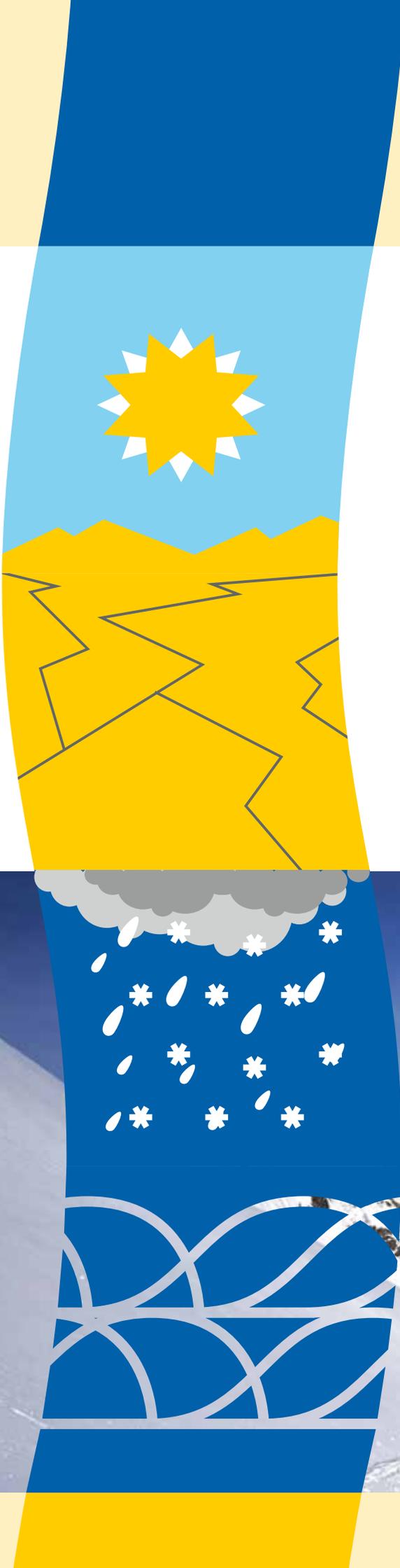


LA NEVE SULLE ALPI PIEMONTESI

**Quadro conoscitivo aggiornato al
cinquantennio 1961-2010**



La neve sulle Alpi Piemontesi

Quadro conoscitivo aggiornato al cinquantennio 1961-2010

PROGETTO E COORDINAMENTO GENERALE:

Secondo Barbero

Arpa Piemonte, Dipartimento Sistemi Previsionali

AUTORI:

Mattia Faletto, Maria Cristina Prola

Arpa Piemonte, Dipartimento Sistemi Previsionali

Fiorella Acquavotta, Simona Fratianni, Silvia Terzago

Università di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra

FOTOGRAFIE IN COPERTINA

Archivio Arpa Piemonte

IMPAGINAZIONE

Marcopolo srl, Torino

Finito di stampare nel mese di luglio 2013 presso la tipografia
Grafica Reventino Srl, Decollatura (CZ)



Stampato su carta certificata FSC® recycled credit,
con un contenuto di fibre riciclate del 100%

ISBN 978-88-7479-123-1

©2013, Arpa Piemonte

Via Pio VII, 9 – 10135 Torino – Italia

www.arpa.piemonte.it

PROGETTO COFINANZIATO:



LE OPPORTUNITÀ NON HANNO CONFINI

INDICE

Introduzione	5
1. Contesto geografico e climatico.....	6
2. Stazioni di misura e metodi di rilevamento.....	7
2.1 Localizzazione	7
2.2 Grandezze considerate	11
2.3 Tipologia di misura.....	11
2.4 Consistenza dei dati.....	14
2.5 Metodi di trattamento dei dati	18
2.5.1 Digitalizzazione, controllo della qualità delle Stazioni manuali (SNT)	18
2.5.2 Validazione ed archiviazione dei dati delle Stazioni automatiche (SNA).....	22
2.5.3 Differenze tra stazioni manuali e automatiche	22
3. Analisi dei dati e risultati	25
3.1 Temperature.....	25
3.1.1 Temperatura massima	25
3.1.2 Temperatura minima	26
3.1.3 Giorni senza disgelo	28
3.1.4 Giorni di gelo	28
3.2 Neve	28
3.2.1 Altezza di neve fresca	28
3.2.2 Analisi statistica di distribuzione dell'altezza di neve fresca.....	29
3.2.3 Regime nivometrico	31
3.2.4 Spessore del manto nevoso.....	34
3.2.5 Analisi statistica di distribuzione dello spessore del manto nevoso	35
3.2.6 Giorni con precipitazione nevosa.....	37
3.2.7 Analisi statistica di distribuzione dei giorni nevosi	39
3.2.8 Giorni con copertura nevosa.....	39
3.2.9 Analisi statistica di distribuzione dei giorni con copertura nevosa.....	41
3.2.10 Spessore massimo del manto nevoso	43
3.2.11 Valori di probabilità di diverse altezze di neve al suolo per fasce altimetriche	43
3.3 Correlazione con la quota.....	44
3.3.1 Distribuzione regionale delle precipitazioni nevose	46
4. Evoluzione negli ultimi 50 anni dell'innnevamento e delle precipitazioni nevose	48
4.1 Indice di anomalia standardizzata	48
4.1.1 Anomalie dell'altezza di neve al suolo.....	48
4.1.2 Anomalia dell'altezza di neve fresca.....	49

4.1.3	Anomalia dei giorni nevosi.....	50
4.1.4	SAI giorni con copertura nevosa.....	51
4.1.5	Anomalia delle temperature.....	52
4.2	Trend.....	53
4.2.1	Neve fresca.....	53
4.2.2	Neve al suolo	54
4.2.3	Giorni nevosi.....	55
4.2.4	Giorni con copertura nevosa.....	56
4.2.5	Spessore massimo manto nevoso	56
4.2.6	Temperature massime e minime.....	57
5.	Rischio valanghivo.....	60
5.1	Incremento neve fresca sui 3 giorni.....	61
5.2	Casi critici nivometrici.....	61
5.3	Tempi di ritorno	62
	Ringraziamenti	66
	Bibliografia	67
	Tabelle allegate	69

Introduzione

Il servizio nivologico regionale, affidato ad Arpa Piemonte, garantisce fin dal 1983 la raccolta e l'elaborazione dei dati nivometeorologici sul territorio regionale al fine di fornire un quadro aggiornato sulle caratteristiche dell'innevamento nell'ambiente alpino del Piemonte. La rete di rilevamento nivometrico è organizzata e gestita per la raccolta sistematica di dati rilevati secondo standard definiti e condivisi da parte delle amministrazioni regionali dell'arco alpino italiano aderenti all'AINEVA (Associazione Interregionale Neve e Valanghe).

Questo volume riprende il precedente studio "Le precipitazioni nevose sulle Alpi Piemontesi - Trentennio 1966-1996" pubblicato dalla Regione Piemonte nel 1998 estendendo il periodo analizzato al cinquantennio 1961-2010 con un approfondimento al periodo 1933-2010 per un sottoinsieme di stazioni. Utilizzando poi anche i dati raccolti dalle stazioni nivometriche automatiche, che assicurano una buona distribuzione spaziale ed altimetrica dei punti di misura, è stato possibile valutare meglio la variabilità spazio-temporale dell'estensione della copertura nevosa.

Il lavoro è frutto di una collaborazione scientifica tra Arpa Piemonte ed il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino con l'obiettivo principale di favorire e far progredire l'attività di recupero ed interpretazione dei dati nivo-meteorologici di lungo periodo, per sviluppare serie complete, omogenee, affidabili e di elevata qualità che permettano di disporre di una grande quantità di informazioni sul cambiamento climatico in atto.

Infatti, il ricco patrimonio di lunghe serie di dati nivometrici risulta oggi ancora poco esplorato, nonostante gli sforzi profusi nell'accurato monitoraggio dell'atmosfera e l'attuale urgenza di individuare, comprendere, prevedere e reagire alla variabilità ed al cambiamento climatico globale ed al conseguente impatto sui fragili socio-ecosistemi dell'ambiente alpino. I dataset recuperati e ricostruiti non hanno quindi solamente valore scientifico, ma hanno una ricaduta per lo sviluppo economico del territorio.

La conoscenza della distribuzione e della variabilità delle precipitazioni nevose e della durata della copertura nevosa risulta fondamentale dato il loro forte impatto sul bilancio idrologico con dirette conseguenze non solo sulla disponibilità idrica in agricoltura, nell'industria e nella produzione energetica, ma anche sul turismo invernale durante la stagione sciistica. Tale indagine si rivela inoltre indispensabile anche per fornire valori di riferimento per la pianificazione territoriale e per la realizzazione di opere per la gestione del pericolo valanghivo ed in generale per la gestione del rischio negli ambienti di alta quota.

1. Contesto geografico e climatico

Circondato dalle montagne su tre lati il Piemonte è a tutti gli effetti una regione alpina: il territorio montano è molto esteso, occupa infatti il 42% dell'intera superficie regionale e la maggior parte di questa frazione è costituita dal versante italiano delle Alpi Occidentali, le quali circondano la zona collinare e la Pianura Padana.

Sulle alpi piemontesi si possono distinguere le più alte cime d'Italia e d'Europa tra cui il Monte Rosa (4637 m) e il Gran Paradiso (4061 m) a nord, mentre più a sud si erge il Monviso (3841 m). Le alpi piemontesi, nelle sezioni A.Marittime, A.Cozie e A.Graie, costituite in prevalenza da rocce cristalline, hanno spesso forme aspre e sono incise da numerose valli trasversali. A nord le alpi piemontesi comprendono anche segmenti parziali delle A. Pennine e delle A. Lepontine, separate dal bacino del Toce e dalla valle Ossola.

La posizione topografica, la distanza dal mare e il rapporto con il territorio alpino francese retrostante, definiscono e regolano la peculiarità climatica del Piemonte, zona di scontro delle masse d'aria continentali provenienti dalla pianura, dell'umidità proveniente dal Mediterraneo e delle correnti atlantiche nord-occidentali che interagiscono con i rilievi innescando frequenti circolazioni locali.

Le configurazioni sinottiche a larga scala influenzano maggiormente gli eventi di nevicata significative e diffuse sull'arco alpino nord occidentale (Esteban, 2005). Va considerato che, data la disposizione orografica delle alpi piemontesi, le precipitazioni nevose vengono innescate da flussi umidi e freddi di natura ed origine molto variegata, avendo la catena alpina una disposizione sud-ovest-nord che abbraccia più di due quadranti della rosa dei venti (Ronchi et Nicoletta, 2011). In Piemonte le nevicata superiori ai 20 cm sono determinate da 7 principali configurazioni meteorologiche. La maggior parte delle masse d'aria identificate nelle 7 caratterizzazioni sinottiche ha un'origine atlantica e/o subtropicale (sei su sette), mentre in un solo caso si tratta di masse d'aria d'origine scandinava o continentale. L'aspetto che le differenzia maggiormente sono la formazione o meno di cut-off in quota e dei minimi barici al suolo e il loro posizionamento, spesso dipendente dal tipo di blocco di alta pressione presente sull'est e sul nord dell'Europa. Le nevicata mediamente meno intense si misurano quando le masse d'aria coinvolte sono di origine scandinava o continentale e sono più frequenti nei mesi di dicembre e gennaio. Viceversa, le nevicata mediamente più significative si osservano quando in quota si origina un cut-off tra la Francia e la Penisola Iberica, associato ad un minimo di pressione centrato rispettivamente su golfo Ligure ed Isole Baleari. Infine le nevicata più copiose in termini di "estremi", si registrano ancora quando in quota si forma un cut-off tra Francia ed Italia ed al suolo un minimo sul Golfo del Leone, ma sono associati a venti di scirocco e ad un intenso blocco di alta pressione che dal Mediterraneo orientale si estende fino alla Penisola Scandinava. Quest'ultima configurazione, che si verifica in prevalenza nei mesi di transizione verso o in uscita dall'inverno, è molto simile a quella che si può riconoscere spesso nei casi di eventi alluvionali sul Piemonte.

Il Piemonte è dunque una regione caratterizzata da pronunciati contrasti climatici la cui conseguenza è una particolare ricchezza di ambienti diversi. Sono presenti quasi tutte le tipologie ambientali ad esclusione di quelle caratteristiche del Mediterraneo.

L'obiettivo dello studio in oggetto è di intraprendere una completa analisi climatologica delle caratteristiche dell'innnevamento e della sua variabilità in Piemonte anche in funzione dell'andamento della temperatura.

2. Stazioni di misura e metodi di rilevamento

I dati analizzati in questo studio derivano dalla rete nivometrica regionale che comprende stazioni manuali e stazioni automatiche. Attualmente sono attivi 109 punti fissi di rilevamento di cui 32 sono stazioni nivometriche tradizionali - di seguito indicate SNT - e 77 sono stazioni nivometriche automatiche - di seguito SNA

Le SNT, sono gestite da alcuni Enti Locali, Parchi, Enel, Iren e, recentemente, sono coinvolti anche gestori di rifugi e comprensori sciistici. Tutti sono coordinati da ARPA Piemonte ed effettuano, durante il periodo invernale, i rilievi giornalieri di parametri nivometeorologici finalizzati alla valutazione della stabilità del manto nevoso e del pericolo valanghivo. Le modalità operative e di raccolta dati dalle SNT vengono svolte secondo le specifiche tecniche adottate a livello di AINEVA, Associazione interregionale di coordinamento per i problemi inerenti alla neve e alle valanghe.

Le SNA fanno parte della Rete Meteoidrografica regionale gestita dal Centro Funzionale di ARPA Piemonte, la cui realizzazione è stata avviata nel 1988 e oggi è costituita da oltre 400 stazioni di rilevamento in teletrasmissione ed in tempo reale. Di queste, 77 sono dotate di nivometro a ultrasuoni che misura l'altezza del manto nevoso (HS) con cadenza semioraria.

Le stazioni automatiche sono generalmente dislocate in siti non facilmente accessibili da un operatore, soprattutto durante l'inverno, sono quindi indispensabili per ampliare il dettaglio spaziale della rete di rilevamento e risultano importanti per la valutazione dell'innevamento medio e della distribuzione delle nevicate (Frigo et al., 2012).

2.1 Localizzazione

Le stazioni nivo-meteorologiche manuali scelte per lo studio sono distribuite uniformemente su tutto l'arco alpino piemontese, a quote comprese tra i 700 metri e i 2412 metri, sono rappresentative di tutti i settori alpini, ad eccezione delle Alpi Liguri (**Fig. 2.1** e **Tab. 2.1**).

Su tutto il Piemonte sono state selezionate 16 stazioni meteorologiche con l'obiettivo di valutare le caratteristiche climatiche e i relativi cambiamenti del territorio piemontese a partire dall'analisi delle serie nivo-termometriche più lunghe e complete disponibili, aggiornando, altresì, quanto già pubblicato nel volume 2 della collana "Studi Climatologici in Piemonte" edito dalla Regione Piemonte e dalla Università degli Studi di Torino nel 1997.

Delle 16 stazioni meteo-nivometriche manuali analizzate in suddetta pubblicazione, 6 sono state escluse per limitatezza o incompletezza delle serie termo-nivometriche disponibili, dovute a lacune nella raccolta dei dati - Lago Moncenisio, Lago della Rossa, Oropa e Formazza Ponte -, a dismissione della stazioni stessa - Combamala, sospesa nel 1997- e per la non disponibilità dei dati giornalieri antecedenti al 1971 - Riofreddo-. Al fine di intensificare le serie analizzate sul contesto territoriale sono state aggiunte alcune stazioni quali Alpe Devero delle Alpi Lepontine, Agaro e Camposecco delle Alpi Pennine, Malciaussia e Telessio delle Alpi Graie e Acceglio Saretto delle Alpi Cozie.

Le Stazioni Nivometriche Automatiche analizzate in questo studio sono 46 e fanno parte di un sottoinsieme delle 77 stazioni attive della Rete Meteo Idrologica (**Fig. 2.2**), di cui 39 si trovano a quota superiore ai 1000 metri, distribuite in modo pressoché uniforme in tutti i settori alpini ad eccezione del settore delle Alpi Cozie Nord, dove è presente una maggiore concentrazione di stazioni. Le 7 stazioni dislocate al di sotto dei 1000 metri di quota sono rappresentative del territorio collinare dell'Ap-

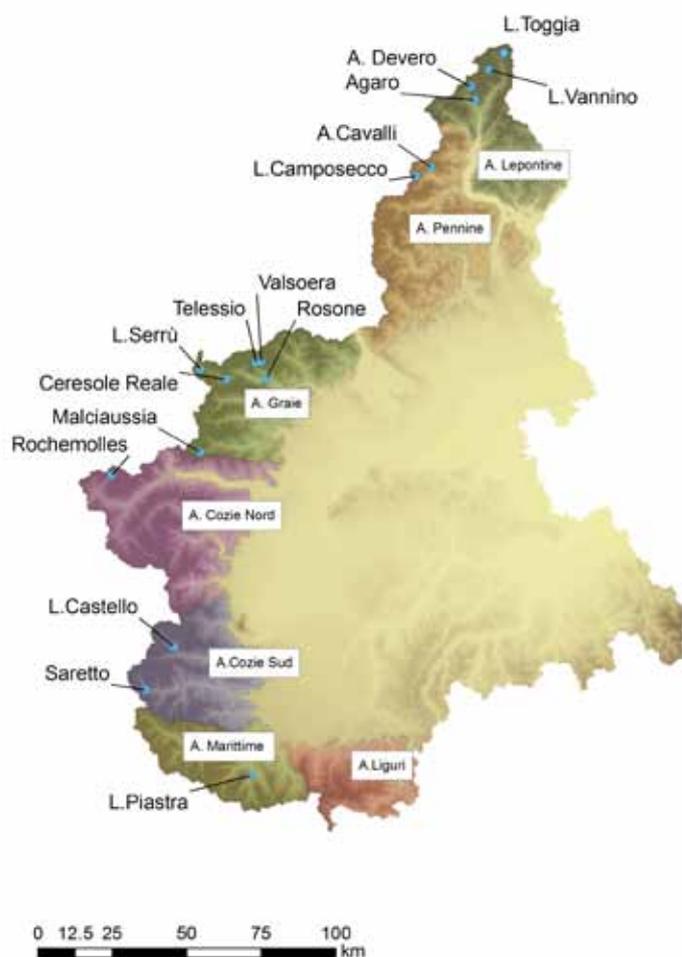


Fig.2.1 Mappa delle Stazioni Nivometriche Tradizionali (SNT) utilizzate nello studio.

Settore alpino	Nome stazione	Provincia	Quota	Periodo raccolta dati
A. Lepontine	Formazza - Lago Vannino	VB	2177 m	1951-2010
	Formazza - Lago Toggia		2165 m	1932-2010
	Baceno - Alpe Devero		1634 m	1951-2010
	Premia - Agaro		1600 m	1961-2010
A. Pennine	Antrona - Camposecco		2316 m	1951-2010
	Antrona - Alpe Cavalli		1500 m	1924-2010
A. Graie	Locana - Valsoera	TO	2412 m	1959-2010
	Ceresole Reale - Lago Serrù		2283 m	1961-2010
	Locana - Telessio		1940 m	1959-2010
	Usseglio - Malciaussia		1800 m	1936-2010
	Ceresole Reale - Capoluogo		1573 m	1914-2010
	Rosone - Capoluogo		701 m	1938-2010
A. Cozie N	Bardonecchia - Lago Rochemolles		1950 m	1925-2011
A. Cozie S	Pontechianale - Castello	CN	1589 m	1943-2010
	Acceglio - Saretto		1540 m	1925-2010
A. Marittime	Entracque - Diga La Piastra		960 m	1926-2010

Tab 2.1 Elenco SNT utilizzate nello studio.

pennino piemontese (Priero 610 m, Feisoglio 770 m, Bric Berton 773 m e Capanne Marcarolo 780 m) e del settore di pianura (Albano Vercellese 155 m, Bra 298 m, Boves 600 m). Il maggior numero di stazioni si ha nella fascia altimetrica 1400-1800 metri, importante per la necessità di monitorare le nevicate, in relazione ai problemi che possano derivare da esse alla viabilità alpina e di fondo valle. Delle 9 stazioni poste al di sopra dei 2200 metri, 3 sono oltre i 2500 metri, Rifugio Gastaldi (2659 m), Rifugio Vaccarone (2755 m) e Passo del Moro (2823 m) (Fig. 2.2 e Tab. 2.2).



Fig.2.2 Mappa delle Stazioni Nivometriche Automatiche (SNA) della rete meteo idrologica di Arpa Piemonte utilizzate nello studio.

Settore wlpino	Denominazione	Provincia	Quota	Inizio attività	
A. Lepontine	Formazza - Pian dei Camosci	VB	2470 m	10/27/1988	
	Montcrestese - Diga di Larecchio		1878 m	9/11/1999	
	Baceno - Alpe Devero		1644 m	10/29/1991	
	Antrona Schieranco - Alpe Cheggio		1479 m	11/6/1996	
	Formazza - Bruggi		1248 m	9/10/1999	
A. Pennine	Macugnaga - Passo del Moro	VC	2823 m	11/4/1988	
	Alagna Valsesia - Bocchetta Pisse		2428 m	10/22/1987	
	Trivero - Alpe Camparient		BI	1450 m	9/10/1999
	Macugnaga - Pecetto		VB	1360 m	11/11/1999
	Piedicavallo - Capoluogo		BI	1090 m	11/9/1996

Continua

Segue

Settore Alpino	Denominazione	Provincia	Quota	Inizio attività
A. Graie	Balme - Rifugio Gastaldi	TO	2672 m	9/26/1987
	Ceresole Reale - Lago Agnel		2300 m	10/11/1996
	Usseglio - Malciaussia		1800 m	6/16/2000
	Ceresole Reale - Villa		1583 m	9/8/1999
	Valprato Soana - Piamprato		1558 m	7/8/1993
	Groscavallo - Forno Alpi Graie		1223 m	10/12/1996
	Colleretto - Santa Elisabetta		1220 m	9/3/1999
A. Cozie N	Giaglione - Rifugio Vaccarone	TO	2755 m	9/7/1996
	Bobbio Pellice - Colle Barant		2302 m	12/1/2012
	Sauze D'oulx - Lago Pilone		2286 m	10/22/1988
	Cesana Torinese - Colle Bercia		2211 m	10/19/1996
	Pragelato - Clot della Soma		2160 m	10/24/1996
A. Cozie N	Sestriere-Principi di Piemonte	TO	2035 m	9/11/1996
	Salbertrand - Le Selle		2012 m	7/26/1991
	Sauze Di Cesana - Valle Argentera		1882 m	10/8/1998
	Venaus-Barcenisio		1530 m	11/17/1994
	Praly-Villa		1375 m	7/27/1993
	Bardonecchia - Prerichard		1338 m	12/6/1990
	Salbertrand - Graviere		1010 m	11/15/1990
A. Cozie S	Sampeyre-Pian delle Baracche	CN	2144 m	10/9/1987
	Castelmagno - San Magno		1661 m	9/20/1996
	Pontechianale - Castello		1614 m	7/27/1993
	Acceglio - Colombata		1610 m	6/14/1989
	Paesana - Bric Barsaia		1279 m	5/12/1993
A. Marittime	Vinadio - Colle Lombarda	CN	2316 m	9/25/1987
	Argentera - Capoluogo		1671 m	9/18/1996
	Valdieri - Terme		1410 m	7/29/1993
A. Liguri	Roccaforte Mondovì - Rif. Mondovì	CN	1761 m	10/16/1997
	Briga Alta - Piaggia Pian del Guso		1658 m	9/2/1999
Appennino	Bosio - Capanne Marcarolo	AL	790 m	7/6/1989
	Feisoglio - Bric Della Chiesa	CN	774 m	11/22/1995
	Ponzzone - Bric Berton	AL	773 m	10/5/1989
Pianura	Priero - Cascina Borgnia	CN	607 m	4/8/1993
	Boves - Cascina Borelli		575 m	1/15/1988
	Bra - Museo Craveri		290 m	5/5/1993
	Albano Vercellese - Vivaio Forestale		VC	155 m

Tab 2.2 Elenco SNA utilizzate nello studio.

2.2 Grandezze considerate

I parametri analizzati sono i valori giornalieri di temperatura massima e minima dell'aria (T_{max} , T_{min} in °C), l'altezza della neve al suolo (HS in cm). L'altezza della neve fresca (HN in cm) è stata stimata giornalmente per differenza di HS, al fine di uniformare i valori di tutte le stazioni manuali, poiché solo in alcune di esse e per un limitato arco temporale il valore fu misurato. Questo approccio ha permesso inoltre il confronto con le stazioni automatiche riportato nel presente studio.

L'HS e l'HN sono i principali parametri analizzati in nivologia poiché, pur essendo misure puntuali ed avendo una grande variabilità spaziale, definiscono la quantità di neve presente al suolo e precipitata. Per altezza totale del manto nevoso (HS) infatti si intende la distanza, misurata verticalmente, fra la superficie del suolo e la superficie del manto nevoso, mentre per altezza della neve fresca (HN) si intende la misura verticale della precipitazione nevosa caduta in un determinato periodo di tempo, per convenzione nelle ultime 24 ore. L'unità di misura è il cm per entrambe le grandezze. Sono parametri utili per determinare le condizioni di innevamento, la sua evoluzione temporale, ma anche per la progettazione di opera di difesa dalle valanghe e per la valutazione delle risorse idriche.

Con il termine "temperatura dell'aria" (T_a) si indica lo stato termico dell'aria, misurato ad una certa altezza dal suolo; lo studio della temperatura in un contesto nivologico è indispensabile per correlare dati di precipitazione nevosa ai giorni di neve al suolo e all'andamento dell'innnevamento alle diverse fasce altimetriche. La temperatura degli strati più superficiali del manto nevoso sono per altro molto condizionati dall'andamento della temperatura dell'aria e, conseguentemente, anche i processi metamorfici degli stessi. Le altre grandezze considerate che ne derivano sono i giorni nevosi, ovvero i giorni in cui l'altezza della neve fresca (HN) è stata maggiore o uguale a 1 cm, i giorni con copertura nevosa al suolo, ovvero i giorni in cui l'altezza della neve al suolo (HS) è stata maggiore o uguale a 1 cm.

2.3 Tipologia di misura

La temperatura dell'aria può essere misurata con differenti tipologie di termometri secondo diverse modalità: nelle stazioni manuali si utilizzano termometri a liquido (mercurio o alcool) per la misurazione delle temperature massime e minime giornaliere, bimetallici oppure elettrici con lettura digitale. Qualsiasi strumento deve essere posizionato all'interno di una capannina meteorologica, in legno con pareti a "persiana" per una buona aerazione, di colore bianco per la totale riflessione delle radiazioni solari. (Fig. 2.3) (Cagnati, 2003).

L'altezza del manto nevoso -HS- viene misurata oggettivamente utilizzando strumenti in grado di rilevare distanze. A tale scopo si possono utilizzare, per le misurazioni manuali, le sonde graduate portatili (metodo distruttivo, sconsigliato quando è necessario effettuare misurazioni giornaliere) o le aste graduate fisse (impiegate in aree di studio di notevoli dimensioni, al fine di determinare le condizioni medie di innevamento). Presso le stazioni analizzate in questo studio si utilizza l'asta graduata fissa (Fig. 2.4).

Per l'altezza della neve fresca si utilizza comunemente la tavoletta da neve, ovvero una tavoletta di legno dalle dimensioni di 40x40 cm, di colore bianco, che viene appoggiata sulla superficie del manto nevoso, su cui si esegue ogni 24 ore la lettura della neve caduta dalla misura precedente, utilizzando l'asta graduata di cui è dotata, ovvero con un sondino graduato trasportabile se ne è priva. Dopo ogni misurazione viene ripulita della neve appena caduta e rimessa sulla superficie del manto nevoso (Fig. 2.5).



Fig. 2.3 Capannina meteorologica con termometro a massima e minima (a mercurio) e pluviografo presso la stazione manuale del Lago Vannino.



Fig. 2.4 Asta graduata in un campo neve per la misurazione dell'altezza di neve al suolo.



Fig. 2.5 Tavola per misura della neve fresca (HN) con asta graduata.

Il sensore per la misura della neve al suolo nelle SNA è il nivometro a ultrasuoni (**Fig. 2.6**). Il nivometro a ultrasuoni è costituito da una coppia di trasduttori ultrasonici in aria che misurano il tempo di percorrenza dell'impulso dalla trasmissione alla ricezione, dopo essere stato riflesso dalla superficie del manto nevoso. Tale valore viene compensato con il dato di temperatura dell'aria, con margine di incertezza di $\pm 1,5$ cm. Per questo motivo anche in assenza di variazioni di spessore del manto nevoso il grafico del valore di HS può riportare oscillazioni di alcuni cm. Si tratta, per esempio, di situazioni

legate a brusche variazioni di temperatura, che si possono registrare nell'arco diurno nelle giornate di tempo sereno e stabile, o durante il passaggio di fronti perturbati (Frigo et al., 2012).

Il dato misurato dal sensore è unicamente il dato di HS, per cui il dato della neve fresca deve essere calcolato per differenza di HS nell'arco temporale di interesse, di solito dalle ore 8.00 locali rispetto alle 24 ore precedenti. In questo modo tuttavia il processo di assestamento, ovvero la riduzione di spessore per diminuzione degli spazi vuoti tra i cristalli a cui è soggetto il manto nevoso non viene separato dalla neve fresca, come invece succede con la misura manuale attraverso l'utilizzo della tavoletta della neve fresca nelle SNT. Gli incrementi di spessore del manto nevoso registrati dal nivometro a ultrasuoni incorporano il dato dell'assestamento e pertanto sottostimano nella maggior parte dei casi il reale apporto nevoso in corso di nevicata. Tale sottostima è particolarmente evidente quando le neviccate sono molto abbondanti e si impongono su un manto nevoso a debole coesione asciutto. I dati di HN ottenuti dalle differenze di altezza del manto nevoso vanno quindi letti non come altezza della neve fresca effettiva ma come altezza della neve fresca stimata, derivante dalla differenza dell'andamento dell'altezza del manto nevoso.

Il dato di HS viene campionato ogni 30 min, quindi in corso di nevicata si può seguire l'intensità della precipitazione e cogliere eventuali disturbi dovuti all'innescarsi di attività eolica durante o dopo la precipitazione. In caso di tempeste di neve e di forte ventilazione, successiva alle precipitazioni nevose, il dato di HN misurato ogni 24 h nei campi neve può invece risultare sfalsato, in positivo, in negativo e, in casi estremi di vento molto forte, essere addirittura nullo.

Nonostante queste problematiche, per ottenere serie di dati uniformi e confrontabili, nel presente studio si è utilizzato il solo dato di HS misurato alle ore 8.00 di ogni giorno e si è calcolato per differenza rispetto al giorno precedente il valore di HN.

La presenza di altri sensori (come termometro aria, anemometro, radiazione diretta, riflessa, pluviometro riscaldato) è indispensabile per comprendere i fattori che determinano le variazioni di spessore del manto nevoso in quel punto. Infatti, soprattutto in alta quota, oltre alle precipitazioni nevose, gli incrementi di spessore del manto nevoso sono anche dovuti in buona parte dall'azione del vento, ma in tal caso non devono essere considerati come apporti nevosi dovuti a precipitazioni.



Fig. 2.6 Stazione meteorologica automatica di Alpe Devero; sulla sinistra, in primo piano, è possibile visualizzare il nivometro ad ultrasuoni.

2.4 Consistenza dei dati

I dati della Stazioni Nivometriche Tradizionali, impiegati nel presente studio, soddisfano il requisito della World Meteorological Organization (WMO, 2011) secondo cui sono necessari almeno 30 anni di dati per poter svolgere uno studio rappresentativo delle caratteristiche climatiche dell'area in esame. La percentuale minima dei dati necessaria affinché le serie possano essere impiegate per l'analisi climatica è dell'80% a livello mensile (Sneyers, 1990), ovvero per ogni singolo mese non devono esserci lacune superiori a 6 giorni consecutivi. Anche per i valori stagionali calcolati direttamente dai dati giornalieri è necessario avere a disposizione almeno l'80% dei dati e quindi non possono essere utilizzate le serie con una lacuna non superiore ai 18 giorni non consecutivi. I dati annuali determinati sempre dai valori giornalieri si considerano completi se si hanno a disposizione almeno il 94% dei dati giornalieri (Klein Tank et al., 2002), corrispondente ad una lacuna non superiore ai 20 giorni non consecutivi. Pertanto, in prima istanza si è proceduto alla valutazione della consistenza delle serie, calcolando la percentuale dei dati presenti per ogni mese, stagione ed anno.

Le serie nivometriche selezionate risultano essere per la maggior parte continue sul periodo di attività della stazione (**Fig. 2.7**).

Le eventuali lacune sono spesso "isolate", relative a singoli giorni o a pochi giorni consecutivi. Le lacune più rilevanti si trovano nel primo periodo di osservazione o a cavallo della Seconda Guerra Mondiale. A titolo di esempio citiamo la serie di Rochemolles, attiva dal 1925, per la quale manca il periodo dall'01/04 al 31/05/1931 e dall'01/10/1944 al 31/03/1946 e la serie di Lago Piastra, per cui manca l'anno 1952. La stazione di Lago Vannino, attiva nel periodo tra il 1951 e il 2010, presenta una lacuna di 7 giorni nel maggio 1960 per le variabili di neve al suolo, temperatura massima e minima. La serie di Alpe Devero presenta invece due lacune importanti, nel periodo compreso tra settembre 1972 e maggio 1973 e tra agosto e settembre 1976 di tutte le variabili registrate. Per quanto riguarda la stazione di Alpe Cavalli, sebbene gli annali cartacei fossero disponibili a partire dal 1929 – anno di attivazione della stazione meteorologica – si è potuto iniziare l'analisi dei dati a partire dal 1932 per la presenza di molte interruzioni nella serie dei dati raccolti nei primi anni di attività. Non sono inoltre presenti dati dal 4 al 16 marzo del 1946 per le temperature a causa della rottura del termometro.

Le misurazioni di HS e HN presso l'invaso artificiale di Ceresole Reale iniziarono dal 1914 e nel 1931 è stato installato il termografo per il rilevamento della temperatura massima e minima. Si sottolinea come dal 1914 al 1926 i dati di neve siano discontinui, mentre dopo tale anno le registrazioni



Fig. 2.7 Continuità delle SNT nel periodo 1926-2010 (in verde i dati completi, in giallo gli anni con lacune e in rosso gli anni con dati completamente mancanti).

continuano fino ai giorni nostri senza particolari lacune. Le serie di dati del Lago Serrù partono dal 1955, anno in cui è entrata in funzione la diga. I primi anni sono caratterizzati da lacune nel periodo invernale.

Presso Rosone i dati sono stati registrati dal 1938 fino a oggi. In questa serie si hanno diversi dati mancanti tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90, tuttavia la percentuale di dati validi a livello mensile è sempre superiore all'80%, dunque la serie può essere considerata continua per gli studi climatici; presso Lago Valsoera le registrazioni iniziano dal 1959 e sono continue fino ad oggi.

I dati relativi alla stazione di Acceglio - Saretto provengono in parte da Annali conservati presso la sede dell'Arpa Piemonte (periodo dal 1923 al 1958 e dal 1971 al 2000) e in parte (anni dal '59 al '70) da Annali conservati presso la sede dell'Enel di San Damiano Macra in provincia di Cuneo: la serie risulta essere pertanto completa anche se in alcuni casi mancano i dati relativi a qualche parametro, come ad esempio le condizioni del cielo. Dagli anni Ottanta la stazione è stata spostata dalla posizione di origine, nei pressi della diga sul versante nord a una piazzola di cemento esposta a sud, sul terrazzo della casa del rilevatore del sito di misura (**Fig. 2.8**).



Fig. 2.8 Stazione di Acceglio Saretto.

Per la maggior parte delle SNT utilizzate in questo studio è stato possibile recuperare le serie giornaliere di temperatura massima e minima. Le serie analizzate sono 32, 16 per le temperature massime e 16 per le temperature minime. La stazione con il maggior numero di anni di funzionamento è Rochemolles, dove si iniziò a registrare le temperature nel 1926, seguono Alpe Cavalli nel 1930 e Ceresole Reale nel 1932. Un buon numero di stazioni iniziarono a misurare le temperature a partire dal 1938. Da quell'anno si hanno a disposizione 7 SNT dotate di termometri a massima e minima ma solo dal 1961 se ne hanno a disposizione 15 (**Fig. 2.9**).

Al fine di effettuare una corretta analisi climatica, volta a caratterizzare il clima delle stazioni nivometriche di alta quota, è stato selezionato un periodo comune di funzionamento, dal 1961 al 2010.

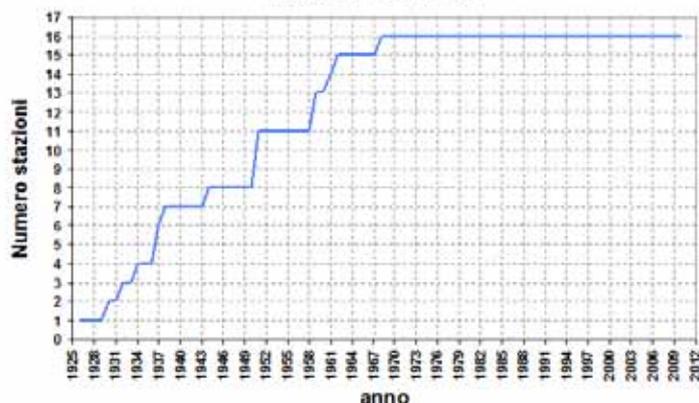


Fig. 2.9 Numero delle stazioni che iniziarono a misurare la temperatura massima e minima nel corso degli anni, dal 1926 al 2010.

Su questo intervallo temporale sono stati calcolati i valori medi di temperature massima e minima, i valori estremi e gli indici climatici.

Dal 1961 al 2010 le serie delle temperature massime e minime presentano alcune lacune. Il maggior numero di dati mancanti (4% delle registrazioni giornaliere) si individua nelle stazioni di Rochemolles, con interruzioni nel 1963, 1969 e nel 2009, e Rosone che non raccoglie dati dal 1989 al 1991 e nel 1993, seguite da Devero con il 2% di giorni misurati, riferiti agli anni 1972 e 1973 (Fig. 2.10).

Denominazione	Quota	Periodo	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Locana - Valsocera	2412	1959-2010										
Antrona - Camposecco	2316	1951-2010										
Ceresole Reale - Lago Serrù	2283	1961-2010										
Formazza - Lago Vannino	2177	1951-2010										
Formazza - Lago Toggia	2165	1932-2010										
Bardonecchia - Lago Rochemolles	1950	1925-2011										
Locana - Telessio	1940	1959-2010										
Usseglio - Malciaussia	1800	1936-2010										
Baceno - Alpe Devero	1634	1951-2010										
Premia - Agaro	1600	1961-2010										
Pontechianale - Castello	1589	1943-2010										
Ceresole Reale - Capoluogo	1573	1914-2010										
Acceglio - Saretto	1540	1925-2010										
Antrona - Alpe Cavalli	1500	1924-2010										
Entracque - Diga La Piastra	960	1926-2010										
Rosone - Capoluogo	701	1938-2010										

Fig. 2.10 Continuità delle serie termometriche dal 1961 al 2010, e le relative interruzioni.

L'arco temporale di analisi dei dati delle stazioni nivometriche automatiche analizzate fa riferimento ad un periodo di 10 anni che va dal 2001 al 2010. La scelta di questo periodo è dovuta essenzialmente al maggior numero di stazioni disponibili, viceversa la scelta di un numero di anni maggiore avrebbe comportato una notevole riduzione delle stazioni operative (Fig. 2.11). La scelta è stata fatta partendo da quelle attualmente attive in modo da avere la possibilità di effettuare ulteriori confronti in futuro. L'estensione temporale limitata agli ultimi 10 anni, non consente la caratterizzazione climatica e l'analisi del regime di precipitazioni nevose dei punti stazione analizzati, ma permette di effettuare alcune valutazioni generali sull'andamento medio dell'innevamento delle ultime stagioni invernali.

Inoltre è stato possibile effettuare alcune considerazioni sui differenti metodi di misura (automatico e manuale).

I dati raccolti prendono in considerazione tutta la durata dell'anno anche se alcune elaborazioni sono state compiute per il solo periodo stagionale di interesse che convenzionalmente è compreso tra il mese di novembre di un anno e il mese di maggio dell'anno successivo. I dati delle SNA presentano sempre una percentuale di dati sufficiente da essere considerati completi.



Fig. 2.11 Consistenza rete SNA dal 1990 al 2010.

2.5 Metodi di trattamento dei dati

2.5.1 Digitalizzazione, controllo della qualità delle Stazioni manuali (SNT)

I dati delle stazioni manuali analizzate in questo studio provengono in parte da registri cartacei (Fig. 2.12), compilati da operatori di diversi enti e società, in passato gestite dal SIMN (Servizio Idrografico Mareografico Nazionale), in parte dall'archivio informatico di ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale). Il SIMN venne istituito nel 1917 dall'allora Ministero dei Lavori Pubblici con lo scopo di uniformare, organizzare e rendere disponibili le misurazioni pluviometriche, idrometriche e mareografiche in Italia. Negli anni precedenti queste misurazioni erano eseguite in maniera non coordinata da singole strutture che avevano svolto il medesimo compito negli stati prae-unitari. Il Servizio Idrografico ha anche proceduto, fino alla sua dismissione, alla pubblicazione dei cosiddetti Annali Idrologici, relativi ai vari compartimenti in cui era stato diviso il territorio. La divisione compartimentale ricalcava i bacini idrografici dei principali fiumi italiani. Attualmente gli annali ed i registri cartacei sono conservati presso gli archivi regionali di Arpa a cui sono state trasferite le competenze dal 2002.

Le variabili riportate sui registri cartacei comprendevano: lo stato dell'atmosfera, la temperatura massima e minima, la quantità di pioggia e neve fusa, l'altezza della neve al suolo. Altre informazioni riguardavano talvolta l'ora di osservazione del fenomeno meteorologico ed eventuali osservazioni dell'operatore riguardanti principalmente l'usura e la sostituzione dei sensori. Per ogni stazione meteorologica tutti i dati giornalieri di temperatura massima e minima e di precipitazione solida sono stati digitalizzati su un foglio elettronico seguendo il seguente schema:

- data nel formato gg/mm/aaaa;
- temperatura massima in °C;
- temperatura minima in °C;
- spessore del manto nevoso in centimetri;
- precipitazione solida HN in centimetri, ricavato per differenza giornaliera di altezza neve al suolo HS;
- quota in metri: il dato della quota costituisce una prova importante di eventuali cambiamenti di posizione della stazione meteorologica;
- campo osservazioni, dove sono state riportate eventuali informazioni annotate dall'osservatore inerenti alla manutenzione della strumentazione;
- ora in cui l'operatore ha rilevato dati.

Su ogni singola serie considerata completa è stato applicato un controllo di qualità con l'utilizzo del software RCLimDex (Zhang et al., 2004) che permette di individuare gli errori di trascrizione del dato ed eventuali valori anomali detti outliers. Essi sono valori giornalieri di temperatura massima e minima che cadono al di fuori di un intervallo definito che deriva dalla media $\pm n$ volte la deviazione standard del dato giornaliero calcolata su una finestra di 5 giorni. In questo studio il valore di n è stato posto uguale a 4 in modo da individuare solo i valori estremi che ricadono nelle code della funzione di distribuzione.

RCLimDex accetta come input i valori giornalieri di precipitazione e di temperatura in un file con estensione *.txt (Fig. 2.13).

Il programma fornisce i files in cui sono riportati gli outliers ed i dati errati di temperatura e precipitazione che vengono controllati uno ad uno. Questi possono essere frutto di disattenzioni di digitalizzazione e quindi corretti riconfrontando i valori digitalizzati con i fogli cartacei; qualora in-

vece gli errori fossero già presenti nel cartaceo originale, si è valutato singolarmente ogni caso. Inoltre RCLimDex consente un'elaborazione grafica dei dati su tutto il periodo che permette di individuare visivamente la presenza di lacune ed eventuali picchi anomali, anch'essi verificati con il cartaceo (Fig. 2.14).

UFFICIO IDROGRAFICO DEL GENIO CIVILE
 PER GLI STUDI DEL BACINO DEL PO
 SEZIONE DI TORINO

Stazione di Malciaussia

LIVELLO	Cota dell'Ob.	Stato dell'atmosfera e direzione del vento	TEMPERATURA			Cosa in cui è avvenuta la precipitazione e lo strato del trascorso	Quantità di pioggia e neve fusa			Altezza in mm. della pioggia e neve fusa	Altezza in cm. della neve sul suolo	Osservazioni
			massima	minima	media		litri	mezzi litri	decil. litri			
1	9	sereno - vento	-5	-16	-10.5						34	
2	4	sereno - sereno	-8	-19	-13.5						34	
3	4	sereno - sereno	-9	-8	-15						34	
4	4	sereno - sereno	-16	-24	-20						22	
5	4	sereno - sereno	-15	-10	-12.5						33	
6	4	sereno - sereno	-8	-20	-14						33	
7	4	sereno - sereno	-5	-18	-11.5						32	
8	4	sereno - sereno	-4	-11	-7.5						32	
9	4	sereno - sereno	-2	-10	-6						32	
0	4	sereno - sereno	-5	-11	-8	9 ÷ 13	0	0	2	2	32	
Somma 1a dec.							0	0	2	2		
1	9	sereno - sereno	3	-12	-4.5						30	
2	4	sereno - sereno	4	-7	-1.5						28	
3	4	sereno - sereno	5	-4	0.5						25	
4	4	sereno - sereno	6	-3	1.5						20	
5	4	sereno - sereno	2	-2	-4.5						18	
6	4	sereno - sereno	-2	-8	-5						18	
7	4	sereno - sereno	6	-8	-1						12	
8	4	sereno - sereno	3	-6	-1.5						10	
9	4	sereno - sereno	5	-6	-0.5						10	
0	4	sereno - sereno	0	-6	-3						10	
Somma 2a dec.												
1	9	sereno - sereno	0	-4	-3.5						10	
2	4	sereno - sereno	3	-6	-1.5						9	
3	4	sereno - sereno	4	-5	-0.5						9	
4	4	sereno - sereno	8	-3	2.5						8	
5	4	sereno - sereno	9	2	5.5						8	
6	4	sereno - sereno	6	-3	1.5						8	
7	4	sereno - sereno	11	11	11	24 ÷ 5	0	1	0	5	11	
8	4	sereno - sereno	-4	-11	-7.5						4	
9	4	sereno - sereno	-6	-12	-9						4	
0	4	sereno - sereno	-5	-12	-8.5	9 ÷ 9	0	1	4	9	8.5	
1	4	sereno - sereno	1	-10	-4.5						20	
Media			-1.7	-9.9	-5.0							
L'OSSERVATORE												
Totale mensile							0	2	4	14		
							2	6	16			

Fig. 2.12 Esempio di scheda cartacea delle stazioni gestite dal SIMI.

anno	mese	giorno	pioggia	Tmax	Tmin
1974	6	25	0.0	15.9	2.7
1974	6	26	0.0	8.2	5.1
1974	6	27	29.0	11.5	1.4
1974	6	28	2.4	10.4	6.3
1974	6	29	3.8	8.0	6.0
1974	6	30	13.2	15.9	7.5
1974	7	1	0.0	21.3	7.0
1974	7	2	0.0	18.3	11.2
1974	7	3	0.0	16.5	7.0
1974	7	4	0.0	16.5	4.8

Fig. 2.13 Esempio il file organizzato in sei colonne con indicazione dell'anno, mese, giorno, precipitazione, temperatura massima e minima. I dati mancanti vengono codificati con -99.9.

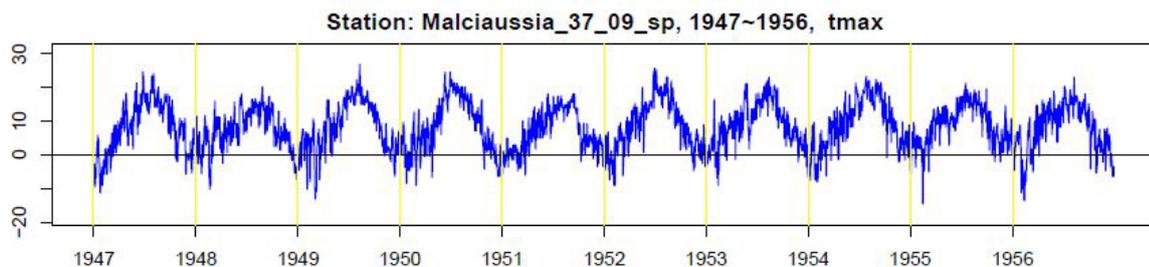


Fig. 2.14 Andamento giornaliero dei dati di temperatura massima dal 1947 al 1956 della stazione di Malciaussia, con alcuni picchi anomali.

RClimDex svolge il controllo di qualità solo sui valori giornalieri di precipitazione liquida e temperatura, non sui dati di neve, per i quali è stato adottato un metodo diverso, studiato appositamente ad-hoc. A partire dalla serie di spessore del manto nevoso $HS(t)$ vengono calcolate le serie di accumulo $HN(t)$ e di “fusione” e/o assestamento $d(t)$ giornalieri come segue:

$$\begin{aligned} HN(t) &= HS(t) - HS(t-1) && \text{se } HS(t) - HS(t-1) > 0 \\ HN(t) &= 0 && \text{se } HS(t) - HS(t-1) \leq 0 \\ d(t) &= HS(t-1) - HS(t) && \text{se } HS(t-1) - HS(t) > 0 \\ d(t) &= 0 && \text{se } HS(t-1) - HS(t) \leq 0 \end{aligned}$$

I valori di $HN(t)$ e $d(t)$ che eccedono la soglia del 99° percentile (calcolato sui dati non nulli) corrispondono a variazioni brusche dello spessore del manto nevoso e pertanto vengono controllati prima consultando i bollettini cartacei per verificare eventuali errori di trascrizione e poi tramite il confronto con le altre variabili meteorologiche misurate nella stazione stessa ed in quelle limitrofe. I valori non plausibili vengono infine invalidati e considerati come “dato mancante”.

L'estensione temporale della serie meteorologica, purtroppo, non costituisce di per sé una condizione sufficiente per poter procedere alla ricostruzione del clima dell'area in esame (Aguilar, 2003). È sufficiente, per esempio, che negli anni di funzionamento siano state fatte delle sostituzioni dei sensori di misura con caratteristiche diverse per produrre delle disomogeneità. È necessario quindi, disporre di tecniche di omogeneizzazione che consentano di “modellare” la serie, rendendola il più possibile priva di influenze extra climatiche.

Una serie si definisce omogenea quando il suo andamento temporale è determinato unicamente da variazioni imputabili a cause meteo-climatiche. Una serie perfettamente omogenea rappresenta una condizione ideale, raramente riscontrabile nelle serie storiche di dati meteorologici: è infatti molto improbabile che osservazioni raccolte nell'arco di più secoli, siano direttamente confrontabili (Sancrotti & Pastorelli, 2004). I segnali climatici possono essere alterati da fattori antropici che possono avere origine dalle diverse fasi del processo di acquisizione ed elaborazione dei dati. La posizione delle stazioni di misura, la tipologia degli strumenti usati, le formule utilizzate per calcolare alcune grandezze, il territorio e le pratiche di rilevamento dell'osservatore costituiscono un sistema complesso di fattori che condiziona i valori misurati e registrati (Peterson et al., 1998). Le disomogeneità si manifestano essenzialmente in due modi: discontinuità netta del valor medio dovuta ad un cambio di posizione o di strumentazione; variazione graduale del valore medio provocata da un lento cambiamento dell'ambiente circostante (Venema et al., 2012).

I metodi di omogeneizzazione possono essere suddivisi in metodi diretti e indiretti. I primi si basano su dati oggettivi, di solito ricavati da studi di carattere storico: i metadata. Un metadatum (dal greco meta “oltre, dopo” e dal latino datum “informazione”, letteralmente “dato su un (altro) dato”), è l'informazione che descrive un insieme di dati. I metodi indiretti fanno uso di tecniche statistiche, generalmente basate sul confronto con altre serie storiche, e del supporto dei metadata, se disponibili, a conferma dei risultati ottenuti attraverso le analisi statistiche.

I metadata di ogni stazione sono stati individuati grazie ad una accurata ricerca storica. Come primo passo sono stati visionati i registri cartacei rintracciando appunti di mal funzionamento o di sostituzione della strumentazione compilati dai vari osservatori. Successivamente sono stati consultati, per

tutti gli anni analizzati, gli Annali del Servizio Idrografico che riportano per ogni stazione la strumentazione, la quota sul mare, la quota dell'apparecchio al suolo e l'anno di attivazione delle osservazioni.

Nel caso in cui la ricerca storica non evidenzia alterazioni nella registrazione della variabile è necessario applicare il T-test iterato (Wang et al., 2007), utilizzando il software AnClim (Štěpánek, 2008) che permette di individuare repentini cambiamenti del valor medio della serie. È possibile così evidenziare per ogni stazione le discontinuità presenti, informazioni fondamentali per una corretta applicazione del test di omogeneizzazione.

Il test di omogeneizzazione utilizzato per rendere le serie giornaliere di temperatura massima e minima omogenee è lo SPLIDHOM (SPLIne Daily HOMogenization) (Mestre et al., 2011), metodo innovativo basato sulla spline cubica che permette non solo di correggere i valori medi della serie ma anche i più alti ordini dei quantili e dei momenti della serie perturbata. Al fine di ottenere una correzione realistica della serie candidata (Y), serie da omogeneizzare, è necessario calcolare la funzione di trasferimento grazie all'utilizzo di serie di riferimento (X), serie registrate da stazioni limitrofe che si correlano bene con la serie candidata. Le serie di riferimento non devono essere necessariamente omogenee su tutto il periodo analizzato ma omogenee nei sottoperiodi in cui la serie candidata presenta delle discontinuità (Fig. 2.15). Come primo passo il test calcola la funzione di regressione non lineare ($m_{YX|aft}$) di Y su X dopo la j th discontinuità, la funzione di regressione non lineare ($m_{YX|bef}$) di Y su X prima della j th discontinuità e poi la funzione non lineare ($m_{XY|bef}$) di X su Y prima della j th discontinuità.

Le discontinuità vengono corrette sequenzialmente dalla più recente alla più vecchia. Il fattore di correzione è dato da

$$Y_t = \text{valori della serie candidata nell'intervallo HSPY}_{j+1}$$

La funzione di regressione si calcola grazie ad una classica smoothing spline cubica (Hastie et al., 1990). I smoothing parametri della spline cubica sono stimati, per ciascuna regressione, con una tecnica standard di cross-validazione.

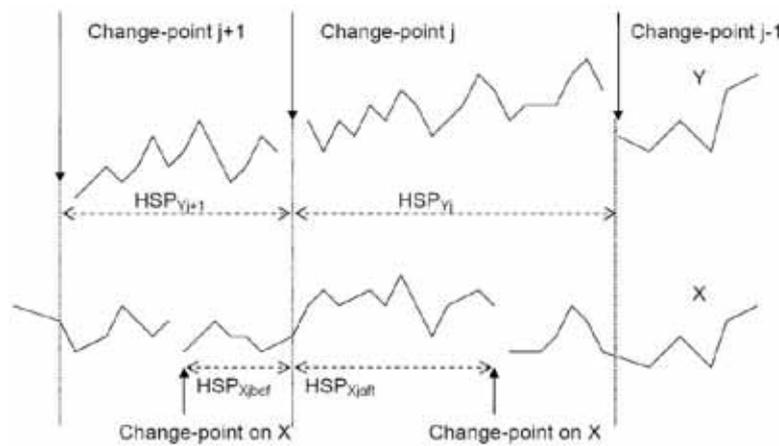


Fig. 2.15 Definizione dei sottoperiodi omogenei della serie candidata Y e della serie di riferimento X. $HSP_{X|aft}$ = sottoperiodo omogeneo di X dopo la j th discontinuità, $HSP_{X|bef}$ = sottoperiodo omogeneo di X prima della j th discontinuità, $HSP_{Y|j}$ = sottoperiodo omogeneo di Y tra la j e la $j-1$ discontinuità.

2.5.2 Validazione ed archiviazione dei dati delle Stazioni automatiche (SNA)

Il dato dell'altezza di neve al suolo viene acquisito con nivometro a ultrasuoni, memorizzato su una memoria locale (moduli EPROM, Flash Cards) e trasmesso ogni 30 minuti, al centro di elaborazione e acquisizione dati del Centro Funzionale di Arpa Piemonte, dove viene archiviato in un database relazionale. Essi vengono visualizzati in forma grafica in tempo reale e sottoposti a processi di verifica. Per ogni punto di misura si ha un'elevata risoluzione temporale, tuttavia i dati nivometrici, per la natura stessa dello strumento di misura, possono essere falsati da una serie di fattori, legati alle condizioni meteorologiche (accumulo/dispersione della neve per effetto eolico) e a possibili interferenze durante la misura, come ad esempio ostacoli che coprono temporaneamente il sensore oppure la crescita dell'erba dopo la fusione completa del manto nevoso, ma anche dalle variazioni di temperatura e umidità. I dati neve, utilizzati dalla valutazione del pericolo valanghe alle analisi in campo idrologico e climatologico, richiedono invece un'elevata accuratezza ed affidabilità. Essi vengono quindi quotidianamente sottoposti ad un controllo di qualità semi-automatico per individuare le eventuali anomalie nelle misure, attraverso anche l'utilizzo di un algoritmo (Terzago et al., 2013) che identifica i dati "sospetti", come possibili outliers, picchi isolati oppure valori improbabili data la stagionalità della precipitazione nevosa. La procedura consiste in una serie di controlli sulla temperatura dell'aria ed implementa un modello di fusione del manto nevoso per verificare la compatibilità del dato nivometrico con le altre variabili meteorologiche misurate. L'algoritmo viene applicato sul dato aggregato delle ore 8.00 locali, risultato già di una media mobile di 5 dati, adottata per togliere i disturbi di misura del sensore e utilizza una serie di test logici, di valori soglia e, in base anche ai dati di temperatura, viene effettuata una verifica sulla plausibilità di accumulo/fusione della neve invalidando i dati anomali. Alla fine di questo processo si ottiene una serie filtrata di altezza di neve al suolo, derivata dal valore misurato originale, in cui sono stati invalidati tutti i dati anomali e sono stati posti a zero i falsi positivi ed i dati negativi. Ad ogni valore viene associato un flag di validazione che indica se il dato è confermato. Il dato così validato automaticamente dall'algoritmo viene ulteriormente sottoposto a una verifica quotidiana manuale da parte di tecnico nivologico con il confronto incrociato dei dati delle stazioni nivometriche manuali vicine e con i dati in tempo reale di pioggia, vento e temperatura della rete automatica.

Le serie complete digitalizzate sono state poi inserite nella banca dati di Arpa Piemonte ad integrazione dei dati già presenti, raccolti a partire dal 1983, anno in cui ebbe inizio la rete nivometrica regionale, e resi disponibili attraverso il servizio di distribuzione dati di Arpa Piemonte. Accedendo al sito www.arpa.piemonte.it è possibile eseguire il download dei dati nivometrici nonché dei valori giornalieri e mensili di temperatura, precipitazione, neve, umidità, radiazione, velocità e direzione vento, elaborati a partire dai dati rilevati dalle stazioni automatiche della rete al suolo.

2.5.3 Differenze tra stazioni manuali e automatiche

Nel 1983, in seguito alla costituzione dell'AINEVA, ebbe inizio l'attività della rete nivometrica regionale. Durante i primi anni era costituita quasi esclusivamente da stazioni manuali, mentre le prime stazioni automatiche (Sauze d'Oulx – Lago Pilone e Macugnaga – Passo del Moro) furono attivate nella seconda metà degli anni '80 a titolo sperimentale, per diventare presto parte integrante della rete. Verso la metà degli anni '90 il numero delle stazioni automatiche iniziò ad aumentare notevolmente, mentre le stazioni manuali al contrario si sono ridotte. Attualmente la rete di rilevamento nivometrica regionale è composta in prevalenza da stazioni automatiche e per una quota minore da stazioni manuali (Fig. 2.16).

Le informazioni che derivano dai due sistemi di raccolta non sono del tutto equiparabili, quanto meno vanno letti e utilizzati conoscendone la provenienza e quindi la modalità di acquisizione.

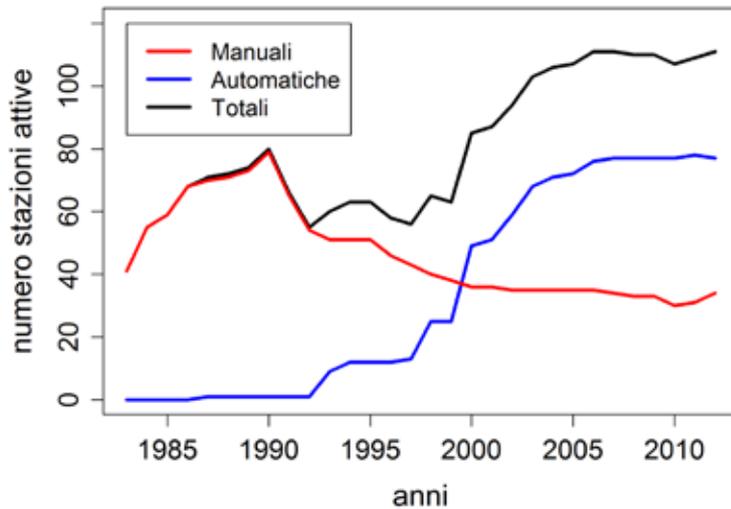


Fig. 2.16 Variazioni negli anni della configurazione delle rete nivometrica piemontese.

Nelle SNT della rete piemontese i dati sono misurati e registrati una volta al giorno, utilizzando il modello 1 AINEVA, nelle SNA il valore di HS è campionato ogni 30 min; nel primo caso si ha un dato ogni 24 ore, nel secondo 48 valori al giorno, fatto che permette di seguire l'intensità della precipitazione in corso di nevicata e cogliere eventuali disturbi dovuti all'innescarsi di attività eolica durante o dopo la precipitazione (Frigo et al, 2012). Invece, in caso di tormentate di neve e di forte ventilazione, successiva alle precipitazioni nevose, il dato di HN misurato ogni 24 h nei campi neve può risultare sfalsato, in positivo o in negativo e, in casi estremi di vento molto forte, essere addirittura nullo.

Le SNA consentono inoltre di disporre in continuo e in tempo reale di dati relativi a diversi parametri, in relazione a come è configurata la sensoristica di ogni punto stazione (e.g., altezza del manto nevoso, temperatura dell'aria e del manto nevoso, direzione e velocità del vento, radiazione solare incidente e riflessa, umidità relativa, pressione atmosferica, e così via). Valore aggiunto delle stazioni automatiche è che possono essere dislocate in luoghi difficili da raggiungere quotidianamente da un operatore, soprattutto in pieno inverno. Quindi oltre ad infittire i punti di misura alle quote di media montagna vanno a coprire quelle fasce altimetriche non rappresentate dalle SNT, ovvero le quote oltre i 2500 metri e nelle zone dove, per motivi morfologici, i dati nivometrici per la previsione del pericolo valanghe non verrebbero raccolti (zona collinare e pianure). Così come evidenziato nel manuale "Valutazione della stabilità del manto nevoso, linee guida per la raccolta e l'interpretazione dei dati" (Frigo et al., 2012) le stazioni nivometriche automatiche presentano, tuttavia, alcune problematiche di lettura ed interpretazione del dato. Le difficoltà maggiori si hanno in caso di precipitazione nevose di intensità minore ai 5-10 cm, soprattutto su suolo senza neve: è molto difficile definire in tali casi la quota delle nevicature autunnali e primaverili, in particolare se avvengono alle fasce medio basse dove il dato rilevato dal nivometro è disturbato dalla presenza di erba. Altra problematica, arginabile, ma non superabile completamente, è la sottostima di HN che deriva dalla differenza di HS, dato che incorpora anche il processo di assestamento che il manto nevoso subisce per ridefinizione degli spazi tra i grani per motivi meccanici e metamorfici. La media di sottostima annuale si aggira mediamente tra il 20% e il 40%, tuttavia questa percentuale varia in funzione della quantità di neve che si registra durante una precipitazione, ovvero in relazione alla durata della precipitazione; varia inoltre se si mettono a confronto le singole precipitazioni nei diversi periodi della stagione invernale o ancora se si prendono in considerazione i valori stagionali.

Se il manto nevoso è compatto, ad elevata densità, la nuova nevicata che si registra non andrà ad influenzare l'assestamento del manto nevoso preesistente, i valori di HN risulteranno quindi molto simili o uguali; viceversa se il manto nevoso ha una densità bassa (valori indicativi possono essere $<250 \text{ kg/m}^3$) la nuova neve, depositandosi, andrà ad influire meccanicamente sulla diminuzione di spessore del manto nevoso preesistente e quindi il valore di HN calcolato come differenza di HS sarà molto sottostimato. La discrepanza si evidenzia maggiormente durante le precipitazioni nevose di più giorni consecutivi (di 2 o più), per effetto del forzato assestamento indotto alla neve fresca di inizio nevicata dalla pressione esercitata dall'accumulo della neve dei giorni successivi. A titolo di esempio, utilizzando i dati raccolti presso due campi neve, uno nel nord e l'altro del sud della regione, durante la stagione invernale 2011-2012 e confrontando la differenza di HS con il valore di HN misurato sulla tavoletta si trova che a Formazza-Lago Vannino (2170 m) a fronte di un valore di HN cumulato misurato di 880 cm, la somma della differenza di HS è di soli 644 cm, il 35% in meno, mentre a Vinadio-Lago Rifofredo (1210 m) il valore di HN misurato è di 200 cm e il valore ricavato dalla differenza di HS è di 161 cm, circa il 25% in meno. Da questi due esempi si evince che parlare di sottostima media risulta difficile e fonte di errate conclusioni se applicate nel campo della valutazione del pericolo valanghe, dove è fondamentale sapere con precisione quanta neve fresca insiste sui pendii già instabili e quanta può essere movimentata da eventuale attività eolica, perché dipende da caso a caso, tipo di neve durante la precipitazione, durata della precipitazione, ventilazione durante o dopo la precipitazione e, soprattutto, struttura del manto nevoso preesistente alla nevicata. A fronte di quanto esposto ne deriva che una completa analisi dell'innnevamento di un definito contesto territoriale non può prescindere dall'utilizzo di entrambe le reti, automatica e manuale, ed è per questo motivo che in questo studio sono state inserite anche le analisi delle stazioni automatiche ben distribuite sull'intero territorio, seppur limitato agli ultimi 10 anni.

3. Analisi dei dati e risultati

L'analisi climatica presentata di seguito è stata condotta utilizzando i dati dal 1961 al 2010 della rete delle SNT. Su questo intervallo temporale sono stati calcolati i valori medi di temperature massima e minima, i valori estremi e gli indici climatici derivati – giorni di gelo e giorni senza disgelo –, lo spessore del manto nevoso, l'altezza cumulata di neve fresca, il numero di giorni nevosi e il numero di giorni con copertura nevosa.

Per i parametri termo-nivometrici sono state eseguite analisi di distribuzione rappresentati tramite l'utilizzo dei box-plot, dove ogni box rappresenta una stazione in ordine crescente di quota. La linea inferiore, la mediana e la linea superiore corrispondono rispettivamente al 1°, 2° e 3° quartile, i trattini più alti e più bassi rappresentano il valore minimo e massimo registrato nella stazione. I colori sono stati assegnati in funzione della fascia altimetrica del punto di misura: rosso per le stazioni alle quote inferiori ai 500 metri, arancione per quelle comprese tra i 501 metri e i 1000 metri, giallo per quelle tra i 1001 metri e i 1500 metri, verde per quelle tra i 1501 metri e i 2000 metri, blu per quelle tra i 2001 metri e i 2500 metri ed infine viola per quelle alle quote superiori ai 2500 metri.

3.1 Temperature

Lo studio della temperatura in un contesto nivologico è indispensabile per correlare dati di precipitazione nevosa ai giorni di neve al suolo e all'andamento dell'innevamento alle diverse fasce altimetriche. La temperatura degli strati più superficiali del manto nevoso sono per altro molto condizionati dall'andamento delle temperatura dell'aria e, conseguentemente, anche i processi metamorfici degli stessi.

3.1.1 Temperatura massima

L'analisi delle temperature massime mostra trend più marcati nei settori delle Alpi Pennine ed a cavallo tra le Alpi Graie e Alpi Cozie. Le temperature massime medie annuali variano tra i 14,6 °C di Rosone ed i 3,9 °C di Lago Toggia. In tutte le stazioni il valore più elevato della temperatura massima media mensile si calcola nel mese di luglio, mentre il valore minimo nel mese di gennaio. Fa eccezione la stazione di Malciaussia dove gli estremi delle temperature massime medie mensili si individuano in agosto ed in dicembre (**Tab. All. A1**).

Per le stazioni ubicate ad una quota superiore ai 2000 metri le temperature massime medie mensili più elevate si calcolano nel mese di luglio e variano tra i 12,3 °C di Lago Toggia ed i 15,0 °C di Lago Serrù, mentre le temperature più basse, individuate nei mesi invernali, sono comprese tra i -0,7 °C di Camposecco ed i -3,5 °C di Toggia.

Per le stazioni con quota compresa tra i 2000 metri ed i 1000 metri la temperatura massima media mensile presenta valori più elevati nel mese di luglio compresi tra i 15,8 °C di Lago Telessio ed i 21,9 °C d'Acceglio Saretto. I valori minimi si calcolano nel mese di gennaio e di dicembre e variano tra gli 1,1 °C di Lago Telessio ed i 5,9 °C di Acceglio Saretto.

L'unica stazione con quota inferiore ai 1000 metri è Rosone (701 m), nella quale si calcola una temperatura massima media mensile compresa tra i 27,1 °C di luglio ed i 2,4 °C di gennaio.

La statistica delle serie di temperatura massima calcolata sulla stagione convenzionale da novembre dell'anno precedente a maggio dell'anno successivo nel periodo 1961-2010, viene riassunta nella rappresentazione grafica (**Fig. 3.1**).

Le stazioni poste ad una quota superiore ai 2000 metri presentano mediana compresa tra i 0,05 °C di Toggia ed gli 1,7 °C di Lago Valsoera. Il valore massimo assoluto, 5,5 °C, si calcola a Valsoera nella stagione 2007/2008, mentre il valore minimo, -2,1 °C, si registra a Toggia nella stagione 1970/1971.

Valori più elevati e più variabili della mediana si calcolano nelle stazioni ubicate ad una quota inferiore ai 2000 metri. Infatti la mediana varia tra i 4,1 °C di Lago Telessio ed i 9,05 °C di Acceglio Saretto. Il valore massimo, 12,0 °C, si individua ad Acceglio Saretto nella stagione 1975/1976, mentre il valore minimo, 1,4 °C, si calcola ad Agaro nel 1962/1963.

Le stazioni che presentano la maggior escursione termica tra i valori medi stagionali sono Rochemolles e Lago Valsoera. A Rochemolles i valori medi stagionali variano tra i 2,4 °C registrato nella stagione 1961/1962 ed i 9,6 °C individuato nella stagione 2006/2007. A Lago Valsoera invece i valori medi mensili sono compresi tra i -1,8 °C del 1970/1971 ed i 5,5 °C del 2006/2007.

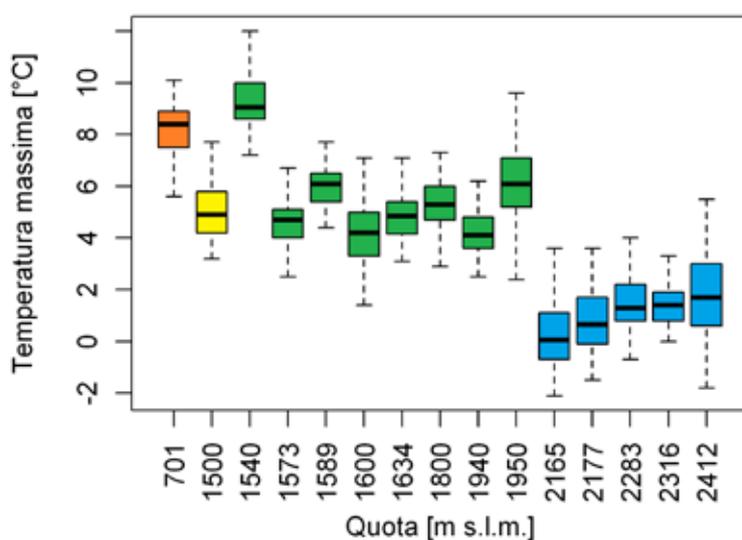


Fig. 3.1 Box-plot delle serie di temperatura massima media stagionale calcolate su 50 anni di dati, dal 1961 al 2010.

3.1.2 Temperatura minima

Le temperature minime medie annuali variano tra i 3,5 °C di Rosone ed i -3,9 °C di Lago Vannino (Tab. All. A2). In generale l'analisi delle temperature minime mostra trend più marcati nei settori delle Alpi Lepontine e Alpi Graie.

Le stazioni con quota superiore ai 2000 metri m s.l.m. presentano temperature minime medie mensili inferiori ai 0 °C nelle maggior parte dell'anno tranne a giugno, luglio, agosto e settembre. La temperatura minima media mensile più elevate si registrano nel mese di agosto e varia tra i 5,0 °C di Vannino ed i 6,4 °C di Camposecco. Valori meno elevati di temperatura minima si calcolano nei mesi invernali, in particolare in gennaio e febbraio. Le temperature sono comprese tra i - x 11,9 °C di Toggia ed i -9,1 °C di Camposecco e Lago Serrù.

Nelle località con quota compresa tra i 2000 metri e i 1000 metri i valori massimi di temperatura minima media mensile si individuano nei mesi di luglio ed agosto, mentre i valori minimi nei mesi di gennaio e febbraio. A luglio ed agosto le temperature sono comprese tra gli 8,1 °C di Rochemolles ed gli 11,9 °C di Lago Castello. A gennaio e febbraio invece le temperature variano tra i -5,3 °C di Alpe Cavalli ed i -10 °C di Alpe Devero.

In queste stazioni generalmente la temperatura minima media mensile non supera mai gli 0 °C nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, novembre e dicembre. Per alcune località, Rochemolles, Telessio, Malciaussia, Alpe Devero, Agaro, Ceresole Reale ed Alpe Cavalli, si calcolano temperature minime inferiori agli 0 °C anche nel mese d'aprile. In questo mese le temperature variano tra i -2,5 °C di Alpe Devero ed i -0,2 °C di Alpe Cavalli. Nelle restanti stazioni, Lago Castello e Acceglio Saretto, le temperature minime medie mensili di aprile assumono valori superiori allo zero. In particolare a Lago Castello si calcola una temperatura di 1,1 °C mentre ad Acceglio Saretto di 0,2 °C.

Nella stazione di Rosone, posta ad una quota inferiore ai 1000 metri m s.l.m., invece si stima una temperatura minima media mensile compresa tra i 12,1 °C di luglio ed i -4,9 °C di gennaio. Valori inferiori allo zero si calcolano nei mesi di gennaio, febbraio, marzo e dicembre.

I box-plot calcolati sulle serie delle temperature minime (**Fig. 3.2**) evidenziano che nelle stazioni ubicate ad una quota superiore ai 2000 metri la mediana varia tra i -8,3 °C di Lago Vannino ed i -6,0 °C di Lago Serrù e Camposecco. I valori minimi sono compresi tra -10,6 °C di Lago Vannino calcolato nella stagione 1972/1973 ed -8,6 °C di Lago Serrù individuato nel 1982/1983; i valori massimi invece variano tra i 2,5 °C di Lago Valsoera, stagione 2006/2007 ed i -5,3 °C di Toggia riscontrato nella stagione 2006/2007.

Le località con quota inferiore ai 2000 metri presentano valori di mediana compresi tra i -1,8 °C di Agaro ed i -5,8 °C di Alpe Devero. I valori minimi variano tra i -8,2 °C di Alpe Devero ed i -3,8 °C di Acceglio Saretto calcolati entrambi nella stagione 1974/1975; i valori massimi invece sono compresi tra i -3,8 °C di Alpe Devero ed i 0,9 °C di Rosone, rilevati nella stagione 2006/2007.

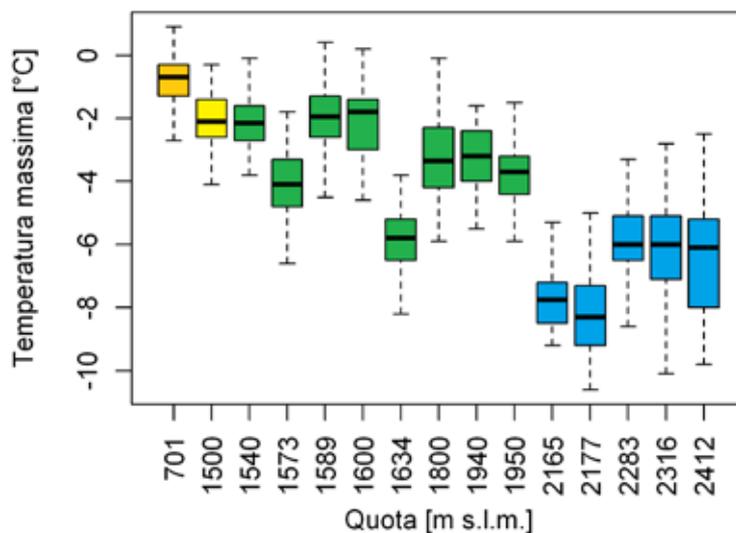


Fig. 3.2 Box-plot delle serie di temperatura minima media stagionale calcolate su 50 anni di dati, dal 1961 al 2010.

3.1.3 Giorni senza disgelo

Il numero annuale di giorni senza disgelo (ID), giorni con temperatura massima ≤ 0 °C, varia tra i 113 giorni di Toggia e gli 8 giorni di Acceglio Saretto (**Tab. All. A3**).

Nelle stazioni di alta quota (> 2000 metri) la maggior parte dei giorni senza disgelo si individua nei mesi invernali, ovvero il maggior numero di giorni senza disgelo si conta nel mese di gennaio seguito da dicembre. In queste stazioni tuttavia giorni con temperatura massima ≤ 0 °C si possono misurare anche nei mesi di giugno e settembre; infatti, seppur il valore medio dei giorni senza disgelo in questi mesi risulti uguale a zero, la deviazione standard indica la presenza, anche se sporadica, di giorni con temperatura massima inferiore a 0 °C. Ne sono un esempio i 5 giorni senza disgelo della stazione di Lago Valsoera nel mese di settembre del 1967, mentre nella località di Camposecco nel settembre del 1967, del 1968 e del 1978 si sono individuati 2 giorni con temperatura massima ≤ 0 °C.

Anche per le stazioni di montagna con quota inferiore ai 2000 metri il maggior numero di giorni senza disgelo si individua nei mesi invernali principalmente in gennaio ed in dicembre. Giorni senza disgelo si possono misurare anche nel mese di maggio solo nella stazione di Lago Telessio, Malciaussia ed Agaro, mentre nelle restanti stazioni si registrano fino ad aprile. Nel mese di maggio ad esempio nella stazione di Lago Telessio nel 1992 si contano 3 giorni senza disgelo mentre a Malciaussia 3 giorni senza disgelo si individuano nel 1984.

Giorni con temperatura massima ≤ 0 °C si iniziano a misurare nel mese di ottobre. Il valore massimo si calcola ad Agaro (1±2) seguito da Lago Telessio e Malciaussia (1±1).

3.1.4 Giorni di gelo

Il numero medio annuale dei giorni di gelo (FD), giorni con temperatura minima ≤ 0 °C, varia tra i 251 giorni di Lago Vannino ed i 130 giorni di Rosone (**Tab. All. A4**).

Nelle stazioni di alta quota tutti i giorni dei mesi invernali sono classificati come giorni di gelo mentre nei mesi di aprile, maggio, ottobre e novembre solo il 50% dei giorni ricade in questa categoria, e talora si registrano anche nei mesi di giugno, luglio ed agosto, in quest'ultimo 1 o al più 2 FD.

Per le stazioni di montagna ubicate ad una quota inferiore ai 2000 metri i mesi che presentano il maggior numero di giorni di gelo sono gennaio, dicembre e febbraio dove rappresentano quasi la totalità dei giorni mensili. Giorni di gelo si registrano anche nei mesi di giugno e settembre. In questi mesi mediamente si contano 1 o 2 giorni con temperatura minima ≤ 0 °C. Giorni di gelo non si individuano nei mesi di luglio ed agosto ad eccezione della località di Alpe Devero. In questa località ad esempio nel luglio del 1975 si sono contati 4 giorni di gelo seguito dal 1972 e dal 1981 con 3 giorni.

3.2 Neve

3.2.1 Altezza di neve fresca

Per analizzare la distribuzione della precipitazione nevosa lungo la stagione è stata eseguita un'analisi su base mensile nel periodo 1961-2010, ovvero il periodo comune a tutte le stazioni considerate. Questa procedura permette di poter confrontare tra loro i risultati, mettendo in luce le caratteristiche dell'innnevamento a livello regionale e per differenti fasce di quota.

In generale, per ogni stazione esaminata i valori mensili mostrano una forte variabilità interannuale evidenziata dall'ampia deviazione standard. Come si può notare in **tabella allegata A5** tutte le SNT sotto

i 1800 metri registrano i massimi di precipitazione nevosa nel mese di gennaio oppure quantitativi comparabili nei mesi di gennaio e febbraio. L'altezza di neve fresca diminuisce rapidamente alle quote più basse, sotto i 1000 metri, mentre oltre questa quota le precipitazioni solide primaverili sono ancora rilevanti.

A quote maggiori di 1800 metri le precipitazioni nevose sono invece più abbondanti in primavera ed in particolare nel mese di aprile, con valori compresi tra i 70 e i 120 cm. Fanno eccezione le due stazioni situate nell'estremo nord delle alpi piemontesi, Toggia e Vannino, le quali registrano il massimo di precipitazione nevosa in novembre, e Rochemolles, che presenta un comportamento simile alle stazioni di quote più basse.

I quantitativi annuali di precipitazione nevosa cumulata variano da un minimo di 78 cm nella stazione posta a quota più bassa, Rosone (701 m), ad un massimo di 707 cm nella stazione di Toggia (2165 m). Quest'ultimo sito è esposto sia alle correnti sinottiche settentrionali che a quelle meridionali per cui gode di una posizione favorevole alle precipitazioni e registra quantitativi di neve cumulata superiori rispetto agli altri situati a quote più alte.

La lunghezza della stagione nevosa in Piemonte aumenta con la quota: nelle stazioni situate a quote più basse le precipitazioni solide iniziano a novembre e terminano ad aprile, mentre nelle stazioni a quota più elevata le precipitazioni nevose si registrano da settembre a giugno, ma occasionalmente può nevicare anche in luglio e agosto, come si evince dalle deviazioni standard.

Dalla **tabella allegata A6** relativa alle SNA, si può notare come molte stazioni presentino il valore massimo di neve fresca nel mese di dicembre, risultato verosimilmente influenzato dalle precipitazioni nevose eccezionali avvenute nel mese di dicembre 2008, diversamente da quanto risulta dall'analisi dei dati delle stazioni manuali che, presentando un numero maggiore di stagioni analizzate sono meno influenzati da singoli eventi estremi. Nonostante il periodo temporale preso in considerazione non sia sufficiente per poter effettuare considerazioni di tipo climatico, possiamo osservare come durante questi 10 anni analizzati ci sia stata una forte variabilità stagionale della precipitazione nevosa. Questa variabilità è apprezzabile se si tiene conto dei valori elevati di deviazione standard. Infatti sono stati registrati valori eccezionali sia in positivo (inverno 2008/2009) (Valt et Cianfarra, 2009) che in negativo (inverno 2006/2007) (Valt, 2007), stagione in cui per alcune località è stato registrato il minimo storico dal 1961.

I dati delle stazioni di pianura (Albano Vercellese – Vivaio (155 m) e Bra – Museo Craveri (290 m)) hanno valori medi annuali rispettivamente di 22 e 45 cm indicando così che anche la pianura piemontese non è esente dalle precipitazioni nevose invernali. Oltre i 500 metri i quantitativi di neve fresca annuali aumentano considerevolmente e localmente superano il metro (111 cm Boves – Cascina Borelli (575 m)). Alle quote intermedie il numero maggiore di stazioni, permette di analizzare alcune differenze nelle precipitazioni nevose a livello regionale degli ultimi 10 anni. Le stazioni poste alle quote superiori ai 2300-2400 metri presentano quantitativi di neve fresca annuale superiori ai 7-8 metri fino a superare i 9 metri di neve fresca nella stazione di Macugnaga – Passo Moro (2823 m).

3.2.2 Analisi statistica di distribuzione dell'altezza di neve fresca

Vengono di seguito presentati i risultati dell'analisi statistica delle variabili nivometriche condotta a partire dai dati del periodo compreso tra i mesi di novembre e maggio. Si è optato per tale soluzione al fine di uniformare l'analisi ad altri lavori sulle precipitazioni nevose che considerano l'anno nevoso come la stagione che va da novembre a maggio. Effettuare l'analisi nivologica sulla stagione novembre-maggio deriva evidentemente dal carattere stagionale che assumono le precipitazioni solide alle nostre latitudini e dal fatto che generalmente in molte stazioni manuali il rilevamento viene interrotto durante il periodo estivo.

Il quantitativo di precipitazione nevosa cumulata durante la stagione convenzionale novembre-maggio degli anni 1961-2010 è di seguito descritto riportando le statistiche riguardanti ogni stazione meteorologica esaminata. La mediana, il quartile inferiore e superiore delle 16 distribuzioni sono riassunte nella **figura 3.3**. La mediana della quantità stagionale di precipitazione nevosa aumenta con la quota con importanti differenze dovute a fattori locali. La stazione posta a quota più bassa, Rosone, situata a 701 metri, registra una mediana di 62 cm, mentre la mediana della stazione a quota maggiore, Valsoera (2412 m), è di 606 cm. Il massimo valore mediano, 627 cm, si registra al Lago Toggia (2165 m), la stazione situata più a Nord alla fine della Val Formazza vicino al confine svizzero.

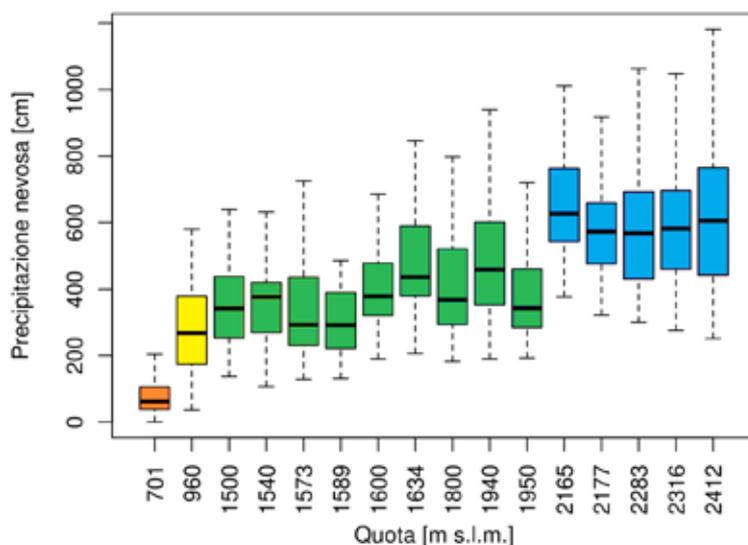


Fig. 3.3 Box-plot delle SNT della precipitazione nevosa cumulata novembre-maggio nel periodo 1961-2010. Ogni box rappresenta una stazione.

Secondo queste analisi è possibile definire i valori di riferimento della mediana per le Alpi piemontesi:

- le stazioni sotto i 1000 metri ricevono in media meno di 200 cm di precipitazione solida per stagione;
- le stazioni tra 1000 e 2000 metri ricevono in media 300-450 cm di neve a stagione;
- le stazioni oltre i 2000 metri registrano più di 500 cm di neve a stagione.

Un altro importante parametro per la definizione delle caratteristiche nivometriche di ogni sito è il range di variabilità della precipitazione nevosa cumulata nel corso della stagione nevosa novembre-maggio. Questo parametro dipende fortemente da fattori locali e dalle caratteristiche proprie di ogni stazione. Dal grafico di **figura 3.3** emerge che:

- nella stazione a quota più bassa, Rosone (701 m), la precipitazione nevosa cumulata può variare tra 1 cm e 200 cm;
- nella stazione Entracque Lago Piastra (960 m), la precipitazione nevosa cumulata è più variabile e il range è compreso tra 30 cm e 600 cm;
- tra i 1500 e i 1600 metri la precipitazione nevosa cumulata stagionale varia tra un minimo di circa 100 cm e un massimo di 700 cm;
- tra i 1600 e i 2000 metri la precipitazione nevosa cumulata stagionale varia tra un minimo di 200 cm e un massimo di 900 cm, come si osserva per Telessio (1940 m);
- oltre i 2000 metri la quantità minima di precipitazione nevosa è di circa 250 cm e la massima supera i 1000 cm.

L'analisi del box-plot della neve fresca delle stazioni automatiche è in linea con i valori riportati per le stazioni manuali ed estende il campo di conoscenze per le quote di pianura e per quelle oltre i 2500 metri. Oltre i 2500 metri infatti si nota che la precipitazione nevosa minima è superiore ai 400 cm mentre quella mediana è prossima ai 700 cm. Al di sotto dei 500 metri di quota i quantitativi di precipitazione si riducono notevolmente e anche i valori massimi risultano inferiori a 100 cm (Fig. 3.4).

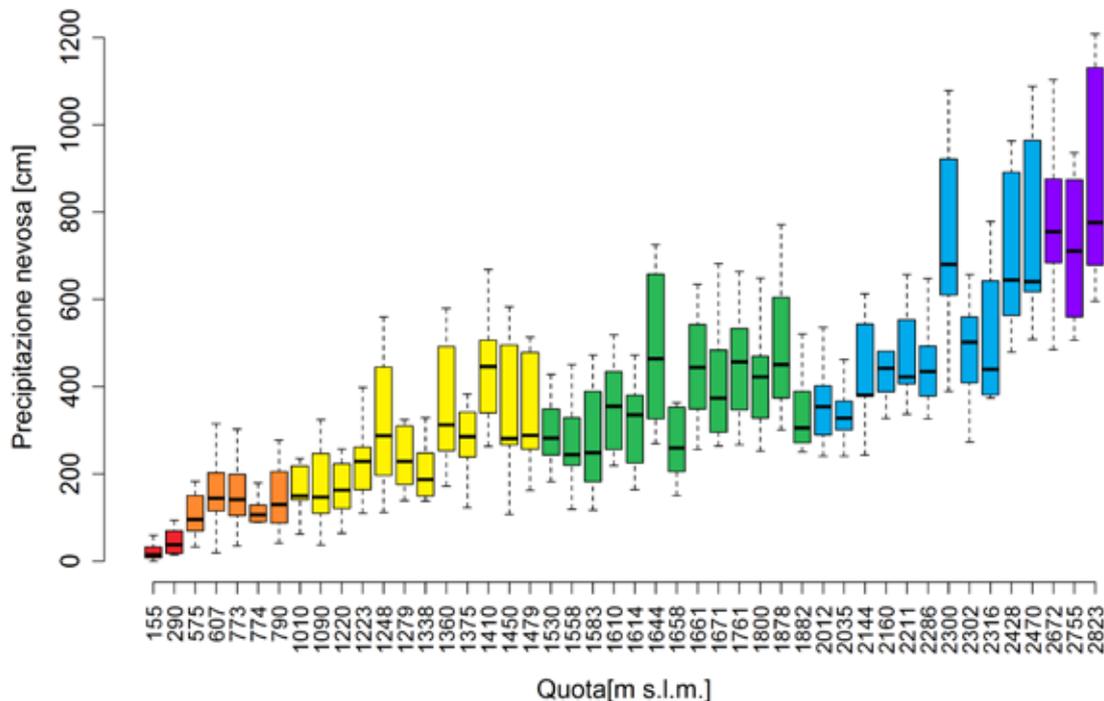


Fig. 3.4 Box-plot delle SNA della precipitazione nevosa cumulata novembre-maggio nel periodo 2001 al 2010. Ogni box rappresenta una stazione.

3.2.3 Regime nivometrico

I dati giornalieri di neve fresca, oltre che sommati mensilmente allo scopo di ottenere l'altezza in cm della precipitazione nevosa cumulata mensile sono stati aggregati su base stagionale al fine di calcolare il regime nivometrico per ogni località (Tab. 3.1).

Sono state inoltre calcolate le medie giornaliere dell'altezza di neve fresca e la percentuale dei giorni nevosi ($HN \geq 1$ cm) per ogni mese al fine di "pesare i dati mensili in relazione alla reale lunghezza dei singoli mesi

È emerso che la distribuzione stagionale di altezza di neve fresca dipende dalla quota in cui è localizzata la stazione:

- sotto i 1000 metri, nelle stazioni di fondovalle, il regime nivometrico è generalmente di tipo unimodale, con un massimo assoluto in inverno, nel mese di gennaio;
- le stazioni tra i 1000 e i 1800 metri mostrano ancora regime unimodale a massimo invernale in gennaio/febbraio, ma alcune di esse presentano quantità di precipitazione nevosa comparabili nei mesi di gennaio, febbraio e marzo (per esempio Alpe Cavalli) (Fig. 3.5 dx).

A quote uguali o superiori ai 1800 metri i regimi nivometrici vengono influenzati maggiormente dalle caratteristiche locali e variano gradualmente spostandosi verso Nord:

Stazione	Quota	R.Nivometrico
Valsoera	2412 m	Unimodale a max primaverile (aprile)
Camposecco	2316 m	Bimodale max novembre e aprile
Lago Serrù	2283 m	Unimodale a max primaverile (aprile)
Lago Vannino	2177 m	Unimodale a max invernale (nov)
Lago Toggia	2165 m	Unimodale a max invernale (nov)
Rochemolles	1950 m	Unimodale a max invernale (dic,gen)
Telessio	1940 m	Unimodale a max primaverile (aprile)
Malciaussia	1800 m	Unimodale a max primaverile (aprile)
Alpe Devero	1634 m	Unimodale a max invernale (feb)
Agaro	1600 m	Unimodale a max invernale (gen)
Lago Castello	1589 m	Unimodale a max invernale (gen)
Ceresole Reale	1573 m	Unimodale a max invernale (gen,feb)
Acceglio Saretto	1540 m	Unimodale a max invernale (gen)
Alpe Cavalli	1500 m	Unimodale a max invernale (gen,feb)
Lago Piastra	960 m	Unimodale a max invernale (gen)
Rosone	701 m	Unimodale a max invernale (gen)

Tab 3.1 Regimi nivometrici registrati nelle stazioni analizzate nel periodo 1961-2010.

- le stazioni delle Alpi Cozie e Graie, situate nelle Alpi centrali piemontesi, sono caratterizzate da regime unimodale a massimo primaverile, nel mese di aprile;
- spostandosi verso nord nella stazione di Camposecco, situata nelle Alpi Pennine, si registra un regime bimodale, con un massimo principale in aprile ed uno secondario nel mese di novembre (Fig. 3.5 sx);
- nella porzione settentrionale del Piemonte le stazioni delle Alpi Lepontine sono caratterizzate da regime unimodale con massimo assoluto nel mese di novembre.

La stazione di Rochemolles presenta invece un regime unimodale con massimo in gennaio, come nelle stazioni a quote più basse, ma con quantitativi di precipitazione nevosa comparabili da dicembre a febbraio.

L'analisi dei dati delle SNA, limitata ad un arco temporale di 10 anni non permette di definire i regimi nivometrici. Per questo motivo le considerazioni riportate di seguito avranno unicamente il

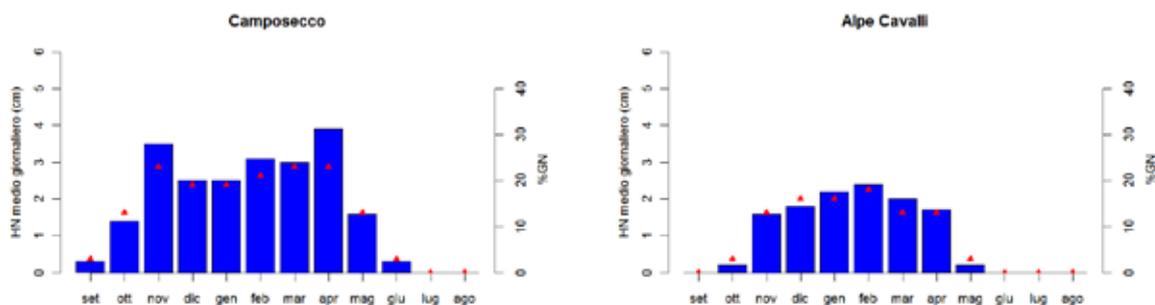


Fig. 3.5 Andamento medio giornaliero della precipitazione nevosa in cm (istogrammi blu) e percentuale di giorni nevosi (triangoli rossi) per ogni mese presso le SNT di Camposecco a sx e Alpe Cavalli a dx.

fine di descrivere la distribuzione delle precipitazioni nevose degli ultimi 10 anni senza la pretesa di una definizione climatologica.

Al di sotto dei 1000 metri circa le precipitazioni nevose si manifestano quasi esclusivamente nei mesi invernali con il massimo nei mesi di dicembre-gennaio nelle stazioni a quote più basse (es. Bra-Cravero, 290 m slm, **Fig. 3.6 sx**) che si sposta, nel mese di febbraio per le stazioni di collina o fondovalle (es. Priero-Cascina, 615 m, **Fig. 3.6 dx**).

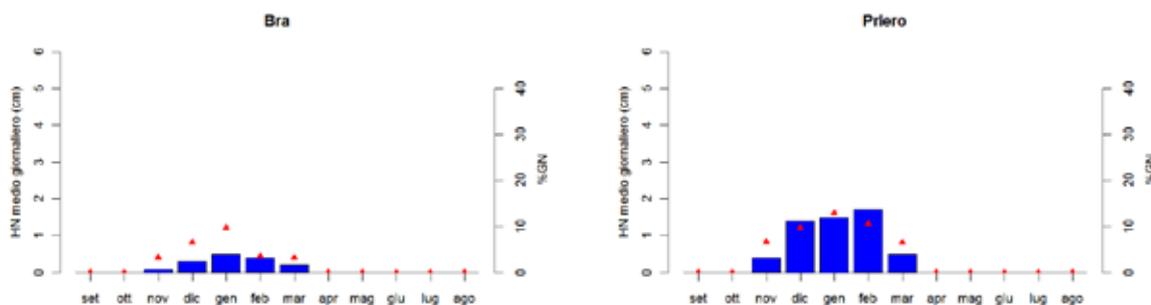


Fig. 3.6 Andamento medio giornaliero della precipitazione nevosa in cm (istogrammi blu) e percentuale di giorni nevosi (triangoli rossi) per ogni mese presso le SNA di Bra – Cravero a sx e di Priero – Cascina a dx.

Oltre i 1200-1300 metri le precipitazioni massime si registrano sempre durante i mesi invernali, più frequentemente febbraio, (es. Praly **Fig. 3.7 sx**), ma si osservano precipitazioni nevose più abbondanti nei mesi tardo autunnali e primaverili, fino ad arrivare alle quote di 1700-1800 metri dove inizia a delinearsi una diversa distribuzione delle precipitazioni; dalle stazioni di bassa e media quota con regime unimodale invernale, si passa al doppio massimo, uno in inverno e l'altro in primavera, ovvero a regime bimodale come per le stazioni a quote oltre il limite boschivo. (es. Sauze di Cesana **Fig. 3.7 dx**).

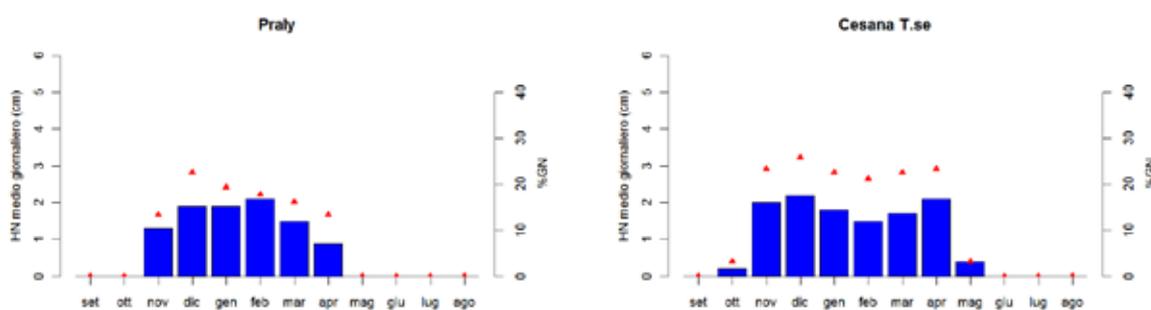


Fig. 3.7 Andamento medio giornaliero della precipitazione nevosa in cm (istogrammi blu) e percentuale di giorni nevosi (triangoli rossi) per ogni mese presso le SNA di Praly (1375 m) a sx e Sauze di Cesana T.se - Valle Argentera (1882 m) a dx.

Per le stazioni al di sopra dei 2100-2200 metri circa sono meglio definiti i due massimi: uno autunnale (novembre) ed uno primaverile (aprile); la predominanza di uno o dell'altro è dettata sostanzialmente dal regime pluviometrico in cui si trova la stazione (es. Vinadio – Colle Lombarda 2316 m **Fig. 3.8 sx**).

Oltre i 2500-2700 metri iniziano ad essere percepibili anche le precipitazioni solide dei mesi estivi (giugno-settembre). A partire da queste quote infatti le precipitazioni totali sono costituite per la maggior parte dalla forma solida (Macugnaga – Passo del Moro 2823 m **Fig. 3.8 dx**).

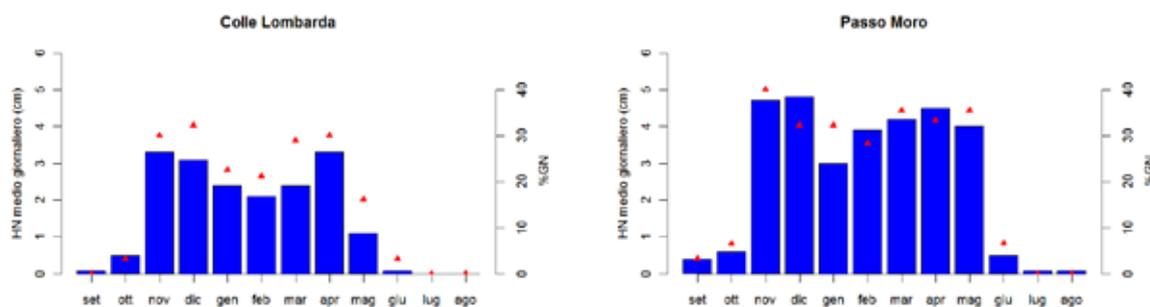


Fig. 3.8 Andamento medio giornaliero della precipitazione nevosa in cm (istogrammi blu) e percentuale di giorni nevosi (triangoli rossi) per ogni mese presso le SNA di Vinadio – Colle Lombarda (2316 m) a sx e di Macugnaga – Passo Moro (2823 m) a dx.

3.2.4 Spessore del manto nevoso

L'analisi dell'innnevamento di un contesto territoriale non può prescindere dallo studio dello spessore del manto nevoso (HS) medio da cui può derivare indirettamente la durata della coltre nevosa durante la stagione invernale. Questo aspetto ha molti risvolti, oltre che ambientali anche di fruizione del territorio ed economici. Spessore e durata del manto nevoso sono necessariamente legati rispettivamente alla quantità delle precipitazioni nevose e alle condizioni termiche. In **tabella allegata A7** è riportato il dato medio mensile ed annuale dello spessore del manto nevoso e la deviazione standard.

L'andamento stagionale dello spessore del manto nevoso dipende principalmente dalla quota e dunque più regolare rispetto a quello della precipitazione nevosa, per la quale sono importanti anche i fattori locali. Si possono individuare due fasce altimetriche omogenee. Sotto i 2000 metri l'altezza di neve al suolo è unimodale a massimo invernale e, diversamente da quanto accade per la precipitazione nevosa, il massimo assoluto si registra nel mese di febbraio. In questa fascia altimetrica il valore massimo di spessore del manto nevoso si registra ad Alpe Devero (1634 m), dove si hanno in media 119 cm di neve nei mesi di febbraio e di marzo. Il valore minimo si ha nella stazione a quota più bassa, ovvero Rosone, con mediamente 11 cm di spessore del manto nevoso nel mese di febbraio.

Oltre i 2000 metri le più abbondanti nevicate e le più basse temperature permettono alla neve di accumularsi, così lo spessore del manto nevoso raggiunge il suo massimo nel mese di aprile.

L'analisi dell'altezza del manto nevoso consente una prima grossolana determinazione della durata della copertura nevosa che, come ci si aspetta, aumenta con la quota:

- sotto i 1000 metri la copertura nevosa è presente da novembre a marzo/aprile;
- tra i 1000 e i 2000 metri la superficie è coperta da neve da ottobre a maggio;
- tra i 2000 e i 2400 metri, quota massima analizzata con le SNT, la copertura nevosa persiste da settembre a luglio, solo in agosto la superficie è completamente priva di neve.

L'analisi dello spessore del manto nevoso svolta con le SNA (**Tab. All. A8**) mostra come il picco massimo di neve media mensile al suolo si sposti dal cuore dell'inverno (gennaio) delle stazioni di

pianura, ai mesi primaverili progressivamente con il crescere della quota, fino ad arrivare al mese di maggio per le stazioni situate oltre i 2500 metri. In prossimità dei 1800-2000 metri si nota il passaggio dal picco massimo dal mese di febbraio al mese di marzo mentre per le stazioni comprese tra 2200 e 2500 metri il picco massimo ricade nel mese di aprile.

L'unica stazione che presenta mediamente anche solo 1 cm di neve al suolo in tutti i mesi dell'anno è quella di Macugnaga – Passo Moro posta ad una quota superiore ai 2800 metri. Viceversa la stazione posta alla quota minore Albano Vercellese – Vivaio (155 m) presenta una media mensile di solo 1 cm nei mesi di dicembre gennaio e febbraio.

Dall'analisi giornaliera della neve media al suolo per il periodo novembre maggio si può notare come nelle stazioni alle quote più elevate il vento abbia un'influenza importante nel determinare la distribuzione e di conseguenza lo spessore della neve al suolo. Guardando infatti le stazioni di Rifugio Vaccarone (**Fig. 3.9 sx**) e Rifugio Gastaldi (**Fig. 3.9 dx**) si nota come durante i mesi invernali lo spessore medio del manto nevoso al suolo non subisca significativi incrementi nonostante gli apporti medi giornalieri di neve fresca siano comunque rilevanti. A partire dai mesi primaverili invece il manto nevoso aumenta in modo considerevole di spessore.

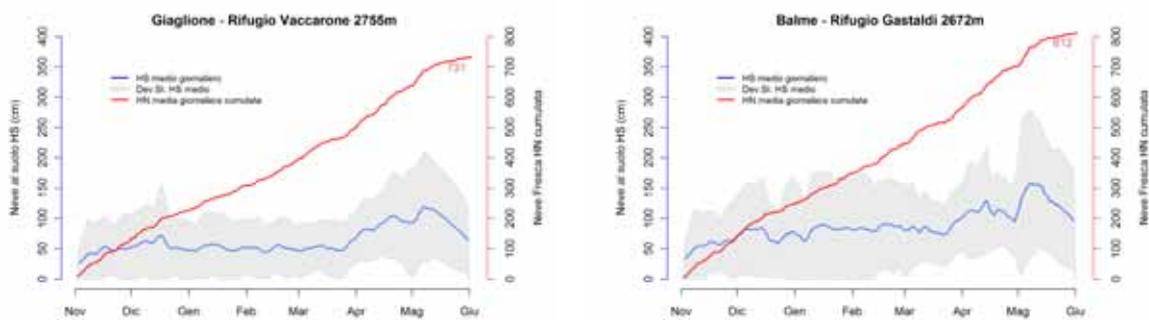


Fig. 3.9 I grafici rappresentano, dal mese di novembre al mese di maggio, l'andamento del manto nevoso medio giornaliero al suolo (linea blu) e la relativa deviazione standard (area grigia), mentre con la linea rossa è indicata la cumulata della precipitazione nevosa giornaliera media e il numero in alto a dx indica il totale stagionale medio degli ultimi 10 anni (2001-2010). (Stazione Rifugio Vaccarone a sx e Rifugio Gastaldi a dx).

Il motivo di questo andamento particolare può essere che le precipitazioni autunnali o tardo autunnali generalmente più umide, in concomitanza con l'arrivo dei primi freddi si consolidano e risultano meno soggette all'erosione e al trasporto eolico, mentre i depositi di neve delle precipitazioni invernali con neve leggera, poco densa e asciutta vengono più facilmente spostati dal vento. Nella stagione primaverile, come in quella autunnale, la neve più umida, densa e pesante riesce ad accumularsi risultando meno soggetta all'azione eolica.

3.2.5 Analisi statistica di distribuzione dello spessore del manto nevoso

Il grafico di **figura 3.10** mostra i risultati relativi allo spessore medio del manto nevoso in tutte le SNT considerate per il periodo novembre-maggio degli anni 1961-2010. Si osserva che:

- sotto i 1600 metri la mediana dello spessore stagionale del manto nevoso è inferiore a 50 cm;
- tra i 1600 e i 2000 metri la mediana è compresa tra 50 e 100 cm;
- oltre i 2000 metri la mediana supera la soglia di 100 cm.

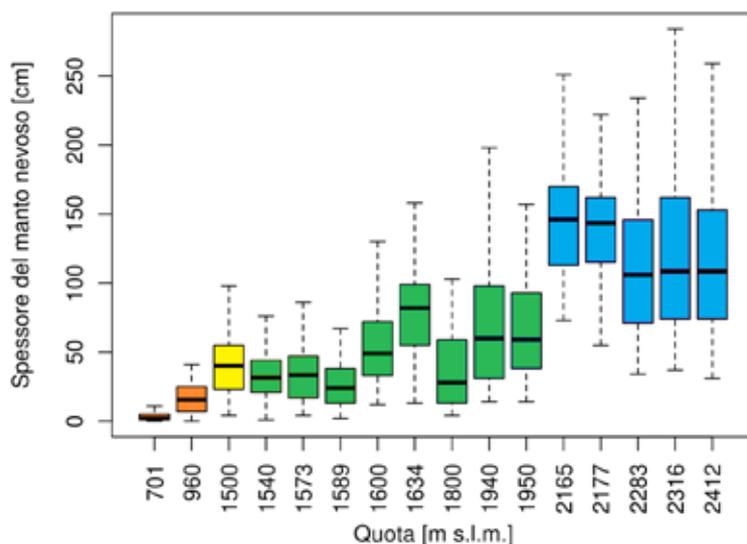


Fig. 3.10 Box-plot delle SNT dello spessore medio del manto nevoso nel periodo novembre-maggio degli anni 1961-2010. Ogni box rappresenta una stazione.

L'unica eccezione è la stazione di Malciaussia che è situata a 1800 metri, ma presenta spessori medi del manto nevoso inferiori rispetto ad altre stazioni poste all'incirca alla stessa quota. Le cause sono da ricondursi alla particolare posizione della stazione situata nella parte più interna della Valle di Viù, non lontano dal confine francese e al riparo dalle perturbazioni provenienti da Sud e da Sud-Est.

Il Nord del Piemonte è l'area in cui si registrano i valori maggiori di spessore del manto nevoso, non solo a causa delle quote più elevate delle stazioni di misura manuali qui esaminate. Infatti, anche le stazioni poste a quote medie come Alpe Cavalli (1500 m), Agaro (1600 m) e Alpe Devero (1634 m), situate tra i 1500 e i 1700 metri, sono caratterizzate da valori di HS maggiori rispetto alle stazioni localizzate a quote paragonabili nei settori centrali e meridionali dell'arco alpino piemontese. Si tratta di una peculiarità climatica del Nord del Piemonte, caratterizzato da precipitazioni abbondanti e persistenza del manto nevoso. Al contrario, le stazioni piemontesi meridionali registrano una mediana di spessore del manto nevoso compresa tra 16 cm a quota 960 metri e 34 cm a 1540 metri, che sono valori notevolmente più alti rispetto a quelli trovati sul versante francese dove a 1200 metri la mediana è di 2-8 cm e 18-30 cm a 1800 metri (Durand et al., 2009).

Dall'analisi del box-plot del manto nevoso al suolo delle stazioni automatiche (SNA) (Fig. 3.11) risulta che fino a 2000 metri di quota il valore mediano di spessore di HS aumenta gradualmente fino a raggiungere 50 cm con isolati picchi relativi alle stazioni dei settori settentrionali e meridionali (Formazza – Bruggi 1248 m e Alpe Devero 1644 m e Diga Larecchio 1878 m per i settori settentrionali e Valdieri Terme 1410 m per i settori meridionali). Oltre i 2000 metri si assiste al rapido aumento di spessore del manto nevoso fino ad arrivare a valori mediani di HS superiori a 150 cm oltre i 2500 metri. Anche in questo caso, come già per l'analisi di neve al suolo descritta in precedenza, alcune stazioni (Rifugio Gastaldi e Rifugio Vaccarone) oltre i 2500 metri hanno valori apparentemente anomali dovuti alla marcata attività eolica che subisce il manto nevoso in alta quota.

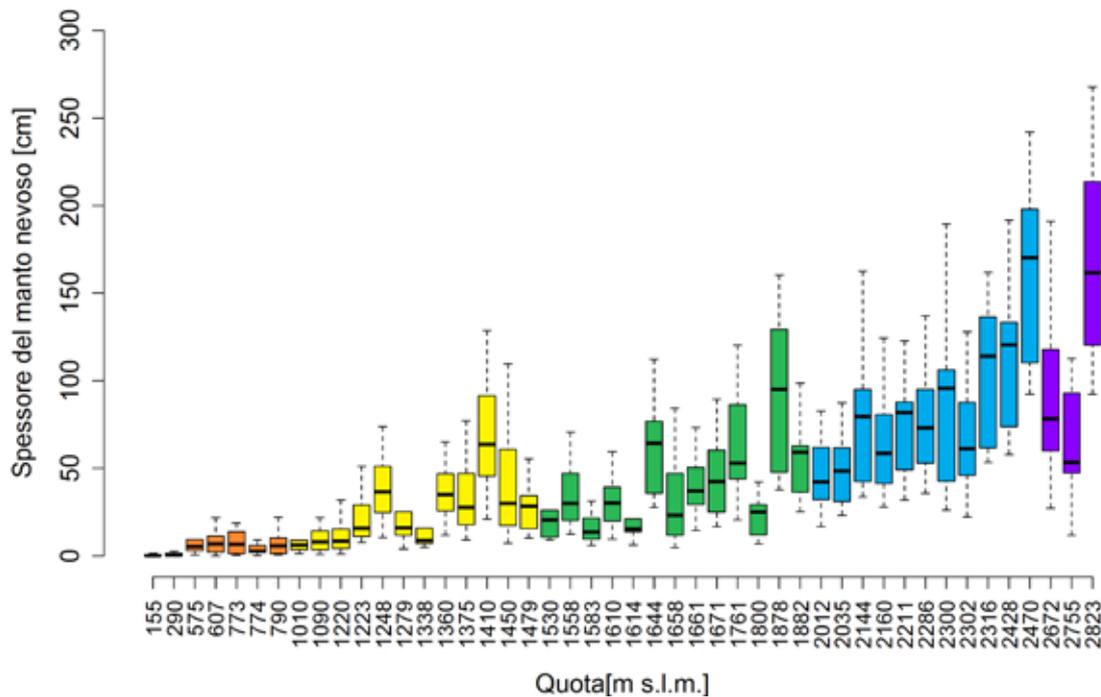


Fig. 3.11 Box-plot delle SNA dello spessore del manto nevoso da novembre a maggio nel periodo 2000-2010. Ogni box rappresenta una stazione.

3.2.6 Giorni con precipitazione nevosa

Per l'analisi dei giorni nevosi è indispensabile ricordare che questo dato deriva dalla differenza di neve al suolo tra giorni consecutivi. Questo vuol dire che, come per la neve fresca, i valori indicati sottostimano, in alcuni casi anche in modo importante, il numero di giorni nevosi. Si tenga presente infatti che durante l'inverno può capitare che si verificano precipitazioni nevose di soli pochi centimetri che in alcuni casi non determinano incrementi del manto nevoso in quanto l'assessamento della neve preesistente compensa l'aumento di spessore determinato dalla nuova neve.

L'analisi delle medie mensili del numero di giorni nevosi rivela una distribuzione stagionale dipendente sia dalla quota che dalle caratteristiche proprie di ogni sito di misura (**Tab. All. A9**). In generale la distribuzione delle precipitazioni nevose rispecchia quella della precipitazioni cumulata (HN). Al di sotto dei 2000 metri le precipitazioni nevose sono concentrate nei mesi invernali ed equamente distribuite tra dicembre e febbraio. Al crescere della quota aumenta la frequenza delle precipitazioni nei mesi autunnali e/o primaverili: ad esempio Formazza-Vannino presenta un regime unimodale con massimo a novembre, Ceresole Reale - Lago Serru' e Antrona-Camposello sono caratterizzate da un regime bimodale con un massimo invernale ed uno primaverile ed infine Valsoera ha un unico massimo nel mese di aprile. A livello annuale, il numero di giorni nevosi sulle Alpi Piemontesi è compreso tra i 10 giorni di Rosone e i 61 giorni di Toggia (**Fig. 3.12**).

Per le SNA il risultato medio annuale evidenzia come il numero di giorni nevosi sia compreso tra i 5 giorni di Albano Verellese (155 m) e i 76 giorni di Passo Moro (2823 m) (**Tab. All. A10**).

Oltre i 1200-1400 metri le precipitazioni nevose sono distribuite in modo pressoché uniforme dal mese di novembre al mese di aprile.

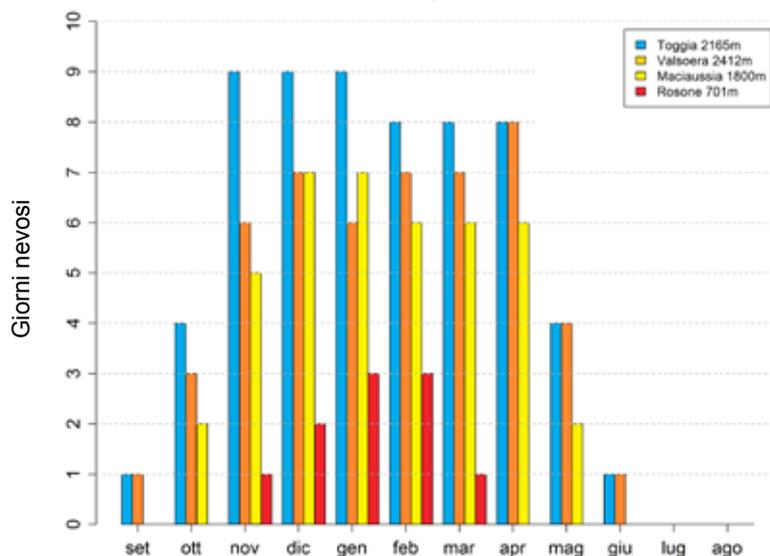


Fig. 3.12 Distribuzione media mensile del numero di giorni nevosi per alcune stazioni nel periodo 1961-2010.

Tra i 1000 e i 2000 metri si nota la prevalenza del picco di giorni nevosi nel mese di dicembre mentre al di sotto dei 1000 metri si registra il massimo nel mese di gennaio.

Come per l'andamento della neve fresca si nota un andamento bimodale nelle stazioni oltre i 2000 metri influenzato dalle maggiori precipitazioni che si verificano durante il periodo autunnale e primaverile (**Fig. 3.13**) inoltre è possibile notare come nelle stazioni al di sopra dei 2200-2300 metri ci sia un numero di giorni nevosi mensili superiori o uguali a 10 (mediamente 1 giorno su 3 si verifica una nevicata).

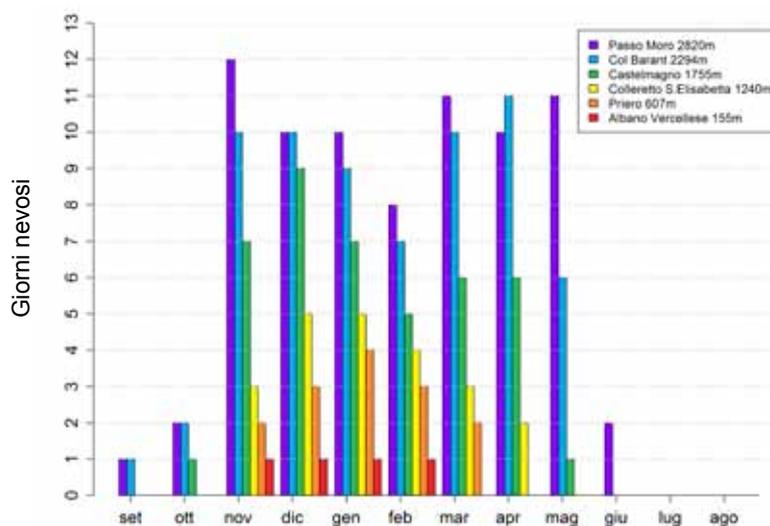


Fig. 3.13 Distribuzione media mensile del numero di giorni nevosi per alcune stazioni automatiche nel periodo 2001-2010.

3.2.7 Analisi statistica di distribuzione dei giorni nevosi

La mediana del numero di giorni nevosi durante la stagione invernale convenzionale novembre-maggio nel periodo 1961-2010 è di 9 giorni alle quote più basse (Rosone, 701 m) e 46 giorni alle quote più alte (Valsoera, 2412 m), la quale tuttavia non registra il massimo assoluto (Fig. 3.14). Infatti, la stazione che registra il maggior numero di giorni nevosi è Toggia (2165 m) in Val Formazza, risultando la stazione più nevosa tra le SNT, con una media di 56 giorni nevosi per stagione, un valore massimo assoluto di 78 giorni verificatosi nella stagione 1982-1983, con 627 cm di precipitazione nevosa cumulata e 146 cm di spessore medio del manto nevoso. La stazione Toggia si trova incuneata nelle alpi Lepontine ed è soggetta a frequenti effetti di staü quando invece già nelle stazioni più a sud, quali la stessa Vannino, che si trova nella stessa valle, si trovano già in pieno foehn o comunque al di fuori del fronte precipitativo che arriva da nord. Confrontando i risultati ottenuti con i valori estremi del numero di giorni nevosi riguardanti le Alpi svizzere nel periodo 1931-1999 emerge che il numero di giorni in cui nevicata nel periodo novembre-aprile varia tra un minimo assoluto di 0 giorni a Lugano (275 m) e un massimo assoluto di 124 giorni a Saentis (2500 m) (Laternser and Schneebeli, 2003). Tuttavia, questa grande differenza con le stazioni piemontesi in quota può, in parte, anche essere dovuta al metodo di rilevamento che, nel caso dello studio delle alpi svizzere deriva dal conteggio effettivo dei giorni nevosi in cui si è verificata una nevicata di almeno 1 cm, misurata sulla tavoletta nivometrica, mentre nei dati delle stazioni piemontesi qui presentati il calcolo dei giorni nevosi deriva dalla differenza di almeno 1 cm di spessore del manto nevoso di due giorni consecutivi.

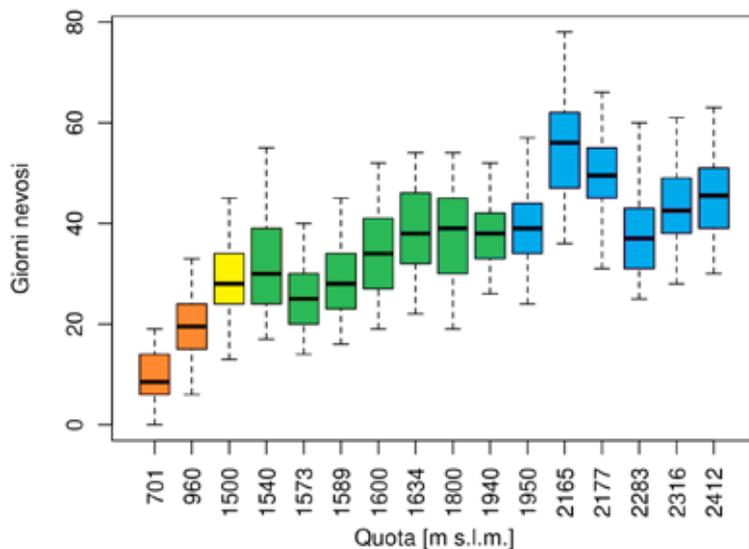


Fig. 3.14 Box-plot delle SNT del numero medio di giorni con precipitazioni nevose novembre-maggio nel periodo 1961-2010. Ogni box rappresenta una stazione.

Dall'analisi delle SNA l'andamento dei giorni nevosi con la quota risulta graduale passando da valori mediani inferiori ai 10 giorni in pianura al di sotto dei 500 metri per arrivare a valori prossimi ai 60 giorni oltre i 2500 metri (Fig. 3.15). Nella fascia altimetrica compresa tra i 1300 e i 1600 metri circa si hanno valori prossimi ai 30 giorni con precipitazioni nevose per poi superare i 40 giorni alle quote superiori ai 2200 metri circa in accordo con i dati risultanti dalle SNT.

3.2.8 Giorni con copertura nevosa

La copertura nevosa e la sua estensione nel tempo giocano un ruolo significativo negli studi sulla dinamica dell'atmosfera e sull'evoluzione del clima nonché nell'analisi e nella gestione delle risorse

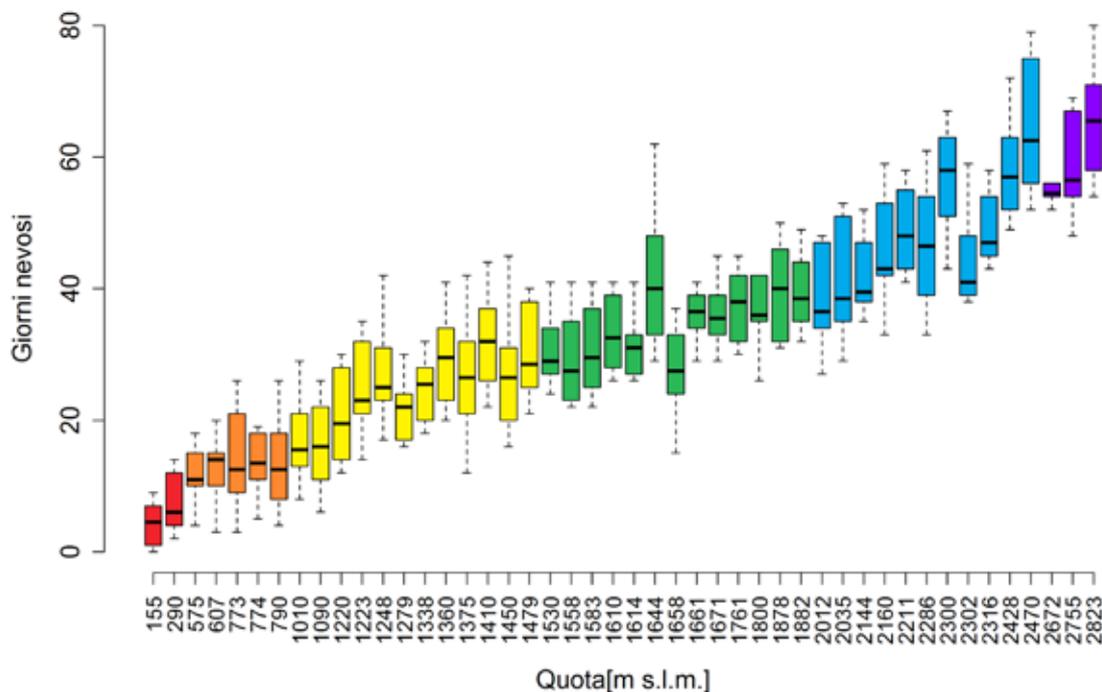


Fig. 3.15 Box-plot delle SNA del numero dei giorni con precipitazioni nevose novembre - maggio nel periodo 2001-2010. Ogni box rappresenta una stazione.

idriche. Per questi motivi, monitorare lo stato della copertura nevosa, oltre ad arricchire le conoscenze scientifiche sui fenomeni meteo-climatici, riveste una grande importanza anche ai fini della gestione sostenibile del territorio montano e delle sue risorse.

In Piemonte, oltre i 2000 metri, la presenza di neve al suolo è assicurata per buona parte dell'anno. I fattori che concorrono alla longevità della coltre nevosa sono sia le basse temperature sia la cospicua massa di neve che cade durante la stagione "invernale". Particolarmente importanti sono le nevi autunnali, si osserva infatti che a parità di quantità di neve caduta, un regime nivometrico con massimo autunnale dà luogo a un manto nevoso più duraturo di un altro con massimo primaverile.

Come si può osservare in **tabella allegata A11**:

- tra i 2000 e i 2200 metri si registrano giorni con copertura nevosa durante tutto l'anno escluso il mese di agosto, ma nella stazione di Toggia la deviazione standard mostra che occasionalmente può nevicare anche in questo mese. In quest'ultima stazione si ha inoltre il più alto numero medio annuale di giorni con copertura nevosa (239 giorni);
- tra i 1000 metri ed i 2000 metri si hanno giorni con copertura nevosa da ottobre a giugno. La stazione di Alpe Cavalli registra un numero alto di giorni con copertura nevosa rispetto a stazioni poste all'incirca alla stessa quota, 155 giorni contro 134-140 giorni delle stazioni di Lago Castello, Ceresole Reale e Saretto a quote di poco maggiori;
- sotto i 1000 metri e in particolare a Rosone (701 m) la copertura nevosa non è continua (SD < 31 giorni) neanche nei mesi invernali.

L'analisi dei giorni con copertura nevosa dalla rete delle stazioni automatiche (**Tab. All. A12**)

conferma quanto già evidenziato dalle stazioni manuali, ovvero che il numero totale annuo con giorni di neve al suolo cresce progressivamente con la quota, passando dai 16 giorni di Albano Vercellese (155 m) ai 231 giorni di Passo Moro che si trova a 2823 metri di quota. Quest'ultima stazione è l'unica che presenta almeno un giorno in media con neve al suolo anche nel mese di agosto. Si osserva inoltre che a Formazza-Pian dei Camosci (2470 m) il valore della deviazione standard è pari a 1. Anche in questo caso, come per la stazione manuale di Toggia, possono esserci nevicate ad agosto. Tuttavia Toggia e Pian dei Camosci sono le uniche sul territorio regionale poste a quote inferiori ai 2500 metri ad essere interessate da nevicate anche in agosto. La spiegazione è probabilmente legata alla posizione geografica, piuttosto che ad una questione altimetrica: entrambe infatti si trovano nella zona più settentrionale del Piemonte, incuneate nelle A.Lepontine al confine con la Svizzera. La zona, posta nel cuore delle Alpi è caratterizzata da un regime pluviometrico di tipo subcontinentale e i mesi con più precipitazioni sono maggio, settembre e ottobre in cui cade 11% del totale annuo seguiti da giugno e agosto con il 10% circa (Biancotti et al., 1998). Inoltre, rispetto al resto del territorio regionale, durante la stagione estiva questa zona è più frequentemente interessata dai passaggi di sistemi frontali freddi provenienti da nord che contribuiscono ad abbassare localmente la quota neve.

Oltre i 2300 metri circa il numero di giorni con neve al suolo è superiore a 200 mentre tra i 1800 e i 2300 metri il totale di giorni con neve al suolo è superiore ai 5 mesi.

Il numero elevato di stazioni analizzate permette di evidenziare le differenze di innevamento nelle diverse zone della regione: si noti la differenza, superiore ad un mese di copertura nevosa, tra la stazione di Briga Alta -Piaggia (1658 m) nel sud Piemonte, in prossimità del Mar Ligure con 133 giorni di copertura nevosa e la stazione di Alpe Devero (1644 m) nel cuore delle Alpi Lepontine che ha ben 167 giorni medi di persistenza di manto nevoso.

3.2.9 Analisi statistica di distribuzione dei giorni con copertura nevosa

Nel grafico (Fig. 3.16) sono rappresentati i risultati relativi all'analisi del quartile ottenuti a partire dalla somma del numero di giorni con neve al suolo durante la stagione novembre-maggio. La mediana della distribuzione dei giorni con copertura nevosa è di 52 giorni a 700 metri e rapidamente aumenta fino al valore massimo oltre i 2000 metri, dove la copertura nevosa è presente durante quasi tutto il periodo novembre-maggio.

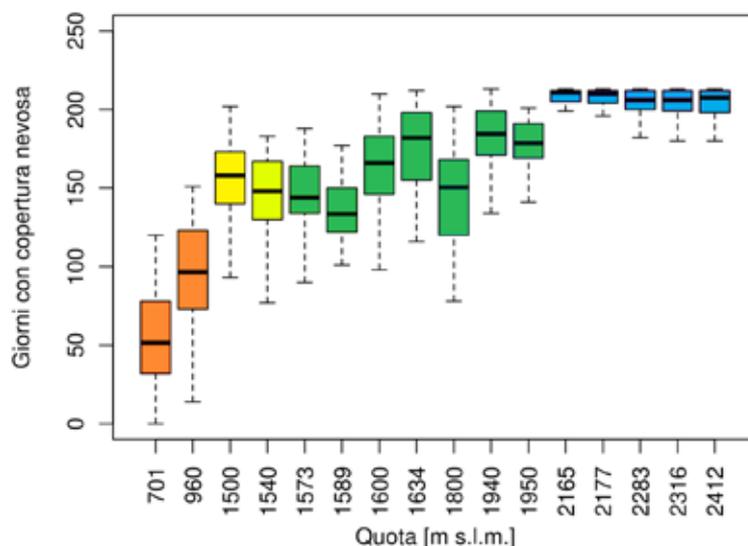


Fig. 3.16 Box-plot delle SNT del numero di giorni con copertura nevosa novembre-maggio nel periodo 1961-2010. Ogni box rappresenta una stazione.

Per dare alcuni valori di riferimento, la mediana è:

- meno di 100 giorni per stagione fino a 1000 metri;
- tra 130 e 180 giorni nell'intervallo 1500-2000 metri;
- più di 200 giorni oltre i 2000 metri.

Considerando le quote medie (1500 m), la copertura nevosa sulle Alpi italiane settentrionali è meno persistente che sul lato francese: Durand et al. (2009) riportano una stima annuale di 180 giorni di copertura nevosa, notevolmente di più rispetto alle stazioni sulle Alpi italiane (per esempio, Alpe Cavalli registra 156 giorni/anno). La situazione sulle Alpi meridionali è invertita: sul versante francese la neve persiste per 95-128 giorni/anno a 1500 metri, mentre sul versante italiano per 132-142 giorni/anno.

Ad alta quota (2100 m) si registrano invece valori confrontabili in entrambe i versanti: 240 giorni/anno sulle Alpi francesi settentrionali e 243-245 giorni/anno nelle stazioni Vannino e Toggia.

Per le SNA le stazioni di pianura al di sotto dei 500 metri i valori di permanenza al suolo risultano prossimi ai 10 giorni; nella fascia altimetrica compresa i 500-1200 metri i valori crescono rapidamente per portarsi su valori compresi tra 50 e 80 giorni. Tra i 1200 e i 1800 metri di quota i valori oscillano tra i 100 e i 160 giorni. In prossimità dei 2000 metri si hanno valori di 180 giorni per arrivare fino a superare i 200 giorni nelle stazioni oltre i 2300-2400 metri (Fig. 3.17).

Possiamo notare che, a differenza delle SNT il cui periodo analizzato è di 50 anni, le SNA oltre i 2000 metri non presentano tutte un valore mediano superiore ai 200 giorni. Questo deriva dal fatto che gli ultimi 10 anni sono stati mediamente meno nevosi.

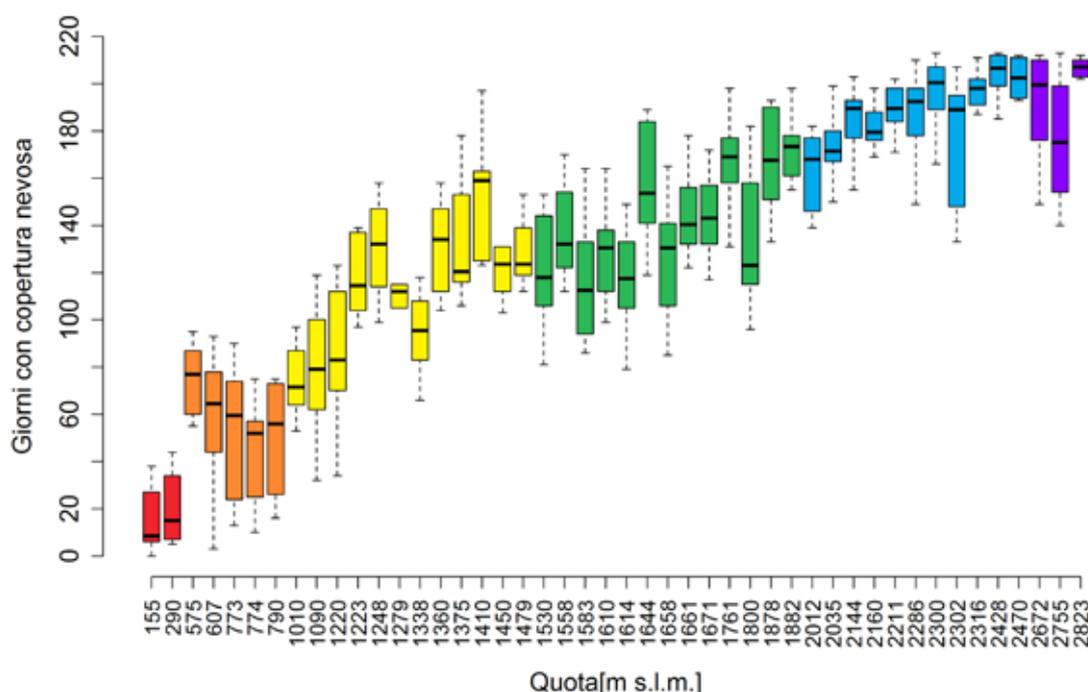


Fig. 3.17 Box-plot delle SNA del numero di giorni con copertura nevosa novembre-maggio nel periodo 2001-2010. Ogni box rappresenta una stazione.

3.2.10 Spessore massimo del manto nevoso

Osservando la **tabella allegata A13** si può notare che lo spessore massimo di manto nevoso si registra nel mese di aprile, con oltre 220 cm di neve a quote superiori a 2000 metri, in accordo con il maggior quantitativo di precipitazione nevosa che cade in questo mese. Le stazioni tra i 1000 e i 2000 metri presentano uno spessore massimo della coltre nevosa nei mesi di febbraio, ad eccezione delle Alpi Pennine e Lepontine (Alpe Devero e Alpe Cavalli) e della stazione Telesio sulle A.Graie che presentano il massimo in marzo, anziché in febbraio. Al di sotto dei 1000 metri le stazioni di Lago Piastra e Rosone raggiungono lo spessore massimo nel mese di febbraio.

Dall'analisi dei dati delle SNA (**Tab. All. A14**) si può notare che i valori di spessore massimo del manto nevoso risultano generalmente inferiori rispetto ai dati delle SNT. Anche in questo caso, dal confronto tra le diverse tipologie di stazioni (e conseguentemente del periodo analizzato), possiamo notare che mentre i valori medi massimi di spessore del manto nevoso delle SNT risultano prossimi o superiori al metro a partire dalle stazioni situate oltre i 1500 metri, nelle SNA ritroviamo spessori medi massimi superiori al metro solo nelle stazioni poste alle quote superiori ai 2200-2500 metri. Questo è dovuto al fatto che gli ultimi 10 anni sono risultati in media meno nevosi anche se non sono mancate le grandi nevicate. Le stagioni molto nevose (2008-2009 e 2009-2010), tuttavia, non sono risultate sufficienti a compensare i valori sotto la media delle stagioni precedenti (**cf. Capitolo 4**).

3.2.11 Valori di probabilità di diverse altezze di neve al suolo per fasce altimetriche

Nella **tabella allegata A15** vengono riportati i valori di probabilità (%) mensili di trovare una definita altezza di neve al suolo (1 cm, 10 cm, 25 cm, 50 cm, 100 cm) a seconda della fascia altimetrica considerata (500 m, 1000 m, 1500 m, 2000 m, 2500 m).

Per ogni stazione (SNT e SNA) sono stati calcolati i valori mensili di probabilità di neve al suolo e successivamente sono stati mediati in funzione delle fasce altimetriche. Nel campo note è indicato il numero di stazioni prese in considerazione e la fascia altimetrica utilizzata.

Si può notare che per la fascia altimetrica dei 500 metri la probabilità di avere 1 metro di neve al suolo sia pari a 0 per tutti i mesi dell'anno, mentre la probabilità di avere 10 cm è compresa tra il 17% e il 38% da dicembre a marzo. Salendo di quota aumenta la probabilità di avere neve al suolo anche nei mesi non invernali fino a raggiungere, valori prossimi al 20% per la probabilità di 1 cm di neve anche durante i mesi estivi, nella fascia altimetrica dei 2500 metri. Sempre per i 2500 metri i valori più elevati di probabilità di avere spessori superiori ai 50 cm di neve al suolo si riscontrano nei mesi primaverili. Scendendo di quota si osserva che i valori più elevati di probabilità di neve al suolo superiore ai 50 cm si sposta sempre più verso i mesi invernali, febbraio e marzo per i 2000 metri e febbraio per le fasce inferiori ai 1500 metri con valori progressivamente minori fino ad arrivare ai 500 metri dove la probabilità di avere 50 cm di neve al suolo è solo del 2-3% e si annulla la probabilità per i 100 cm di neve.

Si riportano a titolo di esempio i grafici con la probabilità di neve al suolo giornaliera di due stazioni automatiche, Formazza-Pian dei Camosci (**Fig. 3.18 sx**) e Sauze di Cesana-Valle Argentera (**Fig. 3.18 dx**), rispettivamente del Piemonte settentrionale e occidentale.

Possiamo notare che per la stazione di Formazza - Pian dei Camosci 2470 metri la probabilità di avere uno spessore di HS maggiore di 100 cm sia superiore all'80% circa dal mese di febbraio a tutto il mese di maggio, mentre per la stazione di Sauze di Cesana - Valle Argentera a 1882 m di quota la probabilità di ottenere il valore di HS maggiore di 100 cm è compresa tra il 40% e il 50% solo da metà febbraio a metà marzo, mentre maggiore dell'80% è la probabilità di avere più di 25 cm di neve da dicembre fino a fine aprile, con una leggera inflessione a fine dicembre, per poi subire un brusco crollo della probabilità di neve al suolo, con meno di 10 cm dopo metà maggio.

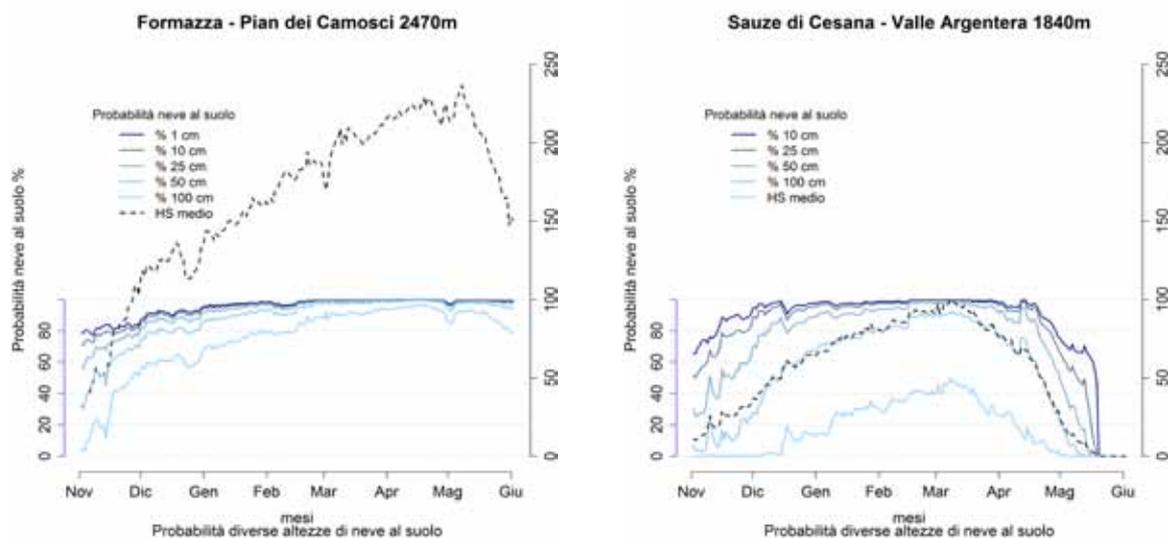


Fig. 3.18 Andamento medio giornaliero della neve al suolo (cm) per i mesi da novembre a maggio (linea nera tratteggiata; asse delle y di dx); con le linee continue nelle tonalità di blu viene riportata la probabilità, espressa in %, di trovare uno spessore di neve al suolo maggiore di 1, 10, 25, 50 e 100 cm (asse delle y di sx)

3.3 Correlazione con la quota

L'analisi dell'innnevamento medio stagionale sul periodo 1961-2010 effettuato sulle 16 SNT disponibili permette di valutare la relazione esistente tra i parametri nivometrici e la quota. Le stazioni manuali disponibili permettono di esplorare il range di quote tra 700 e 2400 metri. In questo intervallo la precipitazione nevosa cumulata, il numero di giorni con precipitazioni nevosa, il numero di giorni con copertura nevosa aumentano linearmente con la quota mentre lo spessore del manto nevoso ha un andamento esponenziale, dunque risulta in relazione lineare con la quota se si utilizza la scala semilogaritmica (Tab. 3.2 e Fig. 3.19). In tutti e quattro i casi le rette di interpolazione ben si adattano all'andamento dei dati, come dimostra il coefficiente di determinazione $R^2 \geq 0,80$.

Dall'analisi del grafico risulta, per la fascia altimetrica considerata, che:

- la media della precipitazione nevosa stagionale cumulata (ΣHN) cresce con la quota di 30 cm ogni 100 m;
- la media del numero di giorni con neve al suolo (HSD) aumenta di 9 giorni ogni 100 m;
- la media del numero di giorni con precipitazione nevosa (SD) aumenta di 2 giorni ogni 100 m;
- il logaritmo dello spessore medio del manto nevoso ($\text{Log}_{10}(\text{HS})$) aumenta di 0,09 cm/100 m.

Queste equazioni sono particolarmente utili per avere informazioni di tipo nivologico relative a luoghi che non sono dotati di strumentazione nivometrica. Tuttavia in questi casi le equazioni presentate permettono di ottenere una stima solo approssimativa dei parametri di innnevamento medi stagionali.

	coeff ang	intercetta	R ²
HN [cm]	0,3	-110,48	0,85
HS0 [gg]	0,09	8,12	0,91
Log10(HS) [cm]	0,001	0,11	0,81
SD [gg]	0,02	-3,6	0,8

Tab 3.2 Coefficienti delle rette che descrivono la variabilità dei parametri nivometrici stagionali in funzione della quota utilizzando le 16 SNT.

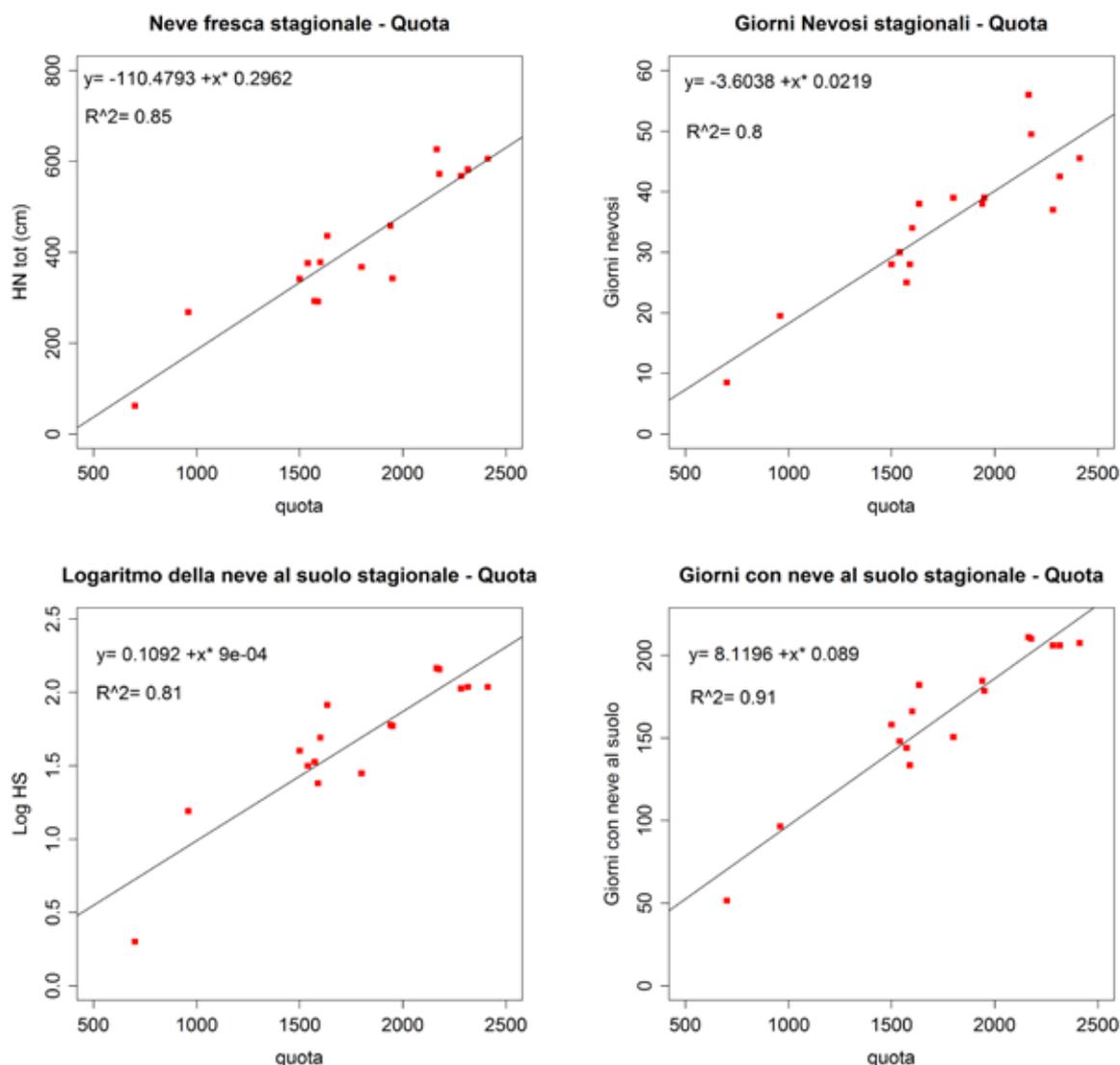


Fig. 3.19 Interpolazione lineare dei valori medi climatici di innevamento stagionale sul periodo 1961-2010 in funzione della quota. Poiché lo spessore del manto nevoso ha un andamento logaritmico con la quota, nel grafico è stato riportato $HS^* = \text{Log}_{10}(HS)$.

Occorre però sottolineare come i valori riportati non possano essere rappresentativi di tutto l'arco alpino piemontese data l'esiguità delle stazioni manuali disponibili su un'area molto vasta. Per ottenere quindi una visione d'insieme più completa e maggiormente corretta, sono state considerate anche tutte le stazioni automatiche.

Esaminando infatti l'insieme delle stazioni manuali e automatiche si ottiene un quadro più dettagliato (coefficienti di determinazione di tutte le variabili analizzate generalmente superiori) e maggiormente esteso spazialmente dal punto di vista geografico e altitudinale, dalle quote di pianura fino in prossimità dei 3000 metri (**Tab. 3.3** e **Fig. 3.20**).

Per poter correlare con la quota i valori nivometrici di tutte le stazioni è stato necessario effettuare una regressione ponderata in relazione al periodo su cui sono state effettuate le medie: le stazioni manuali, con dati dal 1961 al 2010, hanno avuto peso 5, le stazioni automatiche con 10 anni di dati, dal 2001 al 2010, hanno avuto peso 1. I valori delle equazioni rimangono in linea di massima uguali e i coefficienti di determinazione (R^2) migliorano leggermente.

	coeff ang	intercetta	R ²
ΣHN [cm]	0,301	-101,573	0,86
HSD [gg]	0,084	10,154	0,9
log ₁₀ (HS) [cm]	0,001	0,265	0,82
SD [gg]	0,023	-3,662	0,84

Tab 3.3 Coefficienti delle rette che descrivono la variabilità dei parametri nivometrici stagionali in funzione della quota utilizzando tutte le 62 stazioni nivometriche (SNT e SNA) in modo ponderato (peso SNT = 5, peso SNA = 1)

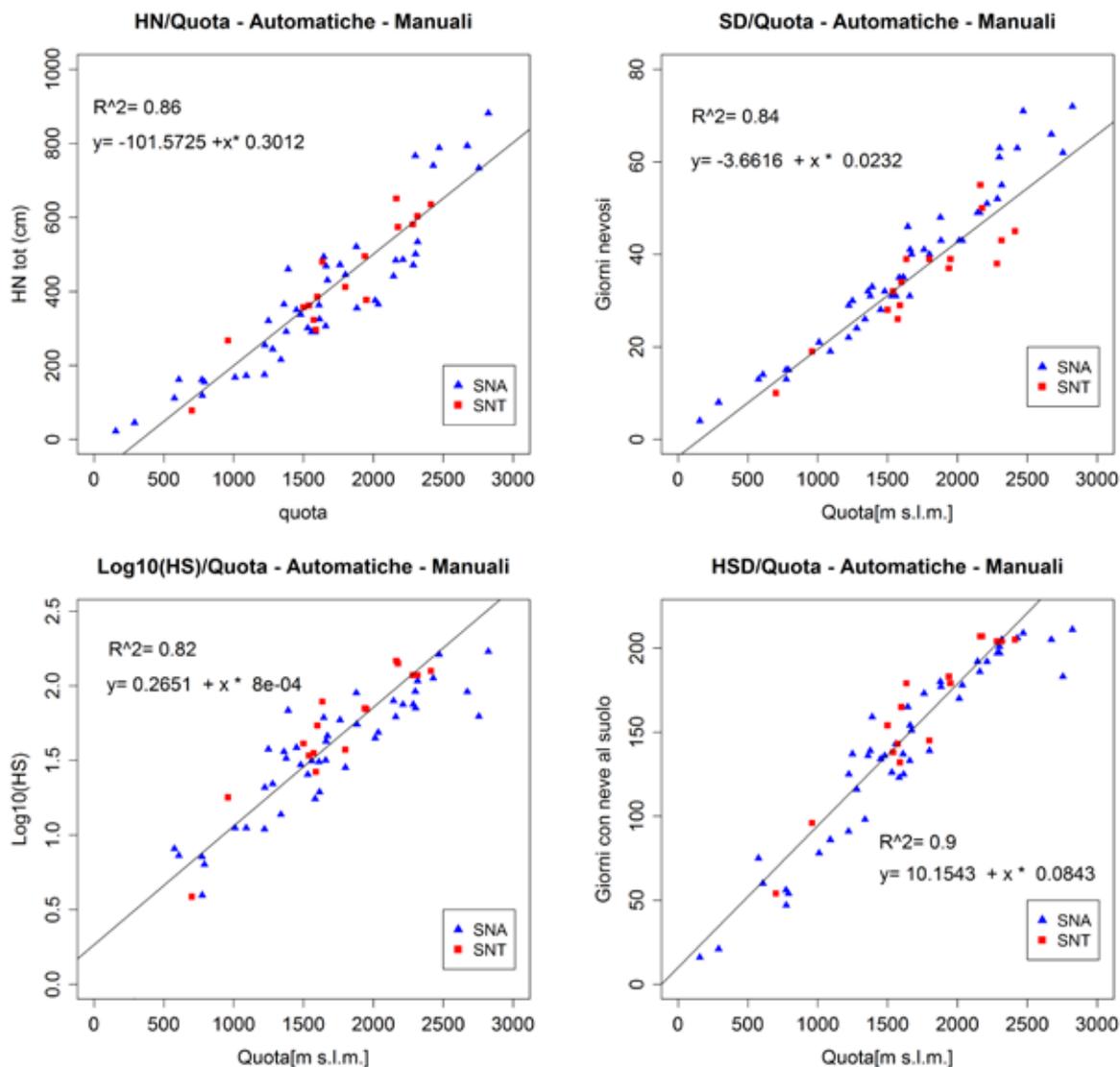


Fig. 3.20 Interpolazione lineare dei valori medi climatici di innevamento stagionale sul periodo 1961-2010 in funzione della quota: neve fresca HN (a), giorni nevosi (b), neve la suolo HS (c) e giorni con neve al suolo (d). Poiché lo spessore del manto nevoso ha un andamento logaritmico con la quota, nel grafico è stato riportato $HS^* = \text{Log}_{10}(HS)$.

3.3.1 Distribuzione regionale delle precipitazioni nevose

Dal confronto dei valori delle stazioni analizzate in questo studio, distribuite su tutto il territorio regionale, non è possibile apprezzare le variazioni locali delle precipitazioni nevose (Biancotti et al., 1997) in relazione alla diversa esposizione delle valli ai singoli flussi perturbati.

Rappresentando spazialmente gli scarti dei valori reali da quelli medi, calcolati con il gradiente nivometrico regionale, si può notare come la loro distribuzione geografica rifletta le reali variazioni

dei quantitativi di neve fresca cumulata e del numero di giorni nevosi (Tab. 3.4 e Fig. 3.21). I settori alpini settentrionali e meridionali presentano valori generalmente superiori ai valori medi teorici, derivati dalla retta di regressione. Si notano due eccezioni inferiori alla media nei settori meridionali: la stazione di Briga Alta-Piaggia Pian del Guso (1658 m) situata in prossimità dello spartiacque ligure, maggiormente influenzata dalla mitigazione del mare, e la stazione di Vinadio-Colle della Lombarda (2316 m) il cui dato di altezza di neve fresca parrebbe essere falsato dall'azione eolica a cui la stazione è periodicamente soggetta. Si nota un'ampia zona con precipitazioni nevose nettamente sotto la media tra le A. Cozie e le A. Graie, probabilmente legata al fatto che questi settori durante i mesi invernali sono sovente sottoposti ai flussi da ovest e nordovest, i quali sul versante italiano si manifestano prevalentemente con venti di foehn, mentre durante i mesi primaverili e autunnali, quando prevalgono le perturbazioni da sud e sudovest, la quota delle nevicate risulta essere generalmente più elevata e le intensità maggiori si verificano sulle fasce pedemontane.

Per i giorni con precipitazioni nevose le differenze sono meno importanti anche se risulta evidente la prevalenza di stazioni con valori sopra la media nei settori alpini settentrionali, mentre nel settore delle A. Graie vi è il maggior numero di stazioni sotto la media. Le stazioni in pianura presentano tutte uno scarto nettamente superiore alla media, dovuto alla sottostima del gradiente unico regionale dei valori alle quote basse, a causa del minor numero di stazioni utilizzate nella definizione del gradiente stesso.

	500 m	1000 m	1500 m	2000 m	2500 m
HN (cm/stagione)	49,02	199,62	350,21	500,8	651,4
SD (gg/stagione)	7,93	19,52	31,12	42,71	54,3

Tab 3.4 Valori medi a 500-1000-1500-2000-2500 metri derivati dalla regressione ponderata dei dati delle stazioni per i parametri significativi

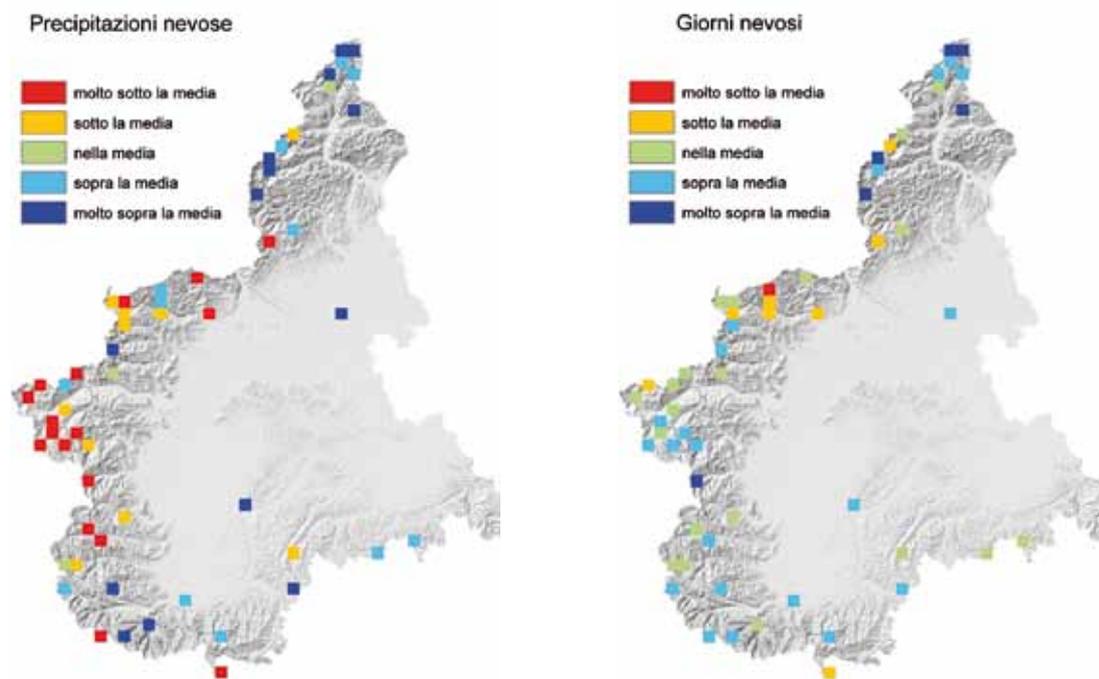


Fig. 3.21 Carte degli scarti tra i valori di precipitazione nevosa cumulata - a (sx) e i giorni nevosi stagionali - b (dx) rispetto a quelli calcolati con il gradiente unico a scala regionale.

Per le precipitazioni nevose sono considerati:

- nella media i valori che differiscono di 5 cm dal valore medio di riferimento;
- sotto/sopra la media i valori che differiscono per più di 5 cm fino a 50 cm dal valore medio di riferimento;
- molto sotto/molto sopra quando i valori differiscono di più di 50 cm dal valore medio di riferimento;

Per i giorni nevosi sono considerati:

- nella media i valori che differiscono di 2 SD

4. Evoluzione negli ultimi 50 anni dell'innnevamento e delle precipitazioni nevose

4.1 Indice di anomalia standardizzata

L'evoluzione temporale dei parametri analizzati è stata analizzata usando l'Indice di Anomalia Standardizzata (SAI) che esprime l'anomalia del parametro esaminato rispetto al valor medio del periodo di riferimento di 30 anni. Un indice SAI positivo indica una quantità di neve superiore alla media, mentre un indice negativo è legato a un deficit. L'indice SAI è stato calcolato su base stagionale novembre-maggio, mediando le anomalie standardizzate relative alle singole stazioni per tutte le variabili analizzate: HS, HN, SD, HSD.

Al fine di valutare l'andamento dei parametri climatici sul lungo periodo sono state selezionate le 6 stazioni attive fin dal 1933: Formazza – Toggia, Antrona – Alpe Cavalli, Ceresole Reale – Capoluogo, Usseglio – Malciaussia, Bardonecchia – Rochemolles e Acceglio – Saretto e la media di riferimento utilizzata è stata 1971-2000 (**Tab. All. A16-A19**).

Successivamente l'analisi dell'indice SAI è stata applicata a tutte le 16 stazioni manuali per gli anni 1961-2010 confrontando due periodi di riferimento: 1971-2000 per poter fare confronti con studi già presenti in letteratura e 1981-2010 per valutare le variazioni più recenti (**Tab. All. A20-A23**).

4.1.1 Anomalie dell'altezza di neve al suolo

Sequenze di anomalie positive di spessore del manto nevoso (**Fig. 4.1**) si sono registrate negli anni '30 con l'anno 1936 che è stato il 3° anno più nevoso del periodo considerato, dagli anni '50 all'inizio degli anni '60, con l'anno 1960 che è stato il più nevoso e il 1951 che fa registrare la 4° anomalia positiva, e durante tutti gli anni '70 in particolare il 1972, il 1977 e il 1978.

Successivamente, durante gli ultimi 25 anni, quasi tutte le stagioni sono state caratterizzate da anomalie negative. Ci sono state solo poche isolate eccezioni: per esempio, la stagione 2009, che ha registrato il sesto valore di anomalia di spessore del manto nevoso più alto dopo quelli del 1951, il 1960, 1936, 1978 e 1941.

Se si considera l'indice SAI calcolato su tutte le stazioni per gli anni 1961-2010, rispetto al periodo di riferimento 1971-2000, (**Fig. 4.2**) si ottiene un andamento molto simile, e quindi le 6 stazioni sembrano rappresentare bene le condizioni del manto nevoso sull'intero arco alpino piemontese.

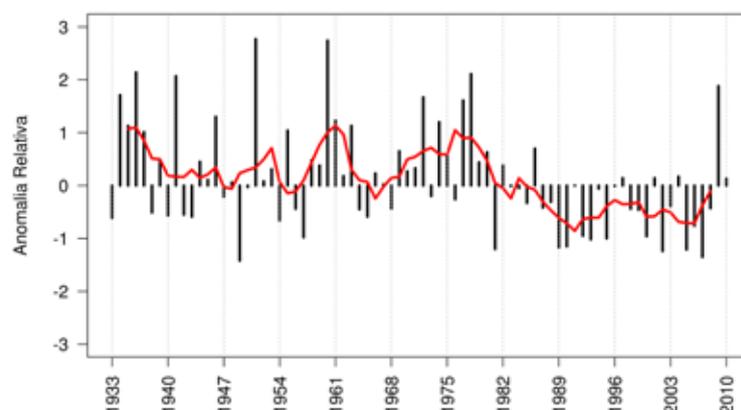


Fig. 4.1 Indice SAI calcolato per lo spessore medio del manto nevoso nelle sei stazioni dal 1933 al 2010, periodo di riferimento 1971-2000. La linea rossa rappresenta la media mobile di 5 anni.

Per altro il confronto dell'indice SAI calcolato rispetto al periodo di riferimento 1981-2010 (Fig. 4.2) evidenzia un'anomalia negativa meno importante negli ultimi 25 anni e mette in risalto l'anomalia positiva degli anni '70.

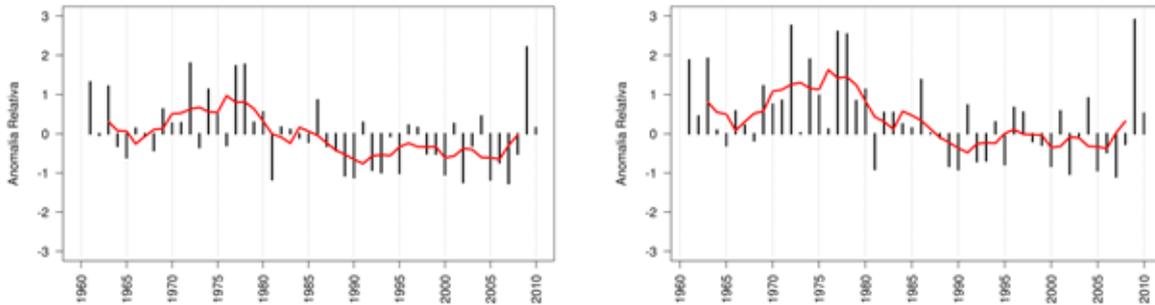


Fig. 4.2 Indice SAI calcolato per la precipitazione nevosa stagionale per gli anni 1961-2010. A sx periodo di riferimento 1971-2000, a dx periodo di riferimento 1981-2010. La linea rossa rappresenta la media mobile di 5 anni.

4.1.2 Anomalia dell'Altezza di neve fresca

Il SAI calcolato sulle serie di precipitazione nevosa (Fig. 4.3) mostra lo stesso periodo di anomalie positive registrato per lo spessore del manto nevoso ed evidenzia il picco dei primi anni '80.

La precipitazione nevosa è stata inferiore alla media dagli anni '40 fino a metà degli anni '50, a metà degli anni '60 e da metà anni '80 fino al 2008.

Negli ultimi 25 anni solo 4 stagioni presentano anomalie positive, tutte le altre hanno registrato precipitazioni nevose sotto la media. In particolare, dal 1995 al 2003 sono state registrate le più lunghe sequenze di stagioni con anomalie negative dall'inizio della registrazione dei dati.

I limitati quantitativi di neve fresca registrati negli anni '90 e per contro l'abbondante quantità di neve caduta negli anni '70 sono aspetti anche riscontrati nello studio sulla variabilità della nevosità sulle alpi svizzere svolto da Laternser e Schneebeli (2003). Lo studio ha rivelato viceversa che gli anni '30 hanno generalmente medie di precipitazione nevosa inferiori rispetto alle altre decadi in contrasto con quanto registrato sul versante italiano.

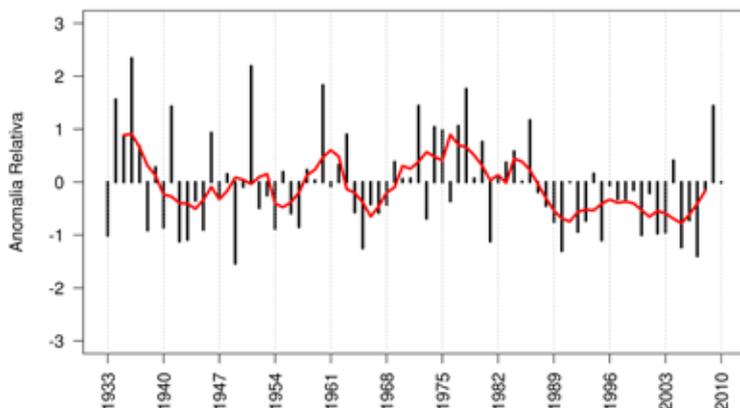


Fig. 4.3 Indice SAI calcolato per la precipitazione nevosa stagionale dal 1933 al 2010, periodo di riferimento 1971-2000. La linea rossa rappresenta la media mobile di 5 anni.

Come per lo spessore del manto nevoso, l'indice SAI della precipitazione cumulata calcolato su tutte le stazioni nel sotto-periodo 1961-2010 (Fig. 4.4) ha un andamento molto simile a quello ottenuto usando le 6 stazioni di lungo periodo.

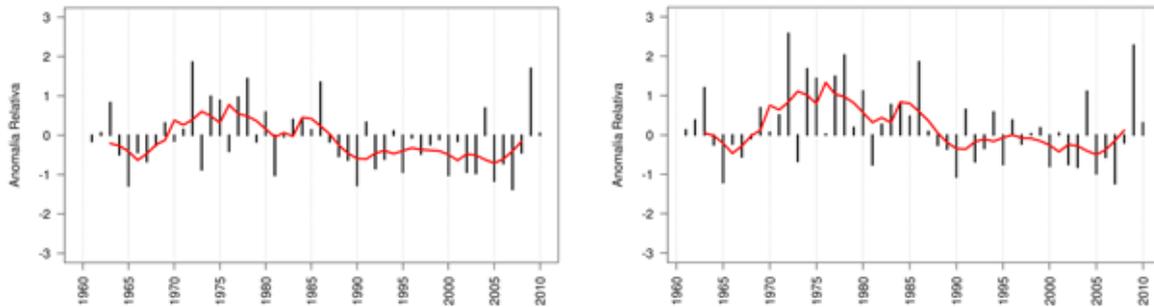


Fig. 4.4 Indice SAI della precipitazione nevosa calcolato utilizzando i dati di tutte le stazioni dal 1961 al 2010. La linea rossa rappresenta la media mobile di 5 anni. Il grafico a sx rappresenta l'anomalia rispetto al periodo di riferimento 1971-2000, quello a dx rispetto al 1981-2010.

In analogia a quanto riscontrato per lo spessore di manto nevoso al suolo il confronto dell'indice SAI con la media di riferimento 1981-2010 (Fig. 4.2) evidenzia un'anomalia negativa meno importante negli ultimi 25 anni e mette in risalto l'anomalia positiva degli anni '70 e l'eccezionalità delle nevicate della stagione invernale 2008-2009.

4.1.3 Anomalia dei giorni nevosi

L'indice SAI elaborato per il numero di giorni nevosi (Fig. 4.5) mostra anomalie negative durante tutti gli anni '40 fino a metà degli anni '50, a metà degli anni '60 e da metà anni '80 fino al 2008.

Questi risultati sono in buon accordo con l'indice SAI calcolato per le precipitazioni nevose cumulate ovvero stagioni con un elevato numero di giorni nevosi sono in genere caratterizzate da buoni quantitativi di neve cumulata. Sono presenti comunque alcune eccezioni: la stagione più recente è quella del 2009-2010 quando l'indice SAI per le precipitazioni nevose evidenzia valori prossimi alla media mentre il SAI dei giorni nevosi mostra la 10° anomalia positiva del periodo analizzato simile agli anni 1972 e 2009.

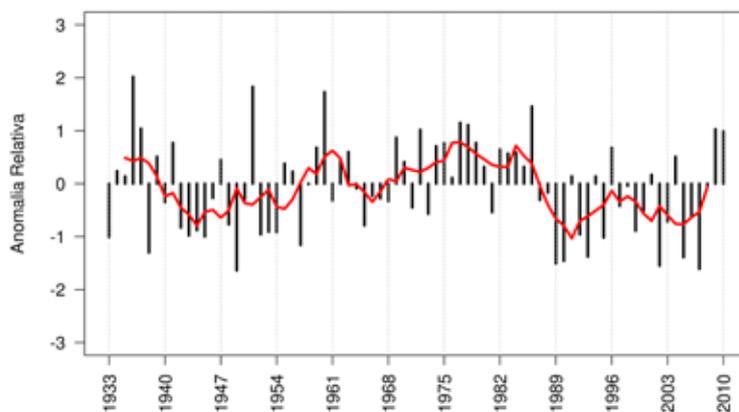


Fig. 4.5 Indice SAI calcolato per il numero di giorni nevosi stagionale dal 1933 al 2010, periodo di riferimento 1971-2000. La linea rossa rappresenta la media mobile di 5 anni.

Dall'osservazione comparata degli indici SAI fin qui presentati emerge che a partire dagli anni '40 fino a fine anni '50 si sono susseguite diverse stagioni con precipitazioni nevose scarse e poco frequenti ma con uno spessore del manto nevoso sopra alla media.

Come la maggior parte degli altri parametri di neve, anche il numero di giorni nevosi mostra un andamento sopra la media dalla fine degli anni '60 al 1980; in seguito si è individuata una tendenza alla diminuzione, riscontrabile su tutte le alpi piemontesi. I giorni nevosi negli anni '70-'80 sono significativamente più numerosi rispetto a quelli degli anni '90 (Fig. 4.6).

A differenza di quanto riscontrato per i parametri precedentemente analizzati, l'indice SAI dei giorni nevosi calcolato su tutte le stazioni nel sotto-periodo 1961-2010 con media di riferimento 1971-2000, dimostra un andamento molto simile a quello ottenuto usando le 6 stazioni di lungo periodo sia utilizzando con la media di riferimento 1981-2010 (Fig. 4.6).

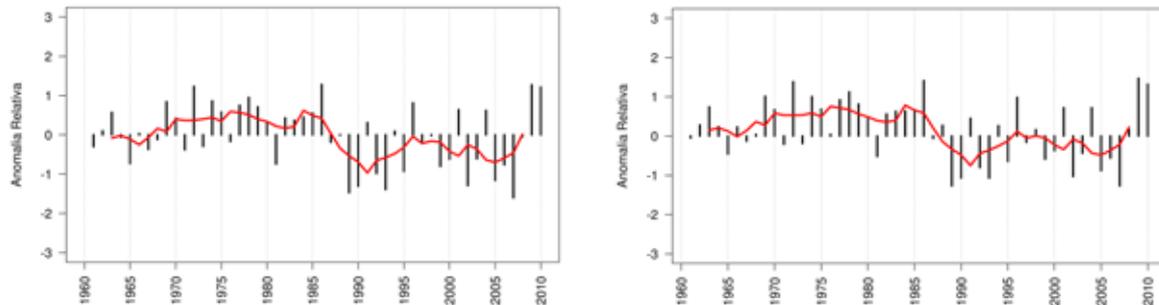


Fig. 4.6 Indice SAI calcolato per il numero di giorni nevosi nel periodo 1961-2010 usando tutte le serie di dati disponibili. La linea rossa rappresenta la media mobile di 5 anni. Il grafico a sx rappresenta l'anomalia rispetto al periodo di riferimento 1971-2000 quello a dx rispetto al periodo 1981-2010.

4.1.4 SAI Giorni con copertura nevosa

L'indice regionale SAI rappresentativo del numero di giorni con copertura nevosa mostra anomalie positive da metà anni '30 a inizio anni '40, da metà anni '50 all'1986.

La sequenza più lunga ed ininterrotta di anomalie positive si registra in particolare dalla stagione 1958 alla stagione 1978, periodo in cui il manto nevoso è stato particolarmente persistente (Fig. 4.7). Dal 1986 al 2010 si assiste invece a una sequenza di stagioni caratterizzata prevalentemente da anomalie negative, con rare eccezioni.

L'indice SAI calcolato su tutte le stazioni nel sotto-periodo 1961-2010 (Fig. 4.7) ha un andamento molto simile a quello ottenuto usando le 6 stazioni di lungo periodo.

Il calcolo dell'indice SAI con la media di riferimento 1981-2010 (Fig. 4.8) evidenzia negli ultimi 25 anni un'anomalia ancora negativa anche se meno accentuata.

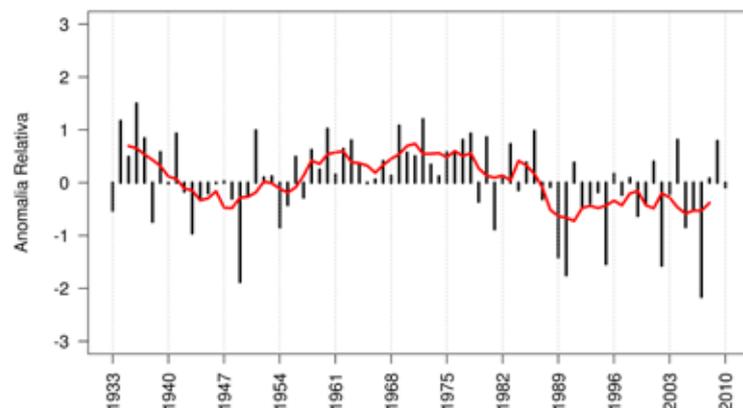


Fig. 4.7 Indice SAI calcolato per il numero di giorni con copertura nevosa stagionale dal 1933 al 2010, periodo di riferimento 1971-2000. La linea rossa rappresenta la media mobile su 5 anni.

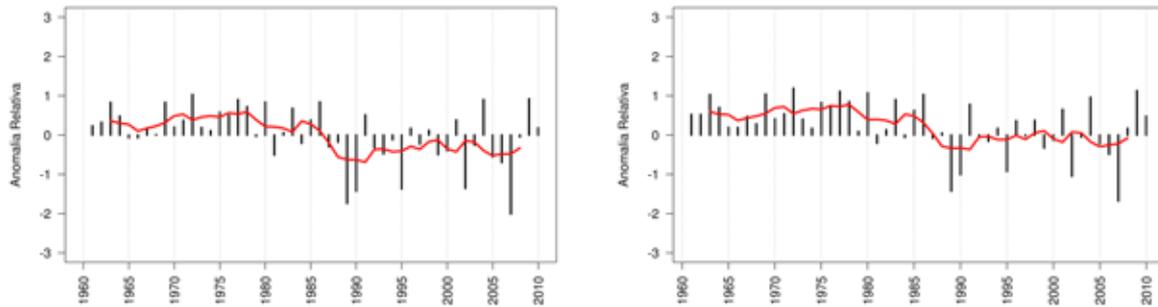


Fig. 4.8 Indice SAI calcolato per il numero di giorni con copertura nevosa nel periodo novembre-maggio degli anni 1961-2010, per tutte le stazioni disponibili. La linea rossa rappresenta la media mobile su 5 anni. Il grafico a sx rappresenta l'anomalia rispetto al periodo di riferimento 1971-2000, quello a dx rispetto al periodo 1981-2010.

4.1.5 Anomalia delle temperature

L'indice SAI è stato anche calcolato per verificare l'andamento degli ultimi 50 anni (dal 1961 al 2010) delle temperature massime e minime utilizzando come periodo di riferimento gli anni dal 1971 al 2000. Le due serie (**Fig. 4.9**) presentano andamenti parzialmente simili: l'indice assume valori negativi dal 1961 al 1986 e valori positivi dal 1987 al 2010.

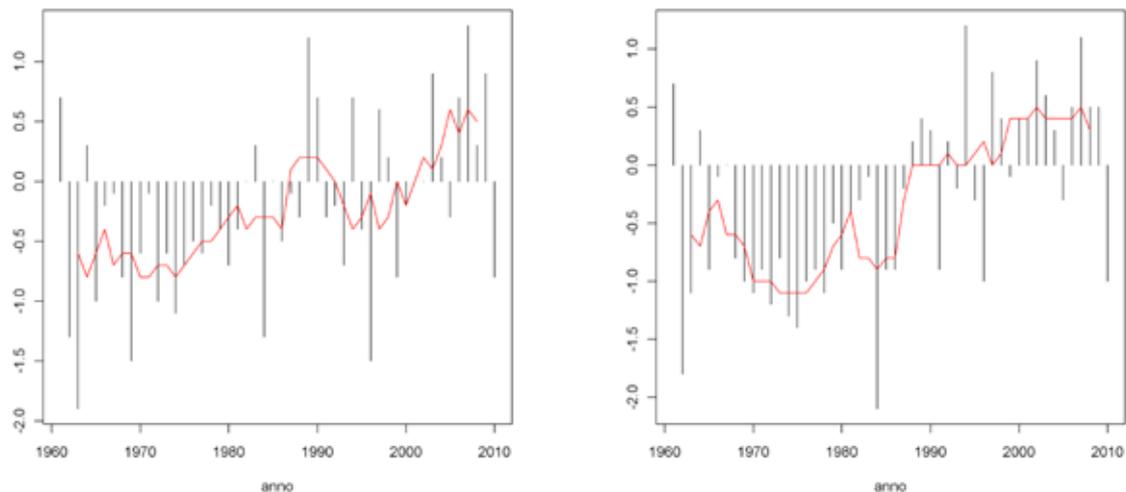


Fig. 4.9 A sinistra indice SAI annuale calcolato per le temperature massime dal 1961 al 2010, periodo di riferimento 1971-2000; a destra: indice SAI annuale calcolato per le temperature minime dal 1961 al 2010, periodo di riferimento 1971-2000. La linea rossa rappresenta la media mobile su 5 anni.

Nei primi 26 anni, dal 1961 al 1986, le serie del SAI indicano valori inferiori alla media tranne in 7 anni per le temperature minime e in 9 anni per le temperature massime durante gli anni Sessanta ed Ottanta.

Nei successivi 24 anni, dal 1987 al 2010, le serie SAI evidenziano valori superiori alla media nella maggior parte degli anni indicando un progressivo aumento delle temperature, più evidente nelle minime per le quali valori inferiori alla media si calcolano solo in 3 anni, 1991, 1996 e 2010, mentre per le temperature massime in 5 anni, 1993, 1995, 1996, 1999 e 2010.

Anche per tutte le 7 stazioni (Acceglio Saretto, Rochemolles, Alpe Cavalli, Malciaussia, Toggia, Ceresole Reale e Rosone) che presentano una lunga disponibilità di dati, dal 1938 al 2010, è stato calcolato l'indice delle anomalie standardizzate (SAI) per le serie delle temperature massime e minime,

presentando il medesimo andamento: l'unica differenza si individua tra gli anni Cinquanta e Sessanta (**Fig. 4.10**).

Dal 1938 al 1942 e dal 1950 al 1956 per entrambe le variabili si calcolano valori SAI negativi, mentre dal 1943 al 1950 valori positivi. Solo dal 1956 al 1961 si evidenziano andamenti discordanti tra gli indici SAI delle serie di temperature. Per le temperature massime l'indice presenta valori positivi, mentre per le temperature minime valori negativi. Questa discordanza nel comportamento evidenzia un graduale aumento della escursione termica media nel periodo indicato, dal 1956 al 1961.

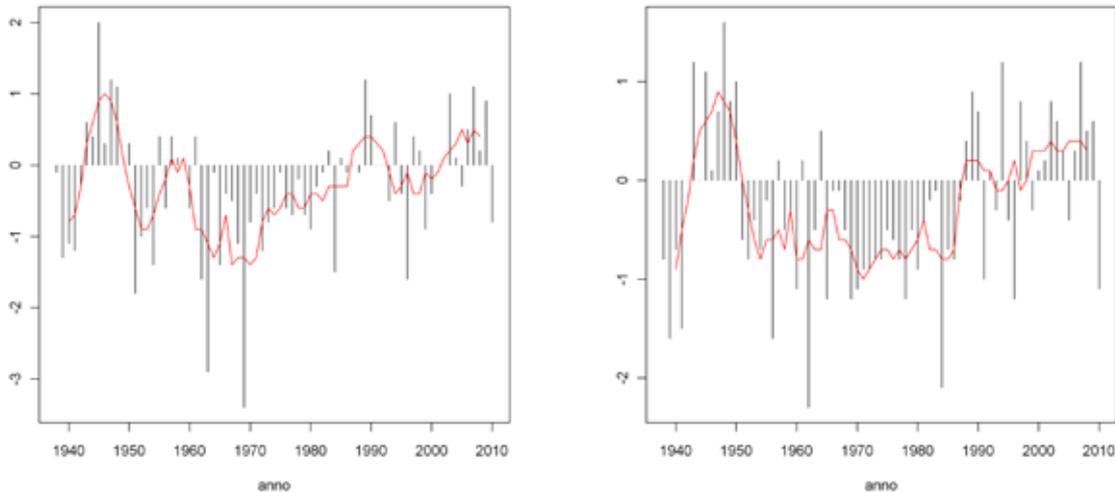


Fig. 4.10 Indice SAI annuale calcolato dal 1938 al 2010 per le temperature massime a sx, minime a dx, periodo di riferimento 1971-2000. La linea blu rappresenta la media mobile di 5 anni.

4.2 Trend

Per una valutazione a lungo termine dei parametri analizzati è importante considerarne l'andamento nel tempo e verificare la presenza di trend significativi nelle serie di dati, volte a determinare la presenza di tendenze, positive o negative. Per valutare la significatività delle tendenze è stato usato il test non-parametrico di Mann-Kendall che verifica l'ipotesi nulla (H_0) dell'assenza di tendenza e restituisce la probabilità P_{MK} di commettere un errore rigettando l'ipotesi nulla H_0 . Il livello di significatività statistica per il P-value è stato fissato a $\alpha=0,05$: quando il P-value è inferiore ad α , il trend è statisticamente significativo, con un livello di confidenza del 95%.

4.2.1 Neve fresca

Nel periodo 1961-2010 la precipitazione nevosa stagionale presenta trend negativi in 14 stazioni su 16 e in 3 casi risultano statisticamente significativi (**Tab. 4.1**): Rochemolles (1900 m) e Malciaussia (1800 m) situate nei settori occidentali e Agaro (1600 m) nelle Alpi Lepontine.

Questa diminuzione risulta più elevata alle quote medio - basse, infatti, soprattutto le fasce altimetriche al di sotto dei 2000 metri, ricevono oggi meno neve che in passato. Nella stazione di Rochemolles si assiste ad una forte diminuzione di precipitazione nevosa: in questa stazione la cumulata stagionale media di precipitazione nevosa nel periodo 1990-2010 è diminuita del 26% rispetto al periodo 1961-1990.

Le stazioni che presentano trend positivi non risultano statisticamente significativi.

Stazione	T [cm/anno]	Errore	P _{MK}
	1961-2010	[cm/anno]	
Valsoera	- 1,83	1,92	0,157
Camposecco	- 1,46	1,65	0,198
Lago Serru	- 1,22	2,10	0,248
Lago Vannino	- 1,29	1,31	0,146
Toggia	0,11	1,46	0,789
Rochemolles	- 3,72	1,11	0,003
Telessio	- 2,70	2,48	0,083
Malciaussia	- 2,68	1,63	0,028
Alpi Devero	- 1,44	1,36	0,297
Agaro	- 2,89	1,21	0,017
Lago Castello	- 0,50	1,00	0,408
Ceresole Reale	- 1,72	1,35	0,116
Acceglio Saretto	- 1,71	1,09	0,225
Alpe Cavalli	- 1,48	1,32	0,389
Lago Piastra	- 1,88	1,19	0,093
Rosone	0,10	0,52	0,552

Tab 4.1 Trend, errore assoluto e significatività statistica (P_{MK}) della precipitazione nevosa nel periodo novembre-maggio degli anni 1961-2010. In grassetto rosso sono evidenziati i trend statisticamente significativi.

4.2.2 Neve al suolo

L'analisi delle tendenze effettuata nel periodo 1961-2010 mostra una generale diminuzione dello spessore medio stagionale del manto nevoso sulle alpi piemontesi (**Tab. 4.2**). I trend risultano negativi in tutte le stazioni considerate, ad eccezione ancora una volta della stazione posta a quota più bassa (Rosone, 701 m) che mostra una leggera tendenza positiva di 0,01 cm/stagione, ma non statisticamente significativa. Nelle altre stazioni la diminuzione varia tra i -0,17 cm/stagione nelle stazioni più meridionali (Lago Castello, 1589 m) e i -2,26 della stazione Valsoera (2412 m) e risulta statisticamente significativa in tutte le stazioni, tranne che per le stazioni di Malciaussia, Agaro, Castello e Piastra.

Le stazioni di alta quota, sopra i 2000 metri, presentano i trend più marcati, compresi tra -1 e -2,26 cm/stagione. Il nord del Piemonte, a quote oltre i 2000 metri, registra trend negativi di -1,0/-1,3 cm/anno (**Tab. 4.2**). Un comportamento simile è stato trovato sul versante alpino francese dove il trend risulta negativo e più marcato rispetto agli altri settori (Durand et al., 2009). Il maggior contributo alla diminuzione dello spessore del manto nevoso è dato dalle ultime decadi. Infatti se si considera il valore medio dello spessore del manto nevoso nel periodo 1981-2010 rispetto al periodo di riferimento 1961-1990 emerge un impressionante decremento nella media dello spessore del manto nevoso in tutte le stazioni: Rosone (9%), Lago Castello (11%), Toggia (12%), Vannino (14%), Agaro (20%), Camposecco (21%), Malciaussia (28%), Ceresole (34%), Alpe Cavalli (35%), Alpe Devero, Lago Piastra, Serrù, Valsoera (36%), Saretto (38%), Rochemolles (41%) e a Telessio (42%).

Questa riduzione risulta ancora più forte nel caso si comparino i due semi-periodi 1961-1985 e 1986-2010 di 25 anni ciascuno.

Lo spessore del manto nevoso è diminuito fortemente a partire dagli anni '80 anche in altri settori alpini (Laternser & Schneebeli, 2003; Schoner et al., 2009; Marty 2008 e Blanchet, 2011 per la Svizzera, Durand et al., 2009 per la Francia, Schoner et al., 2009 per l'Austria), ma è difficile confrontare i risultati di questi studi in quanto i metodi di analisi e i periodi utilizzati sono differenti e spesso non quantificano la grandezza della riduzione nevosa.

Stazione	T [cm/anno]	Errore	P _{MK}
	1961-2010	[cm/anno]	
Valsoera	- 2,26	0,67	0
Camposecco	- 1.324	0,507	0,006
Lago Serrù	- 2,01	0,54	0
Lago Vannino	- 0,997	0,435	0,029
Toggia	- 1.012	0,441	0,034
Rochemolles	- 1.366	0,36	0,001
Telessio	- 1.211	0,423	0,001
Malciaussia	-0,33	0,32	0,08
Alpi Devero	- 1.052	0,311	0,001
Agaro	- 0,33	0,28	0,24
Lago Castello	- 0,17	0,16	0,17
Ceresole Reale	- 0,427	0,229	0,025
Acceglio Saretto	- 0,547	0,207	0,017
Alpe Cavalli	- 0,503	0,236	0,027
Lago Piastra	- 0,23	0,14	0,06
Rosone	0,01	0,04	0,82

Tab 4.2 Trend, errore assoluto e significatività statistica (P_{MK}) dello spessore del manto nevoso nel periodo novembre-maggio degli anni 1961-2010. In grassetto rosso sono evidenziati i trend statisticamente significativi.

4.2.3 Giorni nevosi

Nella maggior parte delle stazioni considerate (10 su 16) il trend del numero stagionale di giorni nevosi presenta variazioni significative nei valori che risultano ≤ 0.10 giorni/anno nel periodo 1961-2010. Il trend risulta statisticamente significativo in 4 stazioni: Lago Vannino (2177 m), Lago Toggia (2165 m), Agaro (1600 m) ed Alpe Cavalli (1500 m) tutte situate nel settore settentrionale delle alpi piemontesi (**Tab. 4.3**).

Nella stazione di Agaro il numero di giorni nevosi è diminuito di -0,28 giorni/stagione, in particolare, considerando i trend sui tre mesi emerge che in inverno la riduzione è stata di -0,15 giorni/stagione e di -0,10 giorni/stagione in primavera, entrambe statisticamente significativi (**Fig. 4.11**).

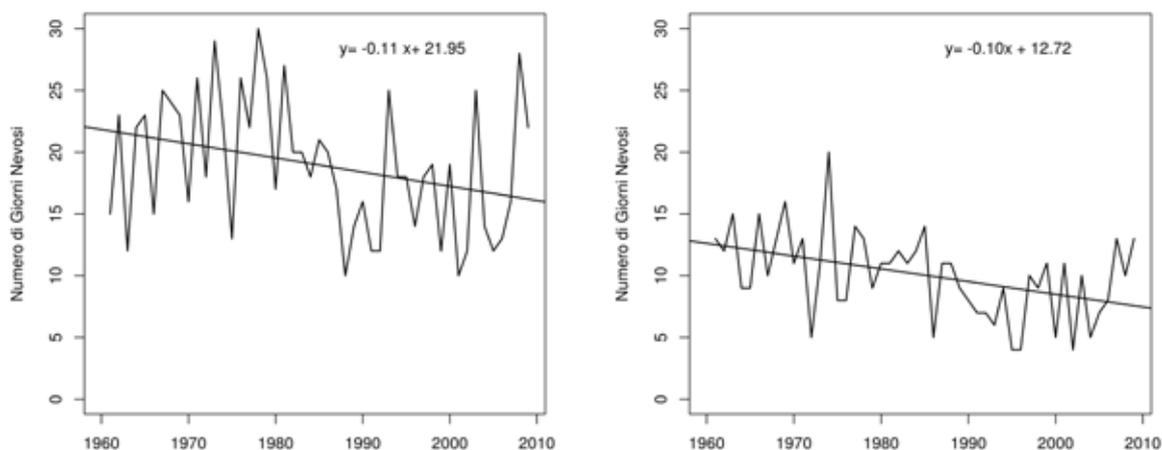


Fig. 4.11 Andamento del numero di giorni nevosi cumulati invernali a sx e primaverili a dx nel periodo 1961-2010 per la stazione di Agaro (1600 m).

Considerando la grandezza di questi trend emerge che la riduzione più marcata di giorni nevosi si è registrata nei mesi invernali.

Infatti, la riduzione media di giorni nevosi negli ultimi vent'anni è di 3 settimane implicando una perdita di oltre il 40% dei giorni nevosi. Alle quote medio - alte (1300-1800 m) la riduzione media è di 19 giorni, che costituiscono il 20% in meno di giorni rispetto ai 93 giorni nevosi nel quarantennio precedente al 1988.

Stazione	T [cm/anno]	Errore	P _{MK}
	1961-2010	[cm/anno]	
Valsoera	0,07	0,07	0,50
Camposecco	- 0,10	0,08	0,09
Lago Serru	0,02	0,08	0,90
Lago Vannino	- 0,21	0,08	0,01
Toggia	- 0,24	0,08	0,01
Rochemolles	- 0,04	0,07	0,60
Telesio	0,07	0,07	0,51
Malciaussia	- 0,21	0,09	0,09
Alpi Devero	- 0,05	0,08	0,32
Agaro	- 0,28	0,08	0,01
Lago Castello	0,02	0,07	0,83
Ceresole Reale	- 0,08	0,06	0,14
Acceglio Saretto	- 0,15	0,09	0,12
Alpe Cavalli	- 0,18	0,07	0,01
Lago Piastra	- 0,02	0,06	0,73
Rosone	- 0,04	0,05	0,37

Tab 4.3 Trend, errore assoluto e significatività statistica (P_{MK}) del numero di giorni nevosi nel periodo novembre-maggio degli anni 1961-2010. In grassetto (rosso) sono evidenziati i trend statisticamente significativi.

4.2.4 Giorni con copertura nevosa

Il numero di giorni con copertura nevosa mostra in tutte le stazioni trend negativi e, in metà delle stazioni considerate, risultano essere statisticamente significativi. Questi valori risultano particolarmente negati con variazioni superiori a 0.5giorni/stagione, specialmente nelle stazioni poste alle quote prossime ai 1500 metri (**Tab. 4.4**).

Ad Acceglio Saretto (1540 m) si registra la più alta riduzione di giorni con copertura nevosa: -1,19 giorni/stagione. Dall'analisi dei trend effettuata su base mensile risulta che questa diminuzione è maggiore nel mese di aprile con -0,32 giorni.

4.2.5 Spessore massimo manto nevoso

Ad eccezione della stazione Rosone (701 m), tutte le altre stazioni mostrano trend negativi dello spessore massimo del manto nevoso nel periodo in esame. I trend risultano statisticamente significativi a partire da 1600 metri di quota e riduzioni più marcate del manto nevoso si registrano nelle stazioni di Valsoera e Lago Serrù, con, rispettivamente, -3,50 e -3,35 cm/stagione, entrambe oltre i 2200 metri di quota e situate nelle Alpi Graie (**Tab. 4.5**).

Considerando l'analisi dei trend di spessore massimo del manto nevoso condotta su base mensile, emerge che sia nella stazione di Valsoera che nella stazione del Lago Serrù durante il mese di marzo si registra la più elevata diminuzione di spessore della coltre nevosa con -3,98 cm a Valsoera e -3,67 cm al Lago Serrù, entrambi statisticamente significativi.

Stazione	T [cm/anno]	Errore	P _{MK}
	1961-2010	[cm/anno]	
Valsoera	- 0,12	0,1	0,32
Camposecco	- 0,15	0,12	0,24
Lago Serrù	- 0,11	0,1	0,17
Lago Vannino	- 0,09	0,07	0,29
Toggia	- 0,12	0,08	0,14
Rochemolles	- 0,59	0,14	0,01
Telessio	- 0,52	0,18	0,01
Malciaussia	- 0,7	0,34	0,05
Alpi Devero	- 0,93	0,24	0,01
Agaro	- 0,58	0,25	0,03
Lago Castello	- 0,42	0,29	0,28
Ceresole Reale	- 0,55	0,27	0,05
Acceglio Saretto	- 1,19	0,32	0,01
Alpe Cavalli	- 0,85	0,26	0,01
Lago Piastra	- 0,39	0,32	0,44
Rosone	- 0,03	0,29	0,96

Tab 4.4 Trend, errore assoluto e significatività statistica (P_{MK}) del numero di giorni con copertura nevosa nel periodo novembre-maggio degli anni 1961-2010. In grassetto rosso sono evidenziati i trend statisticamente significativi.

Stazione	T [cm/anno]	Errore	P _{MK}
	1961-2010	[cm/anno]	
Valsoera	- 3,50	1,25	0,01
Camposecco	- 2,78	0,93	0,01
Lago Serrù	- 3,35	0,97	0,01
Lago Vannino	- 1,28	0,71	0,07
Toggia	- 1,59	0,68	0,04
Rochemolles	- 2,86	0,72	0,01
Telessio	- 2,54	0,90	0,01
Malciaussia	- 0,76	0,76	0,12
Alpi Devero	- 1,90	0,60	0,01
Agaro	- 1,11	0,56	0,08
Lago Castello	- 0,69	0,44	0,17
Ceresole Reale	- 0,93	0,62	0,12
Acceglio Saretto	- 0,89	0,58	0,11
Alpe Cavalli	- 0,94	0,53	0,08
Lago Piastra	- 0,83	0,47	0,08
Rosone	0,15	0,26	0,52

Tab 4.5 Trend, errore assoluto e significatività statistica (P_{MK}) dello spessore massimo del manto nevoso nel periodo novembre-maggio degli anni 1961-2010. In grassetto rosso sono evidenziati i trend statisticamente significativi.

4.2.6 Temperature massime e minime

Le serie delle temperature massime nella stagione convenzionale (novembre-maggio) dal 1961 al 2010 evidenziano nella maggior parte dei casi andamenti crescenti. Solo in due stazioni, Rosone e Lago Serrù, si individuano trend decrescenti (**Tab. 4.6**). A Rosone si calcola un coefficiente angolare negativo pari a $-0,04 \pm 0,01$ °C/anno e statisticamente significativo mentre a Lago Serrù la decrescita è uguale a $-0,01 \pm 0,01$ °C/anno ma non statisticamente significativa. I trend crescenti presentano andamenti

Stazione	Quota	B [°C/anno]	Errore B	P _{MK}
		1961-2010	[°C/anno]	
Valsoera	2412 m	0,08	0,01	0,000
Camposecco	2316 m	0,00	0,01	0,920
Lago Serrù	2283 m	- 0,01	0,01	0,388
Lago Vannino	2177 m	0,04	0,01	0,010
Toggia	2165 m	0,04	0,01	0,002
Rochemolles	1950 m	0,08	0,01	0,000
Telessio	1940 m	0,02	0,01	0,020
Malciaussia	1800 m	0,02	0,01	0,513
Alpi Devero	1634 m	0,00	0,01	0,783
Agaro	1600 m	0,05	0,02	0,039
Lago Castello	1589 m	0,01	0,01	0,535
Ceresole Reale	1573 m	0,00	0,01	0,987
Acceglio Saretto	1540 m	0,02	0,01	0,031
Alpe Cavalli	1500 m	0,02	0,01	0,091
Rosone	701 m	- 0,04	0,01	0,000

Tab 4.6 Trend calcolati sulla stagione convenzionale, novembre-maggio, dal 1961 al 2010 per le serie di temperatura massima. Si riporta la quota, il coefficiente angolare (B); l'errore assoluto associato al coefficiente angolare e la significatività statistica (P_{MK}). In rosso si evidenziano i trend statisticamente significativi.

statisticamente significativi solo nelle stazioni di Acceglio Saretto, Agaro, Lago Telessio, Rochemolles, Lago Toggia, Lago Vannino e Valsoera. I valori dei coefficienti angolari variano tra i $0,02 \pm 0,01$ °C/anno di Acceglio Saretto e Lago Pian Telessio ed i $0,08 \pm 0,01$ °C/anno a Valsoera e Rochemolles (Fig. 4.12 e Fig. 4.13).

Anche le serie di temperatura minima presentano, nella maggior parte delle stazioni, andamenti crescenti tranne a Ceresole Reale e Lago Castello (Fig. 4.13 e Tab. 4.7). In queste due località si calcolano trend decrescenti ($-0,03 \pm 0,01$ °C/anno) e statisticamente significativi.

I trend crescenti presentano valori statisticamente significativi solo nelle stazioni di Alpe Cavalli, Acceglio Saretto, Agaro, Malciaussia, Lago Pian Telessio, Lago Vannino, Lago Serrù, Camposecco e

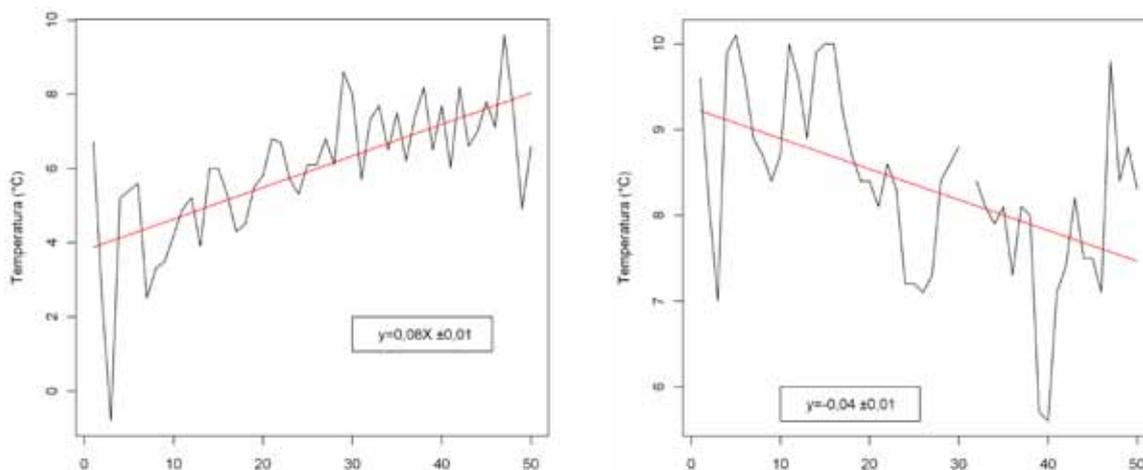


Fig. 4.12 Andamento e relativa linea di regressione delle temperature massime medie nella stagione convenzionale, novembre-maggio, dal 1961 al 2010 registrate nella stazione di Rochemolles a sx, nella stazione di Rosone a dx.

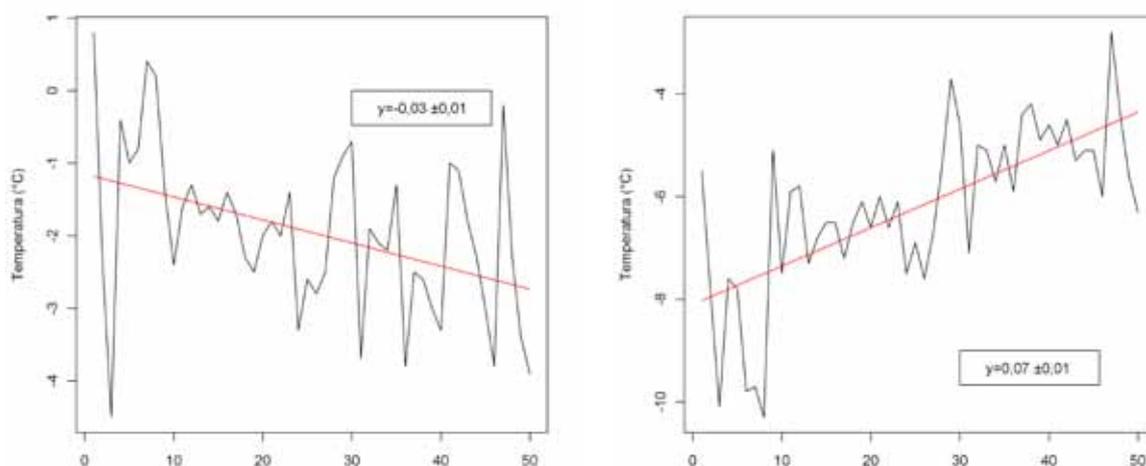


Fig. 4.13 Andamento e relativa linea di regressione delle temperature minime medie nella stagione convenzionale, novembre-maggio, dal 1961 al 2010 registrate nella stazione di Lago Castello a sx, nella stazione di Camposecco a dx.

Valsoera. I coefficienti angolari variano tra i $0,02 \pm 0,01$ °C/anno di Alpe Cavalli e Acceglio Saretto ed i $0,07 \pm 0,01$ °C/anno di Camposecco (Fig. 4.13).

Solo in 5 stazioni su 15 si sono calcolate tendenze statisticamente significative sia per le temperature massime sia per le temperature minime. Ad Agaro e Valsoera il trend più elevato si individua nelle serie delle temperature massime, a Lago Pian Telesio nella serie delle temperature minime, mentre ad Acceglio Saretto ed a Lago Vannino si calcola lo stesso trend crescente nelle serie delle temperature massime e minime.

Stazione	Quota	B [°C/anno]	Errore B	P_{MK}
		1961-2010	[°C/anno]	
Valsoera	2412 m	0,06	0,01	0,000
Camposecco	2316 m	0,07	0,01	0,000
Lago Serrù	2283 m	0,03	0,01	0,04
Lago Vannino	2177 m	0,04	0,01	0,00
Toggia	2165 m	0,02	0,01	0,35
Rochemolles	1950 m	0,02	0,01	0,54
Telesio	1940 m	0,03	0,01	0,02
Malciaussia	1800 m	0,06	0,01	0,00
Alpi Devero	1634 m	0,01	0,01	0,43
Agaro	1600 m	0,04	0,01	0,04
Lago Castello	1589 m	- 0,03	0,01	0,001
Ceresole Reale	1573 m	- 0,03	0,01	0,02
Acceglio Saretto	1540 m	0,02	0,01	0,01
Alpe Cavalli	1500 m	0,02	0,01	0,02
Rosone	701 m	0,01	0,01	0,76

Tab 4.7 Trend calcolati sulla stagione convenzionale, novembre-maggio, dal 1961 al 2010 per le serie di temperatura minima. Si riporta la quota, il coefficiente angolare (B), l'errore assoluto associato al coefficiente angolare e la significatività statistica (P_{MK}). In rosso si evidenziano i trend statisticamente significativi.

5. Rischio valanghivo

5.1 Incremento neve fresca sui 3 giorni

Gli eventi di precipitazione nevosa intensa sono di notevole interesse nella valutazione e prevenzione del rischio valanghivo. Le serie storiche di lungo periodo permettono di esaminare la variabilità interannuale della precipitazione nevosa a partire dai primi decenni dello scorso secolo e forniscono informazioni essenziali sugli eventi particolarmente intensi, o estremi, quelli che contribuiscono a rendere instabile il manto nevoso in quota e dunque sono più strettamente legati al distacco delle valanghe.

In questo capitolo vengono esaminati le serie storiche di lungo periodo, ovvero Lago Piastra, Alpe Cavalli, Acceglio Saretto, Ceresole Reale e Toggia sull'intervallo temporale comune 1933-2010.

Definiamo come “evento di precipitazione nevosa intensa” il massimo stagionale (Novembre-Maggio) di precipitazione nevosa cumulata su 3 giorni. Nella **figura 5.1** è riportata la statistica di questa variabile per le 5 stazioni. Per le 4 stazioni situate tra i 1000 ed i 1600 metri, il quantitativo massimo di precipitazione nevosa cumulata su 3 giorni si aggira mediamente attorno ai 70-80 cm mentre i valori estremi sono prossimi ai 150 cm. Nella stazione di Toggia, situata a 2165 metri, mediamente ogni anno si verifica un evento di precipitazione nevosa di circa 100 cm cumulati su 3 giorni, mentre il valore massimo assoluto ha superato i 170 cm.

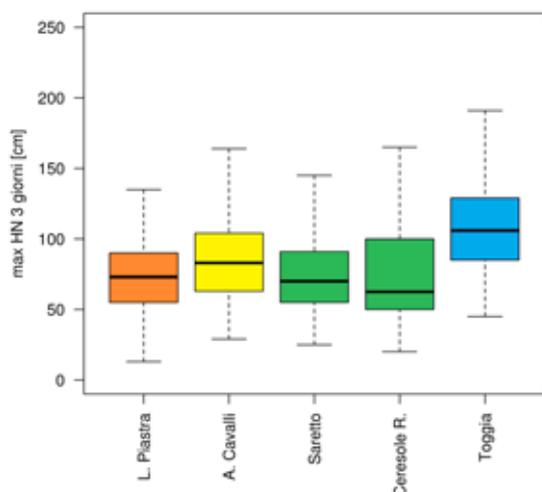


Fig. 5.1 Box-plot dei massimi stagionali di precipitazione nevosa cumulata su tre giorni consecutivi. Le statistiche si riferiscono al periodo comune 1933-2010.

Allargando l'analisi a tutte le stazioni disponibili sul periodo 1961-2010 (**Fig. 5.2**) viene confermato che tra 1000 e 2000 metri i valori medi di precipitazione nevosa su tre giorni stanno nell'intervallo 70-85 cm ed oltre 2000 metri, si superano i 100 cm. Per quanto riguarda i valori massimi assoluti, essi sono compresi nel range 140-190 cm tra 1000 e 2000 metri, mentre possono superare 200 cm oltre 2000 metri di quota.

5.2 Casi critici nivometrici

Grazie alla disponibilità di serie storiche di lungo periodo è stato possibile valutare i valori massimi di precipitazione nevosa cumulata su 1, 3 e 5 giorni e studiare i cosiddetti casi critici nivometrici. Per

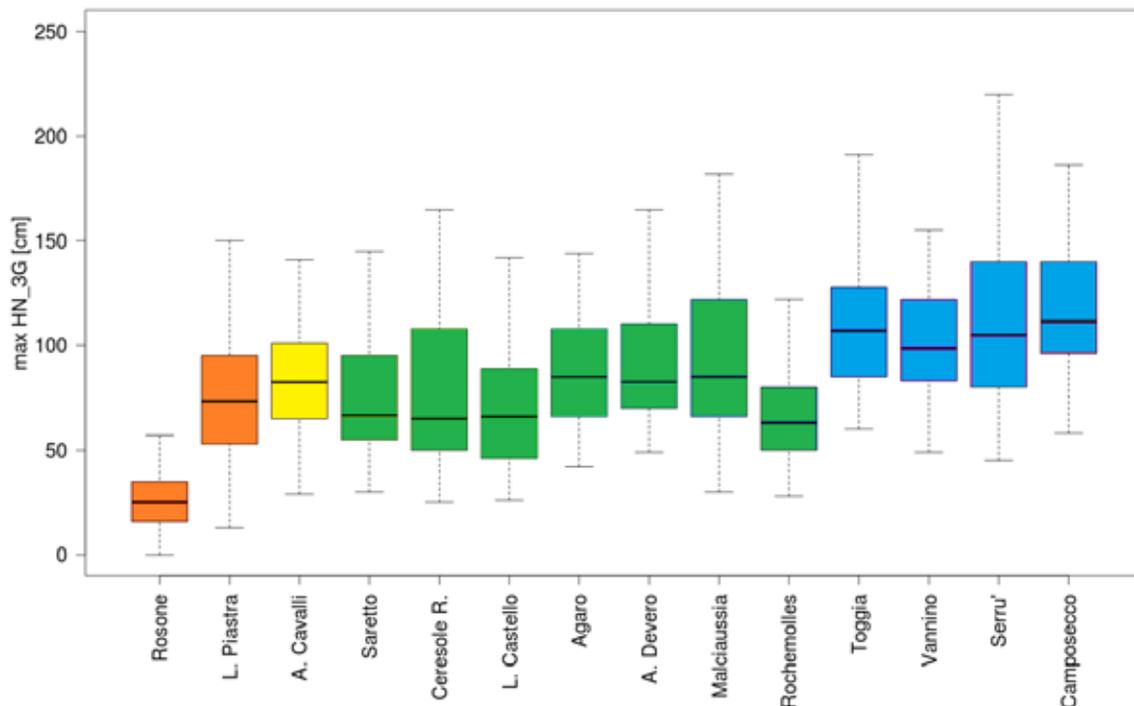


Fig. 5.2 1 Box-plot dei massimi stagionali di precipitazione nevosa cumulata su tre giorni consecutivi riferiti al periodo comune 1961-2010.

ognuna delle 5 serie sono stati calcolati i massimi stagionali di precipitazione nevosa giornaliera e cumulata su 3 e 5 giorni. I valori di queste serie derivate sono stati riordinati in ordine decrescente, dal valore massimo al valore minimo e poi si sono considerati i massimi di ordine I (massimi assoluti), V, X, XV, XX (Tab. 5.1).

Stazione	1 gg					3 gg					5 gg				
	I	V	X	XV	XX	I	V	X	XV	XX	I	V	X	XV	XX
Toggia	125	103	98	91	85	191	162	141	134	129	230	173	155	150	143
Saretto	110	85	70	69	65	180	134	111	96	91	224	160	125	114	104
Ceresole	102	90	83	70	65	217	145	130	110	100	219	165	140	120	105
Cavalli	108	84	79	71	65	167	141	130	124	104	194	170	150	125	116
Piastra	110	95	75	70	61	150	120	104	99	90	155	138	121	107	104

Tab 5.1 Massimi stagionali di precipitazione nevosa cumulata (cm) su 1, 3 e 5 giorni di ordine I (massimi assoluti), V, X, XV e XX (periodo 1933-2010).

Nelle stazioni di Lago Piastra ed Alpe Cavalli, situate a quote più basse, si può notare che le curve dei casi critici sono approssimativamente equidistanziate e le differenze tra i massimi dei vari ordini rimangono circa costanti sia che si considerino le precipitazioni cumulate su 1, 3 o 5 giorni.

Se confrontiamo invece le curve di inviluppo delle stazioni di Acceglio Saretto, Ceresole Reale e Toggia notiamo che le curve dei massimi assoluti presentano deviazioni importanti rispetto alle altre curve, esiste cioè un ampio divario tra il primo caso critico e quelli successivi.

La stazione di Acceglio Saretto presenta massimi assoluti di 110, 180 e 224 cm di precipitazione nevosa cumulata rispettivamente su 1, 3 e 5 giorni. La stazione di Toggia, posta ad altitudine maggiore,

registra quantitativi leggermente superiori, rispettivamente di 125, 191 e 230 cm. La differenza tra le due stazioni si nota soprattutto sui quantitativi giornalieri e diminuisce progressivamente considerando i valori cumulati su 3 e 5 giorni. Nella stazione di Ceresole Reale il massimi assoluti di precipitazione nevosa cumulata su 3 e 5 giorni hanno valori comparabili attorno ai 220 cm.

Se consideriamo le curve che rappresentano i massimi di ordine superiore, specialmente quelli di ordine XV al XX, esse assumono gradualmente valori comparabili all'aumentare del numero di giorni su cui viene cumulata la precipitazione nevosa. Queste curve possono essere prese come esempio di un evento con una frequenza normale, in cui il quantitativo di precipitazione nevosa più significativo è concentrato nei primi 2-3 giorni.

5.3 Tempi di ritorno

Un'altra interessante applicazione per la valutazione del rischio valanghivo sulle Alpi Piemontesi è costituita dalla stima del periodo (o tempo) di ritorno di eventi particolarmente intensi. Si definisce periodo di ritorno R l'intervallo di tempo medio che intercorre tra due eventi della stessa intensità. Questo parametro permette di stimare la ricorrenza media del verificarsi di un evento di una data intensità e viene comunemente usato per valutare la frequenza degli eventi estremi.

Il contesto statistico che permette di trattare la probabilità di eventi estremi è dato dalla Teoria degli Eventi Estremi (EVT) (Coles, 2001). Un approccio comunemente utilizzato in idrologia è quello di suddividere la serie temporale in blocchi e studiarne le proprietà dei massimi, considerati realizzazioni dei valori "estremi" della distribuzione.

In questo caso sono stati considerati i massimi assoluti di precipitazione nevosa giornaliera occorsi in una stagione nivologica (novembre-ottobre). Si può dimostrare che questa serie segue la distribuzione Generalizzata degli Eventi Estremi (GEV) e, dall'interpolazione dei valori osservati, è possibile stimare diversi parametri di interesse quali il periodo di ritorno per determinati livelli di precipitazione nevosa.

Per questo tipo di analisi sono state considerate le 5 serie storiche di precipitazione nevosa giornaliera più lunghe, su tutto il periodo disponibile, al fine di sfruttare tutta l'informazione in esse contenuta. Sono stati determinati valori di precipitazione nevosa associati a periodi di ritorno di 1, 10, 30, 50 e 100 anni. Gli eventi estremi con tempo di ritorno di 100 anni sono stati ottenuti attraverso un'estrapolazione della GEV al di fuori del range massimo di osservazione (ovvero la lunghezza delle serie, di 78 anni), pertanto sono caratterizzati da un'incertezza maggiore.

Nella **figura 5.3** sono presentati i risultati dell'analisi sulle precipitazioni nevose estreme giornaliere ed in particolare vengono riportati i grafici dei livelli di precipitazione nevosa in funzione del periodo di ritorno espresso in anni

L'andamento dei massimi di precipitazione nevosa giornaliera in funzione del tempo di ritorno è comparabile nelle stazioni analizzate situate al di sotto dei 2000 metri (**Tab. 5.2**): in media ogni anno si hanno precipitazioni nevose massime di 20-30 cm cumulati in un giorno. Nevicate di 70-80 cm cumulati nell'arco di 24 ore si verificano in media una volta ogni 10 anni, mentre quantitativi attorno ai 100 cm/giorno si verificano ogni 50 anni.

Più rare sono le precipitazioni oltre i 100 cm, che si registrano in media una volta in 100 anni. Nella stazione di Toggia si registrano precipitazioni nevose più abbondanti per i tempi di ritorno considerati, in ragione sia della quota che della posizione geografica.

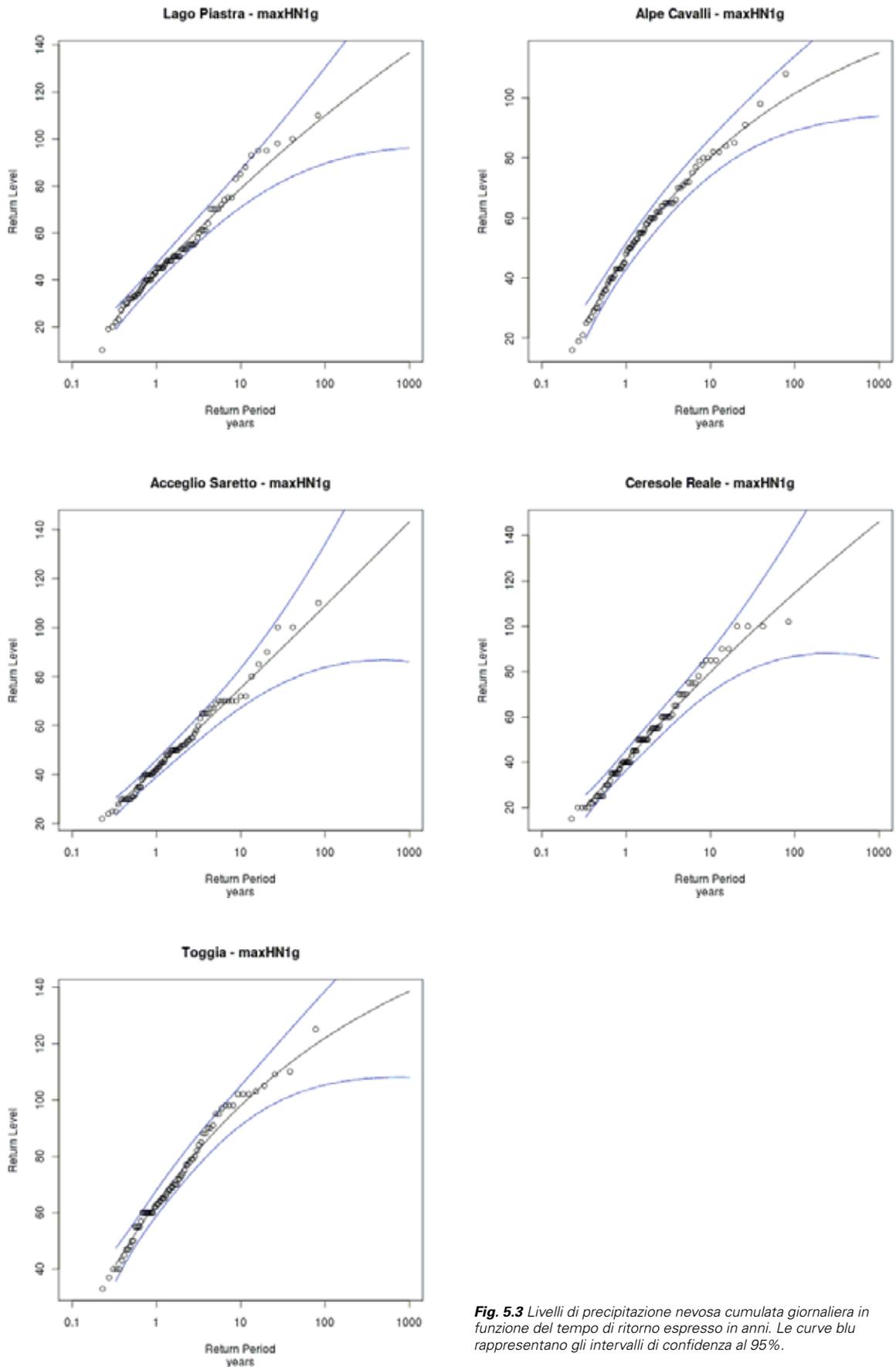


Fig. 5.3 Livelli di precipitazione nevosa cumulata giornaliera in funzione del tempo di ritorno espresso in anni. Le curve blu rappresentano gli intervalli di confidenza al 95%.

	Precipitazione cumulata 1 giorno					Precipitazione cumulata 3 giorni				
	R1	R10	R30	R50	R100	R1	R10	R30	R50	R100
Lago Piastra	23	78	94	100	110	31	110	127	134	142
Alpe Cavalli	25	80	91	96	101	34	130	153	163	175
Acciglio Saretto	27	75	91	99	109	36	113	140	151	167
Ceresole Reale	21	79	97	104	115	30	124	169	193	228
Lago Toggia	42	97	110	116	122	63	150	171	180	190

Tab 5.2 Precipitazione nevosa cumulata (cm) su 1 e 3 giorni corrispondente ai tempi di ritorno di 1, 10, 30, 50 e 100 anni. I valori sono stati ottenuti dall'analisi delle serie storiche sul periodo 1933-2010.

È stata ripetuta l'analisi sui massimi stagionali di precipitazione nevosa cumulata su 3 giorni per valutare gli eventi particolarmente intensi distribuiti su un intervallo temporale più lungo. Al di sotto dei 2000 metri, in media ogni anno si verifica un evento di precipitazione nevosa di 30 cm cumulati su 3 giorni. Questo valore risulta di poco superiore rispetto al corrispondente livello della cumulata giornaliera, suggerendo che gli eventi intensi con tempo di ritorno di un anno si sviluppano prevalentemente con durata di un giorno. Le maggiori differenze si riscontrano considerando tempi di ritorno più lunghi: in media una volta ogni 10 anni si verificano precipitazioni nevose di 100-130 cm ed una volta ogni 50 anni si hanno precipitazioni di 130-190 cm cumulati su 3 giorni. Sopra i 2000 metri, i valori di riferimento per gli eventi di precipitazione nevosa distribuiti su 3 giorni sono: circa 60 cm con frequenza annuale, circa 150 cm una volta ogni 10 anni e circa 180 cm una volta ogni 50 anni.

Dopo l'analisi delle serie di lungo periodo, viene ora presentata una panoramica che mira ad estendere lo sguardo su tutto l'arco alpino piemontese. Sono state prese in considerazione tutte le 16 serie sul periodo comune 1961-2010 e sono stati calcolati i tempi di ritorno corrispondenti ai periodi di 1, 10, 30 e 50 anni, quest'ultimo corrispondente alla durata del periodo di osservazione (**Tab. 5.3**).

Le serie storiche, ora considerate solo sull'ultimo cinquantennio, danno risultati consistenti con quelli ottenuti sull'intero periodo di disponibilità dei dati, dunque l'utilizzo di una serie più lunga non modifica sensibilmente i periodi di ritorno corrispondenti a tempi di ritorno inferiori o uguali alla lunghezza della serie.

I tempi di ritorno rivelano una certa dipendenza dalla quota ma, come mostrano i coefficienti di determinazione R^2 (**Fig. 5.4**), essa spiega mediamente solo la metà della variabilità totale. Emerge quindi l'importanza dei fattori locali nell'occorrenza degli eventi estremi. A parità di tempo di ritorno, le nevicate più abbondanti si registrano nel settore centrale delle Alpi Piemontesi, nelle stazioni di Valsoera, Telesio, Lago Serrù e Malciaussia, sia a livello di cumulata giornaliera che sui 3 giorni.

Quindi, se nelle Alpi piemontesi Settentrionali si registrano notevoli quantitativi di precipitazione nevosa cumulata a livello stagionale, nel settore Centrale si verificano maggiormente singoli eventi di forte intensità.

	Precipitazione cumulata 1 giorno				Precipitazione cumulata 3 giorni			
	R1	R10	R30	R50	R1	R10	R30	R50
Rosone	17	44	60	68	21	56	80	92
Lago Piastra	25	78	94	101	26	113	131	137
Alpe Cavalli	26	79	92	98	42	127	151	161
Acceglio Saretto	29	73	90	97	37	114	146	162
Ceresole Reale	22	84	99	105	32	133	183	209
Lago Castello	22	73	94	104	29	115	149	166
Agaro	36	79	88	92	49	126	151	161
Alpe Devero	32	89	106	114	54	134	166	182
Malciaussia	21	93	116	127	37	154	197	217
Telesio	25	103	121	129	40	165	198	211
Rochemolles	23	75	100	112	33	103	130	142
Toggia	44	92	102	106	67	144	163	170
Lago Vannino	40	85	97	101	59	144	170	181
Lago Serrù	31	102	115	120	53	174	216	235
Camposecco	43	93	106	111	69	162	187	197
Valsoera	26	114	129	135	46	192	239	260

Tab 5.3 Precipitazione nevosa cumulata (cm) su 1 e 3 giorni corrispondente ai tempi di ritorno di 1, 10, 30 e 50 anni. I valori sono stati ottenuti dall'analisi delle serie storiche sul periodo 1961-2010

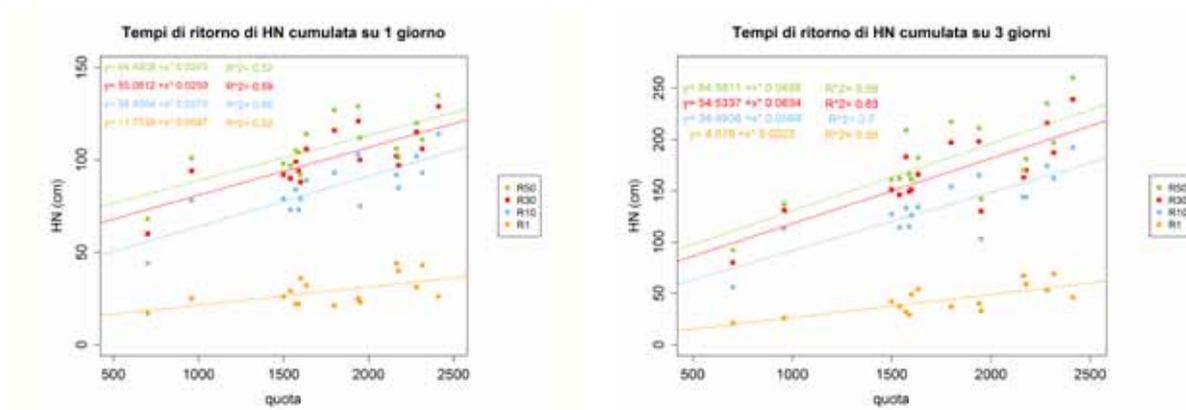


Fig. 5.4 Andamento in funzione della quota del tempo di ritorno della precipitazione nevosa cumulata su 1 giorno (sinistra) e 3 giorni (destra). Le serie di punti corrispondono ai tempi di ritorno di 1, 10, 30, 50 anni, rispettivamente dal basso verso l'alto.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto STRADA "Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio transfrontaliero" (programma di iniziativa comunitaria per la cooperazione interregionale Italia-Svizzera).

Si ringraziano tutti coloro che hanno contribuito alla realizzazione della presente pubblicazione, in particolare il dott. Stefano Bovo e il dott. Marco Cordola della Regione Piemonte per aver seguito la programmazione del progetto nelle fasi di ideazione e nei primi anni di sviluppo, coordinando la raccolta dei dati, la verifica e la digitalizzazione, oltre a fornire preziosi suggerimenti nella fase di elaborazione delle serie statistiche. Si ringrazia altresì il Servizio Idrografico di Arpa Lombardia per aver fornito le schede di rilevamento dei dati mensili delle stazioni manuali del bacino del Toce, i gestori delle dighe presso cui sono installate le stazioni meteorologiche per la disponibilità dimostrata e la Società Meteorologica Italiana, nelle persone di Luca Mercalli e Daniele Cat Berro, per aver fornito i dati digitalizzati di alcune stazioni di misura, indispensabili per completare le serie in nostro possesso. Un sincero ringraziamento va inoltre esteso a tutti i rilevatori e i collaboratori che meticolosamente raccolgono ogni giorno i dati presso le stazioni manuali e gli enti che indirizzano il loro personale nello svolgimento dell'attività di rilevamento. Grazie infine agli studenti del corso di laurea magistrale in Scienze Naturali ed in Scienze Biologiche dell'Università di Torino che, con impegno ed iniziativa, hanno collaborato alla riuscita di questa iniziativa ed in particolare Silvia Brunatti, Silvia Cardona, Noemi Canevarolo, Matteo Collimedaglia e Daniela Testa.

Bibliografia

Capitolo 1

Esteban, P., Jones P., Martín-Vide J., Mases M., *Atmospheric circulation patterns related to heavy snowfall days in Andorra, Pyrenees. International Journal of Climatology* 25, Issue 3, pp. 319–329, DOI: 10.1002/joc.1103, 2005.

Ronchi, C., Nicoletta, M., *Nevicata intense sulle alpi piemontesi. Neve e Valanghe* 74, pp. 26-33, 2011.

Capitolo 2

Acquaotta F., Fratianni S., Cassardo C., Cremonini R., *On the continuity and climatic variability of the meteorological stations in Turin, Asti, Vercelli and Oropa (Piedmont, Italy). Meteorology and Atmospheric Physics*, vol. 103, pp. 279- 287, 2009.

Aguilar E., I. Auer, M. Brunet, T. Peterson and J. Wieringa. *Guidance on metadata and homogenization. Technical report*, WMO_TD No 1186, 2003.

Biancotti A., Carotta M., Motta L., Turrone E., *Le precipitazioni nevose sulle alpi piemontesi*, pp. 80, 1997.

Cagnati A., *Strumenti di misura e metodi di osservazione nivometeorologici. Associazione Interregionale Neve e Valanghe*, pp. 133, 2003.

Frigo, B., Prola M.C., Faletto M., *Valutazione della stabilità del manto nevoso: linee guida per la raccolta e l'interpretazione dei dati, Regione Autonoma Valle d'Aosta*, pp.103, 2012.

Hastie T.J., Tibshirani R.J., *Generalized Additive Models. Monographs on Statistics and Applied Probability*, vol. 43, Chapman and Hall/CRC, pp. 335, 1990.

Klein Tank A., Wijngaard J., Konnen G., Böhm R., Demarée G., Gocheva A., Mileta M., Pashiardis S., Hejkrlik L., Kern-Hansen C., Heino R., Bessemoulin P., Müller-Westermeier G., Tzanakou M., Szalai S., Pálsdóttir T., Fitzgerald D., Rubin S., Capaldo M., Maugeri M., Leitass A., Bukantis A., Aberfeld R., van Engelen A.F.V., Forland E., Miletus M., Coelho F., Mares C., Razuvaev V., Nieplova E., Cegnar T., Antonio López J., Dahlström B., Moberg A., Kirchhofer W., Ceylan A., Pachaliuk O., Alexander L.V., Petrovic P., *All: Daily dataset of 20TH-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. International Journal of Climatology*, vol. 22, pp. 1441-1453, 2002.

Mestre O., Gruber C., Prieur C., Caussinus H., Jourdan S., *SPLIDHOM: a method for homogenization of daily temperature observations. American Meteorological Society*, vol. 50, pp. 2343-2358, 2011.

Sneyers R., *On the statistical analysis of series of observation. Technical Note No 143. WMO: Geneva*, 1990.

Sancrotti M., Pastorelli R., *Recupero e omogeneizzazione di serie storiche di dati termo pluviometrici. Progetto Kyoto – Ricerca sui cambiamenti climatici e il controllo dei gas serra in Lombardia, relazione finale*, 2004.

Stèpànek P., *AnClim – software for time series analysis. Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, MU, Brno*. 1.47 MB, 2008.

Peterson T., Easterling D, Karl T., Groisman P., *Homogeneity adjustment of in situ atmospheric climate data: a review. Int. J. Climatol.* vol. 18, pp. 1493-1517, 1998.

Terzago S., *Climatic change in Western Italian Alps: analysis of snow precipitation variability during the period 1925-2010 using historical and satellite series. Tesi di Dottorato in Scienza e Alta Tecnologia. Indirizzo in Scienze della Terra. Università degli Studi di Torino. Scuola di Dottorato in Scienza e Alta Tecnologia*, pp. 193, 2012.

Terzago S., Fratianni S., R. Cremonini, *Winter precipitation in Western Italian Alps (1926-2010): trends and connections with the North Atlantic/Arctic Oscillation. Meteorology and Atmospheric Physics*, vol.119, pp. 125-136, 2013.

Valt, Cagnati A., Crepez G., Salvatori R., Plini P., Salzano R., Giusto M., Montagnoli M., Sigismondi D., *Monitoraggio della copertura nevosa mediante web-cam. Neve e Valanghe*, vol. 70, pp. 18-27, 2010.

Valt M., *Neve sulle Alpi Italiane inverno 2006-2007. Neve e Valanghe* 61, pp. 14-25, 2007.

Valt M., Cianfarra P., *Lo straordinario inverno del 2008-2009 Neve e Valanghe* 67, pp. 4-15, 2009.

Venema V., Mestre O., Aguilar E., Auer I., Guijarro J. A., Domonkos P., Vertacnik G., Szentimrey T., Stepanek P., Zahradnicek P., Viarre J., Müller-Westermeier G., Lakatos M., Williams Menne C.N., Lindau M. R., Rasol D., Rustemeier E., Kolokythas K., Marinova T., Andresen L., Acquaootta F., Fratianni S., Cheval S., Klancar M., Brunetti M., Gruber C., Prohom Duran M., Likso T., Esteban P., Brandsma T., *Benchmarking homogenization algorithms for monthly data. Climate of the Past*, vol. 8, pp. 89-115, 2012.

Zhang X., Yang F., *RClimDex (1.0). Software*, 2004.

Wang X., Wen Q. H., Wu Y., *Penalized maximal t test for detecting undocumented mean change in climate data series. Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol. 46, pp. 916-931, 2007.

WMO, *Guide to climatological practices. Third Edition Technical Report WMO - No.100*, 2011.

Capitolo 3

Blanchet J., Davison A. C., *Spatial modelling of extreme snow depth, Annals of Applied Statistics*, vol. 5(3), pp. 1699-1725, 2011.

Beninston M., *Variations of snow depth and duration in the Swiss Alps over the last 50 years: links to changes in large-scale climatic forcing. Climate Change*, vol. 36, 1997.

Beninston M., Jungo P., *Shifts in the distributions of pressure, temperature and moisture and changes in the typical weather patterns in the Alpine region in response to the behaviour of the North Atlantic Oscillation. Theoretical and Applied Climatology*, vol. 71, pp. 29-42, 2002.

Biancotti A., Bellardone G., Bovo S., Cagnazzi B., Giacomelli L., Marchisio C., *Distribuzione regionale di piogge e temperature*, pp. 80, 1998.

Carrara P., Freppaz M., *Quando la neve si scioglie. Environnement (ISSN 1720-6111) n.21*, pp. 16-19, 2002.

Durand Y., Giraud G., Laternser M., Etchevers P., Merindol L., Lesaffre B., *Reanalysis of 47 years of climate in French Alps (1958-2005): Climatology and trends for snow cover. Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol. 48, pp. 2487-2512, 2009.

Hantel M., Hirtl-Wielke L., *Sensitivity of Alpine snow cover to European temperature. International Journal of Climatology*, vol. 27, pp. 1265-1275, 2007.

Laternser M., Schneebeli M., *Long-term snow climate trend of the Swiss Alps (1931-1999). International Journal of Climatology*, vol. 23, pp. 733-750, 2003.

Marty C., *Regime shift of snow days in Switzerland. Geophysical Research Letters*, 2008.

Mercalli L., Cat Berro D., Accordon V., Di Napoli G., *Cambiamenti climatici sulla montagna Piemontese. Regione Piemonte e Società Meteorologica Subalpina*, 2008.

Pfister C., *Weather-after-casting. 500 years Climate variations and natural disasters (1496-1995)*. Haupt: Bern (Germany), 1999.

Schoner W., Auer I., Bohm R., *Long term trend of snow depth at Sonnblick (Austian Alps) and its relation to climate change. Hydrological Processes*, 2009.

Valt M., Cagnati A., Crepez A., Marigo G., *Neve sulle Alpi Italiane. Neve e Valanghe* 56, pp. 23-41, 2005.

Capitolo 4

Coles S., *An introduction to statistical modeling of extreme values*, Springer Verlag, London, 2001.

TABELLE ALLEGATE

Settore	Stazione		gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	anno	
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	-2,6	-1,3	0,2	3,4	6,9	11,4	14,2	13,8	9,7	5,8	0,6	-2,1	5,0	
		σ	2,2	2,2	2,5	2,0	1,7	1,6	1,8	1,7	2,0	2,3	1,9	1,8	0,9	
	Toggia [2165 m]	mese	-3,5	-2,1	-0,9	1,6	5,7	8,9	12,3	12,0	9,0	5,2	0,4	-1,8	3,9	
		σ	2,3	2,4	2,7	1,9	2,3	2,6	2,0	1,7	1,9	2,1	1,8	1,9	1,1	
	Alpe Devero [1634 m]	media	1,2	2,5	6,0	8,3	11,8	16,0	18,1	17,7	12,5	8,5	3,9	1,7	9,0	
		σ	1,7	2,2	1,9	1,9	1,8	1,4	1,6	1,4	1,6	1,9	1,6	1,5	0,9	
	Agaro [1600 m]	media	1,3	1,5	2,9	5,7	10,2	14,3	17,3	16,6	13,1	9,3	4,6	1,3	8,2	
		σ	2,2	2,9	2,8	2,7	2,3	2,2	2,0	2,2	2,2	2,4	1,9	2,5	1,5	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	-0,7	-0,5	1,3	3,4	5,8	9,1	12,4	12,0	9,3	5,6	1,8	0,0	5,2	
		σ	2,4	2,3	2,1	2,3	1,7	1,6	1,7	1,6	2,2	2,1	2,1	2,0	0,9	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	1,6	2,2	4,7	7,2	11,7	16,1	19,0	18,3	14,7	10,4	5,2	2,3	9,4	
		σ	1,8	2,2	2,4	2,1	2,1	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,6	1,6	0,9	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	-1,2	-0,2	2,0	3,8	7,1	9,8	12,7	12,2	9,2	5,5	1,3	-0,9	5,1	
		σ	3,0	2,9	2,2	2,1	1,9	2,1	2,5	2,0	3,4	2,1	2,4	2,4	1,4	
	Lago Serrù [2283 m]	media	-1,1	-0,2	0,3	3,4	7,9	11,9	15,0	14,5	10,6	6,5	1,3	-0,4	5,8	
		σ	1,8	2,4	2,4	2,3	2,0	2,1	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	1,5	1,0	
	Lago Pian Telesio [1940 m]	media	1,1	2,1	4,3	6,5	9,7	13,1	15,8	15,3	12,1	8,2	4,0	1,6	7,8	
		σ	2,0	2,3	1,8	1,7	1,5	1,8	1,6	1,6	2,0	2,0	1,9	1,7	0,9	
	Malciaussia [1800 m]	media	2,1	3,5	5,6	8,5	11,1	14,0	16,9	17,2	13,8	9,3	4,9	1,6	9,0	
		σ	2,7	3,0	2,8	2,1	1,9	2,0	1,9	1,8	2,0	2,7	2,0	2,0	1,3	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	1,3	2,7	4,4	8,0	12,0	17,7	19,9	19,0	14,7	10,6	6,4	1,8	9,8	
		σ	2,2	2,2	2,2	1,8	1,8	2,2	1,9	2,2	2,1	2,2	2,6	1,9	1,3	
	Rosone [701 m]	media	2,4	5,1	10,6	13,8	17,4	24,0	27,1	25,5	20,9	16,4	9,1	2,6	14,6	
		σ	1,7	1,9	2,2	2,2	2,0	2,8	2,8	2,7	2,0	2,9	2,8	1,2	1,5	
	Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	3,0	4,0	5,7	7,8	12,1	15,9	19,1	18,8	16,2	11,6	6,6	3,3	10,4
			σ	2,5	2,8	3,0	1,7	1,8	1,9	1,6	2,0	2,7	2,7	2,6	2,4	1,2
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	2,4	3,7	6,1	8,2	12,4	16,5	19,7	19,1	15,3	11,0	6,2	2,5	10,3	
		σ	2,6	2,5	2,2	1,6	2,1	1,9	1,7	1,8	2,2	2,4	2,2	1,9	1,0	
	Saretto [1540 m]	media	6,8	7,3	9,2	11,1	15,1	19,2	21,9	21,0	17,6	13,2	8,9	5,9	13,1	
		σ	2,2	2,3	2,1	2,0	2,3	1,6	1,6	2,0	1,9	1,6	1,6	1,9	0,8	

Tab. A1 Temperature massime medie mensili ed annuali calcolate su 50 anni di dati (media) e relativa deviazione standard (σ) dal 1961 al 2010. In blu si evidenziano i valori minimi, in rosso i valori massimi.

Settore	Stazione		gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	anno
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	-11,1	-11,4	-9,5	-6,4	-1,8	1,5	4,7	5,0	1,0	-2,3	-7,1	-10,0	-3,9
		σ	2,2	2,8	2,3	1,7	1,6	1,9	1,8	1,7	1,7	2,1	2,2	2,0	1,9
	Toggia [2165 m]	media	-11,9	-11,3	-9,6	-6,2	-2,1	2,0	4,9	5,1	2,5	-1,1	-5,8	-9,9	-3,6
		σ	2,4	2,6	2,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,4	1,6	1,6	1,7	2,0	1,0
	Alpe Devero [1634 m]	media	-10,0	-9,6	-5,8	-2,5	1,4	4,2	6,3	6,0	3,0	-0,7	-5,0	-8,4	-1,7
		σ	2,1	2,9	2,2	1,6	1,4	1,8	1,7	1,4	1,6	1,7	1,7	2,2	1,1
	Agaro [1600 m]	media	-5,5	-4,7	-3,1	-0,4	3,8	7,2	10,0	10,0	7,1	3,8	-1,2	-3,9	1,9
		σ	2,5	2,8	2,3	1,7	1,8	1,9	1,6	1,9	1,8	1,8	1,6	2,0	1,2
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	-9,1	-8,6	-7,8	-4,8	-0,7	2,6	6,1	6,4	3,4	-0,1	-4,8	-7,6	-2,3
		σ	2,9	2,7	2,6	1,6	1,9	2,3	1,5	1,6	2,0	2,0	2,2	2,2	1,4
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	-5,3	-5,3	-2,9	-0,2	4,3	7,9	10,7	10,7	7,6	3,9	-0,6	-4,0	2,2
		σ	1,9	2,4	1,9	1,2	1,4	1,7	1,2	1,4	1,6	1,5	1,5	1,7	0,7
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	-9,0	-9,3	-7,9	-5,4	-1,2	2,5	5,4	5,6	2,9	-0,5	-4,9	-7,9	-2,5
		σ	2,7	3,0	2,6	1,9	2,0	2,3	1,9	2,0	2,3	1,9	2,0	1,8	1,5
	Lago Serrù [2283 m]	media	-8,9	-9,1	-7,3	-4,6	-0,1	2,6	5,7	5,9	3,4	0,0	-4,8	-7,6	-2,1
		σ	2,5	2,9	2,3	1,9	1,9	2,3	2,0	2,1	1,6	2,0	2,0	1,9	1,4
	Lago Pian Telesio [1940 m]	media	-5,9	-6,1	-4,4	-1,8	2,3	6,1	8,6	8,5	5,8	2,4	-2,0	-4,8	0,7
		σ	1,9	2,3	2,1	1,6	1,6	1,7	1,5	1,6	1,7	1,8	1,7	1,6	1,0
	Malciaussia [1800 m]	media	-6,1	-6,3	-4,3	-1,4	2,5	5,9	8,4	8,3	5,3	1,3	-2,3	-5,7	0,5
		σ	2,6	2,9	2,7	1,6	1,8	1,8	1,7	2,0	1,8	2,1	1,8	2,2	1,4
	Ceresole Reale [1573 m]	media	-7,7	-7,1	-4,3	-0,6	4,0	7,1	10,1	9,6	7,0	2,8	-1,8	-5,5	1,1
		σ	2,6	3,3	2,4	2,3	1,9	1,7	1,6	1,7	1,8	1,7	1,9	2,4	1,2
	Rosone [701 m]	media	-4,9	-4,1	-0,9	2,5	6,1	9,7	12,1	11,7	8,8	5,0	0,1	-3,9	3,5
		σ	1,4	1,8	1,7	1,3	1,5	1,4	1,5	1,3	1,4	1,4	1,6	1,2	0,7
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	-6,7	-7,2	-4,9	-2,4	2,4	6,2	8,0	8,1	5,6	2,1	-2,2	-6,1	0,3
		σ	2,0	2,5	2,1	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,5	1,8	1,9	1,7	0,7
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	-6,1	-6,0	-3,5	1,1	4,9	9,3	11,9	11,9	7,9	4,7	0,1	-4,3	2,7
		σ	2,2	2,5	2,3	1,4	1,5	1,4	1,5	1,6	2,0	2,0	2,0	2,0	1,1
	Saretto [1540 m]	media	-5,5	-5,3	-2,5	0,2	4,9	8,0	10,2	9,7	6,6	2,9	-1,7	-4,6	1,9
		σ	2,0	2,2	1,9	1,3	1,4	1,5	1,1	1,1	1,2	1,3	1,6	1,7	0,6

Tab. A2 Temperature minime medie mensili ed annuali calcolate su 50 anni di dati (media) e relativa deviazione standard (σ) dal 1961 al 2010. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi ed in blu grassetto i valori minimi.

Settore	Stazione		gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	22	16	15	8	2	0	0	0	0	3	13	20	99
		σ	6	6	7	5	2	0	0	0	1	4	5	5	
	Toggia [2165 m]	media	24	19	17	10	2	0	0	0	0	4	15	21	113
		σ	5	6	7	6	3	1	0	0	1	4	6	5	
	Alpe Devero [1634 m]	media	12	9	3	0	0	0	0	0	0	0	5	12	41
		σ	6	6	3	1	0	0	0	0	0	1	4	6	
	Agaro [1600 m]	media	12	12	9	4	0	0	0	0	0	1	5	13	56
		σ	6	7	6	5	1	0	0	0	0	2	4	7	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	18	15	14	9	2	0	0	0	0	4	12	17	90
		σ	6	6	6	6	3	1	0	0	0	4	6	5	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	12	9	5	1	0	0	0	0	0	0	3	10	41
		σ	6	6	4	1	0	0	0	0	0	0	3	5	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	20	16	11	6	1	0	0	0	1	3	13	20	92
		σ	8	7	6	5	2	0	0	0	1	4	7	7	
	Lago Serrù [2283 m]	media	21	16	14	8	2	0	0	0	0	2	12	19	94
		σ	6	7	6	5	2	1	0	0	1	3	6	6	
	Lago Pian Telesio [1940 m]	media	14	10	6	2	0	0	0	0	0	1	6	12	51
		σ	6	6	4	3	1	0	0	0	0	1	4	6	
	Malciaussia [1800 m]	media	10	8	6	2	0	0	0	0	0	1	4	11	41
		σ	6	5	4	2	1	0	0	0	0	1	4	6	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	13	8	6	1	0	0	0	0	0	0	4	11	43
		σ	7	6	5	2	0	0	0	0	0	1	3	6	
	Rosone [701 m]	media	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	7	19
		σ	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2	5	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	9	7	5	1	0	0	0	0	0	4	8	33	
		σ	5	5	4	1	0	0	0	0	0	1	3	5	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	11	8	4	2	0	0	0	0	0	4	10	39	
		σ	5	5	3	1	0	0	0	0	0	1	3	4	
	Saretto [1540 m]	media	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8
		σ	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	

Tab. A3 Valore medio mensile dei giorni senza disgelo (ID), giorni con temperatura massima ≤ 0 °C (media) e relativa deviazione standard (σ) dal 1961 al 2010. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi.

Settore	Stazione		gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	31	28	31	29	23	9	3	2	12	23	29	31	251
		σ	0	1	0	1	6	5	3	3	8	7	1	1	
	Toggia [2165 m]	media	31	28	31	29	23	9	2	1	8	19	29	31	241
		σ	0	0	0	1	5	5	3	2	6	6	2	1	
	Alpe Devero [1634 m]	media	30	27	28	24	10	3	0	0	6	19	27	29	205
		σ	4	4	5	6	8	4	1	1	5	6	5	4	
	Agaro [1600 m]	media	29	25	26	17	4	1	0	0	0	4	20	28	155
		σ	3	4	5	7	5	2	0	0	1	6	5	4	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	31	28	30	28	19	7	1	0	6	16	26	30	221
		σ	1	1	2	3	7	6	2	1	6	7	4	2	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	30	27	26	18	3	1	0	0	0	5	19	29	158
		σ	2	2	5	5	4	4	0	0	1	7	6	3	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	31	28	30	29	21	9	2	2	7	18	27	30	234
		σ	1	1	1	3	7	7	2	3	7	7	3	1	
	Lago Serrù [2283 m]	media	31	28	30	27	15	6	1	1	4	14	26	30	213
		σ	1	1	2	4	7	6	2	1	4	8	3	2	
	Lago Pian Telessio [1940 m]	media	30	27	28	23	9	2	0	0	1	8	23	28	179
		σ	2	2	3	5	7	2	0	0	2	6	5	3	
	Malciaussia [1800 m]	media	28	25	26	20	6	1	0	0	2	11	22	28	170
		σ	3	4	5	6	5	2	0	0	3	7	5	3	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	30	28	28	22	6	0	0	0	0	5	20	29	169
		σ	1	1	3	6	6	1	0	0	1	5	7	2	
	Rosone [701 m]	media	30	27	18	7	0	0	0	0	0	3	16	29	130
		σ	1	3	7	4	1	0	0	0	0	4	7	2	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	29	28	28	24	8	1	0	0	2	8	22	30	180
		σ	3	1	4	5	5	2	0	0	3	7	6	2	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	29	26	25	11	1	0	0	0	0	3	14	26	136
		σ	3	3	5	5	2	1	0	0	1	4	7	4	
	Saretto [1540 m]	media	29	26	23	15	2	0	0	0	0	7	21	28	152
		σ	3	2	5	6	2	0	0	0	1	5	5	3	

Tab. A4 Valore medio mensile dei giorni di gelo (FD) (media) e relativa deviazione standard (σ) dal 1961 al 2010. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi ed in blu grassetto i valori minimi.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno	
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	8	35	99	89	93	87	84	89	33	4	1	0	622	
		σ	16	34	63	53	61	51	55	72	37	8	2	2		
	Toggia [2165 m]	media	9	40	111	100	107	102	97	96	38	5	1	1	707	
		σ	18	38	68	55	67	62	56	72	44	10	3	2		
	Alpe Devero [1634 m]	media	1	12	75	81	85	85	75	68	11	0	0	0	493	
		σ	5	19	51	54	61	57	61	58	18	1	0	0		
	Agaro [1600 m]	media	1	9	58	67	76	69	58	50	7	0	0	0	395	
		σ	3	15	46	48	55	52	46	46	12	1	0	0		
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	9	42	104	76	77	86	93	118	49	8	1	0	663	
		σ	17	40	73	55	57	78	73	90	52	13	5	2		
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	5	49	56	67	67	61	52	5	0	0	0	362	
		σ	2	11	39	43	54	57	56	48	12	0	0	0		
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	6	36	87	85	95	94	102	118	54	10	1	0	688	
		σ	13	44	66	64	83	97	84	91	57	16	5	0		
	Lago Serrù [2283 m]	media	4	33	85	75	87	85	91	116	42	6	0	0	624	
		σ	10	42	64	58	70	79	75	99	42	11	1	0		
	Lago Pian Telesio [1940 m]	media	2	14	61	69	78	84	86	95	22	2	0	0	513	
		σ	8	20	49	54	68	81	69	74	32	7	0	0		
	Malciaussia [1800 m]	media	2	14	54	66	67	69	65	73	18	2	0	0	430	
		σ	8	21	46	61	55	66	52	59	27	8	0	0		
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	5	41	55	65	65	49	41	7	0	0	0	328	
		σ	2	9	36	49	56	64	43	41	19	2	0	0		
	Rosone [701 m]	media	0	0	4	15	27	22	9	1	0	0	0	0	78	
		σ	0	0	10	20	29	24	11	3	3	0	0	0		
	Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	2	14	54	74	75	69	52	43	10	1	0	0	394
			σ	11	20	41	52	54	46	35	39	14	3	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	1	9	42	52	56	50	50	41	5	1	0	0	307	
		σ	3	13	33	43	49	41	42	39	13	4	0	0		
	Saretto [1540 m]	media	0	12	49	69	77	64	56	42	5	1	0	0	375	
		σ	3	16	35	52	64	46	42	35	9	3	0	0		
Marittime	Lago Piastra [960 m]	media	0	3	24	55	72	58	40	17	1	0	0	0	270	
		σ	0	8	23	44	62	54	35	20	4	0	0	0		

Tab. A5 Quantità media mensile cumulata di precipitazione nevosa (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 1961-2010. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi (in cm).

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Formazza - Piano Dei Camosci [2470 m]	media	4	24	156	117	95	109	114	109	90	4	0	2	821
		σ	7	42	125	45	46	53	64	60	81	7	0	7	
	Montcrestese - Diga Larecchio [1860m]	media	0	10	93	103	60	79	77	84	24	0	0	0	531
		σ	0	18	68	56	33	45	52	59	27	0	0	0	
	Baceno - Alpe Devero [1634 m]	media	0	10	84	106	69	85	77	61	12	0	0	0	503
		σ	0	18	59	47	35	46	45	43	20	0	0	0	
Antrona Schieranco - Alpe Chiggio [1479 m]	media	0	5	45	74	52	67	50	46	4	0	0	0	343	
	σ	0	13	34	50	30	46	35	36	10	0	0	0		
Formazza - Bruggi [1220 m]	media	0	6	45	73	59	72	39	30	1	0	0	0	326	
	σ	0	11	40	50	37	52	33	31	3	0	0	0		
Pennine	Macugnaga - Passo Del moro [2823 m]	media	11	19	141	149	93	110	129	135	125	14	3	2	932
		σ	18	35	92	108	30	69	65	81	76	27	6	6	
	Alagna Valsesia - Bocchetta Pisse [2428 m]	media	4	15	129	113	83	92	113	128	83	4	0	0	764
		σ	8	28	86	68	39	46	50	89	63	9	0	0	
	Trivero - Alpe Camparient [1450 m]	media	0	3	50	73	49	78	47	48	5	0	0	0	353
		σ	0	7	45	68	32	52	36	51	10	0	0	0	
Macugnaga - Pecetto [1360 m]	media	0	4	47	82	57	78	48	50	3	0	0	0	370	
	σ	0	11	39	54	29	49	30	49	8	0	0	0		
Piedicavallo - Capoluogo [1090 m]	media	0	0	15	39	36	53	20	10	0	0	0	0	172	
	σ	0	1	18	43	26	33	17	21	0	0	0	0		
Graie	Balme - Rifugio Gastaldi [2672 m]	media	9	15	140	110	99	97	121	129	98	4	0	0	821
		σ	16	24	83	71	64	55	61	63	75	6	1	0	
	Ceresole Reale - Lago Agnel [2300 m]	media	3	14	127	128	102	102	115	123	68	0	0	0	783
		σ	4	23	86	83	51	54	59	91	58	0	0	0	
	Usseglio - Malciaussia [1800 m]	media	0	5	63	95	61	61	63	88	16	0	0	0	450
		σ	0	11	40	98	39	50	37	76	23	0	0	0	
Ceresole Reale - Villa [1583 m]	media	0	2	43	64	51	49	42	39	3	0	0	0	292	
	σ	0	5	33	66	34	34	27	38	5	0	0	0		
Valprato Soana - Piamprato [1558 m]	media	0	2	47	58	43	59	45	38	0	0	0	0	292	
	σ	0	5	36	51	26	41	30	33	1	0	0	0		
Groscauallo - Forno Alpi Graie [1223 m]	media	0	1	32	55	48	60	38	21	0	0	0	0	256	
	σ	0	2	30	49	23	32	26	30	0	0	0	0		
Colleretto - Santa Elisabetta [1220 m]	media	0	1	17	34	38	49	20	16	0	0	0	0	175	
	σ	0	1	14	31	27	30	18	17	0	0	0	0		
Cozie N	Giaglione - Rifugio Vaccarone [2755 m]	media	5	15	132	100	81	89	112	131	90	2	0	0	756
		σ	9	25	76	59	46	49	56	88	60	4	1	0	
	Bobbio Pellice - Colle Barant [2302 m]	media	3	16	89	81	51	76	71	92	43	2	0	0	522
		σ	9	26	56	73	58	45	49	71	34	6	0	0	
	Sauze D'Oulx - Lago Pilone [2286 m]	media	2	9	83	83	59	53	70	88	37	0	0	0	483
		σ	6	16	50	61	34	31	44	54	35	0	0	0	
Cesana Torinese - Colle Bercia [2211 m]	media	2	14	84	85	66	63	73	88	27	0	0	0	501	
	σ	4	21	45	59	37	33	45	59	27	0	0	0		
Pragelato - Clot Della Soma [2160 m]	media	0	10	84	84	65	57	69	97	28	1	0	0	495	
	σ	1	18	53	57	46	37	47	77	28	2	0	0		
Sestriere - Principi di Piemonte [2035 m]	media	1	7	61	67	55	43	53	67	20	0	0	0	373	
	σ	2	15	38	46	39	27	34	55	22	0	0	0		
Salbertrand - Le Selle [2012 m]	media	1	10	53	71	58	54	54	68	17	0	0	0	386	
	σ	2	17	34	39	38	40	33	50	19	0	0	0		
Sauze di Cesana - Valle Argentera [1882 m]	media	0	7	59	69	56	42	54	62	12	0	0	0	362	
	σ	0	13	36	51	33	28	39	50	16	0	0	0		
Venaus - Barcenisio [1530 m]	media	0	2	37	64	58	66	43	31	2	0	0	0	303	
	σ	0	5	24	53	36	35	26	25	6	0	0	0		

Continua

Segue

Cozie N	Praly - Villa [1375 m]	media	0	1	40	59	58	60	45	28	1	0	0	0	293	
		σ	0	3	34	54	48	46	42	23	3	0	0	0		
	Bardonecchia - Prerichard [1338 m]	media	0	2	31	56	48	43	28	10	0	0	0	0	217	
		σ	0	7	23	42	31	31	26	14	0	0	0	0		
	Salbertrand - Graviere [1010 m]	media	0	0	18	41	38	45	18	8	0	0	0	0	168	
		σ	0	1	23	39	26	35	18	13	0	0	0	0		
Cozie S	Sampeyre - Pian Delle Baracche [2144 m]	media	2	13	84	78	50	56	63	88	23	2	0	0	458	
		σ	4	24	53	43	35	32	36	68	18	5	0	0		
	Castelmagno - San magno [1661 m]	media	0	14	71	97	70	81	65	80	5	2	0	0	484	
		σ	0	30	36	55	46	41	39	64	6	5	0	0		
	Pontechianale - Castello [1614 m]	media	0	7	51	70	56	58	47	44	0	0	0	0	331	
		σ	0	15	40	57	43	41	32	36	0	0	0	0		
	Acceglio - Colombata [1610 m]	media	0	8	57	80	64	65	52	45	1	0	0	0	371	
		σ	0	16	35	52	43	31	27	40	3	0	0	0		
	Paesana - Bric Barsaia [1279 m]	media	0	2	33	53	48	60	36	15	0	0	0	0	246	
		σ	0	4	33	41	40	46	33	17	0	0	0	0		
	Marittime	Vinadio - Colle Lombarda [2316 m]	media	2	17	99	95	73	60	74	100	34	3	0	0	555
			σ	8	33	47	55	48	44	37	62	20	6	0	0	
Argentera [1671 m]		media	0	9	70	94	72	65	60	64	5	0	0	0	439	
		σ	0	19	37	63	44	31	31	56	7	0	0	0		
Valdieri/Terme [1410 m]		media	0	9	71	105	79	83	61	60	1	0	0	0	469	
		σ	0	18	37	69	52	47	27	43	3	0	0	0		
Liguri	Roccaforte mondovi' [1761 m]	media	0	10	69	100	68	67	77	77	14	0	0	0	482	
		σ	0	22	36	73	49	46	47	54	17	0	0	0		
	Briga Alta - Piaggia Pian Del Guso [1658 m]	media	0	2	35	73	64	55	37	40	2	0	0	0	308	
		σ	0	4	30	60	54	39	17	32	4	0	0	0		
Appennino	Bosio - Capanne Marcarolo [790 m]	media	0	0	15	34	46	44	16	0	0	0	0	0	155	
		σ	0	0	24	26	36	33	14	0	0	0	0	0		
	Feisoglio - Bric Della Chiesa [774 m]	media	0	0	7	31	32	36	13	0	0	0	0	0	119	
		σ	0	0	10	36	28	33	18	1	0	0	0	0		
	Ponzone - Bric Bertoni [773 m]	media	0	0	13	37	47	47	17	0	0	0	0	0	161	
		σ	0	0	21	34	39	33	19	1	0	0	0	0		
	Priero - Cascina Borgnia [607 m]	media	0	0	11	43	45	47	15	0	0	0	0	0	161	
		σ	0	0	15	44	38	36	22	0	0	0	0	0		
Pianura	Boves - Cascina Borelli [575 m]	media	0	0	8	34	21	36	13	0	0	0	0	0	111	
		σ	0	0	15	24	19	25	27	0	0	0	0	0		
	Bra - Museo Craveri [290 m]	media	0	0	3	10	15	11	6	0	0	0	0	0	45	
		σ	0	0	6	11	18	10	13	1	0	0	0	0		
	Albano Vercellese - Vivaio Forestale [155 m]	media	0	0	1	7	5	8	1	0	0	0	0	0	22	
		σ	0	0	3	9	7	10	2	0	0	0	0	0		

Tab. A6 Quantità media mensile cumulata di precipitazione nevosa (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 2001-2010. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi per ogni stazione.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	1	7	47	98	142	173	188	197	142	35	1	0	86
		σ	2	10	41	57	64	65	55	58	58	39	3	0	
	Toggia [2165 m]	media	1	8	51	100	145	178	195	206	153	44	2	0	90
		σ	2	10	43	53	60	64	53	60	60	45	7	0	
	Alpe Devero [1634 m]	media	0	2	24	62	98	119	119	93	33	1	0	0	46
		σ	0	5	25	36	44	50	55	57	40	5	0	0	
	Agaro [1600 m]	media	0	1	15	42	76	94	86	55	10	0	0	0	32
		σ	0	3	18	29	44	54	49	44	20	1	0	0	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	1	9	50	83	112	133	154	166	126	37	2	0	73
		σ	2	12	48	54	63	79	87	71	74	47	7	0	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	0	12	32	57	71	67	42	6	0	0	0	24
		σ	0	1	15	23	35	47	49	41	15	0	0	0	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	1	8	46	86	128	152	167	174	125	33	2	0	77
		σ	3	12	55	70	88	104	121	97	91	47	9	0	
	Lago Serrù [2283 m]	media	0	6	45	84	116	143	160	166	108	22	1	0	71
		σ	1	9	49	60	65	84	94	88	74	27	3	0	
	Lago Pian Telessio [1940 m]	media	0	2	21	50	82	102	108	92	39	3	0	0	42
		σ	1	4	26	43	61	75	81	63	46	7	0	0	
	Malciaussia [1800 m]	media	0	2	14	34	53	61	55	35	9	0	0	0	22
		σ	1	3	22	39	56	59	53	38	16	1	0	0	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	0	10	31	55	66	55	27	3	0	0	0	21
		σ	0	1	13	28	40	49	44	29	6	0	0	0	
	Rosone [701 m]	media	0	0	0	3	10	11	3	0	0	0	0	0	2
		σ	0	0	2	6	11	15	6	0	0	0	0	0	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	0	2	19	52	94	117	112	76	17	0	0	0	41
		σ	1	5	18	40	68	75	63	52	24	1	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	0	1	8	23	45	50	44	14	1	0	0	0	16
		σ	0	1	9	20	36	34	33	15	2	0	0	0	
	Saretto [1540 m]	media	0	1	10	31	55	62	55	24	1	0	0	0	20
		σ	0	2	12	24	41	45	43	28	2	0	0	0	
Marittime	Lago Piastra [960 m]	media	0	0	3	14	36	41	28	3	0	0	0	0	10
		σ	0	1	4	15	33	40	31	6	0	0	0	0	

Tab. A7 Media mensile dello spessore del manto nevoso (media) nel periodo 1961-2010 e relativa deviazione standard (σ).
 In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi (in cm).

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Formazza - Piano Dei Camosci [2470 m]	media	0	2	62	120	151	180	204	220	199	36	1	0	98
		σ	1	4	57	83	77	83	74	75	79	69	5	0	
	Montcrestese - Diga Larecchio [1860m]	media	0	1	25	83	112	132	128	99	47	2	0	0	52
		σ	0	2	26	52	61	59	63	69	57	5	0	0	
	Baceno - Alpe Devero [1634 m]	media	0	1	17	65	87	101	93	52	13	0	0	0	36
		σ	0	1	17	38	44	47	48	46	22	0	0	0	
Antrona Schieranco - Alpe Cheggio [1479 m]	media	0	0	4	33	50	61	46	12	0	0	0	0	17	
	σ	0	0	3	25	31	38	41	17	0	0	0	0		
Formazza - Bruggi [1220 m]	media	0	0	7	40	64	81	61	10	0	0	0	0	22	
	σ	0	0	11	29	34	43	44	13	0	0	0	0		
Pennine	Macugnaga - Passo Del moro [2823 m]	media	1	1	60	118	152	176	196	232	251	59	21	2	106
		σ	2	2	43	83	93	98	86	101	98	104	62	6	
	Alagna Valsesia - Bocchetta Pisse [2428 m]	media	0	1	46	93	107	122	136	152	130	16	0	0	67
		σ	0	2	41	63	60	53	47	56	69	30	0	0	
	Trivero - Alpe Camparient [1450 m]	media	0	0	5	39	58	75	62	26	3	0	0	0	22
		σ	0	0	7	42	51	57	61	41	6	0	0	0	
Macugnaga - Pecetto [1360 m]	media	0	0	6	40	63	79	56	10	0	0	0	0	21	
	σ	0	0	7	27	36	34	40	12	0	0	0	0		
Piedicavallo - Capoluogo [1090 m]	media	0	0	1	11	21	28	16	1	0	0	0	0	6	
	σ	0	0	1	18	25	31	22	2	0	0	0	0		
Graie	Balme - Rifugio Gastaldi [2672 m]	media	1	1	51	74	82	85	89	123	133	23	1	0	55
		σ	1	1	40	72	85	75	59	81	98	56	4	0	
	Ceresole Reale - Lago Agnel [2300 m]	media	0	1	44	82	89	92	110	127	96	6	0	0	54
		σ	0	2	39	70	76	74	65	79	91	17	0	0	
	Usseglio - Malciaussia [1800 m]	media	0	0	14	38	44	39	35	23	6	0	0	0	17
		σ	0	1	12	42	53	41	31	37	13	0	0	0	
Ceresole Reale - Villa [1583 m]	media	0	0	5	22	32	32	24	6	0	0	0	0	10	
	σ	0	0	6	22	33	28	21	11	1	0	0	0		
Valprato Soana - Piamprato [1558 m]	media	0	0	7	33	50	61	50	18	1	0	0	0	18	
	σ	0	0	10	27	36	32	37	25	3	0	0	0		
Groscaivallo - Forno Alpi Graie [1223 m]	media	0	0	4	22	35	47	33	4	0	0	0	0	12	
	σ	0	0	4	22	36	34	30	5	0	0	0	0		
Colleretto - Santa Elisabetta [1220 m]	media	0	0	1	10	19	26	19	1	0	0	0	0	6	
	σ	0	0	1	14	21	24	19	2	0	0	0	0		
Cozie N	Giaglione - Rifugio Vaccarone [2755 m]	media	0	1	41	52	52	51	53	91	97	7	0	0	37
		σ	1	1	40	55	49	42	41	59	73	18	0	0	
	Bobbio Pellice - Colle Barant [2302 m]	media	0	2	39	66	68	81	87	95	60	4	0	0	42
		σ	0	4	27	45	55	47	45	72	70	8	0	0	
	Sauze D'Oulx - Lago Pilone [2286 m]	media	0	0	27	64	84	98	105	101	45	0	0	0	44
		σ	0	1	23	40	49	47	47	53	42	0	0	0	
	Cesana Torinese - Colle Bercia [2211 m]	media	0	1	29	68	91	105	110	93	28	0	0	0	44
		σ	0	2	25	36	45	41	40	47	32	0	0	0	
	Pragelato - Clot Della Soma [2160 m]	media	0	1	24	58	77	90	91	72	22	0	0	0	36
		σ	0	1	22	39	48	42	37	52	35	0	0	0	
	Sestriere - Principi di Piemonte [2035 m]	media	0	0	18	48	66	78	77	48	7	0	0	0	29
		σ	0	1	15	25	35	32	32	37	14	0	0	0	
Salbertrand - Le Selle [2012 m]	media	0	1	13	40	58	70	73	50	8	0	0	0	26	
	σ	0	1	13	26	36	35	39	38	13	0	0	0		
Sauze di Cesana - Valle Argentera [1882 m]	media	0	1	20	53	76	88	89	55	5	0	0	0	32	
	σ	0	2	17	25	36	35	34	33	9	0	0	0		
Venaus - Barcenisio [1530 m]	media	0	0	5	26	43	56	41	8	0	0	0	0	15	
	σ	0	0	5	23	42	49	41	10	0	0	0	0		

Continua

Segue

Cozie N	Praly - Villa [1375 m]	media	0	0	9	32	52	63	54	17	0	0	0	0	19	
		σ	0	0	13	25	45	45	44	24	1	0	0	0	0	
	Bardonecchia - Prerichard [1338 m]	media	0	0	4	19	29	31	13	0	0	0	0	0	0	8
		σ	0	1	5	14	28	32	18	1	0	0	0	0	0	
	Salbertrand - Graviere [1010 m]	media	0	0	1	12	24	27	12	0	0	0	0	0	0	6
		σ	0	0	2	14	33	36	19	1	0	0	0	0	0	
Cozie S	Sampeyre - Pian Delle Baracche [2144 m]	media	0	1	29	71	92	107	110	100	44	1	0	0	46	
		σ	0	2	22	42	54	51	49	65	53	2	0	0		
	Castelmagno - San magno [1661 m]	media	0	1	15	50	64	75	62	28	4	0	0	0	25	
		σ	0	3	13	28	40	43	40	43	11	0	0	0		
	Pontechianale - Castello [1614 m]	media	0	0	8	28	33	36	25	6	0	0	0	0	11	
		σ	0	1	11	23	30	30	23	6	0	0	0	0		
	Acceglio - Colombata [1610 m]	media	0	1	10	38	51	60	45	11	0	0	0	0	18	
		σ	0	1	11	27	35	36	30	20	1	0	0	0		
	Paesana - Bric Barsaia [1279 m]	media	0	0	6	20	36	46	41	5	0	0	0	0	13	
		σ	0	0	11	25	40	42	37	7	0	0	0	0		
	Marittime	Vinadio - Colle Lombarda [2316 m]	media	0	3	40	90	109	130	142	149	93	5	0	0	63
			σ	1	6	32	51	52	50	49	54	60	10	0	0	
Argentera [1671 m]		media	0	1	14	55	73	84	69	25	3	0	0	0	27	
		σ	0	1	13	35	43	46	41	40	9	0	0	0		
Valdieri/Terme [1410 m]		media	0	1	16	67	98	121	118	53	5	0	0	0	40	
		σ	0	2	15	36	52	52	59	53	15	0	0	0		
Liguri	Roccaforte mondovì [1761 m]	media	0	1	16	52	74	90	97	69	14	0	0	0	34	
		σ	0	3	11	37	52	51	52	52	26	0	0	0		
	Briga Alta - Piaggia Pian Del Guso [1658 m]	media	0	0	4	27	51	67	54	18	1	0	0	0	18	
		σ	0	0	5	31	46	55	51	31	3	0	0	0		
Appennino	Bosio - Capanne Marcarolo [790 m]	media	0	0	1	8	15	14	7	0	0	0	0	0	4	
		σ	0	0	2	12	16	18	9	0	0	0	0	0		
	Feisoglio - Bric Della Chiesa [774 m]	media	0	0	0	5	9	10	2	0	0	0	0	0	2	
		σ	0	0	1	8	13	12	3	0	0	0	0	0		
	Ponzone - Bric Berton [773 m]	media	0	0	1	8	17	18	7	0	0	0	0	0	4	
		σ	0	0	2	15	20	20	7	0	0	0	0	0		
	Priero - Cascina Borgnia [607 m]	media	0	0	1	9	17	18	5	0	0	0	0	0	4	
		σ	0	0	1	16	20	20	7	0	0	0	0	0		
Pianura	Boves - Cascina Borelli [575 m]	media	0	0	1	9	19	20	8	0	0	0	0	0	5	
		σ	0	0	2	10	18	23	14	0	0	0	0	0		
	Bra - Museo Craveri [290 m]	media	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	
		σ	0	0	1	2	5	1	1	0	0	0	0	0		
	Albano Vercellese - Vivaio Forestale [155 m]	media	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
		σ	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0		

Tab. A8 Media mensile altezza manto nevoso (media) e relativa deviazione standard (σ) della neve al suolo espressa in cm per le stazioni automatiche analizzate. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi per ogni stazione.

Settore	Stazione		gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	8	7	7	7	4	1	0	0	1	4	9	8	56
		σ	3	3	3	4	3	1	0	0	2	3	4	3	
	Toggia [2165 m]	media	9	8	8	8	4	1	0	0	1	4	9	9	61
		σ	4	3	4	4	3	1	0	0	2	3	4	4	
	Alpe Devero [1634 m]	media	7	7	6	5	1	0	0	0	0	1	6	7	40
		σ	3	3	3	3	2	0	0	0	0	1	3	3	
	Agaro [1600 m]	media	7	6	5	4	1	0	0	0	0	1	5	6	35
		σ	3	3	3	3	1	0	0	0	0	1	3	3	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	6	6	7	7	4	1	0	0	1	4	7	6	49
		σ	3	3	4	4	3	1	0	0	2	3	3	3	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	5	5	4	4	1	0	0	0	0	1	4	5	29
		σ	3	3	3	3	1	0	0	0	0	1	2	2	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	6	7	7	8	4	1	0	0	1	3	6	7	50
		σ	3	3	3	3	3	1	0	0	2	3	3	4	
	Lago Serrù [2283 m]	media	6	5	6	6	3	1	0	0	0	3	6	6	42
		σ	3	3	3	3	2	1	0	0	1	3	3	3	
	Lago Pian Telesio [1940 m]	media	6	6	6	6	2	0	0	0	0	1	5	6	38
		σ	3	3	3	3	2	0	0	0	1	2	3	3	
	Malciaussia [1800 m]	media	7	6	6	6	2	0	0	0	0	2	5	7	41
		σ	4	3	3	3	2	1	0	0	1	2	3	4	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	5	4	4	3	1	0	0	0	0	1	4	5	27
		σ	3	3	2	2	1	0	0	0	0	1	2	3	
	Rosone [701 m]	media	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	10
		σ	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	7	7	6	5	1	0	0	0	0	1	6	7	40
		σ	4	3	3	3	2	0	0	0	1	2	3	3	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	5	5	5	4	1	0	0	0	0	1	4	5	30
		σ	3	3	3	2	1	0	0	0	0	1	2	3	
	Saretto [1540 m]	media	6	6	5	4	1	0	0	0	0	1	4	6	33
		σ	3	3	3	2	1	0	0	0	0	1	2	3	
Marittime	Lago Piastra [960 m]	media	4	4	3	2	0	0	0	0	0	0	2	4	19
		σ	3	2	2	2	0	0	0	0	0	1	2	2	

Tab. A9 Numero medio di giorni nevosi (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 1961-2010. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Formazza - Piano Dei Camosci [2470 m]	media	0	1	12	11	10	9	12	10	7	2	0	0	75
		σ	1	2	4	4	3	3	6	4	4	3	1	1	
	Montcrestese - Diga Larecchio [1860m]	media	0	1	9	9	7	6	7	7	3	1	0	0	50
		σ	0	1	5	6	4	3	3	3	3	4	0	0	
	Baceno - Alpe Devero [1634 m]	media	0	0	7	9	8	7	8	6	1	1	0	0	47
		σ	0	1	4	4	4	3	4	3	1	2	0	0	
Antrona Schieranco - Alpe Cheggio [1479 m]	media	0	0	4	8	6	5	5	4	0	0	0	0	33	
	σ	0	1	2	4	3	2	2	2	1	0	0	0		
Formazza - Bruggi [1220 m]	media	0	0	4	7	6	6	4	3	0	0	0	0	31	
	σ	0	1	2	4	3	2	2	2	0	0	0	0		
Pennine	Macugnaga - Passo Del moro [2823 m]	media	1	2	12	10	10	8	11	10	11	2	0	0	76
		σ	2	2	3	4	3	3	4	3	3	3	1	1	
	Alagna Valsesia - Bocchetta Pisse [2428 m]	media	1	1	10	10	7	8	11	10	7	0	0	0	64
		σ	1	2	3	4	4	3	3	3	3	1	0	0	
	Trivero - Alpe Camparient [1450 m]	media	0	0	3	6	5	5	5	4	0	0	0	0	29
		σ	0	1	2	3	3	2	3	2	0	0	0	0	
Macugnaga - Pecetto [1360 m]	media	0	0	5	7	6	6	5	3	0	0	0	0	32	
	σ	0	1	3	3	3	2	3	2	1	0	0	0		
Piedicavallo - Capoluogo [1090 m]	media	0	0	2	4	5	4	3	1	0	0	0	0	18	
	σ	0	0	2	3	3	2	2	1	0	0	0	0		
Graie	Balme - Rifugio Gastaldi [2672 m]	media	1	2	10	9	9	7	11	11	9	1	0	0	69
		σ	2	2	3	5	4	3	5	4	3	1	1	0	
	Ceresole Reale - Lago Agnel [2300 m]	media	1	1	10	10	8	7	10	10	6	0	0	0	62
		σ	1	1	2	3	3	3	4	5	3	0	0	0	
	Usseglio - Malciaussia [1800 m]	media	0	1	6	8	6	5	7	7	1	0	0	0	41
		σ	0	1	2	4	4	3	3	4	2	0	0	0	
Ceresole Reale - Villa [1583 m]	media	0	0	5	7	6	6	6	4	1	0	0	0	34	
	σ	0	1	2	3	3	3	3	3	1	0	0	0		
Valprato Soana - Piamprato [1558 m]	media	0	0	5	7	5	5	5	4	0	0	0	0	32	
	σ	0	1	3	3	3	3	2	2	0	0	0	0		
Groscauallo - Forno Alpi Graie [1223 m]	media	0	0	4	6	6	6	4	3	0	0	0	0	28	
	σ	0	0	2	3	4	3	2	2	0	0	0	0		
Colleretto - Santa Elisabetta [1220 m]	media	0	0	3	5	5	4	3	2	0	0	0	0	22	
	σ	0	1	2	3	3	3	2	1	1	0	0	0		
Cozie N	Giaglione - Rifugio Vaccarone [2755 m]	media	1	2	10	9	7	7	10	11	8	1	0	0	64
		σ	1	4	2	4	4	3	3	3	3	1	0	0	
	Bobbio Pellice - Colle Barant [2302 m]	media	1	2	10	10	9	7	10	11	6	0	0	0	66
		σ	1	3	4	5	5	5	4	7	4	1	0	0	
	Sauze D'Oulx - Lago Pilone [2286 m]	media	0	1	8	8	7	6	9	9	5	0	0	0	53
		σ	1	2	3	3	4	3	3	4	3	0	0	0	
Cesana Torinese - Colle Bercia [2211 m]	media	1	1	8	8	8	7	9	8	3	0	0	0	53	
	σ	1	2	2	3	4	3	3	3	2	0	0	0		
Pragelato - Clot Della Soma [2160 m]	media	0	1	7	8	7	7	8	9	3	0	0	0	49	
	σ	1	1	2	3	4	2	3	4	2	0	0	0		
Sestriere - Principi di Piemonte [2035 m]	media	0	1	7	7	7	6	7	7	2	0	0	0	44	
	σ	0	2	2	3	5	2	2	3	2	0	0	0		
Salbertrand - Le Selle [2012 m]	media	0	1	6	8	7	6	8	7	1	0	0	0	43	
	σ	1	1	2	3	3	3	3	3	1	0	0	0		
Sauze di Cesana - Valle Argentera [1882 m]	media	0	1	7	8	7	6	7	7	1	0	0	0	42	
	σ	0	1	2	3	3	3	2	3	1	0	0	0		
Venaus - Barcenisio [1530 m]	media	0	0	5	7	6	5	5	3	0	0	0	0	32	
	σ	0	0	1	3	3	3	2	2	0	0	0	0		

Continua

Segue

Cozie N	Praly - Villa [1375 m]	media	0	0	4	7	6	5	5	4	0	0	0	0	30	
		σ	0	0	2	4	4	3	2	3	0	0	0	0		
	Bardonecchia - Prerichard [1338 m]	media	0	0	4	6	6	5	3	2	0	0	0	0	26	
		σ	0	0	2	2	3	3	2	2	0	0	0	0		
	Salbertrand - Graviere [1010 m]	media	0	0	2	5	6	4	3	1	0	0	0	0	20	
		σ	0	0	1	3	4	4	2	1	0	0	0	0		
Cozie S	Sampyre - Pian Delle Baracche [2144 m]	media	1	1	8	8	8	6	8	8	3	0	0	0	50	
		σ	1	2	4	3	3	2	3	4	2	1	0	0		
	Castelmagno - San magno [1661 m]	media	0	1	7	9	7	5	6	6	1	0	0	0	43	
		σ	0	2	4	4	5	3	2	4	1	1	0	0		
	Pontechianale - Castello [1614 m]	media	0	0	4	7	6	6	6	6	0	0	0	0	35	
		σ	0	1	2	3	3	3	2	4	0	0	0	0		
	Acceglio - Colombata [1610 m]	media	0	1	6	7	6	6	5	5	0	0	0	0	36	
		σ	0	1	2	3	3	3	2	3	0	0	0	0		
	Paesana - Bric Barsaia [1279 m]	media	0	0	3	6	5	4	4	2	0	0	0	0	24	
		σ	0	0	1	3	3	2	3	2	0	0	0	0		
	Marittime	Vinadio - Colle Lombarda [2316 m]	media	0	1	9	10	7	6	9	9	5	1	0	0	59
			σ	1	3	3	5	3	2	2	3	3	3	1	0	
Argentera [1671 m]		media	0	1	6	8	7	6	6	6	1	0	0	0	40	
		σ	0	1	2	3	3	3	3	4	1	0	0	0		
Valdieri/Terne [1410 m]		media	0	1	5	8	5	5	5	5	0	0	0	0	34	
		σ	0	1	2	3	3	2	3	3	1	0	0	0		
Liguri	Roccaforte mondovi' [1761 m]	media	0	1	7	7	6	6	6	7	2	0	0	0	41	
		σ	0	2	3	3	2	2	2	4	2	0	0	0		
	Briga Alta - Piaggia Pian Del Guso [1658 m]	media	0	0	4	6	6	5	5	5	0	0	0	0	31	
		σ	0	0	2	3	3	3	3	3	1	0	0	0		
Appennino	Bosio - Capanne Marcarolo [790 m]	media	0	0	2	4	4	3	2	0	0	0	0	0	16	
		σ	0	0	2	2	3	3	2	0	0	0	0	0		
	Feisoglio - Bric Della Chiesa [774 m]	media	0	0	1	3	4	3	2	0	0	0	0	0	14	
		σ	0	0	1	2	3	3	1	0	0	0	0	0		
	Ponzone - Bric Berton [773 m]	media	0	0	1	4	4	4	2	0	0	0	0	0	15	
		σ	0	0	2	3	3	3	2	0	0	0	0	0		
	Priero - Cascina Borgnia [607 m]	media	0	0	2	3	4	3	2	0	0	0	0	0	14	
		σ	0	0	2	3	3	2	1	0	0	0	0	0		
Pianura	Boves - Cascina Borelli [575 m]	media	0	0	2	3	3	3	2	0	0	0	0	0	13	
		σ	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0		
	Bra - Museo Craveri [290 m]	media	0	0	1	2	3	1	1	0	0	0	0	0	8	
		σ	0	0	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0		
	Albano Vercellese - Vivaio Forestale [155 m]	media	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5	
		σ	0	0	2	2	1	2	1	0	0	0	0	0		

Tab. A10 Numero medio di giorni nevosi (media) e relativa deviazione standard (σ) dal 2001 al 2010. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	2	11	25	31	31	28	31	30	31	16	1	0	237
		σ	4	9	7	0	0	1	0	0	2	9	3	0	
	Toggia [2165 m]	media	2	11	25	31	31	28	31	30	31	17	2	0	239
		σ	4	9	7	1	0	0	0	0	2	10	4	1	
	Alpe Devero [1634 m]	media	0	3	18	28	31	28	31	27	16	1	0	0	183
		σ	1	6	10	7	1	1	1	7	11	3	0	0	
	Agaro [1600 m]	media	0	2	14	28	30	27	31	26	9	0	0	0	167
		σ	1	4	9	7	5	4	1	8	10	1	0	0	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	2	12	24	30	31	28	31	30	30	16	2	0	236
		σ	4	9	8	2	2	3	0	0	2	10	5	0	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	1	13	27	30	27	28	23	6	0	0	0	155
		σ	0	3	8	8	5	5	6	9	8	0	0	0	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	2	11	24	31	31	28	31	30	30	16	2	0	236
		σ	4	10	8	2	1	1	0	0	2	11	6	0	
	Lago Serrù [2283 m]	media	1	9	24	31	31	28	31	30	29	14	1	0	229
		σ	2	10	9	0	0	0	0	5	11	4	0	0	
	Lago Pian Telessio [1940 m]	media	0	4	18	29	30	28	31	29	18	3	0	0	190
		σ	2	6	9	4	4	3	2	2	11	5	0	0	
	Malciaussia [1800 m]	media	0	4	15	25	27	24	26	20	8	1	0	0	150
		σ	2	4	10	8	8	7	9	9	9	2	0	0	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	2	13	26	29	27	27	18	3	0	0	0	145
		σ	1	3	9	8	6	5	7	10	5	0	0	0	
	Rosone [701 m]	media	0	0	2	9	20	16	7	0	0	0	0	0	54
		σ	0	0	3	9	12	11	7	1	0	0	0	0	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	0	4	18	29	31	28	31	29	13	0	0	0	183
		σ	1	6	9	5	0	0	0	4	9	2	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	0	2	13	25	27	25	25	15	2	0	0	0	134
		σ	0	3	9	8	8	7	9	9	3	1	0	0	
	Saretto [1540 m]	media	0	2	13	26	27	26	27	17	2	0	0	0	140
		σ	1	3	9	8	8	7	8	11	4	1	0	0	
Marittime	Lago Piastra [960 m]	media	0	1	7	19	25	22	18	5	0	0	0	97	
		σ	0	1	7	9	9	9	11	6	1	0	0	0	

Tab. A11 Numero medio di giorni con copertura nevosa (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 1961-2010. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno	
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ
Lepontine	Formazza - Piano Dei Camosci [2470 m]	media	1	3	27	31	31	28	31	30	31	8	2	0	223	
		σ	2	6	6	0	0	0	0	0	0	0	13	5	1	
	Montcrestese - Diga Larecchio [1860 m]	media	0	1	17	28	31	28	31	28	31	17	2	0	0	184
		σ	0	2	10	9	0	0	0	0	4	12	6	0	0	
	Baceno - Alpe Devero [1634 m]	media	0	1	16	28	31	28	31	23	8	8	1	0	0	166
		σ	0	1	11	7	0	2	0	8	8	2	0	0	0	
Antrona Schieranco - Alpe Cheggio [1479 m]	media	0	0	9	29	31	28	25	13	1	0	0	0	0	134	
	σ	0	1	4	4	1	2	8	9	1	0	0	0	0		
Formazza - Bruggi [1220 m]	media	0	1	11	29	31	28	26	11	1	0	0	0	0	137	
	σ	0	1	9	5	0	0	9	10	2	0	0	0	0		
Pennine	Macugnaga - Passo Del moro [2823 m]	media	3	2	29	31	31	28	31	30	31	9	4	1	231	
		σ	5	4	3	0	0	0	0	0	0	0	14	10	3	
	Alagna Valsesia - Bocchetta Pisse [2428 m]	media	1	3	25	31	31	28	31	30	30	7	0	0	217	
		σ	2	5	7	0	0	0	0	0	1	11	0	0		
	Trivero - Alpe Camparient [1450 m]	media	0	0	7	27	31	28	24	14	3	0	0	0	134	
		σ	0	1	7	6	1	1	8	11	5	0	0	0		
	Macugnaga - Pecetto [1360 m]	media	0	0	12	29	30	28	25	11	1	0	0	0	136	
		σ	0	1	9	4	2	0	8	8	1	0	0	0		
	Piedicavallo - Capoluogo [1090 m]	media	0	0	6	16	26	22	14	2	0	0	0	0	85	
		σ	0	0	8	12	8	8	11	4	0	0	0	0		
Graie	Balme - Rifugio Gastaldi [2672 m]	media	2	2	27	31	30	26	31	30	30	7	1	0	217	
		σ	4	3	4	0	3	7	2	0	2	12	4	0		
	Ceresole Reale - Lago Agnel [2300 m]	media	1	2	26	30	31	28	31	30	25	2	0	0	207	
		σ	1	4	6	2	0	0	0	1	6	6	0	0		
	Usseglio - Malciaussia [1800 m]	media	0	1	20	27	24	23	24	16	5	0	0	0	140	
		σ	0	2	7	6	11	8	9	9	6	0	0	0		
	Ceresole Reale - Villa [1583 m]	media	0	1	13	26	26	26	21	10	1	0	0	0	123	
		σ	0	1	7	10	9	5	10	8	2	0	0	0		
	Valprato Soana - Piamprato [1558 m]	media	0	0	13	29	31	28	27	14	1	0	0	0	143	
		σ	0	1	7	4	0	0	6	10	3	0	0	0		
	Groscaivallo - Forno Alpi Graie [1223 m]	media	0	0	10	26	30	28	23	8	0	0	0	0	124	
		σ	0	1	6	6	2	2	7	6	0	0	0	0		
	Colleretto - Santa Elisabetta [1220 m]	media	0	0	6	18	23	21	19	4	0	0	0	0	90	
		σ	0	1	4	9	10	10	11	3	0	0	0	0		
Cozie N	Giaglione - Rifugio Vaccarone [2755 m]	media	1	2	26	26	24	21	28	30	28	4	0	0	190	
		σ	3	4	6	6	11	10	6	1	7	7	1	0		
	Bobbio Pellice - Colle Barant [2302 m]	media	1	4	25	31	31	28	31	30	21	2	0	0	205	
		σ	2	6	6	0	0	0	0	1	9	5	0	0		
	Sauze D'Oulx - Lago Pilone [2286 m]	media	0	1	25	31	31	28	31	30	21	1	0	0	199	
		σ	1	2	5	0	0	0	0	1	10	1	0	0		
	Cesana Torinese - Colle Bercia [2211 m]	media	1	2	25	31	31	28	31	30	16	0	0	0	196	
		σ	1	4	6	0	0	0	0	1	9	0	0	0		
	Pragelato - Clot Della Soma [2160 m]	media	0	2	23	31	31	28	31	29	13	0	0	0	188	
		σ	1	3	7	2	0	0	0	3	10	1	0	0		
	Sestriere - Principi di Piemonte [2035 m]	media	0	2	24	31	31	28	31	26	7	0	0	0	178	
		σ	0	3	7	1	0	0	2	4	6	0	0	0		
	Salbertrand - Le Selle [2012 m]	media	0	1	17	31	31	28	30	26	7	0	0	0	172	
		σ	1	2	8	2	0	0	3	5	7	0	0	0		
	Sauze di Cesana - Valle Argentera [1882 m]	media	0	3	24	31	31	28	31	27	5	0	0	0	179	
		σ	0	5	7	0	0	0	0	4	6	0	0	0		
Venaus - Barcenisio [1530 m]	media	0	0	13	28	27	27	21	10	0	0	0	0	127		
	σ	0	1	7	5	9	3	9	8	0	0	0	0			

Continua

Segue

Cozie N	Praly - Villa [1375 m]	media	0	0	14	30	30	27	24	13	1	0	0	0	138	
		σ	0	1	9	3	4	4	10	10	1	0	0	0		
	Bardonecchia - Prerichard [1338 m]	media	0	0	8	26	24	24	14	2	0	0	0	0	98	
		σ	0	1	7	9	12	6	10	2	0	0	0	0		
	Salbertrand - Graviere [1010 m]	media	0	0	4	19	23	19	12	1	0	0	0	0	77	
		σ	0	0	3	10	11	10	9	1	0	0	0	0		
Cozie S	Sampeyre - Pian Delle Baracche [2144 m]	media	1	2	24	31	31	28	31	29	18	1	0	0	195	
		σ	2	3	7	2	0	0	0	2	11	2	0	0		
	Castelmagno - San magno [1661 m]	media	0	2	20	30	30	28	27	16	3	0	0	0	157	
		σ	1	5	8	2	3	0	5	10	5	1	0	0		
	Pontechianale - Castello [1614 m]	media	0	1	13	29	26	25	21	11	0	0	0	0	125	
		σ	0	2	9	5	11	5	8	7	1	0	0	0		
	Acceglio - Colombata [1610 m]	media	0	1	14	30	27	27	26	12	1	0	0	0	138	
		σ	0	3	9	3	8	3	8	9	2	0	0	0		
	Paesana - Bric Barsaia [1279 m]	media	0	0	10	24	27	25	22	8	0	0	0	0	116	
		σ	0	1	8	8	8	7	9	6	0	0	0	0		
	Marittime	Vinadio - Colle Lombarda [2316 m]	media	1	3	27	31	31	28	31	30	27	4	0	0	212
			σ	2	6	4	0	0	0	0	0	6	7	1	0	
Argentera [1671 m]		media	0	1	16	30	31	28	27	16	3	0	0	0	152	
		σ	0	3	9	2	1	1	7	9	5	0	0	0		
Valdieri/Terme [1410 m]		media	0	2	16	30	31	28	29	22	3	0	0	0	161	
		σ	0	4	11	3	0	0	5	8	6	0	0	0		
Liguri	Roccaforte mondovi' [1761 m]	media	0	2	22	29	31	28	30	25	8	0	0	0	175	
		σ	0	5	7	4	0	0	2	9	8	0	0	0		
	Briga Alta - Piaggia Pian Del Guso [1658 m]	media	0	0	8	27	28	28	26	15	1	0	0	0	133	
		σ	0	1	5	6	7	1	7	9	2	0	0	0		
Appennino	Bosio - Capanne Marcarolo [790 m]	media	0	0	2	15	18	12	7	0	0	0	0	54		
		σ	0	0	2	12	12	11	8	0	0	0	0	0		
	Feisoglio - Bric Della Chiesa [774 m]	media	0	0	2	12	14	12	7	0	0	0	0	47		
		σ	0	0	3	11	12	10	6	0	0	0	0	0		
	Ponzone - Bric Berton [773 m]	media	0	0	2	12	19	15	8	0	0	0	0	55		
		σ	0	0	3	12	12	11	7	1	0	0	0	0		
	Priero - Cascina Borgnia [607 m]	media	0	0	4	13	20	15	8	0	0	0	0	60		
		σ	0	0	8	11	12	11	7	0	0	0	0	0		
Pianura	Boves - Cascina Borelli [575 m]	media	0	0	5	15	26	20	9	0	0	0	0	74		
		σ	0	0	8	11	10	10	9	0	0	0	0	0		
	Bra - Museo Craveri [290 m]	media	0	0	2	5	9	4	1	0	0	0	0	21		
		σ	0	0	4	7	11	4	3	0	0	0	0	0		
	Albano Vercellese - Vivaio Forestale [155 m]	media	0	0	3	4	4	4	1	0	0	0	0	16		
		σ	0	0	8	6	6	6	1	0	0	0	0	0		

Tab. A12 Numero medio di giorni con copertura nevosa (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 2001-2010. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi stagionali.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	6	27	90	138	181	210	229	245	199	85	5	0	245
		σ	11	28	61	71	67	75	68	72	67	58	14	1	
	Toggia [2165 m]	media	6	30	99	146	188	224	239	256	210	95	9	1	256
		σ	11	29	64	66	66	75	63	76	69	64	23	2	
	Alpe Devero [1634 m]	media	1	11	62	101	134	155	160	140	72	6	0	0	160
		σ	5	17	44	51	54	60	70	71	58	19	0	0	
	Agaro [1600 m]	media	1	8	46	77	110	127	126	95	29	1	0	0	127
		σ	2	14	38	46	55	64	64	58	36	5	0	0	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	7	33	94	123	148	176	201	229	185	77	10	0	229
		σ	12	33	67	65	67	103	108	86	88	65	25	2	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	5	38	62	89	103	107	82	21	0	0	0	107
		σ	2	10	32	40	46	61	67	53	34	0	0	0	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	5	30	83	126	168	197	221	233	190	73	9	0	233
		σ	9	37	72	85	97	126	144	117	108	76	23	0	
	Lago Serrù [2283 m]	media	4	26	81	121	157	187	205	228	174	53	3	0	228
		σ	8	36	66	75	79	106	110	105	94	51	10	0	
	Lago Pian Telesio [1940 m]	media	1	12	50	86	118	143	157	145	85	12	0	0	157
		σ	5	18	42	61	73	96	105	83	66	25	0	0	
	Malciaussia [1800 m]	media	1	12	41	66	84	95	96	78	36	2	0	0	96
		σ	6	19	38	62	66	78	78	57	41	8	0	0	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	4	31	59	86	100	91	61	14	0	0	0	100
		σ	2	7	29	48	55	69	61	46	24	2	0	0	
	Rosone [701 m]	media	0	0	3	13	24	26	14	1	0	0	0	0	26
		σ	0	0	8	15	24	25	16	3	3	0	0	0	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	2	10	45	86	125	147	143	112	50	1	0	0	147
		σ	9	13	36	54	78	87	69	66	43	5	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	1	8	28	51	70	78	78	46	7	1	0	0	78
		σ	3	10	22	38	46	47	48	31	13	4	0	0	
	Saretto [1540 m]	media	0	10	33	68	89	96	90	58	9	1	0	0	96
		σ	2	13	23	48	58	59	54	44	14	3	0	0	
Marittime	Lago Piastra [960 m]	media	0	3	19	45	69	73	61	19	1	0	0	0	73
		σ	0	8	19	36	49	55	47	23	4	0	0	0	

Tab. A13 Media dello spessore massimo del manto nevoso (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 1961-2010 delle SNT. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi stagionali.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	totale
Lepontine	Formazza - Piano Dei Camosci [2470 m]	media	4	17	115	158	179	214	233	259	254	56	8	1	259
		σ	7	34	99	89	76	85	72	90	96	96	26	3	
	Montcrestese - Diga Larecchio [1860 m]	media	0	10	70	121	144	167	163	142	91	7	0	0	167
		σ	0	17	51	66	57	67	75	79	82	22	0	0	
	Baceno - Alpe Devero [1634 m]	media	0	9	55	102	112	136	130	82	38	0	0	0	136
		σ	0	16	39	49	44	57	60	49	51	0	0	0	
	Antrona Schieranco - Alpe Cheggio [1479 m]	media	0	4	32	65	78	93	80	40	4	0	0	0	93
		σ	0	10	21	43	31	52	53	31	8	0	0	0	
	Formazza - Bruggi [1220 m]	media	0	5	31	69	91	110	97	34	2	0	0	0	110
		σ	0	9	26	51	38	56	61	32	4	0	0	0	
Pennine	Macugnaga - Passo Del moro [2823 m]	media	8	13	110	160	193	211	237	278	300	78	40	12	300
		σ	14	25	79	104	94	97	91	122	112	133	89	31	
	Alagna Valsesia - Bocchetta Pisse [2428 m]	media	3	12	92	133	141	160	167	197	186	39	0	0	197
		σ	4	20	68	86	58	56	51	82	83	68	0	0	
	Trivero - Alpe Camparient [1450 m]	media	0	2	32	68	84	109	98	55	15	0	0	0	109
		σ	0	5	26	62	56	70	71	54	29	0	0	0	
	Macugnaga - Pecetto [1360 m]	media	0	3	31	69	88	112	94	44	3	0	0	0	112
		σ	0	8	23	50	32	46	47	29	6	0	0	0	
	Piedicavallo - Capoluogo [1090 m]	media	0	0	10	26	37	55	39	6	0	0	0	0	55
		σ	0	1	14	29	30	36	33	16	0	0	0	0	
Graie	Balme - Rifugio Gastaldi [2672 m]	media	7	9	103	112	118	132	128	178	189	43	8	0	189
		σ	14	15	61	97	91	92	62	111	117	90	23	0	
	Ceresole Reale - Lago Agnel [2300 m]	media	1	10	86	124	124	133	142	168	159	19	0	0	168
		σ	3	16	58	93	79	90	69	92	109	49	0	1	
	Usseglio - Malciaussia [1800 m]	media	0	4	45	77	73	73	68	59	27	0	0	0	77
		σ	0	7	32	85	61	55	39	50	44	0	0	0	
	Ceresole Reale - Villa [1583 m]	media	0	2	25	45	50	58	50	25	5	0	0	0	58
		σ	0	4	20	44	35	41	33	21	8	0	0	0	
	Valprato Soana - Piamprato [1558 m]	media	0	2	30	52	67	92	80	44	8	0	0	0	92
		σ	0	5	29	46	37	46	42	34	19	0	0	0	
Groscauallo - Forno Alpi Graie [1223 m]	media	0	1	25	40	57	77	64	23	0	0	0	0	77	
	σ	0	2	27	33	41	37	40	19	0	0	0	0		
Colleretto - Santa Elisabetta [1220 m]	media	0	1	11	24	35	50	40	14	0	0	0	0	50	
	σ	0	1	11	19	23	27	29	16	0	0	0	0		
Cozie N	Giaglione - Rifugio Vaccarone [2755 m]	media	4	10	83	97	84	90	90	135	143	22	0	0	143
		σ	8	15	55	86	55	54	39	83	87	46	1	0	
	Bobbio Pellice - Colle Barant [2302 m]	media	2	9	69	98	89	112	114	130	107	16	0	0	130
		σ	4	17	35	60	68	47	50	89	90	35	0	0	
	Sauze D'Oulx - Lago Pilone [2286 m]	media	2	5	57	93	104	118	129	133	94	4	1	0	133
		σ	5	8	35	62	52	52	48	56	59	8	3	0	
	Cesana Torinese - Colle Bercia [2211 m]	media	1	8	61	99	113	130	136	129	72	0	0	0	136
		σ	4	13	35	54	50	46	41	49	58	0	0	0	
	Pragelato - Clot Della Soma [2160 m]	media	0	5	55	86	99	114	121	109	62	1	1	0	121
		σ	1	7	37	63	54	44	35	57	60	2	2	0	
	Sestriere - Principi di Piemonte [2035 m]	media	1	4	43	71	83	95	101	81	32	0	0	0	101
		σ	1	7	28	42	40	33	31	44	37	0	0	0	
	Salbertrand - Le Selle [2012 m]	media	0	7	33	66	77	91	97	80	32	0	0	0	97
		σ	1	10	20	42	42	39	39	41	36	0	0	0	
Sauze di Cesana - Valle Argentera [1882 m]	media	0	5	45	81	95	105	114	91	26	0	0	0	114	
	σ	0	8	28	45	43	37	36	39	31	0	0	0		
Venaus - Barcenisio [1530 m]	media	0	2	25	48	66	83	75	36	2	0	0	0	83	
	σ	0	5	18	40	49	55	46	25	4	0	0	0		

Continua

Segue

Cozie N	Praly - Villa [1375 m]	media	0	1	32	53	75	94	91	43	5	0	0	0	94	
		σ	0	2	29	42	52	50	50	36	10	1	0	0		
	Bardonecchia - Prerichard [1338 m]	media	0	2	26	40	47	50	36	6	0	0	0	0	50	
		σ	0	6	24	31	33	39	29	6	1	0	0	0		
	Salbertrand - Graviere [1010 m]	media	0	0	15	29	42	50	33	6	0	0	0	0	50	
		σ	0	1	21	26	39	42	34	8	0	0	0	0		
Cozie S	Sampyre - Pian Delle Baracche [2144 m]	media	1	7	59	98	113	136	139	135	88	6	0	0	139	
		σ	2	14	35	60	60	55	50	70	75	14	0	0		
	Castelmagno - San magno [1661 m]	media	0	9	42	80	94	113	108	58	17	2	0	0	113	
		σ	1	17	21	43	46	51	43	50	39	5	0	0		
	Pontechianale - Castello [1614 m]	media	0	4	33	56	55	61	60	25	0	0	0	0	61	
		σ	0	9	26	48	35	37	31	19	1	0	0	0		
	Acceglio - Colombata [1610 m]	media	0	6	36	64	77	88	83	35	4	0	0	0	88	
		σ	0	10	23	49	44	45	31	33	10	0	0	0		
	Paesana - Bric Barsaia [1279 m]	media	0	1	23	43	56	80	74	23	0	0	0	0	80	
		σ	0	3	26	38	47	48	46	22	0	0	0	0		
	Marittime	Vinadio - Colle Lombarda [2316 m]	media	2	12	76	121	134	152	162	179	143	19	0	0	179
			σ	6	23	42	65	53	51	49	61	68	38	0	0	
Argentera [1671 m]		media	0	6	44	85	100	112	108	58	14	0	0	0	112	
		σ	0	11	27	55	49	57	39	51	34	0	0	0		
Valdieri/Terne [1410 m]		media	0	7	49	103	132	159	161	99	18	0	0	0	161	
		σ	0	14	26	55	60	64	63	57	46	0	0	0		
Liguri	Roccaforte mondovi' [1761 m]	media	0	6	43	86	106	126	138	104	46	0	0	0	138	
		σ	0	10	25	56	66	51	57	59	60	0	0	0		
	Briga Alta - Piaggia Pian Del Guso [1658 m]	media	0	2	20	61	87	94	82	44	6	0	0	0	94	
		σ	0	4	18	53	61	61	54	40	17	0	0	0		
Appennino	Bosio - Capanne Marcarolo [790 m]	media	0	0	13	28	38	44	25	0	0	0	0	0	44	
		σ	0	0	19	24	30	31	24	0	0	0	0	0		
	Feisoglio - Bric Della Chiesa [774 m]	media	0	0	5	21	24	31	14	0	0	0	0	0	31	
		σ	0	0	8	23	22	23	13	1	0	0	0	0		
	Ponzone - Bric Berton [773 m]	media	0	0	11	28	39	45	25	0	0	0	0	0	45	
		σ	0	0	20	27	34	33	20	1	0	0	0	0		
	Priero - Cascina Borgnia [607 m]	media	0	0	8	32	38	46	24	0	0	0	0	0	46	
		σ	0	0	12	34	32	30	24	0	0	0	0	0		
Pianura	Boves - Cascina Borelli [575 m]	media	0	0	5	25	27	38	26	0	0	0	0	0	38	
		σ	0	0	9	16	24	28	32	0	0	0	0	0		
	Bra - Museo Craveri [290 m]	media	0	0	3	7	9	9	4	1	0	0	0	0	9	
		σ	0	0	6	6	11	8	9	3	0	0	0	0		
	Albano Vercellese - Vivaio Forestale [155 m]	media	0	0	1	6	5	6	2	0	0	0	0	0	6	
		σ	0	0	1	7	7	7	3	1	0	0	0	0		

Tab. A14 Media dello spessore massimo del manto nevoso (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo 2001-2010 delle SNA. In rosso grassetto sono evidenziati i valori massimi stagionali.

Fascia	Quota media stazioni	Mese	Probabilità %					HS media	Numero stazioni/ quota
			1 cm	10 cm	25 cm	50 cm	100 cm		
500	466 m	gennaio	70	38	16	2	0	10	5 < 750 m
		febbraio	65	37	19	3	0	10	
		marzo	46	17	2	0	0	3	
		aprile	0	0	0	0	0	0	
		maggio	0	0	0	0	0	0	
		giugno	0	0	0	0	0	0	
		luglio	0	0	0	0	0	0	
		agosto	0	0	0	0	0	0	
		settembre	0	0	0	0	0	0	
		ottobre	0	0	0	0	0	0	
		novembre	28	0	0	0	0	0	
		dicembre	62	21	4	0	0	5	
1000	1010 m	gennaio	82	69	46	20	2	27	9 > 751 m < 1250 m
		febbraio	83	72	51	26	5	32	
		marzo	79	54	32	14	2	21	
		aprile	36	8	2	0	0	2	
		maggio	0	0	0	0	0	0	
		giugno	0	0	0	0	0	0	
		luglio	0	0	0	0	0	0	
		agosto	0	0	0	0	0	0	
		settembre	0	0	0	0	0	0	
		ottobre	2	0	0	0	0	0	
		novembre	54	5	1	0	0	2	
		dicembre	77	55	24	6	0	15	
1500	1530 m	gennaio	91	86	77	55	16	57	22 > 1250 m < 1750
		febbraio	93	89	81	63	25	69	
		marzo	90	85	73	52	19	58	
		aprile	75	58	38	20	5	25	
		maggio	39	15	6	2	0	4	
		giugno	3	0	0	0	0	0	
		luglio	0	0	0	0	0	0	
		agosto	0	0	0	0	0	0	
		settembre	0	0	0	0	0	0	
		ottobre	22	0	0	0	0	0	
		novembre	77	41	12	1	0	10	
		dicembre	89	81	63	31	4	37	
2000	1994 m	gennaio	93	91	86	72	38	86	14 > 1751 m < 2250 m
		febbraio	96	94	90	80	48	102	
		marzo	96	95	91	80	49	105	
		aprile	91	88	81	66	36	87	
		maggio	76	62	43	28	14	39	
		giugno	25	12	9	6	1	6	
		luglio	8	1	0	0	0	0	
		agosto	0	0	0	0	0	0	
		settembre	11	0	0	0	0	0	
		ottobre	49	6	1	0	0	2	
		novembre	84	71	42	14	2	24	
		dicembre	92	88	79	57	18	60	

Continua

Segue

2500	2447 m	gennaio	93	91	86	77	50	104	12 > 2251 m
		febbraio	94	93	90	81	57	120	
		marzo	96	95	92	85	63	134	
		aprile	97	96	94	89	71	150	
		maggio	92	90	86	77	56	122	
		giugno	64	50	33	19	7	21	
		luglio	28	8	4	3	1	2	
		agosto	5	1	0	0	0	0	
		settembre	20	0	0	0	0	0	
		ottobre	55	11	2	0	0	3	
		novembre	86	81	68	44	10	46	
		dicembre	91	88	83	70	38	84	

Tab. A15 Probabilità di HS per fasce altimetriche.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	9	44	82	84	102	88	92	95	35	5	0	0	636
		σ	17	38	59	47	65	52	62	84	38	9	1	2	
	Toggia [2165 m]	media	10	49	98	97	119	100	105	104	43	7	0	1	733
		σ	15	41	63	56	74	64	57	77	43	11	1	3	
	Alpe Devero [1634 m]	media	2	16	65	84	101	89	86	77	13	0	0	0	533
		σ	7	22	52	61	70	60	71	66	19	1	0	0	
	Agaro [1600 m]	media	1	12	50	65	84	68	66	51	7	0	0	0	404
		σ	3	18	43	50	62	53	53	47	12	1	0	0	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	9	49	84	75	90	89	104	121	57	8	0	0	686
		σ	17	45	68	52	65	91	87	98	60	14	0	1	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	1	7	43	59	77	70	72	60	6	0	0	0	395
		σ	3	13	37	45	62	66	63	55	14	0	0	0	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	7	43	78	90	116	107	129	131	68	11	0	0	780
		σ	15	50	66	65	97	119	95	99	66	19	0	0	
	Lago Serrù [2283 m]	media	5	37	74	79	106	96	113	120	46	5	0	0	681
		σ	11	47	63	55	80	93	86	104	44	10	1	0	
	Lago Pian Telesio [1940 m]	media	3	15	56	74	96	95	107	98	30	3	0	0	577
		σ	10	22	51	53	79	98	78	75	38	9	0	0	
	Malciaussia [1800 m]	media	3	15	46	61	81	81	79	77	21	3	0	0	467
		σ	11	21	47	48	63	79	59	63	32	10	0	0	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	1	7	36	56	77	70	60	41	11	1	0	0	360
		σ	3	10	35	45	65	76	49	36	24	2	0	0	
	Rosone [701 m]	media	0	0	6	13	32	19	10	1	1	0	0	0	82
		σ	0	0	13	21	34	22	12	2	4	0	0	0	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	3	16	52	76	81	72	52	40	12	1	0	0	405
		σ	14	22	46	53	61	46	35	34	16	4	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	0	9	37	45	65	54	51	46	7	1	0	0	315
		σ	2	11	35	35	54	46	44	41	15	4	0	0	
	Saretto [1540 m]	media	1	12	44	66	85	63	59	47	7	1	0	0	385
		σ	4	15	39	52	72	53	46	37	11	3	0	0	
Marittime	Riofreddo [1210 m]	media	0	4	30	59	83	58	54	33	4	0	0	0	325
		σ	0	14	28	43	70	55	47	27	12	0	0	0	
	Lago Piastra [960 m]	media	0	4	23	51	84	57	41	21	2	0	0	0	283
		σ	0	9	24	44	68	59	35	21	4	0	0	0	

Tab. A16 Quantità media mensile cumulata di precipitazione nevosa (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 1971-2000.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	1	10	41	84	125	162	182	196	147	40	1	0	82
		σ	1	12	35	44	40	49	52	56	60	45	4	0	
	Toggia [2165 m]	media	1	10	46	89	132	168	187	203	158	51	3	0	87
		σ	2	12	39	43	42	49	47	50	60	54	9	0	
	Alpe Devero [1634 m]	media	0	3	21	59	98	122	126	102	43	2	0	0	48
		σ	1	7	26	39	47	53	61	59	46	7	0	0	
	Agaro [1600 m]	media	0	2	13	38	74	96	90	62	15	0	0	0	33
		σ	0	4	17	28	46	60	54	47	24	1	0	0	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	1	12	44	76	103	130	152	171	138	48	4	0	73
		σ	2	15	47	53	61	90	102	70	77	55	9	0	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	1	10	30	56	75	74	51	10	0	0	0	26
		σ	0	2	12	22	34	52	56	44	18	0	0	0	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	1	11	42	81	125	155	173	179	140	45	4	0	80
		σ	3	14	59	70	84	110	140	95	99	55	12	0	
	Lago Serrù [2283 m]	media	0	8	40	79	115	152	166	173	118	27	1	0	73
		σ	1	10	52	61	66	94	106	82	77	31	3	0	
	Lago Pian Telessio [1940 m]	media	0	2	19	49	84	113	121	101	52	5	0	0	46
		σ	1	4	28	46	62	85	95	61	52	9	0	0	
	Malciaussia [1800 m]	media	0	2	12	32	53	68	63	40	12	0	0	0	24
		σ	1	3	23	37	49	59	60	38	20	1	0	0	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	0	8	31	58	73	62	31	4	0	0	0	22
		σ	0	1	11	27	41	56	51	29	7	0	0	0	
	Rosone [701 m]	media	0	0	1	3	11	13	4	0	0	0	0	0	3
		σ	0	0	2	6	10	17	7	0	0	0	0	0	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	0	2	17	50	86	120	114	75	18	0	0	0	40
		σ	1	7	20	42	57	70	67	52	28	1	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	0	1	7	21	41	49	41	14	1	0	0	0	15
		σ	0	1	9	17	33	36	36	13	2	0	0	0	
	Saretto [1540 m]	media	0	1	9	29	56	67	60	30	2	0	0	0	21
		σ	0	2	13	25	42	51	49	30	3	0	0	0	
Marittime	Riofreddo [1210 m]	media	0	0	6	21	44	56	44	13	0	0	0	0	15
		σ	0	1	6	18	33	44	41	19	1	0	0	0	
	Lago Piastra [960 m]	media	0	0	3	14	39	47	30	4	0	0	0	0	11
		σ	0	1	4	12	33	43	34	7	0	0	0	0	

Tab. A17 Media mensile dello spessore del manto nevoso (media) nel periodo 1971-2000 e relativa deviazione standard (σ).

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno	
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	1	5	8	7	8	7	6	6	4	1	0	0	53	
		σ	2	3	4	3	3	3	3	4	3	1	1	0		
	Toggia [2165 m]	media	2	5	8	9	10	8	8	8	8	4	1	0	0	63
		σ	2	3	4	4	4	3	3	4	3	1	0	0		
	Alpe Devero [1634 m]	media	0	1	5	7	7	8	6	5	2	0	0	0	41	
		σ	1	2	3	4	3	3	3	4	2	0	0	0		
	Agaro [1600 m]	media	0	1	4	6	7	6	5	4	1	0	0	0	34	
		σ	1	1	3	3	3	3	3	3	1	0	0	0		
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	1	4	6	6	6	6	7	4	1	0	0	47		
		σ	1	3	3	3	3	4	4	5	3	1	0	0		
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	1	4	5	5	5	4	4	1	0	0	0	29	
		σ	0	1	3	2	3	3	2	3	1	0	0	0		
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	1	4	6	7	7	7	8	5	1	0	0	53		
		σ	1	3	3	4	3	4	3	4	3	1	0	0		
	Lago Serrù [2283 m]	media	0	3	5	6	6	6	6	6	3	0	0	0	41	
		σ	1	3	3	4	3	4	3	3	2	1	0	0		
	Lago Pian Telessio [1940 m]	media	0	2	5	6	6	6	6	7	2	0	0	0	40	
		σ	1	2	3	3	3	3	2	4	3	0	0	0		
	Malciaussia [1800 m]	media	0	2	4	7	7	6	6	6	2	0	0	0	40	
		σ	1	2	3	4	4	3	3	3	2	1	0	0		
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	1	3	4	5	4	4	3	1	0	0	0	25	
		σ	1	1	2	3	3	3	2	2	2	0	0	0		
	Rosone [701 m]	media	0	0	1	2	3	3	1	0	0	0	0	0	10	
		σ	0	0	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0		
	Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	0	2	5	7	8	7	6	5	2	0	0	0	42
			σ	1	2	3	4	4	3	3	3	2	0	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	0	1	4	5	6	5	5	4	1	0	0	0	31	
		σ	0	1	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0		
	Saretto [1540 m]	media	0	1	4	6	6	6	6	4	1	0	0	0	34	
		σ	1	1	3	4	4	4	3	2	1	0	0	0		
Marittime	Riofreddo [1210 m]	media	0	0	3	4	6	5	4	3	0	0	0	0	25	
		σ	0	1	3	3	3	3	3	2	1	0	0	0		
	Lago Piastra [960 m]	media	0	0	2	4	5	4	3	2	0	0	0	0	20	
		σ	0	1	2	2	3	3	2	2	1	0	0	0		

Tab. A18 Numero medio di giorni nevosi (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 1971-2000.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	2	14	26	31	31	28	31	30	31	17	2	0	243
		σ	3	9	7	0	0	0	0	0	0	1	9	3	0
	Toggia [2165 m]	media	3	14	25	31	31	28	31	30	31	18	3	0	245
		σ	4	9	7	1	0	0	0	0	0	10	5	1	
	Alpe Devero [1634 m]	media	0	5	16	28	31	28	30	28	18	2	0	0	186
		σ	1	7	10	8	1	1	1	7	11	4	0	0	
	Agaro [1600 m]	media	0	3	13	27	29	27	31	27	11	0	0	0	168
		σ	1	5	9	6	6	5	1	6	11	2	0	0	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	2	14	23	30	30	28	31	30	31	18	4	0	241
		σ	4	10	9	3	3	4	0	0	1	11	7	0	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	2	12	25	30	26	28	25	8	0	0	0	156
		σ	1	4	9	9	5	7	6	7	9	0	0	0	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	2	14	23	30	31	28	31	30	30	17	3	0	239
		σ	4	10	8	3	0	1	0	0	2	12	7	0	
	Lago Serrù [2283 m]	media	1	11	22	31	31	28	31	30	29	16	2	0	232
		σ	2	11	10	0	0	0	0	0	5	12	5	0	
	Lago Pian Telessio [1940 m]	media	1	5	17	29	30	27	31	29	21	4	0	0	194
		σ	2	7	10	5	4	4	1	1	10	6	0	0	
	Malciaussia [1800 m]	media	1	4	12	24	28	24	26	22	10	1	0	0	152
		σ	2	5	10	8	7	8	9	7	10	2	0	0	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	2	12	24	28	26	27	21	4	0	0	0	144
		σ	1	2	9	9	6	6	8	8	6	0	0	0	
	Rosone [701 m]	media	0	0	2	9	22	18	8	0	0	0	0	0	59
		σ	0	0	4	10	12	10	9	1	0	0	0	0	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	0	5	16	28	31	28	31	29	13	1	0	0	182
		σ	1	7	9	6	0	0	0	3	9	2	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	0	2	12	24	26	25	24	16	3	0	0	0	132
		σ	0	3	9	9	8	8	9	8	4	1	0	0	
	Saretto [1540 m]	media	0	2	12	24	27	25	27	21	4	0	0	0	142
		σ	1	3	9	10	8	7	8	9	4	1	0	0	
Marittime	Riofreddo [1210 m]	media	0	1	10	21	25	24	23	12	1	0	0	0	117
		σ	0	2	8	10	9	8	10	8	2	0	0	0	
	Lago Piastra [960 m]	media	0	1	7	18	24	22	18	7	0	0	0	0	97
		σ	0	1	7	10	10	10	13	6	1	0	0	0	

Tab. A19 Numero medio di giorni con copertura nevosa (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 1971-2000.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno	
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	5	31	87	94	95	80	79	94	39	4	0	0	608	
		σ	11	29	66	54	64	47	48	84	45	9	1	1		
	Toggia [2165 m]	media	6	34	102	106	117	101	94	101	46	5	0	1	713	
		σ	11	32	74	52	72	55	50	80	52	11	1	3		
	Alpe Devero [1634 m]	media	1	10	62	88	86	77	64	74	9	0	0	0	471	
		σ	5	17	50	55	62	42	42	63	14	1	0	0		
	Agaro [1600 m]	media	0	7	46	70	72	59	48	48	6	0	0	0	356	
		σ	1	13	43	49	53	39	39	45	12	1	0	0		
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	5	39	95	83	74	73	82	130	54	7	0	0	642	
		σ	10	34	73	56	55	53	64	103	51	13	0	0		
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	5	40	61	63	59	52	53	5	0	0	0	338	
		σ	1	12	35	42	50	47	48	55	9	0	0	0		
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	3	30	77	88	87	79	90	133	55	8	0	0	650	
		σ	5	32	61	63	74	65	64	104	53	19	0	0		
	Lago Serrù [2283 m]	media	3	24	80	83	85	71	93	131	39	4	0	0	613	
		σ	6	29	63	64	71	58	81	109	41	11	1	0		
	Lago Pian Telesio [1940 m]	media	0	10	54	73	73	73	78	102	22	2	0	0	487	
		σ	1	14	46	54	57	60	60	79	30	7	0	0		
	Malciaussia [1800 m]	media	0	11	45	65	61	57	55	80	17	2	0	0	393	
		σ	1	15	41	71	48	48	47	64	27	10	0	0		
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	5	33	56	62	54	43	41	6	0	0	0	300	
		σ	0	8	31	53	55	46	39	38	12	2	0	0		
	Rosone [701 m]	media	0	0	3	17	26	23	7	1	1	0	0	0	78	
		σ	0	0	11	22	32	26	11	1	4	0	0	0		
	Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	1	13	45	68	70	56	47	42	11	1	0	0	354
			σ	2	22	41	45	46	32	32	34	13	4	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	0	10	41	53	52	42	40	48	4	1	0	0	291	
		σ	3	13	39	49	40	33	40	43	10	4	0	0		
	Saretto [1540 m]	media	0	13	45	70	71	54	46	43	3	1	0	0	346	
		σ	0	16	38	57	56	36	43	39	8	2	0	0		
Marittime	Riofreddo [1210 m]	media	0	1	29	63	68	43	35	27	0	0	0	0	266	
		σ	0	5	30	54	58	34	29	26	1	0	0	0		
	Lago Piastra [960 m]	media	0	2	23	52	65	43	30	17	1	0	0	0	233	
		σ	0	5	25	46	57	40	29	21	2	0	0	0		

Tab. A20 Quantità media mensile cumulata di precipitazione nevosa (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 1981-2010.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	0	6	35	93	126	158	175	189	137	28	0	0	79
		σ	1	9	32	61	51	57	52	56	56	38	2	0	
	Toggia [2165 m]	media	0	6	40	94	132	164	183	193	142	33	1	0	82
		σ	1	9	34	53	53	54	48	55	61	42	3	0	
	Alpe Devero [1634 m]	media	0	1	15	55	84	102	98	72	25	1	0	0	38
		σ	0	2	17	38	41	43	46	52	39	5	0	0	
	Agaro [1600 m]	media	0	0	10	41	68	84	76	45	6	0	0	0	28
		σ	0	1	13	31	44	47	45	36	15	0	0	0	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	0	9	40	82	97	105	116	139	112	28	1	0	61
		σ	1	14	35	57	61	59	56	61	75	44	3	0	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	0	7	30	48	60	51	29	4	0	0	0	19
		σ	0	2	8	25	35	45	41	31	11	0	0	0	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	0	7	32	77	98	107	114	132	100	20	0	0	57
		σ	1	11	28	63	74	76	64	66	79	32	1	0	
	Lago Serrù [2283 m]	media	0	5	32	79	92	103	115	130	88	12	0	0	55
		σ	0	8	30	65	64	62	56	62	68	19	0	0	
	Lago Pian Telesio [1940 m]	media	0	1	12	46	61	72	76	69	27	2	0	0	31
		σ	0	2	13	43	48	53	53	47	37	6	0	0	
	Malciaussia [1800 m]	media	0	1	8	34	44	49	41	28	7	0	0	0	18
		σ	0	2	9	43	57	57	39	31	13	1	0	0	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	0	6	31	45	53	40	17	2	0	0	0	16
		σ	0	1	7	31	39	44	34	19	4	0	0	0	
	Rosone [701 m]	media	0	0	0	4	9	11	4	0	0	0	0	0	2
		σ	0	0	1	7	10	16	6	0	0	0	0	0	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	0	1	14	44	73	90	87	54	9	0	0	0	31
		σ	0	3	16	39	52	55	43	34	13	0	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	0	1	8	27	37	42	34	11	0	0	0	0	13
		σ	0	1	10	24	33	32	28	11	1	0	0	0	
	Saretto [1540 m]	media	0	1	8	31	43	47	34	12	1	0	0	0	15
		σ	0	2	9	28	33	36	24	12	1	0	0	0	
Marittime	Riofreddo [1210 m]	media	0	0	5	25	42	44	29	5	0	0	0	0	13
		σ	0	0	6	26	41	44	35	7	0	0	0	0	
	Lago Piastra [960 m]	media	0	0	3	14	28	28	15	1	0	0	0	0	7
		σ	0	0	4	17	26	31	20	2	0	0	0	0	

Tab. A21 Media mensile dello spessore del manto nevoso (media) nel periodo 1981-2010 e relativa deviazione standard (σ).

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno	
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	1	4	8	8	7	7	6	7	4	1	0	0	53	
		σ	1	3	4	3	4	2	3	4	3	1	0	0		
	Toggia [2165 m]	media	1	4	9	8	8	8	8	8	8	4	1	0	0	59
		σ	1	3	4	3	4	3	3	3	4	3	1	0	0	
	Alpe Devero [1634 m]	media	0	1	5	7	7	7	6	5	1	0	0	0	0	39
		σ	0	1	3	4	4	3	3	4	2	0	0	0	0	
	Agaro [1600 m]	media	0	1	4	6	6	5	4	4	1	0	0	0	0	31
		σ	0	1	3	3	3	2	3	3	1	0	0	0	0	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	1	4	7	6	6	5	6	8	4	1	0	0	48	
		σ	1	3	3	2	3	2	3	5	3	1	0	0		
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	1	3	5	5	4	4	4	1	0	0	0	27	
		σ	0	1	2	2	3	2	2	3	1	0	0	0		
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	1	4	6	7	6	6	6	8	4	1	0	0	49	
		σ	1	3	3	4	4	3	3	4	3	1	0	0		
	Lago Serrù [2283 m]	media	0	2	6	6	6	5	6	7	3	0	0	0	41	
		σ	1	3	4	3	3	2	3	4	2	1	0	0		
	Lago Pian Telesio [1940 m]	media	0	1	5	7	6	6	6	7	2	0	0	0	40	
		σ	0	1	3	3	3	2	2	4	2	0	0	0		
	Malciaussia [1800 m]	media	0	2	5	7	6	5	5	6	2	0	0	0	38	
		σ	0	2	3	3	4	3	3	3	2	1	0	0		
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	1	3	5	5	4	3	3	1	0	0	0	25	
		σ	0	1	2	3	3	2	2	2	1	0	0	0		
	Rosone [701 m]	media	0	0	0	2	3	2	1	0	0	0	0	0	8	
		σ	0	0	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0		
	Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	0	2	5	7	8	6	6	6	2	0	0	0	42
			σ	0	2	3	3	4	2	3	3	2	0	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	0	1	4	5	5	4	4	5	1	0	0	0	29	
		σ	0	1	2	3	3	2	3	2	1	0	0	0		
	Saretto [1540 m]	media	0	1	4	6	5	5	5	4	0	0	0	0	30	
		σ	0	1	2	3	3	3	3	2	1	0	0	0		
Marittime	Riofreddo [1210 m]	media	0	0	3	5	5	4	3	3	0	0	0	0	23	
		σ	0	1	2	3	3	2	2	2	0	0	0	0		
	Lago Piastra [960 m]	media	0	0	2	4	4	4	3	2	0	0	0	0	19	
		σ	0	1	2	2	3	3	2	2	0	0	0	0		

Tab. A22 Numero medio di giorni nevosi (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 1981-2010.

Settore	Stazione		settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	anno
			media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media	σ	media
Lepontine	Vannino [2177 m]	media	2	11	24	31	31	28	31	30	31	13	1	0	233
		σ	2	9	8	0	0	0	0	0	0	2	8	2	0
	Toggia [2165 m]	media	2	11	24	31	31	28	31	30	30	14	1	0	233
		σ	2	9	8	0	0	0	0	0	0	3	9	3	1
	Alpe Devero [1634 m]	media	0	2	15	27	30	28	30	25	12	1	0	0	170
		σ	1	4	9	8	1	1	1	8	11	4	0	0	
	Agaro [1600 m]	media	0	2	12	27	29	27	30	24	7	0	0	0	158
		σ	1	2	9	7	6	5	2	8	8	1	0	0	
Pennine	Camposecco [2316 m]	media	1	12	23	30	30	27	31	30	30	13	1	0	228
		σ	2	10	8	2	3	4	0	0	2	10	3	0	
	Alpe Cavalli [1500 m]	media	0	1	10	27	29	26	26	21	4	0	0	0	144
		σ	0	2	7	8	6	6	8	9	6	0	0	0	
Graie	Lago Valsoera [2412 m]	media	1	11	23	30	31	28	31	30	30	12	1	0	228
		σ	2	9	8	3	1	1	0	0	3	11	2	0	
	Lago Serrù [2283 m]	media	1	8	23	31	31	28	31	30	28	10	0	0	221
		σ	2	9	9	0	0	0	0	0	6	11	1	0	
	Lago Pian Telessio [1940 m]	media	0	4	16	29	29	27	30	29	16	1	0	0	181
		σ	0	5	9	5	5	4	2	3	10	4	0	0	
	Malciaussia [1800 m]	media	0	4	13	25	26	23	23	19	7	1	0	0	141
		σ	0	5	9	7	9	9	10	8	8	2	0	0	
	Ceresole Reale [1573 m]	media	0	2	11	26	28	26	26	16	2	0	0	0	137
		σ	0	3	8	7	7	6	8	9	4	0	0	0	
	Rosone [701 m]	media	0	0	1	9	20	15	6	0	0	0	0	0	51
		σ	0	0	3	9	12	11	7	1	0	0	0	0	
Cozie N	Rochemolles [1950 m]	media	0	4	16	29	31	28	31	28	11	0	0	0	178
		σ	0	5	8	6	0	0	0	4	8	1	0	0	
Cozie S	Lago Castello [1589 m]	media	0	3	12	26	26	24	22	15	2	0	0	0	130
		σ	0	3	9	8	9	8	9	8	2	1	0	0	
	Saretto [1540 m]	media	0	2	11	25	25	24	24	14	2	0	0	0	127
		σ	0	3	8	9	9	8	10	10	4	1	0	0	
Marittime	Riofreddo [1210 m]	media	0	0	9	23	24	24	20	9	0	0	0	0	109
		σ	0	1	8	10	10	8	9	6	1	0	0	0	
	Lago Piastra [960 m]	media	0	1	6	18	24	21	13	4	0	0	0	0	87
		σ	0	1	6	9	10	10	11	4	0	0	0	0	

Tab. A23 Numero medio di giorni con copertura nevosa (media) e relativa deviazione standard (σ) durante il periodo di riferimento 1981-2010.



ISBN 978-88-7479-123-1

©2013, Arpa Piemonte
Via Pio VII, 9 – 10135 Torino – Italia
www.arpa.piemonte.it