

CARICO

della **NEVE**

sulle **COSTRUZIONI**

Alpi Orientali - Inverno 2008-2009

Mauro Valt
ARPAV - DRST - Centro Valanghe di Arabba
Ufficio Previsione Pericolo Valanghe

La stagione invernale 2008-2009 è stata una delle più nevose dal 1930 ad oggi. Le precipitazioni sono state abbondanti già dal mese di dicembre quanto si è formato un importante manto nevoso che è stato poi incrementato con le nevicate dei mesi successivi. Gli elevati spessori di neve hanno determinato, a partire dalla metà del mese di gennaio, cedimenti e crolli di tetti di abitazioni che sono diventati più frequenti dopo le nevicate di febbraio.

Nel presente lavoro, utilizzando i dati dei profili stratigrafici del manto nevoso eseguiti per i Servizi Valanghe locali e di due campagne speditive di misura appositamente programmate a fondovalle, sono stati determinati per diverse località i valori di carico raggiunti e anche quelli teorici, mettendo in evidenza le criticità per area geografica.

Per queste aree, già in un precedente lavoro (Valt e Moro, 2009), sono stati individuati i valori medi di densità della neve al suolo per fascia altimetrica, per spessore e per mese, evidenziando le diversità climatiche fra la fascia prealpina delle Alpi orientali, quella delle Dolomiti meridionali, Alpi carniche e Giulie rispetto alle Dolomiti settentrionali.

I dati raccolti nella stagione invernale 2008-2009 potranno invece servire come riferimento di una situazione critica che può verificarsi nel medio periodo, essendo stato l'inverno molto nevoso.

Infatti la curva di carico realizzata per la Alpi orientali, con i valori di carico raggiunti nell'inverno 2008-2009, è risultata inferiore a quella prevista dalla normativa vigente in Italia. Questo a conferma che nella generalità delle situazioni i carichi previsti dalla normativa sono comunque cautelativi. Tuttavia, come richiama la stessa normativa italiana, in ambiente alpino è auspicabile tener conto sia delle situazioni locali, come confermano le criticità raggiunte in singole valli delle Dolomiti con carichi oltre la normativa, sia delle condizioni generali, cosa del resto prevista per tutte le infrastrutture realizzate oltre i 1500 m di quota.



Fig. 1
Le Alpi viste dal Satellite
e l'area di indagine.

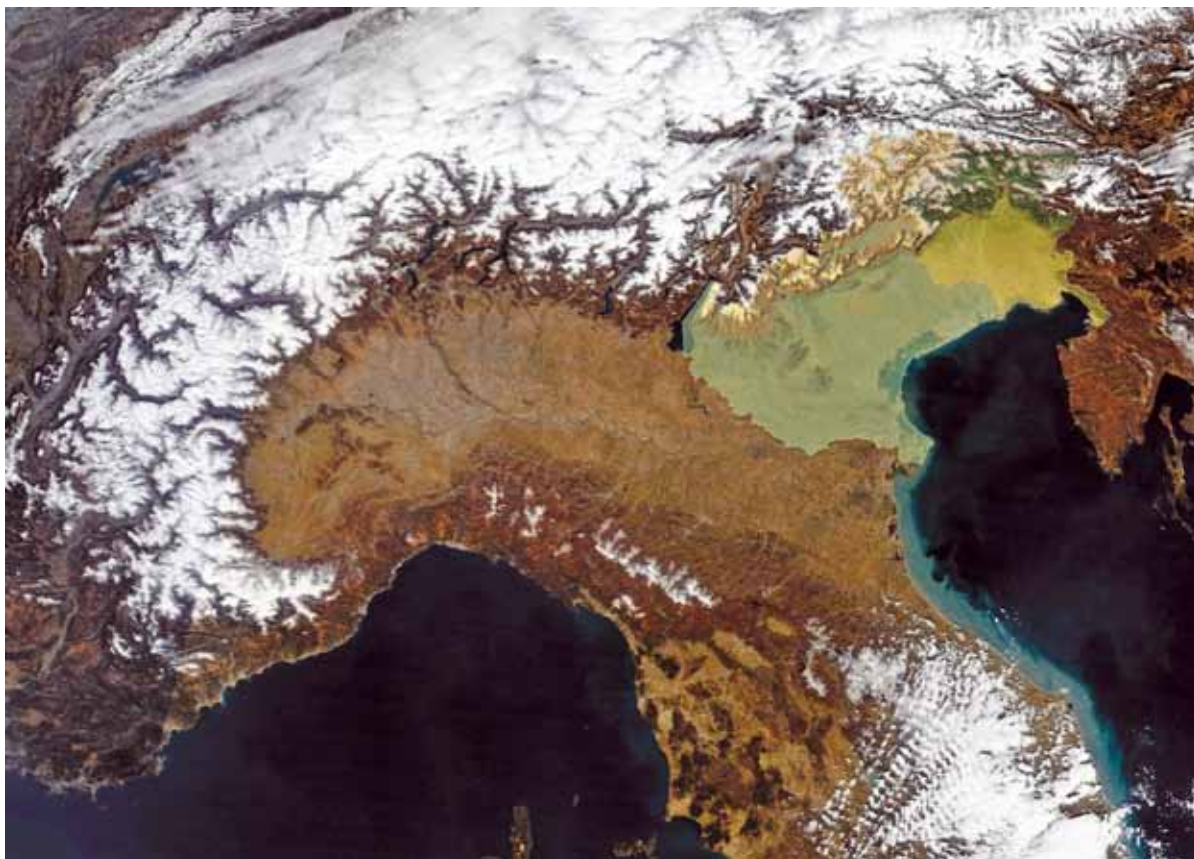
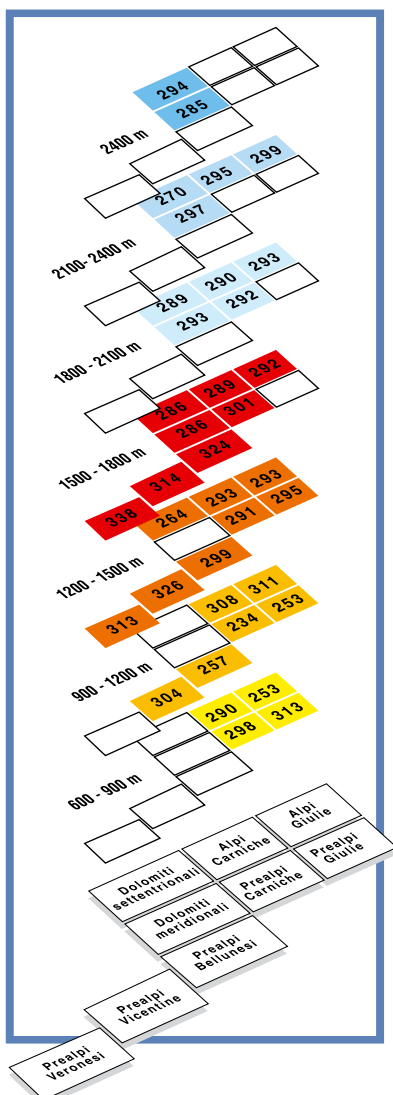


Fig. 2
Valori medi di densità
del manto nevoso
elaborati per il periodo
1995- 2009 per le Alpi
orientali (Valt e Moro
2009).



INTRODUZIONE

La stagione invernale 2008-2009 è stata una delle più nevose dal 1930 ad oggi, sia come quantità di neve fresca caduta che come presenza della neve al suolo.

Le precipitazioni sono state abbondanti già dal mese di dicembre e si è formato un importante manto nevoso che è stato poi incrementato con le nevicate dei mesi successivi.

Gli elevati spessori di neve hanno determinato, a partire dalla metà del mese di gennaio, cedimenti e crolli di tetti di abitazioni che sono diventati più frequenti dopo le nevicate di febbraio.

Nelle Alpi orientali sono stati raggiunti valori critici di carico di neve sulle costruzioni in molte aree ma in particolar modo nelle Dolomiti settentrionali e meridionali. Dal punto di vista tecnologico per la realizzazione delle infrastrutture, la normativa italiana, recentemente aggiornata, differenzia per aree geografiche e per fasce altimetriche i carichi della neve da utilizzare in fase progettuale.

Pertanto, in considerazione dell'eccezionale innevamento della stagione invernale e dei crolli avvenuti, con il presente

lavoro si vuole fornire una panoramica dei carichi di neve al suolo raggiunti nelle Alpi orientali ed in particolare in alcune aree delle Dolomiti; tutto questo utilizzando i dati dei profili stratigrafici del manto nevoso eseguiti per i Servizi Valanghe locali e di due campagne spedite di misura appositamente programmate a fondovalle.

I dati raccolti e i risultati ottenuti potranno servire come riferimento di una situazione critica che può verificarsi nel medio periodo.

AREA DI INDAGINE

Le Alpi orientali prese in considerazione sono quelle ricadenti nella Regione del Veneto e del Friuli Venezia Giulia, delimitate ad occidente dal Lago di Garda e ricadenti nei bacini del Brenta, del Piave, delimitate a nord dalla cresta di confine per poi proseguire verso oriente, sempre lungo la cresta di confine, fino alle Alpi e prealpi Giulie. (Fig.1)

Dal punto di vista morfologico, l'area è caratterizzata a sud dalla catena delle prealpi veronesi, vicentine, bellunesi, carniche e a sinistra e dell'Isonzo delle pre-

alpi Giulie verso la cresta di confine, dalle Dolomiti meridionali e settentrionali e verso est dalle Alpi carniche e Alpi Giulie. Per queste aree, in un lavoro recente (Valt e Moro, 2009), sono stati individuati i valori medi di densità della neve al suolo per fascia altimetrica (Fig.2), per spessore e per mese che evidenziano delle diversità climatiche abbastanza nette fra la fascia prealpina, quella delle Dolomiti meridionali, Alpi carniche e Giulie rispetto alle Dolomiti settentrionali.

LA STAGIONE INVERNALE 2008-2009

La stagione invernale 2008-2009 è stata caratterizzata da abbondanti precipitazioni già a partire dalla fine del mese di novembre quando una serie di perturbazioni hanno interessato l'arco alpino ripetutamente fino a metà dicembre.

Nel periodo 29 novembre - 8 marzo (100 giorni), i principali episodi perturbati sul versante sud delle Alpi sono stati 6 e precisamente:

- dal 28 novembre al 3 dicembre
- dal 10 al 17 di dicembre
- dal 19 al 22 gennaio
- dal 31 gennaio al 3 febbraio
- dal 6 al 10 sempre di febbraio
- infine dal 4 al 6 di marzo

che hanno determinato oltre 35- 40 giorni di precipitazione (Fig.3) e importanti apporti di neve fresca.

Infatti, le quantità di neve fresca cumulata da ottobre a marzo sono state seconde, in molte località ai quantitativi cumulati nell'inverno del 1951, inverno storicamente più nevoso al 1930 ad oggi, come illustrato in Fig. 4.

Tuttavia, se nell'inverno del 1951, le nevicate sono state soprattutto a febbraio, nella stagione invernale 2008- 2009 già dal mese di dicembre sono stati raggiunti spessori di neve al suolo superiori alla media con conseguente importante carico della neve. Tale carico è perdurato poi per tutta la stagione invernale (Fig. 5).

Infatti i valori medi dello spessore della neve delle stazioni di Andraz, Cortina e Passo Mauria, evidenziano che nel mese di dicembre gli spessori medi siano maggiori del 1951, neve che poi si è assestata (diminuita di spessore con aumento della densità media), mantenendo però il suo peso a metro quadrato.

CARICO DELLA NEVE SULLE COSTRUZIONI

Nei calcoli strutturali di tutte le costruzioni viene sempre tenuto conto del sovraccarico determinato dalla neve.

Durante la stagione invernale la neve può depositarsi su un tetto in più modi, tra loro differenti, in funzione della geometria del tetto stesso, delle sue proprietà

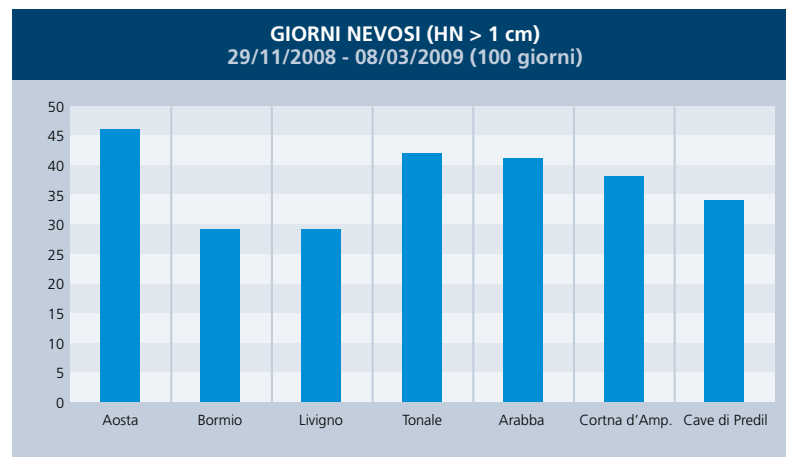


Fig. 3 Giorni di precipitazione nevosa nel periodo 29 novembre 2008 - 8 marzo 2009 (100 giorni).

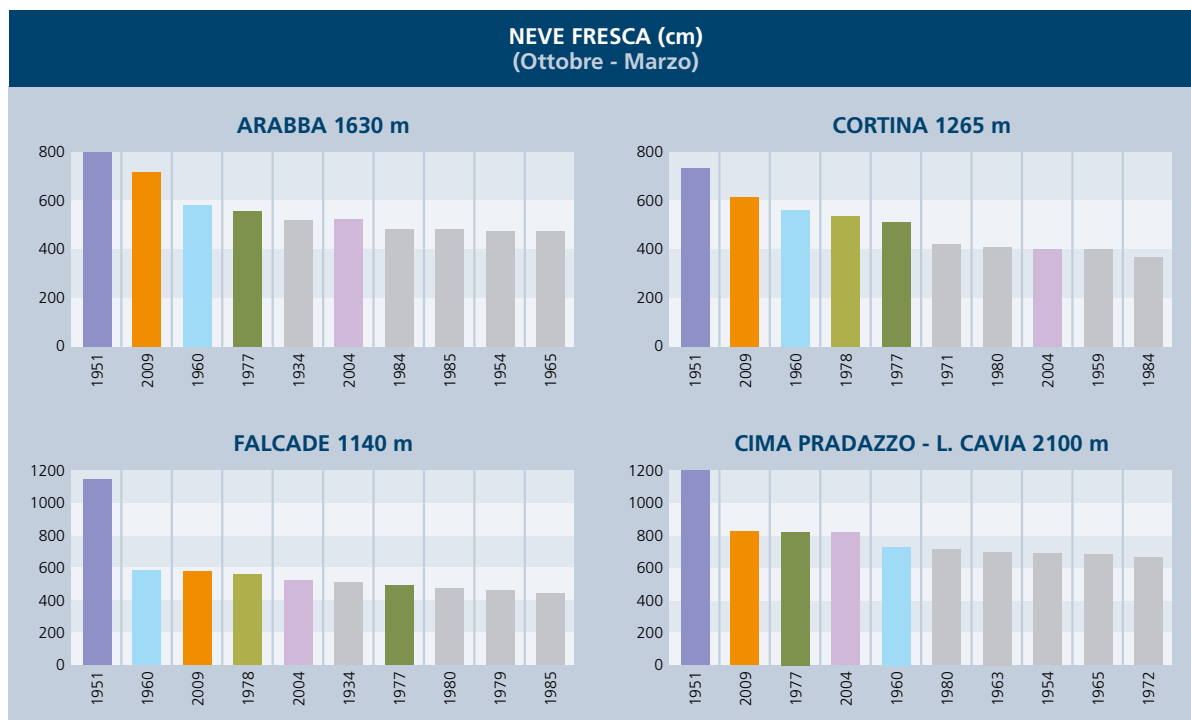


Fig. 4 Le 10 stagioni invernali con il maggior cumulo di neve fresca nel periodo da ottobre a marzo.

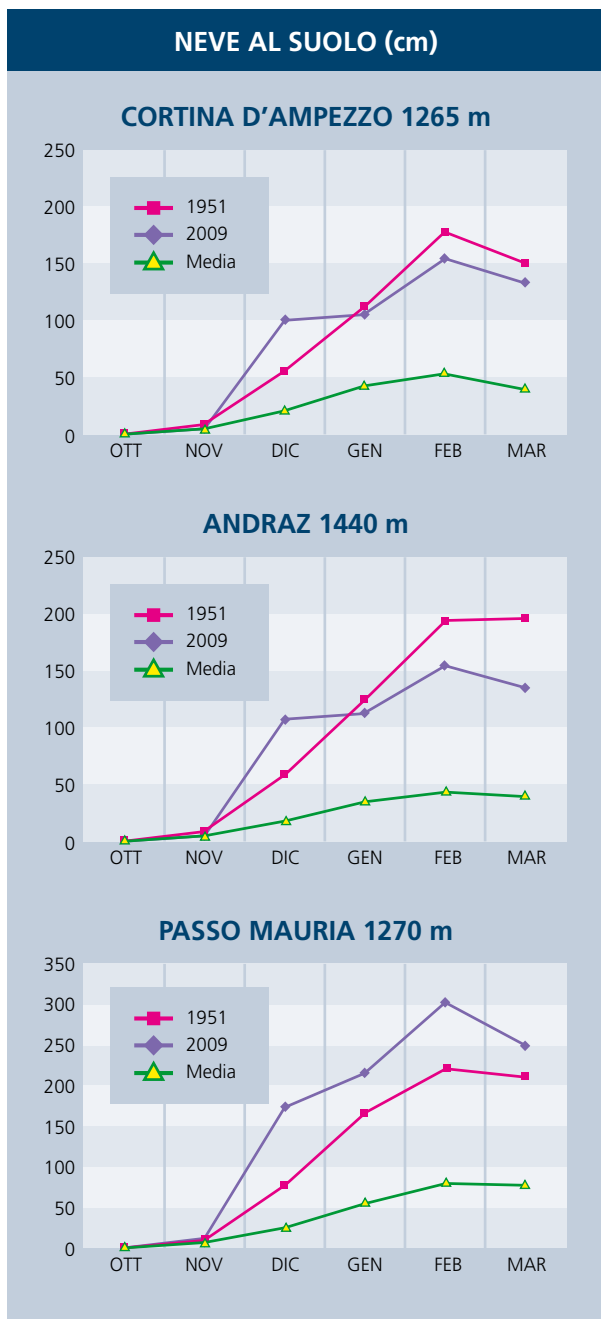


Fig. 5
Spessore medio del manto nevoso per alcune stazioni delle Alpi orientali.

isolanti e termiche, della rugosità della tipologia della copertura, della quantità del calore generata sotto la copertura, della prossimità di alberi e edifici limitrofi, del terreno circostante, del tipo di terreno circostante, dell'esposizione rispetto ai punti cardinali e del clima meteorologico locale (soprattutto del vento).

La determinazione del sovraccarico determinato dalla neve sulle coperture viene determinato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Dove :

q_s è il carico di neve sulla copertura ;
 μ_i è il coefficiente di forma della copertura;
 q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico della neve al suolo [kN/m²];
 C_E è il coefficiente di esposizione;
 C_t è il coefficiente termico ;

Fino al 30 giugno 2010 vige un regime transitorio in cui per il calcolo dell'azione della neve è possibile utilizzare:

- Norme Tecniche delle Costruzioni (di seguito NTC) (Cap. 3.4 Azione della neve) del 2008 di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008 e pubblicato sul Supplemento ordinario n. 30 della Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008);
- Eurocodice 1 (EN 1991-1-3:2003)

e le

- Norme Tecniche delle Costruzioni del 2005 (Cap. 3.4 Azione della neve);
- D.M. 16 Gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi " e D.M. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"(2005) (Gazzetta Ufficiale n. 29 del 5 febbraio 1996).

Nel presente lavoro vengono tenute come riferimento le NTC del 2008

Come precedentemente descritto, il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona. Le norme dicono che in mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali che tengano conto del manto nevoso e della sua densità, il calcolo di riferimento neve al suolo, per le località poste a quote inferiori a 1500 m sul livello del mare, non potrà essere assunto minore di quello calcolato in base a specifiche espressioni (indicate nelle norma stessa), cui corrispondono

valori associati di un periodo di ritorno pari a 50 anni.

Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare si dovrà far riferimento alle condizioni locali del clima e di esposizione utilizzando comunque valori di carico non inferiori a quelli previsti per 1500 m.

I valori caratteristici minimi di carico della neve al suolo, indicati dalla NTC del 2008 (3.4.2) per le province della montagna veneta sono:

Zona I – Alpina: Provincia di Belluno, Vicenza, Trento, Udine, Pordenone

$$q_s = 1,5 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

Zona I - Mediterranea: Provincia di Treviso

$$q_s = 1,5 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

Zona II - Provincia di Rovigo, Verona, Venezia

$$q_s = 1,00 \text{ N/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

dove a_s è la quota del suolo sul livello del mare del sito di realizzazione dell'edificio.

In Fig. 6 sono rappresentate le rispettive curve di carico per area e anche la curva delle NTC del 2005.

MISURA DELLA DENSITÀ DEL MANTO NEVOSO E DELL'EQUIVALENTE IN ACQUA

I valori di carico della neve al suolo nelle diverse località sono stati individuati con due diverse modalità:

- utilizzando i dati dei profili stratigrafici effettuati nelle stazioni nivometeorologiche tradizionali (Cagnati, 2003. Cap. II.1) gestite dagli uffici valanghe del Veneto e del Friuli Venezia Giulia;

b. effettuando nel bellunese, nei mesi di febbraio e marzo, una campagna di misure a fondovalle con carotaggio verticale (Berni e Giacanelli, 1966) del manto nevoso.

Nel primo caso sono stati utilizzate le banche dati esistenti presso i rispettivi uffici valanghe.

Nei profili stratigrafici viene misurata la densità del manto nevoso strato per strato integrando i dati mancanti attraverso un procedimento statistico di correlazione fra la tipologia del grano, la durezza dello strato e la densità (Valt e Cagnati, 2005) (Fig.7).

Poi con i singoli valori di densità della neve e di spessore degli strati viene determinato il valore corrispondente di Snow Water Equivalente (SWE) del manto nevoso che corrisponde al carico di neve per metro quadrato (kNm^{-2}).

Nel secondo caso viene effettuato un carotaggio verticale dell'intero manto nevoso con tubi carotatori della lunghezza di 1 m, e determinato direttamente il corrispondente SWE, come nel primo caso (Fig.8).

Fra i due metodi di misura sussiste una buona relazione di affidabilità, come evidenziato in alcuni lavori recenti (Valt, et alii, 2006)

Pertanto per ogni sito di misura si dispone quindi di:

- valore di altezza neve
- equivalente in acqua dell'intero spessore del manto nevoso misurato che corrisponde al carico di neve al suolo
- valore di densità media del manto nevoso.

SITI DI MISURA

Per quanto riguarda le stazioni gestite dei servizi valanghe, sono state scelte quelle con caratteristiche rappresentative per quanto riguarda la presenza della neve al suolo rispetto, ad esempio, al trasporto eolico, a specifici versanti o a rilievi itineranti.

Di norma queste stazioni sono ubicate in siti pianeggianti dove il manto nevoso è indisturbato.

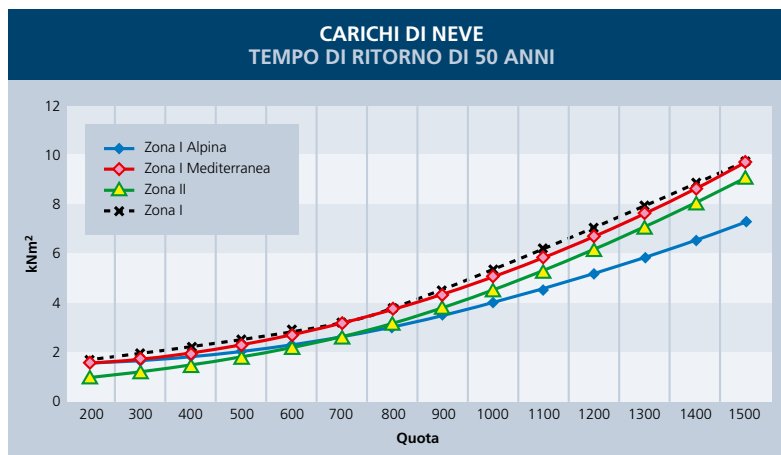


Fig. 6
Curva di riferimento per il carico della neve sulle costruzioni secondo le norme più recenti.

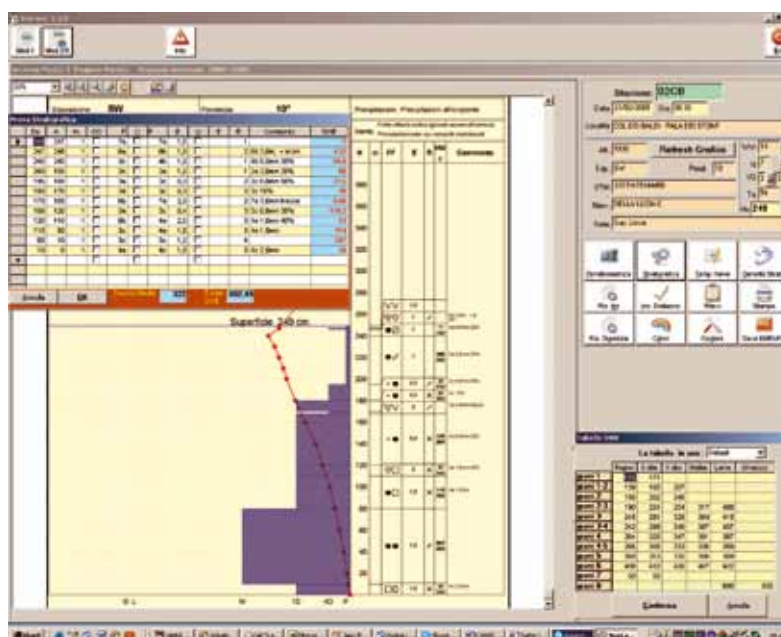
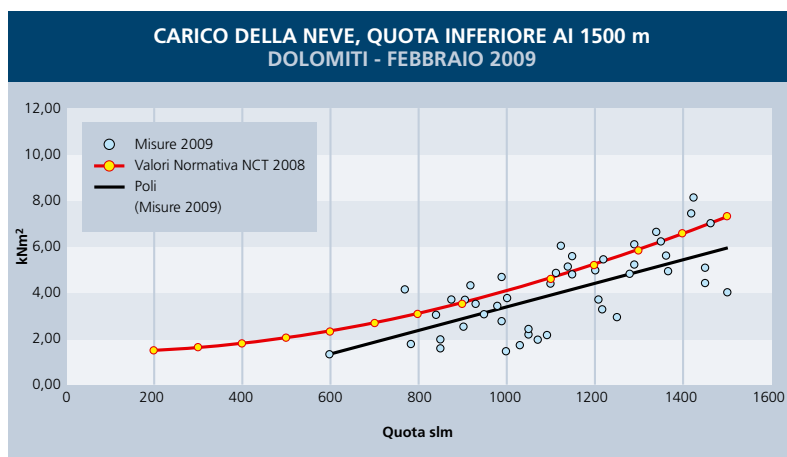


Fig. 7
Software YETI. Rappresentazione del modello 4 di una stazione campione. In alto a sinistra l'analisi stratigrafica, in basso a destra la tabella di riferimento per l'integrazione dei dati mancanti.



Fig. 8
Prelievo di una carota verticale di neve per la misura dello SWE.

Fig. 9
Valori misurati nel mese
di febbraio nella Regione
del Veneto.



Questa tipologia di stazioni sono ubicate in fasce altimetriche elevate, non corrispondenti alle zone più antropizzate. Per ovviare a questo problema, per la provincia di Belluno, è stata realizzata una campagna di misure a fondovalle, nelle vicinanze dei centri abitati, cercando siti occasionali, ma rappresentativi della vallata o del centro abitato.

In totale, nella Regione del Veneto sono state campionate 86 località, 33 delle quali oltre i 1500 m di quota, le rimanenti alle quote inferiori; eccetto 3 località, tutte le altre sono ricadenti nell' area zona I Alpina, come definita dalle NTC del 2008. Per quanto riguarda il Friuli Venezia Giulia, sono stati utilizzati i dati di 15 stazioni, 6 delle quali oltre i 1500 m di quota, tutte ricadenti nell'area zona I Alpina (NTC, 2008).

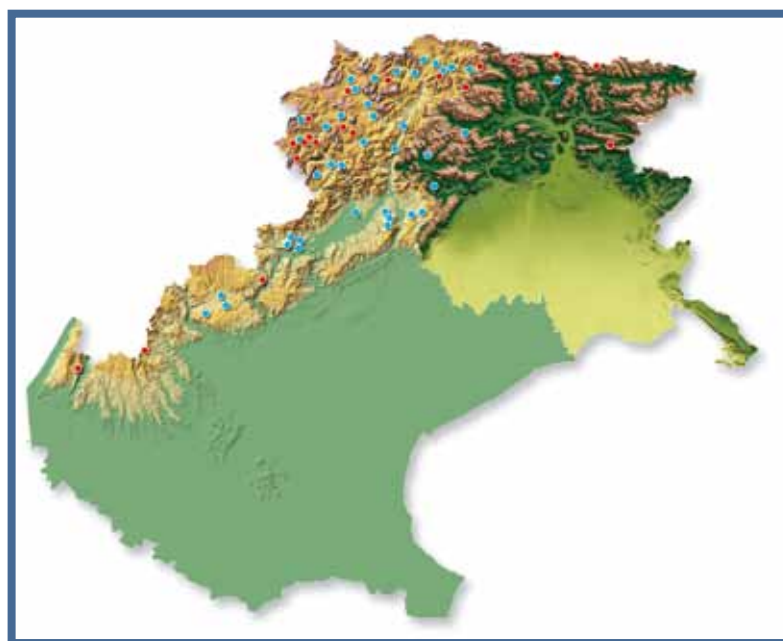
RISULTATI

FEBBRAIO ZONA I - ALPINA

LOCALITÀ AL DI SOTTO DEI 1500 M DI QUOTA

Le misure eseguite e i rispettivi carichi calcolati hanno evidenziato che in ben 17 località (30%) delle Dolomiti, ubicate ad di sotto dei 1500 m di quota, i carichi di neve al suolo raggiunti nella II decade del

Fig. 10
Valori misurati nelle
diverse località. In
azzurro carichi nella
norma, in rosso valori
di carico della neve
superiori alla norma.
Mese di febbraio.



me di febbraio, erano superiori a quelli previsti nei calcoli progettuali (Fig.9). Anche in metà delle selezionate stazioni del Friuli Venezia Giulia i carichi di neve sono risultati maggiori di quelli previsti dalla normativa per la stessa quota e precisamente le stazioni lungo la cresta di confine mentre. Nelle delle prealpi carniche invece i valori sono stati nella norma (Fig. 10).

LOCALITÀ OLTRE I 1500 M DI QUOTA

Oltre i 1500 m di quota la situazione dei carichi è molto diversa. La neve risulta più asciutta e i carichi totali sono inferiori anche se gli spessori sono sempre notevoli. La linea di tendenza evidenzia un leggero aumento per la stessa quota (Fig. 11).

VALORI MEDI DI DENSITÀ

I valori di densità misurati e mediati per fascia altimetrica, per il mese di febbraio, sono alquanto discontinui in relazione alle fasce altimetriche. I valori variano fra i 305 e i 330 Kg^m⁻³, maggiori alle basse quote, rispetto alle quote elevate, con una media di 315 Kg^m⁻³.

MARZO ZONA I - ALPINA LOCALITÀ AL DI SOTTO DEI 1500 M DI QUOTA

Le misure eseguite hanno evidenziato che ancora in molte località, ubicate ad di sotto dei 1500 m di quota, i carichi di neve erano superiori a quelli previsti in fase progettuali.

La linea di tendenza del mese di marzo evidenzia un maggior carico per le stazioni più in quota rispetto al mese di febbraio. Questa situazione, dopo le nevicate del prime di marzo, evidenzia che alle quote elevate il carico è aumentato rispetto a febbraio; nelle stazioni di bassa quota il carico è rimasto stazionario in conseguenza alla ablazione del manto nevoso prima delle nevicate della prima decade del mese (Fig.12).

In tutte le stazioni del Friuli Venezia Giulia invece i carichi, rispetto a quelli di febbraio, sono aumentati e solo 2 stazioni sono rimaste nella norma (Fig. 13).

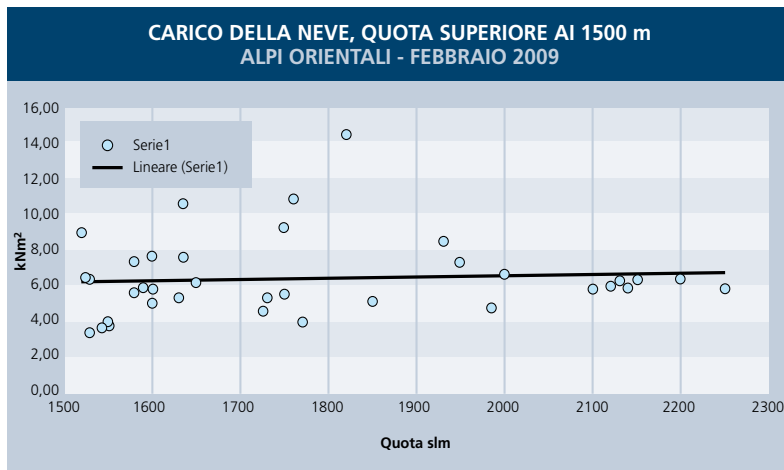


Fig. 11 Valori misurati nel mese di febbraio oltre i 1500 m di quota. Alpi orientali (Regione del Veneto e Friuli Venezia Giulia).

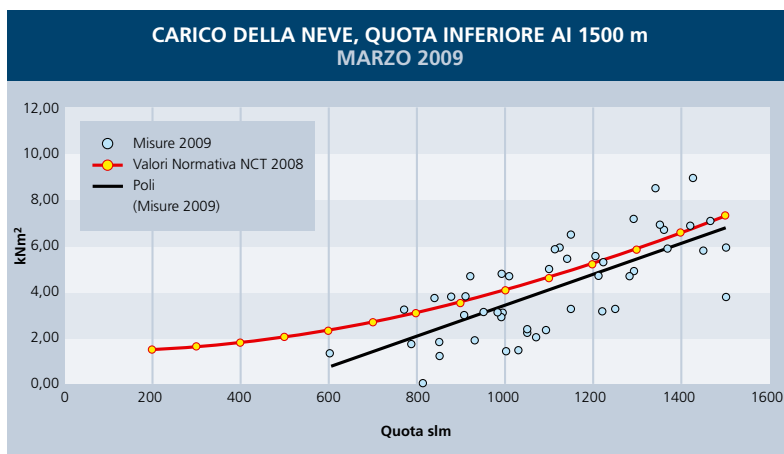


Fig. 12 Valori misurati nel mese di marzo nella Regione del Veneto.

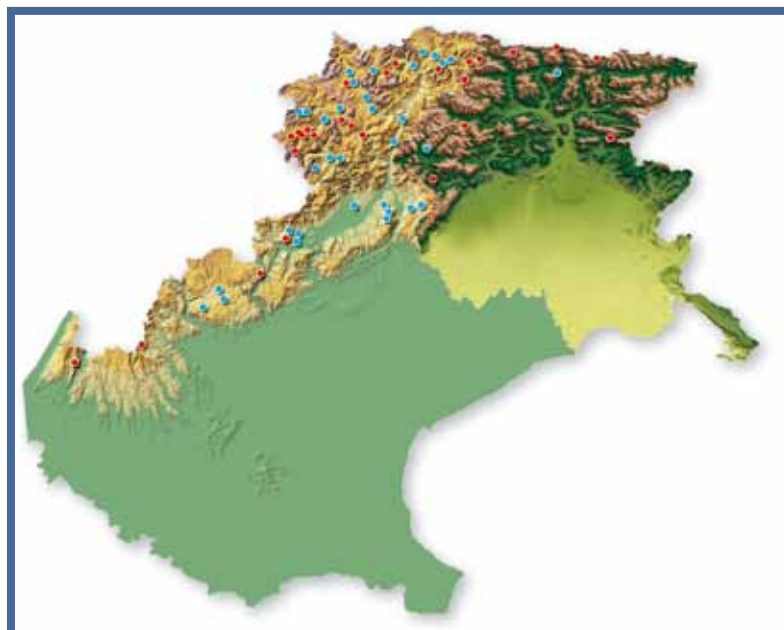
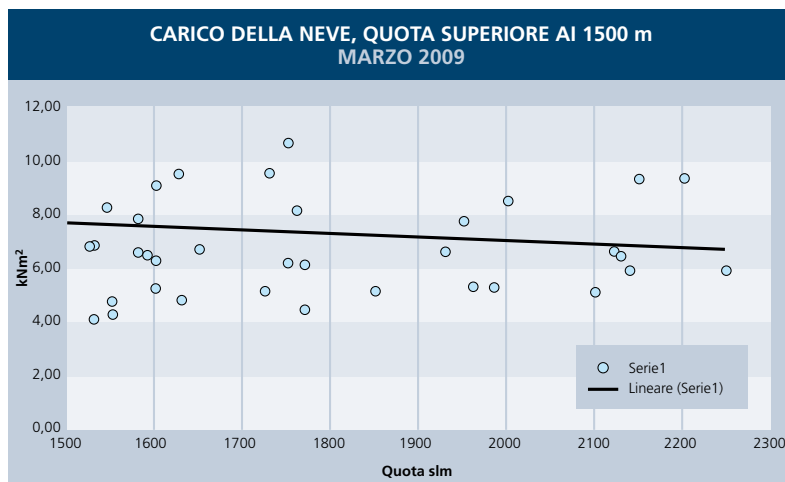


Fig. 13 Valori misurati nelle diverse località. In azzurro carichi nella norma, in rosso valori di carico della neve superiori alla norma. Mese di marzo.

Fig. 14
Valori misurati nel mese di marzo oltre i 1500 m di quota. Alpi orientali (Regione del Veneto e Friuli Venezia Giulia).



LOCALITÀ OLTRE I 1500 M DI QUOTA

Anche nel mese di marzo i carichi di neve sono molto variegati ma con una linea di tendenza al negativo con la quota (Fig. 14).

VALORI MEDI DI DENSITÀ

I valori medi di densità del manto nevoso sono aumentati a tutte le quote (Fig. 15) e il valore medio risultante è di ben 343 kgm^3 superiore di quasi 30 kg a m^2 rispetto al mese di febbraio anche se l'altezza media di tutte le stazioni fra i 600 e i 2600 m è aumentata di solo 2 cm rispetto al mese precedente (158 cm contro i 156 cm). Pertanto a parità di spessori del manto nevoso, la neve rendeva dei carichi maggiori.

CONCLUSIONI

La stagione invernale è stata eccezionalmente nevosa a partire dal mese di dicembre e questo ha determinato un crescendo dei carichi della neve sulle costruzioni che già dal mese di febbraio era superiori in molte località ai valori previsti dalla attuale normativa.

Il bel tempo del mese di febbraio ha contribuito ad una parziale diminuzione dei carichi solo alle quote medio basse e infatti, con le nevicate del mese di marzo, i carichi sono incrementati oltre i 1200 m di quota mentre alle quote inferiori sono rimasti stazionari nelle Alpi orientali.

Tuttavia la polinomiale realizzata con tutti i valori (Fig. 16), è risultata inferiore a quella prevista dalla normativa.

Questo conferma che nella generalità delle situazioni i carichi previsti dalla norma-

Fig. 15
Valori medi di densità misurati alle diverse quote.

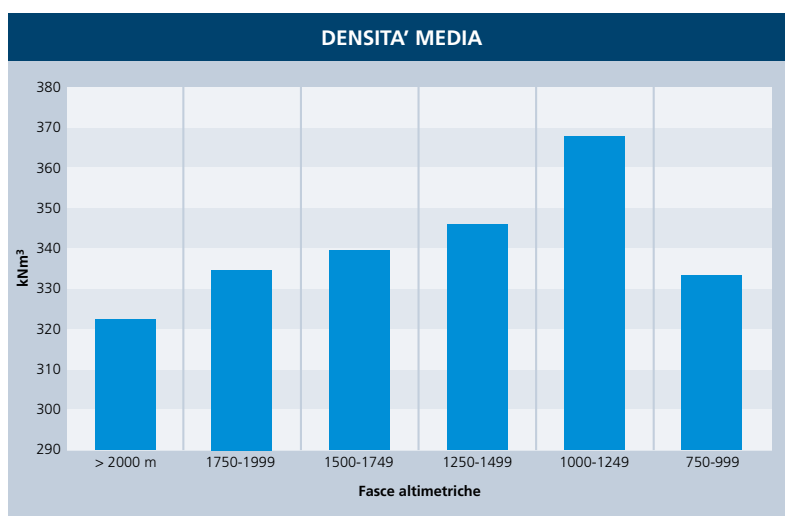
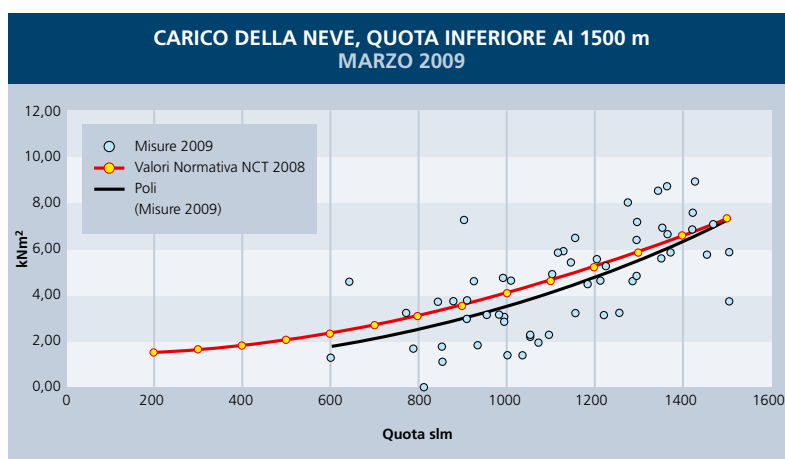


Fig. 16
Valori di carico della neve sulle costruzioni misurati a marzo nelle Alpi orientali.





tiva sono comunque cautelativi anche se, in ambiente alpino, è più probabile che si debba tener conto delle situazioni locali, cosa che viene anche richiamata dalle stesse NTC. Per quanto riguarda i carichi oltre i 1500 m di quota, i valori misurati potranno essere utilizzati per le verifiche rispetto a valori già individuati con altri studi e campagne di misura.

RINGRAZIAMENTI

La realizzazione della presente lavoro è stata resa possibile grazie al lavoro degli osservatori nivologi del Friuli Venezia Giulia e di ARPAV Veneto - Centro Valanghe di Arabba e un particolare ringraziamento a Giuseppe Crepez tecnico validatore dei dati raccolti e all'Ufficio Valanghe della Regione Friuli Venezia Giulia per i dati messi a disposizione.

Bibliografia

- Berni A., E.Giacanelli. 1966. La campagna di rilievi nivometrici effettuata dall'ENEL nel periodo febbraio - giugno 1966. *L'Energia Elettrica*, 9,
- Cagnati A.. 2003. Sistemi di Misura e metodi di osservazione nivometeorologici. AINEVA, Trento, 186 pp.
- Del Corso R. e P.Formichi. 2006. Il carico della neve sulle costruzioni. *Neve e Valanghe*, 58, pag. 44-57
- Eurocodice 1 (EN 1991-1-3:2003) Carichi da neve.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (2008). Decreto Legge
- Norme Tecniche per le Costruzioni (2005). Decreto Legge
- Valt M. e A.Cagnati. 2005. Stima della densità della neve conoscendo la forma dei grani e la durezza. *Neve e Valanghe*, 55, pag. 40-45
- Valt M., A.Cagnati, T.Corso e M.Lehning (2006). Stima dell'equivalente in acqua della neve. *Neve e Valanghe*, 59, 24-33
- Valt M. e R.Zasso. 2008. Densità del manto nevoso. Valori medi per la montagna veneta. *Neve e Valanghe*, 64, pag. 6-13
- Valt M. e D.Moro. 2009. Average snowcover density in eastern Alps Mountain. EGU 2009 Vienna