

Sito sperimentale DELLA PUNTA SEEHORE

LOCALIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE TOPOGRAFICA,
GEOTECNICA, NIVOLOGICA E VALANGHIVA

INTRODUZIONE

In Europa, lo studio naturale delle valanghe è iniziato in modo più strutturato a partire dagli anni '30, sia con studi teorici, per individuare le equazioni matematiche che descrivono i processi fisici alla base del fenomeno, sia con studi basati sui dati ottenuti dai siti sperimentali di ricerca.

Le prove sperimentali venivano, e vengono tuttora eseguite, a diversa scala: quella di laboratorio, per esempio con canalette o piani inclinati e materiali sintetici, oppure a scala naturale, su percorsi valanghivi reali e quindi con materiale "neve" naturale. Il primo sito realizzato in Italia è stato il Monte Pizzac in Veneto, voluto dal Centro Valanghe di Arabba nel 1993, dove Betty Sovilla ha cominciato a studiare il processo di erosione del manto nevoso da parte della valanga per includerlo nei modelli di dinamica già esistenti, che invece consideravano costante la massa di neve in movimento (Sovilla et al., 2001; Sovilla

and Bartelt, 2002; Sovilla et al., 2007). Ad oggi sono attivi in Europa diversi siti sperimentali volti tutti alla comprensione dei processi fisici che regolano il moto di una valanga, dalla fase di distacco a quella di arresto.

Tali siti europei sono stati analizzati, dalla fine degli anni Novanta, tramite i progetti europei SAME e SATZIE, e tutte le informazioni relative sono state organicamente raccolte in documenti tecnici che quindi risultano di riferimento per l'argomento (Barbolini et al., 1998; Johanneson et al., 2006). Nel 2006, a conclusione del progetto SATZIE, i siti sperimentali in Europa erano 10: Col du Lautaret e Taconnaz in Francia, Monte Pizzac in Italia, Nürja in Spagna, Ryggfonn in Norvegia, Vallée de la Sionne e Mettlenruns in Svizzera, Großer Gröben e Shnannerbach in Austria, Flateyri in Islanda. Il nuovo sito sperimentale della P.ta Seehore è stato progettato e realizzato all'interno del progetto di coo-

perazione transfrontaliera DynAval ed è volto anch'esso allo studio della dinamica delle valanghe con particolare attenzione all'interazione flusso/ostacolo.

Lo scopo principale del sito é, quindi, fornire, tramite specifiche prove sperimentali, dati relativi alla dinamica delle valanghe, quali la velocità, le pressioni ed il bilancio di massa, al fine di ampliare la comprensione dei processi che avvengono all'interno di una massa nevosa in movimento e della sua interazione con una struttura posta lungo il percorso valanghivo.

LOCALIZZAZIONE

Il nuovo sito sperimentale si colloca sul versante settentrionale della P.ta Seehore sul massiccio del Monte Rosa, nel Comune di Gressoney-La-Trinité in Valle d'Aosta (Fig. 1). E' localizzato all'interno del comprensorio sciistico Monterosa Ski, nella Valle di Gressoney, in particolare in una zona a monte della pista "Collegamento

*Nella pagina a fianco,
attività di distacco
artificiale al sito della
P.ta Seehore.*



Fig. 1 - Localizzazione geografica del sito.



Fig. 2 - Localizzazione del sito all'interno del comprensorio sciistico Monterosa Ski (ovale azzurro).



Fig. 3 - Visione invernale della P.ta Seehore. Il sito sperimentale si colloca sul pendio in ombra dove sono evidenti tracce di valanghe. Ben visibile è anche la pista "Collegamento Gabiet" alla base del pendio (Fonte: Arnoldo Welf).

Gabiet", che unisce il settore di P.ta Jolanda con la zona del Gabiet a circa 2400 m di quota (Figg. 2 e 3).

In tutto il comprensorio sciistico la sicurezza delle piste viene garantita tramite differenti metodi di protezione dalle valanghe: sono presenti opere permanenti di difesa attiva e passiva (reti ed ombrelli da neve in zona di distacco), ma sono utilizzati anche sistemi di difesa attiva temporanei, quali il distacco programmato di valanghe (rif. art. 3). I siti di bonifica e le procedure sono definiti all'interno del Piano di Intervento per il Distacco Artificiale di Valanghe (PIDAV). Il pendio settentrionale della P.ta Seehore, sede del sito sperimentale, è inserito nel PIDAV, in quanto potrebbe sviluppare valanghe di piccola e media dimensione in grado di interessare la pista "Collegamento Gabiet". Viene quindi periodicamente bonificato, in occasione di eventi meteorologici e di specifiche condizioni in situ predisponenti il distacco di valanghe. I responsabili della sicurezza piste considerano una soglia di ca. 30 cm di neve fresca per decidere se operare il distacco: infatti, oltre tale soglia, considerano che sarebbe troppo rischioso non bonificare, in quanto una possibile valanga spontanea potrebbe raggiungere la pista sottostante. Tale caratteristica, insieme ad altre, come la facile accessibilità, l'ha reso un sito idoneo per lo sviluppo delle ricerche previste all'interno del progetto DynAval. Infatti, la buona collaborazione già in atto con la Monterosa Ski permette al gruppo di ricerca di organizzare le prove sperimentali in occasione delle operazioni di bonifica, sfruttando quindi i distacchi già previsti per la sicurezza delle piste (rif. art. 5), che generalmente avvengono con la Carica Vassale o con la DaisyBell (Fig. 4) (rif. art. 3). D'altra parte, la stessa caratteristica fa sì che, spesso, non si possa aspettare e che quindi le valanghe siano in genere di piccola dimensione, poiché, per l'apertura della pista sottostante, il pendio deve essere messo in sicurezza il più presto possibile. Nell'ultimo paragrafo del presente articolo e nell'articolo 5 si riportano i dati sulle valanghe storiche e su quelle indagate all'interno del progetto.

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

Il sito sperimentale della P.ta Seehore (45° 51' 05" N; 07° 50' 34" E) è caratterizzato da un dislivello di ca. 300 m, un'esposizione prevalente N-NW ed una pendenza media di 38°. Nella tabella di Fig. 5 sono illustrati i valori dei parametri morfologici del pendio e delle tre zone interessate dal fenomeno valanghivo (distacco, scorrimento e deposito). I dati sono stati ricavati da un modello digitale ottenuto da un rilevamento laser scanner aereo operato dalla Helica Srl, realizzato per ottenere una preliminare e dettagliata descrizione del sito. Il sensore utilizzato è stato il sistema Optech Gemini costituito da un laser operante nell'infrarosso vicino ($\lambda = 1064 \text{ nm}$) che invia impulsi ad una frequenza variabile dai 33 ai 167 kHz a seconda dell'altezza di volo. Le operazioni di rilevamento sono state effettuate in un'area di ca. 1 km² avente come centro il sito sperimentale. Il risultato del rilevamento è costituito da una nuvola di punti tridimensionali, con una densità di 20 punti/m², successivamente interpolata in un modello digitale avente risoluzione pari a 1 m. Contestualmente alla misura laser, è stata eseguita una ripresa fotogrammetrica che ha permesso l'elaborazione di un'ortoimmagine, con una risoluzione di 10 cm. Entrambi i prodotti sono stati riferiti al sistema UTM-ED50, Fuso 32, ufficialmente adottato nella cartografia tecnica della Regione Autonoma Valle d'Aosta. Il modello digitale descritto è stato oggetto, in ambiente GIS, di una serie di elaborazioni volte a determinare i parametri morfologici del sito. Infatti, sono stati calcolati i valori di pendenza ed esposizione dell'intero pendio (Fig. 6).

Successivamente si è proceduto all'individuazione delle caratteristiche della curvatura del pendio evidenziando le porzioni concave, convesse e piane. Infine, grazie all'ausilio di tools di analisi idraulica è stata operata la suddivisione del pendio in micro bacini e si individuate le direzioni prevalenti di scorrimento, definendo, quindi, le linee di massima pendenza. Nel sito sono quindi state pianificate ed eseguite una serie di operazioni predisponenti

l'esecuzione degli esperimenti (rif. art. 5). Sono stati progettati ed installati dei target metallici da impiegare come punti di riferimento per l'orientamento di riprese laser o fotogrammetriche terrestri. I target, costituiti da una struttura in acciaio, sono stati posizionati sulle pareti rocciose presenti lungo il pendio, in posizione sopraelevata, in modo da assicurarne la visibilità anche durante il periodo invernale.

Durante la fase di installazione si è proceduto alla misura della loro posizione mediante rilevamento topografico.

Nella zona antistante il pendio è stata collocata una stazione strumentale, collegata ad un vertice della rete geodetica regionale. Le misure sono state effettuate impiegando una total station Sokkia 330R ed un prisma, posizionato al termine dell'installazione di ogni singolo target, nel



Fig. 4 - Cratere generato a seguito del distacco operato con la DaisyBell in occasione della prova sperimentale del 1 marzo 2011 (Fonte: Arnoldo Welf).

	Esposizione (°)	Quota (m)	Pendenza (°)
Pendio			
Media	324	2417	28
Minimo	271	2323	10
Massimo	348	2570	48
Distacco			
Media	316	2521	39
Minimo	271	2475	17
Massimo	337	2570	48
Scorrimento			
Media	331	2426	35
Minimo	327	2384	29
Massimo	335	2472	37
Deposito			
Media	325	2347	17
Minimo	297	2323	10
Massimo	348	2384	29

Fig. 5 - Caratteristiche morfologiche del sito.

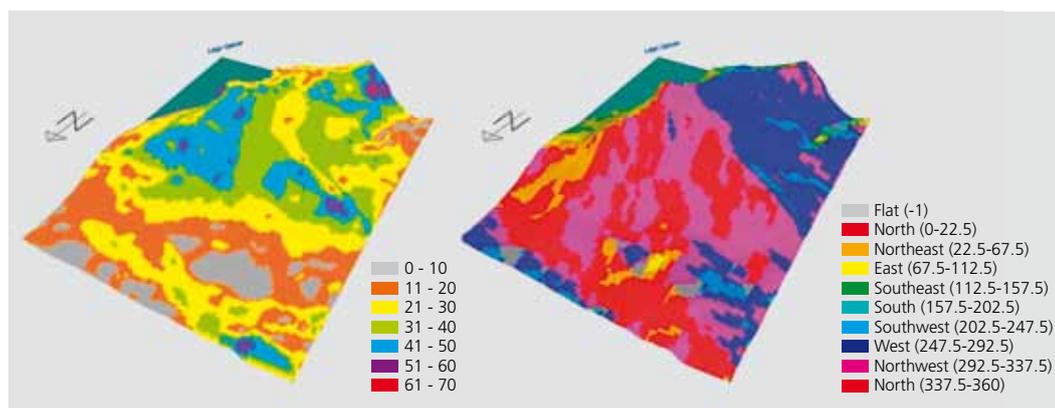


Fig. 6 - Visualizzazione delle caratteristiche morfologiche del sito: pendenza (sn) ed esposizione (dx).

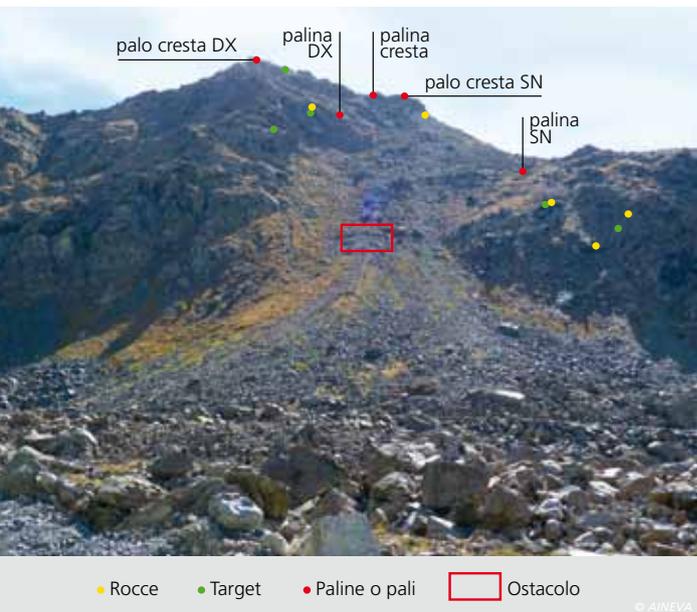


Fig. 7 - Punti di riferimento nel sito rilevati tramite metodologia GPS-RTK.

centro dell'oggetto. Con la stessa modalità sono state installate e posizionate tre paline graduate per la stima dell'altezza neve. In una successiva campagna di misure, allo scopo di aumentare la quantità di punti di riferimento, è stato eseguito un rilievo GPS-RTK. Sono stati rilevati particolari naturali (sporgenze rocciose) ed artificiali (paline) presenti sul pendio (Fig. 7). Il rilievo è stato effettuato con riferimento al medesimo vertice precedentemente citato.

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Il versante sede del campo sperimentale, costituito da serpentiniti, immerge a 350° rispetto al Nord, con inclinazioni variabili da circa 38° a 29°; la larghezza è variabile

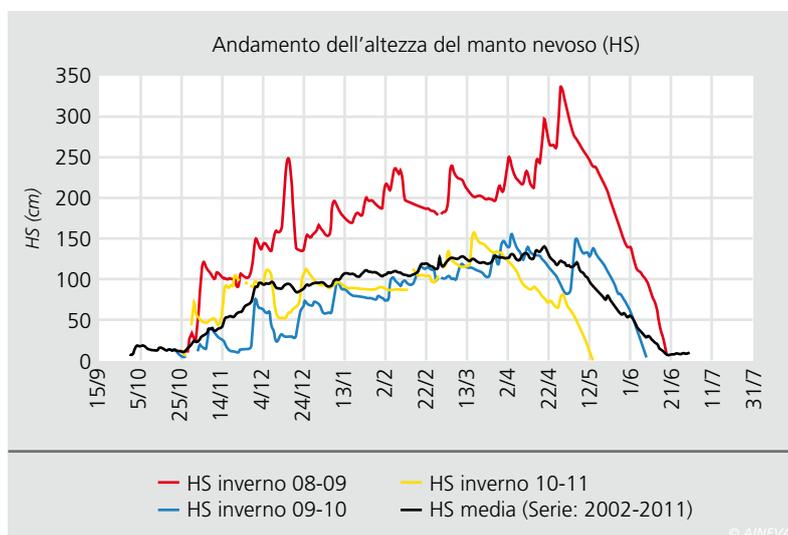
da 40 m a 80 m. La cresta è estremamente fratturata, le parti mediana e inferiore sono caratterizzate dalla presenza di blocchi di dimensioni da decimetriche a metriche. Nella zona alta e mediana sono presenti alcuni affioramenti rocciosi. Le coperture quaternarie sono principalmente depositi gravitativi di falda e di conoide e accumuli di frane da crollo. I fenomeni di instabilità che possono interessare il sito sono lo scivolamento della coltre detritica e la caduta massi. I blocchi isolati (già distaccatisi dall'ammasso roccioso) arrivano anche a dimensioni metriche con esempi isolati aventi dimensione caratteristica maggiore, fino a quasi 4 m. Il sito è stato oggetto di un'approfondita analisi geo-strutturale e di indagini geofisiche, al fine di caratterizzare, dal punto di vista geotecnico, il versante per la successiva progettazione delle fondazioni dell'ostacolo strutturale. Il rilievo strutturale ha evidenziato quattro famiglie principali di discontinuità ($k_1(112^\circ, 87^\circ)$, $k_2(328^\circ, 57^\circ)$, $k_3(246^\circ, 39^\circ)$, $k_4(165^\circ, 50^\circ)$), che individuano con il fronte $F(350^\circ, 35^\circ)$ dei cunei di roccia che, staccatisi dagli affioramenti per scivolamento, proseguono il moto lungo il versante originando il fenomeno di caduta massi. L'indagine geofisica, svolta allo scopo di indagare le caratteristiche dell'ammasso roccioso in profondità e valutare quantitativamente lo spessore dello strato detritico che ricopre il versante, ha previsto l'esecuzione di due stendimenti (due elettrici e due di sismica a rifrazione) tra essi ortogonali, che si intersecano proprio all'al-

tezza dell'ostacolo strutturale. I risultati dei rilevamenti, interpretati con tecnica tomografica, hanno mostrato uno strato di detrito con assenza di fine di spessore circa 10 m, poggiante sul substrato roccioso altamente fratturato di bassa qualità. La quantità di acqua presente è molto lontana dalla saturazione, pur misurata in periodo successivo a intense venute meteoriche. Analisi di stabilità a ritroso hanno consentito di definire l'angolo di attrito interno caratteristico della coltre detritica, in 39°. Le analisi di caduta massi relative ai volumi caratteristici osservati in sito, variabili da 0.06 m³ a 0.56 m³ (corrispondenti a masse di 150 kg e 1500 kg) hanno fornito le traiettorie, la maggior parte delle quali si arresta al di sopra dell'area di installazione della struttura ostacolo, ma che possono raggiungere anche la pista posta al piede del versante. Le altezze di volo dei massi sono risultate variabili da 1.5 a 2.5 m e le energie cinetiche totali massime sono comprese tra 12 kJ e 80 kJ, rispettivamente per le masse minima e massima.

CONDIZIONI NIVO-METEOROLOGICHE

Il sito sperimentale, facendo riferimento ai settori individuati dall'Ufficio Neve e Valanghe della Regione Autonoma Valle d'Aosta per la definizione delle caratteristiche nivo-meteorologiche e del pericolo valanghe, si colloca nel settore sud-orientale della Valle d'Aosta, che comprende le Valli di Gressoney, Ayas e Champorcher. Tale settore risulta essere interessato, prevalentemente in autunno e primavera, da precipitazioni associate a flussi perturbati di origine meridionale, soprattutto sud-orientali. Grazie a queste perturbazioni umide meridionali, la bassa valle, ed in particolare le valli di Champorcher e di Gressoney, detiene il record delle nevicate più abbondanti. In particolare, il sito sperimentale della P.ta Seehore è favorevolmente esposto all'accumulo di neve durante le nevicate associate a correnti meridionali: infatti, i venti moderati o forti da sud-sudest, quando accompagnano o seguono la nevicata, tendono a sovraccaricare ulteriormente il pendio, es-

Fig. 8 - Andamento dell'altezza neve al suolo (HS) negli inverni 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011 e serie dati 2002-2011 (stazione automatica Gabiet - Fonte: Ufficio Centro Funzionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta).



sendo quest'ultimo esposto a nord-ovest. Nella Fig. 8 l'andamento dell'altezza media di neve al suolo (HS) degli ultimi 9 anni viene confrontato con l'altezza di neve al suolo degli ultimi tre inverni, in cui sono stati condotti gli esperimenti al sito sperimentale. I dati provengono dalla stazione meteorologica automatica del lago Gabiet (2379 m slm), posta a poche centinaia di metri dal sito oggetto di studio e attiva dal 2002 (fonte dei dati: Ufficio Centro Funzionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta). L'inverno 2008-2009 è stato caratterizzato da abbondanti nevicate e l'altezza neve al suolo ha raggiunto il massimo di 337 cm il 28 aprile, rimanendo per tutta la stagione ben al di sopra della media. La stagione 2009-2010 è risultata invece essere meno nevosa della precedente in termini di quantitativi di neve e di eventi eccezionali, ma con frequenti nevicate e temperature rigide: il valore massimo di neve al suolo (HS) è stato raggiunto il 4 aprile con 157 cm. Infine l'inverno 2010-2011 è iniziato con un ottimo innevamento nel periodo tardo autunnale, ma è risultato privo di precipitazioni per tutto il mese di gennaio e metà febbraio e si è concluso un mese prima rispetto alla media stagionale, dopo una ripresa delle nevicate tra fine febbraio e marzo (HS massima pari a 160 cm il 17 marzo).

DATI VALANGHE

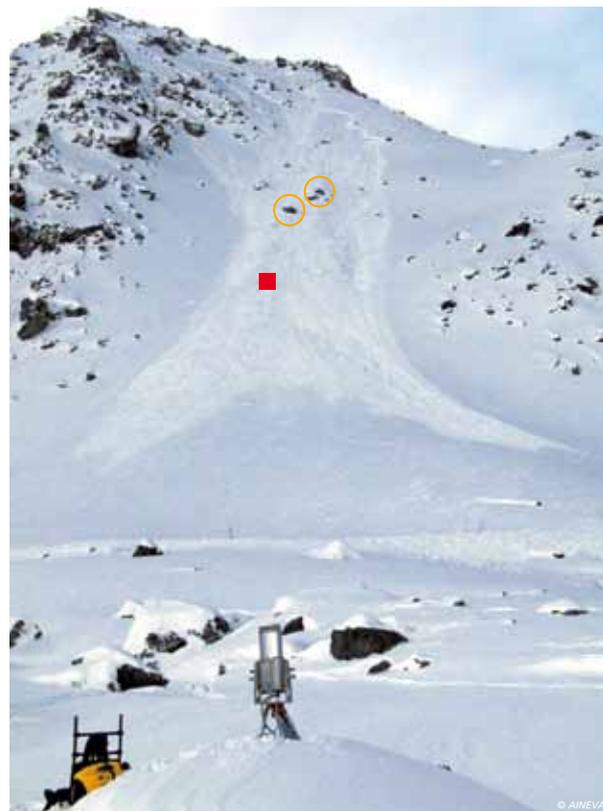
La storia valanghiva del sito è strettamente legata alle operazioni di bonifica del personale addetto alla sicurezza piste della Monterosa Ski. Non sono invece presenti dati storici all'interno del Catasto Regionale Valanghe della Regione Autonoma Valle d'Aosta. Prima dell'avvio del progetto DynAval, le valanghe distaccate naturalmente o artificialmente dal personale della Monterosa Ski venivano registrate solo saltuariamente e non in modo organico e strutturato. Dall'entrata in vigore di normative più rigide, ogni qualvolta si provochi un distacco con esplosivo, il responsabile delle operazioni di bonifica è tenuto a filmare l'evento per certificare l'utilizzo dell'esplosivo; quindi, da un paio d'anni, la registrazione dei dati è molto

migliorata, consentendo di creare un database che contiene le informazioni su tutti i distacchi svolti. L'ottima collaborazione tra i ricercatori coinvolti nel progetto DynAval ed i responsabili alla sicurezza piste della Monterosa Ski ha permesso di creare un database ben strutturato ed organico dove raccogliere le informazioni su tutti i distacchi effettuati sul pendio settentrionale della P.ta Seehore, quali giorno, ora del distacco, metodo ed esito del distacco, tipo di valanga e condizioni meteorologiche. Durante la stagione 2009-2010, sono state svolte delle prove sperimentali che, pur in assenza dell'ostacolo strumentato, hanno dato delle informazioni importanti sul tipo di valanghe che si generano nel sito (rif. art. 7), permettendo inoltre la scelta più precisa della successiva localizzazione dell'ostacolo strumentato (rif. art. 6). Infatti, la difficoltà nel posizionamento risiedeva nel fatto che il percorso valanghivo non è di tipo incanalato ed il versante presenta nella zona centrale una topografia leggermente convessa, che spesso divide il flusso dirigendolo verso est o verso ovest (Fig. 9): il problema era individuare il punto migliore per intercettare il maggior numero di valanghe. Analizzando sia le informazioni in possesso del personale della Monterosa Ski, sia gli eventi provocati nella stagione 2009-2010, si è giunti alla localizzazione precisa dell'ostacolo.

Si è proceduto, inoltre, alla rimozione di due rocce affioranti che facevano da ostacolo naturale lungo il percorso della valanga, generando un impatto e quindi una perdita di energia proprio una trentina di metri a monte dell'ostacolo; ciò avrebbe falsato le misure di impatto diretto sull'ostacolo strumentato (Fig. 9). Le valanghe distaccate artificialmente nel sito sperimentale sono in genere di piccola-media dimensione (EAWS, 2003) con un volume al distacco intorno a 100-400 m³ ed un dislivello di 300 m, e si fermano, a volte, ancora lungo il pendio senza raggiungerne la base. Sono prevalentemente valanghe di tipo denso che però possono sviluppare anche una componente polverosa, soprattutto in pieno inverno, in caso di neve fredda ed asciutta. In periodo tardo-primaverile tendono a generarsi, anche spontaneamente, valanghe dense di neve umida con distacchi puntiformi multipli dalle varie rocce presenti sul pendio, che vanno poi a formare un'unica valanga più grande che spesso può raggiungere la pista. Proprio questi due tipi di valanghe vengono studiati attentamente per capirne la diversa dinamica e quindi le diverse forze che possono sviluppare sull'ostacolo.

verile tendono a generarsi, anche spontaneamente, valanghe dense di neve umida con distacchi puntiformi multipli dalle varie rocce presenti sul pendio, che vanno poi a formare un'unica valanga più grande che spesso può raggiungere la pista. Proprio questi due tipi di valanghe vengono studiati attentamente per capirne la diversa dinamica e quindi le diverse forze che possono sviluppare sull'ostacolo.

Fig. 9 - Visione frontale del sito: nei cerchi gialli sono evidenziate le due rocce che sono state spianate ed in rosso la posizione dell'ostacolo strumentato.



Bibliografia

- Barbolini, M., Gruber U., Keylock C., Naaim M., Savi F., 1998. Application and evaluation of different avalanche models at five real sites in Europe. Deliverable No. 3 of the EU Project SAME (Snow Avalanche Mapping, Model Validation and Warning Systems in Europe), published by the EUROPEAN COMMISSION, EUR19069.
- European Avalanche Warning Service, 2003. Avalanche classification.
- Johannesson T., Hakonardottir M., Lied K., Issler D., Gauer P., Naaim M., Faug T., Natale L., Barbolini M., Cappanica F., Pagliardi M., Rammer L., Sovilla B., Platzer K., Surinach E., Villajosana I., 2006. Avalanche test sites and research equipment in Europe: an updated overview. Deliverable No. 8 of the EU Project SATSIE (Avalanche studies and model validation in Europe), contract EVG1-CT2002-00059. Editor: M. Barbolini and D. Issler. 172.
- Sovilla B., Somavilla F. and Tomaselli A., 2002. Measurements of mass balance in dense snow avalanche events. Ann. Glaciol., 32, 230-236.
- Sovilla B. and Bartelt P., 2002. Observations and modelling of snow avalanche entrainment. Natural Hazards and Earth System Science, 2, 3/4, 169-179.
- Sovilla B., Margreth S., Bartelt, P., 2007. On snow entrainment in avalanche dynamics calculations. Cold Reg. Sci. Technol., 47, 69-79.