

Analisi gis per il calcolo di bilanci di massa volumetrici glaciologici

Matteo Mattavelli¹, Massimiliano Moretti¹, Daniele Strigaro¹, Ivan Frigerio¹, Mattia De Amicis¹, Valter Maggi¹, Antonello Provenzale²
 Dipartimento di Scienze dell'Ambiente del Territorio e di Scienze della Terra, Laboratorio di Geomatica
 Istituto di Geoscienza e Georisorse IGG-CNR
 Correspondence to: m.mattavelli3@campus.unimib.it - <http://geomatic.disat.unimib.it>

INTRODUZIONE

L'evoluzione glaciale è direttamente guidata da fattori climatici (Nigrelli G., 2014). Per questa ragione e per l'aumento di attenzione del grande pubblico al loro ritiro, i ghiacciai sono stati riconosciuti come i migliori indicatori terrestri dei cambiamenti climatici (IPCC, 2013). Risulta perciò evidente quanto siano necessarie nuove metodologie di analisi e monitoraggio dei corpi glaciali. Il comportamento dei ghiacciai vallivi e montani è determinato dalla somma dei contributi di accumulo e ablazione, che costituiscono il bilancio di massa. Questo dipende da numerosi fattori come le condizioni climatiche, la topografia, la posizione geografica e la dinamica del ghiacciaio. Numerosi studi teorici sull'avanzamento e ritiro dei ghiacciai basati sul bilancio di massa hanno prodotto lo sviluppo di modelli matematici e numerici per la previsione della risposta dei ghiacciai ai cambiamenti climatici (Paul F., 2012). Alcune tipologie di modelli tra i quali i Minimal Glacier Model, MGM, (Oerlemans J., 2011), descrivono in maniera globale la dinamica dei ghiacciai. Queste classi di modelli non hanno risoluzione spaziale. Tramite metodologie GIS basate è possibile però passare da un approccio deterministico ad uno spaziale. I parametri morfometrici ricavabili dalla cartografia digitale e dalle foto aeree e satellitari forniscono informazioni dettagliate per la calibrazione di modelli deterministici. In questa direzione, l'analisi GIS per applicare il MGM può incrementare l'accuratezza del modello. In questo lavoro sono state calcolate le variazioni frontali e volumetriche del ghiacciaio del Rutor (Val d'Aosta) dalla sua massima espansione nella Piccola Età Glaciale (circa 1820) al 2008, utilizzando serie temporali preesistenti, rilievi di campo e tecniche digitali, ricostruendo in tal modo la storia del suo regresso, attualmente ancora in corso. È stato inoltre sviluppato, sempre per il ghiacciaio del Rutor, un algoritmo GIS capace di estrapolare tutti i valori necessari alla calibrazione delle condizioni al contorno dei MGM.

SCOPO

Incrementare l'accuratezza di modelli previsionali glaciali unendo due differenti metodi:

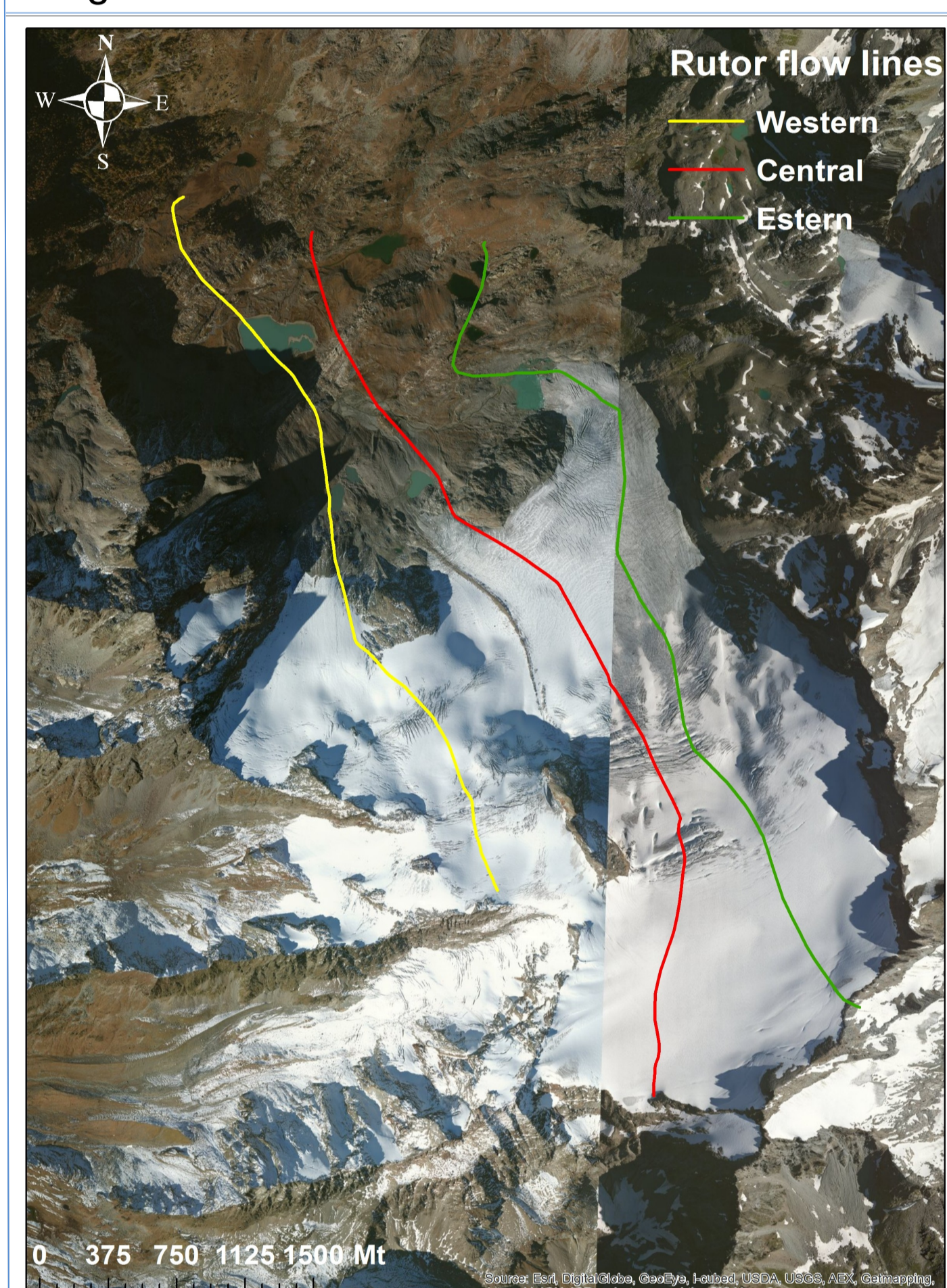
Deterministico: partendo da forzanti climatiche, tramite modelli matematici si riduce una situazione complessa ad una descrizione semplice descritta da leggi fisiche.

Spaziale: partendo da misurazioni geomorfologiche e geomorfometriche acquisite in periodi diversi dell'anno ed in anni diversi per misurare la variazione glaciale in un dato intervallo di tempo.

METODI

I modelli selezionati sono i Glacier Minimal model (Oerlemans, 2008). L'output previsto è la variazione della lunghezza della linea di flusso di un ghiacciaio. Alcuni parametri utili per settare le condizioni al contorno sono dati spaziali, quindi ricavabili tramite GIS

Tutte le variabili utili possono essere ricavate a partire da DTM. Il Parametro maggiormente influenzante la calibrazione dei MGM è la lunghezza delle FLOW LINES.



Length variation of glacier terminus on flow line direction

$$\frac{dL}{dt} = \left(\frac{3\alpha_m}{2(1+\alpha_s)} L^2 - \frac{\alpha_m v}{(1+\alpha_s)^2} L^2 \frac{\partial s_m}{\partial L} \right)^{-1} \frac{B_s}{W}$$

Surface balance

$$B_s = W\beta(H_m + b_m - E)L$$

Mass Balance gradient

$$\beta = \frac{db}{dz} = \frac{b}{h - E}$$

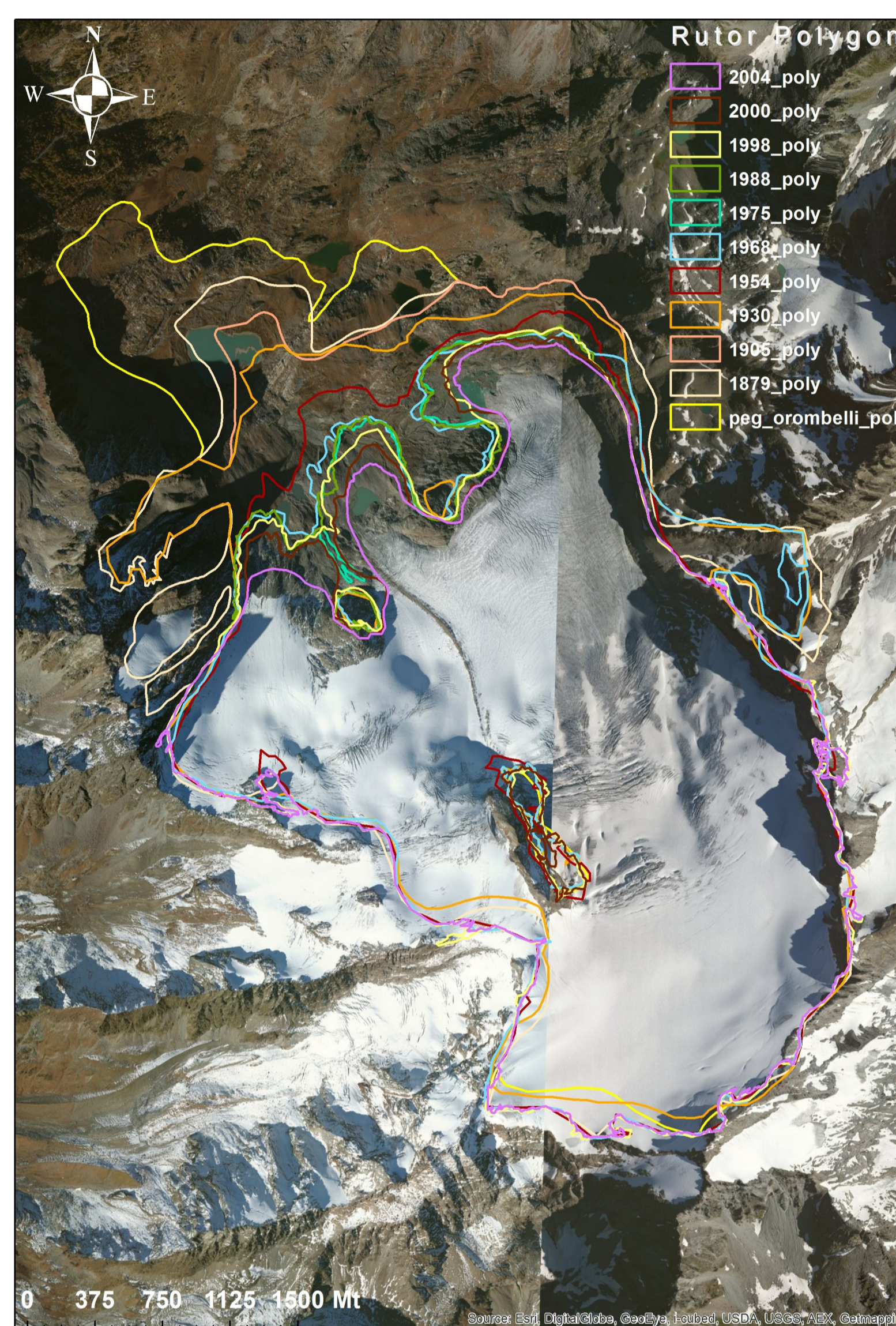
$$\bar{h} = \frac{H_m + b_0}{2}$$

Boundary Condition:

- B0** = highest elevation [m] (b)
- Hm** = mean thickness [m] (DH)
- b_m** = mean bed elevation [m]
- L** = length of the flow line [m]
- s** = mean slope

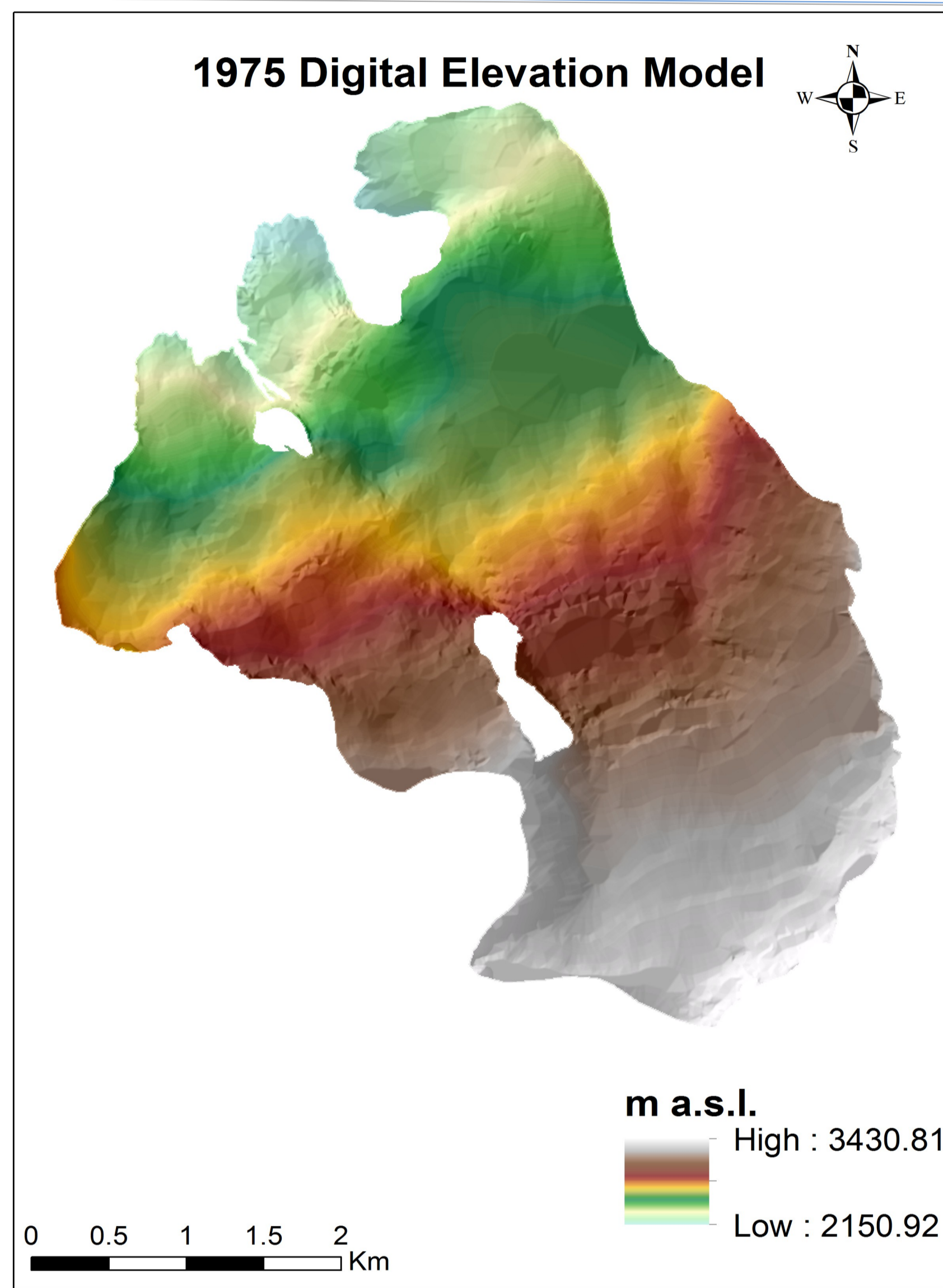
- Climate forcing
- Equilibrium Line Altitude [m]
- Net Mass Balance [m w.e.]

Le flow lines sono input del modello, e possono essere calcolate mediante gli strumenti di geoprocessing. Il risultato dell'elaborazione viene interpretato su basi teoriche per poter scegliere le flow lines che meglio rappresentano l'evoluzione glaciale.



I poligoni, che rappresentano l'estensione areale del ghiacciaio servono come maschera per ricavare la lunghezza delle flow lines e per ottenere statistiche valide per l'anno in analisi.

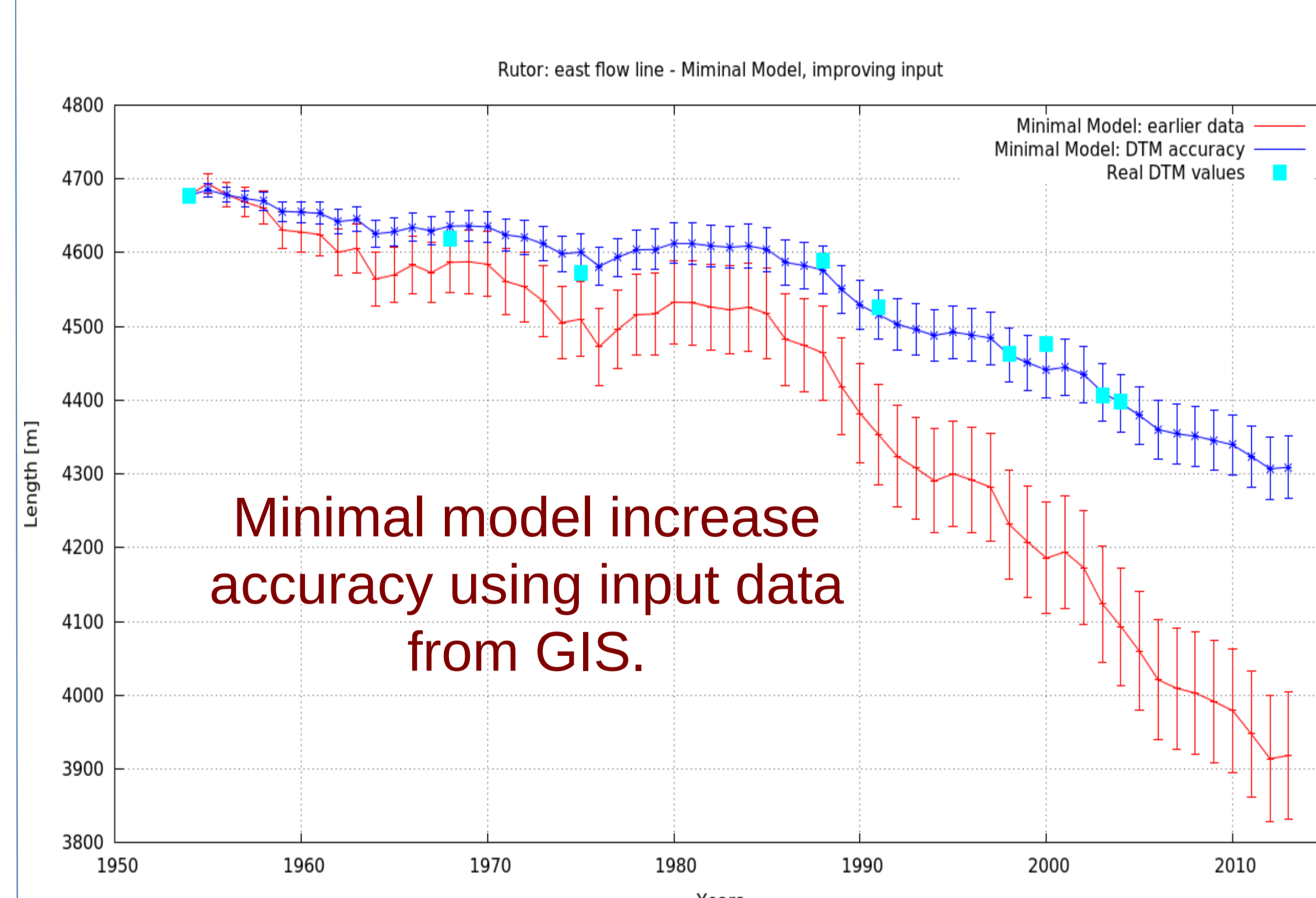
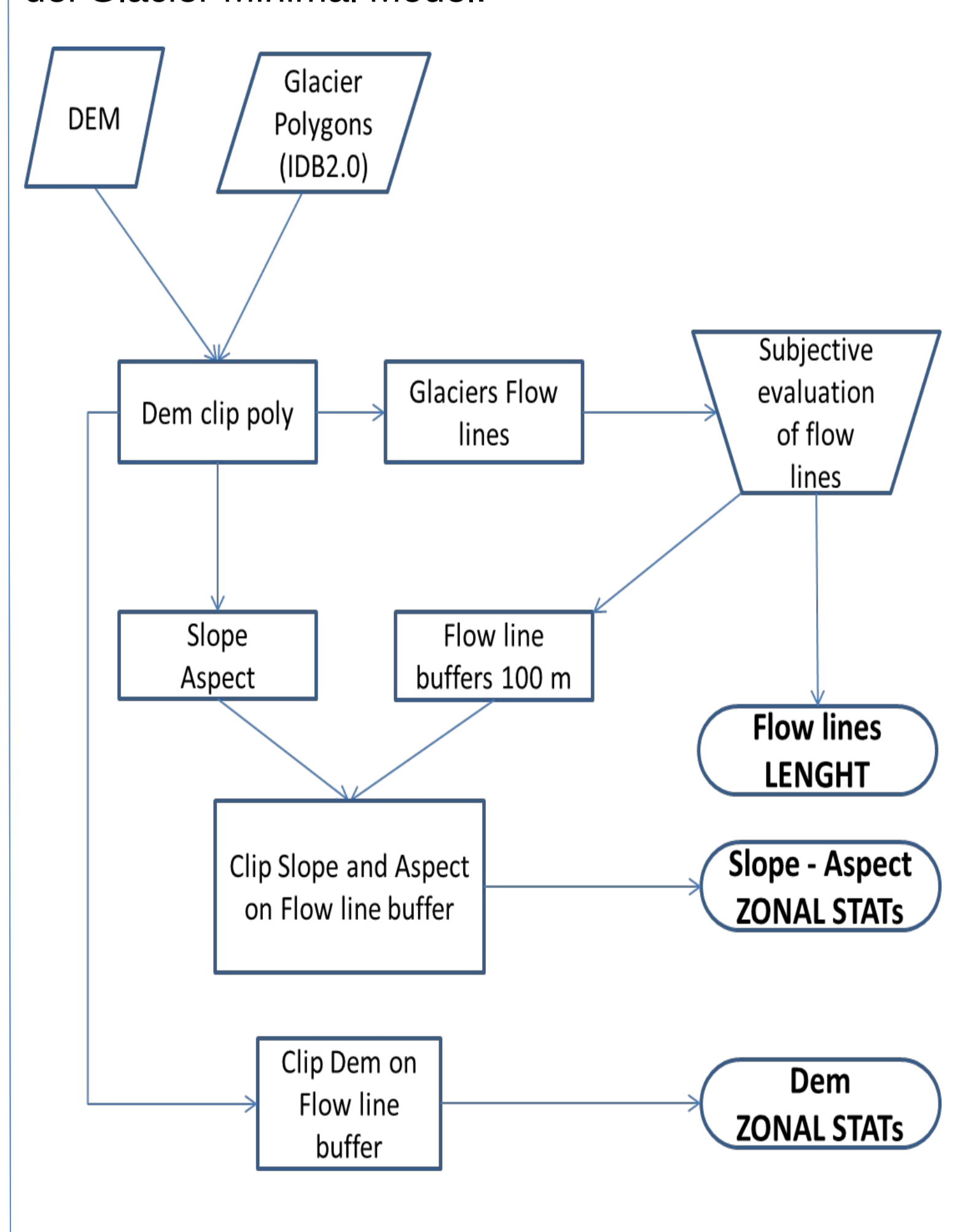
1975 Digital Elevation Model



I DEM oltre che come base per ricavare tutte le info necessarie alla calibrazione, possono anche essere usati per eseguire il bilancio di massa glaciologico dopo aver fatto assunzioni sulla densità del ghiaccio e correzioni riferite al fattore temporale di acquisizione.

RISULTATI

Algoritmo GIS sviluppato per ricavare le tutte le variabili geomorfologiche e geomorfometriche utili per la calibrazione delle condizioni al contorno dei Glacier Minimal Model.

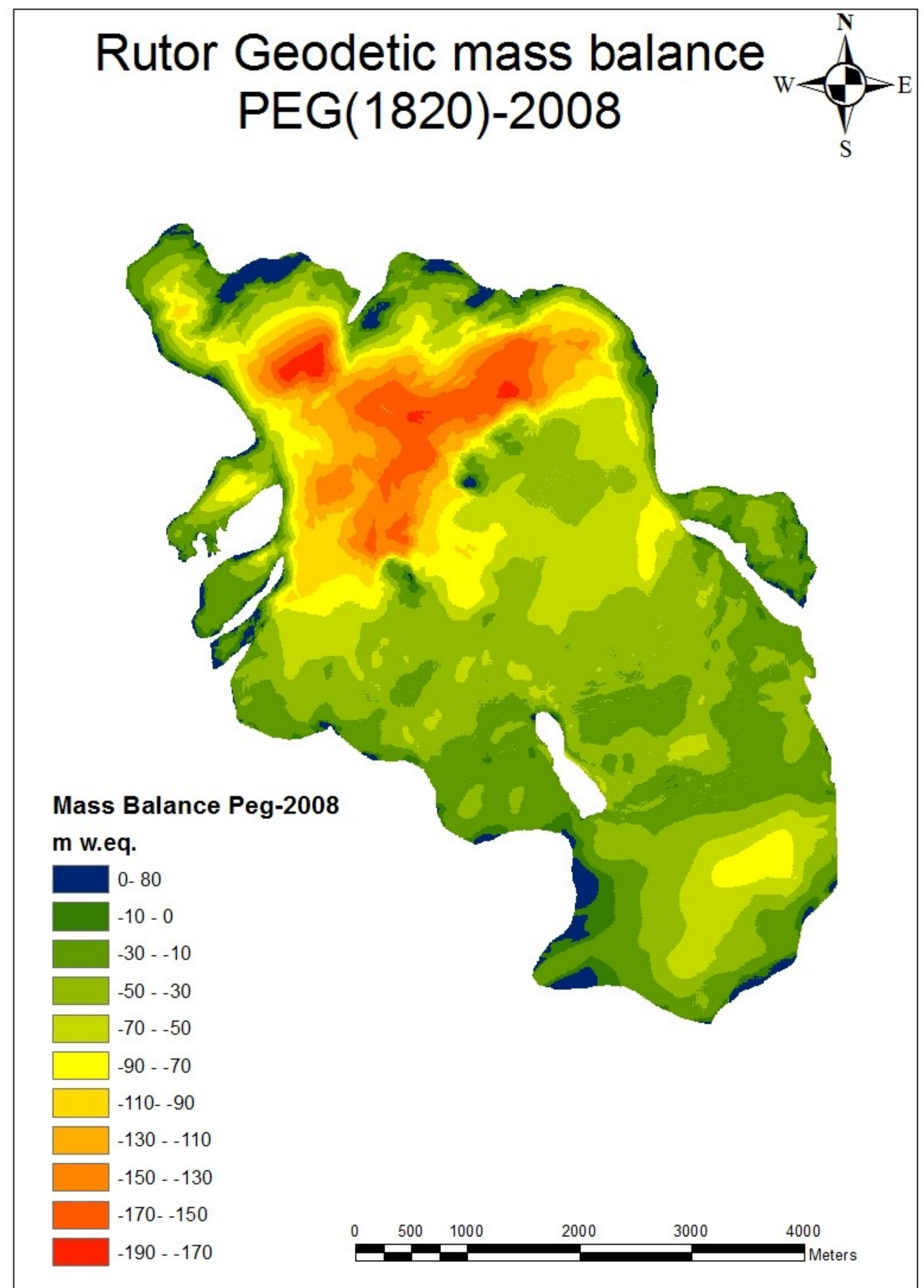


Minimal model increase accuracy using input data from GIS.

L'utilizzo dei dati calcolati tramite l'algoritmo sviluppato ha permesso una miglior calibrazione del modello aumentandone l'accuratezza come si può vedere dal grafico di confronto tra le misurazioni reali della lunghezza delle flow line, il modello calibrato con dati ricavati da letteratura ed il modello calibrato mediante GIS.

Il bilancio di massa è stato calcolato tra il 1820 ed il 2008, gli anni del primo e dell'ultimo DEM disponibile. Il bilancio cumulativo mostra una perdita di 52m w.eq. Raggiungendo valori massimi di 190 m w.eq. nella parte valliva del ghiacciaio.

Rutor Geodetic mass balance PEG(1820)-2008



CONCLUSIONI

La metodologia presentata, mira allo sviluppo di una procedura basata sull'analisi spaziale per la calibrazione di modelli predittivi glaciologici per i ghiacciai non polari. L'approccio spaziale come dimostrato è in grado di aumentare la qualità della predizione di un modello semplice. I dati necessari per l'estrapolazione di variabili utili alla calibrazione del modello mediante GIS sono facilmente reperibili da differenti dataset mondiali quali l'Aster per quanto riguarda i modelli digitali del terreno che il GLIMS per quanto concerne il poligono del ghiacciaio preso in considerazione. Questa metodologia può quindi essere replicata su qualsiasi ghiacciaio o su intere catene alpine. Attualmente il metodo è in fase di applicazione su tutta la catena alpina.