

Région Autonome  
**Vallée d'Aoste**



Regione Autonoma  
**Valle d'Aosta**

**Relazione di commento ai dati di monitoraggio della  
frana di Bosmatto in Comune di Gressoney-Saint-Jean.**

***Periodo: 01/01/2012 – 31/12/2012***

Il sistema di monitoraggio del movimento franoso di Letze - Bosmatto, realizzato nell'autunno del 2001 e successivamente implementato, è attualmente strutturato nel modo seguente:

1. una stazione meteorologica costituita da un pluviometro, da un termometro, da un barometro, da un igrometro e da un nivometro automatizzati con invio dei dati di piovosità, temperatura, pressione atmosferica, umidità relativa e altezza della neve al centro di acquisizione, sfruttando il ponte radio di Weissmatten e la rete ethernet della Protezione Civile;
2. una rete di stazioni GPS ad acquisizione automatica, di cui due poste nel corpo di frana principale, una a controllo della frana di "Stadelte" (al fine di controllare l'evoluzione di un settore di versante posto in dx orografica del Letze e parzialmente coinvolto dall'evento alluvionale dell'ottobre 2000), e una di riferimento ubicata presso il ponte radio di Weissmatten, in Comune di Gressoney-Saint-Jean, le cui posizioni planoaltimetriche vengono inviate al centro di acquisizione dati;
3. una rete di capisaldi topografici distribuiti sul settore di versante interessato dalla frana, la cui posizione viene determinata con strumentazione GPS, che consente la misura degli spostamenti superficiali nelle tre direzioni con elevata precisione.
4. un estensimetro a filo, con trasduttore a corda vibrante e trasmissione dati via GSM, installato il 19/06/2007 a cavallo della frattura perimetrale del settore di "Stadelte", integrato il 25/05/2010 da altri due apparati gemelli posizionati lungo la stessa frattura di "Stadelte" al fine di controllare meglio l'evoluzione del settore più attivo della frana di Bosmatto;
5. un nuovo estensimetro (E4) è stato installato il giorno 16/11/2011 a monte dell'estensimetro E2 al fine di monitorare una frattura di neoformazione; la taratura e lettura di zero sono state eseguite il giorno 13/12/2011;
6. nel corso del mese di novembre 2008 è stata installata una fotocamera automatica denominata "Meteoeye" della Techcom srl, sul traliccio della stazione GPS7 presso Stadelte. Tale apparato consente di scattare foto in maniera automatica e con cadenza predeterminata relativamente ad una inquadratura fissa. Le foto così raccolte, alimentano un archivio di immagini con l'obiettivo di registrare l'evoluzione morfologica nel tempo della parte frontale da cui si è originata la colata detritica dell'ottobre 2000. Di seguito è riportata una delle foto riprese dalla fotocamera;
7. nell'estate del 2009 è stata installata una seconda fotocamera automatica, identica a quella già in uso, posizionata in destra orografica del torrente Letze sul rilevato del bacino di accumulo e orientata verso il settore medio alto della frana;
8. sempre nell'estate del 2009 è stato installato un piezometro ad acquisizione continua all'interno del foro di sondaggio realizzato nei pressi del GPS6; i dati vengono inviati mediante modem GSM direttamente al centro di acquisizione presso la Protezione Civile;



Fig. 1a: Immagine scattata da “Meteoeye” posizionata nel settore di Stadelte.



Fig. 1b: Immagine scattata da “Meteoeye” posta sul rilievo in destra orografica del torrente Letze

La presente relazione contiene un commento sintetico ai dati che il sistema di monitoraggio ha rilevato durante tutto l'anno 2012, sia per quanto riguarda le reti automatiche, sia per le reti a lettura manuale.

I dati, opportunamente elaborati ed interpretati, sono riportati nei grafici nel testo od allegati che riguardano l'andamento della temperatura, della pioggia cumulata, i dati di spostamento degli estensimetri e delle tre stazioni GPS automatiche e dei caposaldi topografici rilevati mediante lettura GPS manuale.

I dati sono acquisiti con frequenza variabile a seconda della rete di riferimento. I dati meteorologici e piezometrici sono stati acquisiti con cadenza oraria, mentre i dati dei GPS automatici sono acquisiti ogni sei ore. La lettura manuale dei capisaldi GPS è stata eseguita il 25/10/2012.

Per quanto riguarda il dato pluviometrico cumulato, dal 01/01/2012 al 31/12/2012 sono stati registrati complessivamente 1071.2 mm di pioggia, con una maggiore concentrazione nell'intervallo che va da metà aprile a fine giugno di agosto. Tale periodo risulta caratterizzato da numerosi eventi di bassa entità e da alcuni relativamente più intensi.

L'andamento del dato piezometrico, rappresentato dal grafico allegato, risulta coerente con le varie fasi idrologiche annuali, in particolare per quanto riguarda il periodo di fusione della neve (metà aprile – inizio maggio) e i periodi caratterizzati dagli eventi di pioggia sopra descritti. Si osserva un rapido innalzamento nell'altezza di falda misurata di circa 17 m, subito seguito da un periodo di svuotamento dell'acquifero.

Si osserva infine un abbassamento costante nei primi mesi dell'anno fino a metà aprile, associato ad un lento drenaggio della frana, comportamento tipico del periodo invernale, che si può riscontrare ancora a partire da giugno 2012.

Il livello piezometrico risponde in maniera quasi impulsiva agli eventi pluviometrici di inizio maggio e inizio luglio. Le variazioni misurate sono comprese entro i 2 m rispetto al livello precedente. Questo aspetto si può spiegare considerando la tipologia di mezzo entro cui circola l'acqua sotterranea. Esso è rappresentato da porzioni sicuramente assimilabili ad un mezzo puramente poroso (roccia molto fratturata e depositi superficiali) ma anche da porzioni di roccia fratturata entro cui l'acqua circola secondo direttrici preferenziali rappresentate dalle fratture più aperte. L'acqua che si muove entro queste fratture è sottoposta a gradienti maggiori e a minori forze di attrito e quindi dotata di maggiori velocità. Essa tende a confluire all'interno del cavo piezometrico, che verosimilmente intercetta tali fratture, facendo innalzare il livello al suo interno in maniera piuttosto rapida. Il valore misurato in tali casi non è quello del reale livello piezometrico.

A seguito delle piogge tardo primaverili, anche in considerazione della piovosità pregressa e della fusione della coltre nevosa presente in quota, da inizio giugno è stata registrata una modesta riattivazione della frana di "Stadelte" (vedi più avanti).

I dati della rete GPS automatica sono stati graficati secondo le tre componenti y, x, z rispettivamente corrispondenti a Nord (N), Est (E) e alla quota (H).

Per ciascuna componente, relativamente all'intero anno 2012, è stata calcolata la retta di regressione lineare che meglio interpola i valori che, per le caratteristiche intrinseche del sistema di misura, presentano un certo grado di dispersione. In tal modo è stato determinato il valore di spostamento complessivo cumulato al 31/12/2012 riferito ai GPS5 (Tab. 1) e GPS6 (Tab. 2). La stazione GPS7, che rileva gli spostamenti del settore di "Stadelte" richiede un'analisi a parte (cfr in seguito):

Stazione <b>GPS5</b>	Equazione retta regressione lineare (y in metri e x in anni)	Spostamento in cm ( $\pm 2.5$ cm)	Spostamento totale 3D (cm)
N	$y = 0,0114m - 0,0013m / anno * x$	-0,13	1,27
E	$y = -0,0009m - 0,0108m / anno * x$	-1,08	
Q	$y = 0,0045m - 0,0065m / anno * x$	-0,65	

**Tabella n. 1**

Stazione <b>GPS6</b>	Equazione retta regressione lineare (y in metri e x in anni)	Spostamento in cm ( $\pm 2.5$ cm)	Spostamento totale 3D (cm)
N	$y = 0,0097m - 0,0004m / anno * x$	-0,04	2,08
E	$y = -0,0041m - 0,0207m / anno * x$	-2,07	
Q	$y = -0,0182m - 0,0020m / anno * x$	-0,20	

**Tabella n. 2**

L'interpretazione dei valori ottenuti indica che la stazione GPS5 posta nella parte alta della frana, in corrispondenza della nicchia di distacco principale, si è spostata da un punto di vista plano-altimetrico di circa 1 cm.

Lo spostamento della stazione GPS6 situata nella parte centrale della frana risulta pari a 2,07 cm verso NE, mentre l'abbassamento è stato di 0,20 cm.

In tutti i casi occorre tenere presente l'entità dell'errore della misura che è propria della tecnica adottata ed è dell'ordine di  $\pm 2.5$  cm in planimetria e di  $\pm 2$  cm sulla quota.

Per quanto riguarda la stazione GPS7, questa ha registrato perfettamente la riattivazione, e successiva stabilizzazione, del settore di frana di Stadelte, destabilizzatosi in seguito alle infiltrazioni dovute alla fusione del manto nevoso.

Nei grafici successivi viene rappresentato l'innalzamento del livello di falda in relazione all'altezza di neve al suolo (fig. 2), gli andamenti delle tre componenti di spostamento registrate dal GPS7 in rapporto al valore della pioggia cumulata (Fig. 3) e di altezza neve (Fig. 4) e l'andamento dello spostamento totale 3D in rapporto all'altezza neve al suolo (Fig. 5).

Si osserva anche nel 2012 che la dinamica evolutiva della frana è condizionata dal tasso di saturazione dei materiali che la costituiscono. Come già notato per l'anno 2009 e a differenza di quanto avvenuto durante le ultime annate 2010 e 2011, pare che il contributo prevalente alla riattivazione della frana sia da attribuire alla fusione nivale in quota, con un parte legata alle modeste precipitazioni primaverili, concentrate nella prima metà del mese di maggio. Il manto nevoso è stato alquanto modesto durante la stagione invernale (avendo superato di poco il metro di altezza), ma vi è stata un'ulteriore nevicata a metà aprile (60 cm circa), la cui fusione completa si è esaurita nel giro di circa 3 settimane. Inoltre, questa veloce fusione ha portato anche un innalzamento istantaneo del livello della falda all'interno del piezometro posto a metà frana di Mussolier.

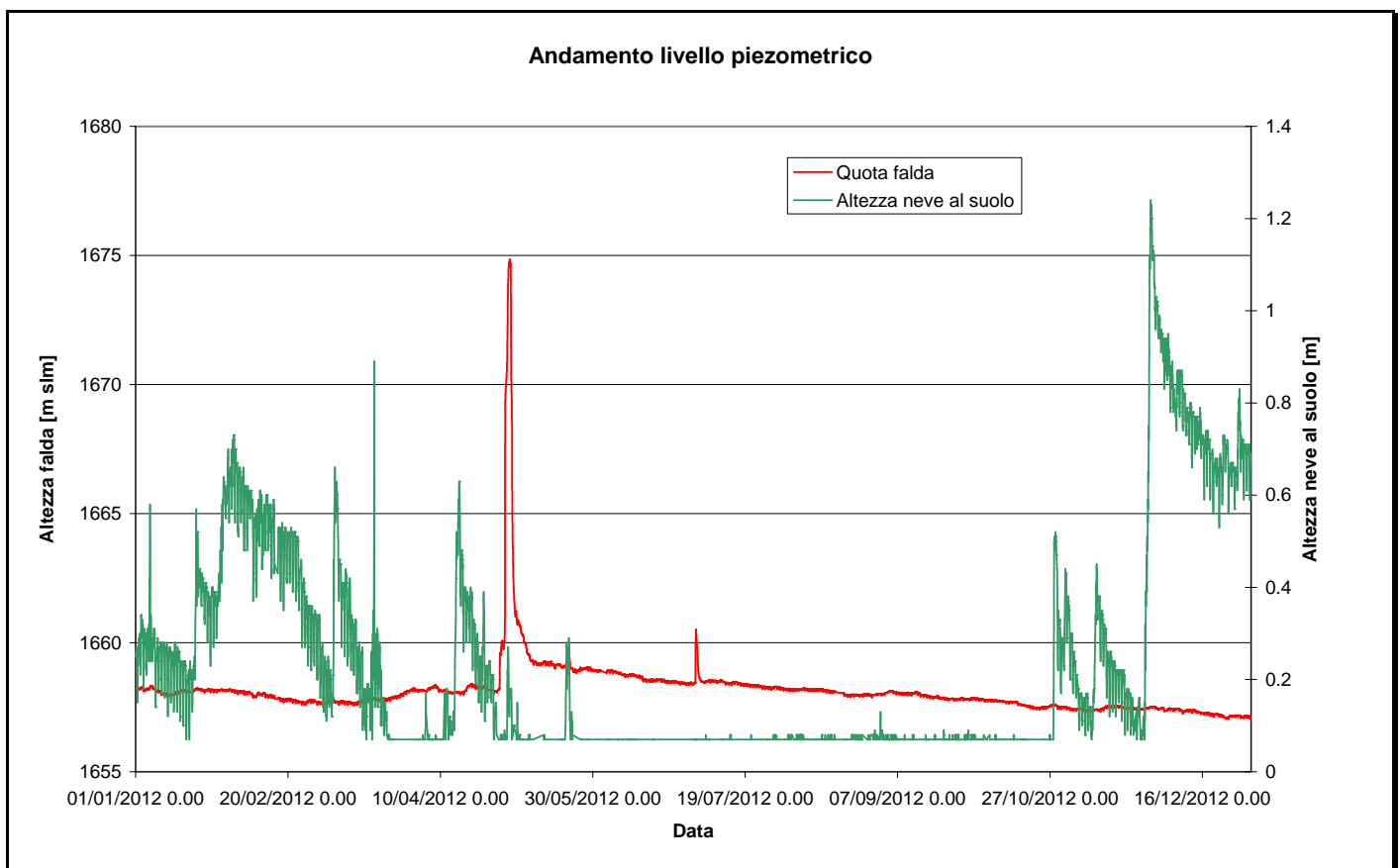


Figura n. 2

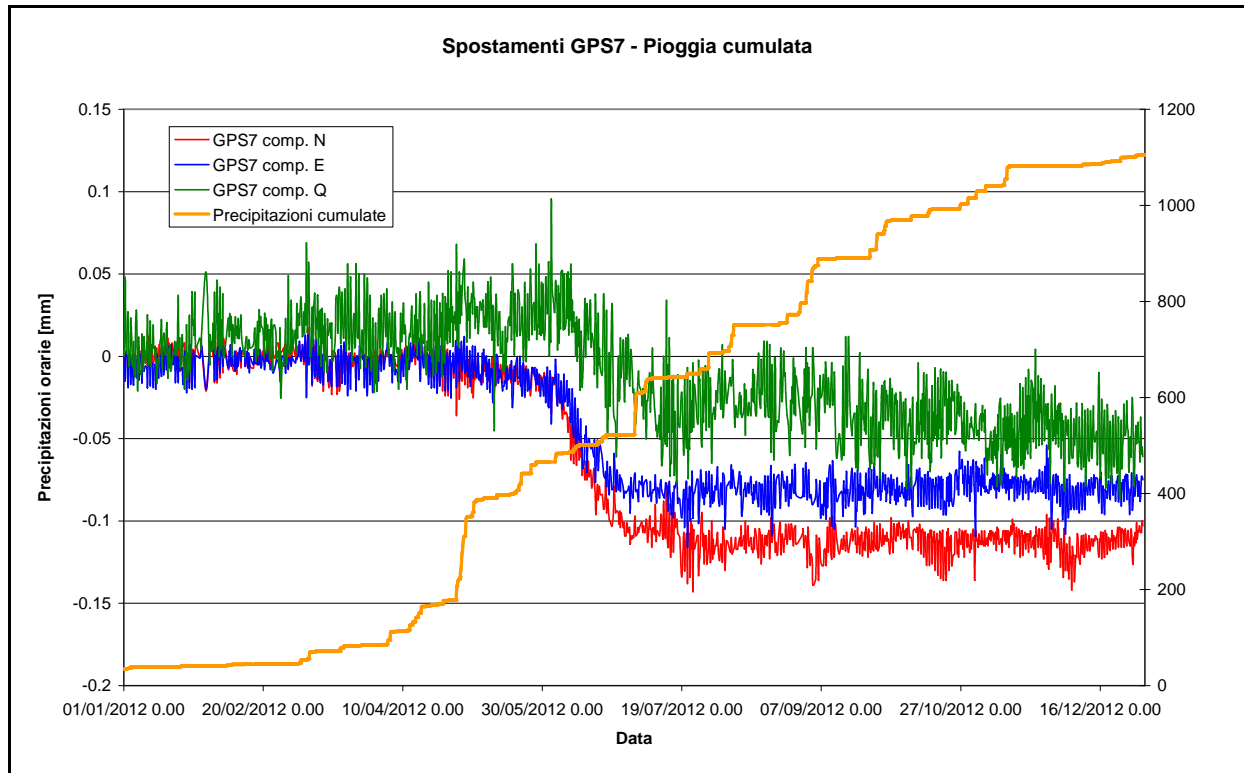


Figura n. 3

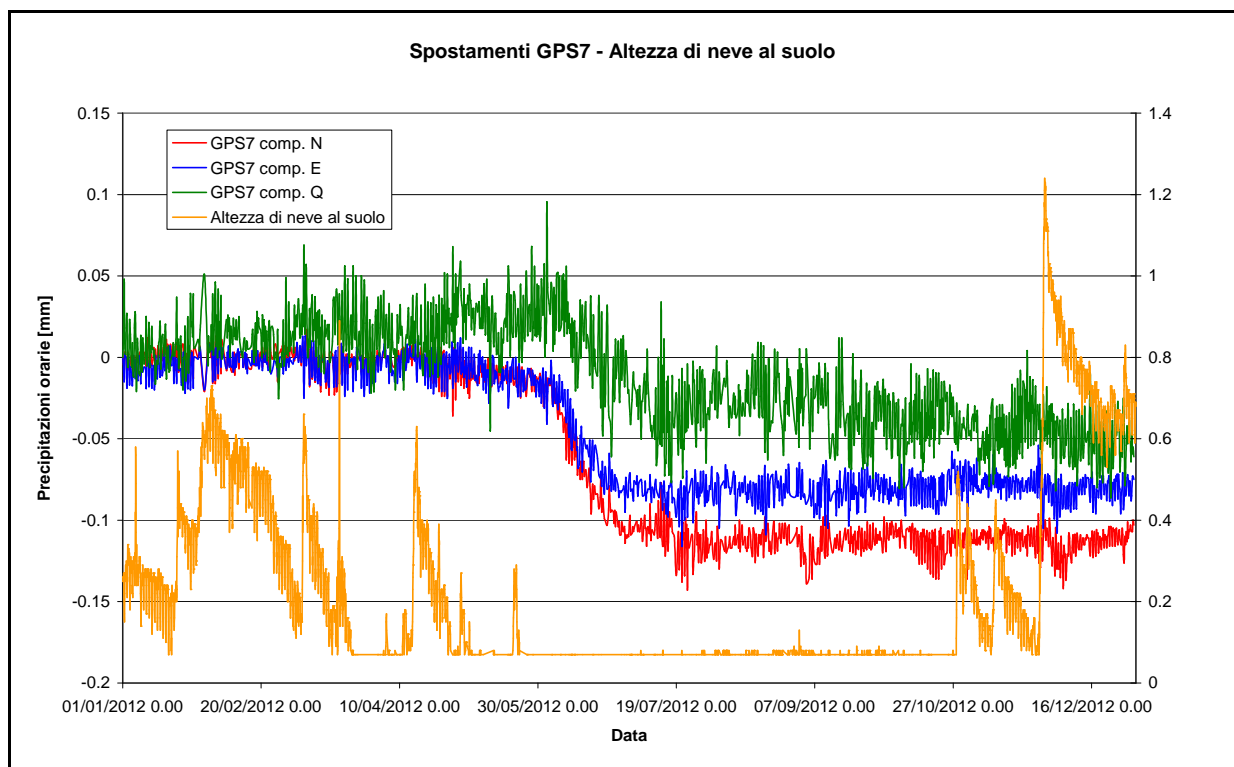
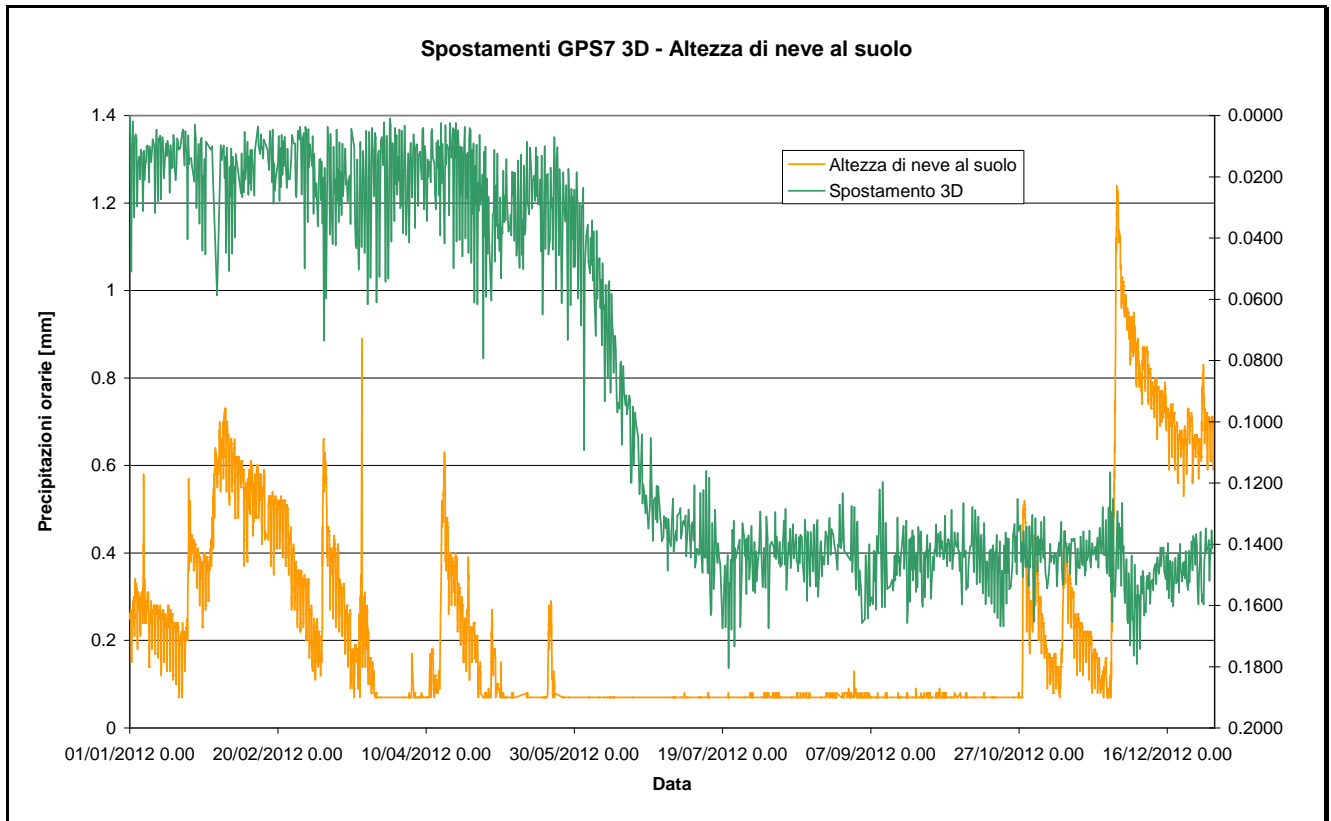


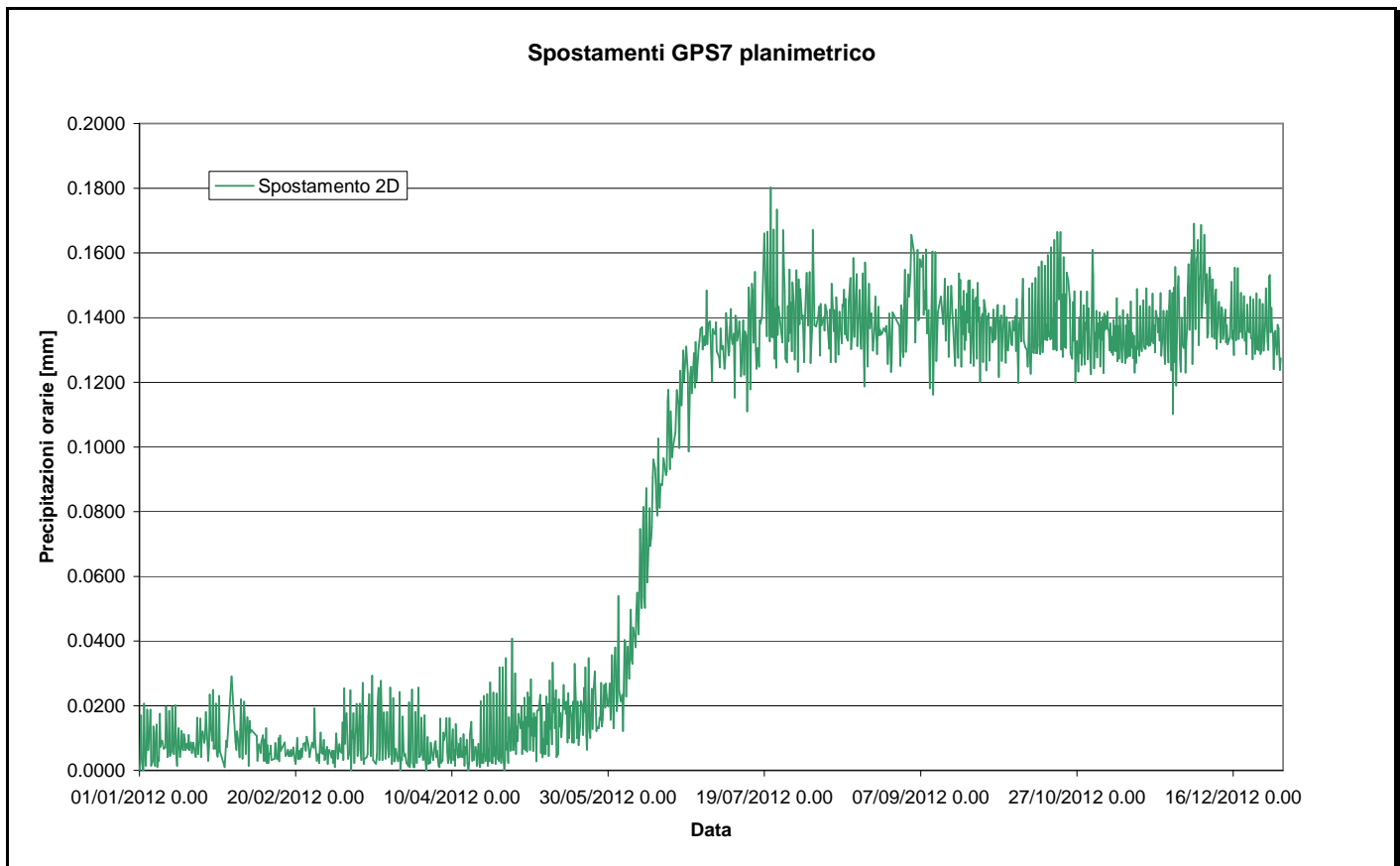
Figura n. 4



**Figura n. 5**

Complessivamente la riattivazione ha comportato uno spostamento plano-altimetrico pari a 15 cm (Fig. 6).

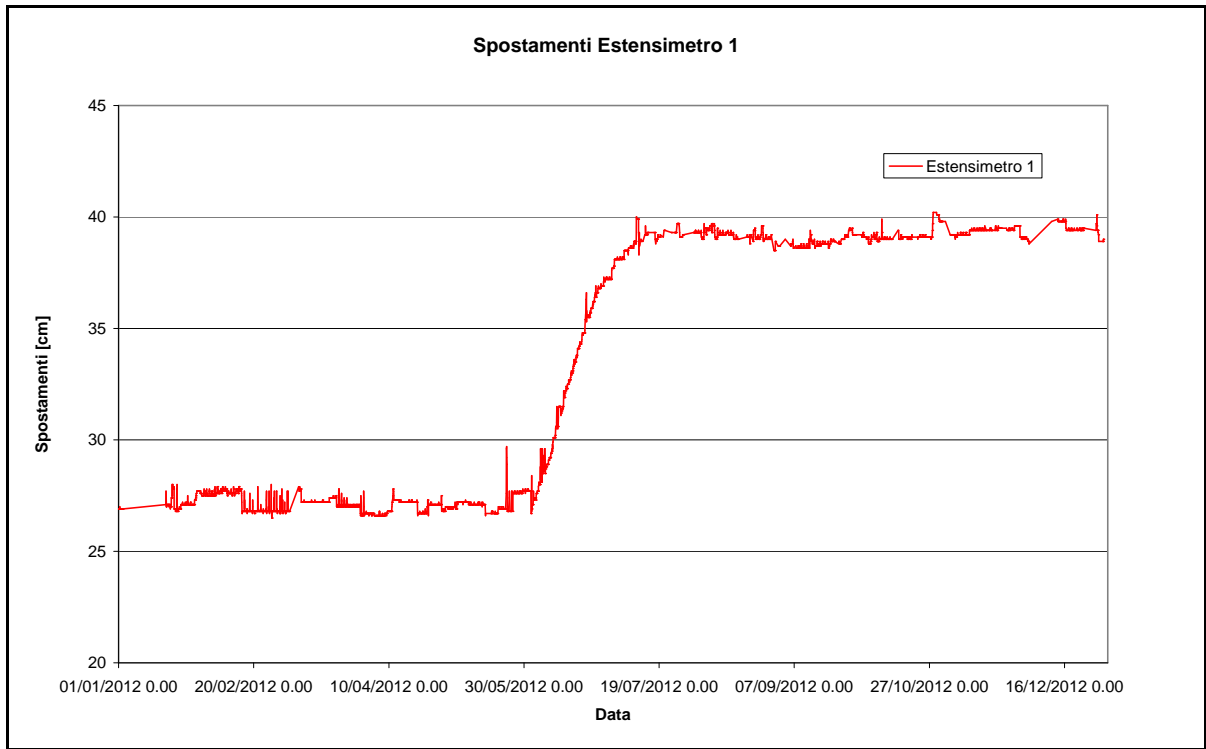




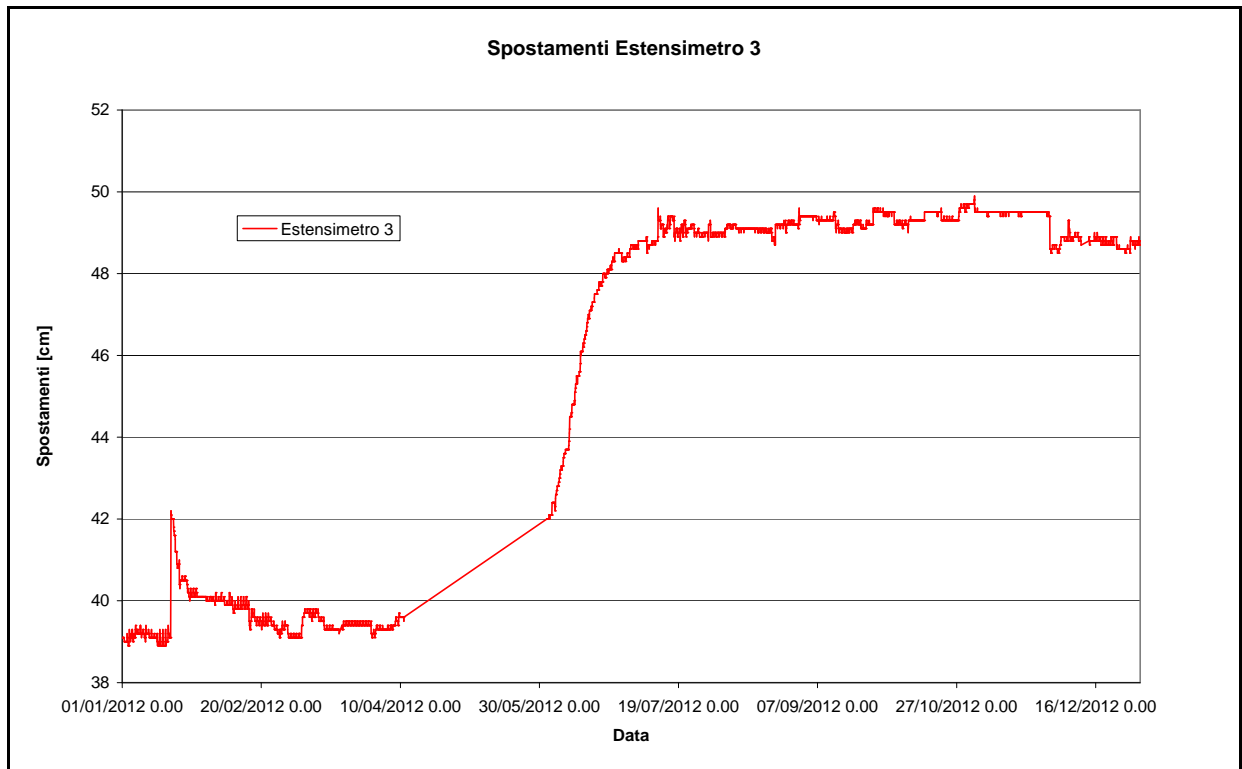
**Figura n. 6**

Nelle figure 7, 8 e 9 sono diagrammati gli spostamenti registrati dagli estensimetri posti a cavallo della frattura principale della frana di Stadelte, tale da comprendere la modesta fase di riattivazione della frana concentrata nel mese di giugno – metà luglio 2012.

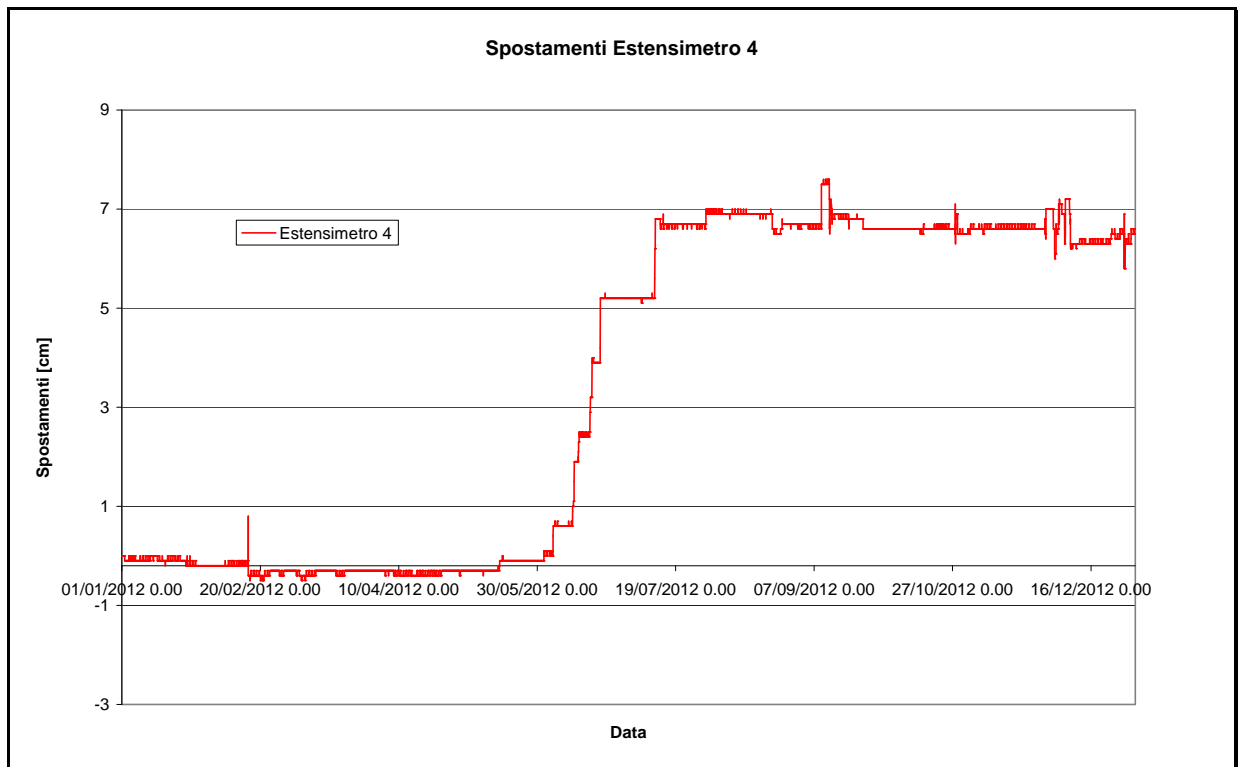
Complessivamente, lo spostamento registrato è stato di circa 10 – 12 cm sugli estensimetri 1 e 3, di circa 7 cm sull'estensimetro 4 (installato nel dicembre 2011 per registrare una nuova frattura a monte dell'estensimetro 2), mentre lo strumento n. 2 ha avuto molti problemi di funzionamento, tale da non avere dati utilizzabili per il report. Inoltre, questo strumento registra non solo il movimento della massa in frana, ma anche i movimenti relativi cui è soggetto l'apparecchio di misura e trasmissione dei dati posto a monte della frattura. La porzione in corrispondenza della quale esso è fissato, infatti, è attualmente coinvolta nella dinamica complessiva della frana poiché a monte della stessa si è aperta recentemente una frattura di neoformazione ad indicare una retrogressione della nicchia di distacco. A concorrere a tale retrogressione, che risulta particolarmente evidente nel settore monitorato dall'estensimetro 2, è la presenza di un'emergenza alla base della frattura principale. Il drenaggio preferenziale delle acque attraverso questo settore ha creato uno scalzamento connesso all'erosione operata dalle acque sorgive. La sovrapposizione dei movimenti relativi delle due estremità dell'estensimetro 2 restituiscono un grafico dall'andamento di difficile interpretazione, non inserito nel presente report.



**Figura n. 7**



**Figura n. 8**



**Figura n. 9**

L'esame dei dati di spostamento registrati dalla rete di caposaldi GPS a lettura manuale, evidenziano che nel periodo 14/09/2011 – 25/10/2012 le velocità 2D in mm/a di ciascun caposaldo si attestano tra 15 e 100 mm/a, confermando le tendenze evolutive degli anni precedenti.

Gli spostamenti planimetrici annui dei vertici vanno da meno di 1 cm (B2, B4) a circa 17 cm (B3), in direzione ESE - WNW; i maggiori spostamenti hanno interessato il settore sinistro dell'area controllata.

Gli spostamenti altimetrici confermano i trend osservati negli scorsi anni.

Il movimento che interessa il vertice B2 è confermando; quest'ultimo, pur essendo posto in posizione sicuramente esterna al settore di versante riattivatosi durante l'evento alluvionale dell'ottobre 2000, è interessato da spostamenti annui di entità millimetrica nella medesima direzione di movimento della frana.

La tabella n. 3 riporta gli spostamenti registrati nel periodo 14/09/2011 - 25/10/2012 dei capisaldi della rete GPS a lettura manuale, i cui vettori di spostamento sono riportati nella Figura n. 9.

Caposaldo	N (m)	E (m)	H (m)	Spostamento planimetrico totale	Spostamento totale 3D (m)
B2	-0.003	0.001	-0.007	0.003	0.008
B3	-0.168	0.021	-0.132	0.169	0.215
B4	-0.003	0.000	-0.015	0.003	0.015
B5	-0.029	-0.004	-0.027	0.029	0.040
B6	-0.021	-0.002	-0.034	0.021	0.040
B7	-0.014	-0.002	-0.025	0.014	0.029
B8	-0.044	0.018	-0.040	0.048	0.062

**Tabella n. 3**

### **Superamento valori soglia strumentali**

Durante tutto il 2012, un solo evento ha comportato il superamento dei valori soglia strumentali utilizzati ai fini dell'applicazione delle procedure di Protezione Civile:

- il 02/07 le misure del pluviometro hanno determinato il superamento della soglia di allarme relativa, rispettivamente, alla pioggia cumulata nelle 1, 3 e 6 ore; il rientro allo stato normale è avvenuto il giorno 05/07/2011;

**- Ing. Patrick THUEGAZ -**

Ing. Patrick Thuégaz  
Isc. Albo Ing. della  
VALLE D'AOSTA  
n. A-682

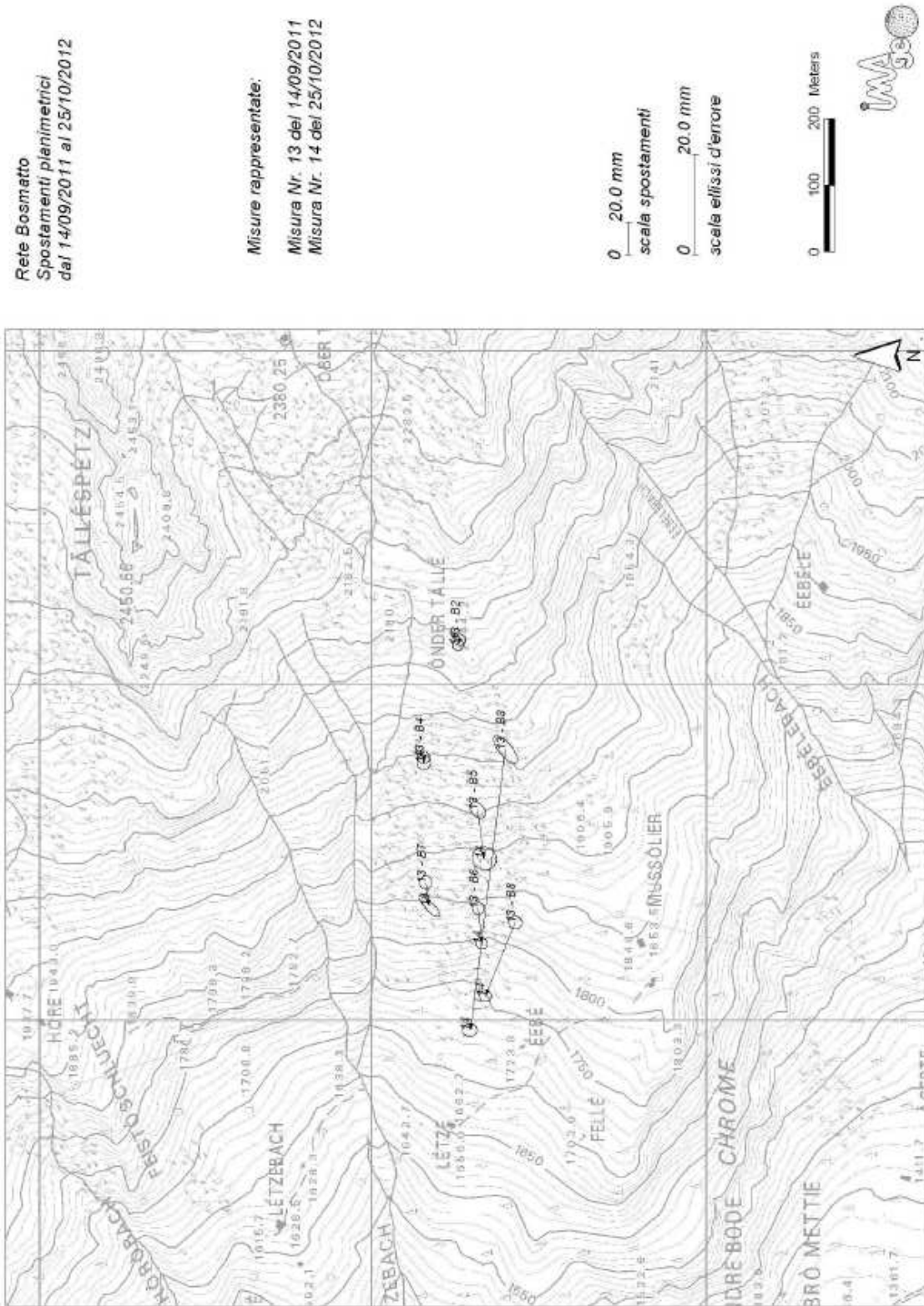


Figura n. 9: vettori di spostamento GPS a lettura manuale.

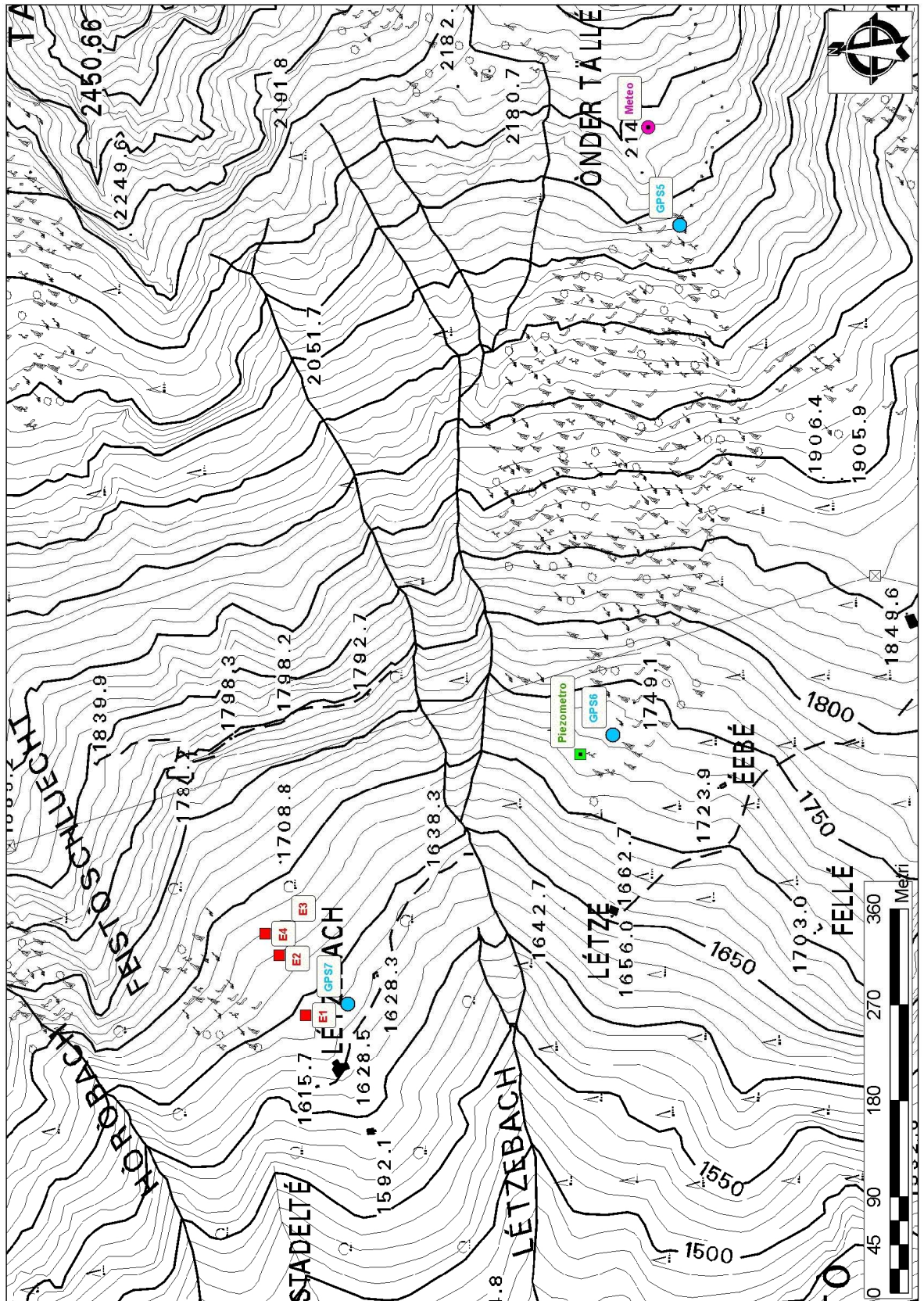


Figura n. 10: Stralcio planimetrico con indicazione delle stazioni di misura.