2.2 Campegli- Castiglione Chiavarese (GE)

2.2.1 Dati generali

Il nucleo abitativo di Campegli, edificato in un'area a debole pendenza ove affiorano gabbri e basalti in contatto con le serpentiniti dell'Unità Bracco-Graveglia (Fig.62), costituisce la testata di una frana relitta originata con meccanismi di scorrimento roto-traslativo così come la parte minore dell'abitato in destra del Rio Campegli; all'interno di questi corpi maggiori sono state identificate frane minori recenti o attuali a prevalente tipologia di scorrimento traslativo soggette a periodiche attivazioni *("Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria" – CNR*).

L'attività di monitoraggio nel 2013 si è svolta con la misurazione degli inclinometri S6I e di due nuovi inclinometri S10I e S11I, installati nel luglio 2013 rispettivamente in zona Lago e nel centro abitato di Campegli. Gli inclinometri S6, S9I e SNAM4, pur essendo ancora utilizzabili, non sono stati sottoposti a misura nel 2013 avendo concordato con Regione Liguria una esclusione dal monitoraggio per la scarsa rappresentatività, mentre S4I e S7I sono stati definitivamente abbandonati poiché il primo risulta spezzato e il secondo non risulta più localizzabile in seguito al rifacimento del manto stradale. La scelta di installare due nuovi inclinometri è dovuta nel caso della zona Lago alla mancanza di informazioni circa la superficie di scorrimento profonda nell'area a est, mentre lo strumento nel centro abitato ha la funzione di integrare quanto misurato già da S6I più a valle.

Le installazioni presenti (Fig.63) ricadono all'interno dei seguenti corpi di frana censiti nell'Inventario dei fenomeni franosi (Progetto IFFI) come di seguito descritto:

Inclinometri: S10I

Tipo	Complesso
Stato	Quiescente generico
Identificativo	0100172101
Area [mq]	166154

Inclinometri: S11I e S6I

Tipo	Scivolamento rotazionale/traslativo
Stato	Quiescente generico
Identificativo	0100171902
Area [mq]	45454

Di seguito si riassume l'attività di monitoraggio del 2013.

Data	Attività	Strumentazione	Sistema di misura
16/07/2013	6° lettura di esercizio sulle guide A1/A3 e sequenza di letture A1B1/A3B3	Inclinometri S6I	Sonda servoaccelerometrica biax. S060314
16/07/2013	Lettura di zero sulle guide A1/A2/A3/A4 e sequenza di letture A1B1/A2B2/A3B3/A4B4	Inclinometri S10I e S11I	Sonda servoaccelerometrica biax. S060314
18/10/2013	lettura di esercizio n. 7 su S6I e n.1 su S10I e S11I sulle guide A1/A3 e sequenza di letture A1B1/A3B3	Inclinometri S6I, S10I e S11I	Sonda servoaccelerometrica biax. S060314

Tab. 6 – Misure effettuate nel 2013 nel sito di Campegli

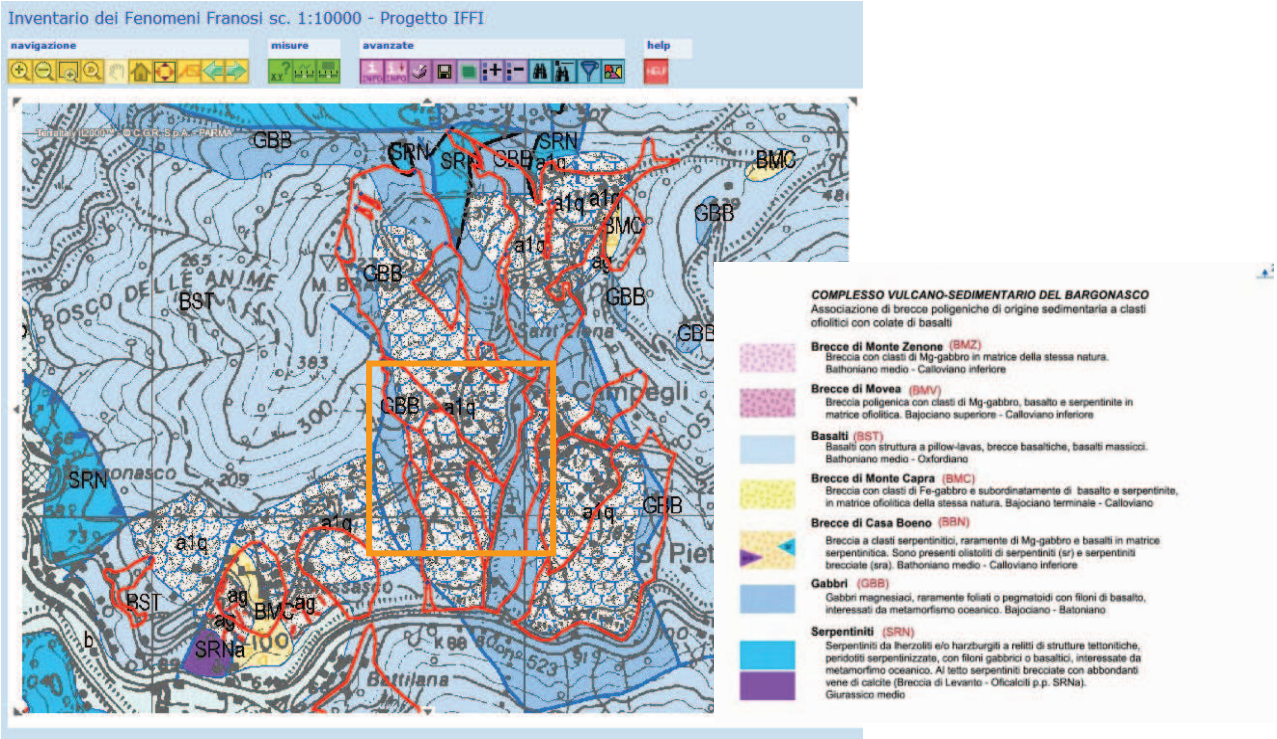

Fig. 62 - Stralcio Carta Geologica Regionale (CARG) sc.1:25.000

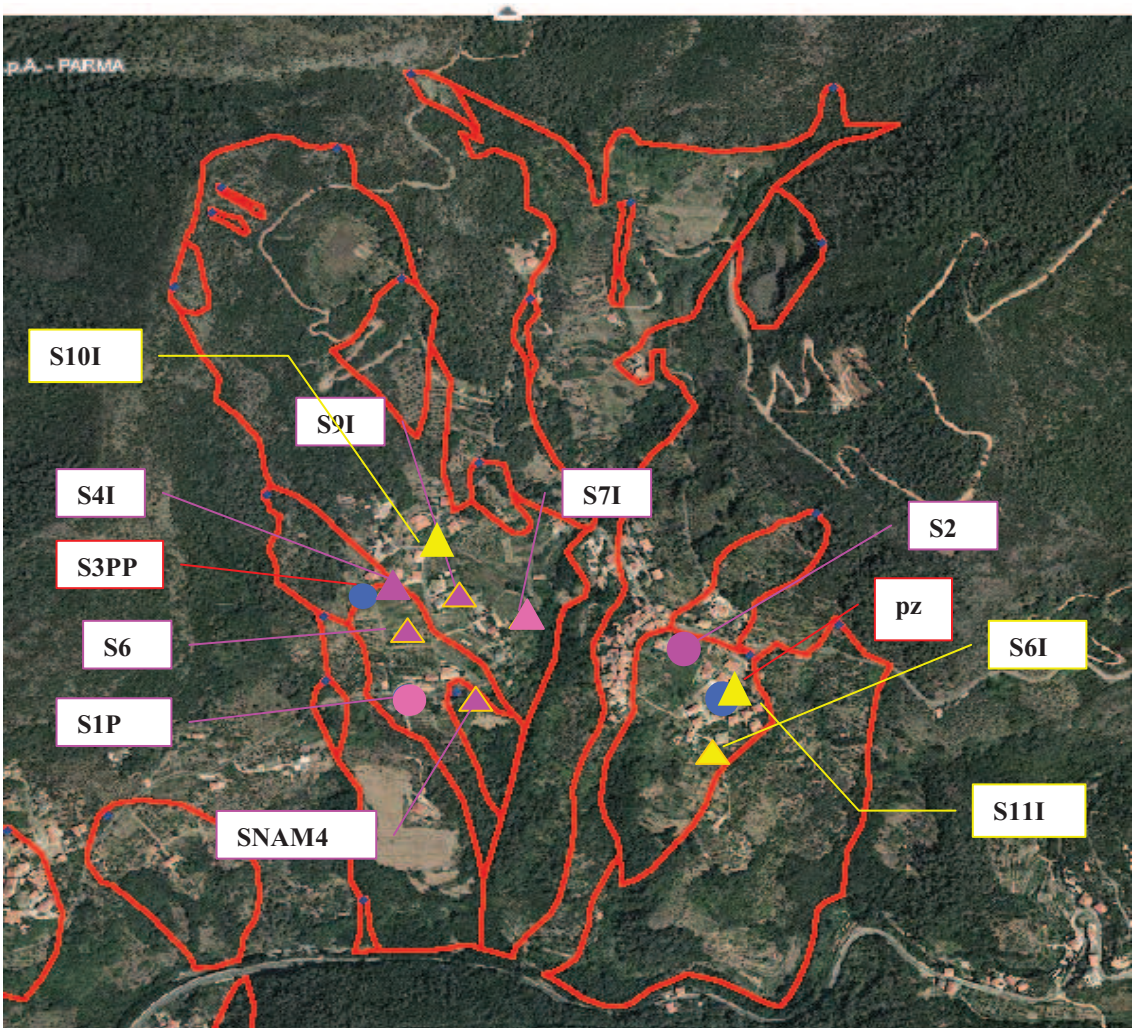

Fig. 63 - Posizione degli inclinometri letti nel 2013 S10I, S11I e S6I (in fucsia SNAM4, S9I, S6, allo stato attuale non utilizzati mentre S7I e S4I sono irrecuperabili)

2.2.2 Analisi dei dati inclinometrici

Inclinometro S6I (17.5 m) – centro abitato

La verifica dei *dataset* nell'anno 2013 attraverso i "*checksum*" e la "*deviazione standard"* non ha evidenziato anomalie strumentali nei cicli di letture effettuate. L'elaborazione differenziale integrale dal basso ha evidenziato nel periodo luglio 2012-luglio 2013 un incremento di 6mm, mentre nella successiva lettura non si sono verificate ulteriori deformazioni. Lo spostamento totale è di 19mm in quattro anni di tempo con una direzione azimutale verso S, in accordo con la morfologia del versante, e una superficie di taglio individuata intorno a 10m di profondità. Le deformate locali confermano la presenza della deformazione principale con un picco in evoluzione a 10.5m di profondità e con uno spostamento massimo di quasi 16mm (Figg.64 e 65). Come si può osservare dal grafico sottostante la progressione sembra costante nel tempo con un incremento leggermente superiore nel periodo luglio 2012-luglio 2013.

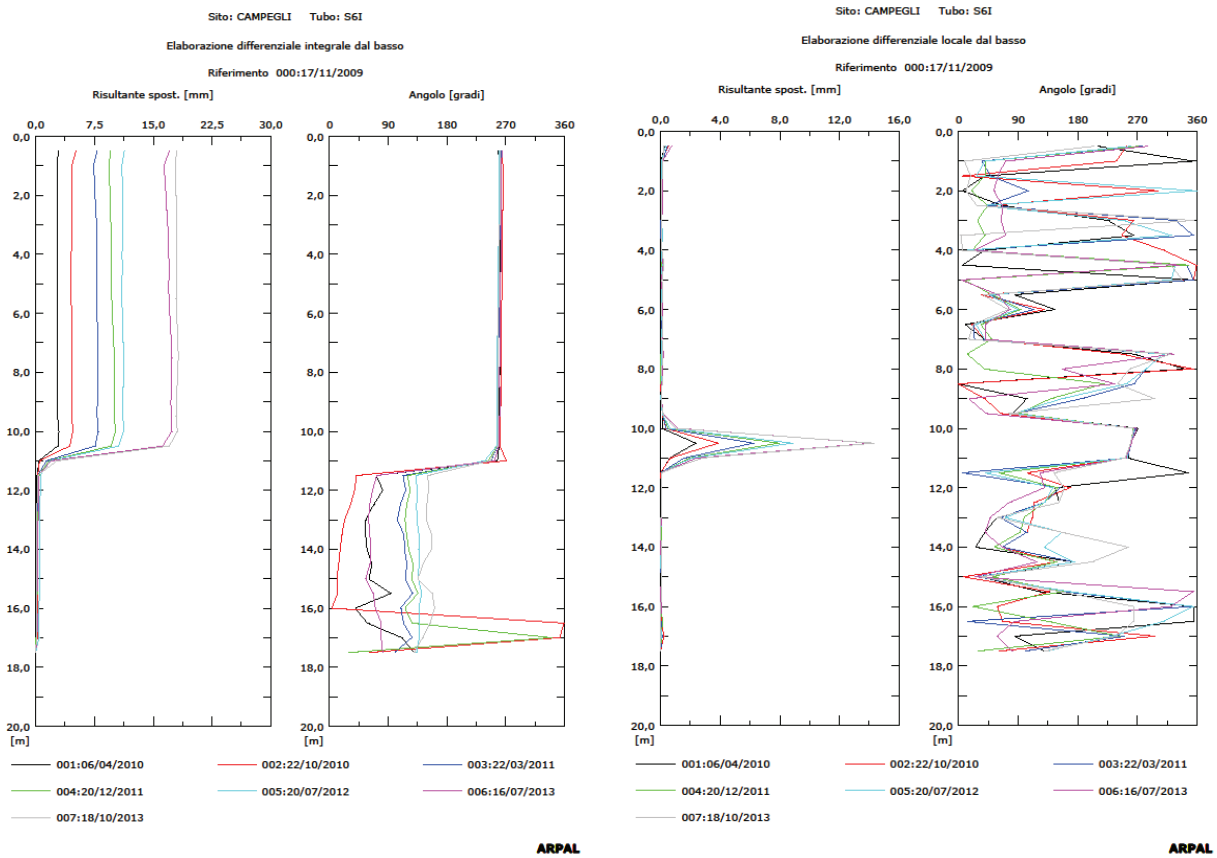

Fig. 64 -Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) e all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S6I

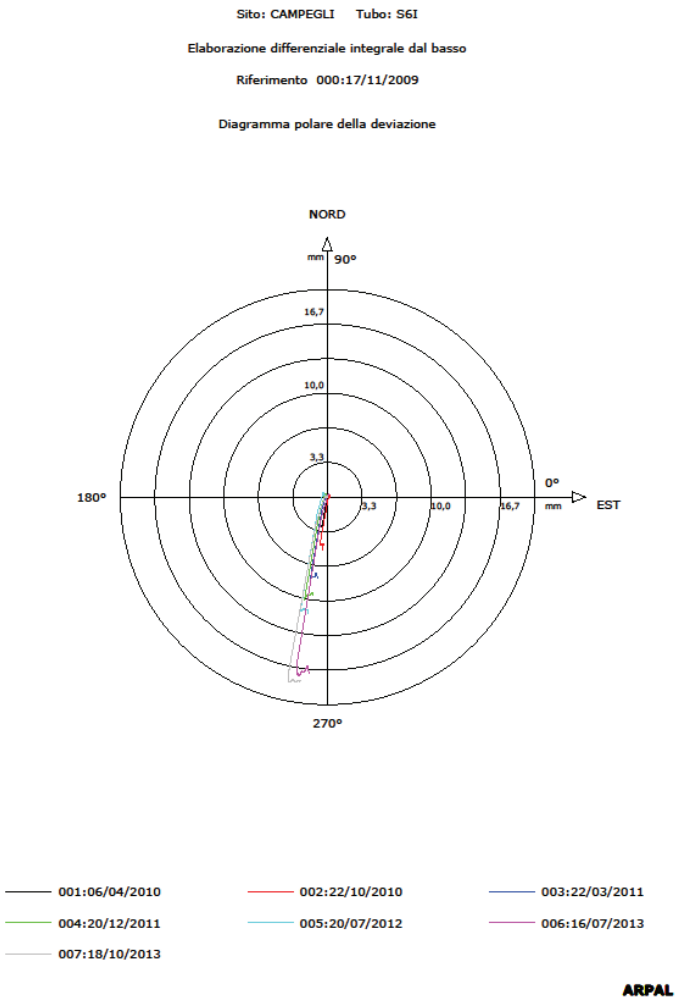

Fig. 65 -Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S6I

Inclinometro S11I (26.5 m) – centro abitato

Le condizioni strutturali dell'inclinometro sono state verificate attraverso l'inserimento della sonda pilota che ha permesso di rilevare lo stato della tubazione lungo tutta la lunghezza. La verifica dei *dataset* attraverso il *"checksum"* non ha evidenziato anomalie strumentali nella lettura di zero e nella prima lettura di esercizio. In particolare dalla lettura di zero si evince che la deviazione dalla verticale per la tubazione inclinometrica si aggira intorno a 0.7% e quindi inferiore al margine di tolleranza di 2%.

Considerando che il monitoraggio è stato eseguito nel periodo estivo, generalmente associato ad una assenza di movimento, la prima lettura di esercizio eseguita 3 mesi dopo la lettura di zero non ha dato particolari indicazioni: infatti sia dall'elaborazione differenziale integrale che dall'elaborazione differenziale locale non si registrano zone di deformazione e la direzione azimutale è appena rilevabile verso est (Figg.66 e 67). Le letture prossime potranno confermare o meno se il movimento rilevato in S6I è generalizzabile a tutto il versante.

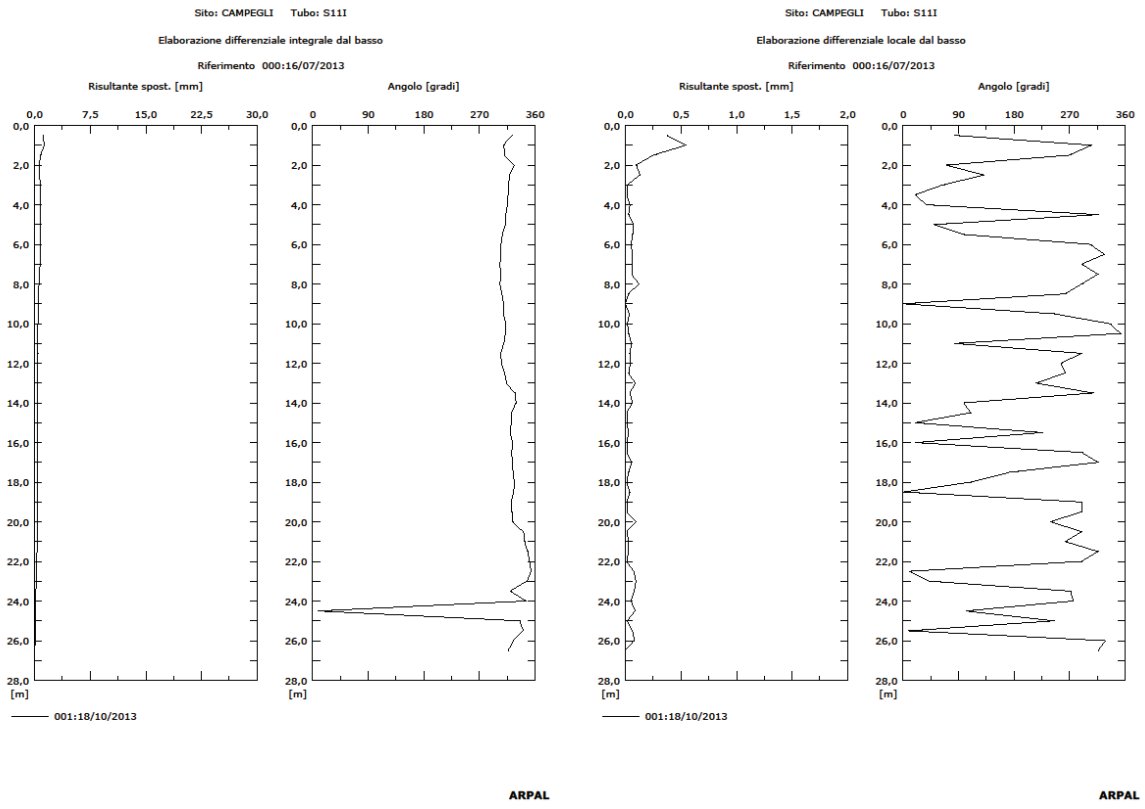

Fig. 66 -Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) e all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S11I

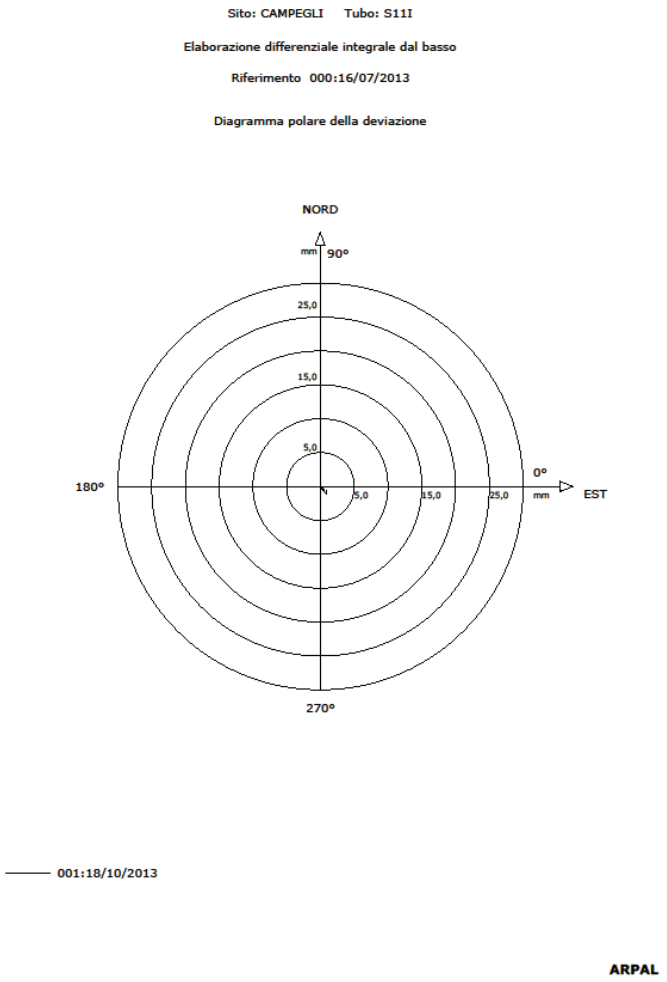

Fig. 67 -Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S11I

Inclinometro S10I (40.5 m) – zona Lago

Le condizioni strutturali dell'inclinometro sono state verificate attraverso l'inserimento della sonda pilota che ha permesso di rilevare lo stato della tubazione lungo tutta la lunghezza. La verifica dei *dataset* attraverso il *"checksum"* non ha evidenziato anomalie strumentali nella lettura di zero e nella prima lettura di esercizio. In particolare dalla lettura di zero si evince che la deviazione dalla verticale per la tubazione inclinometrica si aggira intorno a 1.1% e quindi inferiore al margine di tolleranza di 2%.

Considerando che il monitoraggio è stato eseguito nel periodo estivo, generalmente associato ad una assenza di movimento, la prima lettura di esercizio eseguita 3 mesi dopo la lettura di zero non ha dato particolari indicazioni: infatti sia dall'elaborazione differenziale integrale che dall'elaborazione differenziale locale non si registrano zone di deformazione e la direzione azimutale è appena rilevabile verso est (Figg.68 e 69). Le letture prossime potranno confermare o meno se il movimento rilevato in S4I è generalizzabile a tutto il versante.

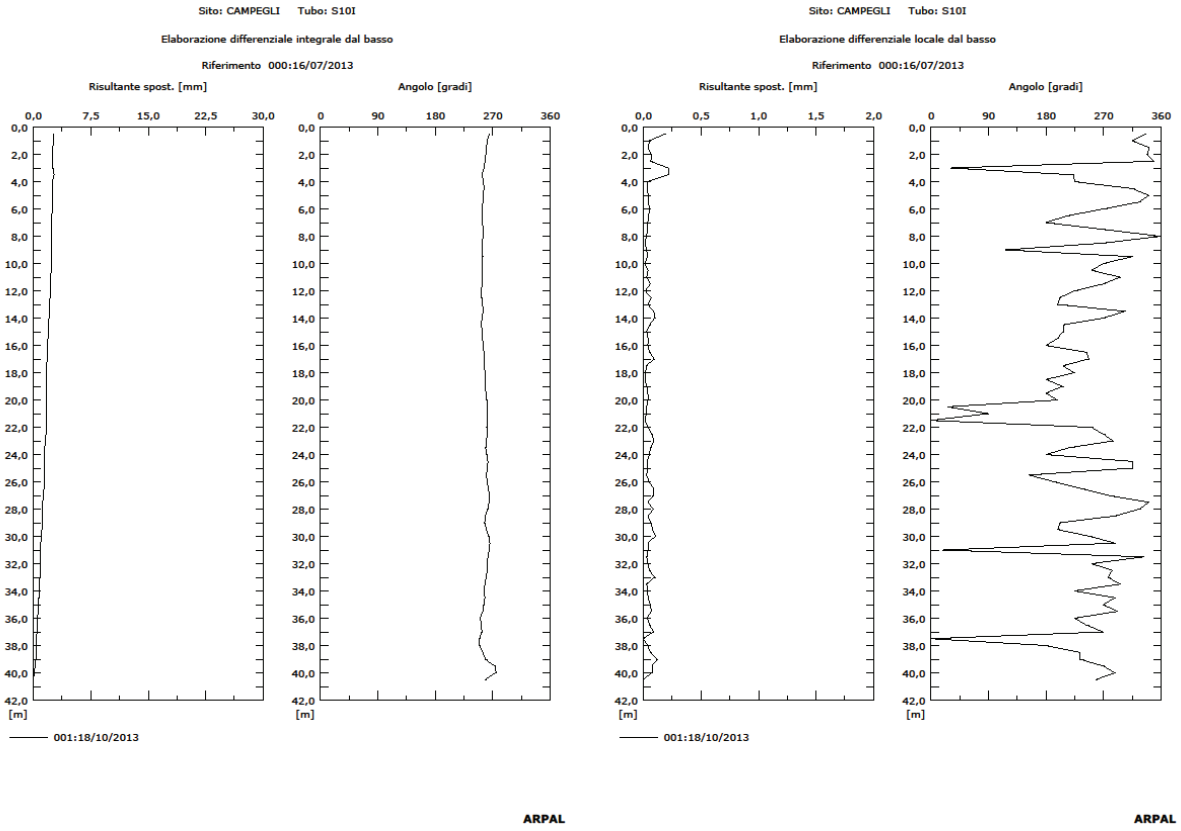

Fig. 68 -Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) e all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S10I

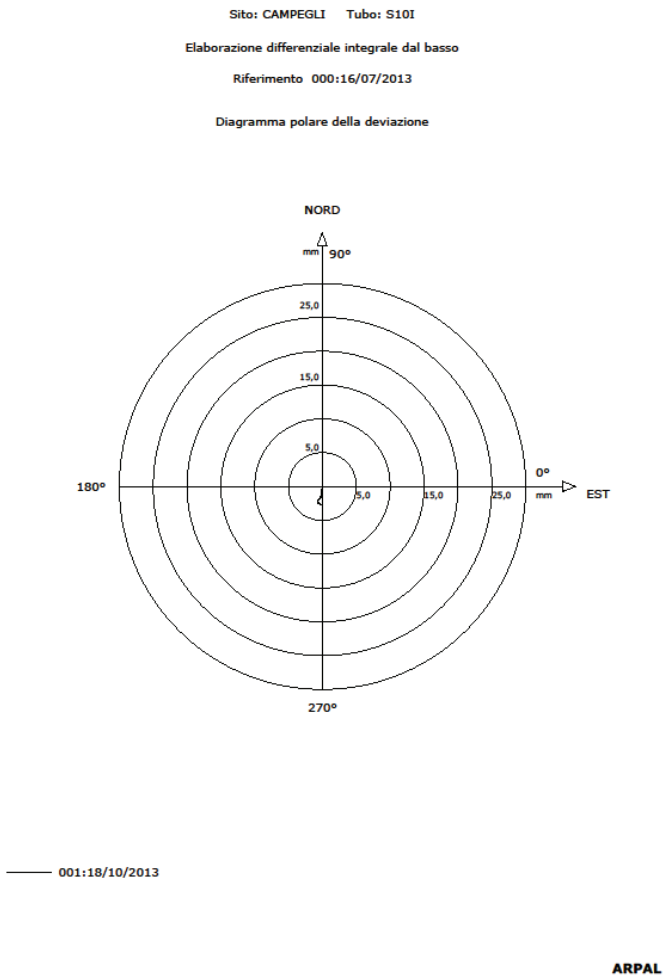

Fig. 69 -Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S10I

2.2.3 Conclusioni

Fatto salvo quanto elaborato nelle relazioni *"REMOVER"* relative al monitoraggio dal 2008 al 2012, i dati raccolti nel 2013 per il sito di Campegli hanno riguardato il centro abitato con la misura di S6I e S11I (di nuova installazione) mentre il versante in zona Lago è stato monitorato con S10I, anch'esso installato recentemente. Nel futuro le lacune relative al cinematismo dei dissesti in atto dovrebbero risolversi con l'installazione dei nuovi inclinometri a profondità superiori a quelle fino ad oggi rilevate.

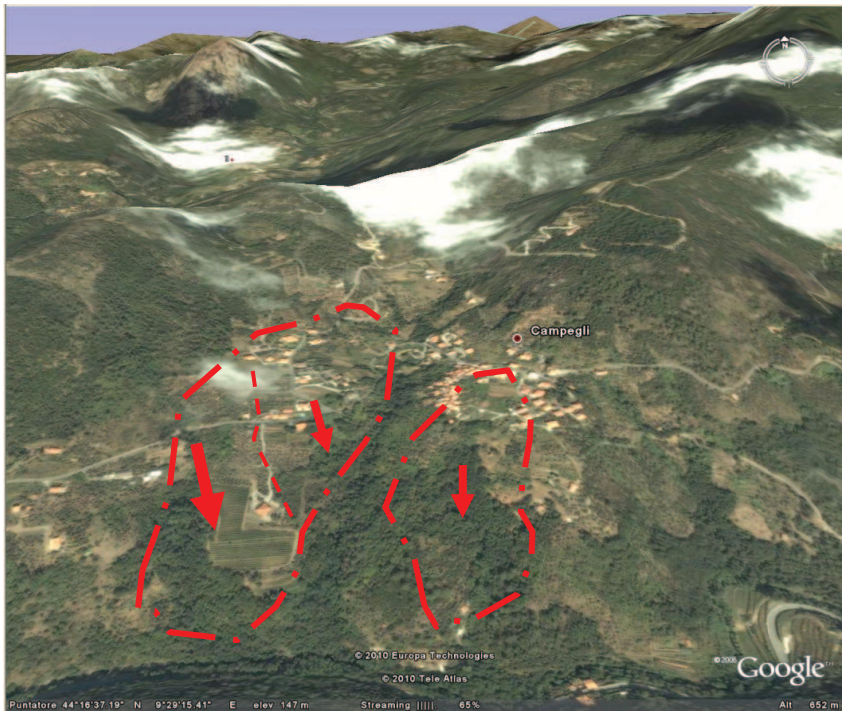

Fig.70- Direzione di movimento delle aree in frana che insistono nell'area di Campegli: la zona occidentale (zona Lago) risulta in maggiore movimento rispetto al corpo adiacente e ad un altro indipendente più a est su cui sorge l'abitato di Campegli.

In particolare si può sintetizzare in 4 anni di esercizio quanto segue:

1. la zona su cui sorge l'abitato di Campegli è sede di un importante affioramento ofiolitico, rappresentato da masse di metagabbri che risultano separati da un contesto prettamente basaltico attraverso lo sviluppo di strutture fragili: questa "placca" gabbrica sembra quindi poggiare sul complesso sottostante e in questo quadro geologico va inserita l'instabilità diffusa della zona che però a luoghi mostra cinematismi differenti;
2. il monitoraggio inclinometrico dell'area ha confermato una sostanziale "*attività"* della zona e la presenza di corpi morfologici ascrivibili alla classe delle *"frane complesse - scivolamenti"* con tassi di spostamento variabili e determinati da cinematismi differenti. Nel 2013 si sono registrati nell'area del centro abitato più a est spostamenti totali pari a 19mm in direzione S (Fig.70), coerentemente con la giacitura del versante;

3. La rete installata a suo tempo non annovera inclinometri rappresentativi del cinematismo in atto: infatti essa risulta costituita da punti di misura non utili per l'intercettazione della superficie di scorrimento principale della frana in zona Lago (S6, S9I e SNAM4) a cui si aggiunge la rottura dell'unico inclinometro rappresentativo S4I. Inoltre l'inclinometro S7I e il piezometro S1P risultano allo stato attuale non misurabili per la copertura del pozzetto in seguito al rifacimento della sede stradale

4. attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica svolta nel dicembre 2011 con metodologia MASW (REMOVER 2011), eseguita nella zona Lago, si è potuto osservare che la massa in movimento interesserebbe i livelli rappresentati dalla coltre detritica, l'orizzonte roccioso in frana e un livello profondo in roccia a 35m di profondità: infatti a tale profondità si è rilevato un bedrock sismico con buone caratteristiche geomeccaniche. Il piano di scorrimento sembra svilupparsi all'interno dell'ammasso ofiolitico sovraimposto a una probabile discontinuità di origine tettonica (All.5);

5. per individuare con certezza il piano di scorrimento e quindi rilevare la reale velocità del sistema franoso della zona Lago, è stato eseguito un sondaggio a distruzione di nucleo con una ultima parte prevista a carotaggio continuo necessario per l'installazione di un nuovo inclinometro nella zona centrale, codificato come S10I (profondità sondaggio 43.5 e lunghezza utile inclinometro 40.5m). Dall'esame dei cuttings risaliti in superficie e dall'osservazione delle carote prelevate negli ultimi metri la stratigrafia dei vari orizzonti può essere descritta come segue: fino a 15 m di profondità si incontrano in alternanza blocchi lapidei e livelli incoerenti attribuibili alla coltre franosa, tra 15 e 21 m iniziano a comparire livelli attribuibili a una basamento roccioso molto tettonizzato (metagabbri), la cui qualità litotecnica rimane bassa fino a 43m. Nella foto seguente si evidenzia l'intervallo del basamento roccioso 41-43.5m con spezzoni di carota non superiore a 20cm e costituite da metagabbri cataclastici a grana medio-grossa che talvolta passano a un materiale detritico sabbioso (All.18).

Fig.71 sondaggio S10I in zona Lago: intervallo del basamento roccioso 41-43.5 m con carote di metagabbri ad elevato grado di tettonizzazione. Il materiale appare fortemente disgregato con una colorazione verde-ocra e una granulometria grossolana. La cataclasite assume quindi i caratteri di una roccia "macinata" , nel caso specifico di un gabbro cataclastico.

6. l'intensa cataclasi dei meta gabbri, affioranti lungo la strada che risale il versante in frana, si somma ad un elevato grado di alterazione: infatti qui affiorano in rari punti metagabbri con una struttura ben conservata, talvolta in forma di brecce con blocchi di serpentinite. La foto sottostante denota come la struttura del gabbro sia conservata con la presenza di pieghe isoclinali e sviluppo di una foliazione metamorfica, mentre la litologia originaria della roccia è quasi completamente trasformata da un intenso sviluppo pedogenetico.

Fig.72 - affioramento di metagabbri a monte di S10I in zona Lago: la roccia appare fortemente alterata e il processo di trasformazione in suolo in atto ha modificato le caratteristiche litologiche del gabbro ma non quelle strutturali.

7. il secondo sondaggio (profondità raggiunta 28.5m e installazione inclinometro con lunghezza utile 26.5m), anch'esso a carotaggio continuo solo negli ultimi metri e codificato S11I, è stato eseguito nel centro abitato di Campegli per confermare eventualmente anche più a monte gli spostamenti rilevati dal 2009 con le letture di S6I (All.19). Dall'esame dei cuttings risaliti in superficie e dall'osservazione delle carote prelevate negli ultimi metri la stratigrafia dei vari orizzonti può essere descritta come segue: fino a 15 m di profondità si incontrano in alternanza a rari blocchi lapidei e livelli incoerenti attribuibili alla potenza della coltre franosa, tra 15 e 28 m si osserva la presenza del basamento roccioso (metagabbri). Anche in questo caso il materiale attraversato appare fortemente disgregato, mostra una colorazione verde-ocra passante a grigio verde con l'aumento della profondità e livelli completamente arenitizzati con una granulometria francamente sabbiosa, intervallata da livelli litoidi sempre molto cataclasati (Fig.73). Ad oggi i nuovi inclinometri S10I e S11I non hanno dato segni di spostamento dopo pochi mesi dalla lettura di zero seguita nel luglio 2013;

Fig.73 sondaggio S11I nel centro abitato: il metagabbro appare fortemente cataclasato e completamente destrutturato in un materiale sciolto a granulometria sabbiosa.

8. i dati relativi alla circolazione idrica sotterranea ad oggi disponibili hanno permesso di osservare la presenza di livello piezometrico compreso tra -10 e -17m. Per quanto riguarda le deformazioni il grafico seguente mostra come la zona che ha evidenziato una velocità costante con spostamenti di una certa entità (2cm/10mesi) riguarda l'area occidentale ove risulta ubicato S4I, ormai inutilizzabile, mentre la velocità osservata in S6I non è molto elevata e può essere valutata in 5mm/anno (Fig.74);

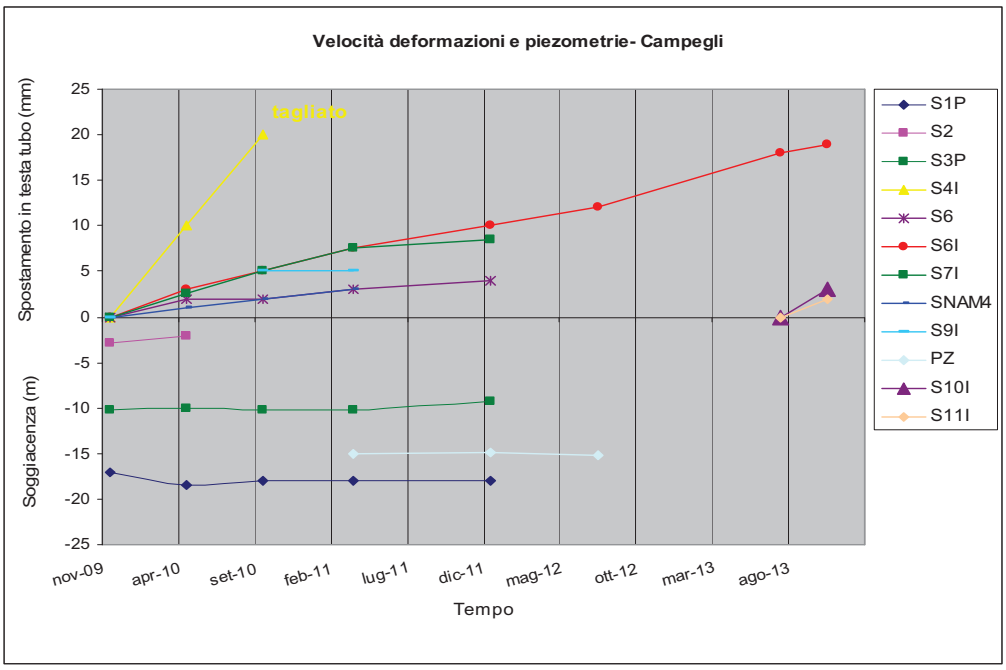

Fig. 74 –Velocità delle deformazioni e soggiacenza della falda in 4 di tempo.

9. per quanto riguarda il rapporto diretto che può intercorrere tra le precipitazioni e gli spostamenti del terreno si sono osservati nel corso del 2013 modesti apporti di precipitazioni ad eccezione della cumulata del mese di marzo caratterizzata da 342mm di pioggia;

10. Dall'analisi della Fig.75 si conferma che indipendentemente dal grado di piovosità la velocità del fenomeno appare costante nella zona del centro abitato di Campegli posto più a est: infatti sebbene gli spostamenti siano inferiori, si registra comunque l'assenza di periodi di stasi del movimento a prescindere dalla presenza o meno di eventi estremi;

11. ad oggi, quindi, l'influenza degli eventi meteorici sembra limitata, o al momento difficilmente interpretabile con i dati in possesso, e comunque sarebbe una concausa al dissesto in atto. Questo fatto potrebbe essere in accordo soprattutto con le caratteristiche del corpo morfologico più occidentale, che sviluppa deformazioni a profondità molto elevate e quindi la massa in movimento, oggettivamente molto potente (>35m), potrebbe non risentire affatto delle piogge ("deformazione profonda da creep in roccia").

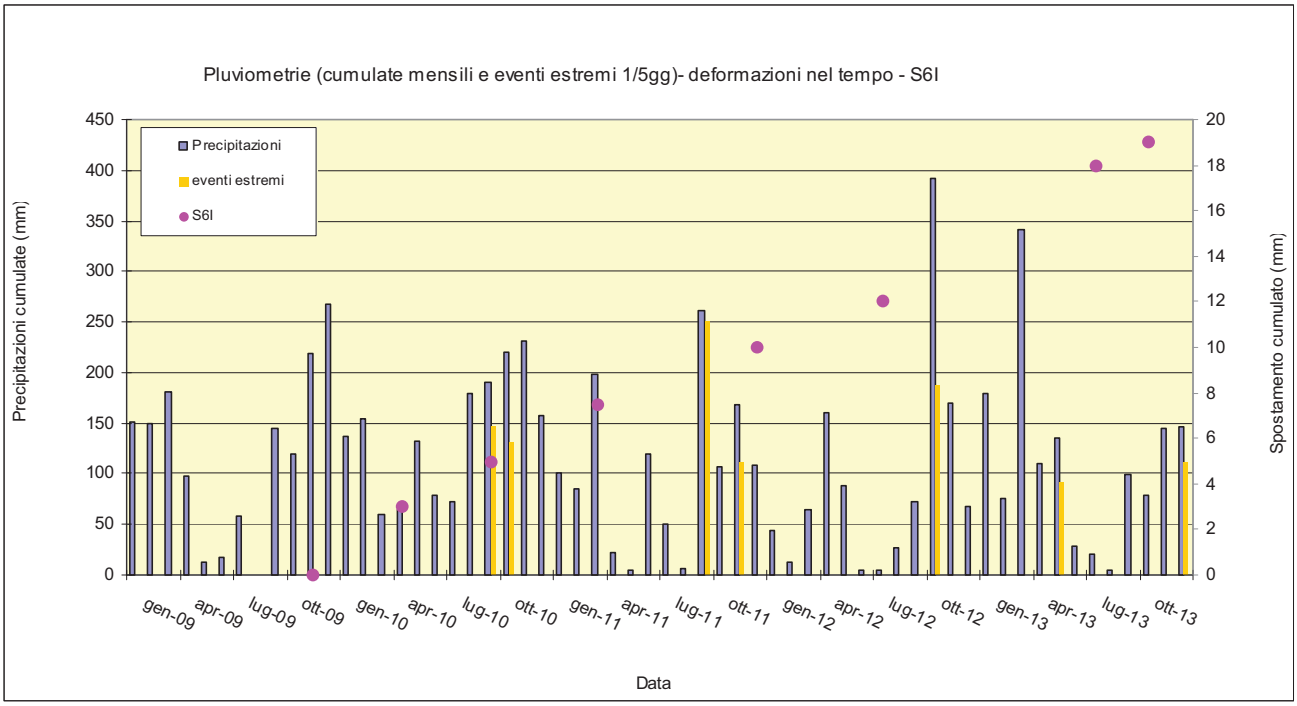

Fig. 75 – Andamento pluviometrico mensile, eventi estremi (stazione SARA) e letture inclinometriche S6I - anni 2009-2013

12. i dati interferometrici (desunti dal sito Ambiente in Liguria della Regione Liguria) evidenziano nel periodo 1993-2000 e 2004-2010 (ENVISAT) una situazione composita per quanto riguarda il movimento di PS posti sugli edifici: per la località Lago (zona ovest) sono stati osservati spostamenti di circa 6mm/anno, mentre la parte orientale risulta registrare movimenti inferiori (2mm/anno). Tali valori, sebbene siano leggermente inferiori ai dati inclinometrici delle due differenti aree, possono essere considerati compatibili eccezion fatta per il pendio ove è ubicato S4I in zona Lago che ha fatto registrare attraverso l'acquisizione dei dati inclinometrici il picco di rottura di 20mm/10mesi.