

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

RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO

LINEA B DI INTERVENTO

**B.1.1 - AFFIANCAMENTO PER ANALISI DEI FABBISOGNI E VALUTAZIONE DELLE
DIMENSIONI TERRITORIALI IN RELAZIONE ALLE AREE AFFERENTI AI CENTRI
OPERATIVI DI PROTEZIONE CIVILE**

B11CAM_RT3 - Analisi di fattibilità degli indicatori come definiti nell'attività A.1.1

Regione Campania

**F. Violante, G. Esposito, O. Petrucci,
P. Lollino, L. Pisano, M. Donnini, P. Reichenbach**

**Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
Consiglio Nazionale delle Ricerche
CIMA (Centro Internazionale in Monitoraggio Ambientale)**

24 luglio 2019

INDICE

Lista degli acronimi	3
1. Introduzione	4
2. Rapporti spaziali tra frane IFFI e CT	5
3. Rapporti spaziali tra frane PAI, piene PAI e CT	6
3.1. PAI frane.....	6
3.2. PAI idraulico.....	8
4. Distribuzione effetti al suolo degli eventi di tipo C.....	11
4.1. Evento Sannio 14 – 20 ottobre 2015.....	11
5. Soglie di criticità regionali.....	21
6. Rete pluviometrica	23
7. Slope Unit	25
8. Riferimenti bibliografici	29

Lista degli acronimi

SIGLA	DESCRIZIONE
ZA	Zone omogenee di Allerta
CR	Comune di Riferimento
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

I risultati del 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 Calabria 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 “*B11CAM_RT3 - Analisi di fattibilità degli indicatori come definiti nell’attività A.1.1*” ha l’obiettivo di descrivere per la regione Campania, le caratteristiche dei Contesti Territoriali (CT) rispetto agli eventi e alle caratteristiche meteo-geo-idrologiche. Nel presente report le analisi sono state effettuate considerando i 45 CT individuati nel corso della prima annualità.

Le attività sono state svolte in parte presso la Protezione Civile della Regione Campania, con il supporto logistico e scientifico dell’Ing. Mauro Biafore.

2. Rapporti spaziali tra frane IFFI e CT

In questa sezione sono descritti i rapporti spaziali tra i poligoni di frana mappati dall'IFFI e i CT. L'IFFI non sempre fornisce informazioni complete sulla distribuzione spaziale delle frane e non contiene informazioni sulla frequenza, sulla magnitudo, né sulla propensione del territorio a franare.

La Figura 2.1 mostra i poligoni di frana mappati dall'IFFI sovrapposti ai CT. Le aree in frana IFFI, diffuse in tutto il territorio regionale, occupano un'area pari a 968 km², corrispondente al 7,1% dell'intero territorio regionale. La Figura 2.2 mostra i CT classificati in base alla percentuale di territorio in frana secondo la mappatura IFFI. È possibile evidenziare che le aree maggiormente interessate da frane sono situate nelle aree Nord-Orientale, più precisamente nella zona compresa tra le province di Benevento ed Avellino e a Sud nell'area Cilentana. Degna di menzione la presenza di fenomeni di frana censiti nel database dell'IFFI nella zona della penisola Sorrentina e in buona parte della zona di allertamento meteorologica Penisola sorrentino-amalfitana, Monti di Sarno e Monti Picentini (Zona 3).

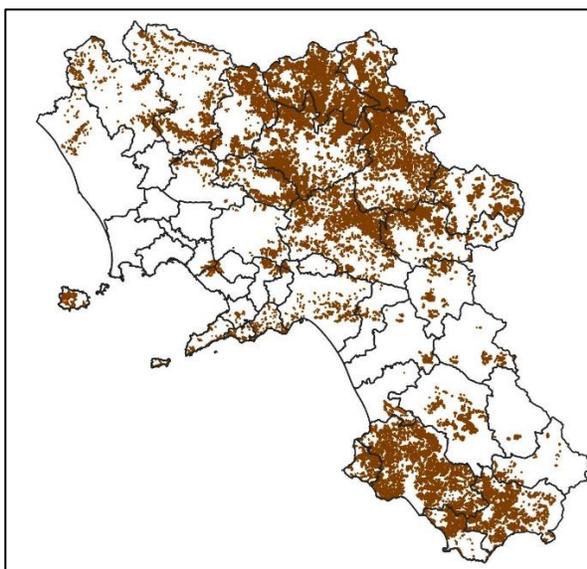


Figura 2.1. Poligoni in frana mappati dall'IFFI sovrapposti ai CT

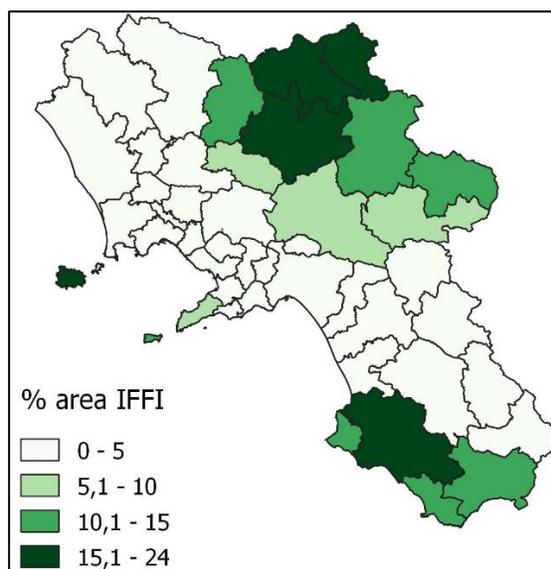


Figura 2.2 - CT classificati in base alla percentuale di area in frana come mappate da IFFI

3. Rapporti spaziali tra frane PAI, piene PAI e CT

3.1. PAI frane

Le informazioni contenute nel PAI frane, analogamente all'inventario IFFI, forniscono informazioni parziali relative alla distribuzione spaziale dei dissesti e non forniscono informazioni né sulla loro frequenza, né sulla loro magnitudo.

Per avere un'omogeneità nelle valutazioni PAI tra le varie regioni, è stato usato lo *shapefile* fornito da Ispra al sito <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/mosaicature-nazionali-ispra-pericolosita-frane-alluvioni>

Il dato relativo alle aree a rischio non è stato analizzato perché non è stato valutato in maniera omogenea su tutto il territorio regionale.

La figura 3.1 mostra i poligoni delle aree classificate dal PAI con diversi livelli di pericolosità (P1, P2, P3 e P4) sovrapposti ai 45 CT della Regione Campania. Le aree soggette a pericolosità P3 e P4 presentano una superficie complessiva pari a 2664 km² (circa il 20% del territorio regionale).

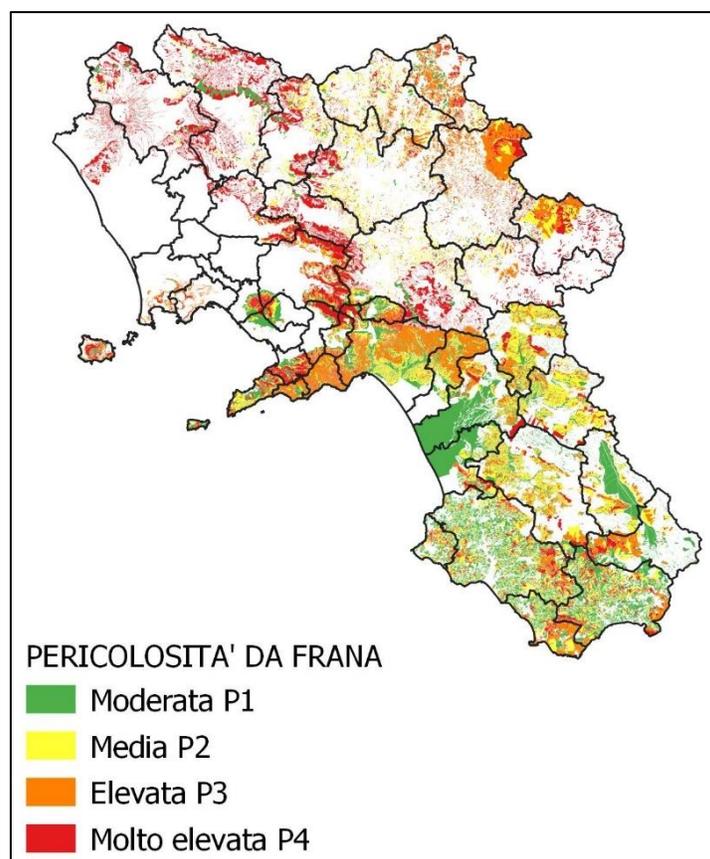


Figure 3.1. Poligoni delle aree classificate dal PAI con diversi livelli di pericolosità sovrapposti ai CT

La Tabella 3.1 mostra il numero dei CT che presentano diverse percentuali di area soggette a pericolosità da frana P3 e P4.

La tabella mostra che:

- (i) 25 CT (il 55% del totale) presentano un'area soggetta a pericolosità da frana P3 e P4 compresa tra lo 0% ed il 20% dell'area totale;
- (ii) 12 CT (26% del totale) presentano un'area soggetta a pericolosità da frana P3 e P4 compresa tra il 20% ed il 40% dell'area totale;
- (iii) 5 CT (11% del totale) presentano un'area soggetta a pericolosità da frana P3 e P4 compresa tra il 40% ed il 60% dell'area totale.
- (iv) 2 CT (4% del totale) presentano un'area soggetta a pericolosità da frana P3 e P4 compresa tra il 60% ed 85% dell'area totale

Tabella 3.1. Numero di CT che presentano percentuali di aree soggette a pericolosità da frana P3 e P4

Area P3 e P4 [%]	CT [#]
0 – 20	25
20 – 40	12
40 – 60	5
60 – 85	2

I risultati di tale analisi sono riportati in Figura 3.2. Le zone maggiormente interessate da frane sono posizionate in aree della penisola Sorrentina, coincidenti con la zona di allertamento meteorologica "Penisola sorrentino-amalfitana, Monti di Sarno e Monti Picentini" (Zona 3), area storicamente interessata da fenomeni di colata rapida di fango.

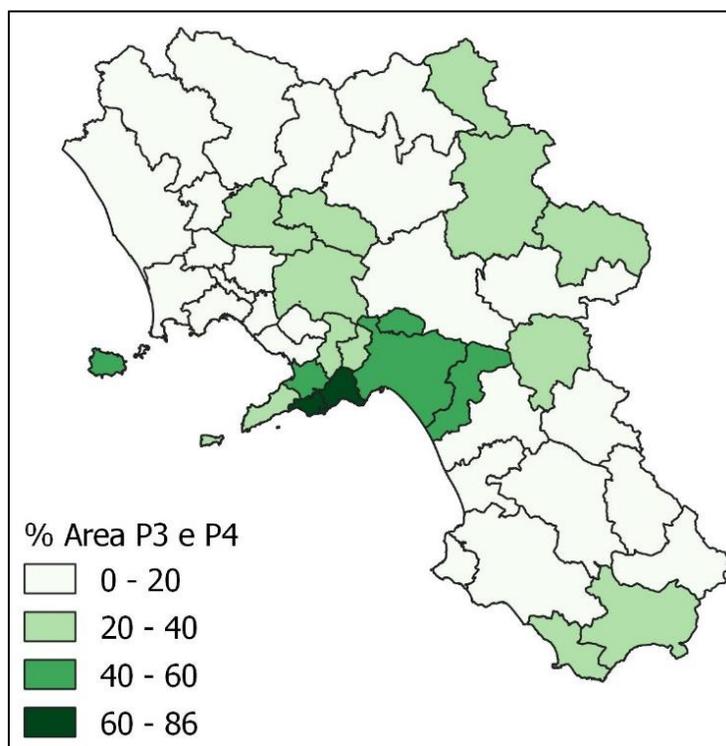


Figure 3.2. CT classificati in base alla percentuale di aree a pericolosità da frana P3 e P4

3.2. PAI idraulico

In questa sezione sono stati confrontati i poligoni delle aree soggette a diversa pericolosità idraulica come definite dal PAI. Come per il PAI frane, anche il PAI idraulico fornisce un'informazione parziale 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.

Per avere un'omogeneità nelle valutazioni PAI tra le varie regioni, è stato usato lo *shapefile* fornito da Ispra al sito <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/mosaicature-nazionali-ispra-pericolosita-frane-alluvioni>

La Figura 3.3 mostra le aree soggette a diversa pericolosità idraulica così come definite dal PAI sovrapposti ai CT. Le aree soggette a pericolosità idraulica P3 presentano una superficie totale pari a 509,7 km² (circa il 3.7% della superficie regionale). La figura mostra che le aree soggette a pericolosità idraulica sono distribuite in maniera quasi omogenea in tutta la Regione con relativa attenzione per i bacini del Liri-Garigliano-Volturno, i bacini del Sele, quello del Fiume Sarno e quella dei rii e torrenti minori della Penisola Sorrentina.

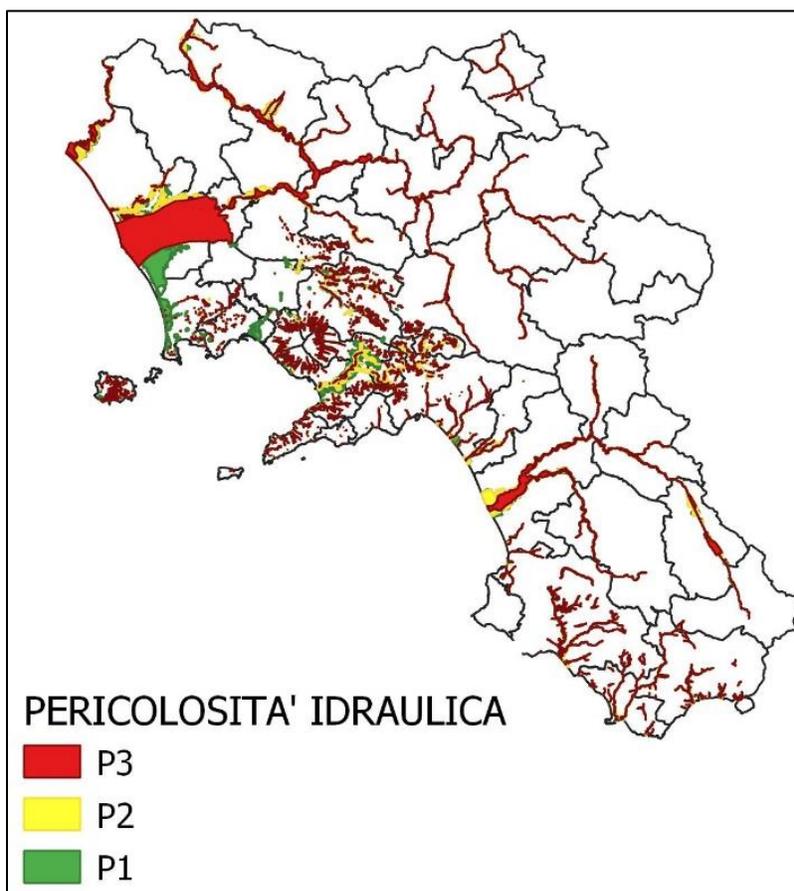


Figure 3.3. CT classificati in base alla percentuale di aree a pericolosità da frana P3 e P4

La Tabella 3.2 mostra il numero dei CT che presentano diverse percentuali di area soggette a pericolosità idraulica P3. La tabella mostra che:

- (i) 16 CT (35% del totale) presentano un'area soggetta a pericolosità idraulica P3 minore dell'1% dell'area totale
- (ii) 22 CT (48% del totale) presentano un'area soggetta a pericolosità idraulica P3 compresa fra il 1% ed il 5% dell'area totale
- (iii) 5 CT (11% del totale) presentano un'area soggetta a pericolosità idraulica P3 compresa tra il 5% ed il 10% dell'area totale
- (iv) 0 CT presentano un'area soggetta a pericolosità idraulica P3 compresa tra il 10% e il 15% dell'area totale
- (v) 2 CT (4% del totale) presentano un'area soggetta a pericolosità idraulica P3 maggiore del 15% dell'area totale

Tabella 3.2 CT che presentano percentuali di aree soggette a pericolosità idraulica P3 e P4

Area P3 e P4 [%]	CT [#]
0 – 1	16
1 – 5	22
5 – 10	5
10 – 15	0
> 15	2

I risultati di tale analisi sono illustrati nella Figura 3.4

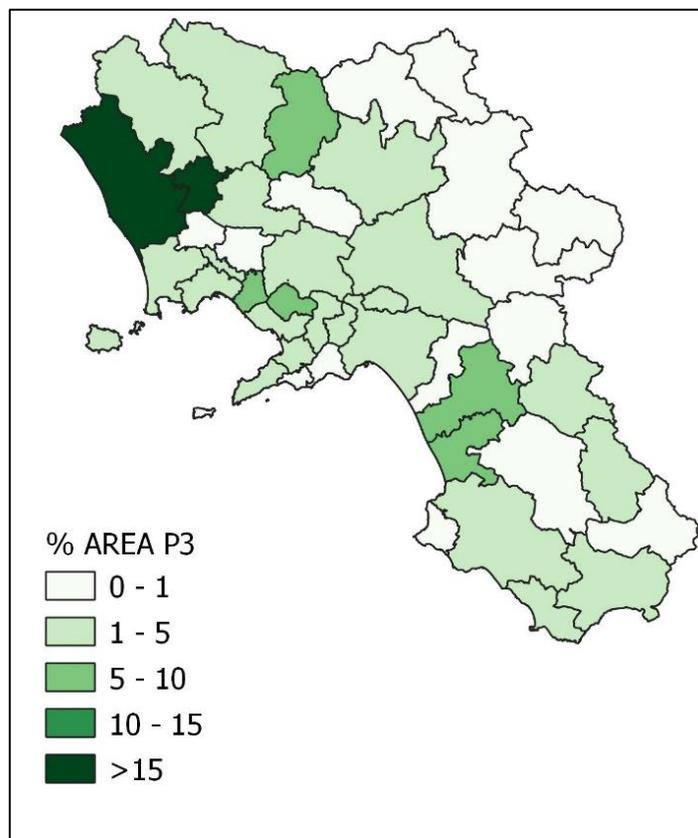


Figura 3.4. CT classificati in base alla percentuale di area soggetta a pericolosità idraulica P3 e P4

La figura conferma che i CT che presentano aree classificate con maggiore pericolosità idraulica P3 sono localizzati nella zona nord-occidentale che coincide con la foce del fiume Volturno, alla foce del Sele e in corrispondenza della foce del Sarno.

4. Distribuzione effetti al suolo degli eventi di tipo C

Le informazioni riguardanti gli eventi di tipo C sono state reperite dal sito del DPC¹, dalle informazioni recepite dai report redatti dal Centro Funzionale Multirischio della Regione Campania e dall’Autorità di bacino Nazione del Liri-Garigliano-Volturno a supporto della dichiarazione dello stato di emergenza Nazionale dichiarato con ordinanza nel novembre del 2015. Per la Regione Campania, l’unico evento di tipo C, censito ed utilizzato dalla struttura regionale di Protezione Civile della Regione per gli adempimenti connessi alla 2006/60/CE (Direttiva Alluvioni) e per il popolamento della piattaforma FloodCat per il quale sono stati reperiti dati ed effettuate analisi per la validazione degli indicatori dei contesti territoriali individuati nel corso del primo anno di affiancamento, è il seguente:

- Eccezionali eventi meteorologici che nei giorni dal 14 al 20 ottobre 2015 hanno colpito il territorio della regione Campania (OCDPC n. 298 del 17 novembre 2015).

Nello specifico, l’evento in esame ha interessato soprattutto le province di Benevento, Avellino e Caserta (Figura 4.1) dove il fiume Calore e il fiume Sabato, a causa delle forti precipitazioni in atto durante quei giorni hanno portato un aumento dei livelli idrometrici dei suddetti corsi d’acqua, provocando enormi disagi alla popolazione a causa di esondazioni, sovralluvionamenti e colate detritiche che hanno interessato la parte dei bacini a monte dei corsi d’acqua.

4.1. Evento Sannio 14 – 20 ottobre 2015

Nel presente paragrafo è riportata l’analisi idrometeorologica, l’analisi effettuata sugli effetti al suolo e l’analisi di fattibilità degli indicatori per l’individuazione e la validazione dei Contesti Territoriali degli eventi che nel periodo 14÷20 ottobre 2015 hanno interessato il territorio della regione Campania, determinando effetti al suolo di estrema rilevanza in numerosi comuni della provincia di Benevento, sia in termini di fenomeni di dissesto idrogeologico verificatisi lungo i versanti e negli alvei montani, che di criticità idrauliche intervenute in tutti i corsi d’acqua del reticolo idrografico (primario e tributario), con forte e diretta compromissione degli interessi primari della collettività e anche perdita di vite umane. Le informazioni sull’evento meteo-idrologico sono tratte dal report redatto dal CFDMI della Regione Campania.

In particolare, sulla Campania si è attivata una profonda convezione legata al passaggio di un fronte freddo che ha determinato temporali intensi e persistenti dalla tarda serata del 14 ottobre 2015 fino a tutta la mattina del 15 ottobre 2015, come evidenziato (i) dalla serie di immagini satellitari orarie nel canale dell’infrarosso termico dalle 20:00 UTC del 14 ottobre 2015 alle 13:00 UTC del 15 ottobre 2015 e (ii) dalla serie di immagini orarie relative alla mosaicatura radar nazionale nel medesimo intervallo temporale. Il suddetto quadro previsionale ha fatto sì che alle ore 12:00 del 14 ottobre 2015, il Centro Funzionale emettesse un Avviso Regionale di Avverse Condizioni Meteo con decorrenza dalle ore 16:00 del 14 ottobre 2015 con validità di 24 ore per “precipitazioni diffuse, anche a carattere di rovescio o temporale di forte intensità”, associate a “locali e forti raffiche di vento nelle zone temporalesche” e a “mare localmente agitato nei temporali”, associato ad un Avviso Regionale di Criticità Idrogeologica ed Idraulica – sempre con decorrenza dalle ore 16:00 del 14 ottobre 2015 con validità di 24 ore – il quale prevedeva un

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

livello di criticità moderata (codice colore ARANCIONE) per RISCHIO IDROGEOLOGICO DIFFUSO E PER RISCHIO IDRAULICO DIFFUSO su TUTTE le Zone di Allerta. Il giorno 15 ottobre 2015, alle ore 12:00, il Centro Funzionale ha emesso un nuovo Avviso Regionale di Criticità Idrogeologica ed Idraulica con decorrenza dalle ore 16:00 del 15 ottobre 2015 con validità di 24 ore, prevedendo ancora un livello di criticità moderata (colore ARANCIONE) per RISCHIO IDROGEOLOGICO DIFFUSO E PER RISCHIO IDRAULICO DIFFUSO su TUTTE le Zone di Allerta.

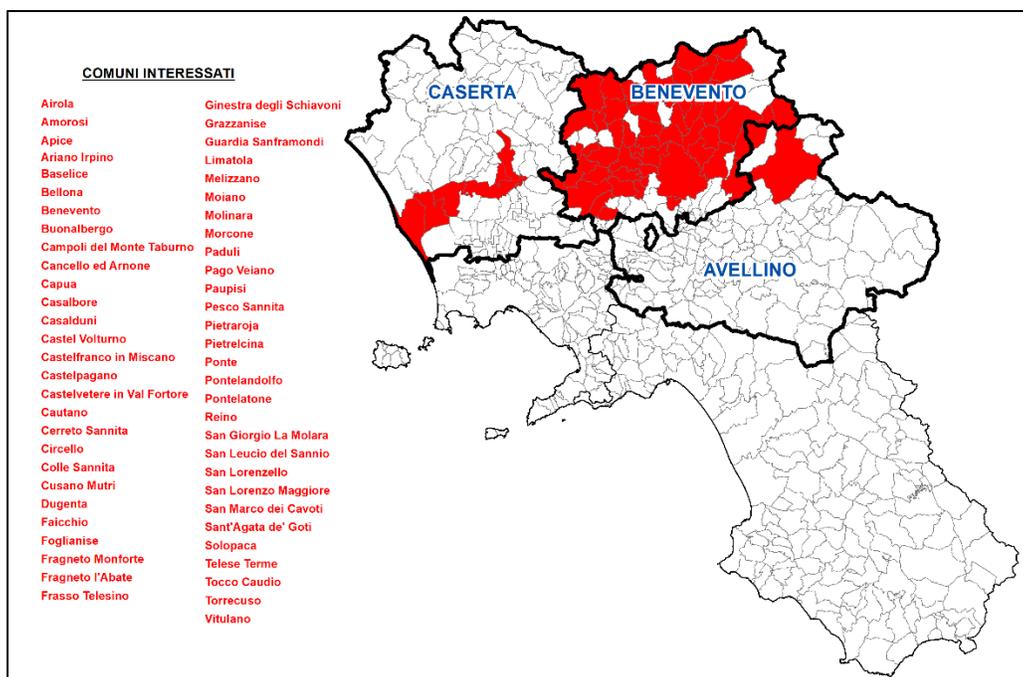


Figura 4.1. Comuni coinvolti dall'evento del 14 ottobre e del 20 ottobre 2015

Dal punto di vista dell’analisi pluviometrica il periodo considerato, che va dal 14 al 20 ottobre 2015, è costituito da due eventi pluviometrici significativi (Tabella 4.1; Figura 4.2), con effetti al

suolo di elevato impatto e gravità: il primo evento è stato identificato con le precipitazioni osservate nei giorni 14 e 15 ottobre 2015, il secondo con quelle del 19 e 20 ottobre.

Tabella 4.1 Stazioni dove sono state misurate altezze di precipitazione superiori a 200 mm nei giorni 14 – 20 ottobre 2015 – Rapporto idrometeorologico 14-20 ottobre sul territorio della Regione Campania

Sito di monitoraggio	Prov.	Precipitazione (mm)
Colle Sannita	BN	321,6
S.Agata dei Goti Isclero	BN	245,8
Castelfranco in Miscano	BN	237,4
Pago Veiano	BN	237,2
Cassano Irpino	AV	213,4
Capri	NA	211,0
Solofra	AV	207,2
Serino	AV	205,2
S.Martino Valle Caudina	AV	204,0
Forino	AV	203,6

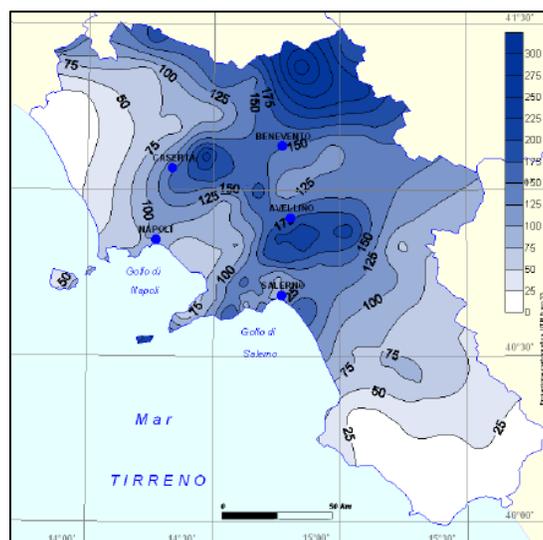


Figura 4.2. Mappa delle isoiete della precipitazione registrata nei giorni 14-20 ottobre 2015

In relazione all’evento pluviometrico analizzato, c’è da rilevare che nei giorni 14 e 15 ottobre 2015 precipitazioni sono risultate particolarmente elevate nella tarda serata del giorno 14, durante la notte e nelle prime ore della mattinata del giorno 15, e che i fenomeni hanno interessato soprattutto il Sannio ed, in particolare, i versanti dei rilievi montani delle valli dell’Alto Tammaro e del Terno, con valori molto elevati delle medie areali osservate nei sottobacini tributari dei fiumi Tammaro, Tammarecchia, Miscano e Isclero (Tabella 4.2; Figura 4.3).

Tabella 4.2 Stazioni dove sono state misurate altezze di precipitazione superiori a 100 mm nei giorni 14 e 15 ottobre 2015 – Rapporto idrometeorologico 14-20 ottobre sul territorio della Regione Campania

Sito di monitoraggio	Prov.	Precipitazione (mm)
Pago Veiano	BN	203,0
S.Agata dei Goti Isclero	BN	198,0
Colle Sannita	BN	173,8
Castelfranco in Miscano	BN	157,2
Benevento	BN	156,4
S.Agata dei Goti	BN	150,2
Cassano Irpino	AV	142,6
Ariano Irpino METEO	AV	142,6
S.Maria a Vico	CE	137,8
Serino	AV	136,6
Arienzo	CE	135,8
Paduli	BN	134,2
Solofra	AV	130,2
Montella	AV	128,6
Montella METEO	AV	122,0
Bracigliano	SA	121,4
Forino	AV	120,2
Montemarano	AV	119,8
Ponte Valentino	BN	118,6
S.Martino Valle Caudina	AV	116,2
Isernia	IS	113,8
S.Pietro	AV	110,2
Ariano Irpino	AV	108,6
S.Marco Evangelista METEO	CE	106,2
Cetronico	SA	103,2
Benevento METEO	BN	102,6

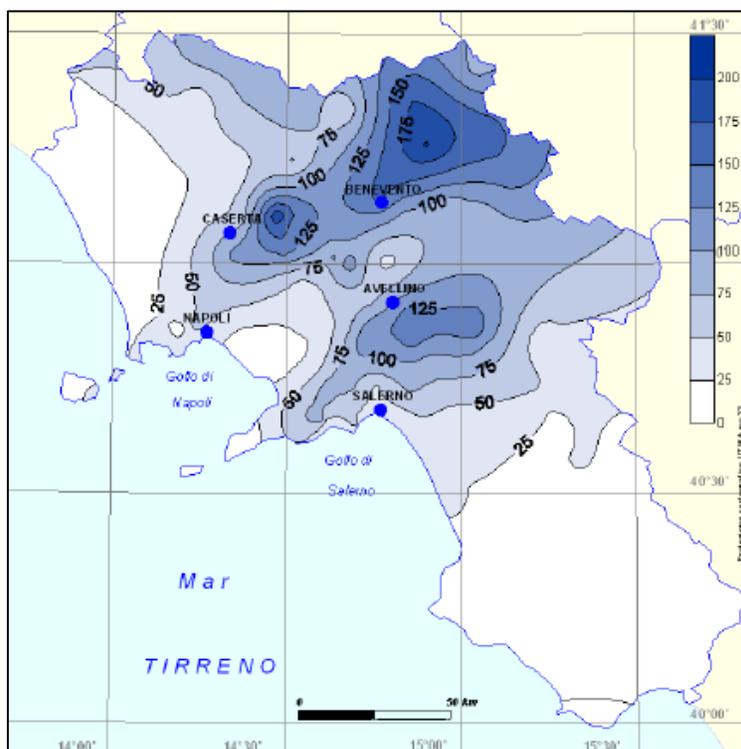


Figura 4.3. Mappa delle isoiete della precipitazione registrata nei giorni 14 e 15 ottobre 2015

L’analisi dei dati idrometrici ha dimostrato come le altezze registrate siano state talmente elevate da compromettere il regolare funzionamento della sensoristica installata presso le postazioni di misura. Infatti, a seguito del passaggio della piena, sono stati danneggiati, rimossi e trascinati dalla corrente i sensori di misura ubicati presso le stazioni di Tammaro a Paduli (Figura 4.4), Calore Irpino a Benevento e Calore Irpino a Solopaca, rendendo impossibile il monitoraggio delle fasi successive della piena, che potrebbe aver registrato valori anche più elevati.

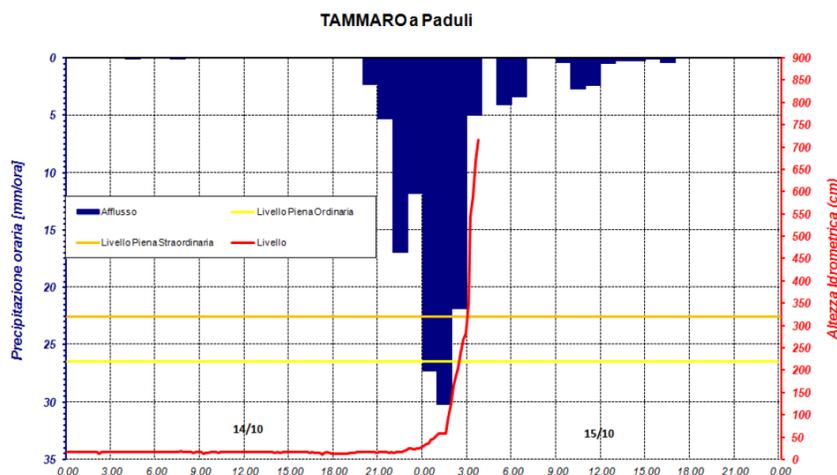


Figura 4.4. Idrogramma e Pluviogramma orario medio areale per il bacino del Tammaro a Paduli

L’entità straordinaria degli eventi, sia con riferimento ai valori osservati delle variabili idrometeorologiche e idrauliche considerate come precursori di evento ai fini dell’attivazione degli stati di allerta del sistema definito e adottato con il D. P. G. R. n.299/2005, che in termini di rilevanza degli effetti indotti al suolo e dei concomitanti fattori di vulnerabilità ed esposizione caratterizzanti l’occorrenza del rischio e il manifestarsi dei danni sul territorio, può essere facilmente comprovata dall’analisi dei dati relativi ai superamenti di soglia registrati dal sistema informativo di supporto alla decisione in esercizio presso il Centro Funzionale e la Sala Operativa Regionale. A tal proposito si riportano i superamenti di soglia relativi alle stazioni di misura dell’area (Tabella 4.3).

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 4.3 - Superamenti dei valori di soglia per le durate da 1 a 72 ore dal 14 al 20 ottobre 2015

Stazione_pluvio	14/10/2015	15/10/2015	16/10/2015	17/10/2015	18/10/2015	19/10/2015	20/10/2015
Alvignano							
Amalfi							
Ariano Irpino							
Arienzo							
Avella							
Avellino Genio Civile							
Bagnoli Irpino							
Battipaglia							
Bellosguardo							
Benevento							
Bracigliano							
Calazzo							
Capri							
Caserta Vecchia							
Castelfranco in Miscano							
Cervinara							
Cetronico							
Colle Sannita							
Contursi Meteo							
Cusano Mutri							
Forino							
Forlì del Sannio							
Fornelli							
Isernia							
Luogosano							
Melizzano							
Mercogliano							
Monteforte Irpino							
Montella							
Montemarano							
Napoli Capodimonte							
Ottaviano							
Paduli							
Pietrastornina							
Pompei							
Ponte 25 archi							
Ponte Valentino							
Pontecagnano							
Rotondi							

Stazione_pluvio	14/10/2015	15/10/2015	16/10/2015	17/10/2015	18/10/2015	19/10/2015	20/10/2015
S. Agata dei Goti							
S. Ambrogio							
S. Felice a Cancelli							
S. Martino Valle Caudina							
S. Mauro							
S. Pietro							
Serino							
Solofra							
Sorgenti Grassano							
Visciano							
stato di attenzione							
stato di preallarme							
stato di allarme							

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi effettuate incrociando i Contesti Territoriali coinvolti nell’evento (Figura 4.6), le aree afferenti ai Centri Operativi Misti (Figura 4.7), e le zone di allertamento meteorologico (Figure 4.8, 4.9).

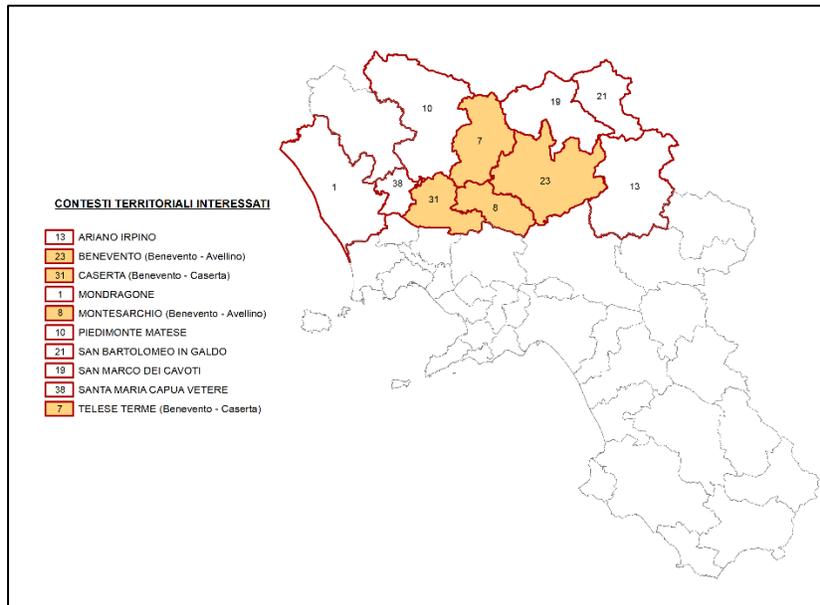


Figura 4.6. Contesti territoriali interessati dall'evento del 14 - 20 ottobre 2015

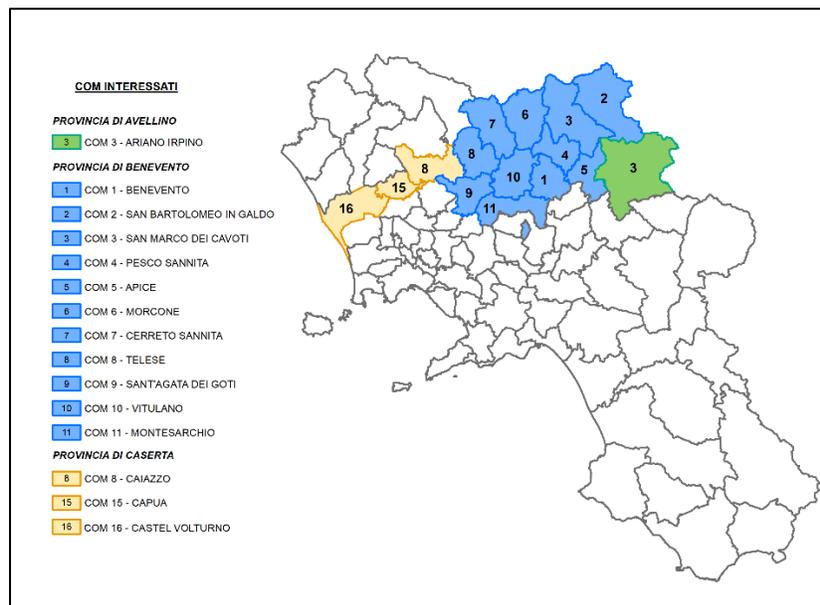


Figura 4.7. COM interessati dall'evento del 14 - 20 ottobre 2015

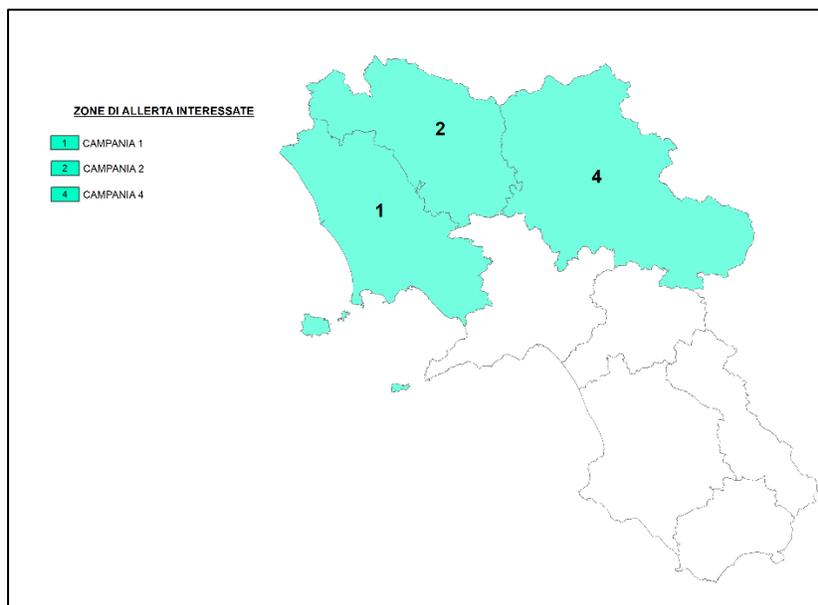


Figura 4.8. Zone di allertamento meteorologico interessate dall'evento del 14 - 20 ottobre 2015

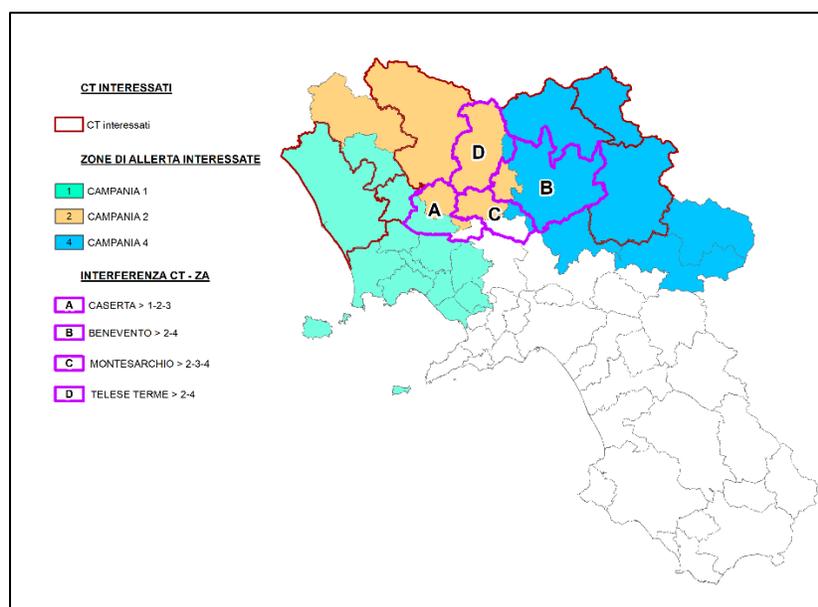


Figura 4.9. Analisi degli elementi oggetto di esame interessate dall'evento del 14 - 20 ottobre 2015

Al fine di riportare una chiara situazione dei danni occorsi nel territorio dei CT interessati, vengono riportate delle cartografie che mostrano le segnalazioni di danno analizzate (Figure 4.10, 4.11, 4.12).

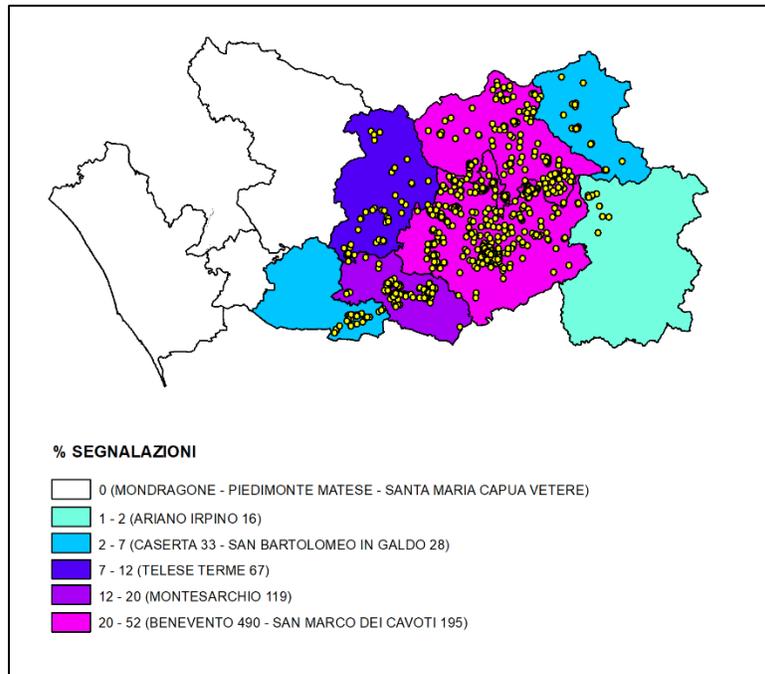


Figura 4.10. Percentuale di segnalazioni di danno ad edifici privati in seguito all'evento del 14 - 20 ottobre 2015

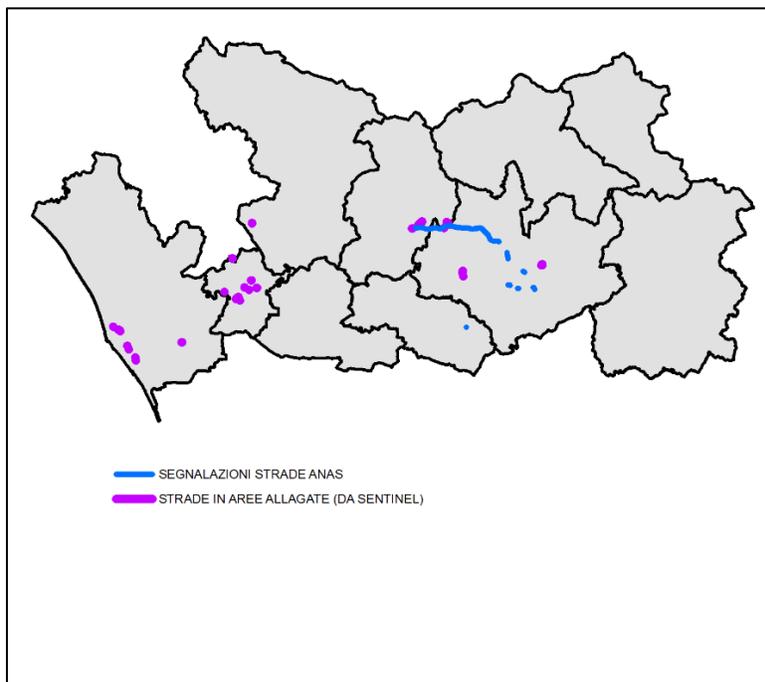


Figura 4.11. segnalazioni di danno lungo infrastrutture viarie gestite da ANAS in seguito all' evento del 14 - 20 ottobre 2015

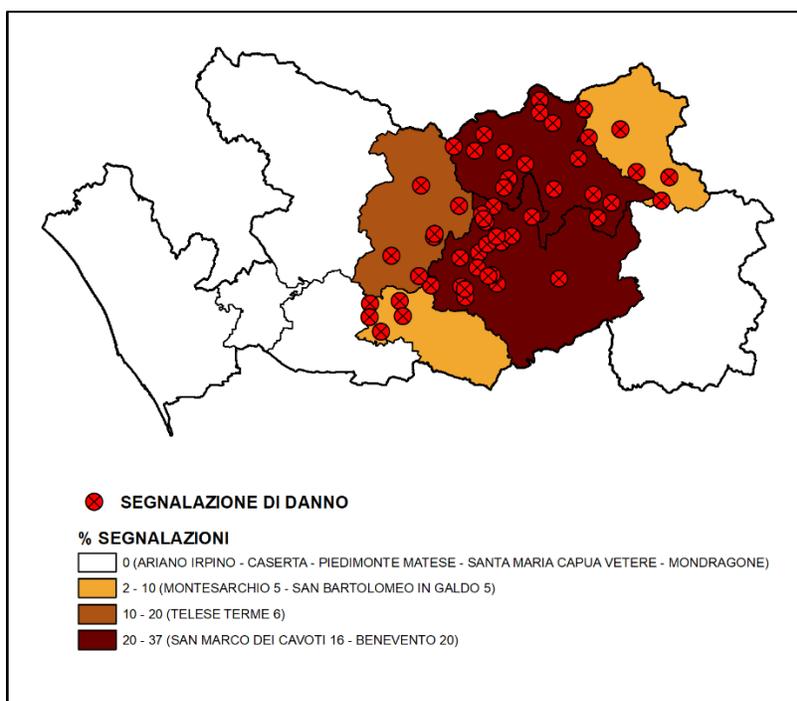


Figura 4.12. Percentuale di segnalazioni di danno su strade provinciali in seguito all'evento del 14 - 20 ottobre 2015

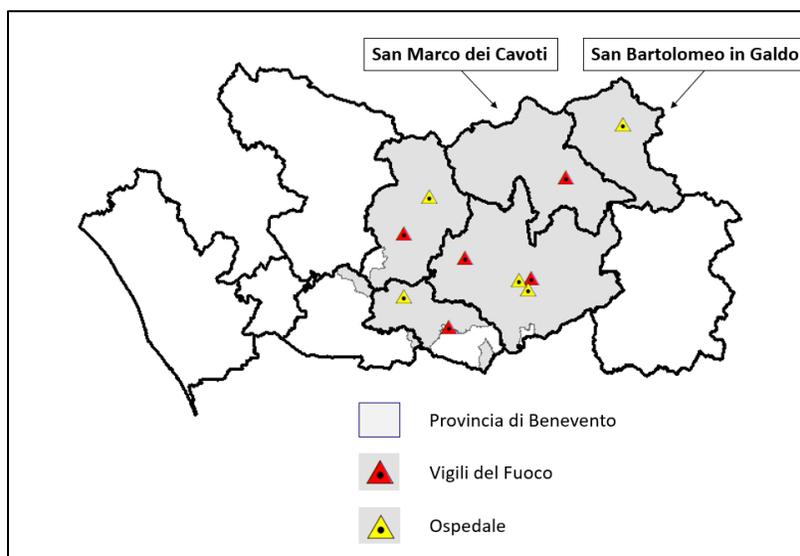


Figura 4.13. Operatività Contesti Territoriale rispetto ad eventi di tipo C

I CT maggiormente coinvolti nell'evento sono quelli di Benevento, Telese, Caserta, Montesarchio, dove si sono segnalati il numero maggiore di comuni coinvolti dall'evento. Da un censimento degli edifici strategici risulta che non in tutti i CT interessati dall'evento sono presenti ospedali e sedi COM, mentre le sedi dei Vigili del Fuoco sono presenti solo nei CT di Benevento, San Marco dei Cavoti, Telese e Montesarchio (Figura 4.13).

5. 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 omogenee 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. Con il documento *Indicazioni operative per l’omogeneizzazione dei messaggi di allertamento e delle relative Fasi operative per rischio meteo-idro* sono stati uniformati a livello nazionale i livelli di criticità meteorologica per tutte le regioni. 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 criticità: ordinaria, moderata ed elevata. 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).

Il centro Funzionale Multirischi della Regione Campania ha individuato 8 zone di allertamento meteorologico (tabella 5.1 e figura 5.1) le cui soglie di criticità relative alla fase previsionale, sia per le criticità puntuali che areali, sono descritte in particolare nell’ allegato A della Direttiva *DGR n. 299 del 30 giugno 2005 Sistema di Allertamento regionale per il Rischio Meteo-idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile*” (Recepimento *DPCM 27 febbraio 2004*)” e ADEGUAMENTO DEL SISTEMA REGIONALE DI ALLERTAMENTO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO, ADOTTATO IN CAMPANIA CON D.P.G.R. N. 299/2005, ALLE INDICAZIONI OPERATIVE DEL CAPO DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE (*Recepimento CIRCOLARE PROT. N. RIA/0007117 DEL 10/02/2016*)

Tabella 5.1 – Zone di allertamento meteorologico per la Regione Campania

SIGLA ZA	DENOMINAZIONE ZA
Zona 1	Piana campana, Napoli, Isole e Area Vesuviana
Zona 2	Alto Volturno e Matese
Zona 3	Penisola Sorrentina – amalfitana, Monti di Sarno e Monti Picentini
Zona 4	Alta Irpinia e Sannio
Zona 5	Tuscano e Sele
Zona 6	Piana Sele e Alto Cilento
Zona 7	Tanagro
Zona 8	Basso Cilento

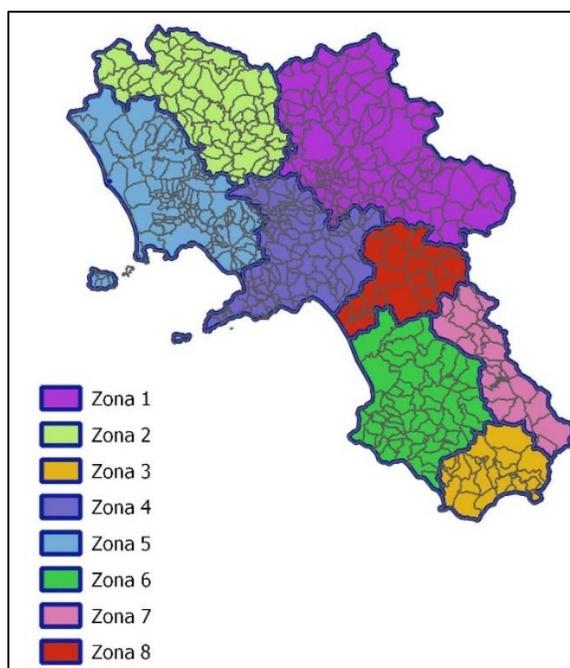


Figura 5.1. Zone di Allertamento Meteorologico della Regione Campania

Tabella 5.2. Soglie per criticità locali calcolate a 6 e 24 ore (S6h e S24h) per tempi di ritorno di 2, 5 e 10 anni (T2, T5 e T10)

Sigla ZA	Nome ZA	Tr	S6h	S24h	Tr	S6h	S24h	Tr	S6h	S24h
Zona 1	Piana campana, Napoli, Isole e Area Vesuviana	T2	46	70	T5	61	93	T10	73	111
Zona 2	Alto Volturno e Matese	T2	50	79	T5	66	106	T10	79	126
Zona 3	Penisola Sorrentina – amalfitana, Monti di Sarno e Monti Picentini	T2	59	97	T5	78	129	T10	93	154
Zona 4	Alta Irpinia e Sannio	T2	38	58	T5	51	78	T10	60	93
Zona 5	Tusciano e Sele	T2	59	99	T5	79	132	T10	94	157
Zona 6	Piana Sele e Alto Cilento	T2	52	83	T5	69	111	T10	82	132
Zona 7	Tanagro	T2	42	65	T5	56	87	T10	67	104
Zona 8	Basso Cilento	T2	62	105	T5	83	140	T10	99	166

Per quanto riguarda le soglie pluviometriche, la Regione Campania definisce soglie di allertamento in fase previsionale, per la durata di 6h, 12h, 24h per le criticità locali (Tabella 5.2), e una durata di 24h per le criticità diffuse. I livelli di allerta gialla, arancione e rossa sono definiti considerando rispettivamente un tempo di ritorno di 2 (T2), di 5 (T5) e di 10 anni (T10).

6. Rete pluviometrica

In questa sezione è descritta la rete pluviometrica presente nella Regione Campania, associata alla piattaforma della rete fiduciaria nazionale del Dipartimento della Protezione Civile (Figura 6.1). Quest’ultima conta 170 pluviometri distribuiti non in maniera uniforme, ma con una densità maggiore per lo più all’interno della zona di allertamento meteorologico “Penisola Sorrentina-Amalfitana, Monti di Sarno e monti Picentina” (Zona 3), in quanto risulta essere la zona in cui storicamente ci sono stati più eventi meteorologici che hanno causato danni e vittime.

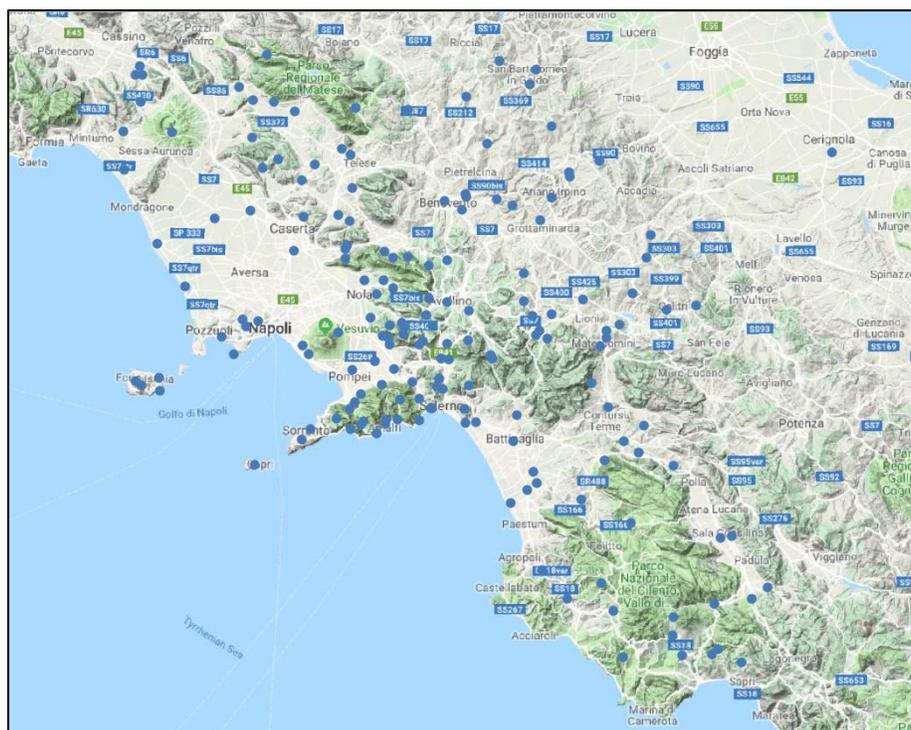


Figura 6.1. Rete pluviometrica della Regione Campania

Tabella 6.1 densità rete pluviometrica della Regione Campania

ZA	SUPERFICIE (kmq)	N° PLUVIOMETRI	DENSITA' (n°/100 kmq)
Zona 1	2148	20	0.88
Zona 2	1940	22	1.13
Zona 3	1621	61	3.76
Zona 4	3236	29	0.89
Zona 5	1020	11	1.07
Zona 6	1858	11	0.59
Zona 7	970	8	0.82
Zona 8	822	8	0.97

La Tabella 6.1 mostra la distribuzione dei pluviometri rispetto alle ZA. La tabella evidenzia una densità media di stazioni per unità territoriale pari a circa 1.39 stazioni su 100 km². Come evidenziato nella premessa del paragrafo, per la zona di allerta "Penisola Sorrentina – Amalfitana, monti di Sarno e monti Picentini" (Zona 3) risulta una densità di circa 4 pluviometri ogni 100 km², vista la concentrazione di aree con maggiore pericolosità e rischio.

La figura 6.2 mostra la densità dei pluviometri associati ai contesti territoriali individuati per la regione Campania. Come si evince dall'analisi, risulta che nel contesto territoriale di Salerno sono installate 17 stazioni pluviometriche, seguito da quello di Avellino con 13 stazioni. All'interno dei contesti territoriali di Caivano, Arzano, Aversa, Castellabate non risultano stazioni pluviometriche installate.

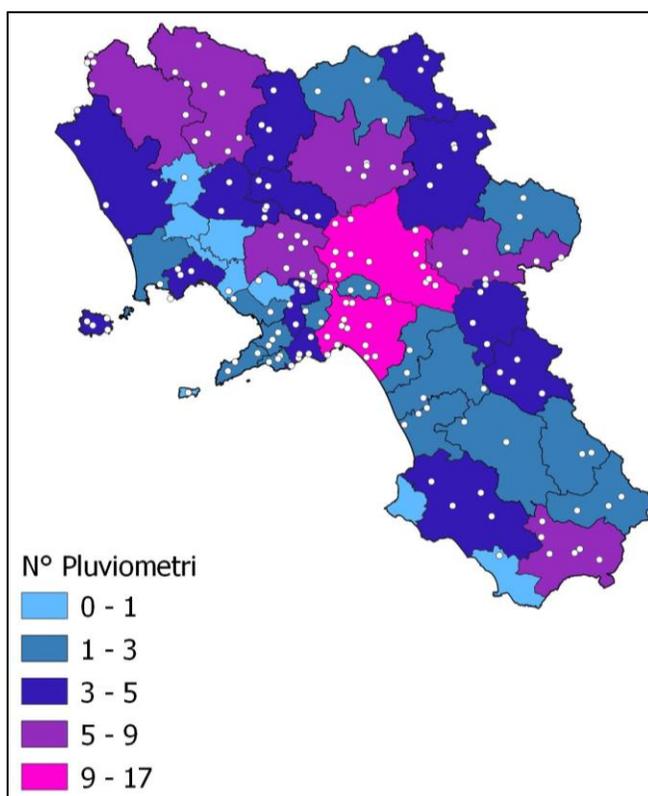


Figura 6.2. Rete pluviometrica della Regione Campania associata ai contesti territoriali

7. Slope Unit

Con il termine *Slope Unit* (SU) si intendono le unità territoriali la cui definizione si basa sul concetto di delimitazione di versanti elementari. Le SU possono essere tracciate mediante l’individuazione automatica di spartiacque e linee di drenaggio, con l’obiettivo di massimizzare (i) l’eterogeneità tra SU confinanti e (ii) l’omogeneità interna di ciascuna SU.

Le SU rappresentano singoli versanti e/o piccoli bacini, che possono essere utilizzate come unità territoriale all’interno della quale è possibile definire un valore di propensione al dissesto. Le SU possono essere utilizzate come unità di riferimento per la zonazione di pericolosità e modellazione geo-idrologica (Carrara, 1988; Guzzetti et al., 1999; Alvioli et al., 2016).

La delimitazione delle SU viene eseguita mediante uno specifico modulo software *r.slopeunits* sviluppato in ambiente GRASS GIS (Alvioli et al., 2016). L’algoritmo implementato nel software 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 7.1 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 7.1, 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 7.1 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*, accorpandole 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*).

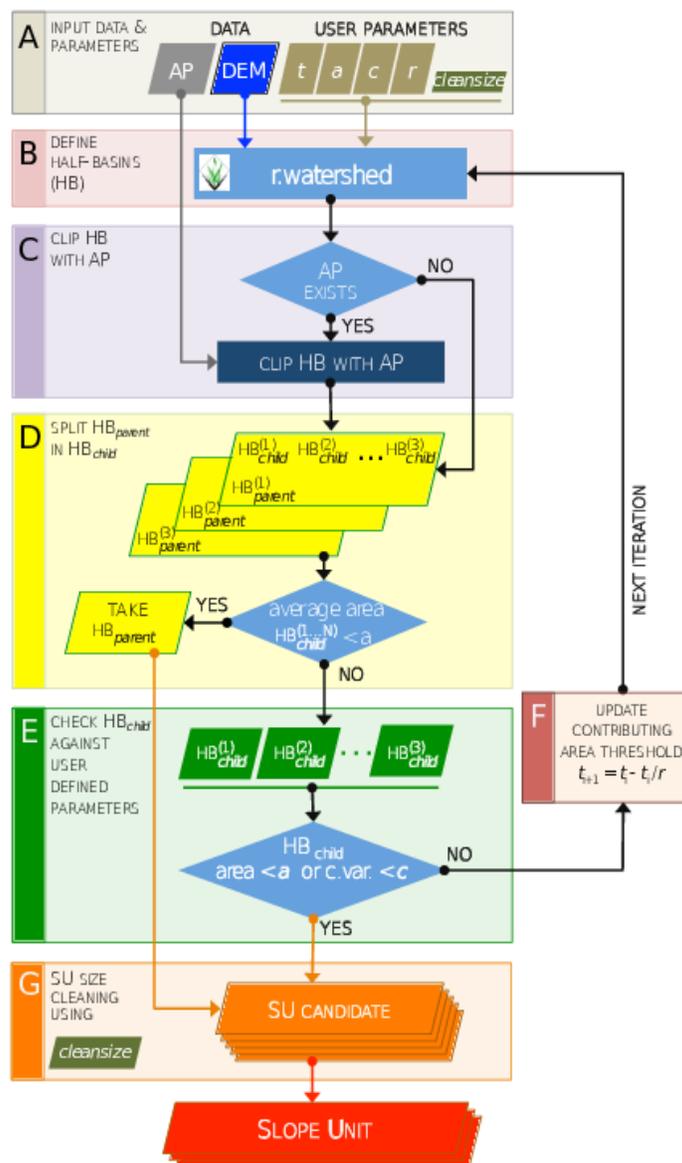


Figure 7.1. Schema logico-funzionale del modulo software “r.slopeunits”

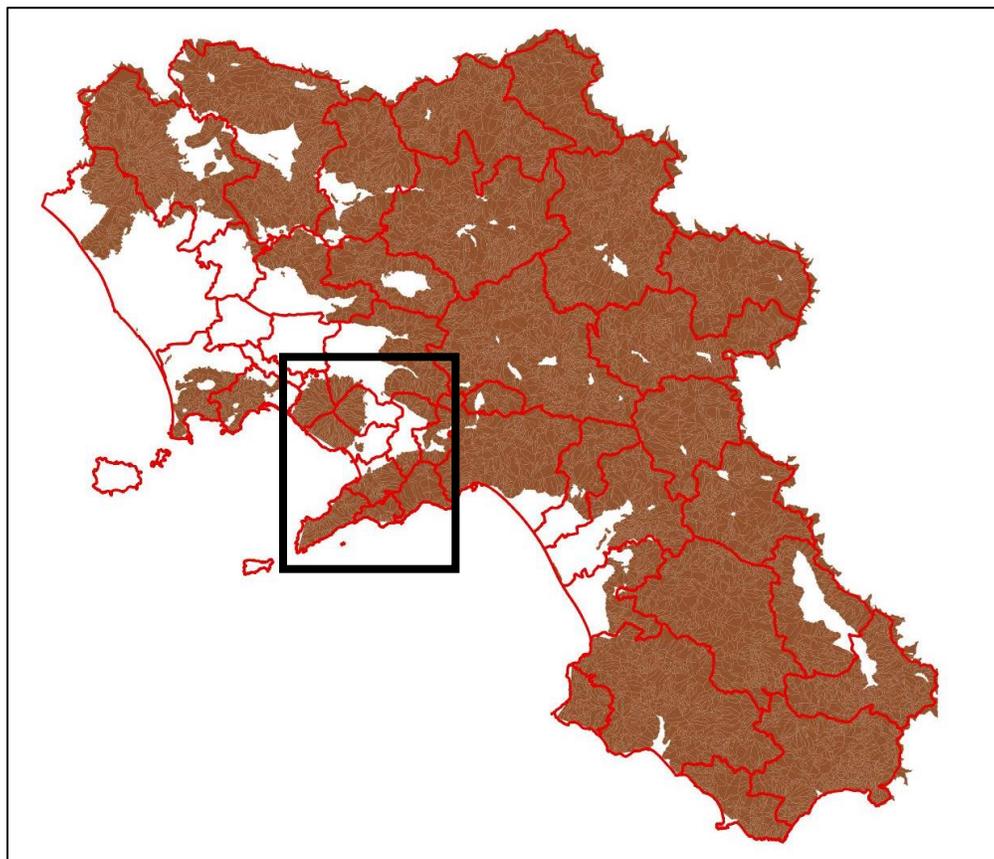


Figure 7.2. Divisione della Regione Campania in SU (poligoni marroni) sovrapposte ai CT (poligoni con contorno rosso)

La tabella 7.1 mostra alcune statistiche per le slope units individuate per la Regione Campania (Figura 7.2). La Figura 7.3 mostra un ingrandimento di un settore della zona di allertamento 3, con evidenziate le SU per tale area.

Tabella 7.1 Caratteristiche geometriche delle SU individuate per la Regione Campania

Numero di SU (#)	15378
Area minima SU (km ²)	0,1
Area massima SU (km ²)	12,4
Area media SU (km ²)	0,74
Standard deviation area SU (km ²)	0,85
Area mediana SU (km ²)	0,43

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.

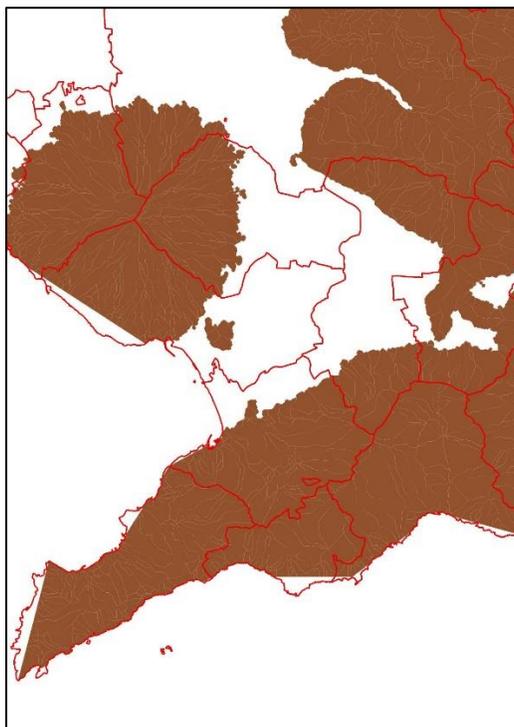


Figure 7.3. Ingrandimento della divisione della Regione Campania in SU (poligoni marroni) sovrapposte ai CT (poligoni con contorno rosso) nel settore occidentale della Campania

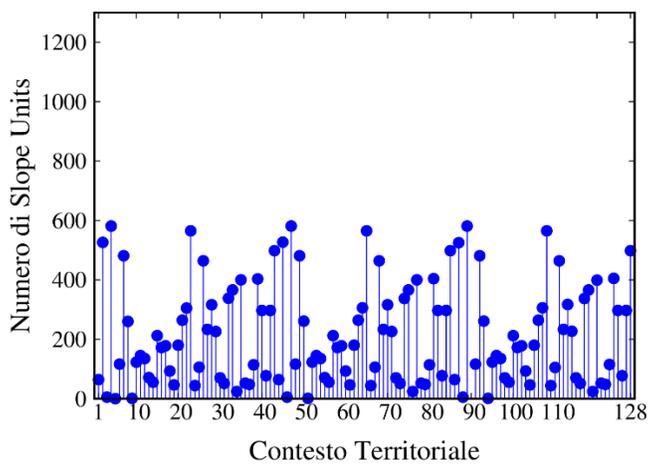


Figura 7.4. Distribuzione delle SU all’interno dei CT

Il grafico di figura 7.4 mostra il numero di SU per ogni CT che varia da un minimo di 14 ad un massimo di 580, con una media di 214.

8. Riferimenti bibliografici

- 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.
- 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.
- Carrara A. (1988). Drainage and divide networks derived from high-fidelity digital terrain models. In: *Quantitative Analysis of Mineral and Energy Resources*, edited by: Chung C.F., Fabbri A.G., and Sinding-Larsen R., *Mathematical and Physical Sciences*, 223, 581–597, D. Reidel Publishing Company.
- Parise M., Pisano, L., Vennari C. (2018). Sinkhole clusters after heavy rainstorms. *J. caves karst Stud.* 80, 28–38. <https://doi.org/10.4311/2017ES0105>