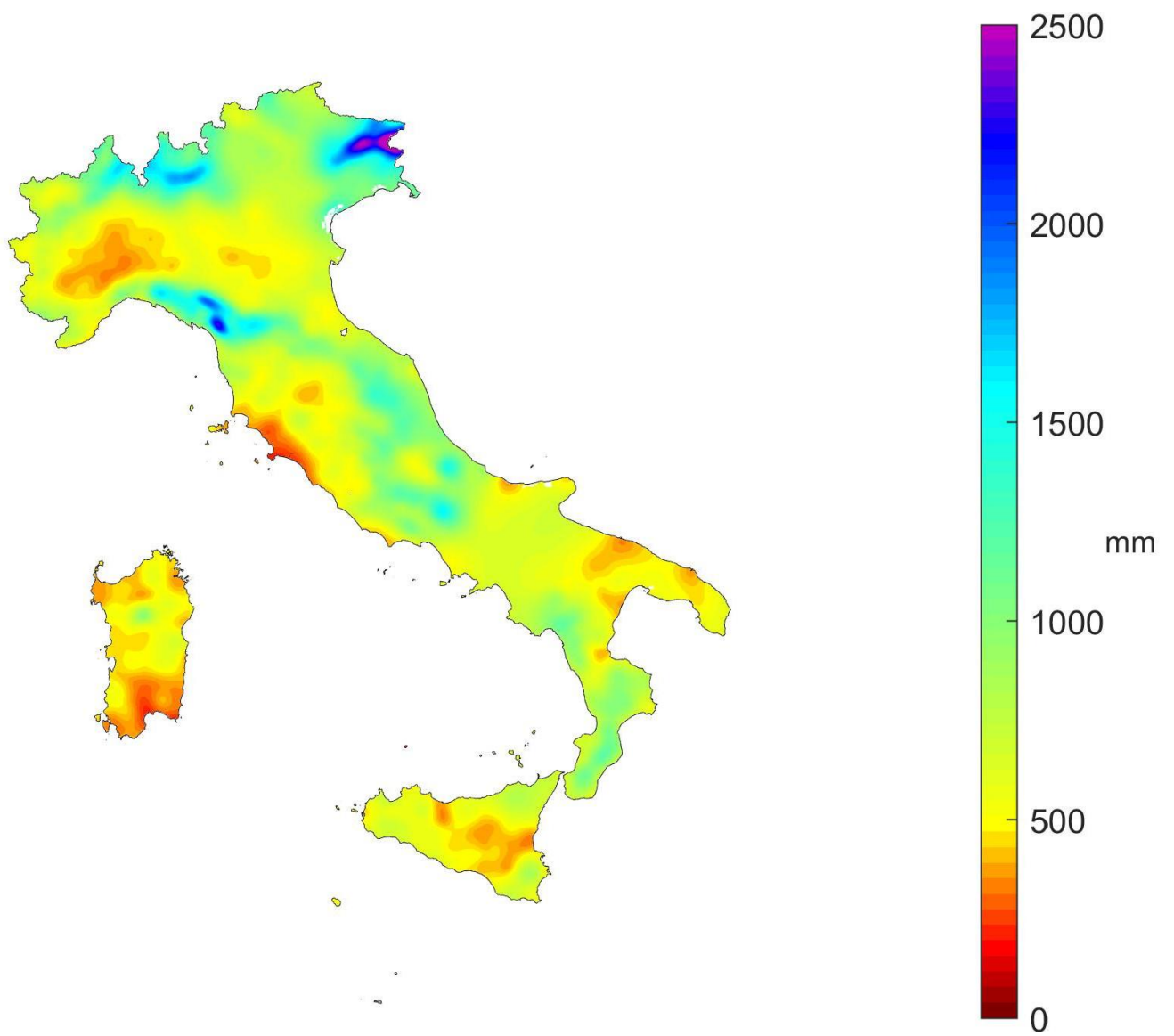


Figura 5.1: *Precipitazione cumulata 2017.*

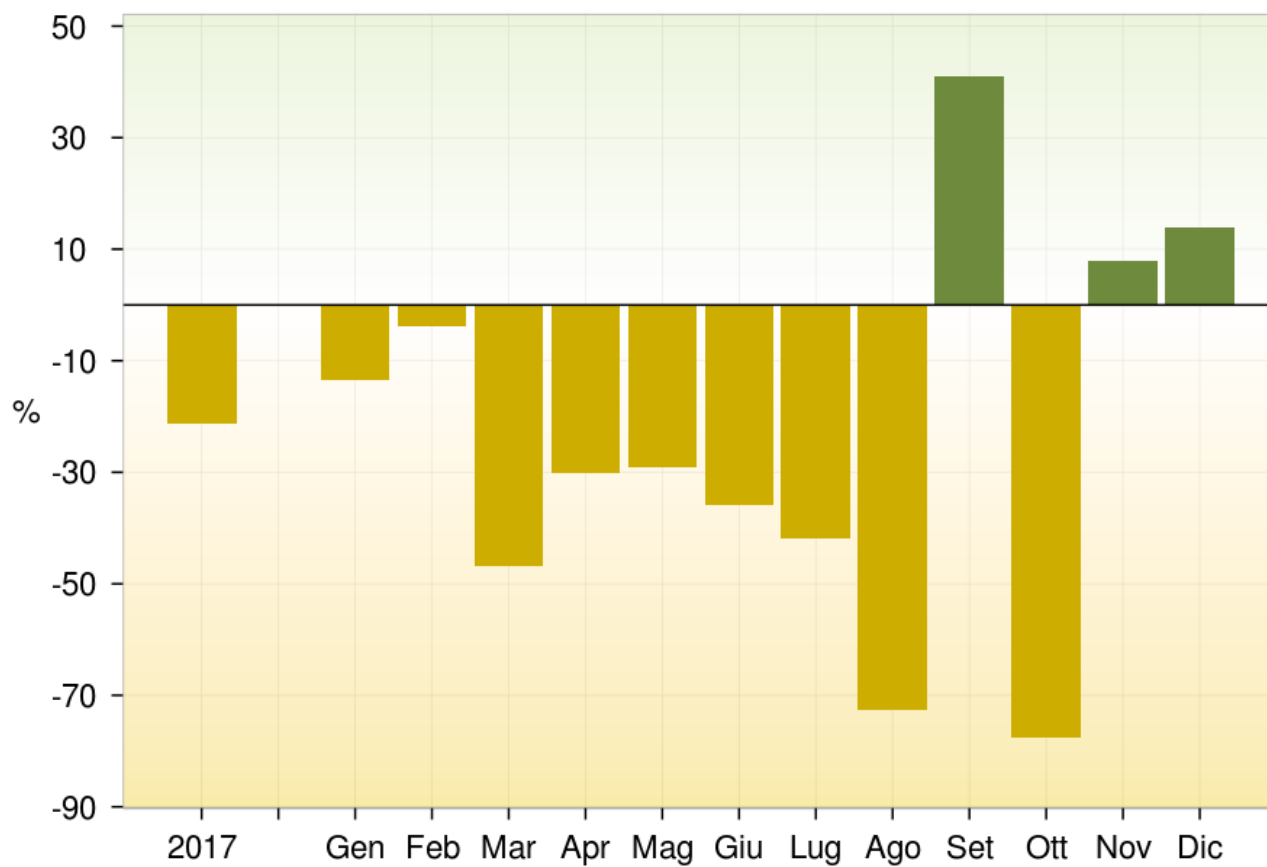


Figura 5.2: *Anomalia media mensile ed annuale 2017, espressa in valori percentuali, della precipitazione cumulata in Italia, rispetto al valore normale 1961-1990.*

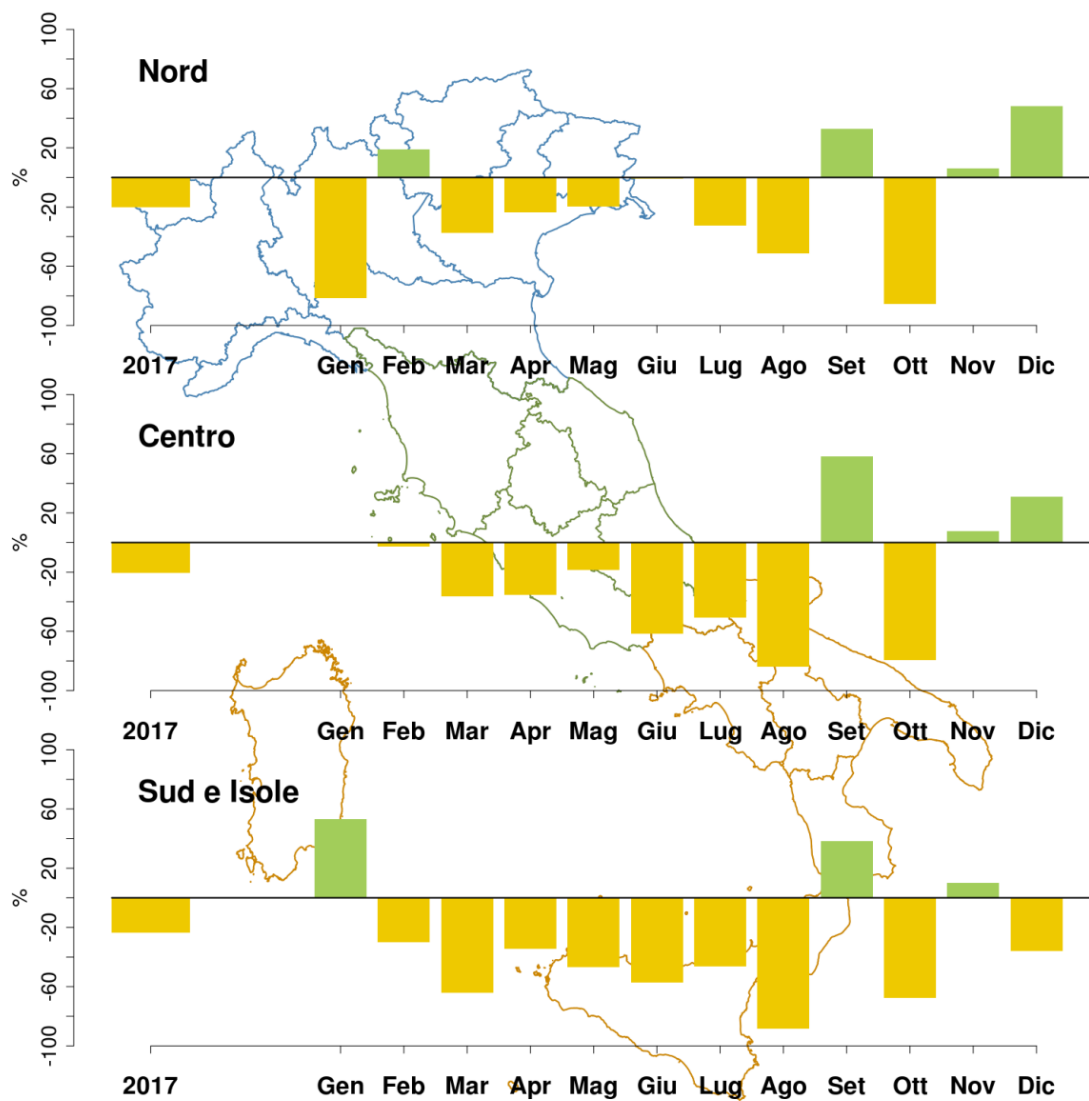


Figura 5.3: Anomalia media mensile ed annuale 2017, espressa in valori percentuali, della precipitazione cumulata Nord, Centro, Sud e Isole, rispetto al valore normale 1961-1990.



Figura 5.4: Anomalia della precipitazione cumulata annuale 2017, espressa in valori percentuali, rispetto al valore normale 1961-1990.

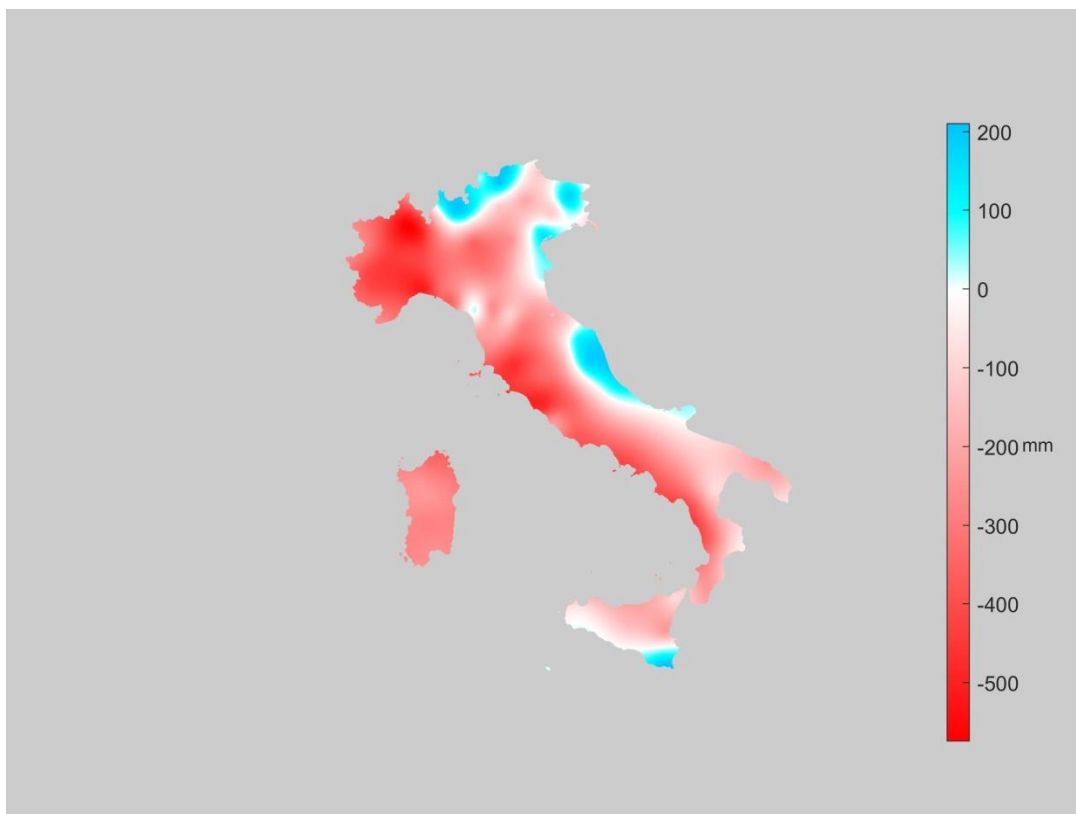


Figura 5.5: Anomalia della precipitazione cumulata annuale 2017, espressa in mm, rispetto al valore normale 1961-1990.

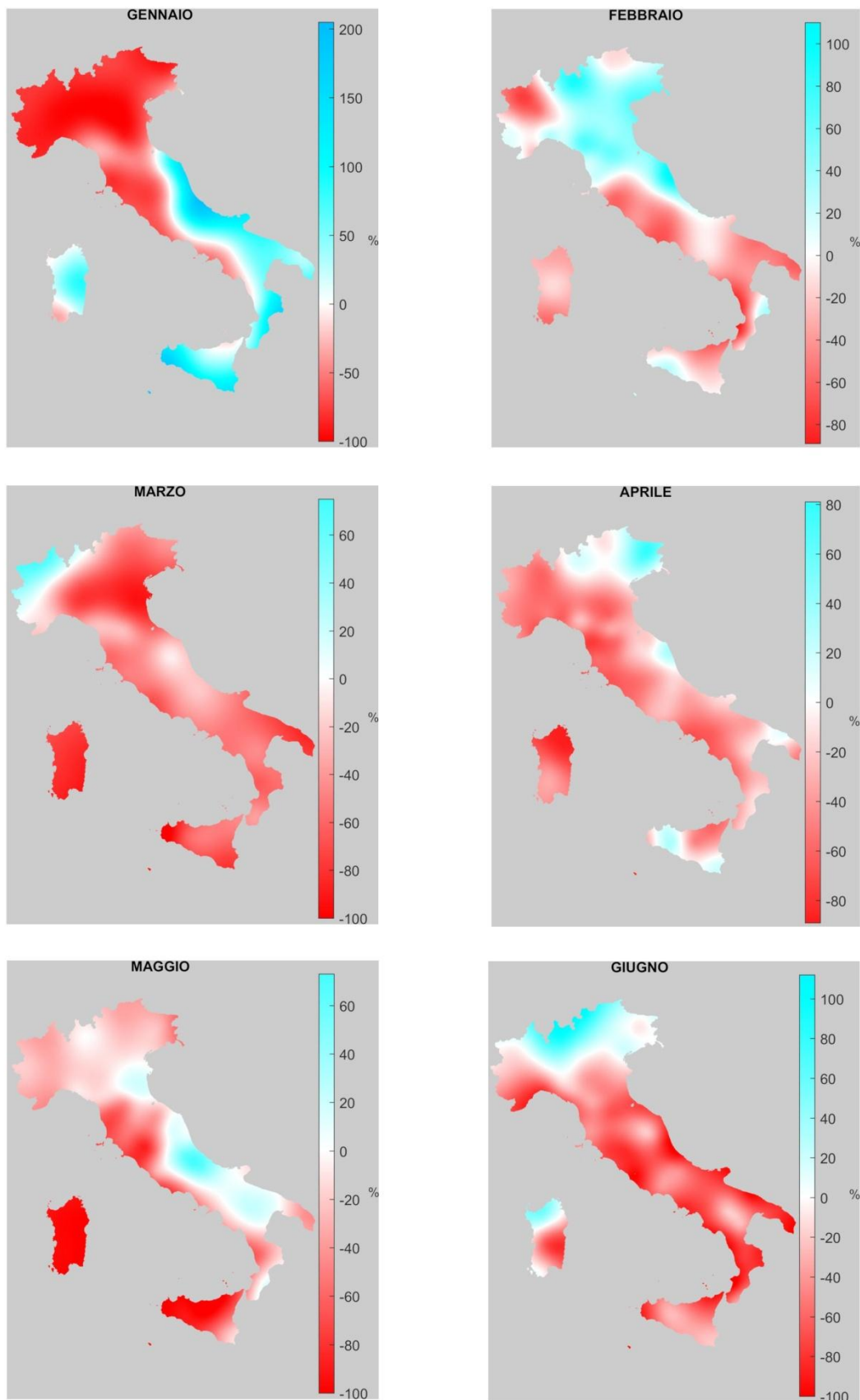


Figura 5.6a: Anomalie della precipitazione cumulata mensile (gennaio-giugno) 2017, espresse in percentuali, rispetto al valore normale 1961-1990. Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

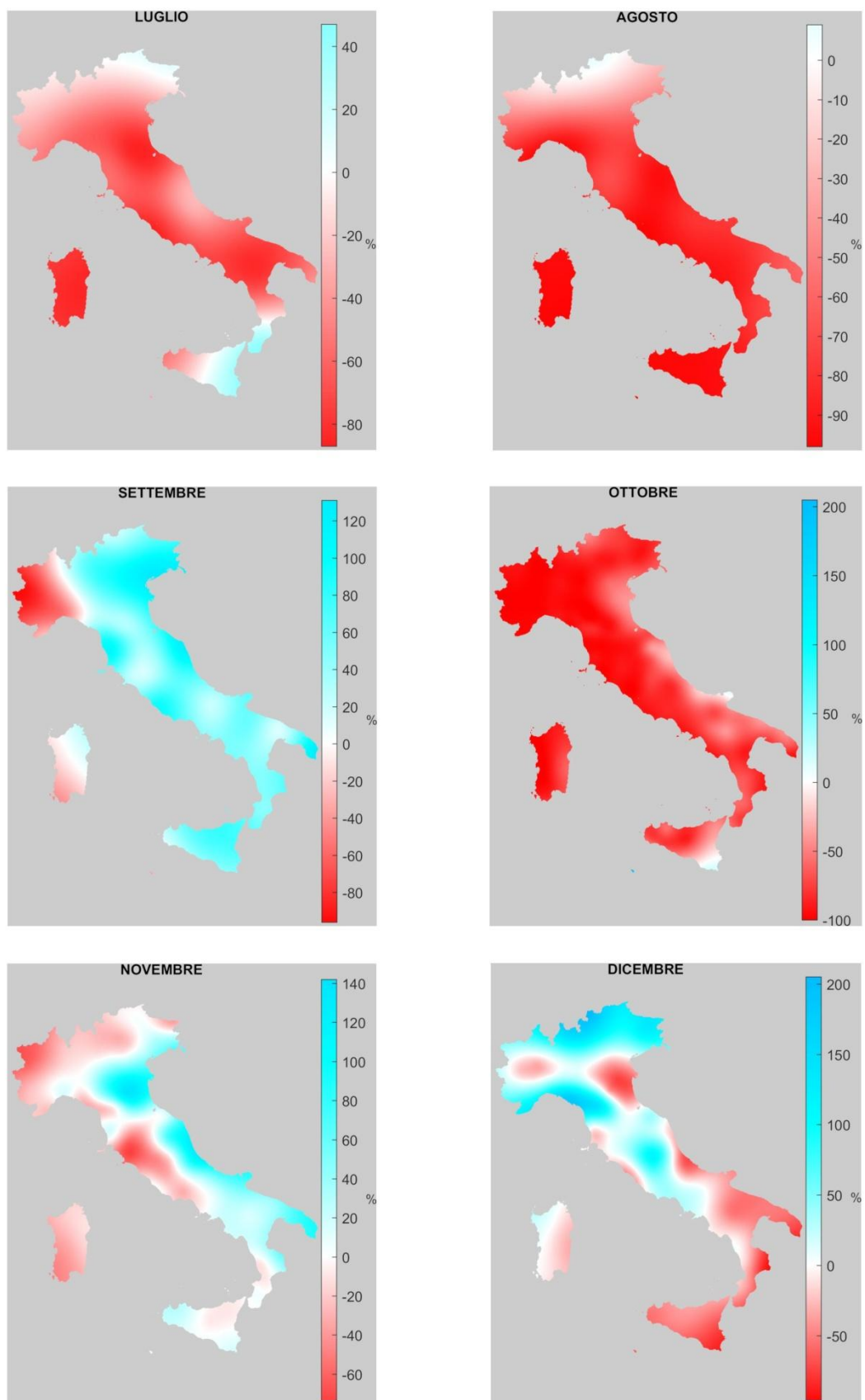


Figura 5.6b: Anomalie della precipitazione cumulata mensile (luglio-dicembre) 2017, espresse in percentuali, rispetto al valore normale 1961-1990. Stessi colori rappresentano stessi valori di anomalia in tutte le mappe.

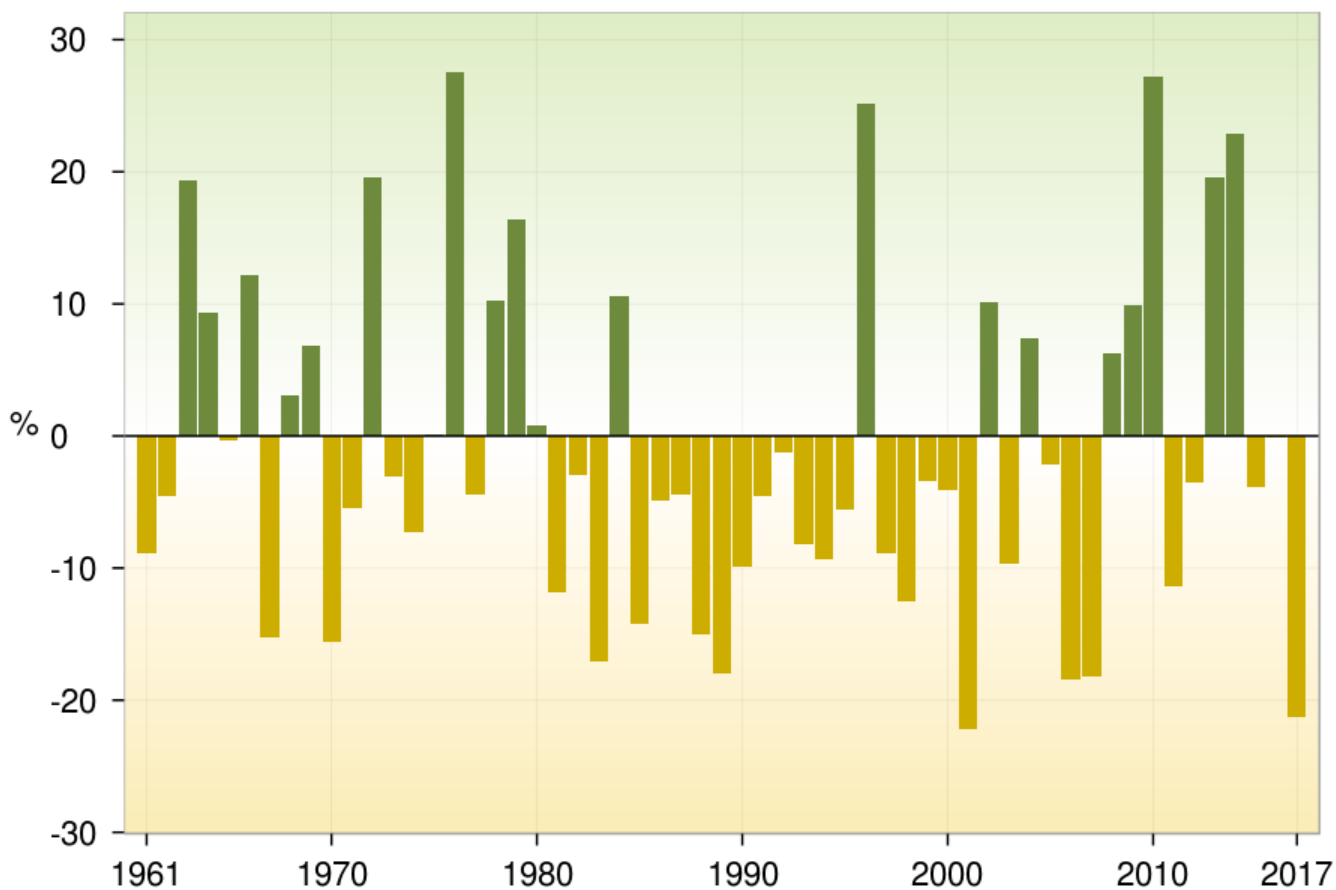


Figura 5.7: Serie delle anomalie medie in Italia, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1961-1990.

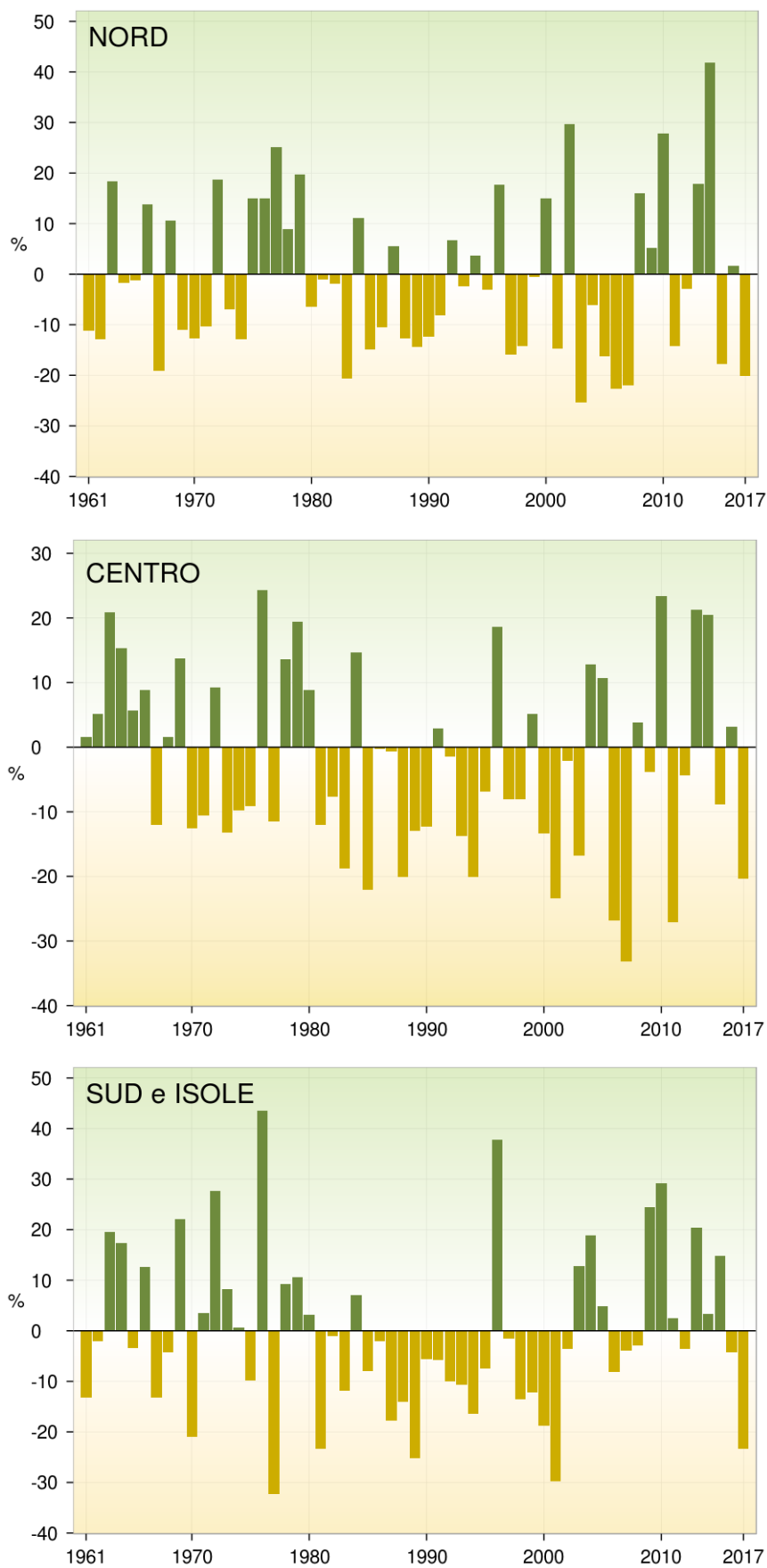


Figura 5.8: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1961-1990.

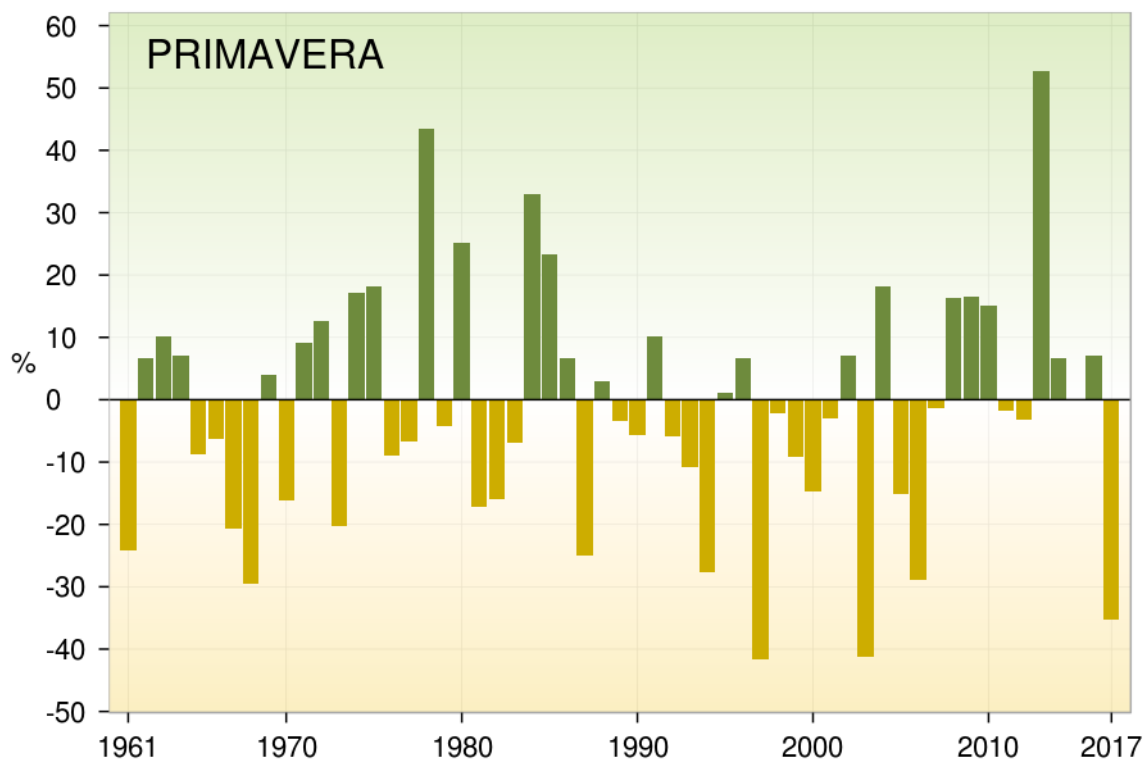
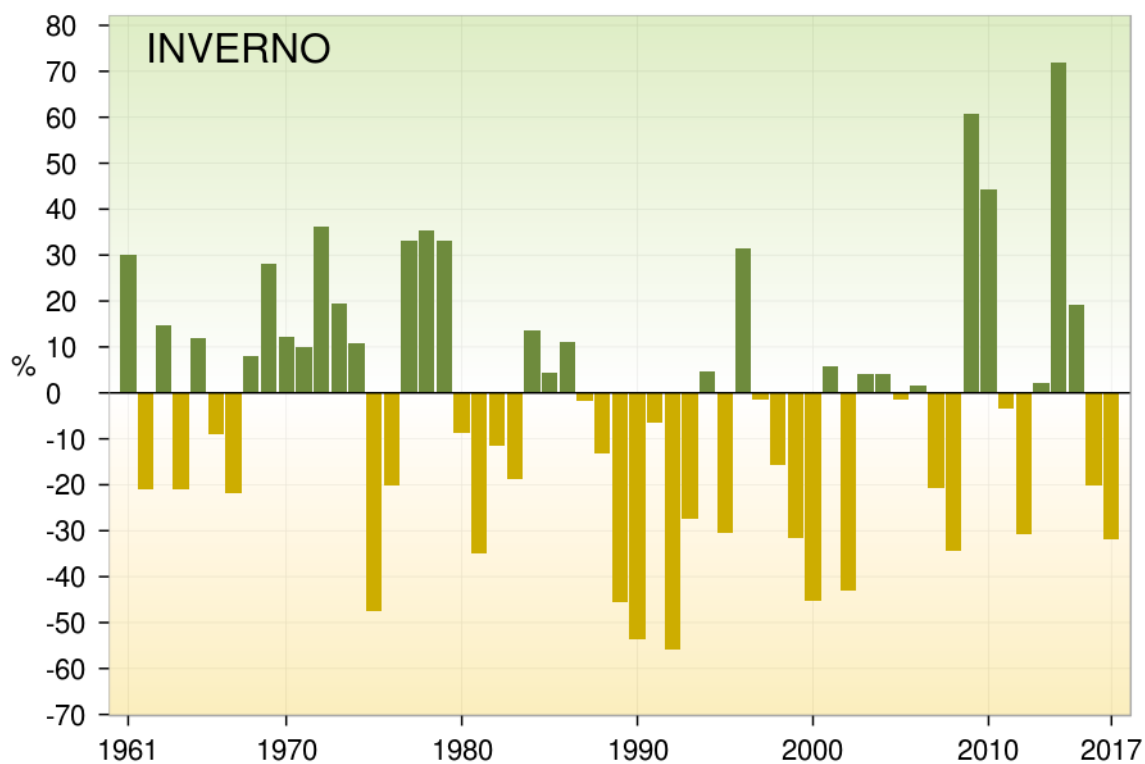


Figura 5.9a: Serie delle anomalie medie, espresse in valori percentuali, delle precipitazioni cumulate stagionali in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (inverno e primavera). Per l'inverno, sono stati aggregati i mesi di gennaio e febbraio 2017 con il mese di dicembre del 2016.

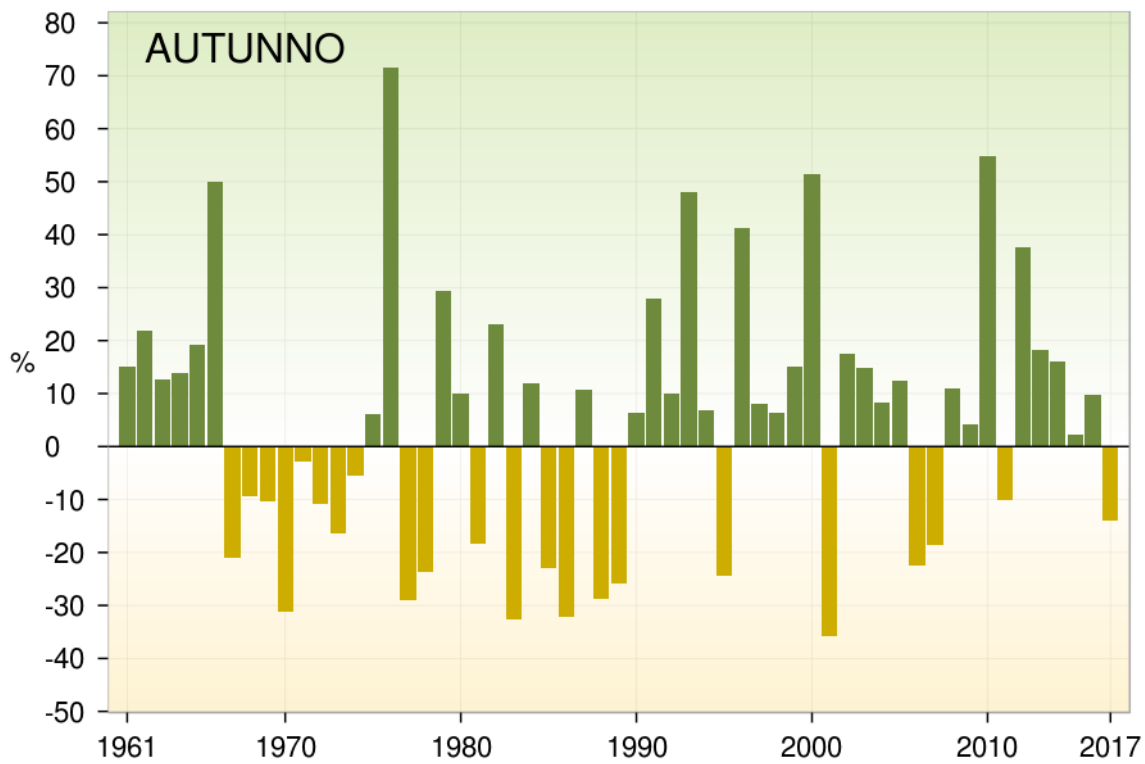
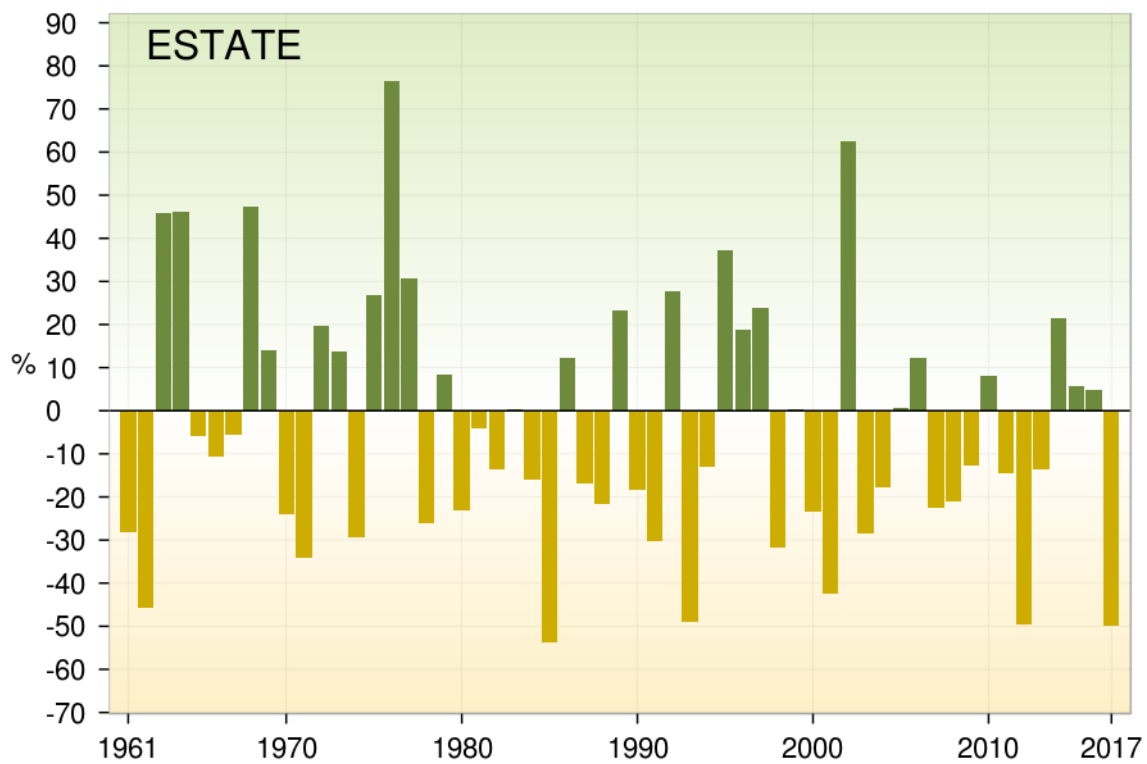


Figura 5.9b: Serie delle anomalie medie, espresse in valori percentuali, delle precipitazioni cumulate stagionali in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (estate e autunno).

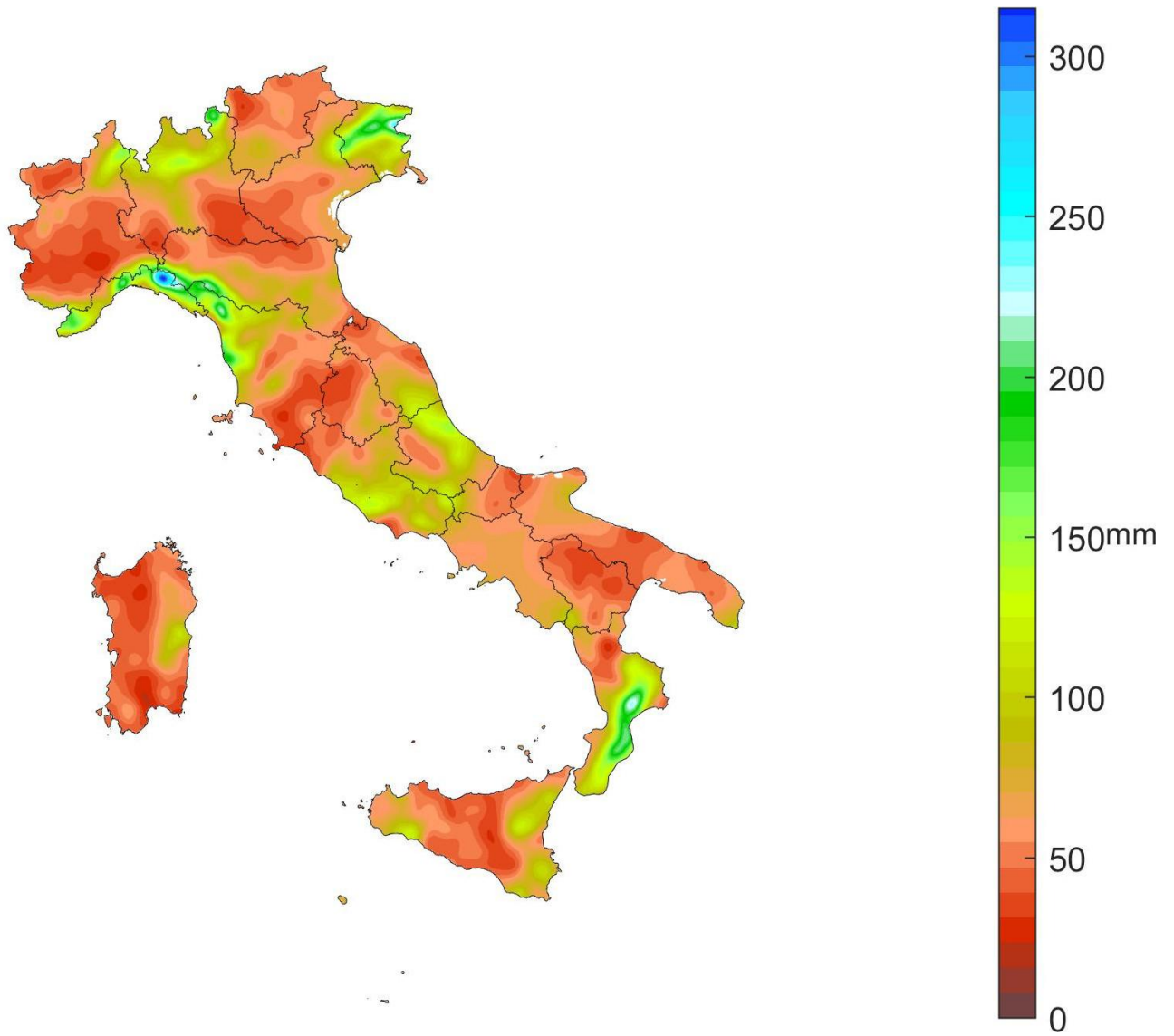


Figura 5.10: *Precipitazione massima giornaliera 2017.*

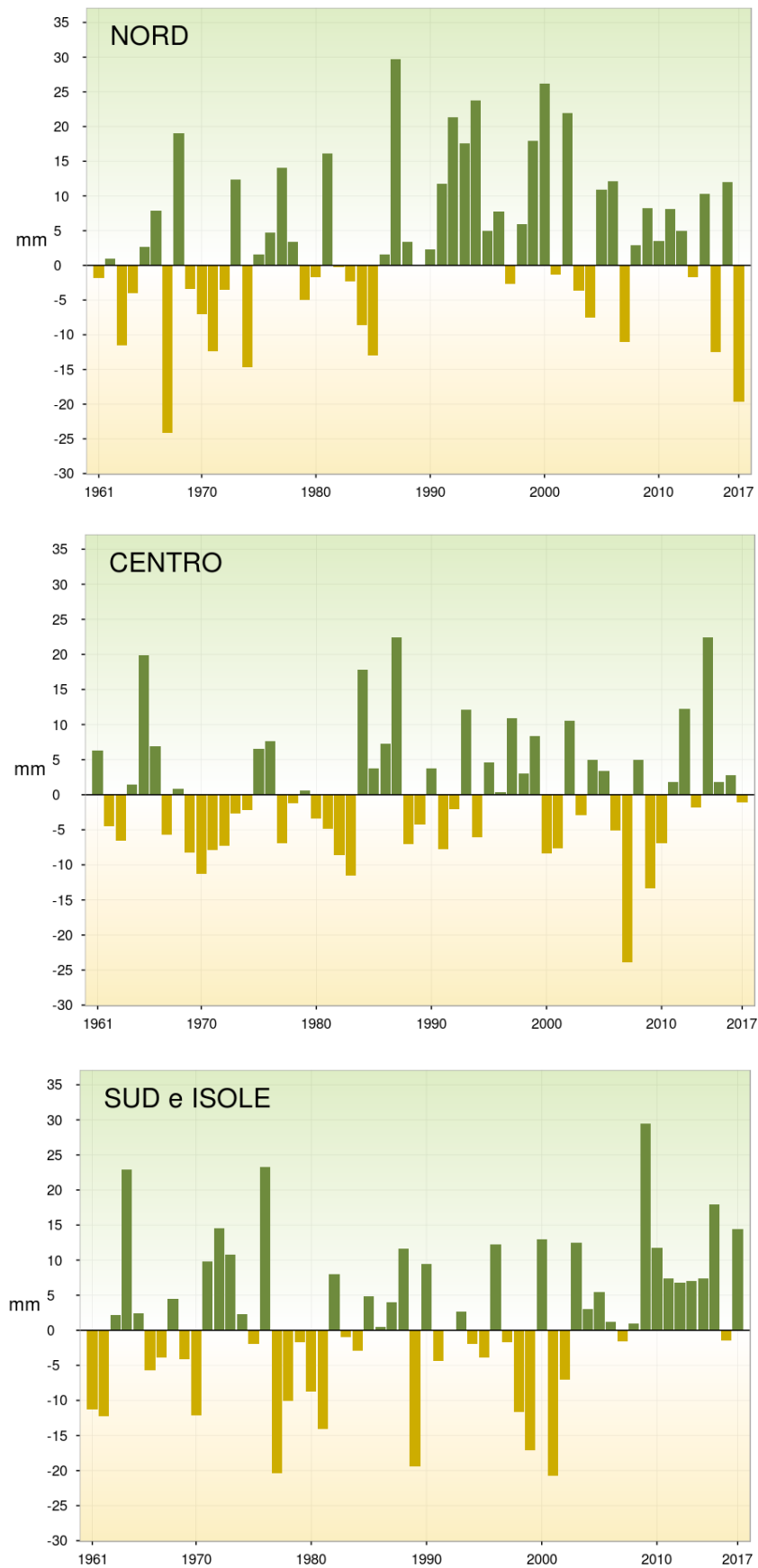


Figura 5.11: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, delle precipitazioni massime giornaliere rispetto al valore normale 1961-1990.

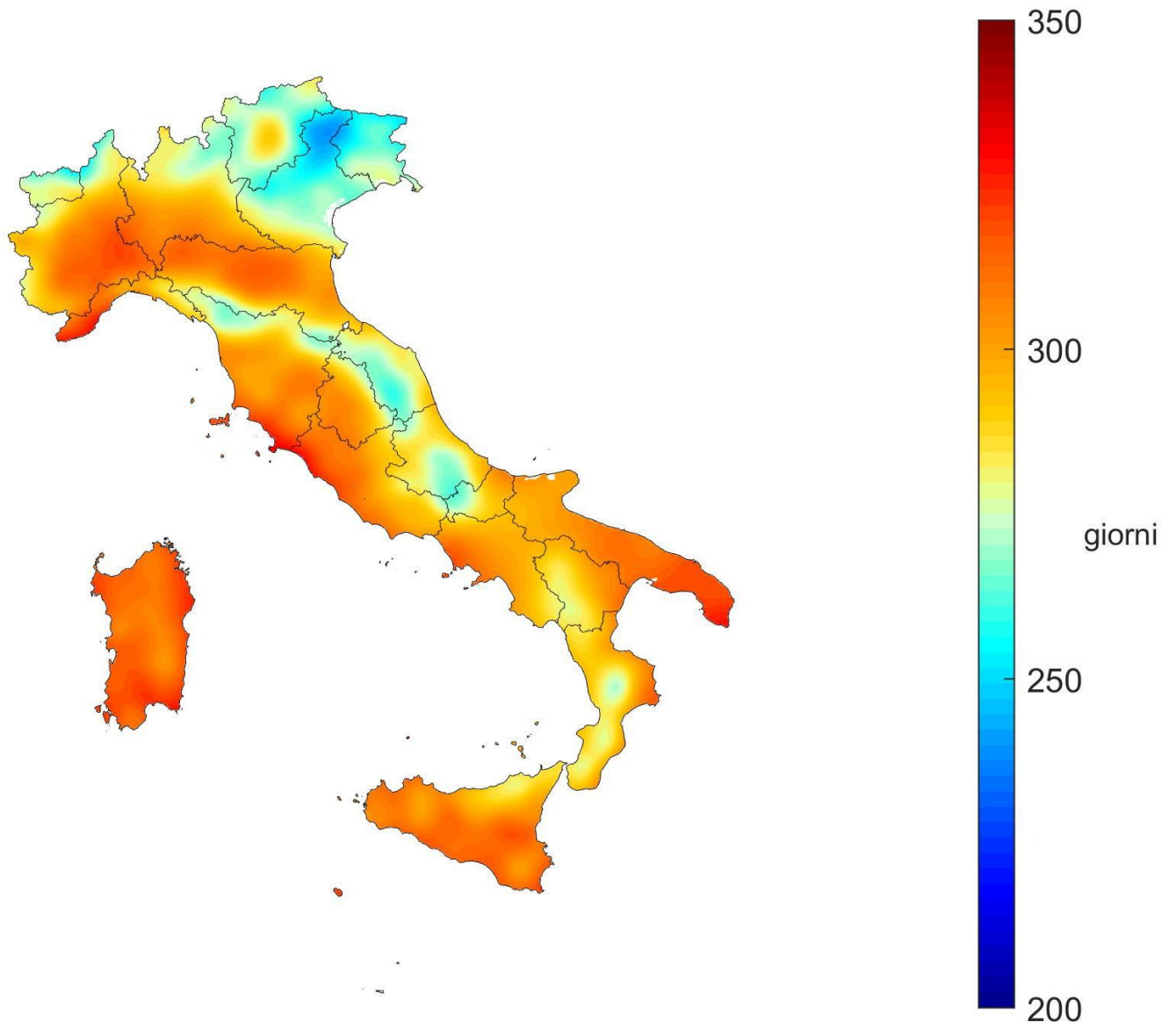
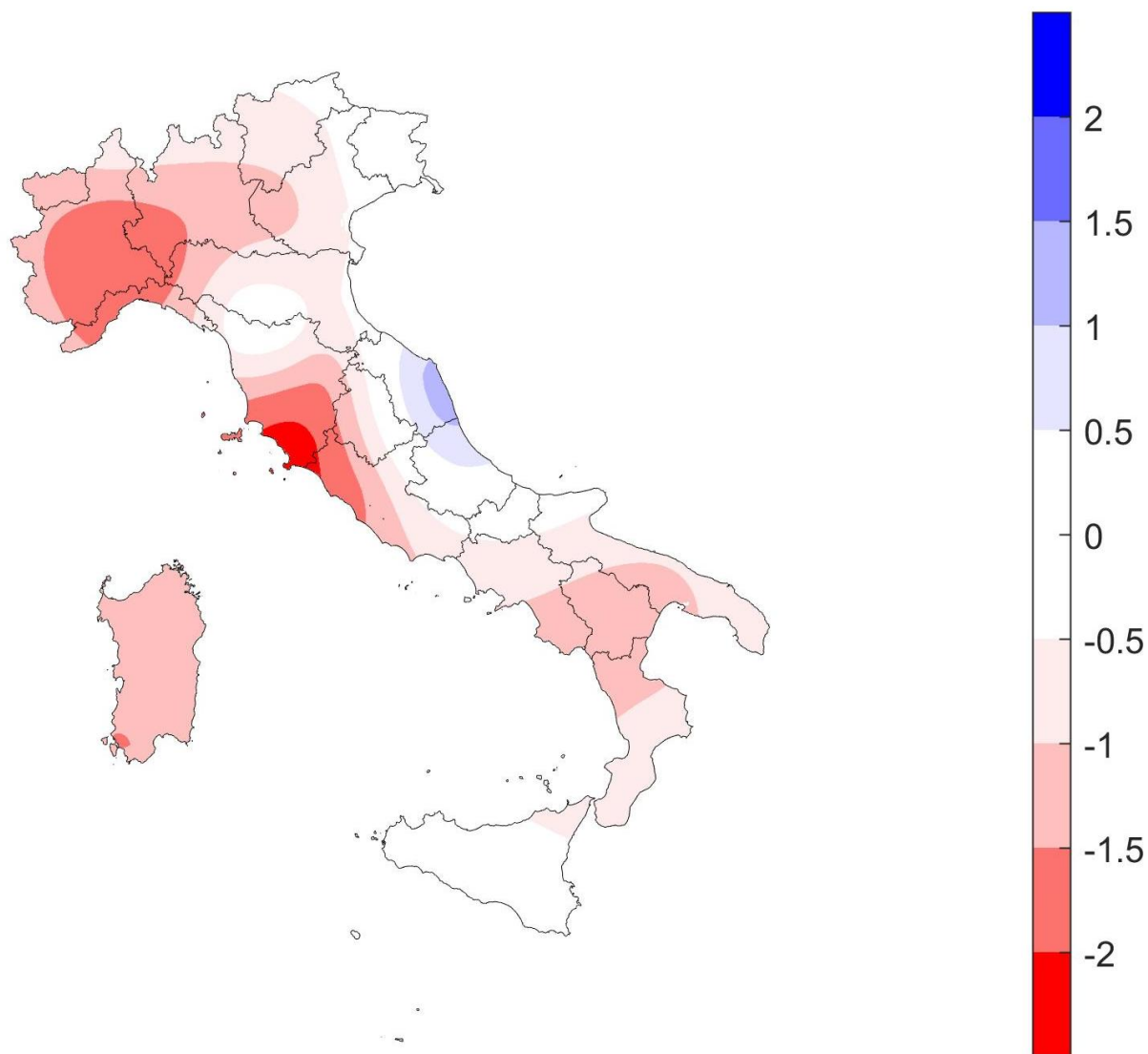
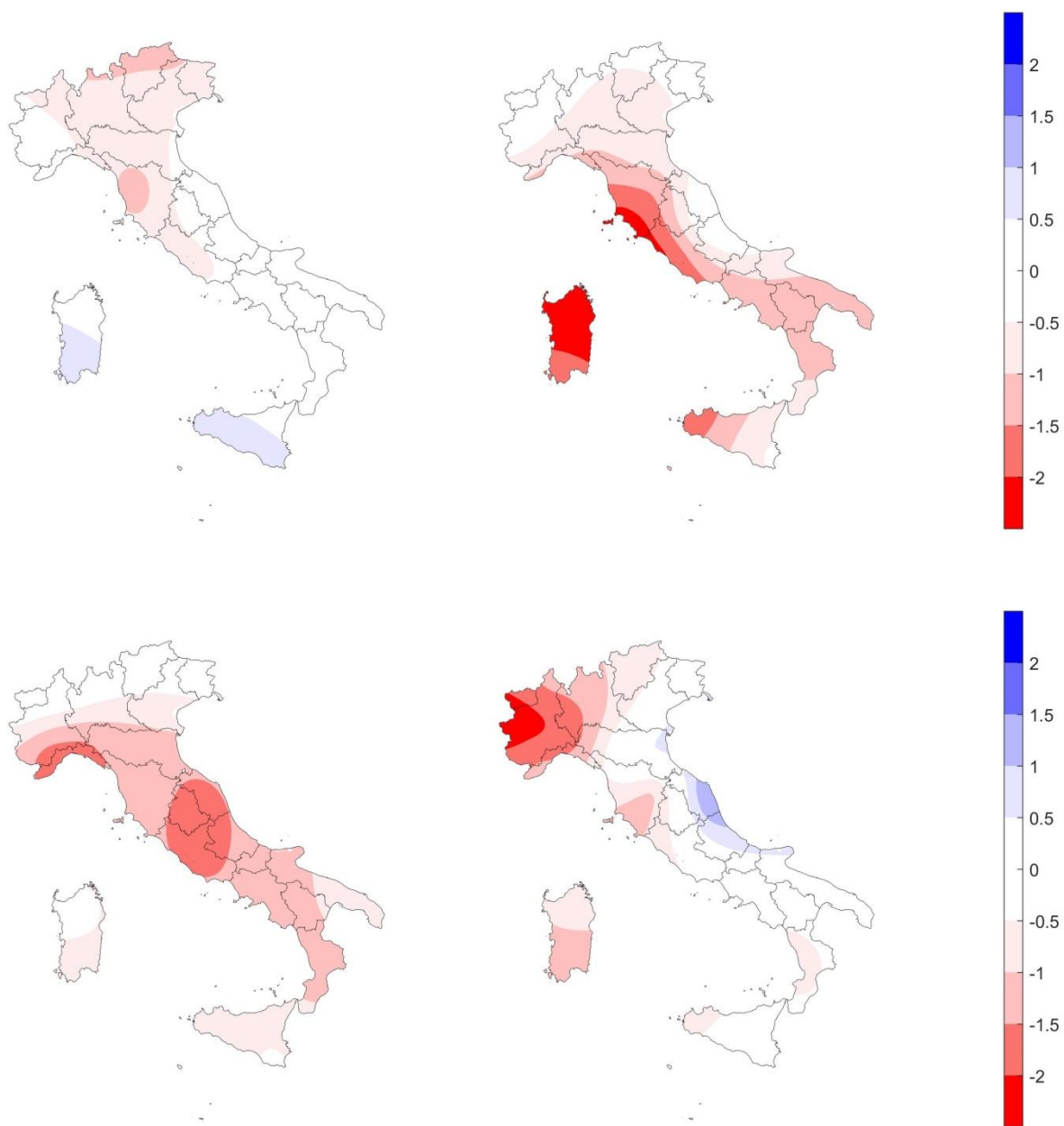


Figura 5.12: *Giorni asciutti nel 2017.*



> 2	estremamente umido
da 1.5 a 1.99	molto umido
da 1 a 1.49	moderatamente umido
da -0.99 a 0.99	nella norma
da -1.49 a -1	moderatamente secco
da -1.99 a -1.5	molto secco
< -2	estremamente secco

Figura 5.13: *Indice di siccità SPI annuale(a 12 mesi) nel 2017.*



> 2	estremamente umido
da 1.5 a 1.99	molto umido
da 1 a 1.49	moderatamente umido
da -0.99 a 0.99	nella norma
da -1.49 a -1	moderatamente secco
da -1.99 a -1.5	molto secco
< -2	estremamente secco

Figura 5.14: *Indice di siccità SPI stagionali (a 3 mesi) nel 2017 (in alto, da sinistra, inverno e primavera; in basso, da sinistra, estate ed autunno).*

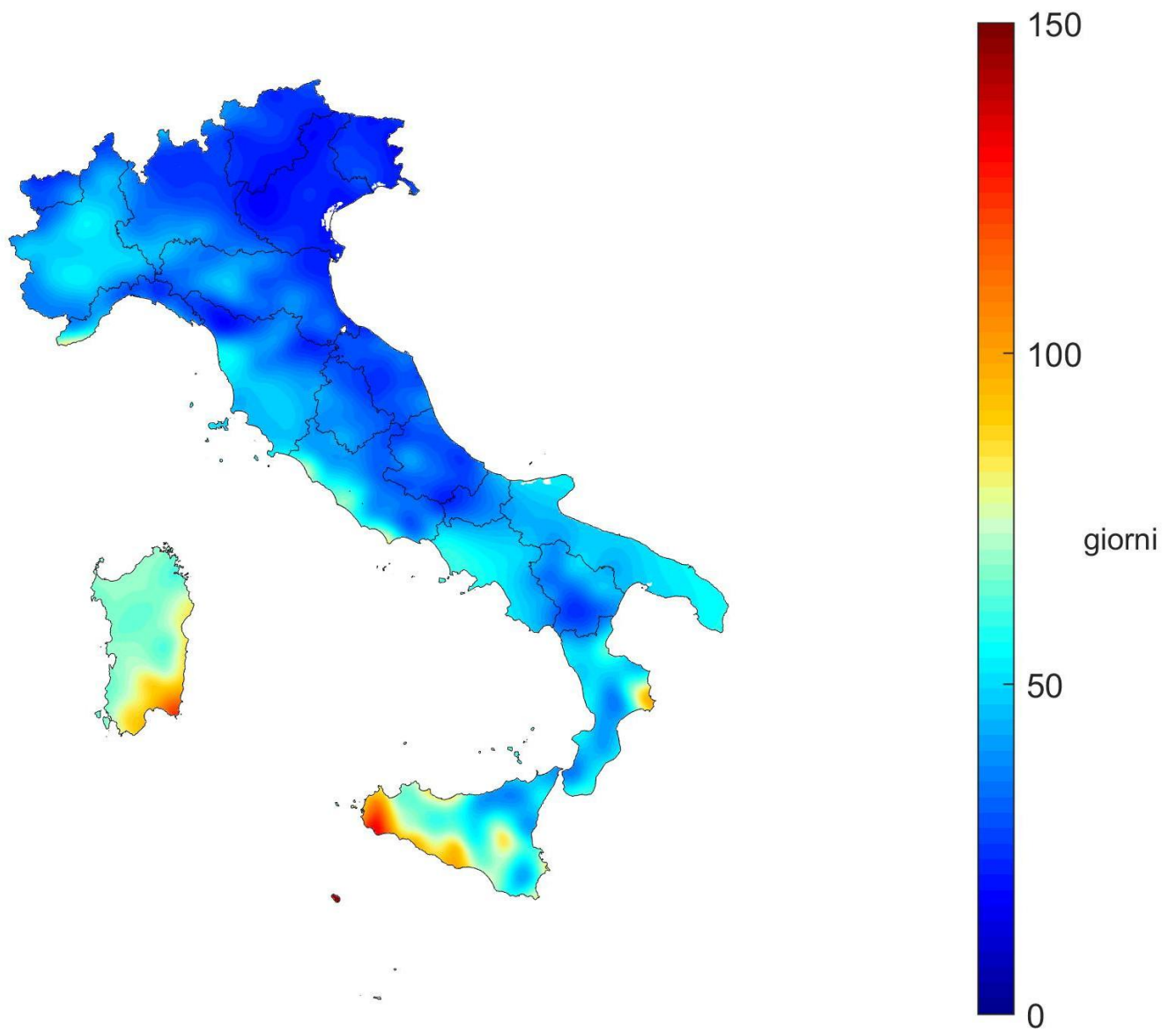


Figura 5.15: *Indice di siccità (Consecutive Dry Days - CDD) nel 2017.*

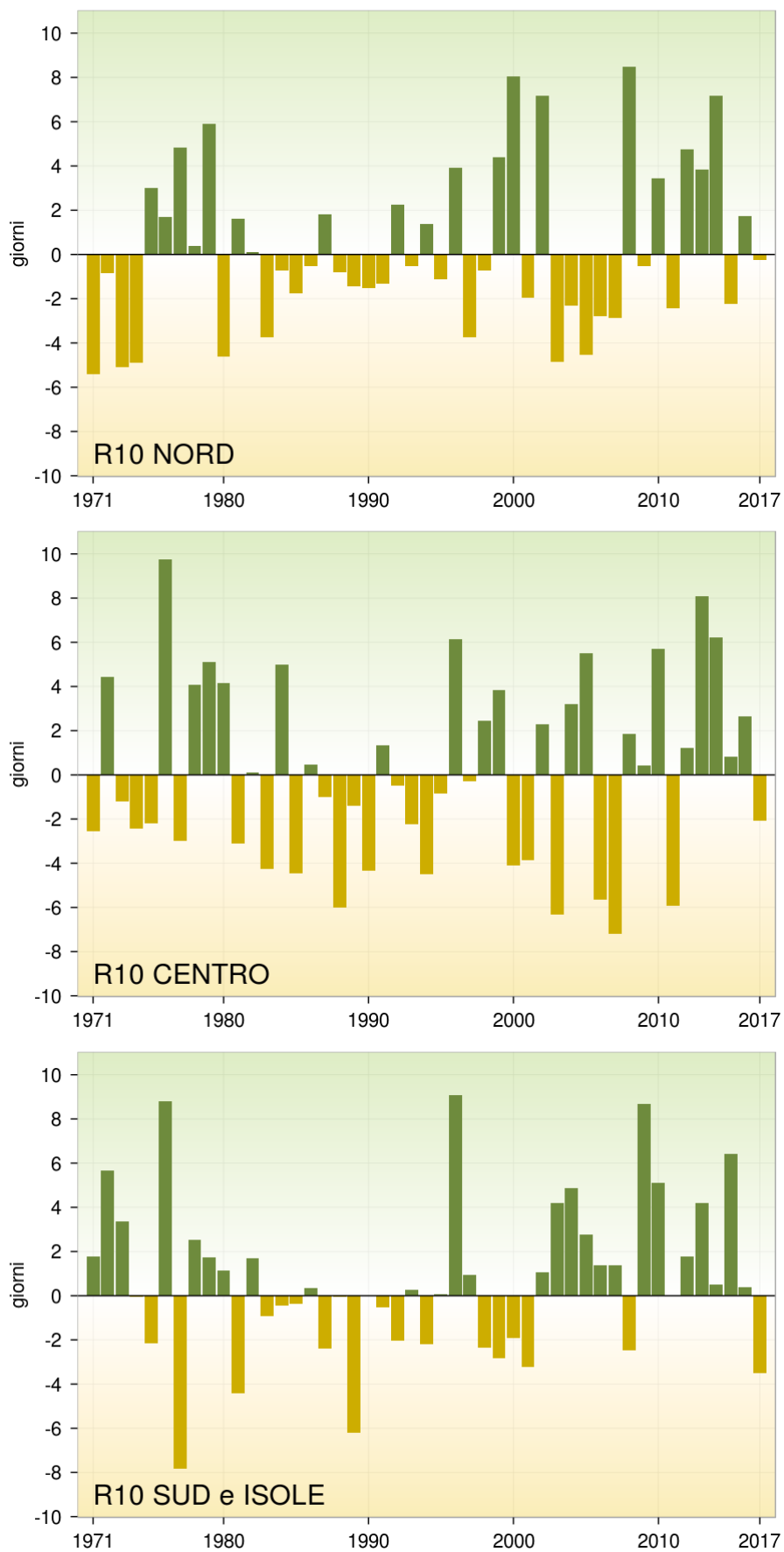


Figura 5.16: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, del numero di giorni nell'anno con precipitazione superiore od uguale a 10 mm (R10), rispetto al valore normale 1971-2000.

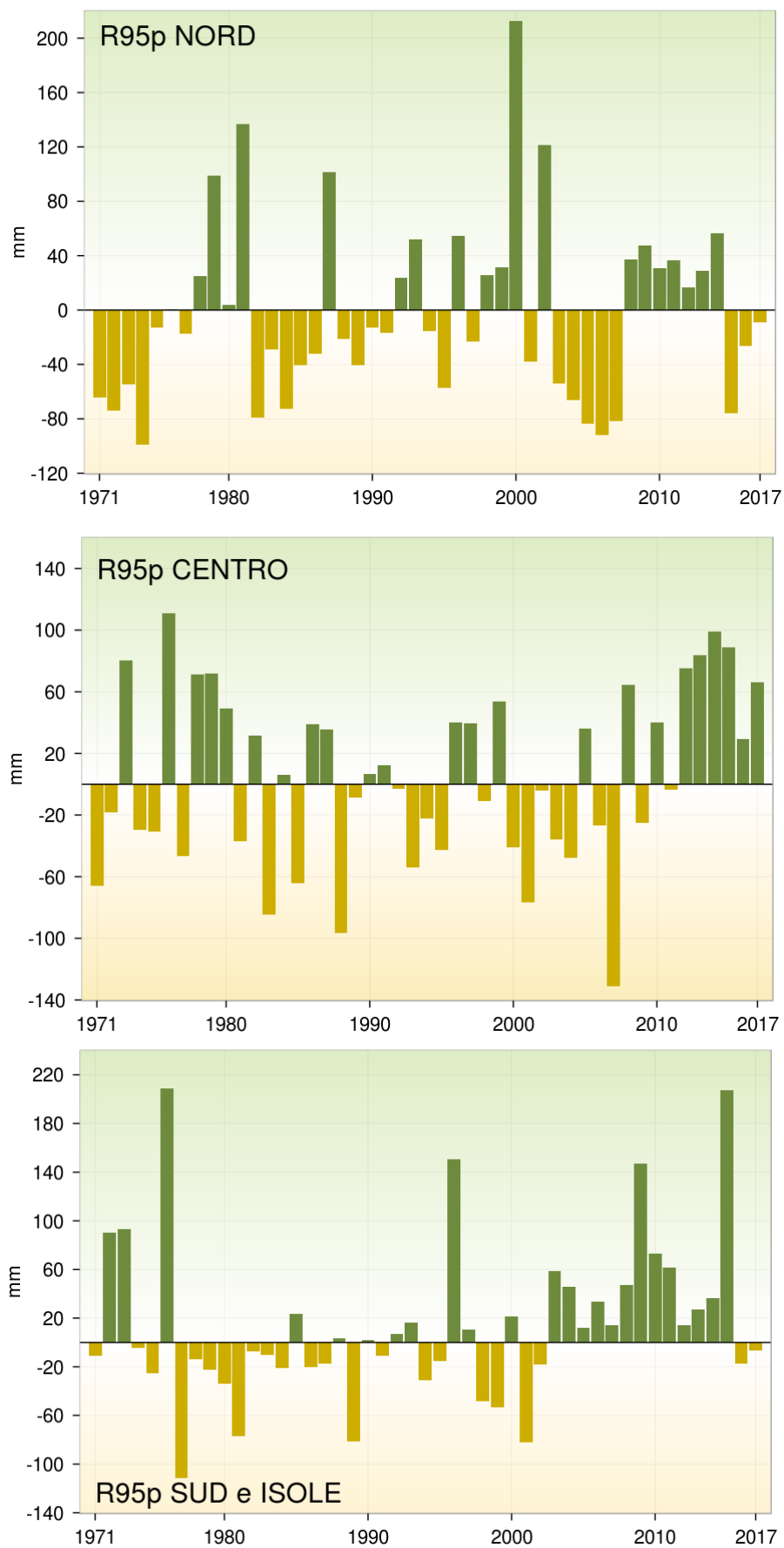


Figura 5.17: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, delle precipitazioni nei giorni molto piovosi (R95p), rispetto al valore normale 1971-2000.

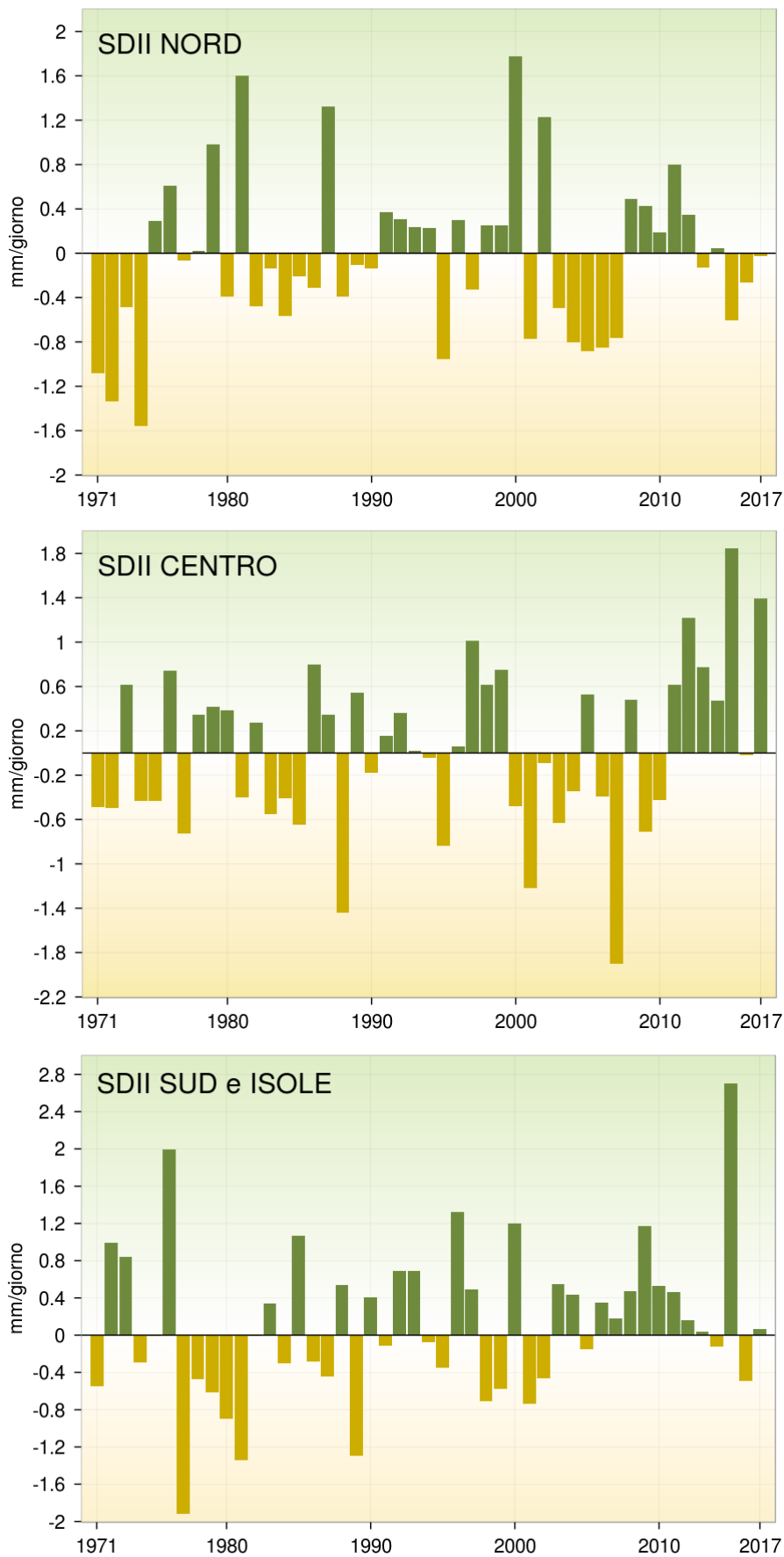


Figura 5.18: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, dell'intensità di pioggia giornaliera (SDII), rispetto al valore normale 1971-2000.

6. UMIDITÀ RELATIVA

I valori di umidità relativa media annuale del 2017 sono compresi tra 34% e 87% circa (**figura 6.1**). L'umidità relativa è stata ovunque nettamente inferiore alla media climatologica 1961-1990 (**figura 6.2**); l'anomalia media annuale più bassa è stata registrata al Nord (-6.4%); a seguire, il Centro (-5.3%) e il Sud e le Isole (-4.1%).

Ad eccezione di febbraio e, limitatamente al Sud, di gennaio e novembre, tutti i mesi sono stati in media più secchi della norma, con picchi di anomalia negativa dell'umidità relativa nei mesi estivi e in particolare ad agosto (-13.1% al Nord, -15.8% al centro e -11.9% al Sud e sulle Isole). A gennaio, coerentemente con quanto si può rilevare dall'analisi delle precipitazioni, le regioni settentrionali hanno registrato un record di anomalia negativa dell'umidità mentre al Sud i valori medi sono stati pressoché nella norma.

Nella **figura 6.3** è rappresentata la serie annuale dell'anomalia media di umidità relativa in Italia, ottenuta elaborando i dati di 44 stazioni che soddisfano a requisiti di completezza e continuità delle serie nel periodo 1961-2017. Il valore medio di anomalia di umidità (-5.1%) colloca il 2017 nettamente al 1° posto tra gli anni più secchi a partire dal 1961, seguito dal 2003 (-3.9%).

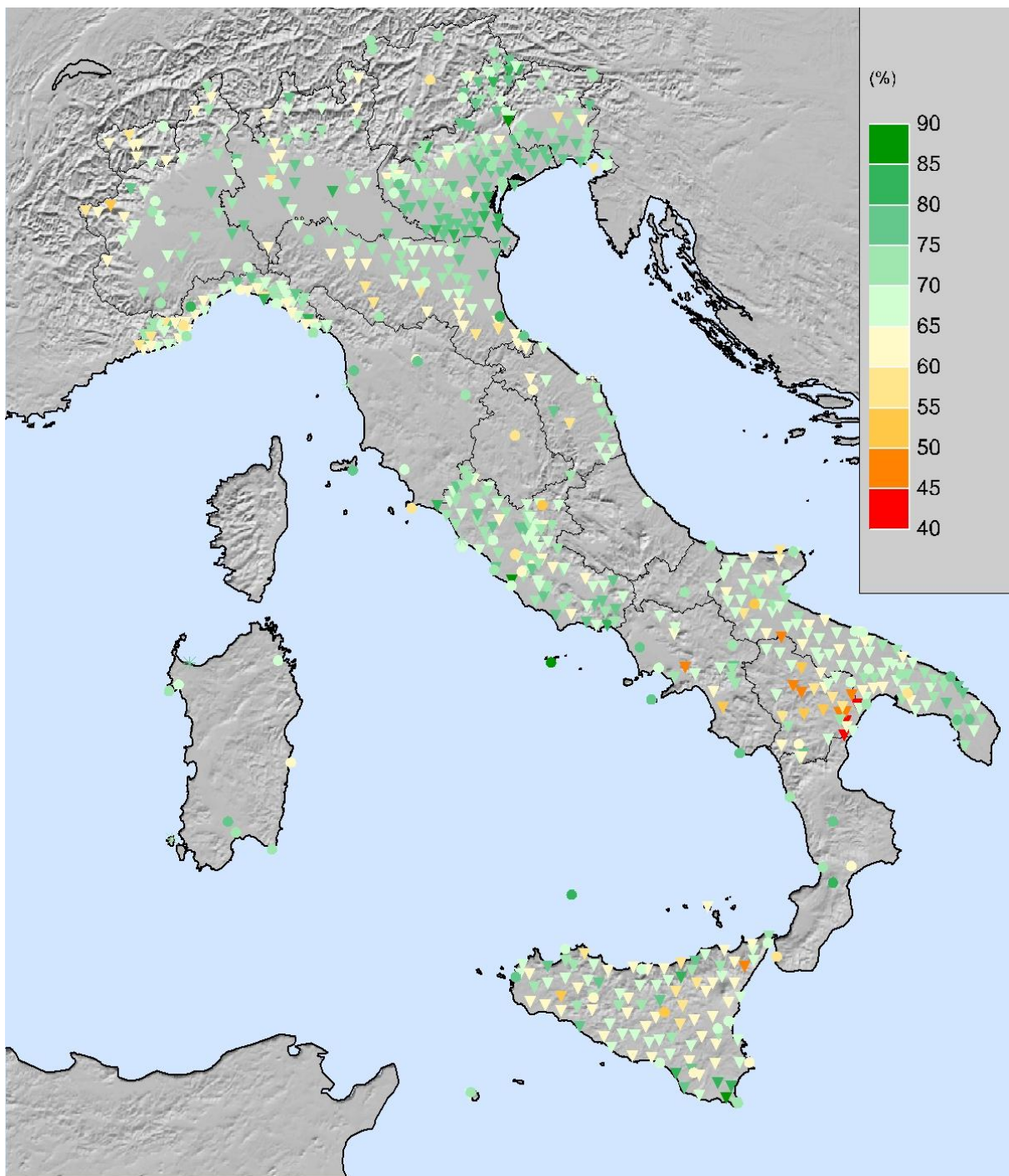


Figura 6.1: *Umidità relativa media 2017.*

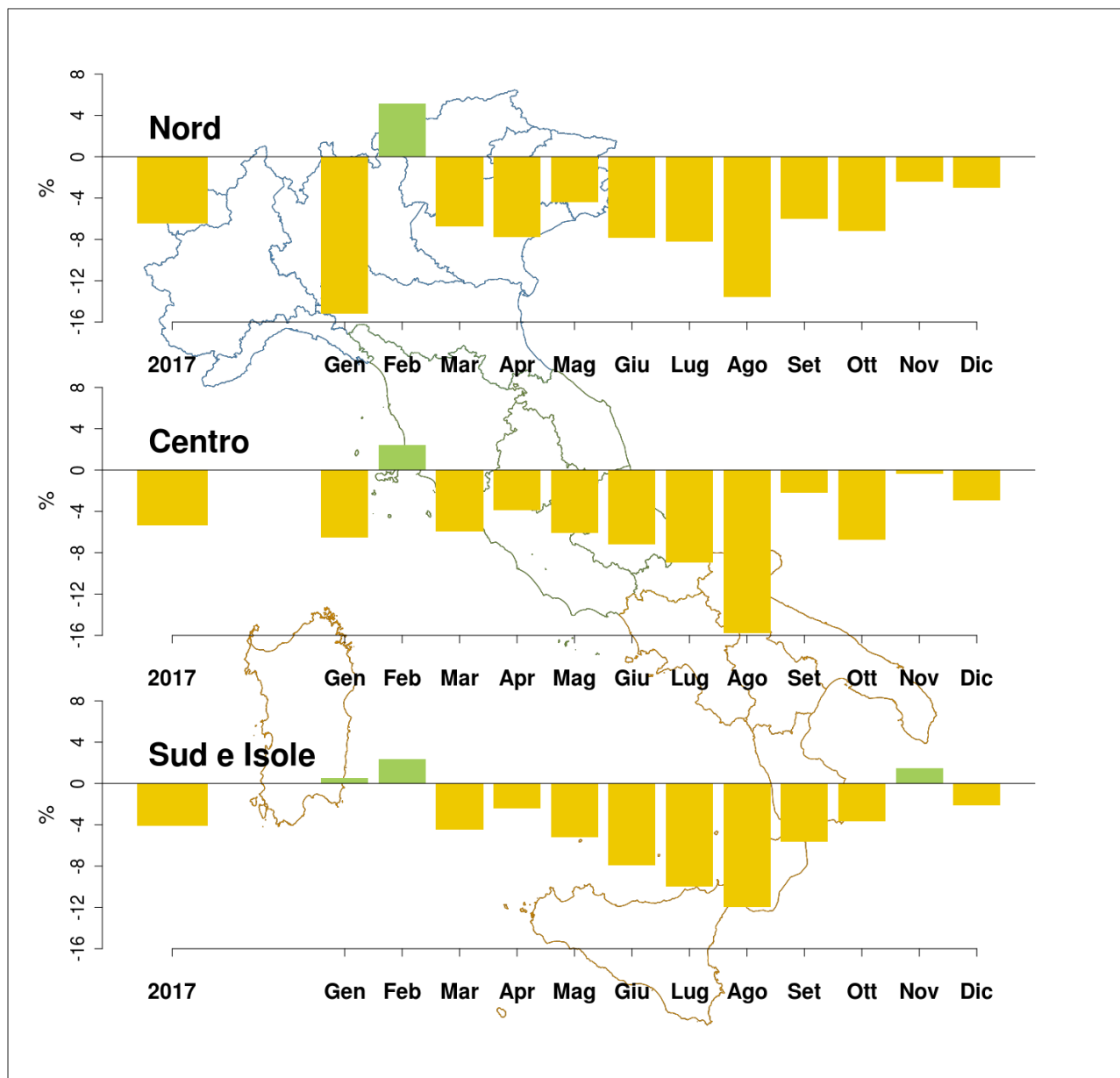


Figura 6.2: Anomalia media 2017 (annuale e mensile) dell'umidità relativa media rispetto al valore normale 1961-1990.

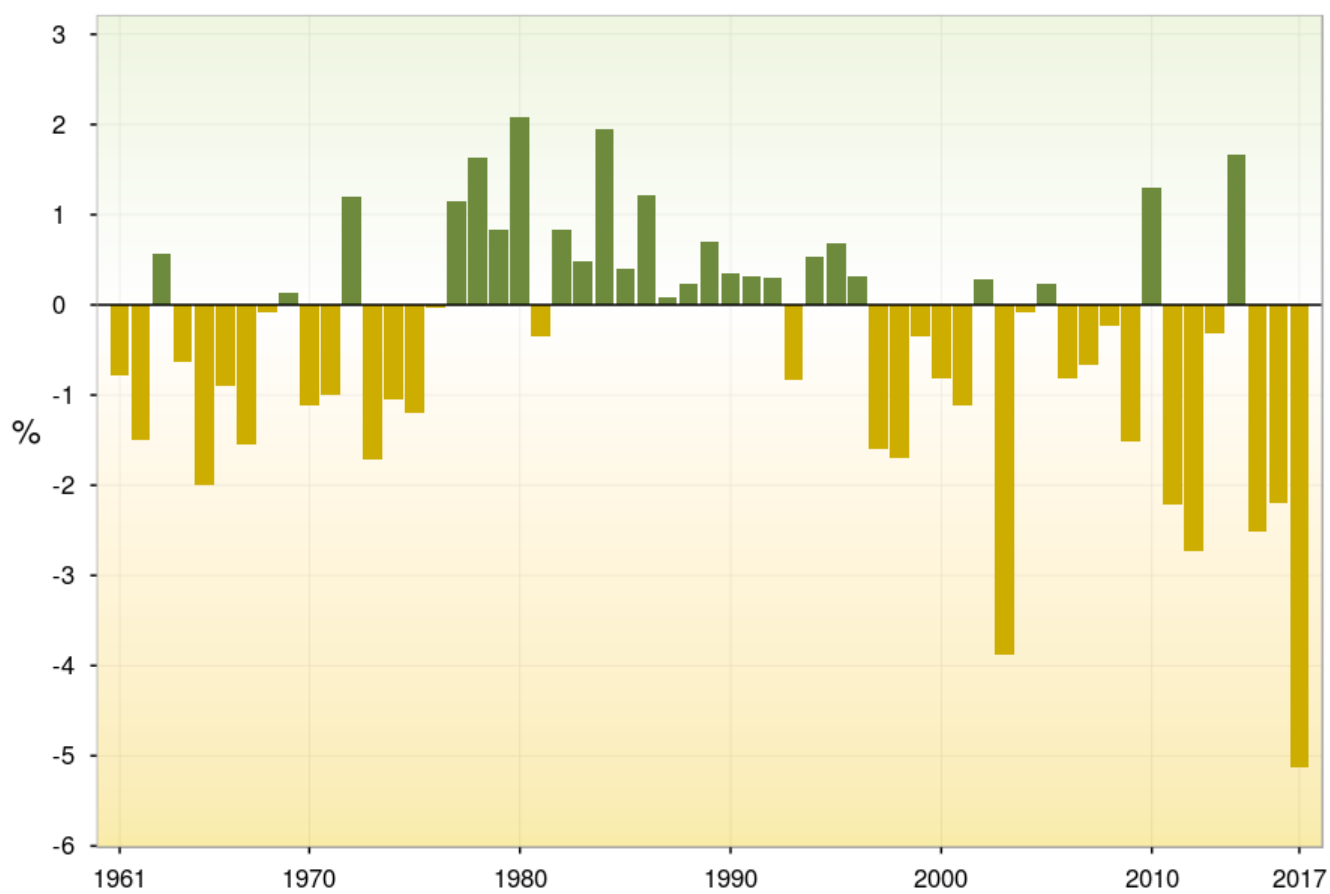


Figura 6.3: Serie delle anomalie medie annuali in Italia dell'umidità relativa media rispetto al valore normale 1961–1990.

BIBLIOGRAFIA

[1]

Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2006, Un sistema per tutti – climatologia: i dati italiani. Sapere, Anno 72, n. 2, 62-69.

[2]

Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2007, SCIA: a system for a better knowledge of the Italian climate, Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 48, n. 3, 351-358.

[3]

Desiato F., 2007, SCIA, un sistema nazionale unico per i dati climatologici, ARPA Rivista, N. 1, gennaio-febbraio 2007.

[4]

Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W. e Toreti A., 2011, Climate indicators for Italy: calculation and dissemination, Adv. Sci. Res., 6, 147-150.

[5]

WMO (World Meteorological Organization), 2011, Guide to Climatological Practices, WMO-No.100, ISBN 978-92-63-10100-6, Ginevra.

[6]

Baffo F., Suatoni B. e Desiato F., 2005, Indicatori climatici: i controlli di validità e la ricerca dei valori errati, Bollettino Geofisico, Anno XXVIII, N. 1-2.

[7]

Baffo F., Desiato F., Lena F., Suatoni B., Toreti A., Bider M., Cacciamani C. e Tinarelli G., 2005, SCIA - Criteri di calcolo degli indicatori meteo climatici, www.scia.sinanet.apat.it - Documentazione.

[8]

Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W. e Piervitali E., 2015, Valori climatici normali di temperatura e precipitazione in Italia, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 55/2014.

[9]

Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E., e Desiato F., 2016, Controlli di qualità delle serie di temperatura e precipitazione, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 66/2016.

[10]

Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W. e Piervitali E., 2012, Elaborazione delle serie temporali per la stima delle tendenze climatiche, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 32/2012.

[11]

Desiato F., Fioravanti G., Piervitali E., 2013, Variazioni e tendenze degli estremi di temperatura in Italia, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 37/2013.

[12]

Toreti A., Desiato F., 2007, Temperature trend over Italy from 1961 to 2004. Theor. Appl. Climatol., 91, 51-58.

[13]

Peterson T.C., Folland C., Gruza G., Hogg W., Mokssit A. e Plummer N., 2001, Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. World Meteorological Organization, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143 pp.

[14]

Toreti A. e Desiato F., 2008, Changes in temperature extremes over Italy in the last 44 years, *International J. of Climatology*, 28, 733-745.

[15]

Alexander L. V., Zhang X., Peterson T. C., Caesar J., Gleason B., Klein Tank A.M.G., Haylock M., Collins D., Trewin B., Rahimzadeh F., Tagipour A., Rupa Kumar K., Revadekar J., Griffiths G., Vincent L., Stephenson D.B., Burn J., Aguilar E., Brunet M., Taylor M., New M., Zhai P., Rusticucci M. Vazquez-Aguirre J.L., 2006, Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *J. Geophys. Res.*, 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.

[16]

Klein Tank A. M. G. e Können G. P., 2003, Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99, *J. Climate*, 16, 3665-3680.

[17]

Fioravanti G., Piervitali E. e Desiato F., 2015, Recent changes of temperature extremes over Italy: an index-based analysis, *Theor. Appl. Climatol.*, Vol. 119, No 1-2 2015, doi 10.1007/s00704-014-1362-1.

[18]

Smith, T. M. e Reynolds R. W., 2003, Extended Reconstruction of Global Sea Surface Temperatures Based on COADS Data (1854-1997), *J. Climate*, 16, 1495-1510.

[19]

Smith, T. M. e Reynolds R. W., 2004, Improved Extended Reconstruction of SST (1854-1997). *J. Climate*, 17, 2466-2477.

[20]

Sen P. K., 1968, Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, *J. Am. Stat. Assoc.*, 63, 1379–1389.