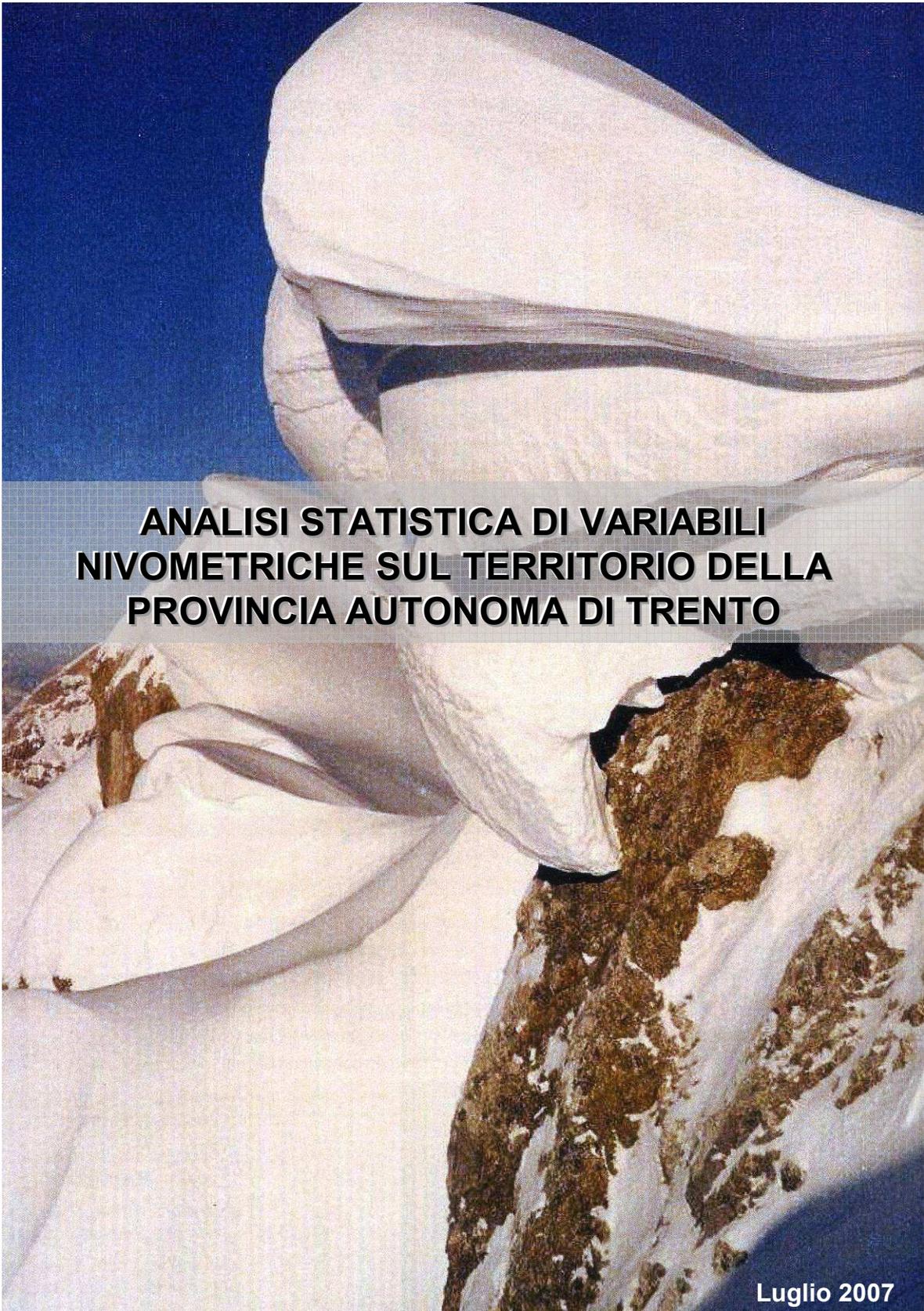




PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
DIPARTIMENTO PROTEZIONE CIVILE E TUTELA DEL TERRITORIO
Ufficio Previsioni e Organizzazione



**ANALISI STATISTICA DI VARIABILI
NIVOMETRICHE SUL TERRITORIO DELLA
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO**

Luglio 2007



Analisi statistica di variabili nivometriche sul territorio della Provincia Autonoma di Trento

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

- RELAZIONE TECNICA
- APPENDICI

Elenco Appendici

Appendice A	Base di Dati
Appendice B	Zone Nivometriche e Limiti Comunali
Appendice C	Riferimenti Bibliografici

Data	Rev.	Descrizione
Luglio 2007	00	Prima emissione
Settembre 2007	01	Aggiornamento Tabella 6.2 ed inserimento Figura A.36



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
DIPARTIMENTO PROTEZIONE CIVILE E TUTELA DEL TERRITORIO
Ufficio Previsioni e Organizzazione

**ANALISI STATISTICA DI VARIABILI
NIVOMETRICHE SUL TERRITORIO DELLA
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO**

RELAZIONE TECNICA

Professionista incaricato: Ing. Massimiliano Barbolini
Con la collaborazione di: Ing. Francesco Ferro
 Ing. Paolo Corradeghini

Luglio 2007



INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	STAZIONI DI RILEVAMENTO	7
3	BASE DI DATI	11
	3.1 Grandezze esaminate	11
	3.2 Serie storiche disponibili	11
	3.3 Filtraggio dei dati	12
4	VARIABILITÀ SPAZIALE	16
	4.1 Introduzione	16
	4.2 Dati utilizzati	16
	4.3 Altezza del manto nevoso, Hs	18
	4.3.1 Dipendenza dalla quota	18
	4.3.2 Dipendenza dalla zona	19
	4.4 Incremento di altezza del manto nevoso su 3 giorni, DH3gg	22
	4.4.1 Dipendenza dalla quota	22
	4.4.2 Dipendenza dalla zona	23
5	ANALISI REGIONALE.....	26
	5.1 Introduzione	26
	5.2 Dati utilizzati	26
	5.3 Metodologia.....	27
	5.4 Curve di crescita regionali	30
	5.4.1. Altezza del manto nevoso, Hs	30
	5.4.2. Incremento di altezza del manto nevoso su 3 giorni, DH3gg	33
6	STIMA DEI VALORI DI PROGETTO	35
7	INDICAZIONI PER L'UTILIZZO PRATICO DEI RISULTATI DELLO STUDIO	39



1 INTRODUZIONE

Con riferimento al territorio della Provincia Autonoma di Trento, scopo del presente studio è l'effettuazione di un'analisi statistica di tipo regionale delle seguenti variabili nivometriche:

- altezza del manto nevoso al suolo (nel seguito indicata con H_s);
- incremento dell'altezza del manto nevoso su tre giorni consecutivi di precipitazione nevosa (nel seguito indicata con $DH3gg$).

Tali variabili rivestono una valenza fondamentale sia con riferimento alla progettazione degli interventi di difesa dalle valanghe (siano essi opere di difesa attiva in zona di distacco o opere di difesa passiva in zona di arresto) che con riferimento alle simulazioni dinamiche finalizzate alla mappatura delle aree a rischio.

L'analisi statistica delle suddette variabili è finalizzata a caratterizzarne i valori di progetto in funzione del luogo (zona geografica, quota) e del tempo di ritorno. L'utilizzo di tecniche di "regionalizzazione" consente di migliorare l'affidabilità dei risultati, con riferimento sia alle estrapolazioni temporali (ovvero per elevati tempi di ritorno, quali tipicamente risultano quelli di interesse nelle applicazioni pratiche finalizzate alla mitigazione del rischio) che spaziali (ovvero in siti non strumentati, quali tipicamente risultano le zone di distacco delle valanghe).

* * *

In generale, l'elaborazione statistica di un campione di misure di una variabile nivologica (altezza della neve al suolo, nevicata giornaliera, ecc.) ha lo scopo di definire, secondo una procedura efficiente, accurata e robusta, la forma della *funzione di probabilità* (FDP) della variabile medesima (anche detta *funzione di ripartizione*):

$$F = F(x) \quad [1.1]$$

ossia il legame tra la variabile (x) e la probabilità di non superamento (F), quest'ultima definita come segue:

$$F(x) = \Pr[X \leq x] \quad [1.2]$$

dove $\Pr[A]$ denota la probabilità dell'evento A .



La funzione di probabilità definisce la frequenza di accadimento dei possibili valori della variabile considerata. L'inversa della FDP:

$$x = x(F) \quad [1.3]$$

esprime il valore della variabile in funzione della sua probabilità di non superamento, ed è detta *funzione quantile*.

Poiché il tempo di ritorno T di un qualunque valore x della variabile (ovvero l'intervallo medio di tempo che intercorre tra due superamenti successivi del valore x) è legato alla corrispondente probabilità di non superamento dalla relazione:

$$T(x) = \frac{1}{1 - F(x)} \quad [1.4]$$

la determinazione della funzione quantile equivale alla definizione del legame tra la variabile x ed il tempo di ritorno T :

$$x_T = x_T(T) \quad [1.5]$$

La conoscenza della relazione [1.5] permette di valutare l'intensità di eventi di data periodicità e risulta di grande importanza, soprattutto con riferimento ad eventi nivometrici "estremi" (ovvero rari), in quanto consente la predisposizione degli adeguati strumenti preventivi.

Generalmente il legame tra una data variabile nivologica ed il tempo di ritorno viene individuato elaborando i suoi massimi annui misurati in una serie di anni, anche non consecutivi. Questa procedura è usualmente definita come elaborazione delle *serie dei massimi annui*. Inoltre, nella pratica comune, la stima della FDP di una variabile nivologica viene ottenuta elaborando un unico campione di dati misurati nel sito di interesse (o comunque in una stazione di rilevamento ritenuta significativa). Questa procedura viene indicata come *stima puntuale*. Tale approccio comporta inevitabilmente due tipologie di problemi:

- a) i campioni di dati puntuali disponibili sono raramente di dimensione sufficiente da garantire stime adeguatamente affidabili dei quantili di interesse in applicazioni ingegneristiche (in generale vale la regola che un quantile con tempo di ritorno T può essere stimato in maniera affidabile da un campione di dimensione N solo se $T \leq N$; questa condizione è raramente soddisfatta nella pratica comune



poiché, con riferimento ai campioni di dati nivologici, in generale risulta $N \leq 50$, mentre i tempi di ritorno di interesse ai fini preventivi risultano non inferiori al secolo, approssimativamente compresi nell'intervallo $100 \leq T \leq 300$);

- b) i campioni di dati puntuali disponibili sono generalmente misurati in stazioni di rilevamento la cui posizione non coincide con la zona di interesse (tipicamente le stazioni di rilevamento nivometeorologico risultano ubicate a quote inferiori rispetto alle zone di distacco delle valanghe).

Nel presente lavoro, al fine di superare i due problemi menzionati, viene fatto ricorso a procedure di *stima regionale*. L'analisi regionale utilizza una "trasposizione" dell'informazione spaziale in una informazione di tipo temporale: i dati relativi a numerose stazioni di rilevamento sono opportunamente combinati ed utilizzati per stimare le frequenze di accadimento degli eventi in ciascun sito (e più in generale su tutta la regione), una volta verificata l'ipotesi che le funzioni di probabilità relative ai differenti siti non siano troppo dissimili tra loro.

In effetti, dato un campione di M siti, ciascuno con N anni di registrazione, si può intuitivamente sperare che il campione di $M \cdot N$ dati ottenuto raggruppando opportunamente tutte le informazioni disponibili possa consentire una stima accurata del quantile con tempo di ritorno $T \leq M \cdot N$. In realtà un tale assunto non corrisponde al vero, in quanto nella regionalizzazione possono nascere problemi sia in virtù del fatto che le leggi di distribuzione relative ai differenti siti non risultano esattamente le medesime che per effetto del fatto che le misure non risultano rigorosamente statisticamente indipendenti (ovvero un certo grado di disomogeneità e di intercorrelazione tra i vari siti è inevitabile). Ciò nondimeno è ormai ampiamente dimostrato che analisi regionali condotte adeguatamente forniscono stime dei quantili delle variabili di interesse caratterizzate da un grado di accuratezza decisamente superiore a quello ottenibile mediante stime di tipo puntuale e comunque adeguato alla maggior parte delle applicazioni pratiche.

* * *

In estrema sintesi, lo studio è così strutturato:

- descrizione delle stazioni di rilevamento utilizzate e dei dati nivometrici disponibili per le analisi statistiche (Cap. 2 e 3);
- caratterizzazione della variabilità spaziale (posizione e quota) dei valori medi delle grandezze nivometriche di interesse (Cap. 4);



- caratterizzazione del legame tra le variabili di interesse ed il tempo di ritorno mediante analisi statistica di tipo “regionale” (Cap. 5);
- stima dei valori di progetto (per fissata zona, quota e tempo di ritorno) delle variabili di interesse (Cap. 6).
- indicazioni applicative in merito all’utilizzo pratico dei risultati dello studio (Cap. 7).

La base di dati utilizzata per le varie elaborazioni statistiche è presentata in dettaglio in Appendice A. In Appendice B i comuni del territorio della Provincia Autonoma di Trento sono suddivisi in base alla zona nivometrica di appartenenza, mentre in Appendice C sono indicati i principali riferimenti bibliografici relativi al presente studio.



2 STAZIONI DI RILEVAMENTO

Nella Tabella 2.1 sono presentate le 36 stazioni di rilevamento considerate nel presente studio che, a partire dalla stagione 1981/82 fino ad oggi hanno operato, anche in modo parziale e/o discontinuo, sul territorio montano della Provincia Autonoma di Trento.

Tabella 2.1 - Elenco delle stazioni di rilevamento considerate nel presente studio. Nella colonna relativa al numero di stagioni documentate si è indicato tra parentesi il dato relativo alla variabile *DH3gg* quando differente a quello relativo alla variabile *Hs*.

Stazione	Codice	Comune	Quota [m s.l.m.]	N. stagioni documentate
Andalo	11AN	Andalo	1005	25 (23)
Bondone - Viote	6BON	Garniga Terme	1490	25 (24)
Brocon - Marande	16PT	Castello Tesino	1605	24 (21)
Canal San Bovo	18SB	Canal S. Bovo	1150	25 (22)
Caoria	17CA	Canal S. Bovo	915	24 (18)
Capanna Presena	30PN	Vermiglio	2725	18 (10)
Ciampac	22CI	Canzei	2145	25 (22)
Ciampeide	27CM	Vigo di Fassa	1970	11 (7)
Folgarida	29FL	Dimaro	1890	2 (1)
Madonna di Campiglio	23MC	Pinzolo	2020	23 (20)
Malga Baessa	20BA	Telve	1265	22 (18)
Malga Bissina	21MB	Daone	1780	24 (20)
Pampeago	10PM	Tesero	1760	25 (22)
Panarotta	9PTA	Pergine Valsugana	1775	25 (17)
Paneveggio	8PAN	Predazzo	1545	25
Passo Durone	34PD	Bleggio Superiore	1007	3
Passo Fedaia	34FE	Canzei	2100	3
Passo Rolle	31RO	Siror	1995	14 (12)
Passo S. Pellegrino	26SP	Moena	1965	20 (12)
Passo S. Valentino	5PSV	Brentonico	1320	25 (20)
Passo Sommo	12FO	Folgaria	1360	25 (16)
Passo Tonale	25TO	Vermiglio	1875	22 (20)
Passo Valles	7PVA	Tonadico	2045	25
Pejo - Tarlenta	1PEI	Peio	2010	25 (21)
Pian delle Fugazze	19PF	Vallarsa	1170	24 (15)
Pinzolo - Prà Rodont	3PIN	Pinzolo	1500	23 (19)
Pozza di Fassa	14PO	Pozza di Fassa	1385	24 (21)
Predazzo - Gardonè	13PR	Predazzo	1675	24 (19)
Rabbi	2RAB	Rabbi	1315	25 (24)
Rifugio Trivena	36RT	Breguzzo	1650	7 (3)
Rumo	28RM	Rumo	1100	15 (7)
S. Martino di Castrozza	4SMC	Siror	1465	25 (24)
Tremalzo	15TR	Tiarno di Sopra	1560	24 (7)
Val Canali	37VW	Tonadico	1040	7
Val Cigolera	35VC	Siror	1880	9 (8)
Val Noana	24NO	Mezzano	1020	23 (21)

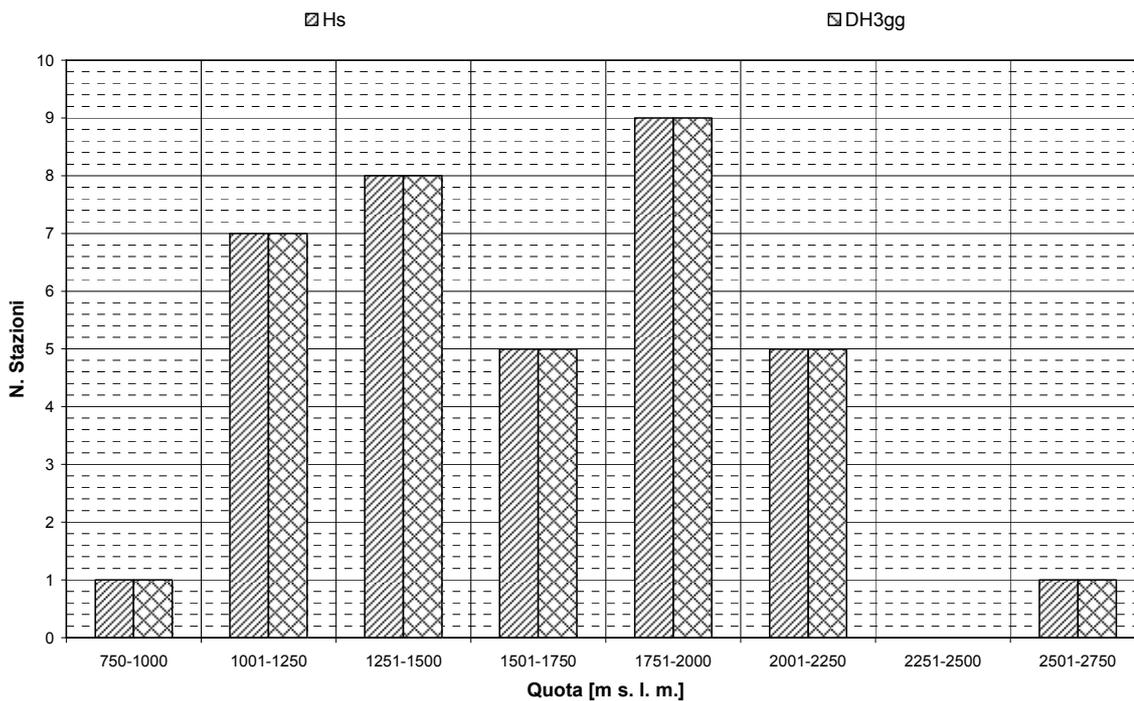


Le stazioni di rilevamento prese in considerazione sono tutte di tipo “manuale”. Le serie storiche relative alle stazioni della rete di rilevamento nivometeorologico di tipo “automatico” risultano infatti, allo stato attuale, estremamente limitate nonché prive delle opportune validazioni; pertanto, anche in considerazione dell’elevato numero di dati di tipo “manuale” disponibili, si è ritenuto preferibile non utilizzarle nelle analisi statistiche condotte nel presente studio.

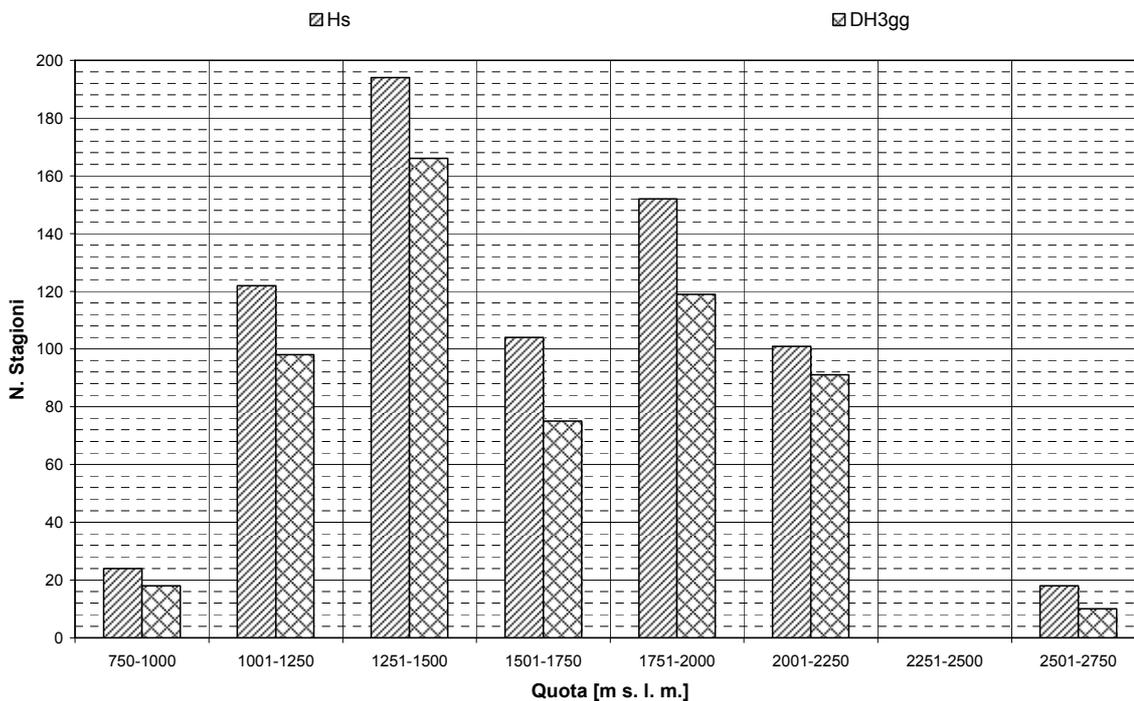
Negli istogrammi di Figura 2.1 sono analizzate le distribuzioni delle stazioni di Tabella 2.1 in funzione della quota, sia in termini di numero di stazioni (Figura 2.1-a) che di numero di stagioni documentate (Figura 2.1-b).

Si nota dall’istogramma di Figura 2.1-a che la maggior parte delle stazioni sono ubicate fra i 1000 e i 2000 m s.l.m (29 stazioni su 36, ossia l’80% circa del numero totale). Solo il 15% delle stazioni è ubicato a quote superiori ai 2000 m s.l.m. (ove la rilevazione giornaliera dei dati diviene in generale maggiormente difficoltosa); in particolare si deve osservare la sostanziale carenza di stazioni di rilevamento a quote superiori ai 2250 m s.l.m., con la sola eccezione delle stazione “Capanna Presena – 30PN” (2725 m s.l.m.), in Comune di Vermiglio. Per quanto attiene la distribuzione del numero di stagioni documentate in funzione della quota (Figura 2.1-b), si può osservare che nell’intervallo di quote 1000-2000 m s.l.m. si dispone di un numero di stagioni documentate pari a 572 per la variabile Hs e pari a 458 per la variabile DH3gg.

In Figura 2.2 è rappresentata la distribuzione geografica sul territorio della Provincia Autonoma di Trento delle stazioni di rilevamento elencate in Tabella 2.1. Si può osservare come sia garantita una buona distribuzione territoriale delle stazioni di rilevamento; peraltro la copertura del territorio provinciale, sebbene abbastanza omogenea, risulta caratterizzata da una densità di stazioni tutto sommato contenuta (fanno eccezione le zone delle Pale di S. Martino e della Val di Fassa dove la densità di stazioni disponibili risulta decisamente maggiore), che non consente analisi di dettaglio delle variazioni spaziali delle variabili nivometriche (vedi Cap. 4).



(a)



(b)

Figura 2.1 - Distribuzione altimetrica delle stazioni di rilevamento considerate nel presente studio:
 (a) numero di stazioni; (b) numero di stagioni documentate

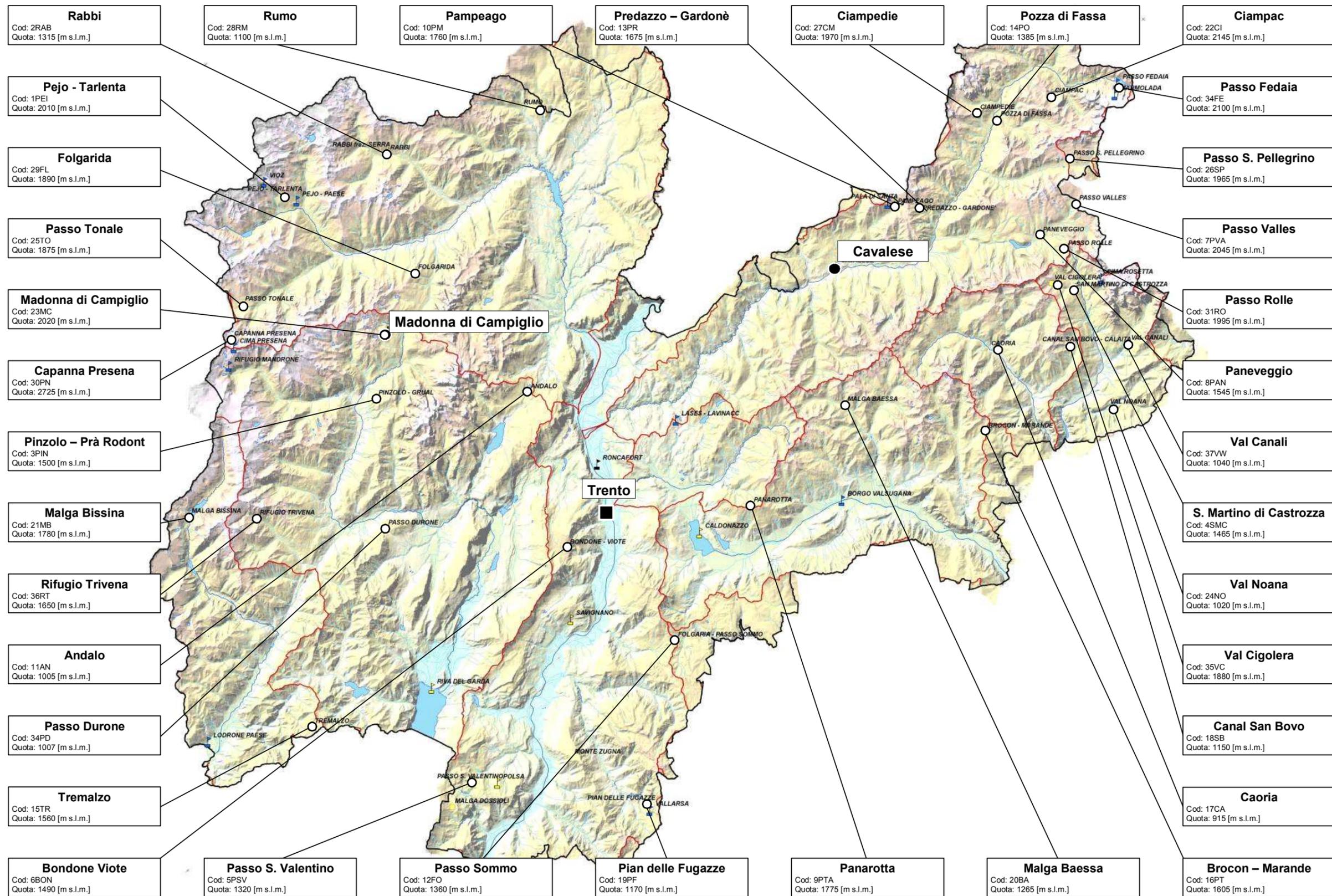


Figura 2.2 - Distribuzione geografica delle stazioni di rilevamento considerate nel presente studio.



3 BASE DI DATI

3.1 Grandezze esaminate

Come anticipato in introduzione, nel contesto del presente studio è stata effettuata l'analisi statistica delle seguenti grandezze nivometriche:

- altezza del manto nevoso al suolo, H_s ;
- incremento dell'altezza del manto nevoso su tre giorni consecutivi, $DH3gg$.

H_s è il parametro nivometrico di progetto con riferimento al dimensionamento delle opere di difesa attiva nella zona di distacco (Direttive Elvetiche, 1990) e risulta inoltre una grandezza estremamente utile per il dimensionamento delle opere di difesa passiva in zona di arresto (Mears, 1981). $DH3gg$ è invece il parametro nivometrico di progetto con riferimento al calcolo della dinamica delle valanghe finalizzato alla mappatura delle aree esposte al pericolo (Salm *et al.*, 1990; Burkard e Salm, 1992).

3.2 Serie storiche disponibili

Le analisi effettuate nel presente lavoro riguardano principalmente i valori giornalieri di altezza di neve al suolo (H_s). Dal dato giornaliero di altezza di neve al suolo è possibile ricavare l'incremento di altezza del manto nevoso su un numero fissato di giorni consecutivi (in particolare su tre giorni, $DH3gg$).

Per la quasi totalità delle le stazioni considerate sono stati riscontrati numerosi "buchi", ovvero anni per i quali non sono disponibili, per varie ragioni, registrazioni dei parametri di innevamento o per i quali il numero di misurazioni è talmente ridotto da rendere la serie di dati inutilizzabile. Nelle stazioni manuali infatti la rilevazione dei dati dipende dalla presenza di un operatore che quotidianamente deve effettuare la lettura degli strumenti. Motivo per cui nelle serie di dati giornalieri sono talvolta presenti numerosi giorni in cui la registrazione non è disponibile. Inoltre la maggior parte di queste stazioni viene regolarmente chiusa durante il periodo estivo e la sua riapertura solitamente non coincide con l'inizio della stagione invernale ma dipende dalle esigenze organizzative della società che ha in gestione la stazione. Per tale ragione le serie stagionali di dati possono partire da dicembre inoltrato, quando sono già avvenute le prime nevicate, e terminare prima del definitivo scioglimento del manto nevoso. Peraltro, in generale, tale tipo di carenza non si ritiene abbia un effetto rilevante nella determinazione dei parametri di interesse nel presente studio, ovvero nella determinazione dei valori massimi stagionali



dei parametri nivometrici. Differente sarebbe l'effetto su uno studio condotto al fine di valutare le precipitazioni totali annue e/o i regimi nivometrici.

In Appendice A - Tabella A.1 sono riportate le serie storiche di dati disponibili per le stazioni elencate alle Tabella 2.1. In Figura 3.1 è descritta la distribuzione delle serie storiche in funzione del numero di stazioni. E' importante osservare innanzitutto che in Provincia Autonoma di Trento non si dispone di stazioni di rilevamento nivo-meteorologico manuale con un numero di stagioni documentate superiore a 30. Per la variabile Hs approssimativamente il 70% delle stazioni (25 stazioni) presenta serie storiche caratterizzate da una lunghezza superiore a 20 anni, mentre per la variabile DH3gg la percentuale delle stazioni che presentano serie storiche caratterizzate da una lunghezza superiore a 20 anni si riduce al 35% circa.

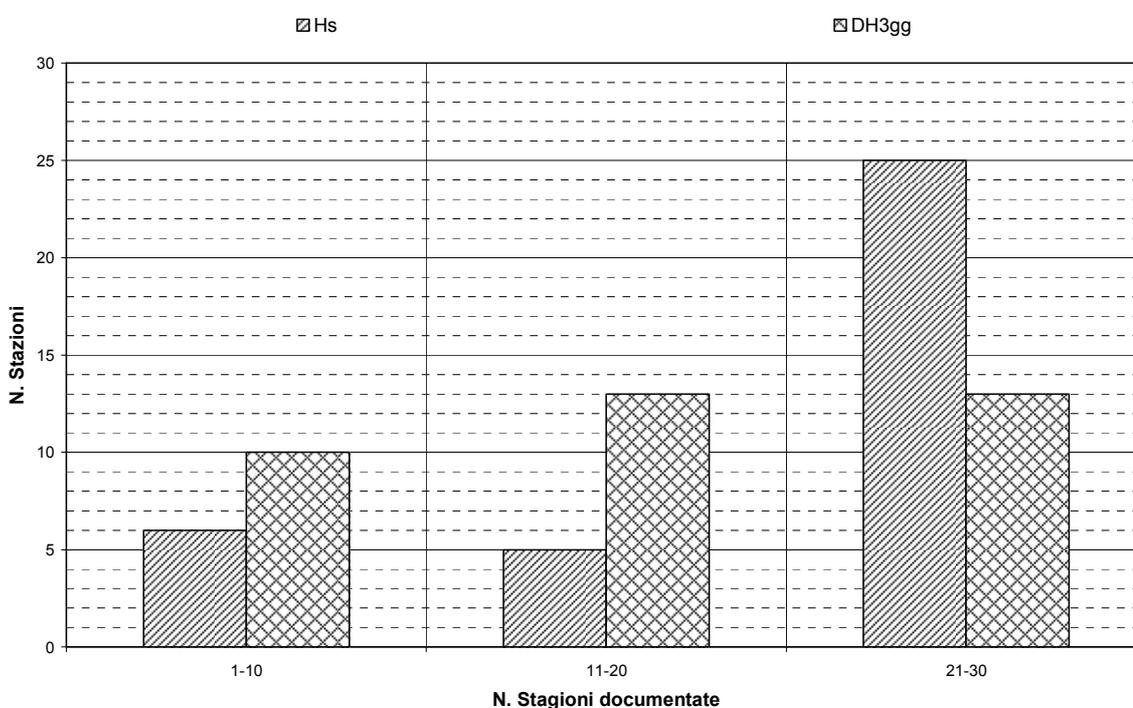


Figura 3.1 - Distribuzione delle serie storiche disponibili.

3.3 Filtraggio dei dati

I dati disponibili (vedi § 3.2) sono stati forniti, in formato digitale, dall'Ufficio Previsioni e Organizzazione – Dipartimento Protezione Civile e Tutela del Territorio della Provincia Autonoma di Trento. Le differenti analisi statistiche effettuate nel contesto del presente studio sono state precedute dalle seguenti operazioni di “riorganizzazione” e “filtraggio” dei dati:



- a) organizzazione dei dati in un formato omogeneo ed adatto alla elaborazione automatica degli stessi mediante foglio di lavoro MS Excel;
- b) determinazione dei valori massimi stagionali di *Hs* e *DH3gg*;
- c) determinazione delle date relative al verificarsi dei massimi stagionali (per tutte le stazioni e per tutte le stagioni disponibili);

Come accennato al § 3.2 la maggior parte delle serie storiche di dati prese in esame presenta discontinuità di tipo puntuale sui dati giornalieri. Tale tipo di discontinuità può comportare due differenti problemi nella determinazione dei massimi stagionali:

- da un lato si può avere il problema tecnico che un vuoto nelle serie di registrazioni giornaliere di *Hs* dia luogo ad un valore estremamente alto e non reale del *DH3gg*;
- dall'altro è possibile che siano stati persi periodi di intensa precipitazione in cui si era verificato il massimo annuo dei valori di *Hs* e *DH3gg*.

Il primo problema è stato risolto analizzando direttamente i *files* della base di dati, e controllando che il massimo di *DH3gg* non fosse generato da discontinuità di tipo puntuale. In tal caso, qualora l'operazione non comportasse valutazioni arbitrarie, si è provveduto al riempimento manuale del "buco" (vedi esempio in Figura 3.2).

DATA	HS	HN	$\Delta H3gg$
...
...
21/12/85	41	0	0
22/12/85	40	0	0
23/12/85	38	0	0
24/12/85	37	0	0
25/12/85	51	14	11
26/12/85		0	0
27/12/85	50	2	13
28/12/85	81	35	30
29/12/85	76	0	76
30/12/85	65	0	15
31/12/85	63	1	0
01/01/86	53	0	0
02/01/86	50	0	0

Correzione →

DATA	HS	HN	$\Delta H3gg$
...
...
21/12/85	41	0	0
22/12/85	40	0	0
23/12/85	38	0	0
24/12/85	37	0	0
25/12/85	51	4	11
26/12/85	48	0	10
27/12/85	50	2	13
28/12/85	81	35	30
29/12/85	76	0	28
30/12/85	65	0	15
31/12/85	63	1	0
01/01/86	53	0	0
02/01/86	50	0	0

Figura 3.2 - Esempio di correzione di un "buco" che comporta un errore nel calcolo di *DH3gg*.



Nel caso invece di mancanza di registrazioni in periodi nivometrici particolarmente intensi (valutabile attraverso i confronti discussi nel seguito), si è preferito eliminare la stagione.

Infine, si è proceduto ad un duplice controllo delle serie di massimi annui di *Hs* e *DH3gg* ottenute a valle delle operazioni suddette:

- confronto delle date dei massimi stagionali: si è controllato che i massimi stagionali per stazioni “affini” (per posizione e/o quota) cadessero in date vicine e, per tutti i casi in cui questa condizione non era verificata, si è proceduto ad un controllo diretto dei dati al fine di assicurarsi che non fossero presenti errori (discontinuità puntuali) o anomalie (assenza di registrazioni in periodi significativi);
- confronto delle serie di massimi stagionali: prendendo in esame gruppi di due o più stazioni appartenenti alla stessa zona geografica, anche se disposte a quote differenti, sono state valutate le correlazioni esistenti per ogni coppia di stazioni sui valori massimi annui. In tal modo è stato possibile evidenziare la presenza di eventuali “valori anomali” successivamente controllati ed eventualmente corretti (vedi Figura 3.3).

Si deve osservare che tutta la procedura di filtraggio dei dati è stata caratterizzata da un criterio operativo improntato al rendere minimo il numero di valutazioni soggettive introdotte nella definizione della base di dati; ovvero non si sono introdotte ricostruzioni relativamente arbitrarie (ad esempio basate su correlazioni) di periodi di intensa precipitazione o di intere stagioni invernali, preferendo piuttosto eliminare la stagione. Ciò è stato plausibile in virtù del tipo di analisi statistica affrontata nel presente lavoro che, essendo basata su tecniche di regionalizzazione, accorpa le informazioni relative a numerose stazioni di misura e, di conseguenza, riduce il problema della limitatezza delle serie storiche e rende meno cruciale l'esigenza di ricostruire in maniera arbitraria e poco accurata le informazioni mancanti.

Le varie operazioni di “filtraggio” descritte hanno consegnato la base di dati utilizzata nelle analisi statistiche effettuate nel presente studio e riportata in Appendice A – Tabella A.2 e A.3 (per *Hs* e *DH3gg* rispettivamente). Sempre in Appendice A, alle Figure A.1-A.35, sono graficate per ciascuna stazione e per i due parametri nivometrici di interesse (*Hs* e *DH3gg*) tutte le serie storiche di dati utilizzate nel presente lavoro.

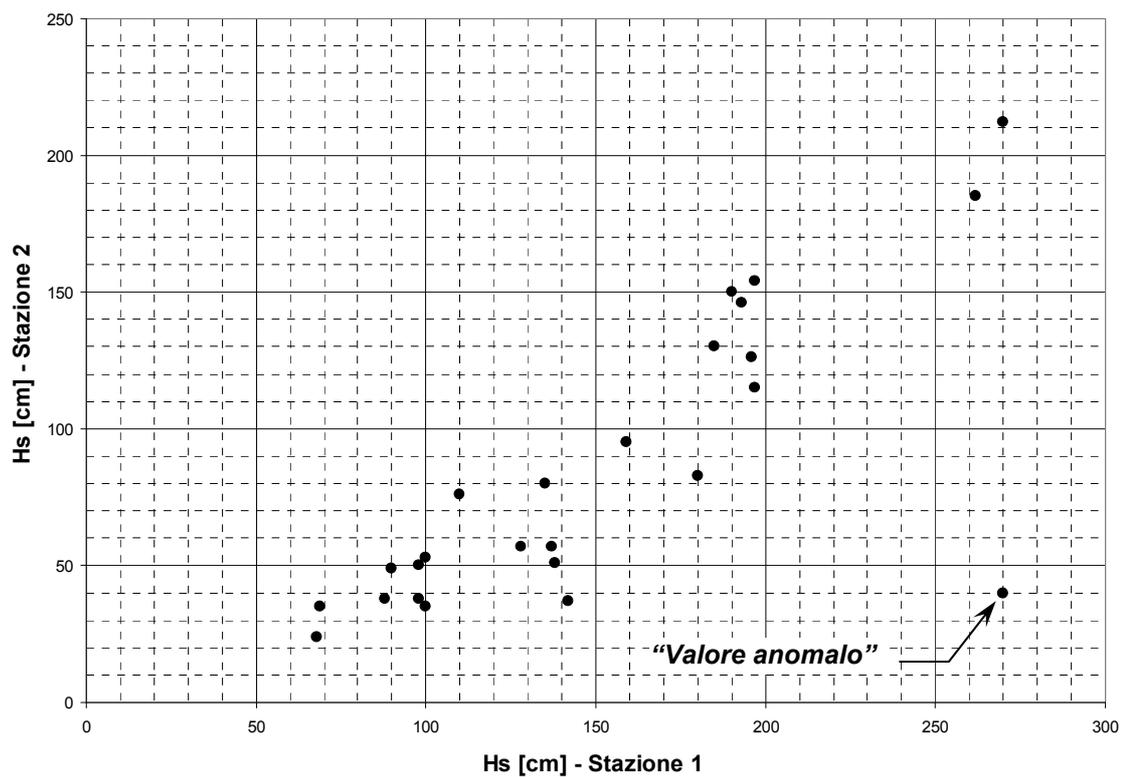


Figura 3.3 - Esempio di correlazione tra i valori di H_s di una coppia di stazioni affini, in cui appare evidente la presenza di un “valore anomalo” da sottoporre a controllo.



4 VARIABILITÀ SPAZIALE

4.1 Introduzione

In questo capitolo viene analizzata la variabilità spaziale dei valori medi dei due parametri nivometrici considerati nel presente studio (vedi § 3.1): il massimo stagionale dell'altezza del manto nevoso al suolo (H_s) ed il massimo stagionale dell'incremento dell'altezza del manto nevoso in 72 ore, ovvero su tre giorni consecutivi ($DH3gg$).

Tali analisi risulta essenziale complemento delle analisi inferenziali condotte al capitolo successivo (Cap. 5) in quanto consente di caratterizzare i valori medi di H_s e $DH3gg$ in funzione di posizione geografica e quota. Tali valori sono infatti necessari per scalare opportunamente le curve di crescita regionale determinate al Capitolo 5, ovvero le curve che forniscono i valori adimensionali delle variabili in funzione del tempo di ritorno (vedi Capitolo 5, equazione [5.6]).

4.2 Dati utilizzati

I dati di partenza utilizzati nella presente analisi sono riportati in Appendice A – Tabelle A.2 e A.3. Da tali dati sono stati ricavati, per ciascuna stazione, i valori medi dei massimi stagionali di H_s e $DH3gg$ sulle serie storiche disponibili (rispettivamente $\overline{H_s}$ e $\overline{DH3gg}$). I risultati ottenuti sono sintetizzati in Tabella 4.1. Nelle prime quattro colonne di tale tabella sono riportati rispettivamente i nomi, i codici, i comuni di appartenenza e le quote delle stazioni utilizzate (la cui ubicazione è fornita in Figura 2.2). Nella quinta colonna è inserito il valore medio dell'altezza massima stagionale del manto nevoso al suolo ($\overline{H_s}$), nella sesta il valore medio del massimo stagionale dell'incremento dell'altezza del manto nevoso su tre giorni consecutivi ($\overline{DH3gg}$).

Ai fini delle analisi condotte nella presente sezione sono state considerate esclusivamente stazioni caratterizzate da un numero di stagioni documentate maggiore o uguale a 10, nonché comprese nell'intervallo di quote coperto dal maggior numero di registrazioni (ovvero approssimativamente 1000-2250 m s.l.m.), ottenendo un campione costituito rispettivamente da 29 stazioni per H_s e da 26 stazioni per $DH3gg$ (vedi Figura 2.1a e Figura 3.1).



Tabella 4.1 - Valori medi dei massimi stagionali di H_s e $DH3gg$; le grandezze nivometriche sono espresse in centimetri, la quota in metri s.l.m. Tra parentesi sono indicati i valori medi di $DH3gg$ ottenuti sulla base di un numero di stagioni minore di 10.

Stazione	Codice	Comune	Quota	$\overline{H_s}$	$\overline{DH3gg}$
Andalo	11AN	Andalo	1005	62	39
Bondone - Viote	6BON	Garniga Terme	1490	93	60
Brocon - Marande	16PT	Castello Tesino	1605	106	54
Canal San Bovo	18SB	Canal S. Bovo	1150	60	43
Caoria	17CA	Canal S. Bovo	915	57	46
Ciampac	22CI	Canzei	2145	126	49
Ciampeide	27CM	Vigo di Fassa	1970	92	(38)
Madonna di Campiglio	23MC	Pinzolo	2020	150	68
Malga Baessa	20BA	Telve	1265	58	42
Malga Bissina	21MB	Daone	1780	170	90
Pampeago	10PM	Tesero	1760	97	57
Panarotta	9PTA	Pergine Valsugana	1775	142	65
Paneveggio	8PAN	Predazzo	1545	72	47
Passo Rolle	31RO	Siror	1995	171	78
Passo S. Pellegrino	26SP	Moena	1965	104	53
Passo S. Valentino	5PSV	Brentonico	1320	81	55
Passo Sommo	12FO	Folgaria	1360	88	58
Passo Tonale	25TO	Vermiglio	1875	140	69
Passo Valles	7PVA	Tonadico	2045	155	76
Pejo - Tarlenta	1PEI	Peio	2010	118	56
Pian delle Fugazze	19PF	Vallarsa	1170	102	57
Pinzolo - Prà Rodont	3PIN	Pinzolo	1500	97	60
Pozza di Fassa	14PO	Pozza di Fassa	1385	51	31
Predazzo - Gardonè	13PR	Predazzo	1675	65	39
Rabbi	2RAB	Rabbi	1315	70	44
Rumo	28RM	Rumo	1100	50	(36)
S. Martino di Castrozza	4SMC	Siror	1465	91	55
Tremalzo	15TR	Tiarno di Sopra	1560	109	(63)
Val Noana	24NO	Mezzano	1020	64	42



4.3 Altezza del manto nevoso, H_s

4.3.1 Dipendenza dalla quota

In Figura 4.1 sono riportati i valori di $\overline{H_s}$ in funzione della quota delle relative stazioni di rilevamento. Appare evidente un generale incremento con la quota del valore medio dei massimi stagionali di H_s . La migliore retta interpolante ha equazione:

$$\overline{H_s} = 74.895 \cdot 10^{-3} \cdot z - 19.473 \quad R^2 = 0.61 \quad [4.1]$$

con z indicante la quota in m s.l.m., $\overline{H_s}$ in cm. Tale retta interpolante fornisce un valore medio a scala provinciale del tasso di crescita di $\overline{H_s}$ con la quota pari a circa 7.5 cm ogni 100 metri di dislivello.

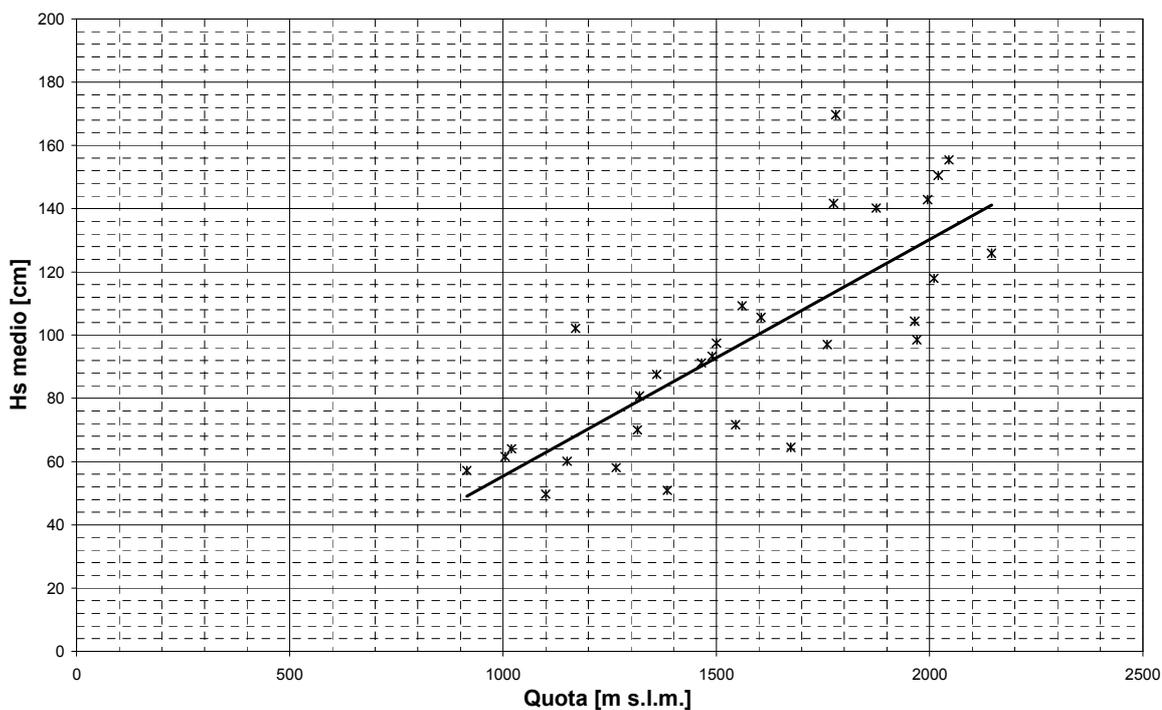


Figura 4.1 - Correlazione fra quota e $\overline{H_s}$. I punti rappresentano i dati campione di Tabella 4.1, la linea continua la retta interpolante di equazione [4.1].



4.3.2 Dipendenza dalla zona

Al fine di valutare l'eventuale dipendenza del valore medio del massimo stagionale di H_s ($\overline{H_s}$) dal fattore geografico (ossia di individuare l'esistenza di sottozone geografiche con caratteristiche omogenee in termini di $\overline{H_s}$), si è calcolato, per ogni stazione, lo scarto percentuale del valore misurato rispetto al valore fornito dalla retta di interpolazione (Figura 4.1, equazione [4.1]). I valori degli scarti percentuali sono successivamente stati posti su una cartina geografica rappresentante l'intera area di studio (Figura 4.2) al fine di verificare l'esistenza di zone con scarti appartenenti ad un ben definito intervallo di valori (in particolare sistematicamente positivi o negativi).

L'analisi dei valori degli scarti percentuali riportati in Figura 4.2 indica la possibilità di suddividere il territorio provinciale in due sottozone in cui la retta interpolante di Figura 4.1 fornisce complessivamente sovrastime (scarti negativi) o sottostime (scarti positivi) del reale valore di $\overline{H_s}$. Ciò dimostra che le due sottozone presentano caratteristiche nivometriche significativamente differenti (in termini di innevamento medio) e pertanto, se studiate separatamente, possono fornire curve di crescita di $\overline{H_s}$ con la quota più accurate (come mostrato alla successiva Figura 4.3).

Le due sottozone nivometriche, indicate nelle Figura 4.2 e Figura 4.3 con le diciture Zona "A" (zona a maggior innevamento) e Zona "B" (zona a minor innevamento), possono essere descritte a grandi linee come segue:

- Zona A: comprende il massiccio dell'Adamello, le Dolomiti del Brenta, la Valle dei Mocheni, la Valsugana, il massiccio del Lagorai-Cima d'Asta, la zona delle Pale di San Martino, le Prealpi Trentine e Gardesane, la zona di Folgaria e Lavarone, le Piccole Dolomiti;
- Zona B: comprende la zona del massiccio Ortes-Cevedale, la Val di Non, la Val di Sole, i massicci del Catinaccio e della Marmolada, la Val di Fiemme e la Val di Fassa.

La suddivisione operata è descritta in dettaglio in Appendice B in cui, per praticità d'uso dei risultati dello studio, i confini delle zone nivometriche sono stati fatti coincidere con limiti Comunali.

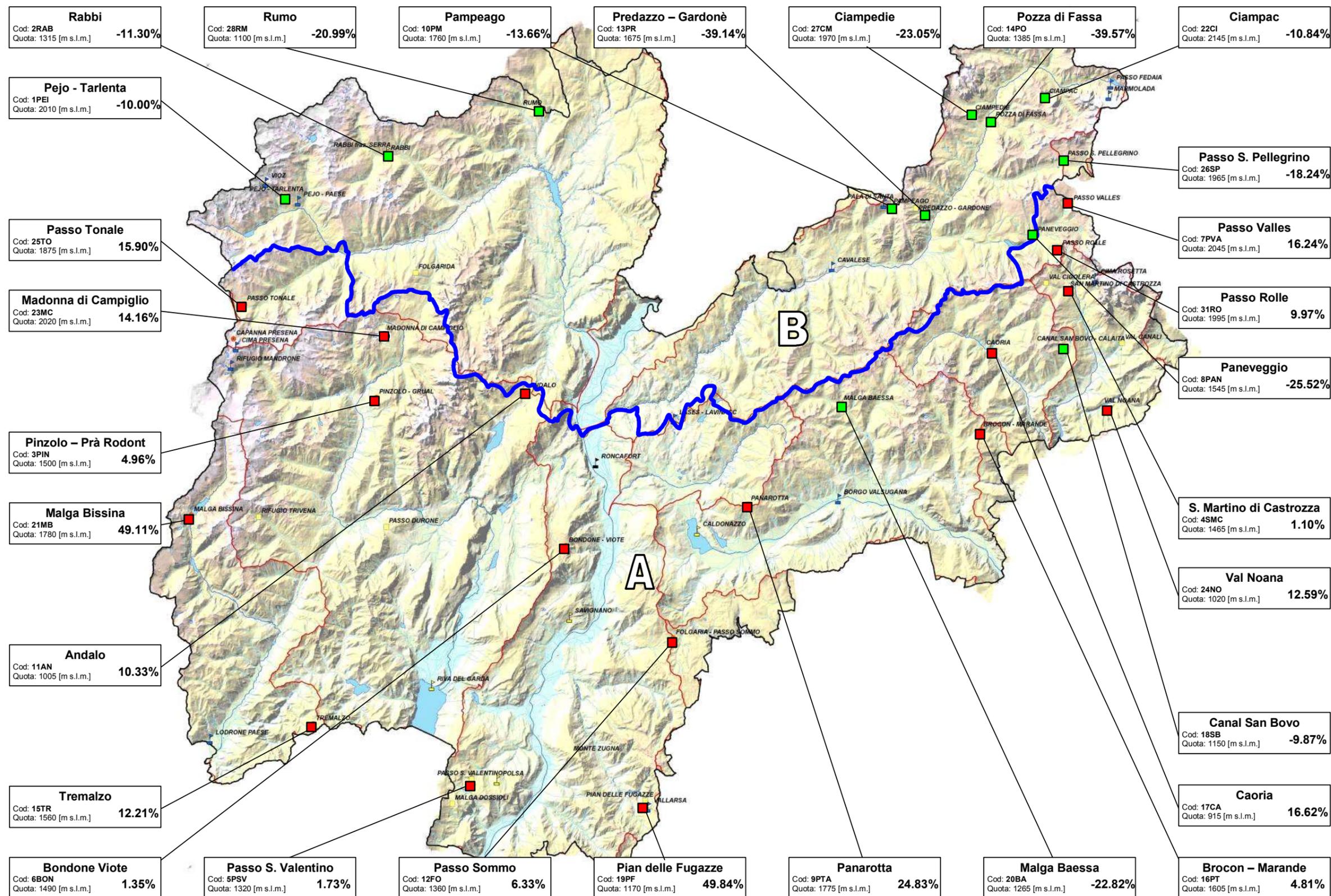


Figura 4.2 - Distribuzione geografica degli scarti percentuali del valore misurato di H_s rispetto a quello calcolato mediante l'equazione [4.1]. Sono indicati anche i limiti delle due zone nivometriche ("A" e "B") con valori significativamente differenti degli scarti percentuali descritte in dettaglio in Appendice B.



Si deve osservare che il grado di dettaglio e l'accuratezza della suddivisione nivometrica sopraesposta è comunque commisurato alle potenzialità descrittive disponibili, legate al numero ed all'ubicazione delle stazioni di misura presenti sul territorio della Provincia Autonoma di Trento. In particolare, soprattutto nella definizione dei confini tra le due zone nivometriche, l'assenza di un fitto reticolo di punti di misura non ha consentito di effettuare sempre valutazioni oggettive. In tutti in casi incerti (ad esempio in casi relativi al comune di Telve o la zona delle Pale di S. Martino) è stato adattato un criterio qualitativo di allocazione alle zone nivometriche basato su valutazioni principalmente di carattere orografico e climatico, improntate comunque alla cautelatività (ovvero nel dubbio una porzione di territorio è stata allocata alla zona a maggior innevamento medio). Tali scelte sono ovviamente suscettibili di eventuali correzioni a valle di una adeguata raccolta dei dati di interesse.

Con riferimento alle due zone nivometriche sopra definite si sono ottenute le seguenti rette interpolanti (vedi Figura 4.3):

Zona A:

$$\overline{Hs} = 94.633 \cdot 10^{-3} \cdot z - 37.408 \quad R^2 = 0.85 \quad [4.2]$$

Zona B:

$$\overline{Hs} = 72.988 \cdot 10^{-3} \cdot z - 38.067 \quad R^2 = 0.85 \quad [4.3]$$

dove z indica la quota in m s.l.m. e \overline{Hs} il valore medio dell'altezza del manto nevoso in cm. Si è pertanto riscontrato un deciso miglioramento rispetto all'analisi a scala provinciale (vedi Figura 4.1 e equazione [4.1]), con un incremento del coefficiente di correlazione ed una migliore distribuzione dei residui.

Dalle due rette interpolanti di eq. [4.2] e [4.3] è possibile stimare i valori medi del tasso di crescita di \overline{Hs} con la quota (alla scala delle due zone nivometriche), come sintetizzato alla successiva Tabella 4.2.

Tabella 4.2- Tasso di crescita di \overline{Hs} con la quota per le due zone nivometriche, espresso in cm ogni 100 m di dislivello

Zona A	Zona B
9.5	7.5

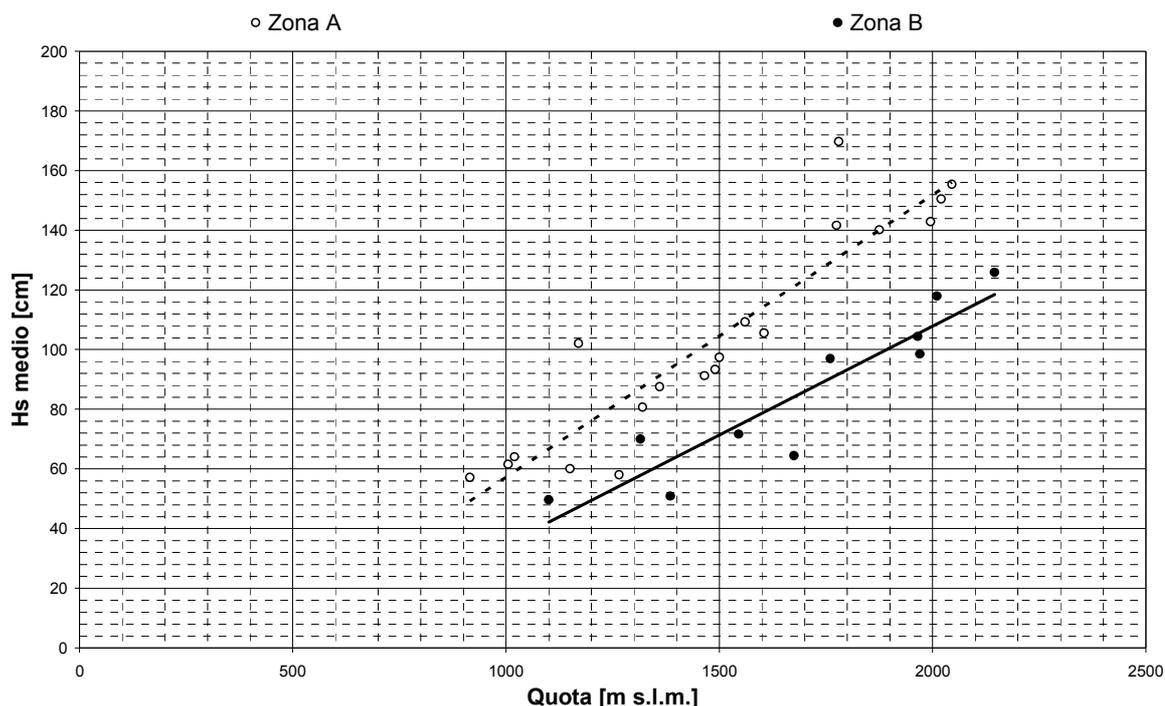


Figura 4.3 - Correlazione fra quota e \overline{Hs} per le due zone nivometriche "A" e "B" (vedi Appendice B). Le due linee interpolanti si riferiscono rispettivamente alle equazioni [4.2] (linea tratteggiata) e [4.3] (linea continua).

4.4 Incremento di altezza del manto nevoso su 3 giorni, $DH3gg$

4.4.1 Dipendenza dalla quota

In Figura 4.4 è riportato l'andamento del valore medio di $DH3gg$ ($\overline{DH3gg}$) con la quota, su tutto il territorio provinciale. Anche per $\overline{DH3gg}$ a scala regionale è visibile un generale incremento con la quota, con un tasso medio di crescita pari a poco più di 2 cm ogni 100 metri di dislivello. Si può inoltre osservare che, almeno limitatamente all'intervallo di quote coperto dalle rilevazioni disponibili (approssimativamente 1000-2200 m s.l.m.), la crescita appare, anche in questo caso, ben rappresentata da una polinomiale del primo ordine, avente equazione:

$$\overline{DH3gg} = 21.924 \cdot 10^{-3} \cdot z + 20.965 \quad R^2 = 0.33 \quad [4.4]$$

con z in m s.l.m., $\overline{DH3gg}$ in cm.

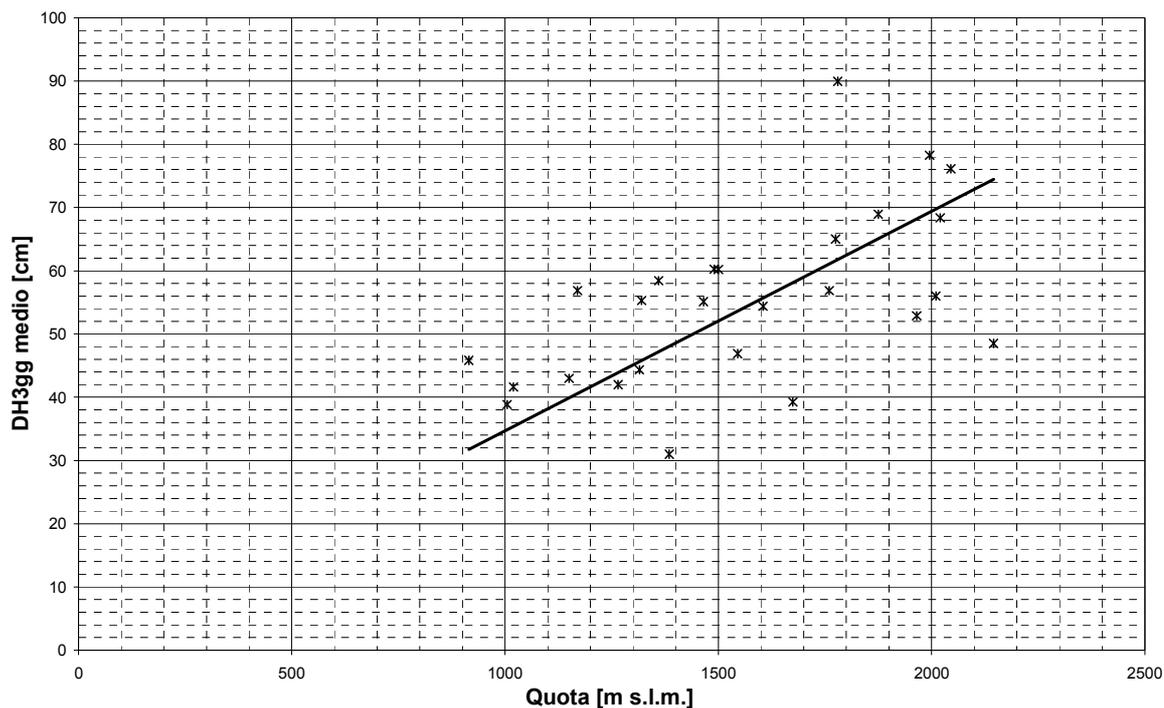


Figura 4.4 - Correlazione fra quota e $\overline{DH3gg}$. I punti rappresentano i dati campione di Tabella 4.1, la linea l'interpolante lineare di equazione [4.4].

4.4.2 Dipendenza dalla zona

Anche per $\overline{DH3gg}$ si è cercato di valutare l'eventuale dipendenza dal fattore geografico. Procedendo analogamente a quanto fatto per \overline{Hs} (vedi § 4.3.2) si è calcolato per ogni stazione lo scarto percentuale di $\overline{DH3gg}$ rispetto al valore fornito dalla retta di interpolazione di Figura 4.4 (equazione [4.4]). I risultati sono riportati nella successiva Figura 4.5.

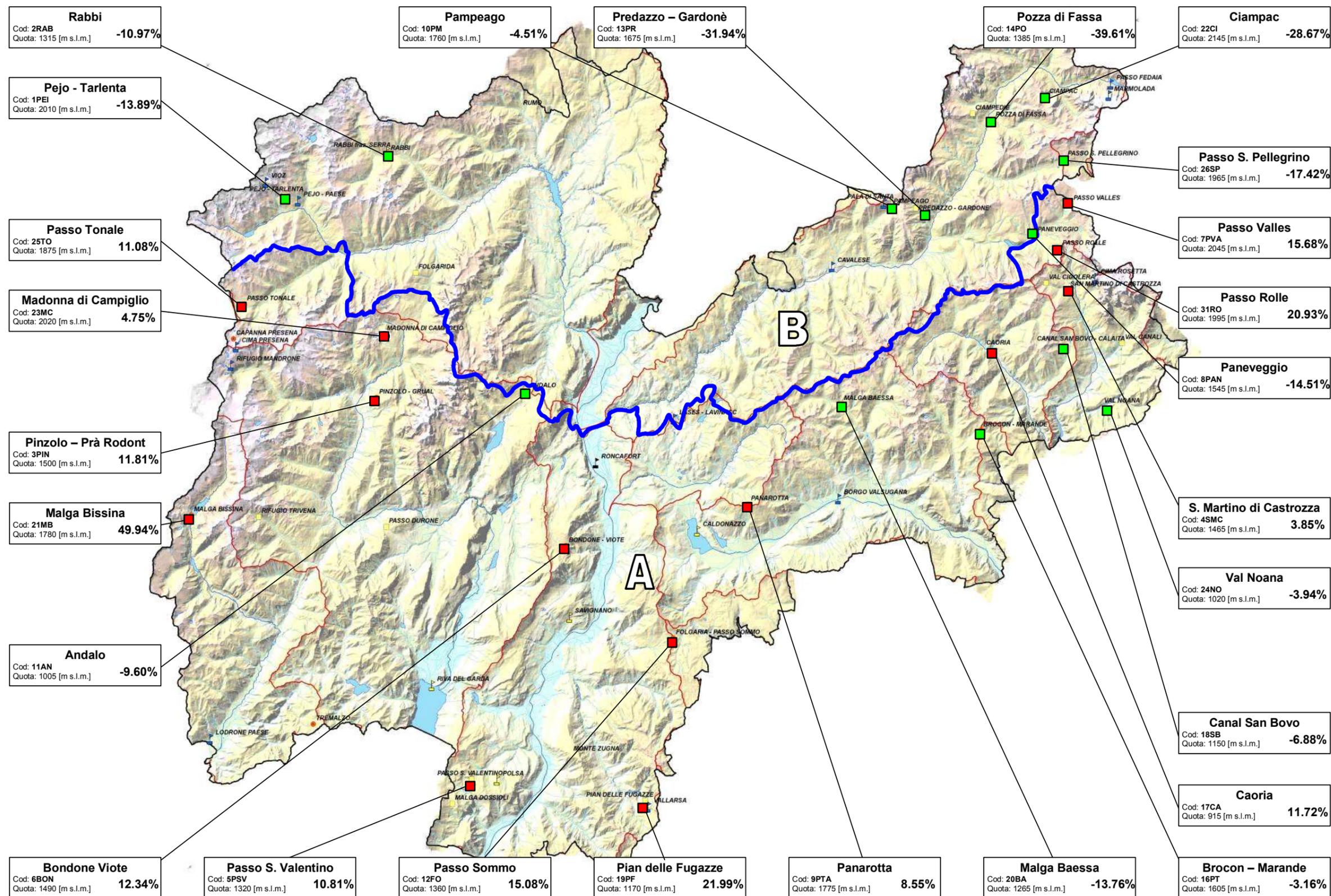


Figura 4.5 - Distribuzione geografica degli scarti percentuali del valore misurato di $DH3_{gg}$ rispetto a quello calcolato mediante l'equazione [4.4]. Sono indicati anche i limiti delle due zone nivometriche ("A" e "B") con valori significativamente differenti degli scarti percentuali descritte in dettaglio in Appendice B.



L'analisi dei valori degli scarti percentuali (Figura 4.5) indica la possibilità di mantenere anche per $\overline{DH3gg}$ la suddivisione geografica adottata per \overline{Hs} , riscontrando, anche in questo caso, un sensibile miglioramento rispetto all'analisi a scala provinciale. In particolare, con riferimento alle due zone nivometriche "A" e "B" (Appendice B) si sono ottenute le seguenti correlazioni Quota (in m s.l.m.) - $\overline{DH3gg}$ (in cm), vedi Figura 4.6:

Zona A:

$$\overline{DH3gg} = 32.745 \cdot 10^{-3} \cdot z + 10.134 \quad R^2 = 0.73 \quad [4.5]$$

Zona B:

$$\overline{DH3gg} = 18.730 \cdot 10^{-3} \cdot z + 14.656 \quad R^2 = 0.41 \quad [4.6]$$

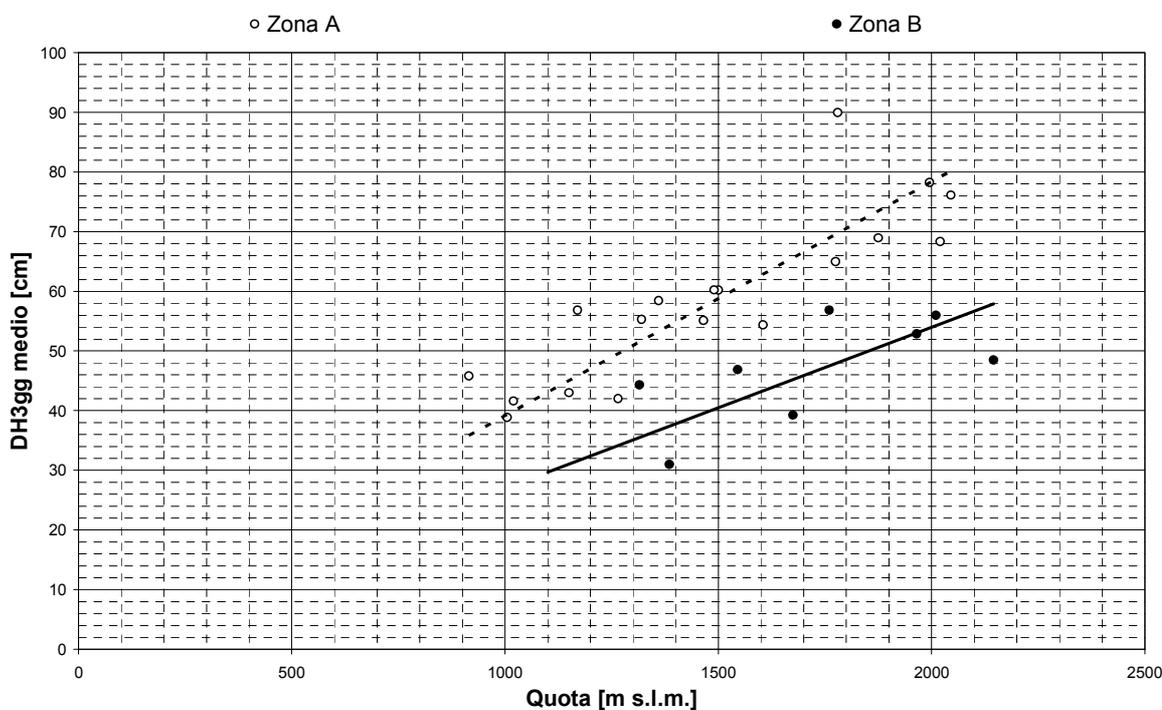


Figura 4.6 - Correlazione fra quota e $\overline{DH3gg}$ per le due zone nivometriche "A" e "B" (vedi Appendice B). Le due linee interpolanti si riferiscono rispettivamente alle equazioni [4.5] (linea tratteggiata) e [5.6] (linea continua).

I valori medi del tasso di crescita di $\overline{DH3gg}$ con la quota (alla scala delle due zone nivometriche) sono riassunti alla successiva Tabella 4.3.

Tabella 4.3- Tasso di crescita di $\overline{DH3gg}$ con la quota per le due zone nivometriche, espresso in cm ogni 100 m di dislivello

Zona A	Zona B
3.5	2.0



5 ANALISI REGIONALE

5.1 Introduzione

In questa parte dello studio viene effettuata, con riferimento al territorio montano della Provincia Autonoma di Trento, l'analisi statistica "a scala regionale" dei parametri nivometrici di interesse nel presente lavoro (vedi § 3.1). Scopo di tale analisi è la caratterizzazione del legame tra tali variabili ed il tempo di ritorno. Un approccio di tipo "regionale" all'analisi statistica dei dati di innevamento consente, rispetto alla classica statistica inferenziale "sito-specifica" (ovvero basata sull'elaborazione dei dati registrati da un'unica stazione di misura), di combinare i dati relativi a differenti stazioni di rilevamento nivo-meteorologico (una volta verificate, mediante opportuni test, l'omogeneità statistica, vedi § 5.3). In questo modo si ha il vantaggio di estendere il campione di dati migliorando l'accuratezza della stima delle variabili nivometriche di progetto (soprattutto con riferimento ai tempi di ritorno di interesse nelle applicazioni pratiche finalizzate alla mappatura del pericolo o al dimensionamento delle opere di difesa, tipicamente non inferiori al secolo).

Inoltre la procedura regionale consente di utilizzare, nell'analisi delle frequenze dei massimi annui, leggi di distribuzione di probabilità con un numero di parametri superiore a due (quali ad esempio la GEV), caratterizzate da migliori proprietà sia descrittive che predittive.

5.2 Dati utilizzati

L'elenco delle stazioni adottate nell'analisi statistica a "scala regionale" è riportato in Tabella 6.1. Rispetto alle analisi statistiche effettuate al precedente capitolo (Cap. 4), incentrate essenzialmente sui valori medi (momento del primo ordine), nel contesto dell'analisi inferenziale effettuata nel presente capitolo sono state considerate solo le stazioni con un numero di stagioni disponibili rispettivamente superiore a 20 (per Hs) e 15 (per DH3gg), in quanto si sono volute limitare le distorsioni caratteristiche della stima dei momenti di ordine superiore al primo (ad es. del coefficiente di variazione) associate a serie di dati di dimensione limitata. L'ubicazione geografica delle stazioni utilizzate è fornita al Capitolo 2, Figura 2.2.



Tabella 5.1 - Dati generali delle stazioni di rilevamento nivometeorologico utilizzate nell'analisi statistica a scala regionale (stazioni con numero di stagioni documentate ≥ 20 per *Hs* e ≥ 15 per *DH3gg*)

Stazione	Codice	Comune	Quota [m s.l.m.]	CV <i>Hs</i>	CV <i>DH3gg</i>
Andalo	11AN	Andalo	1005	0,57	0,59
Bondone - Viote	6BON	Garniga Terme	1490	0,54	0,59
Brocon - Marande	16PT	Castello Tesino	1605	0,43	0,49
Canal San Bovo	18SB	Canal S. Bovo	1150	0,58	0,52
Caoria	17CA	Canal S. Bovo	915	0,67	0,74
Ciampac	22CI	Canzei	2145	0,31	0,50
Madonna di Campiglio	23MC	Pinzolo	2020	0,38	0,38
Malga Baessa	20BA	Telve	1265	0,56	0,63
Malga Bissina	21MB	Daone	1780	0,38	0,45
Pampeago	10PM	Tesero	1760	0,39	0,53
Panarotta	9PTA	Pergine Valsugana	1775	0,30	0,49
Paneveggio	8PAN	Predazzo	1545	0,42	0,48
Passo S. Pellegrino	26SP	Moena	1965	0,30	
Passo S. Valentino	5PSV	Brentonico	1320	0,55	0,48
Passo Sommo	12FO	Folgaria	1360	0,57	0,53
Passo Tonale	25TO	Vermiglio	1875	0,25	0,31
Passo Valles	7PVA	Tonadico	2045	0,32	0,46
Pejo - Tarlenta	1PEI	Pejo	2010	0,27	0,35
Pian delle Fugazze	19PF	Vallarsa	1170	0,60	0,43
Pinzolo - Prà Rodont	3PIN	Pinzolo	1500	0,44	0,42
Pozza di Fassa	14PO	Pozza di Fassa	1385	0,45	0,54
Predazzo - Gardonè	13PR	Predazzo	1675	0,50	0,42
Rabbi	2RAB	Rabbi	1315	0,48	0,59
S. Martino di Castrozza	4SMC	Siror	1465	0,39	0,40
Tremalzo	15TR	Tiarno di Sopra	1560	0,50	
Val Noana	24NO	Mezzano	1020	0,52	0,54
CV(CV)				0.25	0.19

5.3 Metodologia

Nel seguito viene sinteticamente descritta la metodologia di analisi regionale utilizzata nel presente studio. Per l'analisi regionale di *Hs* e *DH3gg* si è fatto riferimento alla tecnica cosiddetta del “valore indice” (Kite, 1988; Cunnane, 1989; Maione e Moisello, 1993; Hosking e Wallis, 1997). Questa procedura, che è stata proposta originariamente con il nome di “metodo della piena indice” (*index flood procedure*) per elaborare le serie dei valori massimi annui delle portate di piena, può infatti essere estesa alla elaborazione di qualsiasi variabile casuale x , ovvero anche delle variabili nivologiche oggetto del presente studio.

Il metodo del “valore indice” ammette che i valori y_{ij} della variabile adimensionale ottenuta dividendo i valori x_{ij} rilevati in ciascuna delle M stazioni della regione “omogenea” per la media \bar{x}_j del proprio campione (di dimensione N_j):



$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} \quad \text{con} \quad \bar{x}_j = \sum_i x_{ij} / N_j \quad [5.1]$$

dove $i=1, \dots, N_j$ e $j=1, \dots, M$, abbiano la medesima distribuzione di probabilità, usualmente denominata “curva di crescita regionale”. In realtà un grado di disomogeneità relativamente limitato tra le stazioni di rilevamento che vengono accorpate nell'analisi regionale è ritenuto ammissibile. Il test più comune e semplice per verificare che il grado di disomogeneità delle stazioni sia accettabile, è quello di verificare che il $CV(CV_j) < 0,4$. Chiaramente 0,4 è il limite massimo ammissibile; quanto più piccolo risulta il CV dei CV del gruppo di stazioni considerate, tanto maggiore è il grado di omogeneità statistica delle stessa e tanto più efficiente risulta la procedura di regionalizzazione.

Per elaborare le serie adimensionali dei massimi annui delle grandezze nivometriche in un'ottica “regionale” (ossia per la definizione della curva di crescita regionale), nella letteratura specialistica è consigliato l'impiego delle seguenti leggi di distribuzione di probabilità:

- la legge generale del massimo valore (*Generalised Extreme Value*, di solito indicata con la dicitura GEV), caratterizzata da tre parametri (posizione u , scala α , forma k), la cui forma inversa (*quantile function*) ha la seguente espressione (Lu & Stedinger, 1992):

$$y(F) = u + \frac{\alpha}{k} \left[1 - (-\ln F)^k \right] \quad [5.2]$$

con F indicante la probabilità cumulata, definita al capitolo 1

- la legge Wakeby (di solito indicata con la dicitura WAK), caratterizzata da 5 parametri (m, a, b, c, d), definita nella forma inversa nel seguente modo (Houghton, 1978):

$$y(F) = m + a \cdot \left[1 - (1 - F)^b \right] - c \cdot \left[1 - (1 - F)^{-d} \right] \quad [5.3]$$

Per la stima (regionale) dei parametri della curva di crescita regionale sono stati proposti diversi approcci. Nel seguito vengono riportati i due metodi di maggior impiego nella pratica.

- Approccio *station year*. I valori adimensionali y_{ij} vengono raggruppati in un unico campione di dimensione:



$$N = \sum_{j=1}^M N_j \quad [5.4]$$

Al campione unico si applicano le procedure standard di stima parametrica (metodo dei momenti ordinari, massima verosimiglianza, momenti pesati in probabilità).

- Approccio basato sulle medie regionali dei momenti pesati in probabilità (*regional averaging of probability weighted moments, RAPWM*). Utilizzando tale procedura vengono stimati i momenti pesati in probabilità (PWM, Greenwood et al., 1979) per ogni serie adimensionale di valori x_{ij} relativa a ciascun sito ($M_{(kj)}$). I momenti $\bar{M}_{(k)}$ della distribuzione a scala regionale (cioè della curva di crescita regionale) si ottengono come media pesata dei momenti relativi alle serie di ogni stazione, dove i pesi sono funzione del numero di osservazioni di ogni serie:

$$\bar{M}_{(k)} = \frac{\sum_{j=1}^M M_{(kj)} \cdot N_j}{\sum_{j=1}^M N_j} \quad [5.5]$$

dove j indicizza la stazione e k l'ordine del PWM. Noti i momenti pesati in probabilità della curva di crescita regionale, la determinazione dei suoi parametri è facilmente ottenibile mediante semplici relazioni algebriche.

Nel presente lavoro si è optato per l'utilizzo della legge GEV (poiché per alcuni campioni di dati la Wakeby non risultava adattabile, “*invalid distribution*”) e per l'adozione del metodo *regional averaging of moments*, meno affetto, rispetto all'approccio di tipo *station year*, dagli errori legati alla possibile correlazione tra i dati registrati delle diverse stazioni di misura nel corso dei medesimi anni). Le relazioni algebriche che forniscono i parametri della GEV in funzione dei PWM sono riportate in letteratura (Cunnane, 1989). Nel seguito la procedura di analisi regionale adottata nel presente studio sarà indicata più semplicemente con la dicitura “GEV/RAPWM”.

Determinata la curva di crescita regionale, $y=y(F)$ o equivalentemente $y=y(T)$, vedi Capitolo 1, il valore $x_j(T)$ alla j -esima stazione si ottiene semplicemente dalla relazione:

$$x_j(T) = y(T) \cdot \bar{x}_j \quad [5.6]$$



Il metodo del “valore indice” ben si presta anche per il calcolo di $x(T)$ in siti non strumentati, quale risultano tipicamente le zone di distacco delle valanghe. In questi casi il valore medio della variabile (\bar{x}) da introdurre nella equazione [5.6] è ottenibile mediante analisi regressive sui parametri morfometrici della zona di distacco (quali ad esempio quota ed esposizione). I coefficienti della regressione vengono calcolati a partire dai valori \bar{x}_j rilevati nei siti monitorati della regione.

In particolare, nel contesto delle analisi condotte nel presente studio, la quota si è dimostrata una variabile estremamente significativa al fine di spiegare le differenze tra i valori medi (\overline{Hs} e $\overline{DH3gg}$) delle variabili nivometriche registrate in stazioni di misura differenti (vedi § 4.3 e 4.4).

5.4 Curve di crescita regionali

5.4.1. Altezza del manto nevoso, Hs

L'analisi dei coefficienti di variazione (nel seguito indicato con la dicitura CV) condotta sulle stazioni di Tabella 5.1 evidenzia che il criterio di omogeneità: $CV(CV) < 0,4$, risulta già verificato alla scala di tutto il territorio provinciale (infatti risulta $CV(CV) = 0,25$). Ciò dimostra che, a meno di un fattore di scala locale (ovvero il valore medio di Hs), la variazione inter-stagionale della variabile Hs ha comportamenti non eccessivamente dissimili tra le varie stazioni distribuite sul territorio della provincia autonoma di Trento.

Rappresentando i CV delle singole stazioni in funzione della loro quota si osserva peraltro una dipendenza piuttosto significativa (Figura 5.1), con una diminuzione generale del CV al crescere della quota (ragionevole conseguenza di un comportamento più stabile in termini di variabilità inter-stagionale alle quote più elevate). Al fine di considerare campioni di dati caratterizzati da un maggiore grado di omogeneità si è pertanto ritenuto sensato dividere il campione complessivo in tre sotto-classi distinte, in dipendenza dell'ubicazione altimetrica delle stazioni:

- Classe 1: stazioni poste a quote inferiori ai 1300 m s.l.m.;
- Classe 2: stazioni poste a quote comprese tra 1300 e 1700 m s.l.m.;
- Classe 3: stazioni poste a quote superiori a 1700 m s.l.m.

I CV medi relativi alle tre classi così definite sono risultati significativamente differenti tra di loro (rispettivamente pari a 0.58, 0.48 e 0.32 per le Classi 1, 2 e 3, vedi



Figura 5.2) e il grado di omogeneità delle stesse notevolmente accresciuto rispetto al campione regionale; il CV(CV) risulta infatti pari a circa 0.08, 0.12 e 0.15 per le stazioni appartenenti rispettivamente alle classi 1, 2 e 3.

Le *Curve di Crescita Regionale* relative ad H_s per le tre classi di quote sopra definite sono rappresentate nella Figura 5.3.

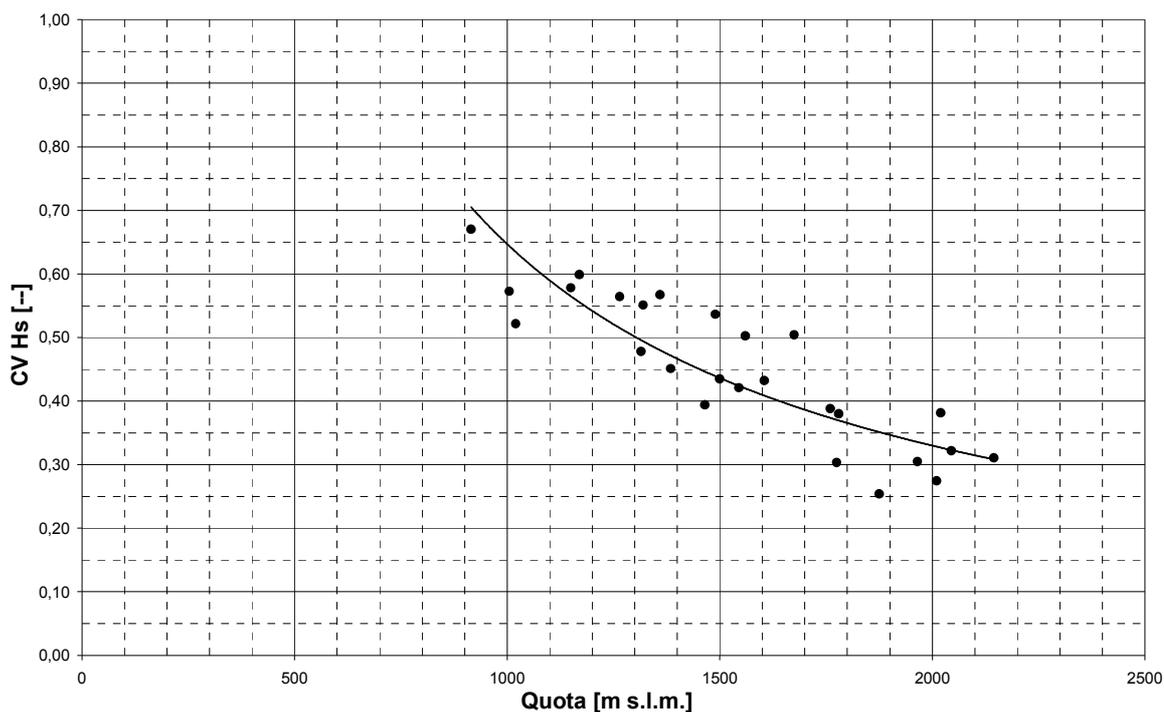


Figura 5.1 - Andamento dei CV relativi alla variabile H_s in funzione della quota. I punti rappresentano i dati campione riportati in Tabella 5.1. E' evidenziata anche una possibile curva interpolante.

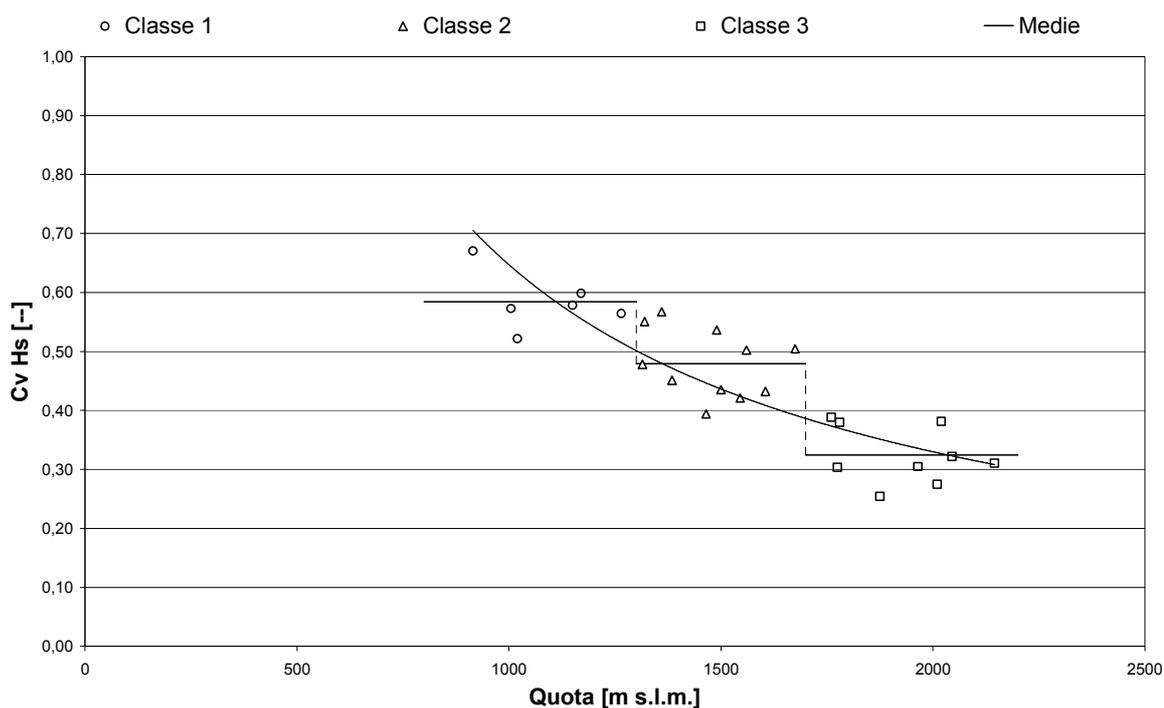


Figura 5.2 - Andamento dei CV relativi alla variabile H_s in funzione della quota. Suddivisione per classi altimetriche con indicazione dei valori medi dei CV relativi alle singole classi.

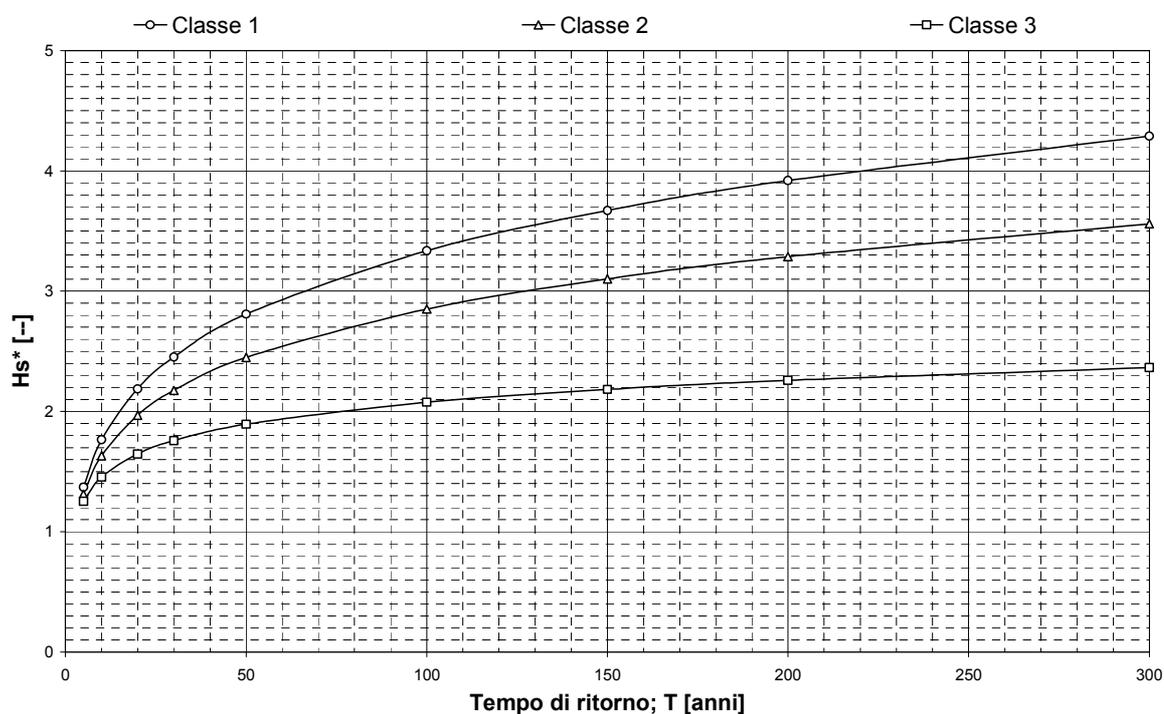


Figura 5.3 - Curve di crescita regionale di H_s per il territorio della Provincia Autonoma di Trento, con riferimento alle tre differenti classi di quote. Legge di ripartizione utilizzata: GEV (Equazione [5.2]). Metodo di stima dei parametri: media regionale dei momenti pesati in probabilità (RAPWM).

Classe 1 - Valori dei parametri: $u=0.70220$; $\alpha=0.39619$; $k=-0.15131$.
 Classe 2 - Valori dei parametri: $u=0.75896$; $\alpha=0.33532$; $k=-0.12626$.
 Classe 3 - Valori dei parametri: $u=0.84445$; $\alpha=0.27417$; $k=0.01008$.



5.4.2. Incremento di altezza del manto nevoso su 3 giorni, $DH3gg$

L'analisi dei CV condotta su tutte le stazioni di Tabella 5.1 evidenzia anche in questo caso che il criterio di omogeneità ($CV(CV) < 0,4$), risulta già verificato alla scala dell'intero territorio provinciale ($CV(CV) = 0,19$). Rappresentando i CV delle singole stazioni in funzione della loro quota, analogamente a quanto ottenuto per H_s si osserva una dipendenza abbastanza significativa (Figura 5.4). Pertanto, anche con riferimento alla variabile $DH3gg$, al fine di considerare campioni di dati caratterizzati da un maggiore grado di omogeneità si è suddiviso il campione complessivo nelle tre classi altimetriche definite al precedente § 5.4.1.

I CV medi relativi alle tre classi così definite sono risultati significativamente differenti tra di loro (rispettivamente pari a 0,58, 0,49 e 0,43 per le Classi 1, 2 e 3, vedi Figura 5.5), e il grado di omogeneità delle stesse lievemente accresciuto rispetto al campione regionale; il $CV(CV)$ risulta pari a circa 0,18, 0,14 e 0,18 per le stazioni appartenenti rispettivamente alle classi 1, 2 e 3.

Le *Curve di Crescita Regionale* relative ad $DH3gg$ per le tre classi di quote sopra definite sono rappresentate nella Figura 5.6.

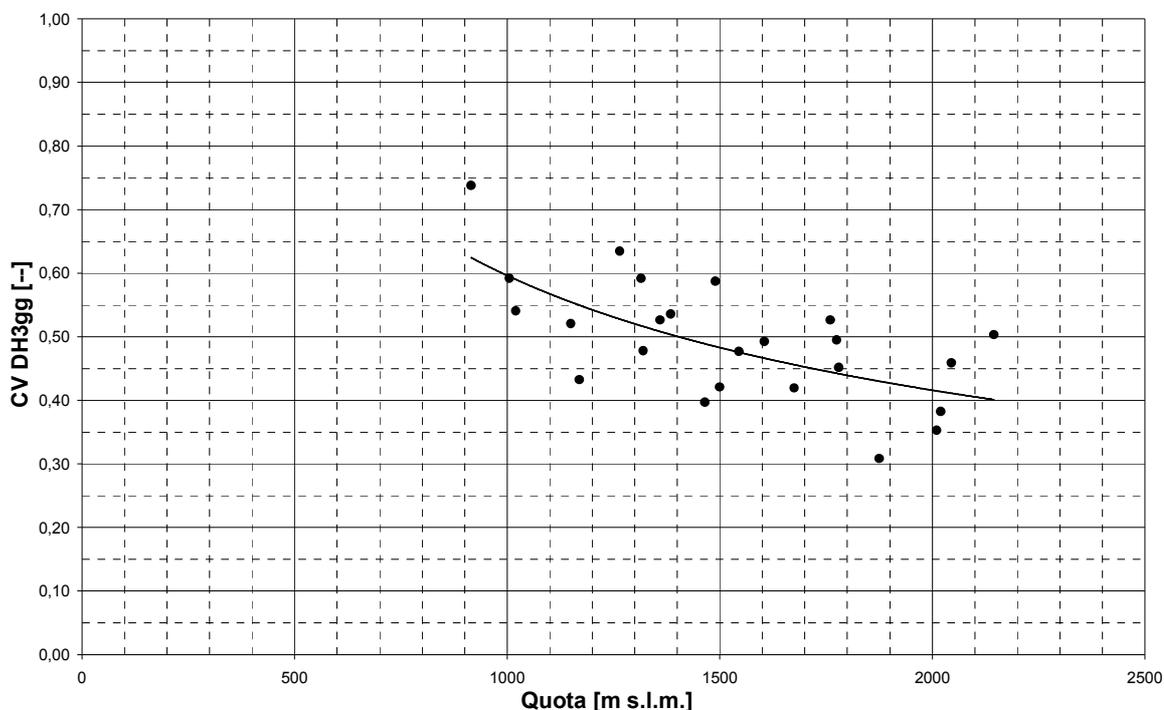


Figura 5.4 - Andamento dei CV relativi alla variabile $DH3gg$ in funzione della quota. I punti rappresentano i dati campione riportati in Tabella 5.1. E' evidenziata anche una possibile curva interpolante.

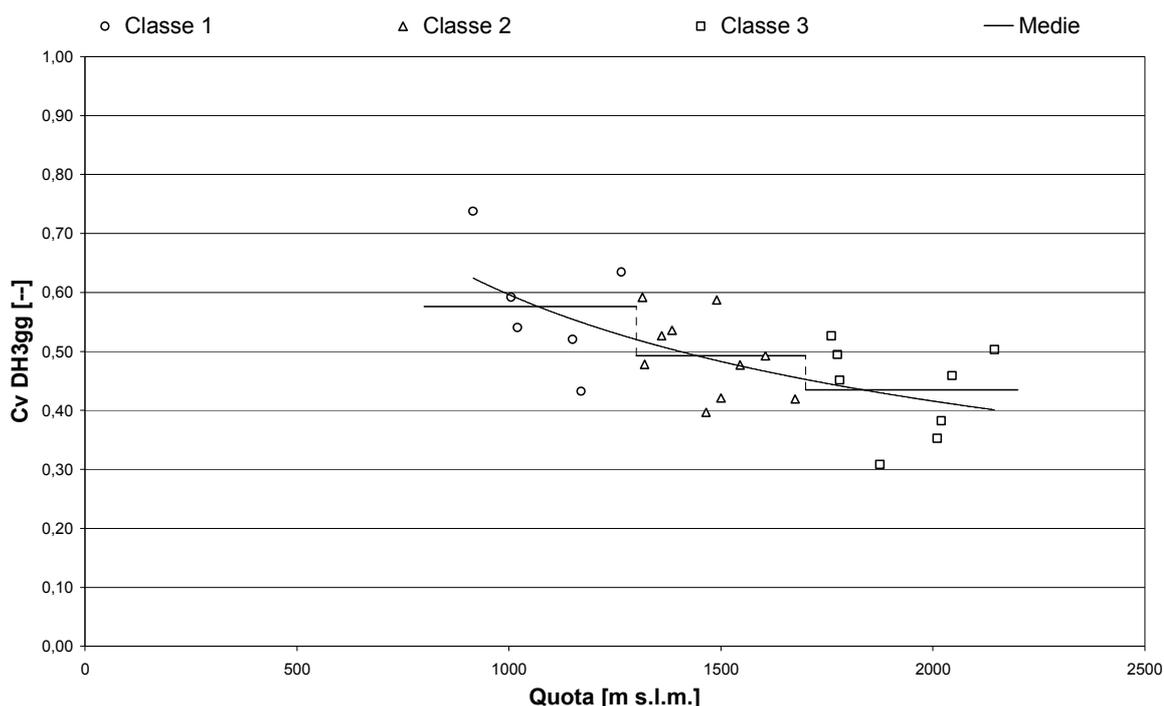


Figura 5.5 - Andamento dei CV relativi alla variabile $DH3gg$ in funzione della quota. Suddivisione per classi altimetriche con indicazione dei valori medi dei CV relativi alle singole classi.

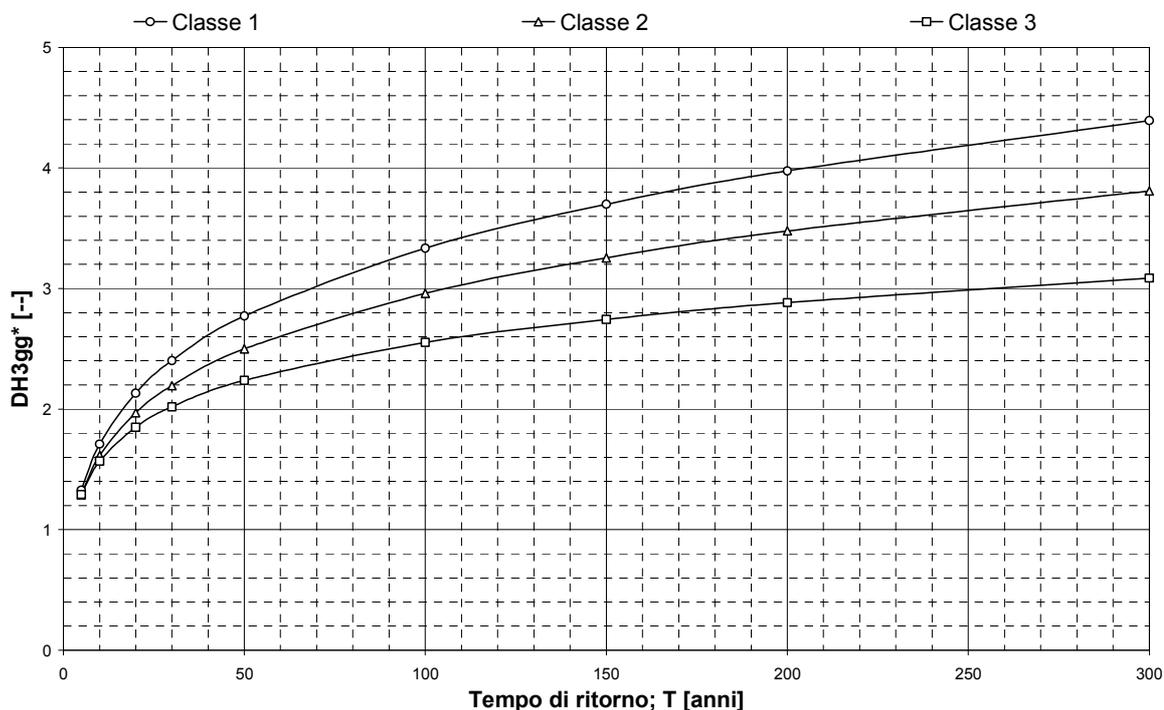


Figura 5.6 - Curve di crescita regionale di $DH3gg$ per il territorio della provincia Autonoma di Trento, con riferimento alle tre differenti classi di quote. Legge di ripartizione utilizzata: GEV (Equazione [5.2]). Metodo di stima dei parametri: media regionale dei momenti pesati in probabilità (RAPWM).

Classe 1 - Valori dei parametri: $u=0.71340$; $\alpha=0.35294$; $k=-0.19393$.

Classe 2 - Valori dei parametri: $u=0.75549$; $\alpha=0.31115$; $k=-0.17595$.

Classe 3 - Valori dei parametri: $u=0.79065$; $\alpha=0.31362$; $k=-0.08416$.



6 STIMA DEI VALORI DI PROGETTO

L'analisi statistica delle due variabili nivometriche Hs e $DH3gg$ condotta nel presente studio con riferimento al territorio della Provincia Autonoma di Trento è basata sul metodo di "regionalizzazione" cosiddetto del "valore indice". In accordo a tale metodologia il valore di progetto della variabile nivometrica in esame (ovvero il valore della variabile per fissata zona e tempo di ritorno) è definito mediante la seguente relazione:

$$X(x, y, z; T) = y(T) \cdot \overline{X(x, y, z)} \quad [6.1]$$

dove:

- X indica la variabile nivometrica considerata (alternativamente Hs o $DH3gg$);
- x , y e z indicano le coordinate che definiscono la posizione nello spazio del punto di interesse per la stima del valore della variabile nivometrica X ;
- T indica il tempo di ritorno di interesse;
- $y(T)$ rappresenta la curva di crescita regionale (ovvero la curva che fornisce l'andamento della variabile nivometrica adimensionale in funzione del tempo di ritorno)
- $\overline{X(x, y, z)}$ il valore medio della variabile nivometrica in funzione delle coordinate spaziali.

Al Cap. 5, § 5.4, sono state definite le curve di crescita regionale di Hs e $DH3gg$ ($y_{1,2,3}(T)$), valide, a meno della differenziazione relativa all'intervallo di quota (Classi altimetriche 1, 2 e 3), per l'intero territorio della Provincia Autonoma di Trento (vedi Figure 5.3 e 5.6). Qualora si voglia stimare il valore di una data variabile nivometrica (Hs o $DH3gg$) in funzione del tempo di ritorno ed in una specifica posizione della regione ($\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$), ovvero in un dato Comune ed a una data quota, occorre scalare opportunamente la relativa curva di crescita regionale. Il fattore di scala è rappresentato dal valore medio che la variabile considerata assume nel punto di interesse ($\overline{X(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$). Per i siti strumentati tale valore è direttamente disponibile (vedi Tabella 4.1 o, più in generale, le Tabelle A.2 e A.3) e potrebbe essere utilizzato per ottenere l'andamento locale di Hs e $DH3gg$ con il tempo di ritorno. Poiché, almeno all'interno di opportune sottoregioni geografiche nonché con riferimento ad un opportuno intervallo di quota (all'incirca tra 1000 e 2000 m s.l.m.), si sono trovate significative relazioni regressive dei valori medi di Hs e $DH3gg$ con la quota, è stato d'altro canto possibile utilizzare



direttamente tali relazioni regressive per ottenere una stima degli opportuni fattori di scala da utilizzare. Il risultato di tale analisi è sintetizzato in Tabella 6.1 e in Tabella 6.2, che forniscono i valori delle due variabili H_s e $DH3gg$ in funzione di quota e tempo di ritorno ed in dipendenza della zona nivometrica (quest'ultima da scegliere in funzione del Comune considerato in accordo all'elenco fornito in Appendice B). La valenza notevolmente più generale dei risultati così ottenuti giustifica tale scelta, sebbene si scontri con una riduzione dell'accuratezza delle stime ottenute rispetto ad una stima che di volta in volta faccia uso di un fattore di scala ($\overline{X(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$) misurato nel punto di interesse.

A tal proposito appare importante mettere in evidenza che il grado di dettaglio e l'accuratezza della caratterizzazione a scala regionale del comportamento medio delle variabili H_s e $DH3gg$ effettuata nel presente studio (ovvero le relazioni regressive di cui alle equazioni [4.2], [4.3], [4.5] e [4.6]) sono necessariamente commisurati alle potenzialità descrittive disponibili, legate sia al numero e all'ubicazione delle stazioni di misura presenti sul territorio che alla consistenza delle relative serie storiche. In particolare l'assenza di un fitto reticolo di punti di misura ha reso difficoltosa, soprattutto in alcune zone del territorio provinciale, una accurata definizione dei limiti tra le due zone nivometriche, rispettivamente a maggiore e minore innevamento (zone "A" e "B" di Appendice B), che allo stato attuale devono pertanto essere considerati come una prima ipotesi di lavoro. Altresì, la sostanziale assenza di misurazioni a quote superiori ai 2000 m s.l.m. (in particolare sopra 2150 m s.l.m.) ha reso meno "robusta" la definizione del comportamento medio delle variabili nivometriche alle alte quote, che in questa sede è stato ottenuto come semplice estrapolazione del comportamento caratteristico dell'intervallo di quote 1000-2000 m s.l.m.. In tal senso, allo stato attuale, le stime a quote superiori ai 2000 m s.l.m. sono da intendersi esclusivamente come una prima indicazione suscettibile di opportune correzioni.

Al fine di pervenire alla stima dei valori di progetto delle due variabili nivometriche analizzate (H_s e $DH3gg$) si è utilizzata la relazione [5.6], in cui il valore medio della variabile in esame è ottenibile in funzione della zona geografica e della quota in accordo ai risultati dei § 4.3.2 (H_s) e 4.4.2 ($DH3gg$), mentre il valore adimensionale della variabile in funzione del tempo di ritorno (curva di crescita regionale) è ottenibile in accordo ai risultati dei § 5.4.1 (H_s) e 5.4.2 ($DH3gg$). I valori di progetto di H_s e $DH3gg$ stimati con la procedura sopra esposta sono riportati rispettivamente alla Tabella 6.1 e alla Tabella 6.2. Dalla Figura 6.1 alla Figura 6.4 sono rappresentati in forma grafica, per le due zone nivometriche "A" e "B" e per tre tempi di ritorno significativi (30, 100, 300 anni), gli andamenti delle variabili H_s e $DH3gg$ in funzione della quota (limitatamente all'intervallo di quote 1000-3000 m s.l.m.).



Tabella 6.1 - Altezze del manto nevoso al suolo (H_s , in cm) sul territorio montano della Provincia Autonoma di Trento per prefissate quote e tempi di ritorno (tecnica di regionalizzazione di tipo "index-flood", metodo di stima della curva di crescita regionale di tipo GEV/RAPWM).

	Quota [m s.l.m.]	Tempi di ritorno [anni]								
		5	10	20	30	50	100	150	200	300
ZONA A	1000	98	115	132	141	154	171	181	188	199
	1100	107	126	145	156	169	188	199	207	219
	1200	117	138	158	170	185	205	217	226	239
	1300	127	149	171	184	200	222	235	245	259
	1400	137	161	184	198	215	239	254	264	278
	1500	146	172	197	212	231	256	272	283	298
	1600	156	184	210	226	246	274	290	302	318
	1700	166	195	224	240	262	291	308	320	338
	1800	176	207	237	255	277	308	326	339	358
	1900	185	218	250	269	292	325	344	358	378
	2000	195	230	263	283	308	342	362	377	398
	2100	205	241	276	297	323	359	380	396	418
	2200	215	252	289	311	338	376	399	415	438
	2300	224	264	303	325	354	393	417	433	457
	2400	234	275	316	339	369	410	435	452	477
	2500	244	287	329	353	385	427	453	471	497
	2600	254	298	342	368	400	444	471	490	517
	2700	263	310	355	382	415	462	489	509	537
	2800	273	321	368	396	431	479	507	528	557
	2900	283	333	382	410	446	496	525	546	577
3000	293	344	395	424	462	513	543	565	597	

	Quota [m s.l.m.]	Tempi di ritorno [anni]								
		5	10	20	30	50	100	150	200	300
ZONA B	1000	70	82	94	101	110	122	129	134	142
	1100	77	90	103	111	121	134	142	148	156
	1200	84	98	113	121	132	146	155	161	170
	1300	91	107	122	131	143	158	168	174	184
	1400	98	115	131	141	154	171	181	188	198
	1500	105	123	141	151	165	183	193	201	212
	1600	112	131	150	161	176	195	206	215	226
	1700	119	139	160	171	186	207	219	228	241
	1800	126	148	169	182	197	219	232	241	255
	1900	133	156	178	192	208	231	245	255	269
	2000	139	164	188	202	219	244	258	268	283
	2100	146	172	197	212	230	256	271	282	297
	2200	153	180	207	222	241	268	284	295	311
	2300	160	189	216	232	252	280	297	309	325
	2400	167	197	225	242	263	292	310	322	340
	2500	174	205	235	252	274	305	322	335	354
	2600	181	213	244	262	285	317	335	349	368
	2700	188	221	254	272	296	329	348	362	382
	2800	195	230	263	282	307	341	361	376	396
	2900	202	238	272	293	318	353	374	389	410
3000	209	246	282	303	329	365	387	402	425	

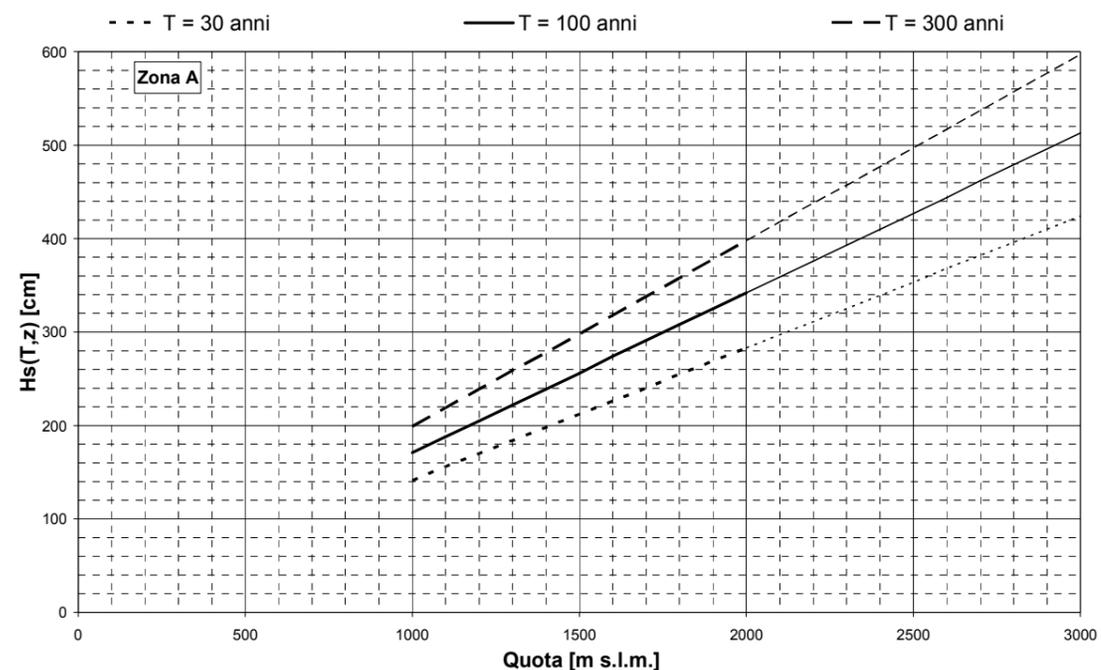


Figura 6.1 - Zona nivometrica A: valori di progetto di H_s per tre tempi di ritorno caratteristici.

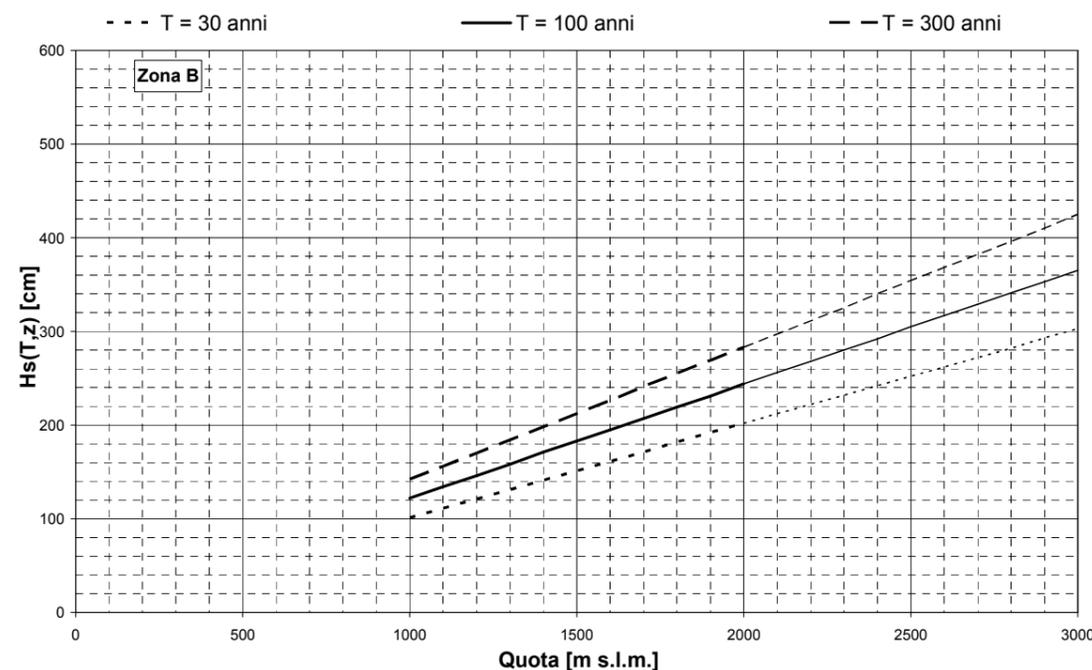


Figura 6.2 - Zona nivometrica B: valori di progetto di H_s per tre tempi di ritorno caratteristici.



Tabella 6.2 - Incremento di altezza del manto nevoso su tre giorni consecutivi (*DH3gg*, in cm) sul territorio montano della Provincia Autonoma di Trento per prefissate quote e tempi di ritorno (tecnica di regionalizzazione di tipo "index-flood", metodo di stima della curva di crescita regionale di tipo GEV/RAPWM).

	Quota [m s.l.m.]	Tempi di ritorno [anni]								
		5	10	20	30	50	100	150	200	300
ZONA A	1000	56	72	90	101	117	141	157	169	187
	1100	60	77	95	107	123	148	163	175	193
	1200	65	82	101	113	129	154	170	182	200
	1300	69	87	106	118	135	160	176	188	206
	1400	73	91	111	124	141	166	183	195	213
	1500	77	96	117	130	147	173	189	201	219
	1600	81	101	122	135	153	179	195	208	226
	1700	85	106	127	141	159	185	202	214	232
	1800	90	111	133	146	165	191	208	221	239
	1900	94	115	138	152	171	198	214	227	245
	2000	98	120	143	158	177	204	221	233	252
	2100	102	125	149	163	182	210	227	240	259
	2200	106	130	154	169	188	216	234	246	265
	2300	110	135	159	175	194	223	240	253	272
	2400	115	139	165	180	200	229	246	259	278
	2500	119	144	170	186	206	235	253	266	285
	2600	123	149	175	191	212	241	259	272	291
	2700	127	154	181	197	218	248	266	279	298
	2800	131	159	186	203	224	254	272	285	304
	2900	135	163	191	208	230	260	278	292	311
3000	140	168	197	214	236	266	285	298	317	

	Quota [m s.l.m.]	Tempi di ritorno [anni]								
		5	10	20	30	50	100	150	200	300
ZONA B	1000	44	56	70	79	91	109	121	130	144
	1100	46	59	73	82	94	112	124	133	147
	1200	49	61	76	85	97	115	127	136	150
	1300	51	64	79	88	100	119	131	139	153
	1400	53	67	81	91	103	122	134	143	156
	1500	56	70	84	94	106	125	137	146	159
	1600	58	72	87	97	109	128	140	149	162
	1700	60	75	90	100	113	131	143	152	165
	1800	63	78	93	103	116	135	147	155	168
	1900	65	80	96	106	119	138	150	159	172
	2000	68	83	99	109	122	141	153	162	175
	2100	70	86	102	112	125	144	156	165	178
	2200	72	88	105	115	128	147	159	168	181
	2300	75	91	108	118	131	151	163	171	184
	2400	77	94	111	121	135	154	166	174	187
	2500	79	96	114	124	138	157	169	178	190
	2600	82	99	117	127	141	160	172	181	193
	2700	84	102	120	130	144	163	175	184	196
	2800	86	104	122	133	147	167	179	187	199
	2900	89	107	125	136	150	170	182	190	203
3000	91	110	128	139	153	173	185	193	206	

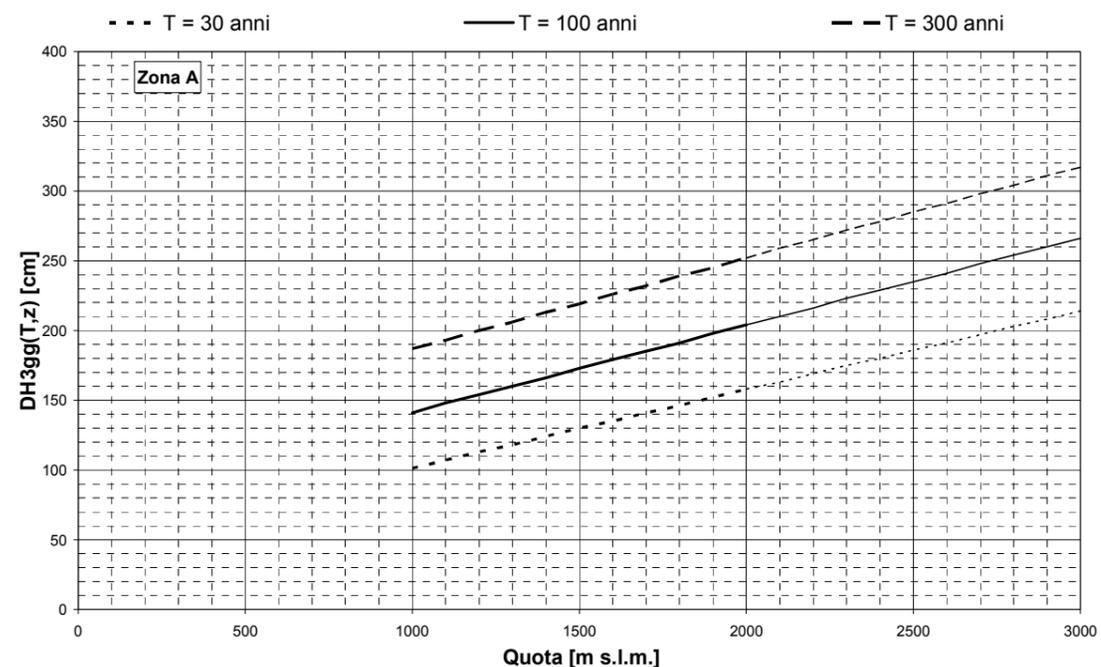


Figura 6.3 - Zona nivometrica A: valori di progetto di *DH3gg* per tre tempi di ritorno caratteristici.

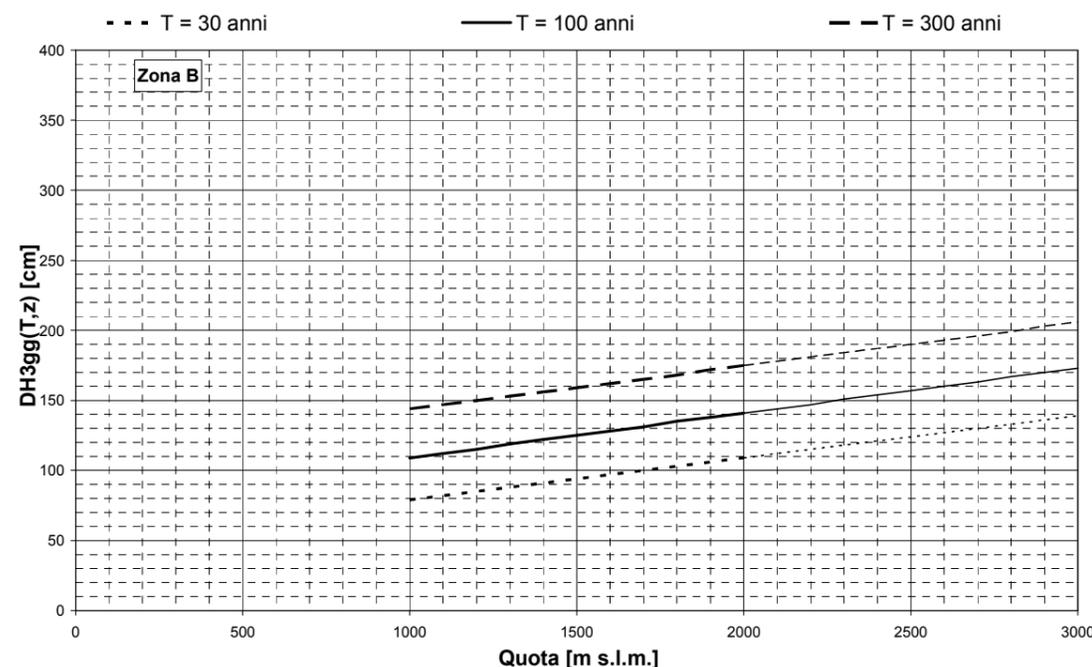


Figura 6.4 - Zona nivometrica B: valori di progetto di *DH3gg* per tre tempi di ritorno caratteristici.



7 INDICAZIONI PER L'UTILIZZO PRATICO DEI RISULTATI DELLO STUDIO

In conclusione si ritiene utile fornire le seguenti indicazioni applicative di supporto all'utilizzo pratico dei risultati del presente studio.

- Per quanto attiene ai valori di progetto delle due variabili H_s e $DH3gg$ a quote inferiori ai 1000 m s.l.m. (non forniti nel presente studio) si ritiene sensato adottare valori comunque non superiori a quelli forniti in Tabella 6.1 e in Tabella 6.2 con riferimento ad una quota altimetrica pari a 1000 m s.l.m.; in particolare l'adozione dei valori di Tabella 6.1 e Tabella 6.2 relativi alla quota 1000 m s.l.m. anche per quote ad essa inferiori si ritiene possa essere, nella pratica, una scelta ragionevole.
- Con riferimento all'intervallo di quote compreso tra i 1000 ed i 2000 m s.l.m. si ritiene che l'adozione dei valori di progetto delle due variabili H_s e $DH3gg$ forniti rispettivamente in Tabella 6.1 e in Tabella 6.2 possa costituire, almeno limitatamente ad applicazioni pratiche, una scelta sufficientemente accurata. D'altro canto, nel caso in cui ci si trovi ad operare in una porzione di territorio prossima ad una stazione di rilevamento nivo-meteorologico, l'accuratezza della stima fornita da tali Tabelle può essere altresì migliorata utilizzando il valore medio della variabile di interesse relativo alla stazione medesima (eventualmente in combinazione ai tassi di crescita con la quota di cui alla Tabella 4.2 ed alla Tabella 4.3 nel caso in cui alla prossimità geografica non corrisponda anche una similitudine di quote).
- Con riferimento a quote superiori ai 2000 m s.l.m. si ritiene che i valori di progetto delle due variabili H_s e $DH3gg$ forniti in Tabella 6.1 e in Tabella 6.2 vadano interpretati unicamente come una prima indicazione; il loro utilizzo nella pratica dovrà pertanto essere preceduto da opportune verifiche finalizzate a calibrare gli stessi in funzione delle caratteristiche morfologiche, meteorologiche e nivometriche specifiche del sito di interesse. A tal proposito, anche in relazione alla pressoché totale assenza di stazioni di rilevamento manuale alle alte quote ($z > 2000$ m s.l.m), si ritiene necessario, ai fini della verifica del fattore di scala ($\overline{X(x, y, z)}$ nell'equazione [6.1]) fare riferimento a stazioni di tipo automatico o, ancora meglio, provvedere per tempo all'avvio di campagne di misura ad hoc della variabile di interesse nel punto di interesse (con riferimento a quest'ultimo aspetto si segnala che anche poche stagioni di campionamento, 3 o 4, possono migliorare sensibilmente l'accuratezza della stima delle variabili di progetto



rispetto all'adozione diretta dei valori di cui alla Tabella 6.1 e alla Tabella 6.2). Per quanto attiene invece alle curve di crescita regionale ($y(T)$ nell'equazione [6.1]) si potranno utilizzare le curve relative alla Classe 3 di Figura 5.3 e Figura 5.6 (per H_s e $DH3gg$ rispettivamente), valide su tutto il territorio provinciale alle quote superiori a 1700 m s.l.m. e sufficientemente "accurate" per gli scopi del presente lavoro.

Appare infine importante evidenziare che i dati nivometrici elaborati sono relativi a misurazioni (di H_s e $DH3gg$) compiute in campi neve, ovvero misurazioni effettuate sulla verticale a partire da una superficie del terreno approssimativamente orizzontale. I valori di progetto delle due variabili nivometriche considerate (Tabella 6.1 e Tabella 6.2), ottenuti dall'elaborazione statistica dei dati misurati, hanno ovviamente caratteristiche analoghe agli stessi, e pertanto risultano rappresentativi di valori idealmente misurati sulla verticale a partire da una superficie di riferimento orizzontale.



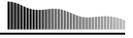
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
DIPARTIMENTO PROTEZIONE CIVILE E TUTELA DEL TERRITORIO
Ufficio Previsioni e Organizzazione

**ANALISI STATISTICA DI VARIABILI
NIVOMETRICHE SUL TERRITORIO DELLA
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO**

APPENDICI

Professionista incaricato: Ing. Massimiliano Barbolini
Con la collaborazione di: Ing. Francesco Ferro
 Ing. Paolo Corradeghini

Luglio 2007



ANALISI STATISTICA DI VARIABILI NIVOMETRICHE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

APPENDICE A

Base di dati



INDICE

Tabella A. 1 – Elenco completo delle stazioni e delle relative stagioni documentate (stazioni elencate in ordine alfabetico).....	2
Tabella A. 2 – Valori massimi stagionali di Hs in cm (stazioni elencate in ordine alfabetico).....	3
Tabella A. 3 – Valori massimi stagionali di <i>DH3gg</i> in cm (stazioni elencate in ordine alfabetico).....	4
Figura A. 1 – Stazione di Andalo (11AN) – 1.005 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	5
Figura A. 2 – Stazione di Bondone-Viote (6BON) – 1.490 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	6
Figura A. 3 – Stazione di Brocon-Marande (16PT) – 1.605 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	7
Figura A. 4 – Stazione di Canal San Bovo (18SB) – 1.150 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	8
Figura A. 5 – Stazione di Caoria (17CA) - 915 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	9
Figura A. 6 – Stazione di Capanna Presena (30PN) – 2.725 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	10
Figura A. 7 – Stazione di Ciampac (22CI) – 2.145 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	11
Figura A. 8 – Stazione di Ciampeide (27CM) – 1.970 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	12
Figura A. 9 – Stazione di Folgarida (29FL) – 1.890 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	13
Figura A. 10 – Stazione di Madonna di Campiglio (23MC) – 2.020 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	14
Figura A. 11 – Stazione di Malga Baessa (20BA) – 1.265 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	15
Figura A. 12 – Stazione di Malga Bissina (21MB) – 1.780 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	16
Figura A. 13 – Stazione di Pampeago (10PM) – 1.760 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	17
Figura A. 14 – Stazione di Panarotta (9PTA) – 1.775 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	18
Figura A. 15 – Stazione di Paneveggio (8PAN) – 1.545 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	19
Figura A. 16 – Stazione di Passo Durone (34PD) – 1.007 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	20
Figura A. 17 – Stazione di Passo Fedaia (34FE) – 2.100 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	21
Figura A. 18 – Stazione di Passo Rolle (31RO) – 1.995 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	22
Figura A. 19 – Stazione di Passo San Pellegrino (26SP) – 1.965 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	23
Figura A. 20 – Stazione di Passo San Valentino (5PSV) – 1.320 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	24
Figura A. 21 – Stazione di Passo Sommo (12FO) – 1.360 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	25
Figura A. 22 – Stazione di Passo Tonale (25TO) – 1.875 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	26
Figura A. 23 – Stazione di Passo Valles (7PVA) – 2.045 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	27
Figura A. 24 – Stazione di Pejo-Tarienta (1PEI) – 2.010 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	28
Figura A. 25 – Stazione di Pian delle Fugazze (19PF) – 1.170 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	29
Figura A. 26 – Stazione di Pinzolo-Prà Rodont (3PIN) – 1.500 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	30
Figura A. 27 – Stazione di Pozza di Fassa (14PO) – 1.385 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	31
Figura A. 28 – Stazione di Predazzo-Gardonè (13PR) – 1.675 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	32
Figura A. 29 – Stazione di Rabbi (2RAB) – 1.315 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	33
Figura A. 30 – Stazione di Rifugio Trivena (36RT) – 1.650 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	34
Figura A. 31 – Stazione di Rumo (28RM) – 1.100 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	35
Figura A. 32 – Stazione di San Martino di Castrozza (4SMC) – 1.465 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	36
Figura A. 33 – Stazione di Tremalzo (15TR) – 1.560 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	37
Figura A. 34 – Stazione di Val Canali (37VW) – 1.040 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	38
Figura A. 35 – Stazione di Val Cigolera (35VC) – 1.880 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	39
Figura A. 36 – Stazione di Val Noana (24NO) – 1.020 m s.l.m.; valori massimi stagionali.....	40



Tabella A. 1 – Elenco completo delle stazioni e delle relative stagioni documentate (stazioni elencate in ordine alfabetico).

STAZIONI					STAGIONI																								
Nome Stazione	Codice	Comune	Quota [m s.l.m.]	Tipo	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06
Andalo	11AN	Andalo	1.005	M	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bondone - Viote	6BON	Garniga Terme	1.490	MA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O
Brocon - Marande	16PT	Castello Tesino	1.605	MA	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Canal San Bovo	18SB	Canal S. Bovo	1.150	M	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Caoria	17CA	Canal S. Bovo	915	M	X	X	X	X	X	X	O	O		X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	O	O	X
Capanna Presena	30PN	Vermiglio	2.725	MA							O		X	O	O	O	O	X	O	O	X	X	X	X	O	X	X	X	
Ciampac	22CI	Canzei	2.145	M	O	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X
Ciampeide	27CM	Vigo di Fassa	1.970	M											O	X	X	O	X	O		X	X	X				O	X
Folgarida	29FL	Dimaro	1.890	M								X		O															
Madonna di Campiglio	23MC	Pinzolo	2.020	M			X	X	X	X	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X
Malga Baessa	20BA	Telve	1.265	M				X	X	X	O	O	X	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Malga Bissina	21MB	Daone	1.780	MA	O		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	O	
Pampeago	10PM	Tesero	1.760	M	O	X	X	X	X	X	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Panarotta	9PTA	Pergine Valsugana	1.775	M	O	X	X	O	X	X	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	O	O	X	X
Paneveggi	8PAN	Predazzo	1.545	MA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passo Durone	34PD	Bleggio Superiore	1.007	M																X	X	X							
Passo Fedaia	34FE	Canazei	2.100	M																	X	X		X					
Passo Rolle	31RO	Siror	1.995	M								X			X			X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X
Passo S. Pellegrino	26SP	Moena	1.965	M						X	X	O	O	O	O	O	X	X	X	X	O	X	O	X	X	O	X	X	X
Passo S. Valentino	5PSV	Brentonico	1.320	M	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	O	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	O
Passo Sommo	12FO	Folgaria	1.360	MA	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	O	O	O	
Passo Tonale	25TO	Vermiglio	1.875	MA				O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Passo Valles	7PVA	Tonadico	2.045	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pejo - Tartenta	1PEI	Peio	2.010	M	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X
Pian delle Fugazze	19PF	Vallarsa	1.170	M	X	X	X	O	O	X	X	O	X	X	X		O	X	X	X	O	X	X	O	X	O	X	O	O
Pinzolo - Prà Rodont	3PIN	Pinzolo	1.500	MA	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	X		X	
Pozza di Fassa	14PO	Pozza di Fassa	1.385	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O		X	X
Predazzo - Gardonè	13PR	Predazzo	1.675	M	O	X	X	X	O	X	O	X	O		X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rabbi	2RAB	Rabbi	1.315	M	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rifugio Trivena	36RT	Breguzzo	1.650	M																	O	X	O	X	X		O	O	
Rumo	28RM	Rumo	1.100	M										O	O	O	X	O	X	X	X	O	O	X		O	O	X	X
S. Martino di Castrozza	4SMC	Siror	1.465	M	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tremalzo	15TR	Tiarno di Sopra	1.560	MA	X	X	X	X	X	X	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Val Canali	37VW	Tonadico	1.040	M																			X	X	X	X	X	X	
Val Cigolera	35VC	Siror	1.880	M																O	X	X	X		X	X	X	X	
Val Noana	24NO	Mezzano	1.0200	M			O	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

X: disponibilità dei dati relativi sia a Hs che a ΔHs3gg; O: disponibilità dei soli dati relativi a Hs.



Tabella A. 2 – Valori massimi stagionali di Hs in cm (stazioni elencate in ordine alfabetico).

STAZIONI					STAGIONI																									STAT. DESCRITTIVE						
Nome Stazione	Codice	Comune	Quota [m s.l.m.]	Tipo	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	N° dati	Max	Min	Med	Std Dev	CV	
Andalo	11AN	Andalo	1.005	M	80	53	115	115	157	78	38	45	17	96	24	23	72	42	67	55	29	52	54	47	15	34	100	43	88	25	157	15	61,56	35,26	0,57	
Bondone - Viote	6BON	Garniga Terme	1.490	MA	106	54	165	156	240	145	64	88	28	86	72	55	70	66	109	81	67	74	68	64	68	37	189	70	112	25	240	28	93,36	50,09	0,54	
Brocon - Marande	16PT	Castello Tesino	1.605	MA	72	83	220	175	165	155	95	89	75	132	95	60	112	91	75	100	70	101		61	49	56	195	106	102	24	220	49	105,58	45,63	0,43	
Canal San Bovo	18SB	Canal S. Bovo	1.150	M	70	30	126	114	126	103	30	58	51	58	30	17	50	55	50	40	25	48	34	28	35	31	115	68	110	25	126	17	60,08	34,74	0,58	
Caoria	17CA	Canal S. Bovo	915	M	66	25	130	130	147	88	13	47		86	33	37	58	32	44	38	22	52	20	30	23	34	85	35	98	24	147	13	57,21	38,34	0,67	
Capanna Presena	30PN	Vermiglio	2.725	MA							200		300	352	325	345	340	315	115	268	300	350	295	485	198	358	368	185	260	18	485	115	297,72	84,82	0,28	
Ciampac	22CI	Canzei	2.145	M	135	125	220	155	180	159	120	95	63	162	164	123	102	95	81	125	106	90	133	185	82	83	158	86	120	25	220	63	125,88	39,11	0,31	
Ciampeide	27CM	Vigo di Fassa	1.970	M											115	58	92	88	74	87		95	100	129				67	90	11	129	58	90,45	20,24	0,22	
Folgarida	29FL	Dimaro	1.890	M								168		211																2	211	168	189,50	30,41	0,16	
Madonna di Campiglio	23MC	Pinzolo	2.020	M			185	197	220	148	159	121	59	156	105	92	141	94	142	130	152	120	150	307	112	119	277	111	164	23	307	59	150,48	57,38	0,38	
Malga Baessa	20BA	Telve	1.265	M				120	140	100	35	53	40	98	29	36	44	50	57	47	27	50	37	37	36	14	90	54	84	22	140	14	58,09	32,78	0,56	
Malga Bissina	21MB	Daone	1.780	MA	118		250	315	300	235	200	132	66	204	138	119	190	135	136	150	154	134	120	226	120	98	240	112	182	24	315	66	169,75	64,49	0,38	
Pampeago	10PM	Tesero	1.760	M	76	64	152	135	200	145	90	90	50	150	87	70	100	83	63	90	67	115	90	78	70	40	140	80	100	25	200	40	97,00	37,65	0,39	
Panarotta	9PTA	Pergine Valsugana	1.775	M	155	135	200	210	233	200	162	90	68	164	144	115	113	107	118	114	160	120	135	184	105	69	180	120	140	25	233	68	141,64	42,97	0,30	
Paneveggio	8PAN	Predazzo	1.545	MA	55	49	140	92	145	92	65	93	55	108	57	37	93	68	50	42	49	80	45	40	52	46	94	50	95	25	145	37	71,68	30,18	0,42	
Passo Durone	34PD	Bleggio Superiore	1.007	M																35	42	80								3	80	35	52,33	24,21	0,46	
Passo Fedaia	34FE	Canazei	2.100	M																	85	140		260						3	260	85	161,67	89,49	0,55	
Passo Rolle	31RO	Siror	1.995	M								156			175			120	89	108	135	99	80	230	80	90	190	90	138	14	230	80	127,14	46,16	0,36	
Passo S. Pellegrino	26SP	Moena	1.965	M						158	130	100	58	104	62	90	115	95	96	116	106	120	61	135	71	75	182	102	112	20	182	58	104,40	31,82	0,30	
Passo S. Valentino	5PSV	Brentonico	1.320	M	88	58	163	149	165	162	64	58	60	80	43	30	66	54	88	52	53	81	35	46	50	38	163	63	110	25	165	30	80,76	44,49	0,55	
Passo Sommo	12FO	Folgarida	1.360	MA	69	76	159	160	194	152	67	52	46	106	31	55	54	68	65	44	62	85	50	36	89	45	187	83	155	25	194	31	87,60	49,68	0,57	
Passo Tonale	25TO	Vermiglio	1.875	MA				175	192	180	156	108	65	150	131	120	142	116	117	156	125	124	95	213	110	140	192	119	158	22	213	65	140,18	35,58	0,25	
Passo Valles	7PVA	Tonadico	2.045	M	155	180	230	215	253	208	170	151	88	193	180	121	135	92	108	145	140	137	92	222	100	110	230	103	127	25	253	88	155,40	50,03	0,32	
Pejo - Tarlenta	1PEI	Peio	2.010	M	105	90	167	168	165	137	125	96	68	145	115	115	128	97	96	135	94	113	90	190	77	94	151	77	111	25	190	68	117,96	32,38	0,27	
Pian delle Fugazze	19PF	Vallarsa	1.170	M	115	75	210	139	215	160	57	58	74	98	40		56	58	84	50	50	130	56	33	96	42	240	135	180	24	240	33	102,13	61,14	0,60	
Pinzolo - Prà Rodont	3PIN	Pinzolo	1.500	MA	120	70	170	193	176	160	125	110	47	102	108	50	85	78	96	74	59	81	60	66	88	53		71		23	193	47	97,48	42,41	0,44	
Pozza di Fassa	14PO	Pozza di Fassa	1.385	M	60	30	104	65	100	68	45	52	27	83	38	16	52	60	44	58	37	47	38	40	29	17		40	72	24	104	16	50,92	22,97	0,45	
Predazzo - Gardonè	13PR	Predazzo	1.675	M	98	66	132	120	125	71	24	30	31		22	30	33	46	65	65	52	88	60	47	50	37	97	73	86	24	132	22	64,50	32,53	0,50	
Rabbi	2RAB	Rabbi	1.315	M	59	45	104	101	173	110	66	98	21	100	70	42	57	50	53	56	47	77	64	33	46	28	100	58	93	25	173	21	70,04	33,48	0,48	
Rifugio Trivena	36RT	Breguzzo	1.650	M																	98	150	70	165	90		232	110		7	232	70	130,71	55,75	0,43	
Rumo	28RM	Rumo	1.100	M											85	52	27	53	27	30	41	37	40	34	27		21	70	21	83	15	85	21	43,20	21,23	0,49
S. Martino di Castrozza	4SMC	Siror	1.465	M	88	47	165	130	163	132	101	104	51	149	89	56	108	81	79	72	68	91	57	56	47	52	120	70	105	25	165	47	91,24	35,94	0,39	
Tremalzo	15TR	Tiarno di Sopra	1.560	MA	148	98	198	210	220	230	111	86	50	117	61	48	110	80	108	74	70	116	66	58	78	68	138	79		24	230	48	109,25	54,89	0,50	
Val Canali	37VW	Tonadico	1.040	M																			24	30	12	18	82	21	69	7	82	12	36,57	27,41	0,75	
Val Cigolera	35VC	Siror	1.880	M																92	110	112	71		83	82	168	94	143	9	168	71	106,11	31,49	0,30	
Val Noana	24NO	Mezzano	1.020	M			90	120	130	108	47	56	40	88	30	35	65	52	46	38	27	70	43	32	33	33	118	63	110	23	130	27	64,09	33,42	0,52	



Tabella A. 3 – Valori massimi stagionali di DH3gg in cm (stazioni elencate in ordine alfabetico).

STAZIONI					STAGIONI																									STAT. DESCRIPTIVE								
Nome Stazione	Codice	Comune	Quota [m s.l.m.]	Tipo	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	N° dati	Max	Min	Med	Std Dev	CV			
Andalo	11AN	Andalo	1.005	M	42	46	44	78	114	45	19		9	46		23	39	29	29	38	11	47	35	23	15	34	59	20	49	23	114	9	38,87	23,01	0,59			
Bondone - Viote	6BON	Garniga Terme	1.490	MA	43	54	90	92	199	58	40	88	28	70	57	38	52	28	48	38	49	52	58	45	53	28	92	46		24	199	28	60,25	35,38	0,59			
Brocon - Marande	16PT	Castello Tesino	1.605	MA	26	49	85	136		60	30		75	75	74	31	46	17		34	51	65		38	34	31	67	65	53	21	136	17	54,38	26,79	0,49			
Canal San Bovo	18SB	Canal S. Bovo	1.150	M	41	30	65	98	90	61	30		51	32	30		39	22	26		15	39	22	19	28	31	60	52	65	22	98	15	43,00	22,39	0,52			
Caoria	17CA	Canal S. Bovo	915	M	36	25	66	112	145	57				41	33	37	36	13	19	34	16	44		29		23			59	18	145	13	45,83	33,82	0,74			
Capanna Presena	30PN	Vermiglio	2.725	MA									79					88			120	95	125	85		113	106	93	90	10	125	79	99,40	15,67	0,16			
Ciampac	22CI	Canzei	2.145	M		45	74	57	130	34	27	88	55		57	43	32	24	20	29	39	49	61	33	44	36		46	44	22	130	20	48,50	24,41	0,50			
Ciampeide	27CM	Vigo di Fassa	1.970	M												16	29		21			45	50	31					24	7	50	16	30,86	12,48	0,40			
Folgarida	29FL	Dimaro	1.890	M								144																		1	144	144	144,00	---	---			
Madonna di Campiglio	23MC	Pinzolo	2.020	M			72	106	139	61	54			64	81	53	74	27	40	48	78	59	52	60	72	40	106		81	20	139	27	68,35	26,13	0,38			
Malga Baessa	20BA	Telve	1.265	M				98	116	48			40	44			30	19	28	37	20	49	28	19	32	9	50	44	45	18	116	9	42,00	26,65	0,63			
Malga Bissina	21MB	Daone	1.780	MA			130	125	205	78	95	101	56	140	94	64	110	29		41	87		87	59	79	35	90	94		20	205	29	89,95	40,62	0,45			
Pampeago	10PM	Tesero	1.760	M		28	83	91	153	45	33			100	65	70	30	26	26	42	59	61	72	45	50	40	45	46	41	22	153	26	56,86	29,93	0,53			
Panarotta	9PTA	Pergine Valsugana	1.775	M		50	85		157	70	47			113	65	45	33	27	43	42	56		55	54				88	75	17	157	27	65,00	32,17	0,49			
Paneveggio	8PAN	Predazzo	1.545	MA	30	39	75	64	112	35	23	93	55	70	48	35	44	21	31	21	35	54	25	40	52	39	58	38	35	25	112	21	46,88	22,36	0,48			
Passo Durone	34PD	Bleggio Superiore	1.007	M																32	32	57								3	57	32	40,33	14,43	0,36			
Passo Fedaia	34FE	Canazei	2.100	M																	40	97		55						3	97	40	64,00	29,55	0,46			
Passo Rolle	31RO	Siror	1.995	M								131			76						29		28	64		65	75	42	46	77	57	47	12	131	28	61,42	27,82	0,45
Passo S. Pellegrino	26SP	Moena	1.965	M						46	50						50	28	50	33		70		47	56		56	55	44	12	70	28	48,75	10,92	0,22			
Passo S. Valentino	5PSV	Brentonico	1.320	M	40	52	75	70	132	60	53		55	73	43	30		35	61	33		52	25		33	33	105	46		20	132	25	55,30	26,44	0,48			
Passo Sommo	12FO	Folgarida	1.360	MA	39	65	84	104	140	68	67		46			47	34	26	44	26	41	70		34						16	140	26	58,44	30,77	0,53			
Passo Tonale	25TO	Vermiglio	1.875	MA					117	63	54	95	42	72	87	68	76	34		42	66	59	56	63	72	45	98	81	89	20	117	34	68,95	21,26	0,31			
Passo Valles	7PVA	Tonadico	2.045	M	46	54	103	125	197	70	66	125	85	110	81	67	57	30	55	44	71	82	82	60	62	44	72	52	63	25	197	30	76,12	34,95	0,46			
Pejo - Tarlenta	1PEI	Peio	2.010	M			62	64	80	55	40	95	38	68	73	80	65	32	20	34		65	57	72	54	22	47		53	21	95	20	56,00	19,76	0,35			
Pian delle Fugazze	19PF	Vallarsa	1.170	M	40	65	115			67	57		74	36	40					34	55	38		52	28		52		100			15	115	28	56,87	24,60	0,43	
Pinzolo - Prà Rodont	3PIN	Pinzolo	1.500	MA	45	65	79	114	121	59	61		47	70		47	68	24	41	35		71		30	73	48		46		19	121	24	60,21	25,35	0,42			
Pozza di Fassa	14PO	Pozza di Fassa	1.385	M	21	21	61	47	74	35	18	52	12		22	8	39	20	22	30	24	44	32	21				28	20	21	74	8	31,00	16,61	0,54			
Predazzo - Gardonè	13PR	Predazzo	1.675	M		26	67	80		34		30			20		30	20	20	27	51	55	44	31	45	35	46	53	32	19	80	20	39,26	16,47	0,42			
Rabbi	2RAB	Rabbi	1.315	M	32	36	59	81	141	39	22		18	60	66	39	31	25	17	36	32	50	44	24	38	21	55	45	53	24	141	17	44,33	26,23	0,59			
Rifugio Trivena	36RT	Breguzzo	1.650	M																		69		54	51					3	69	51	58,00	9,64	0,17			
Rumo	28RM	Rumo	1.100	M													37		15	37	25			23				18	53	7	53	15	29,71	13,35	0,45			
S. Martino di Castrozza	4SMC	Siror	1.465	M	36	43	83	96	117	46	39		51	68	77	37	58	30	36	38	51	65	47	47	35	41	81	47	54	24	117	30	55,13	21,88	0,40			
Tremalzo	15TR	Tiarno di Sopra	1.560	MA	46	65	65	80	140	98				77																7	140	46	81,57	30,34	0,37			
Val Canali	37VW	Tonadico	1.040	M																			19	22	12	17	38	18	44	7	44	12	24,29	11,93	0,49			
Val Cigolera	35VC	Siror	1.880	M																		66	80	59		46	56	72	56	67	8	80	46	62,75	10,67	0,17		
Val Noana	24NO	Mezzano	1.020	M				98	88	62	18		40	32	30	35	47	20	30	35	25	47	28	23	19	28	65	35	69	21	98	18	41,62	22,50	0,54			

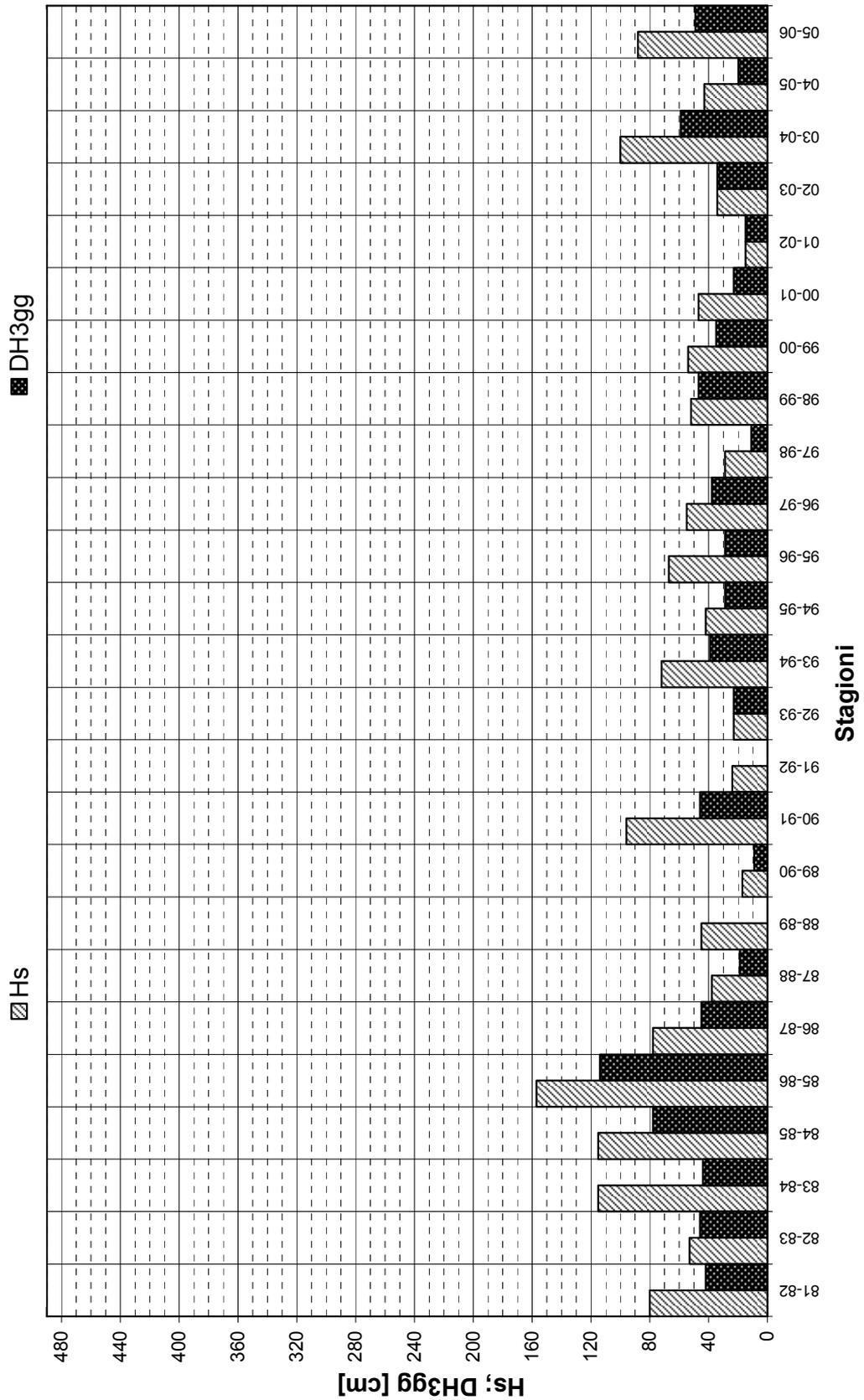
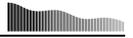


Figura A. 1 – Stazione di Andalo (11AN) – 1.005 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

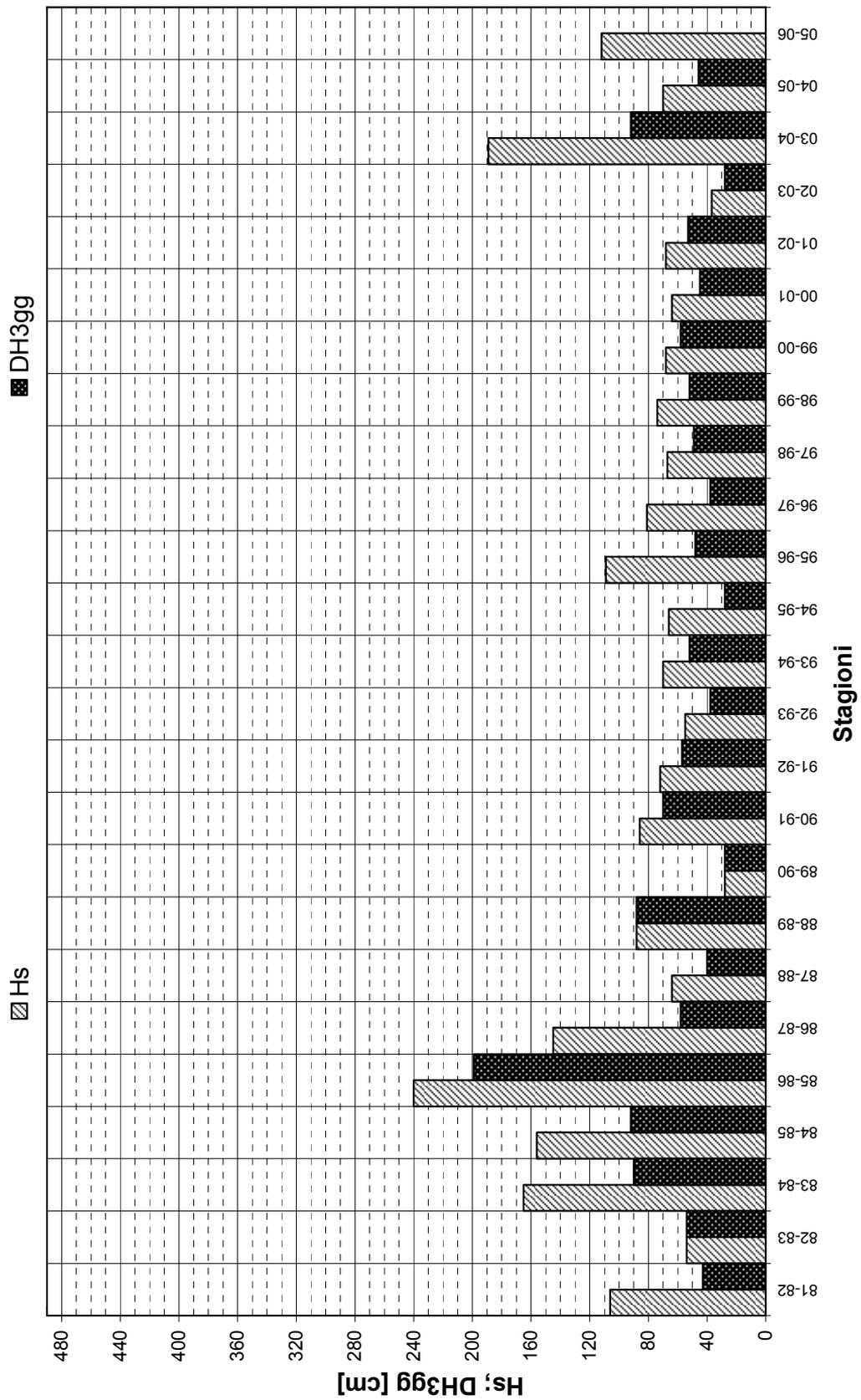
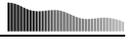


Figura A. 2 – Stazione di Bondone-Viote (6BON) – 1.490 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

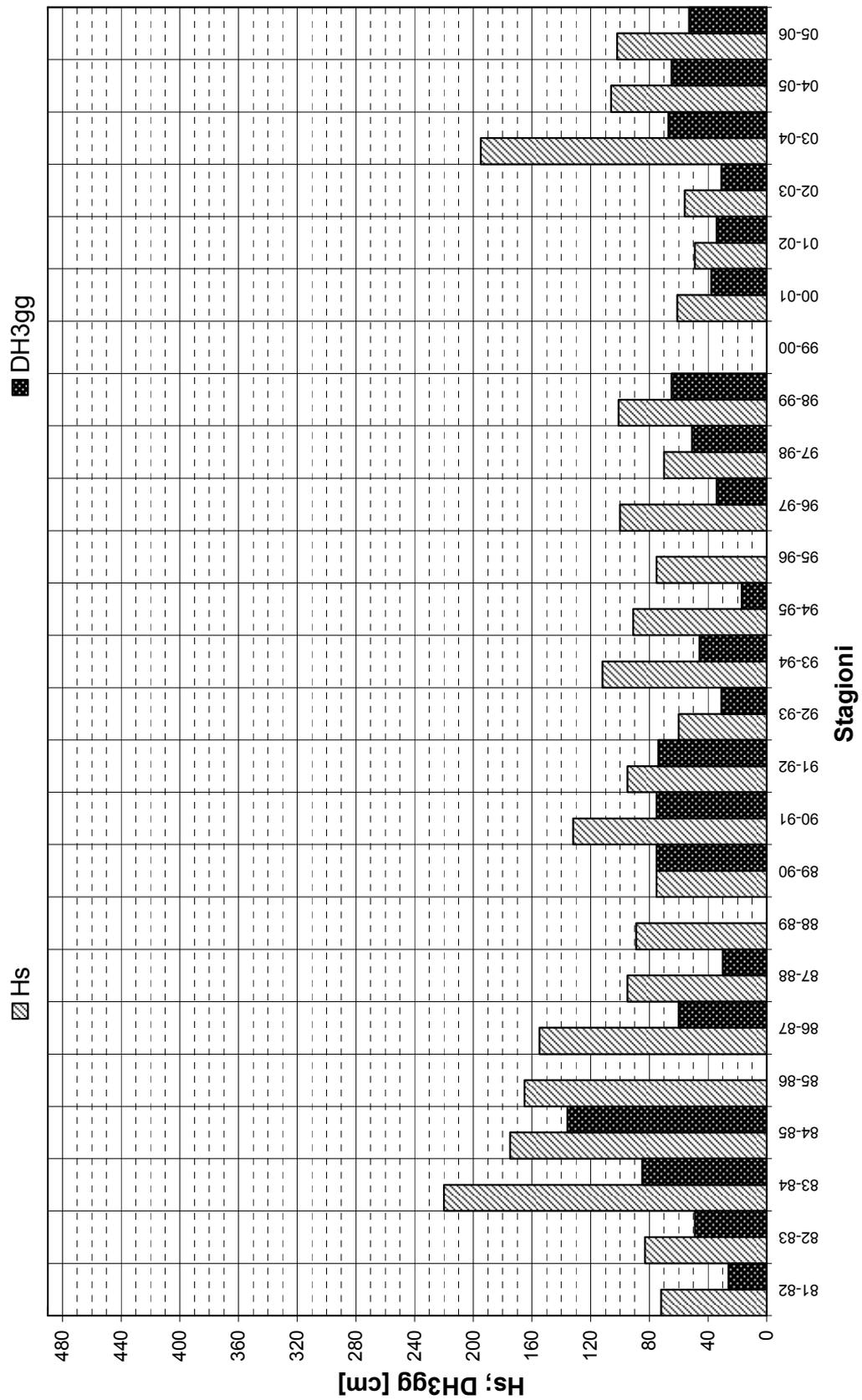
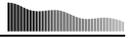


Figura A. 3 – Stazione di Brocon-Marande (16PT) – 1.605 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

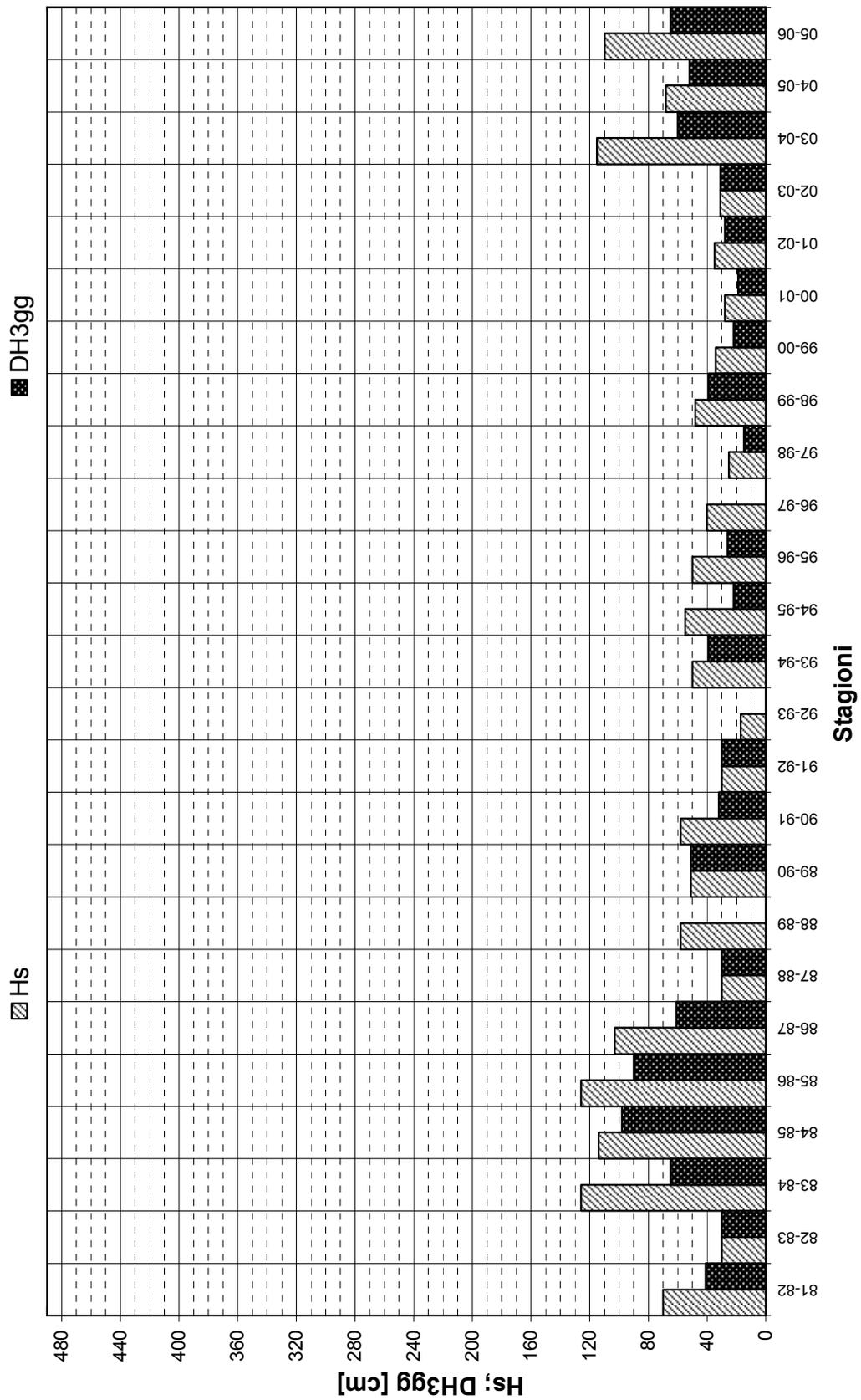
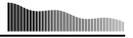


Figura A. 4 – Stazione di Canal San Bovo (18SB) – 1.150 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

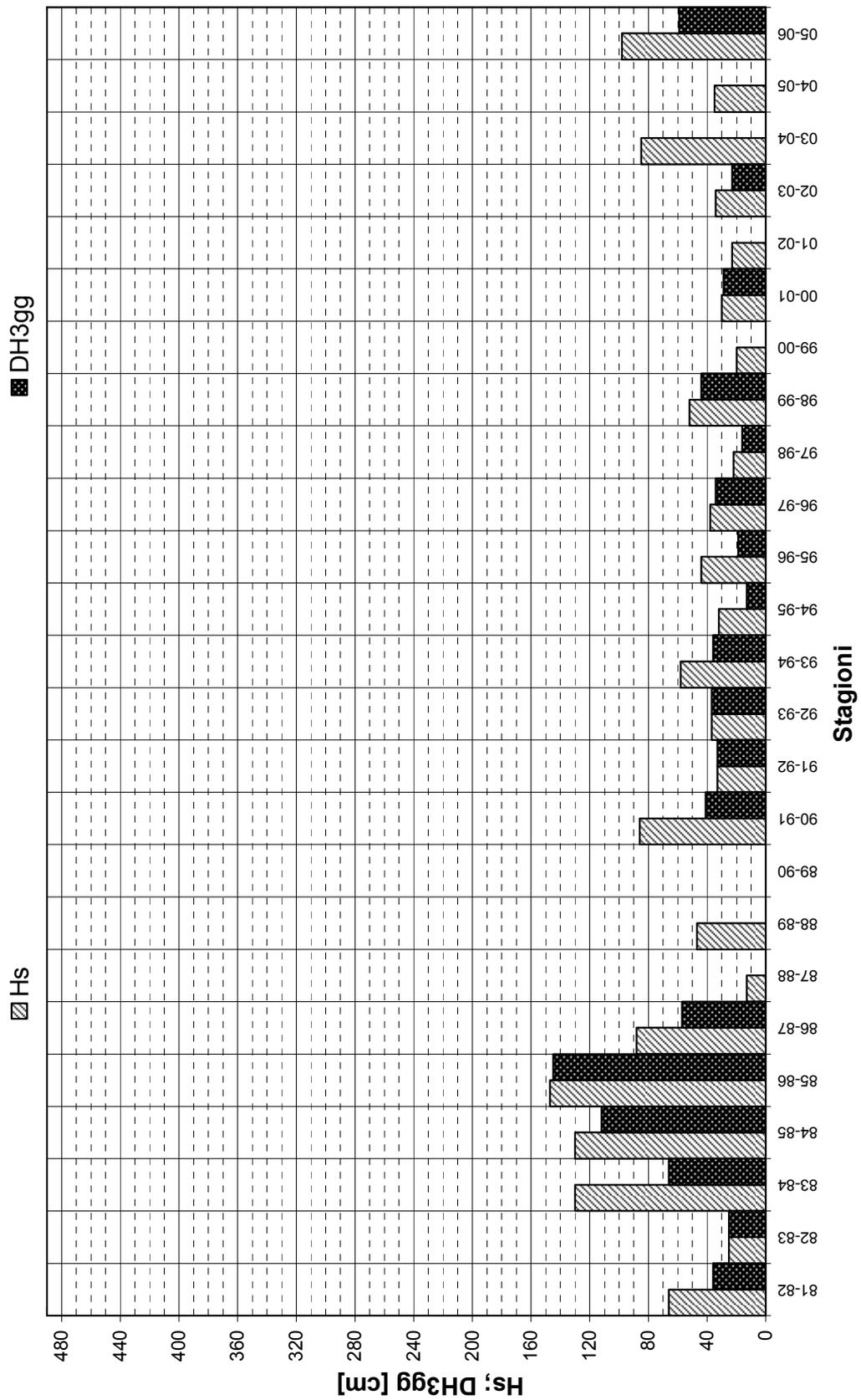
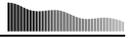


Figura A. 5 – Stazione di Caoria (17CA) - 915 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

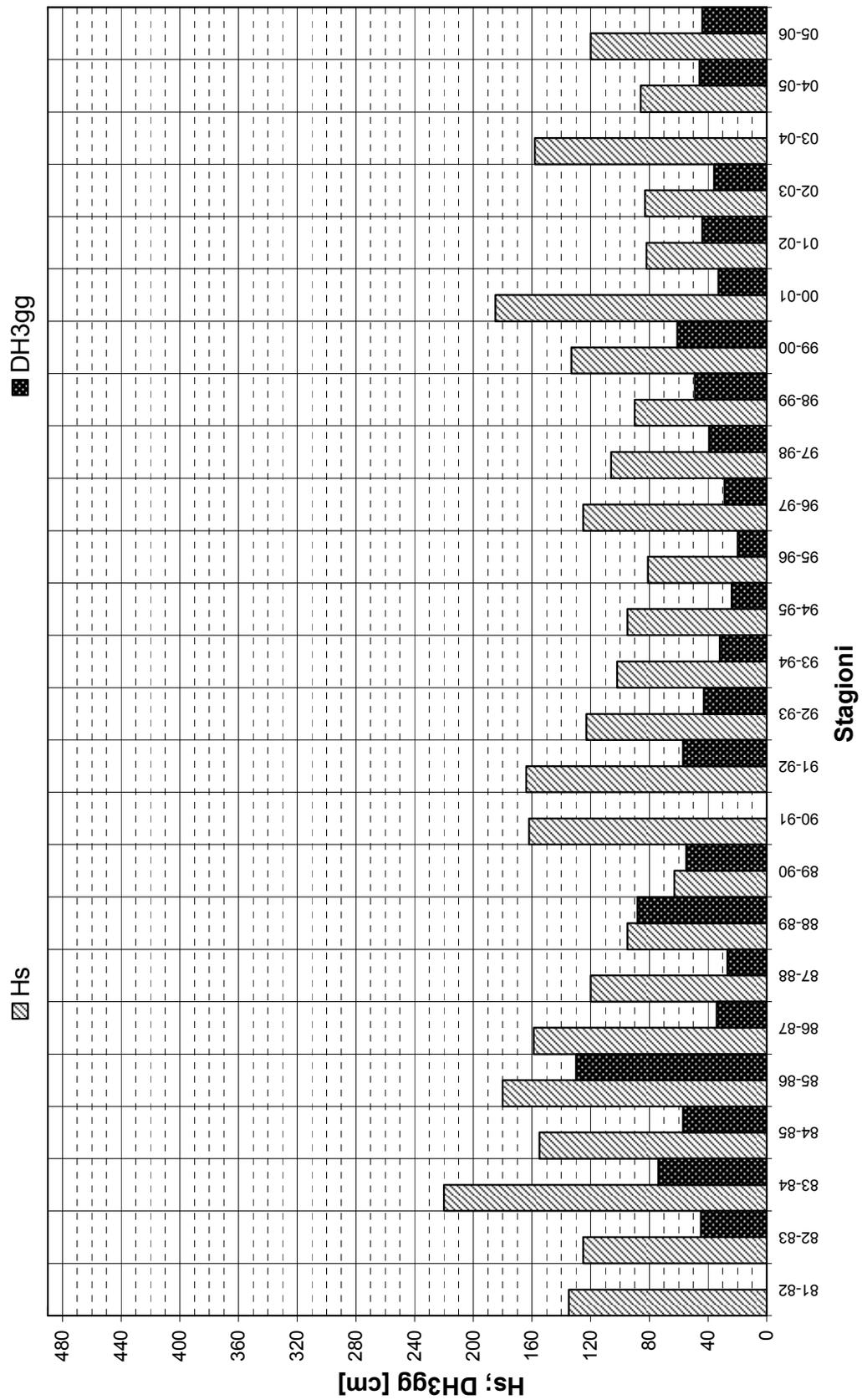
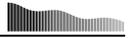


Figura A. 7 – Stazione di Ciampac (22CI) – 2.145 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

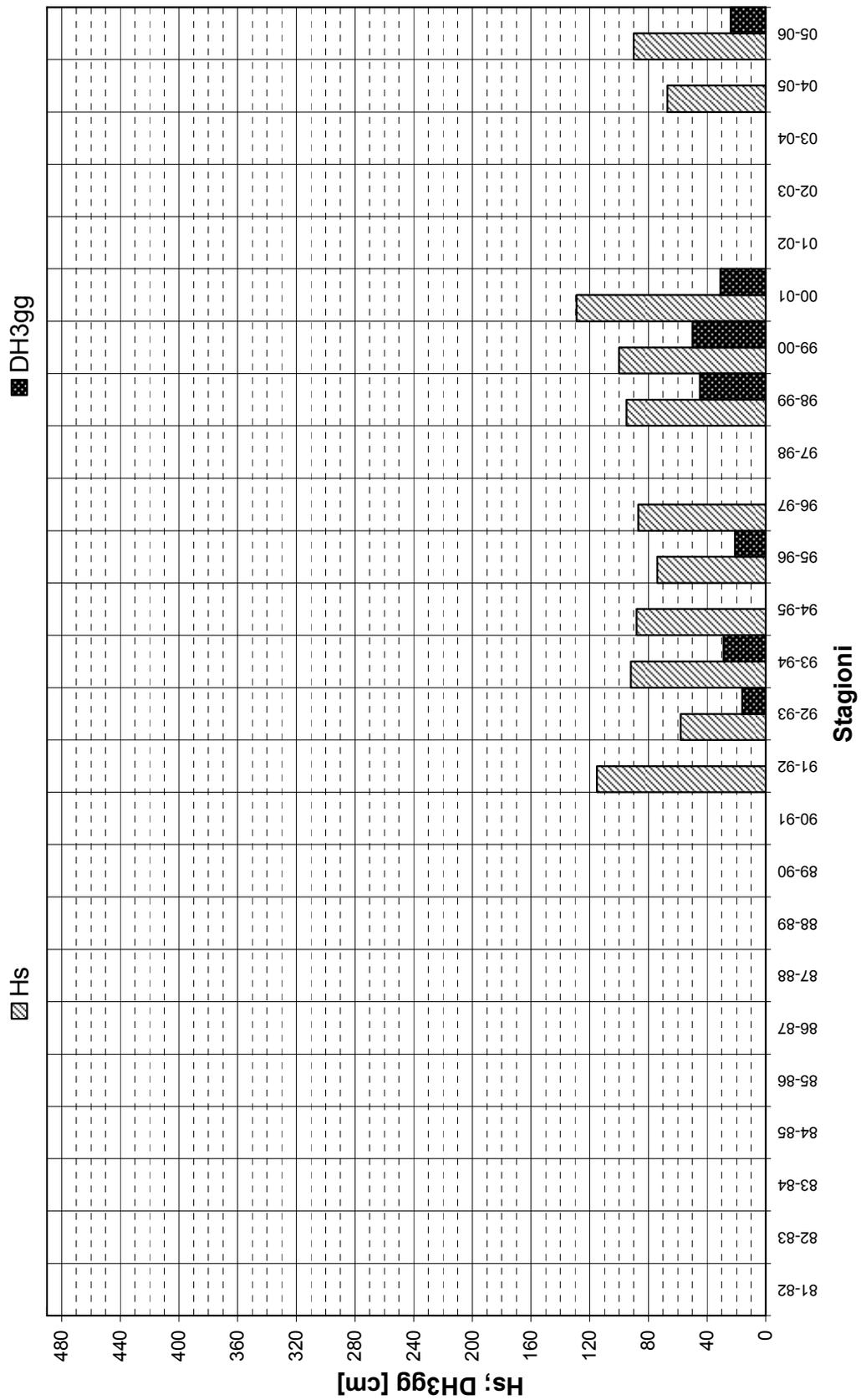
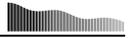


Figura A. 8 – Stazione di Ciampede (27CM) – 1.970 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

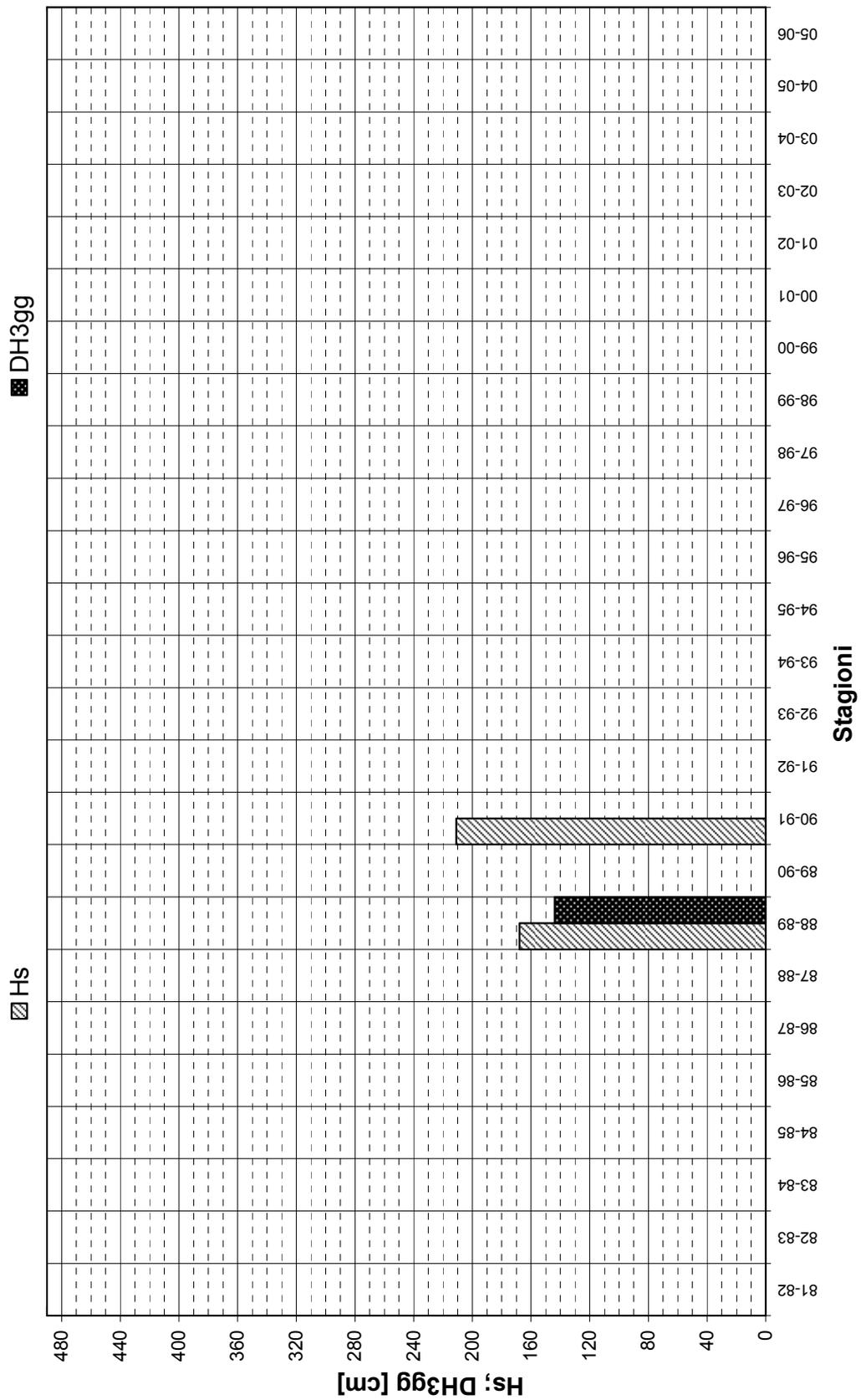
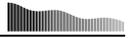


Figura A. 9 – Stazione di Folgarida (29FL) – 1.890 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

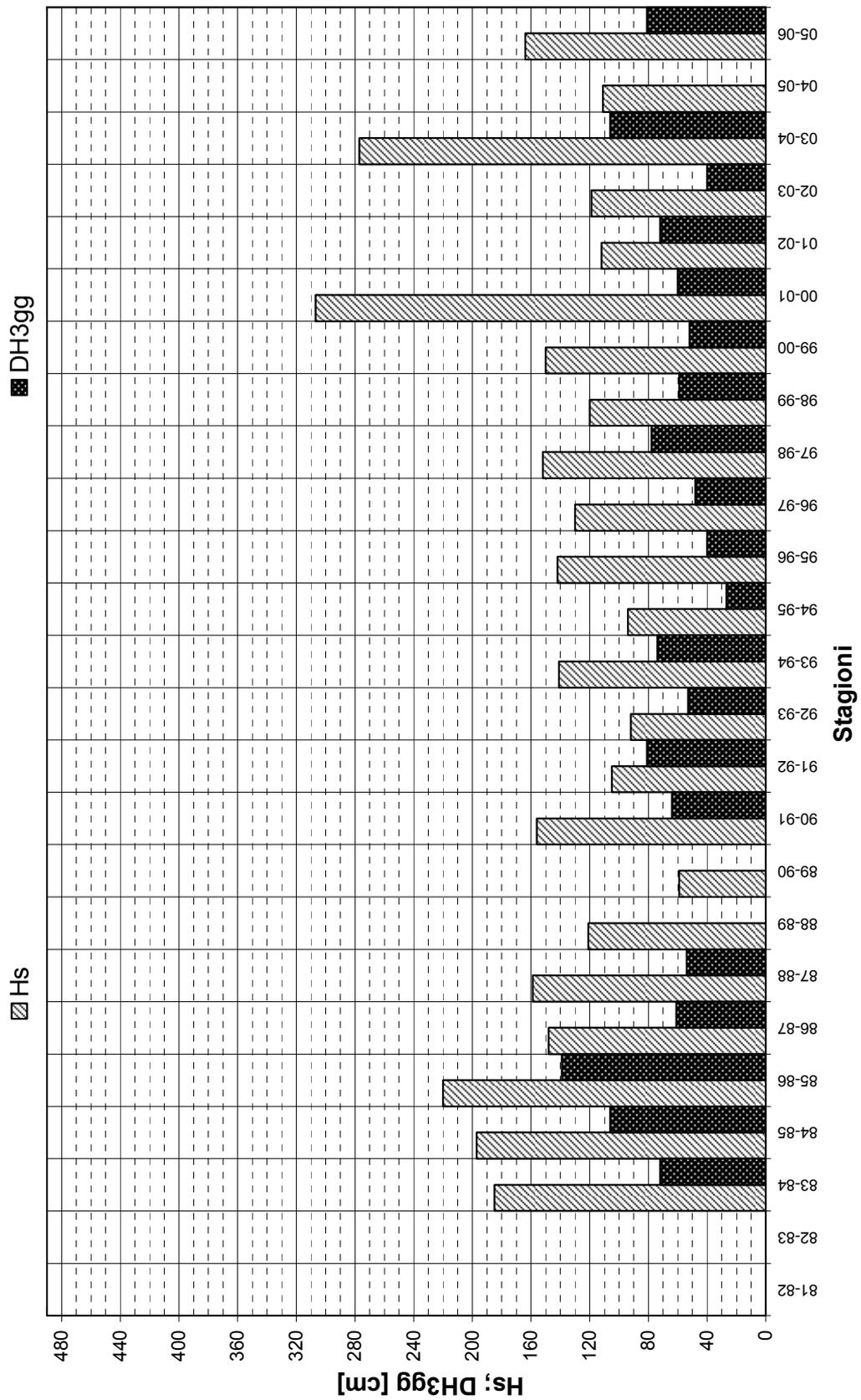
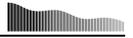


Figura A. 10 – Stazione di Madonna di Campiglio (23MC) – 2.020 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

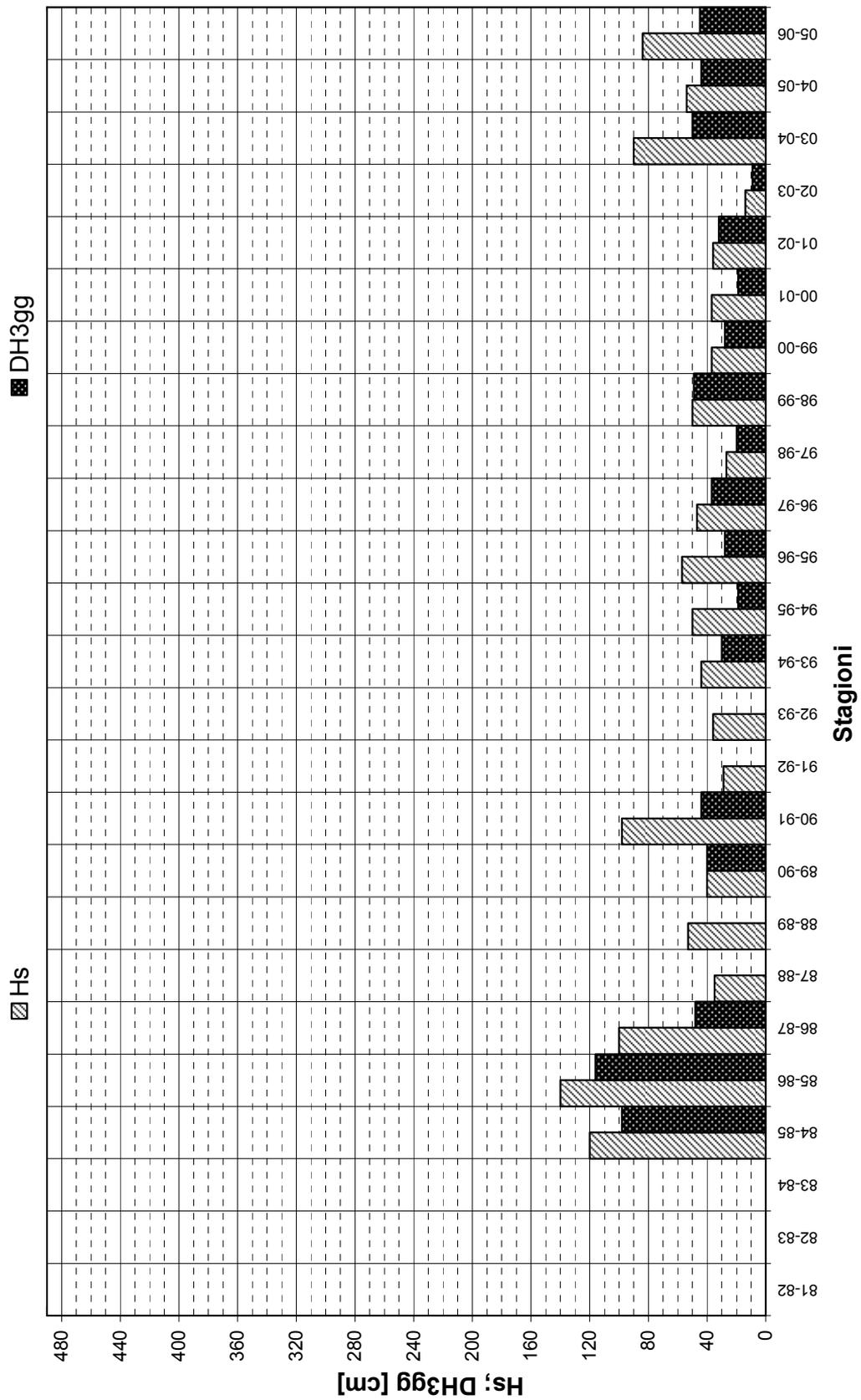
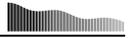


Figura A. 11 – Stazione di Malga Baessa (20BA) – 1.265 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

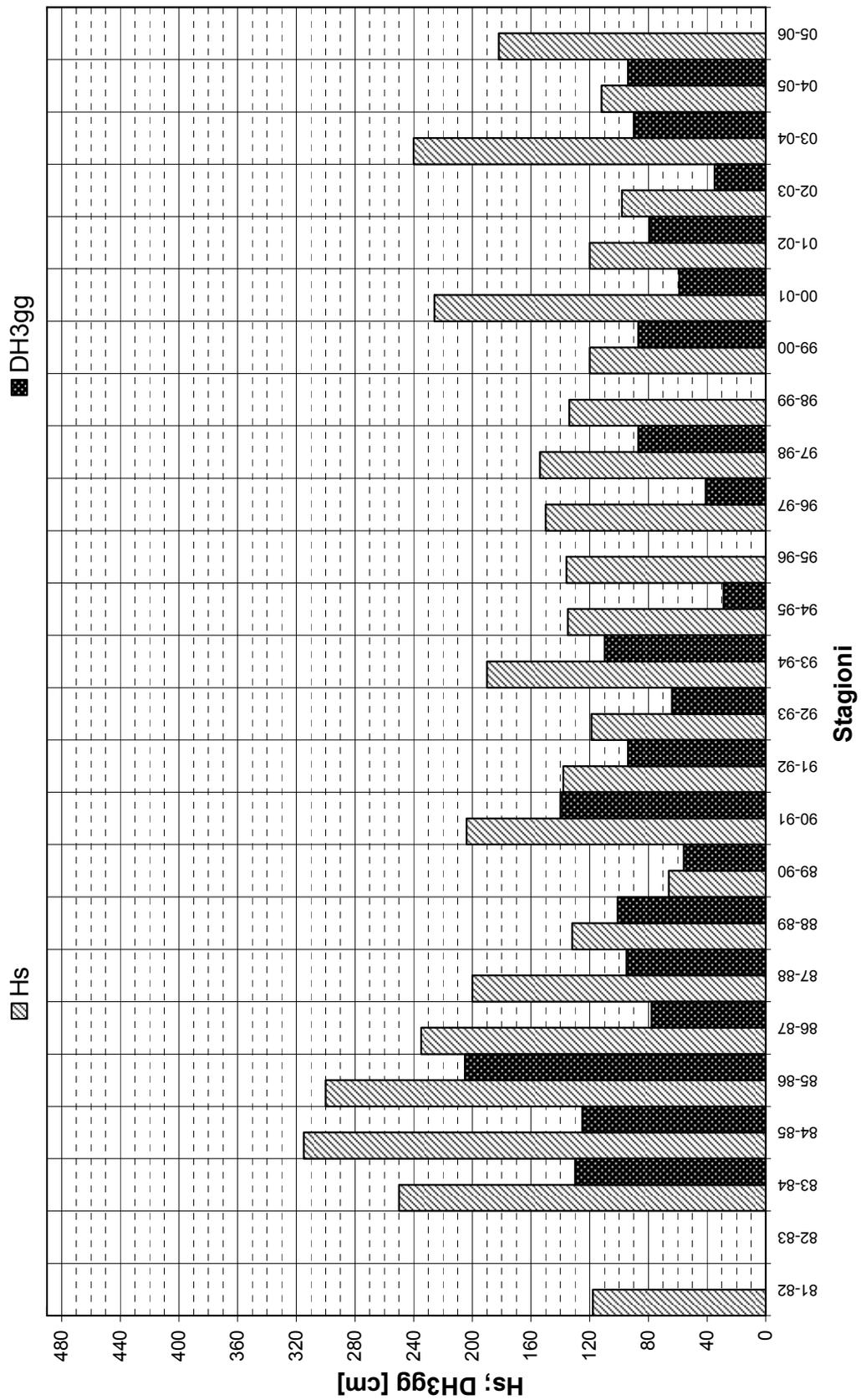
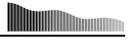


Figura A. 12 – Stazione di Malga Bissina (21MB) – 1.780 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

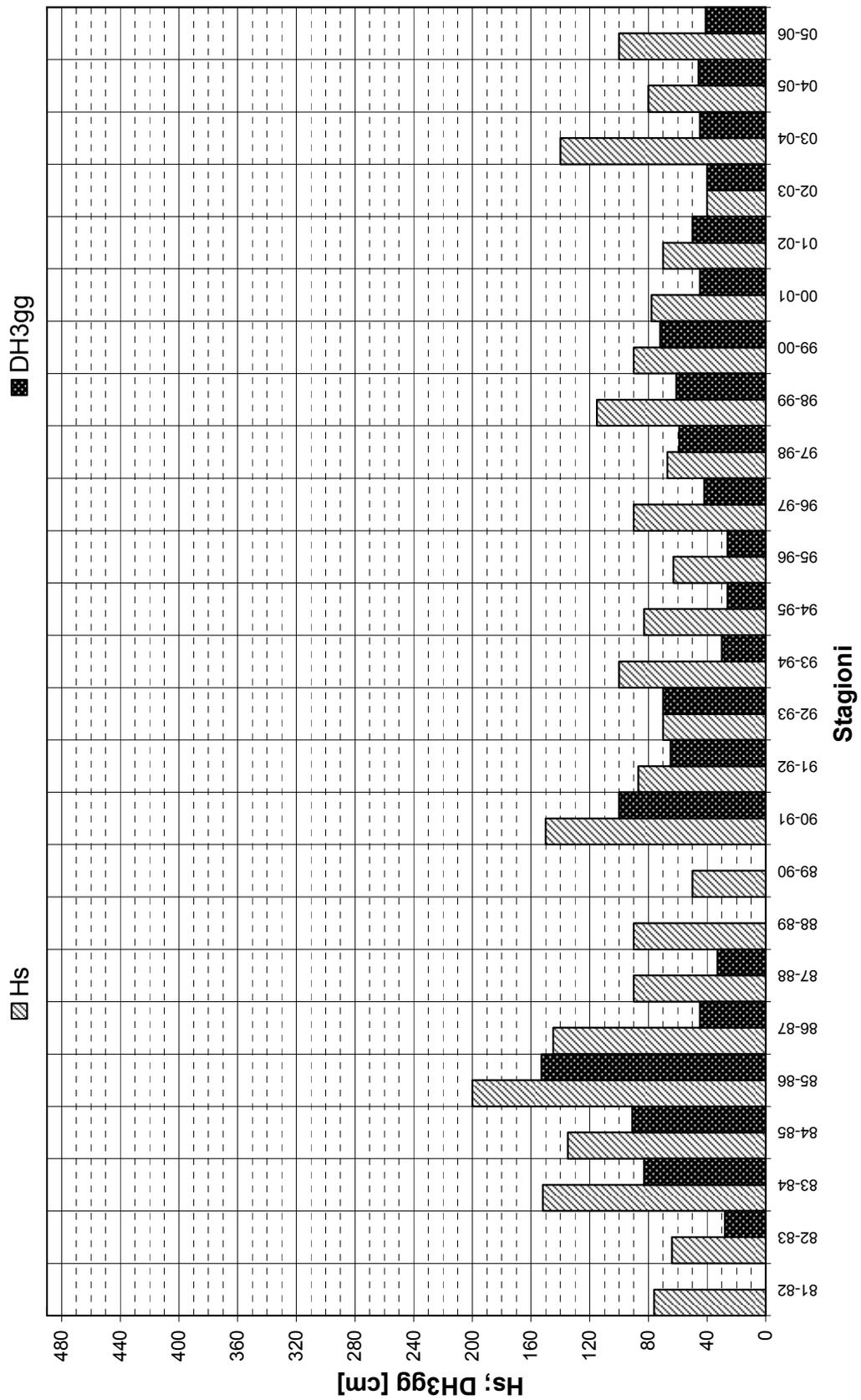
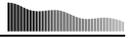


Figura A. 13 – Stazione di Pampeago (10PM) – 1.760 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

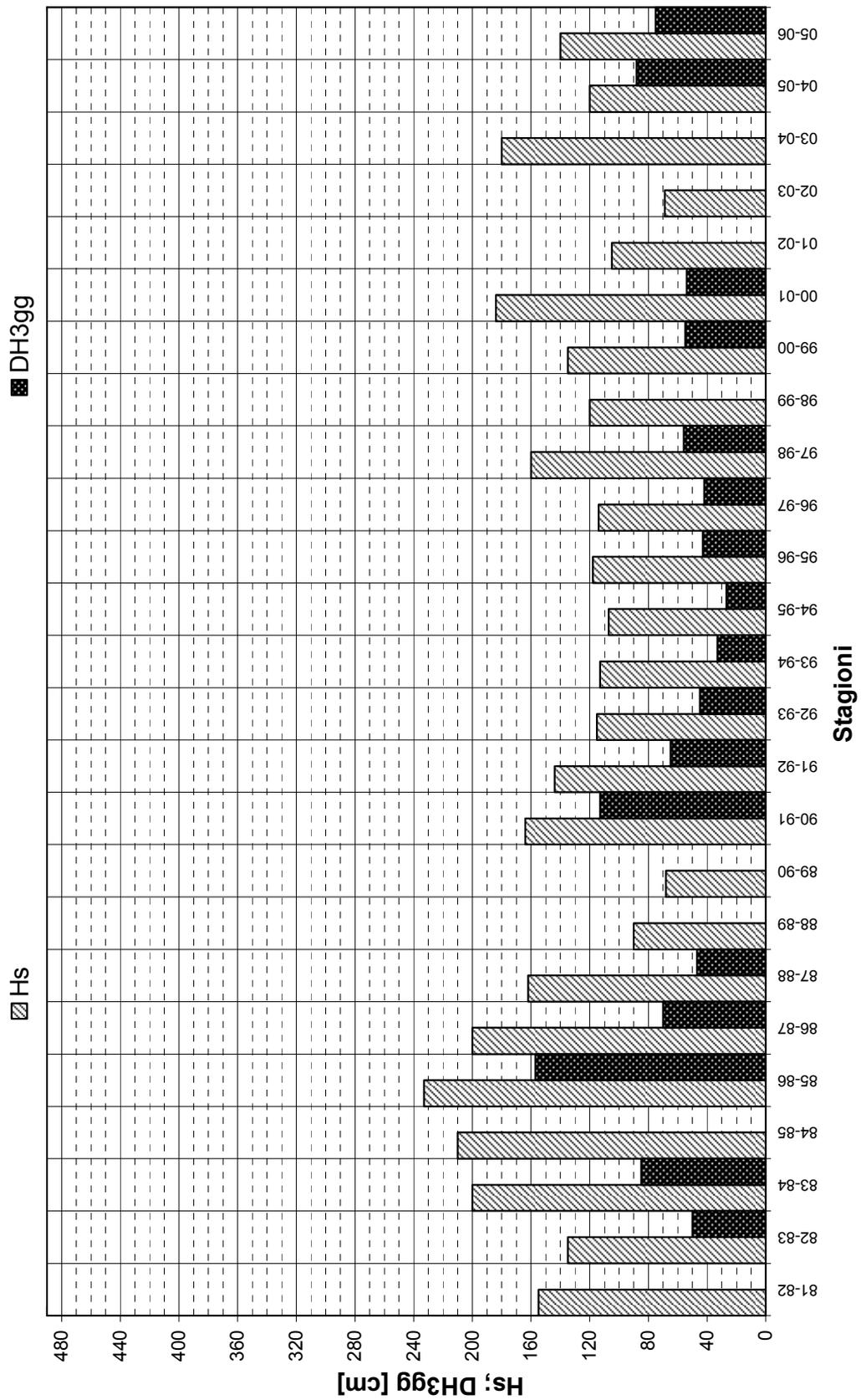
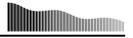


Figura A. 14 – Stazione di Panarotta (9PTA) – 1.775 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

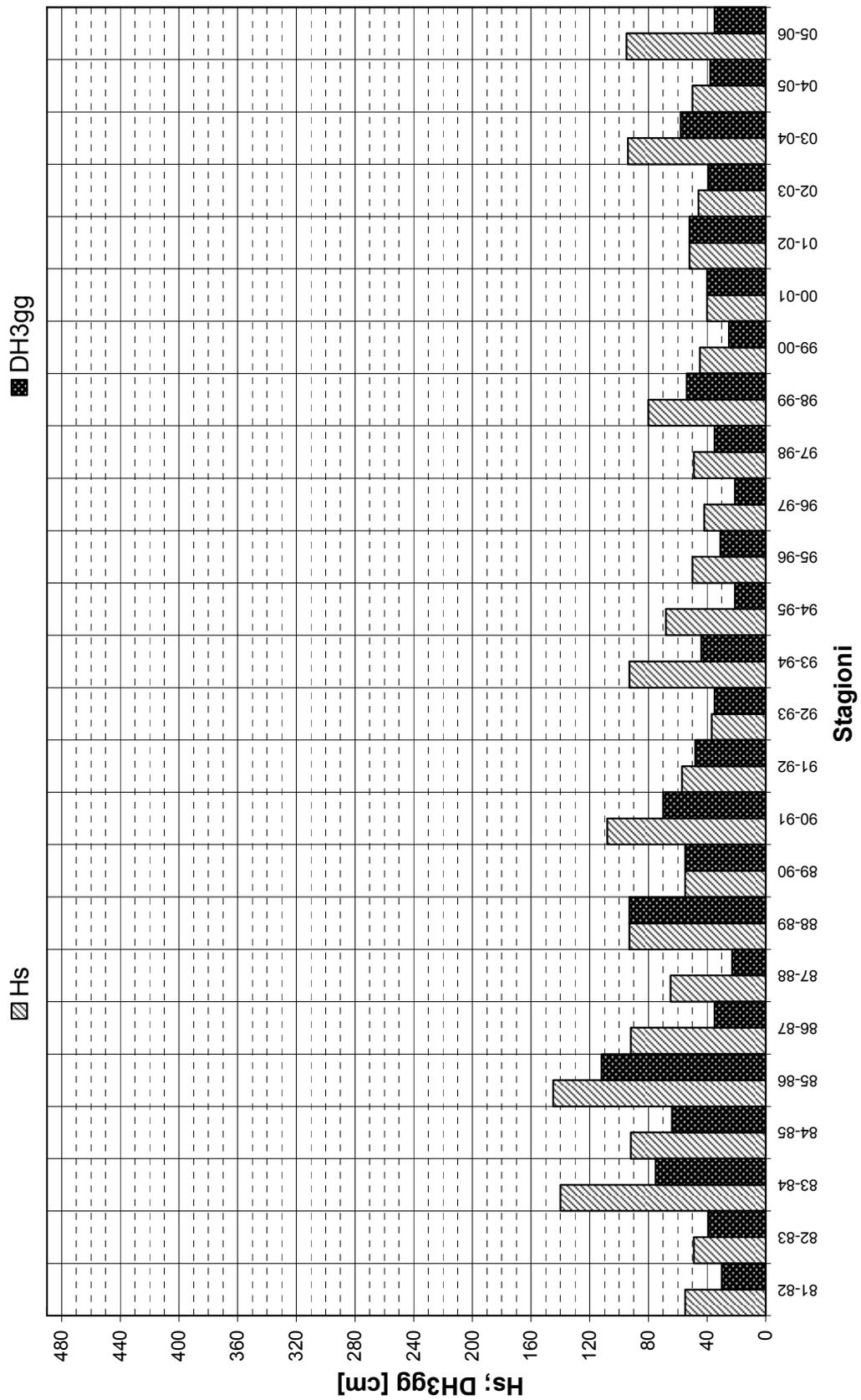
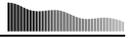


Figura A. 15 – Stazione di Paneveggio (8PAN) – 1.545 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

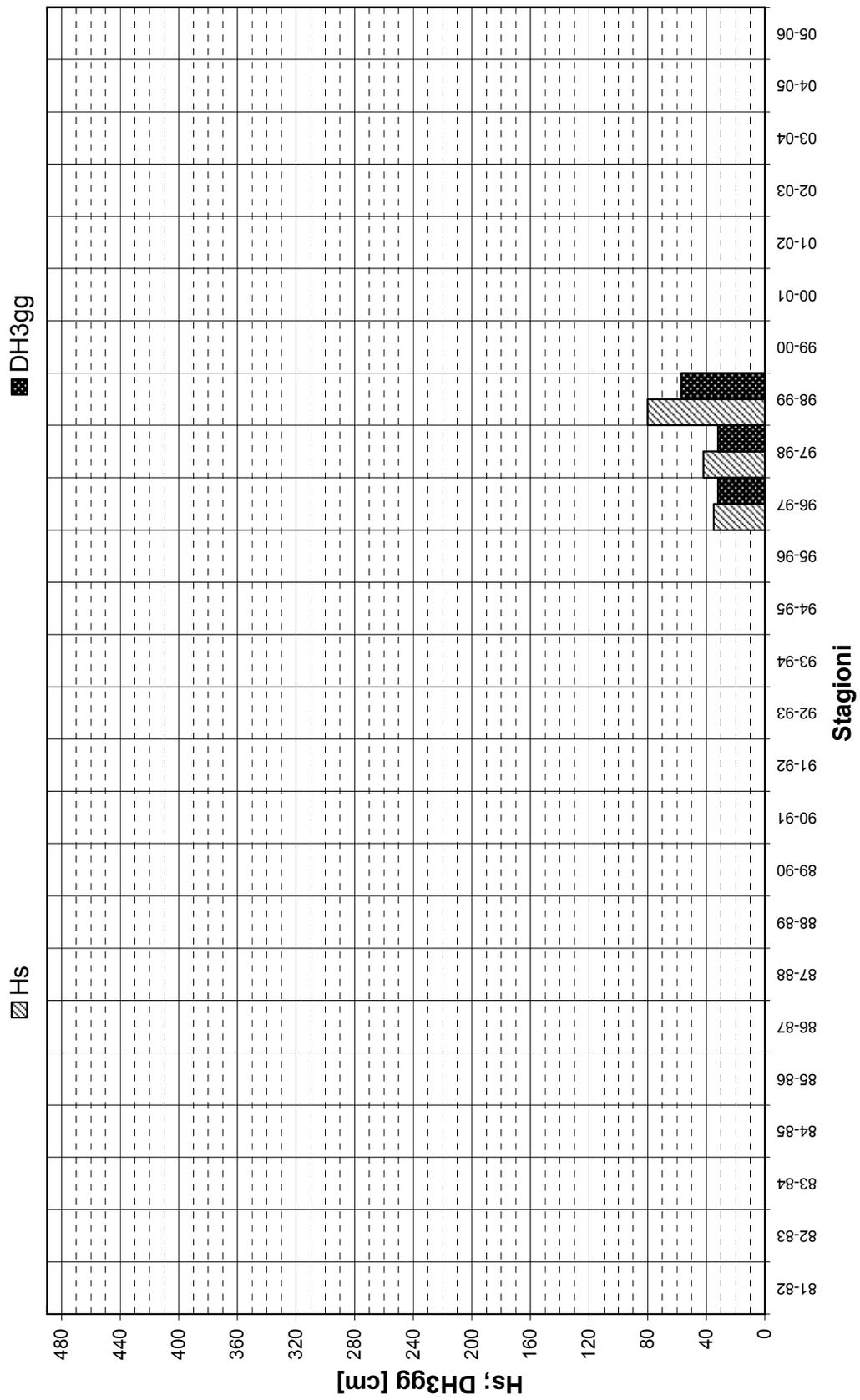
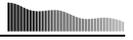


Figura A. 16 – Stazione di Passo Durone (34PD) – 1.007 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

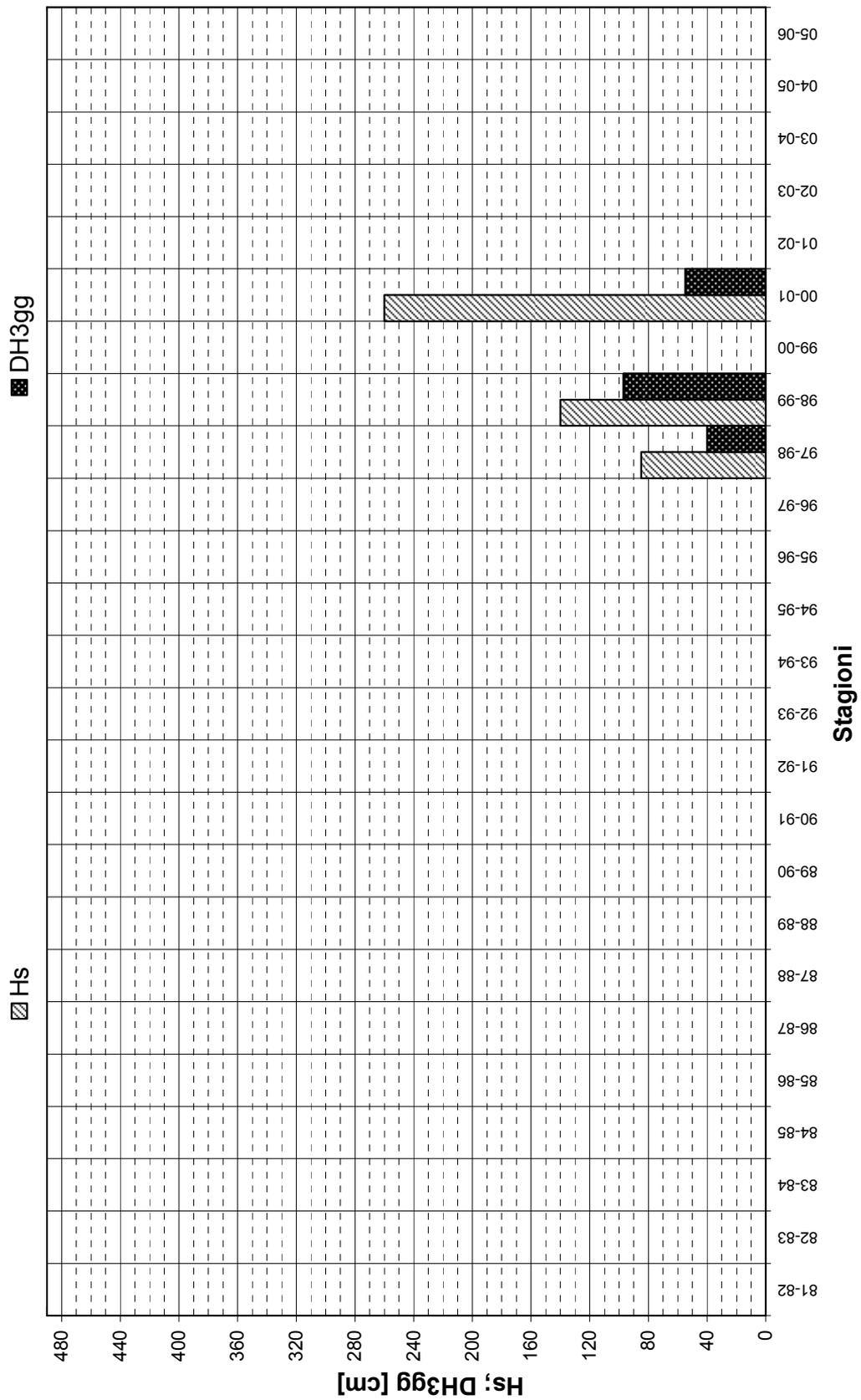
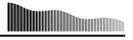


Figura A. 17 – Stazione di Passo Fedai (34FE) – 2.100 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

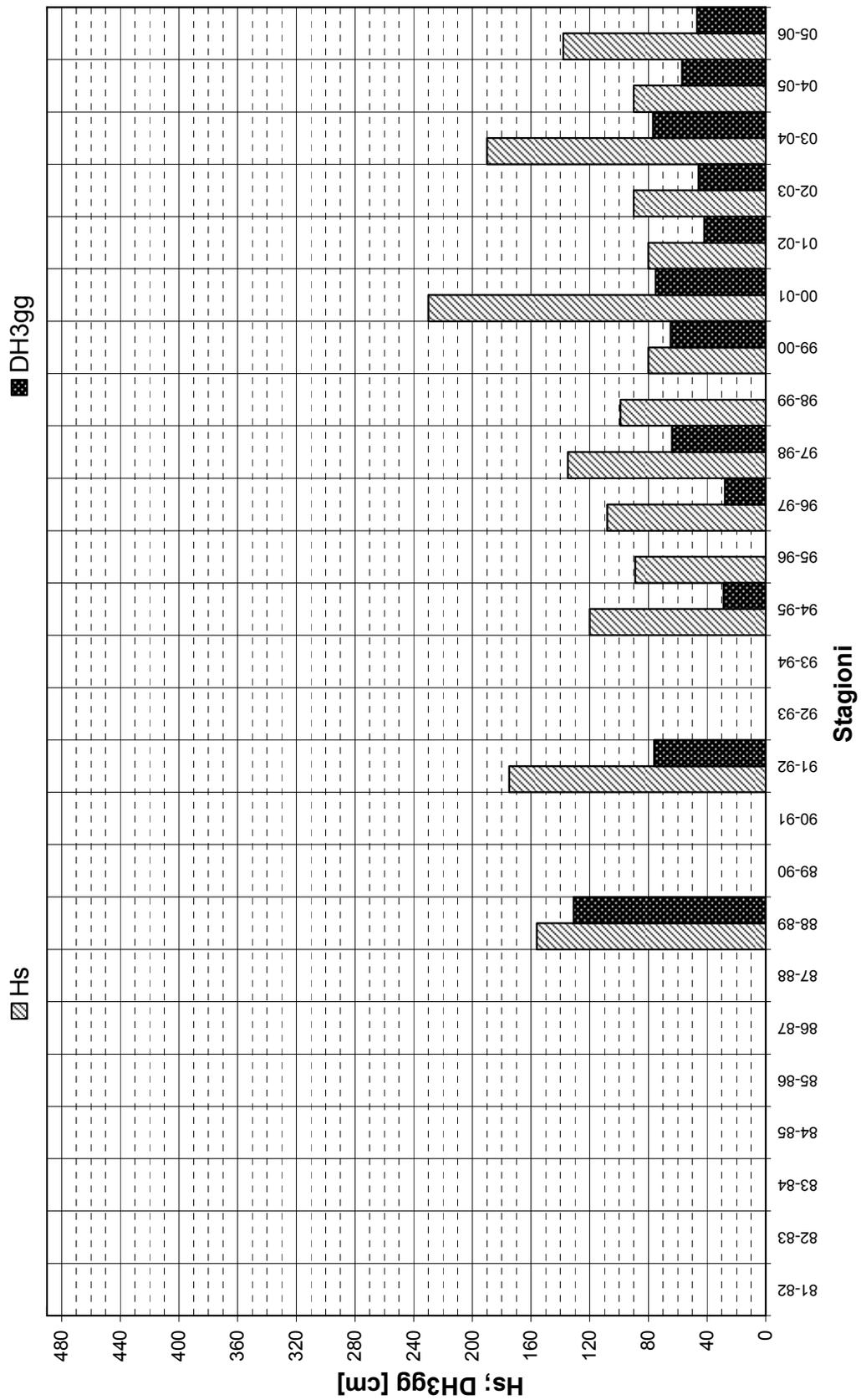


Figura A. 18 – Stazione di Passo Rolle (31RO) – 1.995 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

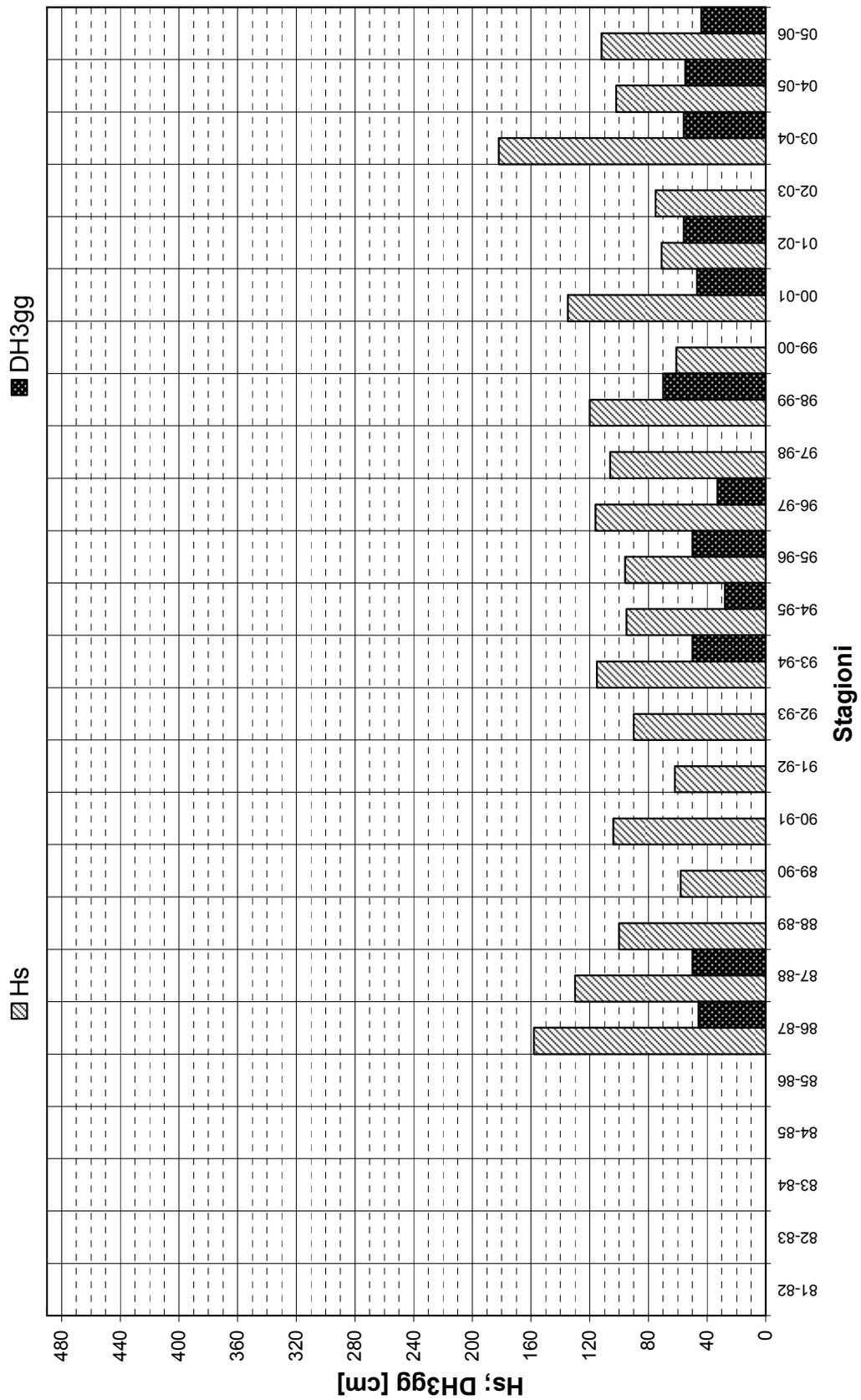
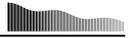


Figura A. 19 – Stazione di Passo San Pellegrino (26SP) – 1.965 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

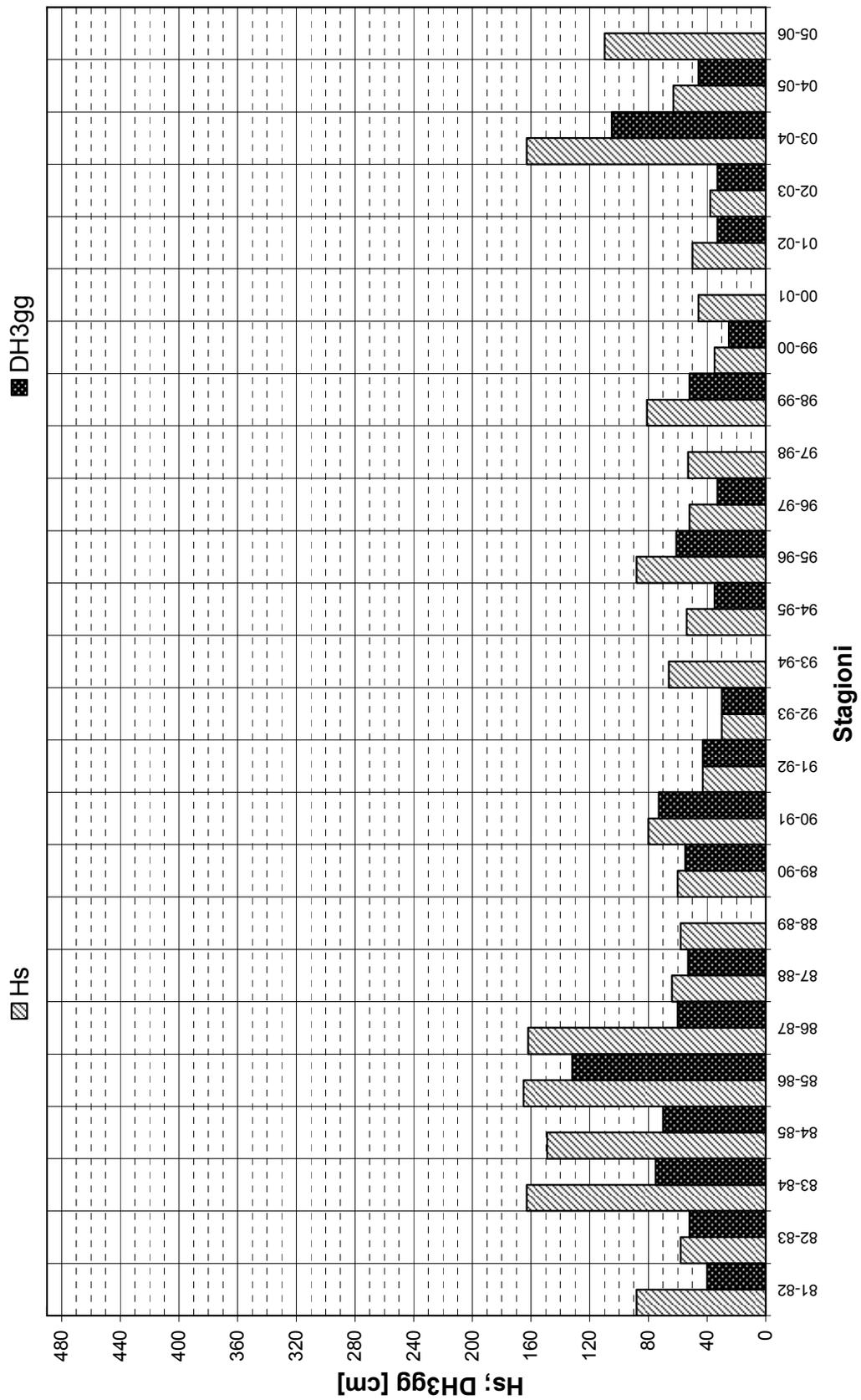
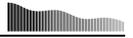


Figura A. 20 – Stazione di Passo San Valentino (5PSV) – 1.320 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

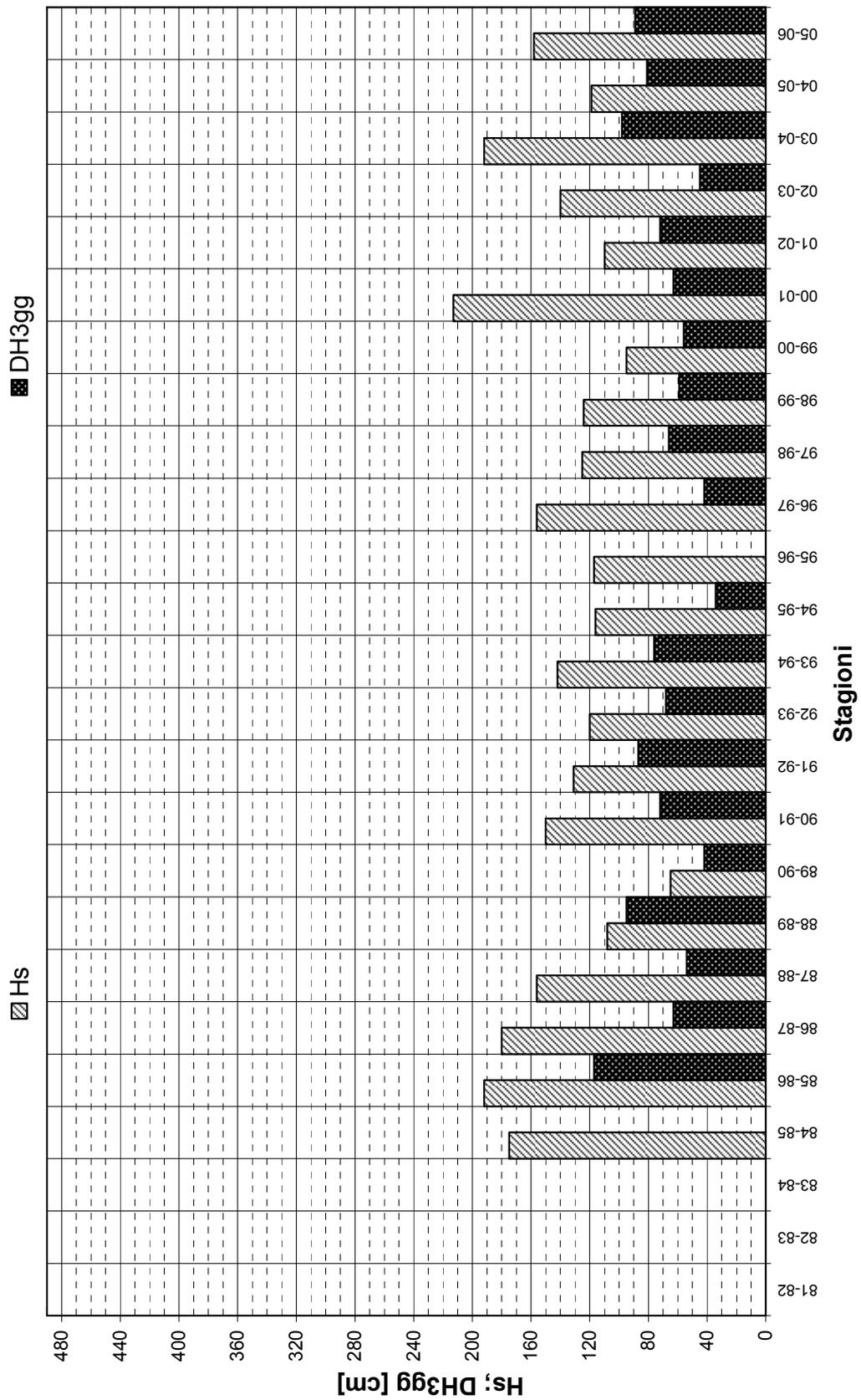
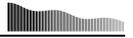


Figura A. 22 – Stazione di Passo Tonale (25TO) – 1.875 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

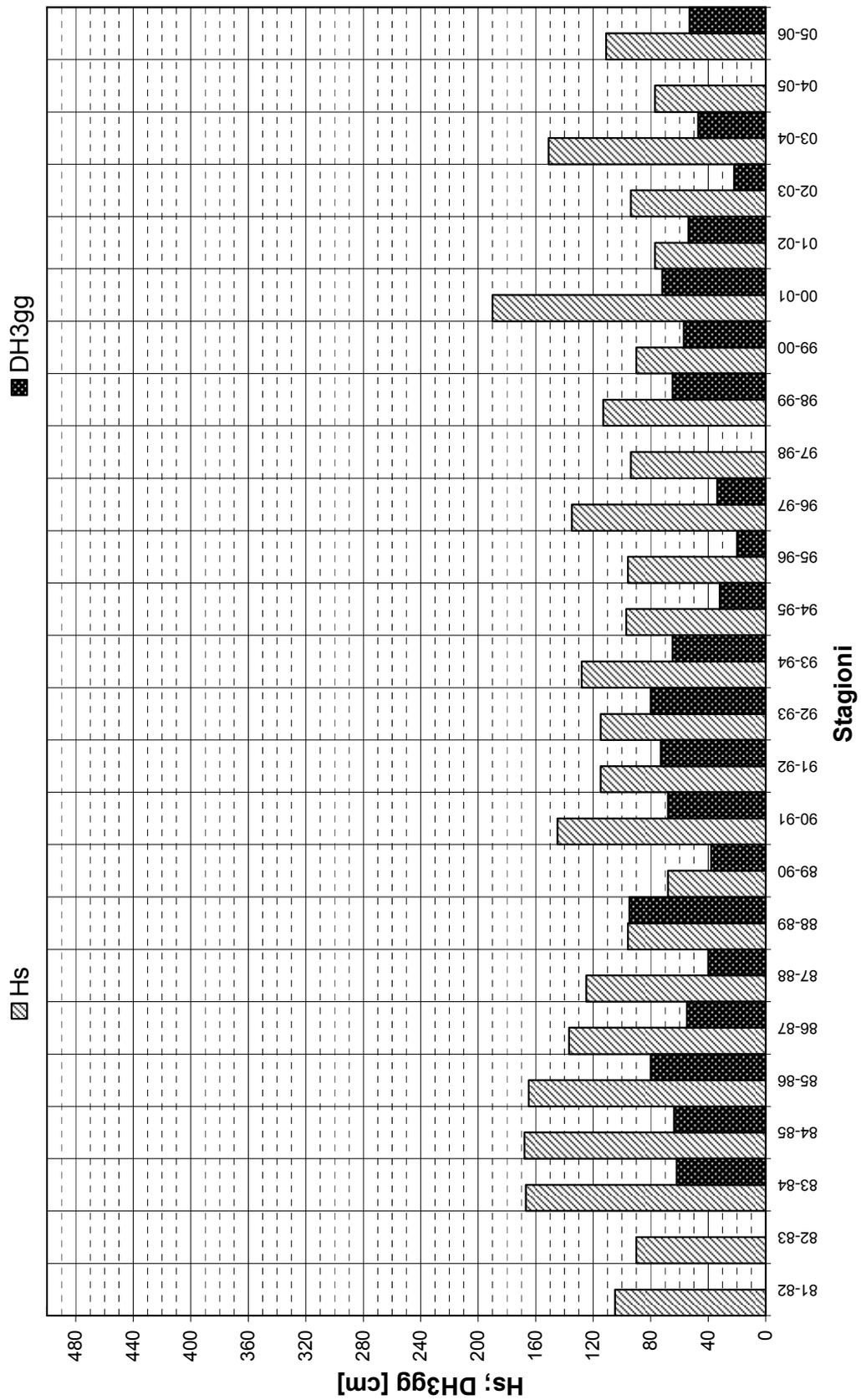
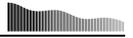


Figura A. 24 – Stazione di Pejo-Tarleta (1PEI) – 2.010 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

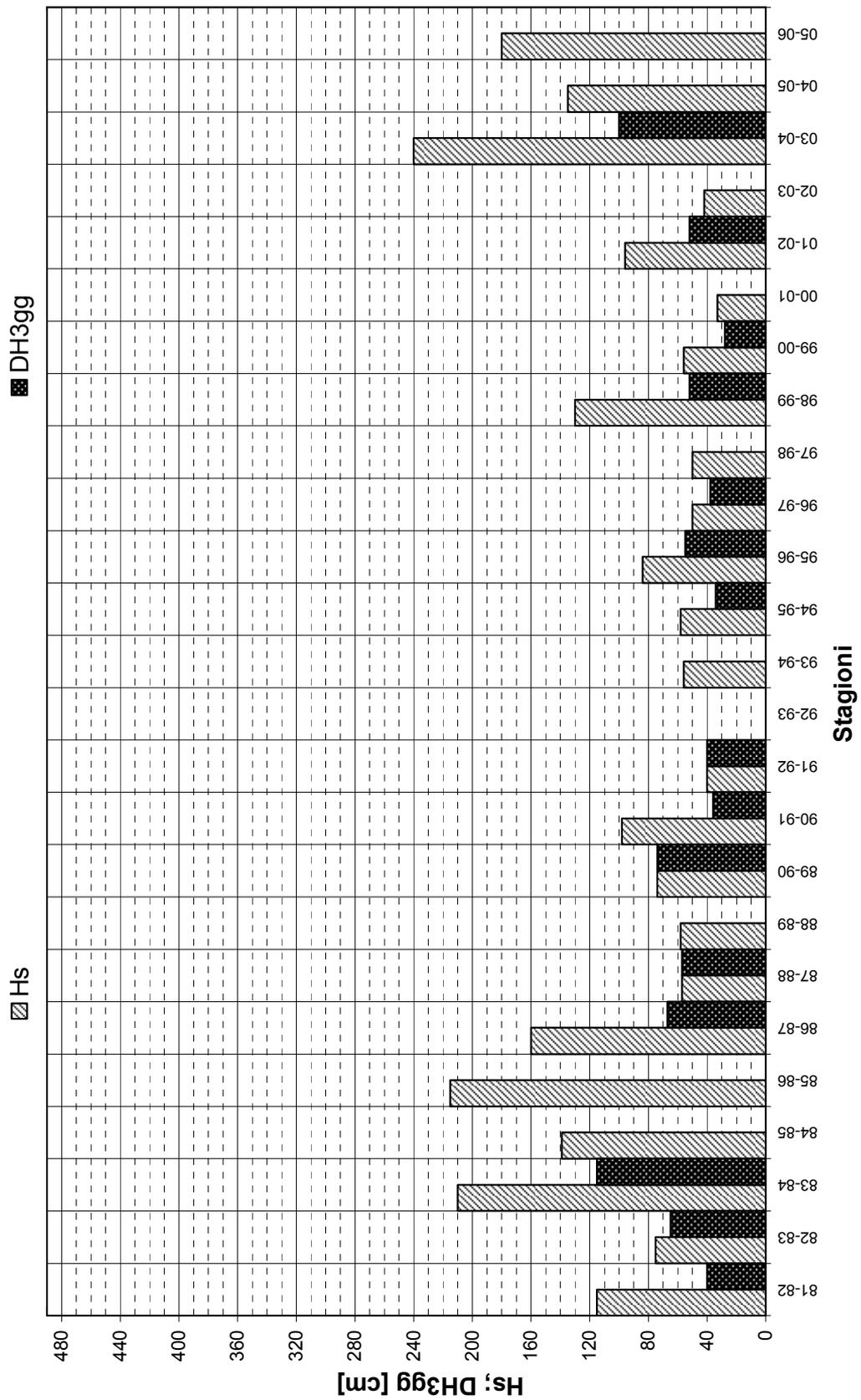
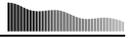


Figura A. 25 – Stazione di Pian delle Fugazze (19PF) – 1.170 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

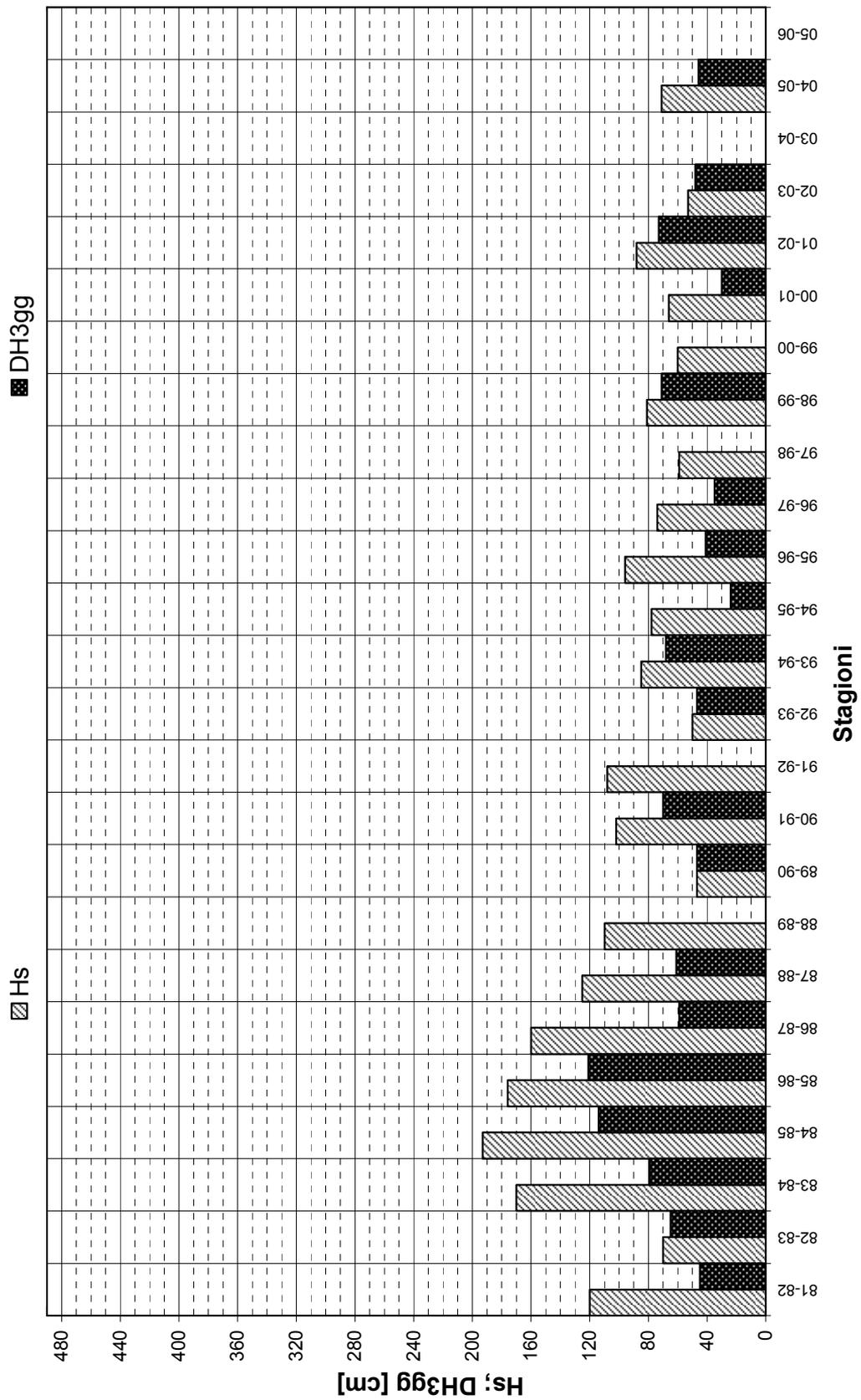
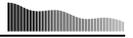


Figura A. 26 – Stazione di Pinzolo-Prà Rodont (3PIN) – 1.500 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

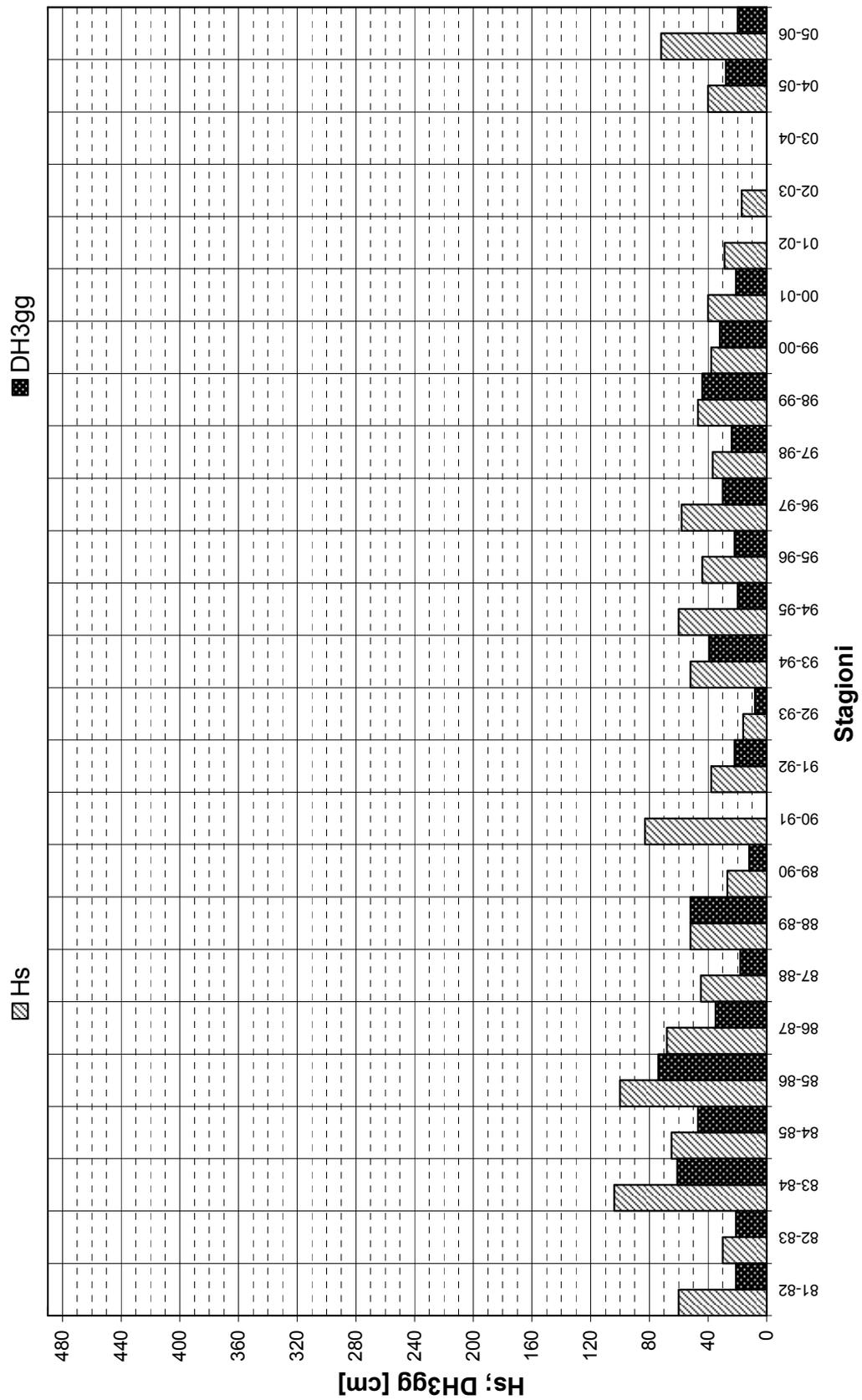
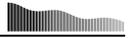


Figura A. 27 – Stazione di Pozza di Fassa (14PO) – 1.385 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

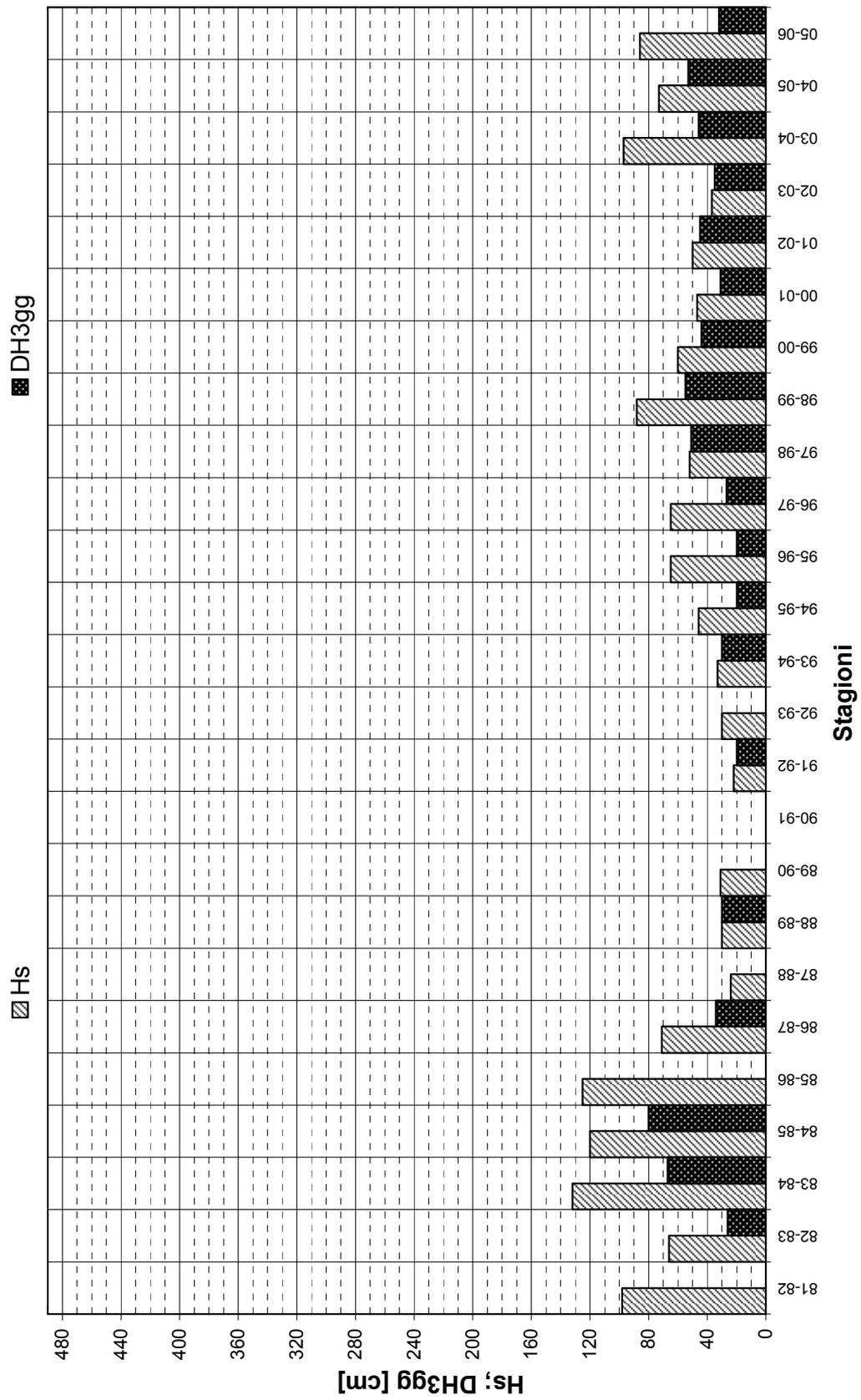
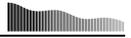


Figura A. 28 – Stazione di Predazzo-Gardonè (13PR) – 1.675 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

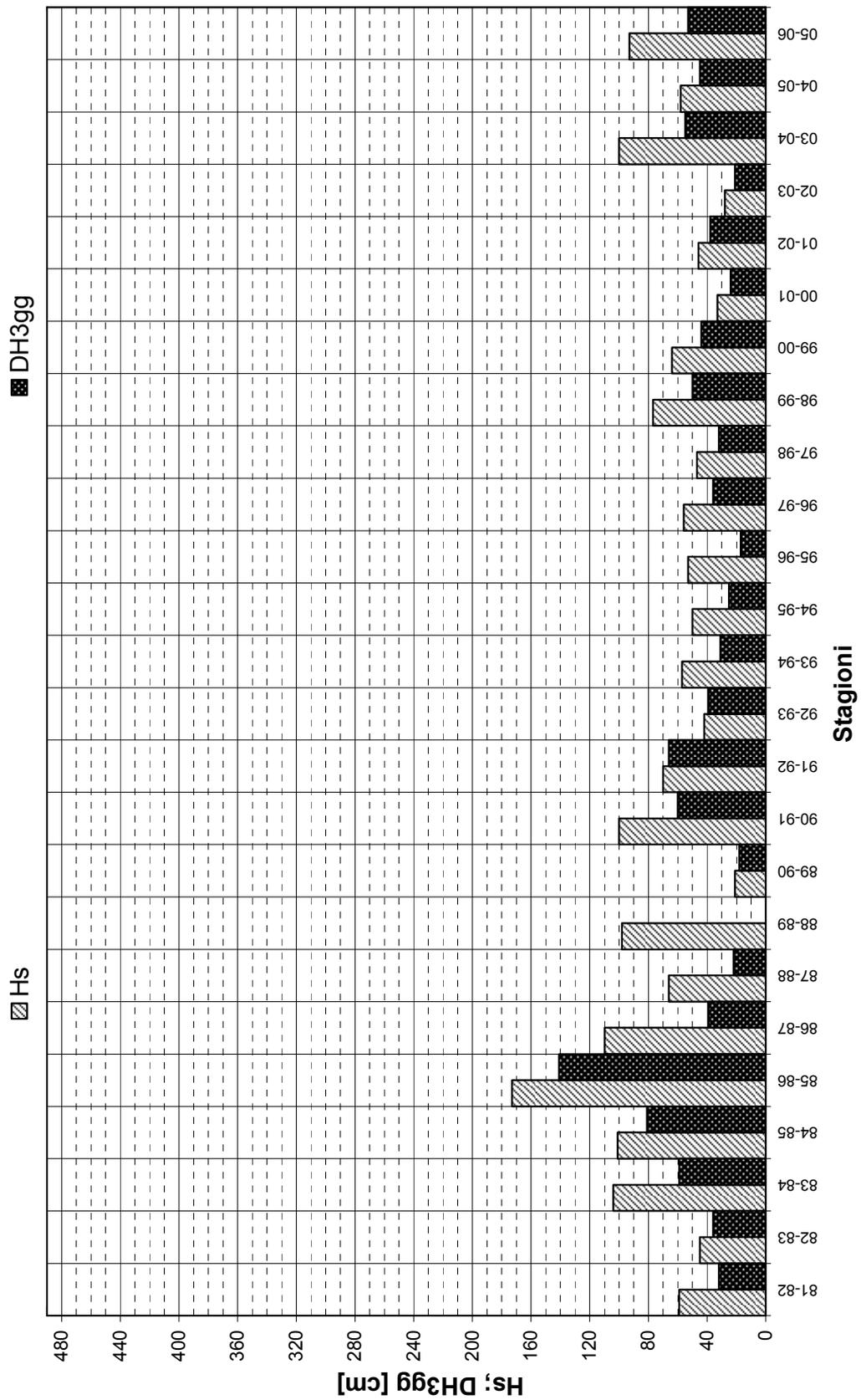
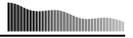


Figura A. 29 – Stazione di Rabbi (2RAB) – 1.315 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

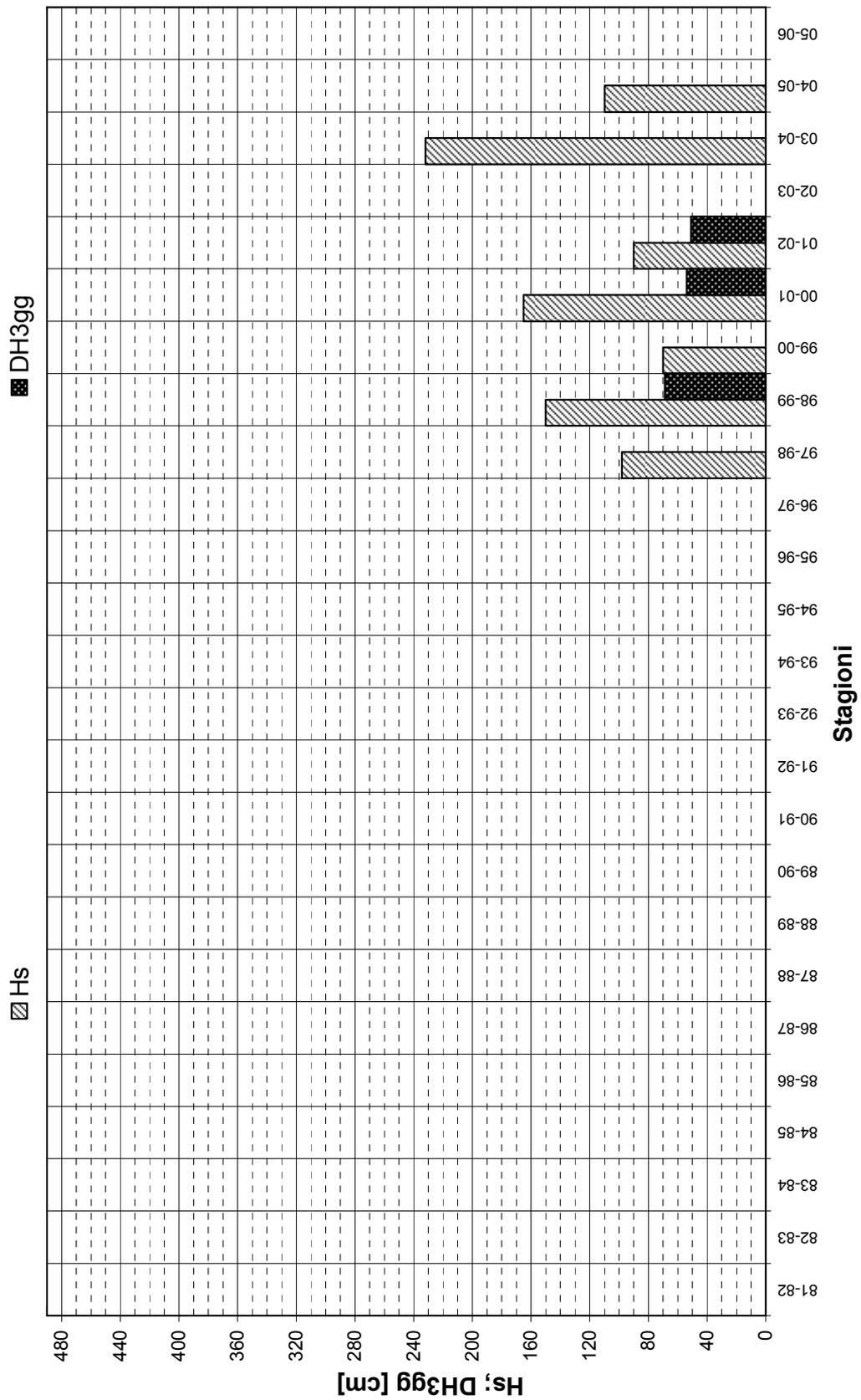
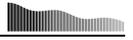


Figura A. 30 – Stazione di Rifugio Trivena (36RT) – 1.650 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

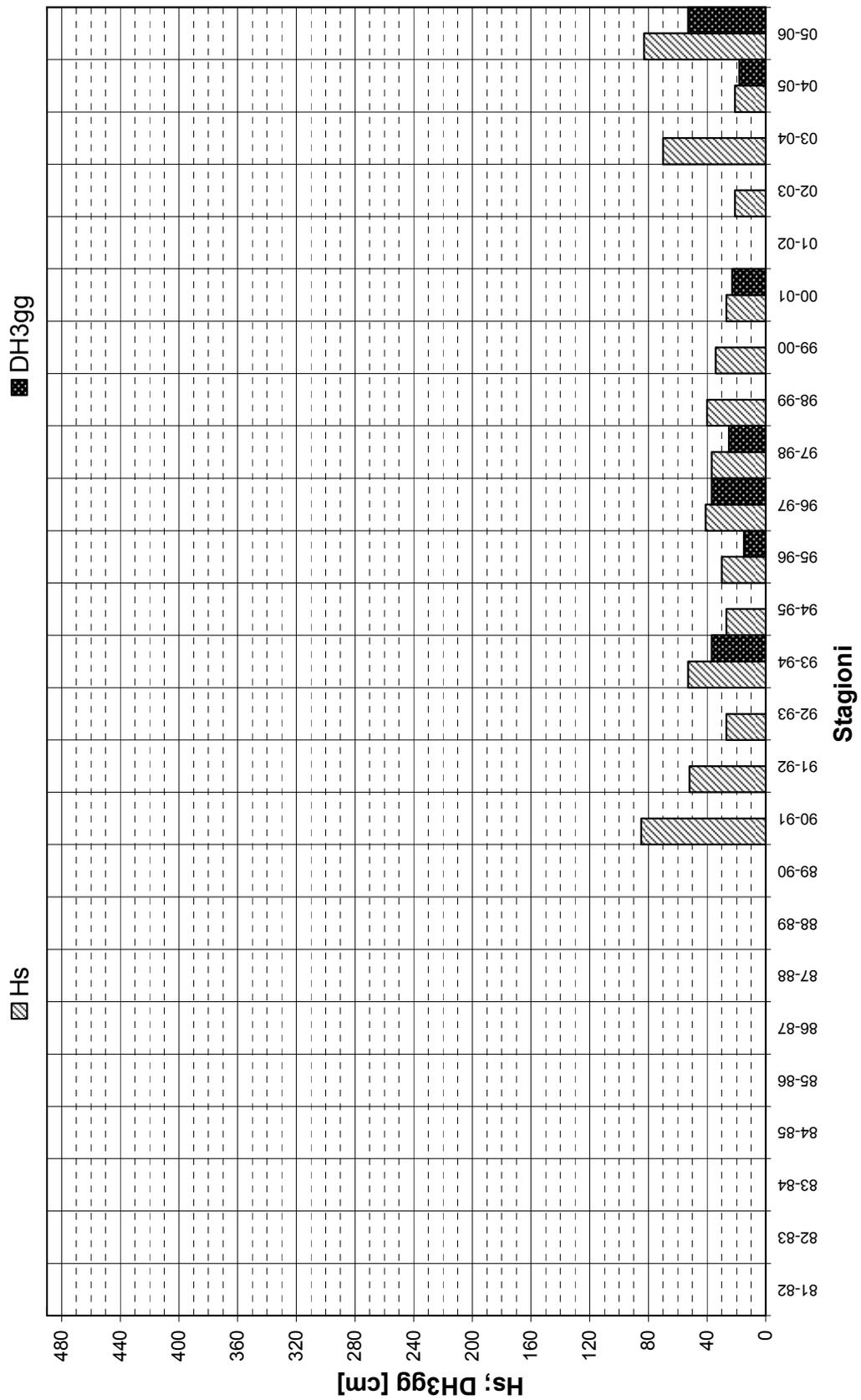
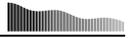


Figura A. 31 – Stazione di Rumo (28RM) – 1.100 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

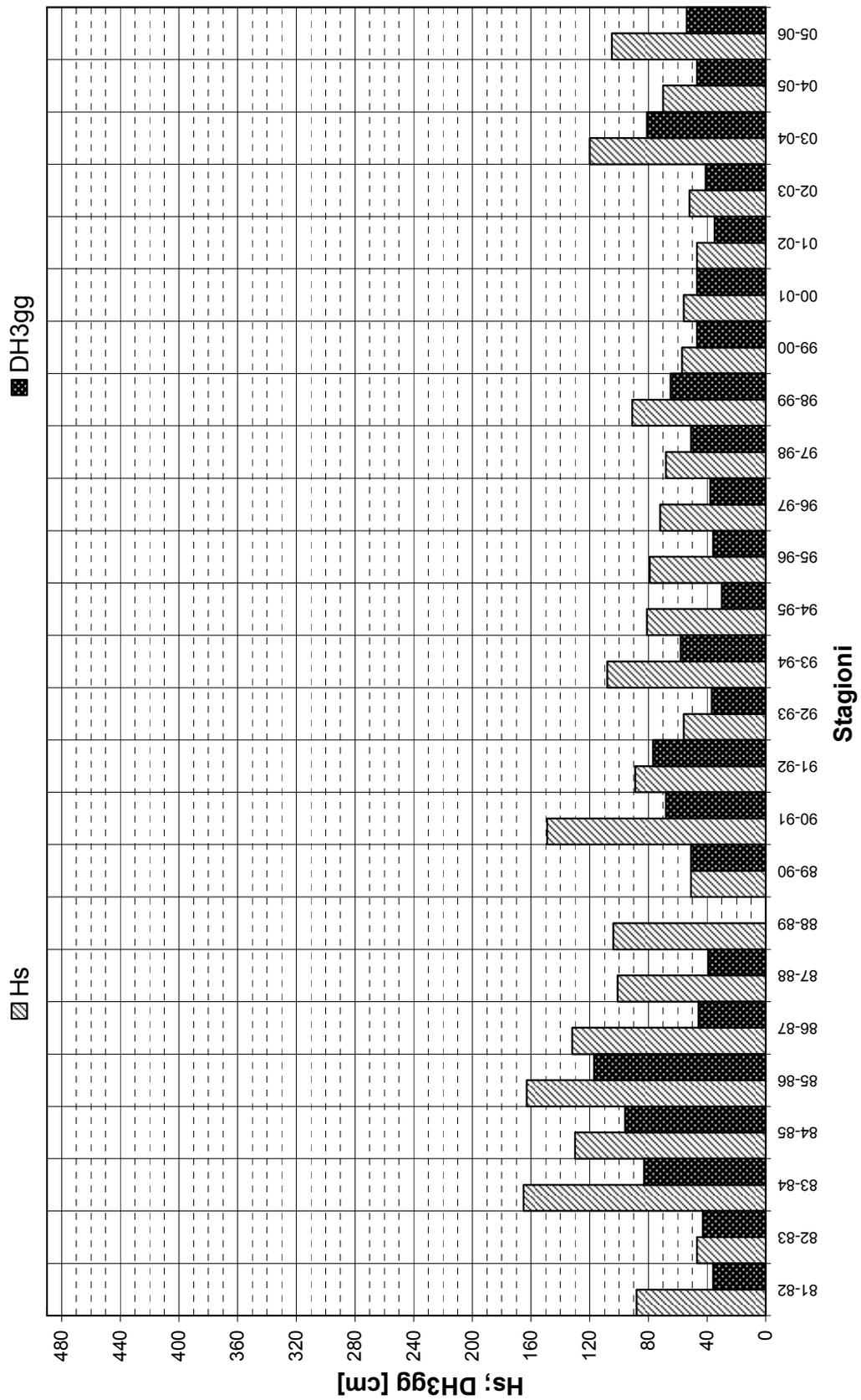
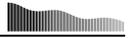


Figura A. 32 – Stazione di San Martino di Castrozza (4SMC) – 1.465 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

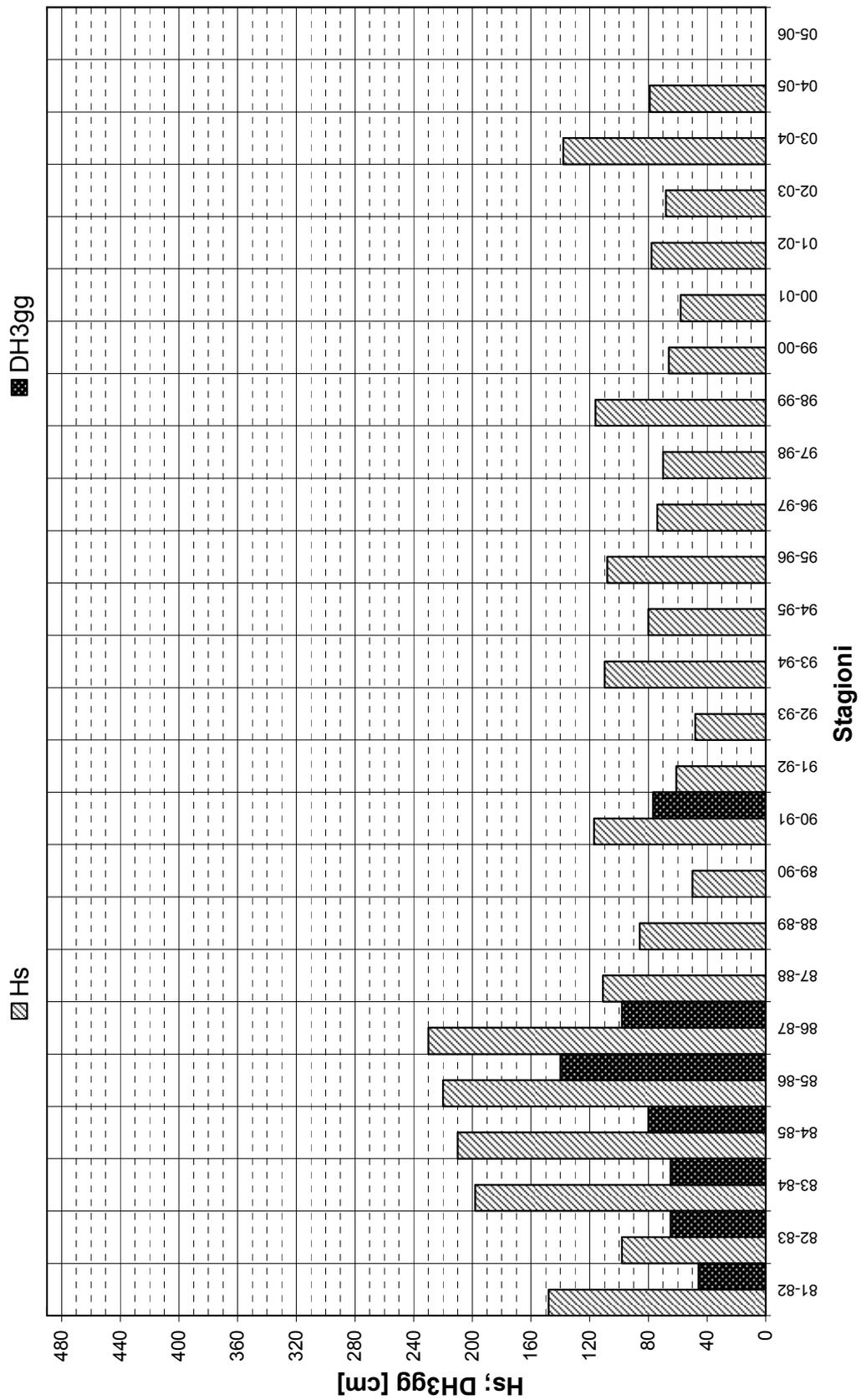
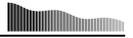


Figura A. 33 – Stazione di Tremalzo (15TR) – 1.560 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

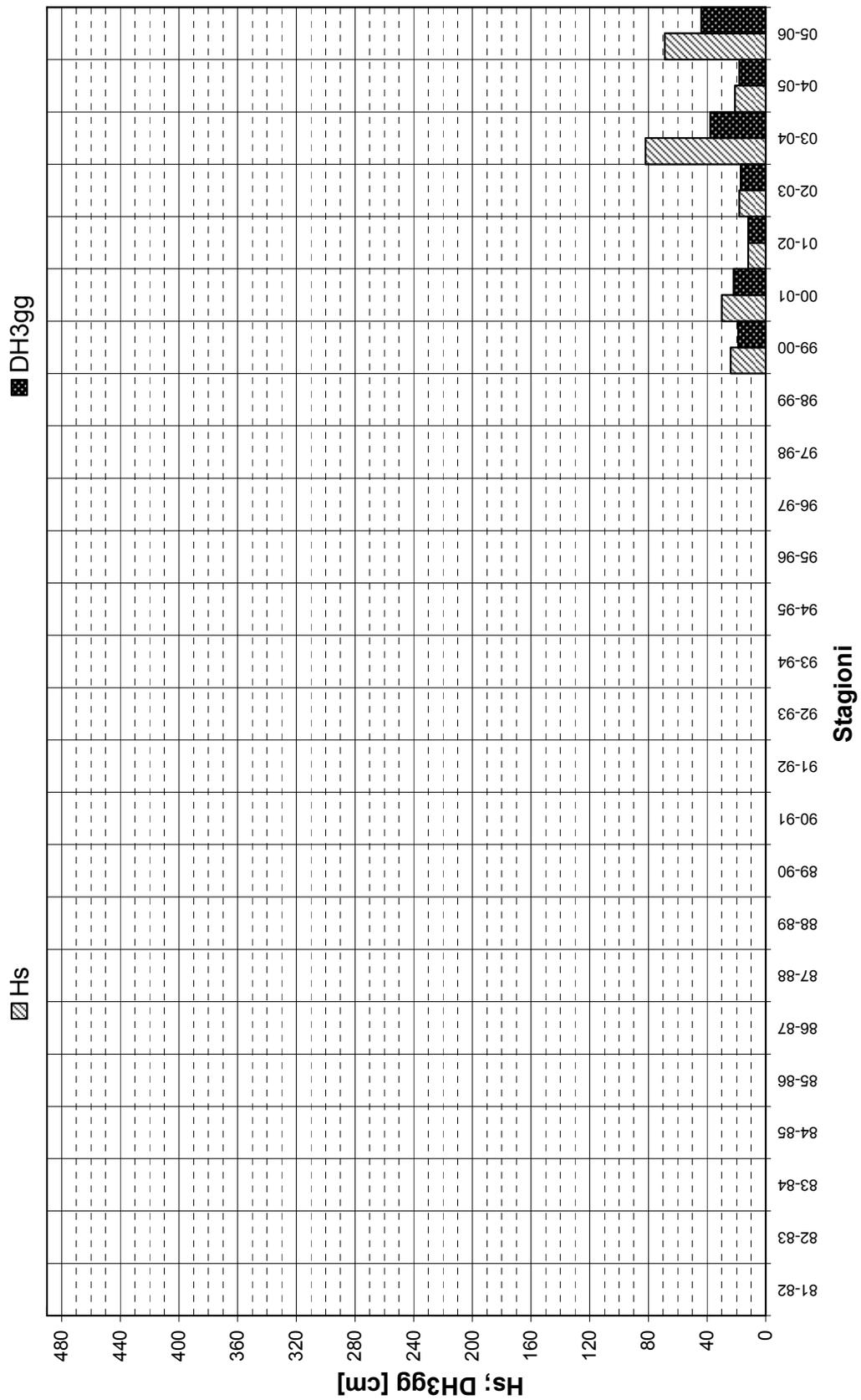
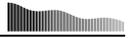


Figura A. 34 – Stazione di Val Canali (37VV) – 1.040 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

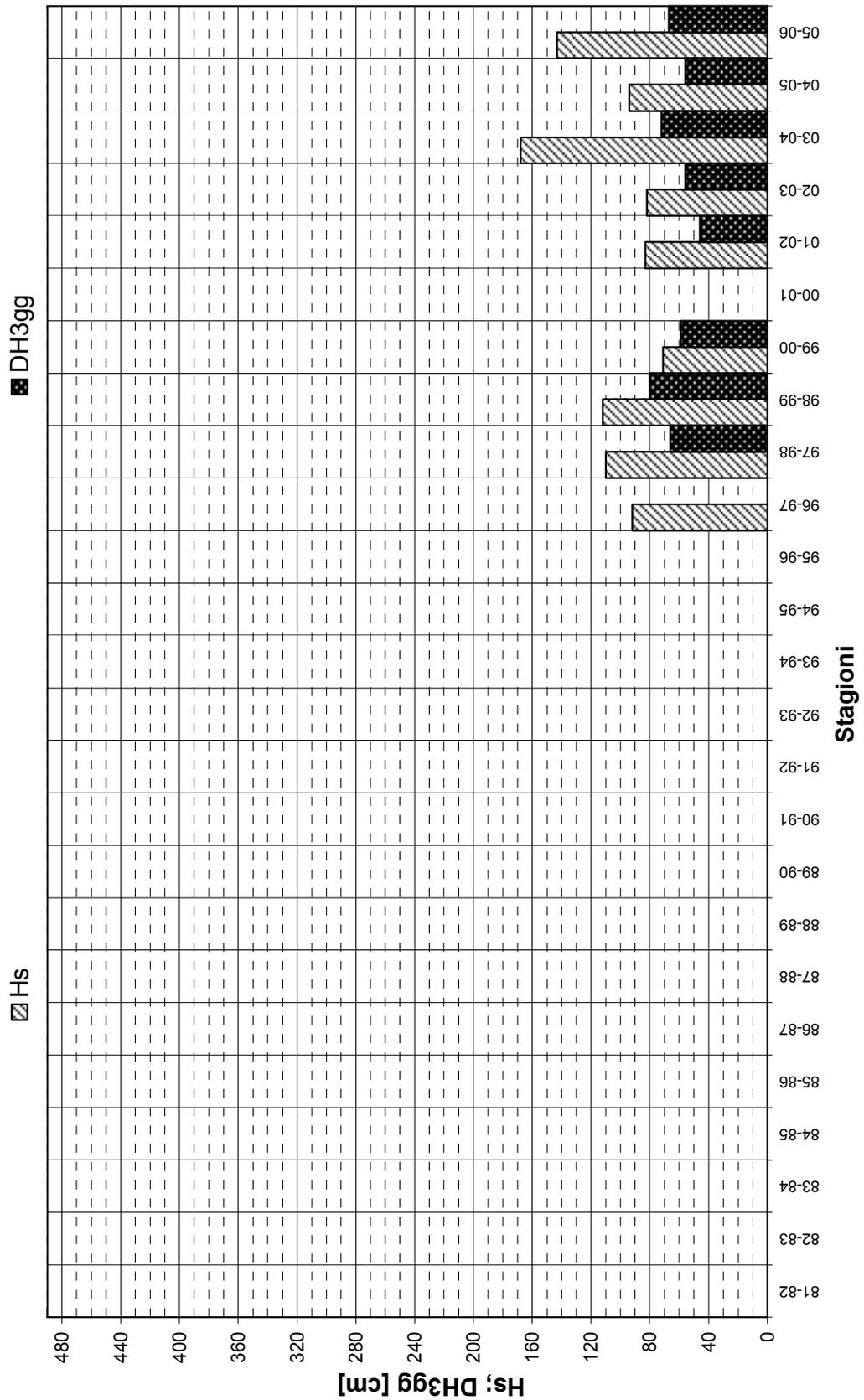
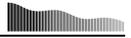


Figura A. 35 – Stazione di Val Cigolera (35VC) – 1.880 m s.l.m.; valori massimi stagionali.

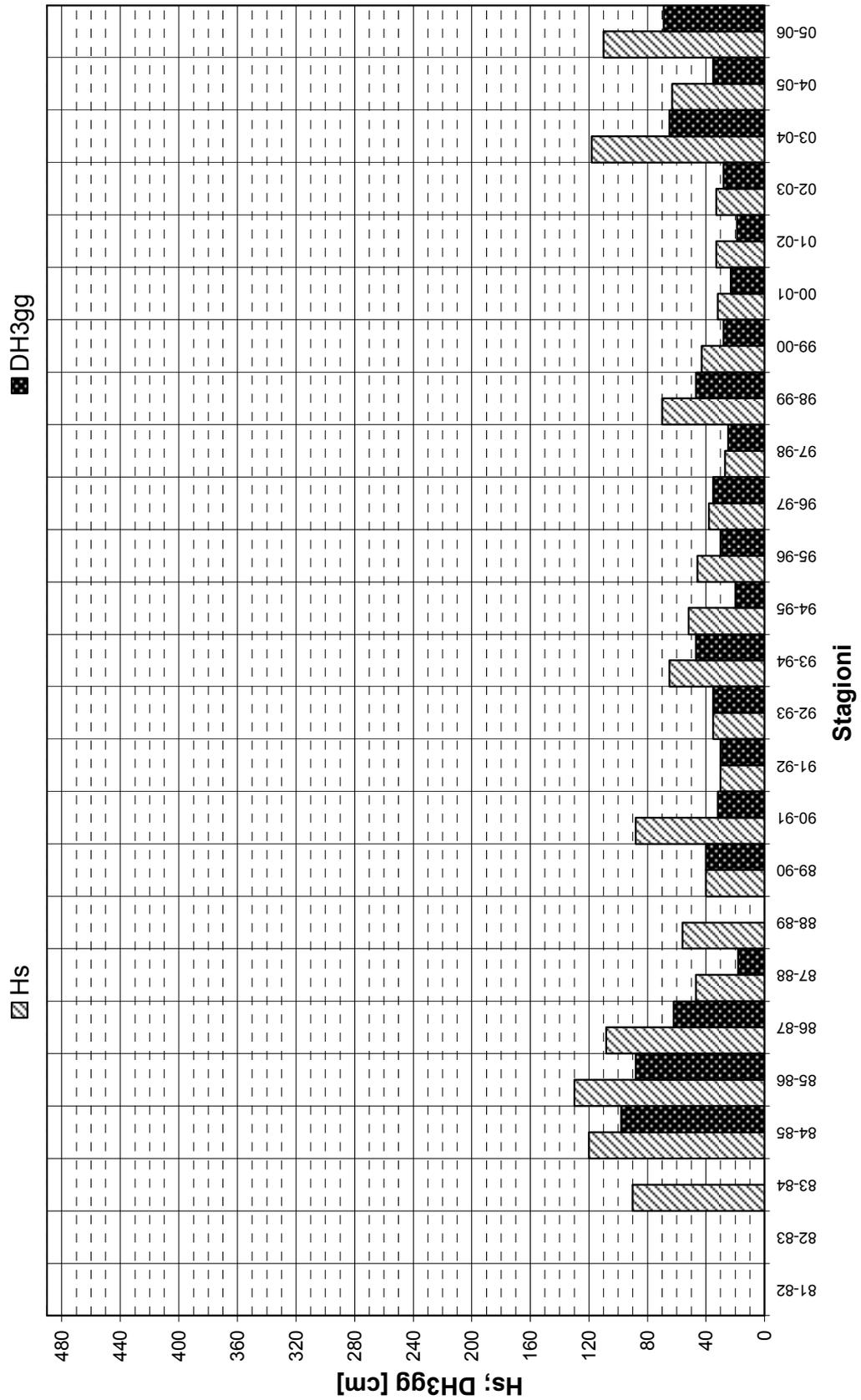
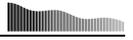


Figura A. 36 – Stazione di Val Noana (24NO) – 1.020 m s.l.m.; valori massimi stagionali.



ANALISI STATISTICA DI VARIABILI NIVOMETRICHE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

APPENDICE B

Zone nivometriche e limiti comunali

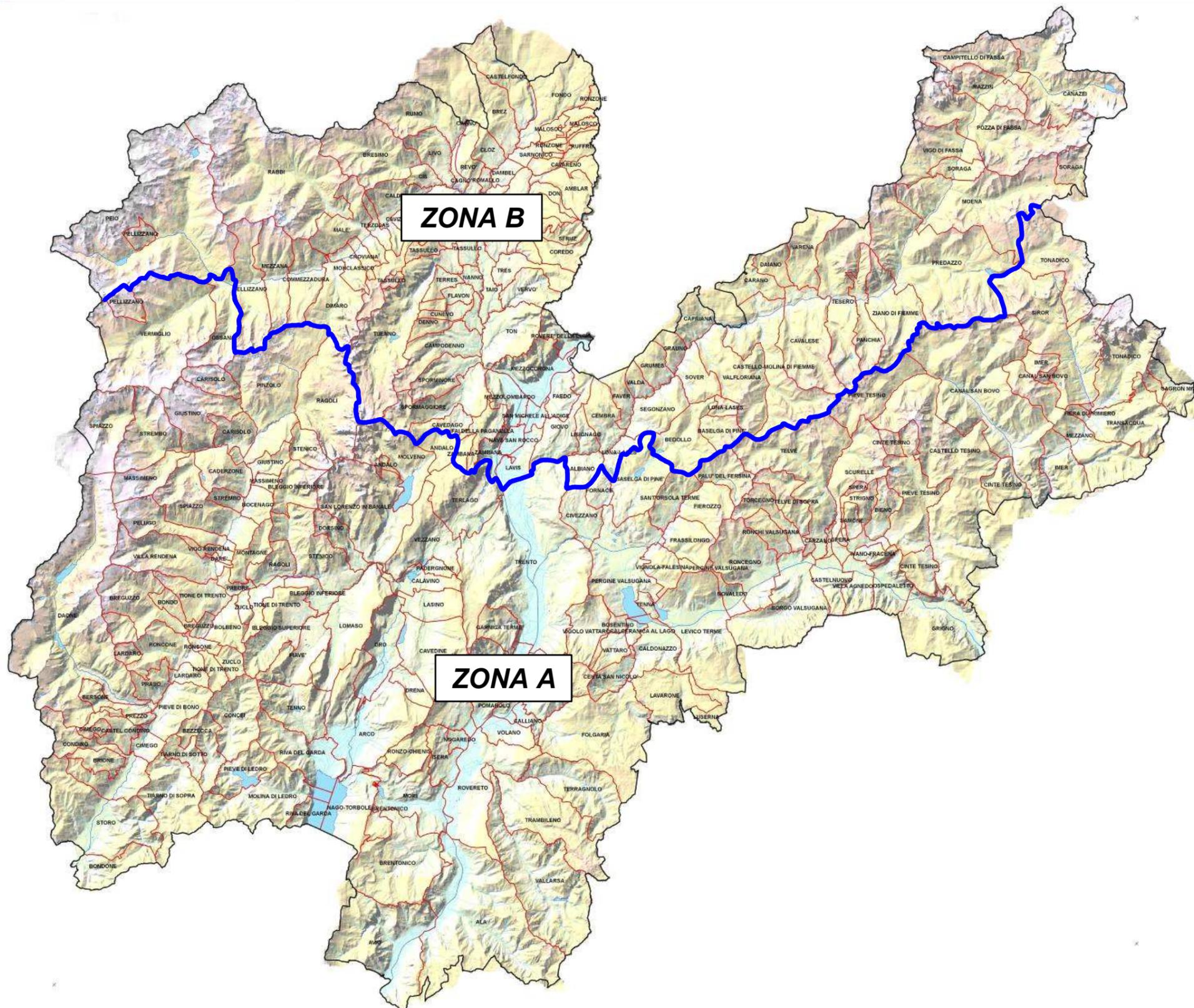


Figura B. 1 – Suddivisione del territorio della Provincia Autonoma di Trento nelle due zone nivometriche "A" e "B"



Tabella B. 1 – Elenco dei Comuni appartenenti alla zona nivometrica “A”

ID	Comune	ID	Comune	ID	Comune
1	Ala	46	Fiavè	91	Roncegno
2	Aldeno	47	Fiera di Primiero	92	Ronchi Valsugana
3	Andalo	48	Fierozzo	93	Roncone
4	Arco	49	Folgaria	94	Ronzo-Chienis
5	Avio	50	Fornace	95	Rovereto
6	Baselga di Pinè (Porzione Sud)	51	Frassilongo	96	Sagron Mis
7	Bersone	52	Garniga Terme	97	Samone
8	Besenello	53	Giustino	98	San Lorenzo in Banale
9	Bezzecca	54	Grigno	99	Sant'Orsola Terme
10	Bieno	55	Imer	100	Scurelle
11	Bleggio Inferiore	56	Isera	101	Siror
12	Bleggio Superiore	57	Ivano-Fracena	102	Spera
13	Bocenago	58	Lardaro	103	Spiazzo
14	Bolbeno	59	Lasino	104	Stenico
15	Bondo	60	Lavarone	105	Storo
16	Bondone	61	Levico Terme	106	Strembo
17	Borgo Valsugana	62	Lomaso	107	Strigno
18	Bosentino	63	Luserna	108	Telve
19	Breguzzo	64	Massimeno	109	Telve di Sopra
20	Brentonico	65	Mezzano	110	Tenna
21	Brione	66	Molina di Ledro	111	Tenno
22	Caderzone	67	Molveno	112	Terlago
23	Calavino	68	Montagne	113	Terragnolo
24	Calceranica al Lago	69	Mori	114	Tiarno di Sopra
25	Caldonazzo	70	Nago-Torbole	115	Tiarno di Sotto
26	Calliano	71	Nogaredo	116	Tione di Trento
27	Canal San Bovo	72	Nomi	117	Tonadico
28	Carisolo	73	Novaledo	118	Torcegno
29	Carzano	74	Ospedaletto	119	Trambileno
30	Castel Condino	75	Ossana	120	Transacqua
31	Castello Tesino	76	Padergnone	121	Trento
32	Castelnuovo	77	Palù del Ferina	122	Vallarsa
33	Cavedine	78	Pellizzano (Porzione Sud)	123	Vattaro
34	Centa San Nicolò	79	Pelugo	124	Vermiglio
35	Cimego	80	Pergine Valsugana	125	Vezzano
36	Cimone	81	Pieve di Bono	126	Vignola-Falesina
37	Cinte Tesino	82	Pieve di Ledro	127	Vigo Rendena
38	Civezzano	83	Pieve Tesino	128	Vigolo Vattaro
39	Concei	84	Pinzolo	129	Villa Agendo
40	Condino	85	Pomarolo	130	Villa Lagarina
41	Daone	86	Praso	131	Villa Rendena
42	Darè	87	Preore	132	Volano
43	Dorsino	88	Prezzo	133	Zuclo
44	Drena	89	Ragoli		
45	Dro	90	Riva del Garda		



Tabella B. 2 – Elenco dei Comuni appartenenti alla zona nivometrica “B”

ID	Comune	ID	Comune	ID	Comune
1	Albiano	32	Don	63	Romeno
2	Amblar	33	Faedo	64	Ronzzone
3	Baselga di Pinè (Porzione Nord)	34	Fai della Paganella	65	Roverè della Luna
4	Bedollo	35	Faver	66	Ruffrè
5	Bresimo	36	Flavon	67	Rumo
6	Brez	37	Fondo	68	San Michele all'Adige
7	Cagnò	38	Giovo	69	Sanzeno
8	Caldes	39	Grauno	70	Sarnonico
9	Campitello di Fassa	40	Grumes	71	Segonzano
10	Campodenno	41	Lavis	72	Sfruz
11	Canazei	42	Lisignago	73	Smarano
12	Capriana	43	Livo	74	Soraga
13	Carano	44	Lona-Lases	75	Sover
14	Castelfondo	45	Malè	76	Spormaggioe
15	Castello-Molina di Fiemme	46	Malosco	77	Sporminore
16	Cavalese	47	Mazzin	78	Taio
17	Cavarono	48	Mezzana	79	Tassullo
18	Cavedago	49	Mezzocorona	80	Terres
19	Cavizzana	50	Mezzolombardo	81	Terzolas
20	Cembra	51	Moena	82	Tesero
21	Cis	52	Monclassico	83	Ton
22	Cles	53	Nanno	84	Tres
23	Cloz	54	Nave San Rocco	85	Tuenno
24	Commezzadura	55	Panchià	86	Valda
25	Coredo	56	Peio	87	Valfloriana
26	Croviana	57	Pellizzano (Porzioni Nord e Est)	88	Varena
27	Cunevo	58	Pozza di Fassa	89	Vervò
28	Daiano	59	Predazzo	90	Vigo di Fassa
29	Dambel	60	Rabbi	91	Zambana
30	Denno	61	Revò	92	Ziano di Fiemme
31	Dimaro	62	Romallo		



ANALISI STATISTICA DI VARIABILI NIVOMETRICHE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

APPENDICE C

Riferimenti bibliografici



- Burkard, A. e Salm, B. 1992. Die Bestimmung der Mittleren Anrissmächtigkeit d_0 zur Berechnung von Fliesslawinen. *Internal Report of the Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research*, No. 668, Davos, Switzerland, 18 pp.
- Cunnane, C. 1989. *Statistical Distribution for Flood Frequency Analysis*. WMO-Operational Hydrology Report, No. 33, 61 pp.
- Direttive Elvetiche. 1990. *Direttive per la Costruzione delle Opere di Premunizione Valangaria nella Zona di Distacco*, UFAFP-FNP, Berna (CH), 75 pp.
- Greenwood, J.A., Landwehr, J.M., Matalas, N.C. e Wallis, J.R. 1979. Probability Weighted Moments: Definition and Relation to Parameters of Several Distribution Expressable in Inverse Form. *Water Resources Research*, **15**(5), 1049-1054
- Hosking, J.M.R. e Wallis J.R. 1997. *Regional Frequency Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 224 pp.
- Hughton, J.C. 1978. Birth of a Parent: the Wakeby Distribution for Modelling Flood Flows. *Water Resources Research*, **14**(6), 1105-1109.
- Kite, G.W. 1988. *Frequency and Risk analysis in Hydrology*, Littleton, CO, Water Resources Publications, No. 224.
- Lu, L.H. e Stedinger R. 1992. Variance of Two- and Three-Parameter GEV/PWM Quantile Estimator: Formulae, Confidence Intervals and a Comparison. *Journal of Hydrology*, **138**, 247-267.
- Maione, U. e Moisello, U. 1993. *Elementi di statistica per l'idrologia*. La Goliardica Pavese Ed., Pavia, 299 pp.
- Mears, A. 1981. *Design criteria for avalanche control structures in the runout zones*, USDA Forest Service General Technical Report, RM-84, 28 pp.
- Salm, B., Burkard, A. e Gubler, H. 1990. Berechnung von Fliesslawinen: eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen, *Eidg. Inst. Schnee- und Lawinenforsch. Mitt.*, **47**, 41 pp. ("Calcul des Avalanches: Une Methode pour le Praticien avec des Exemples"; SFISAR Message No 47 - Translated in French by Ancey C., 1994).