

Clima e cambiamenti climatici

Caratteristiche meteorologiche del 2006

Analisi climatica

Precipitazioni nevose

Indicatori meteorologici

Impatti dei cambiamenti climatici



Giovanni Paesano
Arpa Piemonte

13.1 CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DEL 2006

L'analisi meteorologica dell'anno 2006 è stata effettuata analizzando i vari periodi dell'anno, trattando insieme i mesi che hanno avuto configurazioni meteorologiche simili, al fine di fornire una descrizione del tempo meteorologico che ha caratterizzato il Piemonte nel 2006.

Viene descritto l'andamento dell'altezza di geopotenziale¹, 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 permettere di interpretare la fenomenologia dell'anno 2006.

Gennaio, Febbraio

Una caratteristica evidente dei primi mesi del 2006 è stata un'anomalia termica negativa prolungata (iniziata fin da novembre 2005), che si è estesa fino al mese di marzo, a proseguimento della stagione invernale 2005-2006, caratterizzata da uno degli inverni più lunghi e più freddi degli ultimi 30 anni su gran parte d'Europa (figura 13.1 a sinistra).

Le ripetute intrusioni di aria fredda dalla Russia e dai Balcani verso l'Italia, associate alla saccatura polare in discesa dalla Scandinavia (figura 13.2), hanno mantenuto a lungo le temperature al di sotto della media stagionale (figura 13.1 a sinistra) e, in particolare nel mese di febbraio, hanno provocato diversi episodi di nevicate anche in pianura: memorabili le nevicate sulla Torino olimpica.

Marzo

Nel mese di marzo si è mantenuta l'anomalia termica negativa, associata alla pronunciata saccatura polare in discesa dalla Scandinavia, ma, a differenza dei due mesi precedenti, il flusso di correnti da ovest-nord-ovest, più intenso rispetto ai valori climatologici, ha determinato numerosi giorni di *foehn*, con conseguente scarsità di precipitazioni sulla regione (figura 13.3).

Aprile, Maggio

Durante i mesi di aprile e maggio si è avuta una netta inversione di tendenza (figura 13.4).

In entrambi i mesi, la pressione più alta sul bacino del Mediterraneo, legata ad una maggiore espansione dell'anticiclone africano, oltre a determinare temperature più elevate della media del periodo, ha impedito alle perturbazioni atlantiche di penetrare verso il Piemonte e ha così sfavorito le precipitazioni.

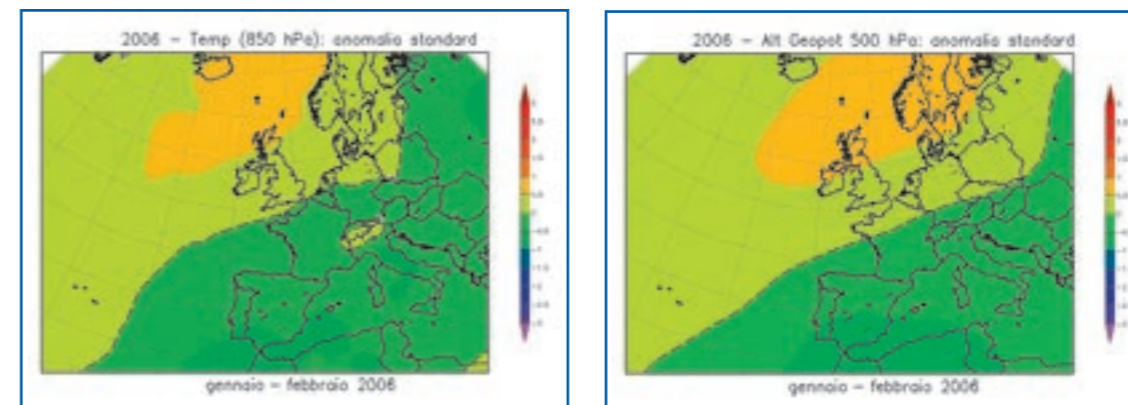
Tuttavia, ad aprile (figura 13.5 a sinistra) anche l'Anticiclone delle Azzorre si è spinto verso le latitudini più settentrionali dell'Atlantico, esercitando un'azione di blocco più efficace alle perturbazioni oceaniche dirette verso il bacino del Mediterraneo. A maggio (mappa a destra), invece, la depressione d'Islanda è stata ben più pronunciata sulle coste atlantiche europee: questo ha permesso un maggior apporto di aria umida e instabile sul Piemonte, con precipitazioni relativamente maggiori rispetto al mese precedente, seppur sempre all'insegna di un generale deficit di pioggia prolungato (iniziato già da marzo) rispetto alla climatologia attesa per il periodo primaverile.

Giugno, Luglio

I primi mesi estivi hanno presentato ancora un'anomalia negativa di precipitazione e positiva di temperatura sul continente europeo, attribuibile per entrambi i mesi alla prolungata permanenza dell'Anticiclone Africano in estensione dal bacino del Mediterraneo occidentale e in particolare sul nord-ovest italiano (figura 13.6): evidente soprattutto a luglio.

¹L'altezza di geopotenziale (qui espressa in decimetri) indica a quale altezza si trova un determinato valore di pressione atmosferica, che nelle mappe mostrate è la pressione di 500 hPa o millibar. Tali mappe (simili alle carte della pressione al suolo) si riferiscono ad una superficie in quota, a circa 5.500 metri. Le linee che uniscono punti di uguale valore di geopotenziale, dette isoipse, possono assumere la forma di "promontori" (simili a montagne), aree di alta pressione, e di "saccature" (simili a valli), aree di bassa pressione. Il flusso dominante a grande scala è fondamentalmente governato da tale configurazione meteorologica in quota (sinottica), in quanto segue proprio le "isoipse", muovendosi da ovest verso est.

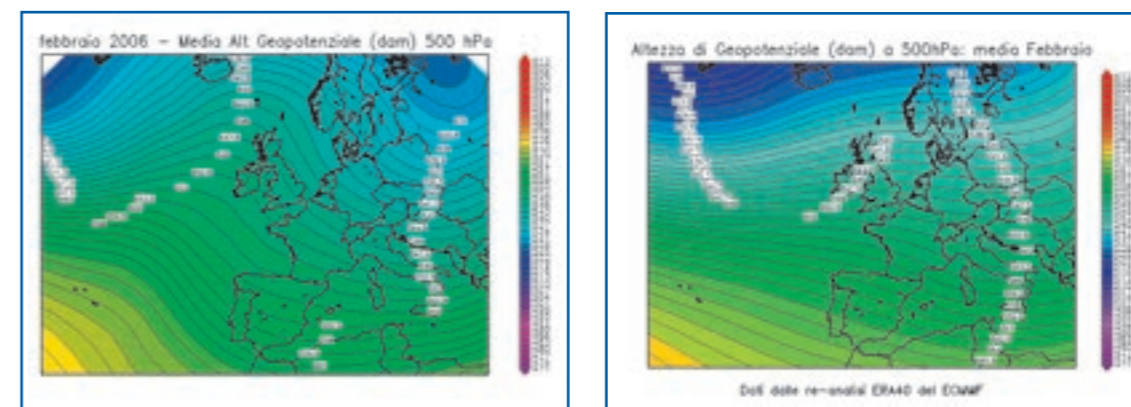
Figura 13.1 - Anomalia standardizzata del bimestre gennaio-febbraio 2006 rispetto alla climatologia 1957-2002, per la temperatura a 850 hPa, circa 1500 m di quota (a sinistra) e il geopotenziale a 500 hPa (a destra)



Fonte: Arpa Piemonte

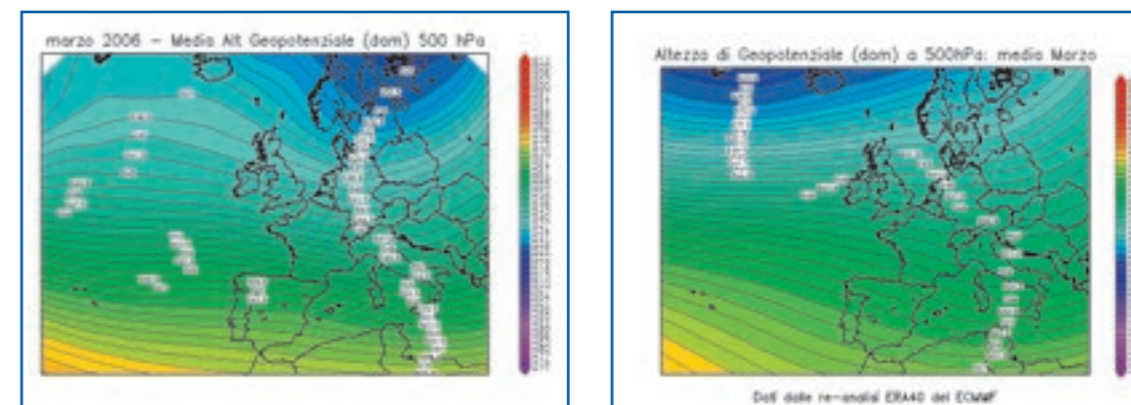
Si sono registrati valori di pressione e temperatura mediamente più alti della norma sulle regioni settentrionali europee e più bassi su quelle meridionali e orientali. Il fatto che le mappe riescano ad evidenziare un segnale così chiaro, su una media temporale relativa a due mesi, è significativo della forza e della persistenza della configurazione meteorologica presente per tutto il lungo periodo. L'isolinea tratteggiata in nero segna lo "0" e separa i valori di anomalia negativa (dal verde al blu - viola) da quelli positivi (dal giallo al rosso).

Figura 13.2 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di febbraio: anno 2006 (a sinistra) e periodo climatico 1957-2002 (a destra)



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 13.3 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di marzo: anno 2006 (a sinistra) e periodo climatico 1957-2002 (a destra)



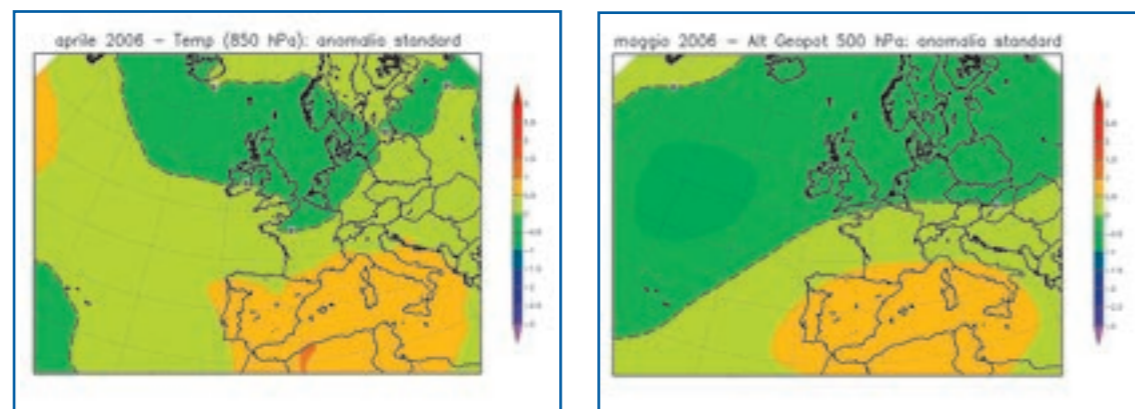
Fonte: Arpa Piemonte

Alle medie latitudini, le isolinee di pressione a sinistra appaiono molto più dense della rispettiva mappa climatologica a destra: questo segnala che il vento era più forte. L'accentuato scontro tra l'alta pressione, da sud (verso la Penisola Iberica), e la bassa, da nord (dalla Scandinavia), ha aumentato il gradiente barico e quindi rinforzato le correnti occidentali dall'Atlantico verso il continente europeo.

I due mesi, entrambi con un prevalente deficit di precipitazioni rispetto alla media, hanno avuto un comportamento parzialmente diverso tra loro per quanto riguarda le precipitazioni.

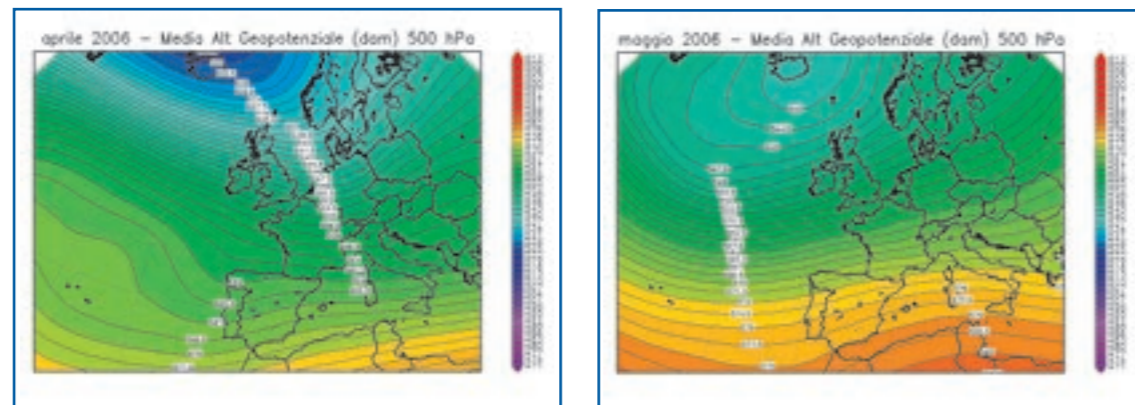
A giugno (mappa a sinistra) il promontorio dell'Anticiclone Africano si è posizionato intorno alla Penisola Iberica e l'Europa sudoccidentale, direzionando così il flusso sul Piemonte da nordovest, tipicamente più continentale e secco. A luglio (mappa a destra), invece, l'Anticiclone Africano si è spinto più a nord, rafforzandosi sull'Europa centrale e orientando così le correnti da sudovest sull'arco alpino occidentale. In tal modo, è giunta aria più calda e umida da sud sul Piemonte, più favorevole a condizioni d'instabilità estiva e quindi si sono verificate maggiori precipitazioni, a carattere convettivo, anche se discontinue per l'irregolarità tipica dei temporali estivi.

Figura 13.4 - Anomalia standardizzata, rispetto alla climatologia 1957-2002, della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) nel mese di aprile 2006 (a sinistra) e del geopotenziale a 500 hPa nel mese di maggio 2006 (a destra)



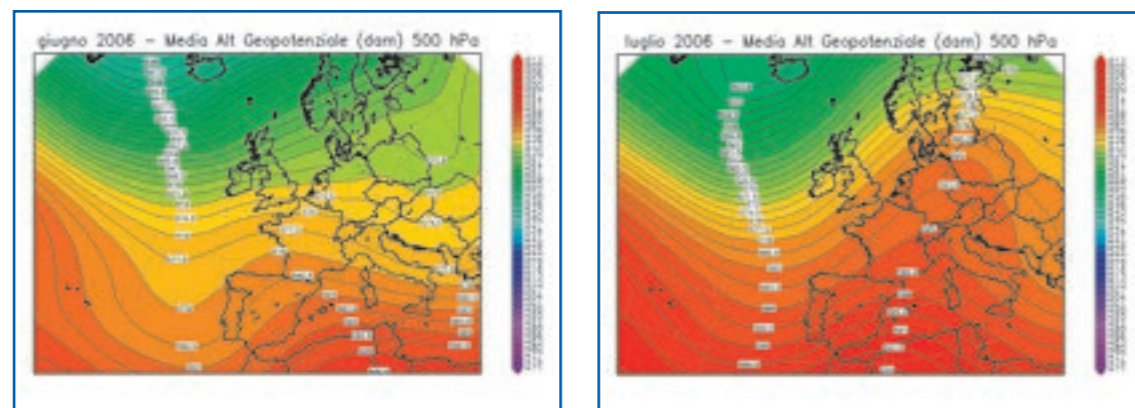
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 13.5 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di aprile (a sinistra) e maggio (a destra) - anno 2006



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 13.6 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di giugno (a sinistra) e luglio (a destra) - anno 2006



Fonte: Arpa Piemonte

Agosto

Il mese di agosto ha visto un drastico cambiamento nel regime di anomalia positiva dei campi atmosferici occorsi nei mesi precedenti, come si vede chiaramente in **figura 13.7**, dove si nota una differenza negativa rispetto alla norma, con l'apice posizionato proprio sull'Europa centrale.

La saccatura, che dal nord Europa si è spinta più a sud della norma, in corrispondenza delle longitudini dell'Europa centrale, ha favorito un più facile ingresso di aria fresca dal nord Atlantico verso il Mediterraneo centrale e ha causato un'anomalia negativa per il periodo anche nei valori di temperatura.

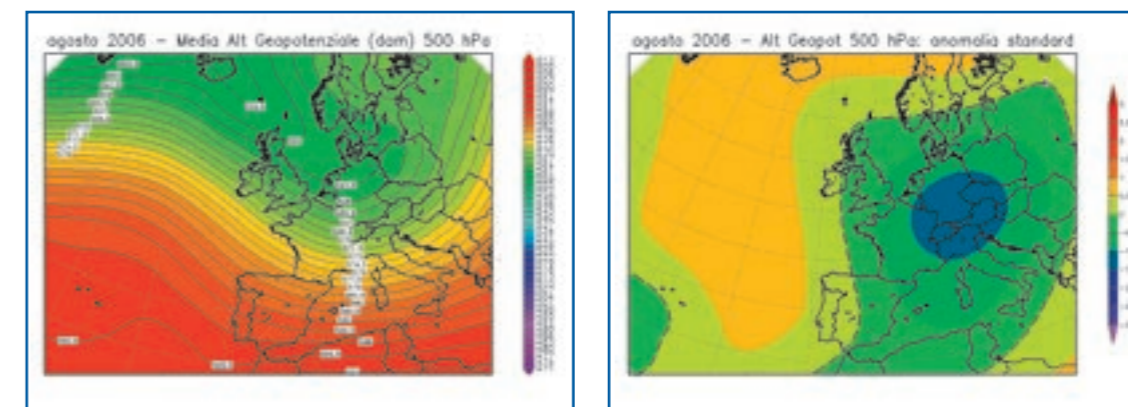
Tutto ciò ha causato un agosto non tipicamente caldo per le estati mediterranee, con occasioni di rovesci e temporali localmente intensi e alcuni giorni particolarmente piovosi intorno a ferragosto.

Settembre

Il mese di settembre ha avuto una dinamica altalenante, tra espansioni di alta pressione africana verso l'Europa centrale e transiti di saccature atlantiche verso l'Italia.

La configurazione sinottica media (**figura 13.8** a sinistra) da una parte disegna un promontorio anticiclonico di origine africana che dal Mediterraneo centrale si spinge verso nord fino a superare l'arco alpino e coprire gran parte dell'Europa continentale, determinando un'anomalia positiva di pressione sull'Europa centro-set-

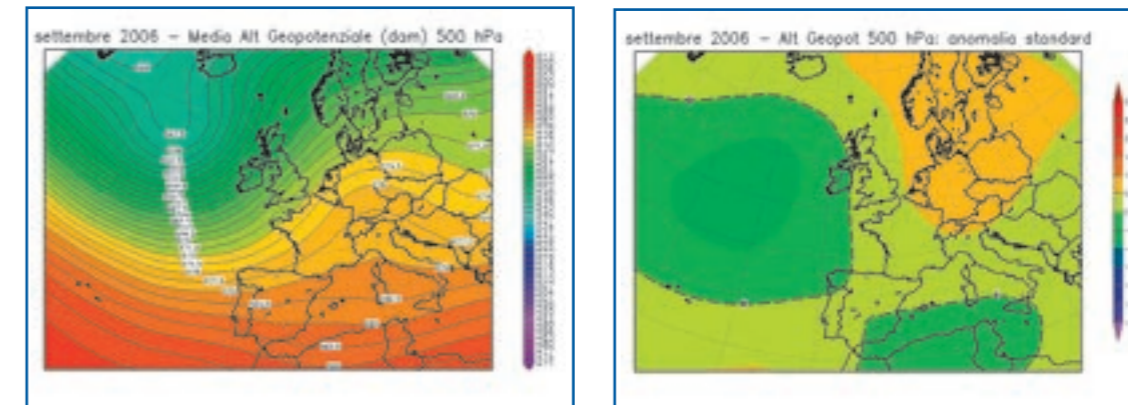
Figura 13.7 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di agosto 2006 (a sinistra) e sua anomalia standardizzata rispetto alla climatologia 1957-2002 (a destra)



Fonte: Arpa Piemonte

La configurazione sinottica media di agosto (mappa a sinistra) disegna una saccatura nord-atlantica estesa dall'Europa settentrionale fino al bacino centrale del Mediterraneo, così pronunciata da creare una chiara anomalia negativa rispetto alla norma (mappa a destra).

Figura 13.8 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di settembre 2006 (a sinistra) e sua anomalia standardizzata rispetto alla climatologia 1957-2002 (a destra)



Fonte: Arpa Piemonte

Mentre l'alta pressione resisteva alle latitudini più settentrionali d'Europa, con un'anomalia positiva persistente su quelle zone, in due occasioni, a metà e a fine mese, due profonde saccature atlantiche sono entrate nel bacino del Mediterraneo e hanno determinato la formazione di due minimi depressionari sul Tirreno, convogliando un intenso flusso di correnti umide sciroccali, causando piogge intense e diffuse sul Piemonte e su gran parte d'Italia (il 14 e il 25 settembre).

tentrionale (mappa a destra). L'alta pressione ha apportato aria calda dal nord Africa verso le latitudini più settentrionali d'Europa e ha favorito temperature superiori alla media stagionale, anche sul Piemonte. Dall'altra parte, si notano l'allungamento verso sud della depressione d'Islanda sul nord Atlantico, fino alle coste occidentali europee, e un'onda depressionaria relativa tra le coste nordafricane e il Mediterraneo meridionale (dal Portogallo alla Grecia), meglio evidenziata nell'anomalia negativa di pressione della mappa a destra. Questa configurazione è indice di una circolazione ciclonica molto attiva e persistente sull'area atlantica e che in due occasioni è riuscita anche a penetrare nel bacino del Mediterraneo meridionale, creando quell'anomalia negativa delle latitudini più meridionali del sud Mediterraneo (rappresentata nella mappa sinistra), in contrasto con il più generale andamento positivo del continente europeo. In tal modo settembre è risultato il mese più piovoso del 2006 per il Piemonte.

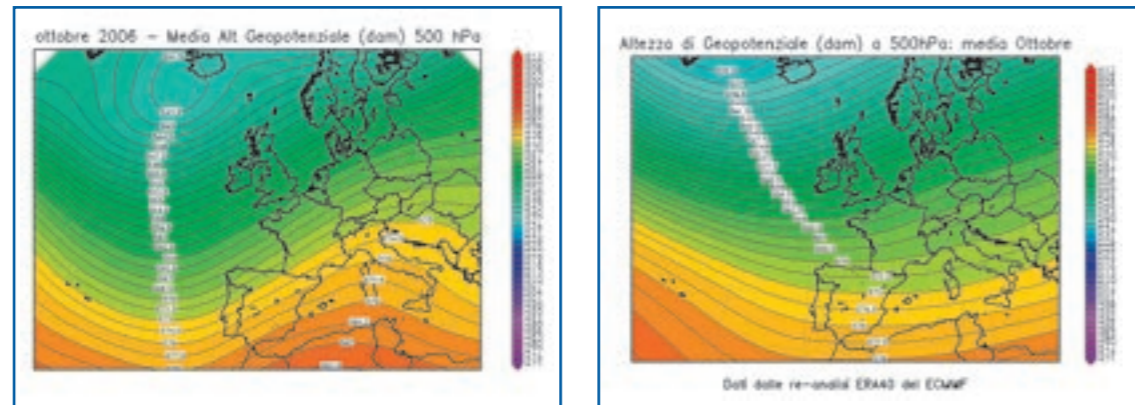
Ottobre, Novembre

I mesi di ottobre e novembre sono stati piuttosto simili tra loro, risultando entrambi particolarmente caldi e asciutti rispetto alla climatologia della stagione autunnale.

La media mensile del geopotenziale in quota disegna (mese di ottobre in figura 13.9) un evidente promontorio di alta pressione di origine nordafricana che si spinge sul Mediterraneo centrale e sulla penisola italiana (mappa a sinistra), struttura del tutto assente nella climatologia (mappa a destra), dove invece una vasta saccatura nordeuropea lascia libero ingresso al flusso atlantico verso il bacino del Mediterraneo, apportando le piogge tipiche dell'autunno mediterraneo.

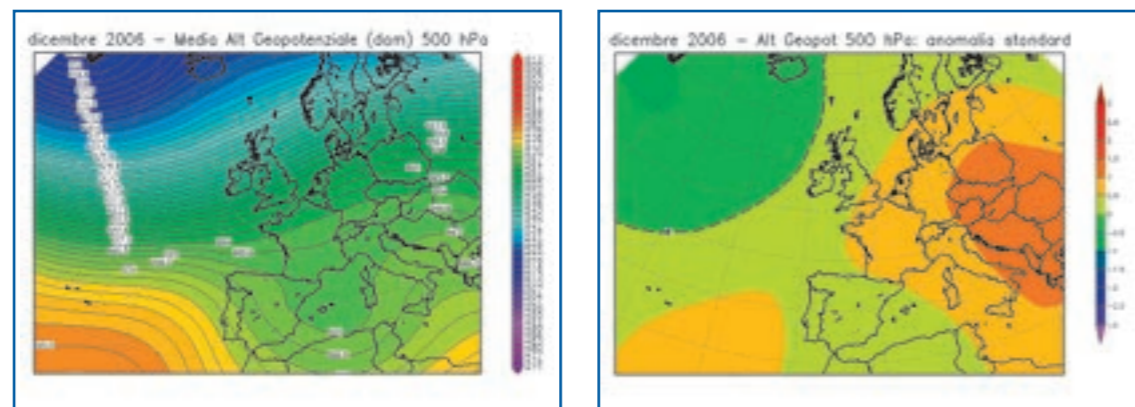
Di riflesso, la saccatura al largo dell'Atlantico è stata più pronunciata della media e ha direzionato il flusso dai quadranti meridionali (venti di libeccio) sul Mediterraneo occidentale, con un conseguente maggior apporto di aria calda sull'Italia, mentre l'alta pressione garantiva condizioni di stabilità atmosferica. Così

Figura 13.9 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di ottobre: anno 2006 (a sinistra) e periodo climatico 1957-2002 (a destra)



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 13.10 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di dicembre: anno 2006 (a sinistra) e anomalia standardizzata rispetto al periodo climatico 1957-2002 (a destra)



Fonte: Arpa Piemonte

l'aria calda, proveniente dal nord Africa, insieme all'alta pressione dominante sull'Europa centro-meridionale, ha favorito temperature superiori alla media stagionale sull'Italia e gran parte d'Europa. Inoltre, i due mesi autunnali hanno sofferto di una netta scarsità di precipitazioni, particolarmente pesante perché rapportata ad una stagione che climatologicamente è la seconda più piovosa dell'anno per il Piemonte.

Dicembre

Anche l'ultimo mese dell'anno è stato caratterizzato da un'anomalia positiva di pressione su tutta l'Europa, in particolare quella orientale (figura 13.10), e ha corrispondentemente conservato lo scarto positivo di temperatura rispetto alla norma, confermando il trend già in atto fin da settembre. Così, al contrario dell'anno precedente, la stagione invernale 2006-2007 è risultata la più calda, tra quelle misurate negli ultimi cinquant'anni in Piemonte, in Italia e in gran parte d'Europa.

L'elevata pressione, che è stata globalmente più alta della media su gran parte d'Europa, ha provocato una frequente condizione di stabilità atmosferica e numerosi casi di inversione termica sul Piemonte, con giornate più nuvolose in pianura che in montagna.

La componente più meridionale del flusso in quota ha contribuito ad apportare aria mite dalle latitudini africane verso quelle più settentrionali d'Europa.

Inoltre, il vento di libeccio ha permesso un moderato apporto di aria umida dal mare verso il Piemonte e non sono mancate alcune giornate di tempo perturbato, generalmente limitate alla prima parte del mese.

Tuttavia, queste precipitazioni non sono state uniformemente estese a tutta la regione: infatti, in particolare sulle pianure centro-meridionali e sui rilievi occidentali, è rimasto un deficit rispetto alla climatologia del mese.

13.2 ANALISI CLIMATICA DEL 2006

L'analisi climatica è stata svolta confrontando i valori mensili e annui del 2006 con i valori medi climatologici calcolati per il periodo 1991-2005.

Sono stati utilizzati i dati di temperatura, pioggia e vento misurati in 8 stazioni automatiche della rete meteorologica di Arpa site nei capoluoghi di provincia o nelle zone a loro limitrofe.

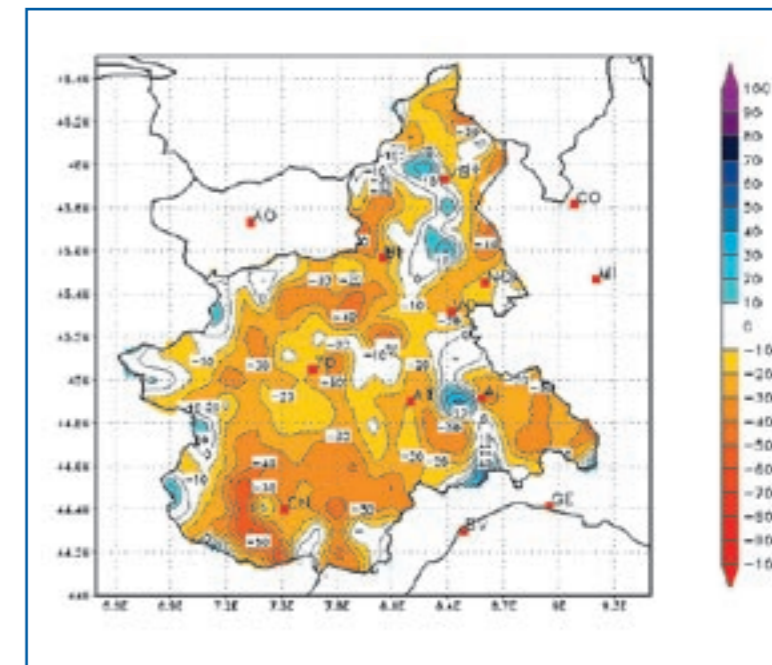
13.2.1 Pioggia

Dall'analisi della mappa di anomalia di precipitazione risulta un 2006 con piogge al di sotto della media calcolata per il periodo 1991-2005, con un deficit mediamente del 15% e con valori che arrivano a -50% nel sud del cuneese. Tale deficit pluviometrico è dovuto principalmente alle scarse precipitazioni tardoprimaverili e autunnali. Il mese di settembre, al contrario, ha fatto registrare piogge superiori alla media, compensando in parte il bilancio annuo (figura 13.11).

Considerando le singole località, nel corso del 2006 si è avuto un deficit di pioggia rispetto ai valori medi del periodo 1991-2005 tra -13% a Vercelli e -33% a Boves (CN). Differenze elevate sono state registrate anche ad Oropa dove si sono avuti 1.471 mm di pioggia rispetto ai 1.848 mm della climatologia. Anche il numero di giorni piovosi (pioggia ≥ 1 mm) sono risultati sempre inferiori rispetto al periodo di riferimento 1991-2005 (tabella 13.1).

Le precipitazioni più elevate sono state registrate a Pallanza (VB) con 1.595 mm mentre i valori più bassi sono risultati a Montaldo Scarampi con 440 mm, inoltre il numero di giorni piovosi varia da 77 mm ad Oropa ai 46 mm a Montaldo Scarampi in provincia di Asti.

Figura 13.11 - Distribuzione dell'anomalia di precipitazione del 2006 (%) 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 meteorologica)

Barbara Cagnazzi
Arpa Piemonte

Tabella 13.1 - Valori pluviometrici del 2006 e valori medi del periodo 1991-2005

Località	2006 - mm	1991-2005 - mm	Giorni piovosi 2006	Giorni piovosi 1991-2005
Alessandria	480,8	602	53	63
Asti	532,0	605	47	59
Montaldo Scarampi (AT)	439,6	553	46	57
Oropa (BI)	1.470,6	1.848	77	98
Boves (CN)	734,8	1.103	62	81
Cameri (NO)	728,6	1.005	60	76
Torino	711,6	857	58	70
Pallanza (VB)	1.595,0	1.747	76	93
Vercelli	660,6	761	52	66

Fonte: Arpa Piemonte

In tutte le località analizzate il mese più piovoso è stato settembre, dove sono state registrate da +168% ad Alessandria fino a +242% a Pallanza rispetto alla climatologia, mentre i mesi più siccitosi sono stati giugno, per le località poste nella parte orientale della regione, e novembre nelle stazioni nella parte occidentale (figura 13.12).

Dall'osservazione dell'andamento delle precipitazioni annue risulta che in tutte le località l'anno più piovoso è stato il 2002, mentre i più siccitosi sono stati il 1997, 2001, 2003 e 2005 (figura 13.13). Nel 2006 la quantità di pioggia è stata simile a quella degli ultimi anni.

13.2.2 Temperature

Il 2006 è stato un anno con temperature leggermente superiori alla media in tutta la regione; infatti confrontando le temperature medie annue con la climatologia del periodo 1991-2005 si sono sempre registrate temperature superiori tranne a Boves (CN) e ad Alessandria (figura 13.14).

Per quanto riguarda le temperature medie dei massimi, queste sono sempre risultate maggiori della climatologia; solo a Vercelli sono risultate inferiori di 0.1°C.

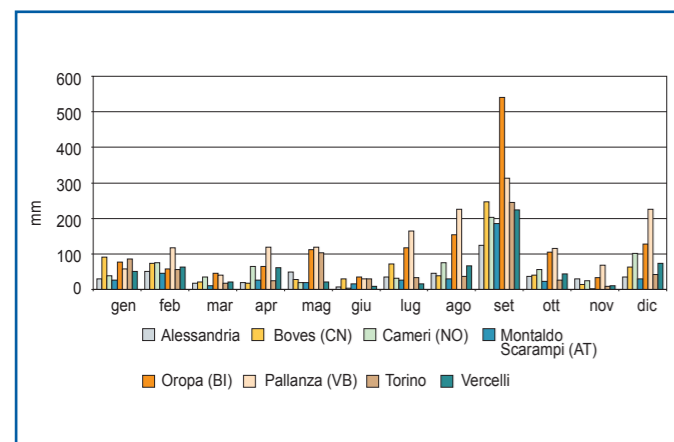
Anche le temperature medie dei minimi sono sempre superiori alla media del periodo di riferimento, con uno scostamento massimo di 2.2°C a Cameri (NO).

Analizzando l'andamento delle temperature medie annue (figura 13.15), si evidenzia che l'anno più freddo è stato il 1996, mentre il più caldo è il 1997; il 2006 non differisce sensibilmente dagli ultimi sei anni.

Il mese più caldo del 2006 è stato luglio, mentre il più freddo gennaio. Da evidenziare il mese di dicembre più caldo della media simile solo al dicembre 1994 e che, insieme ai primi due mesi del 2007, ha procurato uno degli inverni più caldi degli 15 ultimi anni.

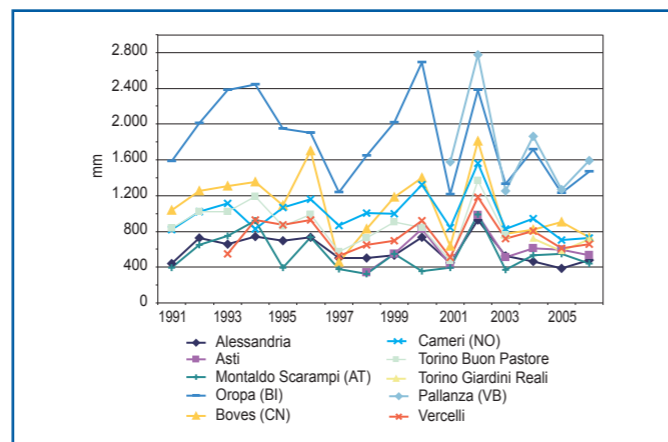
La temperatura più bassa del 2006 nelle località analizzate è stata -9.7°C ad Oropa il 26/01, giorno in cui

Figura 13.12 - Precipitazioni mensili - anno 2006



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 13.13 - Andamento delle piogge - anni 1991-2006



Fonte: Arpa Piemonte

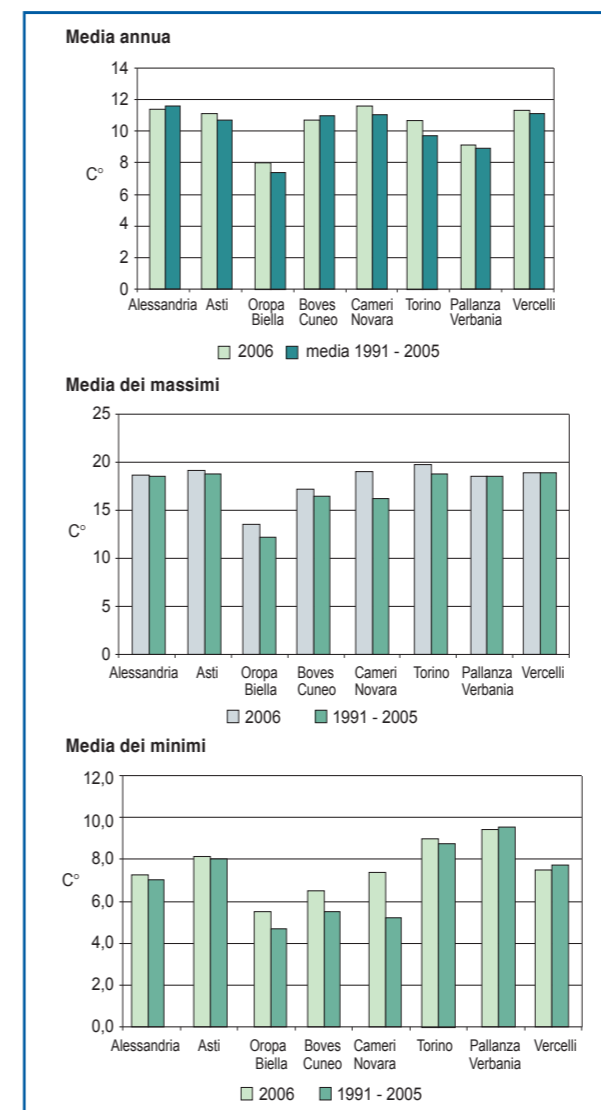
anche in altre stazioni si è raggiunta la temperatura più bassa dell'anno. I giorni più caldi sono stati invece tra il 21 e il 23 luglio in tutta la regione con un valore massimo di 37.4°C a Cameri (tabella 13.2).

Tabella 13.2 - Temperatura massima e minima - anno 2006

Stazione	Temperatura massima	Giorno più caldo	Temperatura minima	Giorno più freddo
Alessandria	37.2	22/07	-7.7	07/02
Montaldo Scarampi (AT)	36.2	21/07	-4.9	26/01
Oropa (BI)	29.8	23/07	-9.7	26/01
Boves (CN)	33.3	23/07	-9.1	26/01
Cameri (NO)	37.4	22/07	-9.2	25/01
Torino	37.1	22/07	-5.7	15/01
Pallanza (VB)	36.9	23/07	-4.5	26/01
Vercelli	36.7	21 e 23/07	-8.7	25/01

Fonte: Arpa Piemonte

Figura 13.14 - Temperature medie annue e medie climatologiche

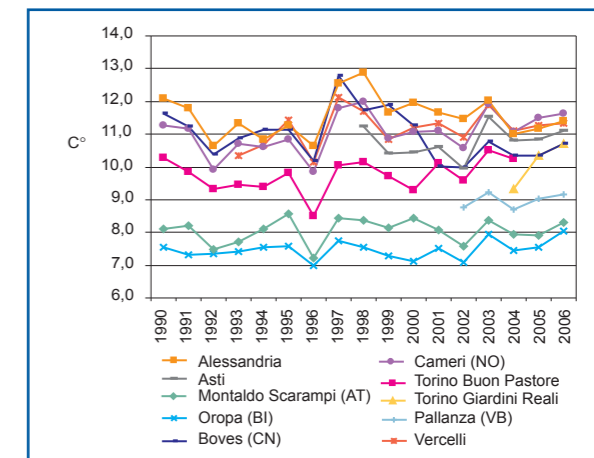


Fonte: Arpa Piemonte

13.2.3 Vento

Durante il 2006 è stato portato a termine e pubblicato nei primi mesi del 2007 il V volume della collana 'Studi climatologici in Piemonte' dal titolo 'Il vento in Piemonte', il lavoro risponde all'esigenza di conoscere la climatologia del vento in Piemonte e di proseguire con lo studio delle diverse componenti meteorologiche,

Figura 13.15 - Andamento delle temperature - anni 1991-2006



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 13.16 - Copertina del volume 'Vento in Piemonte'



dopo l'analisi di temperatura e precipitazioni sia liquide che solide dei precedenti volumi.

In questo studio vengono analizzati i dati anemologici rilevati dalle stazioni della rete meteorografica regionale di Arpa, individuando caratteristiche comuni sul territorio regionale in relazione anche alle condizioni meteorologiche per il periodo 1990-2004.

La raccolta dati contenuta nel lavoro, nato dalla duratura collaborazione con l'Università degli Studi di Torino, al di là dello specifico contributo alla definizione climatica del Piemonte risponde alla crescente necessità di una migliore fruizione del territorio e di una pianificazione degli interventi di sfruttamento della risorse eolica per generazione di energia elettrica, valutazione di impatto ambientale, impianti a fini turistici.

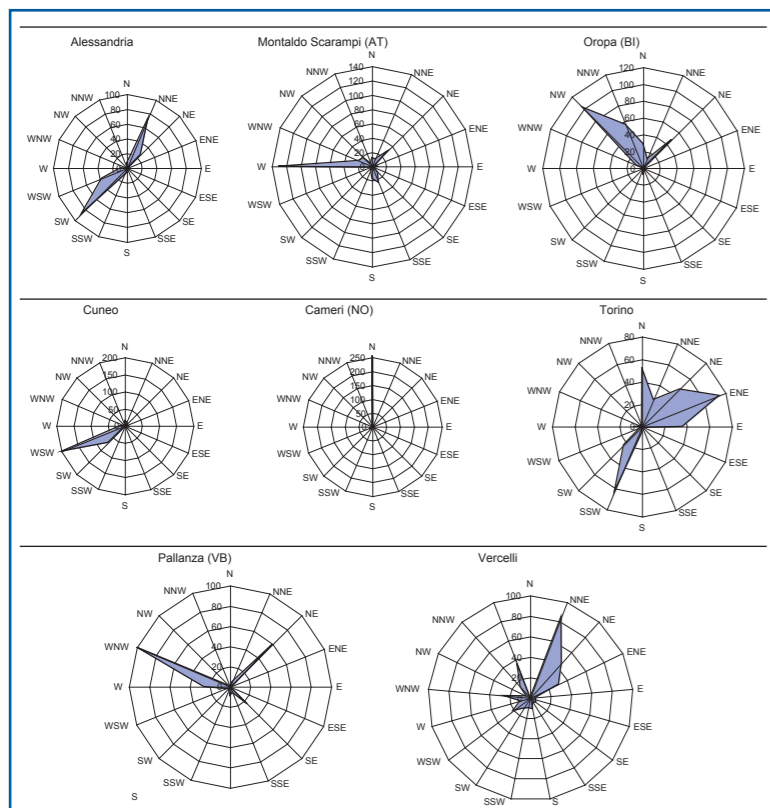
Per l'anno 2006 sono state individuate le direzioni prevalenti, le velocità medie e la massima raffica annue misurate da alcuni anemometri della rete meteorografica di Arpa Piemonte, rappresentanti i capoluoghi di provincia (tabella 13.3). Si sottolinea il fatto che i valori sono puramente indicativi poiché il vento è fortemente condizionato da fattori locali.

Tabella 13.3 - Velocità media annua e raffica massima del 2006 e valori medi del periodo 1990-2004

Province	Velocità media		Raffica massima		Raffica massima		Direzione prevalente	
	m/sec		m/sec	data	m/sec	data		
	2006	1990-2004	2006		1990-2004		2006	1990-2004
Alessandria	1.9	2.0	22.3	24/06/2006	25.9	28/06/1990	SW	SW
Montaldo Scarampi (AT)	2.1	2.4	25.4	12/03/2006	31.4	03/07/1998	W	W
Oropa (BI)	1.8	2.0	18.5	28/06/2006	32.5	05/02/1999	NW	NW
Cuneo	1.5	n.d.	16.6	17/02/2006	n.d.	n.d.	WSW	n.d.
Cameri (NO)	1.9	1.6	22.5	12/03/2006	22.2	28/03/1999	N	N
Torino via della Consolata*	1.3	0.8	14.3	20/08/2006	17.3	26/06/1994	ENE	n.d.
Pallanza (VB)	1.5	n.d.	24.2	12/03/2006	n.d.	n.d.	WNW	n.d.
Vercelli	1.6	1.6	22.9	12/03/2006	29.5	27/07/1998	N	N

Fonte: Arpa Piemonte *La serie storica è calcolata per la stazione Torino Buon Pastore dismessa il 4.8.2004.

Figura 13.17 - Rose dei venti: direzione prevalente del vento nei capoluoghi di provincia



Inoltre sono stati analizzati i bollettini meteorologici redatti giornalmente dal 2000 al 2006 per calcolare il numero di giorni di foehn sulla regione. Si evince che negli ultimi 7 anni ci sono stati da un minimo di 48 giorni a un massimo di 70 (2000) e il 2006 ha registrato il minor numero di eventi (tabella 13.4),

Tabella 13.4 - Giorni di foehn registrati dal 2000 al 2006

ANNO	n° giorni di foehn
2000	70
2001	48
2002	55
2003	51
2004	64
2005	52
2006	48

13.3 PRECIPITAZIONI NEVOSE NELLA STAGIONE INVERNALE 05/06

Marco Cordola
Elena Turroni
Arpa Piemonte

La stagione 2005-06 è stata caratterizzata, per tutta la prima parte (novembre-gennaio), da uno scarso innevamento, determinato da neviccate deboli e sporadiche, con un unico evento di rilievo a fine gennaio, soprattutto per i settori meridionali e settentrionali. Nella seconda parte della stagione, in particolare nei mesi di febbraio e marzo, si sono concentrati la maggior parte degli eventi di precipitazione, ma tutti con apporti di piccola e media entità. Altri piccoli eventi si sono succeduti nella prima quindicina di aprile fino ad un ultimo evento significativo conclusosi il 10 di maggio.

Analizzando gli apporti nevosi della stagione (figura 13.18) e confrontandoli con i valori medi delle precipitazioni nevose sui settori alpini piemontesi, a partire dal 1966, si osserva nel complesso una riduzione delle precipitazioni nevose rispetto alla media stagionale, più marcata sui settori alpini meridionali (Alpi Liguri e Marittime) e occidentali (Alpi Graie e Pennine). In particolare si evidenzia un significativo deficit di neve fresca rispetto alla media storica sulle A. Marittime - stazione di Entracque Chiotas (-37%), e sulle A. Graie - stazione di Ceresole Lago Serrù (-41%). Sui settori delle A. Lepontine e Cozie settentrionali i deficit percentuali di neve fresca risultano più modesti, intorno al 15% (Formazza - L. Vannino e Bardonecchia - Rochemolles).

Per quanto concerne i giorni nevosi, essi risultano solo lievemente ridotti, rispetto alla media sulle Alpi Pennine, Lepontine e Marittime, e superiori su Alpi Cozie e Graie. Ciò grazie ai numerosi eventi, anche se di non rilevante consistenza, che si sono susseguiti nei mesi di febbraio e marzo, soprattutto sui settori alpini nord-occidentali, maggiormente interessati dai flussi da nord-ovest che hanno caratterizzato la stagione.

L'analisi dei giorni di permanenza della neve al suolo ha rivelato dati sostanzialmente nella norma in tutti i settori alpini. Ciò probabilmente a causa del fatto che, nonostante gli apporti nevosi siano stati nel complesso abbastanza scarsi, temperature molto rigide, associate ad eventi poco intensi ma frequenti, soprattutto da febbraio a maggio, hanno favorito il perdurare del manto nevoso fino alla fine della stagione. All'inizio di maggio l'innnevamento in quota era infatti ancora buono sulla maggior parte del territorio alpino piemontese; il manto nevoso, grazie alle basse temperature, si presentava in condizioni primaverili, trasformato in grani da fusione e rigelo, salvo alle quote superiori ai 3.000 m sui versanti esposti a nord, dove si trovava ancora neve a debole coesione.

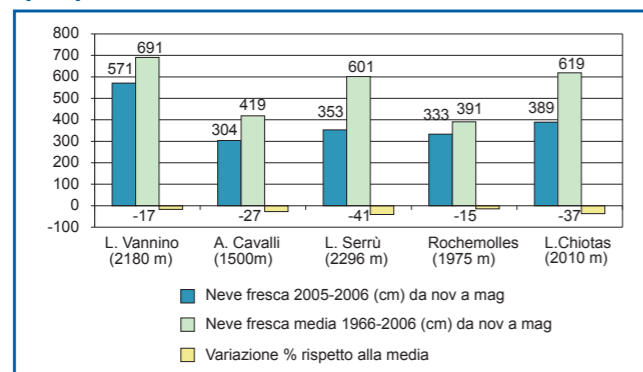
Tabella 13.5 - Giorni con precipitazione nevosa e di permanenza della neve nel 2005-06 a confronto con la media storica, per 5 stazioni campione rappresentative dell'arco alpino piemontese - periodo novembre - maggio

Stazioni	Giorni medi con precipitazione nevosa 1966 - 2006	Giorni con precipitazione nevosa 2005 - 2006		Giorni medi con neve al suolo 1990 - 2005	Giorni con neve al suolo 2005 - 2006	
		giorni	variazione %		giorni	variazione %
L. Vannino (2180 m s.l.m.)	56	53	-5	199	192	-4
A. Cavalli (1500 m s.l.m.)	32	27	-16	129	141	9
L. Serrù (2296 m s.l.m.)	41	50	22	206	183	-11
Rochemolles (1975 m s.l.m.)	41	48	17	168	169	1
L. Chiotas (2010 m s.l.m.)	40	37	-8	161	153	-5

Fonte: Arpa Piemonte

L'analisi delle precipitazioni nevose nelle aree di pianura è stata condotta prendendo come riferimento la stazione nivometeorologica automatica di Torino. I dati di precipitazione cumulata (Hn) e dei giorni con precipitazione (Gn) si riferiscono all'anno solare da gennaio a dicembre.

Come visibile in tabella 13.6 le precipitazioni del 2006, come quelle del 2005 e del 2004, sono risultate tra le più elevate degli ultimi 7 anni, significativamente superiori a quelle medie del periodo storico di riferimento. I giorni nevosi (4), ripartiti in 2 eventi a gennaio e a febbraio, sono stati invece uguali alla media.

Figura 13.18 - Totale delle precipitazioni nevose del 2005-06 rispetto alla media storica, per 5 stazioni campione rappresentative dell'arco alpino piemontese

Fonte: Arpa Piemonte

13.4 INDICATORI METEOROLOGICI

Vengono descritti alcuni indicatori innovativi tra quelli presentati nell'Atlante del 2006: siccità meteorologica, indice biometeorologico relativo al caldo, gradi giorno utilizzati per il calcolo del fabbisogno termico di un edificio, variazioni delle fronti glaciali.

La valutazione del clima del 2006 in Piemonte, utilizzando gli indicatori, è stata effettuata a partire dalle temperature e dalle precipitazioni dando maggior risalto ai loro estremi. Per ogni indicatore è stato considerato il valore annuo del 2006 confrontato con il valore medio calcolato per il periodo 1991-2005 misurato da 8 stazioni, una per ogni provincia, della rete meteorografica di Arpa Piemonte.

Tabella 13.6 - Precipitazioni nevose cumulate in cm (Hn) e numero di giorni nevosi (Gn) misurati a Torino (stazione Buon Pastore 2000- 2004, stazione Giardini Reali 2005-2006)

Anno	Hn	Gn
2000	7	3
2001	18	3
2002	2	1
2003	11	3
2004	38	8
2005	21	6
2006	26	4
media	17	4

Fonte: Arpa Piemonte

Tabella 13.7 - Percentuale territorio regionale soggetto a condizioni di siccità per più di 3 mesi

Anni	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Moderata (%)	50.5	68.0	23.0	0.0	2.6	12.0	100.0	31.8	19.5	49.6	89.6	4.5	97.4	16.6	33.0	87.0
Severa (%)	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.7	0.0	0.0	12.4	41.7	0.0	59.6	0.0	0.0	29.6
MEDIA 1991-2005																
Moderata (%)	39.9															
Severa (%)	12.5															

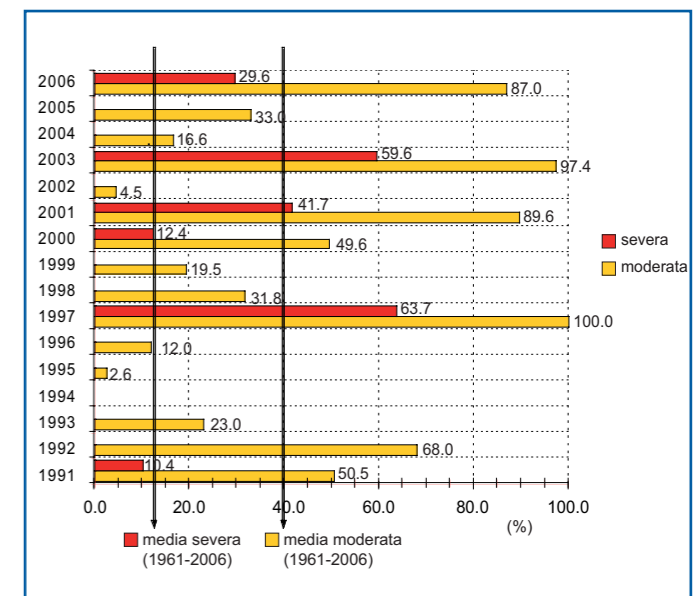
Fonte: Arpa Piemonte

In definitiva, negli ultimi anni condizioni di siccità moderata e severa sul Piemonte al di sopra della norma si sono verificate rispettivamente in 7 e 5 casi. In particolare si evidenzia l'eccezionalità delle annate 1997 e 2003 dove il fenomeno, oltre ad interessare un'ampia porzione di territorio, si presenta con un grado di severità alto. Anche nel 2006, pur non raggiungendo valori di eccezionalità, la siccità coinvolge più di due terzi dell'area nella sua forma moderata e quasi un terzo del territorio è interessato da condizioni severe.

Volendo caratterizzare l'andamento inter-annuale delle diverse tipologie di siccità registrate negli ultimi anni, confrontandole con il 2006, si è proceduto a quantificare la percentuale di territorio che ha sofferto di siccità severa e/o estrema (SPI < -1.5) in ogni singolo mese dal 2001 al 2006.

Nel 2006 si è verificato un episodio esteso di deficit idrico severo innescatosi a metà primavera ed esauritosi alla fine dell'estate per poi ricomparire all'inizio dell'inverno 2006/2007. L'evento ha coinvolto in media metà della regione, con una punta massima fino a circa l'80% del territorio nel mese di giugno.

Molto simile è stata la situazione registrata nel 2003, quando porzioni sempre più ampie di territorio sono state progressivamente coinvolte dal fenomeno che si è prolungato dalla fine dell'inverno sino alla fine dell'estate.

Figura 13.19 - Percentuale di territorio regionale in condizioni di siccità

Fonte: Arpa Piemonte

Indicatore/Indice	DPSIR	Fonte dei dati	Unità di misura	Copertura geografica	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati
SPI - Indice di siccità	S	Arpa Piemonte	%	Regione	2001-2006	+++
HSI - Indice di caldo	S	Arpa Piemonte	Percentile	Puntuale	1991-2006	+++
Gradi giorno	S	Arpa Piemonte	°C	Puntuale	1991-2006	+++
Variazioni dei fronti glaciali		CGI	% sul totale del campione	Regione	1990-2005	++

Christian Ronchi Arpa Piemonte

13.4.1 Indice di siccità (SPI)

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

L'indice si presenta in forma standardizzata, così da poter confrontare lo stato di siccità per aree diverse, indipendentemente dalla locazione del sito di misura. Il Piemonte viene suddiviso in 20 bacini idrografici principali calcolando su ognuno di essi la precipitazione ragguagliata (derivata da un numero variabile compreso tra circa 100 e 300 stazioni) che rappresenta il valor medio dell'apporto meteorico riversatosi sull'area per il periodo considerato. A partire dalle serie storiche di precipitazione ragguagliate viene quindi calcolato, per ciascun mese e per ciascun bacino, il corrispettivo indice di anomalia di precipitazione standardizzata sui 3 mesi (SPI).

Quindi, per legare i dati in modo più stretto alla porzione di territorio afflitta da condizioni di siccità, viene elaborato un indicatore compatto e facilmente fruibile basato sull'indice SPI a 3 mesi e definito come la percentuale di territorio regionale in cui si sono registrati valori di SPI < -1 (**siccità moderata**) o di SPI < -1.5 (**siccità severa**) per almeno tre mesi nell'anno. La scelta di porre una soglia di mesi maggiore o uguale a 3 è funzionale ad esaltare quella tipologia di periodi siccitosi non occasionali ma sufficientemente persistenti all'interno dell'anno in esame.

Il calcolo è stato effettuato su tutti gli anni a partire dal 1991, in modo da avere dei termini di confronto climatologico sull'andamento della siccità.

13.4.2 Descrizione HSI

L'*Heat Stress Index* (Kalkstein, 2003) è un indice biometeorologico relativo che valuta la risposta fisiologica della popolazione alle variabili meteorologiche, basandosi sia sulla localizzazione sia sulla stagione, attraverso l'analisi della distribuzione di probabilità delle variabili meteorologiche misurate nel passato e quindi tiene conto delle capacità di adattamento sviluppate dalla popolazione. Le variabili derivate funzionali all'elaborazione dell'HSI sono la temperatura apparente, i gradi di raffreddamento giornaliero, il numero di giorni consecutivi di caldo estremo e la copertura nuvolosa.

Con i valori di temperatura, umidità e vento è possibile calcolare la temperatura apparente o percepita di Steadman (1984). La temperatura percepita è un indice che permette di stimare il disagio fisiologico dovuto all'esposizione a condizioni meteorologiche caratterizzate da alte temperature ed elevati livelli igroscopici dell'aria, nonché da ridotta velocità del vento a 10 m dal suolo.

Il modello previsionale delle ondate di calore utilizza come variabili di *input* i valori massimi e minimi giornalieri di temperatura percepita. Viene utilizzato anche quest'ultimo parametro perché da studi epidemiologici è stato verificato che temperatura e umidità elevate durante le ore notturne non permettono al corpo umano il recupero fisiologico del disagio accumulato nelle ore diurne.

Arpa, attraverso una sinergica collaborazione tra l'Area di Epidemiologia e l'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale, ha sviluppato un sistema di allertamento che fornisce indicazioni del livello di rischio a cui è soggetta la popolazione in relazione al fenomeno delle ondate di calore. L'indicatore principale utilizzato nell'ambito di tale sistema di allerta è l'*Heat Stress Index*.

Serena Poncino
Arpa Piemonte

Per valutare lo stress termico a cui è stata sottoposta la popolazione nel corso dell'estate 2006 si è scelto di calcolare il numero di giorni in cui l'HSI ha superato il valore 0,9 durante i mesi di giugno, luglio e agosto in ognuno dei capoluoghi di provincia. Inoltre sono stati messi a confronto il numero di superamenti della soglia 0,9 nell'estate 2006 con quelli registrati nello stesso periodo nei 15 anni precedenti (figura 13.20).

Dall'analisi della figura risulta immediato osservare come il 2006 sia stato più caldo del 2005, ma comunque con un numero di superamenti di molto inferiore al 2003. Si evidenzia inoltre che nel 2006 e nel 2005 il numero di superamenti non è uniformemente distribuito: il capoluogo di Novara è stato in questi due anni maggiormente colpito da condizioni di caldo estremo rispetto alla climatologia. Il 2003, noto per l'eccezionalità delle ondate di calore e dei suoi effetti sulla salute, presenta una distribuzione molto più uniforme dei superamenti: le condizioni meteorologiche di caldo estremo afflissero omogeneamente tutti i capoluoghi di provincia della regione. Nel 1997 si è avuta l'estate più mite.

Marco Turco
Arpa Piemonte

13.4.3 Variazioni frontali dei ghiacciai in Piemonte

I ghiacciai sono considerati importanti indicatori climatici poiché il volume di un ghiacciaio e, conseguentemente, la sua superficie, lo spessore e la lunghezza sono determinati dal bilancio tra accumulo e ablazione (la fusione), quindi se il clima cambia tale bilancio può cambiare con l'effetto di una variazione in spessore e in lunghezza del ghiacciaio.

Kuhn *et al.* (1997) indicano che l'attività dei ghiacciai alpini dal 1860 ad oggi è stata generalmente omogenea, a parte un breve intervallo alla fine del XIX secolo, in cui la variabilità di precipitazione regionale può aver causato differenti accumuli.

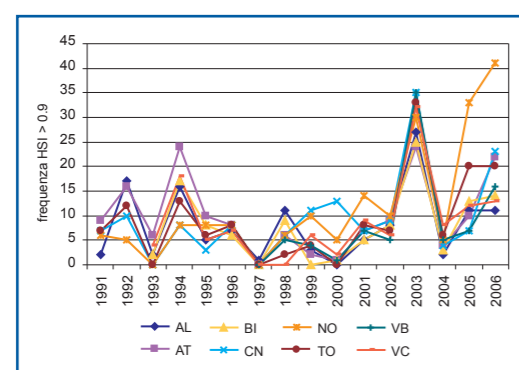
Il tema delle relazioni fra clima e ghiacciai alpini italiani è stato trattato da vari autori. Una interessante rassegna si può trovare su Belloni (1992). In sintesi si può affermare che la fase di deglaciazione alpina iniziata verso la metà del XIX secolo, che pare continuare nella fase di deglaciazione attuale, fu interrotta da avanzate di limitate dimensioni o da soste ad intervallo di qualche decennio, come ad esempio si può osservare nel periodo 1960-'80. Quantitativamente tale deglaciazione ha portato alla perdita di circa il 40% della superficie dei ghiacciai italiani.

Le misure considerate sono state effettuate nelle campagne glaciologiche, che in Italia sono diventate sistematiche a partire dalla metà degli anni venti e proseguono tuttora al fine di mantenere il più possibile continue le serie di dati¹.

Le misure di avanzamento o arretramento della fronte di un ghiacciaio sono realizzate partendo da segnali fissi collocati ai margini del ghiacciaio e rilevando la distanza che separa tale segnale dal limite del ghiacciaio.

Per avere un campione omogeneo, i dati mostrati sono le percentuali di ghiacciai in ritiro (si sottolinea che sono state considerate solo le variazioni annuali, cioè le variazioni tra la misura di un anno e quella dell'anno

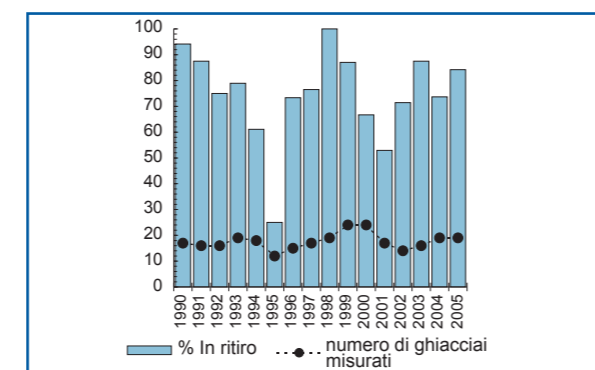
Figura 13.20 - Indice di caldo (Heat Stress Index)



Fonte: Arpa Piemonte

Numero di giorni con HSI>0.9 verificatisi nei mesi di giugno, luglio e agosto nel 2006 e nei 15 anni precedenti.

Figura 13.21 - Ghiacciai piemontesi in ritiro dal 1990 al 2005



Fonte: Arpa Piemonte

Valori espressi come variazione percentuale dei ghiacciai misurati.

precedente) rispetto al totale misurato.

Nei grafici della figura 13.21 si possono visualizzare le percentuali dei ghiacciai piemontesi in ritiro rispetto al numero totale di ghiacciai misurati.

Dal grafico non si osservano trend significativi, la sola caratteristica evidente è che, eccetto le misure del 1995, la percentuale di ghiacciai piemontesi in ritiro è sempre maggiore del 50% rispetto a quelli misurati, in particolare ci sono stati 9 anni (nell'arco 1990-2005) con percentuali di ghiacciai in ritiro superiore al 75 %.

13.4.4 Gradi giorno di riscaldamento

I Gradi Giorno (GG) sono un'unità di misura che indica il fabbisogno termico di una determinata area geografica relativa alle vigenti normative sul riscaldamento delle abitazioni. Individua la somma dei gradi che mancano alla temperatura media giornaliera ad arrivare a 20 °C per tutti i giorni in cui per legge (DPR 412/93), nella medesima zona geografica, vanno tenuti accesi gli impianti di riscaldamento.

Il riferimento normativo prevede l'individuazione di sei zone climatiche nel territorio nazionale in funzione dei gradi giorno

fascia A: < 600 GG

fascia B: tra 601 e 900 GG

fascia C: tra 901 e 1400 GG

fascia D: tra 1401 e 2100 GG

fascia E: tra 2101 e 3000 GG

fascia F: > 3000 GG

Un valore di GG basso indica un breve periodo di riscaldamento e temperature medie giornaliere prossime alla temperatura fissata per l'ambiente riscaldato (appunto 20 °C). Al contrario, valori di GG elevati indicano un periodo di riscaldamento prolungato e temperature medie giornaliere nettamente inferiori ai 20 °C.

I gradi giorno sono la sommatoria della differenza tra la temperatura di riferimento interna e la temperatura media giornaliera esterna: $GG = \sum (Trif - Te)$.

La sommatoria richiede solo contributi positivi e $Trif = 20^\circ C$.

In questa edizione sono stati calcolati i GG per alcune località del Piemonte negli anni dal 1991 al 2006 e i risultati sono riportati nella tabella 13.8.

Nel 2006 il valore dei gradi giorno risulta sempre un po' più basso rispetto agli anni precedenti, ma essendo le classi dei valori delle zone climatiche molto ampie non è variata la zona per nessuna località considerata.

Tabella 13.8 - Gradi giorno di riscaldamento

Località	quota / (m s.l.m.)	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Alessandria	90	3320.5	3104.8	3286.1	2931.8	3199.3	3235	2967.1	3126.8	2998.2	2851	3033.6	2985.6	3057.8	3034.5	3169.5	3001
Montaldo Scarampi (AT)	295	3160.8	2995.2	3027.1	2768.6	3318.2	3211.9	2709.5	2908.3	2820.2	2630	2892.1	2827.9	2986.4	2967.8	3071.6	2803.3
Oropa (BI)	1186	4070.1	4556.6	4830.4	4303.3	4795.5	4891.2	4199.9	4353.6	4369.7	4271.3	4341.4	4024.2	4170.8	4349.7	4477.8	3997.6
Boves (CN)	575	3903.6	3693	3738.1	3459.5	3723.8	3878.4	2783.6	3531.3	3496.3	3388.1	3516.2	3474.4	3484	3456.6	3635	3329.9
Cameri (NO)	173	4014.9	3976.5	3822.4	3587.7	3777.6	3795.4	3429.4	3685.8	3519.9	3391.6	3606.9	3512.5	3503.3	3547.3	3321.7	2921.4
Torino Buon Pastore	240	3033.2	2759.9	2840.8	2630.2	2798.1	2950.1	2499.6	2813.2	2689.2	2567.3	2697.5	2657.7	2731.4	2871.2		
Torino Giardini Reali	239														2572.5	2860.9	2648.3
Gad (TO)	1065	4570.7	4360.4	4489.4	4100.6	4407.5	4756.7	4293.6	4337.8	4328.4	4226	4169.8	3988.4	3979.5	4238.7	4571.4	4194.8
Someraro (VB)	425	3417.6	3280	3357	3078.6	3330.9	3412.6	2986.4	3255.7	3167.1	3111.9	3309.9	3134.4	3135.5	3210.9	3284.7	3090.4
Passo Del Moro (VB)	2820	8164.3	7981.9	8332.4	7957.3	8326.4	8514.1	7898	8077.1	8276.1	8123.4	8198.9	8031.2	8004.1	8203.8	8283.4	8077.6
Varallo (VC)	470	3975.2	3839.3	3888.7	3602.2	3872.2	3934.7	3601.6	3873.3	3713.8	3605.3	3780.7	3610.2	3603.6	3666.8	3746.4	3606.2

Fonte: Arpa Piemonte

La stazione di Torino Buon Pastore è stata attiva fino al 04/08/2004, mentre la stazione di Torino Giardini Reali è attiva dal 05/08/2004; data la diversa ubicazione delle stazioni non sono state considerate come unica serie di dati.

13.5 IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

La comunità scientifica internazionale, raccolta nell'*International Panel on Climate Change* (IPCC), è concorde nell'affermare che i cambiamenti climatici sono inevitabili. Tutti i modelli climatici attualmente disponibili prevedono un aumento della temperatura dovuto all'innalzamento della concentrazione atmosferica dei cosiddetti gas serra. Con i cambiamenti climatici si produrranno effetti e impatti di varia entità su numerosi settori: dalla salute umana, alla disponibilità di risorse, allo stato degli ecosistemi.

Alcuni degli effetti dei cambiamenti climatici sono già osservabili. Di seguito si riportano alcuni esempi che coinvolgono lo spostamento degli areali di distribuzione e la tempistica degli eventi fenologici delle specie vegetali e animali.

Maria Rita Cesare
Antonella Bari
Arpa Piemonte

13.5.1 Pollini e Cambiamenti Climatici

Gli organismi vegetali presentano un forte legame con le variazioni climatiche: le fasi fenologiche, che scandiscono il loro ciclo vitale, sono condizionate per lo più da fotoperiodo e temperature. I parametri climatici rivestono, inoltre, un ruolo fondamentale sia nel processo di liberazione del polline sia rispetto alla quantità di polline prodotto e al relativo andamento della pollinazione.

La relazione tra pollini, fenologia e fattori climatici risulta fondamentale a fini previsionali, ma potrebbe rivestire un ruolo altrettanto importante nella valutazione dei mutamenti climatici; è noto infatti come le annate più calde coincidano con fioriture precoci mentre le primavere fredde rallentino lo sviluppo delle piante.

Qualora si abbia a disposizione un numero sufficiente di anni di rilevazioni polliniche è possibile studiarne i principali parametri (inizio¹, durata, fine del periodo di pollinazione, data e valore del picco massimo raggiunto) correlandoli con i corrispondenti dati climatici (temperatura, precipitazione), al fine di evidenziare eventuali variazioni in corrispondenza di incrementi termici e delimitare temporalmente i periodi in cui tali incrementi vengono rilevati.

Diversi studi hanno riscontrato per alcuni taxa un anticipo dell'inizio di pollinazione in presenza di temperature più elevate registrate nei mesi precedenti la liberazione del polline (Frenguelli et al., 2002; Aira et al., 2001; Rajo Rodriguez et al., 2003; Alba e Diaz de la Guardia, 1998; Tedeschini, 2006; Casini et al., 2006).

Le indagini aerobiologiche, protratte nel corso degli anni, costituiscono inoltre un valido sistema di monitoraggio utile a studiare la biodiversità vegetale e in particolare l'eventuale comparsa di pollini nuovi per aree specifiche. Tali informazioni potrebbero costituire un utile strumento di controllo relativamente all'ingresso di nuove specie termofile.

In Arpa Piemonte dall'anno 2002 è attiva una rete di monitoraggio aerobiologico che dispone di sei stazioni di monitoraggio, alcune delle quali site in aree urbane dove l'incidenza della pollinosi è in costante aumento (Torino, Cuneo, Alessandria, Novara), altre in luoghi caratteristici per motivi geografici e climatici (Bardonecchia, in provincia di Torino e Omegna, in provincia di Verbania). La centralina di Bardonecchia, in particolare, è l'unica posizionata in quota (1321 m s.l.m.) nel territorio regionale e restituisce un quadro tipico degli ambienti montani, sia per tipologia di vegetazione che per periodi di fioritura.

È stata effettuata un'elaborazione preliminare dei dati relativi alle suddette stazioni nell'arco temporale intercorrente tra il 2002 e il 2007. Come indicatore è stata considerata la pollinazione e, in particolare, l'inizio del Periodo Principale di Pollinazione (PPP) inteso come "il giorno in cui la somma delle percentuali annuali dei taxa considerati raggiunge il 5% del totale e in cui si rileva una liberazione di polline dell'1%" (Lejoly-Gabriel, 1978).

¹L'inizio del periodo principale di pollinazione corrisponde al giorno in cui le somme cumulate dei valori di concentrazione pollinica raggiungono una determinata percentuale della concentrazione totale annuale.

I taxa presi in considerazione sono: *Corylus*, *Platanus* e *Castanea*, selezionati in base a indicazioni tratte da letteratura e relativi a tre diversi periodi stagionali. In particolare *Corylus* presenta una fioritura tardo-invernale, *Platanus* una fioritura primaverile e *Castanea* una fioritura inizio-estiva.

A titolo di esempio e a conferma dell'ipotesi suggerita negli studi sopra citati, secondo cui la pollinazione sarebbe influenzata dalla temperatura media dei mesi antecedenti la liberazione del polline, vengono presentati i dati elaborati per la stazione di Cuneo. Dall'analisi del grafico (figura 13.22) si evidenzia che un anticipo nella pollinazione relativamente all'anno 2007 sia per *Corylus* che per *Platanus* (*Castanea* non è stato considerato in quanto al momento dell'elaborazione dei dati per l'anno 2007 era ancora in fase di pollinazione) molto probabilmente è da relazionare con le temperature elevate che hanno caratterizzato il periodo autunnale/invernale 2006/2007.

Un altro evidente anticipo di pollinazione è osservabile per l'anno 2003 in particolare per *Castanea*, che, fiorendo nel periodo estivo, ha probabilmente risentito delle alte temperature primaverili.

Alla luce dei risultati ottenuti, anche per le altre stazioni e al fine di verificare l'utilizzo dell'andamento pollinico come indicatore degli effetti dei mutamenti climatici sull'ambiente, risulta necessario approfondire l'analisi dei dati disponibili prevedendo un accurato esame degli altri parametri che caratterizzano la pollinazione, lo studio di nuovi taxa e l'analisi di ulteriori parametri climatici.

13.5.2 Infestazioni di cavallette

Nel 2006, probabilmente in relazione alle anomalie registrate nelle condizioni climatiche delle estati e degli inverni 2004 e 2005, si è verificata nuovamente una presenza massiccia di cavallette in 154 comuni distribuiti in tutte le province piemontesi, mentre nel 2005 i comuni coinvolti erano 114.

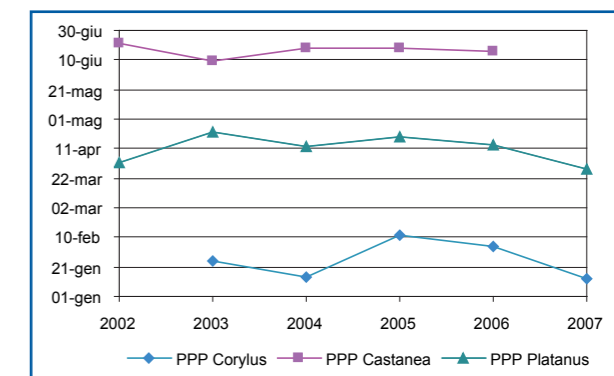
Per far fronte a questa situazione con la DGR n. 54 - 3009 del 30 maggio 2006 è stato approvato uno specifico programma d'intervento contro le infestazioni di cavallette che si poneva come obiettivi di contenere la loro presenza sul territorio regionale cercando di ottenere un riequilibrio delle popolazioni (attualmente alterato) e di acquisire conoscenze sulla reale estensione delle infestazioni.

Ricerca

Il progetto di ricerca, realizzato dal Settore Fitosanitario Regionale (SFR) con la collaborazione dell'Università degli Studi di Padova e di Torino, ha previsto il monitoraggio delle due specie principalmente responsabili di infestazioni negli ultimi anni: *Calliptamus italicus italicus* (Linnaeus, 1758) e *Nadigella formosanta bessae* (Nadig, 1989). La scelta dei siti da campionare è stata effettuata a partire dalle località maggiormente colpite negli anni 2004-2005, con una particolare attenzione rivolta alle località di nuova segnalazione. Durante i sopralluoghi sono stati effettuati campionamenti quantitativi delle due specie monitorate e campionamenti qualitativi per valutare l'ortotterofauna associata. I dati raccolti sono stati trasferiti in ambiente GIS e incrociati con dati climatici e agroecogestionali. L'elaborazione dei dati ha permesso la stesura di mappe di rischio potenziale su base climatica, riguardanti in particolare le province di Torino, Asti e Alessandria. Le mappe, sono ancora provvisorie, pertanto il progetto di ricerca continuerà anche nel corso delle stagioni 2007-2008 per approfondire gli aspetti legati alla fenologia e all'individuazione dei fattori in grado di influire sulla diffusione delle specie considerate.

Inoltre, è stato avviato un progetto sperimentale di lotta biologica alle cavallette mediante l'utilizzo di faraone. La scelta delle faraone è stata effettuata sulla base di analoghe esperienze realizzate nel 2005, con

Figura 13.22 - Inizio del Periodo Principale di Pollinazione. Stazione di monitoraggio pollinico di Cuneo - aggiornamento maggio 2007



Fonte: Arpa Piemonte. Operatori: S. Caddeo, E. Gastaldi, A. Giraud

Catarina Chersi
Collaboratrice Ipla
Paolo Fontana
Università degli Studi di Padova¹
Viola Massobrio
Università degli Studi di Torino²

buoni risultati, in alcune province dell'Emilia Romagna (Montermini e Deseo, 1990; Cavallini e Montepaone, 2006).

Le aziende che hanno aderito al progetto sono in maggioranza a conduzione familiare e di piccole o medie dimensioni; localizzate, in massima parte, in aree collinari coltivate a prato (a volte medicaio), vite e, in qualche caso, a cereali. Molto diversa, invece, la situazione delle aziende montane, solitamente di grandi dimensioni, gestite a pascolo e utilizzate solo nel periodo estivo.

Sono stati eseguiti diversi controlli nelle aziende sia nell'area di pascolamento delle faraone nelle immediate vicinanze dell'azienda che in un'area più distante, non o poco, soggetta a pascolo.

La specie prevalentemente campionata è stata *C. italicus italicus*: è questa la specie che ha provocato negli scorsi anni i danni maggiori a colture erbacee di interesse agrario, in particolare a medicai, prati polifiti e orticole. *C. italicus italicus* è una cavalletta diffusa soprattutto in aree collinari, facilmente riconoscibile per le caratteristiche ali posteriori membranose di colore rosa. I campionamenti hanno interessato anche ambienti boschivi del Nord Piemonte, colpiti da infestazioni di *N. formosanta bessae*, cavalletta facilmente riconoscibile per il suo colore verde brillante e per le caratteristiche bande longitudinali nere presenti sui lati del pronoto. E' in grado di provocare gravi defogliazioni a castagni, querce, piante del sottobosco e in alcuni casi alla vite.

In ambito montano è stata campionata un'altra specie, *Staurodeurus scalaris scalaris* (Fisher v Waldheim, 1846), che ha provocato danni a prati e pascoli alpini in Val di Susa e Val Chisone. E' una specie tipicamente alpina, riconoscibile per le ali e tegmine affumicate. Complessivamente le specie rinvenute nel corso dei campionamenti sono state 61 (Bellmann e Luquet, 1995; Fontana et al., 2002).

Risultati

L'areale interessato dalle infestazioni si è ampliato ulteriormente nel corso del 2006 interessando 154 comuni. In 133 di questi la specie predominante è *C. italicus italicus*. Relativamente all'intensità delle infestazioni nel 2006 si è osservata una densità inferiore rispetto al 2005 ma una presenza sul territorio per periodi più lunghi. In relazione a questo fenomeno si è registrata una anomala presenza di stadi giovanili di *Calliptamus* durante tutta l'estate, facendo suggerire una radicale modificazione del ciclo biologico della specie.

Dall'analisi delle informazioni raccolte con il questionario di fine progetto di lotta biologica emerge che l'84% dichiara di aver subito danni alle colture, anche se per la maggior parte (49%) di scarsa entità. Sono risultati maggiormente danneggiati i prati (a volte misti con erba medica), seguiti dalle orticole e dai medicai. Si segnalano infine casi di danni su altre colture (vite, melo, pero, pesco, seminativi, pascoli e incolti).

L'iniziativa di lotta e sensibilizzazione messa in atto dalla Regione è stata valutata positivamente da circa il 93% delle aziende che hanno aderito al progetto e anche il comportamento delle faraone e la loro efficacia nel predare le cavallette sono stati giudicati positivamente da circa il 97% delle aziende. L'efficienza nel

Esemplare di *Calliptamus italicus italicus* su pesca



Foto: Chersi

Esemplare di *Nadigella formosanta bessae*



controllo delle cavallette è stata confermata sia nelle immediate vicinanze del ricovero sia fin oltre i 100 metri di distanza.

In chiusura del primo anno di questo progetto pilota si può affermare che, sebbene non siano mancati i problemi, le faraone hanno svolto un'importante funzione di contenimento delle pullulazioni di cavallette, almeno nei pressi delle aziende. Delle 5.894 faraone distribuite, ben 3.308 risultavano ancora attive a fine stagione.

13.5.3 DIDYMO (*Didymosphenia geminata*) un alga invasiva nelle acque del Torrente Erro

Da qualche anno sul Torrente Erro, nel tratto piemontese sono segnalate, in maniera saltuaria, la presenza di schiume e di mucillagini che hanno fatto temere inquinamenti da detersivi.

Solo recentemente ad opera del Dipartimento Arpa di Alessandria, Università di Torino Dipartimento di Biologia animale e dell'Uomo e della Provincia di Alessandria si è compreso che la causa di queste osservazioni è un alga, appartenente alla famiglia delle Diatomee.

Il suo nome scientifico è *Didymosphenia geminata* battezzata nel mondo anglosassone con il nome di Didymo, un alga invasiva delle acque dolci. Alga che può dar luogo a importanti limitazioni nell'uso delle acque dei torrenti interessati dalla sua presenza.

Le diatomee di per sé non sono alghe dannose e hanno la caratteristica di aver colonizzato ogni tipo di ecosistema acquatico della terra: sono diffuse dai poli all'equatore, dalle acque di sorgente, ai fiumi, ai laghi e agli oceani, ambienti in cui svolgono un ruolo fondamentale come produttori primari, cioè organismi che grazie alla fotosintesi fissano anidride carbonica e la trasformano in carboidrati, producendo inoltre ossigeno. Nei fiumi le diatomee sono considerate degli ottimi indicatori della qualità delle acque in quanto la presenza di particolari specie è un segnale di buone condizioni di salute dell'ecosistema acquatico.

Il caso di *D. geminata* è però un'eccezione perché la sua crescita eccessiva può comportare gravi problemi ambientali ed economici. Si tratta di una specie che in origine era tipica di corsi d'acqua freddi e ben ossigenati del Nord Europa e del Nord America, ma che, a partire dagli anni 80, ha cominciato ad assumere i connotati della tipica "specie invasiva", ossia di specie che amplia il proprio areale di distribuzione, cresce sin modo importante e rapido, è in grado di competere con le specie originarie e in molti casi di sostituirsi completamente ad esse.

In Nuova Zelanda e negli Stati Uniti la presenza di questa specie che, seppur non possa essere considerata un significativo rischio per la salute umana, ha dato luogo ad una serie di accorgimenti che prevedono, per non disperdere ulteriormente l'alga, il divieto di accesso al fiume oltre che la balneazione delle acque interessate da questo fenomeno.

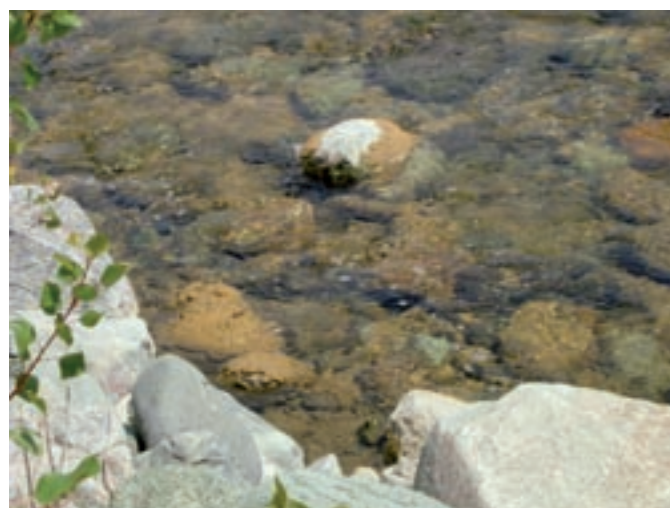
Poiché le diatomee si riproducono prevalentemente per via vegetativa, è teoricamente sufficiente una sola cellula che inizia a suddividersi per dar luogo alla colonizzazione di un nuovo ambiente.

Le fioriture, più frequenti in tarda primavera, come sono state riscontrate sull'Erro, possono avere effetti deleteri a diversi livelli dell'ecosistema e sull'utilizzo delle acque:

- sugli altri organismi vegetali, perché lo strato molto fitto di *D. geminata* impedisce ad altre specie di sfruttare l'energia luminosa per la fotosintesi
- su organismi animali, in particolare macroinvertebrati e pesci, perché esse alterano il substrato naturale, l'idrodinamica e il riciclo dei nutrienti e della sostanza organica, che tende ad accumularsi aumentando il consumo di ossigeno per poterla degradare
- sugli usi ricreativi e potabili delle acque: anche se finora non è stata mai provata la produzione di tossine da parte di questa specie, il contatto con le matasse formate da *D. geminata* può provocare irritazione cutanea per azione meccanica e la proliferazione di quest'alga può modificare le proprietà organolettiche dell'acqua
- sugli impianti di trattamento delle acque e sulle reti di distribuzione idrica dove queste alghe formano matasse che possono intasare i sistemi idrici oltre che dare luogo ad acque con un sapore sgradevole.

Le modeste temperature di quest'inverno in tutto l'Appennino e le limitate piogge possono aver fatto sì che, diversamente da altri anni, queste alghe abbiano anticipato la fioritura e che la stessa si sia ripetuta più

Alberto Maffiotti
Arpa Piemonte
Francesca Bona
Università di Torino

Sviluppo dell'alga Didymo nel Torrente Erro

volte creando un grave scompensamento ecologico, misurabile con la diminuzione delle specie ittiche e della biodiversità delle specie animali e vegetali legate all'acqua, in una zona dagli equilibri più vulnerabili. Concausa alla situazione descritta è la scarsità di vegetazione ombreggiante lungo il torrente e paradossalmente l'ottima trasparenza delle sue acque e la ridotta presenza di nutrienti.

La ragione della sua forza competitiva sta probabilmente in una struttura tipica di molte diatomee, il peduncolo, che è in questa specie particolarmente sviluppato e garantisce un ancoraggio molto stabile al substrato, che può essere di tipo litico (massi e ciottoli dell'alveo fluviale) o vegetale (piante acquatiche). Se in origine era una specie tipica di acque oligotrofiche (povere di nutrienti) con velocità della corrente media, le segnalazioni attuali indicano che sembra essersi ben adattata a condizioni più diversificate, in termini di substrato, concentrazione di nutrienti, temperatura. Ciò che sembra accomunare la maggior parte dei siti dove prolifera, è la disponibilità di luce, quindi necessita di acque non troppo profonde e poco ombreggiate.

In Piemonte la specie era già stata segnalata, come presenza, agli inizi del 900, ma è solo da pochi mesi che sono state riscontrate delle vere e proprie fioriture, situazione questa che non trova riscontro in altre regioni italiane.

Per questa ragione da alcune settimane la Provincia di Alessandria, unitamente ad Arpa, Università del Piemonte Orientale e Università Torino e ASL hanno dato luogo ad un tavolo per valutare la pericolosità e le implicazioni osservate, fornire una serie di indicazioni ai comuni per evitare l'ulteriore dispersione dell'alga in altri fiumi e torrenti dell'alessandrino che, come è capitato anche per altre situazioni ambientali, rappresenta una

vera e propria sentinella dei mutamenti climatici anticipando fenomeni che poi si sono sviluppati e diffusi in altre zone della Pianura Padana.

Bibliografia

- AIRA M.J., DOPAZO A., JATO M.V., 2001. *Aerobiological monitoring of Cupressaceae pollen in Santiago de Compostela (NW Iberian peninsula) over six years*. *Aerobiologia* 17: 319-325.
- ALBA F., DIAZ DE LA GUARDIA C., 1998. *The effect of air temperature on the starting dates of the Ulmus, Platanus and Olea pollen seasons in the SE Iberian Peninsula*. *Aerobiologia* 14: 191-194.
- BELLMANN H., LUQUET G., 1995. *Guide des Sauterelles Grillons et Criquets d'Europe occidentale* - Delachaux et Niestlé, Lausanne (Suisse), Paris, 208-209, 220-225.
- BELLONI, S., 1992. *Oscillazioni frontali dei ghiacciai italiani e clima: un sessantennio di ricerche*. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 15, 43-57.
- CAVALLINI G., MONTEPAONE G., 2006. *Combattere le cavallette in modo ecologico con il pascolo delle farone*. *Vita in campagna* XXIII, (7-8): 51.
- CASINI E., MERCURI A.M., TORRI P., ACCORSI C. A., 2006. *Rilascio di polline e temperatura: il caso di Taxus*. *GEA*; 1: 195-196.
- FONTANA P., BUZZETTI F. M., COGO A., ODÉ B., 2002. *Guida al riconoscimento e allo studio di Cavallette, Grilli, Mantidi e Insetti affini del Veneto. Blattaria, Mantodea, Isoptera, Orthoptera, Phasmatodea, Dermaptera, Embiidiina*. *Guida Natura/1* Museo Naturalistico Archeologico di Vicenza Ed., Vicenza: 1-592.
- FRENGUELLI G., TEDESCHINI E., VERONESI F., BRICCHI E., 2002. *Airborne pine (Pinus spp.) pollen in the atmosphere of Perugia (Central Italy): behaviour of pollination in the two last decades*.
- KALKSTEIN LS, WATTS J, 2003. *The Development of a Warm Weather Relative Stress Index for Environmental Applications*. University of Delaware, Newark. October 2003.
- KUHN, M., SCHLOSSER, E., SPAN, N., 1997. *Eastern Alpine glacier activity and climatic records since 1860*. *Annals of Glaciol.*, 24, 164-168.
- LEJOLY - GABRIEL M., 1978. *Recherches écologiques sur la pluie pollinique en Belgique*. *Acta Geographica Lovaniensia*.
- MONTERMINI A., DESEO K. V., 1990. *Esperienze di lotta chimica e biologica contro Calliptamus italicus L. (Acrididae, Orthoptera) e monitoraggio sulla presenza di entomopatogeni nelle popolazioni in Emilia*. *Atti giornate fitopatologiche* 1990,1, 363-372.
- NATALI P., 2002. *Pollini e cambiamenti climatici B Studio Preliminare*. *AIA* 2002; X:139.
- RODRIGUEZ- RAJIO F.J., FRENGUELLI G., JATO V., 2003. *The influence of air temperature on the starting date of Quercus pollination in the South of Europe*. *Grana* 42: 145-152.
- SPAULDING S., 2007. *Increase in nuisance blooms and geographic expansion of the freshwater diatom Didymosphenia geminata*. Environmental Protection Agency.
- STEADMAN R.G., 1984. *A universal expression of apparent temperature*. *J. Appl Meteor.*, vol. 23, pp.1674-87.
- TEDESCHINI E., 2006. *Il monitoraggio pollinico: uno strumento per valutare il cambiamento climatico*. *GEA* 1: 32-33.
- www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/iniziative_didattiche/divulgazione/Pollini_fossili_vegetaz_clima.htm
- www.regione.vda.it/territorio/environment/200219/2002-19_14.asp