



SEMINARIO TECNICO

PROTEZIONE DEL TERRITORIO

Tecniche di prevenzione del Dissesto Idrogeologico

Opere di sostegno - Terre rinforzate - Sistemi di drenaggio

La Mitigazione del Rischio Idrogeologico:

Aspetti Teorici ed Approcci Progettuali

Massimo RAMONDINI

**Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale
Università degli Studi di Napoli Federico II**

Webinar CNI-Tema infrastrutture- 16 marzo 2026

DISSESTO IDROGEOLOGICO

Il dissesto idrogeologico è l'insieme dei **processi morfologici che hanno un'azione fortemente distruttiva** in termini di degradazione del suolo.

Con il termine "**dissesto idrogeologico**", quindi, ci riferiamo a tutti quei fenomeni che distruggono il suolo, dall'erosione fino ad arrivare a eventi catastrofici come alluvioni e frane.

DISSESTO IDROGEOLOGICO

L'articolo 54 del **Decreto Legislativo 152/2006** (*Testo Unico per l'Ambiente*) definisce il dissesto idrogeologico come *la condizione che caratterizza aree ove processi naturali o antropici, relativi alla dinamica dei corpi idrici, del suolo o dei versanti, determinano condizioni di rischio sul territorio.*

Il D.Lgs. 152/2006, unitamente al **D.Lgs. n.49 del 2010** (*Valutazione e gestione dei rischi da alluvioni*) definiscono il quadro normativo di riferimento per il dissesto idrogeologico.

I due decreti sono il vertice di una serie di ordinanze e strumenti legislativi che nel loro complesso costituiscono un quadro normativo articolato la cui finalità principale è quella di tutelare il territorio attraverso:

- **l'individuazione delle aree in disequilibrio** in cui sono presenti le condizioni favorevoli all'instaurarsi di fenomeni di dissesto idrogeologico;
- **il risanamento** e il **recupero** delle aree in cui sono presenti delle condizioni di rischio idrogeologico;
- la **messa in sicurezza** delle aree a maggior rischio idrogeologico;
- il **finanziamento** dell'attività conoscitiva, della programmazione, della pianificazione e dell'esecuzione degli interventi.

DEFINIZIONE DISSESTO IDROGEOLOGICO

(Commissione De Marchi, 1970)

Insieme dei processi che vanno dalle erosioni contenute e lente alle forme più consistenti della degradazione superficiale e sub-superficiale dei versanti, fino alle forme imponenti e gravi come le frane

ANALISI DI RISCHIO

Processo decisionale che consiste nell'analisi di un'area per valutare gli effetti sull'uomo e sulle sue attività derivanti dall'esposizione all'azione di eventi presenti nell'ambiente considerato

COMPONENTI DELL'ANALISI DI RISCHIO

Evento, contesto ambientale, danno, vie e modalità di esposizione, ricettori

Definizione di rischio totale: $R = H * V * W$

Parametri di rischio - Definizioni

(Varnes et al., 1984; Einstein, 1988; Fell, 1994; Canuti e Casagli, 1994)

PERICOLOSITÀ ("Hazard" o Probabilità di accadimento) H:

probabilità che un dato fenomeno potenzialmente dannoso, di data **intensità**, si verifichi in una data area e in un dato periodo di tempo; espressa in termini di probabilità annua, o di tempo di ritorno:

$$H = H(I)$$

Intensità ("Intensity" o Magnitudo) I:

severità geometrica e meccanica di un dato fenomeno potenzialmente dannoso; espressa in funzione di una grandezza caratteristica (volume, massa, velocità, energia), oppure secondo una scala relativa (es. grado MCS).

VALUTAZIONE DI H

si assume che eventi di uno stesso tipo, che hanno coinvolto aree particolari, si possono ripetere nelle medesime zone con modalità e frequenze analoghe.

Elementi a rischio ("*Elements at risk*") E:

popolazione, proprietà, attività economiche, servizi pubblici, beni ambientali e culturali in una data area esposta al rischio.

VALORE DEGLI ELEMENTI A RISCHIO ("*Worth of elements at risk*") W:

valore economico o numero delle unità degli elementi a rischio in una data area; espresso, oltre che in termini **di numero** o di **quantità** di elementi esposti, anche in termini **monetari**, in funzione del tipo di elemento a rischio:

$$W = W(E)$$

ESEMPIO: *Numero di presenze umane, valore di una proprietà (terreno, costruzioni, ..), capacità produttiva (industrie, aziende agricole), presenza di beni culturali, di risorse naturali (acqua, suolo, bosco)*

VULNERABILITA' ("Vulnerability") V:

Capacità di un determinato elemento (popolazione, edifici, infrastrutture, attività, risorse naturali) di *sopportare* gli effetti in funzione *dell'intensità dell'evento*.

Grado di perdita prodotto su un certo elemento o gruppo di elementi a rischio in seguito al verificarsi di un dato fenomeno di data intensità; espresso in una scala variabile da 0 (nessuna perdita) a 1 (perdita totale):

$$V = V(I;E)$$

Si concretizza nel fatto che allo stesso evento con la stessa pericolosità, un territorio risponde in modo diverso secondo la sua *forza intrinseca*.

RISCHIO GEOLOGICO

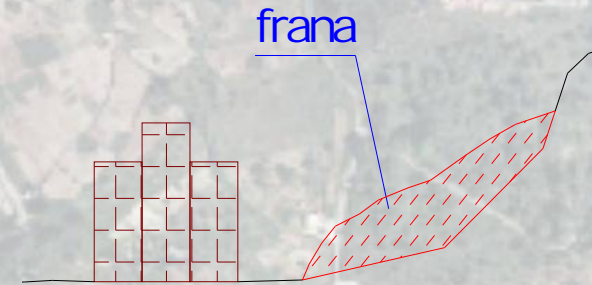
Probabilità con cui un determinato fenomeno naturale può manifestarsi in un certo territorio provocando effetti catastrofici. Fanno parte dei rischi naturali:

- Rischio sismico;
- Rischio vulcanico;
- **Rischio idrogeologico.**

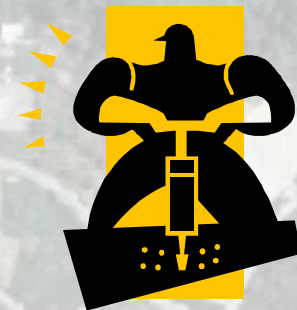
Classificazione dei pericoli geologici

Distinzione primaria:

- **pericolo indotto da processi naturali**
(frane, valanghe, inondazioni,
"calamità idrogeologiche", terremoti,
vulcanismo, ecc.)



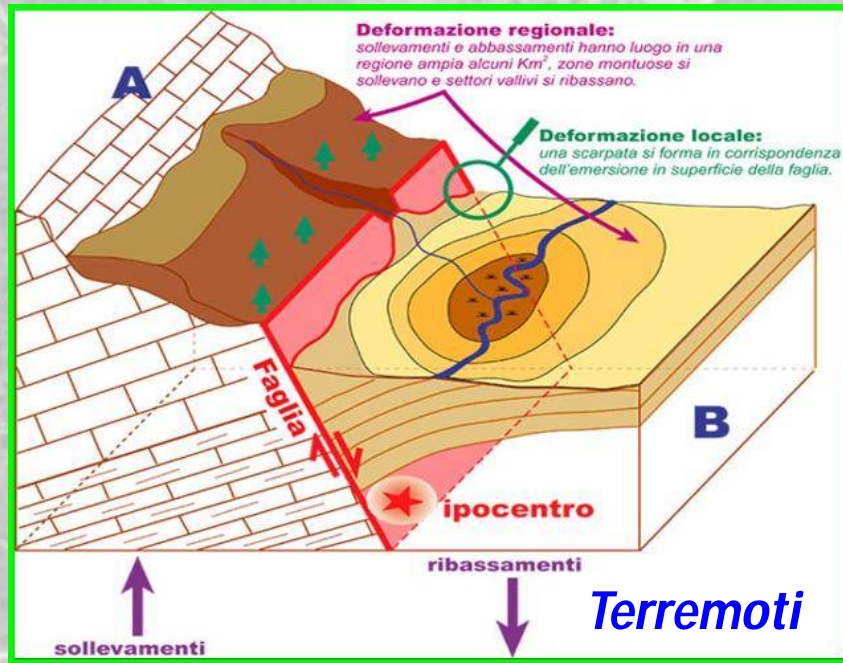
- **pericolo indotto (o aggravato) da attività antropiche**
(opere di sbarramento, instabilità di pendii artificiali;
smaltimento di rifiuti, inquinamento, ecc.)



Ulteriore distinzione tra fenomeni comportanti movimento:

- ✓ di materiale solido
- ✓ di fluidi

PERICOLI DERIVANTI DA **PROCESSI NATURALI**



PERICOLI DERIVANTI DA **ATTIVITA' ANTROPICHE**

Fenomeni comportanti movimento di materiale solido

Stoccaggio di materiali:
Accumuli di rifiuti (landfills)



Erosione accelerata da attività agricole

Frane in pendii artificiali:

Rotture di rilevati
Rotture di fronti di scavo

Subsidenza indotta da:

Scavi minerari
Estrazione d'acqua o di idrocarburi



PERICOLI DERIVANTI DA ATTIVITA' ANTROPICHE

Fenomeni comportanti movimento di fluidi

➤ **Acqua:**
Dighe
Canali

➤ **Liquidi inquinanti:**
Contenimento di rifiuti pericolosi
Contenimento e trasporto di fluidi (olio, gas)



$$R = H * V * W$$

Aree interessate da intensi processi naturali (*terremoti, vulcani, frane, ecc.*) che non comportano alcun problema all'uomo ed alle sue attività (*zone non antropizzate*) sono caratterizzate da

PERICOLOSITA' ELEVATA, RISCHIO NULLO

$$H \gg 0 \quad V=W=0 \quad \Rightarrow R=0$$

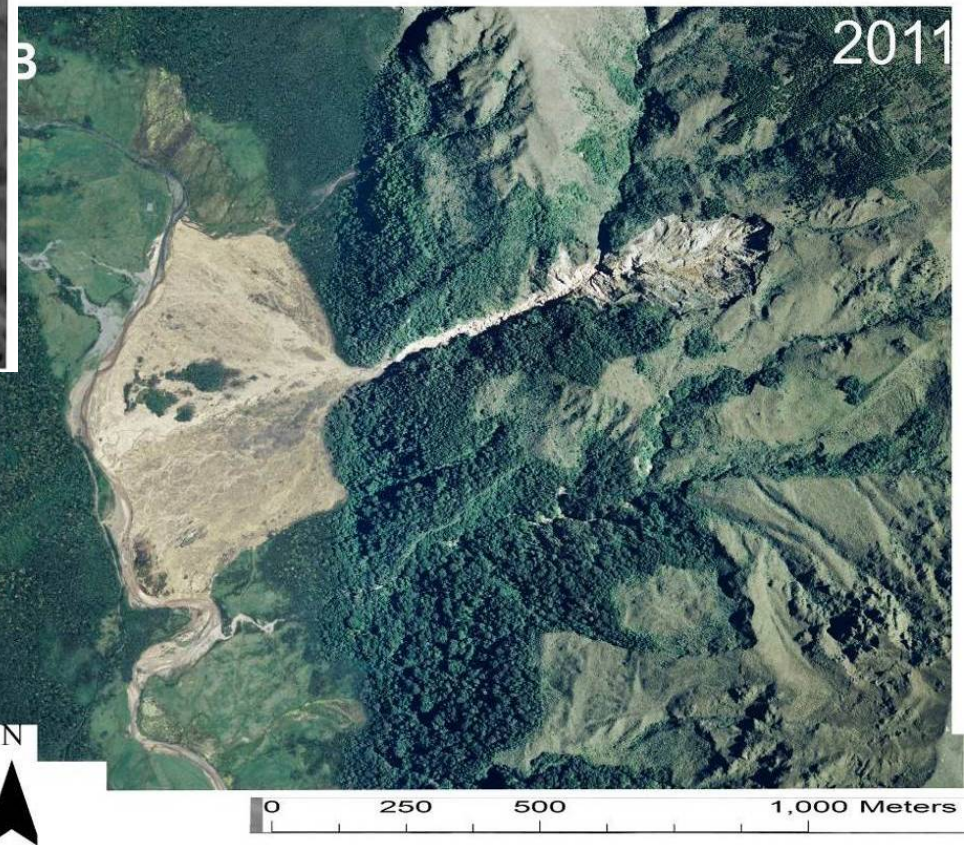
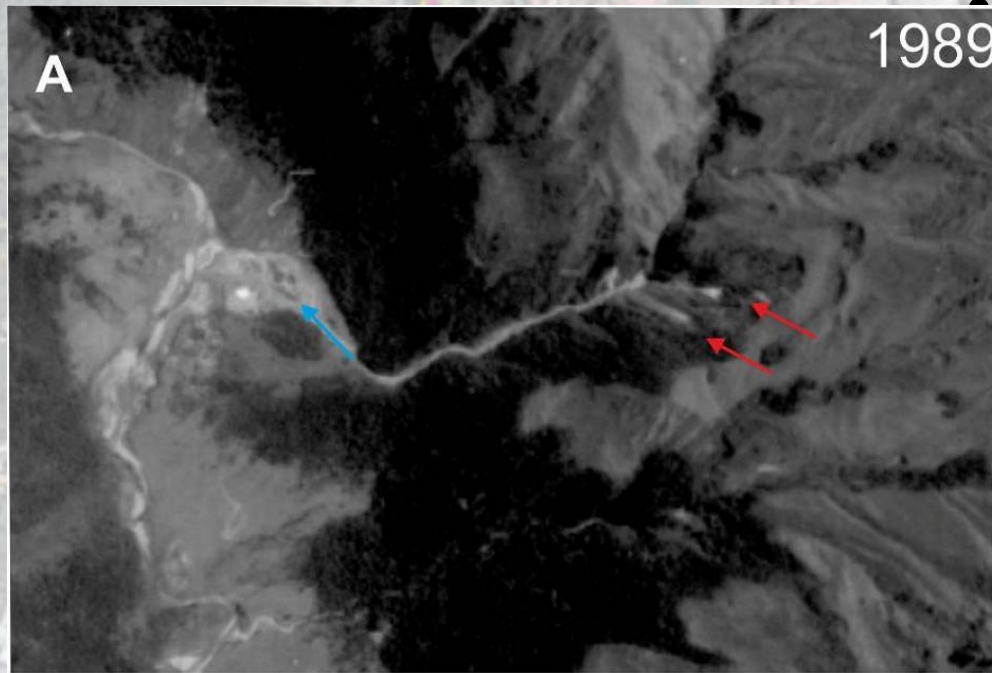


Un fenomeno fisico per essere **dannoso** deve essere confrontato con **ciò che si trova sul territorio** (presenze umane, attività, infrastrutture, ecc.)

CI RIFERIREMO SOLO AL RISCHIO FRANA

DESLIZAMIENTO DE SOROCHO (ECUADOR)

- Quota coronamento : 3600 m.s.l.m
- Quota cumulo: 3200 m.s.l.m
- Lunghezza complessiva: 900 m
- Dimensione nicchia: 12,500 m²
- Dimensione cumulo: 210.000 m²



- Larghezza canale: 10÷15 m
- Spessore coltre in frana: 30÷40 m
- Copertura mobilizzata: Rioliti alterate
- Substrato: Andesite

DESLIZAMIENTO DE SOROCHOE (ECUADOR)



01-mar-2005



28-mar-2008



14-dic-2009



Evoluzione temporale

8 - CUADRO ECONÓMICO

El importe de las obras en diseño para las tres fases es igual a \$ 5.918.046,87

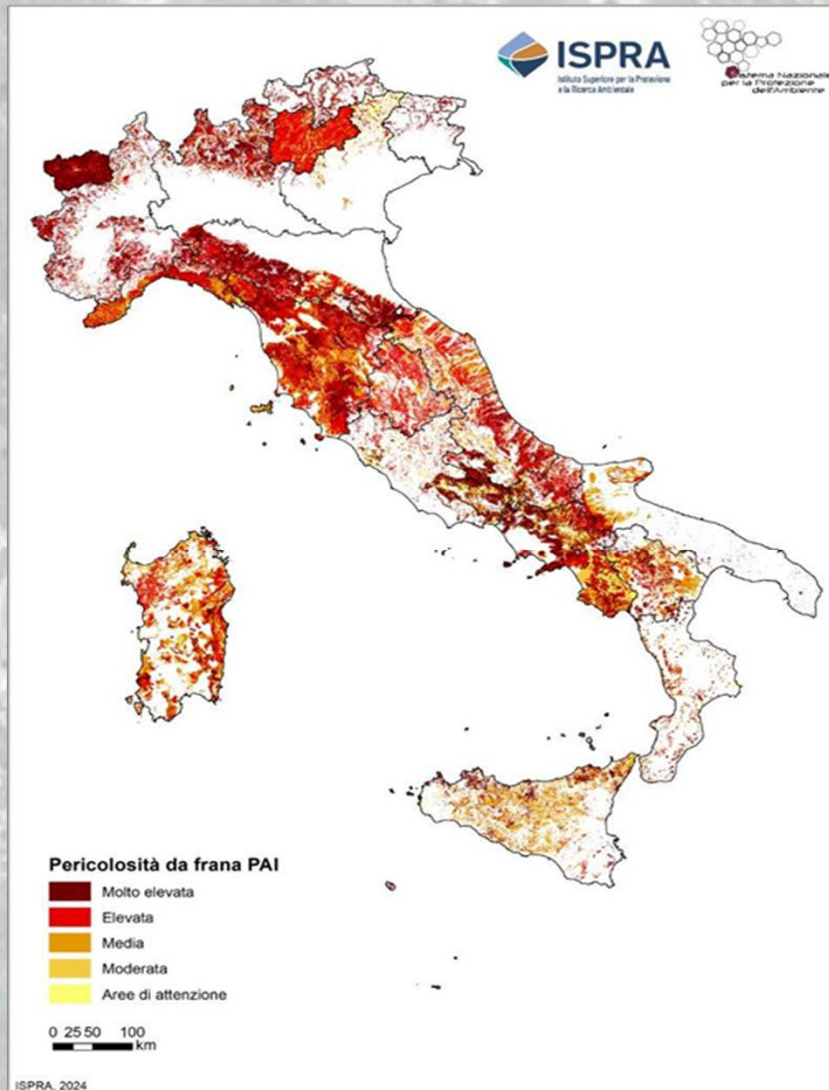
El cuadro económico es el siguiente:

A	TRABAJOS	Us\$
1	INTERVENCIONES DE PRIMERA FASE	1.043.265,62
2	INTERVENCIONES DE SEGUNDA FASE	710.481,25
3	INTERVENCIONES DE TERCERA FASE	4.164.300,00
IMPORTE TRABAJOS EN BASE DEL CONTRATO (1+2+3)		5.918.046,87

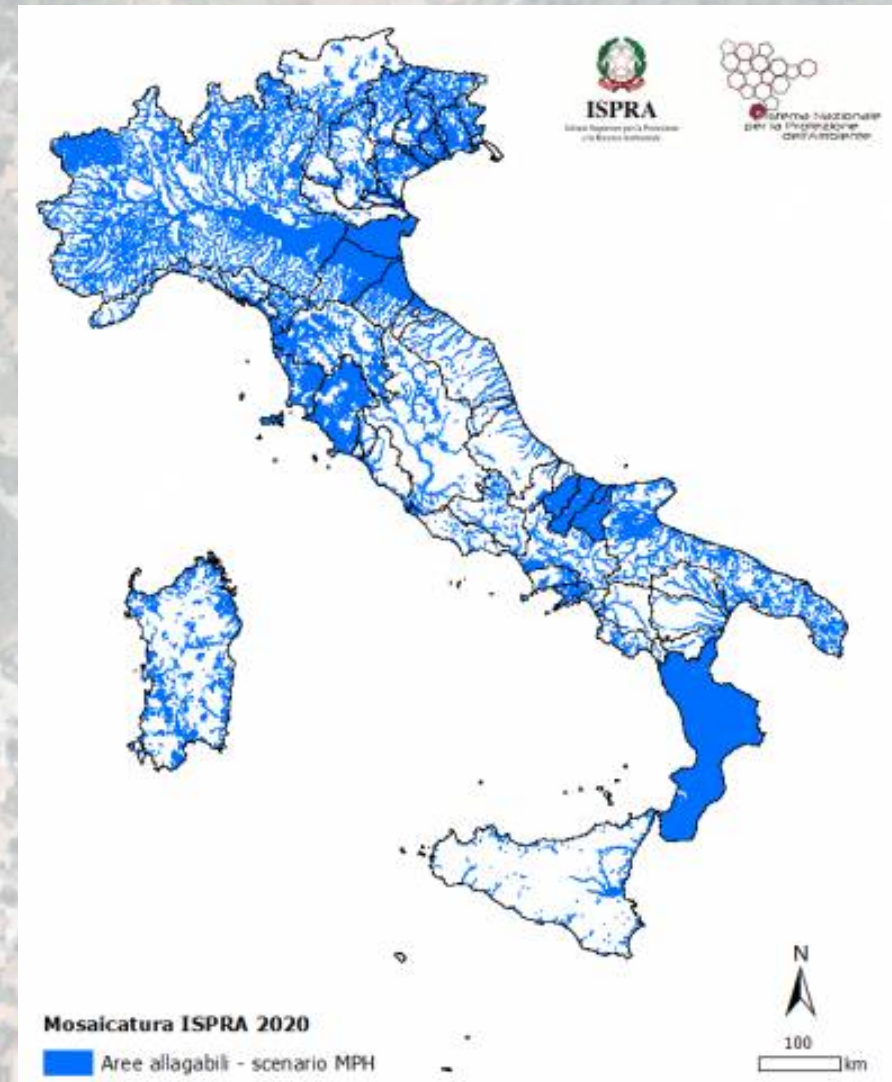
B	CANTIDADES DISPONIBLES PARA LA ESTACIÓN DE CONTRATACIÓN	Us\$
1	TRABAJOS EN ECONOMÍA, IMPREVISTOS Y VARIOS = A1 x 3,00%	31.297,97
2	GASTOS TÉCNICOS	4.000,00
3	TOMAS DE DATOS E INVESTIGACIONES ESPECIALÍSTICAS	11.000,00
4	MONITOREO GEOTÉCNICO	5.000,00
5	IVA SOBRE TRABAJOS Y GASTOS TÉCNICOS = (A+B1+B3+B4) x 12,00%	716.321,38
IMPORTES TOTALES DISPONIBLES PARA EL ESTACIÓN DE CONTRATACIÓN		767.619,35

A+B	TOTAL GENERAL DEL PROYECTO	6.685.666,22
------------	-----------------------------------	---------------------

Pericolosità da frane (PAI) e idraulica (Scenari D.Lgs. 49/2010) – ISPRA, 2024



**Superficie interessata: 69.530 km²,
(23,0% del territorio nazionale)**



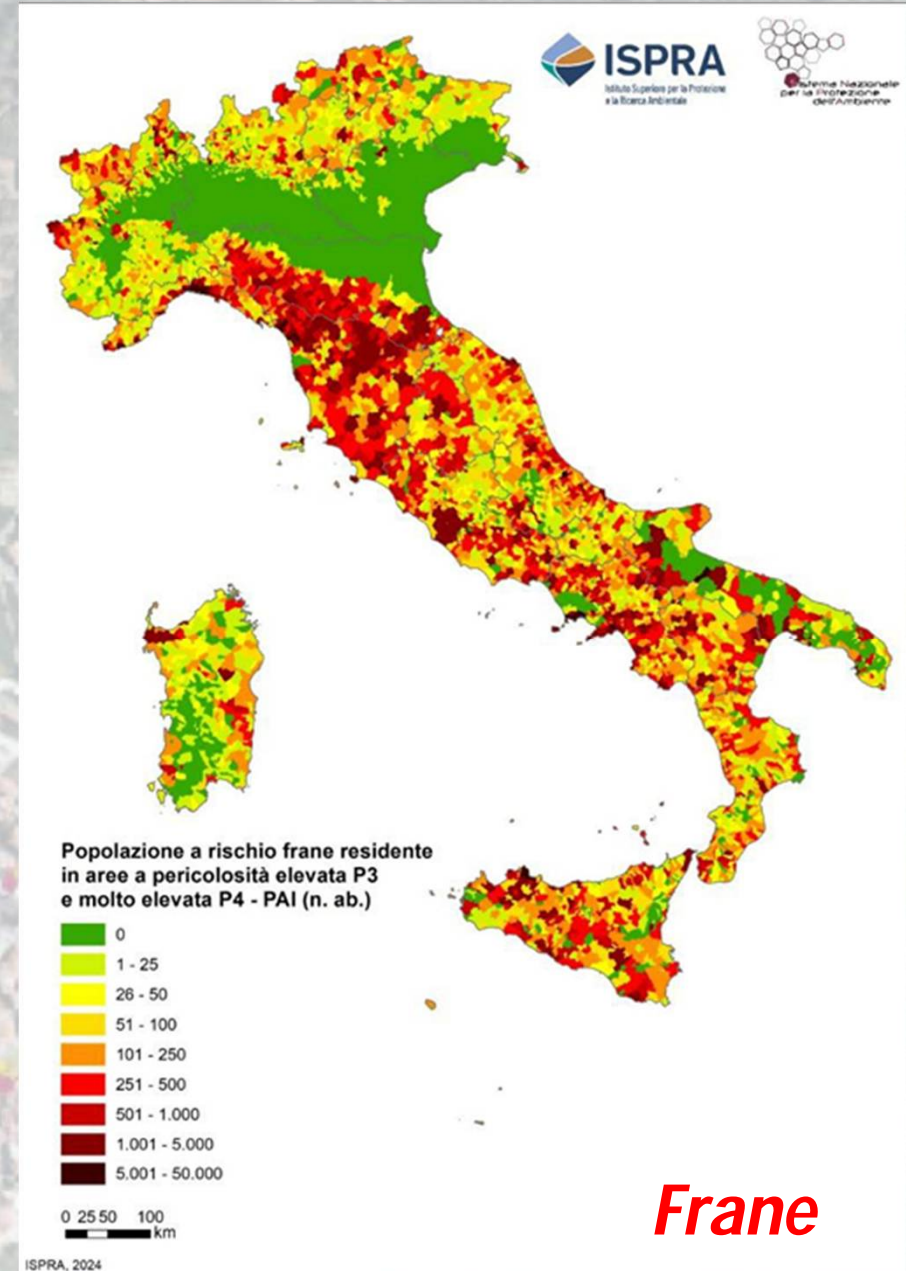
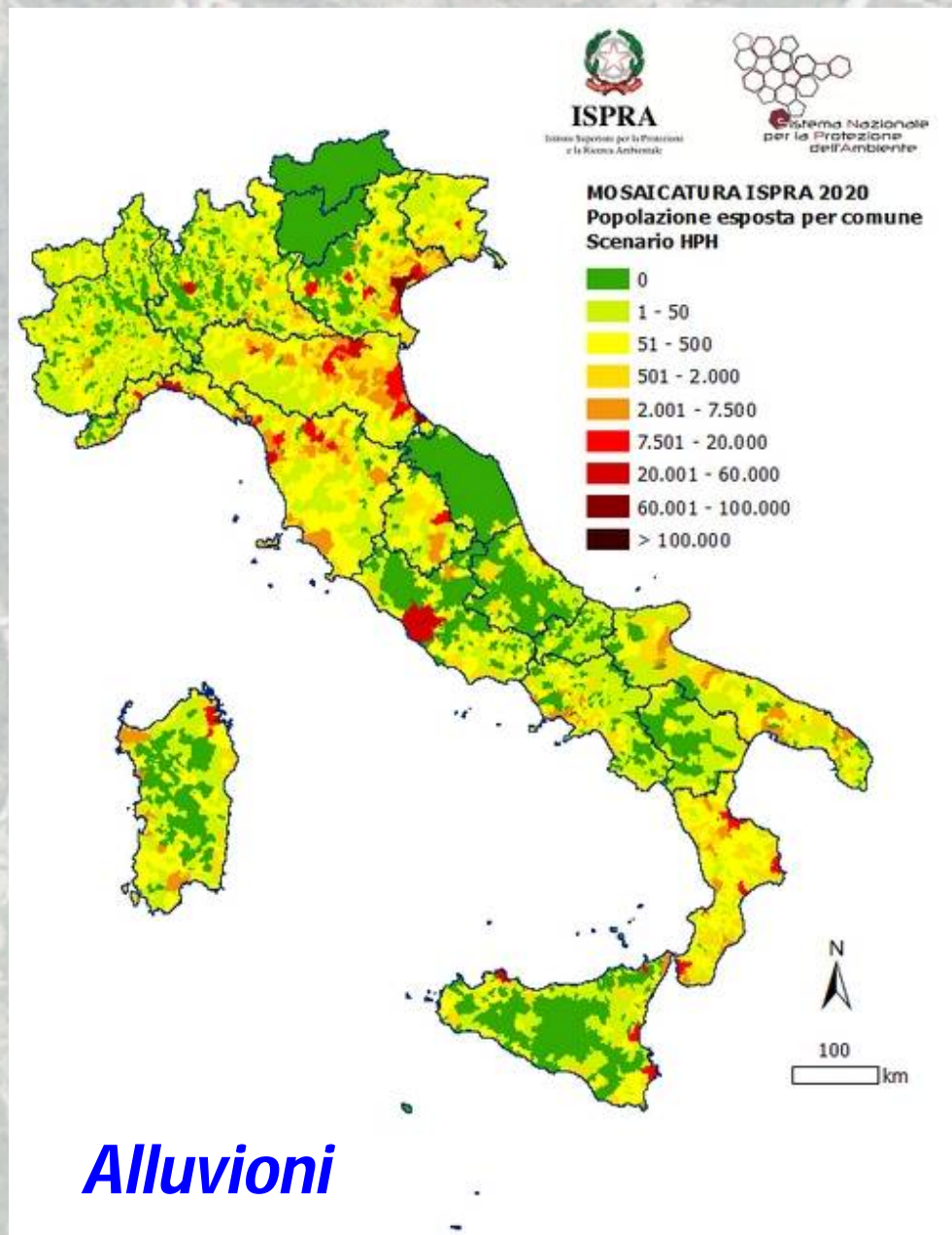
**Superficie interessata: 850 km di coste
basse (18,0% sul territorio nazionale)**

Pericolosità da frane e idraulica

- Comuni interessati da **frane** e **alluvioni**: **7.275** (91,1% del totale);
- Comuni con solo aree a pericolosità da **frana elevata P3** e **molto elevata P4** **1.602** (22% dei precedenti)
- Comuni con solo aree a pericolosità **idraulica media P2**: **1.739** (24% dei precedenti)
- Comuni con aree sia a pericolosità da **frana** che **idraulica**: **3.934** (54% dei precedenti)
- Valle D'Aosta, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Umbria, Marche, Molise, Basilicata e Calabria hanno il **100%** di comuni interessati da aree a pericolosità da frana P3 e P4 e/o idraulica P2;
- Provincia di Trento, Abruzzo, Lazio, Piemonte, **Campania** e Sicilia hanno tale percentuale maggiore del **90%**.

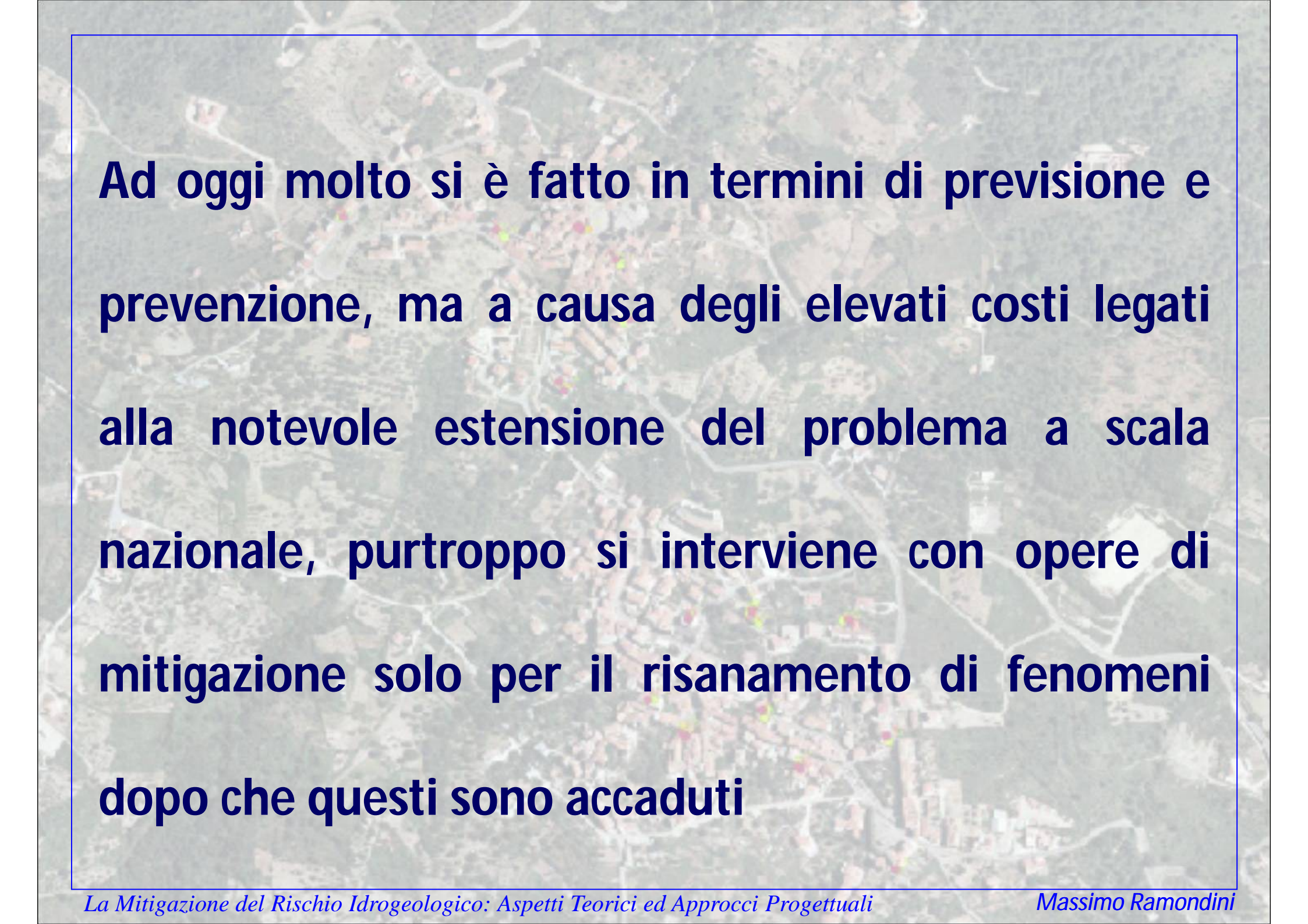
Fonte: [Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio. Edizione 2018. ISPRA, Rapporti 287/2018](#)).

Rischio idraulico e Rischio da frane



CONTROLLO DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO

- **Previsione:** determinazione di cause e meccanismi di eventi calamitosi, previsione degli eventi stessi sia come *area soggetta al probabile evento* sia come *momento dell'evento stesso* (tali attività portano a redigere le *mappe di rischio del territorio*);
- **Prevenzione:** attività volte a *evitare o a ridurre* al minimo la possibilità che si verifichino danni conseguenti agli eventi calamitosi attraverso l'adozione di interventi:
 - *normativi:* prescrizioni tecniche che impongono di realizzare servizi, abitazioni, infrastrutture capaci di minimizzare i danni conseguenti ad un evento calamitoso,
 - *di pianificazione:* redazioni di piani di programmazione compatibili con le mappe di rischio, nonché adottando i piani di bacino,
 - *tecnico-scientifici:* soluzioni che rendano apparecchiature ed impianti il più sicuri possibile,
 - *informativi:* educando, formando e informando amministratori, operatori e popolazioni per affrontare in modo opportuno i vari rischi;
- **Mitigazione:** azioni di manutenzione dei bacini idrografici più dissestati e delle opere di sistemazione o di costruzione di nuove opere, in modo da ridurre i pericoli per le persone, le cose e il patrimonio ambientale.

An aerial photograph of a city, likely Rome, showing a dense urban layout with red-tiled roofs and winding streets. A large, semi-transparent blue rectangular box is overlaid on the image, containing text in a bold, dark blue font. The text discusses the current state of hydrogeological risk mitigation, noting that while there is progress in forecasting and prevention, high costs and the scale of the problem often lead to reactive measures only after incidents occur.

Ad oggi molto si è fatto in termini di previsione e prevenzione, ma a causa degli elevati costi legati alla notevole estensione del problema a scala nazionale, purtroppo si interviene con opere di mitigazione solo per il risanamento di fenomeni dopo che questi sono accaduti

STUDIO DI UNA FRANA

- ✓ Studio geologico e geomorfologico su area vasta (dal rilievo al bacino idrografico)
- ✓ Studio morfostrutturale della frana (in relazione al versante)
- ✓ Caratterizzazione del corpo di frana: caratteri litostratigrafici e fisico-meccanici dei terreni coinvolti (con particolare attenzione per la resistenza al taglio); regime delle falde idriche (prima e durante il movimento); cinematica del movimento franoso – **Importanza di indagini e monitoraggio**
- ✓ Modellazione della frana: sintesi dei punti precedenti e schematizzazione del fenomeno in termini che consentano l'analisi matematica del fenomeno stesso
- ✓ Verifica di stabilità: validazione del modello proposto e messa a punto di un procedimento di calcolo da utilizzare nella successiva progettazione dell'intervento – **Equilibrio limite vs. elementi finiti; azioni sismiche**
- ✓ Valutazione della necessità/opportunità di un intervento di stabilizzazione
- ✓ Monitoraggio dell'opera

TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Una breve lista dei possibili interventi di mitigazione è fornita da [Popescu \(2001\)](#)

1. MODIFICAZIONE DELLA GEOMETRIA DEL VERSANTE	3. STRUTTURE DI CONTENIMENTO
1.1. Rimozione del materiale dall'area di innesco della frana (con sostituzione e riempimento con materiali leggeri).	3.1. Muri di contenimento a gravità
1.2. Riporto di materiale per aumentare la stabilità (terrapieno o riporto)	3.2. crib-block walls
1.3. Riduzione generale dell'angolo di pendio	3.3. Gabbionate
2. DRENAGGIO	3.4. Palificate e cassoni
2.1. Dreni superficiali per la deviazione dell'acqua dall'area in frana (trincee e tubi drenanti)	3.5. Muri in c.a.
2.2. Trincee drenanti superficiali o profonde riempite con materiali drenanti (sabbia e ghiaia e geosintetici)	3.6. Strutture di contenimento in terra rinforzate con elementi in polimero/metallici
2.3. Contrafforti di materiale grossolano (effetto idrologico)	3.7. Contrafforti di materiale grossolano (effetto meccanico)
2.4. Fori verticali (di piccolo diametro) con attrezzatura di pompaggio o autodrenanti	3.8. Reti di protezione di versanti in roccia
2.5. Pozzi verticali (di grande diametro) con drenaggio a gravità	3.9. Reti e muri paramassi
2.6. Fori sub-orizzontali o sub-verticali	3.10. Spritz-beton
2.7. Gallerie o cunicoli drenanti	4. CONSOLIDAMENTO INTERNO DEL VERSANTE
2.8. Well point e dewatering	4.1. Chiodature e barre in roccia
2.9. Drenaggio per sifonamento	4.2. Micropali
2.10. Dewatering per elettro-osmosi	4.3. Tiranti
2.11. Rimboschimento (effetto idrologica)	4.4. (Jet Grouting)
	4.5. Iniezione a pressione di malte cementizie e resine sintetiche
	4.6. Consolidamento termico
	4.7. Congelamento
	4.8. Tiranti a elettro-osmosi
	4.9. Rimboschimento (effetto meccanico di resistenza dell'apparato radicale)

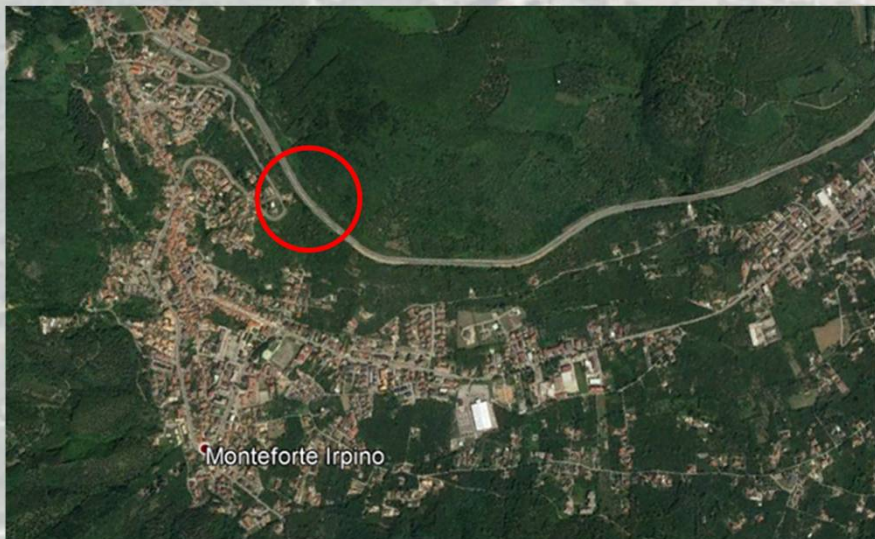
ENEA - Linee Guida Per La Salvaguardia Dei Beni Culturali Dai Rischi Naturali

<https://www.afs.enea.it/protprev/www/index.htm>

Fascicolo II: Linee Guida per il Rischio da Frane

<https://www.afs.enea.it/protprev/www/lineeguida2/Lineeguidall.htm>

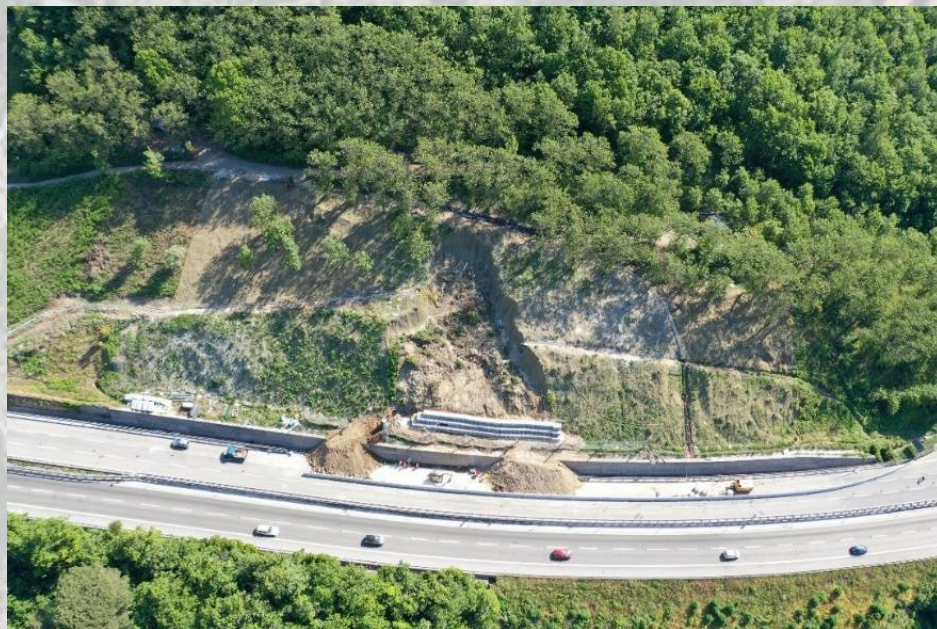
Oggetto: Interventi per la messa in sicurezza della pendice interessata dal dissesto tra le progressive km.che 36+800 ÷ 37+000 Carr. Ovest



Oggetto: Interventi per la messa in sicurezza della pendice interessata dal dissesto tra le progressive km.che 36+800 ÷ 37+000 Carr. Ovest



Oggetto: Interventi per la messa in sicurezza della pendice interessata dal dissesto tra le progressive km.che 36+800 ÷ 37+000 Carr. Ovest



Oggetto: Interventi per la messa in sicurezza della pendice interessata dal dissesto tra le progressive km.che 36+800 ÷ 37+000 Carr. Ovest

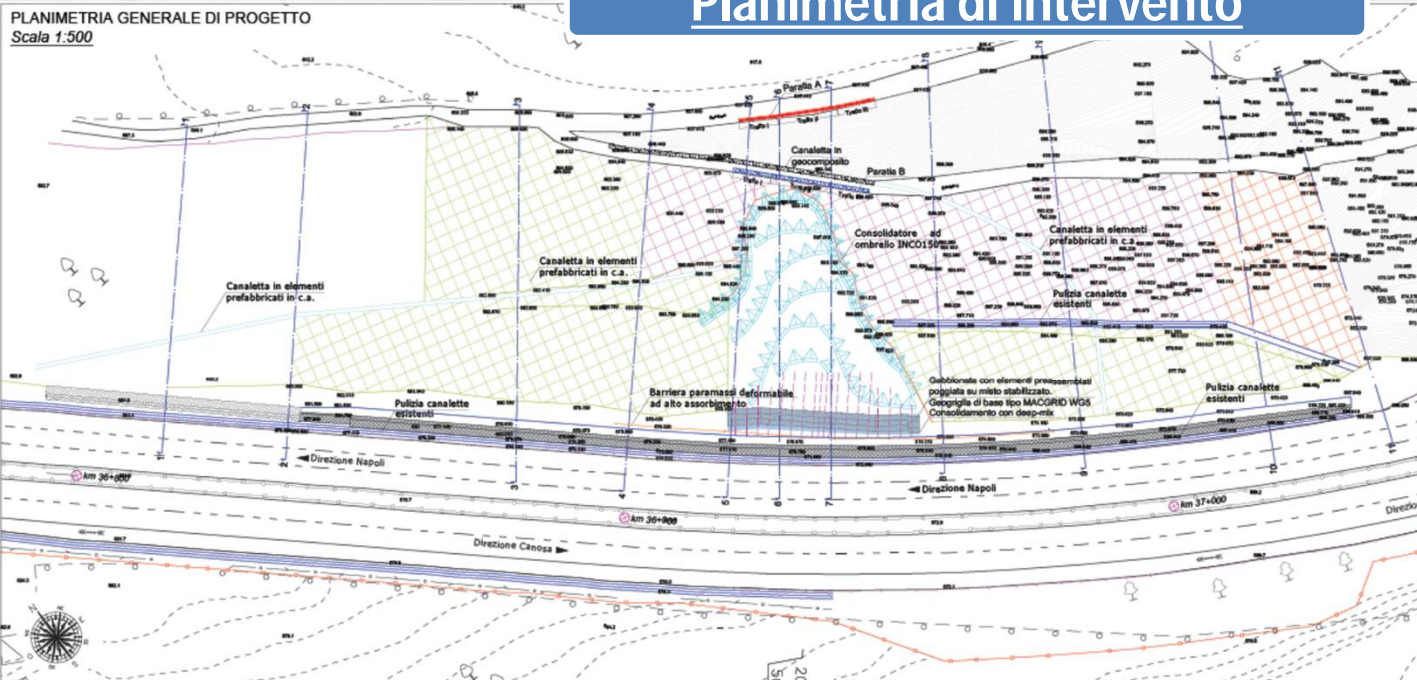
PROGETTO ESECUTIVO

DT06

Autostrada A16 Napoli - Canosa

Planimetria di intervento

PLANIMETRIA GENERALE DI PROGETTO
Scala 1:500



autostrade per l'italia

AUTOSTRADA A16 NAPOLI-BARI
TRATTO NAPOLI-CANOSA

INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA PENDICE
INTERESSATA DAL DISSESTO TRA LE PROGRESSIVE
KM.CHE 37+000 +36+800. CARR. OVEST
PROGETTO ESECUTIVO

Progettazione:



Ing. Giancarlo ZITO
Ing. Massimo RAMONDINI
Ing. Maria Cristina DI GREGORIO

Collaborazioni:

Ing. Alessia SANTACATERINA

PE

04

PLANIMETRIA GENERALE DI
PROGETTO

DATA	CONTENUTO	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Rev.	Descrizione	Data	Scala	Formato	Elaborato	Controllo	Approvato
0	PE-04-Planimetria di progetto.dwg	Luglio 2021	1:500	A2+	SANTACATERINA	ZITO	RAMONDINI

AREE DI INTERVENTO I-III
(progr. km.che 36+800+36+900 - 36+990+37+040)

- Canaletta in elementi prefabbricati in c.a.
Area I $L_{tot}=130m$
Area III $L_{tot}=70m$
- Pulizia canalette esistenti
- Posa in opera chiodature di ancoraggio costituite da barra a filettatura continua in acciaio FeB450C $L=6m$, $\varphi=24$ mm in foro $D=100mm$, $\theta=20^\circ$ disposte a maglia $3.0 \times 3.0m$;
- Posa in opera di geocomposito MacMat®;
- Posa in opera funi metalliche zincate ad anima metallica (norma DIN 2078 e DIN 3080) $d=16$ mm.
- Posa in opera chiodature di ancoraggio costituite da barra a filettatura continua in acciaio FeB450C $L=12m$, $\varphi=24$ mm in foro $D=100mm$, $\theta=20^\circ$ disposte a maglia $2.5 \times 2.5m$;
- Posa in opera di geocomposito MacMat®;
- Posa in opera funi metalliche zincate ad anima metallica (norma DIN 2078 e DIN 3080) $d=16$ mm.
- Posa in opera chiodature di ancoraggio costituite da barra a filettatura continua in acciaio FeB450C $L=6m$, $\varphi=24$ mm in foro $D=100mm$, $\theta=20^\circ$ disposte a maglia $2.5 \times 2.5m$;
- Posa in opera di geocomposito MacMat®;
- Posa in opera funi metalliche zincate ad anima metallica (norma DIN 2078 e DIN 3080) $d=16$ mm.

AREA DI INTERVENTO II
Progr. km.che 36+900+36+990)

- OS21 Paratia di micropali $L_{eff}=25m$ $\varnothing 220$ $ix=0.30m$ $L=12$ m armati con tubolare CHS 177.8mm sp. 10mm
- Paratia di micropali $L_{eff}=30m$ $\varnothing 100$ $ix=0.25m$; $iy=0.35m$ $L=11$ m armati con tubolare CHS 90mm sp. 10mm
- Consolidatore ad ombrello INCO150 $H=2.00 \times L=2.50$ m, e Chiodatura con barre in acciaio FeB450C $\varnothing 24$ mm \varnothing foro=100 mm di lunghezza $L_{min}=6m$, inclinazione $i=20^\circ$ disposta con maglia: 2.50×2.00 m. Aste drenanti in PVC $\varnothing 110$ $L=12$ m $i=2.5$ m, $\alpha=5\%$ disposte lungo le prime due file di consolidatori
- Canaletta rivestita in geocomposito costituito da geostuoia antierosiva, geotessile non tessuto e pellicola impermeabile, riempimento con materiale drenante $L_{eff}=60$ m
- Gabbionata in pietra con elementi preassemblati (2.00x1.00) $L_{tot}=35$ m. Geogrida di base.
- Consolidamento con deep-mix (trattamento con polvere di cemento). Prof. max di intervento =3.0m, pari a 320 m³ circa
- Aste drenanti in PVC $\varnothing 110$ $L_{sp}=6+12$ m (n. 4 $L=6m$, n. 4 $L=9m$, n. 12 $L=12m$) $i=1.0+2.0$ m, $\alpha=5\%$
- Barriera paramassi deformabile ad alto assorbimento di energia di classe B (Energia=3000 kJ), $h=5.0m$ con pannelli ad anelli concatenati
- Posa in opera chiodature di ancoraggio costituite da barra a filettatura continua in acciaio FeB450C $L=6m$, $\varphi=24$ mm in foro $D=100mm$, $\theta=20^\circ$ disposte a maglia $3.0 \times 3.0m$;
- Posa in opera di geocomposito MacMat®;
- Posa in opera funi metalliche zincate ad anima metallica (norma DIN 2078 e DIN 3080) $d=16$ mm.
- Posa in opera chiodature di ancoraggio costituite da barra a filettatura continua in acciaio FeB450C $L=12m$, $\varphi=24$ mm in foro $D=100mm$, $\theta=20^\circ$ disposte a maglia $2.5 \times 2.5m$;
- Posa in opera di geocomposito MacMat®;
- Posa in opera funi metalliche zincate ad anima metallica (norma DIN 2078 e DIN 3080) $d=16$ mm.

OS12b
OG3

OS12b
OG3

Oggetto: Interventi per la messa in sicurezza della pendice interessata dal dissesto tra le progressive km.che 36+800 ÷ 37+000 Carr. Ovest

PROGETTO ESECUTIVO

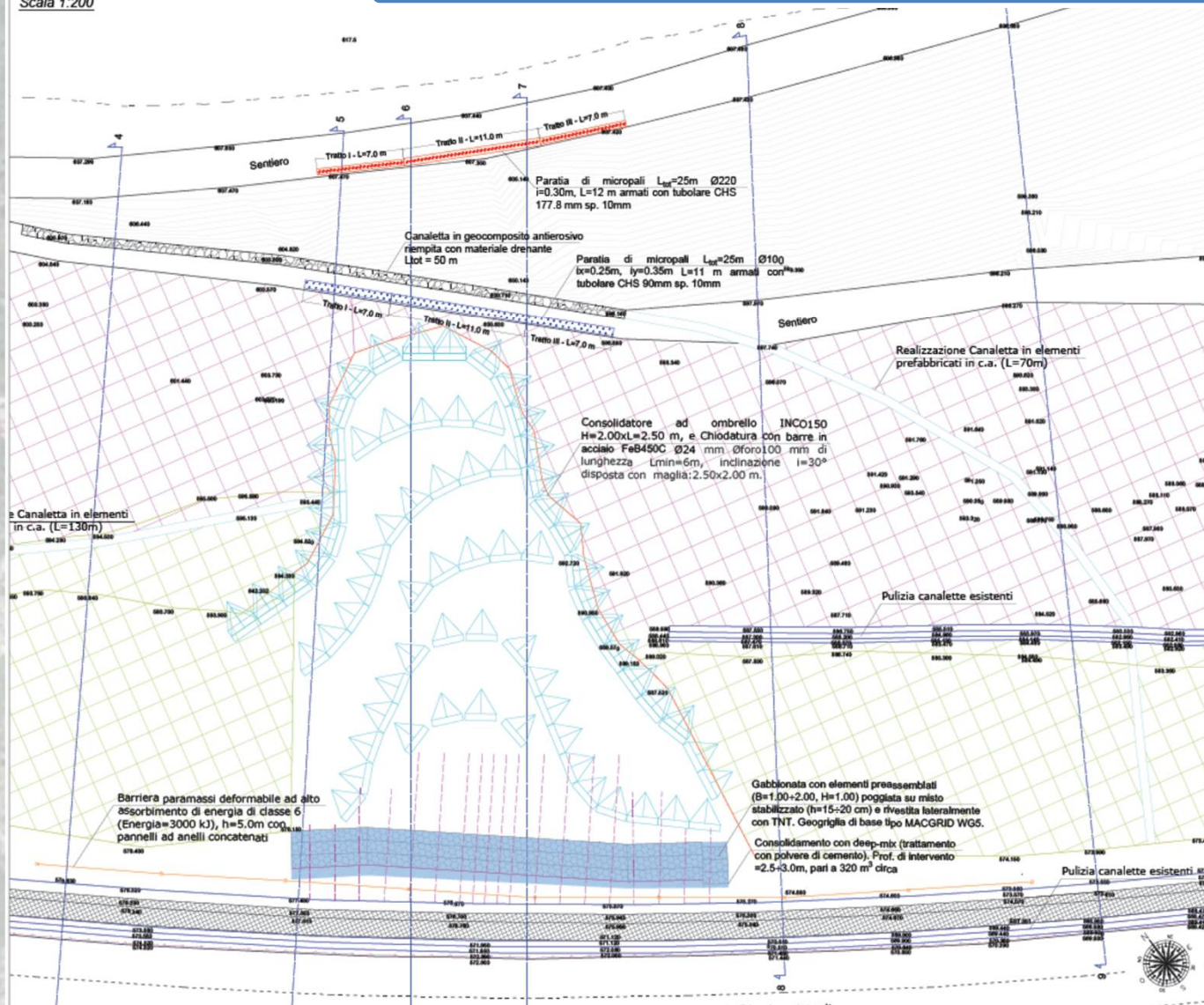
DT06

Autostrada A16 Napoli - Canosa

Planimetria di progetto - Area di Intervento II

PLANIMETRIA DI DETTAGLIO DI PROGETTO - AREA
Scala 1:200

INTERVENTO II (progr. km.che 36+900÷36+990)



- OS21
- Paratia di micropali $L_{tot}=25m$ Ø220 $i_x=0.30m$ $L=12m$ armati con tubolare CHS 177.8mm sp. 10mm
 - Paratia di micropali $L_{tot}=30m$ Ø100 $i_x=0.25m$; $i_y=0.35m$ $L=11m$ armati con tubolare CHS 90mm sp. 10mm
 - Consolidatore ad ombrello INCO150 $H=2.00m$ $L=2.50m$, e Chiodatura con barre in acciaio FeB450C Ø24 mm Øforo100 mm di lunghezza $L_{min}=0m$, inclinazione $i=20^\circ$ disposta con maglia: $2.50x2.00m$. Aste drenanti in PVC Ø110 $L=12m$ $i=2.5m$, $\alpha=5\%$ disposte lungo le prime due file di consolidatori
 - Canaletta rivestita in geocomposito costituito da geostuoia antierosiva, GNT e pellicola impermeabile, riempimento con materiale drenante $L_{tot}=50m$
 - Gabbionata in pietra con elementi preassemblati ($2.00x1.00$) $L_{tot}=35m$. Geogriglia di base. Aste drenanti in PVC Ø110 $L_{var}=8-12m$ $i=2.0m$, $\alpha=5\%$
 - Consolidamento con deep-mix (trattamento con polvere di cemento).
 - Prof. max di intervento = $3.0m$, pari a $320m^3$ circa
 - Aste drenanti in PVC Ø110 $L_{var}=8-12m$ $i=1.0-2.0m$, $\alpha=5\%$
 - Barriera paramassi deformabile ad alto assorbimento di energia di classe 6 (Energia=3000 kJ), $h=5.0m$ con pannelli ad anelli concatenati
 - Posa in opera chiodature di ancoraggio costituite da barra a filettatura continua in acciaio FeB450C $L=8-12m$, $\varphi=24mm$ in foro $D=100mm$, $\theta=20^\circ$ disposte a maglia $3.0x3.0m$; Posa in opera di geocomposito MacMat®; Posa in opera funi metalliche zincate ad anima metallica (norma DIN 2078 e DIN 3050) $d=16mm$.
- OS12b
- OG3

autostrade per l'italia

AUTOSTRADA A16 NAPOLI-BARI
TRATTO NAPOLI-CANOSA

INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA PENDICE
INTERESSATA DAL DISSESTO TRA LE PROGRESSIVE
KM.CHE 37+000 ÷ 36+800. CARR. OVEST
PROGETTO ESECUTIVO

Progettazione:



Ing. Giancarlo ZITO
Ing. Massimo RAMONDINI
Ing. Maria Cristina DI GREGORIO

Collaborazioni:

Ing. Alessia SANTACATERINA

PE

04.2

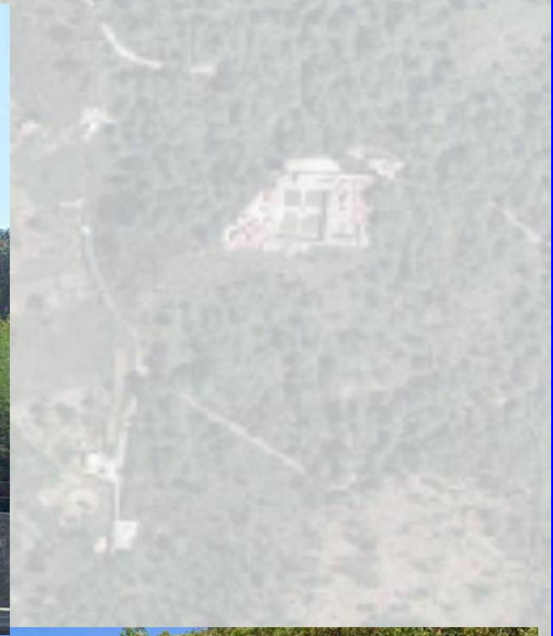
PLANIMETRIA DI DETTAGLIO DI
PROGETTO -
AREA DI INTERVENTO II

Rev.	Nome file	Data	Scala	Formato	Elaborato	Contributo	Approvato
0	PE-04-Planimetria di progetto.dwg	Luglio 2021	1:200	A2+	SANTACATERINA	ZITO	RAMONDINI









Oggetto: Interventi per la messa in sicurezza della pendice interessata dal dissesto tra le progressive km.che 695+000 ÷ 696+000 Carr. Nord-Sud



Oggetto: Interventi per la messa in sicurezza della pendice interessata dal dissesto tra le progressive km.che 695+000 ÷ 696+000 Carr. Nord-Sud



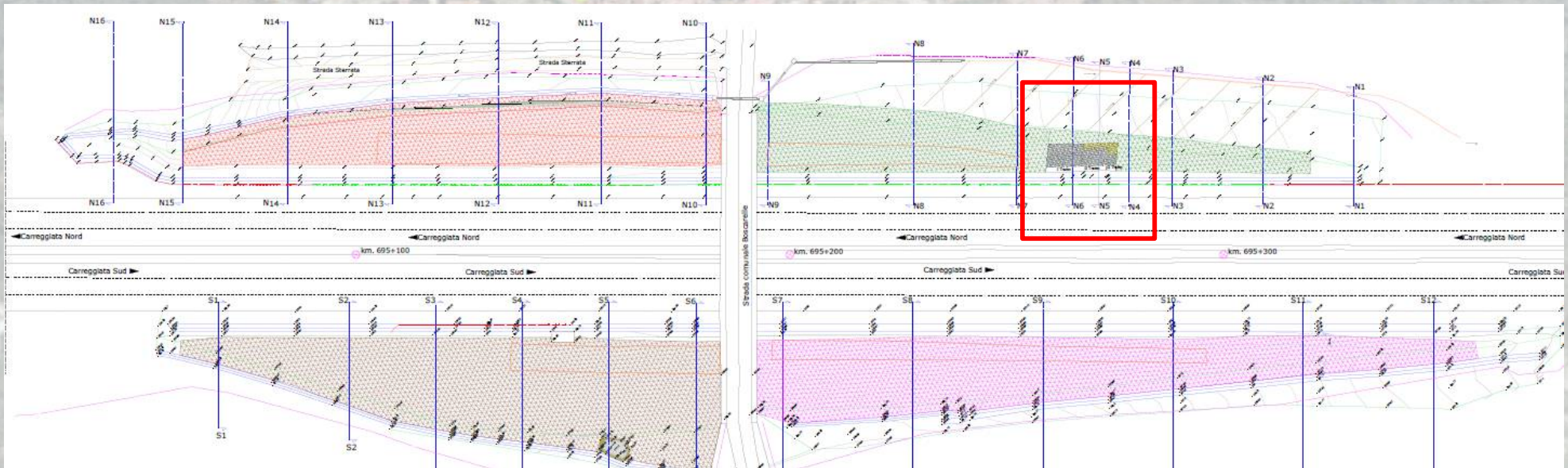
Oggetto: Interventi per la messa in sicurezza della pendice interessata dal dissesto tra le progressive km.che 695+000 ÷ 696+000 Carr. Nord-Sud

PROGETTO ESECUTIVO

DT06

Autostrada A1 Milano - Napoli

Planimetria di progetto



autostrade//per l'Italia

AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI
TRATTO CEPRANO-NAPOLI

INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA PENDICE DISCOMBENTE LA CARREKHIAT A TENORE NORD

TRA LE PROG. KM. CHE 695+000 - 696+000

PROGETTO ESECUTIVO

Progettazione: **teknion**
Ing. Riccardo ZITO
Ing. Massimo RAMONDINI

Collaborazione:
Ing. Marco CHIARA DI ORSINI
Ing. Alessio SANTACATARINA

PE
04
PLANIMETRIA DI PROGETTO

Prog. km.che 695+000-695+090	Prog. km.che 695+300-695+390
<ul style="list-style-type: none"> Prese di gronda Restituzione del taglio della scarpata e realizzazione dell'argine in cemento Prese in opera di rete metallica a doppia lamina e maglia separata Sp. 6/10 rivestita con lega salabile Zn-Al 5% e peltone in PVC e il geotessuto separatore in fibre polipropilene. Prese in opera con rete metallica rivestita ad anello metallico (serie DN 327) e DN 390) in ferro. Retinale di sede di sede di 200-40 L=10m+30L e sporcatura e rivestimento con rete di protezione Restituzione completa in c.a. in scarpata L=10m Revetele speciale "GDR" da installare 	<ul style="list-style-type: none"> Prese in opera di rete metallica a doppia lamina e maglia separata Sp. 6/10 rivestita con lega salabile Zn-Al 5% e peltone in PVC e il geotessuto separatore in fibre polipropilene. Prese in opera con rete metallica rivestita ad anello metallico (serie DN 327) e DN 390) in ferro. Retinale di sede di sede di 200-40 L=10m+30L e sporcatura e rivestimento con rete di protezione Prese in opera di rete metallica a doppia lamina e maglia separata Sp. 6/10 rivestita con lega salabile Zn-Al 5% e peltone in PVC e il geotessuto separatore in fibre polipropilene. Prese in opera con rete metallica rivestita ad anello metallico (serie DN 327) e DN 390) in ferro. Retinale di sede di sede di 200-40 L=10m+30L e sporcatura e rivestimento con rete di protezione Prese in opera di rete metallica a doppia lamina e maglia separata Sp. 6/10 rivestita con lega salabile Zn-Al 5% e peltone in PVC e il geotessuto separatore in fibre polipropilene. Prese in opera con rete metallica rivestita ad anello metallico (serie DN 327) e DN 390) in ferro. Retinale di sede di sede di 200-40 L=10m+30L e sporcatura e rivestimento con rete di protezione Prese in opera di rete metallica a doppia lamina e maglia separata Sp. 6/10 rivestita con lega salabile Zn-Al 5% e peltone in PVC e il geotessuto separatore in fibre polipropilene. Prese in opera con rete metallica rivestita ad anello metallico (serie DN 327) e DN 390) in ferro. Retinale di sede di sede di 200-40 L=10m+30L e sporcatura e rivestimento con rete di protezione



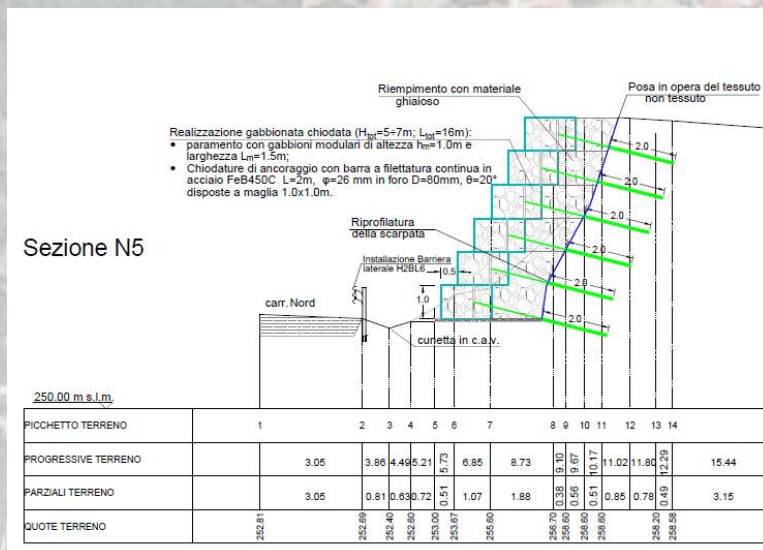
Oggetto: Interventi per la messa in sicurezza della pendice interessata dal dissesto tra le progressive km.che 695+000 ÷ 696+000 Carr. Nord-Sud

PROGETTO ESECUTIVO

DT06

Autostrada A1 Milano - Napoli

Particolari costruttivi



Oggetto: Interventi di consolidamento del rilevato autostradale progr. km.ca 57+500 carr. Ovest



Oggetto: Interventi di consolidamento del rilevato autostradale progr. km.ca 57+500 carr. Ovest



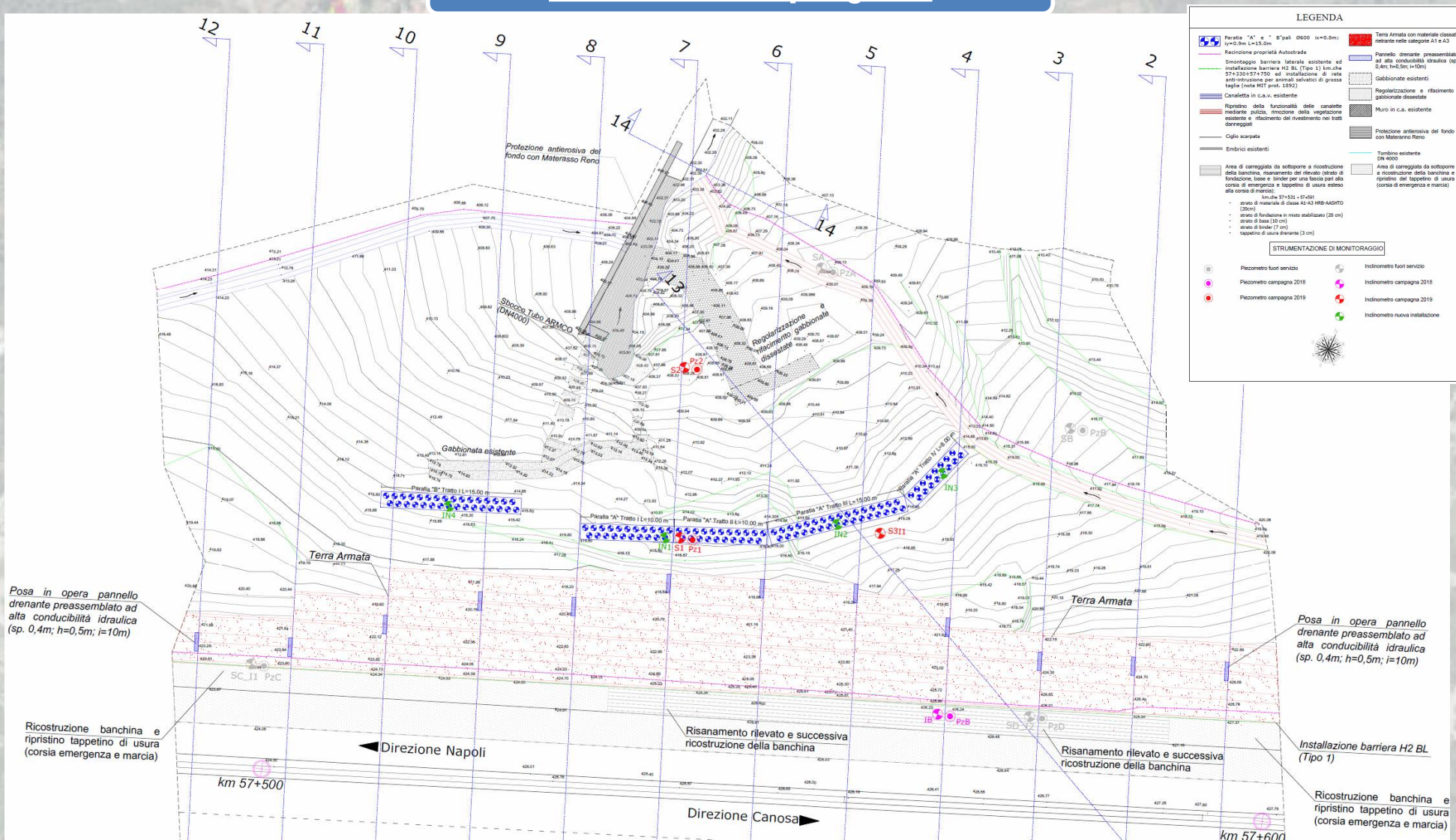
Oggetto: Interventi di consolidamento del rilevato autostradale progr. km.ca 57+500 carr. Ovest

PROGETTO ESECUTIVO

DT06

Autostrada A16 Napoli - Canosa

Planimetria di progetto



Oggetto: Interventi di consolidamento del rilevato autostradale progr. km.ca 57+500 carr. Ovest

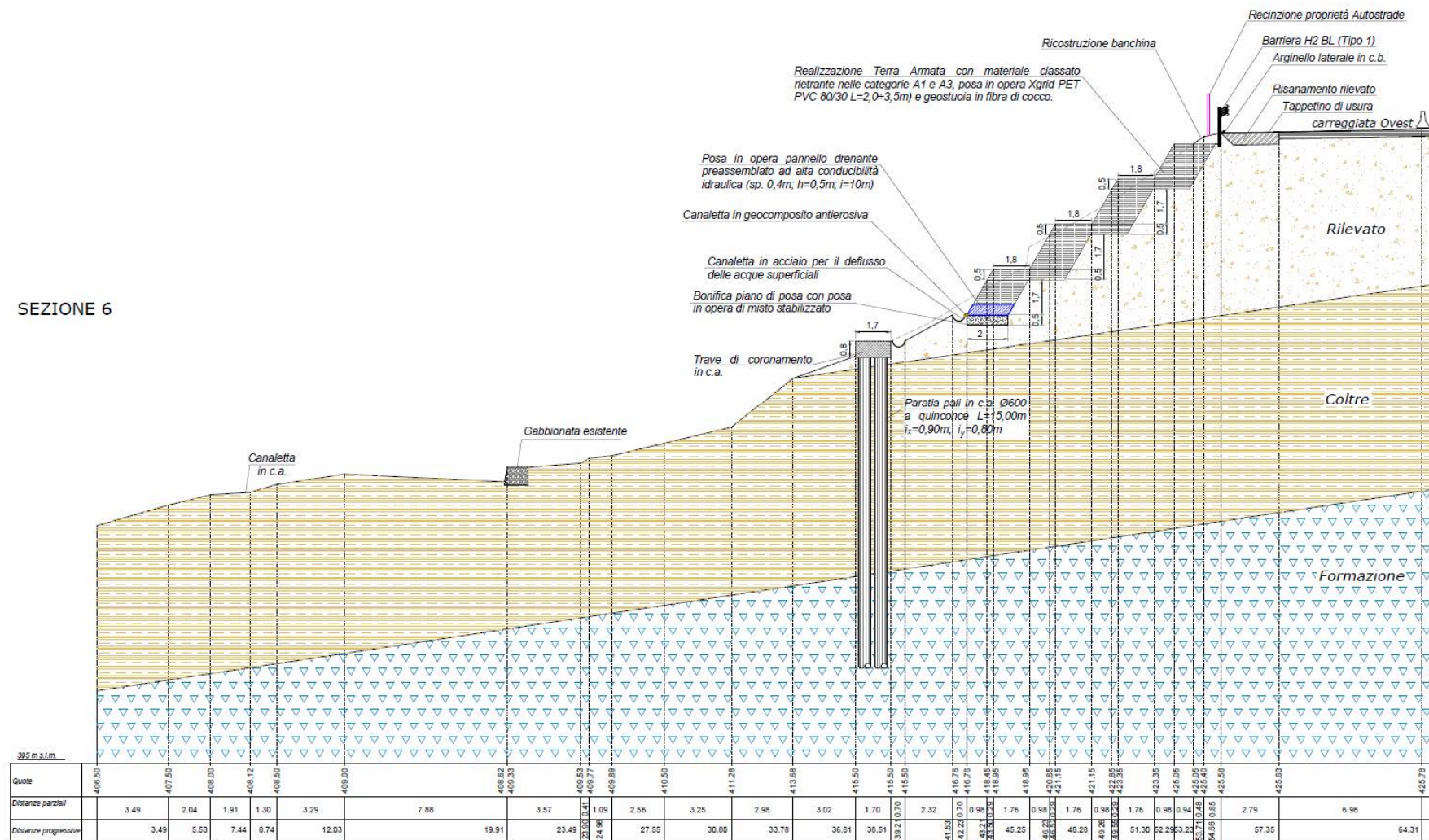
PROGETTO ESECUTIVO

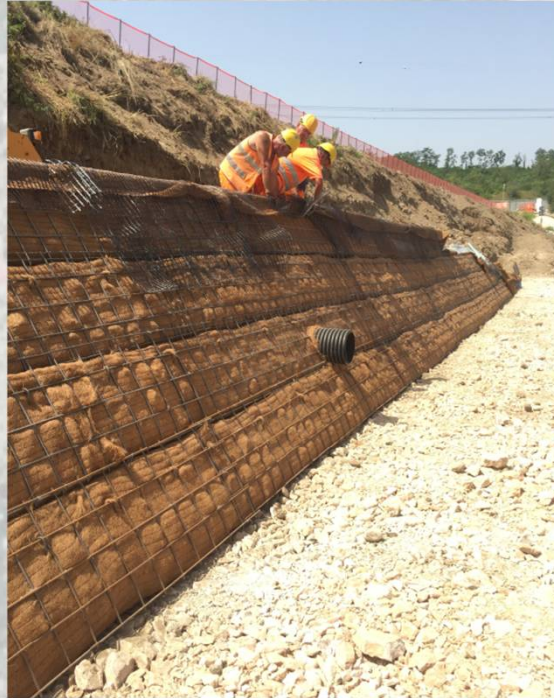
DT06

Autostrada A16 Napoli - Canosa

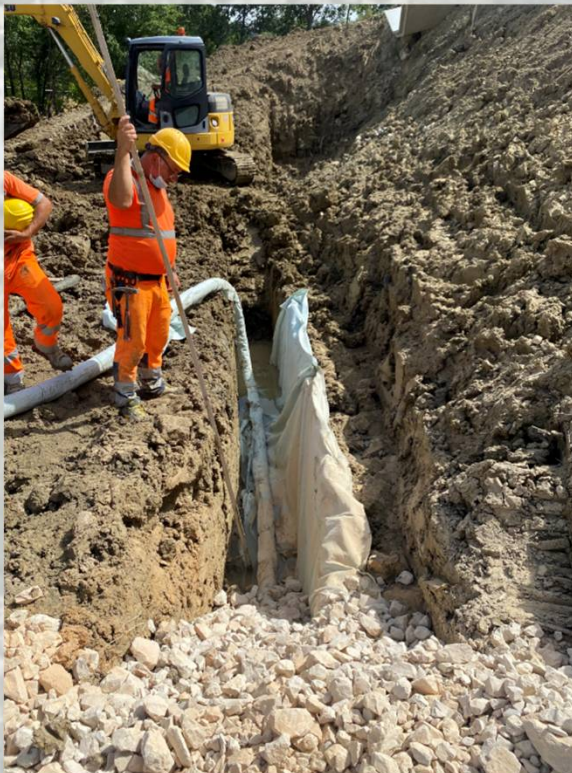
Sezioni di progetto

SEZIONE 6











STUDIO DI UNA FRANA

- ✓ Studio geologico e geomorfologico su area vasta (dal rilievo al bacino idrografico)
- ✓ Studio morfostrutturale della frana (in relazione al versante)
- ✓ Caratterizzazione del corpo di frana: caratteri litostratigrafici e fisico-meccanici dei terreni coinvolti (con particolare attenzione per la resistenza al taglio); regime delle acque idriche (prima e durante il movimento); cinematica del movimento proposto – **Importanza di indagini e monitoraggio**
- ✓ Modellazione della frana: sintesi dei punti precedenti e schematizzazione del fenomeno in termini che consentano l'analisi matematica del fenomeno stesso
- ✓ Verifica e validazione del modello proposto e messa a punto di un procedimento di calcolo da utilizzare nella successiva progettazione dell'intervento – **Equilibrio limite vs. elementi finiti; azioni sismiche**
- ✓ Valutazione della necessità/opportunità di un intervento di stabilizzazione
- ✓ Monitoraggio dell'opera

Il Monitoraggio geotecnico nello studio della stabilità dei pendii

➤ Misura e valutazione delle variazioni nel tempo di grandezze significative

✓ spostamenti superficiali;

✓ spostamenti profondi;

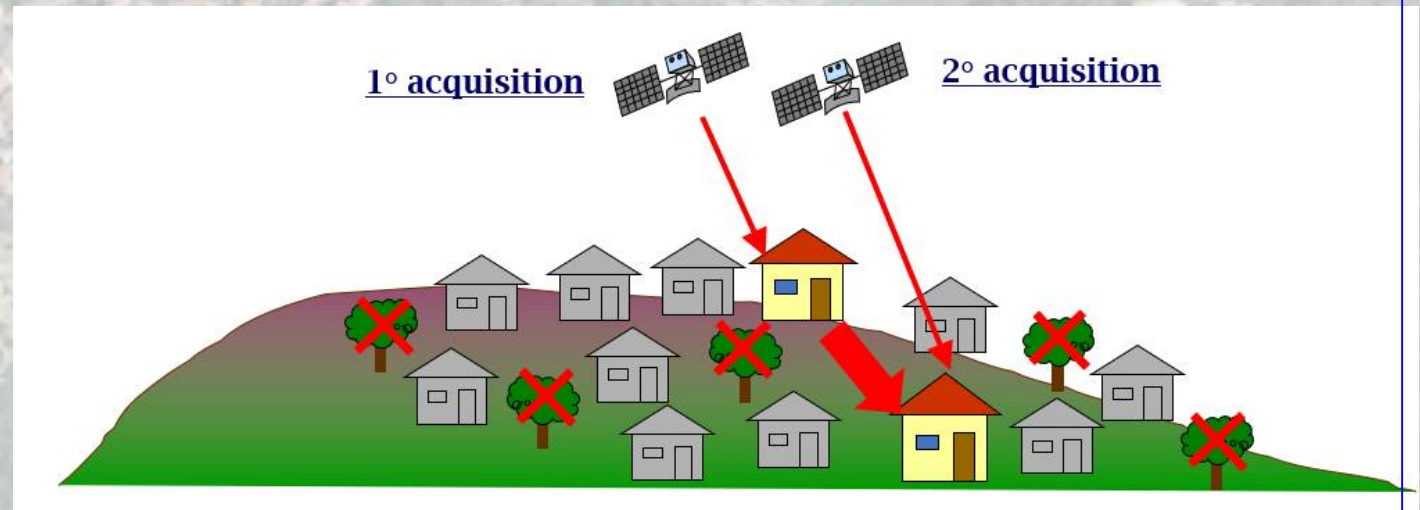
✓ pressioni neutre

✓ azioni (forze) su elementi strutturali (eventuali).

- Rilevamento topografico tradizionale;
- Fotogrammetria aerea (droni)
- Laser scanner
- **Interferometria SAR**

INTERFEROMETRIA SATELLITARE DIFFERENZIALE (DInSAR)

La **Tecnica DInSAR** permette di confrontare 2 o più immagini differenti per ottenere misure topografiche o individuare spostamenti della superficie terrestre



Vantaggi

- *Accuratezza*
- *Elevata risoluzione spaziale*
- *Non invasiva*
- *Grande copertura temporale*
- *Costi contenuti*
- *Possibilità di osservazione di aree di difficile accesso*
- *Possibilità di osservazione su aree vaste in breve tempo*

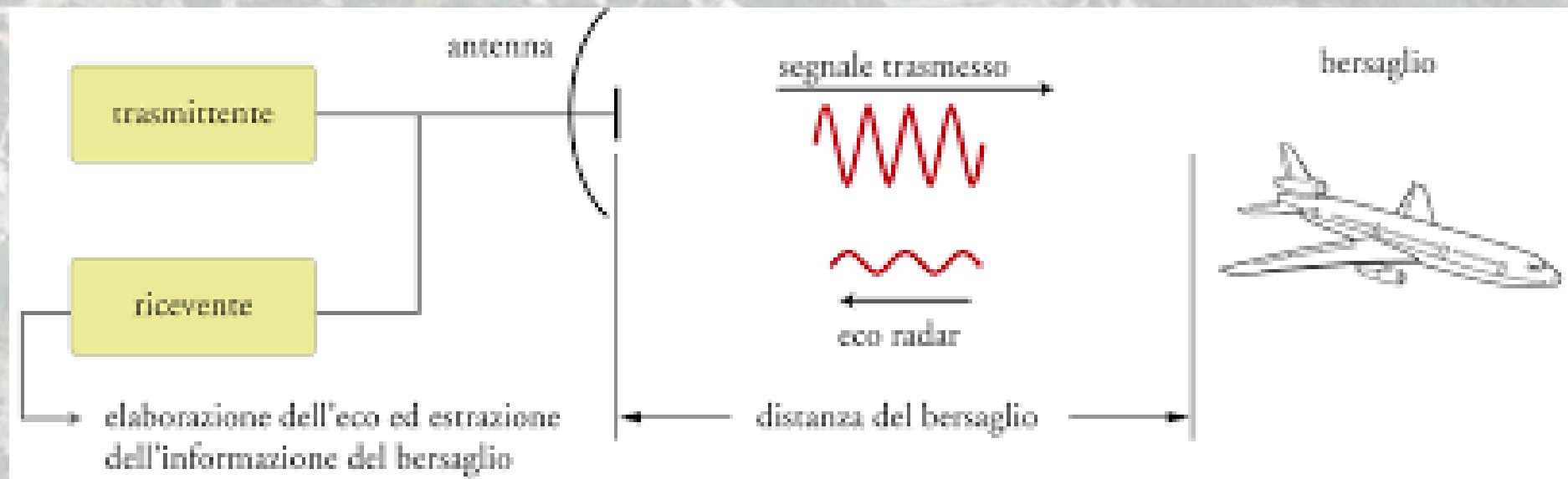
Svantaggi

- *Problemi di decorrelazione di geometria spaziale e temporale*
- *Intervalli di velocità di deformazione misurabili limitati, ($< \lambda/4$ tra ciascuna acquisizione)*

RADAR – RAdio Detection And Ranging

Un radar è un sistema di illuminazione attivo. Consiste fundamentalmente di un'antenna montata su una piattaforma (satellitare o terrestre), che trasmette un segnale verso la superficie della Terra. Il ritorno di questo segnale, noto come eco, è retro-disperso dalla superficie e nuovamente ricevuto dal sensore o antenna.

Tali sistemi sono definiti RAR (Real Aperture Radar).



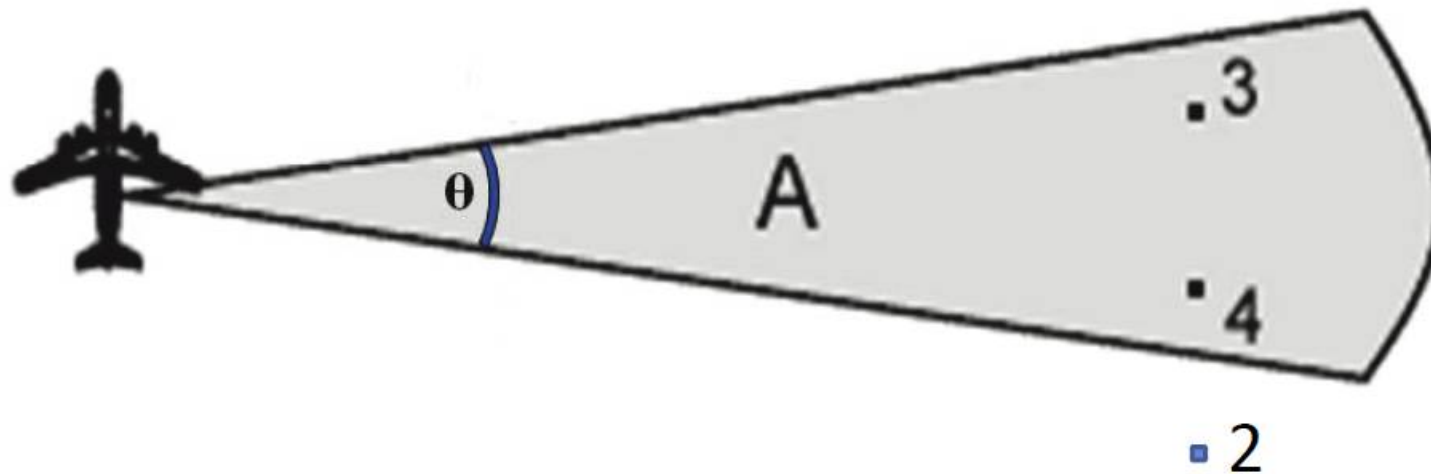
LA RISOLUZIONE IN AZIMUTH

E' determinata dall'ampiezza del fascio radar. Per essere distinguibili due oggetti devono essere separati lungo l'azimuth da una distanza maggiore di quella del fascio misurato a terra.

$$x_a = R\theta_a = R\frac{\lambda}{L}$$

1 e 2 distinguibili

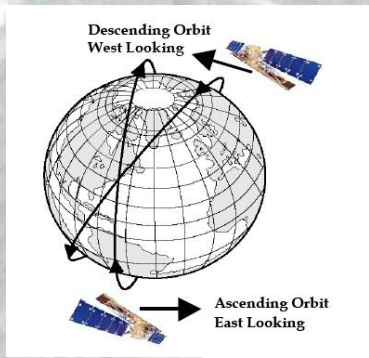
3 e 4 non distinguibili



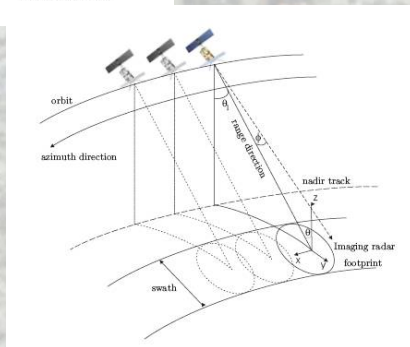
Aereo in X-Band, 25 MHz banda, 3 m antenna, 3000 m range
 $x_r = 6 \text{ m}$ $x_a = 30 \text{ m}$

Satellite in X-Band, 25 MHz banda, 12 m antenna, 800 km range
 $x_r = 6 \text{ m}$ $x_a = 2000 \text{ m} !$

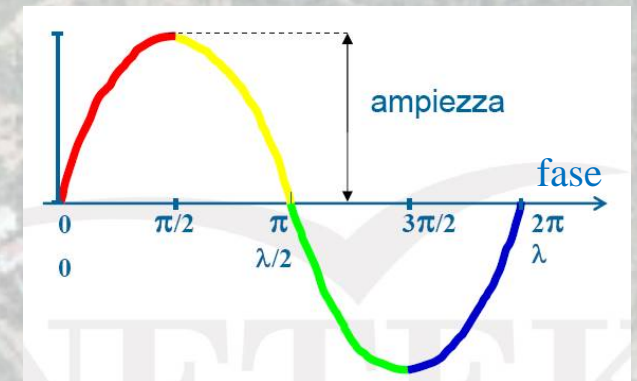
SAR (Synthetic Aperture Radar)



Il SAR è un sensore attivo posto su una piattaforma in movimento, costituito da un'antenna trasmittente/ricevente che invia sulla superficie terrestre impulsi elettromagnetici nel campo delle microonde e ne registra i ritorni.

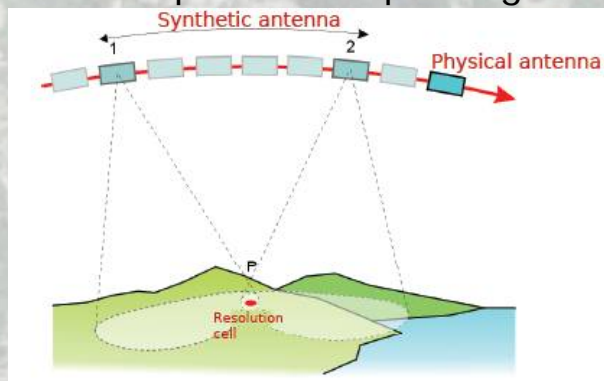


- L'**ampiezza** indica l'energia dell'onda
- La **fase** fornisce informazioni circa il percorso compiuto dall'onda (compreso nell'intervallo $0, 2\pi$)



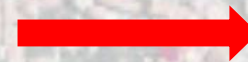
Il sensore illumina il target dall'istante in cui esso entra nel fascio radar al momento in cui ne esce. Gli N impulsi incidenti, e gli N retrodiffusi al ricevitore sono tra loro sfasati a causa del moto del sensore.

Il sistema sfrutta il moto della piattaforma su cui è posto per simulare un'antenna sintetica molto più grande di quella reale per migliorare le potenzialità del sensore (risoluzione).



$$x_a = R\theta_a = R \frac{\lambda}{L}$$

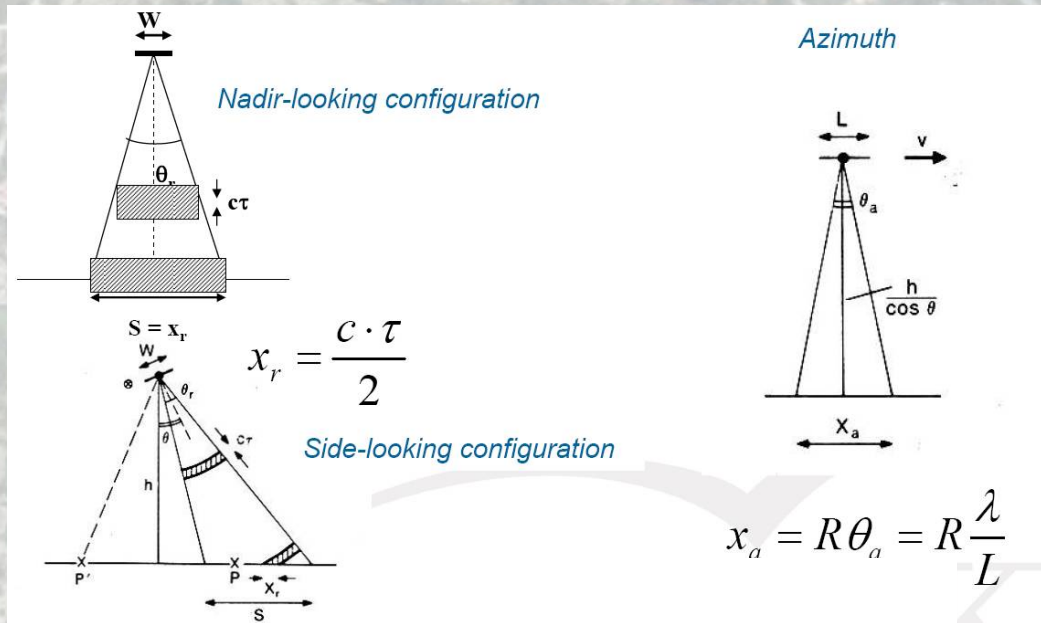
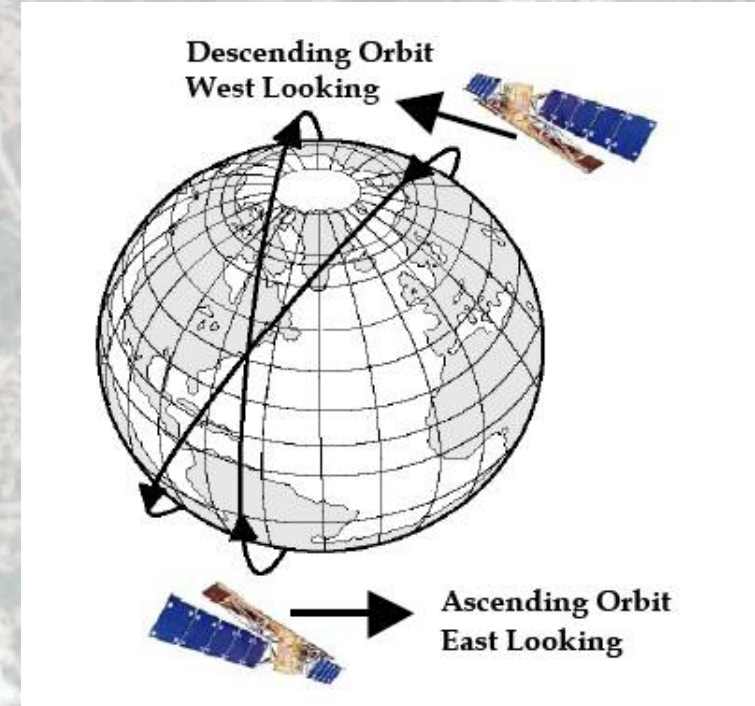
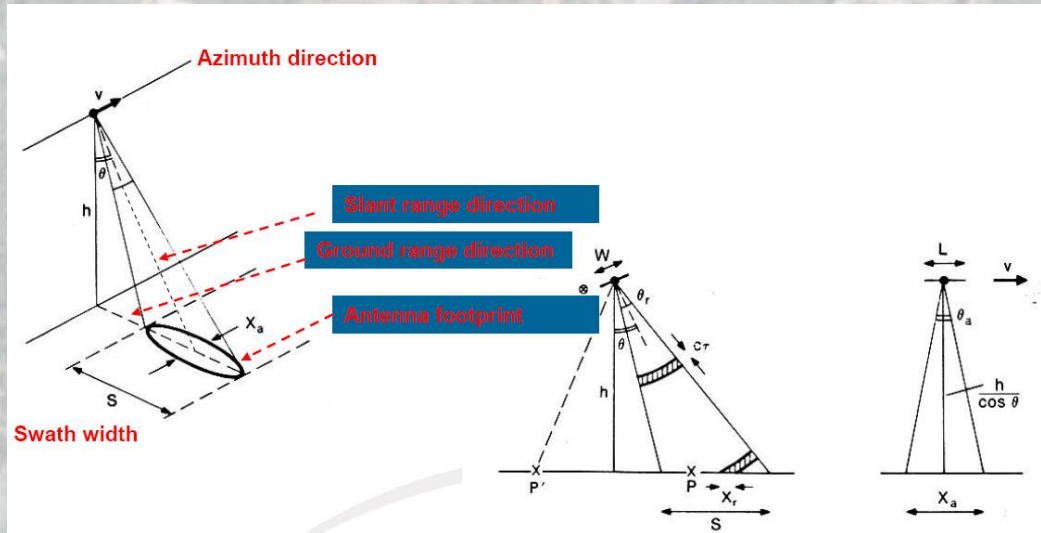
2 km



$$r_{az} = \frac{\lambda}{2L_s} \cdot R_0 = \frac{L}{2}$$

5 m

Geometria di acquisizione



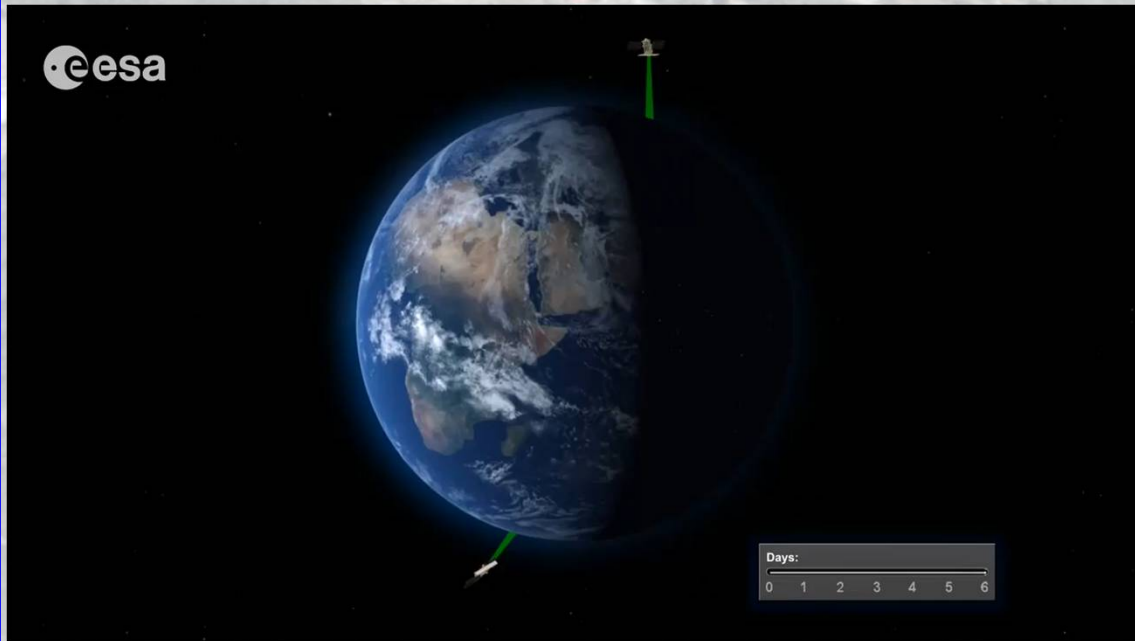
$$L_s = v \cdot T = \frac{\lambda}{L} \cdot R_0$$

$$r_{az} = \frac{\lambda}{2L_s} \cdot R_0 = \frac{L}{2}$$

Cosa sono i riflettori?

Possono essere:
Edifici, monumenti, viadotti, antenne, pali, condotte, rocce...



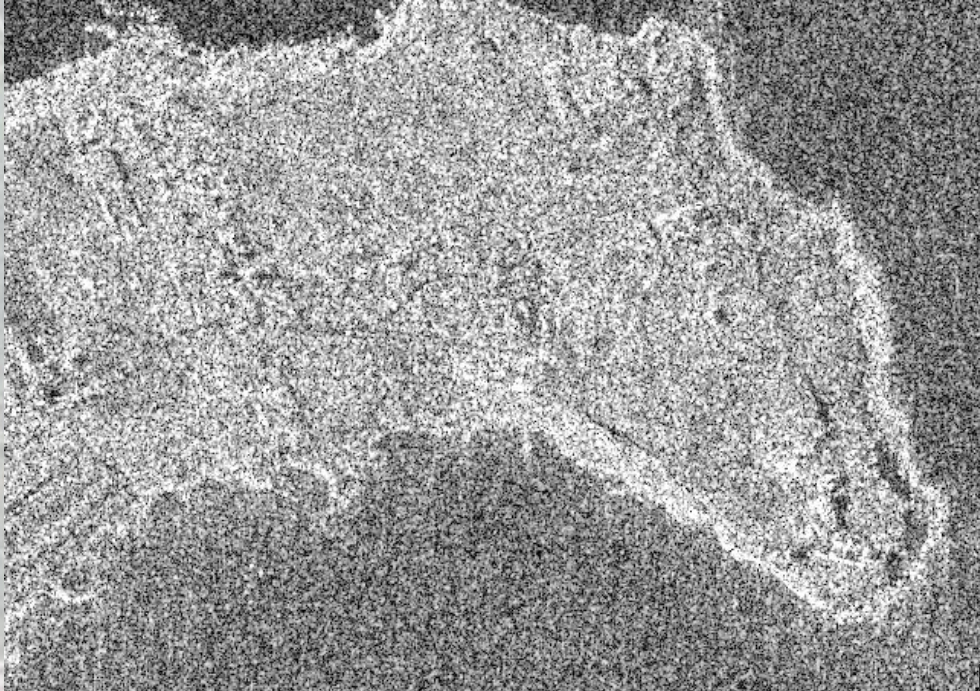


- Copertura globale
- Tempo di rivisitazione 8-16 gg

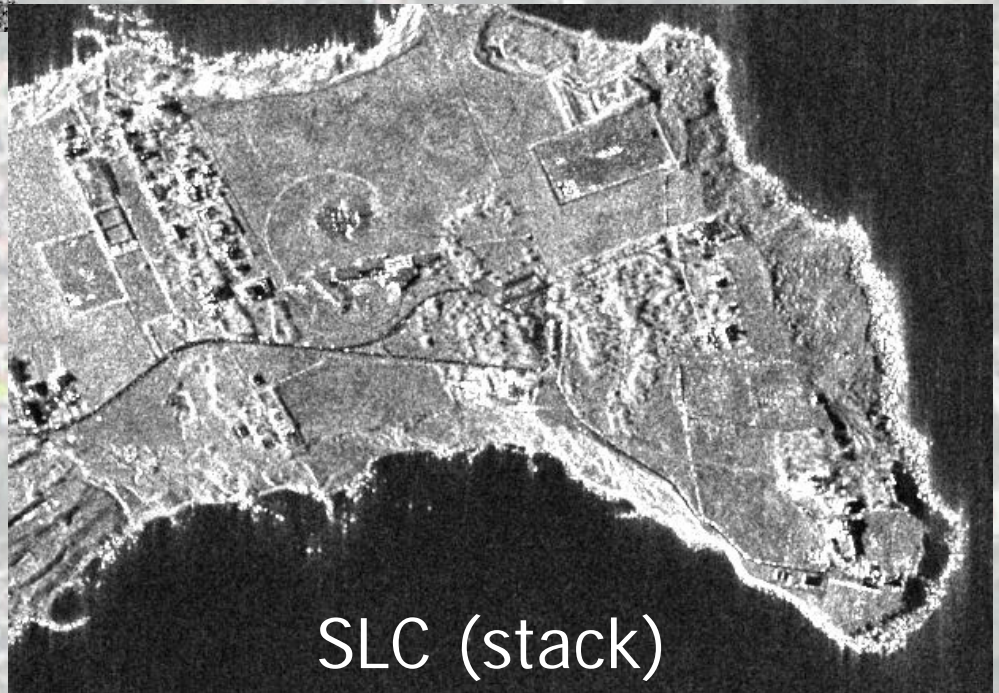
- H24
- Indipendente dall'atmosfera
- Precisione del mm



Capocolonna (Kr)



SLC



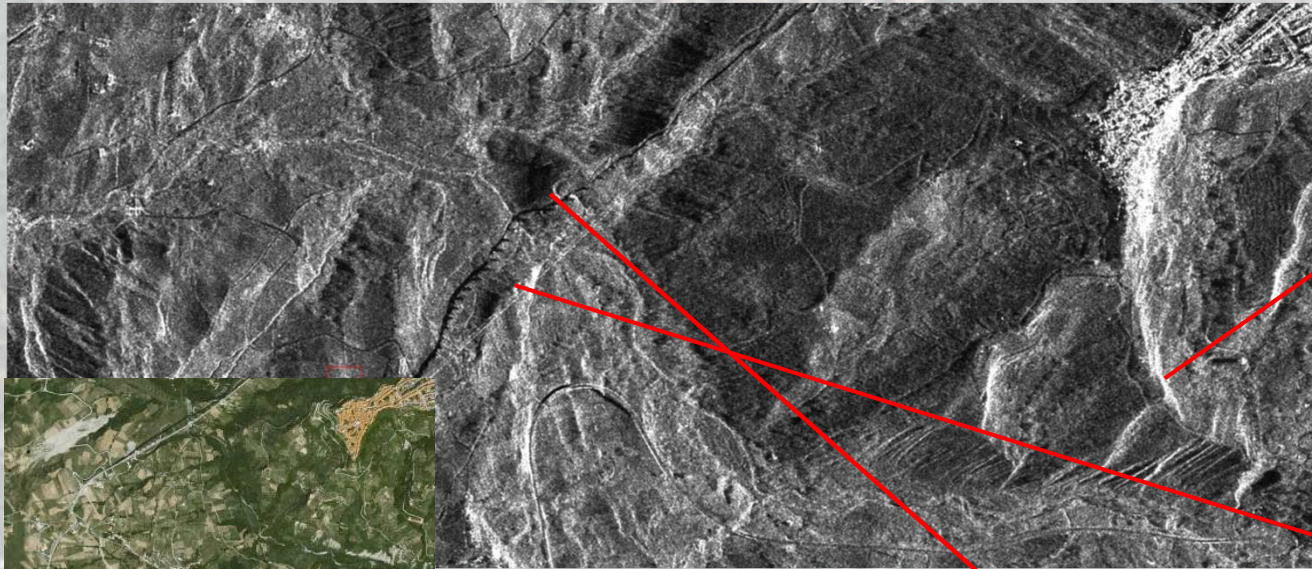
SLC (stack)

Interazione delle onde con la superficie

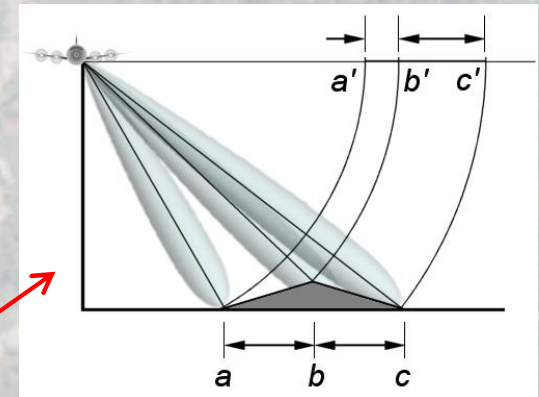
Pixel scuro \Rightarrow backscatter basso

Pixel chiaro \Rightarrow backscatter alto

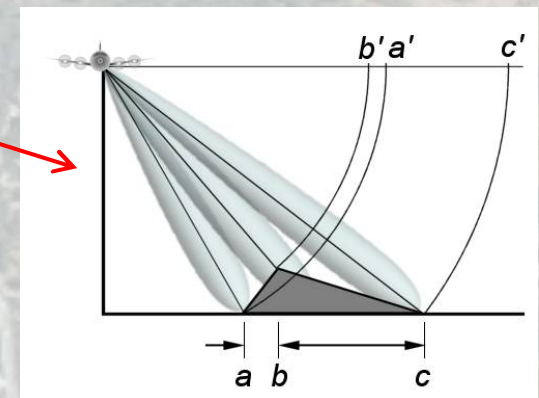
SAR image (Single Look Complex)



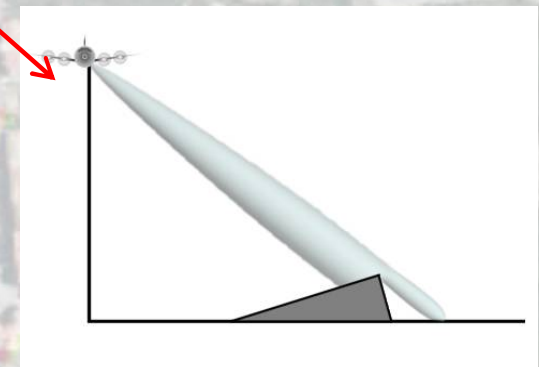
Foreshortening



Layover



Shadowing

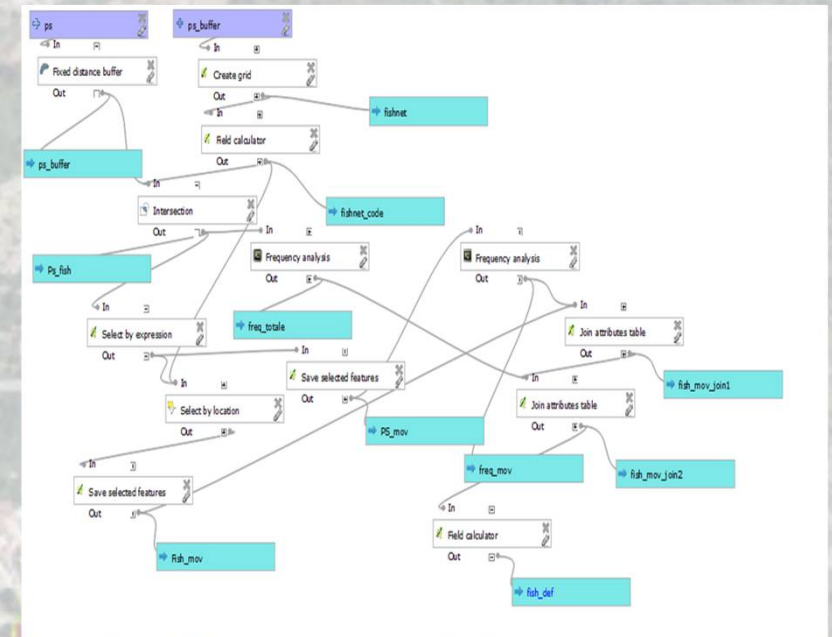
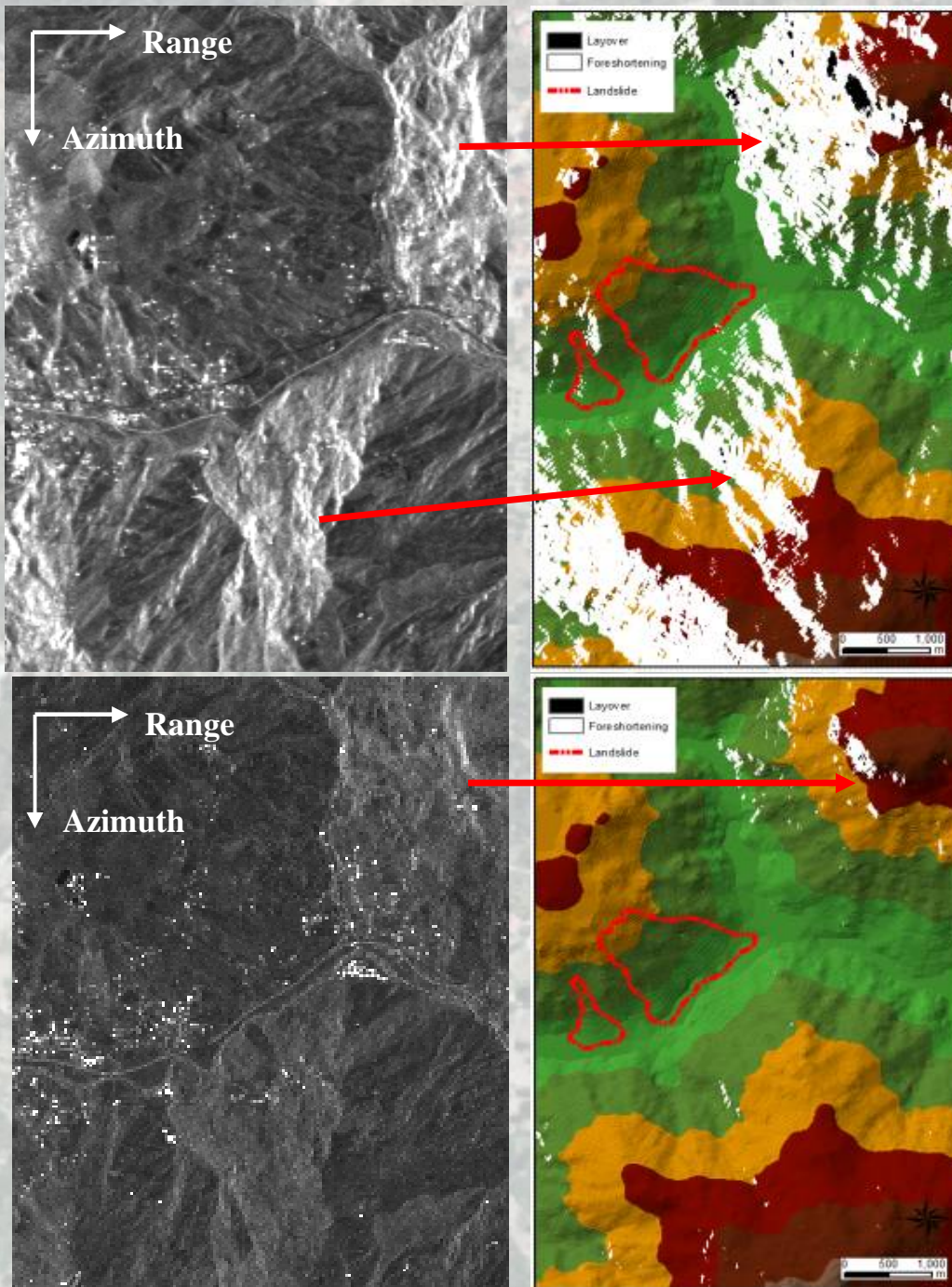


Foreshortening: si verifica per versanti rivolti verso il sensore. Le aree investigate sembrano essere compresse (zone bianche).

Layover: si verifica per versanti rivolti verso il satellite con pendenze alte rispetto all'angolo di incidenza (inversione dell'immagine).

Shadowing: non visibilità di alcune zone (zone nere).

Algoritmo per il calcolo delle distorsioni geometriche

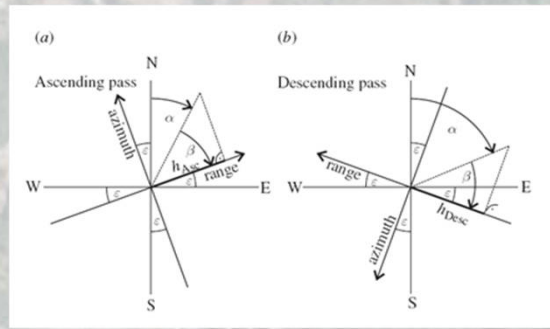
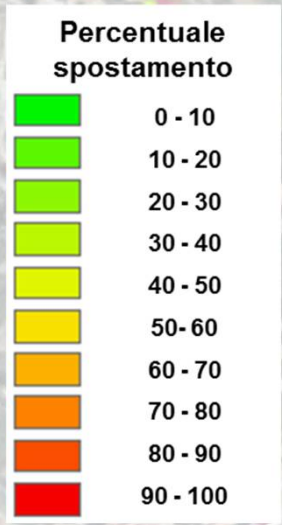
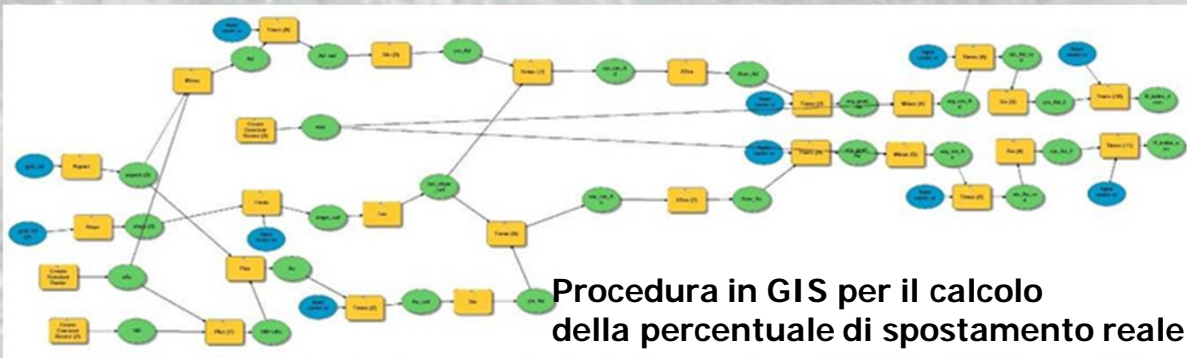
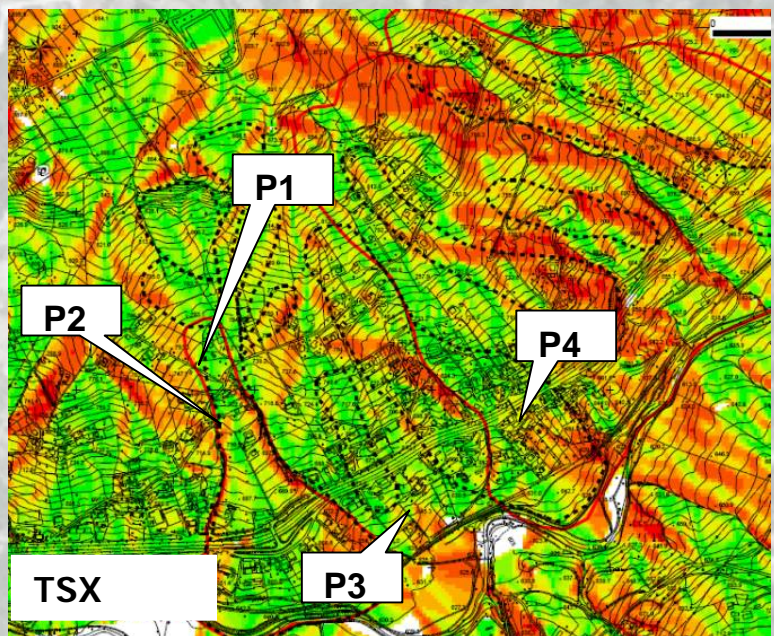
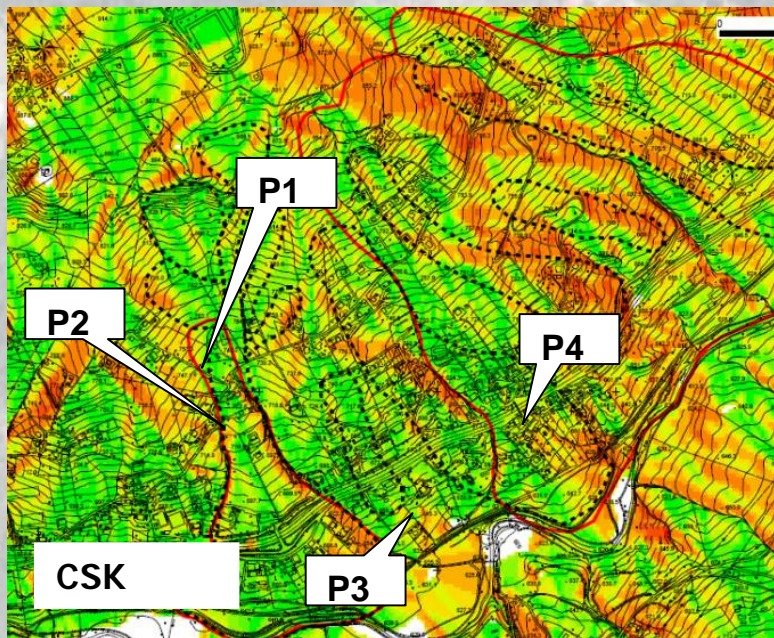


Aspect/
Heading angle (τ)

Slope/
Incident angle (θ)

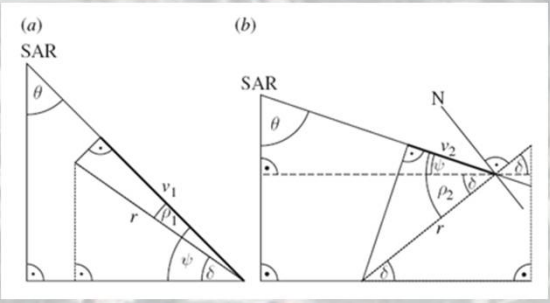
CSK=10.0°
TSX=8.5°

CSK=49°
TSX=37°



**Esposizione del versante/
Heading angle (τ)**

CSK = 10.0°
TSX = 8.5°

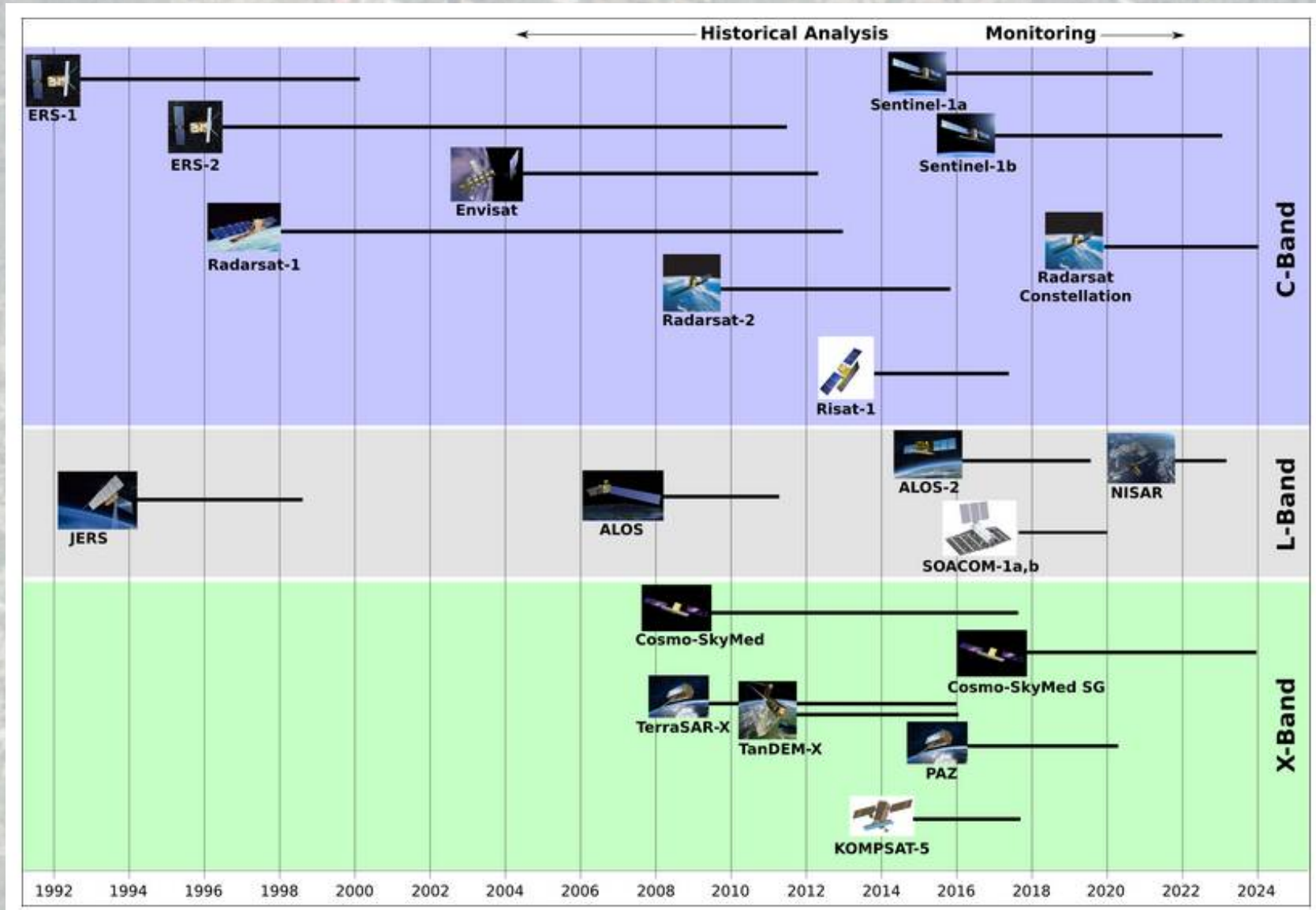


**Pendenza/
Incident angle (θ)**

CSK = 49°
TSX = 37°

	Velocità CSK (mm/anno)	Velocità TSX (mm/anno)	$V_{r_{CSK}}/V_{r_{TSX}}$
P1	13.0	20.0	1.06
P2	15.0	17.0	1.00
P3	17.0	10.0	1.13
P4	7.1	6.9	0.94

Piattaforme satellitari

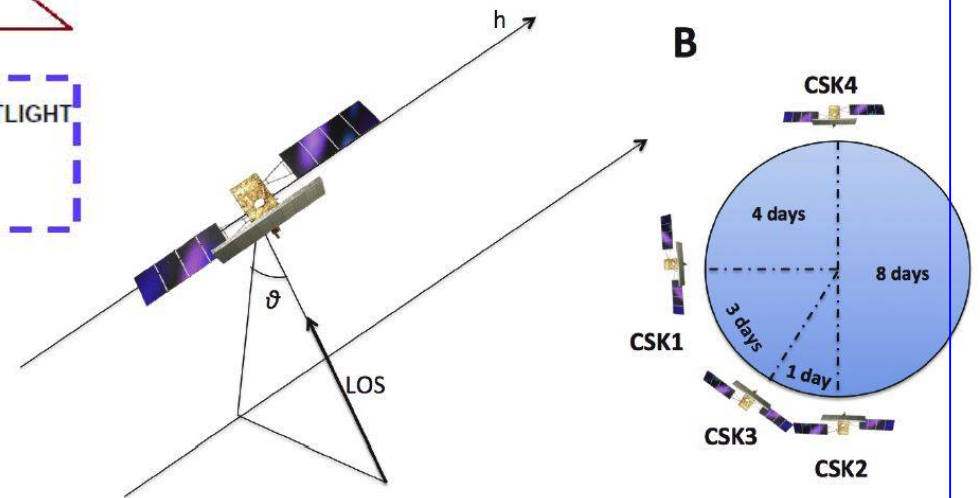
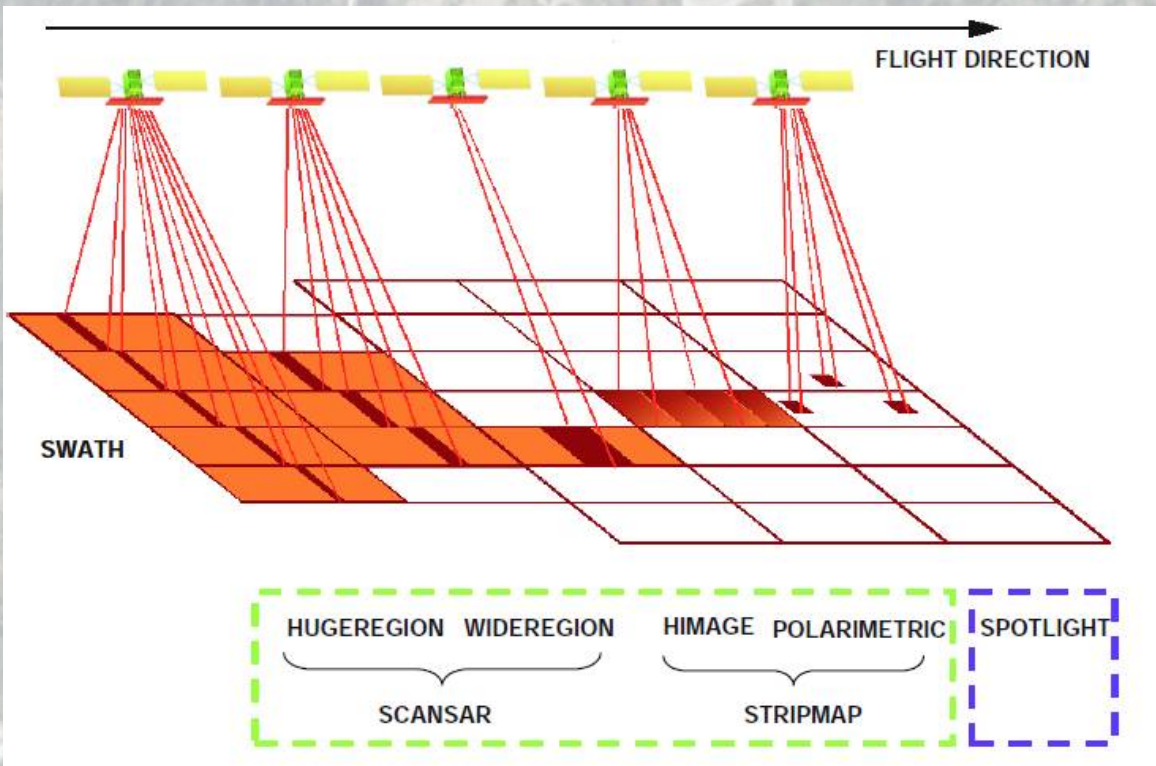


Risoluzione: 20 x 4 m
 Incident angle: 23°
 Time revisiting: 35 gg
 Velocità rilevabile: 15 cm/anno

Risoluzione: 3 x 3 m
 Incident angle: 20° - 60°
 Time revisiting: 8 gg
 Velocità rilevabile: 50 cm/anno

Risoluzione: 20 x 4 m
 Incident angle: 38° - 46°
 Time revisiting: 6-10 gg
 Velocità rilevabile: 50 cm/anno

Cosmo-SkyMed

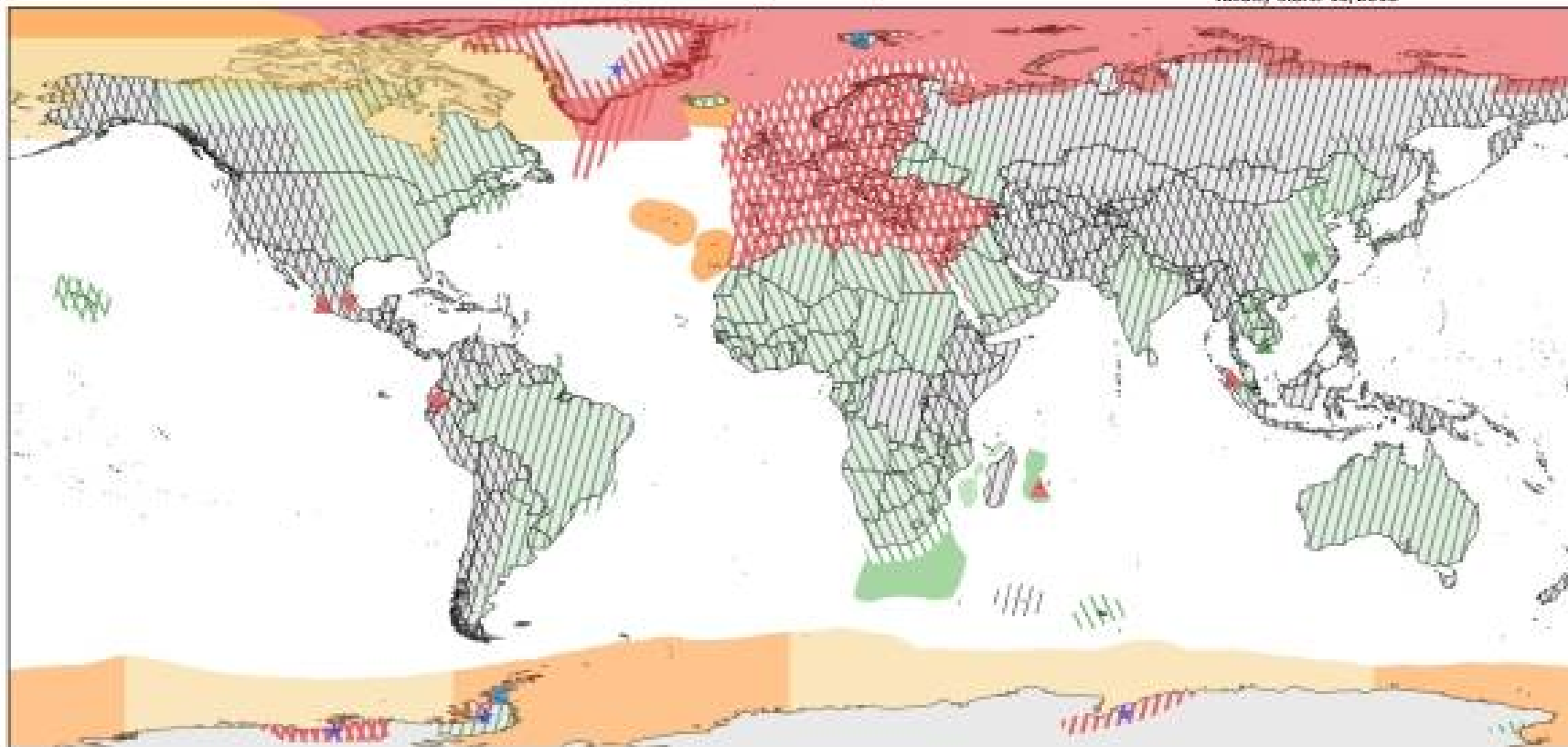


Sentinel-1

Sentinel-1 Constellation Observation Scenario: Revisit & Coverage Frequency



validity start: 10/2016

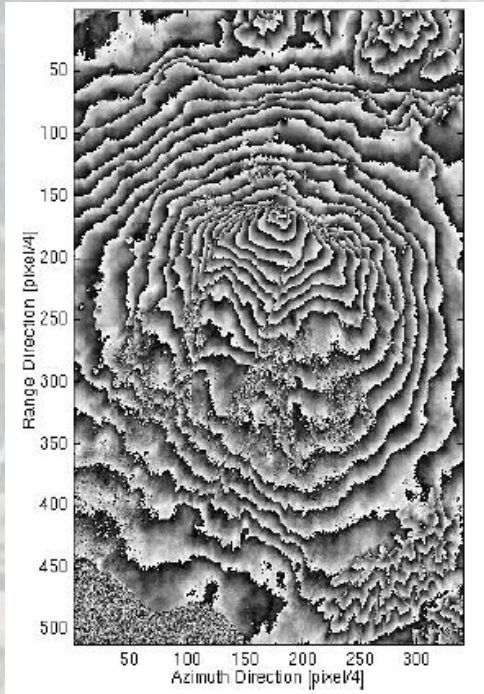


PASS	REVISIT	FREQUENCY *	COVERAGE	FREQUENCY **	REFERENCE DATA SITES (6d repeat)
ASCENDING DESCENDING	6 days 	12 days 	1-2 days 3 days 6 days 12 days	Highly active volcanism Fast subsidence Short growth cycle, intensive agriculture Fast changing wetlands Fast moving outlet glaciers Permafrost & glaciers	

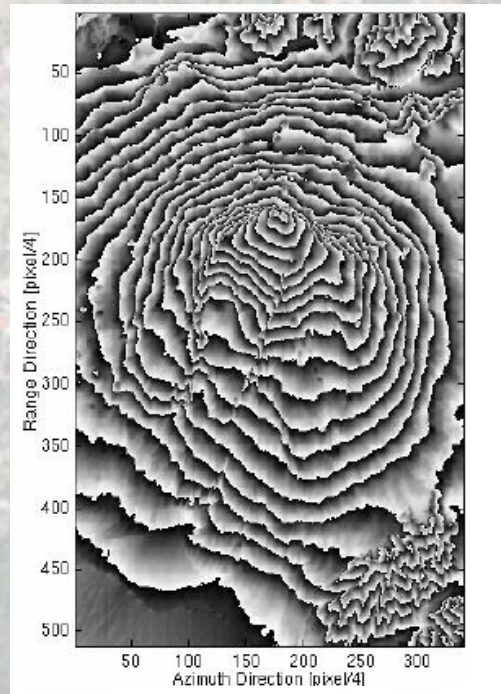
* coverage ensured from same, repetitive relative orbits
 ** coverage not considering repetitiveness of relative orbits

Interferometria differenziale (DInSAR)

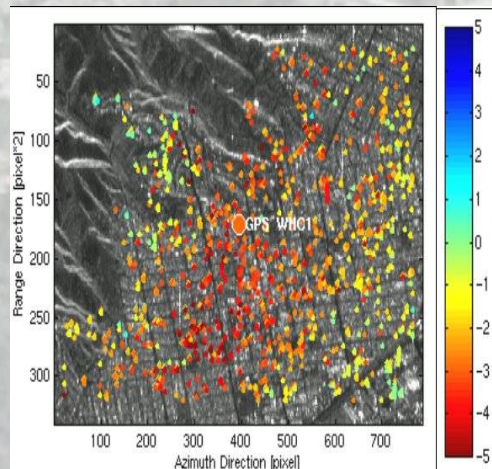
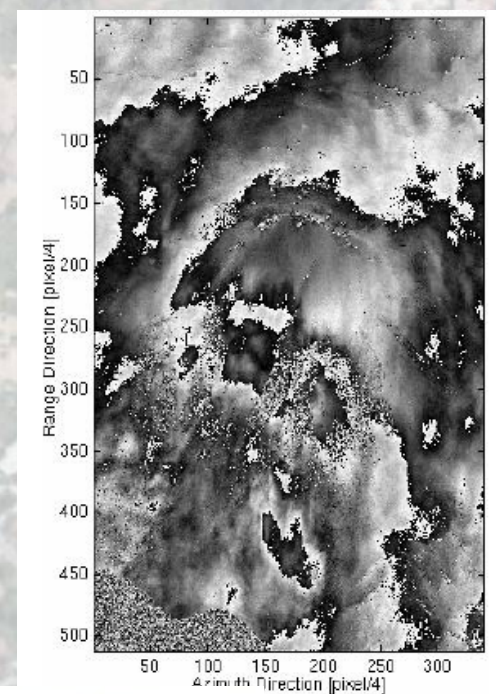
Interferogramma



Interferogramma sintetico

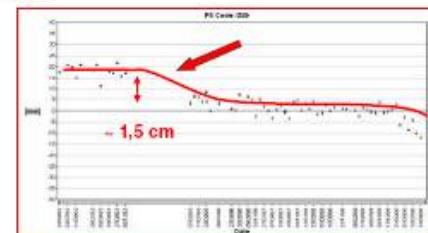


Interferogramma differenziale



1995: scavi per la costruzione di un parcheggio sotterraneo
Chiesa della Rotonda e altri monumenti danneggiati

Analisi PS
Serie storica delle deformazioni



(Tele-Rilevamento Europa)

HIGHLIGHTS (1/2)

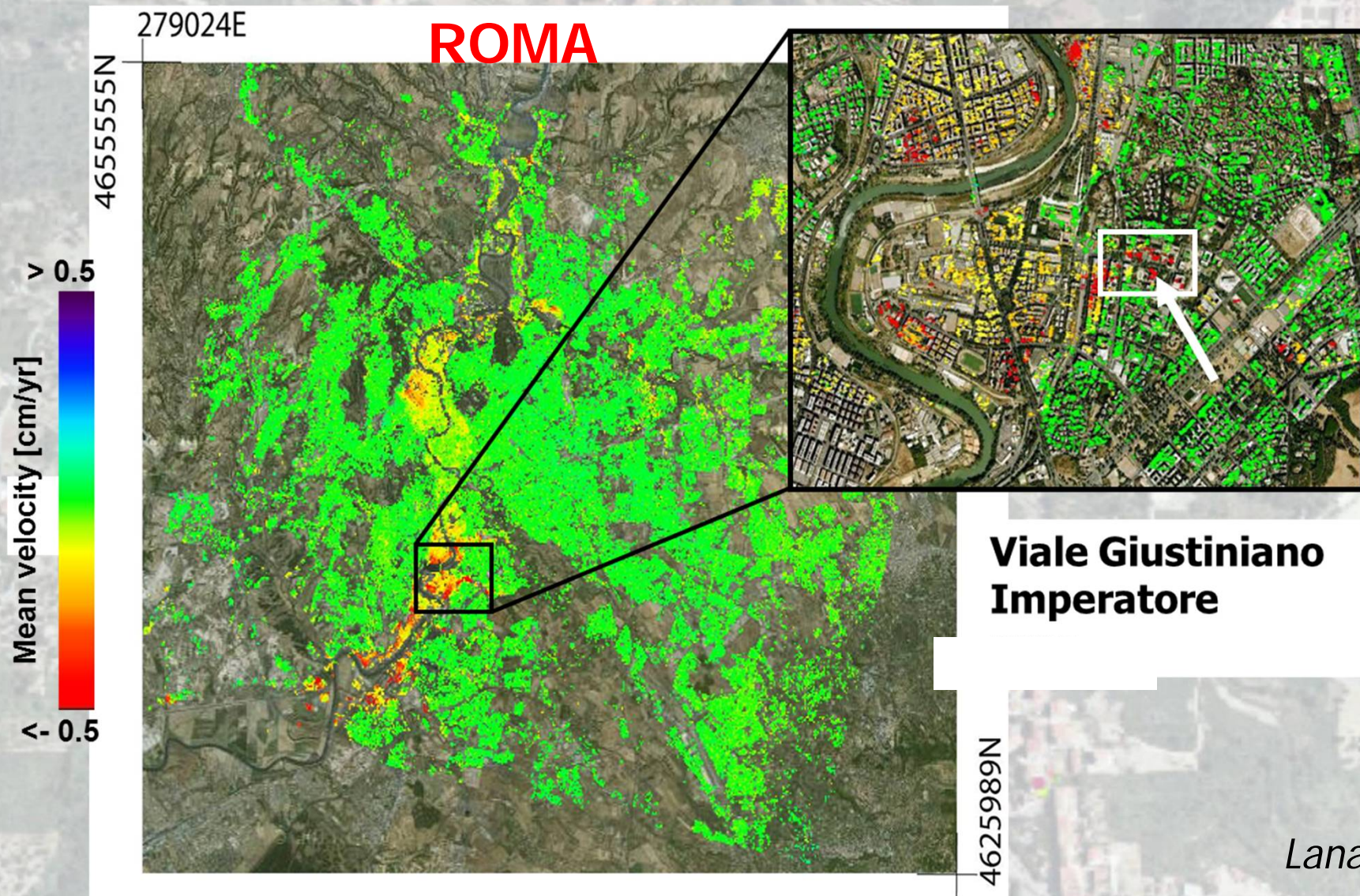
- Disponibilità di diverse tecniche di interferometria differenziale (PSInSAR, CPT, SBAS, SCSs, PSP ecc.) sviluppate negli ultimi due decenni, che potenzialmente costituiscono un valido supporto al monitoraggio dei fenomeni franosi a cinematica lenta (***la soglia di discriminazione dipende dal tempo di rivisitazione del satellite***)
- Utilizzabili sia per **studi di area vasta**, che per singoli **fenomeni di grande estensione o di difficile accesso**.
- Dal punto di vista pratico **le informazioni sono le stesse di quelle di un comune monitoraggio topografico** (Stazione Totale; GPS), ma la **disponibilità di immagini di archivio a partire dagli inizi del 1990** permette di effettuare oggi **analisi statistiche degli spostamenti storici di grande affidabilità**.

HIGHLIGHTS (2/2)

- La disponibilità (**NOTA DOLENTE!**) delle immagini di nuova generazione (Cosmo Sky-Med, Terrasar-X ecc.) caratterizzate da una maggiore risoluzione spaziale (3x3m) e tempi di acquisizione ridotti (4÷11 giorni), permettono analisi di estremo dettaglio.
- Un deciso miglioramento può essere raggiunto con l'uso di riflettori artificiali (CR, passivi o attivi), realizzabili anche con semplici geometrie e costi contenuti.
- Utilizzando coppie di immagini in geometria di acquisizione *descending* ed *ascending* è possibile implementare algoritmi in ambiente GIS che forniscono in maniera automatica l'elaborazione dei vettori spostamenti "**reali**".



Analisi delle deformazioni in aree urbanizzate



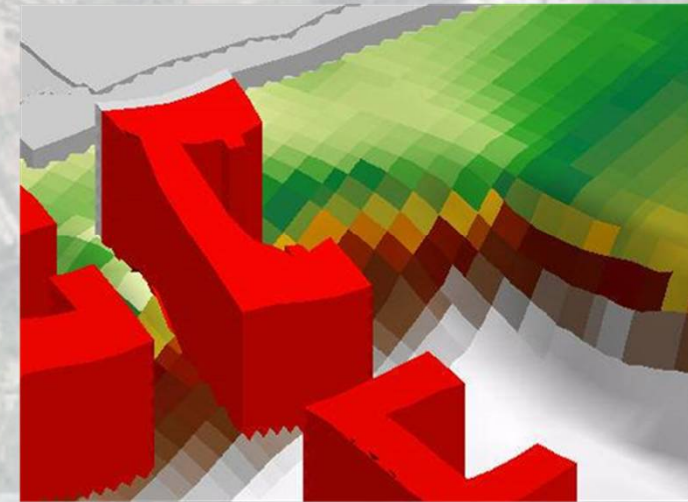
Lanari, 2016

131 ERS/ENVISAT images (1992 – 2010)

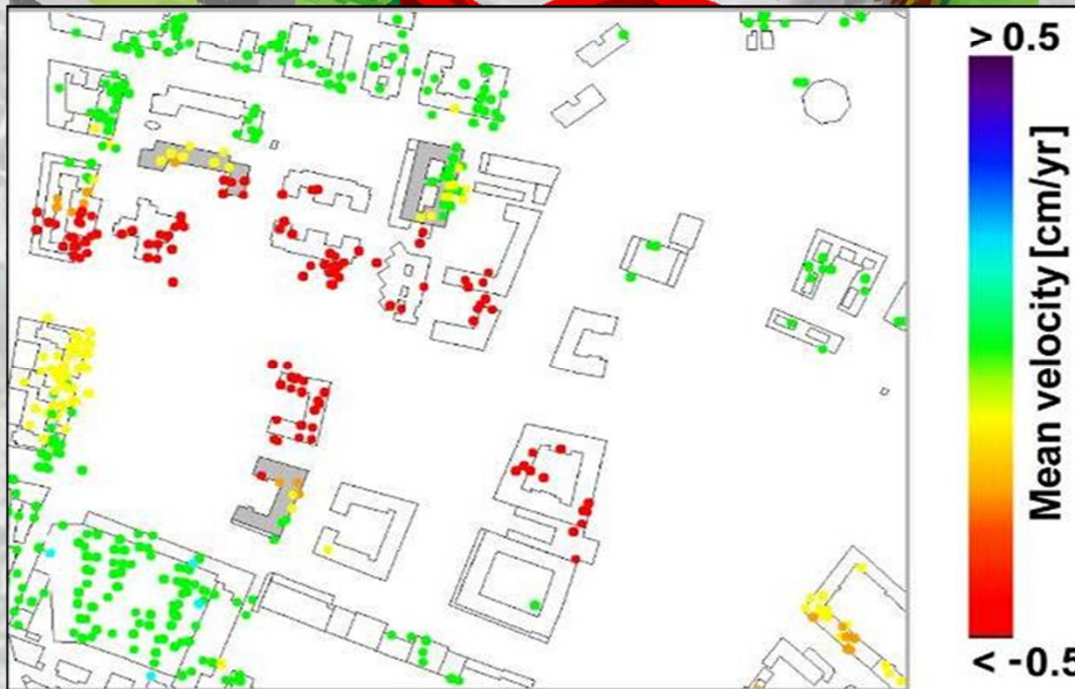
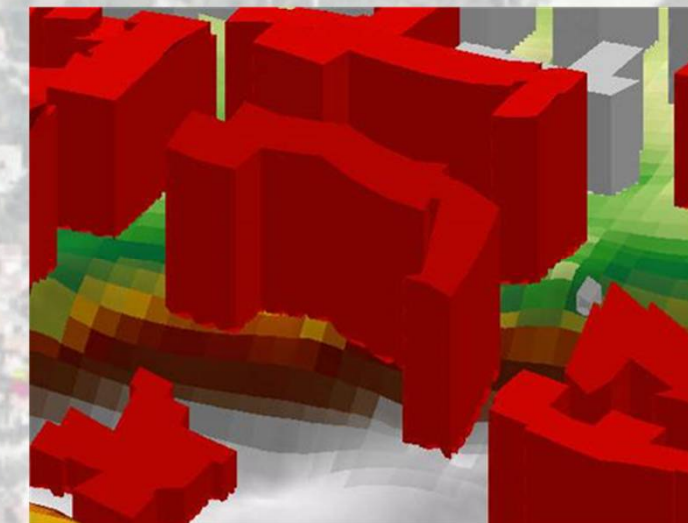
Individuazione degli edifici per l'analisi del dissesto



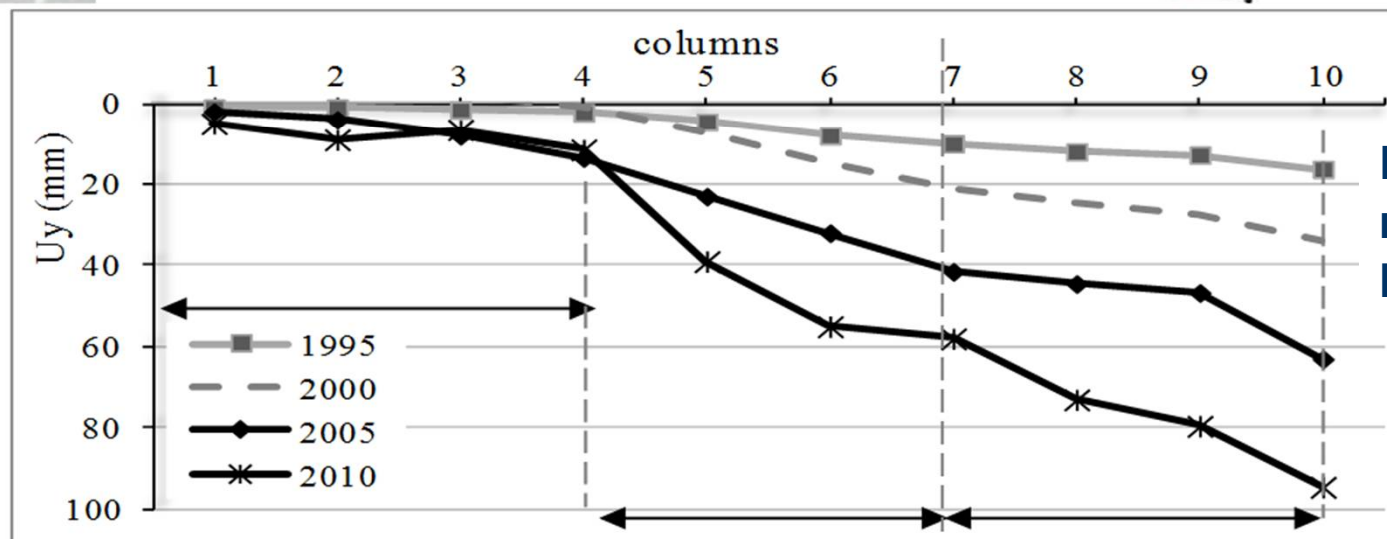
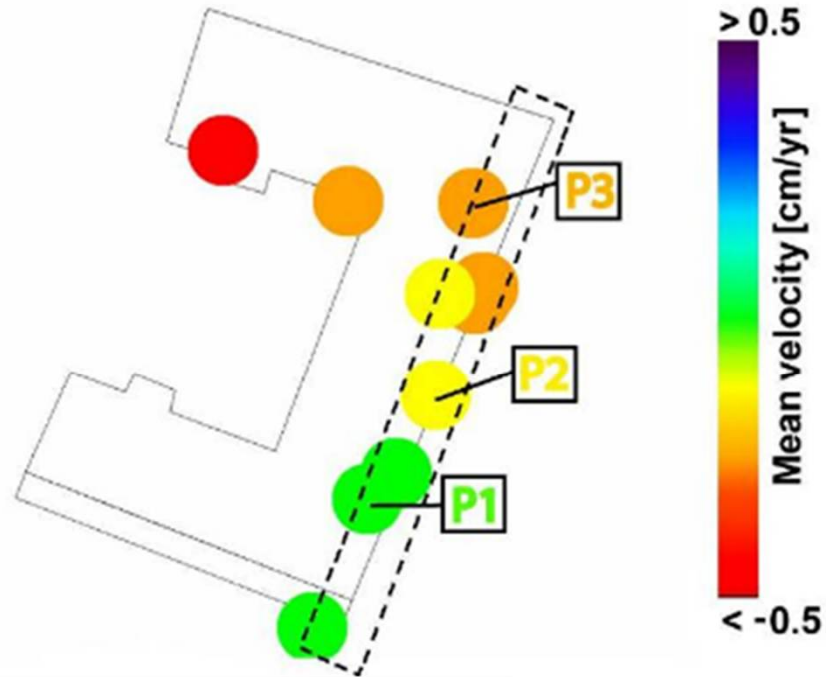
Building 1



Building 2



Analisi dei cedimenti delle strutture



Integrazione di dati SAR e modellazione strutturale per l'analisi del danneggiamento

A photograph showing a road curving through a hilly landscape. In the foreground, there is a concrete retaining wall. Behind it, a stone wall with a metal mesh structure is visible, likely used for slope stabilization. The background consists of rolling hills under a clear sky. The text "Grazie per l'attenzione!!" is overlaid in the center of the image.

Grazie per l'attenzione!!