



## Clima

- Caratteristiche meteorologiche
- Analisi climatica
- Indicatori meteorologici
- Impatti dei cambiamenti climatici



Giovanni Paesano  
Arpa Piemonte

## 13.1 CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DEL 2007

Viene descritto l'andamento dell'altezza di geopotenziale, parametro meteorologico fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica.

I valori climatologici, presi come riferimento per effettuare un confronto, derivano dalle ri-analisi del Centro Meteorologico Europeo di Reading (ECMWF) dal 1957 al 2002 (noto come "archivio ERA40"). Questa climatologia di circa 40 anni è utile per tracciare un'analisi delle anomalie dei campi in quota e interpretare la fenomenologia dell'anno 2007.

### Gennaio, Febbraio

Una caratteristica evidente dei primi mesi dell'anno 2007 è stata un'anomalia termica positiva (mappa destra di **figura 13.1**) prolungata - iniziata nell'autunno precedente, da settembre 2006 - ed estesi anche alla primavera, fino a maggio 2007. Tale anomalia ha dato luogo all'inverno più caldo della storia delle misure, sul Piemonte, sull'Italia e su gran parte d'Europa, al contrario dell'anno precedente, che invece aveva visto uno degli inverni (stagione 2005-2006) più lunghi e più freddi degli ultimi 30 anni su gran parte d'Europa. Le mappe meteorologiche presentate in figura rappresentano l'anomalia di pressione in quota e di temperatura, rispetto alla climatologia.

In tal modo, l'alta pressione sull'Italia, estesa dalle Azzorre al bacino del Mediterraneo, ha determinato una perdurante situazione di stabilità atmosferica sul Piemonte, esercitando un'azione di blocco alle perturbazioni atlantiche dirette verso l'Italia, con una quasi totale assenza di giornate piovose sulla regione, in particolare a febbraio.

Sotto un intenso flusso occidentale-nordoccidentale, il Piemonte, oltre a trovarsi protetto, sottovento alle Alpi occidentali, da perturbazioni che avrebbero potuto interessare la regione, ha visto favorito l'innescò di venti di foehn, caldi e asciutti, che hanno amplificato l'anomalia termica positiva, associata all'espansione dell'alta pressione nordafricana verso il Mediterraneo. Eclatante è stata la giornata del 19 gennaio, che, in concomitanza di un episodio di vento di foehn, ha battuto ogni record storico mai registrato prima, superando a Torino i 27 °C.

### Marzo

Il mese di marzo ha visto il cedimento del campo di alta pressione sul bacino del Mediterraneo (**figura 13.3**) e, di conseguenza, le perturbazioni provenienti sia dal nord Atlantico che dalle regioni polari hanno potuto interessare il Piemonte.

Infatti, la mappa a sinistra con una saccatura in allungamento dal Mare del Nord verso l'Italia lascia intendere che ci sono state anche intrusioni di aria fredda direttamente dalle latitudini polari verso il sud del Mediterraneo, come confermato dall'anomalia negativa di pressione (mappa destra) su quest'area.

Questa situazione ha portato una parziale instabilità sulla regione, del tutto assente nei due mesi precedenti, con conseguenti, anche se scarse, precipitazioni sul territorio regionale (soprattutto sul settore occidentale). Nell'ultima parte del mese di marzo è arrivata l'unica irruzione fredda della stagione invernale 2006-2007: la discesa di una depressione polare, tra il Mar Ligure e l'alto Tirreno, ha potuto instaurare un intenso flusso sud-orientale e ha portato le nevicate più significative della stagione sulle località montane piemontesi.

### Aprile

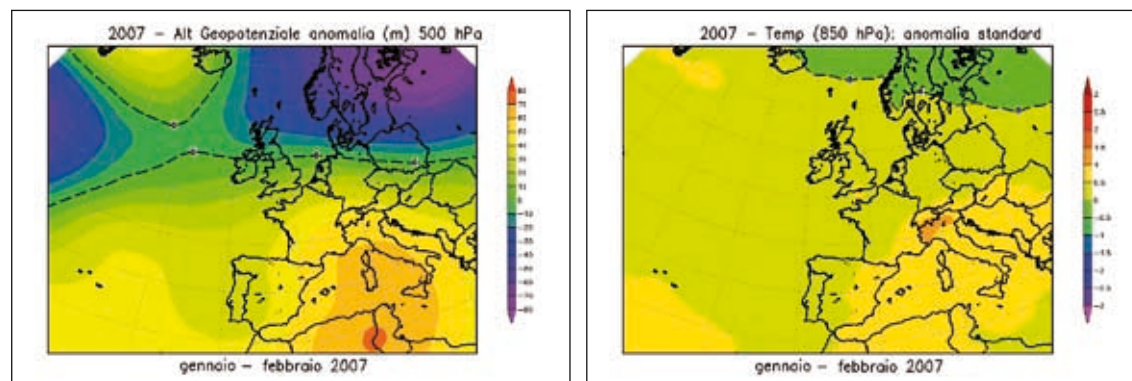
Ad aprile si è formata un'anomala area di alta pressione, isolata sull'Europa nord-occidentale, che si è mantenuta per un lungo periodo. La mappa a sinistra della pressione in quota di **figura 13.4** mostra l'anticiclone centrato sul Canale della Manica, circondato da valori di pressione più bassi tutt'intorno. In corrispondenza della Penisola Iberica, invece, si è formata una bassa pressione chiusa, a somiglianza quasi speculare rispetto all'alta pressione di cui sopra. Questa configurazione ha creato una situazione di blocco (detta "blocco bipolare"), che, come tale, è riuscita a rimanere stabile per lungo tempo, per gran parte del mese, tanto da essere ben evidente nella mappa in figura, mediata su tutto aprile.

Le perturbazioni provenienti dall'Atlantico sono state deviate a latitudini molto settentrionali, al di sopra dell'anticiclone "europeo", scavalcando la parte centrale del continente e del Piemonte, che rimaneva facilmente protetto dal campo di alta pressione in estensione dalla Francia.



*Inverno 2007: il più caldo nella storia delle misure; il 19 gennaio a Torino si sono superati i 27°C.*

**Figura 13.1 - Anomalia del geopotenziale a 500 hPa (a sinistra) e anomalia standardizzata della temperatura a 850 hPa, circa 1500 m di quota (a destra), del bimestre gennaio e febbraio 2007 rispetto alla climatologia 1957-2002**

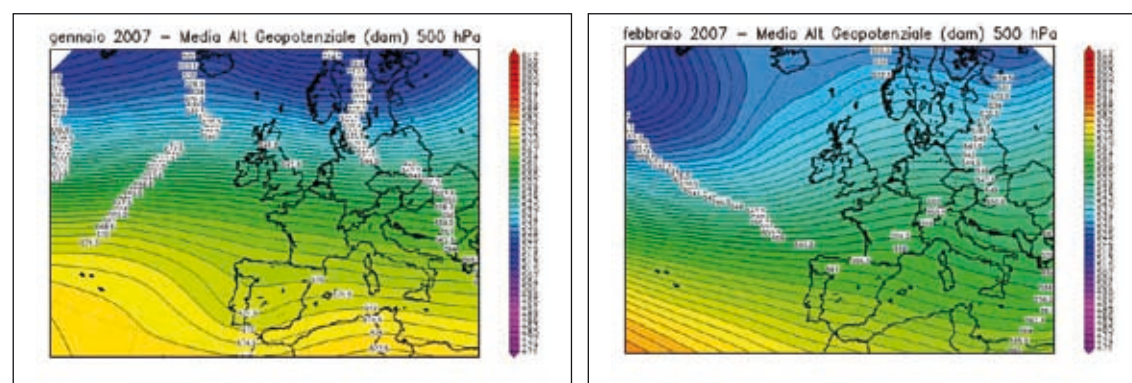


Fonte: Arpa Piemonte

L'isolina tratteggiata in nero segna lo "0" e separa i valori di anomalia negativa [dal verde scuro al blu-viola] da quelli positivi [dal verde chiaro al giallo-arancio].

Si osserva chiaramente nella mappa sinistra che nei mesi di gennaio e febbraio la pressione in quota è stata più alta della media sull'Europa meridionale e più bassa della media su quella settentrionale.

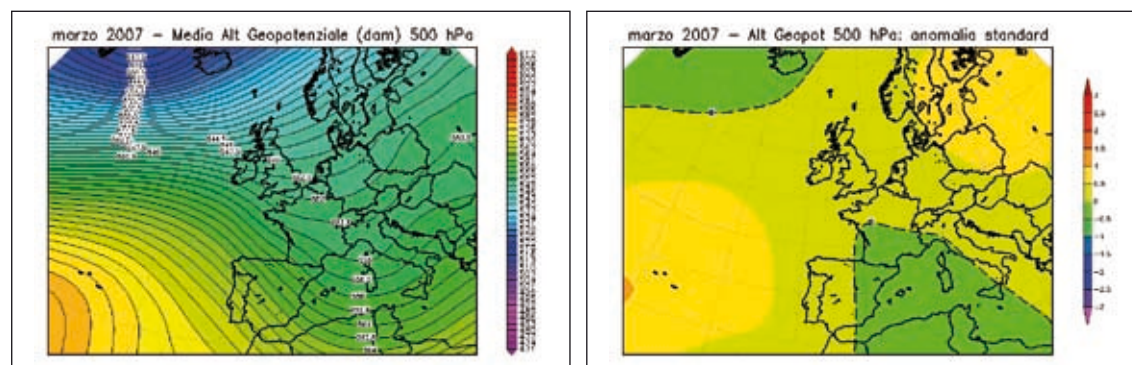
**Figura 13.2 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di gennaio (a sinistra) e del mese di febbraio (a destra)**



Fonte: Arpa Piemonte

A gennaio (mappa sinistra) la presenza di una debole inflessione del geopotenziale in corrispondenza della Penisola Iberica ha talvolta permesso alle perturbazioni atlantiche di penetrare parzialmente nel bacino del Mediterraneo, a febbraio invece (mappa destra) il promontorio anticiclonico, esteso dall'ovest-Mediterraneo all'Europa centrale, ha dirottato quasi sempre le perturbazioni atlantiche al di sopra dell'arco alpino, scavalcando il nord ovest italiano.

**Figura 13.3 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di marzo: anno 2007 (a sinistra) e sua anomalia standardizzata rispetto alla climatologia 1957-2002 (a destra)**

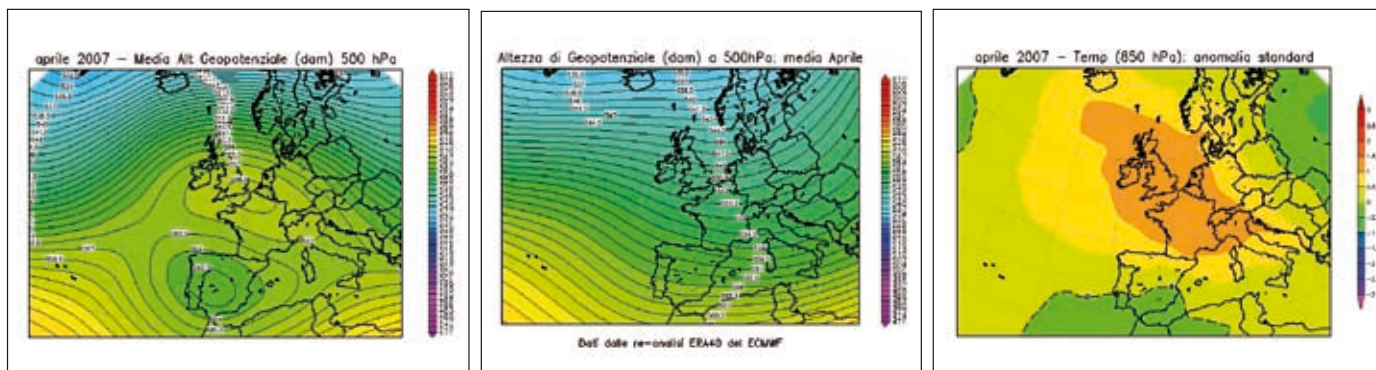


Fonte: Arpa Piemonte

Così, a differenza della climatologia attesa (mappa centrale), ad aprile sono mancate le condizioni per un mese primaverile normalmente fresco e piovoso. Infatti, si sono registrate precipitazioni al di sotto della media e temperature ben al di sopra della climatologia con scarti rispetto alla norma fino a +6 °C e con valori che hanno spesso superato i record assoluti delle serie storiche di misure.



**Figura 13.4 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di aprile 2007 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro), e anomalia standardizzata della temperatura a 850 hPa, circa 1500 m di quota, rispetto alla climatologia 1957-2002 (a destra)**



Fonte: Arpa Piemonte

## Maggio

Maggio non si è discostato molto dalla climatologia (figura 13.5) con un flusso sud-occidentale sull'Italia, associato ad una vasta saccatura nord-atlantica che apporta le piogge tipiche della stagione primaverile sul Mediterraneo.

La variabilità nell'arco del mese è stata piuttosto elevata, con periodi freschi e piovosi (in particolare all'inizio e alla fine del mese) intervallati da momenti più stabili e caldi, come l'ondata di caldo africano dal 18 al 24 di maggio.

Pertanto, dopo la scarsità di precipitazioni dei mesi precedenti, le piogge sono tornate più vicine alla norma della stagione primaverile. Anzi, nel complesso sono risultate particolarmente abbondanti e anche superiori alla norma sulle zone alpine settentrionali, perché meglio influenzate dal flusso meridionale e sud-occidentale, associato alle saccature nord-atlantiche che dalla Spagna e dall'Inghilterra in tre occasioni hanno attraversato il Piemonte (oltre all'ultimo evento del 31 maggio, in estensione fino all'inizio di giugno).

## Giugno

Il mese di giugno è stato particolarmente fresco e piovoso per la stagione estiva.

L'anomalia negativa del geopotenziale a 500 hPa (figura 13.6 a destra) sull'Europa sud-occidentale è rappresentativa dell'area depressionaria nord-atlantica che si è spinta molto a sud lungo le coste europee e ha mantenuto molto attivo il flusso oceanico fin verso il Mediterraneo e l'Europa centrale (figura a sinistra). Sul Piemonte le correnti prevalenti a scala sinottica sono state orientate da sudovest e così hanno favorito l'apporto di aria calda e umida.

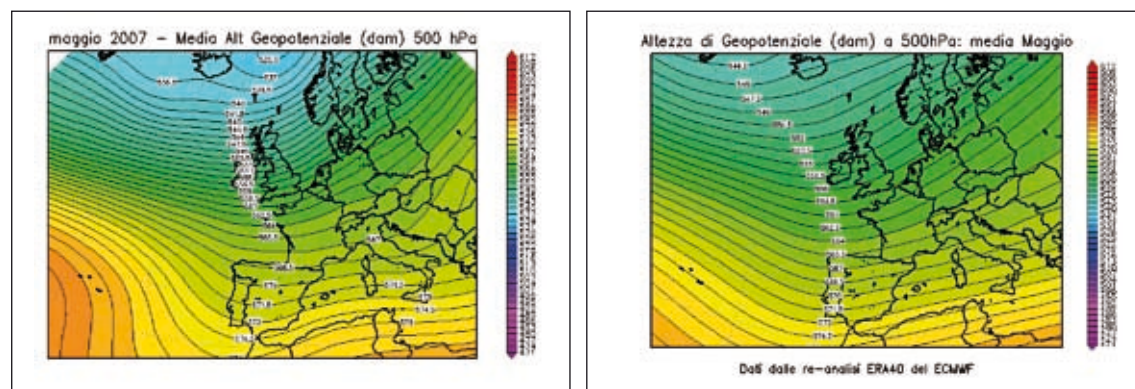
Allo stesso tempo, il continuo ingresso in quota di aria fresca oceanica verso il continente europeo, legato a valori di pressione più bassa sull'Europa sud-occidentale, ha provocato frequenti fenomeni d'instabilità durante tutto il mese. Pertanto le precipitazioni sono state abbondanti a carattere temporalesco e superiori alla media del mese, mentre le temperature medie mensili nel complesso sono rimaste abbastanza allineate alla media del periodo, con giornate piuttosto fresche per le ripetute occasioni di pioggia, come quelle che pur si sono inserite all'interno dell'ondata di calore africano (tra il 18 e il 25 giugno): particolarmente violenta la tempesta che ha colpito Torino nella giornata del 20 giugno.

## Luglio

Il mese di luglio in Piemonte è stato il mese più caldo e più asciutto dell'estate 2007.

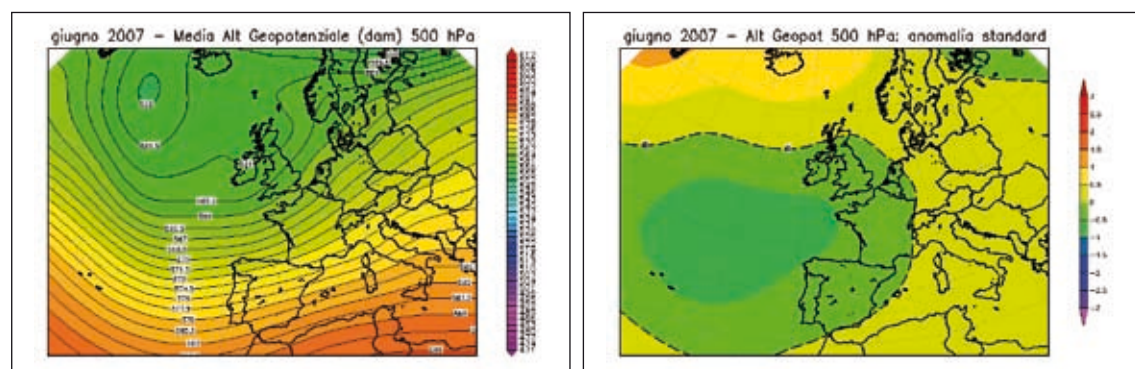
Il flusso predominante in quota sulla regione è stato ancora orientato dai quadranti sud-occidentali (figura 13.7 a sinistra), in quanto l'anticiclone africano si è spinto più marcatamente verso l'Europa orientale (come confermato dall'anomalia positiva su quell'area, nella mappa a destra) e allo stesso tempo la saccatura nord-atlantica è stata molto pronunciata sulla parte nord-occidentale dell'Europa. Tale configurazione sinottica ha creato una forte componente meridionale dei venti in quota sul nord Italia, che ha favorito l'apporto di aria calda e umida (con le usuali condizioni di afa estiva). A differenza di giugno (figura 13.6), però, l'alta pressione nordafricana sul Mediterraneo (figura 13.7) ha mantenuto stabilità sul Piemonte (anche con foehn), perché l'anomalia negativa del geopotenziale è rimasta più a nord (con molte piogge sull'Inghilterra).

**Figura 13.5 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di maggio: anno 2007 (a sinistra) e periodo climatico 1957-2002 (a destra)**



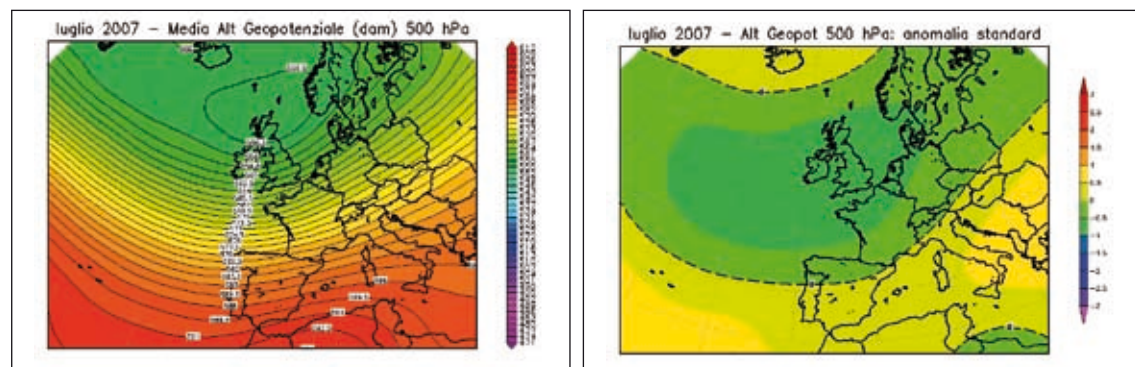
Fonte: Arpa Piemonte

**Figura 13.6 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di giugno: anno 2007 (a sinistra) e sua anomalia standardizzata rispetto alla climatologia 1957-2002 (a destra)**



Fonte: Arpa Piemonte

**Figura 13.7 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di luglio: anno 2007 (a sinistra) e sua anomalia standardizzata rispetto alla climatologia 1957-2002 (a destra)**



Fonte: Arpa Piemonte

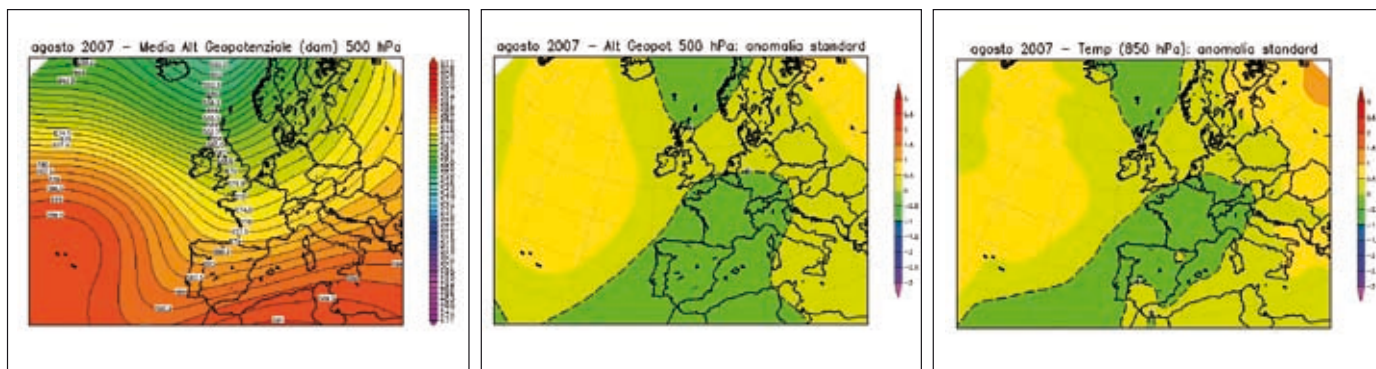
## Agosto

Il mese di agosto è stato alquanto variabile, con un alternarsi di veloci ondate di calore nordafricano e ripetuti transiti di depressioni nord-atlantiche che hanno determinato periodi freddi e piovosi.

Come si osserva dalla mappa in **figura 13.8** (a sinistra), una saccatura in allungamento dal nord Europa è riuscita ad estendere la sua influenza fin sulla Penisola Iberica. L'alta pressione nordafricana, invece, ha continuato a mantenere la sua influenza sull'Europa orientale e sul sud Italia. La posizione, ai margini, delle due zone di alta pressione molto forti ha verosimilmente favorito la persistenza della depressione alle longitudini occidentali d'Europa.

Così sul Piemonte il flusso in quota orientato dai quadranti sud-occidentali ha sì apportato aria calda, con alcuni momenti di caldo intenso quando l'anticiclone nordafricano ha allargato la sua influenza anche al

**Figura 13.8 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di agosto: anno 2007 (a sinistra), sua anomalia standardizzata, rispetto alla climatologia 1957-2002, per il geopotenziale a 500 hPa (al centro) e per la temperatura a 850 hPa, circa 1500 m di quota (a destra)**



Fonte: Arpa Piemonte

nord Italia, ma, allo stesso tempo, in più occasioni l'intrusione della depressione dall'Europa occidentale ha provocato giornate perturbate e fresche, con precipitazioni anche abbondanti.

Le frequenti precipitazioni e la caratteristica temporalesca, tipica dei rovesci estivi, hanno determinato quantitativi di precipitazione superiori alla media del periodo; mentre le temperature medie mensili, registrate alla fine del mese, sono state prevalentemente inferiori (seppur di poco) ai valori climatologici (mappa a destra).

### Settembre, Ottobre e Novembre

Tutta la stagione autunnale, settembre-ottobre e novembre, ha avuto una configurazione meteorologica abbastanza costante, che ha determinato un autunno mediamente freddo (mappa destra di **figura 13.9**) e poco piovoso. Per la similarità delle strutture meteorologiche che hanno caratterizzato i tre mesi, la mappa mostrata in figura è disegnata con una media temporale sull'intero trimestre.

Come si vede dalla mappa sinistra, l'estensione e la persistenza dell'Anticiclone delle Azzorre verso le Isole Britanniche ha determinato un campo di pressione mediamente più alto della media sull'Europa nord-occidentale (mappa centrale), mentre la pressione è stata inferiore alla media dalle coste del Portogallo all'Europa orientale, attraverso tutto il bacino più meridionale del Mediterraneo.

In questo modo, è stato bloccato il flusso oceanico (occidentale) verso il Piemonte, sotto correnti più settentrionali (mappa a sinistra) che hanno apportato aria più fresca e più asciutta. Le piogge non sono mancate del tutto, ma sono state perlopiù associate ad un flusso orientale legato alla depressione presente dal sud Mediterraneo ai Balcani (anomalia negativa della mappa centrale). Il flusso orientale è meno umido e più freddo di quello oceanico. Così sia le precipitazioni sia le temperature (mappa destra) sono risultate inferiori al valore climatologico atteso per l'autunno. L'aria fredda da est ha anche determinato precipitazioni a carattere nevoso fino a quote relativamente basse per la stagione (una volta a ottobre e un'altra a novembre).

### Dicembre

Dicembre è stato nel complesso un mese abbastanza freddo e poco piovoso.

Infatti, buona parte del mese è stata caratterizzata dalla predominanza di alta pressione che, in estensione o dall'Atlantico o dall'Europa centro-settentrionale, ha garantito condizioni di stabilità atmosferica e scarsità di precipitazioni sul Piemonte.

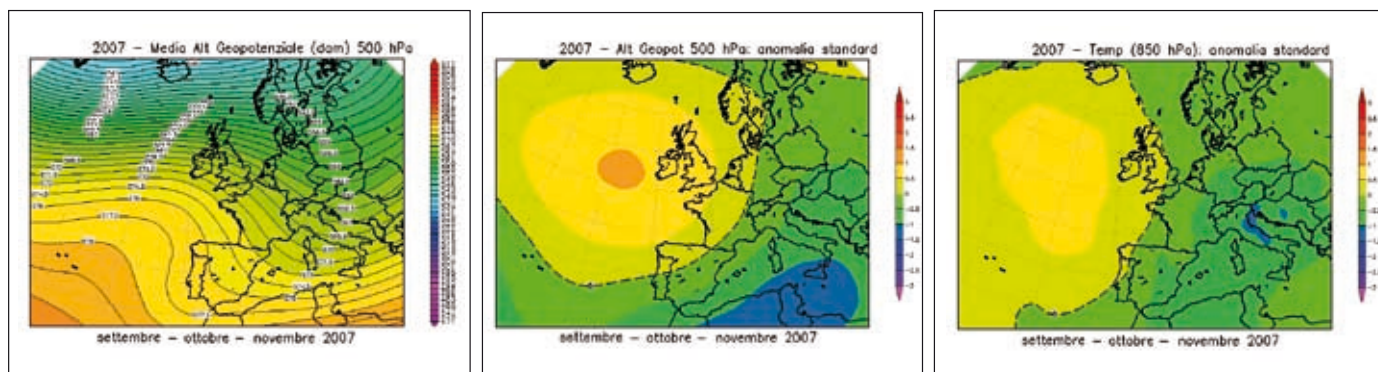
La pressione in realtà è stata più alta della norma praticamente su tutta l'Europa ad eccezione dell'area del Mediterraneo sud-orientale che ha presentato un'anomalia negativa (**figura 13.10** a sinistra).

Così, le uniche strutture depressionarie significative sono giunte sul Piemonte soprattutto da est (dai Balcani), come quella, più marcata, che a metà mese ha portato nevicate fino in pianura. I valori di precipitazione sono stati bassi, perché, naturalmente, le correnti da est sono fredde ma non tanto umide per la regione.

Inoltre, episodi abbastanza frequenti di venti di *foehn* hanno mantenuto le temperature più miti (su tutto il versante italiano della catena alpina, **figura 13.10** a destra) e le precipitazioni perlopiù limitate alle zone di confine del Piemonte, senza interessamento delle pianure.

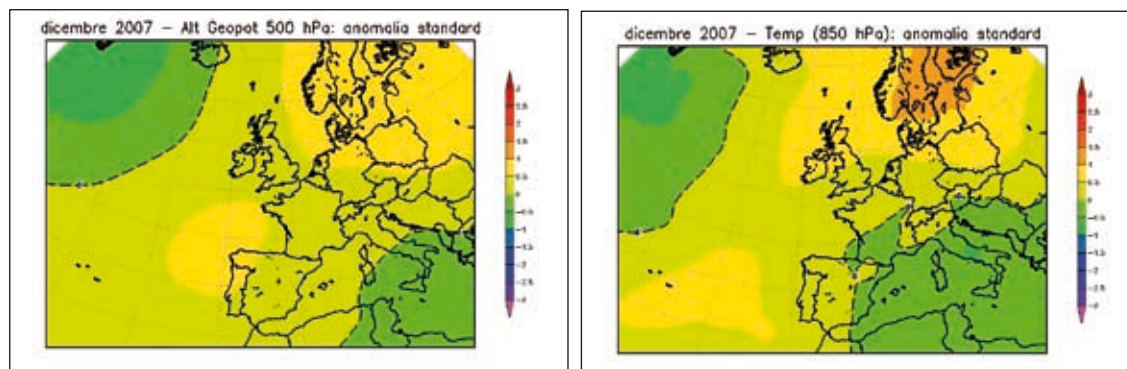


**Figura 13.9 - Geopotenziale a 500 hPa (a sinistra), anomalia standardizzata, rispetto alla climatologia 1957-2002, del geopotenziale a 500 hPa (al centro) e della temperatura a 850 hPa, circa 1500 m di quota (a destra), per il trimestre settembre-ottobre-novembre 2007**



Fonte: Arpa Piemonte

**Figura 13.10 - Anomalia standardizzata del geopotenziale a 500 hPa (a sinistra) e della temperatura a 850 hPa, circa 1500 m di quota (a destra), del mese di dicembre 2007 rispetto alla climatologia 1957-2002**



Fonte: Arpa Piemonte

## 13.2 ANALISI CLIMATICA DEL 2007

### 13.2.1 Temperatura

Vengono analizzate prima le temperature spazializzate sul territorio regionale con la metodologia descritta nel box 1 (analisi di 50 anni di Temperature in Piemonte) e successivamente le medie annue del 2007 di otto stazioni, una per ogni provincia, confrontate con le medie climatologiche (1991-2005).

#### Temperature spazializzate

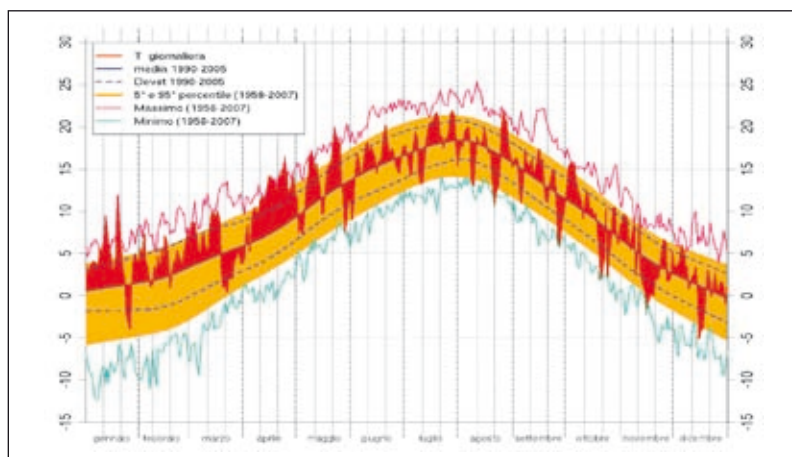
Sulla base delle serie storiche di temperature massime e minime giornaliere, interpolate su un grigliato regolare che copre il Piemonte, si può evidenziare che l'anno 2007 è stato il più caldo degli ultimi 50 anni (circa 1°C superiore alla norma 1991-2005), lasciandosi alle spalle il 2003, il 1994 e il 1997. Nel primo semestre 2007 si sono registrate temperature medie quasi costantemente al di sopra della norma e frequenti episodi in cui si è superato il 95° percentile, in particolare nei mesi di gennaio e aprile (figura 13.11).

Da sottolineare come l'anomalia della temperatura media sulla regione per il mese di aprile sia risultata di 11,4°C, contro una norma di 6,8°C, quindi temperatura molto maggiore di quelle registrate nello stesso mese del 1961 e del 2006, altri mesi con aprile storicamente caldo. Discorso molto simile per la stagione invernale, comprensiva del mese di dicembre 2006, in cui le temperature particolarmente calde di gennaio 2007 e dicembre 2006, hanno portato ad una anomalia termica media sul Piemonte di 7,1 °C, ben 2,8°C al di sopra della norma, diventando l'inverno più caldo degli ultimi 50 anni, superando quindi le stagioni invernali del 1989/90 e 1988/89.

Nel secondo semestre del 2007, la situazione si è riportata su valori sostanzialmente entro la norma, con una naturale alternanza tra temperatura compresa nelle medie climatologiche e brevi episodi anomali (pochi giorni) sia

*Christian Ronchi  
Barbara Cagnazzi  
Arpa Piemonte*

**Figura. 13.11 - Andamento della temperatura media giornaliera - anno 2007**



Fonte: Arpa Piemonte

I valori di temperatura media corrispondono ad un punto posto ad una quota di circa 900 m. In rosso la temperatura media giornaliera rispetto alla norma 1991-2005 (in blu), in arancione la fascia di temperature comprese tra il 5° e il 95° percentile (rispetto all'intera lunghezza della serie storica, 50 anni), in viola e azzurro, rispettivamente i massimi e i minimi calcolati per ciascun giorno nell'arco del periodo 1958-2007.

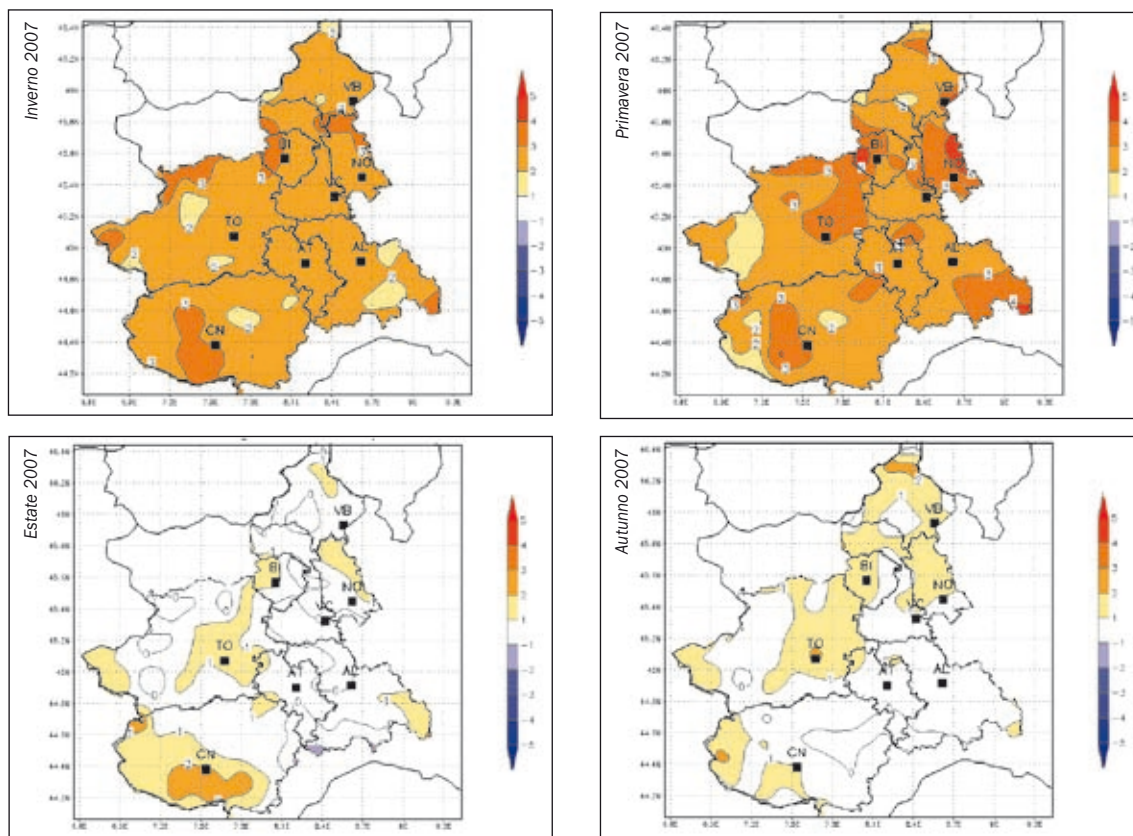
di caldo e che di freddo. In particolare il 95° percentile delle temperature è stato superato, per pochi giorni, in 3 occasioni (terza decade di agosto, prima decade di ottobre e inizio seconda decade di novembre), viceversa la temperatura è stata inferiore al 5° percentile in 5 occasioni (tra la prima e la seconda decade di agosto, a fine settembre tra la seconda e la terza decade di ottobre, nella seconda decade di novembre e nella seconda di dicembre).

Per quanto riguarda la situazione registrata sulle diverse aree della regione, la **figura 13.12** illustra le anomalie di temperatura media stagionale standardizzata, ossia fornisce, in termini di unità di deviazione standard, quanto le temperature medie nelle 4 stagioni del 2007 si siano scostate dalla norma.

Come si può osservare, le stagioni invernali e primaverili hanno presentato quasi ovunque 2-3 deviazioni standard oltre la norma (un'eventualità che, dal punto di vista statistico, si può realizzare circa 3 volte

in 100 anni), e in particolare si sono evidenziate situazioni di caldo mediamente più anomalo nelle pianure torinese e novarese e sul basso cuneese. Come già accennato, nelle successive stagioni estiva e autunnale i valori medi di temperatura sono rientrati nella norma statistica su gran parte del Piemonte, con deboli anomalie positive in estate nella provincia di Cuneo e in autunno sulla parte settentrionale della regione.

**Figura. 13.12 - Anomalie di temperature medie stagionali standardizzate**



Fonte: Arpa Piemonte

Le anomalie sono state ottenute dividendo l'anomalia di temperatura della stagione in esame rispetto alla norma 1991-2005 per la deviazione standard calcolata nel medesimo periodo. I colori dal più freddo al più caldo, indicano di quante unità di deviazioni standard le temperature 2007 si discostano dalla norma.



### Box 1- Analisi di 50 anni di temperature in Piemonte

Al fine di poter valutare statisticamente la variabilità climatica sul territorio piemontese, sono state analizzate le temperature massime e minime derivanti da tutte le stazioni di rilevamento meteorologico presenti sul territorio piemontese negli ultimi 50 anni. Tuttavia, essendo dati derivanti da reti di monitoraggio differenti per strumentazione e gestione, si è presentata la necessità di integrarli fra loro e spazializzarli in modo da preservarne l'omogeneità temporale e minimizzare la perdita di informazione puntuale che qualsiasi metodo di interpolazione spaziale inevitabilmente provoca. La metodologia statistica scelta per la creazione di tale *dataset* di temperature massime e minime giornaliere è l'"optimal interpolation" (Kalnay, 2003). L'omogeneità temporale del segnale è stata ottenuta attraverso una opportuna definizione dei coefficienti tridimensionali di interpolazione, che vanno a compensare la densità variabile di stazioni presenti sul territorio nell'arco dei 50 anni in

esame. In pratica, in base ad un parametro oggettivo (Uboldi *et al.*, 2008), fissato e costante nell'arco di tempo considerato, si ottiene una stima della temperatura nelle porzioni di territorio in cui non sono presenti sensori di rilevazione e al contempo non si somma arbitrariamente un falso segnale laddove la densità di stazioni varia molto nel tempo. Una ulteriore garanzia di omogeneità temporale è stata realizzata utilizzando come campo d'appoggio su cui interpolare i dati reali, il *dataset* di reanalisi di dati meteorologici fornito su un grigliato regolare di ampiezza 1,25° realizzato dal ECMWF (*European Center for Medium range Weather Forecast*) e denominato ERA40, preventivamente verificato per il territorio regionale (Ciccarelli *et al.*, 2008). Una volta costruito con la metodologia descritta il *dataset* di temperature regionali (le cui caratteristiche geografiche sono riassunte in tabella), sono state quindi analizzate statisticamente le serie storiche di temperatura massima e minima giornaliera da esso derivanti, nel periodo compreso tra il 1/12/1960 e il 29/2/2008.

A partire da ciascun punto griglia del *dataset*, sono state calcolate le anomalie di temperatura massima e minima giornaliera, ottenute dalla differenza tra la temperatura giornaliera e la media su tutto il periodo considerato e quindi calcolati i relativi *trend*, validati in termini di significatività, con rigorose e robuste metodologie statistiche (Metodo di Bootstrap).

I risultati mostrano, sia per le anomalie di temperatura massima che per quelle di temperatura minima, un incremento medio della temperatura di circa 1°C in un cinquantennio. I *trend* calcolati sulle temperature minime stagionali evidenziano un incremento statisticamente significativo, in particolare nelle Valli di Lanzo e Valle dell'Orco, e una leggera decrescita di temperatura nell'Astigiano. Per le temperature massime, si nota un incremento statisticamente significativo su tutto il Piemonte. La stagione maggiormente interessata dal cambiamento climatico in atto è l'inverno, che presenta in media un incremento di circa 2.5 °C in un cinquantennio.

### Caratteristiche del grigliato e del dominio

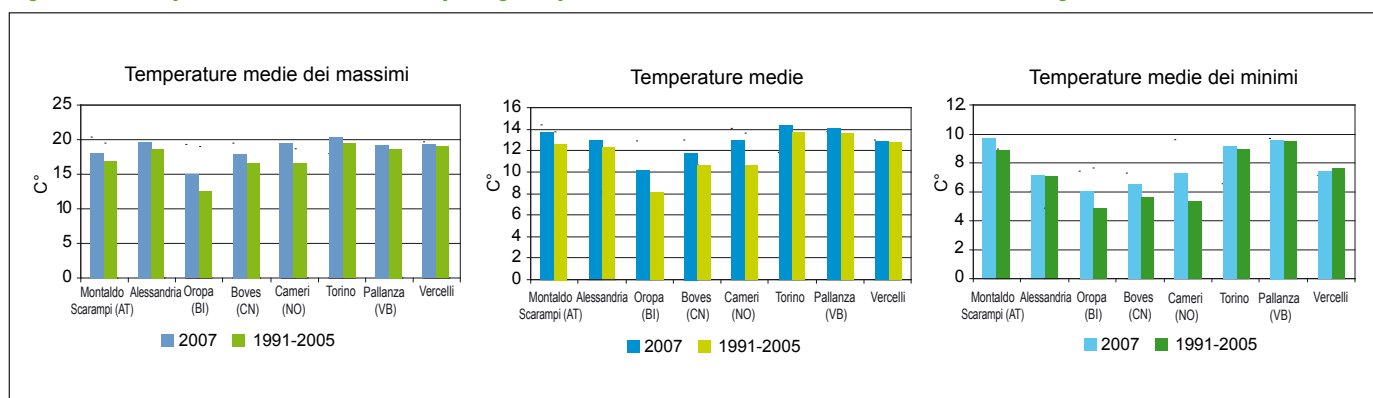
RISOLUZIONE	Latxlon	Punti Dominio	Punti Piemonte	Estremi dominio
0.125	24x20	480	297	longitude 6.5 - 9.5 latitude 44.0 - 46.5

### Temperature puntuali

La media delle temperature massime, medie e minime del 2007 nelle 8 province è sempre più elevata delle medie climatologiche in tutte le località (figura 13.13) ad eccezione delle medie dei minimi a Vercelli che risultano inferiori alla media di 0,3°C.

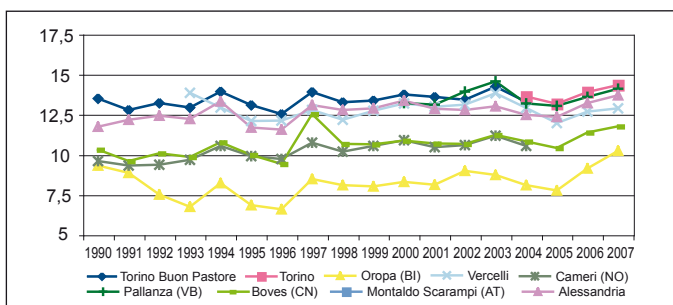
Inoltre, dall'analisi dell'andamento annuo delle temperature si evince che il 2007 è risultato il più caldo dal 1990, seguito dal 1997 e dal 2003. L'anno più freddo è stato invece il 1996 (figura 13.14).

Figura 13.13 - Temperature medie annue dei capoluoghi di provincia del 2007 confrontati con le medie climatologiche



Fonte: Arpa Piemonte

**Figura 13.14 - Andamento delle temperature medie annue - anni 1990-2007**



Il mese più caldo è stato luglio mentre quello più freddo dicembre.

Il 19 luglio è stato il giorno con temperatura più elevata in tutte le località analizzate, ad eccezione di Alessandria per la quale il giorno più caldo è stato il 20 luglio, in cui si è anche registrato il valore più elevato (37.9°C) della regione. La temperatura più bassa del 2007 è stata registrata a Boves il 15/12 (-7.6 °C); in tutta le località analizzate il giorno più freddo è collocato nella seconda metà di dicembre.

Chiara DeLuigi  
Barbara Cagnazzi  
Arpa Piemonte

## 13.2.2 Precipitazioni

Vengono analizzate prima le precipitazioni spazializzate sul territorio regionale e successivamente i totali annui del 2007 di otto stazioni, una per ogni provincia, confrontate con le medie climatologiche (1991-2005).

### Precipitazioni spazializzate

Dall'analisi della mappa di anomalia di precipitazione (figura 13.15) si evince che nel 2007 le piogge registrate sono state su tutto il territorio regionale al di sotto della media annuale, calcolata per il periodo di riferimento 1991-2005, con un deficit pluviometrico in media del 20-30%. Tale deficit è da imputare alle scarse precipitazioni che hanno caratterizzato soprattutto i primi quattro mesi dell'anno e il mese di dicembre. In particolare a febbraio e dicembre i pochi fenomeni precipitativi di debole intensità sono stati quasi esclusivamente limitati alle zone alpine.



2007: uno degli anni meno piovosi dal 1990. Il più piovoso è stato il 2002.

### Precipitazioni puntuali

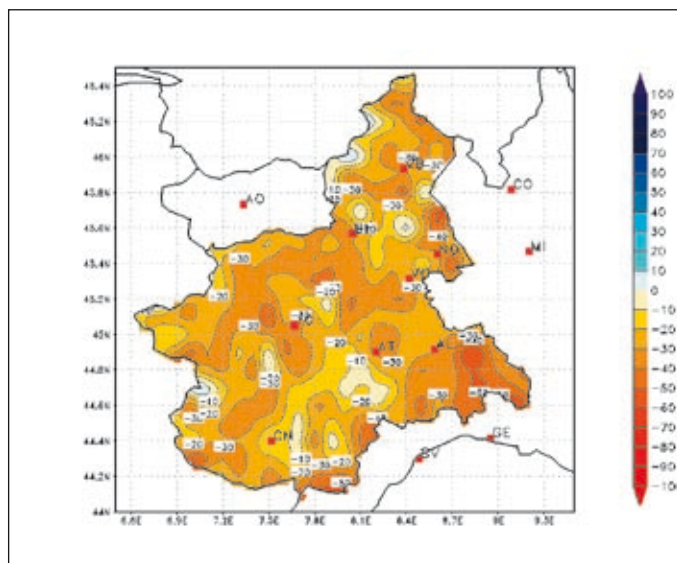
In tutti i capoluoghi di provincia le precipitazioni sono state inferiori alla climatologia sia in termini di quantità totale di pioggia caduta sia in termini di numero di giorni piovosi (pioggia  $\geq 1$ mm in un giorno); lo scostamento maggiore rispetto ai valori medi è stato registrato ad Oropa, dove si sono avuti 1.273 mm nel 2007 rispetto a 1.848 mm della climatologia (figura 13.16).

Il deficit di precipitazione va da -20% a Vercelli a -33% ad Alessandria. Le precipitazioni più elevate sono state registrate a Pallanza (VB) con 1.309 mm, mentre i valori più bassi sono risultati ad Alessandria con 403 mm. Inoltre il numero di giorni piovosi varia da 44 ad Alessandria a 78 a Oropa (BI).

Il 2007 inoltre è stato uno degli anni meno piovosi insieme al 1997, 2001, 2003 e 2005, mentre l'anno più piovoso è stato il 2002 in tutte le stazioni analizzate (figura 13.17).

Il mese più piovoso è risultato giugno in tutte le località analizzate tranne che ad Asti, Alessandria e a Novara in cui è stato agosto, mentre i mesi più siccitosi sono stati luglio a Cuneo e ad Asti (Montaldo Scarampi), dicembre a Torino, Alessandria, Vercelli e Novara, aprile a Pallanza e febbraio a Oropa (figura 13.18).

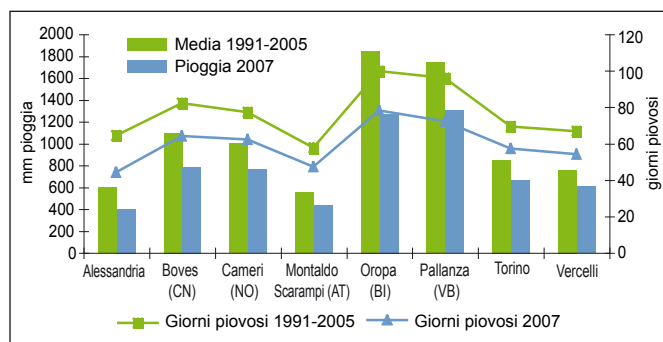
**Figura 13.15 - Distribuzione dell'anomalia di precipitazione del 2007 (%) rispetto alla climatologia del periodo 1991-2005**



Fonte: Arpa Piemonte

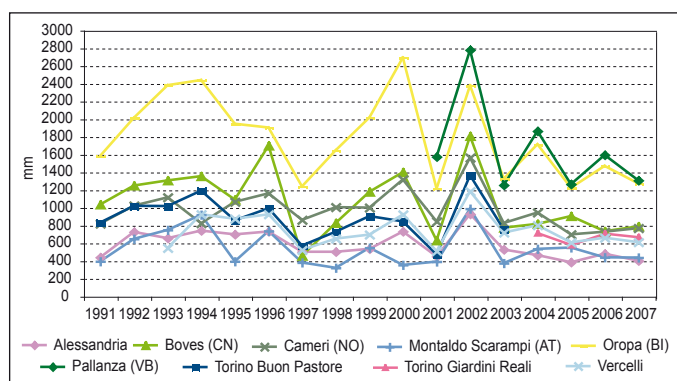
La mappa è stata elaborata con i dati di precipitazioni misurati da tutte le stazioni della rete meteoridrografica.

**Figura 13.16 - Precipitazioni annue del 2007 confrontate con le medie climatologiche**



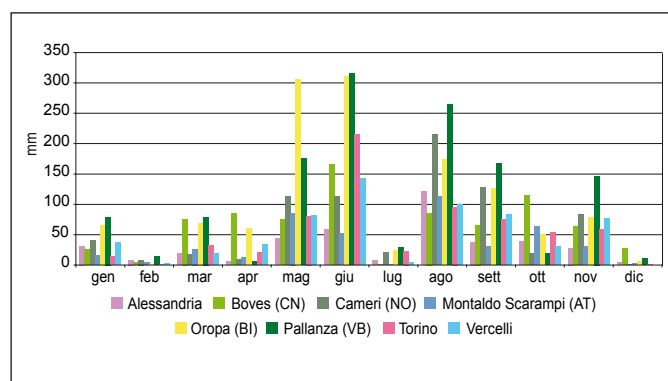
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 13.17 - Andamento delle precipitazioni annue - anni 1991-2007



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 13.18 - Precipitazioni mensili - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

### 13.2.3 Vento

Per il 2007 sono state individuate le direzioni prevalenti, le velocità medie e la massima raffica annue misurate da alcuni anemometri della rete meteorografica di Arpa, rappresentanti i capoluoghi di provincia (tabella 13.1).

Si sottolinea il fatto che i valori sono puramente indicativi poiché il vento è fortemente condizionato da fattori locali.

Barbara Cagnazzi  
Serena Poncino  
Arpa Piemonte

Tabella 13.1 - Velocità media annua e raffica massima - anno 2007 e confronto con il periodo 1990-2004

	Velocità media		Raffica massima		Raffica massima		Direzione prevalente	
	m/sec		m/sec	data	m/sec	data		
	2007	1990-2004	2007		1990-2004		2007	1990-2004
Alessandria	2.1	2.0	21.4	19/03	25.9	28/06/1990	SW	SW
Montaldo Scarampi (AT)	2.2	2.4	20.6	04/07	31.4	03/07/1998	W	W
Oropa (BI)	2.0	2.0	30.8	12/01	32.5	05/02/1999	NW	NW
Cuneo	1.5	n.d.	16.4	09/11	n.d.	n.d.	SW	n.d.
Cameri (NO)	1.8	1.6	21.6	02/01	22.2	28/03/1999	N	N
Torino Alenia	2.0	0.8	24.0	04/07 e 20/11	17.3	26/06/1994	NNE	n.d.
Pallanza (VB)	1.5	n.d.	22.5	19/01	n.d.	n.d.	W	n.d.
Vercelli	1.6	1.6	20.9	25/05	29.5	27/07/1998	N	N

\*La serie storica è calcolata per la stazione Torino Buon Pastore dismessa in data 04/08/04

Fonte: Arpa Piemonte

Inoltre, sono stati analizzati i bollettini meteorologici redatti giornalmente dal 2000 al 2007 per calcolare il numero di giorni di *foehn* sulla regione (tabella 13.2). Si evince che negli ultimi 8 anni ci sono stati da un minimo di 48 giorni a un massimo di 76 registrati proprio nel 2007.

Tabella 13.2 - Giorni di *foehn* registrati anni 2000-2007

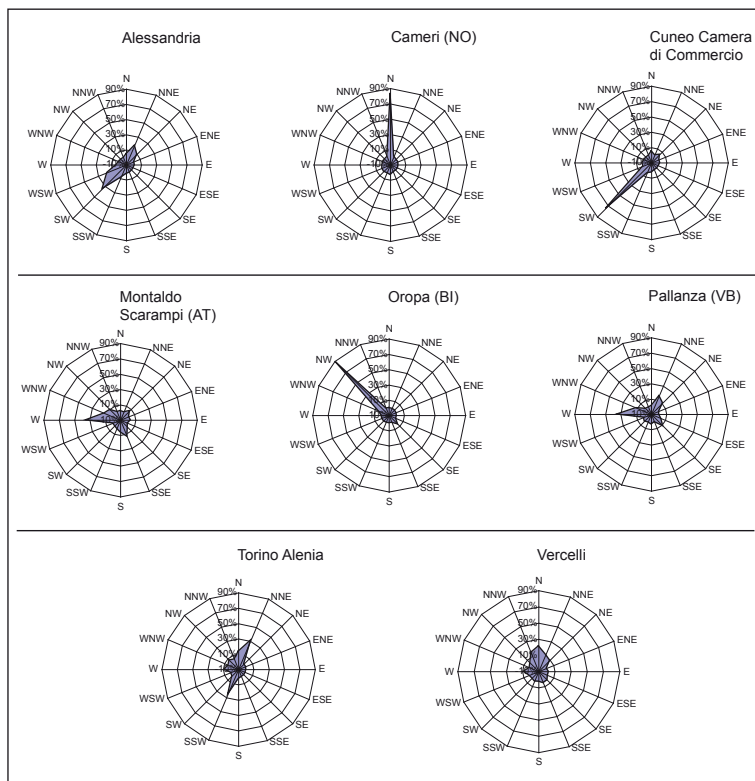
Anno	n° giorni di <i>foehn</i>
2000	70
2001	48
2002	55
2003	51
2004	64
2005	52
2006	48
2007	76

Fonte: Arpa Piemonte

Si descrive l'evento di *foehn* del 19 gennaio in cui forti venti hanno investito i rilievi alpini, in particolar modo quelli settentrionali e nordoccidentali, con valori di raffica forti e molto forti, specie sulle cime più esposte raggiungendo anche lo sbocco delle valli e le zone pianeggianti. Si sono registrati valori di raffica tra i 140 e i 150 km/h sui rilievi, con valore di punta di oltre 180 km/h sulla cima della Gran Vaudalà, al confine tra Piemonte e Valle d'Aosta, e valori tra i 60 km/h e gli 80 km/h nei fondo valle, con raffiche prossime anche ai 100 km/h. L'effetto del vento di *foehn*, associato alla presenza di alta pressione di origine africana, ha determinato temperature estremamente elevate per la stagione,



**Figura 13.19 - Rose dei venti: direzione prevalente del vento annua nei capoluoghi di provincia**



con un incremento, rispetto alla giornata precedente, anche di 20-25°C.

I valori più elevati di temperatura sono stati registrati nel cuneese e nel torinese, e oscillavano tra i 25 e i 30 °C. Alle 12.30, a Torino, sono stati raggiunti i 25.1°C, valore maggiore di diversi gradi del massimo storico del periodo.

### 13.2.4 Precipitazioni nevose

Marco Cordola, Elena Turroni - Arpa Piemonte

#### Stagione invernale 2006/07

La stagione invernale 2006/07 è stata sicuramente anomala, caratterizzata per almeno 6 mesi (da ottobre a marzo) da tempo caldo e asciutto prevalentemente sotto l'influsso anticiclonico, non soltanto sul Piemonte, ma su tutto il continente europeo.

Sui rilievi alpini si sono registrate nevicate notevolmente ridotte per numero e intensità rispetto alla media stagionale. Confrontando gli apporti nevosi della stagione con i valori medi delle precipitazioni nevose sui settori alpini piemontesi del periodo 1966-2006, da novembre a maggio, si osserva un forte deficit di neve fresca caduta rispetto ai valori medi.

La riduzione di apporti è stata più marcata sui settori meridionali e nord-occidentali: sulle A. Marittime (stazione di Entracque Chiotas) la neve fresca caduta è stata il 49% in meno rispetto alla media degli ultimi 40 anni, determinando un minimo storico; sulle A. Pennine (Antrona A. Cavalli) e Graie (Ceresole L. Serrù) è stata rispettivamente il 49% e 44% in meno, sulle Lepontine (Formazza L. Vannino) il 37%. Sulle A. Cozie (Bardonecchia Rochemolles) il deficit è risultato leggermente inferiore, pari al 29%.

I giorni nevosi sono stati altresì notevolmente ridotti, 20-40% in meno, ad eccezione dei settori delle A. Marittime e Cozie, dove il deficit percentuale è stato inferiore, intorno al 10%.

**Tabella 13.3 - Precipitazioni nevose totali Hn (cm) e numero dei giorni con precipitazione nevosa (Gn) per 5 stazioni campione rappresentative dell'arco alpino piemontese - anni 2006/07 confrontati con la media storica**

Settore alpino	Stazione (quota)	Media 1966-2006 novembre / maggio		2006-07 novembre / maggio		Variazione %	
		Hn	Gn	Hn	Gn	Hn	Gn
Lepontine	Formazza / L. Vannino (2.180)	691	56	433	44	-37	-21
Pennine	Antrona / A. Cavalli (1.500 m)	419	32	214	17	-49	-47
Graie	Ceresole / L. Serrù (2.296 m)	601	41	335	26	-44	-37
Cozie	Bardonecchia / Rochemolles (1.975m)	391	41	278	37	-29	-10
Marittime	Entracque / Chiotas (2.010 m)	619	40	313	28	-49	-13

Fonte: Arpa Piemonte

Per quanto concerne la distribuzione mensile delle precipitazioni nevose i deficit maggiori si sono riscontrati nei mesi di novembre, gennaio, febbraio e aprile. Soltanto i mesi di dicembre, limitatamente ai settori delle Alpi Pennine e Lepontine, e di marzo hanno fatto registrare precipitazioni pressoché nella norma. A maggio, eccetto l'evento di inizio mese, non si sono verificate nevicate di rilievo.

Anche in relazione del numero di giorni di permanenza della neve al suolo, si evidenziano valori significativamente inferiori nel 2006/07 rispetto alla media di riferimento, in tutti i settori alpini, passando da 6 giorni in meno rispetto alla media climatologica a Lago Vannino a 30 giorni in meno a Alpe Cavalli. I modesti apporti nevosi che si sono registrati nel corso della stagione sono stati ripetutamente seguiti da condizioni di stabilità, con giornate calde e soleggiate, anche a gennaio e febbraio, che ne hanno provocato la rapida fusione e riduzione fino alle quote più elevate. Alla fine del mese di aprile il manto nevoso era già per lo più assente alle quote inferiori ai 2.000 m e, dalla seconda decade di maggio, dopo l'ultimo evento perturbato di rilievo, un rapido processo di fusione ha ridotto drasticamente la neve al suolo, determinandone la scomparsa al di sotto dei 2.500-2.700 m di altezza.

### Stagione invernale 2007/08

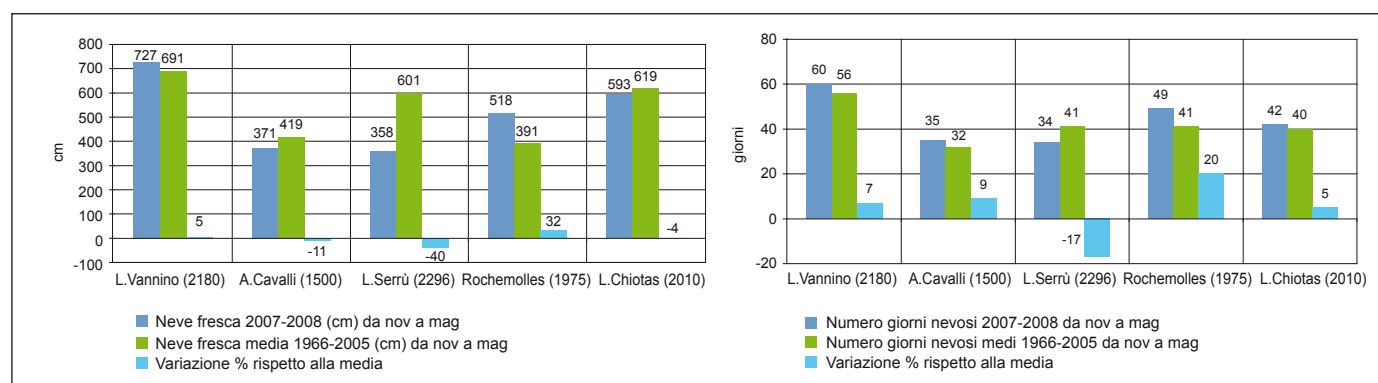
Nella stagione invernale 2007-08, dopo tre stagioni caratterizzate da un cospicuo deficit di precipitazioni nevose rispetto ai valori medi, sui rilievi alpini del Piemonte si sono registrate nevicate sostanzialmente nella norma, con un'unica riduzione significativa sulle Alpi Graie, come evidenziato nella **figura 13.20**. Analizzando gli apporti nevosi della stagione e confrontandoli con i valori medi delle precipitazioni nevose sui settori alpini piemontesi del periodo 1966-2006, da novembre a maggio, si osserva un deficit del 40% presso la stazione di Ceresole Lago Serrù, mentre nei restanti settori la variazione è compresa tra il deficit dell'11% delle A. Pennine (stazione di Antrona A. Cavalli) e il surplus del 32% delle A. Cozie settentrionali (stazione di Bardonecchia Rochemolles). Le stazioni di riferimento per il nord e il sud Piemonte, Formazza Lago Vannino e Entracque Lago Chiotas, hanno registrato valori molto simili ai valori medi di riferimento, rispettivamente pari al +5% e al -4%.



*Nevicate nella norma dopo tre stagioni con nevicate ridotte.*

Anche per quanto riguarda i giorni nevosi, i totali calcolati nella stagione 2007-08 risultano vicini e anche leggermente superiori ai valori medi di riferimento. Gli scarti maggiori si registrano a Bardonecchia Rochemolles (+20%) e a Ceresole Lago Serrù (-17%) a conferma di quanto osservato per la neve fresca caduta (Hn). La stagione in esame contrasta con un trend negativo di innevamento che si registra dalla fine degli anni 1980 e che culmina con la stagione meno nevosa del 2006-07. Essa è stata infatti caratterizzata da precipitazioni nevose diffuse e abbondanti sul territorio montano del Piemonte. L'aumento più marcato (+32%) di Bardonecchia Rochemolles (1.975 m, Val di Susa) è da imputare alla sua posizione orografica esterna rispetto all'arco alpino, maggiormente esposta anche alle nevicate provenienti da ovest e nord ovest. Il settore alpino delle A. Graie risulta l'area più penalizzata, sia in termini di neve fresca sia di giorni con nevicate.

**Figura 13.20 - Precipitazioni nevose e numero di giorni nevosi del 2007-08 a confronto con la media storica per 5 stazioni campione rappresentative dell'arco alpino piemontese**



Fonte: Arpa Piemonte

L'analisi dei giorni con presenza di neve al suolo (**figura 13.21**) ha rivelato dati per la stagione in esame ovunque superiori alle medie del periodo di riferimento, ad eccezione di Ceresole Lago Serrù dove si è calcolato un valore coincidente alla media. Ciò probabilmente a causa delle precipitazioni nevose diffuse e abbondanti registrate sul territorio montano del Piemonte - in particolare nei settori nord, sud e ovest - dove hanno talvolta superato i valori medi, sia a inizio stagione, nel mese di novembre, sia alla fine, nel mese

di aprile. All'inizio di maggio l'innnevamento in quota era infatti ancora abbondante sulla maggior parte del territorio alpino regionale; dopodichè il Piemonte è stato interessato dapprima da tempo bello, con temperature elevate, e poi da piogge diffuse fino all'evento alluvionale del 27-30 maggio, che ha contribuito ad una progressiva fusione del manto nevoso presente.

**Tabella 13.4 - Giorni di permanenza della neve al suolo nel 2007-08, a confronto con la media storica, per 5 stazioni campione rappresentative dell'arco alpino piemontese - periodo novembre-maggio**

Stazioni	Giorni con neve al suolo media 1990-2005	Giorni con neve al suolo 2007/08	
		numero	variazione %
L. Vannino	199	204	+3
A. Cavalli	129	160	+24
L. Serrù	206	206	0
Rochemolles	168	187	+11
E. Chiotas	161	190	+18

Fonte: Arpa Piemonte

### 13.3 INDICATORI METEOROLOGICI

Vengono descritti alcuni indicatori innovativi: gelate tardive, indice di Palmer e temporali, per cui è variato il metodo rispetto all'anno precedente.

Indicatore/Indice	DPSIR	Fonte dei dati	Unità di misura	Copertura geografica	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati
Gelate precoci e tardive	S	Arpa Piemonte	numero giorni di gelo	Puntuale	2007	1997-2007
Indice di Palmer	S	Arpa Piemonte	classi	Puntuale	2007	1997-2007
Indicatore di eventi temporaleschi	S	Arpa Piemonte	numero di temporali forti	Regione	2007	2004-2007

 [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it) → reporting ambientale → indicatori

**Silvia Cavalletto**  
**Nicola Loglisci**  
Arpa Piemonte

#### Gelate precoci e tardive

L'esigenza di un indicatore di gelata precoce e tardiva nasce nell'ambito del servizio agrometeorologico regionale ed è motivato dalle ingenti ricadute economiche che tali eventi possono avere sul comparto agricolo.

L'occorrenza di temperature minime inferiori a 0 °C è un fenomeno meteorologico che acquisisce una pericolosità rilevante in agricoltura qualora si verifichi nel corso del periodo vegetativo, poiché può compromettere la produzione, la produttività e la qualità dell'intera annata. Per tale motivo l'Arpa Piemonte, in collaborazione con l'Assessorato Agricoltura della Regione Piemonte, ha messo a punto uno strumento preventivo nell'ambito del rischio da gelata di interesse agrometeorologico. A tal fine, è stato ideato un indicatore in grado di fornire informazioni sulla climatologia (probabilità di occorrenza e intensità) del fenomeno della gelata nei periodi di maggior vulnerabilità vegetale al gelo, ossia il mese di ottobre (gelata precoce) e il bimestre primaverile marzo-aprile (gelata tardiva).

L'indicatore è stato applicato su alcuni siti rappresentativi dal punto di vista dell'agricoltura piemontese e dotati di una stazione di monitoraggio meteorologico della RAM (Rete AgroMeteorologica della Regione Piemonte), con risultati significativi nel caso del fenomeno delle gelate tardive del mese di aprile, sinteticamente riportati nella tabella 13.5.

Le **figure 13.21 e 13.22** riportano i risultati ottenuti per Lagnasco (CN), ben rappresentativi degli andamenti riscontrati in generale in tutti i siti considerati. Si evidenzia come, nel corso del decennio considerato (1997-2007), nel mese di aprile si sia assistito al progressivo aumento delle temperature minime, sia nei valori medi sia nei valori estremi, e alla diminuzione del numero di eventi di gelata. In particolare, l'aprile 2007 risulta notevolmente più caldo dei precedenti e completamente privo di giorni di gelo.

Le tendenze che sembrano delinearsi non devono trarre in inganno. Infatti, l'anticipo del rialzo primaverile nei valori termici comporta una ripresa vegetativa anticipata con il conseguente aumento del rischio che fasi fenologiche particolarmente delicate, quale la fioritura, compiano in periodi in cui la probabilità di gelata non è ancora scongiurata, anche se ridotta. Proprio a fronte di ciò, il monitoraggio e il *nowcasting* dell'andamento termico nei periodi sensibili diviene ancora più importante quale ausilio per la tempestiva applicazione di pratiche agronomiche preventive nella difesa da gelata tardiva.

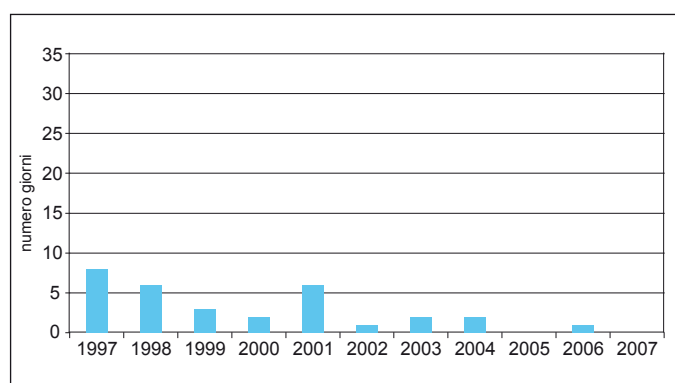


**Tabella 13.5 - Statistica delle temperature minime nelle stazioni esaminate**

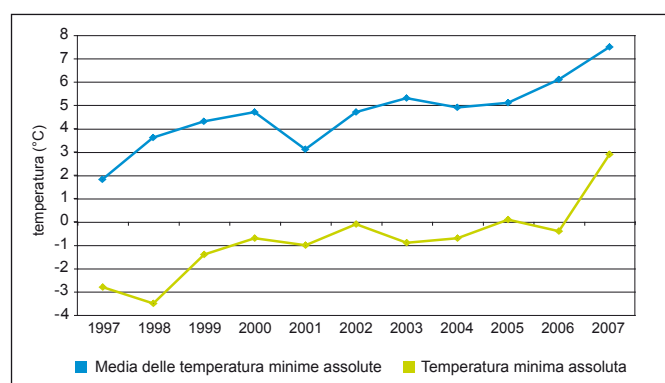
Stazione	T minima assoluta 1997-2007		T minima assoluta 2007		Giorni totali di gelo 1997-2007	Probabilità mensile giorni di gelo %	Media giorni di gelo 1997-2007	Giorni di gelo 2007
	valore	data	valore	data				
Lagnasco	-3,5	14/04/98	2,9	02/04	31	9,39	2,8	0
Mazzè*	-1,6	08/04/03	5	02/04	3	1,11	0,3	0
Casalbeltrame*	-0,8	08/04/03	6,8	02/04	1	0,37	0,1	0
Castellazzo Bormida**	-3	08/04/03	2	06/04	5	2,78	0,8	0
Nizza Monferrato	-1,3	06/04/97	5	06/04	7	2,12	0,6	0

\*dati dal 1999 \*\*dati dal 2001

Fonte: Arpa Piemonte

**Figura 13.21 - Giorni di gelo (Tmin <= 0 °C) nel mese di aprile a Lagnasco (CN) - anni 1997-2007**

Fonte: Arpa Piemonte

**Figura 13.22 - Temperatura minima assoluta e media delle temperature minime in aprile a Lagnasco**

Fonte: Arpa Piemonte

## Indice di Palmer

Le condizioni di siccità agro-meteorologica sofferte dalla regione nel corso di un anno vengono monitorate attraverso l'indice PDSI (*Palmer Drought Severity Index*) che risulta efficace nel fornire indicazioni sui deficit di pioggia calcolati su scale temporali multiple e sulla loro severità.

L'indice PDSI è un indice adimensionale basato sul concetto di offerta-domanda nell'equazione di bilancio idrico, ed è stato sviluppato per avere una misura non solo della carenza di precipitazione, ma anche delle condizioni d'umidità di una specifica località. Le variabili utilizzate nel calcolo dell'indice sono essenzialmente i campi di precipitazione e di temperatura, nonché la capacità idrica del suolo. I valori dell'indice variano tra un minimo di -4 e un massimo di +4 con una classificazione associata.

Attraverso una stretta collaborazione con il Settore Fitosanitario della Regione Piemonte, è stato calcolato il PDSI su cinque località rappresentative della realtà agricola piemontese. I dati delle cinque località sono afferenti alla Rete AgroMeteorologica della Regione Piemonte (RAM). La climatologia utilizzata per il calcolo dell'indice è basata sulle serie storiche delle stazioni analizzate, che coprono il periodo 1997-2007.

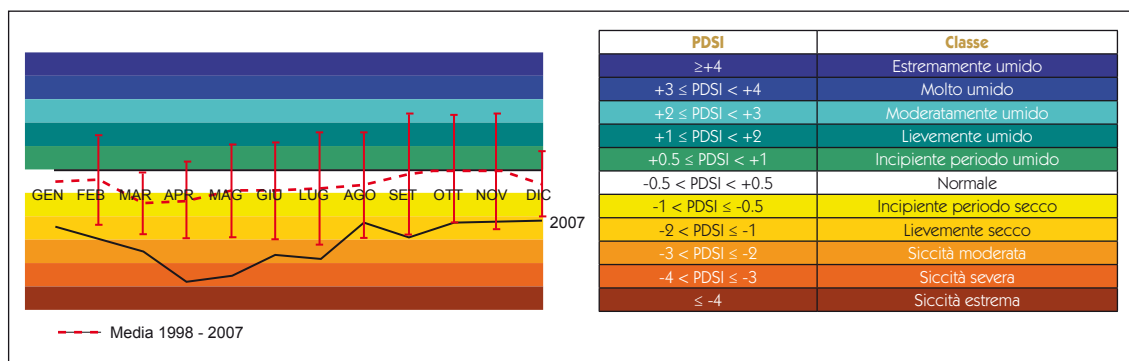
Dall'analisi dell'indice si evince che il 2007 ha raggiunto, nel mese di aprile per quattro dei cinque punti di monitoraggio, la classe di Siccità estrema, classe siccitosa mai raggiunta prima dalle serie storiche del PDSI sulle cinque località. Pertanto, tale anno è da registrare come uno tra gli anni più secchi dell'ultimo decennio dal punto di vista agro-meteorologico.

Nella **figura 13.23** è riportata, a titolo esemplificativo, la situazione della stazione di Lagnasco (CN), simile alle altre quattro località piemontesi.

Come si può vedere, l'intero anno 2007 occupa le classi comprese tra la Siccità moderata e la Siccità severa. Inoltre, i valori mensili di PDSI risultano quasi tutti inferiori alla variabilità climatologica dell'indice, valutata sull'intero periodo climatologico 1997-2007 (rappresentata dalle barre di errore in figura), dimostrando l'eccezionalità dell'annata, in particolare nei primi sette mesi.

*Silvia Cavalletto  
Nicola Loglisci  
Arpa Piemonte*

Figura 13.23 - Valori di PDSI del 2007 (linea continua) e media climatologica (linea tratteggiata) a Lagnasco (CN).



Fonte: Arpa Piemonte

Paolo Bertolotto  
Arpa Piemonte

### Fenomeni temporaleschi

Al fine di identificare un indicatore per i fenomeni temporaleschi intensi sono state caratterizzate delle soglie in merito al numero di fulminazioni e alla quantità di precipitazione su di una soglia temporale di sei ore, derivate da un'analisi svolta sul Piemonte. La soglia di precipitazione massima cumulata, su una singola stazione per area di allertamento, è stata scelta nella quantità di 30 mm, in base a criteri statistici e indicazioni in letteratura.

La soglia sul numero di fulminazioni deve essere fissata ad un valore non eccessivamente elevato, per avere a disposizione una statistica sufficiente in modo da poter compiere su di essa analisi significative. Il dataset preso in esame per ottenere un primo valore per le soglie ha compreso i mesi estivi (giugno, luglio e agosto) degli anni 2004, 2005, 2006.

Si è evidenziato che, dividendo il Piemonte in 4 macro-aree di allertamento, risultanti dall'unione rispettivamente delle aree di allertamento operative, le scadenze di 6 ore in cui si sono verificati temporali forti secondo questo criterio sono state rispettivamente 64, 27, 35 e 31.

Le macroaree sono così costituite:

1. Toce-Dora Baltea, Sesia
2. Orco, Bassa Dora Riparia, Sangone-Alta Dora Riparia, Po-Varaita Stura
3. Alto Tanaro-Belbo Bormida-Scrvia
4. Pianura Settentrionale-Pianura Torinese, Collina-Pianura Cuneese

Dall'analisi compiuta è risultato che negli anni 2004, 2005, 2006 le scadenze nelle quali si è verificata almeno una fulminazione sono più di 300 per macroarea, mentre fissando un valore di soglia più elevato (30 fulmini ogni 6 ore) il numero di scadenze con temporali si aggirava intorno alle 90 per macroarea, rivelando quindi tale criterio di selezione come possibile buon indicatore di temporali forti.

Portando il numero di fulmini fino a 200 si ottiene un altro possibile indicatore di temporali forti, con un'ovvia e ulteriore diradazione del dataset.

Come ultimo criterio di selezione si è pensato di sostituire alla precipitazione osservata dalle stazioni meteorologiche quella estrapolata dalla riflettività del radar, in quanto è possibile avere un campo di precipitazione più capillare e dettagliato, capace di identificare gli eventi temporaleschi che spesso coinvolgono, seppur con intensi fenomeni, aree molto limitate. Si è scelto quindi di utilizzare come indicatore di temporali forti per l'anno 2007 quello costituito dal superamento congiunto della soglia di precipitazione di 30 mm in 6h (estrapolata da radar) e della soglia di 30 fulminazioni nella stessa scadenza.

Si è ottenuto che il dataset dei temporali osservati è più popolato sulle aree 2,3,4 rispetto ai valori dell'indicatore precedente, segno che su quelle aree la rete di stazioni meteorologiche non riusciva ad evidenziare in maniera adeguata eventi di questo tipo, molto intensi e localizzati (tabella 13.6).

Quanto al confronto dei vari anni, risulta che il 2007 è stato un anno con molti temporali, (solo sull'area 1, sui rilievi meridionali c'è stata una flessione ma solo rispetto al 2006), e sull'area 4, in pianura, si è raggiunto il maggior numero.

*Molti eventi temporaleschi nel 2007, in numero maggiore rispetto agli altri anni, in particolare in pianura.*

**Tabella 13.6 - Numero di scadenze di 6 ore con eventi temporaleschi identificati secondo l'indicatore di temporali per le estati degli anni 2004 - 2007, calcolati "senza" e "con" la pioggia estrapolata da radar**

Anno	Macro Area 1		Macro Area 2		Macro Area 3		Macro Area 4	
	senza radar	con radar	senza radar	con radar	senza radar	con radar	senza radar	con radar
2004	20	15	5	11	6	8	8	19
2005	21	20	9	22	10	22	12	21
2006	23	28	13	16	19	22	11	25
2007	19	19	22	30	17	21	18	33

Fonte: Arpa Piemonte

## 13.4 DIVULGAZIONE

### Il Piemonte nel Cambiamento Climatico

Il problema dei cambiamenti climatici è diventato di grande attualità negli ultimi anni a causa della sempre più frequente ricorrenza di fenomeni di un certo rilievo come siccità, ondate di calore, alluvioni, inverni con scarsità di neve o con temperature elevate, periodi prolungati di freddo intenso, che non sono più percepiti solamente a livello di notizia, ma che hanno avuto nell'ultimo decennio una specifica evidenza, lasciando significativi effetti sia sul territorio che nella memoria. Di fronte a tali fenomeni, il mondo scientifico si è messo in moto per cercare una conferma di un eventuale cambiamento del clima mondiale, studiarne le cause, e in particolare l'influenza dell'uomo, e analizzare così le possibili ripercussioni a cui si potrà andare incontro nel prossimo futuro e delineare interventi di mitigazione.

Al fine di contribuire al processo di diffusione dell'informazione sul tema del cambiamento climatico, valorizzando la tradizione secolare del Piemonte di osservazione e classificazione delle misure e caratteristiche climatiche, è stata realizzata la pubblicazione divulgativa sul cambiamento climatico dal titolo "Il Piemonte nel cambiamento climatico - Osservazioni passate, impatti presenti e strategie future". La possibilità di attingere a tali conoscenze costituisce la principale caratteristica di originalità e peculiarità della pubblicazione, che affianca la trattazione generale delle tematiche del cambiamento climatico a significativi esempi del territorio piemontese, permettendo di fissare su di un substrato di solida base dati le valutazioni sulle trasformazioni in atto e sugli scenari di evoluzione.

La pubblicazione è stata realizzata con i fondi del progetto Interreg IIIB Spazio Alpino "ClimChAlp" ed è stata presentata in occasione dell'inaugurazione della nuova sede Arpa Piemonte.

Mariaelena Nicoletta  
Arpa Piemonte

Copertina del volume



### Progetto Framea

FRAMEA è il titolo di un progetto di cooperazione Interreg Italia-Francia<sup>1</sup> i cui partner sono: Arpa Piemonte (Capofila), Météo-France, Cemagref e CNRS.

Le attività progettuali vertono sulla realizzazione, la sperimentazione e l'integrazione nei servizi operativi esistenti di due radar meteorologici innovativi, basati sulla banda X.

Tali strumenti di *remote sensing* consentono il monitoraggio di fenomeni precipitativi con elevata risoluzione spaziale (100 m) e temporale (un'osservazione al minuto per un raggio d'azione di 50 km).

Arpa Piemonte ha scelto una soluzione di radar in banda X rilocabile, sia per le ridotte dimensioni e i costi contenuti sia in un'ottica di reimpiego *cost efficient* della strumentazione, dato il suo ottimale utilizzo in diversi contesti. Lo strumento può infatti proficuamente essere impiegato nel monitoraggio di bacini alpini di piccole o medie dimensioni, di aree urbane per la gestione del rischio meteorologico, a supporto dell'agricoltura nella difesa dalla grandine e nel monitoraggio e *nowcasting* per eventi e manifestazioni pubbliche.

La pubblicazione, bilingue italiano-francese, illustrante le varie fasi del progetto, le analisi climatologiche regionali sino all'assimilazione della strumentazione nelle catene gestionali italo-francesi, è consultabile dal sito Web di Arpa Piemonte alla sezione "pubblicazioni".

<sup>1</sup>Progetto Interreg IIIA Italia-Francia Alcotra FRAMEA - Flood forecasting using Radar in Alpine and Mediterranean Areas. R. Cremonini, R. Bechini, M. Ponzone

Monica Ponzone  
Arpa Piemonte

**Il METEOR 50DX - realizzato dalla ditta italiana Selex Sistemi Integrati, Gruppo Finmeccanica**





Silvia Cavalletto  
Antonella Bari  
Maria Rita Cesare  
Federico Gbadiè  
Luciana Ropolo  
Renata Pelosini  
Giovanna Berti  
Andrea Bertola  
Maria Maddalena  
Calciati  
Arpa Piemonte

## 13. 5 IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

### Influenza della temperatura e delle variazioni climatiche sul rilascio del polline

I parametri climatici rivestono un ruolo fondamentale sia nel processo di liberazione del polline sia nella quantità di polline prodotto e relativo andamento della pollinazione: ogni qualvolta si verificano anomalie climatiche, le piante rispondono con variazioni nell'inizio e nella durata delle varie fenofasi. Pertanto, utilizzando rilevazioni polliniche pluriennali, è possibile studiare i principali parametri di pollinazione in correlazione con i dati climatici al fine di evidenziare eventuali variazioni in corrispondenza di incrementi termici e delimitare temporalmente i periodi in cui tali variazioni vengono rilevate. È possibile così mettere in evidenza eventuali tendenze all'anticipo o posticipo nella pollinazione di diversi taxa.

La rete di monitoraggio aerobiologico di Arpa Piemonte, attiva dall'anno 2002, dispone di stazioni di monitoraggio site in aree urbane (Cuneo, Alessandria, Novara), e in luoghi caratteristici per motivi geografici e climatici: Bardonecchia (TO) e Omegna (VB), oltre alla stazione di Torino gestita dal Dipartimento di Biologia vegetale dell'Università di Torino. Nel territorio regionale la centralina di Bardonecchia rappresenta l'unica stazione posizionata in quota (1.321 m s.l.m.). I dati, per tutte le stazioni, sono disponibili su base giornaliera, in termini sia di numero di granuli pollinici sia di concentrazione per metro cubo d'aria. I taxa per i quali viene conteggiato il polline sono quelli di interesse allergologico attualmente utilizzati nel Bollettino Pollinico pubblicato settimanalmente sul sito Arpa.

Al fine di valutare l'utilizzo dell'indicatore proposto, i dati delle letture, derivanti da due di queste stazioni, sono stati elaborati e utilizzati per il calcolo di una serie di parametri utili a descrivere l'andamento palinologico nelle sue fasi principali. In particolare: inizio del periodo principale di pollinazione (PPP); fine del periodo di pollinazione; durata della pollinazione; concentrazione del picco massimo (MPS) e concentrazione totale annuale. Tali parametri sono risultati, da analisi della letteratura specifica, quelli maggiormente rispondenti alle variazioni indotte dal clima<sup>1</sup>.

I parametri pollinici sono stati relazionati con le temperature medie - derivanti dalle centraline meteorologiche più vicine e quindi rappresentative per le stazioni aerobiologiche considerate - dei due mesi precedenti l'inizio della pollinazione, così come suggerito da gran parte della letteratura esaminata.

### Stazioni, taxa e periodo considerato

Lo studio è stato circoscritto alle stazioni aerobiologiche situate nel Piemonte nord-orientale e in particolare la stazione di Omegna (VB) e di Novara, con le corrispondenti stazioni meteorologiche di Cameri (NO) e di Condoggia Toce (VB). Nell'ambito di tale analisi sono stati presi in considerazione i seguenti taxa: *Corylus*, *Platanus* e *Castanea*, selezionati sia in base a indicazioni tratte da letteratura sia in quanto specifici di tre diversi periodi stagionali. *Corylus* infatti presenta una fioritura tardo invernale, *Platanus* una fioritura primaverale e *Castanea* una fioritura inizio-estiva.

In particolare per *Platanus* e *Corylus* è disponibile un discreto numero di studi, riportati in letteratura, aventi per oggetto gli effetti del clima sugli anticipi o ritardi nella pollinazione di tali taxa.

Sono stati considerati gli anni dal 2002 al 2007, con l'eccezione del *Corylus* per il quale non è stato considerato il 2002, nel quale le letture sono iniziate troppo tardi rispetto al periodo utile per rilevare il taxa.

### Risultati

Vengono di seguito riportati i risultati delle stazioni di Novara e Omegna relativamente ai parametri di pollinazione sopracitati e ai dati di temperatura media mensile.

<sup>1</sup> - *Periodo Principale di Pollinazione (PPP):* corrisponde al giorno in cui la somma delle percentuali annuali dei taxa considerati raggiunge il 5% del totale e in cui si abbia una liberazione di polline dell'1% (Lejoly-Gabriel, 1978)

- *Fine del periodo di pollinazione:* corrisponde al giorno in cui la somma delle concentrazioni giornaliere raggiunge il 95% (Goldberg et al., 1988)

- *Durata della pollinazione:* periodo di tempo che intercorre tra l'inizio del periodo principale di pollinazione (PPP) e la fine del periodo di pollinazione

- *Data e Concentrazione del picco massimo (Main Pollen Season - MPS):* il giorno in cui viene raggiunto il valore massimo di concentrazione annuale, e il corrispondente valore di concentrazione pollinica

- *Concentrazione totale annuale (Pollen Index):* somma annuale dei valori di concentrazione giornaliera.

Stazione di Novara: ad una prima analisi dei risultati delle elaborazioni effettuate, si rileva come gli anticipi nell'inizio del periodo di pollinazione (PPP) corrispondano ad annate in cui i due o tre mesi precedenti l'antesi sono stati caratterizzati da temperature tendenzialmente più elevate della media. In particolare si evidenzia un sensibile anticipo per le *Platanaceae* nel 2002 e nel 2007 e per *Corylus* nel 2003 e nel 2007, mentre è un po' meno evidente la relazione con le temperature per *Castanea* nel 2007. La durata del periodo di pollinazione non sempre sembra essere imputabile a variazioni di temperatura, così come la durata della concentrazione totale annua e la data e la concentrazione del picco.

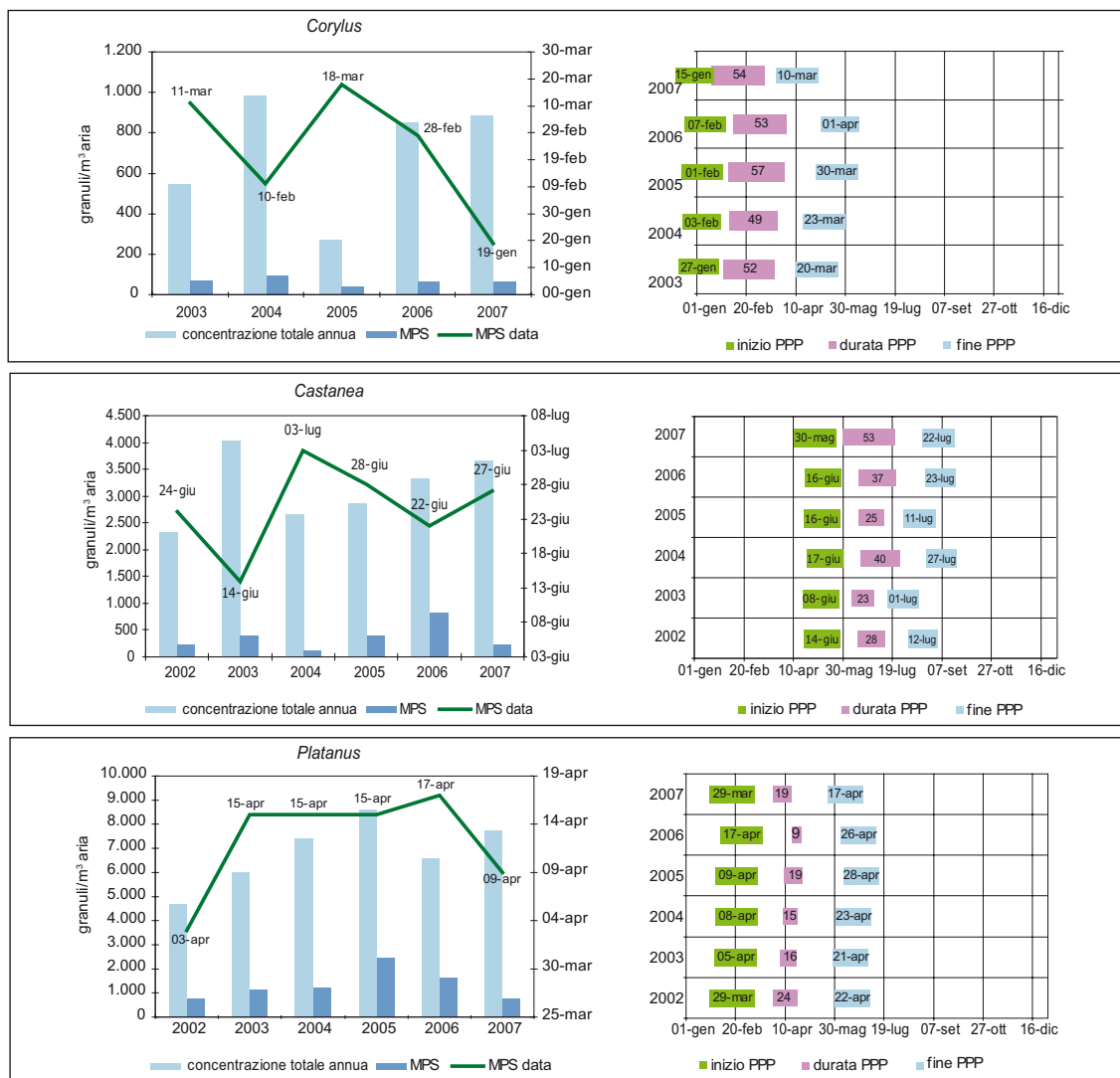
**Tabella 13.7 - Stazione di Novara: Temperature medie mensili - anni 2002-2007**

Stazione di Novara - Cameri												
	media gennaio °C	media febbraio °C	media marzo °C	media aprile °C	media maggio °C	media giugno °C	media luglio °C	media agosto °C	media settembre °C	media ottobre °C	media novembre °C	media dicembre °C
2002	-1,9	3,0	8,1	10,2	14,2	20,2	19,7	18,9	14,7	10,3	6,6	2,5
2003	-0,3	-2,1	6,8	9,8	16,9	23,1	22,3	23,6	15,7	8,6	5,5	1,2
2004	-0,2	1,0	5,1	9,9	13,2	19,5	20,9	20,4	16,9	12,3	5,4	1,8
2005	-0,5	0,3	6,1	10,1	17,9	22,4	23,6	20,9	18,3	12,5	5,8	0,7
2006	0,0	2,4	6,9	12,4	16,8	21,9	25,9	20,8	19,6	14,4	8,6	3,9
2007	4,7	5,5	9,5	15,9	17,6	21,0	23,2	21,1	17,0	12,3	6,1	1,8

Vengono evidenziati in colore i mesi le cui temperature potrebbero aver influito sulla pollinazione dei taxa considerati.

■ *Corylus* ■ *Castanea* ■ *Platanus*

**Figura 13.24 - Stazione di Novara: parametri pollinici studiati per i tre taxa considerati - anni 2002-2007**



Fonte: Arpa Piemonte

PPP = Periodo Principale di Pollinazione MPS = Main Pollen Season - Picco massimo

Stazione di Omegna: analogamente a quanto rilevato per la stazione di Novara, si evidenziano anticipi nella pollinazione, relazionabili con aumenti di temperatura nei mesi immediatamente precedenti (figura 13.25). In particolare si evidenziano anticipi nel 2002 e 2007 per le *Platanaceae*, per le quali è evidente anche un singolare aumento delle concentrazioni totali annuali nel tempo; nel 2003 e 2007 per *Corylus* (nel 2003 è evidente anche un allungamento del periodo di pollinazione); mentre si conferma l'anticipo del 2007 per *Castanea*, che presenta anche una maggior estensione temporale del periodo.

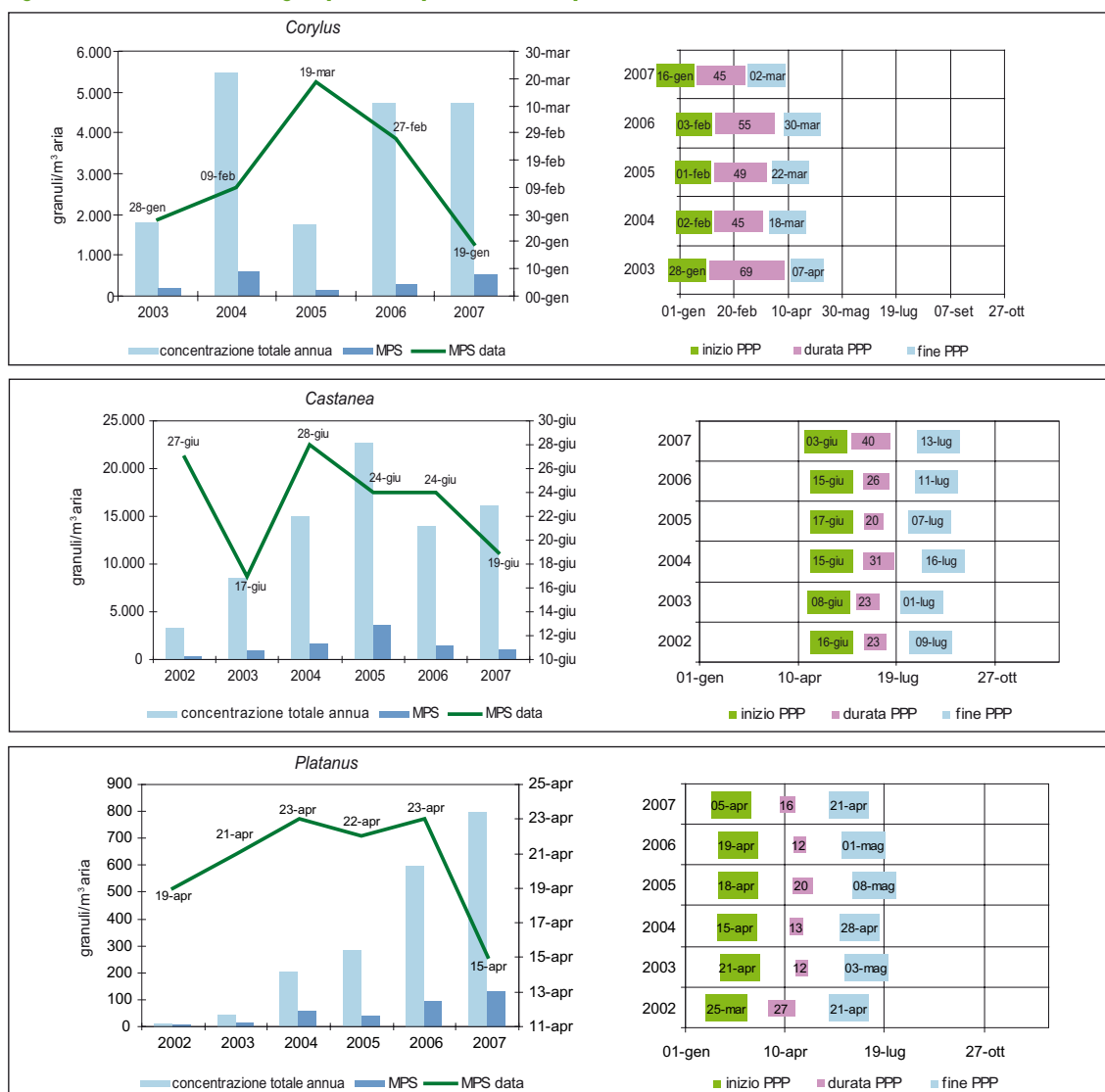
**Tabella 13.8 - Stazione di Omegna: Temperature medie mensili - anni 2002-2007**

Stazione di Omegna - Condaglia Toce												
	media gennaio °C	media febbraio °C	media marzo °C	media aprile °C	media maggio °C	media giugno °C	media luglio °C	media agosto °C	media settembre °C	media ottobre °C	media novembre °C	media dicembre °C
2002	-0,1	5,5	10,3	12,6	15,3	21,6	20,9	20,2	16,3	12,4	8,4	4,6
2003	2,8	2,1	9,3	12,1	18,2	24,8	23,9	24,8	17,0	10,6	7,0	3,7
2004	3,2	4,0	8,0	11,9	14,9	21,2	21,6	20,8	17,9	13,4	6,9	3,2
2005	2,3	3,3	8,8	11,8	17,6	21,6	22,5	20,1	18,0	12,2	6,7	1,4
2006	0,5	3,1	7,4	13,3	16,8	21,8	24,6	19,8	18,6	14,2	8,6	3,9
2007	5,0	6,6	10,3	16,6	17,4	20,1	22,6	20,3	16,3	12,3	6,4	2,7

Vengono evidenziati in colore i mesi le cui temperature potrebbero aver influito sulla pollinazione dei taxa considerati.

■ *Corylus*    ■ *Castanea*    ■ *Platanus*

**Figura 13.25 - Stazione di Omegna: parametri pollinici studiati per i tre taxa considerati - anni 2002-2007**



Fonte: Arpa Piemonte

PPP = Periodo Principale di Pollinazione MPS = Main Pollen Season - Picco massimo

Da questa prima analisi sui possibili effetti che le variazioni di temperatura possono indurre sulla pollinazione dei taxa considerati, si può affermare, in accordo con la bibliografia specifica (Emberlin *et al.*, 2007; Tedeschini *et al.*, 2007), che anticipi si possono verificare in concomitanza con eventi climatici che inducono a temperature più elevate nel periodo immediatamente precedente l'inizio della pollinazione. Meno chiaro risulta invece l'effetto della temperatura sulle concentrazioni totali annuali di polline, così come sul picco di pollinazione, parametri sui quali potrebbero influire altri fattori climatici, come la piovosità.

Sembrerebbe quindi, così come indicato da altri lavori (Tedeschini *et al.*, 2006), che i cambiamenti nell'assetto climatico non sempre risultano significativamente influenti sulla produttività per i taxa considerati. Andrà sicuramente approfondito e indagato l'effetto che altri fattori climatici, ad esempio le precipitazioni, possono avere su tali parametri.

La prosecuzione di tale studio dovrà prevedere un'analisi statistica accurata relativa alle possibili correlazioni tra parametri pollinici e parametri climatici, estesa anche alle altre stazioni della rete di monitoraggio pollinico.

### Bibliografia

CICCARELLI *et al.*, 2008. *Climate variability in north-western Italy during the second half of the 20° century*. Global and Planetary Change.

EMBERLIN J., SMITH M., CLOSE R., ADAMS-GROOM B., 2007. *Changes in the pollen seasons of the early flowering trees *Alnus spp.* and *Corylus spp.** Worcester, United Kingdom, 1996-2005. *Int. J. Biometeorol.*, 51:181-191.

GOLDBERG C., BUCH H., MOSEHOLM L., WEEKE EV., 1988. *Airborne pollen records in Denmark, 1977-1986*. Grana, 27:209-217.

KALNAY, 2003. *Atmospheric modeling, data assimilation and predictability*. Startingpage-endingpage.

LEJOLY - GABRIEL M., 1978. *Recherches ecologiques sur la pluie pollinique en Belgique*. Acta Geographica Lovaniensia.

TEDESCHINI E., RODRIGUEZ-RAJO F., CARAMIELLO R., JATO V., FRENGUELLI G., 2006. *The influence of climate changes in *Platanus spp.* Pollination in Spain and Italy*. Grana, 45:222-229.

UBOLDI, F *et al.*, 2008. *Three-dimensional spatial interpolation of surface meteorological observations from high-resolution local networks*. In Meteorological Applications, Royal Meteorological Society.