



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Systema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Analisi quantitativa del rischio da frana a scala nazionale

Federico Raspini & Samuele Segoni



OGS

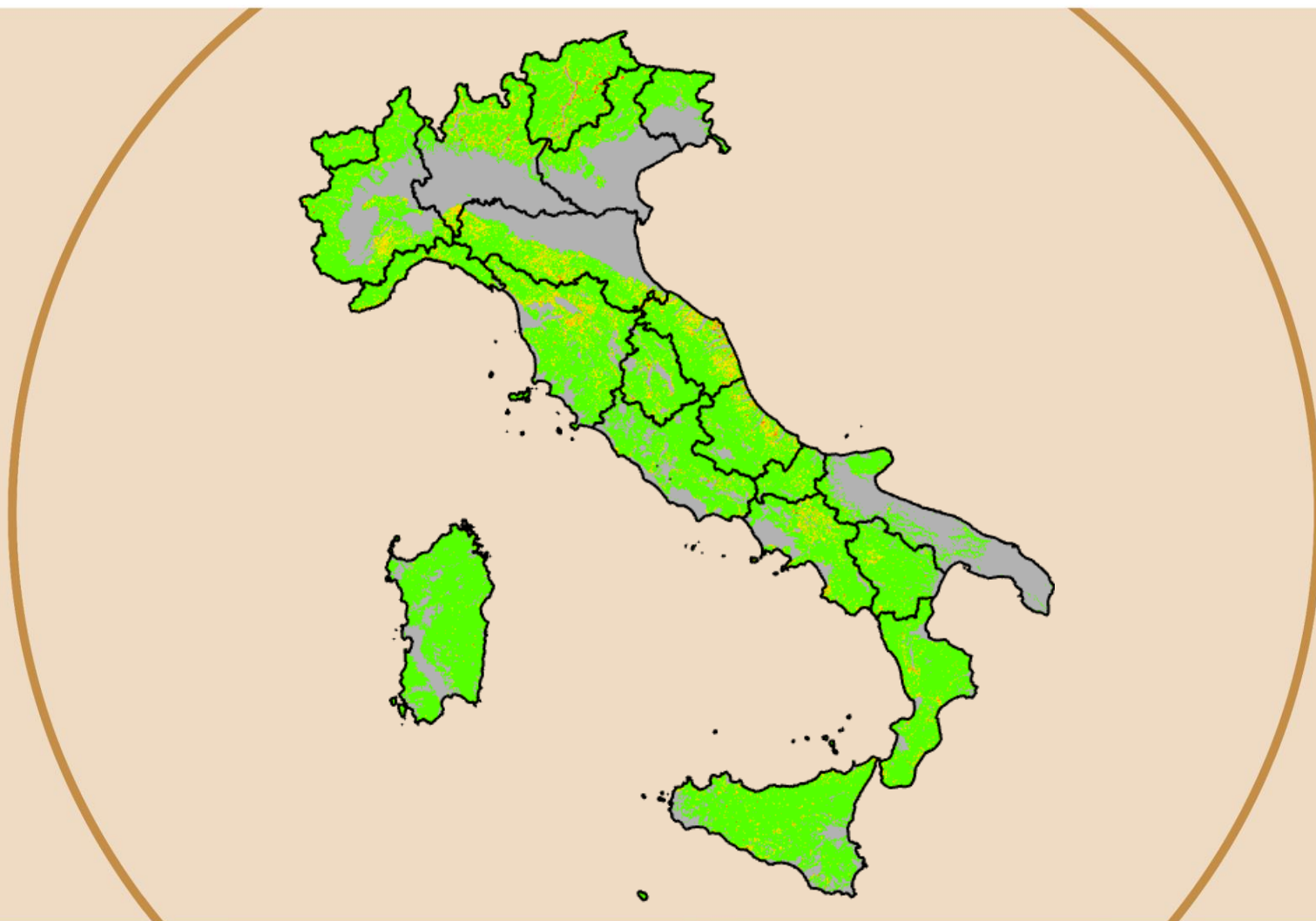
Istituto Nazionale
di Oceanografia
e di Geofisica
Sperimentale



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST

DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA



GeoSciencesIR

Indice

- Valutazione quantitativa del rischio frana
 - Obiettivo generale
 - Approccio metodologico
 - Dati di *input*
 - Mappatura della suscettibilità a scala nazionale
 - Definizione della vulnerabilità (in funzione dell'intensità e della resistenza)
 - Calcolo dell'esposizione: classificazione degli elementi a rischio
 - Risultati a scala nazionale

Obiettivo generale

Produzione di una **valutazione quantitativa del rischio da frana** per tutto il territorio nazionale.

Valutazione del danno atteso in termini monetari per l'edificato e per l'uso del suolo, applicando la formula:

$$R = S \times V \times E$$

(R) Rischio: valore atteso di perdite dovute al verificarsi di un evento di una data intensità, in una particolare area.

(S) Suscettibilità: probabilità spaziale che un determinato evento si verifichi.

(V) Vulnerabilità: propensione di un elemento (edifici, strutture, coperture del suolo) a subire danni in conseguenza al verificarsi dell'evento.

(E) Esposizione: valore degli elementi a rischio (edifici, strutture, coperture del suolo) esposti all'evento.

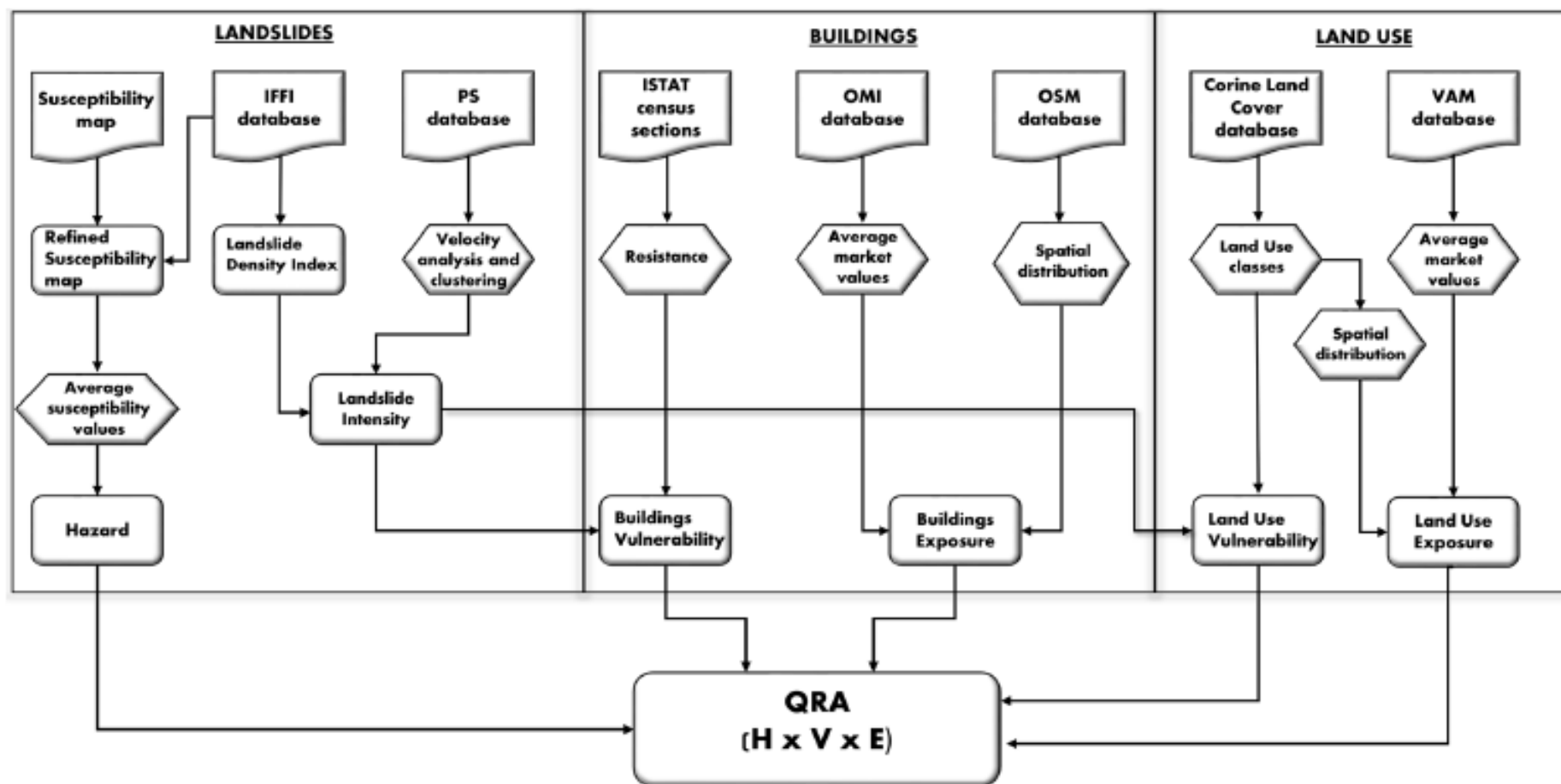
Il territorio italiano è stato suddiviso secondo un *grid* regolare con celle di 1 km², e per ogni cella del grigliato sono stati calcolati i parametri necessario per la valutazione del rischio.

Procedura a *step* successivi:

- Mappatura della suscettibilità a scala nazionale
 - Definizione delle funzioni di vulnerabilità
 - Calcolo dell'esposizione
- Mappatura del rischio a scala nazionale



Approccio metodologico



Procedura sviluppata in ambiente GIS, scalabile e utilizzabile a prescindere dalle caratteristiche (dettaglio e risoluzione) degli strati informativi di base e modulare, ovvero modificabile anche in un singolo passaggio, operando soltanto dei minimi cambiamenti all'architettura del modello.

La procedura definita ha consentito di avere a disposizione uno strumento altamente flessibile, modificabile rapidamente al variare dei dati di *input*.

Dati di input

<i>Dato di input</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Componente del rischio</i>	<i>Scala o risoluzione</i>	<i>Website / riferimento</i>
DTM	<i>Digital Terrain Model</i>	Parametri morfometrici per suscettibilità Maschera per l'analisi del rischio	10 m	http://tinitaly.pi.ingv.it/
Inventario IFFI	Inventario dei fenomeni franosi in Italia	Suscettibilità e Intensità	1:10.000 1: 25.000	https://www.isprambiente.gov.it/it
Litologia	Carta litologica d'Italia	Suscettibilità	1:500.000	https://www.isprambiente.gov.it
PGA	Mappe delle accelerazioni di picco	Suscettibilità	Nazionale	https://www.ingv.it/
Dataset interferometrici Sentinel-1 CNR-IREA	Mappe delle deformazioni del terreno	Intensità	Nazionale	Zinno et al. (2018); De Luca et al., (2018)
<i>Slope Units</i> CNR-IRPI	Database delle Unità di Versante	Intensità	Nazionale	https://geomorphology.irpi.cnr.it/too ls/slope-units Alvioli et al., (2016)
Sezioni censuarie ISTAT	Distribuzione spaziale aggregate degli edifici	Vulnerabilità	da 1:5.000 a 1:25.000	https://www.istat.it/
<i>Database OMI</i>	Valori di compravendita degli edifici	Esposizione	Zona OMI (sub-comunale)	https://www.agenziaentrate.gov.it/
OpenStreet Map	Distribuzione spaziale degli edifici	Esposizione	10 m	Fondazione CIMA
<i>Corine Land Cover (CLC)</i>	Distribuzione spaziale degli usi e coperture del suolo	Suscettibilità, vulnerabilità ed esposizione	Scala Europea	https://www.isprambiente.gov.it/it
Database VAM	Valori agricoli medi	Esposizione	Scala municipale	https://www.agenziaentrate.gov.it

Utilizzo di banche dati istituzionali, sufficientemente complete ed omogenee, a copertura di tutto il territorio nazionale, con particolare attenzione a informazioni elaborate all'interno di GeoSciences IR

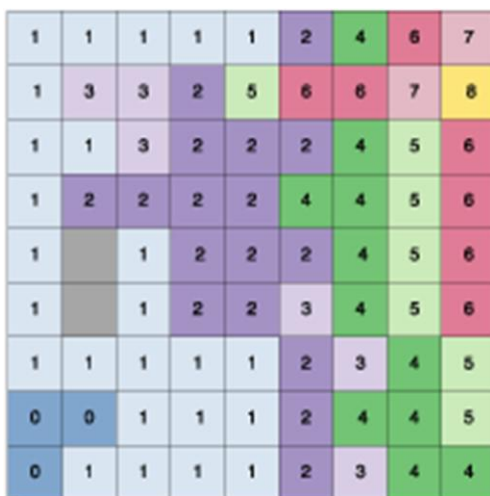
Determinazione della suscettibilità

La modellazione e la mappatura della suscettibilità da frana rappresentano gli *step* iniziali per la valutazione del rischio.

Il termine suscettibilità indica la probabilità che una frana si inneschi in un determinato luogo.

La mappatura della suscettibilità da frana si basa sulla divisione dell'area di studio in zone con differenti probabilità di occorrenza delle frane.

Questo processo rappresenta il primo passo verso una valutazione della pericolosità e del rischio, ma può anche coincidere con un prodotto finale per studi di pianificazione territoriale o di impatto ambientale.



Esistono svariate unità di mappatura nel campo dell'analisi della suscettibilità da frana (celle regolari, unità di versante, etc.)

Celle regolari: permettono di avere informazioni sui fattori predisponenti molto accurate (elevata risoluzione spaziale), ma non tengono conto del contesto geomorfologico

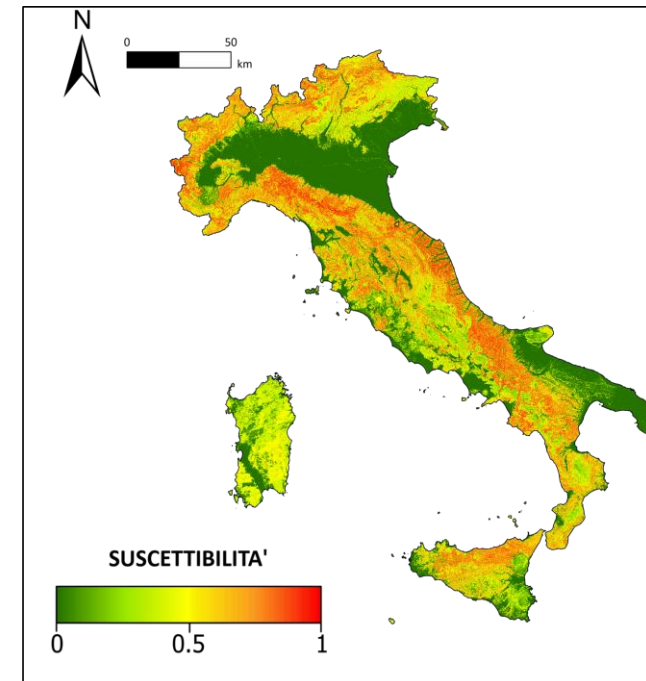
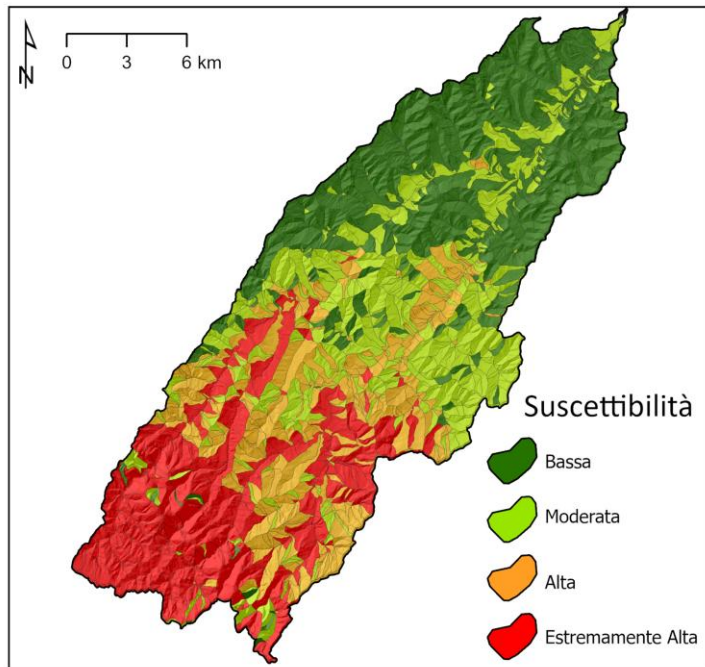


Determinazione della suscettibilità

Esistono numerosi metodi per la mappatura della suscettibilità, che possono essere suddivisi in qualitativi e quantitativi.

I metodi qualitativi (mappatura geomorfologica, metodi euristici) si basano sulle abilità dell'operatore di determinare, classificare e assegnare un peso a diversi fattori di instabilità. Metodi soggettivi, non replicabili e non applicabili su aree vaste.

I metodi quantitativi (modelli *data-driven*) si basano sull'assunzione che le frane passate sono la chiave per prevedere quelle future. La relazione tra fattori predisponenti ed innescanti e la distribuzione di frane è valutata statisticamente. Approcci statistici (più interpretabili) e approcci di *machine/deep learning* (più accurati).



Determinazione della suscettibilità

Modelli *data-driven* – come funzionano?

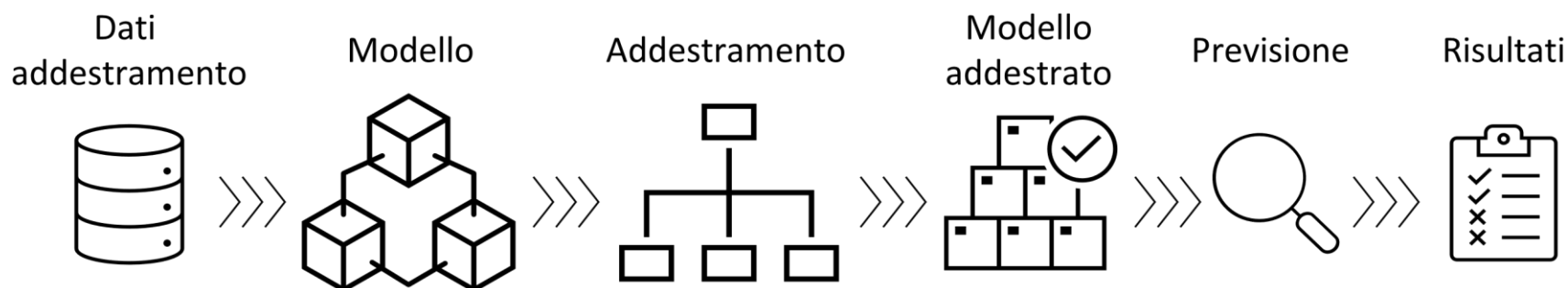
Vengono modellate le relazioni tra due variabili: dipendente e indipendenti.

Variabile dipendente: rappresenta il *target* del modello, ovvero la presenza o assenza di frane (struttura binaria). E' ricavata da un inventario dei fenomeni franosi (in questo caso IFFI).

Variabili indipendenti: rappresentano i fattori predisponenti / innescanti dei fenomeni franosi.

Il modello utilizza le frane passate per studiare le relazioni statistiche tra l'occorrenza delle frane i vari fattori predisponenti ed innescanti in ogni unità di mappatura.

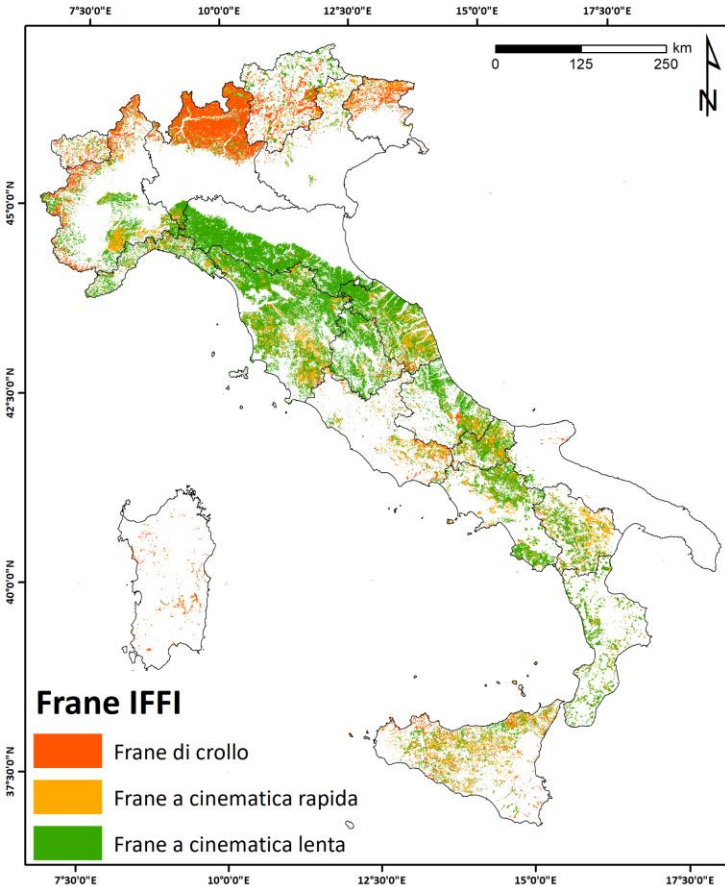
Il modello "addestrato" è impiegato per definire una probabilità di occorrenza delle frane per ogni unità di mappatura.





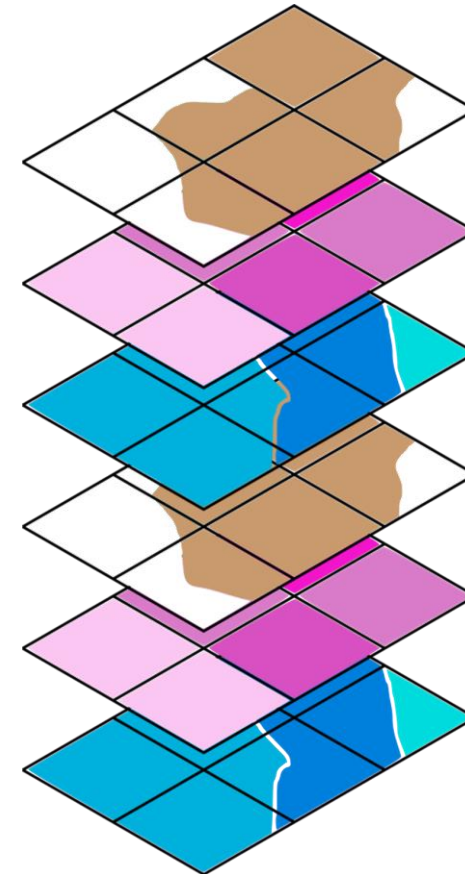
Determinazione della suscettibilità

Definizione a scala nazionale delle variabili **dipendenti**



Classi	Tipologia di movimento IFFI	%
FRANE DI CROLLO	Crollo/ribaltamento Aree soggette a crolli e ribaltamenti diffusi	13.7
FRANE RAPIDE	Colamento rapido Aree soggette a frane superficiali diffuse	13.9
FRANE LENTE	Scivolamento rotazionale e traslativo Colamento lento Complesso DGPV Non determinato	72.3
ESCLUSE	Sprofondamenti Espansione	0.1

Definizione a scala nazionale delle variabili **indipendenti**



Esposizione
Curvatura planare
Curvatura di profilo
Curvatura bidirezionale
Pendenza
Quota
Stream Power Index
Topographic Wetness Index
Logaritmo dell'area drenata
Litologia
Copertura del suolo
Distanza dai fiumi
Ambito



Determinazione della suscettibilità

Realizzazione e ottimizzazione di un programma per l'analisi della suscettibilità

Random Forest Regressor for Landslide Susceptibility

Mapping
ItaTraining_test_Appennino_fraieiente_bilanciato_PGA_rain15.dbf.xlsx

Settings
Message window
Output parameter changed: 32
% left for testing: 30
Trees: 120
Test# Trees

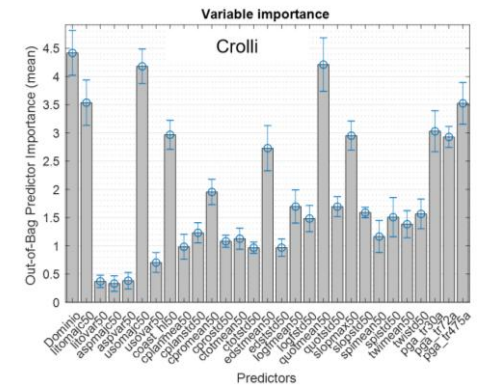
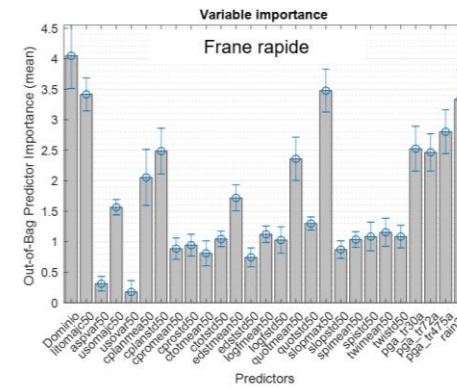
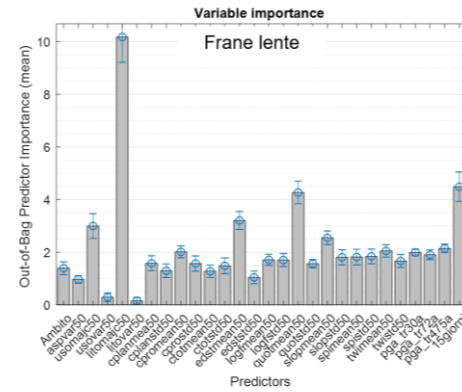
#	POINT_X	POINT_Y	aspmajc50	aspar50	usomajc50	usovar50	litc
1	7.6921e+05	4.2085e+06	2	2	8	1	
2	7.6948e+05	4.2072e+06	2	2	8	1	
3	7.6884e+05	4.2076e+06	3	1	10	1	
4	7.6905e+05	4.2084e+06	3	2	12	1	
5	4.6033e+05	4.3336e+06	2	3	5	1	
6	4.5819e+05	4.3369e+06	6	2	1	1	
7	4.5780e+05	4.3381e+06	6	2	6	1	
8	4.5765e+05	4.3379e+06	5	3	6	1	

Results of regression

Select usable params
POINT_X
POINT_Y
aspmajc50
aspar50
usomajc50
usovar50
litomajc50
litovar50
cplanmea50
cplanstd50
cpromean50
cprostd50
ctotmean50
ctotstd50
edstmean50
edststd50
logfmean50

Select categorical params
aspmajc50
aspar50
usomajc50
usovar50
litomajc50
litovar50
cplanmea50
cplanstd50
cpromean50
cprostd50
ctotmean50
ctotstd50
edstmean50
edststd50
logfmean50

Select output variable
logfmean50
logfst50
logfstd50
quotstd50
slopmean50
slopstd50
spimean50
spistd50
twimean50
twistd50
pga_tr30a
pga_tr72a
pga_tr475a
15giorni
DENS_FRAN



Conduzione di *test* quantitativi per definire la configurazione ottimale dei modelli di suscettibilità, la selezione dei modelli di suscettibilità, la loro applicazione su tutto il territorio italiano e la riclassificazione dei risultati per definire le mappe di suscettibilità.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



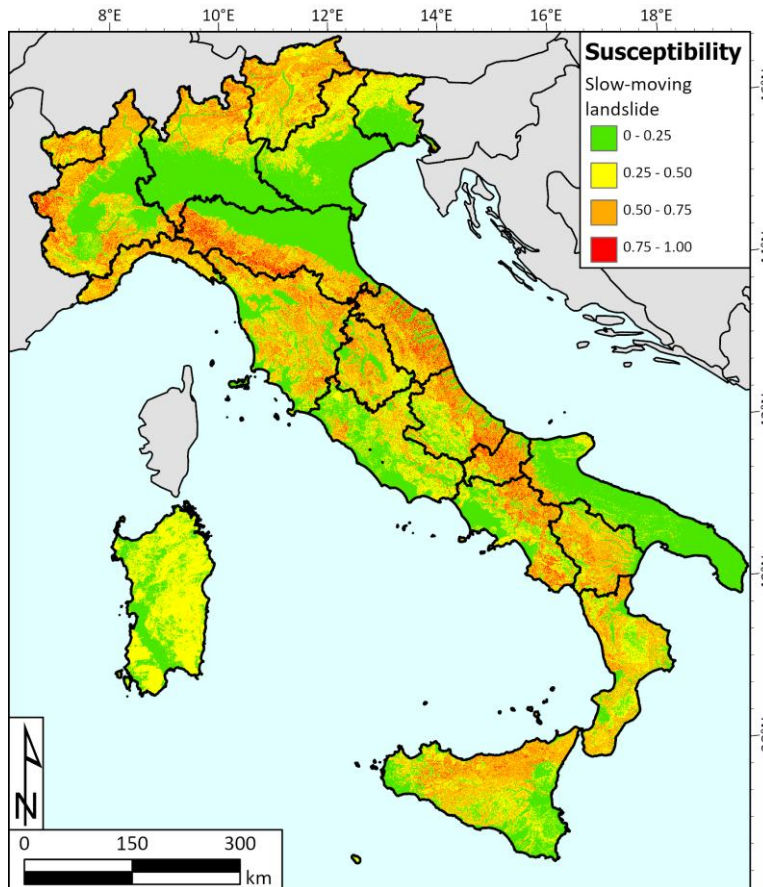
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



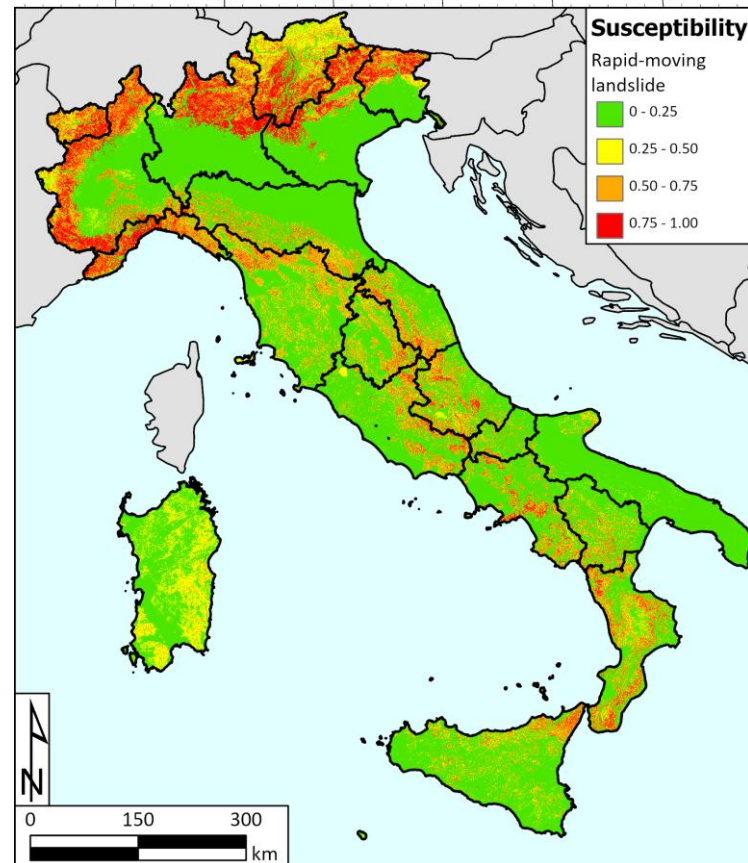
Strategia Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Determinazione della suscettibilità

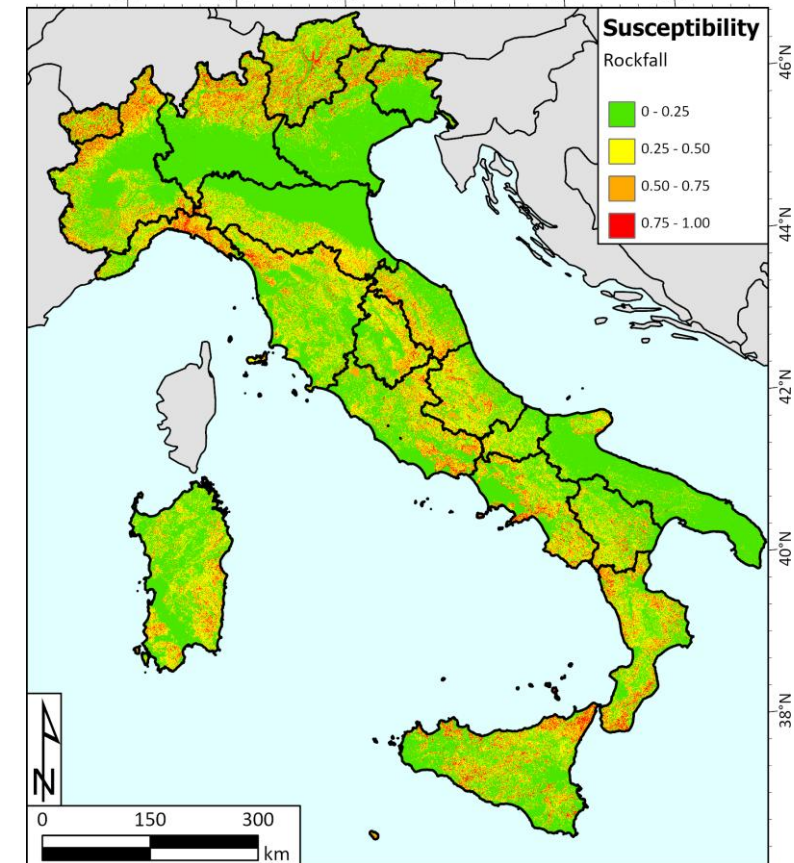
Frane a cinematica lenta



Frane a cinematica rapida



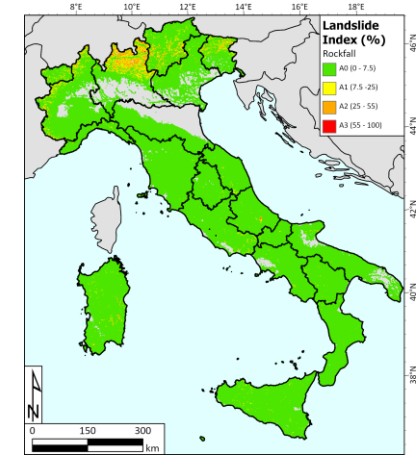
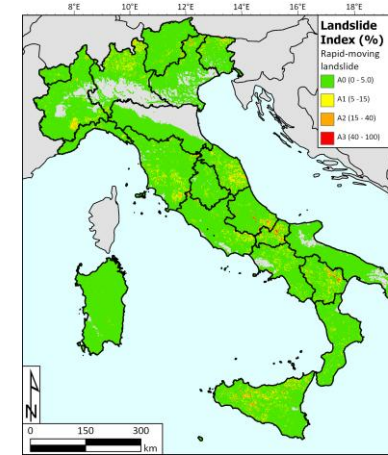
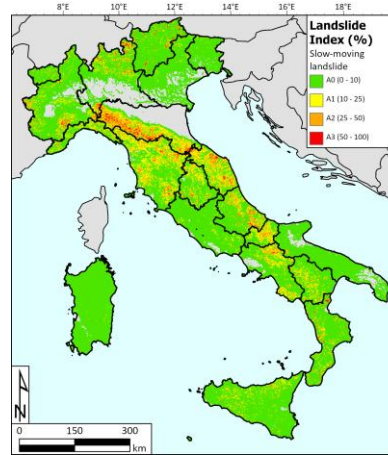
Frane di crollo



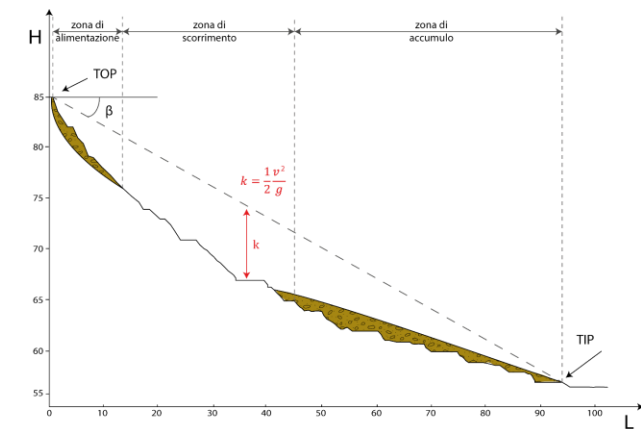
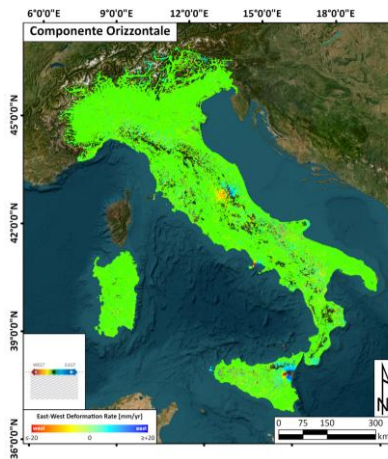


Determinazione della vulnerabilità – parametro intensità

Indice di franosità



Velocità dei fenomeni



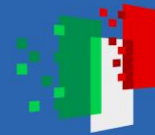
L'intensità da frana è stata stimata in funzione della densità da frana e della loro velocità all'interno dell'areale di riferimento.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



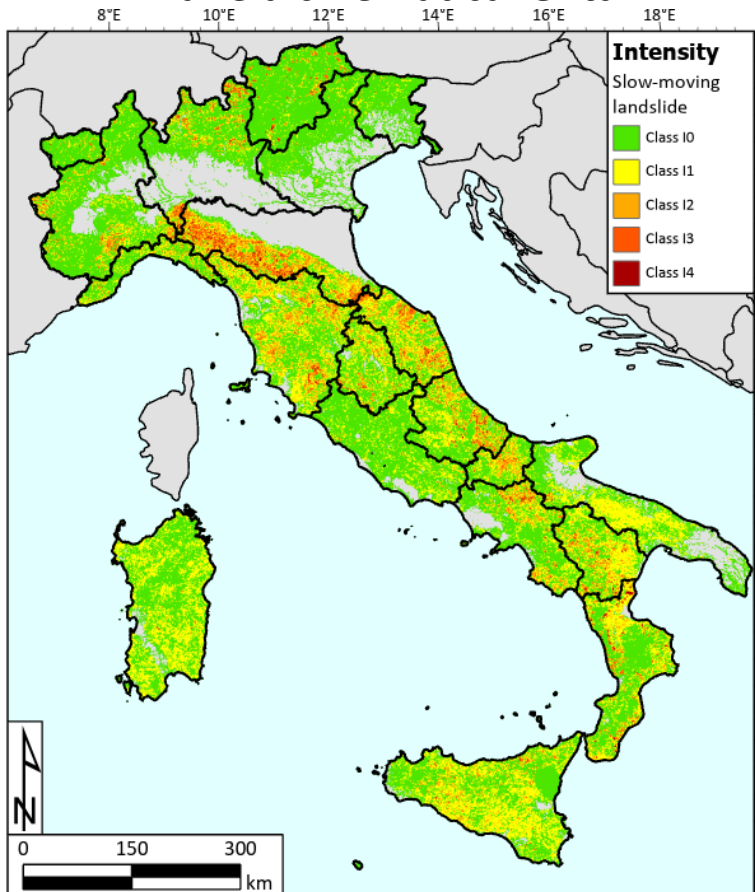
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



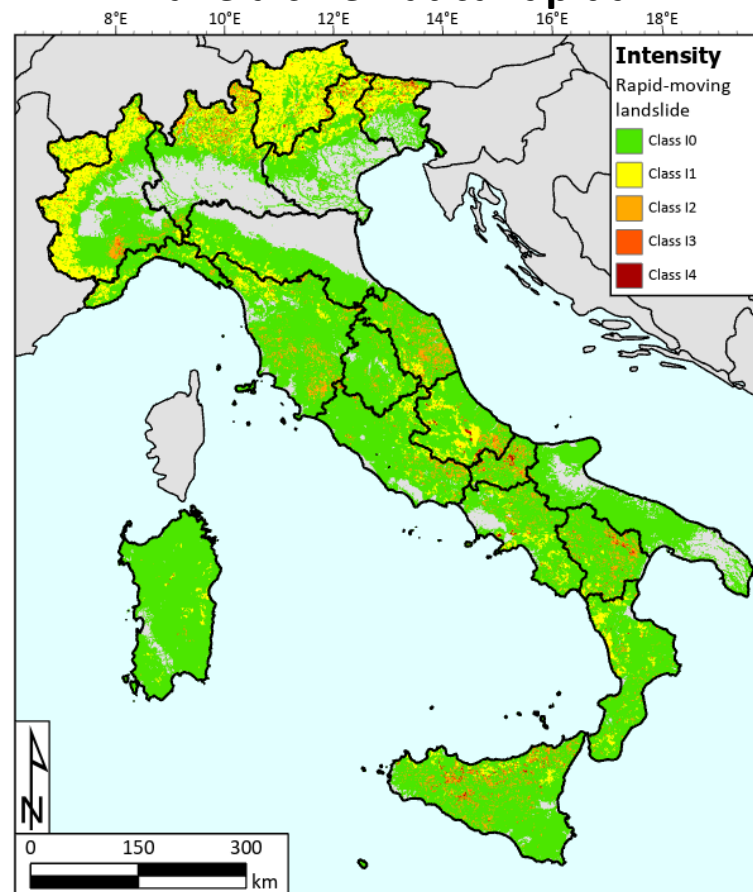
Programma Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Determinazione dell'intensità

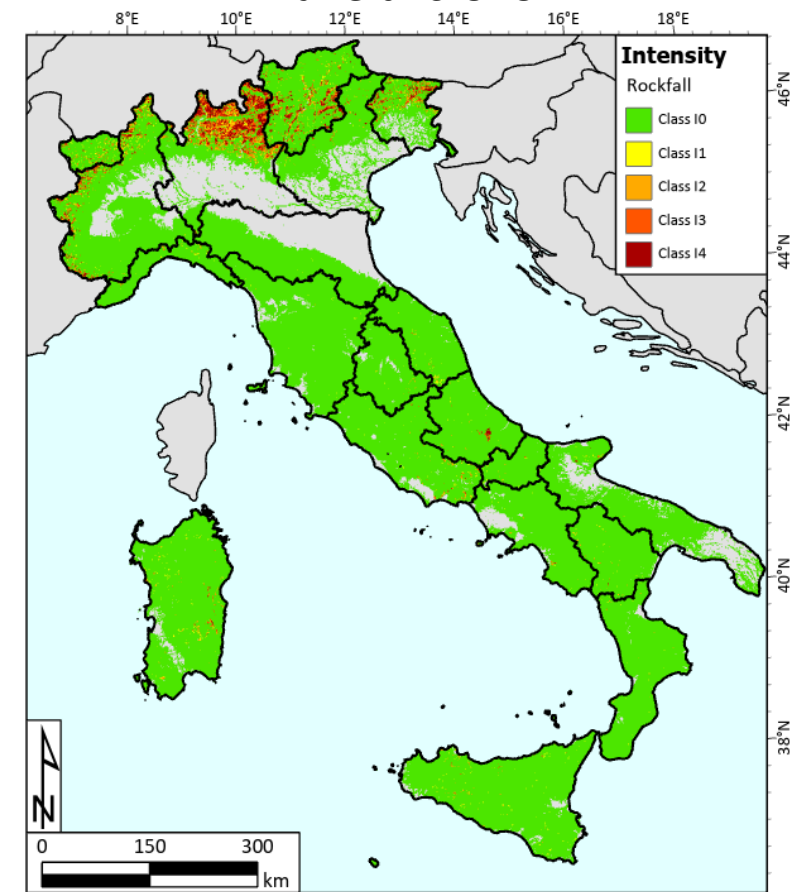
Frane a cinematica lenta



Frane a cinematica rapida



Frane di crollo

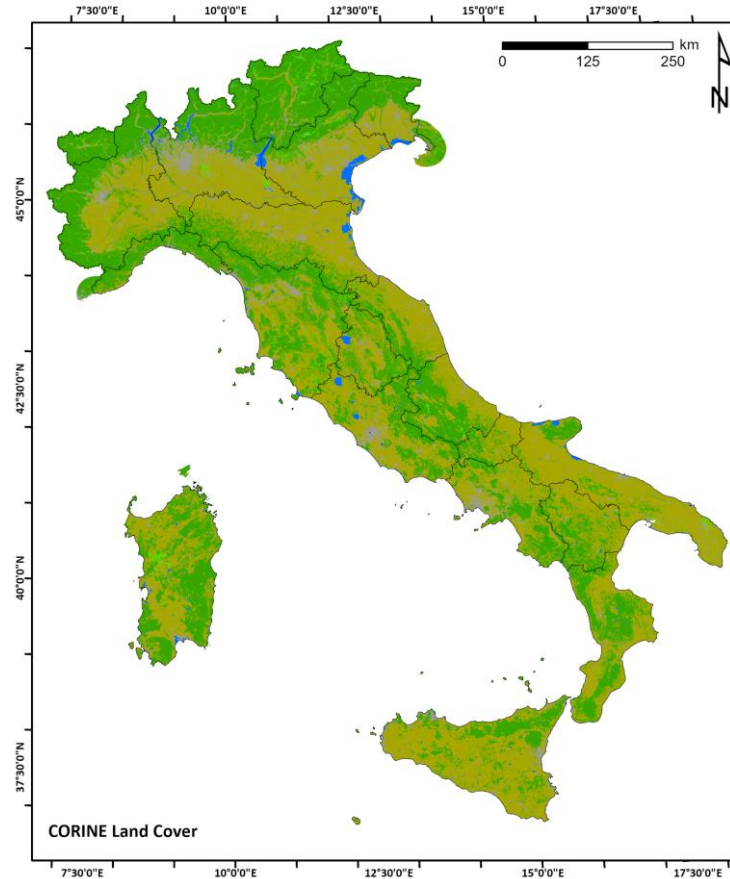
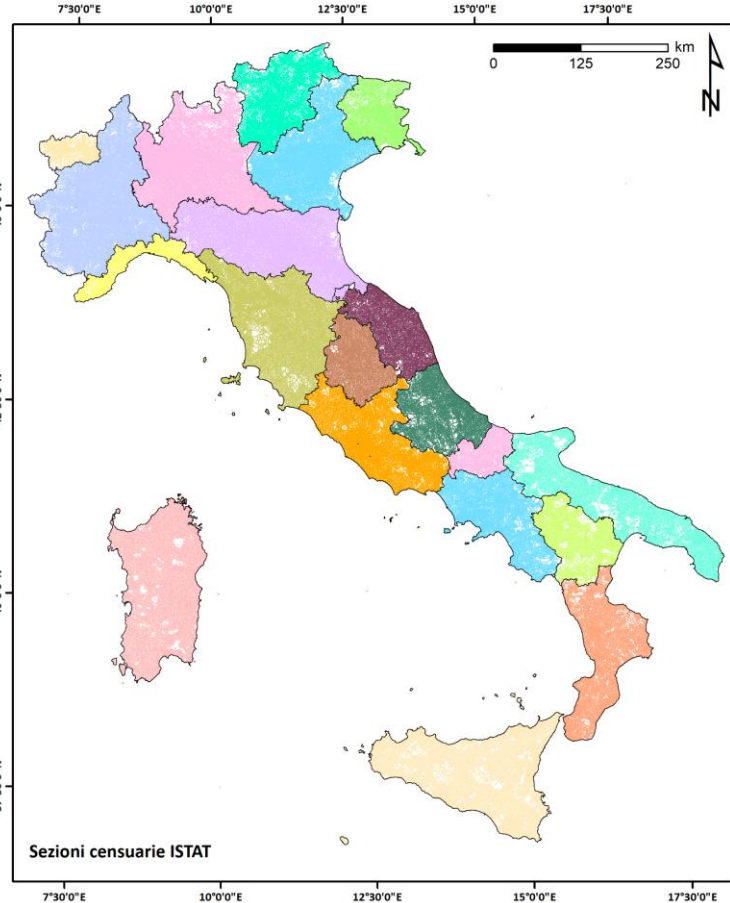




Determinazione della vulnerabilità – parametro resistenza

Edifici

Uso del suolo

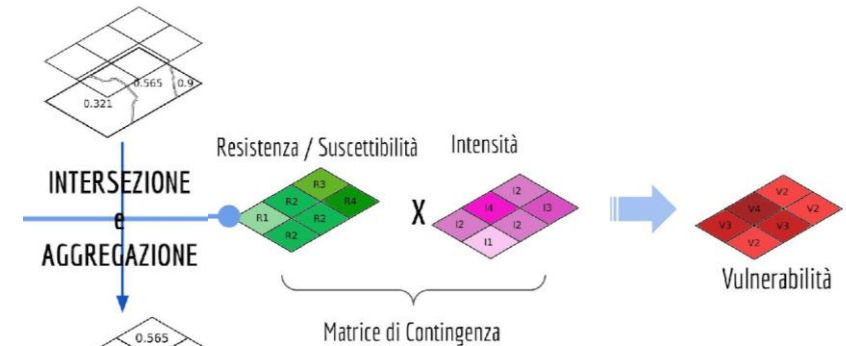


Edifici – Sezioni censuarie ISTAT

Uso del suolo – CORINE Land Cover

Definizione a scala nazionale della resistenza delle strutture per le tre tipologie di frana

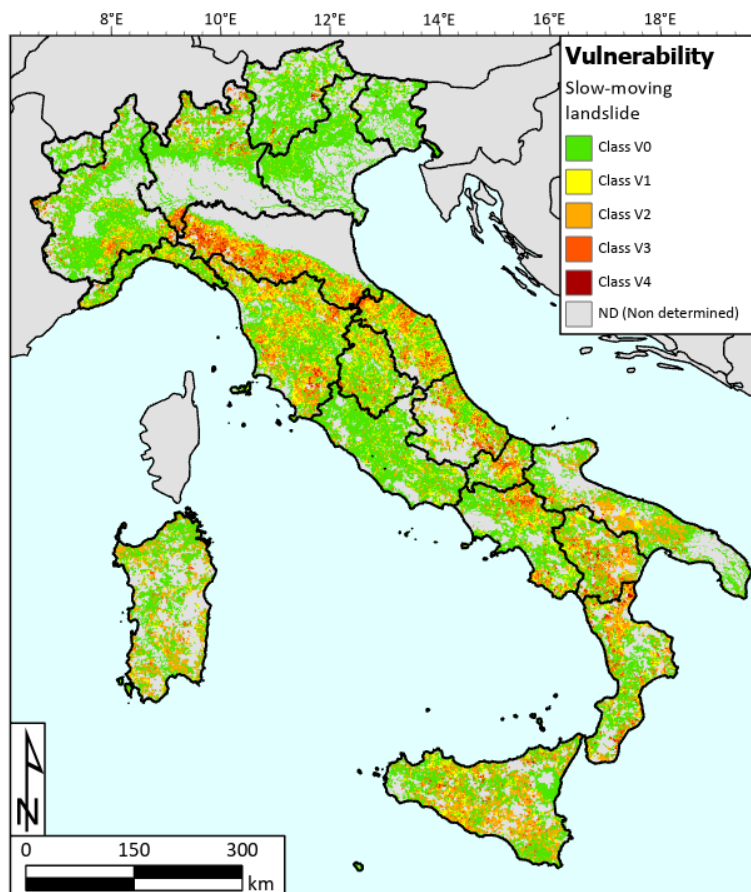
Aggregazione delle classi del CORINE. Attribuzione di indicatori di vulnerabilità



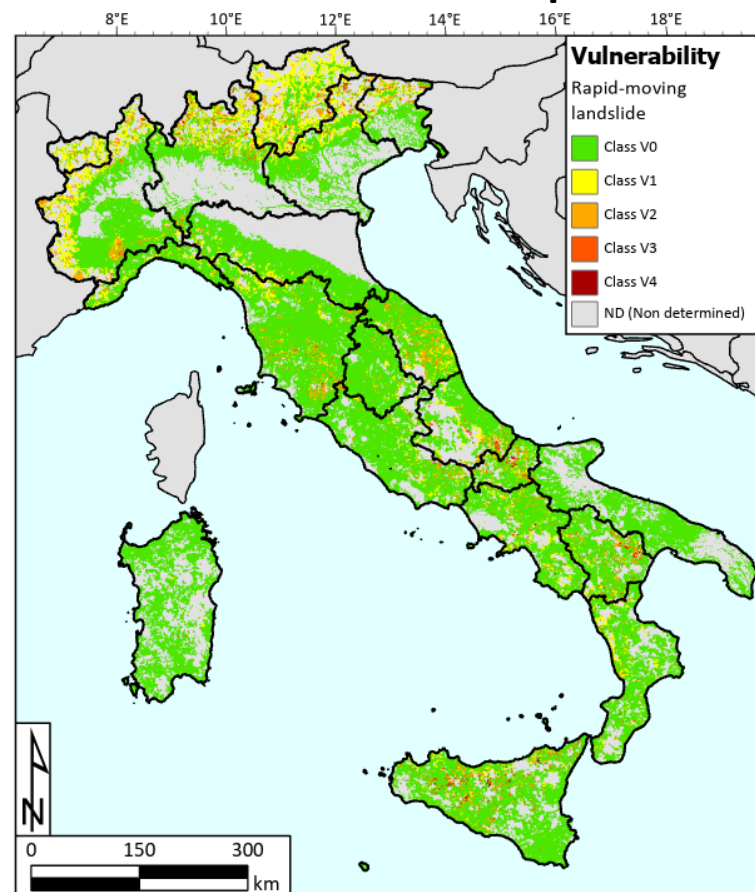


Determinazione della vulnerabilità degli edifici (in funzione dell'intensità e della resistenza)

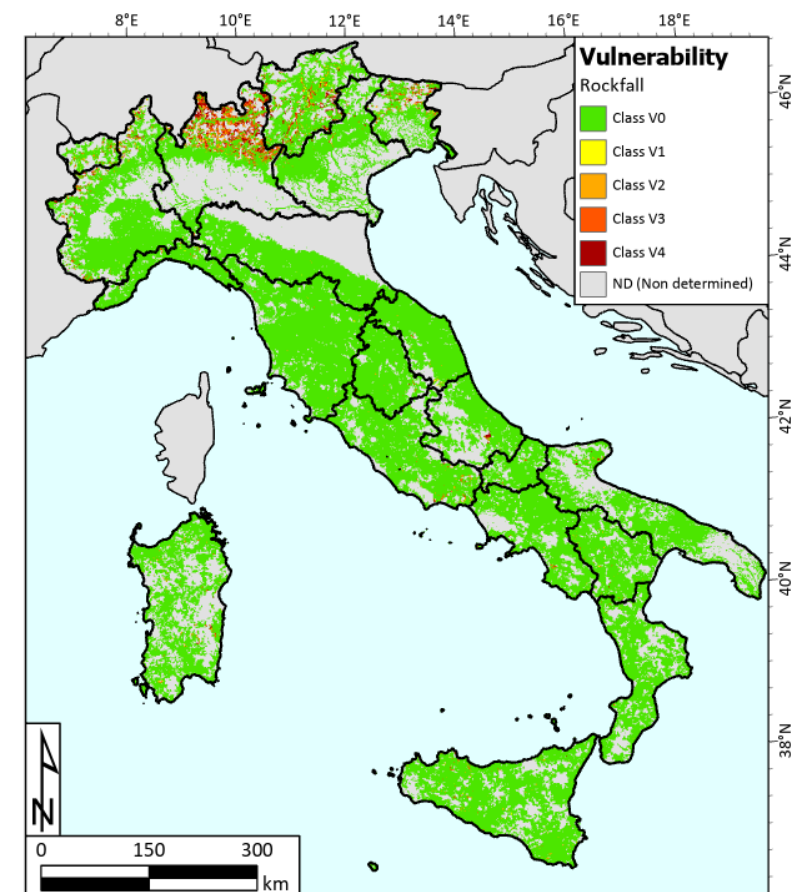
Frane a cinematica lenta



Frane a cinematica rapida



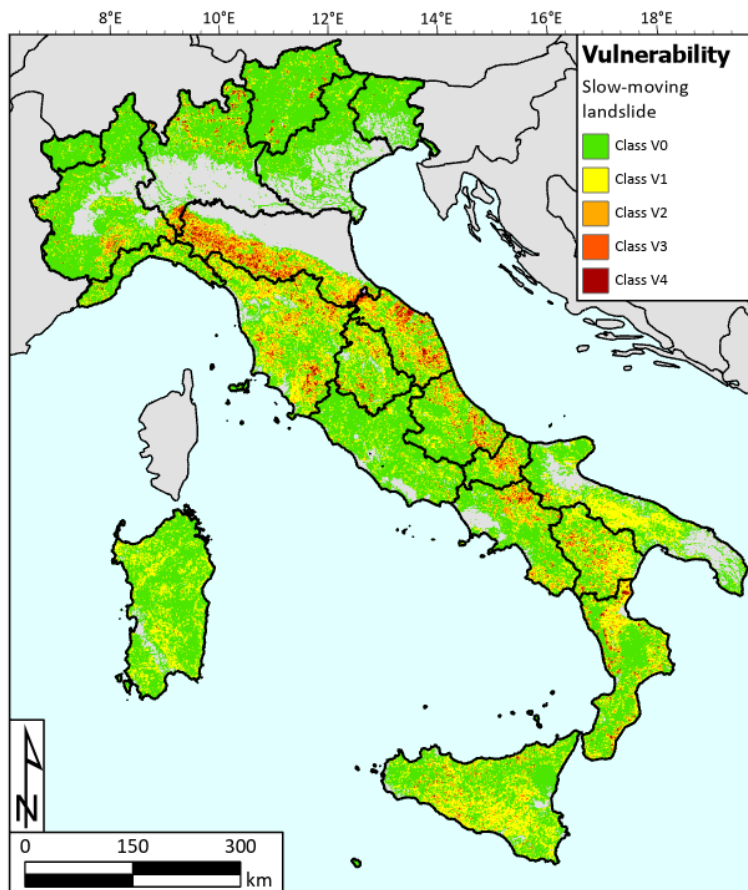
Frane di crollo



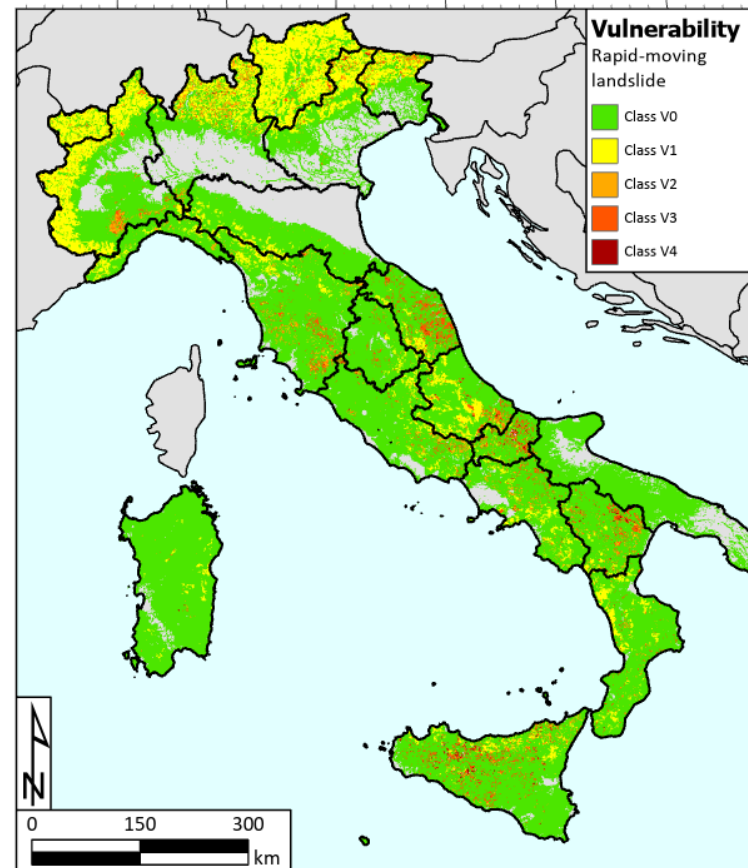


Determinazione della vulnerabilità dell'uso del suolo (in funzione dell'intensità e della classe)

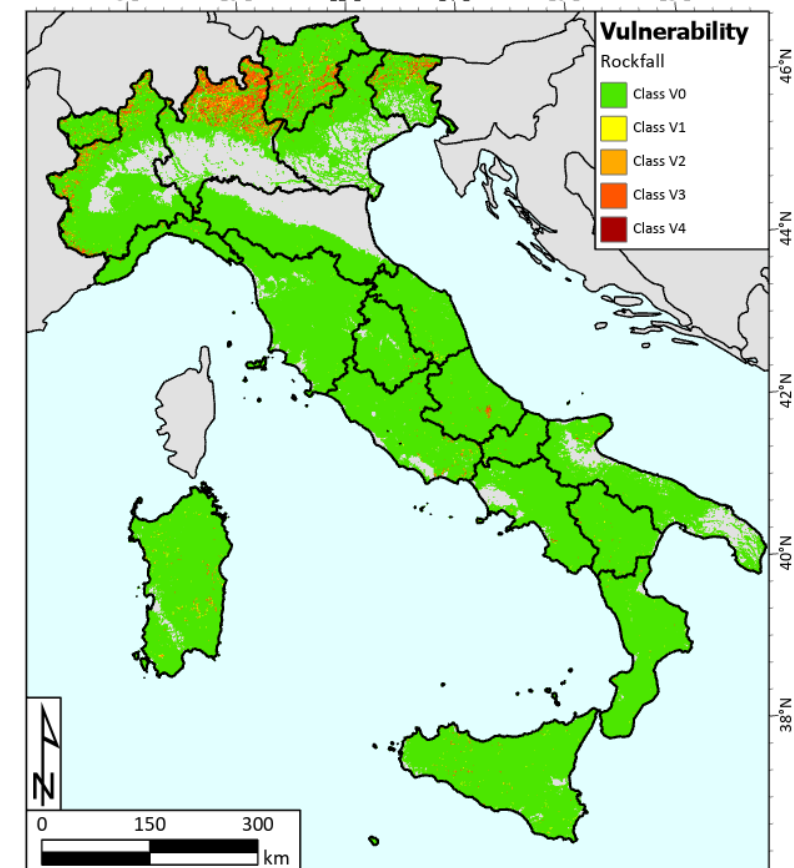
Frane a cinematica lenta



Frane a cinematica rapida



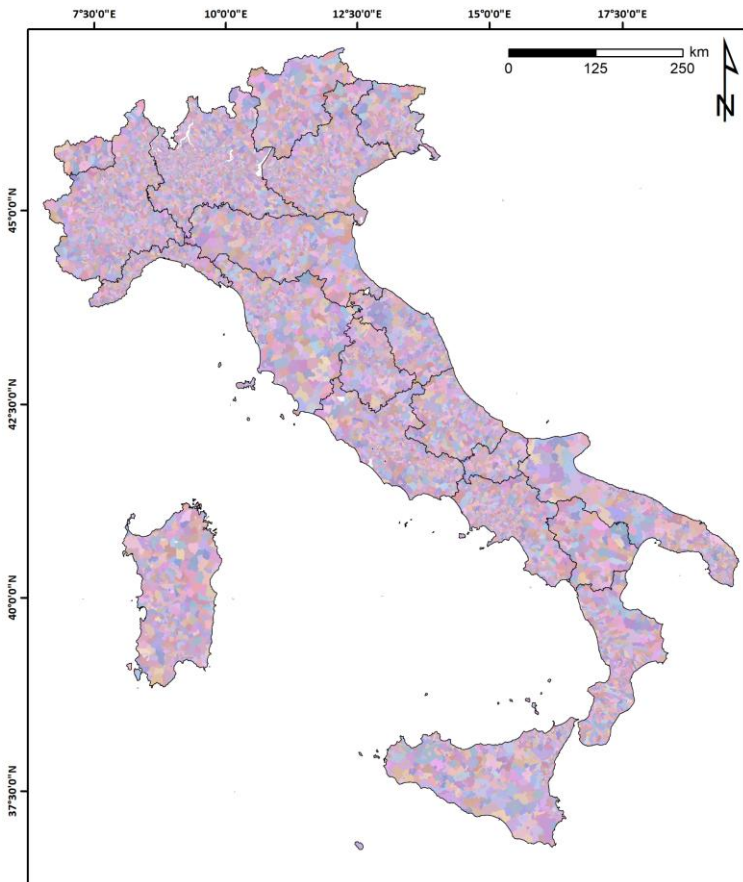
Frane di crollo



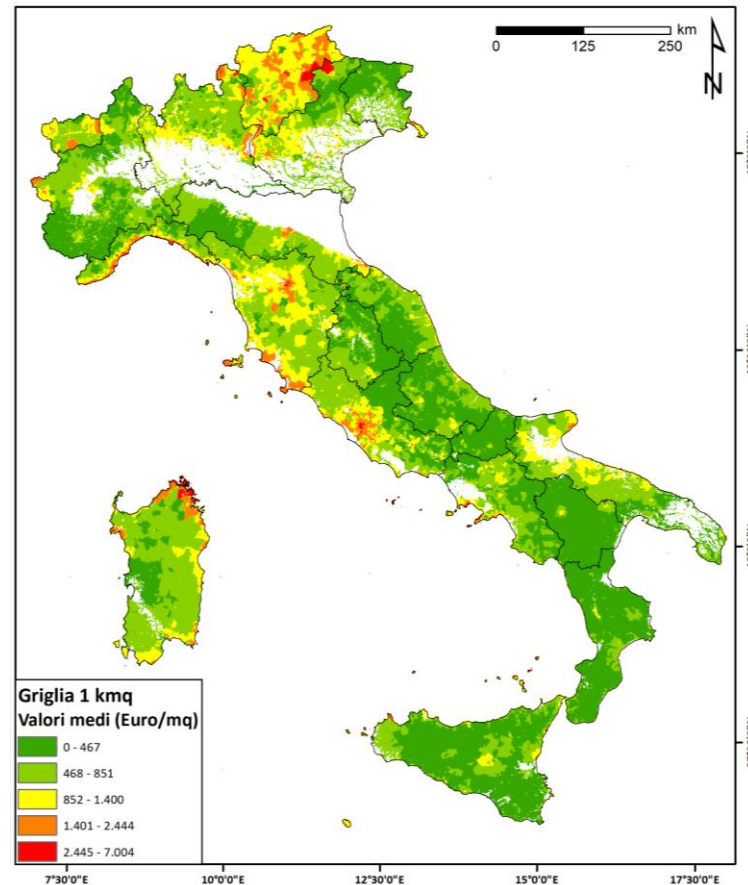


Calcolo dell'esposizione: classificazione degli elementi a rischio - edifici

Zone OMI



Valori medi di compravendita



Edifici – Catalogo OMI (Osservatorio
del Mercato Immobiliare)
dell'Agenzia delle Entrate

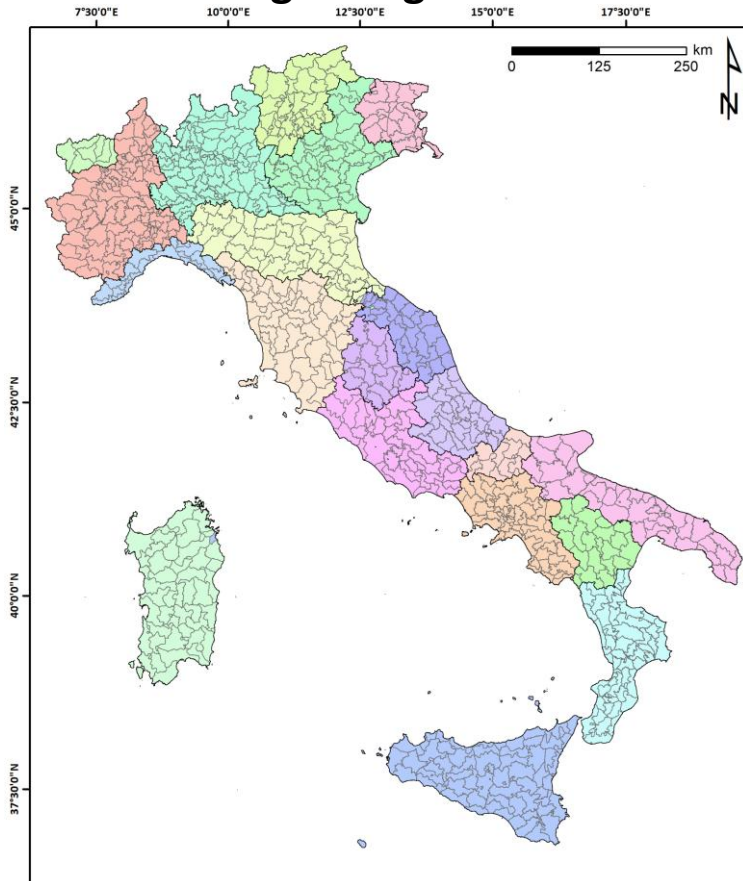


Circa 27.000 zone con quotazioni
immobiliari semestrali che
esprimono un intervallo
minimo/massimo (In Euro/m²) dei
valori di mercato e locazione per
tipologia d'uso dell'immobile

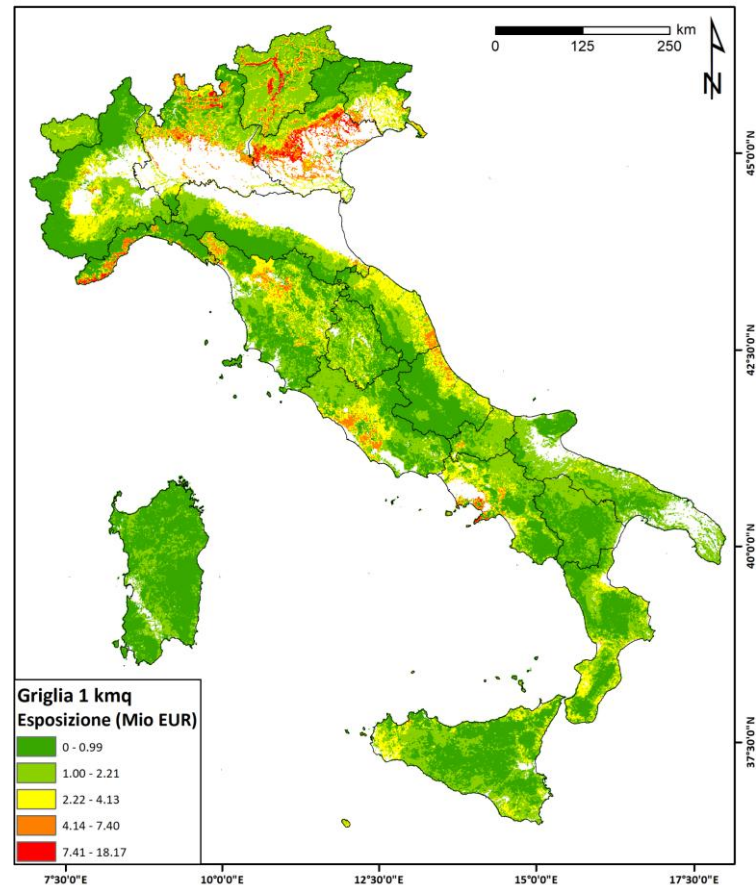


Calcolo dell'esposizione: classificazione degli elementi a rischio - edifici

Regioni agrarie



Valori agricoli medi



Uso del suolo – Valori Agricoli Medi
(VAM) dell'Agencia delle Entrate

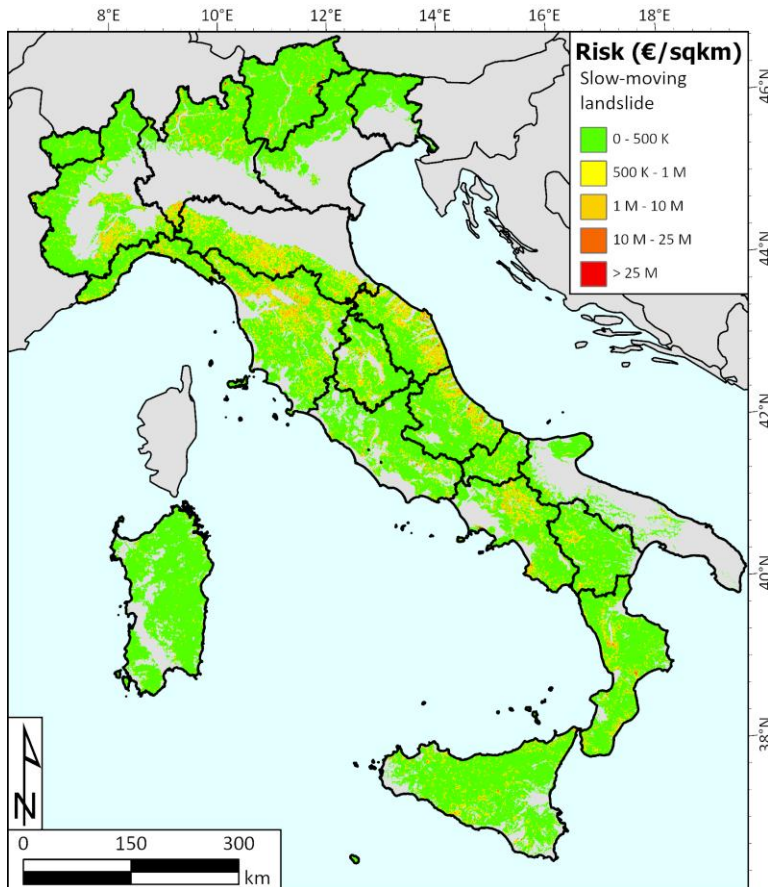


Circa 820 Regioni Agrarie con scopo
di estimo catastale per la
determinazione dei Valori Agricoli
Medi dei terreni secondo i tipi di
coltura effettivamente praticati, e
rilevati nell'anno solare precedente

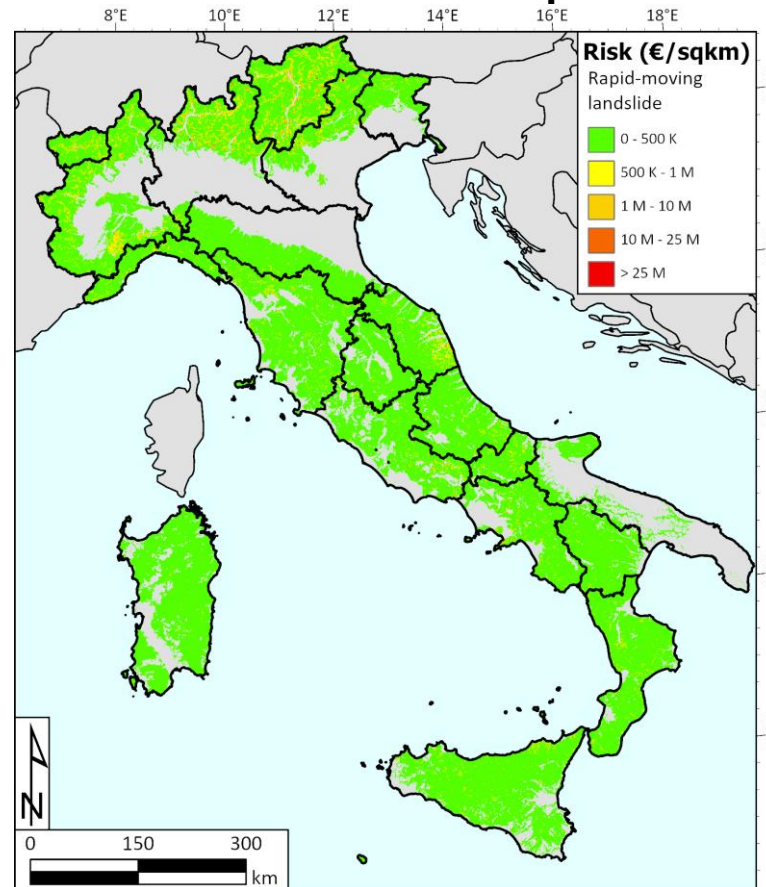


Valutazione quantitativa del rischio frana

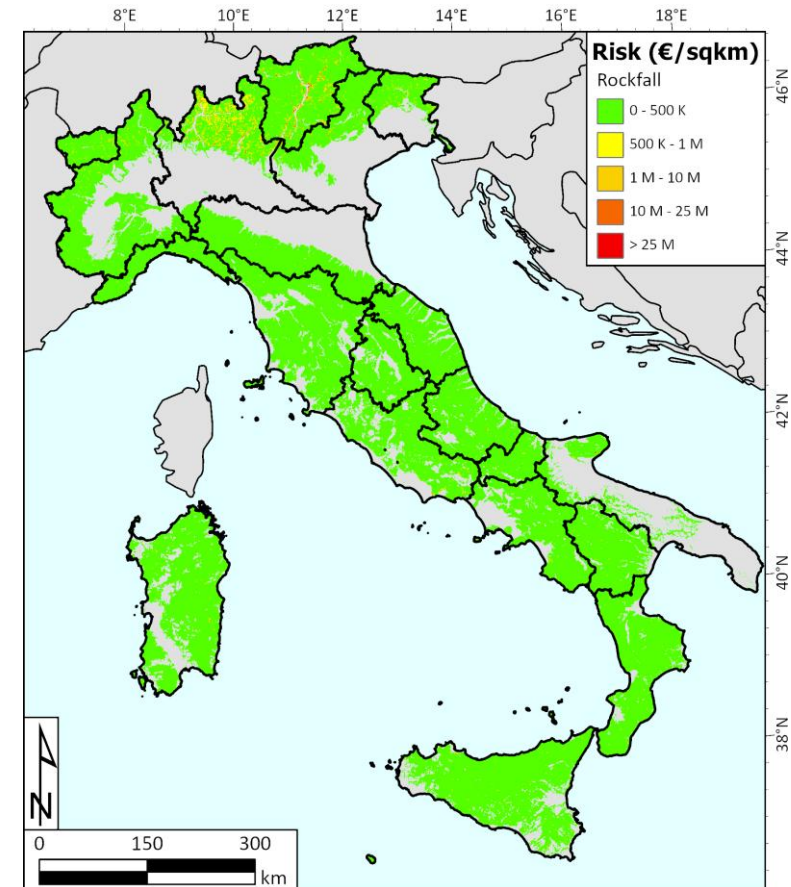
Frane a cinematica lenta



Frane a cinematica rapida



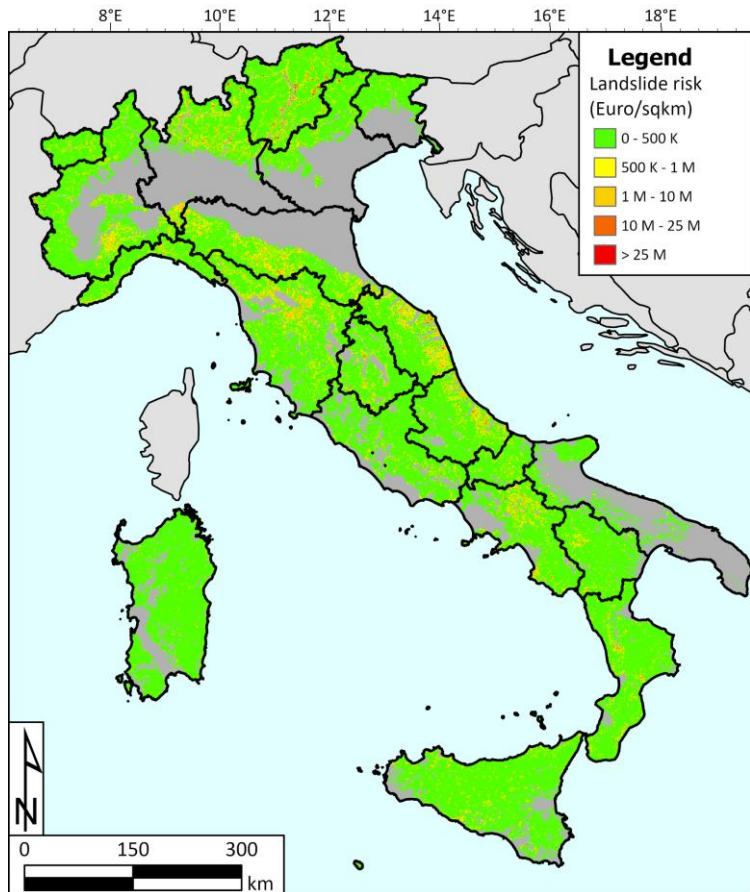
Frane di crollo



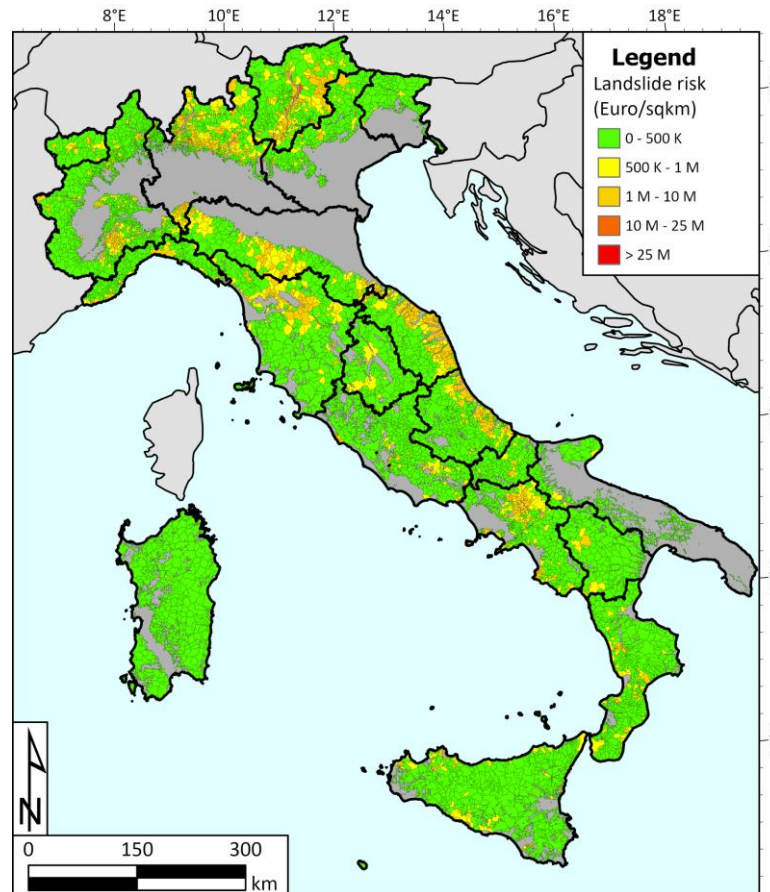


Valutazione quantitativa del rischio frana - aggregazione

Rischio frana (celle km²)



Rischio medio (scala comunale)



Rischio frana
Celle km²

↓
Total risk €74.7 B
Highest value €228 M
Average value €345 K
Cell > 1 M = 7%
Cell > 10 M = 0.4%

Rischio medio
Scala comunale

↓
Lacco Ameno €53.1 M
Forio €39.2 M
Bolzano €24.8 M
Mezzolombardo €17.1 M
Valmadrera €16.9 M



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

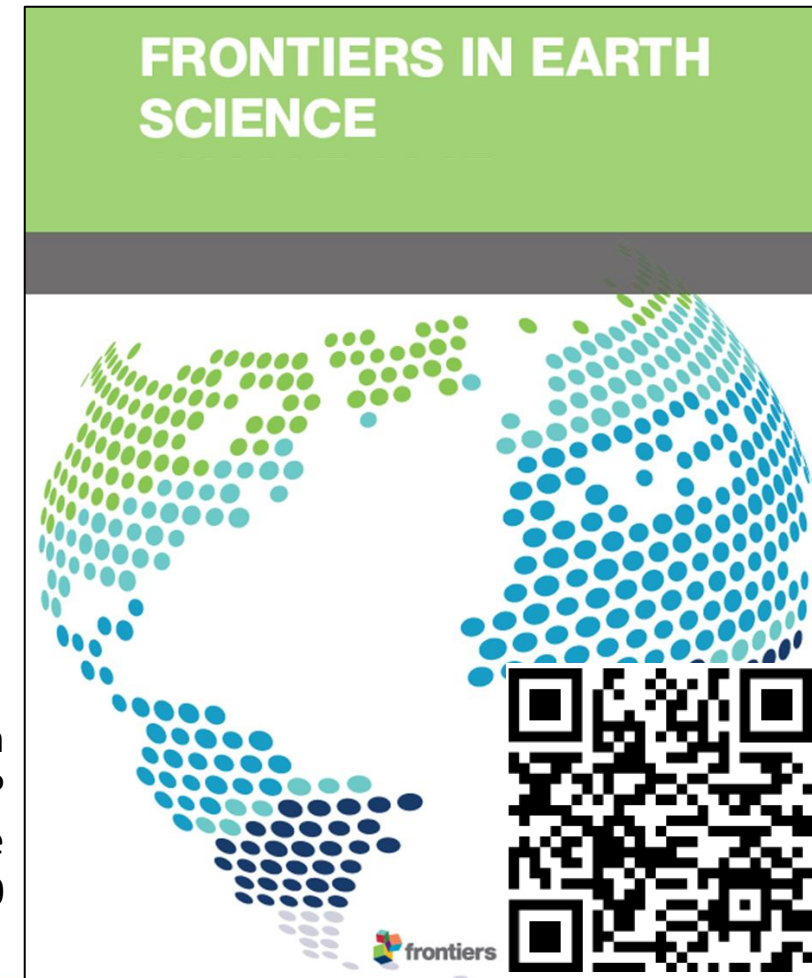


Bibliografia e sitografia



Caleca, Francesco, et al. "A methodological approach of QRA for slow-moving landslides at a regional scale." *Landslides* 19.7 (2022): 1539-1561.

Caleca, Francesco, et al. "How can landslide risk maps be validated? Potential solutions with open-source databases." *Frontiers in Earth Science* 10 (2022): 998885.



Disclaimer

L'Autore/gli Autori è/sono pienamente responsabile/i di tutti i contenuti inseriti nella presentazione. I contenuti di questa presentazione (testo, grafica, immagini e altri materiali) non violano i diritti di terzi e sono nella piena e libera disponibilità, avendo acquisito da ogni eventuale terzo avente diritto su di essi espressa autorizzazione alla pubblicazione; pertanto saranno utilizzati per le finalità strettamente connesse al progetto GeoSciences IR.





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

PNRR "GeoSciences IR" - Missione 4 "Istruzione e Ricerca" - Componente 2 "Dalla ricerca all'impresa" -
Linea di investimento 3.1 "Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione"
Finanziato dall'Unione Europea NextGenerationEU CUP: I53C22000800006



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI SALERNO



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO
BICOCCA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DELL'INSUBRIA



Politecnico
di Torino



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DEL MOLISE



OGS

Istituto Nazionale
di Oceanografia
e di Geofisica
Sperimentale



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO



Università
degli Studi
di Palermo



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
TUSCIA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI CAGLIARI