



Convegno
VULCANO... RISCHIO VULCANICO

RISCHIO VULCANICO: valutazione dell'impatto sul costruito e sull'uomo a seguito di una eruzione del Vesuvio o dei Campi Flegrei

Centro Studi **PLINIVS**
Centro Studi
Per L'INGegneria Idrogeologica,
Vulcanica e Sismica

Direttore Scientifico
prof. **Giulio ZUCCARO**

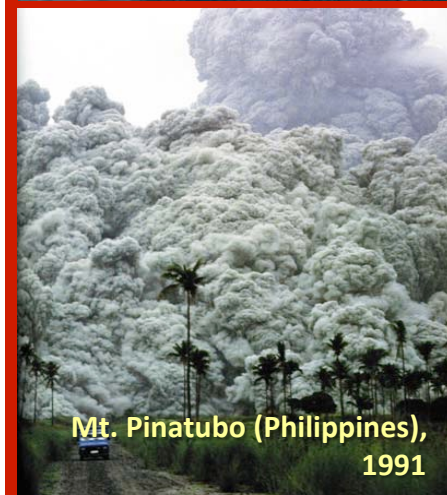
Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Centro di Ricerca L.U.P.T.
Via Toledo, 402 – 80134 – Napoli



Mt. Vesuvius (Italy),
1944



Mt. St Helens (USA),
1980



Mt. Pinatubo (Philippines),
1991

Napoli, 3 dicembre 2016

Centro Studi Per L'INGegneria Idrogeologica, Vulcanica e Sismica



CENTRO UNIVERSITARIO DI RICERCA

PLINIVS è una struttura operativa del
Centro Interdipart. di Ricerca LUPT *Laboratorio di Urbanistica e di Pianificazione Territoriale*
Raffaele d'Ambrosio, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



CENTRO DI COMPETENZA NAZIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

PLINIVS è incluso nella lista dei
Centri di Competenza Nazionale Direttiva P. C. M. del 27.02.04.
(Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 1922 del 15 Maggio 2006 e successivi)



CENTRO DI RIFERIMENTO DELLA REGIONE CAMPANIA

PLINIVS collabora con la
Protezione Civile della Regione Campania
per la valutazione degli Scenari di Danno Sismico e la Gestione delle Emergenze

Direttore Scientifico: prof. Giulio ZUCCARO

Comitato Tecnico Scientifico :



prof.	Franco	BARBERI	Università degli studi Roma Tre
prof.	Raffaele	LANDOLFO	Università degli studi di Napoli Federico II
prof.	Mario	LO SASSO	Università degli studi di Napoli Federico II
prof.	Giulio	ZUCCARO	Università degli studi di Napoli Federico II



Centro Studi Per L'INGegneria Idrogeologica, Vulcanica e Sismica

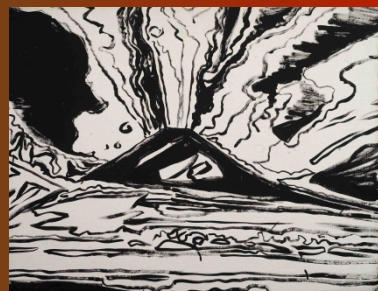
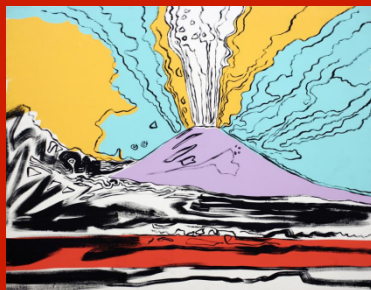
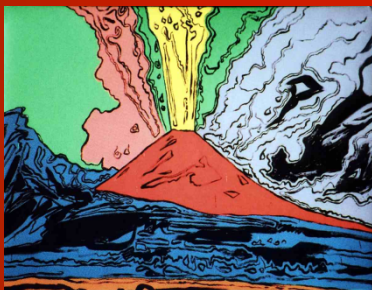


CONTENUTI



Vesuvius, Andy Warhol. 1985

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

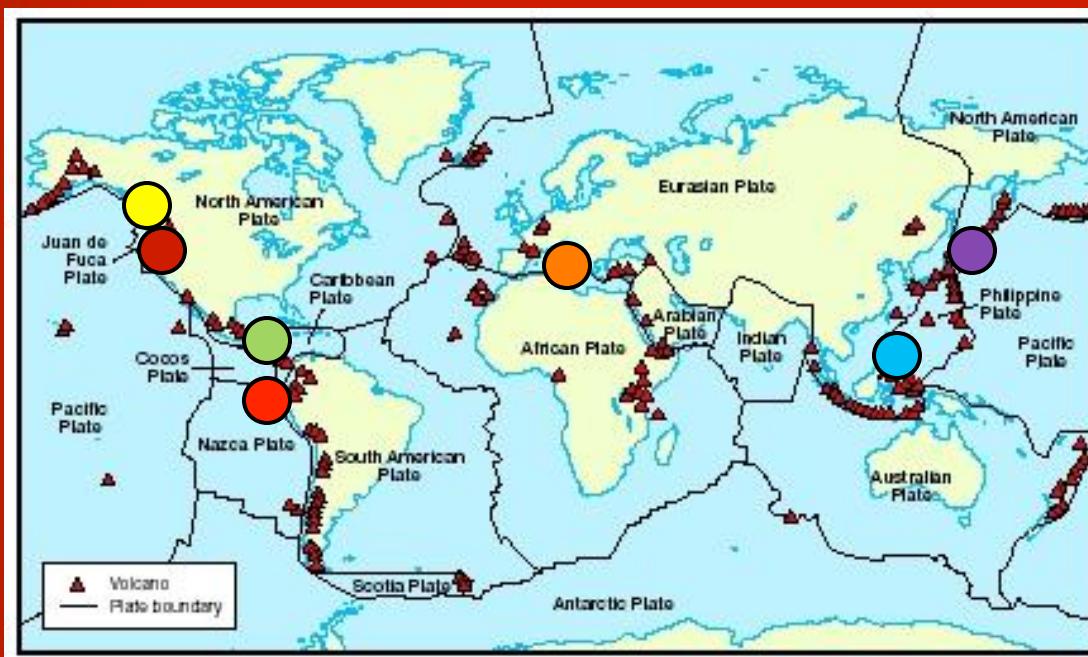
$$\text{RISCHIO VULCANICO} = \text{ESPOSIZIONE} \times \text{HAZARD} \times \text{VULNERABILITÀ}$$

ESPOSIZIONE = estensione, quantità e qualità dei diversi elementi antropici che compongono la realtà territoriale, le cui condizioni e/o il cui funzionamento possono essere danneggiati, alterati o distrutti da un certo evento vulcanico.

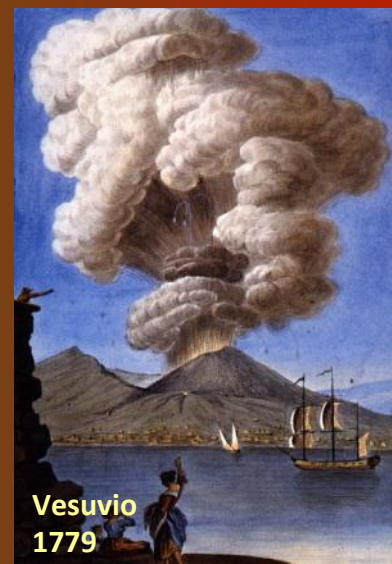
HAZARD = probabilità che in una certa area ed in un certo periodo di tempo si verifichi un evento vulcanico di determinate caratteristiche.

VULNERABILITA' = propensione di persone, manufatti, attività o beni a subire danni o modificazioni per effetto di un evento vulcanico.

Nel mondo, circa **500 milioni di persone** sono a rischio (USGS, 2010)



- Tokyo, Hakone
25.000.000 abitanti
- Mexico city, Popocateptl
15.100.000 abitanti
- Manila, Taal
7.940.000 abitanti
- Seattle, Mt. Rainer
2.970.000 abitanti
- Napoli, Vesuvio
2.000.000 people
- Quito, Guagua Pinchincha
1.400.000 people
- Portland, Mt. St. Helens
450.000 people



1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Eruzioni effusive

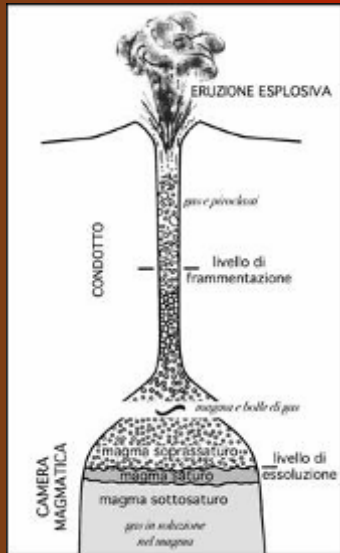


Magma emesso sotto forma di FLUSSI LAVICI

Prodotti: **LAVA** = magma emergente in superficie



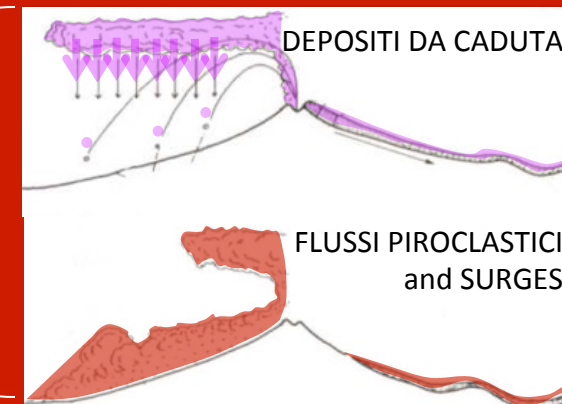
Eruzioni esplosive



Magma emesso attraverso la COLONNA ERUTTIVA

Prodotti: **PIROCLASTI** = rocce originate dalla frammentazione del magma

I depositi piroclastici (TEPHRA) sono di 3 tipi



I TRE COMPLESSI VULCANICI NAPOLETANI

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE



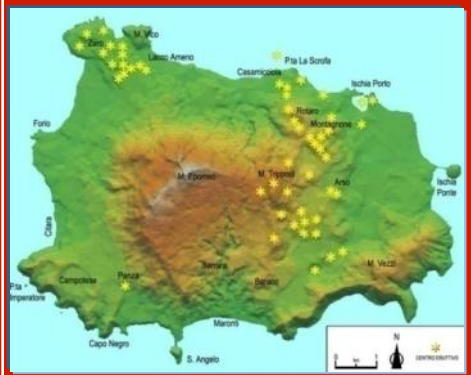
VESUVIO



CAMPI FLEGREI



ISCHIA



IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA VESUVIANA



1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

ESPOSIZIONE = 2.000.000 abitanti di cui circa 600.000 nell' area rossa

Hazard = Possibili eruzioni esplosive

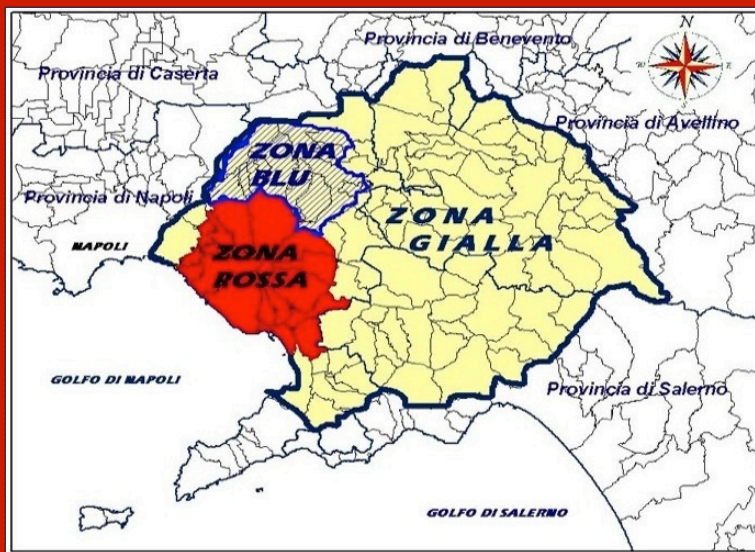
(Dobran & Mascolo, 1998; Scandone et al., 1993)

VEI	Tipologia	Eruzioni occorse	P 10 anni	P 50 anni	P 100 anni	P 500 anni
3	Stromboliana	1906 - 1944	0,989	-	-	-
4	Sub-pliniana	472dC - 1631	0,175	-	-	-
5	Pliniana	Pompei, 79dC	0,030	0,75	0,90	0,99

VEI = Indice di esplosività vulcanica, secondo lo schema di Walker

P (i anni) = probabilità di accadimento di un'eruzione di determinato indice VEI nei prossimi i anni [%]

Vulnerabilità = edilizia progettata senza alcun riferimento alle azioni prodotte a seguito di una probabile eruzione.



Vesuvio, 1822

IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA FLEGREA

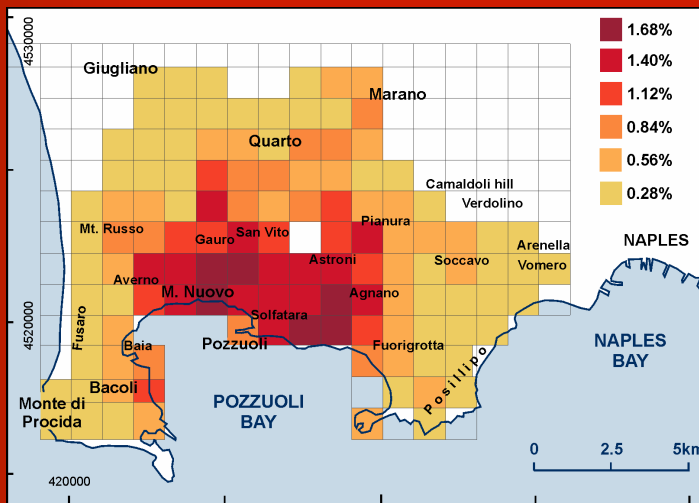


1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Hazard = Possibili eruzioni esplosive

Scala eruttiva	Probabilità condizionata (Orsi et al., 2009) in %				Frequenza (ultimi 5 ka) in %
	Media	10° perc.	50° perc.	90° perc.	
Effusiva	10.7	3.89	9.84	18.6	12
Piccola	60.6	49.9	61.4	72.2	60
Media	25.0	14.9	23.6	35.5	24
Grande	3.73	0.58	2.67	7.50	4

Incertezza sulla bocca eruttiva



Vesuvio, 1822

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

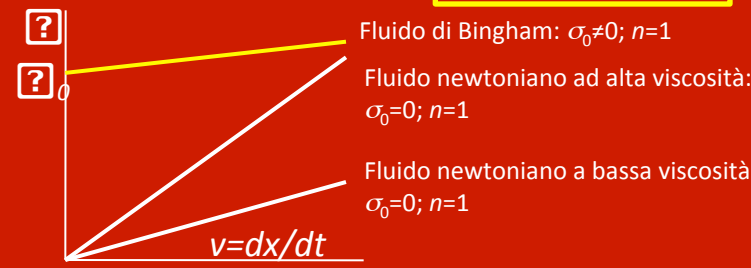
Fenomeno

CLASSIFICAZIONE

• ACIDA	SiO ₂ >63%	} T=1000÷1200°C
• INTERMEDIA	52%<SiO ₂ ≤63%	
• BASICA	45%<SiO ₂ ≤52%	} T=700÷900°C
• ULTRABASICA	SiO ₂ ≤45%	

LAVA= fluido di Bingham:

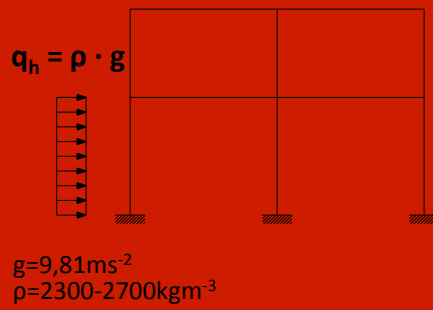
$$\tau = \tau_0 + \mu \left(\frac{dv}{dy} \right)^n$$



Azione sul costruito



h: 20:00
16 Dic. 2002. Etna, Italy. Rifugio Sapienza.



AZIONE:
Pressione orizzontale laterale

TEMPERATURA:
700÷1200°C

VELOCITÀ:
< 10m/h (d>100m dal cratere)

Effetti sul costruito



h: 22:00
16 Dic. 2002. Etna, Italy.



2002. Etna, Italy.



PROTEZIONE PASSIVA:
pianificazione territoriale;

PROTEZIONE ATTIVA:
contenimento e/o deviazione delle lave attraverso barriere in terra o gabbioni metallici



1989. Kilauea, Hawaii

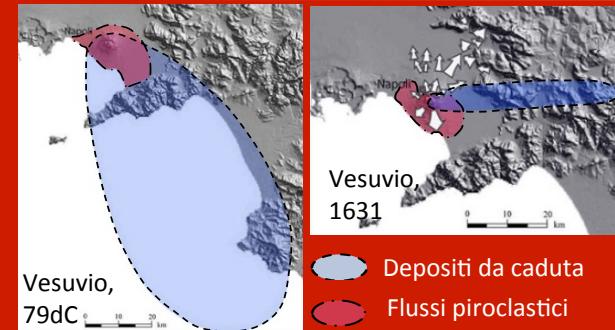
DEPOSITI DA CADUTA

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Fenomeno

DEPOSITI DA CADUTA: clasti più leggeri (ceneri, lapilli, ecc) che si depositano per gravità, nel momento in cui la spinta verso l'alto non è più sufficiente a sostenerli nella colonna pliniana

Essi coprono un'area di forma ellittica, in funzione della direzione del vento.



Azione sul costruito

AZIONE:
Pressione verticale in copertura (150÷400°C)

$$q = \rho \cdot g \cdot h$$

h = spessore deposito [m],
g = 9.81ms⁻²;
ρ = densità [kgm⁻³];
condizioni umide: ρ = 400÷1600kgm⁻³
condizioni asciutte: ρ = 800÷2000kgm⁻³
α = angolo di inclinazione della falda.

Effetti sul costruito



1991. Pinatubo, Filippine

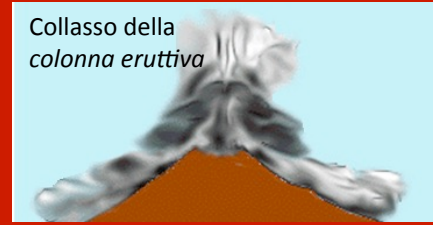
1991. Eruzione vulcano Pinatubo, Filippine

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Fenomeno

FLUSSI PIROCLASTICI e SURGES: miscela di gas , rispettivamente, con alta e bassa concentrazione di particelle solide disperse (MEZZO MULTI-FASE)

CAUSE



Azione sul costruito (*Esposti Ongaro et al., 2002-2008; **Nunziante et al., 2003; ***Zuccaro & Ianniello, 2004)

AZIONE:
Pressione orizzontale laterale (150÷400°C)

Vesuvio. Pressioni dinamiche (kPa)

Eruzione	[?]	Distanza dal cratere		
	[°]	2km	4km	6km
Sub-pliniana*	30	-	5.0	-
	45	-	3.0	-
	90	11.0	1.0	1.0
	180	4.0	1.0	0.5
	360	1.8	0.1	0.0
Pliniana**	-	1.0-9.0		



Effetti sul costruito



1991. Pinatubo, Filippine



2002. Soufr.Hills, Montserrat, UK



1997. Eruzione vulcano Soufriere Hills, Montserrat, Caraibi, UK



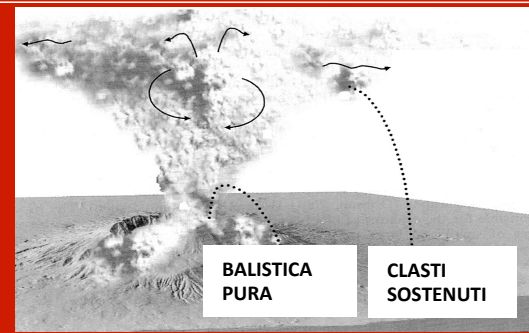
MISSILI VULCANICI

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Fenomeno

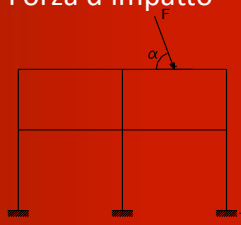
MISSILI VULCANICI = Frammenti clastici volanti prodotti durante un'eruzione esplosiva

- CLASTI DI DIMENSIONI MAGGIORI: direttamente esplosi dal cratere secondo una traiettoria balistica ($R = u_0^2 \cdot \sin 2\theta / g$).
- CLASTI DI DIMENSIONI MINORI: sostenuti per convezione nella colonna eruttiva per poi depositarsi a terra per gravità.



Azione sul costruito (*Spence et al., 2007)

AZIONE:
Forza d'impatto



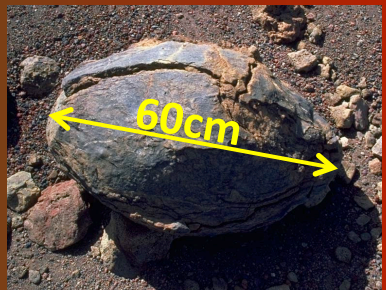
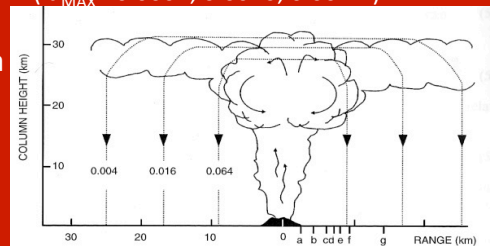
ENERGIA CINETICA (E_c)

Energia richiesta per rompere un'oggetto colpito è uguale all'energia assorbita dall'oggetto stesso nella sua deformazione elastica fino al punto di rottura.

$E_{c, \text{missile}} < 8J \rightarrow$	5%	} FINESTRE ROTTE (spessore vetro 3-4mm)*
$8J < E_{c, \text{missile}} < 20J \rightarrow$	30%	
$E_{c, \text{missile}} > 20J \rightarrow$	70%	

VESUVIO, CADUTA CLASTI

($d_{MAX} = 0.0064; 0.0016; 0.004m$)



Effetti sul costruito



1997. Eruzione vulcano *Soufrière Hills*, Montserrat, Caraibi, UK

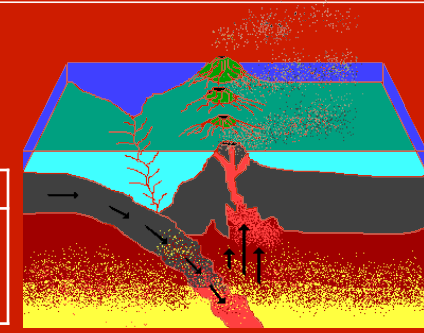
2001. Eruzione *Sakurajima*, Giappone

TERREMOTI VULCANICI

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Fenomeno

TERREMOTI VULCANICI:
Causati da frattura delle rocce a seguito della risalita del magma o delle percolazioni di fluidi/gas ad alte temperature.

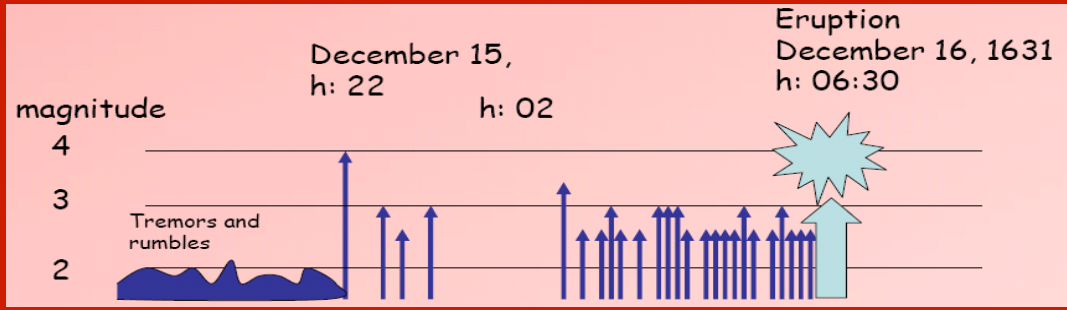


Terremoti vulcano-tettonici	(VT)	Apprezzabili nella fase pre-eruttiva
Terremoti di lungo periodo	(LP)	Significativi durante l'eruzione
Harmonic tremor	(T)	
Eventi superficiali	(SEs)	

Azione sul costruito (*Cubellis & Marturano, 2006)

AZIONE:
Forze di inerzia (H e V)

- Vesuvio*:
- 62dC, M=5
 - 1631-1944, M<4.5
 - 1944-2010, M<3.6



Effetti sul costruito



LAHAR E COLATE DI FANGO

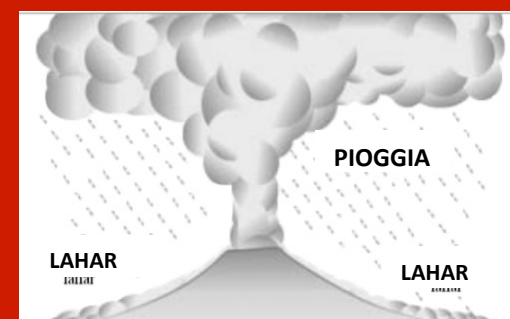
1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Fenomeno

LAHAR (termine indonesiano):
colate di fango contenenti materiale vulcanico

Elevata energia cinetica.
Le velocità possono raggiungere i 100km/h

Lahar con alto contenuto d'acqua: *FLUIDO NEWTONIANO*
Lahar con basso contenuto d'acqua: *FLUIDO DI BINGHAM*



Azione sul costruito (Faella & Nigro, 2002; Vallario, 1994)

AZIONE:
Pressione orizzontale
($T \leq 100^\circ\text{C}$)

VELOCITA' [ms ⁻¹]	PRESSIONE [kNm ⁻²]
5	37.5
7	73.5
10	150

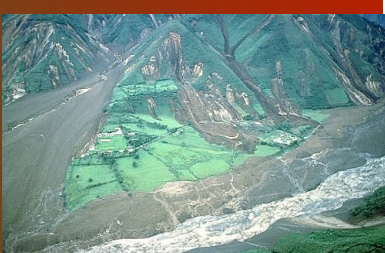
Velocità LAHAR ,
Alveo Cavallo,
Torre del Greco



Disastro
idrogeologico,
Sarno 1998



1982. St. Helens, USA



1994. Nevado del Huila, Colombia

Effetti sul costruito



1980. St. Helens, USA



1991. Pinatubo, Filippine



TSUNAMI

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Fenomeno

TSUNAMI.

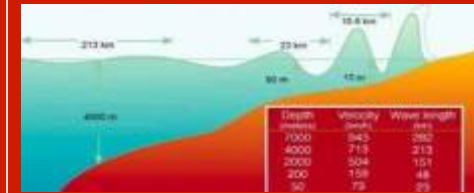
Serie di onde che, superando l'abituale linea costiera, provocano danni all'interno dei porti, lungo tutta la costa e a volte nell'entroterra.

CAUSE LEGATE AD ERUZIONI:

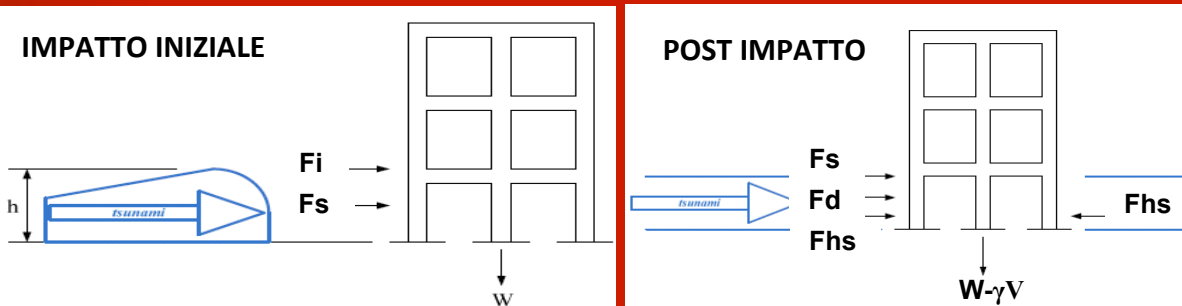
Terremoti sottomarini, caduta di materiale vulcanico in mare

ONDE DI ACQUA BASSA

$$v = \sqrt{g \cdot d}$$



Azione sul costruito (Palermo et al., 2007)



- Fi impatto fronte d'onda
- Fs impatto frammenti trasportati
- Fd azione di trascinam.
- Fhs pressione idrost.

Effetti sul costruito



2004. Sud-Est Asiatico



2004. Sud-Est Asiatico

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

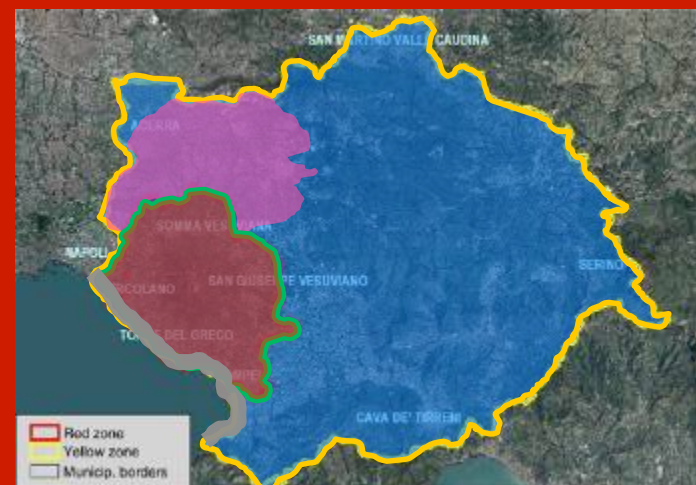
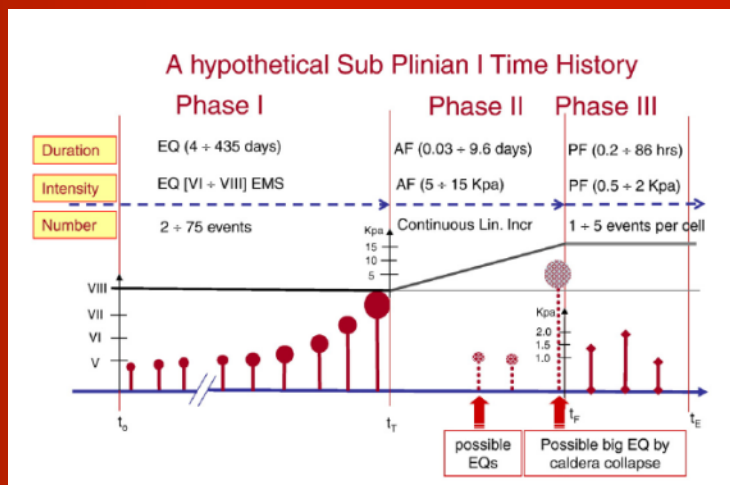
Azioni eccezionali vulcaniche

	Prossimità cratere					Area esterna		
	EQ	AF	M	X	Lh	EQ	X	Lh
Prima dell'eruzione	EQ	/	/	/	/	EQ	/	/
Durante l'eruzione	EQ	AF	M	X	/	EQ	X	/
Dopo l'eruzione	PF	AF	M	X	Lh	AF	X	Lh

G = azioni permanenti
 Ad = azioni eccezionali
 Qk = azioni variabili
 ψ_{21} = coeff. parziale di sicurezza

EQ = sisma
 AF = depositi da caduta
 PF = flussi piroclastici
 M = missili vulcanici
 Lh = lahars
 T = tsunami

Simulazione di un'eruzione sub-Pliniana del Vesuvio (Zuccaro et al., 2008)





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Effetto dei flussi piroclastici





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Effetto dei flussi piroclastici

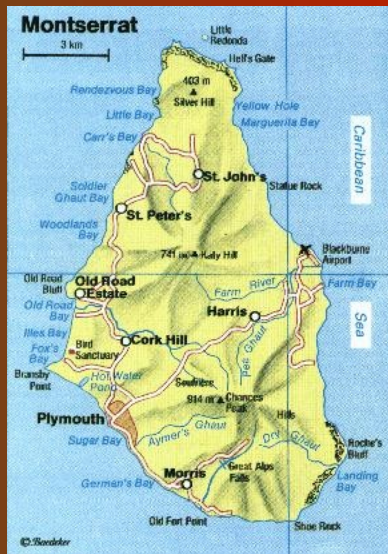
Devastazione completa al centro del flusso



1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Effetto dei flussi piroclastici

Fattori di mitigazione: Protezione aperture





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Effetto dei flussi piroclastici

Fattori di mitigazione: Strutture in C.A. + protezione aperture + morfologia



1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Effetto dei flussi piroclastici

Si sono osservati oltre i 5KM dal "vent" fattori che possono condizionare il danno agli edifici ed alle persone che malauguratamente si trovassero ancora all'interno dell'area:

- Resistenza delle aperture degli edifici



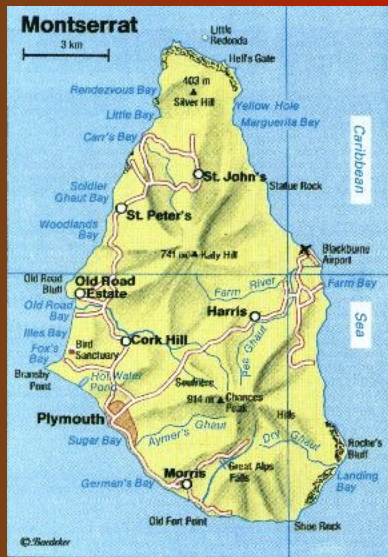
- Resistenza e caratteristiche costruttive delle coperture (es. infiam.)



- Resistenza allo sfondamento delle pareti in muratura e delle tamponature delle strutture in c.a.



- Schermatura orografica



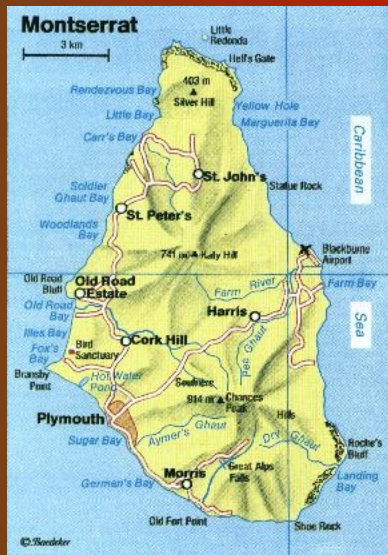


1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Effetto dei flussi piroclastici

Ulteriore fattori condizionante:

Effetto barriera edificato a 5 Km dal cratere





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Vulnerabilità nei riguardi di un evento eccezionale

La vulnerabilità vulcanica (**V**) è la misura della propensione di persone, beni o attività a subire danni al verificarsi di un evento vulcanico eccezionale. Essa può essere definita attraverso una legge causa-effetto, in cui la causa è l'evento (**E**) e l'effetto è il danno (**D**).

$$D = E \times V$$

↓

Scheda di rilievo speditiva PLINIVS

SEZIONI	DATI
INFORMAZIONI GENERALI	TIPO, DESTINAZIONE, USO, ESPOSIZIONE
CONDIZIONI	ETÀ, STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA, TIPOLOGIA DELLE FINITURE
CARATTERISTICHE DESCRITTIVE	NUMERO DI PIANI, DI APPARTAMENTI, DI INTERRATI, DI INTERRATI OCCUPATI, ALTEZZA DEL PRIMO PIANO, ALTEZZE MINIMA E MASSIMA, RECINZIONE, POSIZIONE
CARATTERISTICHE STRUTTURALI	TIPOLOGIA PRINCIPALE, STRUTTURE PRINCIPALI VERTICALI E ORIZZONTALI, GEOMETRIA E STRUTTURA DELLA COPERTURA, SPESSORE DEI MURI E DELLE TAMPONATURE, TIPOLOGIA DELLE TAMPONATURE
APERTURE	PERCENTUALE DELLE APERTURE IN FACCIATA, NUMERO DI APERTURE PICCOLE, MEDIE E GRANDI, MATERIALE E PROTEZIONE DELLE APERTURE, CONDIZIONI DELLE APERTURE
INTERVENTI	TIPO ED ETÀ DELL'INTERVENTO
REGOLARITÀ	REGOLARITÀ IN PIANTA ED IN ALTEZZA, DISTRIBUZIONE DELLE TAMPONATURE IN PIANTA ED IN ALTEZZA, TELAI MONO O BI- DIREZIONALI, PIANO SOFFICE, ELEMENTI TOZZI





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Curve di vulnerabilità sismica (Zuccaro et al., 2008)

STRUTTURE VERTICALI \ STRUTTURE ORIZZONTALI	SCARSA RIGIDEZZA Volte e/o solai in legno senza tiranti	TECNOLOGIA POVERA Solai "SAP"	MEDIA RIGIDEZZA Volte e/o solai in legno con tiranti	RIGIDEZZA MEDIO-ALTA Solai con putrelle	ELEVATA RIGIDEZZA Solai in c.a.
MURATURA DEBOLE. Pietra sbazzata non mantenuta	A _s	A _s	A _s	A _s	A _s
MURATURA DI MEDIA QUALITA'. Pietra sbazzata mantenuta	A _s	A _s	B _s	B _s	B _s
MURATURA RESISTENTE. Mattoni squadati	A _s	A _s	B _s	B _s	C _s
Strutture intelaiate	-	B _s	-	-	D _s

DANNI

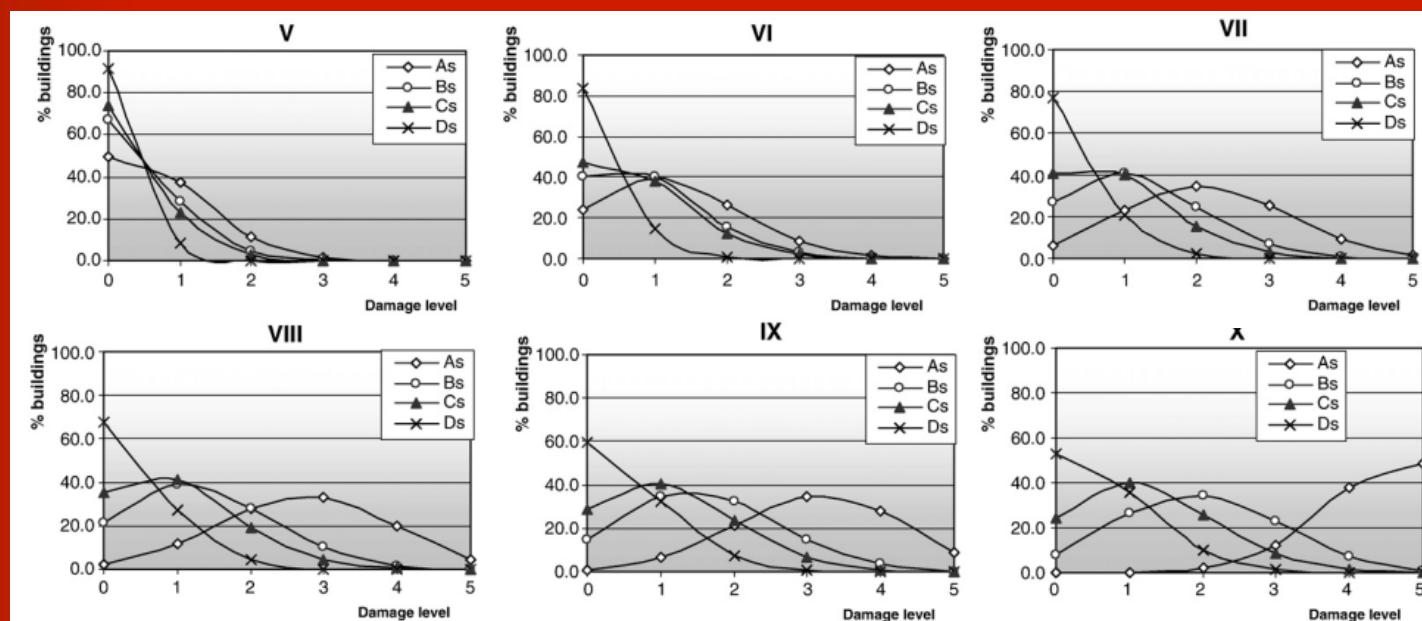
DO = assenza di danno
 D1 = danno leggero
 D2 = danno moderato
 D3 = danno severo
 D4 = collasso parziale
 D5 = collasso totale

DANNO STRUTTURA

DANNO STRUTTURA

DANNO APERTURE

DANNO COPERTURA





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Curve di fragilita' da ash fall (Zuccaro et al., 2008)

Classe	Descrizione
A _r	Copertura in legno debolmente inclinata
B _r	Copertura in legno piana
	Copertura in c.a. piana, tipo SAP
	Copertura piana in acciaio con voltine
	Copertura piana in acciaio con voltine
C1 _r	Cop. piana in c.a. > 20 anni di età
C2 _r	Cop. piana in c.a. < 20 anni di età
	Cop. piana in c.a. di recente realizzazione
D _r	Copertura inclinata in c.a. di recente realizzazione
	Copertura inclinata in acciaio di recente realizzazione

DANNI

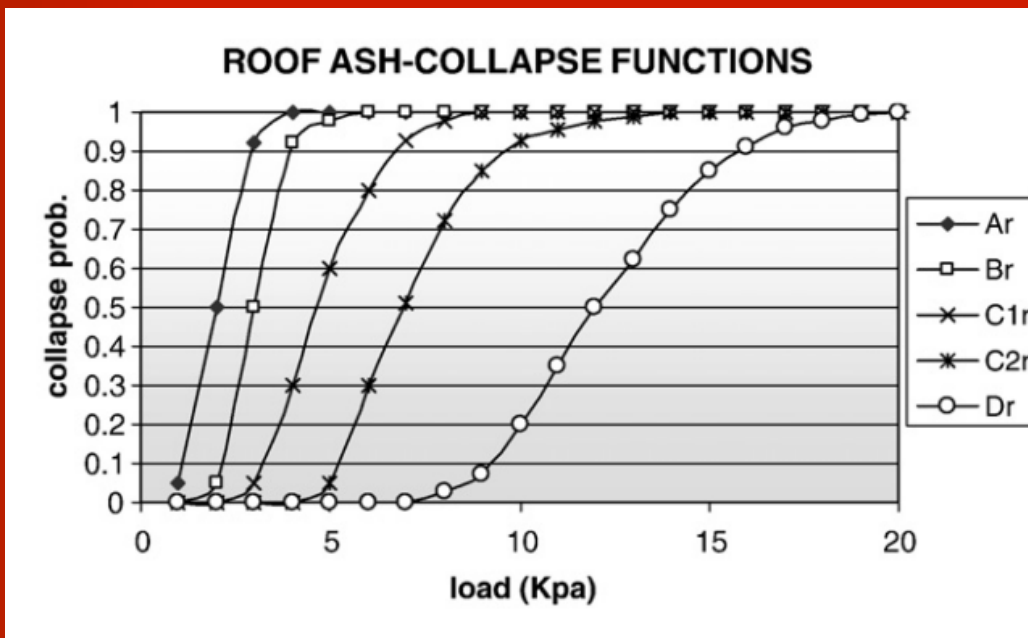
DO = assenza di danno
 D1 = danno leggero
 D2 = danno moderato
 D3 = danno severo
 D4 = collasso parziale
 D5 = collasso totale

DANNO STRUTTURA

DANNO STRUTTURA

DANNO APERTURE

DANNO COPERTURA





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Curve di vulnerabilità da flussi piroclastici (Zuccaro et al., 2008)

	Classe	Descrizione
Muratura	A _p	Edifici in muratura debole di 3-4 piano con orizzontamenti deformabili
		Edifici in muratura debole o resistente con più di 4 piani
	B _p	Edifici in muratura media di 1-2 piani con orizzontamenti deformabili
C.A.	C _p	Edifici in muratura resistente con più di 3 piani e orizzontamenti rigidi
	D _p	Edifici in muratura resistente di 1-2 piani e orizzontamenti rigidi
	E _p	Edificio non antisismico in c.a. con più di 6 piani
C.A.	F _p	Edificio non antisismico in c.a. con più di 4-6 piani
	G _p	Edificio non antisismico in c.a. con più di 1-3 piani

DANNI

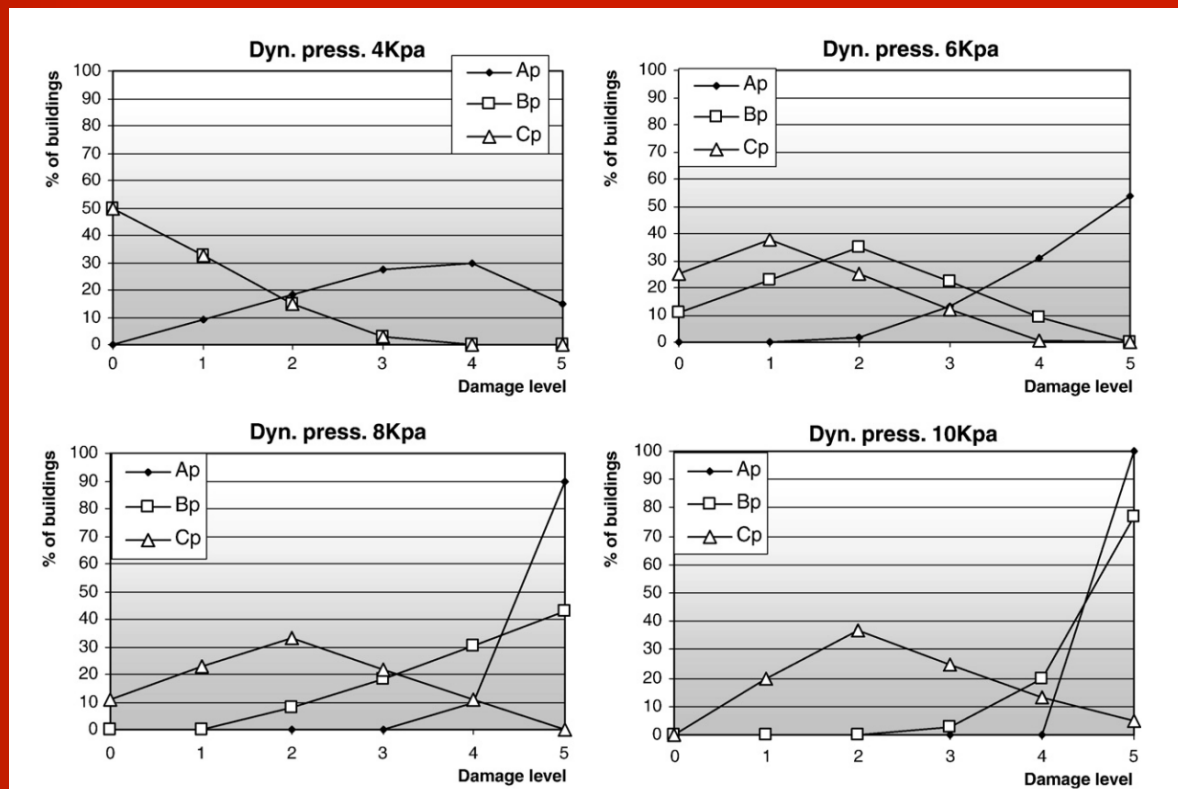
DO = assenza di danno
 D1 = danno leggero
 D2 = danno moderato
 D3 = danno severo
 D4 = collasso parziale
 D5= collasso totale

DANNO STRUTTURA

DANNO STRUTTURA

DANNO APERTURE

DANNO COPERTURA



1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Prove per la valutazione degli effetti dei flussi piroclastici

Prove a carico di collasso su:

- Finestre in alluminio ben mantenute
 - Finestre in alluminio mal mantenute
 - Vecchie finestre in legno
 - Vecchie porte in legno
- Tamponature in laterizio forato senza aperture
 - Tamponature in laterizio forate con aperture
- Parete in tufo spessa 40cm
 - Parete in tufo spessa 60cm
 - Parete in pietra lavica spessa 60cm



PROGETTO EXPLORIS (2002-2005)

<http://exploris.pi.ingv.it>

(PR. CEE N.EVRI-CT2003-40026)

Carichi di collasso *(Spence et al., 2004)*

	ELEMENTI	RESISTENZA[kPa]
Debole	Lastre di vetro ordinarie	<1.5
	Finestre in alluminio in cattive condizioni	1.5
	Finestre in alluminio in buone condizioni	3.0
	Vecchie porte in legno	3.5
	Muratura in tufo giallo (<40cm)	4.2 - 7.4
	Vecchie finestre in legno	5.0
	Tamponatura in laterizio forato senza aperture	5.5
	Muratura in tufo giallo (lunghezza 4m; spessore 40cm)	6.8 - 9
	Tamponatura in laterizio forato con aperture	7.6 - 8.9
	Muratura in tufo giallo (lunghezza 4m; spessore 60cm)	10 - 13
Forte	Muratura in pietra vulcanica (lunghezza 4m; spessore 60cm)	20 - 26



1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Casualties: INDOOR

1. PER CEDIMENTO DELLE APERTURE, in funzione di:
 - pressione dinamica e sua variazione con l'altezza da terra e distanza dal cratere;
 - resistenza attesa delle aperture;
 - numero e dimensione delle aperture a varie distanze dal cratere;
 - livello di occupazione degli edifici;
 - tasso di vittime tra gli occupanti di edifici le cui aperture cedono.
2. PER AUMENTO INSOSTENIBILE DELLA TEMPERATURA INTERNA E/O PER INFILTRAZIONE DI GAS E CENERI BOLLENTI

Temperatura	Tempo di Esposizione	Vittime	Feriti Gravi
120° - 150°	meno di 15 min.		10%
120° - 150°	15 - 30 min.	10%	20%
120° - 150°	30 - 60 min.	50%	50%
120° - 150°	più di 60 min.	100%	
150° - 200°	meno di 5 min.		10%
150° - 200°	5 - 10 min.	10%	20%
150° - 200°	10 - 20 min.	50%	50%
150° - 200°	più di 20 min.	100%	
200° - 250°	meno di 5 min.	10%	20%
200° - 250°	5 - 10 min.	50%	50%
200° - 250°	più di 10 min.	100%	
oltre 250°	meno di 3 min.	10%	20%
oltre 250°	3 - 6 min.	50%	50%
oltre 250°	più di 6 min.	100%	

Casualties: OUTDOOR (persone rimaste in strada senza adeguato rifugio)

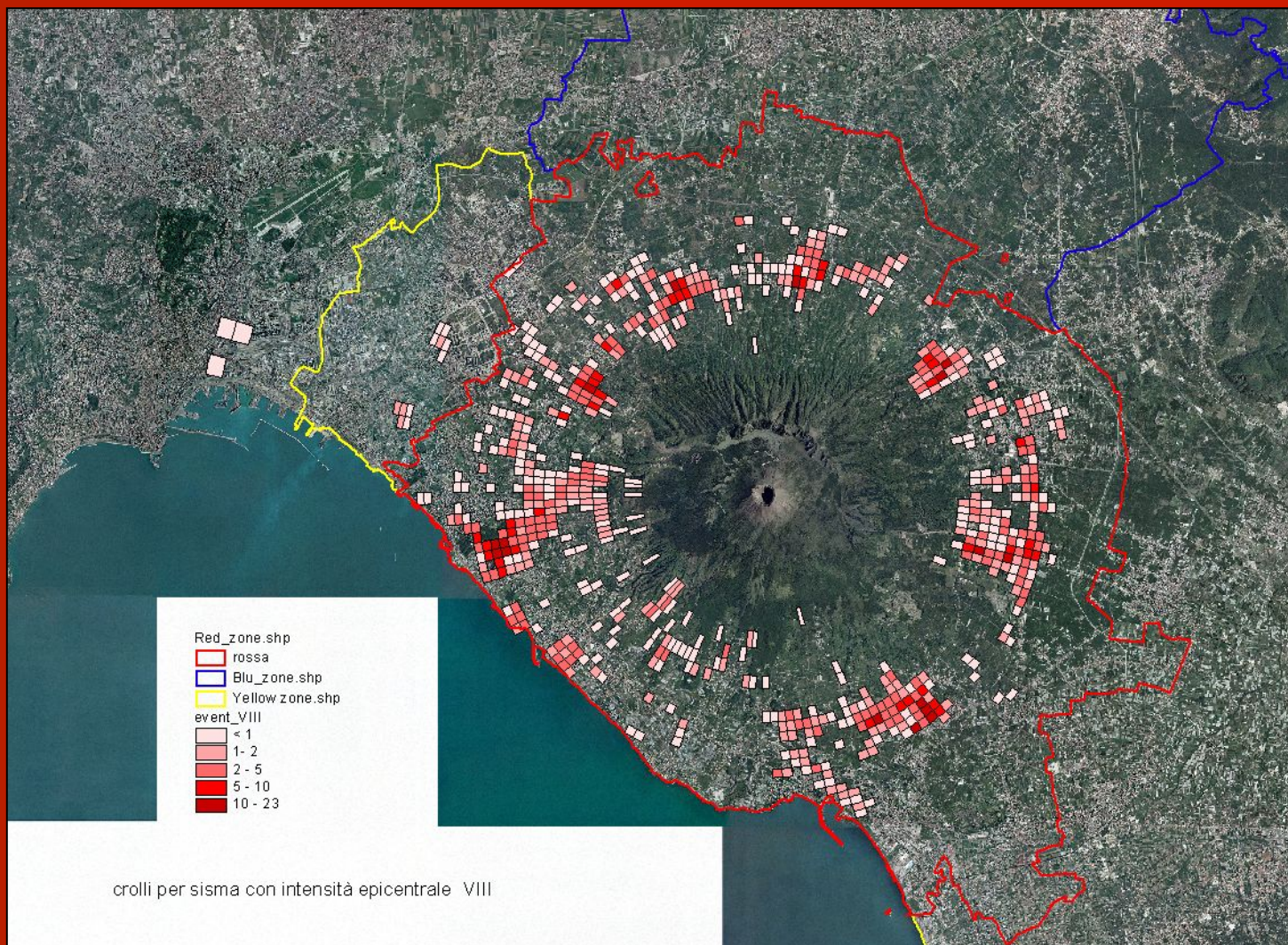
- La temperatura durante il flusso piroclastico non consente la sopravvivenza. Questa condizione produce il 100% delle vittime



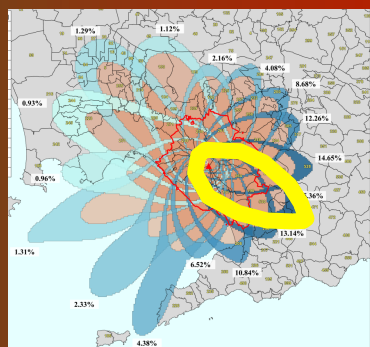


1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Vesuvio: effetto terremoto pre-eruttivo (VIII)



Massa eruttata $5.0 \times 10^{11} \text{kg}$
 Altezza colonna 18km
 Vento Settore 6
 (prob. 15,36%)

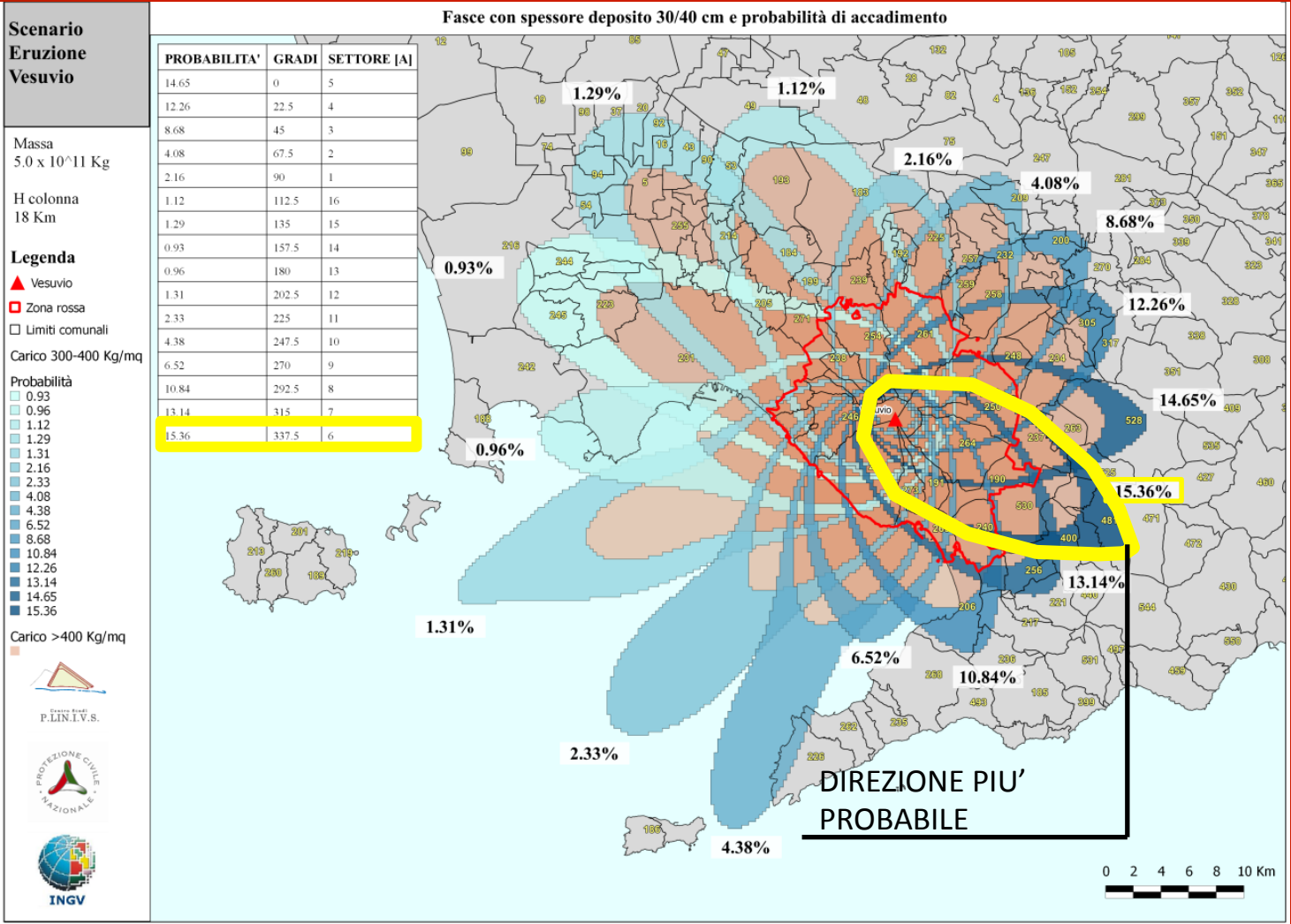


ANALISI DI SCENARIO: ASH FALL

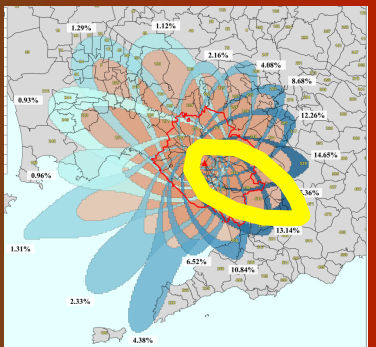
1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Vesuvio: effetto ash fall eruzione sub-pliniana (16 direzioni del vento)

DIREZIONE 6: più probabile (15,36%)



Massa eruttata 5.0×10^{11} kg
 Altezza colonna 18 km
 Vento Settore 6 (prob. 15,36%)



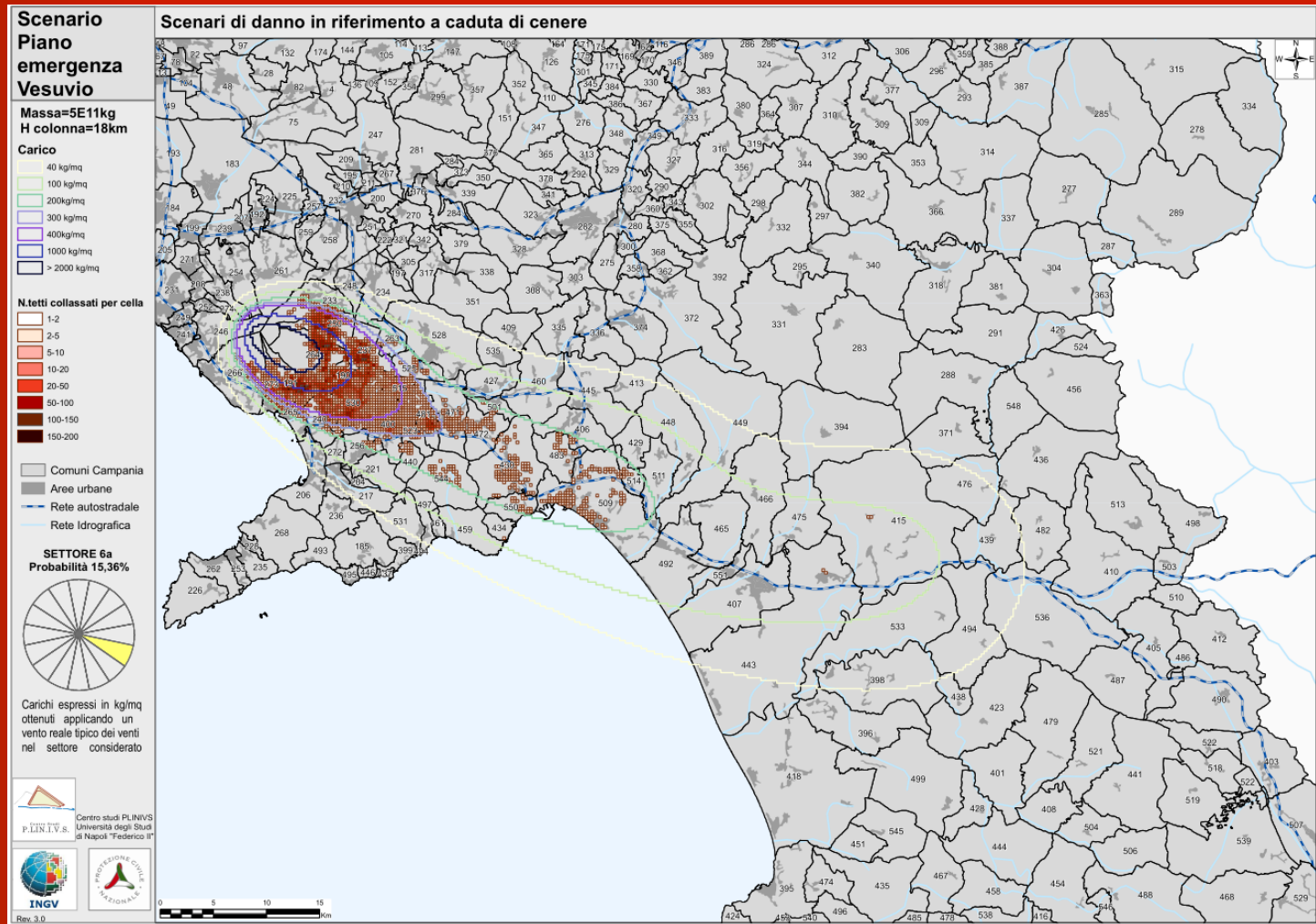
ANALISI DI SCENARIO: ASH FALL



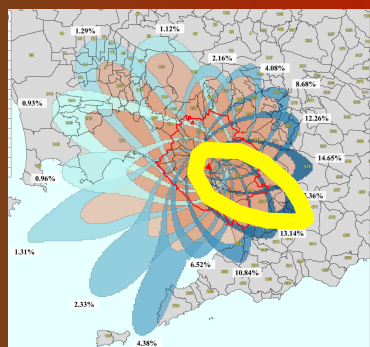
1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Vesuvio: effetto ash fall eruzione sub-pliniana (16 direzioni del vento)

**DIREZIONE 6: più probabile (15,36%):
n°tetti collassati per cella (250x250m)**

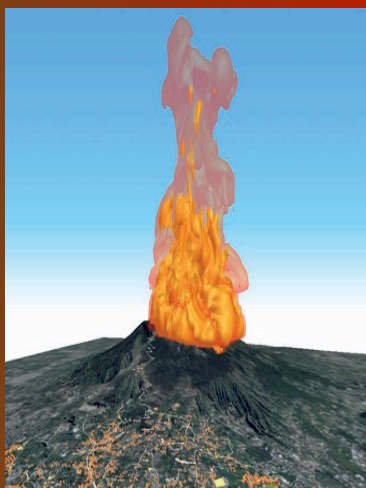
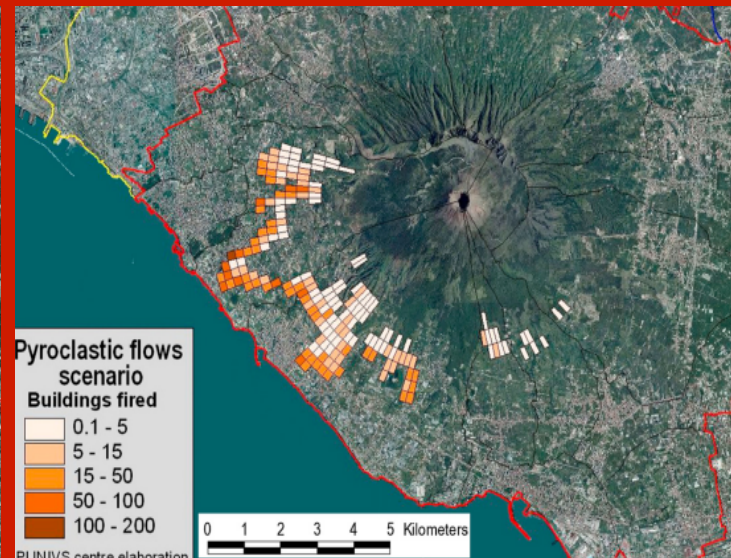
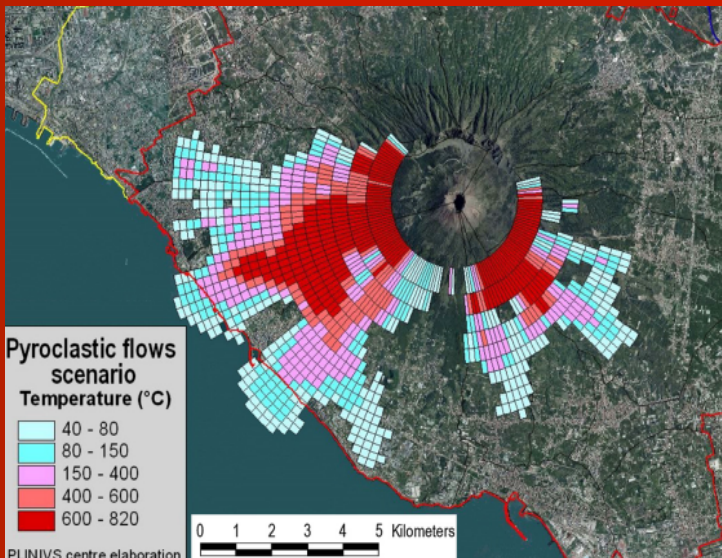
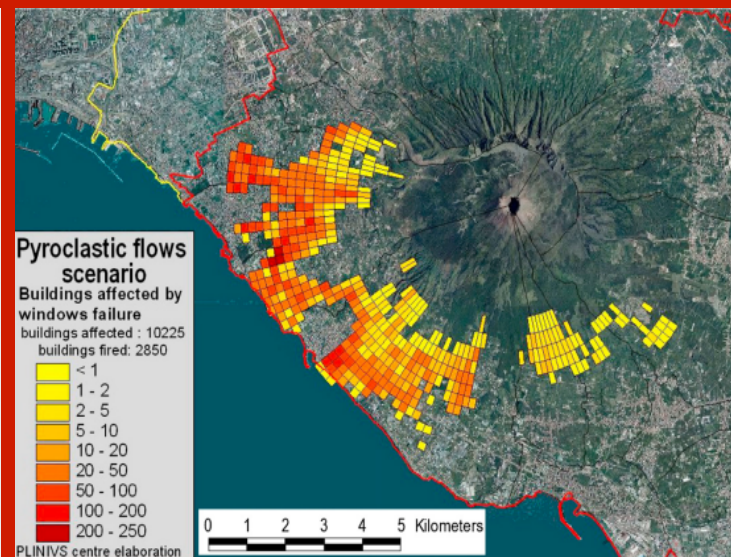
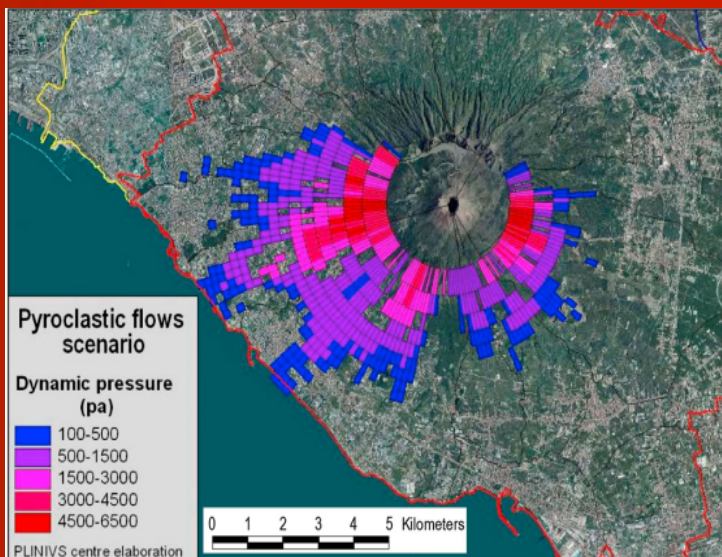


Massa eruttata $5.0 \times 10^{11} \text{kg}$
Altezza colonna 18km
Vento Settore 6
(prob. 15,36%)



1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Vesuvio: effetto flussi piroclastici eruzione sub-pliniana





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Vesuvio: effetto flussi piroclastici eruzione sub-pliniana

Bull. Volcanol (2010) 72:1021–1038
DOI 10.1007/s00445-010-0379-2

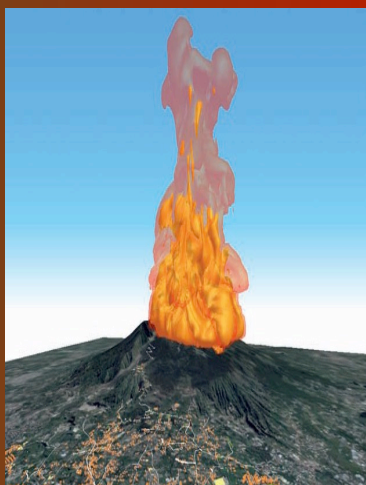
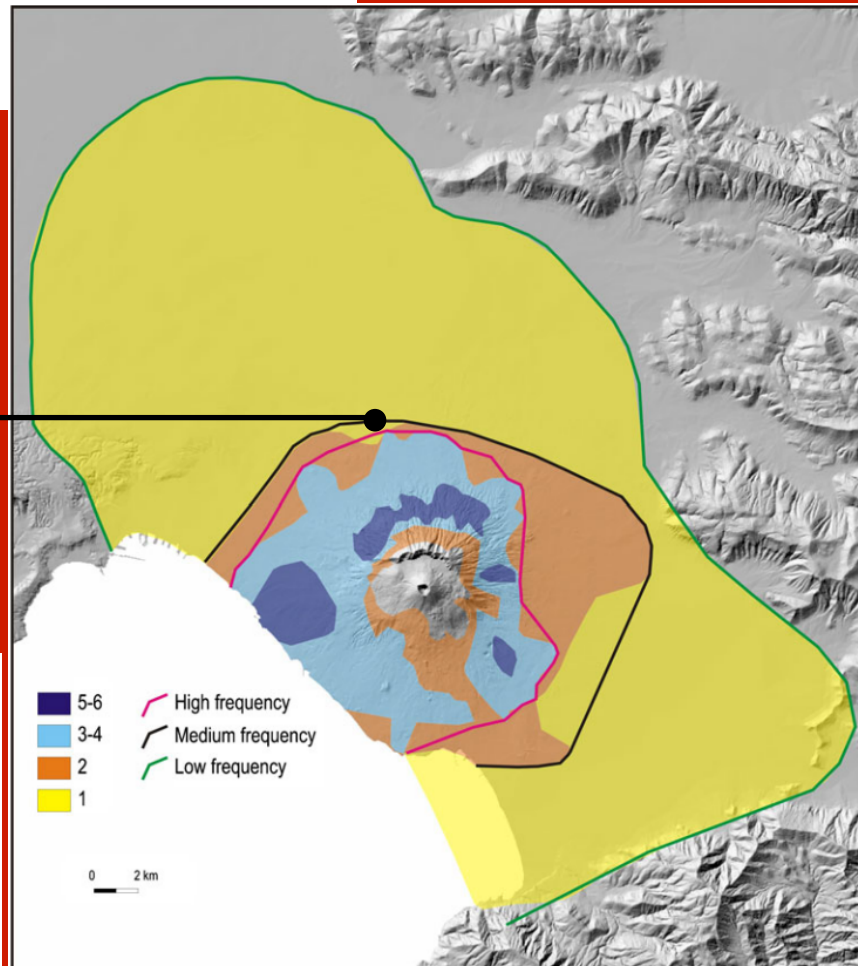
RESEARCH ARTICLE

Pyroclastic flow hazard assessment at Somma–Vesuvius based on the geological record

L. Gurioli · R. Sulpizio · R. Cioni · A. Sbrana ·
R. Santacroce · W. Luperini · D. Andronico

FREQUENZA MEDIA DI INONDAZIONE

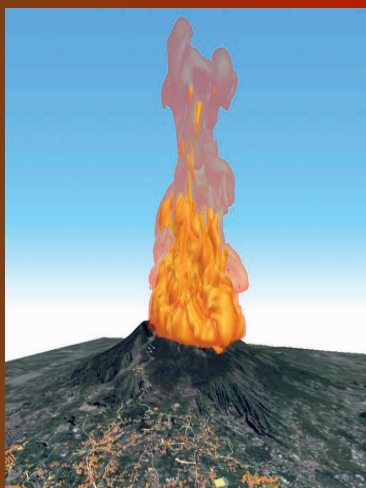
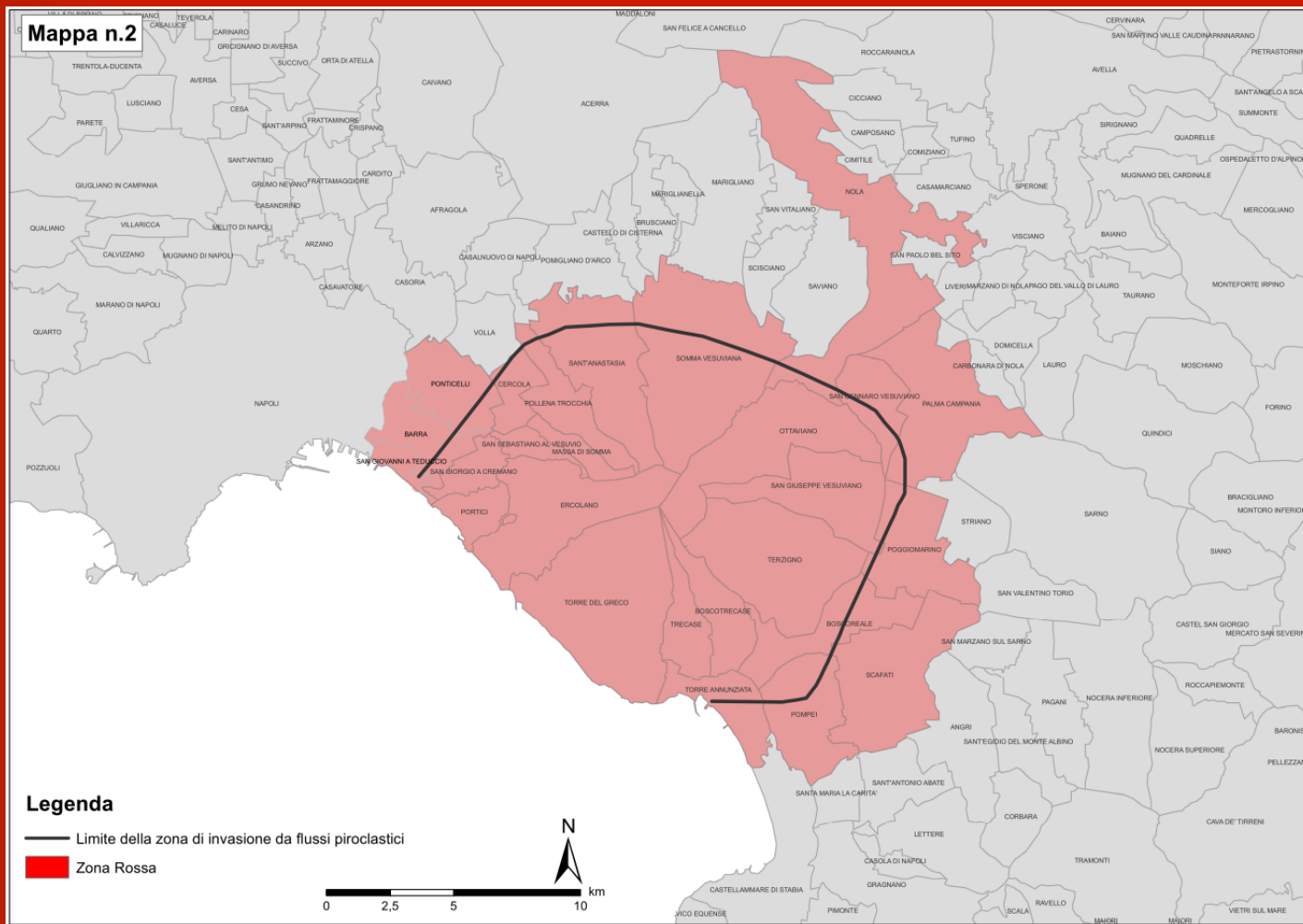
Fig. 6 PDC inundation frequency for the main eruptions of Somma–Vesuvius during the last 22 ka. The map shows areas that relate to high, medium, and low frequency of PDC inundation during the last 22 ka of activity



1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Vesuvio: effetto flussi piroclastici eruzione sub-pliniana

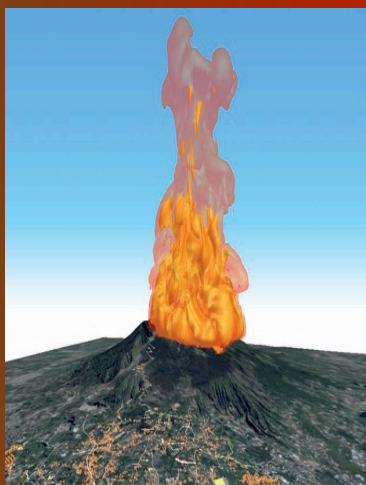
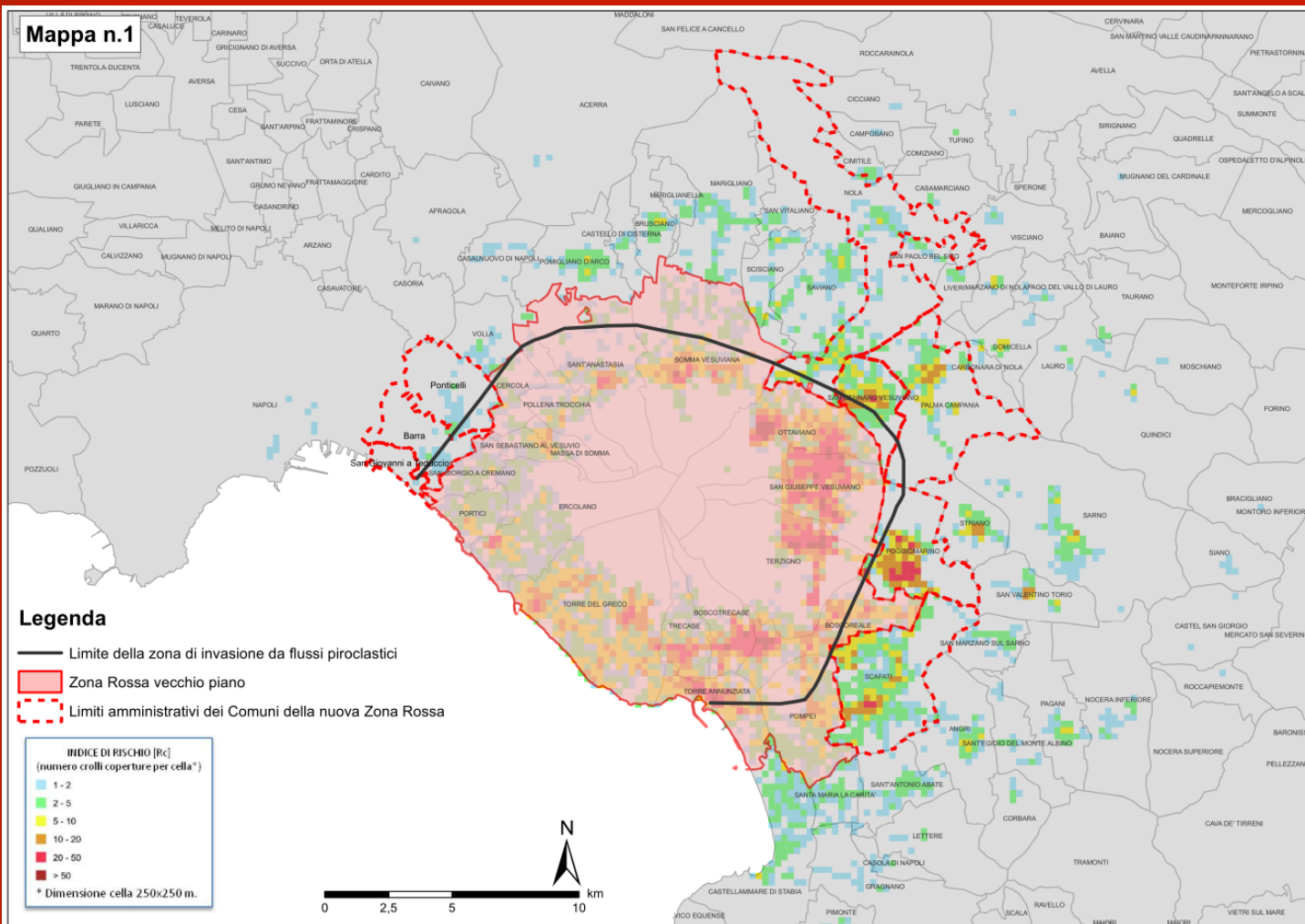
NUOVI COMUNI ESPOSTI



1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Vesuvio: effetto ash fall e flussi piroclastici eruzione sub-pliniana

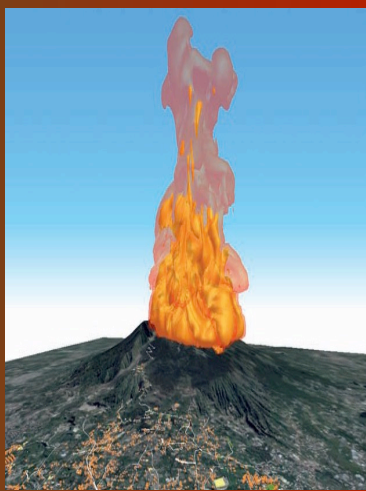
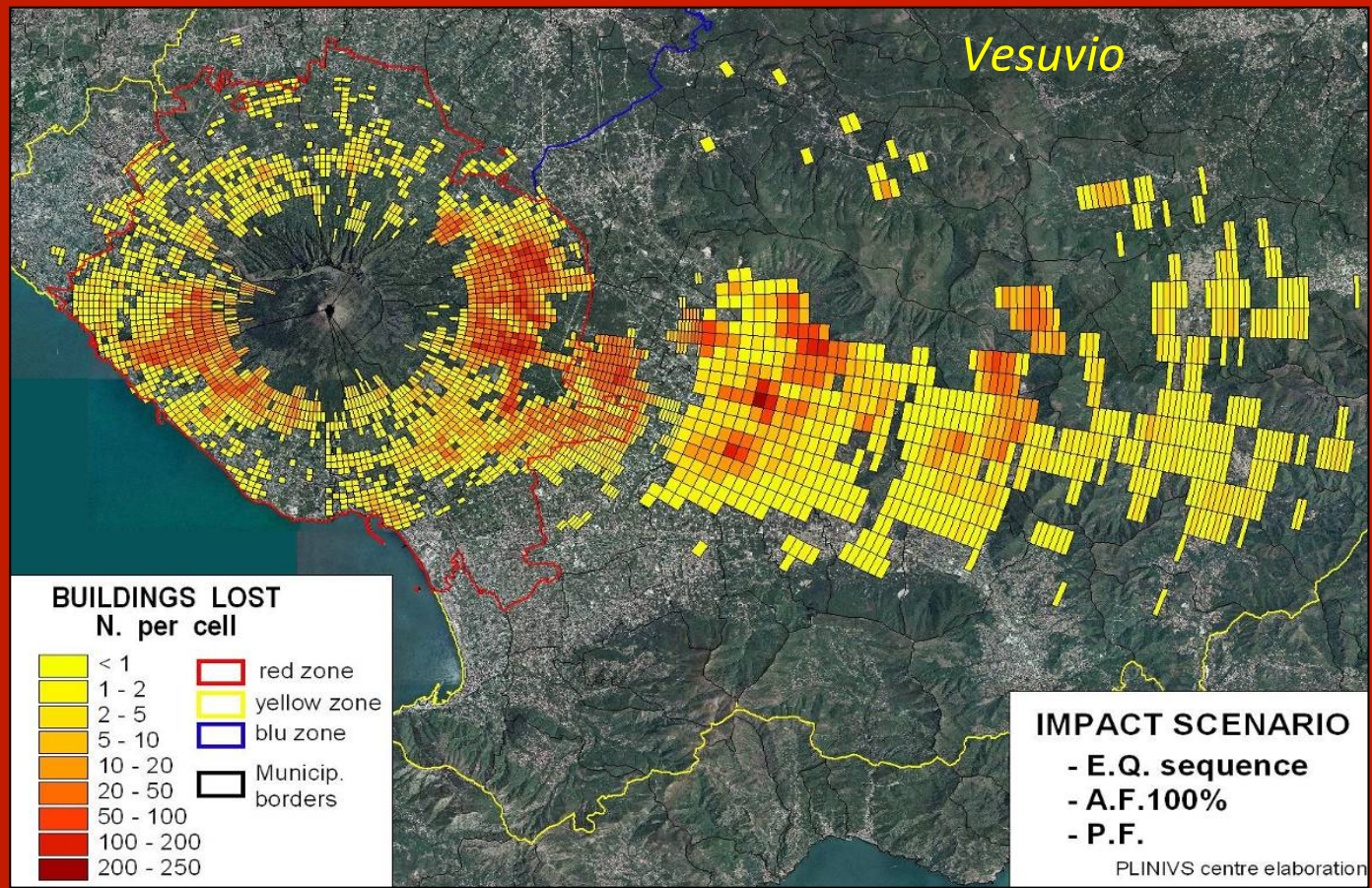
ESTENSIONE ZONA ROSSA



ANALISI DI SCENARIO: DANNO CUMULATO

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Events	Buildings Lost (D4+D5+fi red)				Casualties				
	Sequence	By Step	Cumul	Fired	Total	Population in the Area (%)	Killed by Step	Killed (Cumulative)	Injuries by Step
PF	4351	28864	2850	31714	1.5%	3382	8440	2985	13456



ANALISI DI SCENARIO: INTERRUZIONI STRADALI

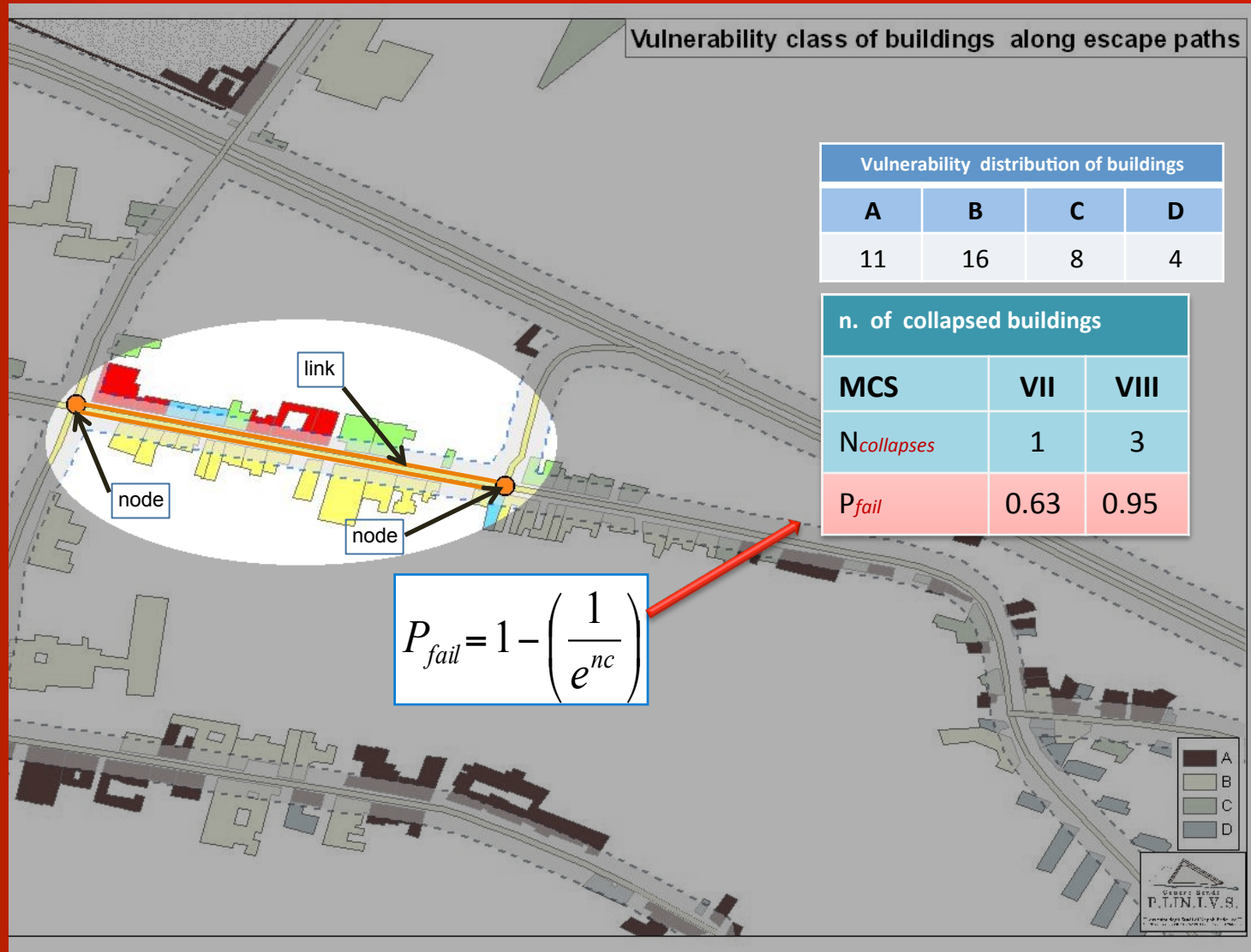


1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

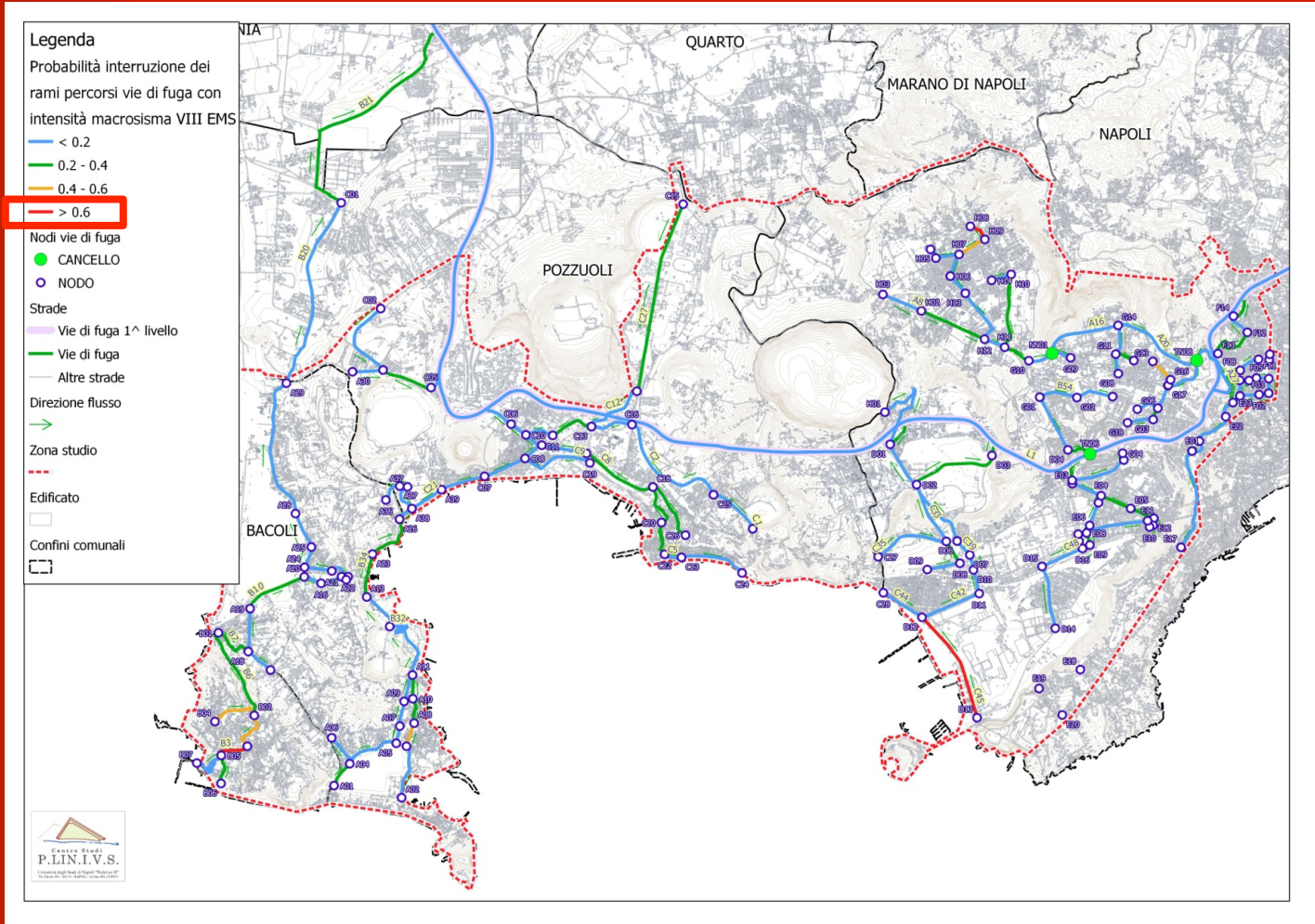




1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

MAPPA DI INTERRUZIONE DELLE VIE DI FUGA

I=VIII





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Flussi lavici

PROTEZIONE PASSIVA:

- Pianificazione che eviti l'edificazione in aree a rischio

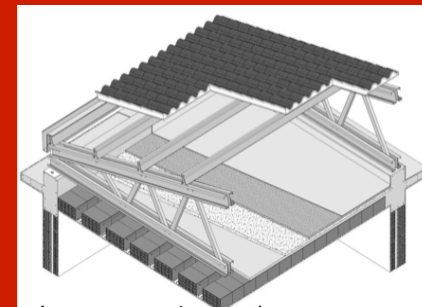
PROTEZIONE ATTIVA:

- Contenimento e deviazione dei flussi (barriere in terra o gabbioni metallici)
- Raffreddamento della lava con getti d'acqua
- Interruzione del flusso lavico (esplosioni)



Depositi da caduta

1. Interposizione di uno strato isolante tra il manto di copertura e la struttura
2. Aumento dell'inclinazione di falda attraverso :
 - la sovrapposizione di strutture leggere (acciaio cold formed)
 - gusci in Ultra High Performance Concrete (2cm per L=5m)
3. Rinforzo della copertura:
 - ~~FRP, Fiber Reinforced Polymers~~ (le proprietà fisico-meccaniche degradano per $T > 60-80^{\circ}\text{C}$)
 - FRCM (Fiber Reinforced Cement Matrix)



(Zuccaro et al., 2010)



1989. KILAUEA, Hawaii



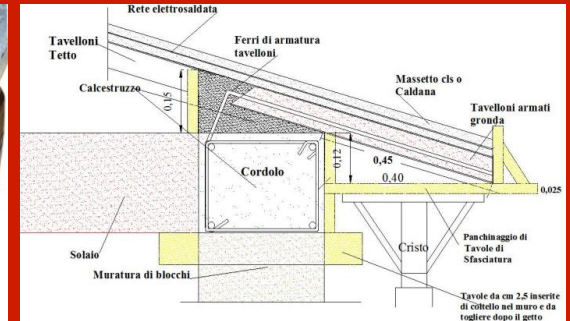
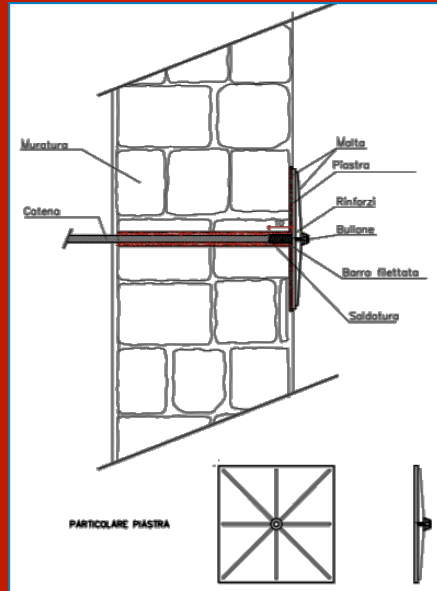


1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Depositi da caduta

Rinforzo della copertura:

- Interventi standard (catene, cordoli, irrigidimento solai, ecc.)



- ~~FRP, Fiber Reinforced Polymers~~
(le proprietà fisico-meccaniche degradano per $T > 60-80^{\circ}\text{C}$)
- FRCM (Fiber Reinforced Cement Matrix)

1989. KILAUEA, Hawaii



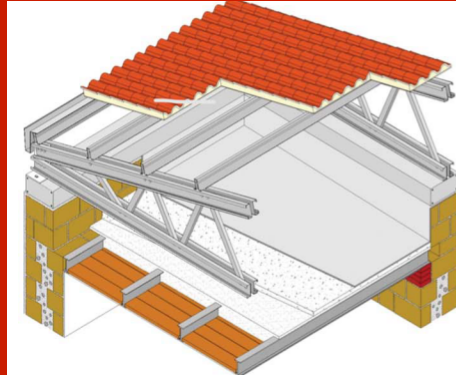


1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTserrat (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

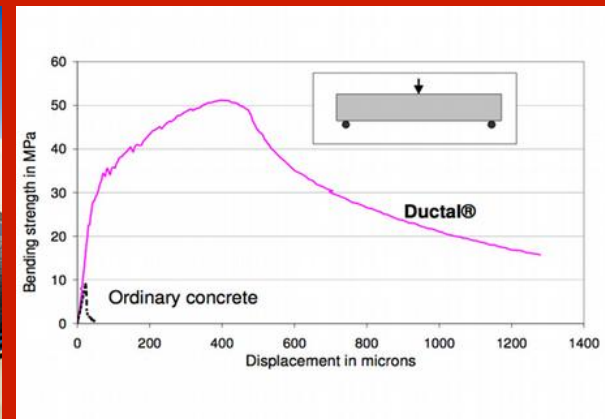
Depositi da caduta

Aumento dell'inclinazione di falda attraverso :

- sovrapposizione di strutture leggere (acciaio cold formed);



- gusci in Ultra High Performance Concrete (2cm per L=5m)



1989. KILAUEA, Hawaii



1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

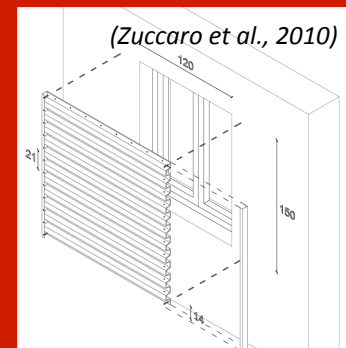
Flussi piroclastici e missili

PROTEZIONE DELLE FACCIATE

- Rivestimento delle facciate con strati di UHPC

PROTEZIONE DELLE APERTURE

- Piastra in acciaio ancorata lungo il perimetro esterno delle aperture
- Scuri resistenti al fuoco in acciaio o alluminio
- Films protettivi per vetri



Terremoto

INTERVENTI EFFICACI ANCHE NEI RIGUARDI DELLE ALTRE AZIONI VULCANICHE:

- Sovrastrutture in CFS che migliorano il comportamento scatolare
- Sistemi di rinforzo in FRCM (e non FRP) utili in riferimento alle alte temperature

Lahar

PROTEZIONE FACCIATE ED APERTURE AL PIANO TERRA (vedi flussi piroclastici)

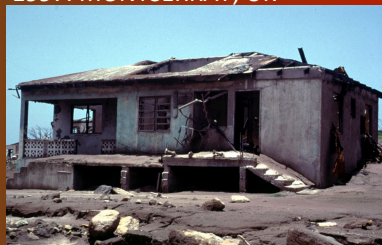
STRATEGIE DI INGEGNERIA AMBIENTALE: bacini di ritenzione, canali artificiali e/o strutture di contenimento in c.a. ad alta resistenza.

Tsunami

EVITARE IL CONTATTO CON IL FRONTE D'ONDA: banchine, barriere coralline, frangiflutti, ecc.

EFFICACE ANCORAGGIO di coperture, solai, elementi resistenti, ponti e serbatoi di stoccaggio

1997. MONTSERRAT, UK





1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. INFRASTRUTTURE

Danni da ash fall *(Auckland Engineering Lifelines Project, 1999)*

Infrastrutture	Spessore delle ceneri < 1mm	Spessore delle ceneri 1-5 mm	Spessore delle ceneri 5-100 mm	Spessore delle ceneri >100 mm
STRUTTURE CIVILI				
Strade	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Ferrovie	Trascurabile	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
INFRASTRUTTURE SPECIFICHE				
Porti	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Aeroporti -trasporto aereo	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità

Uno spessore di cenere di 1-3 mm è in grado di ridurre seriamente la visibilità stradale, ferroviaria ed aerea. Il fondo stradale diventa pericolosamente scivoloso per le auto. Le auto, i treni e gli aerei possono subire danni. **In molti casi è necessario ricorrere alla temporanea chiusura di strade, tratti ferroviari ed aeroporti.**



2011. Puyehue- Cordón C., CHILE

1. L'ATTIVITA' ERUTTIVA E IL RISCHIO VULCANICO
2. IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA NAPOLETANA
3. INCIDENZA DELLE AZIONI VULCANICHE SUL COSTRUITO
4. LA LEZIONE DI MONTSERRAT (Mar dei Caraibi, UK)
5. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' VULCANICA
6. ESEMPI DI ANALISI DI RISCHIO E SCENARIO
7. INTERVENTI DI MITIGAZIONE
8. **INFRASTRUTTURE**

Danni alle lifelines da ash fall (Auckland Engineering Lifelines Project, 1999)

Infrastrutture	Spessore delle ceneri < 1mm	Spessore delle ceneri 1-5 mm	Spessore delle ceneri 5-100 mm	Spessore delle ceneri >100 mm
CONDUTTURE				
Sistemi aperti (es. acque meteoriche)	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Sistemi chiusi	Trascurabile	Trascurabile	Trascurabile	Trascurabile
RETE ELETTRICA				
Linee di alta tensione	Trascurabile	Bassa probabilità	Moderata probabilità	Alta probabilità
Linee isolate - bassa tensione - alta tensione	Trascurabile Trascurabile	Moderata probabilità Bassa probabilità	Alta probabilità Moderata probabilità	Alta probabilità Alta probabilità
Linee sotterranee	Trascurabile	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
STRUTTURE CIVILI				
Strade	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Ferrovie	Trascurabile	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
ACQUE REFLUE				
Liquami	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
SISTEMI IDRICI				
Fiumi/Ruscelli	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Riserve prive di copertura	Bassa probabilità	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Riserve con copertura/Falde	Trascurabile	Trascurabile	Trascurabile	Trascurabile
Serbatoi sui tetti	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità



2011. Puyehue- Cordón C., CHILE



79dC. VESUVIO, Italia



2002. ETNA, Italia



1997. STROMBOLI, Italia



1944. VESUVIO, Italia

Cubellis E. e Marturano A., 2006. *Analysis of historical and present earthquakes at Vesuvius for seismic hazard evaluation*. XY0701 EGU 2006. Session NH5.03: Volcanic Hazard and Risk Vienna, Austria, July 02.

Dobran F. e Mascolo I., 1998. *Previsione di eruzione*. GVES NEWS LETTER. Vol. 4/1.

Esposti Ongaro T., Neri A., Menconi G., de'Michieli Vitturi M., Marianelli P., Cavazzoni C., Erbacci G., Baxter P.J., 2008. *Transient 3D numerical simulations of column collapse and pyroclastic density current scenarios at Vesuvius*. Journal of Volcanology and Geothermal Research 178 (2008) 378–396.

Esposti Ongaro T., Neri A., Todesco M., Macedonio G., 2002. *Pyroclastic flow hazard assessment at Vesuvius (Italy) by using numerical modeling. II. Analysis of flow variables*. Bull Volcanol (2002) 64:178–191. DOI 10.1007/s00445-001-0190-1.

Eurocodice 2, Parte 1.2., 2005. *Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Regole generali. Progettazione strutturale contro l'incendio*. UNI EN 1992-1-2.

Faella C. e Nigro E., 2002. *Debris flow effects on constructions. Damage analysis , collapse mechanisms , impact velocities , code provisions*. Internal Report COST-C12/WG2. Volos, Greece, 14-15 June.

Nunziante L., Fraldi M., Lirer L., Petrosino P., Scotellaro S., Cicirelli C., 2003. *Risk assessment of the impact of pyroclastic currents on the towns located around Vesuvio: a non-linear structural inverse analysis*. Bull Volcanol. 65:547–561. DOI 10.1007/s00445-003-0282-1

Palermo D., Nistor I., Nouri Y., Cornett A., 2007. *Tsu-nami-Induced Impact and Hydrodynamic Loading of Near-Shoreline Structures*. Protect 2007, Whistler, Canada.

Scandone R., Arganese G., Galdi F., 1993. *The Evaluation of Volcanic Risk in the Vesuvian Area*. J. Volcanol. geoth. Res. 58, 261-273.

Spence R., Kelman I., Brown A., Toyos G., Purser D., Baxter P., 2007. *Residential building and occupant vulnerability to pyroclastic density currents in explosive eruptions*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 7, 219–230.

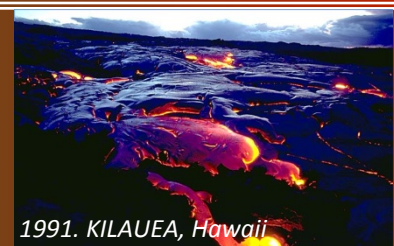
Spence R.J.S., Zuccaro G., Petrazzuoli S., Baxter P.J., 2004b. *Resistance of Building to Pyroclastic Flow and Experimental Studies and Their Application to Vesuvius: a model and its application to Vesuvius*. Natural Hazards review, ASCE 5 (1), 48-59.

Vallario A., 1994. *Potenziale rischio idrogeologico al Somma-Vesuvio. Eruzione vesuviana del 1944- Ricordo di un evento eruttivo 50 anni dopo*. Comune di San Sebastiano al Vesuvio.

Zuccaro G., Leone M.F., Cacace F., 2010b. *Building technologies for the mitigation of volcanic risk*. Proceedings of the International Conference COST Action C26. Naples, Italy, 16-18 September 2010. ISBN 978-0-415-60685-1.

Zuccaro G. e Ianniello D., 2004. *Interaction of pyroclastic flows with building structures in an urban settlement: a fluid-dynamic simulation impact model*. Journal of Volcanology and Geothermal Research 133 (2004) 345-352.

USGS, 2010. Cascades Volcano Observatory, Vancouver, Washington. www.vulcan.wr.usgs.gov



1991. KILAUEA, Hawaii



1996. RUAPEHU, Nuova Zelanda



2008. ERTA ALE, Etiopia



2009. KRAKATAU, Indonesia



2010. EYAFALLAJOKULL, Islanda

Alterio L., De Gregorio D., Faggiano B., Di Feo P., Florio G., Formisano A., Mazzolani F.M., Cacace F., Zuccaro G., Borg R., Coelho C., Indirli M., Kouris L., Sword-Daniels V., 2010. Survey activity for the seismic and volcanic vulnerability assessment in the Vesuvian area: the Golden Mile Villas. Proceeding of the International Conference COST Action C26. Naples, Italy, 16-18 September 2010. pp: 647-652. ISBN 978-0-415-60685-1.

De Gregorio D., Faggiano B., Formisano A., Mazzolani F.M., 2010a. Air fall deposits due to explosive eruptions: action model and robustness assessment of the Vesuvian roofs. Proceeding of the International Conference COST Action C26. Naples, Italy, 16-18 September 2010. pp: 507-512. ISBN 978-0-415-60685-1.

De Gregorio D., Faggiano B., Florio G., Formisano A., De Lucia T., Terracciano G., Mazzolani F.M., Cacace F., Conti G., De Luca G., Fiorentino G., Pennone C., Zuccaro G., Borg R., Coelho C., Gerasimidis S., Indirli M., 2010b. Survey activity for the seismic and volcanic vulnerability assessment in the Vesuvian area: the historical centre and a residential area of Torre del Greco. Proceeding of the International Conference COST Action C26. Naples, Italy, 16-18 September 2010. pp: 653-658. ISBN 978-0-415-60685-1.

Florio G., De Gregorio D., Formisano A., Faggiano B., De Lucia T., Terracciano G., Mazzolani F.M., Cacace F., Conti G., De Luca G., Fiorentino G., Pennone C., Zuccaro G., Borg R., Coelho C., Gerasimidis S., Indirli M., 2010. Survey activity for the seismic and volcanic vulnerability assessment in the Vesuvian area: the school buildings of Torre del Greco. Proceeding of the International Conference COST Action C26. Naples, Italy, 16-18 September 2010. pp: 667-672. ISBN 978-0-415-60685-1.

Mazzolani F.M., Faggiano B., Formisano A., De Gregorio D., Nunziata C., Mandara A., 2010a. Volcanic and tectonic earthquakes effects in the Vesuvian urban habitat. Proceedings of the International Conference 14th ECEE, European Conference on Earthquake Engineering, Ohrid, Republic of Macedonia, August 30- September 03. Paper n. 1179 on CD. ISBN 978-608-65185-1-6.

Mazzolani F.M., Faggiano B., Formisano A., De Gregorio D., Indirli M., Zuccaro G., 2010b. Survey activity for the volcanic vulnerability assessment in the Vesuvian area: the 'quick' methodology and the survey form. Proceedings of the International Conference COST Action C26. Naples, Italy, 16-18 September 2010. pp: 693-698. ISBN 978-0-415-60685-1.

Mazzolan F.M., Faggiano B., De Gregorio D., 2009a. The catastrophic scenario in explosive volcanic eruptions in urban areas. Proceeding of Protection of Historical Buildings, PROHITECH 09, Rome, Italy, 21-24 June. Vol. 2: 1529-1534. ISBN: 978-0-415-55805-1.

Mazzolan F.M., Faggiano B., Formisano A., De Gregorio D., 2009b. Vulnerability evaluation of RC structures in the Vesuvian area. Proceeding of Protection of Historical Buildings, PROHITECH 09, Rome, Italy, 21-24 June. Vol. 2: 1523-1528. ISBN: 978-0-415-55805-1.

Mazzolani F.M., Indirli M., Zuccaro G., Faggiano B., Formisano A., De Gregorio, D., 2009c. Catastrophic effects of a Vesuvian eruption on the built environment. Proceeding of PROTECT Conference 2009.

Mazzolani F.M., Faggiano B., De Gregorio D., 2008. Actions in the catastrophic scenarios of a volcanic eruption. Proceedings of the International Symposium Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events, Valletta, Malta, 23-25 October, vol. 1, p. 449-467, ISBN/ISSN: 978-99909-44-40-2.

Zuccaro G., Cacace F., Faggiano B., Nigro E., De Gregorio D., 2010a. Volcanic actions and their consequences on structures. Proceedings of the International Conference COST Action C26. Naples, Italy, 16-18 September 2010. ISBN 978-0-415-60685-1. pp: 659-665.

*The last day of Pompeii (1830-1833),
Karl Briullov*



GRAZIE PER L'ATTENZIONE