



# L'utilizzo di nuove tecnologie nella valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici in ambiente di montagna

**U. Morra di Cella** – E. Cremonese

*ARPA Valle d'Aosta – A.O. Cambiamenti Climatici*

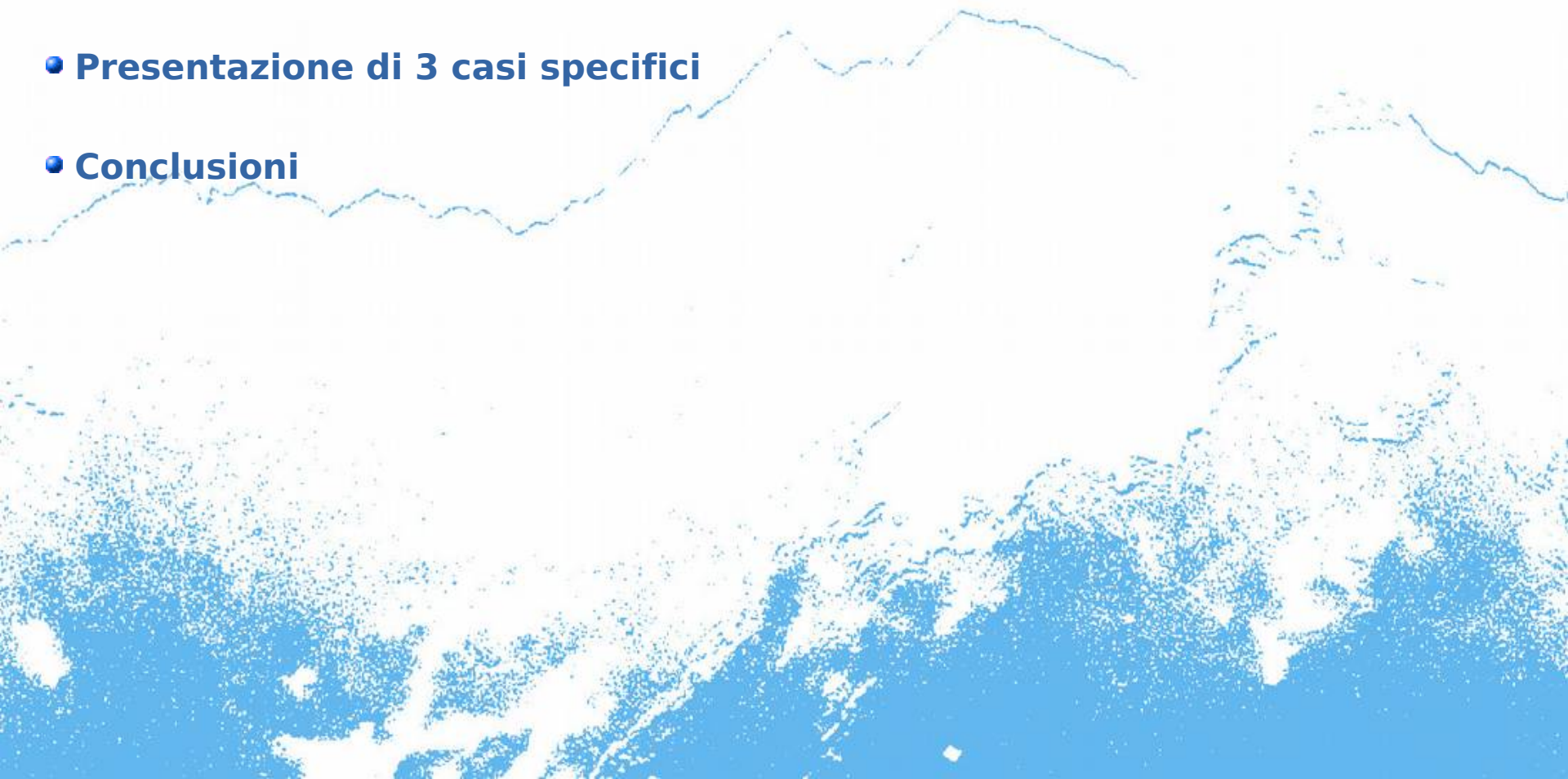
*L'innovazione nel monitoraggio ambientale – 16 ottobre 2013 – Palazzo Santo Stefano - Padova*

- **Riferimenti normativi e premesse**

- **Ambito di attività**

- **Presentazione di 3 casi specifici**

- **Conclusioni**



## La legge istitutiva di ARPA VDA (L. R. n. 41 del 04/09/1995)

### individua all'art. 4 i compiti istituzionali:

#### Art. 4 (Compiti e attività)

##### 1. Sono compiti e attività dell'ARPA:

a) le attività di prevenzione e di controllo in materia ambientale già conferite al Servizio sanitario nazionale dalla legge 22 dicembre 1978, n. 922 (Istituzione del servizio sanitario nazionale) e l'attività di coordinamento con il

ter) il monitoraggio sul territorio regionale dei parametri correlabili con le dinamiche globali di cambiamento meteo-climatico;<sup>(1a)</sup>

e a partecipazione regionale, ed agli organi ed enti locali competenti in materia di tutela ambientale, del territorio e di prevenzione dei rischi ambientali;

c) la formulazione alle autorità amministrative locali di proposte e pareri relativi a limiti di accettabilità, standard di qualità, norme e metodologie di campionamento e di analisi, in accordo con le indicazioni dell'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente;

d) la consulenza e il supporto tecnico ai fini autorizzativi o di controllo, all'azione della Regione, dei Comuni, dell'USL, delle Comunità montane e dei privati concernente l'ambiente sia esterno che di vita e di lavoro, i prodotti agricoli, gli indicatori biologici di esposizione, i metaboliti, i residui ed i contaminanti;

e) la collaborazione con l'Amministrazione regionale per la predisposizione e l'attuazione dei piani regionali in materia ambientale e sanitaria anche in riferimento a particolari rischi ed emergenze per l'ambiente e la popolazione;

f) la collaborazione con l'Amministrazione regionale nelle attività di divulgazione e informazione concernenti la conoscenza dei rischi e delle problematiche attinenti alla tutela ambientale e territoriale;

La peculiarità degli ambienti (semi)naturali alpini richiede un  
approccio integrato in termini di:

- **MATRICI INDAGATE**
- TECNICHE/METODOLOGIE DI MISURA e MONITORAGGIO
- TECNICHE DI ANALISI e ELABORAZIONE DATI



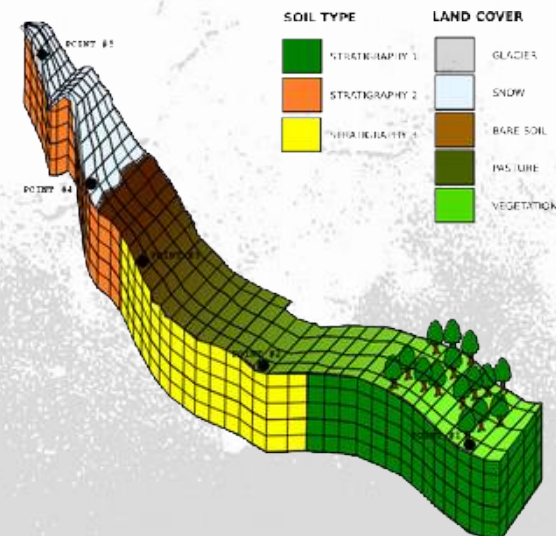
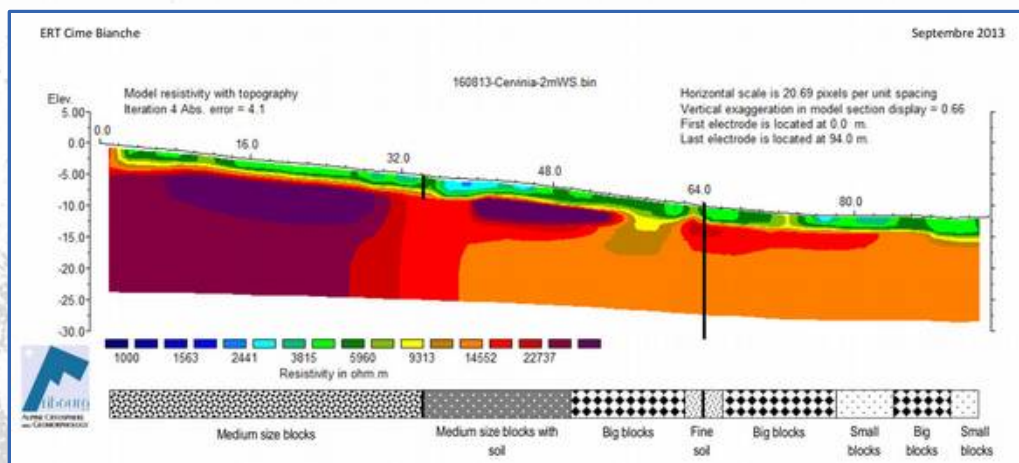
La peculiarità degli ambienti (semi)naturali alpini richiede un  
approccio integrato in termini di:

- MATRICI INDAGATE
- **TECNICHE/METODOLOGIE DI MISURA e MONITORAGGIO**
- TECNICHE DI ANALISI e ELABORAZIONE DATI



## La peculiarità degli ambienti (semi)naturali alpini richiede un approccio integrato in termini di:

- MATRICI INDAGATE
- TECNICHE/METODOLOGIE DI MISURA e MONITORAGGIO
- **TECNICHE DI ANALISI e ELABORAZIONE DATI**



## Le attività di monitoraggio e studio dell'A.O. Cambiamenti Climatici:

- **GHIACCIAI** (bilancio di massa, dinamiche evolutive, ...)
- **FENOLOGIA** (osservazioni tradizionali, misure di parametri ottici e I.V., ....)
- **SCAMBI GASSOSI ECO/ATM** (eddy covariance)
- **SOLUZIONE DEL SUOLO** (lisimetri, C e N nella soluzione, ...)
- **PERMAFROST** (monitoraggio termico, modelli di distribuzione, ...)
- **NEVE** (misure  $\rho$ , monitoraggio SWE e SCA, rapporti neve/proprietà substrato, ...)
- [...]

L'importanza della neve nelle regioni di montagna è nota in **relazione al ruolo** che essa assume direttamente in quanto risorsa per i diversi scopi:

- **turismo invernale**
- **produzione idroelettrica**
- **agricoltura**
- **uso idro-potabile**

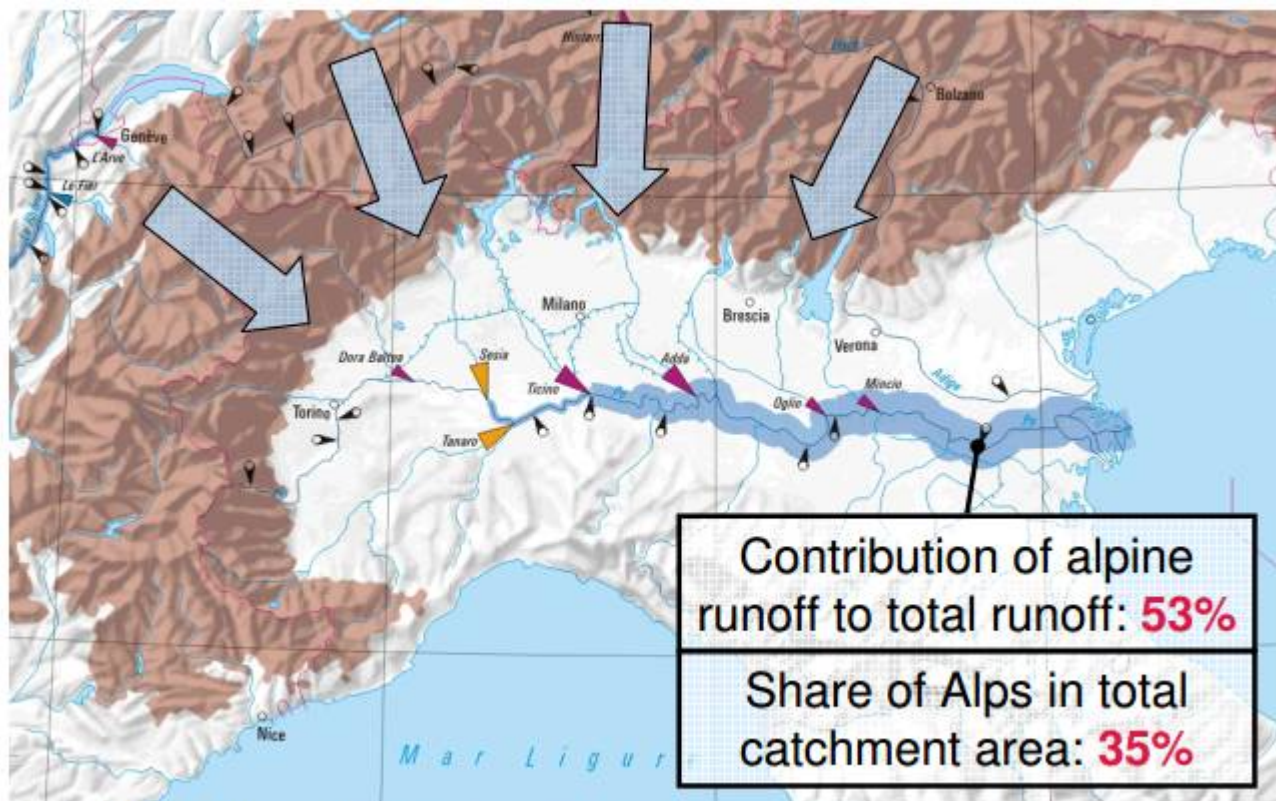
Rilevanti e significative sono le **interferenze** con le popolazioni e i territori alpini:

- **formazione dei deflussi superficiali e sotterranei**
- **alimentazione dei ghiacciai**
- **valanghe**
- **interrelazioni con gli ecosistemi vegetali e le popolazioni animali**
- ....



## THE ALPS: WATER TOWER OF EUROPE!!

Lo stato del manto nevoso e la sua evoluzione temporale non solo condizionano direttamente i **territori alpini**, ma hanno anche ripercussioni significative nei settori delle **pianure** ad essi connessi



Viviroli and Weingartner, 2004 [*Hydrol. Atlas Switzerland*, 6.4]

## L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO E DELLA CONOSCENZA DELLA NEVE NELLE REGIONI ALPINE

1



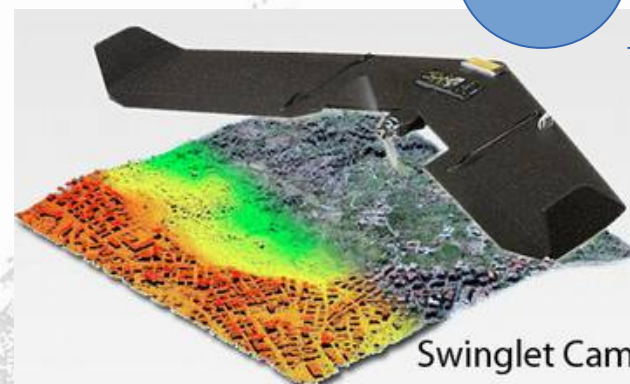
Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso

2



Applicativo per smartphone finalizzato alla raccolta di dati di altezza del manto nevoso

3

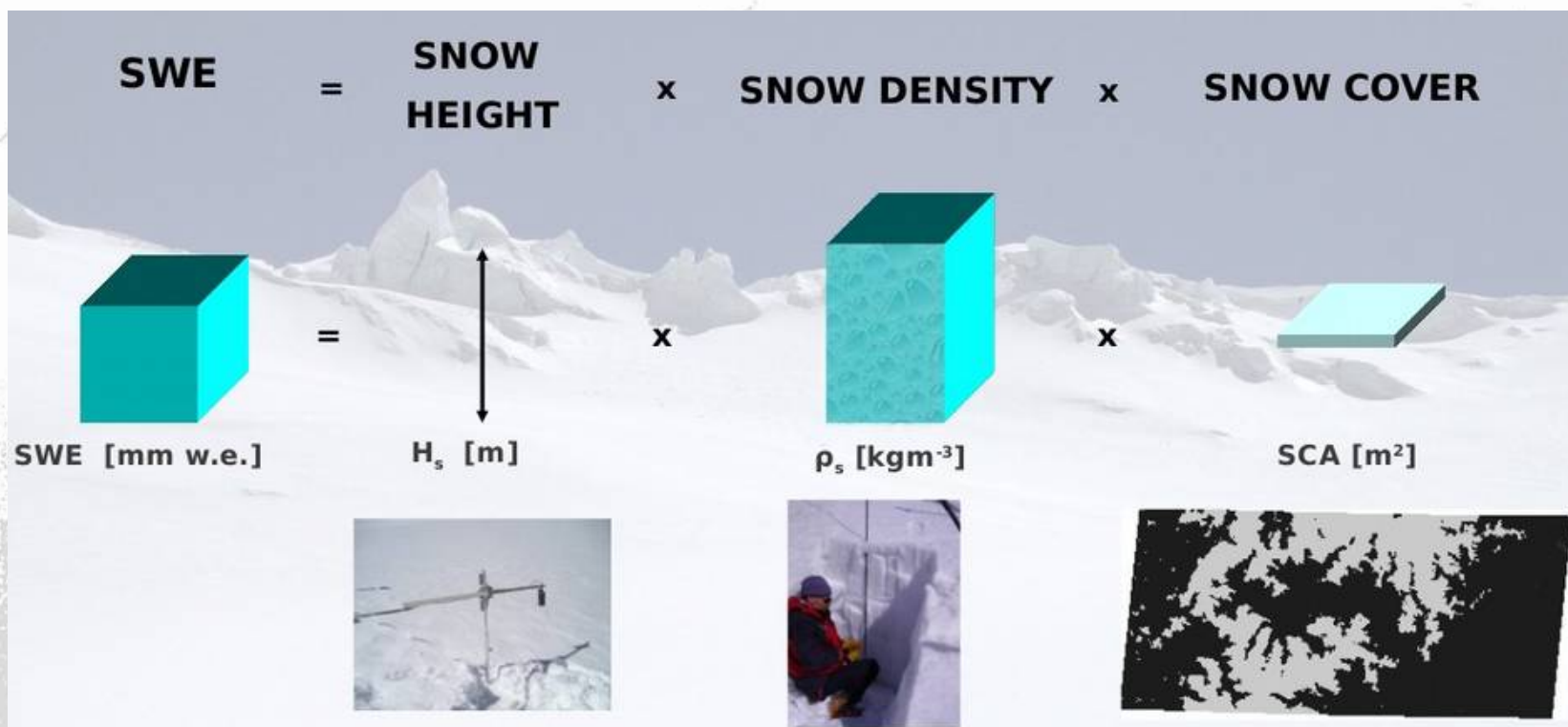


Impiego di UAV per il monitoraggio in zone remote

1

# Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso

SWE = contenuto idrico del manto nevoso



1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso

SWE = contenuto idrico del manto nevoso

La conoscenza dello SWE è un **elemento strategico** in relazione a:

- gestione dei reticolo superficiale (formazione dei deflussi primaverili e estivi con ripercussioni sulle piene e sulle magre);
- gestione integrata della risorsa idrica nei momenti "critici" per eventuali conflitti;
- programmazione della produzione idroelettrica;
- monitoraggio dell'evoluzione meteo-climatica stagionale.

1

# Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso



Regione Autonoma Valle d'Aosta - Assessorato opere pubbliche, difesa del suolo e edilizia residenziale pubblica  
Dipartimento difesa del suolo e risorse idriche - Ufficio centro funzionale

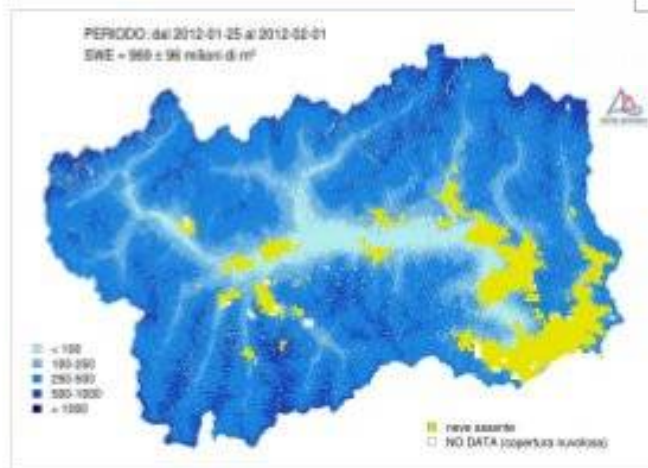
## PARTE NIVOMETRICA

Altezze di neve al suolo al 31/01/2012

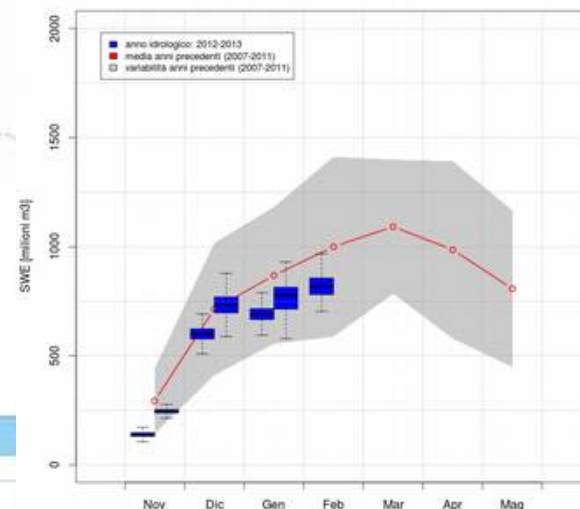
| ZONA | STAZIONE             | QUOTA | H NEVE [cm] |
|------|----------------------|-------|-------------|
| A    | Fénis                | 2250  | 140         |
|      | Chamois              | 2020  | 79          |
| B    | Gressoney-La-Trinité | 1642  | 76          |
|      | Champorcher          | 2181  | 51          |
| C    | Cogne                | 2279  | 75          |
|      | Rhêmes-Notre-Dame    | 1690  | 81          |
| D    | La Thuile            | 1488  | 57          |
|      | Orsomonte            | 2017  | 136         |

La mappa di distribuzione della SWE (Snow Water Equivalent, equivalente in acqua del manto nevoso) è stata elaborata da ARPA VdA sulla base della mappa di copertura derivata da dati MODIS e dei dati della rete nivometrica regionale e dell'Ufficio Neve e Valanghe. Si ricorda che le altezze di neve misurate al suolo e riportate in tabella possono essere interessate da fenomeni di erosione e deposito

SWE

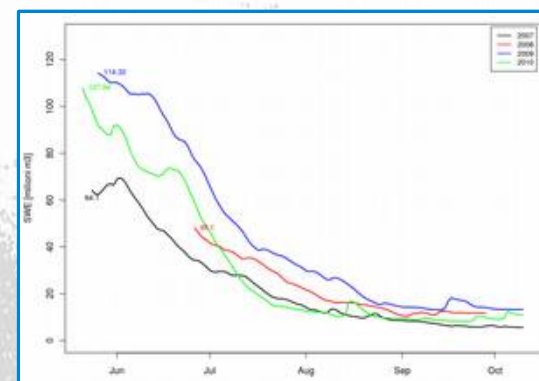
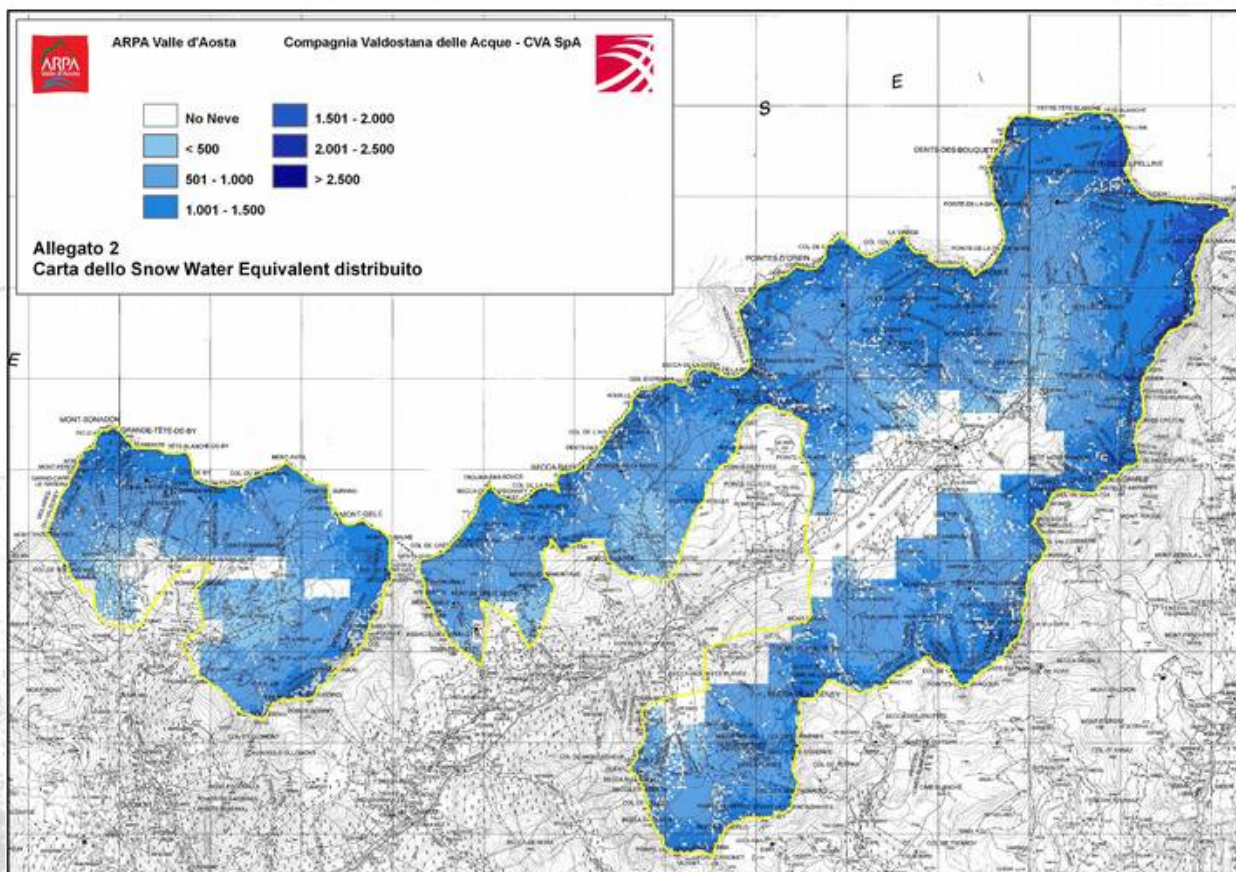


SWE evoluzione mensile



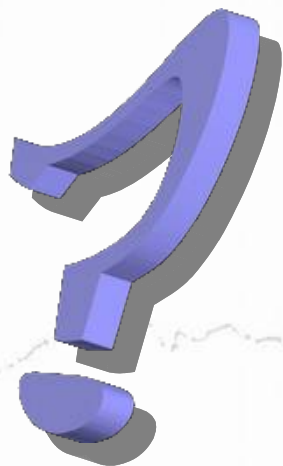
1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso



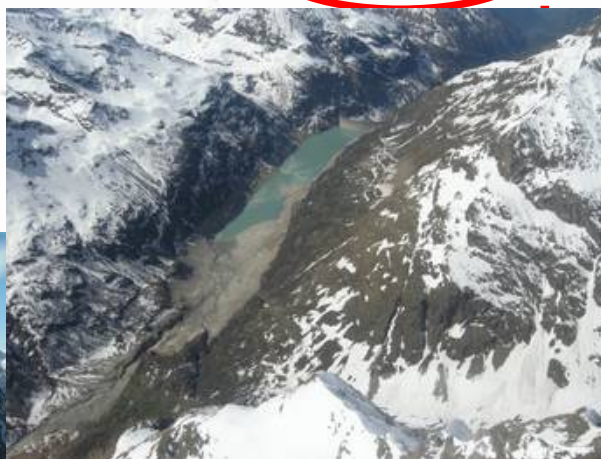
1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso



Misura (stima) dello SWE :

- ~~puntuale~~ (misure manuali/automatiche, periodiche/in continuo)
- distribuita (misure + modelli)



PERCORRIBILITA' LIMITATA  
(Gh. Rutor, settembre 2011)



SIGNIFICATIVA VARIABILITA'  
(Valpelline, aprile 2012)



ZONE REMOTE (Gh. Timorion, maggio  
2012)

# 1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso

La "**qualità**" della simulazione tramite il modello SWE dipende dalla **numerosità dei dataset di input** e della **distribuzione dei valori** rispetto alle variabili impiegate per la spazializzazione.

Le caratteristiche morfologiche dei bacini alpini possono non consentire la realizzazione di campagne di terreno "ottimali"

**metodi diretti di misura → metodi indiretti di misura**

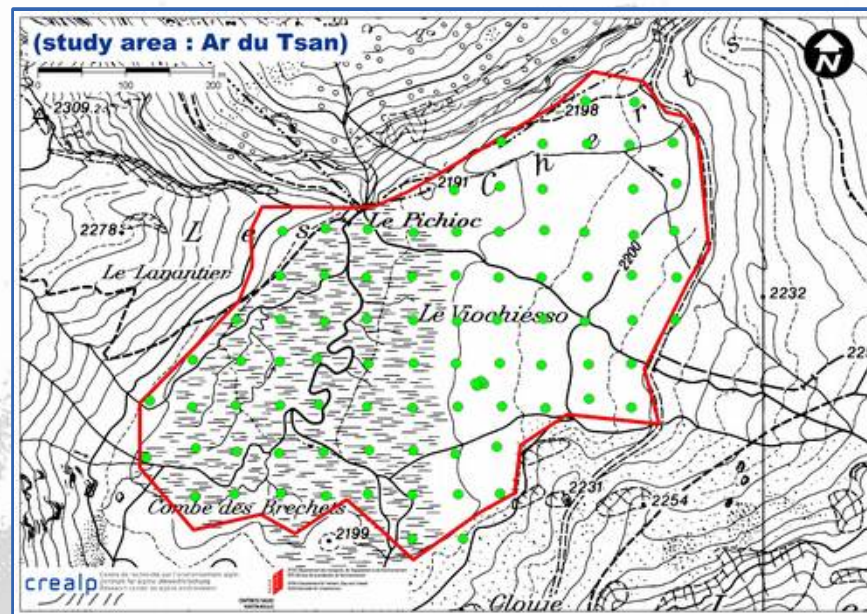


1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso



Vallon de Réchy (CH) - 2012



1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso



Mascognaz (IT) - 2012



Timorion (IT) - 2012



Vallon de Réchy (CH) - 2012



# 1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso

### GPR - *ground penetrating radar* per lo SWE

La stima dello Snow Water Equivalent a scala di bacino può essere realizzata ricorrendo a rilievi geofisici di tipo elettromagnetico. ARPA Valle d'Aosta ha sviluppato un sistema operativo di misura GPR eliportato a supporto della stima dello SWE in specifici bacini alpini.

Vantaggi del metodo:

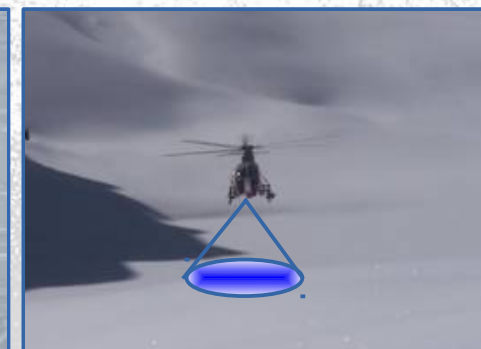
- significativa riduzione dell'impiego di **personale a terra**;
- misure **non condizionate** dallo stato del territorio;
- **rapidità** nella realizzazione delle misure;
- acquisizione di dataset numericamente **consistenti**;
- acquisizione di dataset spazialmente più **distribuiti**.

La neve si comporta come un mezzo elettricamente resistivo caratterizzato da permittività elettrica (capacità di un materiale di trasmettere il campo elettrico) dipendente dalla densità e dal contenuto d'acqua libera. In neve asciutta la permittività è direttamente correlabile ai valori di densità. Conoscendo il tempo di percorrenza dell'onda (*TWT two-way travel time*) e il valore di permittività elettrica del manto nevoso ( $\epsilon_s$ ) si determina l'altezza del manto nevoso ( $H_s$ )

# 1

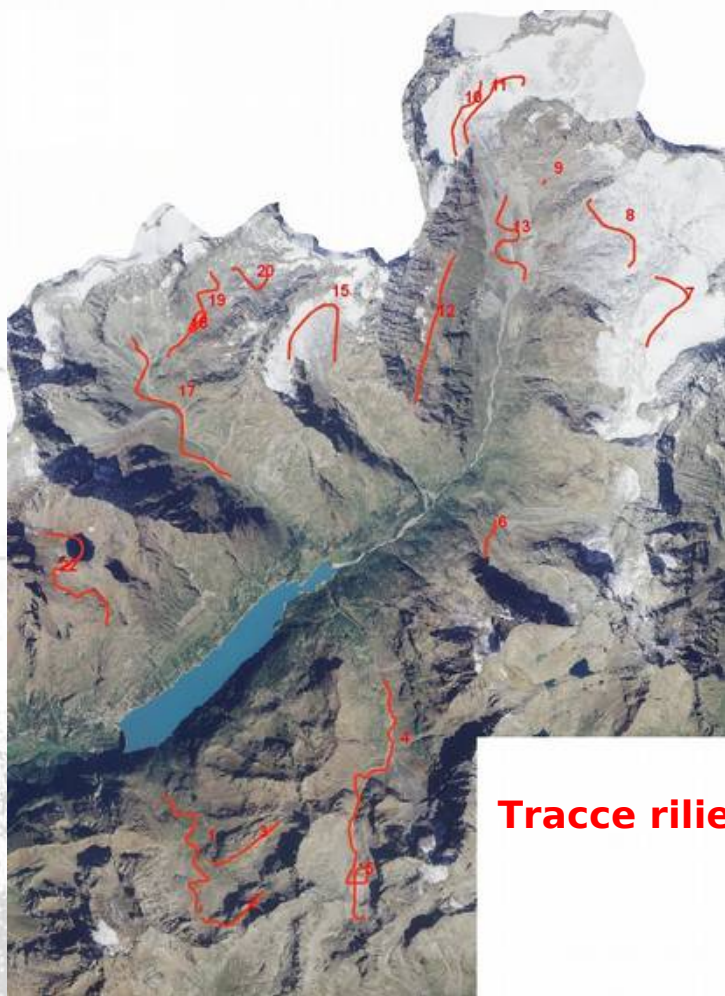
## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso

- Unità radar: GSSI SIR-3000
  - Antenna: 400 MHz
  - Piattaforma: elicottero SA 315 B LAMA
  - Antenna GPS: montata in cabina + master station su punto noto
- 
- Velocità misura:  $30\text{km/h} \simeq 10\text{m/s}$
  - Marcatura:  $1\text{punto/s}$
  - Spaziatura punti:  $1\text{punto}/10\text{m}$
  - Quota relativa di volo: 5 – 10m



1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso



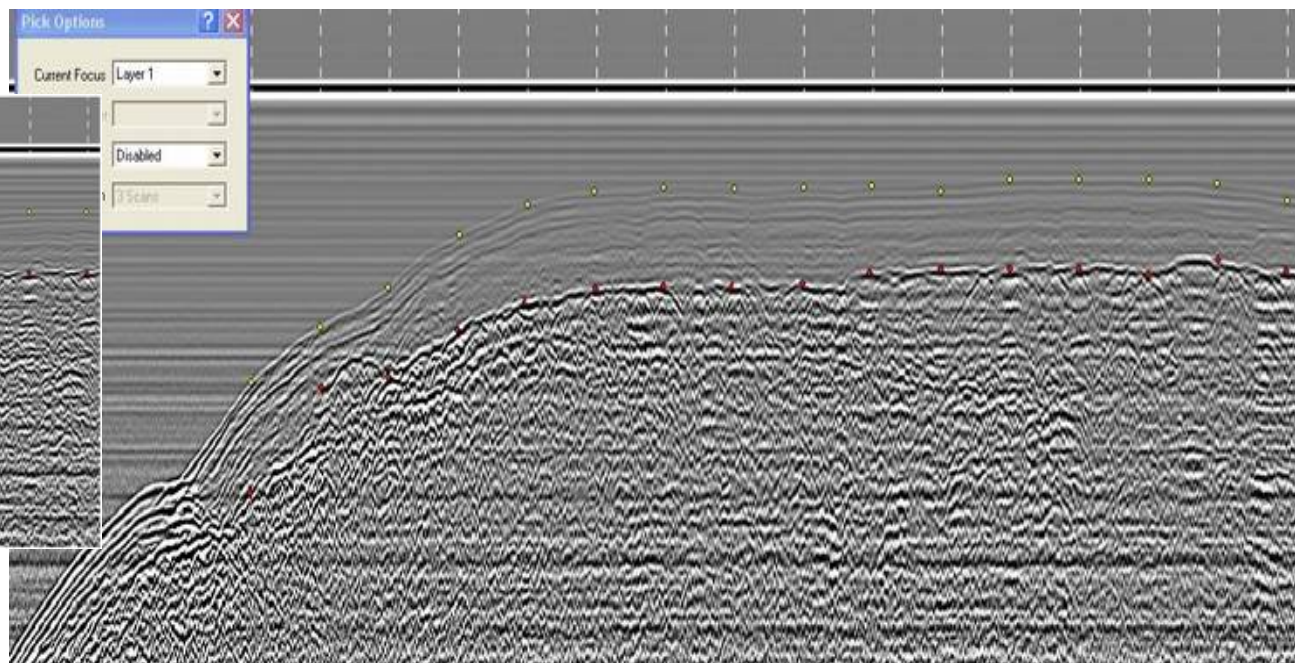
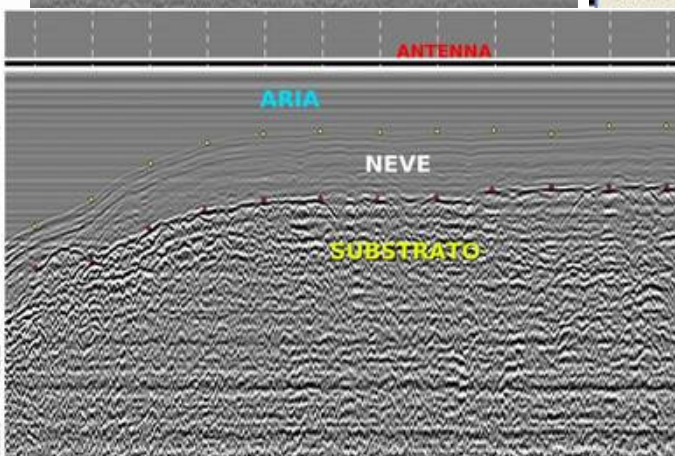
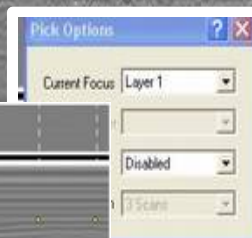
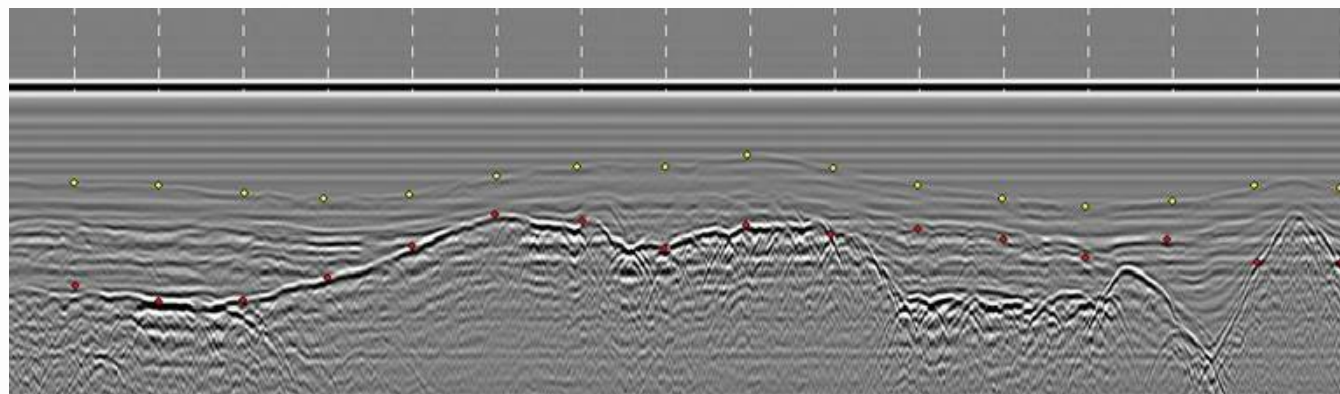
**Tracce rilievo GPR - bacino Place Moulin  
(maggio 2011)**



**Tracce rilievo GPR - bacino Goillet (maggio 2012)**

1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso



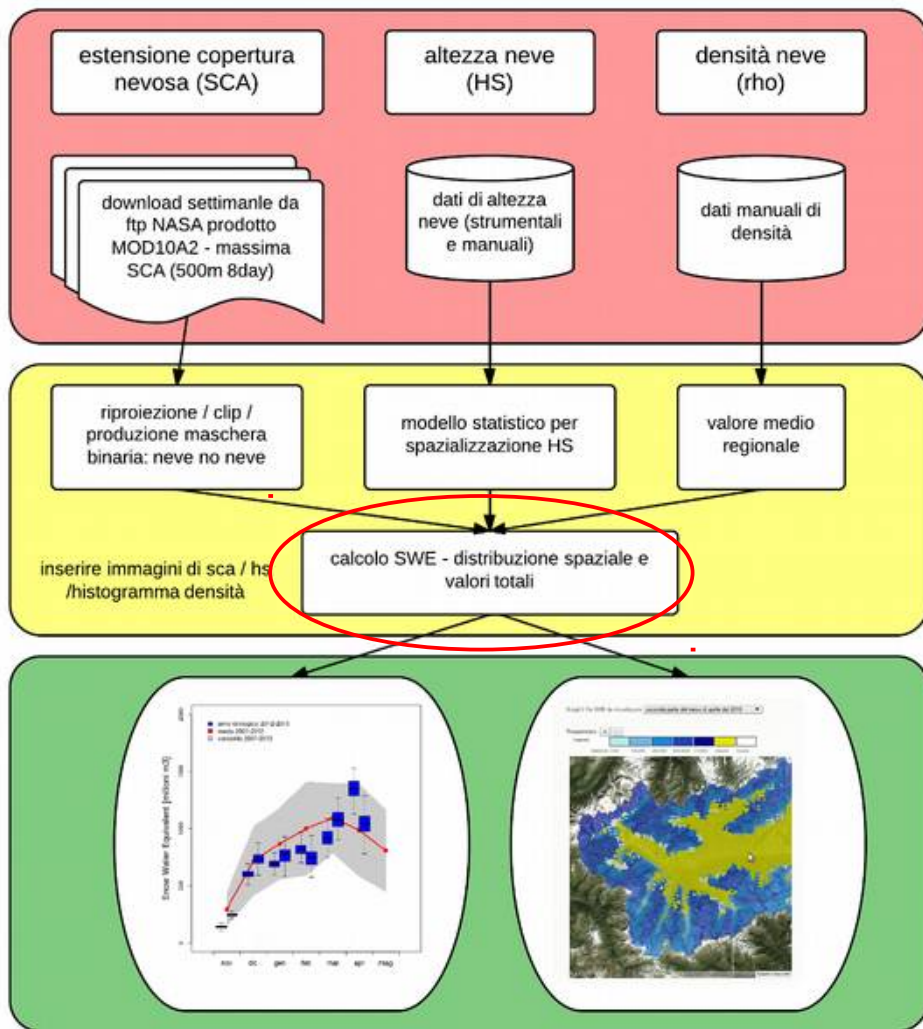
1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso

| E          | N           | H-ell    | File     | Scan# | t(ns) neige | t(ns) sol | WT-neige-sol | Densité | Dielectric | V(m/ns) | Prof. Neige |
|------------|-------------|----------|----------|-------|-------------|-----------|--------------|---------|------------|---------|-------------|
| 383705.832 | 5083231.110 | 2332.241 | FILE_001 | 604   | 79.844      | 89.141    | 4.649        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.113       |
| 383706.820 | 5083218.478 | 2331.254 | FILE_001 | 669   | 72.734      | 82.852    | 5.059        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.211       |
| 383709.463 | 5083206.322 | 2329.859 | FILE_001 | 733   | 69.727      | 78.750    | 4.512        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.080       |
| 383713.724 | 5083194.754 | 2328.660 | FILE_001 | 797   | 68.906      | 78.750    | 4.922        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.178       |
| 383719.535 | 5083184.048 | 2327.459 | FILE_001 | 861   | 71.094      | 80.938    | 4.922        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.178       |
| 383726.925 | 5083174.604 | 2326.510 | FILE_001 | 923   | 63.711      | 73.828    | 5.059        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.211       |
| 383735.650 | 5083166.476 | 2325.677 | FILE_001 | 989   | 63.711      | 74.102    | 5.196        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.243       |
| 383745.160 | 5083159.488 | 2325.285 | FILE_001 | 1053  | 61.797      | 74.375    | 6.289        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.505       |
| 383755.198 | 5083153.401 | 2325.294 | FILE_001 | 1116  | 58.516      | 73.828    | 7.656        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.832       |
| 383765.354 | 5083147.513 | 2325.812 | FILE_001 | 1179  | 55.508      | 67.266    | 5.879        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.407       |
| 383775.436 | 5083141.436 | 2326.823 | FILE_001 | 1244  | 56.328      | 71.094    | 7.383        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.767       |
| 383785.372 | 5083135.178 | 2328.033 | FILE_001 | 1309  | 56.055      | 70.547    | 7.246        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.734       |
| 383794.906 | 5083128.844 | 2329.633 | FILE_001 | 1373  | 53.320      | 65.625    | 6.153        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.472       |
| 383803.910 | 5083122.703 | 2331.517 | FILE_001 | 1437  | 50.859      | 64.531    | 6.836        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.636       |
| 383812.232 | 5083116.638 | 2333.848 | FILE_001 | 1500  | 48.398      | 61.797    | 6.700        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.603       |
| 383819.975 | 5083110.578 | 2336.076 | FILE_001 | 1565  | 44.844      | 54.688    | 4.922        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.178       |
| 383827.511 | 5083104.546 | 2338.097 | FILE_001 | 1629  | 41.563      | 49.219    | 3.828        | 300     | 1.571      | 0.239   | 0.916       |
| 383835.327 | 5083099.090 | 2340.284 | FILE_001 | 1693  | 39.102      | 44.844    | 2.871        | 300     | 1.571      | 0.239   | 0.687       |
| 383843.527 | 5083094.275 | 2342.675 | FILE_001 | 1757  | 39.102      | 52.500    | 6.699        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.603       |
| 383851.884 | 5083090.026 | 2345.323 | FILE_001 | 1822  | 38.828      | 53.594    | 7.383        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.767       |
| 383860.268 | 5083086.312 | 2347.771 | FILE_001 | 1885  | 41.016      | 49.219    | 4.102        | 300     | 1.571      | 0.239   | 0.982       |
| 383868.597 | 5083082.859 | 2349.922 | FILE_001 | 1949  | 41.563      | 50.313    | 4.375        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.047       |
| 383876.777 | 5083079.342 | 2351.860 | FILE_001 | 2012  | 41.289      | 47.578    | 3.145        | 300     | 1.571      | 0.239   | 0.753       |
| 383884.686 | 5083075.617 | 2353.479 | FILE_001 | 2076  | 40.195      | 52.227    | 6.016        | 300     | 1.571      | 0.239   | 1.440       |

1

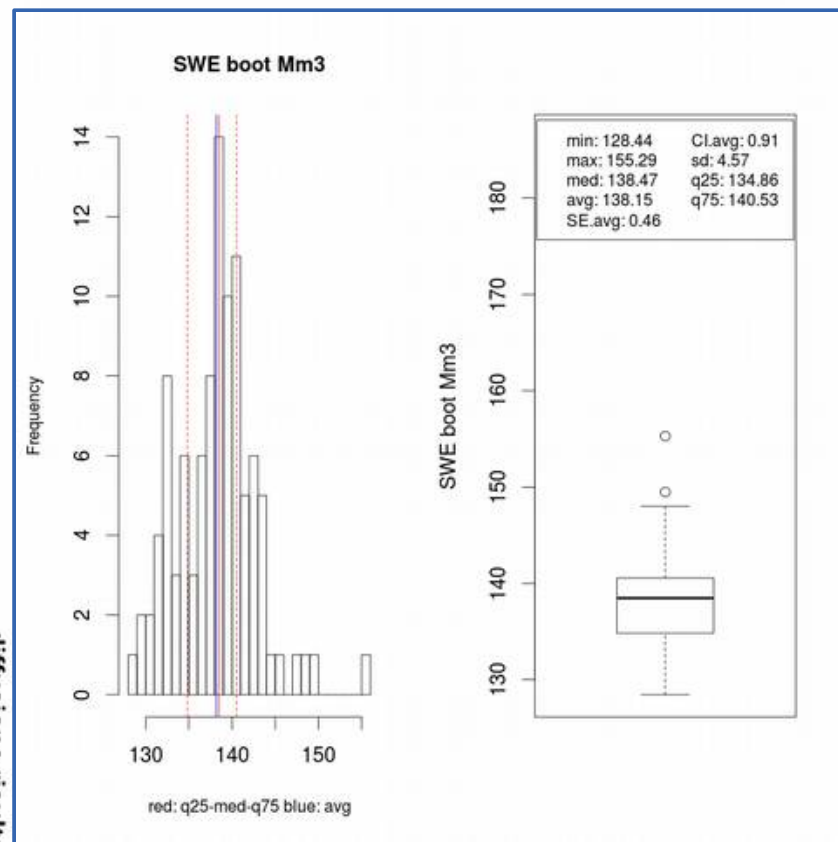
# Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso



input

simulazioni

diffusione risultati & incertezza

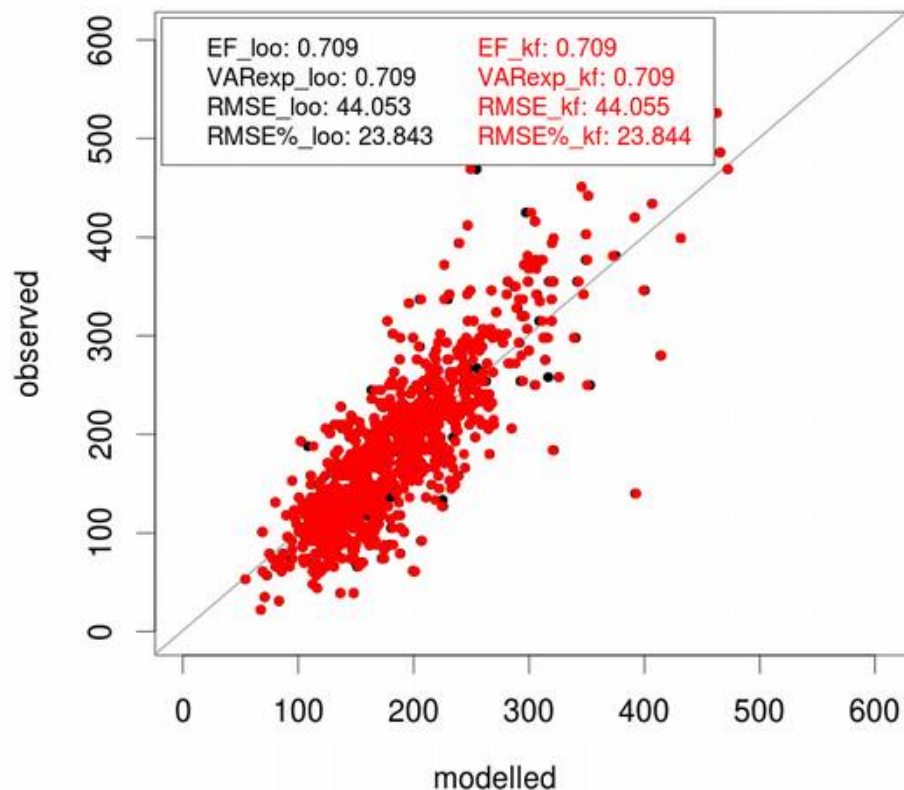




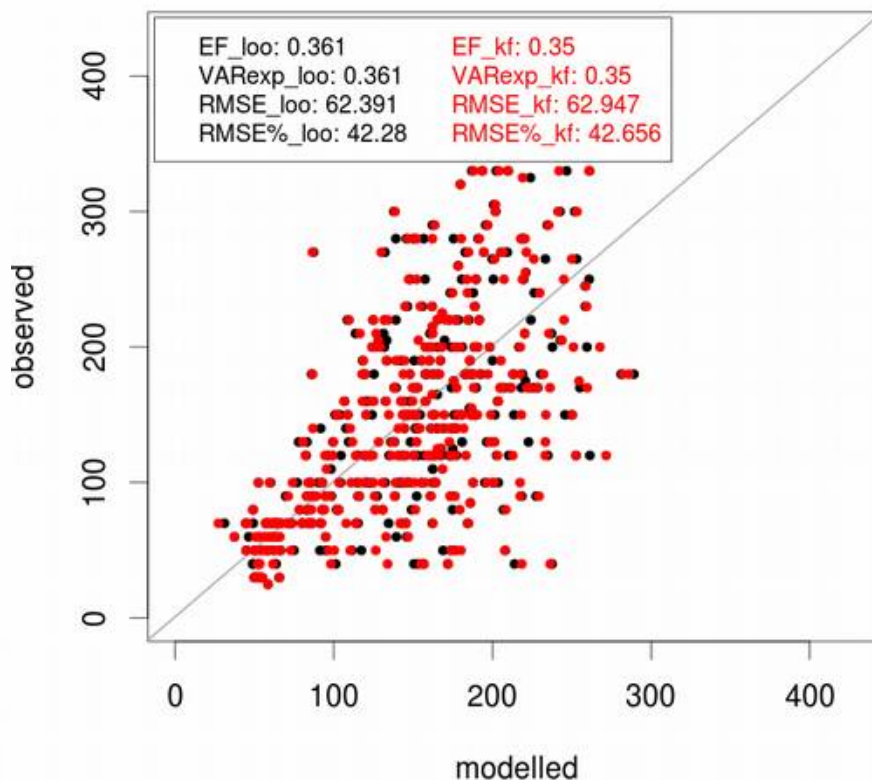
1

# Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso

### RADAR regression kriging cross validation

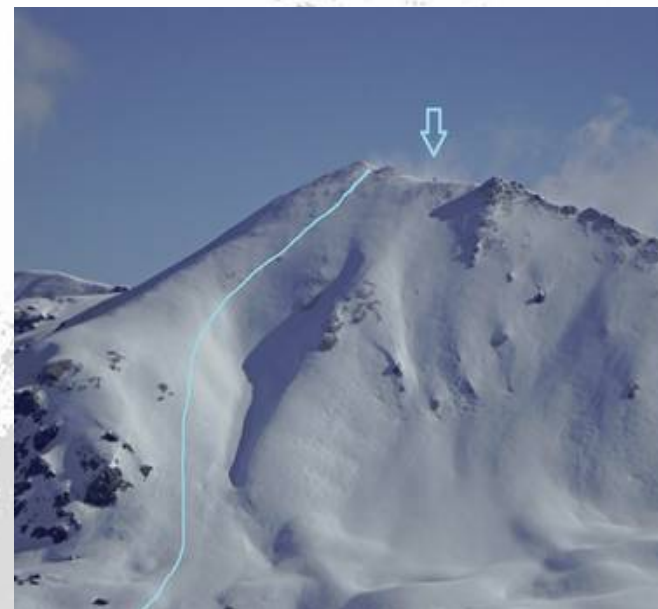
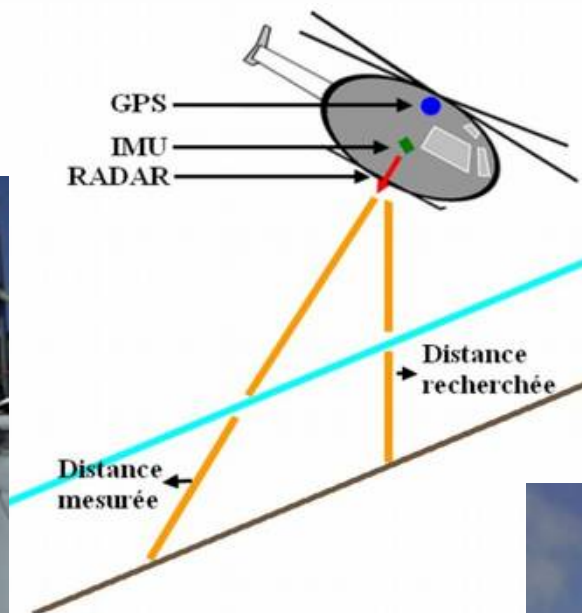


### HS\_MAN regression kriging cross validation



1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso

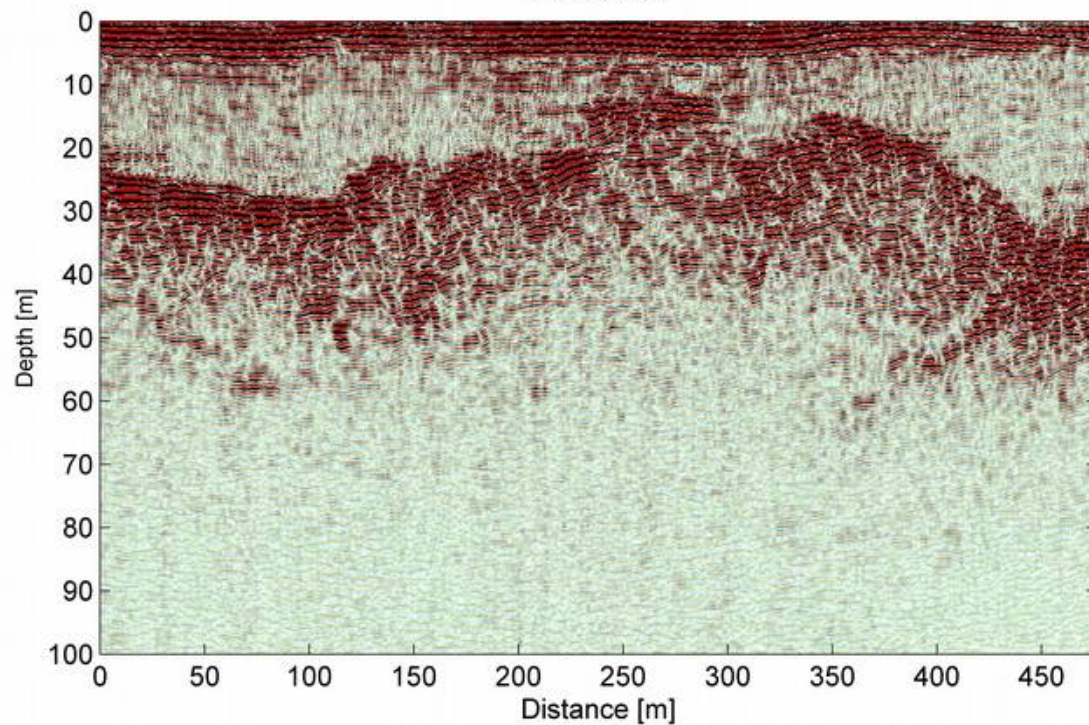
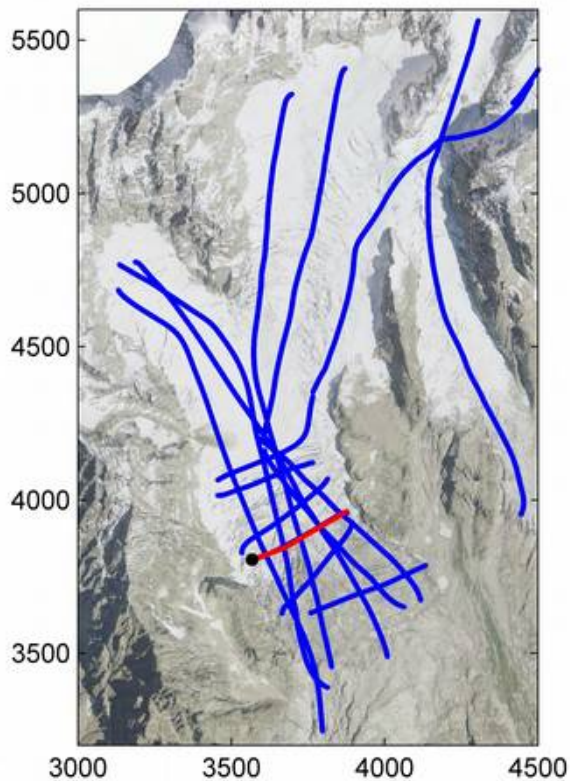


1

## Misure GPR-H (Ground Penetrating Radar eliportato) per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso



Profile 38



2

## Applicativo per smartphone finalizzato alla raccolta di dati di altezza del manto nevoso

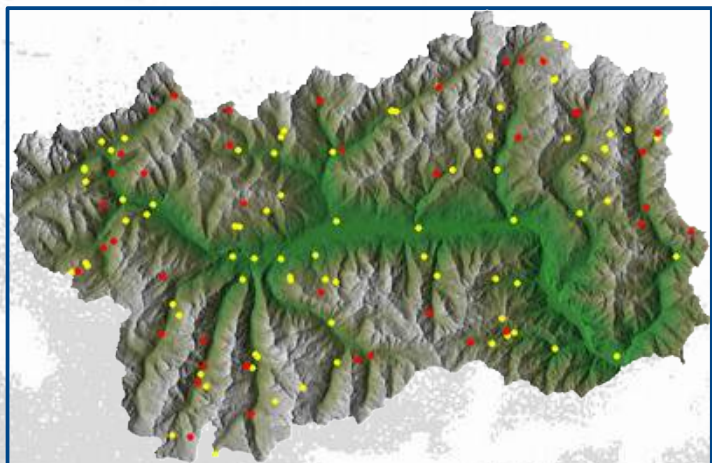


Per la simulazione dello SWE si rendono necessari dataset consistenti relativi al manto nevoso.

A livello regionale il dataset 'altezza neve' è alimentato da:

- misure della rete nivo-meteorologica automatica (nivometri a ultrasuoni) [1.000 - 2.500 m slm!]
- misure manuali in punti fissi (campi neve) [siti non remoti!]

Con il progredire della stagione e il progressivo innalzarsi della linea delle nevi si riduce la numerosità del dataset con evidenti ripercussioni sulla 'qualità delle simulazioni'



2

## Applicativo per smartphone finalizzato alla raccolta di dati di altezza del manto nevoso



- **SNOWALP** si rivolge agli appassionati (sci alpinisti, escursionisti) e ai professionisti della montagna (guide alpine, tecnici, accompagnatori).
- Intende **coinvolgere** parte della cittadinanza nell'osservazione attiva dell'ambiente e nella costruzione della conoscenza.
- Disponibile gratuitamente per iPhone e Android a partire dal sito di ARPA Valle d'Aosta (richiesta registrazione account).
- Disponibile in ITA, ENG, FRA, GER



[www.arpa.vda.it/climatechange](http://www.arpa.vda.it/climatechange)

2

## Applicativo per smartphone finalizzato alla raccolta di dati di altezza del manto nevoso



Effetti sul territorio dei  
cambiamenti climatici

Novità

Neve

SWE Regionale

SWE a scala di bacino

SnowAlp - app per  
smartphone

Collaborazioni

Permafrost

Ghiacciai

Flussi di CO2

Fenologia

Progetti

Pubblicazioni

Chi siamo

### SnowALP



**SnowALP** - Misura l'altezza della neve per aiutare gli studi sugli impatti dei cambiamenti climatici

SnowALP è un applicazione per smartphone, sviluppata da ARPA Valle d'Aosta e **Mountain-eering** in collaborazione con il **Centro Funzionale** della Regione Autonoma Valle d'Aosta, per la raccolta di dati di altezza della neve.

L'applicazione ha lo scopo principale di coinvolgere gli appassionati e i frequentatori della montagna nella attività di osservazione e raccolta di dati ambientali rappresentati in questo caso dallo spessore del manto nevoso. Questi rari e preziosissimi dati sono utilizzati per la stima della quantità d'acqua contenuta nella neve (SWE) svolta a **scala regionale**.

Usando **SnowALP** aiuterete gli studi sugli impatti dei cambiamenti climatici in montagna e la gestione delle risorse idriche.

**SnowALP** è semplicissima da usare:

- scaricate l'applicazione dagli app-store Android o Apple.
- registratevi con un nome utente e un indirizzo e-mail, abilitate l'account tramite la mail di conferma ed effettuate il login
- leggete le istruzioni per l'uso
- andate sul terreno ed iniziate a misurare!!



2

## Applicativo per smartphone finalizzato alla raccolta di dati di altezza del manto nevoso



### La selezione del sito di misura:

La misura deve essere il più possibile rappresentativa delle condizioni di innevamento naturali del punto in cui vi trovate. Evitate: piste da sci o zone con neve battuta da sciatori, zone di accumulo da valanga o gonfie da vento, zone di erosione da vento come le creste e i dossi e pendii troppo ripidi. Per il resto, misurate dove volete, più dati inviate e meglio è!



2

## Applicativo per smartphone finalizzato alla raccolta di dati di altezza del manto nevoso

### Come misurare l'altezza della neve?

Per fare le misure utilizzate una sonda da valanga centimetrata. Se la vostra sonda non è centimetrata fate delle tacche ogni 5 cm con un pennarello indelebile. Potreste anche usare un metro rigido ma soprattutto **ricordatevi di accendere il gps** dello smartphone. Una volta scelto il punto di misura, realizzate alcune sondate del manto nevoso a distanza di qualche metro una dall'altra per essere sicuri di misurare un'altezza omogenea. E' importante raggiungere il suolo! Prestate attenzione quindi alle croste di ghiaccio, soprattutto in primavera. Con l'esperienza riuscirete a distinguere facilmente il suono della sonda quando tocca una crosta di ghiaccio e sarete quindi più veloci nel riconoscere quando avete raggiunto il fondo del manto nevoso.





2

## Applicativo per smartphone finalizzato alla raccolta di dati di altezza del manto nevoso



**SnowALP** è disponibile in 4 lingue: italiano, francese, inglese e tedesco.

Per commenti o suggerimenti **scriveteci**

Controllate le vostre misure nella mappa qui sotto (la mappa viene aggiornata una volta al giorno)



2

## Applicativo per smartphone finalizzato alla raccolta di dati di altezza del manto nevoso



Per la stagione 2013/14 è previsto il rilascio della versione definitiva (ora in fase finale di test) e la diffusione attraverso vari canali.

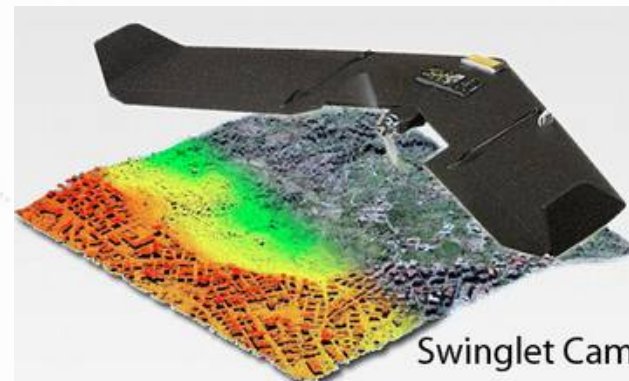
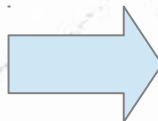
Strutturazione definitiva del flusso di dati + procedure automatiche per il controllo di qualità dei dati e l'assimilazione nel modello SWE.

3

## Impiego di UAV per il monitoraggio ambientale in zone remote



1925



L'uso di **droni (UAV)** è oramai consolidato anche in campo civile e numerose sono le applicazioni possibili: cartografia, fotogrammetria, monitoraggio ambientale (naso artificiale, campionamento automatico, ....).

Lo sviluppo e la diffusione di „sistemi assistiti”, per i quali non è richiesta specifica competenza di volo, ne rende possibile e vantaggioso l'impiego anche per applicazioni non tradizionali gestite direttamente dalla PP.AA.

# 3

## Impiego di UAV per il monitoraggio ambientale in zone remote

ARPA Valle d'Aosta utilizza un drone ad ala fissa per alcune attività di monitoraggio beneficiando delle caratteristiche del sistema scelto (**Swinglet CAM 10** - SenseFly) e del software di processamento **APS** sviluppato da Menci Software.

In particolare si apprezza:

- **versatilità del sistema**: possibile impiego per diverse finalità
- **facilità di impiego**: non è richiesta una particolare abilità di pilotaggio
- **indipendenza** nella produzione degli output: l'automatizzazione spinta delle diverse fasi di lavoro rende possibile l'impiego anche a „personale di media competenza e specializzazione“
- **costo** di esercizio nullo
- **indipendenza nell'impiego**: elemento fondamentale nell'uso in zone remote dove la variabilità delle condizioni ambientali (meteo) e l'accessibilità sono elementi vincolanti

# 3

## Impiego di UAV per il monitoraggio ambientale in zone remote

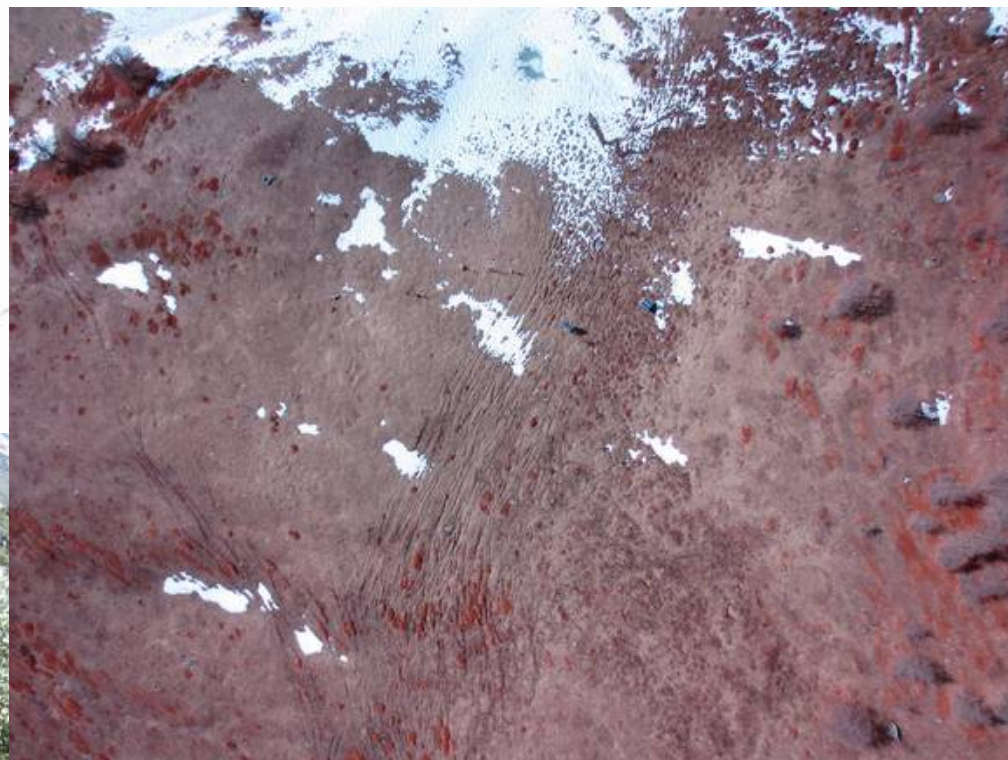
La possibilità di realizzare riprese aeree nadirali (camera RGB e NIR) ad alta risoluzione consente di disporre di ortoimmagini RGB e NIR e DEM (fotogrammetria) ripetute nel tempo con frequenza variabile. Le attuali applicazioni in ARPA Valle d'Aosta consistono in:

- monitoraggio delle fronti glaciali: in alternativa alla misura diretta GPS dove sussistono condizioni di non percorribilità
- analisi multitemporale delle variazioni di massa glaciale
- monitoraggio dell'evoluzione della copertura nevosa
- monitoraggio della fenologia di ecosistemi alpini
- monitoraggio di specifiche situazioni: evoluzione delle zone periglaciali, evoluzione del territorio in relazione alla degradazione del permafrost, ....
- [...]

3

## Impiego di UAV per il monitoraggio ambientale in zone remote

Pre-flight check



Ortoimmagine NIR

Camera 12 Mpx

Quota relativa di volo 130 m

Torgnon - Tellinod 13 maggio 2013

Monitoraggio copertura nevosa e  
produttività ecosistemi

3

## Impiego di UAV per il monitoraggio ambientale in zone remote

Ortoimmagine RGB

Camera 12 Mpx

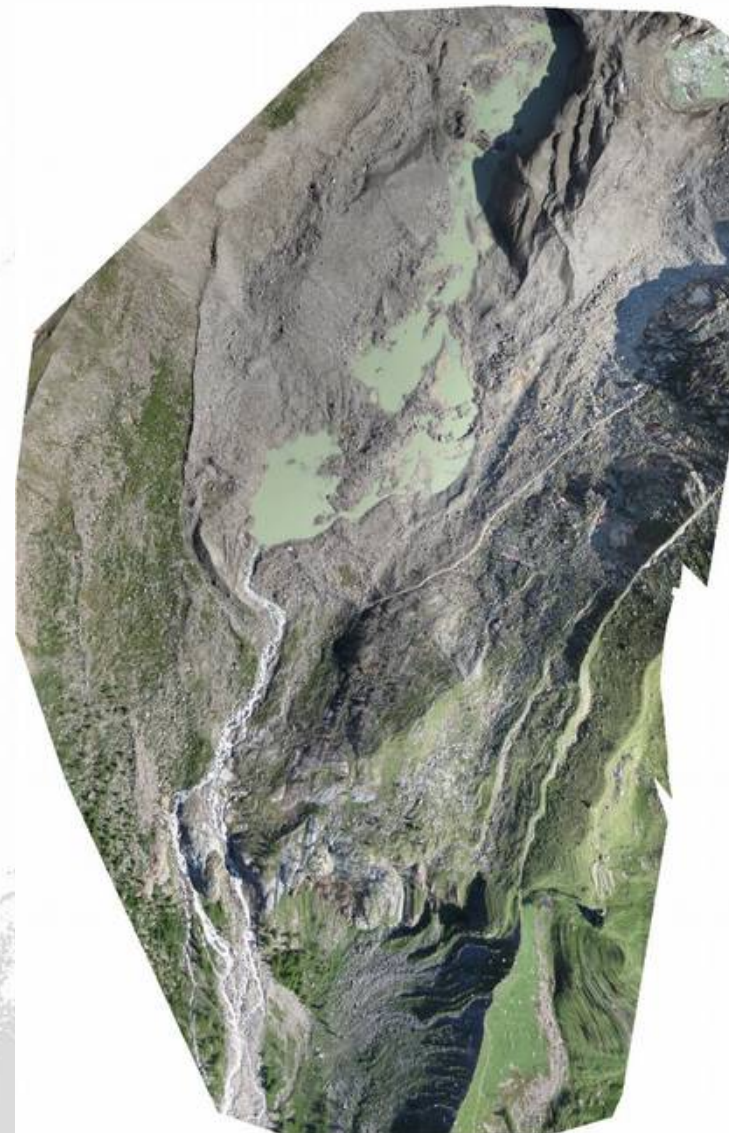
Quota relativa di volo 330 m

Ayas - fronte del Ghiacciaio del Lys

11 luglio 2013

Monitoraggio evoluzione zone periglaciali

Acquisizione immagini



3

## Impiego di UAV per il monitoraggio ambientale in zone remote

Ortoimmagine RGB

Camera 12 Mpx

Quota relativa di volo 350 m

Valtournenche - rock glacier

24 ottobre 2012

Monitoraggio evoluzione e  
degradazione del permafrost





3

## Impiego di UAV per il monitoraggio ambientale in zone remote

Ortoimmagine RGB (sx) e NIR (dx)

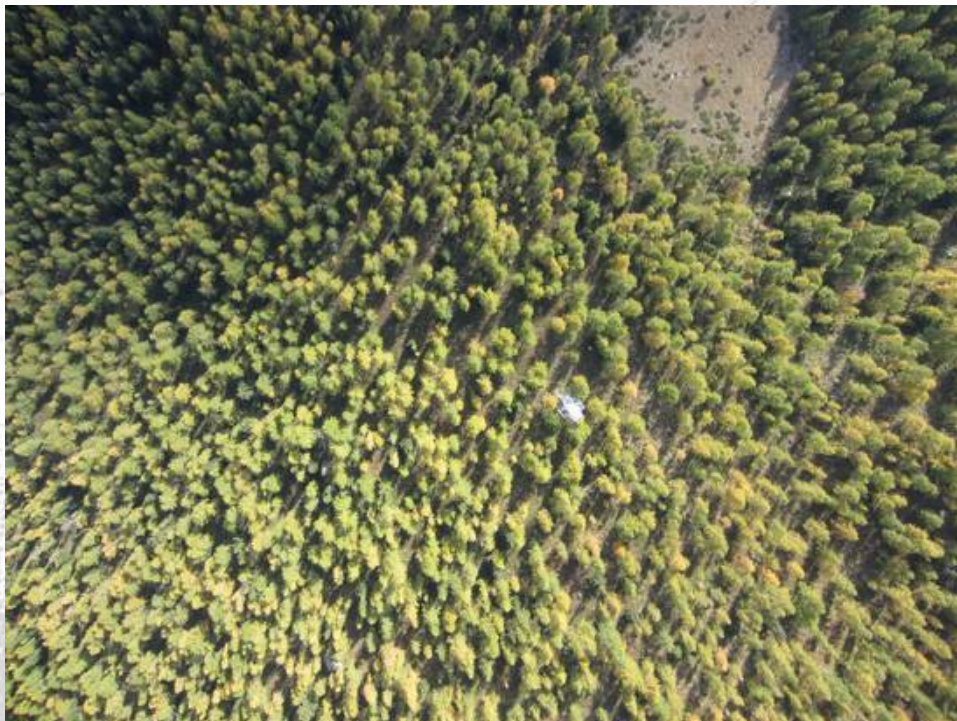
Camera 12 Mpx

Quota relativa di volo 190 m

Torgnon - Tronchaney

8 ottobre 2012

Monitoraggio fenologia



3

## Impiego di UAV per il monitoraggio ambientale in zone remote

Ortoimmagine NIR

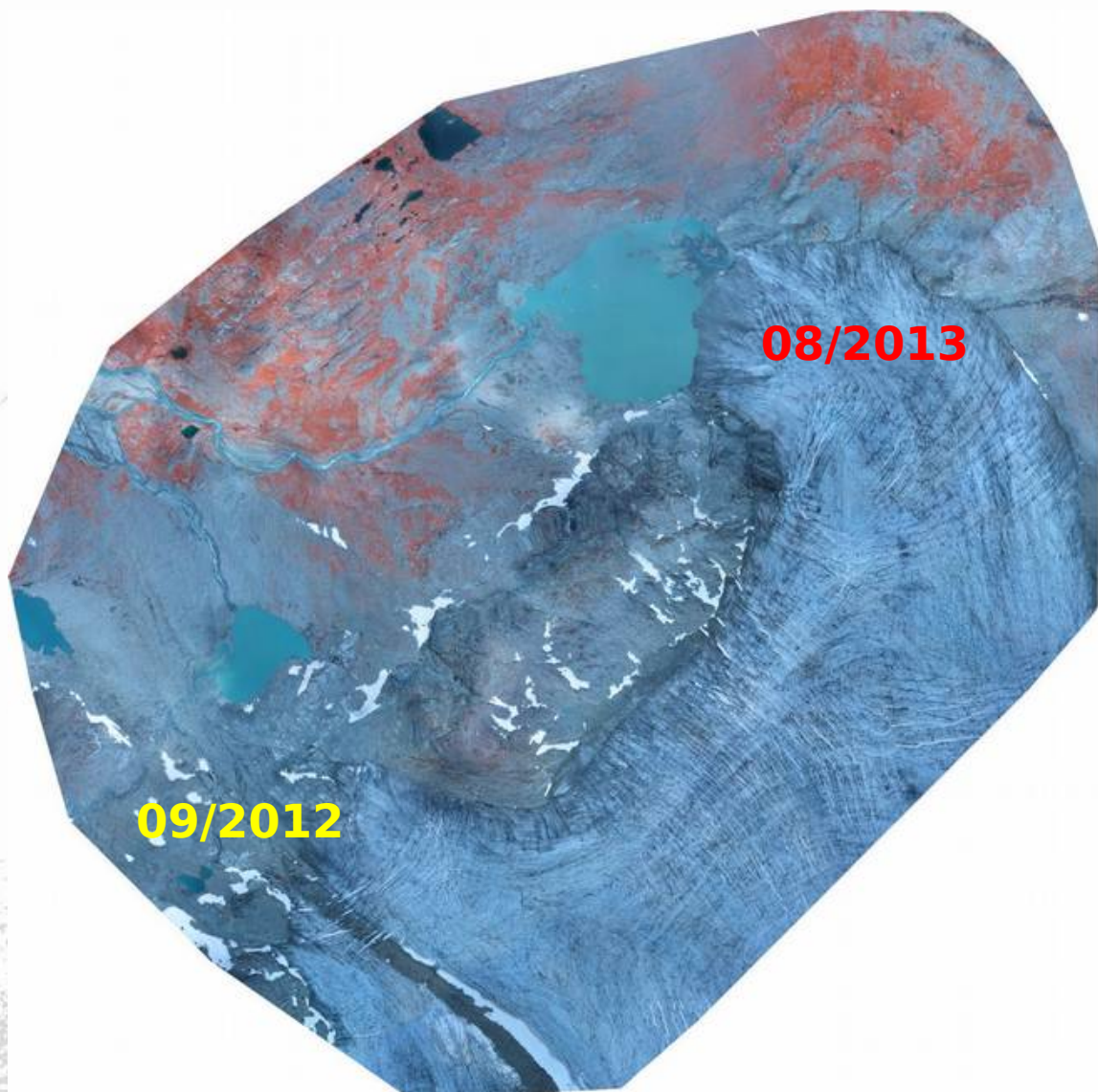
Camera 12 Mpx

Quota relativa di volo 290 m

Ghiacciaio del Rutor

18 agosto 2013

Bilancio di massa e monitoraggio variazione  
frontale di ghiacciai





**Grazie per l'attenzione**