

Cuscinetto per la misura della densità della neve

SNOW PILLOW

Paolo Valgoi
A2A - Impianti Idroelettrici
Grosio (SO)

Nel corso dell'estate 2008, nell'ambito di una serie di approfondimenti tecnici-scientifici sulla quantità e sulla distribuzione spaziale delle precipitazioni meteoriche, A2A ha ultimato i lavori di installazione di alcune innovative stazioni meteorologiche automatiche sui propri siti impiantistici in Valtellina, in località Eita, Malghera, Val Cancano.

Scopo delle installazioni è quello di acquisire, oltre alle classiche misure di temperatura, pioggia ed altezza neve anche alcune informazioni aggiuntive sulla densità del manto nevoso e sulla distribuzione della temperatura al suo interno.

Obiettivo del presente documento è specificatamente quello di illustrare caratteristiche e funzionamento del cuscinetto per la misura della densità della neve (SNOW PILLOW).





DESCRIZIONE

Il sistema apparentemente semplice ma tecnologicamente innovativo, già diffuso negli Stati Uniti e ancora in fase di sperimentazione in Italia, consente di acquisire il peso del manto nevoso mediante la misura della sua pressione idrostatica. Il peso esercitato da uno strato di neve depositato su un tappettino plastico dello spessore di pochi mm ma di notevole estensione superficiale (fino a 10 m²), riempito di un fluido costituito da una miscela di acqua ed antigelo, induce una variazione della pressione del fluido medesimo, misurabile mediante un trasduttore di pressione ad alta risoluzione. Il sensore è connesso al sistema di acquisizione dati/data logger che converte la misura nel corrispondente al "contenuto d'acqua equivalente" (SWE) della copertura nevosa. Tale misura, implementata poi dalla misura del nivometro ad ultrasuoni per il rilievo dell'altezza della neve, permette di risalire alla densità media del manto nevoso e quindi si propone, a livello sperimentale, di fornire una serie di informazioni puntuali idrologiche,

opportunamente integrate dalla misura termometrica a diverse quote del manto nevoso, utili a capire la consistenza della neve e quindi la previsione sulla sua trasformazione in acqua. Lo snow pillow viene posizionato o direttamente su un letto di sabbia oppure su una platea in calcestruzzo munita di cordoli di contenimento laterali. Le grandi dimensioni del "cuscino" minimizzano l'effetto della formazione di cavità "ad arco" all'interno del manto nevoso. Il cavo del sensore piezometrico integra al suo interno un tubicino che permette di compensare le variazioni della pressione atmosferica, prevenendo così errori nella misura. L'anticongelante utilizzato è biodegradabile di tipo permanente a base di glicole propilenico e si distingue per l'assenza nel suo pacchetto inibitore di ammine, nitrati e fosfati. Ovviamente, essendo il contenuto d'acqua equivalente SWE una misura puntuale, la scelta del luogo di installazione dello snow pillow è di primaria importanza al fine di ottenere dati che rappresentino al meglio le caratteristiche dell'area in studio; sarebbe inoltre opportuno schermare

Dall'alto in basso, fig. 1 e 2



Fig. 3

la zona dalle raffiche di vento per evitare sovrastime/sottostime dovute alla neve ventata. Un ulteriore problema potrebbe essere rappresentato dalle precipitazioni piovose, che inducono una sovrastima al calcolo del SWE, dovuta al peso dell'acqua. Per evitare ciò, si dovrebbe circondare lo snow pillow con uno strato di materiale drenante (sabbia o materiale affine), al fine di allontanare nel più breve tempo possibile l'acqua che ruscella sullo stesso.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Gli snow pillow installati da A2A rispondono alle seguenti caratteristiche tecniche:

- Range di misura: 0 ÷ 2500 mm di colonna d'acqua
- Risoluzione: 1 mm
- Precisione: 25 % F.S.
- Principio di misura: sensore piezoresistivo
- Interfaccia analogica: 4-20 mA; max carico 500 ohm
- Alimentazione: 9-33 VDC; consumo max 20 mA
- Temperatura operativa: -30 ÷ +60 °C

- Dimensione: 3 x 3 x 0,1 m (L x L x H)
- Protezione: IP68
- Installazione: posato su un letto di sabbia o su una struttura in calcestruzzo ben lisciata e con sponde laterali di contenimento

Le installazioni strumentali, le configurazioni e la trasmissione dei dati è stata effettuata per A2A a cura della società Hortus S.r.l. di Legnano.

L'alimentazione elettrica al sistema è garantita da un pannello fotovoltaico da 65 W completo di sistema orientabile a palo e regolatore di carica.

La trasmissione dati dalle stazioni di monitoraggio avviene con tecnologia GSM/GPRS. Il sistema è basato su un apparato GSM in grado di trasferire i dati acquisiti dalla stazione ad una piattaforma FTP sulla base di intervalli temporali configurabili.

I file trasferiti in formato binario, vengono successivamente interpretati da un post-processore necessario per riorganizzare le informazioni rilevate dai data-logger in file in formato CSV,

direttamente accessibili all'utente. Gli snow pillow installati presso le stazioni meteorologiche A2A sono abbinati a termometro aria, igrometro, pluviometro totalizzatore a corda vibrante, nivometro ad ultrasuoni e colonna termometrica a cinque sensori nel manto nevoso.

Nella tabella 1 sono riportati modello e costruttore dei singoli sensori.

GRANDEZZA MISURATA	STRUMENTO		
	Tipo strumento	Costruttore	Modello
Pioggia (mm)	Pluviometro 1000 cm ²	GEONOR	T200B
Temperatura atm (°C)	Termoigrometro	LSI-Lastem S.p.A.	DMA 575
Umidità (%)			
Temperatura neve (°C)	Termometro	Campbell Scientific	107
Altezza neve (cm)	Sensore a ultrasuoni	VEGA	VEGASON 61
Densità neve (kg/m ³)	Trasduttore pressione	STS	ATMN

© AINEVA



Sopra da sinistra, fig. 5 e 4

A lato, da sinistra, fig. 6, 7 e 8

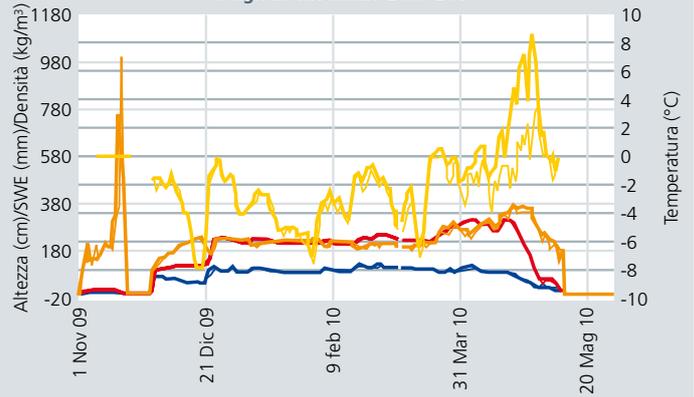
STAZIONE METEOROLOGICA VALCANCANO
Precipitazioni nevose
 Stagione invernale 2008-2009



- Neve fresca (cm)
- Cumulata neve fresca (cm)
- Altezza media manto nevoso (cm)
- Altezza neve ore 00 (cm)

© AINEVA

STAZIONE METEOROLOGICA VALCANCANO
Dati manto nevoso
 Stagione invernale 2009-2010



- Altezza manto nevoso ore 00 (cm)
- SWE ore 00 (mm)
- Temperatura media manto nevoso ore 00 (°C)
- Densità manto nevoso ore 00 (kg/m³)
- Altezza media giornaliera manto nevoso (cm)
- SWE medio giornaliero (mm)
- Temperatura media giornaliera manto nevoso (°C)
- Densità media giornaliera manto nevoso (kg/m³)

© AINEVA

STAZIONE METEOROLOGICA VALCANCANO
Precipitazioni nevose
 Stagione invernale 2009-2010



- Neve fresca (cm)
- Cumulata neve fresca (cm)
- Altezza media manto nevoso (cm)
- Altezza neve ore 00 (cm)

© AINEVA

STAZIONE METEOROLOGICA VALCANCANO
Riepilogo misure
 Periodo novembre 2008 - novembre 2009



- Altezza manto nevoso (cm)
- SWE ore 00:00 (mm)
- Cumulata misura pluviometrica (mm)
- Temperatura aria ore 00:00 (°C)

© AINEVA

STAZIONE METEOROLOGICA VALCANCANO
Dati manto nevoso
 Stagione invernale 2008-2009



- Altezza manto nevoso ore 00 (cm)
- SWE ore 00 (mm)
- Temperatura media manto nevoso ore 00 (°C)
- Densità manto nevoso ore 00 (kg/m³)
- Altezza media giornaliera manto nevoso (cm)
- SWE medio giornaliero (mm)
- Temperatura media giornaliera manto nevoso (°C)
- Densità media giornaliera manto nevoso (kg/m³)

© AINEVA

STAZIONE METEOROLOGICA VALCANCANO
Riepilogo misure
 Stagione invernale 2009-2010



- Altezza manto nevoso (cm)
- SWE ore 00:00 (mm)
- Cumulata misura pluviometrica (mm)
- Temperatura aria ore 00:00 (°C)

© AINEVA

PRIMI RISULTATI ACQUISITI

Nella pagina a lato (52) si riportano, a titolo di esempio e di confronto, i dati acquisiti presso la stazione meteorologica in Valcancano relativi alle stagioni invernali 2008-2009 e 2009-2010.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E SVILUPPI FUTURI

I grafici evidenziano il contributo dello snow pillow nell'acquisizione di quei parametri necessari per conoscere l'accumulo nevoso in termini di contenuto d'acqua equivalente (SWE) e densità.

Le due stagioni analizzate, simili dal punto di vista idrologico nel sito in oggetto, hanno rappresentato un importante test di validazione di quanto misurato con lo snow pillow.

A fronte di spessori medi del manto nevoso pari a circa 150 cm, in entrambe le stagioni analizzate il contributo d'acqua equivalente raggiunge picchi pari a circa 350 mm nel corso del mese di aprile; parallelamente la densità della neve assume valori massimi pari a circa 380 Kg/m³. A seguito di tali picchi, il successivo riscaldamento primaverile, percepibile anche dal rilievo della temperatura media del manto nevoso, comporta lo scioglimento dello stesso ed il repentino azzeramento dei parametri controllati. L'apparecchiatura e la strumentazione installata così come il sistema di alimentazione e trasmissione dati si sono dimostrati affidabili e le misure acquisite sono fondamentalmente di ottima qualità.

Necessita approfondire ed indagare altre tipologie di cuscinetti (metallici o simili) in quanto in siti ove vi è presenza di roditori (esempio marmotte), la struttura plastica utilizzata per lo snow pillow si è dimostrata essere facilmente attaccabile dagli stessi. In Italia sono ancora a livello sperimentale ma già all'estero vi sono installazioni di **cuscinetti metallici** attivi dalla metà degli anni '80 e solitamente equipaggiati con più snow pillow in serie di piccole dimensioni (cfr. fotografia allegata).



Fig. 15

Si evidenzia infine come esiste anche la **tecnologia dei sensori a raggi gamma**, oggi disponibili solo a prezzi molto elevati. La misura dell'indice SWE si ottiene monitorando i raggi gamma che vengono naturalmente emessi dal terreno. Un apposito spettrometro misura le radiazioni emesse da due elementi molto abbondanti in tutti i tipi di terreno: il potassio, nel suo isotopo 40, (⁴⁰K) e il tallio con l'isotopo 208, (²⁰⁸Tl). Normalmente il potassio ⁴⁰K emette 1,46 MeV (megaelettronvolt), mentre il tallio ²⁰⁸Tl emette 2,163 MeV. Quando la neve si accumula, il sensore misura un decremento della normale radiazione: maggiore è il contenuto d'acqua nella neve, maggiore sarà l'attenuazione delle radiazioni gamma.

Questo tipo di sensore presenta alcuni aspetti favorevoli:

- è un sensore senza contatto: si monta semplicemente al di sopra della superficie su cui si vuole effettuare la misura avendo l'accortezza di posizionarlo al di sopra della massima altezza di neve prevista;
- le sue performance non sono influenzate dalle condizioni meteo avverse;

- l'area di misura può essere molto vasta: si raggiungono coperture sino a 100 m², quando il sensore è montato a circa 3 metri di altezza;
- è efficace con qualsiasi tipo di copertura nivale (neve fresca, neve ghiacciata, ghiaccio).

Ma sono da tenere opportunamente in conto anche alcuni accorgimenti pratici di installazione e controllo:

- evitarne l'utilizzo in una zona ove nell'immediato intorno c'è presenza di legno. Il legno emette cioè radiazioni che andrebbero a falsare quelle rilevate dallo strumento;
- l'umidità del terreno dovrebbe essere il più possibile costante per non introdurre errori nelle misure e quindi particolare attenzione va posta nella scelta del sito;
- per calibrare il sensore in sito è opportuno montarlo quando ancora il terreno è sgombro da neve al fine di identificare il riferimento per tutte le misurazioni successive;
- l'alimentazione al sensore deve essere continua;
- il sensore va periodicamente ricalibrato.

Nell'altra pagina, partendo dall'angolo in alto a sinistra, in senso antiorario: fig. 9, 10, 11, 12, 13 e 14