

SICCITÀ E GRANDE NEVE ANOMALIE O NORMALITÀ?

L'ULTIMO ANNO È STATO CARATTERIZZATO DA FORTI ANOMALIE, DALLA SICCITÀ ALLA GRANDE NEVE, IN PARTICOLARE IN ROMAGNA. PER UNA CORRETTA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE È NECESSARIO STABILIRE LE RAGIONI DI QUESTA FORTE VARIABILITÀ. L'OSCILLAZIONE POLARE ARTICA E LA "MEMORIA" DEL TERRENO POTREBBERO ESSERE ALLA BASE DI QUESTE ANOMALIE.

Nella primavera del 2008 sulle pagine di Arpa Rivista discutevamo dell'eccezionale siccità del 2006-2007, classificata come una delle più gravi per gli effetti causati dal deficit di precipitazione protrattosi su tutto l'anno idrologico ottobre 2006-settembre 2007 (Grazzini, 2008). Dopo anni relativamente piovosi come il 2009 e il 2010, di nuovo il 2011 ha mostrato un ritorno a condizioni estremamente secche, con deficit eccezionali e in alcuni casi anche maggiori di quelli del 2007. Quello forse che più preoccupa, oltre alla diminuzione delle precipitazioni, è la forte variabilità del ciclo idrologico, con lunghi periodi secchi intervallati da precipitazioni talvolta molto violente, soprattutto nel periodo autunnale. Recentemente, poi, gli inverni sono stati caratterizzati da alcune ondate di freddo molto intenso con nevicate copiose come quelle del dicembre 2009, marzo 2010, marzo 2011 per finire con quella eccezionale del febbraio 2012. Al fine di ottimizzare la gestione delle risorse, *in primis* quella idrica, è fondamentale quindi cercare di capire se questa grande variabilità che stiamo osservando negli ultimi anni faccia parte di un trend, per altro previsto dagli scenari di cambiamento climatico, oppure rientri in temporaneo aumento della variabilità naturale. Nelle pagine che seguono cercheremo di contestualizzare queste ultime anomalie alla luce di alcuni recenti studi che cercano di spiegare la maggior variabilità osservata.

Analisi delle anomalie del 2011

Fino alla fine di marzo non si sono riscontrate anomalie significative, con piogge intorno alla media. Dalla primavera invece, in controtendenza rispetto alle stagioni precedenti, è iniziata una fase secca e a tratti molto calda.

TAB. 1
TEMPERATURE,
ANOMALIE MENSILI

Anomalie mensili delle temperature minime, massime e dell'escursione giornaliera. Le medie sono rappresentative della zona rurale della pianura centrale fra Bologna e Ferrara. Le anomalie sono calcolate rispetto al clima 1991-2010.

Mesi 2011	Anomalia Tmin (°C)	Anomalia Tmax (°C)	Anomalia Dt (°C)
Agosto	+0.4	+2.5	+2.1
Settembre	+3	+3.8	+0.7
Ottobre	-2.1	+0.4	+2.6
Novembre	-0.7	-0.1	+0.6
Dicembre	-1.2	+1.5	+2.7
Gennaio 2012	-2.1	0	+2.2

GENNAIO 2011-FEBBRAIO 2012, LA SICCITÀ IN SINTESI

Gennaio: nella norma

Febbraio: nella norma con temperature massime (Tmax) molto elevate nella prima parte del mese sui rilievi (con punte fino a 18°C!)

Marzo: precipitazioni e temperature mediamente nella norma; intensa nevicata in Romagna nei primi giorni del mese, con 30-40 cm di accumulo fra Forlì e Cesena

Aprile: eccezionale ondata di caldo (estivo) con punte massime fino a 32°C. Piogge scarsissime; contenuto d'acqua nel terreno in rapido calo negli strati superficiali

Maggio: prosegue la fase calda e secca, precipitazioni molto scarse e consumi evapotraspirativi elevati

Giugno: piogge sopra la media nel settore occidentale, nella media altrove; temperature nella media

Luglio: piogge e temperature nella media

Agosto: assenza totale di piogge in pianura, fortissima ondata di caldo nella seconda parte del mese con Tmax sopra i 35°C per più di 10 giorni consecutivi; contenuto idrico nel terreno su valori bassissimi

Settembre: caldissimo, probabilmente il più caldo mai registrato, punte oltre 34°C e temperature massime stabilmente sopra i 30°C, pochissima pioggia; anomalie richieste irrigue per le colture ancora in attiva crescita

Ottobre: piogge prossime alla norma; eccezionali e impressionanti i 296,8 mm registrati sul crinale appenninico parmense (Lagdei-Corniglio) nella sola giornata di martedì 25, evento collegato ai violentissimi nubifragi che hanno colpito le aree tra Liguria e Toscana

Novembre: assenza di piogge; in Romagna solo il 10% delle piogge attese

Dicembre: è siccità invernale, piove solo 1/4 di quanto atteso secondo il clima

Gennaio 2012: prosegue la siccità invernale, in vaste aree del settore orientale pioggia solo per 1/4-1/10 di quanto atteso secondo il clima

Febbraio 2012: forte ondata di freddo nei primi 15 giorni con nevicate storiche in Romagna; da 1,5 metri di neve caduta complessivamente in pianura (Forlì, Cesena, Faenza), fino a oltre 3 metri sui rilievi della Valmarecchia. Seconda parte del mese asciutta e mite con temperature molto elevate (Tmax oltre i 20 gradi).

Maggiori dettagli sull'andamento pluviometrico osservato negli anni sull'Emilia-Romagna sono disponibili sul sito Arpaweb www.arpaweb.arpae.mr.it, Servizio IdroMeteoClima, pagina Siccità e desertificazione.

FIG. 1
ANOMALIE DELLE
PRECIPITAZIONI

Mappa di anomalia percentuale di precipitazione dell'anno 2011 rispetto al periodo climatico 1991-2010.

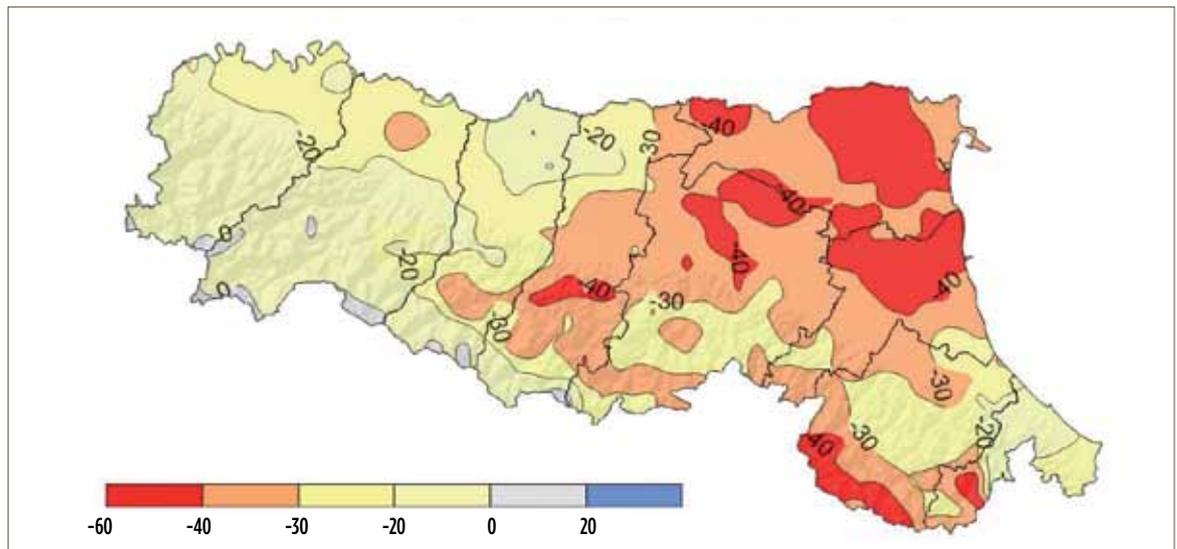
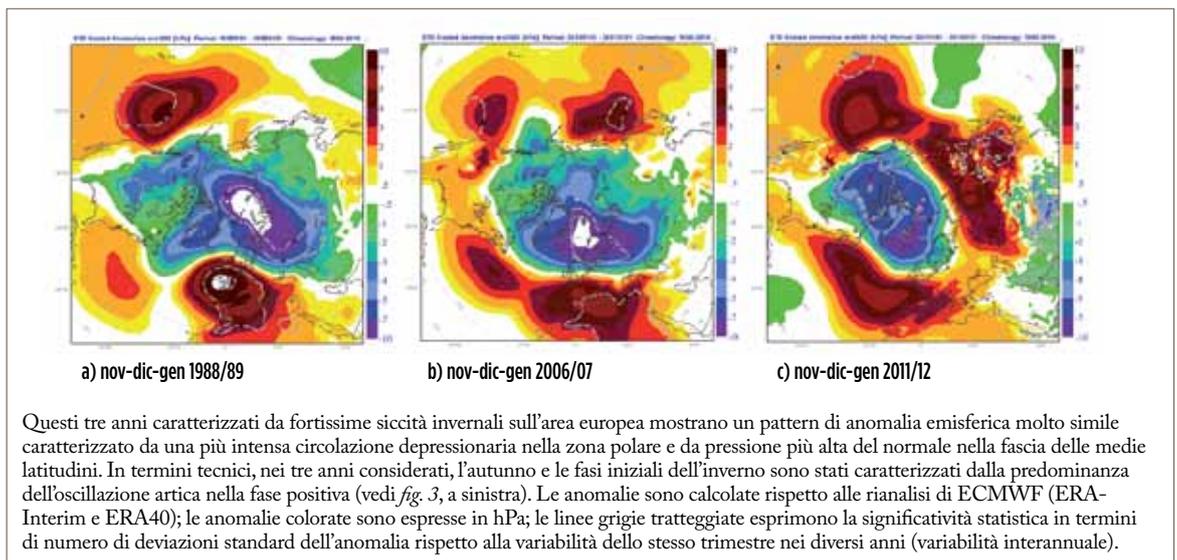


FIG. 2
ANOMALIE DELLA
PRESSIONE AL SUOLO

Anomalia della pressione al suolo a scala emisferica del trimestre novembre-dicembre-gennaio calcolata per il 1989, 2007 e 2011, rispetto al clima 1958-2010.



Questi tre anni caratterizzati da fortissime siccità invernali sull'area europea mostrano un pattern di anomalia emisferica molto simile caratterizzato da una più intensa circolazione depressionaria nella zona polare e da pressione più alta del normale nella fascia delle medie latitudini. In termini tecnici, nei tre anni considerati, l'autunno e le fasi iniziali dell'inverno sono stati caratterizzati dalla predominanza dell'oscillazione artica nella fase positiva (vedi fig. 3, a sinistra). Le anomalie sono calcolate rispetto alle rianalisi di ECMWF (ERA-Interim e ERA40); le anomalie colorate sono espresse in hPa; le linee grigie tratteggiate esprimono la significatività statistica in termini di numero di deviazioni standard dell'anomalia rispetto alla variabilità dello stesso trimestre nei diversi anni (variabilità interannuale).

Basta ricordare i 31-32 gradi registrati alle soglie della primavera, il 9 aprile (record storico per questa data), a seguito della persistenza di un robusto campo di alta pressione che ha interessato il Nord Italia nei primi quindici giorni di aprile. La primavera è proseguita poi con precipitazioni molto scarse, come descritto nel riquadro riassuntivo delle anomalie.

Nei primi mesi estivi c'è stata una ripresa delle piogge, con un buon contributo nei mesi di giugno e luglio. L'effetto di queste piogge per la vegetazione è stato provvidenziale, visto che si stava prospettando una stagione vegetativa già in partenza caratterizzata da suoli relativamente secchi.

I fiumi, gli invasi e le falde, avendo accumulato riserve nei due anni precedenti, partivano da livelli nella media o superiori. Agosto e settembre sono stati caldissimi e secchi e possiamo far risalire a questi mesi l'inizio del periodo siccitoso attualmente ancora in

atto. Le altissime temperature di agosto e settembre (tabella 1) hanno determinato una rapida diminuzione dell'umidità nel suolo e un'altrettanto rapida diminuzione delle portate dei fiumi che hanno raggiunto in maniera diffusa il livello del deflusso minimo vitale. Le attese piogge autunnali non sono arrivate, a esclusione di pochi violenti episodi concentrati verso fine ottobre-inizio novembre, quando si sono verificati i disastrosi nubifragi in Liguria. Per la cronaca in ciascuno dei due nubifragi è caduta in 6 ore una quantità di pioggia (oltre i 500 mm) superiore a quella caduta, per esempio, a Bologna nell'intero anno 2011, pari a circa 480 mm. Questo dato indica quanto intensi e localizzati siano stati gli eventi liguri, che fra l'altro hanno parzialmente interessato anche parte dell'alto Appennino emiliano con precipitazioni dell'ordine dei 200 mm, e quanto poco sia piovuto altrove. Passata questa fase perturbata sono tornate a prevalere condizioni di stabilità, con l'anomalia

persistenza di una fascia anticiclonica con massimo a ovest della Spagna, circolazione che si è mantenuta tale fino alla fine dell'anno e per buona parte di gennaio 2012.

Complessivamente la precipitazione annuale, come mostrato nella figura 1, è stata molto scarsa su tutta la regione con deficit annuali anche fino al 40% sulla pianura ferrarese, bolognese e ravennate e sull'Appennino romagnolo.

I mutamenti: più caldo d'autunno, più variabile in inverno

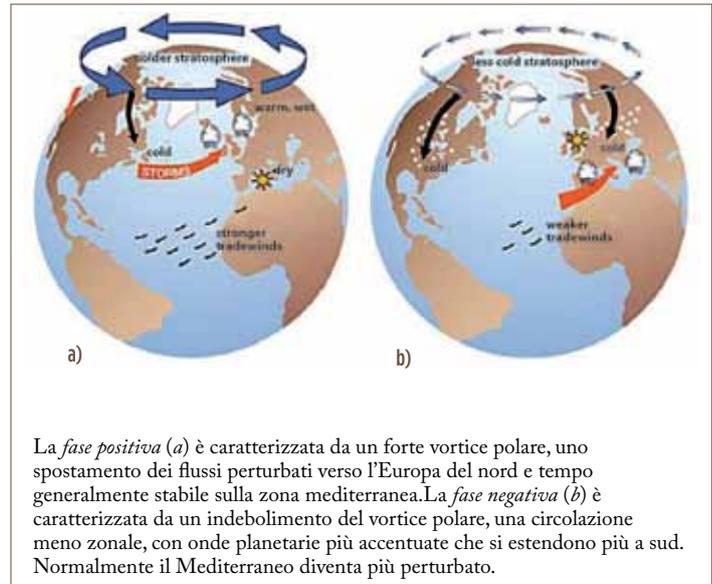
Come dicevamo in precedenza, una robusta fascia di alta pressione è rimasta semistazionaria fra l'oceano Atlantico e la penisola iberica per molti mesi, fino a gennaio 2012. In questa configurazione i flussi atlantici perturbati scorrono ad alte latitudini mentre sull'Europa centrale e sul nord Italia prevalgono flussi prevalentemente

settentrionali o nord-occidentali, relativamente stabili che non apportano precipitazioni. Questa configurazione mostra fortissime analogie con quella di altre fasi acute di siccità invernali, come quella dell'autunno-inverno 2006/2007 e prima ancora l'autunno-inverno 1988/1989. In *figura 2* sono messe a confronto le anomalie di pressione al suolo sul trimestre novembre-gennaio per questi tre episodi siccitosi estremi. Si evidenzia infatti una struttura di anomalia incredibilmente simile, con circolazione depressionaria più intensa sull'artico, circondata da una fascia di pressione più alta del normale presente in maniera più o meno accentuata su tutta la fascia delle medie latitudini dell'emisfero nord. Tale configurazione, chiamata in termini tecnici *oscillazione artica positiva*, schematizzata nella *figura 3a*, tende ad isolare l'aria fredda alle latitudini polari, a far salire di latitudine, oltre i 50° N, i flussi perturbati occidentali, mantenendo condizioni di tempo stabile a latitudini mediterranee. Alcuni recenti studi, fra i quali quello di un gruppo di ricercatori tedeschi e americani (Jaiser e altri, 2011), ipotizzano che la progressiva diminuzione del ghiaccio artico, particolarmente evidente in questo decennio – nei cinque anni fra il 2007 e il 2011 si è registrata la minor estensione dei ghiacci estivi dal 1979 (NSIDC, 2012) –, possa alterare la frequenza della fase positiva dell'oscillazione artica, rendendola più probabile nei mesi autunnali e iniziali dell'inverno. Ciò avverrebbe in risposta a una maggiore instabilità presente nella zona polare conseguente al maggior flusso di calore dall'oceano Artico, ancora parzialmente libero dai ghiacci in autunno. Al contrario, nella seconda parte dell'inverno, sarebbero più frequenti episodi in cui l'oscillazione artica si inverte, diventando negativa (*figura 3b*), per un complesso meccanismo di *feedback* fra il precoce sviluppo di processi baroclini e la genesi di treni d'onde planetarie. Queste ipotesi, peraltro fisicamente plausibili, potrebbero quindi in parte spiegare la forte variabilità riscontrata in questi anni alle nostre latitudini, con i primi mesi autunnali (settembre e ottobre) relativamente più stabili e secchi e un aumento della variabilità invernale, dovuto essenzialmente a scambi meridionali più intensi e frequenti, che determinano una rapida alternanza di ondate di freddo intenso con periodi più miti. Visto che la diminuzione dei ghiacci artici in estate sembra difficilmente invertibile, questo potrebbe voler dire per noi, estati

FIG. 3
OSCILLAZIONE
ARTICA,
EMISFERO NORD

L'oscillazione artica ed effetti associati sull'emisfero nord.
A sinistra: fase positiva
A destra: fase negativa

Fonte: J. Wallace, University of Washington.



La *fase positiva* (a) è caratterizzata da un forte vortice polare, uno spostamento dei flussi perturbati verso l'Europa del nord e tempo generalmente stabile sulla zona mediterranea. La *fase negativa* (b) è caratterizzata da un indebolimento del vortice polare, una circolazione meno zonale, con onde planetarie più accentuate che si estendono più a sud. Normalmente il Mediterraneo diventa più perturbato.

più lunghe, che si estendono fino a settembre/ottobre e maggiore variabilità in inverno con forti implicazioni sul ciclo idrologico e sulle fasi di ricarica delle falde. Chiaramente questo non significa che tutti gli anni saranno uguali, perché comunque la dinamica non lineare del sistema atmosfera determina variabilità interannuale; tuttavia può significare che può essere alterata la probabilità che la circolazione atmosferica a grande scala, o scala regionale, assuma una certa configurazione.

Se mediamente il periodo secco si allunga, come ormai stiamo verificando, e la fase di ricarica si riduce di qualche mese, aumenta il rischio che nei pochi mesi umidi la distribuzione (spaziale e temporale) delle piogge non sia adeguata a garantire una sufficiente ricarica. Inoltre, negli anni 2000, si è assistito a un aumento dell'intensità delle precipitazioni autunnali (*Atlante idroclimatico dell'Emilia-Romagna, 2009*), principalmente concentrate in pochi eventi e limitati spesso alle zone di crinale appenninico; eventi che hanno dato luogo a piene fluviali molto importanti, ma al tempo stesso non sempre efficaci per la ricarica delle falde profonde, dato il veloce ruscellamento dell'acqua verso la foce dei fiumi e il mare.

La memoria del terreno

Un altro importante aspetto da considerare nel tentativo di spiegare la genesi di queste anomalie riguarda lo stato del suolo. Il suolo è molto importante poiché agisce rispetto all'atmosfera come un grande volano che viene messo in "moto" dai flussi di calore e di acqua

provenienti dall'atmosfera e che, vista la sua relativa inerzia, può influenzare gli stati futuri dell'atmosfera. Per fare un esempio, un suolo mediamente più secco, a parità d'insolazione, amplifica il ciclo giornaliero della temperatura aumentandone l'escursione, riduce il contenuto di umidità nei bassi strati di atmosfera, aumenta l'altezza della base delle nubi. Dall'inizio del periodo secco è stato infatti osservato, sulla nostra regione, un marcato aumento dell'*escursione termica* (differenza fra la temperatura massima e minima giornaliera), in parte imputabile all'eccezionale secchezza del suolo (ultima colonna della *tabella 1*). Sono proprio questi processi di forte accoppiamento fra suolo e atmosfera, che si rafforzano nella stagione calda, quelli in grado di innescare *retroazioni positive* che tendono a mantenere il sistema in questo stato, perpetuando condizioni di stabilità atmosferica.

Questo è stato mostrato da un lavoro condotto da un'equipe di ricercatori dell'École Normale Supérieure e del Cnrs francese (Zampieri e altri, 2009) che, tramite un'analisi di annate siccitose e studi di sensitività con modelli matematici, ha messo in evidenza l'aumento della probabilità di avere un'estate più calda del normale quando il suolo a scala europea è relativamente secco in primavera.

Nel suolo, quindi, è conservata la memoria delle anomalie atmosferiche degli ultimi mesi e forse anche la traccia degli scenari futuri. L'analisi in particolare del suo contenuto d'acqua è molto importante. Sfortunatamente i profili di umidità del suolo sono pochi e non sempre affidabili, bisogna quindi limitare l'analisi ai pochi punti di misura, oppure

usare delle simulazioni matematiche per una modellazione più generale.

La stazione di misura di San Pietro Capofiume, posizionata nella pianura fra Bologna e Ferrara, è dotata di sensori di misura della temperatura e umidità del terreno la cui analisi ci può fornire preziose informazioni. Dall'analisi di questi dati risulta che alla fine di gennaio 2012 il contenuto d'acqua nel primo metro di terreno nella zona di pianura presentava valori eccezionalmente bassi, paragonabili a quelli estivi, e molto lontani dalla saturazione, che è la condizione necessaria per iniziare il processo di ricarica delle falde, in particolare quelle di pianura. Quest'anno infatti il bilancio idroclimatico è stato fortemente negativo su tutta l'Emilia-Romagna, il più basso della serie storica dal 1961 a oggi, inferiore anche a quello del 2007 (figura 4).

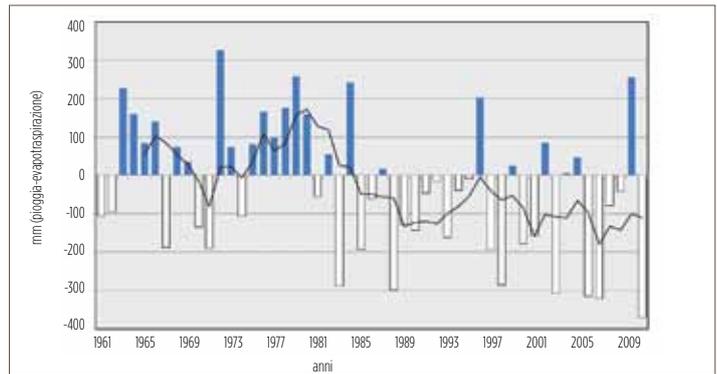
Il bilancio negativo significa che l'evaporazione supera la precipitazione e quindi, non solo non c'è una sufficiente infiltrazione di acqua nel suolo, ma c'è una diminuzione netta delle risorse idriche immagazzinate nel terreno in precedenza.

Il livello della falda ipodermica rappresenta quindi, in ultima analisi, l'indicatore dello stato delle riserve idriche immagazzinate nei primi metri di sottosuolo, il "tesoretto" accumulato in tempi di abbondanza.

Analizzando, ad esempio, l'andamento del livello della falda ipodermica misurata in alcuni punti della pianura bolognese, si osserva una situazione che conferma questa ipotesi. Normalmente nella fase di ricarica (ottobre-marzo) la falda ipodermica risale quasi al piano di campagna, come avvenuto nel 2009 e nel 2010, mentre nella fase di discesa, in estate, scende velocemente. Quando scende sotto i 2 metri dal piano di campagna si ritiene che l'acqua non sia più disponibile per le colture; valori inferiori a questa soglia sono associati a condizioni di *aridità*. Vediamo che quest'anno il livello della falda sta scendendo a valori record di profondità, prossimi ai 3 metri, con valori simili a quelli registrati nell'ottobre 2007 e 2008, a seguito delle due annate molto scarse di pioggia 2006 e 2007. Inoltre, quello che rende ancor più particolare la situazione attuale è che, pur trovandoci nel pieno del periodo di ricarica, la falda non ha ancora iniziato a salire. Chiaramente è azzardato fare pronostici a lungo termine, ma dato il bassissimo livello attuale della falda – ormai alla fine del periodo più favorevole alla ricarica – è difficilmente ipotizzabile un

FIG. 4
BILANCIO
IDROCLIMATICO,
EMILIA-ROMAGNA

Andamento del bilancio idroclimatico annuale dal 1961 al 2011; media sull'Emilia-Romagna. Le barre rappresentano il bilancio dei singoli anni, la linea nera una media trascinata sugli ultimi 5 anni.



totale recupero del deficit all'interno di questo anno ideologico. Le misurazioni e le simulazioni confermano infatti che la falda reagisce alle anomalie di pioggia ed evaporazione con uno sfasamento variabile da alcuni mesi a un anno o più, in relazione al tipo di falda considerata. A seguito dei forti deficit di pioggia del 2006/2007 i minimi di falda nella pianura bolognese, per esempio, furono toccati nell'anno successivo, il 2008. Questo implica che, a fronte di una possibile modesta risalita, è probabile il ripetersi di una crisi più seria nel prossimo ciclo di discesa, cioè nella prossima stagione estiva/autunnale.

Vedremo se e quanto le abbondanti precipitazioni nevose, cadute nel febbraio 2012, riusciranno a ricaricare le falde e a riportare i valori di umidità del suolo nella norma prima dell'arrivo della stagione vegetativa. Le stime in termini di *acqua equivalente* del manto nevoso fanno ben sperare per i rilievi romagnoli; in quella zona si stima che siano immagazzinati nel

manto nevoso circa 200 mm di acqua su metro quadrato, contro i circa 300 mm di deficit accumulati nel 2011. Tuttavia sulle zone di pianura centrale il contenuto d'acqua nella neve è stimabile intorno ai 20-40 mm, non sicuramente sufficiente a ripianare tutta la pioggia non caduta nell'anno precedente. Inoltre le ultime previsioni stagionali indicano (comunicazione Valentina Pavan), con un'alta probabilità, una continuazione del periodo secco anche nel trimestre marzo-aprile-maggio, con una forte diminuzione dei giorni piovosi. Staremo a vedere cosa ci riserva il futuro e se queste *anomalie*, oggi definite *eccezionali*, diventeranno la norma di un clima generalmente meno influenzato dalle umide correnti atlantiche, più secco e caldo, e caratterizzato da una maggiore variabilità.

Federico Grazzini, William Pratzoli, Fausto Tomei

Servizio IdroMeteoClima
Arpa Emilia-Romagna

APPROFONDIMENTI E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Atlante idroclimatico dell'Emilia-Romagna 1961-2008 (Arpa-Simc), <http://www.arpa.emr.it/sim/?clima>. A questo indirizzo è possibile consultare la versione online, scaricare le singole mappe o richiedere il volume cartaceo.

Grazzini F. 2008. *Le anomalie meteorologiche del 2006-2007, una micidiale combinazione di siccità e alte temperature*. ArpaRivista 02/2008

Jaiser R., Dethloff K., Handorf D., Rinke A. and Cohen J., 2012. *Impact of sea ice cover changes on the Northern Hemisphere atmospheric winter circulation*. Tellus A, 64, 11595

Sito National Snow&Ice Data Center (NSIDC), <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>. In questa pagina disponibili informazioni in tempo reale sull'estensione dei ghiacci artici.

Pavan V., Grazzini F., Cacciamani C. 2008. *Scarsità idrica e siccità Verso previsioni meteo stagionali*. ArpaRivista 6/2008

Sito *Siccità e desertificazione* (Arpa-Simc), <http://www.arpa.emr.it/siccita/>. Su queste pagine è possibile trovare notizie, bollettini e strumenti di monitoraggio in tempo reale relativi allo stato della risorsa idrica sull'Emilia-Romagna.

Zampieri M., F. D'Andrea, R. Vautard, P. Ciais, N. De Noblet-Ducoudré and P. Yiou, 2009. *Hot european summers and the role of soil moisture in the propagation of mediterranean drought*. J. of Climate, 22, 4747-4757