



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI SALERNO

C.U.G.R.I.

*Consorzio inter-Universitario
per la previsione e la prevenzione dei **Grandi Rischi***

***Preliminare caratterizzazione della franosità in trenta comuni
della Basilicata e analisi degli effetti indotti alle infrastrutture
viarie per la valutazione della loro vulnerabilità***

Convegno del 4 e 5 aprile 2022

Gianfranco Nicodemo, PhD
Dipartimento di Ingegneria Civile (DICIV)
Università degli Studi di Salerno

Estratto da: Convegno di presentazione del progetto MITIGO e dei primi risultati - 4-5 Aprile 2022 –
Sommari degli interventi e presentazioni

© 2022 Università degli Studi della Basilicata

Editrice Universosud – Potenza

ISBN 9788899432850

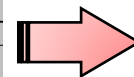


Pubblicazione realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea – FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it

Obiettivi e attività da Progetto

OR2	Valutazione del rischio idrogeologico	2.1 Fase conoscitiva preliminare 2.2 Indagini e rilievi 2.3 Individuazione delle tipologie di frana 2.4 Valutazione del rischio e carte tematiche
OR4	sviluppo di un sistema integrato di monitoraggio	4.1 Sistema di monitoraggio mediante telerilevamento 4.2 Sistema di monitoraggio in situ 4.3 Sviluppo di piattaforme integrate per il monitoraggio e il supporto alle decisioni
OR5	Soluzioni per la mitigazione del rischio idrogeologico	5.1 Individuazione caratteri fondamentali frane, infrastrutture e strutture 5.2 Individuazione delle classi di intervento 5.3 Modellazione matematica 5.4 Scelta dei sistemi di intervento

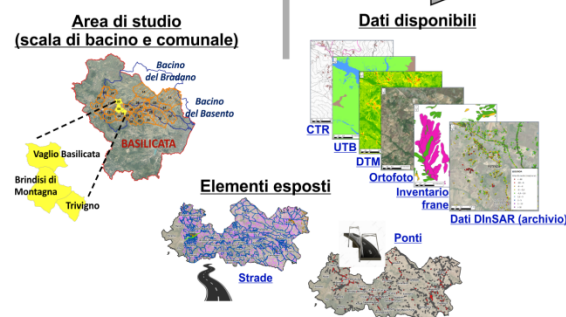


- Monitoraggio mediante analisi interferometriche ed integrazione con sistemi in situ;
- Analisi e valutazione della vulnerabilità delle infrastrutture viarie (strade e ponti);
- Previsione del livello di severità del danno nel tempo per le infrastrutture interagenti con i corpi di frana;
- Quantificazione del rischio da frana per l'infrastruttura esposta;
- Definizione di mappe di zonazione del rischio;
- Aggiornamento in tempo reale delle mappe di rischio.

FASE CONOSCITIVA PRELIMINARE

- Identificazione delle aree di studio
- Analisi/studio della letteratura
- Identificazione e reperimento delle informazioni di base
- Acquisizione e omogenizzazione dei dati disponibili
- Analisi della franosità delle aree di studio
- Individuazione elementi esposti

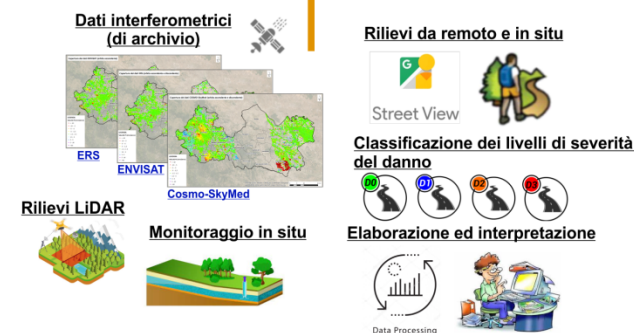
2021



MONITORAGGIO, DANNI E VULNERABILITÀ DELLE INFRASTRUTTURE ESPOSTE

- Analisi dati DInSAR di archivio
- Acquisizione nuovi dati interferometrici
- Integrazione monitoraggio da remoto e convenzionale in situ
- Rilievi geomorfologici di dettaglio e del danno da remoto e in situ
- Analisi multi-temporale dei danni alle infrastrutture esposte
- Analisi congiunta (suscettibilità, frane, DInSAR, danni)

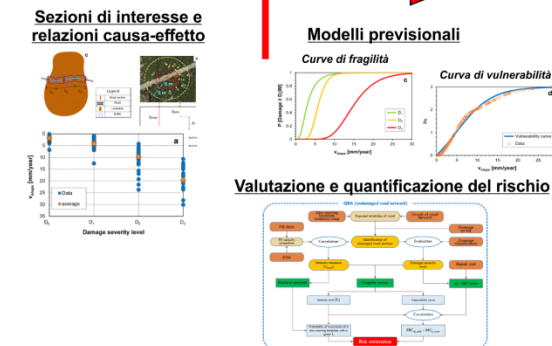
2022



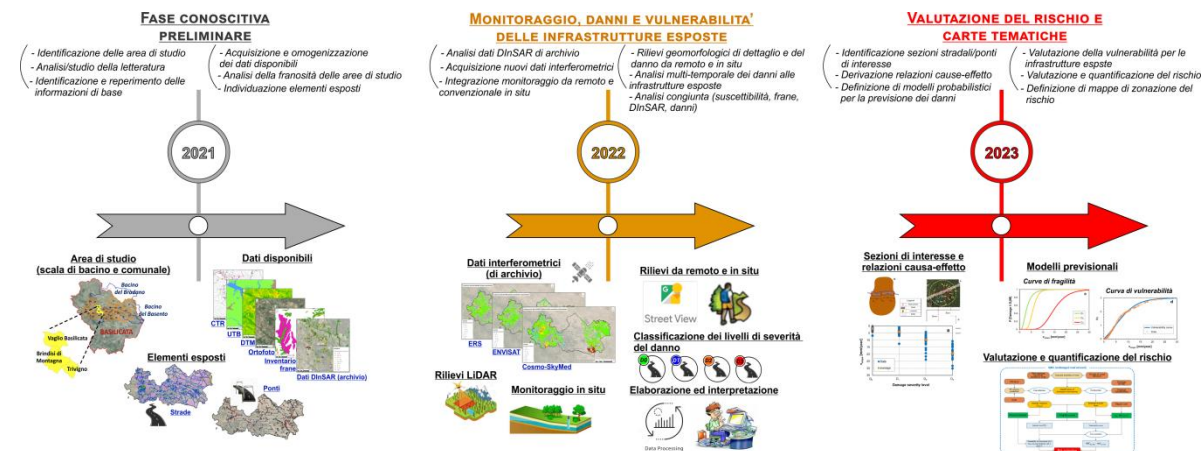
VALUTAZIONE DEL RISCHIO E CARTE TEMATICHE

- Identificazione sezioni stradali/ponti di interesse
- Derivazione relazioni causa-effetto per la previsione dei danni
- Valutazione della vulnerabilità per le infrastrutture esposte
- Valutazione e quantificazione del rischio
- Definizione di mappe di zonazione del rischio

2023



Obiettivi e attività da Progetto



ATTIVITÀ SVOLTE AL 03/2022

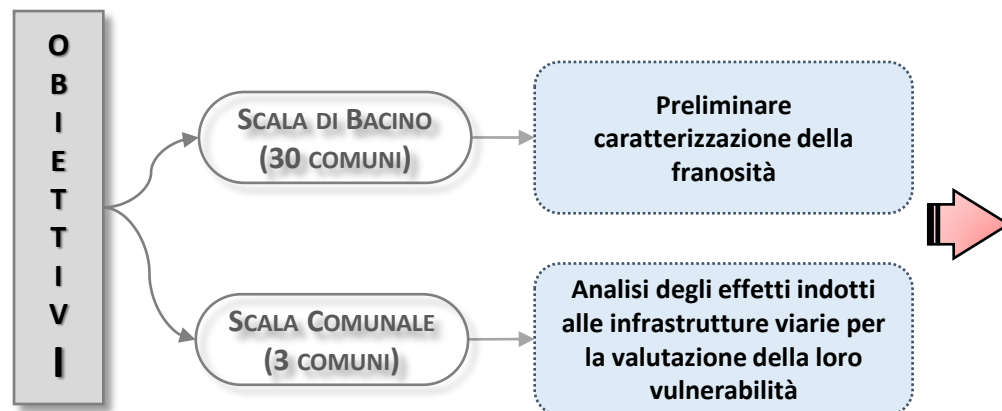
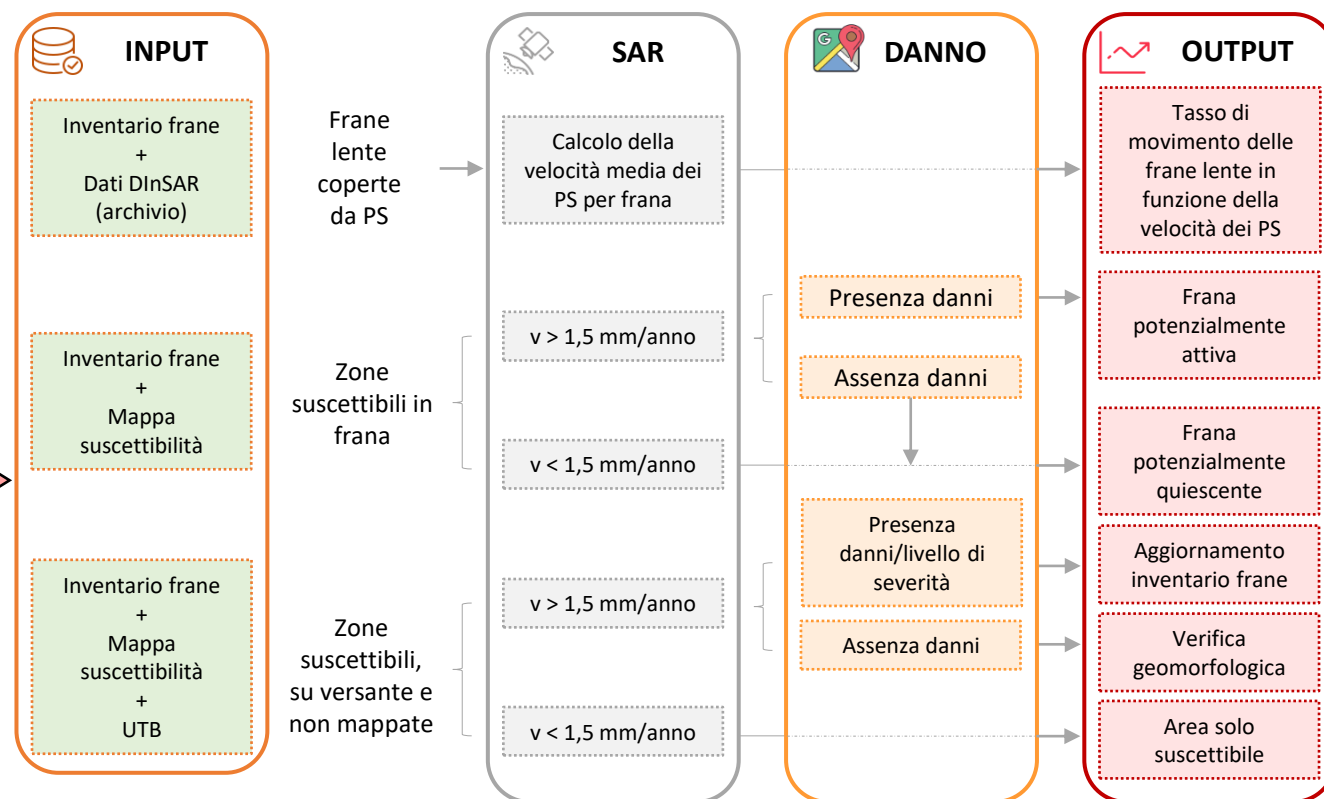
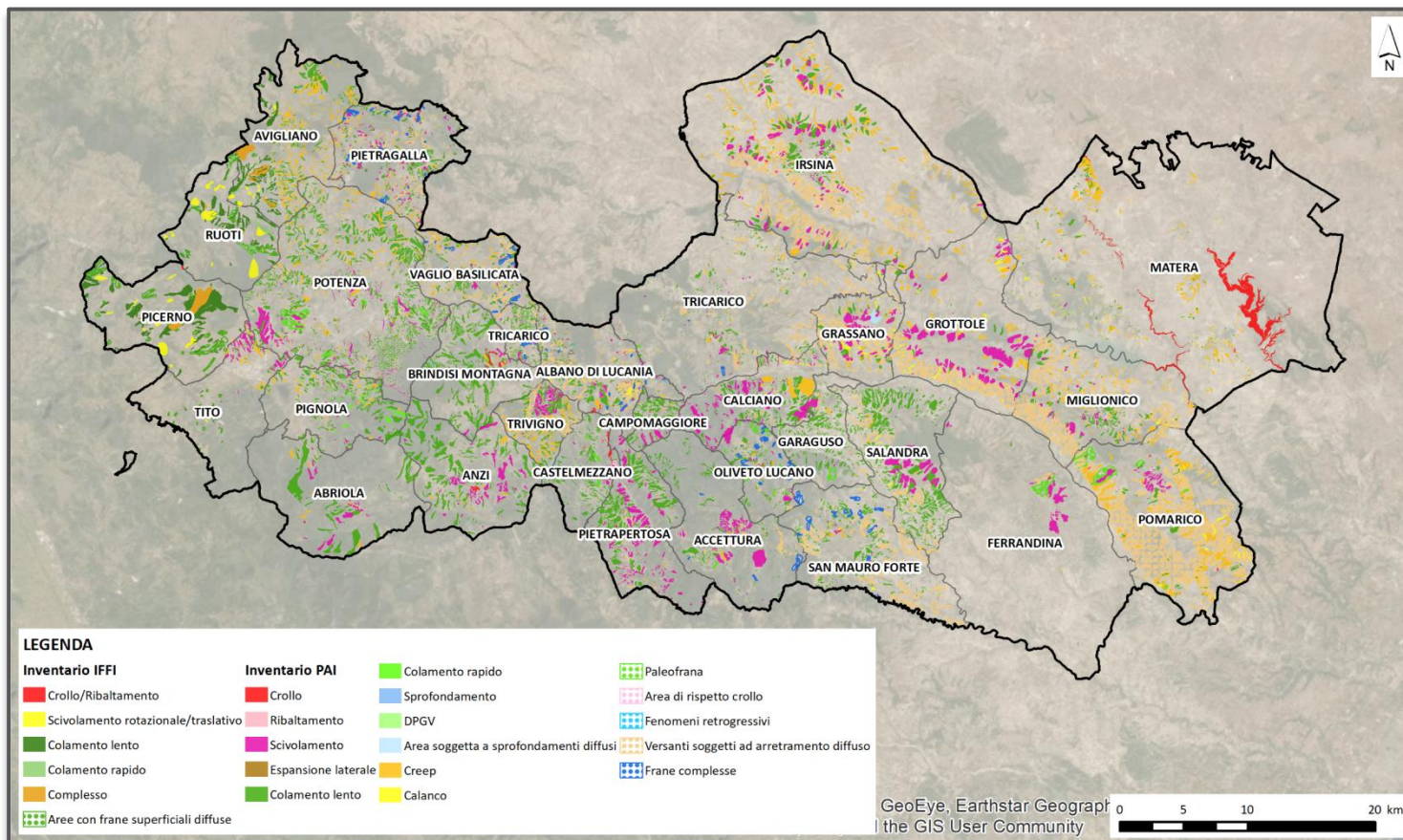


Diagramma di flusso delle attività svolte nella prima fase del Progetto



INVENTARIO FENOMENI FRANOSI

SCALA DI BACINO (ANALISI SU 30 COMUNI)



NUMERO DI FRANE PER TIPOLOGIA

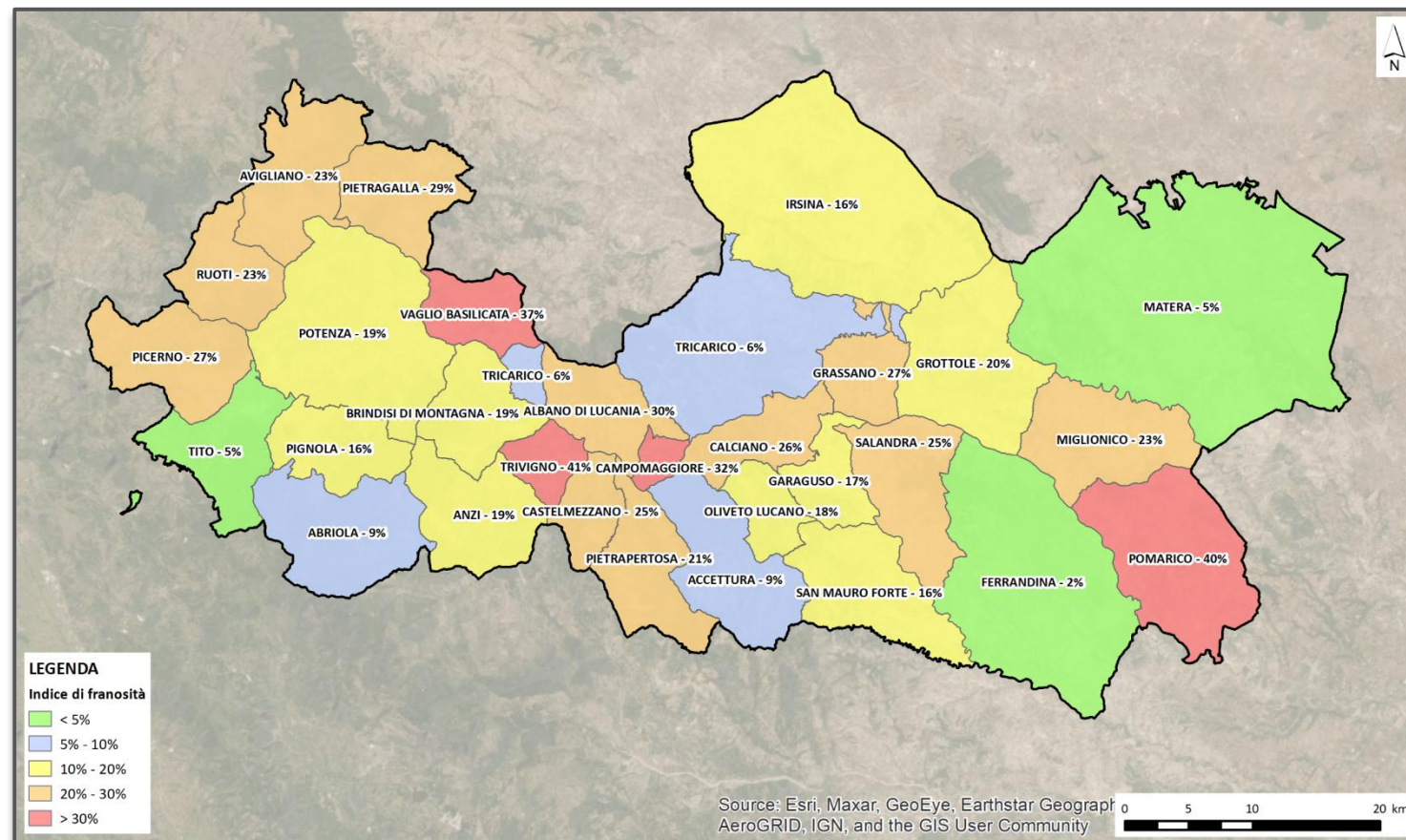
Sprofondamento	0 (0,0%)
DGPV	0 (0,0%)
Area di rispetto crollo	2 (0,01%)
Ribaltamento	3 (0,01%)
Area soggetta a sprofondamenti diffusi	3 (0,01%)
Espansione laterale	9 (0,04%)
Fenomeni retrogressivi	13 (0,1%)
Paleofrana	45 (0,2%)
Aree con frane superficiali diffuse	109 (0,5%)
Colamento rapido	144 (0,6%)
Crollo	208 (0,9%)
Frane complesse	222 (0,9%)
Calanco	876 (3,7%)
Versanti soggetti ad arretramento diffuso	1402 (5,8%)
Da definire	2268 (9,5%)
Creep	3341 (13,9%)
Scivolamento	3622 (15,1%)
Colamento lento	11727 (48,9%)

Le carte inventario di riferimento sono quella redatta dall'Autorità di Bacino della Regione Basilicata (PAI, scala 1:10000, anno 2016) e l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI, scala 1:250000, anno 2014 ultimo aggiornamento per la regione Basilicata). L'esigenza di utilizzare due carte inventario nasce dal fatto che l'area di interesse non ricade interamente nel territorio di competenza dell' AdB Basilicata.

ANALISI DI FRANOSITÀ

INDICE DI FRANOSITA'

SCALA DI BACINO
(ANALISI SU 30 COMUNI)



$$\text{Indice di franosità} = \frac{\text{Area in frana}}{\text{Superficie comune}}$$



INDICE DI FRANOSITA' DELL'INTERA AREA DI STUDIO

Superficie area di studio	2841 km ²
Area totale in frana	471,6 km ²
Indice di franosità	16,6 %



Indice di franosità per singolo comune ricadenti all'interno dell'area di studio

ANALISI DI FRANOSITÀ

FRANE A CINEMATICA LENTA

Al fine di una preliminare caratterizzazione cinematica delle frane cartografate nell’area di studio, l’attenzione si è focalizzata sui corpi franosi monitorabili mediante l’impiego di tecniche interferometriche differenziali (DInSAR), ovvero le **FRANE A CINEMATICA LENTA**

↑
V
E
L
O
C
I
T
À

CLASSE	DESCRIZIONE	VELOCITÀ	(m/s)
7	Estremamente rapido	5 m/s	5
6	Molto rapido	3 m/min	5×10^{-2}
5	Rapido	1,8 m/h	5×10^{-4}
4	Moderato	13 m/mese	5×10^{-6}
3	Lento	1,6 m/anno	5×10^{-8}
2	Molto lento	16 mm/anno	5×10^{-10}
1	Estremamente lento	< 16 mm/anno	

Velocità tipiche (Cruden & Varnes, 1996)

La massima velocità di spostamento misurabile con le tecniche interferometriche dipende da:

- LUNGHEZZA D’ONDA DEL SEGNALE
- TEMPO DI RIVISITAZIONE DEL SATELLITE

$(s_{max} \leq \lambda/4)$

FRANE A CINEMATICA LENTA

$v_{max} \cong 10 \text{ cm/anno}$

(Cascini et al., 2010)

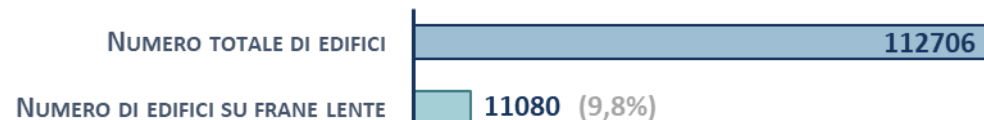
TIPOLOGIA DI FRANA	MONITORAGGIO TECNICA PS
Crollo	✗
Ribaltamento	✗
Scivolamento rotazionale/traslativo	✓
Espansione laterale	✓
Colamento lento	✓
Colamento rapido	✗
Sprofondamento	✓
DGPV (deformazioni gravitative profonde di versante)	✓
Area soggetta a sprofondamenti diffusi	✓
Creep	✓
Calanco	✗
Paleofrana	✓
Area di rispetto crollo	✗
Fenomeni retrogressivi	✓
Versanti soggetti ad arretramento diffuso	✓
Frane complesse	✓

= 20493 FRANE LENTE PARI ALL’85,4% DEL TOTALE

INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI ESPOSTI

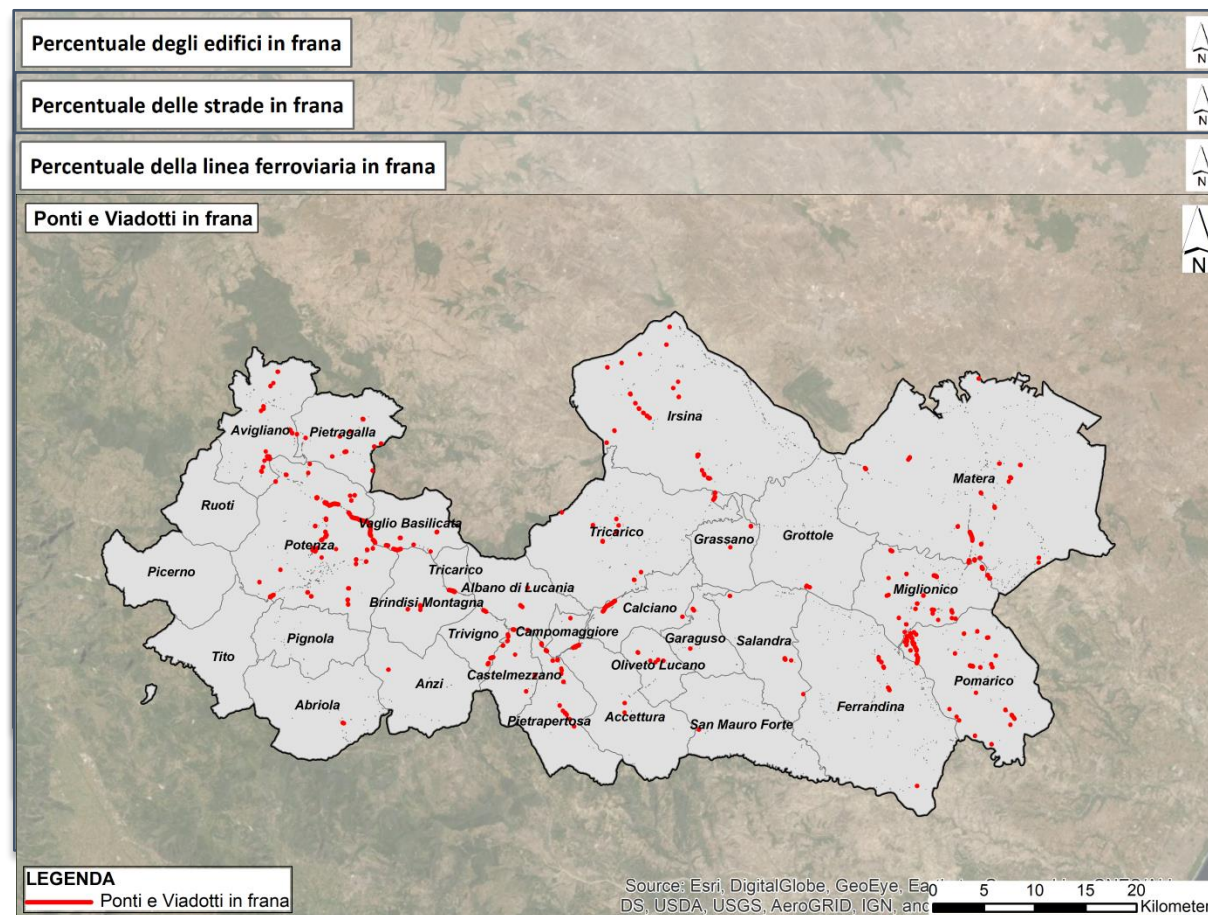
EDIFICI, STRADE, FERROVIE, PONTI

Le **FRANE A CINEMATICA LENTA** sono spesso responsabili **dell'insorgenza e dello sviluppo di danni** alle (infra)strutture esposte (es. edifici, strade, ferrovie, ponti) la cui funzionalità, se non anche la stabilità, può risultarne seriamente compromessa con ovvie ricadute sia sociali che economiche.



SCALA DI BACINO (ANALISI SU 30 COMUNI)

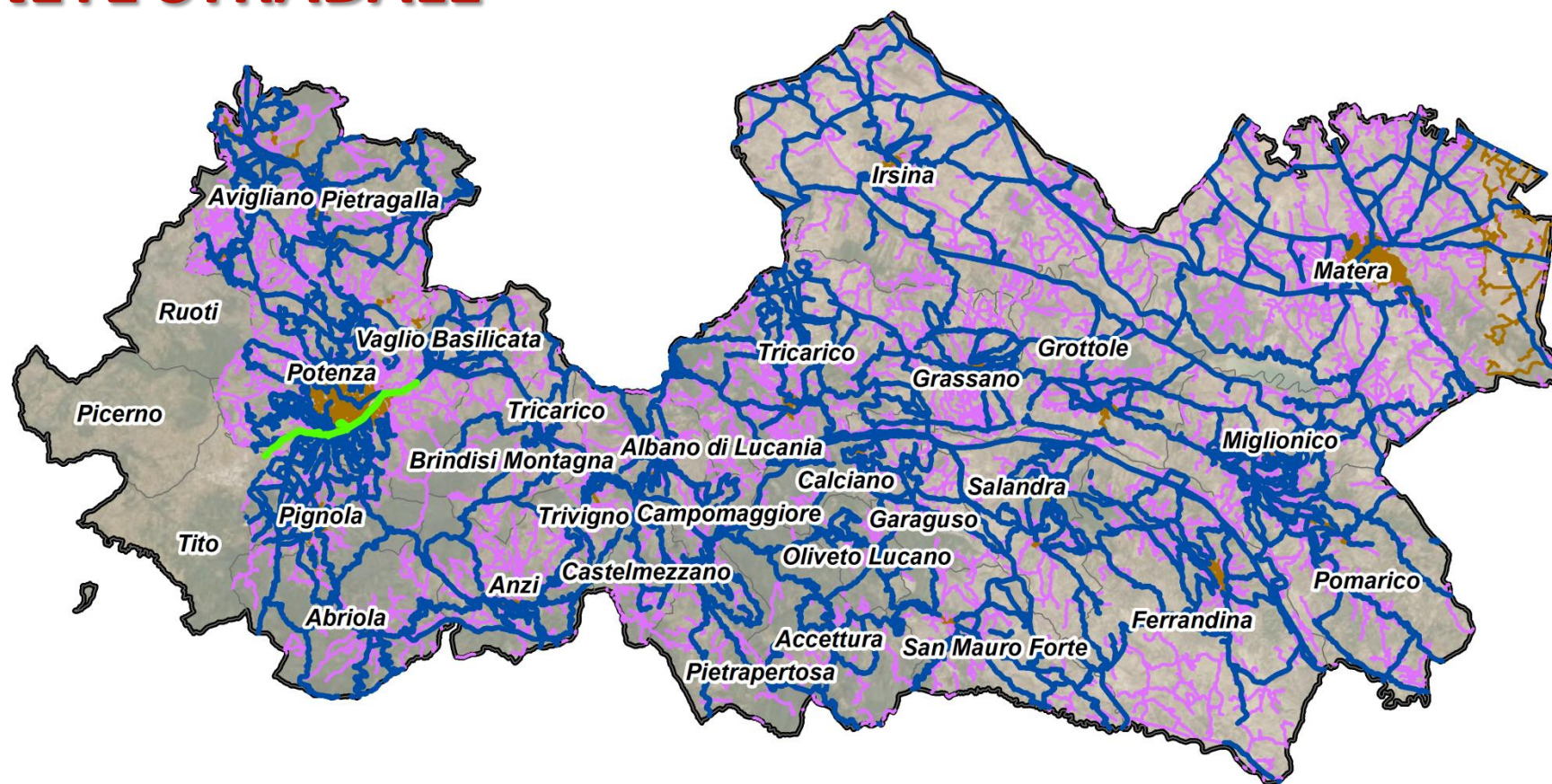
PERCENTUALE DEGLI ELEMENTI ESPOSTI PER SINGOLO COMUNE



Mappe rappresentative della percentuale di elementi esposti appartenenti all'area di studio

RETE STRADALE

SCALA DI BACINO
(ANALISI SU 30 COMUNI)



CLASSI FUNZIONALI



Autostrade
23,45 km



Strade extraurbane
2.703,24 km



Strade urbane
730,07 km

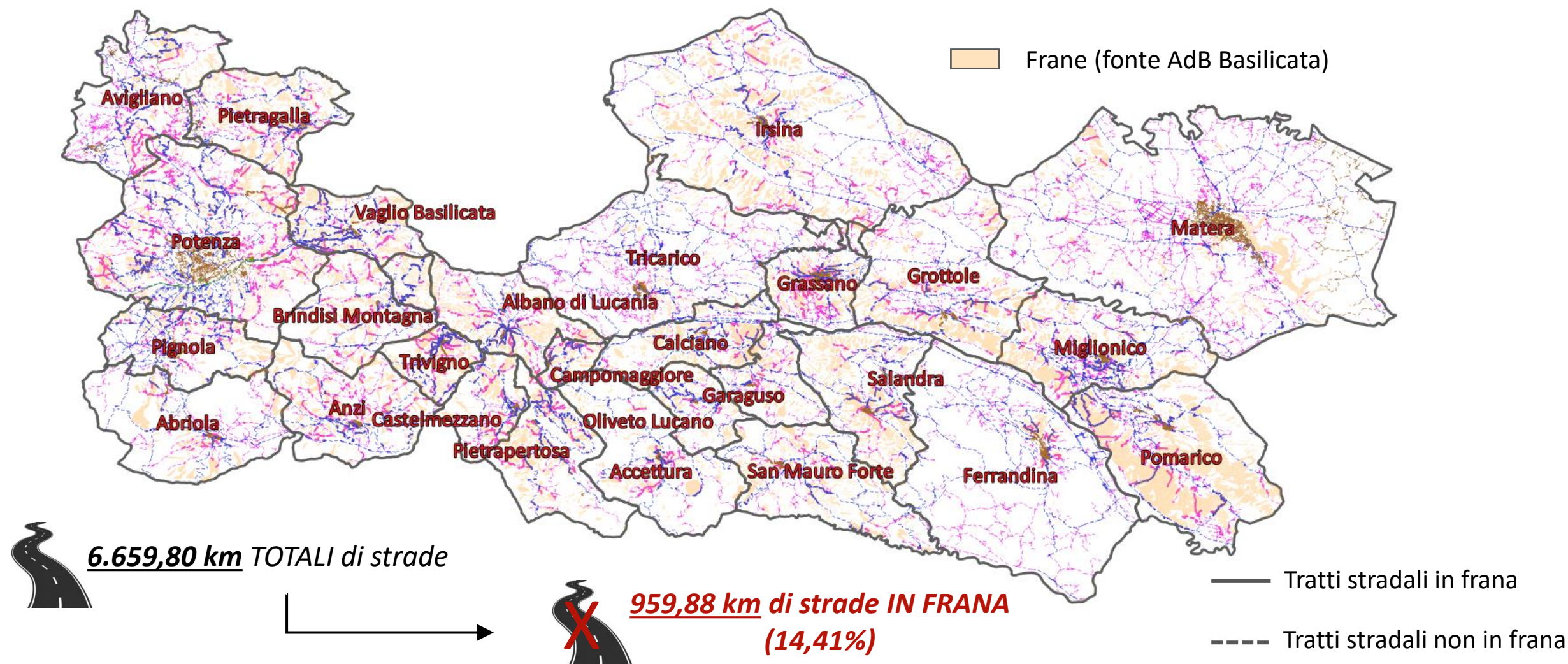


Strade locali
3.203,05 km

6.659,80 km TOTALI di strade

TRATTI STRADALI IN FRANA

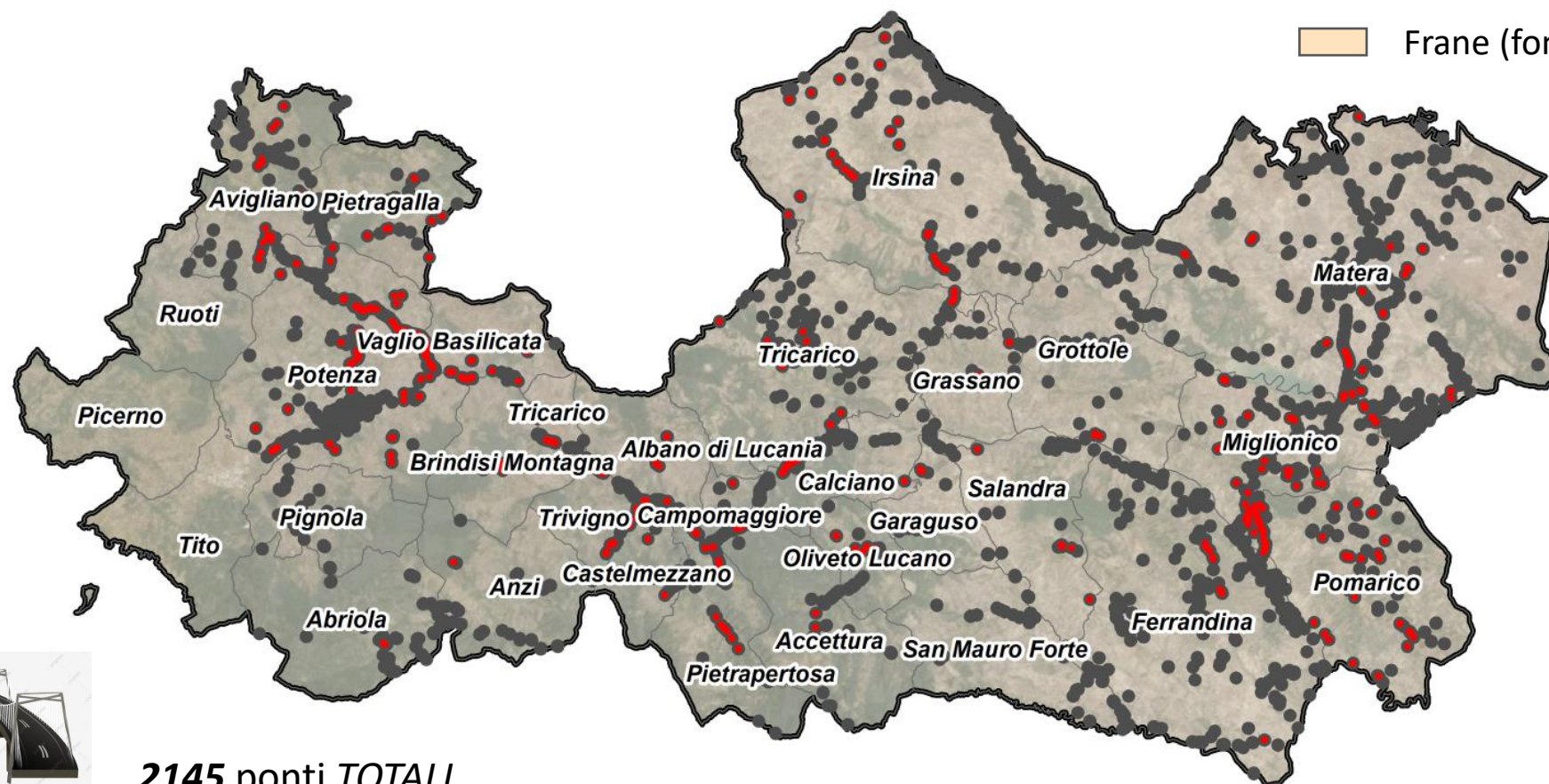
SCALA DI BACINO
(ANALISI SU 30 COMUNI)



PONTI IN FRANA

SCALA DI BACINO

(ANALISI SU 30 COMUNI)



Frane (fonte AdB Basilicata)

Work in progress
attività in collaborazione
con POLIBA



2145 ponti TOTALI

320 di ponti IN FRANA
(14,9%)

== Ponti in frana

== Ponti non in frana



ANALISI INTERFEROMETRICHE

DATI DI ARCHIVIO

SCALA DI BACINO
(ANALISI SU 30 COMUNI)

**Al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Direzione Generale per la Salvaguardia del Territorio e delle Acque
Geoportale Cartografico Nazionale
Via Cristoforo Colombo, 44 – 00147 Roma**

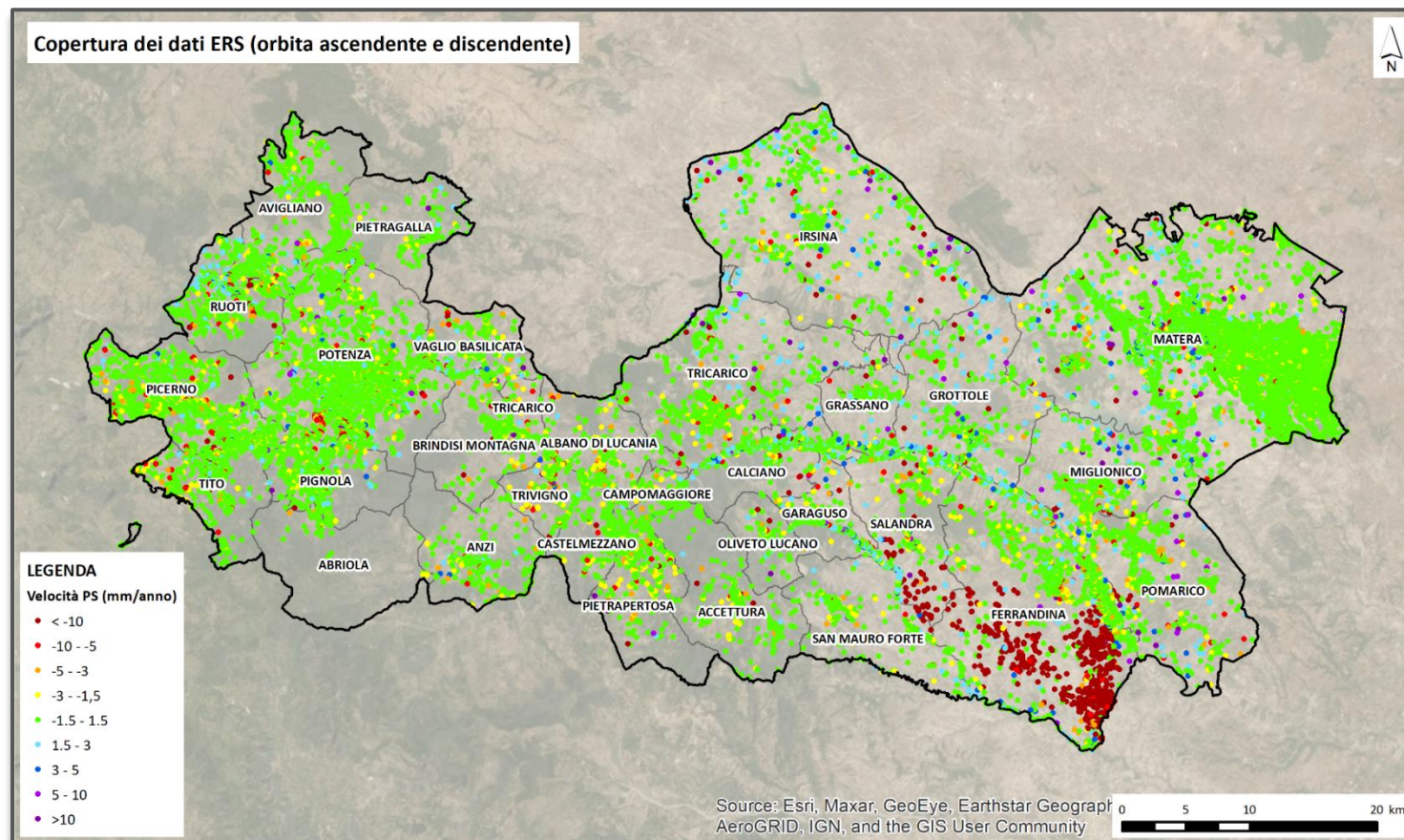
OGGETTO: Richiesta prodotti Interferometrici PS dei sensori ERS, ENVISAT e Cosmo-SkyMed per il territorio della Regione Basilicata da utilizzare nell'ambito del progetto PON di Ricerca ed Innovazione dal titolo: "MitiGO - Mitigazione dei rischi naturali per la sicurezza e la mobilità nelle aree montane del Mezzogiorno: ARS01_00964".



ANALISI INTERFEROMETRICHE

DATI DI ARCHIVIO

SCALA DI BACINO
(ANALISI SU 30 COMUNI)



ERS

Periodo di acquisizione 1992 - 2000

Banda C

Tempo di
rivisitazione



COPERTURA DEI DATI SATELLITARI ERS SU FRANE LENTE

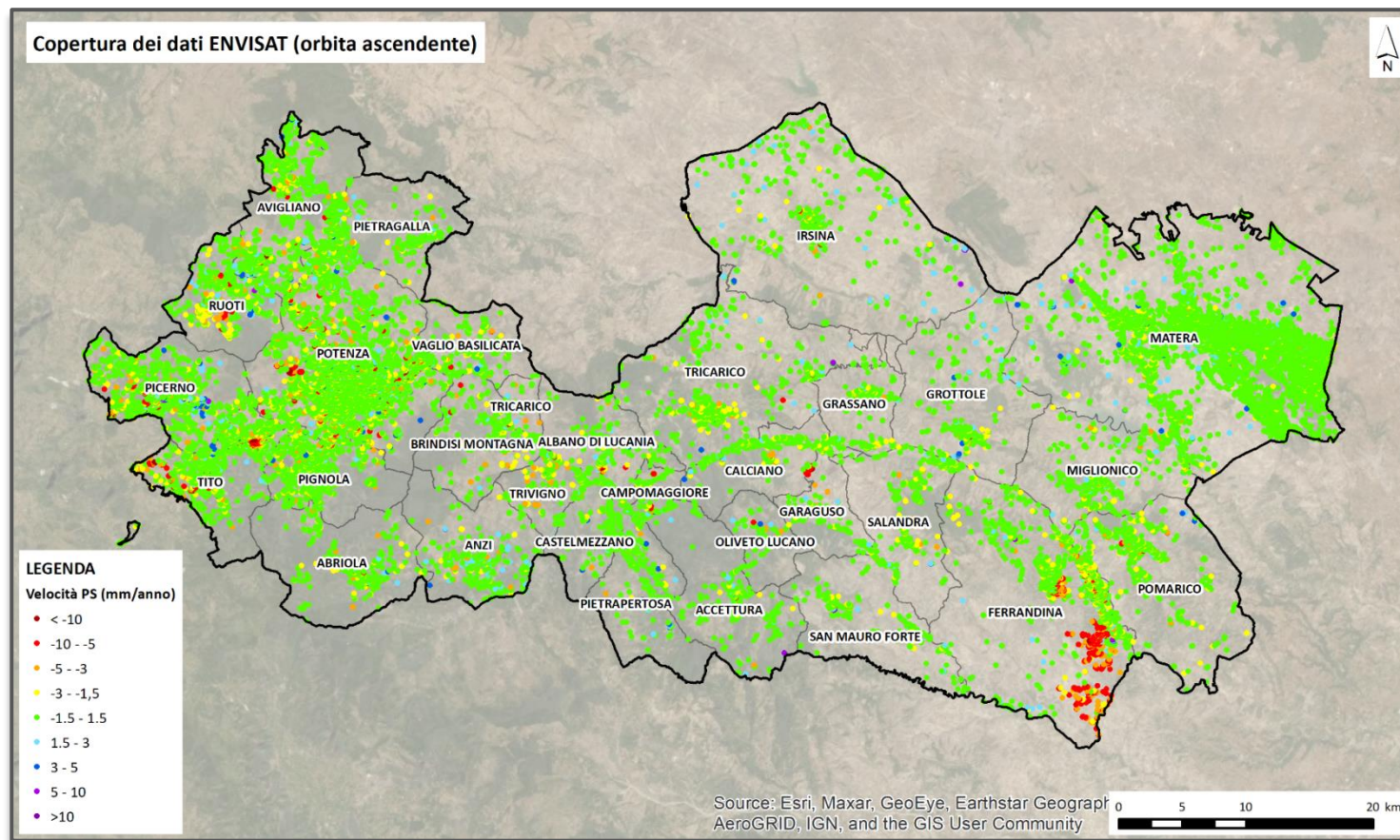
Numero di frane lente	20493
Numero di frane coperte da almeno 3 PS	229
% rispetto al totale	1,1 %
Numero di frane coperte da almeno 5 PS	126
% rispetto al totale	0,6 %

Copertura dati PSInSAR derivanti dall'elaborazione delle immagini SAR acquisite dal sensore ERS sull'area di studio (Fonte: Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale - MATTM)

ANALISI INTERFEROMETRICHE

DATI DI ARCHIVIO

SCALA DI BACINO
(ANALISI SU 30 COMUNI)



ENVISAT

Periodo di acquisizione 2003 - 2010

Banda C

Tempo di
rivisitazione



COPERTURA DEI DATI SATELLITARI ENVISAT SU FRANE LENTE

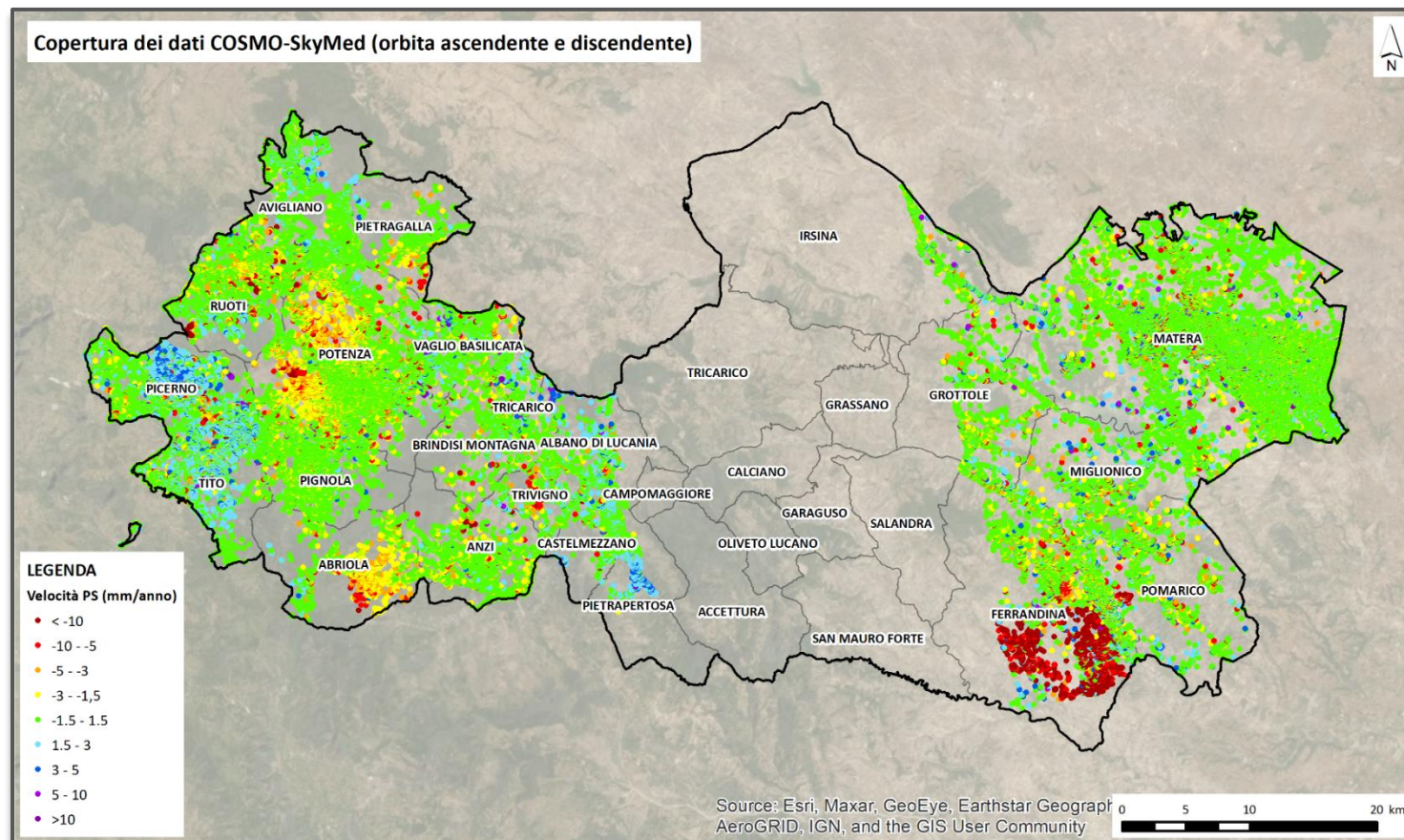
Numero di frane lente	20493
Numero di frane coperte da almeno 3 PS	395
% rispetto al totale	1,9 %
Numero di frane coperte da almeno 5 PS	275
% rispetto al totale	1,3 %

Copertura dati PSInSAR derivanti dall'elaborazione delle immagini SAR acquisite dal sensore ENVISAT sull'area di studio (Fonte: Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale - MATTM)

ANALISI INTERFEROMETRICHE

DATI DI ARCHIVIO

SCALA DI BACINO
(ANALISI SU 30 COMUNI)



COSMO-SkyMed

Periodo di acquisizione **2011 - 2014**

Banda **X**

Tempo di
rivisitazione



COPERTURA DEI DATI SATELLITARI COSMO-SkyMed SU FRANE LENTE

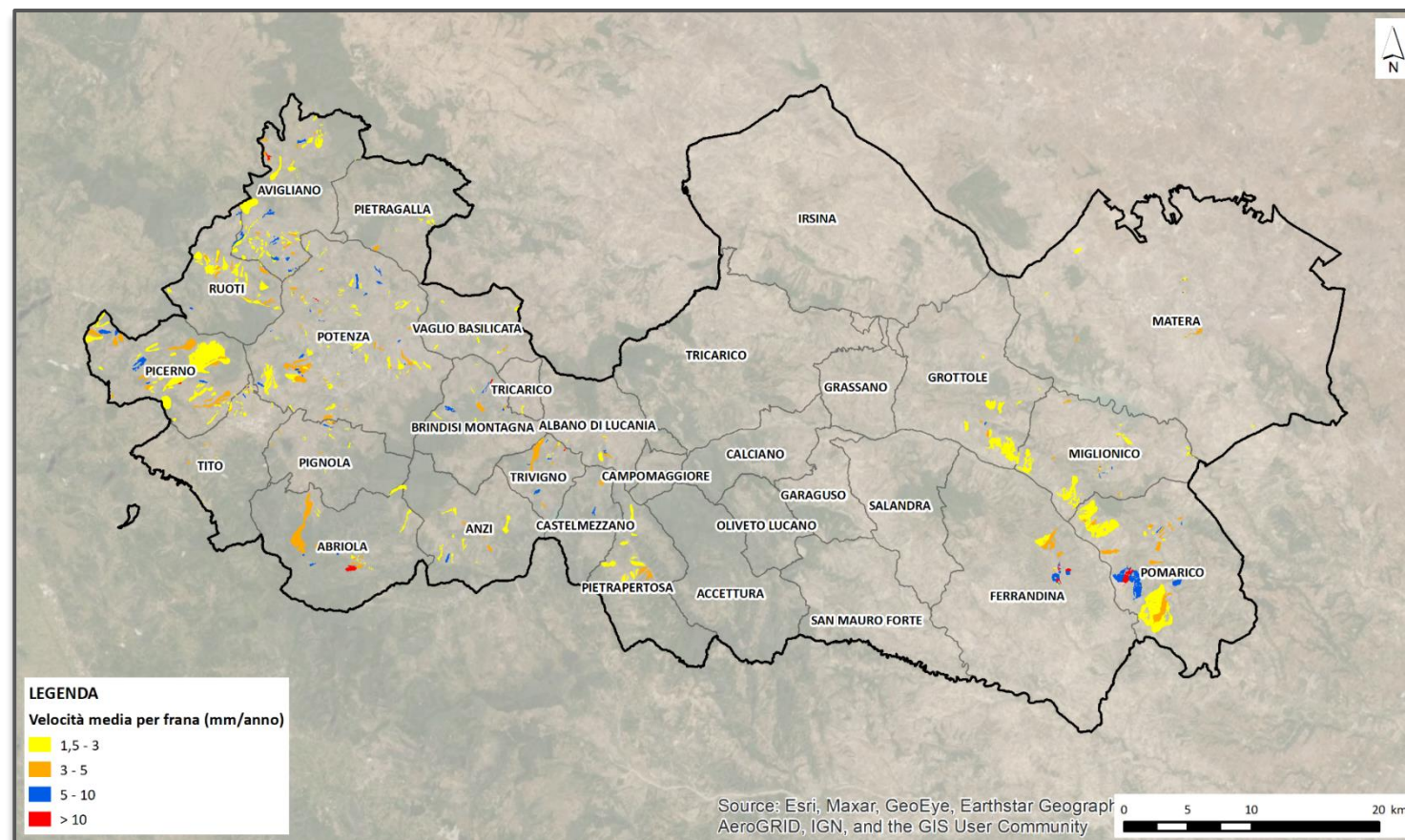
Numero di frane lente (*)	13399
Numero di frane coperte da almeno 3 PS	1509
% rispetto al totale	11,3 %
Numero di frane coperte da almeno 5 PS	1217
% rispetto al totale	9,1 %

(*) Frane lente all'interno dell'area con disponibilità di dati

Copertura dati PSInSAR derivanti dall'elaborazione delle immagini SAR acquisite dal sensore COSMO-SkyMed sull'area di studio
(Fonte: Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale - MATTM)

ANALISI DI FRANOSITÀ

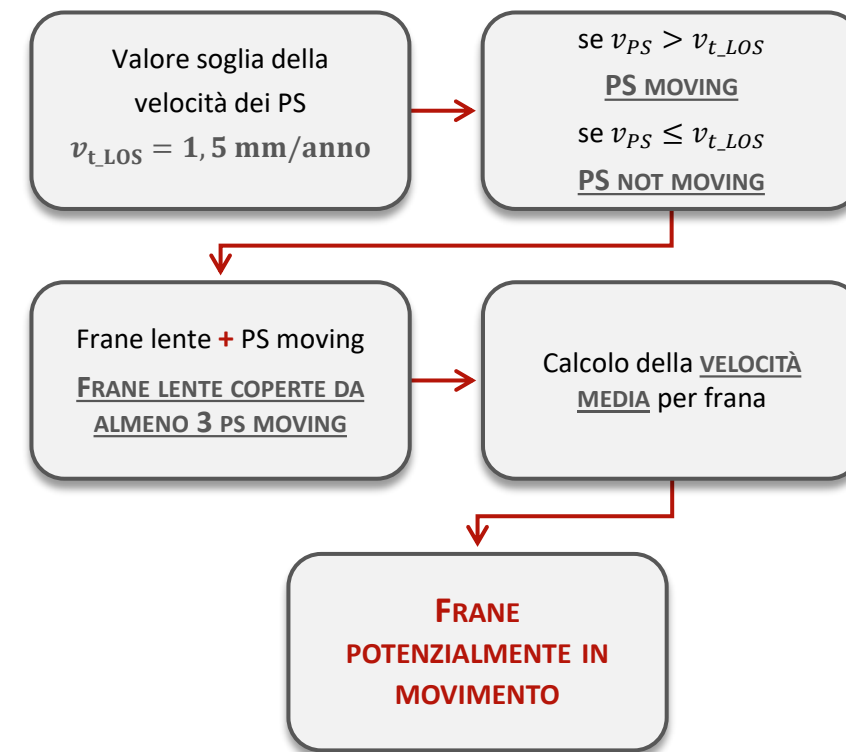
TASSO DI MOVIMENTO DELLE FRANE LENTE



Velocità medie di movimento delle frane a cinematica lenta coperte dai dati COSMO-SkyMed sull'area di studio

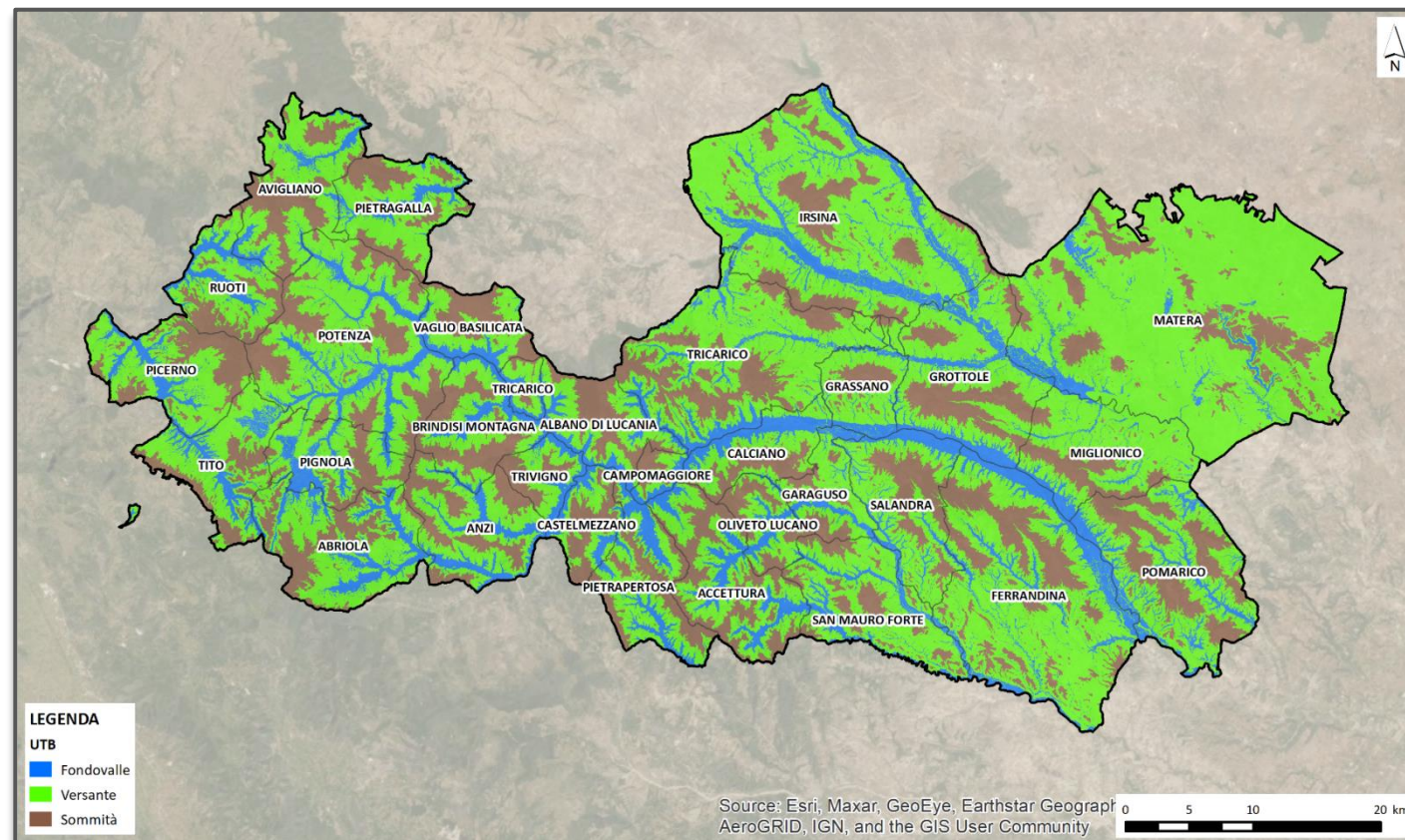
SCALA DI BACINO (ANALISI SU 30 COMUNI)

CALCOLO ED ATTRIBUZIONE IN AMBIENTE GIS DELLE VELOCITÀ MEDIE, DERIVATE DAI DATI DINSAR (di archivio), AI CORPI DI FRANA A CINEMATICA LENTA COPERTE DA DATI SATELLITARI



ANALISI DI FRANOSITÀ

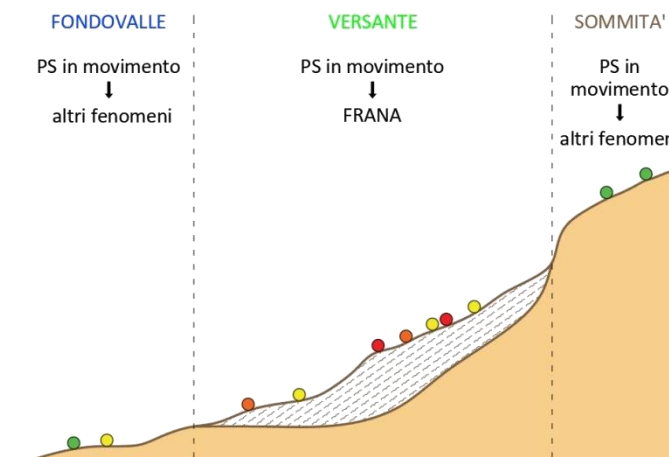
PS MOVING vs. UNITA' TOPOGRAFICHE DI BASE



Unità Topografiche di Base relativa all'area di studio, risoluzione 5 metri, anno 2016 (Guida & Valiante, 2020)

SCALA DI BACINO (ANALISI SU 30 COMUNI)

MODELLO DI INTERPRETAZIONE DEI PS IN MOVIMENTO RISPETTO ALLE UTB

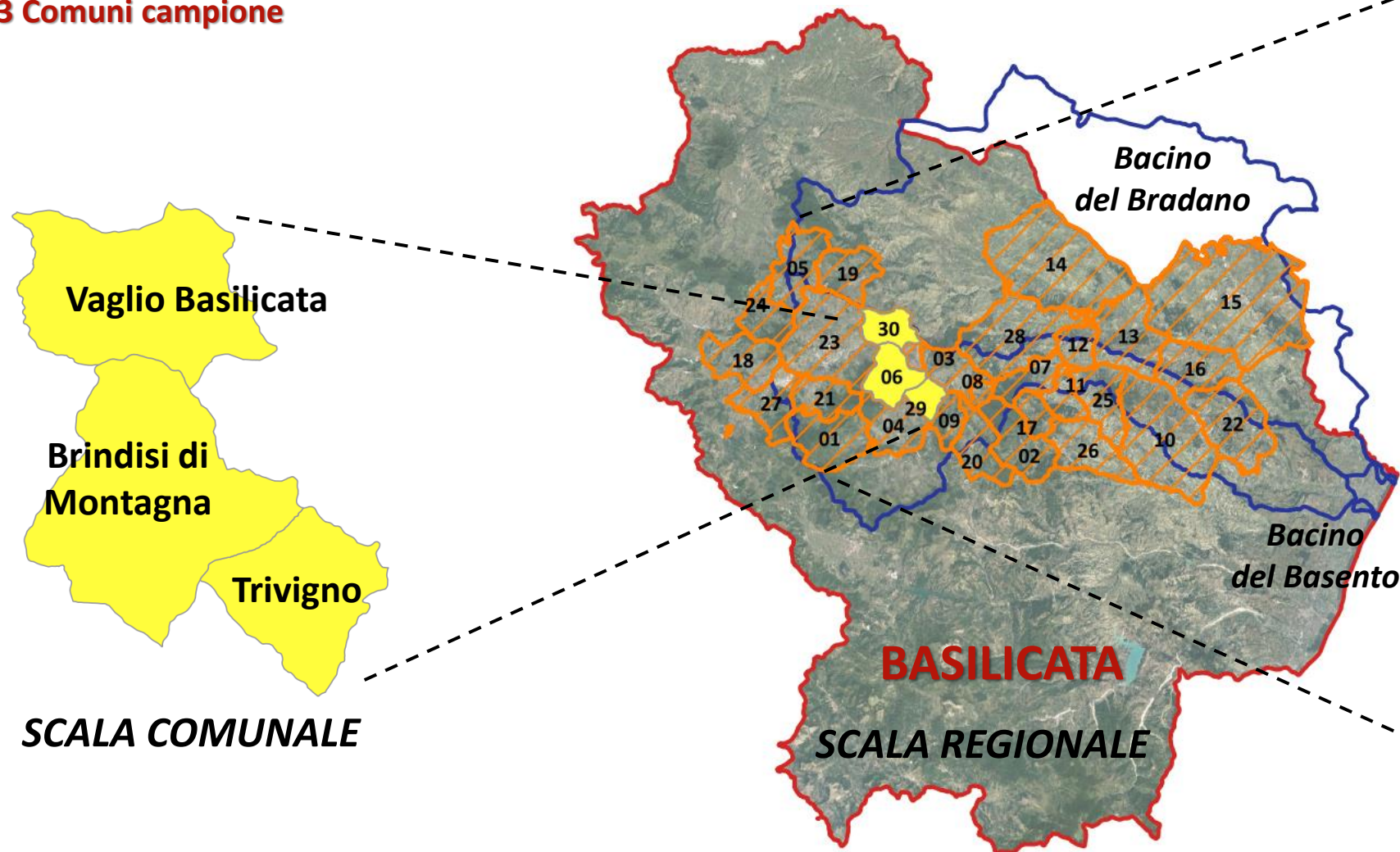


UNITÀ TOPOGRAFICHE DI BASE	AREA [km²]	NUMERO DI PS MOVING	% DI PS MOVING RISPETTO AL TOTALE
Sommità	729	47998	20,6 %
Versante	1680	122366	52,5 %
Fondovalle	432	62766	26,9 %

Percentuali di PS COSMO-SkyMed in movimento rispetto alle UTB

ANALISI A SCALA COMUNALE

3 Comuni campione

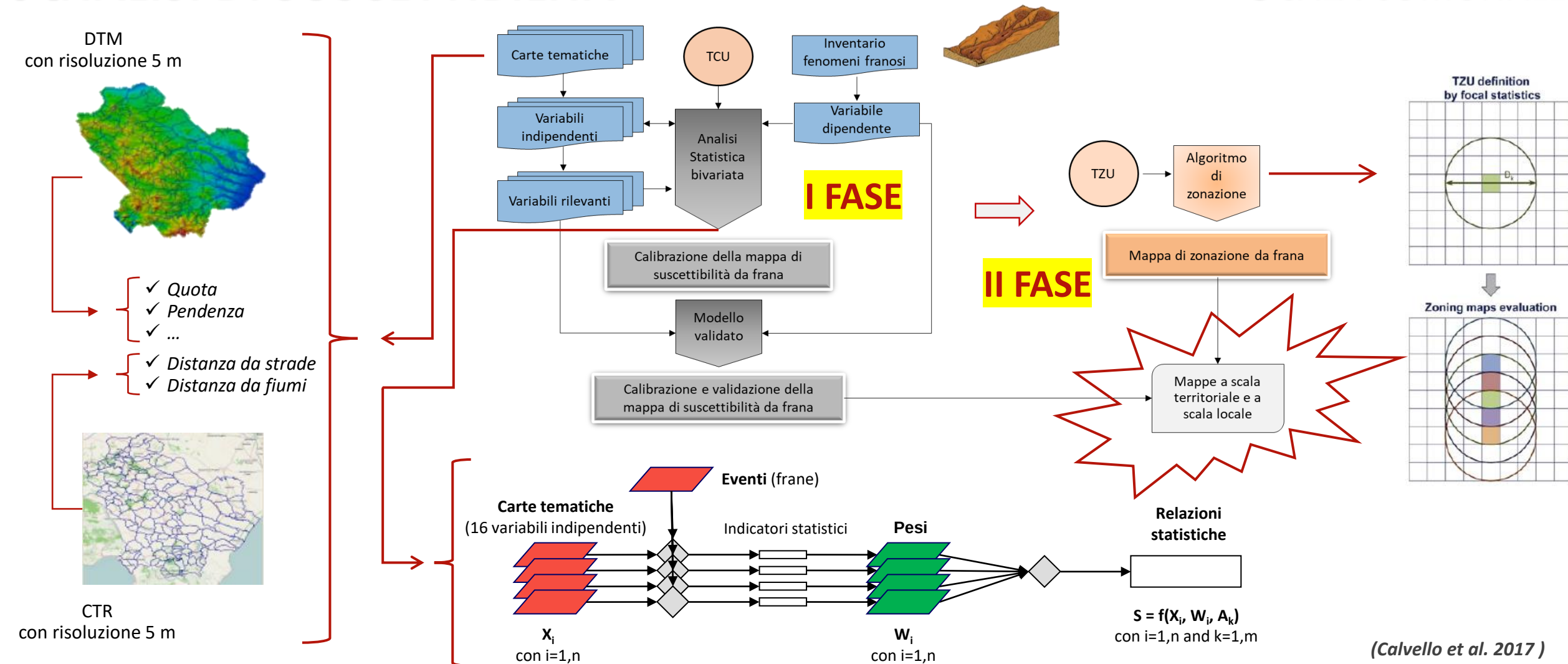


SCALA DI BACINO

01	Abriola
02	Accettura
03	Albano di Lucania
04	Anzi
05	Avigliano
06	Brindisi Montagna
07	Calciano
08	Campomaggiore
09	Castelmezzano
10	Ferrandina
11	Garaguso
12	Grassano
13	Grottole
14	Irsina
15	Matera
16	Miglionico
17	Oliveto Lucano
18	Picerno
19	Pietragalla
20	Pietrapertosa
21	Pignola
22	Pomarico
23	Potenza
24	Ruoti
25	Salandra
26	San Mauro Forte
27	Tito
28	Tricarico
29	Trivigno
30	Vaglio Basilicata

ANALISI DI SUSCETTIBILITÀ

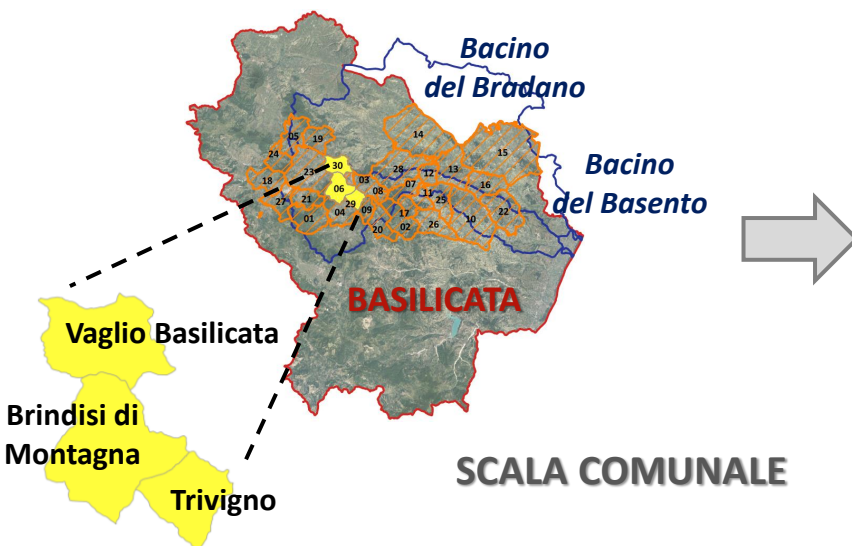
SCALA COMUNALE



ANALISI CONGIUNTA

(SUSCETTIBILITA' $\cap$ FRANE $\cap$ DInSAR $\cap$ UTB)

vs.
DANNI

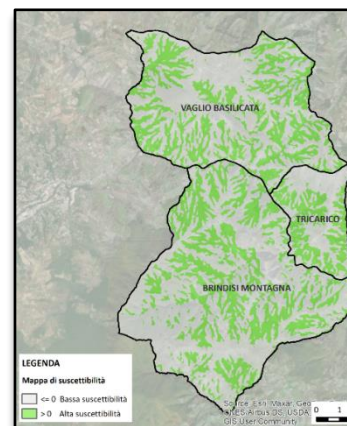


Comune	Area [km ²]	Area in Frana [km ²]	Indice di Franosità [%]
Vaglio Basilicata (PZ)	42,9	15,7	37
Brindisi di Montagna (PZ)	59,7	11,5	19
Trivigno (PZ)	25,9	10,6	41

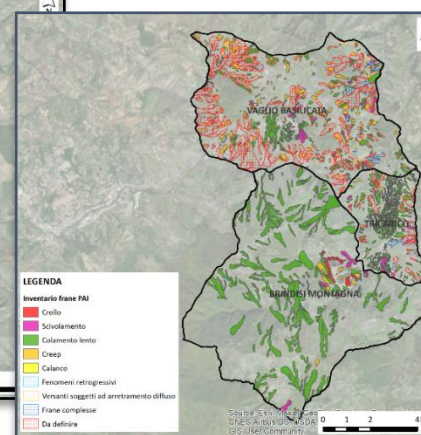
ANALISI CONGIUNTA

Intersezione

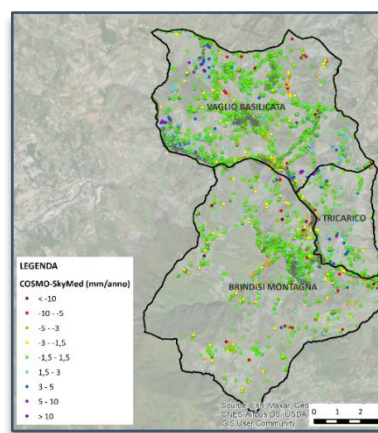
MAPPA DI SUSCETTIBILITÀ



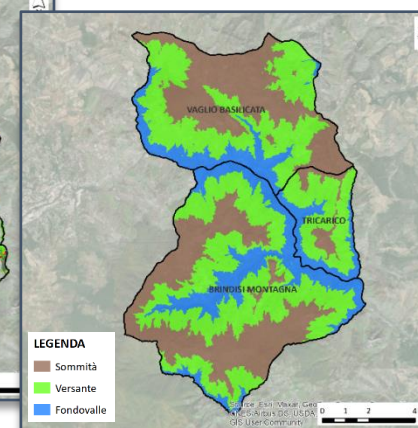
INVENTARIO FRANE LENTE



DATI DInSAR (Cosmo-SkyMed)



UTB

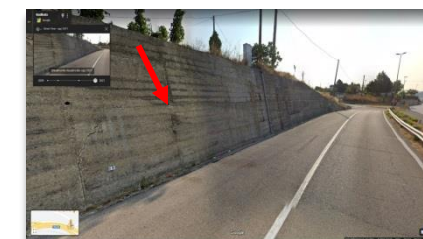


Danni alle infrastrutture

RILIEVO DA REMOTO



Street View



RILIEVO IN SITO



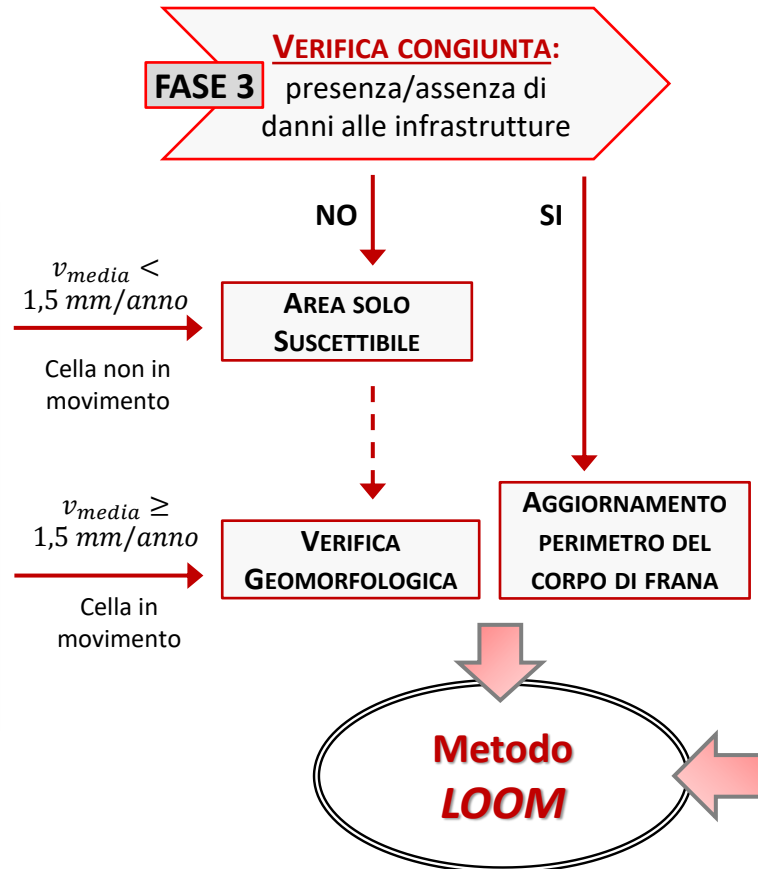
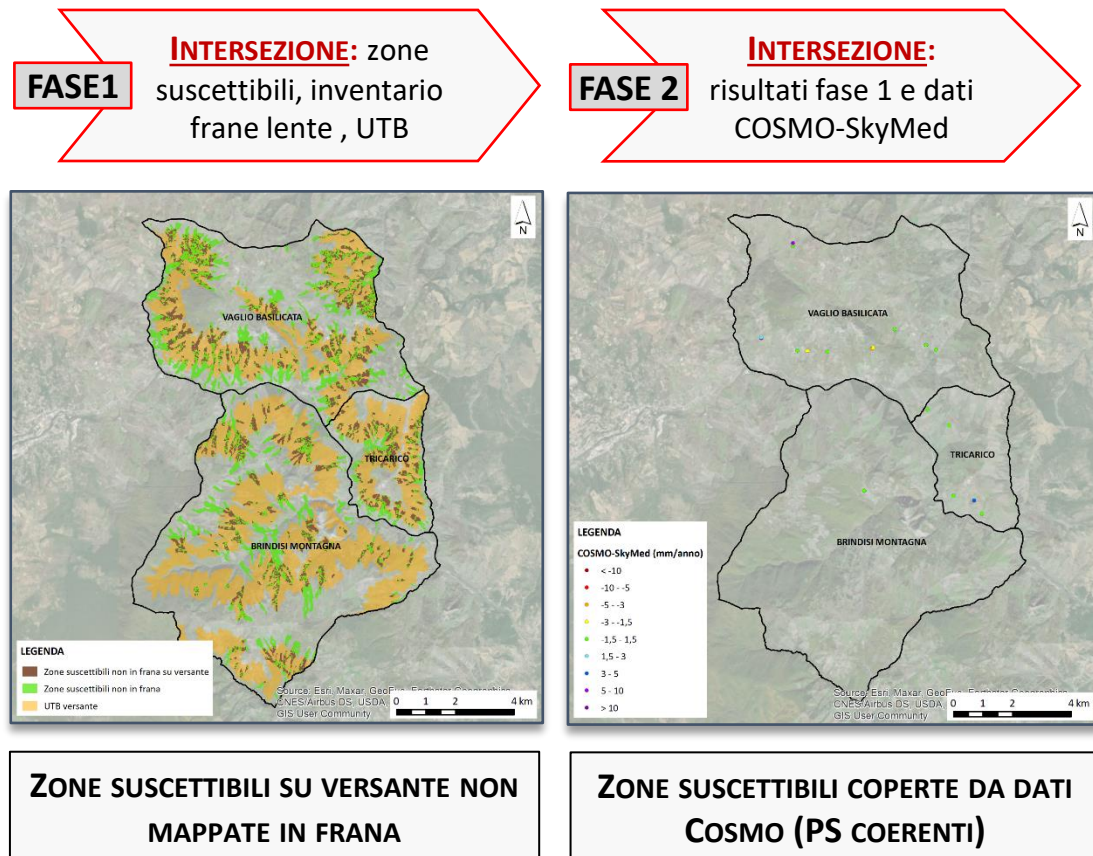
2010 2017 2021 2022

Analisi del danno multi-temporale

PRIMI RISULTATI ANALISI CONGIUNTA

(SUSCETTIBILITA' $\cap$ FRANE $\cap$ DInSAR $\cap$ UTB) vs. DANNI

OBIETTIVO: supporto nella eventuale ripерimetrazione del corpo di frana



Risultati

CELLE 5 E 6

Numero PS 1 e 2

Velocità media PS
1,51 mm/anno
2,71 mm/anno

No danno su strada

CELLE 7 E 8

Numero PS 1 e 3

Velocità media PS
5,52 mm/anno
3,49 mm/anno

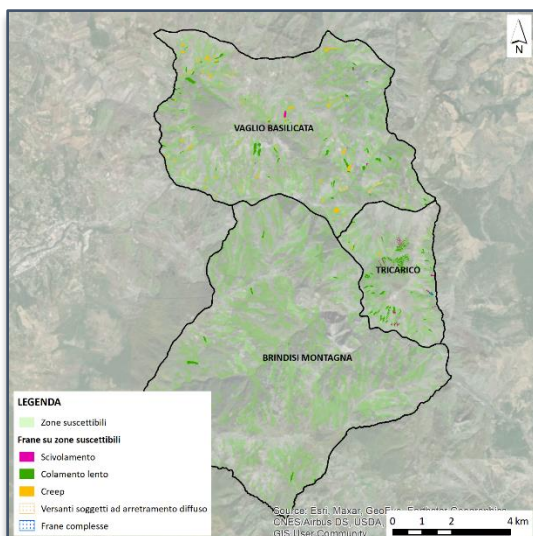
Non raggiungibili con Google Street View

L'analisi ha evidenziato che le **celle in movimento** si localizzano principalmente in **prossimità di corpi di frana** già cartografati. Gli stessi potrebbero essere rappresentativi di una **tendenza evolutiva di frane pre-esistenti** che indicano la necessità di approfondimenti geomorfologici volti ad un **aggiornamento DINAMICO** dell'inventario esistente.

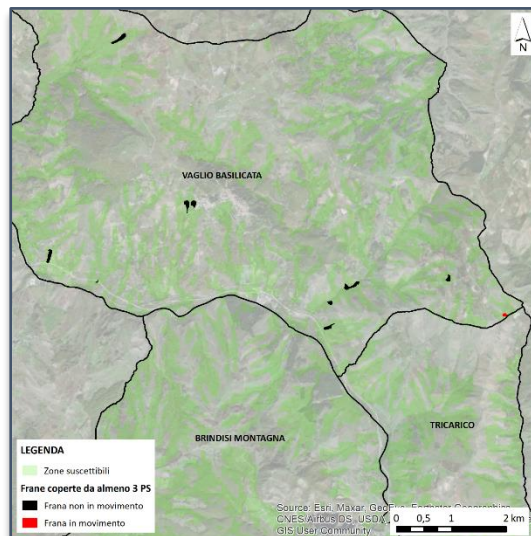
PRIMI RISULTATI ANALISI CONGIUNTA

(SUSCETTIBILITA' $\cap$ FRANE $\cap$ DInSAR $\cap$ UTB) vs. DANNI

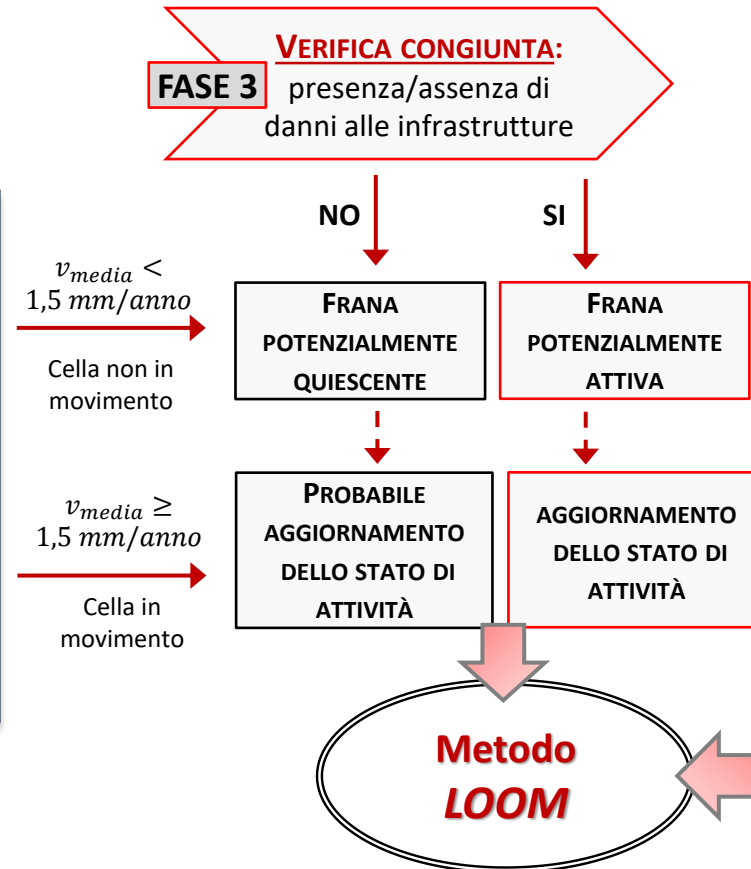
OBIETTIVO: supporto nell' eventuale aggiornamento dello stato di attività



ZONE SUSCETTIBILI SU VERSANTE
CARTOGRAFATE IN FRANA



TASSO DI MOVIMENTO DA DATI
COSMO (ALMENO 3 PS COERENTI)



Risultati

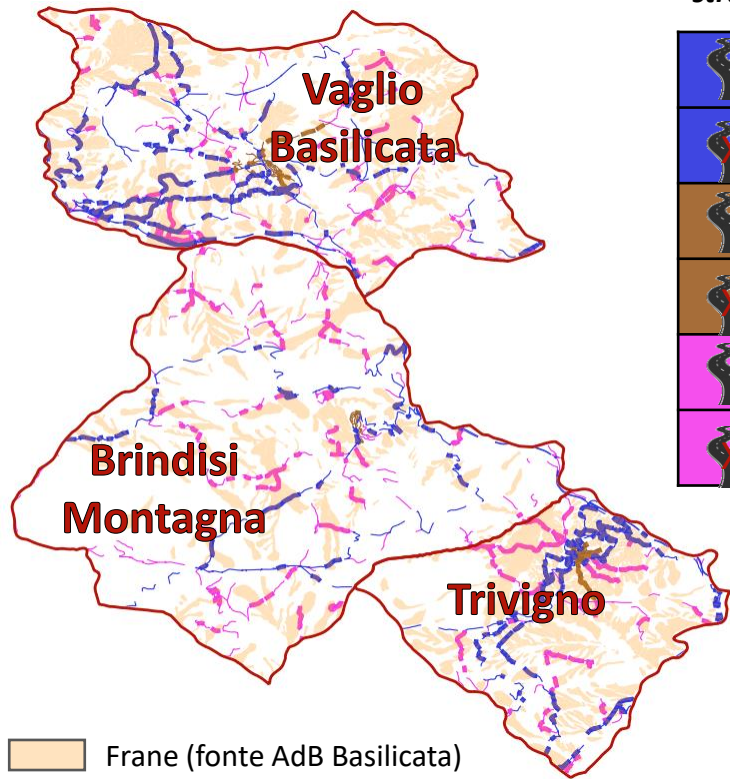
VAGLIO BASILICATA



I rilievi virtuali (da remoto) hanno evidenziato la presenza di lesioni visibili in diverse sezioni stradali in frana risultate in movimento dai dati DInSAR. Ciò richiede approfondimenti geomorfologici per un **aggiornamento DINAMICO** dell'inventario esistente volto a **confermare o modificare lo stato di attività della frana pre-esistenti**.

FRANE, DIInSAR E DANNI ALLE INFRASTRUTTURE

TRATTI STRADALI DI INTERESSE PER IL RILIEVO DEL DANNO VIRTUALE (da remoto) ED IN SITO



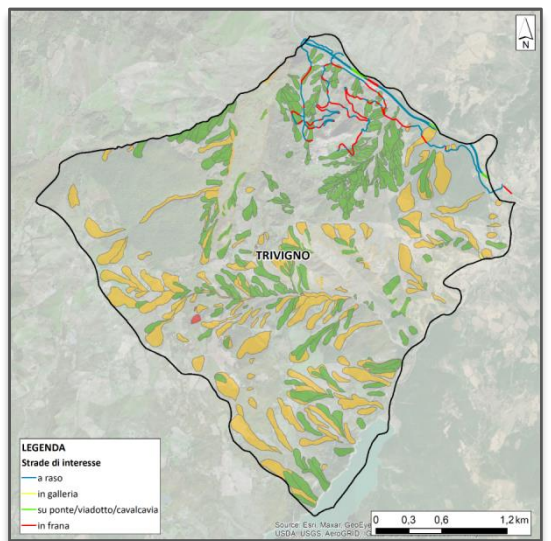
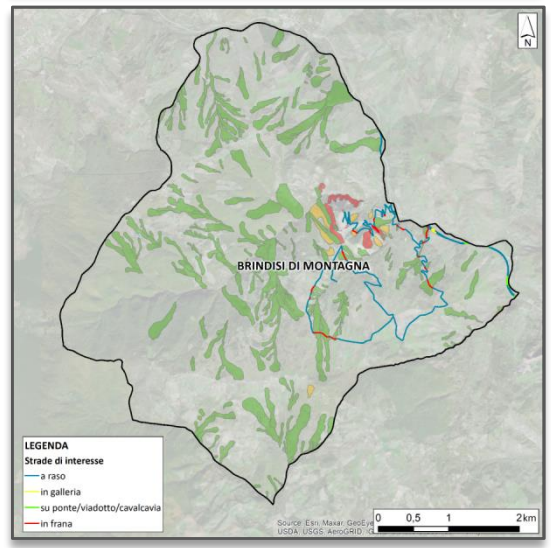
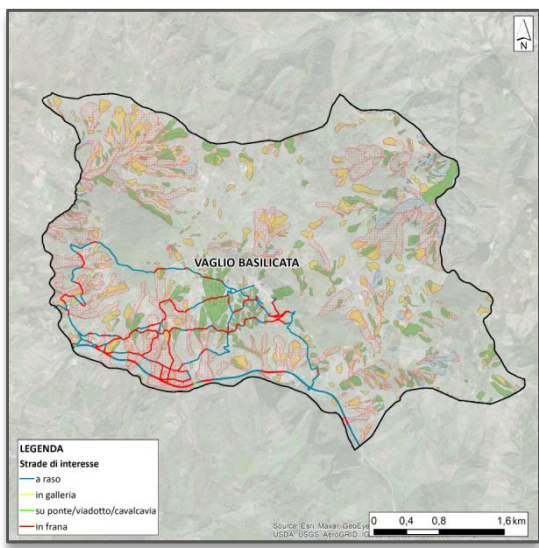
-  Frane (fonte AdB Basilicata)
-  Tratti stradali in frana
-  Tratti stradali non in frana

km strade	VAGLIO BASILICATA	BRINDISI MONTAGNA	TRIVIGNO
	76,41	46,47	41,39
	20,44	9,39	18,35
	7,26	3,28	6,61
	2,32	1,60	2,44
	47,53	68,11	26,45
	17,43	14,14	12,11

30,64% 21,33% 44,20%

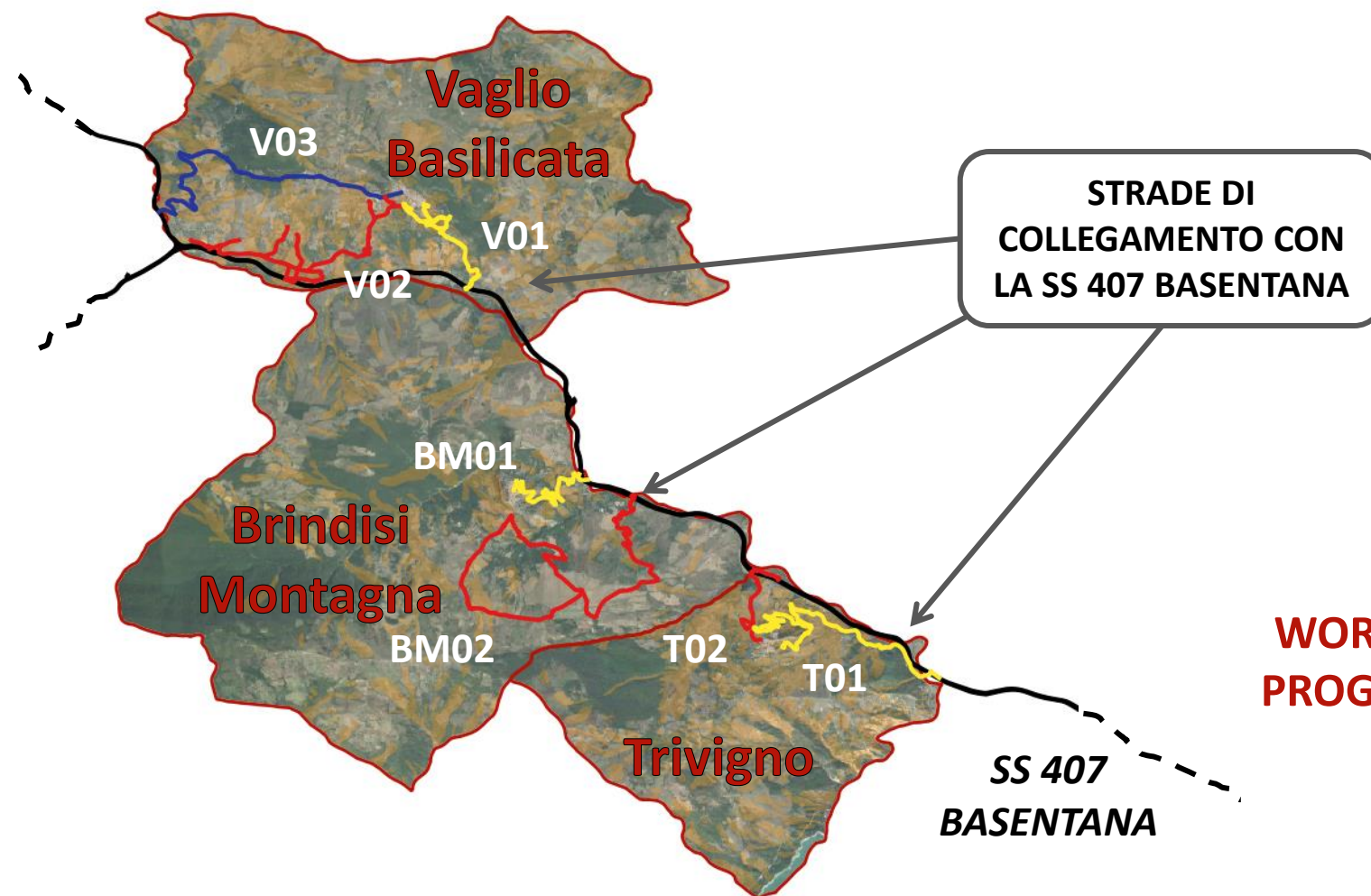
% STRADE IN FRANA

Principali tratti stradali di interesse per i casi di **Vaglio Basilicata (PZ)**, **Brindisi di Montagna (PZ)** e **Trivigno (PZ)**.



SCALA COMUNALE

NODI STRADALI STRATEGICI



WORK IN PROGRESS

SCALA COMUNALE



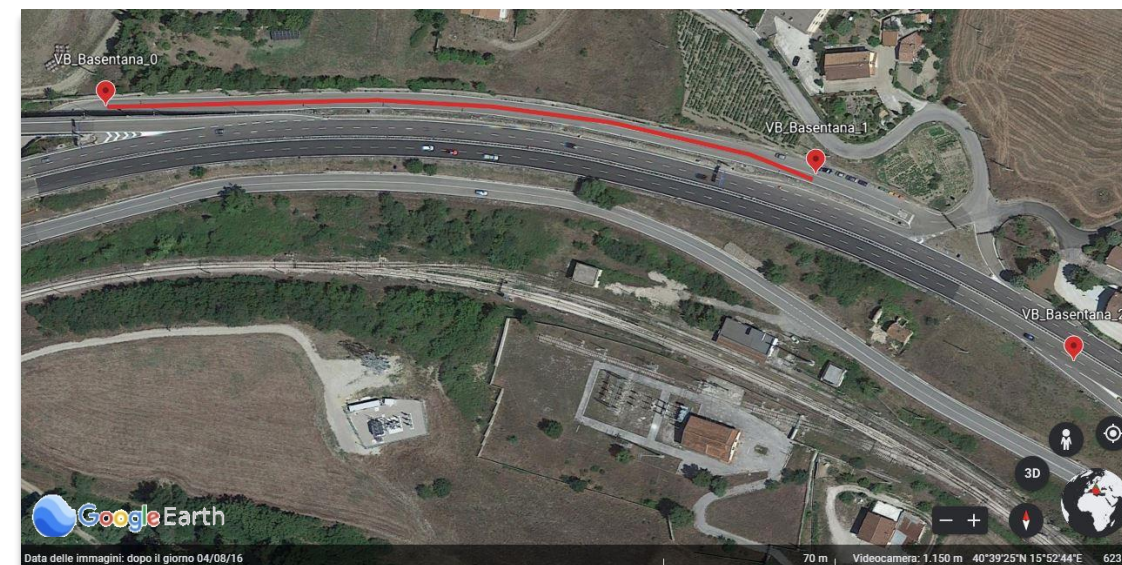
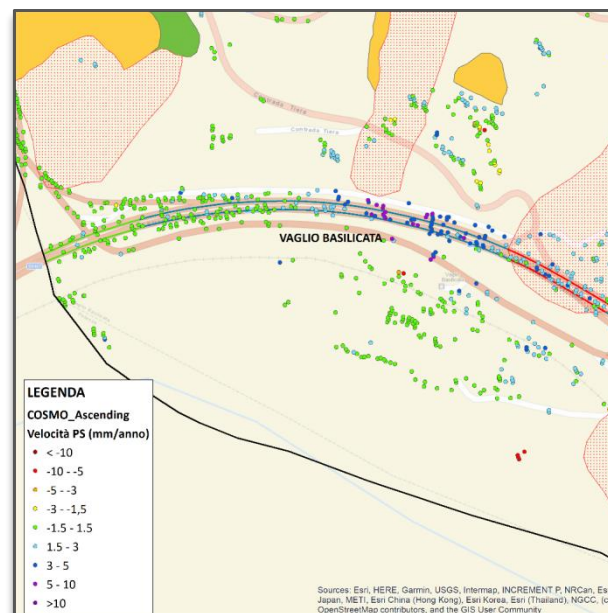
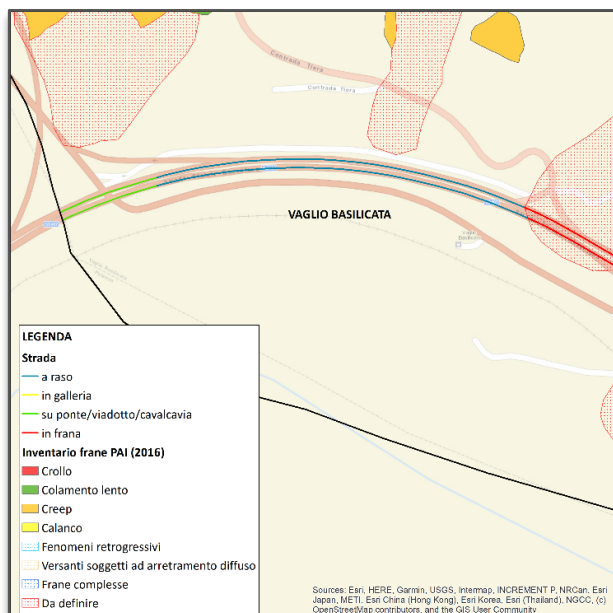
- ✓ Studi geomorfologici di dettaglio
- ✓ Rilievi del danno in sito
- ✓ Monitoraggio in sito
- ✓ Aggiornamento monitoraggio interferometrico
- ✓ Modellazione numerica
- ✓ ...

FRANE, SAR E DANNI ALLE INFRASTRUTTURE

SCALA COMUNALE

SOPRALLUOGO VIRTUALE DEL DANNO

ESEMPIO: Tratto stradale adiacente alla SS 407 (Basentana) nei pressi dell'uscita di Vaglio Basilicata (PZ)



Il tratto stradale esaminato si trova nei pressi di corpi di frana a cinematica lenta cartografati all'interno dell'inventario dell'AdB Regionale e coperto da diversi PS (Cosmo-SkyMed) in movimento

FRANE, SAR E DANNI ALLE INFRASTRUTTURE

SCALA COMUNALE

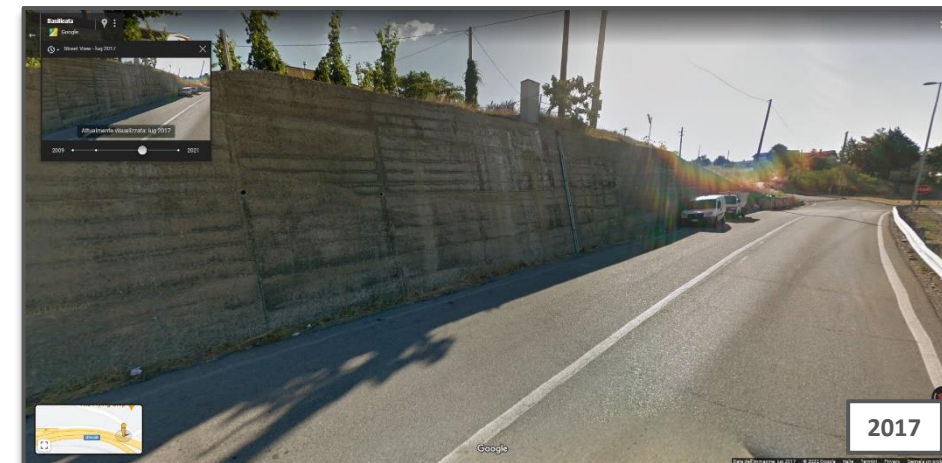
SOPRALLUOGO VIRTUALE DEL DANNO



VB_Basentana_0



VB_Basentana_1



RILIEVO DEL DANNO ALLE INFRASTRUTTURE

SOPRALLUOGO VIRTUALE DEL DANNO



Google Street View Ottobre 2021



Google Street View Marzo 2011

Comune di Trivigno (PZ) – Esempio di individuazione delle sezioni stradali danneggiate attraverso un sopralluogo virtuale del danno e compilazione di schede monografiche,

Raccolta dati e danni registrati mediante la compilazione di schede monografiche dell'infrastruttura

SCHEDA MONOGRAFICA DELL'INFRASTRUTTURA		DATA	DATA
SEZIONE 1 - UBICAZIONE TERRITORIALE E DESCRIZIONE DELL'INFRASTRUTTURA		SEZIONE 2 - DESCRIZIONE DELL'INFRASTRUTTURA	
REGIONE: PROVINCIA: COMUNE: DIREZIONE: COORDINATE: Tipologia:		DESCRIZIONE DELL'INFRASTRUTTURA Tipologia: Stato: Condizione:	
SEZIONE 3 - LIVELLO DI DANNO		SEZIONE 4 - MISURE DI MITIGAZIONE	
SEVERITÀ: Tipologia: Stato: Condizione:		MISURE DI MITIGAZIONE Tipologia: Stato: Condizione:	
SEZIONE 5 - INFORMAZIONI RELATIVE AL CORPO DI FRANA		SEZIONE 6 - INFORMAZIONI RELATIVE AL CORPO DI FRANA	
Tipologia: Stato: Condizione:		Tipologia: Stato: Condizione:	

La scheda monografica dell'infrastruttura si compone di diverse sezioni che consentono la raccolta sistematica di informazioni riguardanti:

- 1) la localizzazione dell'infrastruttura investigata;
- 2) le caratteristiche tipologiche e fisiche (tipologia, stato di manutenzione, condizione piano stradale, etc.);
- 3) il livello di severità del danno registrato;
- 4) informazioni sul corpo di frana interagente e presenza di opere di mitigazione;
- 5) documentazione fotografica multi-temporale;
- 6) dati di monitoraggio da remoto o in sito.

CLASSIFICAZIONE DEL LIVELLO DI SEVERITÀ DEL DANNO ALLE INFRASTRUTTURE



(trascurabile): deformazioni e fessure della pavimentazione stradale sono assenti o raramente visibili.



(da molto basso a basso): deformazioni e fessure interessano localmente la pavimentazione stradale senza perdite di funzionalità.



(da moderato a grave): deformazione e fessure interessano sensibilmente la pavimentazione stradale coinvolgendo parzialmente o interamente le corsie e/o i bordi della carreggiata con necessaria riduzione dei limiti di velocità.



(molto grave): deformazioni e fessure compromettono definitivamente la continuità della pavimentazione stradale coinvolgendo parzialmente o interamente le corsie e/o i bordi della carreggiata con necessarie restrizioni al traffico (ad esempio, senso unico alternato).

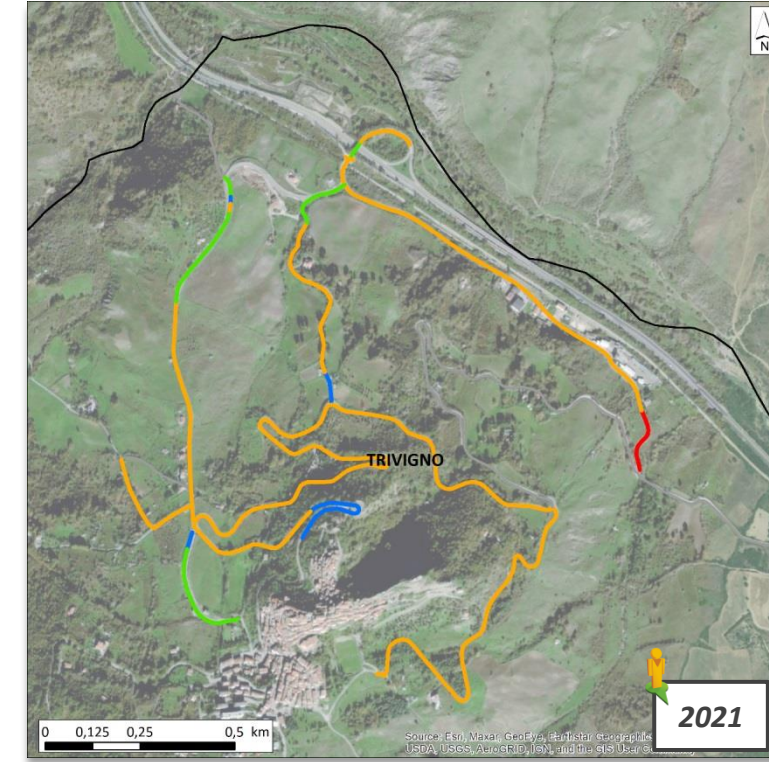
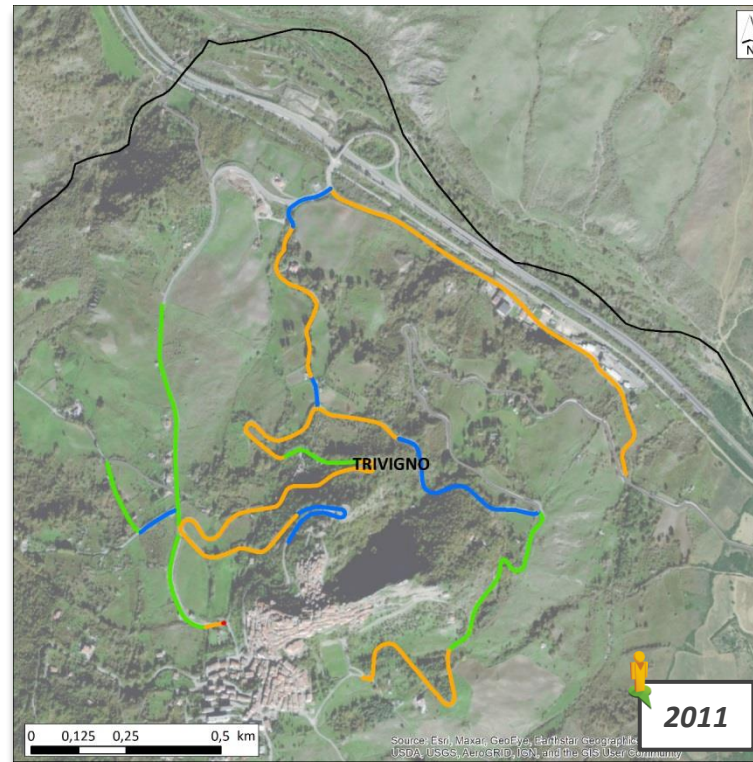
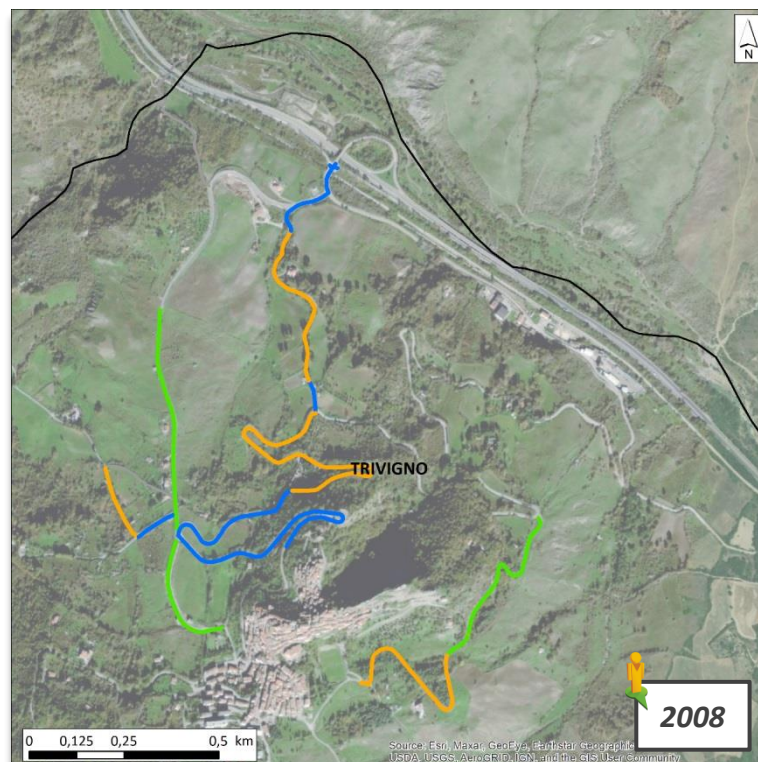


Ferlisi et al. (2021). Quantitative analysis of the risk to road networks exposed to slow-moving landslides: a case study in the Campania region (southern Italy). *Landslides*, 18:303–319.

Nappo et al. (2019). Slow-moving landslides interacting with the road network: Analysis of damage using ancillary data, in situ surveys and multi-source monitoring data. *Engineering Geology*, 260:105244.

RILIEVO DEL DANNO ALLE INFRASTRUTTURE

Comune di Trivigno (PZ) – Esempio di classificazione dei danni (multi-temporali) alle strade passando dalle sezioni alla linearizzazione del dato



— D0 — D2
— D1 — D3
— NO DATA



2008 ⇨ 2011



2011 ⇨ 2021

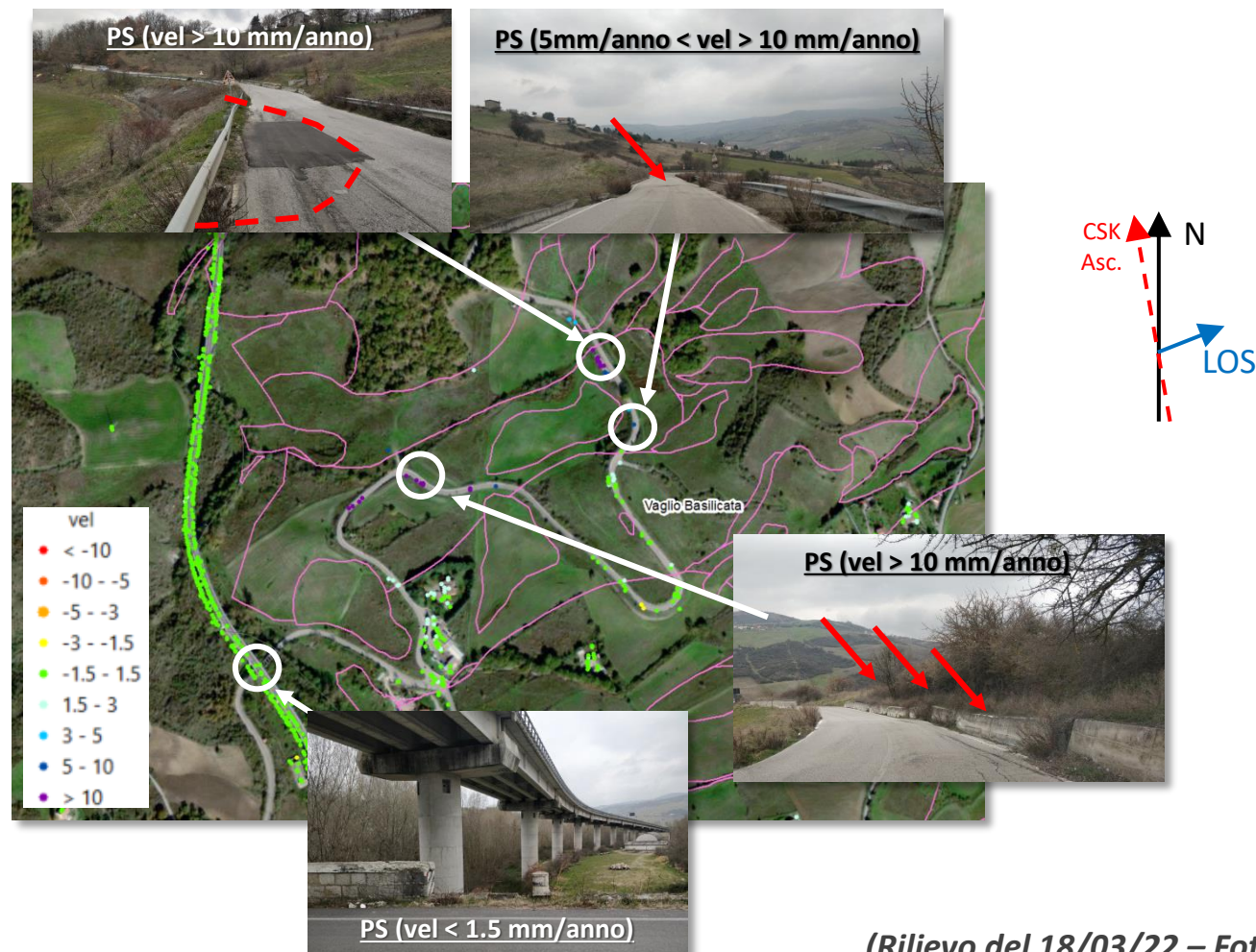


Esempio di evoluzione del danno – Strada Comunale della Via (Trivigno)

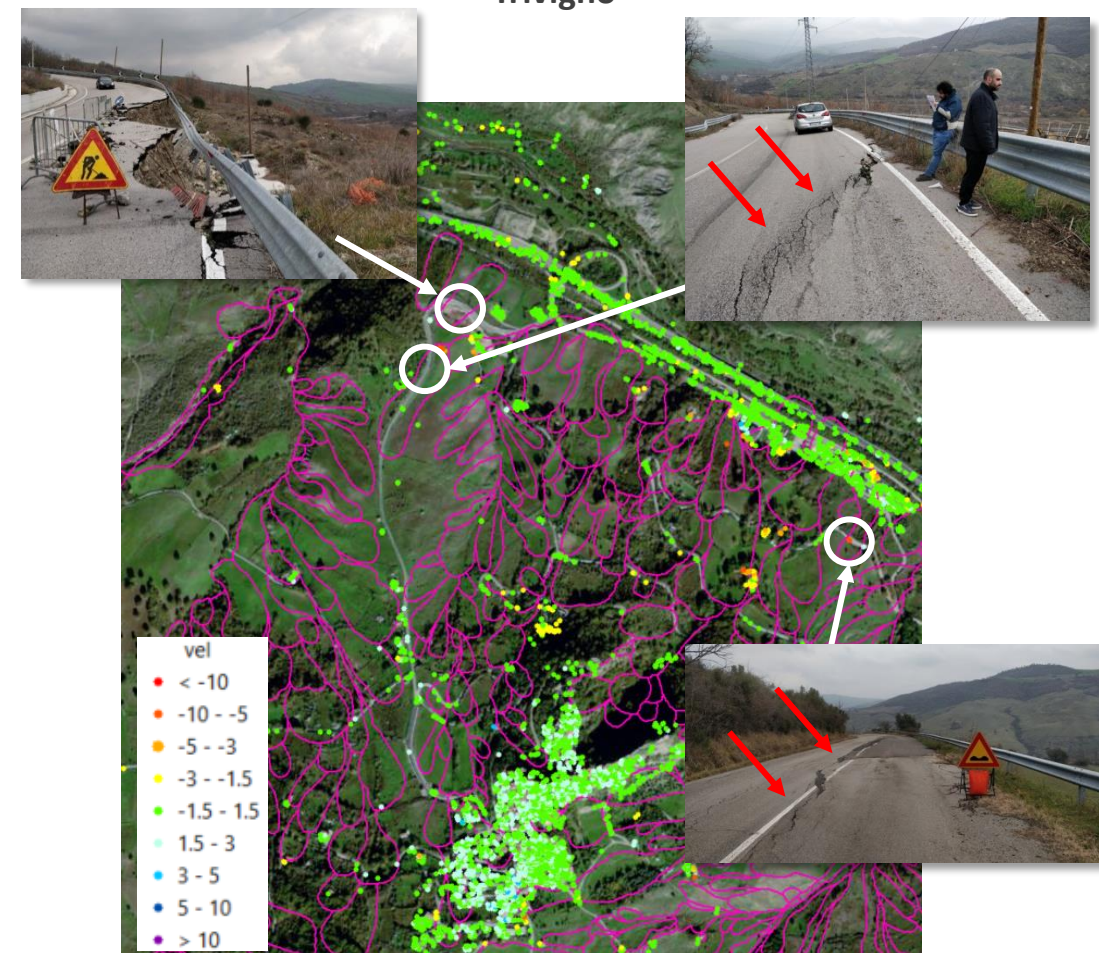
RILIEVO DEL DANNO ALLE INFRASTRUTTURE (SOPRALLUOGO IN SITO)



Starda di collegamento dalla SS 407 (Basentana) al Comune di Vaglio Basilicata



Starda di collegamento dalla SS 407 (Basentana) al Comune di Trivigno



(Rilievo del 18/03/22 – Foto di Michele Calvello)

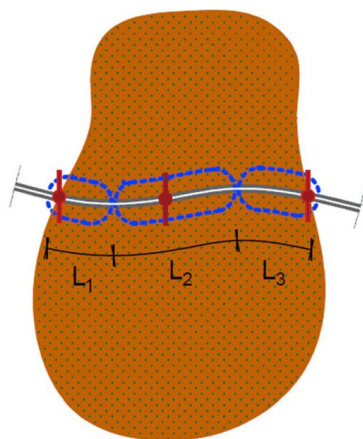
ATTIVITÀ IN PROGRESS E FUTURE

Valutazione della vulnerabilità e del rischio associato alle infrastrutture esposte a frane a cinematica lenta

FASE1

IDENTIFICAZIONE DI SEZIONI STRADALI DI INTERESSE E STIMA DEL PARAMETRO/I DI INTENSITÀ RAPPRESENTATIVI MEDIANTE L'IMPIEGO DI DATI DI MONITORAGGIO DInSAR*

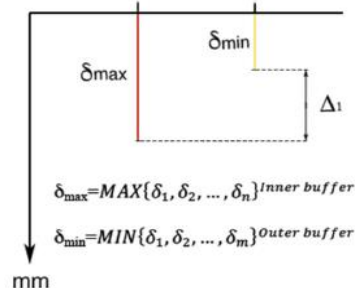
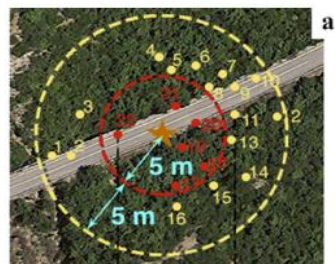
Identificazione tratti stradali in relazione alla distribuzione dei danni da frana registrati



(Ferlisi et al., 2021)

Legend	
	Road section
	Road
	Landslide
	Buffer

Stima parametro di intensità mediante l'impiego di dati DInSAR

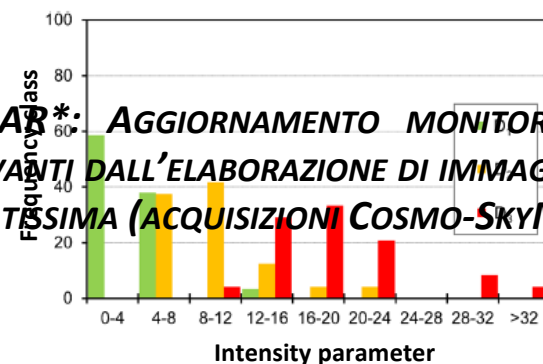


(Nappo et al., 2019)

FASE2

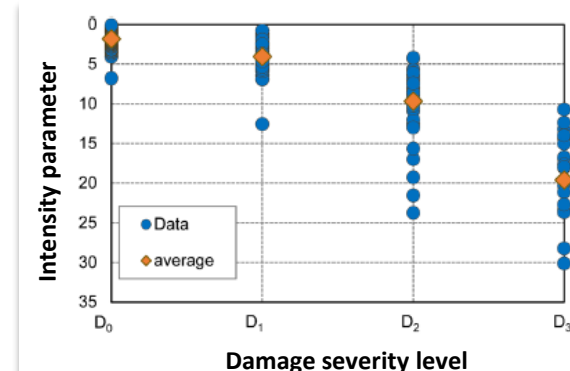
CONTESTUALIZZAZIONE ED ANALISI DEI DANNI MULTI-TEMPORALI REGISTRATI SULLE SEZIONI STRADALI E DERIVAZIONE DI RELAZIONI CAUSA-EFFETTO

DInSAR*: AGGIORNAMENTO MONITORAGGIO INTERFEROMETRICO CON DATI DERIVANTI DALL'ELABORAZIONE DI IMMAGINI AD ALTA (ACQUISIZIONI SENTINEL-1) ED ALTSSIMA (ACQUISIZIONI COSMO-SKYMED) RISOLUZIONE.



Relazioni empiriche causa-effetto (misure di spostamento DInSAR - danno alla strada) utili all'analisi del rischio da frana.

Analisi della distribuzione dei livelli di severità del danno registrati lungo i tratti stradali investigati in funzione delle intensità dei danni identificati



Ferlisi et al. (2021). Quantitative analysis of the risk to road networks exposed to slow-moving landslides: a case study in the Campania region (southern Italy). *Landslides*, 18:303–319.

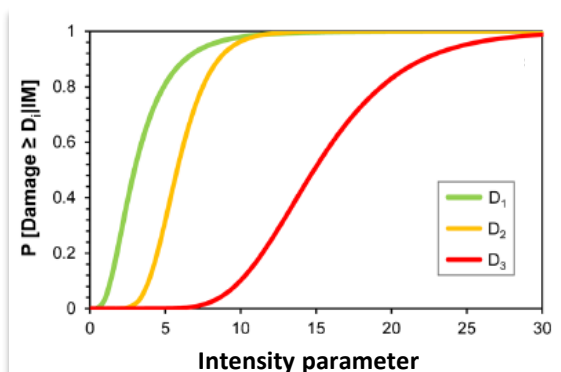
Nappo et al. (2019). Slow-moving landslides interacting with the road network: Analysis of damage using ancillary data, in situ surveys and multi-source monitoring data. *Engineering Geology*, 260:105244.

ATTIVITÀ IN PROGRESS E FUTURE

Valutazione della vulnerabilità e del rischio associato alle infrastrutture esposte a frane a cinematica lenta

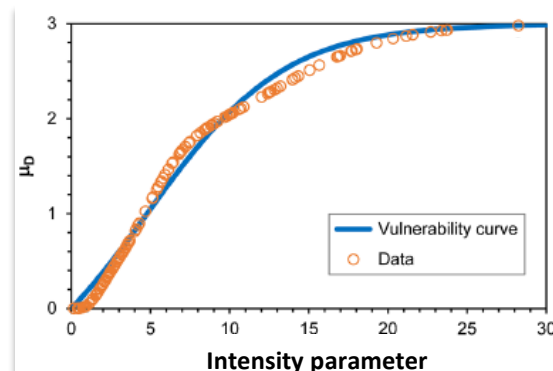
FASE 3

DEFINIZIONE DI MODELLI PROBABILISTICI DI PREVISIONE DELLE
CONSEGUENZE PER LE INFRASTRUTTURE MEDIANTE GENERAZIONE DI
CURVE EMPIRICHE DI FRAGILITÀ E VULNERABILITÀ



Generazione di curve di fragilità empiriche attraverso l'adozione di un modello probabilistico (quali ad esempio la funzione di distribuzione log-normale i cui parametri sono funzione della mediana dei valori associati al parametro d'intensità e la deviazione standard).

$$P(\text{Damage} \geq D_i | \Delta) = \Phi \left[\frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{\Delta}{\bar{\Delta}} \right) \right]$$

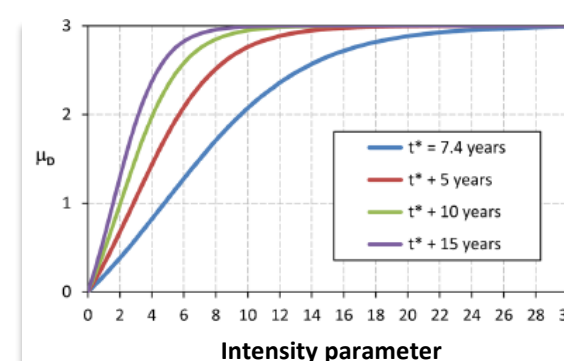


Generazione di curve di vulnerabilità mediante l'adozione di modelli di regressione dei dati sperimentali (quali ad esempio la funzione tangente iperbolica).

$$\mu_D = a [b + \tanh(c \cdot \Delta + d)]$$

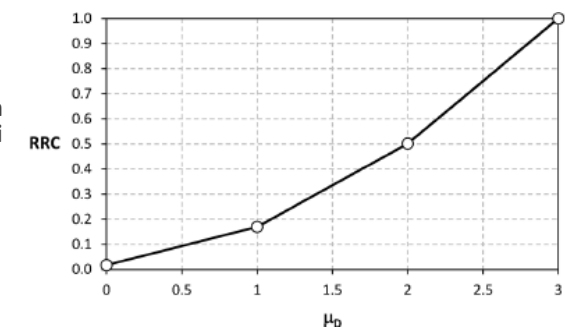
FASE 4

DEFINIZIONE DI CURVE DI VULNERABILITÀ ASSOCIATE A DIVERSI
PERIODI DI RITORNO (T^*), VALUTAZIONE DEI DANNI ATTESI E STIMA
DEI COSTI DI RIPARAZIONE ASSOCIATI



Curve di vulnerabilità associate a diversi periodi di ritorno T^* .

Livello di severità del danno atteso (per un fissato periodo di ritorno T^*) e stima dei costi di riparazione associati,

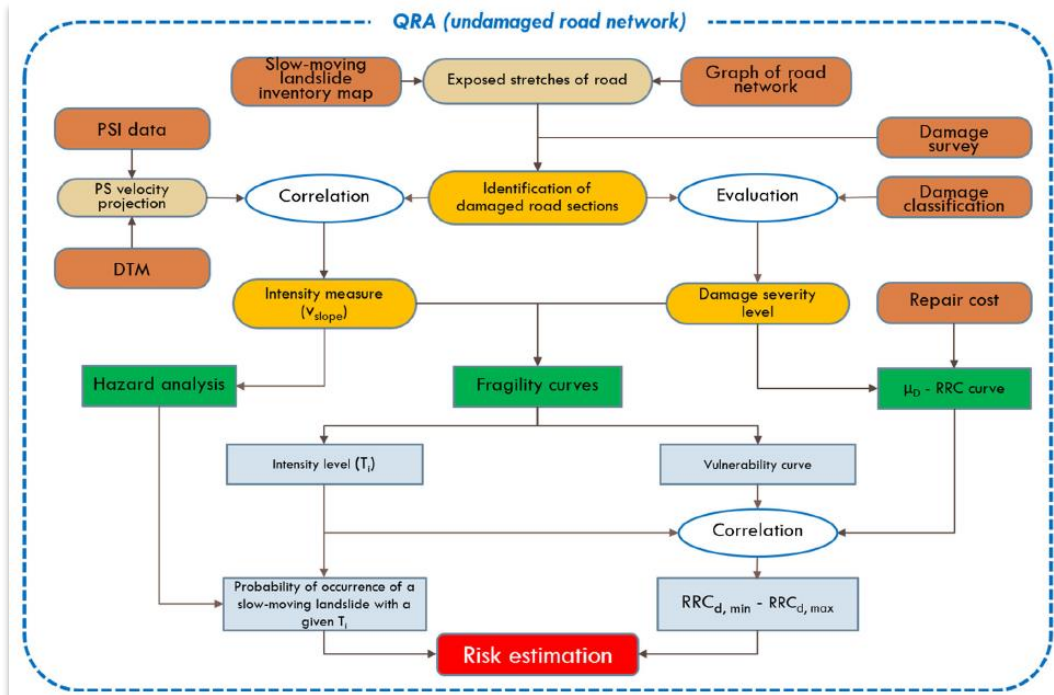


ATTIVITÀ IN PROGRESS E FUTURE

Valutazione della vulnerabilità e del rischio associato alle infrastrutture esposte a frane a cinematica lenta

FASE 5

APPLICAZIONE E AGGIORNAMENTO DI PROCEDURE CHE VENDONO L'USO INTEGRATO DEI RISULTATI DERIVANTI DALLE FASI (1, 2, 3 E 4) PRECEDENTI, VOLTE ALLA STIMA QUANTITATIVA DEL RISCHIO DA FRANA PER L'INFRASTRUTTURA



- Previsione del livello di severità del danno nel tempo per l'infrastruttura interagente con i corpi di frana
- Quantificazione del rischio da frana per l'infrastruttura esposta
- Definizione di mappe di zonazione del rischio
- Aggiornamento in tempo reale delle mappe di rischio

Ferlisi et al. (2021). Quantitative analysis of the risk to road networks exposed to slow-moving landslides: a case study in the Campania region (southern Italy). *Landslides*, 18:303–319.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI SALERNO

C.U.G.RI.

*Consorzio inter-Universitario
per la previsione e la prevenzione dei **Grandi Rischi***

Grazie per l'attenzione!

Convegno del 4 e 5 aprile 2022

Gianfranco Nicodemo, PhD
Dipartimento di Ingegneria Civile (DICIV)
Università degli Studi di Salerno