



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DST**  
DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE DELLA TERRA



Regione Toscana

Progetto Diana: Dati interferometrici per l'analisi  
ambientale: frane e subsidenza

# Monitoraggio delle frane in Toscana

Casagli N., Catani F., Tofani V.,

Rosi A., Tanteri L., Agostini A., Tacconi Stefanelli C.

# Obiettivi

## **Obiettivo generale:**

L'obiettivo generale è l'aggiornamento della cartografia dei dissesti idrogeologici (**Frane** e Subsidenze) relativa alla Regione Toscana attraverso dei dati **PSI (Persistent Scatterers Interferometry)** forniti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), dal Dipartimento di Protezione Civile (DPC) e dal Ministero degli Interni nell'ambito del **Piano Straordinario di Telerilevamento (PST)**.

# Obiettivi

## Obiettivo specifici:

- Prodotto 1 : Analisi integrata del dato interferometrico (radar-interpretazione) con dati ancillari disponibili sul territorio, mirata all'individuazione di fenomeni franosi e fenomeni di subsidenza a scala regionale
- Prodotto 2 : Approfondimento dell'analisi su aree test di rilevante interesse (2 fenomeni franosi e 2 aree in subsidenza)

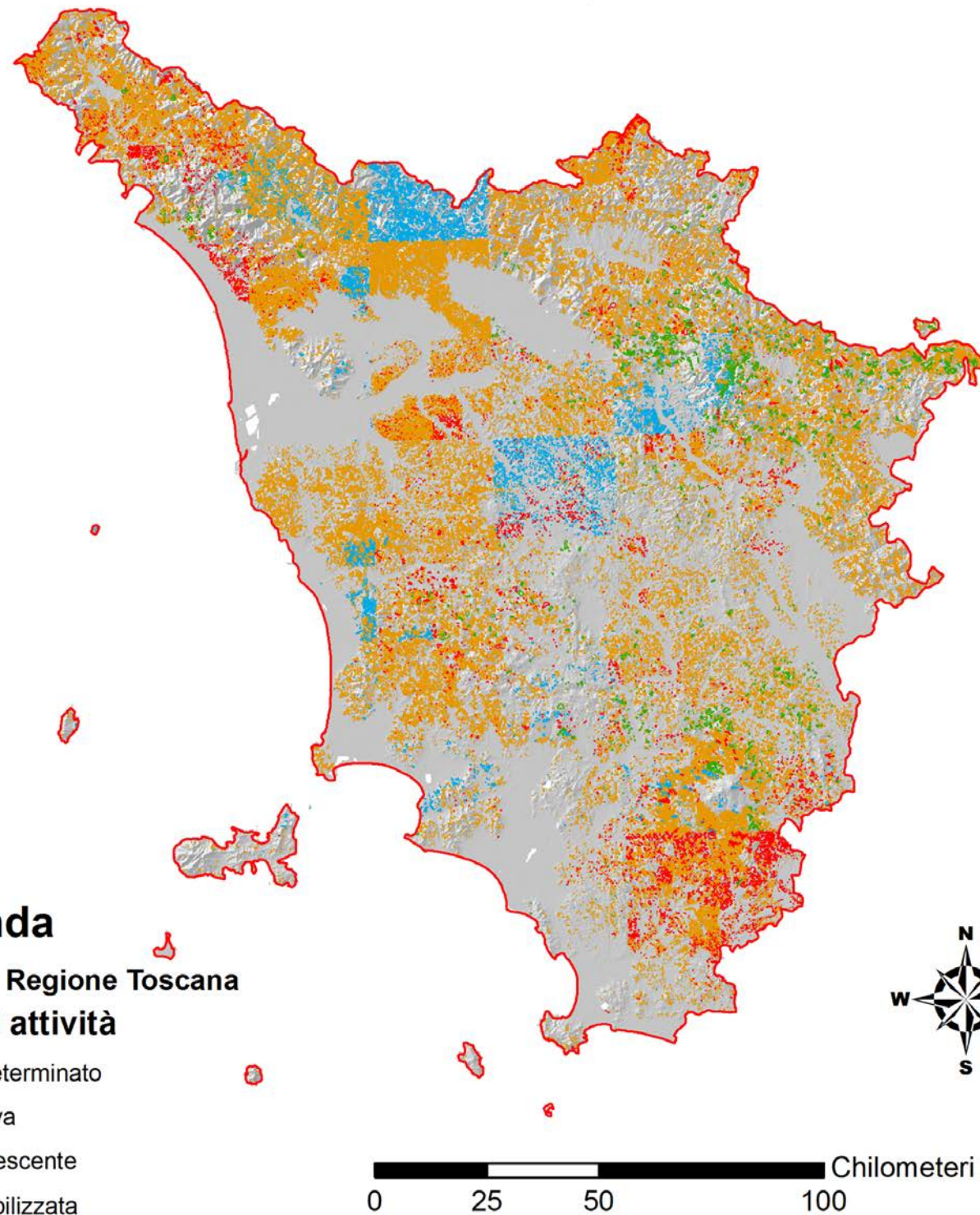
# Database originale

Banca dati Regione Toscana:

≈ 91.300 frane

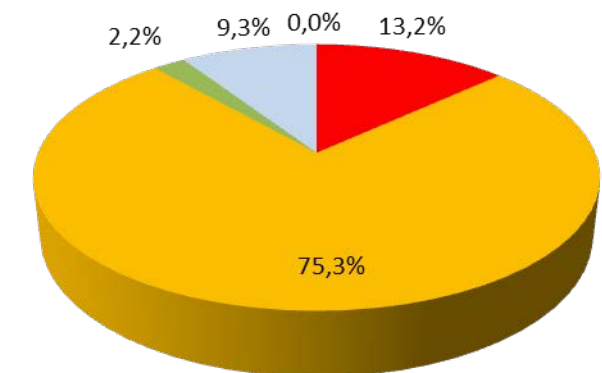
Indice di franosità:

9,1 %



Stato di attività delle frane in Toscana

■ attiva ■ quiescenti ■ stabilizzata ■ indeterminato ■ relitta



Indeterminato	8477	13,2%
Quiescenti	68821	75,3%
Stabilizzata	2024	2,2%
Attiva	12048	13,2%
Relitta	2	0,0%

# Database originale

Banca dati Regione Toscana:  
c.ca 91.300 frane

CAMPI DEL DATABASE INIZIALE				
CAMPO	DESCRIZIONE	TIPO	LUNG	VALORI
direzio	Direzione media del movimento espressa in gradi sessagesimali in senso orario dal nord.	Short Integer	3	Compreso fra 0°(escluso) e 360°
sigla_cart	Sigla dello stato di attività dell'unità cartografata	Short Integer	20	a1 = stato di attività non determinato a1a = frana attiva a1q = frana quiescente a1s = frana stabilizzata a1r = frana relitta
movimento	Tipologia del movimento franoso	Text	2	a = frana con tipo di movimento indeterminato b = frana di scorrimento c = frana di colamento d = frana di crollo e = frana per ribaltamento f = frana di espansione
idfrana	Codice identificativo del fenomeno franoso dell'inventario IFFI	Text	10	(CODICE A 8 CIFRE) = Codice di inventario IFFI 9 = assente in inventario IFFI
oa	Indicazione della presenza nell'originale d'autore precedente alla fotointerpretazione	Short Integer	1	1= SI (Frana esistente nell'Originale d'Autore) 2= NO (Frana assente nell'Originale d'Autore)
p_str	Indicazione della presenza in elaborati cartografici dei Piani Strutturali toscani	Short Integer	1	1= SI (Frana esistente nel Piano Strutturale) 2= NO (Frana assente nel Piano Strutturale) Null = Elaborato cartografico del Piano Strutturale non disponibile
Shape_Leng	Perimetro del poligono.	Double	15	Valore in metri
Shape_Area	Area del poligono	Double	15	Valore metri quadri
Stato	Stato di attività dell'elemento	Short Integer	4	1000 = attivo attualmente/in evoluzione 2000 = antico 3000 = nessun indizio di evoluzione 4000 = non applicabile

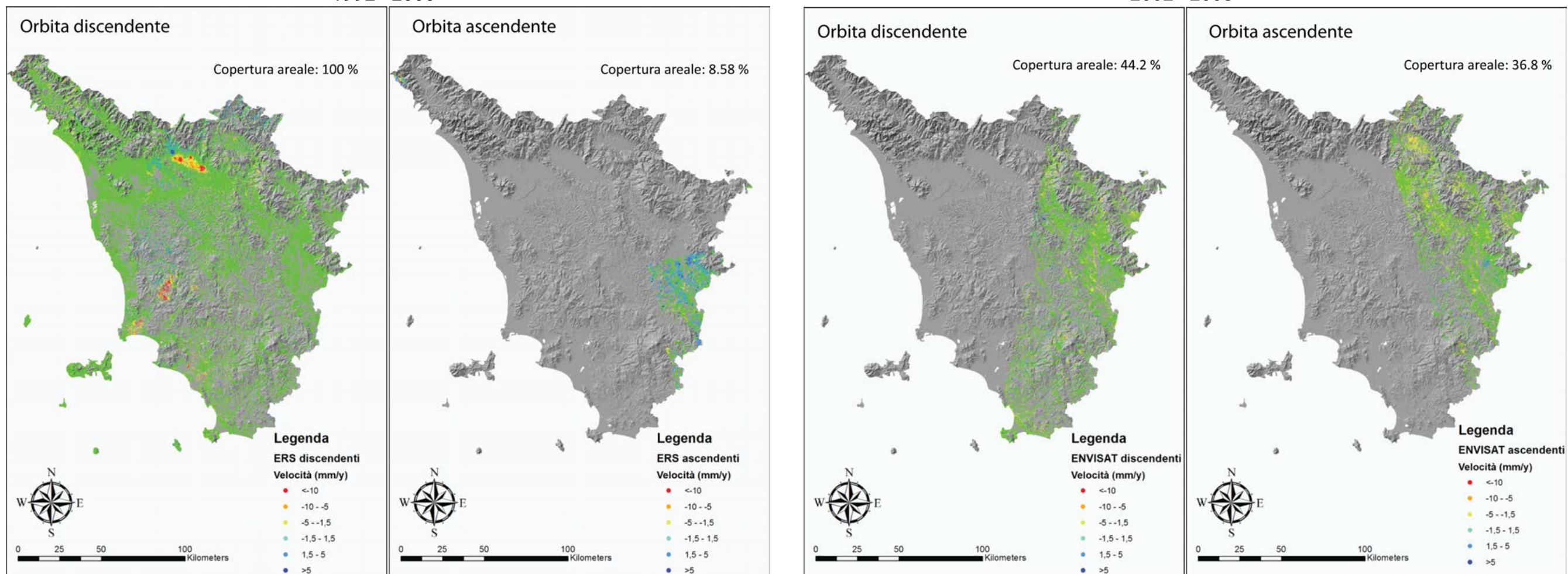


# Dati di Input

## Dati interferometrici del Piano di Telerilevamento Ambientale (PST-A): Tecnica dei *Persistent Scatterers Interferometry (PSI)*

Copertura PS satellite ERS  
1992 - 2000

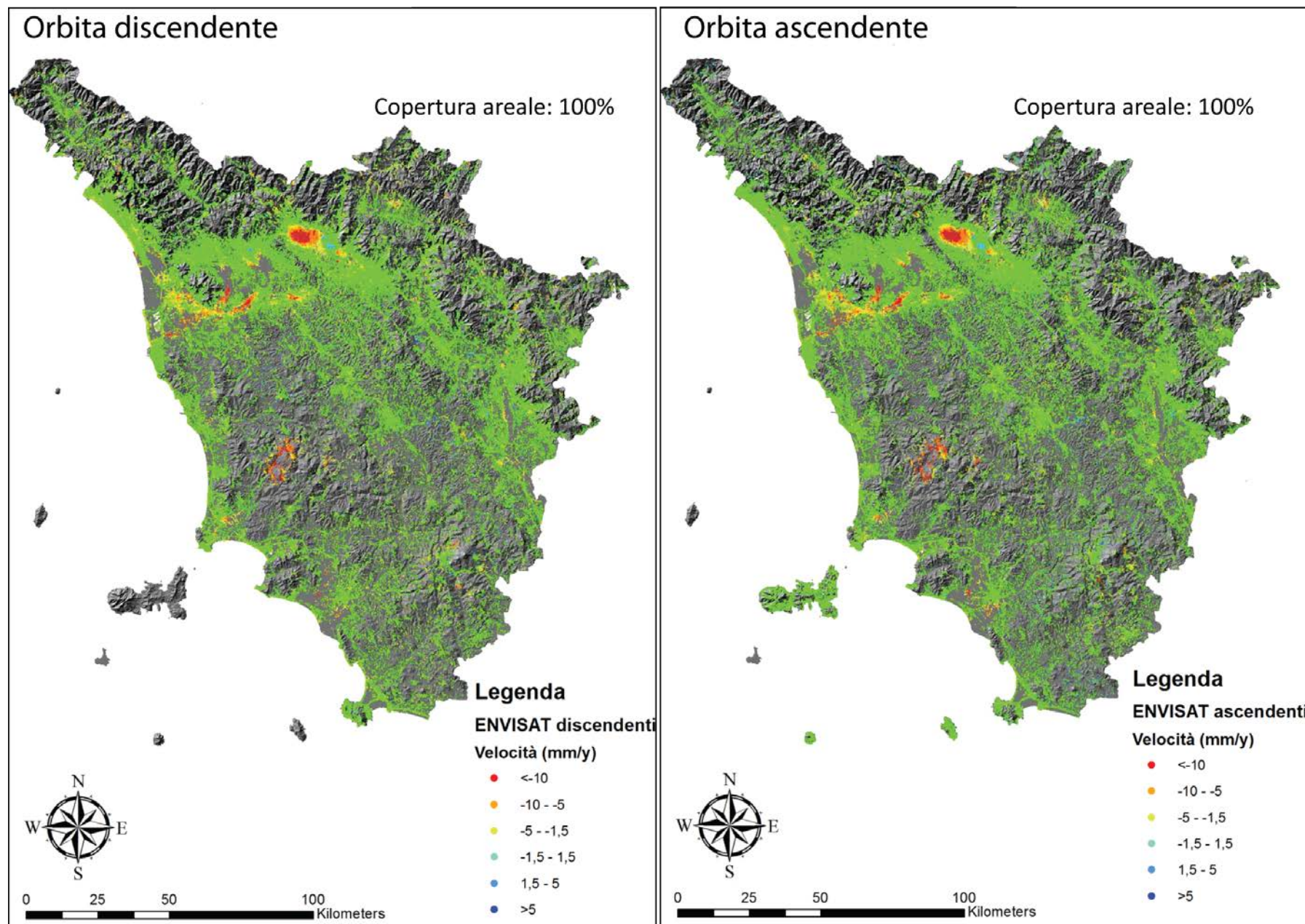
Copertura PS satellite ENVISAT  
2002 - 2008



# Dati di Input

Dati interferometrici del Piano di Telerilevamento Ambientale (PST-A):  
Aggiornamento *database* ENVISAT

Copertura PS satellite ENVISAT  
2002 - 2010





# Dati di Input

## Dati interferometrici del Piano di Telerilevamento Ambientale (PST-A)

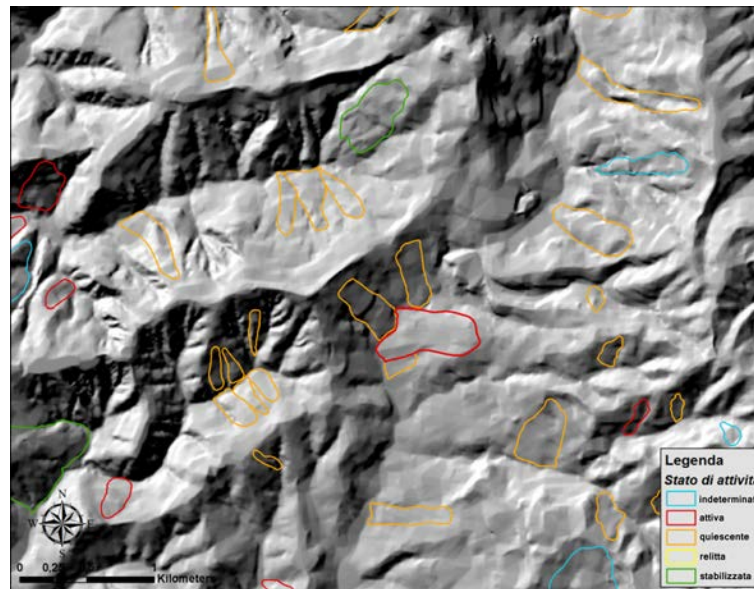
Area (Km <sup>2</sup> )	Regione Toscana		Area collinare-montana (>5°)	
	Numero PS	Densità PS (PS/Km <sup>2</sup> )	Numero PS	Densità PS (PS/Km <sup>2</sup> )
	22.988,1		19.163,6	
<b>Totali</b>	2.910.898	126,6	1.327.017	69,2
<b>ERS discendenti</b>	404.850	17,6	199.987	10,4
<b>ERS ascendenti</b>	9.618	0,4	5.994	0,3
<b>ENVISAT discendenti</b>	1.353.732	49,7	606.831	26,8
<b>ENVISAT ascendenti</b>	1.142.698	58,9	514.205	31,7



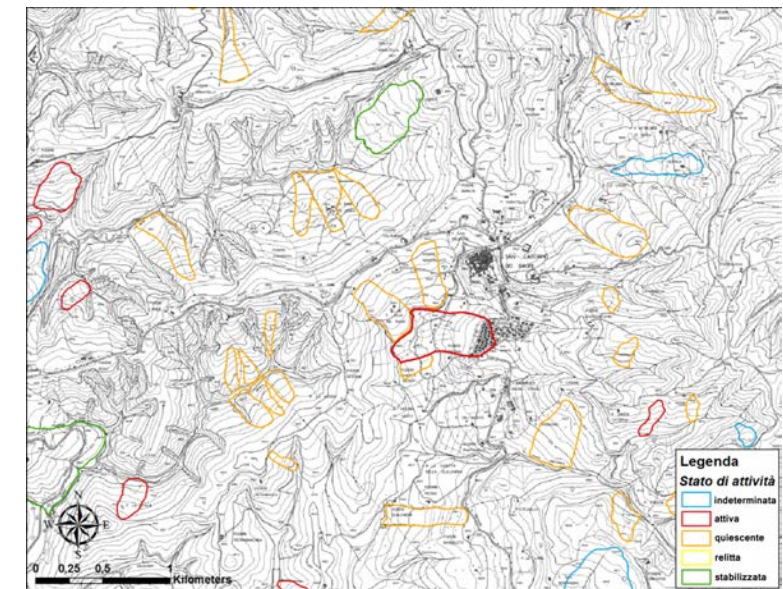
# Dati di Input

## Dati ancillari

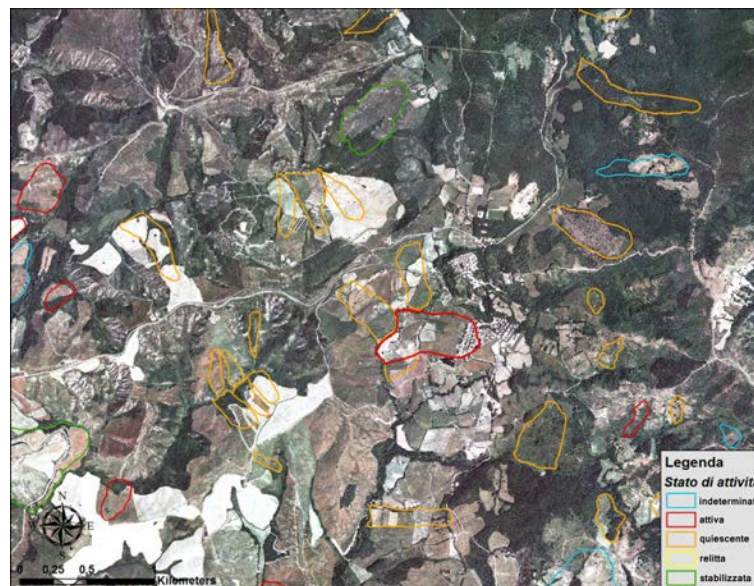
- Modello Digitale del Terreno (risoluzione 10 m)



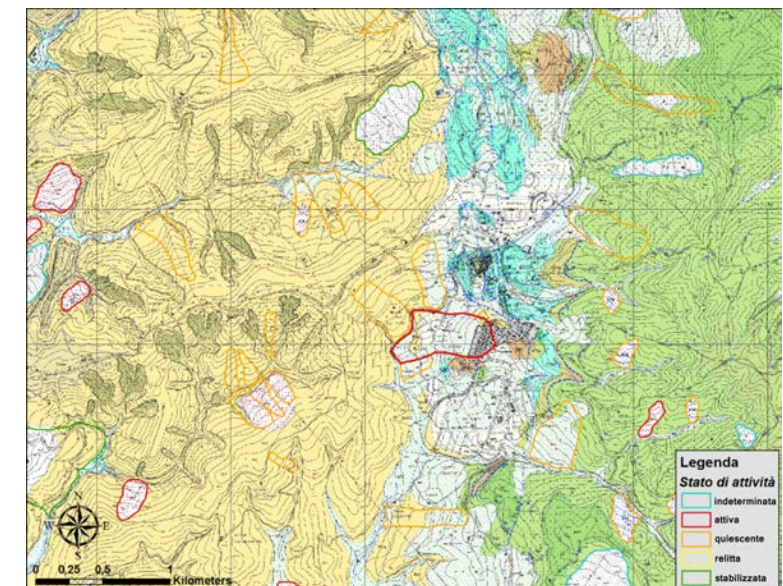
- Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000)



- Ortofoto (risoluzione 1 m)



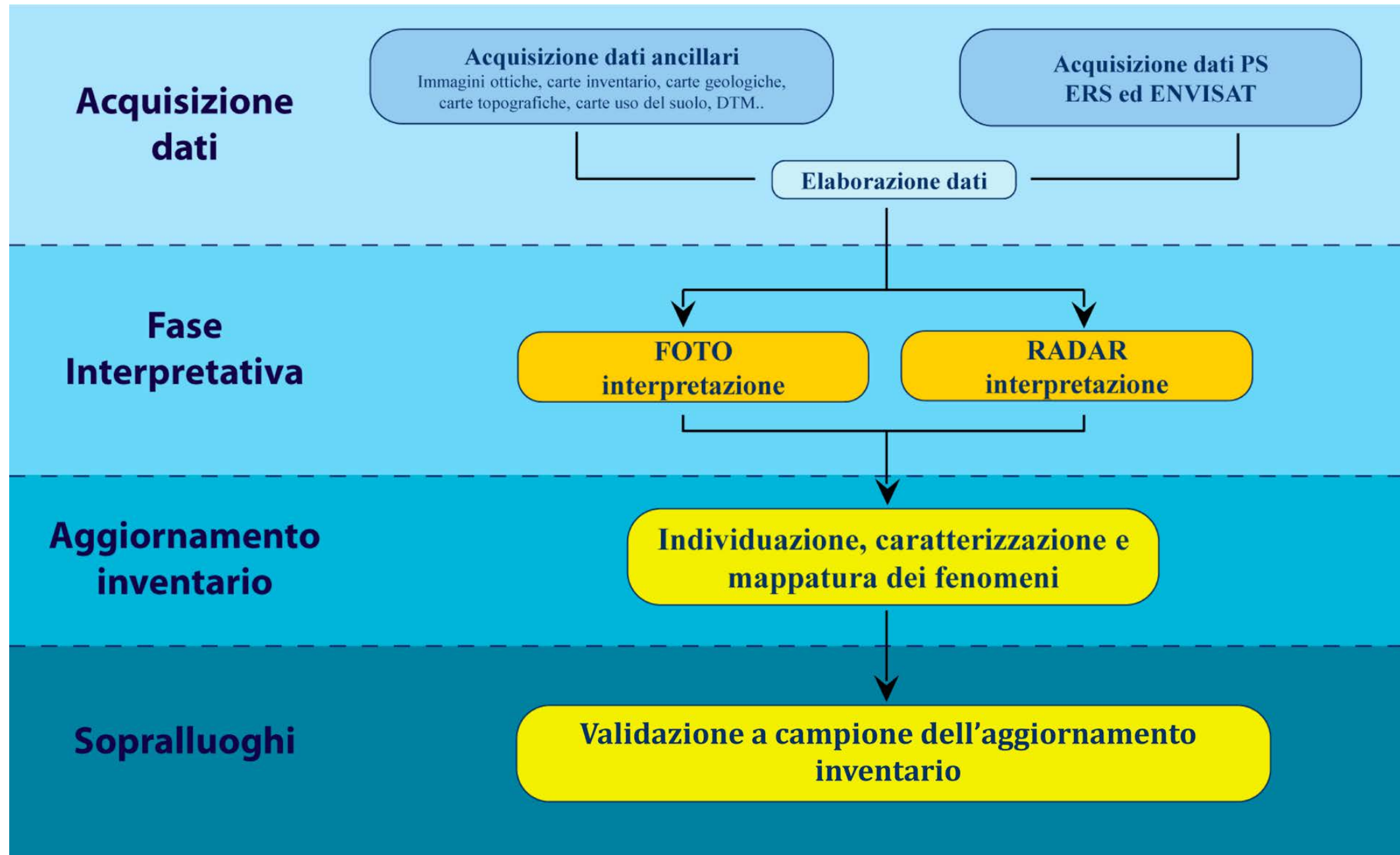
- Carta Geologica (scala 1:10.000)





# Procedura Operativa

Aggiornamento *database* frane:

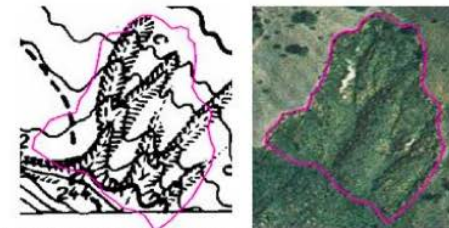


# Procedura Operativa

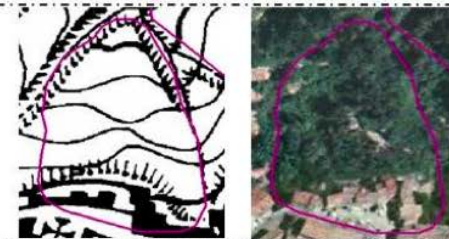
## Foto-interpretazione:

### Fotointerpretazione – Evidenze morfologiche di dissesti di versante

Evidenza di scarpate e crepacci con bordi netti



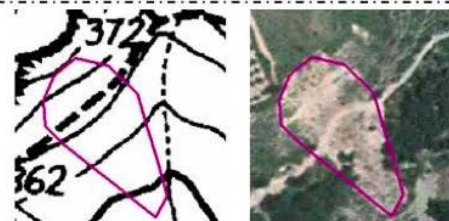
Nette variazioni di curvatura lungo il profilo longitudinale del versante



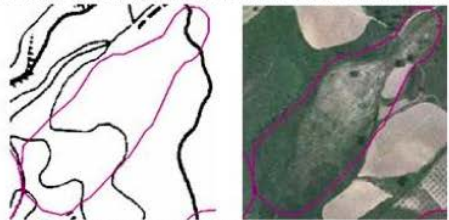
Sconvolgimento del sistema di drenaggio, ristagni d'acqua, depressioni a drenaggio interno, deviazioni dell'alveo fluviale



Assenza di sviluppo di suolo, affioramenti di substrato denudato



Presenza di vegetazione a crescita rapida



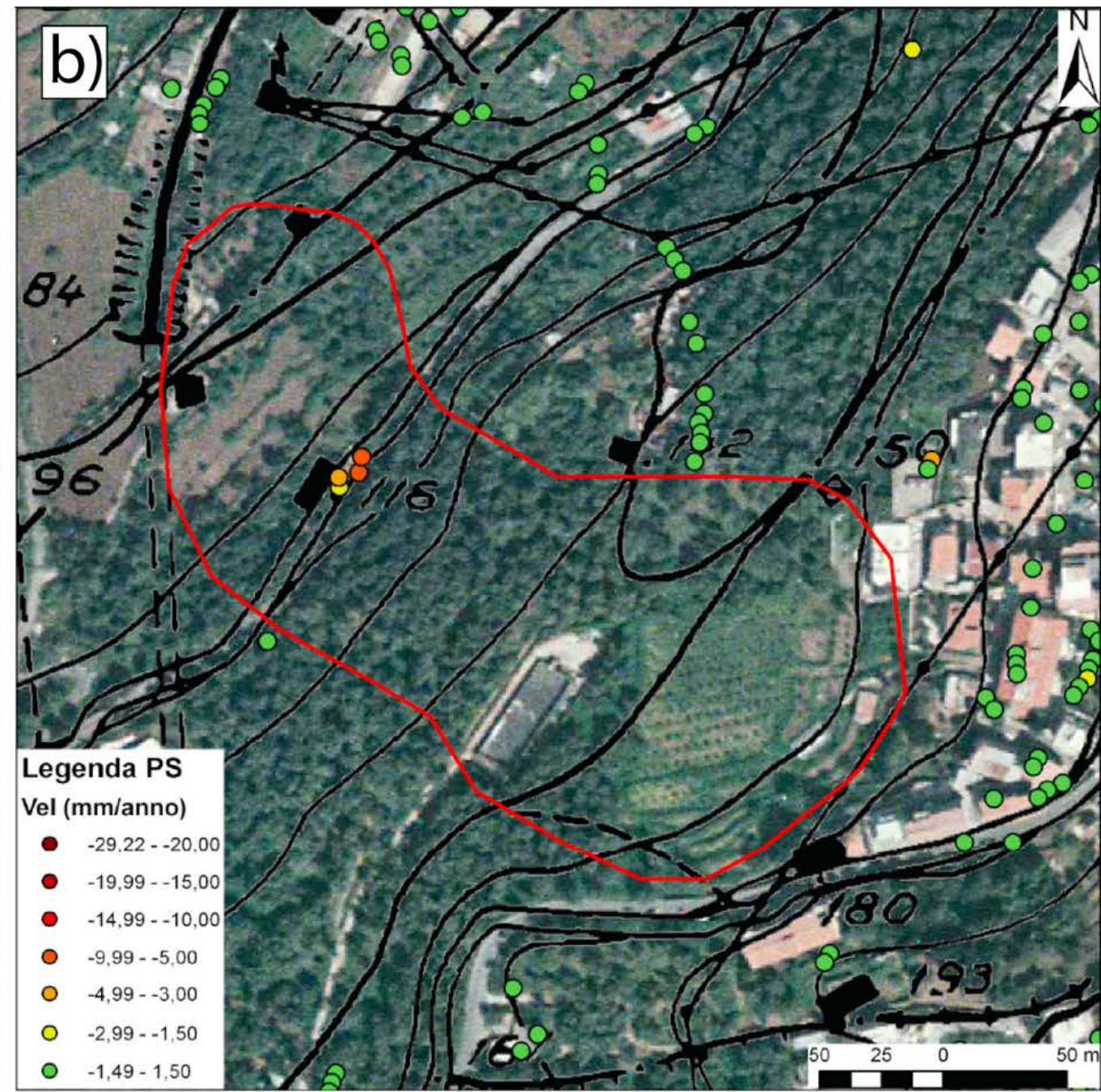
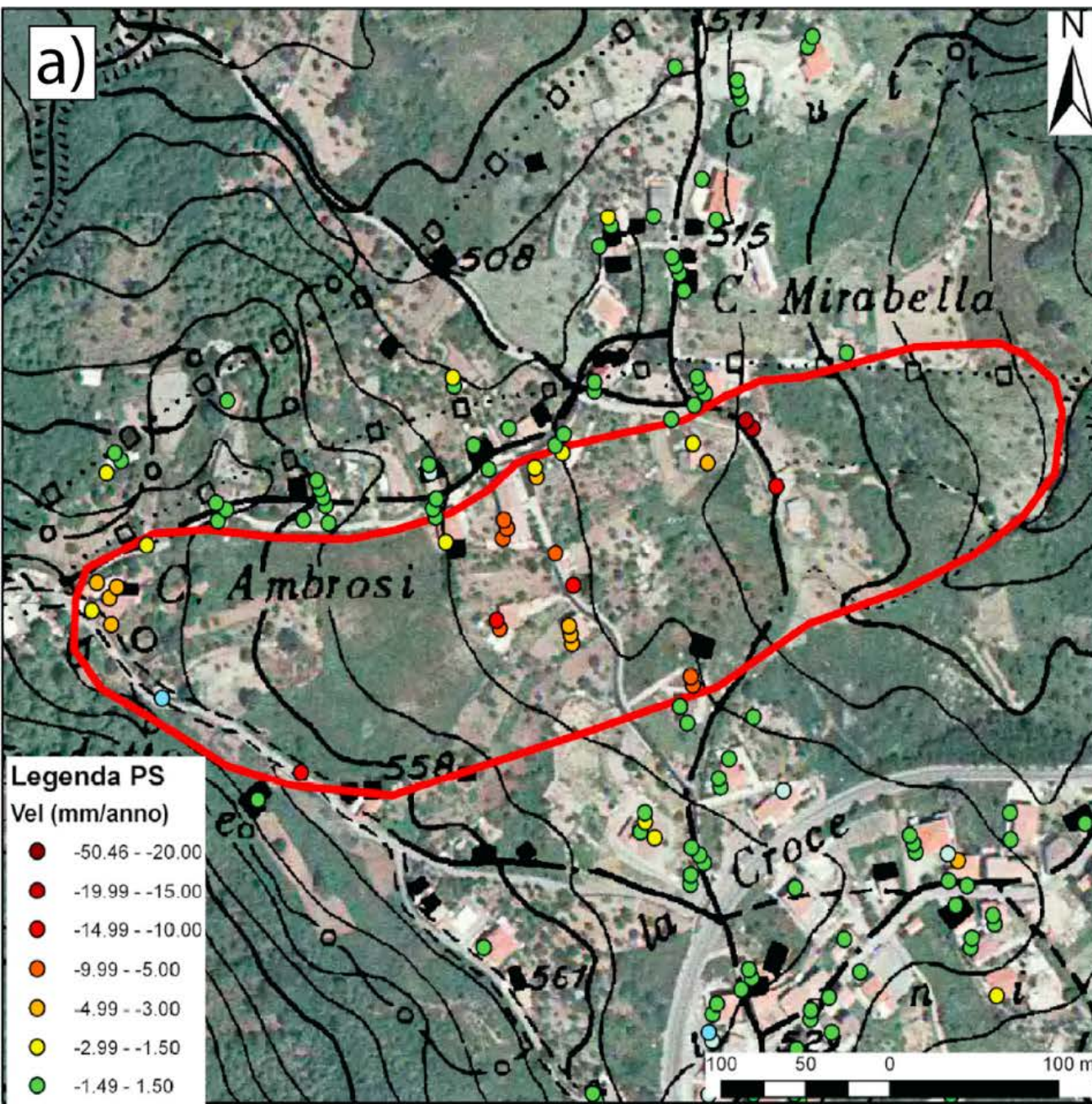
Differenze nette di vegetazione all'interno del perimetro della frana





# Procedura Operativa

## Radar-interpretazione:





# Database aggiornato

NUOVI CAMPI DATABASE AGGIORNATO			
CAMPO	DESCRIZIONE	TIPO	VALORI
<b>SiglaUnifi</b>	Sigla dello stato di attività dell'unità cartografata.	Text	a1 = stato di attività non determinato a1a = frana attiva a1q = frana quiescente a1s = frana stabilizzata a1r = frana relitta
<b>movUNIFI</b>	Tipologia del movimento franoso	Text	a = frana con tipo di movimento indeterminato b = frana di scorrimento c = frana di colamento d = frana di crollo e = frana per ribaltamento f = frana di espansione
<b>Dir_UNIFI</b>	Direzione media del movimento espressa in gradi sessagesimali in senso orario dal nord.	Short Integer	Compreso fra 0°(escluso) e 360°
<b>Satellite</b>	Dataset satellitare utilizzato per eseguire le modifiche	Text	1a = ERS in orbita ascendente 1d = ERS in orbita discendente 2a = ENVISAT in orbita ascendente 2d = ENVISAT in orbita discendente
<b>Modifica</b>	Indica se è stata apportata una qualsiasi modifica ad un poligono	Text	"s" = poligono modificato "n" = poligono non modificato
<b>Nuova</b>	Indica se il fenomeno è di nuova individuazione	Text	"s" = nuova frana "n" = rana già presente in inventario
<b>Mod_Perim</b>	Indica se è stata apportata una modifica ad un poligono già presente	Text	"s" = perimetro modificato "n" = perimetro non modificato
<b>Mod_Activ</b>	Indica se è stato modificato lo stato di attività rispetto all'inventario iniziale	Text	"s" = stato di attività modificato "n" = stato di attività non modificato
<b>Mod_Direz</b>	Indica se è stata modificata la direzione di movimento di un fenomeno già presente in inventario	Text	"s" = direzione modificata "n" = direzione non modificata
<b>Pro-Parte</b>	Indica se un poligono è stato suddiviso in due o più parti. Ognuna di tali parti viene classificata con modifica pro-parte.	Text	"s" = parte di un poligono pre-esistente "n" = poligono non modificato
<b>LengUNIFI</b>	Perimetro del poligono.	Double	Valore in metri
<b>AreaUNIFI</b>	Area del poligono	Double	Valore metri quadri
<b>COMUNE</b>	Territorio comunale in cui si trova il fenomeno franoso.	Text	Nome del comune
<b>PROVINCIA</b>	Territorio provinciale in cui si trova il fenomeno franoso.	Text	Nome della provincia
<b>Conferma</b>	Indica se l'esame dei dati PS hanno permesso di confermare gli attributi del poligono	Text	"s" = attributi confermati "n" = assenza di dati PS

# Procedura Operativa

Aggiornamento *database* frane:

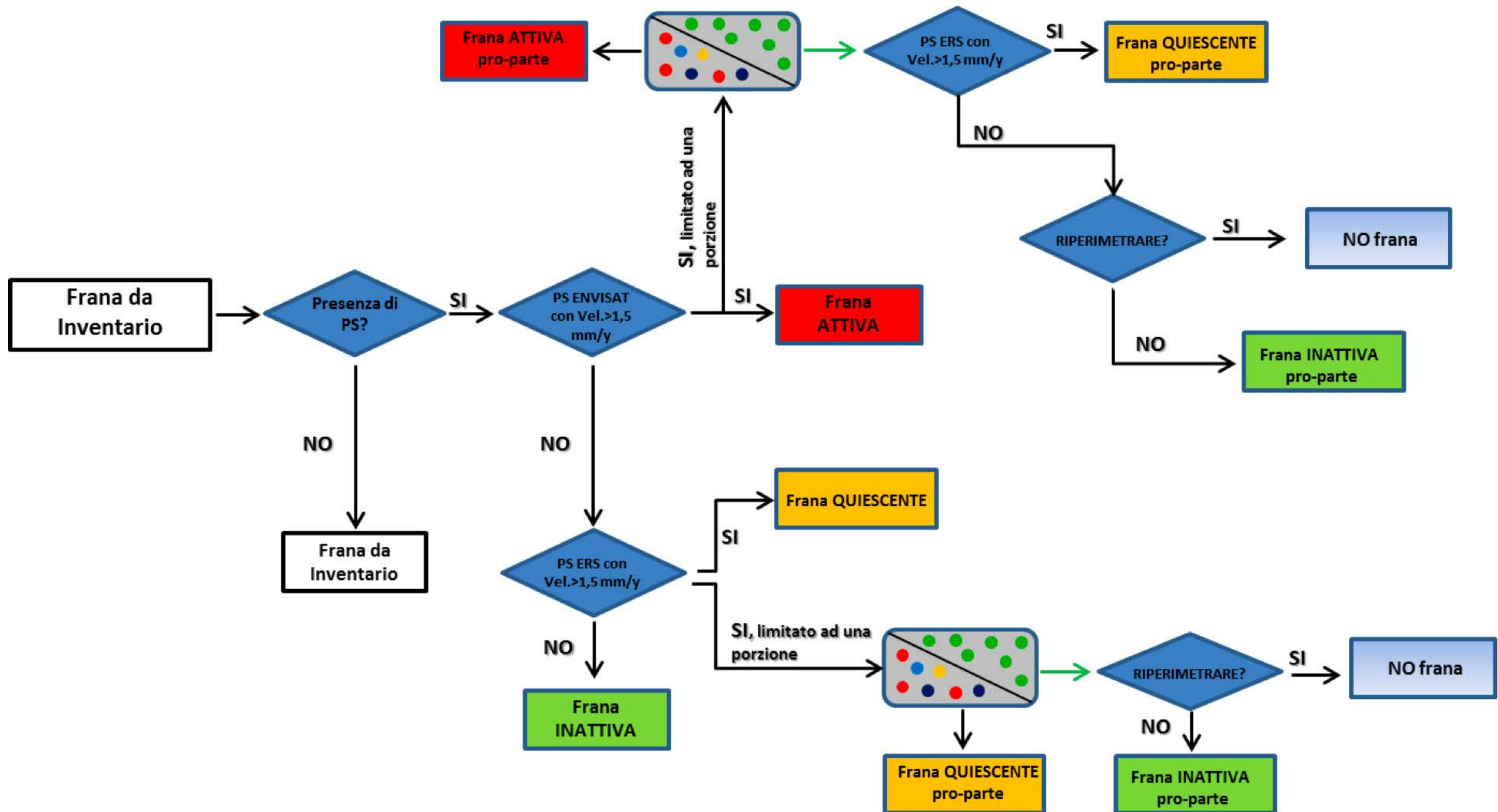
## ➤ MODIFICA FRANE GIA' PRESENTI

- Modifica dello stato di attività
- Modifica del perimetro
- Modifica pro-parte

## ➤ INDIVIDUAZIONE NUOVI FENOMENI

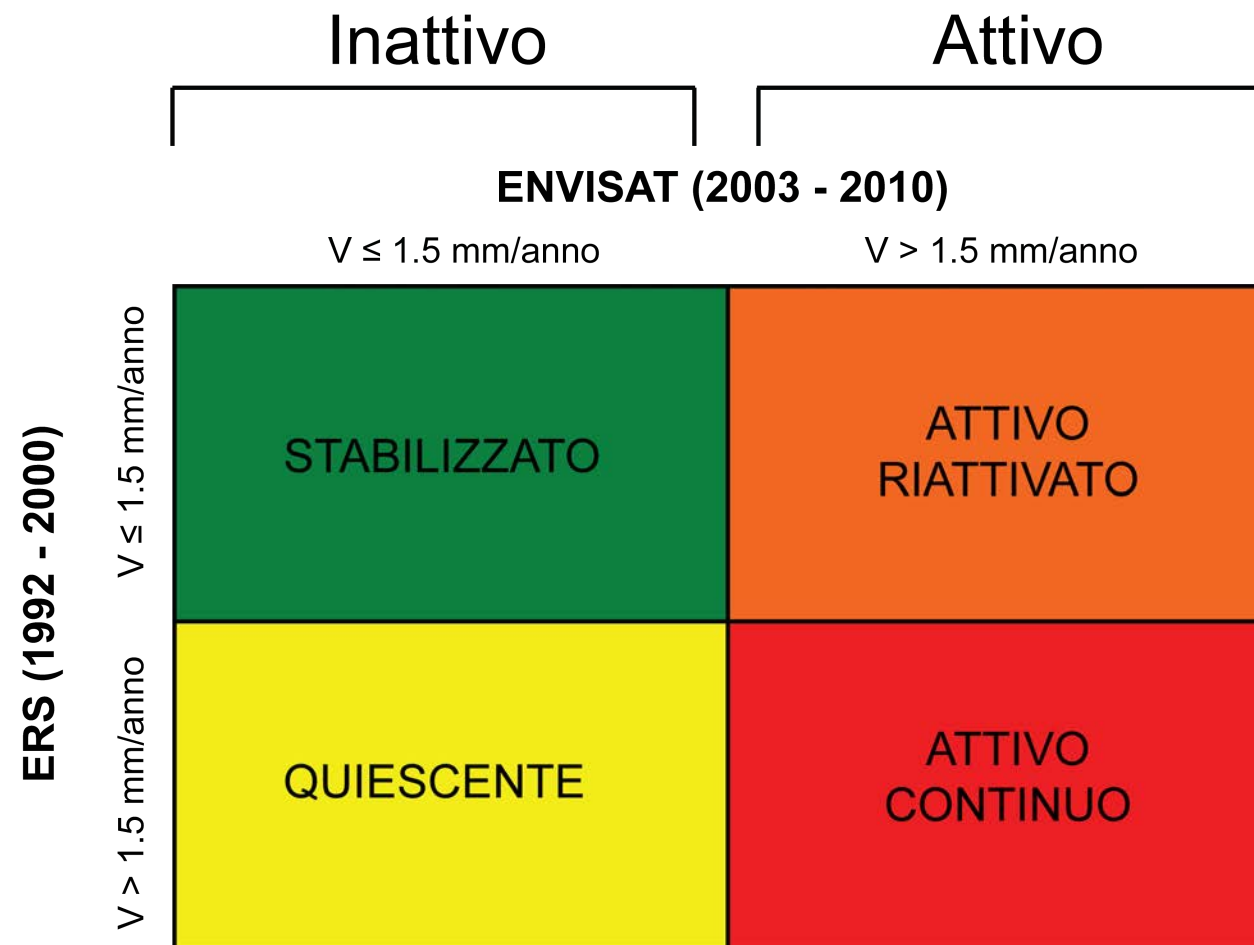
# Procedura Operativa

Modifica frane già presenti:



# Procedure Operative

Modifica stato di attività:



Matrice di attività:

- Combinazione dei due *dataset* satellitari (ERS ed ENVISAT)
- Soglia di stabilità  $\pm 1,5 \text{ mm/anno}$

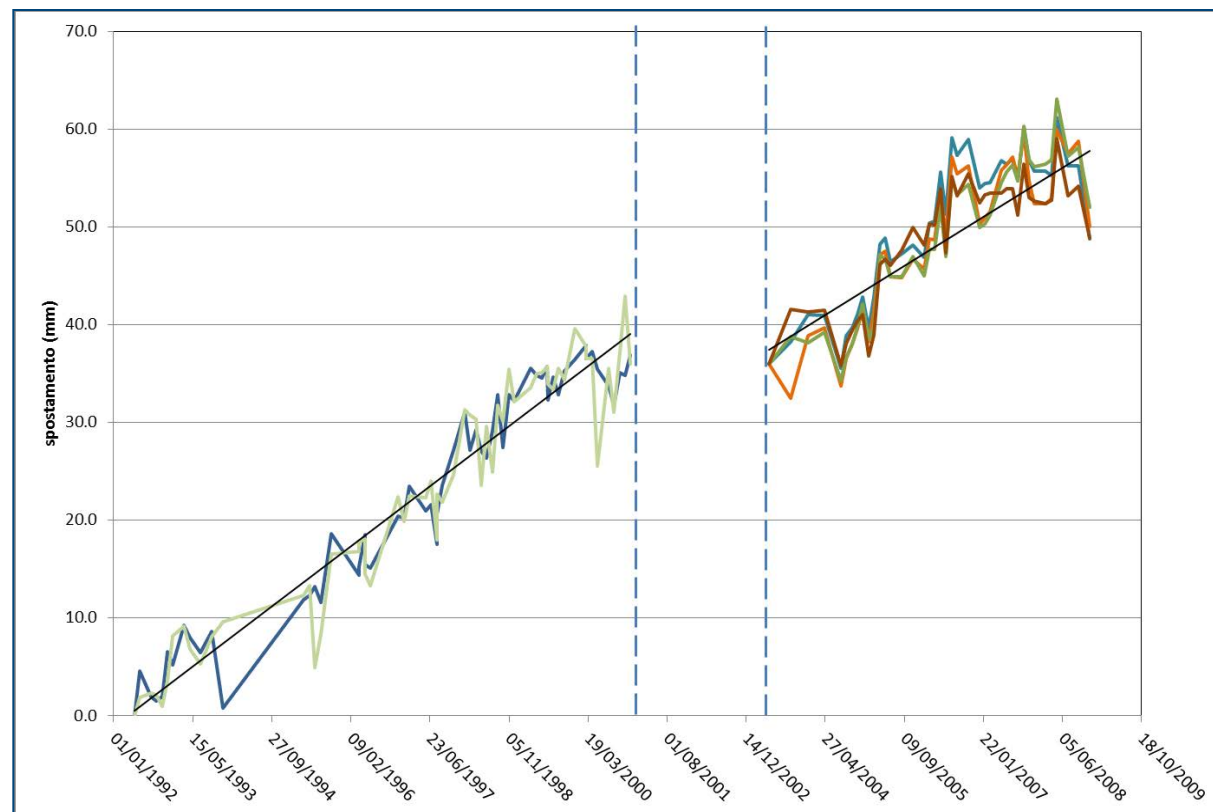


# Procedura Operativa

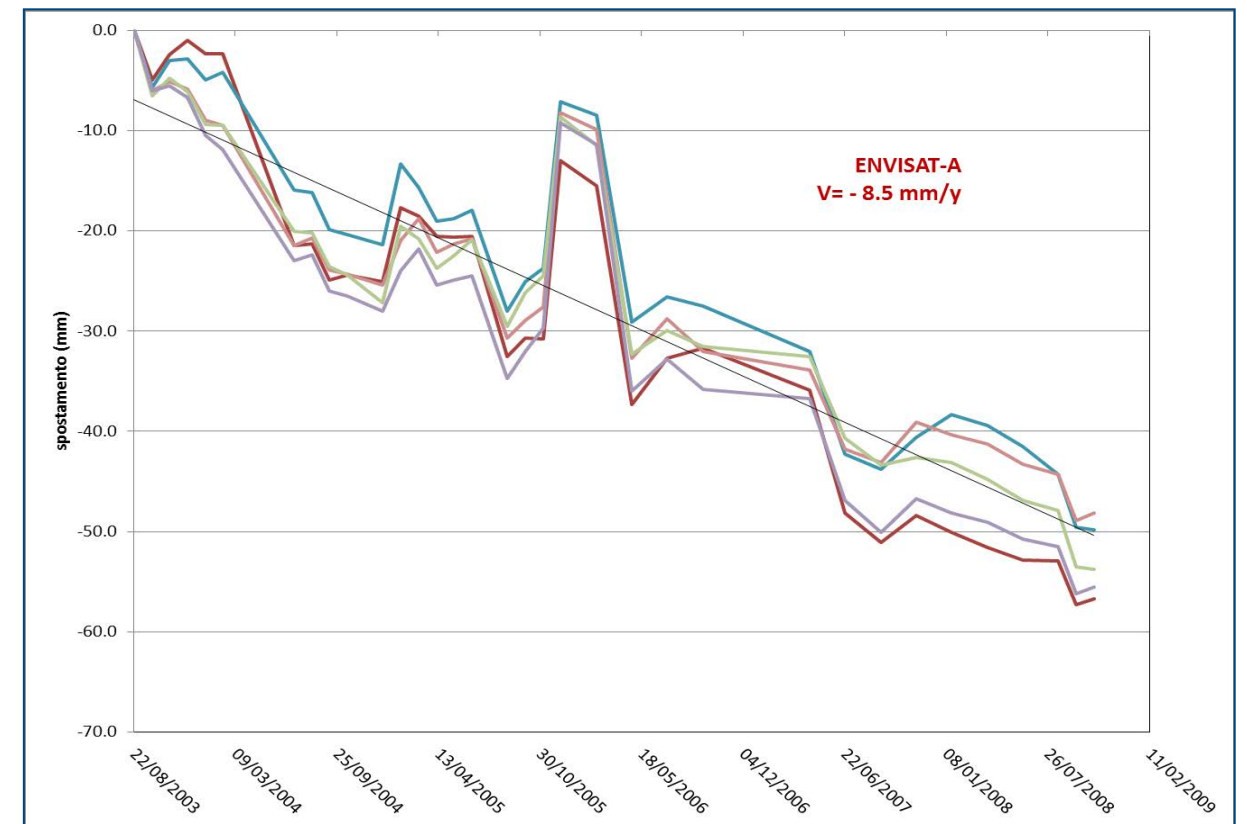
## Aggiornamento *database* frane:

All'interno delle aree in frana è stata eseguita l'analisi delle serie temporali di alcuni PS, al fine di esaminare i trend di spostamento nelle due finestre temporali.

Orbita discendente



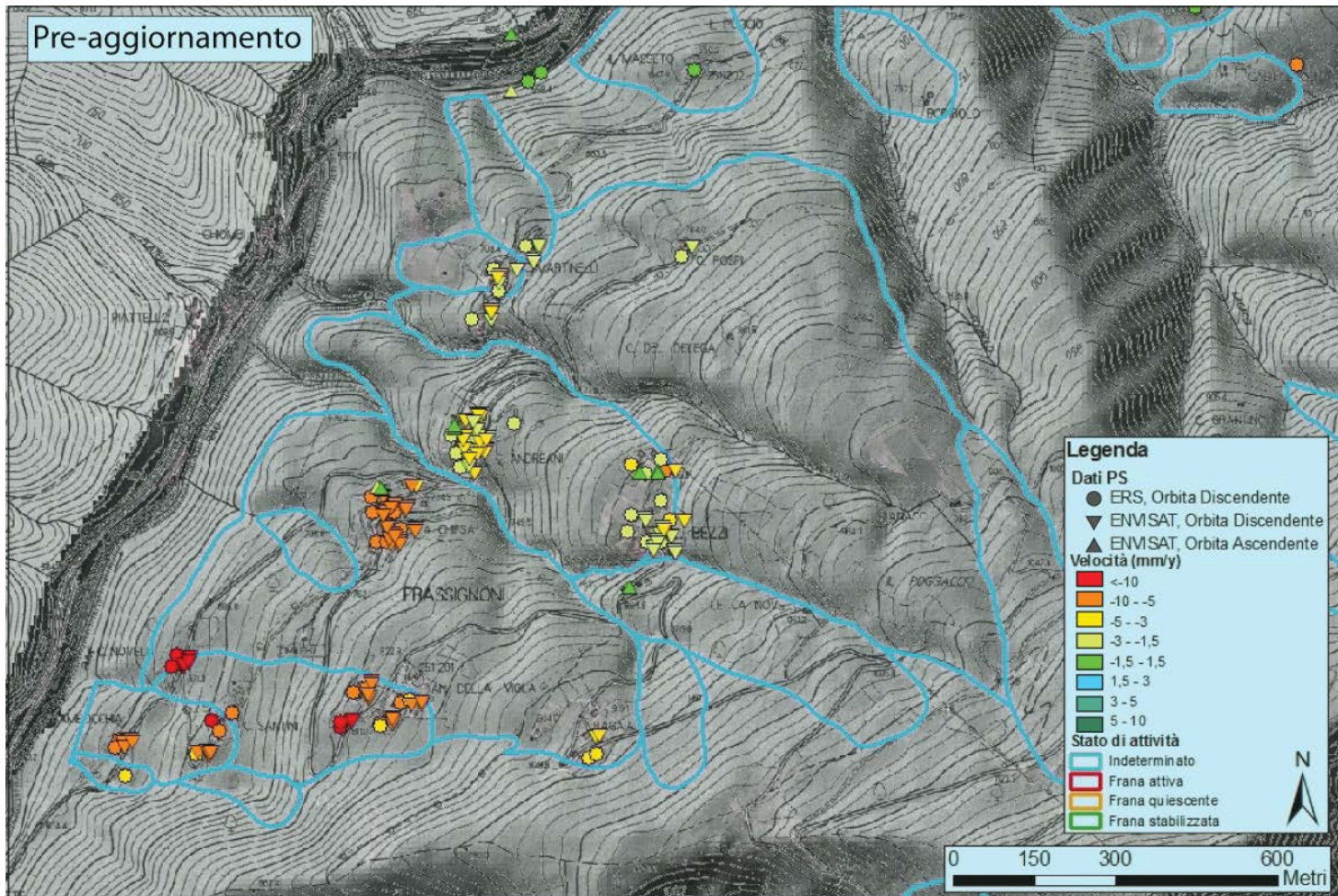
Orbita ascendente



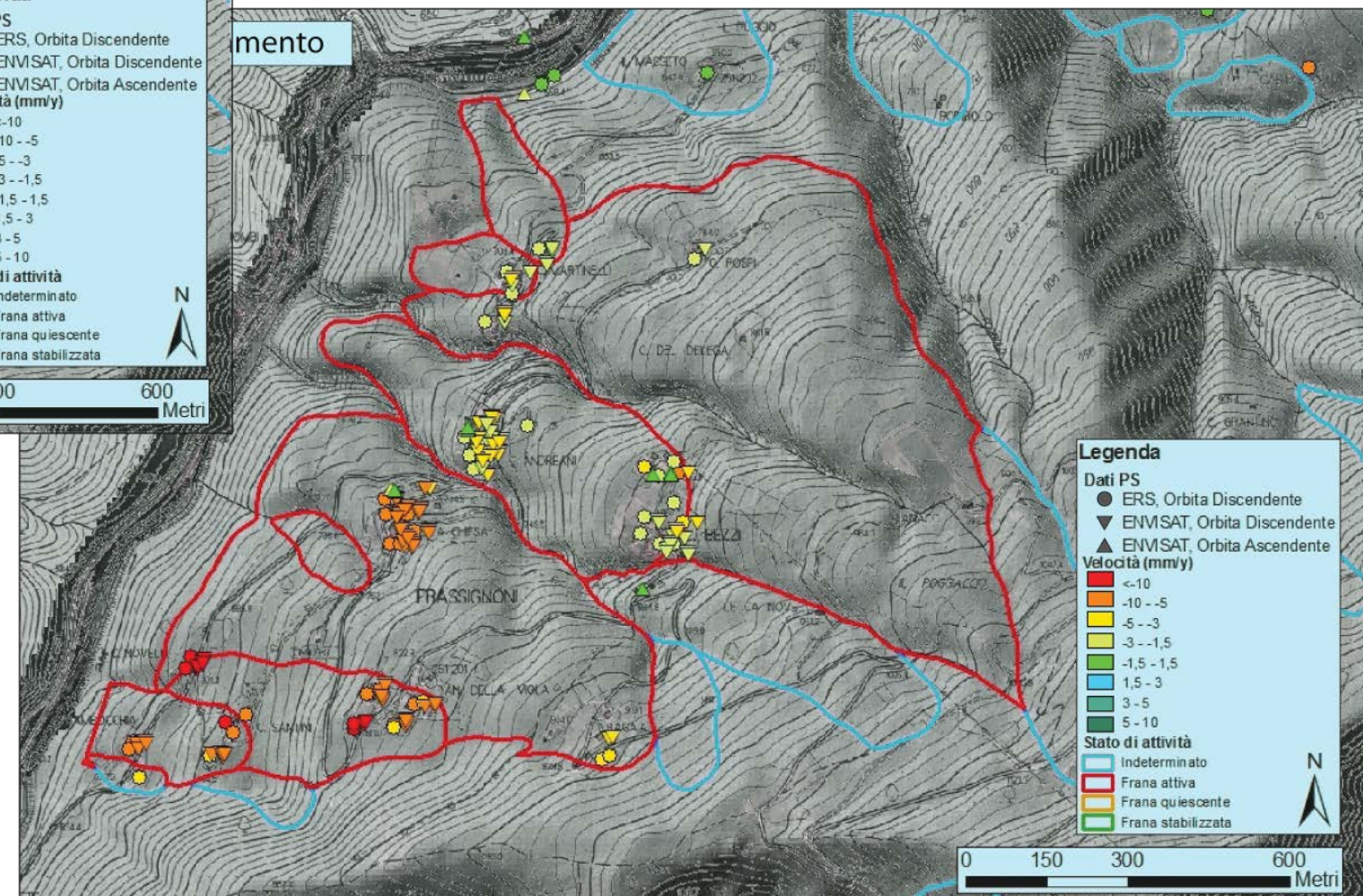


# Procedura Operativa

Modifica dello stato di attività:



← Pre-aggiornamento

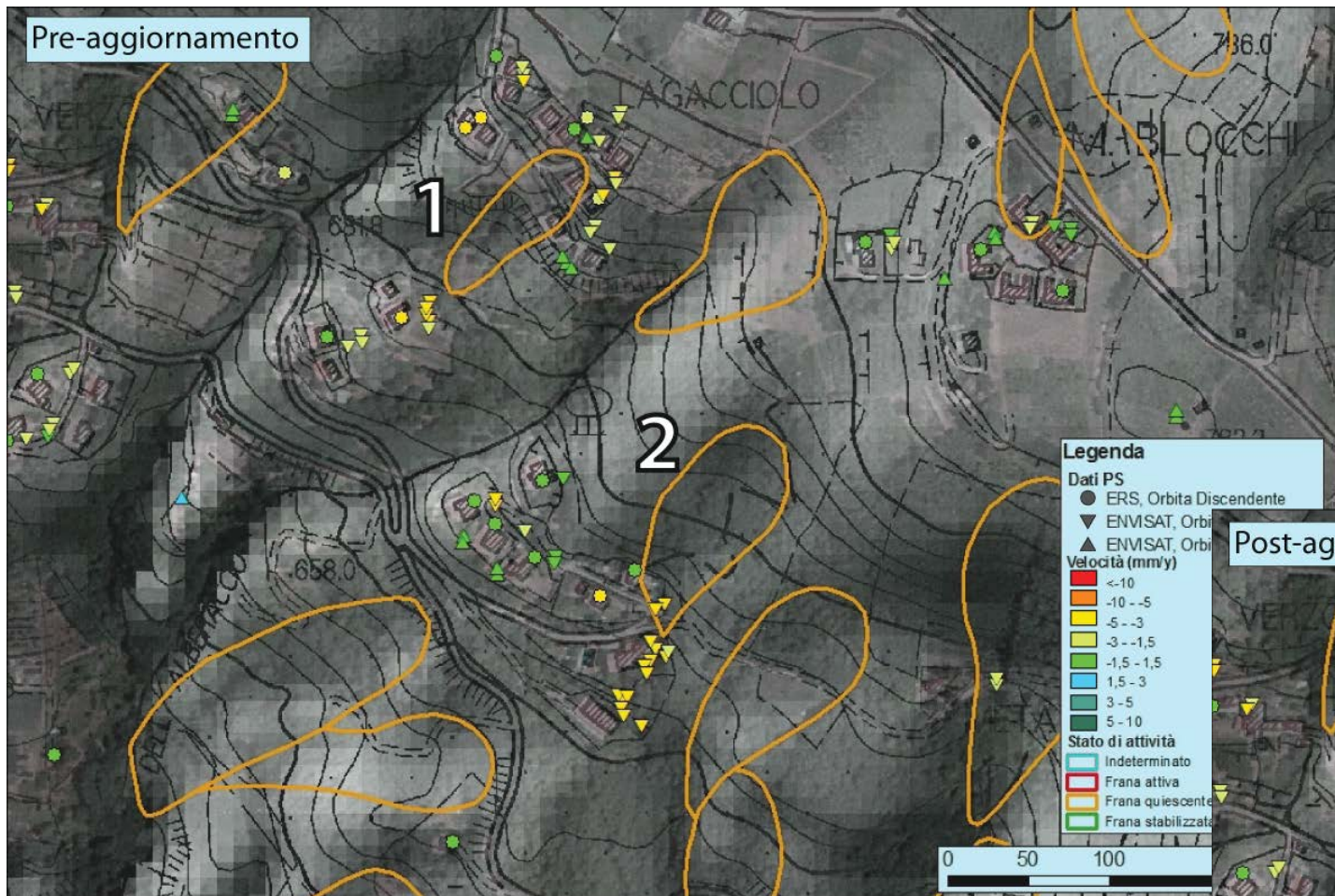


Post-aggiornamento →

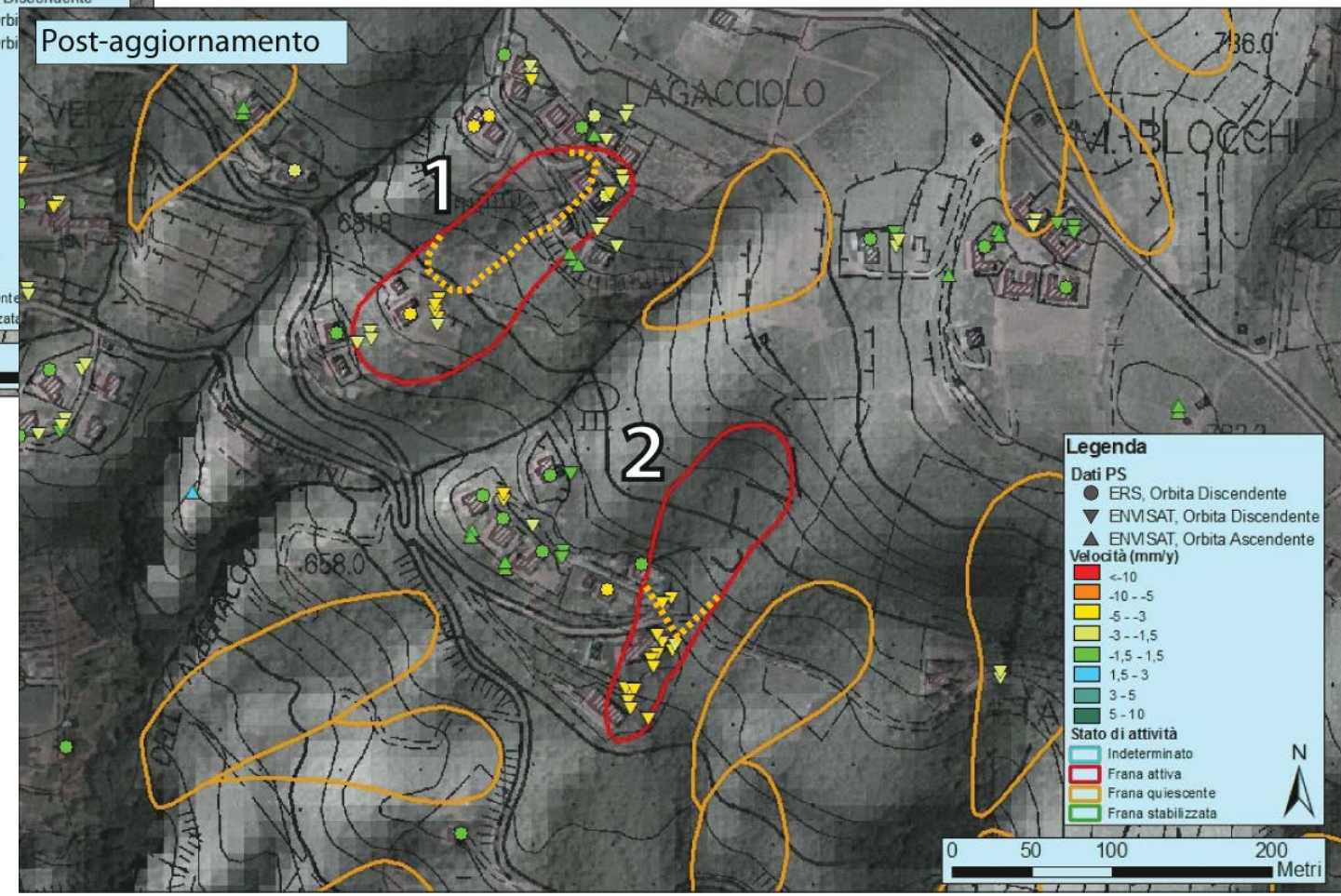


# Procedura Operativa

Modifica perimetro e stato di attività:



← Pre-aggiornamento

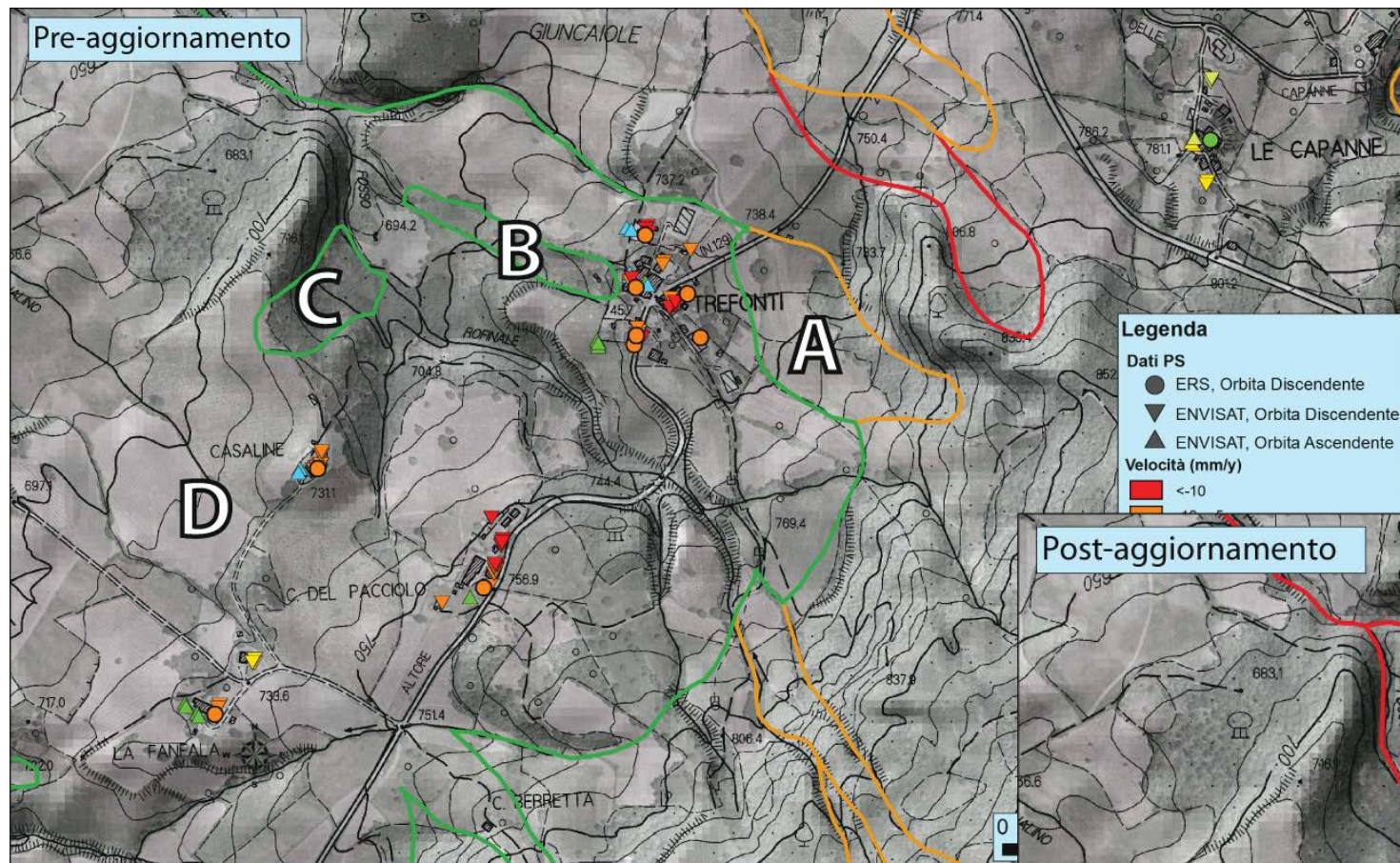


Post-aggiornamento →



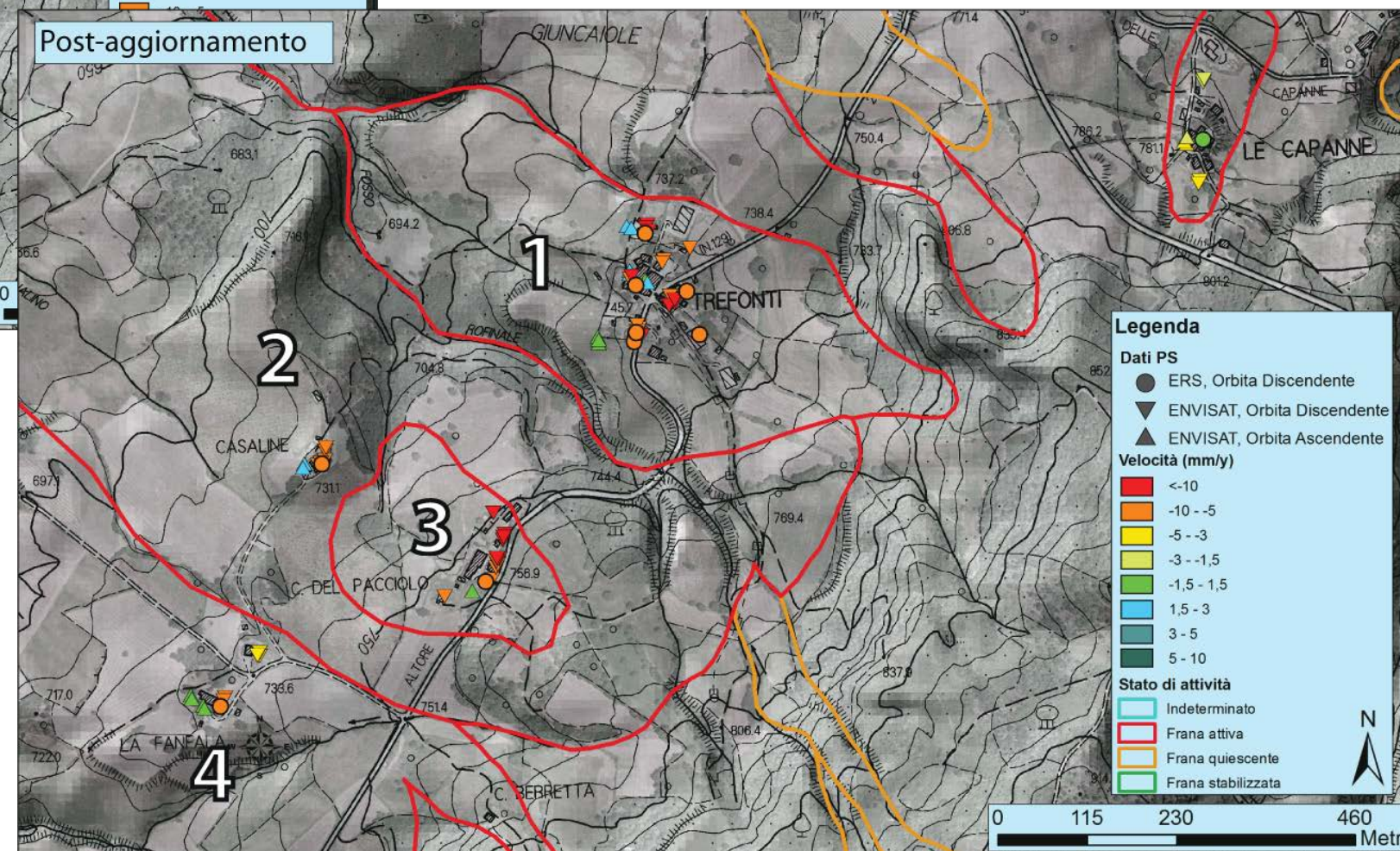
# Procedura Operativa

Modifica pro-parte:



← Pre-aggiornamento

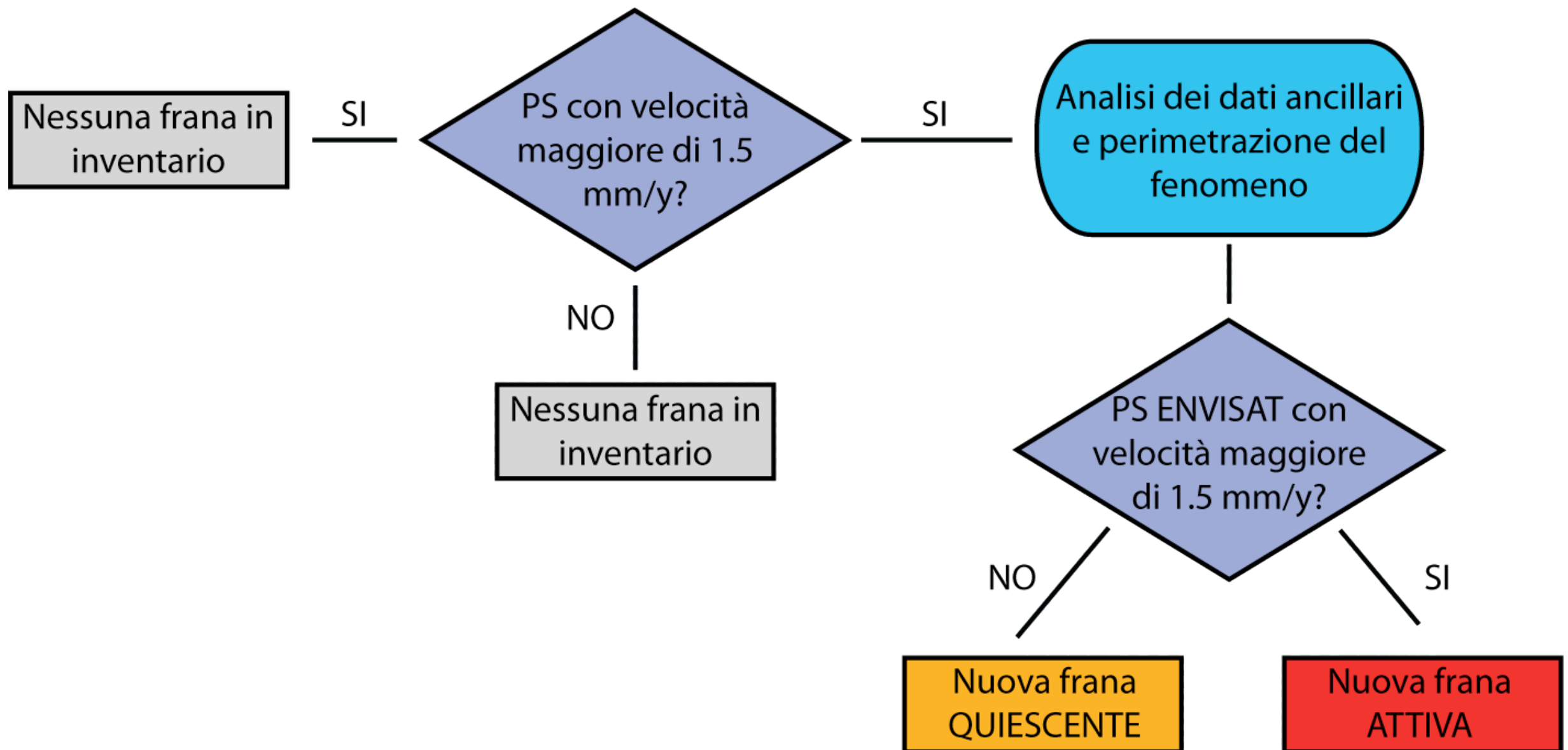
Post-aggiornamento →





# Procedura Operativa

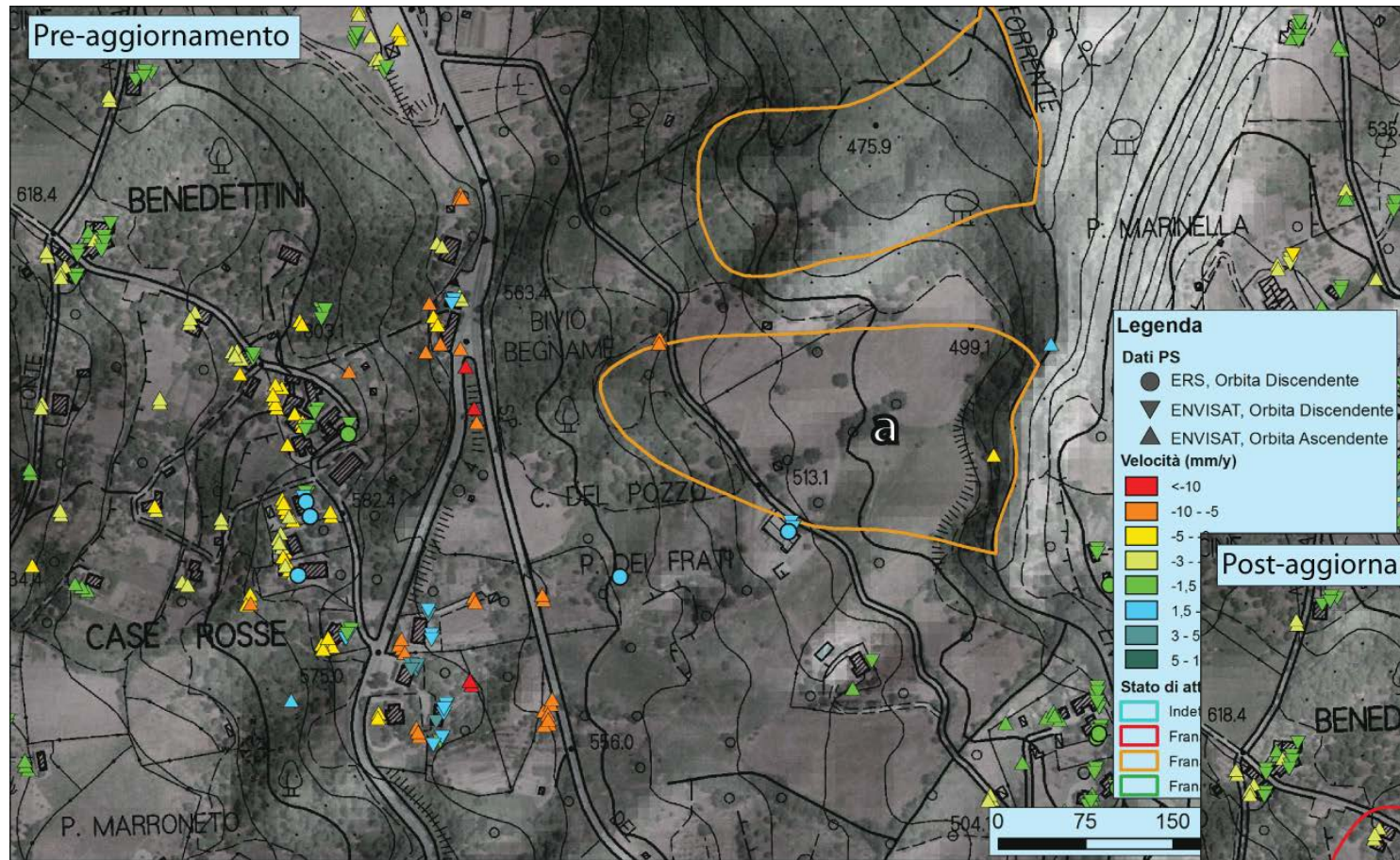
Nuove frane:



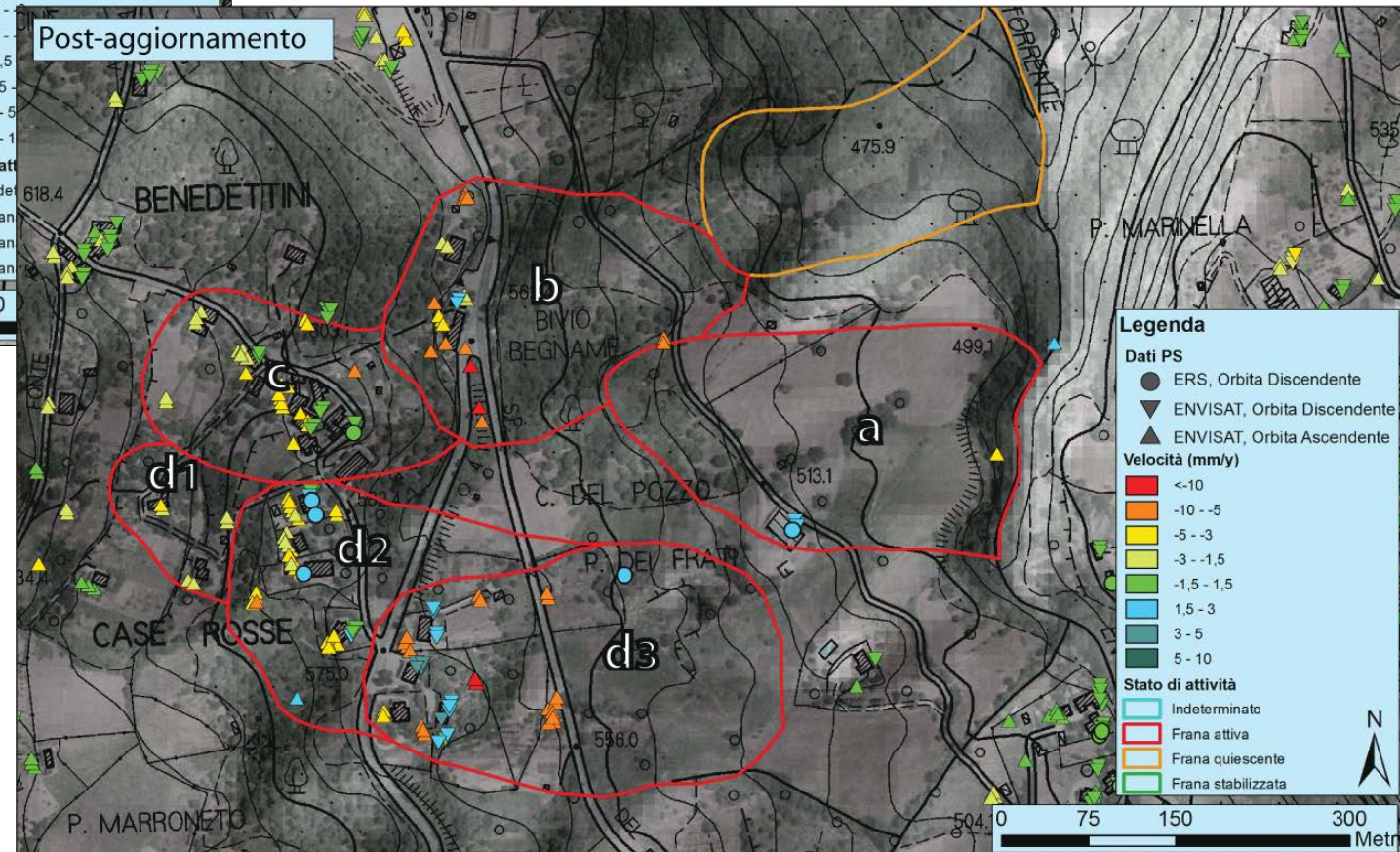


# Procedura Operativa

Nuove frane:



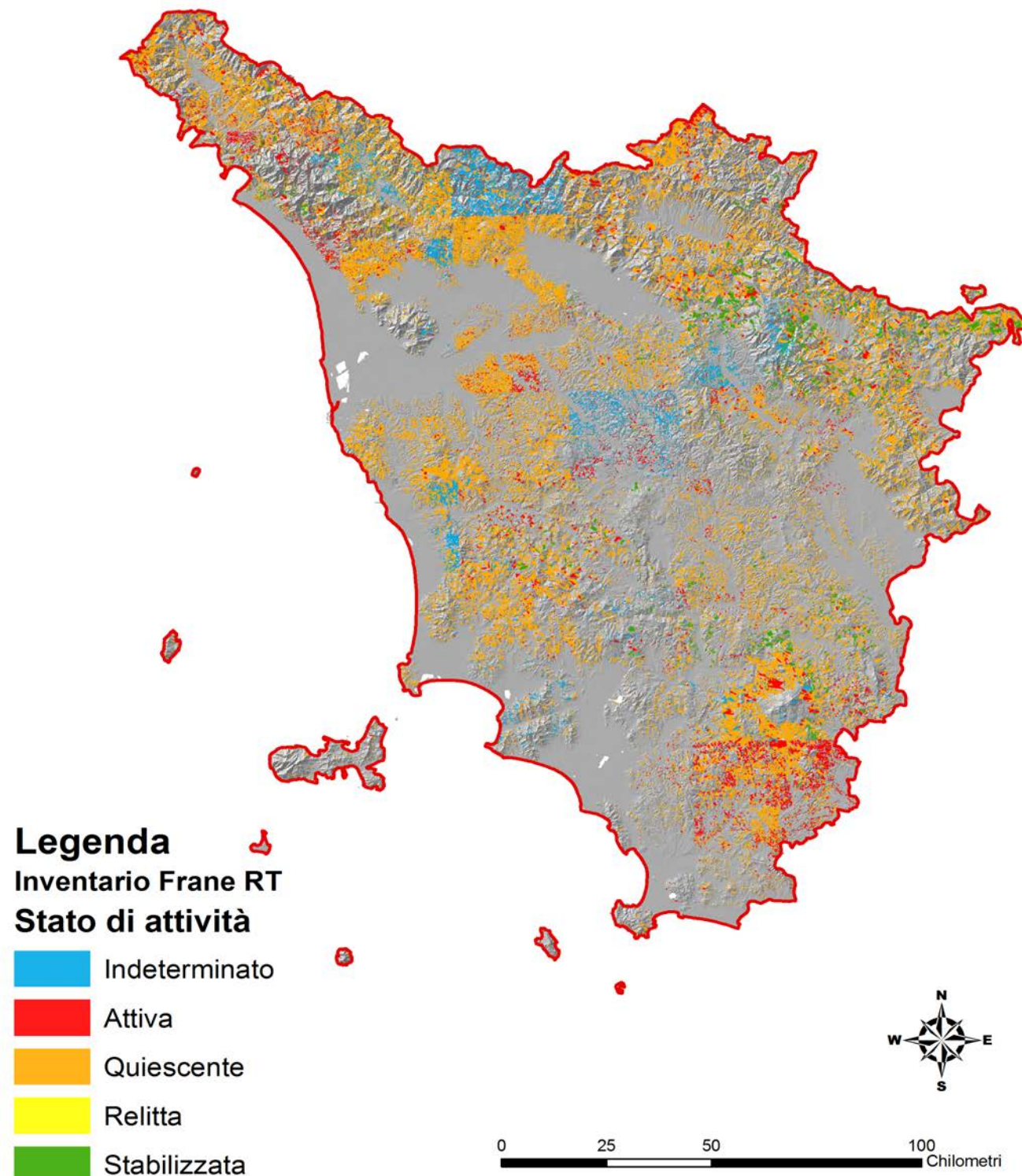
← Pre-aggiornamento



Post-aggiornamento →



# Database aggiornato

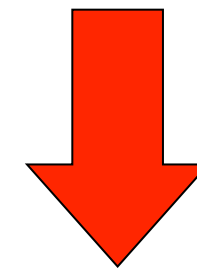


Totale database aggiornato:

**91.730 frane**

Indice di franosità:

**9,2 %**



**2106 km<sup>2</sup>**

di territorio regionale in  
frana

**14 km<sup>2</sup> aggiunti**

# Database aggiornato

	<b>Numero</b>	<b>%</b>
<b>Totale frane</b>	91730	100
<b>Frane con informazione PSI</b>	5922	6,5
<b>Frane nuove</b>	364	0,4
<b>Frane modificate</b>	1904	2,1
<b>Frane confermate</b>	3654	4,0

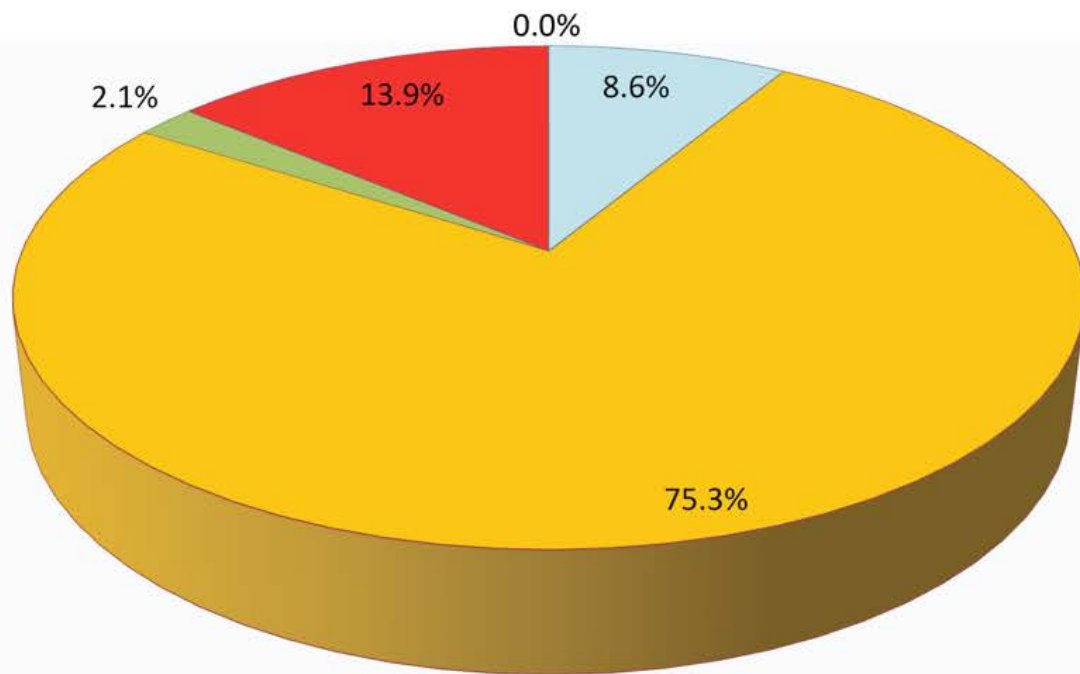


# Database aggiornato

Stato di attività delle frane in Toscana

Numero frane

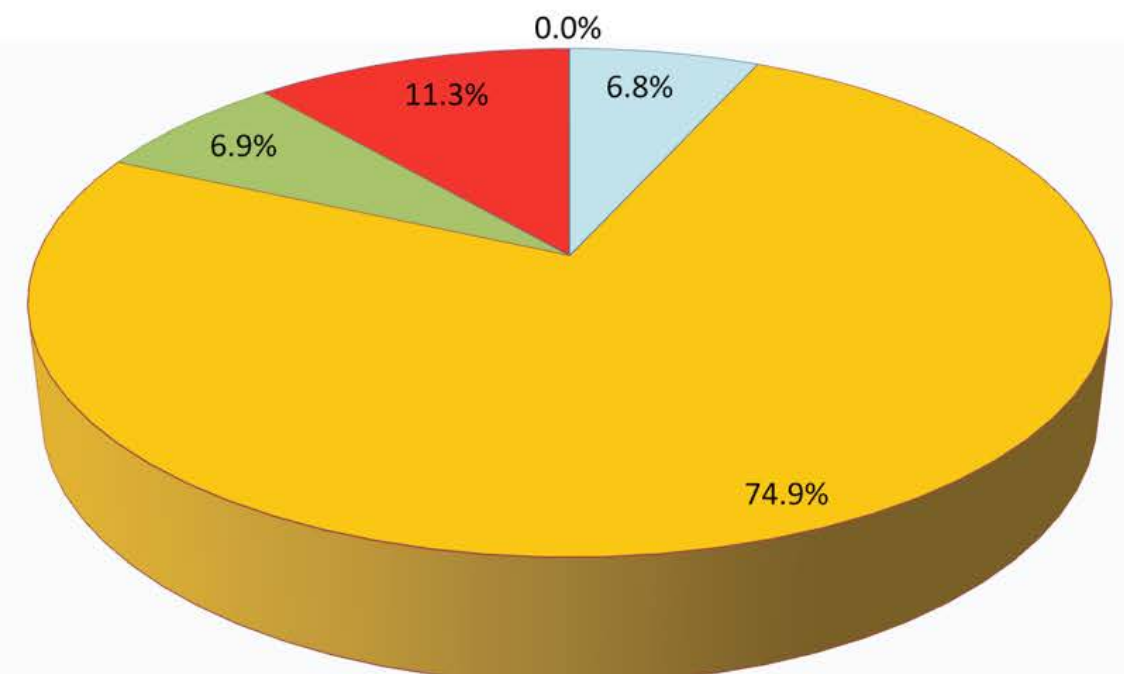
indeterminato quiescente stabilizzata attiva relitta



Stato di attività delle frane in Toscana

Area frane

indeterminato quiescente stabilizzata attiva relitta

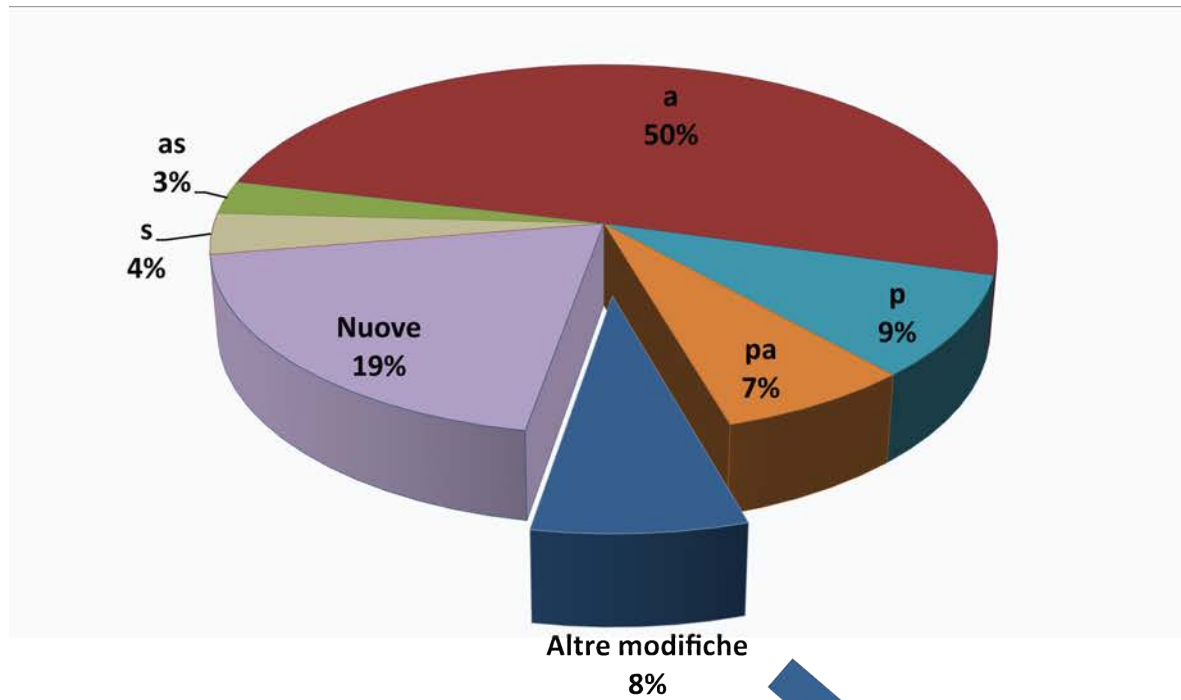


	Numero frane		Percentuale	
	Pre-	Post-	Pre-	Post-
Indeterminato	8477	7927	9.3%	8.6%
Quiescente	68821	69116	75.3%	75.3%
Stabilizzata	2024	1964	2.2%	2.1%
Attiva	12048	12720	13.2%	13.9%
Relitta	2	2	0.0%	0.0%

	Area frane (Km <sup>2</sup> )		Area percentuale	
	Pre-	Post-	Pre-	Post-
Indeterminato	174	142.8	8.3%	6.8%
Quiescente	1576.7	1578.4	75.0%	74.9%
Stabilizzata	169.5	146.3	8.1%	6.9%
Attiva	180.7	239.1	8.6%	11.3%
Relitta	0.2	0.2	0.0%	0.0%

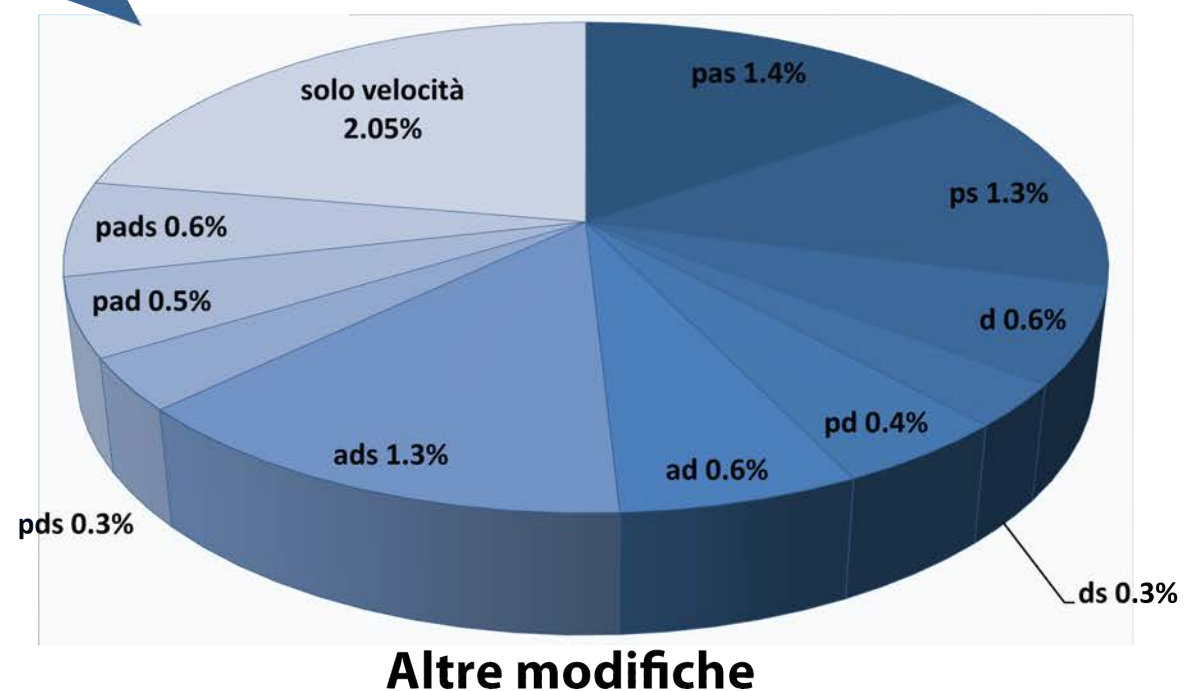
# Database aggiornato

## Frane modificate: modifiche più frequenti



FRANE MODIFICATE		
Nuove frane	364	19.13%
s	67	3.52%
as	54	2.84%
a	943	49.61%
pas	27	1.42%
p	168	8.83%
ps	24	1.26%
d	13	0.58%
pa	131	6.88%
ds	5	0.26%
pd	8	0.42%
ad	11	0.58%
ads	24	1.26%
pds	6	0.32%
pad	9	0.47%
pads	11	0.58%
Solo velocità	39	2.05%
<b>Totale</b>	<b>1904</b>	<b>100%</b>

Legenda modifiche	
<b>p</b>	Perimetro modificato
<b>a</b>	Stato di attività modificato
<b>d</b>	Direzione modificata
<b>s</b>	Parte di frana pre-esistente (pro-parte)

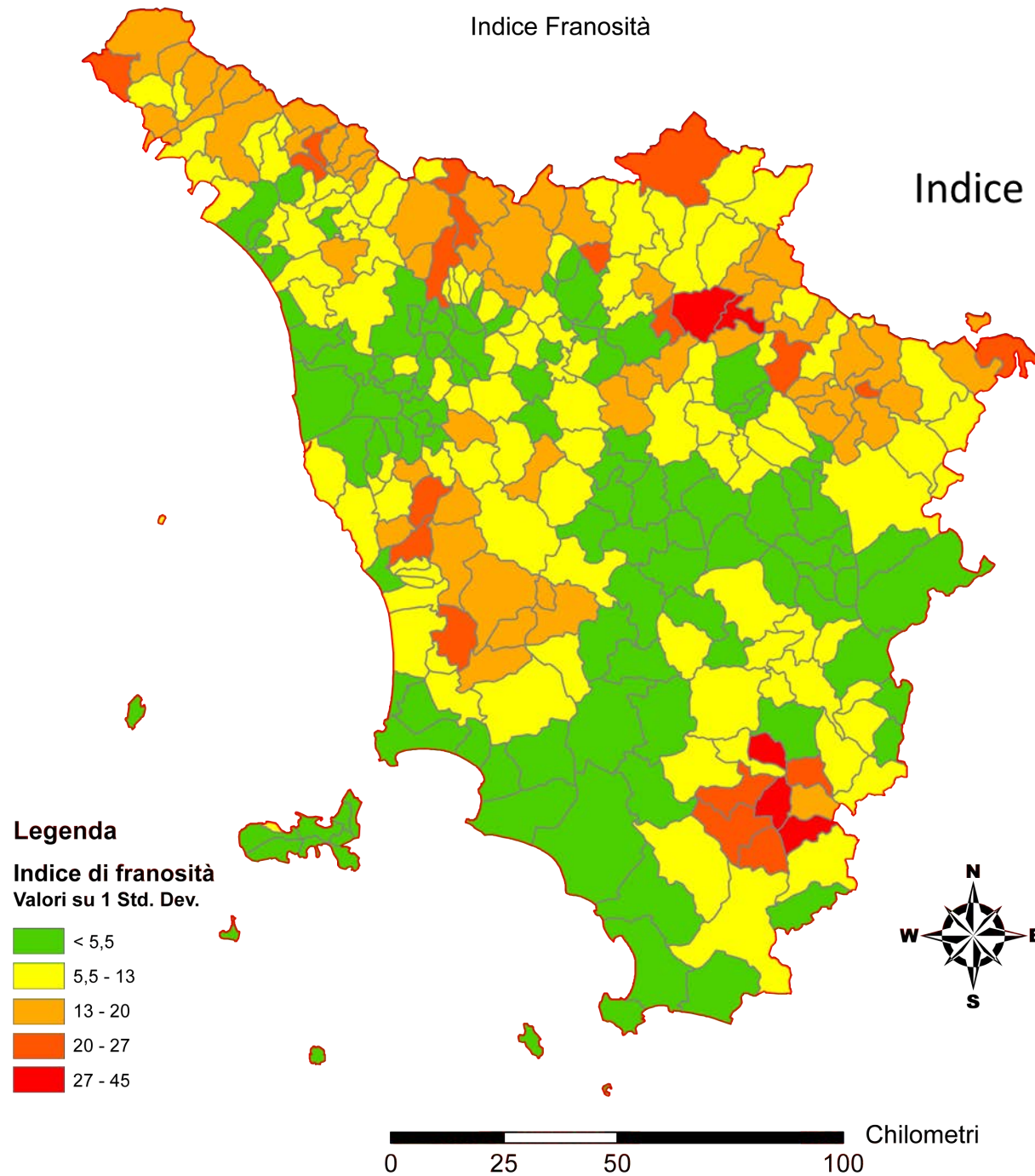


# Risultati a livello comunale

Banca Dati Frane della Regione Toscana

Indice Franosità

$$\text{Indice di franosità comunale} = \frac{\text{Area in frana nel comune in esame}}{\text{Area del comune in esame}} * 100$$



COMUNE	PROVINCIA	Indice di Franosità	Area comune (km <sup>2</sup> )	Area in frana (km <sup>2</sup> )	Num. Frane
SEGGIANO	GROSSETO	44,53	49,12	21,87	349
SANTA FIORA	GROSSETO	36,32	63,75	23,16	396
RUFINA	FIRENZE	31,05	46,09	14,31	165
CASTELL'AZZARA	GROSSETO	30,31	64,10	19,43	425
PONTASSIEVE	FIRENZE	28,45	114,35	32,53	288
RIPARBELLA	PISA	26,58	58,96	15,67	495
CASTEL SAN NICCOLO'	AREZZO	25,59	83,33	21,32	313
ABBADIA SAN SALVATORE	SIENA	24,87	58,80	14,63	135
ROCCALBEGNA	GROSSETO	24,68	123,53	30,49	760
ARCIDOSSO	GROSSETO	24,61	93,57	23,03	474

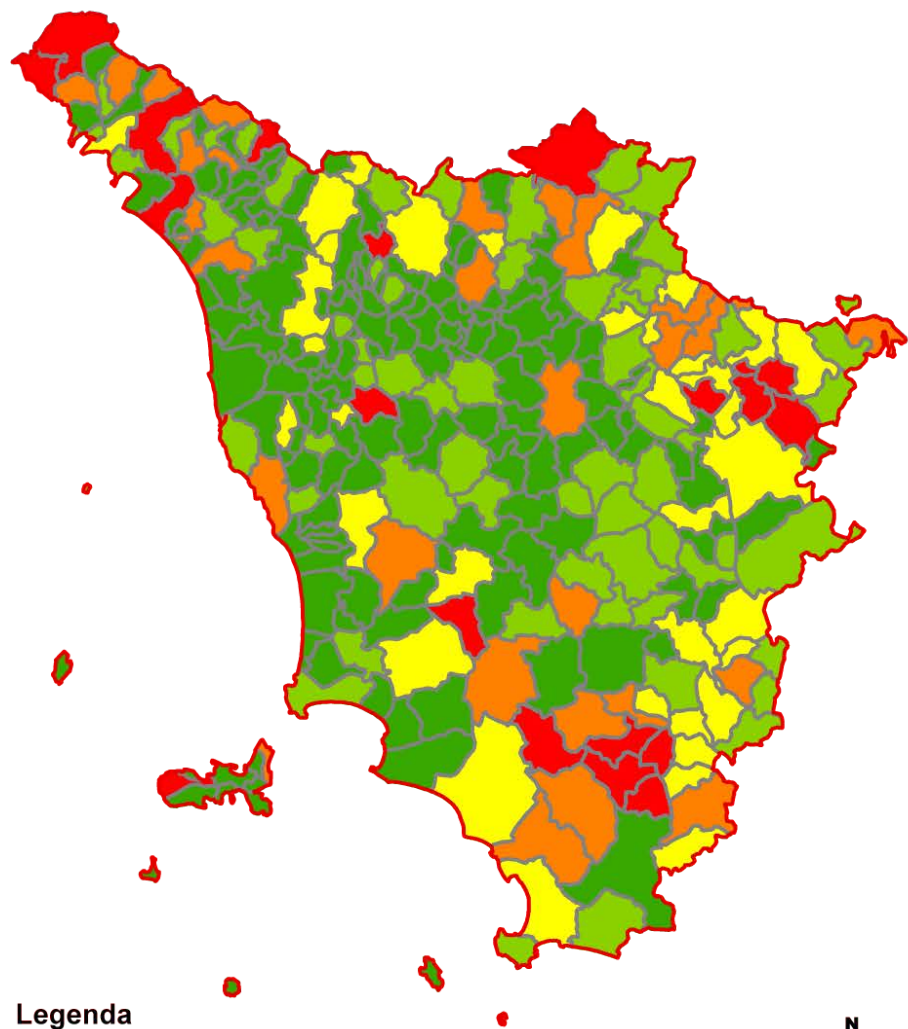


# Risultati a livello comunale

- 364 frane nuove totali

Banca Dati Frane della Regione Toscana

Frane Nuove

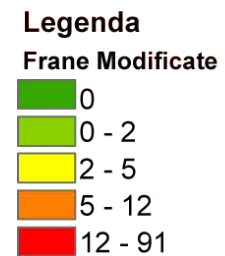
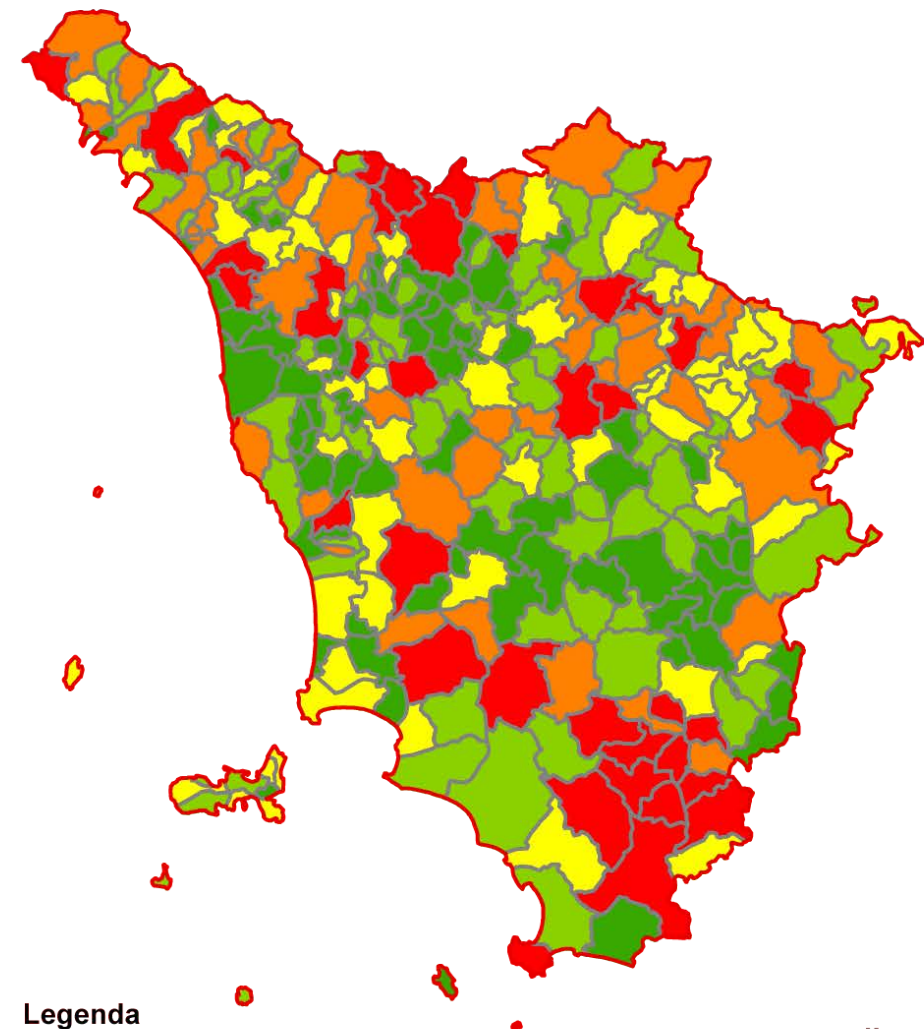


0 25 50 100 Chilometri

- 1540 frane modificate totali

Banca Dati Frane della Regione Toscana

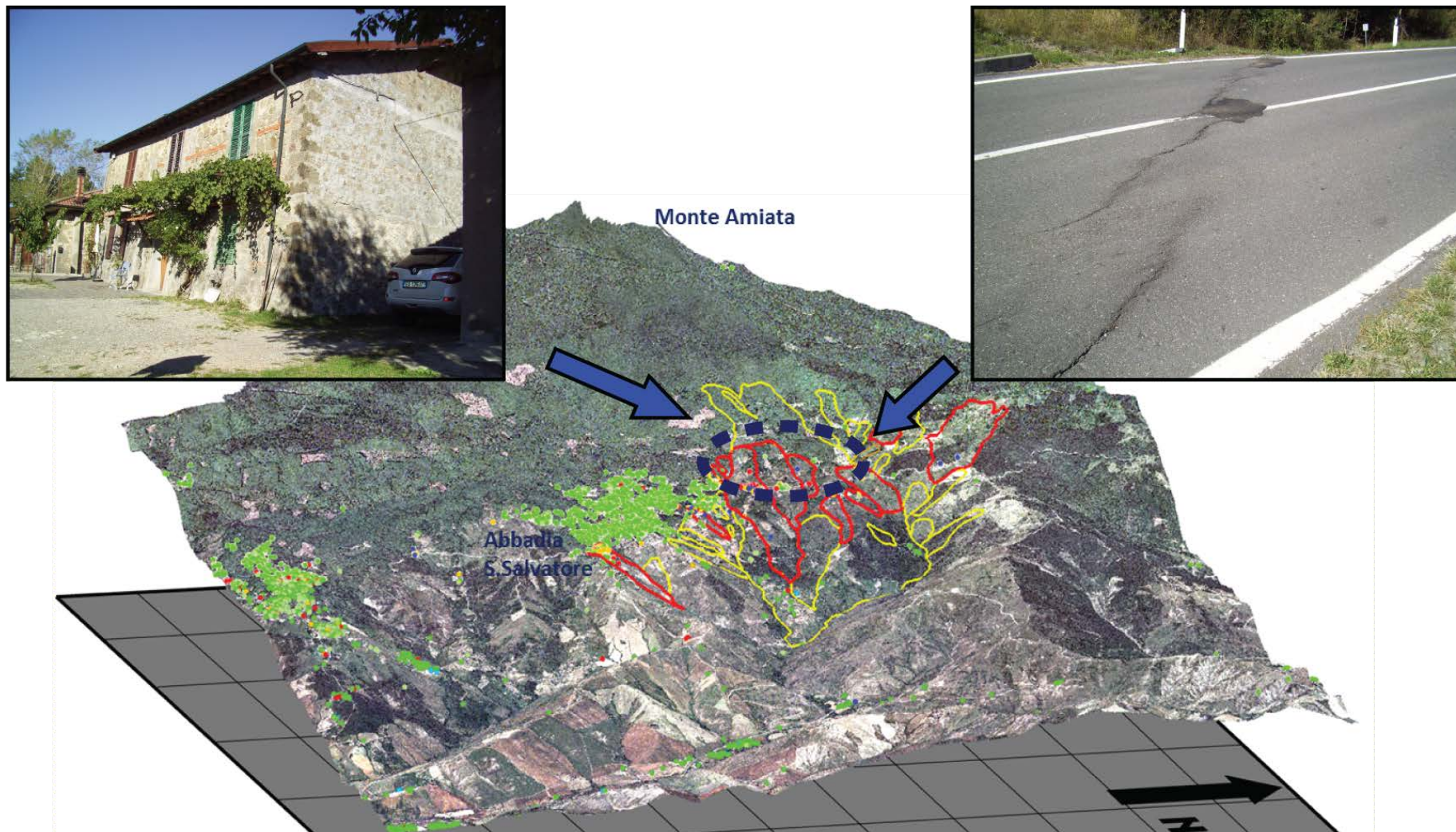
Frane Modificate



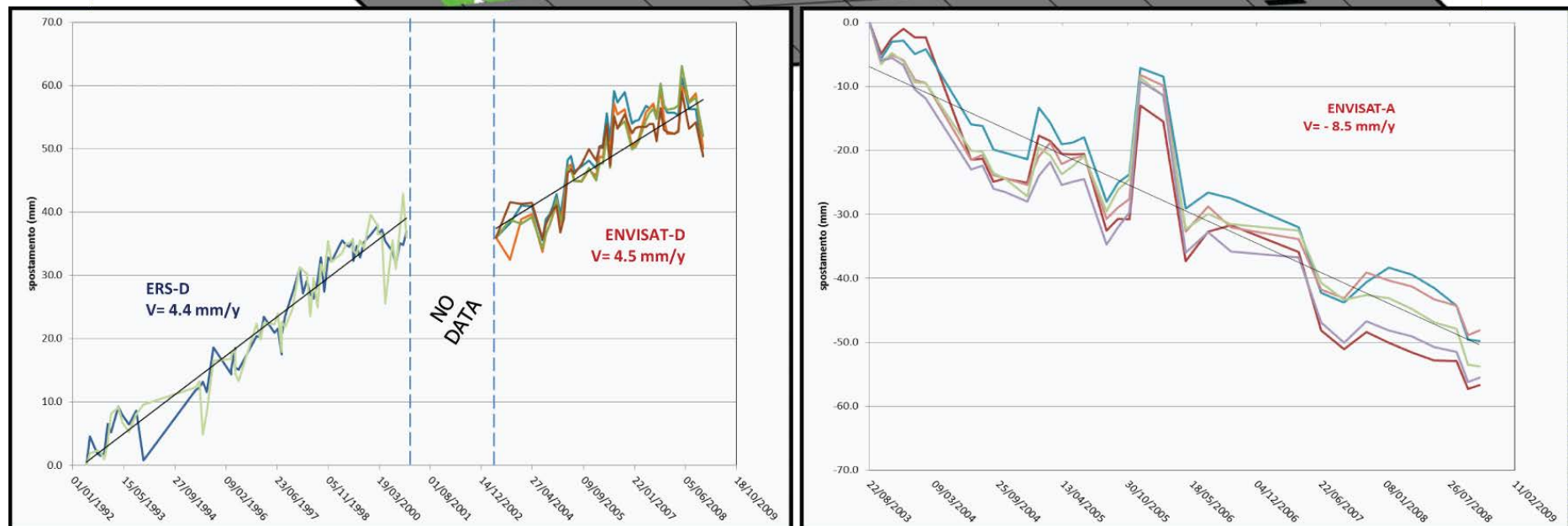
0 25 50 100 Chilometri



# Validazione dati



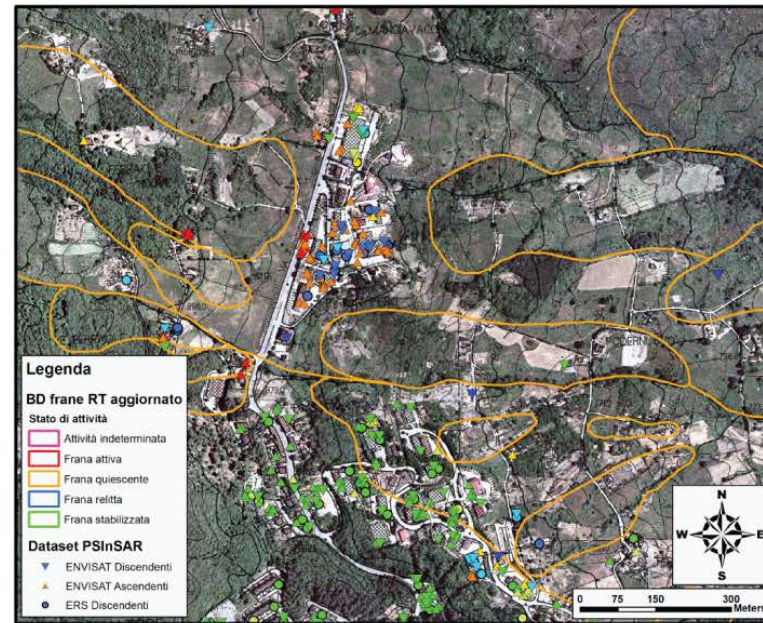
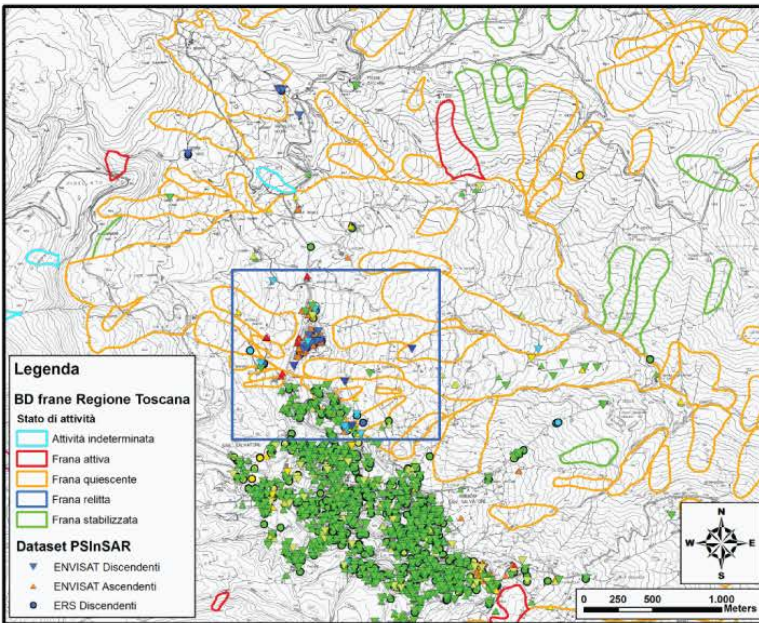
Sopralluoghi:  
Abbadia San  
Salvatore (SI)





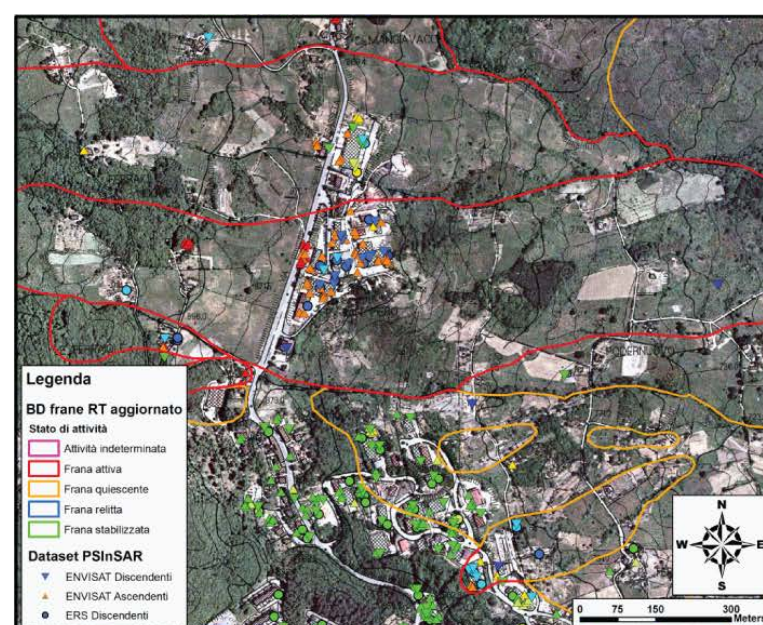
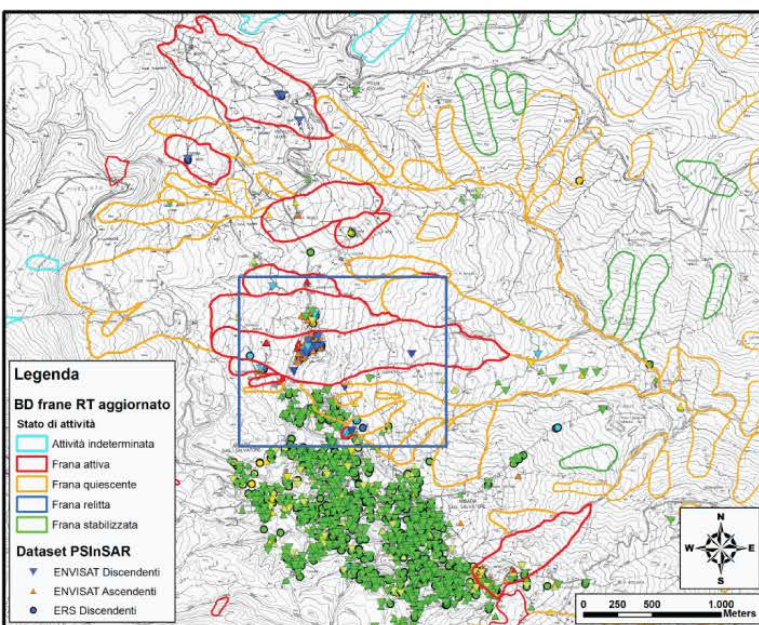
# Validazione dati

Prima dell'aggiornamento



Sopralluoghi:  
Abbadia San Salvatore (SI)

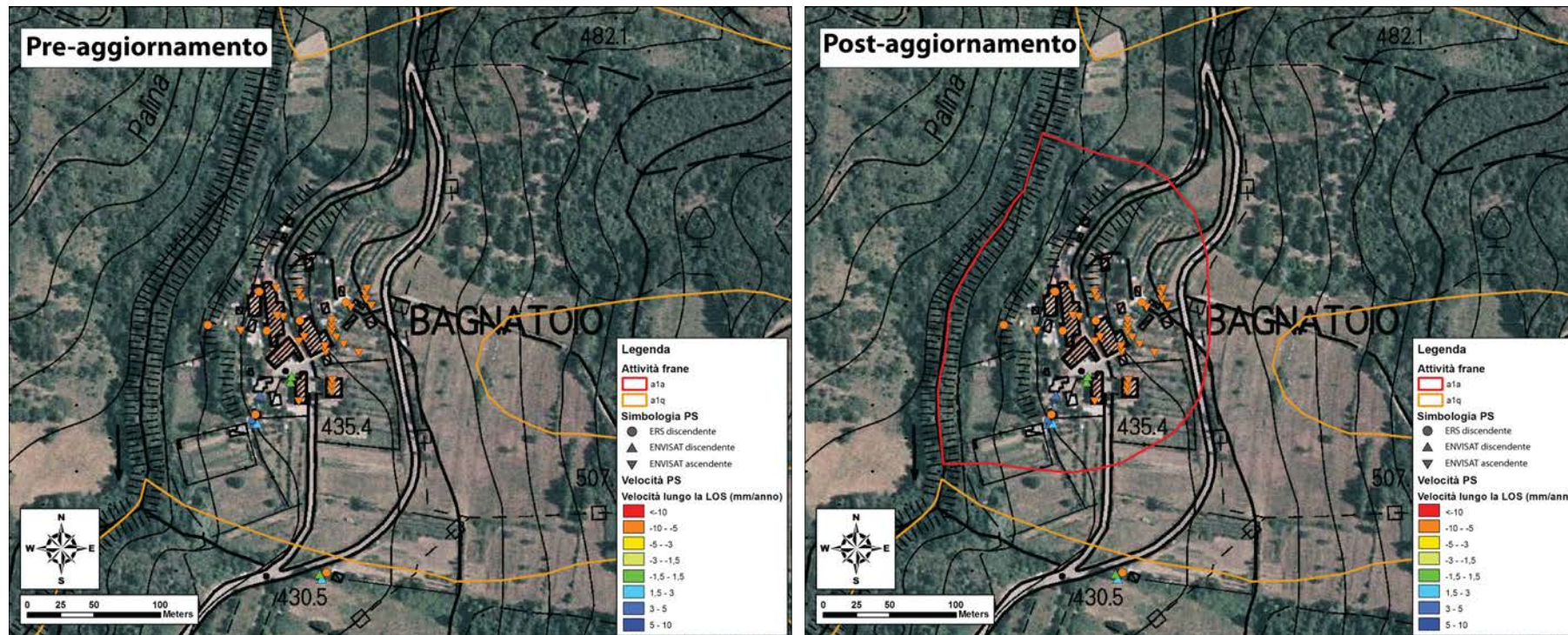
Dopo l'aggiornamento



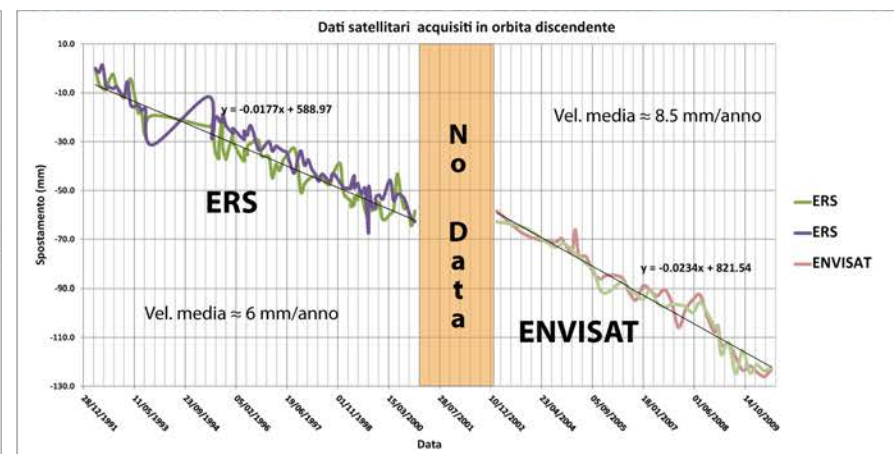
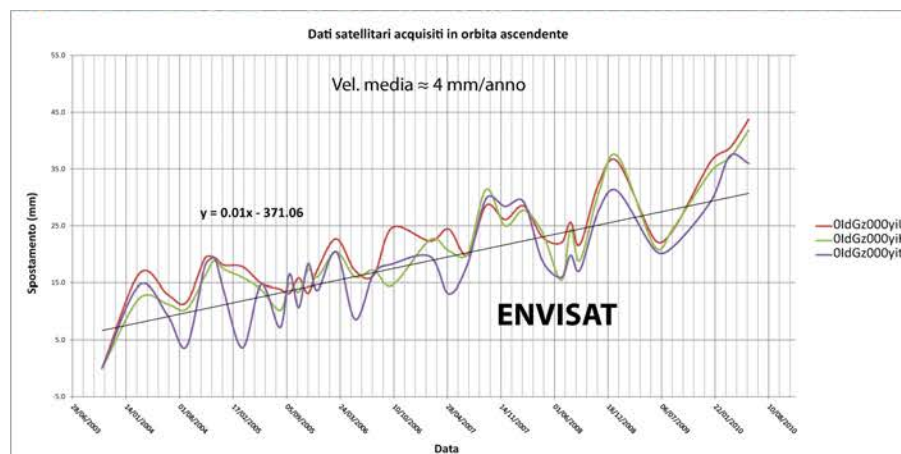


# Validazione dati

## Sopralluoghi: Bagnatoio (FI)



Serie temporali di spostamento di alcuni punti selezionati sull'abitato di Bagnatoio

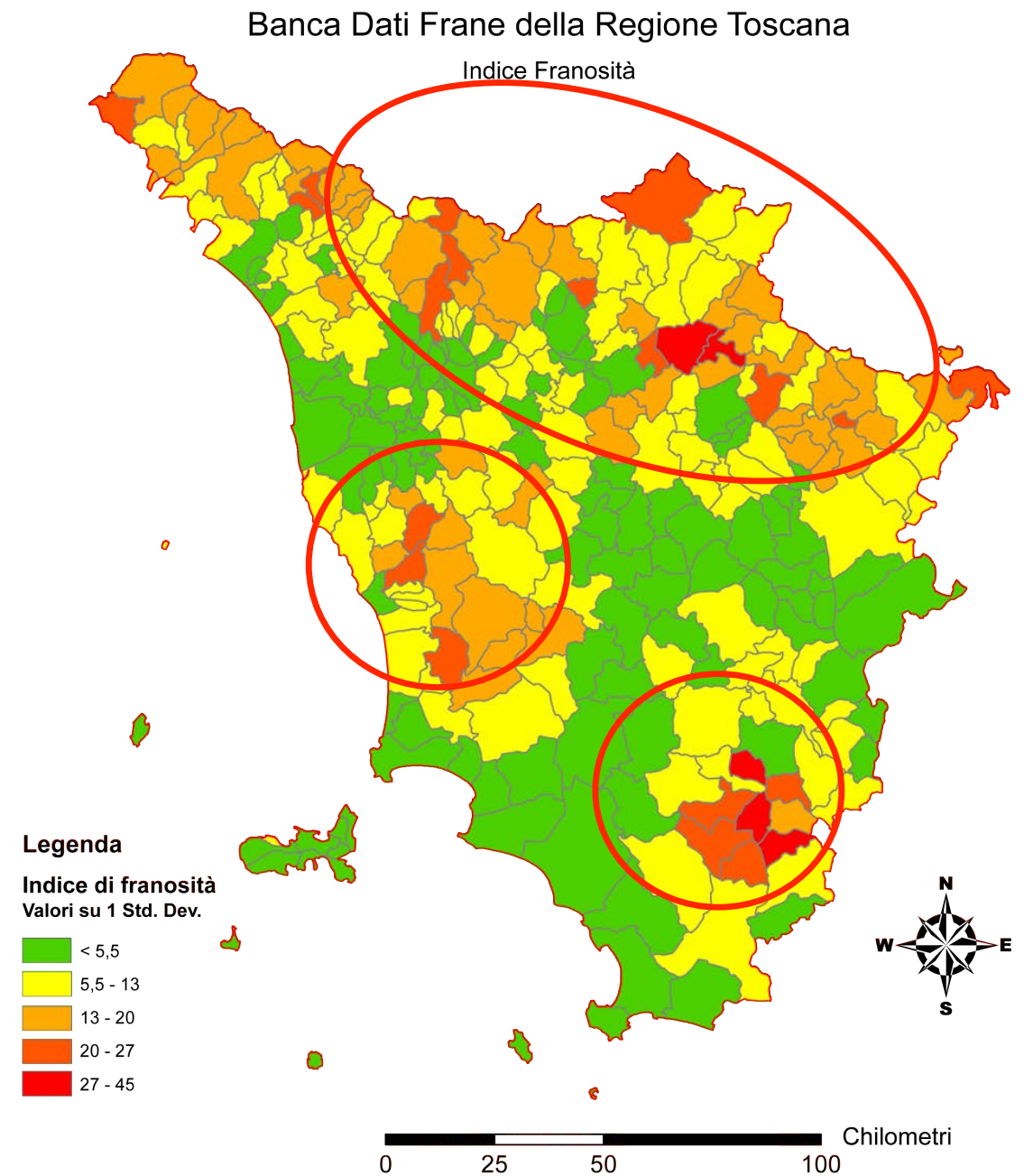




# Conclusioni

I valori più alti di Indice di Franosità si concentrano in tre aree:

- Dorsale appenninica
- Colline metallifere
- Monte Amiata

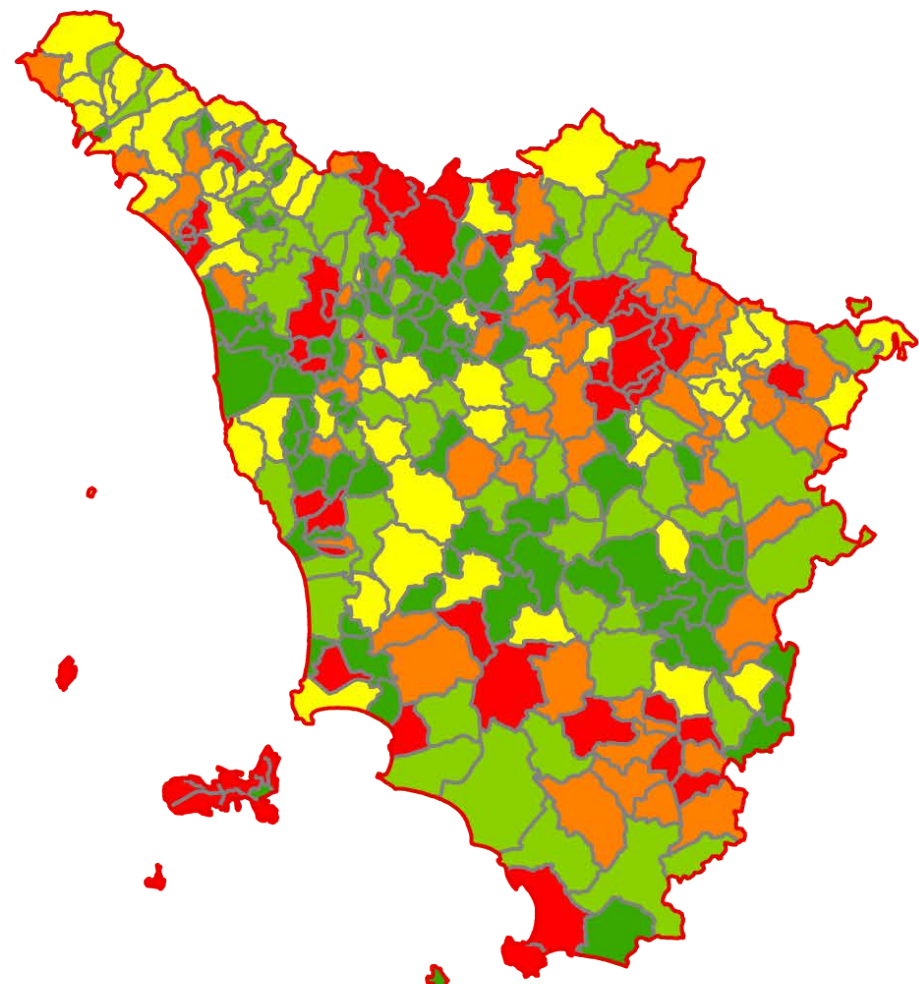


# Conclusioni

$$\text{Coefficiente di aggiornamento} = \frac{\text{Numero di frane nuove (o modificate) all'interno del comune in esame}}{\text{Numero totale di frane all'interno del comune in esame}} * 100$$

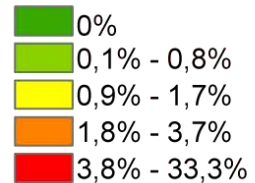
Banca Dati Frane della Regione Toscana

Coefficiente Frane Modificate



**Legenda**

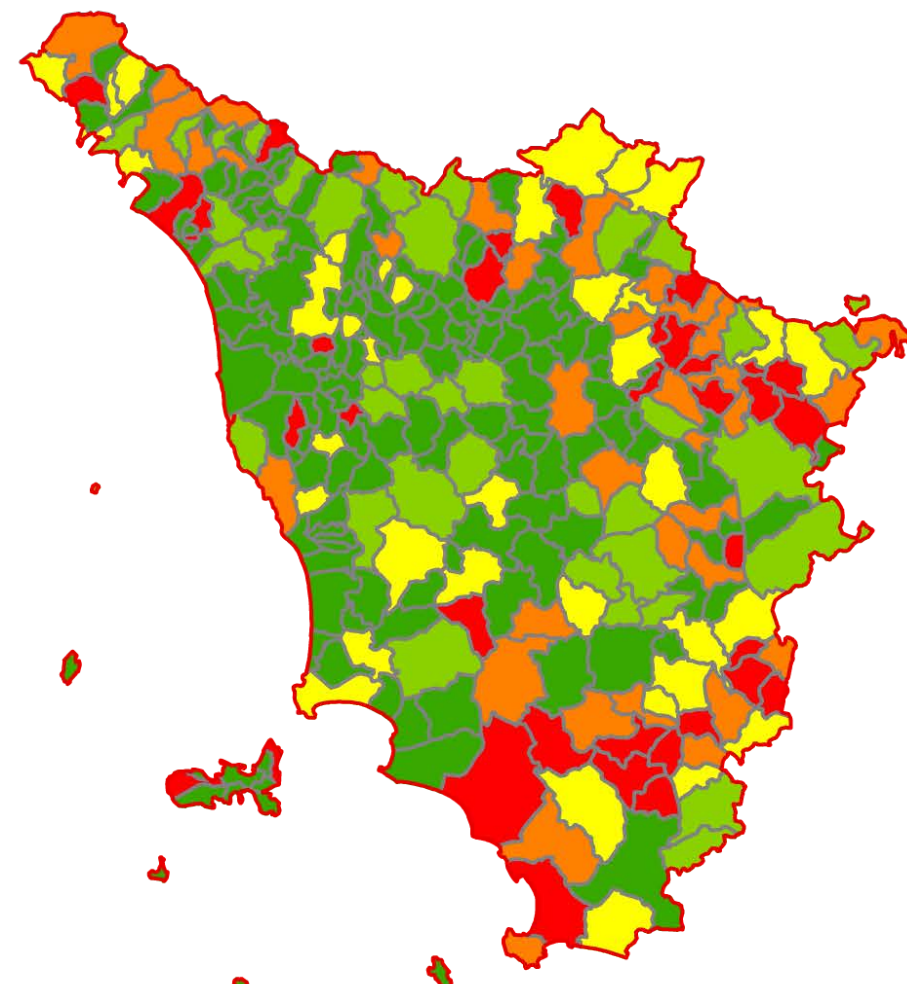
Coeff. Frane Modificate



0 25 50 100  
Chilometri

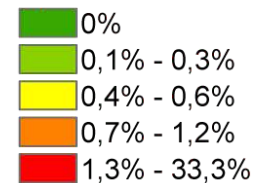
Banca Dati Frane della Regione Toscana

Coefficiente Frane Nuove



**Legenda**

Coeff. Frane Nuove



0 25 50 100  
Chilometri



# Conclusioni

L'aggiornamento del database frane attraverso utilizzo di dati PSI ha permesso di censire e classificare 91.730 frane. 5922 fenomeni sono stati oggetto di aggiornamento, di cui:

- 3654 frane confermate
- 1540 frane modificate
- 364 frane nuove

Modifiche effettuate più frequentemente:

- 50% stato di attività
- 7% attività e perimetro
- 3,5% pro-parte



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DST**  
DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE DELLA TERRA



**Regione Toscana**

**Grazie per l'attenzione**