

MONITORAGGIO della COPERTURA NEVOSA MEDIANTE WEBCAM

**Mauro Valt,
Anselmo Cagnati,
Giuseppe Crepaz**
ARPAV-DRST CVA Via Pradat, 5
32020 Arabba
cva@arpa.veneto.it

La determinazione dell'estensione delle neve stagionale al suolo rappresenta un parametro di notevole interesse non solo per gli studi climatici e per il computo del bilancio idrologico ma anche per le possibili ricadute nel settore turistico.

**Rosamaria Salvatori,
Paolo Plini, Roberto Salzano,
Marco Giusto,
Mauro Montagnoli**
CNR, Istituto sull'Inquinamento Atmosferico
Via Salaria, km 29,300
00015 Monterotondo (RM)
salvatori@iia.cnr.it

Nelle aree montane, per il monitoraggio delle coperture nevose, vengono utilizzate immagini riprese da fotocamere fisse con frequenza oraria e/o giornaliera. Queste immagini, opportunamente elaborate, possono rappresentare una preziosa fonte di dati ambientali. In questo lavoro vengono presentati i risultati preliminari ottenuti mediante l'utilizzo del software Snow-noSnow, elaborando le immagini riprese in una stazione alpina della rete di monitoraggio dell'ARPAV e nella stazione appenninica di Amatrice (RI) appositamente realizzata dal CNR-IIA.

Daniele Sigimondi
SVM S.r.l., Strada Provinciale 418
Romito Magra (SP)





Fig. 1 - Stazione di monitoraggio di Cima Pradazzo. Sul palo principale sono fissate le due webcam.



Fig. 2 - Veduta invernale e tardo primaverile della webcam verso le Pale di San Martino.

INTRODUZIONE

Il manto nevoso stagionale è una classe di copertura del suolo tra le più importanti per gli studi ambientali in territorio montano soprattutto per la sua variabilità nel tempo.

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

Nelle regioni montuose la neve rappresenta anche una importante risorsa economica per il turismo invernale.

Per tutti questi motivi, monitorare lo stato delle coperture nevose, oltre ad arricchire le conoscenze scientifiche sui fenomeni meteo-climatici, riveste una

grande importanza anche ai fini della gestione sostenibile del territorio montano e delle sue risorse.

Il monitoraggio della neve al suolo può avvenire con i sistemi tradizionali quali gli osservatori dislocati sul territorio (es. Cagnati, 2003), tramite sistemi automatizzati di misura del manto nevoso (es. Cagnati, 1990), immagini da satellite (es. Cianfarra et Valt, 2009, Salzano et al. 2008, Salvatori 2007) oppure, più recentemente, utilizzando immagini riprese da fotocamere digitali.

Ad esempio, Hinkler et al. (2003) utilizzano immagini multispettrali (verde, rosso e infrarosso vicino), riprese con una fotocamera fissa che inquadra un'area costiera nella regione artica (Ny Ålesund,

Svalbard), per monitorare le variazioni di albedo del manto nevoso nel corso della stagione di fusione.

In ambito montano, Corripio et al. (2004) utilizzano invece immagini panoramiche della *Mer de Glace* (M. Bianco), riprese con diversi angoli di vista (fotocamera con risoluzione 6 milioni di pixel), per valutare l'estensione della copertura nevosa stagionale.

Le immagini analizzate nei lavori citati sono state effettuate per lo più da un operatore sul posto e sono relative ad un arco di tempo limitato.

Queste metodologie di monitoraggio del manto nevoso con apparecchi fotografici e su specifici progetti di ricerca, hanno tuttavia una rilevanza limitata nel monitoraggio ambientale, in particolare per quanto riguarda lo studio delle variazioni climatiche in cui, le "lunghe" serie di dati e quindi di immagini, rappresentano il vero valore aggiunto come mostrato da Buus-Hinkler et al. (2006) che hanno utilizzato immagini riprese da fotocamera fissa e immagini Landsat per monitorare la relazione tra la copertura nevosa e quella vegetale in ambiente artico.

In questo contesto iniziano ad assumere valore ai fini ambientali le prime reti di fotocamere, soprattutto quelle che hanno mantenuto nel tempo la stessa ripresa panoramica.

In questi ultimi 10 anni, nel territorio alpino sono state installate numerose webcam le cui immagini sono state utilizzate principalmente a fini turistici e solo sporadicamente per un monitoraggio ambientale o per trarne delle informazioni di corollario alle osservazioni nivologiche.

Queste immagini infatti, se opportunamente elaborate, possono essere utilizzate anche a scopi scientifici poiché sono caratterizzate da buona risoluzione (almeno 800x600x16 milioni di colori) e da una ottima frequenza di campionamento (immagini orarie per tutto l'arco dell'anno).

I data base di queste immagini costituiscono, quindi, un'importante fonte di dati per lo studio dei cambiamenti climatici

recenti, per la stima della risorsa idrica disponibile come neve e per l'analisi dell'evoluzione superficiale giornaliera del manto nevoso.

Una delle principali reti di webcam delle Alpi Italiane è quella gestita da ARPA Veneto, realizzata nel 1999 con i finanziamenti del Programma InterReg II Italia - Austria.

Le immagini della rete webcam di ARPAV, vengono utilizzate per un monitoraggio visuale del territorio dai previsori meteo e dai previsori valanghe della sala operativa del Centro Valanghe di Arabba (cfr. <http://www.arpa.veneto.it/csvdi/svm/webarpav/index.html>).

La banca dati delle immagini è residente presso il CED di Arabba.

Di recente sono state installate numerose webcam anche in area appenninica, distribuite diffusamente sul territorio soprattutto nel settore centro settentrionale (cfr. http://www.meteoappennino.it/index.php?option=com_webcam&Itemid=86) http://www.meteoappennino.it/index.php?option=com_webcam&Itemid=86); si tratta però di fotocamere finalizzate alla sola visualizzazione del manto nevoso per la fruizione turistico ricreativa. Al fine di poter ricavare delle informazioni sull'entità della copertura nevosa direttamente dalle immagini delle webcam, il CNR, Istituto Inquinamento Atmosferico, Monterotondo (Roma) e ARPA Veneto - Centro Valanghe di Arabba, hanno iniziato una collaborazione per lo sviluppo di software per l'analisi della copertura nevosa direttamente dalle immagini riprese da webcam. Nell'ambito di questa collaborazione, nel corso del biennio 2009-2010 è stato realizzato il software Snow-noSnow per la definizione dell'entità della copertura nevosa presente all'interno di immagine fotografica».

LE RETI DI WEBCAM

Il sistema ideato da ARPAV Centro Valanghe di Arabba e implementato anche nella stazione sperimentale di Monti della Laga, in collaborazione con ditta SVM S.r.l. di Romito Magra (SP) è stato

realizzato utilizzando una webcam ad elevata risoluzione installata su palo, una elettronica di gestione contenuta in un apposito contenitore stagno, un sistema di alimentazione formato da un pannello a celle fotovoltaiche con batterie in tampone, un sistema di trasmissione dati GSM che utilizzano in parte la tecnologia già sperimentata negli U.S.A. nel campo del video monitoraggio dalla Erdman Video Systems. Il sistema, pur utilizzando tutte le strutture di una stazione nivometeorologica esistente e cioè il palo principale alto 10 m, il contenitore e il vano batterie, è stato realizzato completamente autonomo e indipendente (Valt, 2002). La fotocamera e il Biscuit di controllo del sistema, sono alimentati da un sistema

formato da un pannello fotovoltaico con, con una o due batterie in tampone della capacità di 115 Ah a 12 V che danno una buona garanzia di funzionamento anche con prolungate temperature sotto gli 0°C. Le batterie sono alloggiare in un apposito vano interrato.

Il trasferimento dei dati della rete di ARPAV avviene attivando un collegamento intranet con la centrale di acquisizione sita in Aramma di una scheda fax integrata via rete GSM mentre per la stazione in Appennino, al momento, si procede con l'archiviazione locale delle immagini. Il software VM95 che controlla le fotocamere, realizzato sempre dalla SVM S.r.l. e Erdmann Video System, è molto versatile e di facile utilizzazione.

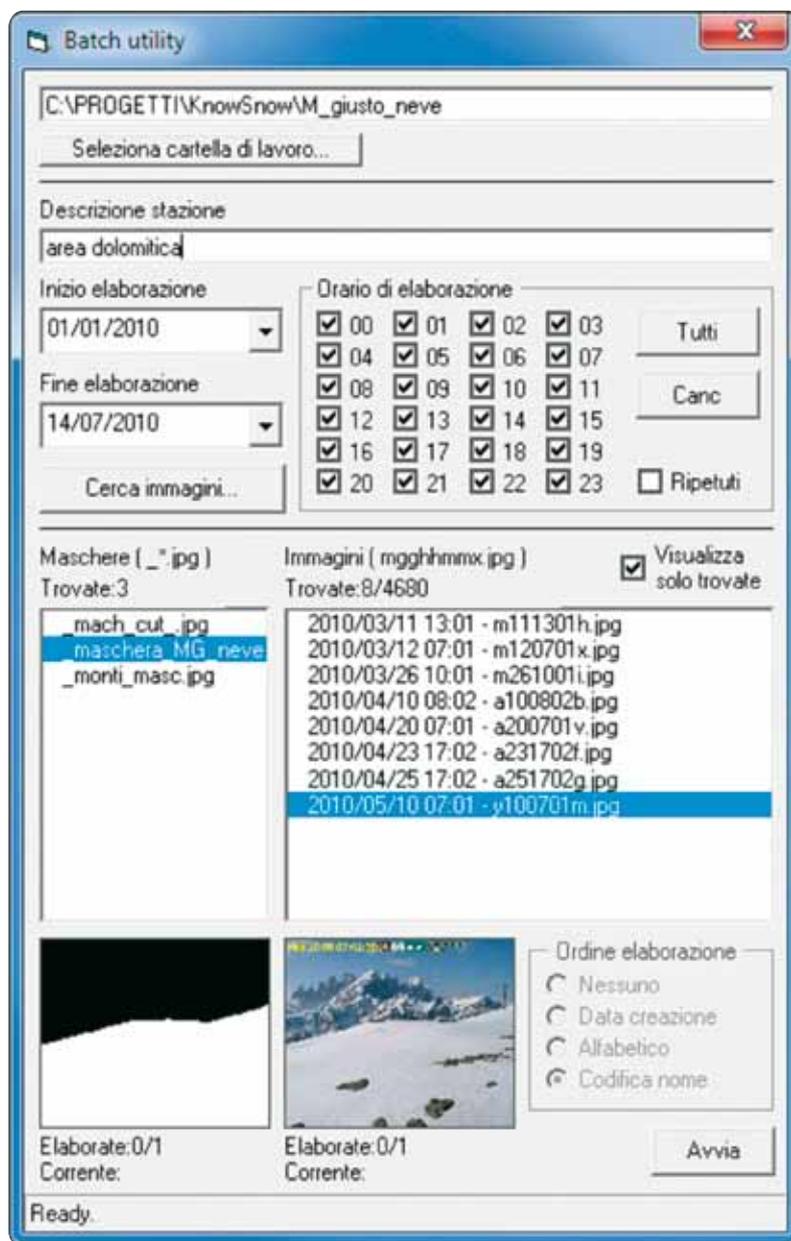


Fig. 3 - Schermate batch utility del software Snow-noSnow. Nella parte alta, i dati di input come le ore di analisi delle immagini, nella parte centrale, i nomi delle maschere selezionate; nella parte bassa di sinistra l'immagine di maschera, nella parte centrale l'immagine in fase di analisi.

Fig. 4 - Schermata di Snow-noSnow per l'analisi della immagine di Monti della Laga.

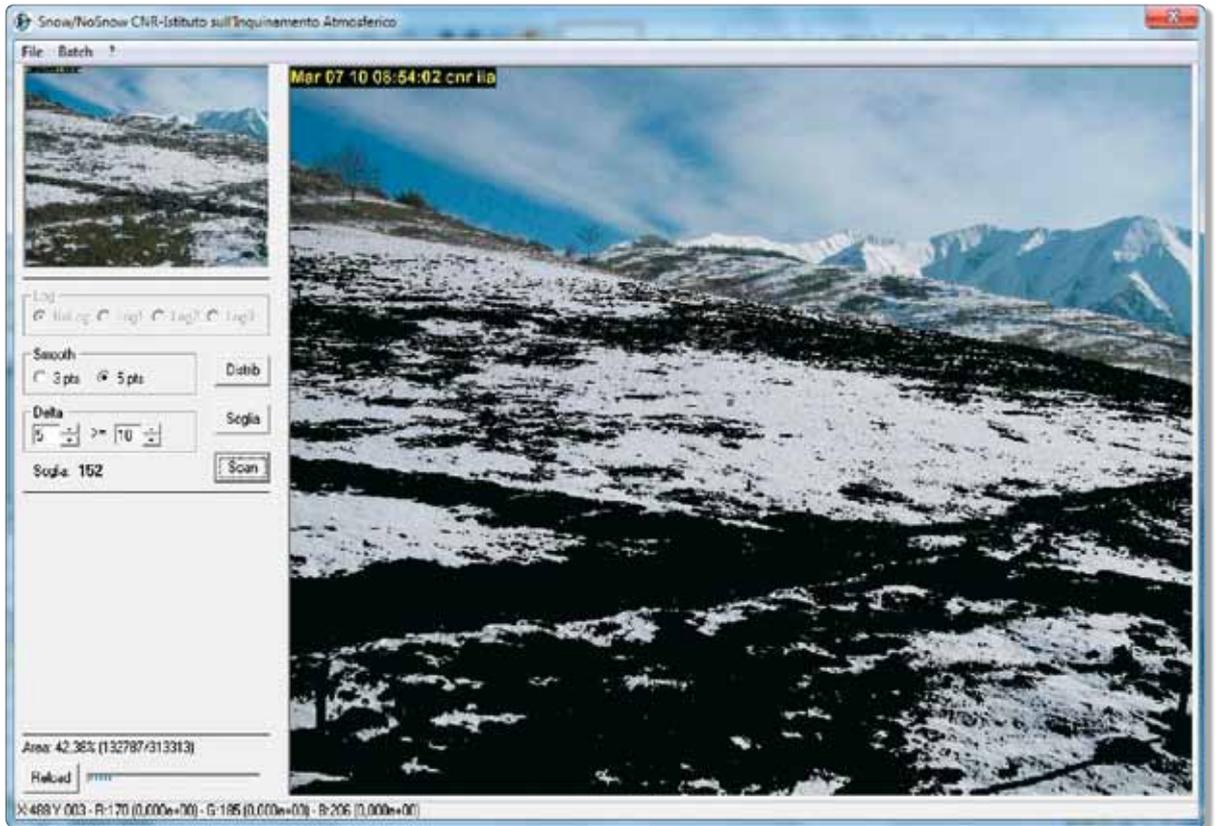
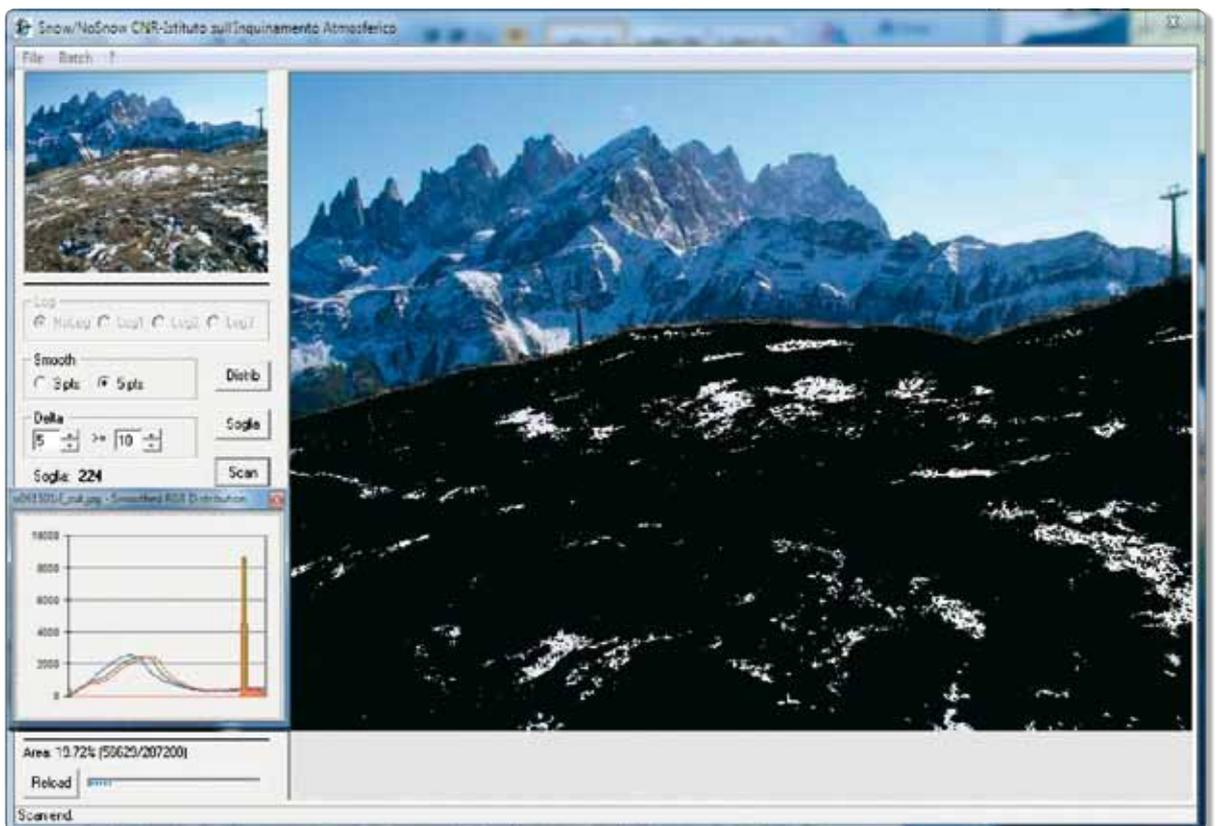


Fig. 5 - Schermata di Snow-noSnow per l'analisi della immagine di Cima Pradazzo.



Esso viene utilizzato per la preparazione delle immagini e/o delle pagine in html, e per la trasmissione dei dati utilizzando una scheda modem GSM integrata (Valt, 2002).

Nel presente lavoro sono state elaborate

le immagini riprese dalla webcam della stazione di Cima Pradazzo (Falcade), (46°21'24"N, 11°49'20"E), ubicata a quota 2200 m nelle Dolomiti (Fig. 1); l'angolo di vista della fotocamera è in direzione delle piste di sci del comprensorio sciistico

TreValli e sullo sfondo sono visibili le propaggini settentrionali delle Pale di San Martino con le Cime del Focobon (3054 m) e del Monte Mulaz (2906 m) (Fig. 2). La scelta di tale ripresa è motivata dalle diverse "tipologie" di neve presenti

nell'immagine: in primo piano neve non sottoposta a calpestio, in secondo piano, in corrispondenza di una pista da sci, neve più compatta in quanto soggetta al passaggio dei mezzi battipista e degli sciatori e pertanto destinata a permanere più a lungo; inoltre i pendii sullo sfondo dell'immagine, non molto distanti, restano innevati fino a tarda stagione.

L'apparato webcam è installato in corrispondenza della stazione nivometeorologica di Cima Pradazzo, dotata di una ricca strumentazione meteorologica e nivologica, con sensori di altezza neve, temperatura superficiale e interna del manto nevoso, Flow Cap per la misura del trasporto della neve ad opera del vento. Per questa stazione sono disponibili anche delle simulazioni del modello SnowPack (Lenhing, 1999).

La webcam stazione è munita di fotocamere Canon compatte, risoluzione 8 Mega Pixel, Zoom 10X (equivalente a 36-360 mm).

LA STAZIONE APPENNINICA CNR-IIA

Al fine di poter disporre di una serie immagini relative ad un'area della catena appenninica, si è proceduto alla progettazione e realizzazione di una nuova stazione sperimentale (CNR-IIA) nel comprensorio dei Monti della Laga, all'interno del territorio del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga.

La stazione Sperimentale CNR-IIA ricade nel territorio del comune di Amatrice ed è situata lungo la S.S. 260 "Picente" poco dopo il km 11,500.

La webcam è posizionata sul lato est di un edificio di proprietà del Comune di Amatrice che ha gentilmente messo a disposizione la struttura (42°35.396N, 13°19.787E, 1300m s.l.m.).

In prossimità della stazione CNR-IIA, in località Peschiere (42°60N 13°33E, 1270m s.l.m.), è stata installata a cura del Servizio Meteomont una stazione manuale di rilevamento meteo, attiva nel periodo invernale, i cui dati sono disponibili in rete; in prossimità della webcam è in

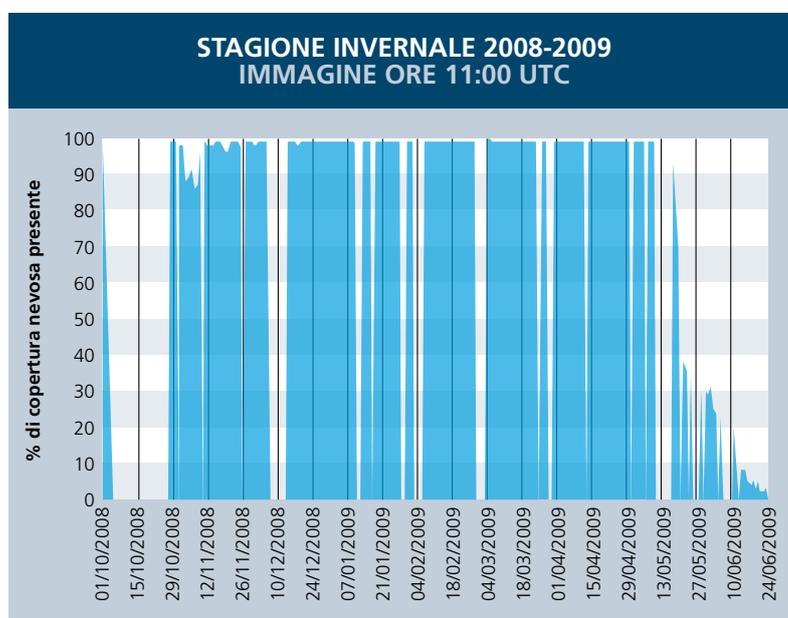


Fig. 6 - Valori percentuali di copertura nevosa rilevata dal software nella immagini di Fig. 2 da ottobre 2007 a giugno 2008.

fase di installazione, a cura del CNR-IIA, una stazione meteo automatica.

La zona monitorata è situata sul versante destro del Fosso Cerruglia; è un'area in leggera pendenza priva di vegetazione arborea ma caratterizzata da vasti pascoli xerici. Lungo il corso del Fosso Cerruglia, che drena le acque superficiali dell'area studiata, è sviluppata una caratteristica vegetazione ripariale.

Tale area, facilmente raggiungibile ma turisticamente poco frequentata, rappresenta un ottimo punto di osservazione per l'analisi delle coperture nevose e delle vegetazione naturale.

In secondo piano sull'immagine è visibile



Fig. 7 - Immagine analizzata e mascherata (colore rosso) per le analisi di Fig. 07

la catena della Laga, nel tratto compreso tra il M. Gorzano (2458 m) e la Cima della Laghetta (2369 m).

La stazione è stata dotata del medesimo sistema di ripresa delle stazioni dell'AR-PAV (fotocamera Canon compatta, 8 Mega Pixel, Zoom 10X).

Fig. 8 - A, B, C immagini della web di Amatrice; D Percentuale di copertura nevosa delle immagini di Amatrice (27 marzo -28 marzo 2010)

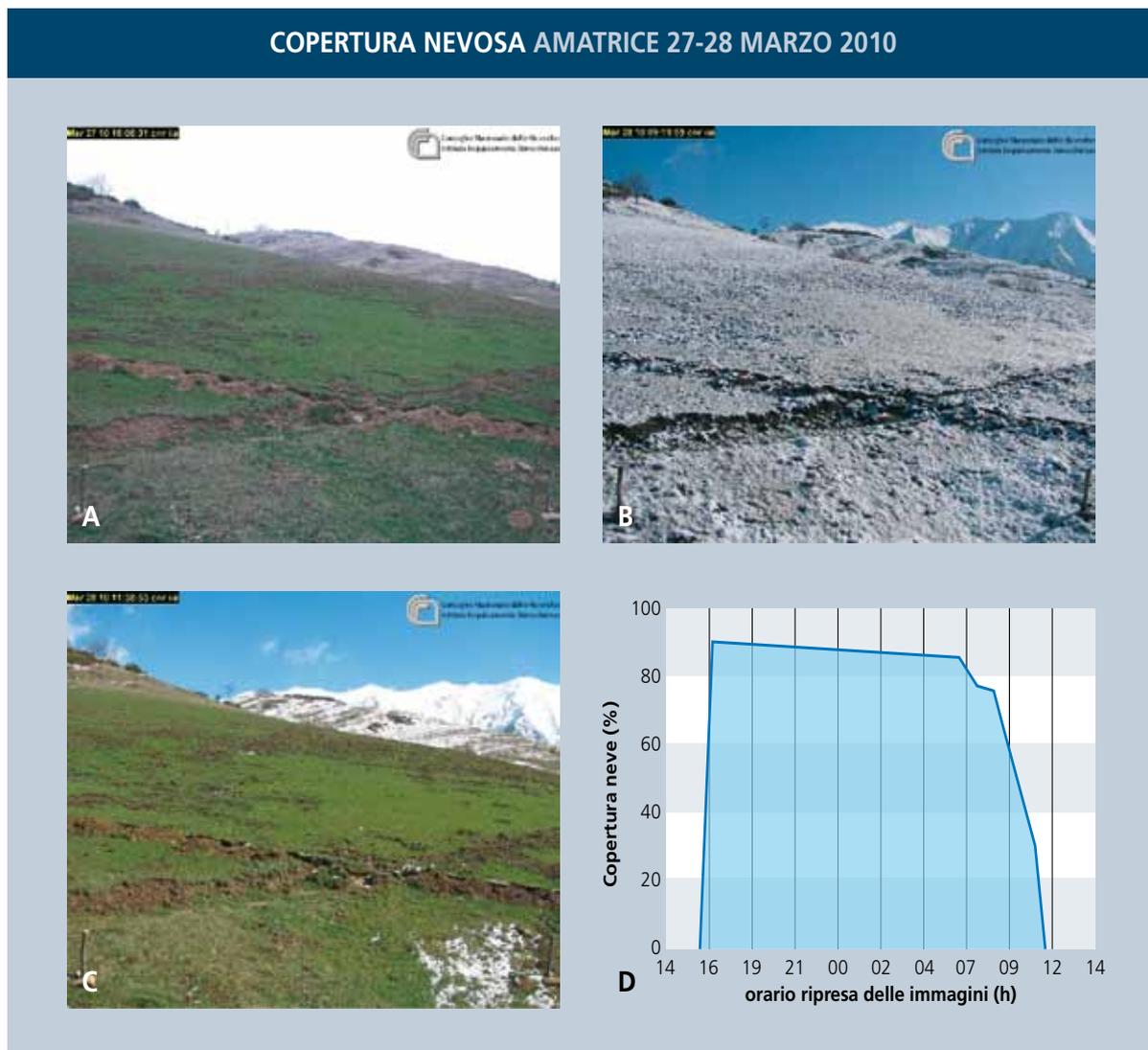
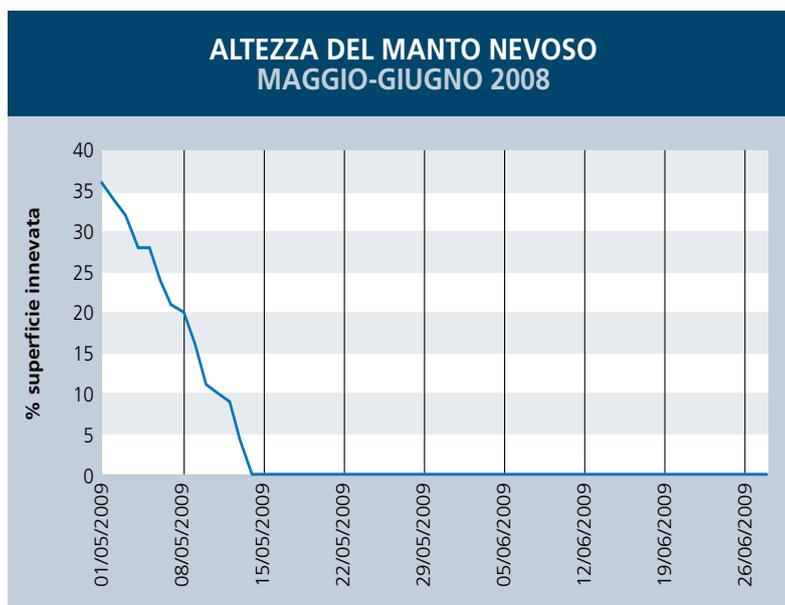


Fig. 9 - Altezza neve misurata a Cima Pradazzo, primavera 2008.



IL PROGRAMMA SNOW-NOSNOW

Le webcam collocate nelle stazioni di osservazione sono programmate per riprendere giornalmente immagini orarie; proprio

la disponibilità di una gran mole di dati ha definito la necessità di sviluppare uno strumento autonomo in grado di gestire l'enorme raccolta di immagini presente nel database e di praticare un'analisi di dettaglio.

In questa prima versione, il software Snow-noSnow ha come finalità quella di identificare l'estensione della copertura nevosa presente nelle immagini riprese da webcam in maniera automatica, con un intervento minimo da parte dell'operatore (Fig. 3). L'architettura del programma Snow-noSnow è costituita da diverse funzioni che rappresentano i passaggi propedeutici all'esecuzione della elaborazione principale. Il software è gestito mediante un'interfaccia in cui l'operatore deve indicare la raccolta di immagini da analizzare e specificare le "maschere" da utilizzare per l'analisi stessa. Con il termine "maschera" si indica una immagine fittizia bianco/nero, in cui al bianco corrisponde la porzione dell'immagine da classificare (fig. 3). Il programma è in grado di gestire una maschera singola, che generalmente può rappresentare la totalità dell'immagine da

cui si escludono le porzioni relative al cielo e agli elementi territoriali in secondo piano, oppure una maschera multipla. In questo caso l'operatore può indicare le diverse porzioni dell'immagine da classificare; può definire le porzioni di immagini in base all'uso del suolo (tutto prato - tutta montagna) oppure può decidere di studiare porzioni di immagini in lontananza od in primo piano.

Un'ulteriore funzionalità dell'applicativo consiste nella capacità selezionare un set di immagini da elaborare, specificandone data e ora di acquisizione.

Per ogni immagine del set scelto, viene successivamente attivata una funzione che esegue una serie di verifiche permettendo di individuare, tra i pixel, anomalie da associare ad immagini non utilizzabili a seguito di un malfunzionamento dell'apparato di ripresa o a causa delle pessime condizioni meteo; in quest'ultimo caso ricadono immagini riprese in corrispondenza di forti nevicate, pioggia o nebbia fitta.

Il software riconosce queste immagini in base all'analisi statistica dei valori di RGB su tutta l'area di ripresa della webcam e le esclude dalle elaborazioni successive.

La funzione che costituisce il cuore principale del programma, si basa su un algoritmo di classificazione binario neve-non neve e permette la vera e propria identificazione delle superfici coperte da neve.

La procedura prevede un'analisi statistica dei valori di RGB di tutti i pixel e permette, mediante criteri matematici, di individuare nell'immagine un valore "soglia" associabile alla copertura nevosa, che ne consenta il riconoscimento (Fig. 4 e Fig. 5). La procedura di classificazione, che si basa su criteri oggettivi di tipo statistico, non richiede l'intervento dell'operatore se non nella fase iniziale e la sua flessibilità nella gestione di diverse porzioni d'immagine è funzionale alla possibilità di attribuire all'immagine coefficienti di correzione diversi in funzione delle caratteristiche topografiche dell'area analizzata; questa fase della procedura è attualmente in via di ulteriore implementazione.

COPERTURA NEVOSA E ALTEZZA DEL MANTO NEVOSO MAGGIO-GIUGNO 2008

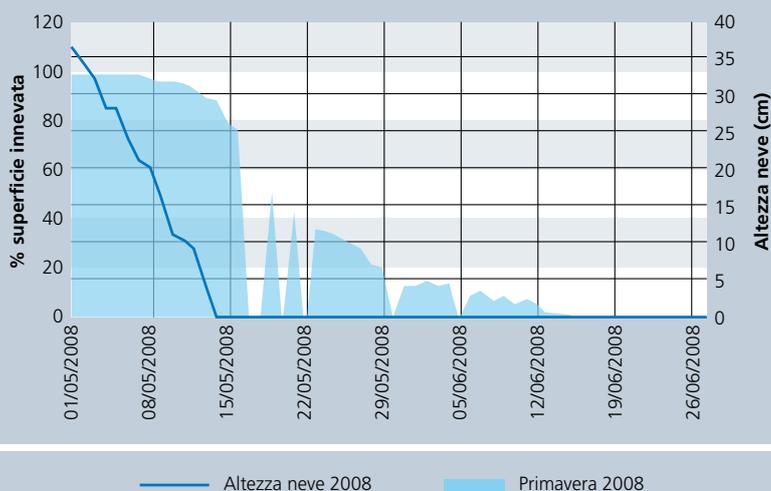


Fig. 10 - Altezza neve misurata a Cima Pradazzo e variazione temporale della estensione della copertura nevosa nell'area indicata in Fig. 7 nella primavera 2008. I picchi a zero della copertura nevosa sono dovuti alla mancanza di foto in data base per problemi di trasmissione delle immagini via GSM.

COPERTURA NEVOSA E ALTEZZA DEL MANTO NEVOSO MAGGIO-GIUGNO 2009

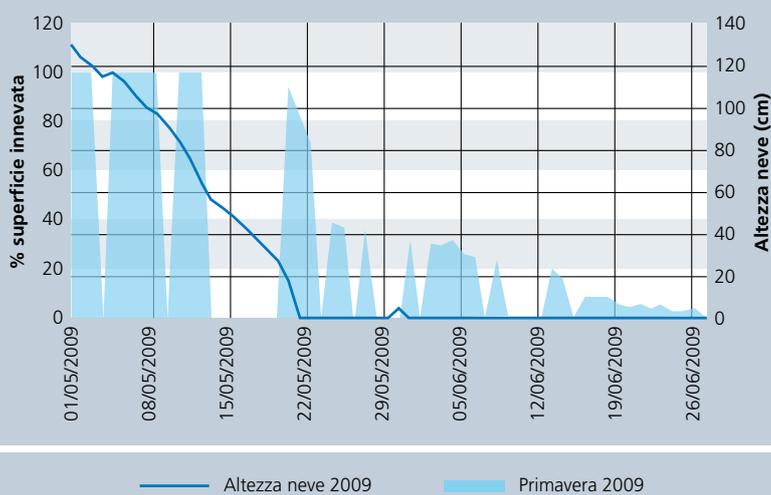


Fig. 11 - Altezza neve misurata a Cima Pradazzo e variazione temporale della estensione della copertura nevosa nell'area indicata in Fig. 7 nella primavera 2009. I picchi a zero della copertura nevosa sono dovuti alla mancanza di foto in data base per problemi di trasmissione delle immagini via GSM.

COPERTURA NEVOSA E ALTEZZA DEL MANTO NEVOSO MAGGIO-GIUGNO 2010

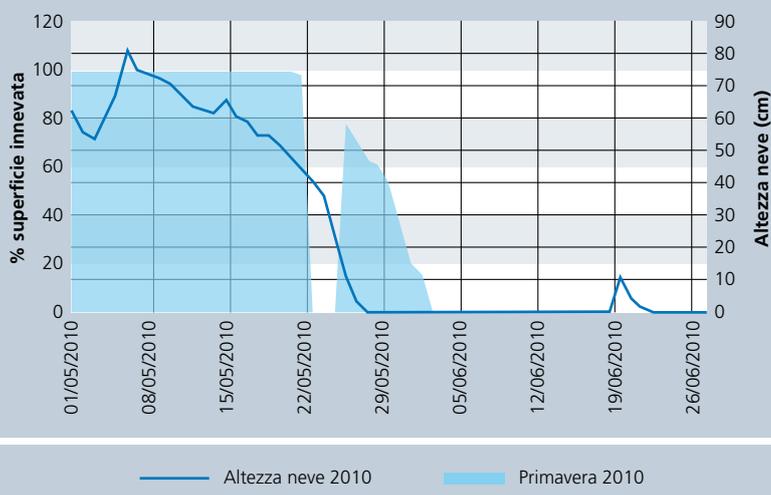


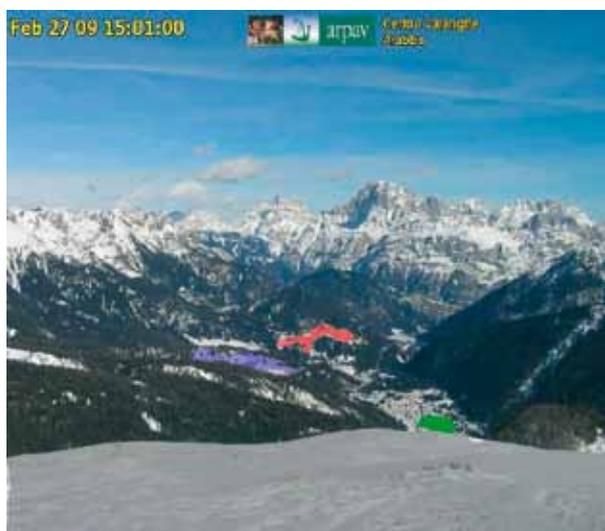
Fig. 12 - Altezza neve misurata a Cima Pradazzo ed variazione temporale della estensione della copertura nevosa nell'area indicata in Fig. 7 nella primavera 2010. I picchi a zero della copertura nevosa sono dovuti alla mancanza di foto in data base per problemi di trasmissione delle immagini via GSM.

RISULTATI PRELIMINARI E SVILUPPI FUTURI

L'analisi effettuata utilizzando sia le immagini storiche dell'ARPAV sia le immagini acquisite dalla stazione di Amatrice ha mostrato le grandi potenzialità del software Snow-noSnow nel seguire con un buon dettaglio l'evoluzione del manto nevoso sia a scala annuale che giornaliera. Il programma realizzato permette, infatti, di analizzare in tempi estremamente rapidi le immagini di un intero anno estraendo la percentuale di pixel coperti da neve su ogni singola immagine. Nella Fig. 6 sono riportati, a titolo di esempio, i risultati dell'analisi delle immagini di Cima Pradazzo riprese giornalmente (ore 11) (Fig. 7) durante la stagione invernale 2008-2009. Il grafico evidenzia la repentina ed abbondante comparsa di neve nel mese di ottobre 2008 su tutta l'area esaminata e il graduale scioglimento della stessa tra maggio e giugno 2009.

Fig. 13 - Il software permette l'analisi contemporanea delle parti colorate dell'immagine. Le tre aree identificate nell'immagine hanno una superficie nota (metri quadrati). In questo modo è possibile determinare la superficie reale coperta da neve.

Fig. 14 - Immagine ripresa dalla seconda webcam di Cima Pradazzo verso il fondo valle (Valle del Biois). Le 4 aree colorate sono a quote diverse: area verde fondovalle a 1050 m, area rossa fra 1200 e 1300, area azzurra fra 1400 e 1600 m, area grigia in primo piano 2100- 2200 m di quota.



Questa analisi ha anche evidenziato i giorni in cui le immagini non sono state trasmesse al CED di Arabba per mancanza di copertura telefonica.

In area appenninica, dove le variazioni della neve al suolo possono essere repentine il software si è dimostrato particolarmente efficace. L'analisi delle immagini orarie della stazione di Amatrice (Fig. 8 a, b, c, d), ha evidenziato come in meno di 24 ore la copertura nevosa possa variare da 0 a più dell'85% per poi tornare rapidamente a zero, evidenziando così le diverse modalità di permanenza della neve al suolo della regione appenninica rispetto a quella alpina.

I dati che verranno raccolti da questa stazione nei prossimi anni rappresenteranno pertanto un elemento significativo per gli studi climatici a scala regionale. Il valore aggiunto di questo tipo di analisi e di stima della presenza del manto nevoso al suolo è dato, per le attuali elaborazioni di Snow-noSnow, non tanto dai periodi con una copertura continua del manto nevoso al suolo, ma nei periodi di formazione e scioglimento della coltre nevosa. Infatti, i dati misurati con sistemi tradizionali a terra (osservatori nivologici, stazioni automatiche, etc.) che vengono utilizzati per diverse analisi (previsioni valanghe, banche dati, stima della risorsa idrica, etc.) sono valori puntuali. In sintesi, può avvenire che i nivometri riportino il valore 0 neve al suolo, mentre è ancora presente della copertura nevosa in modo discontinuo sul territorio.

In Fig. 9 è riportato il valore medio giornaliero di altezza neve misurato dalla stazione di Cima Pradazzo, e si può osservare che il nivometro registra valore 0 (zero centimetri di neve) il 16 di maggio. Nell'area è, tuttavia, presente ancora della neve a chiazze come si può osservare in Fig. 7 relativa alla situazione del 16 maggio. L'analisi spaziale dell'area, effettuata con il software Snow-noSnow indicata in Fig. 7 come percentuale di pixel innevati, evidenzia un andamento di ablazione del manto nevoso che si prolunga ben oltre il 15 di maggio (Fig. 10). Nelle figure Fig. 11 e 12 sono riportati gli stessi andamenti per la fase di ablazione del 2009 e del 2010. Con il software è possibile analizzare diversi settori all'interno della stessa immagine come, ad esempio, quelli rappresentati in Fig. 13, in mancanza di un modello digitale del terreno (DTM), per ognuno dei settori individuati sono state calcolate le relative aree in base ai rilievi di campo. E' possibile quindi avere un dettaglio areale delle superfici innevate e quindi svincolate dalle dimensioni singolo pixel. Sfruttando questa applicazione di Snow-noSnow e applicandola ad una immagine panoramica di valle, dove sono presenti vaste aree innevate, è possibile avere dei dati espressi di pixel o metri quadrati, per singole aree. In Fig. 14 è possibile osservare l'immagine ripresa dalla seconda webcam installata a Cima Pradazzo e che guarda in direzione della Valle del Biois, con indicate 4 aree a quote diverse.



Analizzando le aree, come raffigurate in Fig. 13 situate a quote diverse, è possibile monitorare e analizzare l'andamento della copertura nevosa, non solo alla stessa quota, ma per fasce altimetriche.

Il software, che può essere implementato direttamente nei flussi delle immagini delle web verso i siti web per il calcolo automatico di ogni singola nuova immagine, funziona anche per singole riprese effettuate in modo sporadico sul territorio, purché formattate nei formati compatibili con il software (Fig. 15).

SVILUPPI FUTURI

Lo sviluppo futuro del software SnowSnow prevede l'utilizzo congiunto del DEM dell'area di osservazione e di una routine di correzione geometrica al fine di valutare l'effettiva estensione areale delle coperture nevose, attualmente espresse come percentuali. L'utilizzo del DEM prevede inoltre lo sviluppo di una procedura per la stima del volume di neve al suolo da utilizzare nei modelli per il calcolo degli equivalenti in acqua. È in fase di sviluppo anche una routine che consentirà di stimare la rugosità del manto nevoso al fine di valutare l'azione del vento in quota. Dal punto di vista strumentale è in corso una sperimentazione per l'analisi delle variazioni delle caratteristiche superficiali del manto nevoso tramite dati ripresi nell'infrarosso vicino.

CONCLUSIONI

Le immagini delle webcam fisse si possono quindi rivelare di notevole utilità nel monitoraggio delle coperture nevose poiché permettono di avere dati ambientali ripresi con continuità, in condizioni controllate e anche con copertura nuvolosa. Questa tipologia di immagini può inoltre rappresentare un utile elemento di supporto per l'interpretazione delle immagini riprese dai sensori remoti (satelliti). Gli sviluppi previsti del software potranno dare delle informazioni oggettive su alcuni parametri del manto nevoso, come ad esempio la qualità della rugosità superficiali, fino ad oggi espressi con valutazioni soggettive.

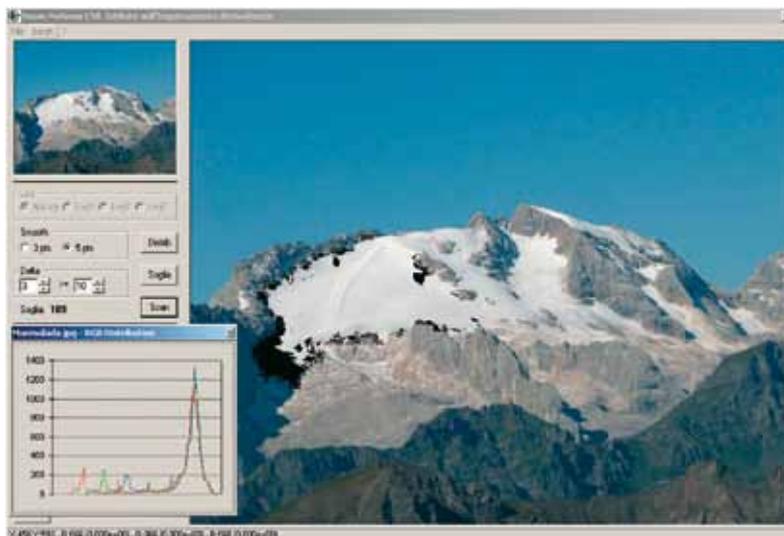


Fig. 15 - Videata del calcolo automatico di singola ripresa sulla Marmolada.



Bibliografia

- Buus-Hinkler J., Hansen B.U., Tamstorf M. P., Pedersen S. B.(2006), "Snow-vegetation relations in a High Arctic ecosystem: Inter-annual variability inferred from new monitoring and modeling concepts", *Remote Sensing of Environment* 105 , 237-247.
- Cagnati A. (1984). I servizi valanghe regionali e provinciali dell'arco alpino italiano. *Neve e Valanghe*, 0, 7, 17
- Cagnati A. (2003). Sistemi di Misura e metodi di osservazione nivometeorologici. AINEVA, Trento, 186 pp.
- Corripio J.G. (2004), "Snow surface albedo estimating using terrestrial photography", *Int. J. Remote sensing*, 25,24,5705-5729.
- Cianfarra P., Salvini F., Valt M. (2009). Monitoring the spatio-temporal evolution of the snow cover in the eastern Alps from MODIS data. *Geophysical Research Abstract- Vol. 11, EGU 2009-8703-2009*
- Hinkler J., Ørbæk J.B., Hansen B.U. (2003), "Detection of spatial, temporal and spectral surface changes in the Ny-Alesund area 79N, Svalbard, using a low cost multispectral camera in combination with spectroradiometer measurements", *Phys. and Chem. of the Earth* 28, 1229-1239.
- Salvatori R. (2007). Monitoraggio delle coperture nevose con tecniche satellitari per lo studio dei cambiamenti climatici in aree polari. CNR-Dipartimento Terra Ambiente, "Clima e cambiamenti Climatici, le attività di ricerca del CNR a cura di Carli, Cavaretta, Fuzzi .pg.307-310 isbn.978-88-8080-075-0
- Salzano R., R. Salvatori and Dominé F. (2008).Investigation on the relation between physical and radiometrical properties of snow covers.*EARsel eProceedings* 7,1/2008, 68,74
- Valt M. (2002). *Le Web Cam di Arabba. Neve e Valanghe*, 46, pp 24 – 31.
- HYPERLINK "http://www.meteoappennino.it/index.php?option=com_webcam&Itemid=86" http://www.meteoappennino.it/index.php?option=com_webcam&Itemid=86
- HYPERLINK "<http://www.arpa.veneto.it/csvdi/svm/webarpav/index.html>" <http://www.arpa.veneto.it/csvdi/svm/webarpav/index.html>