

Ancona, 10 giugno 2016



# La Grande Frana del 1982

Caratterizzazione del sito  
Sistema di Early Warning

Stefano Cardellini



Comune di Ancona

Centro di monitoraggio  
frana di Ancona



# Inquadramento Geografico



# La Grande Frana di Ancona (1982) – la Storia...

**Notte del 12 Dicembre 1982**

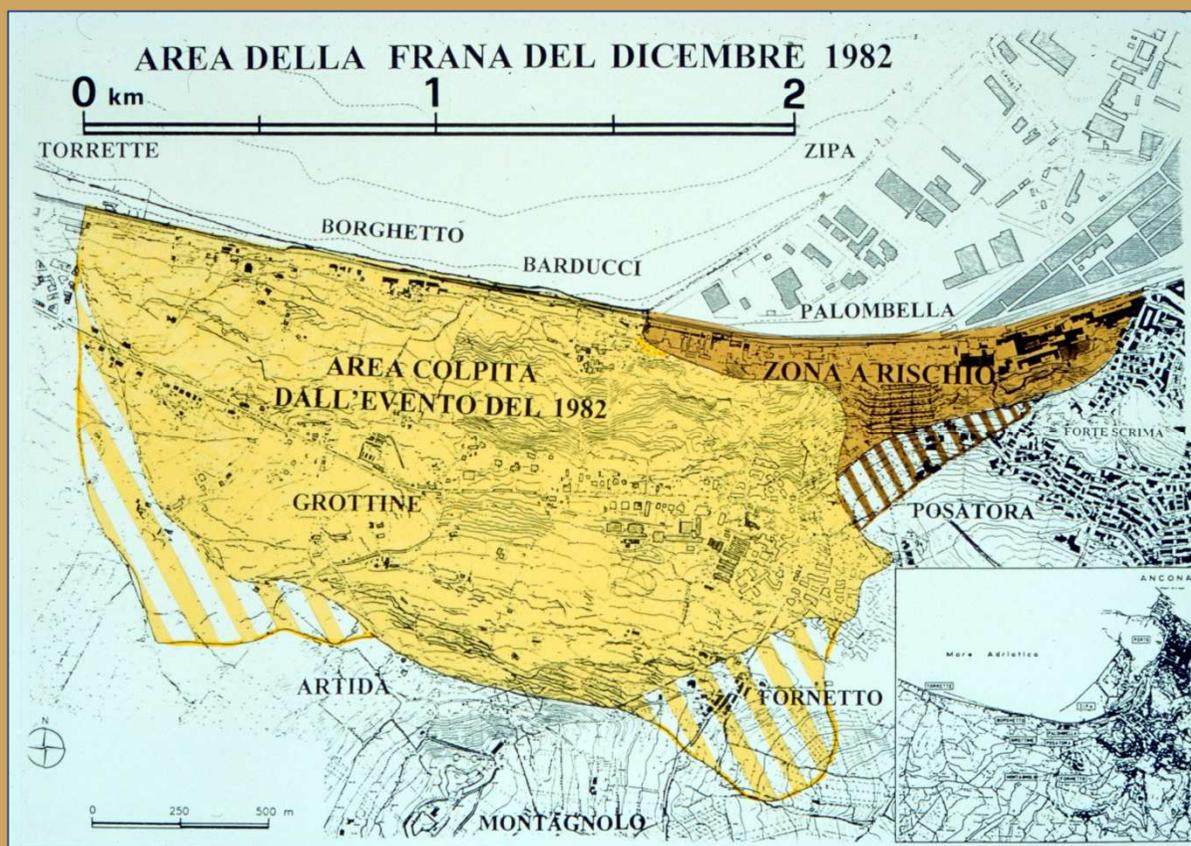


la collina "Montagnolo" inizia a scivolare verso il mare

**Mattino del 13 Dicembre 1982**



**... il disastro**



**Estensione** ≈ 220 ettari  
(circa 11% dell'area urbana della città di Ancona)

**Area interessata dal dissesto:**  
versante settentrionale del Montagnolo da quota 170 m circa fino al mare

**Profondità massima dell'ammasso coinvolto dal dissesto:** 100 metri



# La Grande Frana di Ancona (1982) – la Storia...



**3.661 persone evacuate**



**1562 persone** furono alloggiati in albergo o in residenze messe a disposizione dagli Enti preposti



**500 persone** persero il proprio lavoro



**Fortunatamente non ci furono vittime...**



# La Grande Frana di Ancona (1982) – la Storia...

**280 case distrutte o danneggiate (un totale di 865 residenze)**



# La Grande Frana di Ancona (1982) – la Storia...



Irreparabilmente distrutti gli Edifici che ospitavano la **Facoltà di Medicina, l'Ospedale Oncologico e Geriatrico** e la casa di riposo "Tambroni"



# La Grande Frana di Ancona (1982) – la Storia...



**Linea Ferroviaria Milano - Lecce (Adriatica) e la strada regionale **Flaminia** danneggiate ed impraticabili**



**Forniture di Gas e Acqua interrotte**



# Analisi del Dissesto ed Interventi

Numerosi interventi furono realizzati dopo l'evento:

1982 (evento): Mettere al sicuro la popolazione

1983 Demolizione degli edifici inagibili

1984 **Legge 156/83** contributo speciale per provvedere agli interventi resi necessari dai movimenti franosi

1983 La legge regionale 26 Dicembre 1983 n.41 e successive modificazioni definisce le concessioni delle provvidenze in favore delle popolazioni sulla frana di Ancona

1986 **Legge n.879 del 01.12.1986** completamento delle opere di risanamento e recupero dell'area colpita dal movimento franoso

1987 **Legge n.120 del 23.03.1997** è stata disposta una spesa per l'assistenza ai cittadini del Comune di Ancona

1983-1995 Campagne di indagini geologiche e geotecniche per la ricostruzione dei meccanismi di attivazione della frana allo scopo di progettare opportunamente le opere di consolidamento

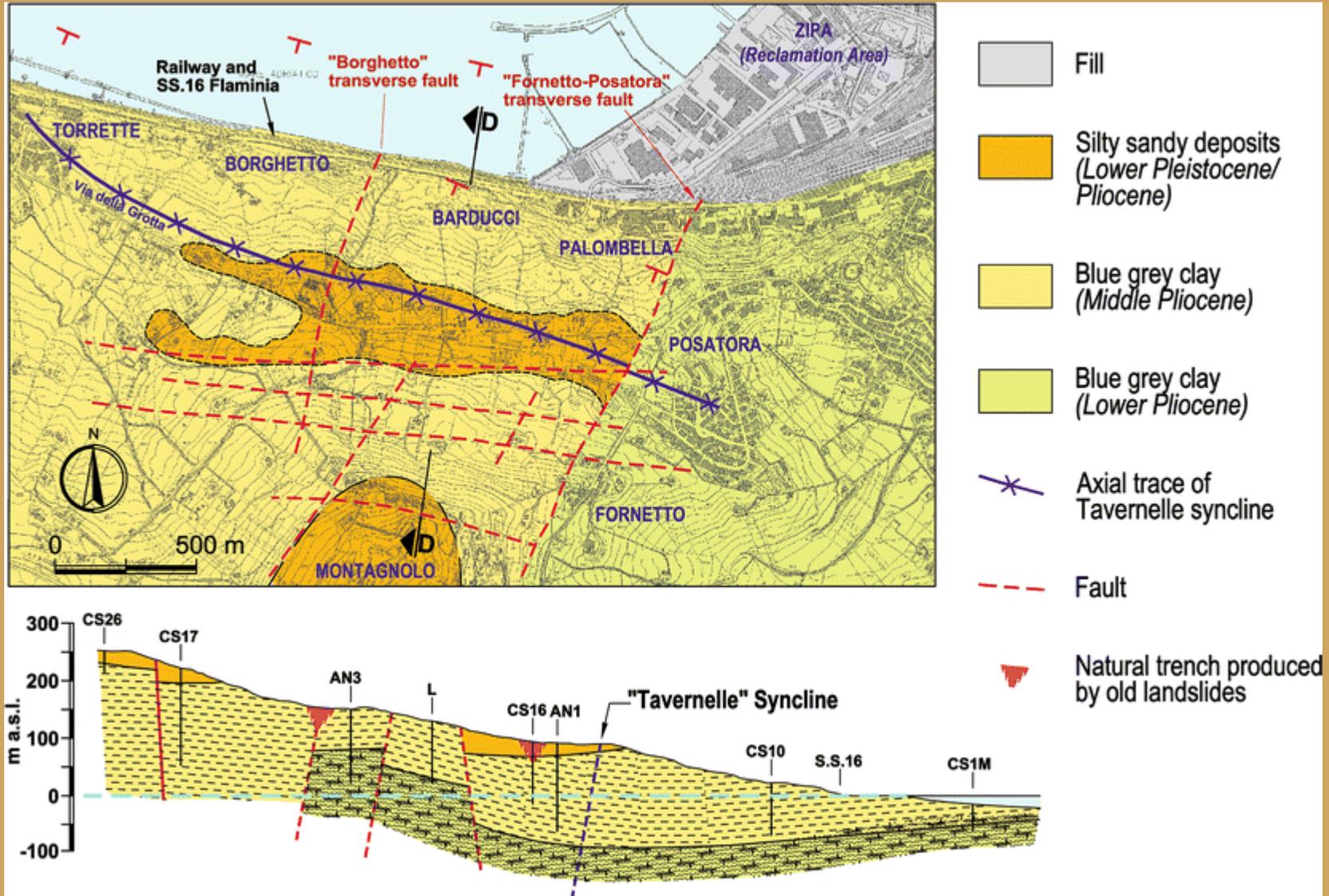
1994 **L.R. n. 36 del 29.08.1994** finanziamento straordinario per il completamento degli interventi

1995 Conclusione progettazione delle opere di consolidamento e inizio della loro realizzazione

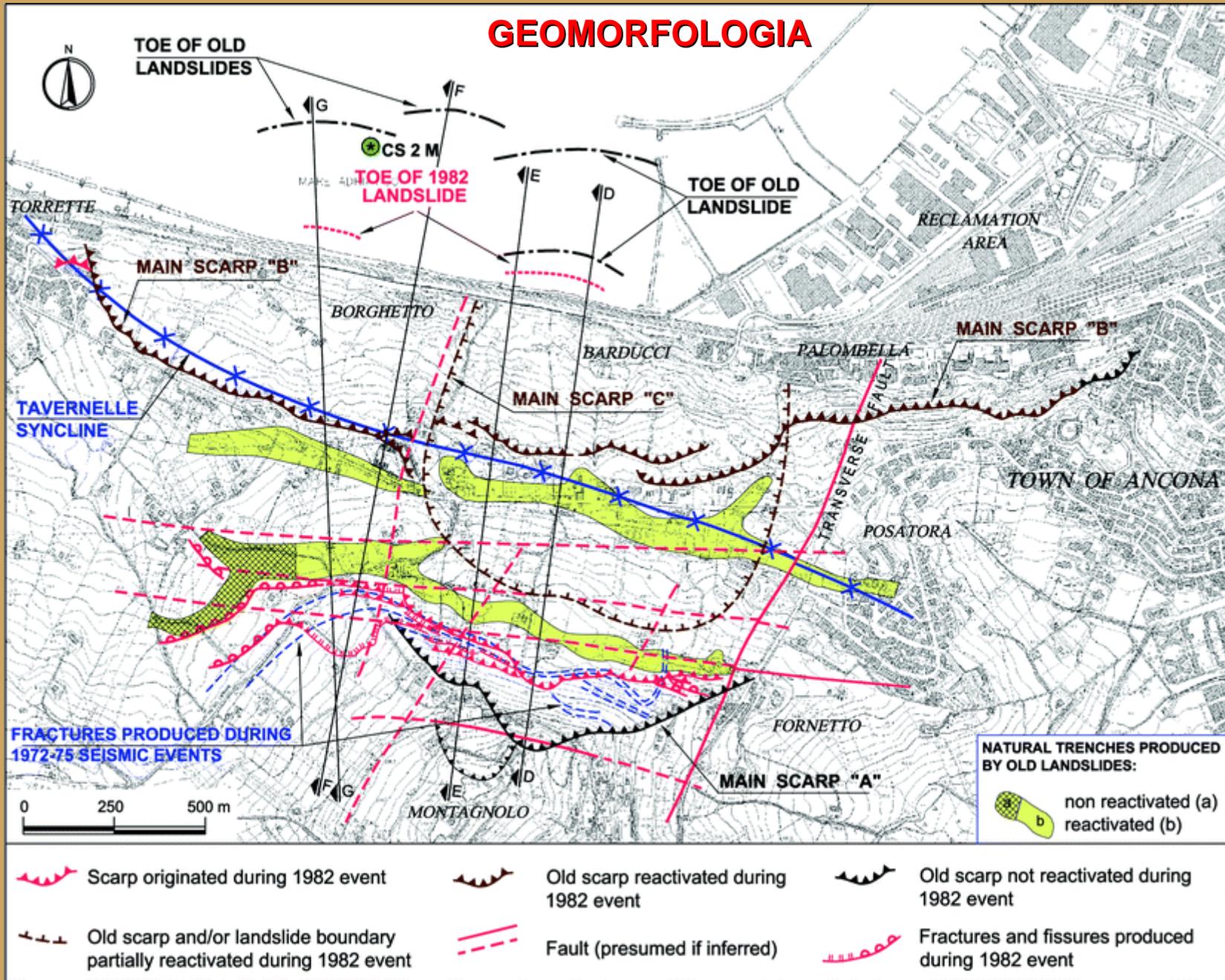
1997 **L.R. n. 55 del 02.09.1997** è stato previsto che lo stesso comune di Ancona provvedesse alla progettazione, all'esecuzione nonché all'approvazione delle opere di consolidamento

2002 La legge regionale 03 Aprile 2002 n.5 integra la legge su citata negli articoli 1 - 2 al fine della abitabilità monitorata

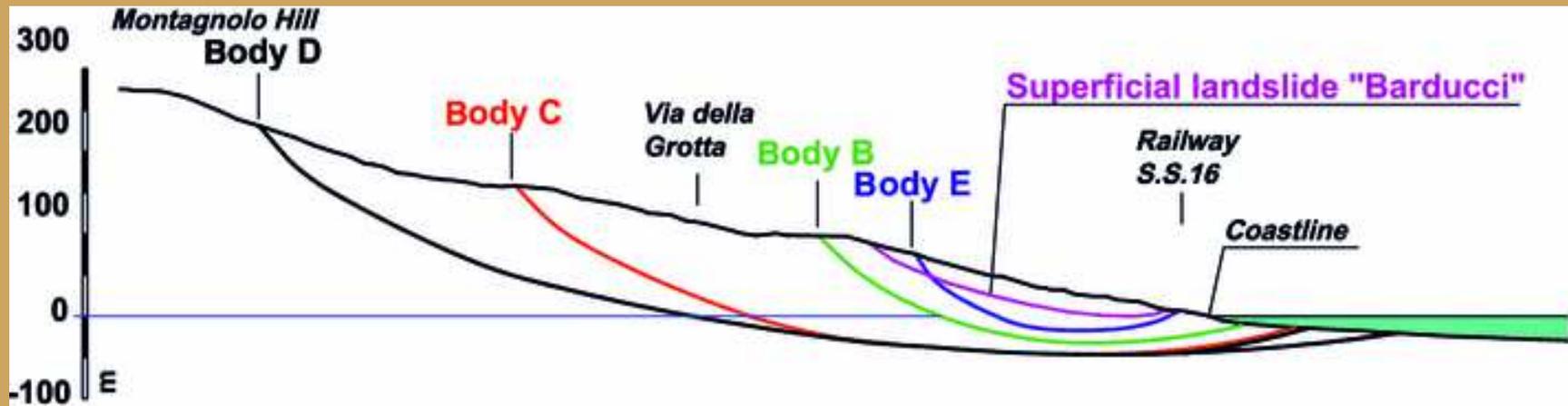
# GEOLOGIA



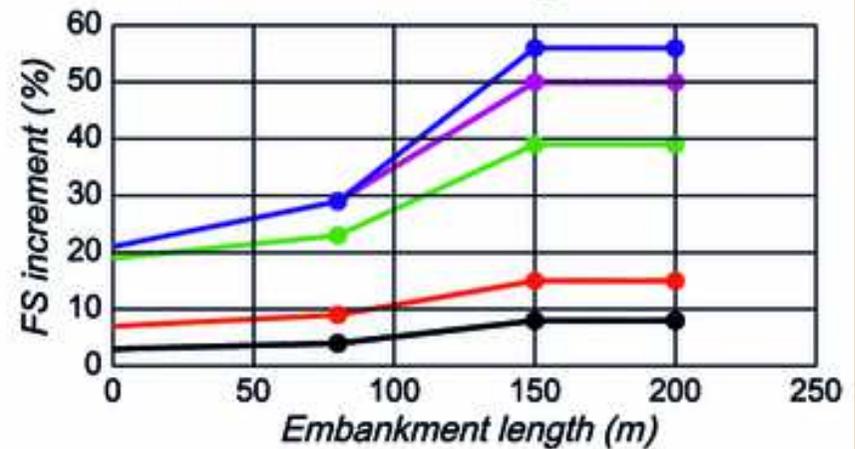
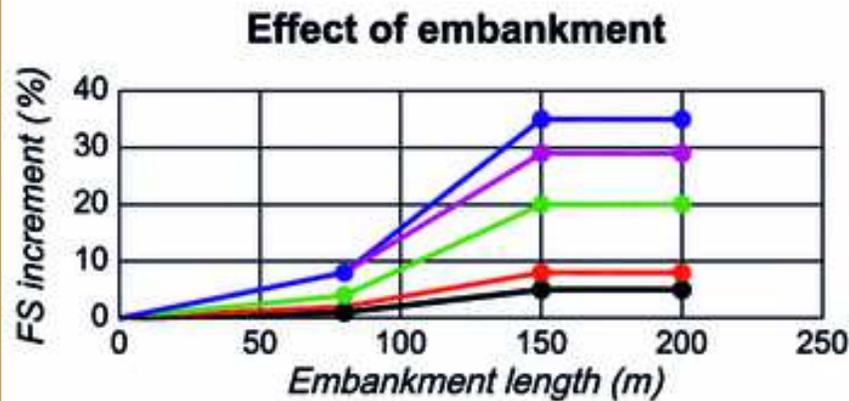
# GEOMORFOLOGIA



# COEFFICIENTI SICUREZZA CALCOLATI



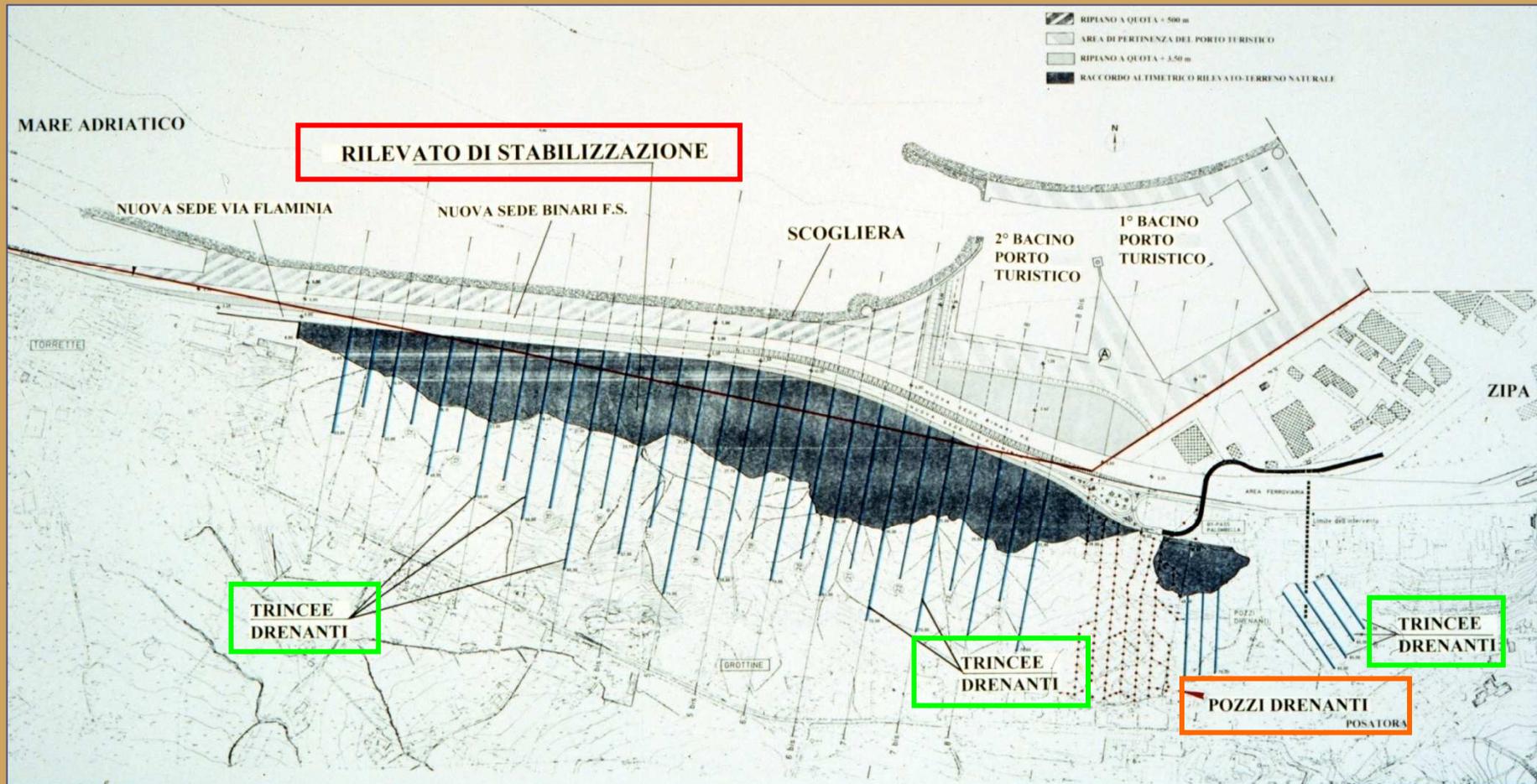
**Combined effect of embankment and drainage**



- Body "B"
- Body "C"
- Body "D"
- Body "E"
- Superficial landslide

# Analisi del Dissesto ed Interventi

1995-2000: Disegno preliminare per il consolidamento della frana



**Progetto di Ricerca Scientifica**  
**STUDIO E MONITORAGGIO GEOFISICO DEI FENOMENI FRANOSI**  
**NELL'AREA DI ANCONA**

**Comune di Ancona**

-

**Università di Milano**  
**Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale**  
**Società Tele-Rilevamento Europa**

**Obiettivi del progetto**

Nell'ambito degli approfondimenti scientifici intrapresi dal  
Comune di Ancona il progetto ha lo scopo di  
*“ comprendere la geometria del corpo franoso lungo una direttrice circa  
ortogonale alla costa e di monitorarne i suoi movimenti orizzontali e verticali”.*

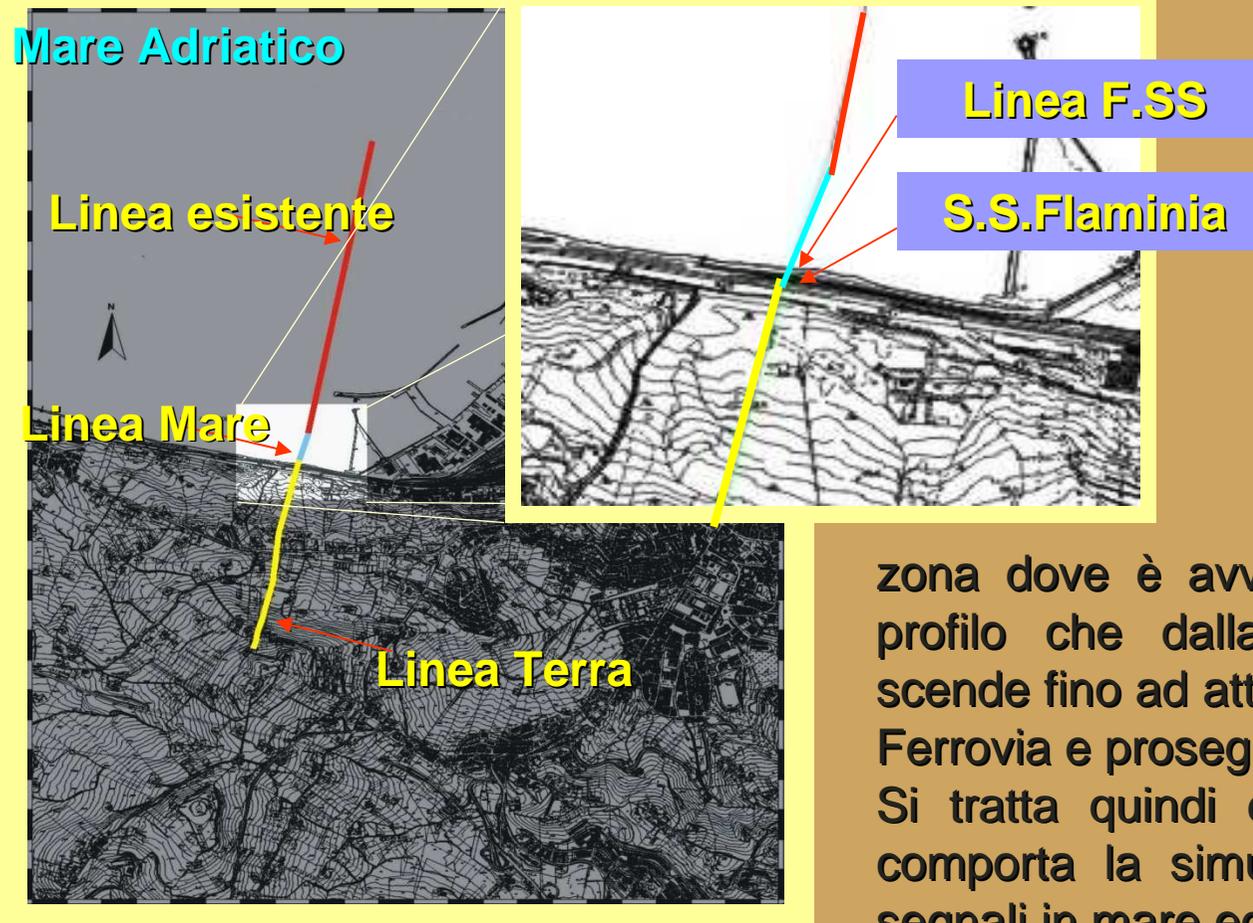
**Metodologie impiegate**

**SISMICA A RIFLESSIONE AD ALTA RISOLUZIONE**  
**INTERFEROMETRIA RADAR DA SATELLITE**



# Progetto di Ricerca Scientifica

## STUDIO E MONITORAGGIO GEOFISICO DEI FENOMENI FRANOSI NELL'AREA DI ANCONA



zona dove è avvenuta l'indagine sismica  
profilo che dalla zona del Montagnolo  
scende fino ad attraversare la Flaminia e la  
Ferrovia e prosegue per un tratto a mare  
Si tratta quindi di una acquisizione che  
comporta la simultanea registrazione dei  
segnali in mare ed in terra

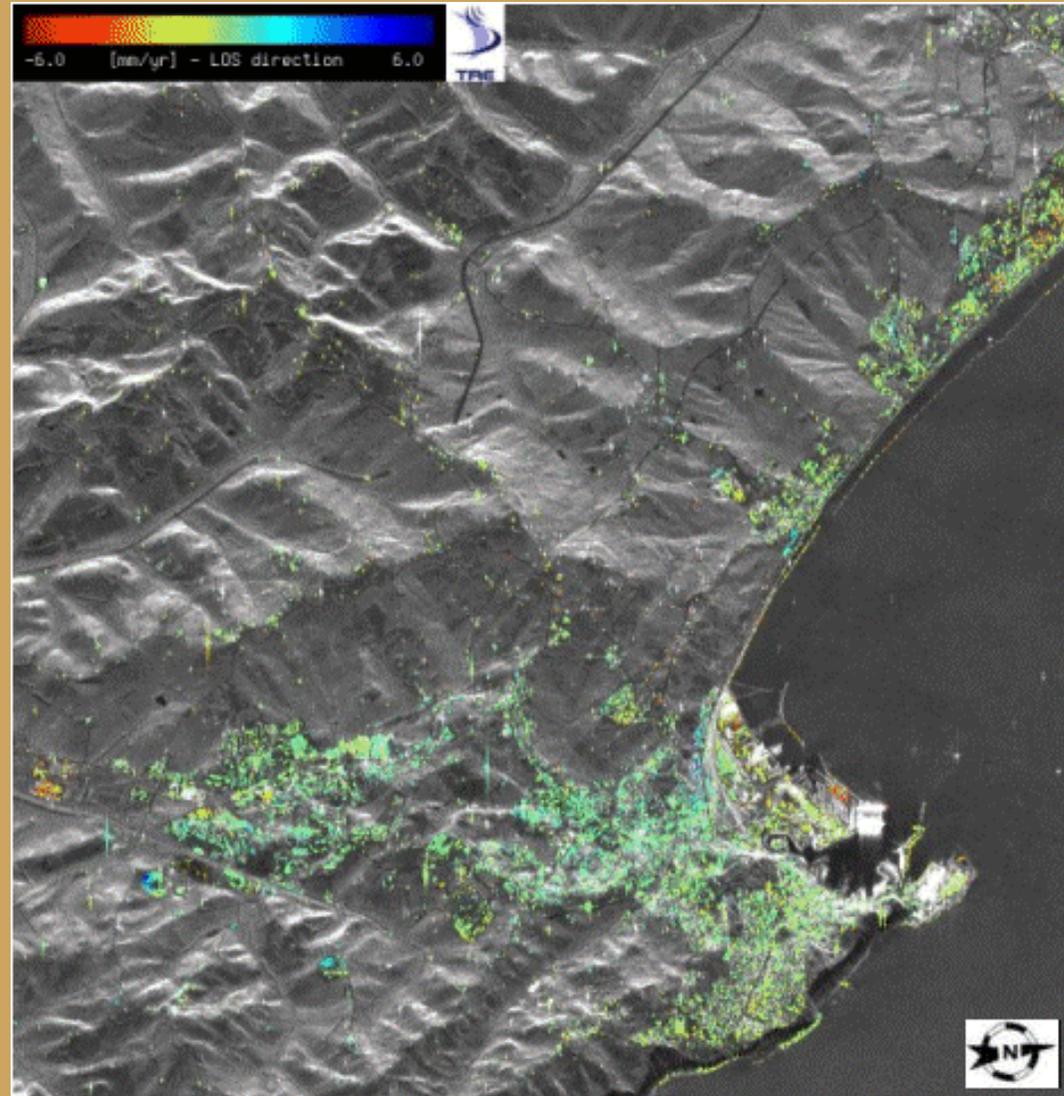


# Progetto di Ricerca Scientifica

## STUDIO E MONITORAGGIO GEOFISICO DEI FENOMENI FRANOSI NELL'AREA DI ANCONA

### Interferometria radar da satellite

I satelliti ERS della Agenzia Spaziale Europea orbitano intorno alla Terra a partire dal 1991 e passano al di sopra della nostra zona con un periodo di circa 30 giorni, ad una quota di circa 800 km. Le orbite sono sia ascendenti (da sud verso nord) che discendenti (da nord verso sud).

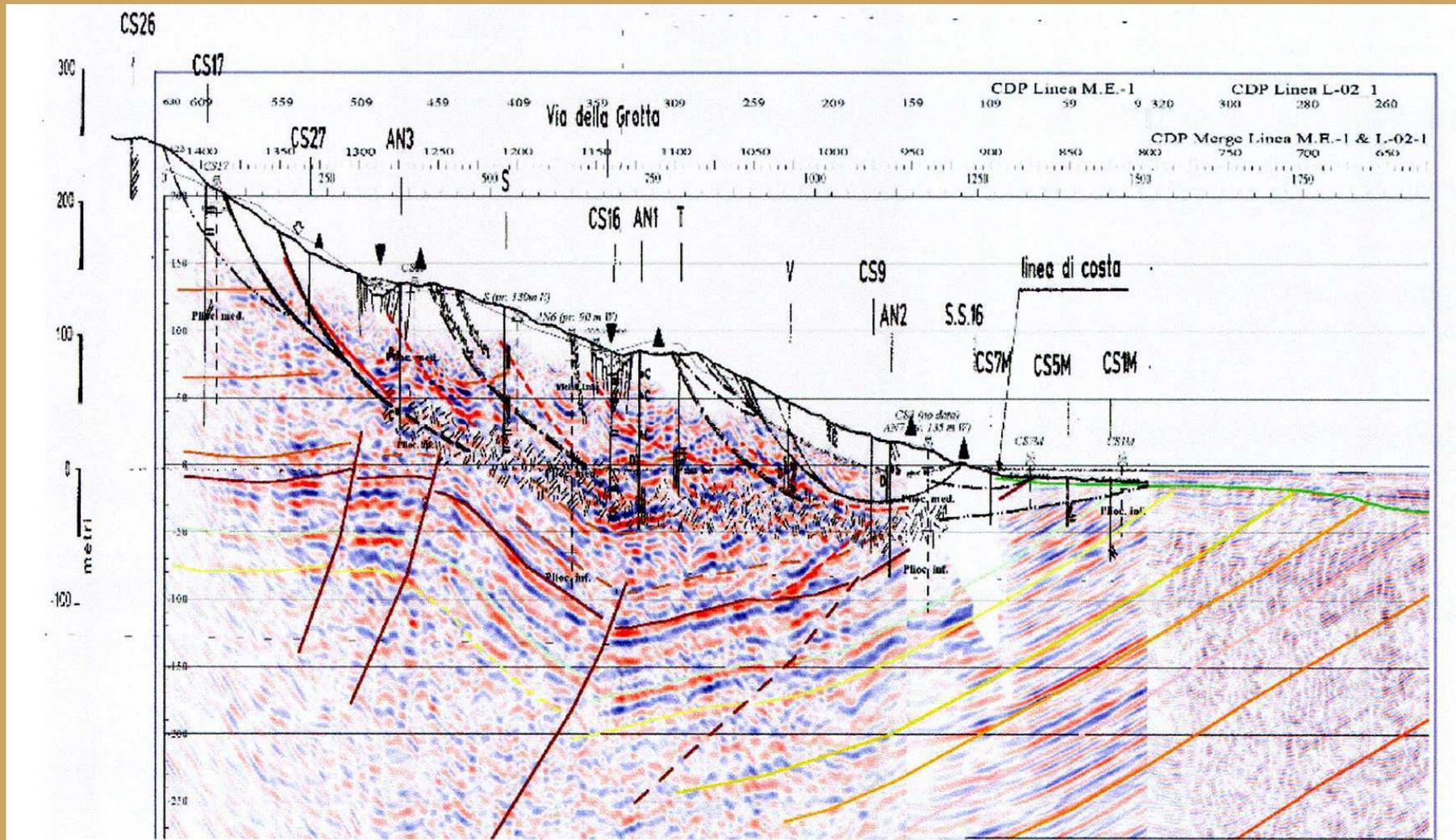


Centro di monitoraggio  
frana di Ancona



# Analisi del Dissesto ed Interventi

Quadro di Unione della Sezione Sismica: M.E.-1+ L-02 + Sezione Geomorfologica D "Montagnolo"



**Progetto di Ricerca Scientifica**  
**STUDIO DEL PIEDE DELLA FRANA DI ANCONA**  
**ZONA A MARE**

Comune di Ancona

-

Università di Firenze  
Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale

**Obiettivi del progetto**

Nell'ambito dello studio dell'ampliamento del porto di Ancona per l'Autorità portuale il progetto ha lo scopo di  
“ *comprendere la geometria del corpo franoso a mare per definire la fattibilità del l'ampliamento del porto di Ancona nell'area antistante la frana*”.

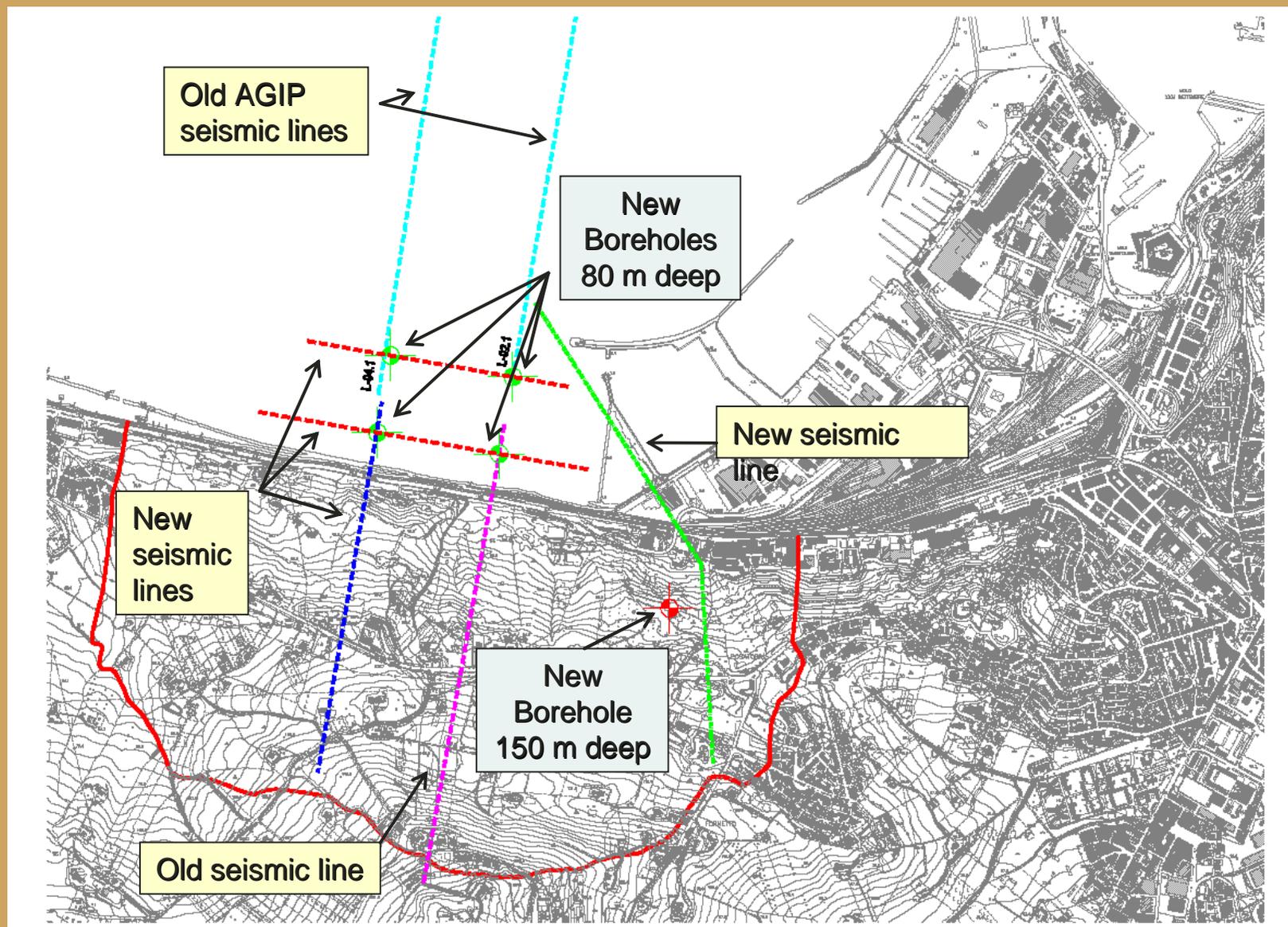
**Metodologie impiegate**

**SISMICA A RIFLESSIONE AD ALTA RISOLUZIONE**  
**SONDAGGI A MARE**



# Giugno-Settembre 2011

analisi e introspezioni per individuare il piede della frana



# Giugno – Settembre 2011

analisi e introspezioni per individuare il piede della frana



## Seismic investigations

Seismic on ground



Offshore seismic



Passive seismic



## Stratigraphical investigations

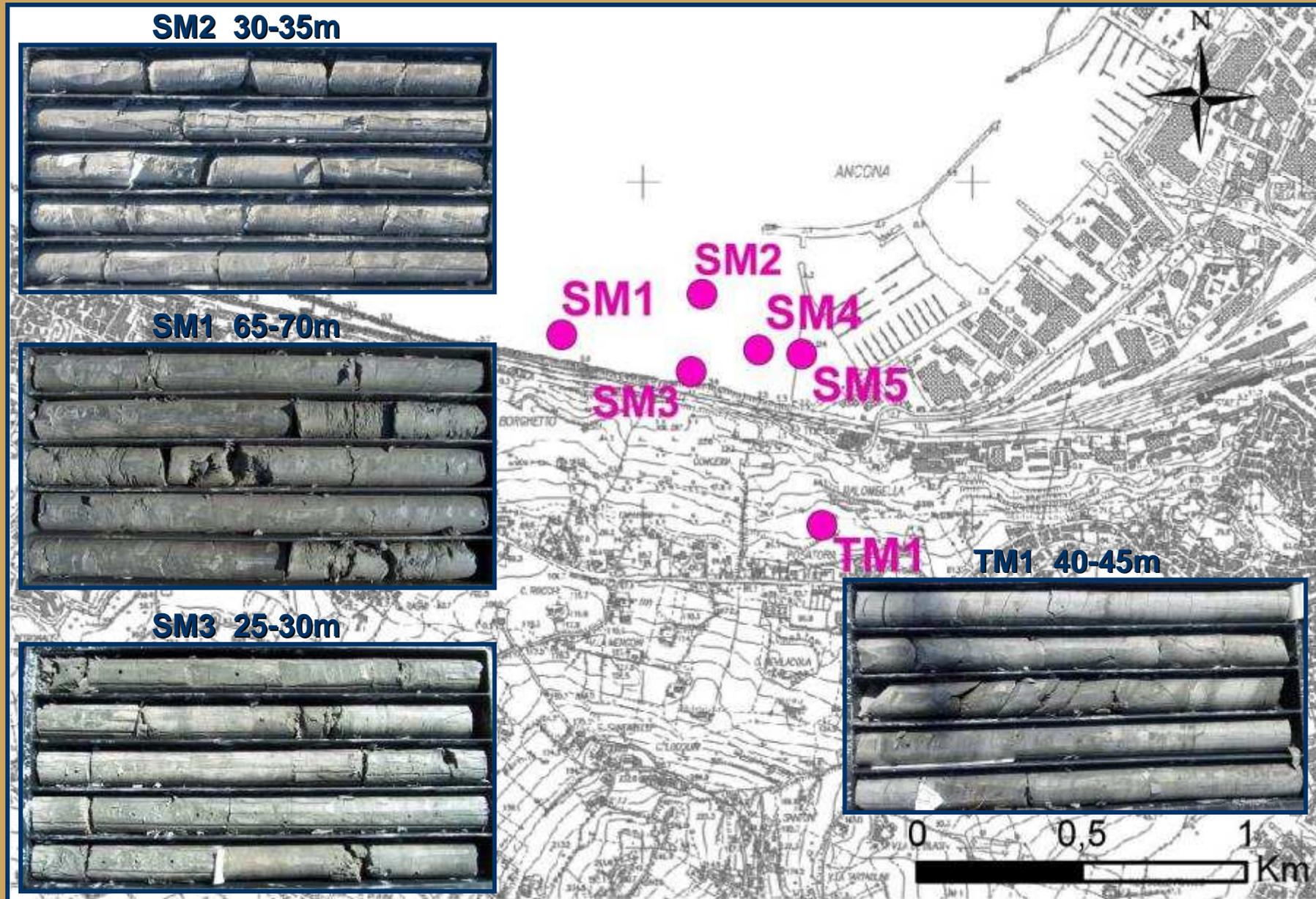
Borehole  
150 m deep



4 Boreholes  
80 m deep



# Sondaggi 2011 – argille plioceniche



**giugno - settembre 2011**

**analisi geologiche per l'identificazione del piede della frana**

**Sismica passiva con singola stazione**



- **performed 249 single station microtremor measurements**



# Giugno – Settembre 2011

analisi e introspezioni per individuare il piede della frana

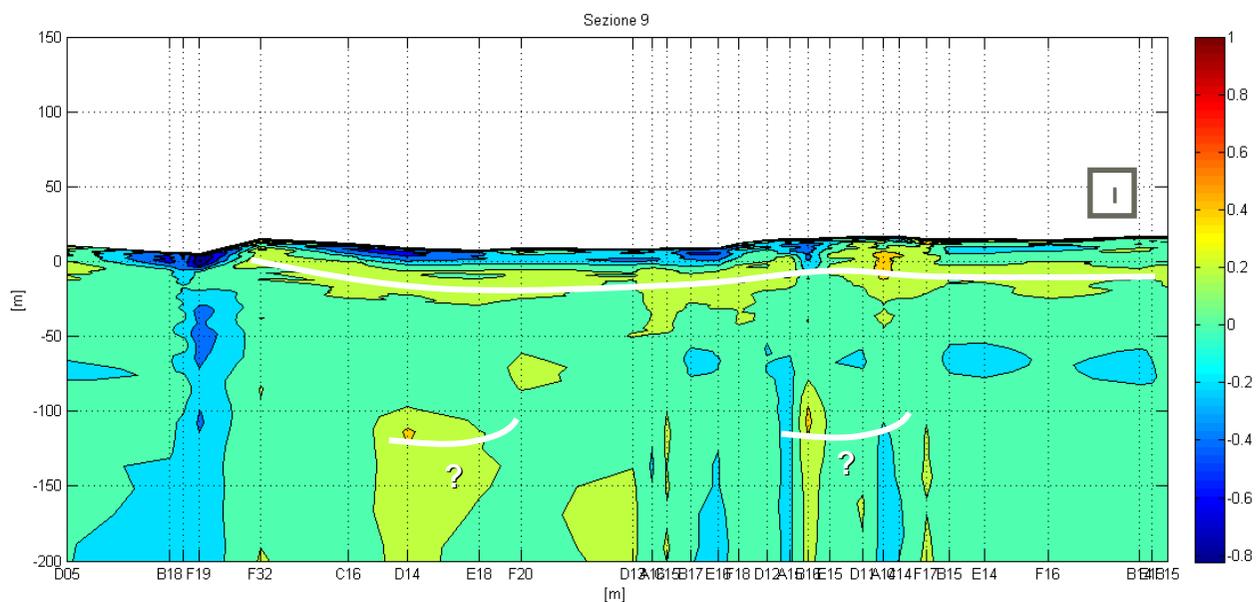


ESEMPIO sismica con tromino

Section n.9

Continuous seismic reflector at 25 – 30 m depth

Little marked seismic reflector at 130 m depth



Ancona Monitoring Centre



# Giugno – Settembre 2011

analisi e introspezioni per individuare il piede della frana  
Sismica a riflessione



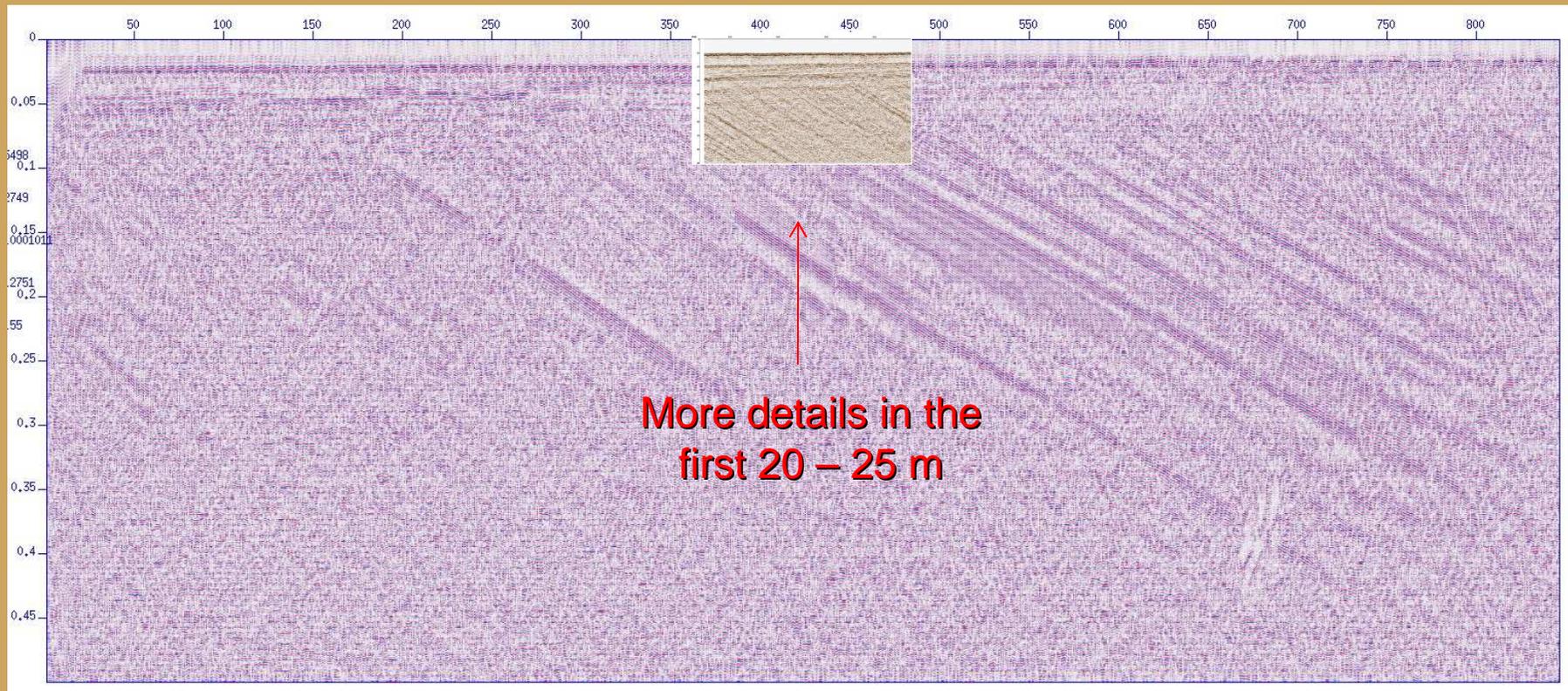
## geological investigations for the identification of the landslide toe



**June - September 2011**

**geological investigations for the identification of the landslide toe**

**Confrontation and integration  
Seismic reflection with high resolution seismic Boomer**



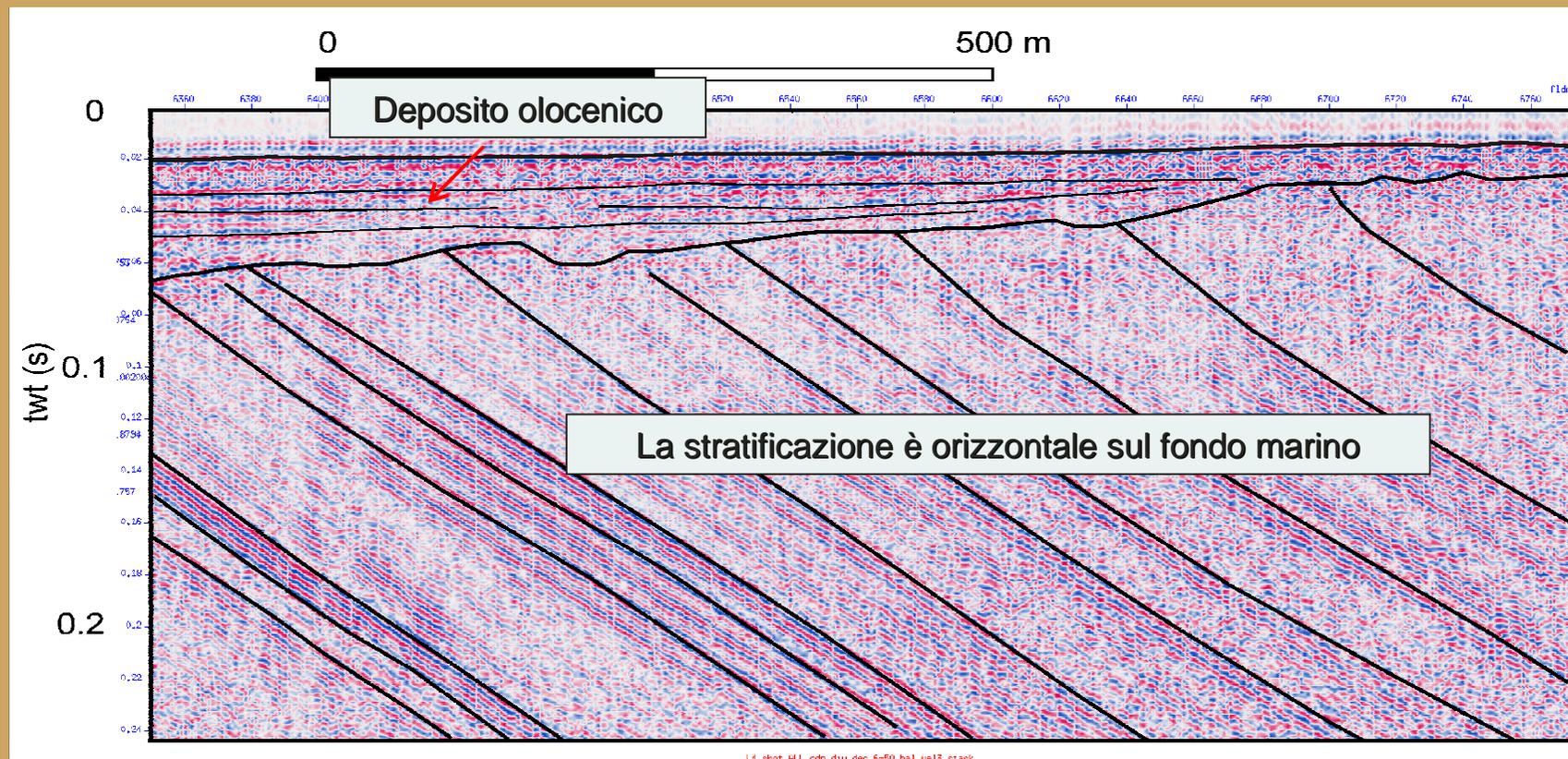
**More details in the  
first 20 - 25 m**



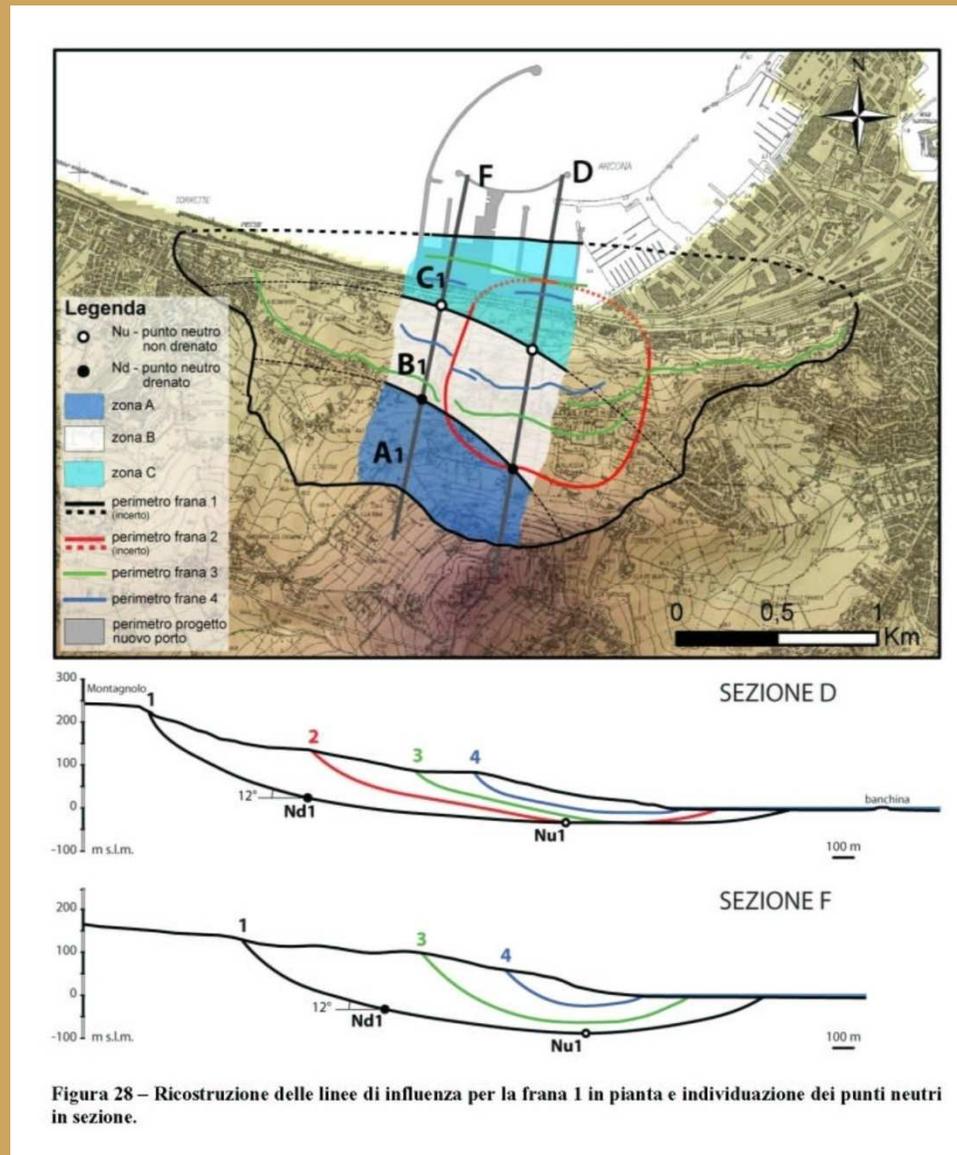
# Giugno – Settembre 2011

analisi e introspezioni per individuare il piede della frana

## Esempio: linea sismica L4 interpretazione



# FASCE DI INFLUENZA e nuovo perimetro da studiare



# CONCLUSIONI

4 superfici di scivolamento principali con profondità da max 110 m min 30 m

- a) l'unghia della superficie 1 a 300 m dalla linea di costa (no 1982)
- b) l'unghia della Superficie 2 a 140 m dalla linea di costa (no 1982)
- c) l'unghia della Superficie 3 a 110 m dalla linea di costa (no 1982)
- d) l'unghia della Superficie 4 a 40 m dalla linea di costa

Fra i vari scenari ipotizzati quello considerato più verosimile è lo scenario 5  
parametri geotecnici residui ( $\varphi_r=12^\circ$  e  $c'_r=0$  kPa)  
parametri intermedi fra quelli di picco e quelli residui nell'intorno  
( $\varphi_r=17^\circ$  e  $c'_r=10$  kPa).

Si ottiene:

Stabilità pendio prossima all'equilibrio limite  $F=1$  o di poco superiori

Quindi **il versante non è in condizioni di stabilità**  
come tra l'altro confermato dai risultati del monitoraggio strumentale  
(movimenti millimetrici lenti, continui ed intermittenti).



## 2000-2008, ...early warning system

Le indagini geologiche e geotecniche portarono alla conclusione che **il consolidamento risultava inaccettabile**, sia per le ingenti somme da stanziare che per il forte impatto ambientale che tali opere avrebbero generato stravolgendo lo stato dei luoghi in modo sostanziale (rilevato a valle di più di 30 m).



Matura così nell'Amministrazione Comunale la convinzione di doversi rapportare al fenomeno franoso con un atteggiamento di possibile "convivenza leggera", ovvero orientato non ad un'eliminazione del rischio, risultato peraltro impossibile anche a fronte di ingenti opere di consolidamento, ma ad una riduzione dello stesso.



# 2000-2008, ... early warning system

**L'Amministrazione Comunale**, a fronte di una situazione nella quale:

**70 abitazioni** comprese nel perimetro della Frana **risultano ancora abitate, nonostante i ripetuti inviti a rispettare le ordinanze di sgombero** suo tempo emanate, ha chiesto alla **Regione Marche** di integrare la legge con:

**prescrizione di una agibilità**  
legata a

- 1. ATTIVAZIONE DI UN MONITORAGGIO IN CONTINUO DELL'AREA IN FRANA CON STRUMENTAZIONE DI TIPO GEODETICO E DI TIPO GEOTECNICO**
- 2. REDAZIONE DI UN PIANO DI EMERGENZA**

(previa distinzione tra gli edifici dichiarati inagibili dalla legge Regionale 41/83 rispetto a quelli in buone condizioni statico-strutturali).

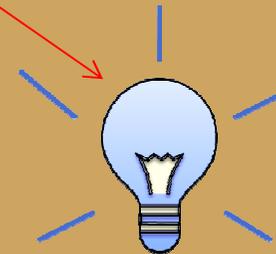


## Costo del consolidamento

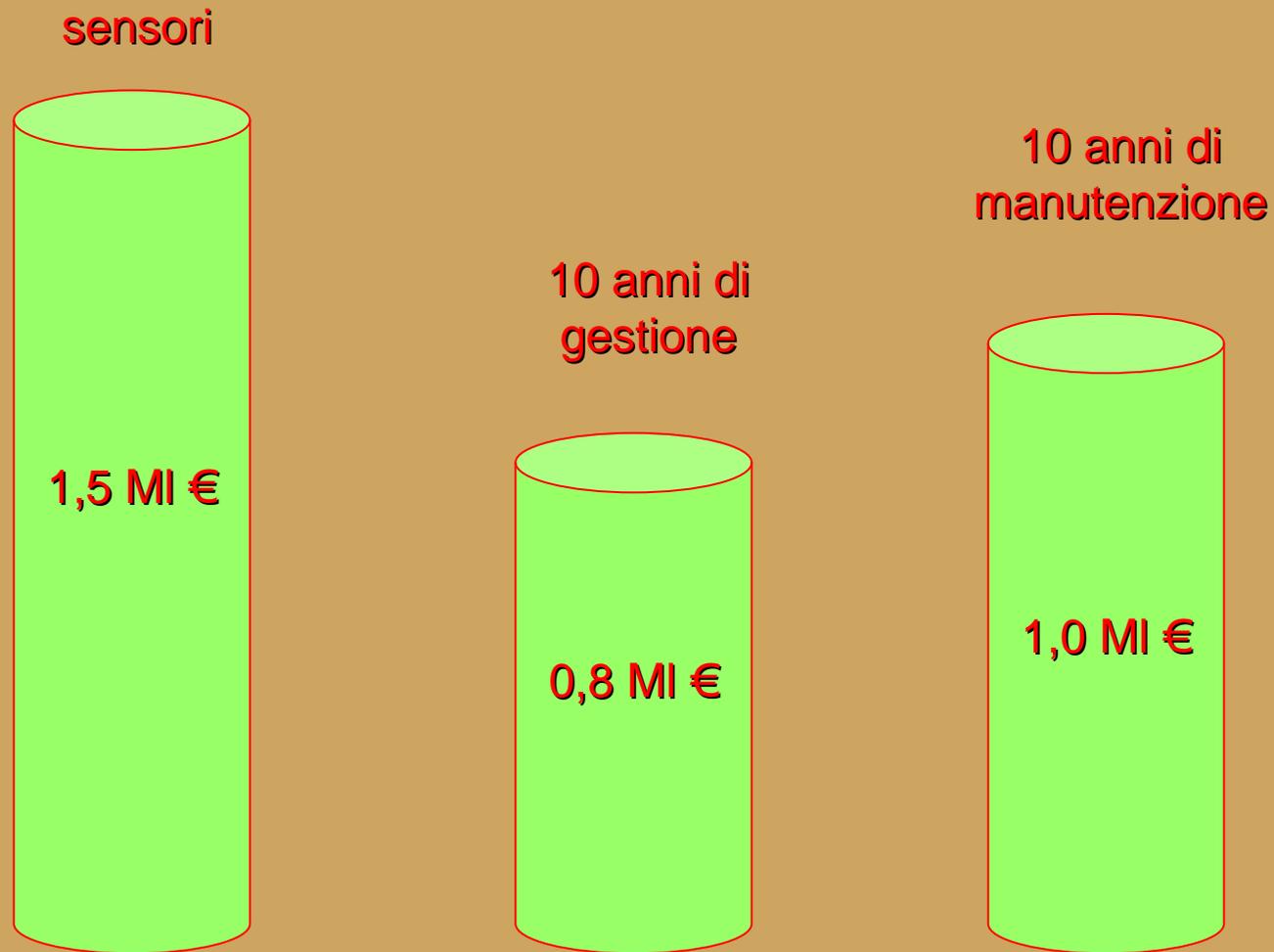
60 ml €

è utile?

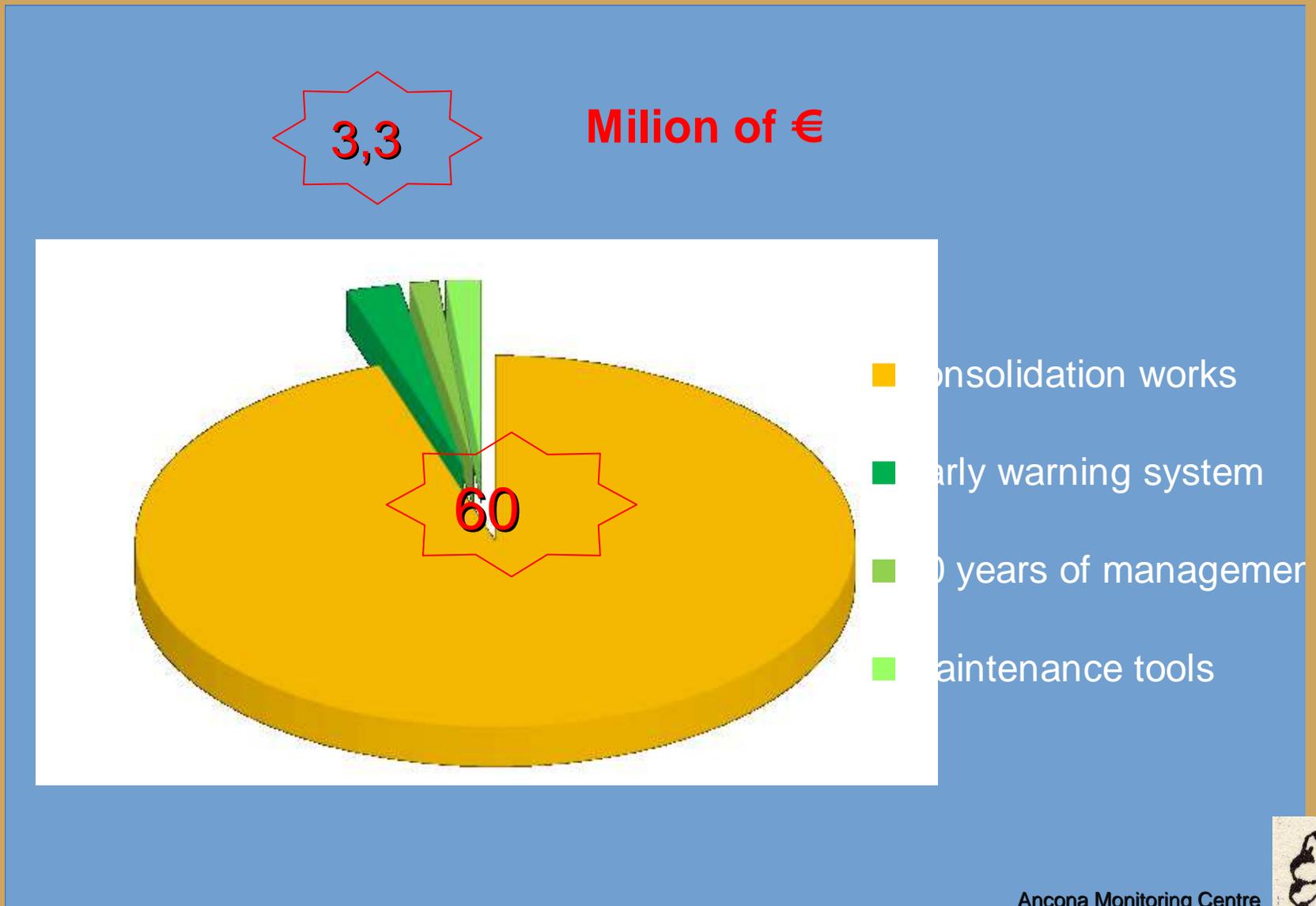
C'è un'alternativa intelligente?



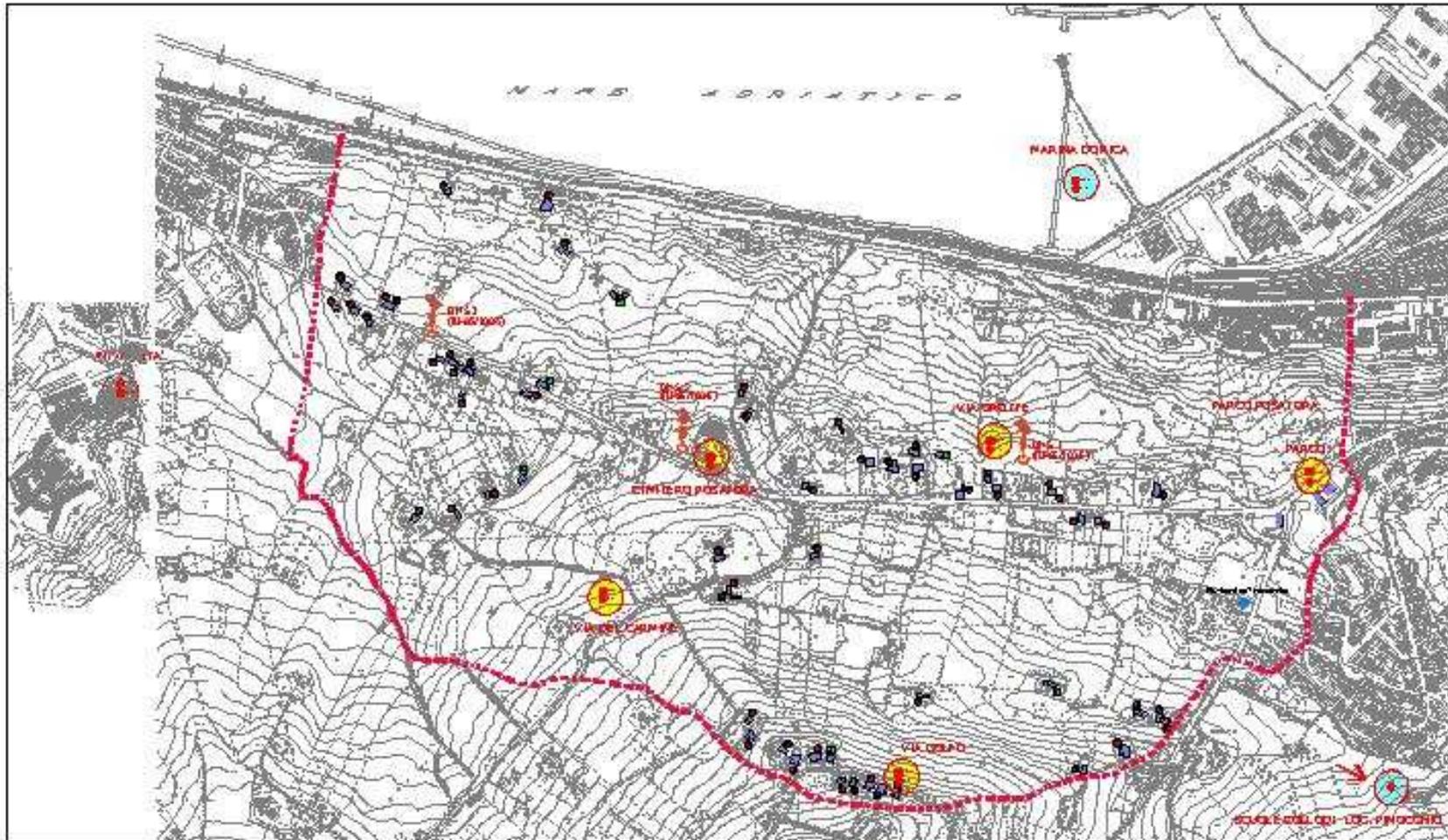
# Costo del Sistema di Early Warning



# Confronto tra i costi del consolidamento e del EWS



# Early warning system



# Sistema integrato di Early warning

## W-Lan data transmission

### AUTOMATIC SURFACE MONITORING OF PRECISION

Composed of:

✓ 8 Total Stations



✓ 34 Geodetic GPS



✓ 33 biaxial inclinometers



### GEOTECHNICAL MONITORING IN CONTINUOUS

✓ n° 3 DMS multiparametric columns

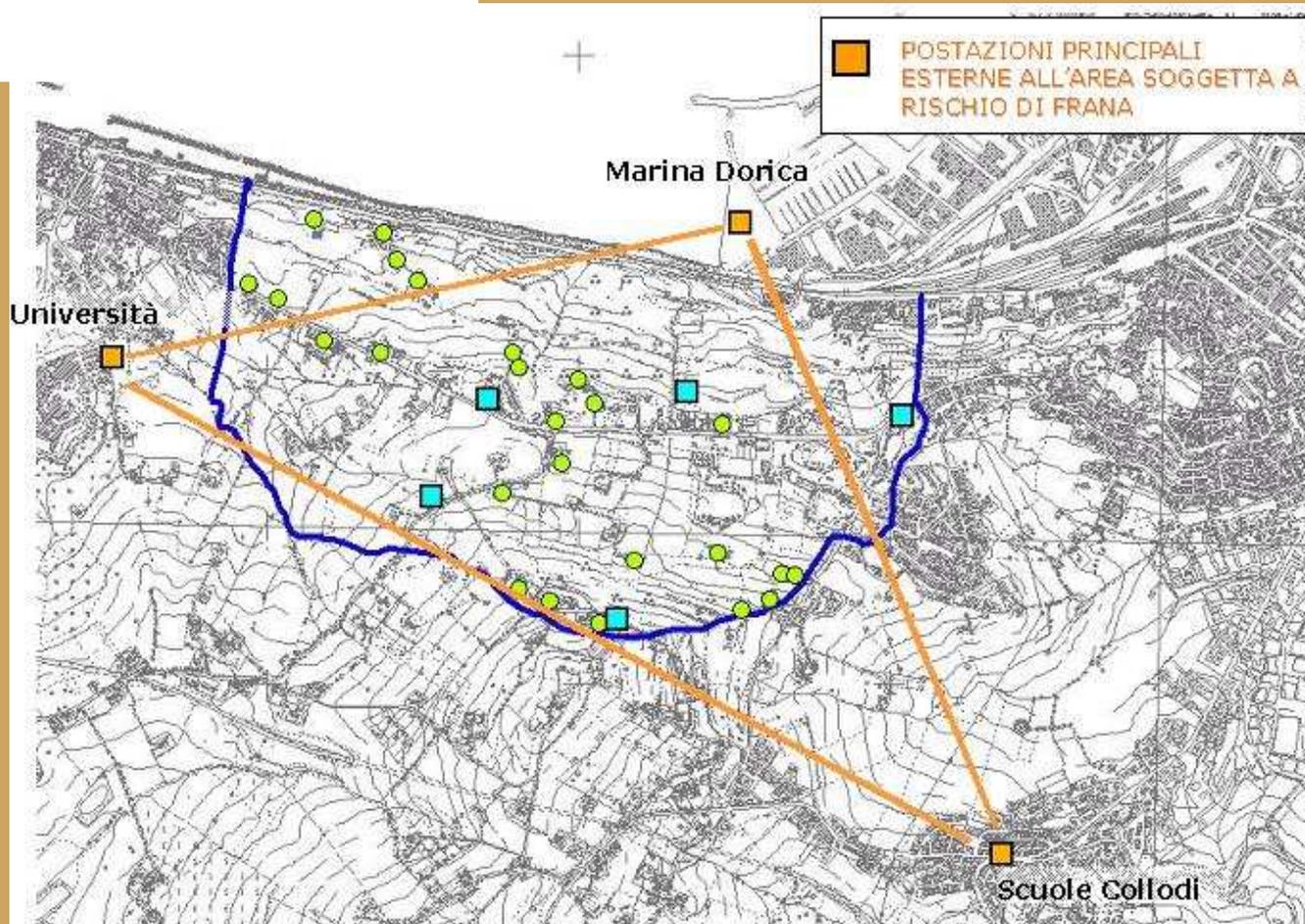


# Early warning system: rete di trasmissione dati



# Surface Early warning system

## Rete di 1° Livello



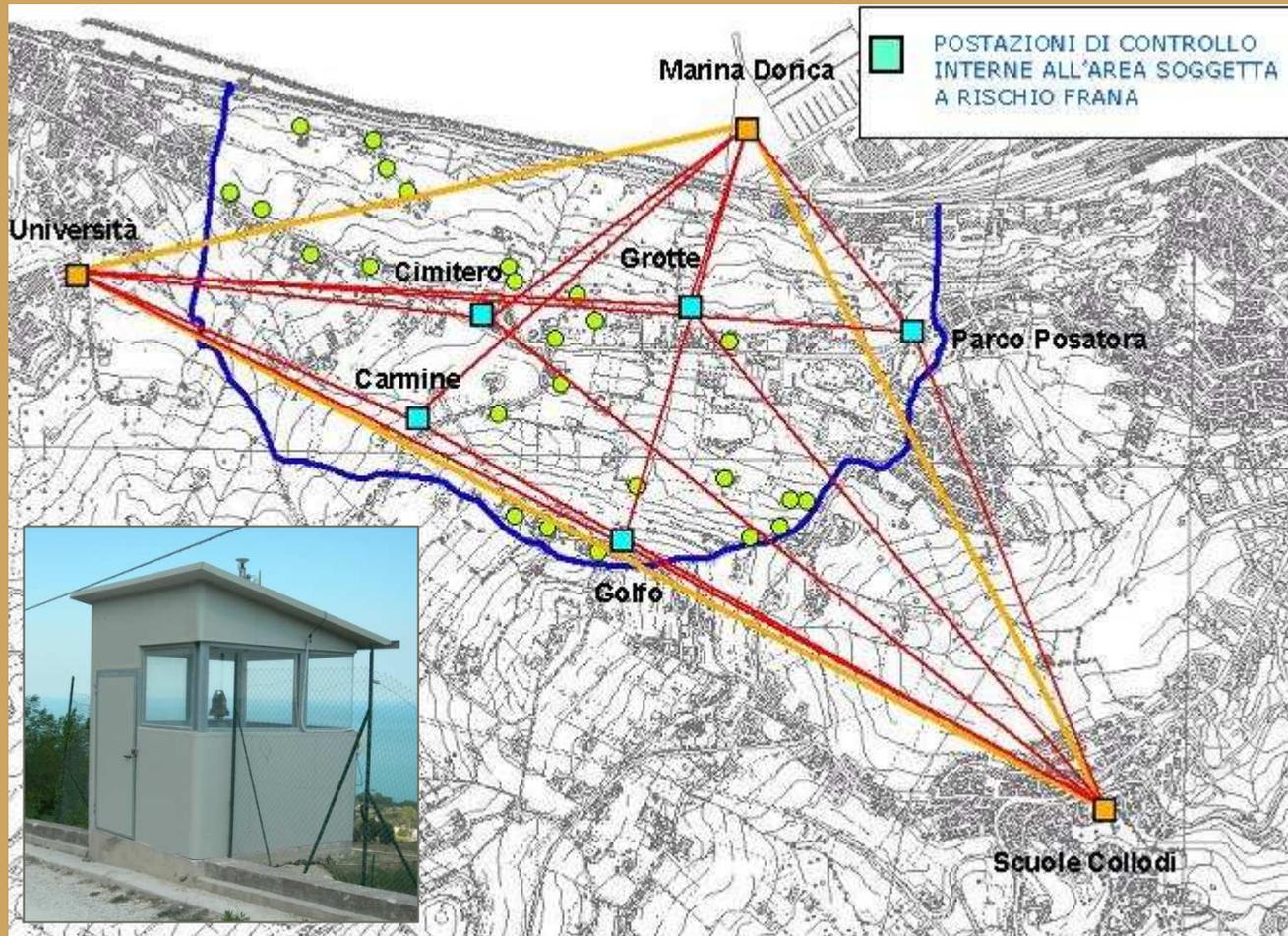
### Strumentazione installata:

- ✓ Sensore GPS GRX1200 a Doppia Frequenza
- ✓ Stazione Robotica TCA2003
- ✓ Inclinometro biassiale NIVEL210



# Surface Early warning system

## Rete di 2° Livello



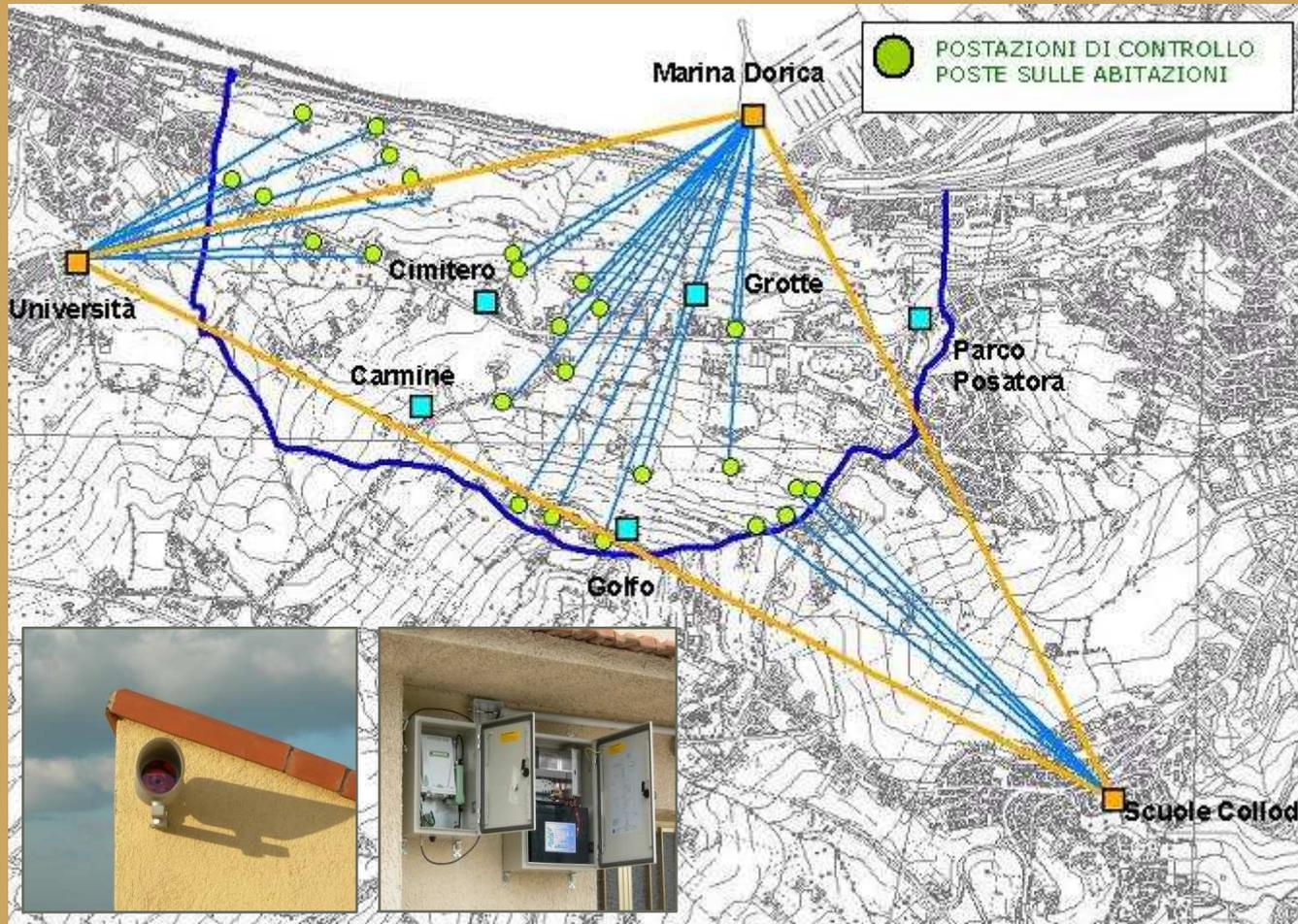
### Strumentazione installata:

- ✓ Sensore GPS GRX1200 a Doppia Frequenza
- ✓ Stazione Robotica TCA2003
- ✓ Inclinometro biassiale NIVEL210



# Surface Early warning system

## Rete di 3° Livello



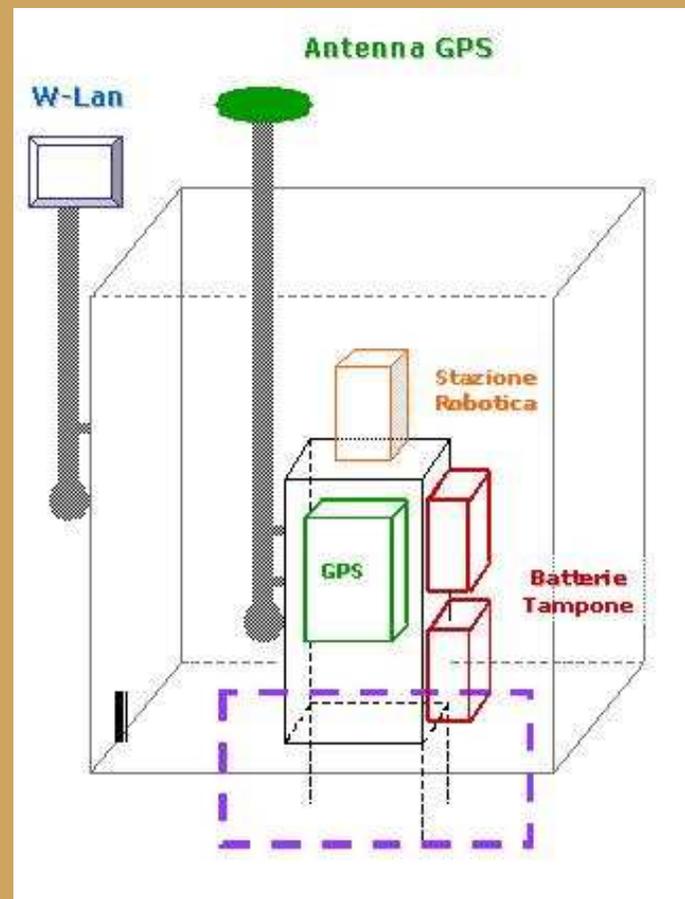
### Strumentazione installata:

- ✓ Sensore GPS GX1210 a Singola Frequenza
- ✓ Prismi da monitoraggio



# Early warning system di superficie

la costruzione



# Early warning system di superficie

i sensori

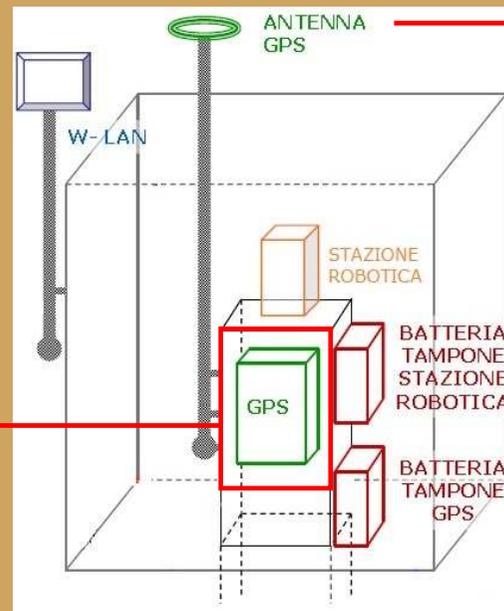
## Strumentazione installata:

- ✓ Sensore GPS GRX1200 in singola e doppia frequenza

Tempo di campionamento: 6 h (4 sessioni giornaliere)

doppia frequenza: mains e reference stations

singola frequenza: punti di misura (case, strutture)



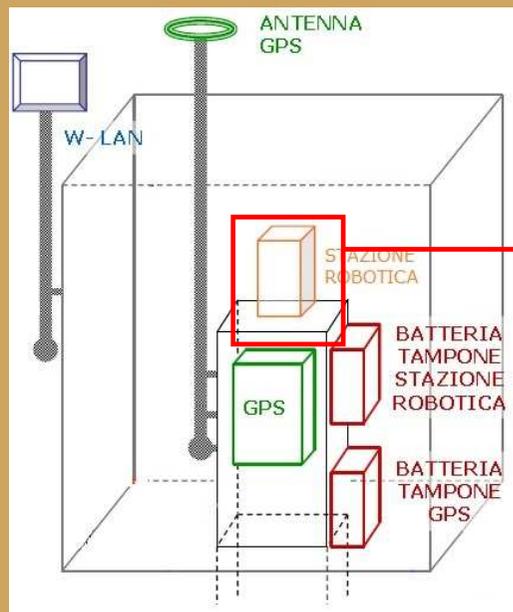
# Early warning system di superficie

i sensori

## Strumentazione installata:

- ✓ Stazione robotizzata TCA2003

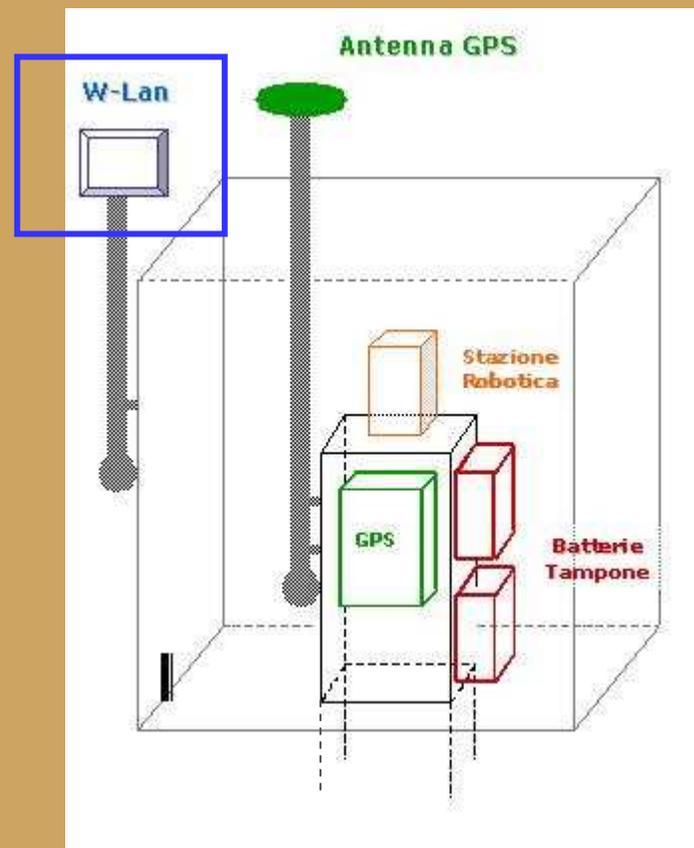
Operazioni (cicli di misura ogni 2 ore)  
ogni singolo strumento è puntato su una serie di "prismi passivi" posizionati sulle case site nell'interno dell'area in frana.



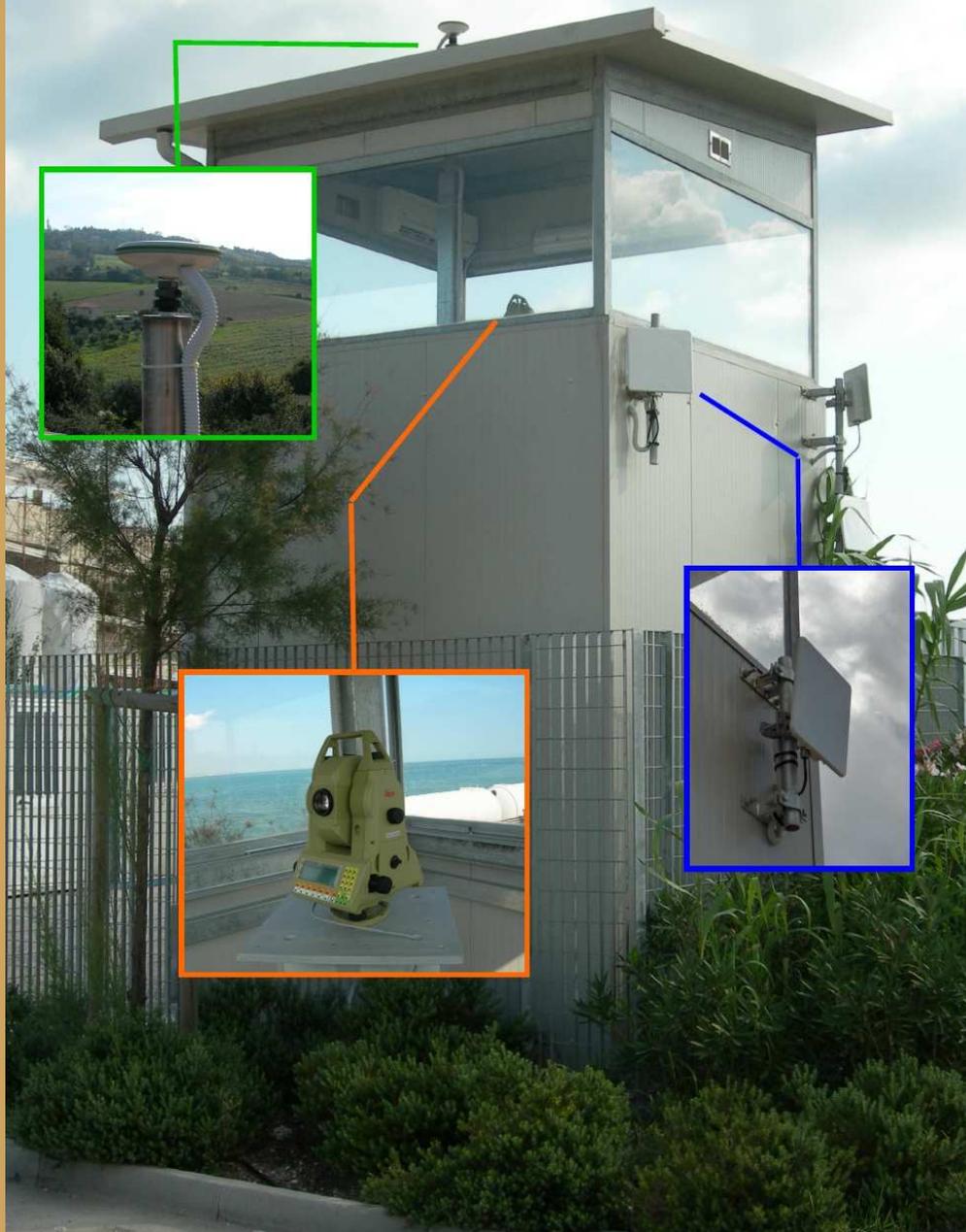
# Early warning system: rete di trasmissione dati



**W-Lan  
antenna**



## SISTEMA DI MONITORAGGIO DI SUPERFICIE DELLA FRANA DI ANCONA



## Early warning system: rete di trasmissione dati

“Main station Marina Dorica”  
posta fuori dell’area in frana

Nell’interno della cabina è posta  
la stazione robotica automatizzata  
TCA

Sul tetto è posta l’antenna GPS

Sulla destra è posta l’antenna W-  
Lan per la trasmissione dati.



## Early warning system: rete di trasmissione dati

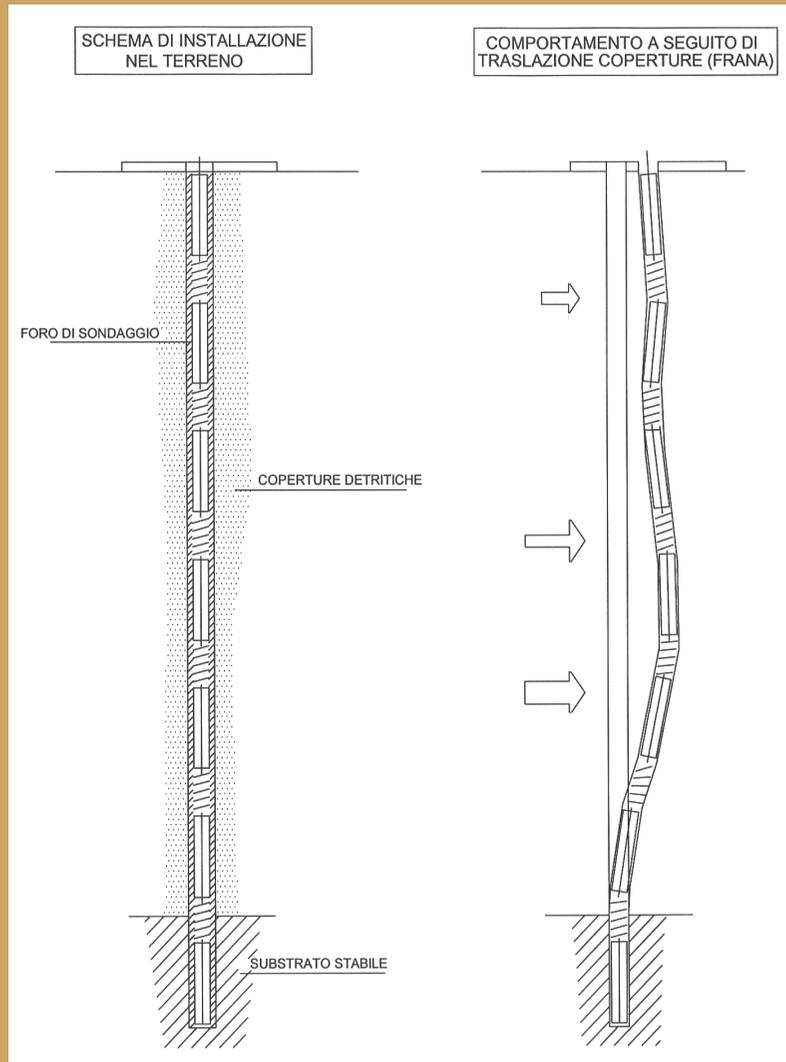
“Main station Carmine”  
nell'interno dell'area in frana.

W-Lan antenna





# Geotechnical Early warning system



## DMS Early Warning System 2D

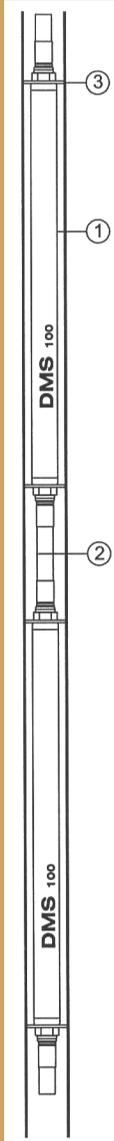
### Principio di funzionamento

Le tre colonne DMS sono preassemblate e installate in situ. Sono assimilabili a colonne formate da moduli contenenti uno o più sensori e strumenti geotecnici con un sistema elettronico di registrazione e trasmissione dei dati rilevati.

I moduli sono collegati da speciali giunti flessibili che resistono a forti sollecitazioni orizzontali e verticali del terreno conferendo una adattabilità alle deformazioni in profondità.



# Geotechnical Early warning system



## Colonna DMS



## DMS I - IU

Ogni singolo modulo è equipaggiato con i seguenti sensori geotecnici:

- **Inclinometro Biassiale (I)**
- **Sensore Piezometrico (U)**
- **Sensore temperatura (T)**



# Geotechnical Early warning system



Il sistema di monitoraggio geotecnico DMS è stato installato nel febbraio 2009.

Si basa su n°3 Colonne Modulari Dinamiche posizionate nell'interno di fori di sondaggio profondi 100 m.

Ogni colonna DMS contiene:

n°85 Inclinometri biassiali

n° 2 sensori piezometrici

n°85 sensori di temperatura

Per un totale di 85 metri strumentati.

Alla fine di ogni colonna è stata posta una bussola digitale.

Le colonne DMS sono state posizionate in foro con l'ausilio del DMS REELER



# Geotechnical Early warning system



La “Main station Grotte”  
nell’intero dell’area franosa:

Nell’interno della cabina è  
installata la stazione totale  
automatizzata.

Sul tetto è posizionata  
l’antenna GPS.

Nel terreno è installata la  
colonna DMS1 protetta dal  
box arancio nell’interno di un  
foro profondo 100 m.

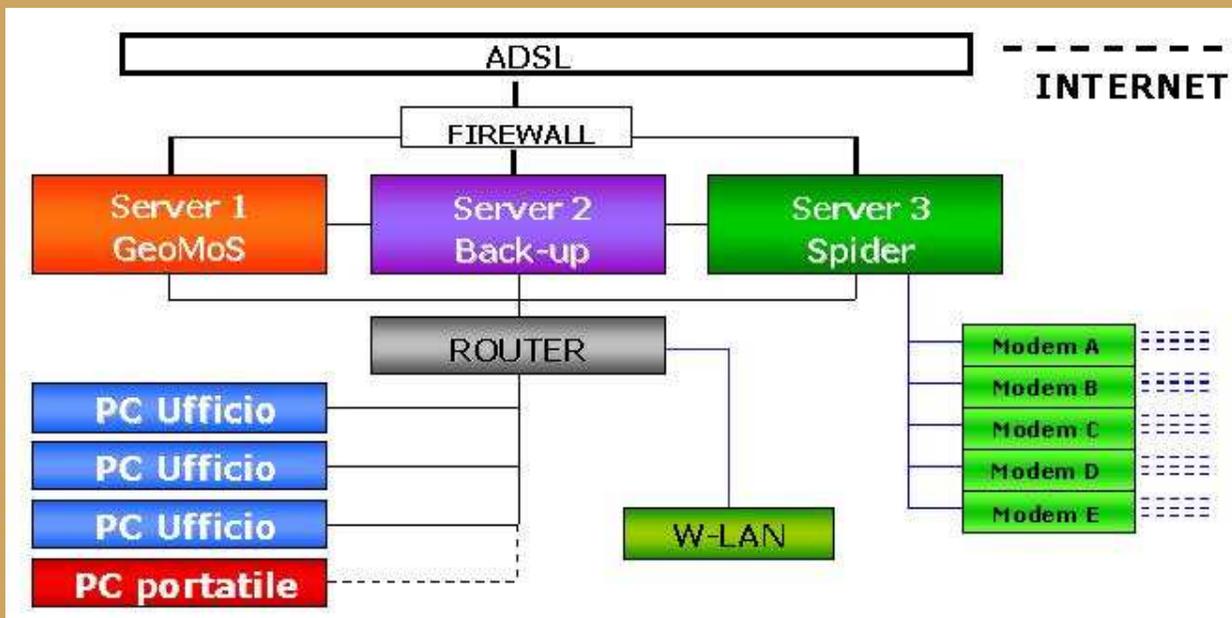


# Early warning system – centro di controllo

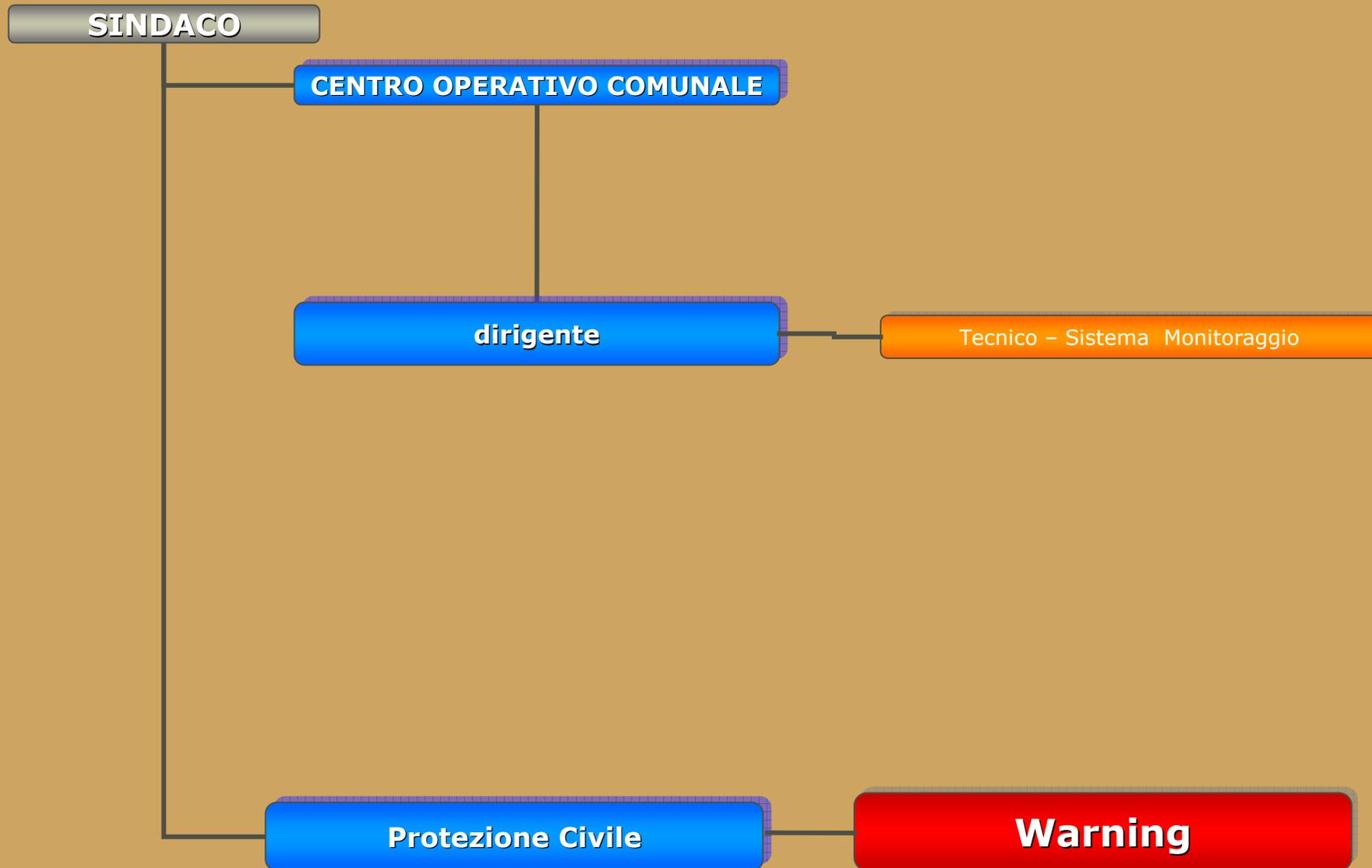


Situato negli uffici del  
Comune di Ancona

Collegato in tempo reale con  
i sensori in frana



# Early warning system – Organizzazione



# Early warning system – Protocollo di evacuazione

VIA	NOMINATIVO	riferimento	telefono fisso	telefono mobile	numero persone	abitabilità ottenuta
Via Del Golfo 3	MESSI EGILDO E GASPARRI	REC30	071.2140048	333.8669716	2	x
Via Del Golfo 5	CASADEI MIRCO - CEROTTI FIORISA	REC31	071.42631	347.3226844	2	
Via Del Golfo 9	MANONI ALESSIO (ex Bernagozzi)	REC32	071.2140056	328.8754103	3	
Via Del Golfo 11	AUSILI GIULIO - AUSILI GIOVANNI E MARISA	REC33	071.41050	335.1726057 331.35887244	4	
Via Del Golfo 11a	MAZZANTI ARMANDO - ZAZZETTI ROSARIA (usufr.)	REC34	071.42906	337.259512	3	
Via Del Golfo 13	MAZZANTI ARMANDO - ZAZZETTI ROSARIA (usufr.)	REV21	071.42906	337.259512	2	
Via Del Golfo 16	GRETI ROMANO - TONICI MINA	REC35	071.41737	348.2538803	2	x
Via Del Golfo 18	CALANDRI MARCO - ROCCO - etc.	REC36	071.2141298	339.5894800	3	
Via Del Golfo 20	ARZENI LUCIANO - GRANARELLI GRAZIELLA	REC37	071.42925	320.6912832	2	
Via Del Golfo 22	STOPPA FAUSTO - BOSCOLO LUISA	REC38		347.2480429	2	
Via Del Golfo 24	RECCHI ANGELO, STEFANO, VALENTINA - CARDELLINI RACHELE	REC39	071.42634	338.9249456	4	
Via Fornetto 16a	RIBUTTINI LIDIA - RIBUTTINI SILVANA - RIBUTTINI ROSALBA	REV40	071.41659 (?)			
Via Fornetto 16b	QUERCETTI IVANO	REC41	071.43415	335.6091101	3	
Via Fornetto 16c	GIOACCHINI MARIO	REC42	071.43600	335.1359655		
Via Fornetto 16d	PAPI FRANCA - BALDONI VITTORIO E MICHELE	REV3	071.204751	339.2174243		
Via Fornetto 20	VIRONE GABRIELE	REC45	071.42270	335.5686941		
Via Fornetto 20	ACCORONI LUCIANO - ROCCHETTI MARIA - RINALDO - ELENA - LUIGI	REC43	071.42677			
Via Fornetto 20a	SAMPAOLO DONATELLA e FLAVIO	REC44	071.44218	348.3540034	9	
Via Grotte 22a	GIOACCHINI GIOACCHINO - VENDITTI ANTONIETTA	REC1	071.41804	335.7317961	5	
Via Grotte 23	MARCHETTI DEANNA e ZITTI VELLEDA (eredi Zepponi Vincenzo)	REC2				
Via Grotte 24	CORDARA NACCI DELIA MARIA		071.2074949			
Via Grotte	GHERARDINI ANNA - GIORGIO					
Via Grotte 27	SECONDI ENRICO - SECONDI ANNA MARIA e FRANCO - MORETTI SILVANA	REC3	071.7231377	335.1432191	2	
Via Grotte 30a	GHERARDINI ANNA	REC4	071.42814		1	
Via Grotte 30a	GHERARDINI ANNA	REC5				
Via Grotte 32b	ANDREOLI GIANLUCA (ex Bernacchia e Andreoli)	REC6	071.41414	339.3621758	3	
Via Grotte 32c	BETTI MARIA, ATTILI ANNA MARIA (eredi Betti Innocenzo)	REC7	071.42686	339.5276631	2	x
Via Grotte 38	VERNA CONCETTA - DI PRINZIO FLORIANA - GIOVINA - (art.6 - affittacamere)	REC8	071.42573	340.3462396	10	x
Via Grotte 38	DI PRINZIO FLORIANA (autolavaggio)		071.42473	328.9123683		
Via Grotte 44	SAMUELE ANNA - MAOLA GIOVANNA	REC10	071.43378	339.1384170	4	
Via Grotte 46	SAMUELE GINO - MAOLA GIOVANNA	REC10	071.43378	339.1384170	2	
Via Grotte 48	SAMUELE GINO LUCIANO - MAOLA GIOVANNA	REC12	071.43378	347.2288198	4	
Via Grotte 50	MORETTI GIUSEPPE - PALPACELLI IRMA	REC13	071.41242			
Via Grotte 52a	FRATTALI IDA (Volponi)	REC15	071.41075	339.4507327	3	x
Via Grotte 53e	ALIOTA SALVATORE	REC17	071.880198	071.52636	4	
Via Grotte 53f	GUANTI MARIA NOVELLA - FESCE MARCO MARIA - (Adriano custode)	REC18	071.959605	338.5900428		

Lista dei residenti

importante

Avere aggiornato il numero dei residenti in frana



# Dall'allarme all'evacuazione

Esempio di un allarme delle colonne DMS ricevuto nello smartphone

Colonna 2 allarme di I  
livello  
modulo 5 (profondità-  
14m)

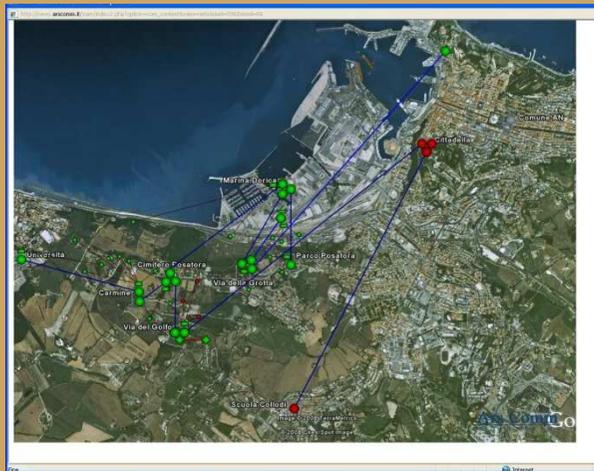
colonna 2 allarme  
piezometrico



# Dall'allarme all'evacuazione

Esempio di allarme di interruzione di trasmissione dati

network working



6 allarmi

network working



Ancona Monitoring Centre



# Piano di allertamento

 **Comune di Ancona**  
Area lavori Pubblici

**Centro Monitoraggio Frana** 

**PROCEDURE di ATTIVAZIONE  
per l'EVACUAZIONE delle  
POPOLAZIONI ABITANTI  
IN AREA  
"FRANA DI POSATORA"**

**PROPOSTA**

IL COORDINATORE DEL GRUPPO DI  
MONITORAGGIO  
**Dott. Geol. Stefano Cardellini**

Data: 24.11.2010

Procedure di Attivazione  
per l'evacuazione degli  
abitanti nel perimetro della  
Frana di Ancona

Protocollo per le figure  
interessate al controllo

Sono inserite nel Piano di  
Protezione Civile  
Comunale



# Piano di allertamento

## PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA Procedura di attivazione piano di emergenza

In caso di segnalazione di **allarme** IL TECNICO DI TURNO deve:

1. verificare attraverso la strumentazione di controllo informatico la localizzazione relativa.
2. accertarsi anche con sopralluogo in sito della consistenza dell'allarme (entro 30 minuti).
3. in caso di evento gravitativo possibile o imminente avverte immediatamente il Coordinatore del monitoraggio o il suo sostituto per la validazione del dato registrato relativo all'allarme pervenuto (che se validato viene trasmesso dal Coordinatore al Dirigente per l'attivazione del Piano di Evacuazione).
4. Sentito il Coordinatore sulla validità del dato comunica alla sala operativa dei Vigili Urbani la possibilità dell'evento (da confermare entro 30 minuti dal Dirigente).
5. aspetta comunicazioni dal Dirigente sul da farsi (il Dirigente provvede ad avvisare il Coordinatore e tutti i componenti rintracciabili del gruppo di monitoraggio per le prime operazioni di verifica necessarie).

## Protocollo operativo del tecnico di Turno



# Piano di allertamento

## PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA Procedura di attivazione piano di emergenza

In caso di segnalazione di **allarme** il Coordinatore deve:

1. validare il movimento (segnale numerico) ed in caso di conferma comunica i dati al Dirigente per l'attivazione del Piano di Evacuazione.
2. Su disposizione del Dirigente attiva la sirena di avvertimento per l'attuazione della fase di preallarme.
3. Su comunicazione del Dirigente coordina le fasi di controllo in situ della frana.

## PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA Procedura di attivazione piano di emergenza

In caso di segnalazione di **allarme** da parte del Coordinatore IL DIRIGENTE deve:

1. il Dirigente attiva sotto la sua unica responsabilità il Piano di Evacuazione su comunicazione dei dati numerici di spostamento da parte del Coordinatore.
2. Comunica alla sala operativa dei Vigili Urbani l'evento (da confermare entro 30 minuti dalla comunicazione alla sala da parte del tecnico).
3. Comunica al Coordinatore l'attivazione della sirena di avvertimento per l'attuazione della fase di preallarme.
4. Il Dirigente provvede ad avvisare il funzionario di protezione civile, il Direttore di area LL.PP., il Sindaco e l'Assessore Protezione Civile che attivano il piano di Protezione Civile Comunale.
5. Il Dirigente provvede ad avvisare tutti i componenti rintracciabili del gruppo di monitoraggio per le prime operazioni di verifica necessarie.

Protocollo operativo del  
Coordinatore del EWC

Protocollo operativo del  
Direttore di Area LL.PP.  
Comune di Ancona



# Piano di allertamento

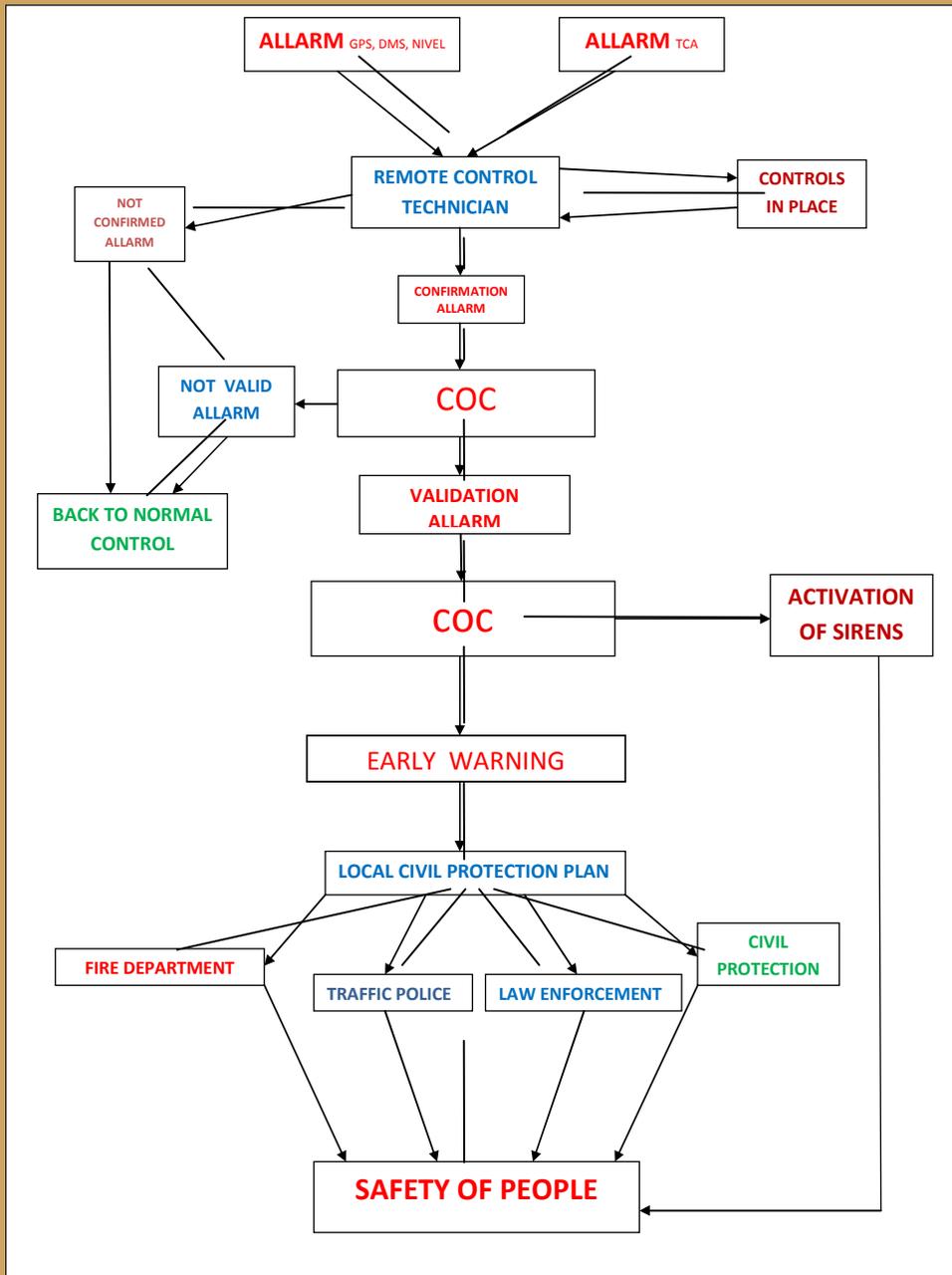
TABELLA ATTIVAZIONE FASCE

TIPOLOGIA SENSORI e/o ALTRO	ATTENZIONE	PRE-ALLERTA	ALLERTA	PRE-ALLARME	ALLARME
SEGNALAZIONI	NUOVE FESSURE SU MANTO STRADALE	FESSURE SU MANTO STRADALE IN EVOLUZIONE CON APERTURE > 5 CM E GRADINI DI ABBASSAMENTO	CRACKING DI STRADE, NICCHIE DI DISTACCO E CLAPACCIATURE SU TERRENO	CREPE SU CASE SCRICCHIOLII	MOVIMENTO IN ATTO CONCLAMATO DI CASE E TERRENO (GIBBOSITA', MAMMELLONAMENTI E NICCHIE DI DISTACCO)
PIOGGIA	PIOGGIA CONSECUTIVA PER PIU' DI 3 gg PIOGGIA > 90 mm IN 3 gg (MANTENERE PER 20 gg)		PIOGGIA CONSECUTIVA PER PIU' DI 5 gg PIOGGIA > 120 mm IN 5 gg (MANTENERE PER 20 gg)	PIOGGIA CONSECUTIVA PER PIU' DI 6 gg PIOGGIA > 180 mm IN 6 gg (MANTENERE PER 20 gg)	
GPS			spostamento 1 casa (validato prima da misure TCA poi da sopralluogo)	spostamento di 2 case nella stessa area (validato prima da misure TCA poi da sopralluogo)	spostamento più di 2 case nella stessa area (validato con sopralluogo)
TCA			spostamento 1 casa (validato prima da misure TCA poi da sopralluogo)	spostamento di 2 case nella stessa area (validato prima da misure TCA poi da sopralluogo)	spostamento più di 2 case nella stessa area (validato con sopralluogo)
NIVEL			spostamento 2 mm (validato da sopralluogo)	spostamento 4 mm (validato da sopralluogo)	spostamento 8 mm (validato da sopralluogo)
DMS	Piezometrica: DMS1 > 7 m DMS3 > 5 m	Piezometrica: DMS1 > 5 m DMS3 > 4 m	Inclinometria: spostamento 6 mm in 1 g (validato)	Inclinometria: spostamento 6 mm in 3 h (validato)	Inclinometria: spostamento 6 cm in 1 h (validato)

Tabella delle soglie di attenzione, allerta e Allarme in relazione alla sensoristica



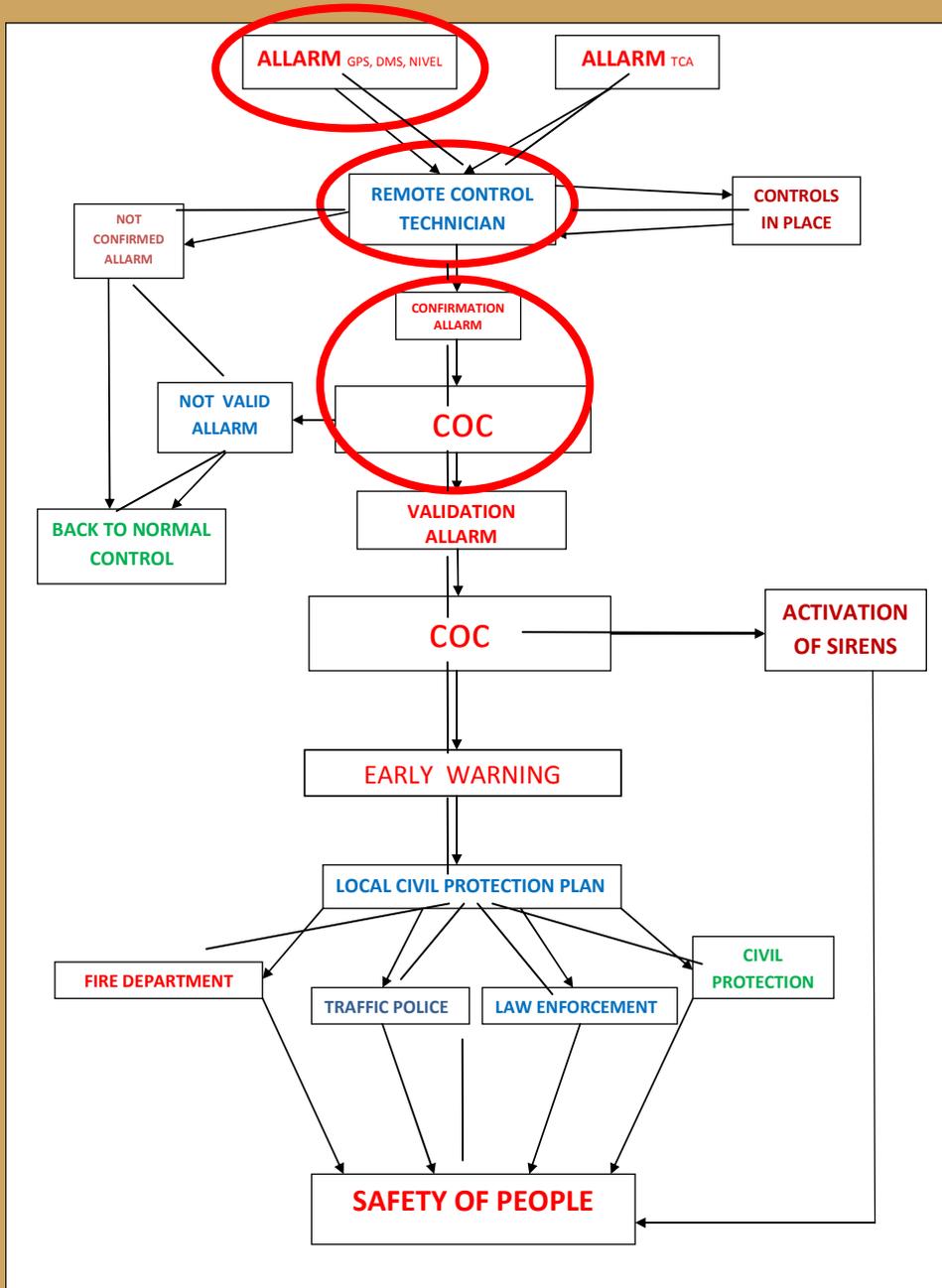
# Early warning system – Warning



Schema delle fasi di attivazione



# Early warning system – Warning



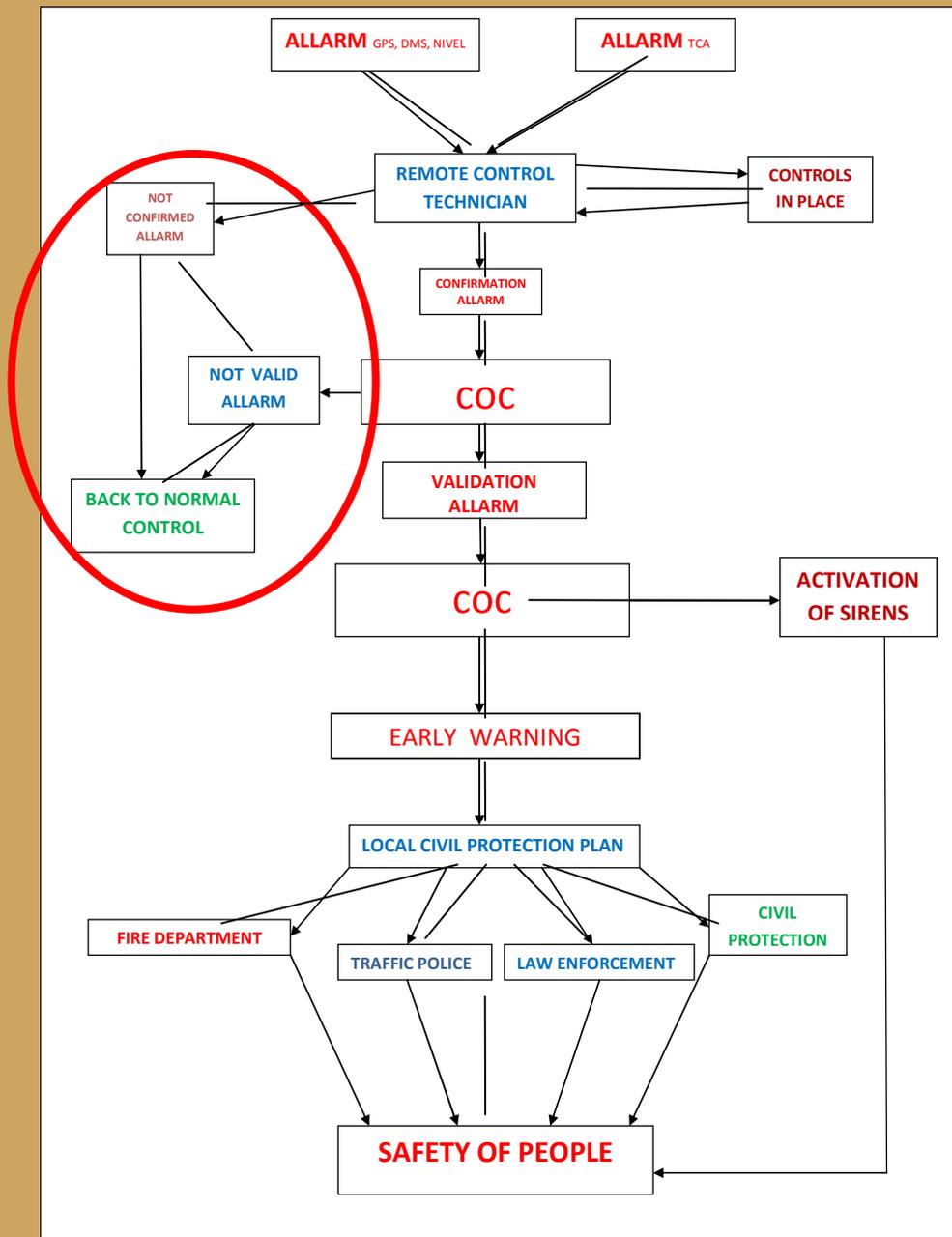
Quando viene registrato un allarme il tecnico di turno si attiva e si collega al sistema

Comunica l'allarme al Dirigente

CHE CONVOCA Istantaneamente il C.O.C. e attiva le sirene



# Early warning system – Warning

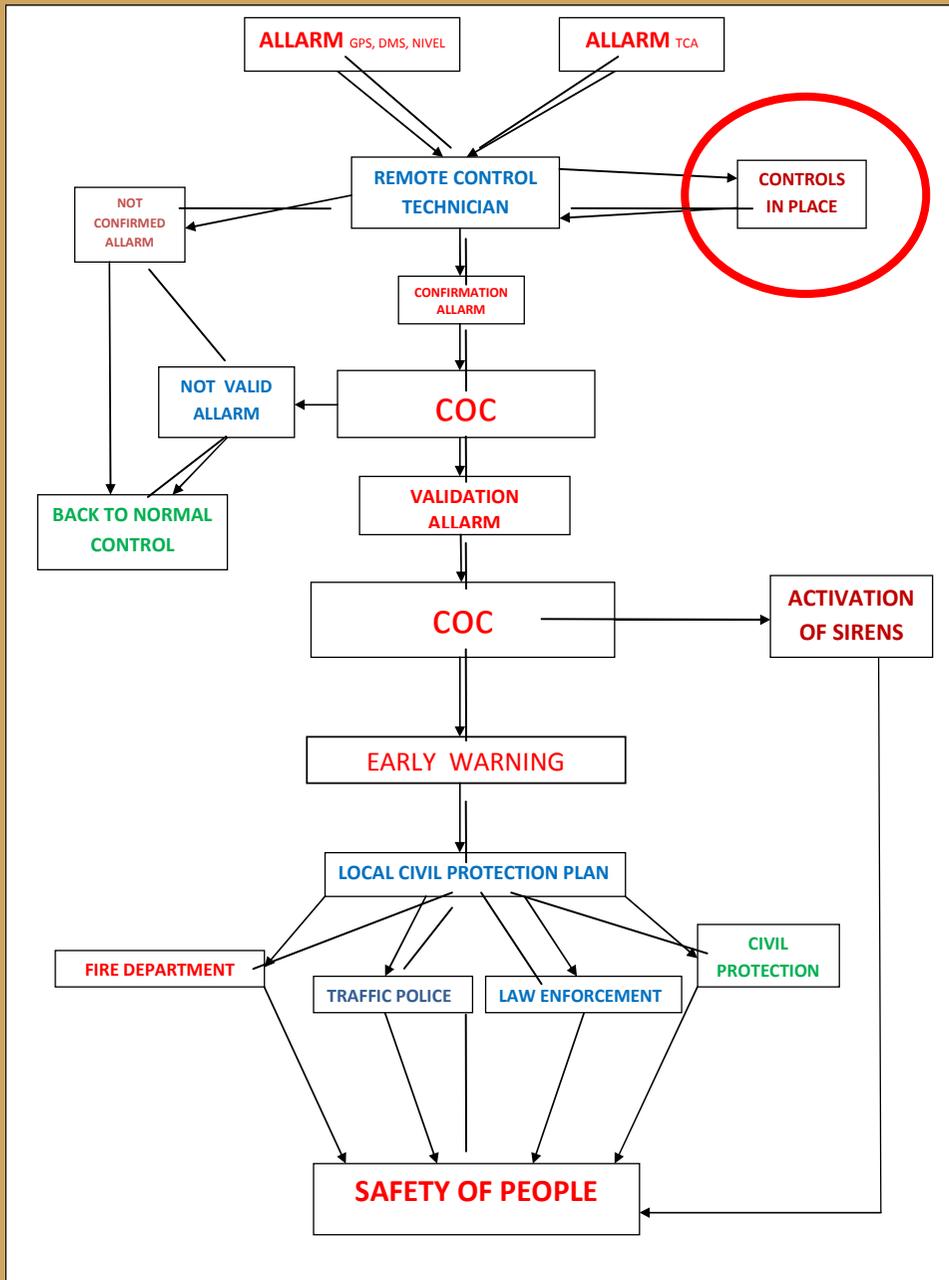


Il COC controlla e valida l'allarme

se è un falso allarme conclude con una comunicazione al Coordinatore



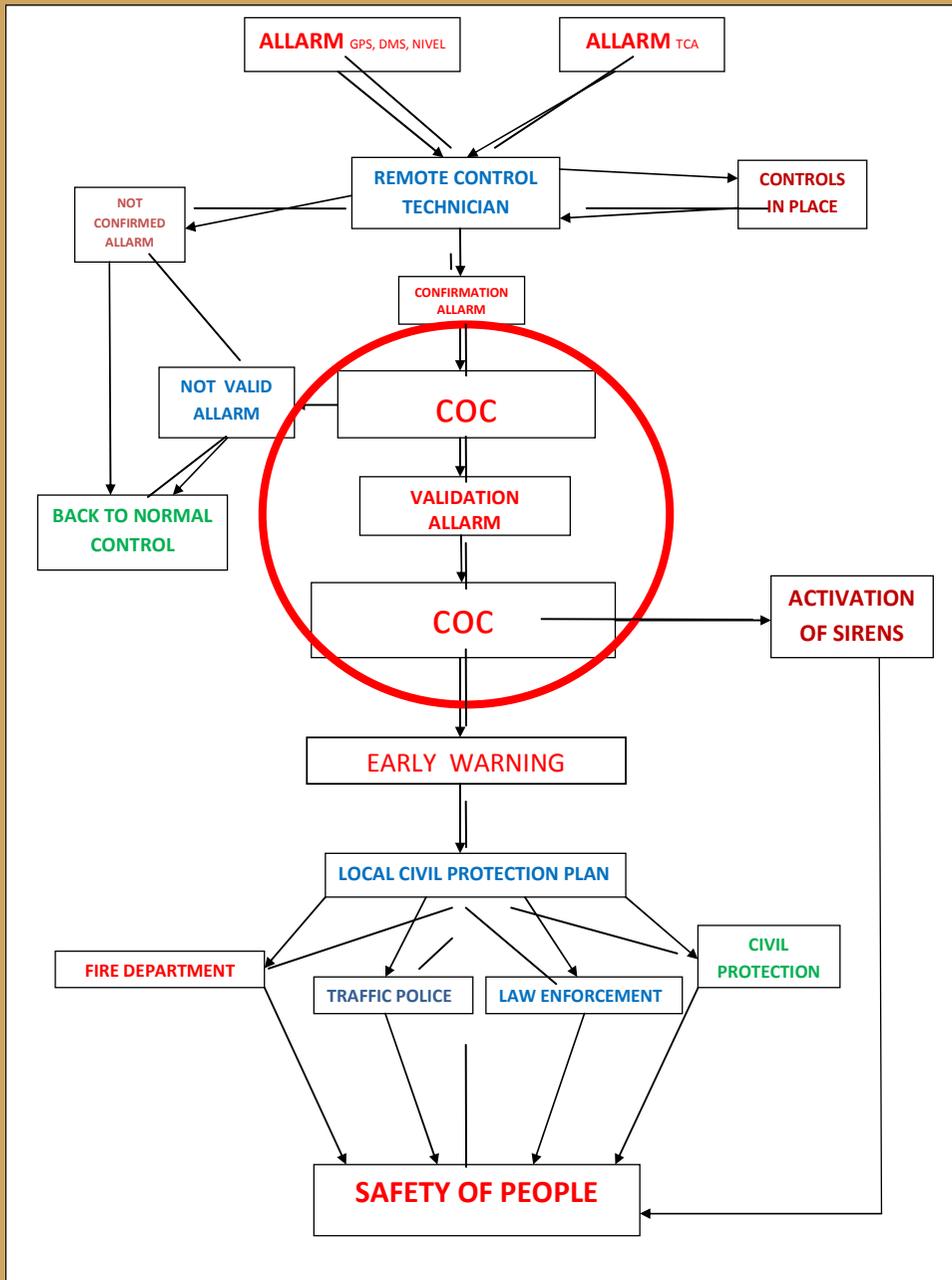
# Early warning system - Warning



Se l'allarme è reale o è dubbio fa eseguire un sopralluogo



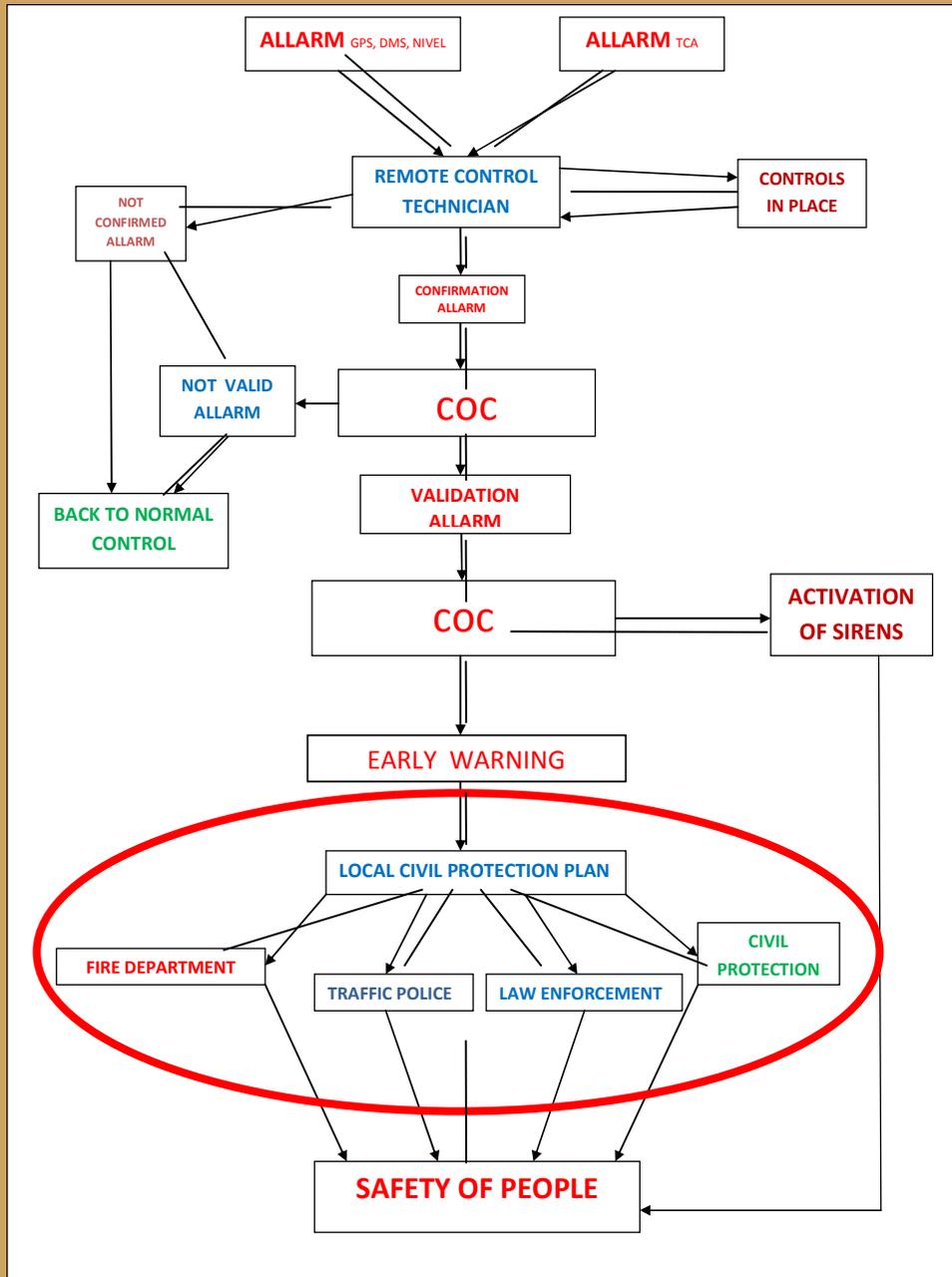
# Early warning system – Warning



in caso di attivazione avvisa il Sindaco e il Direttore di area



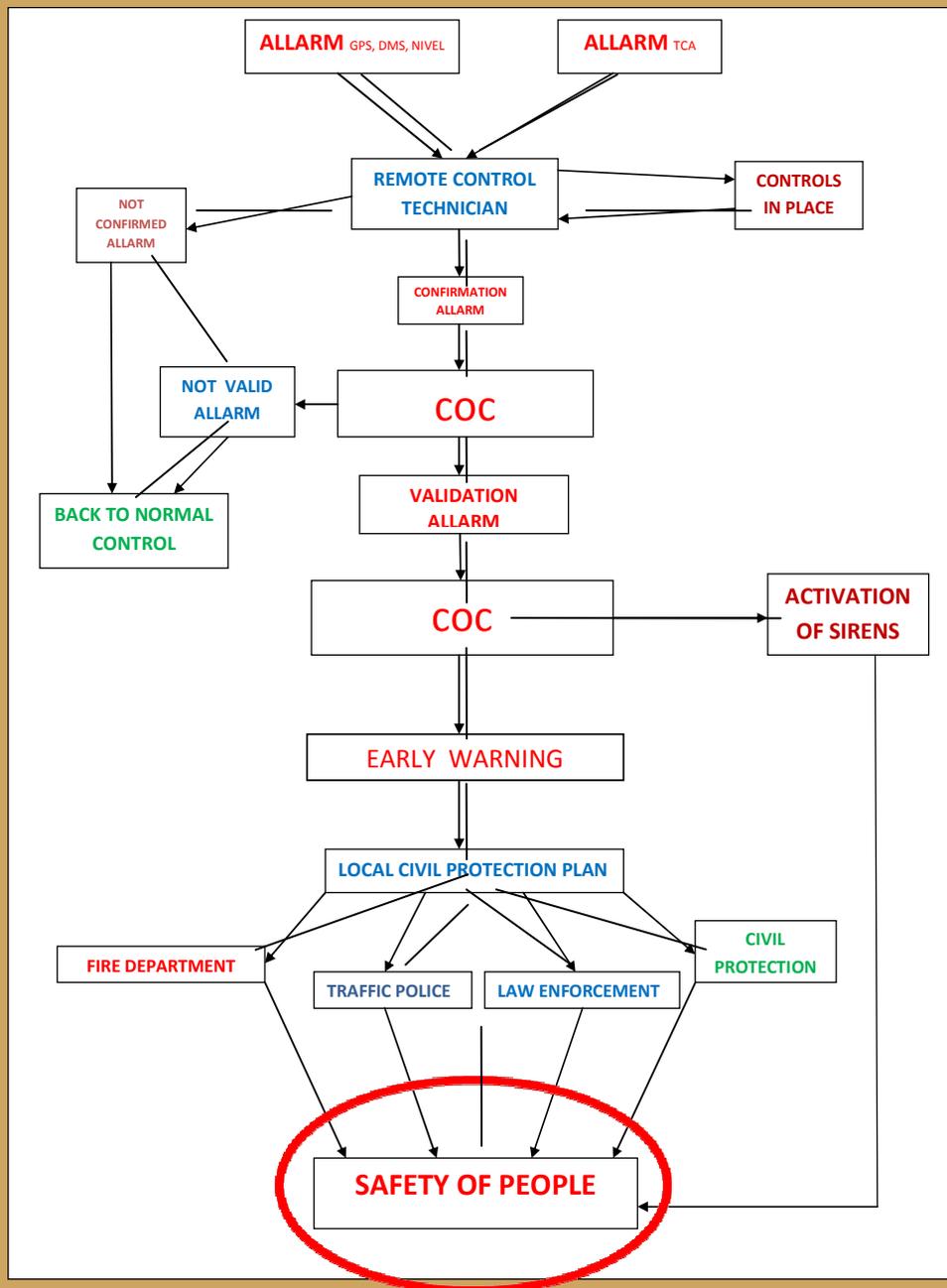
# Early warning system - Warning



attiva la Protezione civile



# Early warning system - Warning



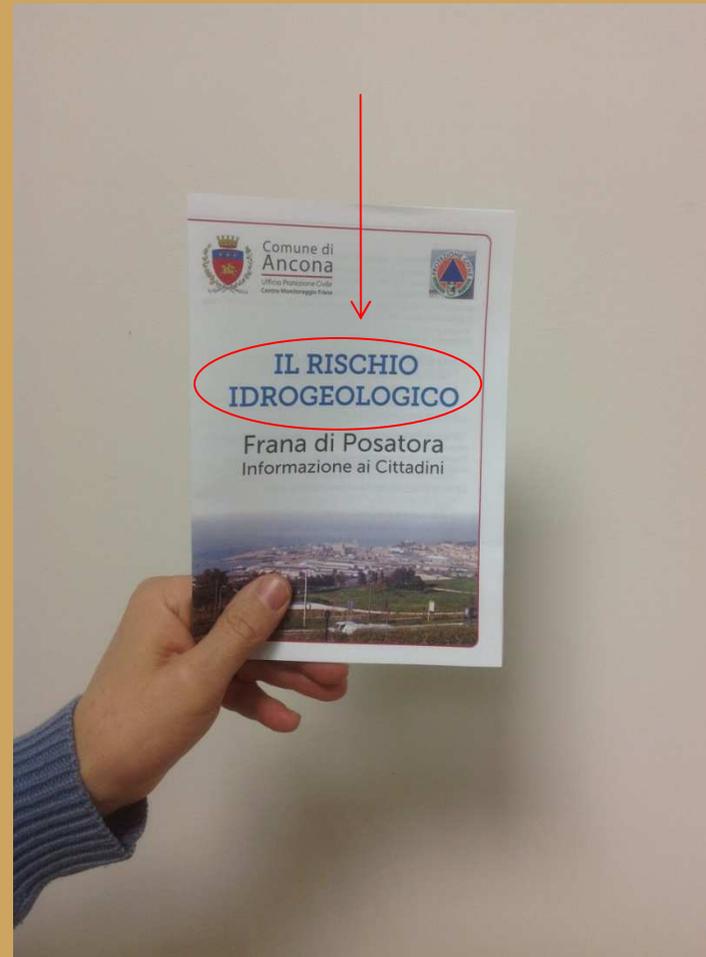
tutto ciò al fine di salvaguardare la sicurezza della popolazione esposta al rischio



# Early warning system – protocollo di evacuazione

brochure informativa  
(four pages)

Consegnata durante un  
assemblea alla  
popolazione per far  
conoscere le fasi di  
allontanamento

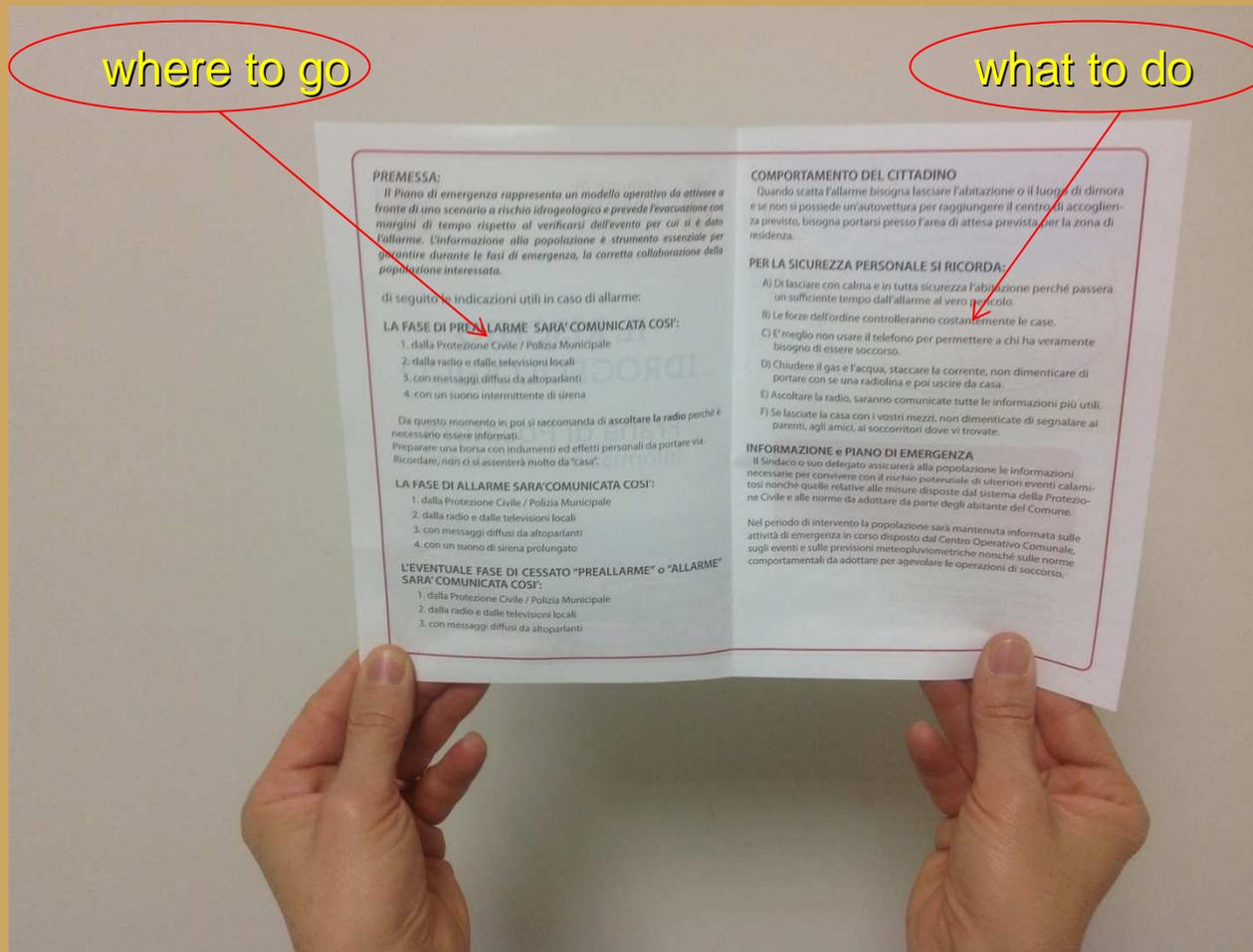


# Early warning system – protocollo di evacuazione

## guidelines

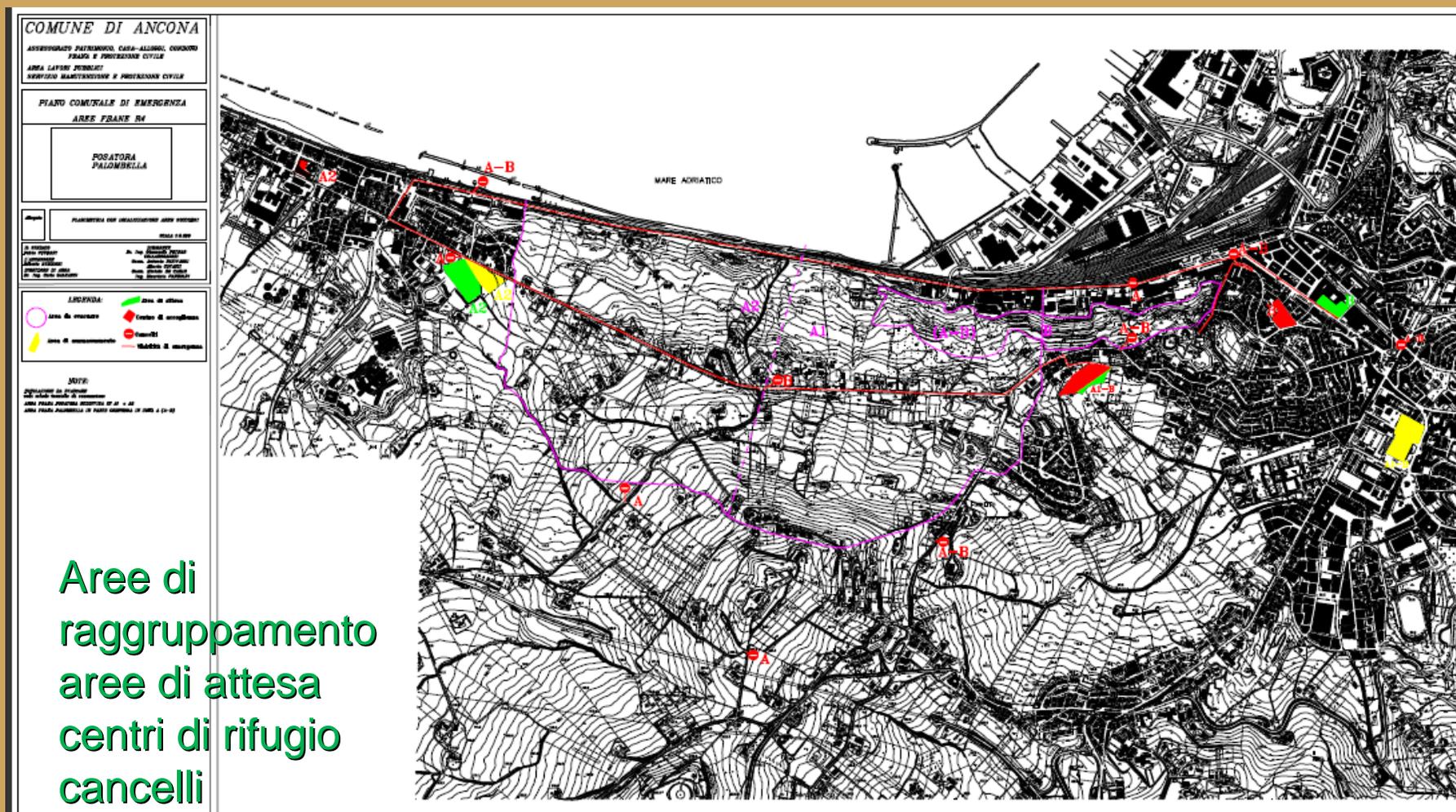
where to go

what to do



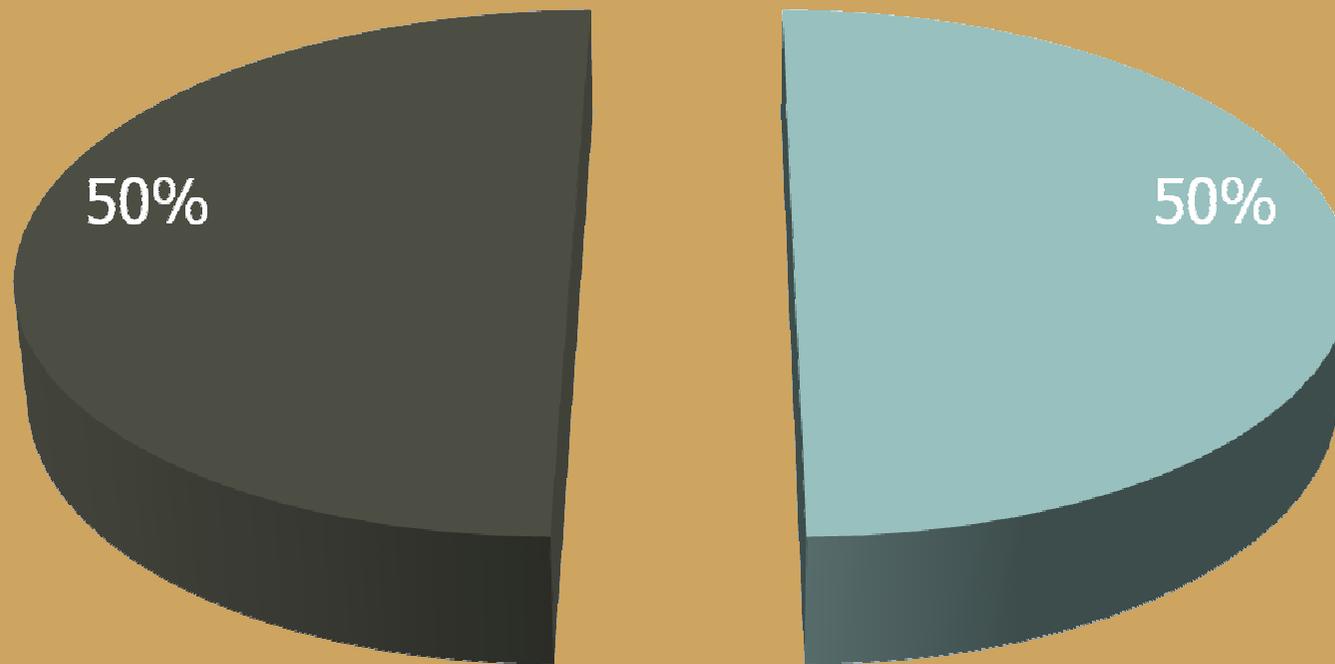
# Early warning system – protocollo di evacuazione

## Mappa per l'evacuazione delle popolazioni



# Early warning system – il team

■ Group contribution   ■ instrumentation



# Analisi preliminare dei dati

## Sistema di monitoraggio di Superficie

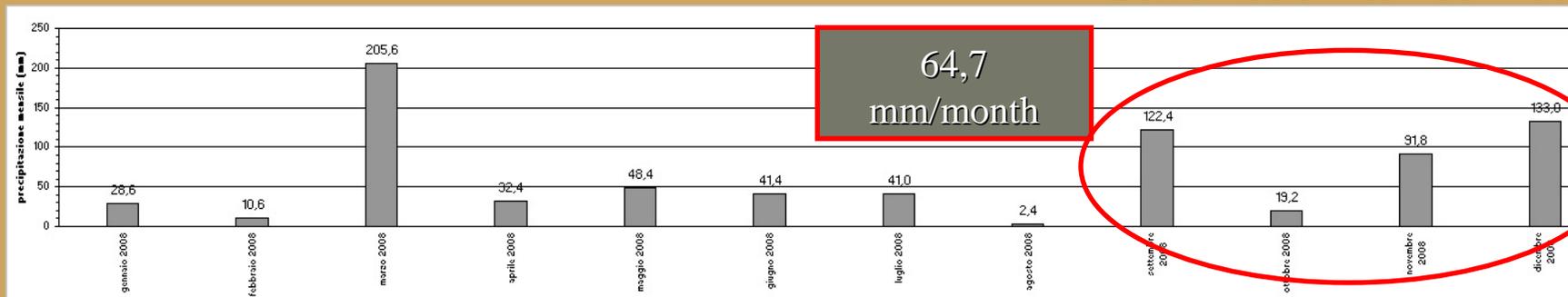
Esempio di correlazione tra evento piovoso e spostamento superficiale

Main stations "Grotte" e "Carmine"

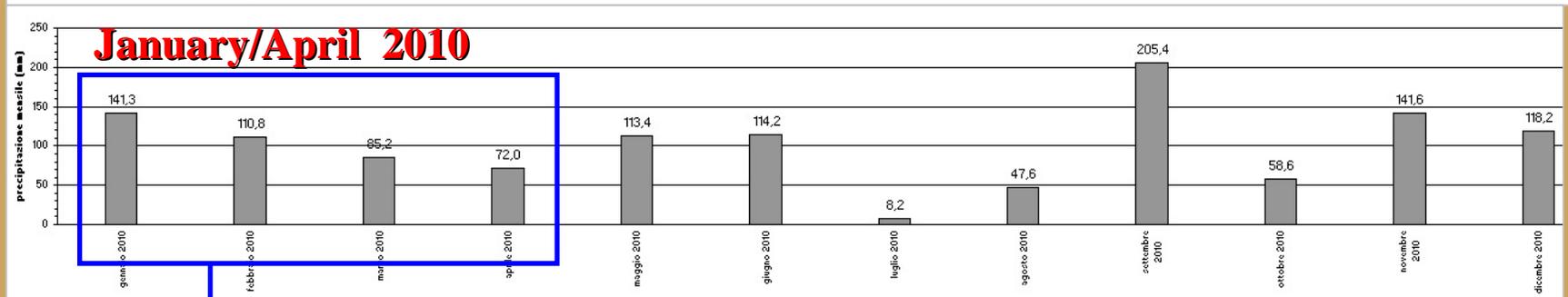
Periodi di intense piovosità corrispondono a periodi di spostamenti

**Settembre/Dicembre 2008**

2008



2010



102,32  
mm/month



# Analisi preliminare dei dati

## Sistema di monitoraggio di Superficie

### MAIN STATIONS: risultati

Lenti e costanti movimenti della frana verso Nord

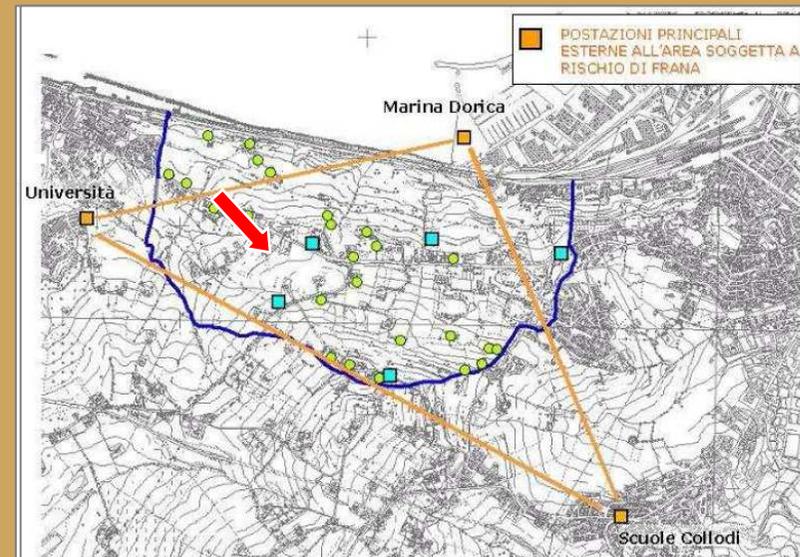
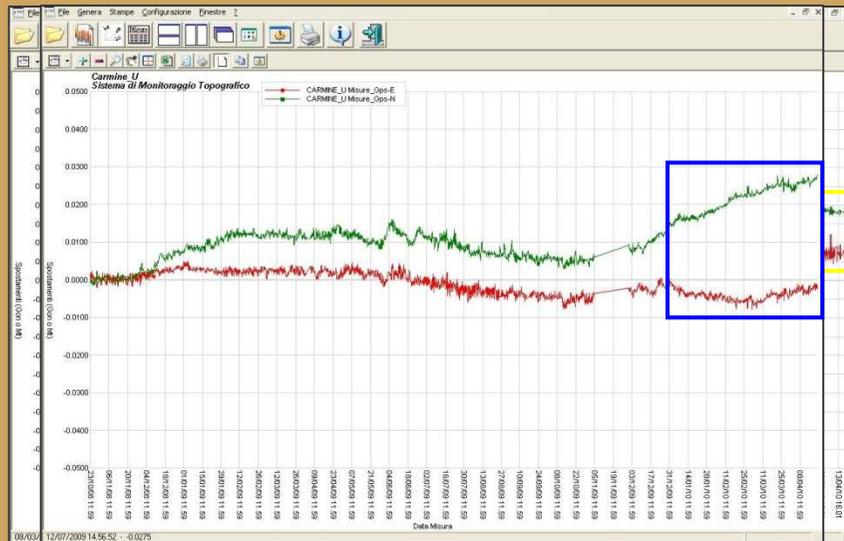
MASSIMO SPOSTAMENTO:

Settembre/Dicember 2008

January/April 2010

3 cm N Grotte

2.8 cm N Carmine



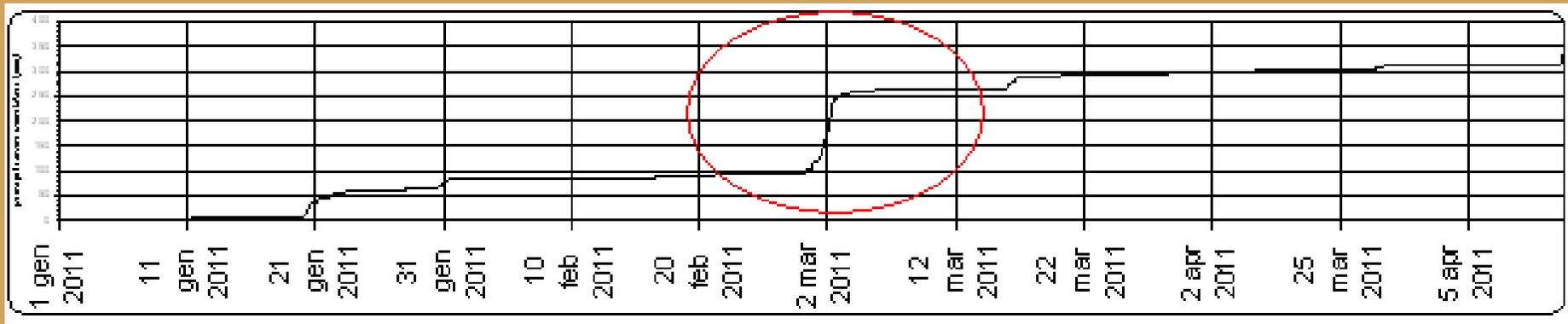
# Analisi preliminare dei dati

## Sistema di monitoraggio di Superficie

### Dati della piovosità del Marzo 2011

**Correlazioni tra pioggia, falda acquifera e deformazioni dopo un evento avvenuto in Ancona dal 27/02/2011 alle 17:00 al 03/03/2011 alle 6:00 con una piovosità di 161,8 mm**

161,8 mm of cumulative rainfall

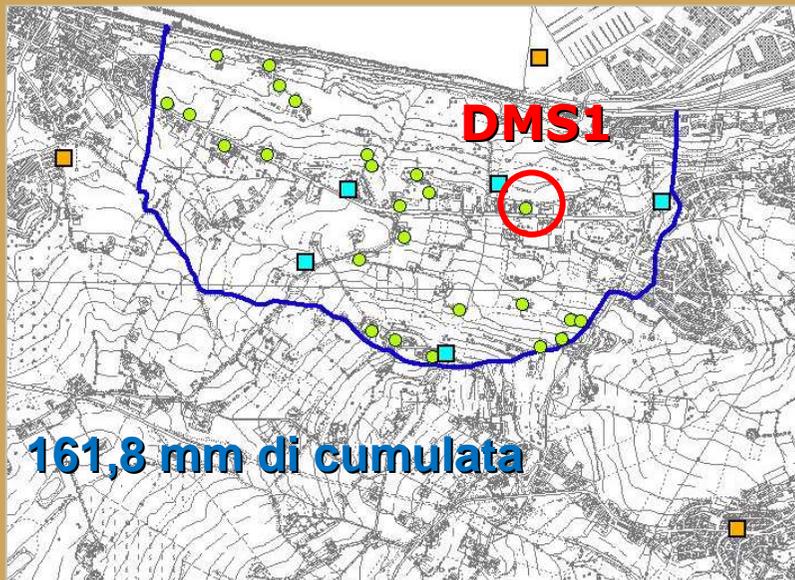


From 27 feb to 03 mar

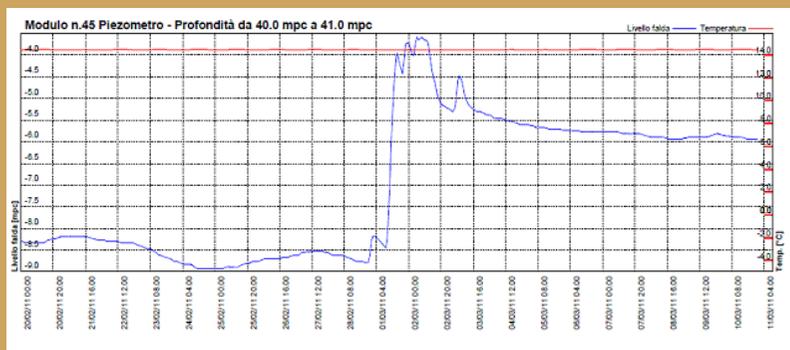


# Analisi preliminare dei dati Sistema di monitoraggio di Superficie

## Dati della piovosità del Marzo 2011



Dopo 30 ore

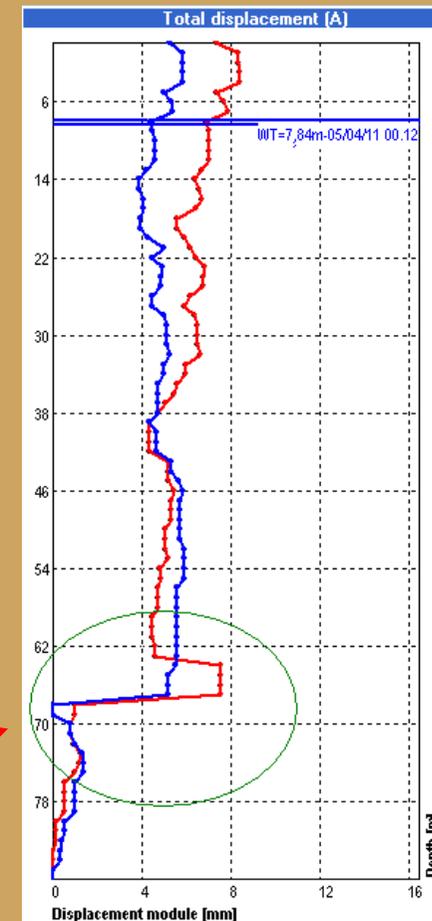


La falda inizia a salire

Dopo 1 mese

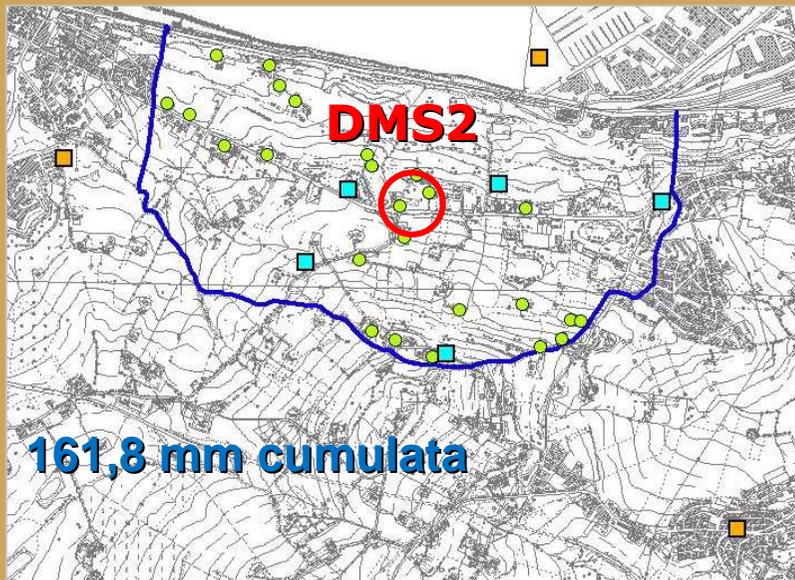
- Modulo 18, prof. 67-68 m, (blue line)
- modulo 22, prof. 63-64 m, (red line)

deformazioni

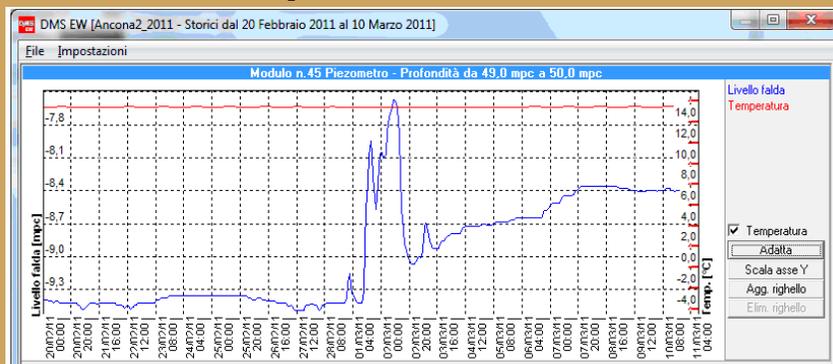


# Analisi preliminare dei dati Sistema di monitoraggio di Superficie

## Dati della piovosità del Marzo 2011



Dopo 31 ore

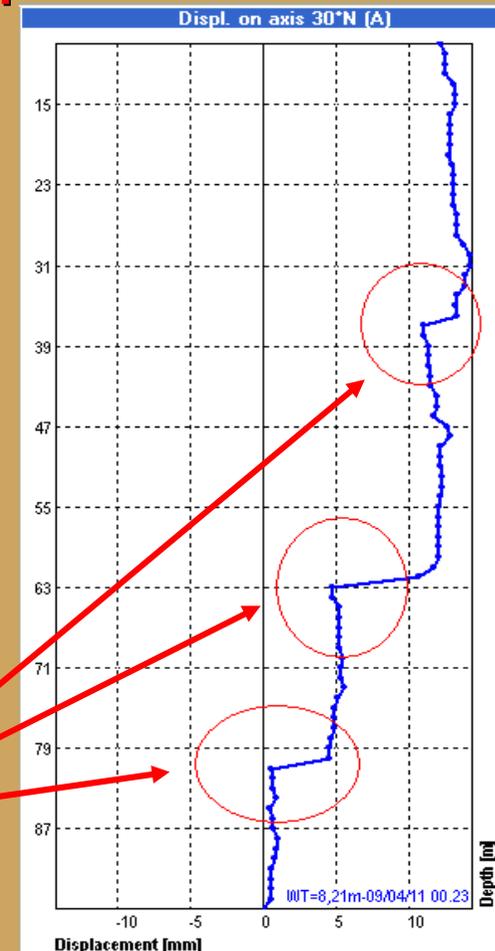


La falda inizia a salire

Dopo 1 mese

Modulo 14, prof. 80-81 m,  
Modulo 32, prof. 62-63 m,  
Modulo 33, prof. 61-62 m,  
Modulo 58, prof. 36-37 m,

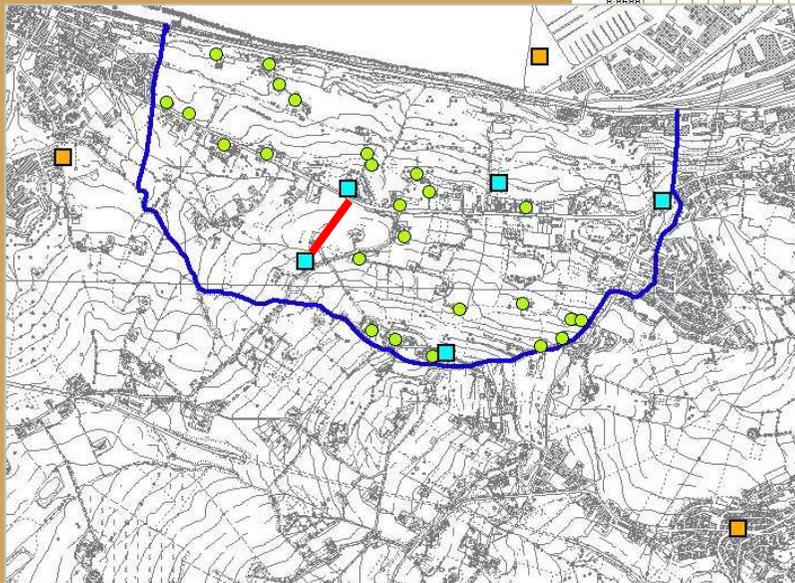
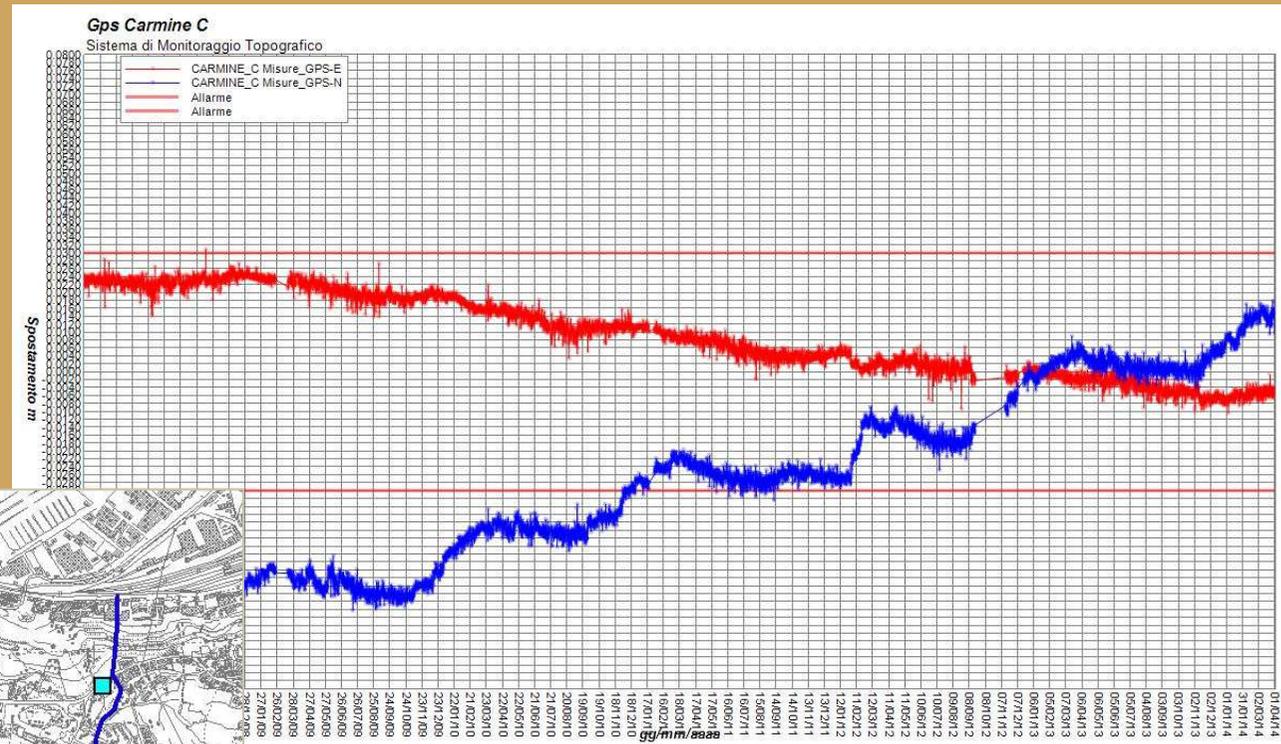
deformazioni



# Analisi dei dati

## Sistema di monitoraggio di Superficie

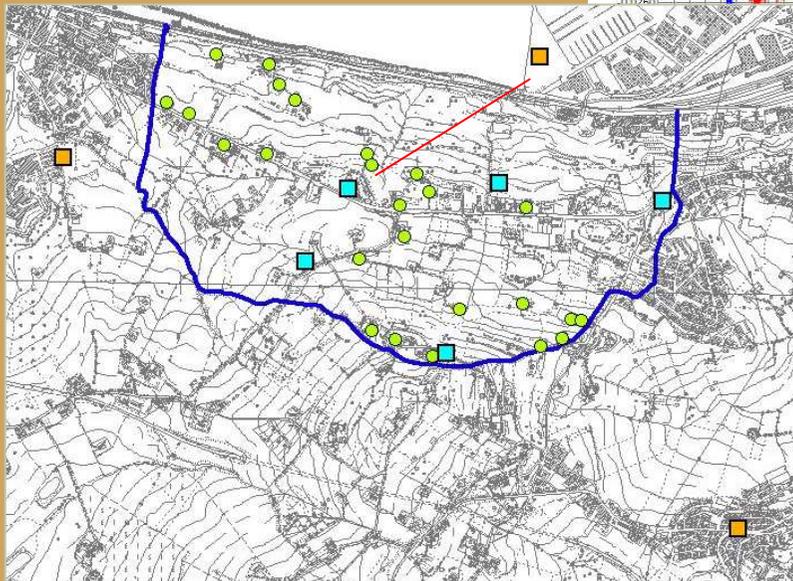
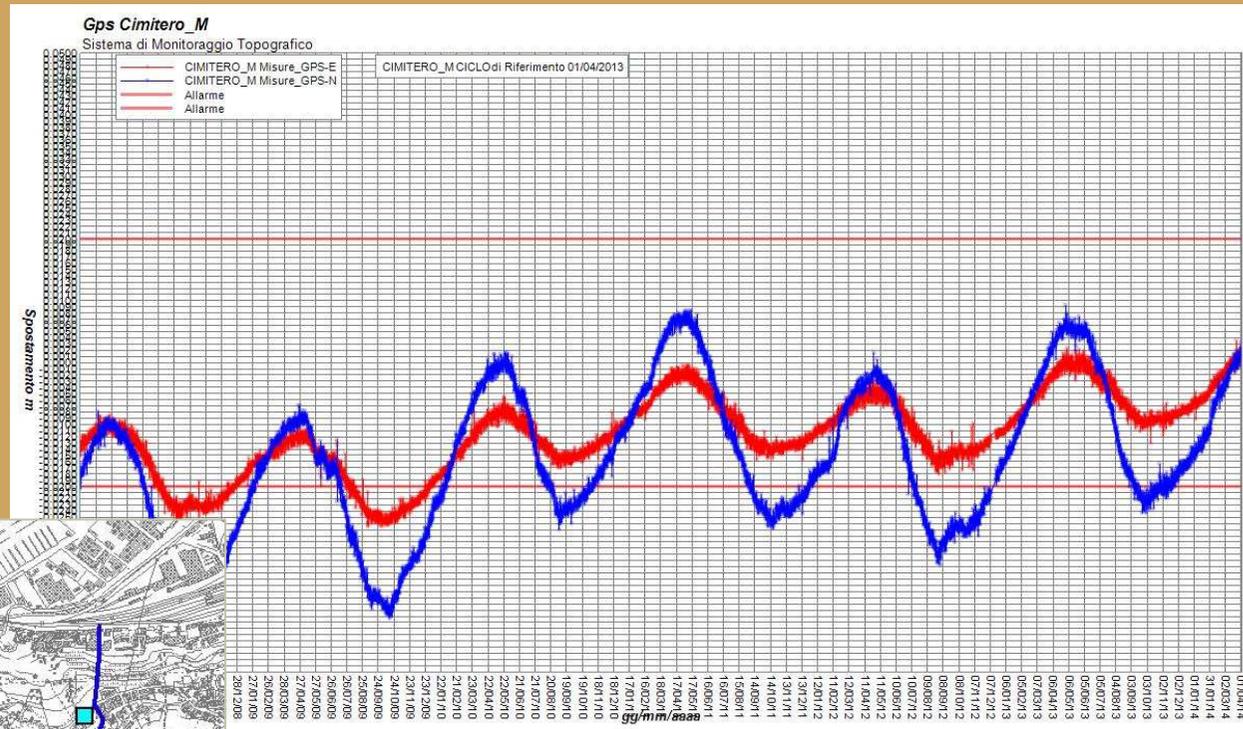
Estratto misura base line GPS Doppia Frequenza installati sopra due main stations poste all'interno della frana dal 2 nov 2008 ad oggi



# Analisi preliminare dei dati

## Sistema di monitoraggio di Superficie

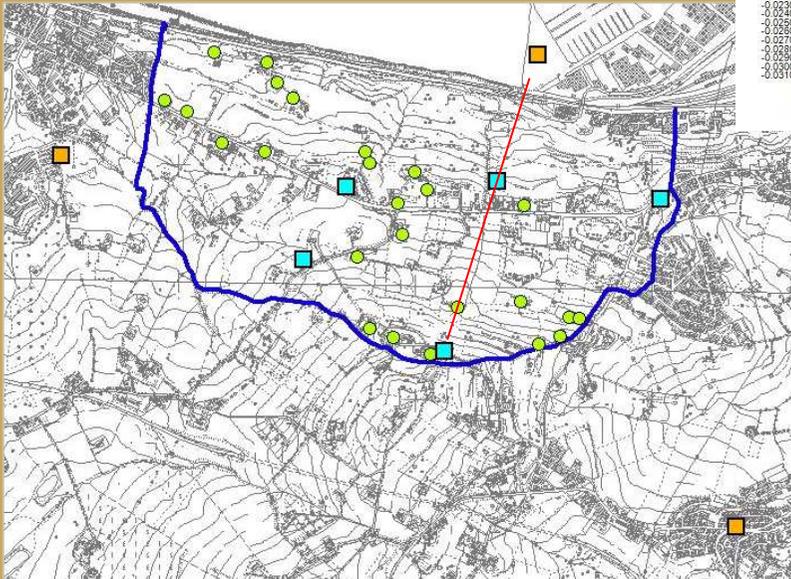
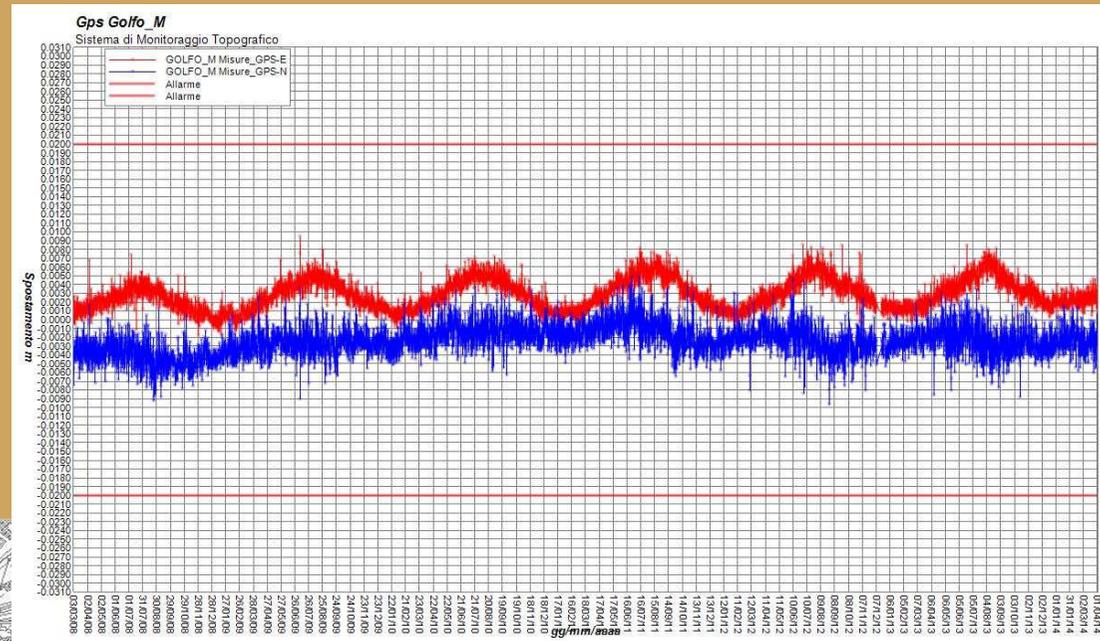
Estratto misura base line GPS Doppia Frequenza installati sopra due main stations poste una al di fuori della frana ed una nell'interno dal 2 nov 2008 ad oggi



# Analisi preliminare dei dati

## Sistema di monitoraggio di Superficie

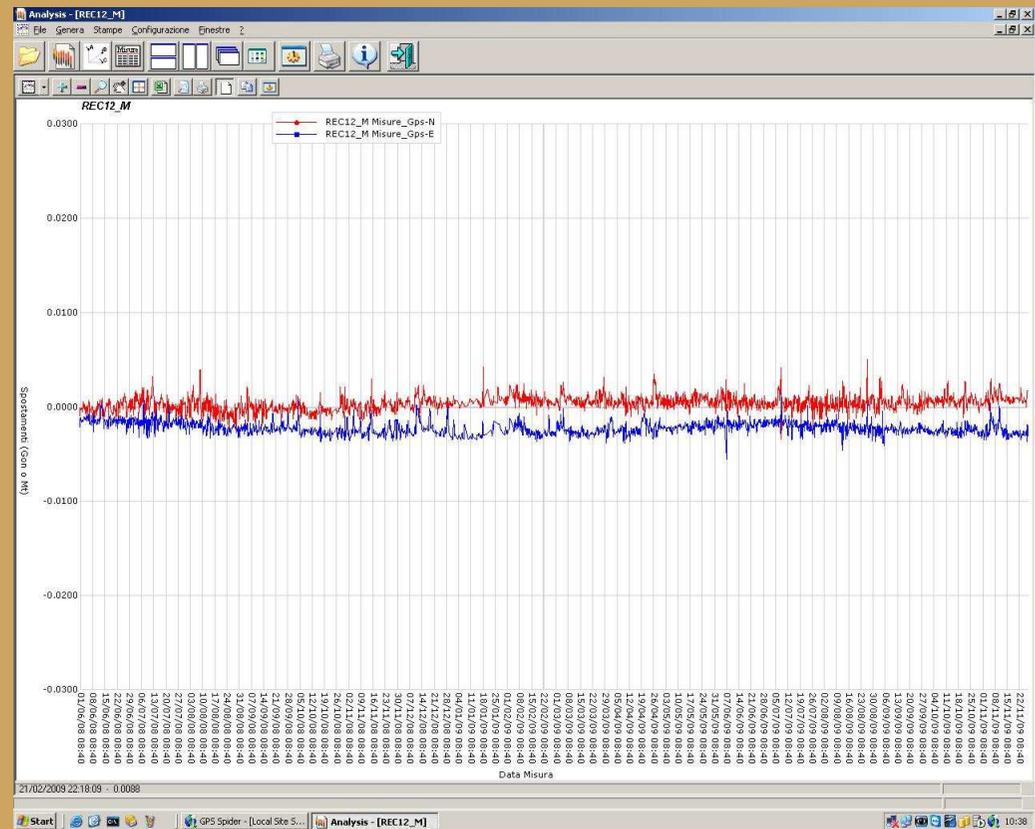
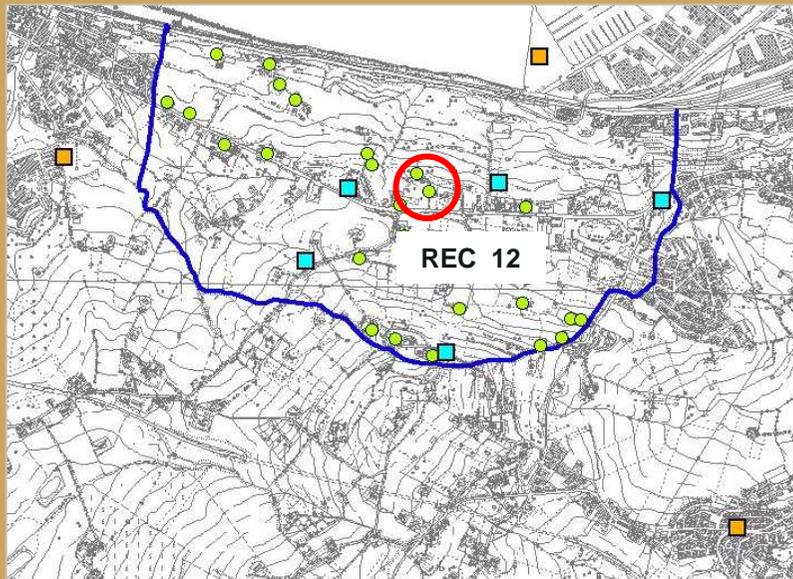
Estratto misura base line GPS Doppia Frequenza installati sopra due main stations poste una all'interno ed una fuori della frana dal 2 nov 2008 ad oggi



# Analisi preliminare dei dati

## Sistema di monitoraggio di Superficie

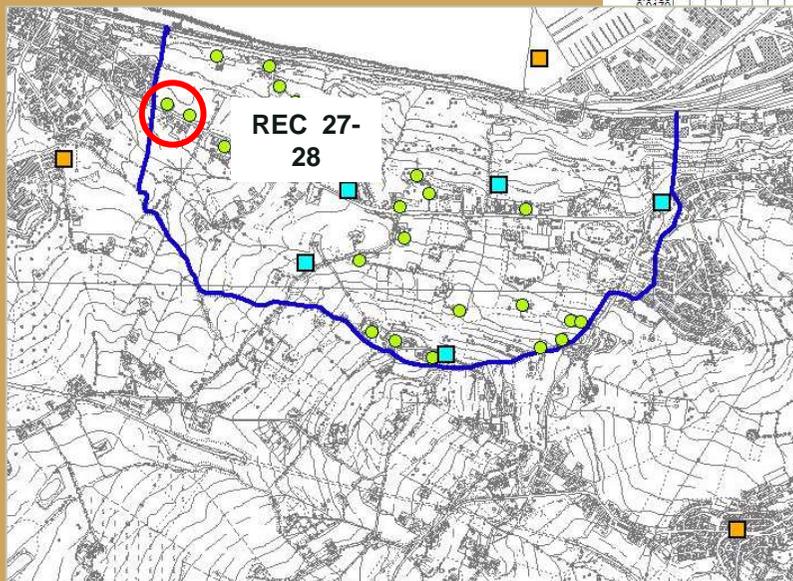
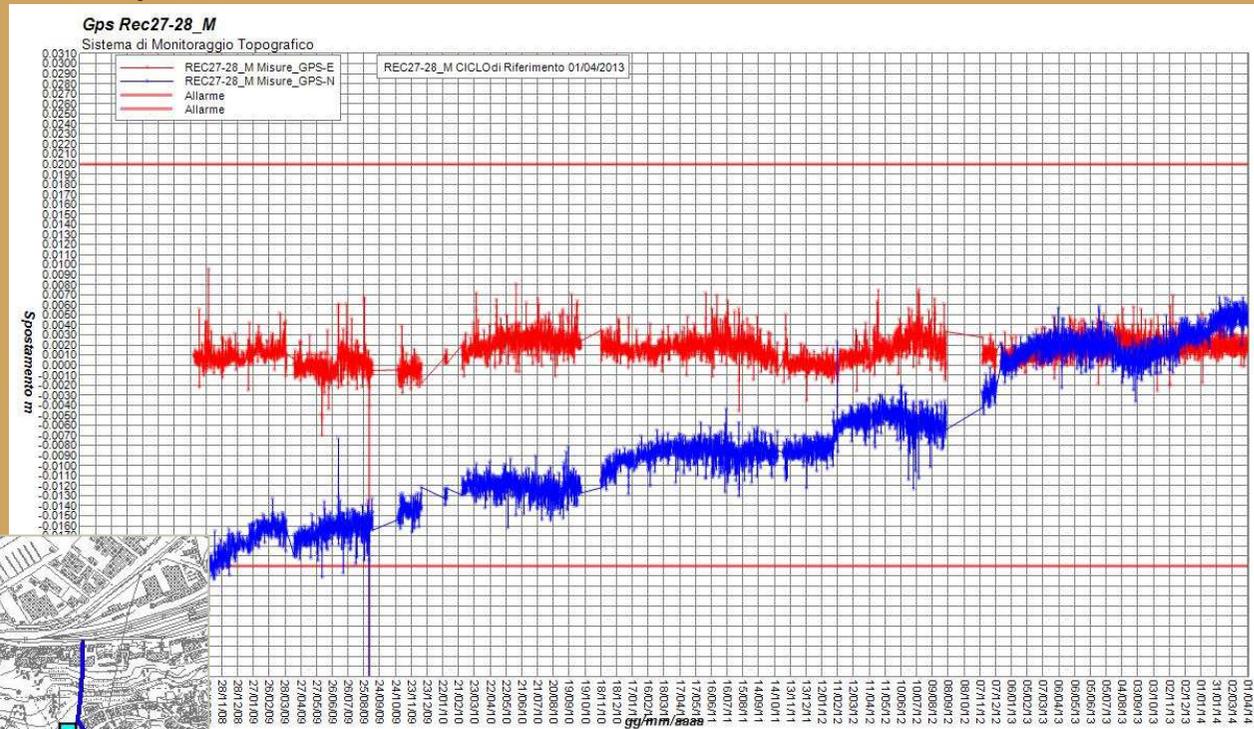
Estratto misure GPS Singola Frequenza installato sopra un'abitazione posta all'interna dell'area a rischio frana (REC 12)



# Analisi preliminare dei dati

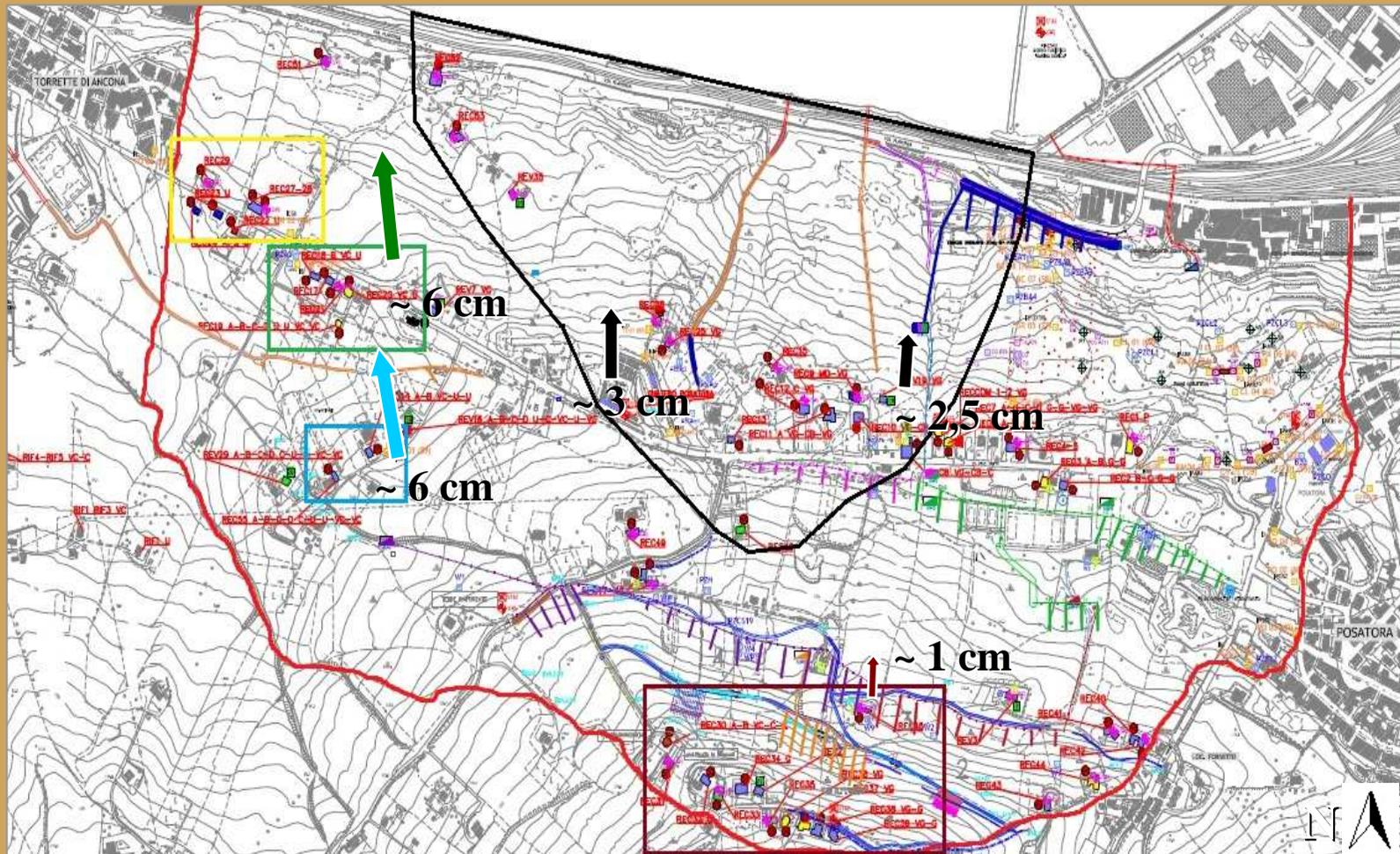
## Sistema di monitoraggio di Superficie

Estratto misure GPS Singola Frequenza installato sopra un'abitazione posta all'interna dell'area a rischio frana (REC 27-28)

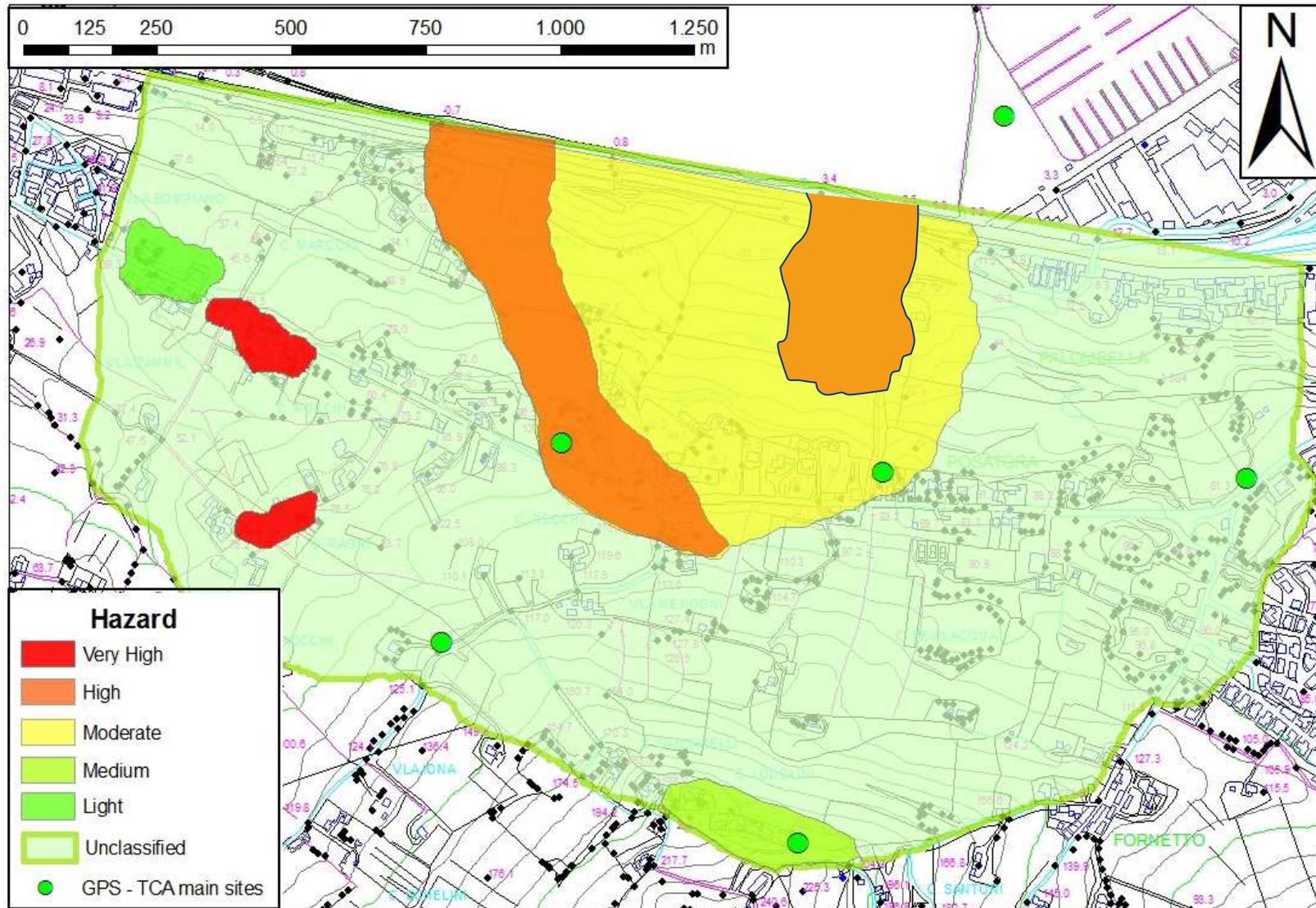


# Dall'analisi dei dati GPS e TCA si ottiene una mappa delle aree sensibili

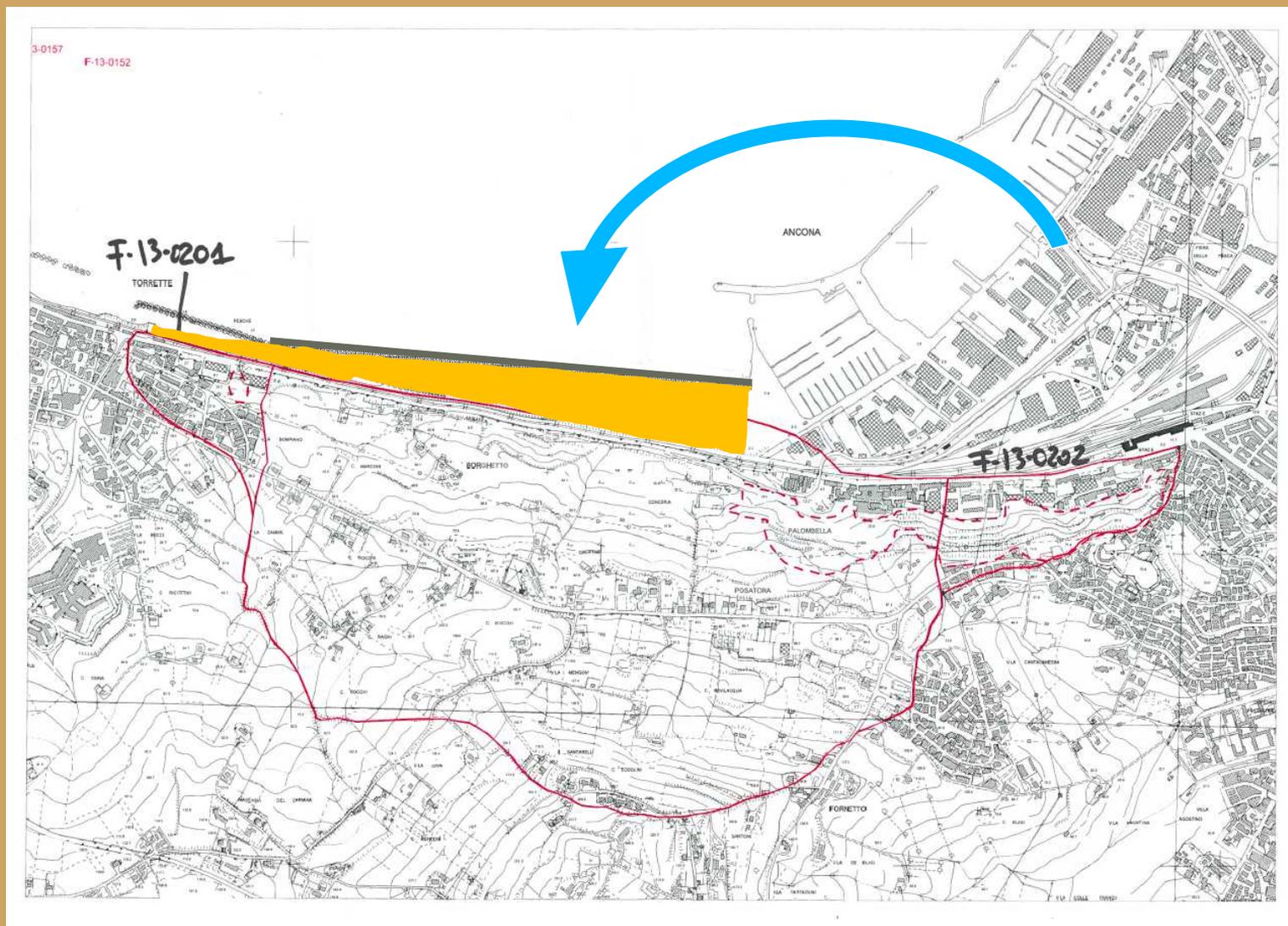
3 anni



# Zone di sensibilità geologica



# Riduzione del rischio – rilevato al piede



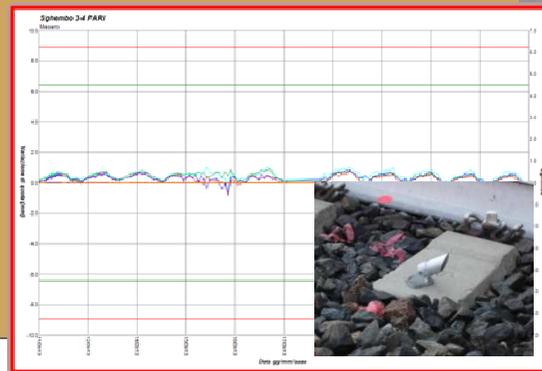
# Implementazione del monitoraggio sulla ferrovia - profondo



# Implementazione del monitoraggio sulla ferrovia – di superficie



Soglie di attenzione



	TR1 154.122	2DS	3DS	4DS	5DS	6DS	7DS	8DS	9DS	10DS	11DS	12DS	13DS	TR2 153.455	14DS	15DS	16DS	17DS	18DS	19DS	20DS	21DS
921500	STZ 151.287	152.424	152.425	152.426	152.427	152.428	152.429	152.430	152.431	152.432	152.433	152.434	152.435	152.436	152.437	152.438	152.439	152.440	152.441	152.442	152.443	152.444
		2DD	3DD	4DD	5DD	6DD	7DD	8DD	9DD	10DD	11DD	12DD	13DD		14DD	15DD	16DD	17DD	18DD	19DD	20DD	21DD
		152.430	152.431	152.432	152.433	152.434	152.435	152.436	152.437	152.438	152.439	152.440	152.441		152.442	152.443	152.444	152.445	152.446	152.447	152.448	152.449
		2PD	3PD	4PD	5PD	6PD	7PD	8PD	9PD	10PD	11PD	12PD	13PD		14PD	15PD	16PD	17PD	18PD	19PD	20PD	21PD
		152.400	152.401	152.402	152.403	152.404	152.405	152.406	152.407	152.408	152.409	152.410	152.411		152.412	152.413	152.414	152.415	152.416	152.417	152.418	152.419
		2PS	3PS	4PS	5PS	6PS	7PS	8PS	9PS	10PS	11PS	12PS	13PS		14PS	15PS	16PS	17PS	18PS	19PS	20PS	21PS
		152.299	152.300	152.301	152.302	152.303	152.304	152.305	152.306	152.307	152.308	152.309	152.310		152.311	152.312	152.313	152.314	152.315	152.316	152.317	152.318
921490														TR5 153.730								



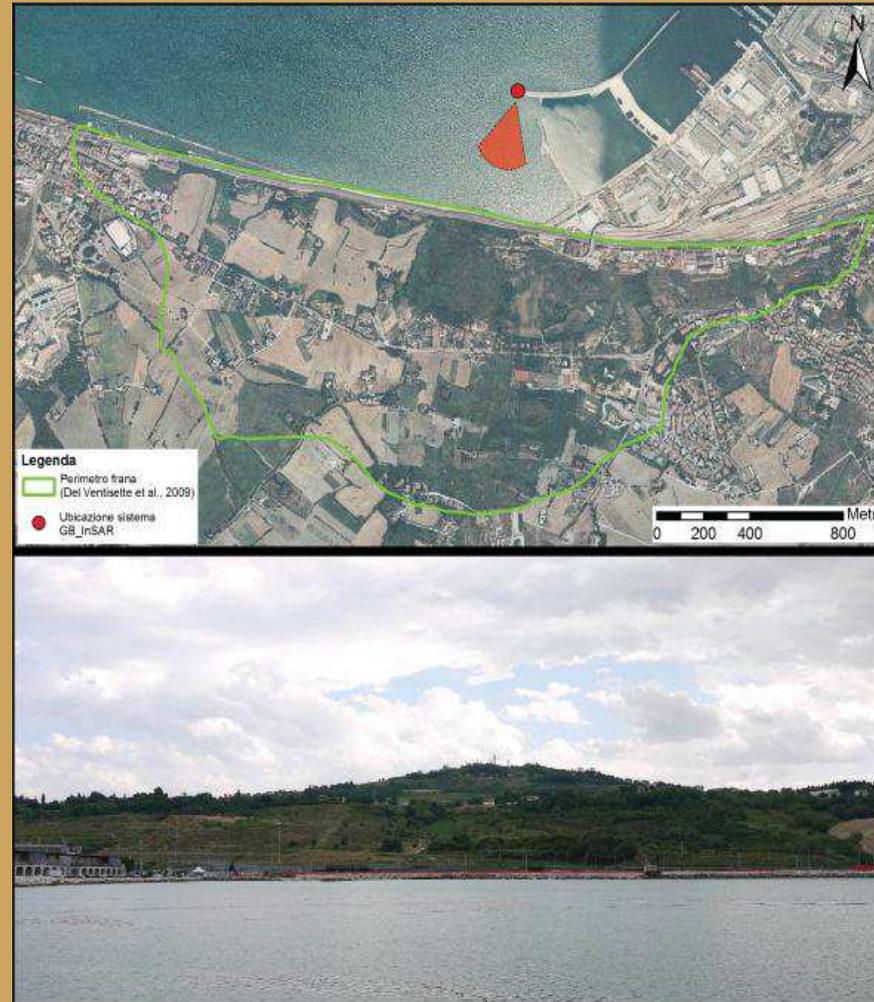
# Implementazione del monitoraggio sulla ferrovia – di superficie

## *Ground Based Interferometric- Sintetic Aperture Radar, GBInSAR*

**i sistemi GBInSAR inviano impulsi  
elettromagnetici nel campo delle microonde  
registrando coerentemente il segnale  
retrodiffuso Il sistema GBInSAR LiSA è in  
grado di acquisire dati in continuo**

**i dati vengono successivamente elaborati  
con algoritmi di *processing* e convertiti in  
immagini**

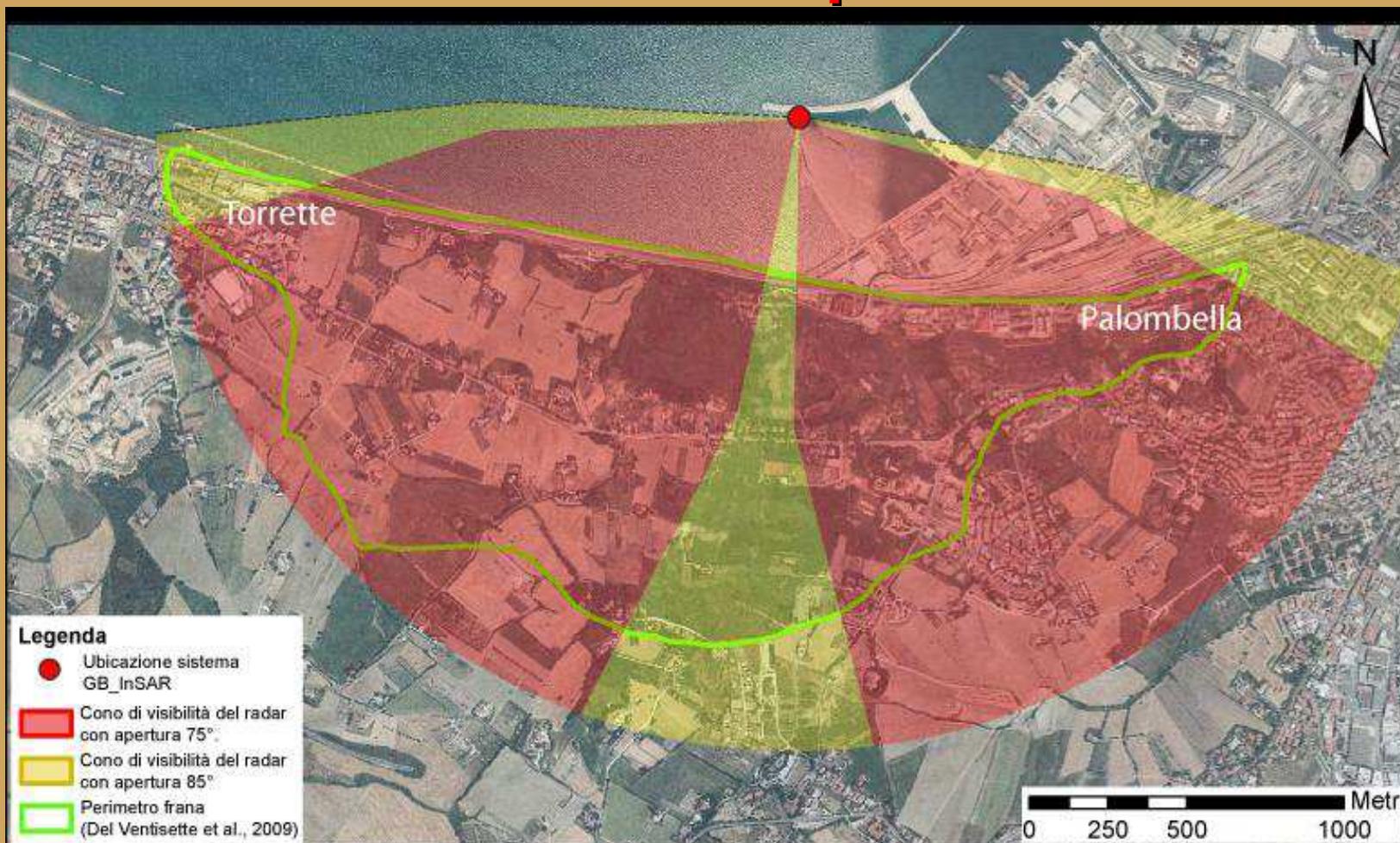
**Si ottengono mappe di spostamento in cui  
l'informazione di fase viene convertita in  
spostamento in millimetri**



Comune di Ancona



# Implementazione del monitoraggio sulla ferrovia – di superficie



Comune di Ancona



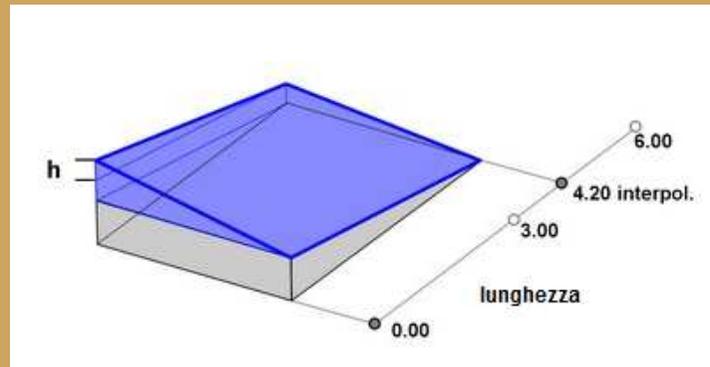
# Implementazione del monitoraggio sulla ferrovia

## Principale effetto del difetto di sgembo:

Sollevamento di un lato del carrello ferroviario del veicolo con rischio di deragliamento.

Lunghezza	Sgembo
0.000	6.500
3.000	6.500
6.000	5.500
9.000	4.500
15.000	3.700
20.000	3.400

Ok Annulla



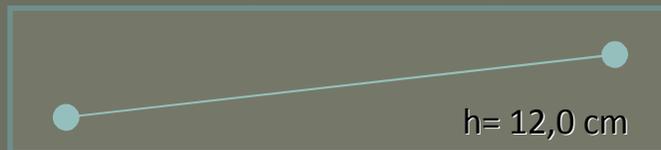
$$\text{Sgembo} = h / L$$

Dove:

h = differenza di sopraelevazione  
L = distanza tra le due sezioni di misura

Dati aggiornati al ... ..

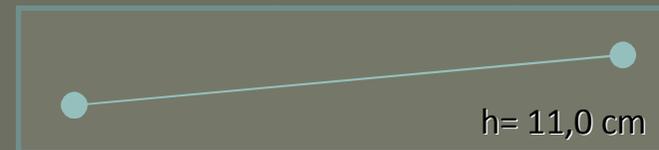
SEZIONE 45 (Km 127+800,00)



Sgembo calcolato

Sgembo limite

SEZIONE 46 (Km 127+805,00)



0,00200 (2,00 per mille)

0,00533 (5,33 per mille)

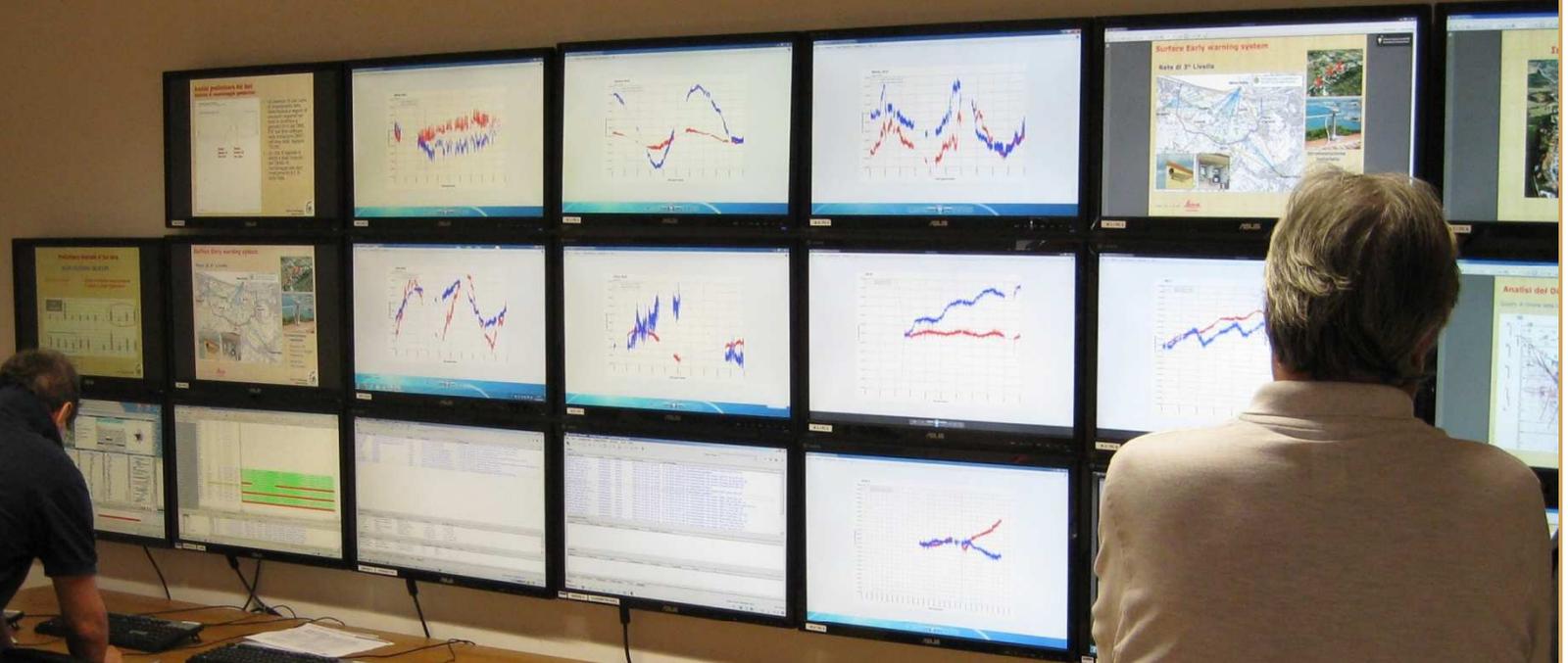


# Conclusioni

## “CONVIVENZA ATTIVA”

- Il **Comune di Ancona** ha deciso di attuare una politica di **Convivenza attiva** con la **“Grande Frana di Ancona”** ovvero **orientata non ad un definitivo consolidamento della frana**, risultato peraltro impossibile anche a fronte di ingenti opere e degli elevati costi, **ma ad una mitigazione del rischio.**
- La **sicurezza della Popolazione** viene garantita attraverso un **SISTEMA di MONITORAGGIO INTEGRATO AUTOMATICO di ALTA PRECISIONE.**
- Questo progetto è il risultato di una **specifica progettazione finalizzata ad un connubio tra Risorse Umane con elevata competenza specifica e la miglior tecnologia nell’ambito dei Sistemi di Monitoraggio in tempo reale** realizzato per dare sicurezza e tranquillità alle popolazioni residenti nell’area a rischio frana





Grazie per l'attenzione

Early warning center  
Ancona landslide

