



# clima

*capitolo 2*

# INDICE

## Introduzione

<i>Messaggio chiave</i> . . . . .	p.	62
<i>Sintesi</i> . . . . .	»	62
<i>Quadro generale</i> . . . . .	»	63

## Indicatori

<i>Determinanti</i> . . . . .	»	64
<i>Pressioni</i> . . . . .	»	79
<i>Stato</i> . . . . .	»	82
<i>Impatto</i> . . . . .	»	110
<i>Risposte</i> . . . . .	»	131

## Riferimenti

<i>Autori</i> . . . . .	»	134
<i>Bibliografia</i> . . . . .	»	134
<i>Sitografia</i> . . . . .	»	134

## QUADRO SINOTTICO DEGLI INDICATORI

DPSIR	Tema ambientale	Nome indicatore / Indice	Altre aree tematiche interessate	Copertura spaziale	Copertura temporale	Trend	Pag.
DETERMINANTI	✓	Impianti di produzione elettrica	Aria	Provincia	2009-2011	☹	64
	✓	Consumi elettrici per macro settore	Aria	Provincia	2000-2011	☹	68
	✓	Consumi elettrici per abitante	Aria	Regione	1990-2011	☹	71
	✓	Intensità energetica del PIL	Aria	Regione, Nazione	2000-2005	☹	73
	✓	Intensità elettrica del PIL	Aria	Regione	2000-2005	☹	75
	✓	Deficit elettrico	Aria	Regione	1973-2011	☹	77
	✓	Composizione parco veicoli immatricolati	Vedi capitolo Aria (pag. 8)				
PRESSIONI	✓	Emissioni di gas climalteranti (CO <sub>2</sub> eq)	Aria	Provincia	Stime al 2007	☹	79
STATO	✓	Anomalia della temperatura minima e massima dell'anno 2011 rispetto al clima di riferimento (periodo 1961-1990); valori stagionali e annuali	Aria, Suolo	Provincia	1961-2011	☹	82
	✓	Anomalia della precipitazione totale dell'anno 2011 rispetto al clima di riferimento (periodo 1961-1990); valori stagionali e annuali	Aria, Suolo	Provincia	1961-2011	☹	89
	✓	Anomalia del numero di giorni con gelo (T <sub>min</sub> < 0°C) e del numero di giorni con T <sub>max</sub> > 30°C rispetto al clima di riferimento (periodo 1961-1990)	Aria, Suolo	Provincia	1961-2011	☹	94
	✓	Anomalia del numero di giorni con precipitazione superiore al 90° percentile rispetto al clima di riferimento (periodo 1961-1990)	Aria, Suolo	Provincia	1961-2011	☹	97
	✓	Anomalia del numero di giorni consecutivi senza pioggia (CDD) rispetto al clima di riferimento (periodo 1961-1990)	Aria, Suolo	Provincia	1961-2011	☹	100
	✓	Altezze di afflusso mensile alle sezioni dei fiumi Po e Reno	Acqua	Bacino idrografico	2011	☹	103
	✓	Standardized Precipitation Index (SPI)	Acqua, Suolo	Bacino idrografico	2011	☹	106
IMPATTO	✓	Bilancio Idro-Climatico (BIC)		Regione	2000-2011	☹	110
	✓	Indice di disagio bioclimatico (Thom)		Regione	2002-2011	☹	114
	✓	Portate medie mensili dei fiumi Po e Reno	Acqua	Bacino idrografico	2011	☹	120
	✓	Standardized Flow Index (SFI)	Acqua	Bacino idrografico	2011	☹	123
	✓	Indice di alterazione del regime idrologico alle sezioni dei fiumi Po e Reno	Acqua	Bacino idrografico	2011	☹	127
RISPOSTE	✓	Produzione lorda di energia elettrica da Fonte Energetica Rinnovabile (FER)	Aria	UE-15, Italia, Regione	2009	☹	131

**Tema ambientale:** ✓ Cambiamenti climatici, analisi dello stato termico, pluviometrico e idrologico



# Introduzione

## Messaggio chiave

- ☺ Il 2011 è stato più caldo della norma, sia per la temperatura minima che per quella massima. L'anomalia di temperatura è stata più intensa per le temperature massime (2,3°C), con un contributo importante dato dalla primavera, autunno ed estate. Nel lungo periodo (1961-2011) si mantiene un trend positivo, più marcato per le temperature massime.
- ☹ Il 2011 è stato caratterizzato da un deficit di precipitazioni, esteso a tutto il territorio regionale. Per il periodo 1961-2011 l'andamento annuale delle precipitazioni mostra ancora una tendenza negativa.

## Sintesi

A livello annuale, il 2011 è stato caratterizzato da anomalie positive di temperatura minima e massima, più intense nelle massime che nelle minime. Infatti, la media delle anomalie calcolata sulle stazioni disponibili evidenzia un'anomalia positiva di circa 2,3°C nelle massime e di 1,1°C nelle minime. Analizzando in dettaglio i valori mensili e stagionali si può affermare che il 2011 sia stato caratterizzato da eventi particolari, sia dal punto di vista termico che pluviometrico. Dal punto di vista termico, l'anno è iniziato con temperature minime piuttosto basse nella prima decade del mese di gennaio (-7°C in pianura) e nell'ultima decade di febbraio. Caratteristiche invernali dal punto di vista termico sono state evidenziate anche durante le prime due decadi del mese di marzo, per cambiare poi nei mesi successivi, aprile e maggio, quando si è installata una precoce ondata di caldo estivo, portando le temperature minime e massime a valori molto elevati, comparabili con i mesi estivi. Ad esempio, durante la prima decade del mese di aprile, sono stati superati i 30°C in quasi tutta la pianura; valori registrati anche durante il mese di maggio. Questi valori elevati hanno condotto, a livello regionale, a una primavera "molto calda", con un'anomalia nella temperatura massima di circa 3°C (media sulle stazioni) rispetto al periodo di riferimento 1961-1990. L'ondata di caldo ha continuato a mantenersi anche durante l'estate, quando il termometro ha registrato valori di 24-26°C per quanto riguarda le minime e di circa 40°C per quanto riguarda le massime (valori registrati nella prima decade del mese di luglio). La stagione estiva si è conclusa con un'altra ondata di calore nella seconda metà del mese di agosto, quando in alcune stazioni sono stati superati anche 40°C. La tendenza estiva si è mantenuta anche durante i mesi autunnali, soprattutto durante settembre, quando le temperature massime hanno raggiunto valori anche di 33°C, registrando in questo modo anomalie di circa 7°C durante il mese. A livello regionale, l'autunno è stato al di sopra del valore climatico di rife-

rimento, sia per quanto riguarda le minime che le massime, con anomalie più elevate nelle massime, di circa 2,4°C (media sulle stazioni disponibili). Il periodo 1961-2011 mantiene una tendenza positiva per i valori medi annuali e stagionali delle temperature minime e massime, con un trend più marcato per le temperature massime. L'estate rimane ancora la stagione con la tendenza più significativa, sia nelle minime che nelle massime. Per alcuni indicatori estremi di temperatura, è importante sottolineare che una anomalia positiva è stata registrata per il numero di giorni estivi (temperatura massima >30°C) su quasi tutta la regione, con valori di anomalia fino a 35 giorni. Il numero di giorni con gelo ha registrato invece una configurazione più complessa, con alternanza di anomalie positive e negative dell'indicatore. L'analisi della quantità di precipitazione annua ha evidenziato un 2011 caratterizzato da un deficit su tutto il territorio regionale, con un'anomalia di circa -270 mm di precipitazione. L'anno è iniziato con nevicate abbondanti sull'Appennino e sulle colline emiliane durante la seconda decade del mese di gennaio e agli inizi del mese di marzo, ma è continuato poi con precipitazioni molto scarse durante i mesi di aprile e maggio. La siccità primaverile è stata interrotta da piogge e temporali a giugno (inizio mese), nelle province centro-occidentali, e a luglio, nella Romagna. Agosto, invece, è stato caratterizzato da un'assenza di precipitazioni. La mancanza di precipitazioni è continuata anche nei mesi autunnali, soprattutto durante settembre e novembre. Inoltre, le precipitazioni cadute nel mese di ottobre non sono riuscite a compensare il deficit idrico accumulato nei mesi precedenti, contribuendo così a determinare un autunno eccezionale, caldo e secco, e un 2011 siccitoso. Il trend delle precipitazioni per il periodo 1961-2011 si mantiene ancora negativo a livello annuo. A livello stagionale, inverno, primavera ed estate presentano una tendenza negativa, mentre l'autunno mantiene una tendenza positiva.



## Quadro generale

I dati dell'ultimo rapporto (2007) dell'IPCC (International Panel on Climate Change) sottolineano in modo esplicito come il clima del nostro pianeta stia cambiando:

*“il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile, come è ora evidente dalle osservazioni dell'incremento delle temperature globali dell'aria e delle temperature degli oceani, dello scioglimento diffuso di neve e ghiaccio e dell'innalzamento globale del livello del mare”.*

Il clima è un sistema complesso, i cui processi si sviluppano su ampie scale spaziali e temporali, in grado di influire sull'ambiente, sulla salute e sull'attività dell'uomo. Per clima si intende l'andamento medio delle condizioni meteorologiche e ambientali che caratterizzano una regione geografica. Le variazioni delle proprietà statistiche delle variabili climatiche definiscono i cambiamenti climatici. Esse consistono non solo nelle variazioni dei valori medi di grandezze fisiche quali, ad esempio, la temperatura e la precipitazione, ma anche dei loro valori estremi.

L'analisi delle serie storiche osservate delle principali variabili meteorologiche mostrano che nell'ultimo secolo la temperatura media del pianeta è aumentata di 0,74°C. Questo aumento non è stato costante nel tempo: nei decenni precedenti al 1950 la temperatura media globale è aumentata di circa 0,06°C per decennio, mentre negli ultimi 50 anni è aumentata di circa 0,25°C per decennio. Per quanto riguarda le precipitazioni, le serie storiche mostrano una diminuzione alle basse latitudini e un aumento alle alte latitudini, con cambiamenti che si estendono anche alle loro caratteristiche d'intensità e durata.

Le conseguenze di questi cambiamenti sono già visibili a tutt'oggi: la diminuzione dei ghiacci polari e dei ghiacciai alle medie latitudini (come sulle Alpi e sulle Ande); l'incremento nell'innalzamento medio del livello del mare da circa 1,8 mm/anno, nei decenni precedenti al 1990, a circa 3,1 mm/anno, negli ultimi 15 anni; gli aumenti nella durata delle ondate di calore o le diminuzioni nella frequenza di giorni con gelo. La diminuzione della frequenza dei giorni con gelo e l'aumento nella durata delle ondate di calore estive sono stati registrati anche nella nostra regione. Le cause di questi cambiamenti sono molteplici, possono essere esterne e interne, ma non sempre è facile separarle. Tra le cause esterne, la composizione chimico-fisica dell'atmosfera gioca un ruolo chiave nella trasmissione, diffusione e assorbimento della radiazione solare incidente e della radiazione riflessa ed emessa dalla terra verso lo spazio. È noto ormai che negli ultimi decenni la composizione chimica

dell'atmosfera è cambiata significativamente, soprattutto per quanto riguarda la concentrazione dei gas “climalteranti” o serra, quali: l'anidride carbonica, il metano, l'ossido di azoto, il vapor d'acqua e gli aerosol. Secondo il rapporto dell'IPCC (2007) soltanto il 10% dell'incremento della concentrazione dei gas serra può essere attribuito a cause naturali. Il resto è dovuto all'attività dell'uomo. A seguito delle deforestazioni e al forte incremento nell'utilizzo dei combustibili fossili, la concentrazione di biossido di carbonio è cresciuta da un valore di 280 ppm (parti per milione) nel 1750 a un valore di 379 ppm nel 2005. Inoltre, la concentrazione in atmosfera del metano, un gas più raro ma 25 volte più potente dell'anidride carbonica, è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 715 ppb (parti per miliardo) a 1.732 ppb nei primi anni novanta, con un ulteriore incremento di altre 42 ppb nel 2005. Si ritiene che questo incremento sia dovuto prevalentemente alle attività antropogeniche, principalmente l'agricoltura e l'uso di combustibile fossile, ma contributi minori da differenti tipologie di sorgenti non sono ancora ben chiari.

Le caratteristiche climatiche del 2011 sono state valutate usando come grandezze di base la temperatura minima e massima e la quantità di precipitazione, provenienti da una rete di 50 stazioni termometriche e 110 stazioni pluviometriche. I dati di temperatura minima e massima e di precipitazione sono stati interpolati su una griglia triangolare a risoluzione variabile con la quota (Marletto et al., 2010) per l'intero periodo 1961-2011. A partire da queste grandezze giornaliere è stato definito un insieme di indicatori, che forniscono una descrizione completa sia del comportamento “medio” che degli estremi di precipitazione e temperatura registrati in Emilia-Romagna.

Le caratteristiche idrologiche e idrografiche dei bacini rappresentativi del Po e del Reno nel 2011 sono state valutate usando le precipitazioni e i deflussi. A partire da questi parametri sono stati calcolati alcuni indicatori (afflussi meteorici, portate fluviali, Standard Precipitation Index, Standard Flow Index e Index of Hydrologic Alteration), che forniscono sia gli elementi del regime idrologico pluriennale che la situazione idrologica nell'anno. Gli indicatori proposti sono stati calcolati sulla base della rete termopluviometrica, dei dati relativi alle 2 stazioni idrometriche di chiusura dei bacini rappresentativi e della modellistica idrologica e di bilancio idrico. Le serie temporali idrometriche coprono il periodo che va dal 1921 al 2011.



# Impianti di produzione elettrica

## Descrizione

L'indicatore descrive la distribuzione provinciale del numero e della potenzialità degli impianti di produzione elettrica in regione, sia a fonti fossili, sia a fonti rinnovabili.

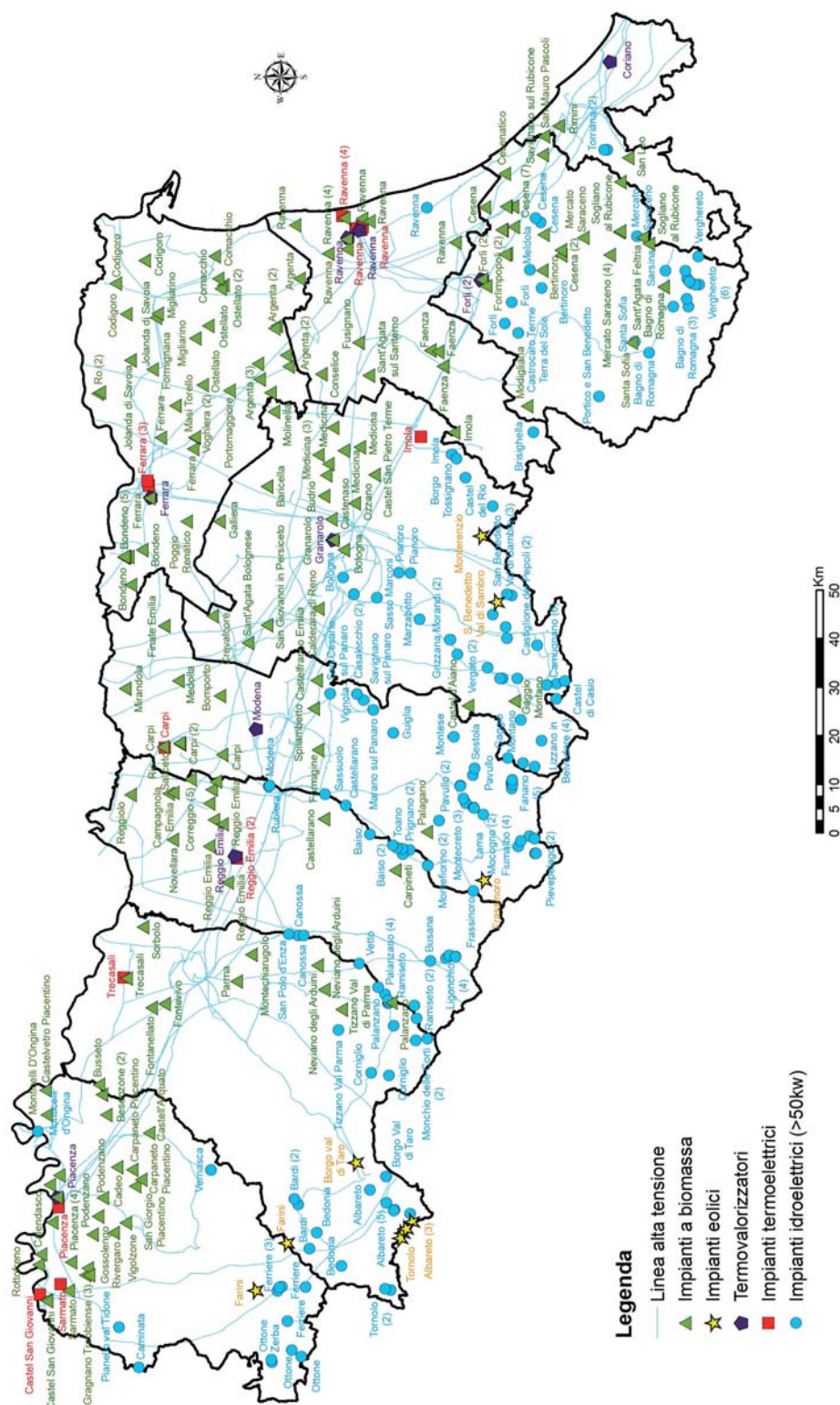
## Scopo

L'indicatore permette di valutare la distribuzione territoriale, a livello provinciale, dell'offerta elettrica.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	<i>Impianti di produzione elettrica</i>	<b>DPSIR</b>	<i>D</i>
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	<i>Megawatt</i>	<b>FONTE</b>	<i>Terna, Regione Emilia-Romagna</i>
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	<i>Provincia</i>	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	<i>2009-2011</i>
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>		<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	<i>Aria</i>
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>			





Fonte: Elaborazione Arpa Emilia-Romagna su dati Terna e Regione Emilia-Romagna  
 Figura 2.1: Impianti di produzione di energia elettrica esistenti in regione Emilia-Romagna (2011)



Tabella 2.1: Impianti di produzione elettrica esistenti in regione Emilia-Romagna (2009)

	Settore	Tipologia	Impianti numero	Sezioni numero	Potenza efficiente lorda MW
BOLOGNA	IDRICO	-	14	-	379,1
	TERMoeLETTRICO	Sola produzione di energia elettrica	-	12	13
		Cogenerazione	-	37	203,6
	EOLICO	-	2	-	16,3
	FOTOVOLTAICO	-	1.305	-	24,4
					<b>639,4</b>
FERRARA	IDRICO	-	-	-	-
	TERMoeLETTRICO	Sola produzione di energia elettrica	-	17	30,2
		Cogenerazione	-	19	1.067,4
	EOLICO	-	-	-	-
	FOTOVOLTAICO	-	354	-	6,9
					<b>1.104,5</b>
FORLÌ- CESENA	IDRICO	-	16	-	14,9
	TERMoeLETTRICO	Sola produzione di energia elettrica	-	12	11,8
		Cogenerazione	-	10	23,1
	EOLICO	-	-	-	-
	FOTOVOLTAICO	-	834	-	11,4
					<b>61,2</b>
MODENA	IDRICO	-	12	-	53,8
	TERMoeLETTRICO	Sola produzione di energia elettrica	-	12	209,9
		Cogenerazione	-	23	70,6
	EOLICO	-	-	-	-
	FOTOVOLTAICO	-	1.194	-	12,9
					<b>347,2</b>
PARMA	IDRICO	-	15	-	43,5
	TERMoeLETTRICO	Sola produzione di energia elettrica	-	-	-
		Cogenerazione	-	17	206,6
	EOLICO	-	-	-	-
	FOTOVOLTAICO	-	468	-	6,3
					<b>256,4</b>
PIACENZA	IDRICO	-	7	-	105,7
	TERMoeLETTRICO	Sola produzione di energia elettrica	-	8	2.399,0
		Cogenerazione	-	3	186,1
	EOLICO	-	-	-	-
	FOTOVOLTAICO	-	318	-	7,2
					<b>2.698,0</b>
RAVENNA	IDRICO	-	1	-	0,3
	TERMoeLETTRICO	Sola produzione di energia elettrica	-	13	832,5
		Cogenerazione	-	34	1.285,0
	EOLICO	-	-	-	-
	FOTOVOLTAICO	-	857	-	10,5
					<b>2.128,2</b>
REGGIO EMILIA	IDRICO	-	6	-	27,3
	TERMoeLETTRICO	Sola produzione di energia elettrica	-	5	4,7
		Cogenerazione	-	15	116,8
	EOLICO	-	1	-	0,0
	FOTOVOLTAICO	-	782	-	7,5
					<b>156,4</b>
RIMINI	IDRICO	-	4	-	2,0
	TERMoeLETTRICO	Sola produzione di energia elettrica	-	-	-
		Cogenerazione	-	14	22,8
	EOLICO	-	-	-	-
	FOTOVOLTAICO	-	544	-	4,8
					<b>29,6</b>
EMILIA- ROMAGNA					<b>7.420,9</b>

Fonte: Terna e Regione Emilia-Romagna

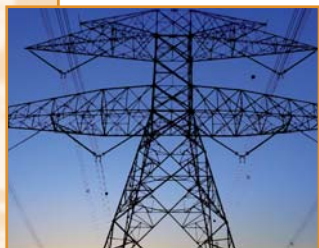
**Tabella 2.2: Impianti fotovoltaici in esercizio in regione Emilia-Romagna (31 dicembre 2011)**

PROVINCIA	N. impianti installati	Potenza impianti (Chilowatt)
Bologna	5.683	192.360
Ferrara	2.555	119.520
Forlì-Cesena	3.571	151.796
Modena	5.413	144.539
Parma	2.240	108.128
Piacenza	2.023	120.290
Ravenna	3.883	312.803
Reggio Emilia	3.469	78.369
Rimini	2.336	48.000

Fonte: Atlasole, GSE (<http://atlasole.gse.it/atlasole/>)

### Commento

L'offerta elettrica in regione è caratterizzata da una differente distribuzione provinciale della potenza fornita sia da impianti a fonti fossili, sia rinnovabili. La provincia di Bologna si differenzia per l'utilizzo della fonte eolica, mentre Piacenza continua a essere la maggiore fornitrice d'energia termoelettrica. I grandi impianti a biomassa sono concentrati nelle province di Ravenna e Ferrara. Il minor apporto alla produzione è dato dalle province di Forlì e Rimini. Rispetto allo scorso anno si è assistito a un aumento più che esponenziale di produzione da moduli fotovoltaici. La tabella sopra riportata, aggiornata al 31 dicembre 2011, descrive per ciascuna provincia il numero e la potenza installati di tale tipologia di impianti.



## Consumi elettrici per macro settore

### Descrizione

L'indicatore descrive i consumi elettrici regionali, per settore e per provincia.

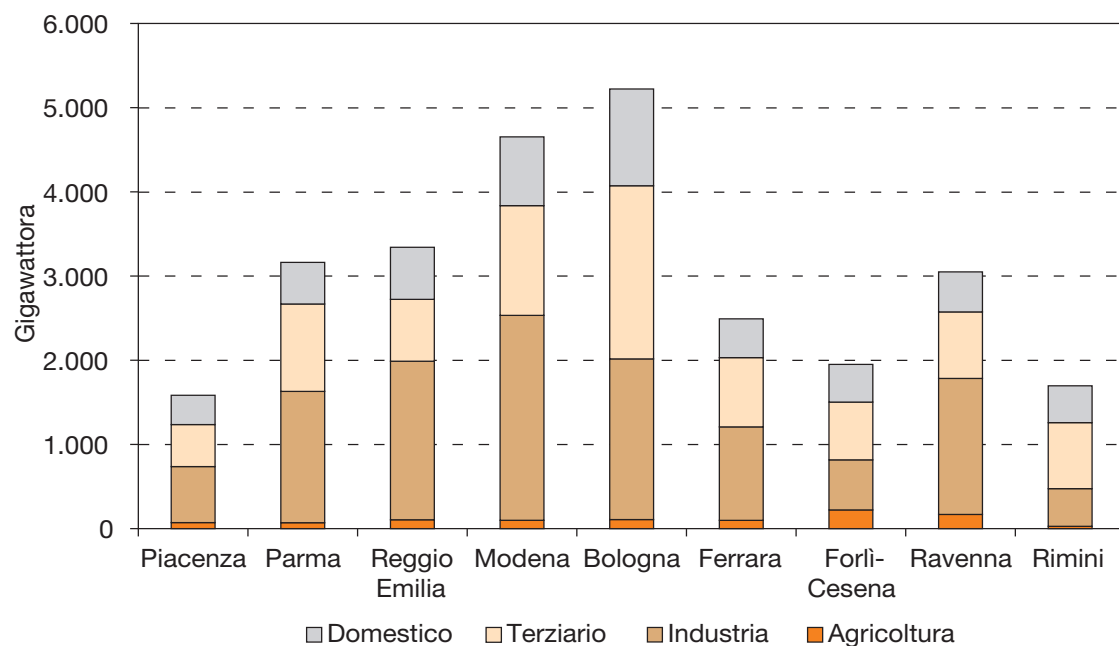
### Scopo

L'indicatore permette di valutare i settori più energivori e le province più o meno virtuose sul fronte dei consumi elettrici.

### Metadati

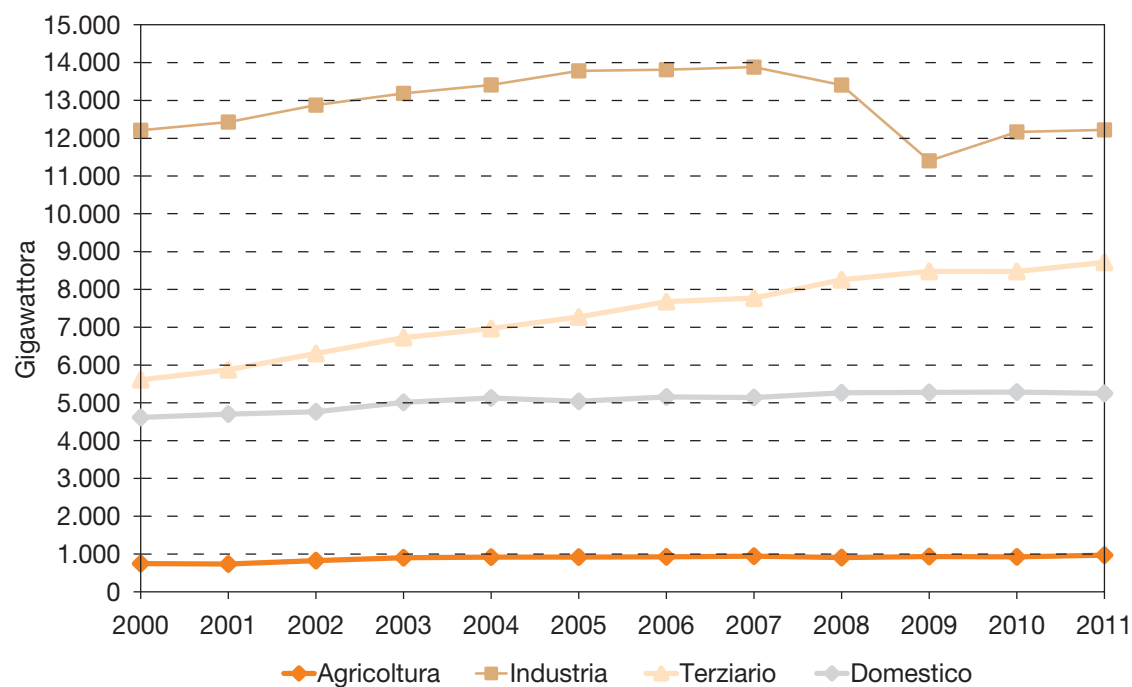
<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Consumi elettrici per macro settore	<b>DPSIR</b>	D
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Gigawattora	<b>FONTE</b>	Terna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Provincia	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2000-2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Aria
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>			





Fonte: Terna

**Figura 2.2: Consumi elettrici per macro settore e per provincia (2011)**



Fonte: Terna

**Figura 2.3: Trend regionale dei consumi elettrici per macro settore (2000-2011)**

## Commento

Le province in cui si registra la maggior richiesta sono quelle di Bologna e Modena, per la presenza di comparti industriali di rilevanza nazionale (meccanico, ceramico, cementi etc.). Se si considera il rapporto addetti/superficie, si vede che il valore regionale è comunque in linea con la media nazionale. La richiesta elettrica per unità di superficie risulta essere particolarmente elevata nelle province di Bologna, Ravenna e Rimini (quest'ultima a causa della limitata estensione territoriale).

Dai dati si evince che il settore industriale è quello maggiormente energivoro: vengono consumati in Emilia-Romagna 12.218 GWh all'anno solo per il settore industria, pari a circa il 42% della domanda totale regionale annuale (29.065,1 GWh). Nonostante il settore industriale sia quello più energivoro, dal grafico si evince che proprio nel comparto manifatturiero si è registrato, nel corso del 2009, un calo dei consumi pari al 15% rispetto al 2008, causato probabilmente sia dalla crisi congiunturale, sia da un aumento dell'efficienza energetica da parte delle settore industriale; tale andamento ha subito un'inversione a partire dal 2010 (con sensibile aumento dei consumi) conseguente alla lenta ripresa del settore industriale.

# Consumi elettrici per abitante



## Descrizione

L'indicatore descrive i consumi elettrici annuali medi per abitante.

## Scopo

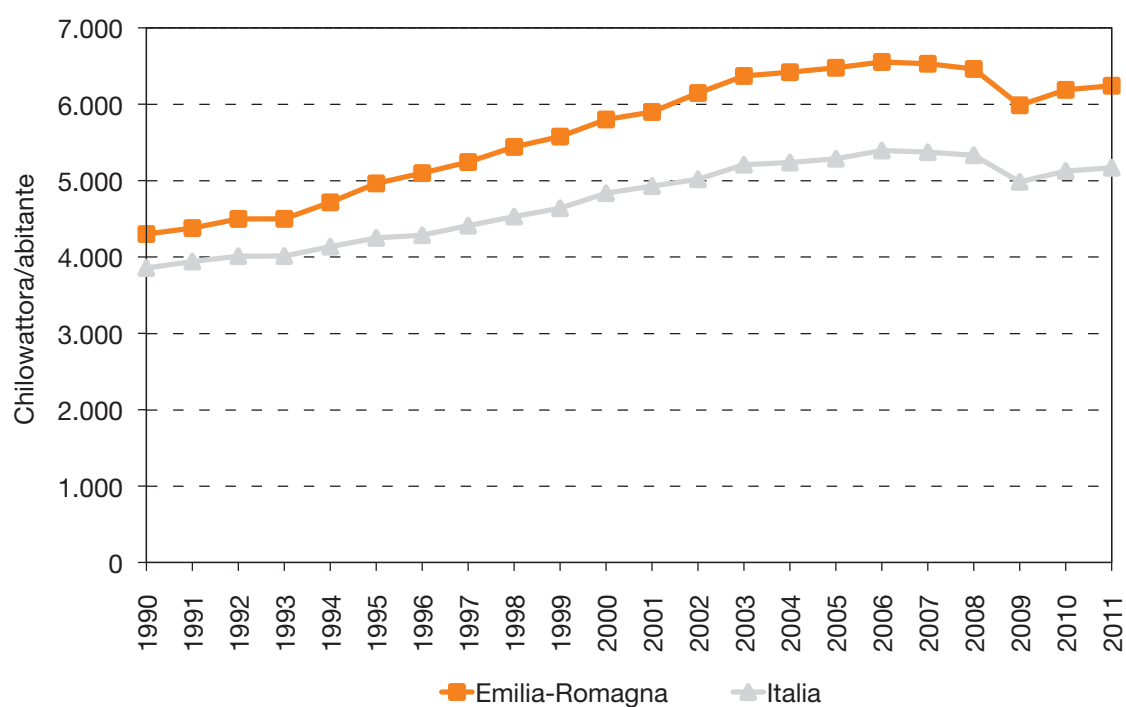
L'indicatore permette di apprezzare l'andamento, negli ultimi 21 anni, dei consumi elettrici procapite.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Consumi elettrici per abitante	<b>DPSIR</b>	D
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Chilowattora/abitante	<b>FONTE</b>	Terna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Regione	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	1990-2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Aria
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>			



## Grafici e tabelle



Fonte: Terna

**Figura 2.4: Trend annuale dei consumi elettrici procapite in regione (1990-2011)**

## Commento

Dai dati si evince che i consumi elettrici per abitante in regione sono mediamente più elevati rispetto a quelli nazionali (17% in più). Ciò evidenzia la necessità d'azioni regionali ancora più incisive per l'incentivazione al risparmio. Azioni che comunque hanno manifestato degli effetti positivi soprattutto negli ultimi tre anni (2007-2009), in cui, per la prima volta dal 1990, si è verificato un decremento del consumo procapite, dovuto anche in parte alla crisi economica ancora in corso. Nonostante ciò, rispetto al 2009, si nota un sensibile aumento dei consumi procapite per l'anno 2011.



# Intensità energetica del PIL

## Descrizione

L'indicatore descrive i consumi energetici regionali rapportandoli all'indice economico che, di solito, viene utilizzato per monitorare il livello di crescita, ossia il Prodotto interno lordo regionale. Le difficoltà che si presentano nell'utilizzo di questo indicatore sono costituite principalmente dalla non coerenza della serie storica. Questa non coerenza è dovuta alla riclassificazione dei conti economici regionali secondo l'adozione di un sistema europeo di calcolo, basato sull'introduzione di indici a ponderazione variabile e con metodologia del concatenamento. L'intensità viene considerata uno dei migliori indicatori di misurazione del disaccoppiamento delle pressioni ambientali dalla crescita economica.

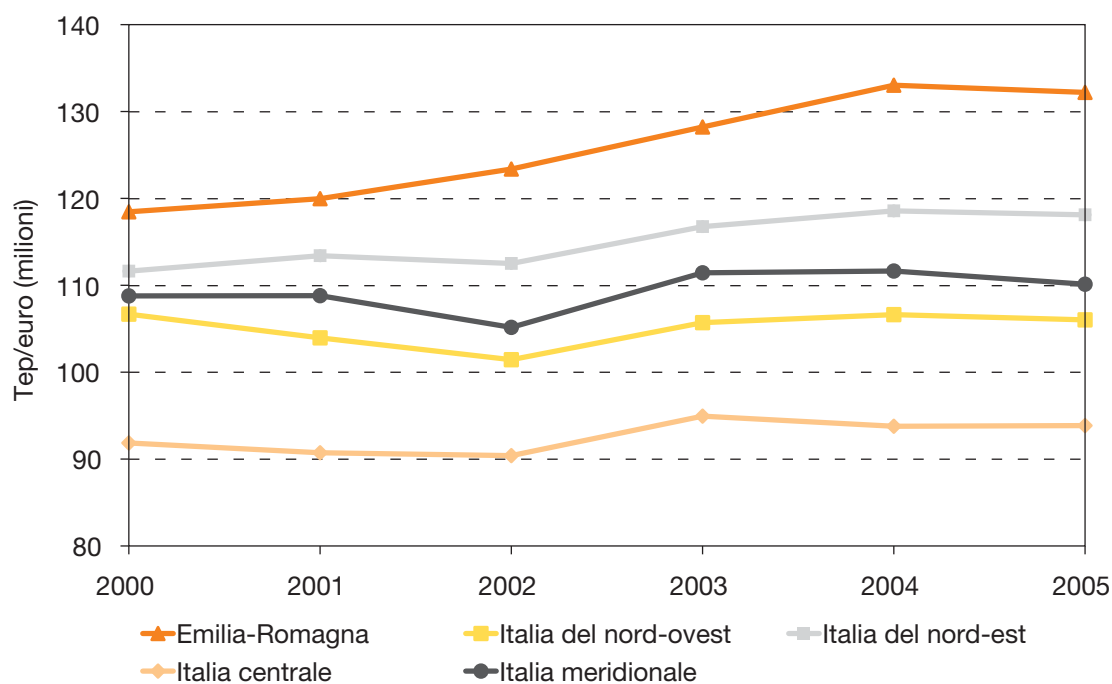
## Scopo

L'indicatore permette di valutare la tendenza temporale dei consumi in rapporto alla crescita del PIL regionale, a confronto con la media delle regioni dello stesso bacino territoriale e con il resto d'Italia.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Intensità energetica del PIL	<b>DPSIR</b>	D
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	TEP*/euro (milioni)**	<b>FONTE</b>	Terna, Istat
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Regione, Nazione	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2000-2005
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Aria
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>			

Note: \* TEP = tonnellate equivalenti di petrolio  
 \*\* PIL concatenato al 2000



Fonte: Elaborazione Arpa Emilia-Romagna su dati Terna ed Enea

**Figura 2.5: Andamento dell'intensità energetica del PIL (2000-2005)**

Nota: PIL concatenato al 2000

### Commento

L'analisi dell'efficienza energetica evidenzia una situazione non virtuosa dell'Emilia-Romagna: il trend è paragonabile a quello dell'Italia del nord-est, ma i valori sono superiori a tutte le medie nazionali. Alti valori dell'intensità energetica si riscontrano, infatti, in tutti i settori economici e anche nel terziario e residenziale.



# Intensità elettrica del PIL



## Descrizione

L'indicatore descrive i consumi elettrici regionali rapportandoli all'indice economico che, di solito, viene utilizzato per monitorare il livello di crescita, ossia il Prodotto interno lordo regionale. Mentre l'intensità energetica comprende tutti gli usi energetici (e quindi anche il riscaldamento civile e i trasporti), l'intensità elettrica mostra gli usi finali limitati al consumo elettrico totale. Le difficoltà che si presentano nell'utilizzo di questo indicatore sono costituite principalmente dalla non coerenza della serie storica. Questa non coerenza è dovuta alla riclassificazione dei conti economici regionali secondo l'adozione di un sistema europeo di calcolo, basato sull'introduzione di indici a ponderazione variabile e con metodologia del concatenamento. L'intensità viene considerata uno dei migliori indicatori di misurazione del disaccoppiamento delle pressioni ambientali dalla crescita economica.

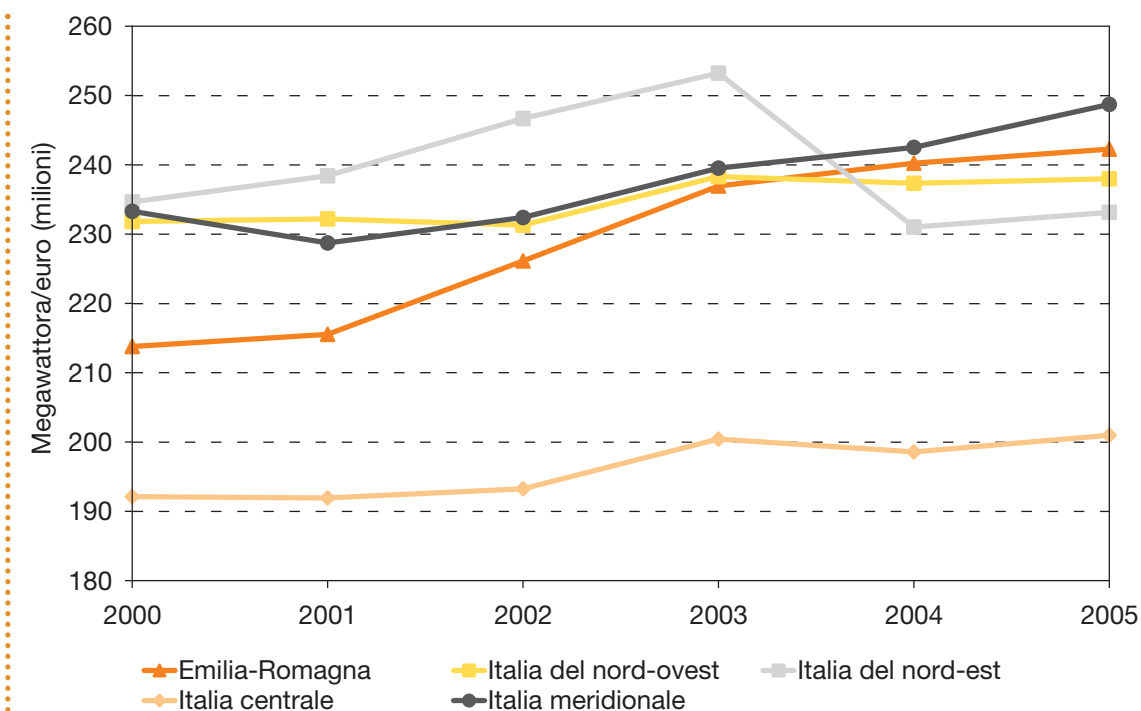
## Scopo

L'indicatore permette di valutare la tendenza temporale dei consumi in rapporto alla crescita del PIL regionale, a confronto con la media delle regioni dello stesso bacino territoriale e con il resto d'Italia.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Intensità elettrica del PIL	<b>DPSIR</b>	D
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Megawattora/euro (milioni)*	<b>FONTE</b>	Terna, Istat
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Regione	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2000-2005
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Aria
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>			

Nota: \* PIL concatenato al 2000



Fonte: Elaborazione Arpa su dati Terna ed Enea

**Figura 2.6: Andamento dell'intensità elettrica del PIL (2000-2005)**

Nota: PIL concatenato al 2000

### Commento

L'analisi dell'intensità elettrica, in passato, mostrava una situazione maggiormente virtuosa dell'Emilia-Romagna rispetto al resto delle regioni italiane aventi le stesse condizioni climatiche ed economiche (Italia del nord-est). Ciò grazie a un uso diffuso del gas, alle politiche di efficientamento elettrico, specie del settore industriale, e alla sostituzione dei boiler elettrici nel civile. Dal 2004 si assiste, invece, a un miglioramento dell'intensità elettrica delle altre regioni del nord-est, non seguito da un analogo andamento della regione Emilia-Romagna. Ciò denuncia un progressivo aumento dei consumi elettrici totali dei diversi settori economici regionali nel periodo considerato.



## Deficit elettrico

### Descrizione

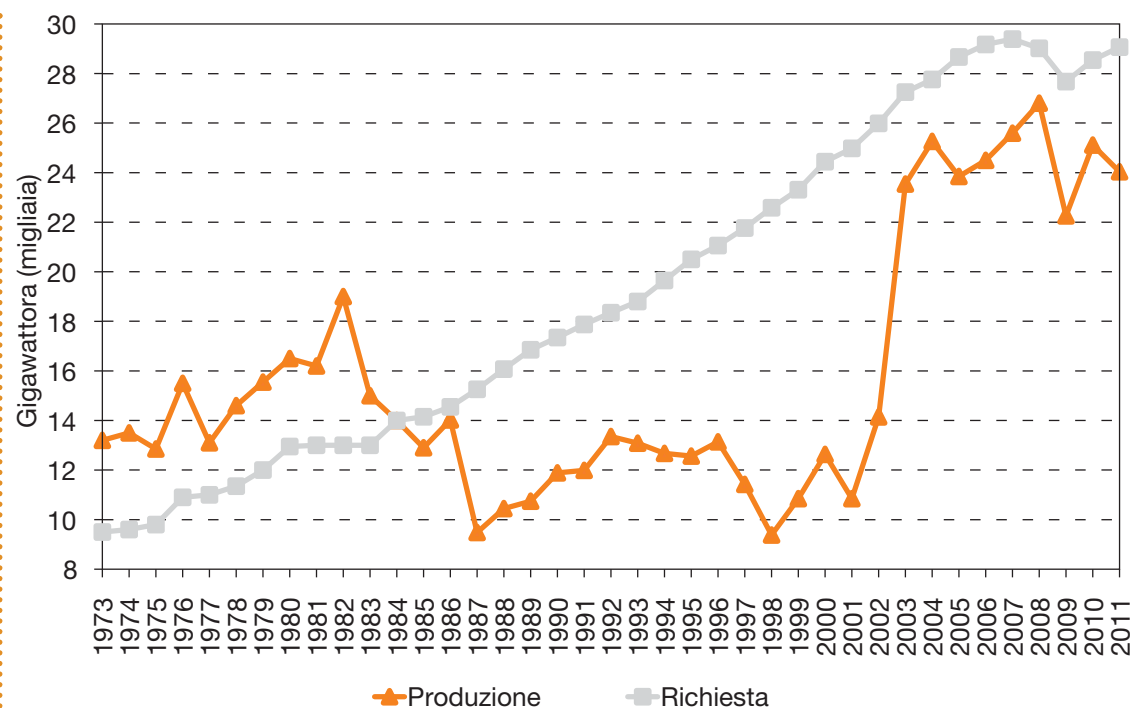
L'indicatore descrive la richiesta di energia elettrica regionale, rapportandola alla produzione. La serie storica mette in risalto i periodi di maggior criticità nel soddisfacimento della domanda energetica e permette di evidenziare i risultati della riconversione e ambientalizzazione del parco termoelettrico regionale, avvenuti in regione negli ultimi anni.

### Scopo

L'indicatore permette di valutare il trend temporale dei consumi in rapporto alla produzione, le potenzialità dell'offerta elettrica e il *gap* tra domanda e offerta.

### Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	<i>Deficit elettrico</i>	<b>DPSIR</b>	<i>D</i>
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	<i>Gigawattora</i>	<b>FONTE</b>	<i>Terna</i>
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	<i>Regione</i>	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	<i>1973-2011</i>
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	<i>Annuale</i>	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	<i>Aria</i>
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>			



Fonte: Terna, Bilanci elettrici regionali, 2011

**Figura 2.7: Richiesta e produzione elettrica in Emilia-Romagna dal 1973 al 2011**

### Commento

Dai dati e dal grafico si evince che dal 1973 al 1984 (14.000 GWh) la produzione di energia elettrica è stata superiore rispetto alla richiesta, mentre dal 1984 al 2011 la produzione di energia elettrica non è riuscita a soddisfare la domanda; ciò anche a causa della chiusura della centrale nucleare di Caorso, non più produttiva dopo il referendum del 1986, seguito al disastro di Chernobyl. Il deficit d'energia ha raggiunto un

picco negativo nel 1998. La situazione attuale vede un deficit di energia di 5.075 GWh, pari al 17,5% della richiesta; dato negativo se si considera che lo scorso anno il deficit era pari al 12%, ma sicuramente una situazione migliore rispetto a quella del 2009, quando il deficit era pari al 20%. L'aumento del deficit indica che la richiesta di energia elettrica ha un andamento di crescita maggiore rispetto alla produzione.





# Emissioni di gas climalteranti

## Descrizione

L'aumento dell'effetto serra è attribuito in gran parte alle emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), connesse principalmente alle attività antropiche (impianti di produzione di energia, combustione nell'industria, trasporti etc.). Contribuiscono all'effetto serra anche il metano (CH<sub>4</sub>), la cui emissione è legata ad attività agricole e allo smaltimento rifiuti, e il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), derivante principalmente dall'agricoltura e dai processi industriali. Le emissioni sono calcolate attraverso opportuni processi di stima, secondo la metodologia di riferimento indicata dall'IPCC. In particolare, le emissioni di gas serra vengono convertite in termini di CO<sub>2</sub> equivalente, moltiplicando le emissioni dei gas per il *Global Potential Warming* (GWP), potenziale contributo al riscaldamento globale di ogni specie chimica in rapporto al potenziale dell'anidride carbonica.

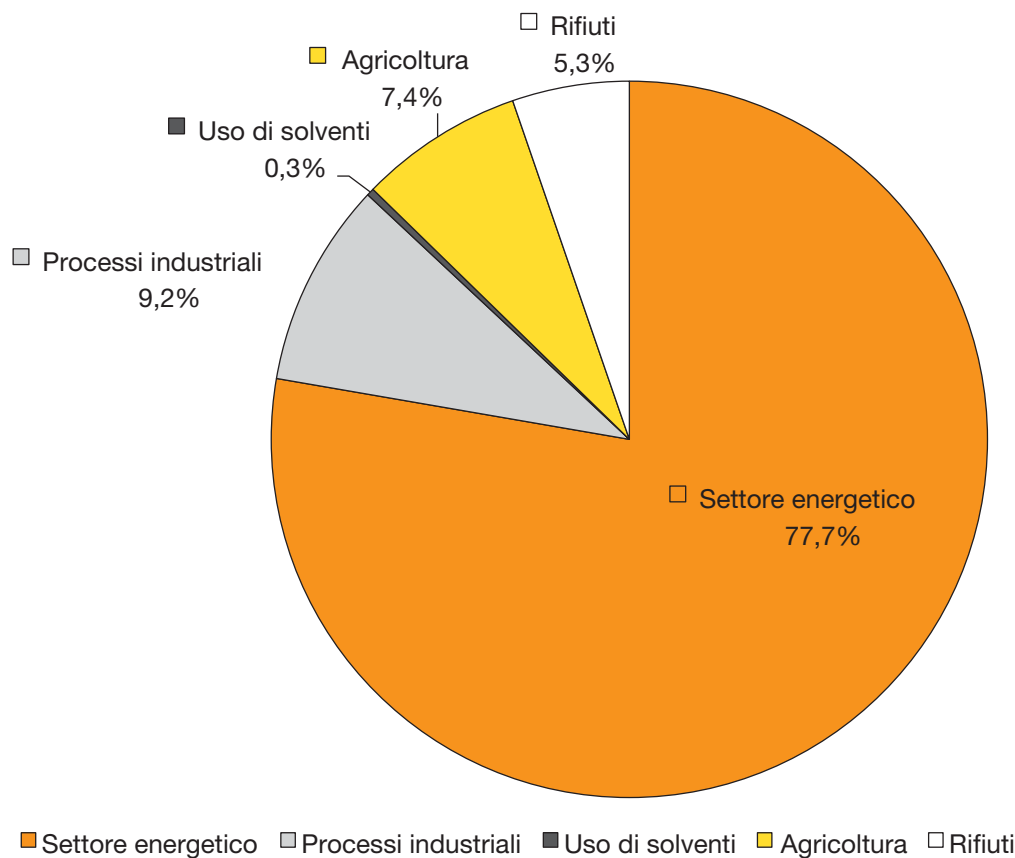
## Scopo

Le emissioni totali di CO<sub>2</sub> eq costituiscono un indicatore dell'andamento dei fattori causali dell'aumento dell'effetto serra; lo scopo dell'indicatore è una valutazione quantitativa delle emissioni regionali e dei contributi dei singoli macrosettori (come definiti dalla metodologia IPCC).

## Metadati

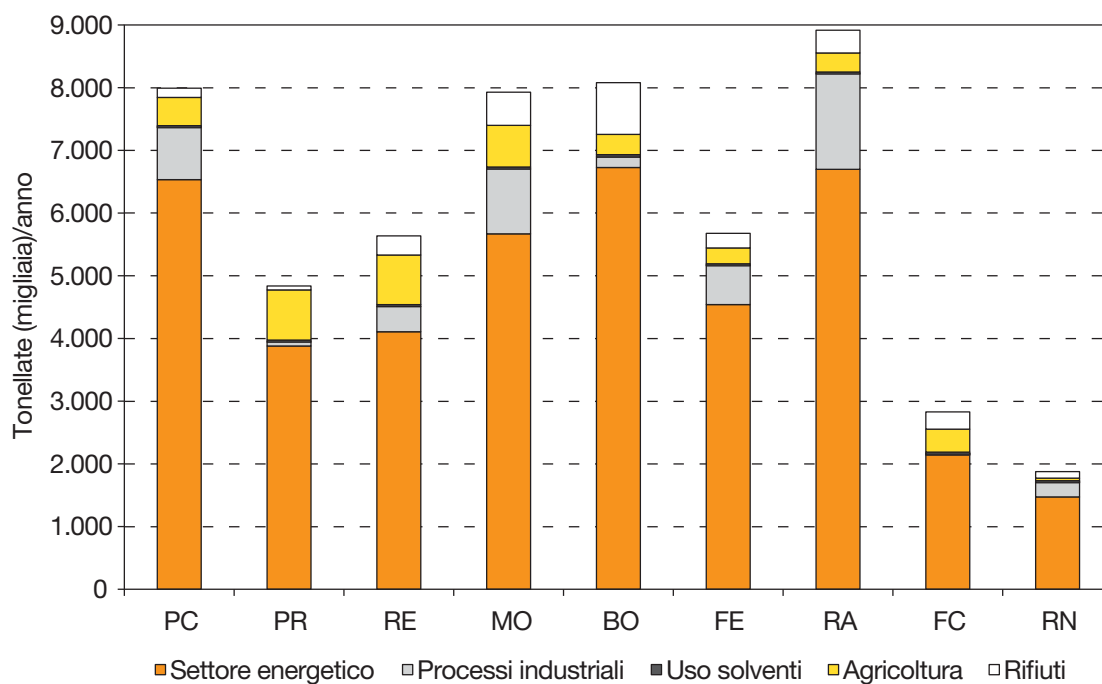
<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Emissioni di gas climalteranti (CO <sub>2</sub> eq)	<b>DPSIR</b>	P
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Tonnellate	<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Provincia	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	Stime al 2007
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>		<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Aria
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	L 120/2002 (Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto) Deliberazione 19 dicembre 2002 (revisione linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni di gas serra)		
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Metodologia IPCC; metodologia CORINAIR		

## Grafici e tabelle



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.8: Distribuzione percentuale delle emissioni (senza assorbimenti) di gas serra, riferite all'anno 2007, espresse in termini di CO<sub>2</sub> eq, per macrosettore IPCC**



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.9: Emissioni (senza assorbimenti) di gas serra espressi come CO<sub>2</sub> eq, per provincia e per macrosettore IPCC (2007)**

## Commento

Le emissioni regionali di gas serra, anno 2007, provengono principalmente dal settore energetico – circa l'80% – che comprende tutte le attività che prevedono processi di combustione (traffico, industrie manifatturiere, riscaldamento etc.).

Il totale regionale delle emissioni ammonta a circa 47,4 Mt CO<sub>2</sub> eq (inclusi gli assorbimenti del settore LULUCF<sup>1</sup>).

Nota:

<sup>1</sup> Land Use, Land Use Change and Forestry



# Anomalia della temperatura minima e massima dell'anno 2011

## Descrizione

Le anomalie delle temperature estreme giornaliere (Tmin e Tmax) sono calcolate come la differenza tra i valori osservati nell'anno 2011 e il clima del periodo 1961-1990. Le anomalie termiche dell'anno 2011 sono state valutate a livello stagionale e annuale, partendo dai dati giornalieri delle stazioni (80 stazioni con dati per il 2011) e dal valore climatico di riferimento cal-

colato su un sottoinsieme di stazioni (circa 50 stazioni), interpolati sull'intero territorio regionale.

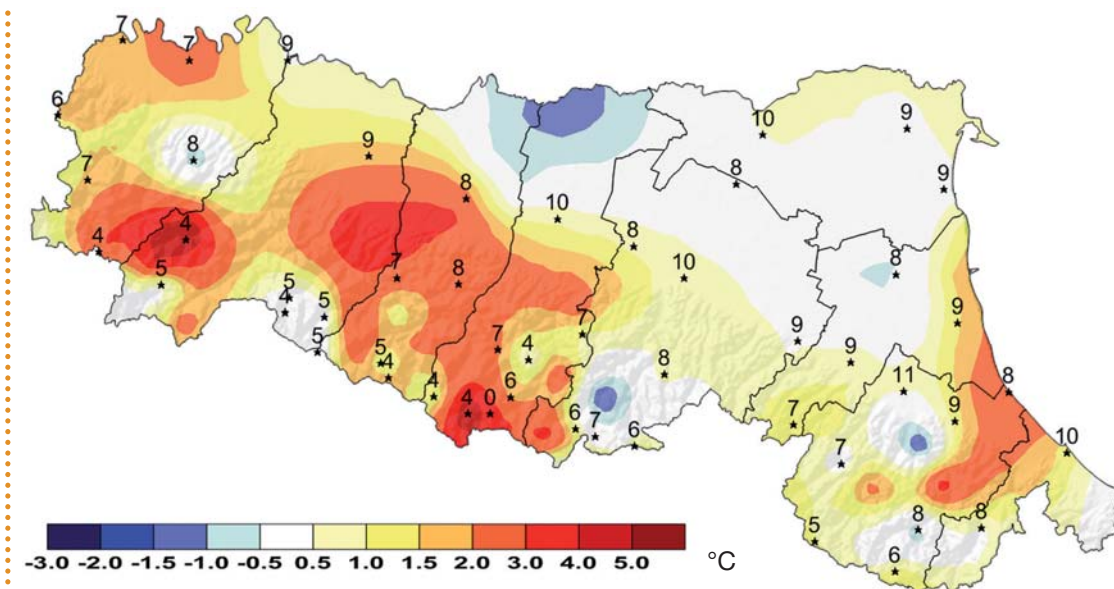
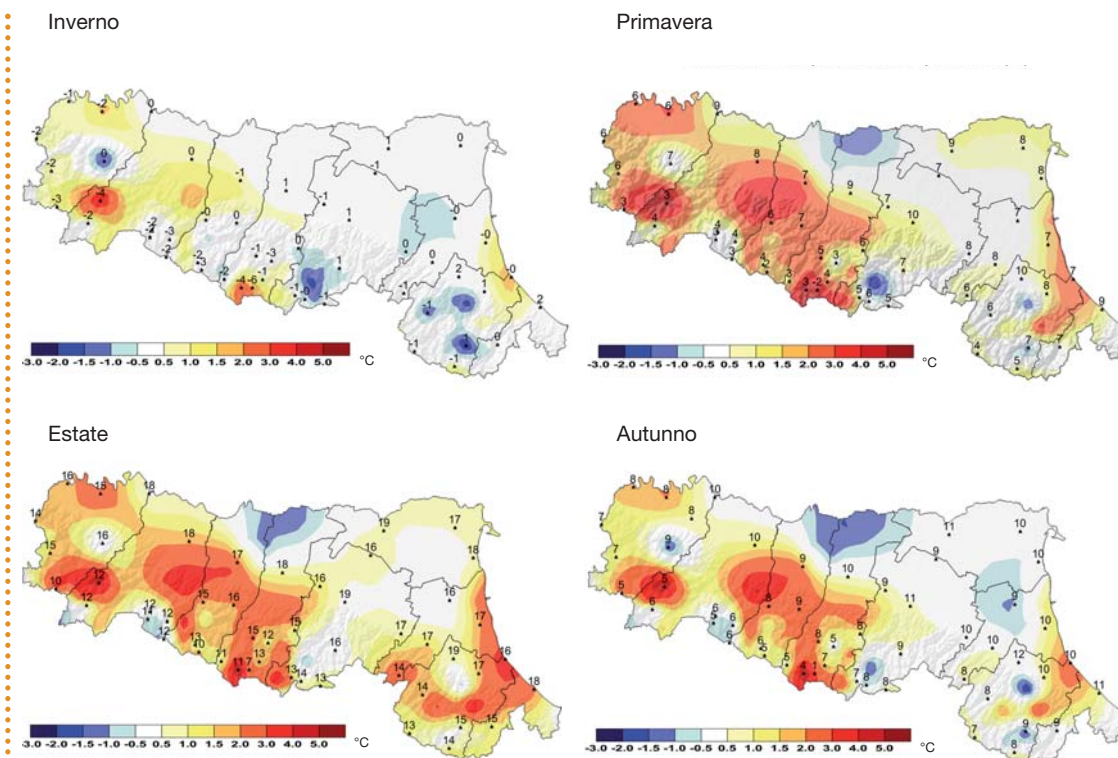
## Scopo

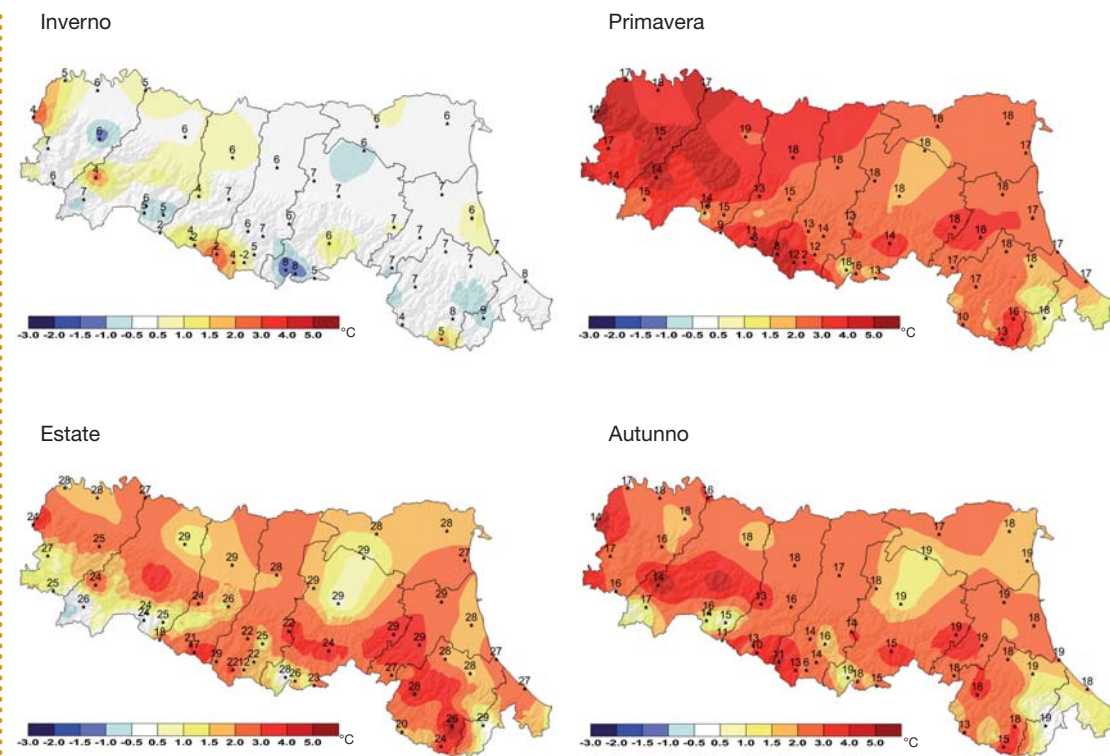
Tale indicatore permette di evidenziare, per l'anno 2011, le aree dove la temperatura è stata in linea con i valori climatici di riferimento e dove, al contrario, si sono riscontrate delle anomalie termiche.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Anomalia della temperatura minima e massima dell'anno 2011 rispetto al clima di riferimento (periodo 1961-1990); valori stagionali e annuali	<b>DPSIR</b>	S
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Gradi centigradi	<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Provincia	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	1961-2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Aria, Suolo
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	Non esistono dei riferimenti normativi di legge. Per le elaborazioni si fa riferimento alle specifiche proposte dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM)		
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Controllo di qualità dei dati, valutazione della omogeneità delle serie temporali, interpolazione, calcolo dei trend e significatività statistica. Valutazione dei valori medi e delle anomalie dell'anno 2011 rispetto al periodo climatico di riferimento 1961-1990		



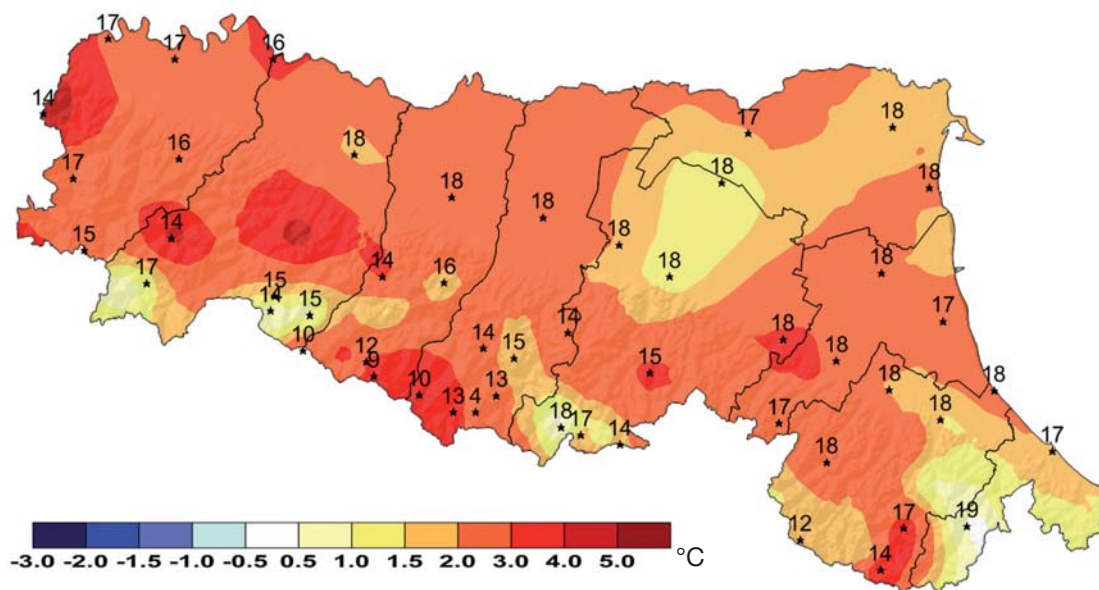




Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.12: Anomalia della temperatura massima - valori stagionali (2011)**

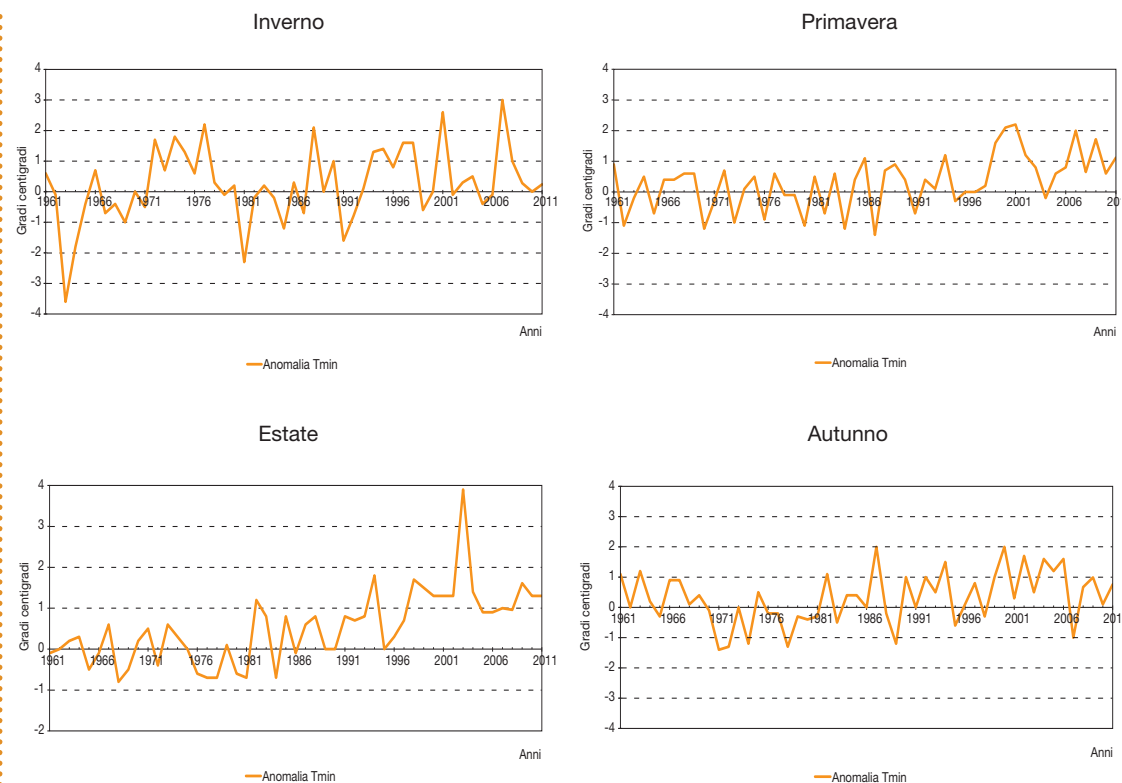
**LEGENDA:** Sopra il simbolo della stazione sono riportati i valori climatici di riferimento, calcolati sul periodo 1961-1990



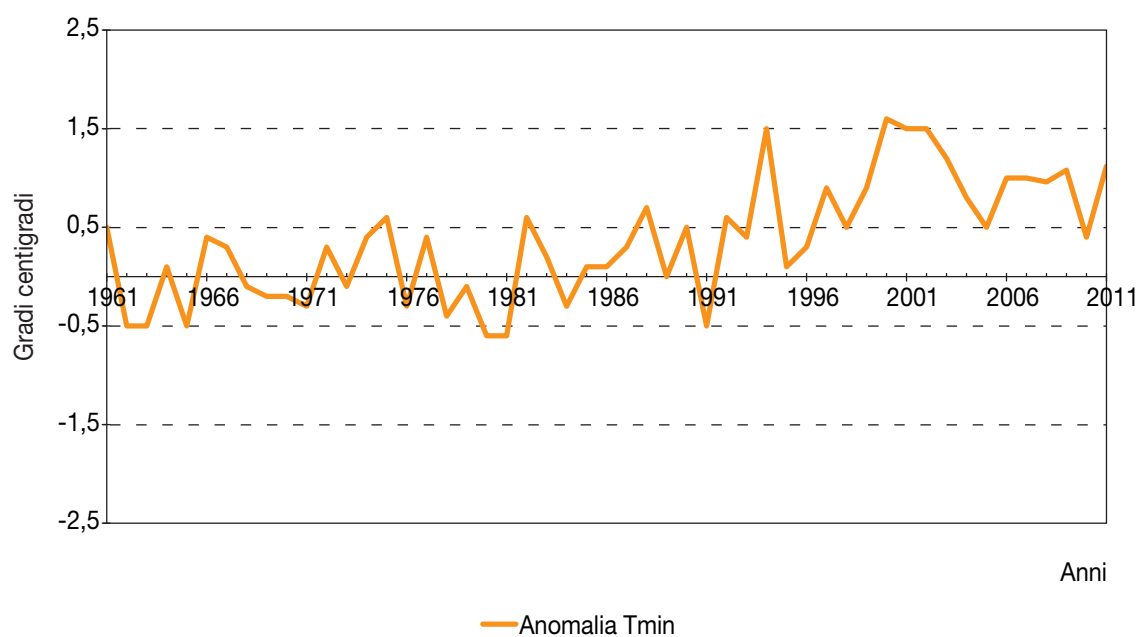
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.13: Anomalia della temperatura massima - valori annuali (2011)**

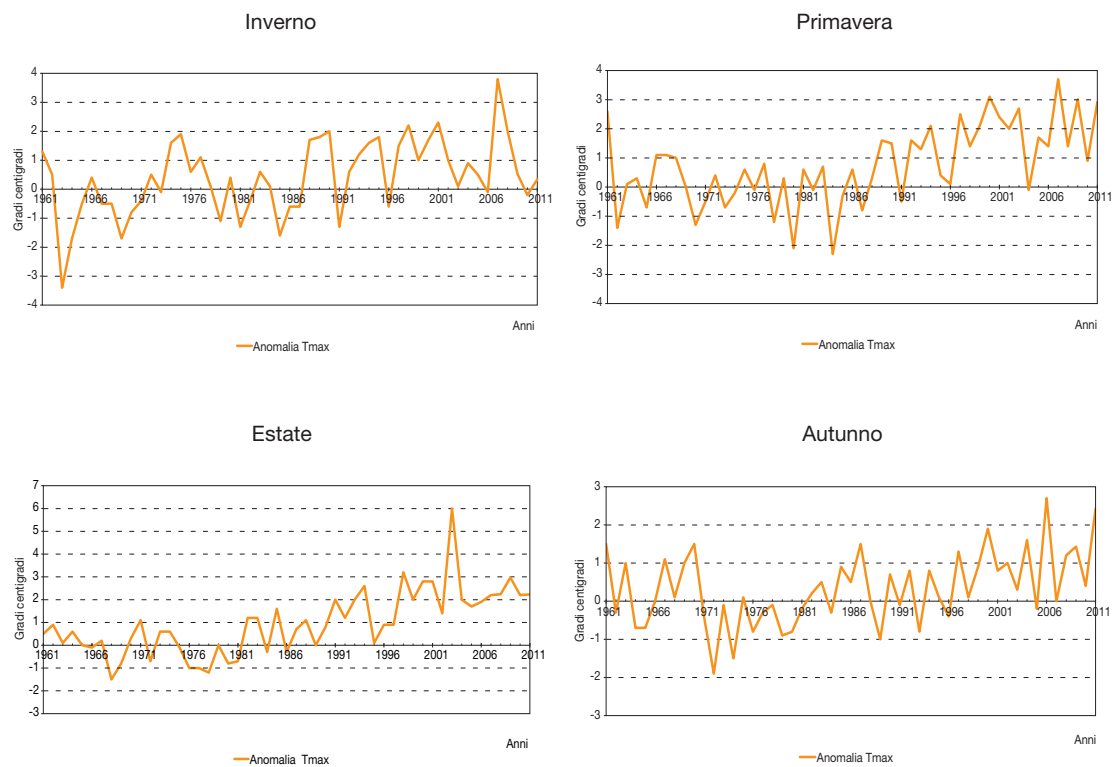
**LEGENDA:** Sopra il simbolo della stazione sono riportati i valori climatici di riferimento, calcolati sul periodo 1961-1990



**Figura 2.14: Andamento temporale (stagionale) dell'anomalia di temperatura minima mediata sull'intero territorio regionale nel periodo 1961-2011**

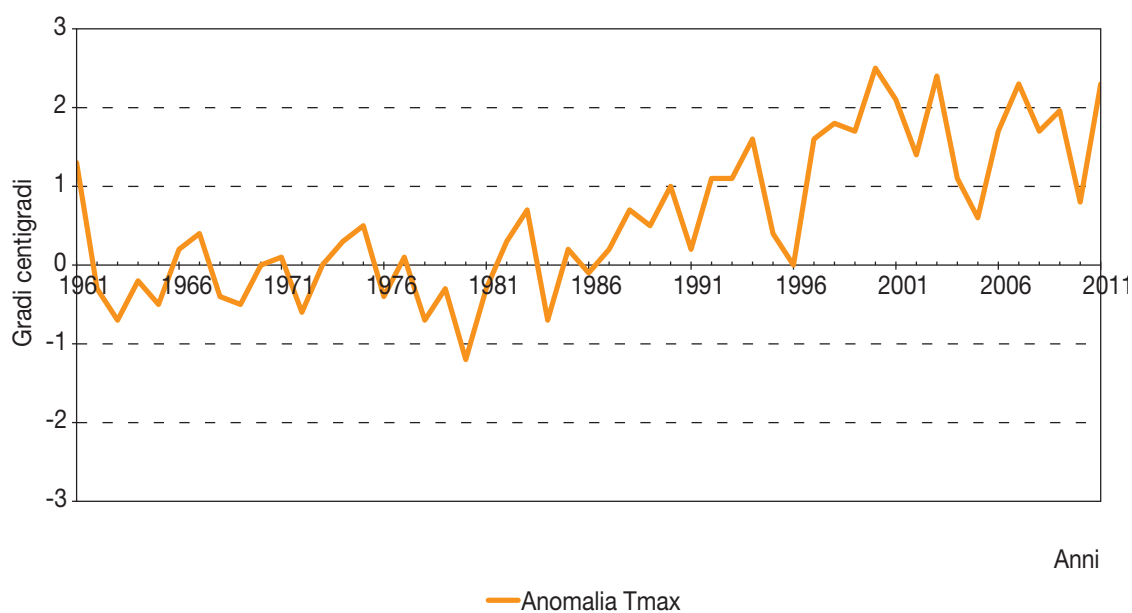


**Figura 2.15: Andamento annuale dell'anomalia di temperatura minima mediata sull'intero territorio regionale nel periodo 1961-2011**



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.16: Andamento temporale (stagionale) dell'anomalia di temperatura massima mediata sull'intero territorio regionale nel periodo 1961-2011**



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.17: Andamento annuale dell'anomalia di temperatura massima mediata sull'intero territorio regionale nel periodo 1961-2011**



### Anomalia temperatura minima

L'inverno 2011 è stato caratterizzato da un'anomalia positiva di circa 0,2 °C per le temperature minime. Analizzando in dettaglio la configurazione spaziale delle anomalie invernali, la parte occidentale è stata caratterizzata da un'anomalia positiva di circa 1 °C, mentre sul resto del territorio si sono osservate anomalie negative in media di circa 1 °C, sebbene valori più intensi hanno contraddistinto alcune stazioni dell'Appennino tosco-romagnolo. Anche se a livello stagionale l'inverno non è stato particolare, analizzando in dettaglio i mesi invernali sono stati osservati periodi molto freddi seguiti da periodi con anomalie positive molto intense. Infatti, durante la seconda decade del mese di dicembre 2010 sono stati registrati valori molto bassi nelle temperature minime, i quali sono scesi anche fino a -12°C (stazione di Campigna). Temperature basse sono state registrate anche nella prima decade di gennaio, mentre il mese di febbraio è stato caratterizzato da temperature superiori alla norma, soprattutto sui rilievi.

Anomalie positive, significative ed estese sono state registrate su quasi tutto il territorio durante la stagione *primaverile*. Il segnale di anomalia è stato più intenso nella parte occidentale e centrale della regione, con punte fino a 5°C. Il mese di marzo è stato nella norma, mentre i mesi di aprile e maggio sono stati molto caldi (rispetto al periodo di riferimento 1961-1990). Ad esempio, a Bologna la temperatura minima ha raggiunto valori di 18°C nella prima decade del mese di aprile e 20°C nella terza decade del mese di maggio. Situazioni simili sono state riscontrate anche per alcune stazioni situate in pianura e sui rilievi centro-occidentali. A livello regionale l'anomalia è stata di circa 1,2°C.

Il segnale di anomalia positiva si è mantenuto anche durante l'estate, con una configurazione spaziale e un valore medio a livello regionale pressoché uguali a quelli primaverili (1,3°C). Analizzando la configurazione spaziale delle anomalie si nota che sono state raggiunte punte di 4-5°C, soprattutto nella parte centrale della regione e lungo la costa. Il contributo importante a quest'anomalia è attribuito alla seconda metà del mese di luglio e al mese di agosto, quando le temperature minime hanno raggiunto valori di 24-26°C. Ad esempio a Bologna il 14 luglio la temperatura minima è salita fino a 24°C, sopravanzando di 4°C il valore climatico di riferimento.

Durante la stagione *autunnale* le temperature minime sono state in media superiori al valore cli-

matico di riferimento (+0,8°C). La configurazione spaziale delle anomalie è molto simile a quella delle stagioni precedenti, con punte fino a 3-4°C nella parte centrale e lungo la costa. Il contributo più importante alla stagione è dovuto ai mesi di settembre e ottobre (prima decade), quando la rimonta del campo anticiclonico ha portato a valori molto alti di temperatura minima. Ad esempio, a Bologna, Imola e Cesenatico sono stati registrati valori di 22°C.

A livello *annuale* si sono verificate anomalie positive su quasi tutta la regione e con punte di 3-4°C registrate su un numero ridotto di stazioni situate nella parte centrale e lungo la costa. La media regionale delle anomalie è stata di 1,1°C, caratterizzando quindi il 2011 come un anno caldo.

### Anomalia temperatura massima

Durante la stagione *invernale* le anomalie sono state sopra il valore climatico di riferimento per quasi tutto il territorio regionale, con una media di 0,3°C. Analizzando in dettaglio i mesi invernali sono state osservate anomalie negative (fino a circa -3°C) in pianura durante i mesi di dicembre (2010) e gennaio, mentre durante il mese di febbraio le temperature massime sono state al di sopra del valore climatico di riferimento, in particolare sui rilievi, dove si sono osservati anche valori di 20°C.

La *primavera* 2011 è stata caratterizzata, invece, da anomalie positive su tutta la regione, con un valore medio regionale di circa 3°C. Analizzando la distribuzione spaziale delle anomalie si nota come valori piuttosto alti di anomalia, fino a 5°C, sono stati registrati nella parte centrale e occidentale della regione.

La primavera è iniziata con temperature inferiori alla norma climatica nelle prime due decadi di marzo, ma è continuata con valori alti e un'ondata di calore nella prima decade del mese di aprile, che ha portato a valori di temperatura fino a 30°C. Anche durante il mese di maggio le temperature massime sono state elevate, soprattutto nella seconda e terza decade del mese, quando sono stati registrati valori uguali o superiori a 30°C (ad esempio 32°C il 25 maggio a San Lazzaro Alberoni). Nel periodo 1961-2011 la primavera 2011 è stata tra le più "calde" insieme a quelle del 2007 e del 2009.

Anomalie positive hanno interessato tutta la regione anche durante la stagione *estiva*, con un valore medio di 2,3°C. La distribuzione spaziale delle anomalie di temperatura massima ha evidenziato punte di circa 4°C, soprattutto sui rilievi. Durante

il mese di giugno le temperature massime sono state nella norma, mentre nella prima parte del mese di luglio si sono registrati valori anche di 40°C. Un'ondata di calore si è verificata anche nella seconda parte del mese di agosto, con valori superiori a 35°C (ad esempio, Mirandola registrava 38,5°C il 22 agosto).

Un'anomalia positiva, simile a quella estiva, è stata registrata anche durante la stagione *autunnale*, con una media regionale di 2,4°C. Analizzando in dettaglio la configurazione spaziale delle anomalie si notano valori fino a 4°C sui rilievi. Il mese di settembre è stato particolarmente caldo con valori fino a 33°C (ad esempio Mirandola, Polinago e Bologna); nella prima parte del mese di ottobre le temperature sono state ancora superiori alla media climatica, mentre durante il mese di novembre le anomalie sono state praticamente nulle.

A livello *annuale* le temperature massime hanno

mostrato un'anomalia positiva su tutta la regione. Il valore medio regionale è stato di 2,3°C al di sopra del valore climatico di riferimento, dovuto principalmente alle elevate temperature registrate durante la primavera, estate e autunno.

#### Andamenti temporali e trend

Nel periodo 1961-2011 si è mantenuta una tendenza positiva per i valori medi annuali e stagionali delle temperature minime e massime. Il trend annuale per le temperature massime è rimasto superiore a quello delle temperature minime (0,48°C/10 anni contro 0,29°C/10 anni). Per quanto riguarda i valori stagionali delle temperature minime, la tendenza più forte si è mantenuta ancora per la stagione estiva (0,4°C/10 anni), seguita poi da primavera, autunno e inverno (attorno a 0,26°C/10 anni); tendenze positive anche nella temperatura massima estiva (0,65°C/10 anni), seguita ancora da primavera, inverno e autunno.



# Anomalia della precipitazione totale dell'anno 2011

## Descrizione

L'anomalia della precipitazione è calcolata come la differenza tra la precipitazione totale dell'anno di riferimento (2011) e il clima del periodo 1961-1990. Le anomalie pluviometriche dell'anno 2011 sono state valutate a livello stagionale e annuale, partendo dai dati giornalieri delle stazioni (110 stazioni con dati per il 2011) interpolati sull'intero territorio regionale.

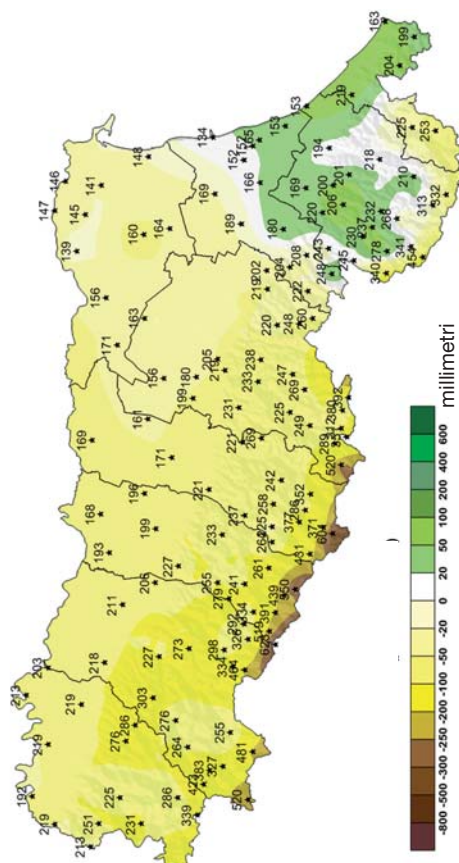
## Scopo

Tale indicatore permette di evidenziare le aree dove, nel 2011, la precipitazione è stata in linea con i valori climatici di riferimento o dove, al contrario, sono stati riscontrati degli scostamenti.

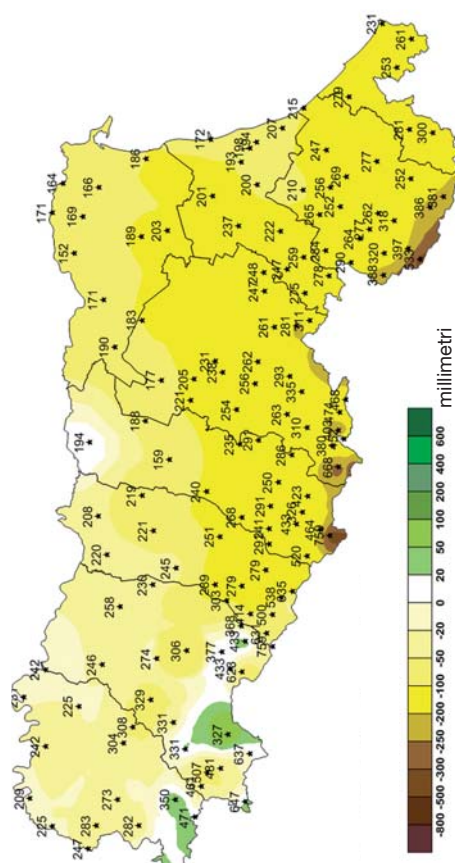
## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Anomalia della precipitazione totale dell'anno 2011 rispetto al clima di riferimento (periodo 1961-1990); valori stagionali e annuali		<b>DPSIR</b>	S
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Millimetri	<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna	
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Provincia	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	1961-2011	
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Aria, Suolo	
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	Non esistono dei riferimenti normativi di legge. Per le elaborazioni si fa riferimento alle specifiche proposte dalla Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM)			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Controllo di qualità dei dati, valutazione della omogeneità delle serie temporali, interpolazione, calcolo dei trend e significatività statistica. Valutazione dei valori medi e delle anomalie dell'anno 2011 rispetto al periodo climatico di riferimento 1961-1990			

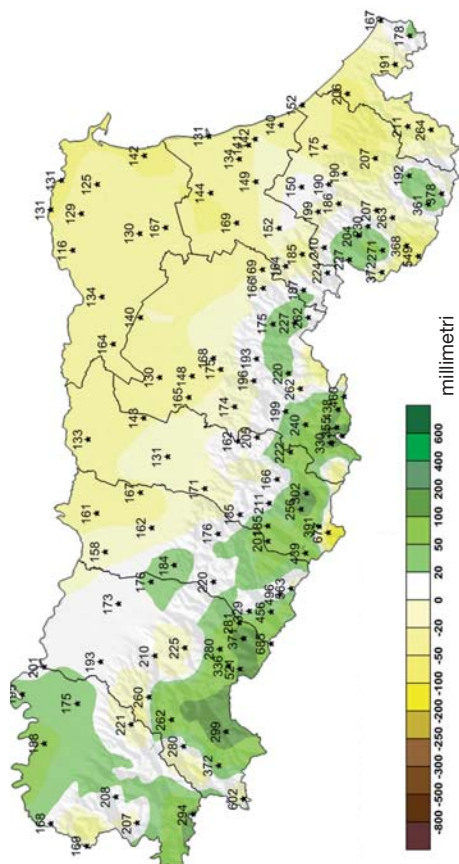
## Primavera



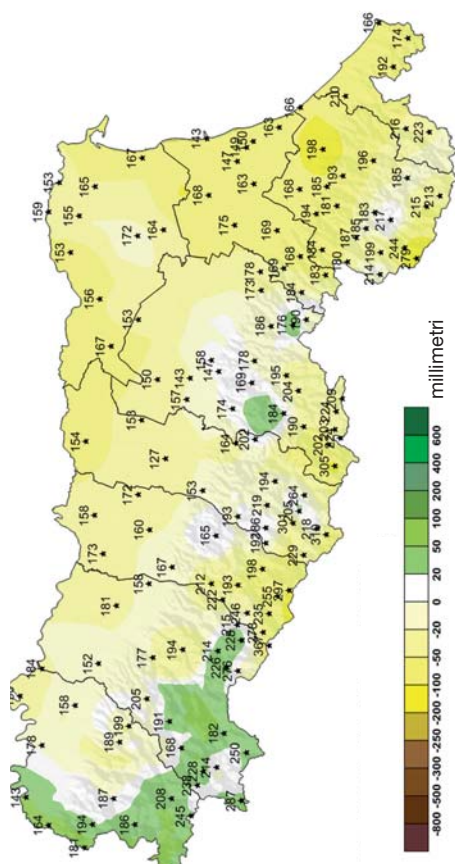
## Autunno



## Inverno



## Estate

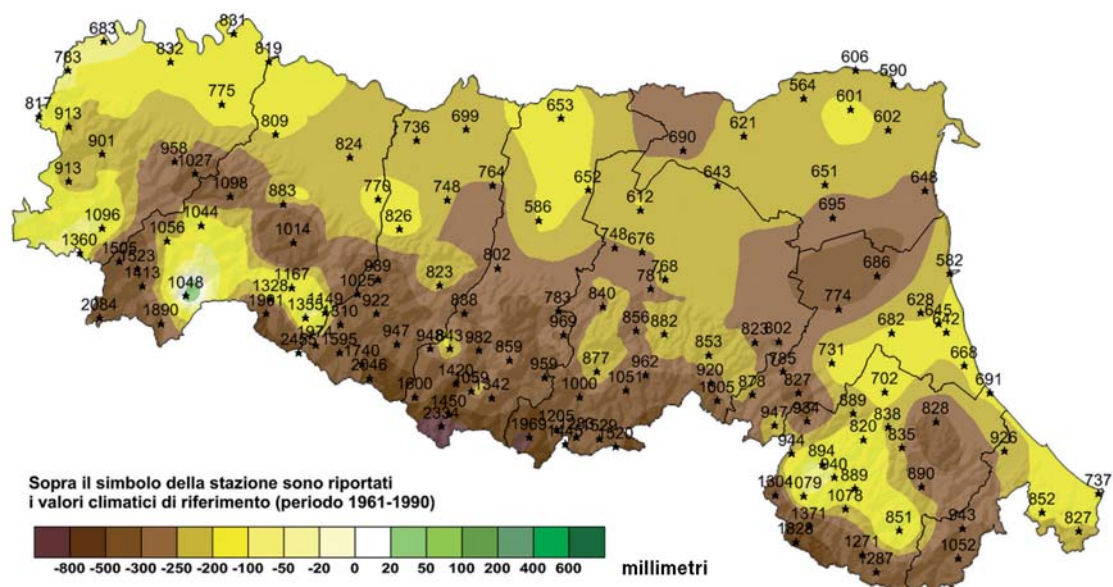


Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.18: Anomalia delle precipitazioni - valori stagionali (2011)**

**LEGENDA:** Sopra il simbolo della stazione sono riportati i valori climatici di riferimento, calcolati sul periodo 1961-1990

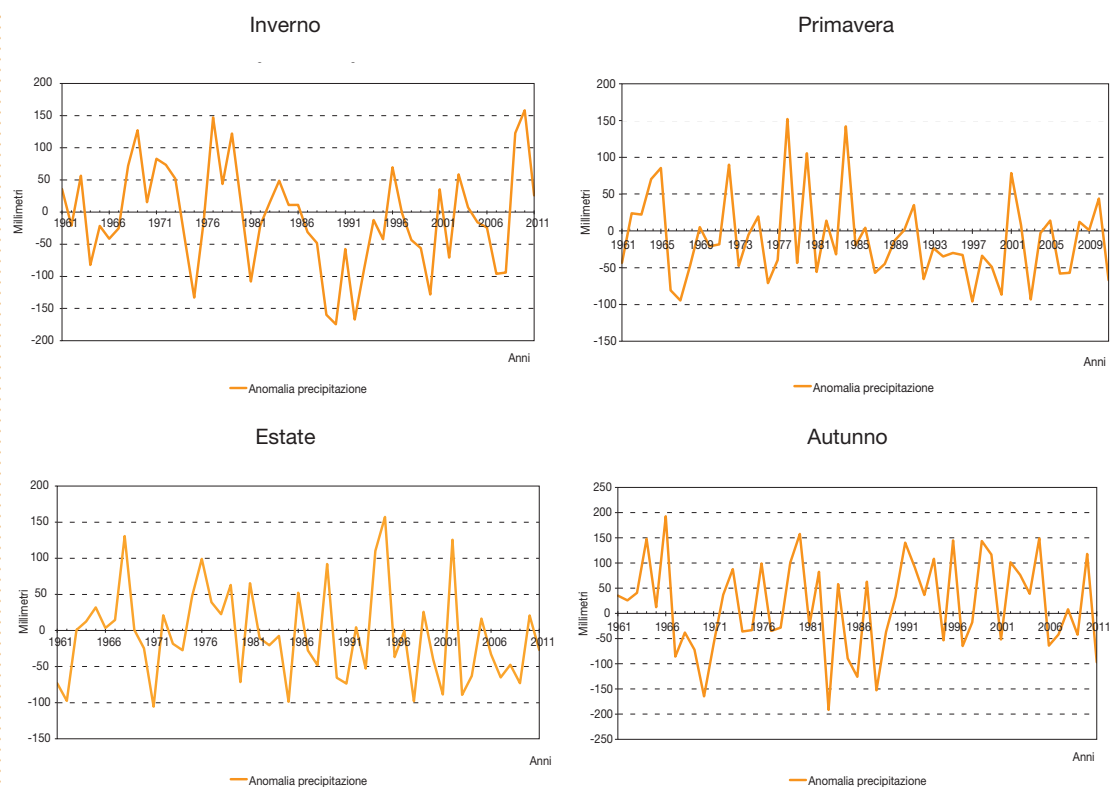




Fonte: Arpa Emilia-Romagna

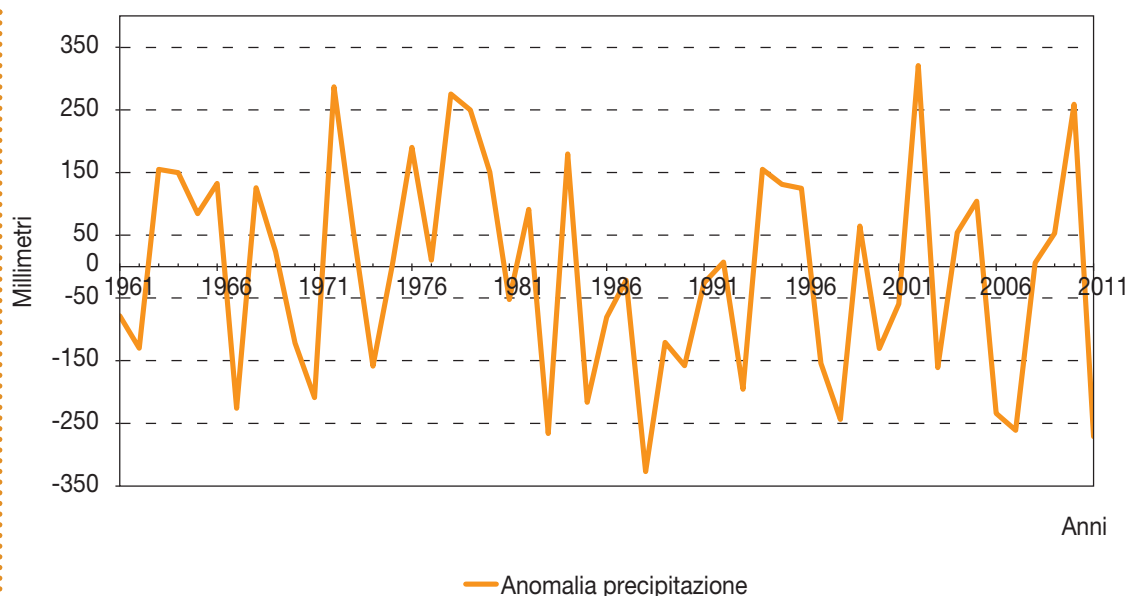
**Figura 2.19: Anomalia delle precipitazioni - valori annuali (2011)**

**LEGENDA:** Sopra il simbolo della stazione sono riportati i valori climatici di riferimento, calcolati sul periodo 1961-1990



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.20: Andamento temporale (stagionale) dell'anomalia di precipitazione mediata sull'intero territorio regionale nel periodo 1961-2011**



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.21: Andamento temporale (annuale) dell'anomalia di precipitazione mediata sull'intero territorio regionale nel periodo 1961-2011**

### Commento

Durante l'inverno 2011 sono state osservate anomalie di precipitazione negative (circa 30 mm) lungo la fascia costiera e nelle zone di pianura del settore centro-orientale; anomalie positive, attorno a 50 mm, sono state invece registrate nelle zone di pianura del settore occidentale e sui rilievi. In particolare, per un numero ridotto di stazioni dell'Appennino, sono stati calcolati valori positivi di anomalia fino a 150 mm. Analizzando in dettaglio i mesi invernali, nel dicembre 2010 si sono osservate precipitazioni elevate, soprattutto sulla parte occidentale della regione e lungo i rilievi. Il mese di gennaio 2011 è stato invece caratterizzato da un deficit di precipitazione, anche se durante la seconda decade del mese sono state registrate piogge sulla Romagna e neve sugli Appennini e sulle aree collinari. Per quanto riguarda il mese di febbraio, sono stati registrati valori superiori al clima di riferimento, con valori più alti nella parte occidentale e sui rilievi.

La primavera 2011 è stata caratterizzata da una lieve anomalia negativa di precipitazione su quasi tutta la regione, eccetto per le province di Forlì-Cesena e Rimini, dove invece sono state registrate anomalie positive fino a 70 mm. La stagione è iniziata con un mese di marzo caratterizzato da precipitazioni nevose, particolarmente intense nelle città di Forlì e Cesena (tra 30 e 40 cm), Faenza (quasi 30 cm), Lugo (15 cm) e nelle aree collinari romagnole con valori d'accumulo prossimi al metro. Scarse precipita-

zioni hanno, invece, caratterizzato i mesi di aprile e maggio. A livello regionale, durante la stagione primaverile si è registrata un'anomalia negativa di circa 70 mm (media sulle stazioni).

Durante la stagione estiva 2011 è stata registrata un'anomalia negativa su gran parte del territorio regionale, tranne che per un numero ridotto di stazioni dell'Appennino piacentino e parmense e per la parte occidentale della provincia di Piacenza, dove sono state calcolate anomalie positive di circa 50 mm, dovute principalmente alle precipitazioni del mese di giugno.

La media spaziale calcolata su tutte le stazioni indica un'anomalia stagionale negativa di circa 30 mm. Questa anomalia è dovuta all'assenza di precipitazioni durante il mese di agosto, quando è stata registrata anche una prolungata ondata di calore, in seguito alla persistenza di un promontorio subtropicale di origine africana sul bacino del Mediterraneo.

La fase di deficit pluviometrico è continuata anche durante l'autunno 2011, quando un'anomalia negativa è stata osservata su tutto il territorio regionale, in particolare sulla Romagna. Questo deficit è stato marcato principalmente nei mesi di settembre e di novembre, mentre durante il mese di ottobre, in particolare nella terza decade, eventi intensi di precipitazione hanno interessato l'Appennino centrale e la pianura delle province di Parma e Reggio.

Completivamente la media regionale delle anomalie ha evidenziato un deficit di circa 100 mm. Analizzando l'andamento temporale delle anomalie annue sul periodo 1961-2011, precipitazioni così scarse sono state altresì registrate nel 1983, 1988, 1998 e 2007. In generale, sul periodo 1961-2011 permane una tendenza negativa dell'andamento annuale delle precipitazioni, così come a livello stagionale per l'inverno, la primavera e l'estate; per la stagione autunnale, invece, le precipitazioni mantengono una tendenza positiva.

Il deficit di precipitazione registrato durante la primavera, estate e autunno si ritrova anche nella configurazione *annuale*. In particolare tutta la regione è stata caratterizzata da un deficit climatico, particolarmente intenso sui rilievi, con un'anomalia media regionale di circa 300 mm al di sotto della media climatica.



# Anomalia del numero di giorni con gelo e con $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$

## Descrizione

Il numero di giorni di gelo, ossia i giorni con temperatura minima inferiore a  $0^{\circ}\text{C}$ , è stato calcolato per il periodo 1961-2011, a livello stagionale (inverno, primavera e autunno), partendo dai dati giornalieri interpolati su tutto il territorio regionale. Per la stagione estiva è stato calcolato, invece, il numero di giorni con temperatura massima maggiore di  $30^{\circ}\text{C}$ .

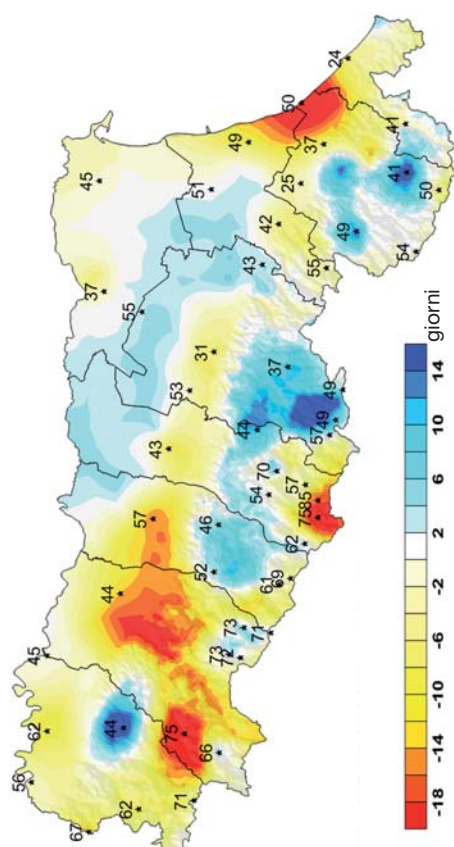
## Scopo

Valutare eventuali anomalie termiche per quanto riguarda i giorni con gelo e i giorni più caldi.

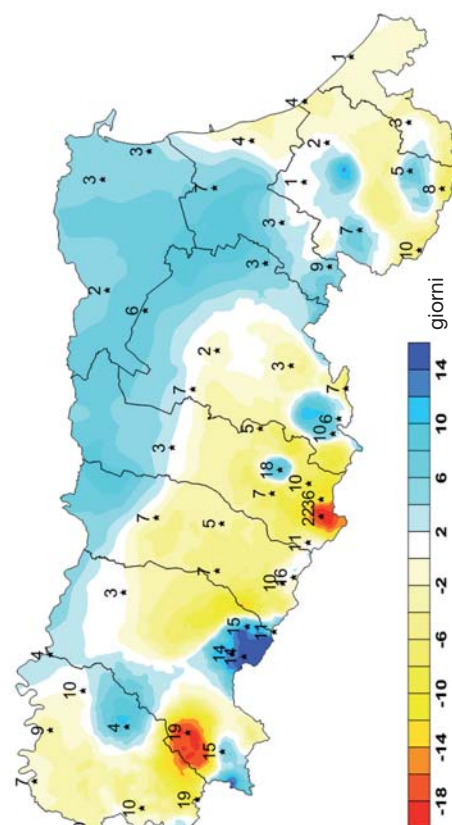
## Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Anomalia del numero di giorni con gelo ( $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ ) e del numero di giorni con $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$ rispetto al clima di riferimento (periodo 1961-1990)		DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Giorni	FONTE	Arpa Emilia-Romagna	
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	1961-2011	
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	Aria, Suolo	
RIFERIMENTI NORMATIVI	Non esistono riferimenti di legge. Le elaborazioni sono basate sulle specifiche definite dalla Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM)			
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Dopo una fase di controllo di qualità dei dati e interpolazione spaziale, sono stati calcolati gli istogrammi di frequenza, dai quali sono stati estratti gli indicatori di valori estremi (decimo e novantesimo percentile)			

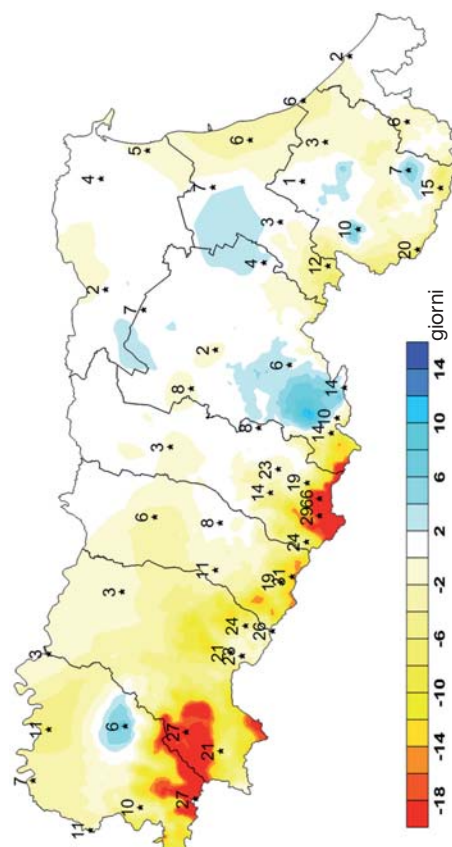
## Inverno



## Autunno



## Primavera

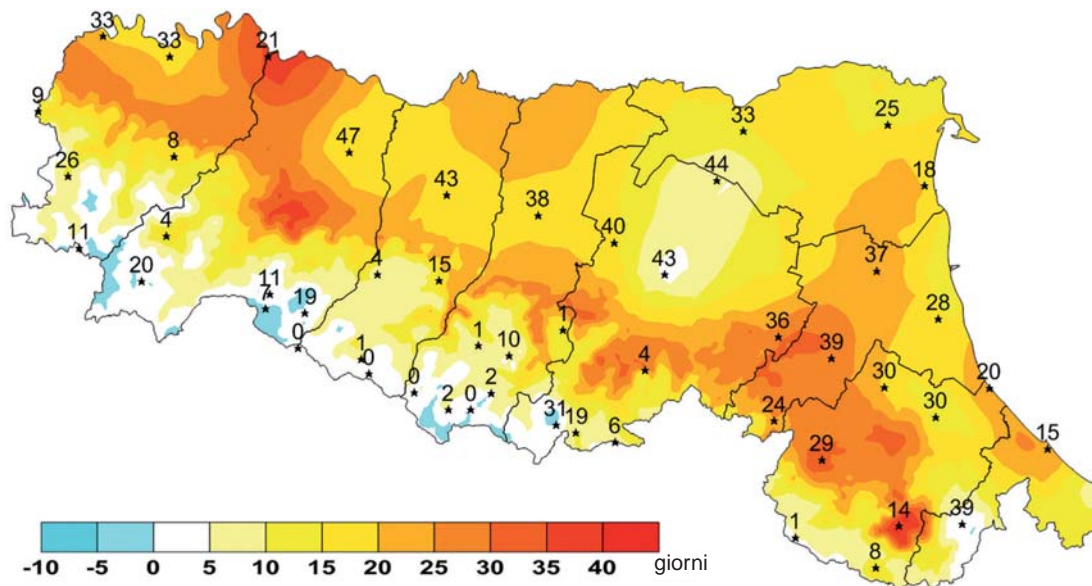


Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.22: Anomalia del numero di giorni con gelo - valori stagionali (2011)**

**LEGENDA:** Sopra il simbolo della stazione sono riportati i valori climatici di riferimento, calcolati sul periodo 1961-1990





Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.23: Anomalia del numero di giorni con temperatura massima superiore a 30°C - valori estate 2011**

**LEGENDA:** Sopra il simbolo della stazione sono riportati i valori climatici di riferimento, calcolati sul periodo 1961-1990

### Commento

La distribuzione spaziale del numero di giorni di gelo per l'inverno 2011 mostra una configurazione complessa, con presenza di anomalie positive e negative dell'indicatore. Anomalie negative più intense sono state registrate nell'Appennino tosco-emiliano, nella pianura occidentale e lungo la fascia costiera. Sul resto del territorio regionale sono state registrate, invece, anomalie positive con picchi fino a 10 giorni, dovute soprattutto ai valori bassi di temperatura minima del mese di dicembre.

Durante la primavera il segnale d'anomalia presenta una configurazione dipolare, con anomalie negative nella parte centro-occidentale, più intense per alcune stazioni dell'Appennino tosco-emiliano, e positive nella parte centro-orientale.

La stagione autunnale mantiene una configurazione complessa. Anomalie negative sono state registrate nella provincia di Piacenza, sui rilievi, nella zona collinare del settore centrale e in parte delle province di Forlì-Cesena e Rimini. Il resto del

territorio ha registrato anomalie positive, in media di 6-7 giorni<sup>1</sup>.

Durante l'estate 2011 il numero di giorni con temperatura massima superiore a 30°C è stato superiore al valore climatico di riferimento su quasi tutta la regione, tranne che per un numero ridotto di stazioni situate lungo la fascia appenninica, dove invece sono state registrate anomalie leggermente negative (1-2 giorni). Analizzando in dettaglio la distribuzione spaziale dell'indicatore, si nota come le anomalie positive siano state più intense lungo la fascia pedemontana, con valori superiori alla norma climatica fino a 35 giorni. Il contributo importante a queste anomalie positive è dato soprattutto dai valori elevati di temperatura massima registrati nei mesi di luglio e agosto.

Nota:

<sup>1</sup> I dati di temperatura minima e massima (2011) della stazione Bardi appartengono alla stazione Bardi Scuola (altezza = 645 m)



# Anomalia numero giorni con precipitazione >90<sup>mo</sup> percentile

## Descrizione

Tale indicatore rappresenta il numero di giorni nel quale la precipitazione è stata superiore al 90<sup>mo</sup> percentile della distribuzione della pioggia giornaliera osservata. Tale soglia è il limite per cui la probabilità di occorrenza di un valore superiore risulta inferiore al 10%. Per l'anno 2011 è stata calcolata l'anomalia dell'indicatore rispetto al periodo di riferimento (1961-1990). Questo indicatore fornisce una misura del numero di eventi estremi di pioggia.

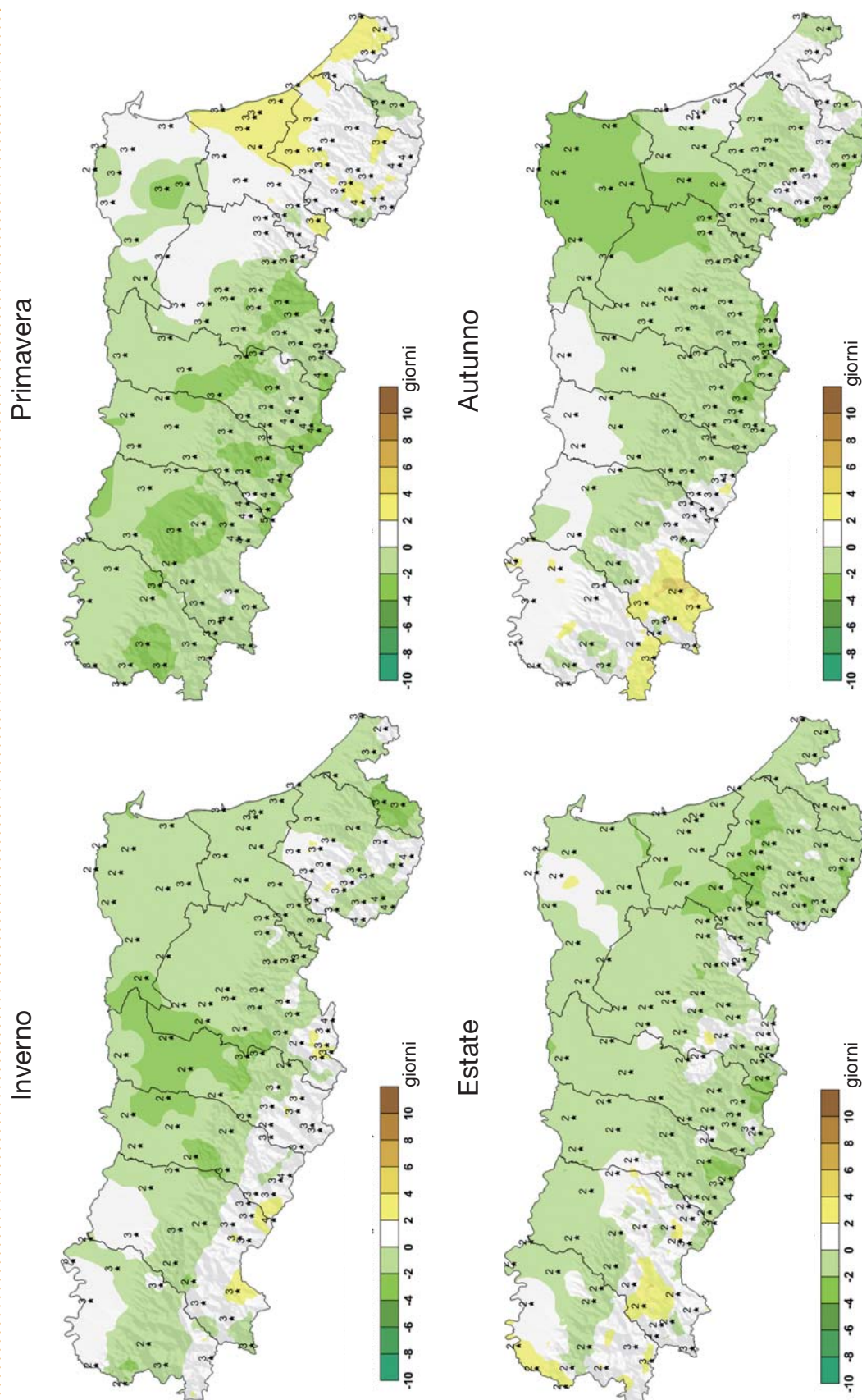
## Scopo

Evidenziare le eventuali anomalie riscontrate nell'anno 2011, per quanto riguarda in particolare l'occorrenza di eventi estremi.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Anomalia del numero di giorni con precipitazione superiore al 90 <sup>mo</sup> percentile rispetto al clima di riferimento (periodo 1961-1990)	<b>DPSIR</b>	S
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Giorni	<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Provincia	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	1961-2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Aria, Suolo
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	Non esistono riferimenti di legge. Le elaborazioni sono basate sulle specifiche definite dalla Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM)		
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Dopo una fase di controllo di qualità dei dati, interpolazione, sono stati calcolati gli istogrammi di frequenza, dai quali sono stati estratti gli indicatori di valori estremi (decimo e novantesimo percentile)		

## Grafici e tabelle

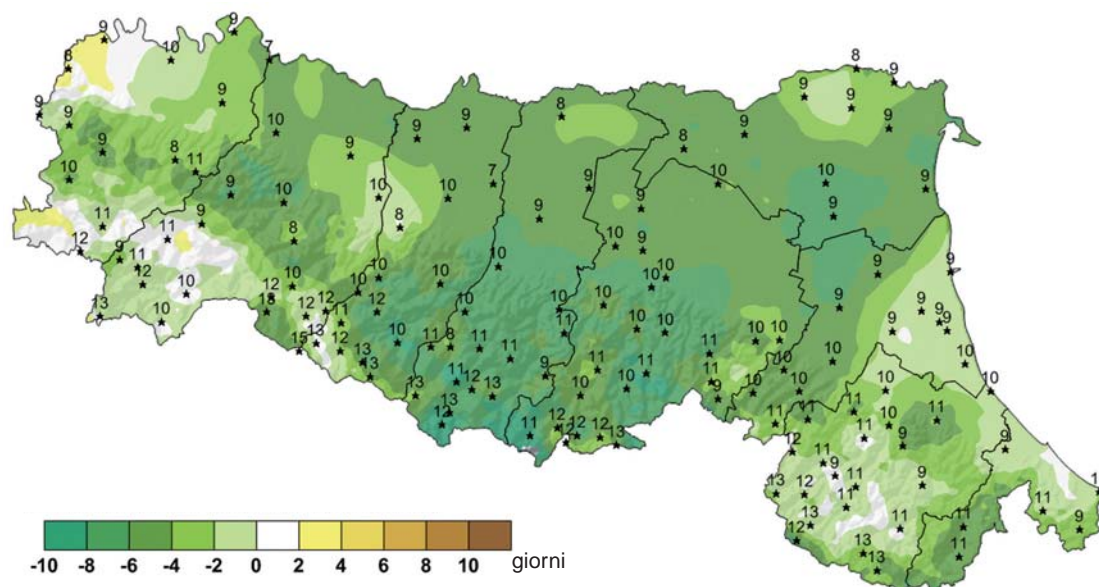


Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.24: Anomalia del numero di giorni con precipitazione superiore al 90<sup>mo</sup> percentile - valori stagionali (2011)**

**LEGENDA:** Sopra il simbolo della stazione sono riportati i valori climatici di riferimento, calcolati sul periodo 1961-1990





Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.25: Anomalia del numero di giorni con precipitazione superiore al 90<sup>mo</sup> percentile - valori annuali (2011)**

**LEGENDA:** Sopra il simbolo della stazione sono riportati i valori climatici di riferimento, calcolati sul periodo 1961-1990

## Commento

Durante l'inverno 2011 in pianura e collina sono state osservate anomalie negative dell'indicatore fino a 2 giorni; nella zona appenninica e nella parte settentrionale delle province di Piacenza e Parma sono state, invece, registrate anomalie positive (circa 1 giorno).

La stagione *primaverile* è stata caratterizzata da un segnale di diminuzione dell'indicatore sulla parte centro-occidentale della regione, mentre sulla parte relativa alle province di Bologna, Ferrara e alla Romagna sono stati osservati valori positivi di anomalia, più elevati sulla costa (fino a 3 giorni).

Un numero ridotto di valori estremi di precipitazione sono stati registrati durante l'estate 2011 su quasi tutto il territorio regionale. Eccezione hanno fatto alcune stazioni dell'Appennino piacentino e parmense, della provincia di Ferrara e della parte settentrionale della provincia di Pia-

cenza, per le quali si è notato un leggero aumento dell'indicatore.

Per quanto riguarda la stagione *autunnale* valori al di sotto della norma climatica di riferimento sono stati registrati per la quasi totalità del territorio centro-orientale. Per il resto del territorio, cioè la provincia di Piacenza, l'Appennino toscano-emiliano, la pianura in prossimità dell'asta del Po delle province di Parma, Reggio Emilia e Modena, la provincia di Rimini, sono state invece registrate anomalie positive.

A livello *annuale* la media dell'indicatore è stata al di sotto del valore climatico di riferimento su quasi tutto il territorio regionale, tranne che per un numero ridotto di stazioni situate sull'Appennino piacentino e parmense. Questo segnale di anomalia negativa, insieme con le anomalie negative registrate nelle cumulate di precipitazioni, evidenzia il carattere siccitoso dell'anno 2011.



# Anomalia del numero di giorni consecutivi senza pioggia

## Descrizione

L'indicatore rappresenta il numero massimo di giorni consecutivi senza precipitazione (inteso come precipitazioni inferiori a 1 mm) osservato nell'anno 2011. Il dato viene calcolato separatamente per le varie stagioni e anche annualmente per il periodo 1961-2011. L'anomalia dell'anno 2011 viene calcolata rispetto al periodo di riferimento 1961-1990. Valori elevati di questo indicatore evidenziano periodi siccitosi.

## Scopo

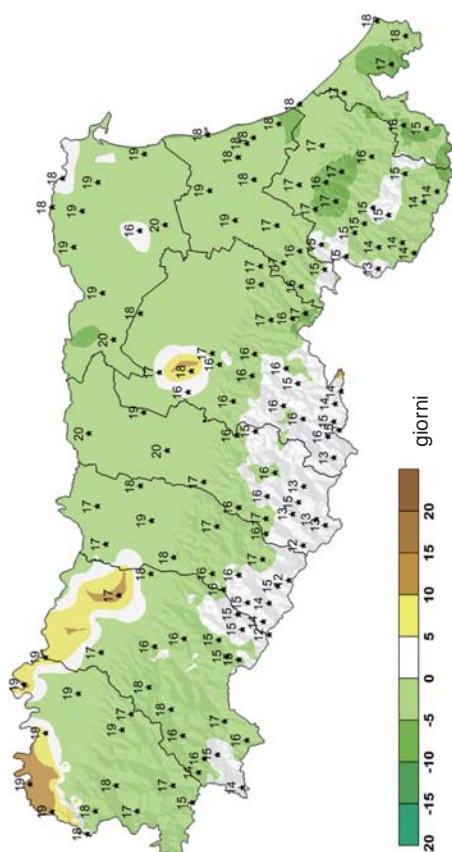
Evidenziare le eventuali anomalie riscontrate nell'anno 2011, per quanto riguarda in particolare l'occorrenza di eventi siccitosi.

## Metadati

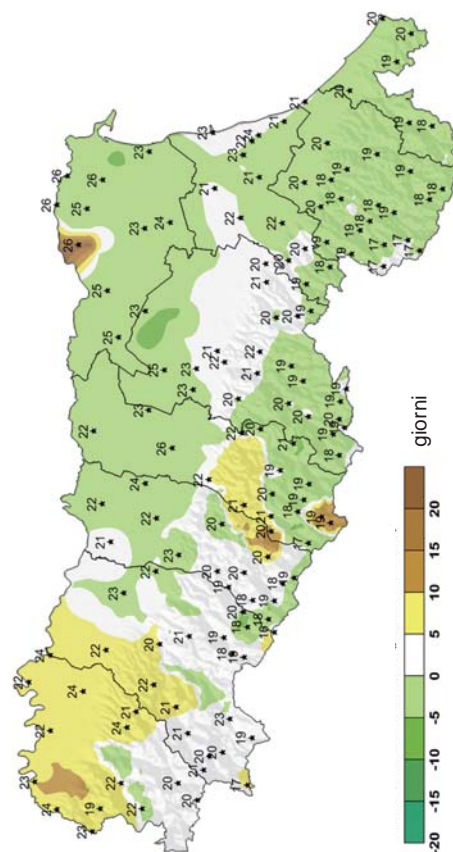
<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Anomalia del numero di giorni consecutivi senza pioggia (CDD) rispetto al clima di riferimento (periodo 1961-1990)	<b>DPSIR</b>	S
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Giorni	<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Provincia	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	1961-2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Aria, Suolo
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	Non esistono riferimenti di legge. Le elaborazioni sono basate sulle specifiche definite dalla Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM)		
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Dopo una fase di controllo di qualità dei dati, interpolazione, sono stati calcolati gli istogrammi di frequenza, dai quali sono stati estratti gli indicatori di valori estremi (decimo e novantesimo percentile)		



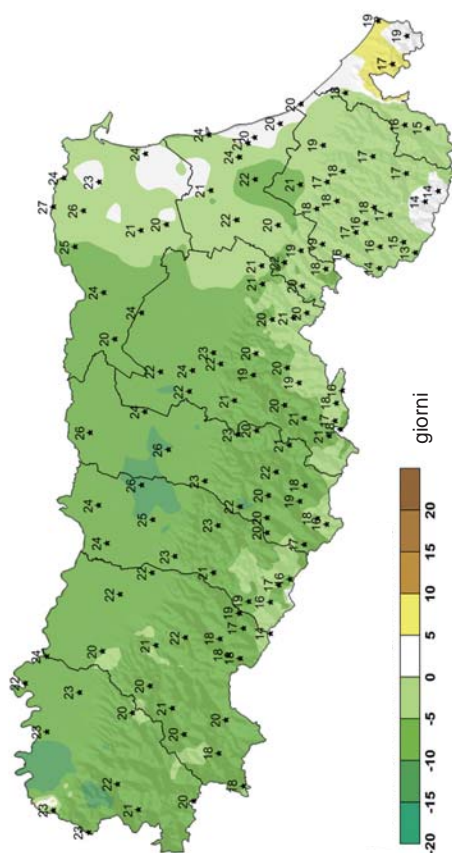
Primavera



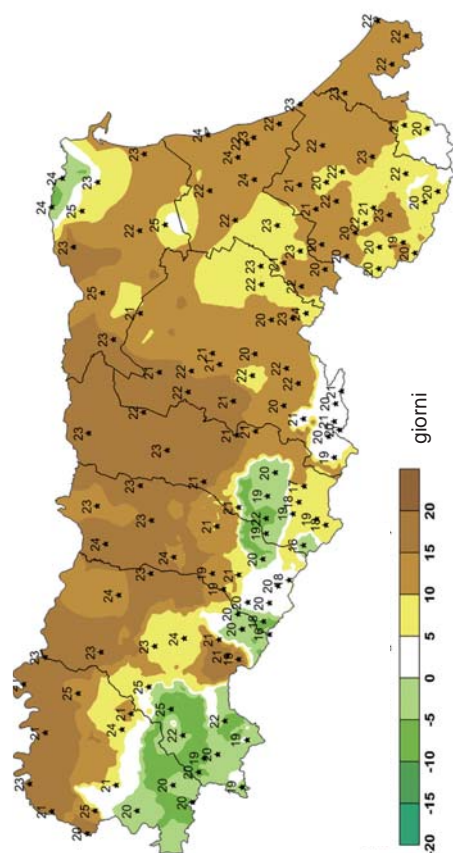
Autunno



Inverno



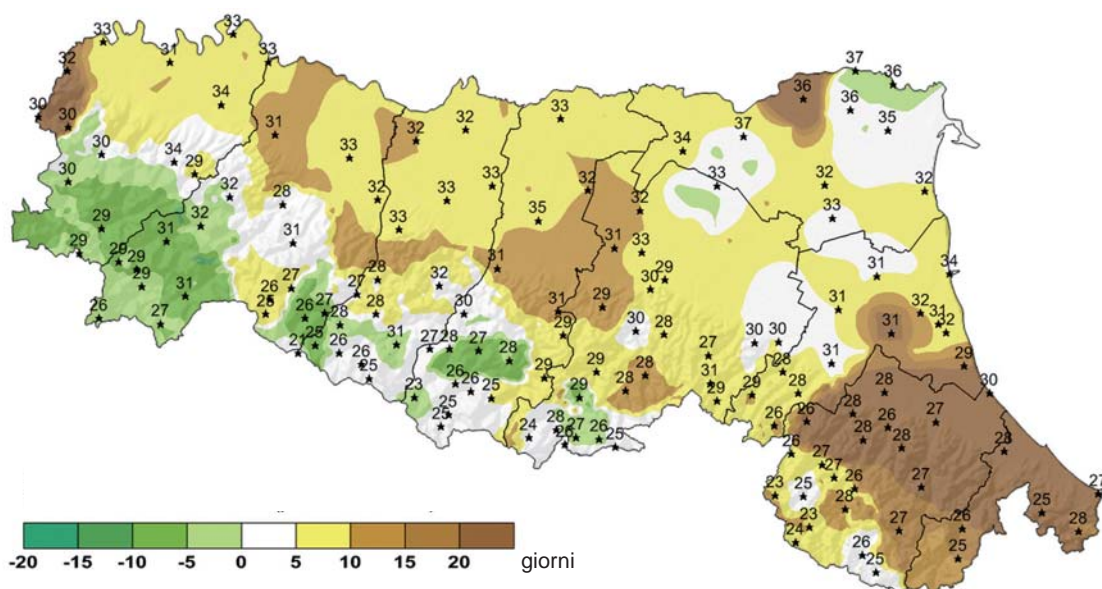
Estate



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.26: Anomalia del numero di giorni consecutivi senza precipitazione - valori stagionali (2011)**

**LEGENDA:** Sopra il simbolo della stazione sono riportati i valori climatici di riferimento, calcolati sul periodo 1961-1990



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.27: Anomalia del numero di giorni consecutivi senza precipitazione - valori annuali (2011)**

**LEGENDA:** Sopra il simbolo della stazione sono riportati i valori climatici di riferimento, calcolati sul periodo 1961-1990

### Commento

Il numero massimo di giorni consecutivi senza precipitazioni durante la stagione *invernale* del 2011 è stato al di sotto del valore climatico di riferimento su tutto il territorio regionale. Valori negativi dell'anomalia sono stati registrati nella parte centro-occidentale (fino a -10 giorni), mentre sono stati più deboli (-2 giorni) su quella orientale.

Il segnale di anomalia negativa su quasi tutta la regione permane anche per la stagione *primaverile*, anche se con una minore intensità (-2 giorni). Un numero ridotto di stazioni situate nella parte settentrionale delle province di Piacenza e Parma e dell'Appennino centrale registra invece un'anomalia positiva (tra 2 e 6 giorni).

La stagione *estiva* è, invece, stata caratterizzata dalla presenza di anomalie positive sia sulle aree di pianura (fino a 20 giorni), sia sui rilievi dell'Appennino tosco-romagnolo. Sui rilievi dell'Appen-

nino tosco-emiliano, invece, è stata riscontrata una debole anomalia negativa.

Per quanto riguarda la stagione *autunnale* la configurazione spaziale dell'indicatore manifesta un leggero aumento (1 giorno) nella parte orientale e una leggera diminuzione (5 giorni) in quella occidentale; tali anomalie, tuttavia, non sono risultate significative per la stagione.

A livello *annuale* prevale l'influenza della stagione estiva e la configurazione dell'indicatore è molto simile a quella registrata durante l'estate. Predominano le anomalie positive su gran parte del territorio regionale, con valori più elevati per le province di Forlì-Cesena e Rimini (fino a 26 giorni); per un numero di stazioni dell'Appennino tosco-emiliano si nota, invece, un'anomalia negativa (5 giorni). Sebbene le anomalie di questo indicatore siano negative per le stazioni situate sull'Appennino tosco-emiliano, le precipitazioni sono state inferiori al valore climatico.



# Altezze di afflusso mensile alle sezioni dei fiumi Po e Reno

## Descrizione

L'altezza di afflusso meteorico rappresenta l'apporto d'acqua a un bacino di interesse; il confronto con l'afflusso su un periodo di riferimento permette di valutare la variazione nel tempo dell'apporto meteorico, evidenziando eventuali tendenze a un mutamento climatico nel tempo. L'anno 2011 è stato, pertanto, confrontato con il lungo periodo (corrispondente al cinquantennio 1921-1970 per il Reno e 1923-1972 per il Po) e il medio periodo (2001-2010), mediando i valori di afflusso mensile e annuale alle sezioni di chiusura dei fiumi Po, a Pontelagoscuro, e Reno, a Casalecchio.

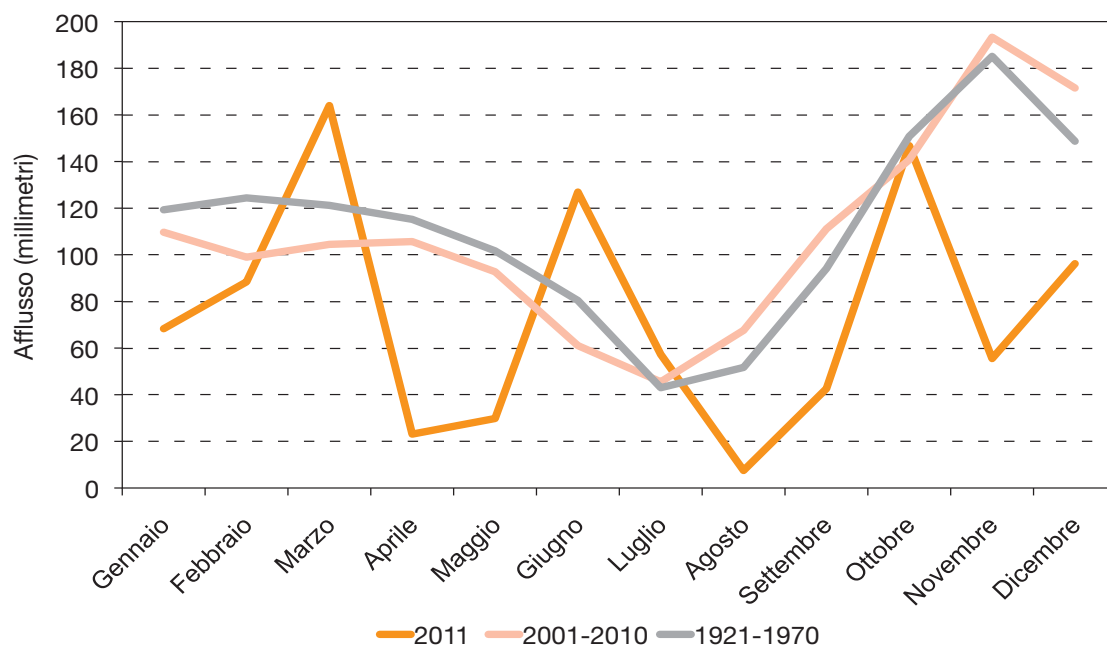
## Scopo

L'altezza di afflusso meteorico permette di rappresentare, in un quadro sintetico, le disponibilità idriche dei bacini dei fiumi Po e Reno; la scelta di tre distinti periodi viene utilizzata, oltre che per individuare gli intervalli temporali con afflussi più o meno abbondanti, anche per verificare le tendenze sul medio e lungo periodo. Queste ultime possono evidenziare una varianza ciclica e periodica, con un andamento talvolta sinusoidale, o una vera e propria tendenza a un mutamento idrologico costante nel tempo, oppure, infine, variazioni brusche.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Altezze di afflusso mensile alle sezioni dei fiumi Po e Reno	<b>DPSIR</b>	S
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Millimetri	<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Bacino idrografico	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Acqua
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Afflussi medi annui e mensili per gli intervalli temporali considerati		



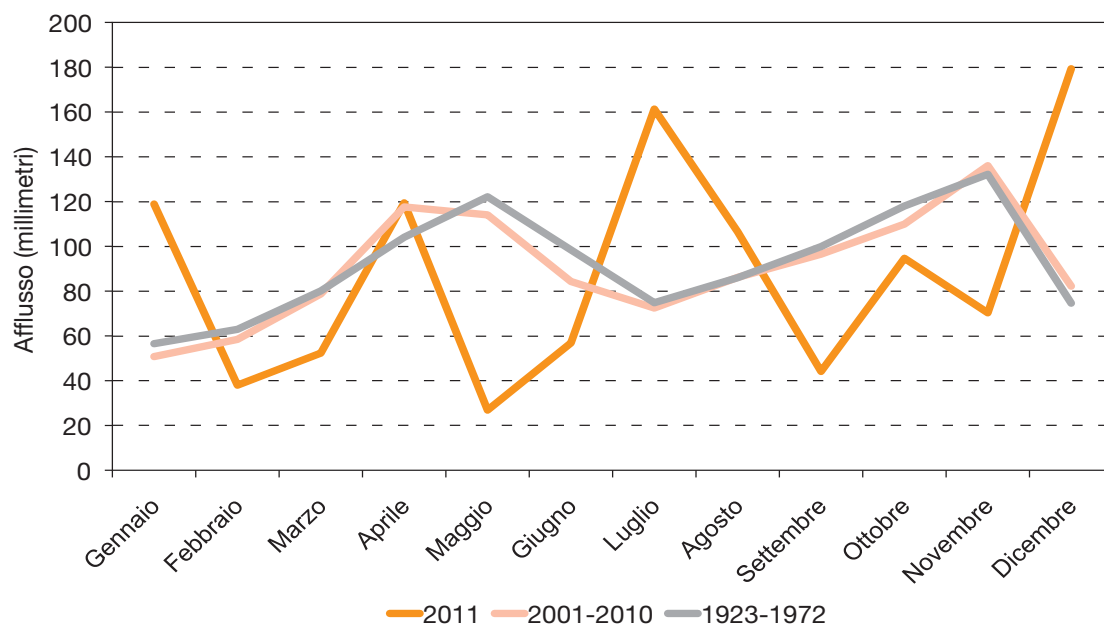


**Figura 2.28: Andamenti temporali degli afflussi mensili alla sezione idrometrica del fiume Reno a Casalecchio nell'anno 2011, nel periodo 2001-2010 e nel cinquantennio 1921-1970**

**Tabella 2.3: Andamenti temporali degli afflussi mensili alla sezione idrometrica del fiume Reno a Casalecchio nell'anno 2011, nel periodo 2001-2010 e nel cinquantennio 1921-1970**

ANNO	AFFLUSSI MENSILI in millimetri												
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Afflusso med. annuo
2011	68,3	88,4	164,0	23,1	29,8	126,9	57,3	7,5	42,6	146,8	55,5	96,2	75,5
2001-2010	109,7	99,0	104,5	105,7	92,7	61,1	45,5	67,6	111,1	140,8	193,3	171,5	108,5
1921-1970	119,3	124,4	121,2	115,2	101,7	80,4	43,0	51,7	94,1	150,8	185,1	148,7	111,3

Fonte: Arpa Emilia-Romagna



**Figura 2.29: Andamenti temporali degli afflussi mensili alla sezione idrometrica del fiume Po a Pontelagoscuro nell'anno 2011, nel periodo 2001-2010 e nel cinquantennio 1923-1972**

**Tabella 2.4: Andamenti temporali degli afflussi mensili alla sezione idrometrica del fiume Po a Pontelagoscuro nell'anno 2011, nel periodo 2001-2010 e nel cinquantennio 1923-1972**

ANNO	AFFLUSSI MENSILI in millimetri												Afflusso med. annuo
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
2011	118,9	38,0	52,3	119,4	26,9	56,9	161,3	106,5	44,1	94,7	70,3	179,3	89,0
2001-2010	50,8	58,4	78,7	117,6	114,1	84,3	72,4	86,1	96,5	109,9	136,0	82,2	90,6
1923-1972	56,5	62,9	80,1	104,1	122,1	98,4	74,8	86,0	99,9	118,0	132,2	74,6	92,5

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

## Commento

Lo studio della distribuzione della pioggia su di un'ampia regione con molte accidentalità orografiche, come è il bacino padano, conduce ad ammettere una certa variazione spazio temporale della pioggia, anche rispetto all'altitudine. È possibile rappresentare sinteticamente questa variabilità spaziale attraverso un valore di afflusso espresso come l'altezza omogenea d'acqua pari al rapporto tra il contributo meteorico in volume sull'intero bacino e la superficie dello stesso.

Per la stazione del fiume Po a Pontelagoscuro si sono considerati la serie storica di afflusso per il lungo periodo 1923-1972, che è stata pubblicata, e i dati relativi al medio periodo 2001-2010, in corso di pubblicazione, che pertanto potrebbero subire variazioni in fase di validazione finale a scala interregionale. Dalla visione dei diagrammi riassuntivi del 2011 si evidenzia come i valori di afflusso calcolati alla sezione di chiusura del fiume Po a Pontelagoscuro varino tra un minimo di 27 mm nel mese di maggio e un massimo di 179 mm nel mese di dicembre; un secondo massimo si registra nel mese di luglio, con un valore pari a 162 mm, mentre un secondo minimo si evidenzia nel mese di febbraio, con un afflusso pari a 38 mm. Sia gli afflussi elevati, di luglio e dicembre, che quelli ridotti, in maggio e settembre, risultano in controtendenza rispetto alle medie nei periodi di riferimento. Gli afflussi mensili risultano altalenanti nel corso dell'anno, sempre pressoché uguali o inferiori a quelli del lungo periodo, a eccezione dei mesi di gennaio, luglio e dicembre. Complessivamente, per la stazione in esame il valore dell'af-

flusso medio annuo risulta in linea con quello del cinquantennio.

Anche rispetto ai valori medi di afflusso del decennio 2001-2010 sono confermati i periodi di maggiore precipitazione per l'anno 2011 sopra evidenziati, a eccezione del mese di aprile.

In conclusione, gli afflussi dell'anno 2011 risultano in linea con entrambi i periodi di riferimento.

Il bacino del Reno presenta una minore estensione rispetto al bacino padano, oltre che una minore accidentalità orografica; pertanto la distribuzione degli afflussi alle scale considerate risulta più omogenea.

Per la stazione del fiume Reno a Casalecchio si sono considerate le serie storiche pubblicate di afflusso per il medio periodo 2001-2010 e per il lungo periodo 1921-1970.

Nel 2011 gli afflussi relativi a tale stazione variano tra un minimo di 7 mm nel mese di agosto e un massimo di 164 mm nel mese di marzo; un secondo massimo si registra nel mese di ottobre, con un valore pari a 147 mm; infine, un terzo estremo a giugno, con 127 mm, e un secondo e terzo minimo in aprile e maggio. La prima parte del 2011 presenta afflussi altalenanti, significativamente maggiori al medio e lungo periodo in marzo e giugno, molto inferiori in gennaio, febbraio, aprile e maggio; successivamente, gli afflussi si presentano minori o pressoché uguali rispetto a quelli del medio e lungo periodo. Complessivamente, gli afflussi dell'anno 2011 risultano inferiori rispetto ai valori di entrambi i periodi di confronto.



# Standardized Precipitation Index

## Descrizione

L'indice SPI (Standardized Precipitation Index) permette di quantificare l'anomalia della precipitazione rispetto al suo valore medio per diverse scale temporali e di caratterizzare la presenza di periodi meteorologicamente siccitosi, potenzialmente impattanti sulla disponibilità delle risorse idriche; in particolare può risultare un utile strumento di indagine per le valutazioni sul regime idrologico. L'indice SPI può inoltre essere utilizzato per lo studio dell'andamento dei periodi secchi e umidi. Per l'anno 2011 sono stati calcolati i valori dell'indice SPI per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e

24 mesi, utilizzando l'afflusso relativo al bacino sotteso dalle sezioni di chiusura dei fiumi Po, a Pontelagoscuro, e Reno, a Casalecchio Chiusa.

Di seguito viene riportata la tabella di classificazione dell'indice SPI, a seconda dello stato di disponibilità idrica; valori di  $SPI \leq -1$  corrispondono a periodi meteorologicamente siccitosi, mentre valori di  $SPI \geq 1$  individuano condizioni umide.

## Scopo

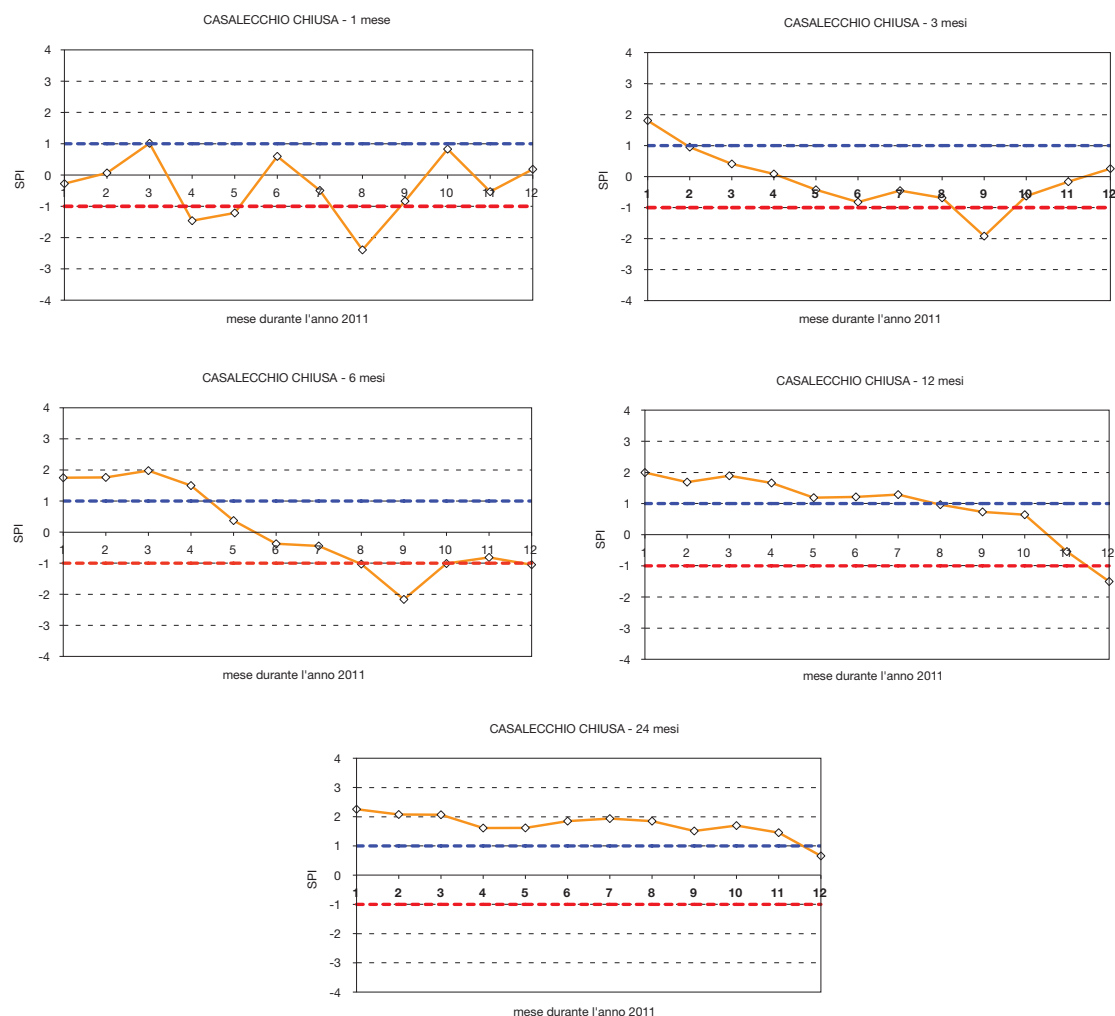
L'indice permette di quantificare l'anomalia di precipitazione rispetto al suo valore medio per diverse scale temporali, in modo da considerare gli impatti di periodi meteorologicamente siccitosi o con abbondanza d'acqua sulle differenti fonti di risorse idriche. A breve scala temporale (1-6 mesi) è l'umidità del suolo a risentire delle anomalie di precipitazione, con conseguenze immediate sul piano agricolo; al contrario, i deflussi dei fiumi e delle falde, così come il ricambio idrico degli invasi, rispondono su scale temporali più lunghe, in quanto il bacino idrologico ha una memoria lunga, che può essere quindi sollecitata da lunghi periodi di penuria o abbondanza di precipitazioni.

**Tabella di classificazione dell'indice di SPI**

SPI	Classificazione
$\geq 2,0$	Estremamente Umido
1,50 – 1,99	Molto Umido
1,0 – 1,49	Moderatamente Umido
-0,99 – 0,99	Normale
-1,0 – (-1,49)	Moderatamente Secco
-1,50 – (-1,99)	Molto Secco
$\leq -2,0$	Estremamente Secco

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Standardized Precipitation Index (SPI)	<b>DPSIR</b>	S
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Adimensionale	<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Bacino idrografico	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Mensile	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Acqua, Suolo
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Inverso della normale standard applicato alla distribuzione di probabilità cumulata dell'afflusso medio su n mesi (n vale 1, 3, 6, 12, 24 mesi in genere)		



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

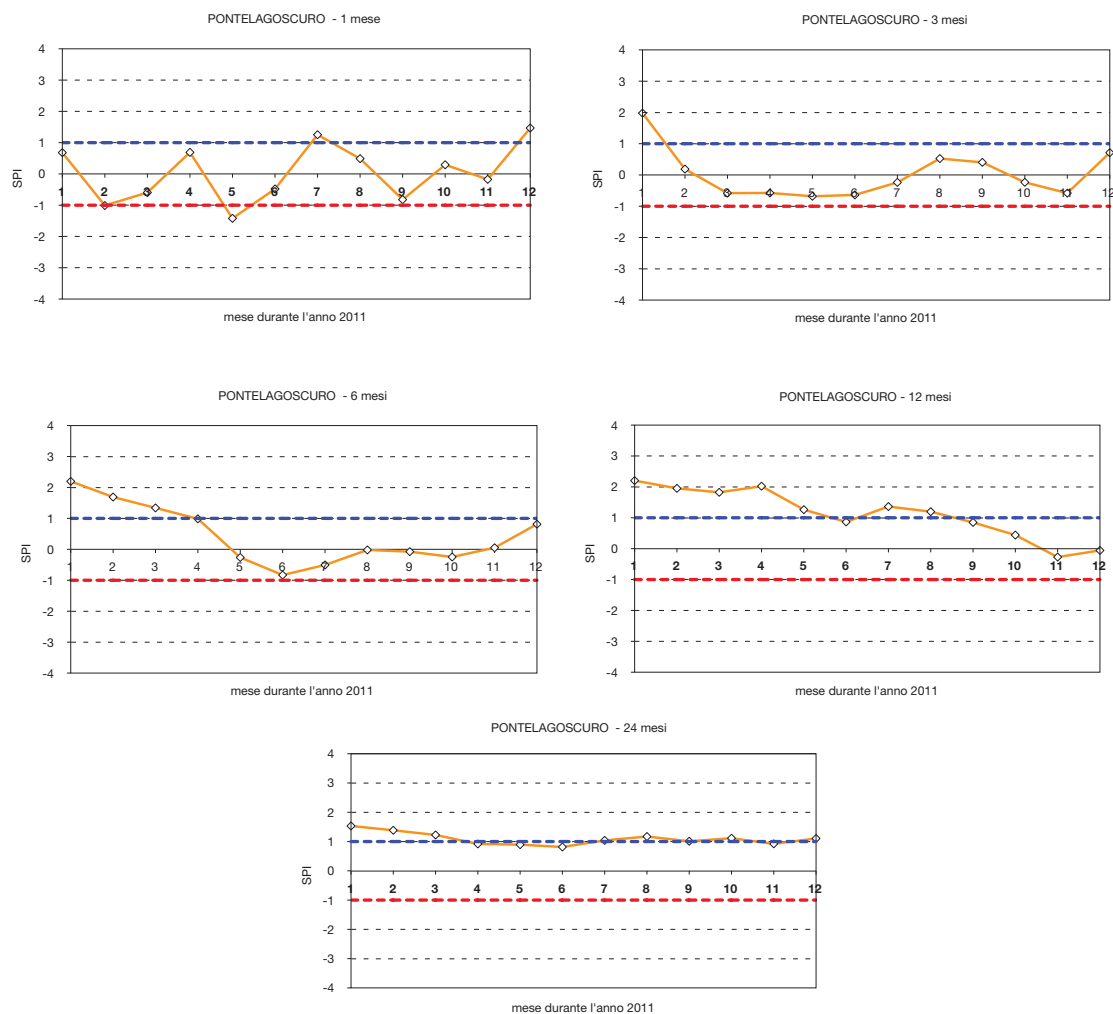
**Figura 2.30: Andamento dell'indice SPI calcolato, per ciascun mese dell'anno 2011, per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi precedenti, relativamente alla stazione del fiume Reno a Casalecchio Chiusa**

Nota: in rosso è evidenziato il valore di SPI che individua condizioni di siccità, mentre in blu vengono segnalate le condizioni umide

**Tabella 2.5: Valori dell'indice SPI calcolato, per ciascun mese dell'anno 2011, per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi precedenti, relativamente alla stazione del fiume Reno a Casalecchio Chiusa**

data	1 mese	3 mesi	6 mesi	12 mesi	24 mesi
01-01-2011	-0,3	1,8	1,8	2,0	2,3
01-02-2011	0,1	1,0	1,8	1,7	2,1
01-03-2011	1,0	0,4	2,0	1,9	2,1
01-04-2011	-1,5	0,1	1,5	1,7	1,6
01-05-2011	-1,2	-0,4	0,4	1,2	1,6
01-06-2011	0,6	-0,8	-0,4	1,2	1,8
01-07-2011	-0,5	-0,5	-0,4	1,3	1,9
01-08-2011	-2,4	-0,7	-1,0	1,0	1,8
01-09-2011	-0,8	-1,9	-2,2	0,7	1,5
01-10-2011	0,8	-0,6	-1,0	0,6	1,7
01-11-2011	-0,5	-0,2	-0,8	-0,5	1,5
01-12-2011	0,2	0,3	-1,1	-1,5	0,7

Fonte: Arpa Emilia-Romagna



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.31: Andamento dell'indice SPI calcolato, per ciascun mese dell'anno 2011, per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi precedenti, relativamente alla stazione del fiume Po a Pontelagoscuro**

Nota: in rosso è evidenziato il valore di SPI che individua condizioni di siccità, mentre in blu vengono segnalate le condizioni umide

**Tabella 2.6: Valori dell'indice SPI calcolato, per ciascun mese dell'anno 2011, per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi precedenti, relativamente alla stazione del fiume Po a Pontelagoscuro**

data	1 mese	3 mesi	6 mesi	12 mesi	24 mesi
01-01-2011	0,7	2,0	2,2	2,2	1,5
01-02-2011	-1,0	0,2	1,7	2,0	1,4
01-03-2011	-0,6	-0,6	1,3	1,8	1,2
01-04-2011	0,7	-0,6	1,0	2,0	0,9
01-05-2011	-1,4	-0,7	-0,3	1,3	0,9
01-06-2011	-0,5	-0,6	-0,8	0,9	0,8
01-07-2011	1,3	-0,2	-0,5	1,4	1,0
01-08-2011	0,5	0,5	0,0	1,2	1,2
01-09-2011	-0,8	0,4	-0,1	0,8	1,0
01-10-2011	0,3	-0,2	-0,2	0,4	1,1
01-11-2011	-0,2	-0,6	0,1	-0,3	0,9
01-12-2011	1,5	0,7	0,8	-0,1	1,1

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

I valori di afflusso mensile vengono mediati sulle durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi e a tali valori medi sono associati i corrispondenti indici SPI. Ad esempio, il valore di SPI relativo al mese di maggio, per la durata di 3 mesi, si riferisce all'afflusso mensile mediato sui tre mesi: marzo, aprile, maggio. La finestra temporale è mobile sull'anno e i grafici sopra riportati evidenziano l'evoluzione temporale.

L'analisi dei diagrammi di SPI consente di verificare la disponibilità idrica meteorica, al variare della durata di aggregazione.

Alla sezione di chiusura del Po a Pontelagoscuro<sup>1</sup>, data la notevole estensione, la complessa configurazione fisica del bacino padano e le associate condizioni meteorologiche, il dato di afflusso utilizzato per la costruzione dell'indice SPI racchiude i contributi di differenti campi mensili caratterizzati da notevole variabilità spazio-temporale.

Nel complesso l'anno 2011 è caratterizzato da una condizione normale, come indicato dall'indice SPI di dicembre nel grafico a 12 mesi di aggregazione. Dal grafico a 3 mesi risulta normale anche la disponibilità idrica in tutte le stagioni. Estendendo l'analisi ai 6 mesi, il primo e il secondo semestre risultano ancora in condizioni normali. Il mese di maggio si presenta moderatamente secco, i mesi di luglio e dicembre rispettivamente moderatamente umido e molto umido, come si evince dal grafico a 1 mese. Tali condizioni vengono mediate quando si effettua un'aggregazione su più mesi. Infine, dall'analisi del grafico a 24 mesi, si desume che il biennio 2010-2011 è caratterizzato da una condizione moderatamente umida in termini di disponibilità idrica.

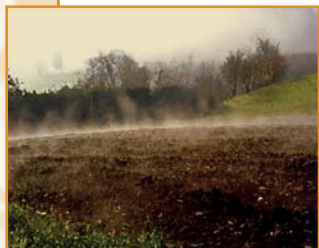
Il bacino del Reno presenta una minore estensione rispetto al bacino padano e una minore accidentalità orografica; pertanto, la distribuzione degli afflussi alle scale temporali considerate risulta più omogenea.

Per quanto riguarda il bacino del fiume Reno chiuso alla sezione di Casalecchio Chiusa, nel complesso l'anno 2011 è caratterizzato da una condizione molto secca, come indicato dall'indice SPI di dicembre nel grafico a 12 mesi di aggregazione. Dal grafico a 3 mesi le stagioni primaverile, autunnale e invernale risultano normali, mentre l'estate risulta molto secca. Estendendo l'analisi ai 6 mesi, il primo semestre rientra in condizioni normali, il secondo in quelle moderatamente secche.

I singoli mesi si presentano tutti in condizioni normali, a eccezione di aprile, maggio e agosto, rispettivamente in condizioni molto secche, moderatamente secche ed estremamente secche, come si evince dal grafico a 1 mese. Tali condizioni vengono bilanciate dai restanti mesi che costituiscono la stagione. Infine, dall'analisi del grafico a 24 mesi si desume che il biennio 2010-2011 è caratterizzato da una condizione normale in termini di disponibilità idrica.

Nota:

<sup>1</sup> Per quanto riguarda la validazione dei dati necessari per il calcolo dell'indice SPI, si sottolinea che le precipitazioni osservate relative all'anno 2011 sono in corso di pubblicazione e, pertanto, potrebbero subire variazioni in fase di validazione finale, a scala interregionale, se si considera la stazione del Po a Pontelagoscuro



# Bilancio Idro-Climatico

## Descrizione

Il Bilancio Idro-Climatico (BIC) rappresenta la differenza tra le precipitazioni e l'evapotraspirazione potenziale (ETP). Il BIC è un primo indice per la valutazione del contenuto idrico dei suoli e di conseguenza delle disponibilità idriche dell'area oggetto dell'indagine. Nelle carte del bilancio idro-climatico i valori positivi indicano condizioni di surplus idrico, mentre quelli negativi rappresentano condizioni di deficit idrico.

## Scopo

In considerazione dell'aumento, verificatosi nell'ultimo decennio, di situazioni di siccità, scopo dell'indicatore è mettere in evidenza i principali fattori responsabili di tali eventi e caratterizzare, sotto questo aspetto, le diverse aree della regione.

## Metadati

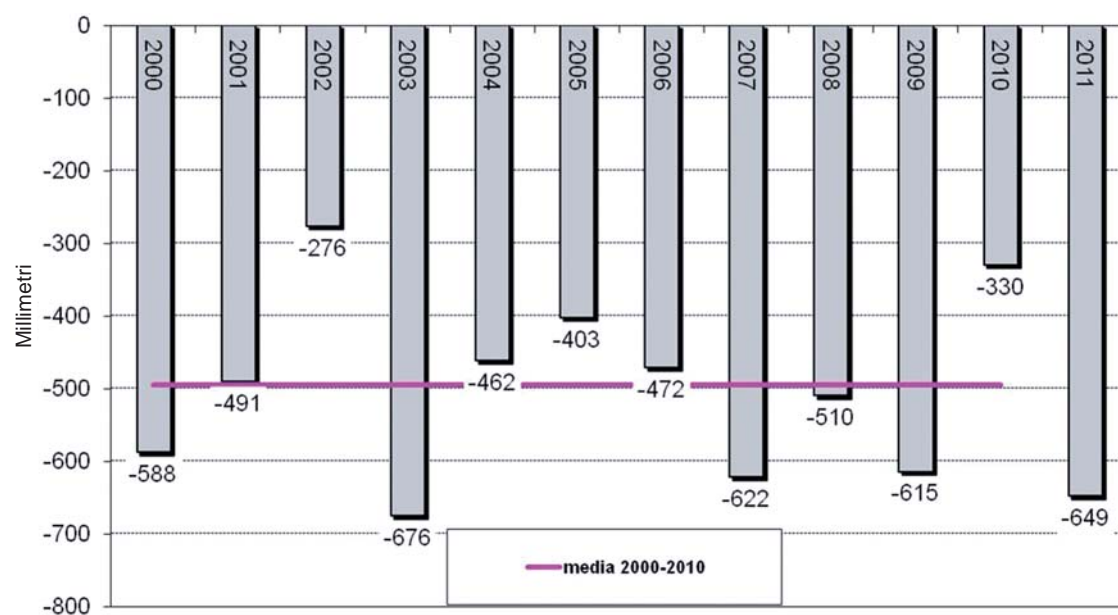
<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	<i>Bilancio Idro-Climatico (BIC)</i> <b>DPSIR</b> <i>I</i>		
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	<i>Millimetri</i>	<b>FONTE</b>	<i>Arpa Emilia-Romagna</i>
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	<i>Regione</i>	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	<i>2000-2011</i>
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	<i>Giornaliero</i>	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	

## RIFERIMENTI NORMATIVI

## METODI DI ELABORAZIONE DATI

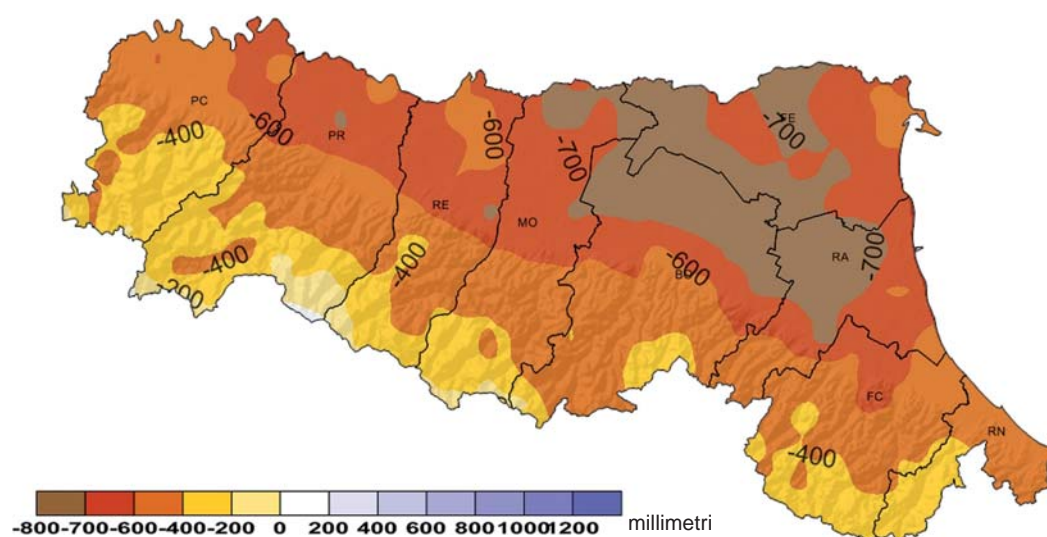
Il Bilancio Idro-Climatico (BIC) rappresenta la differenza tra le precipitazioni e l'evapotraspirazione potenziale. L'evapotraspirazione è l'effetto cumulato dell'evaporazione dalla superficie del terreno e della traspirazione dell'acqua dalle piante. In condizioni di disponibilità idrica non limitante, l'evapotraspirazione da un terreno ricoperto di vegetazione bassa, omogenea, in buono stato vegetativo ed esente da infezioni e malattie è determinata solo dalle condizioni meteorologiche; in queste condizioni standard l'evapotraspirazione prende il nome di evapotraspirazione potenziale (ETP). L'evapotraspirazione potenziale (ETP), che quindi stima la quantità di acqua disperdibile in atmosfera, è calcolata con il metodo di Hargreaves e necessita dei soli dati di Temperatura massima e minima giornaliere. Benchè sia possibile il calcolo giornaliero, il BIC assume significatività solo su periodi più lunghi, almeno settimanali.





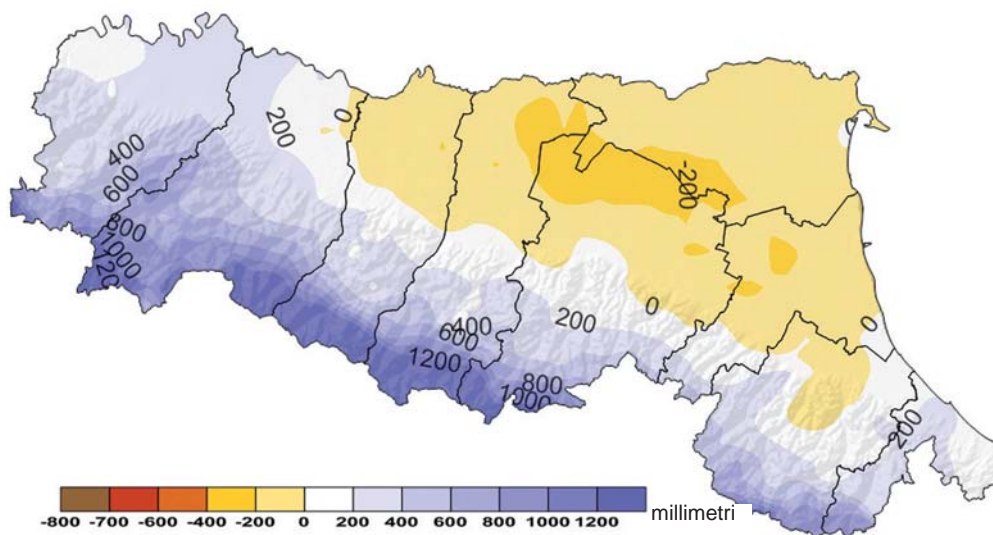
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.32: Bilancio Idro-Climatico, valore cumulato medio (aprile-settembre) dal 2000 al 2011**



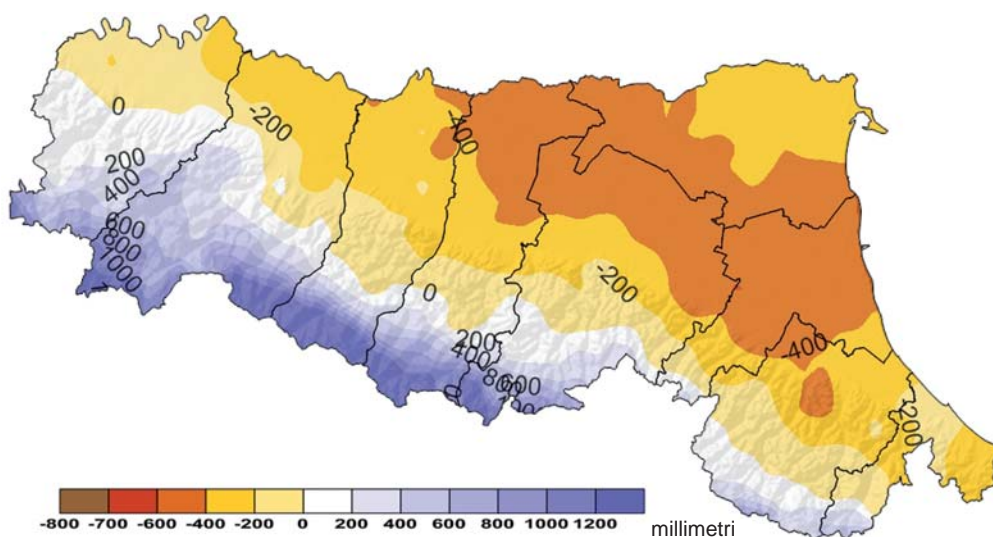
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.33: Bilancio Idro-Climatico, distribuzione territoriale dei valori (2011)**



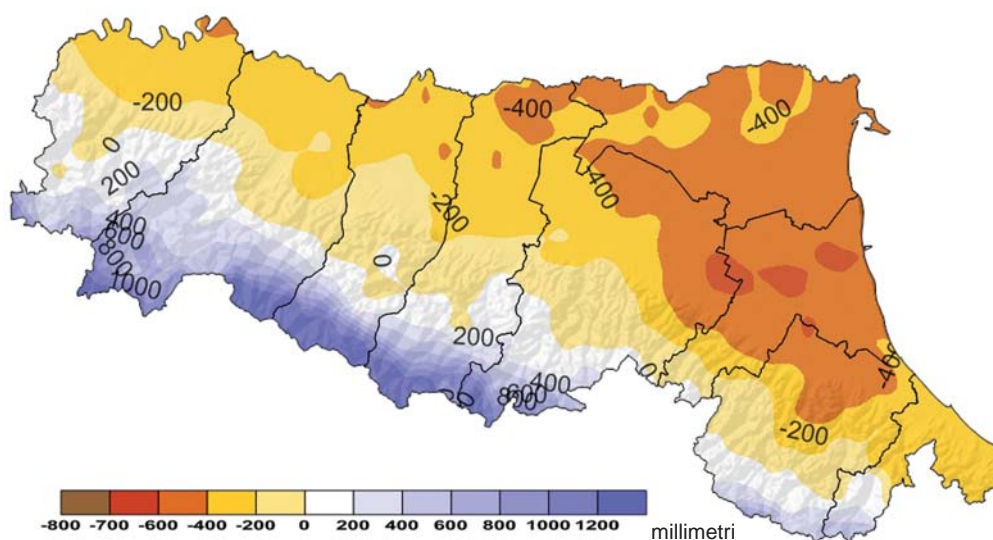
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.34: Bilancio Idro-Climatico, distribuzione territoriale dei valori (2010)**



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.35: Bilancio Idro-Climatico, distribuzione territoriale dei valori (2009)**



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.36: Bilancio Idro-Climatico, distribuzione territoriale dei valori (2008)**

La figura 2.32 mostra l'andamento del Bilancio Idro-Climatico di aprile-settembre, calcolato come media dei valori di dieci stazioni di pianura, dal 2000 al 2011. Il periodo selezionato ha come fine l'individuazione di intensi fenomeni siccitosi, che si sviluppano climaticamente nei mesi centrali dell'anno e che potrebbero essere mascherati a livello annuale da elevate piogge nei periodi autunnali e invernali. Il deficit calcolato nel 2011 si posiziona tra i valori più elevati della serie esaminata, inferiore solo a quello elevatissimo calcolato durante l'eccezionale siccità del 2003.

Le figure 2.33, 2.34, 2.35, 2.36 mostrano le mappe della distribuzione dei valori annuali dell'indice dal 2011 indietro negli anni, sino al 2008.

Oltre alla variazione annuale nei valori dovuta allo specifico andamento termo-pluviometrico è importante notare la distribuzione di valori sul territorio: in tutti i casi i deficit maggiori si individuano nella pianura centro-orientale, spesso con baricentro nella bassa pianura bolognese.

Le aree in cui il bilancio è in pareggio, in cui cioè le precipitazioni compensano esattamente le potenziali perdite per evapotraspirazione (ETP), risultano normalmente posizionate sui rilievi e a quote più elevate nelle annate più siccitose; l'annata 2011 fa eccezione in quanto prevalgono ovunque condizioni di deficit e il pareggio di bilancio non è raggiunto, se non localmente nelle aree occidentali, neppure sul crinale appenninico.



IMPATTO

# Indice di disagio bioclimatico

## Descrizione

Il disagio bioclimatico, definito mediante l'indice di Thom, descrive situazioni di caldo umido tali da determinare disagio fisiologico e condizioni di stress per le persone. L'indice di Thom considera due soglie prefissate: valori dell'indice superiori a 24 indicano l'inizio di condizioni di malessere, mentre valori superiori a 28 indicano la presenza di spiccato disagio. Il dettaglio dei valori sul territorio regionale è dipendente dalla distribuzione dei dati meteo che definiscono l'indicatore (temperatura e umidità).

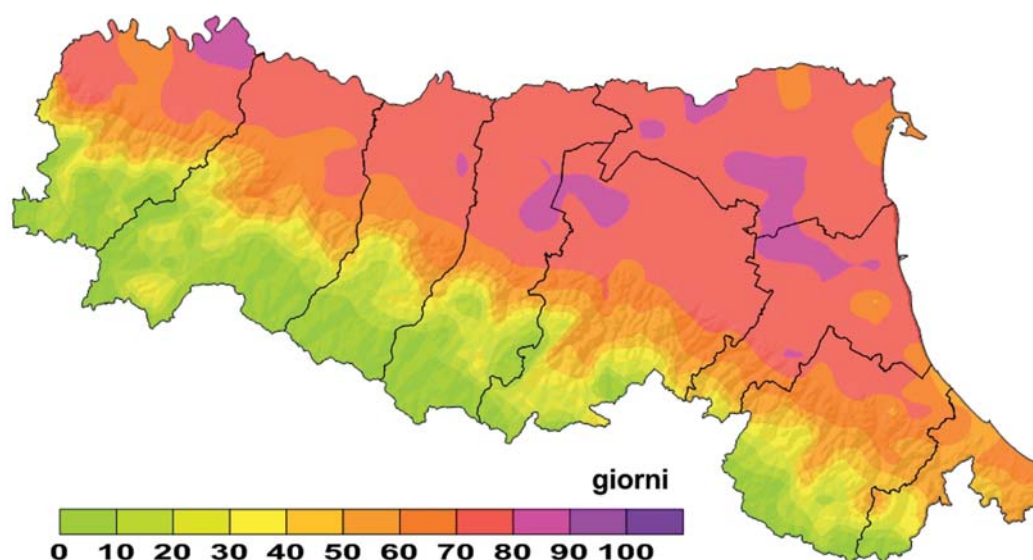
## Scopo

In considerazione dell'aumento delle temperature, al quale stiamo assistendo negli ultimi anni, scopo dell'indicatore è mettere in evidenza condizioni meteorologiche critiche tali da determinare disagio fisiologico per l'uomo.

## Metadati

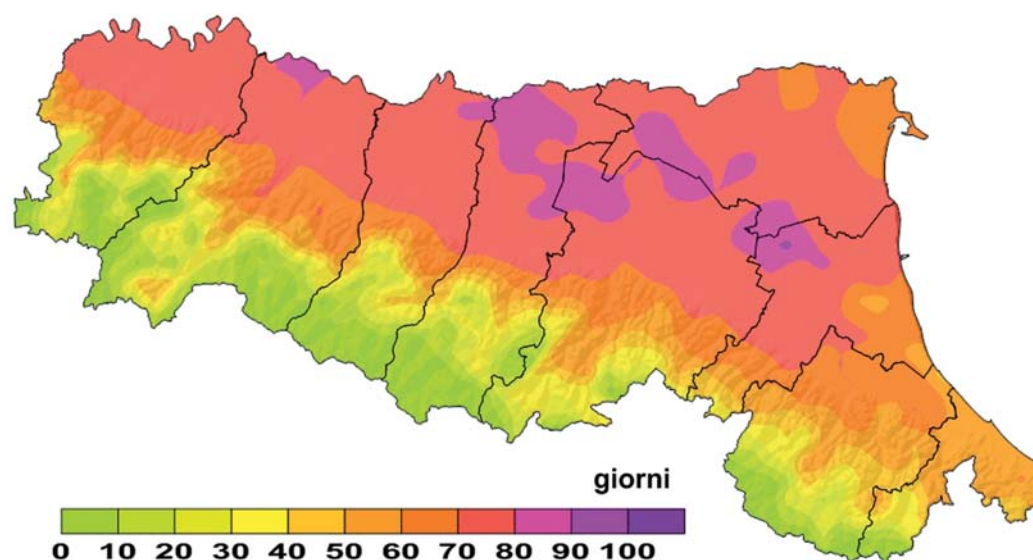
<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Indice di disagio bioclimatico (Thom)	<b>DPSIR</b>	I
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Adimensionale	<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Regione	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2002-2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Giornaliero	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	<p>L'indice di Thom considera due soglie prefissate: situazioni meteorologiche che determinano l'inizio del disagio (superamento della soglia di 24 dell'indice) e situazioni di spiccato disagio (valori dell'indice superiori a 28). La metodologia originale prevede il calcolo del valore orario dell'indice e l'analisi delle ore di superamento delle soglie critiche. Per mettere in evidenza la variazione delle situazioni di disagio all'interno del territorio, si è data preferenza all'impiego di informazioni di sintesi basate sulla definizione di giorno con assenza di disagio, oppure con presenza di moderato o elevato disagio bioclimatico. A tal fine è stata apportata una modifica alla procedura originale, utilizzando per il calcolo il valore massimo giornaliero di temperatura e l'umidità minima giornaliera, valori di norma coincidenti nel corso della giornata e corrispondenti alle ore del giorno a rischio maggiore. L'indice così ottenuto è stato utilizzato per caratterizzare le diverse giornate, in base al superamento o meno dei valori soglia, senza analizzare la durata dei periodi critici all'interno del giorno (numero di ore giornaliere). In questo modo è possibile osservare in modo sintetico la variabilità temporale del disagio nei diversi punti del territorio mediante grafici, oppure analizzarne la variabilità spaziale dei valori cumulati nel tempo mediante la realizzazione di mappe</p>		





Fonte: Arpa Emilia-Romagna

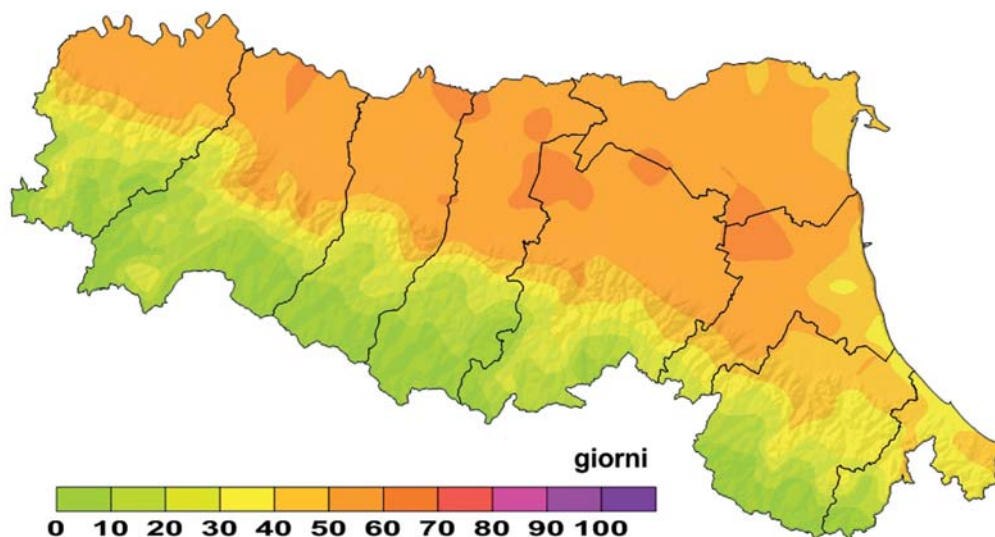
Figura 2.37: Indice di Thom, numero di giorni superiori alla soglia 24 dal 01/04/2008 al 30/09/2008



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

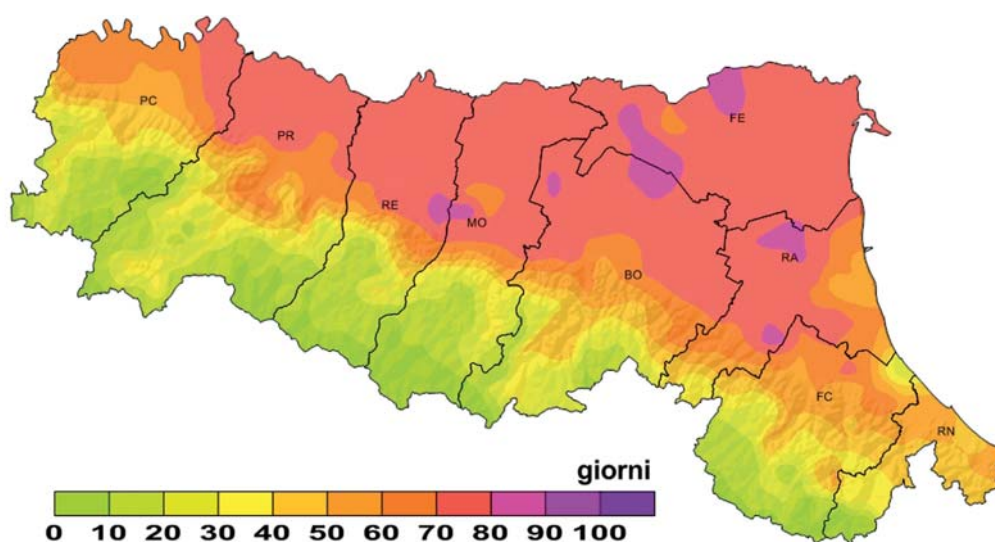
Figura 2.38: Indice di Thom, numero di giorni superiori alla soglia 24 dal 01/04/2009 al 30/09/2009





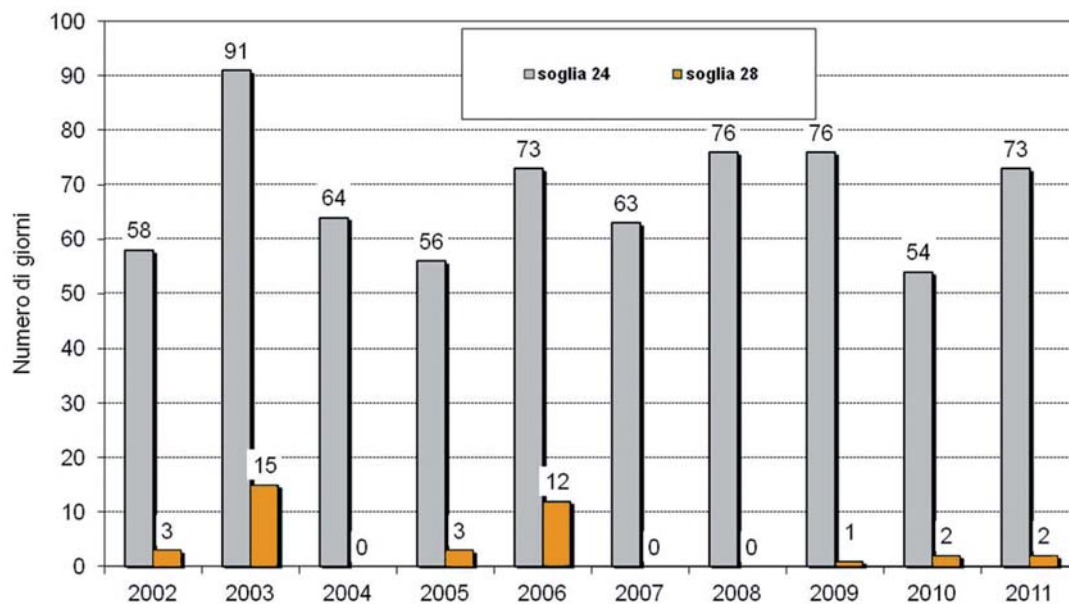
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 2.39: Indice di Thom, numero di giorni superiori alla soglia 24 dal 01/04/2010 al 30/09/2010



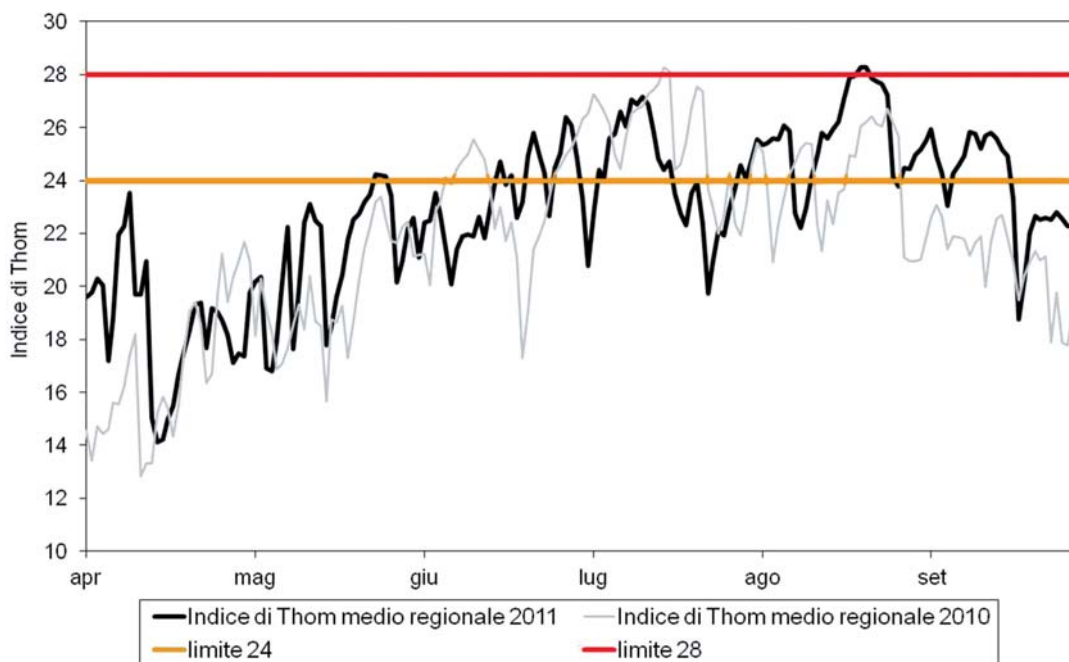
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 2.40: Indice di Thom, numero di giorni superiori alla soglia 24 dal 01/04/2011 al 30/09/2011



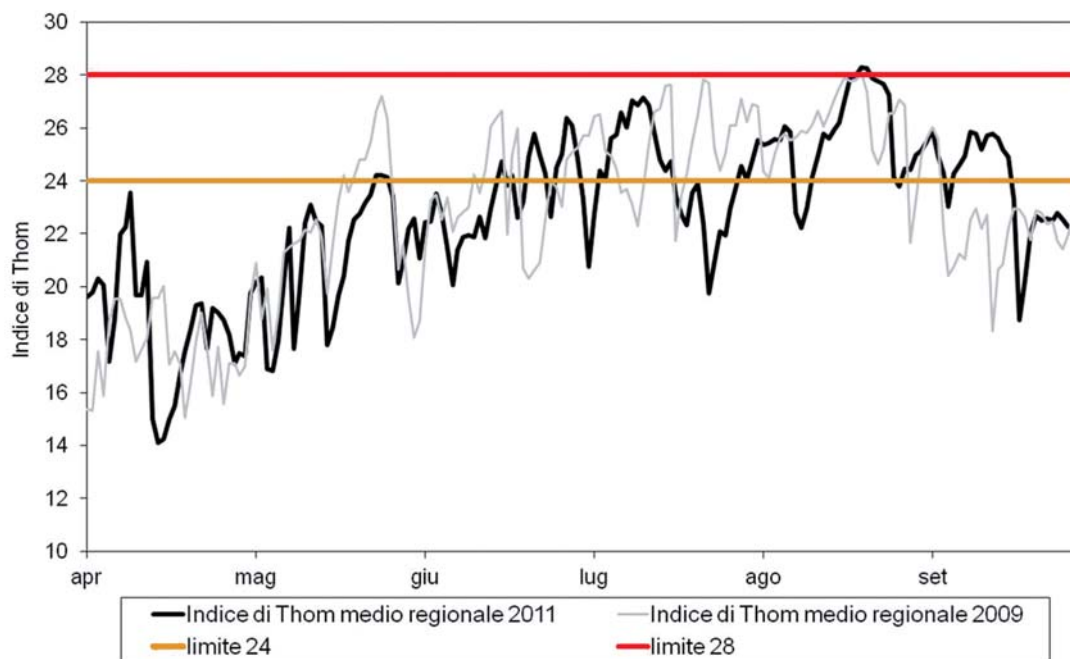
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.41: Indice di Thom, media regionale del numero di giorni superiori alla soglia 24 e 28 dal 2002 al 2011**



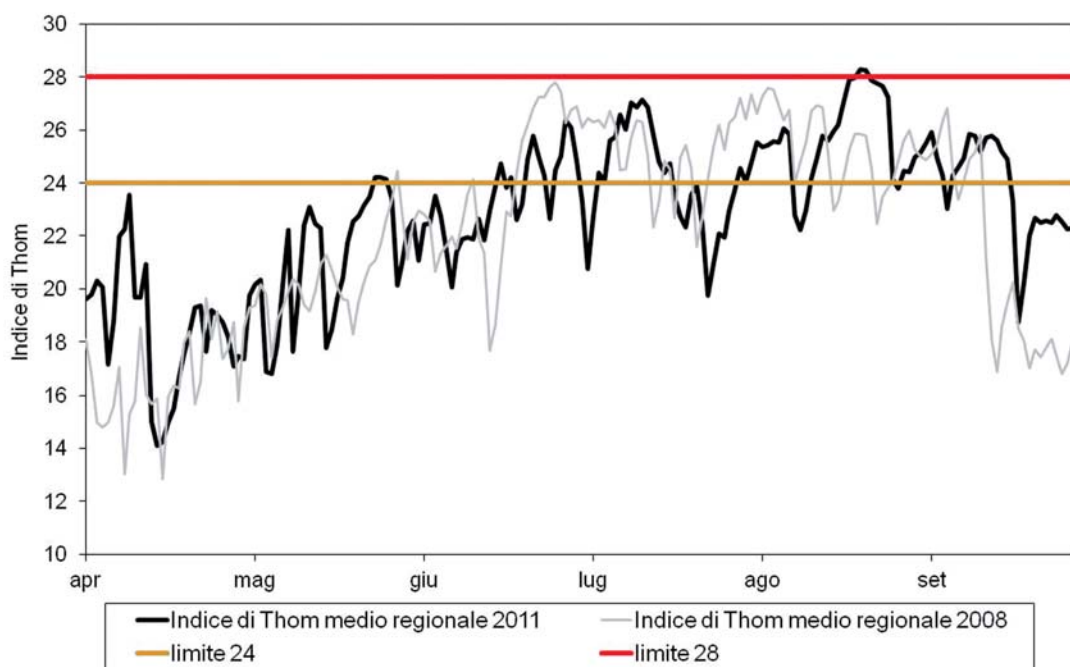
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.42: Indice di Thom medio regionale, confronto anni 2011 e 2010**



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.43: Indice di Thom medio regionale, confronto anni 2011 e 2009**



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.44: Indice di Thom medio regionale, confronto anni 2011 e 2008**

Le figure 2.37, 2.38, 2.39, 2.40 mostrano le mappe della distribuzione dei numeri di giorni con indice superiore a 24 dal 2008 al 2011. Il grafico della figura 2.41 mette a confronto, per gli anni dal 2002 al 2011, i giorni di superamento delle soglie 24 e 28 calcolate sui dati di un campione di stazioni meteorologiche rappresentative di pianura; nei grafici delle figure 2.42, 2.43 e 2.44 è possibile confrontare l'andamento dell'indice medio regionale del 2011 con l'andamento delle tre annate precedenti, rispettivamente dal 2010 al 2008.

Il grafico di fig. 2.41, prodotto in base ai dati delle stazioni meteorologiche prese a riferimento, evidenzia le caratteristiche dell'annata 2011 in confronto alle 9 precedenti. Con 73 giorni oltre la soglia 24, l'annata si pone lievemente al di sopra della media dei 9 anni precedenti, (valore calcolato in circa 68 giorni), superiore al 2002, 2004, 2005, 2007 e 2010, inferiore al 2003, 2008 e 2009 e simile al 2006. Considerando invece l'intensità dei fenomeni sotto l'aspetto qualitativo, quindi il superamento soglia 28 (spiccato disagio), l'anno considerato scende nella graduatoria e, con soli 2 giorni oltre soglia, si pone al di sotto della media degli ultimi 9 anni (valore calcolato in circa 4 giorni). In conclusione, considerando i 9 anni precedenti, il 2011 può essere senz'altro definito,

dal punto di vista del disagio fisiologico da caldo e umidità, un'annata normale. Dall'osservazione delle mappe relative alla distribuzione dei giorni di disagio negli ultimi quattro anni (figure 2.37, 2.38, 2.39, 2.40), si osserva come siano sempre le aree interne di pianura a essere le più interessate da eventi di disagio fisiologico. Nella pianura interna il numero totale dei giorni caratterizzati da condizioni iniziali di disagio (figura 2.40) è risalito, dopo il calo del 2010 (figura 2.39), sui valori degli anni precedenti, generalmente compresi tra 70 e 80.

I grafici delle figure 2.42, 2.43, 2.44 mostrano l'andamento temporale dell'indice giornaliero del 2011 rispetto alle tre annate precedenti. I valori giornalieri derivano dalla media di 9 stazioni rappresentative di pianura. Dal confronto emerge, nel 2011, la scarsa presenza di eventi precoci in maggio, come accaduto nel 2009; di contro si nota il prolungarsi delle condizioni di disagio fisiologico avanti nella stagione, sino alla metà di settembre, mese normalmente escluso da simili eventi. Considerando la soglia 28, si osserva che nel 2011 gli eventi più intensi di disagio fisiologico si sono verificati nel mese di agosto, come nel 2009. Nel 2010 le condizioni di spiccato disagio si osservarono, invece, durante il mese di luglio.





# Portate medie mensili dei fiumi Po e Reno

## Descrizione

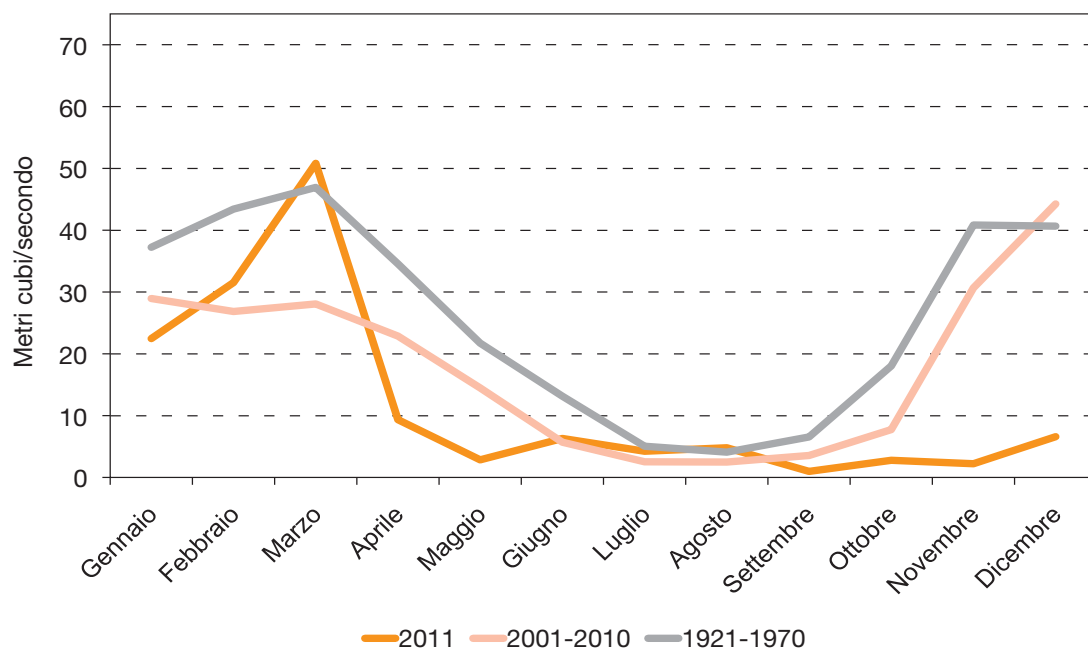
Per l'anno 2011, il periodo 2001-2010 e il cinquantennio 1921-1970 sono stati mediati i valori di portata mensile e annuale dei fiumi Po, a Pontelagoscuro, e Reno, a Casalecchio. La portata media dei fiumi, relativa a un lungo periodo di osservazione, è un indice della loro ricchezza d'acqua e la conoscenza di tale statistica è utile anche per lo studio dei fattori che intervengono a modificare l'andamento delle portate da un periodo all'altro, tra cui il cambiamento climatico antropogenico.

## Scopo

Poiché l'estesa effemeride di portata permette di offrire, in un quadro sintetico, le disponibilità idriche dei fiumi Po e Reno, la scelta di tre distinti periodi viene utilizzata, oltre che per individuare gli intervalli temporali con portate più o meno abbondanti, anche per verificare le tendenze sul medio e lungo periodo. Queste ultime possono evidenziare una varianza ciclica e periodica, con un andamento talvolta sinusoidale, o una vera e propria tendenza a un mutamento idrologico costante nel tempo o, infine, un apprezzabile gradino di discontinuità.

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Portate medie mensili dei fiumi Po e Reno	<b>DPSIR</b>	I
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Metri cubi/secondo	<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Bacino idrografico	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Acqua
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Medie delle portate annuali e mensili per gli intervalli temporali considerati		



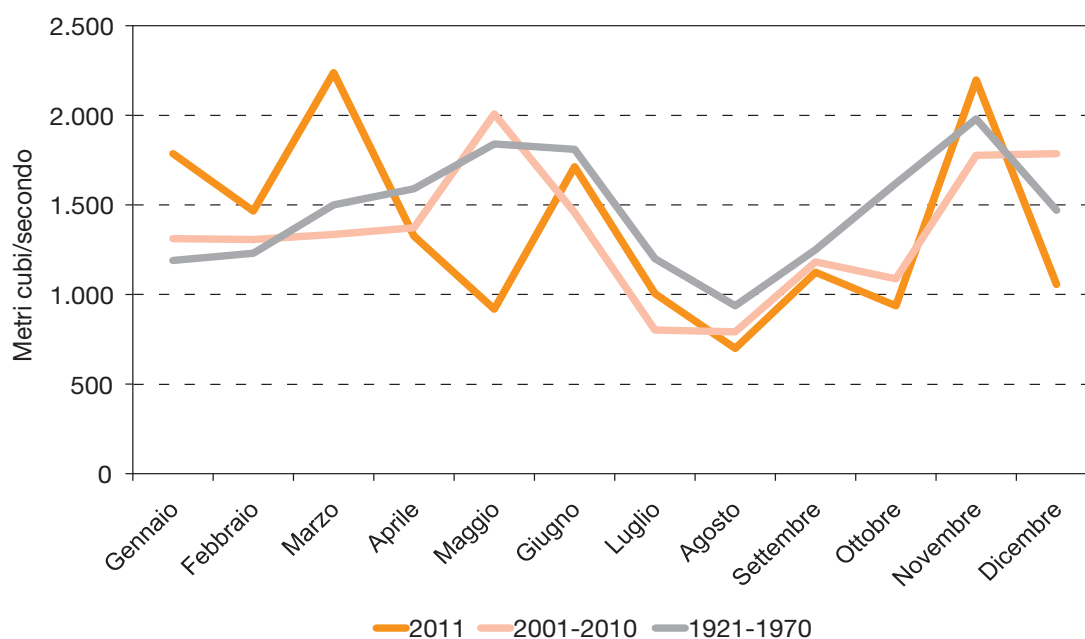
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.45: Andamenti temporali delle portate medie mensili alla sezione idrometrica del fiume Reno a Casalecchio nell'anno 2011, nel periodo 2001-2010 e nel cinquantennio 1921-1970**

**Tabella 2.7: Andamenti temporali delle portate medie mensili alla sezione idrometrica del Reno a Casalecchio nell'anno 2011, nel periodo 2001-2010 e nel cinquantennio 1921-1970**

ANNO	PORTATE MEDIE MENSILI (metri cubi/secondo)												
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Q med. annua
2011	22,5	31,5	50,8	9,3	2,8	6,3	4,2	4,8	1,0	2,8	2,2	6,6	12,1
2001-2010	29,0	26,9	28,1	22,9	14,5	5,7	2,5	2,5	3,6	7,7	30,7	44,3	18,2
1921-1970	37,2	43,4	46,9	34,6	21,7	13,1	5,0	4,1	6,5	18,0	40,8	40,7	25,9

Fonte: Arpa Emilia-Romagna



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.46: Andamenti temporali delle portate medie mensili alla sezione idrometrica del fiume Po a Pontelagoscuro nell'anno 2011, nel periodo 2001-2010 e nel cinquantennio 1921-1970**

**Tabella 2.8: Andamenti temporali delle portate medie mensili alla sezione idrometrica del Po a Pontelagoscuro nell'anno 2011, nel periodo 2001-2010 e nel cinquantennio 1921-1970**

ANNO	PORTATE MEDIE MENSILI (metri cubi/secondo)												
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Q med. annua
2011	1.786	1.466	2.238	1.326	918	1.713	1.005	699	1.124	937	2.197	1.056	1.372
2001-2010	1.312	1.307	1.335	1.372	2.008	1.457	802	792	1.182	1.087	1.777	1.786	1.351
1921-1970	1.190	1.230	1.500	1.590	1.840	1.810	1.200	937	1.250	1.620	1.980	1.470	1.468

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

## Commento

La complessa configurazione idrografica e orografica del bacino padano, composto da corsi d'acqua alpini e collinari (Piemonte), alpini regimati da laghi (Lombardia) e appenninici (Emilia), con regimi idrologici abbastanza differenziati, comporta, durante gli eventi di pioggia, una certa varietà di situazioni nel decorso delle portate lungo il Po, connessa alla diversa distribuzione spazio-temporale dei deflussi provenienti dai tributari. Tuttavia, nonostante contributi così diversi da parte degli affluenti, l'andamento delle portate medie mensili del Po a Pontelagoscuro è caratterizzato da due massimi, rispettivamente in autunno e in primavera, e da due minimi, rispettivamente in inverno e in estate.

Dalla visione dei diagrammi riassuntivi si evidenzia, contrariamente al 2010, come le portate del fiume Po a Pontelagoscuro, a eccezione del trimestre gennaio-marzo e del mese di novembre, nel corso dell'anno 2011 risultino inferiori, o pressoché uguali, sia ai valori del cinquantennio, sia a quelli del decennio. In particolare, si evidenzia come i mesi di portate maggiori siano marzo e novembre, con valori rispettivamente pari a circa 2.250 m<sup>3</sup>/s e 2.200 m<sup>3</sup>/s. I valori di portata minimi vengono raggiunti, invece, nei mesi di maggio e agosto, rispettivamente pari a circa 920

m<sup>3</sup>/s e 700 m<sup>3</sup>/s. Da notare nel mese di maggio la portata, pari a circa 920 m<sup>3</sup>/s, più bassa e in controtendenza rispetto ai periodi di riferimento. Sia i massimi che i minimi non presentano, comunque, caratteri di eccezionalità. Nel complesso il 2011 può considerarsi un anno con caratteristiche idrologiche quantitativamente in linea con quelle del medio periodo e inferiori a quelle del lungo periodo; ciò è in controtendenza con gli anni 2009 e 2010, che nel complesso hanno presentato deflussi maggiori dei periodi di riferimento.

Per quanto riguarda il fiume Reno a Casalecchio, dopo due anni consecutivi di deflusso abbondante, superiore alla media di lungo periodo, si registra nel 2011 un anno con scarsi contributi. Dall'andamento delle portate medie mensili del 2011 si evidenzia un solo massimo primaverile e l'assenza dell'apporto autunnale e invernale, con valori medi mensili decisamente al disotto della media. Il volume annuo defluito risulta tra i più bassi della serie, dopo i valori minimi registrati nel 2006 e 2007. L'escursione massima della portata media mensile va da 50,8 m<sup>3</sup>/s a 0,9 m<sup>3</sup>/s, con valore medio annuo di 12,0 m<sup>3</sup>/s, inferiore del 34% rispetto alla media del decennio e del 54% rispetto alla media del cinquantennio.



# Standardized Flow Index

## Descrizione

Per l'anno 2011 sono stati calcolati i valori dell'indice SFI (Standardized Flow Index) per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi, utilizzando le portate medie mensili osservate alle sezioni di chiusura dei fiumi Po, a Pontelagoscuro, e Reno, a Casalecchio Chiusa. L'indice SFI permette di quantificare la disponibilità idrica di un corso d'acqua per diverse scale temporali e di caratterizzare la presenza di periodi idrologicamente siccitosi o con abbondanza di acqua. Fornisce, infine, ulteriori e utili informazioni per lo studio del regime idrologico.

## Scopo

L'indice consente di quantificare l'anomalia della portata di un corso d'acqua rispetto al suo valore medio, per scale temporali di aggregazione di 1, 3, 6, 12 e 24 mesi.

L'indice SFI può essere confrontato con l'indice SPI, qualora sia possibile ragguagliare l'SPI alla scala del bacino per il quale è stato calcolato l'SFI. Da tale confronto possono emergere condizioni di disponibilità idrica differenti a seconda che si considerino le piogge o le portate. Ad esempio, può accadere che l'SPI mostri una situazione di carenza idrica, mentre l'indice SFI non la segnali, grazie alla condizione di ricarica dei fiumi da parte della falda; d'altro canto, una condizione segnalata critica dall'SFI può non esserlo dal punto di vista dell'SPI, dal momento che la scarsità idrica nei fiumi può essere imputabile più al prelievo irriguo che alla scarsità di precipitazioni.

Di seguito viene riportata la tabella di classificazione dell'indice SFI, a seconda dello stato di disponibilità idrica; valori di  $SFI \leq -1$  corrispondono a periodi di siccità, mentre valori di  $SFI \geq 1$  individuano periodi umidi.

**Tabella di classificazione dell'indice di SFI**

SFI	Classificazione
$\geq 2,0$	Estremamente Umido
1,50 – 1,99	Molto Umido
1,0 – 1,49	Moderatamente Umido
-0,99 – 0,99	Normale
-1,0 – (-1,49)	Moderatamente Secco
-1,50 – (-1,99)	Molto Secco
$\leq -2,0$	Estremamente Secco

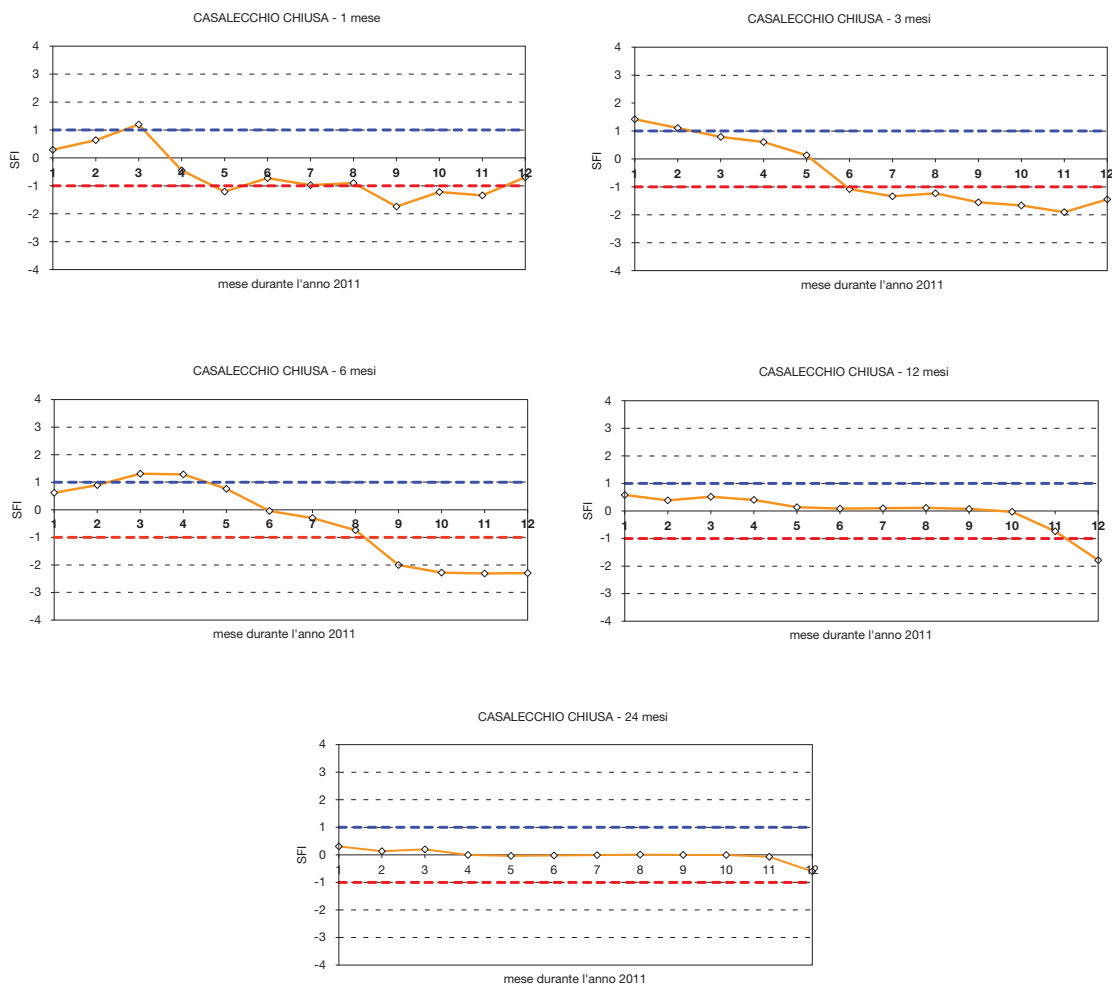
L'analisi dei diagrammi di SFI consente di verificare lo stato idrologico delle sezioni fluviali, al variare della durata di aggregazione.



## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Standardized Flow Index (SFI)	<b>DPSIR</b>	I
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Adimensionale	<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Bacino idrografico	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Acqua
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>			
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Inverso della normale standard applicato alla distribuzione di probabilità cumulata della portata media su n mesi (n vale 1, 3, 6, 12 e 24 mesi)		

## Grafici e tabelle



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

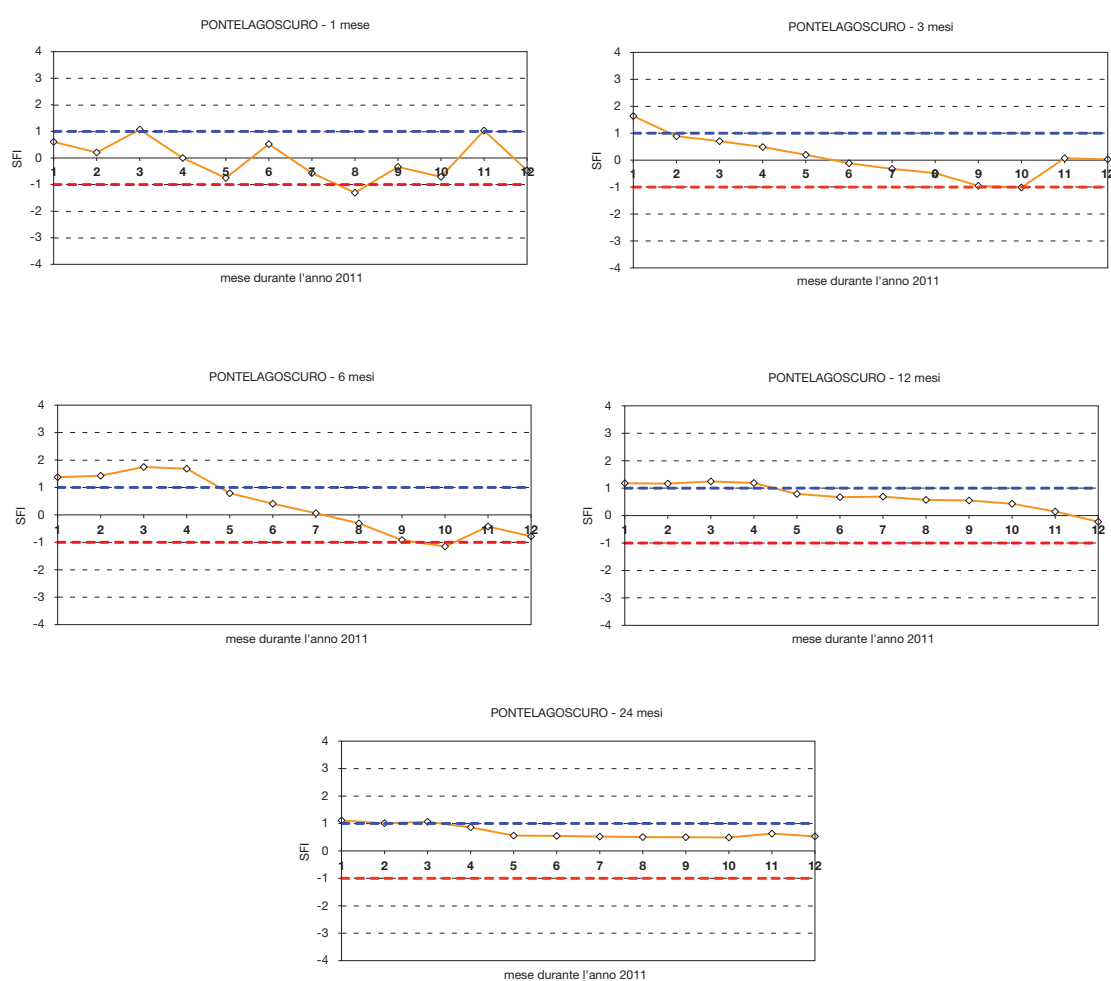
**Figura 2.47: Andamento dell'indice SFI calcolato, per ciascun mese dell'anno 2011, per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi precedenti, relativamente alla stazione del fiume Reno a Casalecchio Chiusa**

Nota: in rosso è evidenziato il valore di SFI che individua condizioni di siccità, mentre in blu vengono segnalate le condizioni umide

**Tabella 2.9: Valori dell'indice SFI calcolato, per ciascun mese dell'anno 2011, per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi precedenti, relativamente alla stazione del fiume Reno a Casalecchio Chiusa**

data	1 mese	3 mesi	6 mesi	12 mesi	24 mesi
01-01-2011	0,3	1,4	0,6	0,6	0,3
01-02-2011	0,6	1,1	0,9	0,4	0,1
01-03-2011	1,2	0,8	1,3	0,5	0,2
01-04-2011	-0,4	0,6	1,3	0,4	0,0
01-05-2011	-1,2	0,1	0,8	0,1	0,0
01-06-2011	-0,7	-1,1	0,0	0,1	0,0
01-07-2011	-1,0	-1,3	-0,3	0,1	0,0
01-08-2011	-0,9	-1,2	-0,7	0,1	0,0
01-09-2011	-1,7	-1,6	-2,0	0,1	0,0
01-10-2011	-1,2	-1,7	-2,3	0,0	0,0
01-11-2011	-1,3	-1,9	-2,3	-0,7	-0,1
01-12-2011	-0,7	-1,4	-2,3	-1,8	-0,6

Fonte: Arpa Emilia-Romagna



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.48: Andamento dell'indice SFI calcolato, per ciascun mese dell'anno 2011, per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi precedenti, relativamente alla stazione del fiume Po a Pontelagoscuro**

Nota: in rosso è evidenziato il valore di SFI che individua condizioni di siccità, mentre in blu vengono segnalate le condizioni umide

**Tabella 2.10: Valori dell'indice SFI calcolato, per ciascun mese dell'anno 2011, per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi precedenti, relativamente alla stazione del fiume Po a Pontelagoscuro**

data	1 mese	3 mesi	6 mesi	12 mesi	24 mesi
01-01-2011	0,6	1,6	1,4	1,2	1,1
01-02-2011	0,2	0,9	1,4	1,2	1,0
01-03-2011	1,1	0,7	1,7	1,2	1,1
01-04-2011	0,0	0,5	1,7	1,2	0,9
01-05-2011	-0,8	0,2	0,8	0,8	0,6
01-06-2011	0,5	-0,1	0,4	0,7	0,5
01-07-2011	-0,6	-0,3	0,1	0,7	0,5
01-08-2011	-1,3	-0,5	-0,3	0,6	0,5
01-09-2011	-0,3	-1,0	-0,9	0,6	0,5
01-10-2011	-0,7	-1,0	-1,2	0,4	0,5
01-11-2011	1,0	0,1	-0,4	0,1	0,6
01-12-2011	-0,5	0,0	-0,8	-0,2	0,5

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

## Commento

I valori di portata mensile vengono mediati sulle durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 mesi e a tali valori medi sono associati i corrispondenti indici SFI. Ad esempio, il valore di SFI relativo al mese di maggio, per la durata di 3 mesi, si riferisce alla portata media calcolata nei mesi di marzo, aprile, maggio. La finestra temporale è mobile sull'anno e i grafici riportati nella scheda evidenziano l'evoluzione temporale dell'indice.

Alla sezione di chiusura del Po a Pontelagoscuro, il bilancio idrologico del bacino padano è influenzato dalla sua notevole estensione e complessa configurazione fisica: a regimi idrologici differenziati, che caratterizzano i corsi d'acqua alpini e collinari (Piemonte), alpini regimati da laghi (Lombardia) e appenninici (Emilia), si associa la presenza delle Alpi e, quindi, di neve e ghiacciai, unita alla capacità di accumulo dei grandi laghi e dei numerosi invasi artificiali. Questo complesso mosaico può essere sintetizzato attraverso l'applicazione dell'indice idrologico SFI.

Nel complesso l'anno 2011 è caratterizzato da una condizione normale, come indicato dall'indice SFI di dicembre nel grafico a 12 mesi di aggregazione. Dal grafico a 3 mesi risulta, inoltre, normale la disponibilità idrica in tutte le stagioni, tranne l'estate, moderatamente secca. Estendendo l'analisi ai 6 mesi, si conferma la condizione normale in entrambi i semestri dell'anno. Si segnala il mese di

agosto, moderatamente secco, e i mesi di marzo e novembre, moderatamente umidi, come si evince dal grafico a 1 mese. Infine, dal grafico a 24 mesi si desume che il biennio 2010-2011 è caratterizzato da una condizione ancora normale.

Per quanto riguarda il bacino del fiume Reno chiuso alla sezione di Casalecchio Chiusa, di estensione notevolmente minore rispetto a quello del Po, nel complesso l'anno 2011 è caratterizzato da una condizione molto secca, come indicato dall'indice SFI di dicembre nel grafico a 12 mesi di aggregazione. Dal grafico a 3 mesi risulta normale la disponibilità idrica nella stagione invernale, moderatamente secca nella stagione primaverile, molto secca in estate e ancora moderatamente secca in autunno. Estendendo l'analisi ai 6 mesi, il primo semestre risulta in condizioni normali, il secondo estremamente secco.

Dall'analisi del grafico a 1 mese, si evidenzia come moderatamente umido il solo mese di marzo, normali: gennaio febbraio, aprile, giugno, agosto e dicembre; risultano invece moderatamente secchi: maggio, luglio, ottobre e novembre, mentre molto secco settembre. Risulta, pertanto, l'amplificazione della condizione secca nell'aggregazione sia a 6 mesi che annuale. Infine, dall'analisi del grafico a 24 mesi, si desume che il biennio 2010-2011 è caratterizzato da una condizione normale in termini di disponibilità idrica.



# Indice di alterazione del regime idrologico

## Descrizione

Il regime idrologico di un corso d'acqua riguarda la variabilità spazio temporale della massa e dinamica del flusso (liquido) che lo attraversa, nonché la connessione con le acque sotterranee. Nell'ambito della Direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE "Water Framework Directive") e del Decreto di recepimento (152/2006), il regime idrologico è annoverato tra gli elementi di qualità idromorfologica e può contribuire, quindi, a valutare lo stato ecologico dei fiumi. L'alterazione del regime idrologico viene qui definita attraverso 33 parametri, sotto elencati, che compongono 5 sottoinsiemi.

<b>Qjan</b>	Portata media mensile di gennaio
<b>Qfeb</b>	Portata media mensile di febbraio
<b>Qmar</b>	Portata media mensile di marzo
<b>Qapr</b>	Portata media mensile di aprile
<b>Qmay</b>	Portata media mensile di maggio
<b>Qjun</b>	Portata media mensile di giugno
<b>Qjul</b>	Portata media mensile di luglio
<b>Qaug</b>	Portata media mensile di agosto
<b>Qsep</b>	Portata media mensile di settembre
<b>Qoct</b>	Portata media mensile di ottobre
<b>Qnov</b>	Portata media mensile di novembre
<b>Qdic</b>	Portata media mensile di dicembre
<b>1dmin</b>	Portata minima nella durata 1 giorno
<b>3dmin</b>	Portata minima nella durata 3 giorni
<b>7dmin</b>	Portata minima nella durata 7 giorni
<b>30dmin</b>	Portata minima nella durata 30 giorni
<b>90dmin</b>	Portata minima nella durata 90 giorni
<b>1dmax</b>	Portata massima nella durata 1 giorno
<b>3dmax</b>	Portata massima nella durata 3 giorni
<b>7dmax</b>	Portata massima nella durata 7 giorni
<b>30dmax</b>	Portata massima nella durata 30 giorni
<b>90dmax</b>	Portata massima nella durata 90 giorni
<b>NZD</b>	Numero di giorni con portata nulla
<b>BFI</b>	Indice di deflusso di base
<b>Domin</b>	Data del minimo
<b>Domax</b>	Data del massimo
<b>LPC</b>	Numero di impulsi bassi
<b>LPD</b>	Durata degli impulsi bassi
<b>HPC</b>	Numero di impulsi alti
<b>HPD</b>	Durata degli impulsi alti
<b>RR</b>	Tasso di incremento
<b>FR</b>	Tasso di decremento
<b>NOR</b>	Numero di inversioni

Il primo sottoinsieme, o gruppo, riguarda l'entità delle portate mensili da gennaio a dicembre; il secondo si riferisce all'entità dei valori minimi delle portate, nelle durate da 1 a 90 giorni, e dei valori massimi nelle medesime durate, al numero di giorni a portata nulla e al rapporto tra deflusso di base e deflusso annuale; il terzo gruppo di indicatori descrive la posizione nel calendario della data del massimo annuale della portata giornaliera e della data del minimo annuale della portata giornaliera; il quarto gruppo, poi, considera il numero e la durata (in giorni) degli eventi in cui la portata giornaliera è superiore a una soglia, indicati come high pulses, e degli eventi in cui, invece, la stessa portata è inferiore a una soglia, i cosiddetti low pulses; infine, il quinto gruppo considera l'entità degli incrementi e dei decrementi oltre al numero di inversioni idrologiche annuali. I suddetti descrittori idrologici confluiscono nell'Indice di Alterazione del Regime Idrologico (IARI), articolato come nella seguente tabella.

IARI	STATO
$0 \leq \text{IARI} \leq 0,05$	ELEVATO
$0,05 < \text{IARI} \leq 0,15$	BUONO
$0,15 < \text{IARI} \leq 0,30$	MODERATO
$0,30 < \text{IARI} \leq 0,50$	SCARSO
$\text{IARI} > 0,50$	CATTIVO

## Scopo

Scopo dell'indicatore è quello di confrontare l'andamento delle portate giornaliere defluite nel 2011 con il regime idrologico naturale di riferimento, al fine di mettere in luce le potenziali fonti di alterazione (antropiche e/o naturali) e fissare lo stato di partenza per i successivi approfondimenti. I parametri che compongono lo IARI valutano l'insieme dei fenomeni idrologici che definiscono le condizioni idromorfologiche di un corso d'acqua. In particolare, gli indicatori afferenti al Gruppo 1 quantificano i volumi defluiti nei diversi mesi dell'anno solare e come essi si disperdono nel periodo; il Gruppo 2 tende a rappresentare l'entità delle condizioni massime e minime per durate comprese tra il giorno e la stagione; il Gruppo 3 analizza anticipi o ritardi dei giorni in cui

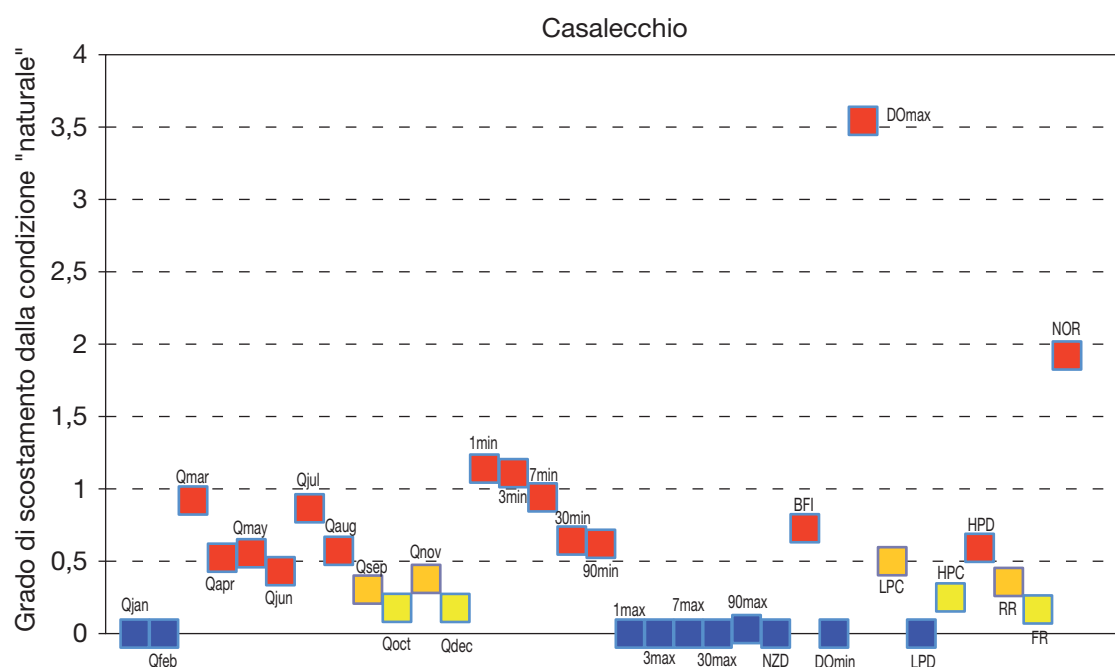


si presentano le portate giornaliere massima e minima dell'anno; il Gruppo 4 consente, attraverso il numero e la durata dei superamenti di opportune soglie, di valutare le pulsazioni degli eventi (variabilità secondaria); gli indicatori del Gruppo 5 considerano infine l'entità e la frequenza delle variazioni delle condizioni idrologiche e idriche (connesse al ruscellamento e ad altri contributi al deflusso superficiale, come pure alla propagazione, traslazione e diffusione delle onde di piena).

## Metadati

<b>NOME DELL'INDICATORE</b>	Indice di alterazione del regime idrologico (IARI) alle sezioni dei fiumi Po e Reno	<b>DPSIR</b>	I
<b>UNITÀ DI MISURA</b>		<b>FONTE</b>	Arpa Emilia-Romagna
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Bacino idrografico	<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	2011
<b>AGGIORNAMENTO DATI</b>	Annuale	<b>ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE</b>	Acqua
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	Dir 2000/60/CE DLgs 152/2006		
<b>METODI DI ELABORAZIONE DATI</b>	Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici (Ispra 2011)		

## Grafici e tabelle



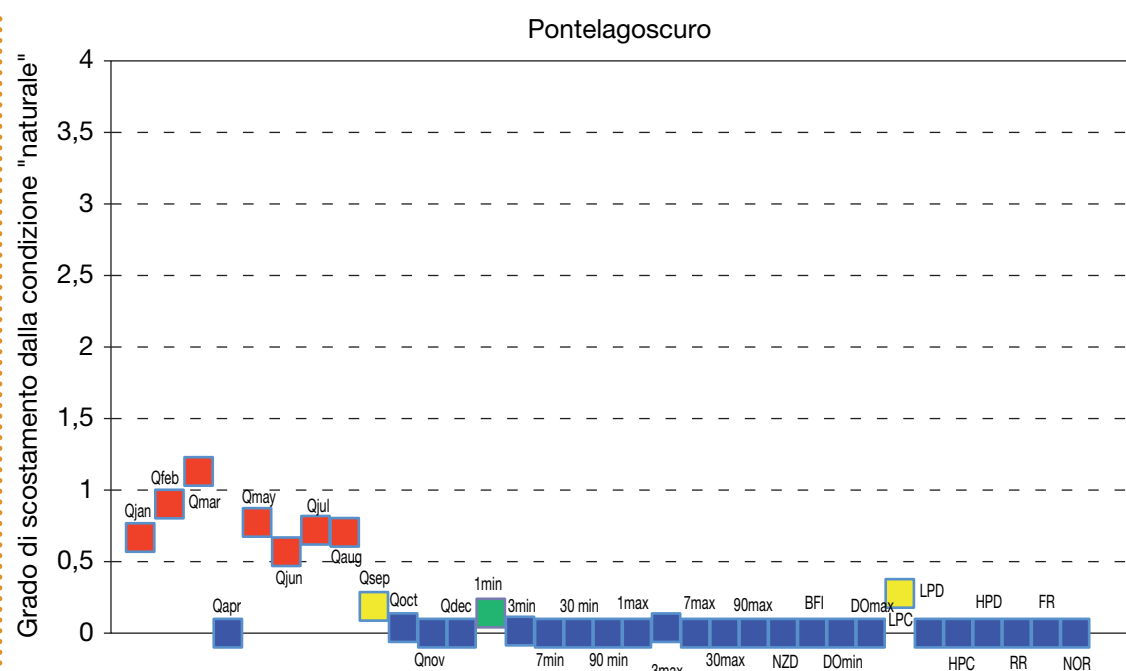
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.49: Diagramma dei 33 parametri calcolati alla sezione di chiusura del fiume Reno a Casalecchio; grado di scostamento dei parametri per l'anno 2011 rispetto alla condizione naturale relativa al ventennio 1990-2009**

**Tabella 2.11: Medie per gruppo degli indici calcolati per ciascuno dei 33 parametri che compongono lo IARI alla sezione di chiusura del fiume Reno a Casalecchio**

Anno	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4	Gruppo 5	IARI	STATO
2011	0,41	0,43	1,77	0,34	0,81	<b>0,53</b>	CATTIVO

Fonte: Arpa Emilia-Romagna



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

**Figura 2.50: Diagramma dei 33 parametri calcolati alla sezione di chiusura del fiume Po a Pontelagoscuro; grado di scostamento dei parametri per l'anno 2011 rispetto alla condizione naturale relativa al ventennio 1990-2009**

**Tabella 2.12: Medie per gruppo degli indici calcolati per ciascuno dei 33 parametri che compongono lo IARI alla sezione di chiusura del fiume Po a Pontelagoscuro**

Anno	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4	Gruppo 5	IARI	STATO
2011	0,47	0,02	0,00	0,07	0,00	<b>0,19</b>	MODERATO

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Il regime idrologico alla sezione di Pontelagoscuro è influenzato dalla notevole estensione e complessità del bacino padano; a esso concorrono condizioni idrologiche differenziate quali quelle dei corsi d'acqua alpini e collinari (Piemonte), alpini regimati da laghi (Lombardia) e appenninici (Emilia). Esso risente altresì della presenza di accumuli nevosi, riserve glaciali e dei volumi di invaso sia naturali che artificiali. L'insieme di questi contributi può essere sinteticamente rappresentato utilizzando i 33 parametri che concorrono, per il 2011, alla formulazione di un indice di alterazione del regime idrologico pari a 0,19, corrispondente a uno stato di alterazione "moderato".

Il confronto delle portate medie mensili del 2011, da gennaio a dicembre (12 parametri), con la fascia delimitata dal 25° e 75° percentile mostra un lieve eccesso invernale e un notevole deficit estivo, nel periodo influenzato dagli utilizzi. Le condizioni estreme annuali massime e minime (parametri da 13 a 24), per ciascuna durata in esame, ricadono nella norma del periodo di riferimento, come pure i tempi di arrivo del massimo e del minimo (parametri 25 e 26). Nell'anno 2011 la durata e frequenza delle condizioni estreme massime e minime (parametri 27-30) sono risultate in linea con il ventennio di riferimento, a eccezione della frequenza dei minimi, risultata maggiore

della norma. Le entità degli incrementi e dei decrementi idrometrici giornalieri (parametri 31, 32 e 33) sono risultati conformi.

Il bacino del Reno chiuso a Casalecchio presenta una minore estensione rispetto al bacino padano e una minore complessità idrologica, pur essendo sottoposto a una notevole pressione antropica. Il grado di alterazione del regime idrologico, sinteticamente rappresentato dai 33 parametri, per il 2011, è stimato pari a 0,53, corrispondente a uno stato di alterazione "cattivo". Analogamente alla sezione di Po sopra descritta, il confronto delle portate medie mensili del 2011 (12 parametri), con la fascia delimitata dal 25° e 75° percentile mostra un lieve eccesso in marzo, in cui ricade inoltre il massimo annuale (parametri 25 e 26), e un lieve deficit estivo, nel periodo influenzato dagli intensi utilizzi. Le condizioni estreme annuali minime (parametri da 13 a 24), per ciascuna durata in esame, risultano al di sotto della norma del periodo di riferimento. Inoltre, nell'anno 2011 risultano: un notevole anticipo della data del massimo, un aumento delle frequenze delle condizioni estreme sia massime che minime (parametri 27-30) e una minore durata delle pulsazioni alte. Infine, le entità degli incrementi, dei decrementi idrometrici giornalieri e il numero di inversioni (parametri 31, 32 e 33) risultano tutte alterate.



# Produzione lorda di energia elettrica da fonti rinnovabili

## Descrizione

L'indicatore descrive la penetrazione al 2009 dell'offerta elettrica da fonti rinnovabili. I dati di produzione sono forniti annualmente dal GSE e da Terna.

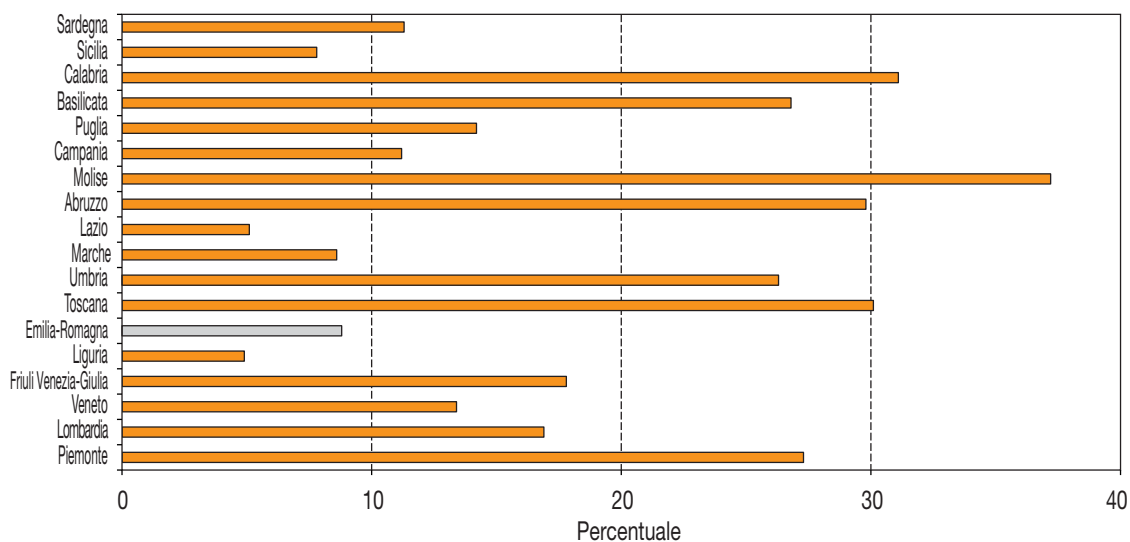
## Scopo

L'indicatore permette di valutare il rapporto di produzione Fonte Energetica Rinnovabile/Consumo Interno Lordo (FER/CIL) per regione nel 2009 e mette in evidenza gli apporti delle diverse fonti rinnovabili rispetto alla produzione totale.

## Metadati

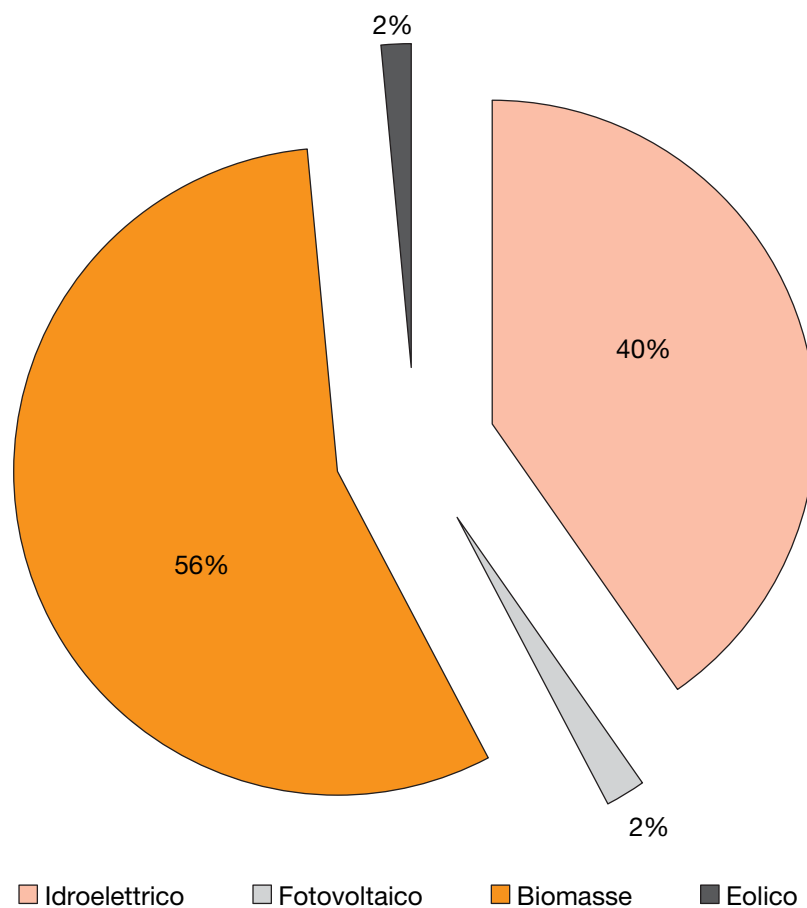
NOME DELL'INDICATORE	Produzione lorda di energia elettrica da Fonte Energetica Rinnovabile (FER)	DPSIR	R
UNITÀ DI MISURA	Percentuale	FONTE	GSE, Terna
COPERTURA SPAZIALE DATI	UE-15, Italia, Regione	COPERTURA TEMPORALE DATI	2009
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	Aria
RIFERIMENTI NORMATIVI			
METODI DI ELABORAZIONE DATI			





Fonte: Elaborazione Arpa Emilia-Romagna su dati GSE e Terna

**Figura 2.51: Rapporto produzione FER/CIL per regione nel 2009**



Fonte: Elaborazione Arpa Emilia-Romagna su dati GSE e Terna

**Figura 2.52: Produzione percentuale di energia elettrica rinnovabile per fonte in Emilia-Romagna (2009)**

## Commento

Anche se la regione non sembra ancora sfruttare appieno le proprie fonti d'energia provenienti dalle risorse geotermiche e dalle maree e moto ondoso, la spinta verso la penetrazione di fonti più sostenibili è determinata, in questi ultimi anni e soprattutto nel 2009, dall'incremento di numerosi piccoli impianti a biomassa e biogas, da un incremento considerevole degli impianti fotovoltaici civili e industriali e dall'incremento di impianti eolici. Rispetto al 2008, infatti, si è passati per l'eolico da 3,2 GWh/anno a 21 GWh/anno, per il fotovoltaico da 17,6 GWh/anno a 55 GWh/anno e per le biomasse da 372,6 GWh/anno a 928 GWh/anno. Il fotovoltaico ha avuto un picco molto significativo negli anni 2010-2011. Si assiste a una quasi stazionarietà di energia elettrica prodotta da impianti idroelettrici a causa della saturazione della disponibilità. Così facendo l'Emilia-Romagna può contribuire, anche se non in modo incisivo, al raggiungimento dell'obiettivo posto dall'Unione europea per l'Italia.

# Riferimenti

## Autori

**Lucio BOTARELLI** <sup>(1)</sup>, Rodica TOMOZEIU <sup>(1)</sup>, Valentina PAVAN <sup>(1)</sup>, Cesare GOVONI <sup>(1)</sup>, William PRATIZZOLI <sup>(1)</sup>, Roberta RENATI <sup>(1)</sup>, Gabriele ANTOLINI <sup>(1)</sup>, Fausto TOMEI <sup>(1)</sup>, Silvano PECORA <sup>(1)</sup>, Michele DI LORENZO <sup>(1)</sup>, Nicola CAPURSO <sup>(1)</sup>, Alessandro ALLODI <sup>(1)</sup>, Mauro DEL LONGO <sup>(1)</sup>, Giuseppe RICCIARDI <sup>(1)</sup>, Enrica ZENONI <sup>(1)</sup>, Simonetta TUGNOLI <sup>(2)</sup>, Veronica RUMBERTI <sup>(2)</sup>, Paolo CAGNOLI <sup>(2)</sup>, Francesca LUSSU <sup>(2)</sup>, Elisa VALENTINI <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> ARPA SIMC, <sup>(2)</sup> ARPA DIREZIONE TECNICA

## Bibliografia

1. Antolini G., Tomei F. (2006), PRAGA - "Programma di Analisi e Gestione di dati Agrometeorologici." Atti del convegno AIAM *Agrometeorologia e gestione delle colture agrarie*, Torino 6-8 giugno
2. Cacciamani C. et al. (2001), "Evidenza di cambiamenti climatici sul Nord Italia. Parte 1: Analisi delle temperature e delle precipitazioni", in *Quaderno Tecnico*, ARPA-SMR n. 02/2001, pag.1-43
3. Marletto V. et al. (2010), *Atlante idroclimatico della regione Emilia-Romagna*. ISBN 88-87854-24-6
4. Pavan V. et al. (2008), "Daily precipitation observations over Emilia-Romagna: mean values and extremes". *Int. J. Climatol.* DOI: 10.1002/joc.1694
5. Tomozeiu R. et al. (2002), "Cambiamenti termici in Emilia-Romagna", *Arpa Rivista*, n° 6, Novembre-Dicembre 2002, 58-60
6. Tomozeiu R. et al. (2006), "Observed temperature changes in Emilia-Romagna: mean values and extremes". *Climate Research*, 31, 217-225

## Sitografia

1. <http://www.arpa.emr.it/sim>