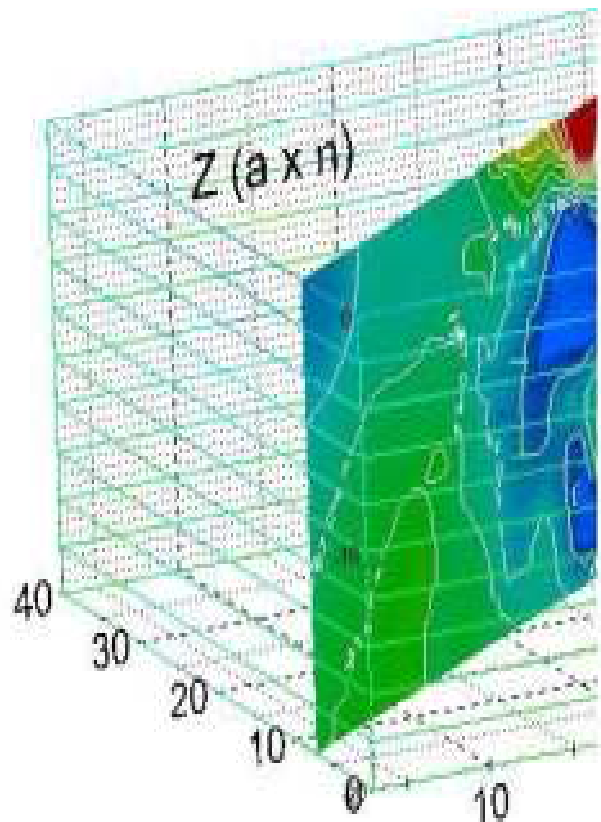


XII Workshop di Geofisica

e

III Giornata di Formazione



CASI DI STUDIO SUL CONTRIBUTO DELLE INDAGINI SISMICHE NELLA DEFINIZIONE DI MODELLI GEOLOGICI E GEOTECNICI DI FRANE (CAMPO STATICO)

Dott. Geol. Stefano
Geologia  **Applicata**
STUDIO ASSOCIATO

Dott. Geol. Tomas

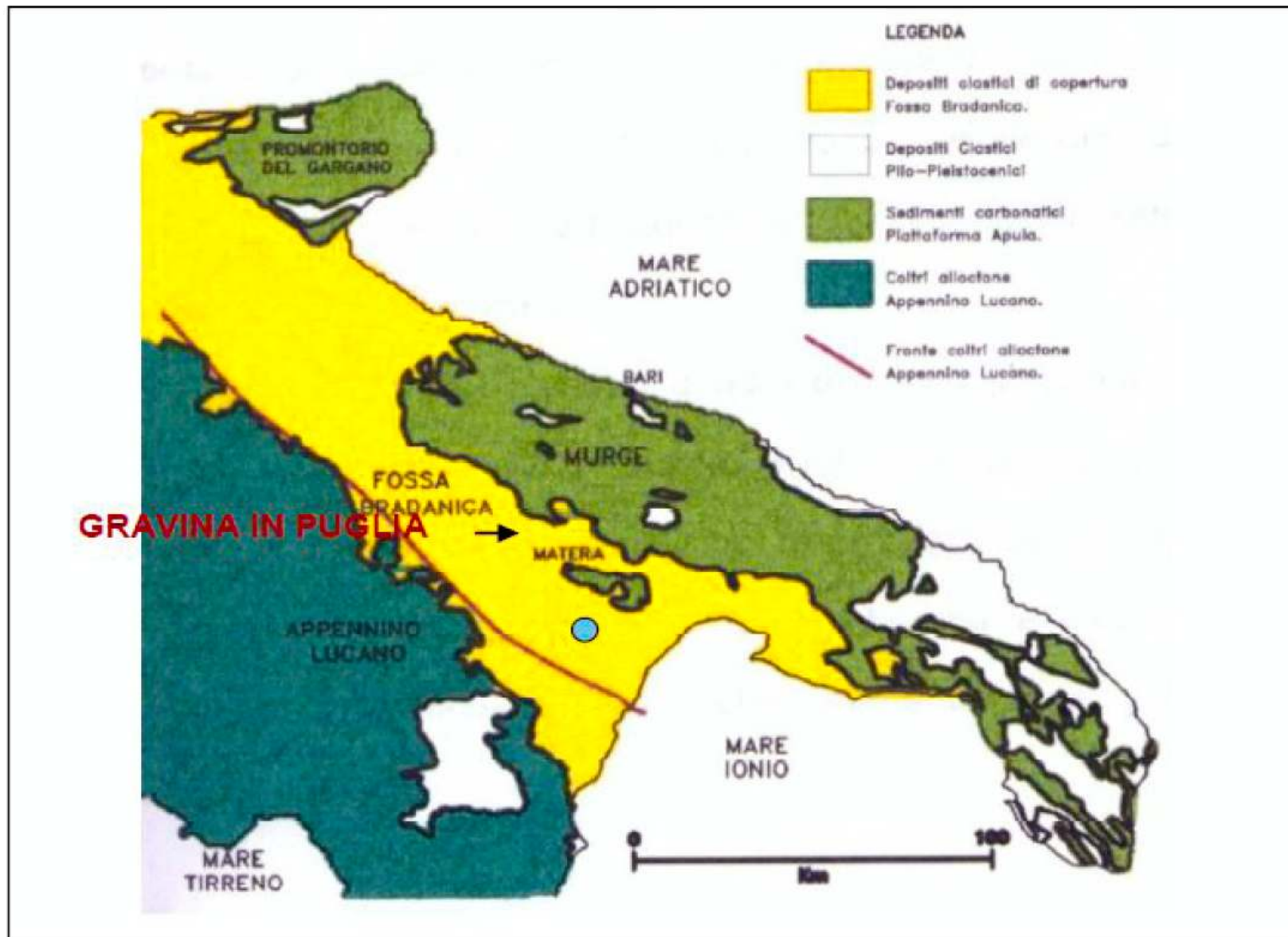
 **GG Service sas**
via Bellavista, 13/A
38069 Torbole s/G (TN)
P.Iva/C.F./Reg. TN: 01999920224
tel/fax: 0464-664799/506041
infoggservice@gmail.com

Rovereto, 3-4 dicembre
2015

FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INQUADRAMENTO GEOLOGICO



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INQUADRAMENTO GEOLOGICO

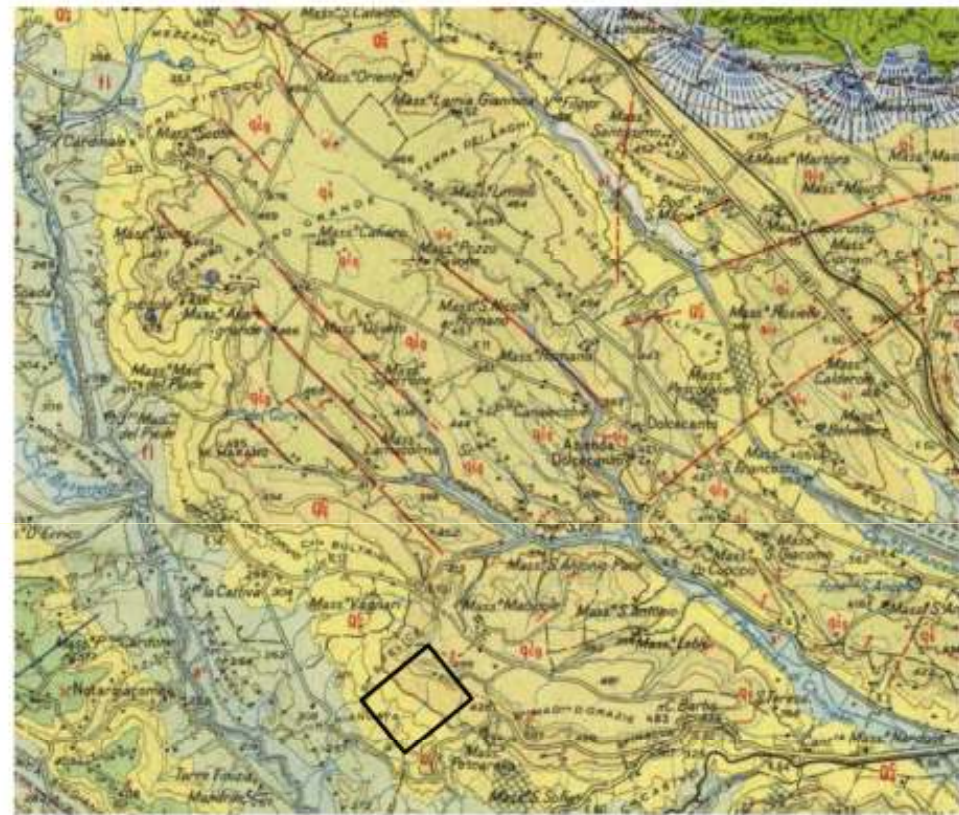


fig.3 – Estratto dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – F.o. 188 Gravina di Puglia

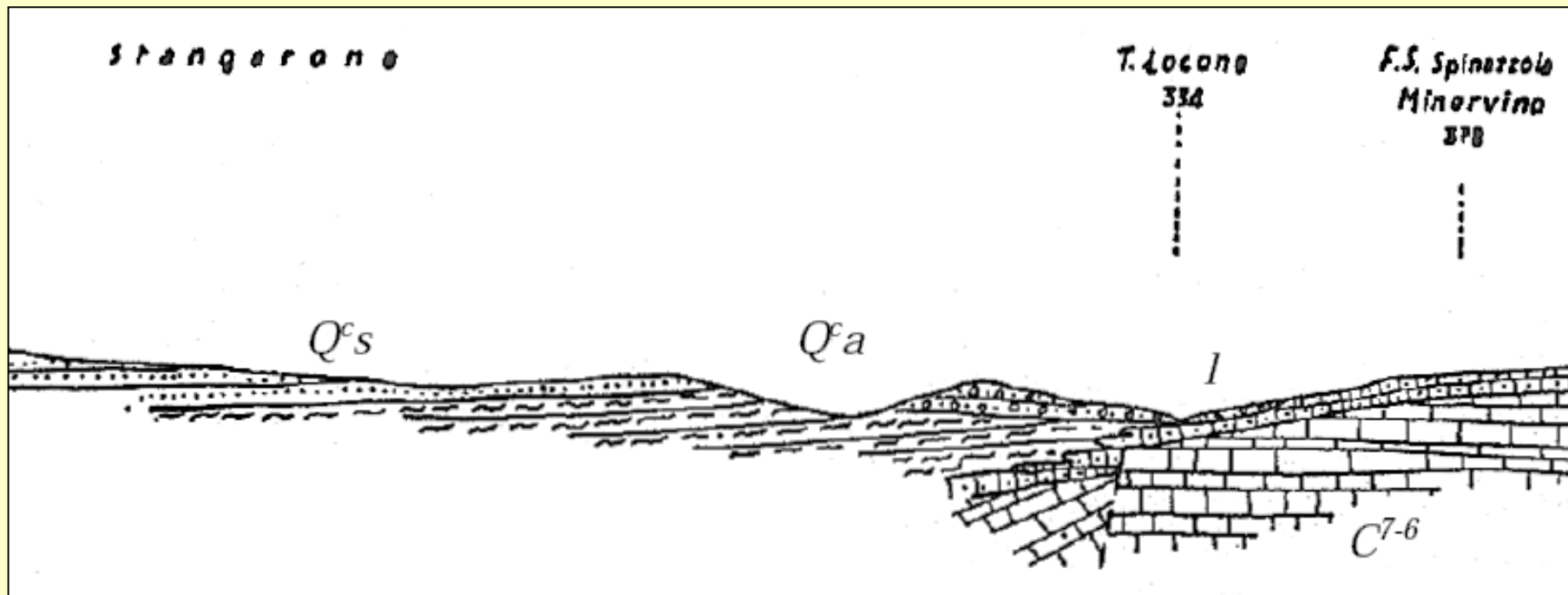
FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INQUADRAMENTO GEOLOGICO

LINEA DI COSTA MARE CALABRIANO (Pleistocene medio inferiore)

FAGLIA DIRETTA DELLA VALLE BRADANICA

STRUTTURE MINORI andamento NW-SE
blande monoclinali immergenti SW e NE

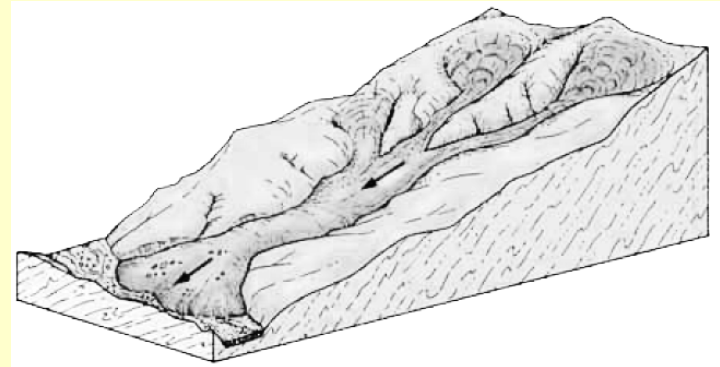
ETEROPIA DI FACIES – Sabbie Monte Marano/Argille di Gravina



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA L'AREA IN FRANA

AREA A FORTE SUSCETTIBILITA' GEOMORFOLOGICA AL DISSESTO

**SCIVOLAMENTO ROTO-TRASLATIVO
LENTO EVOLVENTE VERSO IL BASSO IN
FRANA DI COLATA LENTA**



L'area del dissesto recentemente riattivato si colloca in un contesto di versante a bassa acclività ($\beta=7\div 8^\circ$) e coinvolge principalmente il campo fotovoltaico denominato F18 (campo centrale) e la parte bassa del campo F17.

L'area del campo F3, come del resto le parti alte del campo F18 e del campo F17, vengono coinvolte solo marginalmente dagli effetti delle zone di richiamo del dissesto, senza danni di rilievo alle strutture di impianto

SUPERFICIE DEI CAMPI COINVOLTA IN AREA DI FRANA E DI RICHIAMO: CIRCA 30 ha

FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA L'AREA IN FRANA

SVILUPPO CAMPI FOTOVOLTAICI



TRATTEGGIO BLU: AREA IN ESAME

TRATTEGGIO ARANCIO: ZONA PLEOFRANA QUIESCENTE

TRATTEGGIO ROSSO: LIMITE DEL FENOMENO DI RIATTIVAZIONE RECENTE

FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA L'AREA IN FRANA



Vettori spostamento in
metri
a 1 anno (2014-2015)

**STATO DI
RAFFRONTO TRA
ORTOFOTO DA
SATELLITE**

CAMPO 18

FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA L'AREA IN FRANA



**Vettori
spostamento
in metri
a 1 anno
(2014-2015)**

**STATO DI RAFFRONTO TRA ORTOFOTO DA SATELLITE
CAMPO 17**

FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA L'AREA IN FRANA



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA L'AREA IN FRANA



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA L'AREA IN FRANA



Si tratta di un fenomeno che sviluppa con velocità di deformazione tipicamente lente e riattivazione ciclica legata al regime idrologico stagionale

Deformazione per creep: accumulo di sforzi/deformazioni per variazioni cicliche del regime delle pressioni neutre

Scivolamento: fasi parossistiche con velocità istantanee pari a $V_{MAX}=1\div 5\text{m/h}$ per poi guadagnare rapidamente lo stato precedente. Favorito dalla realizzazione dei nuovi campi fotovoltaici senza adeguata regimazione acque di corrivazione superficiale

La velocità puntuale di spostamento su base annua presenta valori massimi in corrispondenza del settore del margine SE del campo F17 pari a $V_{MAX}=10\text{m/a}$.

FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA L'AREA IN FRANA



Il corpo di frana risulta costituito, a grande scala, da zolle a differente rigidezza che partecipano al movimento generale con reciproci spostamenti differenziali, generando ai bordi locali fenomeni di dislocazione relativa, di estrusione di porzioni sabbiose sature e di rigonfiamento del piano campagna.

A scala inferiore è possibile osservare, all'interno della stessa zolla, la presenza di deformazioni e sprofondamenti locali con conseguenti ristagni d'acqua evidenza della predisposizione alla separazione interna per collasso delle porzioni sabbiose coinvolte nel cinematismo.



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INDAGINI ESEGUITE

RILIEVO GEOMORFOLOGICO E IDROLOGICO DI DETTAGLIO

GEOFISICHE

Sezioni sismiche MASW 2D ———→ **ricostruzione dei volumi del corpo di frana**
—————→ **individuazione dei settori detensionati**

DIRETTE PUNTUALI

Sondaggi c.c. – SPT – C.I. shelby – inclinometri - celle piezometriche

Pozzetti esplorativi

CPTU ———→ **definizione litologie sabbiose/argillose – orizzonti permeabili**

DPSH ———→ **stima spessore locale coltri in frana**

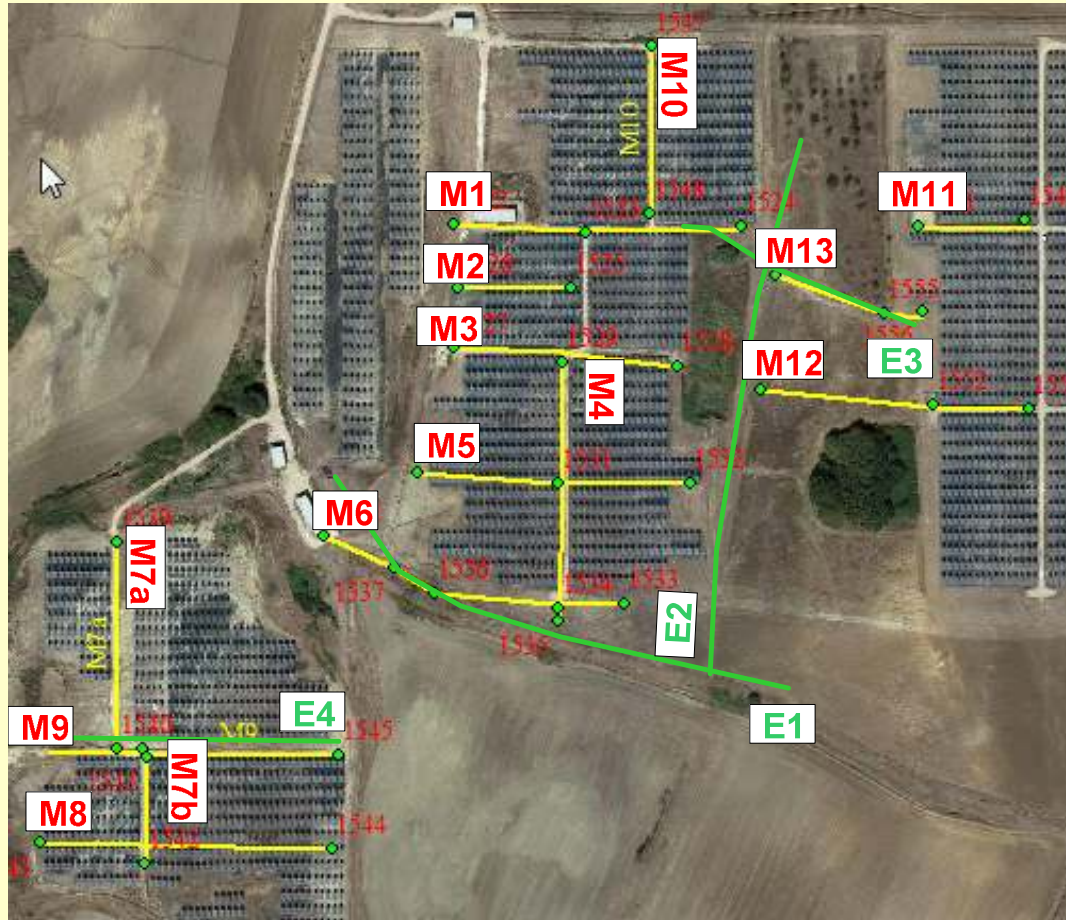
LABORATORIO GEOTECNICO:

proprietà indice

resistenze di picco e residue

moduli edometrici ecc.

FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INDAGINI GEOFISICHE



Elenco indagini:

**12 sezioni MAsw2D
tot.1400m lineari**

**4 tomografie elettriche
tot.830m**

**Personale impiegato:
2 operatori + 1 aiuto per
operazioni di roll along
elettrico**

**Giorni e orari campagna
Acq.**

**2 giorni (4-5 Giugno
2015)
7:30-13:00 -15:30-19:30**

FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INDAGINE SISMICA MASW 2D



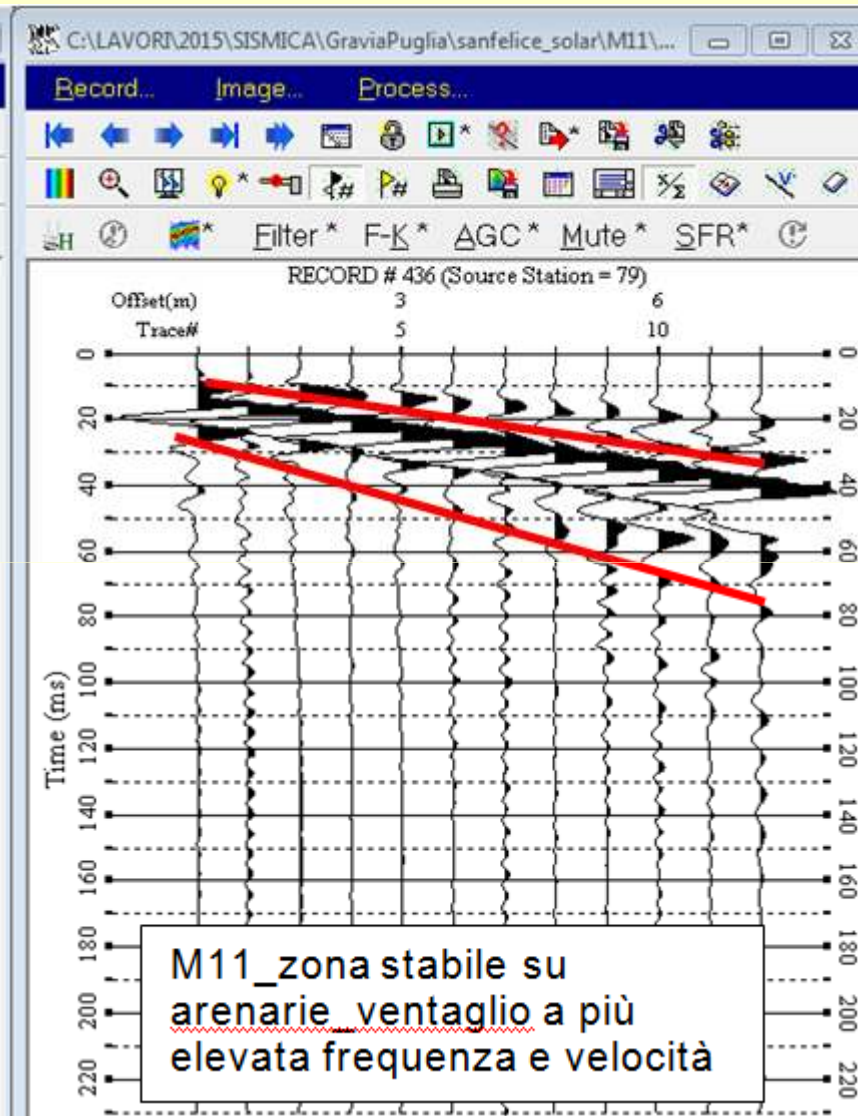
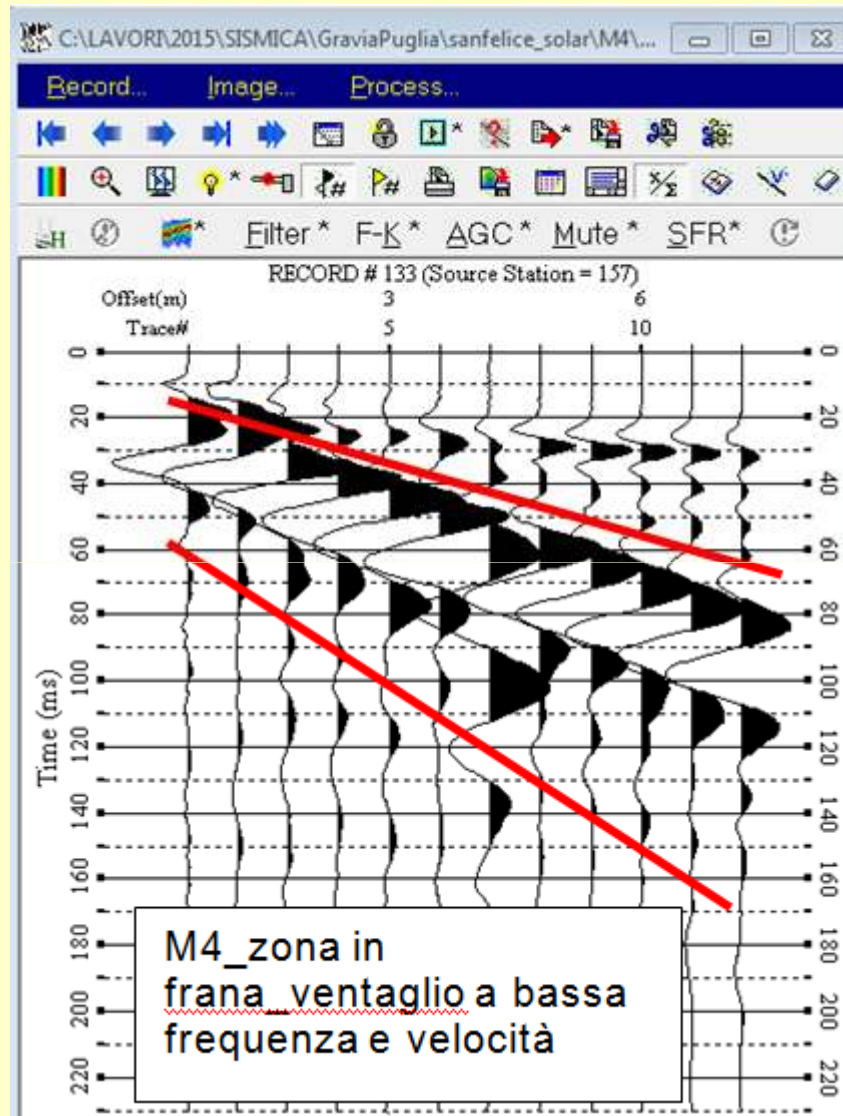
FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INDAGINE SISMICA MASW 2D



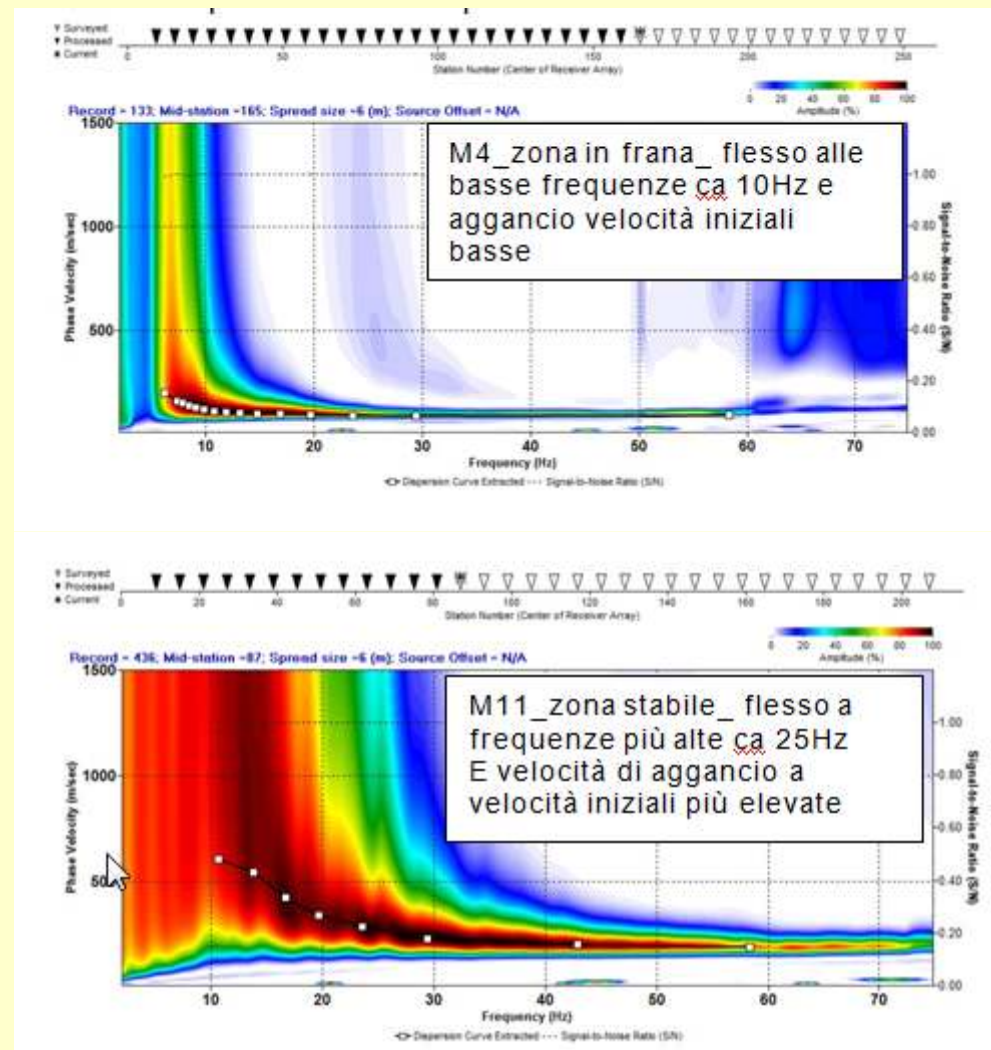
FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INDAGINE SISMICA MASW 2D



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA SISMICA MASW 2D DATA SET

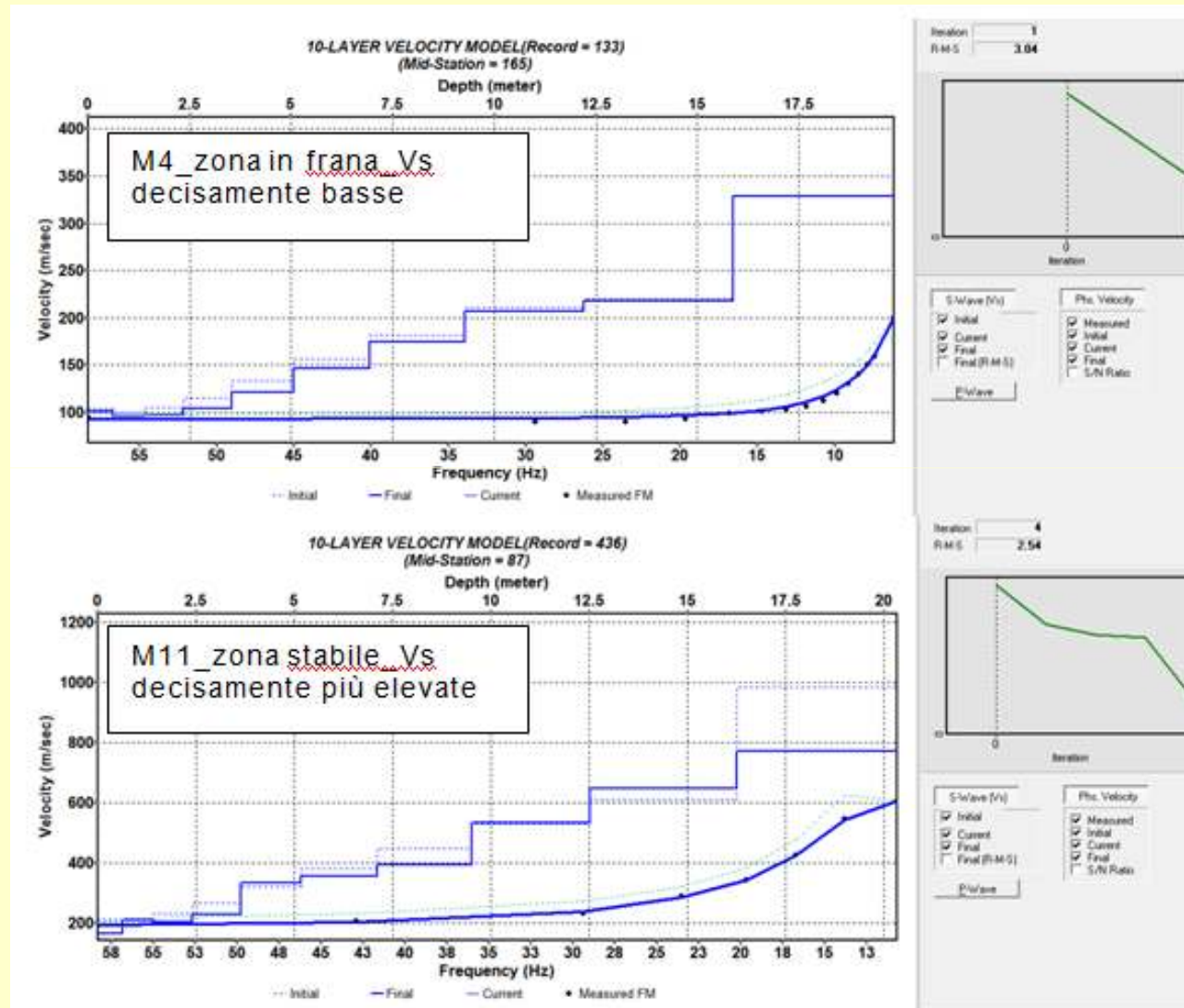


FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA SISMICA MASW 2D DISPERSION CURVE

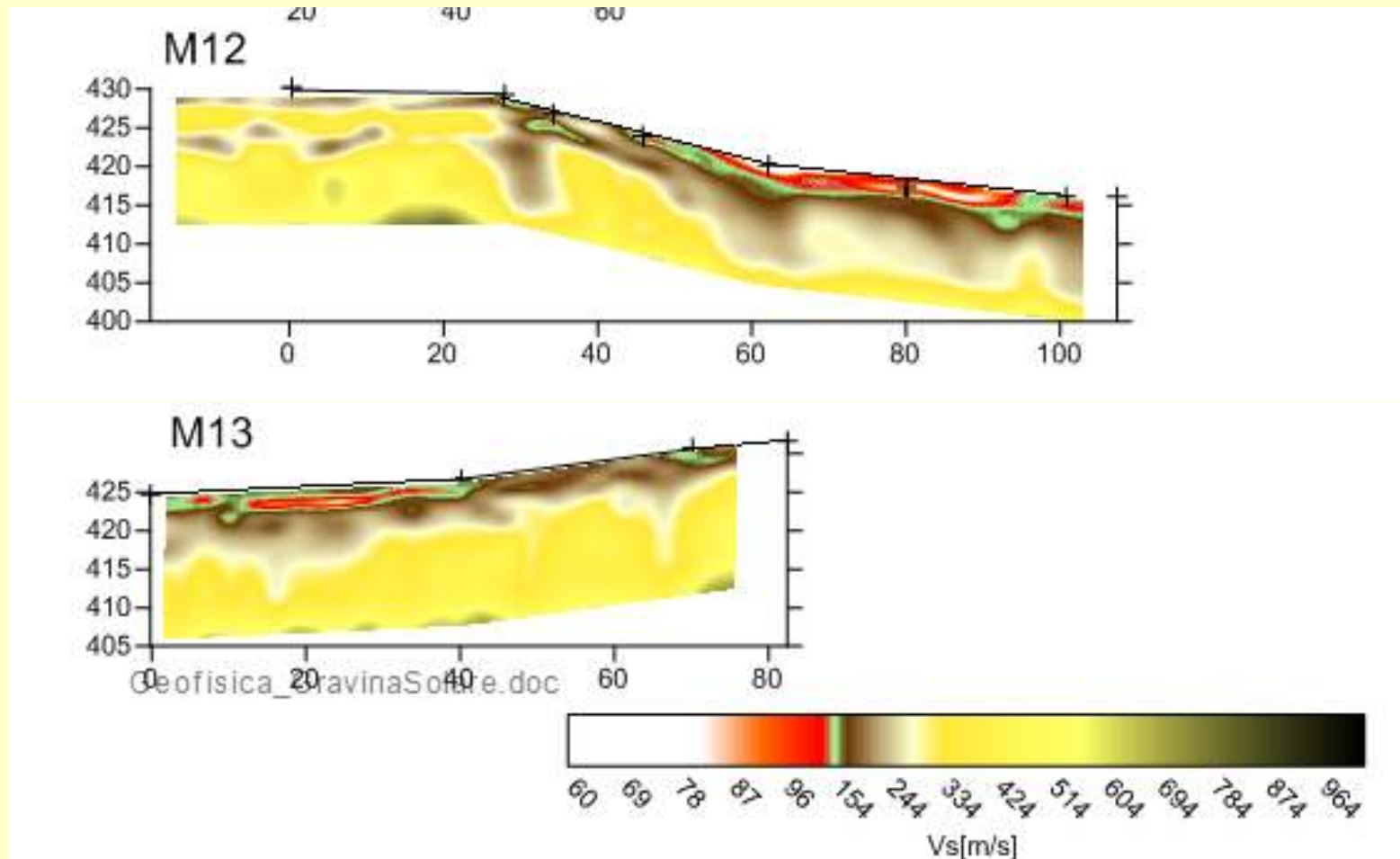


FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA

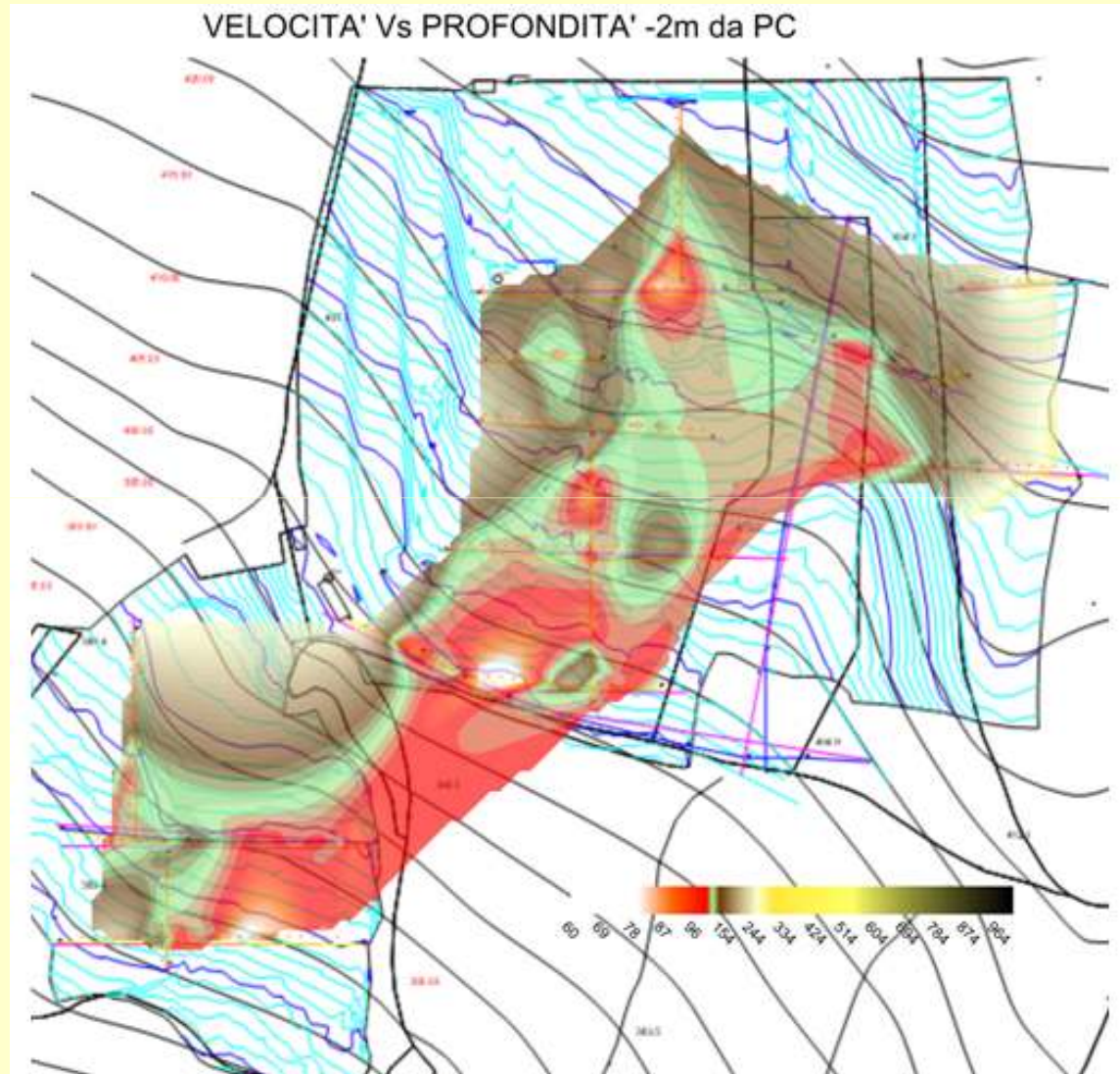
SISMICA MASW 2D 1D MODELS



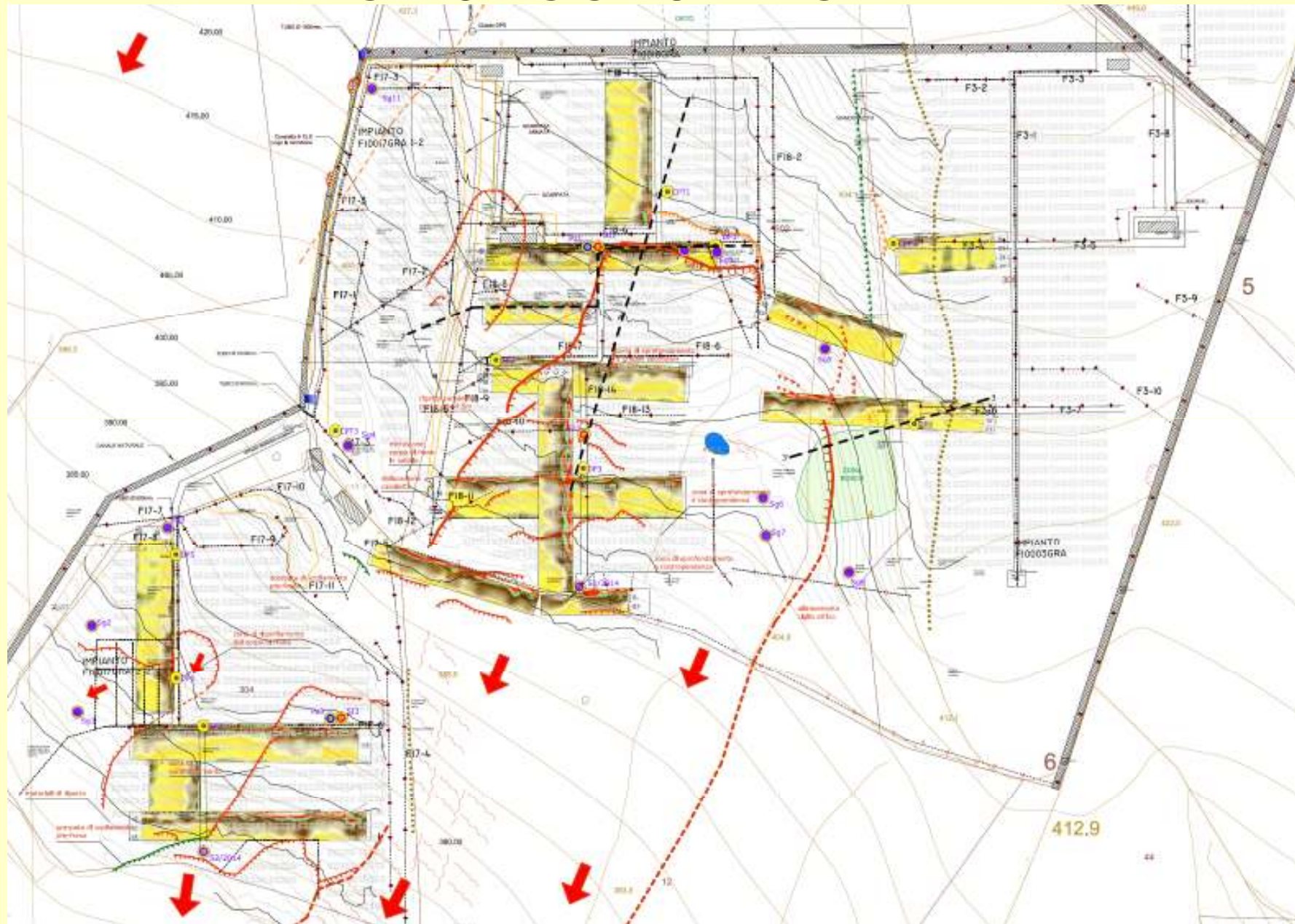
FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA SISMICA MASW 2D SEZIONE DI VELOCITA'



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA SISMICA MASW 2D PRESENTAZIONE DATI IN PIANTA

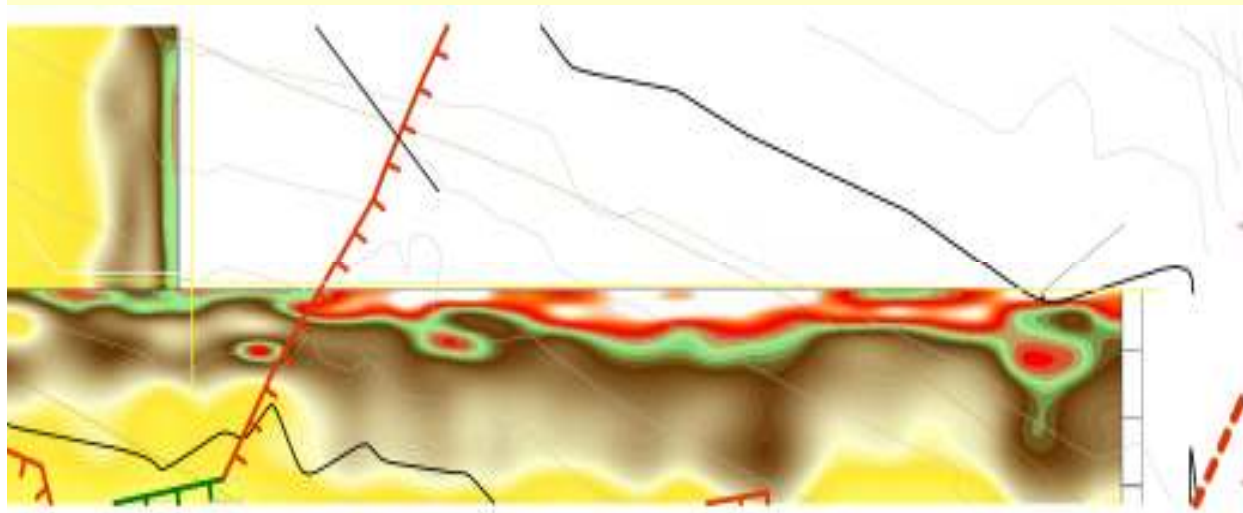
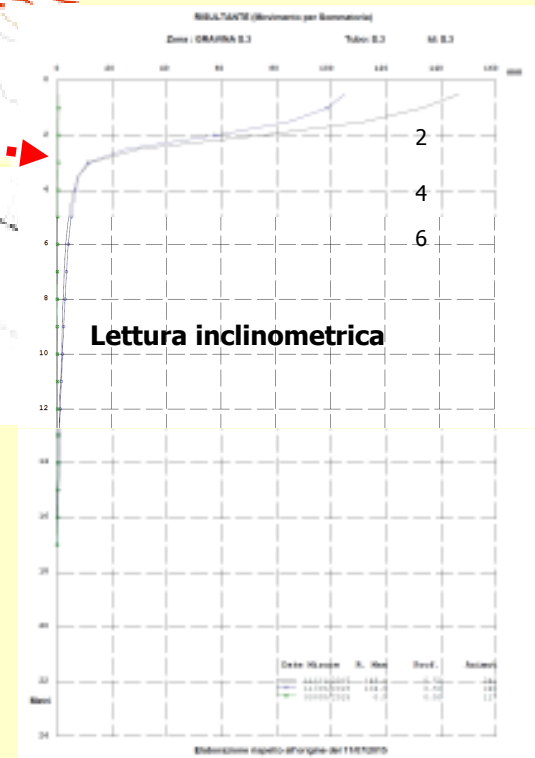
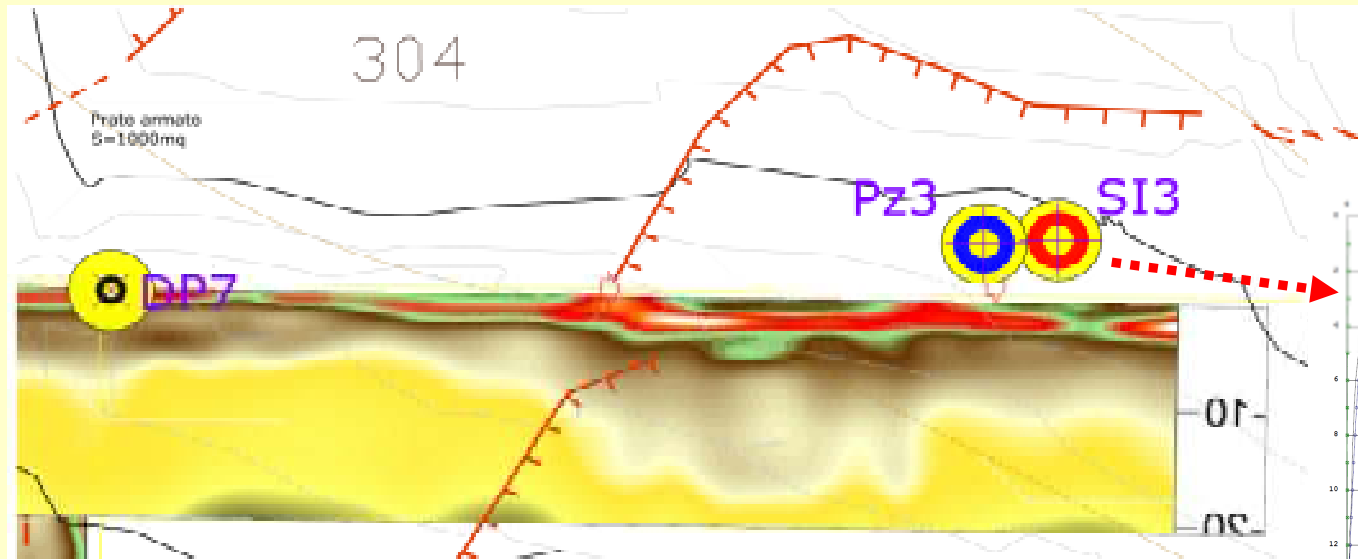


FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA SEZIONI SISMICHE MASW 2D



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA

SEZIONI SISMICHE MASW 2D – Esempi Campo 17

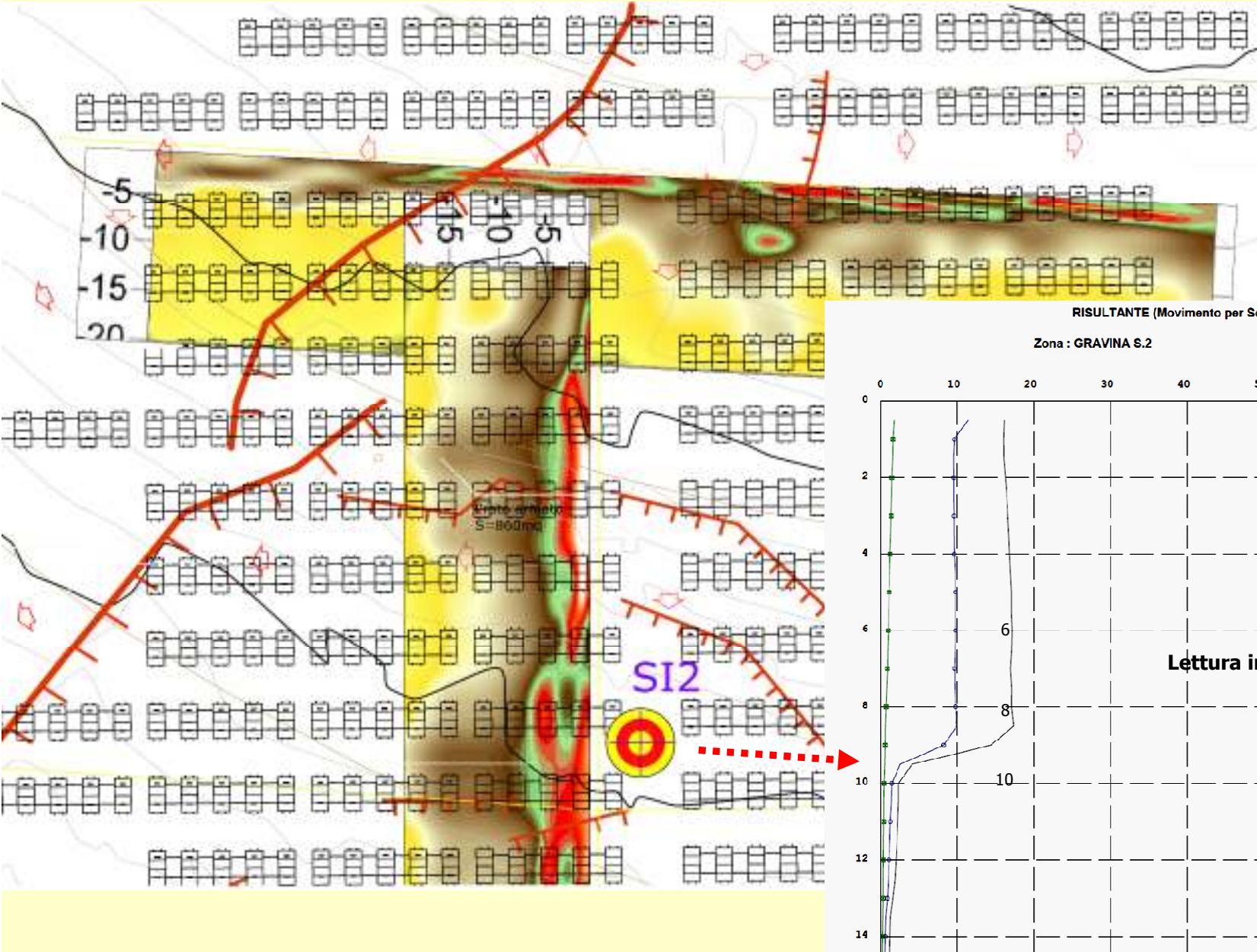


Limite volume in frana in base alle Vs



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA

SEZIONI SISMICHE MASW 2D – Esempi Campo 18



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA MODELLI GEOLOGICO E GEOTECNICO CORPO DI FRANA

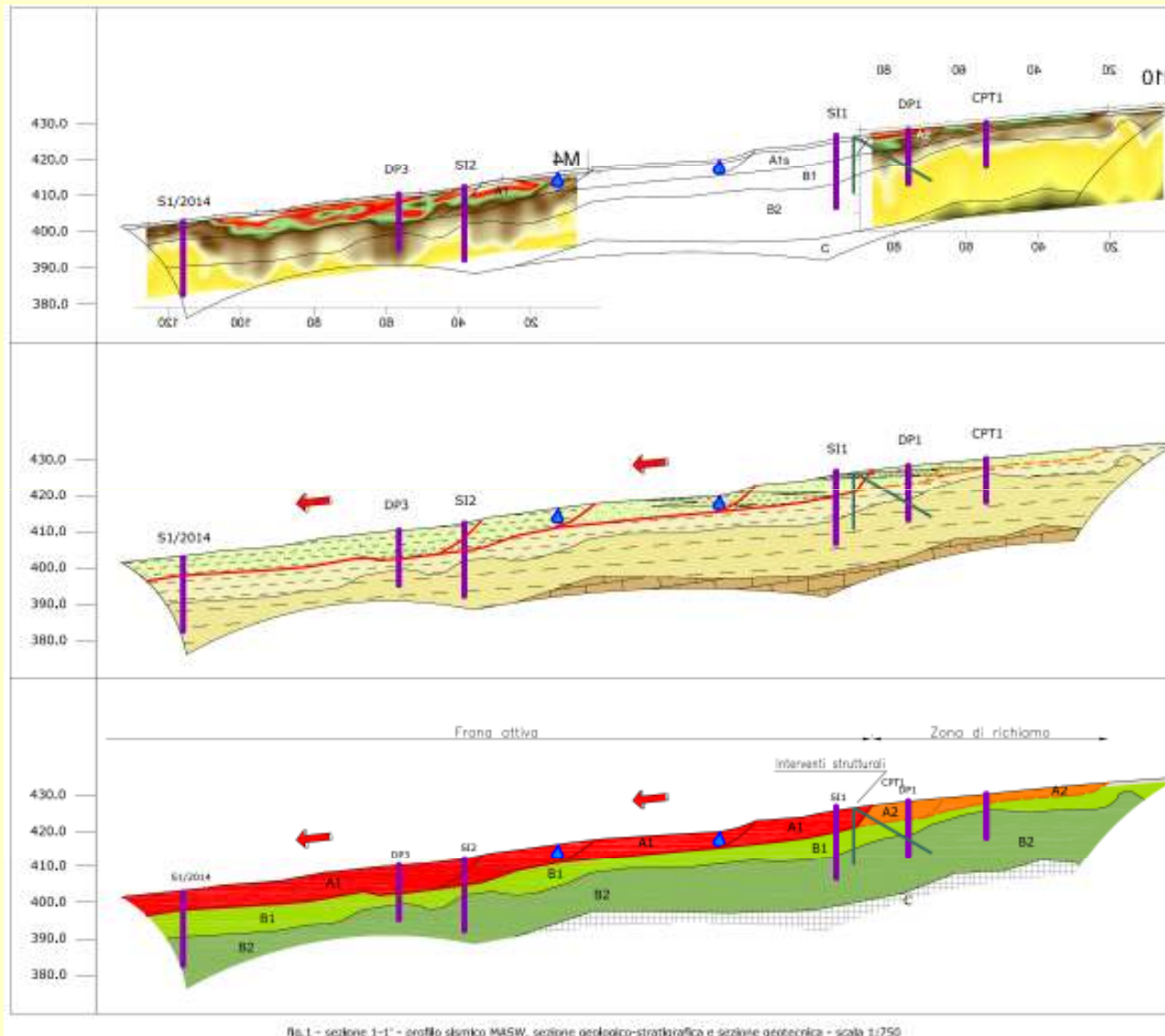
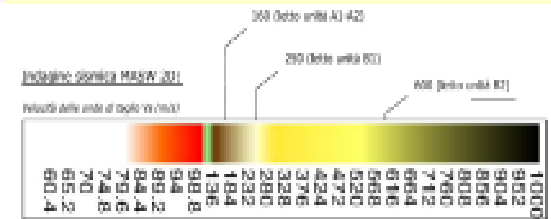


fig.1 - sezione 1-1' - profilo sismico MASW, sezione geologico-stratigrafica e sezione geotecnica - scala 1:750



LEGENDA

- Unità A1 e A2: SANDI DI MARCA MARANO**
 Unità medio-fine decisamente siltosa, a DUCI medio, con foci orientati al valore di prima e globuli con fondo sferoidale-cilindrico granato. **Caratteristiche:** Si presenta come argilla-limosa di cui l'argilla è il 40-50% per le percentuali formazioni siltose medio-fine (4) con i limi di medio-stato argilla e silti-argilla (5), silti medio-stato e argilla medio-stato e silti medio-stato (4) e silti medio-stato (4) e silti medio-stato (4) e silti medio-stato (4).
- Unità B1: ARGILLE DI GRAVINA**
 (argilla limosa e fine argilla) di colore da grigio scuro/nero con silti medio-stato e silti medio-stato (4) e silti medio-stato (4) e silti medio-stato (4) e silti medio-stato (4).
- Unità B2: ARGILLE DI GRAVINA**
 (argilla limosa e fine argilla) di colore da grigio scuro/nero con silti medio-stato e silti medio-stato (4) e silti medio-stato (4) e silti medio-stato (4) e silti medio-stato (4).
- Unità C: SUBSTRATO ROCCIOSO**
 Sottile strato calcareo di natura calcarea siltosa e siltosa.

Unità geotecniche

- Unità A1**
 Formazione Siltosa di Marca Marano - Fines: limo-argilla - Corpo di frana attivo
- Unità A2**
 Formazione Siltosa di Marca Marano - Fines: limo-argilla
- Unità A3**
 Formazione Siltosa di Marca Marano - Fines: siltosa-limosa
- Unità B1**
 Formazione Argilla di Gravina - Coesività
- Unità B2**
 Formazione Argilla di Gravina - Integro
- Unità C**
 Fide di Gravina

FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA

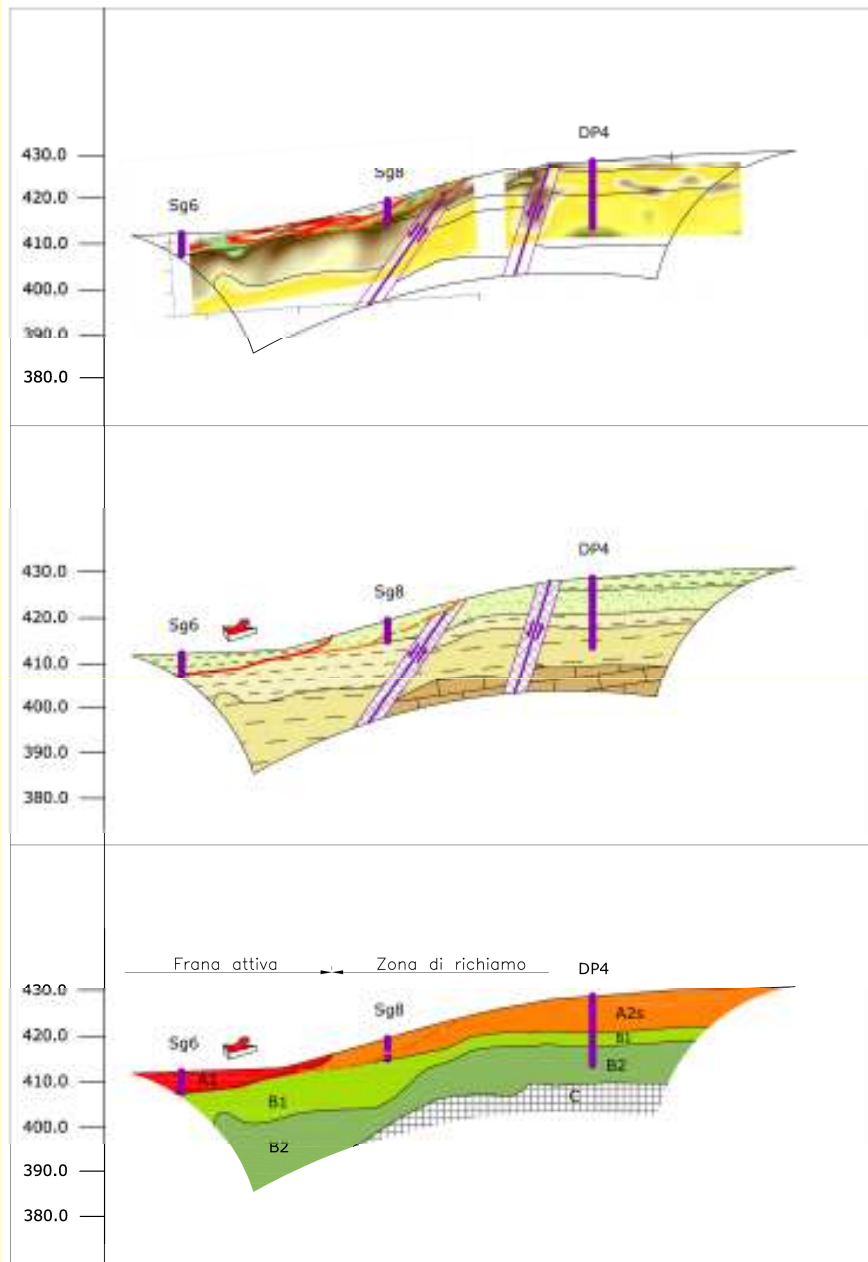
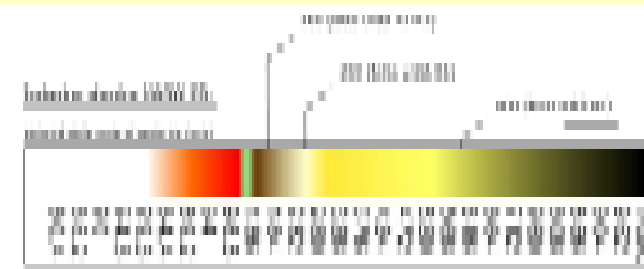


fig.3 - sezione 3-3' - profilo sismico MASW, sezione geologico-stratigrafica e sezione geotecnica- scala 1:750



- LEGENDA**
- Unità A1 e A2: SANDO DI FONTE MARANO**
Sabbia medio-fine (dominante) media, a tratti siltosa, con fango argilloso di colore da grigio a giallastro con frangere secondario soffice-gessoso (coefficiente di compressione C_c da 0,40 a 0,50) (classificazione di Casagrande: SC); in sezione stratigrafica sottile e sciolta (classificazione di Casagrande: SM); in sezione stratigrafica grossolana (classificazione di Casagrande: SC); in sezione stratigrafica grossolana (classificazione di Casagrande: SM).
 - Unità B1: ARGILLE DI GRAVINA**
Argille limose e limo argillose moderatamente consolidate (argilla limosa e limo argilloso di colore da grigio scuro a rosso scuro con fango limoso-argilloso sottile e sciolto, uniti nodosamente e con fratture subverticali, con tendenza a dilatare al restringimento).
 - Unità B2: ARGILLE DI GRAVINA**
Argille limose e limo argillose molto consolidate (argilla limosa e limo argilloso di colore grigio scuro molto scuro).
 - Unità C: SABBIONE REVICINO**
Sabbie e silti medio-grossolani di colore scuro (sabbie e silti) (classificazione di Casagrande: SM).

- Unità geotecniche**
- Unità A1**
Formazione sabbie di Fonte Marano - Faccie limose argillose - Corpo di frana attivo
 - Unità A2**
Formazione Sabbie di Fonte Marano - Faccie limose argillose
 - Unità A2s**
Formazione sabbie di Fonte Marano - Faccie sabbiose limose
 - Unità B1**
Formazione argille di Gravina - Rinnodella
 - Unità B2**
Formazione argille di Gravina - Integro
 - Unità C**
Tuffi di Gravina

MODELLO GEOLOGICO

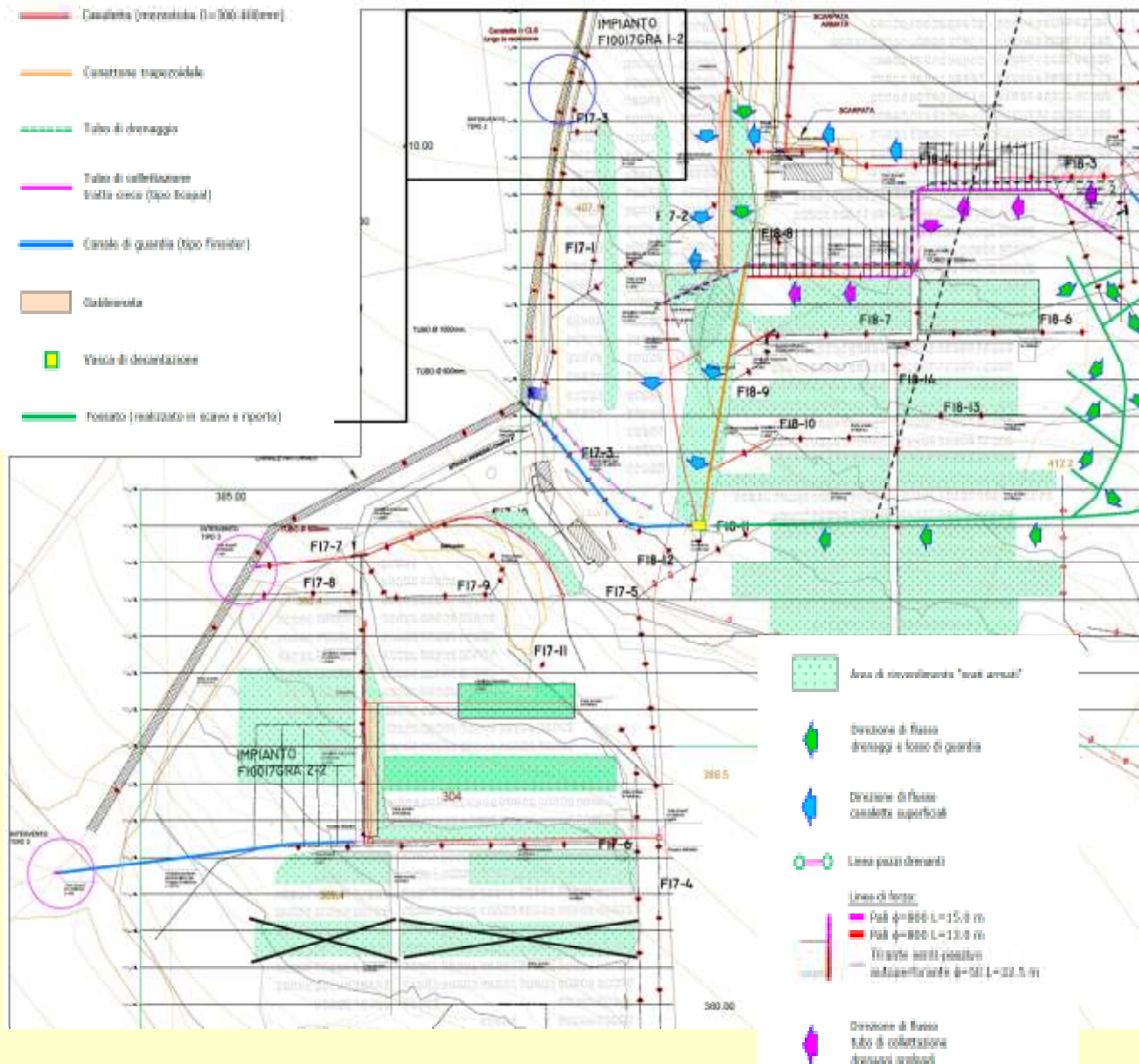
MODELLO GEOTECNICO

FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INTERVENTI DI MITIGAZIONE TIPO 1

ZONA OVEST

LEGENDA

- Canalotta (preconcreta) (D=300-400mm)
- Canalotta inpreconcreta
- Tubo di drenaggio
- Tubo di collettazione
Diametro unico (tipo Scappata)
- Canale di guardia (tipo fissato)
- Cladimento
- Area di decantazione
- Pozzetto (realizzato in sacco e riparto)
- Pozzetto (realizzato in sacco e riparto)



Interventi regimazione
acque superficiali

Evitare infiltrazione
acque zone nelle aree
decorticate e fessurate

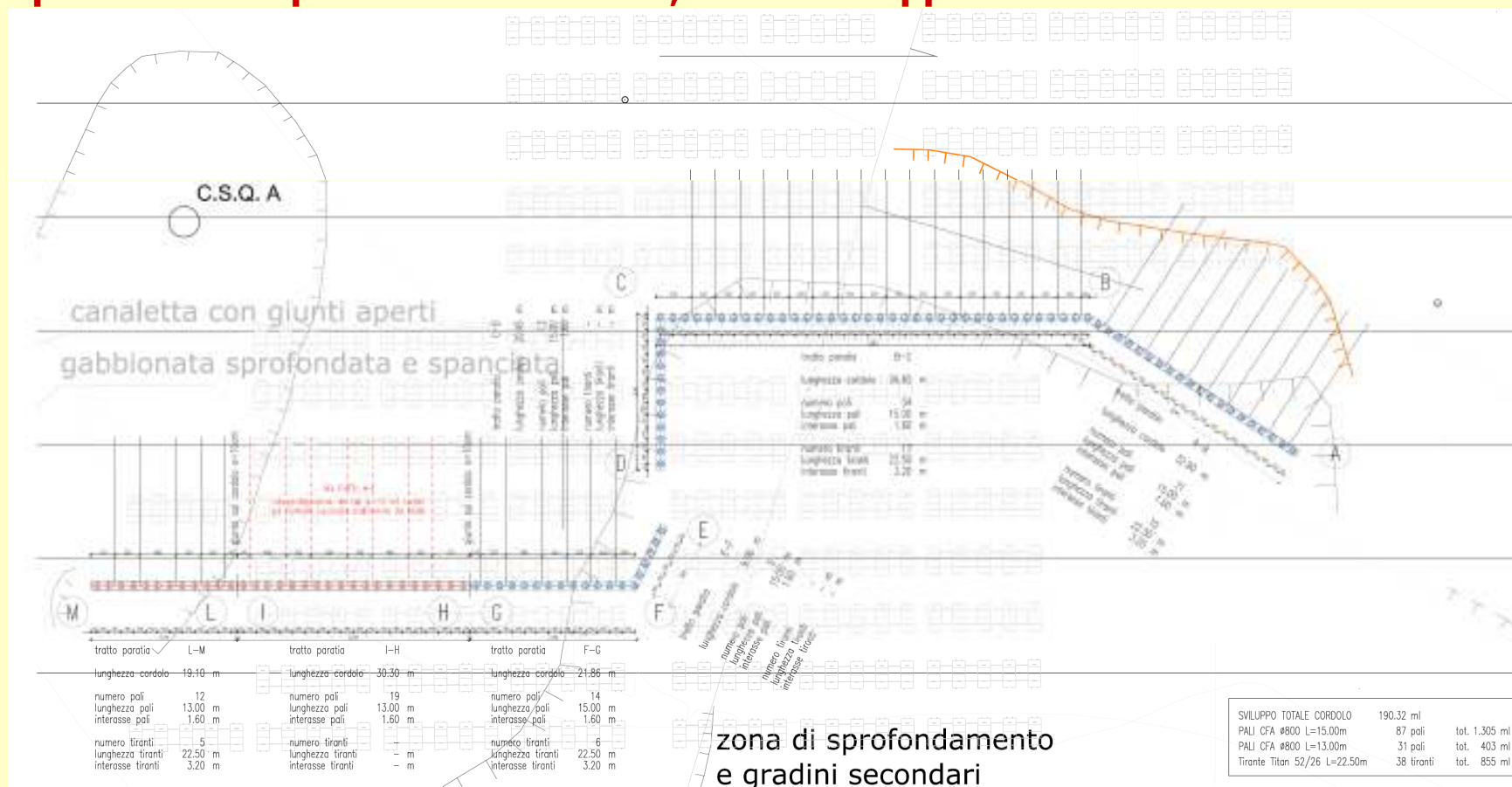
Evitare lo scorrimento
concentrato verso le
porzioni inferiori del
versante
geomorfologicamente
fortemente attivo

di riduzione del
coefficiente di deflusso
superficiale mediante
fasce di rinverdimenti
diffusi con la tecnica
dei "prati armati"

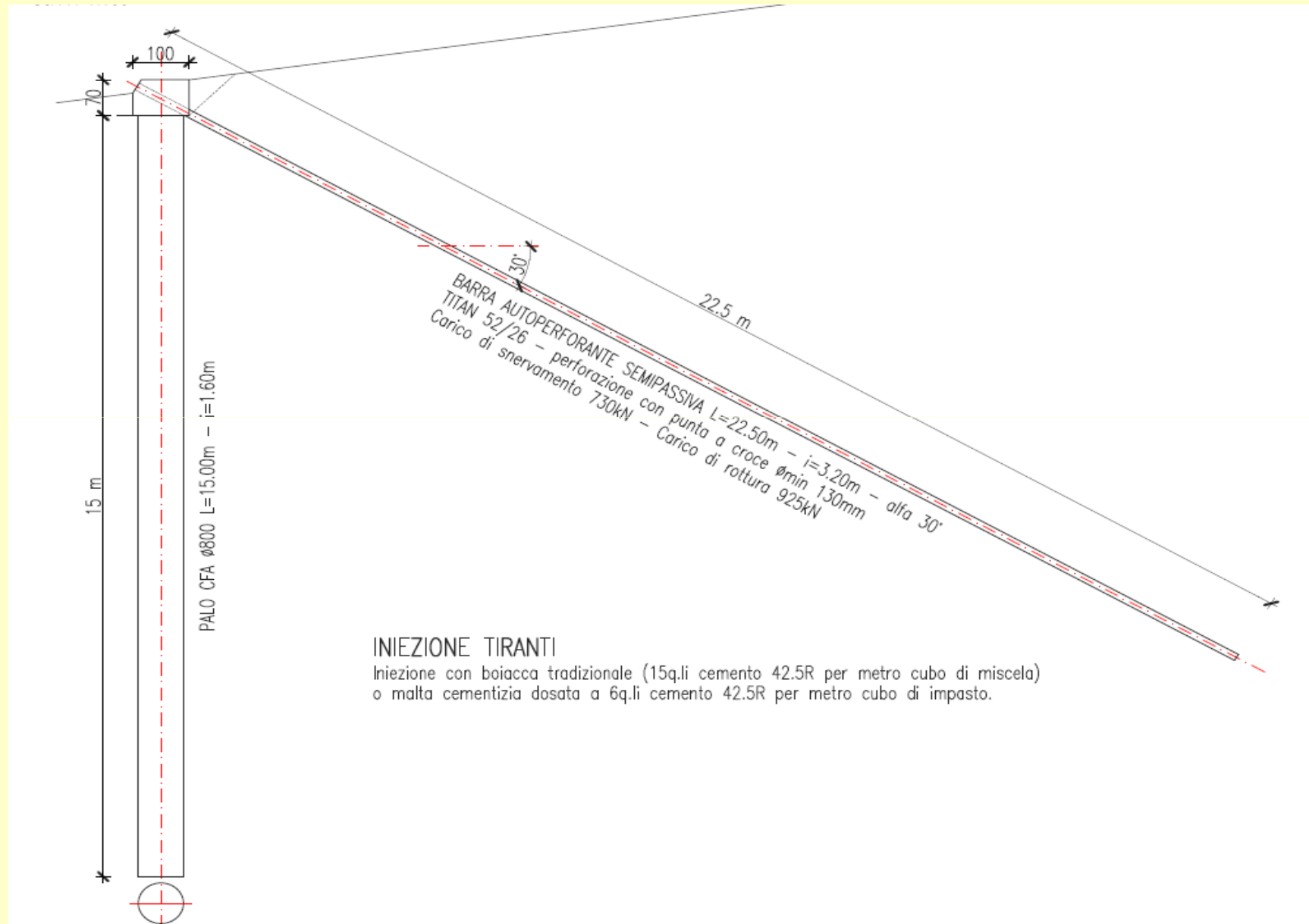
FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INTERVENTI DI MITIGAZIONE TIPO 2

Linea di forza composta da paratia di pali tipo CFA di ϕ 800mm, con cordolo di ripartizione in c.a., tirantato per mezzo di barre auto perforanti semipassive

Funzione di stabilizzare la porzione sovrastante del versante interessato dai campi fotovoltaici per evitare fenomeni di richiamo e di presidio alla linea di drenaggio profonda con pozzi non strutturali, che si sviluppa trasversalmente al versante



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INTERVENTI DI MITIGAZIONE TIPO 2



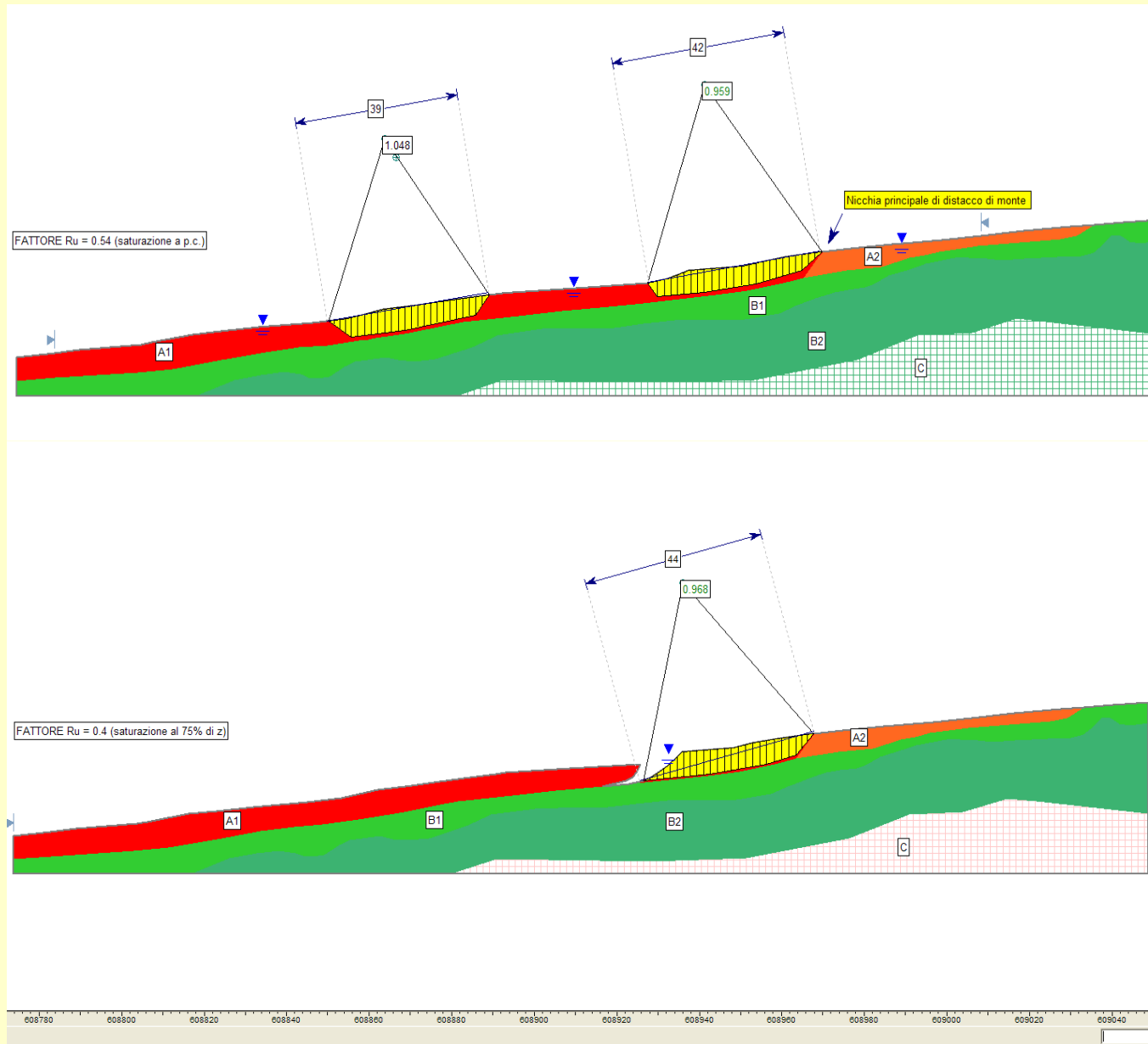
FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INTERVENTI TIPO 2 – VERIFICHE GEOTECNICHE

Verifiche TIPO 1: verifica in back analysis per la determinazione del regime delle pressioni neutre (fattore ru) che determina condizioni di instabilità del versante lungo la superficie di scivolamento del corpo di frana

Verifiche TIPO 2: Calcolo del coefficiente di sicurezza lungo la superficie di scorrimento nella zona di richiamo del corpo di frana e lungo superfici di scorrimento alternative per verificare l'incremento di sicurezza nel versante indotto dagli interventi strutturali di stabilizzazione, in condizioni statiche e sismiche (analisi pseudo statica).

Verifiche TIPO 3: Verifica GEO in A2+M2+R2 di stabilità globale degli interventi di stabilizzazione (paratia in pali trivellati ancorati) per superfici esterne al sistema di ancoraggio.

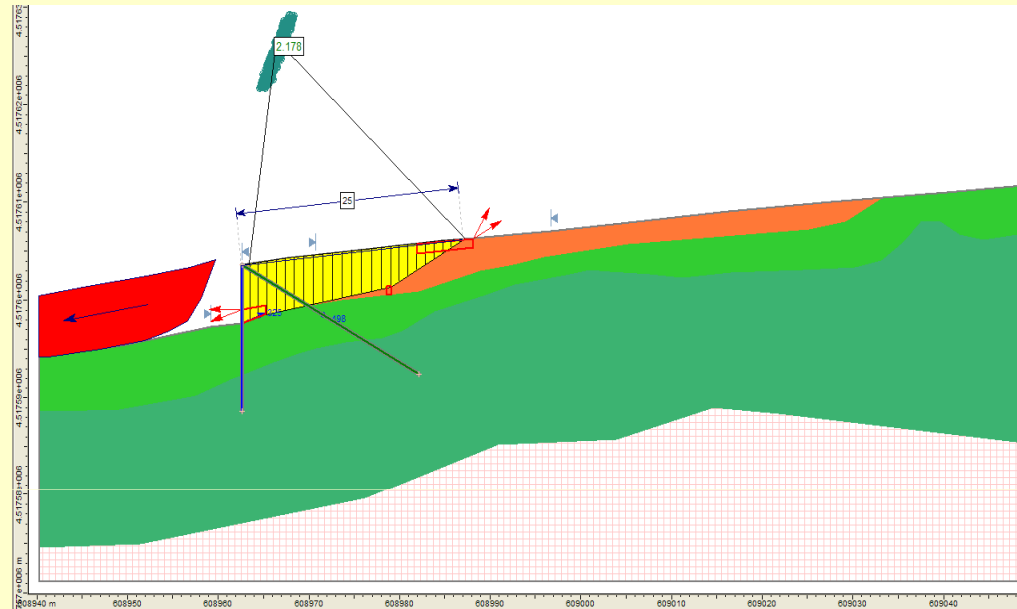
FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA VERIFICHE TIPO 1 – BACK ANALYSIS



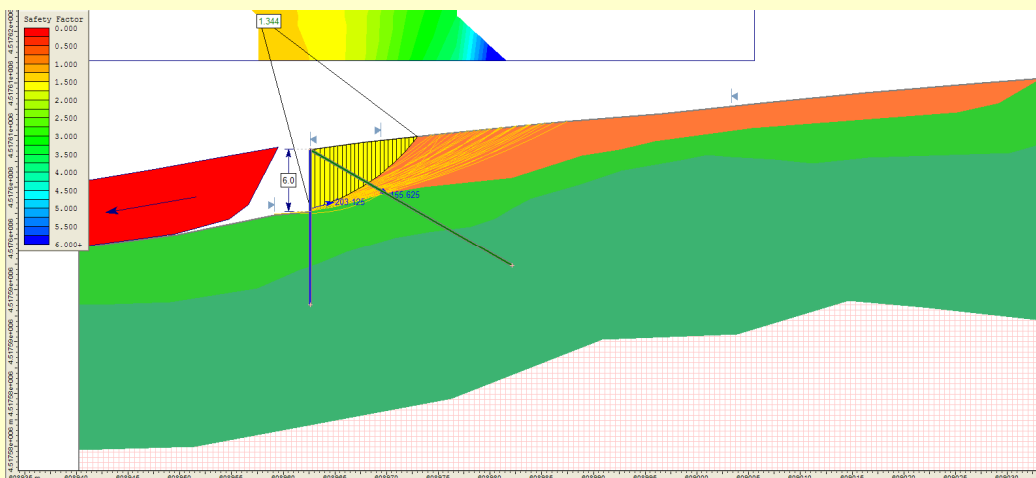
L'analisi a ritroso nella parte superiore del corpo di frana evidenzia come il meccanismo di deformazione del versante più che avvenire in blocco si verifica per progressivo distacco di zolle di lunghezza 30/50 m, in coerenza con le osservazioni geologico geomorfologiche e geofisiche.

Se si ammette infatti che la singola zolla a monte si sposti per effetto del richiamo per mancato confinamento al piede, si rileva come soglia critica delle pressioni neutre all'interno dell'UNITA'A1 un fattore $ru = 0.4$,

**FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA
VERIFICHE TIPO 2
INCREMENTO DI SICUREZZA INDOTTO DAGLI INTERVENTO STRUTTURALI**



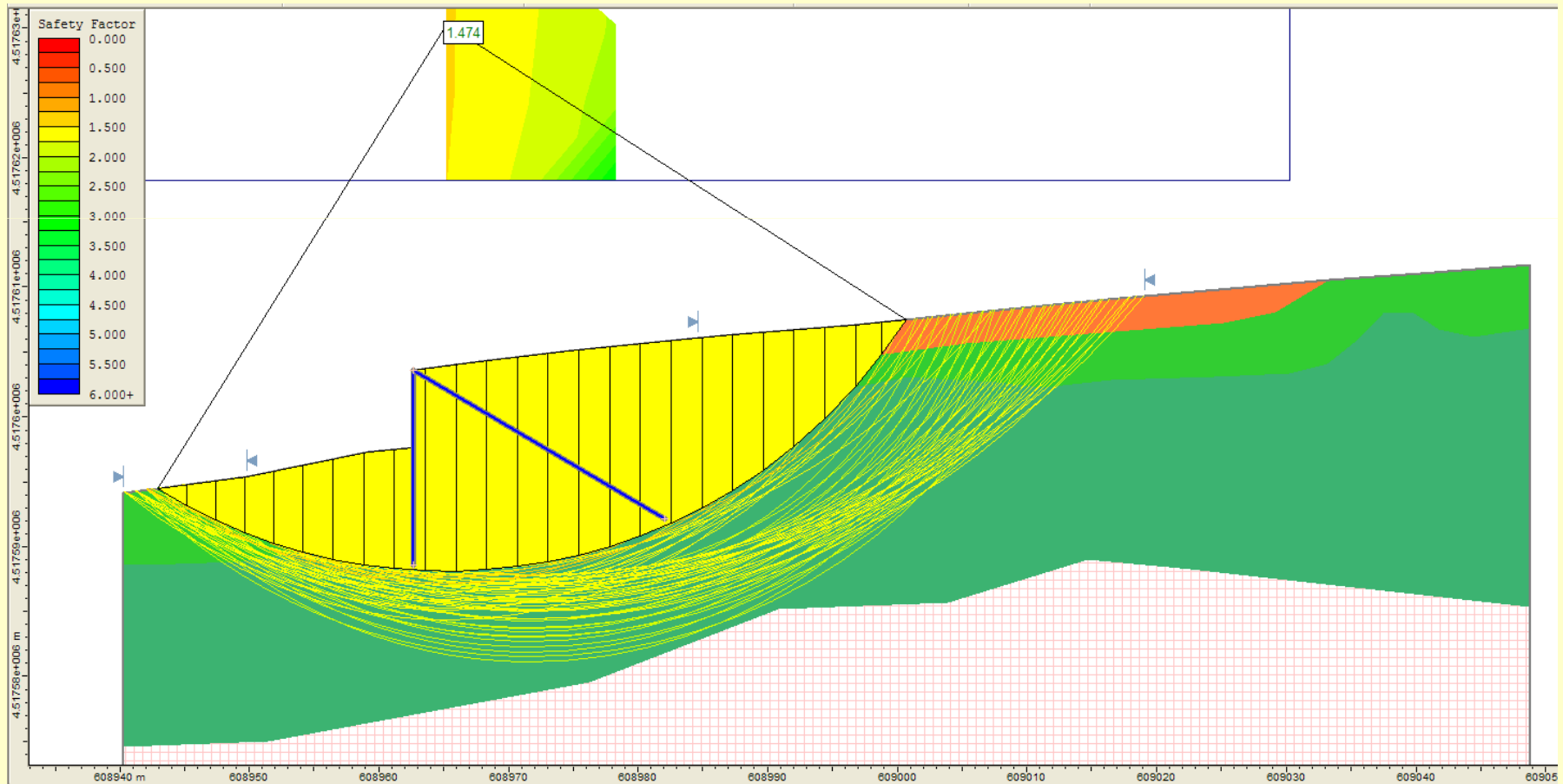
**SUPERFICIE DI
SCORRIMENTO A
BLOCCO NELLA ZONA
DI RICHIAMO DEL
CORPO DI FRANA
ATTIVO.**



**INCREMENTO DI
SICUREZZA INDOTTO
DAGLI INTERVENTI DI
STABILIZZAZIONE LUNGO
SUPERFICI DI
SCORRIMENTO
ALTERNATIVE.**

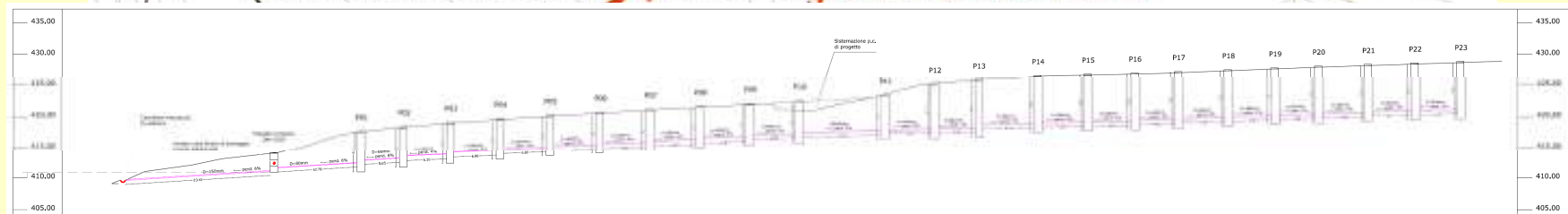
FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA VERIFICHE TIPO 2

VERIFICA STABILITA' GLOBALE (paratia di pali trivellati ancorata) A2+M2+R2 - Superfici esterne al sistema di ancoraggio



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA INTERVENTI DI MITIGAZIONE TIPO 3

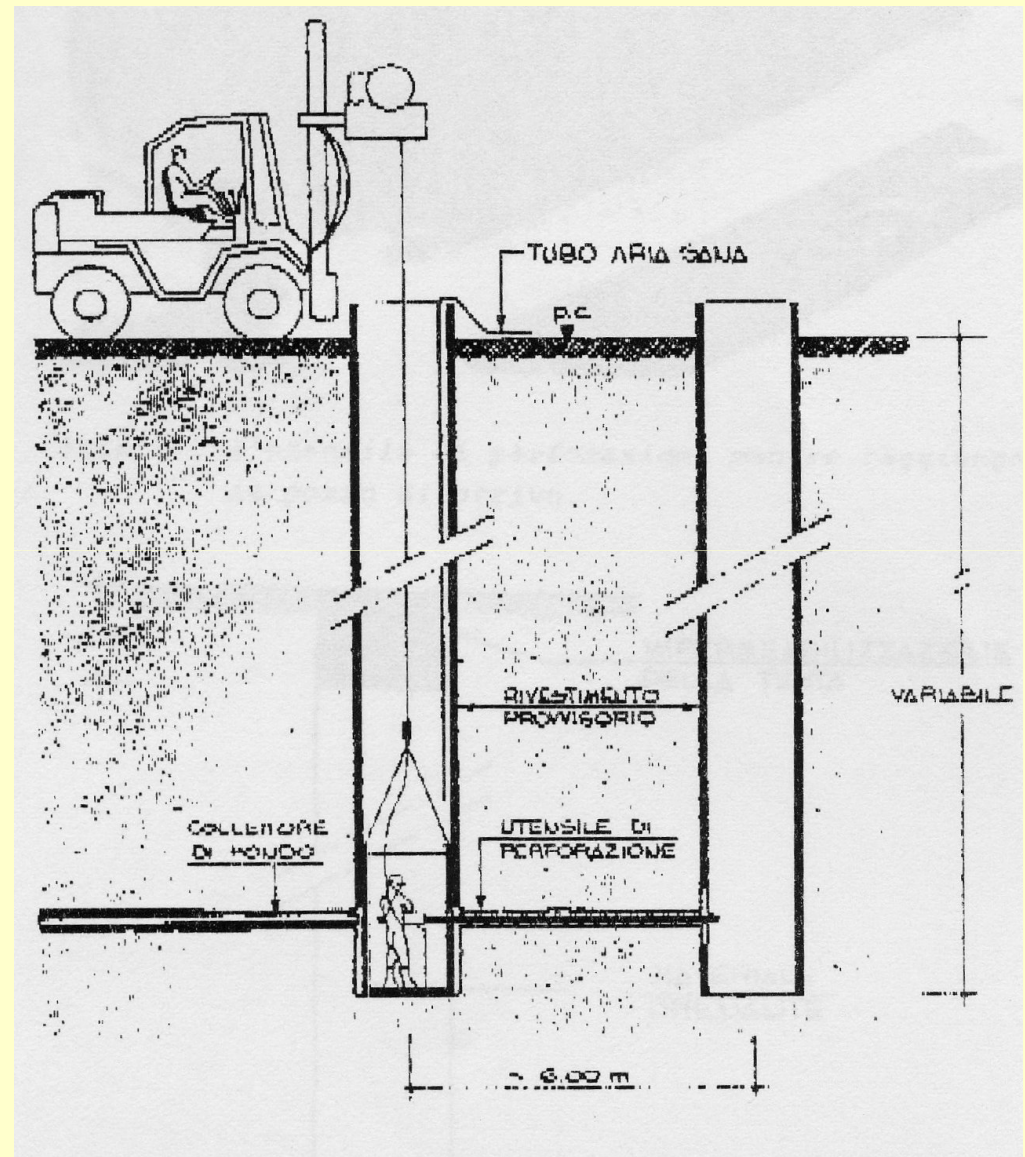
Interventi atti alla riqualifica intrinseca dei livelli sabbioso-limosi e limoso argillosi attraverso la riduzione del regime delle pressioni interstiziali (neutre), principale attore dell'elevata deformabilità dei materiali e della riattivazione parossistica del fenomeno gravitativo, da ottenere mediante l'inserimento di una linea di pozzi drenanti non strutturali in corrispondenza della nicchia di frana superiore.



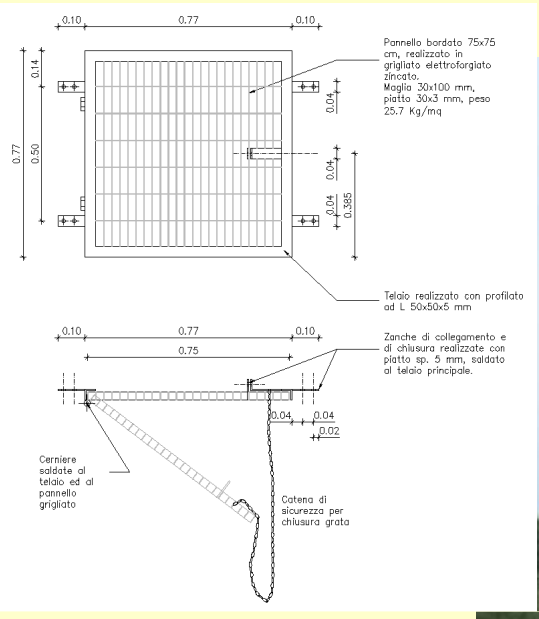
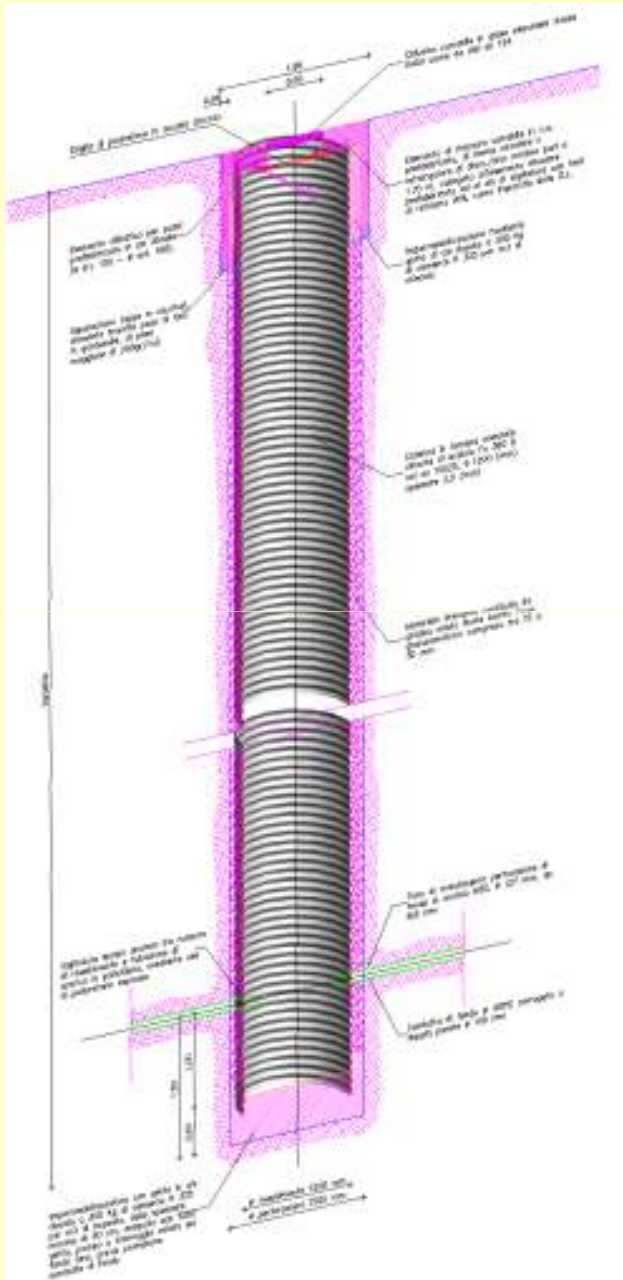
OPERE DI DRENAGGIO PROFONDE: SCHERMI DRENANTI

Con "schermi drenanti", si indica una sequenza di pozzi drenanti disposti ad intervalli regolari e collegati alla base da una condotta di scarico.

Gli schermi drenanti funzionano "a gravità", convogliando la portata intercettata al pozzo più basso, ovvero quello con la quota del fondo inferiore.



PARTICOLARI DI UN POZZO DRENANTE



Oltre ai fori per i bulloni, le piastre dovranno essere munite di ulteriori 20 fori per ogni metro di colonna per garantire una migliore azione di drenaggio lungo tutta la verticale. I fori, praticati prima della chiusura, avranno un diametro pari a 5 mm, e comunque tali da non venire intasati dal materiale drenante.



FASI ESECUTIVE DI UNO SCHERMO DRENANTE



La posa del lamierino ondulato in acciaio



FASI ESECUTIVE DI UNO SCHERMO DRENANTE



La posa del lamierino ondulato in acciaio



FASI ESECUTIVE DI UNO SCHERMO DRENANTE



La posa del drenaggio



FASI ESECUTIVE DI UNO SCHERMO DRENANTE



Chiusura testa pozzo



FASI ESECUTIVE DI UNO SCHERMO DRENANTE



Chiusura testa pozzo



FASI ESECUTIVE DI UNO SCHERMO DRENANTE

La realizzazione del fondello

fondello pozzo drenante



Particolare foro di testa per controllo refluito iniezione



FASI ESECUTIVE DI UNO SCHERMO DRENANTE

La realizzazione della condotta di fondo



FASI ESECUTIVE DI UNO SCHERMO DRENANTE



La realizzazione della condotta di fondo

FASI ESECUTIVE DI UNO SCHERMO DRENANTE

La realizzazione della condotta di fondo



FASI ESECUTIVE DI UNO SCHERMO DRENANTE

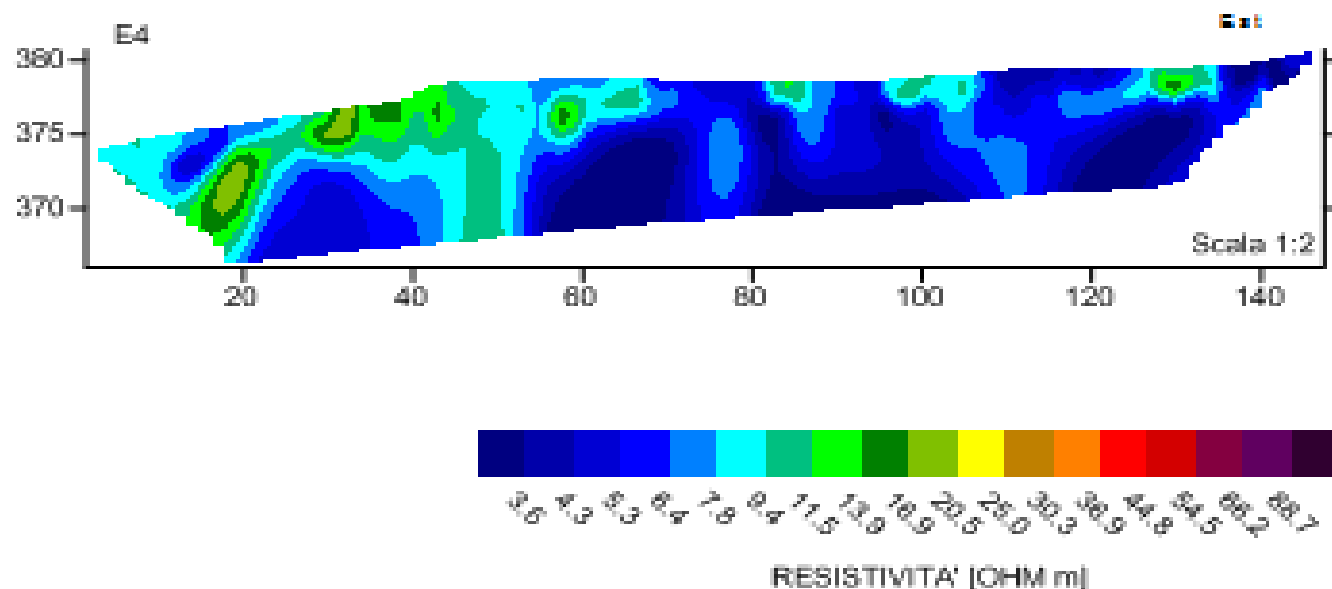


La realizzazione della condotta di fondo

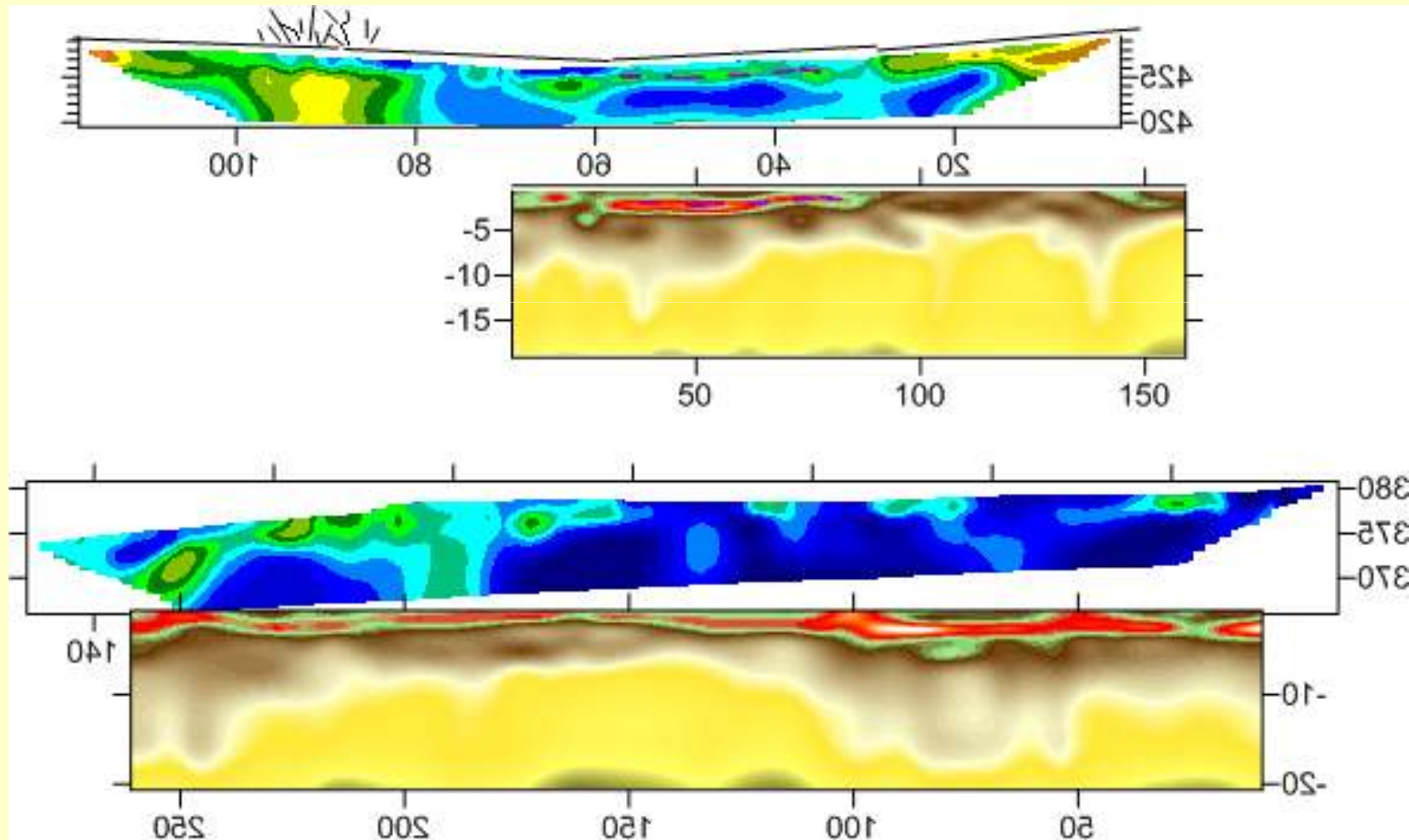


FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA TOMOGRAFIA ELETTRICA ALTA RISOLUZIONE

Strumento multielettrodo 4Point Light HP della Lippmann LGM, DE
60 elettrodi interspaziati di 1m; tot 830m suddivisi in 4 profili
configurazione chiusa Schlumberger con roll along di 30 elettrodi alla volta.
numero di livelli 14 per ottenere profondità dell'ordine degli 8m considerate
sufficienti a determinare le geometrie del fenomeno. L'analisi dei dati è avvenuta
con software autorizzato Res2DInv (Geotomo Malesia).
Le resistività analizzate sono confinate in un range abbastanza piccolo e vanno da
3 Ohm m a poco più di 60 Ohm m, adottando una scala cromatica logaritmica che
premia le differenze registrate alle basse resistività.



**FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA
TOMOGRFIA ELETTRICA TENTATIVO DI VERIFICA
ASSONANZE TRA PARAMETRI FISICI DEL SUOLO PER
SEMPLICE SOVRAPPOSIZIONE**



FRANA CAMPI FOTOVOLTAICI GRAVINA DI PUGLIA CONCLUSIONI INVESTIGAZIONI GEOFISICHE

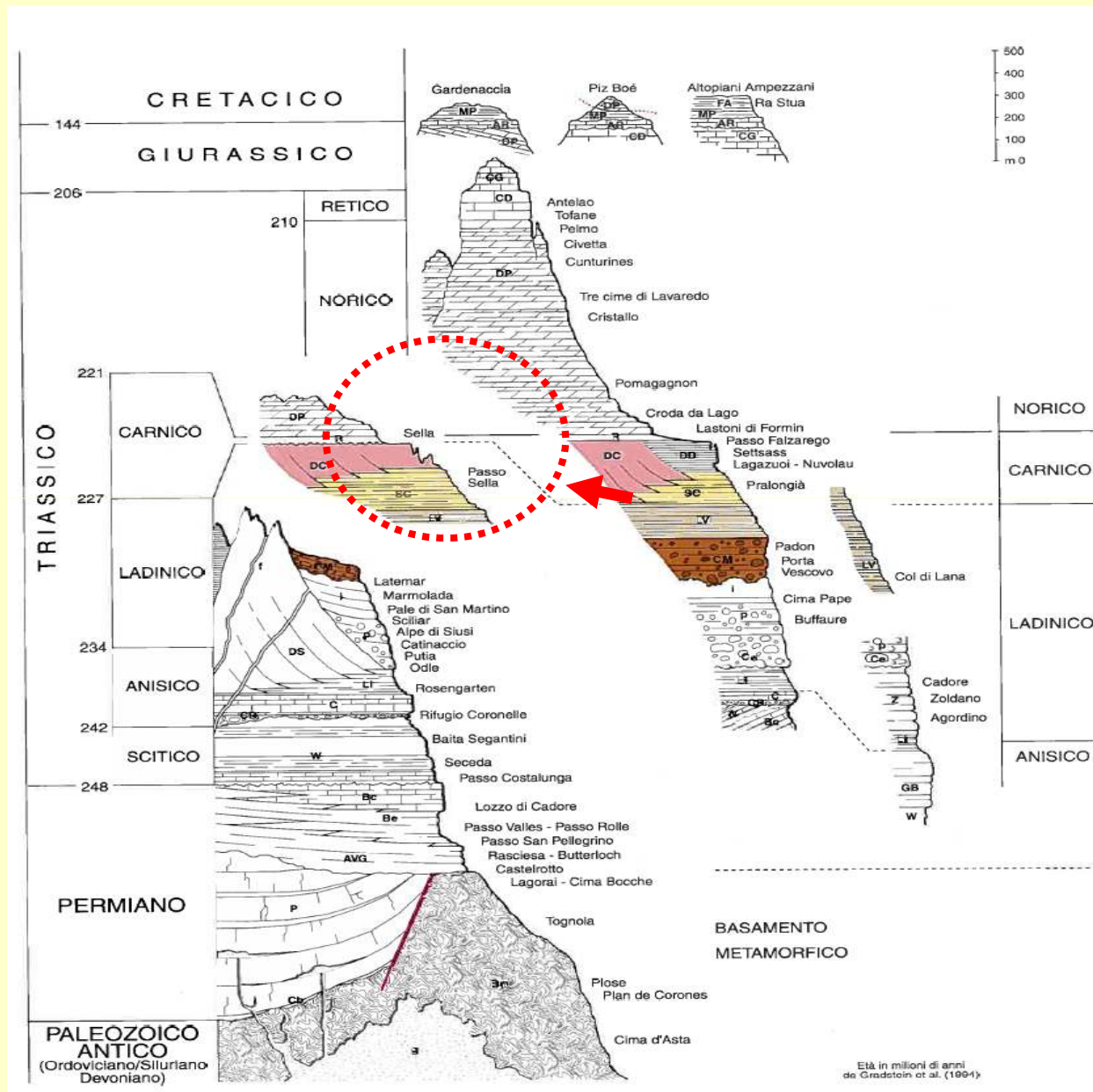
L'indagine Masw2D ha fornito un obiettivo contributo per la determinazione dei limiti e delle profondità di svincolo dei settori in frana e delle aree di richiamo detensionate, nonché del meccanismo di deformazione interna al corpo di frana stesso.

La tomografia elettrica per l'incapacità di giustificare le variazioni di resistività verticali laterali -rese significative dalla scelta della scala grafica - è stata trascurata ai fini della progettazione

FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - VALGARDENA INQUADRAMENTO GEOGRAFICO



FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - VALGARDENA INQUADRAMENTO GEOLOGICO



FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - VALGARDENA INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Geologicamente l'area si localizza tra due piattaforme carbonatiche di età ladinico-carnica (230 milioni di anni fa circa), la piattaforma del Puez-Cir-Gardenaccia e la piattaforma del Sella, caratterizzate dalla progradazione montante (*toplap*) delle dolomie di scogliera della Formazione della Dolomia Cassiana sulle marne di scarpata distale (bacino) della Formazione del San Cassiano

La parte alta della Formazione di Wengen presente a nord della Linea (arenarie vulcanoclastiche, marne e argille) risulta eteropica alla Formazione di S.Cassiano a sud.

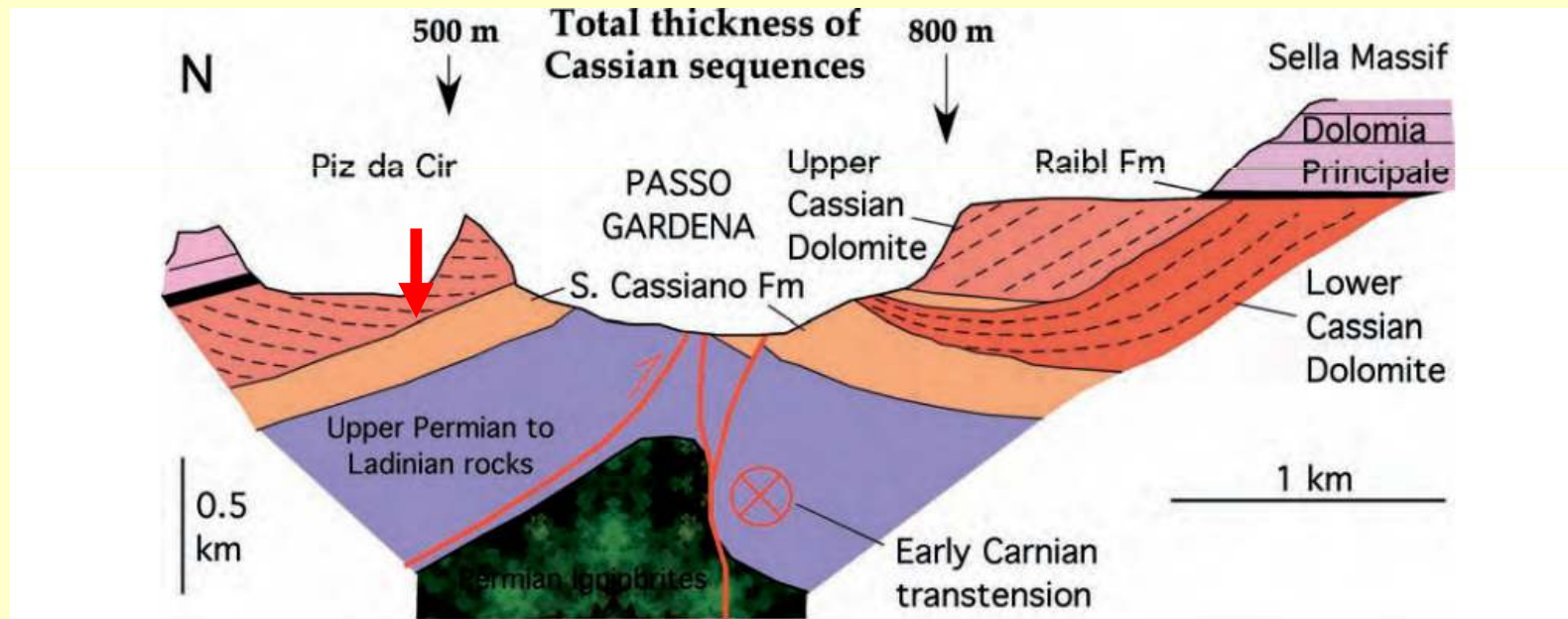
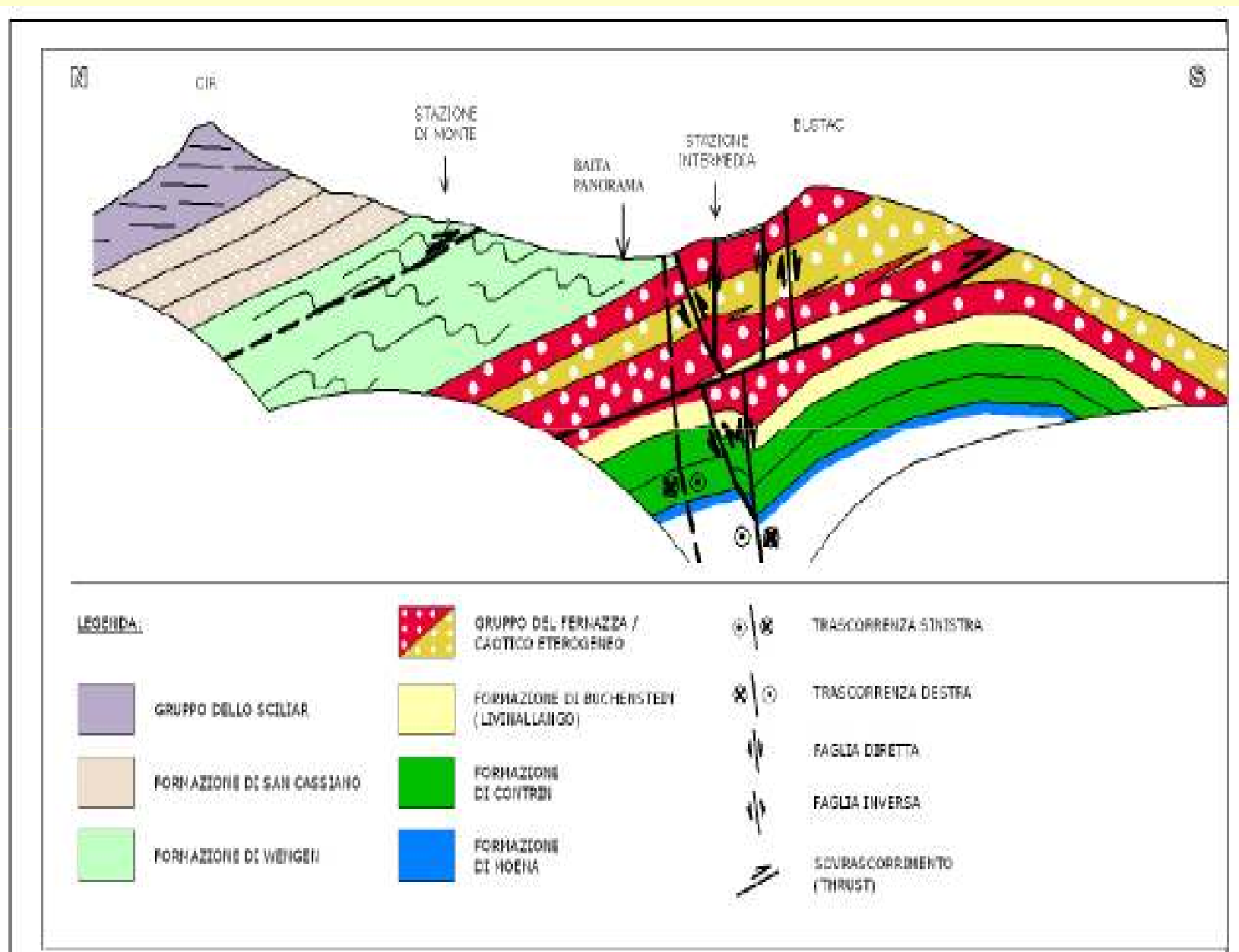


Fig. 4.30 - Geological section of the northern side of the Sella Group, through the Gardena Pass, where two Carnian carbonate platforms converge with their progradation. At the Gardena Pass, a sinistral transtensional fault system, Triassic in age and trending roughly E-W, crops out. The kinematics of the fault system is indicated by slickenlines, attitude of the fault plane and changes of sediment thicknesses left and right of the fault. For example, to the south (right) of the fault, the lower Cassian Dolomite occurs, whereas it is not present to the left. Moreover, the same dolomite is folded syndepositionally in its lower part, near the Passo Gardena Line. A S-vergent Alpine thrust complicates the structure (after CHANNELL & DOGLIONI, 1994).

FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - VALGARDENA INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE



FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - VALGARDENA EVENTO FRANOSO MAGGIO 2013



**FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - VALGARDENA
EVENTO FRANOSO MAGGIO 2013**



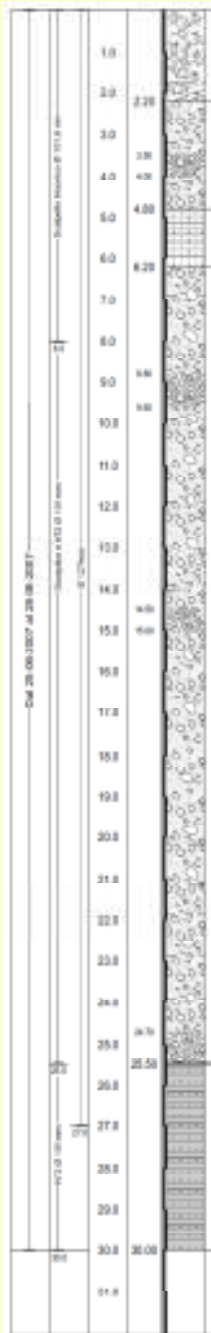
**FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - VALGARDENA
FRANA SOTTO STAZIONE DI MONTE**



**FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - VALGARDENA
FRANA SOTTO STAZIONE DI MONTE**

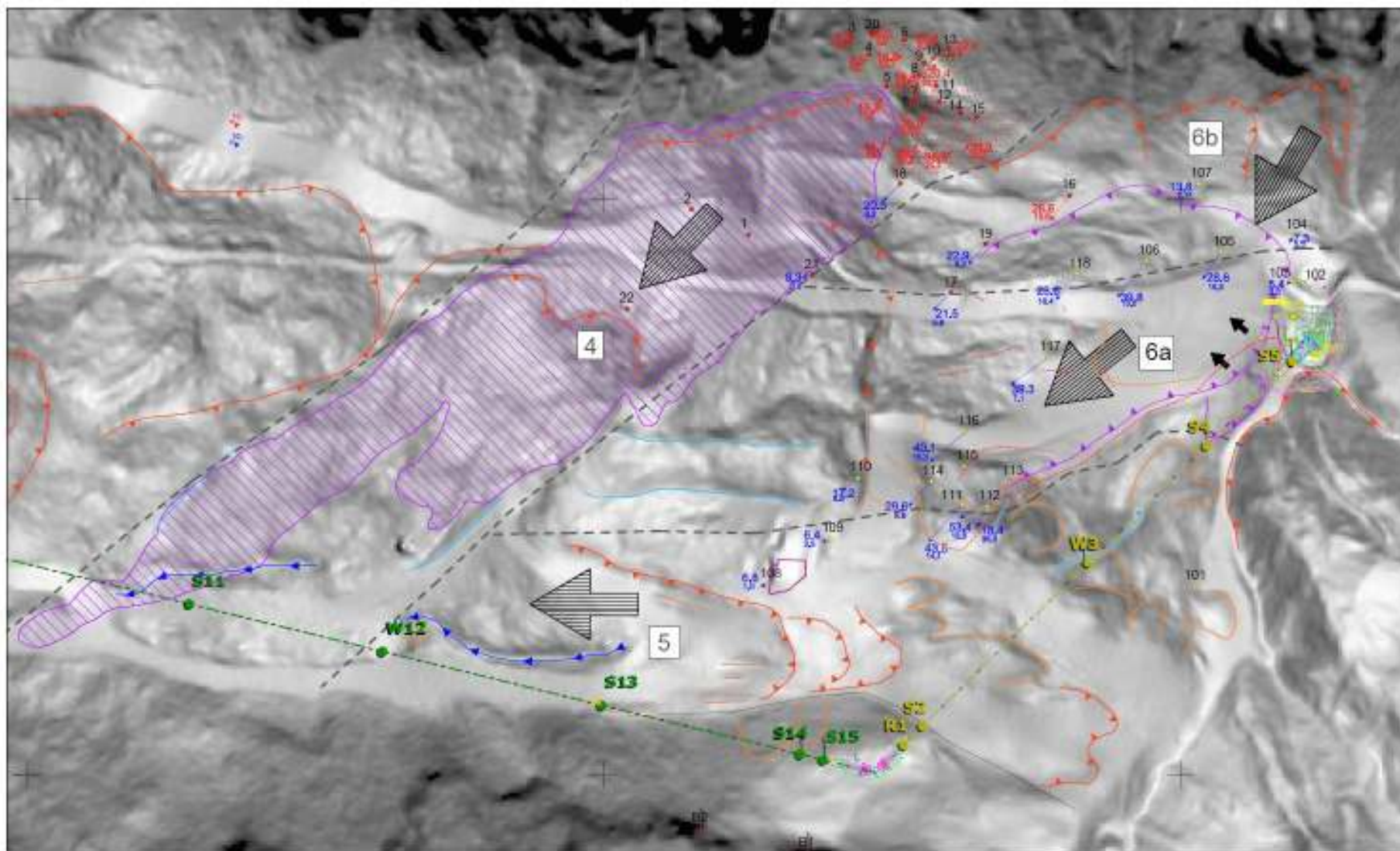


FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - VALGARDENA LITOLOGIA DEL CORPO DI FRANA



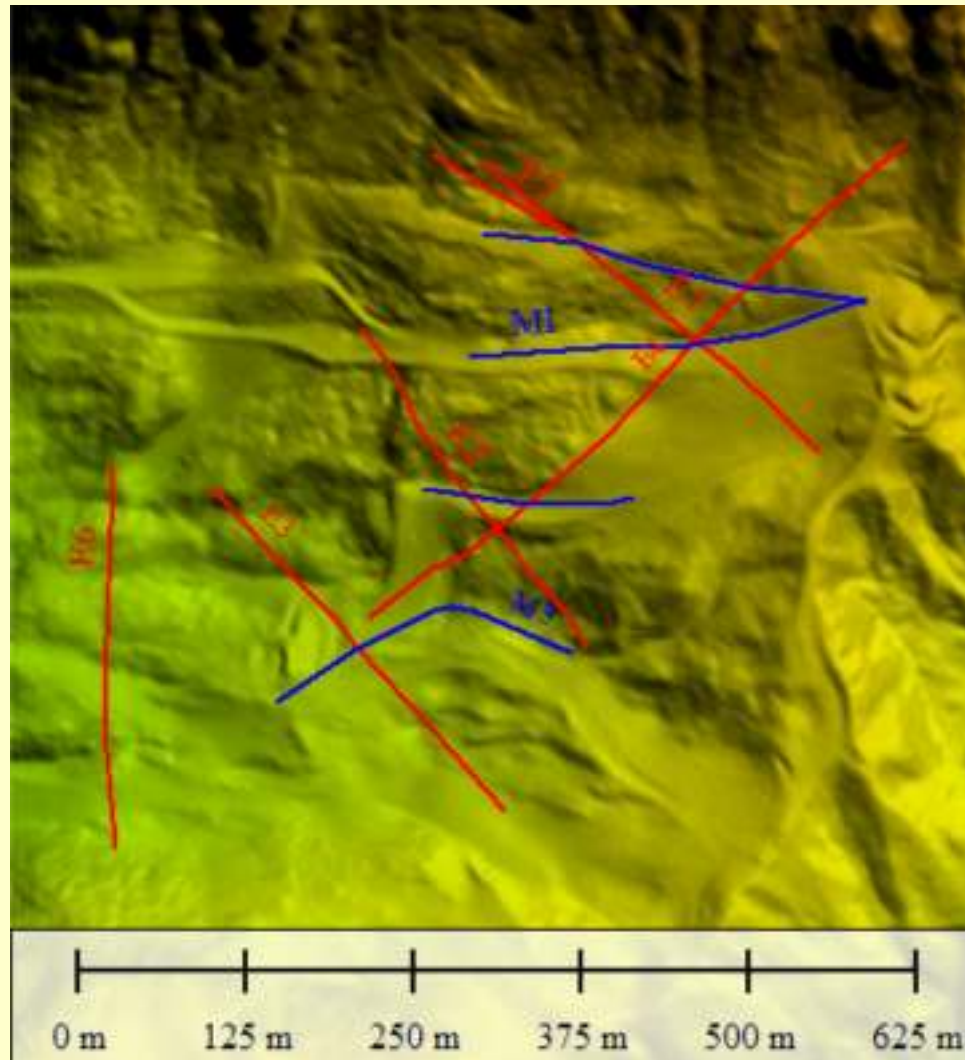
Prof. (m)	Prof. (m)	Legenda	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
1.0	2.0		
3.0	4.0		
5.0	6.0		
7.0	8.0		
9.0	10.0		
11.0	12.0		
13.0	14.0		
15.0	16.0		
17.0	18.0		
19.0	20.0		
21.0	22.0		
23.0	24.0		
25.0	26.0		
27.0	28.0		
29.0	30.0		
31.0			
			SUBSTRATO ROCCIOSO
			Termini sottoposto a D.M. 2012.

FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - VALGARDENA RILIEVO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO



Il dominio 6a risulta interessato da una chiara componente di movimento verso SW, caratterizzata da nicchie di scollamento e morfologie a gradini con lo sviluppo arealmente sopra indicato. Il fianco sinistro della zona di scollamento è delimitato dal substrato del wengen sub-affiorante mentre il lato destro risulta colmato da materiale detritico grossolano e glaciale.

FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - DOMINIO 6a INDAGINI GEOFISICHE



Elenco indagini:

4 sezioni MASw2D
tot. 1000m lineari

5 tomografie elettriche
tot. 1800m

Personale impiegato:
2 operatori

Giorni e orari campagna Acq.

3 giorni (1-3 Luglio 2014)
7:00-19:00

**FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - DOMINIO 6a
INDAGINE SISMICA MASW 2D**

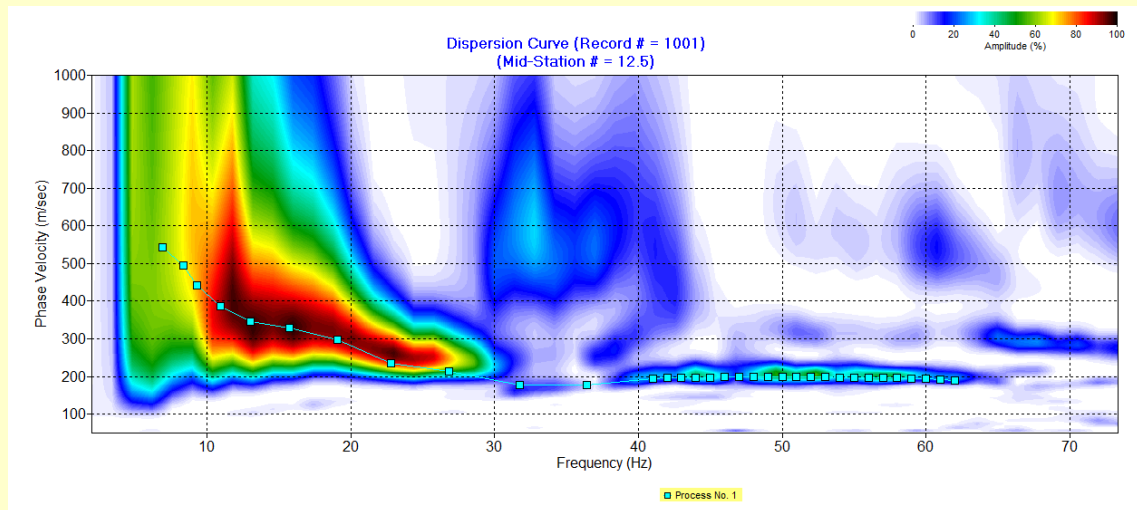
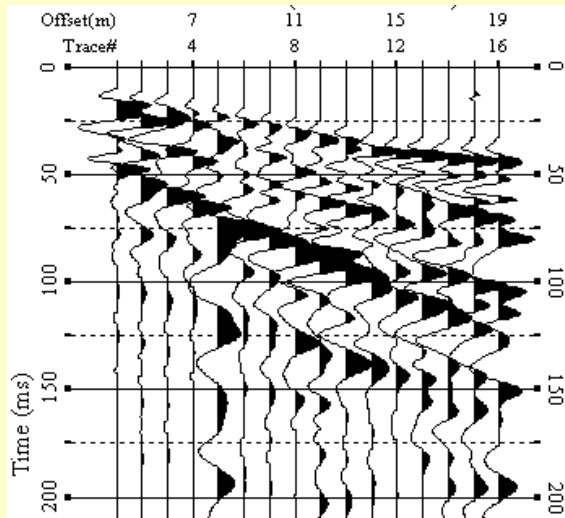
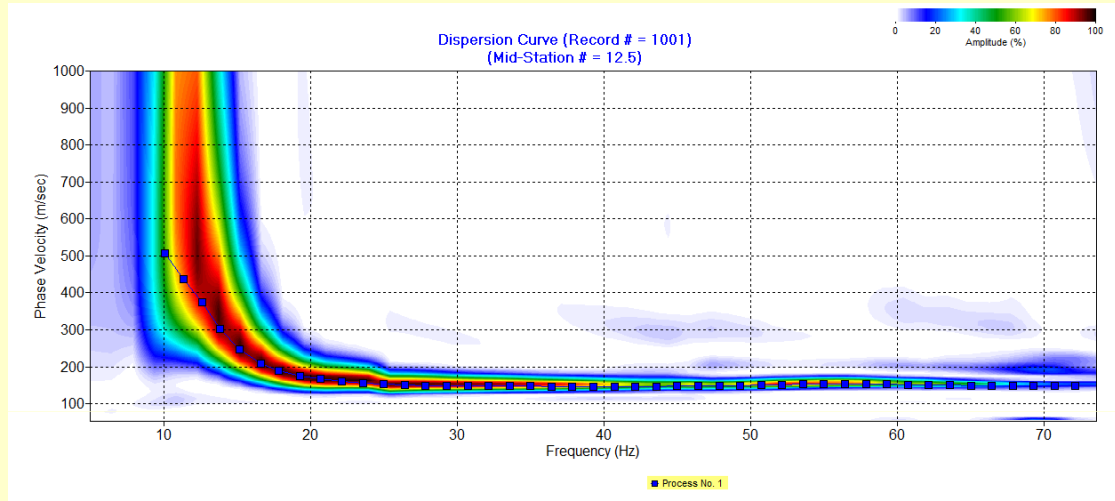
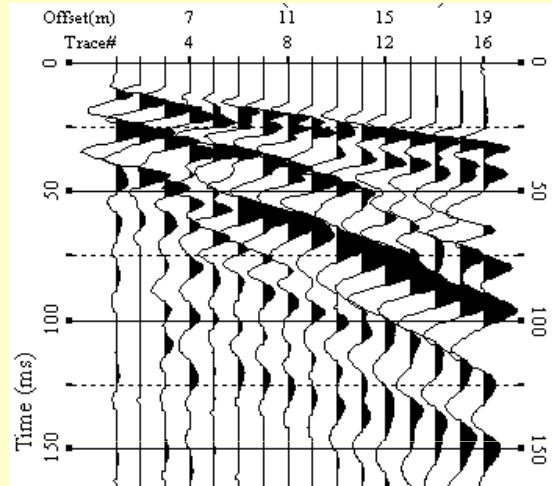


**FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - DOMINIO 6a
INDAGINE SISMICA MASW 2D**



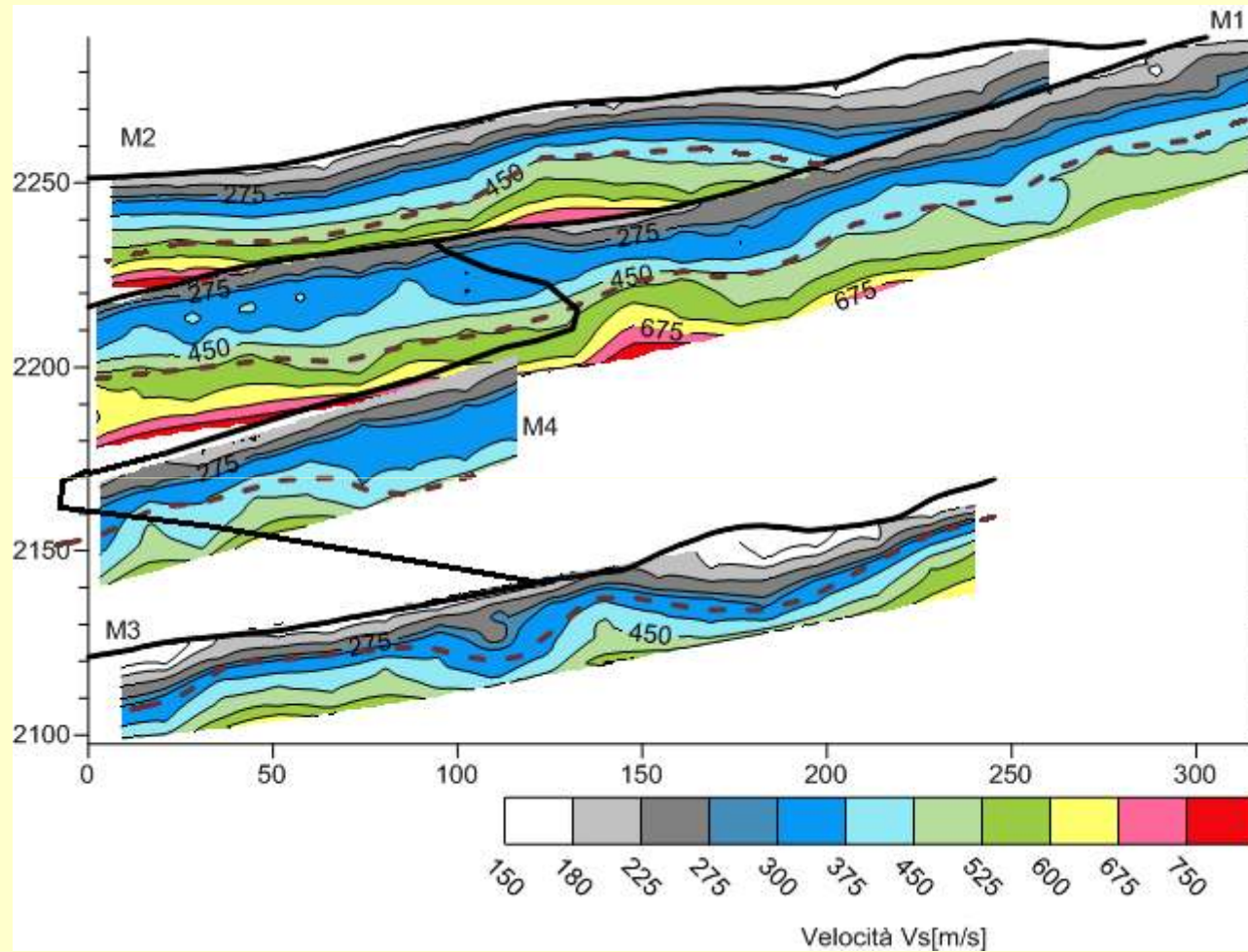
FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - DOMINIO 6a

CURVE DI DISPERSIONE TIPO



FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - DOMINIO 6a

SISMICA MASW 2D DATA SET



FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - DOMINIO 6a TOMOGRAFIA ELETTRICA

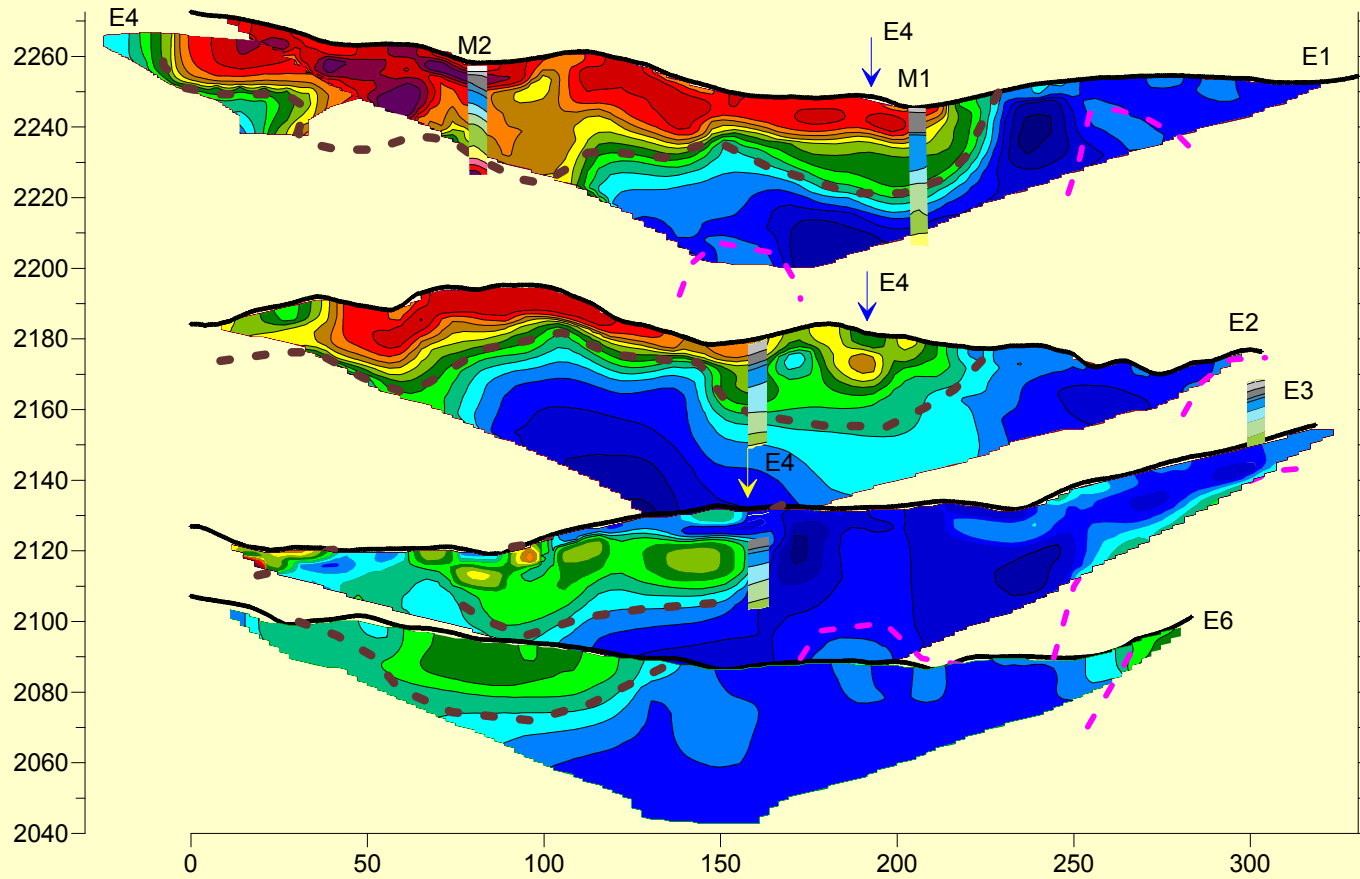
Strumento multielettrodico 4Point Light HP della Lippmann LGM, DE
125 elettrodi interspaziati di 3.5m; tot 1800m suddivisi in 5 profili
configurazione chiusa Wenner con roll along di 25 elettrodi alla volta.
numero di livelli 30 per ottenere profondità dell'ordine degli 45m considerate
sufficienti a determinare le geometrie del fenomeno. L'analisi dei dati è avvenuta
con software Res2DInv (Geotomo Malesia).



Le resistività misurate
sono confinate in un
ampio range e vanno
da 10 Ohm m a 10000
Ohm m rendendo la
prova ideale per
discriminare gli
accumuli di materiale
grossolano .

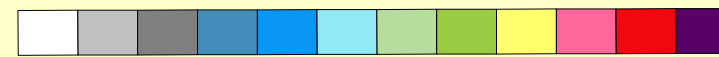
FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - DOMINIO 6a

TOMOGRAFIA ELETTRICA



Resistività [Ohm m]

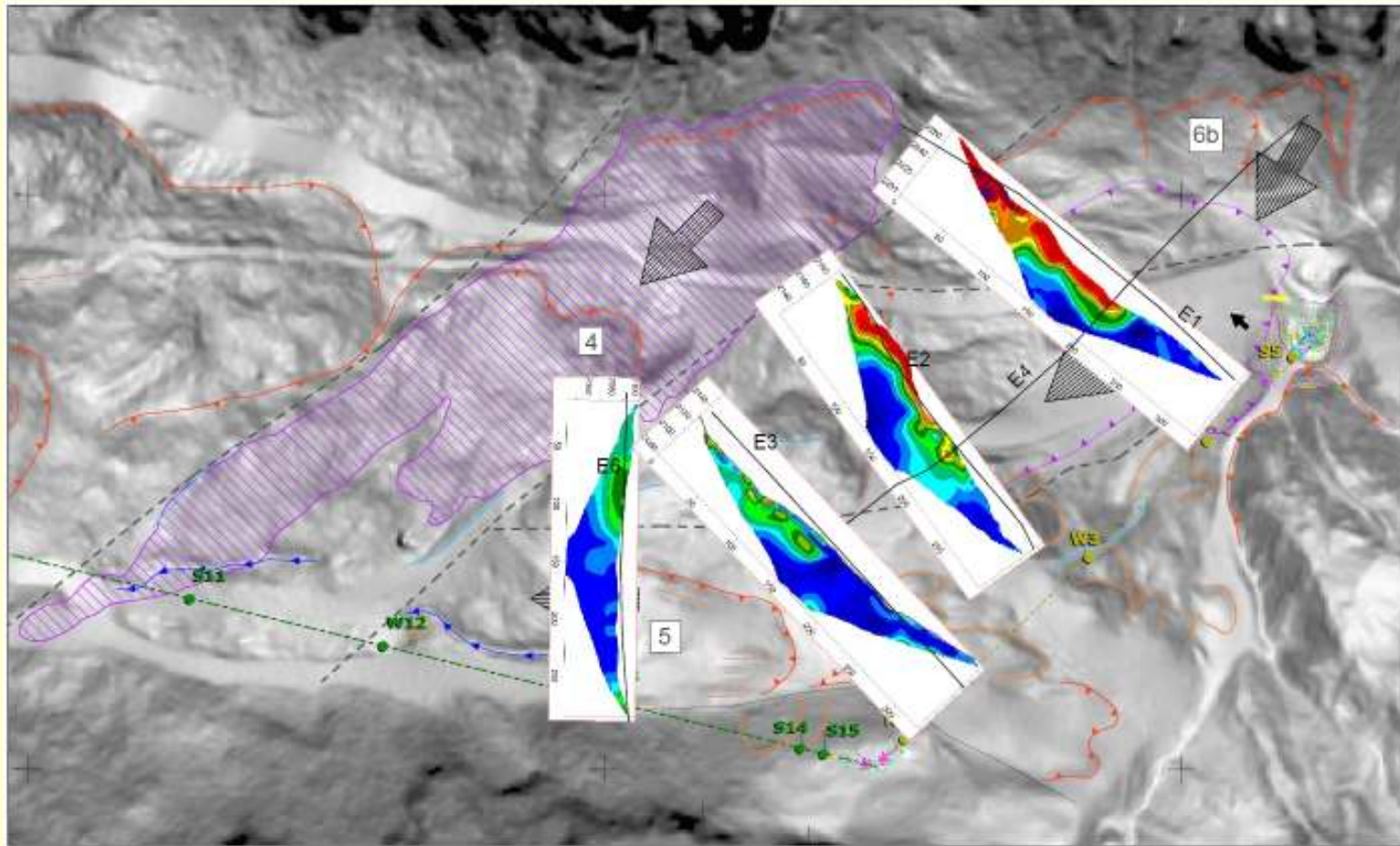
> 12 20 33 57 96 164 278 472 803 1364 2318 3939 6693 11373 19325



Velocità Vs [m/s]

150 180 225 275 300 375 450 525 600 675 750 825

FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - DOMINIO 6a TOMOGRFIA ELETTRICA

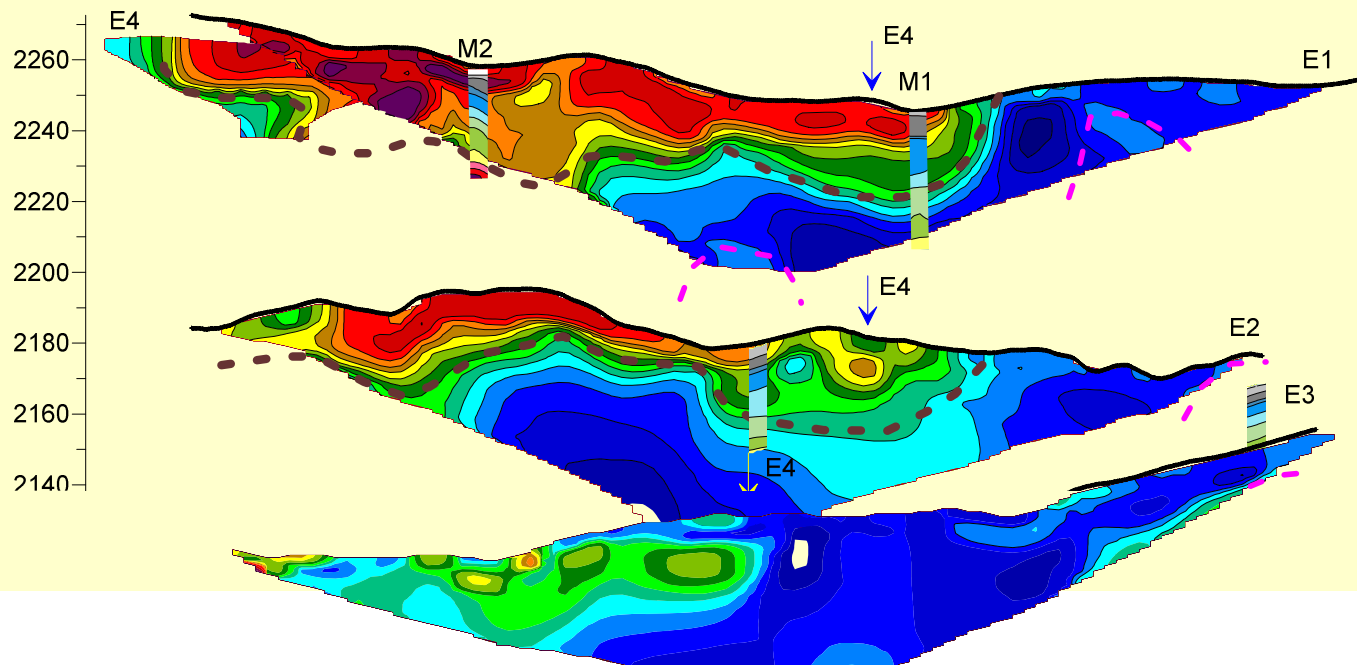


La realizzazione di traverse/tomografie geoelettriche unitamente al rilievo disuperficie, ha consentito di osservare come spostandosi verso il fianco opposto della zona di scollamento 6a, lo spessore dei materiali detritici di riempimento aumenti rapidamente, così come la profondità del piano complesso di scollamento (dove raggiunge profondità massime intorno ai 20/25 m – vedi stendimento E1).

FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - DOMINIO 6a TOMOGRFIA ELETTRICA

La novità maggiore apportata dallo screening geofisico realizzato emerge però nel profilo E2 in cui si può riconoscere che l'accumulo a grossi blocchi che costeggia la pista a nordest e gravita sopra il la Baita Panorama ha un ossatura conduttiva (dorsale emergente nel substrato del wengen); il deposito di copertura è qui, a sorpresa, potente poco più di 10m e si chiude lateralmente verso sud proprio in corrispondenza della Baita stessa (stendi mento E3).

Il risvolto positivo è che questa dorsale conduttiva sommersa, rappresenta sicuramente anche uno spartiacque per la circolazione idrica ipogea proveniente da monte e separa sotto il profilo geologico il fenomeno gravitativo di ampie proporzioni del dominio 4 al cui piede si sversa direttamente parte della circolazione ipogea proveniente dalle scogliere superiori del Cir



FRANE ALTA VALLE DANTERCEPPIES - DOMINIO 6a

CONCLUSIONI INVESTIGAZIONI GEOFISICHE

L'indagine Masw2D ha consentito di ricavare una sismostratigrafia locale: “Risulta difficile differenziare il comportamento reologico dei materiali in un ambiente in cui i contrasti laterali sono inferiori a quelli registrati sulla verticale. Nel complesso però si nota che i due profili alti M1 e M2 raggiungono fino a superare i 550m/s e quindi con molta probabilità entro i 20-25m quasi ovunque si chiudono in roccia in posto sana. Verso il basso invece per M4 e M3 anche alle profondità massime investigate le velocità sono decisamente più basse ed i contrasti verticali meno decisi”

La tomografia elettrica al contrario evidenzia molto bene i limiti interdeposizionali discriminando molto bene lo spessore dei corpi grossolani resistivi e definire per il substrato roccioso, qui costituito dagli orizzonti argillitici/siltitici del Wengen, la sua conducibilità più elevata.

SOMMA URGENZA S.S. 421 – SAN LORENZO IN BANALE INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA

Il caso in esame riguarda lavori di somma urgenza eseguiti al km.28+600 della S.S.421 dei Laghi di Molveno e Tenno nel Comune di San Lorenzo, finalizzati alla riapertura della transito veicolare e messa in sicurezza della parete rocciosa a seguito del franamento di un tratto della locale galleria naturale verificatosi in data 16.01.06.

Il metodo geofisico è stato impiegato per il controllo dello spessore di fasce cataclastiche in parete retrostanti una superficie di distacco quale esito di una demolizione controllata di 5.000mc di roccia, al fine di dimensionare correttamente la lunghezza degli ancoraggi di rafforzamento corticale.



Foto 13

SOMMA URGENZA S.S. 421 – SAN LORENZO IN BANALE INQUADRAMENTO GEOMECCANICO



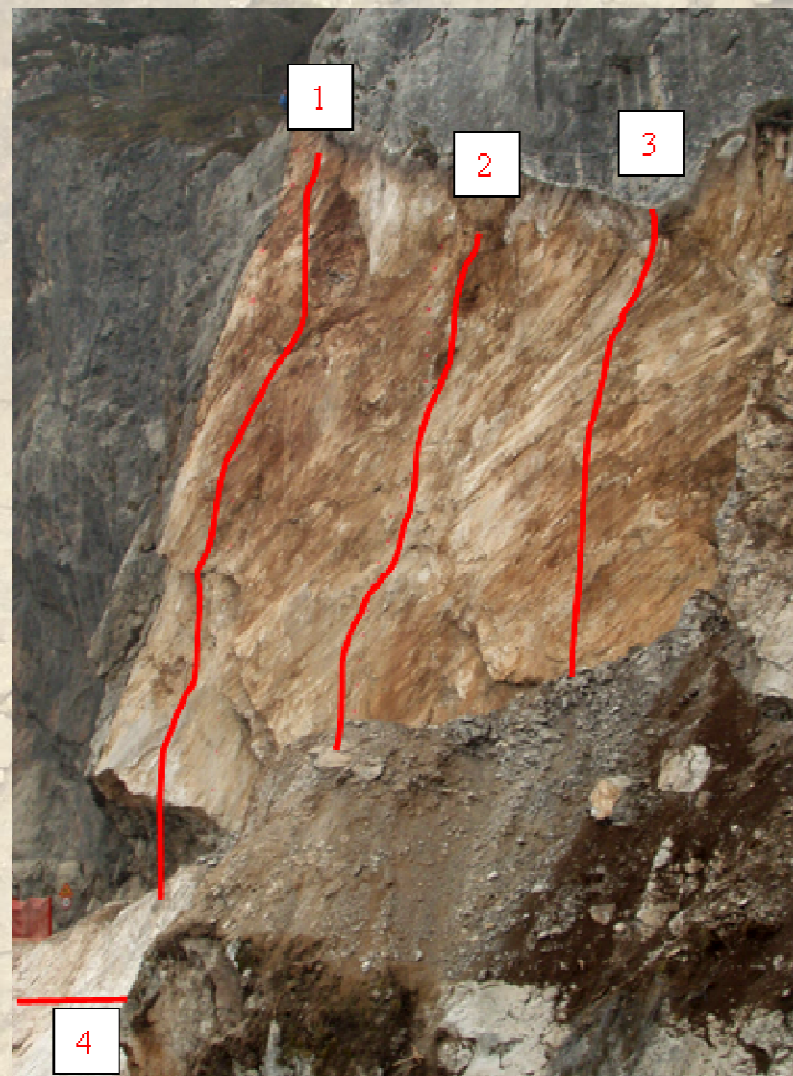
L'osservazione delle superfici di rottura di neoformazione rivela la presenza di una "matrice" rocciosa cataclastica caratterizzata da una tessitura granulare "sugar cubes" variamente cementata tipica delle breccie tettoniche, che contrasta visivamente con la levigata planareità delle superfici di trasferimento cinematico interne alla zona di faglia.

**SOMMA URGENZA S.S. 421 – SAN LORENZO IN BANALE
INQUADRAMENTO GEOMECCANICO**



SOMMA URGENZA S.S. 421 – SAN LORENZO IN BANALE L'INDAGINE SISMICA

L'indagine della porzione di parete soprastante il piano stradale è stata condotta per sezioni verticali lungo le quali sono stati posizionati i geofoni alloggiati entro fori da 12mm realizzati con tassellatore a batteria. Tutti i geofoni (equidistanza 1.5m) ed i punti di energizzazione in parete (foto 13) sono stati battuti con strumentazione topografica in modo da conoscerne l'esatta posizione, indispensabile al fine della migliore interpretazione dei dati. L'equidistanza dei geofoni fissata a 1.5m ha permesso una restituzione tomografica anche in transilluminazione procedendo ad energizzazione lungo due distinti profili ubicati sul piano strada.



SOMMA URGENZA S.S. 421 – SAN LORENZO IN BANALE L'INDAGINE SISMICA



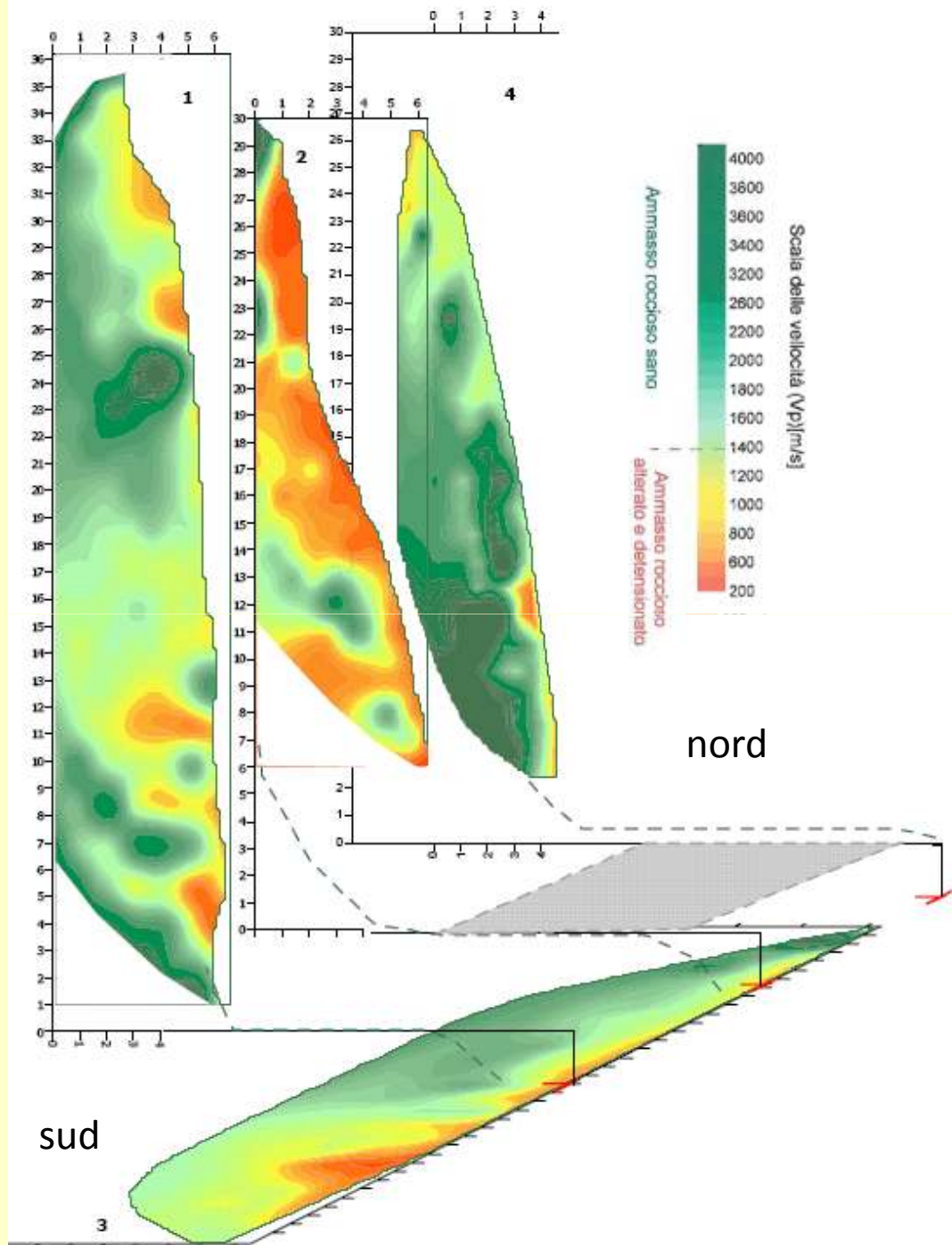
Foto 15



SOMMA URGENZA S.S. 421 – SAN LORENZO IN BANALE L'INDAGINE SISMICA



Pari indagine con metodologia analoga è stata condotta lungo la scarpata rocciosa sottostante il piano viabile; l'equidistanza dei geofoni fissata a 1.5m ha permesso una restituzione tomografica anche in transilluminazione procedendo ad energizzazione lungo due distinti profili ubicati sul piano strada.



L'indagine in parete mostrava una organizzazione della fascia tettonizzata in pacchetti subverticali successivi che separano porzioni cataclastiche a diverso grado di competenza e che presentano spessore massimo di 3-5m circa in corrispondenza della parte media-basale del profilo 2 (notare che la massima profondità di penetrazione, legata allo sviluppo in lunghezza del profilo, era di 5-6m); il risultato ottenuto, di contro, lungo il profilo 4 confermava che tali pacchetti, in virtù, della loro direzione divergente di 15°-20° rispetto a quello della strada, si vanno approfondendo progressivamente nell'ammasso procedendo da sud verso nord; pertanto mentre sul lato sud della preesistente galleria essi si presentano con le proprie "testate", sul lato nord essi si approfondiscono venendo quindi a beneficiare di una diversa, e più favorevole, condizione di confinamento sul piano orizzontale. Tali strutture, che separano porzioni tra loro più o meno cataclasate, presenterebbero pertanto proprio in corrispondenza dell'ex imbocco sud la massima condizione di de tensione.

SOMMA URGENZA S.S. 421 – SAN LORENZO IN BANALE L'INDAGINE SISMICA



L'indagine confermava la presenza di porzioni d'ammasso a grado di competenza variabile che accusano diversamente lo stato di detensionamento in virtù della loro giacitura da subverticale ad inclinata e che costituiscono una fascia tettonizzata con spessori dell'ordine dei 10m . In questo senso venivano anche valutate le evidenze emerse nel corso dell'esame dettagliato della nicchia di distacco effettuato nei giorni successivi la volata e che mettevano in luce l'esistenza di una frattura di trazione sommitale quale risultato di scollamenti tra le terminazioni apicali dei pacchetti cataclastici ennesimi. Ai fini della messa in sicurezza della parete diventava quindi importante riuscire a riprodurre una sufficiente condizione di confinamento sul piano orizzontale tale da controllare la propensione dell'ammasso alla «sfogliazione» per piani verticali.

**SOMMA URGENZA S.S. 421 – SAN LORENZO IN BANALE
GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO**



SOMMA URGENZA S.S. 421 – SAN LORENZO IN BANALE GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO



Si procedeva quindi alla tirantatura delle porzioni meridionali del sistema multistrato caratterizzate dal minimo grado di confinamento (zona di affioramento delle «testate»); l'aumento della resistenza globale data dal confinamento sul piano orizzontale si ripercuote quale fattore stabilizzante sulle porzioni retrostanti; date le scarse condizioni di competenza della matrice rocciosa i carichi vengono distribuiti mediante l'adozione di travi in ferro prefabbricate cui afferiscono tiranti da 15m di lunghezza (Dywidag 26.5mm); spostandosi verso nord e grazie ad un lento ma progressivo approfondimento delle porzioni cataclastiche più compromesse si poteva procedere alla sola bullonatura profonda della superficie (L=6m).

Grazie per l'attenzione