

seminario

Gorizia - 2 luglio 2011

Alcune tecniche di analisi del rischio indotto da frane

Ing. Monica Barbero

III parte



AVAMIRI

MASTER DI 2° LIVELLO IN
ANALISI VALUTAZIONE E MITIGAZIONE
DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

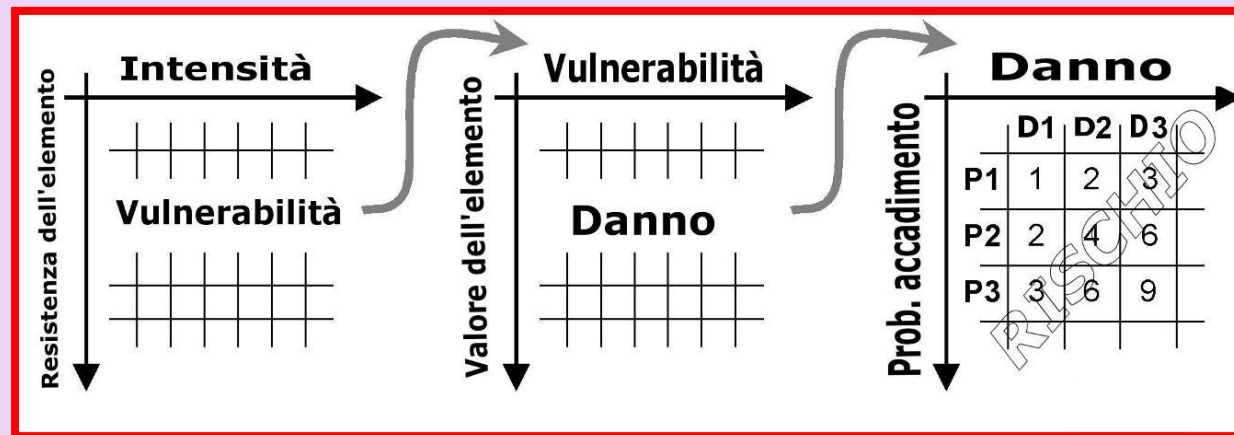
Analisi di rischio per frana con metodo Imiriland

La metodologia Imiriland (Impact of Large Landslides in the Mountain Environment: Identification and Mitigation of Risk - Bonnard et al., 2004) si basa su tre fasi principali:

- Analisi della pericolosità e della relativa probabilità di accadimento
- Analisi del danno
- Calcolo del rischio

Due sono gli aspetti principali del metodo:

- Ogni componente del rischio è espressa numericamente e l'analisi si sviluppa per fasi consequenziali, per mezzo di semplici operazioni matematiche ed un approccio matriciale



- Si utilizzano i Sistemi Informativi Geografici che velocizzano e semplificano le fasi di calcolo e di mappatura del rischio. In questo modo ciascun componente della pericolosità e del rischio è rappresentato spazialmente

Analisi della pericolosità

Si utilizza un approccio multidisciplinare che integra diverse analisi:

- geologiche e geomorfologiche, per la comprensione delle geometrie del corpo frana e dei meccanismi di innesco
- storiche, per la ricostruzione di eventi pregressi
- dei dati di monitoraggio, per la ricostruzione delle relazioni tra i movimenti della frana e il tempo.

Ognuna delle analisi fornisce dei dati che sono impiegati come dati ingresso nelle analisi successive. Sono quindi consequenziali.

Tali analisi consentono la costruzione del modello geomeccanico del sistema analizzato che conduce alla caratterizzazione della pericolosità e alla definizione della probabilità di accadimento.

Analisi del danno

Si procede secondo 3 fasi:

1. Identificazione e valutazione degli elementi a rischio
2. Valutazione della vulnerabilità
3. Calcolo del danno atteso
4. Si sovrappone l'area coinvolta dalla frana con i dati territoriali (piano regolatore...).

1. Il metodo Imiriland classifica gli elementi a rischio in 4 categorie di valore:

- **Fisico**: valore dei beni (in base alla tipologia e ai costi di ricostruzione)
- **Economico**: valore delle attività produttive o commerciali
- **Sociale**: valore legato alla presenza dell'uomo e all'utilità sociale del bene
- **Ambientale**: valore floro-faunistico, paesaggistico, architettonico

In questo modo si mantengono separati i beni dalle persone, attività economiche e beni ambientali, con semplificazione della procedura di analisi.

Esempio di valutazione dei valori relativi

Element at risk	Assets relative value	Relative value of economic activities interrup.	Env. relative value
Densely built modern cities (with high-rise buildings)	4	4	1
Historical city centres	4	2	4
Residential areas	4	1	1
Productive or industrial areas	4	4	1
Strategical services and facilities	4	4	2
Extra-municipal infrastructures and plants	4	4	2
Valuable buildings or valuable rural centres (historical, architectonic, artistic and/or cultural value)	3	1	3
Tourist accommodation - buildings	3	3	1
	3		
Valuable environmental areas - buildings	3	2	2
Local infrastructures and plants	3	3	2
Transportation facilities (highway and international railways with relative services)	3	4	1
Strategic lifelines	3	4	1
Great traffic or strategic roads	3	4	1
Tourist accommodation - campings	2	2	1
Valuable environmental areas - no buildings	2	1	4
Parks, sport and parking areas	2	1	3
Local services	2	2	1
Secondary roads	1	2	1
Secondary lifelines	1	2	1
Rural areas - farming and domestic animals	1	2	2
Forests (private and public properties)	1	1	3
Special risk objects			
hospital	3	4	1
school	2	4	1
rubbish dump	2	3	4

Human lives	Human lives relative value
0-1	1
2-9	2
10-19	3
>20	4

2. Si utilizzano due approcci:

- In base agli effetti dell'evento sugli elementi a rischio, individuando 5 classi di percentuale di perdita: 0 (nessuna perdita); 0.25; 0.50; 0.75; 1 (perdita totale)
- In base all'intensità dei processi, individuando delle soglie energetiche dai modelli di propagazione.

Si definiscono 4 categorie di vulnerabilità:

- **Economica:** considera l'intensità del fenomeno (che produce interruzioni di attività economiche), il tipo di attività coinvolta e la possibilità di evitare i disagi (strade alternative...)
- **Fisica:** considera l'intensità del fenomeno (velocità o energia), le caratteristiche di resistenza e lo stato di manutenzione della struttura
- **Sociale:** considera l'intensità del fenomeno (in relazione ai tempi di allertamento), la capacità delle persone di comprendere il fenomeno e allontanarsi dall'area coinvolta

- **Ambientale:** considera l'intensità del fenomeno (in relazione agli effetti negativi sui beni ambientali), le tipologie di beni ambientali, la capacità di ripopolamento delle specie naturali
3. Il danno atteso è calcolato come prodotto tra il valore dell'elemento a rischio (E) e la vulnerabilità (V)

$$D = E \times V$$

Ovviamente ci saranno 4 categorie di danno atteso.

Calcolo del rischio

Si ottiene dal prodotto tra la pericolosità e il danno atteso. Ci saranno 4 categorie di rischio.

Per ottenere un quadro sintetico del rischio (mappatura) si procede ad una sommatoria, mediante GIS.

Riassumendo.....

Caratterizzazione del pericolo

Analisi di Pericolosità H

Area di invasione

Intensità

**Probabilità di
accadimento**

P

Analisi del danno D

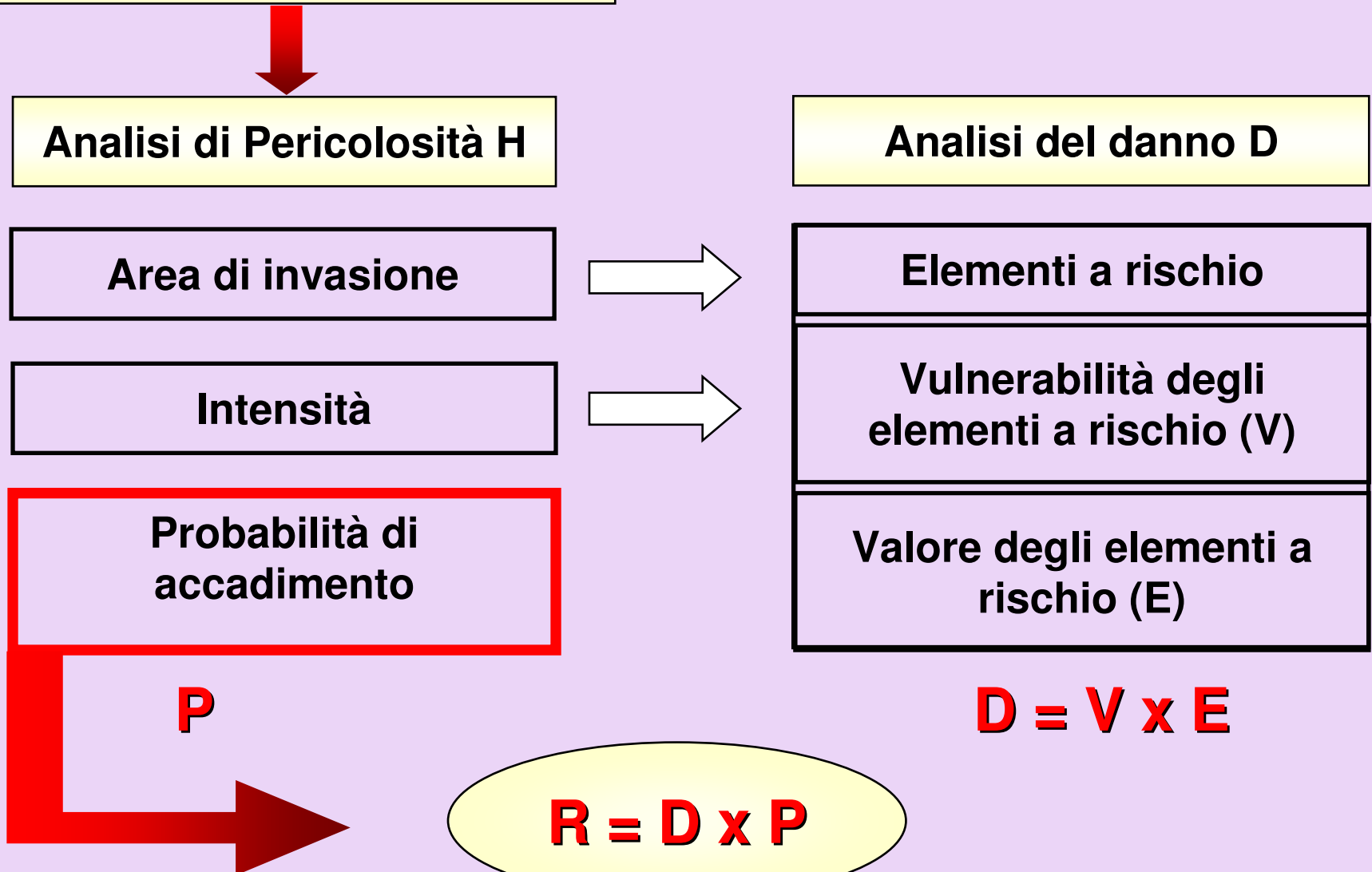
Elementi a rischio

**Vulnerabilità degli
elementi a rischio (V)**

**Valore degli elementi a
rischio (E)**

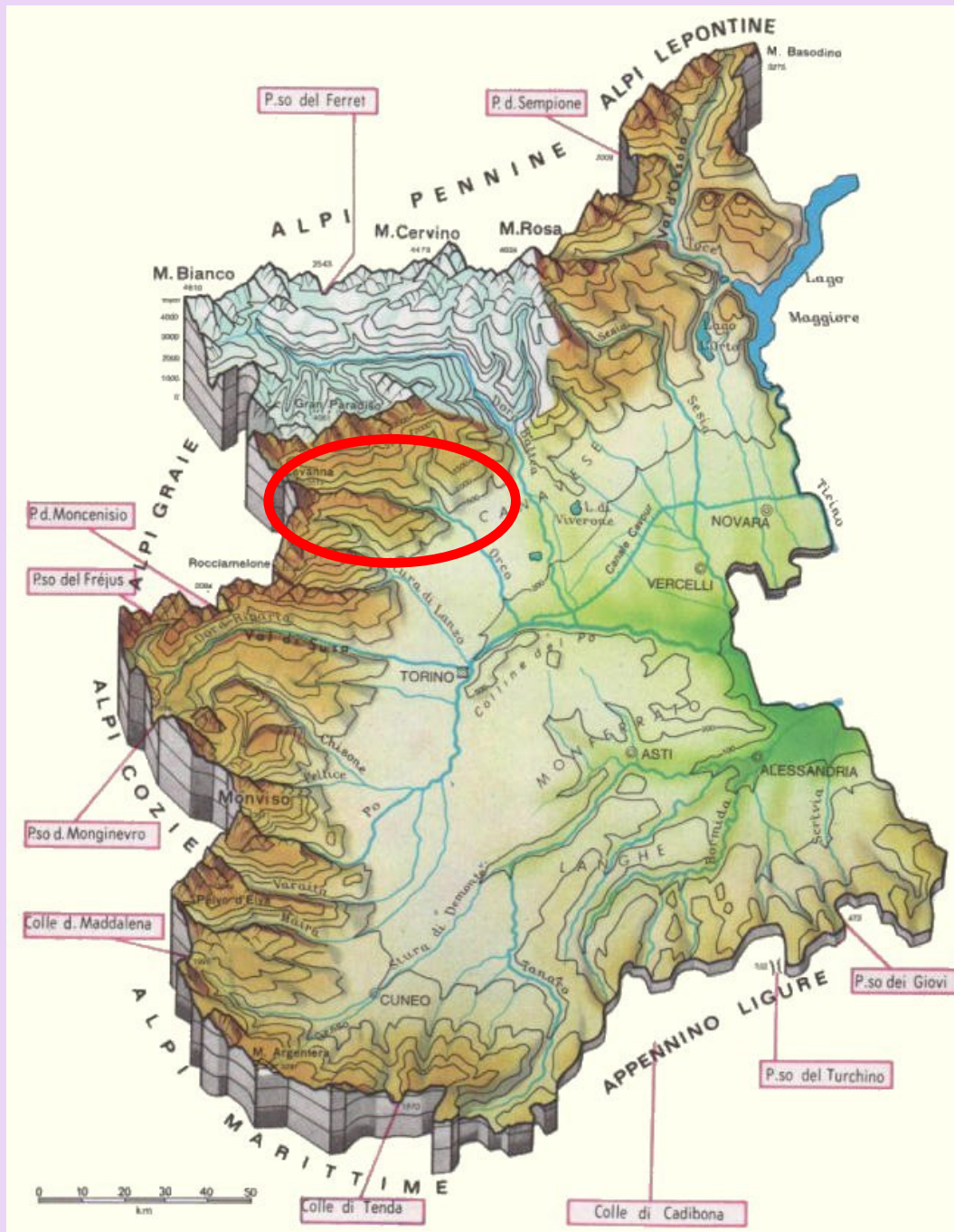
$D = V \times E$

$R = D \times P$



1 ° esempio di applicazione del metodo Imiriland

- fenomeni di crollo
- grande scala (valle)



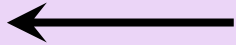
Zona di studio

Valle Orco (TO)

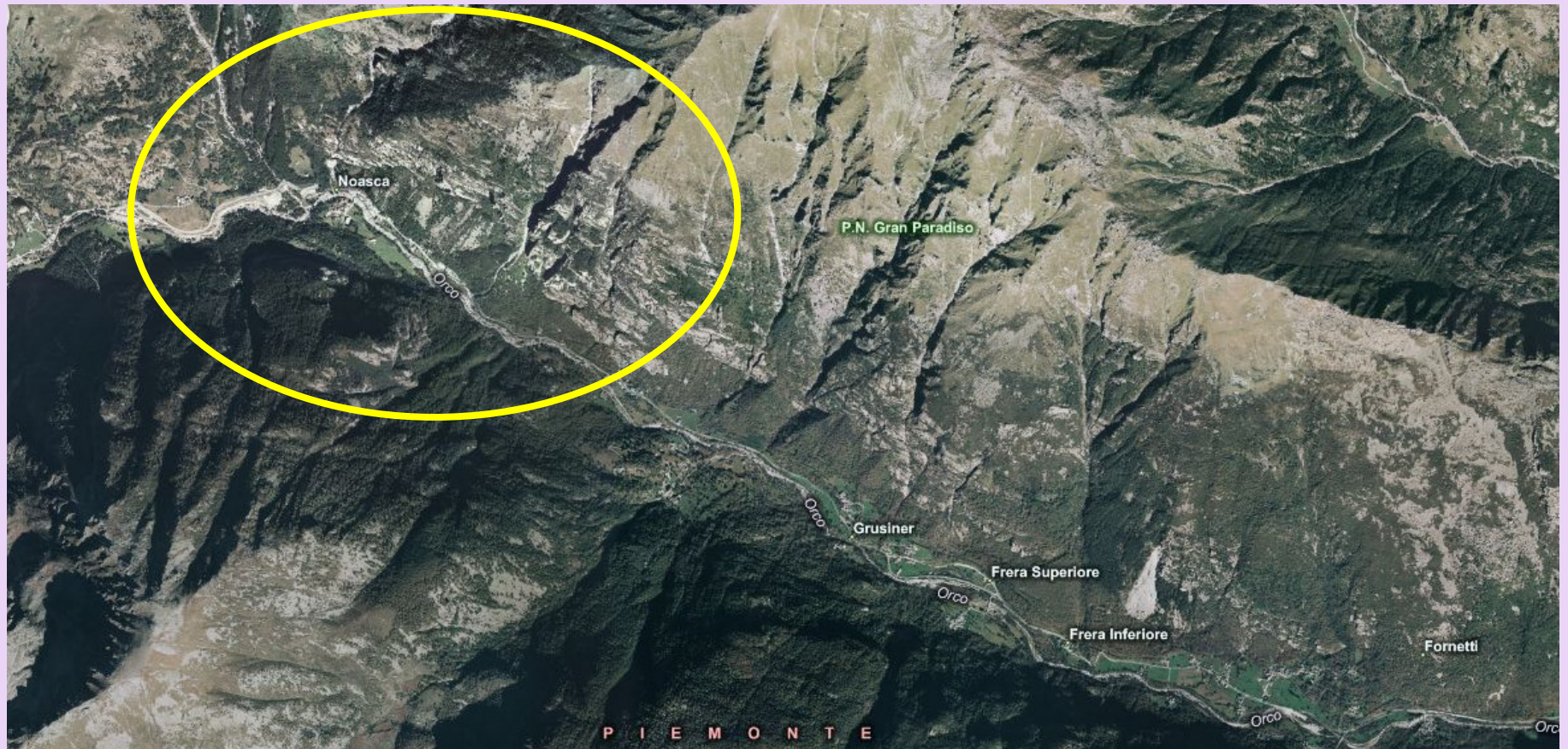
- ✓ Parco Nazionale del Gran Paradiso
- ✓ Strada Statale 460 (Torino-Ceresole Reale)

Zona di Studio: Valle Orco

Ceresole Reale



Torino

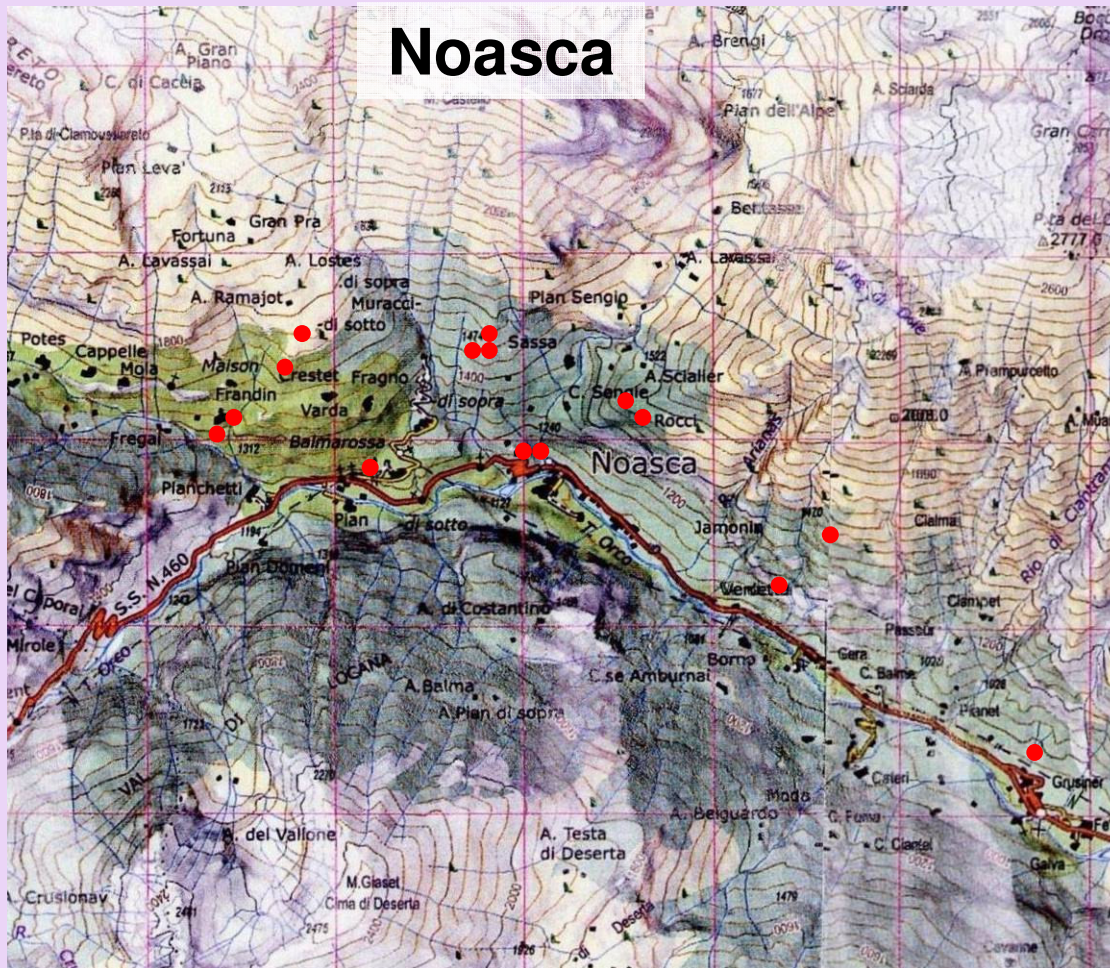


Comune di NOASCA

Comune di Noasca



Fenomeni di instabilità naturale nell'area di studio

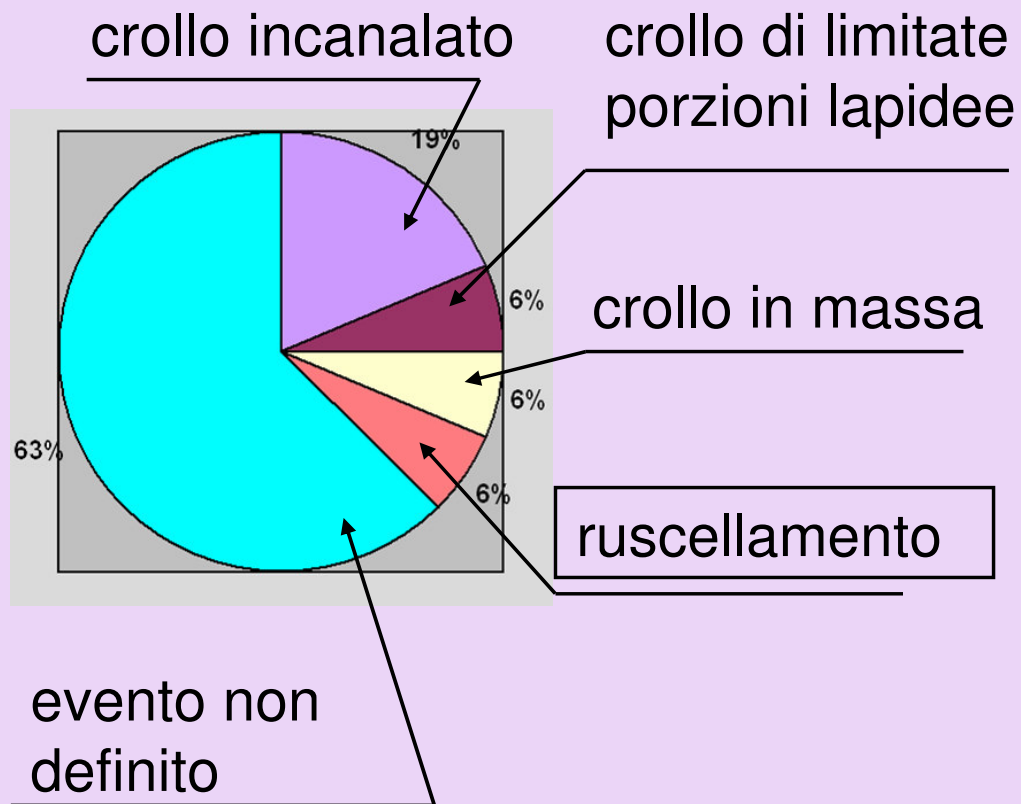


Fonti di raccolta dati

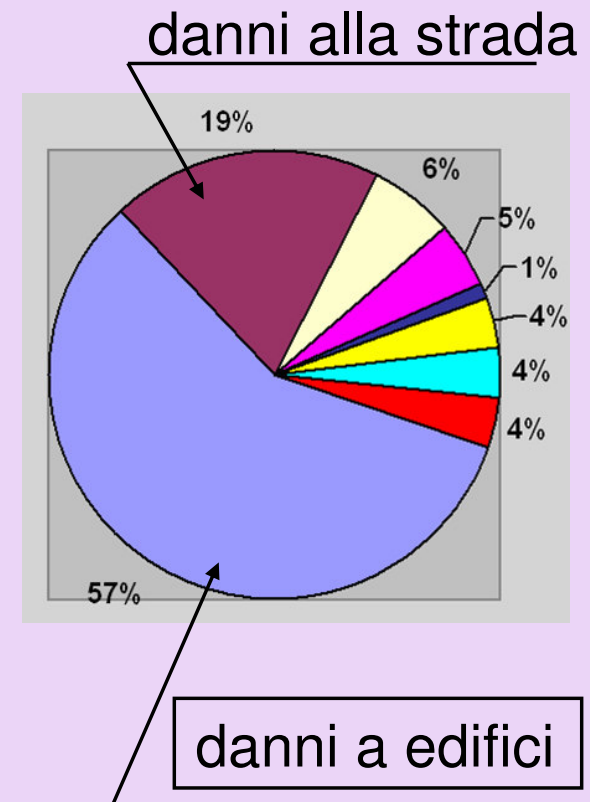
(Arpa Piemonte)

- ✓ Documenti storici
- ✓ Progetto IFFI
- ✓ Sistema Informativo Geologico

Tipo di attività



Tipo di danni



Definizione di schede contenenti i dati raccolti, per ogni località individuata nell'area di studio

COMUNE DI		CODICE	LOCALITA'	
NOASCA			6	PIANDELLERA
INIZIO PROCESSO	07/07/1959	BACINO		Po
FINE PROCESSO	07/07/1959	SOTTOBACINO		Orco
TIPOLOGIA ATTIVITA'		Crollo incanalato		
DESCRIZIONE EVENTO		Una frana formata da grossi massi si è staccata dalle pendici della località Brec a monte della frazione Piandellera.		
CAUSE		<u>Cause predisponenti</u> : intensa fratturazione dell'ammasso roccioso lungo tutta la parete.		
DANNI		Edifici danneggiati.		
DESCRIZIONE DANNI		Minacciato l'abitato della frazione Piandellera.		
INTERVENTI		Non possibile rimuovere massi pericolanti a mezzo di brillamento di mine (inevitabile danneggiamento delle case sottostanti): necessario realizzare alla base del canalone di scarico muro di protezione in cls, per arrestare i massi. Trasferimento dell'abitato.		
PARAMETRI DIMENSIONALI		--		
OSSERVAZIONI		Nel 1987 la località è stata dichiarata da trasferire.		

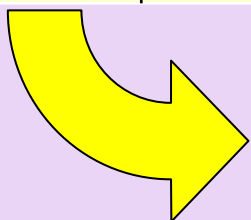
Attività lungo i versanti nel comune di Noasca

<u>ANNO</u>	<u>LOC.</u>	<u>TIPOLOGIA</u>	<u>DANNI</u>
1920	S.S. 460	-	Tronco stradale e/o ferroviario
1929	Pianchetti	-	Tronco stradale e/o ferroviario
1957	Nosca	-	Coltivi
1957	S.S. 460	-	Tronco stradale e/o ferroviario
1959	Piandellera	Crollo incanalato	Edifici
1972	Giere	-	Tronco stradale e/o ferroviario
1981	Ieriner	-	Tronco stradale e/o ferroviario
1984	Piandellera	Crollo incanalato	Edifici Tronco stradale e/o ferroviario
1985	S.S. 460	Crollo di limitate porzioni lapidee	Tronco stradale e/o ferroviario
1992	Arianasse	Crollo in massa	Tronco stradale e/o ferroviario
1992	Fe' Frera sup.	Crollo incanalato	Edifici minacciati Tronco stradale e/o ferroviario
1993	Pianchette	-	Tronco stradale e/o ferroviario
1993	Pian	-	Tronco stradale e/o ferroviario
1994	Arianasse	-	Tronco stradale e/o ferroviario
2000	Redi	Ruscellamento	Strada vicinale

Probabilità di accadimento

Periodo considerato: 1920-2007 (87 anni)

<u>ANNO</u>	<u>LOC.</u>	<u>TIPOLOGIA</u>	<u>DANNI</u>
1959	Piandellera	Crollo incanalato	Edifici
1984	Piandellera	Crollo incanalato	Edifici Tronco stradale e/o ferroviario
1985	S.S. 460	Crollo di limitate porzioni lapidee	Tronco stradale e/o ferroviario
1992	Arianasse	Crollo in massa	Tronco stradale e/o ferroviario
1992	Fe' Frera sup.	Crollo incanalato	Edifici minacciati Tronco stradale e/o ferroviario



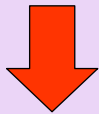
$$P = n^{\circ} \text{ eventi/anno} = 5/87 = 0.06$$

Caratterizzazione del pericolo

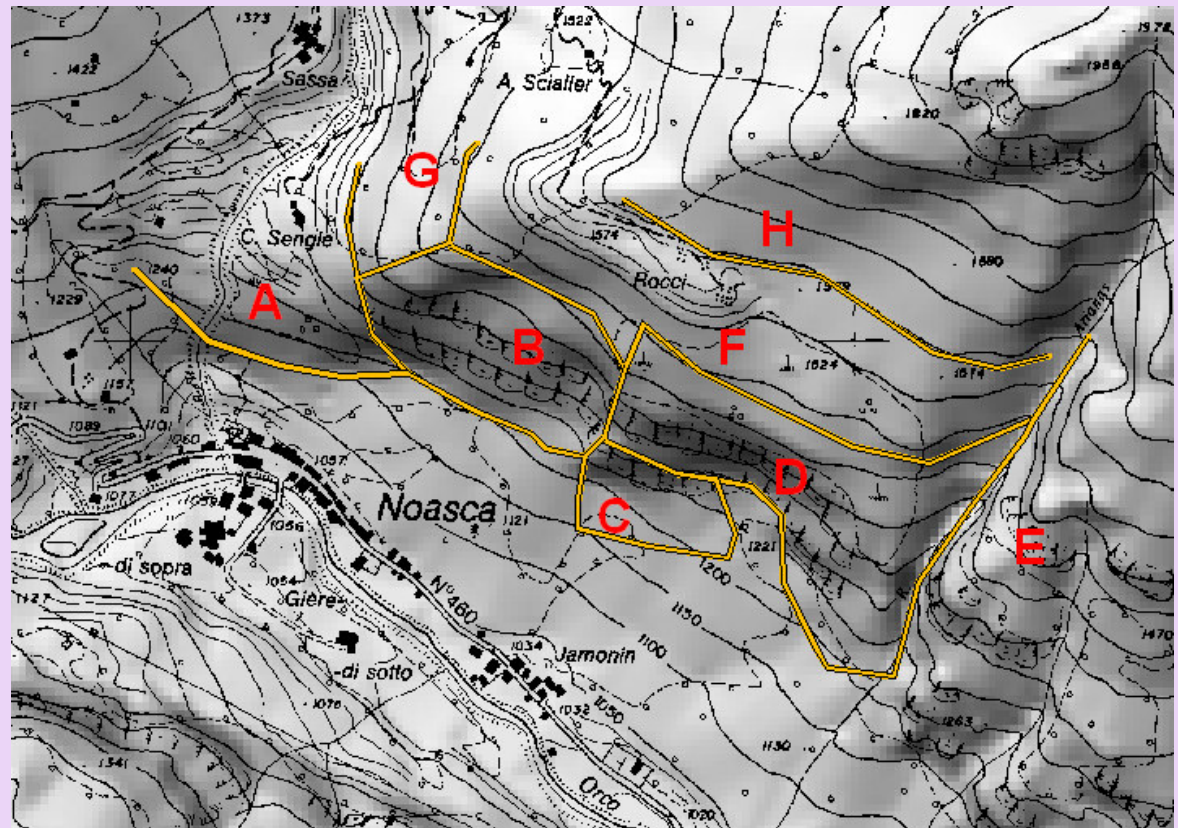
- ✓ Rilievi strutturali
- ✓ Interpretazione di foto aeree
- ✓ Prove in sito

(Citiemme, 2000)

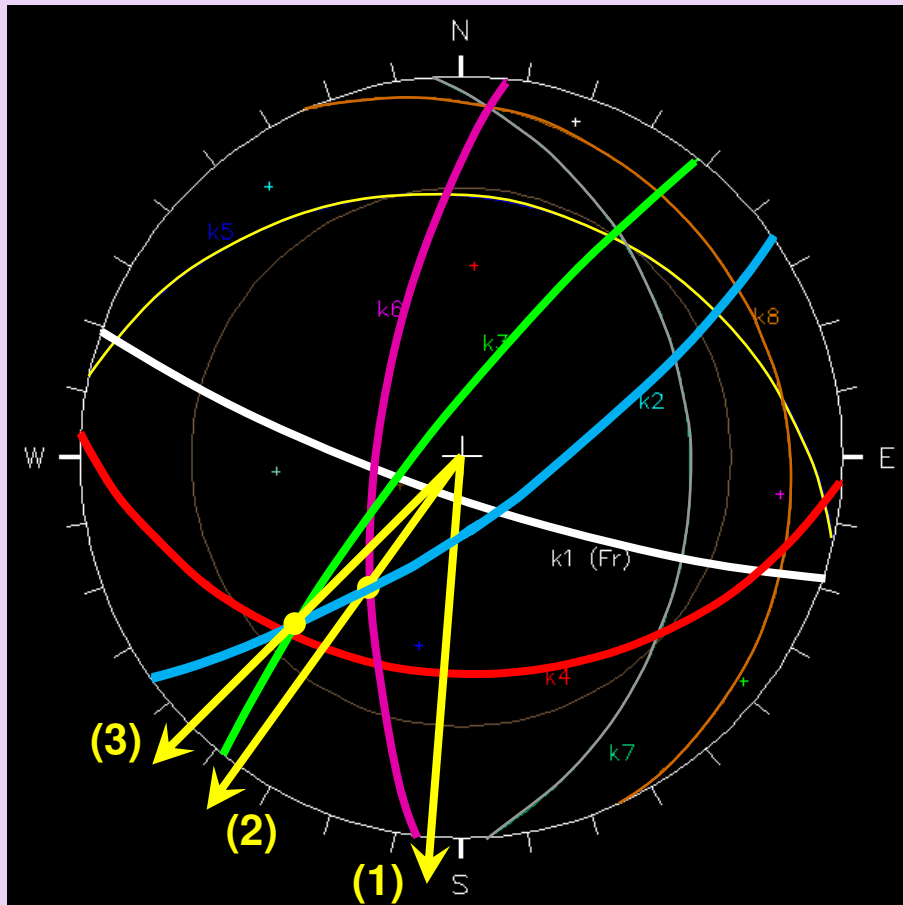
materiale fornito da
Arpa Piemonte



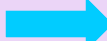
**Suddivisione della
parete instabile in
settori omogenei**



condizioni strutturali delle pareti e cinematismi individuati



	dip	dip/dir
K1 (Fr)	82	198

	K2	77	145
	K3	84	308
	K4	42	184
	K5	43	12
	K6	82	277
	K7	40	86
	K8	15	67

(1) Scivolamento planare (K4)

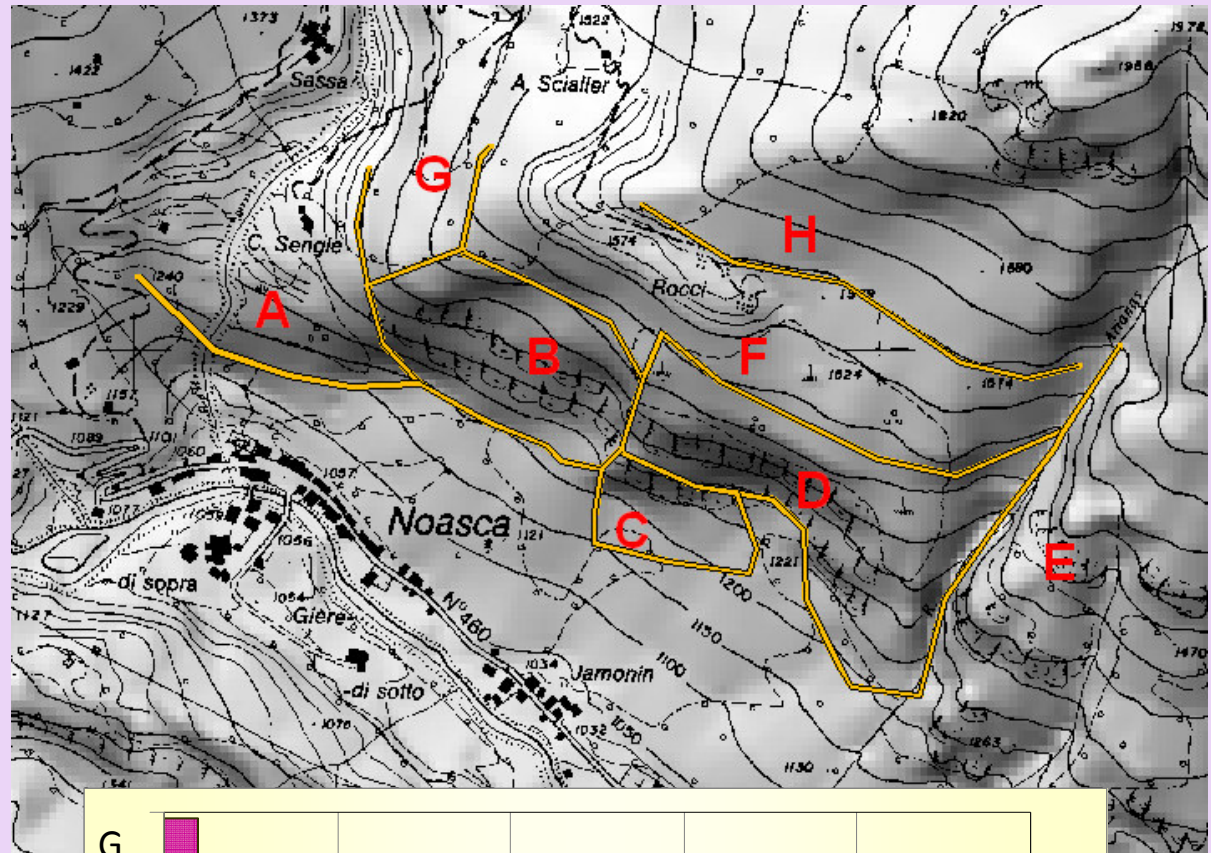
(2) Scivolamento a cuneo (K2-K6)

(3) Scivolamento a cuneo (K2-K3)

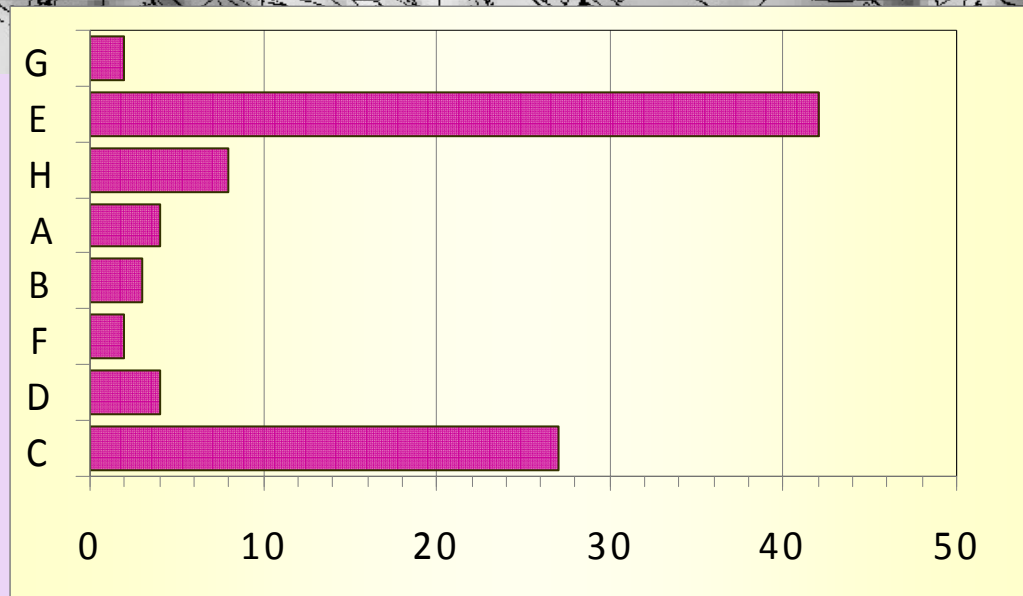
stima dei volumi

Sulla base di:

- ✓ Condizioni strutturali nei settori omogenei
- ✓ Rilievi in sito
- ✓ Analisi delle nicchie di distacco



Volume medio
per zona (m³)



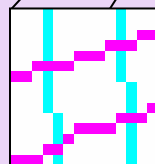
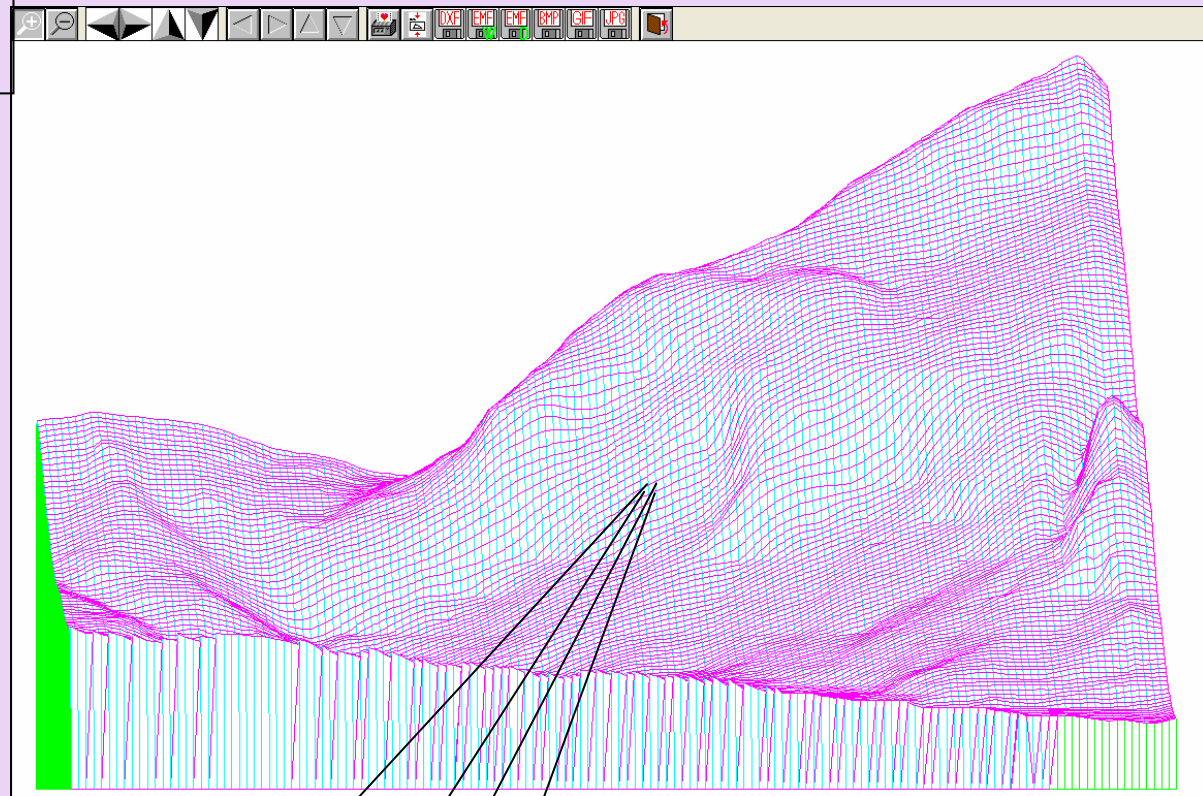
Analisi di pericolosità

Simulazione del fenomeno di caduta massi:

Rotomap 3D[©]

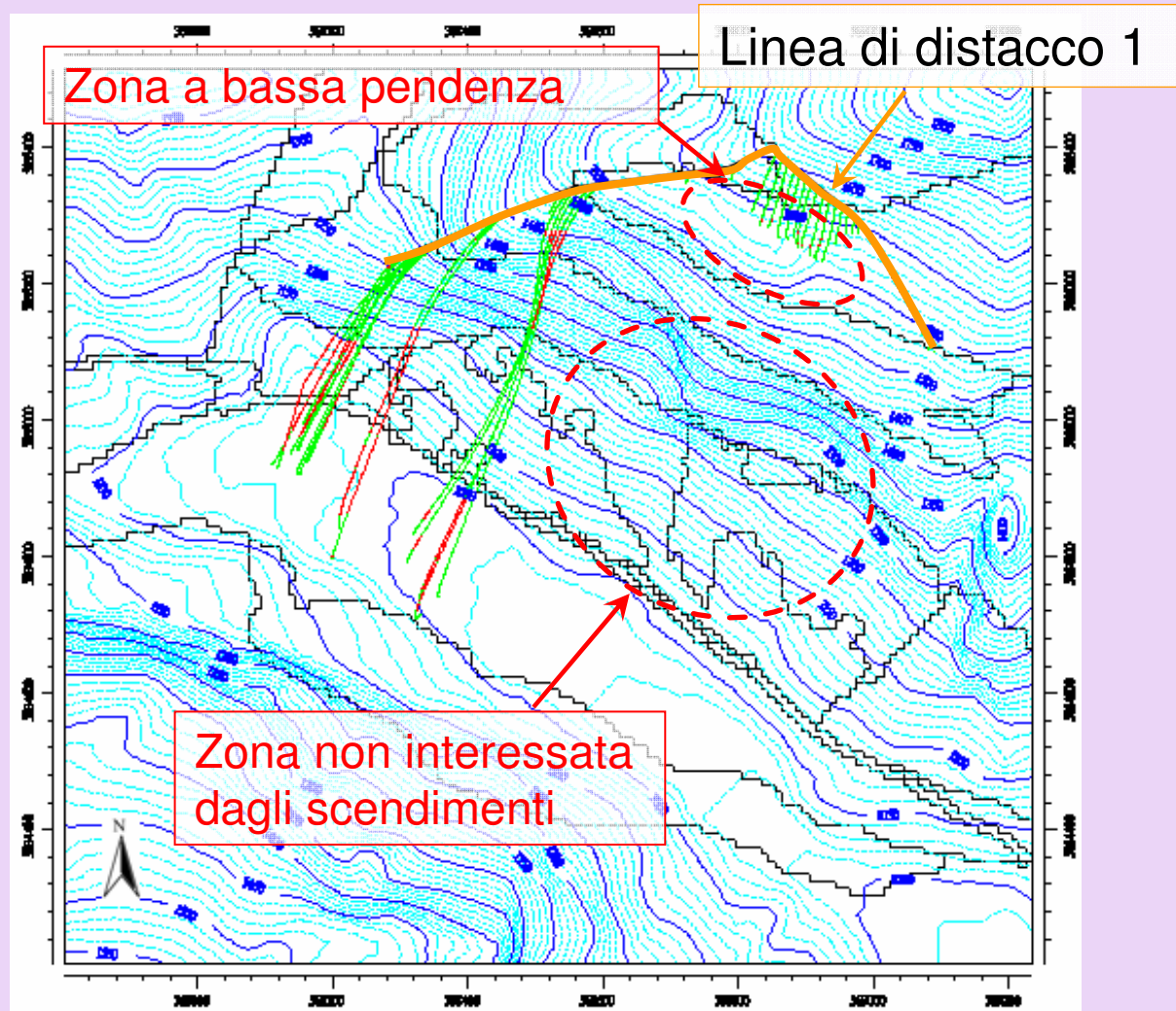
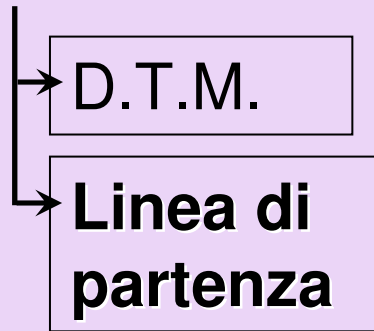


D.T.M.

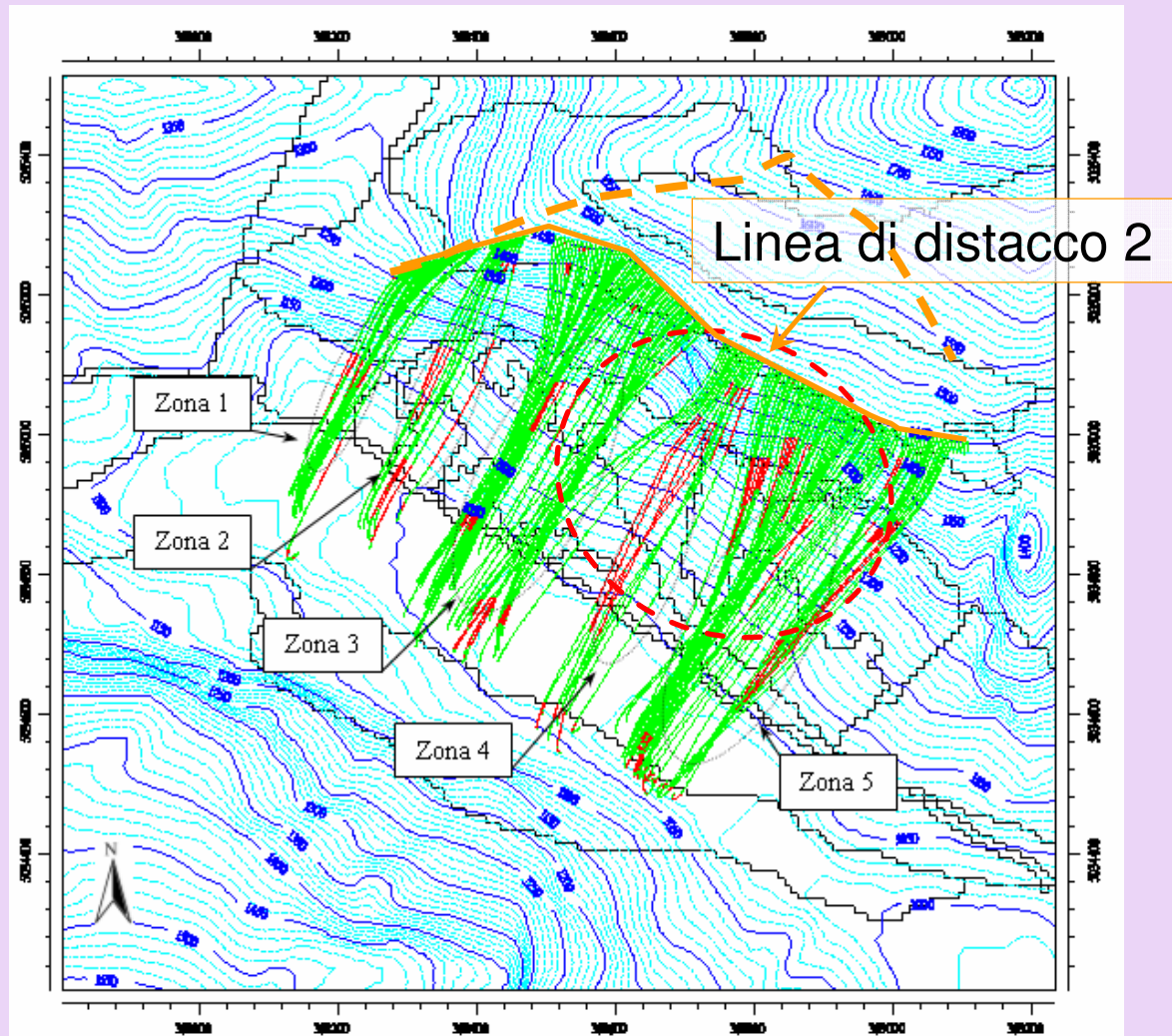
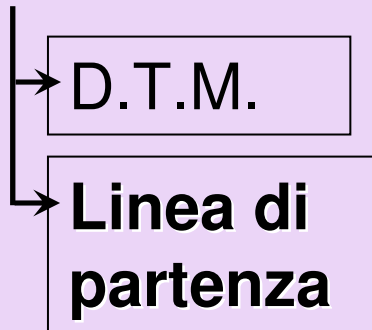


Celle 10 m X 10 m

Simulazione del fenomeno di caduta massi: Rotomap 3D[©]



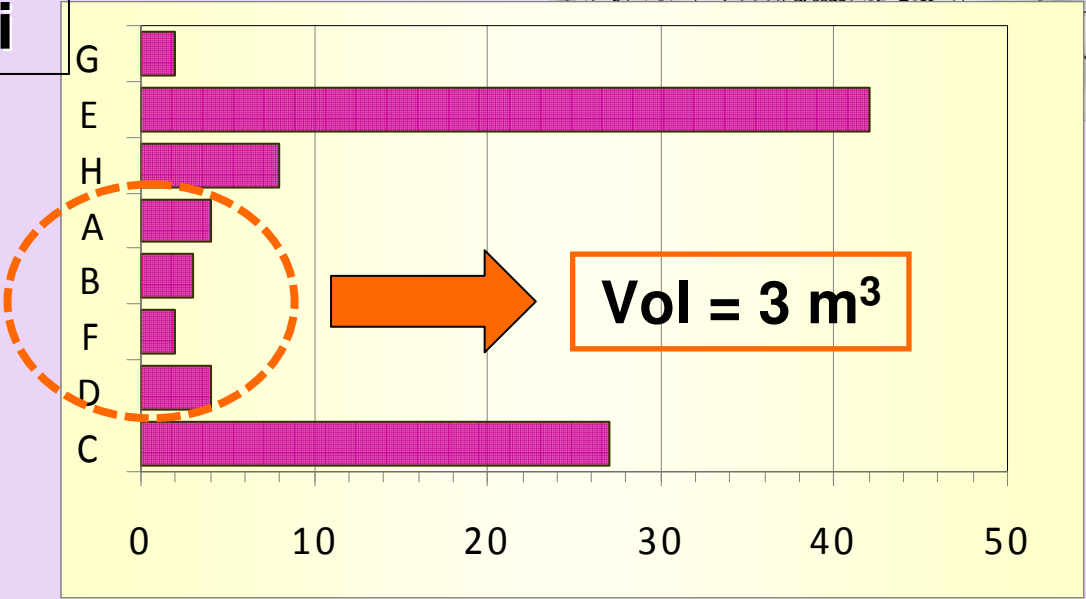
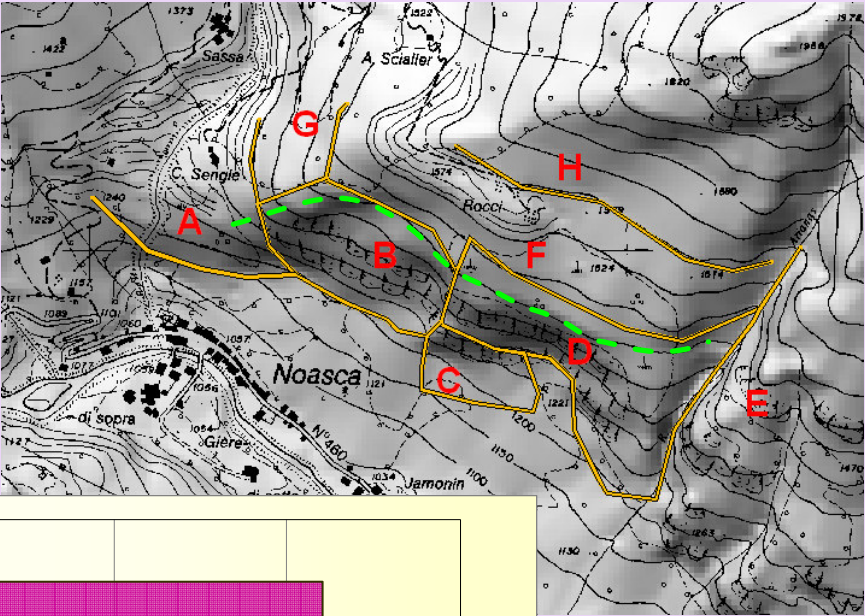
Simulazione del fenomeno di caduta massi: Rotomap 3D[©]



Simulazione del fenomeno di caduta massi:

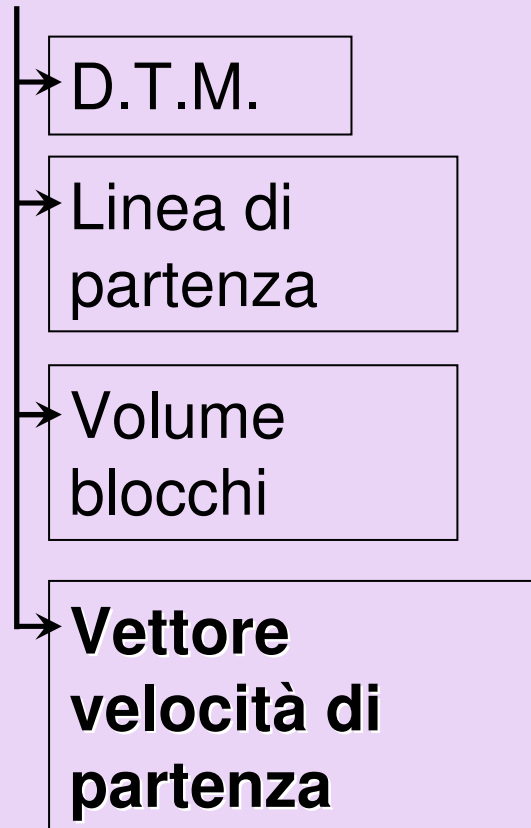
Rotomap 3D[©]

- D.T.M.
- Linea di partenza
- **Volume blocchi**

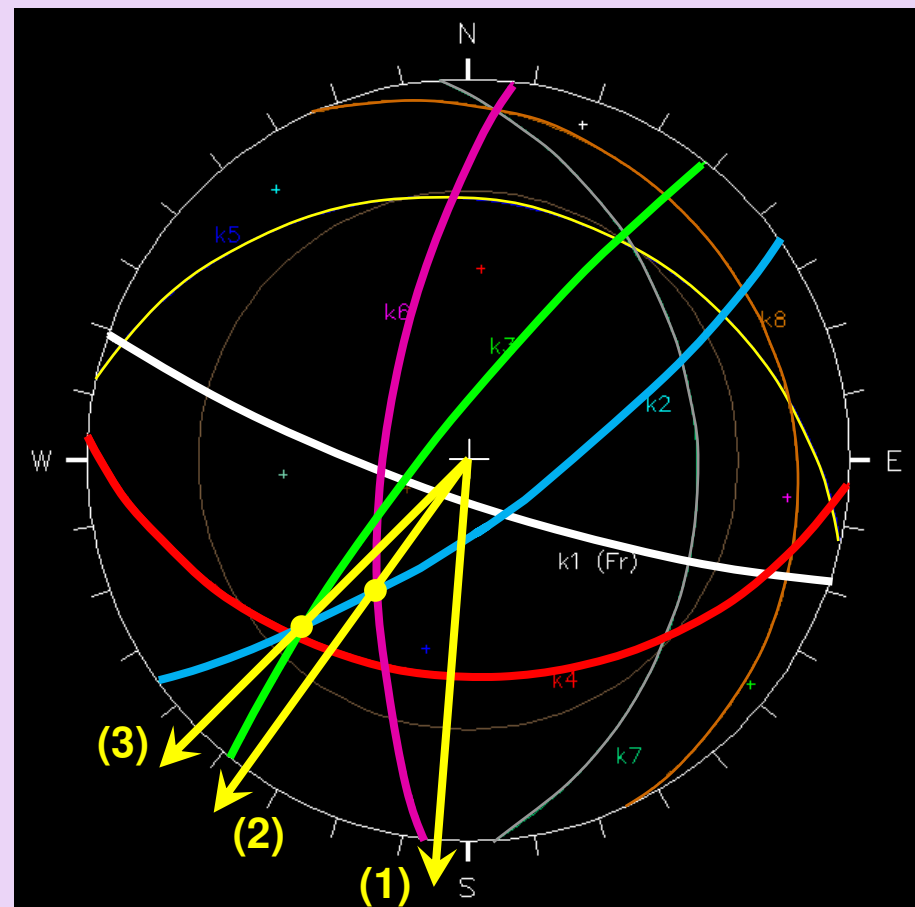


Simulazione del fenomeno di caduta massi:

Rotomap 3D[©]

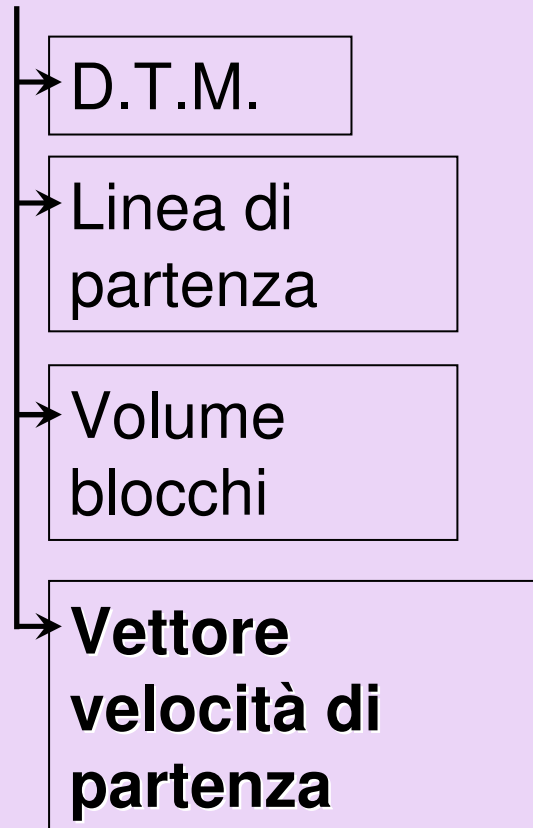


✓ Direzione del vettore:
dall'analisi cinematica

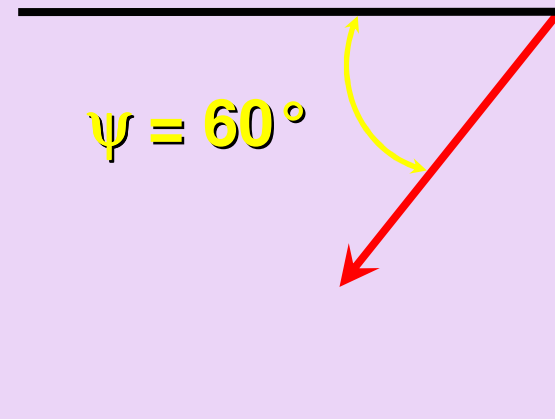


Simulazione del fenomeno di caduta massi:

Rotomap 3D[©]



✓ Direzione del vettore:
dall'analisi cinematica



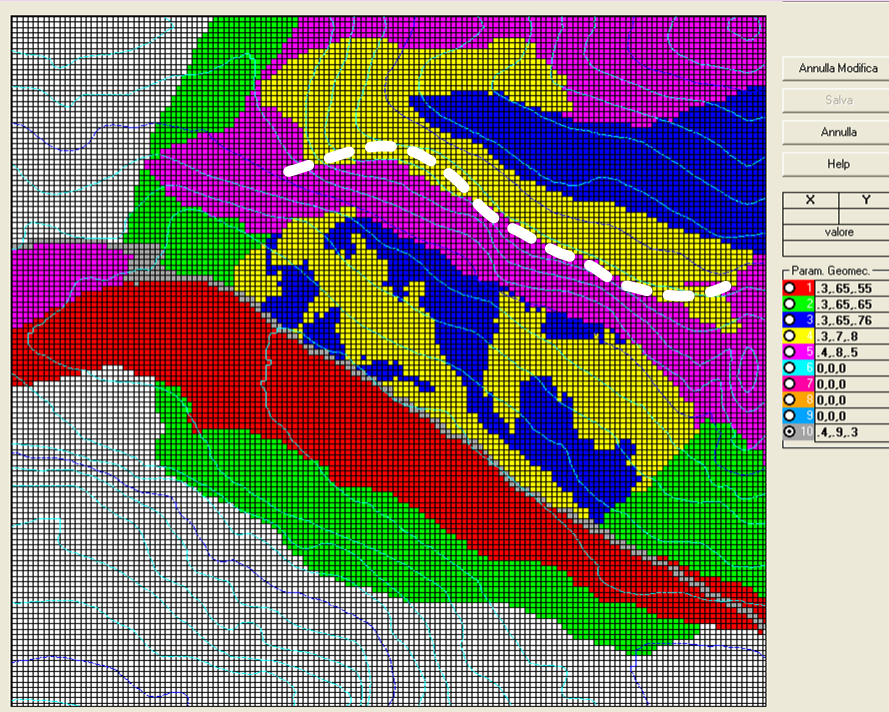
✓ Velocità iniziale: = 0.1 ÷ 0.2 m/s
per tenere conto di possibili inneschi al di sopra della linea di partenza

Simulazione del fenomeno di caduta massi:

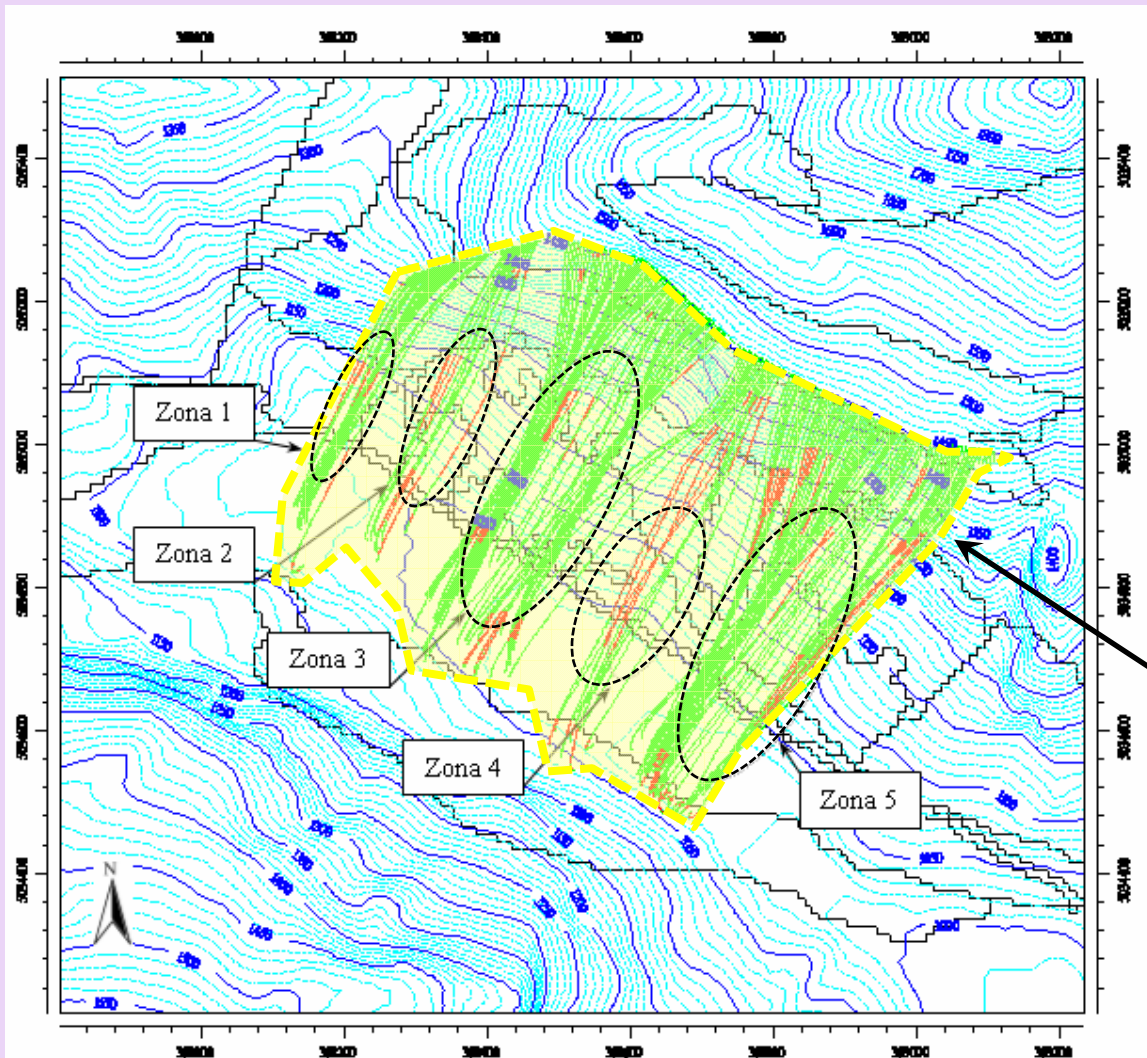
Rotomap 3D[©]

- D.T.M.
- Linea di partenza
- Volume blocchi
- Velocità di partenza
- Parametri meccanici del moto

Materiale	color e	Rn [-]	Rt [-]	Ca [-]
Detr. a grossi blocchi	●	0.3	0.65	0.55
Detr. a medi blocchi	●	0.3	0.65	0.65
Detr. a piccoli blocchi	●	0.3	0.65	0.76
Detr. a blocchi con foresta	●	0.3	0.7	0.8
Roccia affiorante	●	0.4	0.8	0.5
Strada	●	0.4	0.9	0.3



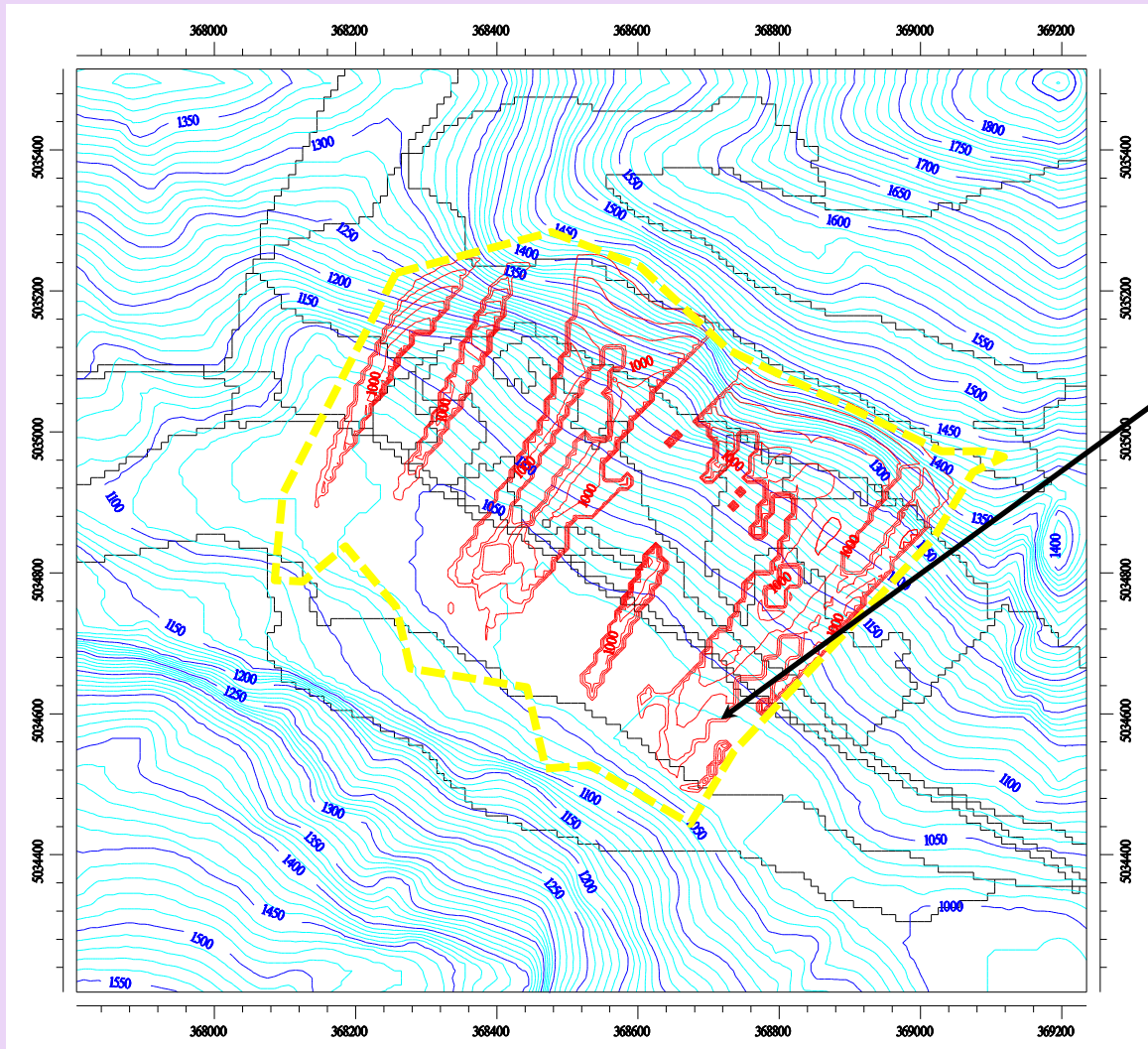
Simulazione del fenomeno: RISULTATI – area di invasione



**Traiettorie di caduta
massi (scendimenti)**

Area di invasione

Simulazione del fenomeno: RISULTATI - Intensità

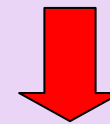


Energia cinetica specifica massima

$\approx 1300 \text{ J/kg}$

Considerando:

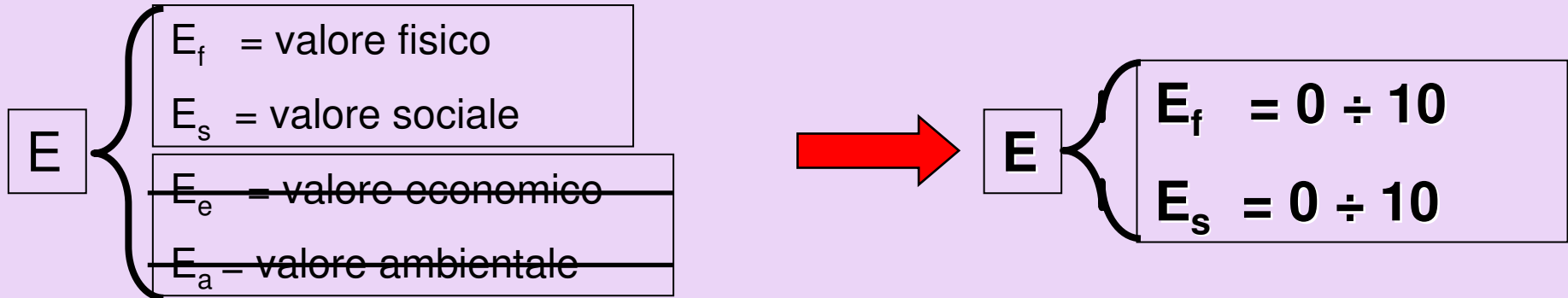
- volume = 3 m^3
- densità = 27 kg/m^3



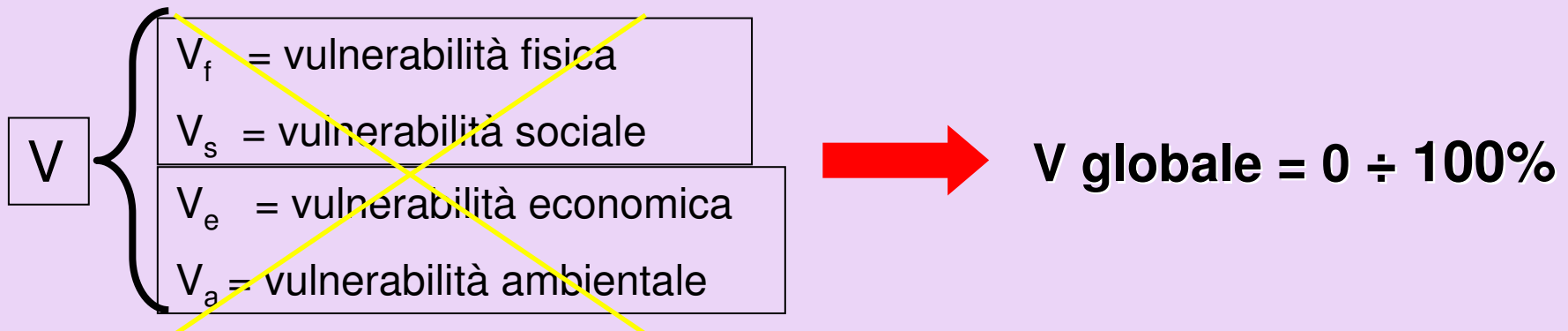
**Energia cinetica
massima = 10500 kJ**

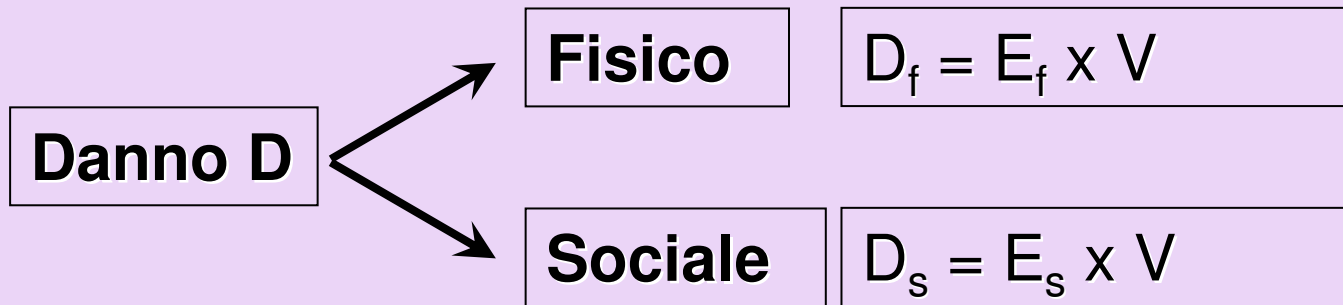
Analisi del danno e calcolo del rischio

Valore E degli elementi a rischio



Vulnerabilità V degli elementi a rischio

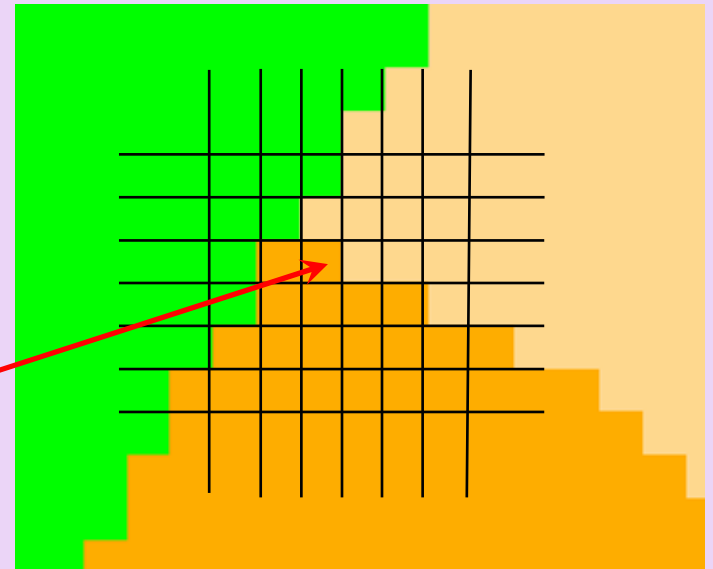




Il calcolo viene eseguito in ambiente GIS:

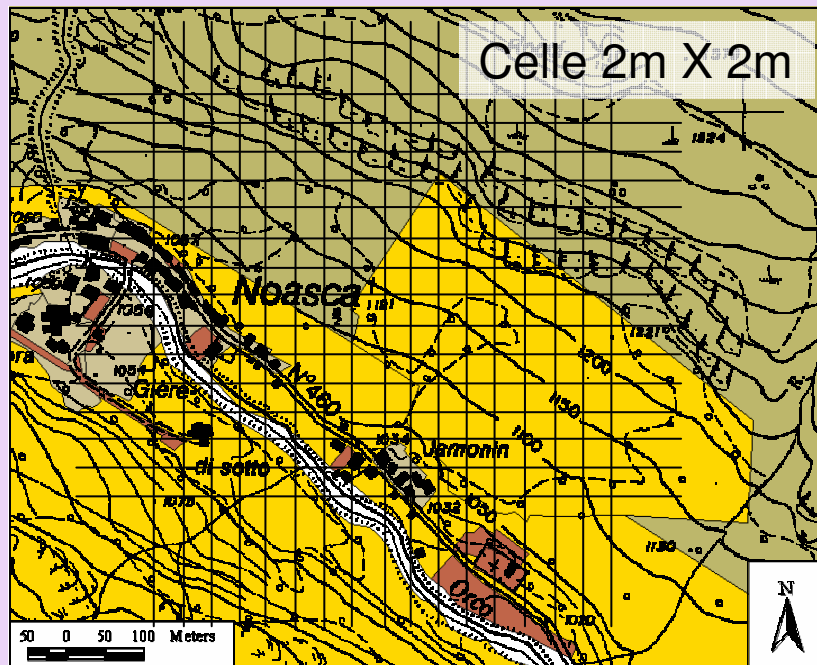
Rischio R

$$R_{f/s} = P \times D_{f/s}$$

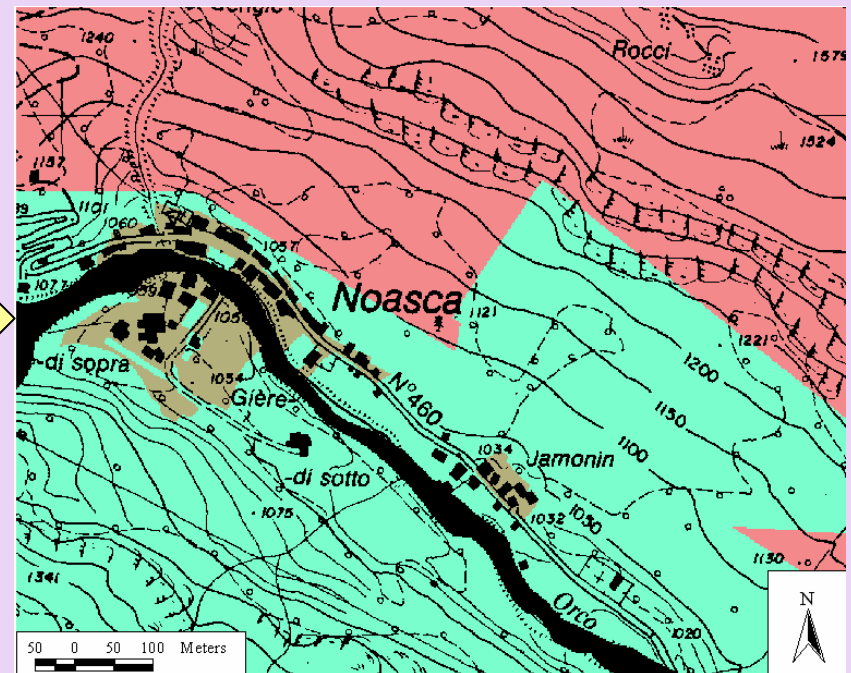


RISCHIO FISICO





Valore degli elementi a rischio (E_f)



GRID



Piano regolatore

- | | | |
|---|-------------------------|------|
|  | Aree a servizi/impianti | → 8 |
|  | Aree agricole | → 8 |
|  | Aree di pregio naturale | → 1 |
|  | Aree residenziali | → 10 |

in base al costo di ricostruzione

Valori fisici

- | | |
|---|---------|
|  | 1 |
|  | 8 |
|  | 10 |
|  | No Data |

RISCHIO FISICO

Vulnerabilità (V)

V

Categoria di elemento



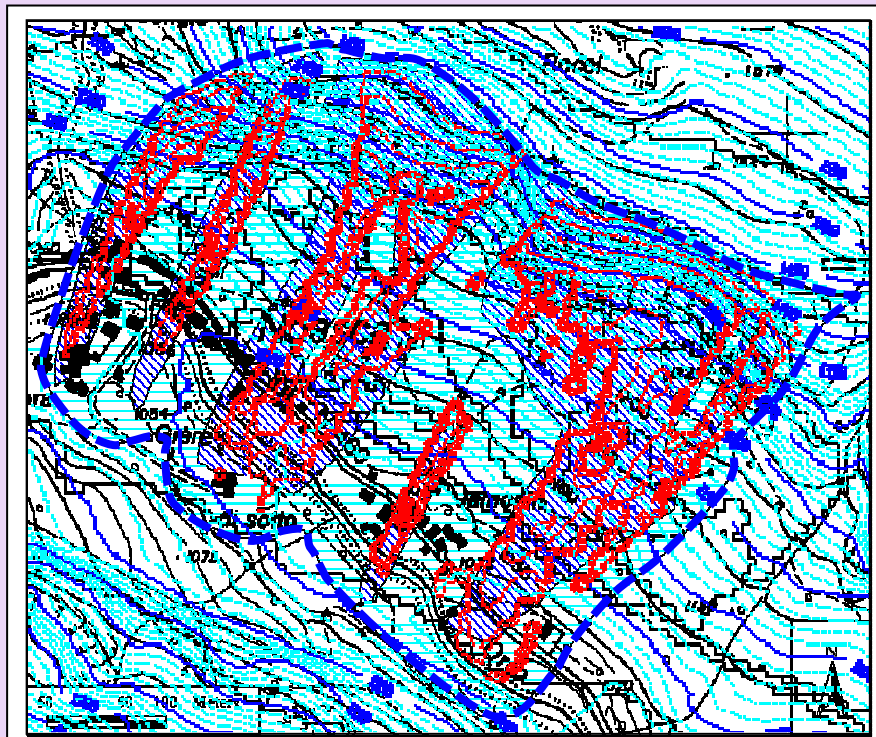
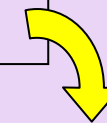
V globale

Tipo di elemento

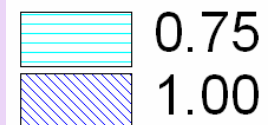


per tutte le tipologie

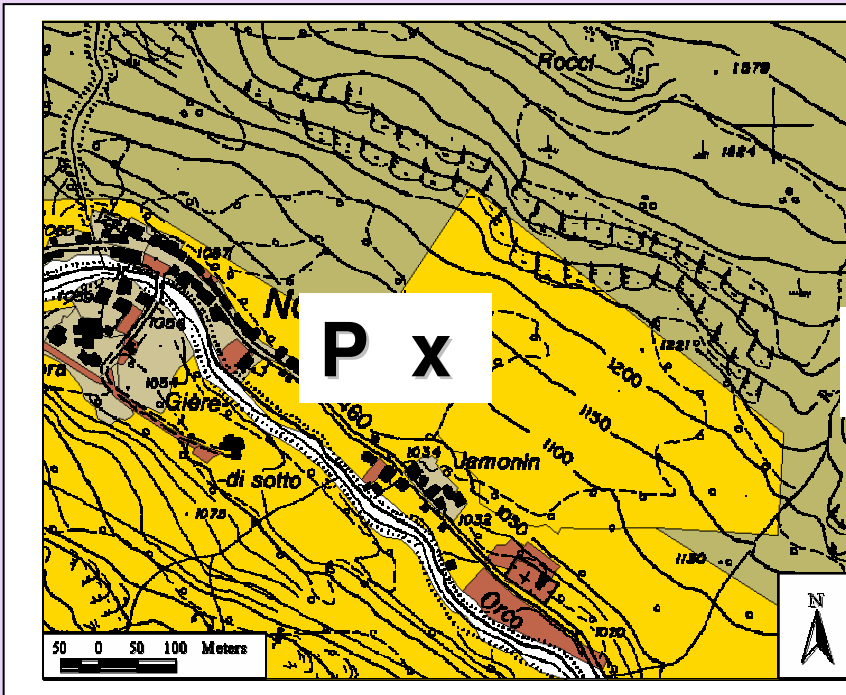
Intensità del fenomeno



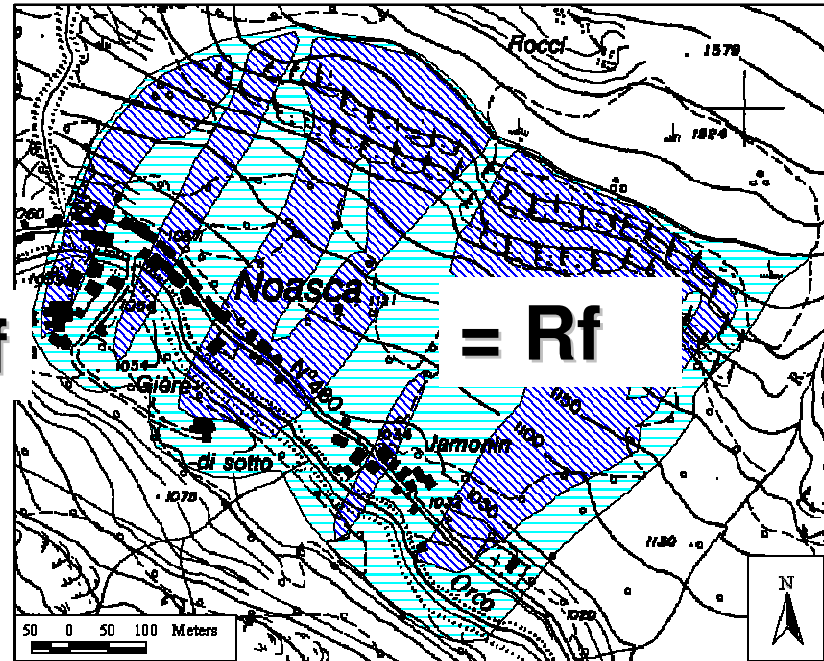
Vulnerabilità







RISCHIO FISICO



Df

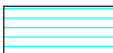



Piano regolatore

	Aree a servizi/impianti	→	8
	Aree agricole	→	8
	Aree di pregio naturale	→	1
	Aree residenziali	→	10

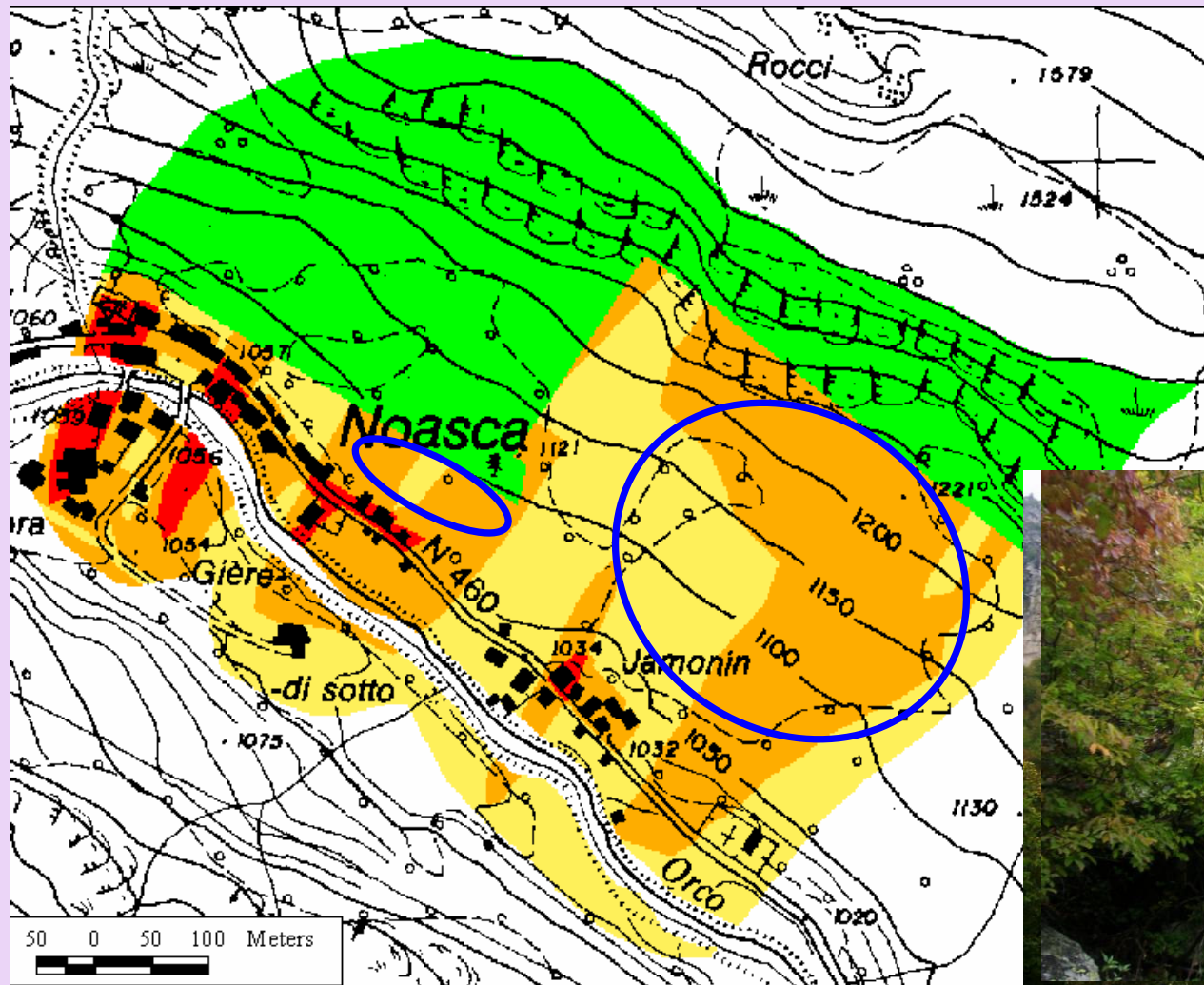
E_f

Vulnerabilità

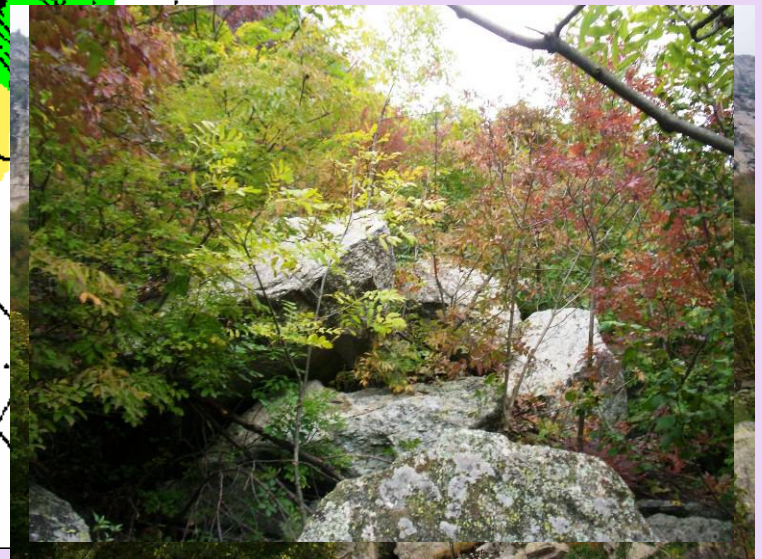
	0.75
	1.00

Probabilità = 0.06

RISCHIO FISICO



Rischio fisico

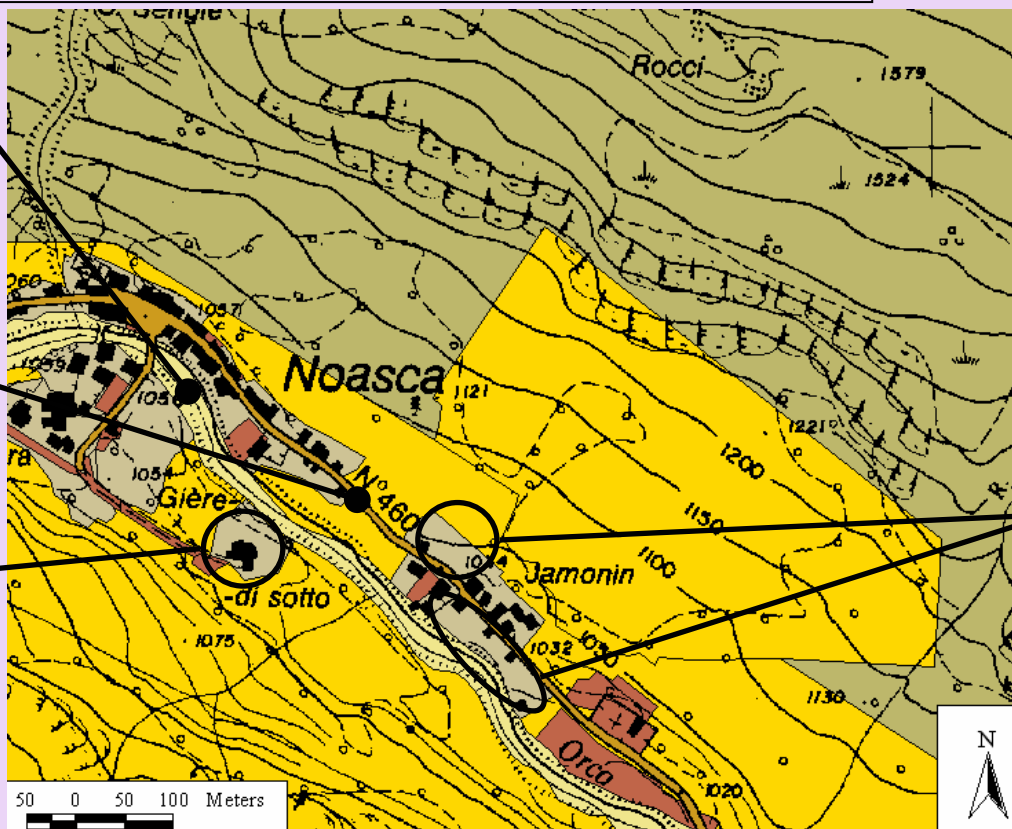


Ridefinizione del Piano Regolatore

Torrente

Strada

Nuova area residenziale



Nuove aree residenziali

Piano regolatore
MODIFICATO

- Aree a servizi/impianti
- Aree agricole
- Aree di pregio naturale

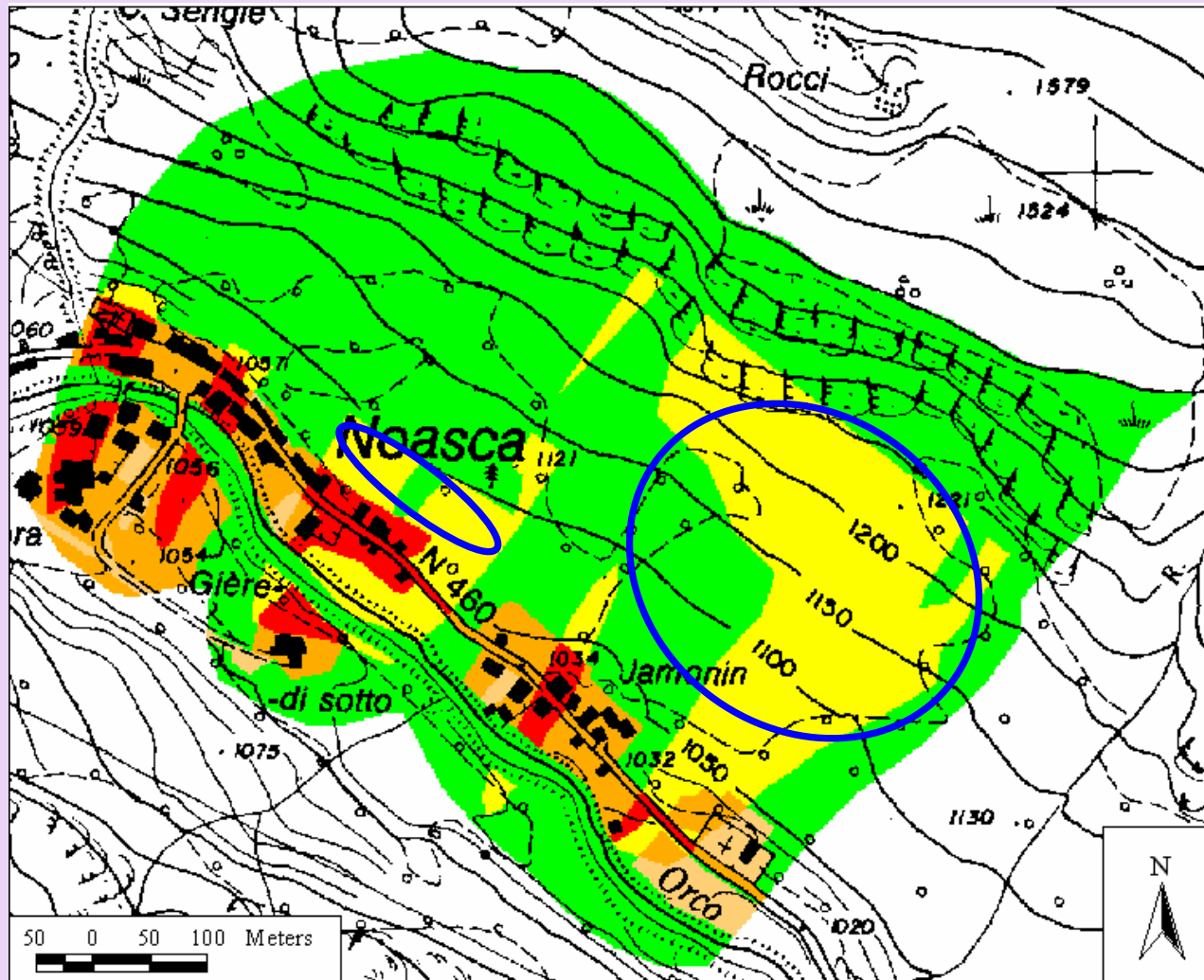
E_f

- 8
- 2
- 1

- Aree residenziali
- Strada
- Torrente

- 10
- 10
- 1

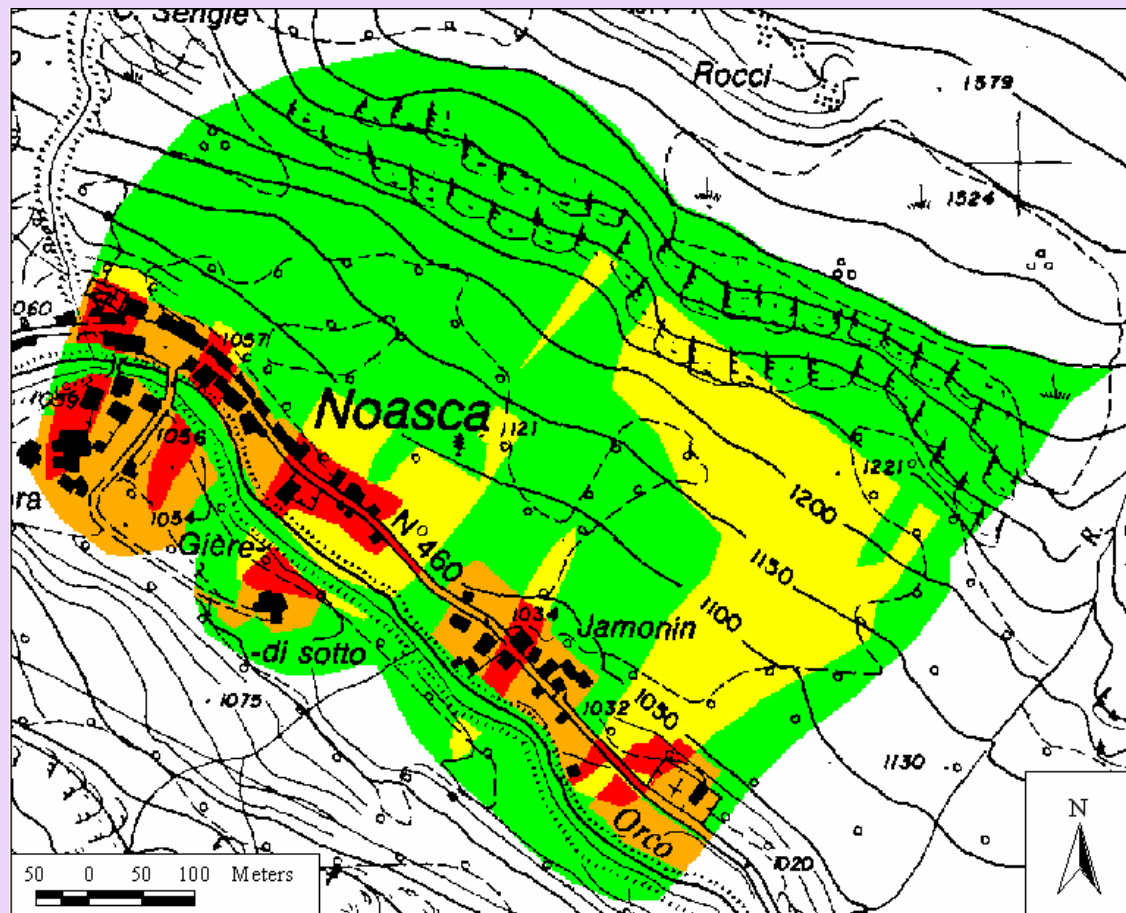
RISCHIO FISICO (PRG MODIFICATO)



Rischio fisico



RISCHIO SOCIALE (PRG MODIFICATO)



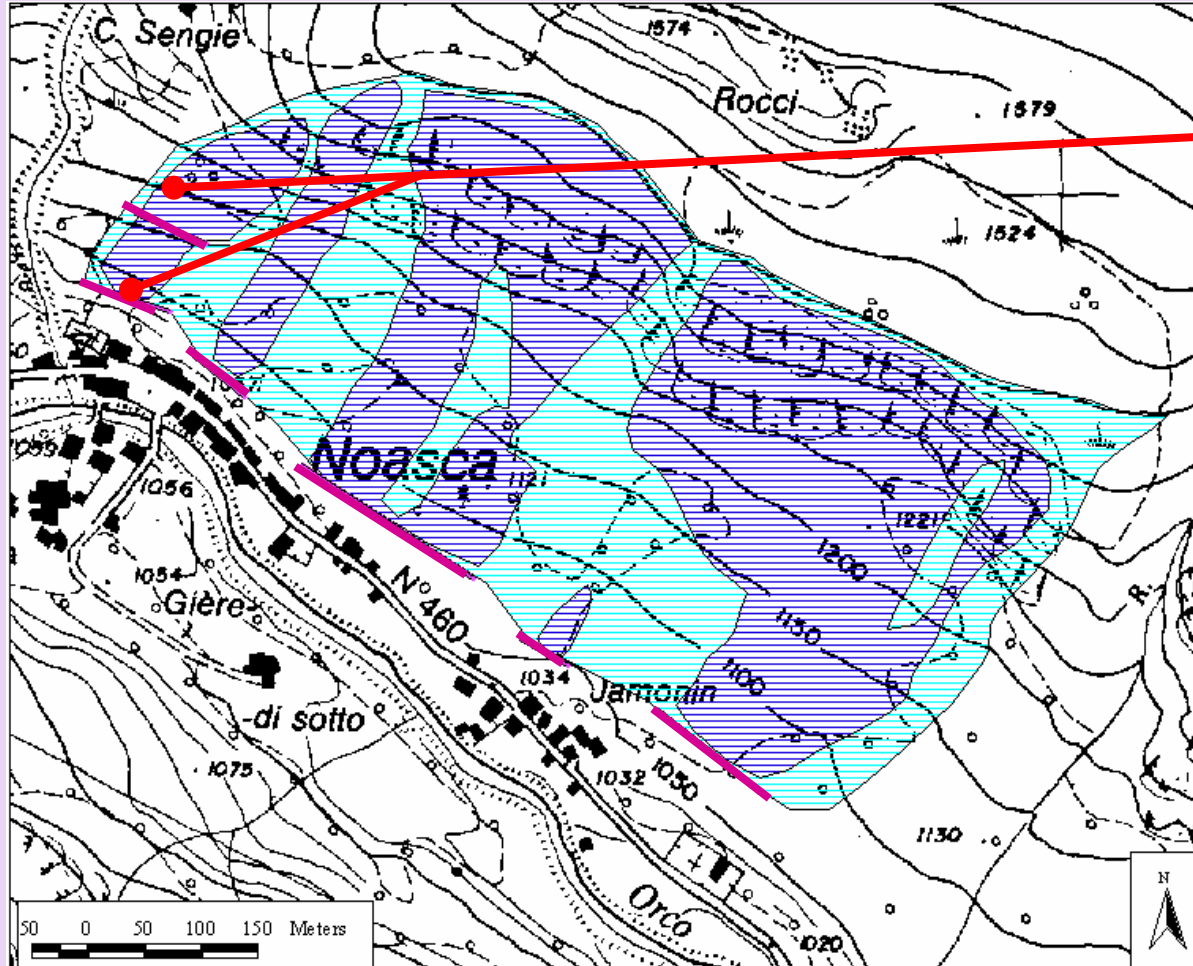
Rischio sociale



PRG modificato



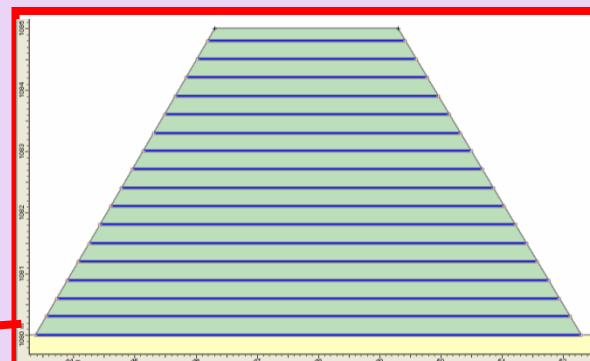
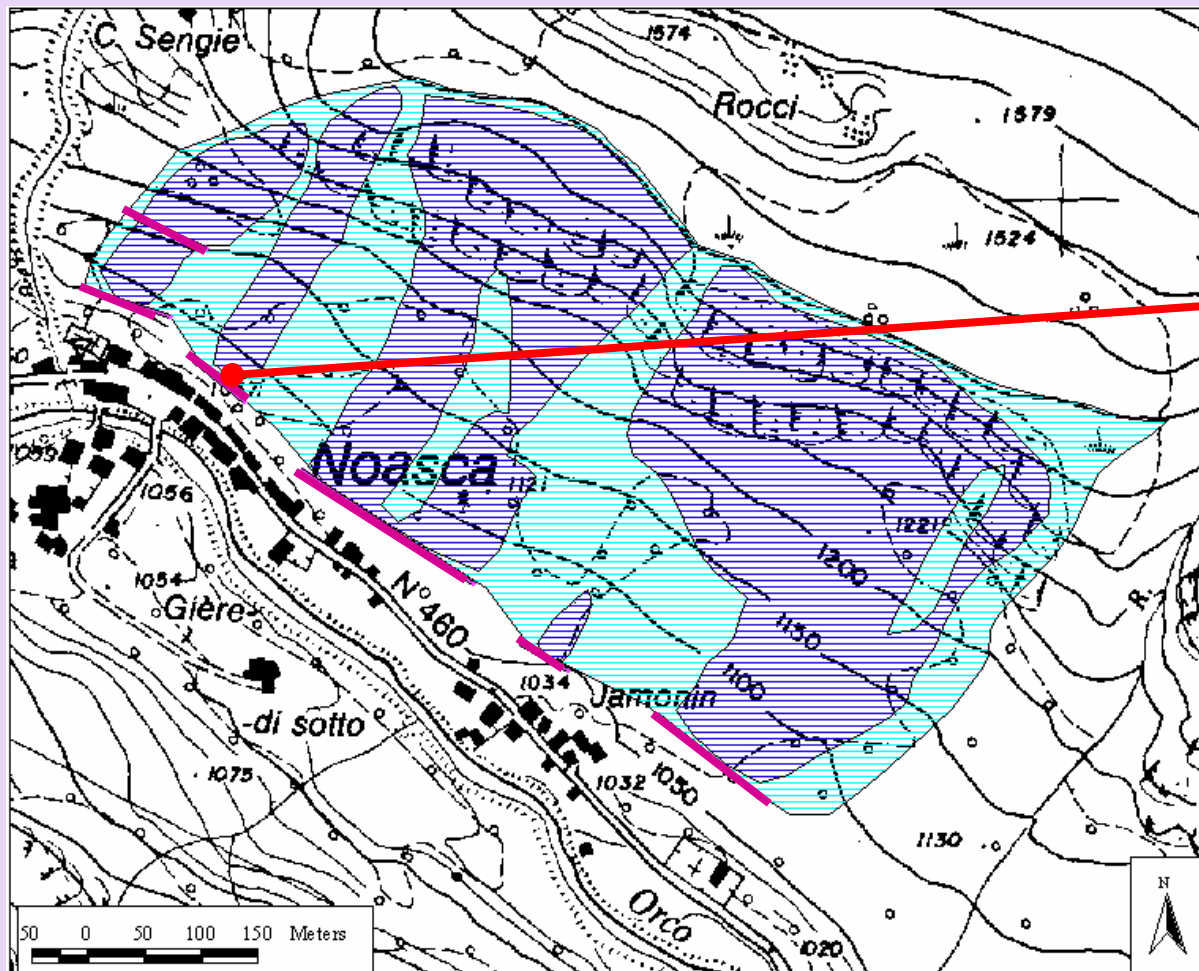
Definizione di interventi di mitigazione



Zona 1

2 ordini di reti
paramassi da 5000 kJ





Zona 2

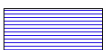
Rilevato $h = 5 \text{ m}$

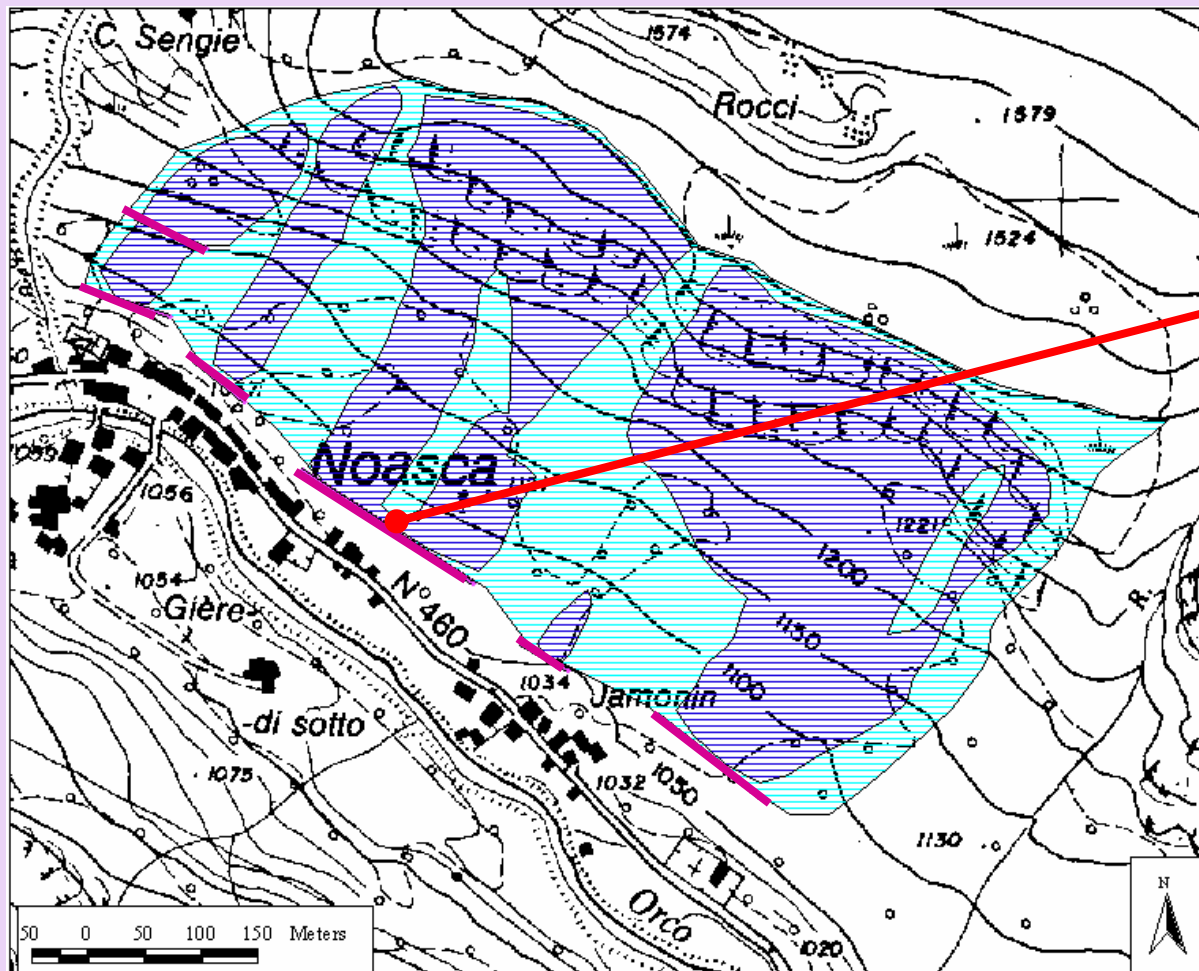
$E_{\text{ass}} = 15000 \text{ kJ}$

 Protezioni

Vulnerabilità

 0.75

 1.00



Zona 3

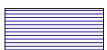
Rilevato $h = 5\text{ m}$

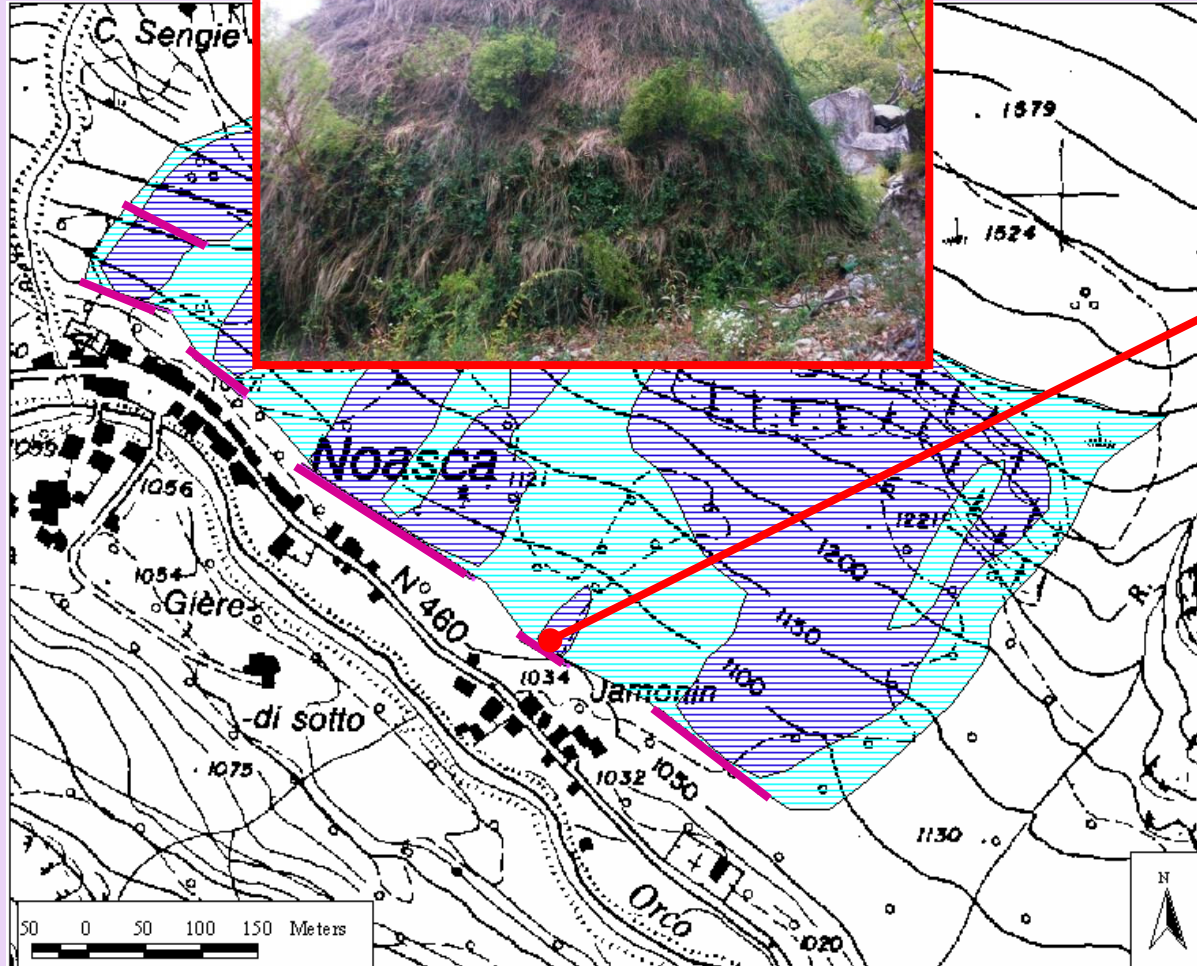
$E_{\text{ass}} = 11000\text{ kJ}$

 Protezioni

Vulnerabilità

 0.75

 1.00



Zona 4
(OPERA ESISTENTE)

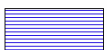
Rilevato $h = 5 \text{ m}$

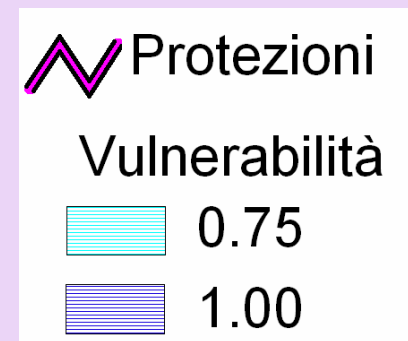
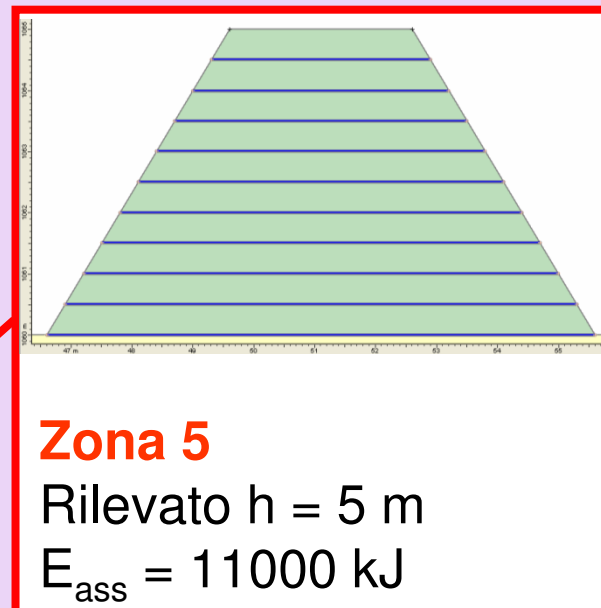
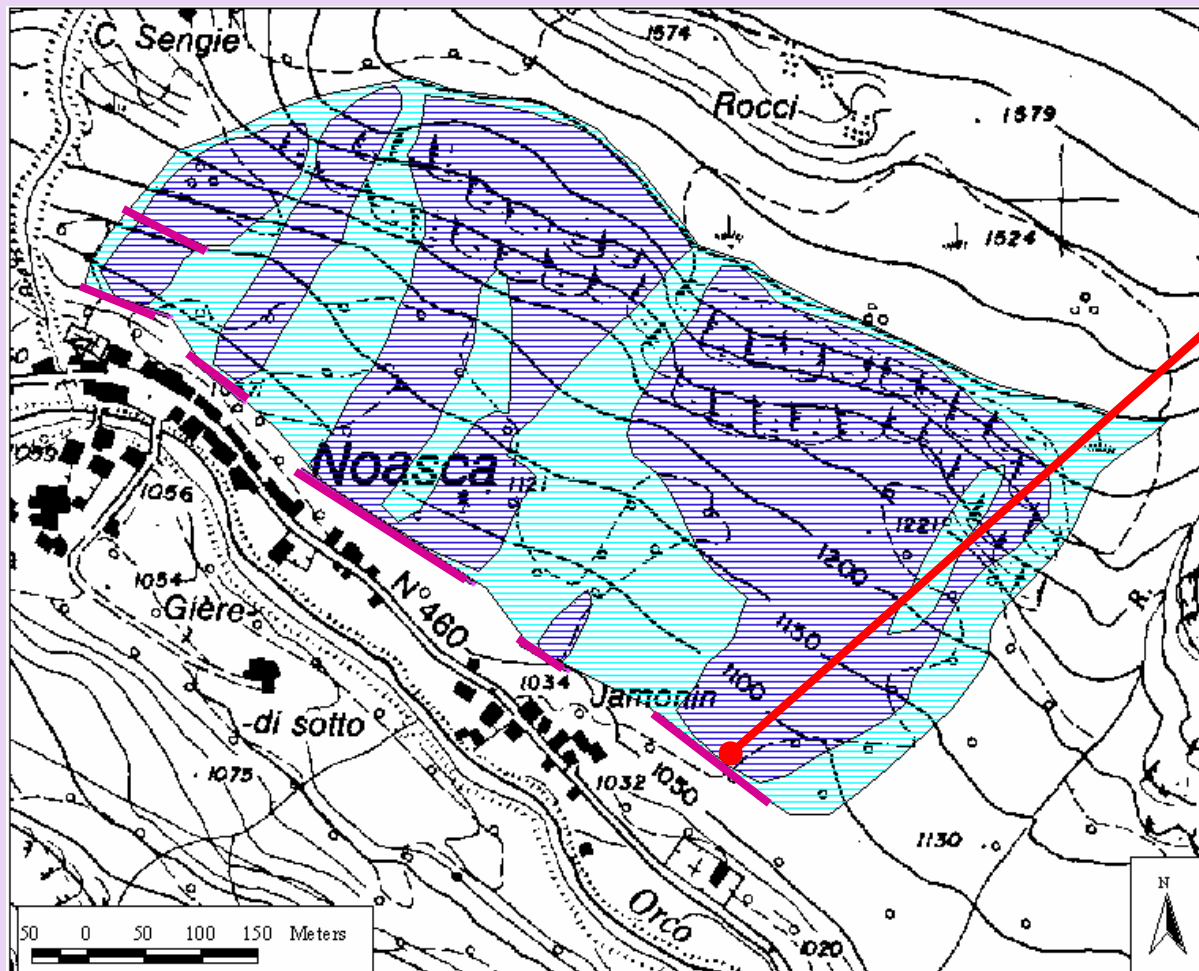
$E_{\text{ass}} = 15000 \text{ kJ}$

 Protezioni

Vulnerabilità

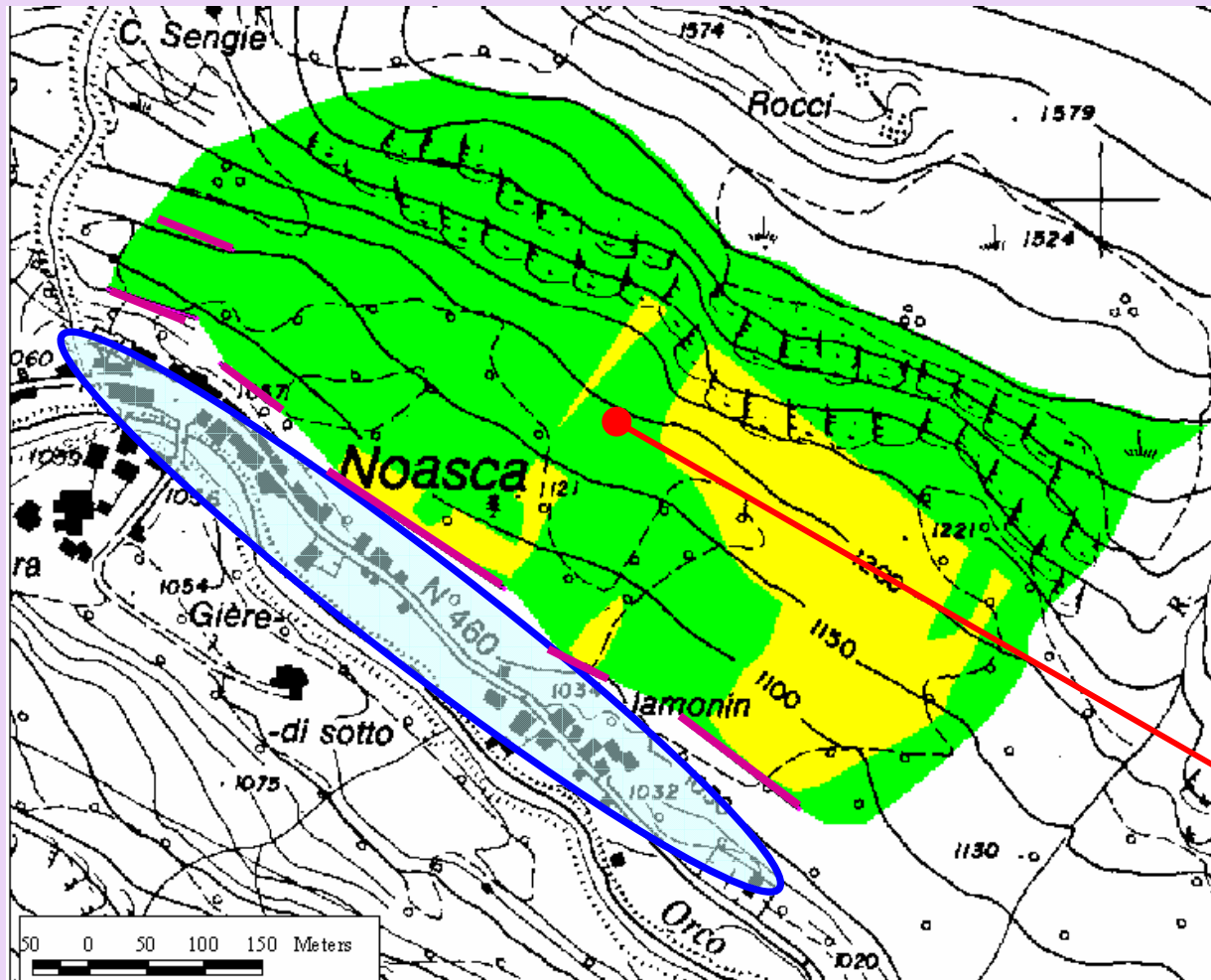
 0.75

 1.00



Calcolo del Rischio Residuo

RISCHIO FISICO



 Protezioni

Rischio fisico



**RISCHIO
ACCETTABILE?**