

Programma di Cooperazione Transfrontaliera Italia-Svizzera 2007-2013

Le opportunità non hanno confini

FESR   



IRKIS – Sistema informativo interregionale per le crisi idrologiche

Interreg Italia-Svizzera 2007-2013

AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



PROVINCIA
AUTONOMA
DI BOLZANO
ALTO ADIGE



CANTONE
DEI GRIGIONI



Editore: Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige e Cantone dei Grigioni

Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige

Ripartizione Protezione antincendi e civile

Direttore di ripartizione dott. Hanspeter Staffler, viale Druso 116, 39100 Bolzano

hanspeter.staffler@provincia.bz.it, www.provincia.bz.it/protezione-civile

Cantone dei Grigioni, Ufficio foreste e pericoli naturali

Pericoli naturali

Christian Wilhelm, Loëstrasse 14, CH-7000 Coira

christian.wilhelm@awn.gr.ch, www.awn.gr.ch

© 2012

Redazione

Andreas Zischg (Abenis Alpinexpert GmbH/Abenis AG)

a.zischg@abenis.it, www.abenis.it/www.abenis.ch

Grafica (Copertina)

www.sonya-tschager.com

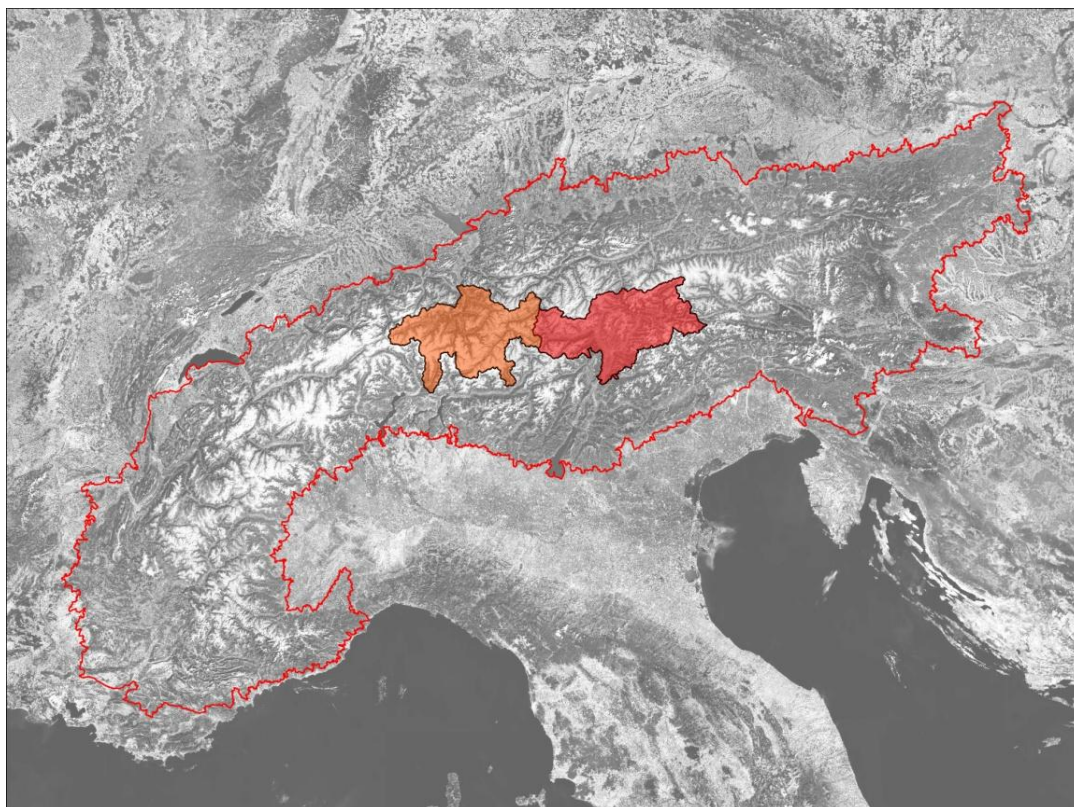
Possibile ristampa solo con l'autorizzazione dell'editore.



IRKIS - Sistema informativo interregionale per le crisi idrogeologiche ed idriche

Interreg Italia-Svizzera 2007-2013

Rapporto finale riassuntivo



Questo rapporto si basa sui contributi di un numero di persone.
L'elenco si trova alla fine del rapporto.

Contenuto

1	Introduzione.....	6
2	Contenuto e svolgimento del progetto	8
3	Sistemi di monitoraggio e di allertamento	11
3.1	Analisi delle reti di misurazione.....	11
3.2	Ampliamento delle reti di misurazione e dei sistemi di monitoraggio.....	16
4	Piattaforma informativa	26
5	Basi decisionali per il sistema di allertamento e di intervento (sistema semaforico)	29
5.1	Adeguamento dei modelli previsionali delle piene	40
5.2	Supporto decisionale per l'individuazione tempestiva di siccità estrema.....	47
6	Allertamento e pianificazione delle emergenze a livello comunale	49
7	Conclusioni e prospettive	52
8	Rapporti di progetto	54
9	Altra bibliografia	57
10	Ringraziamento	58

Premessa

Le piene e le colate detritiche costituiscono una costante causa di gravi danni in Alto Adige e nei Grigioni. A seguito del cambiamento climatico, questi danni potrebbero aumentare ulteriormente. A ciò si aggiungono le grandi incertezze in merito al momento e al luogo in cui si potrebbero verificare questi eventi. Il comprovato sistema di gestione dei rischi mediante zone di pericolo, strutture protettive e boschi di protezione deve essere rafforzato con provvedimenti di tipo organizzativo, tra i quali rientrano un sistema che permetta ad autorità, forze di pronto intervento e gestori di infrastrutture critiche di lanciare il più rapidamente possibile un allarme maltempo e che consenta di fornire informazioni adeguate alla popolazione.

Quando sono previste forti precipitazioni, le autorità cantonali e regionali devono affrontare diverse problematiche: quali saranno le conseguenze della prevista precipitazione? Si possono verificare piene o colate detritiche? Qual è la situazione dei bacini idrogeologici? Il manto nevoso è umidificato, qual è lo stato del terreno? Deve essere lanciata un'allerta? Le strade di traffico interessate devono essere chiuse? Bisogna informare i comuni e la popolazione?

Al giorno d'oggi vengono misurati molti dati relativi a meteo, acqua, terreno, neve e vento e la possibilità di diffonderli, grazie a internet, è pressoché illimitata. A ciò si accompagna anche una grande aspettativa da parte dell'opinione pubblica, che si attende di essere avvisata di eventuali pericoli. Tuttavia, i dati da soli non rispondono alle suddette domande: sono necessarie ulteriori informazioni e conoscenze specifiche per poter fornire adeguate basi decisionali. Attualmente siamo ancora molto lontani dal poter prevedere con sufficiente precisione quando e dove si verificheranno eventi calamitosi quali piene, colate detritiche e frane. Queste problematiche aperte e i deficit di conoscenze riguardano più o meno allo stesso modo tutte le regioni alpine.

Per questi motivi, la Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige e il Cantone dei Grigioni hanno avviato il progetto "IRKIS – Sistema informativo interregionale per le crisi idrogeologiche ed idriche" nell'ambito del programma Interreg Italia-Svizzera 2007-2013. Gli obiettivi di questo progetto erano da un lato l'analisi e l'ampliamento dei sistemi di monitoraggio, dall'altro l'elaborazione delle informazioni disponibili per gli organi decisionali di competenza nella gestione dei pericoli naturali. Il progetto si poneva finalità molto ambiziose, intendendo tanto includere i più recenti risultati della ricerca quanto prendere in considerazione anche i concreti problemi di attuazione sul posto.

All'istituto federale per lo studio della neve e delle valanghe SLF di Davos è stato conferito l'incarico dell'elaborazione scientifica di varie problematiche. Le modellizzazioni relative al manto nevoso e all'umidità del terreno erano disponibili in ugual misura per Alto Adige e Grigioni; lo studio di ingegneria geo7 ha elaborato per entrambi i partner di progetto delle procedure per classificare le tipologie dei processi di deflusso. In questo modo, si è riusciti a garantire un vivace scambio di informazioni dal punto di vista pratico e scientifico. Lo studio di ingegneria Abenis, infine, ha diretto i lavori dall'alto della sua esperienza coordinandoli tra Alto Adige, Grigioni e autorità competenti per il programma.

In Alto Adige, il progetto IRKIS ha aperto la strada a una prospettiva globale sui pericoli naturali. Al centro dell'attività di ricerca è stato posto lo stato di sistema, nel tempo e nello spazio, della nostra area naturale, con l'obiettivo di identificare il prima possibile pericolosi processi idrogeologici. Un affidabile sistema di allertamento protegge la nostra società dinamica dai danni, allo stesso modo in cui i semafori proteggono gli utenti del traffico dai pericoli del caotico sistema di circolazione urbano. IRKIS ha posto la prima pietra sulla quale costruire, nei prossimi anni, un solido sistema di allertamento moderno.

Per quanto riguarda i Grigioni, il progetto IRKIS ha mostrato che presso oltre trecento stazioni vengono rilevati, da parte di diversi soggetti, dati relativi a neve, precipitazioni, deflusso, ecc. L'accesso a tutti i dati non è ancora possibile e nei prossimi anni si dovranno colmare delle lacune nelle reti di misurazione. Grazie alla Piattaforma informativa comune sui pericoli naturali GIN di Confederazione e Cantoni, in futuro i dati di IRKIS potranno anche essere messi a disposizione dei comuni, in modo semplice e tempestivo. Nella Valle Dischma (una valle laterale di Davos) l'SLF ha installato e gestito sul posto una rete di misurazione ampliata per verificare i modelli sviluppati in IRKIS in relazione a manto nevoso, umidità del terreno e deflusso. Dalla primavera del 2012 i dati modellati e misurati sono messi a disposizione dei responsabili per la sicurezza del comune di Davos sulla piattaforma GIN. Queste informazioni saranno valutate e utilizzate in futuro per le necessarie misure preventive nella zona del comune in caso di calamità atmosferiche e massicci scioglimenti di neve. Le rilevazioni dettagliate attualmente possibili nei bacini idrografici più piccoli dovranno in futuro essere fattibili anche in vallate più grandi e in tutto il Cantone.

Grazie all'ormai decennale collaborazione tra Alto Adige e Grigioni in diversi progetti interregionali, la cooperazione è stata molto efficiente e mirata. Il prossimo progetto comune è già ai blocchi di partenza. Le sfide costituite dai pericoli naturali che Alto Adige e Grigioni devono fronteggiare sono simili e possono essere superate più efficacemente grazie a sforzi congiunti!

Hanspeter Staffler, Christian Wilhelm

1 Introduzione

Gli eventi calamitosi degli ultimi anni hanno dimostrato da un lato il successo nella gestione dei pericoli naturali, che ha permesso di evitare i danni mediante l'adozione di misure preventive, dall'altro hanno però anche messo in evidenza la necessità di provvedimenti per l'ottimizzazione della gestione del rischio. Quando è stato avviato il progetto, i compiti più urgenti per l'ottimizzazione della gestione del rischio erano il miglioramento del sistema di allertamento, il coordinamento dei gruppi dirigenti e delle forze d'intervento a livello locale, regionale e nazionale, l'ottimizzazione degli interventi durante e dopo eventi estremi e il miglioramento della pianificazione di emergenze e interventi.

Le esperienze degli ultimi anni nella Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige e nel Cantone dei Grigioni hanno evidenziato la grande importanza del sistema di allertamento e della valutazione della situazione prima e durante un evento di precipitazione estrema. A seconda dello stato dei bacini idrografici e di specifici parametri ambientali quali il livello di umidità del suolo, l'altezza e il grado di umidità del manto nevoso, il grado di copertura della vegetazione e la temperatura del suolo, una precipitazione può avere conseguenze più o meno gravi su pericoli naturali quali piene, colate detritiche e frane.

Per ottimizzare i piani di emergenza e gli interventi delle forze di sicurezza in caso di necessità, è necessario mettere a disposizione delle forze di intervento tutte le informazioni necessarie. A questo fine, bisogna che i sistemi di allertamento siano funzionanti, e in caso di crisi deve essere garantita una rapida e sicura elaborazione delle informazioni da fornire agli organi decisionali. Quando è stato avviato il progetto, nel marzo 2009, i livelli dirigenziali cantonali e regionali non avevano ancora la possibilità di avere una rapida panoramica sullo stato aggiornato del sistema nei bacini idrografici del Cantone o della regione. Nonostante la molteplicità dei dati misurati, nel momento in cui scattava un allarme maltempo, i servizi meteo non erano in grado di descrivere e valutare lo stato ambientale al fine di poter meglio stimare, sulla scorta di questa valutazione, le conseguenze della prevista precipitazione.

Obiettivi del progetto

Per ovviare a queste carenze, è stato avviato il progetto "IRKIS – Sistema informativo interregionale per le crisi idrogeologiche ed idriche". Considerato che tanto in Alto Adige quanto nei Grigioni si stava lavorando parallelamente a una soluzione per i problemi sopra descritti, si è così presentata l'occasione di avviare un progetto comune nell'ambito del programma Interreg 2007-2013 Italia-Svizzera. Il progetto è stato avviato e condotto dalla Ripartizione Protezione antincendi e civile della Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige e dall'Ufficio foreste e pericoli naturali del Cantone dei Grigioni, con l'obiettivo di sfruttare possibili sinergie derivanti dalla comune gestione della problematica.

Scopo del progetto congiunto erano il potenziamento e il miglioramento delle basi per la valutazione delle informazioni meteo rilevanti prima e durante un evento estremo, nonché la loro elaborazione per metterle a disposizione a diversi livelli amministrativi per la gestione dell'evento. Oltre al perfezionamento dei sistemi informativi, l'obiettivo era di promuovere lavori di sviluppo e di ricerca per preparare la successiva generazione di sistemi di allertamento operativi. Le misure di intervento dovevano essere pianificate e realizzate sulla scorta di esempi concreti. Si intendeva in tal modo mettere a disposizione degli istituti responsabili, ai diversi livelli amministrativi di competenza, informazioni e strumenti che li aiutassero nel loro lavoro al verificarsi di un evento calamitoso.

2 Contenuto e svolgimento del progetto

Lo svolgimento del progetto è stato ripartito in base agli obiettivi menzionati nell'introduzione. Le attività del progetto sono state suddivise in cinque pacchetti di lavoro, che sono stati svolti da entrambi i partner, tenendo in considerazione le rispettive condizioni quadro e i lavori precedenti già a disposizione. Alcuni progetti di sviluppo sono stati finanziati congiuntamente dai due partner. Di seguito viene fornita una breve descrizione dei pacchetti di lavoro.

Pacchetto di lavoro WP1: Sistemi per il monitoraggio e per l'allertamento

Nelle aree alpine, a causa della complessa topografia e dell'elevata velocità di deflusso nei casi di piene, i tempi per l'allertamento sono molto brevi; la rapidità dei tempi di reazione costituisce quindi una grande sfida ai fini di un intervento adeguato in caso di emergenza. A seguito del cambiamento climatico, inoltre, bisogna aspettarsi eventi più intensi e più frequenti. Nei piccoli bacini idrografici, l'allerta per pericoli derivanti da piene e colate detritiche è molto difficoltosa a causa della limitatezza territoriale di fenomeni meteorologici quali le celle temporalesche, nonché delle difficoltà nelle previsioni sul deflusso; ne consegue che la costante osservazione dello stato dell'ambiente e della predisposizione a elevati deflussi in superficie costituisce un aspetto fondamentale dei sistemi di allertamento nei bacini idrografici di montagna. L'integrazione degli attuali sistemi di ricognizione ambientale ai fini della descrizione e della valutazione dello stato di sistema nei bacini idrografici rappresenta una condizione necessaria per migliorare la stima delle possibili conseguenze della prevista precipitazione.

Obiettivo principale di questo pacchetto di lavoro erano il **miglioramento e l'integrazione dei sistemi esistenti per l'osservazione ambientale**, al fine di consentire una valutazione della predisposizione attuale alle piene.

Come base per tutte le altre fasi del progetto, si sono analizzate e valutate dal punto di vista qualitativo le reti di misurazione esistenti e adeguate per il monitoraggio ambientale e per l'allertamento in caso di possibili inondazioni o altri eventi calamitosi. In una fase successiva, si sono testati e valutati nuovi sensori per la misurazione di determinati parametri ambientali e si è verificata la possibilità di potenziare le reti di misurazione. In questo ambito, si è posta particolare attenzione al monitoraggio del manto nevoso e dell'umidità del terreno come base per la previsione di altezze di deflusso elevate o di siccità. A questo fine si è analizzata l'adeguatezza dei dati di telerilevamento per seguire l'evoluzione nel tempo dello stato del manto nevoso e per determinare l'umidità e la temperatura del terreno, confrontando poi questi dati con le misurazioni "in situ". Infine, è stato mostrato in quale modo si possono integrare questi dati negli attuali sistemi di monitoraggio e di allertamento.

Pacchetto di lavoro WP2: Piattaforma informativa

Prima e nel corso di un evento calamitoso sono necessarie varie informazioni relative ad andamento meteo, analisi della situazione, caratteristiche della precipitazione e del deflusso, previsioni, danni già

verificatisi; questi dati debbono inoltre essere disponibili in modo semplice e rapido su un'unica piattaforma informativa.

L'obiettivo principale di questo pacchetto di lavoro era l'**elaborazione e la messa a disposizione di tutte le informazioni necessarie per la valutazione della situazione e dello stato dei bacini idrografici**.

Il primo passo di questo pacchetto di lavoro è stato il controllo (e, ove necessario, l'adeguamento agli obiettivi del progetto) delle banche dati esistenti per i sistemi di monitoraggio e di allertamento, ai fini di una loro integrazione nella piattaforma informativa o nel sistema informativo interregionale per le crisi idrogeologiche ed idriche.

Pacchetto di lavoro WP3: Basi decisionali nelle fasi di allertamento e di intervento

Punto di partenza di ogni sistema di allertamento per i pericoli naturali derivanti da precipitazioni atmosferiche e siccità è la previsione meteo. I modelli previsionali delle piene attualmente disponibili possono includere nel loro calcolo le previsioni sulle precipitazioni e indicare quali deflussi possono essere causati dalla prevista precipitazione. Questi modelli richiedono però una calibratura per ogni area di intervento e possono essere utilizzati solo in forma ridotta nei piccoli bacini idrografici di montagna. L'effetto di una prevista precipitazione o di un previsto periodo di siccità sull'andamento del deflusso dipende da molti fattori e soprattutto dall'attuale stato ambientale dei bacini idrografici. I più recenti modelli previsionali delle piene possono prendere in considerazione lo stato attuale di singole grandezze relative allo stato ambientale dei bacini idrografici e di conseguenza aumentare sensibilmente l'attendibilità e la qualità della catena di modelli che va dalla previsione meteo alla previsione sui deflussi, fino alla stima delle conseguenze come base per la predisposizione degli interventi. Questi modelli vengono impiegati in selezionati territori parziali al fine di ottenere in questo modo migliori informazioni sul possibile andamento dell'evento. Tuttavia, nei bacini idrografici più piccoli, la risoluzione spaziale delle previsioni meteorologiche non è ancora adeguata alle esigenze di un processo decisionale a livello locale. Inoltre, nei bacini idrografici alpini i processi meteorologici sono così circoscritti che non è possibile delimitarne in modo preciso la comparsa e il relativo andamento. Di conseguenza, una previsione dettagliata del deflusso in queste aree è possibile solo in forma limitata, soprattutto con le precipitazioni temporalesche estive. In questi casi, solamente la conoscenza delle condizioni attuali dei bacini idrografici e quella del comportamento di reazione dei bacini alla condizione meteorologica prevista può consentire un miglioramento del sistema di allertamento.

L'obiettivo principale di questo pacchetto di lavoro era lo sviluppo di un sistema di supporto alle procedure decisionali che fosse in grado di descrivere e classificare, sulla base dei dati misurati, l'**attuale predisposizione ai deflussi di piena nei bacini idrografici**. In questo modo si intende facilitare la stima delle conseguenze di una prevista precipitazione.

Come primo passo si è elaborata una bozza di procedura per la valutazione della predisposizione dei bacini idrografici ai deflussi di piena. La bozza proposta è stata discussa all'interno di diversi workshop, analizzando le condizioni quadro per lo sviluppo di un tale supporto decisionale. Sono stati selezionati i parametri ambientali da prendere in considerazione, si sono definiti i limiti delle previ-

sioni meteo e i gruppi di utenza e si è stabilito il grado di risoluzione spaziale e temporale che si intende raggiungere. Questa bozza è stata poi attuata nell'ambito di un successivo progetto pilota. Si sono inoltre ampliati i modelli esistenti per la previsione delle piene in modo tale da poter prendere in considerazione i dati di monitoraggio dello stato di sistema attuale dei bacini idrografici. In particolare, si è testato in quale misura l'impiego di questi dati supplementari sullo stato di sistema (soprattutto manto nevoso e umidità del terreno) possano migliorare le previsioni. Ai fini di un ulteriore perfezionamento dei modelli previsionali delle piene si sono poi misurate, in punti selezionati, le capacità di deflusso dei corsi d'acqua. Confrontando le portate di deflusso previste con la relativa capacità di deflusso è possibile formulare delle previsioni su possibili esondazioni. Nei Grigioni si è testato un modello previsionale dei deflussi in bacini idrografici molto piccoli, per poterlo utilizzare in futuro come base per il sistema di allertamento maltempo del comune di Davos.

Pacchetto di lavoro WP4: Piani di emergenza e mappe di intervento nelle regioni pilota

La prevenzione e la riduzione dei danni a livello locale (comune) sono di competenza delle autorità comunali e dei vigili del fuoco. A seconda della portata dell'evento, questi sono supportati da centri specialistici locali o cantonali, dalla protezione civile nazionale o dall'esercito. L'intervento in caso di necessità può essere molto più efficace se viene preventivamente pianificato, istituzionalizzato e testato e se, quando si verifica l'evento calamitoso, le informazioni possono essere tradotte in provvedimenti concreti in modo costante, tempestivo e adeguato alla situazione. Le mappe di intervento come parti integranti dei piani della protezione civile o di quelli per le misure preventive possono aiutare l'esercito e le autorità locali nella gestione degli eventi calamitosi: sulla base delle carte del pericolo, esse forniscono informazioni concrete sulle minacce e sulle possibili operazioni da intraprendere.

L'obiettivo principale di questo pacchetto di lavoro era **l'integrazione delle mappe di intervento e dei sistemi di allertamento**.

In Alto Adige e nei Grigioni si è discusso su come conciliare i piani di intervento dei comuni con i sempre più precisi sistemi di allertamento per i pericoli naturali dovuti alle precipitazioni. Si è valutato quali siano i vantaggi che i responsabili per gli interventi a livello locale possono trarre dai sistemi di allertamento migliorati e da un sussidio decisionale per la valutazione dell'attuale predisposizione dei bacini idrografici. A seguito del progetto sono state realizzate numerose mappe di intervento.

Pacchetto di lavoro WP5: gestione del progetto e relazioni pubbliche

I pacchetti di lavoro tecnico-scientifici sono stati supportati da un team di gestione del progetto. I risultati del progetto sono stati resi disponibili all'opinione pubblica. Nella primavera del 2012 si è tenuta una conferenza stampa a Davos. Molti articoli relativi al progetto sono stati pubblicati su riviste.

3 Sistemi di monitoraggio e di allertamento

Come prima fase e come base per tutte le fasi di lavoro successive del progetto si è proceduto alla rilevazione delle reti di misurazione meteorologica e idrologica e dei sistemi di monitoraggio esistenti, valutandoli dal punto di vista di un'integrazione nel sistema di allertamento progettato.

3.1 Analisi delle reti di misurazione

Innanzitutto si sono messi insieme i metadati relativi a tutte le stazioni per le misurazioni idrologiche e meteorologiche nell'area interessata dal progetto. In conformità all'obiettivo del progetto, in fase di analisi della rete di misurazione si è prestata particolare attenzione alle stazioni per la misurazione di precipitazioni, altezza della neve, deflusso e umidità del terreno. Altri criteri considerati nella rilevazione delle stazioni sono stati i parametri ambientali quali temperatura, umidità dell'aria, vento e irraggiamento globale. Di seguito sono riassunti in breve i risultati di quest'analisi. Si prendono principalmente in considerazione i parametri relativi a precipitazioni, altezza della neve e deflusso. Nella lista dei dati delle stazioni si è data importanza soprattutto alla rilevazione del gestore della stazione e della frequenza di misurazione o di trasmissione.

Una descrizione dettagliata dei risultati si trova nei rapporti di progetto "IRKIS WP A, Deliverable A1: Übersicht Messnetze GR (Version 2)" (Marty & Henzen 2011) e "Zusammenfassender Bericht zur Analyse und Bewertung der bestehenden Messnetze in Südtirol" (Zischg et al. 2010).

3.1.1 Precipitazioni

In **Alto Adige** la competenza per la misurazione delle precipitazioni è del servizio meteo regionale. Alla fine del 2010, la rete di misurazione delle precipitazioni comprendeva 79 stazioni meteo che vengono costantemente aggiornate fin dal 2007. Nel 2011 sono state installate 9 stazioni. L'obiettivo è quello di raggiungere un numero di 69 stazioni automatiche con un intervallo di ricezione di 10 minuti.

Nei **Grigioni** le precipitazioni sono misurate da numerosi soggetti. I tre gestori più importanti della rete di misurazione delle precipitazioni sono MeteoSvizzera (SwissMetNet SMN e Rete di misurazione climatica KLIMA), l'SLF e Meteomedia. Inoltre, l'Ufficio Federale per l'Agricoltura gestisce delle stazioni proprie sul territorio del Cantone (Agrometeo). Presso 12 stazioni SMN le precipitazioni sono misurate attraverso pluviometri riscaldati e i dati sono trasmessi ogni 10 minuti. Le 6 stazioni KLIMA mettono a disposizione solamente dati giornalieri. Nelle 55 stazioni NIME si impiegano classici pluviometri senza riscaldamento, i dati sono trasmessi dall'osservatore. La trasmissione dei dati delle stazioni NIME è attualmente strutturata in modo da poter essere effettuata con cadenza minima giornaliera. L'SLF gestisce il sistema intercantonale di misurazione e di informazione IMIS, nei Grigioni 25 stazioni IMIS sono dotate di pluviometro e i dati vengono trasmessi ogni ora. Inoltre, il servizio

meteo privato Meteomedia gestisce una rete di 46 stazioni automatiche. Attualmente, MeteoSvizzera sta eseguendo interventi di ampliamento della rete di misurazione delle stazioni automatiche nell'ambito di OWARNA (un progetto della Confederazione per l'ottimizzazione dei sistemi di allerta e di allarme); gli interventi riguardano soprattutto le regioni senza sufficiente copertura, in cui si stanno aggiornando le stazioni presenti o installandone di nuove.

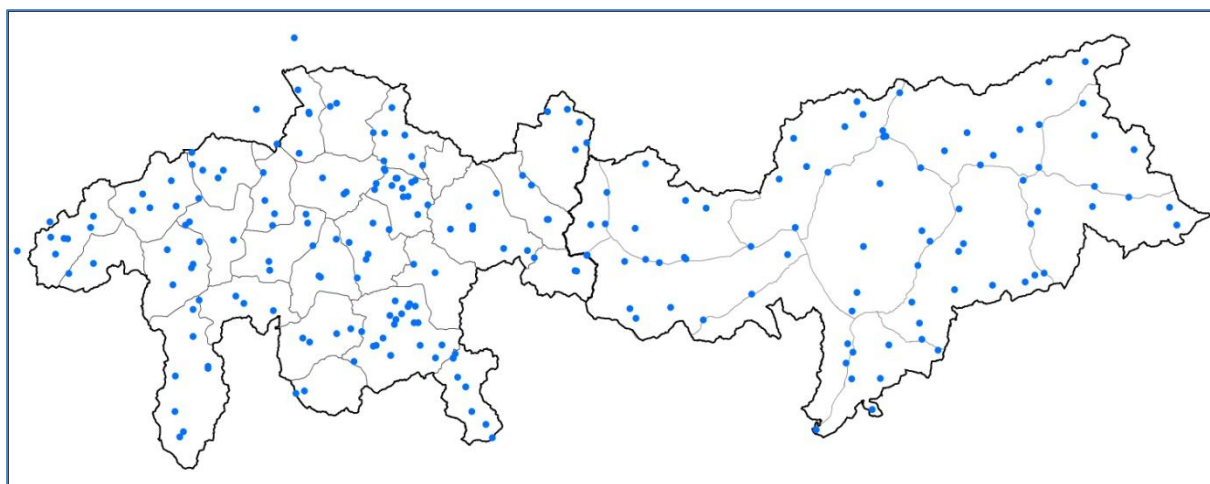


Figura 1: Stazioni di misurazione delle precipitazioni nell'area interessata dal progetto. Fonte: Marty & Henzen (2011), Zischg et al. (2010).

In Svizzera, la rete di misurazione mediante radar meteorologici è attualmente sottoposta a lavori di ammodernamento. Secondo MeteoSvizzera, una delle due nuove postazioni dovrebbe essere situata nei Grigioni, anche se non è ancora stato stabilito il luogo esatto. Dopo questo ampliamento, la copertura della parte orientale dei Grigioni sarà migliore di quella attuale. Questa nuova postazione darà altresì luogo a sinergie con l'Alto Adige, la cui area nord-occidentale, confinante con la Svizzera, non è ben coperta dal radar delle precipitazioni del Monte Macaion, (Passo Mendola).

3.1.2 Deflusso e livello dell'acqua

In **Alto Adige** le misurazioni dei deflussi sono condotte dall'Ufficio Idrografico della Regione. La rete di misurazione è formata da 51 stazioni idrometriche (dati del 2010), 23 delle quali hanno un'importanza strategica per il servizio di allerta piene e assicurano una trasmissione automatica dei dati ogni 10 o 30 minuti. Il rimanente è costituito da stazioni di misurazione del deflusso di bacini idrografici più piccoli e stazioni mobili con carattere di progetto. Nell'ambito del progetto IRKIS sono state sottoposte a nuova taratura le curve di portata delle stazioni a misurazione automatica (Vignoli 2010). L'obiettivo generale è quello di un'ottimizzazione della rete di misurazione. Come necessità prioritaria ai fini dell'ampliamento della rete di misurazione è stata individuata l'installazione di 4 nuove postazioni.

Nei **Grigioni** le misurazioni dei deflussi e dei livelli delle acque sono eseguite dal reparto Idrologia dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), dall'Ufficio per la natura e l'ambiente (ANU) del Cantone dei Grigioni e dalle molte società delle centrali idroelettriche. La rete di misurazione di base

dell'UFAM nel Cantone dei Grigioni comprende attualmente 27 stazioni di misurazione su acque di superficie. Oltre al deflusso dei fiumi, si misura anche il livello dell'acqua dei tre grandi laghi dell'Engadina. Il Cantone gestisce 16 stazioni di misurazione del deflusso, delle quali al momento 11 sono in funzione. In aggiunta alla rete di misurazione delle precipitazioni sopra descritta, le centrali possiedono in molti casi anche dei sensori di precipitazione, volti a misurare gli afflussi ai laghi artificiali e i relativi deflussi. Nell'ambito della Commissione Governativa Internazionale per il *Reno Alpino* (CGIRA) si svolgono delle consultazioni in merito a una procedura coordinata per l'integrazione di questi dati nella rete di misurazione. È ancora da verificare se il Cantone dei Grigioni si debba basare sulla procedura intercantonale/internazionale oppure si debba attivare autonomamente al fine di integrare queste misurazioni di deflusso nella rete di misurazione.

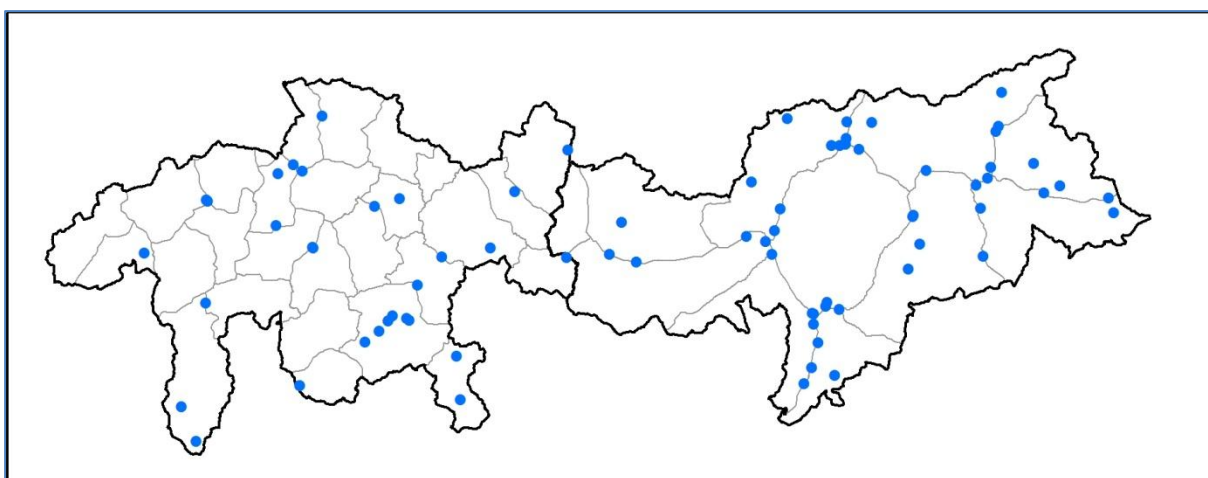


Figura 2: Stazioni di misurazione del deflusso nell'area interessata dal progetto Fonte: Marty & Henzen (2011), Zischg et al. (2010).

3.1.3 Altezza della neve ed equivalente in acqua

In **Alto Adige** la rete di misurazione comprende 16 stazioni nelle quali sono automaticamente misurate altezza della neve e velocità del vento. A queste si aggiungono altre 8 stazioni per il vento in alta quota. La densità della neve viene misurata presso le postazioni di osservazione e trasmessa ogni giorno. L'AINEVA (Associazione Italiana Neve e Valanghe), su incarico dell'autorità nazionale di protezione civile, ha effettuato una valutazione di tutte le reti di misurazione della neve in Italia. Da questa valutazione e dai lavori per l'assimilazione dei dati relativi al manto nevoso nelle mappe dell'equivalente in acqua della neve è emerso che la copertura non è sufficientemente adeguata soprattutto per le località più basse e in parte anche per quelle più elevate (Jonas 2010). La sovrapposizione delle stazioni con le zone interessate dal rapporto sulle valanghe indica che non in tutte le zone è presente almeno una stazione automatica. Nelle zone delle "Dolomiti occidentali" e delle "Alpi della Val di Non" non sono presenti stazioni automatiche per la misurazione della neve. Inoltre, il servizio valanghe in Alto Adige non possedeva, all'inizio del progetto, alcuno strumento per la realizzazione di mappe sulla diffusione spaziale del manto nevoso e dell'equivalente in acqua.

Nel Cantone dei **Grigioni** sono attualmente presenti 48 stazioni automatiche per la neve. Presso 55 stazioni (MeteoSvizzera 11, SLF 43) l'altezza della neve viene misurata almeno 1 volta al giorno; in futuro, il numero di queste stazioni si ridurrà lievemente passando a 52. L'irraggiamento globale, importante per la modellizzazione, è misurato nella metà delle stazioni. L'irraggiamento a onde lunghe è misurato solamente presso 3 stazioni.

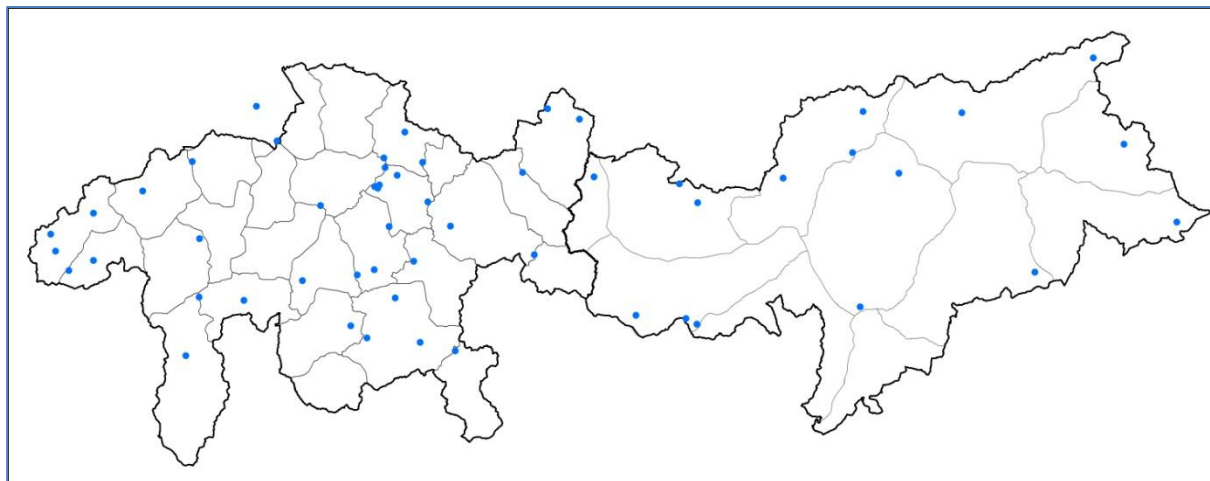


Figura 3: Stazioni di misurazione automatica della neve nell'area interessata dal progetto. Fonte: Marty & Henzen (2011), Zischg et al. (2010).

3.1.4 Umidità del suolo

Le misurazioni operative dell'umidità del suolo sono iniziate solamente alcuni anni fa. Le iniziative per l'allestimento di una rete di misurazione dell'umidità del suolo sono state avviate principalmente dal settore dell'agricoltura. Dal punto di vista della previsione delle piene è importante anche lo stato dei suoli, il grado di saturazione e quello di riempimento dei depositi d'acqua nel suolo. A seconda della problematica in questione, l'umidità del suolo si misura attraverso la tensione idrica (misurata in agricoltura mediante tensiometri) oppure per mezzo della conduttività elettrica con sensori FDR/TDR (Frequency Domain Reflectometry, Time Domain Reflectometry). Nell'ambito di IRKIS, sono stati rilevati i dispositivi di misurazione dell'umidità del suolo esistenti nelle due regioni e si è provveduto a dotare con sensori delle nuove località.

In **Alto Adige** ci sono 19 postazioni presso le quali il Centro per la Sperimentazione Agraria e Forestale di Laimburg e il Centro Di Consulenza Per La Fruttivicoltura di Lana hanno misurato l'umidità del suolo tramite tensiometri. La maggior parte delle serie di dati hanno una lunghezza temporale di ca. 5 anni. L'Accademia Europea di Bolzano ha eseguito, nell'ambito del progetto "Cambiamento climatico Alto Adige", misurazioni dell'umidità del suolo tramite sensori FDR in 16 località. Inoltre, l'umidità del suolo è stata misurata per 2 anni presso tre postazioni di misurazione della neve del servizio allerta valanghe (Busetto 2012).

Il Cantone dei **Grigioni** sta attualmente sviluppando, insieme ad altri cantoni della Svizzera orientale, una rete per la misurazione dell'umidità del suolo per l'agricoltura (www.bodenfeuchte-ostschweiz.ch). In 6 postazioni viene misurata la tensione idrica sul terreno in superficie e nel sotto-suolo; i dati sono disponibili online. Nell'ambito di Swiss Experiment (Interdisciplinary Environmental Research), in breve SwissEx, l'SLF gestisce per finalità scientifiche alcune stazioni climatiche, attivate sulla piattaforma SwissEx (www.swiss-experiment.ch). In 7 stazioni viene misurata l'umidità del terreno, così come anche presso la stazione IMIS di Davos Flüelastrasse. Nell'ambito del progetto di ricerca SwissMex (www.iac.ethz.ch/groups/seneviratne/research/SwissSMEX) l'ETH di Zurigo, l'Agroscope ART, MeteoSvizzera e il WSL gestiscono in comune una rete di misurazione dell'umidità del suolo per la Svizzera. Questa rete si basa su sensori TDR (Time Domain Reflectometry).

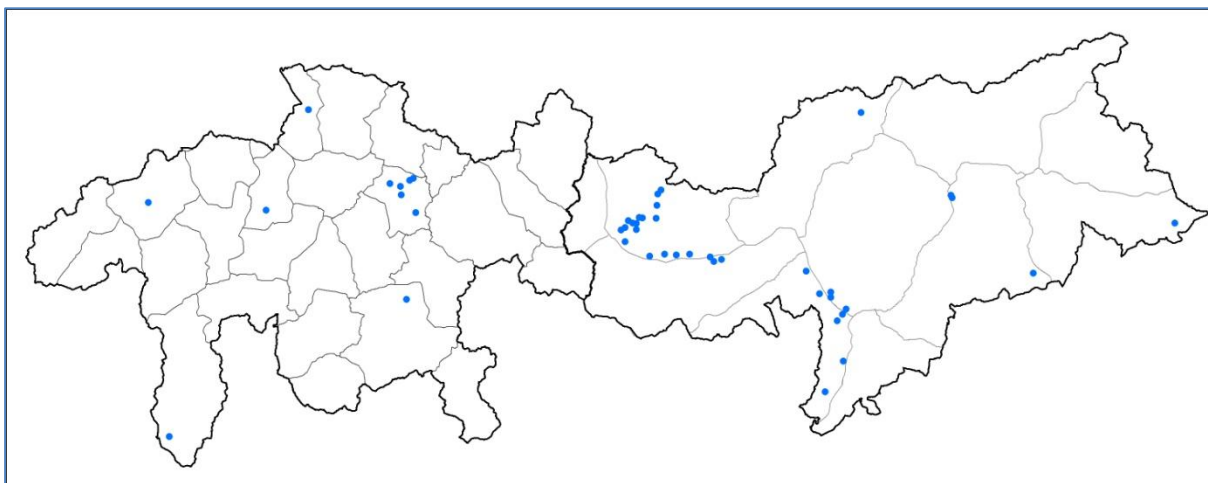


Figura 4: Postazioni con misurazione dell'umidità del suolo nell'area interessata dal progetto. Fonte: Marty & Henzen (2011), Busetto (2012). Come si può vedere, le postazioni sono ripartite in modo non uniforme.

3.2 Ampliamento delle reti di misurazione e dei sistemi di monitoraggio

L'analisi dei sistemi di misurazione da una parte e i requisiti per uno schema di valutazione dell'attuale predisposizione alle piene dei bacini idrogeologici alpini dall'altra rivelano una necessità di informazioni relative a manto nevoso, equivalente in acqua della neve e stato dei depositi d'acqua del terreno. Di seguito sono descritte le analisi condotte nell'ambito del progetto IRKIS per l'ampliamento dei sistemi di monitoraggio.

3.2.1 Riassunto sull'ampliamento delle reti di misurazione

In **Alto Adige** è da poco disponibile un numero sufficiente di stazioni meteo, soprattutto a seguito dell'attuazione dei previsti ampliamenti. I dati possono essere richiamati a intervalli che vanno dai 10 ai 30 minuti e confluiscono in una banca dati omogenea. Interventi di ottimizzazione sono ancora necessari per quanto concerne i dati sulla neve, soprattutto nelle postazioni più in basso e in quelle più in alto, nonché nelle zone centrali e sud-orientali della regione. È necessario ricondurre in un ambito omogeneo la molteplicità delle misurazioni dell'umidità del suolo e bisogna chiarire gli aspetti di accesso ai dati e di scambio degli stessi. Le esperienze maturate nell'ambito del progetto con le misurazioni dell'umidità del suolo mostrano un elevato potenziale per un'integrazione a medio termine di questo parametro ambientale nella rete di misurazione dell'amministrazione regionale. È stato possibile colmare la precedente lacuna circa la possibilità di redigere mappe sulla diffusione spaziale del manto nevoso e dell'equivalente in acqua.

Il Cantone dei **Grigioni** è da poco tempo dotato di un numero sufficiente di stazioni di misurazione automatiche per precipitazioni, neve e deflusso; i dati sono disponibili su diverse piattaforme. Gli sviluppi della GIN (Piattaforma informativa comune sui pericoli naturali) e quindi la rappresentazione delle informazioni più importanti su una piattaforma informativa hanno notevolmente facilitato la possibilità di consultazione dei dati. A seguito dei previsti interventi di automatizzazione e riorganizzazione, il numero delle stazioni per la rilevazione delle precipitazioni disponibili sulla piattaforma GIN passerà dalle 12 del 2011 alle 63 del 2013. La distribuzione di tutte queste stazioni automatiche ai diversi livelli di altitudine al di sotto dei 2700 m è relativamente regolare: ca. 10-12 stazioni ogni 300 m di altitudine. Sussistono alcune possibilità di potenziamento e di ottimizzazione a medio e lungo termine delle attuali stazioni per il rilevamento delle precipitazioni. 7 delle regioni oggetto di MeteoSvizzera presentano una copertura insufficiente e vi si dovranno installare nuove stazioni. Presso 12 località devono essere integrate le stazioni automatiche. In caso di necessità, la frequenza di misurazione delle stazioni IMIS ed ENET può essere commutata da 30 a 10 minuti. Le 22 stazioni NIME di MeteoSvizzera da automatizzare potrebbero essere equipaggiate, in caso di necessità e in presenza della relativa disponibilità finanziaria, con altri strumenti di misurazione, soprattutto per quanto concerne le misurazioni dell'umidità del terreno. Le rimanenti 23 stazioni NIME che sono ancora comandate manualmente potranno essere automatizzate in futuro.

3.2.2 Monitoraggio dell'andamento spaziale e temporale del manto nevoso e del contenuto d'acqua della neve

In Svizzera, l'SLF elabora regolarmente e su vasta scala le basi informative per la valutazione della situazione del manto nevoso. Accanto alle informazioni trasmesse con i bollettini sulle valanghe, sempre più spesso si mettono a disposizione anche dati sulla neve, da utilizzare per le problematiche idrologiche; si tratta, fondamentalmente, delle mappe relative ad altezza della neve, altezza della neve fresca e di recente anche all'equivalente in acqua della neve (cfr. fig. 5).

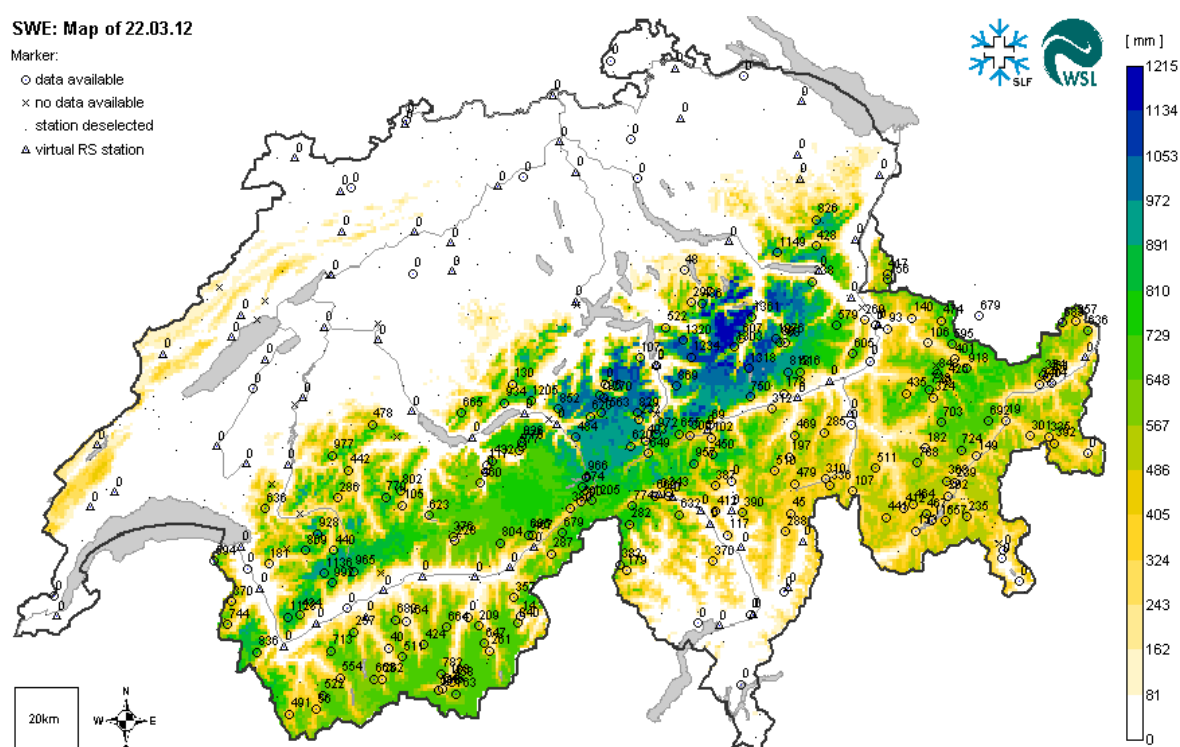


Figura 5: Mappa dell'equivalente in acqua della neve in Svizzera. La mappa mostra la distribuzione spaziale dell'equivalente in acqua contenuto nel manto nevoso. Fonte: www.gin.admin.ch

Mappe dell'equivalente in acqua della neve in Alto Adige

Il servizio valanghe della Provincia Autonoma di Bolzano non disponeva, all'inizio del progetto, di strumenti e metodi di routine per realizzare mappe relative all'equivalente in acqua della neve o prodotti analoghi. Nell'ambito del progetto IRKIS è stata eseguita un'analisi comparativa dei metodi per l'elaborazione di mappe su altezza della neve, altezza della neve fresca ed equivalente in acqua della neve (Dall'Amico 2010). In questa fase di lavoro si sono descritti i modelli di ripartizione spaziale del manto nevoso nell'arco di un lungo periodo, al fine di facilitare la scelta della metodica. Nella successiva discussione si è affrontata la questione se l'elaborazione delle mappe desiderate si dovesse basare su un calcolo dei dati con l'ausilio di un modello fisico e delle stazioni meteo ben presenti e sufficientemente distribuite, oppure se dovesse fondarsi su una procedura di assimilazione con i dati

disponibili delle stazioni di misurazione della neve. Alla fine, in Alto Adige si è optato per l'applicazione della procedura di assimilazione sviluppata presso l'SLF. L'SFL si è dichiarato disponibile ad adeguare la procedura alla situazione dell'Alto Adige e a programmare un software per il servizio di allerta valanghe, affinché la regione avesse la possibilità di redigere autonomamente queste mappe sulla base dei dati delle stazioni. La procedura e l'applicazione in Alto Adige sono descritte nei rapporti di progetto Jonas (2010) e Magnusson (2011). In questo caso è risultato evidente il vantaggio fornito dai progetti Interreg. Conferendo l'incarico al partner di ricerca SLF e con la disponibilità di questo al trasferimento della tecnologia, nell'ambito dell'IRKIS, in base alle specifiche del cliente, il partner di progetto Alto Adige si è potuto risparmiare un considerevole lavoro di sviluppo.

Le altezze della neve possono essere misurate in modo relativamente semplice, rapido e preciso tanto manualmente quanto automaticamente. Le cose stanno invece diversamente per quanto riguarda l'equivalente in acqua della neve, la cui rilevazione manuale necessita di molto tempo ed è relativamente imprecisa. Dispositivi fissi quali i cosiddetti "cuscinetti" (snow pillow) permettono le misurazioni automatiche dell'equivalente in acqua della neve presso postazioni fisse, ma la spesa è decisamente maggiore rispetto ai sensori per l'altezza della neve e, in presenza di determinate caratteristiche del manto nevoso, sono sempre possibili degli errori di misurazione (Jonas 2010). Una buona panoramica sulle attuali possibilità di rilevazione automatica dell'equivalente in acqua della neve è fornita da Egli et al. (2009).

I calcoli per le mappe dell'equivalente in acqua della neve in Alto Adige si basano su un modello di densità della neve calibrato sulla scorta di dati provenienti dalla Svizzera (Jonas et al. 2009, Sturm et al. 2010). I dati di ingresso necessari sono l'altezza della neve, la data della misurazione e il luogo della misurazione. Il modello presenta il vantaggio di non necessitare di alcuna informazione meteorologica in ingresso: ne consegue una buona applicabilità nelle più diverse condizioni; d'altra parte, in caso di forti scostamenti rispetto alle normali condizioni temporalesche, possono verificarsi degli errori sistematici. Mediante una procedura di interpolazione spaziale e una conversione dei dati in un'altezza di riferimento (detrending), i dati sull'altezza della neve presso le stazioni vengono interpolati sulla superficie e convertiti in equivalenti in acqua della neve (per dettagli cfr. Jonas 2010). La quantità di stazioni presenti nell'area soggetta alla ricerca indica il grado di complessità raggiungibile dalla procedura di detrending.

Dalle informazioni sulla rete delle stazioni in Alto Adige emerge che le valutazioni relative ad altezze superiori ai 2100 metri sono scarsamente suffragate da dati, che il numero di stazioni al di sotto dei 1000 è relativamente basso e che il centro della regione non è coperto. Per questo motivo, il modello è stato realizzato in modo così flessibile da permettere di elaborare le mappe o mediante la serie di dati ridotta fornita dalle stazioni automatiche oppure con la serie di dati completa derivante dalle misurazioni manuali quotidiane. I dati possono inoltre essere integrati con mappe satellitari di distribuzione della neve.

L'EURAC elabora periodicamente delle mappe relative alla diffusione spaziale del manto nevoso. Queste mappe fanno riferimento, a seconda della copertura nuvolosa, a diversi periodi di tempo e forniscono informazioni in forma binaria sulle aree coperte dalla neve e su quelle libere. Inoltre, un apposito segno convenzionale indica la presenza di una copertura nuvolosa lungo tutto l'intervallo

temporale (composizione di una o due settimane). La procedura per la realizzazione di mappe sull'equivalente in acqua della neve utilizza queste mappe satellitari della distribuzione della neve verificando l'eventuale assenza di neve presso determinate località predefinite (le cosiddette stazioni virtuali). In tal caso, questa informazione viene inserita nella procedura di detrending.

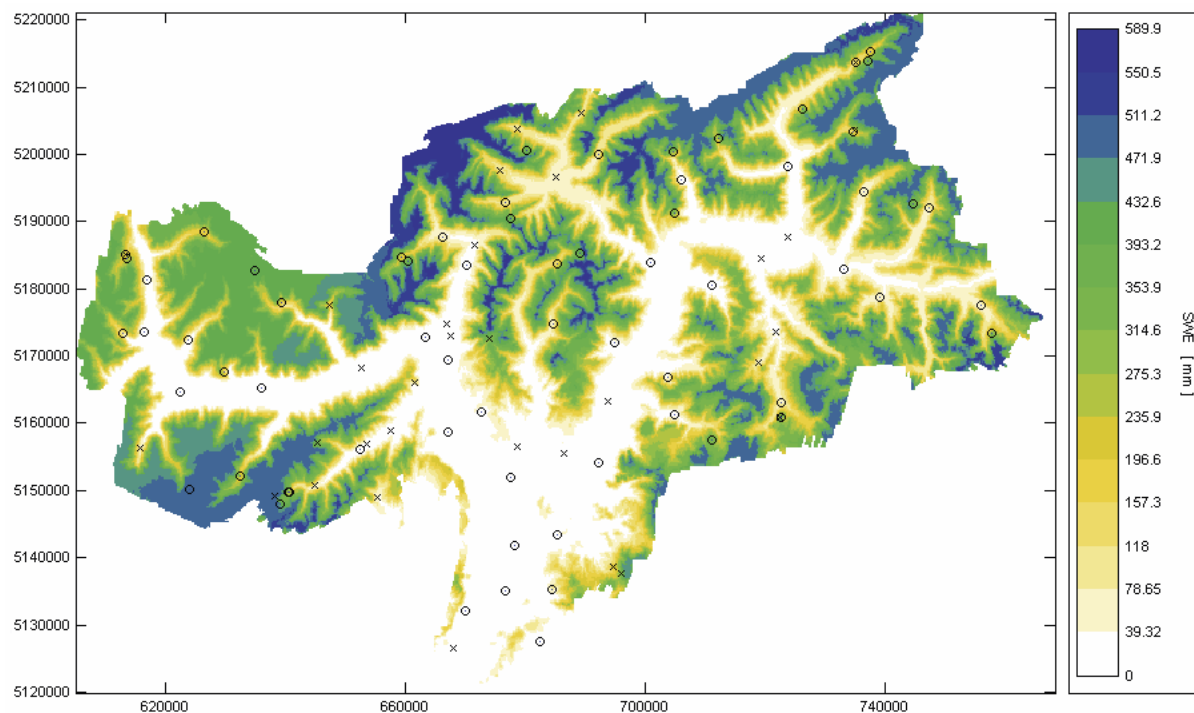


Figura 6: Mappa dell'equivalente in acqua della neve dell'01.03.2011. Le località con dati disponibili sono indicate con cerchi, quelle senza dati disponibili con crocette. La mappa mostra l'equivalente in acqua della neve presente nel manto nevoso il giorno 22 marzo 2012. Fonte: Magnusson (2011).

Il risultato della procedura sono le mappe dell'equivalente in acqua della neve (cfr. fig. 6). La procedura consente inoltre la realizzazione di mappe dell'altezza della neve.

Una descrizione dettagliata dei risultati è reperibile nei seguenti rapporti di progetto: “Technischer Bericht zur Vorgehensweise zur periodischen Ermittlung der aktuellen Schneevertelung in der Region Bozen im Rahmen des Interreg Projekts IRKIS” (Jonas 2010), “Technischer Bericht zur Berechnung der Schneewasseräquivalentkarten für den Winter 2010/11 für Südtirol” (Magnusson 2011), “Elaborato tecnico sui metodi di spazializzazione della neve e proposta di un algoritmo per la Provincia di Bolzano nell'ambito del progetto IRKIS” (Dall'Amico 2010).

3.2.3 Modellizzazione e monitoraggio dell'umidità del suolo

Il fenomeno di deflusso nei bacini idrogeologici è caratterizzato in modo preponderante dallo stato e dal grado di saturazione dei depositi d'acqua del terreno immediatamente prima di un evento di precipitazione. I suoli di un bacino idrogeologico determinano la capacità di filtrazione e quella di accumulazione delle acque. A seconda dello spessore e della tipologia dei terreni si verificano, nel corso di una precipitazione, diversi tipi di deflusso superficiale. Un suolo molto asciutto possiede una capacità di filtrazione fortemente limitata all'inizio dell'evento di precipitazione. Ma quando l'intensità dell'evento supera la capacità di filtrazione oppure si esaurisce la capacità di accumulo da parte del terreno, gran parte della precipitazione non può più disperdersi e defluisce scorrendo sulla superficie, con conseguente rapida reazione del bacino idrogeologico e formazione di un deflusso di piena.

Il grado di riempimento del deposito d'acqua del terreno e il grado di umidità dello stesso possono essere misurati o modellizzati. Dal momento che l'umidità del suolo è misurabile soltanto presso un limitato numero di postazioni, nell'ambito del progetto IRKIS sono state valutate varie possibilità per mettere a disposizione queste informazioni con altri metodi. Da una parte si è proceduto a perfezionare lo sviluppo del modello per l'andamento del manto nevoso SNOWPACK, da utilizzarsi nel corso dell'estate, dall'altra si sono verificate le possibilità di monitoraggio dell'umidità del terreno attraverso una procedura di telerilevamento, valutandole in riferimento alle problematiche affrontate dal progetto. Parallelamente, sia in Alto Adige che nei Grigioni si sono eseguite delle rilevazioni dell'umidità del suolo presso postazioni selezionate, con l'obiettivo di ottenere dei dati da utilizzare per la convalida delle misurazioni (cfr. cap. 3.1.4).

Modellizzazione dell'umidità del terreno mediante SNOWPACK

Dal momento che, come accennato, le misurazioni dell'umidità del terreno sul posto sono molto costose e di conseguenza il numero di postazioni dotate di dispositivi di misurazione dell'umidità è ancora molto basso, in questa fase di lavoro si è cercato di estendere le funzionalità del modello SNOWPACK utilizzato dal servizio operativo per l'allerta valanghe (Lehning et al. 1999), in modo da rendere possibile per tutto l'anno il calcolo dell'andamento dello stato sia del manto nevoso, sia del terreno. Il modello precedente (Hirashima et al. 2010) non consentiva una simulazione realistica del contenuto d'acqua del suolo, dal momento che era in grado di simulare solamente il trasporto di acqua verso il basso; in altre parole, se da un lato veniva sì riprodotta l'eliminazione di acqua dagli strati superiori del terreno mediante evapotraspirazione, dall'altro non era contemplata la risalita dell'acqua nella colonna di suolo. Nell'ambito del progetto sono ora state valutate e implementate in forma di prototipi in SNOWPACK diverse procedure per il calcolo del trasporto dell'acqua del suolo (Wever & Lehning 2011a, Wever & Lehning 2011b). A seguito di diverse ottimizzazioni numeriche si è ottenuto che ora l'equazione per il trasporto dell'acqua (equazione di Richards) può essere risolta in SNOWPACK con una complessità di calcolo ragionevole. Questo ulteriore sviluppo è stato finanziato congiuntamente da entrambi i partner di progetto. L'obiettivo era quello di aver la possibilità di effettuare il calcolo del deposito di neve e di acqua per tutto l'anno presso le stazioni automatiche IMIS

nel Cantone GR e determinate stazioni di misurazione della neve in Alto Adige. La modellizzazione dell'umidità del terreno dovrebbe da un lato rappresentare un elemento costitutivo per la valutazione della predisposizione attuale dei bacini idrografici ai deflussi di piena, dall'altro documentare il prosciugamento dei terreni a seguito di lunghi periodi di siccità.

La fig. 7 mostra un esempio di curve del contenuto di acqua di diversi strati di terreno simulate mediante la nuova routine di SNOWPACK. Si evidenzia una grande dinamica dell'umidità del terreno, caratterizzata da diverse scale temporali a diverse altitudini.

Inoltre, mediante modifiche soprattutto al comportamento di assestamento ma anche attraverso un leggero adattamento della funzione di albedo si è riusciti a ottenere un'eccezionale riproduzione del comportamento di scioglimento, il quale è il presupposto per la corretta riproduzione dell'invaso d'acqua locale, soprattutto in situazioni e ad altitudini caratterizzate da una frequente alternanza di neve e assenza di neve. È stato introdotto un algoritmo che consente un'affidabile differenziazione tra crescita di bassa vegetazione (erba) e possibili nevicate durante i mesi estivi.

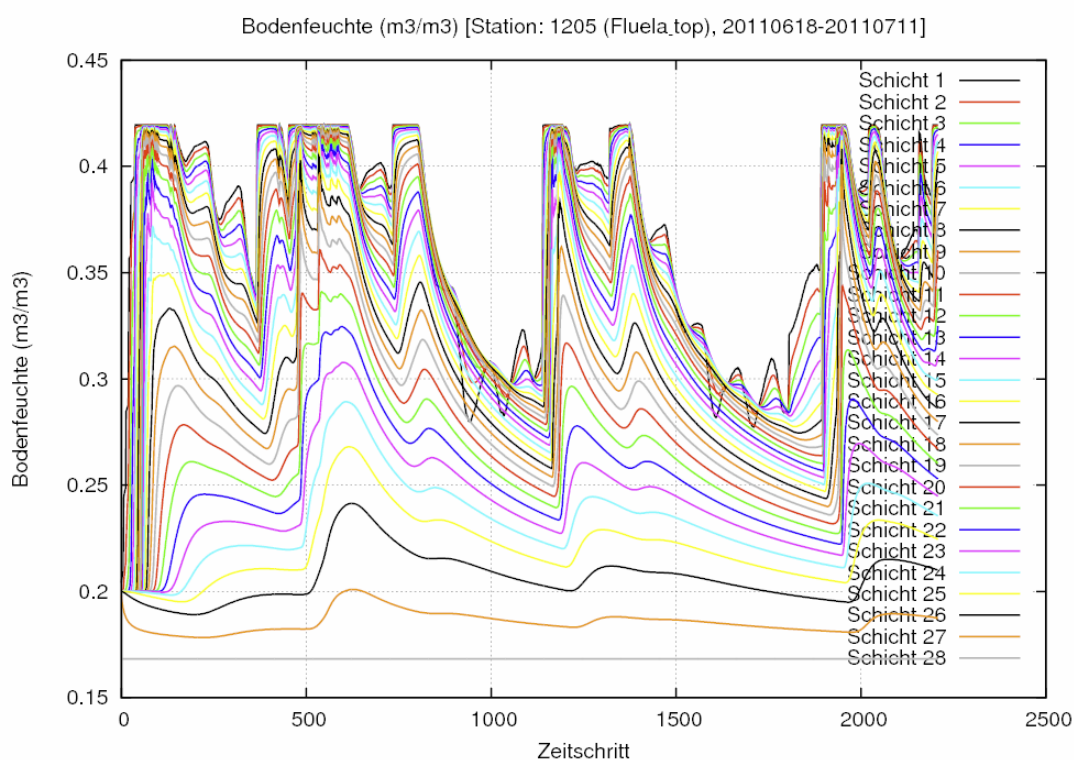


Figura 7: Simulazione ad alta risoluzione dei valori dell'acqua del terreno a diverse profondità. Le curve del contenuto di acqua nei diversi strati mostrano una notevole dinamica dell'umidità del terreno. Fonte: Wever & Lehning (2011b).

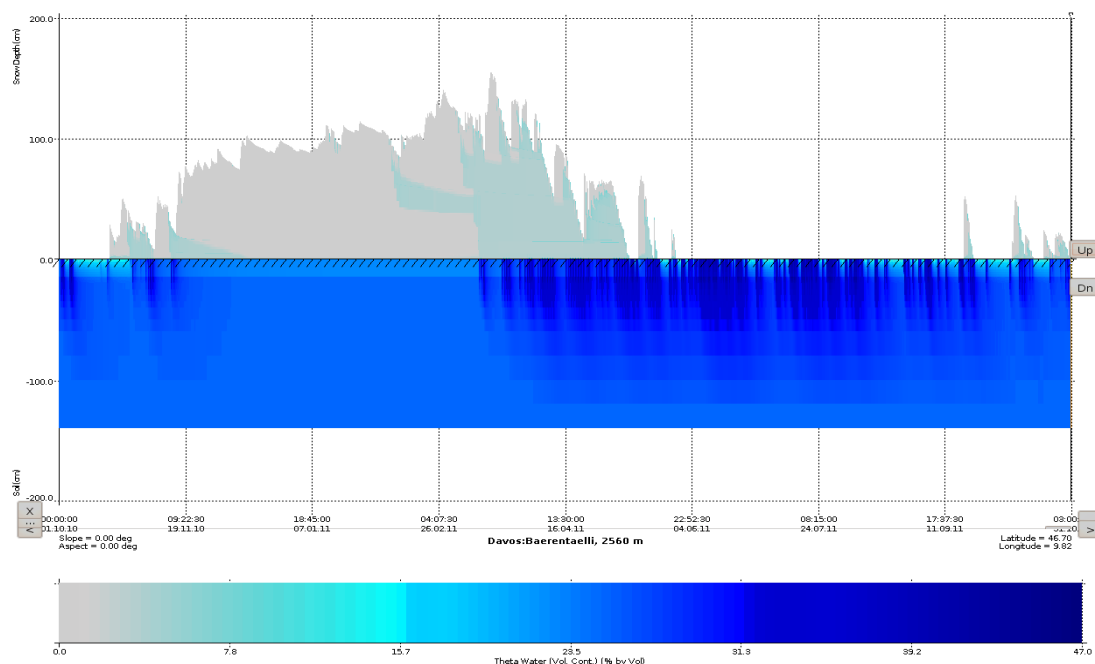


Figura 8: Simulazione ad alta risoluzione del contenuto di acqua nel manto nevoso (scala di grigi) e dei valori di umidità del suolo (scala di colori blu) nell'anno idrologico 2010/2011. Fonte: Wever & Lehning (2011b)

Ai fini di un possibile contributo di una modellizzazione dell'umidità del suolo alla valutazione delle fasi di siccità, l'andamento dell'umidità è stato calcolato in due estati molto diverse tra loro, sull'esempio della stazione di Weissfluhjoch. L'estate del 2003 è stata caratterizzata da lunghe fasi di siccità, mentre quella del 2010 è stata piuttosto umida.

La figura 10 mostra il contenuto di acqua del terreno a una profondità di 10 cm. È ben visibile la marcata fase di siccità nell'estate del 2003; a metà agosto, l'umidità del terreno ammonta a più del 15% circa. Nell'estate del 2010, frequenti periodi di precipitazione hanno invece causato una costante umidità del terreno, che si è attestata quasi sempre al di sopra del 25%.

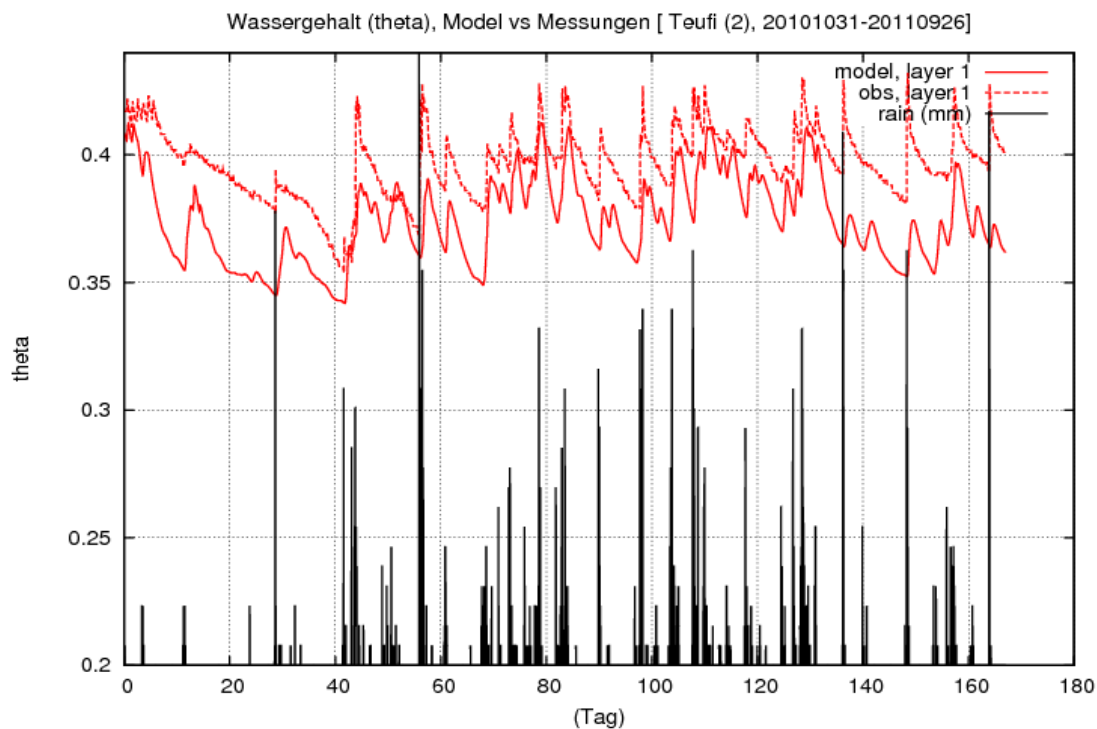


Figura 9: Confronto tra il contenuto d'acqua modellizzato e quello misurato presso la stazione di Teufi, nella valle della Dischma, Davos. L'immagine mostra la corrispondenza relativamente buona tra i dati modellizzati e quelli misurati e la variabilità nel tempo dell'umidità del terreno. Fonte: Wever & Lehning (2011b).

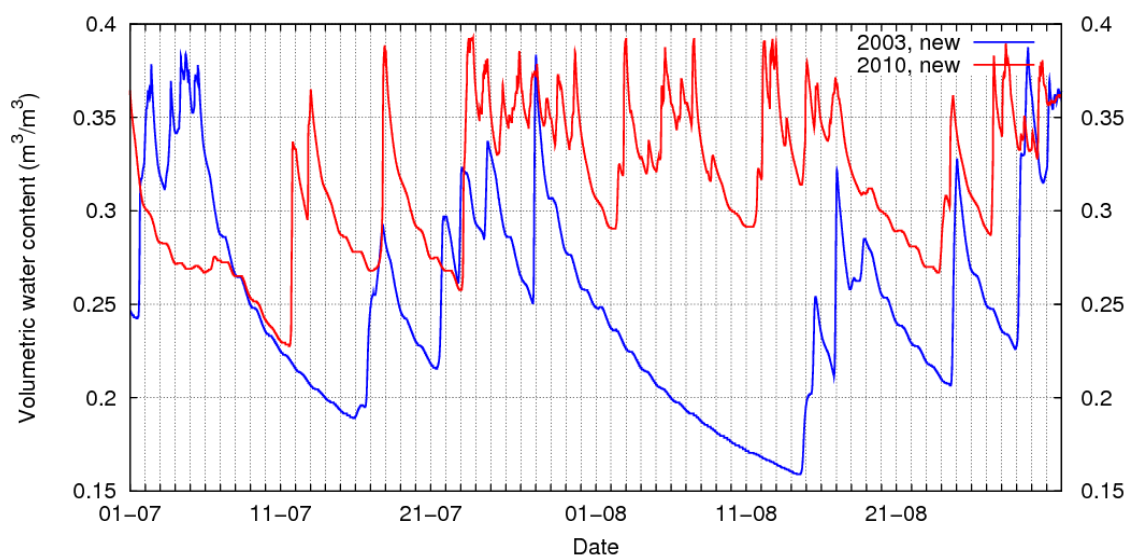


Figura 10: Confronto tra l'andamento temporale dell'umidità del suolo a una profondità di 10 cm nel semestre estivo 2003 (linea blu) e nel 2010 (linea rossa) presso la stazione di Weissfluhjoch. La marcata fase di siccità nell'estate del 2003 si ripercuote anche sull'andamento temporale dell'umidità del suolo, mentre nell'estate del 2010 i frequenti periodi di precipitazione hanno causato una costante umidità del terreno. Fonte: Wever & Lehning (2011b).

Monitoraggio dell'umidità del suolo attraverso procedure di telerilevamento

Un'ulteriore possibilità per il monitoraggio dell'andamento dell'umidità del suolo nel corso del tempo è data dalle procedure di telerilevamento satellitare. Nell'ambito del progetto IRKIS si è fatta una sintesi dello stato delle conoscenze su questa tematica e si è valutato il potenziale delle misurazioni satellitari dell'umidità del terreno. Sono stati testati due metodi di base, sull'esempio dell'Alto Adige. In una prima fase, l'umidità del terreno è stata osservata attraverso sistemi radar satellitari (Synthetic Aperture Radar, SAR) sulla base dei dati RADARSAT2. In una seconda fase è stata testata la procedura di inerzia termica basata sui dati ottici satellitari (MODIS) per ottenere informazioni relative all'umidità del terreno (Pasolli et al. 2011). I dati sono stati validati sulla scorta delle misurazioni dell'umidità del terreno effettuate sul posto in Val di Mazia (EURAC).

I risultati hanno dimostrato che le misurazioni radar dell'umidità del suolo in linea di principio sono in grado di individuare con buona precisione le variazioni dei valori nel tempo e nello spazio. In particolare, grazie al costante perfezionamento dei sensori e al conseguente accorciamento degli intervalli di sorvolamento (5-6 giorni), questa tecnica mostra un elevato potenziale per un monitoraggio efficiente e capillare dell'umidità del terreno. L'impiego è comunque limitato ad aree senza una fitta vegetazione. A differenza dei metodi basati sui radar, i satelliti con sensori ottico-termici hanno una più elevata frequenza di sorvolamento. Il sistema ATI (Apparent Thermal Inertia), che ricava l'umidità del terreno dalle differenze di temperatura in superficie tra giorno e notte, offre pertanto una maggiore risoluzione temporale. A ciò fa però da contraltare lo svantaggio di una minore risoluzione spaziale (1 km). Per questi motivi, il potenziale di applicazione di queste due procedure di telerilevamento per il monitoraggio dell'umidità del terreno è limitato. I dati possono però fornire un ottimo supporto all'analisi del modello di diffusione spaziale dell'umidità del terreno (e delle relative variazioni).

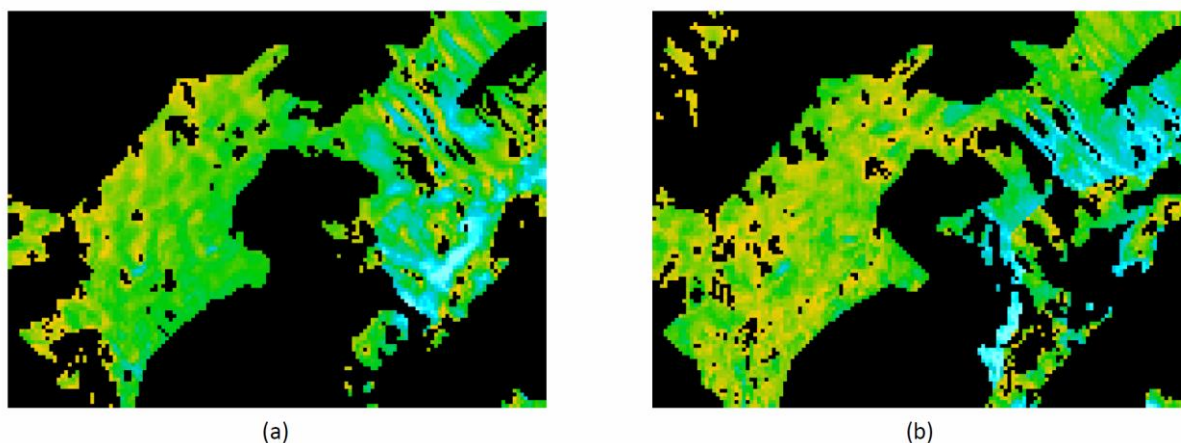


Figura 11: Distribuzione spaziale dell'umidità del terreno rilevata sulla base dei dati di RADARSAT2. Sezione della Val di Mazia, Alto Adige. A sinistra: agosto 2012, a destra: settembre 2011. Le sezioni dell'immagine corrispondono a una distanza orizzontale di ca. 2 km. Sono ben riconoscibili le singole zone di saturazione (scala di colori blu). Fonte: Pasolli et al. (2011).

Una descrizione dettagliata dei risultati è reperibile nel rapporto di progetto "Soil Moisture Retrieval over South Tyrol: methodologies and results" (Pasolli et al. 2011).

3.2.4 Ulteriore sviluppo del meteoradar

Il sistema di allerta maltempo necessita di una disponibilità capillare di dati relativi alle precipitazioni, soprattutto quelle delle ultime 6, 12, 24, 48 e 72 ore. Una copertura quasi capillare è possibile solamente con il radar per le precipitazioni. Analogamente alla Svizzera, dove la rete di misurazione dei meteoradar viene costantemente perfezionata e potenziata da MeteoSvizzera, nell'ambito dell'IRKIS sono state analizzate possibilità di miglioramento e ottimizzazione del meteoradar presso il Monte Macaion, in Alto Adige (Borga 2010). Nel corso di un lavoro si sono utilizzati i dati di archivio del radar per descrivere e analizzare selezionati eventi di piene e colate detritiche in zone circoscritte. Si è così cercato di giungere a delle conclusioni sui meccanismi scatenanti e sulle condizioni delle colate detritiche prima che si verifichi l'evento calamitoso. Nel corso di un'altra analisi si sono migliorate le procedure per la correzione dei segnali radar influenzati dalle caratteristiche topografiche (Borga 2011).

4 Piattaforma informativa

In **Alto Adige**, i dati di misurazione necessari per l'allertamento sui pericoli di piena sono effettuati e gestiti dalla Ripartizione Protezione antincendi e civile. I dati confluiscono in una banca dati e la loro amministrazione è di competenza dell'ente stesso; fanno eccezione solamente le misurazioni dell'umidità del terreno. Grazie alla banca dati omogenea, la visualizzazione dei dati su una piattaforma è piuttosto semplice; l'amministrazione regionale utilizza il software "StationVis" (Visualizzazione stazioni Ufficio Idrografico di Bolzano).

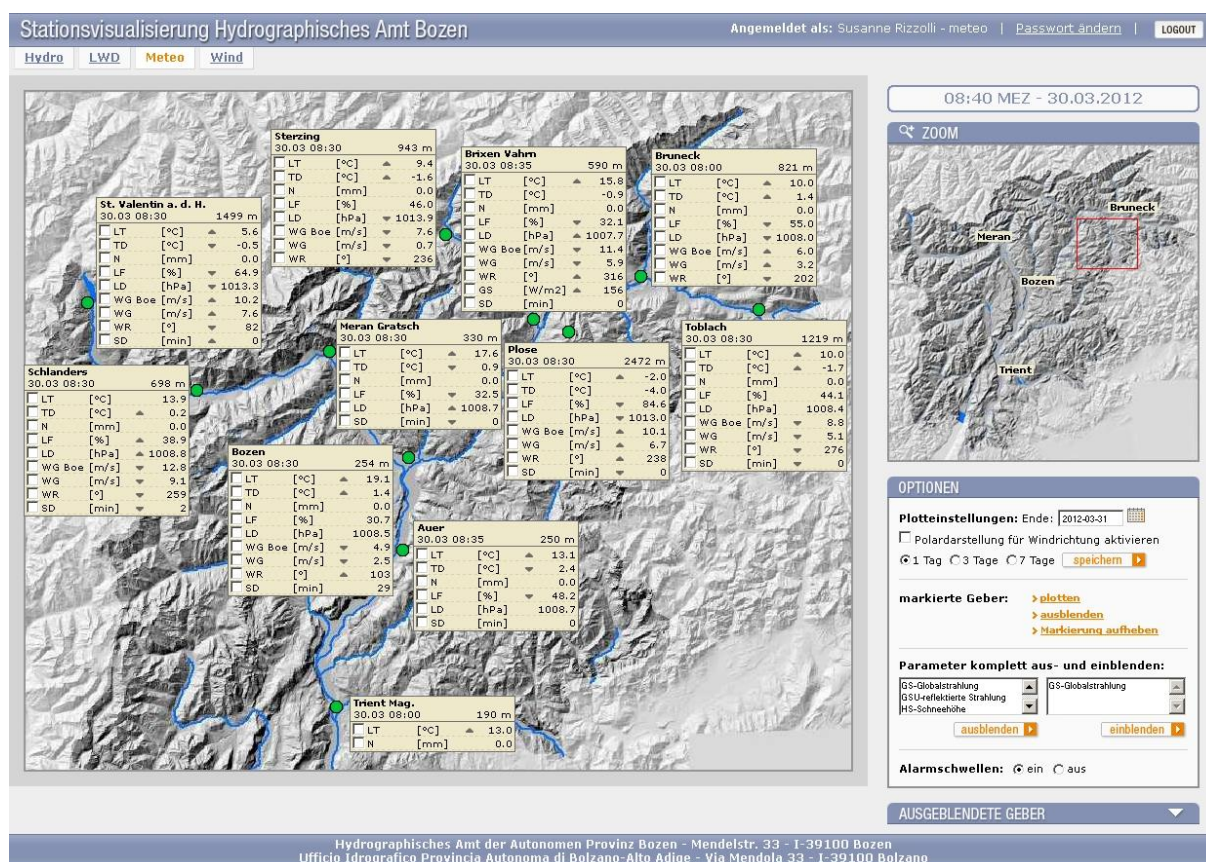


Figura 12: Interfaccia utente di StationVis. Il software visualizza i dati della stazione e permette agli utenti di effettuare consultazioni specifiche. Fonte: Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige.

In Svizzera, e quindi anche nei **Grigioni**, i dati sono visualizzati in forma omogenea nella Piattaforma informativa comune sui pericoli naturali (GIN), in funzione dall'01.03.2010 (www.gin-info.ch). Grazie alla GIN, gli esperti in pericoli naturali hanno la possibilità di richiamare su un'unica piattaforma le diverse tipologie di dati rilevanti forniti dagli uffici federali e dai cantoni. In questo modo, per la prima volta gli esperti in pericoli naturali hanno la possibilità di accedere ai dati di misurazione e previsionali della pubblica amministrazione, resi disponibili in forma omogenea e visualizzabili secondo le proprie necessità. La gestione della piattaforma GIN è affidata a UFAM (Ufficio Federale dell'Ambiente) e BIT (Ufficio federale per la Tecnologia dell'Informazione). In futuro si prevede di

ampliare ulteriormente la cerchia degli utenti e di integrare gradualmente nella GIN le due piattaforme IFKIS (valanghe) e IFKIS-Hydro (pericoli naturali di natura idrologica).

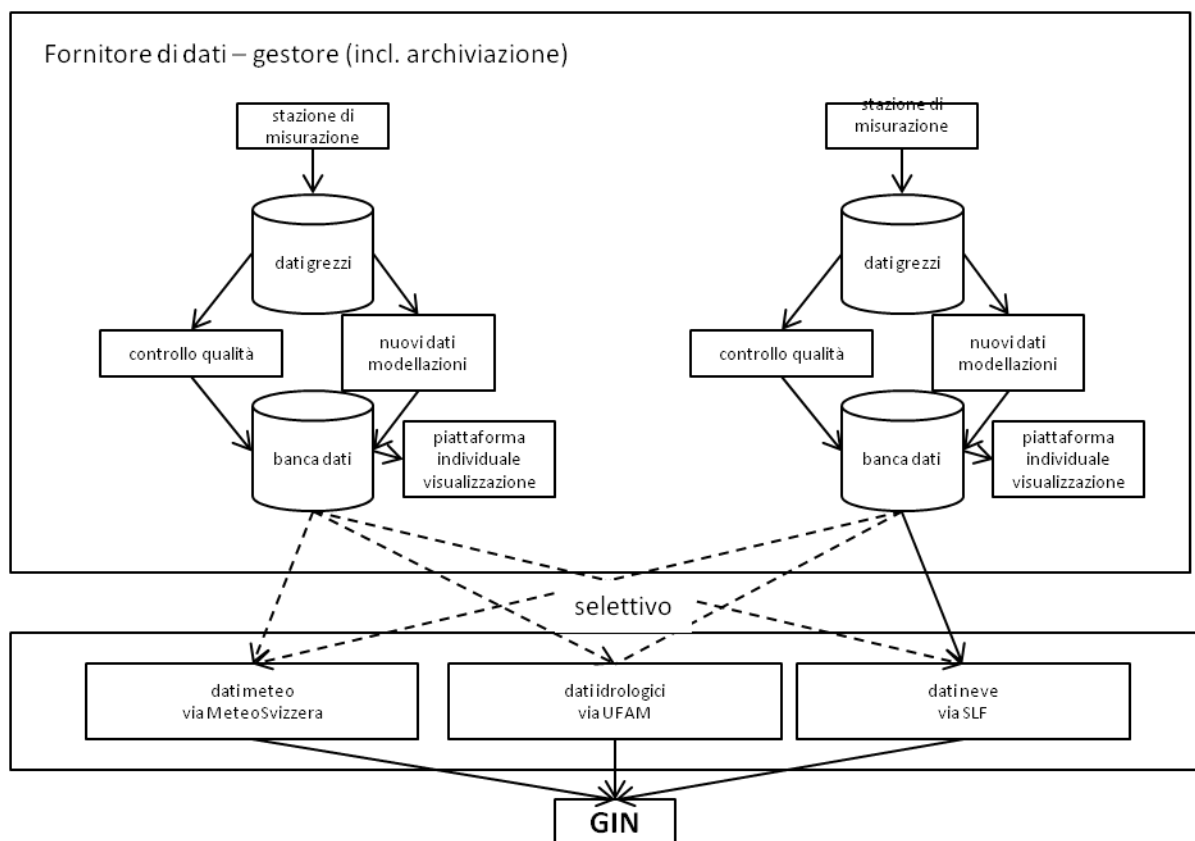


Figura 13: Diagramma di flusso dei dati dalla stazione di misurazione alla visualizzazione nella GIN (dati dell'11.2.2011, Ingo Petzold/SLF). I dati idrogeologici (misurazioni del livello e del deflusso) sono gestiti dall'Ufficio federale dell'ambiente e dal Cantone, i dati della neve dall'SLF e i dati meteo da MeteoSvizzera. Fonte: Marty & Henzen 2011).

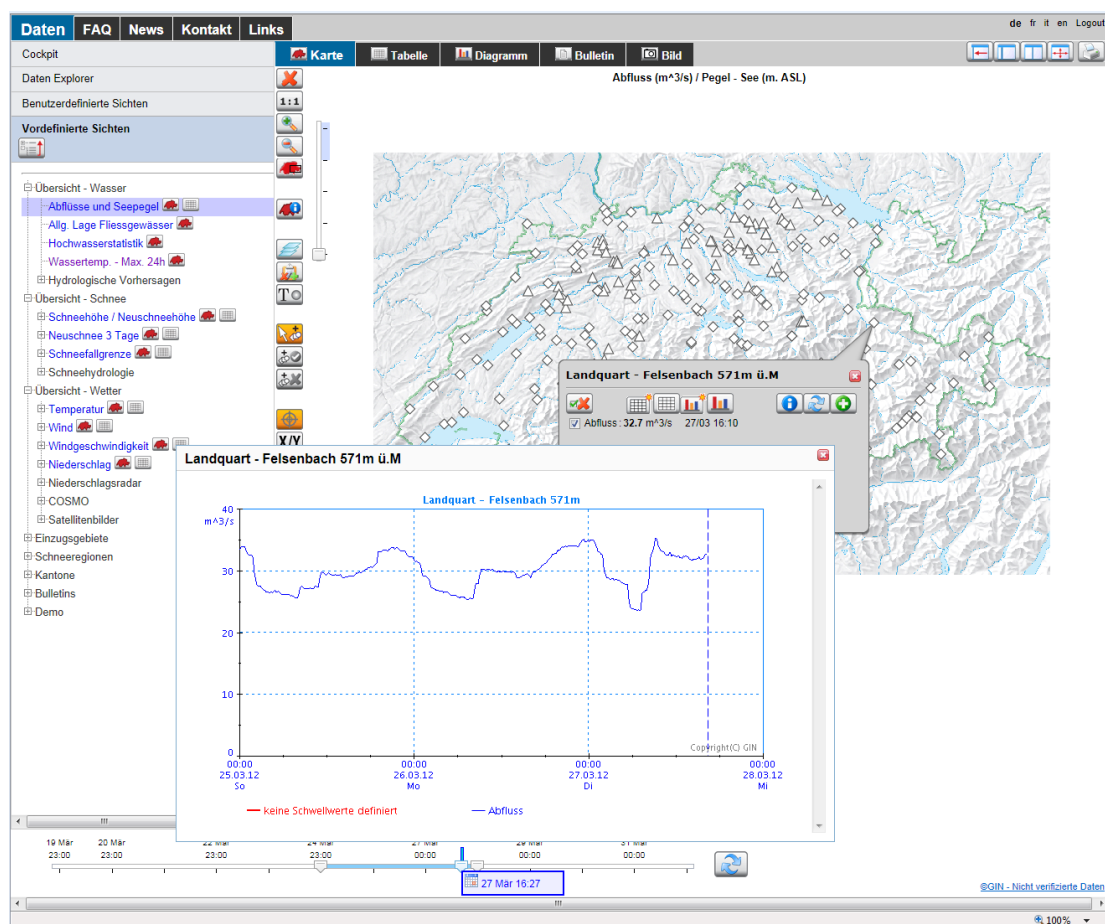


Figura 14: Interfaccia utente della Piattaforma informativa comune GIN. Per ogni stazione è possibile richiamare i dati attuali e quelli dei periodi passati. Sulla piattaforma possono inoltre essere consultate le previsioni e le allerte. Fonte: www.gin.admin.ch.

Quando, nel 2008, si è presentata la richiesta per il progetto IRKIS, l'obiettivo era quello di sviluppare una piattaforma informativa per il Cantone dei Grigioni sulla base della piattaforma informativa esistente IFIKS Hydro (SLF). Dal momento che a livello confederativo si stava parallelamente lavorando allo sviluppo della GIN, dopo l'avvio del progetto si è deciso di sviluppare il sistema di allertamento per il maltempo nei Grigioni sulla base della piattaforma GIN anziché su quella di IFIKS-Hydro.

Il sistema di allertamento maltempo di Davos è stato attivato su un server di prova di GIN nella primavera del 2012. Una volta superata la fase di test, il sistema di allertamento per il comune di Davos sarà resto disponibile sulla versione ufficiale di GIN.

Entrambe le piattaforme informative illustrate offrono una buona base per la valutazione dello stato del sistema dei bacini idrografici e di quello dell'allertamento. Entrambi i sistemi di informazione, sia GIN che StationVis, sono strutturati in forma modulare e consentono l'integrazione di nuove stazioni di misurazione e, in linea di massima, anche di nuovi livelli di informazione. Le nuove basi informative descritte nei prossimi capitoli possono essere integrate nelle piattaforme esistenti.

5 Basi decisionali per il sistema di allertamento e di intervento (sistema semaforico)

Le piene degli ultimi anni hanno messo in evidenza la carenza delle informazioni di cui possono disporre i responsabili per la gestione dei pericoli naturali a livello cantonale per quanto concerne la situazione aggiornata dei bacini idrografici di fiumi e torrenti. Questo deficit di informazione è stato eliminato con la creazione di un sistema informativo sui pericoli naturali.

All'inizio del progetto si sono condotte alcune analisi scientifiche sulla rilevanza, nella formazione di piene e colate detritiche, della storia pregressa e dello stato di sistema dei bacini idrografici di fiumi e torrenti. Parallelamente e in forma complementare ai lavori in corso e alle analisi scientifiche, nell'ambito di IRKIS si intendeva sviluppare una procedura pratica per la valutazione, sulla base dello stato del sistema, della predisposizione dei bacini idrografici agli eventi di piena. Questa procedura non intendeva sostituire le simulazioni di precipitazioni e deflussi bensì valutare, mediante un sistema di livelli di allerta (sistema semaforico) simile a quello in atto per le valanghe, la predisposizione delle regioni ai pericoli naturali nel corso della stagione estiva. La procedura dovrebbe consentire di trarre conclusioni spazialmente differenziate sullo stato dei bacini idrografici prima del verificarsi di un previsto evento di forte pioggia. Questo è importante soprattutto nei bacini idrografici con brevi tempi di reazione, dove le previsioni quantitative dei deflussi di piena possono essere fatte solo in determinate circostanze.

5.1 Analisi delle richieste degli utenti

Il primo passo nello sviluppo di questo "sistema semaforico" sulla predisposizione dei bacini idrografici alle piene è stato l'elaborazione di un quadro generale per la valutazione degli stati di sistema dei bacini idrografici dei torrenti. Come spesso avviene, anche il progetto IRKIS si è svolto parallelamente a molti altri progetti e attività, i cui obiettivi si sono in parte sovrapposti con quelli di IRKIS. È stato dunque importante, nel corso di tutta la durata del progetto, consultarsi con le altre attività in corso per la gestione integrale dei rischi. Al fine di avviare un dibattito sul quadro generale da un lato e di prendere in considerazione fin dall'inizio le richieste degli utenti dei sistemi di allertamento e di informazioni per le crisi idrogeologiche ed idriche dall'altro, si sono svolti diversi workshop. I due partner di progetto hanno organizzato, oltre a diverse riunioni di coordinamento, un workshop a Coira il 25.10.2010 e uno a Landquart il 17.08.2001. L'obiettivo dei due workshop era la concretizzazione dei principi per la descrizione dell'attuale predisposizione alle piene da parte dei bacini idrografici alpini.

In generale, tutti i partecipanti ai workshop hanno confermato la necessità di acquisire, per il sistema di allertamento, i dati relativi alla storia pregressa e allo stato di sistema dei bacini idrografici dei torrenti. Per quanto concerne i parametri da prendere in considerazione, fondamentalmente si sono confermate le proposte indicate nel progetto. Per la valutazione della predisposizione sono importanti le peculiarità fondamentali dell'area e lo stato attuale di grandezze quali umidità del terreno, la caratteristica del manto nevoso e presenza di detriti. Il sistema di differenziazione tra predisposizione

di base, predisposizione variabile, sollecitazione del sistema ed evento scatenante (Zimmermann et al. 1997) ben si adatta alla problematica in oggetto. La predisposizione di base a livello dei bacini idrografici può essere determinata con elevata risoluzione spaziale sulla base dei geodati disponibili. Per la valutazione quotidiana della predisposizione variabile sono attualmente a disposizione la maggior parte dei dati necessari. In sostituzione delle mancanti misurazioni della saturazione del terreno si può utilizzare la cronologia delle precipitazioni oppure lo stato del deposito del terreno indicato dai modelli idrologici.

Secondo i partecipanti ai workshop, la scala spaziale dovrebbe restare nei limiti attuali, come ad es. le regioni meteo, le regioni di allerta, le regioni di bilancio o le aree base HADES. La risoluzione spaziale più adeguata per la problematica in questione è quella delle regioni di allerta comuni o delle regioni meteo. È possibile anche differenziare la valutazione della predisposizione per i bacini idrografici più grandi ($> 40 \text{ km}^2$) oppure per le vallate. Mentre la valutazione della predisposizione di base e della predisposizione variabile è possibile con una maggiore risoluzione, la risoluzione spaziale per l'analisi complessiva è vincolata a quella della previsione meteo. La procedura può essere elaborata sulla base delle conoscenze a disposizione e della comprensione attuale del processo. Bisogna comunque fare in modo che la procedura sia strutturata in forma modulare, in modo da poterla costantemente migliorare e ottimizzare. In linea di massima, è possibile effettuare la valutazione della predisposizione per le grandi aree (per es. a livello nazionale).

A essere oggetto di frequenti discussioni è stato l'aspetto del gruppo target di un sistema semaforico realizzato in base al principio delle predisposizioni. I risultati della procedura per la valutazione della predisposizione devono essere adeguati al profilo dei requisiti del gruppo target. L'ambito di interpretazione dei risultati deve essere maggiore o minore a seconda che la procedura sia rivolta a responsabili cantonali con competenze specialistiche oppure alle commissioni comunali sui pericoli. Tutti i gruppi hanno sottolineato l'importanza di questa rappresentazione dei risultati in base all'utenza di destinazione.

Il principio delle predisposizioni ha l'obiettivo di aiutare i responsabili per la gestione dei pericoli naturali a valutare la situazione attuale indipendentemente dalle previsioni meteo e a saperla differenziare localmente. L'ideale sarebbe che il principio delle predisposizioni venisse integrato nell'avvio della fase di osservazione sul posto o fosse utilizzato nelle fasi di preparazione dei piani di intervento: un livello "rosso" del sistema semaforico potrebbe rappresentare la prima fase del piano di intervento (livello di attenzione, interventi di preparazione, postazioni di osservazione). Le conoscenze sulle tipologie di torrenti e sul comportamento dei materiali solidi rappresentano una condizione necessaria, a livello comunale, per l'interpretazione del "sistema semaforico". È necessario distinguere nettamente tra "valutazione dello stato attuale" e "previsione" e tra "valutazione dello stato attuale" e "allerta". Il sistema proposto non deve produrre un'allerta, la cui emanazione è di competenza dei rispettivi responsabili. È importante assicurare l'integrazione verticale tra il sistema informativo di base della Confederazione (GIN, previsioni) e gli organi decisionali a livello cantonale e locale (livello di intervento). A questo fine è possibile anche realizzare un'interfaccia per la pianificazione degli interventi.

Una questione aperta è se una procedura per la valutazione della predisposizione dei bacini idrografici alle piene e a eventi torrentizi debba essere redatta solamente in forma automatizzata oppure se debba essere sottoposta al giudizio degli addetti alle previsioni. In ogni caso, il sistema semaforico deve fornire in forma testuale le spiegazioni e le motivazioni per la valutazione della predisposizione attuale e indicare le aree che presentano un'elevata predisposizione, utilizzando delle didascalie analoghe a quelle del rapporto sulle valanghe. La procedura non è mai in grado di coprire tutti i casi; le limitazioni devono essere comunicate in modo chiaro. I casi speciali non devono essere presi in considerazione.

Nell'ambito di IRKIS si è svolta in Alto Adige un'analisi pragmatica dei rischi per selezionare gli scenari di pericolo (Willi & Schulze 2010). Gli specialisti della Protezione antincendi e civile e di altri reparti dell'amministrazione regionale dell'Alto Adige hanno discusso, nel corso di diversi workshop, su un possibile scenario di riferimento per ogni tipologia di pericolo. Sono stati descritti scenari per le seguenti tipologie di pericolo: piene, colate di fango, frane, caduta massi, valanghe, siccità, ondate di calore, incendi boschivi, incidenti a centrali nucleari, incidenti di natura chimica e pandemie. Dopo l'analisi della situazione e la determinazione degli scenari di riferimento si è svolta un'analisi pragmatica dei rischi, ossia i rischi non sono stati analizzati in dettaglio, ma sulla base delle esperienze e dei dati a disposizione. Per tutti i pericoli, gli esperti specialisti hanno stimato la frequenza di accadimento e i danni che ci si deve aspettare. I risultati di quest'analisi sono stati visualizzati con l'applicazione EED RiskPlan (www.riskplan.admin.ch). Grazie a questa procedura è stato possibile confrontare tra loro le diverse tipologie di pericolo e trarne quindi delle conclusioni su quali siano i settori che necessiteranno in futuro di maggiori interventi e nei quali le misure in atto dovranno essere sottoposte a verifica. Questa analisi comparativa ha messo in evidenza che oltre il 60% dei rischi identificati e analizzati sono influenzati dalle condizioni ambientali meteorologiche e idrologiche. Un sistema di allertamento per questi pericoli naturali legati alle condizioni meteorologiche e idrologiche come quello sviluppato nell'ambito del progetto IRKIS può quindi fornire un contributo fondamentale all'ottimizzazione della gestione del rischio nel suo complesso.

Una descrizione dettagliata dei risultati è reperibile nei rapporti di progetti "Ampelsystem zur Früherkennung von Unwettersituationen. Ergebnisse des Projektworkshops vom 25.10.2010 in Chur" (Zischg et al. 2010), "IRKIS: Modellentwicklung variable Disposition. Methodenbericht" (Mani 2011), "IRKIS – Projektmeeting 17.08.2011. Zusammenfassung der Workshopergebnisse", "Gefahren- und Risikoanalyse Südtirol – Schlussbericht" (Willi & Schulze 2010).

5.2 Valutazione della predisposizione attuale al deflusso di piena

Il sistema di allertamento sui pericolosi eventi di piena e torrentizi richiede delle conoscenze in merito al probabile andamento delle condizioni meteo nelle ore e nei giorni successivi; rientrano tra queste anche le informazioni sulla presunta portata di un evento e sul momento in cui si verificherà. Per effettuare una stima delle conseguenze di un previsto evento di forti piogge vanno considerati, a seconda della dimensione della zona per cui si intende formulare la previsione, diversi requisiti rela-

tivi a tempo di reazione e risoluzione spaziale della previsione. Per i grandi bacini idrografici (varie migliaia di km²) sono rilevanti processi della durata di uno o più giorni. Gli eventi scatenanti sono per lo più condizioni meteo avverse e su larga scala. Per questi territori esistono già oggi diversi sistemi per la previsione di piene. Nelle aree dei bacini di torrenti e fiumi torrentizi con dimensioni da 10 a 100 km² svolgono un ruolo decisivo le condizioni meteo convettive con precipitazioni intense e in parte molto localizzate. Le celle temporalesche convettive hanno generalmente un'estensione che va da 10 a 100 km². Una cella temporalesca può riguardare solamente uno o due bacini idrografici. Questo tipo di risoluzione spaziale non può essere rappresentata con le attuali procedure in uso per le previsioni meteo e con gli attuali modelli previsionali delle piene.

Nell'ambito di IRKIS è stata elaborata una proposta per una procedura di valutazione della predisposizione attuale dei bacini idrografici ai processi di piene e torrentizi (Mani 2011). È stato illustrato un sistema per la classificazione della predisposizione sulla base dei dati di monitoraggio capillari disponibili e aventi una determinata risoluzione temporale. In una prima fase non si trattava ancora di stabilire regole di valutazione quantitative, ma dell'analisi di procedure, grandezze di misura e indicatori che possono essere utilizzati per la valutazione della predisposizione. Questo progetto è stato poi presentato e discusso nell'ambito di workshop, in cui si è deciso di prendere in considerazione, per il momento, soltanto la predisposizione ai processi di deflusso. Lo sviluppo di uno schema di valutazione per la predisposizione ai processi di trasporto detritico viene rinviata a un momento successivo. Dopo il workshop, il sistema presentato è stato testato e valutato nel corso di un progetto pilota in **Prettigovia** (Mani 2012).

Per valutare la predisposizione ai deflussi di piena nei piccoli bacini idrografici si possono eseguire misurazioni e osservazioni sul posto, il che comporterebbe però una spesa molto onerosa in considerazione della vastità del territorio contemplato, oppure si possono utilizzare degli indicatori a partire dai quali trarre conclusioni sulla propensione al deflusso. In questo modo è possibile, in combinazione con il previsto andamento meteo, fare delle previsioni sui processi di piena e torrentizi. L'importante è che una procedura di questo tipo fornisca conclusioni sullo stato dei bacini idrografici quotidianamente aggiornate e spazialmente differenziate: ciò consente di stimare la reazione di queste aree a una prevista forte precipitazione e di approntare le necessarie contromisure.

Per la valutazione della situazione di pericolo nel corso del tempo si può partire dal **concetto di predisposizione** (fig. 15). La predisposizione descrive l'inclinazione di un sistema o di un territorio a essere interessato da un determinato processo. Si distingue tra predisposizione di base e predisposizione variabile. La **predisposizione di base** viene determinata sulla scorta di parametri che restano costanti per lunghi intervalli di tempo, ad es. rilievi, geologia, clima, stato della vegetazione, ecc. Bisogna comunque tenere presente che singole grandezze possono mostrare un trend di sviluppo a lungo termine verso una determinata direzione. Ad esempio, il sollevamento del limite inferiore del permafrost comporta, in molte aree, un aumento della predisposizione di base all'erosione e ai movimenti di massa. La **predisposizione variabile** viene determinata in base a grandezze variabili nel tempo e in parte condizionate dalla stagione o dal momento della giornata: regime di umidità del suolo, stato della vegetazione, ecc. La **predisposizione attuale** è formata dalla combinazione della predisposizione di base e di quella variabile e descrive quanto un sistema sia soggetto a innescare un determinato processo. Se la predisposizione attuale è elevata, anche soltanto una leggera sollecitazione del siste-

ma può essere sufficiente a innescare un processo. Ma se la predisposizione attuale è bassa, è necessaria un'elevata sollecitazione del sistema. L'**innesco** è dato dall'insieme dei processi con i quali un sistema viene sollecitato oltre una soglia limite; può trattarsi, ad esempio, di una forte precipitazione oppure di un intenso fenomeno di scioglimento della neve.

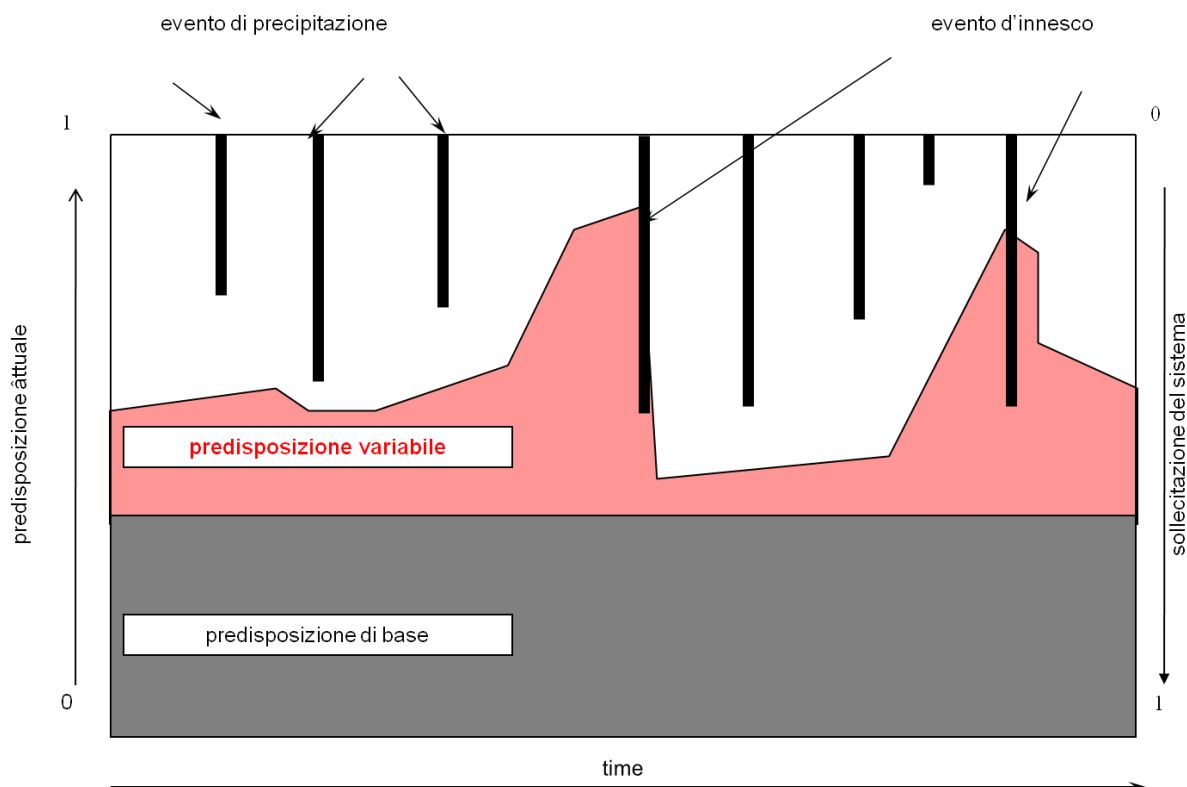


Figura 15: Il concetto della predisposizione. La predisposizione di base di un luogo non muta nel corso del tempo, la predisposizione variabile invece si modifica quotidianamente. Un evento d'innescio (sollecitazione del sistema) provoca l'innescio di un processo pericoloso solamente se la predisposizione di base, quella variabile e la sollecitazione del sistema sono sufficientemente elevate. Fonte: Mani (2011).

In riferimento a un sistema di allertamento, la predisposizione attuale può indicare se una zona reagirà senza problemi oppure in modo sensibile a una prevista sollecitazione. Da ciò si possono derivare dei livelli di valutazione per la situazione attuale. Se sono inoltre noti i valori di soglia per l'innescio di un processo, è possibile fare delle previsioni in merito.

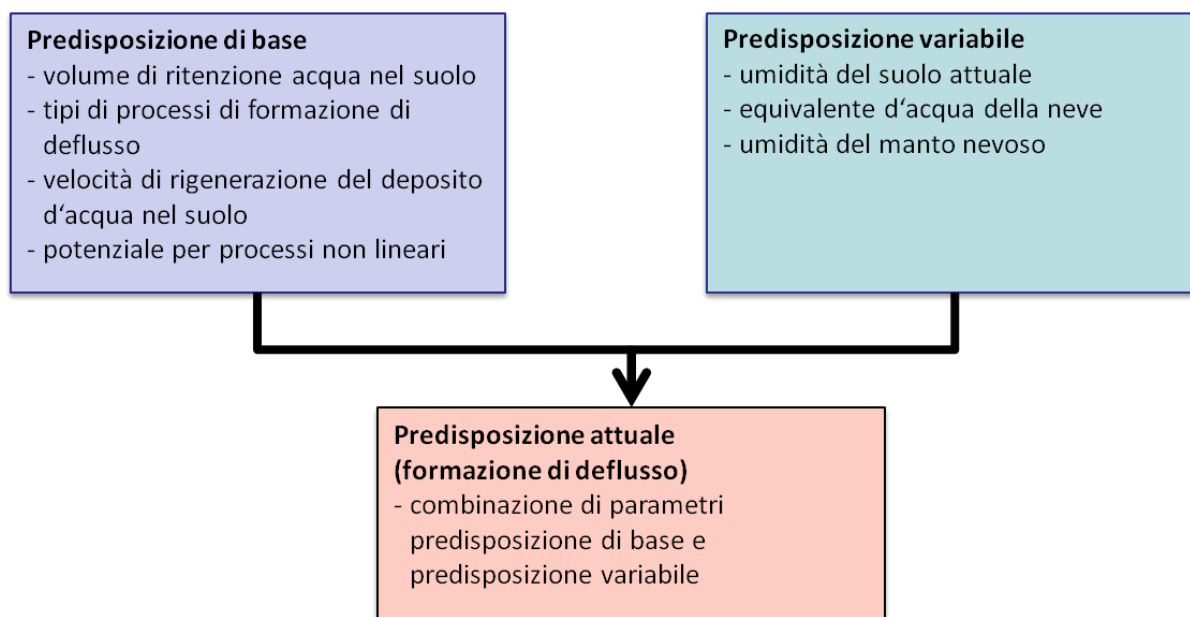


Figura 16: Panoramica della valutazione della predisposizione attuale alla formazione di deflusso. Fonte: Mani (2011).

Predisposizione di base alla formazione di deflussi

Per la valutazione della predisposizione di base alla formazione di deflussi è necessario definire parametri o indicatori relativi alla grandezza del deposito d'acqua del suolo, ai processi di scorrimento rilevanti e alla capacità di filtrazione. Queste informazioni possono essere dedotte dalle mappe geologiche o idrogeologiche oppure da quelle relative al suolo. Bisogna comunque tenere presente che questi dati base, soprattutto nelle zone alpine, sono spesso approssimativi e solo poco differenziati dal punto di vista spaziale. Per la Svizzera, Naef & al. (2007) hanno sviluppato una procedura che, sulla base dei dati locali esistenti, rileva i tipi di processo di deflusso differenziandoli nello spazio. Una procedura simile è stata sviluppata da Dobmann (2009). Una siffatta mappa relativa alle tipologie dei processi di deflusso può essere utilizzata come indicatore per la valutazione della predisposizione di base. Dai tipi di processo di deflusso si può dedurre se la **formazione di deflusso in un bacino idrogeologico** avviene in modo repentino o ritardato.

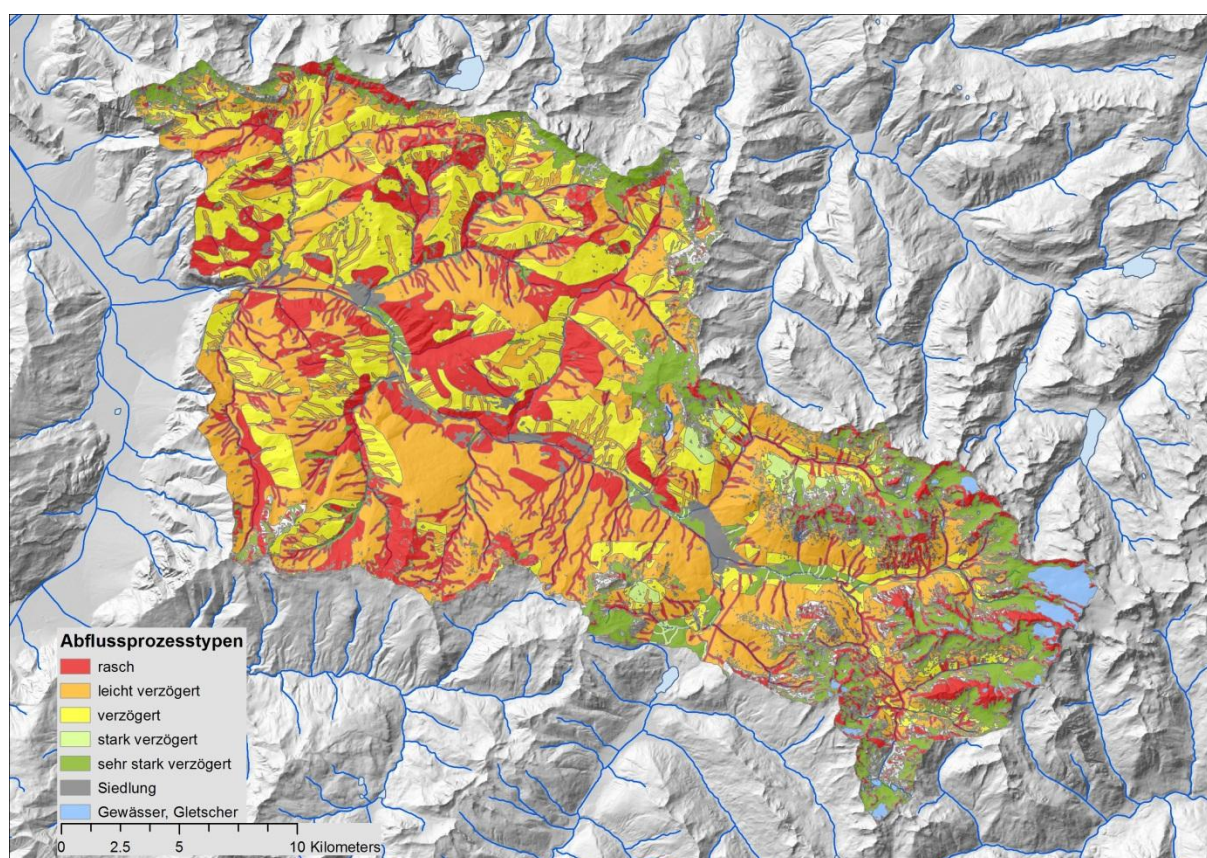


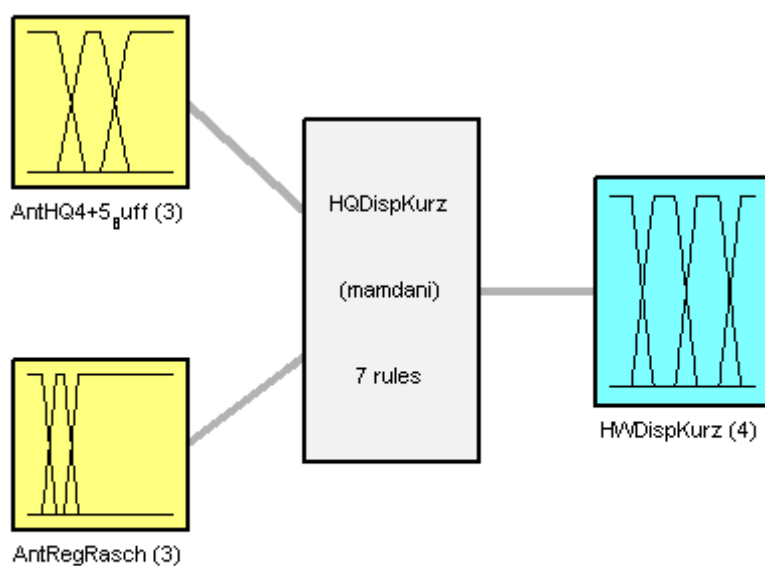
Figura 17: Mappa delle tipologie dei processi di deflusso per la Prettigovia. La mappa mostra la ripartizione territoriale del comportamento di reazione dei terreni. Fonte: Mani (2012).

In Alto Adige, i dati fondamentali per la classificazione della predisposizione di base sono disponibili solamente in parte; in particolare, sono del tutto assenti le mappe dei terreni. Per questo motivo è stato elaborato un piano per la realizzazione di una **mappa dei suoli** in Alto Adige (Busetto 2010). In una prima fase si sono raccolte tutte le mappature e i profili del terreno disponibili, assemblandoli in un formato omogeneo. Dopo aver preso visione delle diverse forme di mappature e delle procedure di valutazione si è redatto uno schema per la realizzazione di una mappa dei suoli sulla base dei dati a disposizione (Busetto 2011). L'attuazione del progetto di mappatura è stata valutata sull'esempio della Val Venosta: si è realizzata una mappa del suolo in scala 1:25 000, che costituisce la base per la realizzazione della mappa delle predisposizioni al deflusso.

A partire dai dati base qui descritti è possibile trarre conclusioni, oltre che sulla **propensione al deflusso**, sul **potenziale di rigenerazione** dei bacini idrografici e sulla loro **sensibilità rispetto ai processi dei valori soglia** (Mani 2011). Il potenziale di rigenerazione descrive con quanta rapidità un terreno sia in grado di immagazzinare nuovamente una grande quantità di acqua dopo un evento di precipitazione. I bacini idrografici con una grande capacità di immagazzinamento di acqua nel terreno reagiscono in maniera morbida a precipitazioni nella grandezza d'ordine della capacità di immagazzinamento; una volta che i volumi di accumulo sono pieni, però, le ulteriori precipitazioni vengono rapidamente fatte defluire; ne conseguono i cosiddetti processi a soglia, quale può essere ad esempio un

aumento improvviso del deflusso di piena. Il tipo di reazione di deflusso, la velocità di rigenerazione dell'accumulo e il potenziale dei processi a soglia insieme forniscono la predisposizione base per i deflussi di piena dei bacini idrografici considerati. Questa predisposizione di base come indicatore complessivo viene dedotta, mediante regole di valutazione, dai tre indicatori parziali, distinguendo tra la predisposizione per brevi eventi (temporaleschi) e quella per lunghi eventi.

La valutazione è stata effettuata nell'area pilota della Prettigovia su sette zone ricavate dalla suddivisione dei bacini idrografici della Svizzera. Per entrambi i principi di mappatura, ovvero sia per la mappa relativa alle tipologie dei processi di deflusso, sia per quella sulla predisposizione alle piene è stata sviluppata una procedura di valutazione basata su una logica fuzzy. In una prima fase sono state determinate, per i bacini idrografici parziali, le quote di superficie per i diversi parametri e quindi sulla base di queste ogni bacino idrografico è stato valutato mediante regole di logica fuzzy. In un secondo momento sono state determinate le quote di superficie dei livelli di predisposizione per le zone da analizzare, valutandole poi sulla base di regole di logica fuzzy. Il risultato mostra che i due principi di mappatura hanno prodotto esiti sensibilmente diversi. Quale valutazione sia più consona alla realtà e debba quindi essere impiegata è stato oggetto discussione insieme agli esperti locali.



System HQDispKurz: 2 inputs, 1 outputs, 7 rules

Figura 18: Esempio di uno schema di valutazione della predisposizione di base al deflusso e a brevi eventi di precipitazione. Fonte: Mani (2012).

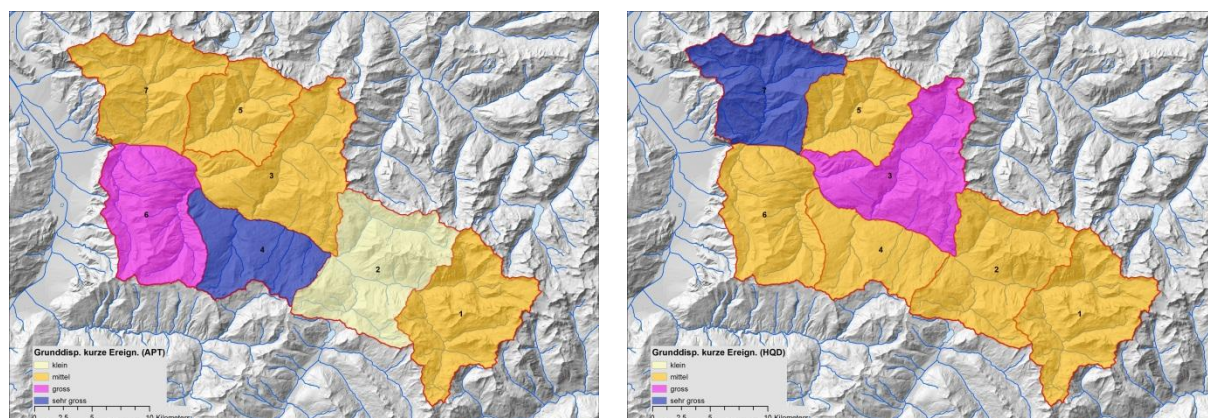


Figura 19: Valutazione della predisposizione di base al deflusso e a brevi eventi di precipitazione per i bacini idrografici parziali. La valutazione può essere effettuata sulla base della mappa delle tipologie dei processi di deflusso (a sinistra) o della mappa sulla predisposizione alle piene (a destra). Fonte: Mani (2012).

Predisposizione variabile alla formazione di deflussi

La procedura per la valutazione della predisposizione variabile alla formazione di deflussi deve garantire un aggiornamento quotidiano dei dati, in modo che sia possibile effettuare ogni giorno una valutazione della predisposizione attuale (combinazione di predisposizione di base e predisposizione variabile). La valutazione della predisposizione variabile comprende la valutazione del deposito nel terreno, dell'accumulo di neve e del grado di filtrazione (gelate, eventuale forte aridità dei terreni).

Esistono diverse possibilità per la valutazione dello stato del **deposito d'acqua del terreno**. La valutazione sulla scorta dell'indice delle piogge precedenti, calcolato a partire dalla somma ridotta delle precipitazioni, è il metodo che richiede meno requisiti per quanto concerne la disponibilità dei dati. Un'altra possibilità di valutazione dell'attuale grado di riempimento del deposito d'acqua sono le misurazioni mediante sensori dell'umidità del terreno (cfr. cap. 3.1.4). In questo caso si fa ricorso a misurazioni puntuali sul posto oppure a dati di telerilevamento. I dati puntuali, tuttavia, sono meno rappresentativi a causa dell'eterogeneità delle caratteristiche del terreno nelle aree alpine. Misurazioni in grande numero, come sarebbero necessarie, sono molto dispendiose ed è pressoché impossibile prenderle in considerazione. Inoltre, non esiste ancora alcun progetto per la realizzazione di una rete di misurazioni con un adeguato numero di stazioni. Un'ulteriore possibilità sarebbe l'impiego di dati di telerilevamento. Ma, come illustrato nel cap. 3.1.4, allo stato attuale non è ancora possibile una realizzazione operativa di una mappa quotidiana dell'umidità del terreno sulla base di dati satellitari. I principi di modellizzazione dell'umidità del terreno con il modello SNOWPACK sono molto promettenti, come descritto nel cap. 3.2.3. Si deve ancora valutare fino a che punto una **rete di alcune stazioni rappresentative per la misurazione dell'umidità del terreno, in combinazione con alcune stazioni di misurazione virtuali** (modellizzazione dell'umidità del terreno) potrebbe fornire una sufficiente densità di informazioni a fronte di un impiego limitato di mezzi.

Nel caso in cui, per un grande bacino idrografico, si utilizzi un modello di deflusso e precipitazione con depositi del terreno differenziati per superficie, si potrebbe fare ricorso allo stato del deposito derivante dai modelli previsionali delle piene come elemento per la valutazione della predisposizione. Per il bacino idrografico di Landquart è stato modellizzato il deflusso nel periodo 1983-2009, utilizzando il modello idrologico PREVAH (Viviroli et al. 2007). In questo modello le precipitazioni su diversi depositi nel terreno (upper zone runoff storage, lower zone runoff storage) vengono convertite in deflusso. Sulla scorta di questa modellizzazione idrologica lungo tutta la serie temporale si sono ricavati gli stati di deposito medi giornalieri. Questi dati sono stati poi analizzati dal punto di vista statistico e per ogni zona valutata è stata dedotta la ripartizione (mediana e quantili) degli stati medi, minimi e massimi del deposito per mese. Continuando a utilizzare il modello è ora possibile utilizzare il grado di riempimento del deposito fornito per valutare la predisposizione nelle aree analizzate.

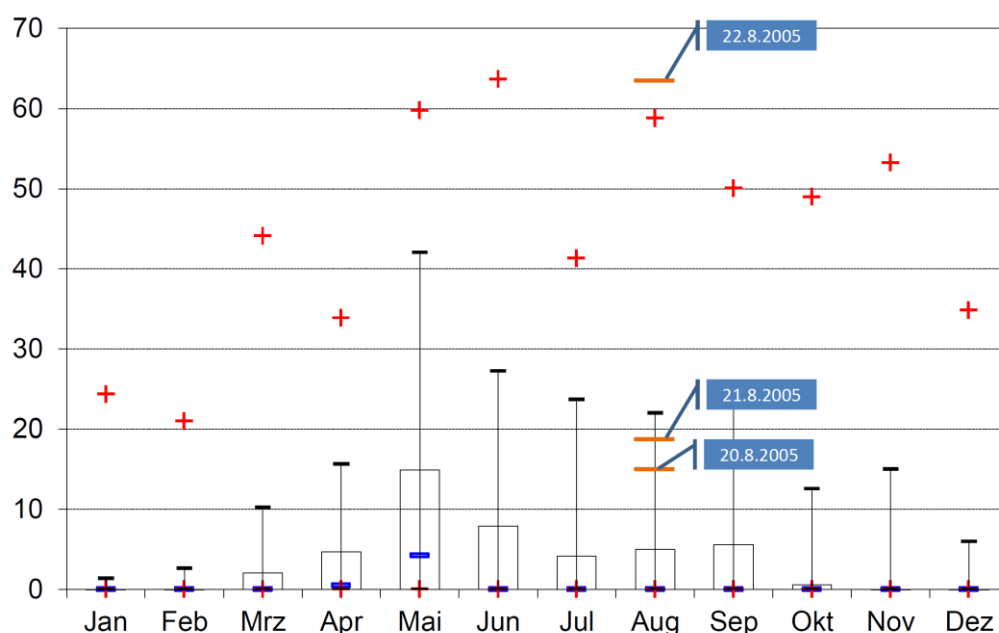


Figura 20: Stato del deposito di acqua nel terreno in un bacino idrografico parziale in Prettigovia. Confronto dei valori giornalieri dal 20.08.2005 al 22.08.2005 rispetto ai valori quantili mensili del periodo 1983-2004. Sull'asse delle ordinate è rappresentato il grado di riempimento del deposito dello stato superiore con acqua in percentuale, le croci rosse indicano il 10% (in basso) o il 90% (in alto) di quantile dello stato del deposito del rispettivo mese. Le tre lineette orizzontali mostrano l'andamento del grado di riempimento del deposito sull'esempio dell'evento di piena nell'agosto 2005. Fonte: Mani (2012).

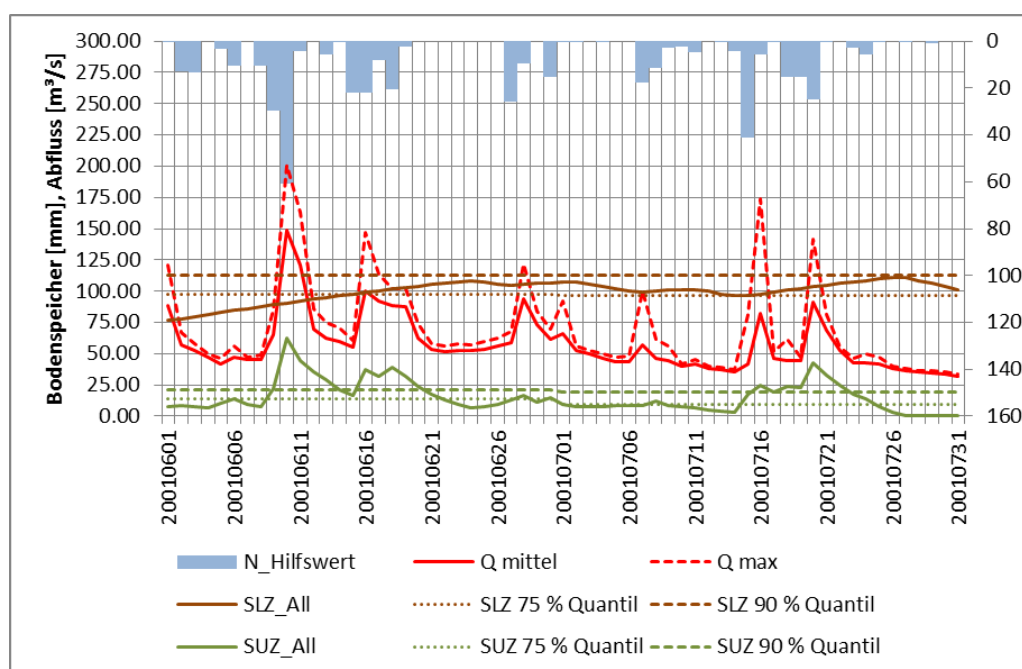


Figura 21: Precipitazioni, deflusso e andamento del deposito nei mesi di giugno e luglio 2001. SUZ... Grado di riempimento del deposito nella zona superiore, SLZ...Grado di riempimento del deposito nella zona inferiore. La figura mostra che gli stati del deposito nel periodo considerato sono sempre all'interno dell'intervallo superiore, un evento di precipitazione ha sempre comportato un marcato aumento del deflusso. Fonte: Mani (2012).

Oltre alle precipitazioni, come detto all'inizio anche la **neve** gioca un ruolo fondamentale per il regime idrico del terreno e quindi anche per la predisposizione variabile. Per i fenomeni di piena sono rilevanti soprattutto le situazioni in cui gran parte del bacino idrografico è ricoperta di neve e l'equivalente in acqua della neve è sufficientemente alto da produrre per più giorni grandi afflussi derivanti dallo scioglimento della neve. Le procedure descritte nel cap. 3.1.3 per l'elaborazione di mappe di equivalenti in acqua della neve (Jonas 2010, Magnusson 2011) costituiscono una buona base per la valutazione della predisposizione attuale alla formazione di deflusso.

Predisposizione attuale alla formazione di deflusso

Per la valutazione della predisposizione attuale si combinano tra loro la predisposizione di base e quella variabile. Per tenere in considerazione anche in questa fase l'imprecisione dei dati di input, le due predisposizioni vengono combinate utilizzando regole di valutazione fuzzy. La predisposizione attuale viene infine convertita in 3 livelli di allerta.

Taratura e validazione

Sulla base degli eventi di precipitazione si controlla se la reazione di deflusso può essere spiegata mediante gli stati di deposito (predisposizione) prima dell'evento. Nell'ambito di questa operazione sono stati scartati complessivamente 58 eventi, che vanno da quelli localmente caratterizzati fino a

quelli di grande estensione e che concernono tutte le stagioni. Le prime analisi degli eventi danno risultati incoraggianti. Si trovano ad esempio degli eventi in cui precipitazioni relativamente ridotte hanno causato una piena a causa dell'elevata saturazione del terreno. Viceversa, ci sono eventi in cui precipitazioni più forti, a causa della ridotta saturazione del deposito di acqua del terreno, hanno comportato una reazione di deflusso minima. Per stabilire i valori soglia definitivi servono altri controlli.

Una descrizione dettagliata dei risultati di questo pacchetto di lavoro sono reperibili nei rapporti di progetto "IRKIS: Modellentwicklung variable Disposition. Methodenbericht." (Mani 2011), "Frühwarnsystem auf Basis Dispositionsbeurteilung. Umsetzungskonzept für das Pilotgebiet Prättigau" (Mani 2012), "Elaborazione di una carta dei suoli della Valle Venosta" (Busetto 2012).

5.1 Adeguamento dei modelli previsionali delle piene

Nell'ambito di IRKIS, i modelli previsionali delle piene esistenti sono stati ulteriormente sviluppati oppure se ne è valutato l'impiego in riferimento a una gestione pre-operativa. In Alto Adige, il modello previsionale delle piene ARFFS, attualmente impiegato per tutto il bacino idrografico dell'Adige, è stato adeguato alle problematiche di IRKIS. Nei Grigioni, si è valutata la possibilità di impiego del modello Alpine3D nei piccoli bacini idrografici alpini di Davos.

Modello previsionale delle piene ARFFS in Alto Adige

Il modello previsionale delle piene utilizzato in Alto Adige ARFFS (Adige River Flood Forecasting System, Università degli Studi di Padova, Provincia Autonoma di Bolzano 2006) è stato ampliato in modo tale che da un lato prenda in considerazione i nuovi livelli informativi emersi nell'ambito di IRKIS (come la mappa di distribuzione del manto nevoso per la taratura del modulo neve) e dall'altro possa mettere a disposizione i parametri necessari per il modello di predisposizione. ARFFS è ora in grado di utilizzare le mappe di distribuzione della neve (redatte mediante procedura di telerilevamento) dell'EURAC come condizione al contorno per il modello interno di deposito della neve. Il modello ARFFS può quindi restituire come parametri anche gli stati di deposito utilizzati per la previsione del deflusso. Questi possono infine venire utilizzati per la descrizione del grado di riempimento del deposito nel modello di predisposizione. Inoltre, il modello è stato reso idoneo a essere utilizzato per l'allerta siccità: ora è in grado di simulare, sulla base delle condizioni attuali e della storia pregressa, gli effetti di un lungo periodo di siccità (con un andamento meteo come nell'estate 2003) sulle altezze di deflusso. Si tratta di un importante presupposto per l'allertamento relativo a periodi di aridità. Per la previsione dei deflussi in caso di precipitazioni ARFFS utilizza i dati di MeteoSvizzera (COSMO LEPS).

Modello previsionale Alpine3D come base per il sistema di allertamento maltempo di Davos

Nell'ambito di un progetto pilota, il modello Alpine3D (Lehning et al. 2006; Bavay et al. 2009) è stato impiegato in forma para-operativa per il territorio di Davos. Uno dei compiti principali era la creazione di un'interfaccia diretta con COSMO2, il modello di previsione meteorologica di MeteoSvizzera, che lavora con una risoluzione di 2 km. L'interfaccia accede direttamente all'output del modello presso il Centro Svizzero di Calcolo Scientifico di Manno. Questo comporta sì elevate spese di sviluppo, ma offre il vantaggio che gli adeguamenti (ad es. in caso di acquisizione di un sistema operativo) possono essere effettuati in modo semplice e rapido. Uno scenario possibile potrebbe essere, ad esempio, quello di ottenere un funzionamento operativo di SNOWPACK in modalità previsionale presso le stazioni IMIS. In questo caso potrebbe essere utilizzata la stessa interfaccia. Un'altra possibilità potrebbe essere l'impiego di Alpine3D per il territorio di Davos o per un altro bacino idrografico di analoghe dimensioni. La figura 22 mostra una panoramica schematica sui moduli del modello per manto nevoso, terreno, vegetazione, irraggiamento, trasporto eolico della neve e generazione di deflussi. Il dispendioso modello relativo al trasporto eolico della neve non è comunque stato utilizzato nel progetto IRKIS.

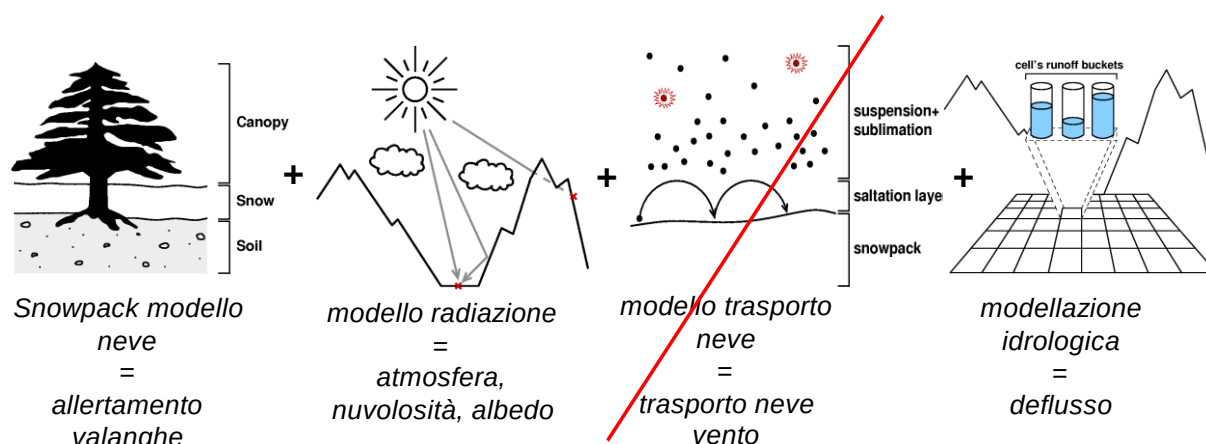


Figura 22: Panoramica schematica sui moduli del modello relativo a manto nevoso, terreno, vegetazione, irraggiamento, trasporto eolico della neve e generazione di deflussi. Fonte: Wever & Lehning (2011).

Il cuore del modello è costituito da una simulazione ad alta risoluzione, localmente distribuita, della dinamica di manto nevoso, terreno e vegetazione utilizzando il modello per manti nevosi SNOWPACK (Lehning et al. 1999; Lehning & Fierz 2008). Il modello descrive il deposito di neve e di acqua nel terreno con una risoluzione spaziale di 100 m. Per il manto nevoso vengono rappresentati fino a 100 strati, a seconda della complessità della struttura stratigrafica. Ciò non solo garantisce una simulazione esatta del regime della massa ed energetico, ma può anche essere utilizzato come base per la stima della stabilità del manto nevoso e del pericolo di valanghe (Schirmer et al. 2009). In particolare, l'analisi del contenuto di acqua liquida nel manto nevoso, incluse le informazioni su una prima filtrazione, può rivelarsi un'utile informazione per la valutazione di grandi valanghe di neve bagnata. La figura 23 mostra il confronto tra l'altezza della neve misurata e quella simulata in due stazioni di rife-

rimento del territorio di Davos. Il grafico evidenzia che accumulazione e scioglimento del manto nevoso in diversi inverni sono ben rappresentati.

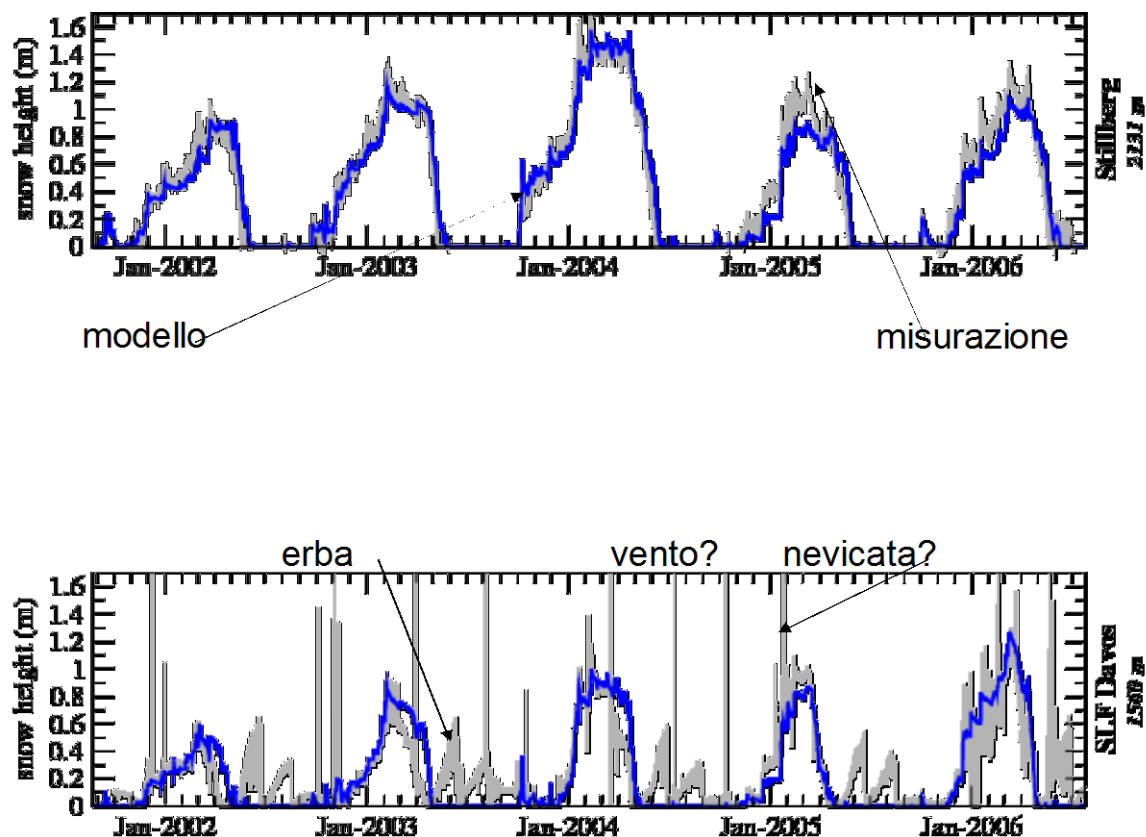


Figura 23: Confronto tra altezza della neve misurata e simulata in due stazioni di riferimento del territorio di Davos.

La distribuzione della neve al suolo in un qualsiasi momento può essere consultata mediante la piattaforma GIN (fig. 24). La fig. 25 mostra un esempio della distribuzione al suolo e dell'altezza della neve nel gennaio del 2012. Mentre la distribuzione al suolo può essere ben rappresentata graficamente, una descrizione operativa dell'altezza della neve con una scala di colori fissa (per consentirne il confronto) è più difficile. In linea di massima vale il principio per cui le distribuzioni spaziali di altezza della neve ed equivalente in acqua della neve sono strettamente correlate, perché la densità media in profondità non varia di molto da un luogo all'altro.

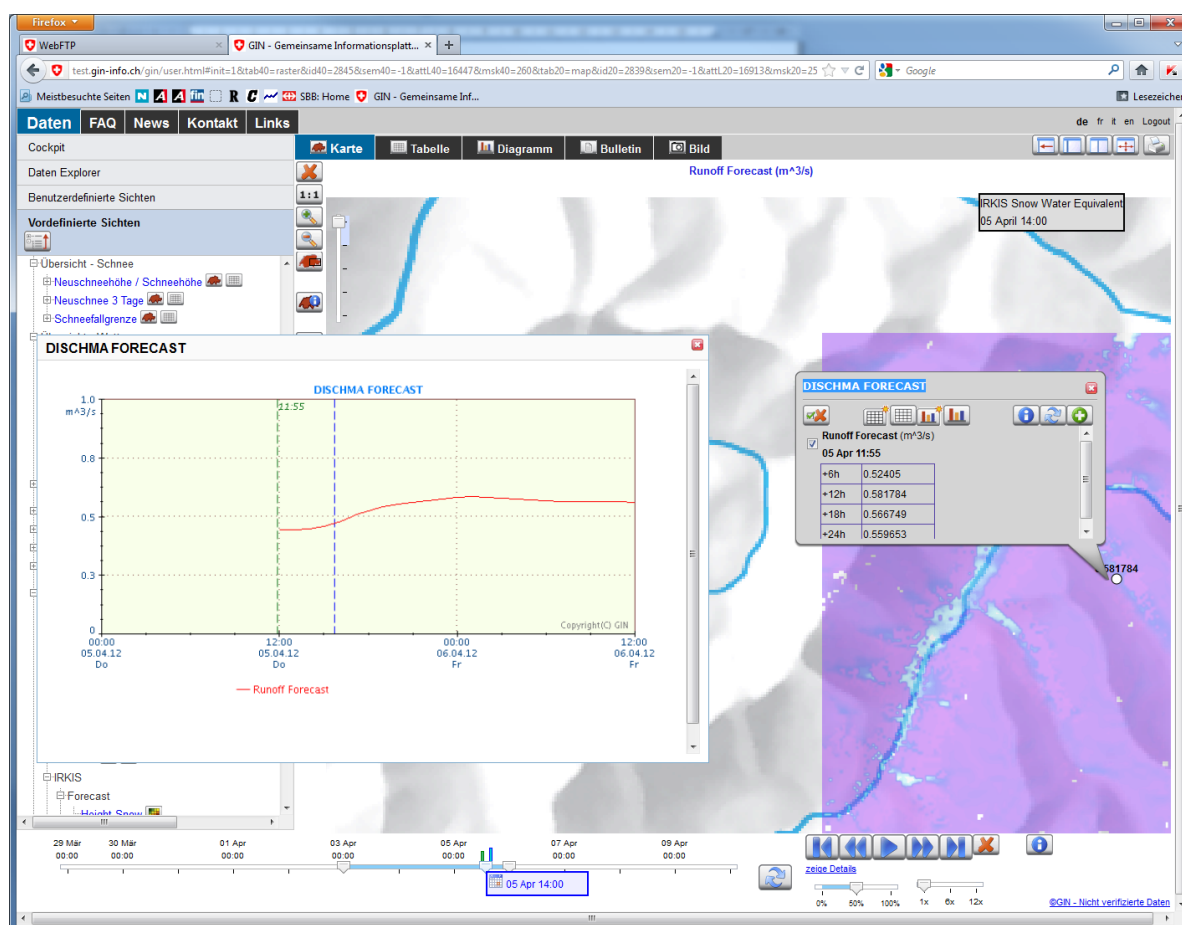


Figura 24: La versione di prova, integrata nella piattaforma GIN, del sistema di allertamento maltempo di Davos.

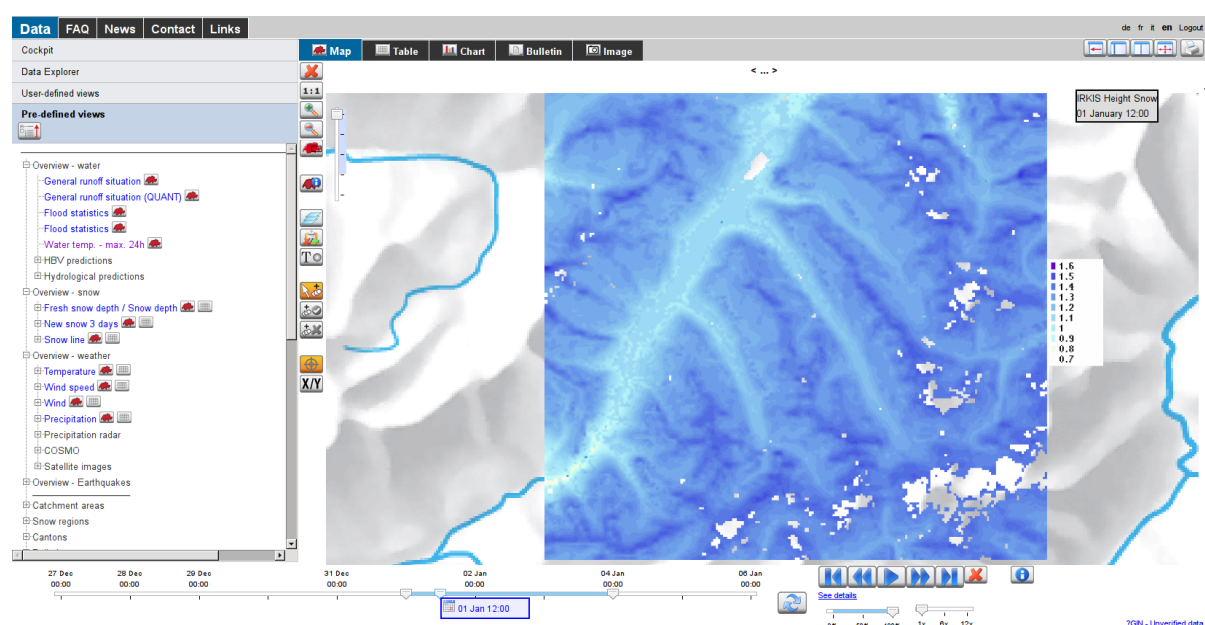


Figura 25: Esempio della distribuzione al suolo e dell'altezza della neve a gennaio 2012.

In linea di principio, ora è possibile rappresentare diversi parametri relativi a neve e terreno distribuiti nello spazio. Ad esempio, la rappresentazione del contenuto d'acqua liquida in profondità (o della sua variazione) potrebbe servire per effettuare una stima della situazione delle valanghe di neve bagnata. Un parametro che muta molto rapidamente e per il quale è sensata una rappresentazione con risoluzione spaziale è la temperatura della superficie. Nella figura 26 è mostrato un esempio in cui a un marcato gradiente altitudinale della temperatura della superficie si sovrappongono variazioni condizionate dall'inclinazione del pendio e dall'esposizione.

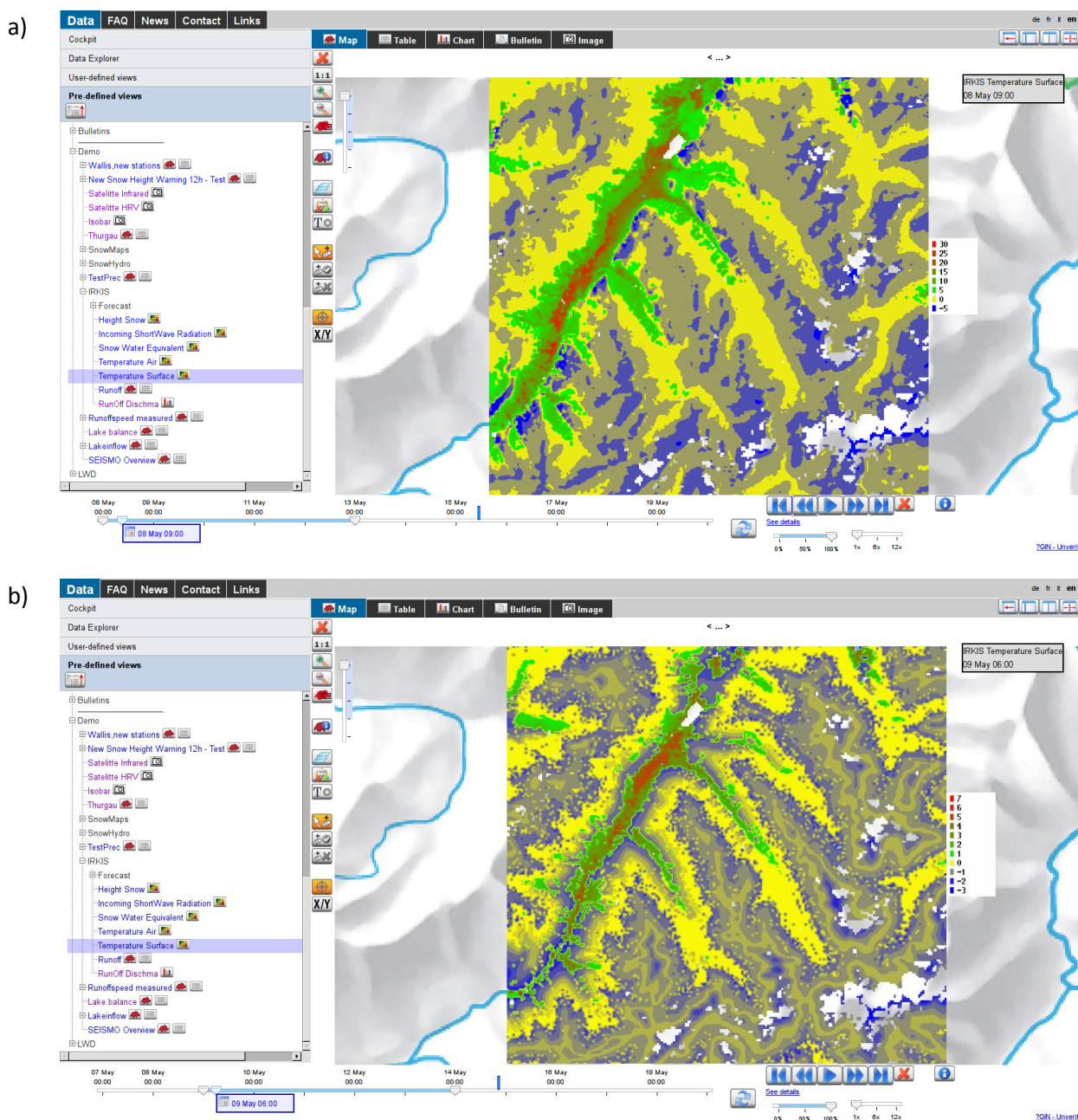


Figura 26: Esempio relativo alla temperatura della superficie nei giorni 8 (a) e 9 maggio 2012 (b).

L'applicazione più immediata è comunque nella previsione dei quantitativi di deflusso presso le paline di Dischmabach, Flüelabach, Albertibach e Kriegsmatten/Frauenkirch. La fig. 27 mostra come esempio il confronto tra il deflusso misurato e quello modellizzato per la palina di Dischma. La palina di Dischma è l'unica per la quale è sensato un confronto di questo genere, perché nel corso superiore non vi è alcuna deviazione dell'acqua. La figura mostra chiaramente che il deposito del modello di deflusso non è ancora impostato correttamente. In particolare, il deflusso base è ancora troppo ridotto e la reazione a eventuale acqua di scioglimento è ancora troppo ritardata. Che si tratti di un problema di calibratura del deposito risulta evidente dalla figura 28: all'inizio del periodo di scioglimento, SNOWPACK simula già correttamente l'acqua di scioglimento al punto di passaggio ai depositi di deflusso (fig. 28, in alto), ma l'aumento del deflusso di base non è sufficientemente forte. Gli attuali sforzi mirano pertanto a migliorare l'impostazione delle costanti dei depositi.

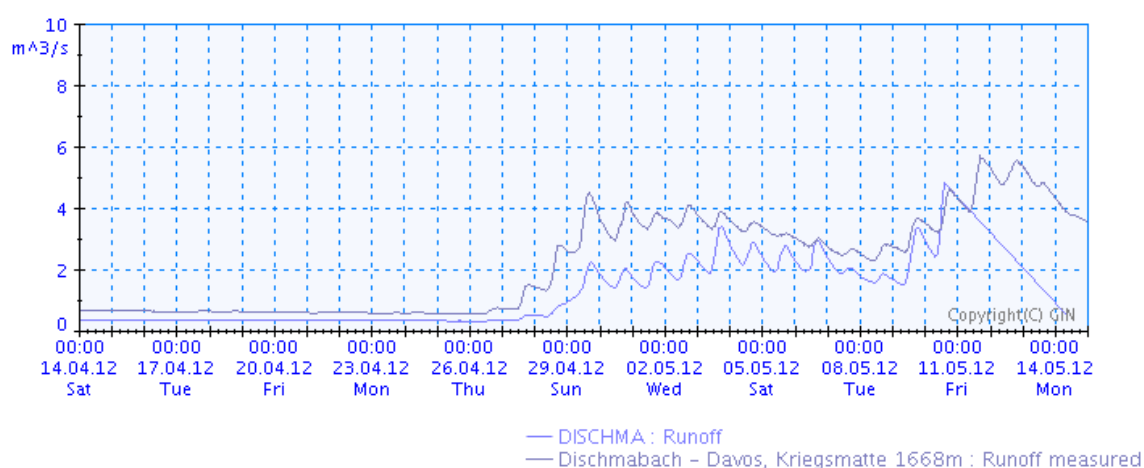


Figura 27: Confronto tra deflusso misurato e modellizzato per la palina di Dischma, aprile-maggio 2012.

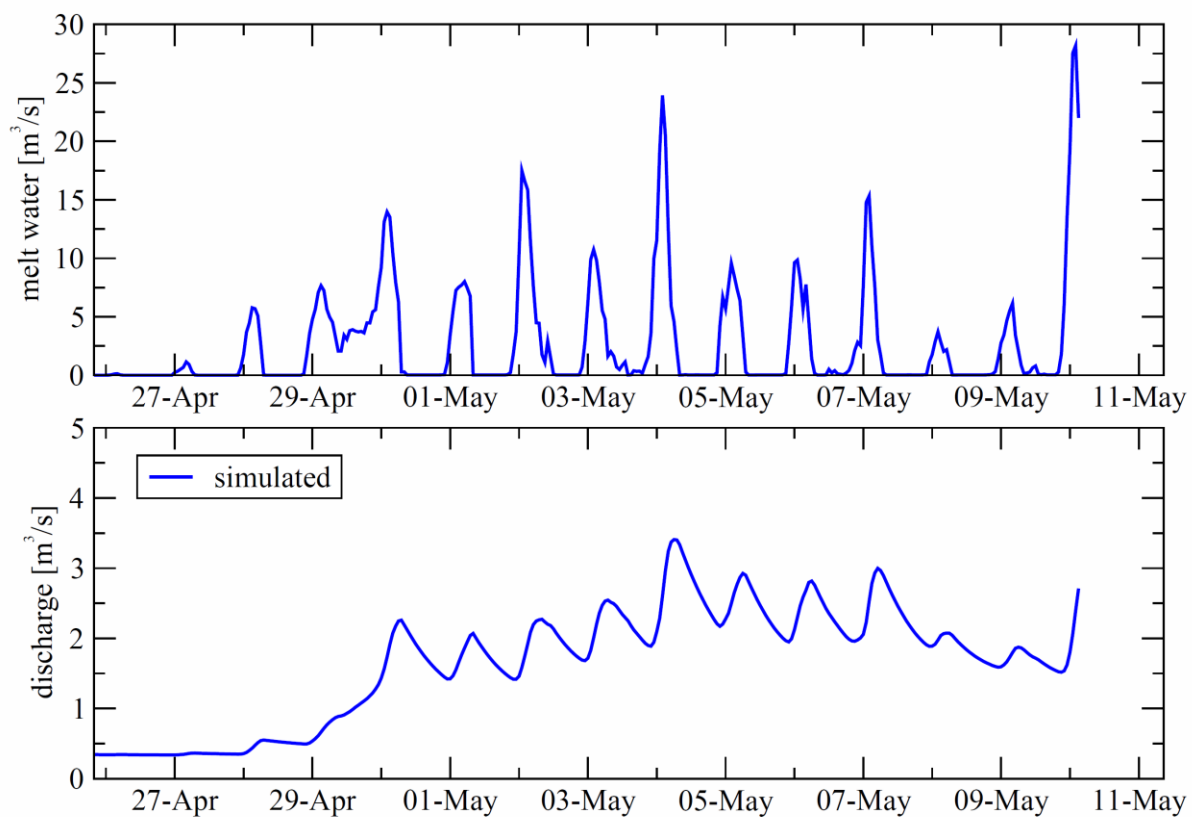


Figura 28: Scioglimento della neve e deflusso modellizzato per l'idrometro del rio di Dischma, Davos, aprile-maggio 2012.

5.2 Supporto decisionale per l'individuazione tempestiva di siccità estrema

Gli ampliamenti precedentemente descritti e relativi a reti di misurazione, sistemi di monitoraggio e modelli previsionali delle piene possono essere utilizzati non solo per l'allertamento in caso di piene ma anche per altre finalità. Altre importanti possibilità di impiego dei principi base elaborati nell'ambito di IRKIS sono la valutazione del pericolo di incendi boschivi e di siccità e aridità. L'utilizzo dei risultati di IRKIS per le previsioni sui periodi di aridità costituiva un ulteriore aspetto del progetto. In particolare, il probabile aumento di ondate di calore e di periodi di siccità a causa del cambiamento climatico richiede l'ottimizzazione degli strumenti per fronteggiare questi eventi. Analogamente all'allertamento per le piene, anche un efficace allertamento per i periodi di siccità e una stima tempestiva delle possibili conseguenze possono attenuare i potenziali danni.

Per quanto concerne siccità e aridità bisogna distinguere tra diversi livelli. Una siccità meteorologica si verifica a seguito di lunga assenza di precipitazioni. Solamente quando questo fenomeno di mancanza di precipitazioni si ripercuote, dopo un certo periodo, sui deflussi delle acque si parla di siccità idrologica. Quando poi la carenza di precipitazioni e/o il ridotto o assente deflusso nelle acque si ripercuote sull'agricoltura o altre attività economiche, si parla di siccità o aridità socioeconomica. Nell'ambito di IRKIS si sono presi in considerazione i primi due casi. Esistono molte misure per la valutazione della gravità di una siccità. L'indicatore più frequentemente utilizzato per la caratterizzazione di fasi di siccità è lo SPI-Index (Standard Precipitation Index) che rappresenta la somma delle precipitazioni degli ultimi tre mesi e confronta il periodo con la media degli ultimi anni. In questo modo è possibile assegnare ai valori soglia dell'indice le probabilità che si verifichi un evento. Questo indicatore necessita solamente dei valori medi giornalieri delle precipitazioni. Altre possibilità di caratterizzazione della siccità sono i decili delle somme delle precipitazioni in diversi intervalli temporali, l'indicatore RDI (Reconnaissance Drought Index, che considera l'evotraspirazione) oppure l'indice PDSI (Palmer Drought Severity Index, che considera l'umidità del terreno e il bilancio idrico). Anche la classificazione dei deflussi di magra viene effettuata sulla base di un confronto statistico con i dati del periodo di misurazione precedente, ad esempio l'indice SSI (Standardized Streamflow Index). Per la classificazione della siccità agricola si calcola soprattutto il deficit di traspirazione, confrontandolo con le necessità delle colture. La rete di misurazione della Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige e il modello previsionale ampliato dei deflussi ARFFS rappresentano le basi per la classificazione della siccità. Con la possibilità di previsione dei deflussi di magra il modello è inoltre in grado di classificare i deflussi di magra da attendersi nei giorni successivi. Nell'ambito di IRKIS è stata anche ottimizzata la procedura per il calcolo dei valori estremi delle serie di dati dell'amministrazione regionale dell'Alto Adige; a questo fine è stato utilizzato il modello EVA+ (Extreme Value Analysis Enhanced) che facilita la deduzione di statistiche sui valori estremi a partire dalle serie di dati.

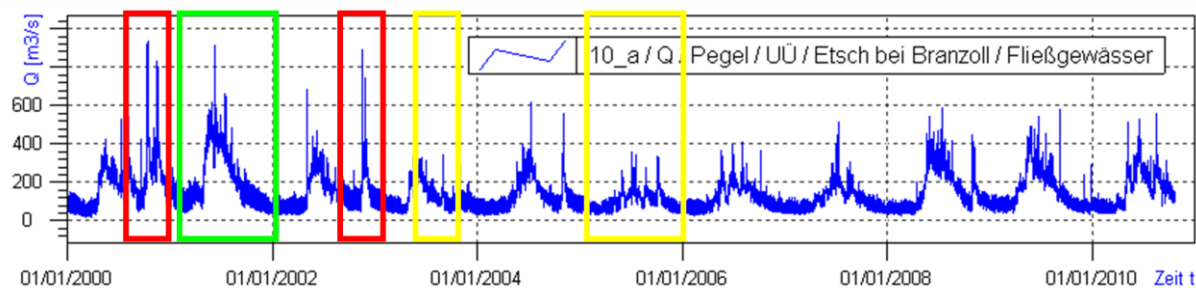


Figura 29: Esempio della classificazione dei periodi di siccità con la serie di dati di deflusso dell'Adige presso Branzolo.

Una descrizione dettagliata dei risultati è reperibile nel rapporto di progetto “Zusammenfassender Bericht der Literaturstudie zu Frühwarnsystemen für Trockenheit und Dürre” (Zischg & Riedi 2011).

6 Allertamento e pianificazione delle emergenze a livello comunale

Anche le informazioni elaborate al meglio per i sistemi di allertamento si rivelano inutili se non possono essere utilizzate nella gestione dei rischi sul posto. L'utilizzo e l'interpretazione di modelli e di sistemi di supporto decisionale generalmente assai complessi debbono essere strutturati in modo da permetterne l'utilizzo da parte di quadri dirigenziali e forze d'intervento. Uno degli obiettivi del progetto IRKIS era quindi l'integrazione verticale del sistema di allertamento, a partire dal livello di sviluppo e da quello regionale fino ad arrivare al livello locale nel quale hanno luogo gli interventi in caso di evento calamitoso.

In **Alto Adige** è stato realizzato un piano di intervento per due situazioni di pericolo. In un caso si trattava di proposte per l'ottimizzazione delle decisioni relative al blocco della Via Solda a Gomagoi, nel comune di Stelvio, e al distacco artificiale della valanga di Gurgl (Stoffel et al. 2010). Nel secondo caso si trattava di una misura di intervento per un'area minacciata nella frazione Laghetti, nel comune di Egna (Hübl & Scheidl 2010). Mentre nel primo caso giocavano un ruolo di grande importanza il monitoraggio dell'andamento del manto nevoso e il sistema di allertamento, in modo che le procedure sviluppate nell'ambito di IRKIS potevano migliorare il processo decisionale, nel secondo caso hanno svolto un ruolo preponderante le installazioni protettive fisse.

Il Cantone dei **Grigioni** ha avviato un progetto pilota in cui il sistema di allertamento è stato testato e valutato a livello locale. Insieme al comune di Davos e all'SLF sono stati messi in pratica gli sviluppi scientifici promossi presso l'SLF nell'ambito di IRKIS. Prima della prevista attuazione operativa, le procedure sono state testate per verificarne l'applicabilità e il loro apporto di valore per la prevenzione dei pericoli a livello comunale. Il modello Alpine3D è stato adattato al comune di Davos in modo tale da poter modellizzare e prevedere i deflussi dei torrenti Flüelabach, Dischmabach, Schiabach e Albertibach. Queste previsioni sono state implementate come versione di prova nella Piattaforma informativa comune sui pericoli naturali GIN. Dal momento che a Davos era appena stata realizzata la carta dei pericoli, è stato possibile inserire i risultati di questa valutazione dei pericoli nella progettazione degli interventi. Sono state redatte delle schede operative per tutti i punti deboli individuati nell'ambito della valutazione dei pericoli (Herzog 2011, cfr. fig. 30).

Per i punti deboli più significativi si sono rilevate le capacità di deflusso degli alvei fluviali, inserendole nelle schede operative. I deflussi previsti con il modello previsionale delle piene Alpine3D possono così essere messi a confronto con questi valori limite per ogni sezione di alveo. Sulla base di un'attenta interpretazione delle previsioni delle piene è possibile stimare fin da prima di un evento se in determinate zone dell'area comunale sussiste la possibilità di esondazioni. Insieme al comune di Davos si sono affrontati i punti deboli individuati e si è discusso se ai fini di una valutazione della situazione siano necessarie ulteriori misurazioni od osservazioni. Si sono definite delle postazioni di osservazione e nelle schede operative si è descritta la procedura cui gli osservatori devono attenersi in caso di evento calamitoso.

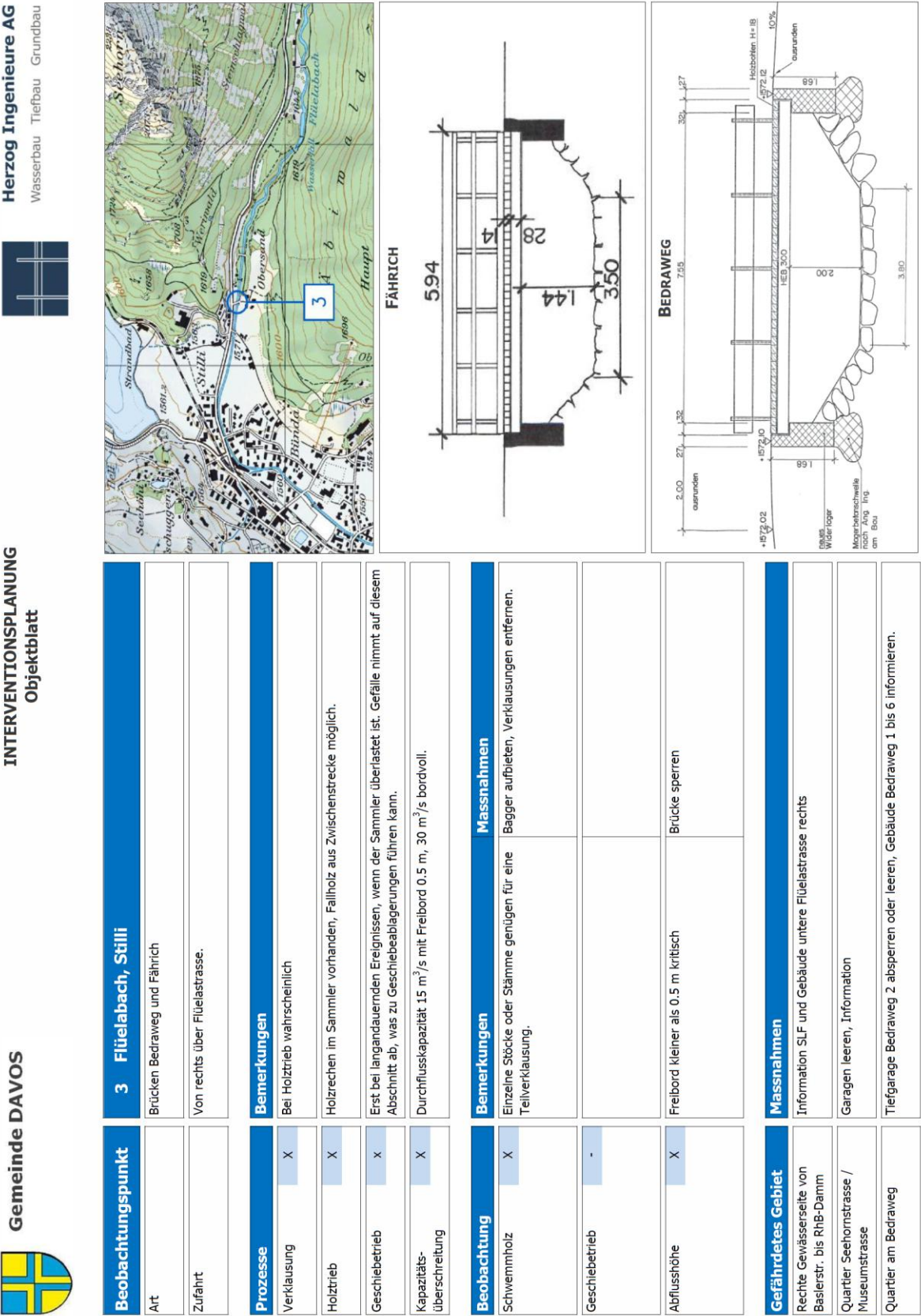


Figura 30: Esempio di una scheda operativa del piano di intervento di Davos. Fonte: Herzog (2011).

Una volta completata la prima versione di prova del sistema di allerta maltempo di Davos (tardo inverno 2011/2012 e primavera 2012), il comune di Davos ha sperimentato e valutato il sistema dal punto di vista degli utenti. Quest'operazione ha confermato ancora una volta le difficoltà dell'allertamento quando si verificano eventi di precipitazioni estreme nei piccoli territori alpini. In caso di precipitazioni temporalesche forte e circoscritte, le misurazioni e le previsioni relative ai deflussi possono dare un contributo soltanto in forma limitata alla pianificazione degli interventi. Nei piccoli bacini idrografici, i tempi di preparazione delle misure di intervento sono troppo stretti; di conseguenza, l'allerta per le conseguenze di forti piogge di carattere locale nei piccoli bacini idrografici si deve basare soprattutto sulla misurazione delle precipitazioni e non sulla previsione dei deflussi. Ciò richiede l'installazione di semplici stazioni di misurazione delle precipitazioni nei più importanti bacini idrografici. I metodi sviluppati rivelano invece un potenziale per la pianificazione costante degli interventi in caso di eventi di piene a seguito di piogge continue e scioglimento della neve. La descrizione delle più importanti grandezze di sistema dei bacini idrografici come l'umidità del terreno e il manto nevoso costituisce una parte importante delle basi informative utili per l'allertamento.

Sull'esempio del progetto pilota nel comune di Davos è poi emerso che, avendo a disposizione dati di buona qualità e serie di misurazioni relativamente lunghe, potrebbero essere sufficienti anche delle procedure più semplici di quella qui illustrata: mediante semplici modelli di precipitazione e deflusso si potrebbero determinare i valori soglia più importanti per le precipitazioni critiche e inserirli nella pianificazione degli interventi in funzione di "segnali di allerta", combinandoli con i punti deboli individuati. Ma questa procedura semplificata è fattibile solamente avendo a disposizione delle serie di misurazioni sufficientemente lunghe e dalle quali si possano derivare valori soglia affidabili per le precipitazioni.

L'analisi ha altresì evidenziato l'importanza dell'adeguamento del sistema di allertamento alla pianificazione delle operazioni: la scelta del metodo per l'allertamento deve potersi integrare nel piano di intervento esistente, oppure la pianificazione degli interventi deve essere adeguata al sistema di allertamento. Questa armonizzazione tra i due strumenti è irrinunciabile per il miglioramento della gestione del rischio.

Una descrizione dettagliata dei risultati di questo pacchetto di lavoro è reperibile nei rapporti di progetto "Evaluation des Frühwarnsystems Unwetter Davos aus der Sicht des Praktikers" (Herzog 2012), "Interventionskarte Laag (Gemeinde Neumarkt) im Rahmen des Interreg Italien-Schweiz Projektes IRKIS" (Hübl & Scheidl 2010) e "Interventionsplan (IRKIS) Gurgllawine, Gomagoi - Gemeinde Stilfs. Analyse des Lawinenabganges vom 9. Februar 2009 und Vorschläge" (Stoffel et al. 2010).

7 Conclusioni e prospettive

Durante l'attuazione del progetto è più volte emerso che gli obiettivi dello stesso erano stati formulati in modo molto ambizioso. Tuttavia, grazie alla stretta collaborazione tra livelli amministrativi, scientifici e di attuazione pratica è stato possibile raggiungere gli obiettivi del progetto. Questa necessaria collaborazione ha costituito una sfida per tutte le parti coinvolte, ma nello stesso tempo ha rappresentato la base per gli sviluppi conseguiti nell'ambito del progetto IRKIS. Le vivaci discussioni all'interno dei gruppi di lavoro hanno fornito lo spunto per molti nuovi sviluppi.

L'analisi delle reti di misurazione ha dimostrato che in entrambe le regioni è presente una fitta rete per il monitoraggio delle condizioni ambientali; ma ha anche evidenziato che in alcuni punti è necessaria un'ulteriore intensificazione. Le necessità di intervento sono state individuate soprattutto in riferimento al monitoraggio dell'umidità del suolo. Il progetto IRKIS ha contribuito all'ulteriore sviluppo delle procedure per l'osservazione di questo parametro ambientale. Le esperienze hanno mostrato quali siano i possibili vantaggi e svantaggi delle diverse procedure, quali la modellizzazione dell'umidità del suolo, la misurazione sul posto oppure la misurazione mediante sistemi di telerilevamento. A seconda della situazione e della problematica è possibile scegliere, sulla base di queste esperienze, il metodo adatto. Il progetto ha dimostrato anche che può essere molto interessante la combinazione di più metodi.

Nell'ambito del progetto è stato inoltre possibile colmare una fondamentale lacuna informativa dell'Alto Adige, ossia quella relativa all'equivalente in acqua presente nel manto nevoso. Grazie al trasferimento in Alto Adige delle procedure utilizzate in Svizzera per la realizzazione di mappe dell'equivalente in acqua della neve è stato possibile risparmiare molto del lavoro di sviluppo. Queste mappe rappresentano una preziosa base decisionale, sia per la previsione delle piene, sia per quella dei periodi di siccità.

La densità delle stazioni di misurazione e il volume dei dati richiedono sempre più delle procedure per l'aggregazione dei dati in strumenti interpretativi significativi e descrizioni capillari degli stati di sistema. Nell'ambito del progetto si è cercato di ampliare il principio della predisposizione ai pericoli naturali in modo tale che potesse costituire una base per la valutazione dello stato, ogni giorno variabile, dei bacini idrografici di montagna. Entrambi i partner di progetto hanno sviluppato insieme una procedura che, sulla base dei dati misurati in tempo reale e relativi a precipitazioni, deflusso, neve, temperatura, ecc., possa consentire di valutare la predisposizione variabile a un'altezza di deflusso elevata.

Il principio della predisposizione ha l'obiettivo di aiutare i responsabili per la gestione dei pericoli naturali a valutare la situazione attuale indipendentemente dalle previsioni meteo e a saperla differenziare localmente. L'ideale sarebbe che il principio della predisposizione venisse integrato nell'avvio della fase di osservazione sul posto o fosse utilizzato nelle fasi di preparazione dei piani di intervento.

Sull'esempio del comune di Davos si è cercato di sviluppare un sistema di allertamento per gli interventi locali in caso di eventi di piena. Nell'ambito di questo test pilota si sono effettuate previsioni di

deflusso per i torrenti laterali e si sono redatti dei dati ad alta risoluzione relativi a manto nevoso e umidità del terreno, che sono stati elaborati e messi a disposizione, in via sperimentale, ai responsabili per i pericoli naturali del comune di Davos. Si è inoltre discusso e valutato il potenziale di un'applicazione di questa procedura in altri bacini idrografici. È emerso che, in considerazione della zona circoscritta e dei conseguenti brevi tempi a disposizione per l'allertamento, sarebbe utile anche l'installazione di semplici stazioni pluviometriche nel corso superiore dei torrenti laterali. I test pilota eseguiti nell'ambito di IRKIS hanno comunque dimostrato un grande potenziale per le previsioni di deflusso a seguito di eventi di piena causati dallo scioglimento della neve. Il test ha inoltre messo in evidenza che i sistemi di allertamento possono essere impiegati con successo a livello locale solamente se i responsabili della zona e le forze di intervento sono in grado di utilizzare e interpretare questi strumenti. Inoltre, è importante un adeguamento reciproco tra sistema di allertamento e piano di intervento.

In Alto Adige, l'esistente modello previsionale delle piene è stato adeguato in modo tale che da un lato prenda in considerazione i nuovi livelli informativi emersi nell'ambito di IRKIS (come la mappa di distribuzione del manto nevoso per la taratura del modulo neve) e dall'altro possa mettere a disposizione i parametri necessari per il modello della predisposizione. È stata inoltre migliorata la previsione dei deflussi nei periodi di siccità.

Per l'attuazione delle possibilità e delle procedure illustrate da IRKIS bisogna sempre tener presente che per la scelta dei metodi e degli strumenti per il monitoraggio, l'allertamento e l'elaborazione di informazioni rilevanti per gli eventi calamitosi bisogna sempre prendere in considerazione le necessità delle forze di intervento locali e le condizioni quadro prevalenti del territorio naturale. È inoltre importante assicurare l'integrazione verticale tra il sistema informativo di base della Confederazione (GIN, previsioni) e il livello decisionale cantonale e locale (livello di intervento). Solo una stretta armonizzazione può garantire la creazione di un'interfaccia di collegamento con la pianificazione degli interventi.

Il progetto IRKIS ha mostrato con quali metodi e procedure sia possibile migliorare il sistema di allertamento nei bacini idrografici alpini. Nei prossimi anni si continuerà a lavorare al potenziamento della rete di misurazione per l'umidità del suolo, all'applicazione e alla messa in pratica del principio della predisposizione e al collegamento tra sistemi di allertamento e piani di intervento.

8 Rapporti di progetto

- Borga, M. (2010): HYDRORADAR - Sviluppo di procedure di analisi ed elaborazioni di osservazioni da radar meteorologico per la stima di precipitazione al suolo e previsione di piena e di colata detritica. Rapporto scientifico n. 1. Padova.
- Borga, M. (2011): HYDRORADAR - Sviluppo di procedure di analisi ed elaborazioni di osservazioni da radar meteorologico per la stima di precipitazione al suolo e previsione di piena e di colata detritica. Rapporto scientifico n. 2. Padova
- Busetto, D. (2010): Recherche und Sammlung der vorhandenen Daten bezüglich Bodentypen in Südtirol. Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Bozen.
- Busetto, D. (2011): Elaborazione di una carta dei suoli della Valle Venosta. Erstellung einer Bodenkarte im Einzugsgebiet Vinschgau. Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Bozen.
- Busetto, D. (2012): Bericht über die recherchierten Daten und Ergebnisse der Bodenfeuchtemessungen. Relazione sui dati raccolti e risultati delle misure di umidità del suolo. Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Bozen.
- Dall'Amico, M. (2010): Elaborato tecnico sui metodi di spazializzazione della neve e proposta di un algoritmo per la Provincia di Bolzano nell'ambito del progetto IRKIS. Mountain-eering rapporto di progetto. Bolzano.
- Dobmann, J. (2009): Hochwasserabschätzung in kleinen Einzugsgebieten der Schweiz. Interpretations- und Praxishilfe, Dissertation. Univ. Bern.
- Herzog, B. (2011): Interventionsplanung Davos. Objektblätter zu den Schwachstellen. Herzog Ingenieure AG Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Davos.
- Herzog, B. (2012): Evaluation des Frühwarnsystems Unwetter Davos aus der Sicht des Praktikers. Herzog Ingenieure AG Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Davos.
- Hübl, J.; Scheidl, C. (2010): Interventionskarte Laag (Gemeinde Neumarkt) im Rahmen des Interreg Italien.Schweiz Projektes 7059790 – IRKIS. BOKU Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Wien.
- Jonas, T. (2010): Technischer Bericht zur Vorgehensweise zur periodischen Ermittlung der aktuellen Schneeverteilung in der Region Bozen im Rahmen des Interreg Projekts IRKIS. SLF Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Davos.

- Magnusson, J. (2011): Technischer Bericht zur Berechnung der Schneewasseräquivalentkarten für den Winter 2010/11 für Südtirol. SLF Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Davos.
- Mani, P. (2011): IRKIS: Modellentwicklung variable Disposition. Methodenbericht. geo7 AG Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Bern, Bozen.
- Mani, P. (2012): Frühwarnsystem auf Basis Dispositionsbeurteilung. Umsetzungskonzept für das Pilotgebiet Prättigau. geo7 AG Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Bern, Chur.
- Marty, C.; Henzen, A. (2011): Übersicht über die meteorologischen und hydrometrischen Messnetze in Graubünden. Davos, Chur.
- Naef, F., Margreth, M., Schmocker-Fackel, P., Scherrer, S. (2007): Automatisch hergeleitete Abflusssprozesskarten – ein neues Werkzeug zur Abschätzung von Hochwasserabflüsse. Wasser Energie Luft 3, 267-303.
- Pasolli, L.; Katarzyna, E.L.; Notarnicola, C.; Zebisch, M. (2011): Soil Moisture Retrieval over South Tyrol: methodologies and results - Estimation Approaches and Methodologies, Results over South Tyrol test site. EURAC Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Bozen.
- Stoffel, L.; Margreth, S.; Rhyner, J. (2010): Interventionsplan (IRKIS) Gurgllawine, Gomagoi - Gemeinde Stilfs (Ita). Analyse des Lawinenabganges vom 9. Februar 2009 und Vorschläge. SLF Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Davos.
- Vignoli, G. (2010): Consulenza Idrografica: analisi dati di livello e portata per la verifica e la eventuale realizzazione di scale di deflusso per fiumi e torrenti del territorio altoatesino. CISMA Rapporto di progetto "IRKIS – Sistema Informativo Interregionale per le crisi idrologiche ed idriche". Id. progetto: 7059790 – Programma : Interreg IVA Italia-Svizzera. Bolzano.
- Wever, T.; Lehning, M. (2011a): Zwischenbericht IRKIS September 2011. Regionalmodul DAVOS und Validierung. SLF Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Davos.
- Wever, T.; Lehning, M. (2011b): Zwischenbericht IRKIS September 2011. Vorbereitung des SNO-WPACK Modells für Einschätzung des Bodenwasserspeichers / der Bodenfeuchte an den IMIS Stationen im Kanton GR. SLF Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Davos.
- Willi, C.; Schulze, T. (2010): Gefahren- und Risikoanalyse Südtirol - Schlussbericht. Ernst Basler & Partner AG Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Zürich, Bozen.

- Zischg, A. (2010): Diskussionsgrundlage für die Entwicklung des „Ampelsystems“ im Rahmen des Interreg Italien-Schweiz Projektes „IRKIS – Interregionales Kriseninformationssystem“. Arbeitspaket 3 „Entscheidungsgrundlagen für Frühwarnung und Intervention“. Bozen, Chur.
- Zischg, A.; Geier, G.; Nadalet, R.; Dinale, R.; Laimer, M.; Gheser, F.; Berger, E. (2010): Zusammenfassender Bericht zur Analyse und Bewertung der bestehenden Messnetze. Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Bozen.
- Zischg, A.; Wilhelm, C.; Mani, P.; Nadalet, R.; Rhyner, J.; Lehning, M.; Romang, H. (2010): Ampelsystem zur Früherkennung von Unwettersituationen. Ergebnisse des Projektworkshops vom 25.10.2010 in Chur. Projektbericht Interreg Italien-Schweiz "IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Chur.

9 Altra bibliografia

- Bavay, M.; Lehning M.; Jonas, T.; Löwe, H. (2009): Simulations of future snow cover and discharge in Alpine headwater catchments, *Hydrol. Processes*, 22, DOI: 10.1002/hyp.7195.
- Egli, L.; Jonas, T.; Meister, R. (2009): Comparison of different automatic methods for estimating snow water equivalent; *Cold Regions Science and Technology*, 57, 107-115.
- Hirashima, H.; Yamaguchi, S.; Sato, A.; Lehning, M. (2010): Numerical modeling of liquid water movement through layered snow based on new measurements of the water retention curve, *Cold Reg. Sci. Technol.* (2010), 64/2, 94-103, doi: 10.1016/j.coldregions.2010.09.003.
- Jonas, T.; Marty, C.; Magnusson, J. (2009): Estimating the snow water equivalent from snow depth measurements in the Swiss Alps; 2009; *Journal of Hydrology*, 378, 161-167.
- Lehning, M.; Bartelt, P.; Brown, R.L.; Russi, T.; Stöckli, U.; Zimmerli, M. (1999): Snowpack Model Calculations for Avalanche Warning based upon a new Network of Weather and Snow Stations, *Cold Reg. Sci. Technol.*, 30, 145-157.
- Lehning, M.; Völksch, I.; Gustafsson, D.; Nguyen, T.A.; Stähli, M.; Zappa, M. (2006): ALPINE3D: A detailed model of mountain surface processes and its application to snow hydrology, *Hydrol. Processes*, 20, 2111-2128.
- Lehning, M.; Fierz, C. (2008): Assessment of snow transport in avalanche terrain, *Cold Reg. Sci. Technol.*, 51, 240-252, DOI: 10.1016/j.coldregions.2007.05.012.
- Schirmer, M.; Lehning, M.; Schweizer, J. (2009): Statistical forecasting of avalanche danger using simulated snow cover data, *J. Glaciol.*, 55/193, 761-768.
- Sturm, M.; Taras, B.; Liston, G.; Derksen, C.; Jonas, T.; Lea, J. (2010): Estimating regional and global snow water resources using depth data and climate classes of snow; *Journal of Hydrometrology*, early online view.
- Università degli Studi di Padova, Provincia Autonoma di Bolzano (2006): ARFFS Adige River Flood Forecasting System. Manuale Tecnico. Padova, Bolzano.
- Viviroli, D.; Gurtz, J.; Zappa, M. (2007): The Hydrological Modelling System PREVAH. *Geographica Bernensia* P40. Bern: Institute of Geography, University of Bern.
- Viviroli D., Gurtz J., Zappa M., Weingartner R. (2009): An introduction to the hydrological modelling system PREVAH and its pre- and post-processing tools. *Environmental Modelling & Software* 24:1209–1222.
- Zimmermann, M.; Mani, P.; Gamma, P. (1997): Murganggefahr und Klimaänderung - ein GIS-basierter Ansatz. vdf Hochschulverlag an der ETH, Zürich.

10 Ringraziamento

Il rapporto si basa sui contributi delle seguenti persone. Editore e redazione ringraziano per i contributi.

Direzione e management del progetto:

Hanspeter Staffler (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Christian Wilhelm (Cantone dei Grigioni)
Rudi Nadalet (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Margit Laimer (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Andreas Zischg (Abenis Alpinexpert GmbH/Abenis AG)

Redazione rapporto finale:

Andreas Zischg (Abenis Alpinexpert GmbH/Abenis AG)

Partecipanti dei partner di progetto:

Elisabeth Berger (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Roberto Dinale (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Kurt Eberle (Comune di Davos)
André Fehr (Comune di Davos)
Günther Geier (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Fabio Gheser (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Irene Hell (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Hanspeter Hefti (Comune di Davos)
Reto Hefti (Cantone dei Grigioni)
Andreas Huwiler (Cantone dei Grigioni)
Gian Claudio Leeger (Cantone dei Grigioni)
Urban Maissen (Cantone dei Grigioni)
Curdin Mengelt (Cantone dei Grigioni)
Sonya Oberdorfer (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Magnus Rageth (Cantone dei Grigioni)
Susanne Rizzolli (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Markus Stadler (Cantone dei Grigioni)
Edi Taverna (Cantone dei Grigioni)
Mauro Tollardo (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Matteo Vischi (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)

Appaltatori:

Mathias Bavay (SLF)
Martin Bettler (Herzog Ingenieure)
Marco Borga (Università di Padova)
Daniela Busetto (Studio tecnico Busetto)

Matteo Dall'Amico (Mountain-eering srl)
Nicholas Dawes (SLF)
Judith Dobmann (geo7 AG)
Charles Fierz (SLF)
Andrè Henzen (SLF)
Beatrice Herzog (Herzog Ingenieure)
Tobias Jonas (SLF)
Michael Lehning (SLF)
Katarzyna Ewa Lewinska (EURAC)
Jan Magnusson (SLF)
Christoph Marty (SLF)
Peter Mani (geo7 AG)
Claudia Notarnicola (EURAC)
Luca Pasolli (EURAC)
Jakob Rhyner (SLF)
Hans Romang (MeteoSvizzera)
Tillmann Schulze (Ernst Basler & Partner AG)
Jürg Schweizer (SLF)
Gianluca Vignoli
Nander Wever (SLF)
Christian Willi (Ernst Basler & Partner AG)

Partecipanti (workshop, review, valutazioni, altri contributi):

Alex Badoux (WSL)
Gian Reto Bezzola (UFAM)
Walter Castelberg (Cantone dei Grigioni)
Eva Frick (tur GmbH)
Christoph Graf (WSL)
Estelle Grueter (MeteoSvizzera)
Christian Haerberli (MeteoSvizzera)
Carsten Jasper (UFAM)
Bernhard Krummenacher (Geotest AG)
Christophe Lienert (ETHZ)
Michael Margreth (Soilcom GmbH)
Anton Obwex (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Harald Pircher (Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige)
Hans Romang (MeteoSvizzera)
Marcel Roth (Cantone dei Grigioni)
Simon Scherrer (Scherrer Hydrologie)
Catherine Stocker (MeteoSvizzera)
Stephan Wohlwendt (Principato del Liechtenstein)
Benno Zarn (Hunziker, Zarn & Partner AG)
Massimiliano Zappa (WSL)

Appunti

