

Reti statiche GPS per l'inquadramento di aree di studio glaciologico. Gli esempi dell'Alta Valtellina

Marco BELO'(*)(**), Claudio SMIRAGLIA(*) & Gruppo di Ricerca Glaciologica del Dipartimento Scienze della Terra "Ardito Desio" dell'Università degli Studi di Milano

(*) Università degli Studi di Milano, Dipartimento Scienze della Terra "Ardito Desio", Gruppo di Ricerca Glaciologica, Via Mangiagalli 34 20100 – Milano, 02/50315514, marco.belo@unimi.it
Ente indirizzo, tel, fax, mail

(**) Trimble Italia, Centro Torri Bianche Palazzo Larice 3 20059 Vimercate – Milano, 039/6858510, Fax. 039/6858515

Riassunto

Le indagini di tipo glaciologico si appoggiano sempre più frequentemente alle nuove tecnologie di rilevamento del territorio disponibili. Le accuratezze ottenibili nell'ambito delle campagne di monitoraggio glaciologico dipendono anche dai metodi utilizzati per la determinazione e materializzazione di caposaldi di misura. Nel presente lavoro viene illustrata la procedura seguita per la realizzazione di caposaldi di misura presso siti campione di interesse glaciologico.

Abstract

Glaciological measurements are more and more committed in the use of new land monitoring technologies available. For sure achievable accuracies in glaciers monitoring depend also from how good benchmarks and references points are determined and measured. This work shows the approach followed for the creation of reference points next to champion glaciers in the Italian Alps.

Introduzione

I ghiacciai alpini e polari rappresentano la più importante risorsa d'acqua dolce disponibile sul pianeta. Più del 70% della risorsa idrica immediatamente disponibile è infatti immagazzinata sotto forma di ghiaccio presso gli apparati glaciali di tipo alpino e presso le calotte polari dei due emisferi. Questo aspetto, assieme a quello relativo allo studio delle tendenze climatiche in atto, è uno dei più importanti che concorre a fare degli apparati glaciali dei veri e propri laboratori a cielo aperto. L'interesse per il monitoraggio dei ghiacciai non è cosa recente. In Italia, già a partire dall'anno 1913 gli operatori del Comitato Glaciologico del CAI iniziarono una sistematica serie di misure glaciologiche sull'arco alpino, rilievi allora effettuati con bussola e bindella, che hanno lasciato il posto oggi a più moderne ed innovative tecniche di rilievo. Per questo tipo di applicazioni notevole importanza viene attribuita all'accuratezza del posizionamento e di materializzazione di caposaldi, indispensabili come riferimenti amovibili utilizzabili nel corso delle campagne di misura annue. Oggetto del presente lavoro è la procedura di determinazione e materializzazione di caposaldi di misura attraverso strumentazione topografica satellitare presso le fronti di due apparati glaciali aventi le più lunghe serie storiche di dati glaciologici, il Ghiacciaio della Sforzellina ed il Ghiacciaio dei Forni.

Area di Studio

L'area oggetto del presente lavoro è la Valfurva, Alta Valtellina.

Il Ghiacciaio dei Forni, con i suoi 13 Km² di superficie, il (fig. 1a) è il più vasto apparato glaciale vallivo delle Alpi Italiane; è quindi evidente l'importanza del suo monitoraggio da un punto di vista sia ambientale che idrologico. Caratterizzato da un'esposizione a nord, è alimentato soprattutto dalle precipitazioni nevose e in parte dalle valanghe. E' costituito da tre grandi bacini di alimentazione, racchiusi in altrettanti grandi circhi al di sotto di cime che superano i 3500 m (quota più elevata 3684 m). Dai tre bacini si generano altrettante colate che confluiscono in un pianoro a circa 2700 m; la lingua risultante, sulla quale spiccano due evidenti morene mediane, si allunga per circa un chilometro e mezzo, con una larghezza di circa 700 m, fino a 2400 m, arrestandosi sul bordo di un ripido salto roccioso. Il ghiacciaio raggiunge una lunghezza massima di circa 5000 m e larghezza massima di 7500 m (larghezza media 2580 m) e le sue oscillazioni sono ben conosciute a partire dal secolo scorso, sia grazie ai documenti dell'epoca (carte, descrizioni), sia per le evidenze morfologiche delle morene deposte. I rilievi di bilancio su questo ghiacciaio sono effettuati dal 1992.

Il Ghiacciaio della Sforzellina (fig. 1b) è invece un piccolo apparato (superficie totale 0.42 Km²), situato in Alta Valtellina (Valle di Gavia) poco a nord del Passo del Gavia, che collega la Valtellina con la Val Camonica. Esposto a NW, rappresenta un classico esempio di ghiacciaio di circo; è infatti contenuto all'interno del largo circo situato alla base del Corno dei Tre Signori (3360 m). La quota minima si pone intorno ai 2800 m, mentre la massima supera di poco i 3000 m. E' caratterizzato da una lunghezza massima di circa 900 m mentre la larghezza massima è stimata intorno ai 1000 m (larghezza media 465 m). I rilievi per la determinazione del bilancio di massa di questo ghiacciaio sono iniziati nel 1986.

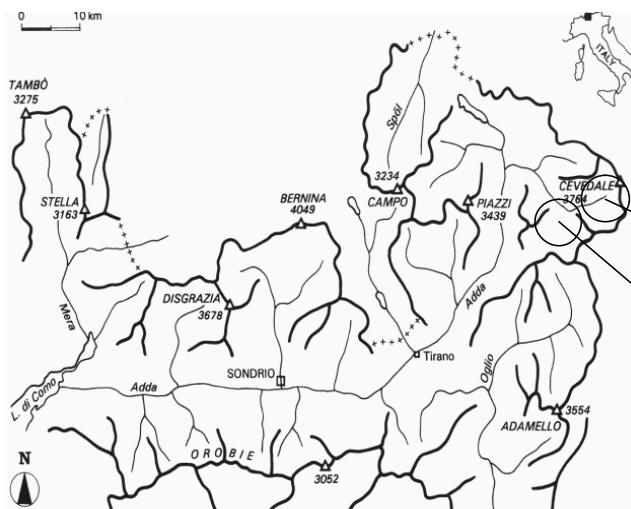


Figura 1a - Ghiacciaio dei Forni



Figura 1b - Ghiacciaio della Sforzellina

Strumenti e metodi

La procedura di rilievo di tipo GPS permette di determinare con accuratezza dell'ordine del centimetro la posizione (nel sistema di riferimento WGS84) relativa dei centri di fase delle antenne dei ricevitori. Tuttavia questa elevata precisione non è raggiungibile se si parla di coordinate riferite ad un sistema di tipo assoluto. Infatti, le coordinate immediatamente ottenibili con un rilievo GPS sono di tipo pseudo-WGS84, definizione questa che indica che il nostro rilievo in assoluto potrebbe trovarsi traslato anche di diverse decine di metri rispetto al sistema WGS84 corretto. Tuttavia, diverse tecniche di rilievo e software di calcolo permettono di "correggere" le misure effettuate in campagna, dando accuratezza ed affidabilità ai risultati ottenuti.

Nel presente lavoro, si è deciso di operare realizzando una rete statica GPS stazionando con più ricevitori sui vertici a coordinate note della rete di ordine zero IGM95 dell'Istituto Geografico Militare. La realizzazione della rete si è articolata in tre differenti fasi. Una prima fase, corrispondente nell'individuazione dei punti di materializzazione dei nuovi caposaldi e di valutazione dello stato di conservazione e stazionabilità dei vertici della rete IGM95 da utilizzare. Una seconda fase di misura ed un'ultima fase di elaborazione dei dati ottenuti, culminante con la redazione di monografie relative ai caposaldi di misura determinati.

La scelta del luogo in cui materializzare i vertici SFO_01 e FOR_01 rispettivamente presso le fronti del Ghiacciaio della Sforzellina e del Ghiacciaio dei Forni, è stata dettata dalle linee guida per la definizione della posizione dei vertici di tipo GPS (orizzonte il più possibile libero in direzione Sud, multipath, etc). Inoltre, dovendo usare tali vertici come stazioni Master di rilievi in modalità RTK (Real Time Kinematic) nella quale è prevista la comunicazione radio con un ricevitore Rover, si è cercato anche di collocare i chiodi in posizione dominante rispetto agli apparati glaciali da rilevare.



Figura 2 - Il vertice FOR_01 presso la fronte del Ghiacciaio dei Forni è collocato in posizione dominante rispetto alla lingua dell'apparato glaciale.

In accordo con la collocazione geografica delle aree oggetto della materializzazione dei nuovi caposaldi di misura, sono stati individuati i vertici della rete IGM95 che per le loro caratteristiche soddisfacessero i requisiti necessari per la realizzazione della rete statica. Sono stati scelti tre vertici, il primo collocato in Alta Valtellina presso il Passo dello Stelvio, il secondo presso l'abitato di Vezza d'Oglio in Valle Camonica, e l'ultimo in località Samocleva, Valle di Rabbi. Di seguito vengono riportate le tabelle con i dati e le caratteristiche principali riferiti ai vertici IGM95 utilizzati.

Cima Garibaldi – P.so dello Stelvio			
Coordinate		Geografiche WGS84	Piane UTM-WGS84
Numero vertice: 009801	Latitudine	f: 46°31'50,5"	N: 5154042,0
	Longitudine	l : 10°27'10,5"	E: 611421,9
	Quota	m: 2894,8	m: 2842,9

Vezza d'Oglio			
Coordinate		Geografiche WGS84	Piane UTM-WGS84
Numero vertice: 019801	Latitudine	f: 46°14'30,3"	N: 5121868,4
	Longitudine	l : 10°24'16,7"	E: 608290,4
	Quota	m: 1152,1	m: 2842,9

Malga Cespedè			
Coordinate		Geografiche WGS84	Piane UTM-WGS84
Numero vertice: 009902	Latitudine	f: 46°25'20,5"	N: 5142576,1
	Longitudine	l : 10°48'49,3"	E: 639366,1
	Quota	m: 1934,6	m: 1883,2

Le campagne di misura sono state effettuate i giorni 19 e 20 luglio 2003, durante le quali sono state eseguite quattro sessioni di misura statiche della durata di 180 minuti ciascuna. Durante le sessioni di misura, tre ricevitori hanno acquisito dati contemporaneamente presso i vertici IGM95 dell'Istituto Geografico Militare. Un quarto ricevitore è stato invece collocato nell'esatto punto oggetto della materializzazione dei caposaldi. Durante le prime due sessioni del giorno 19 Luglio sono state eseguite le misure per la determinazione del vertice SFO_01 presso il Ghiacciaio della Sforzellina. Con le sessioni di misura statiche del giorno seguente si sono invece ottenute le informazioni per la determinazione del vertice FOR_01 presso il Ghiacciaio dei Forni. Le misure sono state eseguite utilizzando ricevitori GPS doppia frequenza modello Trimble 5700 dotati di antenna Zephyr Geodetica. Tutti i ricevitori impiegati sono stati configurati per tempi di campionamento di 15 secondi, valore di PDOP soglia pari a 6, e angolo di cut-off pari a 13.

Il motivo del numero di sessioni per ogni determinazione di vertice è dettato dalla necessità di avere ridondanza di dati ed un numero di vettori indipendenti sufficienti per il processamento delle baseline ottenute. Dati n ricevitori, il numero di vettori indipendenti determinabili per sessione è espresso dalla formula:

$$v = n - 1$$

dove v esprime il numero di vettori indipendenti.

Essendo 6 il numero dei vettori da determinare per ogni materializzazione di vertice, e avendo a disposizione quattro ricevitori GPS, si comprende il motivo del numero di sessioni di misura per rete.

I dati ottenuti dalle misure eseguite, sono stati elaborati con il software Trimble Total Control (TTC) che ha permesso l'elaborazione di tutte le baseline per la risoluzione delle ambiguità. Questa prima fase di calcolo dei dati, ha consentito l'ottenimento di coordinate pseudo WGS84 che, attraverso l'inserimento delle coordinate corrette dei vertici IGM85 utilizzati, sono state in un secondo momento trasformate in WGS84 corrette. Data la non eccessiva lunghezza delle baseline da determinare, ai fini del calcolo non è stato reputato necessario l'utilizzo delle effemeridi precise dell'IGS (International GPS Service) disponibili in Internet.

Per ottenere infine una buona distribuzione degli errori residui nella determinazione delle coordinate della rete si è proceduto alla compensazione della stessa. L'utilizzo di vertici noti (IGM95), ha permesso di effettuare anche dei controlli sulla bontà delle misure eseguite. Per rendere possibile l'inserimento delle coordinate ottenute in cartografia (Carta Tecnica Regionale della regione Lombardia scala 1:10000, Sistema cartografico Gauss-Boaga) l'intero set di coordinate viene sottoposto ad una trasformazione (rotazione, traslazione, cambio di scala) che può essere effettuato in due differenti modalità. La prima prevede l'utilizzo di 7 parametri di rototraslazione e variazione di scala, parametri che sono forniti dall'Istituto Geografico Militare attraverso le monografie di ogni vertice della rete IGM95 e hanno validità per un intorno di 10 km dal punto. I primi tre parametri X_0 , Y_0 e Z_0

quantificano la traslazione. RX, RY e RZ rappresentano la rotazione e l'ultimo parametro K corrisponde alla variazione di scala. Inserendo i parametri in dedicati programmi di calcolo è possibile ottenere la trasformazione delle coordinate nel sistema cartografico Gauss-Boaga. La seconda tecnica prevede invece l'utilizzo di un software dedicato (Verto 2.0) prodotto e commercializzato dall'Istituto Geografico Militare Italiano che, abbinato a delle griglie di calcolo rappresentanti anche l'ondulazione del geode permette la trasformazione di coordinate in diversi sistemi di riferimento, a coordinate geografiche o piane.

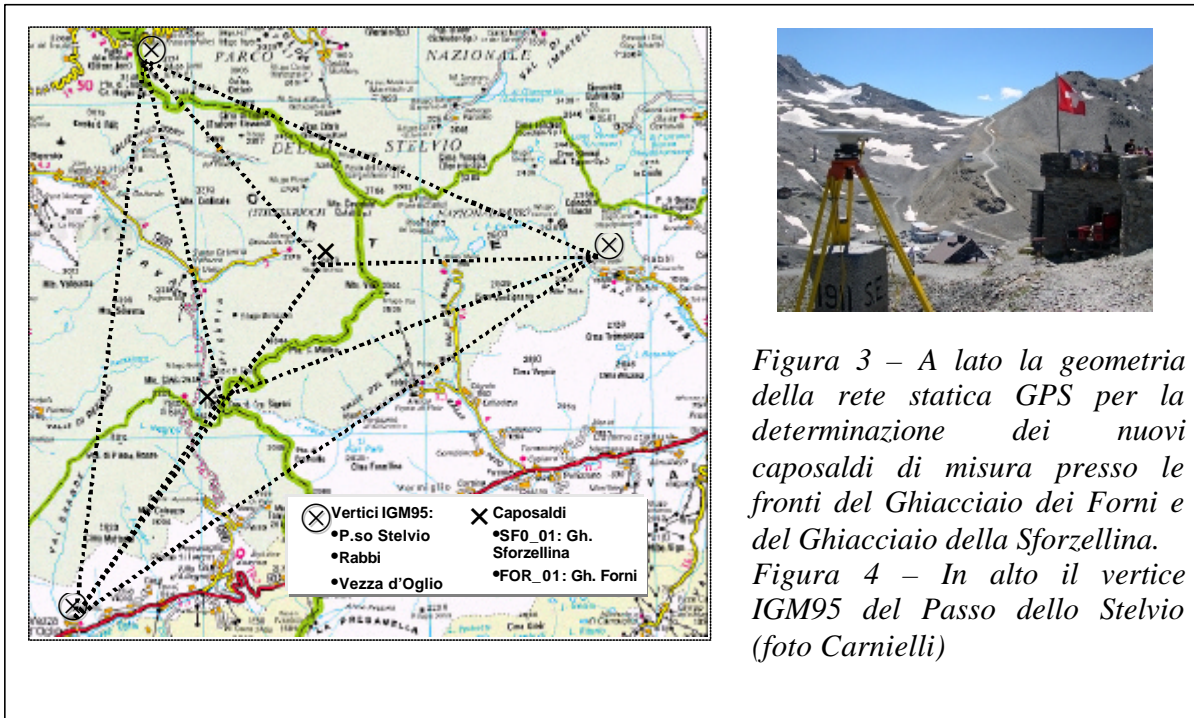


Figura 3 – A lato la geometria della rete statica GPS per la determinazione dei nuovi caposaldi di misura presso le fronti del Ghiacciaio dei Forni e del Ghiacciaio della Sforzellina. Figura 4 – In alto il vertice IGM95 del Passo dello Stelvio (foto Carnielli)

Baseline	? X (m)	Errore Standard ? X (mm)	? Y (m)	Errore Standard ? Y (mm)	? Z (m)	Errore Standard ? Z (mm)
P.so Stelvio – Vezza d'Oglio	-22368,416	2,15	-340,574	0,95	23424,500	2,21
Veza d'Oglio – Samocleva	19546,831	1,82	-28390,842	0,78	-14431,284	1,68
Samocleva – P.so Stelvio	-2821,566	1,63	-28731,410	0,91	8993,232	1,51
P.so Stelvio – SFO_01	13377,142	2,17	6971,197	1,09	-13782,888	2,54
Veza d'Oglio – SFO_01	-8991,280	1,90	6630,616	0,81	9641,590	2,16
Samocleva – SFO_01	-10555,519	2,13	21760,214	1,07	4789,737	2,51
P.so Stelvio – FOR_01	7755,657	2,26	11805,881	0,99	-9737,141	1,48
Veza d'Oglio – FOR_01	-14612,783	2,65	11465,307	1,10	13687,349	1,68
Samocleva – FOR_01	4934,075	2,09	-16925,530	0,85	-743,931	1,85

Tabella 1 – Risultato del calcolo delle baseline

Nel presente lavoro si è fatto ricorso all'utilizzo del software dell'IGM. Oltre all'ottenimento di buone coordinate in planimetria, i due metodi esposti permettono anche la trasformazione delle quote da

ellissoidica (propria del sistema WGS84 utilizzato dalla strumentazione satellitare) ad ortometrica sul livello del mare.

Risultati

La metodologia applicata per la determinazione e materializzazione dei nuovi caposaldi di misura ha permesso di ottenere coordinate sui nuovi punti di buona qualità. Dopo la procedura di compensazione della rete per la distribuzione degli errori residui le ellissi di errore sui punti hanno dato valori in accordo con quanto disponibile in letteratura per questa tipologia di rilievo GPS.

In particolare, per il vertice GPS ubicato presso la fronte del Ghiacciaio dei Forni si è ottenuta un'ellisse d'errore con valori di 13 mm in altimetria e 9 mm in planimetria.

Per il vertice ubicato presso la fronte del Ghiacciaio Sforzellina si è ottenuta un'ellisse d'errore con valori di 14 mm in altimetria e 8 mm in planimetria. I risultati così ottenuti sono stati utilizzati per redarre due monografie relativi ai nuovi caposaldi di misura materializzati, vertici di riferimento che verranno utilizzati per i futuri rilievi glaciologici di dettaglio che vedranno l'impiego di strumentazione GPS, utilizzata in tempo reale ed in post processamento, che verranno eseguiti presso il Ghiacciaio dei Forni e della Sforzellina.

Lavoro realizzato nell'ambito del progetto MIUR 2003 40% "Le variazioni in atto dei ghiacciai italiani".

Coordinatore nazionale R. Federici,
Coordinatore locale C. Smiraglia