

Per gli anni più remoti, le difficoltà di reperimento di informazioni inducono una marcata sottostima. Per contro la minore popolazione esposta porta a numeri meno importanti di quelli attuali.

Fra l'anno **843** e il **1950**, le frane hanno causato **almeno 9767 vittime**.

Fra il **1950** e il **2010**, le frane hanno causato **almeno 6447 vittime** (morti, dispersi, feriti).

Nel **2011**, le **vittime** per frana sono state **25** tra morti e feriti.



Foto 492-493 – Giampileri Superiore: panoramica del fianco in sx idrografica della fiumara, nel settore a monte del centro abitato. Si notano le zone di origine delle frane sul ripido versante terrazzato.

COSTA VIOLA

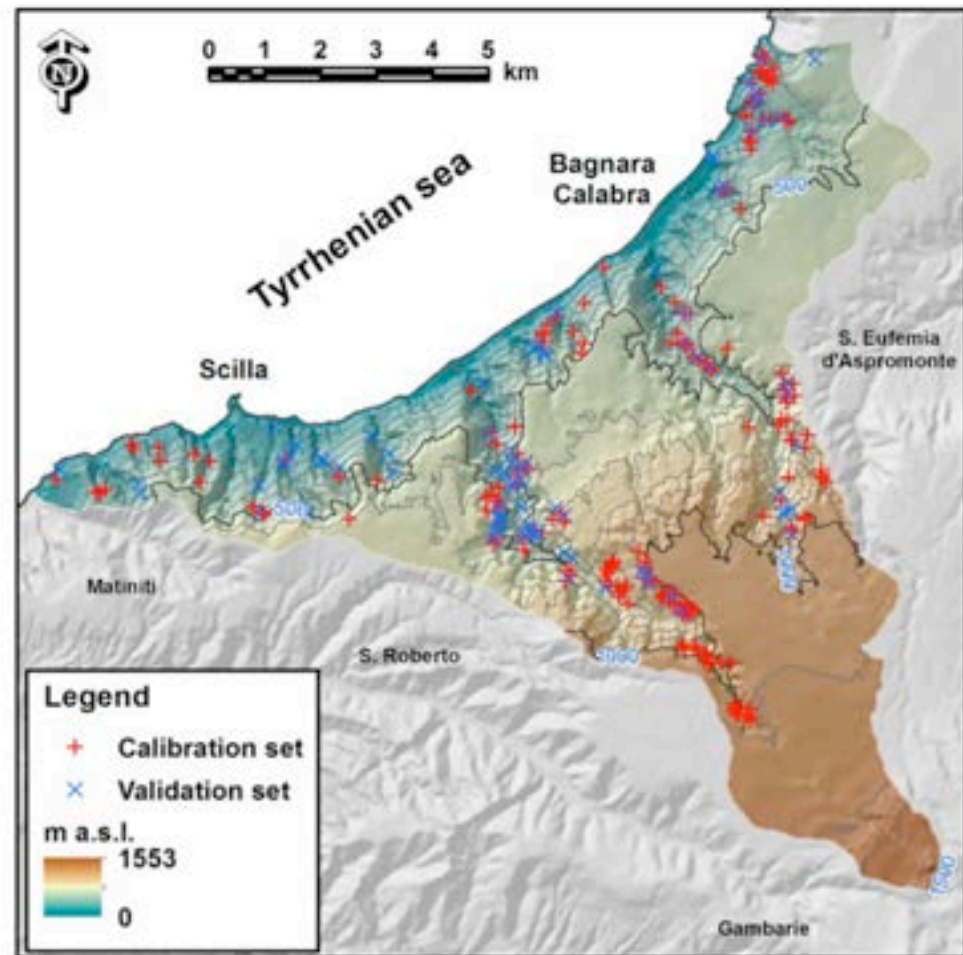
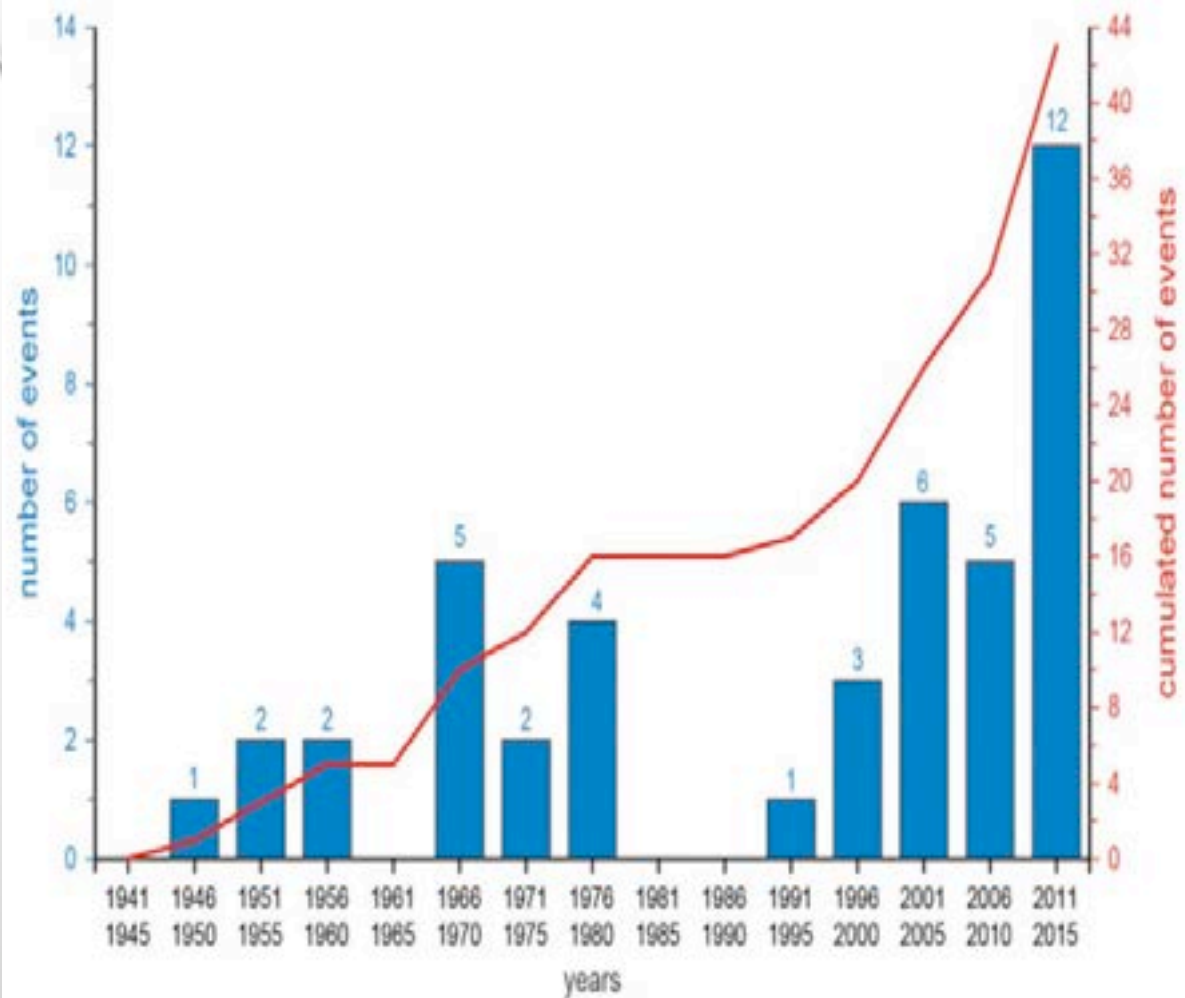


Figure 4. Map showing the training (+, in red) and testing (x, in blue) sets of shallow landslides (source locations), employed for model calibration and validation purposes, respectively.

19-11-2009

DATA	REGIONE	SITO	DANNI/VITTIME	PRECIPITAZIONE	BREVE DESCRIZIONE / RIF. BIBLIOGRAFICI
19.XI.2009	CAMPANIA (isole)	Monte Epomeo, Ischia	investita l'area portuale a Casamicciola, auto e persone trascinate in mare; 1 vittima e ca. 20 feriti.	ca. 120-150 mm nei dintorni di Napoli (> media mensile) tra il 1 ed il 10 novembre (dati non ufficiali); 69,3 mm dalle 00:01 alle 14:45 del 10 a Buonopane di Barano, distante pochi km da Casamicciola (cfr. www.ischiameteo.com).	flusso iperconcentrato / colata di fango / Il Sole24ORE, 10 novembre 2009; Corriere della Sera, 10 novembre 2009
1.X.2009	SICILIA nord orientale	zone joniche del messinese	danni alle infrastrutture di trasporto con isolamento di paesi; numerosi edifici distrutti o seriamente danneggiati; colpiti severamente Sculetta Zandica, Giampilleri, Molino, Aforia, Itala, Briga; 31 vittime, 6 dispersi, 3 feriti ricoverati (cfr. La Repubblica, 19 ottobre 2009).	159 mm il 1 ottobre preceduti da 143 il 23 settembre e da 76 il 16 settembre; considerando i 20 giorni precedenti, si sono avuti ca. 350 mm in pochi eventi che si sono cumulati a ca. 150 mm del 1 ottobre; a questi si sono sommati ancora i ca. 10 mm del giorno 2 ed i ca. 20 mm dei giorni 3 e 4	numeroso frane superficiali sul versante ionico messinese, generalmente evolute in colate rapide/estremamente rapide di fango e detriti; i fenomeni hanno investito direttamente le zone urbanizzate e le infrastrutture alla base dei versanti, o si sono incanalate nelle incisioni (trovando canalizzazioni spesso insufficienti) e negli alvei dei torrenti / Iovine & Terranova, 2009; http://www.deputatipd.it/Documenti/Documentazioneinforma/52.pdf http://altocaserano.wordpress.com/2009/10/11/messina-cause-scientifiche-dell-alluvione/ (F. Ortolani)
IX.2008 IV.2009	CALABRIA	quasi tutto il territorio regionale, ma più diffusamente e con maggiori effetti in provincia di Cosenza	danni enormi alle life lines ed alle infrastrutture varie, principali e secondarie, alle strutture abitative ed in ambito agricolo; danni dovuti anche ad esondazioni; 2 vittime il 25 gennaio per una frana al km 283 dell'autostrada A3.	piogge copiose ed eccezionalmente prolungate su ampie aree del territorio regionale; nel periodo di riferimento sono stati osservati valori doppi di quelli medi	migliaia di frane superficiali, alcune di maggiori dimensioni, processi erosivi, piene, mareggiate e presenze in alveo di materiali dai versanti in frane, esondazioni. Situazioni di rischio più delicate riscontrate: in Catena Costera, sul versante interno (Fagnano C., Malvito, S. Caterina Albanese, Rota Greca, Lattarico, S. Benedetto Ullano, Montalto Uffugo, S. Vincenzo La Costa, Cosenza) e su quello tirrenico (Belvedere M., Cetararo, Amantea); in altre località tirreniche (Tropè, Scilla) / Versace, 2009; Iovine et al., 2009
25.X.2007	SICILIA nord orientale	zone joniche del reggino e del messinese	danni nel reggino e nel messinese jonico; interruzione della SS.114; isolamento di vari paesi; durante colpiti: Sculetta Zandica, Nizza di Sicilia, Giampilleri, Santa Margherita, Roccalumera, Fiumedinisi, Furoi, Ali; nessuna vittima	piogge registrate = 175mm a Santa Margherita, 134mm a Fiumedinisi, 86mm a Reggio Calabria Ravagnese, 40mm a Messina Contesse, 30mm a Reggio Calabria centro	intenso nubifragio con frane superficiali / http://www.deputatipd.it/Documenti/Documentazioneinforma/52.pdf
3.VII.2006	CALABRIA tirrenica	Vibo Valentia	danni alle infrastrutture ed agli edifici; 4 vittime	circa 200 mm a Vibo Valentia fra le 11.00 e le 13.40; evento estremamente concentrato (a Zungri e Mileto, distanti circa 10 km da Vibo Valentia, si registrano 0 e 2,2 mm di pioggia, risp., durante tutto l'evento)	alluvione di Vibo Valentia (processi idrici e frane superficiali fluidificate in colate, con accumulo fangoso nell'area urbanizzata presso la costa) / Garofalo (2008-2009)
29.IV.2006	CAMPANIA (isole)	versante settentrionale del Monte Veszi, Ischia	danni a molte abitazioni; 4 vittime	ca. 12 ore di precipitazioni intense e nucleo temporalesco molto localizzato (a pochi km di distanza, appena 14 mm il giorno prima dell'evento franoso e 16 mm dopo)	frane superficiali fluidificate in colate / Iovine & Perriello-Zampieri, 2007; Mazzarella & De Lutse, 2007
4-5.III.2005	CAMPANIA (Penisola Sorrentina)	Monte Albino nei Lattari	infrastrutture varie ed alcuni fabbricati distrutti o danneggiati; 3 vittime a Nocera Inferiore	piogge torrenziali (forse con cause non propriamente naturali)	frana propagatasi in colate su di un'area di forma tipicamente triangolare (volume stimato di oltre 33000 metri cubi) / de Riso et al., 2007

20-08-1993

DATA	REGIONE	SITO	DANNI/VITTIME	PRECIPITAZIONE	BREVE DESCRIZIONE / RIF. BIBLIOGRAFICI
30.VIII 2.IX.2002	SICILIA nord orientale	Messina	n.d.	100 mm di pioggia in poche ore; picco di 40 mm in 40 minuti (> della soglia d'allarme indicata per Sarno); 211 mm a Messina fra fine agosto ed inizio settembre	piogge intense ed evento alluvionale / http://www.meteosicilia.it/cronaca/%20meteo%202001/maltempoagosto2002/maltempo_fine_agosto.htm
10.IX.2000	CALABRIA jonica meridionale	da Soverato alla Locride	danni alle infrastrutture ed agli edifici; 13 vittime al camping "Le Giare"	da oltre 250 a oltre 630 mm in tre giorni in 10 delle stazioni di misura dell'area di interesse	Insieme di frane superficiali, colate ed evento di piena (alluvione) del torrente Beltrame / Antronico et al., 2002; Sorriso et al., 2004
15-16.XII.1999	CAMPANIA (Valle Caudina)	Cervinara e S. Martino in Valle Caudina (AV)	abitato di Cervinara devastato; 5 vittime	circa 350 mm in meno di 20 ore tra il 14 e 16 dicembre 1999 (Piano pluriennale di sviluppo socio-economico - comunità montana "zona dell'Imo")	alcune colate di fango / Fiorillo et al., 2001
27.IX.1998	SICILIA nord orientale	Messina	3 vittime, 1 disperso in mare	n.d.	piene dei torrenti Annunziata, Curcuraci e Pace / Il Manifesto, 03 ottobre 2009
5.V.1998	CAMPANIA (Pizzo d'Aviano)	versanti perimetrali del massiccio di Pizzo d'Aviano	161 vittime a Sarno e nei paesi limitrofi	nell'area di Pizzo d'Aviano, 160 mm nella notte tra il 4 ed il 5 maggio 1998; max intensità di pioggia = 15 mm/h; periodo antecedente umido con ca. 60 mm in 7 giorni	centinaia di frane superficiali fluidificate in colate / Del Prete et al., 1998; Chirico et al., 2002
XI-XII.1996 1.1997	CAMPANIA (Penisola Sorrentina)	212 comuni, Pozzano	danni vari; strada statale investita dalla frana a Pozzano; coinvolte auto; 4 morti e 22 feriti	56 mm di pioggia in tre giorni a Pozzano	eventi franosi. Emergenza denominata "Pozzano" - dal nome della zona colpita il 10.01.1997 / Calcaterra & Santo, 2004
14.X.1996	CALABRIA jonica	Crotone	danni alle infrastrutture varie e agli edifici; 6 vittime	nella mattinata, circa 120 mm sul bacino del F. Esaro (complessivamente 330 mm nella settimana)	evento alluvionale. Portata stimata a Crotone > 1000 m/s ³ / Gabriele, 1998 (a cura di)
1-8.X.1996	SICILIA nord orientale	Messina e centri abitati limitrofi	ingenti danni	forte maltempo appoggiato dal vento di scirocco; in 7 giorni consecutivi di pioggia 335 mm con intensità massima di 45 mm in mezz'ora il 3 e 34 mm l'8 ottobre	evento alluvionale / http://www.camera.it/_dati/leg13/lavori/stenografici/sed104/aint.htm
13.III.1995	SICILIA nord orientale	Giarre, Riposto (Mascalci, Fiumefreddo, Acireale, Acicatena, Aci S. Antonio, Santa Venerina e Linguaglossa)	ingenti danni; 3 vittime	forte maltempo	evento alluvionale / Decreto P.C.M. 18.04.1995 - Dichiarazione dello stato d'emergenza nelle aree della provincia di Catania interessate dall'evento alluvionale del 13 marzo 1995
	CAMPANIA	Solofra	2 vittime	80-100 mm in due ore, con 30 mm in mezz'ora	colate rapide / Gullà & Terranova, 1996

Tabella 1

Lista dei principali eventi di dissesto geo-idrologico avvenuti negli ultimi 20 anni in Calabria, in Sicilia nord-orientale, ed in Campania. (segue dalla pagina precedente)

POSSIBILITA' DI PREVEDERE LE FRANE

Per la **maggiore complessità** del fenomeno «**frane**», la capacità **predittiva** è più limitata di quella di prevedere altri fenomeni naturali.

Si tratta di definire e formalizzare un **approccio modellistico scientifico** alla previsione delle frane.

A TAL FINE OCCORRE

Definire **criteri** e **standard** per la produzione di carte inventario delle frane credibili.

Identificare modelli per valutare la suscettibilità e la pericolosità da frana ... *misurandone le capacità predittive e i livelli d'incertezza.*

Sviluppare modelli per il rischio alla popolazione ... *misurando il rischio.*

OBIETTIVO SCIENTIFICO:

studio dei meccanismi e delle condizioni d'innescio di frane indotte da precipitazioni

OBIETTIVO OPERATIVO:

sviluppo di un sistema di allerta per la previsione di fenomeni franosi, basato su criteri scientifici, cioè più realistico di quello attuale

Minimizzare i
falsi allarmi



Annulare i
mancati allarmi



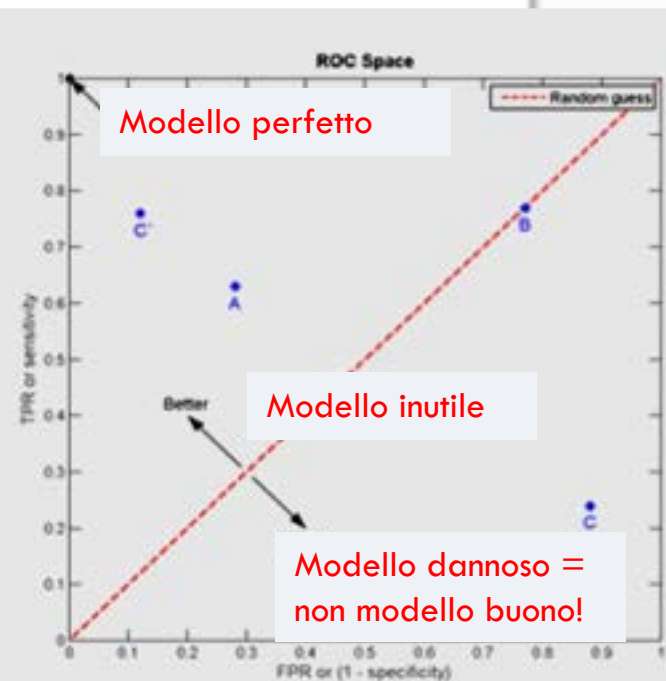
TP	FP
FN	TN

Mancato allarme = FN (Falso Negativo)

Falso Allarme = FP (Falso positivo)

Allarme corretto = TP

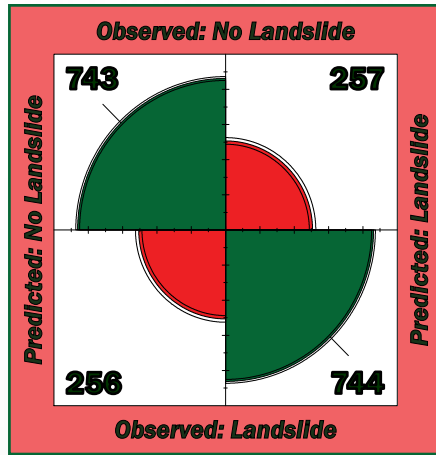
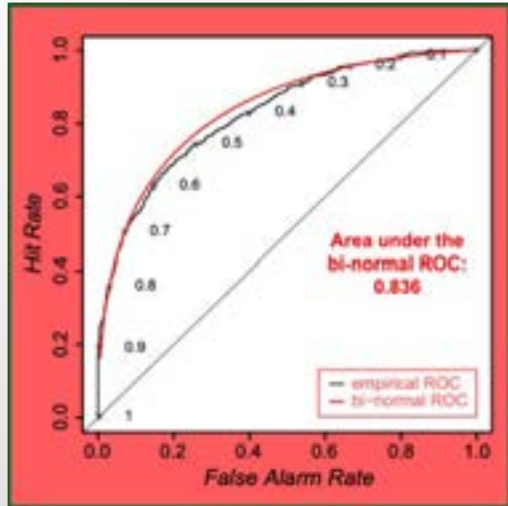
Non allarme corretto = TN



Attualmente la scarsa conoscenza porta a preferire di **annulare i mancati allarmi** a scapito dell'**alto numero di falsi allarmi**: **Effetto «al lupo! al lupo!»**.

I progressi sono ancora limitati, ma possono già ridurre significativamente questo effetto (per esempio con una buona modellistica e con il **nowcasting**). Occorre però una base informativa più sostanziosa (banche dati e strumentazioni)

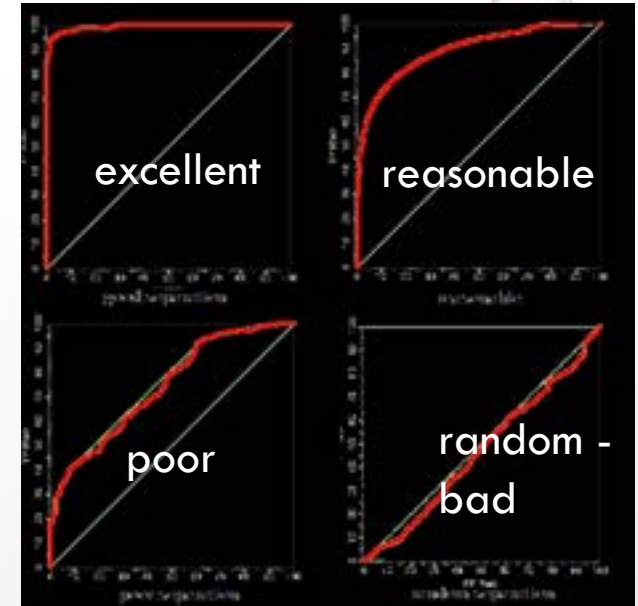
CALIBRATION



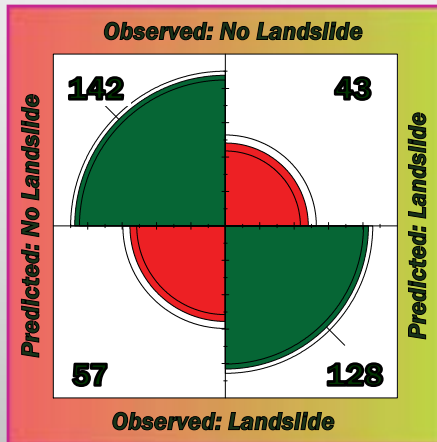
Fourfold plots: model classification capability. The model classifies correctly 74.4% of the events.

Area under a Receiver Operating Characteristic (ROC) curve measures model performance. The ROC area is ~0.84.

MODEL PERFORMANCE

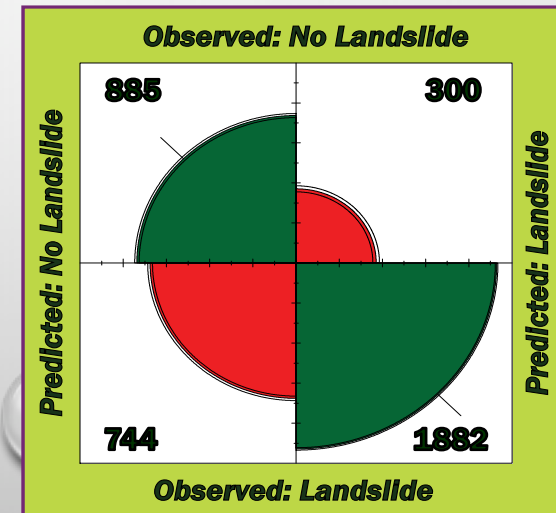


VALIDATION



The model classified correctly 73.0% of the events.

PREDICTION



The model classified correctly 72.6% of the events.

Modelli di innesco pluviometrico delle frane

Modelli fisici (o completi di versante)

Estensione dei modelli di stabilità di versante incorporando anche modelli di infiltrazione.
Legame pioggia – pressioni neutre

Elevata precisione
Ridotta scala di applicazione

Modelli empirici (o idrologici)

Basati sullo studio di eventi piovosi che hanno (o non hanno) innescato frane.
Correlazione
piogge – date di mobilitazione

L'affidabilità dipende dalla qualità e dalla quantità del campione.

Modelli idrologici (o empirici)

Informazioni necessarie

- Tempi di inizio dei movimenti franosi
- Andamento della variabile pluviometrica (intensità di pioggia o pioggia cumulata o altra variabile)

IPOTESI

Esistenza di una funzione $Y(t)$ legata all'evento E_t "inizio del movimento franoso", tale che descriva la probabilità che si verifichi l'evento.

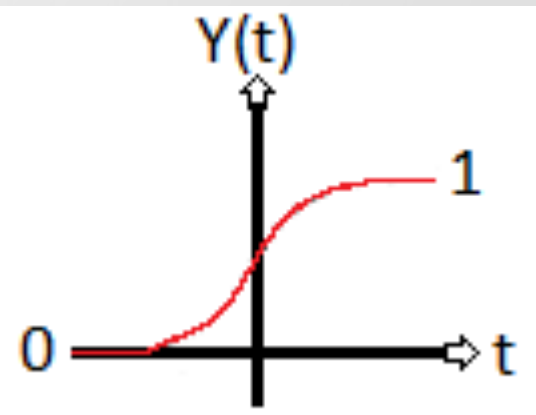
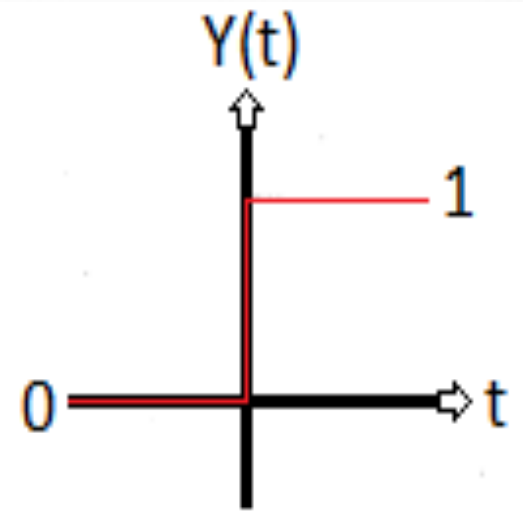
La funzione di soglia più usata è di tipo «A GRADINO»

Soglia superata $\rightarrow P = 1 \rightarrow$ movimento

Soglia non superata $\rightarrow P = 0$

In alternativa allo schema a gradino, può essere usata una gradazione di possibilità (probabilità $P[E_t]$ comprese fra 0 e 1) che la frana si attivi.

Attivazione di frane:
una soglia pluviometrica è quella condizione idrologica che, se raggiunta o superata, ha buona probabilità di innescare una frana. Essa può essere definita su base fisica o empirica.



Un po' di storia...R.H. Campbell (1975),

"Soil slips, debris flow and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, Southern California". U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., 851, 51 p.

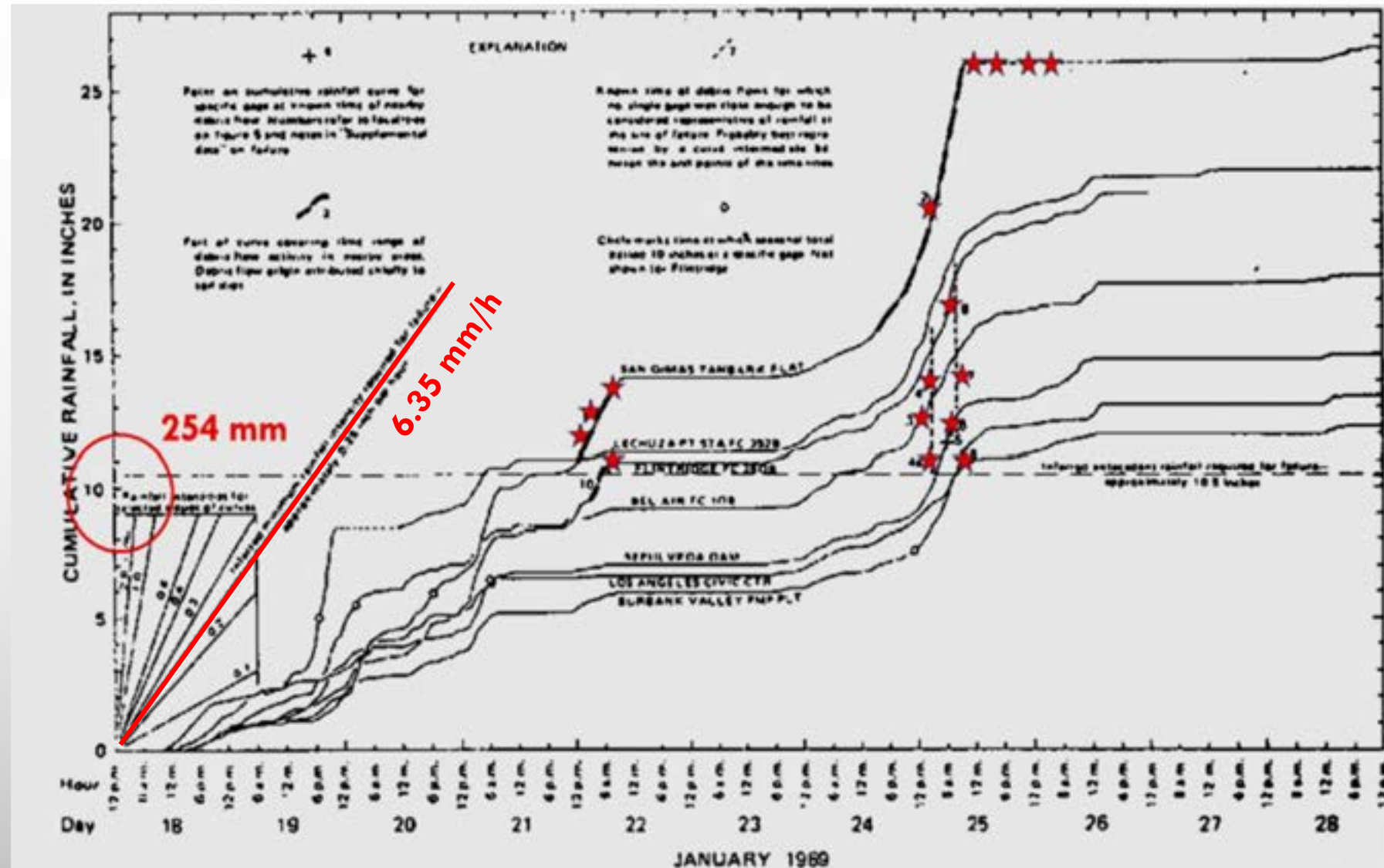
Colate di detrito

Falda sospesa temporanea

Evento di pioggia del 18-26 gennaio 1969

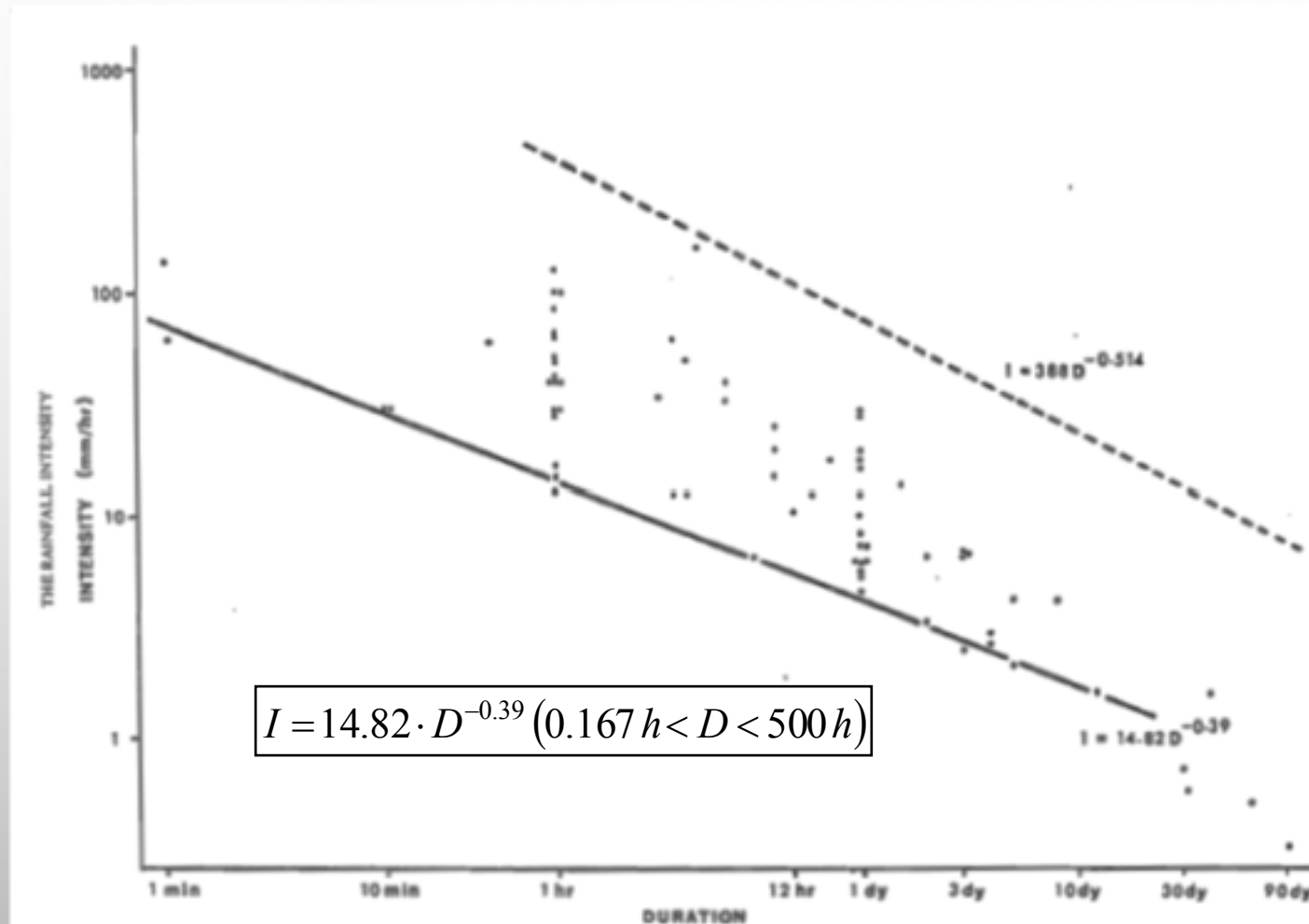
Soglia di 254 mm di pioggia cumulata: necessaria per la completa saturazione degli strati superficiali permeabili di terreno.

Soglia di 6.35 mm/h di intensità di pioggia: minima intensità perché l'infiltrazione superficiale ecceda il drenaggio sotterraneo per la maggior parte dei terreni colluviali.



Un po' di storia: N. Caine (1980), Soglie Durata – Intensità media

“The rainfall Intensity-Duration control of shallow landslides and debris flows”. Geogr. Ann. A, 62, 23–27.



Analisi a ***scala globale***

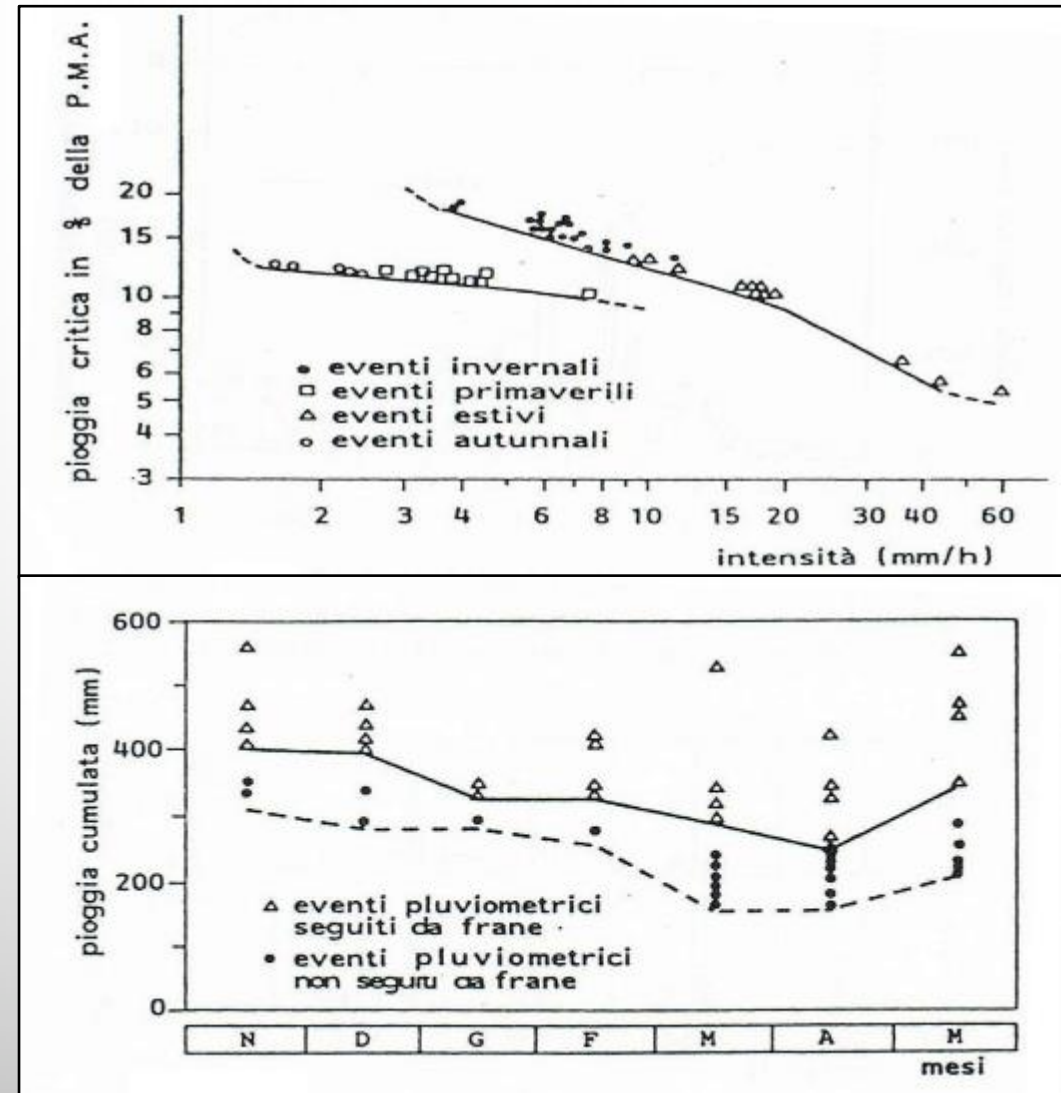
73 condizioni di durata ed intensità di pioggia che hanno prodotto frane superficiali (profonde meno di 2 o 3 metri) e debris flow.

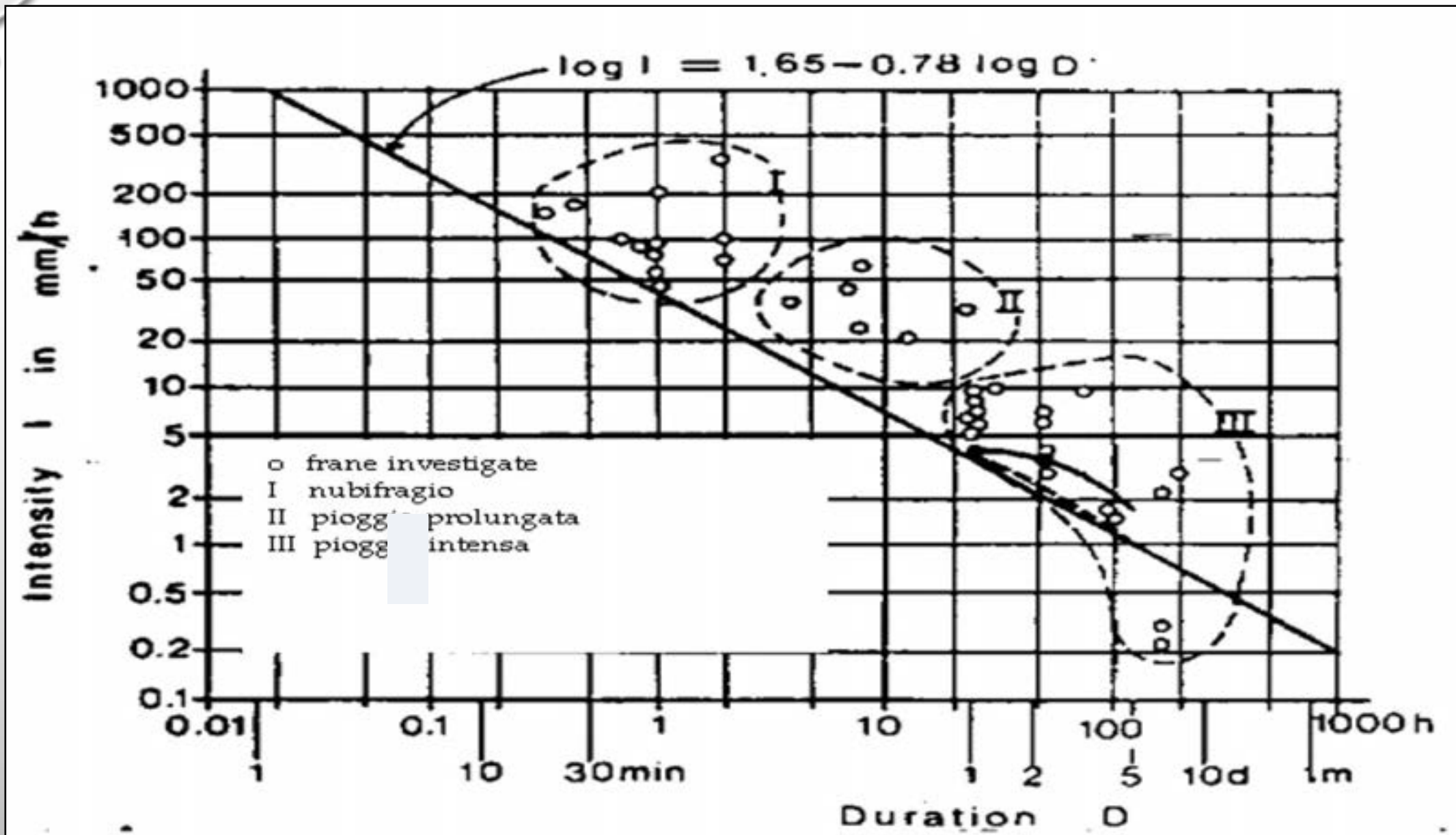
Un po' di storia... **Govi** et al. (1984), Frane in Piemonte

“Eventi idrologici e frane”. Geologia applicata ed Idrogeologia, Vol. XVIII, n.3.

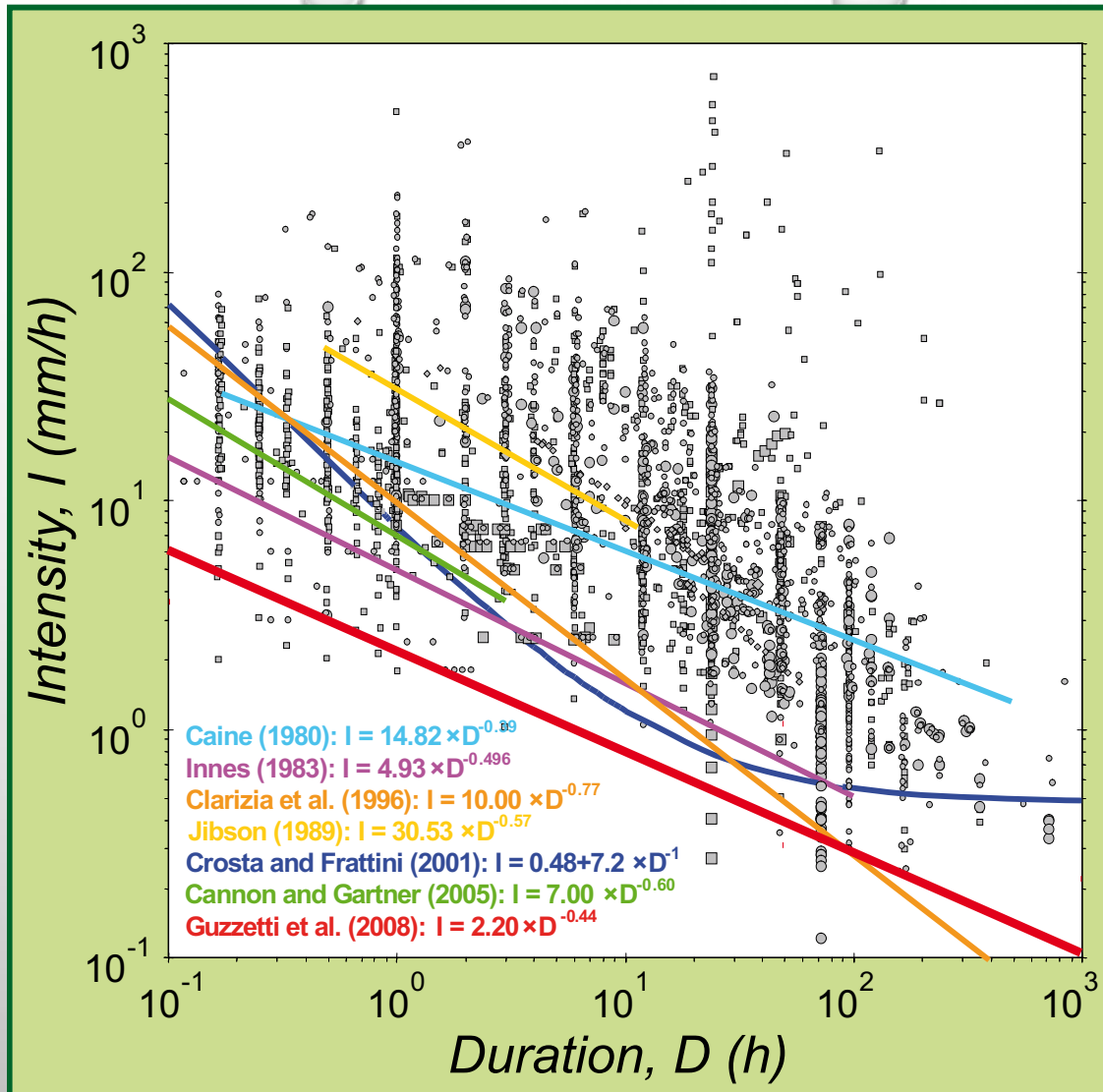
CNR-IRPI 1984

- 1) Per colate rapide di terreno, due soglie critiche stagionali in funzione dell'intensità oraria di precipitazione e la pioggia cumulata dell'evento meteorico (espresso in percentuale della pioggia media annua).
- 2) Per grandi frane in roccia, valore soglia, variabile mese per mese, delle precipitazioni cumulate dell'evento meteorico e dei 10 giorni antecedenti





GLOBAL I-D THRESHOLDS



CNR-IRPI

Caine (1980): $I = 14.82 \times D^{-0.39}$

Innes (1983): $I = 4.93 \times D^{-0.496}$

Clarizia et al. (1996): $I = 10.00 \times D^{-0.77}$

Jibson (1989): $I = 30.53 \times D^{-0.57}$

Crosta & Frattini (2001): $I = 0.48 + 7.20 \times D^{-1.00}$

Cannon & Gartner (2005): $I = 7.00 \times D^{-0.60}$

Guzzetti et al. (2008): $I = 2.20 \times D^{-0.44}$

Catalogazione di eventi franosi innescati dalla pioggia (FRANE SUPERFICIALI, CROLLI, DEBRIS FLOW)

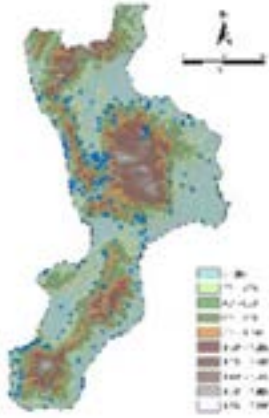
Fonte giornalistica locale e nazionale

Report scientifici

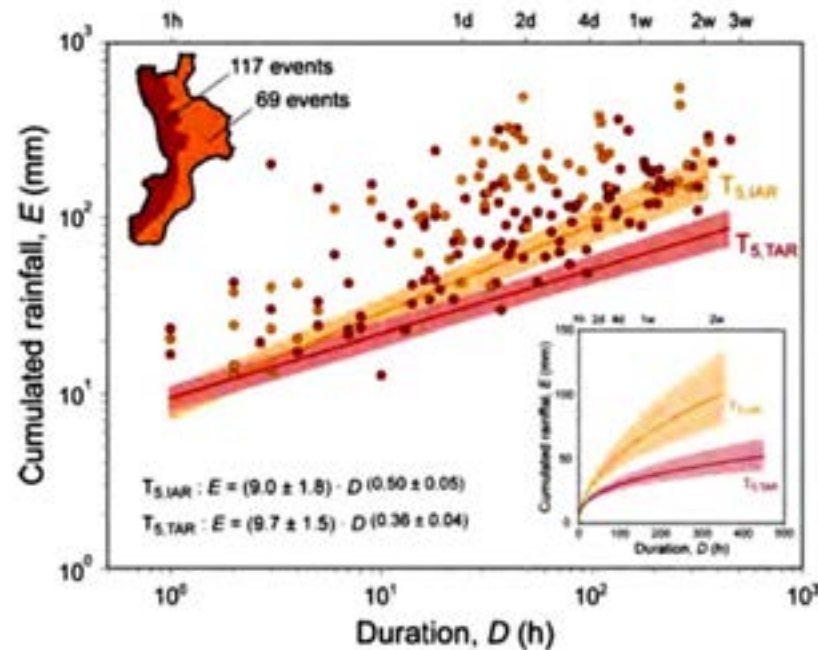
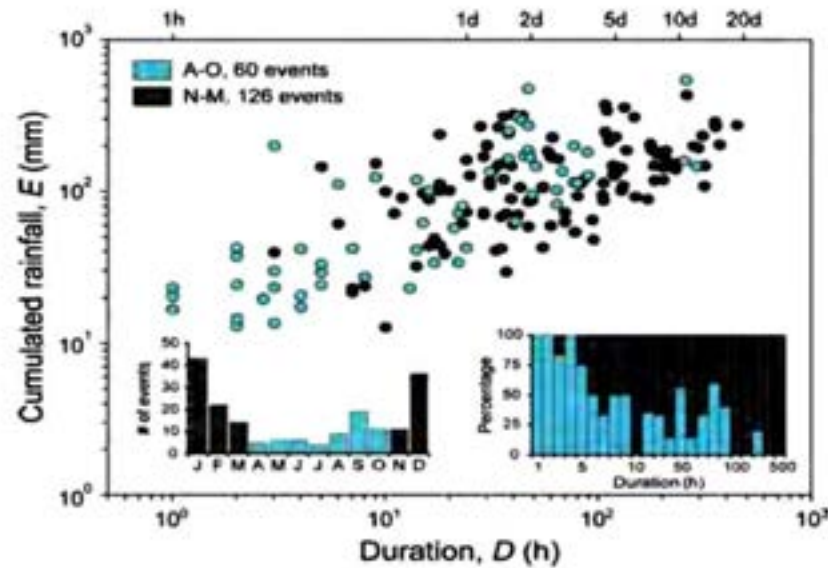
Enti pubblici (VV.FF., ProCiv, CFS)



Soglie pluviometriche

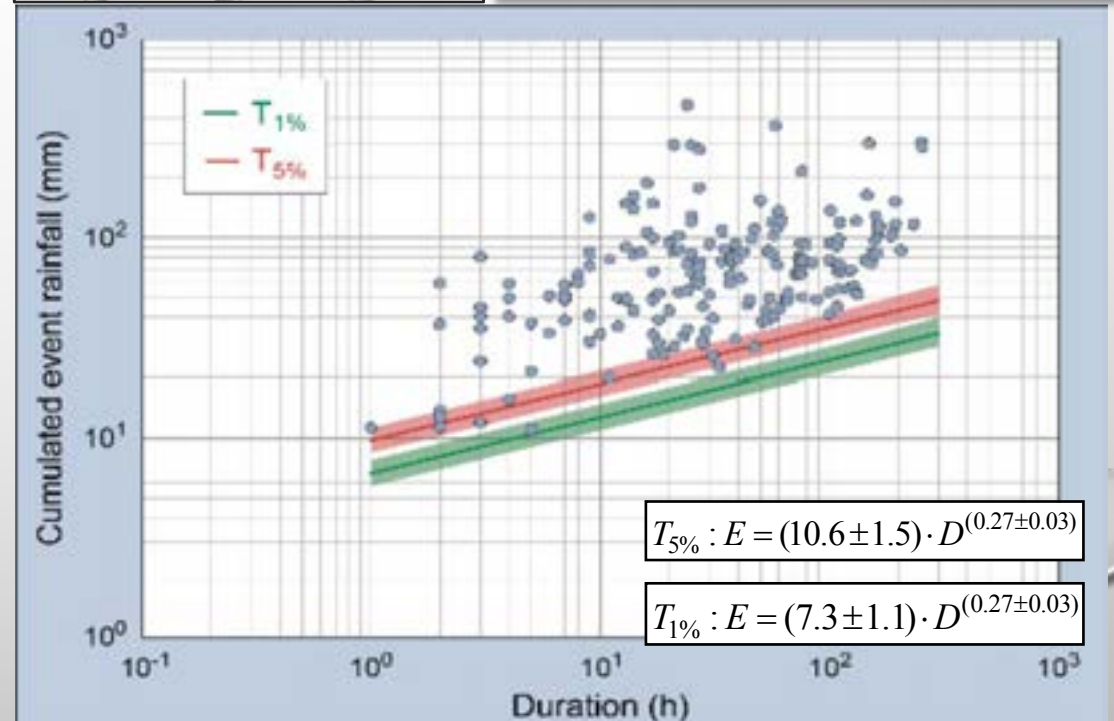
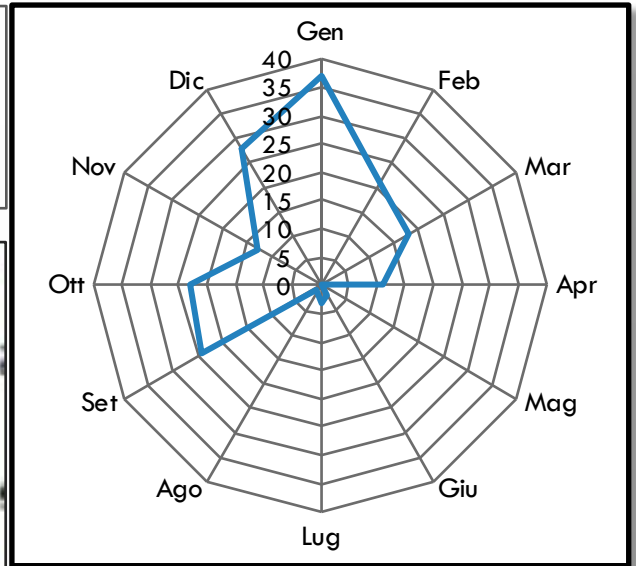
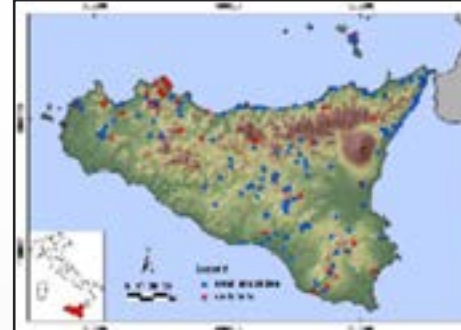


CALABRIA:
189 eventi
pluviometrici,
238 frane
(1996-2010)



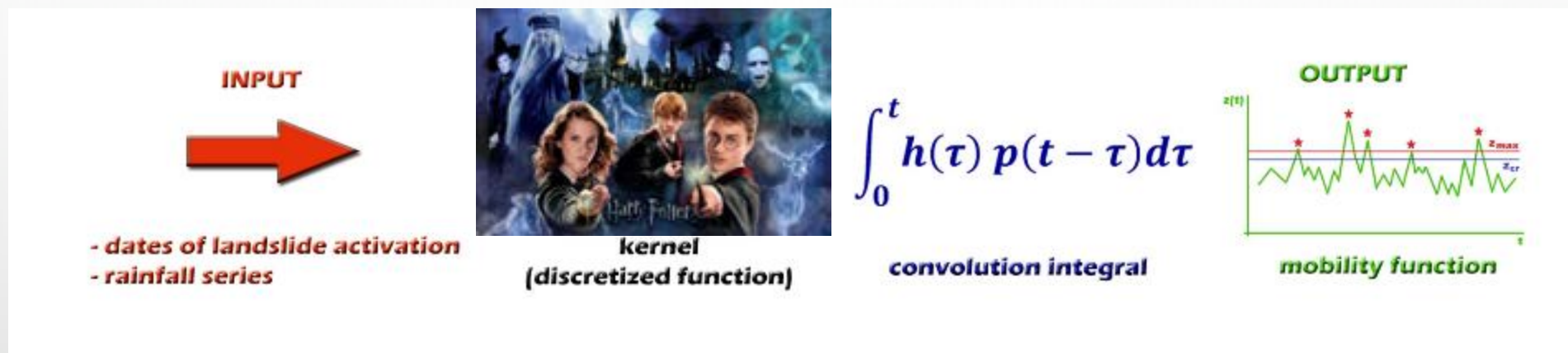
SICILIA

**181 coppie D-I (194
eventi franosi)**



UN DIVERSO APPROCCIO.....

Un po' di storia: Cascini e Versace (1986), "Eventi pluviometrici e movimenti franosi". Atti del XVI convegno nazionale di geotecnica. Bologna. FLAIR (Sirangelo e Versace 1996)



GA-SAKe

IOVINE, TERRANOVA, IAQUINTA, GARIANO, DE RANGO, D'AMBROSIO

Genetic Algorithm-Self Adaptive Kernel

GA-SAKe: Approccio idrologico

Piogge-frana

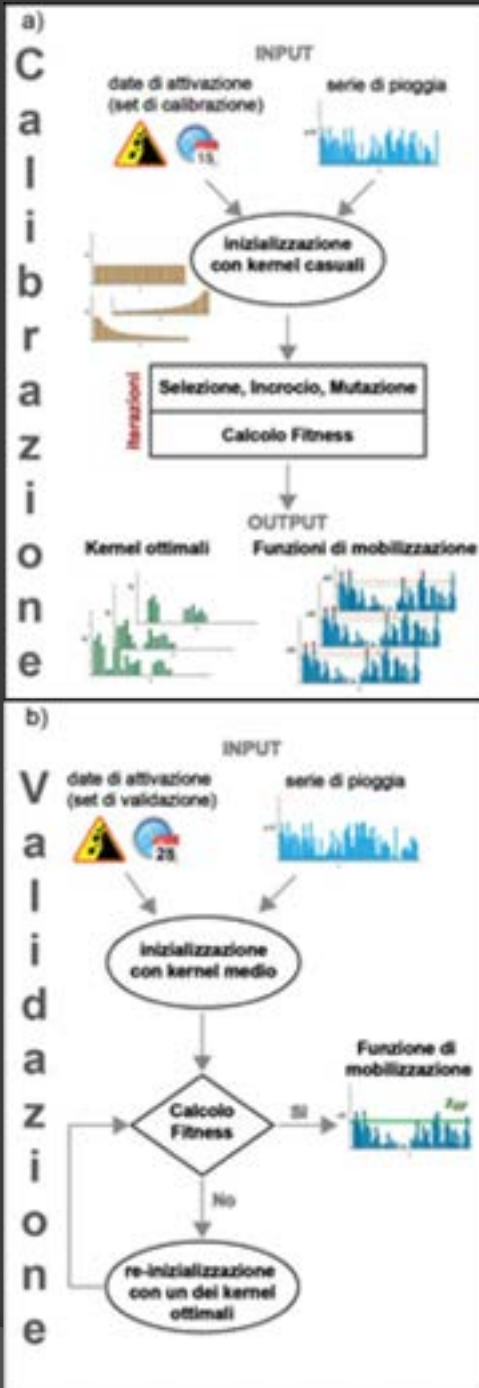
$$z(t) = \int_0^t h(t - \tau) p(\tau) d\tau$$

Si impone che $z(t)$ sia massima in corrispondenza delle date di mobilitazione del passato.

Le carenze informative \Rightarrow Kernel di forma affetta da alta indeterminatezza.

Quindi occorre un modello che:

- Comprenda tutte le **conoscenze disponibili** (tipo di frana, ricerca storica, serie pluviometriche con adeguato dettaglio di tempo);
- Produca un **Kernel matematicamente flessibile**;
- Si **auto-adatti** alle informazioni disponibili e al loro arricchirsi nel tempo.

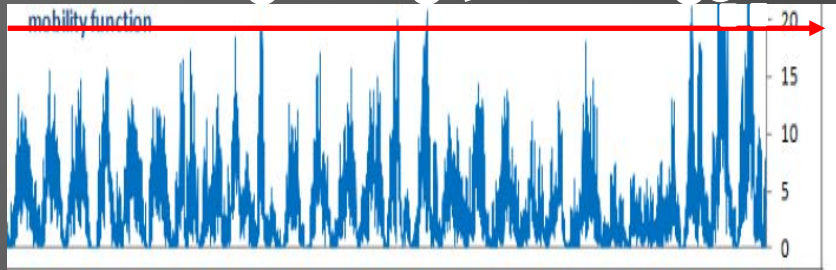


Workflow Process

- 1) Piogge
- 2) Segnalazioni di frana
- 3) Kernel
- 4) Mobility function
- 5) Fitness
- 6) Itera fino a fitness max

● Segnalazioni

Mobility
function

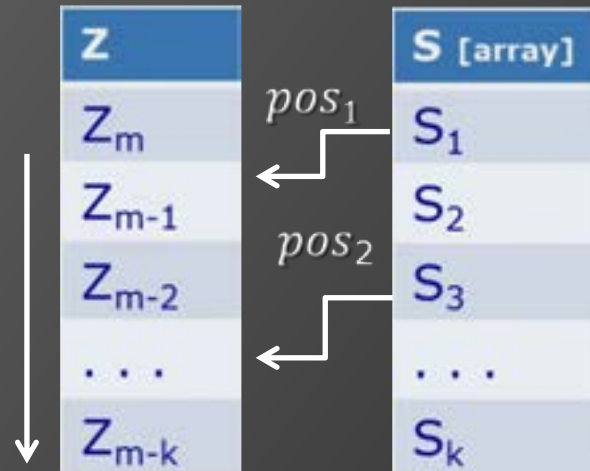
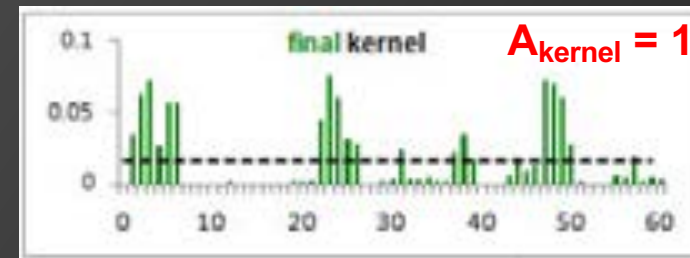


$$Z(t) = \int_0^t h(t - \tau) \cdot P(\tau) \cdot d\tau$$

Z_{cr}

Kernel
function

Rainfall
array



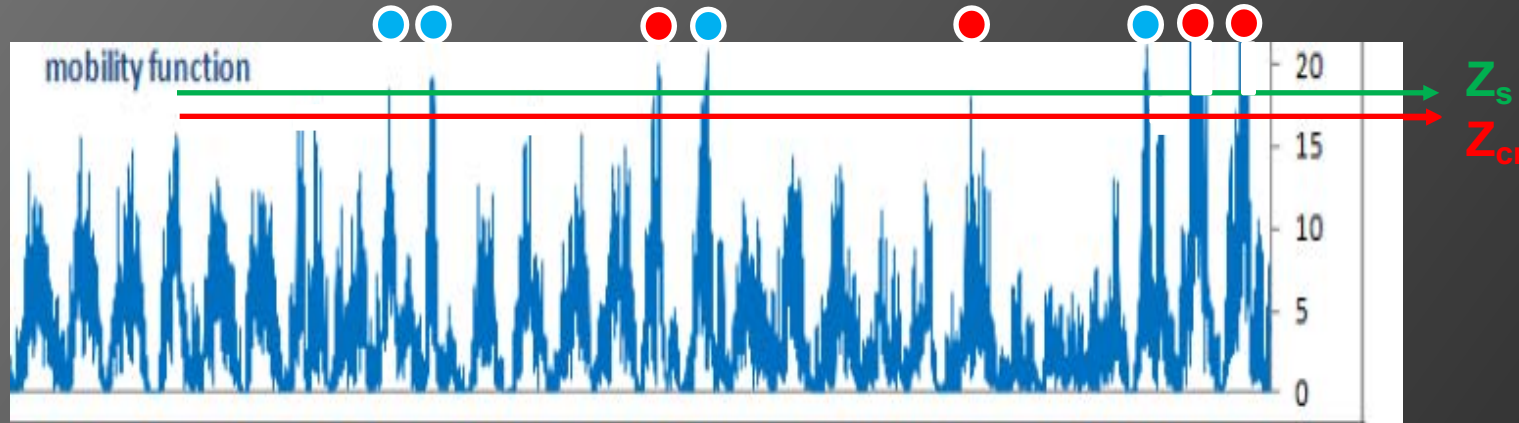
Fitness
function

P [mm]
P ₁
P ₂
P ₃
P ₄
...
P _n

Fitness & Optimization Levels

● Segnalazione

● Falso allarme



2° Level
Optimization

1° Level
Optimization

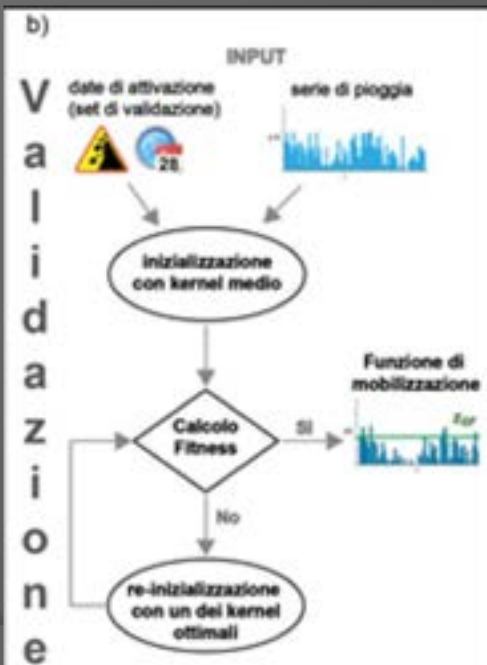
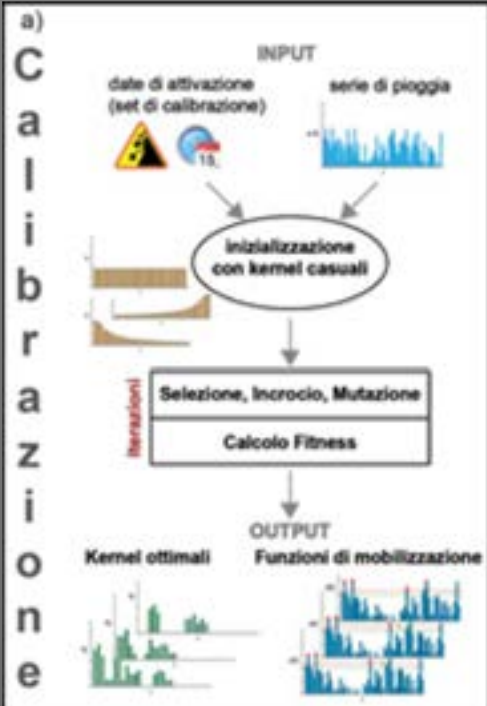
$$f_n = f / f_{max}$$

Z		S [array]
Z _m		S ₁
Z _{m-1}		S ₂
...		S ₃
Z _{m-k-1}	← pos ₁	...
Z _s	← pos ₂	S _k
Z _{cr}		

A fini di pre-allerta, a parità di fitness, è preferibile il Kernel cui corrisponde una più rapida risposta del versante rispetto alle precipitazioni:

- tempo di base minore;
- più basso momento del primo ordine rispetto all'origine dei tempi;
- soglia più lontana dal più basso valore della funzione di mobilitazione al tempo di una segnalazione.

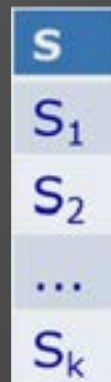
$$\Delta Z_{cr} = (Z_s - Z_{cr}) / Z_s$$



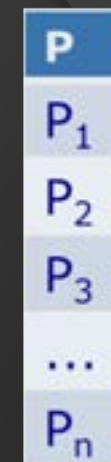
Dati di input:

segnalazioni degli eventi storici $S(t)$ e precipitazioni $P(t)$

Array delle
segnalazioni



Array delle
precipitazioni



Modello e Parametri:

Algoritmi Genetici

- Metodo elitista, generazioni (N)
- Selezione, mutazione e incrocio
- Forma del kernel iniziale

Mobility
function

$Z(t)$

Spazio delle soluzioni
 $\{Z_1(t), Z_2(t), Z_3(t), \dots, Z_N(t)\}$

Algoritmi evolutivi

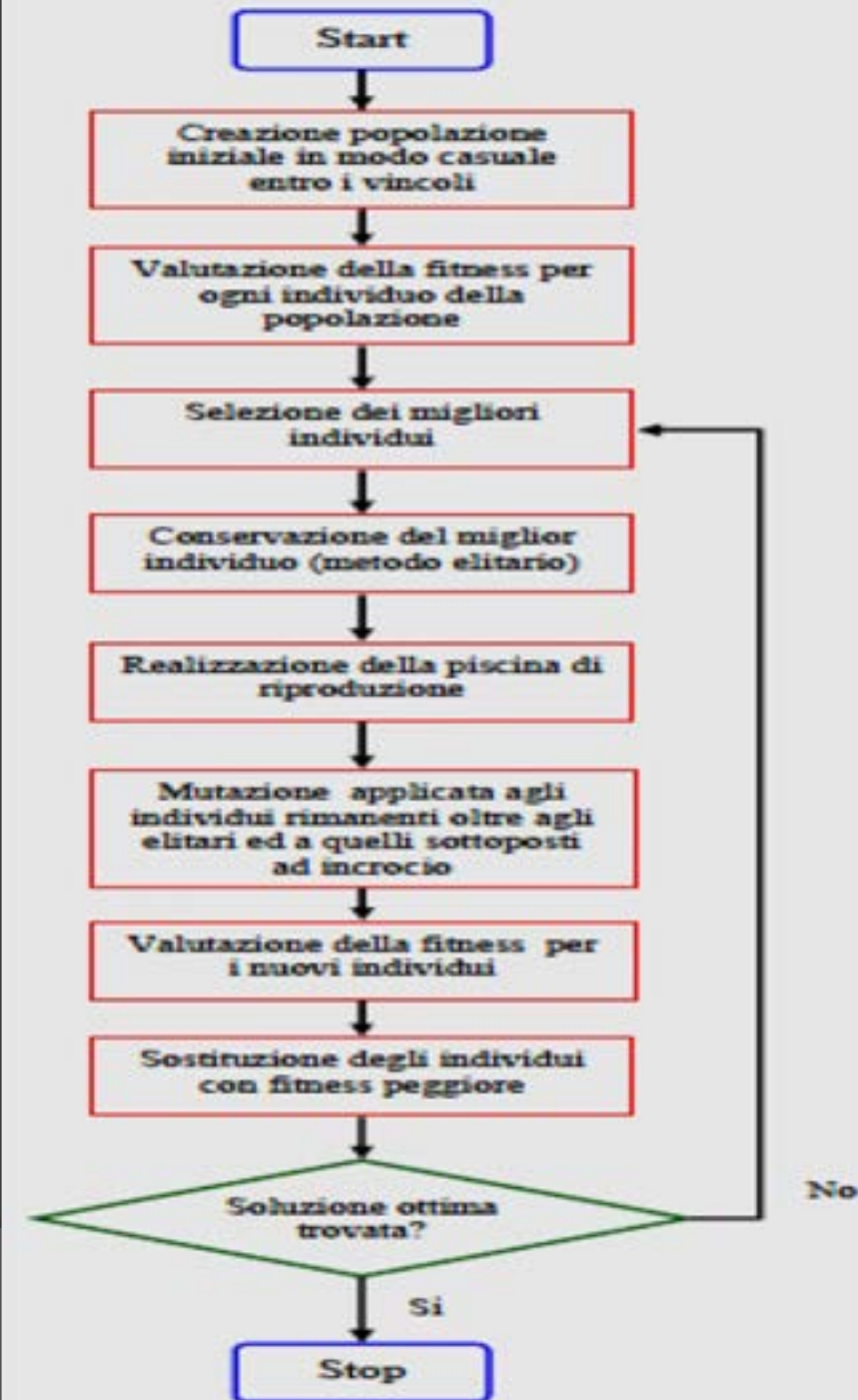
Processi iterativi e stocastici che operano sulla popolazione, ogni individuo della quale rappresenta una potenziale soluzione al problema.

Gli **algoritmi genetici** (Holland, 1975) costituiscono il raggruppamento più esteso di metodi rappresentativi delle tecniche evolutive suddette, facendo uso delle operazioni di selezione, incrocio e mutazione.

Riproducono i processi di selezione naturale e **genetica**.

Viene simulata l'evoluzione di una popolazione favorendo la riproduzione dei **migliori individui**.

Le soluzioni candidate sono codificate da **genotipi**, di solito espressi come stringhe, i cui elementi sono chiamati geni.

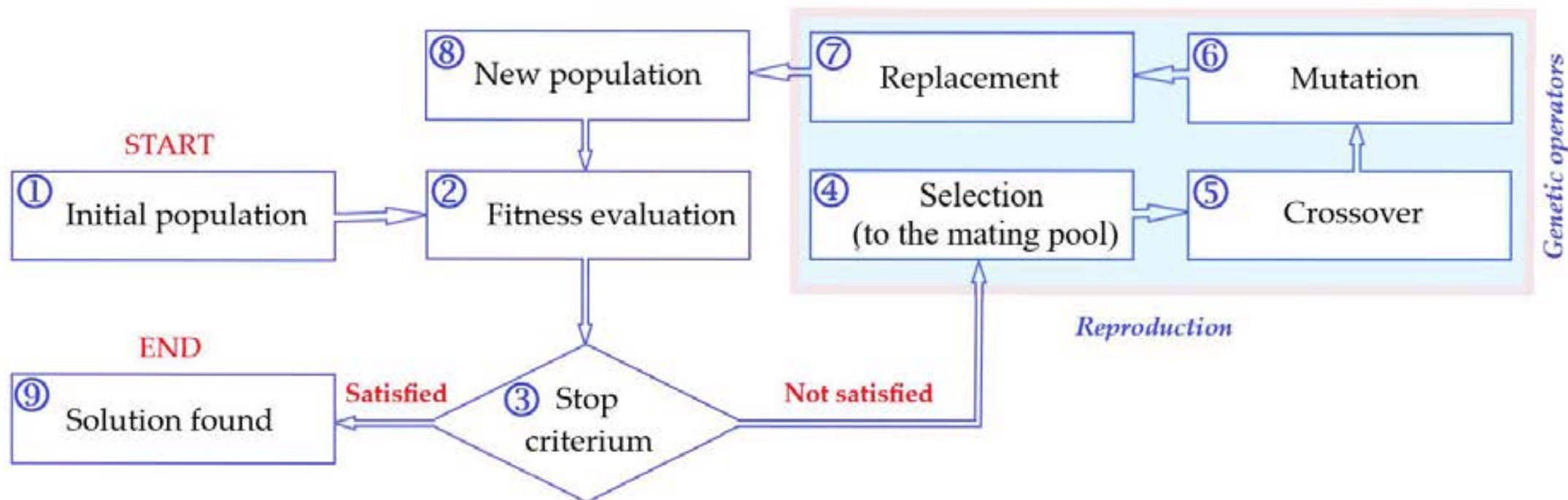


Algoritmi evolutivi

Riproducono i processi di selezione naturale e **genetica**.

Viene simulata l'evoluzione di una popolazione favorendo la riproduzione dei **migliori individui**.

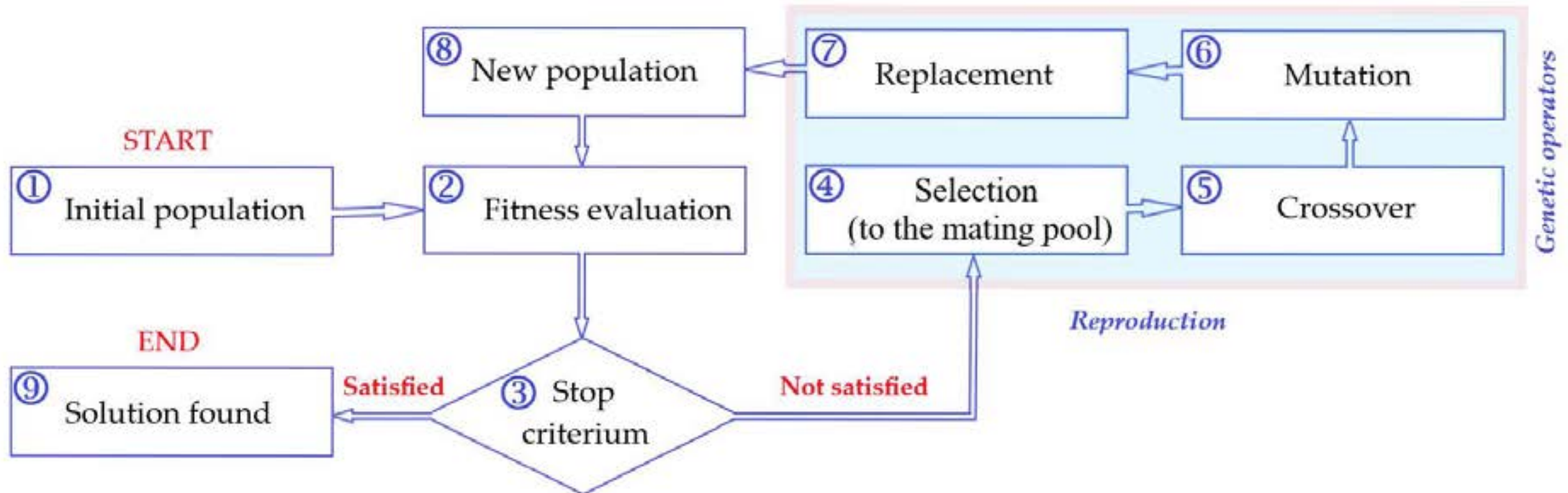
AL CONTRARIO DI QUELLO CHE POTREBBE SEMBRARE, L'APPROCCIO E' DISTANTE DAL MITO DELLA RAZZA PERFETTA (ARIANA) DI MEMORIA NAZISTA. IL CASO GIOCA INFATTI UN RUOLO CRUCIALE (ANCHE NELLA VERSIONE ELITISTA)



Algoritmi genetici

Usualmente, la **popolazione iniziale di soluzioni candidate è generata a caso**.

La prestazione di ciascuna soluzione è quindi valutata applicando una adeguata **funzione di fitness**, il cui processo di **ottimizzazione** porta alla generazione dello spazio delle soluzioni.



Algoritmi genetici – approccio elitista

- I migliori individui sono scelti per mezzo di un operatore di **selezione**, e copiati nella zona di accoppiamento (*mating pool*), ove vengono applicati gli operatori genetici (**casuali**) per generare una nuova popolazione di individui.
- L'operatore di **incrocio** combina i geni dei genitori sulla base di prefissate **probabilità**.
- L'operatore **mutazione** viene applicato a ciascun gene, secondo una data **probabilità**, e cambia il suo valore con un altro **scelto a caso** fra quelli consentiti.

Algoritmi genetici

La sequenza **selezione-incrocio-mutazione** costituisce una singola iterazione. Essa genera una nuova popolazione di soluzioni candidate.

Nel corso delle iterazioni vengono ottenute popolazioni dotate di fitness sempre più prossime al valore ottimale (**Holland, 1975; Goldberg, 1989; Mitchell, 1996**).

Selezione

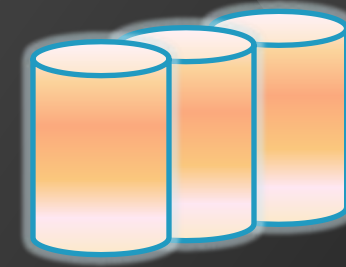
Popolazione (N)



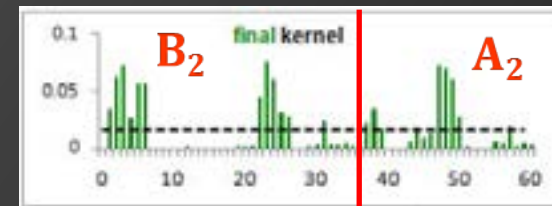
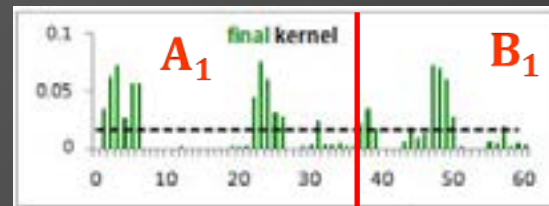
Elitisti (m)

Selezione (N-m)

Mating-pool (N)



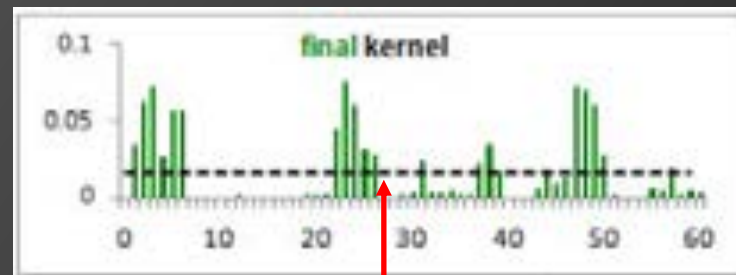
Incrocio


 T_{bcut}
 T_{bcut}

$$A = A_1 + A_2$$

$$B = B_2 + B_1$$

Mutazione

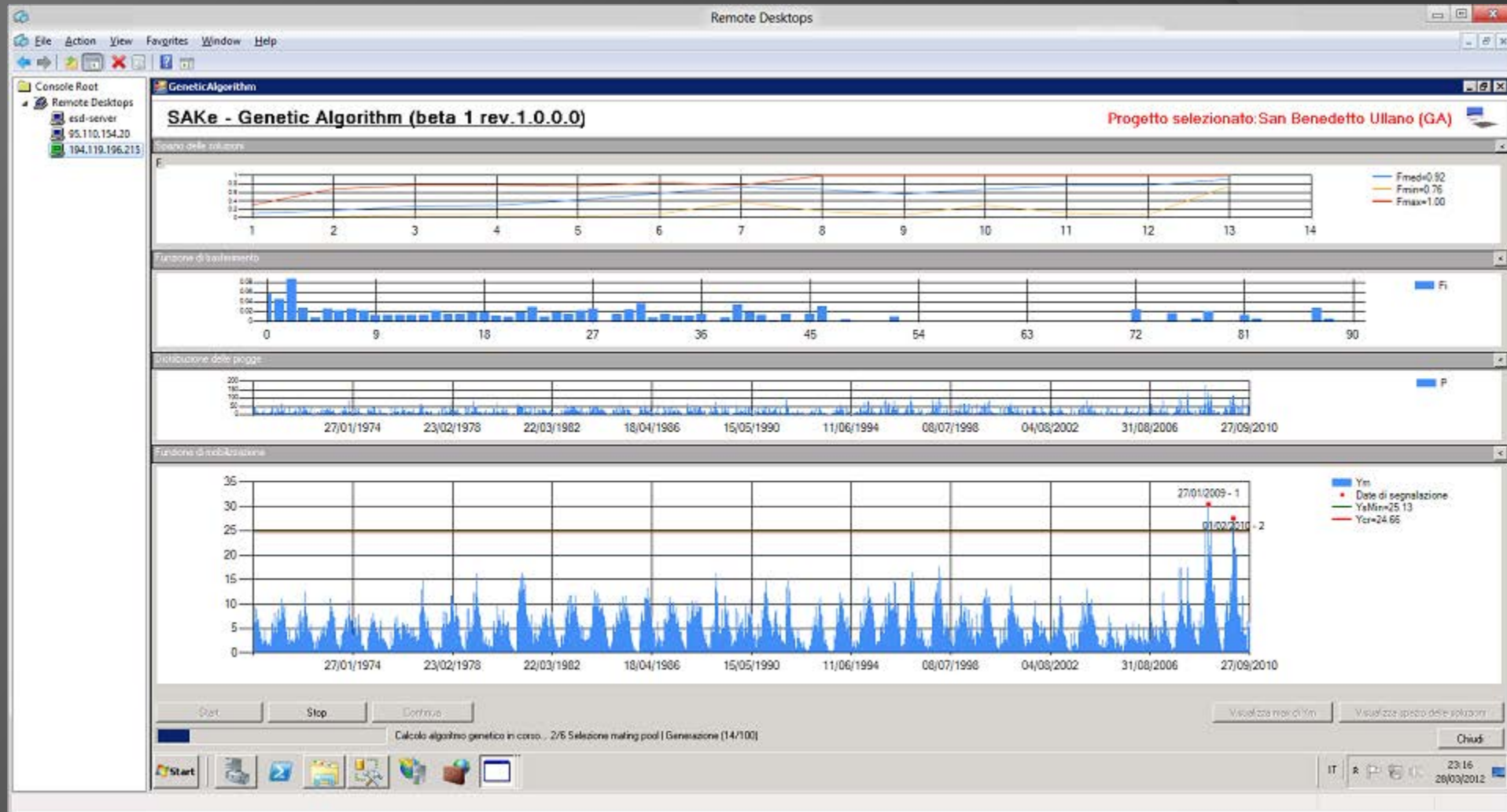

 T_{bm}

Variazione elementi

$$m = p_m \cdot N$$

$$\Delta h = \pm \Delta H / H_{max}$$

GA-SAKe (Simulazione)



GA-SAKe

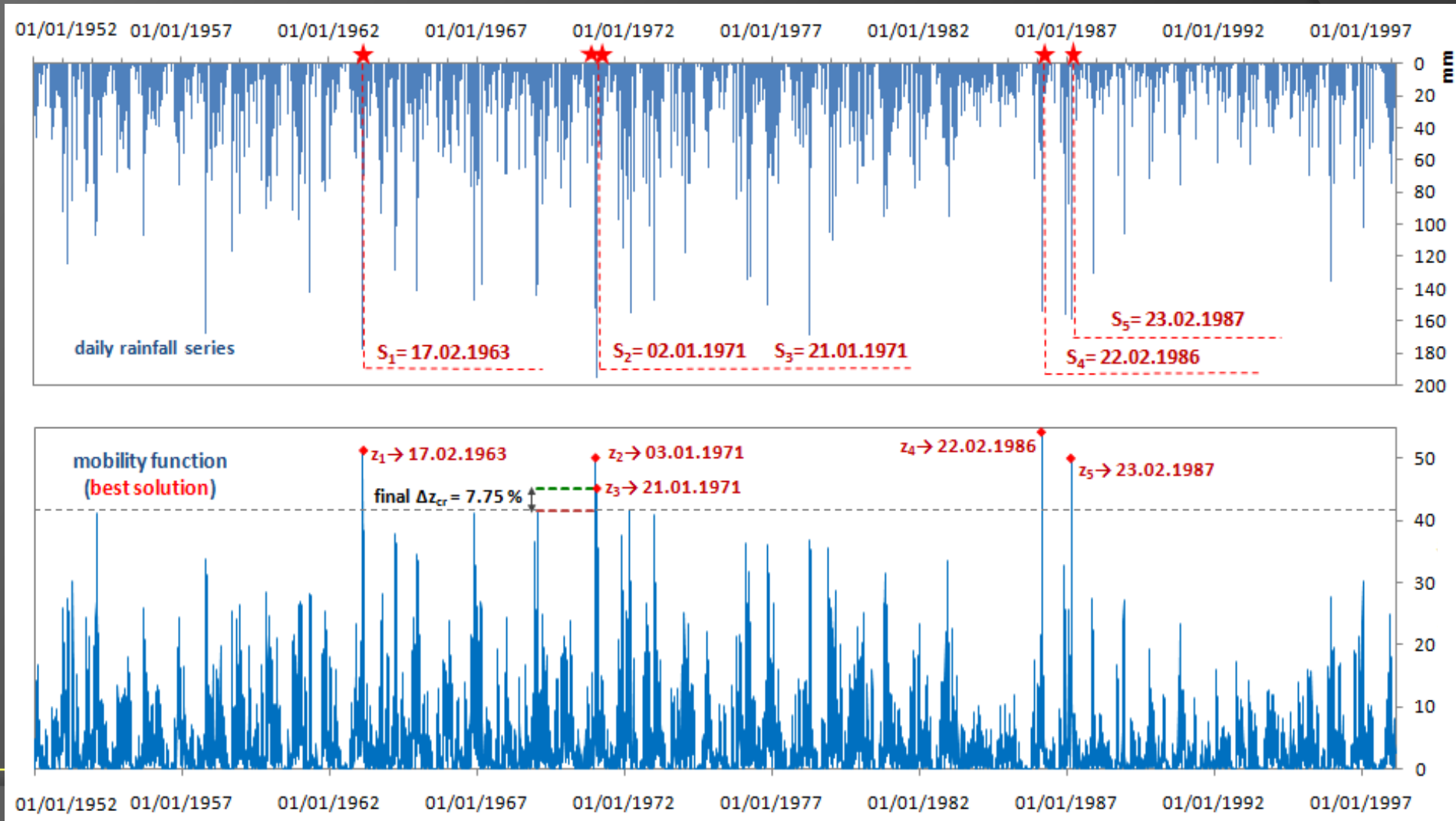
Pozzano (NA) – Penisola Sorrentina

Frane superficiali

Pioggie giorn.: [1-1-1952,31-12-1997]

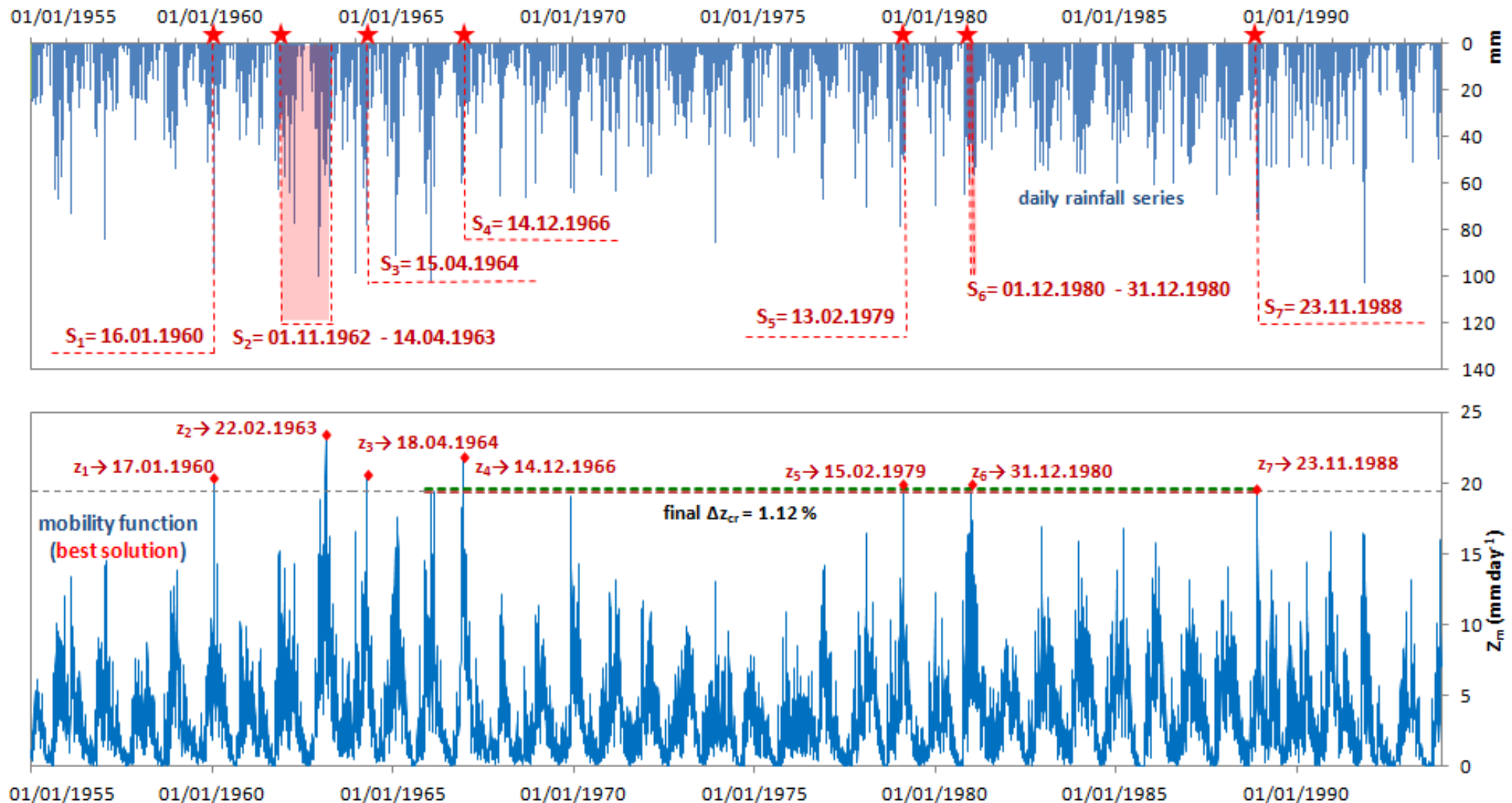
Staz. Gragnano + Castellamare di Stabia

5 segnalazioni



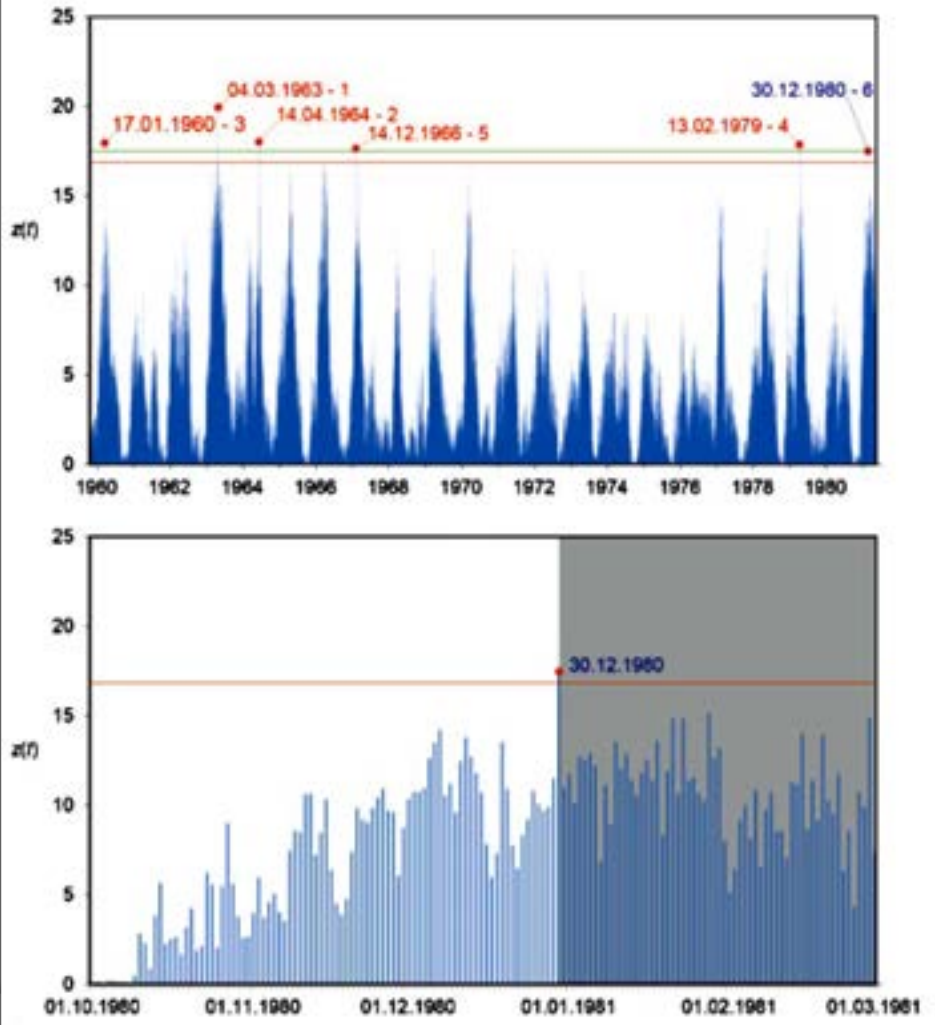
Frana Uncino – San Fili (CS)
pressi della staz. ferroviaria
Dimensioni medie

Pioggie giorn. [1-1-1955, 31-12-1993]
Stazione di Montalto Uffugo
7 segnalazioni (*Antronico – Sorriso-Valvo*)



GA-SAKe (Performance)

Validazione



Vantaggi

- Metodo rigoroso + **esistenza della soluzione** (Teorema di Holland)
- Ricerca automatica del tempo base t_b e delle **famiglia di soluzioni**
- **Analisi statistica** sullo **spazio delle soluzioni** per selezionare la **best-solution** (processo automatico)
- Calcolo parallelo (**H**igh **P**erformance **C**omputing)

Progressi appena realizzati GA-SAKe 2.0

- Analisi regressiva per esprimere le soluzione in forma matematica
- Nuove funzionii di Fitness
- Altri Algoritmi Genetici