

PROGRAMMA PER IL SUPPORTO AL RAFFORZAMENTO DELLA GOVERNANCE IN MATERIA DI RIDUZIONE DEL RISCHIO AI FINI DI PROTEZIONE CIVILE:

RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO

B11_RT3

Analisi di fattibilità degli indicatori come definiti nell'attività A.1.1,
Regione Siciliana

24.07.2019



CIMA
POLIMI
IRPI
CAMI lab
CiNiD

Azione

B.1.1

AFFIANCAMENTO PER ANALISI DEI FABBISOGNI E VALUTAZIONE DELLE DIMENSIONI TERRITORIALI IN RELAZIONE ALLE AREE AFFERENTI AI CENTRI OPERATIVI DI PROTEZIONE CIVILE

Partner

CNR-IRPI

Autori

Donnini Marco

Reichenbach Paola

Alvioli Massimiliano

Fiorucci Federica

Melillo Massimo

Pisano Luca

Lollino Piernicola

Giuseppe Esposito

Petrucci Olga

Note / Dettagli

Indice

Lista degli acronimi	2
1. Introduzione	3
2. Rapporti spaziali tra CUORE e IFFI	4
3. Rapporti spaziali tra CUORE, PAI frane e PAI idraulico	6
3.1 PAI frane.....	8
3.2 PAI idraulico.....	11
4. Relazioni spaziali tra CUORE e frane censite dal CFDMI	14
5. Distribuzione effetti al suolo eventi tipo C.....	16
5.1 Evento verificatosi nel periodo dal 16 Febbraio al 10 Aprile 2015	16
5.2 Evento verificatosi nel periodo dall'8 Settembre a 3 Novembre 2015.....	27
5.3 Evento verificatosi nei giorni del 19, 24 e 25 Novembre 2016	38
5.4 Evento verificatosi nei giorni dal 21 al 23 Gennaio 2017	48
6. Soglie di criticità regionali.....	55
7. Rete pluviometrica	57
8. Slope Unit	61
8.1 Zonazione della suscettibilità da frana nel bacino di Briga (Messina)	66
Riferimenti bibliografici	69
APPENDICE	70
A.1 Dati pluviometrici della rete dell'osservatorio delle acque	70
A.2 Integrazione dati rete SIAS.....	70
A.3 Analisi svolte sulla rete di pluviometri ODA e SIAS	70
A.4 Analisi della pioggia medio annua e distribuzione mensile	71
A.5 Ricostruzione degli eventi di pioggia	72
A.6 Analisi statistica descrittiva sugli eventi di pioggia ricostruiti	72
A.7 Classificazione degli eventi di pioggia secondo i criteri descritti da Alpert	74
A.8 Raccolta e analisi dello storico dei bollettini giornalieri di allerta	76
A.9 Raccolta, informatizzazione e analisi delle informazioni relative agli effetti al suolo di eventi geo-idrologici.....	78
A.10 Analisi CT Sicilia in relazione agli effetti al suolo	79

Lista degli acronimi

SIGLA	DESCRIZIONE
CUORE	Centri Unificati Operativi della Regione Siciliana per l'emergenza
ZA	Zone omogenee di Allerta
CT	Contesti Territoriali
COM	Centri Operativi Misti
CFDMI	Centro Funzionale Decentrato Multirischio Integrato
PAI	Piano di Assetto Idrogeologico
PGRA	Piano Gestione Rischio Alluvioni
IFFI	Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia

1. Introduzione

Le analisi descritte nel presente rapporto tecnico si inquadrano nell’attività “A.1.1 *Dimensioni territoriali e indicatori finalizzati all’analisi dei rischi e delle condizioni di sicurezza ai fini della protezione civile*”, prevista dal “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio ai fini di protezione civile: rischio idrogeologico e idraulico”, a valere sul PON Governance e capacità istituzionale 2014-2020.

L’attività A.1.1 ha due obiettivi principali: il primo è finalizzato alla verifica di coerenza fra le diverse dimensioni territoriali adottate dai piani di Gestione del Rischio Alluvioni dell’Appennino meridionale e della Regione Siciliana e le aree afferenti ai centri operativi di protezione civile; il secondo alla definizione di indicatori per la dimensione territoriale adottata a riferimento finalizzati ad individuare livelli di rischio, capacità di fronteggiare condizioni di emergenza, e più in generale, livello di sicurezza in termini di protezione civile.

Il rapporto “*B11SIC_RT3 - Analisi di fattibilità degli indicatori come definiti nell’attività A.1.1*” ha l’obiettivo di descrivere per la regione Siciliana le caratteristiche dei Contesti Territoriali (CT) rispetto agli eventi e alle caratteristiche meteo-geo-idrologiche.

Nell’ambito del PON Governance 2014-2020 “Riduzione del rischio sismico, vulcanico e idrogeologico ai fini di protezione civile (*PON sisma*)”, sono stati introdotti i Contesti Territoriali definiti come l’insieme di aree limitrofe che cooperano sul tema della riduzione del rischio e nelle quali le attività possono essere esercitate in modo unitario tra più municipalità (*Accordo di Partenariato Italia 2014 – 2020; Delibera della Giunta Regionale Calabria n. 408 del 2016*). I CT sono stati definiti prendendo in considerazione le Unioni di Comuni, le aree afferenti ai Centri Operativi Misti e i Sistemi Locali del Lavoro (dati Istat), analizzando le relazioni esistenti, sia in termini di perimetrazione che di Comuni “rilevanti” (*Cassone et al., 2016*).

Al momento della stesura del presente rapporto (luglio 2019) la Regione non ha adottato i CT e mantiene la divisione del territorio regionale in Centri Unificati Operativi per l’Emergenza (CUORE), istituiti con il *DGR n. 454 del 23/10/2017*. A seguito della richiesta del Centro Funzionale Decentrato Multirischio Integrato, le perimetrazioni dei CT (e dei CUORE) sono in via di ridefinizione e in particolare i CT verranno delimitati tenendo in considerazione la perimetrazione dei CUORE. Nel presente report le analisi sono state quindi effettuate considerando i 72 CUORE istituiti con *DGR n. 454 del 23/10/2017*. Le analisi sono state svolte in parte presso il Centro Funzionale Decentrato Multirischio Integrato - Settore Idro (CFDMI) della Regione Siciliana con il supporto logistico e scientifico di Giuseppe Basile, Marinella Panebianco e Alessandro De Luca.

Ad oggi non sono disponibili ufficialmente sui CUORE le analisi della rete infrastrutturale primaria, delle strutture sanitarie e dei vigili del fuoco, distinti nella metodologia di individuazione Sistema strutturale minimo di CT (rif. fonte Linee Guida CLE – PON Sisma, 2019), dunque non è stato possibile realizzare nessuna valutazione a riguardo.

2. Rapporti spaziali tra CUORE e IFFI

L’inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI), realizzato dall’ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, censisce le frane verificatesi sul territorio nazionale secondo modalità standardizzate e condivise (Trigila, 2007). L’Inventario IFFI è la banca dati sulle frane più completa e di dettaglio esistente in Italia, per la scala della cartografia adottata (1:10.000) e per il numero di parametri ad esse associati (<http://www.progettoiffi.isprambiente.it>).

Il Progetto dell’Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Siciliana è stato realizzato nel periodo compreso fra agosto 2001 e dicembre 2003 dall’Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Geologia e Geodesia, in Convenzione con la Regione Siciliana. Il censimento si è basato essenzialmente sulle informazioni fornite dal Piano Straordinario per l’Assetto Idrogeologico, pubblicato con D.A. n. 298/2000, sugli aggiornamenti al Piano Straordinario effettuati su alcuni Comuni siciliani negli anni successivi, sugli archivi storici realizzati nell’ambito dei Progetti AVI e SCAI, su dati bibliografici ed esame di foto aeree. Tali informazioni hanno permesso di censire, in tutta la Sicilia, la localizzazione di circa 4000 fenomeni franosi. L’IFFI non fornisce informazioni relative alla frequenza, magnitudo, e alla propensione del territorio a franare. Le aree in frana IFFI presentano un’estensione limitata rispetto all’intero territorio regionale, pari a 294,45 km² (1,14%). La figura 2.1 mostra la distribuzione spaziale dei poligoni di frana mappati da IFFI ed i CUORE

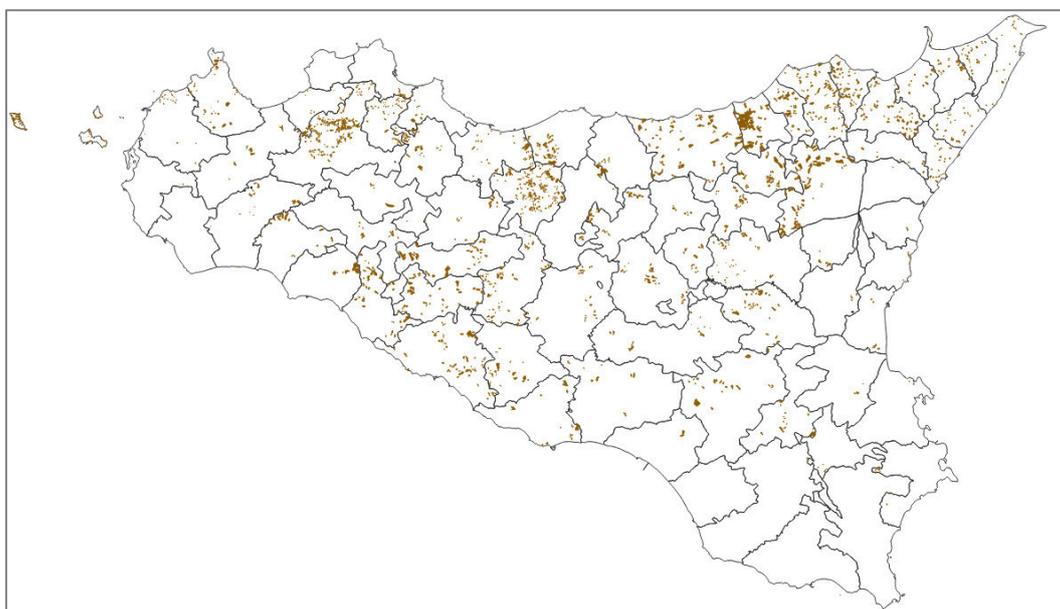


Figura 2.1 La carta riporta i CUORE ed i poligoni delle frane mappati dall’IFFI.

Il conteggio dei poligoni IFFI all’interno dei CUORE (Figura 2.2a) evidenzia un numero minimo pari a 0 ed un massimo pari a 310 (media: 48, mediana: 34). I CUORE che non presentano nessuna frana IFFI sono quattro: 71, 44, 60 e 61, mentre il CUORE 603 è quello con il maggior numero di frane (310). Se consideriamo i CUORE in base alla percentuale di territorio in frana (Figura 2.2b) è possibile osservare che nonostante la numerosità la percentuale di area in frana è limitata e che le zone maggiormente interessate da frane sono situate nella parte Nord-Orientale e Centro-Occidentale dell’isola.

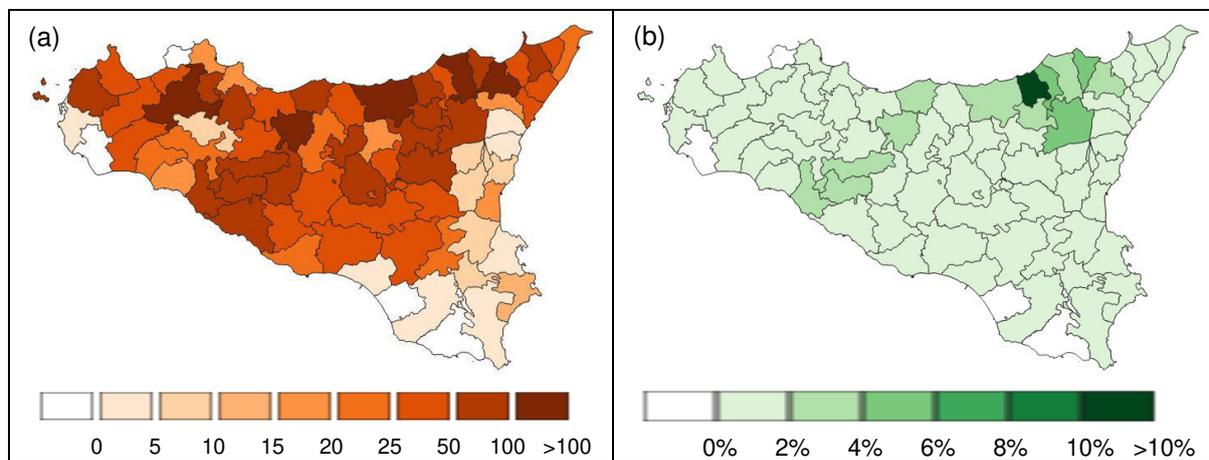


Figura 2.2 (a) CUORE classificati in base al numero di frane IFFI. (b) CUORE classificati in base alla percentuale di area in frana IFFI.

3. Rapporti spaziali tra CUORE, PAI frane e PAI idraulico

Il progetto di redazione del P.A.I. procede secondo due linee di analisi parallele: una relativa alla valutazione della pericolosità e del rischio geomorfologico e l'altra relativa alla pericolosità e al rischio idraulico.

La *Relazione Generale del Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana (2004)* in merito alla valutazione della pericolosità e del rischio riporta che, in accordo con quanto sostenuto da *Crescenti (1998)*, non si debba ritenere adeguato far coincidere la pericolosità geomorfologica con la probabilità di accadimento di un fenomeno franoso, ma si preferisce collegare la pericolosità all’effettivo stato di pericolo di un sito in base alla presenza di un fenomeno franoso. Nella valutazione della pericolosità da frana svolgono un ruolo determinante:

- l’intensità o magnitudo (M) intesa come “severità” meccanica e geometrica del fenomeno potenzialmente distruttivo. Si è ritenuto che una stima dell’intensità di una frana potesse essere effettuata in maniera speditiva definendola come relazione intercorrente tra le dimensioni areali del dissesto (o il suo volume nel caso delle frane da crollo) e la sua tipologia.
- lo stato di attività, che fornisce una valutazione di tipo temporale e quindi della propensione. È stato considerato che la presenza di interventi di sistemazione comporta una diminuzione del valore della pericolosità.

Le quattro classi di pericolosità dei fenomeni franosi sono state determinata in maniera qualitativa considerando la magnitudo e lo stato di attività dei dissesti (Tabella 3.1 e 3.2).

Tabella 3.1 Pericolosità del fenomeno franoso

Stato di attività	Magnitudo			
	M1	M2	M3	M4
Stabilizzata naturalmente o artificialmente	P0	P0	P0	P1
Quiescente	P0	P1	P1	P2
Inattiva	P1	P1	P2	P3
Attiva o riattivata	P1	P2	P3	P4

Tabella 3.2 Classi di pericolosità

P0	Pericolosità bassa
P1	Pericolosità moderata
P2	Pericolosità media
P3	Pericolosità elevata
P4	Pericolosità molto elevata

Per la valutazione del rischio, si è cercato di giungere ad una definizione e valutazione degli elementi vulnerabili che fosse di facile applicazione e adattabile alla realtà territoriale siciliana. Sono stati quindi considerati:

- gli elementi a rischio (E), rappresentati dalla popolazione, dalle abitazioni, dalle attività economiche e dai beni culturali che possono subire danni in conseguenza del verificarsi del fenomeno (Tabella 3.3);
- la loro vulnerabilità, intesa come grado di perdita prodotto su un certo elemento o gruppo di elementi esposti al rischio, risultante dal verificarsi di un fenomeno naturale di una data intensità.

Attraverso la combinazione dei due fattori pericolosità P ed elementi a rischio E, si arriva alla definizione del rischio (Tabella 3.4). La condizione di rischio di un’area è quindi strettamente legata alla presenza di elementi a rischio: infatti, un’area in “frana attiva” è sicuramente un’area “pericolosa” ma, se non vi insistono infrastrutture, non è un’area a rischio; viceversa, un’area in frana quiescente e quindi a più bassa pericolosità, sulla quale insista però un centro abitato, è un’area a rischio. Sono state quindi definite quattro classi di rischio (Tabella 3.5).

Tabella 3.3 Elementi a rischio

Classe	Descrizione
E1	Case sparse - Impianti sportivi e ricreativi - Cimiteri - Insediamenti agricoli a bassa tecnologia - Insediamenti zootecnici.
E2	Reti e infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza e/o a servizio di ambiti territoriali ristretti (acquedotti, fognature, reti elettriche, telefoniche, depuratori,...) - Viabilità secondaria (strade provinciali e comunali che non rappresentino vie di fuga) - Insediamenti agricoli ad alta tecnologia – Aree naturali protette, aree sottoposte a vincolo ai sensi del D. L.vo 490/99.
E3	Nuclei abitati - Ferrovie - Viabilità primaria e vie di fuga – Aree di protezione civile (attesa, ricovero e ammassamento) - Reti e infrastrutture tecnologiche di primaria importanza (reti elettriche e gasdotti) – Beni culturali, architettonici e archeologici sottoposti a vincolo – Insediamenti industriali e artigianali - Impianti D.P.R. 175/88.
E4	Centri abitati - Edifici pubblici di rilevante importanza (es. scuole, chiese, ospedali, ecc.).

Tabella 3.4 individuazione delle classi di rischio

		Elementi a rischio			
		E1	E2	E3	E4
Pericolosità	P0	R1	R1	R1	R1
	P1	R1	R1	R2	R2
	P2	R2	R2	R3	R4
	P3	R2	R3	R4	R4
	P4	R3	R3	R4	R4

Tabella 3.5 Classificazione del rischio

R1	Rischio moderato per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.
R2	Rischio medio: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
R3	Rischio elevato per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.
R4	Rischio molto elevato: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.

3.1 PAI frane

Le informazioni contenute nel PAI frane, analogamente all’inventario IFFI, non sempre forniscono informazioni complete relative alla distribuzione spaziale dei dissesti e non forniscono informazioni relative alla frequenza, e alla magnitudo.

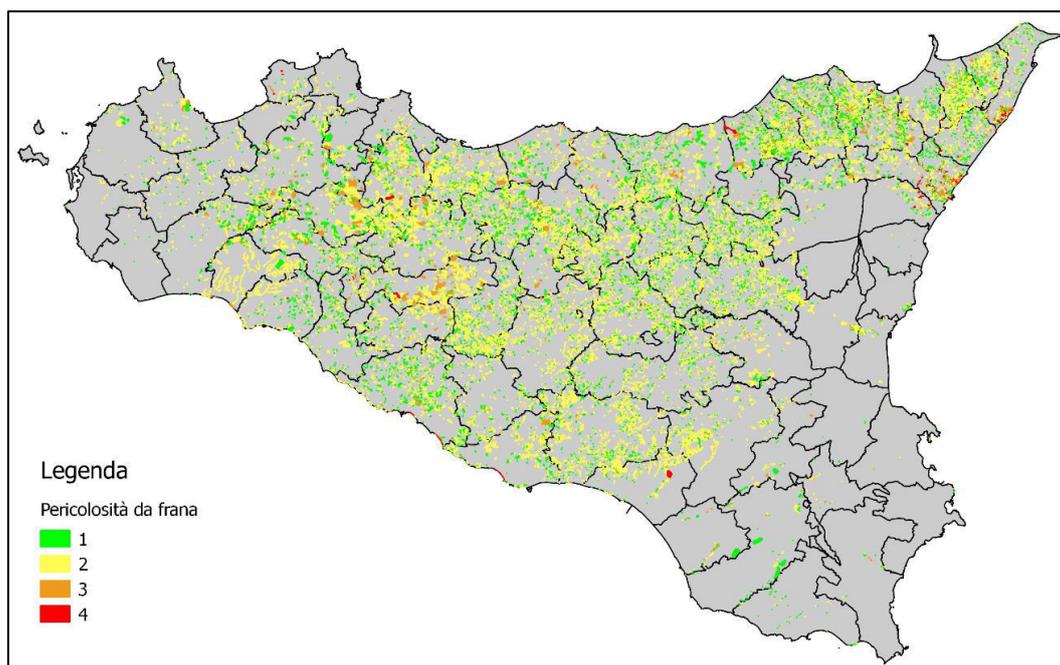


Figura 3.1 CUORE sovrapposti ai poligoni delle aree classificate dal PAI con diversi livelli di pericolosità da frana (P1, P2, P3, P4).

La Figura 3.1 mostra i poligoni delle aree classificate dal PAI con diversi livelli di pericolosità da frana (P1, P2, P3 e P4) sovrapposti ai CUORE. Nonostante le aree PAI siano distribuite in maniera uniforme su tutto il territorio regionale, le aree soggette a pericolosità P3 e P4 presentano una superficie complessiva limitata, pari a 122,86 km² (circa 0,5% del territorio regionale). La Figura 3.2a mostra il numero di aree PAI a pericolosità da frana P3 e P4 contenute in ciascun CUORE (min: 0, max: 187, media: 30, mediana: 13). I CUORE che non

presentano nessun poligono P3 o P4 sono sette: 302, 905, 904, 602, 701, 800 e 802, mentre il CUORE con il numero maggiore di poligoni P3/P4 (187) è il 506.

La Tabella 3.6 riporta il numero dei CUORE che presentano diverse percentuali di area soggette a pericolosità da frana P3 e P4. In particolare:

- (i) 60 CUORE (più dell’80% del totale) presentano un’area soggetta a pericolosità da frana P3 e P4 minore dell’1% dell’area totale;
- (ii) 7 CUORE presentano un’area soggetta a pericolosità da frana P3 e P4 compresa fra l’1% e il 2% dell’area totale;
- (iii) 5 CUORE presentano un’area soggetta a pericolosità da frana P3 e P4 compresa fra l’2% e il 5% dell’area totale.

I risultati di tale analisi sono visualizzati nella Figura 3.2b. Come già evidenziato da IFFI, le zone maggiormente interessate da frane sono localizzate nelle aree Nord-Orientali e Centro-Occidentali della Regione.

Tabella 3.6. Numero di CUORE che presentano percentuali di aree soggette a pericolosità da frana P3 e P4.

Area P3 e P4 [%]	CUORE [#]
0 – 1	60
1 – 2	7
2 – 3	3
3 – 4	1
4 – 5	1

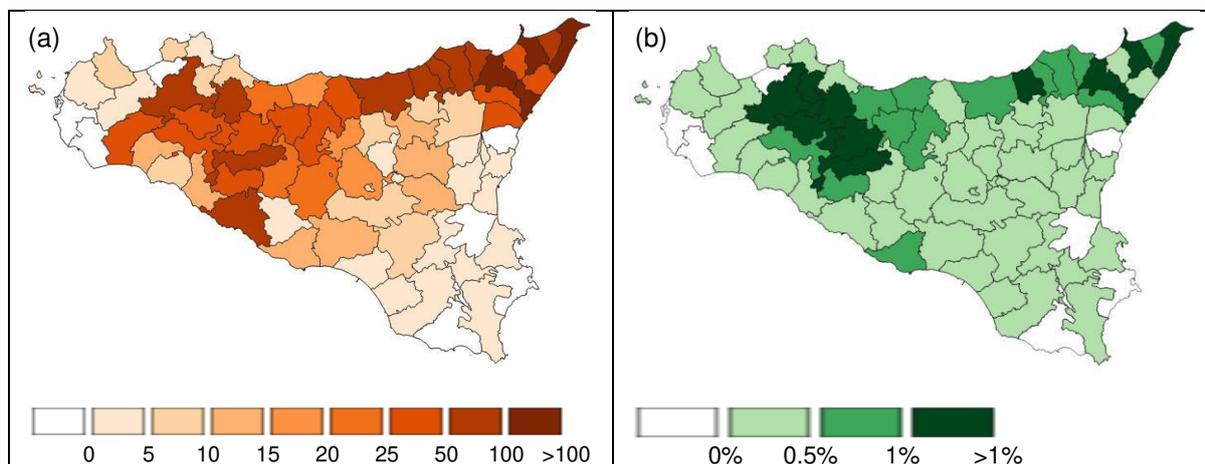


Figura 3.2 (a) CUORE classificati in base al numero di aree a pericolosità da frana P3 e P4. (b) CUORE classificati in base alla percentuale di aree a pericolosità da frana P3 e P4.

Per quanto riguarda il rischio da frana, la Figura 3.3 mostra i poligoni delle aree a rischio da frana come definite dal PAI sovrapposti ai CUORE. Anche in questo caso, le aree a rischio da frana R3 e R4 sono distribuite su tutto il territorio regionale, ma presentano una superficie totale limitata, pari a 25,30 km² (0,09%) del territorio regionale. La Figura 3.4a mostra i CUORE classificati in base al numero di aree PAI definite a rischio da frana R3 e R4 (min: 17,

max: 937, media: 171, mediana: 115). Il CUORE con il minor numero di aree R3-R4 (17) è il CUORE 302, mentre il CUORE con il maggior numero di aree R3-R4 (937) è il CUORE 600.

I CUORE classificati in base alla percentuale di aree a rischio da frana R3 e R4, sono mostrate in Figura 3.4b. L'analisi della figura evidenzia che tutti i CUORE presentano percentuali di area soggette a rischio frana classificate come R3 e R4 minori dell'1%, con eccezione del numero 600, all'interno del quale è compreso il comune di Palermo.

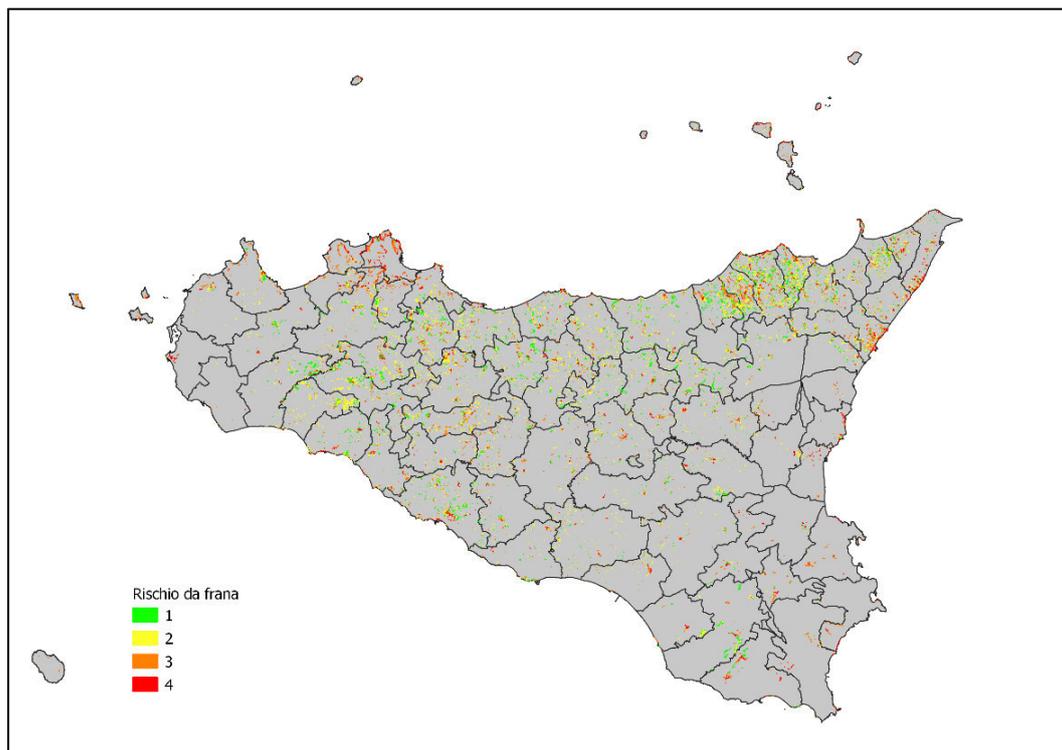


Figura 3.3 CUORE sovrapposti ai poligoni delle aree classificate dal PAI con diversi livelli di rischio da frana (R1, R2, R3, R4)

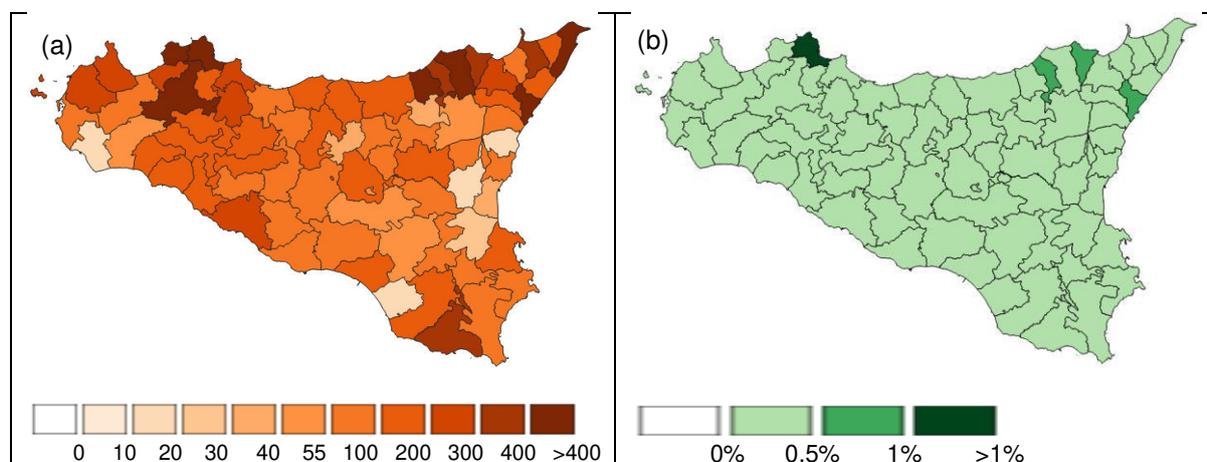


Figura 3.4 (a) CUORE classificati in base al numero di aree a rischio frana R3 e R4. (b) CUORE classificati in base alla percentuale di aree a rischio frana R3 e R4.

3.2 PAI idraulico

Come per il PAI frane, anche il PAI idraulico fornisce un’informazione non completa in quanto caratterizza solamente le aste idrografiche principali e non fornisce informazioni relative al reticolo idrografico secondario. Si fa presente che spesso i bacini idrografici minori sono caratterizzati da brevi tempi di corrivazione e conseguentemente da tempi di previsione della piena ridotti.

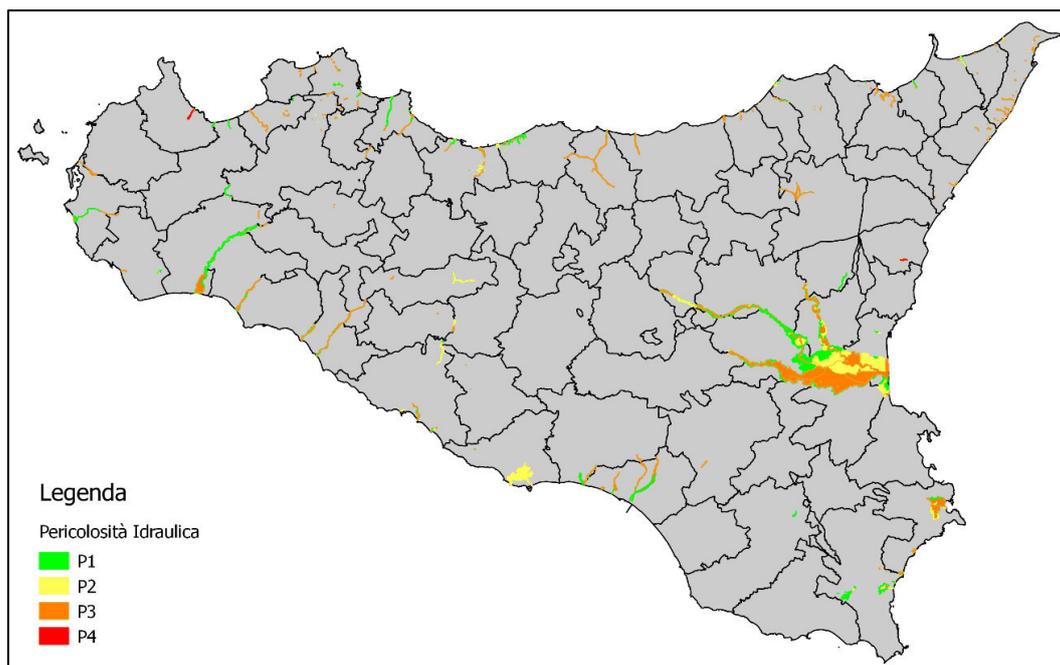


Figura 3.5 CUORE sovrapposti ai poligoni delle aree classificate dal PAI a diversa pericolosità idraulica (P1, P2, P3, P4)

La Figura 3.5 mostra le aree soggette a diversa pericolosità idraulica così come definite dal PAI sovrapposti ai CUORE. Le aree soggette a pericolosità idraulica P3 e P4 presentano una superficie totale pari a 259,83 km² (circa 1% della superficie regionale) e sono localizzate all’interno del bacino del Fiume Simeto, a Sud dell’abitato di Catania.

La Tabella 3.7 mostra il numero dei CUORE che presentano diverse percentuali di area soggette a pericolosità idraulica P3 e P4, in particolare:

- (i) 59 CUORE (più dell’80% del totale) presentano un’area soggetta a pericolosità idraulica P3 e P4 minore dell’1% dell’area totale,
- (ii) 11 CUORE presentano un’area soggetta a pericolosità idraulica P3 e P4 compresa fra l’1% e il 10% dell’area totale e
- (iii) 2 CUORE presentano un’area soggetta a pericolosità idraulica P3 e P4 compresa tra il 10% e il 20% dell’area totale.

Tabella 3.7 CUORE che presentano percentuali di aree soggette a pericolosità idraulica P3 e P4.

Area P3 e P4 [%]	CUORE [#]
0 – 1	59
1 – 5	9
5 – 10	2
10 – 15	1
15 – 20	1

I risultati di tale analisi sono illustrati nella Figura 3.6a. I CUORE che presentano aree classificate con pericolosità idraulica P3 e P4 sono localizzati in corrispondenza del bacino del Fiume Simeto. La Figura 3.6b mostra i poligoni CUORE classificati in base alla classe di pericolosità idraulica maggiore. L’analisi della figura rivela che: (i) 13 CUORE (200, 301, 303, 401, 402, 507, 612, 613, 614, 615, 701, 702, 803) non hanno aree dichiarate pericolose dal PAI; (ii) il CUORE numero 700 ha come pericolosità massima P1, (iii) tre CUORE (302, 600 e 901) hanno come pericolosità massima P4 e (iv) tutti i restanti CUORE hanno come pericolosità massima P3.

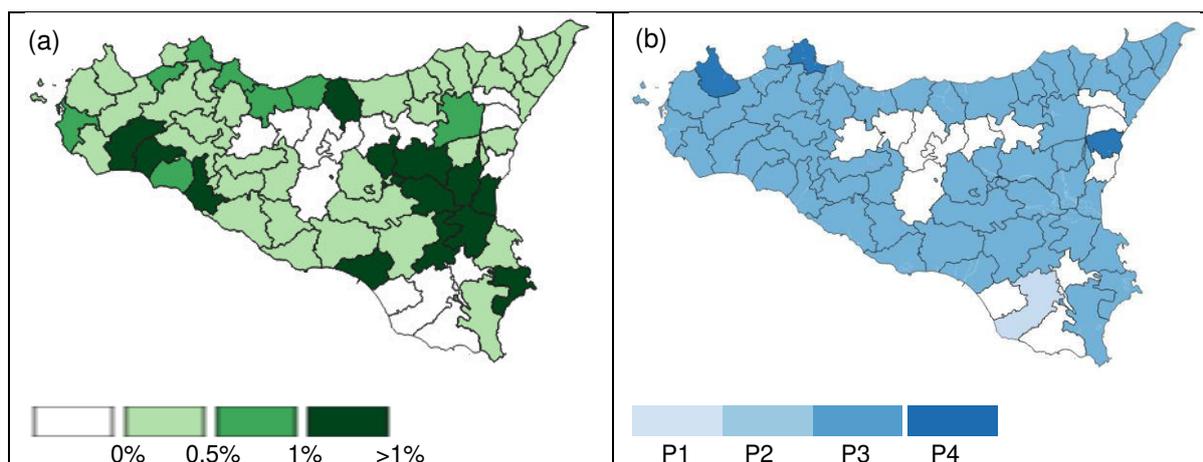


Figura 3.6 (a) CUORE classificati in base alla percentuale di area soggetta a pericolosità idraulica P3 e P4. (b) CUORE colorati in base alla classe di pericolosità idraulica più alta.

Riguardo il rischio idraulico, la Figura 3.7 illustra i poligoni delle aree soggette a diverso rischio idraulico come definite dal PAI sovrapposti ai CUORE. Le aree soggette a pericolosità idraulica R3 e R4 presentano una superficie totale molto piccola, pari a 31,50 km².

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

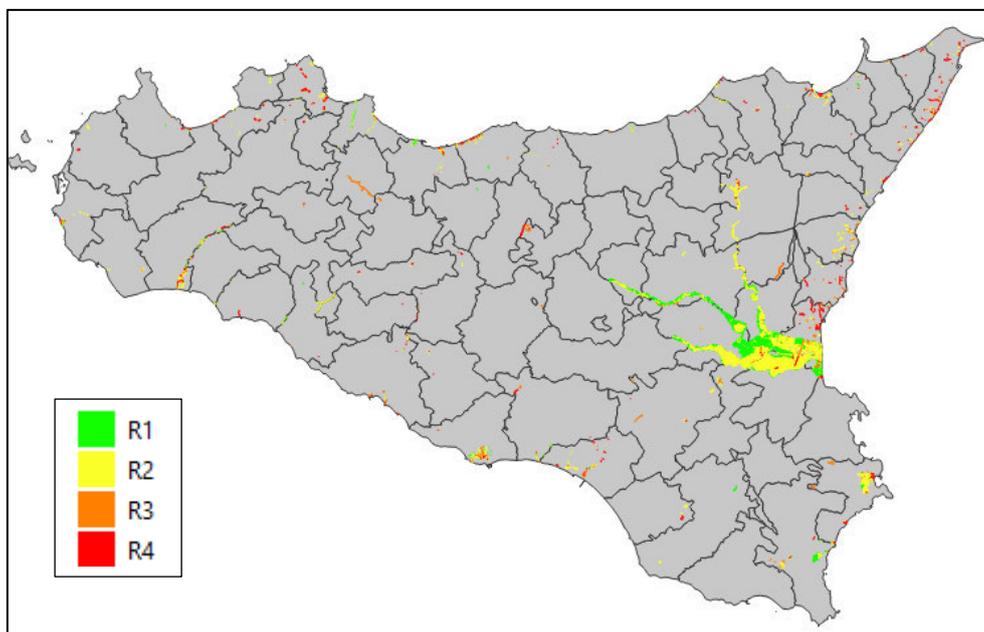


Figura 3.7 CUORE sovrapposti ai poligoni delle aree classificate dal PAI a diverso rischio idraulico (R1, R2, R3, R4)

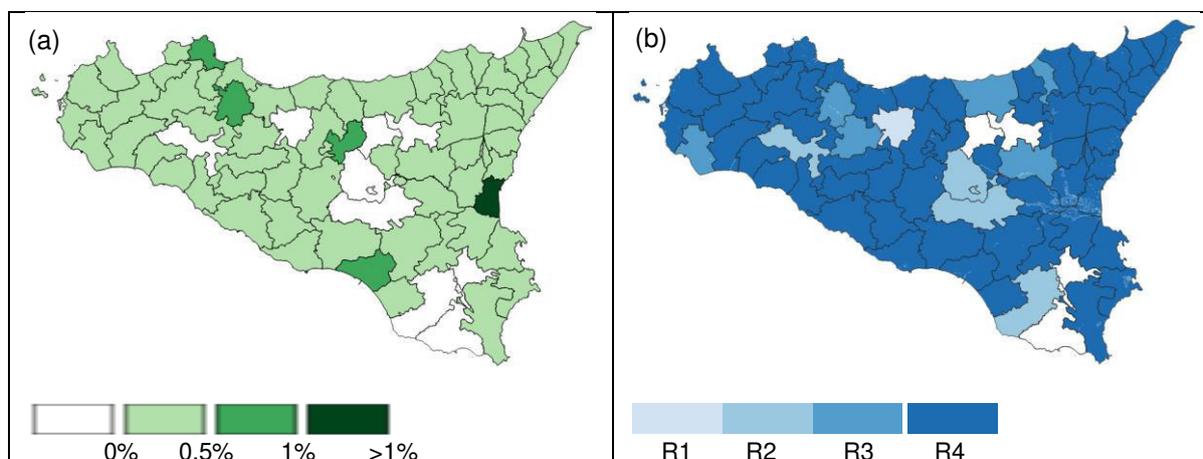


Figura 3.8 (a) CUORE classificati in base alla percentuale di area soggetta a pericolosità idraulica R3 e R4. (b) CUORE colorati in base alla classe di pericolosità idraulica più alta.

L’analisi della Figura 3.8a rivela che tutti i poligoni CUORE presentano percentuali di area con un livello di rischio idraulico pari a R3 e R4 minori dell’1%, con eccezione del CUORE 300, localizzato in corrispondenza del bacino del Fiume Simeto. La Figura 3.8b mostra i poligoni CUORE classificati in base alla classe di rischio idraulico più alta. In particolare: (i) 4 CUORE (401, 402, 701 e 803) non hanno aree soggette a rischio come definito dal PAI; (ii) il CUORE numero 614 ha come rischio massimo R1; (iii) quattro CUORE (307, 400, 600 e 700) hanno come rischio massimo R2, (iv) sei CUORE (404, 510, 513, 607, 615 e 907) hanno rischio massimo R3 e (v) i restanti CUORE hanno rischio massimo R4.

4. Relazioni spaziali tra CUORE e frane censite dal CFDMI

Nell'ambito del progetto POR FESR Sicilia 2007-2013 - Linea intervento 2.3.1.C, il CFDMI ha mappato i movimenti franosi riconoscibili attraverso l'interpretazione delle immagini di Google Earth. Le frane sono state classificate in quattro tipologie di movimenti: crolli (2932), deformazioni (creep/soliflusso) (2357), scivolamenti (1994) e scorrimenti (3574). La localizzazione spaziale delle diverse tipologie di frana e riportata nelle Figure 4.1a, 4.2a, 4.3a e 4.4a. Inoltre per ogni tipologia è stato calcolato il numero di fenomeni presenti all'interno dei CUORE Figure 4.1b, 4.2b, 4.3b e 4.4b. La Tabella 4.1 riporta le statistiche descrittive delle frane censite sulle immagini di Google Earth calcolate per i CUORE.

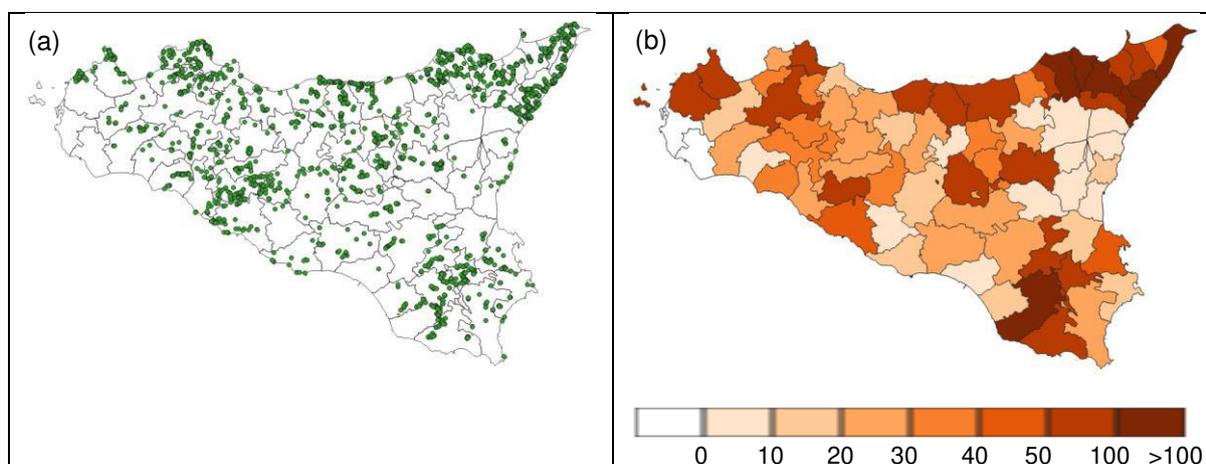


Figura 4.1 (a) Localizzazione dei crolli rispetto ai poligoni CUORE. (b) Numero dei crolli censiti su Google Earth all'interno dei CUORE.

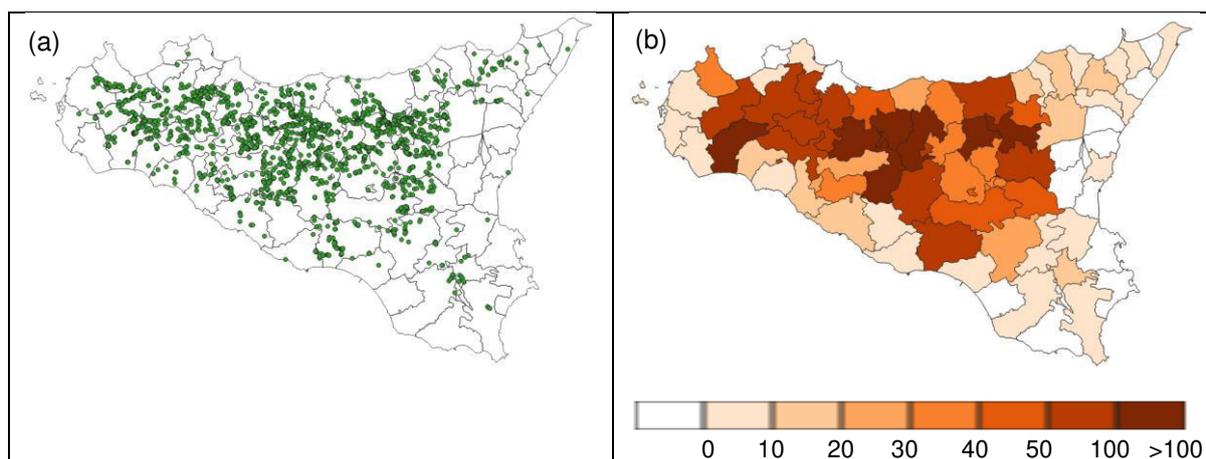


Figura 4.2 (a) Localizzazione delle deformazioni rispetto ai poligoni CUORE. (b) Numero di deformazioni censite su Google Earth all'interno dei CUORE.

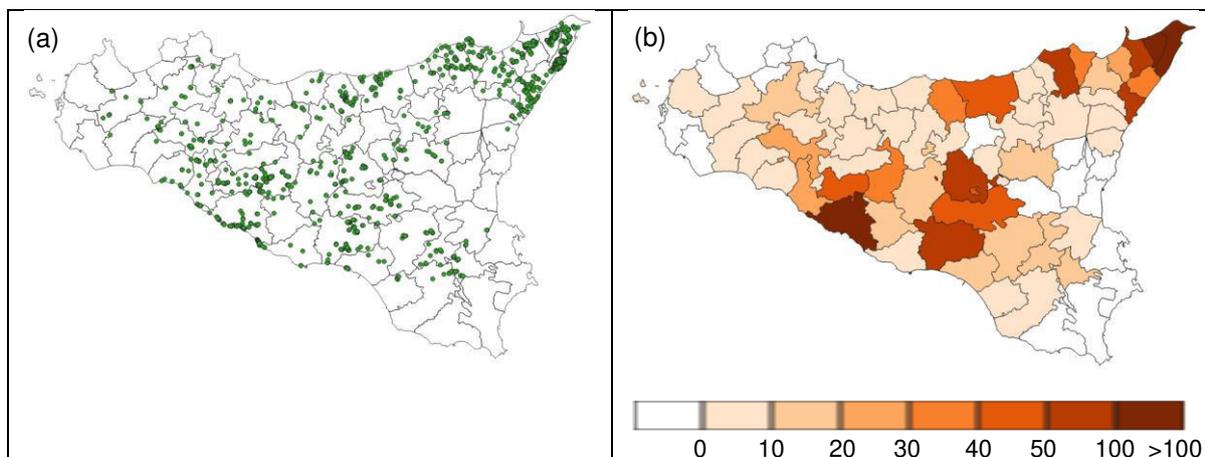


Figura 4.3 (a) Localizzazione degli scivolamenti rispetto ai poligoni CUORE. (b) Numero di scivolamenti censiti su Google Earth all’interno dei CUORE.

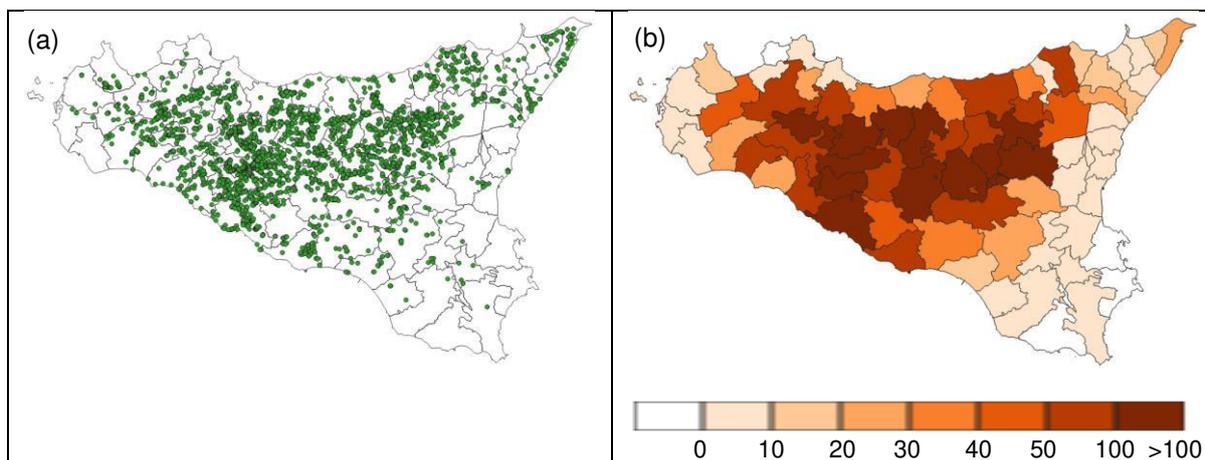


Figura 4.4 (a) Localizzazione degli scorrimenti rispetto ai poligoni CUORE. (b) Numero di scorrimenti censiti su Google Earth all’interno dei CUORE.

Tabella 4.1 Statistiche delle frane censite su Google Earth all’interno di ciascun CUORE

	Minimo	Massimo	Media	Mediana
Crolli	0	154	41	30.5
Deformazioni	0	176	33	12
Scivolamenti	0	717	28	6
Scorrimenti	0	450	50	28

5. Distribuzione effetti al suolo eventi tipo C

Ai fini dell'attività di protezione civile, gli eventi si distinguono in: a) eventi naturali o connessi con l'attività dell'uomo che possono essere fronteggiati mediante interventi attuabili dai singoli enti e amministrazioni competenti in via ordinaria; b) eventi naturali o connessi con l'attività dell'uomo che per loro natura ed estensione comportano l'intervento coordinato di più enti e amministrazioni competenti in via ordinaria; c) calamità naturali, catastrofi o altri eventi che per intensità ed estensione devono essere fronteggiati con mezzi e poteri straordinari (art. 2, L.225/92). Informazioni riguardanti gli eventi di tipo C sono disponibili nel sito del DPC¹ che riporta tutti gli stati di emergenza per eccezionali eventi meteorologici, alluvioni e frane a partire da maggio 2013. Per la Regione Siciliana, sono stati reperiti i seguenti eventi geoidrologici, di seguito elencati in base alla data della delibera della dichiarazione dello stato di emergenza:

- 1) **Sicilia 18/05/2015**: Eventi meteorologici verificatisi nel periodo dal 16 febbraio al 10 aprile 2015, nel territorio delle province di Palermo, Agrigento, Caltanissetta, Enna, Messina e Trapani
- 2) **Sicilia 19/02/2016**: Eccezionali eventi meteorologici nel periodo 8 settembre - 3 novembre 2015 che hanno colpito il territorio delle province di Catania, Enna e Messina
- 3) **Sicilia 10/02/2017**: Eccezionali eventi meteorologici del 19 novembre 2016 nel territorio del comune di Licata in provincia di Agrigento e nei giorni 24 e 25 novembre 2016 nel territorio delle province di Agrigento e Messina
- 4) **Sicilia 10/07/2017**: Eccezionali eventi meteorologici verificatisi nei giorni 21 - 23 gennaio 2017 nel territorio della provincia di Ragusa e del comune di Marineo in provincia di Palermo

5.1 Evento verificatosi nel periodo dal 16 Febbraio al 10 Aprile 2015

In questa sezione sono descritte le analisi effettuate per l'evento calamitoso che si è verificato a partire dal 16 febbraio fino 10 aprile 2015, nel territorio delle province di Palermo, Agrigento, Caltanissetta, Enna, Messina e Trapani, per il quale è stato deliberato lo stato d'emergenza in data 18/05/2015. I dati utilizzati derivano dal [Rapporto Sugli Eventi Meteo Febbraio – Marzo 2015](#) emesso dalla Protezione Civile della Regione Siciliana.

Tutto il territorio regionale è stato interessato da elevati valori di pioggia (Figura 6.1) e nelle zone di allerta (ZA) sono stati registrati valori di pioggia compresi fra 150 e 300 mm e nelle ZA B, D, E, F, G, sono stati registrati valori di pioggia compresi fra 300 e 400 mm con picchi superiori a 450 mm nelle ZA B e I.

¹ <http://www.protezionecivile.gov.it/amministrazione-trasparente/interventi-straordinari-emergenza/emergenze-rischio-meteo-idro>

Il CFDMI ha diramato i seguenti Avvisi regionali di Protezione Civile per il rischio idrogeologico e idraulico:

*Avviso N. 15046 del 15/02/2015, Avviso N. 15047 del 16/02/2015, Avviso N. 15048 del 17/02/2015, Avviso N. 15049 del 18/02/2015 (Figura 6.2);
Avviso N. 15052 del 21/02/2015, Avviso N. 15053 del 22/02/2015, Avviso N. 15054 del 23/02/2015, Avviso N. 15055 del 24/02/2015 (Figura 6.3);
Avviso N. 15056 del 25/02/2015, Avviso N. 15057 del 26/02/2015, Avviso N. 15058 del 27/02/2015, Avviso N. 15059 del 28/02/2015 (Figura 6.4);
Avviso N. 15064 del 05/03/2015, Avviso N. 15065 del 06/03/2015, Avviso N. 15066 del 07/03/2015 e Avviso N. 15067 del 08/03/2015 (Figura 6.5).*

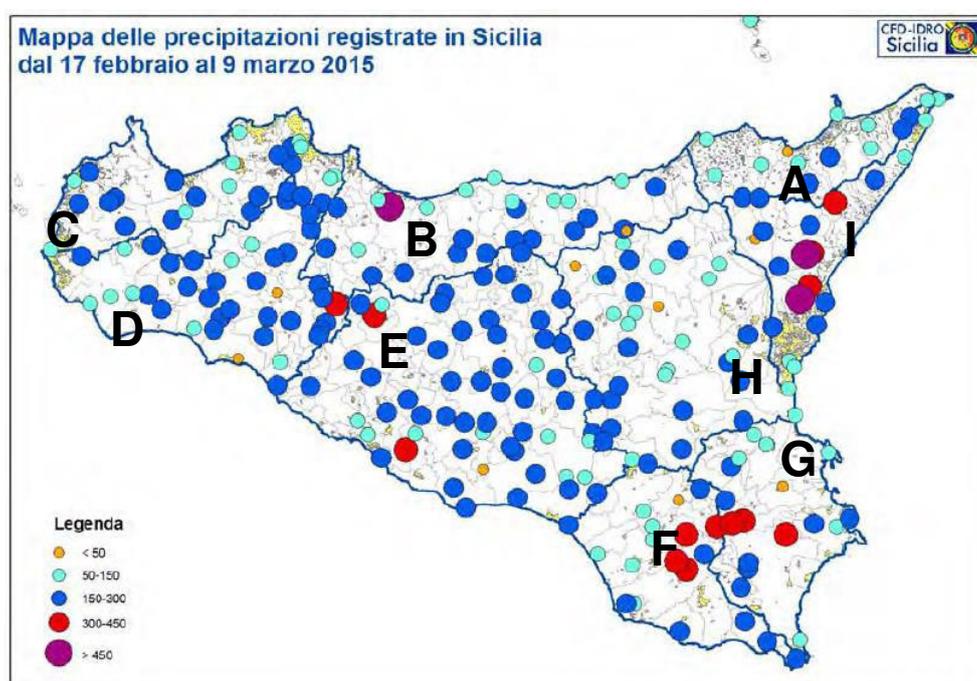


Figura 6.1 Mappa delle precipitazioni cumulate nel periodo 17 febbraio - 9 marzo 2015.

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

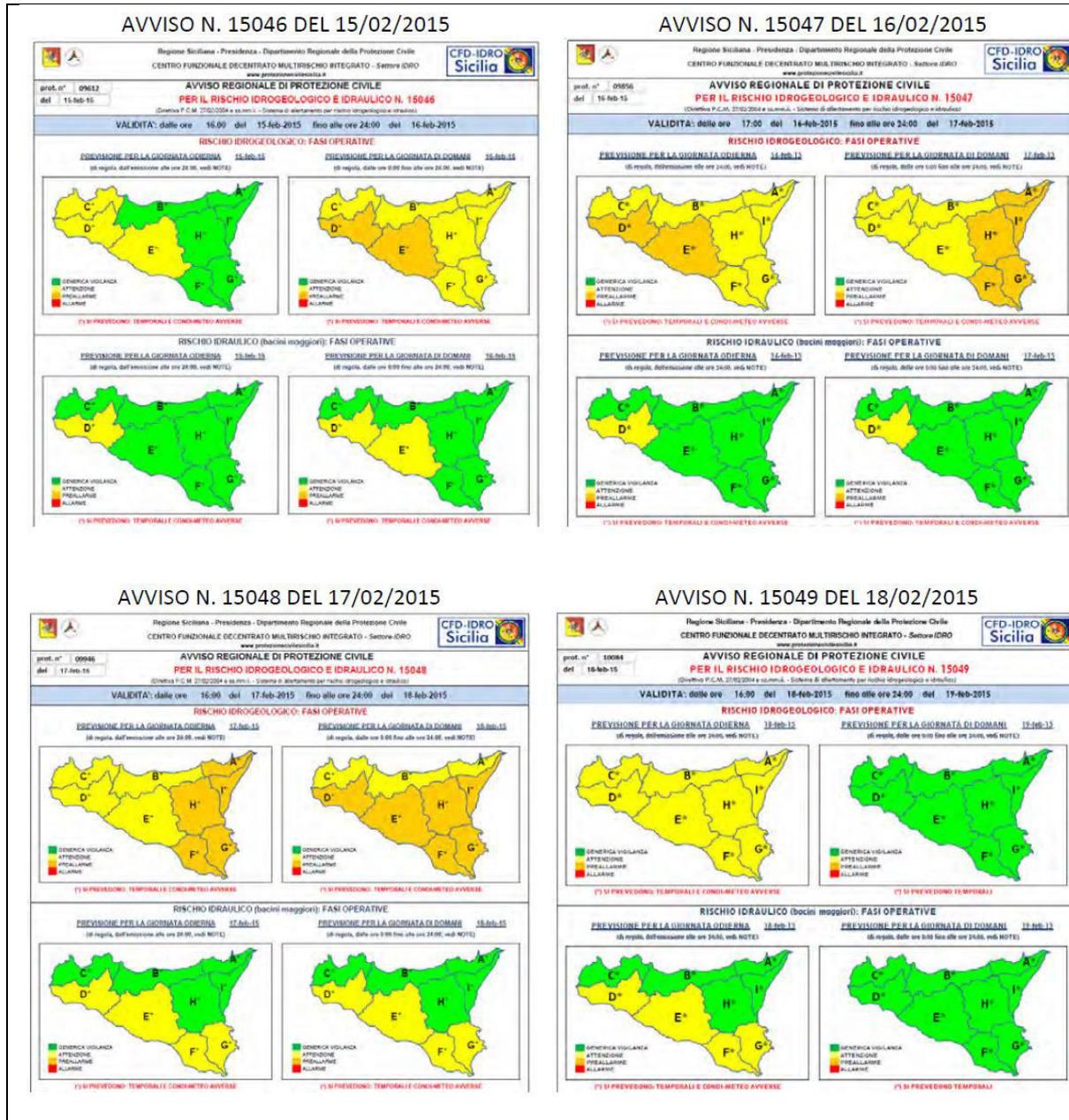


Figura 6.2 Avvisi regionali di Protezione Civile

Affidamento di servizi per il "Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell'ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020" – CIG 6983365719.

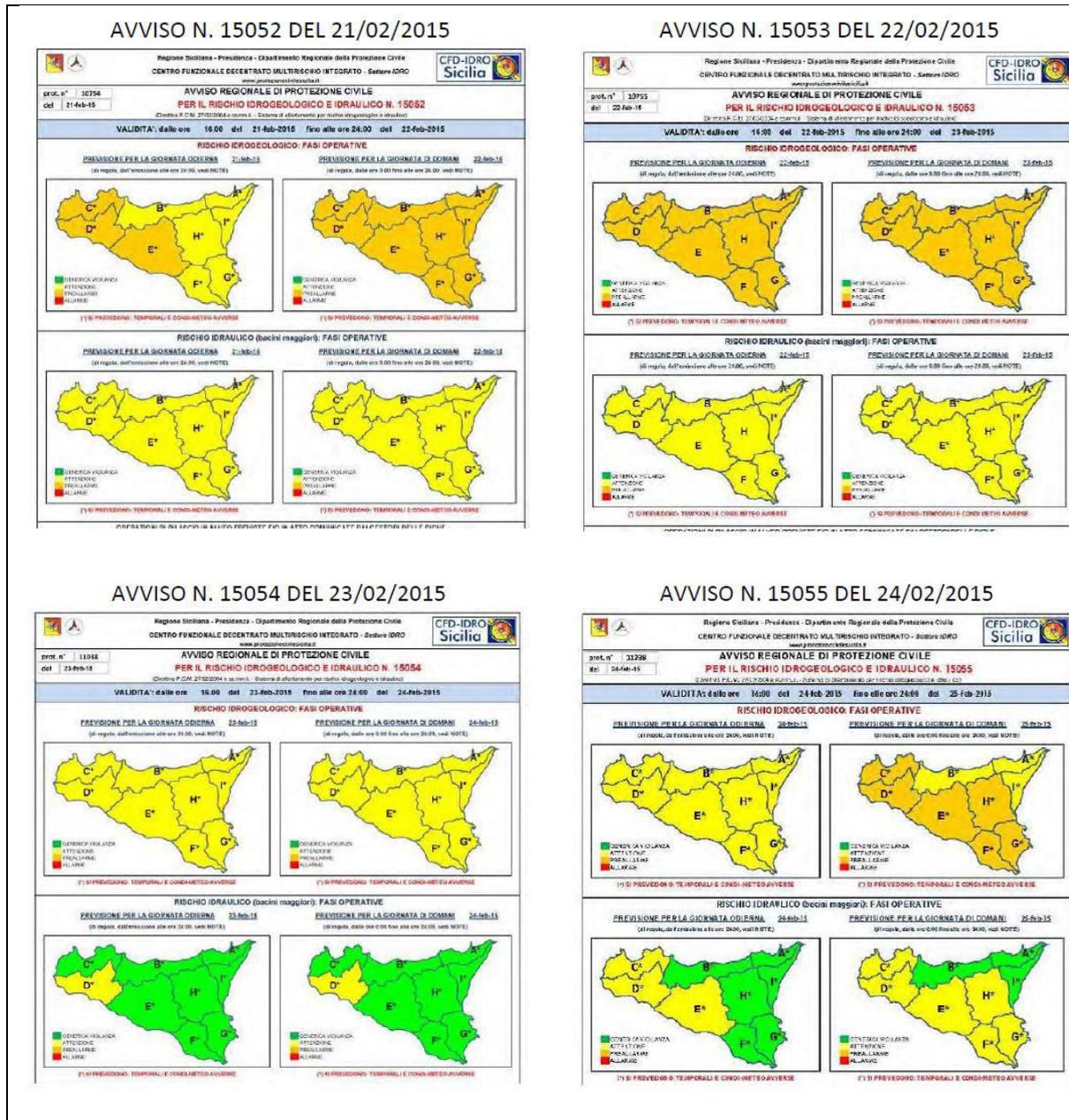


Figura 6.3 Avvisi regionali di Protezione Civile

Affidamento di servizi per il "Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell'ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020" – CIG 6983365719.

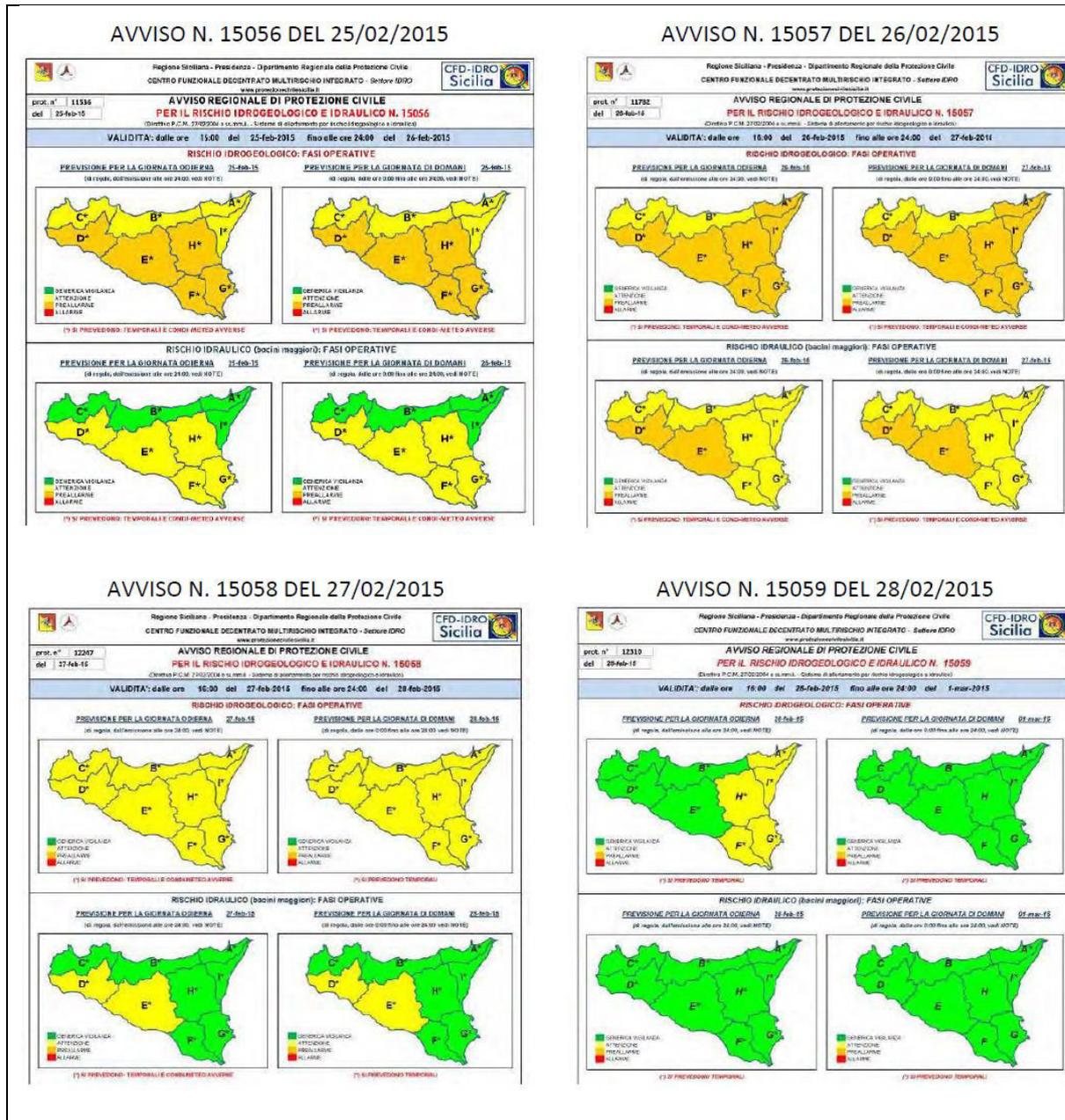


Figura 6.4 Avvisi regionali di Protezione Civile

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

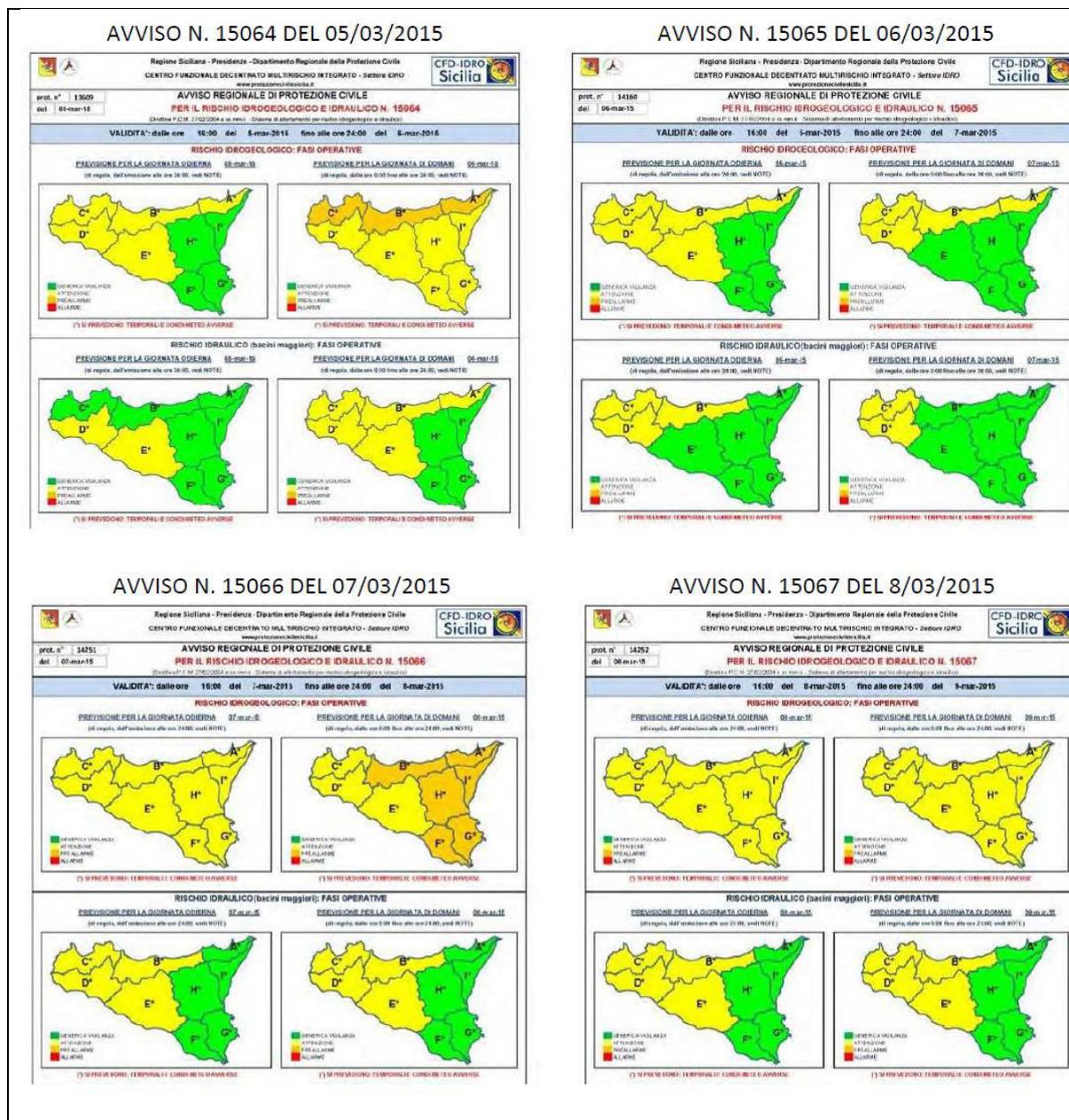


Figura 6.5 Avvisi regionali di Protezione Civile

Di seguito si riportano: (i) le mappe delle precipitazioni cumulate sovrapposte alla localizzazione dei fenomeni franosi e ai fenomeni alluvionali e (ii) le mappe che illustrano il rapporto tra le cumulate e le medie storiche dei mesi corrispondenti (Figure 6.6 – 6.8).

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

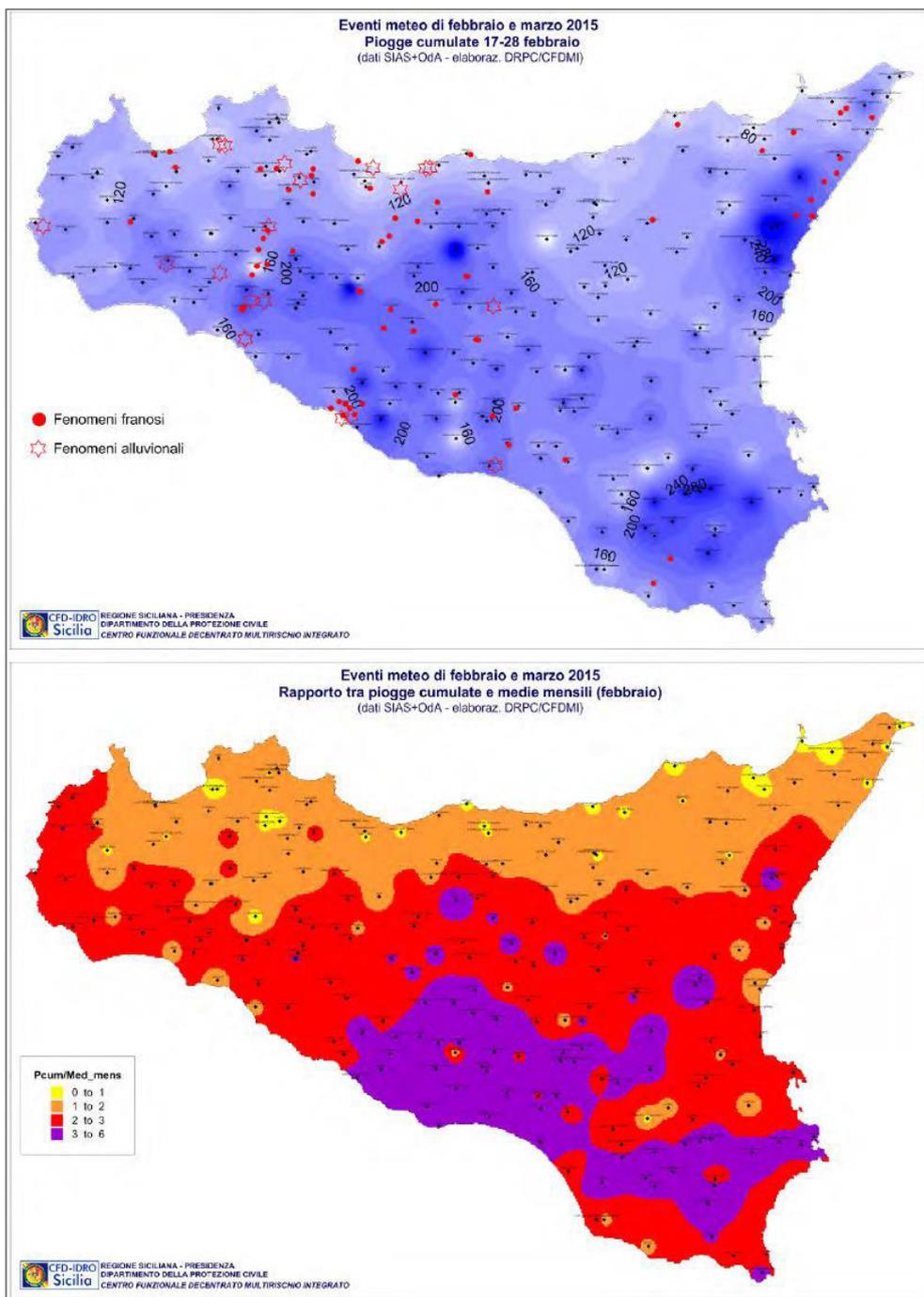


Figura 6.6 Mappa delle piogge cumulate dal 17 al 28 Febbraio 2015 e rapporto tra piogge cumulate e piogge medie mensili del mese di febbraio.

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

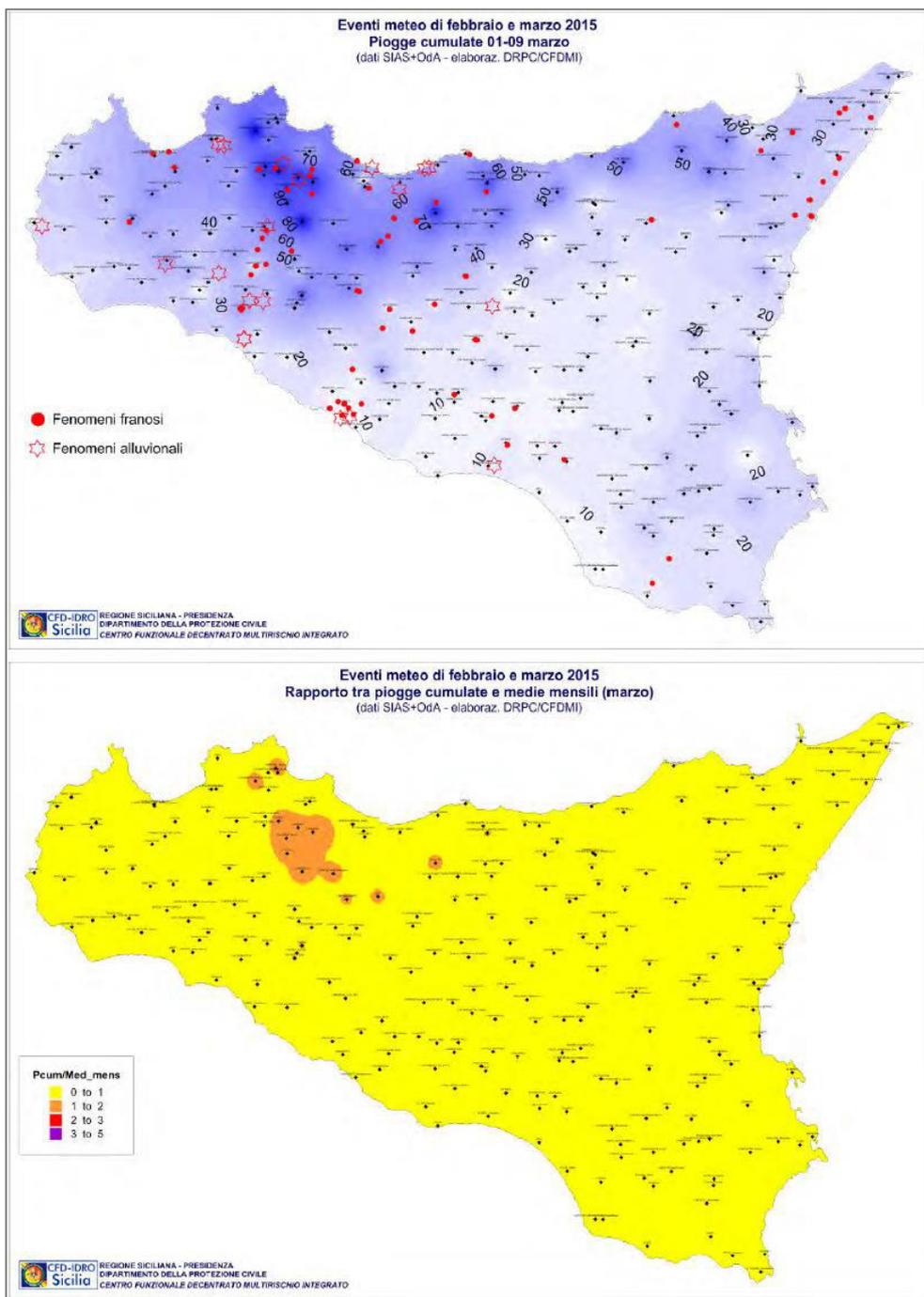


Figura 6.7 Mappa delle piogge cumulate dal 01 al 09 Marzo 2015 e rapporto tra piogge cumulate e piogge medie mensili del mese di marzo.

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

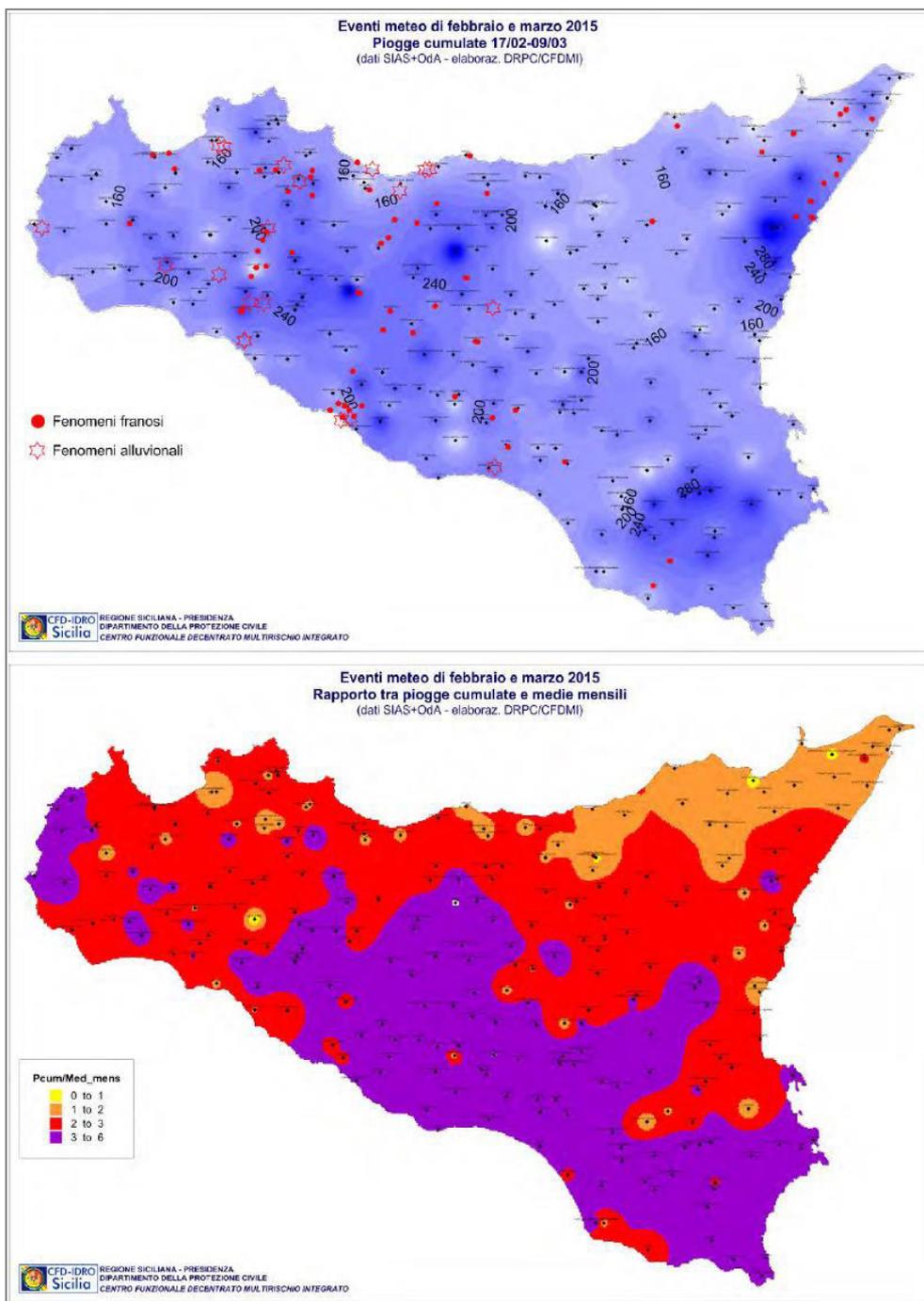


Figura 6.8 Mappa delle piogge cumulate dal 17 Febbraio al 09 Marzo 2015 e rapporto tra piogge cumulate e piogge medie mensili.

Come riportato nel Rapporto di Evento, le mappe sono affette da lacune informative in quanto alcune stazioni non hanno funzionato costantemente o hanno riportato dati non verosimili. Il rapporto mostra comunque che in pochi giorni sono stati misurati quantitativi di pioggia che, in alcune zone, superano abbondantemente le medie stagionali. In particolare:

- tra il 17 e il 18 febbraio è stata interessata principalmente la Sicilia orientale;

- tra il 21 e il 27 febbraio viene coinvolta tutta la Regione e, in particolare, il settore centro-meridionale dell’isola;
- tra il 5 e il 9 marzo, sebbene con quantitativi meno significativi, è il settore nord-occidentale quello che ha subito maggiormente l’effetto degli eventi meteorologici;
- tenendo conto della persistenza delle precipitazioni, complessivamente quella più colpita rimane l’intera fascia che dalle coste nord-occidentali giunge fino a quelle meridionali con quantitativi di pioggia, nel periodo 21 febbraio-9 marzo, da tre a sei volte in media le piogge stagionali.

I quantitativi di pioggia cumulata più significativi si aggirano intorno ai 150-200 mm in 5-6 giorni, a febbraio, e intorno ai 250 mm in 15 giorni, a marzo, con una breve stasi di 5-6 giorni. Il Rapporto d’evento riporta che, a seguito degli intensi e ripetuti eventi meteo avversi, si sono verificate frane, smottamenti e allagamenti che hanno interessato soprattutto edifici e viabilità principale, secondaria e podereale.

I Comuni interessati dagli eventi (145) sono di seguito elencati:

Provincia di Agrigento: Dissesti diffusi nei comuni di Agrigento, Aragona, Burgio, Butera, Caltabellotta, Cammarata, Camastra, Canicatti, Castrofilippo, Cianciana, Favara, Grotte, Licata, Lucca Sicula, Montevago, Naro, Porto Empedocle, Realmonte, Ribera, Sambuca di Sicilia, S. Giovanni Gemini, S. Angelo Muxaro, S. Stefano Quisquina, Villafranca Sicula.

Provincia di Caltanissetta: Acquaviva Platani, Butera, Caltanissetta, Delia, Gela, Marianopoli, Mazzarino, Milena, Mussomeli, Niscemi, Resuttano, San Cataldo, Santa Caterina Villarmosa, Serradifalco, Sommatino, Sutera.

Provincia di Catania: Aci Sant’Antonio, Camporotondo, Licodia Eubea, Maniace, Palagonia, San Michele Di Ganzaria, Vizzini, Santa Maria Di Licodia, Santa Venerina.

Provincia di Enna: Aidone, Barrafranca, Centuripe, Cerami, Enna, Gagliano Castelferrato, Nicosia, Piazza Armerina, Regalbuto, Sperlinga, Troina.

Provincia di Messina: Alcara li Fusi, Capizzi, Casalvecchio Siculo, Castelmola, Castoreale, Cesarò, Fiumedinisi, Gaggi, Messina, Monforte San Giorgio, Mongiuffi Melia, Naso, Sant’Angelo di Brolo, Santa Domenica Vittoria, Sinagra, Tripi, Pagliara, Roccalumera, Rometta, San Teodoro, Taormina, Tusa.

Provincia di Palermo: Alia, Altofonte, Baucina, Bisacquino, Bolognetta, Bompietro, Caccamo, Caltavuturo, Campofelice di Fitalia, Campofelice di Roccella, Campofiorito, Camporeale, Castelbuono, Castellana Sicula, Castronovo di Sicilia, Cefalà Diana, Cefalù, Cerda, Chiusa Sclafani, Ciminna, Cinisi, Contessa Entellina, Corleone, Ganci, Geraci Siculo, Giuliana, Gratteri, Lascari, Isnello, Marineo, Mezzojuso, Monreale, Montemaggiore Belsito, Palazzo Adriano, Palermo, Petralia Soprana, Petralia Sottana, Piana degli Albanesi, Polizzi Generosa, Pollina, Roccamena, Roccapalumba, San Giuseppe Jato, San Mauro Castelverde, Santa Cristina Gela, Scillato, Sclafani Bagni, Termini Imerese, Trabia, Valledolmo, Ventimiglia di Sicilia, Vicari, Villafrati

Provincia di Ragusa: Acate, Comiso, Chiaramonte Gulfi, Modica, Monterosso, Pozzallo, Scicli, Vittoria.

Provincia di Siracusa: Avola, Augusta, Buccheri, Buscemi, Florida, Pachino, Palazzolo Acreide, Siracusa, Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa.

Provincia di Trapani: Alcamo, Calatafimi Segesta, Castellammare del Golfo, Favignana, Marsala, Paceco, Pantelleria, Salaparuta, Salemi, Vita.

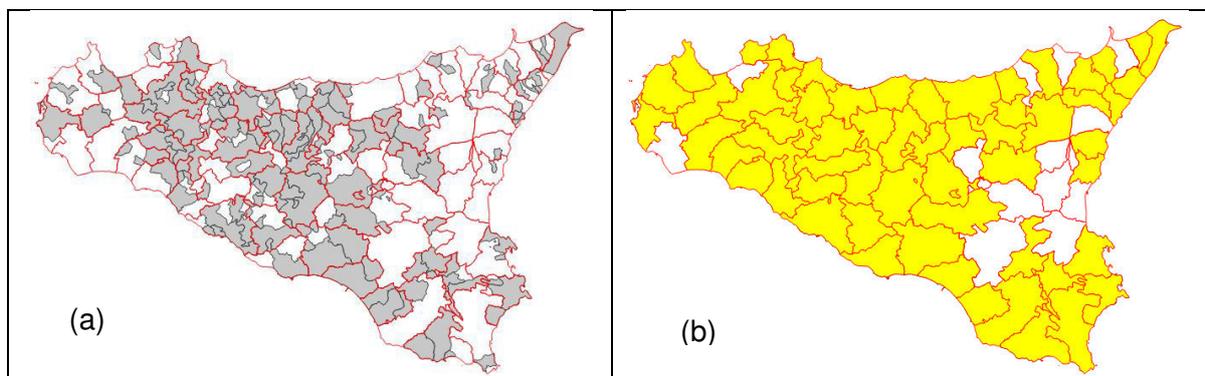


Figura 6.9 (a) Poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo (evidenziati in grigio). (b) Poligoni CUORE (evidenziati in giallo) all'interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

La Figura 6.9a mostra i poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riportati effetti al suolo (evidenziati in grigio), mentre la Figura 6.9b mostra i CUORE (quasi la totalità) all'interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

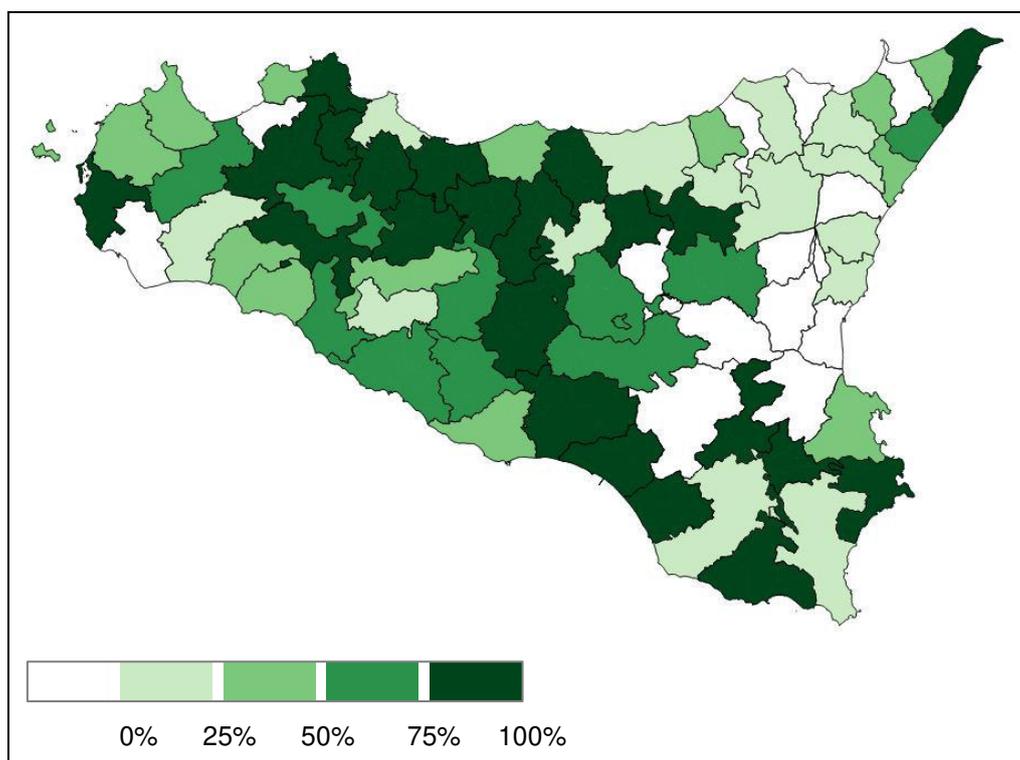


Figura 6.10 Percentuale di CUORE colpito dall'evento

La Figura 6.10 mostra la percentuale di CUORE colpito dall'evento. Tale percentuale è stata calcolata considerando come se l'intera area del comune all'interno del quale si sono avuti effetti al suolo sia stata interessata dall'evento.

5.2 Evento verificatosi nel periodo dall'8 Settembre a 3 Novembre 2015

In questa sezione abbiamo analizzato l'evento calamitoso che si è verificato a partire dall'8 Settembre fino al 3 Novembre 2015, nel territorio delle province di Catania, Enna e Messina, per il quale è stato deliberato lo stato d'emergenza in data 19/02/2016. I dati utilizzati derivano dal [Rapporto Sull'Evento Meteo del 08-10 Settembre 2015](#), dal [Rapporto Sull'Evento Meteo del 09-10 Ottobre 2015](#) e dal [Rapporto Sull'Evento Meteo del 15 Ottobre 2015](#) emessi dalla Protezione Civile della Regione Siciliana.

Tra il pomeriggio dell'8 e la mattina del 10 settembre 2015, la Sicilia è stata interessata da una perturbazione che ha colpito diffusamente tutta l'isola, con diversa intensità nelle varie zone, producendo localizzati ma significativi effetti al suolo di natura sia geomorfologica, sia idraulica. Le precipitazioni sono state accompagnate da venti e mareggiate. A seguito degli eventi, sono state registrate precipitazioni con quantitativi cumulati che hanno raggiunto picchi superiori ai 200 mm, con effetti al suolo consistenti in dissesti idraulici del reticolo minore, allagamenti localizzati in aree urbane e localizzati fenomeni di dissesto geomorfologico, ai quali sono conseguiti disagi alla popolazione e difficoltà alla viabilità urbana, extra urbana e ferroviaria, fortunatamente senza vittime ([Rapporto Sull'Evento Meteo del 08-10 Settembre 2015](#)). La Figura 6.11 mostra i valori di pioggia cumulata registrati nei giorni 8-10 Settembre 2015. Il CFDMI ha diramato due Avvisi Regionali di Protezione Civile per il rischio idrogeologico e idraulico: l'[Avviso N. 15251 del 08/09/2015](#) e l'[Avviso N. 15252 del 09/09/2015](#) (Figura 6.12).

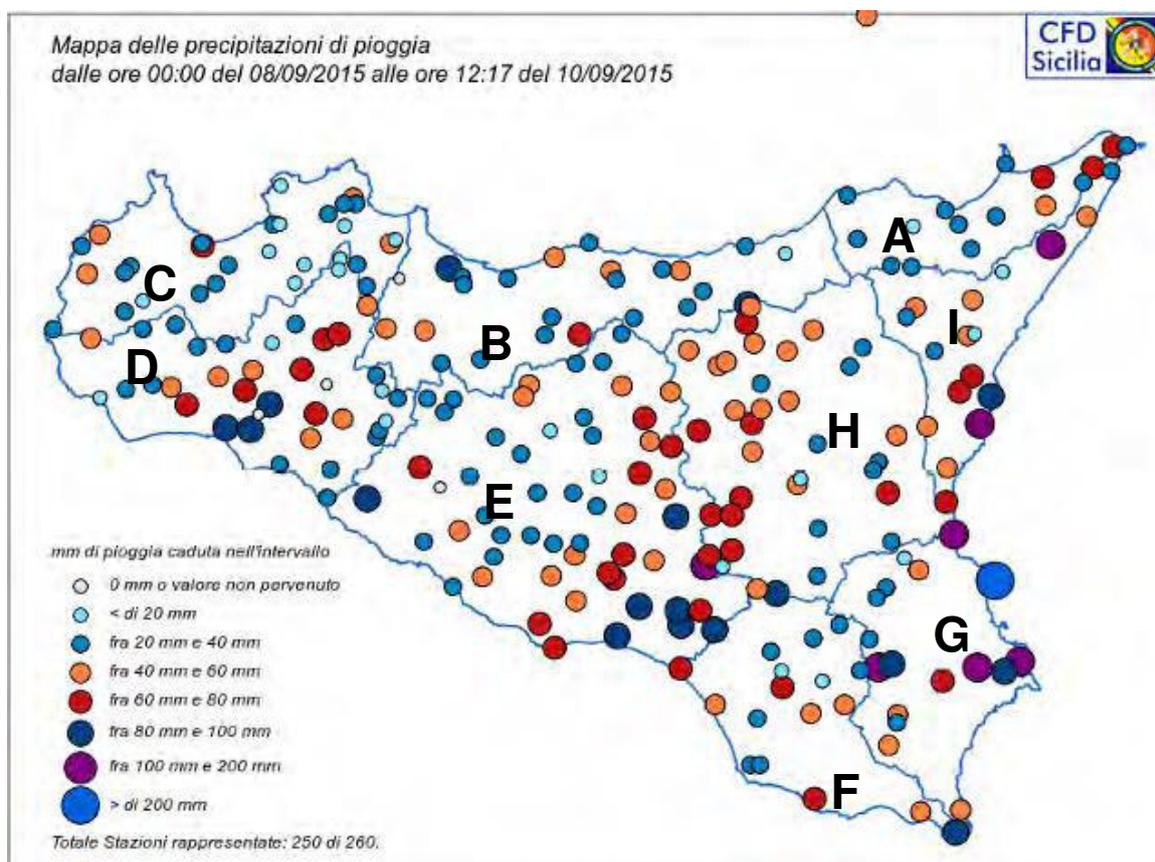


Figura 6.11 Mappa delle precipitazioni cumulate registrate nei giorni 8-10 Settembre 2015.

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

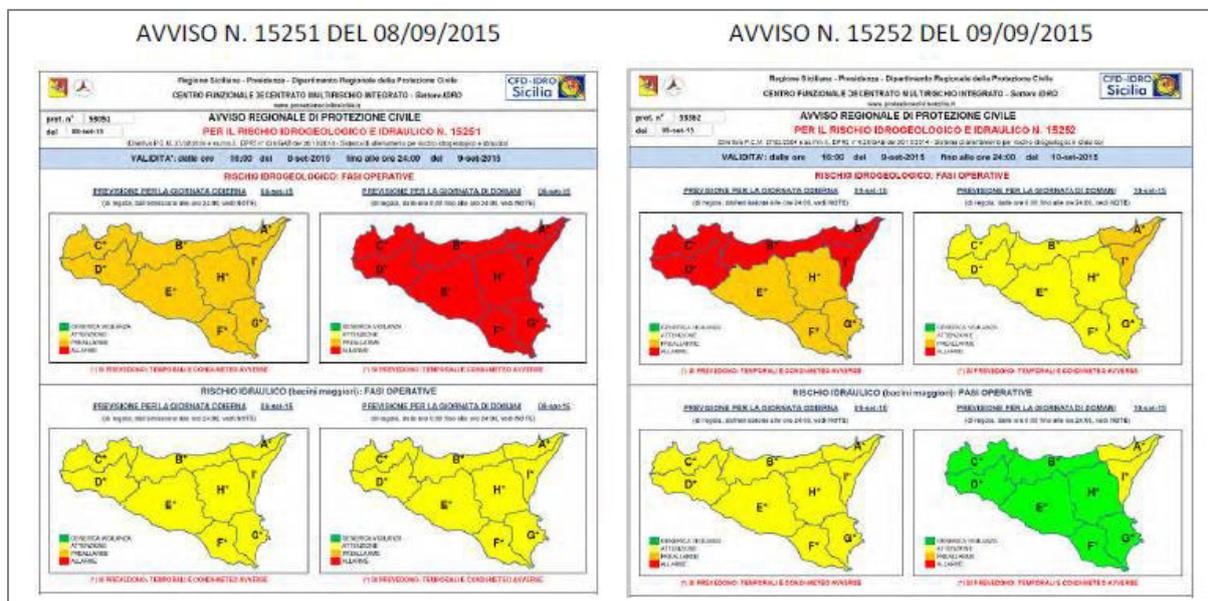


Figura 6.12 Avvisi regionali di protezione civile

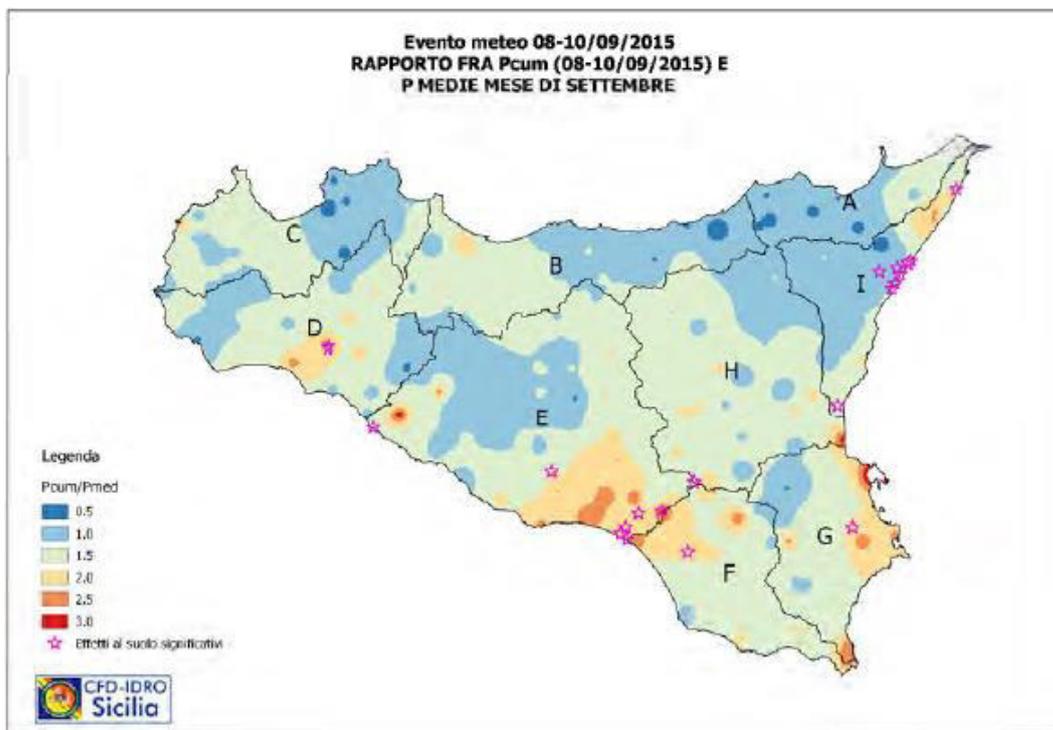


Figura 6.13 Rapporto fra le piogge cumulate dei giorni 8-10 Settembre 2015 e le piogge medie mensili del mese di settembre sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi.

La Figura 6.13 mostra il rapporto fra le piogge cumulate dei giorni 8-10 Settembre 2015 e le piogge medie mensili del mese di settembre sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi. La figura evidenzia che le aree di pioggia maggiormente intensa e dove si sono verificati effetti al suolo significativi, sono le ZA D, E, F, G, I.

Si evidenzia che le mappe sopra riportate sono affette da lacune informative in quanto alcune stazioni non hanno funzionato costantemente (per esempio: Aragona Torre del Salto, Linguaglossa) o hanno riportato dati non verosimili (per esempio: San Cono e Gela Camera). Inoltre, l’attuale copertura della rete di stazioni pluviometriche nell’isola non appare in alcuni casi sufficiente a individuare una più precisa distribuzione delle piogge. A prova di ciò, ad esempio, non traspare alcuna correlazione fra i dati di pioggia disponibili nel settore ionico, fra i territori di Giardini Naxos e Sant’Alessio Siculo, e gli effetti al suolo che si sono manifestati in questi luoghi. Appare significativo, a riguardo, far rilevare come le stazioni private, non appartenenti al sistema di monitoraggio pluviometrico regionale, hanno segnalato nell’area quantitativi cumulati dell’ordine di 140 mm (Calatabiano) (*Rapporto Sull’Evento Meteo del 08-10 Settembre 2015*).

In ogni caso, è evidente che in alcune località, nell’arco di poco più di due giorni e con picchi concentrati in intervalli temporali anche molto ristretti (1-3 h) si siano scaricati quantitativi di pioggia che hanno superato abbondantemente la media mensile (*Rapporto Sull’Evento Meteo del 08-10 Settembre 2015*).

Più in dettaglio:

- le precipitazioni hanno cominciato a manifestarsi nella giornata dell’8 settembre interessando principalmente la Sicilia orientale;
- durante la giornata del 9 settembre si sono verificate le cumulate maggiori, diffuse lungo i settori meridionali e orientali;
- nel corso della notte fra il 9 e il 10 settembre i fenomeni piovosi si sono spostati lungo il versante tirrenico, sino all’esaurimento dell’evento;
- complessivamente le zone più colpite sono state quelle centrali, meridionali e orientali, con picchi localizzati nella Zona D, fra le zone E e F e lungo tutto il settore ionico, con cumulate di pioggia da due a tre volte in media la piovogge dell’intero mese di settembre.

I Comuni interessati dagli eventi (17) sono di seguito elencati:

Provincia di Agrigento: Cattolica Eraclea, Ravanusa, Sambuca di Sicilia

Provincia di Caltanissetta: Gela, Niscemi

Provincia di Catania: Caltagirone, Catania

Provincia di Messina: Forza d’Agrò, Gallodoro, Giardini Naxos, Graniti, Letojanni, Messina, Taormina, Sant’Alessio Siculo

Provincia di Ragusa: Acate

Provincia di Siracusa: Solarino

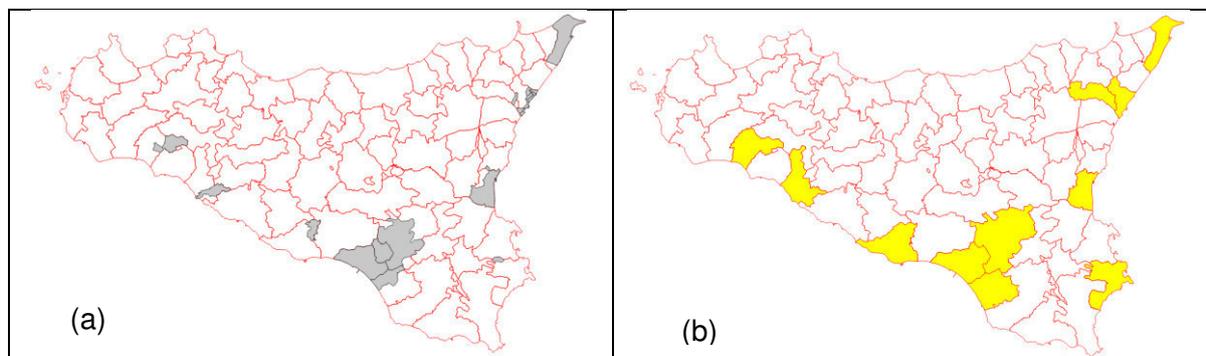


Figura 6.14 (a) Poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo (evidenziati in grigio). (b) Poligoni CUORE (evidenziati in giallo) all’interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

La Figura 6.14a mostra i poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riportati effetti al suolo (evidenziati in grigio), mentre la Figura 6.14b mostra i CUORE all’interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

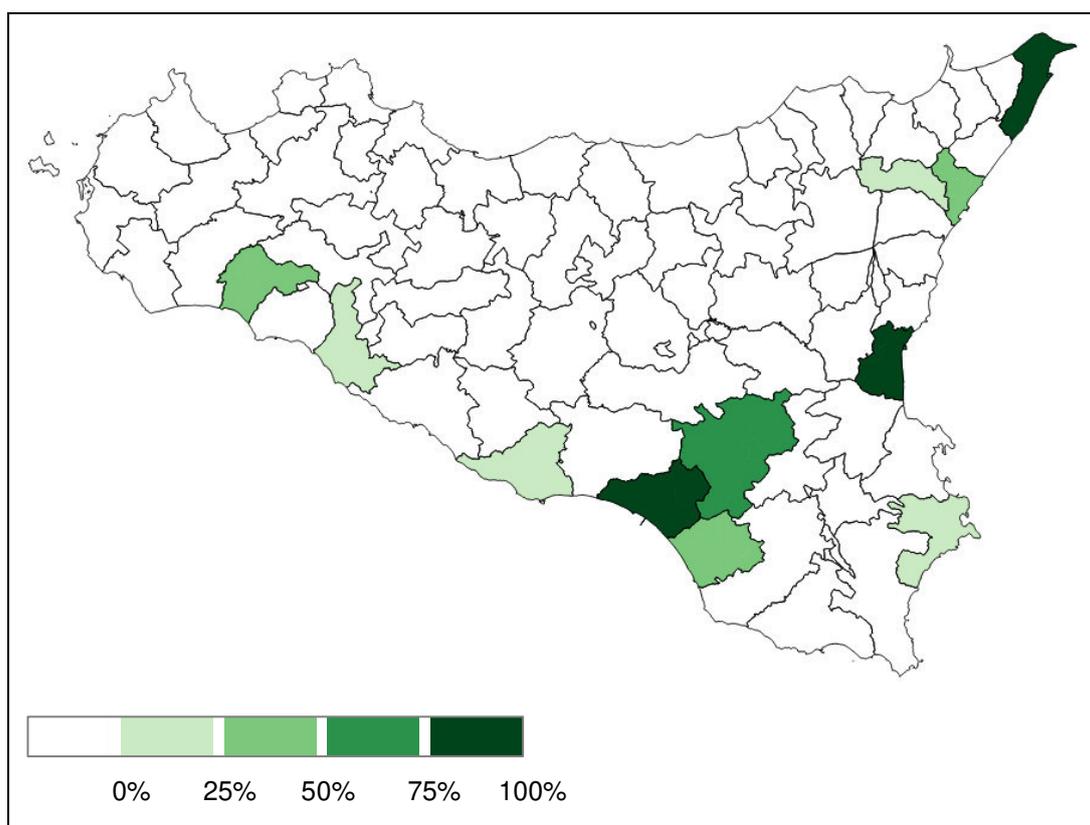


Figura 6.15 Percentuale di CUORE colpito dall’evento

La Figura 6.15 mostra la percentuale di CUORE colpito dall’evento. Tale percentuale è stata calcolata considerando come se l’intera area del comune all’interno del quale si sono avuti effetti al suolo sia stata interessata dall’evento.

Un mese dopo l’evento dell’8-10 Settembre 2015, si è verificato un altro evento. Tra il pomeriggio del 9 e la tarda mattinata del 10 ottobre 2015, la Sicilia è stata interessata da una perturbazione che ha colpito i settori centro occidentali e tirrenici dell’isola, con diversa intensità nelle varie zone, producendo localizzati ma significativi effetti al suolo di natura sia geomorfologica sia idraulica. Le precipitazioni sono state accompagnate da violente raffiche di vento e mareggiate lungo le coste esposte. La perturbazione si è manifestata per l’effetto di un’intensa area di vorticità positiva, legata alla presenza di una profonda saccatura che dall’Europa centrale si è estesa fin verso l’area mediterranea, dove la preesistenza di un’area di alta pressione ha favorito una ciclogenesi responsabile di una marcata attività convettiva, in traslazione verso levante, esauritasi nel pomeriggio del 10 ottobre. A seguito degli eventi,

sono state registrate precipitazioni con quantitativi cumulati che hanno raggiunto picchi prossimi ai 200 mm, con effetti al suolo consistenti in esondazioni di torrenti capaci di provocare allagamenti localizzati di aree urbane e fenomeni di dissesto geomorfologico, ai quali sono conseguiti disagi alla popolazione, danni a cose e immobili, difficoltà alla viabilità urbana, extra urbana e ferroviaria, fortunatamente senza vittime. L'entità degli eventi ha comportato l'attivazione del sistema regionale di Protezione Civile con l'attivazione delle associazioni regionali di volontariato e l'invio della colonna mobile presso i Comuni di Barcellona Pozzo di Gotto e Milazzo (*Rapporto Sull'Evento Meteo del 09-10 Ottobre 2015*).

La Figura 6.16 mostra i valori di pioggia cumulata registrati nei gironi 9-10 Ottobre 2015. Il CFDMI ha diramato un Avviso Regionale di Protezione Civile per il rischio idrogeologico e idraulico: l'*Avviso N. 15282 del 09/10/2015* (figura 6.17).

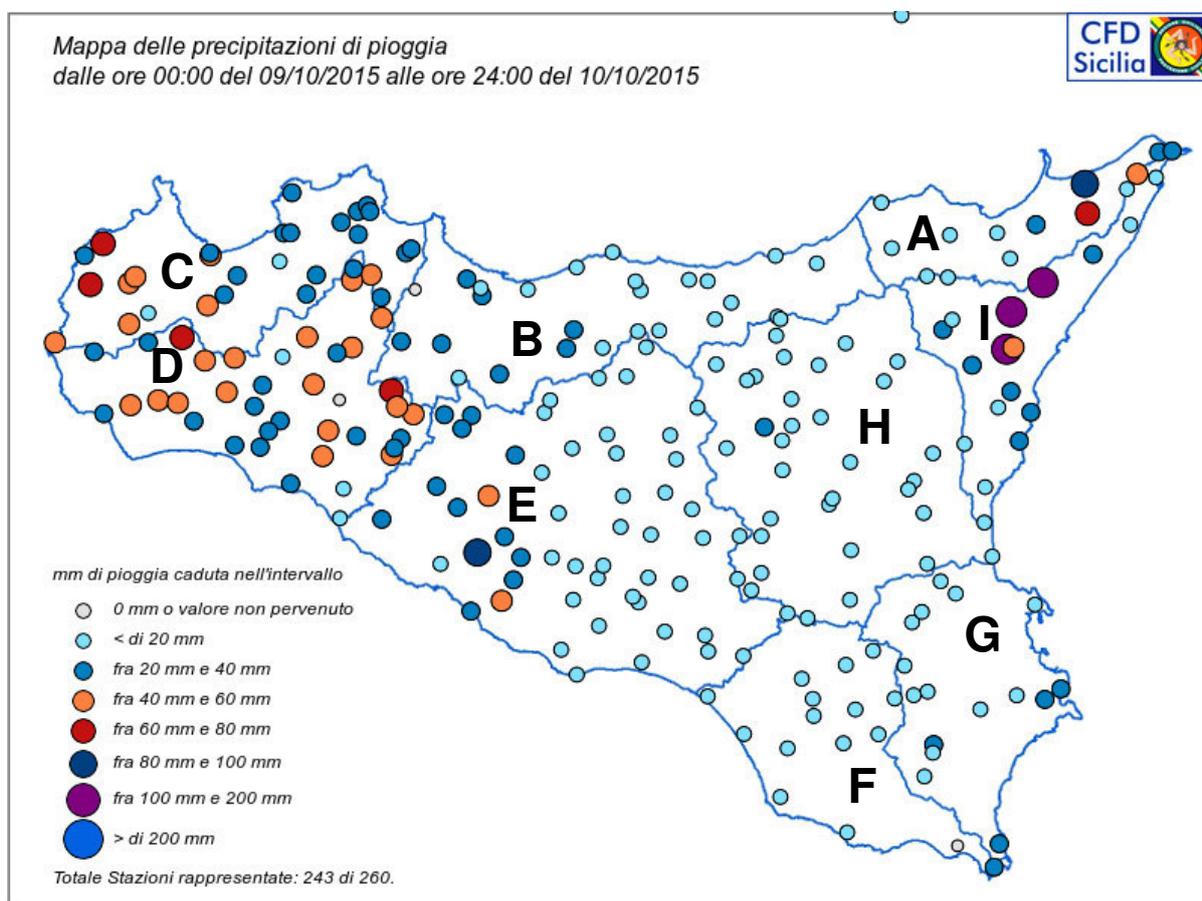


Figura 6.16 Mappa delle precipitazioni cumulate dei giorni 9-10 Ottobre 2015

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

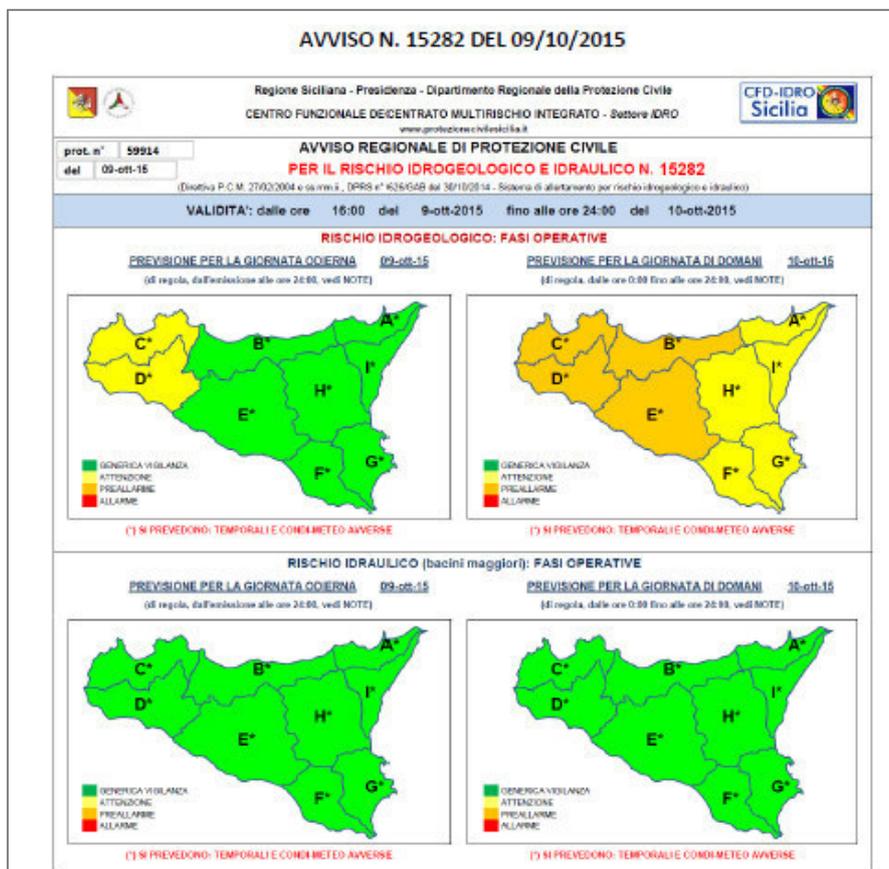


Figura 6.17 Avviso regionale di protezione civile

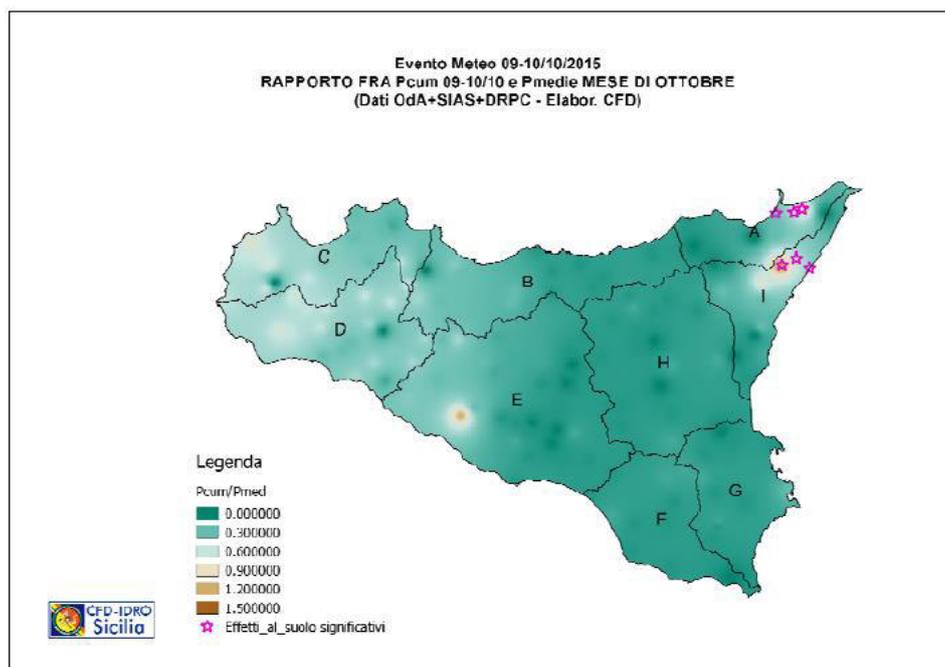


Figura 6.18 Rapporto fra le piogge cumulate registrate nei giorni 9-10 Ottobre 2015 e le piogge medie mensili per il mese di ottobre sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi.

La Figura 6.18 mostra il rapporto fra le piogge cumulate dei giorni 9-10 Ottobre 2015 e le piogge medie mensili del mese di ottobre sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi (ZA A e I).

Le mappe riportate sono affette da lacune informative in quanto alcune stazioni ubicate in luoghi in cui sono state registrate le precipitazioni cumulate più elevate non hanno funzionato (ad esempio, Milazzo, vedere Figura 8.19). Inoltre, ancora una volta evidenziato dal CFDMI, l'attuale copertura della rete di stazioni pluviometriche nell'isola non appare sufficiente a individuare una distribuzione delle piogge aderente alla realtà dei fatti. A prova di ciò, ad esempio, non traspare alcuna correlazione fra i dati di pioggia disponibili a cavallo fra le zone A e I, e gli effetti al suolo che si sono manifestati in questi luoghi. In ogni caso, è evidente che in alcune località, nell'arco di poco più di un giorno e con picchi concentrati in intervalli temporali anche molto ristretti (3h- 6h) si siano scaricati quantitativi di pioggia che hanno raggiunto o superato le medie mensili.

Più in dettaglio:

- le precipitazioni si sono manifestate prevalentemente nelle prime ore di giorno 10 ottobre, interessando sino alle 07:00 del mattino le zone nord-orientali, mentre si sono concentrate durante la mattina nelle zone occidentali.
- complessivamente, sulla base dei dati rilevati, le zone interessate dalle piogge sono state quelle occidentali e nord-orientali, ma i picchi risultano principalmente localizzati nella Zona I, dove si sono registrati i principali effetti al suolo, e puntualmente nella Zona E (Aragona), in cui non si sono verificate conseguenze.

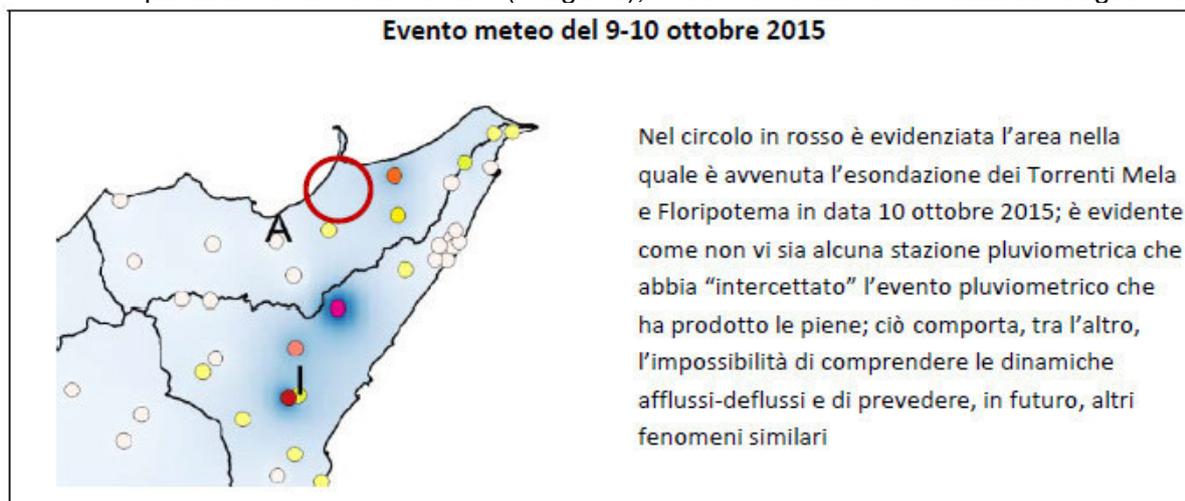


Figura 6.19 Dettaglio dell'evento meteo del 9-10 Ottobre 2015

I Comuni interessati dagli eventi (15) sono di seguito elencati:

Provincia di Agrigento: Licata

Provincia di Caltanissetta: Caltanissetta, Niscemi, Resuttano, Riesi, San Cataldo, Santa Caterina Villarmosa

Provincia di Messina: Antillo, Barcellona Pozzo di Gotto, Furci Siculo, Mandanici, Milazzo, Pace del Mela, Torregrotta, San Filippo del Mela

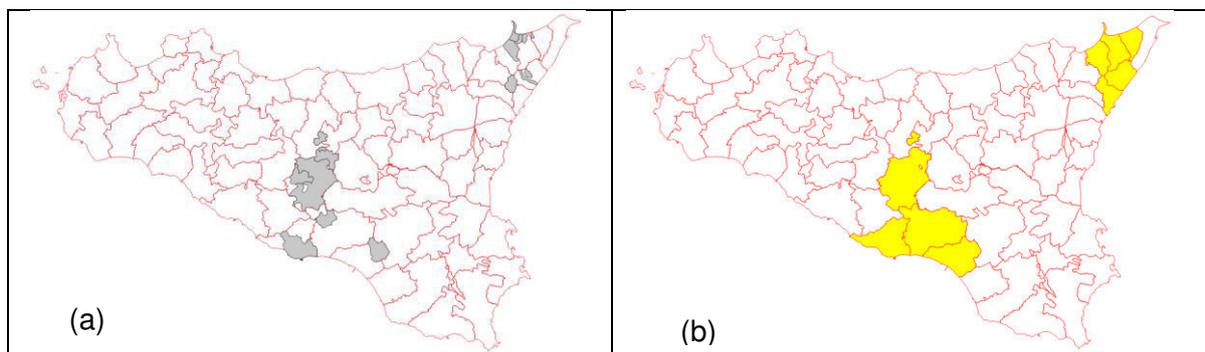


Figura 6.20 (a) Poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo (evidenziati in grigio). (b) Poligoni CUORE (evidenziati in giallo) all'interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

La Figura 6.20a mostra i poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riportati effetti al suolo (evidenziati in grigio), mentre la Figura 6.20b mostra i CUORE all'interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

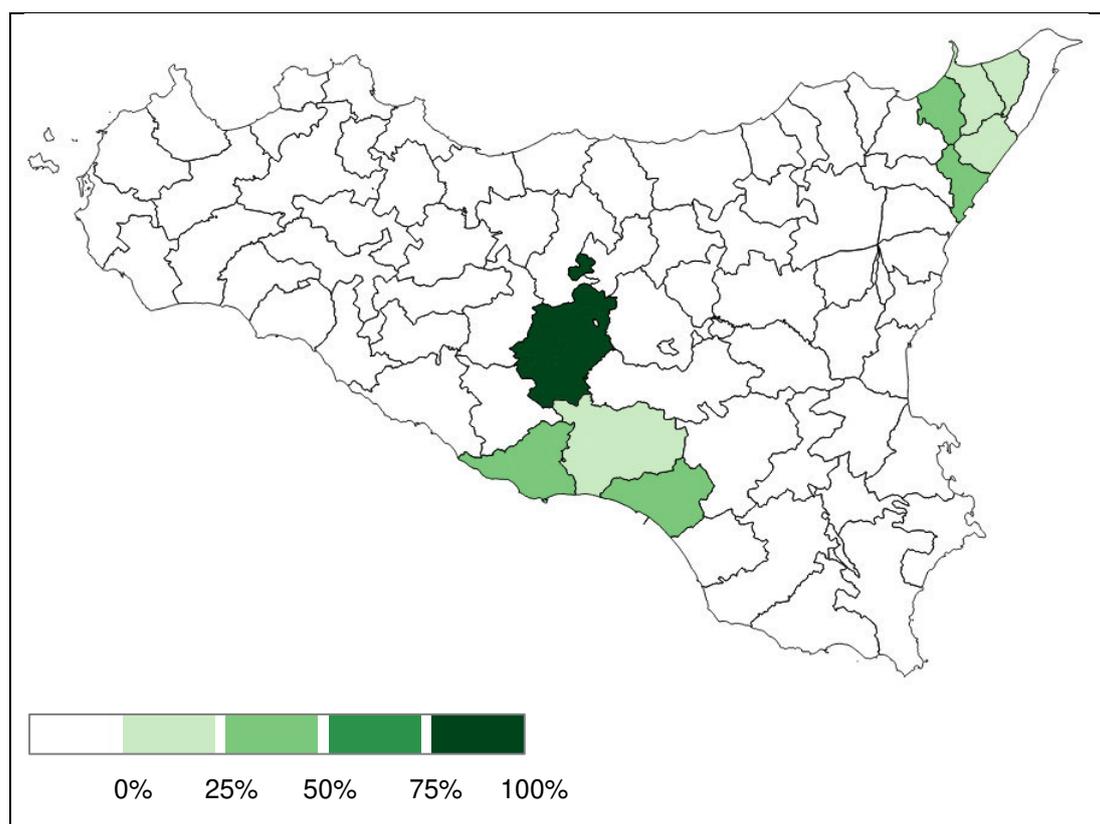


Figura 5.21 Percentuale di CUORE colpito dall'evento

La Figura 6.21 mostra la percentuale di CUORE colpito dall'evento. Tale percentuale è stata calcolata considerando come se l'intera area del comune all'interno del quale si sono avuti effetti al suolo sia stata interessata dall'evento.

Cinque giorni dopo l'evento precedentemente descritto è avvenuto un ulteriore evento. Dalle prime ore del 15 ottobre 2015, la Sicilia è stata interessata da una perturbazione che ha colpito con maggiore intensità i settori occidentali, tirrenici centrali e, più, marginalmente, quelli jonici settentrionali, producendo significativi effetti al suolo di natura sia geomorfologica sia idraulica. Le precipitazioni sono state accompagnate da violente raffiche di vento e mareggiate lungo le coste esposte. A seguito degli eventi, sono state registrate precipitazioni con quantitativi cumulati che hanno raggiunto picchi superiori ai 150 mm, con effetti al suolo consistenti in esondazioni del reticolo secondario, allagamenti localizzati di aree urbane e fenomeni di dissesto geomorfologico, ai quali sono conseguiti disagi alla popolazione, danni a cose e immobili, difficoltà alla viabilità urbana, extra urbana e ferroviaria, fortunatamente senza vittime ad eccezione di due lievi contusi per il deragliamento ferroviario di un treno lungo la linea PA-CT. (*Rapporto Sull'Evento Meteo del 15 Ottobre 2015*).

La Figura 6.22 mostra i valori di pioggia cumulata registrati nel giorno 15 Ottobre 2015. Il CFDMI ha diramato un Avviso Regionale di Protezione Civile per il rischio idrogeologico e idraulico: l'Avviso N. 15287 del 14/10/2015 (Figura 6.23).

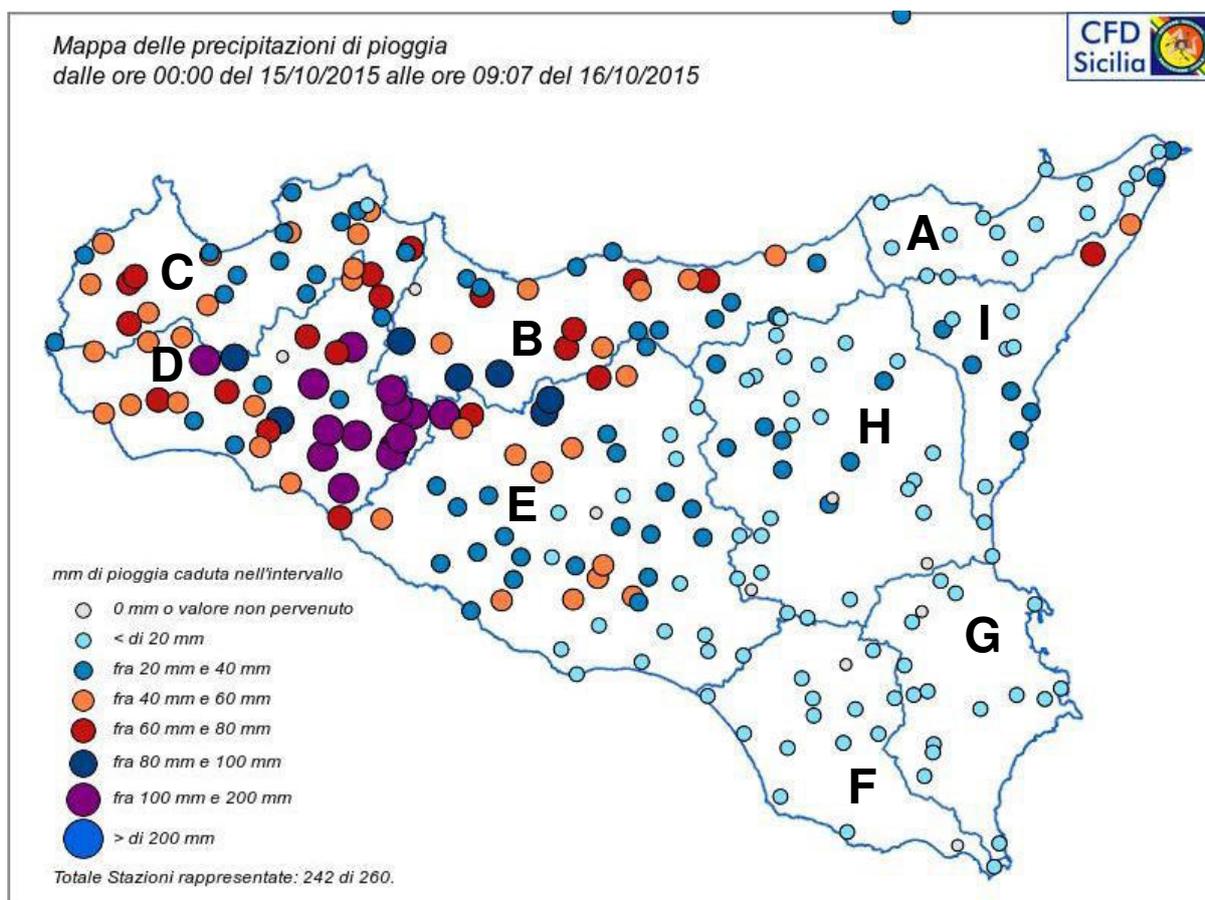


Figura 6.22 Mappa delle precipitazioni cumulate del giorno 15 Ottobre 2015

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

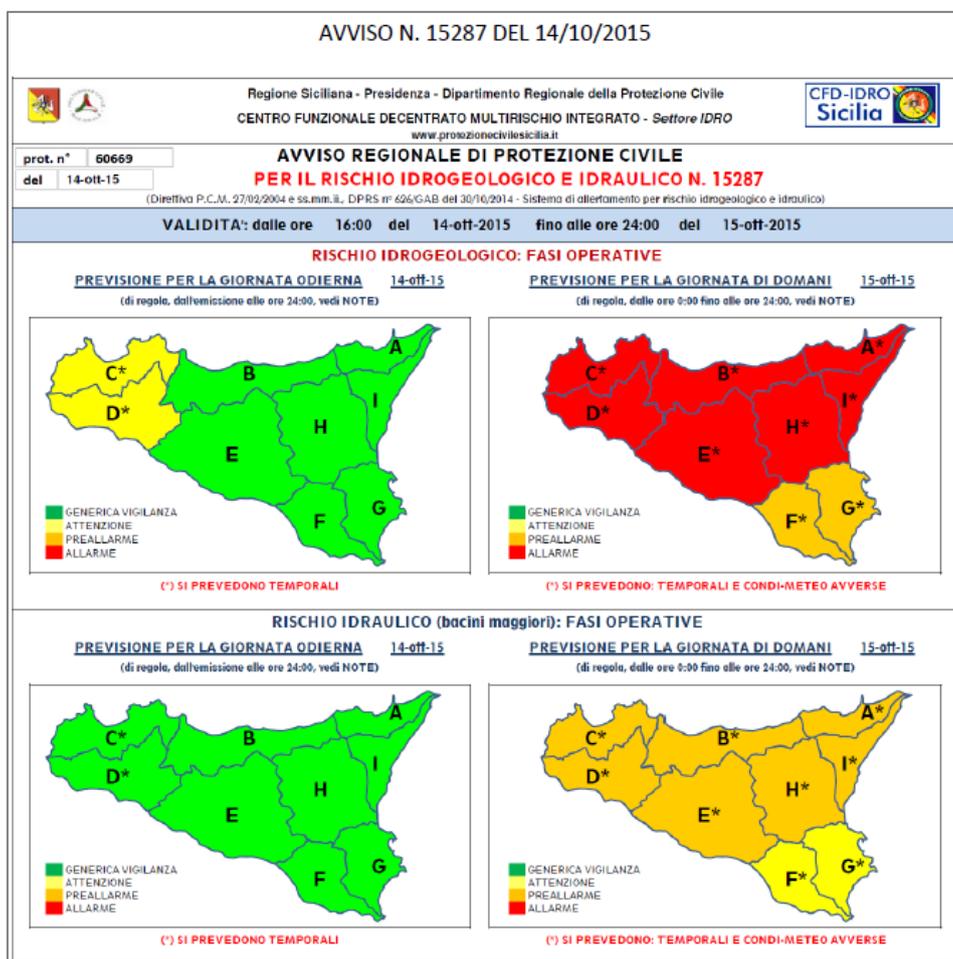


Figura 6.23 Avviso regionale di protezione civile

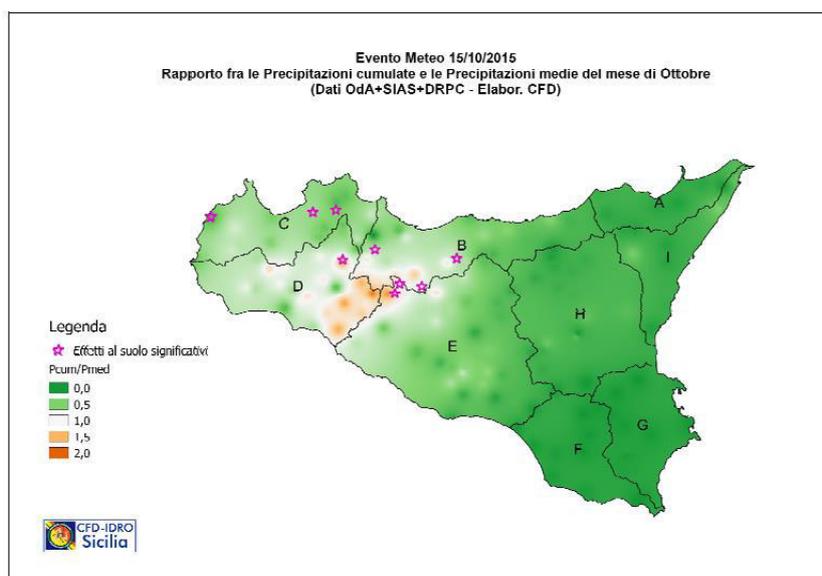


Figura 6.24 Rapporto fra le piogge cumulate registrate nel giorno 15 Ottobre 2015 e le piogge medie mensili per il mese di Ottobre sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi.

La Figura 6.24 mostra il rapporto fra le piogge cumulate del giorno 9-10 Ottobre 2015 e le piogge medie mensili del mese di ottobre sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi (ZA B, C, D, E).

Le mappe sopra riportate sono affette da lacune informative in quanto alcune stazioni della rete non hanno funzionato o hanno funzionato in modo intermittente (ad es. Agrigento, Alimena, Cammarata...). In ogni caso, è evidente che in alcune località, nell’arco di 24 e con picchi concentrati in intervalli temporali anche molto ristretti (3h- 6h) si siano verificate cumulate di pioggia che hanno quasi raddoppiato la media mensile.

Più in dettaglio:

- le precipitazioni si sono manifestate prevalentemente nelle prime ore di giorno 15.10, interessando sino alle 03:00 del mattino le zone occidentali, mentre si sono concentrate durante la mattina nelle zone sud-occidentali. Nel resto della giornata, la perturbazione ha interessato diffusamente le altre zone della Sicilia ad eccezione di quelle Sud-orientali, con cumulate significative anche nella Zona I mentre, in serata, le piogge si sono concentrate nuovamente nella fascia fra le zone D, E e B;
- complessivamente, sulla base dei dati rilevati, le zone interessate dalle piogge sono state quelle occidentali, ma i picchi risultano principalmente localizzati fra le zone D, B e E dove si sono registrati i principali effetti al suolo.

I Comuni interessati dagli eventi (11) sono di seguito elencati:

Provincia di Caltanissetta: Vallelunga Pratameno

Provincia di Agrigento: Ribera

Provincia di Palermo: Castronovo di Sicilia, Corleone, Monreale, Palermo, Partinico, Polizzi Generosa, Roccapalumba, Valledolmo

Provincia di Trapani: Trapani

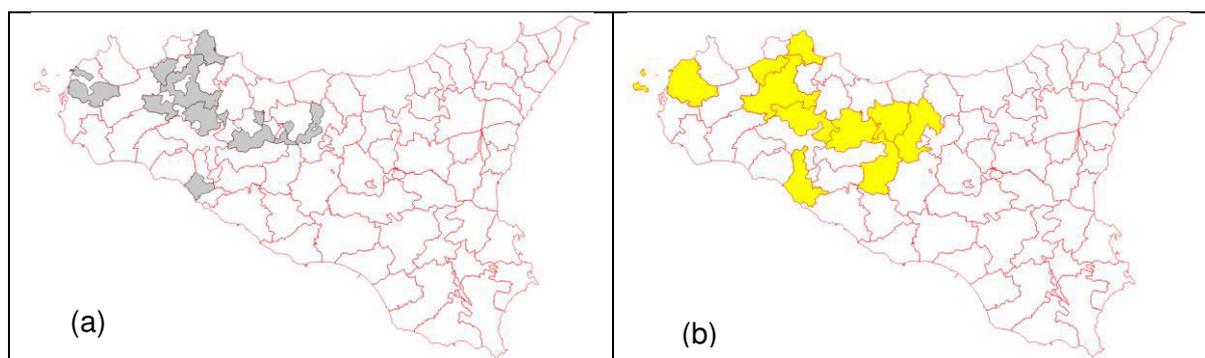


Figura 6.25 (a) Poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo (evidenziati in grigio). (b) Poligoni CUORE (evidenziati in giallo) all’interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

La Figura 6.25a mostra i poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riportati effetti al suolo (evidenziati in grigio), mentre la Figura 6.25b mostra i CUORE all’interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

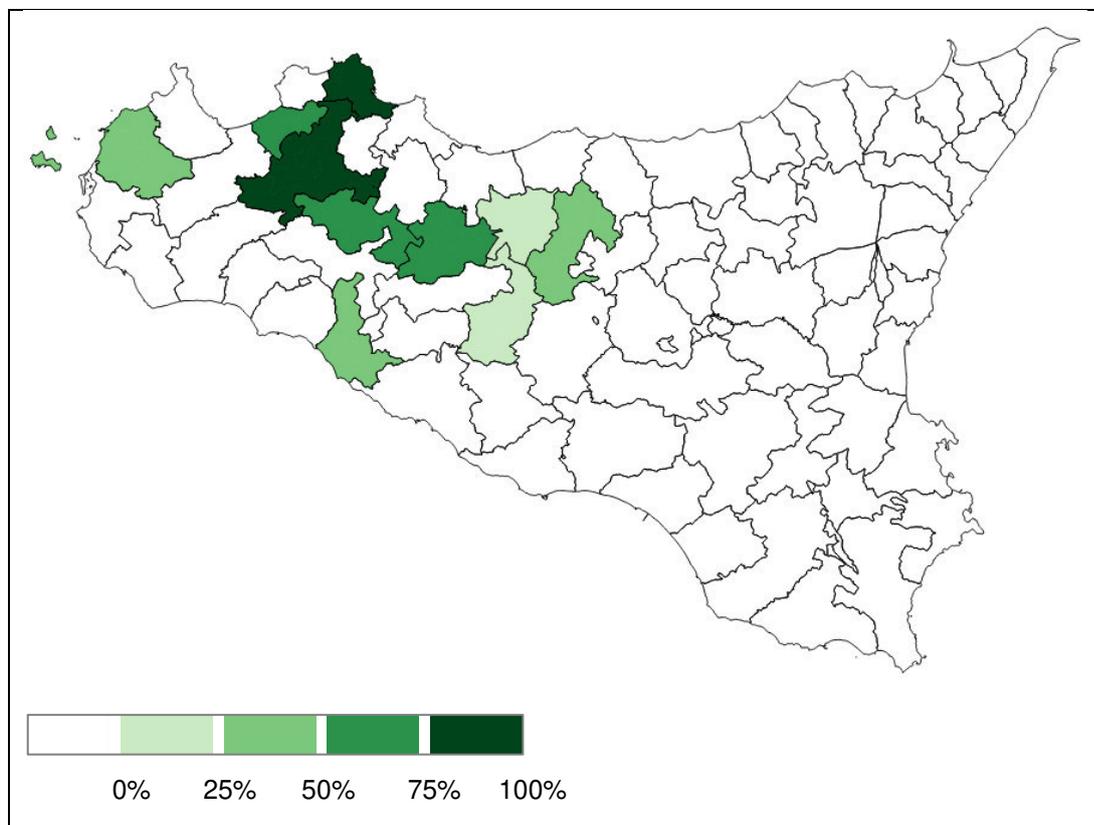


Figura 6.26 Percentuale di CUORE colpito dall’evento

La Figura 6.26 mostra la percentuale di CUORE colpito dall’evento. Tale percentuale è stata calcolata considerando come se l’intera area del comune all’interno del quale si sono avuti effetti al suolo sia stata interessata dall’evento.

5.3 Evento verificatosi nei giorni del 19, 24 e 25 Novembre 2016

In questa sezione abbiamo analizzato l’evento calamitoso che si è verificato il giorno 19 novembre 2016 nel territorio del comune di Licata in provincia di Agrigento e nei giorni 24 e 25 novembre 2016 nel territorio delle province di Agrigento e Messina, per il quale è stato deliberato lo stato d’emergenza in data 10/02/2017. I dati utilizzati derivano dal [Rapporto Sull’Evento Meteo del 19 Novembre 2016](#), e dal [Rapporto Sull’Evento Meteo del 24 – 25 Novembre 2016](#) emessi dalla Protezione Civile della Regione Siciliana.

A partire dal 17 novembre 2016, la Sicilia è stata interessata da una circolazione ciclonica di origine africana che ha comportato diffuse precipitazioni sulla Sicilia meridionale e occidentale, manifestandosi con maggiore intensità nella prima parte della giornata del 19 novembre durante la quale le precipitazioni si sono concentrate dapprima nei settori ionici del messinese e successivamente nella porzione orientale della fascia costiera agrigentina, producendo significativi effetti al suolo di natura sia geomorfologica che idraulica in ambiti urbanizzati. La perturbazione è stata innescata dalla presenza di una goccia fredda che si è

isolata a partire dal 14 novembre nel cuore dell'Algeria e si è andata spostando verso Est/Nord-Est sino a raggiungere il 19 novembre il Canale di Sicilia. L'evento meteorologico ha interessato diffusamente i versanti meridionali e orientali del territorio regionale con precipitazioni da deboli a moderate, concentrando però in modo strettamente localizzato precipitazioni con quantitativi cumulati che hanno raggiunto picchi superiori ai 150 mm, in corrispondenza dell'abitato di Licata (AG), con estesi allagamenti dell'area urbana e localizzati fenomeni di dissesto geomorfologico, ai quali sono conseguiti disagi alla popolazione, danni a cose e immobili, difficoltà alla viabilità urbana, extra urbana, fortunatamente senza vittime. Un'altra zona in cui sono stati registrati picchi significativi (dell'ordine di 100 mm) è stata individuata nella Zona I, nell'area di Giampileri (Messina), dove comunque gli effetti al suolo sono stati decisamente meno significativi. L'entità degli eventi nell'area di Licata ha comportato l'attivazione del sistema regionale di Protezione Civile con l'apertura del COC e l'attivazione delle associazioni regionali di volontariato (*Rapporto Sull'Evento Meteo del 19 Novembre 2016*).

La Figura 6.27 mostra i valori di pioggia cumulata registrati nel giorno 19 Novembre 2016. Il CFDMI ha diramato un Avviso Regionale di Protezione Civile per il rischio idrogeologico e idraulico: l'*Avviso N. 16324 del 18/11/2016* (Figura 6.28).

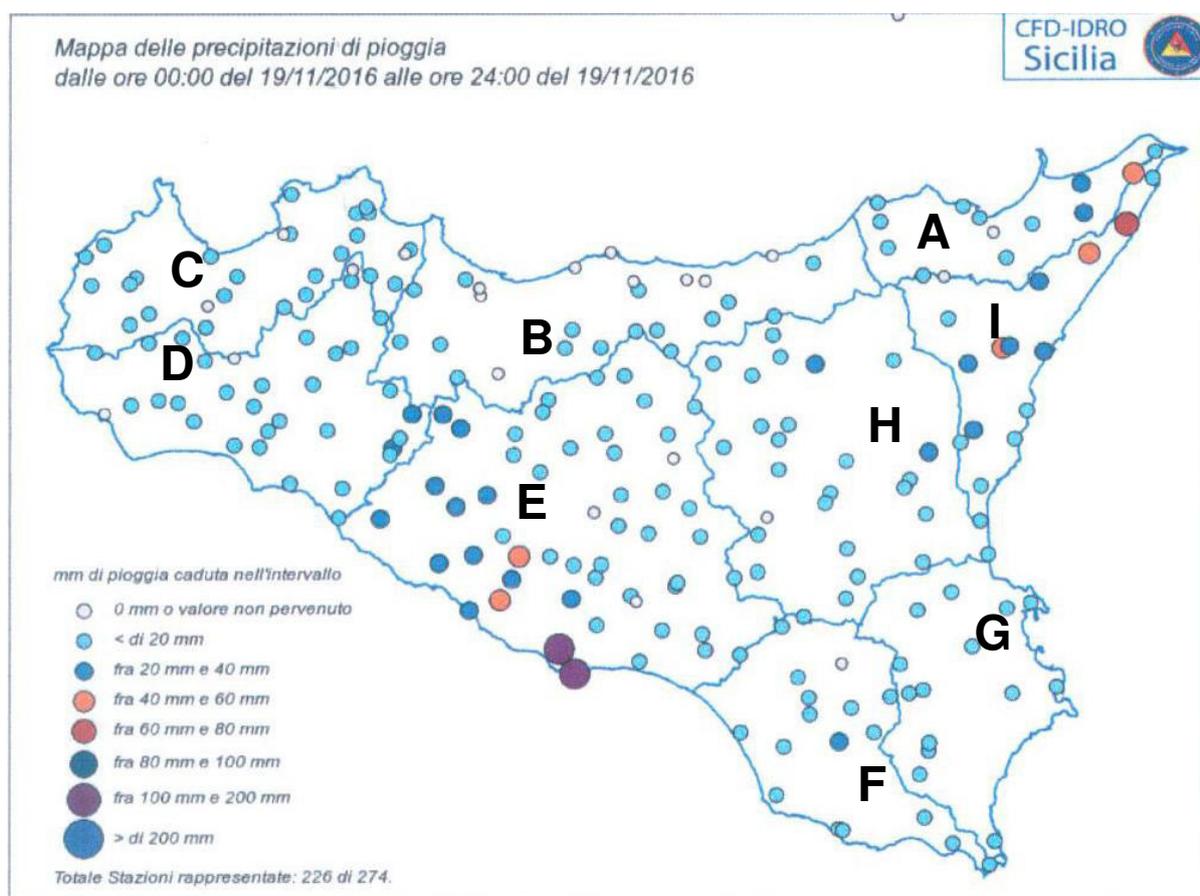


Figura 6.27 Mappa delle precipitazioni cumulate del giorno 19 Novembre 2016

Affidamento di servizi per il "Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell'ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020" – CIG 6983365719.

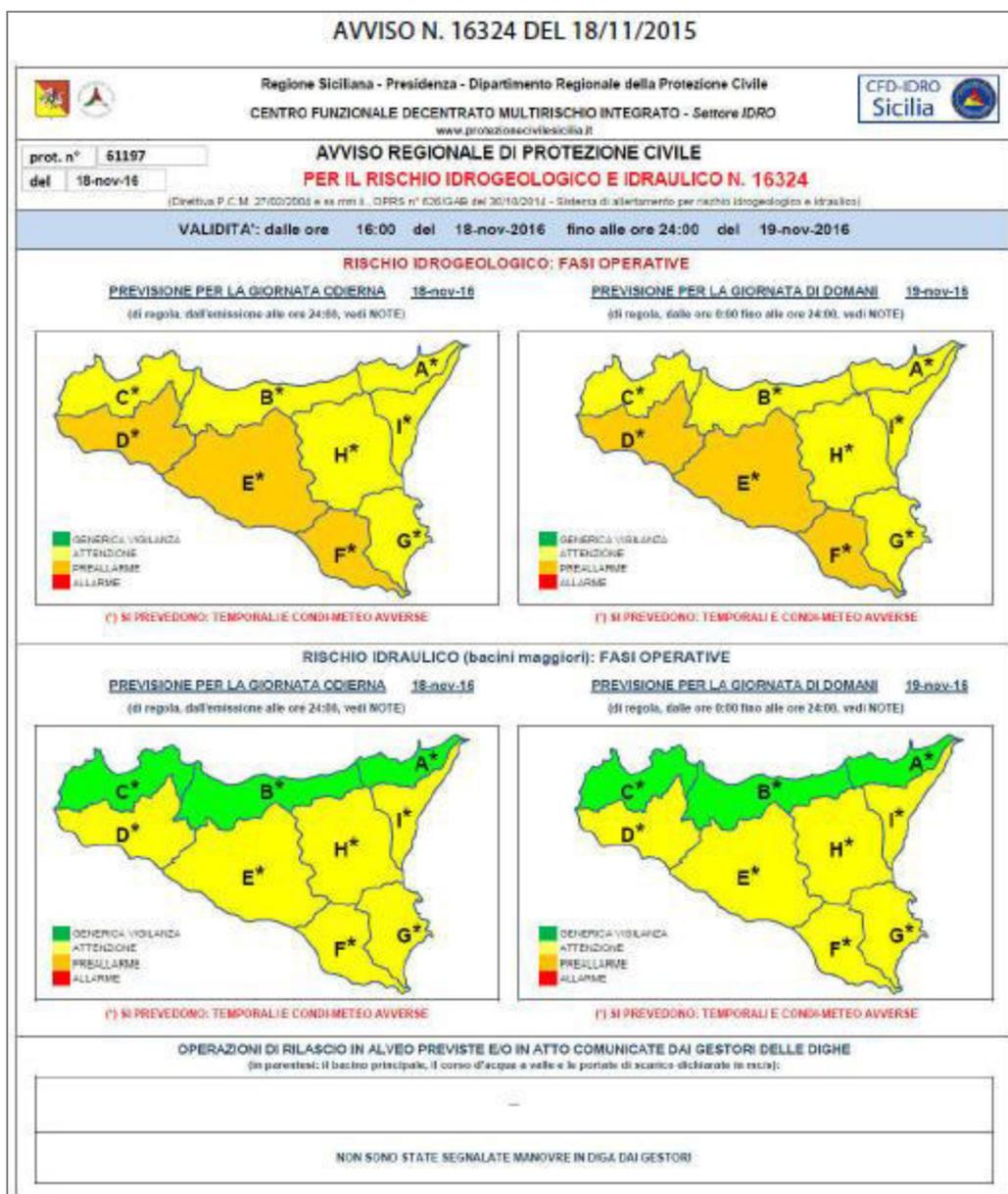


Figura 6.28 Avviso regionale di protezione civile

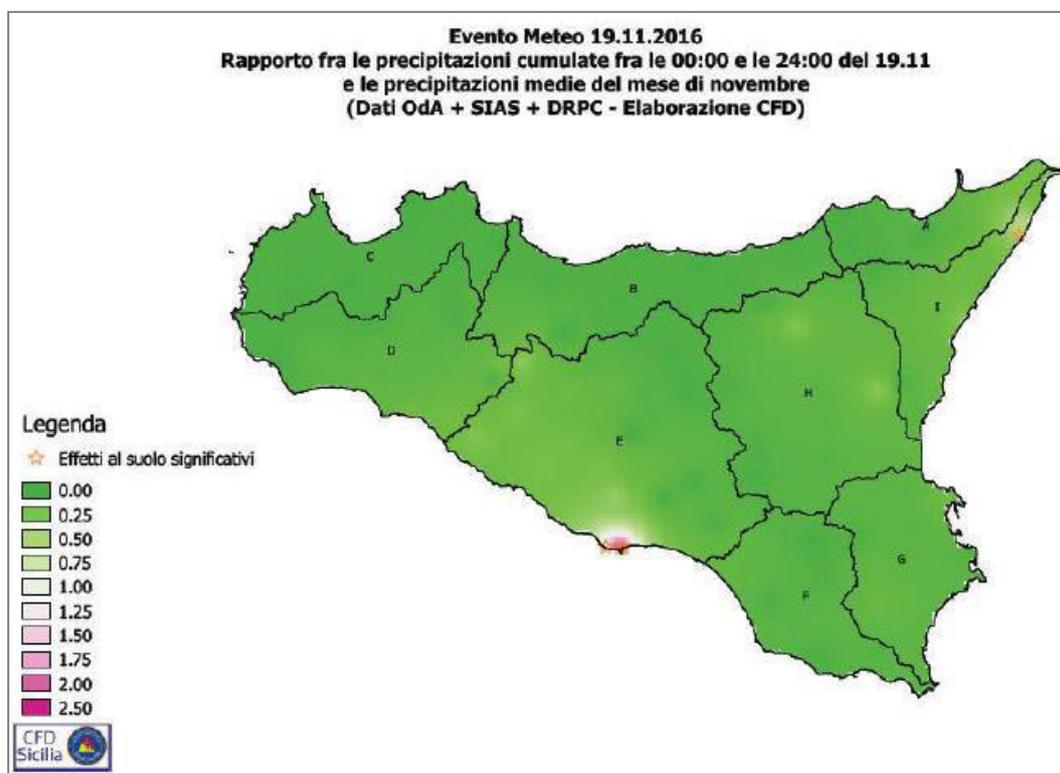


Figura 6.29 Rapporto fra le piogge cumulate registrate nel giorno 19 Novembre 2016 e le piogge medie mensili per il mese di novembre sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi.

La Figura 6.29 mostra il rapporto fra le piogge cumulate del giorno 19 Novembre 2016 e le piogge medie mensili del mese di novembre sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi (ZA I, E).

Le mappe sopra riportate sono affette da lacune informative in quanto diverse stazioni della rete non hanno funzionato o hanno funzionato in modo intermittente (ad es. Agrigento, Marsala, Ragusa, Ziriò). In ogni caso, è evidente come soltanto in alcune località (Licata in particolare), nell'arco di poche ore si siano scaricati quantitativi di pioggia che hanno anche raddoppiato la media mensile, manifestandosi con picchi concentrati in intervalli temporali anche molto ristretti (3h).

In dettaglio:

- le precipitazioni più importanti si sono verificate prevalentemente dalle 4:00 del 19 novembre interessando sino alle 08:00 del mattino la zona ionica messinese (Area Giampileri), mentre dalle 06:00 alle 14:00 circa si sono concentrate nella zona costiera meridionale, nel territorio di Licata (AG); in tutto il resto dell'isola sono avvenute precipitazioni da deboli a moderate distribuite prevalentemente dalle prime ore del mattino sino alla tarda serata;
- complessivamente, sulla base dei dati rilevati, sono stati registrati picchi strettamente localizzati nella Zona E - area di Licata (AG), dove si sono verificati i più gravi effetti al suolo, e nella Zona I - area di Giampileri a Messina.

I quantitativi di pioggia cumulata più significativi si aggirano intorno ai 175 mm, concentrati nell’area di Licata, mentre nell’area di Giampileri sono state registrate cumulate dell’ordine max di 108 mm (Stazione DRPC di Altolia); nei grafici seguenti vengono mostrate le distribuzioni di pioggia registrate dalle stazioni pluviometriche nell’area di Licata e nell’area di Giampileri, confrontati con i valori medi mensili delle piogge di novembre, laddove disponibili. Risulta interessante osservare come nell’ambito dello stesso territorio comunale di Licata, le due stazioni pluviometriche attive (OdA e Sias) pur avendo registrato dati comunque significativamente elevati, mostrano sensibile differenza (168,5 mm registrati dalla stazione OdA dalle ore 5:30 alle ore 17:00, con punte di circa 141 mm dalle ore 6:30 alle ore 9:30, e 133,8 mm registrati dalla stazione Sias). Inoltre, facendo riferimento alla stazione pluviometrica più vicina (Campobello di Licata –OdA), si può osservare come le precipitazioni cumulate registrate siano state dell’ordine di 33 mm.

I Comuni interessati dagli eventi (2) sono di seguito elencati:

Provincia di Agrigento: Licata
Provincia di Messina: Messina (Giampileri)

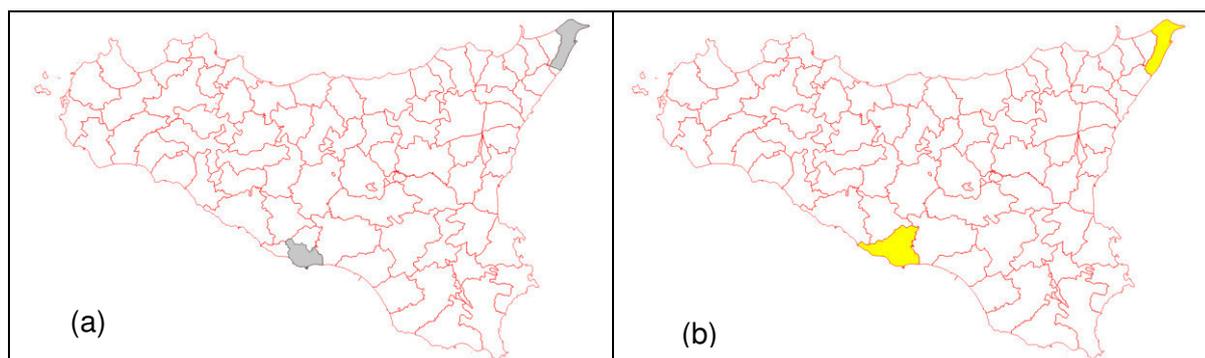


Figura 6.30 (a) Poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo (evidenziati in grigio). (b) Poligoni CUORE (evidenziati in giallo) all’interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo

La Figura 6.30a mostra i poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riportati effetti al suolo (evidenziati in grigio), mentre la Figura 6.30b mostra i CUORE all’interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

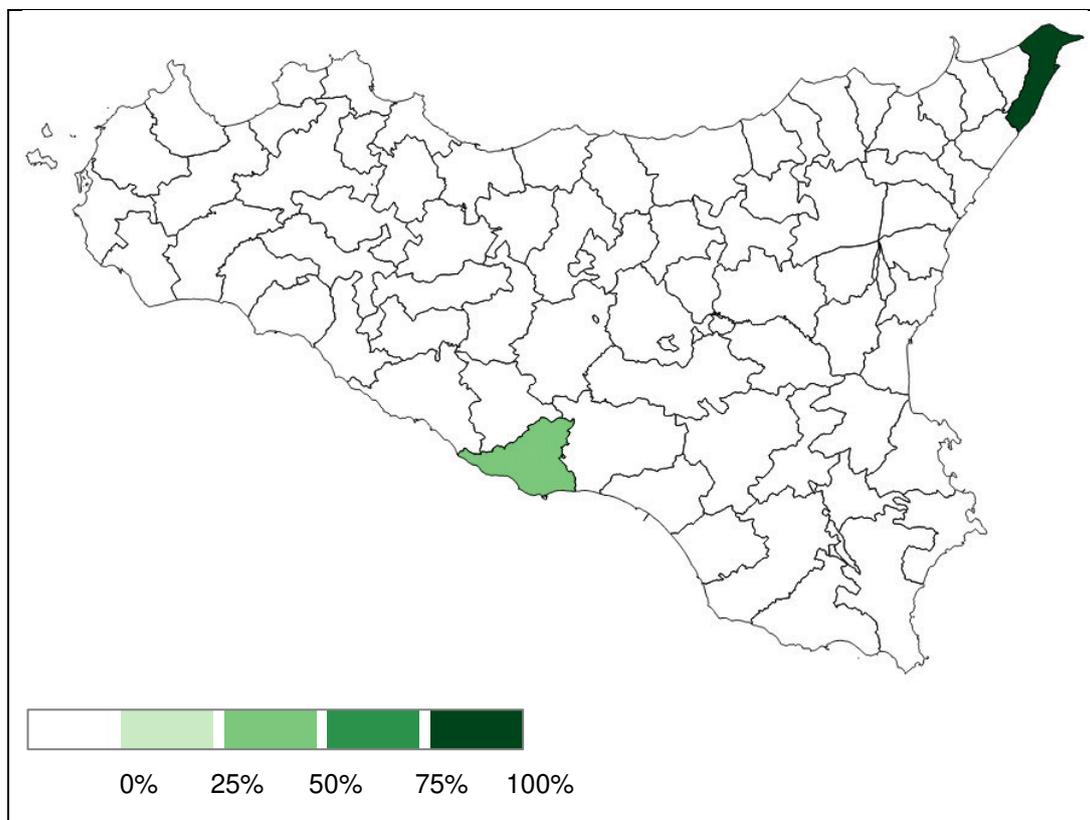


Figura 6.31 Percentuale di CUORE colpito dall’evento

La Figura 6.31 mostra la percentuale di CUORE colpito dall’evento. Tale percentuale è stata calcolata considerando come se l’intera area del comune all’interno del quale si sono avuti effetti al suolo sia stata interessata dall’evento.

Dal 24 novembre 2016, la Sicilia è stata interessata da una circolazione ciclonica alimentata da un minimo posizionato in corrispondenza della penisola iberica in lento spostamento verso Est, condizionato dalla presenza di un blocco anticiclonico nell’Europa orientale. Tale circostanza ha favorito la manifestazione di precipitazioni intense e diffuse che si sono verificate, durante la giornata del 24 novembre, nei settori nord-orientali dell’isola a causa di correnti sciroccali umide per poi interessare, il 25 novembre, prevalentemente prima la Sicilia occidentale nei suoi settori centro-meridionali e quindi nuovamente la porzione nord-orientale, producendo significativi effetti al suolo di natura sia geomorfologica che idraulica. La presenza del blocco anticiclonico a Est, ha rallentato notevolmente lo spostamento meridiano della depressione, favorendone una marcata insistenza nell’area del Mediterraneo, con fenomeni persistenti che soltanto a partire dalla serata del 25 novembre sono andati attenuandosi. L’evento meteorologico ha interessato diffusamente la porzione occidentale del settore centro-meridionale e la zona nord-orientale ionica del territorio regionale con precipitazioni da moderate a elevate, con quantitativi cumulati in 48 h che hanno superato i 300 mm nella Zona di Allerta I (320 mm - Francavilla di Sicilia - ME) e hanno raggiunto il valore di 198,6 mm nella Zona di Allerta D (198,6 mm Ribera –AG). Quale conseguenza sono avvenuti frequenti allagamenti in aree urbane, diffusi fenomeni di dissesto geomorfologico, ai quali sono conseguiti disagi alla popolazione, danni a cose e immobili, difficoltà e interruzioni alla viabilità urbana, extra urbana, provinciale e statale, alle linee ferroviarie e gravi danni alle produzioni

agricole, principalmente concentrati fra le Zone D, E e nella Zona I, con un bilancio aggravato purtroppo da due dispersi, a Sciacca (AG) e Letojanni (ME). L'entità degli eventi ha comportato l'attivazione del sistema regionale di Protezione Civile con l'apertura dei COC in diversi comuni e l'attivazione delle associazioni regionali di volontariato. (*Rapporto Sull'Evento Meteo del 24-25 Novembre 2016*).

La Figura 6.32 mostra i valori di pioggia cumulata registrati nei giorni 24-25 Novembre 2016. Il CFDMI ha diramato un Avviso Regionale di Protezione Civile per il rischio idrogeologico e idraulico: l'*Avviso N. 16330 del 24/11/2016* (Figura 6.33).

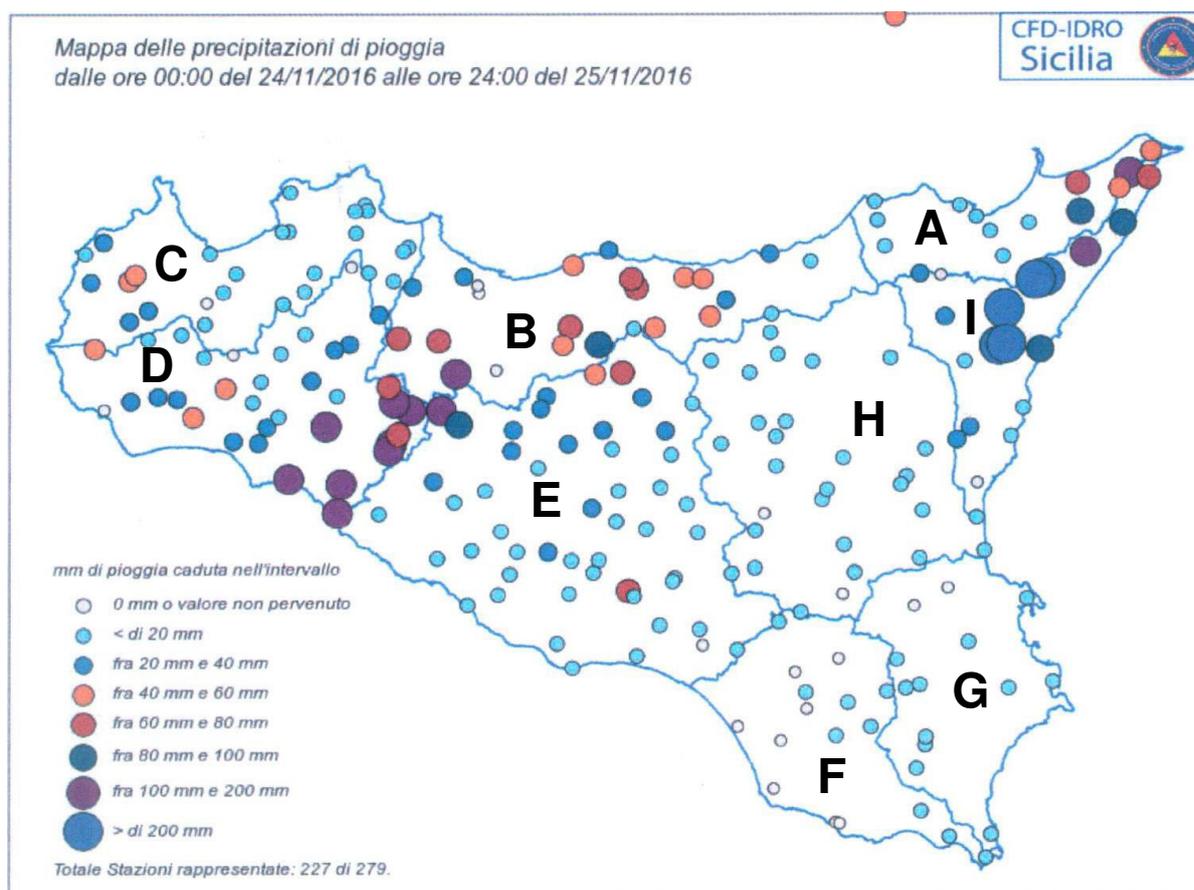


Figura 6.32 Mappa delle precipitazioni cumulate dei giorni 24-25 Novembre 2016

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

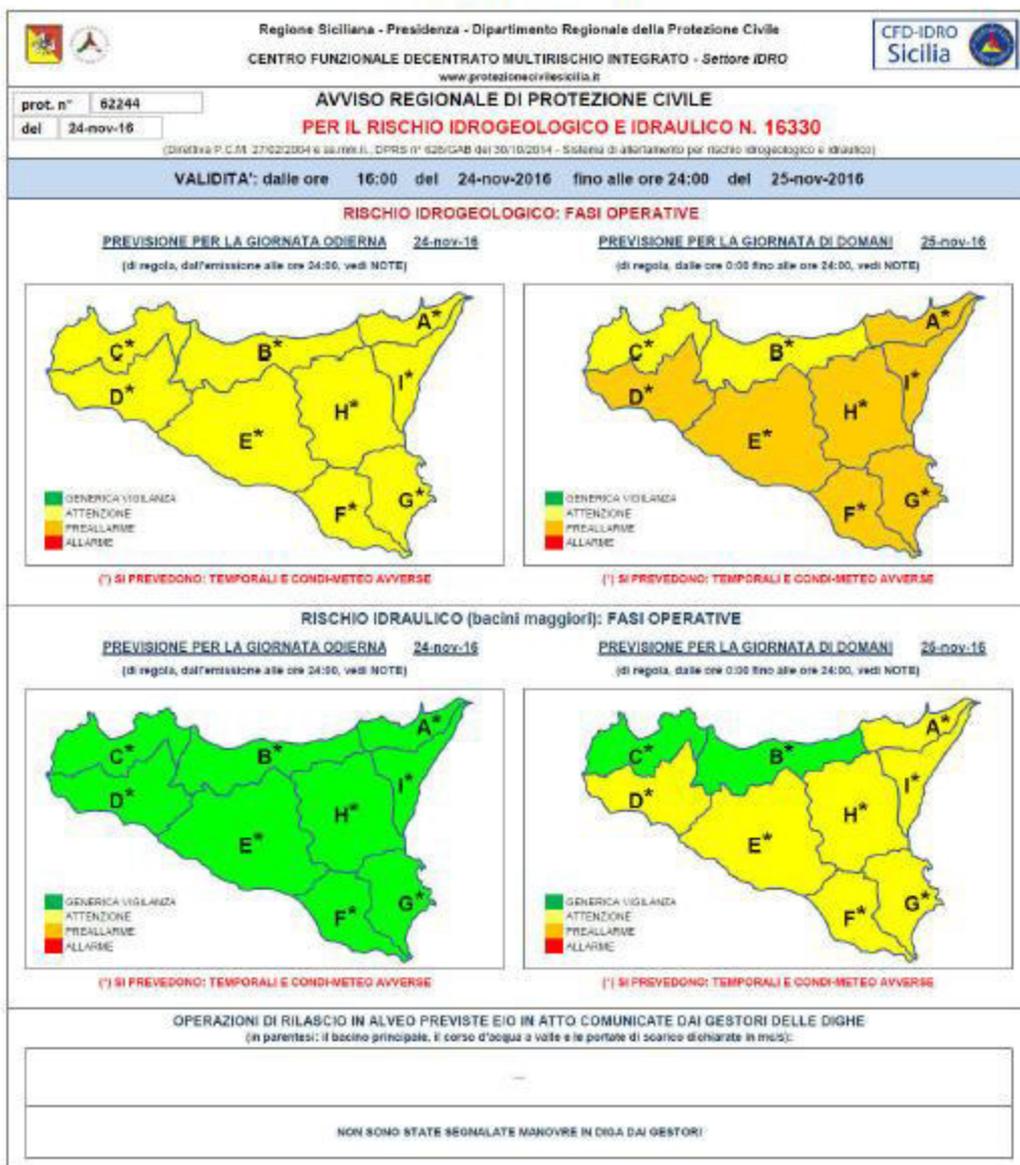


Figura 6.33 Avviso regionale di protezione civile

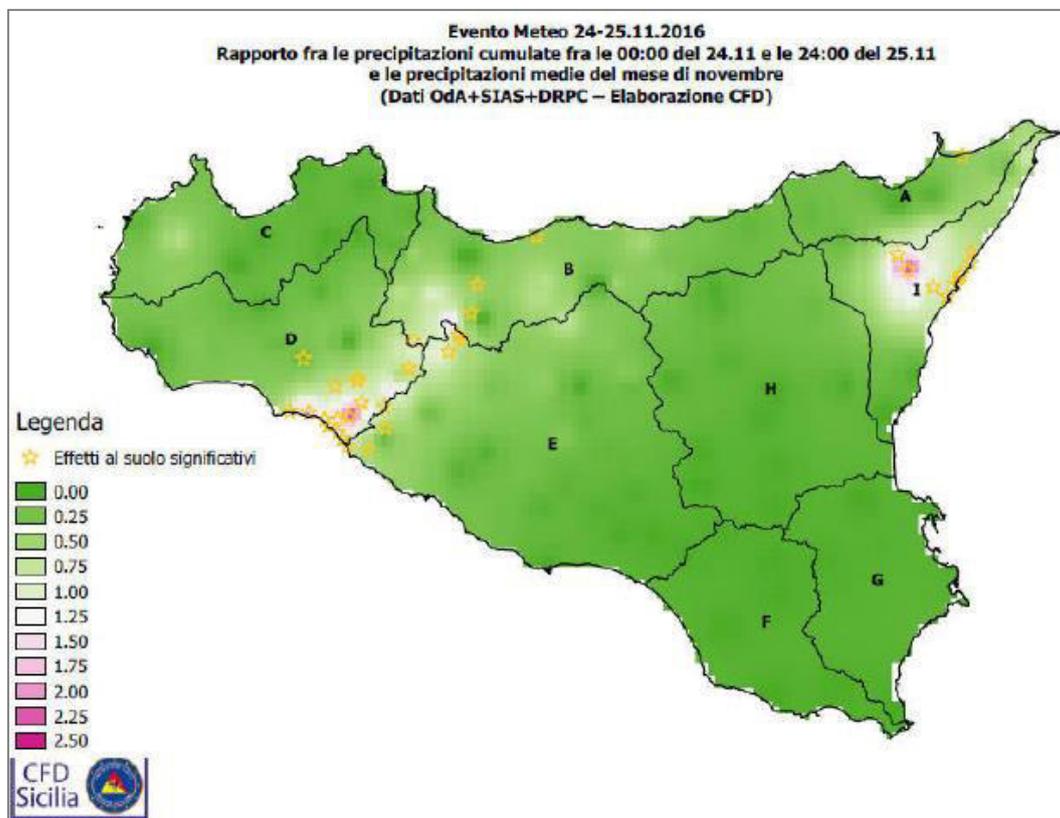


Figura 6.34 Rapporto fra le piogge cumulate registrate nei giorni 24-25 Novembre 2016 e le piogge medie mensili per il mese di novembre sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi.

La Figura 6.34 mostra il rapporto fra le piogge cumulate dei giorni 24-25 Novembre 2016 e le piogge medie mensili del mese di novembre sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi (ZA A, B, D, E, I).

Le mappe sopra riportate sono affette da lacune informative in quanto diverse stazioni della rete non hanno funzionato o hanno funzionato in modo intermittente o parziale (ad es. Agrigento, Antillo, Ribera, Colle San Rizzo). È evidente che in alcune località, interessate dall'evento pluviometrico, si sono scaricati quantitativi di pioggia sino a più che doppi rispetto a quelli medi mensili come ad esempio a Francavilla di Sicilia (I) e Ribera (D), manifestandosi con picchi concentrati in intervalli temporali anche molto ristretti (3h).

Più in dettaglio:

- le precipitazioni più importanti si sono verificate nella zona I e fra le Zone D e E. La zona I è stata interessata dalle precipitazioni sia durante la giornata del 24.11 sia durante la serata del 25.11, mentre nelle Zone D e E le precipitazioni si sono concentrate durante la mattina del 25.11. In tutto il resto dell'isola sono avvenute precipitazioni da deboli a moderate distribuite prevalentemente dalle prime ore del mattino sino alla tarda serata del 25.11;
- le suddette zone sono state interessate da importanti precipitazioni cumulate, raggiungendo i valori più elevati nella Zona I a Francavilla di Sicilia (325 mm, dati parziali), nella Zona D a Ribera (198,6 mm, dati parziali), nella Zona E a Lercara Friddi (120,3 mm), interessate effetti al suolo significativi.

I Comuni interessati dagli eventi (21) sono di seguito elencati:

Provincia di Agrigento: Burgio, Caltabellotta, Cianciana, Realmonte, Ribera, Sambuca di Sicilia, Santo Stefano di Quisquina, Sciacca

Provincia di Palermo: Campofelice di Roccella, Castronovo di Sicilia, Montemaggiore Belsito, Lercara Friddi

Provincia di Messina: Francavilla di Sicilia, Gaggi, Giardini Naxos, Letojanni, Motta Camastra, Pace del Mela, Savoca, Sant’Alessio Siculo, Santa Teresa Riva

Attivazioni di protezione civile (elenco non aggiornato):

COC: Comune di Antillo (ME); Comune di Ribera (AG); Comune di Letojanni (ME); Comune di Pace del Mela (ME); Comune di Saponara (ME); Comune di Santa Alessio Siculo (ME); Comune di Furci Siculo (ME); Comune di Villafranca Tirrena (ME).

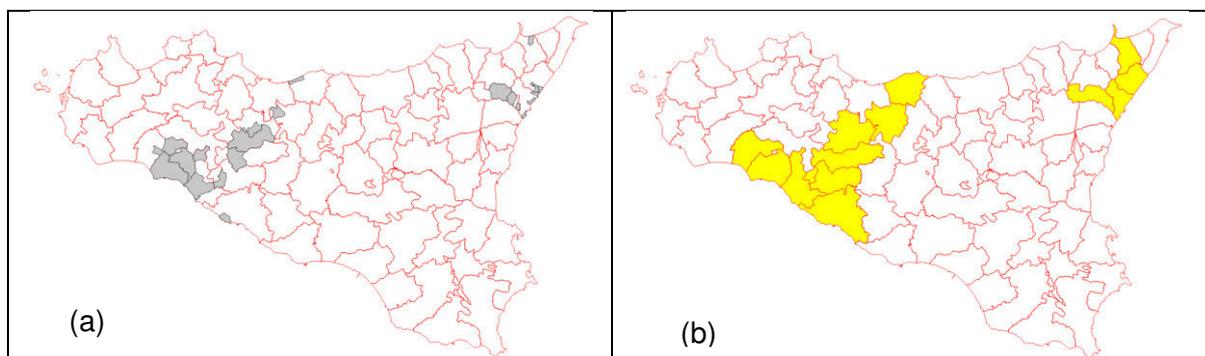


Figura 6.35 (a) Poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo (evidenziati in grigio). (b) Poligoni CUORE (evidenziati in giallo) all’interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

La Figura 6.35a mostra i poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riportati effetti al suolo (evidenziati in grigio), mentre la Figura 6.35b mostra i CUORE all’interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

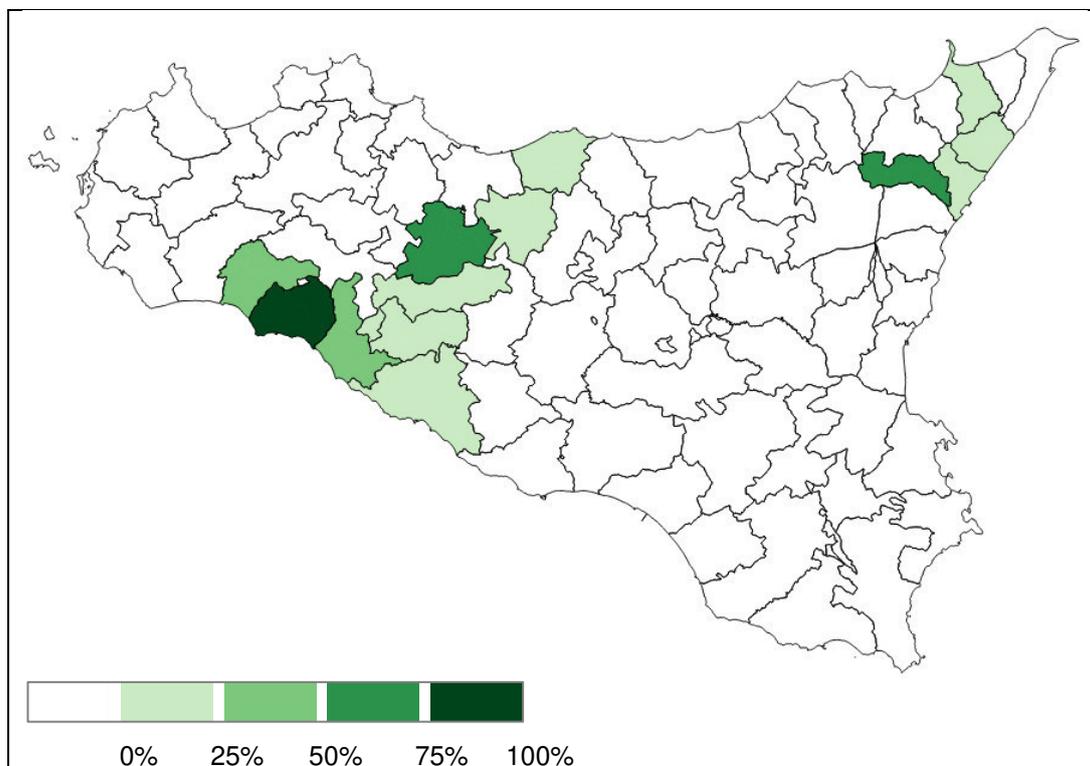


Figure 6.36 Percentuale di CUORE colpito dall'evento

La Figura 6.36 mostra la percentuale di CUORE colpito dall'evento. Tale percentuale è stata calcolata considerando come se l'intera area del comune all'interno del quale si sono avuti effetti al suolo sia stata interessata dall'evento.

5.4 Evento verificatosi nei giorni dal 21 al 23 Gennaio 2017

In questa sezione abbiamo analizzato l'evento calamitoso che si è verificato nei giorni 21 - 23 gennaio 2017 nel territorio della provincia di Ragusa e del comune di Marineo in provincia di Palermo, per il quale è stato deliberato lo stato d'emergenza in data 10/07/2017. I dati utilizzati derivano dal [Rapporto Sull'Evento Meteo del 21-22-23 Gennaio 2017](#) emesso dalla Protezione Civile della Regione Siciliana.

A partire dal 21 gennaio 2017, la Sicilia è stata interessata da una circolazione ciclonica mediterranea in risalita dal Nord Africa, in lento spostamento verso Est, condizionato dalla presenza di un blocco anticiclonico sull'Europa dell'Est e sui Balcani che ne ha provocato la permanenza in area mediterranea. Ne è conseguita una fase di acuto maltempo che ha pesantemente colpito la Sicilia meridionale con violenti temporali auto-rigeneranti nei settori sud/occidentali dell'isola, con estensione delle precipitazioni intense anche sulla fascia ionica, producendo gravi e significativi effetti al suolo di natura sia geomorfologica che idraulica. Dalla tarda mattinata del 23 i fenomeni sono andati attenuandosi sino a esaurirsi. L'evento meteorologico ha interessato diffusamente la porzione occidentale del settore centro-meridionale e la zona nord-orientale ionica del territorio regionale con precipitazioni elevate, con quantitativi cumulati che hanno superato i 200 mm nella Zona di Allerta I (249 mm – Linguaglossa Arrigo – CT) e hanno superato i 150 mm nelle Zone di Allerta G (174 mm -

Canicattini Bagni SR), D (158 mm Sciacca Molino Nuovo –AG), H (157 mm – Catenanuova – CT). Numerose sono, infine, le stazioni che hanno registrato cumulate superiori a 100 mm o valori prossimi. Precipitazioni minori, ma comunque con cumulate dell'ordine di 50 – 60 mm, hanno interessato i versanti tirrenici centro-orientali (Zone A e B). Sono avvenuti diffusi allagamenti in aree urbane, fenomeni di dissesto geomorfologico, ai quali sono conseguiti disagi alla popolazione, danni a cose e immobili, difficoltà e interruzioni alla viabilità urbana, extra urbana, provinciale e statale, alle linee ferroviarie e danni alle produzioni agricole, principalmente concentrati fra le Zone C, D, E, F, G, H, I con un bilancio aggravato da una vittima travolta dall'esonazione del torrente Morello, affluente del Bacino Platani, nel comune di Castronovo di Sicilia (PA), avvenuta nella serata del 22.01 (ZOA E). L'entità degli eventi ha comportato l'attivazione del sistema regionale di Protezione Civile con l'apertura dei COC in diversi comuni e l'attivazione delle associazioni regionali di volontariato. (*Rapporto Sull'Evento Meteo del 21-22-23 Gennaio 2017*).

La Figura 6.37 mostra i valori di pioggia cumulata registrati nei giorni 21-22-23 Gennaio 2017. Il CFDMI ha diramato due Avvisi Regionale di Protezione Civile per il rischio idrogeologico e idraulico: l'Avviso N. 17021 del 21/01/2017 e l'Avviso N. 17022 del 22/01/2017 (Figura 6.38 e Figura 6.39).

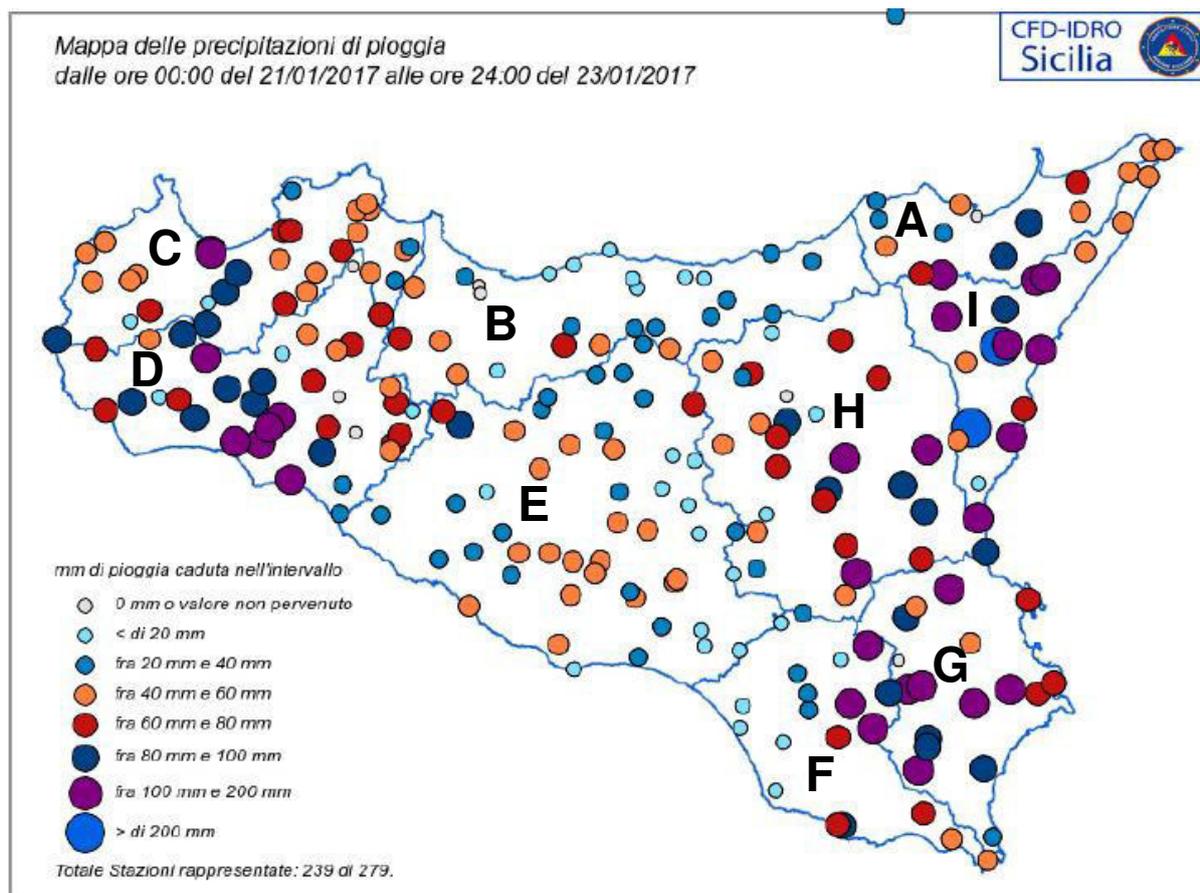


Figura 6.37 Mappa delle precipitazioni cumulate dei giorni 21-22-23 Gennaio 2017

Affidamento di servizi per il "Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell'ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020" – CIG 6983365719.

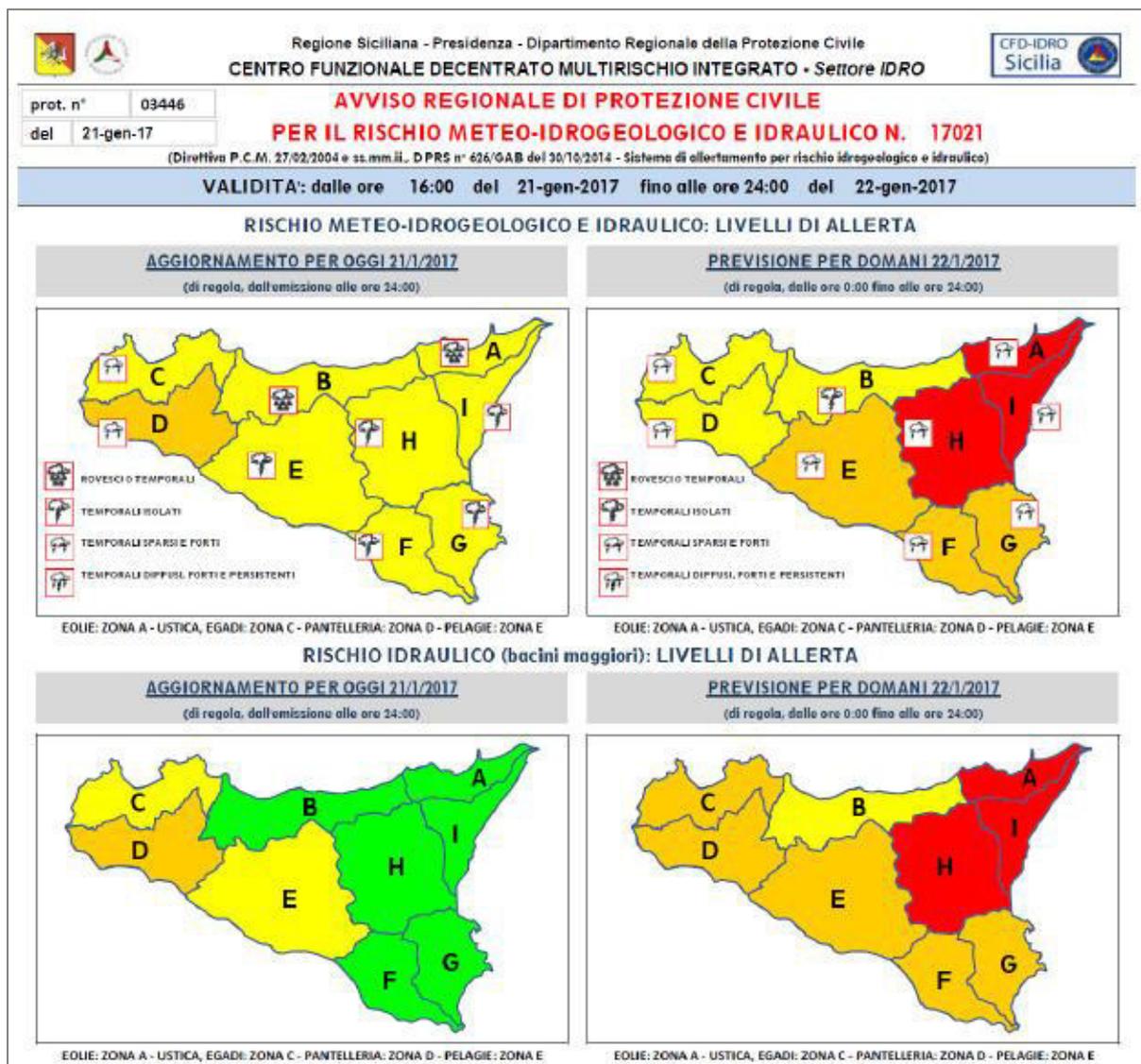


Figura 6.38 Avviso regionale di protezione civile

Affidamento di servizi per il "Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell'ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020" – CIG 6983365719.

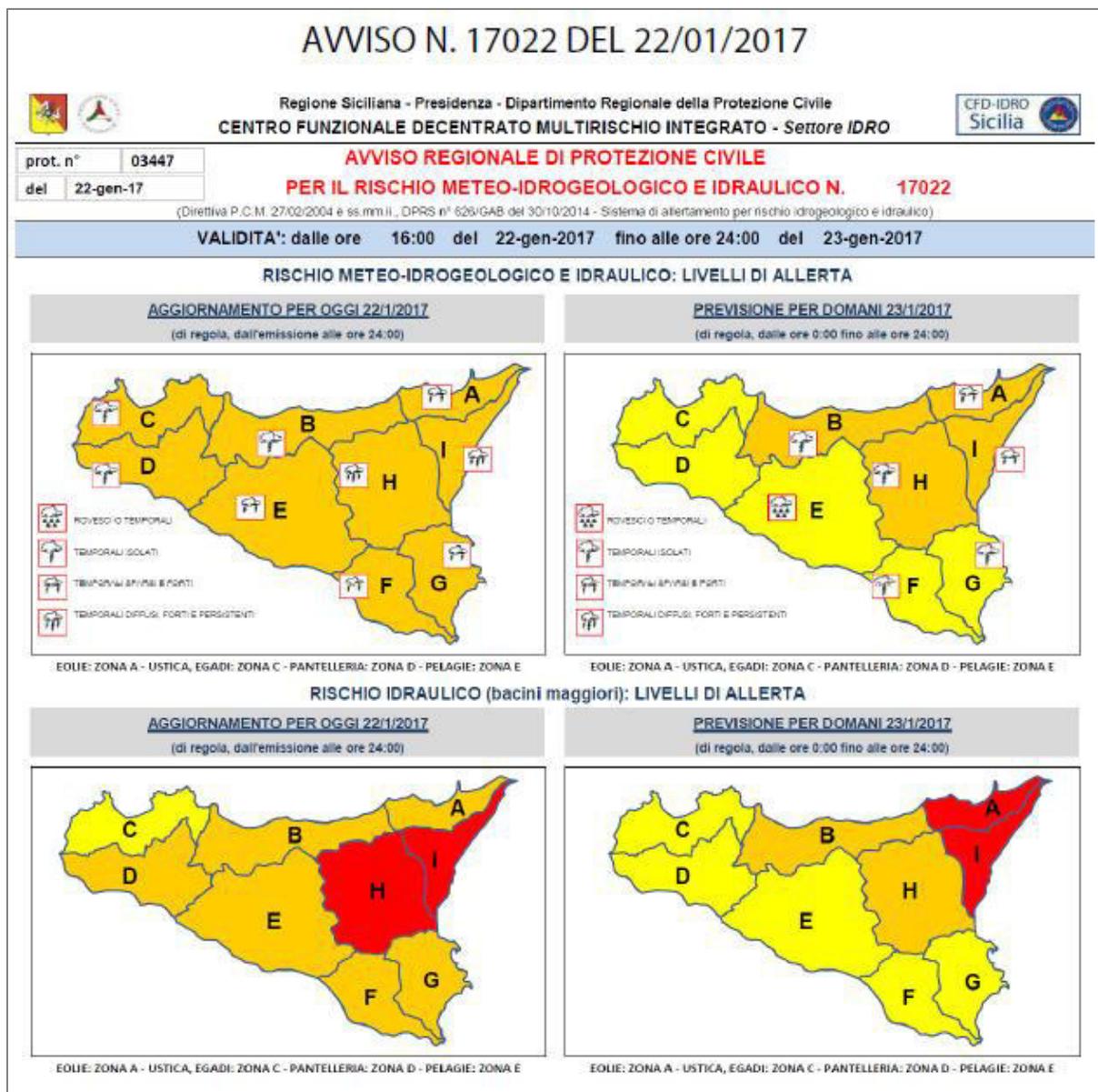


Figura 5.39 Avviso regionale di protezione civile

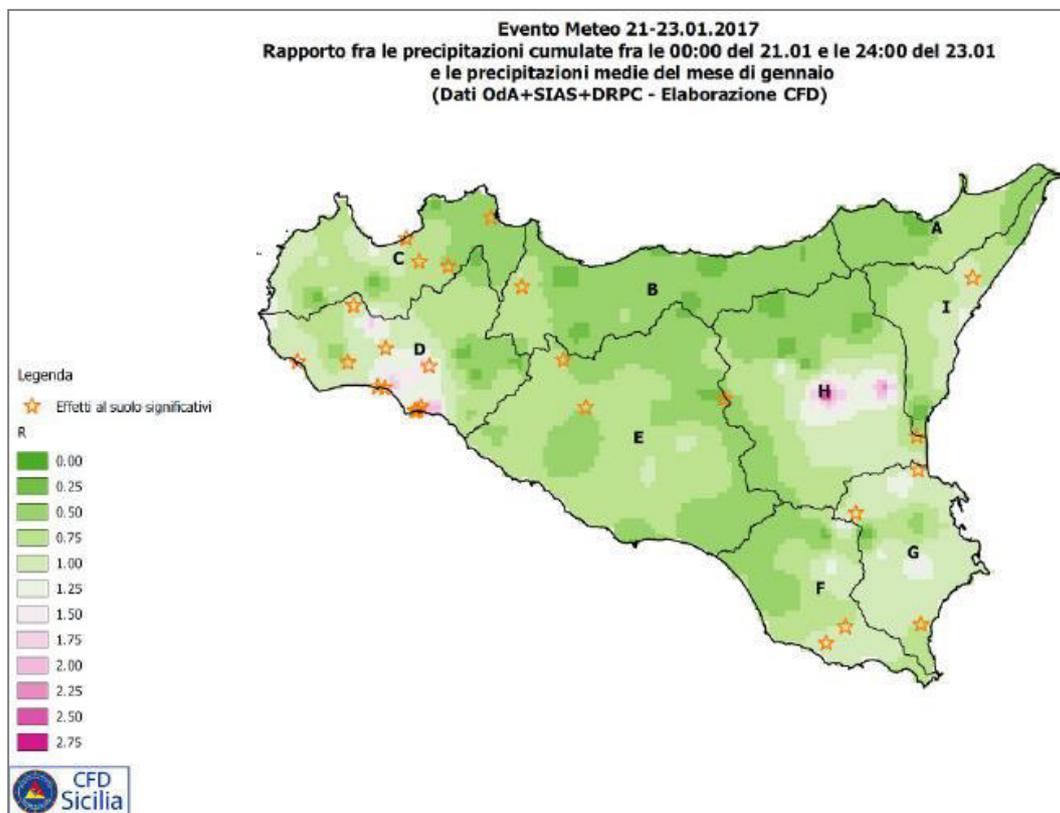


Figura 6.40 Rapporto fra le piogge cumulate registrate nei giorni 21-22-23 Gennaio 2017 e le piogge medie mensili per il mese di gennaio sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi.

La Figura 6.40 mostra il rapporto fra le piogge cumulate registrate nei giorni 21-22-23 Gennaio 2017 e le piogge medie mensili per il mese di gennaio sovrapposte ai luoghi nei quali si sono verificati effetti al suolo significativi. (ZA B, C, D, E, F, G, H, I).

Le mappe sopra riportate sono affette da lacune informative in quanto diverse stazioni della rete non hanno funzionato o hanno funzionato in modo intermittente o parziale (ad es. Agrigento, Catania Oss., Gela, Mussomeli). In alcune località interessate dall’evento pluviometrico in cui si sono registrati effetti al suolo significativi, sono precipitati quantitativi di pioggia sino a più che doppi rispetto a quelli medi mensili come ad esempio a Sciacca e Menfi (Zona D) e a Catenanuova (Zona H), manifestandosi con intervalli temporali di 12-18 ore.

Più in dettaglio:

- le piogge hanno interessato l’intera isola, con le cumulate maggiori distribuite nei settori occidentali, meridionali e orientali. I fenomeni si sono verificati durante la prima parte dell’evento, fra la notte del 21 e il pomeriggio del 22, nei settori occidentali, spostandosi nel corso della giornata del 22 verso Est, quando fra il pomeriggio del 22 e la mattina del 23, hanno interessato principalmente i settori sud-orientali e ionici.
- le suddette zone sono state interessate da importanti precipitazioni cumulate, raggiungendo i valori più elevati nella Zona I a Linguaglossa (Stazione SIAS Arrigo – 248,8 mm), nella zona G a Canicattini Bagni (173,4 mm), nella zona D a Sciacca (Stazione Sias Molino Nuovo 157,4 mm) nella zona H a Catenanuova (156,5 mm),

dati parziali), nella Zona F a Chiaramonte Gulfi (144,3 mm), nella Zona C a Castellammare del Golfo (106,6 mm). Precipitazioni meno importanti, ma comunque dell'ordine di 60- 70 mm sono state registrate in diverse stazioni della zona E.

I Comuni interessati dagli eventi (25) sono di seguito elencati:

Provincia di Agrigento: Menfi, Montevago, Sambuca di Sicilia, Sciacca

Provincia di Caltanissetta: Sutera

Provincia di Catania: Bronte, Catania

Provincia di Enna: Enna

Provincia di Messina: Francavilla di Sicilia, Limina

Provincia di Palermo: Balestrate, Castronovo di Sicilia, Cefalà Diana, Lercara Friddi, Mezzojuso

Provincia di Ragusa: Modica, Ragusa, Scicli

Provincia di Siracusa: Avola, Lentini, Noto, Siracusa

Provincia di Trapani: Castelvetro, Mazara del Vallo, Salemi

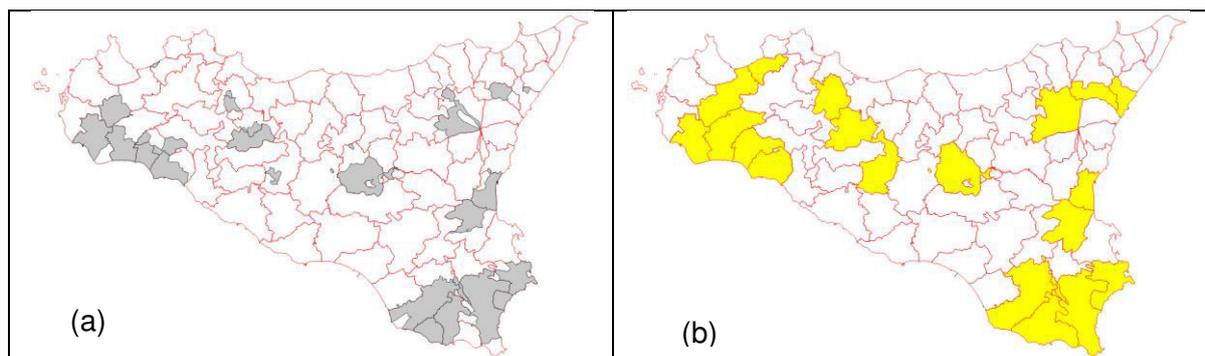


Figura 6.41 (a) Poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo (evidenziati in grigio). (b) Poligoni CUORE (evidenziati in giallo) all'interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

La Figura 6.41a mostra i poligoni CUORE (contorno rosso) sovrapposti ai comuni per i quali sono stati riportati effetti al suolo (evidenziati in grigio), mentre la Figura 6.41b mostra i CUORE all'interno dei quali ricadono i comuni per i quali sono stati riscontrati effetti al suolo.

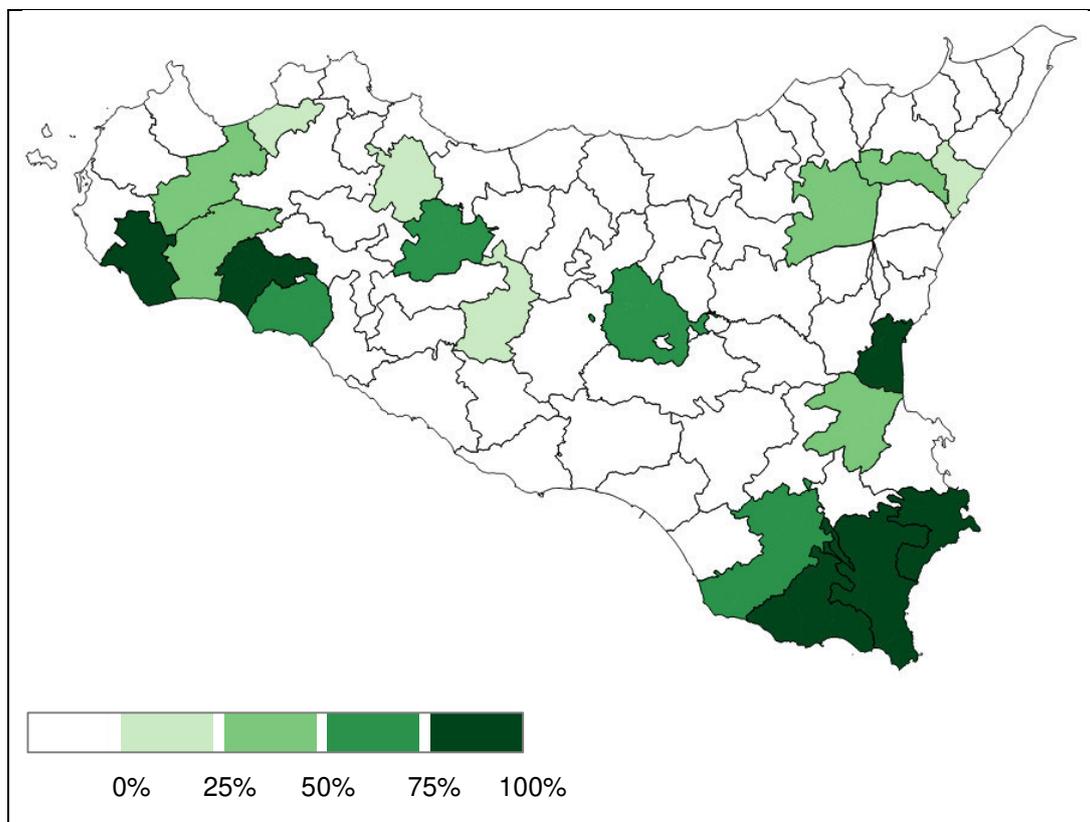


Figura 6.42 Percentuale di CUORE colpito dall'evento

La Figura 6.42 mostra la percentuale di CUORE colpito dall'evento. Tale percentuale è stata calcolata considerando come se l'intera area del comune all'interno del quale si sono avuti effetti al suolo sia stata interessata dall'evento.

6. Soglie di criticità regionali

Il *DPCM del 27 febbraio 2004* dispone che i Centri Funzionali Decentrati (CFD) svolgano le attività della fase previsionale che consistono nella valutazione della situazione attesa, nonché dei relativi effetti che tale situazione può determinare sull'integrità della vita, dei beni, degli insediamenti e dell'ambiente. Tale valutazione porta alla comunicazione di prefigurati scenari di rischio alle Autorità competenti per le allerte e per la gestione delle emergenze in attuazione dei Piani di emergenza. Vengono quindi istituite a scala regionale le Zone di Allerta (ZA), che sono ambiti territoriali per grandi linee uniformi nei riguardi delle forzanti meteorologiche e dei possibili effetti al suolo (ovvero dei rischi) che si considerano. La distinzione in ZA deriva dall'esigenza di attivare risposte omogenee e adeguate a fronteggiare i rischi per la popolazione, per il contesto sociale e per l'ambiente naturale.

Per ciascuna zona d'allerta è stabilito dalle Regioni/Province Autonome un sistema di soglie di riferimento corrispondente a scenari d'evento predefiniti articolati su tre livelli di ordinaria, moderata ed elevata criticità. Per ogni ZA, vengono quindi individuate soglie pluviometriche che definiscono condizioni di tre livelli di allerta: gialla (criticità ordinaria), arancione (criticità moderata) e rossa (criticità elevata).

La Regione Siciliana è suddivisa in 9 Zone di Allerta (Tabella 7.1, Figura 7.1) le cui soglie di criticità sono descritte all'Allegato 2 del *DPRS n. 626/GAB del 30/10/2014* “*Direttiva regionale per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile*” “Competenze, struttura organizzativa e procedure di allertamento del Centro Funzionale Decentrato Multirischio Integrato della Regione Siciliana - Settore IDRO2 (Recepimento *DPCM 27 febbraio 2004*)”.

Per quanto riguarda le soglie pluviometriche (Tabella 7.2), la Regione Siciliana definisce soglie per la durata di 3h, 6h, 12h, 24h, 48h e 72h. I livelli di allerta gialla, arancione e rossa sono definiti considerando rispettivamente un tempo di ritorno di 2 (T2), di 5 (T5) e di 20 anni (T20).

Tabella 7.1. Elenco delle ZA della Regione Siciliana

Sigla ZA	Denominazione ZA
Sicilia A	Nord-Orientale, versante Tirrenico e isole Eolie
Sicilia B	Centro-Settentrionale, versante tirrenico
Sicilia C	Nord-Occidentale e isole Egadi e Ustica
Sicilia D	Sud-Occidentale e isola di Pantelleria
Sicilia E	Centro-Meridionale e isole Pelagie
Sicilia F	Sud-Orientale, versante Stretto di Sicilia
Sicilia G	Sud-Orientale, versante Ionico
Sicilia H	Bacino del Fiume Simeto
Sicilia I	Nord-Orientale, versante ionico

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

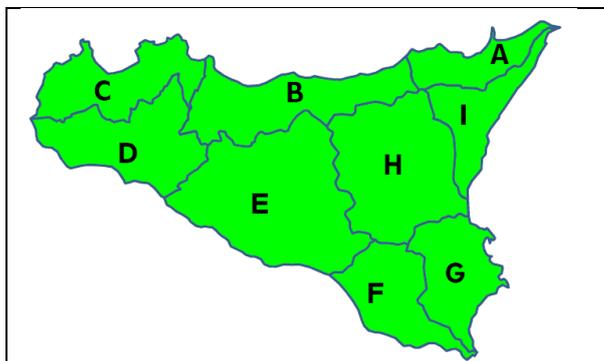


Figura 7.1 Suddivisione della Regione Siciliana nelle 9 Zone di Allerta.

Tabella 7.2. Soglie di criticità calcolate a 6 e 24 ore (S6h e S24h) per tempi di ritorno di 2, 5 e 20 anni (T2, T5 e T20)

Sigla ZA	Nome ZA	Tr	S6h	S24h	Tr	S6h	S24h	Tr	S6h	S24h
Sicilia A	Nord-Orientale, versante Tirrenico e isole Eolie	T2	53	86	T5	76	124	T20	106	173
Sicilia B	Centro-Settentrionale, versante tirrenico	T2	41	63	T5	55	86	T20	75	116
Sicilia C	Nord-Occidentale e isole Egadi e Ustica	T2	39	56	T5	56	80	T20	78	112
Sicilia D	Sud-Occidentale e isola di Pantelleria	T2	40	58	T5	56	81	T20	77	111
Sicilia E	Centro-Meridionale e isole Pelagie	T2	41	61	T5	60	88	T20	83	122
Sicilia F	Sud-Orientale, versante Stretto di Sicilia	T2	43	62	T5	62	91	T20	88	129
Sicilia G	Sud-Orientale, versante Ionico	T2	52	82	T5	77	121	T20	109	171
Sicilia H	Bacino del Fiume Simeto	T2	45	69	T5	64	99	T20	89	138
Sicilia I	Nord-Orientale, versante ionico	T2	57	93	T5	82	133	T20	114	186

7. Rete pluviometrica

In questa sezione è descritta la rete pluviometrica presente nella Regione Siciliana. Le informazioni derivano dal documento edito dal CFDMI “*Integrazione del sistema regionale di rilevazione meteorologica per finalità di protezione civile e rilevamenti lidar e cartografici in aree di interesse. CUP: G69D16002880006. Progetto esecutivo – Relazione tecnica*”.

Per la Regione Siciliana sono disponibili 316 stazioni pluviometriche (Figura 8.1) provenienti dalle seguenti reti:

- Rete pluviometrica dell’Osservatorio Delle Acque (ODA): 230 pluviometri
- Rete pluviometrica del Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS): 79 pluviometri
- Rete del Dipartimento Regionale di Protezione Civile (DRPC): 7 pluviometri.

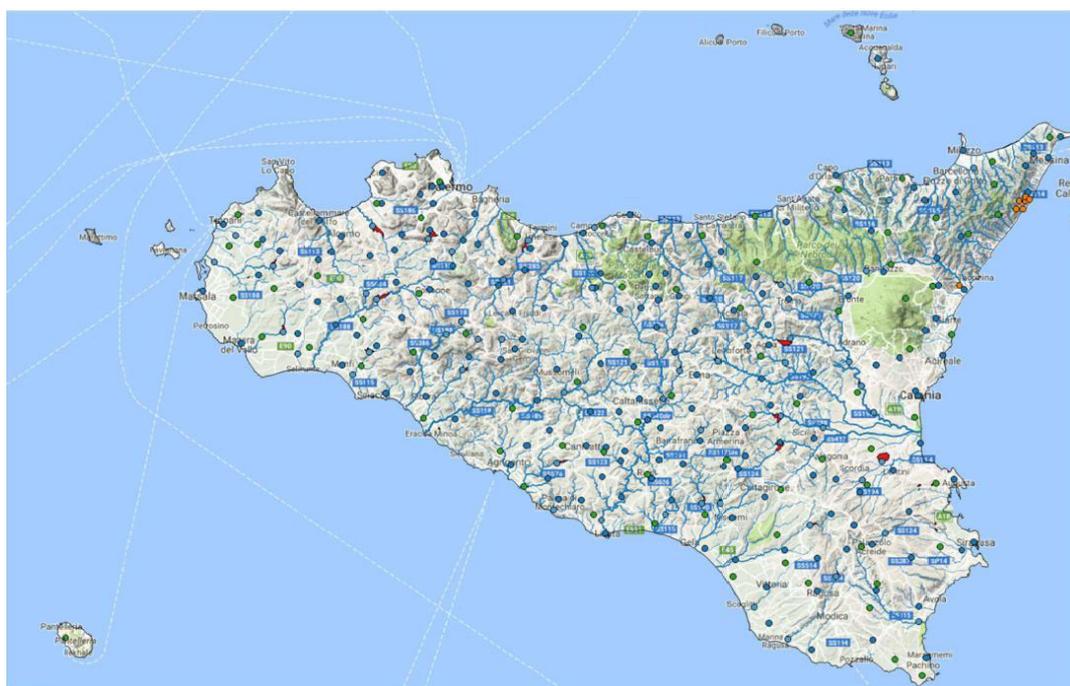


Figura 8.1 Rete pluviometrica disponibile per la Regione Siciliana

La Tabella 8.1 mostra la distribuzione dei pluviometri rispetto alle ZA. La tabella evidenzia una densità media di stazioni per unità territoriale pari a circa 1.3 stazioni su 100 km².

Tabella 8.1. Distribuzione dei pluviometri rispetto alle ZA

ZOA	SUP	SUP Isole	DRPC	OdA	SIAS	TOT	DENS
A	1297	103	0	11	6	17	1.2
B	2967		0	22	7	29	1.0
C	2366	37	0	27	7	34	1.4
D	2965	83	0	31	11	42	1.4
E	5611	25	0	59	15	74	1.3
F	2131		0	16	6	22	1.0
G	2158		0	17	6	23	1.1
H	4256		0	30	11	41	1.0
I	1658		7	17	10	34	2.1
TOT/MED			7	230	79	316	1.3
Legenda: SUP: superficie in kmq; DRPC: stazioni del DRPC-Sicilia OdA: stazioni dell'Osservatorio delle Acque SIAS: stazioni del SIAS; DENS: densità media di stazioni (n°/100 kmq)							

Il CFDMI, nel proprio documento, rileva che la rete è insufficiente per finalità di protezione civile, soprattutto nelle parti del territorio dove si verificano le maggiori criticità al suolo sia dal punto di vista geomorfologico che idraulico (piccoli bacini e ZA A, B, C, F, G e I). Il CFDMI sottolinea inoltre che circa il 25% del territorio regionale non è coperto da stazioni termopluviometriche e che la situazione attuale comporta diversi problemi che si riflettono nelle fasi di previsione e nell’interpretazioni delle relazioni tra dati pluviometrici ed effetti al suolo. La non sufficiente densità di stazioni impedisce di avere affidabilità della distribuzione delle piogge nel territorio, soprattutto in corrispondenza di quelle porzioni con morfologia caratterizzata da valli strette dove le condizioni geologiche favoriscono l’innescare di fenomeni franosi anche rapidi e fenomeni di flash-flood lungo reticolo idrografico minore. Tale considerazione è avallata dall’esperienza degli eventi critici avvenuti in Sicilia che dimostrano come, per questioni riconducibili a condizionamenti orografici e climatici, si sono verificati rovesci significativi in aree molto ristrette con gravi effetti al suolo (ad esempio: Giarre e Acireale, 1995; Sinagra, C. da Mulinazzo, 2001; Giampileri 2007, 2009; Trapani, Palermo, Saponara e Barcellona Pozzo di Gotto, 2011).

A titolo esemplificativo nelle Figure 8.2 – 8.4 vengono riportati tre eventi per i quali non risulta evidente il nesso causale tra evento meteorologico ed effetti al suolo per eventi molto localizzati.

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

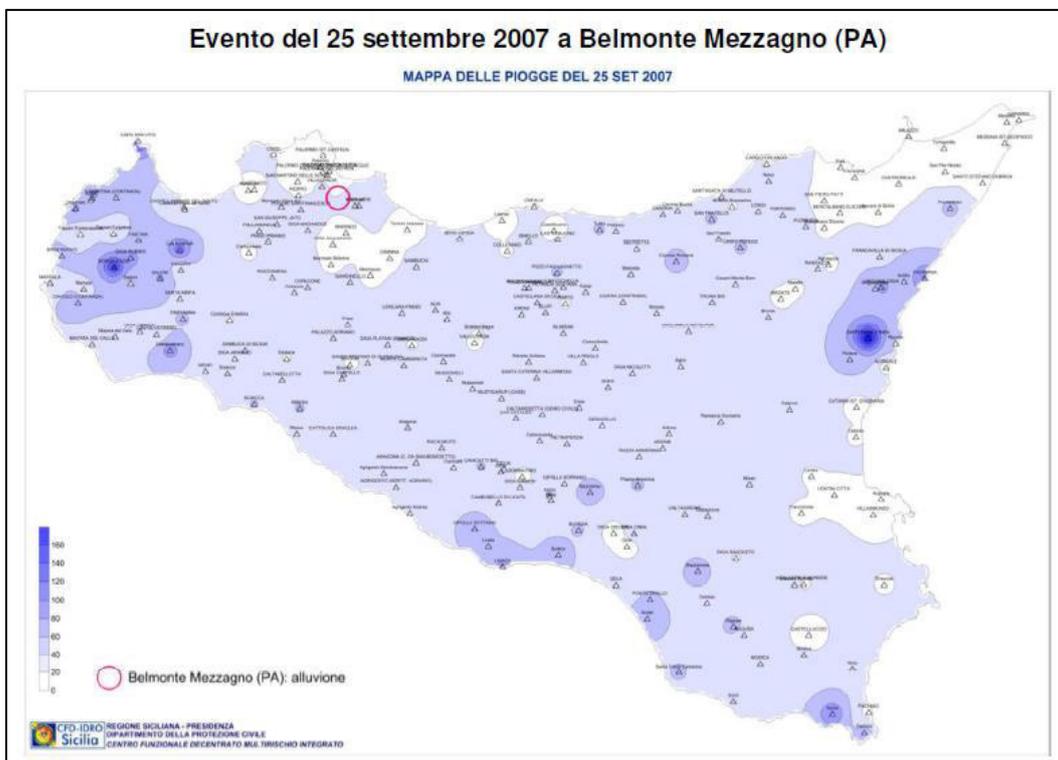


Figura 8.2 Alluvionamento a Belmonte Mezzagno (PA) del 25/09/2007.

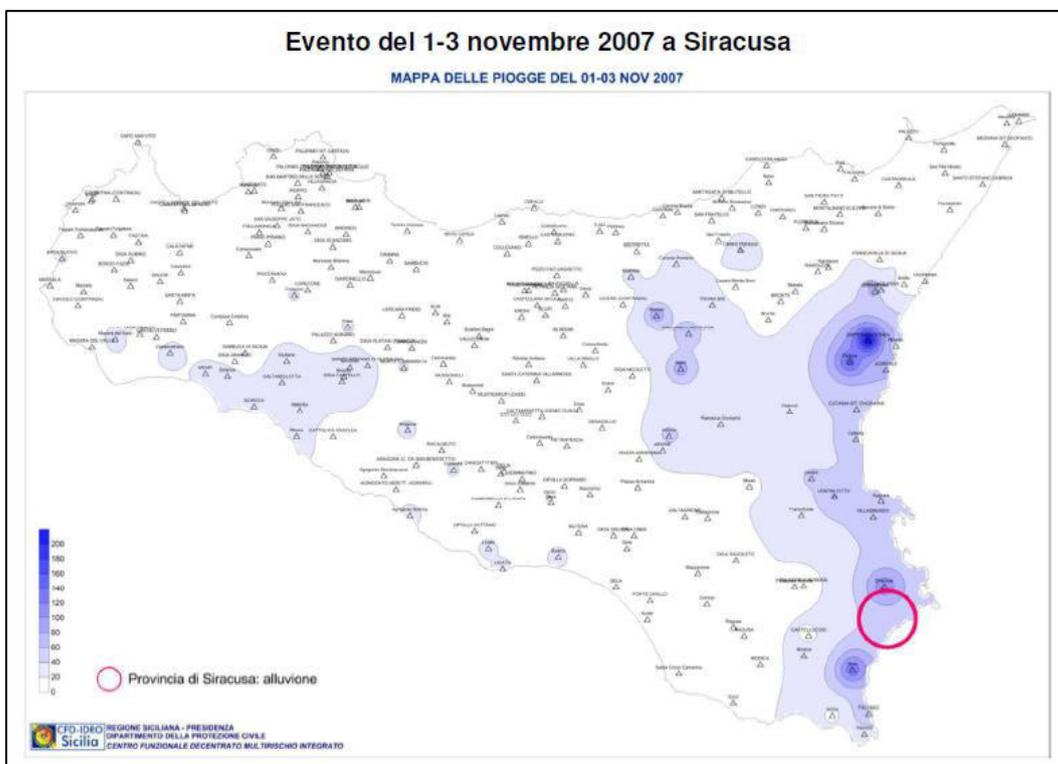


Figura 8.3 Alluvionamento a Siracusa del 1-3/11/2007

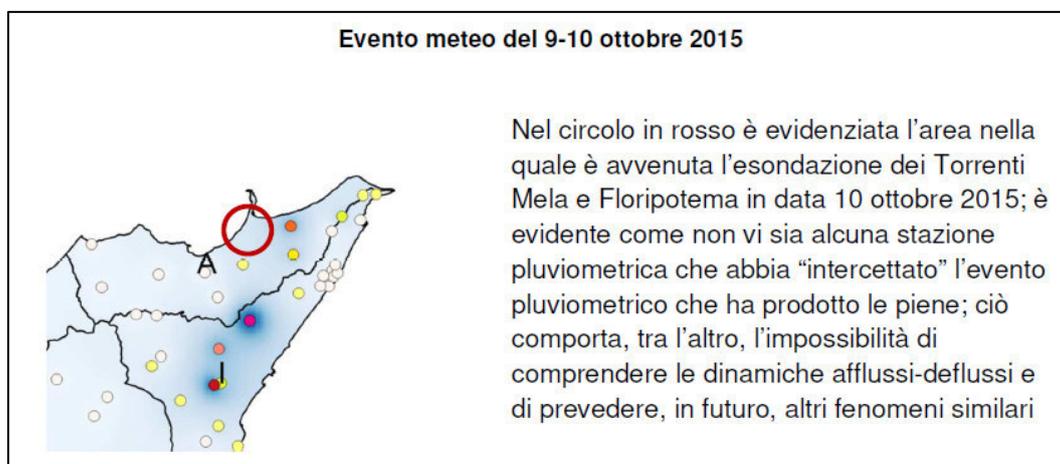


Figura 8.4 Esondazione dei torrenti Mela e Floripotema del 9-10/10/2015.

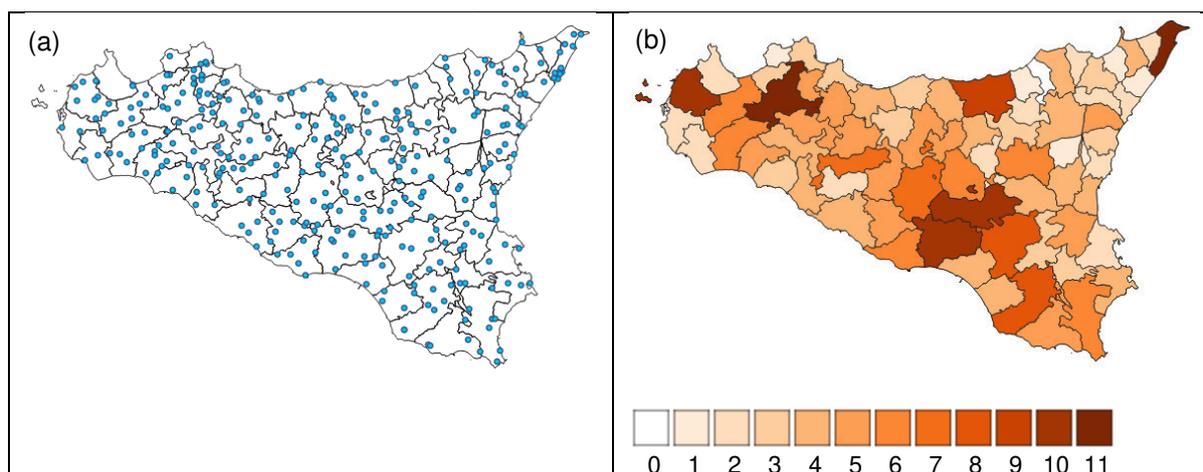


Figura 8.5 (a) Pluviometri sovrapposti ai poligoni CUORE, (b) numero di pluviometri per ciascun CUORE

La Figura 8.5a mostra i pluviometri sovrapposti ai poligoni CUORE, mentre la Figura 8.5b mostra il numero di pluviometri per ciascun CUORE che varia da 0 (CUORE 510) a 11 (CUORE 603 e 500), con una media di 4,3 pluviometri per CUORE. Le Figure 8.5a e 8.5b sono state elaborate tramite una procedura sperimentale sviluppata dal CNR-IRPI utilizzando i dati della rete *Experience* dell'ultimo anno rispetto alla data attuale, con un totale di 310 pluviometri. Pertanto di giorno in giorno, o meglio di ora in ora, tali dati potrebbero subire delle modifiche a seconda del funzionamento o meno dei pluviometri.

8. Slope Unit

Le *Slope Unit* (SU) sono unità territoriali definite in base alla morfologia dei versanti. Le SU, delimitate da linee di spartiacque e di drenaggio, possono essere identificate in maniera automatica partendo da un modello digitale del terreno con l’obiettivo di massimizzare l’eterogeneità tra SU confinanti e l’omogeneità interna di ciascuna SU. Le SU rappresentano singoli versanti e/o piccoli bacini, e possono essere utilizzate come unità territoriale all’interno della quale è possibile definire un valore di propensione al dissesto. In particolare, possono essere utilizzate come unità di riferimento per la zonazione di pericolosità e modellazione geoidrologica (Carrara, 1988; Guzzetti et al., 1999; Alvioli et al., 2016).

La delimitazione delle SU può essere eseguita mediante uno specifico modulo software *r.slopeunits* sviluppato in ambiente GRASS GIS (Alvioli et al., 2016; Alvioli et al., 2018). L’algoritmo implementato delinea inizialmente pochi emi-bacini di grandi dimensioni, che sono poi suddivisi fino a soddisfare i requisiti dell’utente. Con il termine emi-bacino (destro e sinistro) si intende la porzione di territorio compreso tra gli spartiacque e il corso d’acqua principale di un bacino.

In Figura 9.1 è mostrato lo schema logico-funzionale del modulo *r.slopeunits*. Per la suddivisione del territorio in SU, il software *r.slopeunits* necessita (**blocco A**):

- (1) di un modello digitale del terreno (DEM),
- (2) di una mappa delle aree pianeggianti (AP) e
- (3) dei seguenti parametri definiti dall’utente:
 - (i) un valore iniziale di area di bacino, detta anche accumulazione del flusso (flow accumulation, t) sulla base del quale generare i primi grandi emi-bacini;
 - (ii) la minima area degli emi-bacini che si intende generare (a);
 - (iii) la minima varianza circolare (circular variance, c), un indicatore del grado di omogeneità della morfologia del versante al di sotto della quale un emi-bacino è considerato una SU;
 - (iv) il valore del fattore di riduzione (r) da utilizzare per diminuire t ; e
 - (v) un valore di soglia di area (cleansize), con cui rimuovere eventuali piccoli aree (artefatti) che si vengono a creare ai limiti dell’area di studio o in aree quasi pianeggianti.

Gli emi-bacini iniziali sono generati nel **blocco B** dello schema in Figura 9.1, utilizzando il modulo *r.watershed* di GRASS GIS. Successivamente, nel **blocco C**, le aree di pianura sono rimosse dall’analisi. Nel **blocco D**, è considerata la progressiva riduzione del valore di t , ricalcolato a ogni ciclo dell’algoritmo (**blocco F**), in accordo con la relazione $t_{i+1} = t_i - t_i/r$. Per ogni progressivo valore di t (t_i) gli emi-bacini, generati nel corso del ciclo precedente ($HB_{parents}$), vengono ricalcolati e suddivisi in più emi-bacini (HB_{childs}). La suddivisione si blocca quando la media dell’area degli HB_{childs} risulta inferiore ad a , e $HB_{parents}$ è assunto come SU. Il **blocco E** di Figura 9.1 mostra le altre due condizioni per cui un singolo HB_{child} può essere selezionato come SU: (i) l’area dell’emi-bacino è inferiore ad a , (ii) la varianza circolare dell’orientazione del bacino è inferiore a c . Nel **blocco G** vengono rimosse tutte le SU inferiori al valore definito dal parametro *cleansize*, accorrandole alle altre più prossime. Opzionalmente, il SW può

essere vincolato a produrre SU la cui area non superi il valore definito da un ulteriore parametro (maxarea).

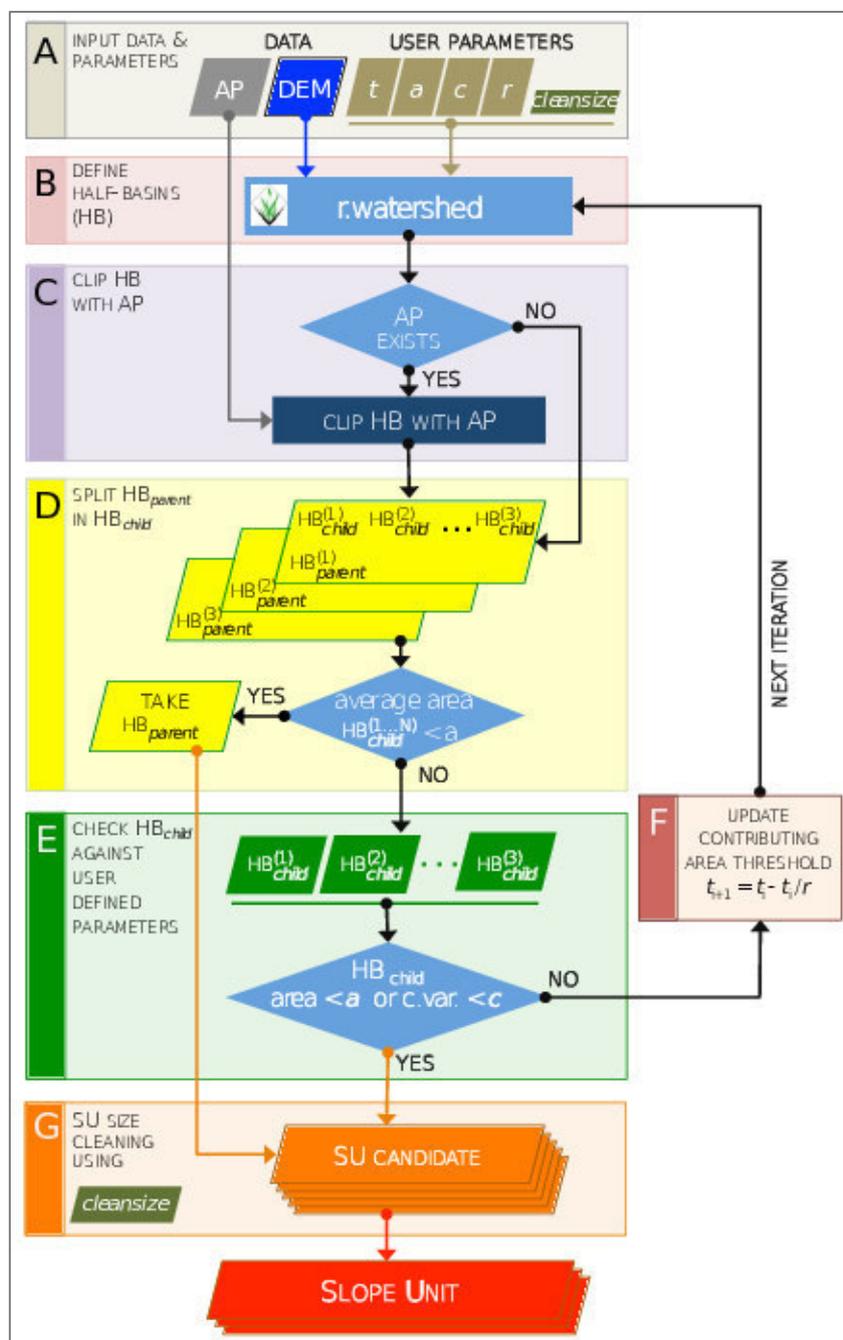


Figura 9.1 Schema logico-funzionale del modulo software “r.slopeunits”.

La Figura 9.2 mostra le SU per la Regione Siciliana, le cui caratteristiche geometriche sono mostrate in Tabella 9.1. La Figura 9.3 mostra uno zoom nel settore Nord-Orientale della Sicilia con evidenziate le SU per tale area.

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

Tabella 9.1. Caratteristiche geometriche delle SU individuate per la Regione Siciliana.

Numero di SU (#)	18057
Area minima SU (km ²)	0,10
Area massima SU (km ²)	14,18
Area media SU (km ²)	1,27
Standard deviation area SU (km ²)	1,19
Area mediana SU (km ²)	0,95

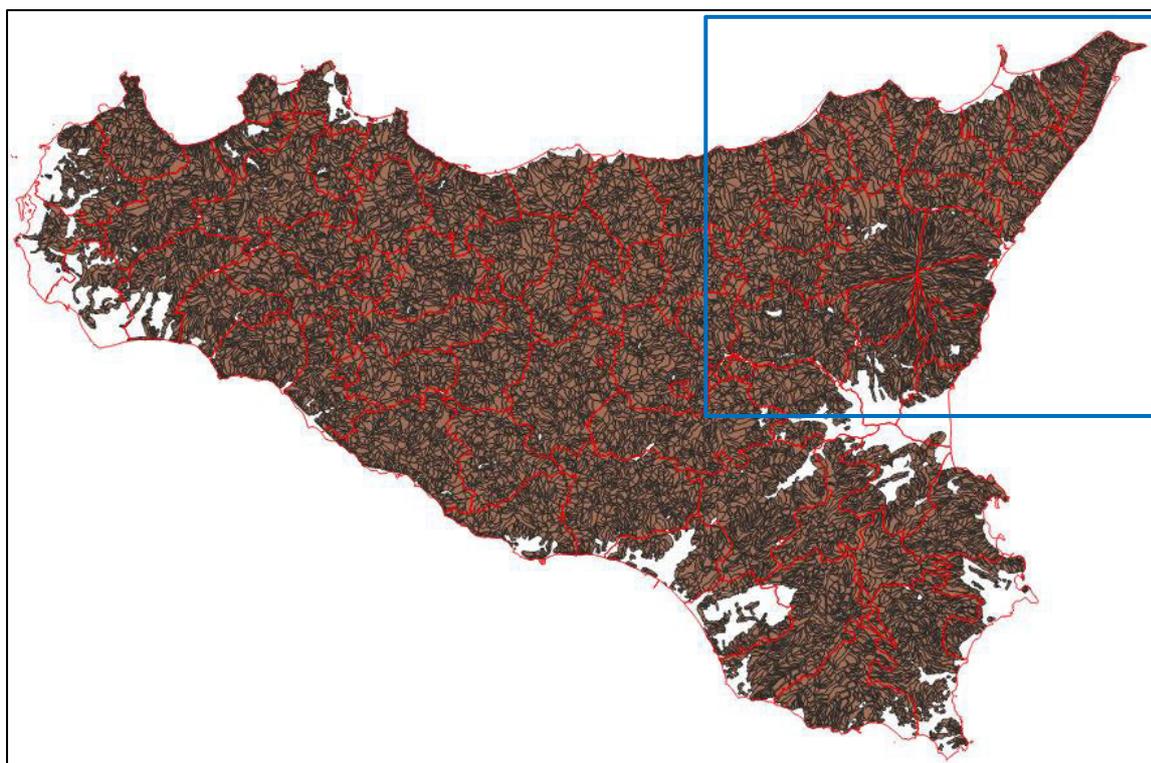


Figura 9.2 Divisione della Regione siciliana in SU (poligoni marroni) sovrapposte ai CUORE (poligoni con contorno rosso)

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.



Figura 9.3 Zoom della divisione della Regione siciliana in SU (poligoni marroni) sovrapposte ai CUORE (poligoni con contorno rosso) nel settore Nord-Orientale della Sicilia

Il grafico di Figura 9.4 mostra il numero di SU all’interno di ogni CUORE che varia da un minimo di 110 a un massimo di 1345, con una media di 521.

Affidamento di servizi per il "Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell'ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020" – CIG 6983365719.

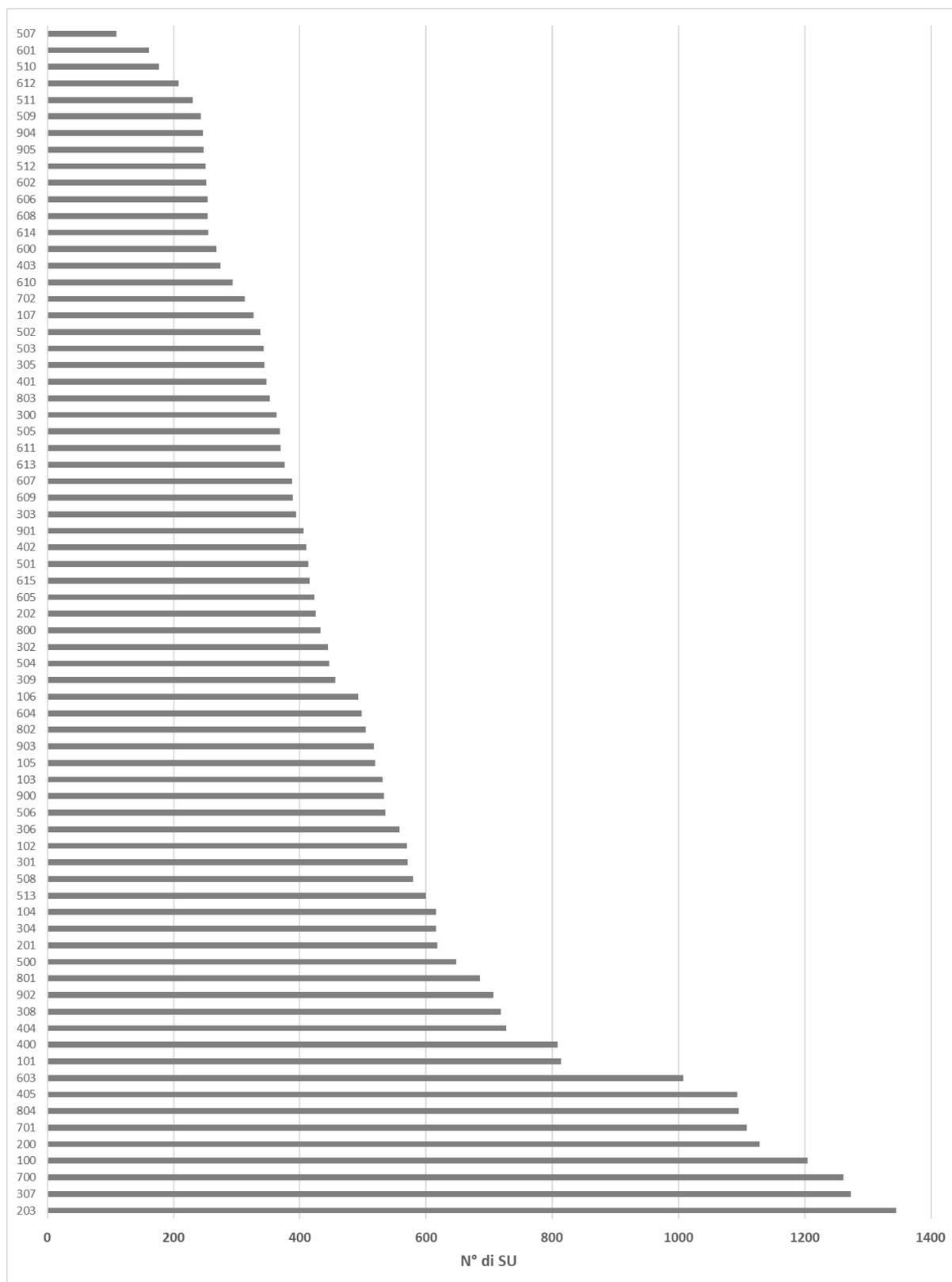


Figura 9.4 Distribuzione delle SU all'interno dei CUORE

8.1 Zonazione della suscettibilità da frana nel bacino di Briga (Messina)

Come esempio di applicazione delle Slope Units, viene descritta la zonazione della suscettibilità da frana realizzata per il bacino di Briga (*Reichenbach et al., 2014*) ed in particolare l’impatto del cambiamento dell’uso del suolo sulla suscettibilità nell’area situata nella parte meridionale del bacino, lungo la costa ionica della Sicilia (Figura 9.5). Il bacino è stato colpito il 1° ottobre 2009 da un intenso evento piovoso che ha provocato inondazioni, abbondanti frane e fenomeni diffusi di erosione causando 31 morti, sette dispersi e centinaia di feriti, nonché ingenti danni economici (*Regione Siciliana, Centro Funzionale Regionale 2009; Donnini et al., 2017; <http://polaris.irpi.cnr.it>; <http://opcm3815.altervista.org/3815.html>*).

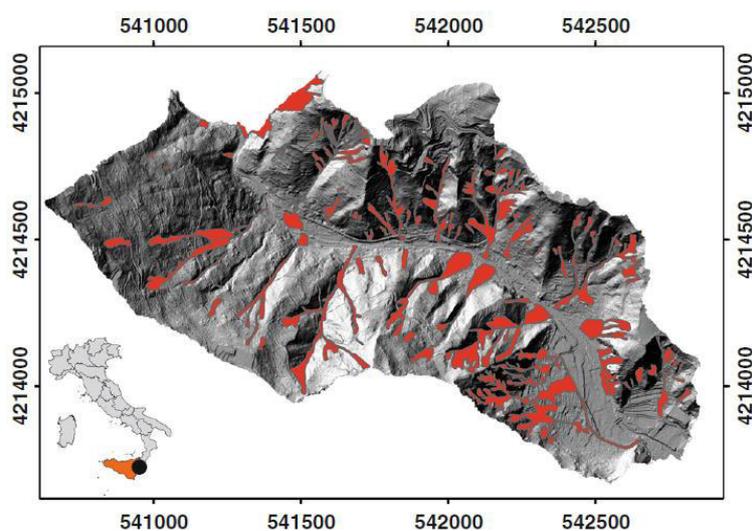


Figura 9.5 Modello digitale del terreno dell’area di studio (bacino di Briga, Messina). I poligoni in rosso rappresentano le frane causate dall’evento meteo-climatico.

A seguito dell’evento calamitoso, è stata realizzata una carta inventario delle frane di evento e due carte di uso del suolo: la prima ottenuta mediante una classificazione semiautomatica di fotografie aeree digitalizzate acquisite nel 1954 (Figura 9.6a), la seconda attraverso la combinazione di classificazioni supervisionate di due recenti immagini QuickBird (Figura 9.6b). Utilizzando le due mappe di uso del suolo, sono state preparate diverse zonazioni della suscettibilità da frana con analisi statistiche multivariate e usando le *Slope Units* come unità cartografiche di riferimento.

Affidamento di servizi per il “Programma per il supporto al rafforzamento della governance in materia di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico ai fini di Protezione Civile nell’ambito del PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020” – CIG 6983365719.

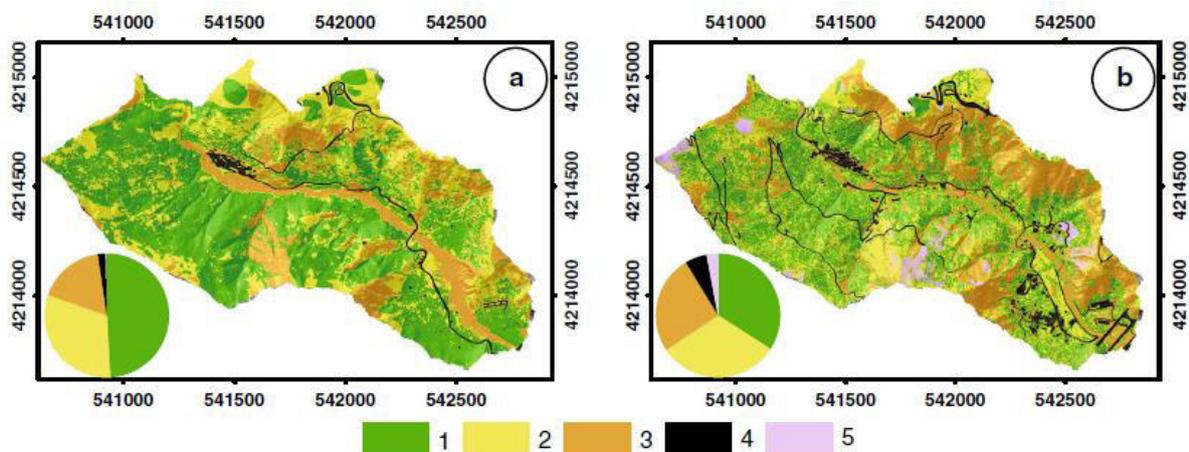


Figura 9.6. Carte di uso del suolo realizzate mediante (a) fotografie aeree acquisite nel 1954 e (b) recenti immagini QuickBird. Legenda: 1=foresta, 2=pascolo, 3=aree non vegetate, 4=aree urbane, 5=aree coltivate. I diagrammi a torta mostrano le distribuzioni delle classi di uso del suolo.

Le differenze nei modelli di suscettibilità sono state analizzate e quantificate per valutare gli effetti del cambiamento dell'uso del suolo sulla zonazione di suscettibilità (Figura 9.7). Le mappe di suscettibilità mostrano un aumento nella percentuale di area e nel numero di *Slope Units* classificate come instabili a causa dell'aumento delle aree non vegetate a discapito delle aree adibite a bosco.

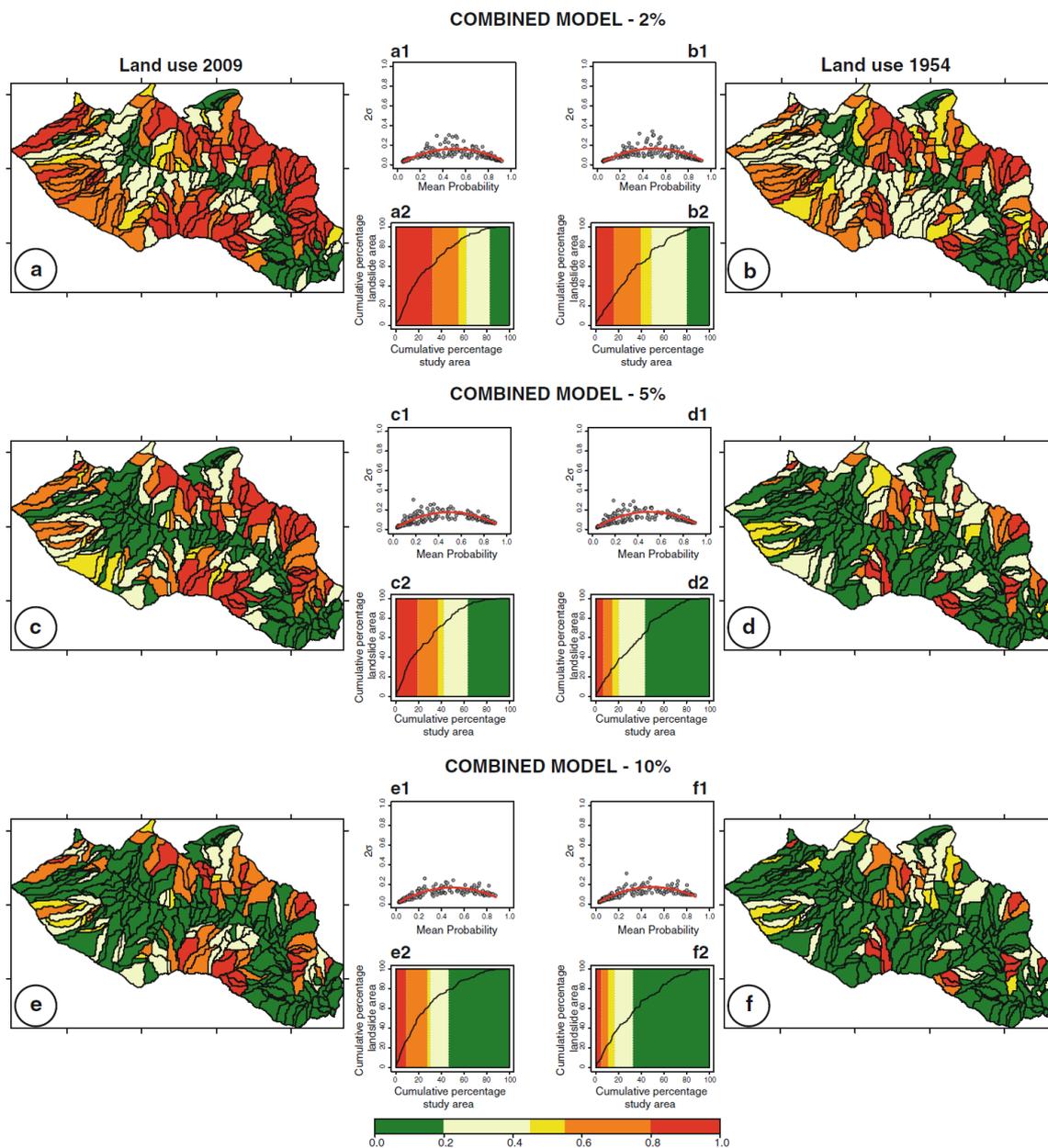


Figura 9.7 Risultati dei modelli di suscettibilità alle frane combinati preparati utilizzando soglie del 2%, 5% e 10% per suddividere le SU considerata senza frane e con frane. A destra i modelli preparati utilizzando la carta dell'uso del suolo del 2009 (a, c, e) e a sinistra la carta dell'uso del suolo del 1954 (b, d, f) con la carta di suscettibilità classificata in cinque classi; I diagrammi (a1, b1, c1, d1, d1, e1, f1), mostrano le stime dell'incertezza del modello per ogni slope units e (a2, b2, c2, d2, e2, f2) la “curva di performance del modello” (Reichenbach et al., 2014).

Riferimenti bibliografici

Alpert P., Ben-Gai T., Baharan A., Benjamini Y., Yekutieli D., Colacino M., Diodato L., Ramis C., Homar V., Romero R., Michaelides S., Manes A. (2002). The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophys. Res. Lett.* 29 (11). doi.org/10.1029/2001GL013554, 31e1e31-4.

Alvioli M., Marchesini I., Reichenbach P., Rossi M., Ardizzone F., Fiorucci F., Guzzetti F. (2016). Automatic delineation of geomorphological slope units with r.slopeunits v1.0 and their optimization for landslide susceptibility modeling. *Geoscientific Model Development*, 9, 3975-3991. doi://doi.org/10.5194/gmd-9-3975-2016.

Alvioli M., Marchesini I., Guzzetti F. (2018). Nation-wide, general-purpose delineation of geomorphological slope units. Contributo alla conferenza "Geomorphometry 2018". Pubblicazione su rivista in preparazione.

Carrara, A. (1988). Drainage and divide networks derived from high-fidelity digital terrain models. In *Quantitative analysis of mineral and energy resources* (pp. 581-597). Springer, Dordrecht.

Cassone F., Brammerini F., Castenetto S., Naso G. (2016) I Contesti territoriali (CT) e i relativi Comuni di Riferimento (CR) per la programmazione degli interventi, DPC 2016 (documento interno)

Crescenti, U. (1998). Il rischio da frana: appunti per la valutazione. *Quaderni di Geologia Applicata*, 5(2), 87-100.

Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M., Reichenbach P. (1999). Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31, 181–216. doi://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00078-1.

Melillo M., Brunetti M.T., Peruccacci S., Gariano S.L., Roccati A., Guzzetti F. (2018). CTRL-T: a tool for the automatic calculation of rainfall thresholds for landslide occurrence. *Environmental Modelling & Software*, 105, 230–243. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.03.024>

Reichenbach, P., Mondini, A. C., & Rossi, M. (2014). The influence of land use change on landslide susceptibility zonation: the Briga catchment test site (Messina, Italy). *Environmental management*, 54(6), 1372-1384.

Trigila, A. (2007). Rapporto sulle frane in Italia. Il Progetto IFFI–Metodologia, risultati e rapporti regionali, APAT, Roma, 1-681.

APPENDICE

L’appendice riporta una sintesi delle attività svolte nel primo periodo di attività del progetto. Gran parte delle analisi sono state effettuate considerando la suddivisione dei Contesti Territoriali.

A.1 Dati pluviometrici della rete dell’osservatorio delle acque

Le analisi sono state eseguite utilizzando i seguenti dati e documenti forniti dal CFDMI:

- Accesso al portale WebGis per il download dei dati di pioggia relativi ai pluviometri della rete dell’OSSERVATORIO DELLE ACQUE (ODA).
- Anagrafica dei pluviometri ODA
- Shapefile dei pluviometri ODA.

Nel file “STAZ-PLUVIO_TRADIZ_SICILIA.xlsx” (anagrafica dei pluviometri), il CF ha riportato per ciascun pluviometro statistiche relative alla pioggia mensile classificando i pluviometri in 4 classi: PESSIMA, SCADENTE, SUFFICIENTE, BUONA. Questa classificazione è stata eseguita dal CF utilizzando dei criteri definiti a partire da parametri statistici (non descritti) basati sul tempo di funzionamento della stazione e sulla qualità e quantità del dato di pioggia. Il numero totale dei pluviometri della rete ODA è di 321 stazioni. Sono stati considerati utili per eseguire delle analisi soltanto 37 pluviometri appartenenti alla classe “BUONA” (11%) e 206 pluviometri appartenenti alla classe “SUFFICIENTE” (64%). I dati di pioggia sono relativi all’intervallo di tempo dal 01/01/2002 al 31/12/2014, per un totale di 13 anni. Il dato di pioggia (nel periodo considerato) è fornito a scala giornaliera.

A.2 Integrazione dati rete SIAS

Per le analisi eseguite sono stati utilizzati anche altri dati di pioggia relativi alla rete dei pluviometri del Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS). Il numero dei pluviometri utilizzati è 104. I dati di pioggia sono relativi all’intervallo di tempo dal 01/01/2002 al 31/12/2012, per un totale di 11 anni. Il dato di pioggia (nel periodo considerato) è fornito a scala oraria.

A.3 Analisi svolte sulla rete di pluviometri ODA e SIAS

I dati di pioggia disponibili per le reti ODA e SIAS sono stati esaminati con le seguenti analisi:

- 1) Analisi della pioggia medio annua e distribuzione mensile
- 2) Ricostruzione degli eventi di pioggia con i criteri descritti in Melillo et al. (2014, 2018)
- 3) Analisi statistica descrittiva degli eventi di pioggia ricostruiti
- 4) Classificazione degli eventi di pioggia secondo i criteri descritti da Alpert et al. (2002)

- 5) Analisi statistica descrittiva della distribuzione marginale a scala mensile degli eventi di pioggia per ciascuna classe di Alpert et al. (2002)

A.4 Analisi della pioggia medio annua e distribuzione mensile

Per poter operare un confronto tra le due serie di dati (ODA e SIAS) è stato scelto il massimo periodo di sovrapposizione tra le due serie (01/01/2002 fino al 31/12/2012), per un totale di 11 anni.

La Figura A.1 mostra la distribuzione della pioggia mensile per le due serie di dati. I *boxplot* magenta sono relativi alla rete ODA, quelli viola alla rete SIAS. Per i primi sei mesi e il mese di dicembre le due distribuzioni sono molto simili, mentre nel periodo autunnale è possibile osservare una maggiore differenza. L’analisi sembra mostrare una buona consistenza tra le due serie fatta eccezione per i valori di pioggia media nei mesi di marzo e novembre che presentano delle piccole differenze nei valori mediani. In generale i dati ODA presentano una varianza per mese (ampiezza del *boxplot*) leggermente maggiore dovuta, probabilmente, al numero minore di pluviometri. Questa alta variabilità nei mesi invernali, diminuisce nel periodo primaverile ed è minima durante i mesi estivi per aumentare nella stagione autunnale. Stesso comportamento si osserva nella serie del SIAS anche se la variabilità è leggermente inferiore. La rete SIAS mostra inoltre parecchi valori *outlier* in tutti i mesi (valori più bassi o più alti rispettivamente del primo e terzo quartile). La serie dei dati dell’ODA è caratterizzata da un minor numero di *outliers* che influenzano poco gli stimatori rendendo il dato più robusto e di qualità maggiore. Tenendo presente però che i 39 pluviometri della rete ODA rappresentano quasi il 40% di quelli della rete SIAS si può concludere che i dati di pioggia possono essere considerati sufficientemente robusti.

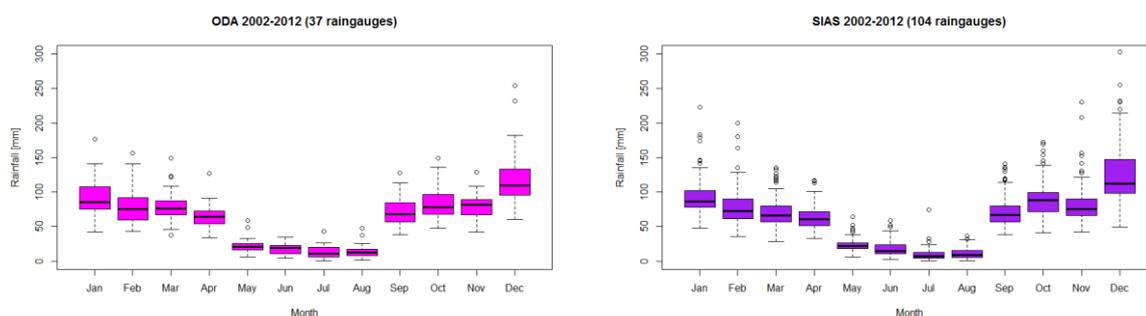


Figura A.1 La figura mostra le distribuzioni della pioggia media mensile per le due serie di dati. I *boxplot* di colore magenta sono relativi alla rete ODA, quelli in viola alla rete SIAS

Naturalmente il confronto tra le due serie di dati non tiene conto della posizione reciproca delle stazioni delle due reti. Questa analisi indica che il numero basso di pluviometri (classificati come BUONI) della rete ODA può essere considerato rappresentativo per una statistica di base della pioggia media mensile rispetto ad un numero più congruo di pluviometri della serie SIAS che garantisce una statistica più robusta sul regime pluviometrico dell’intera regione.

A.5 Ricostruzione degli eventi di pioggia

Utilizzando il software **CTRL-T** (Melillo et al. 2018), sono stati ricostruiti gli eventi di pioggia per le due serie di dati. Sia per la rete dell’ODA che per quella del SIAS sono stati impostati gli stessi valori per i parametri principali di **CTRL-T**. Abbiamo applicato la procedura automatica proposta da Melillo et al. (2018) per ricostruire gli eventi di pioggia, a partire dalle precipitazioni orarie. Nel caso della rete ODA in cui il dato era disponibile soltanto a scala giornaliera, è stato calcolato il valore medio orario per ciascun giorno dividendo la cumulata giornaliera per 24 (ore). La procedura automatica sfrutta la serie continua delle misurazioni delle precipitazioni per determinare la durata D (in h) e la pioggia cumulate E (in mm) degli eventi piovosi. Per individuare gli eventi di pioggia il programma richiede un insieme di parametri di input che variano in base alla stagione. In particolare, viene definito un periodo senza precipitazioni o con una quantità trascurabile di precipitazioni tra due periodi di pioggia consecutivi. La durata del periodo di “non-pioggia” può variare, a seconda, delle condizioni stagionali, meteorologiche o climatiche. Per la Sicilia abbiamo separato gli eventi piovosi selezionando un periodo secco di 96 ore per la stagione delle piogge da novembre ad aprile e di 48 ore per la stagione secca da maggio a ottobre (il periodo delle due stagioni è stato suggerito dal CF).

A.6 Analisi statistica descrittiva sugli eventi di pioggia ricostruiti

Sono state realizzate delle statistiche sugli eventi di pioggia ricostruiti per le due serie. In Tabella A.1 sono riportate le principali statistiche riguardanti il numero di eventi ricostruiti.

Tabella A.1. Statistiche riassuntive per gli eventi di pioggia ricostruiti. D durata della pioggia (h), E cumulata dell’evento di pioggia (mm), intensità di pioggia oraria del picco I_P (mm / h), E_{MAX24} cumulata massima in 24 ore (mm) all’interno dell’evento di pioggia. La rete ODA è evidenziata con le celle magenta, la rete SIAS con quelle viola. Sono riportati inoltre il numero totale di eventi di pioggia (# of RE) e la media degli eventi per anno (# of RE per Y).

variabile	dataset	min	25%	median	75%	95%	max
D (h)		24	24	48	96	216	888
E (mm)	Rainfall events ODA # of RE: 7028 # of RE per Y: 19	4.8	10.6	21.8	43.4	104.8	528.6
I_P (mm/h)		0.2	0.4	0.6	1.1	2.4	11
E_{MAX24}		4.8	9	15.4	25.8	56.6	263

variabile	dataset	min	25%	median	75%	95%	max
D (h)		1	7	33	98	322	1571
E (mm)	Rainfall events SIAS # of RE: 24153 # of RE per Y: 24	1.2	5.4	15.4	38.6	111.7	711.6
I_P (mm/h)		0.2	2.2	4.6	8.2	20	86.6
E_{MAX24}		1	4.8	11.8	24.4	57.4	466.6

Sono state inoltre prodotte, le curve ECDF² (Figura A.2) per le quattro principali variabili che caratterizzano gli eventi di pioggia: D durata della pioggia (h), E cumulata dell’evento di pioggia (mm), intensità di pioggia oraria del picco IP (mm / h), cumulata massima in 24 ore all’interno dell’evento di pioggia E_{MAX24} (mm). Le curve ECDF sono evidenziate con curve magenta per la rete ODA e viola per la rete SIAS.

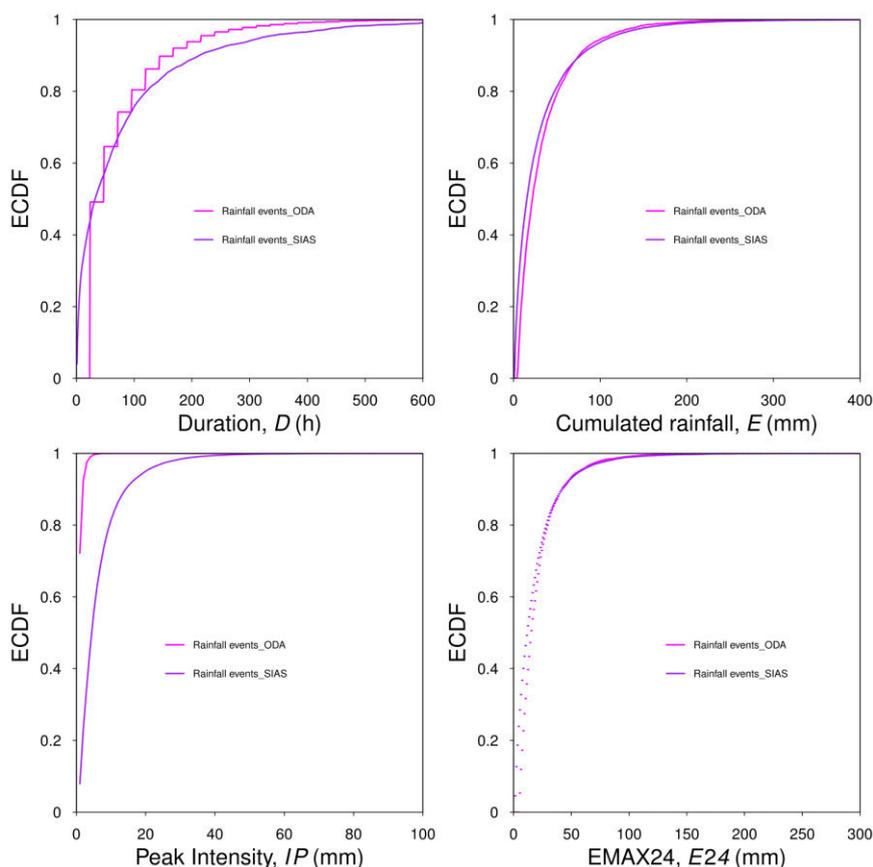


Figura A.2 La figura mostra le curve ECDF per le quattro variabili principali derivate dagli eventi di pioggia ricostruiti per le due serie di dati distribuzioni della pioggia media mensile per le due serie di dati (rete ODA curve magenta, rete SIAS curve viola).

Il confronto tra le statistiche e le curve ECDF ci mostra le differenze e/o le affinità tra le due serie di dati. La durata degli eventi di pioggia della rete ODA sono (per costruzione) definite in multipli di 24 ore. La tabella A.2 mostra che i valori nell’intorno della mediana siano poco differenti considerati i valori di cumulata a percentili più elevati. Per la distribuzione delle cumulate (curve ECDF della variabile E) si hanno piccolissime variazioni per valori superiori al valore mediano, ma in generale si osserva una distribuzione molto simile. Le differenze massime si ritrovano nell’analisi dei picchi orari di pioggia (variabile IP che risente dell’effetto della normalizzazione del dato da giornaliero a orario eseguita nei dati della rete ODA. Questo indica che eventuali utilizzi di questi dati per la ricostruzione di condizioni di innesco di frana o di eventi di piena che richiedano analisi a scale inferiori alle 24 ore, potrebbero fornire dei

² Le curve ECDF (*Empirical Cumulative Distribution Function*) forniscono delle stime empiriche della distribuzione cumulata dei parametri considerati.

risultati poco realistici se non completamente sbagliati. Il dato che invece fornisce la variabile E_{MAX24} indica come la statistica della massima cumulata della finestra mobile di 24 ore all’interno di ciascun evento di pioggia, sia molto consistente (quasi coincidente) fino al 95% percentile (5 valori su 100 della E_{MAX24} risultano diversi per le due serie ma soltanto per cumulate superiori a 60 mm come confermano le curve ECDF mostrate in Figura A.1).

A.7 Classificazione degli eventi di pioggia secondo i criteri descritti da Alpert

Il Software **CTRL-T** fornisce, come informazione allegata a ciascun evento di pioggia ricostruito, anche una classificazione basata sui criteri definiti da Alpert et al. (2002), in particolare utilizzando la pioggia cumulata massima in 24 ore (E_{MAX24}) gli eventi vengono distinti in 6 differenti classi. La Tabella A.2 mostra la classificazione e la statistica sul numero totale degli eventi per le due serie di dati

Tabella A.2. Numero (#RE) e percentuale degli eventi di pioggia nelle sei categorie di cumulate di pioggia proposta da Alpert et al. (2002)

Dataset		ODA		SIAS	
Category of RE	E (mm)	#RE	%	#RE	%
Light (L)	≤ 4	0	0.0	5298	21.9
Light-Moderate (LM)	4-16	3296	46.9	9267	38.4
Moderate-Heavy	16 - 32	1970	28.0	5676	23.5
Heavy (H)	32 - 64	839	11.9	2989	12.4
Heavy-Torrential	64 - 128	230	3.3	802	3.3
Torrential (T)	> 128	19	0.3	121	0.5

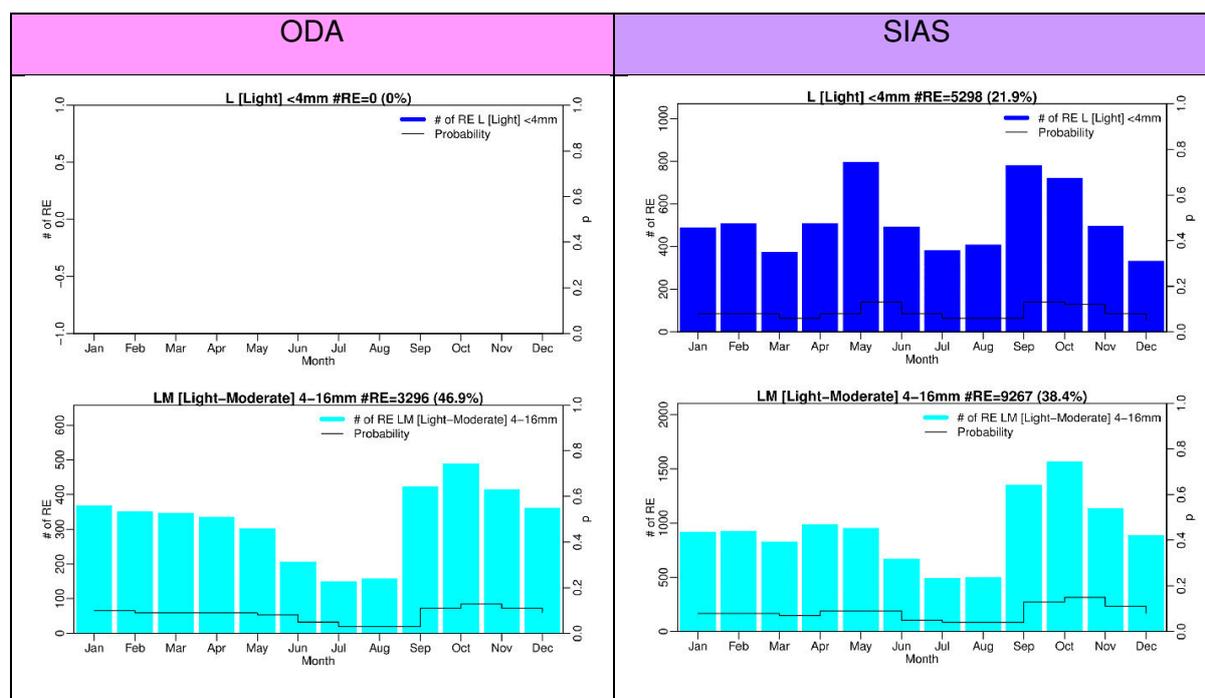


Figura A.3 La figura mostra la distribuzione mensile del numero di eventi e della percentuale dall’alto al basso per le classi L, LM e da sinistra a destra per la rete ODA e la rete SIAS.

Dal confronto dei risultati mostrati in Tabella A.2, si evidenzia una buona correlazione tra le percentuali riguardanti le classi con cumulata più alte (H, HT, T), si nota l’assenza per la rete ODA di eventi di classe L, ma questo è un effetto della normalizzazione oraria. In generale la maggior parte degli eventi si caratterizzano nelle prime tre classi (questo risultato evidenzia il regime pluviometrico predominante considerata la pioggia massima che potrebbe cadere in un giorno durante un evento di pioggia). Gli eventi estremi sono rappresentati da valori di percentuali inferiori, ma che sottolineano come sul territorio della Sicilia ci siano stati comunque più di 900 eventi di classe HT e T che, nel periodo di analisi considerato, danno una media superiore agli 80 eventi annui. Un altro aspetto interessante è stato quello di verificare quando (durante i 12 mesi dell’anno) questi eventi distinti per classe si verificassero. I grafici nelle figure 10.3 – 10.5 mostrano il confronto delle distribuzioni per classe di evento per la rete ODA e la rete SIAS.

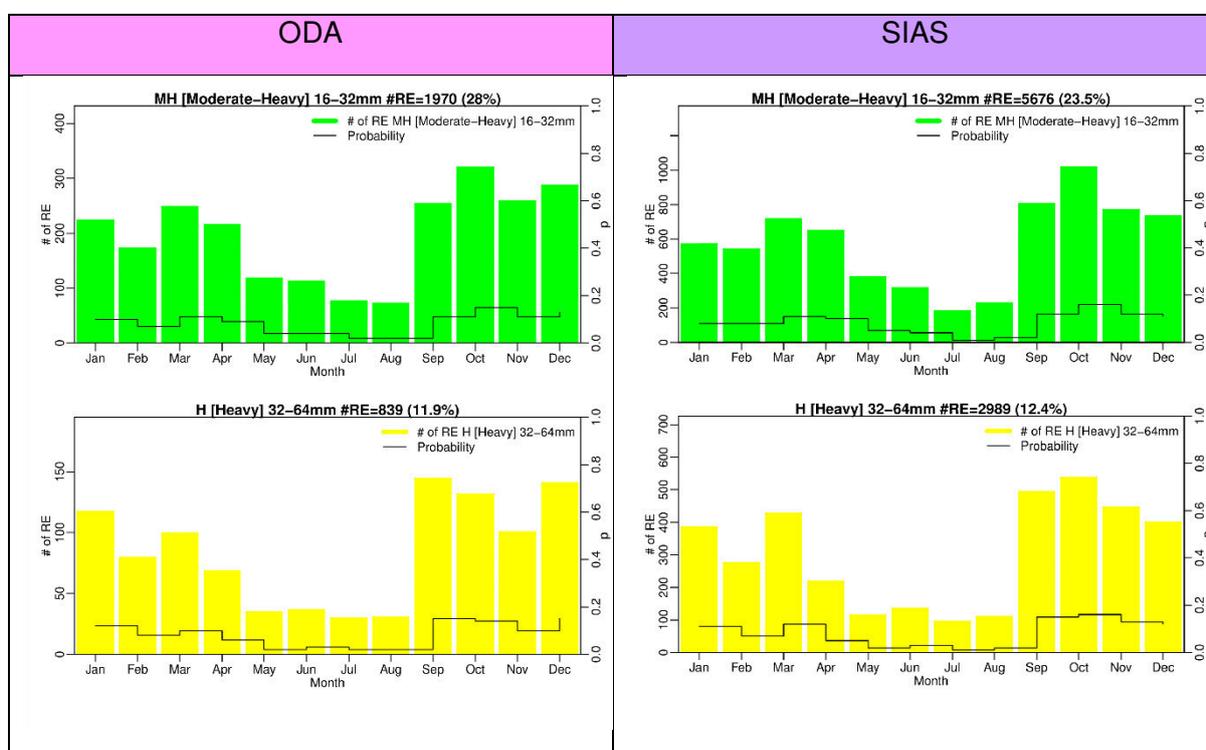


Figura A.4. La figura mostra la distribuzione mensile del numero di eventi e della percentuale dall’alto al basso per le classi M, MH e da sinistra a destra per la rete ODA e la rete SIAS.

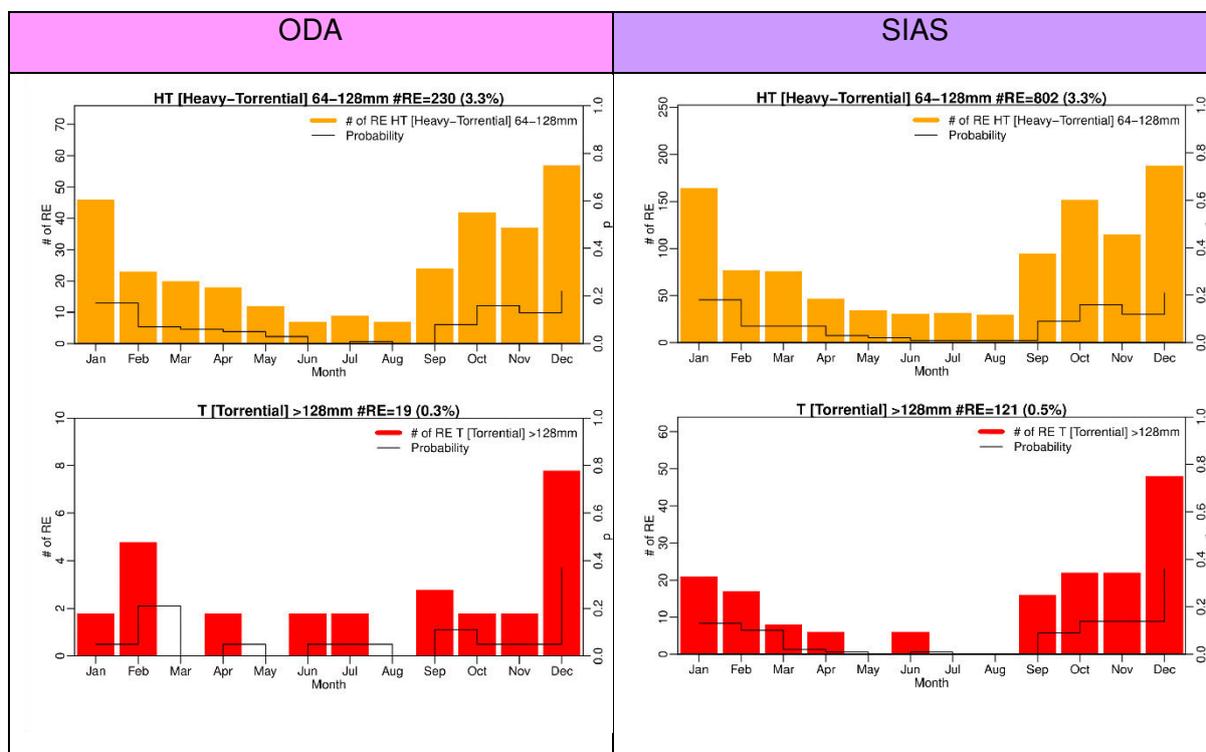


Figura A.5. La figura mostra la distribuzione mensile del numero di eventi e della percentuale dall’alto al basso per le classi HT, T e da sinistra a destra per la rete ODA e la rete SIAS.

Osservando le distribuzioni delle Figure A.3 – A.5 si osservano in generale piccole differenze tra le due reti, mentre analizzando la distribuzione annua delle percentuali rispetto al totale degli eventi (curve nere nei grafici), per le classi LM, MH, H, HT non si apprezzano grosse differenze se non una diminuzione graduale da gennaio a agosto e un innalzamento della percentuale degli eventi nella stagione autunnale/invernale. Nella classe a più alta cumulata di pioggia (T) la distribuzione non è uniforme nei dati della rete ODA, quasi l’40% degli eventi si concentrano a dicembre, e il 20% a febbraio, la restante parte nei restanti mesi (inclusi quelli estivi di giugno e luglio). I risultati della statistica fatta sulla rete SIAS mostra invece una distribuzione più costante durante l’anno, con l’assenza di eventi tra luglio e agosto e anche in questo caso una maggior percentuale di eventi (40% come risulta sulla rete ODA) nel mese di dicembre.

A.8 Raccolta e analisi dello storico dei bollettini giornalieri di allerta

Le analisi sono state eseguite utilizzando i seguenti dati e documenti forniti dal CFDMI:

Sito ad accesso pubblico:

http://www.regione.sicilia.it/presidenza/protezionecivile/pp/archivio_idro.asp

Abbiamo confrontato i poligoni dei Contesti Territoriali (CT; 43 poligoni) della Sicilia così come forniti da PON sisma, in relazione allo storico dei bollettini giornalieri di allerta disponibili alla

pagina: “archivio avvisi allerta rischio idrogeologico” del sito internet della Regione Sicilia³. I CT forniti non sono perfettamente inseriti all’interno delle Zone Omogenee di Allerta (ZOA, etichettate con un codice alfabetico, da A ad I) usate nei bollettini giornalieri, ma alcuni si trovano a cavallo di più ZOA. Per comprendere il grado di omogeneità dei CT in relazione ai bollettini di allerta, abbiamo analizzato i dati degli allertamenti delle ZOA. I dati sono disponibili dal 2008 al 2018, in formato PDF, e contengono le allerte suddivise per aggiornamento giornaliero e previsione per il giorno successivo, nonché per rischio idrogeologico e rischio idraulico. In questa analisi abbiamo considerato solamente l’allerta per il rischio idrogeologico per il giorno successivo. I possibili codici di allerta negli avvisi, e le relative fasi operative, sono 4: verde (generica vigilanza), giallo (attenzione), arancione (preallarme), rosso (allarme). Il formato dei bollettini, le informazioni in esse contenute ed i codici di allerta stessi sono cambiati nel corso del periodo di tempo disponibile, perciò abbiamo limitato l’analisi al periodo 2016-2018, in cui tutte queste caratteristiche si sono mantenute relativamente costanti, almeno per quanto riguarda il tipo di analisi descritta nel seguito. Procedendo in questo modo, l’analisi si può estendere almeno fino al 2014.

Per ottenere lo storico giornaliero è stato necessario scaricare tutti i file PDF ed analizzarli per estrarre le informazioni necessarie. Abbiamo sviluppato una procedura automatica che riconosce il colore di ognuna delle 9 ZOA e lo salva in un file tramite un codice. Il risultato di questa operazione è, per ogni anno analizzato, un file con tante righe quanti sono i giorni e 9 colonne, ognuna delle quali si riferisce ad una delle ZOA.

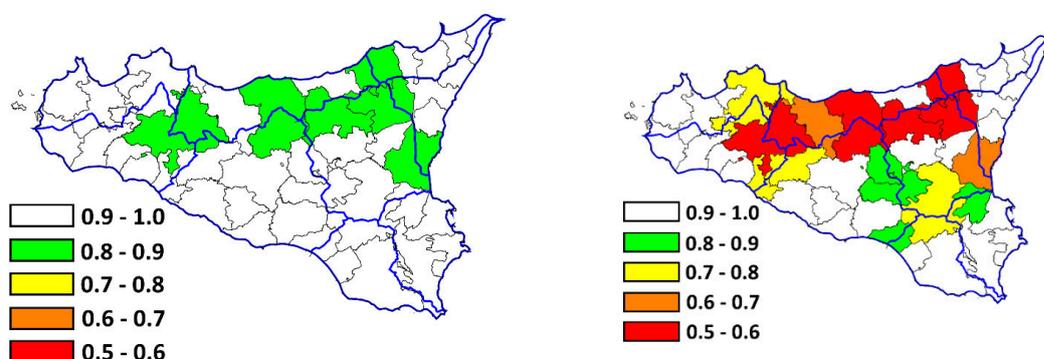


Figura A.6. Frazione F di volte in cui un CT viene interessato da due codici di allerta discordanti. A sinistra, l’analisi include tutti i giorni dal 2016 ad oggi; a destra, non vengono considerati i giorni in cui tutte le ZOA sono associate al codice “verde”.

Per dare una misura del grado di omogeneità con la quale ognuno dei CT viene allertato, per ogni CT abbiamo calcolato la percentuale di giorni in cui veniva dato un’allerta discordante all’interno del poligono corrispondente. Questo si può verificare a causa del fatto che il CT è interessato da due o più ZOA, alle quali viene assegnato nello stesso giorno un codice di allerta differente. Per la maggioranza dei giorni analizzati i codici di allerta delle 9 ZOA sono tutti “verde”, perciò abbiamo ripetuto l’analisi due volte: la prima, includendo tutti i giorni

³http://www.regione.sicilia.it/presidenza/protezionecivile/pp/archivio_idro.asp

disponibili nel periodo indicato; la seconda, includendo solo i giorni in cui almeno una ZOA era associata ad un codice diverso da “verde”.

Il risultato dell’analisi è mostrato in figura A.6. Le percentuali (in figura, le frazioni, che chiamiamo F nel seguito) risultanti dall’analisi descritta sono classificate in cinque categorie. Dai risultati mostrati in Figura A.6 possiamo evidenziare che i CT i cui poligoni sono interamente contenuti in una sola ZOA, ovviamente, non hanno mai codici discordanti ($F = 1$); i CT che sono interessati da due o più ZOA non ricevono necessariamente sempre due codici di allerta diversi, infatti otteniamo $F_{\text{minimo}}=0.88$ (nel caso in cui si considerano tutti i giorni), e $F_{\text{minimo}}=0.56$ (nel caso in cui si considerano solo i giorni in cui c’è almeno un codice diverso da “verde”).

Riteniamo che l’analisi si possa estendere nei modi seguenti:

- includendo i dati relativi agli anni 2014-2015;
- confrontando i risultati della Figura A.6 con quelli che si otterrebbero con definizioni diverse dei CT;
- introducendo un “indice di omogeneità” che si può ottenere, ad esempio, pesando in maniera differente i diversi CT nella classificazione finale, utilizzando sia F , mostrata in Figura A.6, sia altre informazioni quali per esempio la distribuzione della popolazione e la densità di vie di comunicazione all’interno del poligono del CT, o altro (propensione al dissesto?). Da capire se questo va fatto considerando F come quantità più rilevante, in maniera che per i CT in cui $F = 1$ (CT interamente contenuti in una ZOA), questa rimanga tale, mentre i valori $F < 1$ possono essere ulteriormente modulati.

A.9 Raccolta, informatizzazione e analisi delle informazioni relative agli effetti al suolo di eventi geo-idrologici

Le analisi sono state eseguite utilizzando i seguenti dati e documenti forniti dal CFDMI:

12 Rapporti di evento relativi al periodo 2015-2018 formato PDF

I rapporti di evento vengono realizzati a seguito di eventi che hanno provocato effetti al suolo. I rapporti sono suddivisi in 7 sezioni in cui sono descritte le analisi meteorologiche, pluviometriche, e idrometriche, gli effetti al suolo (Figura A.7), e raccolta di articoli di giornale in cui si parla dell’evento.

Nella sezione effetti al suolo sono riportati i dati relativi ai comuni colpiti dall’evento e gli effetti al suolo registrati in ciascun comune.

EFFETTI AL SUOLO	
Viene qui fornito un quadro degli effetti e dei danni indotti dall’evento, di cui ha avuto notizia il CFD.	
AGRIGENTO	
Cattolica Eraclea	
<ul style="list-style-type: none"> • Frana di crollo del costone di Eraclea Minoa. Evacuazione di tre villette. 	
Ravanusa	
<ul style="list-style-type: none"> • Allagamenti e danni alla pavimentazione stradale nel centro abitato; • Frane superficiali nella zona ovest del territorio comunale. 	
Sambuca di Sicilia	
<ul style="list-style-type: none"> • Crollo di un muro in pietra nella villa comunale; • Esondazione del Torrente Rincione – San Giovanni. 	

Figura A.7. Estratto del Bollettino dove sono riportati gli effetti al suolo

Al fine di spazializzare i dati, le informazioni relative agli effetti al suolo sono state prima riportate in un file Excel che contiene per ogni evento e per ogni comune la descrizione degli effetti al suolo, così come riportata nel report (Figura A.8). Inoltre gli eventi sono stati classificati in base alla descrizione riportata nel report (campo tipo_eff del file excell) come eventi di tipo “GEO” se si tratta di frane o crolli, eventi di tipo “IDRO” se si tratta di esondazione di corsi d’acqua, “UF” se si tratta di allagamenti cittadini, “ANTR” se gli effetti al suolo riguardano crolli o danneggiamenti di manufatti e “VENTO” se gli effetti al suolo sono relativi a caduta di alberi o altri effetti relativi al forte vento. Qualora non si sia riusciti a risalire esattamente alla tipo di effetto la classificazione del tipo_eff è stata codificata come “nn”.

id	inizio	fine	comune	effetto	tipo_eff
1	08/10/2015	10/10/2015	Cattolica Eraclea	Frana di crollo del costone di Eraclea Minoa. Evacuazione di tre villette.	GEO
1	08/10/2015	10/10/2015	Ravanusa	Allagamenti e danni alla pavimentazione stradale nel centro abitato;	UF
1	08/10/2015	10/10/2015	Ravanusa	Frane superficiali nella zona ovest del territorio comunale.	GEO
1	08/10/2015	10/10/2015	Sambuca di Sicilia	Crollo di un muro in pietra nella villa comunale;	ANTR
1	08/10/2015	10/10/2015	Sambuca di Sicilia	Esondazione del Torrente Rincione – San Giovanni	IDRO
1	08/10/2015	10/10/2015	Gela	Allagamenti nel centro abitato	UF

Figura A.8. Estratto della tabella Excel

In questo modo sono stati raccolti 108 effetti al suolo relativi a 9 eventi. Successivamente è stato realizzato un join tra il campo “comune” del file Excel e il campo “comune” dello shapefile comuni_sicilia.shp al fine di ottenere la distribuzione degli effetti al suolo a livello comunale.

Non si è scesi in un dettaglio maggiore in quanto per analizzare l’uniformità dei CT rispetto la distribuzione degli eventi la scala comunale è stata ritenuta sufficiente.

A.10 Analisi CT Sicilia in relazione agli effetti al suolo

Abbiamo confrontato i poligoni dei Contesti Territoriali (CT; 43 poligoni) della Sicilia così come forniti da PON in relazione allo storico degli effetti al suolo corrispondenti a 9 eventi, estratti dai documenti forniti dalla Protezione Civile della Regione Siciliana. Gli eventi hanno tipicamente una distribuzione spaziale che interessa molti CT, anche distanti fra loro. La

risoluzione spaziale dei dati a disposizione è a livello del comune. Nel seguito, ci riferiamo a “evento” solamente per quanto riguarda gli effetti al suolo.

Per valutare il grado di omogeneità dei CT in relazione agli effetti al suolo prodotti dall’insieme di eventi a nostra disposizione, abbiamo generato una mappa vettoriale per ognuno degli eventi. La mappa di un certo evento è l’aggregazione di tutti i comuni all’interno dei quali siamo a conoscenza della presenza di effetti al suolo; le mappe corrispondenti agli eventi a disposizione sono mostrate in Figura A.9. Dato che abbiamo pochi eventi, e che gli effetti al suolo in diverse parti dell’isola sono probabilmente dovuti a diverse fasi di ogni evento, abbiamo suddiviso ogni evento nei sottoinsiemi di comuni adiacenti. Ad esempio il primo evento (a) in Figura A.9 è stato suddiviso in 9 sottoinsiemi, analizzati individualmente; il secondo evento (b) è stato invece suddiviso in 3 sottoinsiemi, il terzo (c) in cinque, e così via.

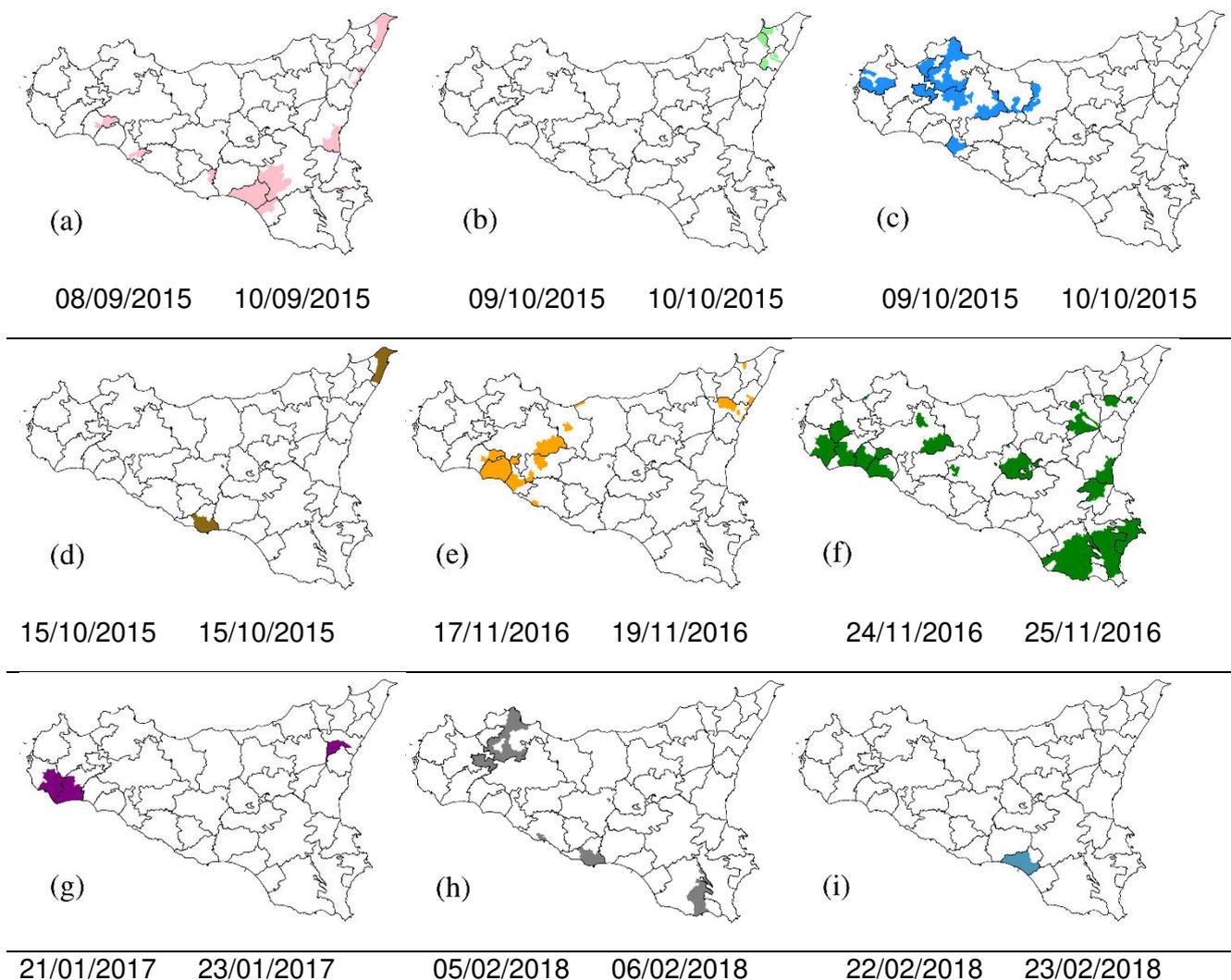


Figura A.9. La figura mostra, a titolo illustrativo, l'estensione spaziali di 9 degli eventi a nostra disposizione. La data riporta l'inizio e la fine dell'evento.

Consideriamo ora il numero di volte che ogni CT viene interessato da un evento (dal sottoinsieme dei comuni adiacenti) insieme ad un altro CT. Questo numero ci dà una misura della omogeneità che vogliamo ottenere: tanto più un certo CT viene interessato da un evento insieme ad un altro CT, tanto meno è stato suddiviso in maniera ottimale rispetto alla distribuzione spaziale degli eventi osservati. Al contrario, tanto più un evento viene interessato da un evento che è confinato al suo interno, tanto più è stato suddiviso in maniera ottimale, cioè è omogeneo, rispetto agli eventi che tipicamente lo interessano.

La Figura A.10 mostra il risultato dell'analisi descritta. Concludiamo che questa analisi, sebbene semplice, restituisce un risultato non banale: i diversi CT hanno diverse caratteristiche di intersezione con gli eventi a disposizione. La semplicità della procedura adottata per rispondere alla domanda circa l'omogeneità dei CT costituisce un vantaggio, in quanto la rende robusta e indipendente da parametrizzazioni e scelte arbitrarie. L'unica scelta

fatta è stata quella di considerare indipendentemente i sottoinsiemi di comuni adiacenti come elementi di analisi individuali, che sembra giustificata dall’estensione spaziale consistente di alcuni degli eventi, mostrati in Figura A.9.

Riteniamo che l’analisi si possa estendere nei modi seguenti:

- Aggiungere nuovi eventi
- Utilizzare la localizzazione precisa dei singoli effetti al suolo; richiede una diversa strategia di analisi per quanto riguarda la misura di omogeneità dei CT rispetto agli effetti al suolo puntuali.

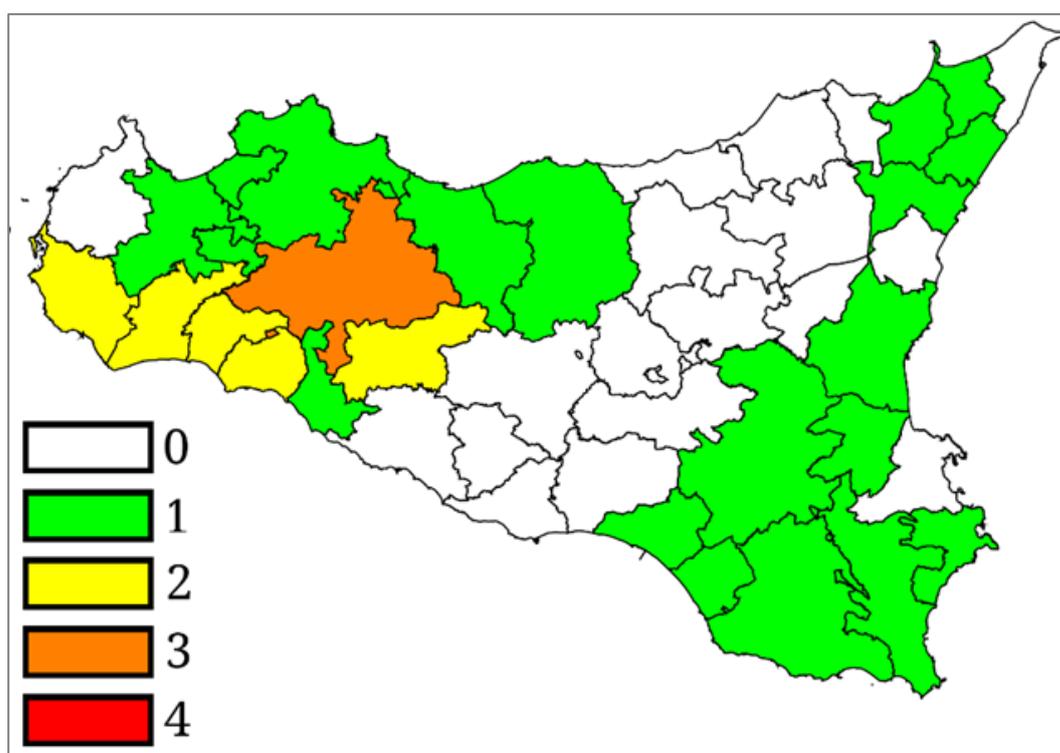


Figura A.10. Numero di volte che ogni CT viene interessato in maniera non omogenea da un evento (da un sottoinsieme di un evento). Bianco: zero intersezioni; verde: una intersezione; giallo: due; arancione: tre; rosso: quattro intersezioni. Il CT delle isole Eolie, non mostrato nella figura, corrisponde a zero intersezioni, per costruzione della procedura.