

Accordo Quadro 2017-2022

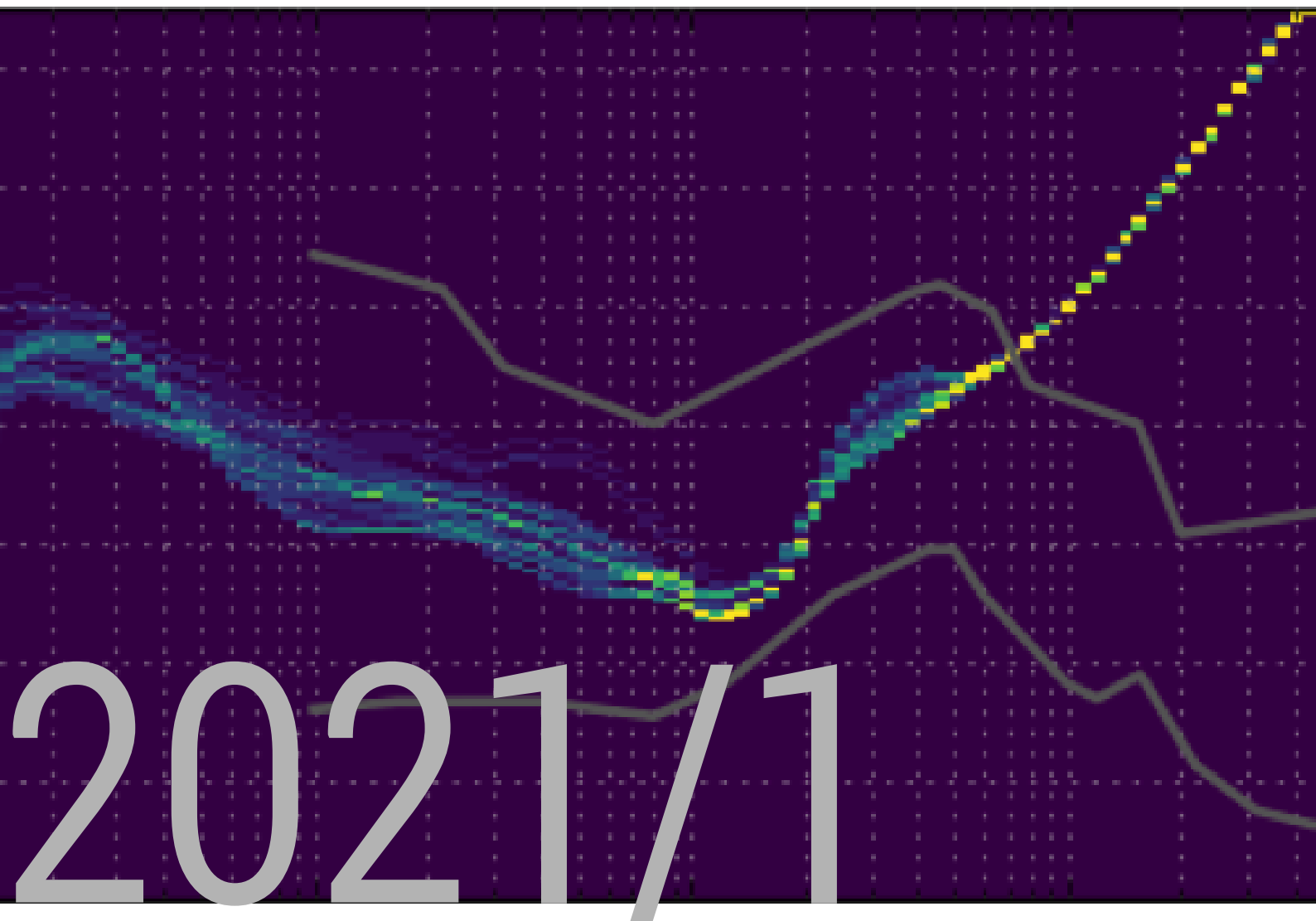
MiSE, Regione Basilicata, INGV, ENI

## PROGETTO DI MONITORAGGIO CONCESSIONE VAL D'AGRI

Responsabili di Progetto: Thomas Braun e Stefania Danesi

Autori: S. Danesi, T. Braun, L. Anderlini, M. Errico, D. Famiani, M. Polcari e G. Zerbinato

Redazione: M. Errico



2021/1





<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>REPORT DI ATTIVITÀ</b>	<b>7</b>
2.1	TRASFERIMENTO DATI PREGRESSI DA ENI A INGV	7
2.2	TRASFERIMENTO DATI PREGRESSI DA INGV A DGISSEG	8
2.3	ACQUISIZIONE E ARCHIVIAZIONE DATI	8
<b>3</b>	<b>VALIDAZIONE RETE SISMICA</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>VALIDAZIONE RETE GPS</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>MONITORAGGIO E ANALISI DATI</b>	<b>20</b>
5.1	LOG BOOK	20
<b>6</b>	<b>DATI SISMOLOGICI</b>	<b>21</b>
6.1	ANALISI DATI SISMICI ENI	21
6.1.1	Adattamento dei bollettini ENI ai domini di monitoraggio	21
6.1.2	Distribuzione Gutenberg-Richter per varie classificazioni	24
6.1.3	Sismicità locale e regionale bollettino ENI da 2001 ad oggi	26
6.1.4	Commenti relativi ai parametri di soglia definiti dagli ILG, applicati alla sismicità registrata in VA	29
6.1.5	Sismicità localizzata da ENI dal 01/10/2020 - 31/03/2021	32
6.2	ANALISI DELLA SISMICITÀ LOCALIZZATA DALLA SPM	39
6.2.1	Domini Interno ed Estesio: 01 Settembre 2020 - 15 Aprile 2021	39
6.2.2	Dominio di riferimento intorno al pozzo di re-iniezione CM2	41
6.2.3	Regione SW del Lago Pertusillo	42
6.2.4	Evento singolo 17/01/2021	45
<b>7</b>	<b>DATI GPS</b>	<b>47</b>
7.1	ANALISI DELLA QUALITÀ DEL DATO	47
7.2	ELABORAZIONE DEL DATO	53
7.3	SERIE TEMPORALI DI SPOSTAMENTO	56
7.4	CAMPO DI VELOCITÀ	60
7.5	CONSIDERAZIONI FINALI	66
<b>8</b>	<b>DATI INSAR</b>	<b>67</b>
8.1	INTRODUZIONE	67
8.2	DATI E METODI	67
8.3	RISULTATI	69
8.3.1	Analisi su larga scala	69
8.3.2	Analisi su piccola scala	70
8.4	CONFRONTO INSAR-GPS	72
8.5	CONSIDERAZIONI FINALI	75
<b>9</b>	<b>DATI DI PRESSIONE E PORTATA</b>	<b>77</b>
<b>10</b>	<b>COMUNICAZIONE E DISSEMINAZIONE</b>	<b>80</b>
<b>11</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>81</b>
	<b>APPENDICE A</b>	<b>83</b>
	<b>GLOSSARIO</b>	<b>95</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>96</b>
	<b>ELENCO DELLE FIGURE</b>	<b>99</b>
	<b>ELENCO DELLE TABELLE</b>	<b>102</b>



---

**Accordo Quadro 2017-2022**  
**MiSE, Regione Basilicata, INGV, ENI**

**PROGETTO DI MONITORAGGIO CONCESSIONE**  
**VAL D'AGRI**  
**Relazione semestrale n.4**

Stefania Danesi<sup>1</sup>, Thomas Braun<sup>2,3</sup>, Letizia Anderlini<sup>1</sup>, Maddalena Errico<sup>1</sup>, Daniela Famiani<sup>3</sup>, Marco Polcari<sup>4</sup>, Giampaolo Zerbinato<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INGV, Sezione di Bologna, Italia; <sup>2</sup> INGV, Osservatorio Sismologico Arezzo Italia;

<sup>3</sup> INGV, Sezione di Roma 1, Italia; <sup>4</sup> INGV, Osservatorio Nazionale Terremoti, Italia.

26/04/2021

## 1 Premessa

La presente relazione intende descrivere le attività di avanzamento del Progetto di Monitoraggio che l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è designato a svolgere in conformità agli Indirizzi e Linee Guida per il Monitoraggio della sismicità delle deformazioni del Suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche (ILG) nell'area di concessione della Val d'Agri.

Per completezza si ripercorre la cronologia essenziale:

- In data 25/01/2017 è stato sottoscritto l'Accordo Quadro (AQ Rep n. 28) tra il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), Regione Basilicata (RB) e INGV nel quale INGV viene nominato Struttura Preposta al Monitoraggio (SPM) da intendersi come da ILG. Il suddetto AQ veniva firmato da ENI S.p.A. per accettazione.
- In data 26/05/2017 si è tenuta la riunione di insediamento del Comitato presso il MiSE, presenti i rappresentanti di MiSE, RB, INGV ed ENI.
- In data 16/06/2017 INGV ha trasmesso ai membri del Comitato il Documento Tecnico Allegato 1 (Allegato\_DTA1 PGU n. 7696) che definisce le modalità di

esecuzione del Progetto di Monitoraggio e sulla base del quale viene definita una valutazione economica.

- In data 29/11/2017 la Commissione per gli Idrocarburi e le Risorse Minerarie (CIRM) del MiSE ha approvato la valutazione economica redatta da INGV in qualità di SPM (prot. MISE 0030381 del 22/12/2017).
- In data 06/12/2017, con DGR n. 1330, RB ha approvato l'Addendum al suddetto AQ di cui diventa parte integrante.
- In data 27/06/2018 il Comitato ha approvato e sottoscritto il Regolamento di Funzionamento del Comitato e il Protocollo di Trasmissione Dati.
- In data 8/11/2018 la RB ha trasmesso il Protocollo d'Intesa che regola i rapporti tra RB e INGV in relazione al trasferimento di risorse finanziarie previste per l'attuazione dell'AQ, sottoscritto e repertoriato al n. REP. 886.
- In data 26/04/2019, in concomitanza con la data del primo trasferimento di fondi da RB a INGV, in accordo con quanto concordato in seno al Comitato in data 27/06/2018, ha formalmente inizio la sperimentazione.
- In data 30/01/2020 con nota di Prot. n. U0002136 il MiSE ha espresso parere favorevole alla proroga dell'Accordo Quadro, ritenendo altresì opportuno estenderla fino al 25/04/2022 per assicurare continuità alle necessarie attività di monitoraggio.
- In data 30/03/2020 con nota di Prot. n. INGV 0003997, INGV ha recepito la proroga dell'Accordo Quadro fino al 25/04/2022.
- In data 19/03/2021 con nota di Prot. ATIM prot.12/MM Eni SpA ha presentato richiesta di proroga del termine di adeguamento e implementazione delle reti di monitoraggio, per ragioni documentate e cause di forza maggiore.
- In data 16/03/2021 con nota Prot. n. 4285 il MiTE ha richiesto a INGV la documentazione per la valutazione economica relativa al terzo anno di sperimentazione dei monitoraggi della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nella concessione di coltivazione Val d'Agri.
- In data 29/03/2021 con nota di Prot. n. 5297/2021 INGV ha trasmesso la documentazione richiesta per la valutazione economica relativa al terzo anno di sperimentazione
- **In data 29/03/2021 sono formalmente iniziati i turni di reperibilità presso la Sala di Monitoraggio del CMS per la sorveglianza sismica delle aree di concessione.**
- In data 26/04/2021 scade il termine dei primi 24 mesi di sperimentazione.

## 2 Report di attività

### 2.1 Trasferimento dati pregressi da ENI a INGV

Come stabilito nel Protocollo di Trasmissione Dati, il volume completo di informazioni viene regolarmente trasmesso da ENI a INGV e i gruppi di analisi lavorano in modo collaborativo.

Data	Evento
14 Giugno 2019	Consegna <i>Hard Disk</i> dati Eni Val d'Agri Gen-Mag 2019.
20 Giugno 2019	Restituzione <i>Hard Disk</i> dati Eni Gen-Mag 2019.
11 Settembre 2019	Richiesta INGV a Solgeo di aprire l'accesso ai dati anche all'IP della macchina <i>Spok</i> (193.204.89.188) per acquisizione ridondante.
26 Settembre 2019	Richiesta INGV a Solgeo di intervento per problemi tecnici di acquisizione: da questa data entrambe le macchine ( <i>Spok</i> e <i>Startrek</i> ) acquisiscono regolarmente.
11 Ottobre 2019	Consegna <i>Hard Disk</i> dati Eni Val d'Agri Giu-Ago 2019.
16 Ottobre 2019	Consegna dei dati 2019 di pressioni di testa pozzo e di portata del Costa Molina 2.
13 Novembre 2019	Consegna <i>Hard Disk</i> dati Eni Val d'Agri Sett-Ott 2019.
14 Febbraio 2020	Consegna dati sismici, GPS, InSar Nov-Dic 2019 durante incontro presso ENI.
29 Giugno 2020	Trasmissione dati di produzione per pozzo.
4 Febbraio 2021	Trasmissione dati <i>RINEX</i> stazioni CGPS Lug - Dic 2020.
5 Febbraio 2021	Trasmissione dati SAR da Radarsat 1-2 e Sentinel 1.
26 Febbraio 2021	Trasmissione dati ingegneria di dettaglio delle stazioni CGPS in esercizio. Trasmissione dati livelli piezometrici e freaticometrici disponibili nell'area COVA. Trasmissione dati parametri della reiniezione del pozzo Costa Molina 2 (2018-2021).

## 2.2 Trasferimento dati pregressi da INGV a DGISSEG

In data 25/02/2021, in ottemperanza a quanto previsto all'Art. 7, comma 1 del Protocollo di Trasmissione Dati, INGV ha trasmesso copia dei dati di monitoraggio in formato *raw*.

In particolare sono stati trasmessi:

- Dati sismici, formato standard internazionale *mseed*, delle stazioni della rete VA da ottobre 2018 a gennaio 2021.
- Dati GPS, in formato *RINEX*, acquisiti dal 2016 al 2020.
- Dati InSar da Radarsat 1-2 e Sentinel1 per l'anno 2020, geometrie ascendenti e discendenti - scomposizione nelle componenti verticale E-W.

Al presente Report si allega un foglio di *Transmittal* per il trasferimento dei dati sismici, formato *mseed*, acquisiti successivamente alla data del 01/01/2021.

## 2.3 Acquisizione e archiviazione dati

L'acquisizione in continuo dei dati sismici procede regolarmente dal 04/03/2020 sul sistema di acquisizione ed elaborazione realizzato presso il Centro di Acquisizione Dati CAD-BO della sede INGV di Bologna.

Dal mese di febbraio 2021, inoltre, è stato realizzato un punto di acquisizione dati parallelo presso la sede INGV di Roma che garantisce il *backup* di un segmento semestrale acquisito in modo completamente indipendente come sistema di *Disaster Recovery*.

Anche in questo caso i dati sono protetti da vincoli di confidenzialità e non vengono archiviati (se non per il periodo di 6 mesi) né elaborati in locale.



### 3 Validazione rete sismica

All'art. 5.3 gli ILG prevedono che *“Dopo due anni consecutivi di attività, la SPM valuterà le prestazioni della rete di monitoraggio ed eventuali criticità del sistema di analisi ed elaborazione dei dati adottato”*.

In particolare:

*“1. nel dominio interno di rilevazione, rilevare e localizzare i terremoti a partire da magnitudo locale ML compresa tra 0 e 1 ( $0 \leq ML \leq 1$ ) e con incertezza nella localizzazione dell'ipocentro di alcune centinaia di metri;*

*2. nel dominio esteso di rilevazione, migliorare di circa 1 unità il livello di magnitudo di completezza delle rilevazioni effettuate dalle reti nazionali o regionali che svolgono servizio di monitoraggio sismico per finalità di protezione civile a livello nazionale o regionale, con incertezza nella localizzazione dell'ipocentro contenuta entro circa 1 km;*

*3. determinare l'accelerazione e la velocità del moto del suolo provocata da eventuali terremoti (deboli e forti) presso i punti di misurazione;*

*4. integrarsi opportunamente con le reti di monitoraggio esistenti (ovvero: rete nazionale, reti regionali e ulteriori eventuali reti locali) al fine di migliorare l'accuratezza e la completezza della rilevazione della sismicità.”*

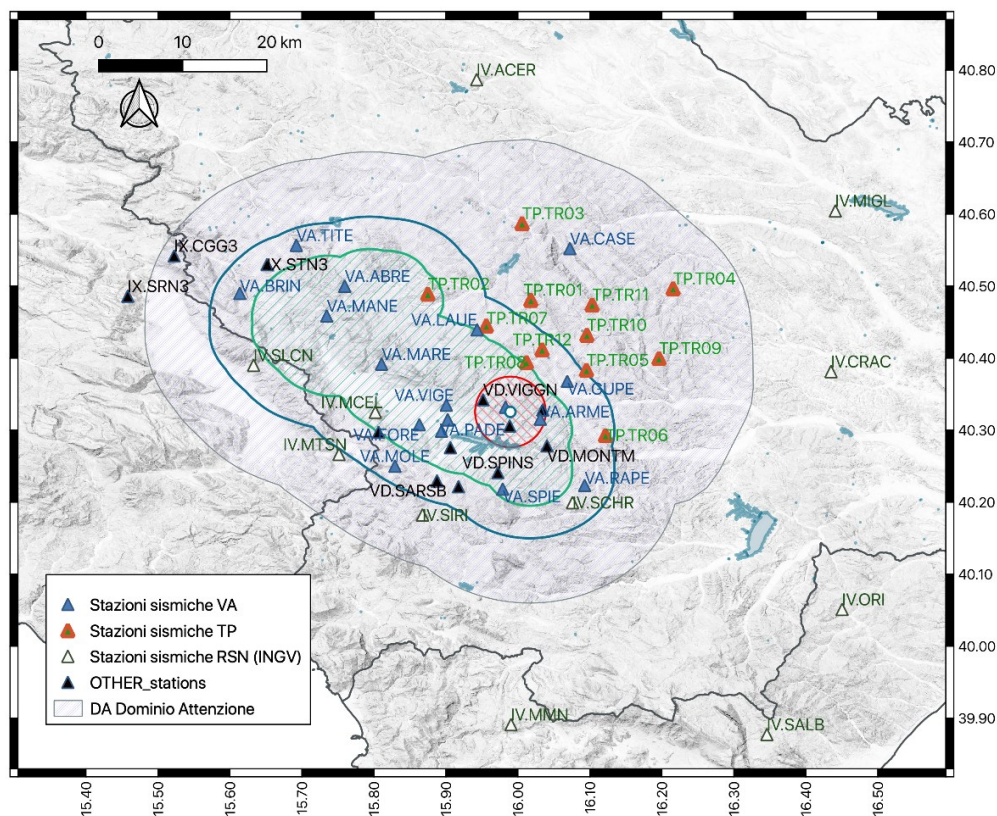
Poiché in data 19/03/2021, in accordo con quanto previsto all'Art.10 comma 3 dell'AQ, per comprovate cause di forza maggiore, la Società Concessionaria ha chiesto una proroga del termine di adeguamento e implementazione delle reti di monitoraggio (ATIM prot.12/MM), la SPM si riserva di produrre la documentazione a sostegno di una validazione definitiva della rete di monitoraggio sismico al termine del terzo anno di sperimentazione, o comunque al termine dei primi 6 mesi di sperimentazione dopo il completamento della rete.

Tuttavia, alcune considerazioni di rilievo possono già essere presentate alla luce delle elaborazioni e degli approfondimenti fin qui condotti.

In primo luogo si sottolinea che, in accordo con quanto disposto all'art 5.3 punto 4 degli ILG, la SPM acquisisce in tempo reale presso la Sala di Monitoraggio del CMS i dati in continuo di tutte le reti pubbliche e proprietarie presenti nell'area.

Il monitoraggio sismico può contare su una rete integrata che vede alla data attuale 18 stazioni della rete VA a cui si aggiungono 35 stazioni di altre reti (pubbliche e private) per un totale di 53 siti i cui dati vengono regolarmente acquisiti in *real-time* presso il CAD-BO.

**Figura 1.** Mappa delle stazioni sismiche attive nell'area in esame, i cui dati sono acquisiti in *real-time* presso il Centro Acquisizione Dati di Bologna. In blu le stazioni della rete VA (Eni spa); in rosso/verde le stazioni della rete TP, (Total spa); in bianco/nero le stazioni della Rete Sismica nazionale IV (INGV); in nero le stazioni di altre reti pubbliche (GFZ, CNR, ISNet). I perimetri dei Domini Interno, Esteso, di Attenzione e di Riferimento intorno al CM2 sono delimitati rispettivamente in verde, blu grigio e rosso.



In riferimento all'art. 5.3, punti 1 e 2, in Figura 2 sono mostrate le curve di distribuzione Gutenberg-Richter relative agli eventi localizzati dalla Sala di Monitoraggio CMS dal 01/09/2020 al 31/03/2021.

Il bollettino completo degli eventi (fino al 15/04/2021) è riportato in Appendice A.

Secondo la legge di Gutenberg-Richter (G-R), la magnitudo di eventi che avvengono in un certo intervallo di tempo, in una certa area, segue una distribuzione (Gutenberg and Richter, 1944) che approssima la nota relazione logaritmica

$$\log N(m) = a - bm \quad [\text{Eq. 1}]$$

Dove  $N(m)$  è il numero di terremoti di magnitudo  $M \geq m$ ,  $b$  è un parametro di scala e  $a$  è una costante.

In Figura 2, la linea verde rappresenta la relazione G-R per tutti e soli gli eventi localizzati all'interno del DI con le stazioni della rete integrata. La linea azzurra rappresenta l'analoga distribuzione per gli eventi localizzati all'interno del DE (ivi ricompresi anche gli eventi del DI). L'approccio di calcolo dei parametri della distribuzione G-R adottato in questo report segue il metodo MBASS (*Median Based Analysis of the Segment Slope*) da Amorese, 2007.

Si noti che, in accordo con quanto previsto dagli ILG art 5.4 - Configurazione 0, la Sala Sismica del CMS calcola la magnitudo locale secondo la relazione di Bakun and Joyner (1984), in questo Report contrassegnata con la notazione MLbj

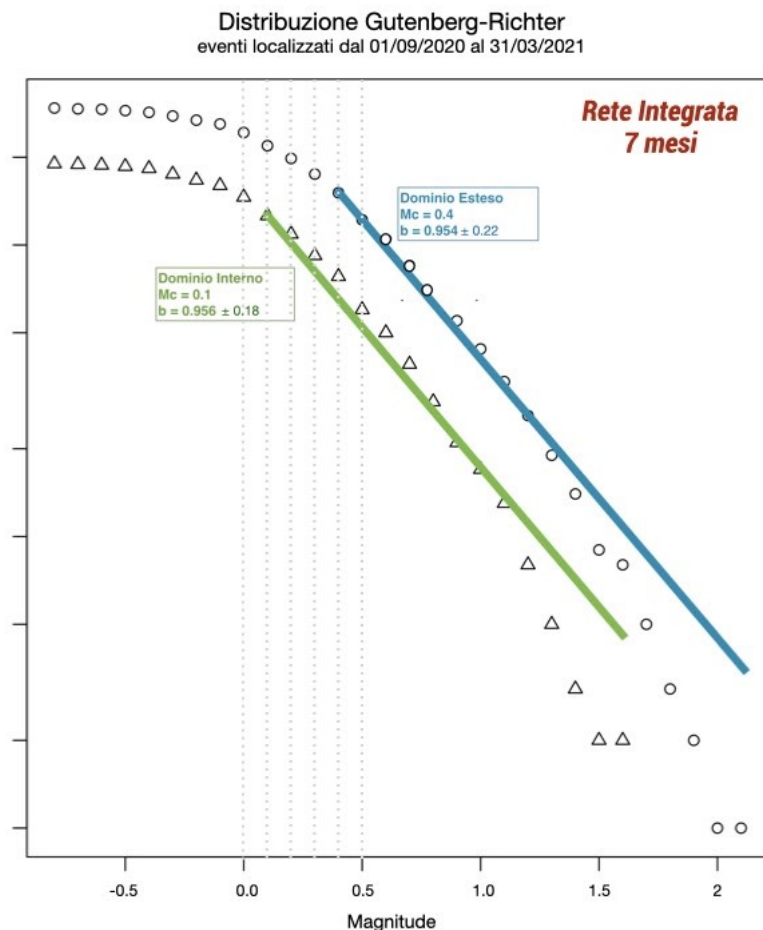
$$MLbj = \log A + 1.00 \log \left( \frac{R}{100} \right) + 0.00301(R - 100) + 3.0 \quad [\text{Eq. 2}]$$

$A$  = massima semi-ampiezza della traccia in mm, misurata sulle componenti orizzontali, dopo simulazione di un sismografo Wood-Anderson sintetico  $R$  = distanza ipocentrale.

Per il Dominio Interno si ottiene una magnitudo locale di completezza  $M_c = 0.1$ ; per il Dominio Esteso la magnitudo di completezza è  $M_c = 0.4$ .

Relativamente alla magnitudo di completezza, la rete integrata così distribuita consente di raggiungere allo stato attuale i requisiti prestazionali previsti dagli ILG §5.3 punti 1 e 2.

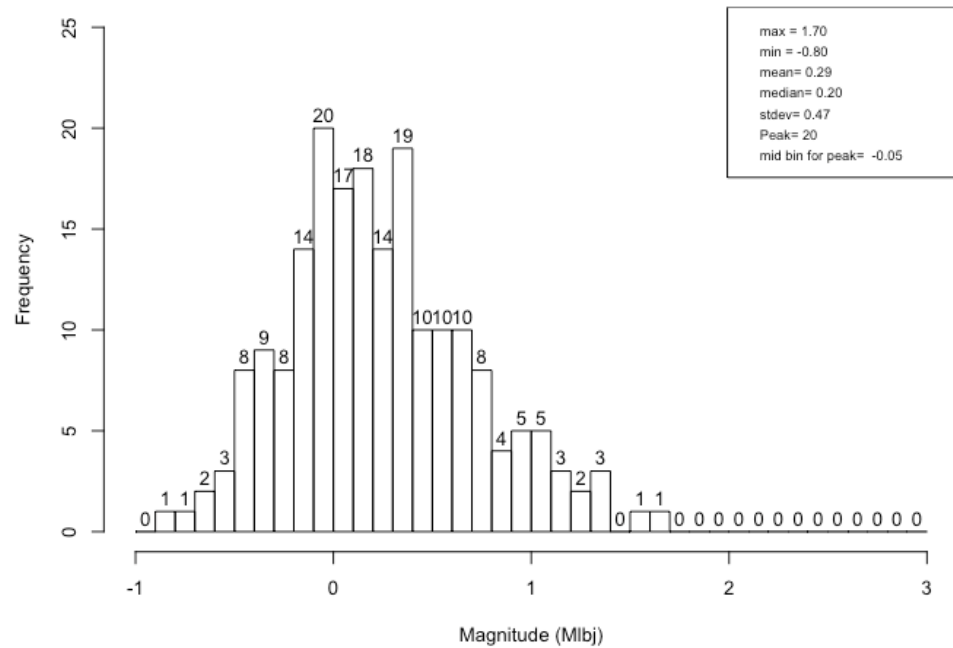
**Figura 2.** La figura rappresenta la distribuzione GR per gli eventi localizzati dai dati della rete integrata di 53 stazioni, nell'area della Val d'Agri per il periodo 01/09/2020 - 31/03/2021. In ascissa è riportato l'intervallo di magnitudo analizzato e in ordinata il logaritmo della cumulativa  $\text{Log } N(m)$  degli eventi di magnitudo  $M > m$ . Le distribuzioni degli eventi localizzati all'interno del DI e del DE sono rappresentate rispettivamente con triangoli e cerchi. Le linee verde (DI) e blu (DE) indicano le rette che meglio approssimano le rispettive distribuzioni.



Poiché il periodo in esame è piuttosto breve, la distribuzione dei dati di magnitudo superiore a 1 si discosta dalla linearità. Maggiore rappresentatività della completezza del catalogo per magnitudo  $MLbj > 1$  potrà essere raggiunta quando saranno disponibili pluriennali serie temporali di dati.

Per i soli eventi del Dominio Interno, inoltre, la distribuzione statistica delle magnitudo  $MLbj$  calcolate è rappresentata in Figura 3.

**Figura 3.** Numerosità degli eventi per ogni intervallo 0.1 di magnitudo  $MLbj$  compresa tra -1 e 3. L'istogramma si riferisce ai soli eventi localizzati nel Dominio DI per il periodo 01/09/2020 - 31/03/2021.



In ascissa è riportato l'intervallo di magnitudo  $-1.0 \leq MLbj \leq 3.0$ , in ordinata il numero di eventi di magnitudo corrispondente (ogni bin indica un intervallo di magnitudo di 0.1).

Per l'intervallo di tempo in esame (01/09/2020 - 31/03/2021), sono stati complessivamente localizzati 196 eventi nel DI; di questi, 20 eventi hanno magnitudo  $MLbj$  compresa tra -0.1 e 0 (rappresentano la barra di picco dell'istogramma); oltre la metà degli eventi (102) hanno magnitudo compresa tra -0.1 e 0.4.

In legenda sono elencati alcuni valori statistici significativi e qui riportati:

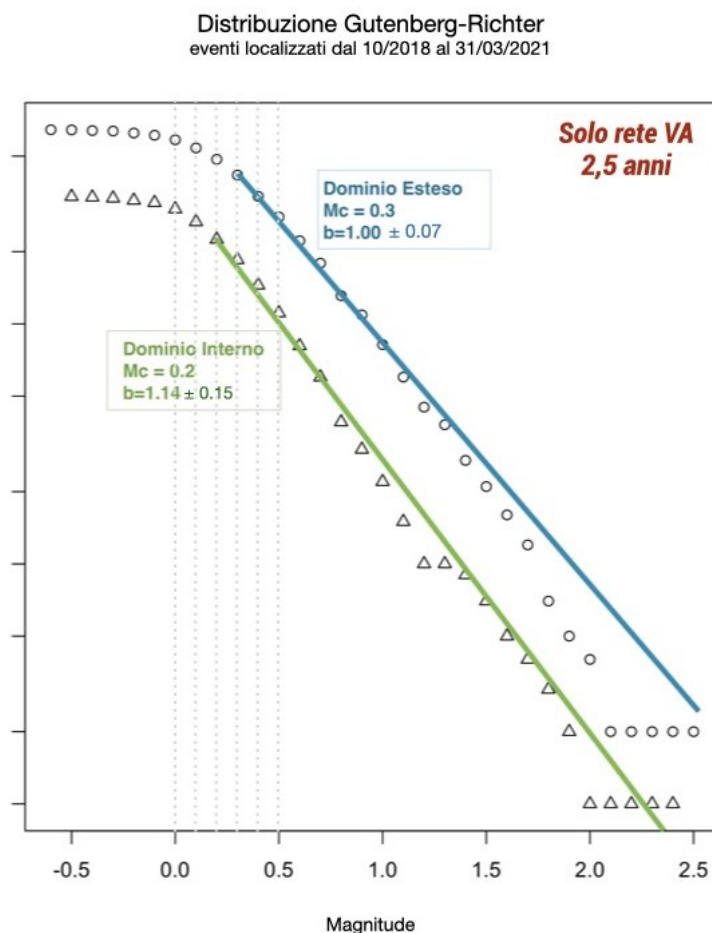
<b>MLbj min rilevata</b>	-0.8
<b>MLbj max rilevata</b>	1.7
<b>MLbj media</b>	0.29
<b>MLbj mediana</b>	0.20
<b>Deviazione standard</b>	0.47
<b>Picco di frequenza</b>	20 eventi per bin

E' stata ripetuta analoga elaborazione per i dati registrati dalla sola rete VA dal 17/10/2018, ossia dall'inizio dell'acquisizione in continuo, fino al 31/03/2021.

Considerando 2.5 anni di dati, la magnitudo di completezza nel Dominio Interno risulta pari a  $M_c=0.2$  e quasi equivalente per il Dominio Esteso ( $M_c=0.3$ ) come rappresentato in Figura 4.

Dall'analisi fin qui condotta risulta che la rete microsismica VA, comprendente le 18 stazioni finora installate dalla Società Concessionaria, soddisfa i requisiti prestazionali richiesti dagli ILG §5.3 punti 1 e 2 relativamente alla magnitudo di completezza.

**Figura 4.** La figura rappresenta la distribuzione GR per gli eventi localizzati dai dati della sola rete VA di 18 stazioni, nell'area della Val d'Agri per il periodo 17/10/2018 - 31/03/2021. Simboli analoghi alla Figura 2.

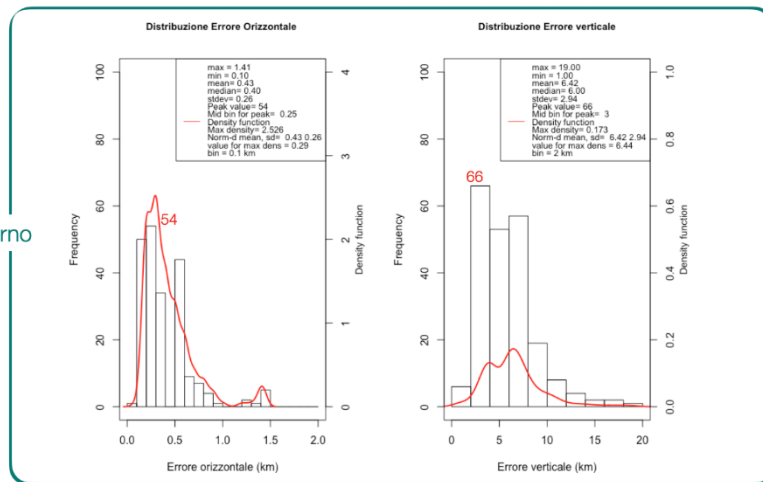


E' interessante notare che la distribuzione dei dati analizzati per il DI mantiene la linearità anche per valori di magnitudo  $M>1$ , grazie al fatto che il periodo in esame è piuttosto lungo e il catalogo degli eventi è maggiormente rappresentativo.

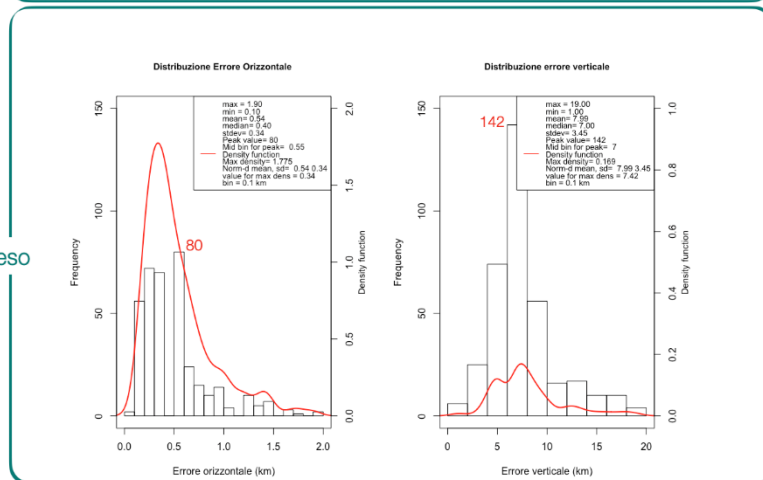
Per quanto concerne la richiesta degli ILG relativamente all'incertezza delle localizzazioni (§5.3 punti 1 e 2), si riporta in figura una rappresentazione della distribuzione degli errori di localizzazione ipocentrale sia per gli eventi localizzati nel DI che per quelli localizzati nel DE.

**Figura 5.** Distribuzione degli errori di localizzazione, orizzontali e verticali, relativamente agli eventi localizzati nel periodo 01/09/2020 - 15/04/2021. Vengono rappresentati gli istogrammi che indicano la frequenza di occorrenza di ogni valore dell'intervallo di errore e le funzioni densità di probabilità in rosso per ogni distribuzione.

Dominio Interno



Dominio Esteso



Per ciò che concerne gli errori orizzontali di localizzazione, si noti che solo un numero molto esiguo di eventi viene localizzato con incertezza orizzontale superiore a 1 km. La funzione di densità di probabilità è centrata intorno al valore di incertezza orizzontale 0.29 per il DI e 0.34 km per il DE con rispettive deviazioni standard di 0.26 km e 0.34 km. La media e la mediana della distribuzione sono rispettivamente 0.43 e 0.40 per il DI e 0.54 km e 0.4 km per il DE.

L'incertezza sulla definizione della profondità dell'ipocentro è invece generalmente distribuita nell'intervallo 2-7 km per il DI e 5-10 km per il DE. La funzione densità di probabilità è centrata intorno al valore di errore verticale di 6.44 km per il DI e 7.42 km e le rispettive deviazioni standard sono calcolate in 2.94 e 3.45 km. La media e la mediana della distribuzione sono rispettivamente 6.42 km e 6.0 km per il DI, 7.99 km e 7.00 km per il DE.

Il calcolo della profondità di un evento sismico è in generale affetto da errori più alti rispetto agli errori orizzontali sull'epicentro a causa di una serie di fattori che non dipendono solo e strettamente dalle caratteristiche geometriche e prestazionali della rete sismica, ma coinvolgono più direttamente la definizione del modello di velocità di

propagazione dell'onda sismica, l'algoritmo di inversione, il numero e il peso di fasi S utilizzate nella localizzazione e i relativi errori epistemici.

Allo stato attuale della sperimentazione, si possono ritenere raggiunti i requisiti all'art. 5.3 degli ILG:

- Requisito 1 - adeguatamente raggiunto per la prima condizione *“rilevare e localizzare i terremoti a partire da magnitudo locale  $M_L$  compresa tra 0 e 1 ( $0 \leq M_L \leq 1$ )”* nel Dominio Interno;
- Requisito 2 - adeguatamente raggiunto;
- Requisito 3 - adeguatamente raggiunto come descritto al paragrafo 0.4;
- Requisito 4 - adeguatamente raggiunto.

La seconda condizione del requisito al punto 1 art. 5.3 degli ILG che prevede *“incertezza nella localizzazione dell'ipocentro di alcune centinaia di metri”* è parzialmente verificata; in particolare la condizione richiesta è verificata per l'incertezza nella localizzazione dell'epicentro, mentre l'accuratezza deve essere migliorata per l'errore nella profondità ipocentrale nel processo di localizzazione.

## 4 Validazione rete GPS

Al paragrafo 6.2, gli ILG indicano le caratteristiche tecniche del monitoraggio delle deformazioni del suolo, raccomandando che questo riguardi *“la porzione superficiale dei domini di rilevazione (interno ed esteso)”* e che rispetti certe caratteristiche sia per le misure GPS che InSAR. Se da un lato per il secondo tipo di misure non è necessaria un’infrastruttura fissa per ottenere le osservazioni necessarie per eseguire il monitoraggio richiesto, per quanto attiene invece le misure GPS è raccomandata la presenza di *“una rete GPS in continuo, preesistente o di nuova realizzazione”*, composta *“di stazioni permanenti di precisione (di tipo geodetico), distribuite opportunamente in funzione dell’estensione e delle caratteristiche dell’area da monitorare ed installate con una adeguata monumentazione adatta a scopi geofisici (ad esempio UNAVCO). In particolare, si richiede che le stazioni abbiano interdistanze inferiori a 10-15 km e che una di esse sia co-locata con la stazione a banda larga della rete di monitoraggio sismico”*.

Allo stato attuale la rete GPS installata da ENI presso la concessione Val d’Agri è composta da 5 stazioni GPS permanenti (CGPS) poste all’interno del DI, le cui caratteristiche tecniche sono riportate in Tabella 1.

Nome sito ENI	Nome sito INGV	Lon. (°E)	Lat. (°N)	Quota (m)	Data installazione	Antenna	Ricevitore
CGPS7	INN2	15.7848	40.3626	647	19/06/2018	LEIAR 20	LEICA GR10
					16/05/2019	LEIM	LEICA GR30
CGPS9	MAE1	15.9583	40.3067	653	06/04/2016	LEIAR 20	LEICA GR10
					25/10/2016	LEIM	LEICA GR10
CGPS11	TEVE	16.0313	40.3153	1036	03/10/2019	LEIAR 20 LEIM	LEICA GR30
CGPS5	TLMA	15.9789	40.3981	1132	18/12/2018	LEIAR 20 LEIM	LEICA GR30
CGPS8	VIG3	15.8874	40.3132	633	14/12/2016	TPSCR4	LEICA GR10
					14/10/2020	TPSH	LEICA GR30

**Tabella 1.** Elenco delle stazioni GPS attualmente installate, coordinate e data di installazione corrispondente alla strumentazione in uso.

Secondo il progetto proposto dalla concessionaria, la rete GPS locale dovrebbe essere composta da un totale di 12 stazioni permanenti, le cui 7 stazioni mancanti sono in previsione di prossima installazione. A questo proposito, come citato in § 3, la Società Concessionaria ha chiesto una proroga del termine di adeguamento e implementazione delle reti di monitoraggio per cause di forza maggiore, per cui la SPM



in questo report cercherà di eseguire una prima validazione della rete esistente, riservandosi di svolgere una validazione definitiva al termine dei primi 24 mesi di sperimentazione dopo il completamento della rete.

Come già espresso nel precedente report, la rete GPS per la Val d'Agri rispetta la maggior parte delle indicazioni riportate dagli ILG, ossia:

- Utilizzo di stazioni permanenti di precisione, in quanto tutti i siti sono equipaggiati di antenna *choke ring* di tipo geodetico e di ricevitore a doppia frequenza, con alimentazione tramite pannelli fotovoltaici o rete elettrica dove disponibile
- Presenza di una stazione CGPS co-locata con una stazione sismica a banda larga, come è per la stazione TEVE (co-locata con la stazione ARME)
- Distribuzione opportuna in funzione dell'area da monitorare e interdistanza delle stazioni inferiori di 10-15 km, che sarà ottenuto a completamento della realizzazione della rete.

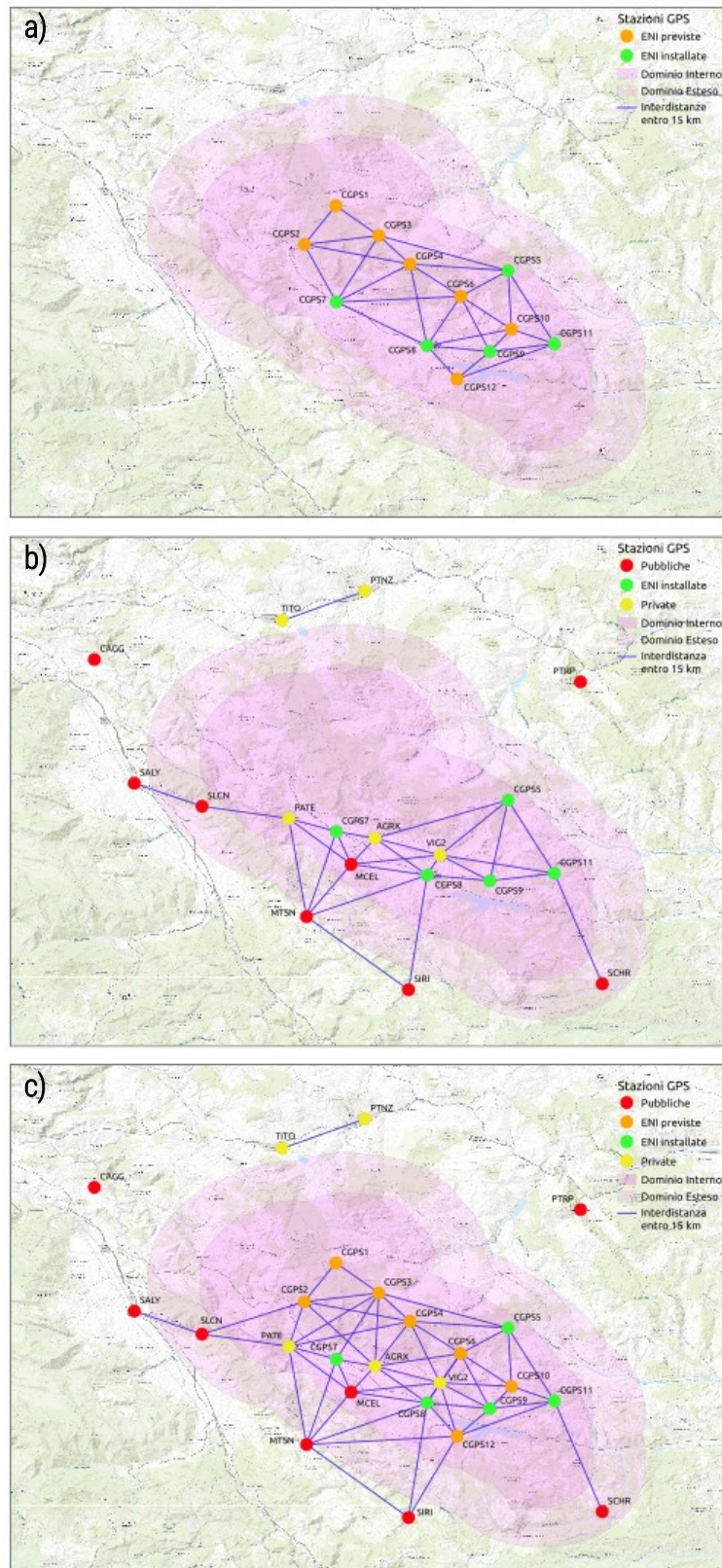
A questo proposito auspichiamo che venga presto realizzato il completamento della rete GPS, dal momento che attualmente le stazioni installate coprono solo il settore meridionale della concessione lasciando scoperto tutto il settore settentrionale. Considerando però che il monitoraggio debba *riguardare "la porzione superficiale dei domini di rilevazione (interno ed esteso)"* dove *"le stazioni abbiano interdistanze inferiori a 10-15 km"*, risulta importante evidenziare come la rete prevista dalla Concessionaria, pur garantendo l'interdistanza richiesta tra le stazioni, interesserebbe solo il dominio interno (Figura 6a).

Tenendo conto del *"principio di valorizzazione dell'esistente"* (come più volte indicato negli ILG) la SPM ha valutato come allo stato attuale la distribuzione delle stazioni GPS già presenti sul territorio (Figura 6b), appartenenti non solo a reti pubbliche (come la RING), ma anche a reti geodetiche o topografiche private (tipo Italpos e Netgeo), integrate con quelle ENI, aiuterebbe a migliorare la copertura per il monitoraggio dell'area, interessando comunque parzialmente la porzione da monitorare. Anche ipotizzando il completamento della rete GPS secondo il progetto della Concessionaria (Figura 6c), la distribuzione totale delle stazioni non permetterebbe un monitoraggio completo di tutta l'area interessata, lasciando scoperto gran parte del settore settentrionale e in parte quello meridionale.

Questi possibili scenari sono stati analizzati con lo scopo di evidenziare come l'integrazione delle stazioni ENI con quelle appartenenti ad altre reti possa fornire un aiuto nel miglioramento della copertura dell'area da monitorare, possibilmente anche con un costo economico inferiore rispetto ad installazioni ex-novo di stazioni GNSS di alta qualità per tutta la superficie di rilevazione. Sugeriamo pertanto alla Concessionaria di tenere conto di queste valutazioni per il completamento ottimale

della rete auspicando che le future installazioni permettano la massima copertura possibile della superficie da monitorare rispettando allo stesso tempo i criteri di interdistanza tra stazioni.

**Figura 6.** Interdistanze entro i 15 km tra le stazioni GPS. a) tra solo le stazioni GPS ENI installate (verdi) e previste (arancioni); b) tra le sole stazioni GPS attualmente attive: ENI (verdi), pubbliche (rosse), private (gialle); c) tra tutte le stazioni attive e previste.



L'ultimo aspetto da porre in evidenza riguarda la tipologia di monumentazione delle stazioni installate. Alla luce del sopralluogo svolto a settembre 2020 e della documentazione tecnica di dettaglio di progettazione delle stazioni, tutte le antenne CGPS sono monumentate su un pilastro di cemento armato costruito in modo solidale ad una piattaforma, anch'essa di cemento armato, estesa arealmente per alcuni metri quadri ed incassata nel terreno. Per la maggior parte di queste però l'infrastruttura non è ancorata al substrato roccioso (eccetto che per MAE1) risultando perciò vincolata alla parte superficiale del terreno, condizione che non garantisce l'acquisizione di misure *"adatte a scopi geofisici"*. Una monumentazione così poco profonda potrebbe non essere affidabile dal punto di vista della stabilità nel tempo, rischiando di risentire di instabilità locali (dovute sia al terreno che all'assestamento della monumentazione stessa) che possono coprire il segnale di deformazione da monitorare.

Pertanto risulta importante ribadire che le monumentazioni geodetiche per scopi geofisici dovrebbero poter essere ancorate al substrato roccioso, in modo da aumentare la probabilità che le misure registrate di spostamento del suolo siano dovute a fenomeni naturali (come deformazione tettonica e subsidenza) e/o alle attività antropiche. Consigliamo se possibile di adottare per le stazioni di futura installazione delle soluzioni tecniche che utilizzino dei supporti piantati in profondità di almeno alcuni metri o fino al substrato roccioso. In alternativa si può suggerire di installare le stazioni permanenti su edifici in muratura ove già presenti, riducendo molto i costi legati alla monumentazione e ottenendo ugualmente misure di spostamento di buona qualità.

Facciamo presente che le analisi delle acquisizioni finora ottenute, che saranno mostrate in questo report, possono dare solo una prima valutazione della stabilità e dell'affidabilità delle misure ottenute da queste stazioni, mantenendo la consapevolezza che solo serie temporali lunghe diversi anni possono dare indicazioni chiare sulla qualità del dato.

## 5 Monitoraggio e analisi dati

### 5.1 Log Book

Data	Evento
7 Giugno 2019	Test di acquisizione di dati sismici in tempo reale sulla macchina INGV <i>Startrek</i> (193.204.89.170) direttamente dai seguenti server di SOLGEO
11 Settembre 2019	Richiesta INGV a Solgeo di aprire l'accesso ai dati anche all'IP della macchina <i>Spok</i> (193.204.89.188) per acquisizione ridondante
26 Settembre 2019	Richiesta INGV a Solgeo di intervento per problemi tecnici di acquisizione: da questa data entrambe le macchine ( <i>Spok e Startrek</i> ) acquisiscono regolarmente
4 Marzo 2020	<b>Inizio acquisizione dati sismici continui real time per tutte le stazioni VA</b>
4 Marzo 2020	inizio monitoraggio sismico pre-operativo (test turnazione giornaliera)
29 marzo 2021	<b>Inizio formale turni di reperibilità e monitoraggio sismico operativo</b>

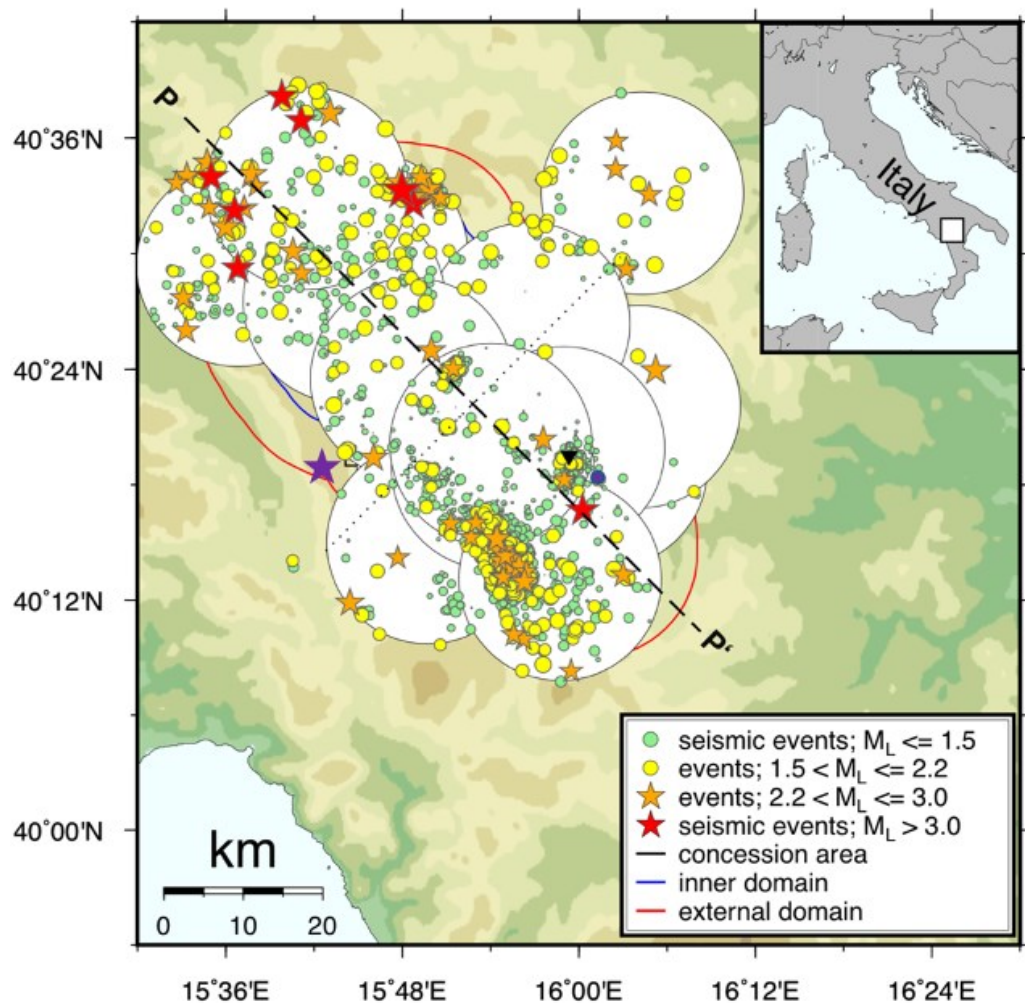
## 6 Dati sismologici

### 6.1 Analisi dati sismici ENI

#### 6.1.1 Adattamento dei bollettini ENI ai domini di monitoraggio

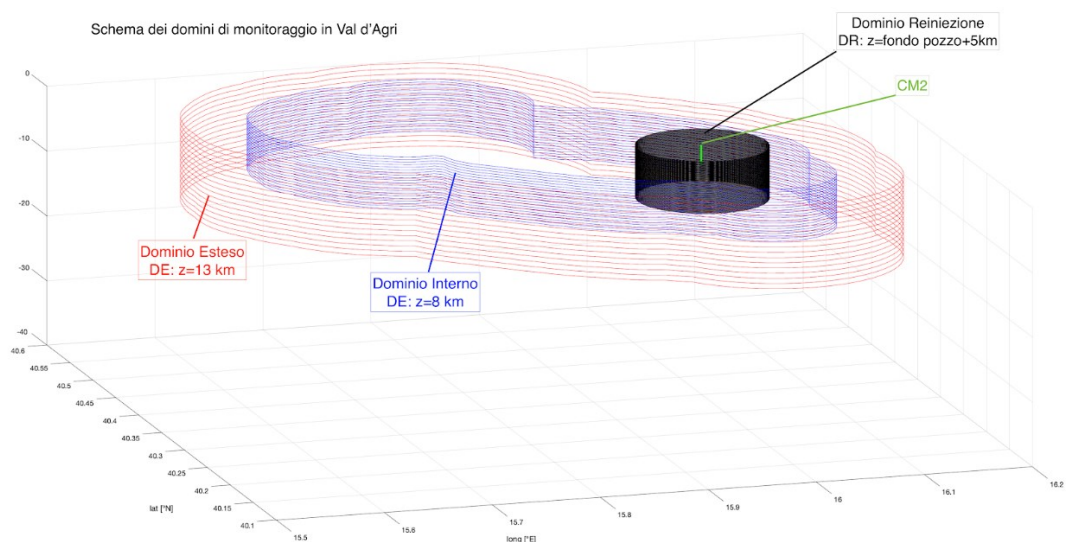
L'unità GEOM (Geodinamica e Monitoraggio Geofisico) del "servizio di Geologia e di Geofisica" di ENI, trasmette regolarmente alla SPM i bollettini giornalieri e mensili della Val D'Agri, che riportano gli eventi registrati dalla rete sismica VA (tempo origine, coordinate ipocentrali, magnitudo, PGV, PGA). Dall'inizio del monitoraggio nel 2001 GEOM classifica gli eventi sismici in Val d'Agri come "locale", se l'epicentro viene localizzato all'interno di un cerchio con raggio di 10 km intorno ad (almeno) una stazione sismica della rete VA (vedi cerchi bianchi in Figura 7); diversamente viene inserito nel bollettino degli eventi "regionali".

**Figura 7.** Mappa degli eventi definiti "locali" con epicentri all'interno delle aree con raggio di 10 km intorno alle singole stazioni della rete sismica ENI (Braun et al., 2020).



Con la definizione dei domini DI/DE, è necessario adeguare la precedente classificazione “locale/regionale” (L/R) di eventi con epicentri all’interno/esterno di un’area di 10 km intorno alle stazioni della propria rete sismica. Nei report precedenti sono stati considerati gli eventi “locali” come primo approccio alla sismicità verificatosi all’interno del DE. Come evidente dalla Figura 7, in alcuni casi gli eventi locali sono localizzati nettamente fuori dal perimetro del DE (in particolare nel settore orientale e nord-orientale della Val d’Agri); viceversa alcune zone dei domini rimangono leggermente scoperte dai cerchi bianchi delle aree “locali”. Relativamente al settore occidentale del DE, alcuni eventi localizzati risultano classificati da ENI come “regionali”, e.g. l’evento Mw3.8/ML4.2 del 26/10/2017 (stella viola in Figura 7, vedi Lòpez-Comino et al., 2021). Considerando che il DI e il DE non coincidono con la storica “definizione ENI” di evento “locale” e “regionale”, è stato necessario adeguare la classificazione dei bollettini ENI ai domini di monitoraggio DE/DI degli ILG.

**Figura 8.** Schema tridimensionale dei domini di Monitoraggio DE (blu: OWC+10km), DI (rosso: OWC+5km), DR (nero: CM2+5km).



Gli ILG suggeriscono l’adozione, in via sperimentale, di un sistema a semaforo solo per le attività in cui è prevista la reiniezione di fluidi nel sottosuolo in un dominio di riferimento intorno al fondo pozzo, proiettato poi fino in superficie. Il volume nero in Figura 8 indica il volume cilindrico di raggio 5 km intorno al pozzo Costa Molina 2 (CM2, verde) che arriva fino ad una profondità di 3 km e si estende quindi fino a 8 km di profondità e viene chiamato Dominio di Riferimento (DR).

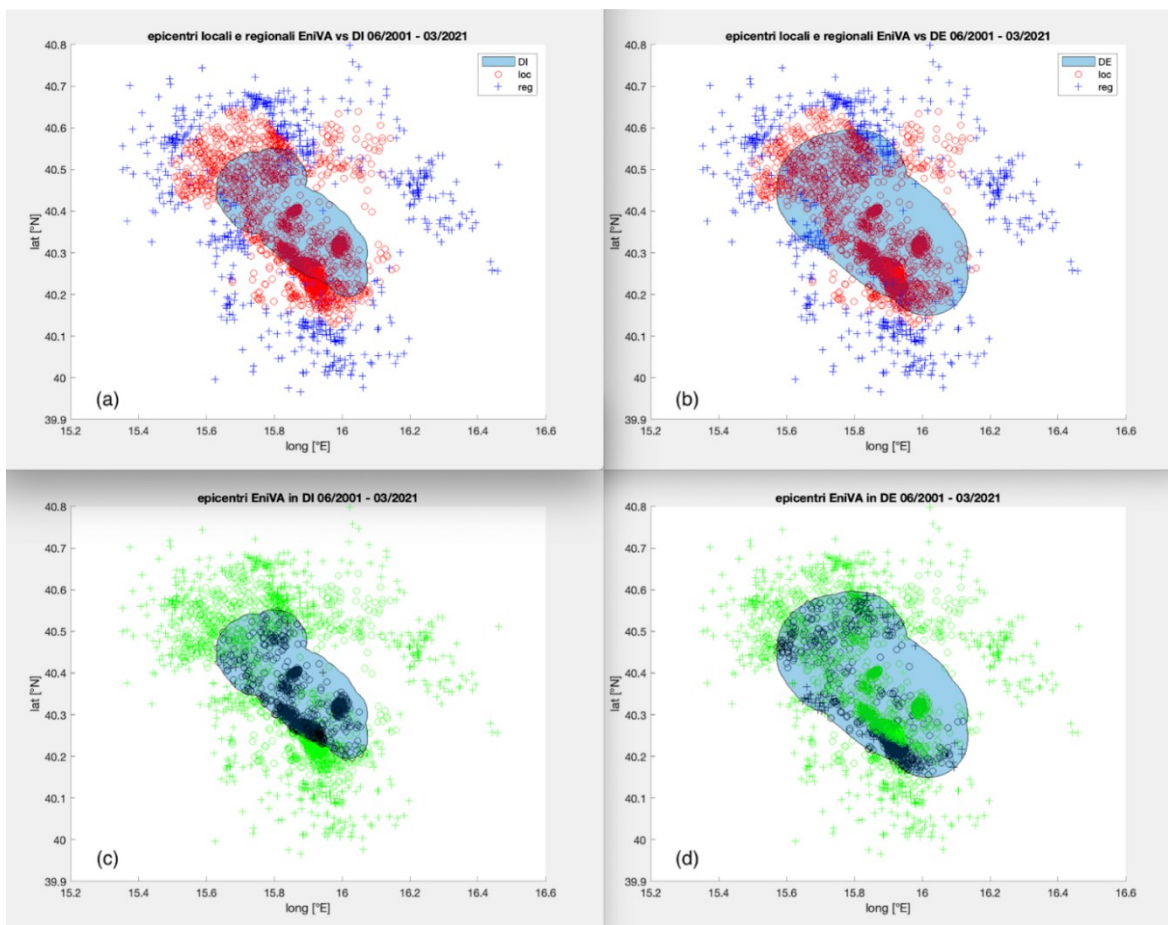
Ai fini di ri-classificare gli eventi “locali” e “regionali” all’interno dei domini di monitoraggio è stata sviluppato un codice matlab LR2DIDE.m che legge i bollettini GEOM degli eventi locali e regionali, e assegna degli specifici *flag* che indicano l’appartenenza ad un dominio di monitoraggio.

La Figura 9 mostra il risultato di tale selezione:

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% LR2DIDE assigns flag(1/0) (in/out) to Loc/Reg-epicentres EniVA %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% read DATA %
% > r EniVA_loc1220.xls ==> w EniVaLoc1220.mat %
% > r EniVA_reg1220.xls ==> w EniVaReg1220.mat %
% read DOMAINS (mat files) %
% > VADR = Val d'Agri Reference Domain CM2 + 5km %
% > VADI = VAL d'Agri Domain Inner = OWC + 5km %
% > VADE = Val d'Agri Domain Extend =OWC + 10km %
% 1) load VADR/VADI/VADE and define polygons %
% 2) load Loc/Reg-bulletins EniValoc/Reg1220 %
% 3) VADR - check if inside CM2 + 5 km %
% a) plot loc/reg seismicity with respect to VADR %
% b) plot sorted seismicity with respect to VADR %
% 4) VADI - check if inside %
% a) plot loc/reg seismicity with respect to VADI %
% b) plot sorted seismicity with respect to VADI %
% 5) VADE - check if inside %
% a) plot loc/reg seismicity with respect to VADE %
% b) plot sorted seismicity with respect to VADE %
% 6) export flags DIL, DEL, DIR, DER %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

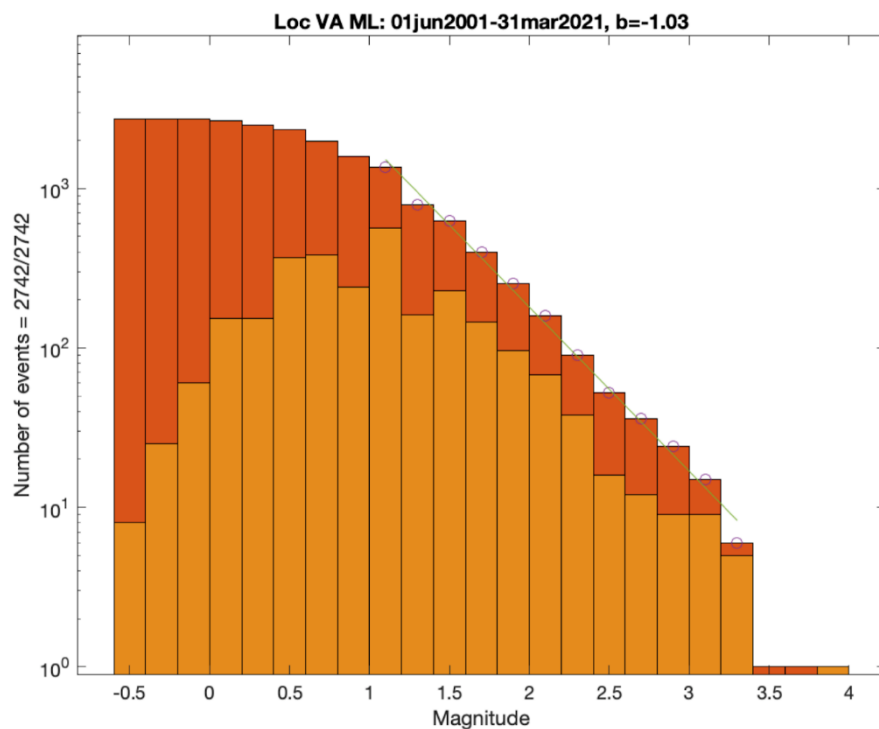


**Figura 9.** Mappa degli epicentri di eventi locali (cerchi) e regionali (crocette), secondo la definizione di GEOM: rispetto al DI (a), DE (b) (aree azzurre). I riquadri (c) e (d) rappresentano gli eventi rispetto a (a) e (b) riclassificati rispetto al DI (c) e DE (d), considerando una rispettiva profondità massima di 8 km e 13 km.

In Figura 9 i simboli “o” e “+” rappresentano rispettivamente gli epicentri degli eventi locali e regionali, illustrati rispettivamente al DI (a,c) e DE (b,d). I subplot in alto (a,b) mostrano gli epicentri del catalogo unito prima della selezione, mentre nei grafici in basso vengono illustrati in nero gli eventi all’interno, e in verde al di fuori del DI (c) e DE (d). Simboli verdi all’interno dei domini di monitoraggio (aree azzurre) hanno una profondità ipocentrale tale da non essere inclusi nel volume del rispettivo dominio. L’assegnazione dei *flag* di appartenenza-dominio per ogni evento del bollettino sismico unificato del GEOM (bollettino ENI 2001 - ad oggi) consente di compiere delle analisi specifiche per ogni dominio.

### 6.1.2 Distribuzione Gutenberg-Richter per varie classificazioni

**Figura 10.** Distribuzione G-R solo per eventi “locali” dei bollettini ENI per il periodo 2001 - 31/03/2021.



Un primo approccio per la valutazione della sismicità registrata all’interno dei domini di monitoraggio DI/DE è fare ricorso agli eventi definiti da ENI come “locali”. La Figura 10 illustra la distribuzione “Gutenberg-Richter” (G-R), che rappresenta l’istogramma cumulativo della magnitudo, ovvero, il numero di eventi per ogni classe di magnitudo, per il catalogo ENI (periodo dal 2001 al 31/03/2021). Il valore risultante  $b = 1.03$  corrisponde ad un tipico valore per l’Appennino; la magnitudo di detezione minima risulta  $M_{min} = -0.5$ , la Magnitudo di completezza per questo dataset risulta  $M_c = 1.0$ .

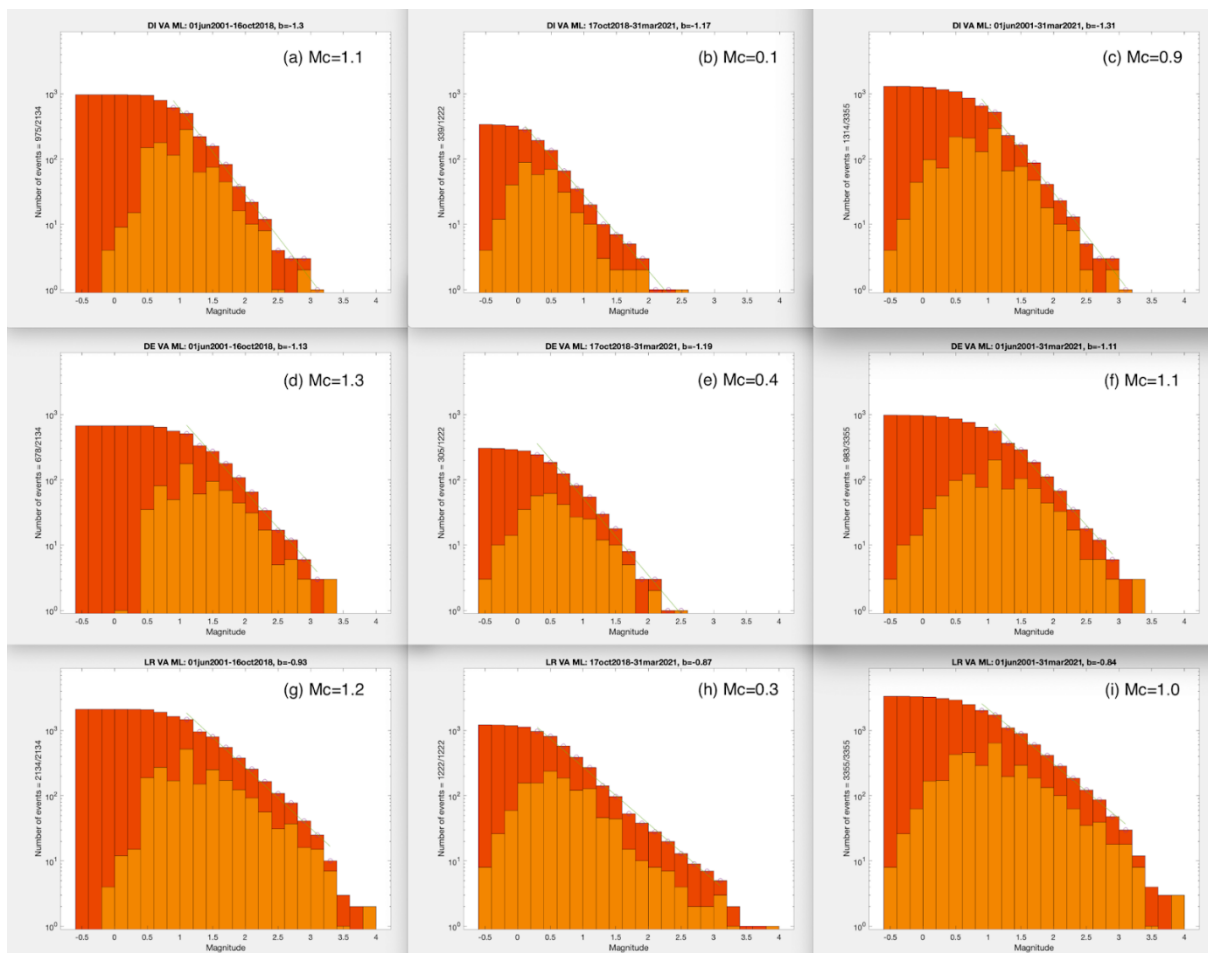
Basandosi sulla classificazione automatica degli eventi Loc/Reg rispetto a DI/DE (vedi § 6.1.1), considerando poi che ad Ottobre 2018 la strumentazione della rete sismica ENI è stata aggiornata da 20 bit a 24 bit e l’acquisizione dei dati è passata da “trigger”



a “continuo”, il catalogo originale ENI per l’elaborazione G-R è stato segmentato per periodo e dominio.

La Figura 11 mostra l’istogramma Gutenberg-Richter per differenti estrazioni dai bollettini sismici GEOM ed è composta da nove sotto-figure, suddivise per dominio (RIGHE: DI= dominio interni, DE= dominio esteso, LR= tutti gli eventi locali/regionali del bollettino ENI ) e per periodo (COLONNE):

- 30/06/2001-16/10/2018 acquisizione a trigger: DI(a), DE(d), tutti gli eventi LR(g) Figura 9c;
- 17/10/2018-31/03/2021 acquisizione continua: DI(b), DE(e), tutti gli eventi LR(h), Figura 9d;
- 30/06/2001-31/03/2021 acq.trigger/continua: DI(c), DE(f), tutti gli eventi LR(i), Figura 9 tutti simboli.



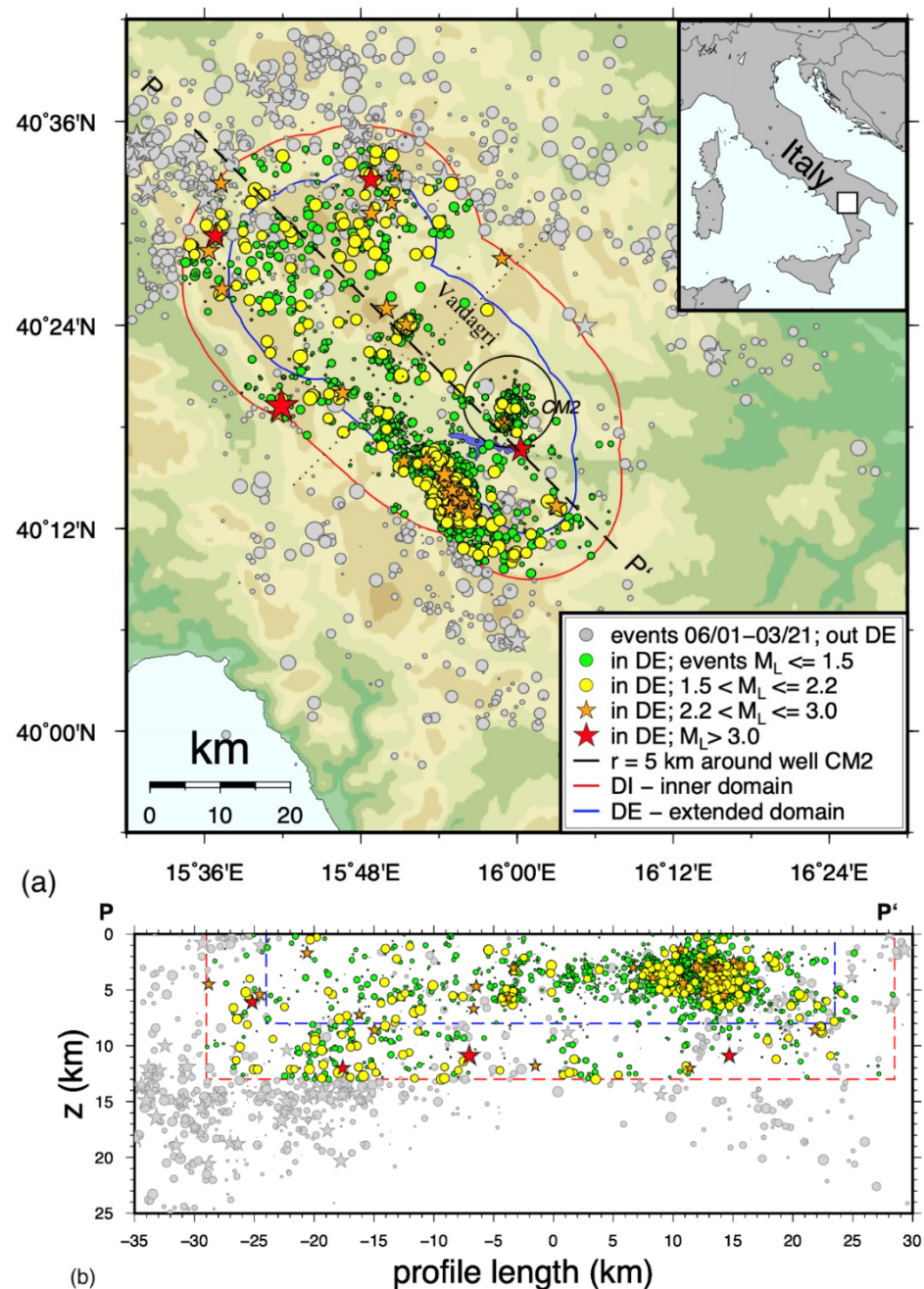
**Figura 11.** Iistogramma (arancione) e distribuzione cumulativa G-R (rosso) per differenti estrazioni dal catalogo unificato GEOM, con rispettivi valori del parametro b e della magnitudo di completezza  $M_c$ : (a) eventi locali, (b) in DI, (c) in DE, (d) LR = tutti gli eventi Locali e Regionali del bollettino ENI. Il numero accanto all’ordinata indica il numero di eventi analizzati.

Comparando i parametri dei periodi “pre-” (Figura 11a,d) e “post-” Ottobre 2018 (Figura 11b,e), si nota il netto abbassamento della magnitudo di completezza da  $M_c=1.1$  a  $M_c=0.1$  per il DI e da  $M_c=1.3$  a  $M_c=0.4$  per il DE. Nonostante la serie temporale in continuo si riferisca solo agli ultimi 2.5 anni, è già quantificabile l’evidente effetto positivo dell’ammodernamento della rete nell’Ottobre 2018.

Per quanto riguarda il valore  $b=1.03$  per l’intero bollettino ENI (Figura 10), si può notare che la decomposizione del catalogo risulta in valori  $b$  più elevati per DI/DE  $1.13 \leq b \leq 1.3$ , mentre l’elaborazione cumulativa di tutti gli eventi regionali fuori rete abbassa il valore  $b$  Figura 11g,h,i.

### 6.1.3 Sismicità locale e regionale bollettino ENI da 2001 ad oggi

**Figura 12.** Ipocentri dei bollettini GEOM di eventi locali e regionali (periodo 06/2001 a 03/2021) illustrati in (a) mappa e (b) lungo il profilo P-P, classificati rispetto a DI/DE con LR2DIDE (vedi § 6.1.1). I simboli grigi e colorati rappresentano rispettivamente eventi esterni e interno al DI/DE (colori secondo il sistema a semaforo definito negli ILG, 2014 (vedi legenda).



Le Tabelle da 2 a 4 elencano gli eventi locali (L) e regionali (R) del bollettino sismico GEOM (dal 06/2001 al 03/2021, vedi Figura 12) - risultati dalla classificazione automatica tramite LR2DIDE (§ 6.1.1) - che hanno superato le soglie di magnitudo secondo il sistema a semaforo definito negli ILG (2014).

Nr	DATA	ORA	LATIT. N	LONG. E	zz	RMS (s)	MI	Epicentro	LR	DR	DI	DE
896	24/07/06	21:32:28	40°19.04'	15°59.51'	4.2	0.13	1.7	Montemurro	L	1	1	0
902	26/07/06	07:44:49	40°19.15'	15°58.68'	4.3	0.23	1.7	Montemurro	L	1	1	0
1135	26/10/10	15:54:08	40°19.38'	15°58.89'	4.3	0.14	1.7	Montemurro	L	1	1	0
900	25/07/06	18:40:05	40°19.09'	15°59.47'	4.2	0.17	1.6	Montemurro	L	1	1	0
1261	22/12/12	13:13:13	40°17.69'	15°59.96'	3.1	0.06	1.6	Montemurro	L	1	1	0

**Tabella 2.** Eventi all'interno del DR in un'area con r=5 km intorno al pozzo di reiniezione CM2 (definizione del volume di monitoraggio vedi Figura 8).

Nr	DATA	ORA	LATIT. N	LONG. E	zz	RMS (s)	MI	Epicentro	LR	DR	DI	DE
552	09/06/04	01:02:20	40°14.56'	15°54.73'	2.9	0.21	3.0	Moliterno	L	0	1	0
1206	15/01/12	06:32:28	40°15.18'	15°54.43'	4.4	0.23	2.9	Grumento Nova	L	0	1	0
1077	24/10/09	23:06:39	40°24.97'	15°49.97'	4.7	0.26	2.8	Viggiano	L	0	1	0
2195	04/01/20	14:52:50	40°20.02'	15°46.61'	3.0	0.14	2.5	Marsico Vetere\$	L	0	1	0
672	08/10/04	18:56:05	40°24.03'	15°51.47'	5.7	0.14	2.4	Viggiano	L	0	1	0
30	17/03/02	04:53	40°15.22'	15°54.29'	1.3	0.44	2.3	Grumento Nova	L	0	1	0
1099	28/04/10	07:53:34	40°15.98'	15°51.30'	3.0	0.30	2.3	Grumento Nova	L	0	1	0
1386	29/05/13	12:41:12	40°16.02'	15°53.01'	3.9	0.18	2.3	Grumento Nova	L	0	1	0
8	21/11/01	06:21:03	40°31.19'	15°50.36'	-0.4	0.35	2.3	Potenza	R	0	1	0
513	20/05/04	06:05:52	40°14.51'	15°54.65'	3.0	0.20	2.2	Moliterno	L	0	1	0
711	19/10/04	20:01:12	40°24.09'	15°51.77'	5.7	0.14	2.2	Viggiano	L	0	1	0
1208	15/01/12	12:35:37	40°15.22'	15°54.50'	4.7	0.20	2.2	Grumento Nova	L	0	1	0
1656	11/10/14	22:20:52	40°21.04'	15°51.10'	2.8	0.12	2.2	Viggiano	L	0	1	0
676	10/10/04	05:38:18	40°23.91'	15°51.25'	5.8	0.14	2.1	Viggiano	L	0	1	0
987	04/08/07	09:20:17	40°28.26'	15°49.10'	7.0	0.21	2.1	Marsico Nuovo	L	0	1	0
1112	10/08/10	08:26:25	40°13.61'	16°02.39'	5.6	0.20	2.1	S.Martino d'Agri	L	0	1	0
1209	16/01/12	01:42:42	40°15.59'	15°54.61'	3.2	0.17	2.1	Grumento Nova	L	0	1	0
1445	26/09/13	08:55:44	40°27.47'	15°49.61'	4.6	0.28	2.1	Marsico Nuovo	L	0	1	0
519	21/05/04	10:50:16	40°14.93'	15°54.15'	-0.2	0.32	2.0	Moliterno	L	0	1	0
664	06/10/04	14:15:58	40°23.99'	15°51.74'	6.3	0.13	2.0	Viggiano	L	0	1	0
1205	03/01/12	19:06:33	40°29.46'	15°48.18'	4.3	0.18	2.0	Marsico Nuovo	L	0	1	0
1279	23/03/13	22:20:03	40°15.31'	15°54.42'	4.9	0.20	2.0	Grumento Nova	L	0	1	0
1467	20/10/13	16:46:21	40°15.88'	15°53.69'	4.3	0.16	2.0	Grumento Nova	L	0	1	0
34	02/04/02	04:22	40°15.87'	15°53.87'	-0.9	0.13	1.9	Grumento Nova	L	0	1	0
350	14/01/04	10:15:50	40°15.36'	15°58.26'	3.9	0.18	1.9	Montemurro	L	0	1	0
1203	20/12/11	10:38:07	40°28.02'	15°46.38'	1.3	0.18	1.9	Marsico Nuovo	L	0	1	0
1453	08/10/13	20:22:58	40°15.86'	15°53.50'	3.0	0.16	1.9	Grumento Nova	L	0	1	0
1495	29/11/13	07:38:39	40°16.07'	15°53.64'	4.9	0.16	1.9	Grumento Nova	L	0	1	0
1562	16/02/14	02:47:41	40°15.52'	15°54.02'	3.8	0.18	1.9	Grumento Nova	L	0	1	0
1865	05/11/18	06:22:16	40°28.29'	15°53.22'	5.6	0.10	1.9	Calvello	L	0	1	0
319	10/09/03	20:02:18	40°28.19'	15°52.24'	5.5	0.16	1.8	Calvello	L	0	1	0

**Tabella 3.** Eventi all'interno del DI (Figura 8). Sono stati elencati soltanto 22 di 74 eventi in fascia "gialla".

Alcuni commenti relativi ad alcuni eventi selezionati dal catalogo GEOM (2001 - 31/03/2021):

1. DR (Tabella 2): All'interno del dominio DR la magnitudo massima registrata è pari a M=1.7.

2. DI (Tabella 3): La magnitudo di  $M=3.0$  dell'evento n° 552 del 09/06/2004 con epicentro ai Monti della Maddalena (all'interno del DI) al limite tra la soglia arancione e rossa.
3. DE (Tabella 4): Sono stati registrati 4 terremoti con  $M > 3$ ; due eventi (n° 272, n° 1423) con epicentro all'interno del DE e due eventi (n° 1663, n° 1763) con epicentro all'interno del DI, ma con una profondità tra 8 - 13 km (DE). Mentre l'epicentro dell'evento n° 1763 si trova al bordo nord-orientale del DI, l'ipocentro dell'evento n° 1663 è stato calcolato ad una profondità di 10.9 km, al confine del volume DR (in vicinanza del CM2); tale evento dovrebbe essere soggetto di un ricalcolo dei parametri ipocentrali.
4. DE (Tabella 4): L'evento n° 1190 di  $M=2.3$  (cerchiato rosso in Tabella 4) si è verificato in vicinanza del pozzo CM2 (vedi simbolo "x blu" in Figura 12a, e freccia in Figura 126b); applicando gli ILG tale evento dovrebbe essere soggetto ad un ricalcolo dei parametri ipocentrali.

Nr	DATA	ORA	LATIT. N	LONG. E	zz	RMS (s)	MI	Epicentro	LR	DR	DI	DE
272	26/10/17	22:38:35	40°19.24'	15°41.88'	10.9	0.12	4.3	Lauria	R	0	0	1
1663	28/12/14	06:08:31	40°16.68'	16°00.27'	10.9	0.16	3.3	Montemurro	L	0	0	1
1423	04/07/13	13:56:06	40°29.25'	15°36.83'	6.1	0.18	3.2	Brienza	L	0	0	1
1763	06/12/16	02:13:49	40°32.57'	15°48.76'	12.0	0.15	3.2	Pignola	L	0	0	1
246	06/08/14	08:16:21	40°35.18'	15°50.14'	7.8	0.22	2.9	Potenza	R	0	0	1
134	13/01/03	23:01:03	40°13.74'	15°55.94'	5.5	0.19	2.8	Moliterno	L	0	0	1
429	17/04/04	03:42:34	40°12.96'	15°56.30'	2.8	0.20	2.8	Moliterno	L	0	0	1
82	04/10/02	22:58	40°13.71'	15°55.45'	3.0	0.19	2.7	Moliterno	L	0	0	1
14	13/04/02	08:44	40°30.58'	15°48.81'	8.6	0.14	2.7	Potenza	R	0	0	1
206	03/09/11	15:43:55	40°28.38'	15°36.32'	5.4	0.18	2.7	Potenza	R	0	0	1
941	15/02/07	17:59:26	40°32.35'	15°37.25'	4.5	0.29	2.6	Tito	L	0	0	1
1151	20/11/10	12:25:12	40°13.32'	16°03.02'	8.6	0.17	2.6	S.Martino d'Agri	L	0	0	1
245	05/08/14	22:17:22	40°35.08'	15°50.27'	5.7	0.25	2.6	Potenza	R	0	0	1
2309	20/05/20	04:39:55	40°26.12'	15°37.34'	1.7	0.20	2.6	Brienza	L	0	0	1
47	31/05/02	16:31	40°13.22'	15°54.81'	2.9	0.22	2.5	Moliterno	L	0	0	1
113	30/11/02	01:19	40°13.18'	15°54.81'	3.0	0.18	2.5	Moliterno	L	0	0	1
865	22/04/06	08:15:49	40°14.27'	15°55.02'	4.5	0.20	2.4	Moliterno	L	0	0	1
119	21/08/04	02:17:51	40°27.93'	15°58.82'	11.8	0.15	2.4	Tricarico	R	0	0	1
174	15/11/06	15:08:40	40°18.75'	15°41.61'	6.7	0.28	2.4	Lauria	R	0	0	1
20	08/02/02	04:38	40°14.15'	15°55.54'	2.6	0.22	2.3	Moliterno	L	0	0	1
22	26/02/02	17:12	40°14.21'	15°55.48'	3.1	0.16	2.3	Moliterno	L	0	0	1
117	30/11/02	17:33	40°13.18'	15°54.86'	4.3	0.17	2.3	Moliterno	L	0	0	1
388	13/03/04	06:25:42	40°13.48'	15°56.41'	2.4	0.22	2.3	Moliterno	L	0	0	1
580	06/07/04	05:10:44	40°14.06'	15°54.65'	5.3	0.17	2.3	Moliterno	L	0	0	1
1190	09/06/11	00:21:24	40°18.24'	15°59.02'	12.0	0.16	2.3	Grumento Nova	L	0	0	1
7	21/11/01	06:10:44	40°32.93'	15°50.64'	7.2	0.24	2.3	Potenza	R	0	0	1
55	28/12/02	00:22	40°12.41'	15°56.37'	2.9	0.16	2.2	Lauria	R	0	0	1
7	30/09/01	23:44:58	40°13.16'	16°03.29'	8.3	0.25	2.2	S.Martino d'Agri	L	0	0	1
368	22/02/04	16:57:39	40°14.38'	15°54.67'	3.0	0.24	2.2	Moliterno	L	0	0	1
370	25/02/04	08:53:31	40°13.70'	15°56.16'	3.3	0.32	2.2	Moliterno	L	0	0	1
451	23/04/04	05:56:15	40°13.39'	15°55.65'	4.5	0.17	2.2	Moliterno	L	0	0	1

Tabella 4. Eventi all'interno del DE. Sono stati elencati soltanto 4 dei 160 eventi classificati "giallo".

**Tabella 5.** Numero di casi di superamento delle soglie del sistema a semaforo per DR/DI/DE; (vedi testo).

Semaforo/Dominio	DR	DI	DE
Rosso ( $M > 3.0$ )	0	0/1	4
Arancione ( $2.2 < M \leq 3.0$ )	0	8/9	22
Giallo ( $1.5 < M \leq 2.2$ )	5	74	164

La Tabella 5, riassume per quasi 20 anni di monitoraggio sismico da parte di GEOM (2001 - 31/02/2021) il numero di casi in cui le soglie di magnitudo definite negli ILG, (2014) sono state superate.

#### 6.1.4 Commenti relativi ai parametri di soglia definiti dagli ILG, applicati alla sismicità registrata in VA

Il monitoraggio sismico proposto dagli ILG (2014) si basa su un sistema a semaforo, che ha l'obiettivo di classificare ogni evento sismico rilevata secondo i seguenti parametri:

- l'ipocentro rispetto ai domini di monitoraggio DR, DI, DE
- La magnitudo locale
- PGV - massima velocità del moto del suolo registrato
- PGA - massima accelerazione del moto del suolo registrato

La magnitudo è definita come il logaritmo del rapporto dell'ampiezza risultante delle componenti orizzontali dell'onda S rispetto ad un'ampiezza di riferimento, corretto per la distanza ipocentrale. Mentre PGA e PGV sono misure fisiche, con rispettive unità di misura in %g ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ) e velocità (m/s), la magnitudo rappresenta un numero senza dimensione ed è soggetto ad una notevole incertezza, che dipende sia dalla formula applicata, sia dal numero e la qualità delle stazioni utilizzate (vedi § 3).

Per valutare l'efficacia del sistema a semaforo proposto dagli ILG, sono stati comparati i parametri ML rispetto a PGV, PGA degli eventi sismici compresi nel catalogo ENI.

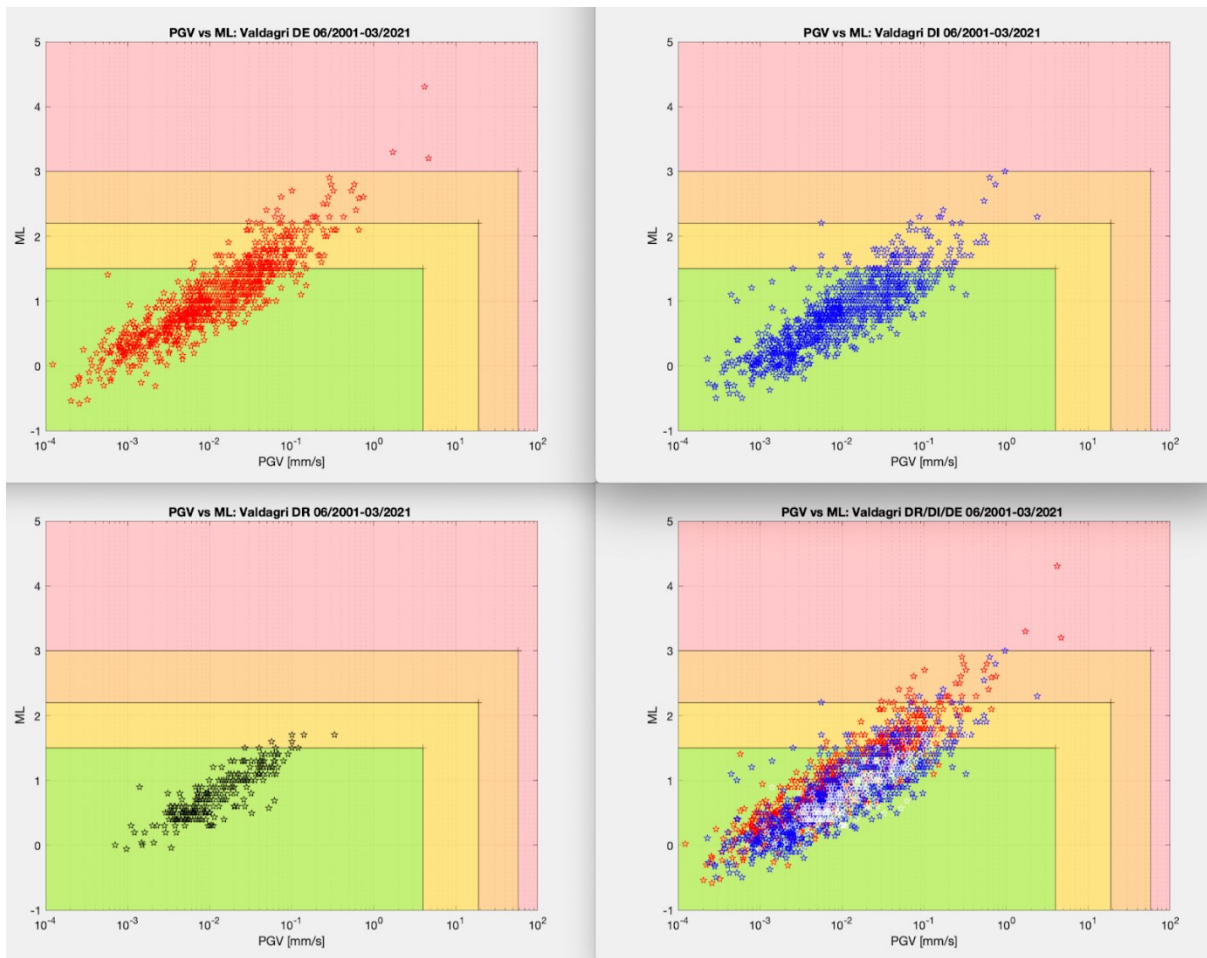


Figura 13. ML vs PGV per il DE/DI/DR del bollettino ENI per il periodo 06/2001 - 31/03/2021.

I quattro grafici in Figura 13 mostrano per tutti i 2297 eventi del bollettino ENI (06/2001 - 31/03/2021), localizzati all'interno dei domini di monitoraggio DR/DI/DE, la magnitudo  $M_L$  in funzione della PGV. Come sfondo dei grafici è illustrato il livello di allerta codificato a colori secondo il sistema a semaforo degli ILG (Figura 14):

- a) DE: 983 eventi - simboli rossi
- b) DI: 1050 eventi - simboli blu
- c) DR: 264 eventi simboli neri
- d) DR/DI/DE cumulativo dei grafici a, b, c illustrati in bianco per motivi di contrasto

Figura 14. Sistema a semaforo (ILG, 2014).

Livello di attivazione	Semaforo	$M_{max}$	PGA (% g)	PGV (cm/s)
0	Verde	$M_{max} \leq 1.5$	-	-
1	Giallo	$M_{verde} \leq M_{max} \leq 2.2$	0.5	0.4
2	Arancio	$M_{giallo} \leq M_{max} \leq 3.0$	2.4	1.9
3	Rosso	$M_{arancio} < M_{max}$	6.7	5.8

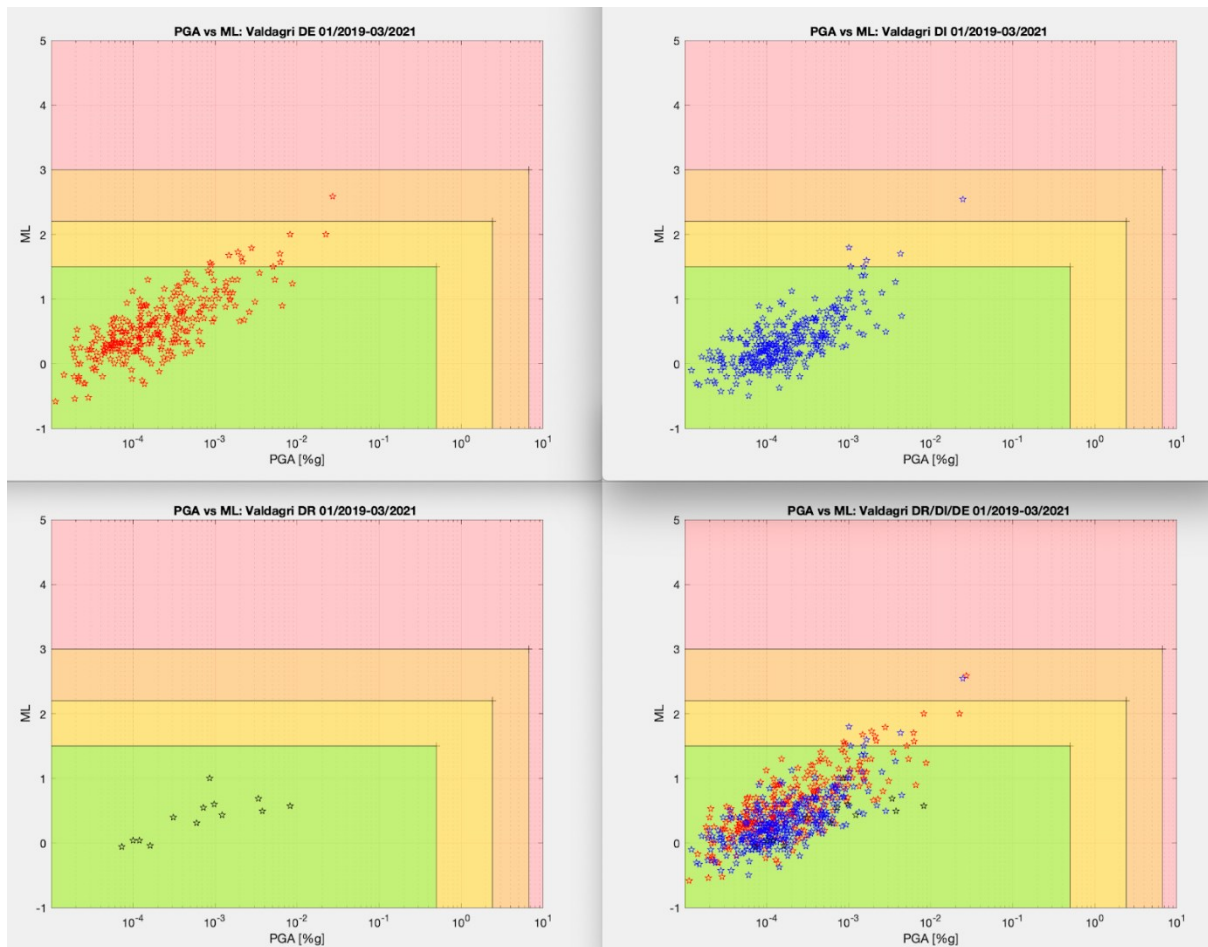


Figura 15. 01/01/2019: DR (13), DI (314), DE (287) inside 614.

La stessa procedura è stata applicata per la relazione ML versus PGA. La Figura 15 contiene meno eventi, in quanto la PGA è stata rilevata soltanto a partire dal 2019.

I quattro grafici in Figura 15 mostrano per tutti i 614 eventi del bollettino ENI (01/01/2019 - 31/03/2021), localizzati all'interno dei domini di monitoraggio DR/DI/DE, la magnitudo ML in funzione della PGA. Come sfondo dei grafici è illustrato il livello di allerta codificato a colori secondo il sistema a semaforo degli ILG (Figura 14):

- a) DE: 287 eventi - simboli rossi
- b) DI: 314 eventi - simboli blu
- c) DR: 13 eventi simboli neri
- d) DR/DI/DE cumulativo dei grafici a, b, c

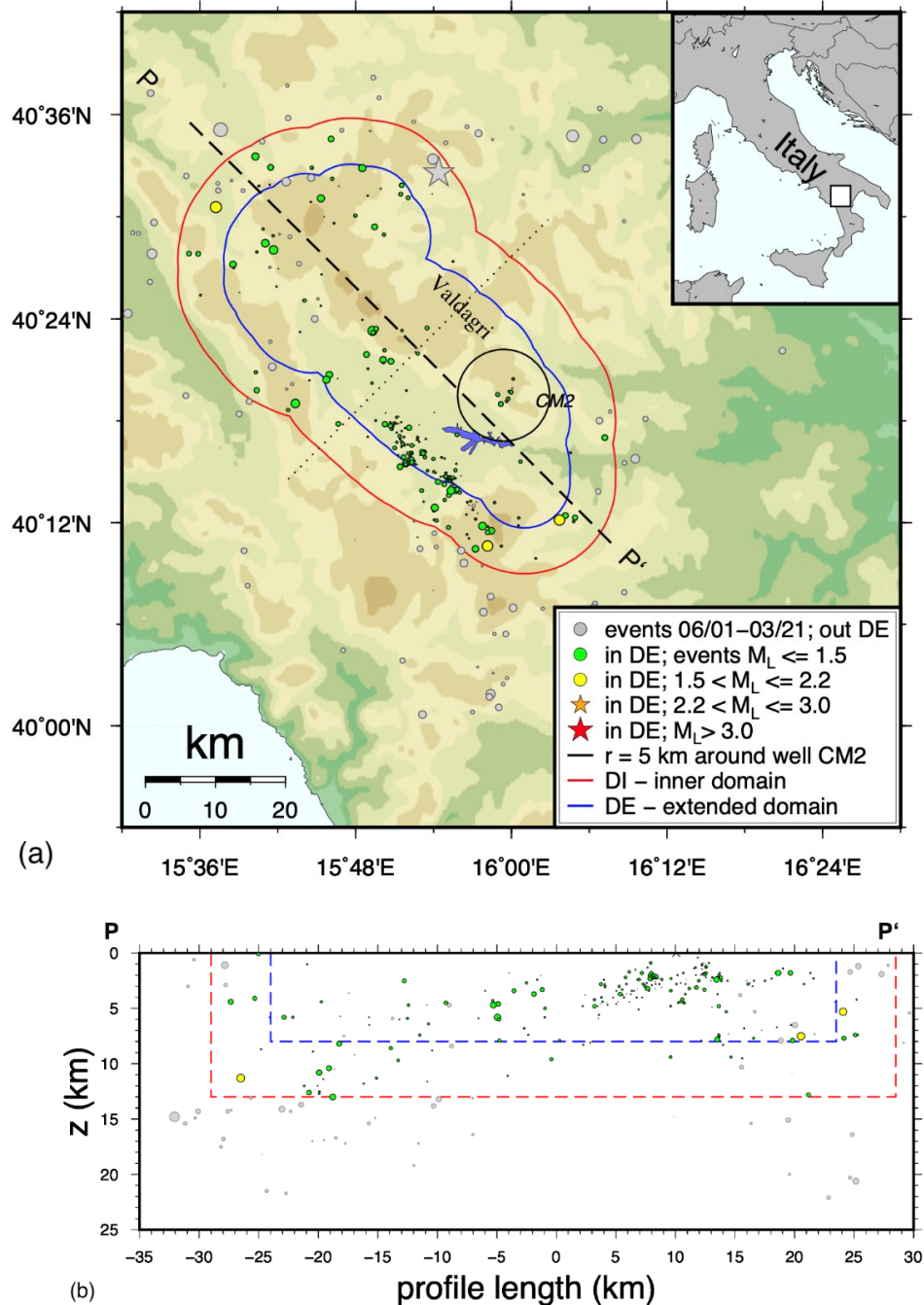
In conclusione si può constatare che, in tutti i casi considerati, il parametro dirimente per il superamento dei livelli di allerta del sistema a semaforo è la sola magnitudo ML, mai la misura di PGV e PGA.

In altri termini: la calibrazione dei valori di soglia del sistema a semaforo dovrebbe essere rivista congiuntamente per le 3 misure MI, PGA, PGV.

La SPM suggerisce di considerare questo importante risultato nella futura edizione degli ILG.

### 6.1.5 Sismicità localizzata da ENI dal 01/10/2020 - 31/03/2021

**Figura 16.** Ipocentri dei bollettini GEOM di eventi locali e regionali (periodo: 31/10/2020 - 31/03/2021) illustrati in (a) mappa e (b) lungo il profilo P-P., classificati rispetto a DI/DE con LR2DIDE (vedi § 6.1.1): simboli grigi e colorati rappresentano rispettivamente eventi esterni e interni al DI/DE (colori secondo legenda).



Secondo la localizzazione ENI, l'epicentro dell'evento sismico più significativo (asterisco Figura 16a) verificatosi nel periodo 01/10-2020 - 31/03/2021, è stato il



terremoto di M=3.9 al bordo NE del DE, localizzato ad una profondità di oltre 40 km (vedi Tabella 6). Tale evento di origine tettonica non è da considerare nelle valutazioni richieste dagli ILG perché esterno per profondità ai domini di interesse. Per completezza si rimanda ai paragrafi successivi per il confronto con la localizzazione elaborata dalla SPM.

N°	DATA	ORA	LATIT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	Prof (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	ML	Err. ML	GAP (°)	N° Fasi	PGV (m/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	Epicentro (tav IGM 1:25000)	DR	DI	DE
581	17/01/21	23:13:41	40°32.58'	15°54.40'	0.1	41.5	0.2	0.29	3.9	0.3	78	46	1.49E-03	3.84E-02	Potenza\$	0	0	0

Tabella 6. Evento di M=3.9 registrato ad una profondità di 41.5 km al bordo NE del DE.

Negli ultimi sei mesi si sono verificati alcuni eventi con M<1 all'interno del DR, in vicinanza del pozzo di reiniezione CM2. La Tabella 7 elenca 11 eventi, ordinati per magnitudo, registrati da ENI. Nessuno degli eventi è stato percepito dalla popolazione. Per ulteriori commenti si rimanda al § 6.2.2.

N°	DATA	ORA	LATIT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	Prof (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	ML	Err. ML	GAP (°)	N° Fasi	PGV (m/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	Epicentro (tav IGM 1:25000)	DR	DI	DE
2514	14/12/20	14:31:29	40°19.00'	15°59.20'	0.1	4.2	0.1	0.19	0.7	0.4	41	39	6.12E-05	3.39E-03	Montemurro%	1	1	0
2687	08/03/21	10:24:24	40°19.55'	15°58.96'	0.1	3.4	0.1	0.10	0.6	0.4	56	32	5.26E-05	8.14E-03	Montemurro%	1	1	0
2528	04/01/21	01:42:00	40°19.69'	15°59.99'	0.7	4.4	0.4	0.05	0.6	0.2	127	13	8.05E-06	7.16E-04	Montemurro%	1	1	0
2529	04/01/21	02:51:04	40°19.31'	15°59.75'	0.1	4.5	0.1	0.13	0.5	0.4	69	32	3.25E-05	3.77E-03	Montemurro%	1	1	0
2527	04/01/21	01:41:54	40°19.15'	15°59.63'	0.1	3.7	0.1	0.13	0.4	0.2	83	30	1.14E-05	1.21E-03	Montemurro%	1	1	0
2492	15/11/20	07:48:49	40°20.47'	16°00.15'	0.2	4.8	0.1	0.10	0.4	0.4	207	15	3.65E-06	3.10E-04	Corleto Perticara%	1	1	0
2686	08/03/21	08:28:13	40°19.74'	15°59.83'	0.2	4.5	0.2	0.06	0.3	0.4	161	17	1.04E-05	5.89E-04	Montemurro%	1	1	0
2508	03/12/20	17:00:46	40°19.96'	16°00.15'	0.3	4.4	0.2	0.06	0.0	0.5	177	11	2.09E-06	1.00E-04	Montemurro%	1	1	0
2619	20/02/21	03:49:49	40°20.83'	16°00.36'	0.2	4.0	0.2	0.10	0.0	0.3	228	13	1.49E-06	1.18E-04	Corleto Perticara%	1	1	0
2515	15/12/20	17:27:53	40°19.86'	15°59.84'	0.3	3.5	0.3	0.05	0.0	0.5	168	11	3.39E-06	1.62E-04	Montemurro%	1	1	0
2518	17/12/20	23:28:35	40°19.93'	16°00.08'	0.3	4.4	0.1	0.06	-0.1	0.2	174	13	9.67E-07	7.25E-05	Montemurro%	1	1	0

Tabella 7. Sismicità localizzata in Val d'Agri all'interno del DR, secondo il Bollettino GEOM nel periodo dal 01/10/2020 - 31/03/2021.

La Tabella 8 elenca gli eventi all'interno del volume di monitoraggio DI del bollettino sismico GEOM per il semestre di riferimento, ordinati per magnitudo. L'evento sismico più forte di M<sub>I</sub>=1.4 rimane comunque al di sotto della soglia di M<sub>L</sub> 1.5 (verde/giallo) del sistema a semaforo e non è quindi da considerare nelle valutazioni richieste dagli ILG. La maggior parte della sismicità osservata è ricompresa in una sequenza nell'area dei Monti della Maddalena, attualmente in corso. Per ulteriori commenti si rimanda al § 6.2.1.

N°	DATA	ORA	LATIT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	Prof (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	ML	Err. ML	GAP (")	N° Fasi	PGV (m/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	Epicentro (tav IGM 1:25000)	DR	DI	DE
2532	08/01/21	01:01:58	40°23.30'	15°49.29'	0.1	5.8	0.1	0.14	1.4	0.4	77	29	2.28E-05	1.43E-03	Marsico Vetere\$	0	1	0
2589	13/02/21	10:06:10	40°20.43'	15°45.75'	0.2	-1.2	0.2	0.13	1.1	0.3	172	19	6.49E-06	1.99E-04	Marsico Vetere	0	1	0
2506	02/12/20	02:28:03	40°21.60'	15°50.13'	0.1	3.7	0.3	0.17	1.0	0.4	65	39	1.33E-05	9.40E-04	Viggiano\$	0	1	0
2602	17/02/21	08:58:36	40°20.72'	15°45.97'	1.1	4.6	3.6	0.04	1.0	0.3	168	9	4.86E-06	1.47E-04	Marsico Vetere	0	1	0
2590	13/02/21	10:48:16	40°21.51'	15°50.72'	0.1	3.3	0.5	0.10	0.9	0.4	133	24	1.49E-05	1.14E-03	Viggiano	0	1	0
2472	31/10/20	12:49:33	40°21.90'	15°48.84'	0.1	3.4	0.2	0.18	0.9	0.3	87	44	9.30E-06	6.32E-04	Marsico Vetere\$	0	1	0
2507	02/12/20	21:02:52	40°29.41'	15°49.46'	0.5	2.5	0.2	0.03	0.9	0.4	126	12	1.20E-05	6.82E-04	Marsico Nuovo	0	1	0
2592	14/02/21	23:26:24	40°17.60'	15°52.12'	0.2	3.7	0.3	0.01	0.8	0.1	128	8	9.49E-06	5.39E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2561	04/02/21	09:52:30	40°14.59'	15°55.30'	0.1	1.9	0.1	0.11	0.8	0.3	69	33	8.73E-06	4.36E-04	Moliterno\$	0	1	0
2738	29/03/21	14:22:31	40°17.81'	15°50.26'	0.1	4.8	0.2	0.09	0.8	0.4	146	36	4.31E-05	1.72E-03	Grumento Nova%	0	1	0
2688	08/03/21	16:15:10	40°16.15'	15°53.27'	0.1	2.2	0.0	0.08	0.7	0.5	81	35	7.61E-05	4.39E-03	Grumento Nova%	0	1	0
2603	17/02/21	12:54:05	40°15.87'	15°51.70'	0.1	1.8	0.1	0.15	0.7	0.4	121	22	7.95E-06	5.69E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2534	08/01/21	02:44:22	40°23.21'	15°49.34'	0.5	7.9	0.7	0.06	0.7	0.2	242	11	2.93E-06	1.83E-04	Marsico Vetere	0	1	0
2579	10/02/21	23:12:50	40°16.09'	15°53.21'	0.1	2.1	0.1	0.07	0.7	0.3	87	16	1.61E-05	8.64E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2525	28/12/20	06:22:42	40°17.72'	15°50.68'	0.2	2.8	0.1	0.07	0.7	0.5	150	10	1.87E-05	8.54E-04	Grumento Nova	0	1	0
2742	30/03/21	20:02:26	40°23.43'	15°49.58'	0.5	6.0	0.3	0.06	0.7	0.3	97	17	6.40E-06	3.54E-04	Marsico Vetere	0	1	0
2708	17/03/21	13:51:24	40°15.74'	15°52.31'	0.1	1.8	0.1	0.10	0.8	0.1	102	19	3.38E-06	2.71E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2696	12/03/21	13:17:58	40°15.71'	15°52.15'	0.1	2.0	0.1	0.09	0.7	0.4	92	26	6.19E-06	3.96E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2612	18/02/21	20:20:37	40°15.56'	15°52.32'	0.1	2.0	0.1	0.09	0.7	0.3	97	23	5.18E-06	3.08E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2640	23/02/21	23:15:49	40°15.51'	15°52.04'	0.1	2.3	0.1	0.12	0.7	0.3	102	30	7.78E-06	3.86E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2562	04/02/21	09:52:58	40°14.49'	15°55.26'	0.1	1.8	0.1	0.09	0.6	0.3	70	28	3.70E-06	2.26E-04	Moliterno%	0	1	0
2677	05/03/21	20:11:49	40°16.40'	15°51.02'	0.1	2.2	0.1	0.18	0.6	0.4	131	29	1.21E-05	7.25E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2597	16/02/21	10:57:24	40°14.72'	15°54.96'	0.1	2.5	0.1	0.10	0.6	0.3	58	22	4.26E-06	2.56E-04	Moliterno%	0	1	0
2704	16/03/21	01:00:28	40°16.64'	15°51.64'	0.1	1.7	0.2	0.11	0.6	0.5	110	28	1.66E-05	6.47E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2732	27/03/21	20:24:40	40°31.11'	15°52.04'	0.2	4.7	0.3	0.10	0.6	0.3	218	24	1.24E-06	7.73E-05	Anzi	0	1	0
2667	02/03/21	12:20:57	40°16.55'	15°52.33'	0.1	2.4	0.1	0.14	0.6	0.6	116	22	3.90E-05	2.18E-03	Grumento Nova%	0	1	0
2600	17/02/21	05:21:53	40°16.12'	15°52.29'	0.1	3.0	0.2	0.03	0.6	0.1	110	16	4.05E-06	2.29E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2605	17/02/21	17:43:46	40°16.20'	15°53.09'	0.1	2.2	0.1	0.14	0.6	0.4	91	27	1.68E-05	1.01E-03	Grumento Nova%	0	1	0
2452	21/10/20	17:41:53	40°23.47'	15°53.52'	0.1	5.0	0.3	0.12	0.6	0.3	86	18	4.80E-06	2.98E-04	Viggiano	0	1	0
2638	23/02/21	17:09:26	40°32.24'	15°46.19'	0.9	4.4	2.3	0.01	0.5	0.2	240	7	2.93E-06	2.11E-04	Pignola	0	1	0
2560	04/02/21	04:58:40	40°15.10'	15°55.69'	0.1	-0.4	0.3	0.09	0.5	0.3	138	15	3.78E-06	2.14E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2542	17/01/21	09:24:08	40°21.97'	15°52.79'	0.6	7.9	0.8	0.06	0.5	0.2	164	12	5.50E-06	5.21E-04	Viggiano	0	1	0
2652	26/02/21	21:40:46	40°15.85'	15°53.35'	0.1	2.4	0.1	0.10	0.5	0.5	76	36	4.66E-05	2.83E-03	Grumento Nova%	0	1	0
2463	24/10/20	19:26:23	40°22.16'	15°50.24'	0.2	2.7	0.1	0.09	0.5	0.3	135	18	4.34E-06	2.33E-04	Viggiano	0	1	0
2595	16/02/21	02:15:05	40°17.10'	15°51.39'	0.1	3.0	0.3	0.18	0.5	0.4	161	26	5.49E-06	4.55E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2545	22/01/21	08:21:49	40°15.59'	16°00.71'	0.4	7.7	0.9	0.14	0.5	0.3	196	14	1.32E-06	6.97E-05	Montemurro	0	1	0
2551	31/01/21	11:55:17	40°14.64'	15°55.48'	0.1	1.3	0.2	0.09	0.5	0.3	72	20	2.26E-06	1.33E-04	Moliterno%	0	1	0
2591	13/02/21	16:01:50	40°14.66'	15°55.48'	0.1	1.2	0.2	0.12	0.5	0.1	71	18	2.22E-06	1.11E-04	Moliterno%	0	1	0
2719	21/03/21	05:51:26	40°25.09'	15°44.06'	0.5	5.9	0.2	0.05	0.5	0.1	151	17	1.93E-06	1.52E-04	Marsico Nuovo	0	1	0
2548	28/01/21	12:04:24	40°28.96'	15°50.18'	0.3	7.4	0.4	0.13	0.5	0.2	191	14	2.14E-06	1.41E-04	Calvello	0	1	0
2580	12/02/21	13:37:09	40°15.76'	15°54.00'	0.1	2.3	0.1	0.16	0.5	0.4	70	33	2.89E-05	1.52E-03	Grumento Nova%	0	1	0
2601	17/02/21	05:27:35	40°16.08'	15°52.08'	0.1	2.8	0.1	0.06	0.5	0.1	116	14	3.02E-06	1.70E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2728	25/03/21	11:25:08	40°17.83'	15°50.28'	0.2	4.2	0.2	0.12	0.5	0.4	159	25	1.41E-05	5.26E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2741	30/03/21	01:19:19	40°17.53'	15°50.77'	0.2	3.0	0.1	0.08	0.5	0.3	147	18	5.25E-06	3.63E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2639	23/02/21	19:47:56	40°12.28'	16°00.58'	0.1	2.8	0.1	0.08	0.4	0.3	209	23	6.06E-06	5.36E-04	S. Martino d'Agri%	0	1	0
2659	28/02/21	01:26:58	40°14.72'	15°55.23'	0.1	1.1	0.3	0.09	0.4	0.2	64	22	3.18E-06	2.85E-04	Moliterno%	0	1	0
2726	23/03/21	17:06:58	40°15.00'	15°54.03'	0.1	1.8	0.1	0.12	0.4	0.4	65	21	6.69E-06	2.60E-04	Moliterno%	0	1	0
2599	17/02/21	01:29:04	40°14.67'	15°55.17'	0.1	1.0	0.3	0.15	0.4	0.1	64	19	1.38E-06	8.46E-05	Moliterno%	0	1	0
2724	23/03/21	16:25:55	40°17.84'	15°50.89'	0.2	4.0	0.2	0.11	0.4	0.3	211	19	1.13E-05	4.65E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2727	24/03/21	08:07:51	40°17.87'	15°51.01'	0.2	4.4	0.3	0.07	0.4	0.4	207	20	8.76E-06	4.03E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2465	25/10/20	15:20:41	40°23.32'	15°51.58'	0.6	6.8	0.4	0.04	0.4	0.3	98	15	2.04E-06	1.69E-04	Viggiano	0	1	0
2566	05/02/21	06:08:03	40°16.05'	15°53.08'	0.1	2.3	0.1	0.07	0.4	0.2	90	20	4.45E-06	2.31E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2737	29/03/21	10:03:37	40°20.23'	15°49.25'	0.2	5.8	0.1	0.16	0.4	0.2	168	21	1.66E-06	1.35E-04	Marsico Vetere	0	1	0
2538	14/01/21	04:23:58	40°14.93'	15°54.96'	0.1	1.3	0.2	0.11	0.4	0.3	77	23	3.04E-06	1.88E-04	Moliterno%	0	1	0
2634	23/02/21	00:42:15	40°16.76'	15°51.56'	0.1	2.8	0.0	0.07	0.4	0.2	147	24	4.10E-06	2.75E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2710	18/03/21	01:56:34	40°15.63'	15°52.19'	0.1	2.3	0.1	0.08	0.3	0.4	95	24	3.90E-06	2.69E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2646	25/02/21	18:13:59	40°16.56'	15°51.76'	0.1	3.4	0.3	0.07	0.3	0.3	136	13	3.45E-06	2.11E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2725	23/03/21	16:32:33	40°17.04'	15°52.79'	0.2	4.0	0.4	0.05	0.3	0.3	102	15	3.67E-06	2.36E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2559	03/02/21	23:02:01	40°16.07'	15°52.36'	0.1	3.1	0.2	0.04	0.3	0.1	107	14	2.32E-06	1.06E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2479	04/11/20	23:34:24	40°17.70'	15°50.90'	0.1	2.4	0.1	0.11	0.3	0.5	134	18	8.31E-06	3.87E-04	Grumento Nova	0	1	0
2723	22/03/21	15:03:22	40°18.20'	15°51.15'	0.3	5.6	0.5	0.05	0.3	0.1	225	13	2.30E-06	9.53E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2574	07/02/21	17:07:54	40°14.53'	15°55.15'	0.1	1.8	0.1	0.12	0.3	0.2	92	19	1.39E-06	5.75E-05	Moliterno%	0	1	0
2581	12/02/21	14:07:38	40°15.84'	15°54.63'	0.1	2.0	0.1	0.07	0.3	0.4	63	28	1.28E-05	6.42E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2692	09/03/21	21:42:59	40°15.45'	15°52.62'	0.1	2.8	0.2	0.05	0.3	0.1	95	17	1.65E-06	8.31E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2575	07/02/21	18:26:48	40°14.54'	15°54.99'	0.1	1.9	0.1	0.10	0.3	0.2	77	20	1.66E-06	8.42E-05	Moliterno%	0	1	0
2674	04/03/21	17:25:29	40°17.04'	15°51.72'	0.2	4.0	0.4	0.08	0.3	0.4	145	15	5.64E-06	4.11E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2682	07/03/21	10:07:33	40°16.98'	15°52.79'	0.1	2.4	0.1	0.07	0.3	0.4	102	23	1.39E-05	9.30E-04	Grumento Nova%</			

N°	DATA	ORA	LATIT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	Prof (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	ML	Err. ML	GAP (")	N° Fasi	PGV (m/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	Epicentro (tav IGM 1:25000)	DR	DI	DE
2665	01/03/21	16:57:13	40°16.93'	15°51.45'	0.2	3.8	0.6	0.05	0.3	0.4	156	12	2.32E-06	1.60E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2689	08/03/21	16:16:53	40°16.20'	15°53.36'	0.1	2.3	0.1	0.09	0.3	0.5	85	26	1.47E-05	8.25E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2685	08/03/21	08:00:25	40°21.41'	15°50.16'	0.4	2.4	0.2	0.16	0.3	0.4	148	13	1.48E-06	7.18E-05	Viggiano	0	1	0
2564	04/02/21	17:19:04	40°15.79'	15°54.85'	0.1	2.7	0.1	0.11	0.2	0.4	60	24	2.53E-06	1.30E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2651	26/02/21	18:40:15	40°14.54'	15°55.32'	0.1	2.2	0.1	0.11	0.2	0.3	70	27	2.78E-06	1.49E-04	Moliterno%	0	1	0
2716	20/03/21	15:25:10	40°17.92'	15°50.67'	0.3	4.8	0.2	0.07	0.2	0.3	151	17	5.28E-06	1.91E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2610	18/02/21	16:45:21	40°15.55'	15°52.40'	0.1	2.1	0.1	0.06	0.2	0.4	96	22	1.85E-06	1.12E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2643	24/02/21	14:42:46	40°16.78'	15°52.91'	0.2	4.0	0.2	0.10	0.2	0.4	99	22	6.16E-06	3.98E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2620	20/02/21	13:20:35	40°16.47'	15°51.54'	0.2	3.7	0.6	0.04	0.2	0.2	142	12	1.34E-06	9.14E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2444	10/10/20	01:45:16	40°25.90'	15°41.91'	0.3	5.8	0.2	0.16	0.2	0.3	197	10	1.39E-06	8.35E-05	Brienza	0	1	0
2617	19/02/21	22:10:02	40°26.61'	15°45.37'	0.9	6.0	0.5	0.04	0.2	0.4	144	8	1.93E-06	9.82E-05	Marsico Nuovo	0	1	0
2521	23/12/20	03:49:28	40°23.94'	15°48.52'	0.3	5.9	0.3	0.05	0.2	0.3	127	20	1.03E-06	9.61E-05	Marsico Vetere	0	1	0
2543	21/01/21	17:05:25	40°17.41'	15°51.55'	0.2	4.6	0.3	0.05	0.2	0.4	160	9	2.31E-06	1.26E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2700	13/03/21	05:35:09	40°17.57'	15°50.83'	0.1	3.1	0.2	0.10	0.2	0.4	135	25	6.59E-06	3.50E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2552	01/02/21	18:42:26	40°17.31'	15°51.18'	0.1	4.0	0.3	0.10	0.2	0.3	176	12	2.12E-06	1.31E-04	Grumento Nova	0	1	0
2622	20/02/21	22:36:09	40°15.97'	15°51.28'	0.1	1.5	0.2	0.15	0.2	0.3	138	15	1.47E-06	8.02E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2636	23/02/21	03:41:38	40°14.72'	15°54.56'	0.1	1.4	0.2	0.19	0.2	0.3	61	21	1.60E-06	6.50E-05	Moliterno%	0	1	0
2648	26/02/21	08:36:41	40°17.59'	15°51.80'	0.3	3.4	0.6	0.04	0.2	0.2	148	10	2.26E-06	1.39E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2679	06/03/21	08:45:40	40°14.75'	15°54.77'	0.1	2.0	0.2	0.06	0.2	0.2	77	15	1.72E-06	8.36E-05	Moliterno%	0	1	0
2733	28/03/21	07:31:35	40°16.93'	15°53.42'	0.3	3.3	0.3	0.04	0.2	0.3	108	10	3.84E-06	2.46E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2730	27/03/21	01:21:59	40°17.93'	15°51.51'	0.2	4.7	0.3	0.03	0.2	0.2	177	12	2.60E-06	1.04E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2533	08/01/21	01:58:13	40°17.84'	15°51.14'	0.6	2.8	0.3	0.01	0.2	0.0	198	8	2.19E-06	1.81E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2653	27/02/21	01:58:00	40°31.24'	15°48.93'	3.8	6.5	2.3	0.01	0.2	0.2	298	6	6.75E-07	5.84E-05	Pignola	0	1	0
2697	12/03/21	13:20:13	40°15.64'	15°52.54'	0.1	2.8	0.2	0.02	0.2	0.2	95	10	7.98E-07	5.32E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2715	20/03/21	08:53:03	40°15.47'	15°55.77'	0.1	-1.6	0.2	0.13	0.2	0.2	58	23	2.71E-06	2.55E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2478	03/11/20	05:19:18	40°18.47'	15°50.32'	0.5	3.8	0.4	0.02	0.1	0.4	233	8	2.12E-06	1.08E-04	Grumento Nova	0	1	0
2571	06/02/21	23:14:56	40°14.60'	15°55.11'	0.1	1.5	0.1	0.10	0.1	0.3	78	18	7.09E-07	2.70E-05	Moliterno%	0	1	0
2656	27/02/21	12:08:20	40°30.01'	15°45.58'	99.0	3.6	99.0	0.00	0.1	0.4	360	4	6.40E-06	3.42E-04	Pignola	0	1	0
2669	02/03/21	23:10:38	40°16.56'	15°52.54'	0.1	2.4	0.2	0.09	0.1	0.4	109	17	8.19E-06	4.73E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2681	06/03/21	13:35:35	40°17.77'	15°52.89'	0.4	3.7	0.3	0.02	0.1	0.3	127	8	4.14E-06	2.17E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2629	22/02/21	12:17:42	40°15.61'	15°51.88'	0.1	2.1	0.1	0.13	0.1	0.2	109	20	2.35E-06	1.09E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2663	28/02/21	17:11:17	40°20.49'	15°46.62'	0.2	1.8	0.2	0.05	0.1	0.3	199	7	9.95E-07	7.43E-05	Marsico Vetere	0	1	0
2615	19/02/21	03:57:39	40°18.49'	15°54.07'	1.0	4.4	0.8	0.02	0.1	0.1	279	6	9.52E-07	6.24E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2633	22/02/21	22:04:56	40°15.97'	15°52.95'	0.1	2.0	0.1	0.18	0.1	0.3	92	14	3.16E-06	1.66E-04	Grumento Nova%	0	1	0
609	01/03/21	03:47:33	40°24.09'	15°56.64'	0.7	-0.2	0.4	0.09	0.1	0.2	223	8	2.26E-07	1.61E-05	Potenza	0	1	0
2693	09/03/21	21:52:24	40°15.42'	15°52.75'	0.2	3.1	0.6	0.02	0.1	0.1	93	12	8.78E-07	6.74E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2570	06/02/21	17:11:28	40°22.68'	15°52.12'	1.0	2.0	0.6	0.07	0.1	0.2	168	10	6.86E-07	2.72E-05	Viggiano	0	1	0
2613	18/02/21	23:41:14	40°14.95'	15°54.21'	0.2	2.4	0.2	0.04	0.1	0.2	94	14	8.71E-07	4.96E-05	Moliterno%	0	1	0
2676	05/03/21	00:26:31	40°15.94'	15°53.26'	0.1	2.3	0.1	0.06	0.1	0.2	85	16	2.13E-06	1.58E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2694	12/03/21	00:22:58	40°14.76'	15°55.25'	0.1	1.4	0.2	0.08	0.1	0.2	91	14	2.50E-06	1.00E-04	Moliterno%	0	1	0
2593	16/02/21	00:53:24	40°14.60'	15°55.23'	0.1	0.9	0.4	0.10	0.1	0.1	80	15	3.97E-07	2.28E-05	Moliterno%	0	1	0
2598	16/02/21	11:30:11	40°14.66'	15°55.05'	0.1	2.0	0.2	0.12	0.1	0.3	80	13	9.01E-07	5.06E-05	Moliterno%	0	1	0
2611	18/02/21	18:32:40	40°18.28'	15°51.20'	1.1	5.9	0.3	0.02	0.1	0.2	231	6	9.54E-07	7.06E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2537	13/01/21	21:21:03	40°23.20'	15°44.14'	1.3	6.3	2.5	0.07	0.0	0.3	207	9	5.39E-07	2.66E-05	Marsico Vetere	0	1	0
2637	23/02/21	03:42:43	40°14.77'	15°54.91'	0.1	2.1	0.2	0.10	0.0	0.4	85	15	9.88E-07	4.84E-05	Moliterno%	0	1	0
2683	07/03/21	19:04:44	40°17.03'	15°54.96'	0.1	3.5	0.2	0.17	0.0	0.4	74	17	4.02E-06	2.17E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2485	09/11/20	23:20:17	40°20.10'	15°51.18'	2.3	7.1	1.4	0.02	0.0	0.2	138	7	7.68E-07	7.82E-05	Viggiano	0	1	0
2625	22/02/21	01:55:02	40°29.10'	15°45.98'	2.9	2.5	1.3	0.01	0.0	0.2	180	5	3.93E-06	2.83E-04	Marsico Nuovo	0	1	0
2569	06/02/21	01:07:12	40°17.68'	15°51.49'	0.3	4.8	0.3	0.02	0.0	0.4	170	13	1.70E-06	9.06E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2703	15/03/21	20:24:17	40°17.41'	15°49.89'	0.4	3.2	1.2	0.04	0.0	0.1	232	7	9.98E-07	5.95E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2707	17/03/21	00:04:15	40°15.61'	15°52.22'	0.1	1.3	0.3	0.09	0.0	0.3	101	17	1.72E-06	6.68E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2642	24/02/21	02:46:27	40°17.20'	15°51.94'	0.2	3.9	0.3	0.06	0.0	0.3	137	12	1.29E-06	4.89E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2576	07/02/21	22:35:54	40°15.97'	15°54.50'	0.1	2.9	0.0	0.07	0.0	0.3	65	21	2.23E-06	1.15E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2594	16/02/21	01:13:49	40°15.95'	15°53.94'	0.3	2.9	0.2	0.02	0.0	0.3	85	14	1.60E-06	8.53E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2670	03/03/21	05:42:42	40°18.06'	15°51.76'	0.4	4.4	0.3	0.02	0.0	0.3	156	8	1.53E-06	1.08E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2516	16/12/20	19:59:31	40°16.36'	15°54.44'	0.7	4.9	0.8	0.02	0.0	0.3	271	6	1.35E-06	8.46E-05	Grumento Nova	0	1	0
2709	18/03/21	01:28:04	40°17.67'	15°51.17'	0.2	4.6	0.3	0.04	0.0	0.3	189	13	1.57E-06	7.00E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2740	30/03/21	01:14:08	40°16.73'	15°52.50'	0.2	3.3	0.4	0.06	0.0	0.4	111	14	3.44E-06	1.94E-04	Grumento Nova%	0	1	0
2624	21/02/21	16:50:05	40°15.49'	15°52.55'	0.2	3.2	0.6	0.03	0.0	0.1	122	8	7.84E-07	6.81E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2632	22/02/21	21:57:30	40°15.51'	15°52.56'	0.1	2.8	0.2	0.02	0.0	0.2	94	12	7.74E-07	4.03E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2647	25/02/21	21:16:41	40°16.05'	15°54.68'	0.1	2.9	0.0	0.16	0.0	0.4	63	25	2.23E-06	1.05E-04	Grumento Nova%	0	1	0
561	05/11/20	19:57:19	40°25.56'	15°39.05'	0.4	5.7	0.4	0.11	-0.1	0.1	258	9	3.75E-07	3.04E-05	Potenza	0	1	0
2654	27/02/21	04:26:48	40°18.26'	15°51.33'	0.4	4.6	0.4	0.02	-0.1	0.3	223	9	1.15E-06	5.56E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2554	02/02/21	18:22:15	40°16.13'	15°53.14'	0.3	2.6	0.3	0.01	-0.1	0.4	89	11	1.19E-06	7.98E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2678	06/03/21	06:07:28	40°16.54'	15°52.20'	0.1	3.2	0.3	0.03	-0.1	0.2	120	11	1.11E-06	6.62E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2734	28/03/21	11:19:23	40°12.30'	16°03.22'	0.4	4.4	0.5	0.02	-0.1	0.2	224	7	8.67E-07	5.81E-05	S.Martino d'Agri	0	1	0
2739	29/03/21	15:03:44	40°14.76'	15°56.12'	0.2	4.9	0.3	0.12	-0.1	0.2	79	18	2.37E-06	1.34E-04	Moliterno%	0	1	0

N°	DATA	ORA	LATIT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	Prof (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	ML	Err. ML	GAP (°)	N° Fasi	PGV (m/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	Epicentro (tav IGM 1:25000)	DR	DI	DE
2645	24/02/21	21:25:52	40°17.83'	15°51.30'	0.1	4.5	0.2	0.06	-0.1	0.3	188	7	9.88E-07	5.31E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2626	22/02/21	04:32:26	40°14.68'	15°54.82'	0.1	0.4	0.7	0.11	-0.2	0.4	70	17	1.85E-06	8.52E-05	Moliterno%	0	1	0
2631	22/02/21	21:15:33	40°16.61'	15°52.01'	0.1	3.4	0.4	0.03	-0.2	0.3	127	10	1.07E-06	5.01E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2718	21/03/21	04:32:30	40°14.94'	15°54.13'	0.1	2.8	0.3	0.03	-0.2	0.4	92	14	1.58E-06	1.06E-04	Moliterno%	0	1	0
2450	20/10/20	21:46:54	40°21.07'	15°48.95'	99.0	7.4	99.0	0.08	-0.3	0.1	180	4	2.34E-07	1.92E-05	Marsico Vetere	0	1	0
2555	02/02/21	22:57:20	40°16.89'	15°52.75'	0.9	5.1	1.0	0.01	-0.3	0.2	199	6	3.95E-07	2.25E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2657	27/02/21	21:58:41	40°15.94'	15°52.19'	0.1	2.7	0.3	0.03	-0.3	0.3	109	13	7.83E-07	6.08E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2582	12/02/21	19:11:24	40°14.57'	15°55.25'	0.1	1.8	0.1	0.10	-0.3	0.2	79	14	2.78E-07	1.40E-05	Moliterno%	0	1	0
2714	19/03/21	06:04:44	40°11.82'	16°00.54'	0.3	1.8	0.4	0.02	-0.3	0.1	245	7	4.77E-07	2.34E-05	S.Martino d'Agri%	0	1	0
2721	21/03/21	19:08:09	40°15.91'	15°52.22'	0.2	1.3	0.9	0.02	-0.3	0.0	185	6	4.05E-07	4.22E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2556	03/02/21	12:19:47	40°14.62'	15°55.69'	0.1	0.9	0.3	0.08	-0.3	0.2	122	12	2.78E-07	1.51E-05	Moliterno%	0	1	0
2655	27/02/21	11:44:35	40°13.18'	15°58.71'	99.0	-0.2	99.0	0.00	-0.4	0.0	180	4	1.31E-06	1.43E-04	S.Martino d'Agri%	0	1	0
2567	05/02/21	12:38:15	40°15.07'	15°53.54'	0.2	2.8	0.2	0.03	-0.4	0.1	115	7	4.25E-07	2.73E-05	Grumento Nova%	0	1	0
2614	19/02/21	02:42:51	40°16.74'	15°51.18'	1.0	3.3	1.2	0.02	-0.4	0.3	163	7	5.17E-07	3.66E-05	Grumento Nova%	0	1	0

Tabella 8. Sismicità localizzata in Val d'Agri all'interno del DI, secondo il Bollettino GEOM nel periodo dal 01/10/2020 - 31/03/2021.

Come evidente dalla Tabella 9, il bollettino ENI segnala tre eventi sismici localizzati all'interno del volume DE che superano la soglia di  $M=1.5$  (vedi cerchi gialli in Figura 16).

N°	DATA	ORA	LATIT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	Prof (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	ML	Err. ML	GAP (°)	N° Fasi	PGV (m/s)	PGA (m/s²)	Epicentro (tav IGM 1:25000)	DR	DI	DE
2531	07/01/21	10:16:26	40°30.57'	15°37.23'	0.1	11.3	0.1	0.21	1.7	0.3	73	38	5.36E-05	1.91E-03	Tito\$	0	0	1
2573	07/02/21	06:03:56	40°10.62'	15°58.17'	0.1	7.5	0.2	0.11	1.6	0.3	188	41	4.29E-05	2.16E-03	S.Martino d'Agri\$	0	0	1
2480	05/11/20	20:14:14	40°12.16'	16°03.72'	0.1	5.3	0.1	0.18	1.6	0.4	114	45	1.39E-04	6.27E-03	S.Martino d'Agri\$	0	0	1
589	29/01/21	21:33:07	40°19.03'	15°43.36'	0.2	4.7	0.3	0.24	1.3	0.2	101	24	5.44E-06	1.51E-04	Lauria\$	0	0	1
2673	03/03/21	10:28:30	40°28.06'	15°41.67'	0.6	13.0	0.2	0.12	1.3	0.3	159	11	9.76E-06	4.31E-04	Brienza	0	0	1
2577	08/02/21	00:25:15	40°11.80'	15°57.79'	0.1	1.8	0.0	0.17	1.2	0.3	222	36	1.49E-04	8.75E-03	S.Martino d'Agri%	0	0	1
2586	12/02/21	23:14:13	40°13.89'	15°55.36'	0.1	2.4	0.0	0.16	1.2	0.3	92	48	1.47E-05	5.73E-04	Moliterno\$	0	0	1
2442	08/10/20	22:27:37	40°28.45'	15°41.04'	0.1	10.8	0.1	0.19	1.2	0.3	51	34	7.04E-06	7.49E-04	Brienza\$	0	0	1
2468	26/10/20	23:10:21	40°12.88'	15°54.11'	0.1	7.8	0.1	0.18	1.1	0.5	72	35	1.93E-05	1.04E-03	Moliterno\$	0	0	1
2494	17/11/20	18:36:39	40°33.54'	15°40.28'	0.1	4.4	0.1	0.26	1.1	0.4	77	50	3.34E-05	1.28E-03	Tito\$	0	0	1
2722	21/03/21	21:25:17	40°32.86'	15°48.51'	0.4	8.2	0.5	0.20	1.1	0.4	172	24	6.36E-06	3.14E-04	Pignola	0	0	1
2596	16/02/21	09:02:39	40°31.09'	15°45.32'	0.2	10.4	0.2	0.16	1.1	0.4	170	22	7.72E-06	3.35E-04	Pignola	0	0	1
2454	22/10/20	11:46:55	40°10.45'	15°57.24'	0.3	7.9	0.2	0.10	1.0	0.3	243	18	1.02E-05	6.61E-04	S.Martino d'Agri	0	0	1
2699	13/03/21	04:53:40	40°15.48'	15°51.87'	0.1	2.3	0.1	0.14	1.0	0.4	106	35	2.00E-05	1.10E-03	Grumento Nova%	0	0	1
2736	29/03/21	03:09:56	40°27.20'	15°38.55'	0.1	12.6	0.1	0.19	1.0	0.2	47	54	3.15E-06	2.88E-04	Brienza\$	0	0	1
2701	14/03/21	00:15:02	40°11.52'	15°58.46'	0.1	1.8	0.1	0.22	1.0	0.4	127	45	4.84E-05	3.07E-03	S.Martino d'Agri\$	0	0	1
2644	24/02/21	14:53:13	40°32.90'	15°41.45'	0.1	4.1	0.1	0.15	0.9	0.4	67	38	4.18E-05	6.59E-03	Tito\$	0	0	1
2504	30/11/20	15:13:00	40°12.43'	16°04.16'	0.4	7.7	0.3	0.17	0.9	0.4	231	17	1.06E-05	6.93E-04	S.Martino d'Agri	0	0	1
2550	31/01/21	03:16:24	40°34.57'	15°46.11'	0.8	5.8	0.4	0.05	0.9	0.4	266	10	9.42E-06	1.33E-03	Pignola	0	0	1
2488	11/11/20	11:54:57	40°17.02'	16°07.22'	0.3	12.8	0.4	0.14	0.9	0.3	225	18	4.10E-06	1.94E-04	Gallicchio	0	0	1
2695	12/03/21	13:16:54	40°15.29'	15°51.43'	0.1	3.2	0.3	0.11	0.9	0.5	120	32	1.37E-05	8.64E-04	Grumento Nova%	0	0	1
553	22/10/20	15:51:02	40°19.80'	15°40.38'	0.6	4.5	0.6	0.17	0.8	0.5	220	14	3.39E-06	1.24E-04	Lauria	0	0	1
2482	06/11/20	15:16:07	40°12.29'	16°04.90'	0.4	7.4	0.4	0.02	0.8	0.5	255	7	1.02E-05	3.80E-04	astronuovo di S. Andre	0	0	1
2658	28/02/21	00:21:38	40°14.40'	15°54.34'	0.1	3.1	0.2	0.18	0.8	0.4	43	39	1.25E-05	6.53E-04	Moliterno\$	0	0	1
2585	12/02/21	20:51:45	40°13.96'	15°55.82'	0.1	2.2	0.1	0.11	0.7	0.3	109	35	5.01E-06	2.67E-04	Moliterno\$	0	0	1
2451	21/10/20	16:30:39	40°13.62'	15°55.19'	0.1	4.8	0.2	0.13	0.7	0.4	96	27	1.13E-05	6.12E-04	Moliterno\$	0	0	1
2512	11/12/20	03:59:20	40°17.83'	15°46.66'	0.1	9.6	0.2	0.15	0.7	0.4	87	29	3.64E-06	1.76E-04	Tramutola	0	0	1
2711	18/03/21	06:57:41	40°27.83'	15°35.87'	0.7	-1.6	0.6	0.09	0.7	0.2	271	12	2.70E-05	2.25E-03	Brienza	0	0	1
2675	04/03/21	18:05:32	40°11.43'	15°58.17'	0.1	-1.5	0.1	0.13	0.7	0.1	228	15	5.27E-06	2.56E-04	S.Martino d'Agri%	0	0	1
2720	21/03/21	06:55:05	40°27.85'	15°35.15'	2.4	0.1	2.0	0.18	0.7	0.3	260	12	2.01E-05	1.99E-03	Brienza	0	0	1
2731	27/03/21	16:01:01	40°31.86'	15°51.55'	0.3	8.6	0.3	0.09	0.7	0.3	228	19	1.60E-06	1.25E-04	Anzi	0	0	1
2671	03/03/21	05:58:38	40°14.26'	15°54.84'	0.1	3.3	0.1	0.22	0.7	0.5	59	43	1.96E-05	9.20E-04	Moliterno\$	0	0	1
2502	29/11/20	09:06:46	40°31.33'	15°51.47'	0.3	9.7	0.4	0.09	0.6	0.0	152	12	1.23E-06	5.80E-05	Anzi	0	0	1
2460	23/10/20	15:50:50	40°17.18'	15°55.82'	0.6	9.4	0.5	0.14	0.6	0.4	94	12	5.43E-06	3.08E-04	Grumento Nova	0	0	1
2684	07/03/21	19:35:57	40°13.90'	15°53.08'	0.1	3.2	0.2	0.26	0.6	0.4	159	34	7.83E-06	3.70E-04	Moliterno%	0	0	1
2706	16/03/21	07:17:26	40°11.72'	15°55.17'	0.3	2.8	0.1	0.11	0.6	0.4	230	24	3.36E-06	1.50E-04	Moliterno%	0	0	1
2578	09/02/21	03:13:36	40°14.01'	15°55.72'	0.1	2.0	0.1	0.10	0.5	0.2	103	18	2.04E-06	1.25E-04	Moliterno%	0	0	1
2649	26/02/21	13:22:35	40°32.88'	15°44.63'	1.2	5.8	0.9	0.02	0.5	0.1	243	6	2.89E-06	4.37E-04	Pignola	0	0	1
2583	12/02/21	20:14:49	40°13.83'	15°55.70'	0.1	2.5	0.1	0.12	0.5	0.3	115	24	1.55E-06	7.11E-05	Moliterno%	0	0	1
2467	26/10/20	12:30:05	40°30.06'	15°47.98'	0.3	11.3	0.5	0.03	0.5	0.2	130	13	1.52E-06	1.43E-04	Pignola	0	0	1
2470	28/10/20	20:00:05	40°12.12'	15°54.26'	0.2	9.4	0.3	0.09	0.5	0.4	228	13	3.29E-06	2.12E-04	Moliterno	0	0	1
2668	02/03/21	17:08:11	40°12.73'	15°54.03'	0.2	7.4	0.1	0.09	0.5	0.3	219	21	2.39E-06	1.82E-04	Moliterno%	0	0	1
2628	22/02/21	10:15:46	40°15.49'	15°51.99'	0.1	2.2	0.1	0.14	0.5	0.3	104	27	4.15E-06	1.97E-04	Grumento Nova%	0	0	1
565	26/11/20	12:18:43	40°20.87'	15°40.31'	0.6	6.4	4.5	0.11	0.5	0.4	254	8	8.48E-07	3.60E-05	Potenza	0	0	1
601	18/02/21	01:41:41	40°18.65'	15°42.80'	0.3	4.3	0.2	0.11	0.5	0.3	242	22	1.17E-06	3.62E-05	Lauria	0	0	1
2481	06/11/20	05:16:21	40°12.06'	16°04.80'	0.3	7.4	0.2	0.03	0.4	0.5	259	9	4.50E-06	2.06E-04	astronuovo di S. Andre	0	0	1
2441	07/10/20	21:44:25	40°28.89'	15°41.64'	0.3	12.5	0.2	0.09	0.4	0.2	135	15	1.38E-06	5.51E-05	Brienza	0	0	1
2517	17/12/20	04:37:34	40°29.28'	15°40.87'	0.3	12.0	0.3	0.10	0.4	0.1	118	18	1.02E-06	1.06E-04	Brienza	0	0	1
2666	02/03/21	05:18:11	40°10.62'	15°59.23'	0.2	2.3	0.1	0.11	0.4	0.2	241	26	3.01E-06	3.11E-04	S.Martino d'Agri%	0	0	1
2565	04/02/21	22:07:55	40°14.26'	15°55.50'	0.1	2.2	0.1	0.13	0.4	0.3	84	32	1.91E-06	8.74E-05	Moliterno%	0	0	1
2501	27/11/20	23:17:03	40°27.94'	15°40.38'	0.3	12.7	0.3	0.08	0.4	0.2	171	11	1.33E-06	6.00E-05	Brienza	0	0	1
2616	19/02/21	12:46:32	40°12.22'	15°57.25'	0.1	2.5	0.0	0.14	0.4	0.1	216	20	4.93E-06	6.27E-04	S.Martino d'Agri%	0	0	1
2520	23/12/20	01:59:48	40°16.13'	16°04.56'	0.2	6.5	0.3	0.07	0.3	0.5	168	16	6.55E-06	3.63E-04	Montemurro	0	0	1
2604	17/02/21	13:21:57	40°15.47'	15°51.76'	0.3	3.4	0.4	0.07	0.3	0.2	107	18	3.77E-06	3.65E-04	Grumento Nova%	0	0	1
2702	14/03/21	05:00:21	40°11.78'	15°58.19'	0.2	1.4	0.1	0.08	0.3	0.3	222	19	7.10E-06	4.40E-04	S.Martino d'Agri%	0	0	1
2475	02/11/20	17:14:29	40°27.38'	15°55.51'	0.3	11.1	0.2	0.17	0.3	0.3	211	18	1.94E-06	6.99E-05	Calvello	0	0	1
2541	16/01/21	06:04:41	40°13.88'	15°55.49'	0.2	2.2	0.1	0.10	0.3	0.3	134	14	1.00E-06	6.37E-05	Moliterno%	0	0	1
2484	07/11/20	12:50:19	40°19.79'	15°51.91'	0.8	8.3	0.3	0.03	0.3	0.2	218	6	9.81E-07	5.55E-05	Grumento Nova	0	0	1
2735	28/03/21	19:43:41	40°25.40'	15°36.04'	0.9	1.0	1.1	0.07	0.3	0.1	234	9	2.27E-06	1.66E-04	Brienza	0	0	1
2473	31/10/20	14:15:57	40°31.80'	15°40.54'	0.3	8.7	0.4	0.01	0.3	0.2	155	7	1.30E-06	1.51E-04	Tito	0	0	1
2584	12/02/21	20:15:02	40°14.05'	15°55.85'	0.1	1.8	0.1	0.11	0.3	0.2	105	22	7.71E-07	4.60E-05	Moliterno%	0	0	1
2490	13/11/20	04:09:46	40°13.79'	15°55.78'	0.3	8.3	0.3	0.16	0.3	0.3	177	19	1.83E-06	1.26E-04	Moliterno	0	0	1
2469	27/10/20	15:31:27	40°27.00'	15°38.61'	0.6	8.9	0.9	0.02	0.3	0.1	216	6	1.09E-06	8.98E-05	Brienza	0	0	1
2493	17/11/20	10:59:58	40°13.20'	15°56.61'	0.2	9.5	0.4	0.04	0.3	0.3	195	11	1.96E-06	1.21E-04	Moliterno	0	0	1
2635	23/02/21	03:29:53	40°11.30'	15°56.60'	0.3	2.3	0.1	0.07	0.3	0.3	232	22	1.23E-06	5.61E-05	Moliterno%	0	0	1
2705	16/03/21	02:46:56	40°12.17'	15°54.04'	0.4	2.5	0.2	0.09	0.3	0.3	256	10	8.29E-07	5.41E-05	Moliterno%	0	0	1
2440	05/10/20	14:36:35	40°29.63'	15°46.33'	0.4	11.8	0.5	0.04	0.3	0.2	157</							

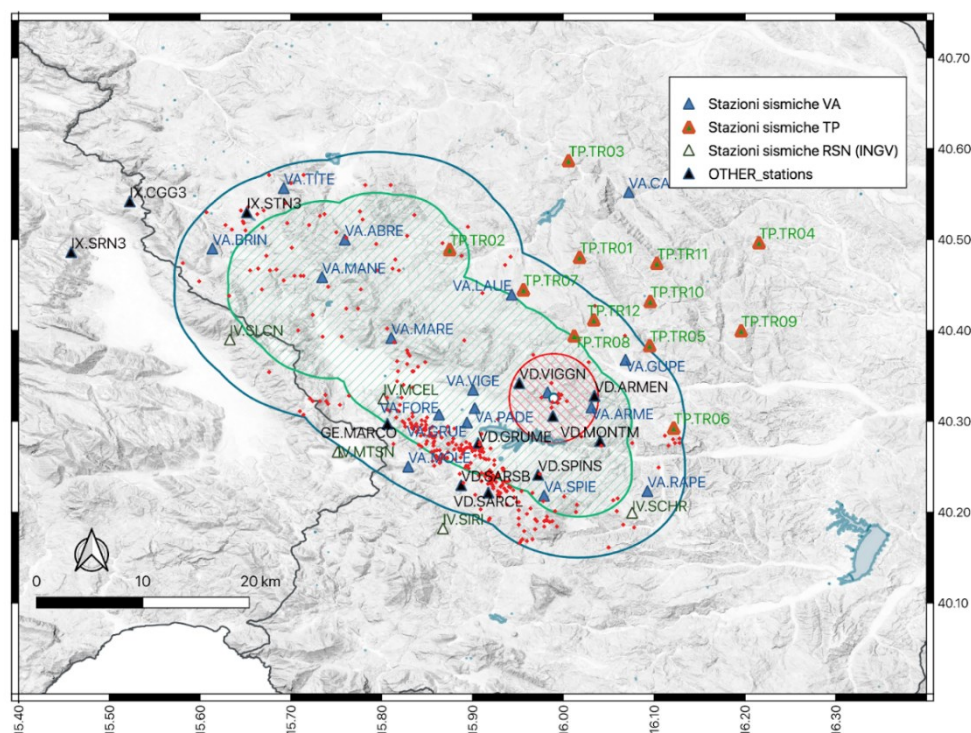
N°	DATA	ORA	LATIT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	Prof (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	ML	Err. ML	GAP (")	N° Fasi	PGV (m/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	Epicentro (tav IGM 1:25000)	DR	DI	DE
2446	11/10/20	10:57:30	40°28.53'	15°41.01'	0.3	12.0	0.3	0.09	0.2	0.2	132	14	8.99E-07	6.46E-05	Brienza	0	0	1
2641	24/02/21	01:20:47	40°15.26'	15°51.44'	0.2	3.2	0.4	0.18	0.2	0.2	122	15	1.03E-06	6.21E-05	Grumento Nova%	0	0	1
2523	23/12/20	19:03:33	40°20.39'	15°44.44'	0.4	3.4	7.2	0.05	0.2	0.3	184	10	9.57E-07	3.08E-05	Marsico Vetere	0	0	1
2503	29/11/20	16:55:15	40°23.24'	15°43.71'	0.6	8.8	0.6	0.03	0.2	0.2	213	9	6.11E-07	2.93E-05	Marsico Vetere	0	0	1
2608	18/02/21	12:46:02	40°17.07'	15°48.93'	0.3	8.1	0.2	0.03	0.2	0.4	254	10	6.16E-07	4.45E-05	Tramutola%	0	0	1
2609	18/02/21	16:18:37	40°30.87'	15°44.55'	1.1	11.4	1.0	0.06	0.2	0.2	181	8	6.18E-07	2.75E-05	Pignola	0	0	1
2486	10/11/20	20:36:09	40°24.77'	15°45.31'	0.4	11.6	0.3	0.07	0.2	0.2	145	13	1.62E-06	8.46E-05	Marsico Vetere	0	0	1
2546	22/01/21	22:57:53	40°12.48'	15°56.55'	0.3	3.0	0.2	0.07	0.2	0.3	225	13	1.40E-06	1.20E-04	Moliterno%	0	0	1
2511	10/12/20	21:37:46	40°13.24'	15°53.24'	5.4	7.9	4.6	0.01	0.2	0.3	254	8	8.73E-07	4.49E-05	Moliterno	0	0	1
607	24/02/21	20:14:49	40°31.35'	15°53.91'	0.4	4.7	0.6	0.03	0.1	0.4	257	11	1.04E-06	4.10E-05	Potenza	0	0	1
2497	24/11/20	07:27:39	40°12.56'	15°57.40'	0.6	7.0	0.6	0.02	0.1	0.4	210	9	8.87E-07	6.67E-05	S.Martino d'Agri	0	0	1
2524	24/12/20	07:57:08	40°26.94'	15°42.05'	0.8	9.2	0.4	0.01	0.1	0.1	148	12	7.99E-07	5.24E-05	Brienza	0	0	1
2618	19/02/21	23:03:53	40°14.19'	15°55.28'	0.1	2.5	0.1	0.18	0.1	0.2	79	18	4.83E-07	3.51E-05	Moliterno%	0	0	1
2495	19/11/20	06:23:27	40°31.79'	15°46.70'	0.6	10.5	0.6	0.11	0.1	0.3	324	6	7.45E-07	3.41E-05	Pignola	0	0	1
2690	09/03/21	06:33:28	40°13.03'	15°56.75'	0.2	2.5	0.1	0.09	0.1	0.2	192	21	2.30E-06	1.49E-04	Moliterno%	0	0	1
2623	21/02/21	11:34:05	40°10.79'	15°56.58'	0.4	1.5	0.6	0.05	0.0	0.1	272	15	7.70E-07	3.94E-05	Moliterno%	0	0	1
2680	06/03/21	11:17:35	40°12.17'	15°58.09'	0.3	1.2	0.1	0.06	0.0	0.2	215	16	3.00E-06	2.28E-04	S.Martino d'Agri%	0	0	1
2466	25/10/20	16:36:12	40°14.87'	15°53.55'	5.9	8.4	4.1	0.01	0.0	0.4	158	5	1.13E-06	7.38E-05	Moliterno	0	0	1
2607	18/02/21	10:11:03	40°31.58'	15°48.07'	1.0	9.9	0.8	0.02	0.0	0.2	247	7	4.54E-07	2.10E-05	Pignola	0	0	1
2662	28/02/21	07:34:02	40°15.29'	15°48.91'	99.0	4.4	99.0	0.01	-0.1	0.0	360	4	1.04E-06	9.49E-05	Tramutola%	0	0	1
2606	17/02/21	20:10:32	40°13.23'	15°57.32'	0.2	2.7	0.1	0.07	-0.1	0.3	173	20	1.70E-06	2.07E-04	S.Martino d'Agri%	0	0	1
2474	31/10/20	20:40:50	40°11.07'	15°56.73'	0.8	6.7	0.6	0.01	-0.2	0.3	235	5	3.45E-07	2.17E-05	Moliterno	0	0	1
2489	11/11/20	18:56:08	40°31.89'	15°41.38'	0.8	5.8	1.1	0.03	-0.2	0.3	130	6	6.14E-07	9.67E-05	Tito	0	0	1
2535	11/01/21	20:15:45	40°09.89'	16°01.88'	1.6	4.2	1.9	0.02	-0.3	0.2	260	6	2.50E-07	2.13E-05	Latronico	0	0	1
2500	26/11/20	17:34:11	40°13.27'	15°56.86'	0.2	6.8	0.3	0.08	-0.3	0.4	190	8	5.09E-07	2.57E-05	Moliterno	0	0	1
2664	28/02/21	22:14:03	40°12.77'	15°57.04'	0.2	2.5	0.1	0.08	-0.3	0.3	204	15	2.18E-06	1.37E-04	Moliterno%	0	0	1
2462	24/10/20	09:00:11	40°13.35'	15°54.87'	99.0	7.5	99.0	0.01	-0.5	0.4	198	5	3.21E-07	2.86E-05	Moliterno	0	0	1
2536	12/01/21	00:31:11	40°13.78'	15°56.04'	0.2	5.3	0.2	0.15	-0.5	0.3	128	15	2.02E-07	1.94E-05	Moliterno%	0	0	1
2572	06/02/21	23:45:40	40°15.43'	15°51.87'	0.2	0.9	0.7	0.11	-0.6	0.0	165	7	2.59E-07	1.13E-05	Grumento Nova%	0	0	1

Tabella 9. Sismicità localizzata in Val d'Agri all'interno del DE, secondo il Bollettino GEOM nel periodo dal 01/10/2020 - 31/03/2021.

## 6.2 Analisi della sismicità localizzata dalla SPM

### 6.2.1 Domini Interno ed Esteso: 01 Settembre 2020 - 15 Aprile 2021

**Figura 17.** Mappa degli epicentri (rossi) degli eventi sismici localizzati dalla SPM nel periodo 1/09/2020 - 15/04/2021. I perimetri dei Domini Interno ed Esteso sono disegnati in verde e blu rispettivamente. Il Dominio di Riferimento di raggio 5 km attorno alla postazione del CM2 (cerchietto blu) è segnalato con il pattern rigato rosso.



Il Bollettino completo degli eventi localizzati dalla SPM per il periodo 01/09/2020 - 15/04/2021 è allegato in Appendice A.

Nel periodo in esame (1/09/2020 - 15/04/2021) la Sala di Sorveglianza del CMS ha localizzato una sismicità di bassa magnitudo generalmente diffusa nel Dominio Esteso.

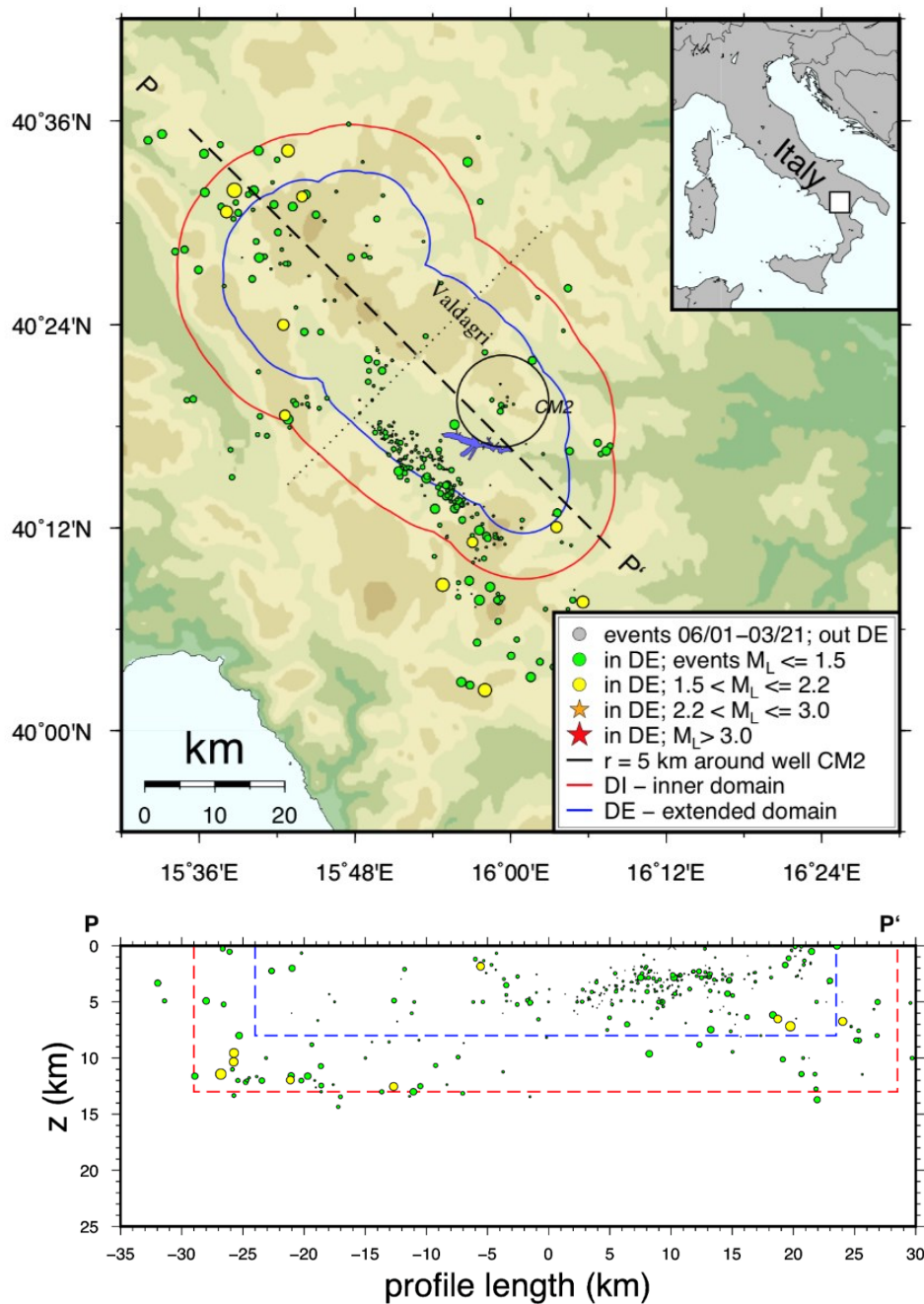
Le localizzazioni sono state calcolate nel sistema di acquisizione ed elaborazione SeisComp4, con algoritmo di inversione Hypo71 e modello di velocità 1D così definito da Improta et al. (2017):

Profondità strato (top) [km]	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	12.0	15.0	25.0
Vp [km/s]	4.2	4.8	5.2	5.6	6.0	6.1	6.2	6.25	6.3	6.48	6.9	7.12	7.5

**Tabella 10.** Modello 1D a strati su semispazio per la velocità Vp utilizzato presso la Sala di monitoraggio CMS per l'elaborazione dei dati di sismicità nell'area della Val d'Agri. Si riporta il valore Vp in km/s corrispondente al top di ogni strato e del semispazio. Il rapporto Vp/Vs è fissato a 1.9.

La magnitudo MLbj è stata calcolata secondo la relazione Bakun and Joyner già definita al § 3.

**Figura 18.** Mappa e profilo in profondità della sismicità localizzata dalla SPM nel periodo 01/09/2020 - 15/04/2021. Nel riquadro in basso sono riportati gli eventi proiettati lungo il profilo PP' disegnato in mappa, nonché i perimetri dei domini DI e DE in blu e rosso rispettivamente. Epicentri ed ipocentri sono rappresentati con dimensioni e colori variabili secondo le magnitudo, in accordo con la legenda.



Si è registrata una sequenza sismica ridotta nella regione settentrionale del DE (località Pignola) caratterizzata da 28 eventi a partire dal 28/12/2019 con magnitudo inferiore a 2.2 e profondità intorno a 12-15 km (anche esterni al DE per profondità).

Si riportano di seguito osservazioni di dettaglio sulla sismicità registrata nel periodo 01/09/2020- 15/04/2021:

- Eventi localizzati nel Dominio di riferimento intorno al pozzo di re-iniezione CM2
- Eventi della sequenza in corso a SW del Lago Pertusillo
- Evento del 17/01/2021  $M_L=3.86$  localizzato nel Comune di Anzi (PZ)



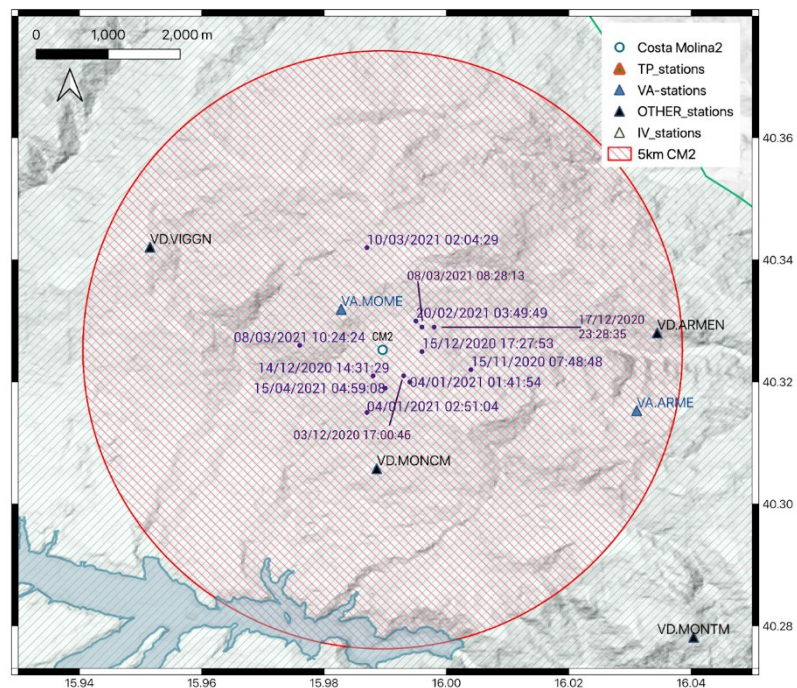
### 6.2.2 Dominio di riferimento intorno al pozzo di re-iniezione CM2

Nel periodo 01/09/2020 - 15/04/2021 in esame, la Sala di Monitoraggio del CMS ha registrato e localizzato 12 eventi (Tabella 11) all'interno del Dominio di Riferimento DR di raggio 5 km attorno al pozzo CM2.

La magnitudo MLbj calcolata per gli eventi in questione varia nell'intervallo [-0.34, 0.90] mantenendosi comunque sotto la soglia di attenzione del sistema a semaforo.

La distanza epicentrale dal pozzo CM2 calcolata per l'evento di più alta magnitudo (MLbj=0.9) è pari a circa 1.2 km.

**Figura 19.** Localizzazioni epicentrali degli eventi registrati entro il Dominio di Riferimento nel periodo in esame.



Data e ora UTC	Lat (°)	Lon (°)	Prof. (km)	MLbj	RMS (s)	Err. Orizz. (km)	Err. Prof. (km)	Err. MLbj	Distanza CM2 (km)
2020/11/15 07:48:48.000	40.322	16.004	6.880	0.30	0.15	0.913	0.600	0.20	1.27
2020/12/03 17:00:46.000	40.321	15.993	3.890	0.00	0.05	1.111	0.500	0.40	0.56
2020/12/14 14:31:29.000	40.321	15.988	4.270	0.80	0.11	0.549	0.300	0.30	0.50
2020/12/15 17:27:53.000	40.325	15.996	4.370	0.10	0.05	0.804	0.300	0.40	0.53

2020/12/17 23:28:35.000	40.329	15.998	4.250	0.00	0.06	0.913	0.400	0.30	0.82
2021/01/04 01:41:54.000	40.320	15.994	4.340	0.40	0.10	0.549	0.300	0.10	0.71
2021/01/04 01:42:00.000	40.320	15.994	4.390	0.30	0.07	0.804	0.300	0.20	0.71
2021/01/04 02:51:04.000	40.315	15.987	2.630	0.90	0.20	0.804	0.400	0.20	1.2
2021/02/20 03:49:49.000	40.330	15.995	4.000	0.00	0.06	0.913	0.400	0.50	0.68
2021/03/08 08:28:13.000	40.329	15.996	4.620	0.30	0.08	0.913	0.400	0.50	0.69
2021/03/08 10:24:24.000	40.326	15.976	3.600	0.60	0.14	0.685	0.300	0.30	1.15
2021/03/10 02:04:29.000	40.342	15.987	1.220	0.20	0.07	0.549	0.200	0.40	1.85
2021/04/15 04:59:08.000	40.319	15.990	3.630	-0.34	0.04	0.501	0.400	0.300	0.70

**Tabella 11.** Parametri ipocentrali degli eventi localizzati nel periodo in esame internamente al Dominio di Riferimento di raggio 5km intorno al pozzo di reiniezione.

La Sala di Sorveglianza INGV non ha rilevato tali eventi né sono pervenute evidenze di risentimento.

Il gruppo Mbx microsismica GEOM di Eni ha rilevato e localizzato autonomamente gli eventi come già discusso nei paragrafi precedenti.

Considerati i valori di magnitudo, i protocolli di monitoraggio previsti negli ILG per la SPM sono sempre rimasti in regime di ordinarietà.

### 6.2.3 Regione SW del Lago Pertusillo

Nel periodo in esame si è verificata una sequenza sismica di bassa magnitudo ancora in corso nella porzione sud-ovest del Dominio Esteso nelle vicinanze del lago Pertusillo. Il CMS ha localizzato 225 eventi associabili a tale sequenza, Figura 20, di cui 194 con profondità ipocentrale  $\leq 5$  km e 18 con  $MLbj \geq 1$  (Figura 20a e Figura 20b). La magnitudo massima e minima registrate sono pari a 1.7 e -0.8 rispettivamente. Si rimanda alla lista completa degli eventi in Appendice A.

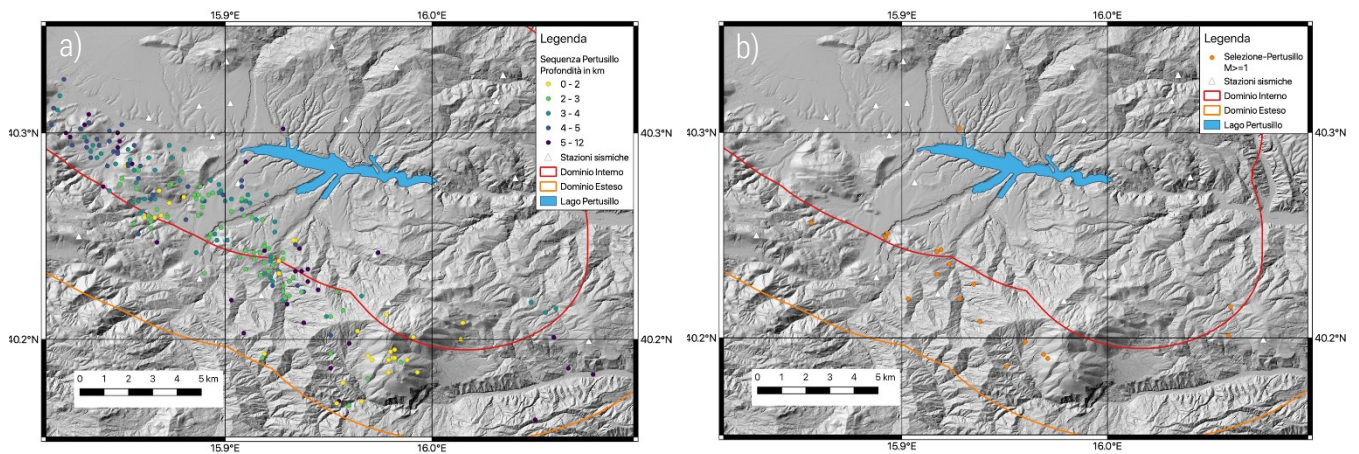


Figura 20. Mappe raffiguranti la sequenza sismica registrata a sud del Pertusillo dalla rete integrata CMS. A sinistra la distribuzione della sismicità organizzata in classi di profondità ipocentrale. A destra la selezione degli eventi con  $ML_{bj} \geq 1$

Per una selezione di eventi (sulla base del valore di magnitudo e numero di fasi identificate), sono stati calcolati i meccanismi focali con le polarità dei primi arrivi, derivando soluzioni principalmente normali e trascorrenti (Figura 21).

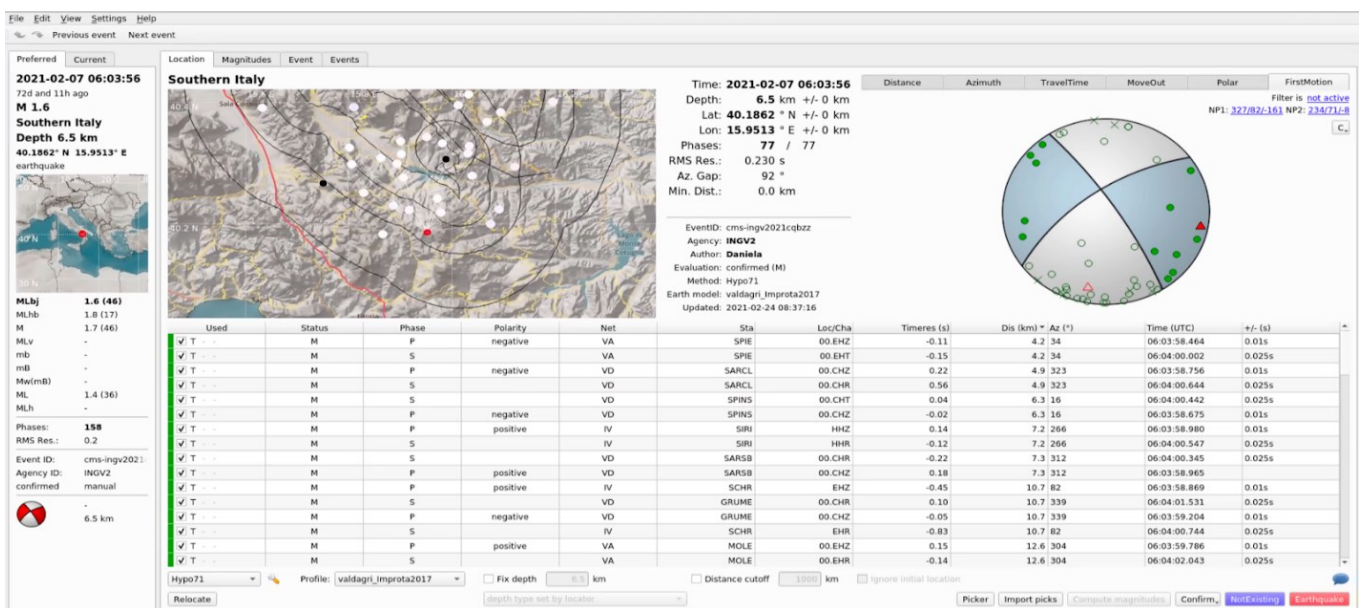
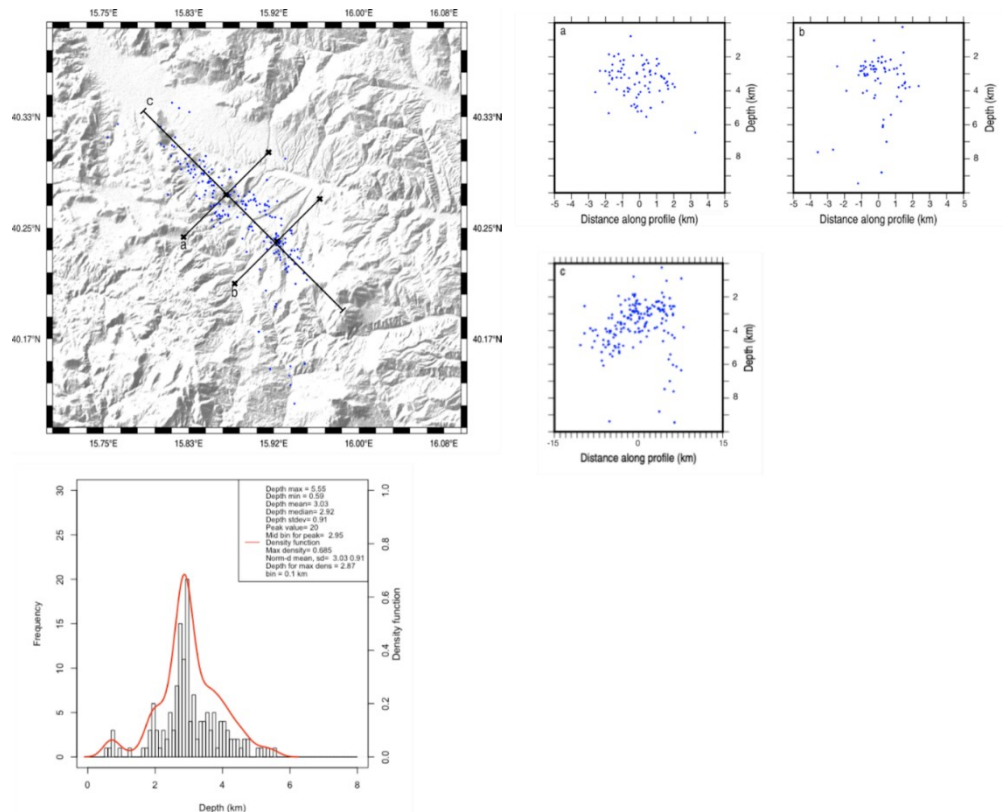


Figura 21. Esempio di meccanismo focale calcolato per un evento (segnaposto rosso in mappa a sinistra) della sequenza del Pertusillo utilizzando le polarità dei primi arrivi dei segnali registrati alle stazioni evidenziate in bianco in mappa.

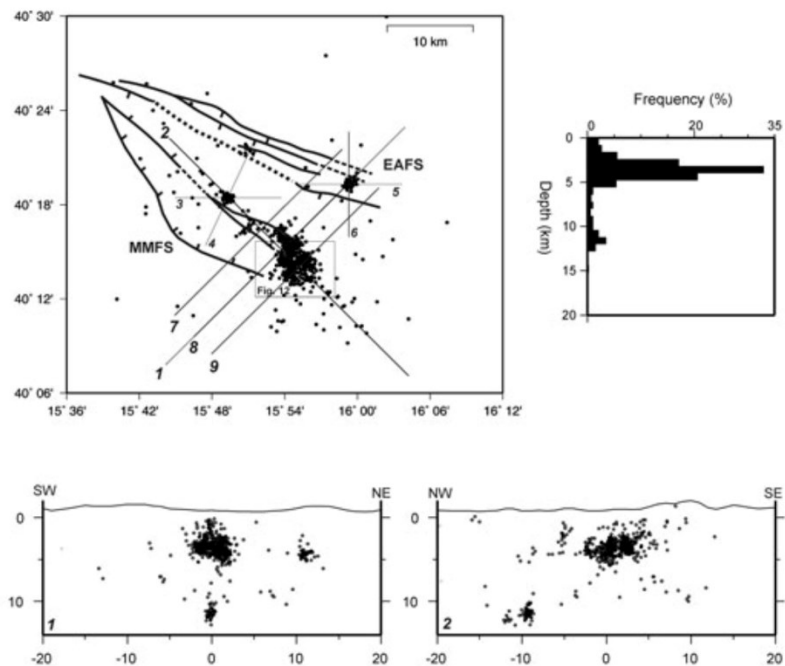
Negli ultimi decenni si sono verificate alcune sequenze sismiche nell'area a SW del Pertusillo; in particolare nel 1996 e nel biennio 2006-07. La più recente, è stata oggetto di pubblicazioni scientifiche (es. Valoroso et al., 2009, Stabile et al., 2014) che hanno evidenziato una possibile correlazione positiva tra la sismicità e le variazioni stagionali dei volumi di riempimento dell'invaso del lago Pertusillo.

**Figura 22.** Sismicità nell'area a SW del Pertusillo. In alto a sinistra la distribuzione in mappa degli eventi ri-localizzati con tecniche di localizzazione relativa (hypoDD), in basso l'istogramma della sismicità in funzione della profondità ipocentrale. A destra le sezioni in profondità orientate in direzione SW-NE (a-b) e NW-SE (c). Si noti la differenza di scala orizzontale nelle tre sezioni.



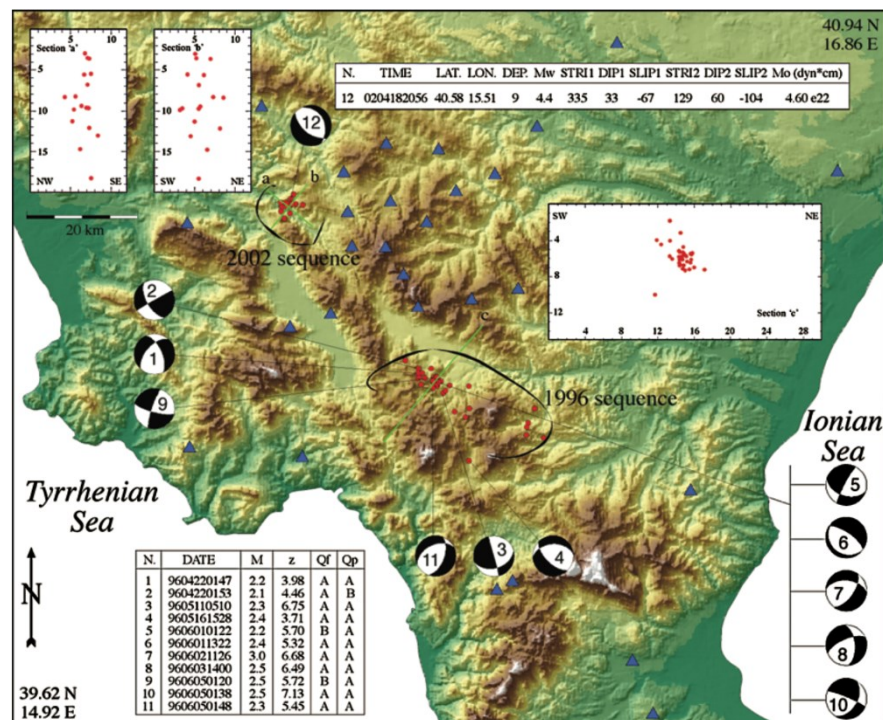
Benché ci si riservi di rileggere la sequenza attuale alla luce di future analisi e approfondimenti, da una speditiva rilocalizzazione relativa degli eventi si può affermare che, per distribuzione ipocentrale e caratteristiche generali, gli eventi dell'ultimo semestre sembrano riattivare le dinamiche già rilevate in Valoroso et al. (2009).

**Figura 23.** Sismicità registrata nel 2006-2007 a sud del lago Pertusillo, sezioni verticali orientate SW-NE (1) e NW-SE (2) con distribuzione statistica degli eventi rispetto alla profondità ipocentrale (tratto da Valoroso et al., 2009).



Per quanto riguarda la sequenza sismica del 1996 verificatasi nel periodo tra il 3 aprile e il 13 giugno nell'area a ovest del lago Pertusillo, Cucci et al. 2004 riportano 50 eventi di magnitudo  $M_d$  (magnitudo durata) compresa tra 1.8 e 3.4. La distribuzione in mappa e in sezione degli eventi di questa sequenza mostra una concentrazione degli eventi in una porzione più settentrionale della fascia dei Monti della Maddalena e l'allineamento degli ipocentri lungo piani di faglia orientati circa  $50^\circ\text{NE}$  compatibili con le strutture del MMFS; i meccanismi focali calcolati per gli eventi maggiori mostrano inoltre soluzioni simili alle altre due sequenze più recenti, ottenendo cinematiche principalmente normali con componente trascorrente (Figura 24, sequenza ad ovest del Pertusillo del 1996).

**Figura 24.** Sequenza ad W del Pertusillo del 1996 tratta da Cucci et al. 2004.



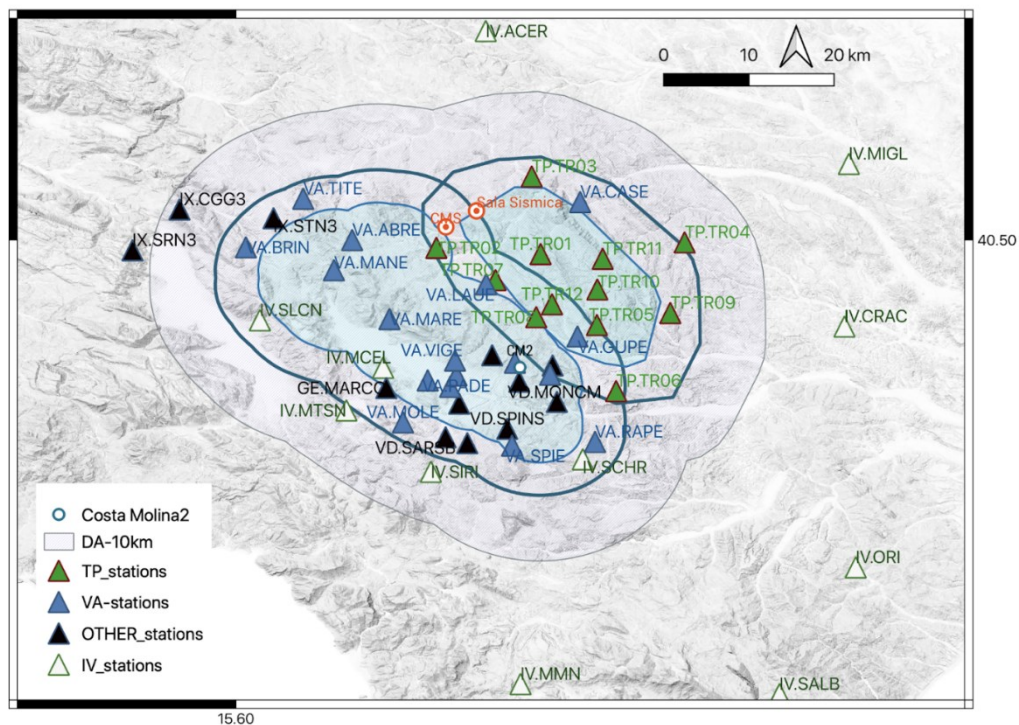
#### 6.2.4 Evento singolo 17/01/2021

Il giorno 17/01/2021 ore 23:13:41 UTC (ora italiana 00:13 del 18/01/2021), la Sala di Sorveglianza del CMS ha localizzato un evento di magnitudo  $MLbj = 3.9 \pm 0.2$  che è stato comunicato al Comitato il giorno successivo.

Data e ora UTC	Lat (°)	Lon (°)	Prof. (km)	MLbj	RMS (s)	Err. Orizz. (km)	Err. Prof. (km)	Err. MLbj	Distanza CM2 (km)
2021-01-17 23:13:41	40.511	15.891	36.4	3.9	0.2	0.7	0.6	0.2	23.2

**Tabella 12.** Parametri ipocentrali dell'evento localizzato il 17/01/2021.

**Figura 25.** Confronto tra le localizzazioni epicentrali calcolate dalla sala di monitoraggio del CMS e dalla sala di sorveglianza INGV.

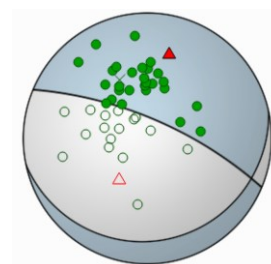


In figura è rappresentata la localizzazione epicentrale (cerchietti rossi) calcolata dalla Sala di Monitoraggio CMS con le 53 stazioni della rete integrata e quella calcolata dalla Sala di Sorveglianza di Roma con le sole stazioni della rete nazionale INGV.

L'evento, profondo 36.4 km, si colloca fuori dal Dominio Esteso e dista oltre 23 km dal pozzo CM2.

La Sala di Sorveglianza del CMS ha calcolato il meccanismo focale sulla base delle polarità.

S1 (°)	D1 (°)	R1 (°)	S2 (°)	D2 (°)	R2 (°)
77.79	15.93	-124.05	292.89	76.85	-80.92



La Sala di Sorveglianza INGV ha rilevato l'evento con  $M_I=3.5$  e coordinate geografiche lat=40.54, long=15.93 ad una profondità di 42 km.

## 7 Dati GPS

### 7.1 Analisi della qualità del dato

I dati *RINEX* giornalieri delle stazioni GPS in Val d'Agri, disponibili dalla data di installazione (Tabella 1) fino al 31/12/2020, sono stati analizzati con il software TEQC (<http://facility.unavco.org/software/teqc>), ampiamente utilizzato per il trattamento standard di dati GNSS durante la fase di pre-processamento, per valutare la qualità delle acquisizioni geodetiche. La percentuale di *RINEX* giornalieri disponibili per ciascun mese di acquisizione per ogni stazione analizzata è mostrata in Figura 26 e il valore medio su tutto l'intervallo di acquisizione è riportata in Tabella 13. A parte due interruzioni di acquisizione per INN2 e VIG3 dovuti a cambi strumentali (Tabella 1), tutte le stazioni mostrano un'ottima continuità del dato.

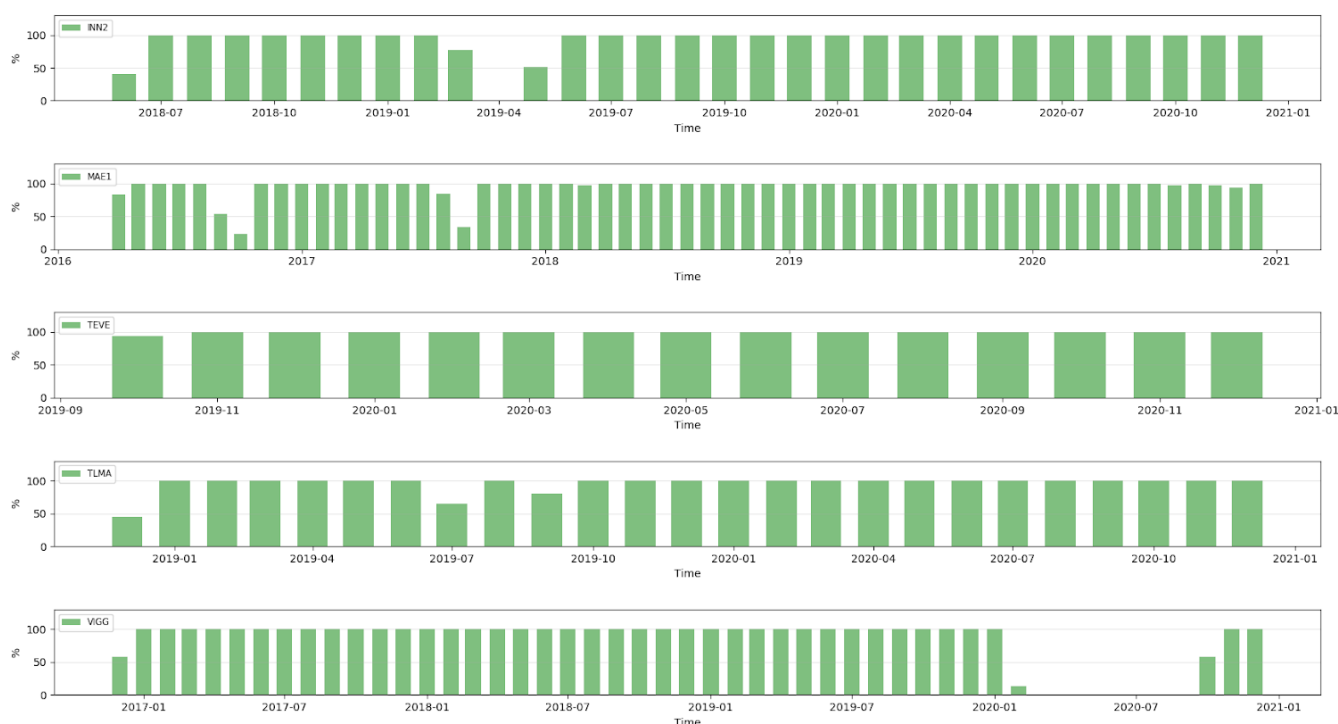


Figura 26. Percentuale di *RINEX* giornalieri disponibili per ciascun mese di acquisizione per ogni stazione analizzata.

Come già mostrato nei precedenti report, eseguiamo un'analisi aggiornata dei valori di alcuni parametri che caratterizzano la continuità del dato e la possibile presenza di sorgenti di disturbo. Gli indici principalmente utilizzati sono i valori medi giornalieri di *multipath* (ossia l'interferenza tra segnali satellitari diretti e riflessi) registrato per ciascuna portante del segnale satellitare (L1 e L2), in termini di MP1 (radice quadratica media, RMS, del *multipath* sulla fase L1) e di MP2 (RMS dato dai *multipath* sulla fase L2). La misura di questo parametro è fondamentale per capire quanto la stazione sia

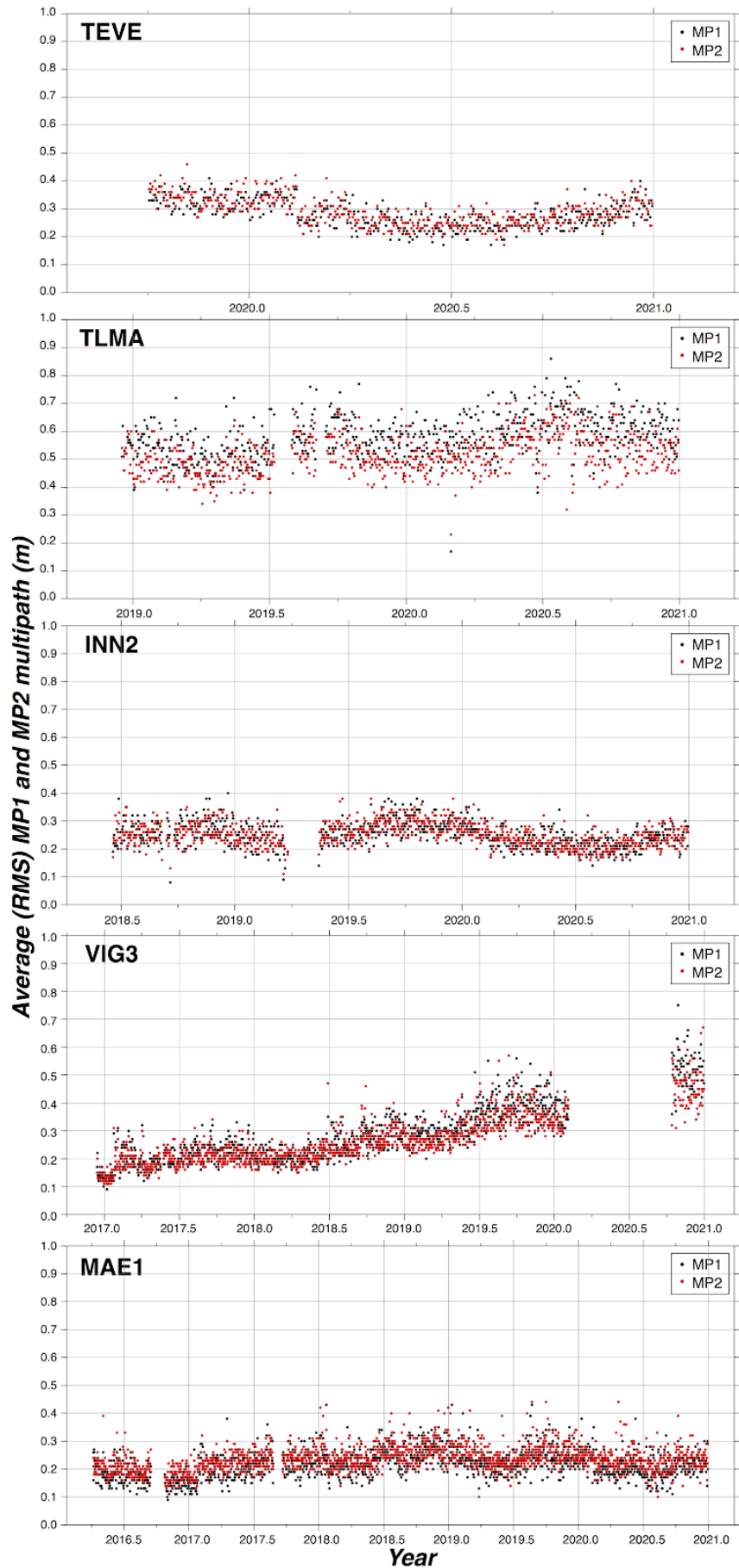
disturbata dagli elementi circostanti che possono deviare e riflettere i segnali elettromagnetici, alterando di conseguenza le misure finali. Ricordiamo che per stazioni di buona qualità i valori di MP1 e MP2 variano rispettivamente tra 0.1-0.4 m e 0.1-0.6 m. In particolare, prendendo come riferimento la rete IGS dell'International GNSS Service ([www.igs.org/network](http://www.igs.org/network)), il 50% delle stazioni IGS ha valori di RMS per MP1 inferiori a 0.4 m e valori di MP2 inferiori a 0.6 m, mentre 2/3 delle stazioni ha valori di MP1 inferiori a 0.5 m e di MP2 inferiori a 0.75 m.

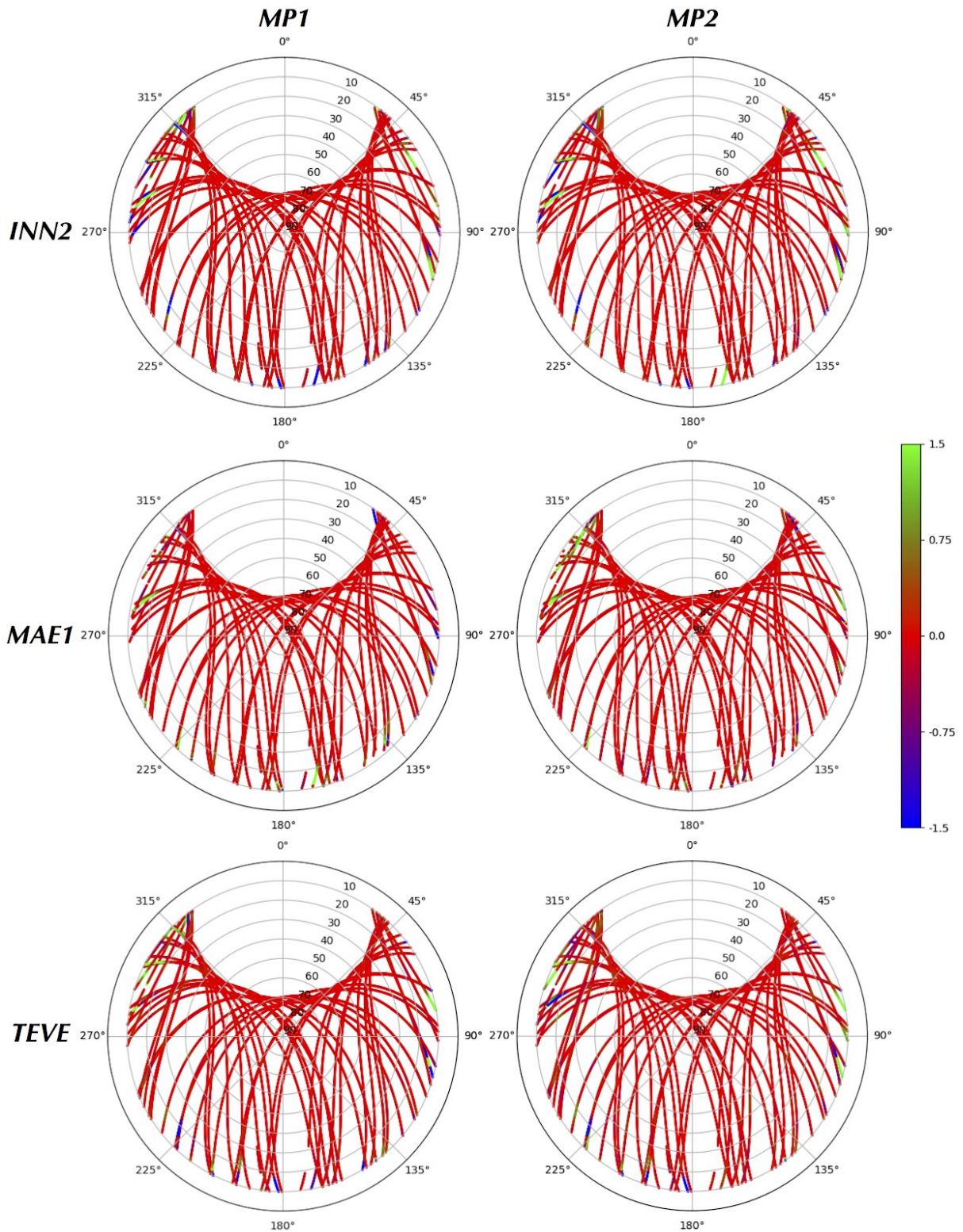
L'andamento nel tempo dei valori di MP1 e MP2 per le 5 stazioni della concessionaria ottenuto dai dati a nostra disposizione (fino al 31/12/2020) è mostrato in Figura 27 e i valori medi per tutto l'intervallo di acquisizione sono riportati in Tabella 13. I risultati confermano ciò che è stato osservato nella precedente analisi, ossia che per la maggior parte delle stazioni i valori di MP1 e MP2 nel tempo rientrano negli intervalli che indicano stazioni di buona qualità, mentre per TLMA e l'ultimo periodo di VIG3 le stime soprattutto di MP1 sono superiori ai valori di riferimento.

Come già fatto nel precedente report, per valutare la possibile provenienza dei fattori di disturbo, sono stati quantificati i valori di MP1 e MP2 registrati dalle varie stazioni in riferimento a ciascuna osservazione satellitare lungo la loro traiettoria. Questa analisi è stata eseguita sempre con il software TEQC su un *RINEX* giornaliero (scegliendo la stessa data appartenente agli ultimi 6 mesi di dati analizzati) per tutte e cinque le stazioni GPS per valutare eventuali variazioni nel tempo (rispetto l'analisi eseguita nel report precedente) della qualità di acquisizione delle stazioni. Nella Figura 28 e nella Figura 29 sono riportati i grafici polari *skyplot* dove viene mostrata la posizione di ciascun satellite rispetto l'antenna GPS in termini di coordinate angolari azimuth (il grado 0° è il Nord, 180° è il Sud) ed elevazione (dall'orizzontale fino allo zenith a 90°). Il colore delle traiettorie indica il valore di MP1 e MP2 dovuto al segnale registrato dal ricevitore GPS proveniente dai satelliti osservati durante la tutta la giornata. In continuità con quanto evidenziato nel precedente report, tutti i grafici mostrano valori di MP1 e MP2 minori di 0.5 m per la maggior parte delle acquisizioni, dimostrando la buona qualità delle strumentazioni geodetiche utilizzate. Rimane comunque da considerare che per valori bassi di elevazione, a differenza delle stazioni INN2, MAE1 e TEVE che non mostrano particolari interferenze (Figura 28), per TLMA e VIG3 sono presenti alti valori di *multipath* e segni di degradazione del segnale stesso (Figura 29) che possono inficiare la qualità delle acquisizioni.

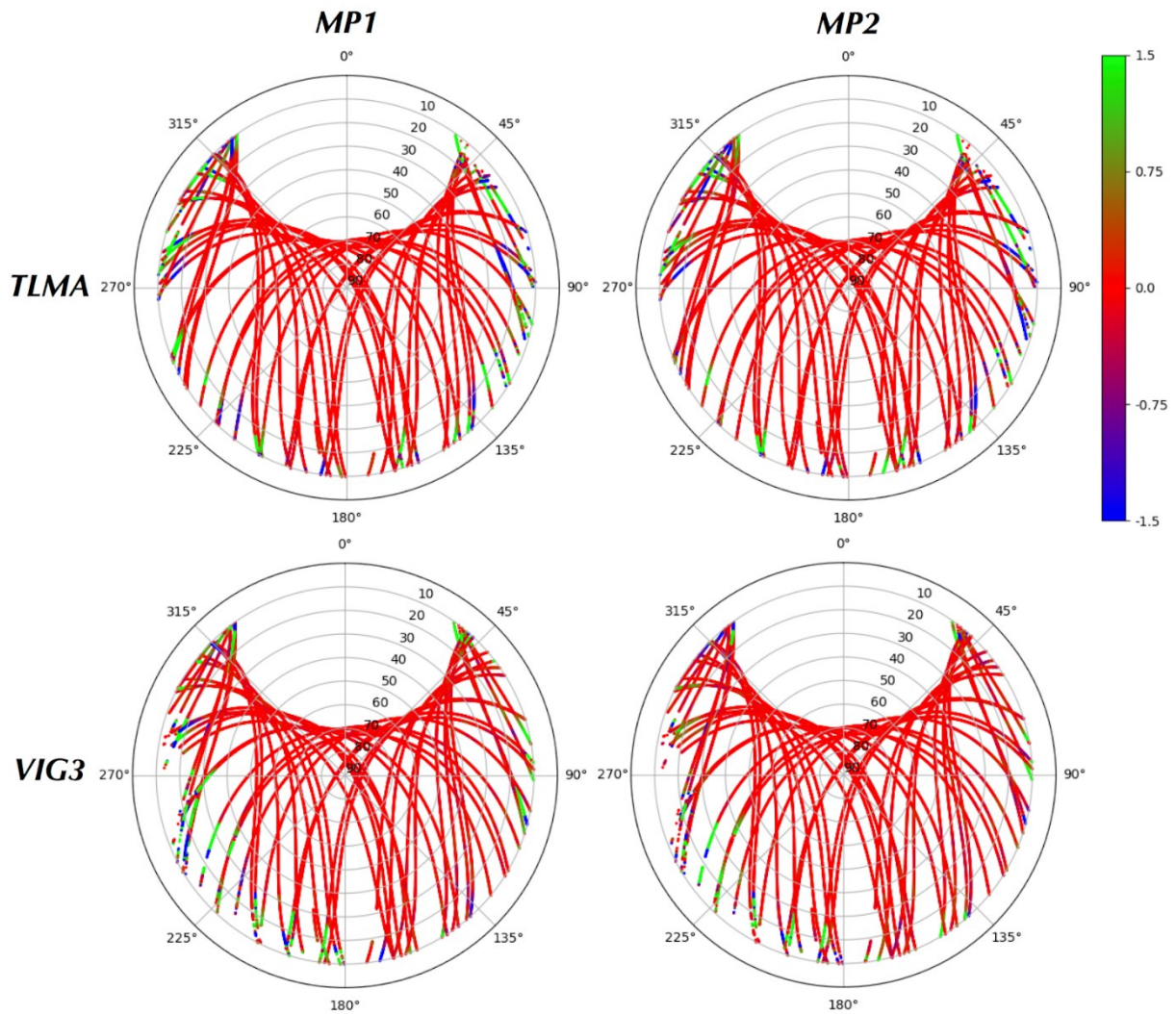


**Figura 27.** Andamento dei valori di MP1 (in nero) e MP2 (in rosso) per ciascuna misura giornaliera ottenuti dall'analisi dei dati *RINEX* delle 5 stazioni GPS ENI con il software TEQC.





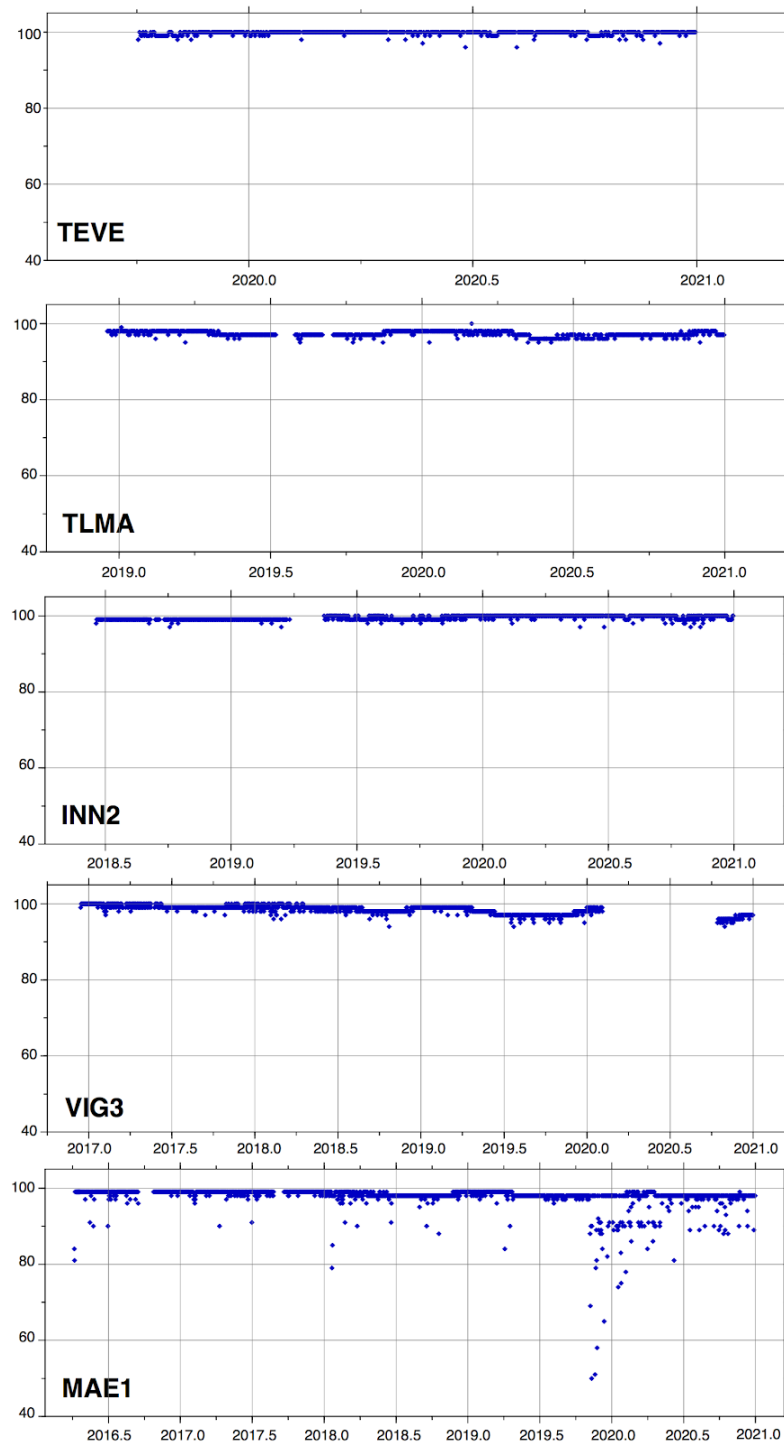
**Figura 28.** Andamento dei valori di MP1 (colonna sinistra) e MP2 (colonna destra) in metri per i satelliti tracciati dalle stazioni INN2, MAE1 e TEVE in data 28/10/2020.



**Figura 29.** Andamento dei valori di MP1 (colonna sinistra) e MP2 (colonna destra) in metri per i satelliti tracciati dalle stazioni TLMA e VIG3 in data 28/10/2020.

Per completare l'analisi di qualità dei dati, è stata anche calcolata la percentuale di osservazioni satellitari (o epoche) presenti nei *RINEX* rispetto alle osservazioni attese (nello stesso intervallo di tempo giornaliero durante il quale la stazione è stata funzionante) come mostrato in Figura 30. Considerando che per stazioni di buona qualità ci aspettiamo che le percentuali di acquisizione siano maggiori del 95%, possiamo affermare che per la maggior parte delle acquisizioni fatte dalle stazioni GPS della rete ENI questo criterio viene rispettato, dando un'ulteriore prova della buona strumentazione impiegata per la rete geodetica. L'unica stazione che mostra valori sporadici molto bassi è MAE1 soprattutto nell'ultimo periodo e potrebbero essere dovuti alla temporanea presenza di elementi mobili che possano aver ostruito la visibilità della stazione oppure ad un possibile deterioramento della stazione. Nel prosieguo della sperimentazione sarà necessario approfondire ulteriormente questo aspetto.

**Figura 30.** Percentuale di osservazioni presenti nei *RINEX* giornalieri rispetto alle osservazioni attese nell'intervallo di tempo durante il quale la stazione è stata funzionante per le 5 stazioni GPS della rete ENI.



Alla luce delle analisi svolte, risulta necessario però mettere in evidenza come soprattutto due stazioni GPS, ossia TLMA e VIG3, mostrino allo stato attuale valori di qualità al limite dei requisiti richiesti. Come messo in evidenza nel precedente report, le possibili cause di disturbo per queste due stazioni sarebbero da ascrivere alla presenza di vegetazione ad alto fusto in prossimità dell'antenna e di elementi fissi riflettenti, come il pannello fotovoltaico per TLMA. Inoltre è bene evidenziare che

rispetto al precedente report la stazione VIG3 mostra una riduzione notevole della qualità dei segnali registrati, coerentemente con il costante peggioramento già osservato per l'intera serie temporale. Questo si può notare sia per i valori di MP1, che sono oltre i valori di riferimento per gli ultimi mesi di dati analizzati (Figura 27), sia per la degradazione delle acquisizioni (ossia mancanza di visuale dei satelliti in Figura 29), disturbi dovuti alla rigogliosa vegetazione che impedisce alla stazione un'adeguata ricezione dei segnali. Questi aspetti trovano riscontro anche in Figura 30, dove per VIG3 la percentuale di osservazioni per l'ultimo periodo di acquisizione ha una media del 95% e, dato il suo trend in diminuzione negli anni, è probabile che possa diminuire ulteriormente. Raccomandiamo nuovamente pertanto di eseguire quanto prima la manutenzione della vegetazione per la stazione VIG3 per evitare che la qualità di acquisizione di questa stazioni peggiori ulteriormente.

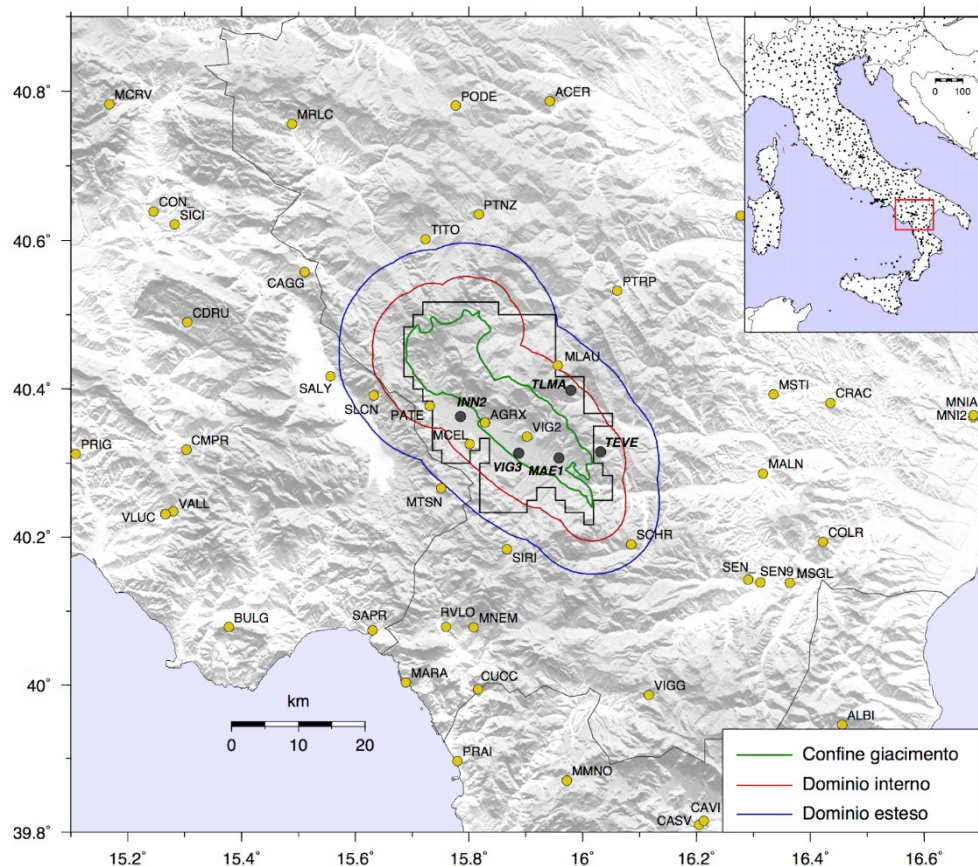
Nome sito INGV	Intervallo temporale (anni)	% RINEX giornalieri disponibili	Valore medio di MP1 (m)	Valore medio di MP2 (m)	% media di osservazioni presenti
INN2	2.534	94.4%	0.25	0.25	99.4%
MAE1	4.735	96.1%	0.22	0.24	97.7%
TEVE	1.244	100%	0.28	0.29	99.7%
TLMA	2.033	97.7%	0.57	0.52	97.2%
VIG3	4.046	82.96%	0.28	0.27	98.4%

**Tabella 13.** Tabella riassuntiva dei parametri di qualità (mediati su tutto l'intervallo temporale) per le acquisizioni disponibili delle stazioni ENI analizzate.

## 7.2 Elaborazione del dato

I dati giornalieri in formato *RINEX* delle stazioni in Val d'Agri fornite da ENI sono stati elaborati all'interno di una soluzione geodetica più ampia a scala euro-Mediterranea, utilizzando i dati provenienti da più di 4000 stazioni GPS/GNSS attive, presenti sul territorio italiano ed europeo e gestite da enti di ricerca pubblici (es., INGV, Università), enti locali (es. regioni) e privati (es., Leica-Geosystem, GeoTop). In Figura 31 viene mostrata la posizione della rete di stazioni ENI in Val d'Agri rispetto alle altre stazioni pubbliche e private a nostra disposizione che sono state analizzate congiuntamente.

**Figura 31.** Posizione della rete di stazioni GPS installate da ENI (cerchi neri) all'interno e in prossimità della concessione di coltivazione Val d'Agri (poligono nero). I cerchi gialli indicano le stazioni GNSS attive nella regione ed afferenti a diverse tipologie di reti (si veda Devoti et al., 2017). Inset: distribuzione sul territorio italiano delle stazioni GPS analizzate (punti neri) nella soluzione geodetica combinata; il quadrato rosso indica l'area di ingrandimento.



La procedura di analisi eseguita è suddivisa in tre passaggi, come indicato in Serpelloni et al. (2006, 2013, 2018), che sono:

1. Analisi delle osservazioni registrate (ossia le fasi dei segnali satellitari) dalle stazioni GPS di una sotto-rete che include le stazioni ENI in Val d'Agri più altre stazioni GPS permanenti della rete IGS (usate poi per combinare le soluzioni di questa sotto-rete con quelle delle altre sotto-reti elaborate all'INGV) e realizzazione di una soluzione di rete debolmente vincolata (posizioni, orbite, ecc...). In questo passaggio è stato utilizzato il pacchetto GAMIT del software per analisi dati GPS scientifico denominato GAMIT/GLOBK (<http://geoweb.mit.edu/gg>), versione 10.71, adottando gli standard definiti nel contesto della campagna di riprocessamento IGS, "Repro2 campaign" (<http://acc.igs.org/reprocess2.html>). Questo software contiene una collezione di programmi sviluppati per analizzare i dati registrati da stazioni GNSS e stimare le posizioni tridimensionali dei punti a terra e delle orbite dei satelliti, i ritardi troposferici e i parametri di orientazione terrestre (EOPs). Il GAMIT utilizza diverse combinazioni lineari delle due fasi registrate (L1 e L2) per generare una soluzione ai minimi quadrati pesati per ogni sessione giornaliera. Il prodotto principale del software GAMIT è quindi una soluzione debolmente vincolata (cioè non ben definita in un sistema di riferimento)

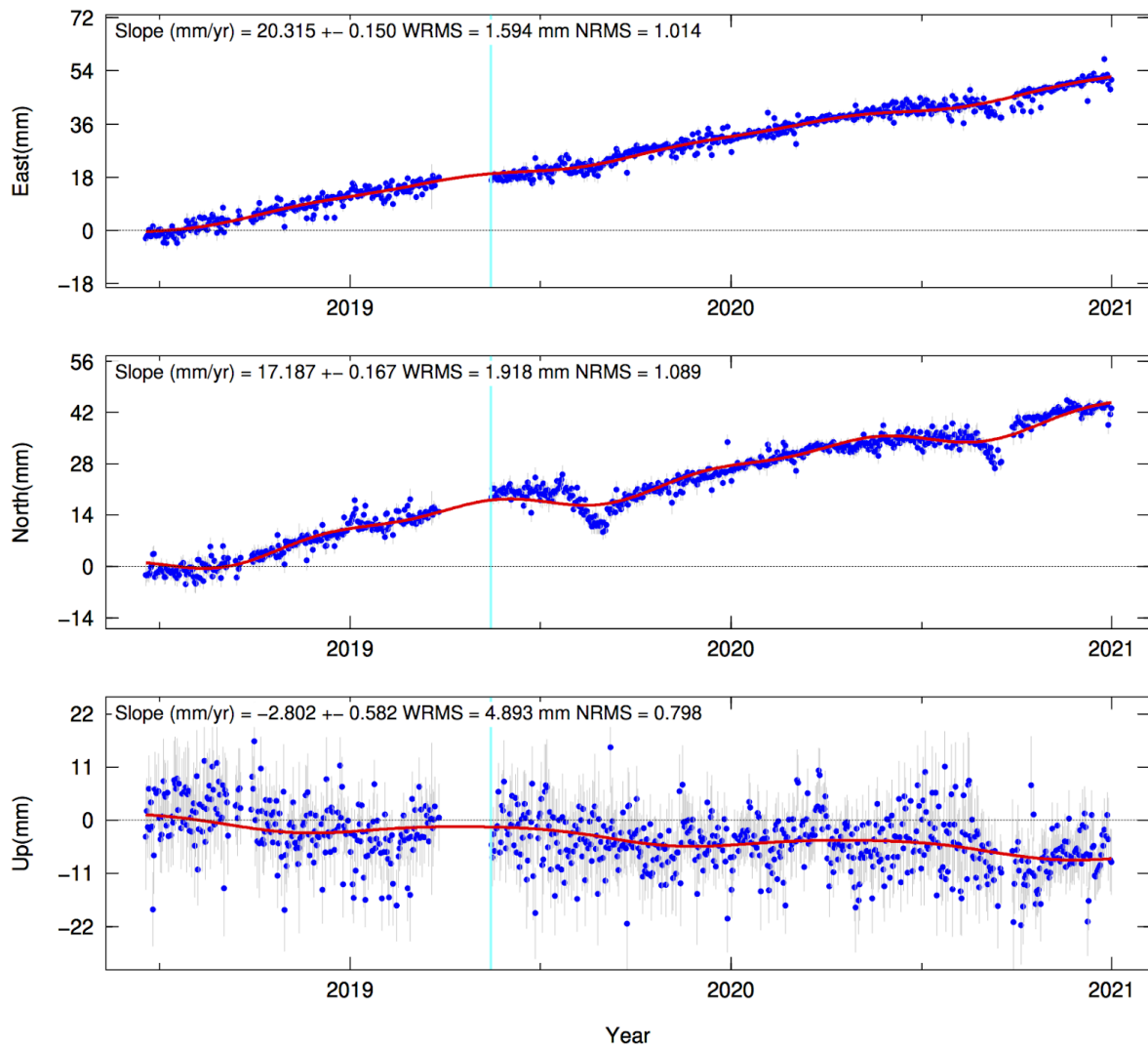
- per ogni rete (o sotto-rete) analizzata, contenente un set giornaliero di stime di posizioni per ogni sito, i parametri di orientazione terrestre e la matrice di covarianza degli errori associata, oltre ai parametri orbitali e di ritardo troposferico.
2. Combinazione delle soluzioni giornaliere della sotto-rete in questione con le soluzioni di altre sotto-reti processate dalla SPM e allineamento delle soluzioni al sistema di riferimento IGS14. Durante questo passaggio è stato usato il pacchetto GLOBK del software GAMIT/GLOBK, che permette di combinare diverse soluzioni debolmente vincolate (ottenute dall'analisi precedente con il pacchetto GAMIT) attraverso un algoritmo basato su un filtro di Kalman, e realizzare un'unica soluzione combinata giornaliera definita in un sistema di riferimento comune. Nello specifico, il sistema di riferimento è stato realizzato minimizzando le coordinate e le velocità delle stazioni IGS di riferimento (le cosiddette "IGS core stations") a scala globale, stimando i parametri di una trasformazione di Helmert a 7 parametri (3 traslazioni, 3 rotazioni e la scala) rispetto alla realizzazione GPS del sistema di riferimento ITRF2014 (Altamimi et al., 2016), noto come IGS14. Il risultato di questo passaggio sono le posizioni tridimensionali e le incertezze per ogni epoca analizzata, per tutte le stazioni analizzate dalla SPM.
  3. Analisi delle serie temporali di spostamento per la stima delle velocità di spostamento e le loro incertezze. Durante questo terzo passaggio le serie temporali di spostamento nelle tre componenti Est, Nord e verticale, realizzate nel sistema di riferimento IGS14, sono state analizzate secondo il seguente modello funzionale:

$$\begin{aligned}
 x(t_i) = & a_1 + a_2 t_i + a_3 \sin(2\pi t_i) + a_4 \cos(2\pi t_i) + a_5 \sin(4\pi t_i) \\
 & + a_6 \cos(4\pi t_i) + \sum_{j=1}^{n_0} b_j H(t_i - t_j) + \varepsilon_i
 \end{aligned}
 \tag{Eq. 3}$$

dove  $a_1$  è il bias iniziale,  $a_2$  indica la pendenza della serie, cioè la velocità di spostamento, i successivi quattro termini indicano le componenti stagionali (annuale e semi-annuale, con il tempo  $t_i$  espresso in anni), la sommatoria in  $j$   $\sum b_j H(t_i - t_j)$  rappresenta invece la correzione per un certo numero di offset  $n_0$  (dati nel nostro caso da un cambio strumentale) di ampiezza  $b_j$  all'epoca  $t_j$  descritti tramite una funzione gradino di Heaviside  $H$ , e l'ultimo termine  $\varepsilon_i$  rappresenta la componente di errore casuale. L'analisi è stata eseguita per tutte le stazioni fornite che vanno da un intervallo minimo di poco più di un anno di acquisizioni fino a più di 4.5 anni di dati. Tramite lo scarto rispetto il modello funzionale [Eq.3] è stato possibile identificare e scartare dall'analisi possibili outliers nelle serie temporali di spostamento, permettendo una stima più accurata dei parametri del modello [Eq.3].

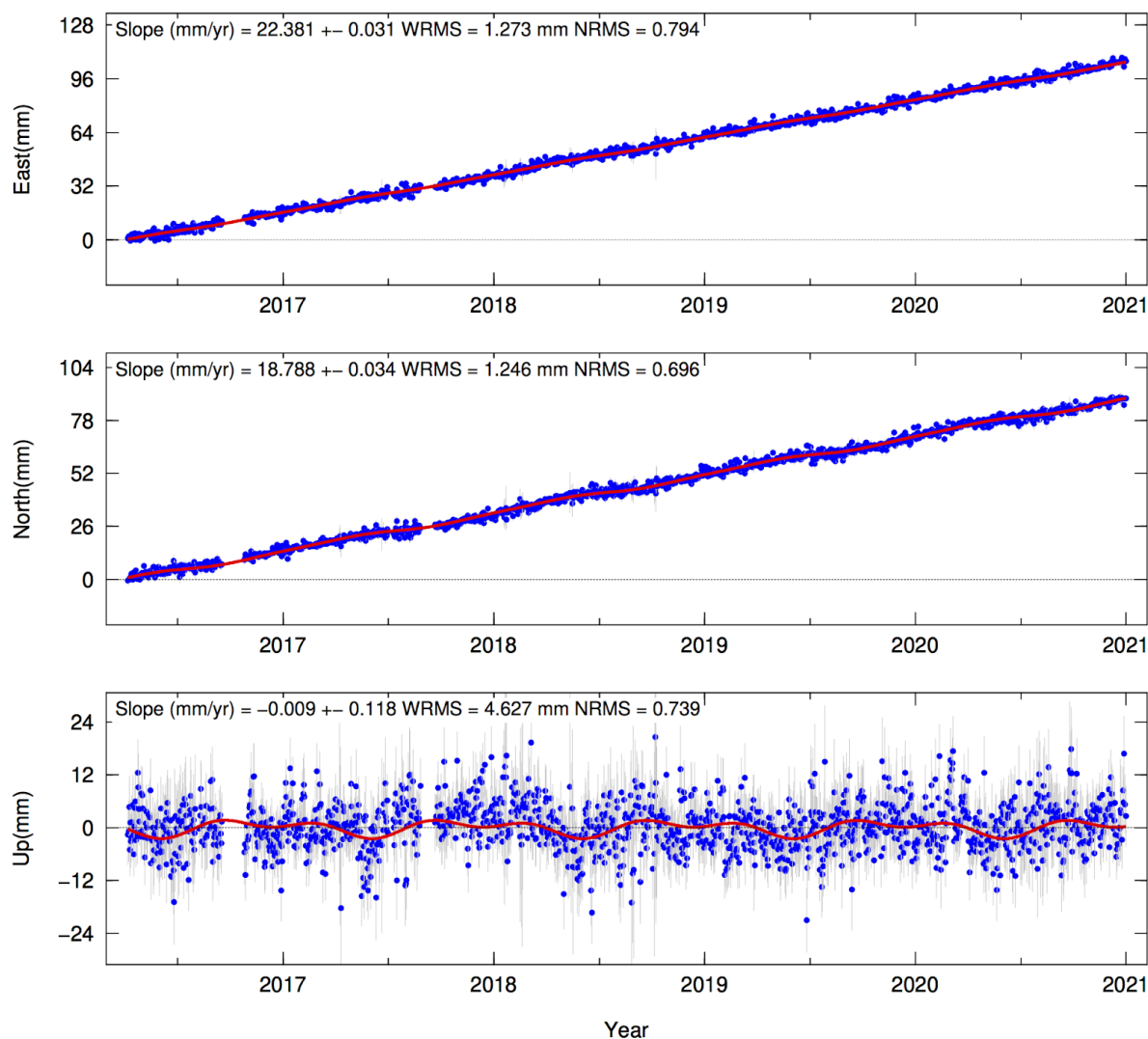
### 7.3 Serie temporali di spostamento

Le serie temporali di spostamento per le cinque stazioni GPS ENI (INN2, MAE1, TEVE, TLMA e VIG3) ottenute dall'analisi descritta nel precedente paragrafo sono mostrate dalla Figura 32 alla Figura 36. In ciascun grafico sono riportati gli spostamenti nel tempo (rispetto alle coordinate calcolate per la prima epoca di acquisizione) per le componenti Est, Nord e verticale, nel sistema di riferimento globale IGS14.



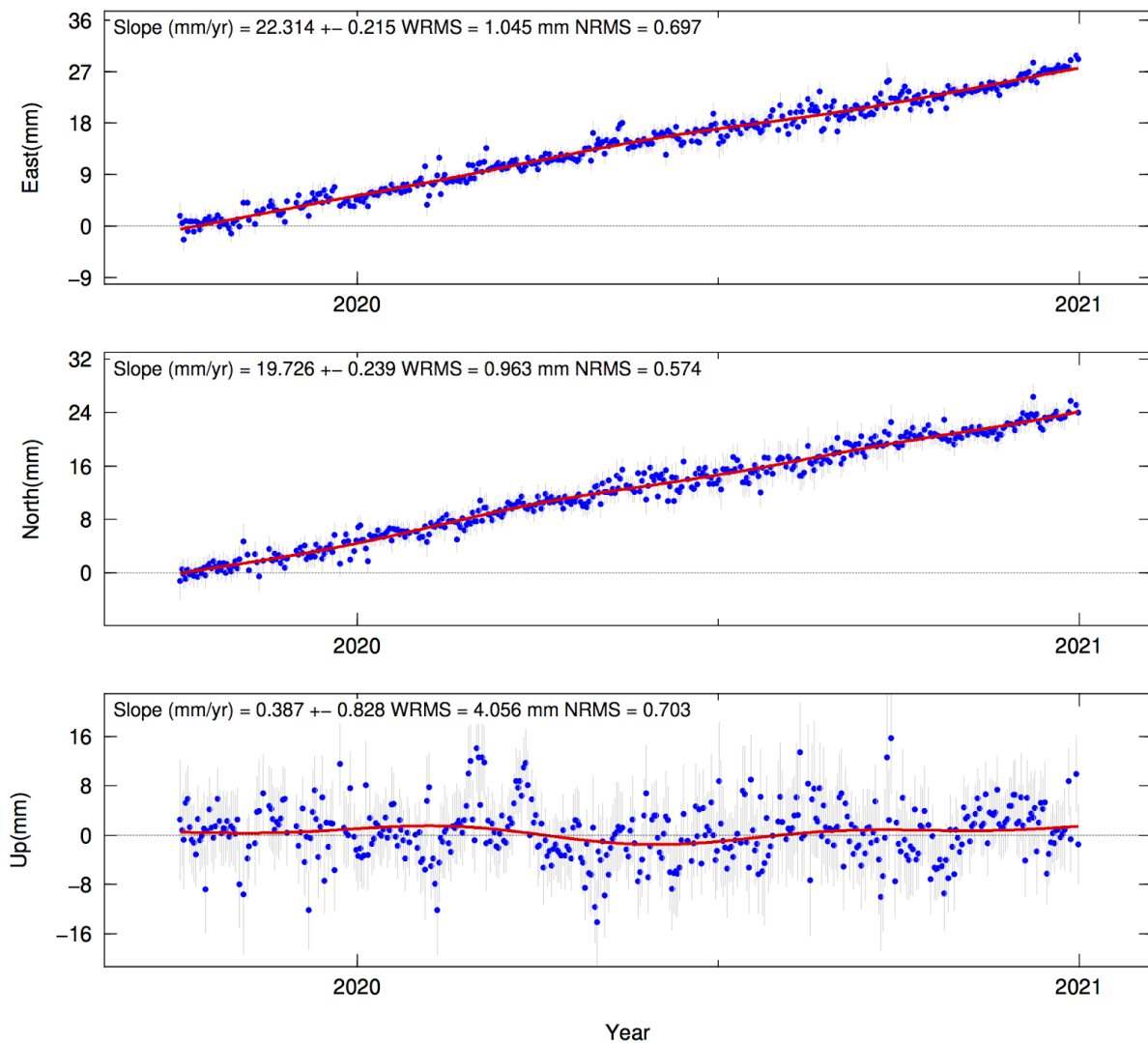
**Figura 32.** Serie temporale di spostamento (punti blu) della stazione INN2 nel sistema di riferimento globale IGS14 per le tre componenti Est, Nord e verticale. Le linee grigie indicano le barre d'errore ( $1\sigma$ ) per gli spostamenti e la linea rossa rappresenta il modello, come definito in [Eq.3]. La barra celeste indica l'epoca in cui è avvenuto un cambio strumentale.





**Figura 33.** Serie temporale di spostamento (punti blu) della stazione **MAE1** nel sistema di riferimento globale IGS14 per le tre componenti Est, Nord e verticale. Le linee grigie indicano le barre d'errore ( $1\sigma$ ) per gli spostamenti e la linea rossa rappresenta il modello, come definito in [Eq.3].

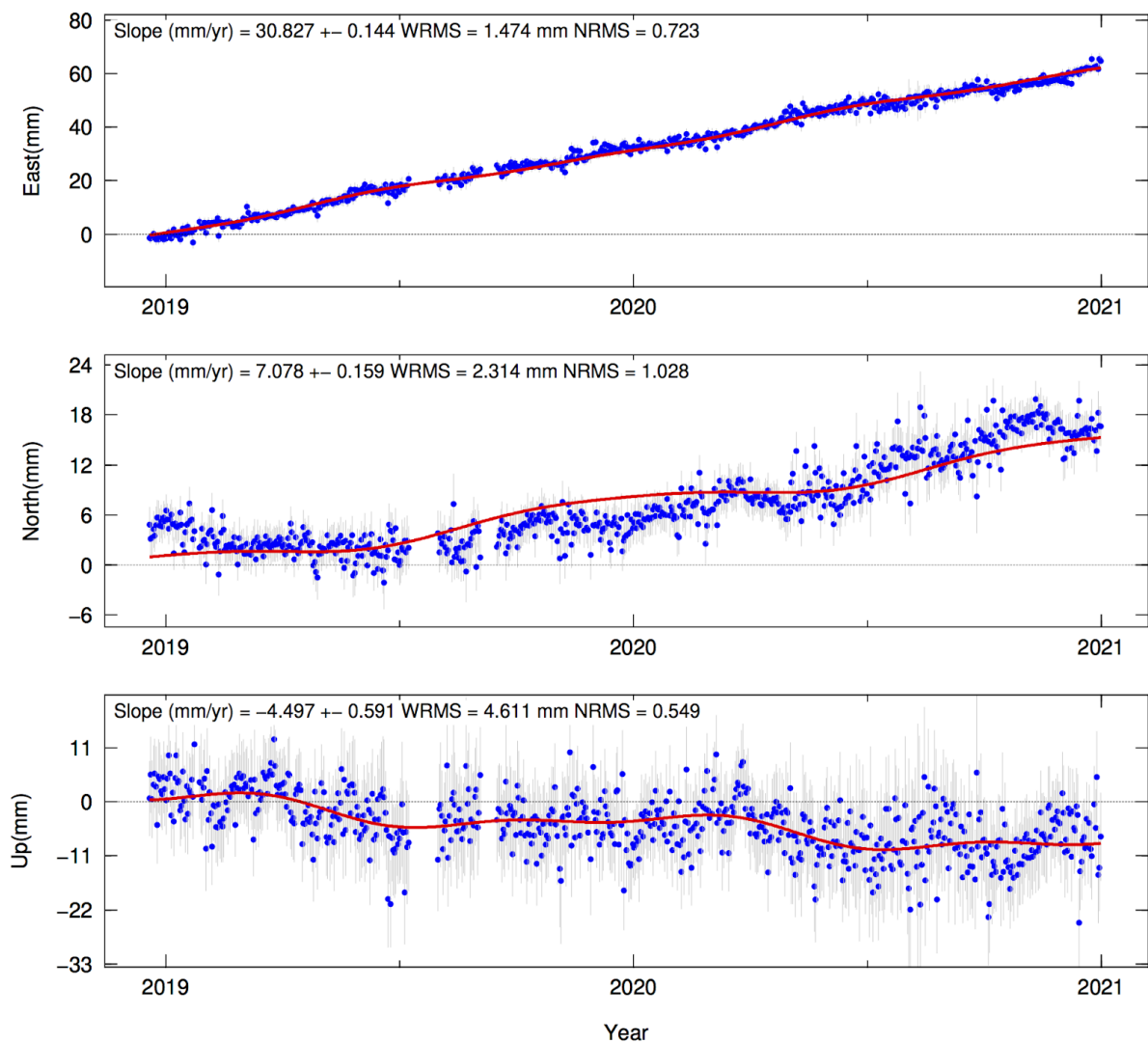
Nelle immagini riportate ad ogni spostamento giornaliero (punti blu) è associata un'incertezza corrispondente ad una deviazione standard ( $1\sigma$ ) ed è riportato il modello funzionale atteso (linea rossa) secondo l'Eq.3. Per alcune stazioni è indicata anche l'epoca in cui è avvenuto un cambio strumentale (barra azzurra in Figura 32 e in Figura 36) per cui le corrispondenti serie temporali sono state corrette di un possibile offset strumentale secondo la rappresentazione analitica del modello funzionale [Eq.3]. Per ciascuna componente est, nord e verticale viene riportata la velocità media di spostamento (termine  $a_2$  in Eq.3), 'Slope', rispetto il sistema di riferimento globale IGS14 con le incertezze formali associate, e i residui rispetto il modello in termini di WRMS (*Weighted Root Mean Square*) e NRMS (*Normalized Root Mean Square*).



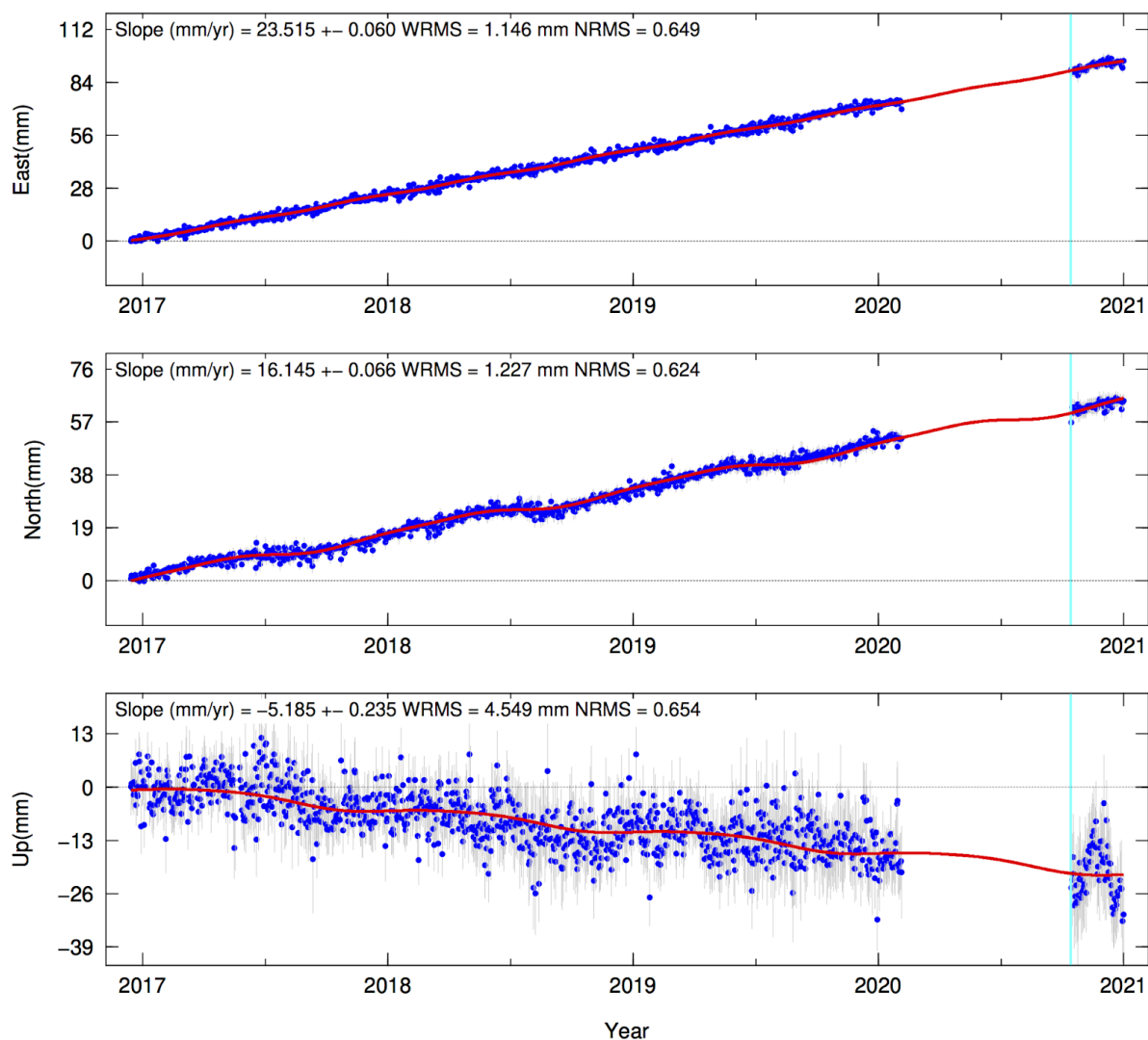
**Figura 34.** Serie temporale di spostamento (punti blu) della stazione TEVE nel sistema di riferimento globale IGS14 per le tre componenti Est, Nord e verticale. Le linee grigie indicano le barre d'errore ( $1\sigma$ ) per gli spostamenti e la linea rossa rappresenta il modello, come definito in [Eq.3].

In generale si può osservare per tutte le stazioni GPS un buon accordo tra dato e modello, evidenziando come per quasi tutte le serie temporali di spostamento i valori di NRMS, che danno un'indicazione della dispersione dei residui rispetto il modello considerato, siano minori di uno. Possiamo osservare che solo in pochi casi, come INN2 (Figura 32) e TLMA (Figura 35) questi valori siano appena maggiori di uno, notando altresì delle leggere deviazioni di spostamento rispetto il modello considerato. In particolare per INN2 si osservano dei transienti repentini, soprattutto per le componenti planari, dell'ordine di una decina di mm in pochi mesi con cadenza apparentemente annuale, mentre per TLMA sembra esserci una perturbazione dello stesso ordine di grandezza ma a bassa frequenza.

E' bene evidenziare che per serie temporali brevi di 1-2 anni (come nel caso di TLMA, INN2 e TEVE) questo tipo di analisi fornisce solo una prima indicazione della capacità di misura delle stazioni, permettendo di evidenziare in via preliminare i principali segnali di deformazione che agiscono in corrispondenza delle stazioni. Le perturbazioni evidenziate rispetto l'andamento atteso secondo il modello analitico [Eq.3] potrebbero indicare delle possibili sorgenti deformative locali non note, per cui risulta necessario un monitoraggio più lungo delle serie temporali di spostamento per poter fare una valutazione più accurata della stabilità e della capacità di misura di queste stazioni.



**Figura 35.** Serie temporale di spostamento (punti blu) della stazione TLMA nel sistema di riferimento globale IGS14 per le tre componenti Est, Nord e verticale. Le linee grigie indicano le barre d'errore ( $1\sigma$ ) per gli spostamenti e la linea rossa rappresenta il modello, come definito in Eq.3.



**Figura 36.** Serie temporale di spostamento (punti blu) della stazione VIG3 nel sistema di riferimento globale IGS14 per le tre componenti Est, Nord e verticale. Le linee grigie indicano le barre d'errore ( $1\sigma$ ) per gli spostamenti e la linea rossa rappresenta il modello, come definito in Eq.3. La barra celeste indica l'epoca in cui è avvenuto un cambio strumentale.

## 7.4 Campo di velocità

L'ultima parte di analisi dei dati GPS riguarda lo studio del campo di velocità a lungo termine ottenuto da tutte le stazioni GPS/GNSS disponibili per l'area di monitoraggio (Figura 31). Per una stima della velocità media non influenzata dai segnali stagionali, la letteratura scientifica concorda nel definire in 2.5 anni la lunghezza minima di una serie temporale GPS (Blewitt and Lavallée, 2002). Si tenga conto che questa lunghezza minima potrebbe aumentare nel caso in cui siano presenti segnali di deformazione dovuti a eventi sismici e/o a fenomeni differenti anche di natura non-tettonica (Serpelloni et al., 2018). Le incertezze per le stime di velocità sono state ri-calcolate considerando che il rumore nelle serie temporali GPS non è Gaussiano (e.g., Williams

et al., 2004), ma assumendo un modello di tipo *White+Flicker noise*, come descritto in Serpelloni et al. (2013).

Per eseguire una prima valutazione delle velocità misurate dalla rete di stazioni ENI, consideriamo quelle ottenute da serie temporali più lunghe di 2 anni (escludendo perciò soltanto TEVE) in modo da avere già un'informazione preliminare delle velocità stimate. In Tabella 14 sono raccolte le componenti orizzontali (poste nel sistema di riferimento IGS14) e verticali di velocità per le 4 stazioni ENI considerate, con le relative incertezze, e in Figura 37A è mostrato il campo di velocità così ottenuto per tutte le stazioni GNSS presenti nell'area con almeno 2.5 anni di dati, eccetto TLMA per i motivi appena esposti.

Stazione	VE (mm/anno)	VN (mm/anno)	S_VE (mm/anno)	S_VN (mm/anno)	Vup (mm/anno)	S_Vup (mm/anno)
INN2	20.315	17.187	0.372	0.647	-2.802	2.424
MAE1	22.381	18.788	0.147	0.229	-0.009	1.263
TLMA	30.827	7.078	0.416	0.957	-4.497	2.930
VIG3	23.515	16.145	0.152	0.269	-5.185	1.494

**Tabella 14.** Velocità di spostamento nelle componenti Est (Ve), Nord (Vn), e verticale (Vup) e relative incertezze (S\_Ve, S\_Ve e S\_Vup) in mm/anno per le quattro stazioni ENI con almeno 2 anni di dati (Tabella 13) nel sistema di riferimento globale IGS14.

L'analisi del campo di velocità posto rispetto un sistema di riferimento globale solitamente non è ottimale per il monitoraggio del campo di deformazione a scala regionale. Come si può osservare infatti dalla Figura 37A, le velocità orizzontali non mostrano differenze significative tra di loro, eccetto che per TLMA, la cui anomalia sarà discussa nel seguito. Per avere un'immagine più accurata del campo di deformazione a scala locale, è bene porre le velocità orizzontali GPS rispetto un sistema di riferimento locale, ossia rispetto ad un blocco tettonico o una placca tettonica vicina assunta come rigida (*plate-fixed*). Questo permette di evidenziare meglio nell'area di studio possibili gradienti di velocità dell'ordine del mm/anno o inferiori, che possono caratterizzare sia la tettonica attiva sia le deformazioni locali di altra natura. Questo approccio permette di osservare l'andamento regionale del campo di velocità orizzontale che, ai fini del monitoraggio delle deformazioni, ha una duplice utilità: 1- trattandosi di un'area con alto rischio sismico l'andamento regionale

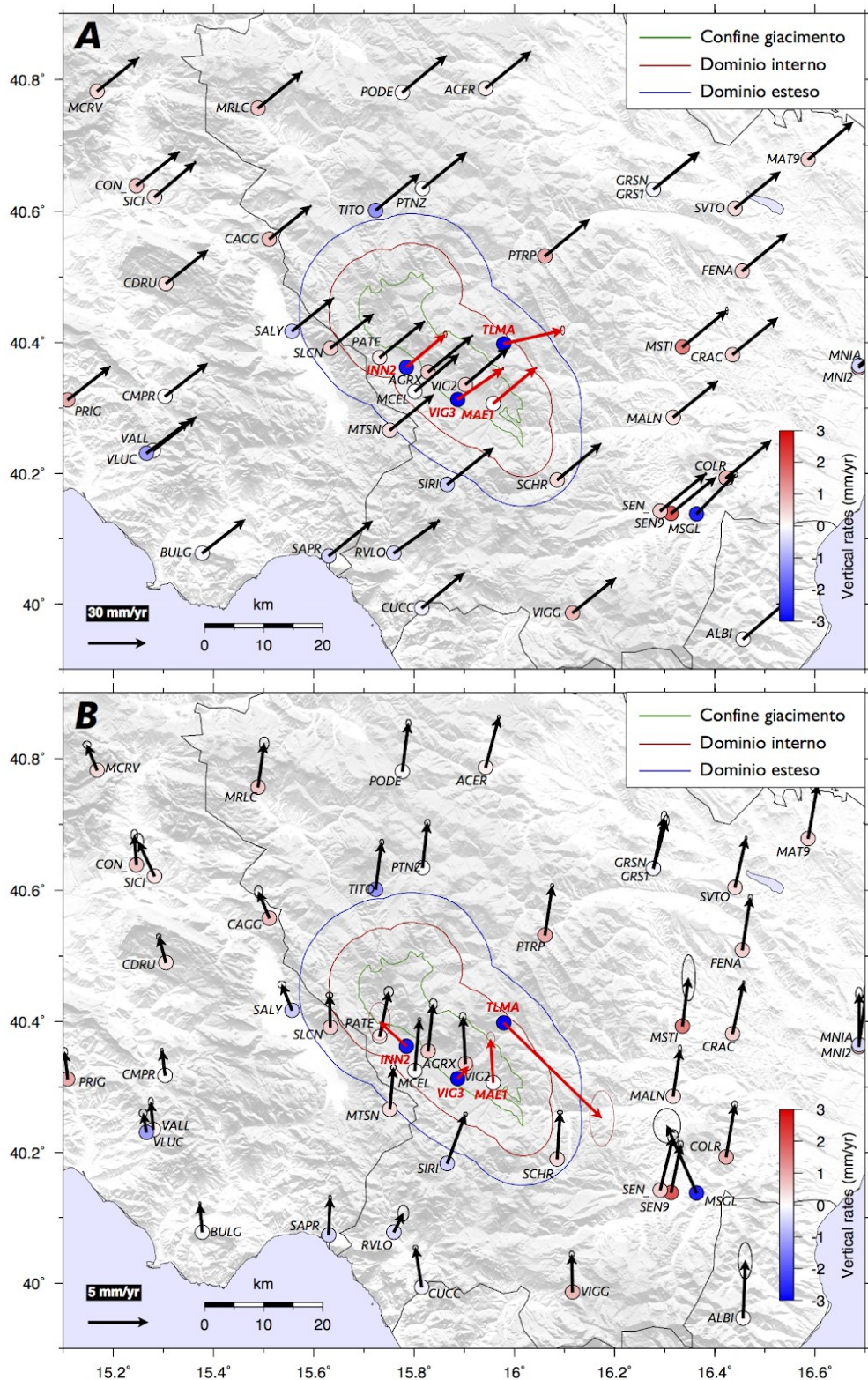
può fornire dei vincoli importanti sulle strutture di faglia in gioco e quindi sul ruolo che potrebbe avere il giacimento rispetto ad esse; 2- evidenziare eventuali anomalie locali di deformazione rispetto l'andamento regionale, le cui cause sono poi da indagare con analisi più approfondite.

Nel nostro caso le velocità orizzontali GPS sono state poste rispetto alla placca Eurasia-fissa, i cui parametri del polo di rotazione nel sistema di riferimento globale IGS14 sono riportati in Tabella 15.

Latitudine (°N)	Longitudine (°E)	$\sigma$ Lat (°N)	$\sigma$ Lon (°E)	$\Omega$ (nanorad/anno)	$\sigma\Omega$ (nanorad/anno)
54.38	-99.86	0.12	0.11	4.501	0.004

**Tabella 15.** Polo di rotazione della placca Eurasiatica nel sistema di riferimento IGS14: posizione del polo (latitudine e longitudine), velocità di rotazione ( $\Omega$ ) in nanoradianti/anno e relative incertezze ( $\sigma$ Lat,  $\sigma$ Lon,  $\sigma\Omega$ ).

**Figura 37.** Campo di velocità orizzontale (freccette), nel sistema di riferimento globale IGS14 (pannello A) e rispetto alla placca EurasiatICA (pannello B), e verticale (cerchi colorati). Le stazioni ENI con più di 2 anni di dati sono evidenziate in rosso. Le ellissi d'errore per le componenti orizzontali sono al livello di confidenza del 95%. Si faccia attenzione alla diversa scala per le velocità orizzontali nei due pannelli.



Per fare ciò viene rimosso dalle velocità assolute le velocità attese dal polo di rotazione specificato in Tabella 15, rimanendo con un campo di velocità residuo rappresentativo dell'andamento cinematico a scala regionale per l'area di studio. In Figura 37B è mostrato il campo di velocità orizzontale (freccette, con ellissi d'errore al livello di

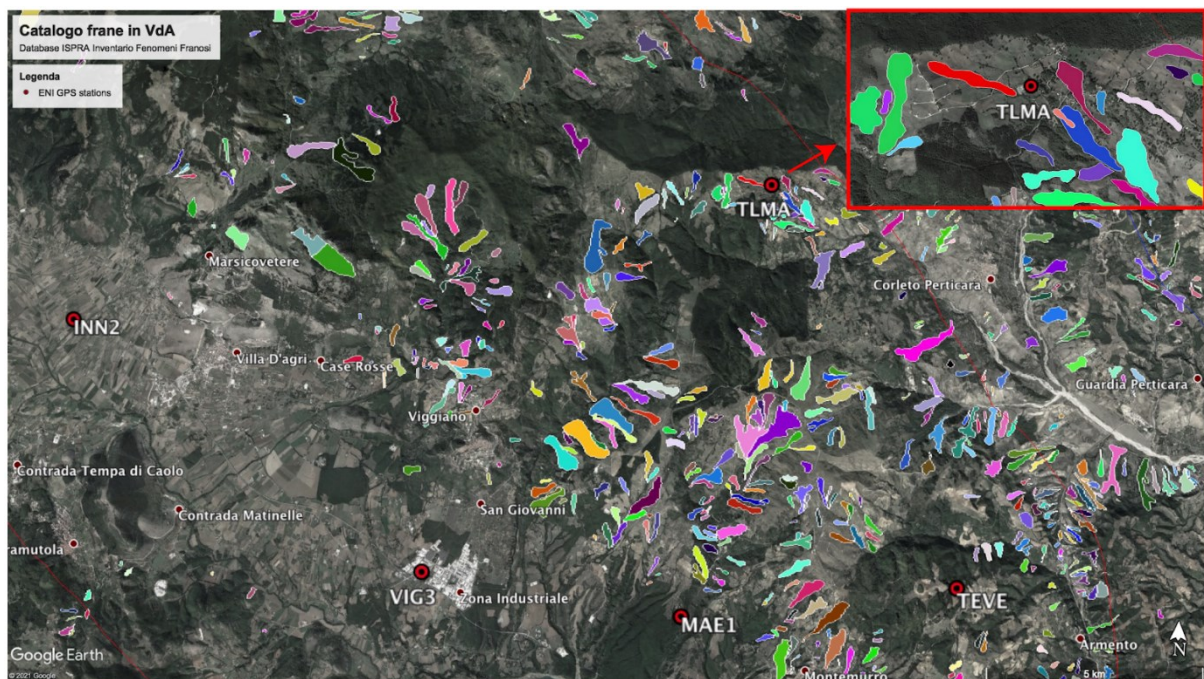
confidenza del 95%), nel sistema di riferimento locale (Eurasia-fisso), e verticale (cerchi colorati), dove i valori positivi in rosso indicano sollevamento e quelli in blu negativi subsidenza. Si noti come nel passaggio dal sistema di riferimento globale a quello locale le velocità orizzontali si riducano in intensità di un ordine di grandezza, permettendo di evidenziare gradienti di velocità orizzontali dell'ordine del mm/anno. Le stazioni ENI (con più di 2 anni di dati) sono evidenziate in rosso e mostrano tra loro velocità molto differenti (diversi mm/anno sia in orizzontale che in verticale, v. Tabella 14) nonostante siano stazioni con interdistanza minore di 15 km (v. Figura 6)

Dal campo di velocità GPS così ottenuto (Figura 37B) si possono notare diverse caratteristiche importanti:

1. Il graduale aumento delle velocità orizzontali da ovest a est, che riguarda la maggior parte delle stazioni GPS analizzate, è rappresentativo della distensione tettonica attiva attraverso l'Appennino meridionale. L'unica stazione ENI che mostra un andamento coerente con questo pattern di velocità è MAE1, che ci preme sottolineare essere l'unica stazione della rete ENI la cui monumentazione è ancorata al substrato roccioso. L'andamento coerente delle stazioni GPS al di sopra del dominio interno di monitoraggio (ossia AGRX, MAE1, MCEL, PATE e VIG2), sia per le componenti orizzontali che per quelle verticali, non sembra indicare, per quella limitata porzione, la presenza di particolari deformazioni dovute all'attività estrattiva della Concessione Val d'Agri. Non è possibile però affermare che questo sia valido anche nei domini di rilevazione non coperti dalla rete di monitoraggio, per cui ribadiamo la necessità di ultimare la rete geodetica il prima possibile per poter fornire un'analisi completa.
2. Le altre stazioni ENI con almeno 2.5 anni di dati (VIG3, INN2) si discostano invece dalle velocità misurate dalle stazioni circostanti, sia per le componenti planari sia per quelle verticali che mostrano una forte subsidenza. Questa discrepanza potrebbe essere dovuta ad una possibile instabilità locale, che potrebbe riguardare la compattazione di sedimenti non consolidati o l'emungimento di acque superficiali dal sottosuolo, oppure potrebbe dipendere dalla tipologia di monumentazione, che, non essendo ancorata al substrato roccioso, potrebbe risentire di possibili cedimenti locali. Se per VIG3 questa anomalia era già stata identificata nel precedente report e sembra quindi caratterizzare in modo costante la stazione, per INN2 proponiamo di continuare a monitorare la stazione per verificare se questa anomalia persista in futuro. Infatti per INN2 potrebbe essere necessario avere a disposizione una serie temporale più lunga, dal momento che sembra essere affetta da segnali di deformazione transienti (Figura 32) la cui origine necessita di un'ulteriore indagine.



3. La stazione TLMA, sebbene abbia solo 2 anni di dati, si discosta già da tutte le altre stazioni per valori di velocità dell'ordine di 1 cm/anno in orizzontale, tasso che anche con serie temporali più lunghe difficilmente potrà misurare valori di velocità più coerenti con la cinematica regionale. Tassi così elevati di velocità potrebbero essere dovuti a fenomeni franosi in atto (in accordo anche con il tasso di subsidenza registrato di diversi mm/anno) e per validare questa ipotesi è stato messo a confronto il database delle frane fornito da ISPRA (Inventario Fenomeni Franosi Italiani, IFFI) con la posizione delle stazioni CGPS della rete ENI. Come si vede dalla Figura 38 la stazione TLMA sembra essere interessata sul versante sud-orientale da diversi fenomeni franosi, indicativamente nella stessa direzione della velocità orizzontale della stazione. Risulta quindi importante continuare a monitorare questa stazione per verificarne la stabilità e la sua utilità ai fini del monitoraggio delle deformazioni per la concessione Val d'Agri. Si noti inoltre come invece le altre stazioni GPS della rete ENI non siano interessate nelle vicinanze da fenomeni franosi, escludendo pertanto questa possibile causa per quelle caratterizzate da segnali anomali.



**Figura 38.** Stazioni GPS della rete ENI in Val d'Agri e catalogo delle frane IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) fornito da ISPRA; zoom in alto a destra per la stazione TLMA che risulta circondata da diverse frane identificate.

## 7.5 Considerazioni finali

Le stazioni installate da ENI presentano una buona continuità del dato e i valori dei parametri che caratterizzano la possibile presenza di sorgenti di disturbo, MP1 e MP2, sono prevalentemente entro gli intervalli che indicano stazioni di buona qualità. Solo per TLMA e VIG3 le stime soprattutto di MP1 sono leggermente superiori ai valori di riferimento, dando un'indicazione del fatto che i siti scelti non siano ottimali, a causa della presenza di elementi riflettenti o di disturbo troppo prossimi agli strumenti. Soprattutto per VIG3, il progressivo aumento dei parametri di disturbo (plausibilmente dovuti alla rigogliosa vegetazione) impedisce alla stazione un'adeguata ricezione dei segnali e a questo proposito si raccomanda di eseguire quanto prima una corretta manutenzione per evitare il crescente peggioramento delle misure acquisite.

Le serie temporali di spostamento ottenute per le stazioni analizzate sono ben riprodotte con un modello standard che comprende un trend lineare e delle componenti stagionali. Le stime di velocità orizzontali e verticali per le stazioni con almeno 2 anni di dati mostrano delle differenze significative tra loro, non ascrivibili tuttavia all'attività estrattiva. La velocità di MAE1 risulta essere l'unica stazione ENI coerente con le velocità ottenute dalle stazioni circostanti che descrivono la deformazione tettonica in atto. Un aspetto da non trascurare è che MAE1 è l'unica stazione della rete ENI la cui monumentazione sia ancorata al substrato roccioso, dimostrando di essere una stazione adatta "a scopi geofisici".

Le velocità ottenute dalle altre stazioni sembrano essere influenzate da possibili instabilità locali (come la compattazione di sedimenti non consolidati o l'emungimento di acque superficiali o la presenza di fenomeni franosi), che risulta importante continuare a monitorare per verificare la loro effettiva stabilità e la loro utilità ai fini del monitoraggio delle deformazioni per la concessione Val d'Agri.

## 8 Dati InSAR

### 8.1 Introduzione

Nei precedenti report erano stati mostrati i risultati dell'analisi InSAR applicata ad immagine SAR acquisite dalle missioni Sentinel-1 dell'ESA lungo entrambe le orbite di percorrenza dei satelliti, ovvero ascendente e discendente. In questa fase del Progetto di Monitoraggio della concessione Val d'Agri, per ciò che concerne il monitoraggio delle deformazioni del suolo con immagini satellitari e tecniche InSAR, si è invece lavorato sull'implementazione di un sistema di processing semi-automatico per l'aggiornamento delle serie temporali. Ciò ha consentito di aggiornare temporalmente i risultati mostrati nei report precedenti ed estendere le serie temporali InSAR fino alla fine del 2020. L'aggiornamento delle serie temporali InSAR su base semestrale o annuale è infatti reso possibile grazie alle missioni Sentinel-1 che garantiscono un'acquisizione ogni 6 giorni e lo sviluppo di un sistema per il monitoraggio continuo di un'area di concessione è di fondamentale importanza per soddisfare i requisiti definiti negli ILG per ciò che concerne i dati satellitari circa "l'utilizzo di misure InSAR effettuate su dati di archivio acquisiti possibilmente negli ultimi 15-20 anni, e comunque relativi almeno agli ultimi 10 anni". Parallelamente, è stata effettuata la scomposizione della velocità di deformazione nella sua componente verticale (UP) ed orizzontale est-ovest (EW) originariamente stimata lungo le linee di vista (LoS) dei satelliti. L'utilizzo congiunto dei dati acquisiti lungo entrambe le geometrie, ascendente e discendente, consente infatti, mediante semplici relazioni trigonometriche, di passare da una stima LoS ad una UP/EW più facilmente fruibile per utenti non esperti.

### 8.2 Dati e Metodi

I due *dataset* ascendente e discendente considerati nei precedenti report sono stati integrati con le immagini SAR acquisite fino a Dicembre 2020 con un tempo di rivisita di 12 giorni. In particolare, le nuove immagini sono state utilizzate stimando le coppie interferometriche con il precedente *dataset* in una finestra temporale di 75 giorni mantenendo invece la baseline spaziale fissata ai valori scelti in precedenza. I nuovi interferogrammi sono stati elaborati mediante la stessa tecnica interferometrica multi-passaggio nota come *Interferometric Point Target Analysis* (IPTA) (Werner et al., 2003) mantenendo invariati i parametri del processing quali fattori di *multi-look*, finestre di filtraggio e soglie di coerenza. Questi sono stati quindi aggiunti ai precedenti *dataset* e la soluzione globale è stata stimata mediante *Singular Value Decomposition* per stimare trend di deformazione e serie temporali di spostamento aggiornate a fine 2020. Inoltre, a partire dalle stime di velocità di deformazione del suolo in LoS

ascendente e discendente, è stata effettuata la scomposizione del moto nelle componenti verticale (UP) ed orizzontale est-ovest (EW). In accordo alle due geometrie, considerato come angolo di incidenza, con alcune semplici assunzioni è infatti possibile calcolare le due componenti secondo le seguenti relazioni:

$$UP = \frac{Desc + Asc}{2 \cos \theta} \quad \text{[Eq. 4]}$$

$$EW = \frac{Desc - Asc}{2 \sin \theta} \quad \text{[Eq. 5]}$$

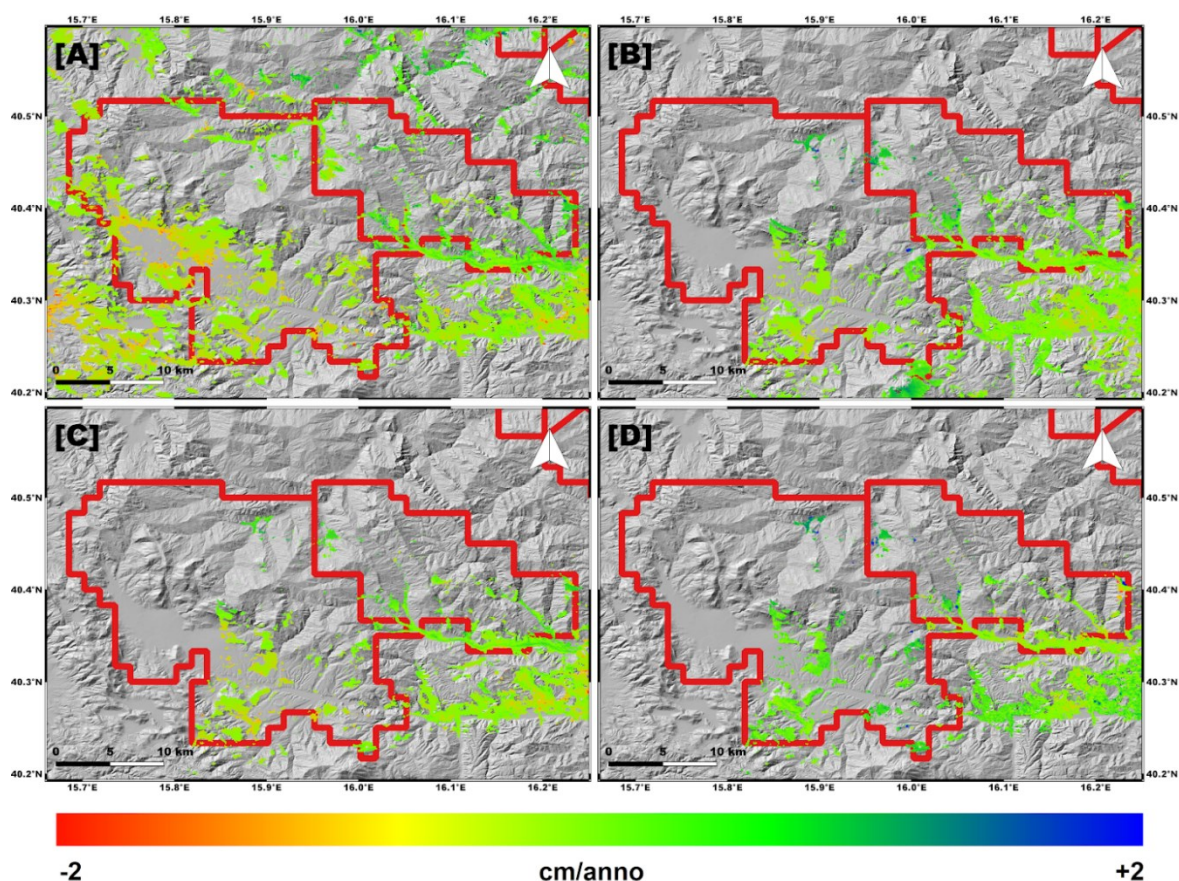
La stima delle due componenti permette di semplificare la comprensione di un fenomeno di deformazione del suolo in particolare per utenti non esperti. Inoltre, risulta molto utile in aree come la Val d'Agri affette da numerosi fenomeni di natura franosa nei quali sono spesso significative entrambe le componenti di deformazione. Il limite di questa analisi è che sono necessari i dati elaborati lungo entrambe le orbite per cui ovviamente può essere effettuata esclusivamente nell'area di sovrapposizione dei due frame.

## 8.3 Risultati

### 8.3.1 Analisi su larga scala

L'analisi InSAR aggiornata con le immagini acquisite nel 2020 ha confermato l'assenza di evidenti trend deformativi alla scala della concessione già evidenziata nei precedenti report. Ciò è osservato sia nelle misure in LoS (Figura 39, pannelli A, B) che nella scomposizione nelle componenti verticali e orizzontali (Figura 39, pannelli C,D).

Rispetto ai precedenti report, il punto di riferimento delle misure InSAR è stato posizionato nel comune di Viggiano (PZ) e più precisamente in corrispondenza della stazione GPS VIG2, in modo da poter confrontare e validare le due tecniche.

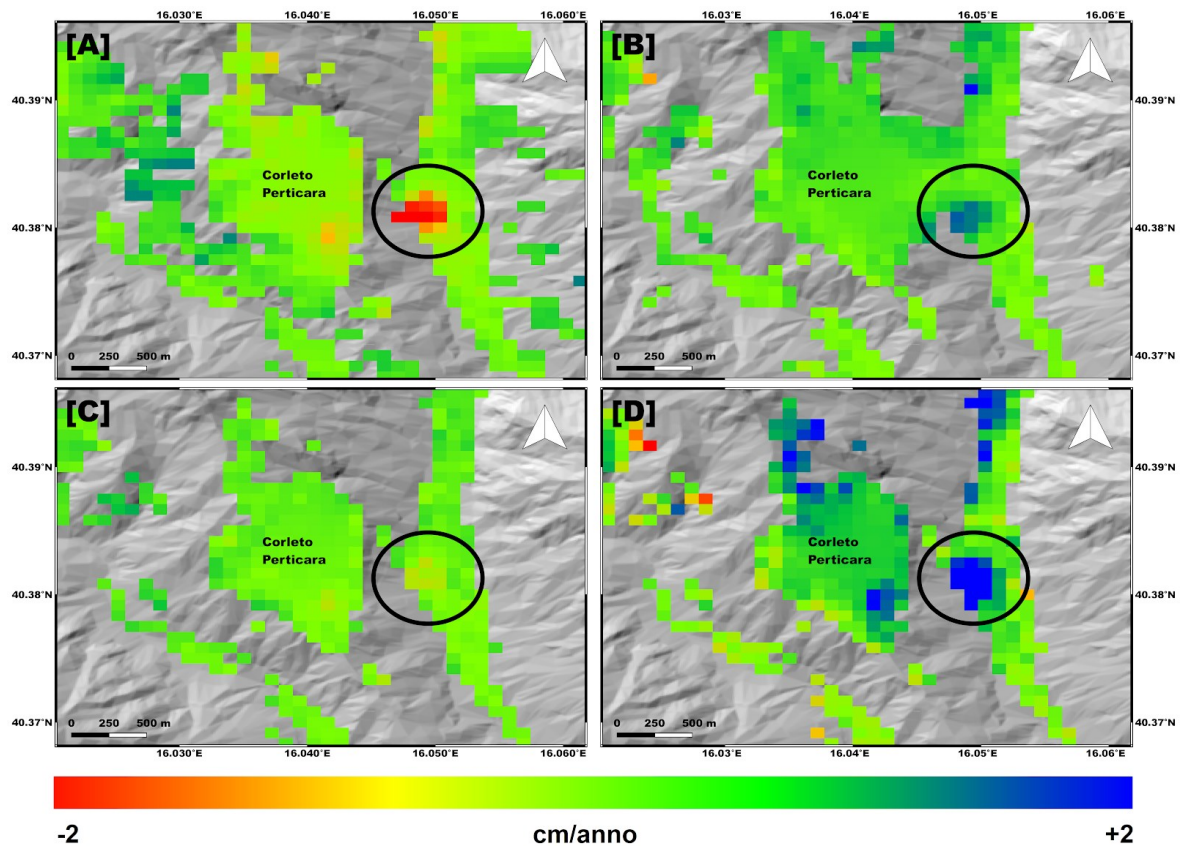


**Figura 39.** Velocità di deformazione del terreno ottenuta tramite analisi InSAR. Misure LoS in orbita ascendente (A), LoS discendente (B), componente verticale (C) ed orizzontale est-ovest (D). I poligoni rossi rappresentano le aree di concessione. L'immagine di background è il DEM Tinitaly (<https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0.>).

### 8.3.2 Analisi su piccola scala

L'analisi su piccola scala si è focalizzata nuovamente su alcuni fenomeni di natura franosa presenti nell'area della concessione o nelle sue immediate vicinanze.

E' il caso ad esempio del comune di Corleto Peticara (PZ) interessato da una frana con velocità di scivolamento di circa 1.5-2 cm/anno. L'analisi congiunta dei dati ascendenti e discendenti e la scomposizione nella componente verticale ed orizzontale permette di rilevare una forte componente di deformazione verso est, consistentemente con uno scivolamento in direzione quasi puramente W-E (Figura 40).



**Figura 40.** Focus sull'area di Corleto Peticara (PZ). Deformazione LoS ascendente (A), LoS discendente (B), verticale (C) ed orizzontale est-ovest (D).

Particolarmente interessante è il caso di Stigliano (MT), un comune situato nei pressi del confine est della concessione di Gorgoglione. Nei precedenti report è stato evidenziato come entrambe le orbite del satellite mostravano un chiaro segnale deformativo rispettivamente a Nord-Est e Sud-Ovest del centro urbano (Figura 41, pannelli A,B). In particolare, le serie temporali in LoS mostravano un andamento opposto del trend deformativo nell'area a NE e a SO (Figura 42). La scomposizione del moto nelle componenti verticale ed orizzontale ha permesso di rilevare due distinti

pattern con una componente verticale di circa -1cm/anno e una orizzontale di +2cm/anno (Figura 41, pannelli C,D). Tale campo di spostamento è consistente con uno scivolamento rispettivamente verso est ed ovest dei due versanti montuosi sulla cui sommità è situato il territorio comunale (Figura 43).

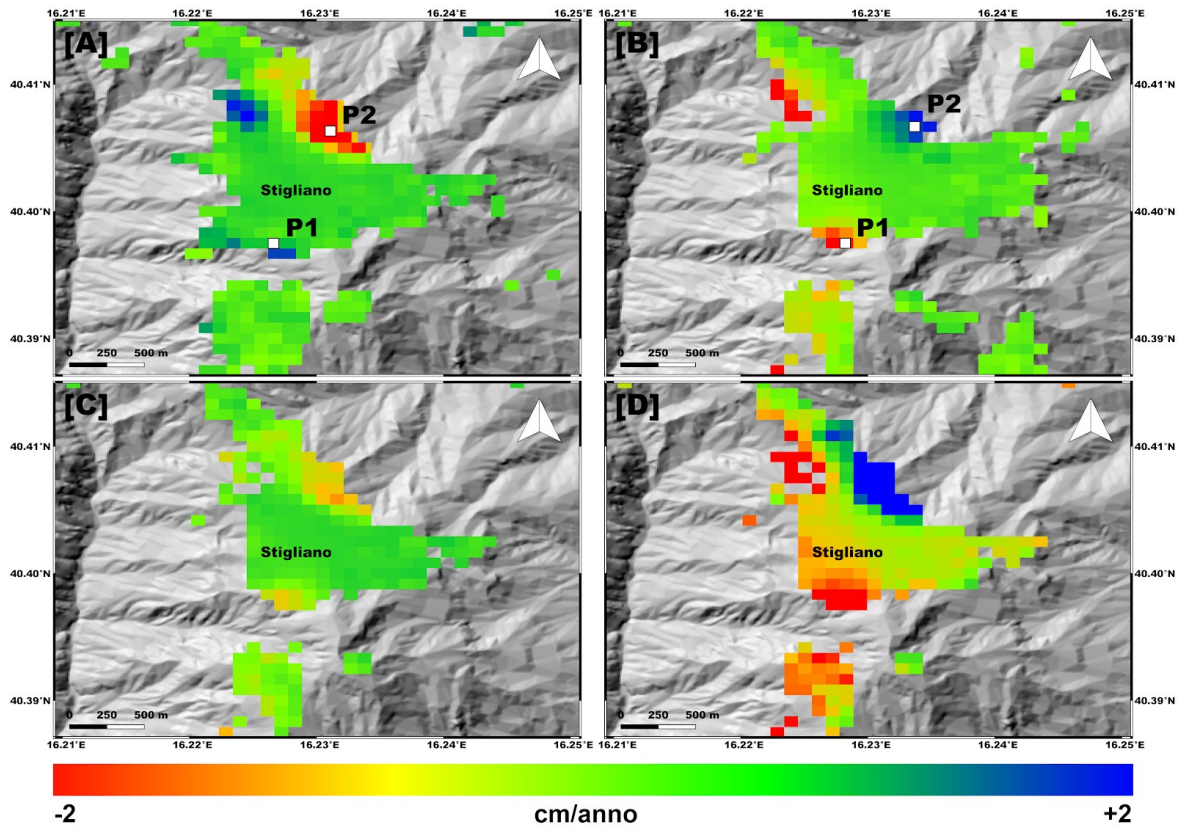


Figura 41. Focus sull'area di Stigliano (MT). Deformazione LoS ascendente (A), LoS discendente (B), verticale (C) ed orizzontale est-ovest (D). P1 e P2 sono i punti per i quali sono mostrate le serie temporali.

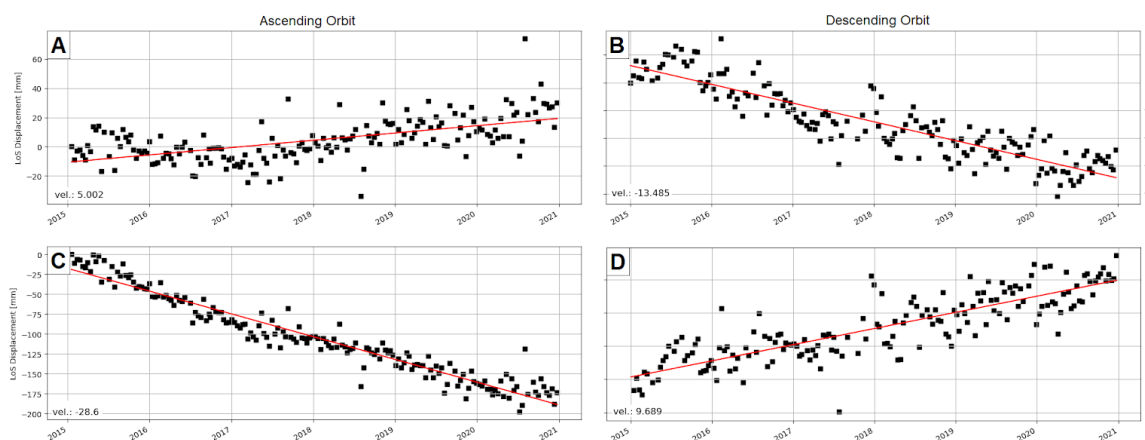


Figura 42. Serie temporali dei punti evidenziati in figura 3 InSAR. Serie temporale del punto P1 lungo orbita ascendente (A) e discendente (B). Serie temporale del punto P2 lungo orbita ascendente (C) e discendente (D).

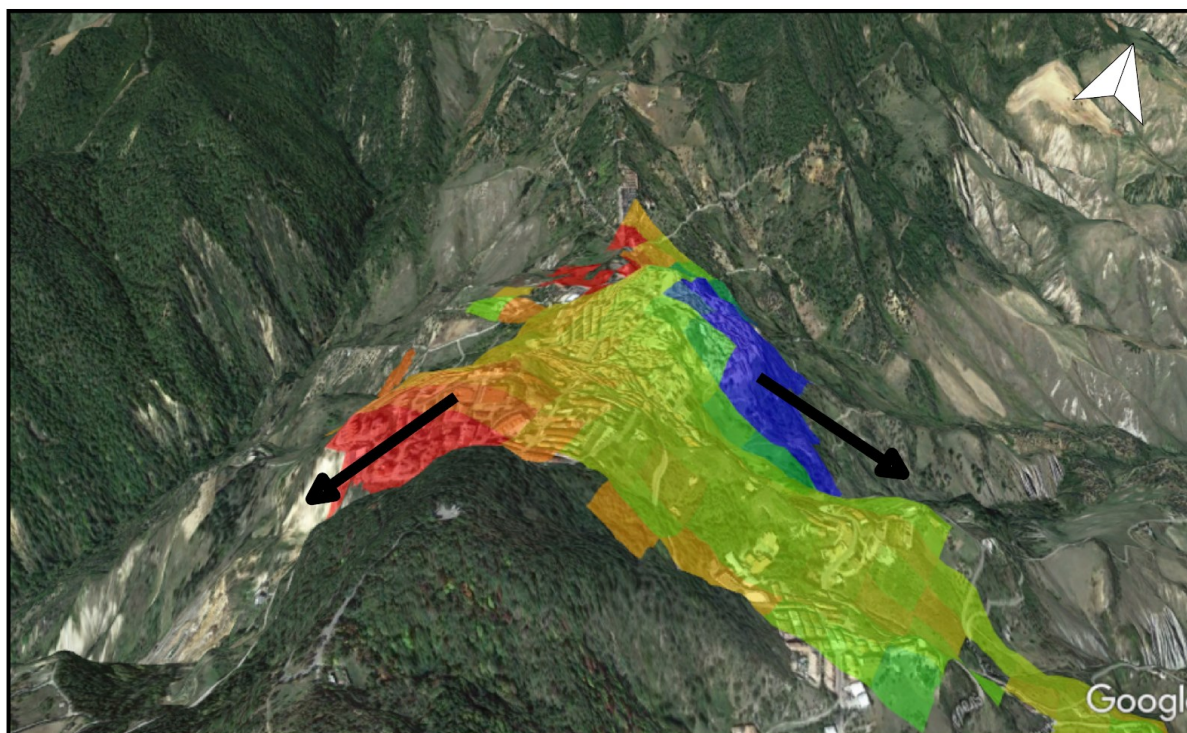


Figura 43. Vista 3D del fenomeno deformativo di natura franosa di Stigliano (MT).

## 8.4 Confronto InSAR-GPS

Un'ulteriore analisi svolta in conformità agli ILG si è focalizzato sul confronto delle misure InSAR con quelle delle stazioni GPS incluse nella copertura spaziale garantita dai due frame SAR ascendente e discendente (Figura 44).

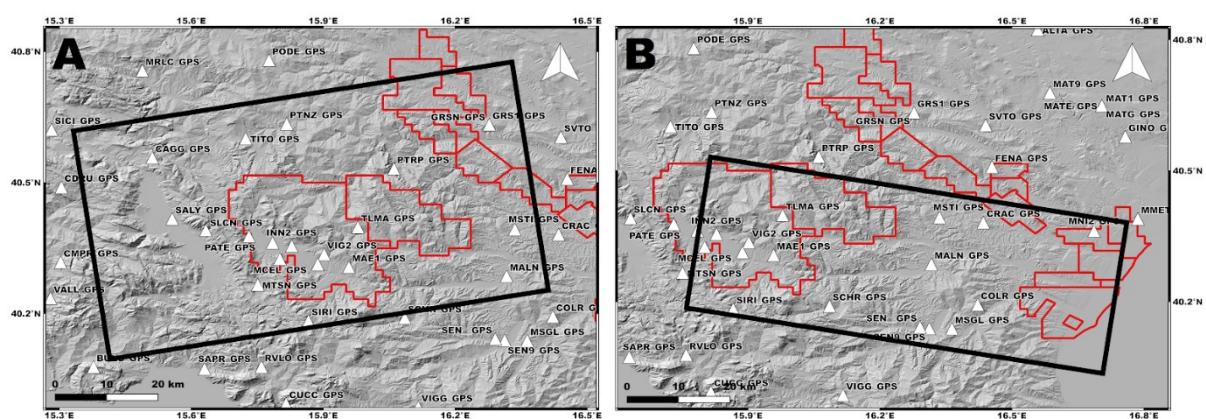


Figura 44. Copertura spaziale del frame SAR ascendente (A) e discendente (B) indicata dai rettangoli neri. I triangoli bianchi rappresentano le stazioni GPS presenti nella zona mentre i poligoni rossi sono le aree di concessione per lo sfruttamento del sottosuolo.



Il confronto è stato effettuato utilizzando la stazione VIG2 come riferimento e proiettando le stime GPS lungo le due LoS, ascendente e discendente, del sensore. Detti  $\theta$  e  $\alpha$  gli angoli di incidenza e di azimuth con cui acquisisce un sensore SAR, considerate le stime di velocità di deformazione in direzione nord, est e verticale di ciascuna stazione GPS è possibile risalire alla stima proiettata in LoS in accordo alla seguente relazione:

$$V_{LoS} = V_{UP} \cos \theta - V_{EW} \cos \alpha \sin \theta + V_{NS} \sin \alpha \sin \theta \quad [\text{Eq. 6}]$$

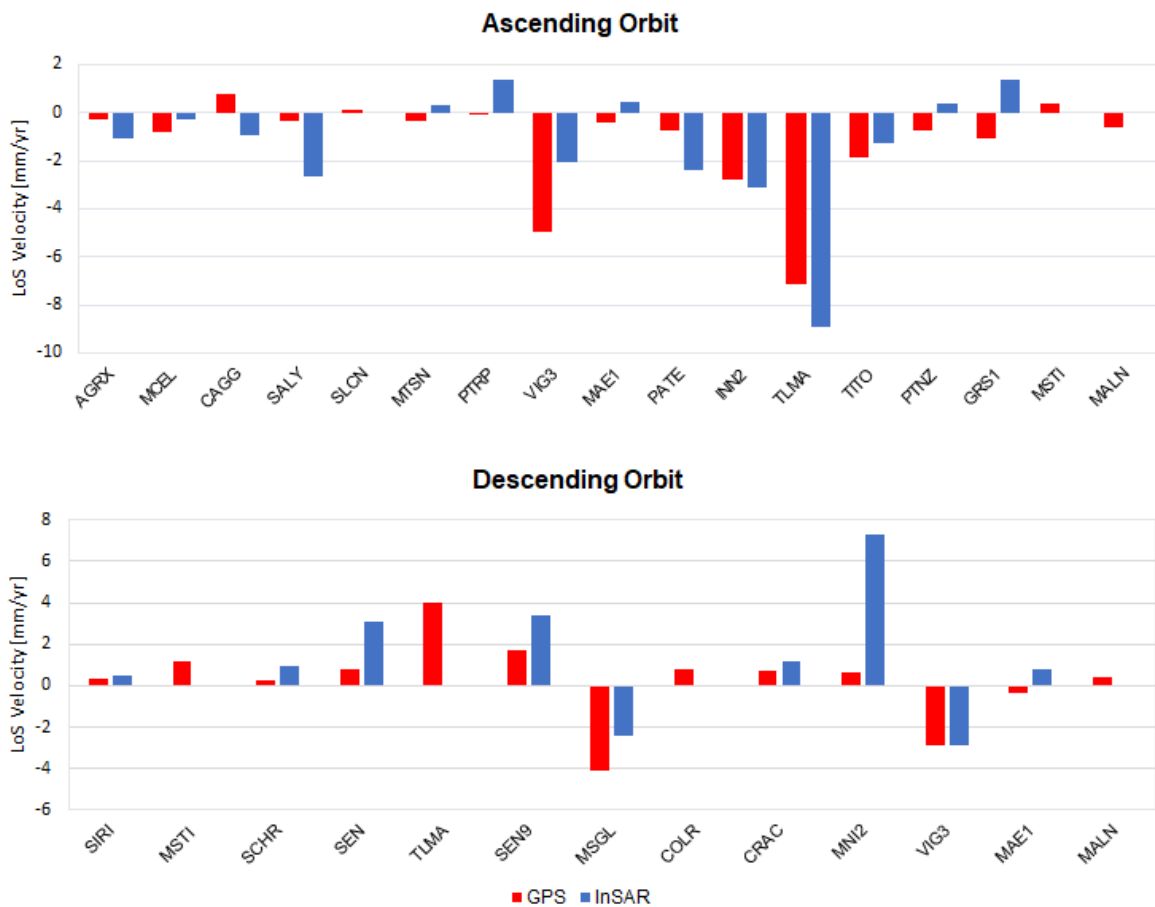
Il confronto tra le misure di velocità è riassunto in Tabella 1 e 2 per l'orbita ascendente e discendente.

**Tabella 16.** Confronto tra le velocità InSAR e GPS proiettate in LoS lungo orbita ascendente.

Station	GPS (mm/anno)	InSAR (mm/anno)
AGRX	-0.27	-1.1
MCEL	-0.82	0.25
CAGG	0.78	-0.93
SALY	-0.33	-2.66
SLCN	0.11	NA
MTSN	-0.33	0.33
PTRP	-0.1	1.4
VIG3	-4.95	-2.03
MAE1	-0.4	0.46
PATE	-0.74	-2.4
INN2	-2.79	-3.1
TLMA	-7.13	-8.9
TITO	-1.85	-1.3
PTNZ	-0.76	0.39
GRS1	-1.10	1.4
MSTI	0.37	NA
MALN	-0.59	NA

**Tabella 17.** Confronto tra le velocità InSAR e GPS proiettate in LoS lungo orbita discendente.

Station	GPS (mm/anno)	InSAR (mm/anno)
SIRI	0.36	0.48
SCHR	0.23	0.96
SEN	0.77	3.1
SEN9	1.7	3.4
MSGL	-4.13	-2.45
COLR	0.8	NA
CRAC	0.7	1.2
MNI2	0.65	7.3
VIG3	-2.87	-2.91
MAE1	-0.37	0.76
MSTI	1.14	NA
MALN	0.38	NA
TLMA	4.0	NA



**Figura 45.** Istogrammi delle misure GPS ed InSAR proiettati lungo LoS ascendente e discendente.

Il primo risultato che emerge dal confronto è che per molte stazioni entrambe le tecniche registrano velocità di deformazione sub-millimetriche. E' il caso della stazione MCEL, nei pressi del comune di Tramutola (PZ), di CAGG, nei pressi del comune di Caggiano (SA), di MTSN, posizionata a circa 4Km SE del comune di Montesano sulla Marcellana (SA), di MAE1, nei pressi del comune di Montemurro (PZ), di PTNZ, nel centro urbano di Potenza, di SIRI, sul Monte Sirino, e di SCHR, nelle vicinanze del comune di San Chirico Riparo (PZ). Velocità così basse rientrano ampiamente in quelli che sono gli errori intrinseci delle due tecniche (nell'ordine di 1-1.5 mm/anno) dovuti ad effetti atmosferici, strumentazione ed errori nel processing, per cui tutte queste stazioni possono essere considerate stabili sia per il GPS che per l'InSAR.

Per le altre stazioni l'accordo è soddisfacente: in corrispondenza delle stazioni VIG3 e TITO, nelle aree industriali nei pressi dei comuni di Viggiano (PZ) e Tito Scalo (PZ), e di INN2 e MSGL, rispettivamente nei pressi della SS 598 e a sud est del Lago di Monte Cotugno, è rilevata una leggera subsidenza di 2-4 mm/anno, probabilmente dovuta ad attività agricole ed industriali.

Un segnale piuttosto forte è rilevato in corrispondenza della stazione TLMA, situata in una zona montuosa a sud di Laurenzana (PZ) dove in orbita ascendente il GPS e l'InSAR stimano un segnale negativo di circa 7-8 mm/anno verosimilmente connesso ad un fenomeno di natura franosa.

Piccole discrepanze nei valori misurati sono invece osservate per le stazioni SALY (Sala Consilina), PATE (Paterno), GRS1 (Grassano) e SEN (Senise) mentre significativa è la differenza di valori misurati presso la stazione MNI2, nei pressi del comune di Marconia (MT), quasi sulla costa ionica, probabilmente dovuta ad effetti troposferici nel segnale SAR.

Infine si nota come non tutte le stazioni GPS siano coperte dal segnale InSAR. Questa problematica è riscontrabile soprattutto per le stazioni posizionate in aree montuose e fortemente vegetate in cui il SAR soffre di perdita di coerenza del segnale a causa di fenomeni di decorrelazione temporale.

## 8.5 Considerazioni finali

I risultati dell'analisi InSAR non hanno mostrato evidenze di deformazioni del suolo indotte dalle attività di sfruttamento del sottosuolo nell'area di concessione Val d'Agri.

Sono stati invece rilevati alcuni pattern deformativi nelle zone montuose circostanti ascrivibili a fenomeni di natura franosa.

L'utilizzo di immagini acquisite dalle missioni Sentinel-1 dell'ESA apre concretamente alla possibilità di sviluppo di un sistema di monitoraggio satellitare semi-automatico grazie all'azione combinata di due sensori che permette di avere un'immagine ogni 6 giorni.

Questo permette anche di operare un confronto sistematico con la rete di stazioni GPS presenti nell'area validando e migliorando la qualità delle misure.

## 9 Dati di pressione e portata

Come previsto dagli ILG il concessionario trasmette alla SPM i dati relativi alla reiniezione delle acque di strato nel pozzo di Costa Molina 2 (CM2).

Tali data-files riportano per il fluido iniettato le serie temporali del

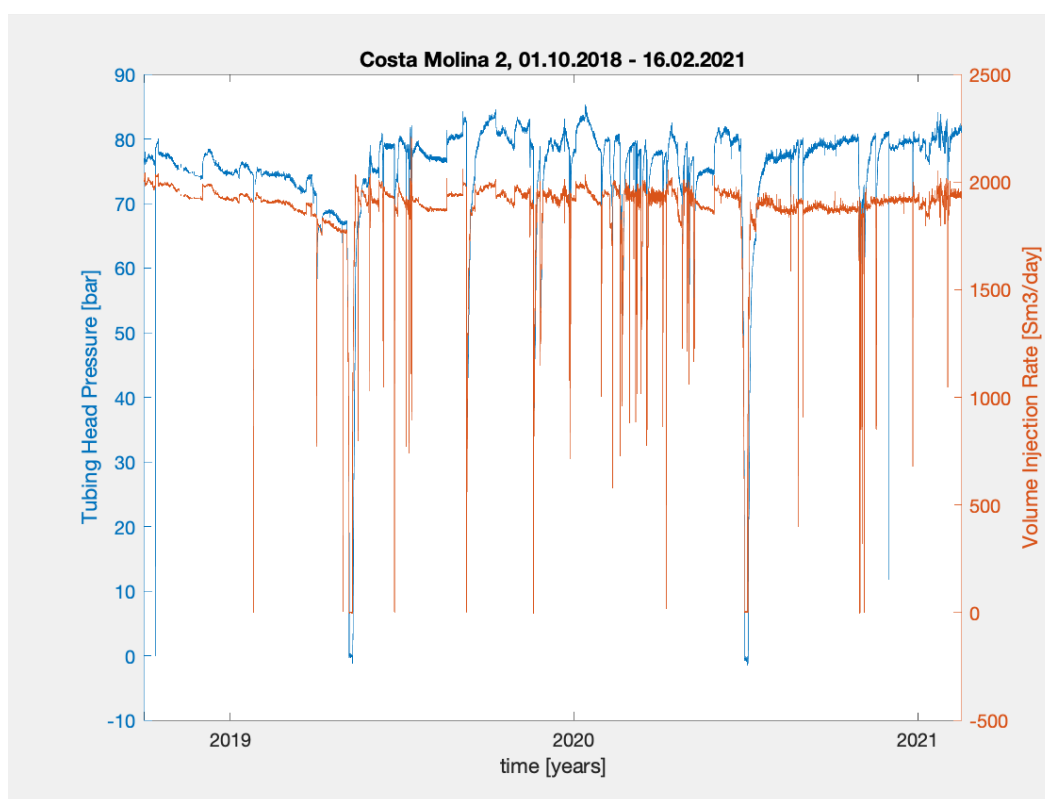
- volume iniettato: VIR = *Volume Injection Rate* ( $\text{Sm}^3/\text{d}$ )
- la pressione a testa pozzo: THP = *Tube Heading Pressure* (bar)

I numeri riportati sono valori giornalieri che possono essere estratti con passo di campionamento (smp) selezionabile, come per esempio

- 1 valore complessivo al giorno 1 smp/24h
- 1 valore per ora 1 smp/h = 24 valori al giorno
- 1 valore ogni 5 min 12 smp/h = 288 valori al giorno

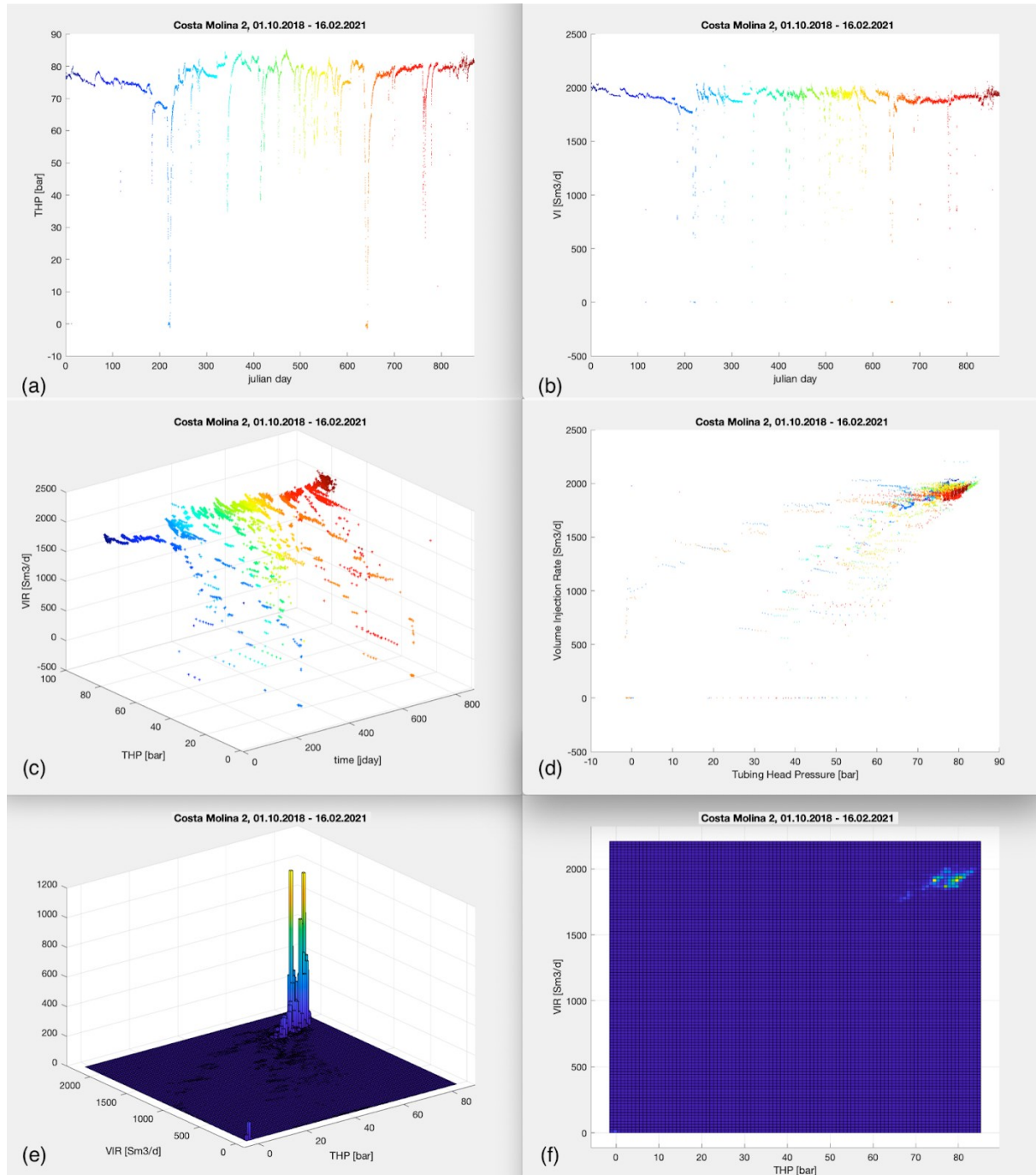
dove ogni campione riporta rispettivamente la media a finestra mobile delle ultime 24 ore.

**Figura 46.** Variazione temporale dei parametri di reiniezione nel pozzo CM2: volume (VIR) e pressione a testa pozzo (THP), illustrato per il periodo 01.10.2018 - 16.02.2021.



La Figura 46 mostra l'andamento temporale dei parametri THP (blu) e VIR (rosso) per il periodo dal 01/10/2018 - 16/02/2021. Eccetto gli spike, si nota che a regime normale i valori di iniezione sono mediamente THP  $\sim 80 \pm 5$  bar e VIR  $\sim 1900 \pm 100$  Sm<sup>3</sup>/giorno. Modellizzazioni teoriche della variazione di stress di Coulomb (Dieterich et al., 2018),

comparate con la sismicità registrata nei pressi del CM2, indicano che un tasso di iniezione fino a 2000 m<sup>3</sup>/giorno è sostenibile dal contesto geologico senza (ri-) attivare sismicità significativa.



**Figura 47.** Decomposizione di Figura 46: variazione temporale (codificato a colore) dei parametri (a) pressione testa pozzo THP e (b) volume del fluido iniettato VIR; (c) presentazione 3D dei dati mostrati in (a) e (b); (d) VIR vs THP; (e,f) istogramma 3D e 2D dei parametri THP e VIR.

I repentini cali di pressione/volume sono dovuti a variazioni dei parametri di iniezione, oppure a interruzioni dell'iniezione, prevalentemente per motivi di manutenzione che il concessionario comunica puntualmente alla SPM.

La codifica a colori della scala temporale (da blu-2018 a rosso-2021) permette di confrontare graficamente pressione e volume del fluido iniettato in 3-D (c) e 2-D (d), conservando l'informazione del tempo. Si nota che le interruzioni correlate alla riduzione (chiusura) e aumento (apertura) dell'iniezione sono processi non immediati ma gradualmente discretizzati. La Figura 47 e,f mostrano rispettivamente l'istogramma 3-D e 2-D dell'incidenza dei valori operativi di pressione e volume del fluido iniettato e confermano dal punto di vista statistico i valori di THP e VIR nominati sopra.

## 10 Comunicazione e Disseminazione

Il Centro di Monitoraggio per le attività del Sottosuolo CMS ha attivato un sito web apposito per la disseminazione delle informazioni relative alle attività di monitoraggio nelle aree di concessione per le quali sia stato nominato SPM.

Il sito <http://cms.ingv.it> è raggiungibile altresì dal portale istituzionale INGV.

Figura 48. Home page.



Il sito riporta informazioni di inquadramento generale, informazioni specifiche sulle singole sperimentazioni, la documentazione e i report periodici trasmessi. Per la terza annualità di sperimentazione, è stata pianificata l'estensione delle funzionalità del sito e, in particolare, la pubblicazione dei dati di Bollettino in tempo quasi reale.



## 11 Considerazioni Conclusive

A conclusione dei primi 24 mesi di sperimentazione degli ILG in Val d'Agri, sulla base dei dati e delle elaborazioni fin qui condotte, si possono trarre alcune considerazioni relativamente ai traguardi già raggiunti e alle azioni che ci auspichiamo si possano intraprendere nel prossimo futuro.

La duplice finalità che sottende agli ILG riguarda in primo luogo la definizione di sistemi di monitoraggio opportunamente calibrati per la sorveglianza degli effetti delle attività antropiche legate a operazioni industriali e, in secondo luogo, la trasparenza e le modalità di divulgazione dei risultati del monitoraggio.

La sperimentazione in Val d'Agri ha consentito di realizzare un sistema di sorveglianza sismica pienamente operativo, che attualmente permette di acquisire in tempo reale i dati di una rete sismica integrata di 53 stazioni pubbliche e private che insistono nell'area. Dal 2021, inoltre, la SPM ha istituito un sistema di sorveglianza con turni di reperibilità di un sismologo opportunamente formato ai fini dell'elaborazione quotidiana dei dati acquisiti e della compilazione di un bollettino giornaliero della sismicità registrata nel Dominio Interno ed Esteso.

Limitatamente alle serie temporali esaminate nel biennio, si può affermare che la sismicità localizzata nel Dominio di Riferimento di raggio 5 km intorno al pozzo di reiniezione ha mantenuto valori di magnitudo  $M_l < 1$ ; la sismicità di fondo dell'area, attivata principalmente dal sistema di faglie dei Monti della Maddalena MMSF, ha mantenuto caratteristiche coerenti rispetto agli anni precedenti.

Il riesame del bollettino Eni per gli ultimi vent'anni di produzione dal 2021 rivela generalmente una bassa sismicità con solo 4 casi (nel DE) che superano  $M_l = 3$ . Per quanto riguarda il DR - dominio di riferimento intorno al pozzo di reiniezione CM2 - la soglia di  $M = 1.5$  (livello di allerta gialla) è stata superata in soli 5 casi mai eccedendo  $M_l = 1.7$ .

Relativamente allo studio delle deformazioni del suolo nel Dominio Interno, le misure geodetiche di precisione fin qui condotte confermano che il campo locale di velocità è generalmente coerente con il campo regionale, rappresentativo della distensione tettonica appenninica in atto. Limitatamente alla disponibilità attuale di serie temporali GPS, non si evidenziano deformazioni ascrivibili all'attività estrattiva. Si auspica che la realizzazione della rete geodetica possa essere completata per tutto il dominio di rilevazione per procedere al consolidamento dei risultati ottenuti.

I risultati dell'analisi InSAR non hanno mostrato evidenze di deformazioni del suolo indotte dalle attività di sfruttamento del sottosuolo nell'area di concessione Val d'Agri.

Sono stati invece rilevati alcuni pattern deformativi nelle zone montuose circostanti ascrivibili a fenomeni di natura franosa.

I parametri di iniezione al pozzo Costa Molina 2 si sono mantenuti su livelli di regime, con pressione testa pozzo THP e tasso di reiniezione (volume/giorno) VIR in linea con i livelli raccomandati da modellazioni teoriche.

E' stato realizzato un sito web dedicato (<http://cms.ingv.it>) raggiungibile anche dal portale nazionale dell'INGV che, in ottemperanza a quanto richiesto all'art. 8 degli ILG, garantisce che siano disseminate al pubblico informazioni generali e di dettaglio sulle attività di monitoraggio presso le singole concessioni.

La SPM si auspica che si rinnovino le condizioni normative e operative affinché il monitoraggio possa essere mantenuto e consolidato, si possa capitalizzare l'esperienza e l'operatività fin qui realizzate, a garanzia della sicurezza e della trasparenza richieste negli ILG.

# Appendice A

Bollettino sismico CMS dal 01/09/2020 al 15/04/2021 Concessione Val d'Agri.

Data	Ora UTC	Lat (°)	Lon (°)	Prof. (km)	Mlbj	RMS (s)	Err. Oriz. (km)	Err. Prof. (km)	Err. MI	# fasi
2020-09-03	21:02:50	40,482	15,888	12,4	0,4	0,16	0,6	0,5	0,1	27
2020-09-04	20:49:45	40,482	15,673	12,0	0,9	0,16	0,6	0,5	0,1	21
2020-09-07	13:28:13	40,354	15,676	5,0	0,6	0,12	1,0	1,7	0,3	15
2020-09-10	14:42:27	40,128	15,985	8,4	1,1	0,15	0,5	0,6	0,2	30
2020-09-10	10:55:09	40,129	15,983	8,4	1,0	0,17	0,7	0,7	0,2	31
2020-09-10	08:03:53	40,131	15,989	7,6	0,8	0,1	0,5	0,7	0,2	24
2020-09-10	03:30:34	40,135	15,984	7,2	0,5	0,08	0,5	0,6	0,1	22
2020-09-10	10:19:32	40,568	15,606	3,3	1,3	0,16	0,8	0,7	0,2	27
2020-09-14	03:03:57	40,577	15,627	4,9	0,9	0,18	0,9	0,7	0,1	19
2020-09-15	03:41:34	40,365	15,848	13,5	0,4	0,09	0,4	0,5	0,2	19
2020-09-15	18:46:27	40,478	15,815	6,7	0,2	0,18	1,0	1,3	0,3	13
2020-09-22	20:34:11	40,510	15,650	12,2	1,0	0,11	0,8	0,6	0,1	26
2020-09-23	00:15:19	40,460	15,704	12,4	0,4	0,04	0,4	0,3	0,0	9
2020-09-24	18:12:55	40,360	15,840	5,2	0,3	0,07	0,4	0,5	0,3	16
2020-09-27	21:14:13	40,468	15,812	2,1	0,8	0,13	0,3	0,5	0,3	21
2020-09-29	08:05:32	40,516	15,628	5,2	1,0	0,05	0,4	0,4	0,4	11
2020-10-01	22:03:34	40,562	15,700	11,0	0,8	0,16	1,2	0,8	0,4	17
2020-10-03	10:51:25	40,257	15,924	3,9	0,8	0,19	0,7	0,5	-	15
2020-10-04	21:45:27	40,393	15,756	10,7	0,9	0,08	3,4	1,7	0,1	10
2020-10-04	21:14:30	40,373	15,967	6,4	0,8	0,07	0,4	0,3	0,1	15
2020-10-07	21:44:25	40,467	15,684	8,8	0,8	0,13	0,4	0,4	0,2	27
2020-10-08	22:27:37	40,466	15,677	11,6	1,4	0,17	0,5	0,5	0,1	52
2020-10-10	20:19:11	40,460	15,714	13,5	0,8	0,22	0,8	0,8	-	29
2020-10-10	01:45:17	40,455	15,692	4,3	0,3	0,15	8,0	15,5	0,3	7
2020-10-11	10:57:30	40,491	15,701	12,0	1,0	0,1	0,9	0,7	0,7	15
2020-10-11	02:58:36	40,233	15,937	7,0	0,0	0,15	3,7	0,0	0,2	19
2020-10-13	10:13:59	40,526	15,732	12,0	1,6	0,21	0,5	0,4	0,2	47
2020-10-13	21:49:38	40,513	15,669	11,7	0,5	0,11	0,7	0,5	0,2	19
2020-10-15	12:15:26	40,042	16,082	5,0	1,5	0,14	1,2	1,4	0,1	20

2020-10-21	06:56:12	40,310	15,678	9,9	0,8	0,29	1,2	0,6	0,4	25
2020-10-21	17:41:53	40,389	15,891	6,5	0,7	0,14	0,2	0,4	0,2	128
2020-10-22	23:18:12	40,528	15,663	12,0	0,9	0,23	0,9	0,7	0,2	29
2020-10-22	15:39:16	40,532	15,645	11,4	2,2	0,32	0,8	0,5	0,2	156
2020-10-22	11:46:55	40,208	15,938	6,4	1,0	0,18	0,6	0,5	0,1	34
2020-10-22	12:14:42	40,198	15,960	6,2	1,4	0,18	1,0	0,8	0,2	21
2020-10-22	12:14:35	40,226	15,935	4,3	1,2	0,24	0,6	0,7	0,1	126
2020-10-22	15:51:03	40,325	15,721	1,2	0,8	0,18	0,6	0,6	0,1	25
2020-10-23	15:50:50	40,242	15,914	2,7	0,6	0,06	0,2	0,2	0,2	18
2020-10-24	19:26:23	40,344	15,817	4,9	0,8	0,13	4,4	9,5	-	11
2020-10-24	19:48:02	40,063	16,055	3,7	0,9	0,52	6,0	13,4	-	37
2020-10-25	09:10:26	40,516	15,720	11,6	1,3	0,36	0,9	0,6	0,1	41
2020-10-25	15:20:41	40,363	15,828	5,2	0,8	0,09	0,4	0,7	-	21
2020-10-25	20:56:42	40,087	15,957	5,0	1,1	0,12	0,6	128,1	0,1	26
2020-10-26	23:10:21	40,219	15,903	7,5	1,4	0,18	0,4	0,4	0,1	49
2020-10-26	08:39:33	40,224	15,945	6,1	0,3	0,08	0,6	0,4	0,2	18
2020-10-27	15:31:27	40,466	15,655	6,0	0,1	0,01	0,2	0,7	0,1	8
2020-10-29	17:26:23	40,532	15,670	8,0	1,4	0,25	1,8	1,3	0,8	14
2020-10-30	17:15:36	40,378	15,427	11,1	1,3	0,17	1,4	1,7	0,4	15
2020-10-30	17:09:47	40,357	15,474	7,6	1,5	0,3	1,0	1,5	0,2	43
2020-10-31	12:49:33	40,366	15,817	3,5	1,1	0,27	0,4	0,5	-	50
2020-11-02	17:14:29	40,441	15,911	11,2	0,5	0,21	0,7	0,7	0,2	27
2020-11-02	15:29:20	40,448	15,741	8,6	0,3	0,21	1,2	1,2	0,2	14
2020-11-03	00:25:01	40,560	15,945	13,0	1,4	0,29	0,7	1,2	0,2	49
2020-11-03	00:22:12	40,584	15,959	5,0	0,5	0,31	1,0	2,9	0,1	21
2020-11-03	05:19:18	40,296	15,844	4,0	0,0	0,06	0,4	0,5	0,4	12
2020-11-04	23:34:24	40,288	15,838	3,1	0,4	0,08	0,2	0,4	0,1	21
2020-11-05	05:22:13	40,521	15,961	13,2	0,8	0,43	1,1	1,4	0,1	22
2020-11-05	20:14:14	40,201	16,059	6,7	1,7	0,22	0,5	0,5	0,1	156
2020-11-05	22:19:12	40,215	16,060	3,1	1,2	0,02	0,3	0,5	0,1	14
2020-11-08	12:50:15	40,234	15,940	5,4	0,1	0,1	0,5	0,5	0,2	15
2020-11-09	23:20:17	40,337	15,834	8,2	0,4	0,11	0,6	0,6	0,1	14
2020-11-09	19:23:50	40,202	15,951	4,5	0,0	0,06	0,5	0,5	0,1	12
2020-11-10	20:36:09	40,424	15,774	8,4	0,4	0,09	0,6	0,5	0,1	14

2020-11-11	11:44:16	40,281	16,128	12,8	0,9	0,14	0,5	0,5	0,2	31
2020-11-11	11:55:26	40,273	16,116	11,4	0,8	0,18	0,6	0,6	0,1	31
2020-11-11	11:54:57	40,284	16,112	11,4	1,1	0,18	0,4	0,5	0,2	44
2020-11-12	01:17:10	40,170	15,955	6,5	0,2	0,09	0,4	0,4	0,1	19
2020-11-12	02:53:17	40,375	15,829	4,9	0,4	0,06	0,6	0,8	0,2	8
2020-11-15	07:48:48	40,322	16,004	6,9	0,3	0,15	0,5	0,6	0,2	19
2020-11-16	18:41:05	40,228	15,940	6,0	0,5	0,12	0,4	0,4	0,1	23
2020-11-17	10:59:58	40,217	15,930	9,5	0,6	0,08	0,4	0,3	0,2	25
2020-11-17	18:36:39	40,571	15,676	4,9	1,4	0,22	1,0	0,9	0,1	35
2020-12-03	17:00:46	40,321	15,993	3,9	0,0	0,05	0,7	0,5	0,4	8
2020-12-14	14:31:29	40,321	15,988	4,3	0,8	0,11	0,2	0,3	0,3	33
2020-12-15	13:19:56	40,424	15,761	13,4	0,4	0,05	1,4	0,8	0,2	10
2020-12-15	17:27:53	40,325	15,996	4,4	0,1	0,05	0,4	0,3	0,4	12
2020-12-15	21:38:41	40,313	15,806	3,9	0,3	0,08	0,6	0,4	0,1	11
2020-12-16	18:06:58	40,035	16,089	6,0	1,6	0,31	0,7	4,9	0,2	44
2020-12-17	23:28:35	40,329	15,998	4,3	0,0	0,06	0,5	0,4	0,3	13
2020-12-18	08:53:43	40,186	16,066	11,5	0,4	0,2	1,4	0,8	0,2	17
2020-12-19	00:09:06	40,587	15,552	11,9	1,3	0,19	1,1	0,5	0,1	28
2020-12-23	03:49:27	40,402	15,806	8,7	0,2	0,13	0,4	0,6	0,1	28
2020-12-23	01:59:49	40,273	16,042	8,0	0,4	0,13	0,4	0,4	0,1	37
2020-12-26	06:03:59	40,053	16,026	7,9	1,4	0,64	4,7	6,3	0,6	14
2020-12-26	06:03:58	40,365	16,028	5,0	1,2	0,68	4,4	43,2	0,5	12
2020-12-28	06:22:42	40,290	15,840	3,3	0,7	0,08	0,3	0,4	0,3	19
2021-01-02	10:39:55	40,400	15,708	12,5	1,7	0,13	10,4	22,9	0,1	10
2021-01-04	01:42:00	40,320	15,994	4,4	0,3	0,07	0,4	0,3	0,2	13
2021-01-04	01:41:54	40,320	15,994	4,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,1	25
2021-01-04	02:51:04	40,315	15,987	2,6	0,9	0,2	0,4	0,4	0,2	31
2021-01-07	01:21:26	40,506	16,351	12,3	1,5	0,46	1,2	2,0	0,1	37
2021-01-07	02:37:13	40,509	16,339	11,0	1,0	0,18	1,0	1,1	0,2	13
2021-01-07	10:16:26	40,511	15,635	10,3	1,8	0,23	0,7	0,6	0,3	138
2021-01-10	08:27:29	40,108	15,984	8,0	0,9	0,13	1,2	1,5	0,1	19
2021-01-12	12:54:50	40,183	16,078	5,6	0,4	0,09	1,3	0,5	0,2	11
2021-01-12	00:31:11	40,246	15,934	4,6	-0,1	0,05	0,4	0,4	0,5	10
2021-01-14	04:23:58	40,243	15,910	2,3	0,6	0,1	0,2	0,3	0,1	26

2021-01-15	22:27:23	40,142	15,974	0,0	1,4	0,25	0,5	0,4	0,1	127
2021-01-17	09:24:09	40,355	15,834	4,7	0,4	0,13	0,4	0,7	0,1	29
2021-01-18	07:31:02	40,545	15,435	10,9	3,1	0,28	1,0	0,7	0,1	148
2021-01-19	08:02:30	40,322	15,739	1,7	0,6	0,09	1,0	0,8	0,2	9
2021-01-21	18:03:25	40,597	15,792	10,0	0,6	0,16	0,7	0,5	0,2	15
2021-01-21	17:05:25	40,284	15,852	1,9	0,2	0,11	0,3	0,3	0,3	15
2021-01-22	03:14:18	40,436	16,074	7,0	1,1	0,12	0,9	0,7	0,1	14
2021-01-22	22:57:52	40,211	15,949	3,8	0,1	0,1	0,5	0,5	0,2	15
2021-01-24	21:07:23	40,276	16,123	13,7	1,3	0,21	1,0	0,9	0,2	28
2021-01-24	22:12:47	40,112	16,078	7,0	1,1	0,27	1,0	2,0	0,2	23
2021-01-25	22:58:12	40,127	16,093	1,0	1,8	0,22	0,6	0,7	0,1	41
2021-01-26	03:17:23	40,129	16,080	0,8	0,9	0,12	1,2	1,5	0,1	13
2021-01-27	15:26:41	40,223	15,954	3,0	-0,2	0,06	0,5	0,3	0,2	11
2021-01-28	12:04:24	40,466	15,819	6,0	0,6	0,14	0,4	0,8	0,1	30
2021-01-28	05:19:10	40,318	15,754	4,4	0,6	0,17	1,4	1,8	0,1	10
2021-01-28	09:00:59	40,299	15,716	0,7	0,5	0,14	0,6	0,9	0,3	17
2021-01-29	07:21:43	40,068	16,038	10,9	1,0	0,23	1,1	0,5	0,2	23
2021-01-29	10:59:03	40,074	16,001	8,0	1,1	0,25	1,7	2,6	0,2	21
2021-01-29	21:33:06	40,311	15,710	1,8	1,6	0,21	0,7	1,1	0,1	31
2021-01-30	23:49:12	40,045	15,948	5,0	1,2	0,13	0,8	139,5	0,1	24
2021-01-31	22:20:41	40,560	15,810	12,0	0,4	0,15	0,7	0,9	0,2	22
2021-01-31	13:22:35	40,243	15,919	8,8	1,1	0,07	0,6	0,4	0,4	11
2021-01-31	11:55:16	40,236	15,923	2,7	1,0	0,17	0,4	0,3	0,1	27
2021-01-31	03:16:25	40,528	15,737	2,0	1,3	0,21	0,7	0,6	0,1	25
2021-01-31	11:55:56	40,238	15,926	2,0	0,3	0,05	0,3	0,5	0,3	12
2021-02-01	18:42:26	40,287	15,854	3,5	-0,2	0,07	0,2	0,4	0,1	14
2021-02-02	18:22:15	40,267	15,900	4,0	-0,3	0,09	0,8	0,7	0,3	11
2021-02-02	22:57:20	40,288	15,874	3,1	-0,3	0,01	0,1	0,2	0,2	8
2021-02-03	06:58:14	40,277	15,640	10,7	0,7	0,17	1,2	0,7	0,3	12
2021-02-03	23:48:53	40,090	16,008	10,0	0,8	0,15	0,6	0,4	0,2	20
2021-02-03	03:01:31	40,120	16,045	5,1	0,6	0,07	0,4	0,7	0,2	22
2021-02-03	23:02:01	40,268	15,864	4,0	0,2	0,05	0,2	0,3	0,1	16
2021-02-03	21:38:15	40,172	15,902	3,2	0,6	0,14	0,4	0,4	0,2	26
2021-02-04	22:07:55	40,228	15,923	3,1	0,3	0,13	0,4	0,4	0,3	24

2021-02-04	17:19:04	40,258	15,915	3,0	0,2	0,08	0,2	0,3	0,3	20
2021-02-04	04:58:40	40,230	15,922	3,0	0,7	0,15	0,3	0,4	0,2	117
2021-02-04	09:52:30	40,231	15,917	2,5	1,0	0,13	0,3	0,2	0,2	122
2021-02-04	09:52:58	40,233	15,921	2,5	0,7	0,12	0,3	0,3	0,2	31
2021-02-05	10:34:22	40,223	15,938	4,4	-0,8	0,04	0,8	0,4	0,1	7
2021-02-05	06:08:02	40,267	15,889	3,9	0,3	0,09	0,3	0,4	0,4	17
2021-02-05	04:09:30	40,213	16,055	3,3	-0,2	0,04	0,2	0,3	0,2	13
2021-02-05	19:42:59	40,319	15,741	2,1	0,3	0,11	0,4	0,7	0,3	15
2021-02-06	17:11:27	40,378	15,828	6,0	0,1	0,12	0,5	0,5	0,2	18
2021-02-06	01:07:12	40,296	15,849	5,5	-0,1	0,06	0,4	0,4	0,5	12
2021-02-06	23:14:56	40,226	15,923	4,1	0,4	0,15	0,6	0,6	0,1	18
2021-02-07	06:03:56	40,186	15,951	6,5	1,6	0,23	0,4	0,4	0,3	158
2021-02-07	22:35:54	40,263	15,908	4,4	-0,2	0,08	0,3	0,6	0,4	14
2021-02-07	22:43:58	40,270	15,911	3,8	-0,4	0,08	0,3	0,4	0,4	16
2021-02-07	22:40:11	40,267	15,908	3,7	-0,2	0,09	0,3	0,3	0,3	20
2021-02-07	21:43:54	40,267	15,910	3,6	-0,2	0,08	0,5	0,5	0,3	11
2021-02-07	22:44:07	40,268	15,908	3,0	-0,3	0,09	0,3	0,4	0,3	15
2021-02-07	18:26:48	40,237	15,919	2,7	0,5	0,08	0,3	0,3	0,3	17
2021-02-08	21:16:54	40,292	15,675	5,0	0,6	0,29	3,1	5,3	0,2	10
2021-02-08	00:25:15	40,192	15,969	1,7	1,2	0,2	0,4	0,3	0,2	46
2021-02-09	03:13:36	40,223	15,937	2,6	0,5	0,08	0,4	0,3	0,3	18
2021-02-10	06:58:42	40,270	15,920	3,7	0,0	0,06	0,4	0,4	0,3	12
2021-02-10	23:12:50	40,271	15,897	3,2	0,6	0,06	0,2	0,2	0,3	16
2021-02-11	02:27:03	40,258	15,918	2,5	0,2	0,07	0,2	0,3	0,3	16
2021-02-12	07:54:04	40,250	15,642	10,0	0,8	0,33	2,0	0,7	0,3	17
2021-02-12	17:48:26	40,252	15,924	3,8	0,0	0,13	0,4	0,4	0,3	19
2021-02-12	23:14:13	40,219	15,928	3,1	1,2	0,16	0,4	0,3	0,2	134
2021-02-12	20:51:45	40,221	15,931	3,0	0,9	0,17	0,4	0,4	0,2	36
2021-02-12	13:37:09	40,260	15,909	2,7	0,7	0,1	0,2	0,3	0,1	28
2021-02-12	20:14:49	40,228	15,931	2,5	0,5	0,12	0,3	0,3	0,2	26
2021-02-12	14:07:38	40,262	15,903	2,2	0,2	0,15	0,3	0,4	0,2	25
2021-02-12	20:15:02	40,230	15,933	2,1	0,3	0,08	0,3	0,4	0,2	18
2021-02-13	04:44:43	40,242	15,974	8,1	0,1	0,09	0,8	0,7	0,4	14
2021-02-13	10:48:15	40,355	15,835	5,1	1,1	0,15	0,3	0,5	0,3	123

2021-02-13	13:04:37	40,275	15,897	3,5	-0,1	0,06	0,5	0,5	0,5	10
2021-02-13	04:04:29	40,263	15,867	2,9	0,0	0,07	0,2	0,3	0,3	17
2021-02-13	16:01:50	40,242	15,928	2,8	0,4	0,08	0,3	0,2	0,1	18
2021-02-13	14:45:44	40,139	16,082	0,7	0,1	0,12	1,5	0,9	0,1	9
2021-02-13	10:06:09	40,307	15,714	0,0	1,5	0,25	0,7	0,5	0,2	32
2021-02-14	23:26:24	40,294	15,873	3,9	0,5	0,08	0,6	0,6	0,4	11
2021-02-15	06:41:11	40,285	15,855	5,2	0,6	0,05	0,3	0,4	0,1	12
2021-02-15	15:31:58	40,270	15,899	4,7	0,2	0,11	0,6	0,7	0,5	14
2021-02-15	20:33:56	40,269	15,880	1,9	-0,1	0,11	0,2	0,3	0,4	17
2021-02-16	09:02:39	40,508	15,750	10,7	1,1	0,17	0,5	0,6	0,2	46
2021-02-16	10:57:24	40,232	15,919	4,0	0,7	0,77	0,3	0,4	0,2	28
2021-02-16	02:15:05	40,285	15,847	3,9	0,5	0,14	0,3	0,3	0,4	26
2021-02-16	10:57:46	40,238	15,922	3,3	0,4	0,08	0,3	0,4	0,3	15
2021-02-16	01:13:49	40,268	15,903	3,3	-0,1	0,07	0,2	0,3	0,3	15
2021-02-16	00:53:24	40,239	15,928	2,9	0,1	0,09	0,3	0,3	0,2	17
2021-02-16	21:51:09	40,170	15,966	1,3	0,7	0,11	0,4	0,4	0,2	19
2021-02-17	23:17:25	40,637	16,234	10,5	0,3	0,13	0,7	0,4	0,3	13
2021-02-17	19:20:45	40,304	15,816	4,3	0,1	0,06	0,5	0,4	0,5	10
2021-02-17	05:21:53	40,267	15,858	3,9	0,5	0,06	0,2	0,3	0,2	15
2021-02-17	12:54:05	40,262	15,860	3,3	0,5	0,09	0,2	0,3	0,3	26
2021-02-17	05:27:35	40,268	15,861	3,2	0,2	0,1	0,3	0,5	0,2	19
2021-02-17	20:10:32	40,221	15,966	3,2	-0,1	0,09	0,3	0,2	0,3	19
2021-02-17	00:49:15	40,270	15,887	2,8	0,2	0,05	0,3	0,5	0,1	12
2021-02-17	17:43:46	40,270	15,885	2,4	0,3	0,11	0,2	0,3	0,3	27
2021-02-17	01:29:04	40,240	15,923	2,4	0,2	0,11	0,3	0,4	0,3	21
2021-02-17	08:58:36	40,322	15,724	1,6	0,9	0,14	0,4	0,4	0,1	27
2021-02-18	00:22:07	40,387	15,814	5,8	0,0	0,01	0,2	0,3	0,3	9
2021-02-18	18:32:40	40,312	15,817	4,6	0,0	0,04	0,2	0,2	0,2	10
2021-02-18	00:33:03	40,291	15,846	4,4	-0,3	0,05	0,2	0,3	0,4	15
2021-02-18	00:32:30	40,291	15,848	4,2	-0,2	0,04	0,2	0,3	0,3	11
2021-02-18	12:34:06	40,048	15,937	4,0	1,4	0,16	0,4	0,9	0,3	128
2021-02-18	04:19:22	40,311	15,819	4,0	0,0	0,09	0,6	0,5	0,4	10
2021-02-18	20:20:37	40,257	15,864	2,9	0,5	0,06	0,1	0,1	0,3	26
2021-02-18	01:41:42	40,322	15,732	2,4	0,3	0,13	0,3	0,3	0,2	28



2021-02-19	13:58:31	40,326	15,822	5,0	-0,4	0,01	1,4	-	2,0	7
2021-02-19	17:18:28	40,277	15,908	5,0	-0,8	0,26	1,4	-	0,5	6
2021-02-19	02:42:50	40,278	15,858	4,9	-0,5	0,1	0,5	0,8	0,3	11
2021-02-19	19:35:14	40,267	15,890	4,1	-0,4	0,14	0,6	0,9	0,5	12
2021-02-19	02:41:08	40,284	15,859	4,1	-0,7	0,04	0,3	0,5	0,3	9
2021-02-19	03:57:39	40,318	15,820	4,0	0,0	0,05	0,6	0,6	0,4	9
2021-02-19	22:10:02	40,445	15,777	3,0	-0,1	0,08	0,4	0,3	0,3	15
2021-02-19	12:46:32	40,204	15,964	1,9	0,4	0,11	0,4	0,2	0,1	20
2021-02-20	13:20:35	40,274	15,841	5,3	0,2	0,1	0,5	0,6	0,0	13
2021-02-20	18:04:27	40,311	15,809	5,0	0,0	0,1	0,5	0,5	0,3	13
2021-02-20	03:49:49	40,330	15,995	4,0	0,0	0,06	0,5	0,4	0,5	11
2021-02-20	22:36:09	40,266	15,855	3,3	-0,2	0,08	0,2	0,4	0,3	16
2021-02-21	11:34:05	40,166	15,952	2,7	0,4	0,16	0,6	0,5	0,1	19
2021-02-21	06:40:42	40,220	15,929	2,6	0,1	0,08	0,2	0,3	0,2	15
2021-02-21	05:24:23	40,246	15,919	2,3	0,1	0,06	0,3	0,4	0,1	11
2021-02-21	04:00:44	40,148	15,947	0,5	1,3	0,23	0,6	0,4	0,1	48
2021-02-22	01:55:01	40,502	15,761	5,0	0,4	0,17	1,4	-	0,3	5
2021-02-22	21:15:33	40,276	15,857	3,8	-0,5	0,09	0,4	0,6	0,1	12
2021-02-22	11:07:12	40,040	15,967	3,4	2,0	0,18	0,5	1,0	0,3	141
2021-02-22	10:15:46	40,259	15,864	2,8	0,6	0,06	0,2	0,2	0,3	20
2021-02-22	02:38:55	40,181	15,969	2,7	-0,3	0,07	0,7	1,2	0,2	9
2021-02-22	04:32:26	40,239	15,914	2,7	0,0	0,12	0,4	0,4	0,4	14
2021-02-22	22:04:56	40,271	15,894	2,4	0,1	0,08	0,3	0,4	0,3	16
2021-02-22	19:45:43	40,169	15,954	2,0	0,0	0,12	0,5	143,0	0,2	16
2021-02-23	00:42:15	40,282	15,858	2,9	0,0	0,07	0,2	0,2	0,4	19
2021-02-23	23:15:49	40,254	15,864	2,8	0,8	0,11	0,3	0,2	0,3	27
2021-02-23	03:41:38	40,244	15,921	2,7	0,3	0,07	0,3	0,3	0,3	14
2021-02-23	03:42:43	40,245	15,919	2,7	0,0	0,06	0,3	0,4	0,2	11
2021-02-23	19:47:56	40,208	16,015	1,7	0,6	0,09	0,2	0,2	0,2	25
2021-02-23	03:29:53	40,179	15,957	1,2	0,4	0,14	0,4	0,7	0,2	22
2021-02-24	06:01:27	40,571	15,714	9,5	1,9	0,28	0,7	0,8	0,2	143
2021-02-24	14:42:46	40,277	15,893	3,6	0,5	0,12	0,3	0,6	0,2	20
2021-02-24	02:46:27	40,288	15,863	3,5	0,2	0,1	0,4	0,6	0,2	12
2021-02-24	21:25:52	40,294	15,836	3,3	0,1	0,05	0,3	0,4	0,2	9

2021-02-24	14:53:14	40,518	15,696	2,2	1,2	0,33	0,7	0,8	0,1	38
2021-02-24	07:54:44	40,129	15,960	0,5	1,5	0,29	1,0	1,0	0,1	47
2021-02-25	21:16:41	40,266	15,912	3,5	0,2	0,08	0,2	0,3	0,1	25
2021-02-25	18:13:59	40,275	15,849	2,9	0,1	0,09	0,3	0,4	0,1	17
2021-02-25	04:15:02	40,274	15,888	2,5	0,1	0,15	0,5	0,7	0,1	18
2021-02-25	18:13:35	40,193	15,919	0,9	-0,1	0,86	5,2	3,5	0,1	10
2021-02-26	08:36:41	40,294	15,856	5,0	0,0	0,08	0,6	0,5	0,2	9
2021-02-26	18:40:32	40,135	15,950	5,0	0,1	0,05	0,7	85,0	0,1	7
2021-02-26	21:40:46	40,260	15,887	3,0	0,7	0,13	0,2	0,4	0,4	35
2021-02-26	18:40:15	40,223	15,928	2,7	0,3	0,09	0,4	0,3	0,2	17
2021-02-27	01:58:00	40,531	15,776	6,7	0,4	0,03	0,5	0,4	0,0	7
2021-02-27	04:26:48	40,309	15,834	5,3	0,0	0,09	0,5	0,5	0,2	12
2021-02-27	12:08:19	40,502	15,761	5,0	0,4	0,07	1,4	-	0,5	5
2021-02-27	21:58:41	40,267	15,858	3,2	-0,4	0,09	0,3	0,5	0,2	16
2021-02-27	08:31:42	40,201	15,991	1,2	0,0	0,11	0,6	0,8	0,2	10
2021-02-27	02:54:41	40,190	15,988	0,1	-0,5	0,1	0,5	1,4	0,2	12
2021-02-28	18:41:03	40,233	15,926	3,4	0,2	0,07	0,3	0,3	0,1	15
2021-02-28	17:11:17	40,328	15,764	3,0	0,6	0,1	0,6	0,4	0,1	17
2021-02-28	00:21:39	40,234	15,910	2,8	0,9	0,15	0,4	0,3	0,3	35
2021-02-28	01:26:58	40,240	15,923	2,3	0,6	0,11	0,2	0,3	0,1	25
2021-03-01	16:57:13	40,284	15,843	4,3	-0,1	0,07	0,3	0,4	0,4	14
2021-03-01	07:20:12	40,168	15,960	2,9	0,2	0,06	0,4	0,3	0,4	14
2021-03-01	03:51:37	40,259	15,913	2,7	-0,4	0,1	0,4	0,4	0,4	13
2021-03-02	17:08:11	40,203	15,909	7,6	0,6	0,11	0,4	0,4	0,2	24
2021-03-02	21:04:50	40,292	15,853	3,7	-0,3	0,04	0,2	0,3	0,5	11
2021-03-02	12:20:57	40,275	15,873	2,5	0,4	0,09	0,2	0,2	0,2	24
2021-03-02	05:18:11	40,184	15,993	1,5	0,3	0,09	0,3	0,3	0,2	21
2021-03-03	06:54:31	40,454	15,599	12,0	1,2	0,2	0,7	1,9	0,1	37
2021-03-03	05:42:42	40,291	15,835	4,0	0,0	0,1	0,8	1,3	0,1	8
2021-03-03	05:58:38	40,242	15,917	2,3	1,0	0,2	0,3	0,3	0,2	49
2021-03-04	17:25:29	40,285	15,853	5,0	0,1	0,06	0,3	0,5	0,3	14
2021-03-04	18:05:32	40,191	15,981	0,1	0,7	0,11	0,3	0,3	0,2	18
2021-03-05	11:15:31	40,394	16,068	5,4	0,5	0,42	3,5	4,4	0,1	11
2021-03-05	20:11:48	40,272	15,844	3,6	0,5	0,12	0,4	0,4	0,4	18

2021-03-05	00:26:31	40,264	15,889	2,4	-0,1	0,11	0,3	0,4	0,5	19
2021-03-06	13:35:36	40,292	15,880	3,6	0,3	0,07	0,5	0,4	0,2	13
2021-03-06	11:17:35	40,189	15,985	2,2	0,3	0,23	0,8	1,0	0,1	19
2021-03-06	06:07:29	40,273	15,857	2,2	-0,1	0,17	0,6	1,4	0,2	13
2021-03-07	03:11:47	40,527	15,836	10,0	0,5	0,13	0,3	0,5	0,2	35
2021-03-07	10:57:34	40,258	15,881	4,1	0,3	0,05	0,2	0,3	0,1	13
2021-03-07	19:04:44	40,272	15,898	3,3	-0,1	0,07	0,3	0,4	0,1	16
2021-03-07	19:35:57	40,240	15,907	2,3	0,7	0,1	0,2	0,3	0,2	32
2021-03-07	10:07:33	40,281	15,879	2,1	0,3	0,09	0,3	0,3	0,3	20
2021-03-08	08:00:25	40,372	15,831	4,9	0,1	0,15	0,8	0,8	0,2	17
2021-03-08	08:28:13	40,329	15,996	4,6	0,3	0,08	0,5	0,4	0,5	13
2021-03-08	10:24:24	40,326	15,976	3,6	0,6	0,14	0,3	0,3	0,3	37
2021-03-08	16:19:14	40,270	15,892	3,0	0,1	0,06	0,3	0,4	0,3	10
2021-03-08	16:15:10	40,268	15,889	2,9	0,7	0,13	0,3	0,2	0,5	29
2021-03-08	16:16:53	40,268	15,886	2,2	0,3	0,09	0,2	0,3	0,5	19
2021-03-09	13:04:55	40,393	15,735	12,5	1,1	0,08	0,5	0,4	0,1	20
2021-03-09	06:33:28	40,211	15,951	2,4	0,4	0,08	0,4	0,4	0,2	14
2021-03-09	21:39:10	40,191	15,982	0,9	-0,1	0,08	0,6	0,3	0,3	10
2021-03-10	08:18:38	40,291	15,687	5,0	0,7	0,3	1,9	5,0	0,2	16
2021-03-10	23:24:58	40,248	15,934	1,8	-0,1	0,06	0,2	0,3	0,1	11
2021-03-10	02:04:29	40,342	15,987	1,2	0,2	0,07	0,2	0,2	0,4	14
2021-03-11	14:05:16	40,581	15,534	6,3	1,2	0,21	1,1	1,3	0,3	26
2021-03-11	02:52:48	40,184	15,979	0,4	0,3	0,08	0,4	0,3	0,2	14
2021-03-12	13:16:54	40,251	15,858	4,1	0,9	0,16	0,4	0,6	0,4	31
2021-03-12	00:22:58	40,240	15,922	3,6	0,1	0,07	0,3	0,3	0,2	13
2021-03-12	13:20:13	40,261	15,859	3,1	0,1	0,06	0,3	0,4	0,3	11
2021-03-12	13:17:58	40,260	15,863	2,5	0,7	0,08	0,2	0,2	0,4	26
2021-03-13	03:19:31	40,530	15,607	11,6	1,3	0,23	0,9	0,5	0,2	27
2021-03-13	05:35:08	40,294	15,839	4,1	0,7	0,14	0,4	0,6	0,1	28
2021-03-13	04:53:40	40,256	15,856	2,8	1,3	0,4	0,6	0,5	0,2	64
2021-03-14	01:39:44	40,274	15,908	5,0	-0,5	0,05	1,4	-	0,1	5
2021-03-14	00:15:02	40,190	15,971	1,1	1,0	0,18	0,4	0,4	0,2	123
2021-03-14	05:00:21	40,190	15,979	0,9	0,1	0,13	0,7	0,4	0,3	17
2021-03-14	09:33:11	40,195	15,982	0,5	0,2	0,06	0,4	0,3	0,2	11

2021-03-15	13:03:12	40,275	15,813	9,4	0,0	0,04	0,5	0,4	0,2	10
2021-03-15	15:06:56	40,300	15,848	5,4	0,2	0,04	0,6	0,4	0,3	8
2021-03-16	05:46:11	40,118	15,937	10,1	0,0	0,09	1,7	1,9	0,1	8
2021-03-16	06:23:36	40,146	15,933	10,0	0,6	0,06	0,6	0,6	0,2	15
2021-03-16	06:34:21	40,139	15,932	10,0	0,1	0,05	1,7	1,5	0,0	8
2021-03-16	06:21:19	40,144	15,913	7,2	2,0	0,22	0,6	0,6	0,3	140
2021-03-16	06:22:11	40,132	15,933	5,0	0,7	0,14	0,7	1,9	0,1	19
2021-03-16	06:52:08	40,122	15,955	5,0	0,1	0,04	0,5	56,5	0,1	8
2021-03-16	01:12:59	40,282	15,856	3,6	-0,3	0,07	0,4	0,6	0,2	10
2021-03-16	07:02:11	40,193	15,951	2,8	-0,6	0,09	0,8	1,1	0,1	9
2021-03-16	07:17:26	40,191	15,918	2,5	0,4	0,09	0,3	0,3	0,3	25
2021-03-16	01:00:28	40,278	15,850	2,5	0,7	0,09	0,2	0,4	0,2	24
2021-03-17	00:04:14	40,260	15,872	2,7	0,0	0,06	0,2	0,3	0,2	15
2021-03-17	13:51:24	40,259	15,866	2,0	0,7	0,1	0,2	0,2	0,3	21
2021-03-17	23:05:37	40,260	15,869	1,8	-0,6	0,06	0,2	0,3	0,1	11
2021-03-18	01:28:04	40,293	15,833	4,7	-0,3	0,03	0,2	0,3	0,2	11
2021-03-18	01:56:34	40,259	15,861	1,9	0,4	0,09	0,3	0,2	0,3	20
2021-03-18	06:57:40	40,472	15,569	0,3	1,0	0,15	0,5	0,5	0,5	24
2021-03-19	13:26:38	40,427	16,035	7,5	0,6	0,1	0,9	0,6	0,3	12
2021-03-19	06:04:44	40,200	16,014	1,6	-0,3	0,08	0,3	0,5	0,2	13
2021-03-19	02:22:35	40,266	15,873	0,8	-0,4	0,07	0,3	0,4	0,3	10
2021-03-20	11:20:00	40,276	16,076	10,1	1,1	0,32	3,5	6,5	0,1	21
2021-03-20	23:30:19	40,301	15,844	4,6	0,4	0,06	0,3	0,4	0,1	13
2021-03-20	15:25:10	40,302	15,830	4,6	0,2	0,05	0,2	0,2	0,3	13
2021-03-20	08:53:04	40,248	15,933	0,3	0,6	0,22	0,4	0,6	0,1	25
2021-03-21	05:51:26	40,417	15,724	8,6	0,5	0,14	0,5	0,8	0,2	27
2021-03-21	07:32:21	40,290	15,848	4,9	-0,1	0,08	0,7	0,9	0,2	9
2021-03-21	04:32:30	40,248	15,896	3,1	-0,4	0,04	0,2	0,3	0,2	10
2021-03-21	06:55:05	40,474	15,581	0,5	1,1	0,18	2,3	1,1	0,7	9
2021-03-22	15:03:22	40,297	15,838	4,8	0,2	0,02	0,2	0,2	0,4	8
2021-03-23	16:25:55	40,304	15,832	5,0	0,5	0,08	0,4	0,4	0,3	14
2021-03-23	04:00:30	40,268	15,866	3,4	-0,1	0,07	0,2	0,5	0,3	13
2021-03-23	17:06:58	40,248	15,901	3,1	0,3	0,07	0,3	0,4	0,4	13
2021-03-23	10:11:41	40,232	15,890	2,6	0,2	0,08	0,4	0,4	0,2	12

2021-03-24	08:07:51	40,288	15,835	4,1	0,2	0,1	0,3	0,6	0,3	18
2021-03-24	19:29:01	40,226	15,928	3,0	-0,5	0,05	0,4	0,4	0,2	9
2021-03-25	11:25:08	40,298	15,832	3,9	0,6	0,08	0,2	0,2	0,4	26
2021-03-26	22:35:58	40,520	15,647	13,3	0,8	0,12	0,6	0,4	0,5	28
2021-03-26	23:50:30	40,635	15,471	9,7	1,6	0,15	0,8	0,6	0,3	34
2021-03-27	16:01:01	40,504	15,828	13,0	0,9	0,21	0,7	0,9	0,1	37
2021-03-27	00:07:26	40,247	15,867	5,6	-0,6	0,09	1,0	1,0	0,3	7
2021-03-27	20:24:41	40,466	15,795	4,9	1,0	0,26	0,9	1,2	0,7	17
2021-03-27	01:21:59	40,305	15,834	4,8	0,1	0,1	0,5	0,5	0,1	16
2021-03-28	11:19:23	40,218	16,048	3,2	0,0	0,03	0,2	0,3	0,4	9
2021-03-28	07:31:35	40,275	15,874	2,8	-0,1	0,09	0,3	0,4	0,4	16
2021-03-28	21:30:13	40,259	15,872	2,3	-0,6	0,1	0,4	0,9	0,0	10
2021-03-28	16:21:32	40,232	15,926	1,0	-0,3	0,1	0,4	0,4	0,6	11
2021-03-28	19:43:42	40,438	15,632	0,7	0,5	0,15	0,4	0,4	0,8	14
2021-03-28	22:33:12	40,194	15,980	0,4	-0,5	0,1	0,5	0,4	0,4	12
2021-03-29	03:09:56	40,445	15,668	12,4	1,0	0,22	0,6	0,6	0,5	129
2021-03-29	15:03:44	40,233	15,934	5,7	-0,1	0,11	0,4	0,4	0,3	17
2021-03-29	14:22:31	40,294	15,826	5,0	0,7	0,11	0,3	0,3	0,4	122
2021-03-29	10:03:37	40,340	15,824	4,2	0,4	0,11	0,4	0,6	0,2	24
2021-03-29	22:20:48	40,214	15,957	2,4	-0,5	0,02	0,2	0,2	0,4	9
2021-03-29	14:35:55	40,272	15,868	1,8	-0,1	0,07	0,3	0,4	0,5	11
2021-03-30	00:49:00	40,244	15,936	5,8	-0,5	0,07	0,5	0,4	0,3	14
2021-03-30	19:12:12	40,270	15,865	4,9	-0,5	0,08	0,4	0,6	0,6	11
2021-03-30	01:19:19	40,296	15,833	4,1	0,2	0,1	0,4	0,4	0,4	18
2021-03-30	01:14:09	40,282	15,866	3,2	-0,4	0,07	0,3	0,5	0,3	13
2021-03-30	20:02:27	40,355	15,818	2,7	0,7	0,19	0,5	0,5	0,2	33
2021-04-01	15:55:11	40,302	15,928	9,6	1,4	0,17	0,3	0,3	0,4	151
2021-04-01	23:05:12	40,284	15,853	4,8	-0,2	0,06	0,2	0,3	0,4	16
2021-04-01	16:18:26	40,212	15,978	0,0	-0,3	0,12	0,6	0,5	0,2	11
2021-04-02	07:52:40	40,460	15,711	14,4	0,7	0,17	0,9	0,9	0,3	23
2021-04-03	22:29:04	40,300	15,823	5,8	0,2	0,13	0,5	0,5	0,3	20
2021-04-04	11:21:33	40,540	15,694	11,8	0,5	0,17	1,5	1,4	0,7	10
2021-04-04	14:41:07	40,120	16,074	10,2	0,5	0,14	1,9	2,0	0,3	16
2021-04-05	22:41:29	40,329	15,738	1,3	0,5	0,09	0,4	0,4	0,2	18

2021-04-06	15:12:37	40,249	15,892	2,8	1,4	0,12	0,3	0,3	0,4	24
2021-04-06	04:08:37	40,251	15,893	2,6	1,0	0,09	0,3	0,3	0,4	19
2021-04-07	08:42:43	40,286	15,910	6,5	0,4	0,11	0,2	0,3	0,3	31
2021-04-07	08:44:25	40,242	15,886	4,0	0,3	0,09	0,3	0,3	0,3	20
2021-04-08	21:48:28	40,161	16,050	8,2	0,0	0,08	1,4	1,0	0,4	12
2021-04-08	08:08:40	40,293	15,848	5,2	-0,1	0,06	0,5	0,5	0,5	9
2021-04-08	16:14:34	40,304	15,850	4,8	-0,3	0,05	0,4	0,5	0,3	9
2021-04-09	05:20:07	40,283	16,020	7,0	-0,1	0,21	0,8	1,4	0,4	19
2021-04-09	21:20:24	40,298	15,825	6,1	-0,1	0,04	0,2	0,2	0,5	16
2021-04-09	13:08:31	40,277	15,878	3,1	0,4	0,11	0,3	0,3	0,5	23
2021-04-10	13:56:15	40,326	15,806	2,5	0,2	0,08	0,7	0,3	0,2	14
2021-04-11	19:43:24	40,274	15,882	5,0	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	36
2021-04-11	15:28:55	40,251	15,895	3,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	14
2021-04-11	16:12:33	40,254	15,898	2,9	0,0	0,06	0,3	0,5	0,2	10
2021-04-13	02:15:24	40,326	15,584	8,0	0,8	0,12	1,0	1,2	0,2	19
2021-04-13	02:17:22	40,327	15,592	8,0	1,0	0,12	0,6	1,1	0,3	32
2021-04-14	18:56:35	40,474	15,706	13,0	0,5	0,17	0,8	0,8	0,2	20
2021-04-14	23:36:16	40,488	15,717	12,6	0,2	0,12	1,3	0,9	0,2	11
2021-04-15	18:59:33	40,504	15,644	12,0	0,7	0,09	0,9	0,8	0,3	11
2021-04-15	04:59:08	40,319	15,990	3,6	-0,3	0,04	0,5	0,4	0,3	10

# Glossario

<b>AQ:</b>	Accordo Quadro
<b>CAD-BO:</b>	Centro Acquisizione Dati - Bologna
<b>CIRM:</b>	Commissione per gli Idrocarburi e le Risorse Minerarie
<b>CMS:</b>	Centro di Monitoraggio per le attività di Sottosuolo
<b>DE:</b>	Dominio Esteso
<b>DI:</b>	Dominio Interno
<b>GNSS:</b>	Global Navigation Satellite System
<b>GPS:</b>	Global Positioning System
<b>IGS:</b>	International GNSS Service
<b>ILG:</b>	Indirizzi e Linee Guida per il Monitoraggio della sismicità delle Deformazioni del Suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche
<b>InSAR:</b>	Interferometric SAR
<b>INGV:</b>	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
<b>IV:</b>	Sigla rete (NW-Code) RSN (INGV)
<b>MiSE:</b>	Ministero dello Sviluppo Economico
<b>NW:</b>	Network
<b>PGA:</b>	Peak Ground Acceleration
<b>PGV:</b>	Peak Ground Velocity
<b>RB:</b>	Regione Basilicata
<b>RSN:</b>	Rete Sismica Nazionale (INGV)
<b>SAR:</b>	Synthetic Aperture Radar
<b>SPM:</b>	Struttura Preposta al Monitoraggio
<b>VA:</b>	Val d'Agri

## Bibliografia

- Altamimi, Z., Rebischung, P., Métivier, L., Collilieux, X. (2016): ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. *J Geophys Res-Sol Ea* 121, 6109–6131. doi:10.1002/2016JB013098.
- Amorèse, D. (2007): Applying a Change Point Detection Method on Frequency-Magnitude Distributions, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 97, No. 5, pp. 1742–1749, doi: 10.1785/0120060181.
- Bakun W.H. and Joyner W.B. (1984): The ML scale in Central California *Bulletin of the Seismological Society of America* (1984) 74 (5): 1827–1843.
- Blewitt, G., and D. Lavalée (2002): Effect of annual signals on geodetic velocity, *J. Geophys. Res.*, 107(B7), 2145, doi:10.1029/2001JB000570.
- Bollettino ENI (2019): Bollettino microsismico Val d'Agri: Analisi dei segnali, gennaio - dicembre 2019. ENI, Servizio Geologia e Geofisica, Unità GEOM - Geodinamica e Monitoraggio geofisico. Doc. N° GEOM-2019001-MS-SAL-12, 86 pp.
- Bollettino ENI (2020): Bollettino microsismico Val d'Agri: Analisi dei segnali, gennaio - marzo 2020. ENI, Servizio Geologia e Geofisica, Unità GEOM - Geodinamica e Monitoraggio geofisico. Doc. N° GEOM-2020025-MS-SAL-03, 38 pp.
- Bormann, P. (2012): Magnitude calibration formulas and tables, comments on their use and complementary data. - In: Bormann, P. (Ed.), *New Manual of Seismological Observatory Practice 2 (NMSOP-2)*, Potsdam: GFZ, pp. 1–19. DOI: [http://doi.org/10.2312/GFZ.NMSOP-2\\_DS\\_3.1](http://doi.org/10.2312/GFZ.NMSOP-2_DS_3.1).
- Bratt S.R. and Nagy W. (1991): *The LocSAT Program*, Science Applications International Corporation, San Diego.
- Braun T., S. Danesi, D. Famiani (2019): Relazione semestrale 2019/I, Progetto di Monitoraggio concessione Val d'Agri. 47 pp.
- Braun T., S. Danesi, L. Anderlini, M. Errico, D. Famiani, M. Polcari, P. Zerbinato (2020): Relazione semestrale 2020/I, Progetto di Monitoraggio concessione Val d'Agri. 79 pp.
- Braun T., S. Danesi, and A. Morelli (2019): Application of monitoring guidelines to induced seismicity in Italy. *J. Seismology*. 10.1007/s10950-019-09901-7.
- Cucci L., Pondrelli S., Frepoli A., Mariucci M.T. & Moro M., 2004. Local pattern of stress field and seismogenic sources in the Pergola-Melandro basin and the Agri valley (Southern Italy), *Geophys. J. Int.*, 156, 575– 583.
- Devoti R., Esposito A., Pietrantonio G., Pisani A.R., Riguzzi F. (2011): Evidence of large scale deformation patterns from GPS data in the Italian subduction boundary, *Earth and Planetary Science Letters*, 311 (3-4), 230-241.
- Devoti, R., N. D'Agostino, E. Serpelloni et al. (2017): A Combined Velocity Field of the Mediterranean Region, *Annals of Geophys.*, 60(2), doi:10.4401/ag-7059.
- Garcia-Aristizabal A., S. Danesi, T. Braun, M. Anselmi, L. Zaccarelli, D. Famiani and A. Morelli (2020): Epistemic uncertainties in local earthquake locations and implications for managing induced seismicity. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, submitted.



- ILG (2014): Dialuce, G., Chiarabba, C., Di Bucci, D., Doglioni, C., Gasparini, P., Lanari, R., Priolo, E., Zollo, A., (2014). Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche. GdL MISE, Roma. [unmig.mise.gov.it/unmig/agenda/upload/85\\_238.pdf](http://unmig.mise.gov.it/unmig/agenda/upload/85_238.pdf). (ultimo accesso Ottobre 2019).
- Improta L., Bagh S., De Gori P., Valoroso L., Pastori M., Piccinini D., Buttinelli, M. (2017): Reservoir Structure and Wastewater-Induced Seismicity at the Val d'Agri Oilfield (Italy) Shown by Three-Dimensional Vp and Vp/Vs Local Earthquake Tomography. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(11), 9050-9082.
- Lee W.H.K., Lahr J.C. (1972): HYP071: A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes, U.S. Geol. Survey Open File Rep. 72-224, doi:10.3133/ofr72224.
- Lee, W.H.K., Lahr J.C. (1975). HYP071: A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes, U.S. Geol. Survey Open File Rep. 75-311, doi:10.3133/ofr75311.
- López-Comino JÁ, Braun T, Dahm T, Cesca S and Danesi S (2021) On the Source Parameters and Genesis of the 2017, Mw 4 Montesano Earthquake in the Outer Border of the Val d'Agri Oilfield (Italy). *Front. Earth Sci.* 8:617794. doi: 10.3389/feart.2020.617794.
- Seed Manual (2012): Standard for the Exchange of Earthquake Data, SEED Format Version 2.4, August, 2012. Ahern and Dost (eds.) [http://www.fdsn.org/pdf/SEEDManual\\_V2.4.pdf](http://www.fdsn.org/pdf/SEEDManual_V2.4.pdf).
- Serpelloni, E., Casula, G., Galvani, A., Anzidei, M., Baldi, P., (2006): Data analysis of permanent GPS networks in Italy and surrounding regions: application of a distributed processing approach. *Ann Geophys-Italy* 49, 897–928.
- Serpelloni, E., C. Faccenna, G. Spada, D. Dong, and S. D. P. Williams (2013): Vertical GPS ground motion rates in the Euro-Mediterranean region: New evidence of velocity gradients at different spatial scales along the Nubia-Eurasia plate boundary, *J. Geophys. Res.*, 118(11), 6003–6024, doi:10.1002/2013JB010102.
- Serpelloni E., Pintori F., Gualandi A., Scoccimarro E., Cavaliere A., Anderlini L., Belardinelli M. E., Todesco, M. (2018): Hydrologically induced karst deformation: Insights from GPS measurements in the Adria-Eurasia plate boundary zone, *J. Geophys. Res.*, 123. <https://doi.org/10.1002/2017JB015252>.
- Serpelloni E., Pintori F., Gualandi A., Scoccimarro E., Cavaliere A., Anderlini L., Belardinelli M. E., Todesco, M. (2018): Hydrologically induced karst deformation: Insights from GPS measurements in the Adria-Eurasia plate boundary zone, *J. Geophys. Res.*, 123. <https://doi.org/10.1002/2017JB015252>.
- Stabile TA, Giocoli A, Lapenna V, Perrone A, Piscitelli S, Telesca L. Evidence of low-magnitude continued reservoir-induced seismicity associated with the Pertusillo artificial lake (southern Italy). *Bulletin of the Seismological Society of America* 2014;104(4):1820e8. <https://doi.org/10.1785/0120130333>.
- Valoroso, L., Improta L., Chiaraluce L., Di Stefano R., Ferranti L., Govoni A., and Chiarabba C. (2009). Active faults and induced seismicity in the Val d'Agri area (Southern Apennines, Italy), *Geophys. J. Int.* 178, 488–502, doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04166.x.
- Valoroso, L., Improta, L., De Gori, P., Chiarabba, C. (2011): Upper crustal structure, seismicity and pore pressure variations in an extensional seismic belt through 3D and 4D Vp and Vp/Vs models: The

example of the Val d'Agri area (Southern Italy). *Journal of Geophysical Research*, 116, B07303. <https://doi.org/10.1029/2010JB007661>.

Werner, C.; Wegmuller, U.; Strozzi, T.; Wiesmann, A. Interferometric point target analysis for deformation mapping. In *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2003; Volume 7, pp. 4362–4364.

Williams, S. D. P., Y. Bock, P. Fang, P. Jamason, R. Nikolaidis, L. Prawirodirdjo, M. Miller, and D. Johnson (2004): Error analysis of continuous GPS position time series, *J. Geophys. Res.*, 109, B03412, doi:10.1029/2003JB002741.

## 12 Elenco delle figure

- FIGURA 1. MAPPA DELLE STAZIONI SISMICHE ATTIVE NELL'AREA IN ESAME, I CUI DATI SONO ACQUISITI IN REAL-TIME PRESSO IL CENTRO ACQUISIZIONE DATI DI BOLOGNA. IN BLU LE STAZIONI DELLA RETE VA (ENI SPA); IN ROSSO/VERDE LE STAZIONI DELLA RETE TP, (TOTAL SPA); IN BIANCO/NERO LE STAZIONI DELLA RETE SISMICA NAZIONALE IV (INGV); IN NERO LE STAZIONI DI ALTRE RETI PUBBLICHE (GFZ, CNR, ISNET). I PERIMETRI DEI DOMINI INTERNO, ESTESO, DI ATTENZIONE E DI RIFERIMENTO INTORNO AL CM2 SONO DELIMITATI RISPETTIVAMENTE IN VERDE, BLU GRIGIO E ROSSO. 10
- FIGURA 2. LA FIGURA RAPPRESENTA LA DISTRIBUZIONE GR PER GLI EVENTI LOCALIZZATI DAI DATI DELLA RETE INTEGRATA DI 53 STAZIONI, NELL'AREA DELLA VAL D'AGRI PER IL PERIODO 01/09/2020 - 31/03/2021. IN ASCISSA È RIPORTATO L'INTERVALLO DI MAGNITUDO ANALIZZATO E IN ORDINATA IL LOGARITMO DELLA CUMULATIVA  $\log N(M)$  DEGLI EVENTI DI MAGNITUDO  $M > m$ . LE DISTRIBUZIONI DEGLI EVENTI LOCALIZZATI ALL'INTERNO DEL DI E DEL DE SONO RAPPRESENTATE RISPETTIVAMENTE CON TRIANGOLI E CERCHI. LE LINEE VERDE (DI) E BLU (DE) INDICANO LE RETTE CHE MEGLIO APPROSSIMANO LE RISPETTIVE DISTRIBUZIONI. 11
- FIGURA 3. NUMEROSITÀ DEGLI EVENTI PER OGNI INTERVALLO 0.1 DI MAGNITUDO  $M_{LBJ}$  COMPRESA TRA -1 E 3. L'ISTOGRAMMA SI RIFERISCE AI SOLI EVENTI LOCALIZZATI NEL DOMINIO DI PER IL PERIODO 01/09/2020 - 31/03/2021. 12
- FIGURA 4. LA FIGURA RAPPRESENTA LA DISTRIBUZIONE GR PER GLI EVENTI LOCALIZZATI DAI DATI DELLA SOLA RETE VA DI 18 STAZIONI, NELL'AREA DELLA VAL D'AGRI PER IL PERIODO 17/10/2018 - 31/03/2021. SIMBOLI ANALOGHI ALLA FIGURA 2. 13
- FIGURA 5. DISTRIBUZIONE DEGLI ERRORI DI LOCALIZZAZIONE, ORIZZONTALI E VERTICALI, RELATIVAMENTE AGLI EVENTI LOCALIZZATI NEL PERIODO 01/09/2020 - 15/04/2021. VENGONO RAPPRESENTATI GLI ISTOGRAMMI CHE INDICANO LA FREQUENZA DI OCCORRENZA DI OGNI VALORE DELL'INTERVALLO DI ERRORE E LE FUNZIONI DENSITÀ DI PROBABILITÀ IN ROSSO PER OGNI DISTRIBUZIONE. 14
- FIGURA 6. INTERDISTANZE ENTRO I 15 KM TRA LE STAZIONI GPS. A) TRA SOLO LE STAZIONI GPS ENI INSTALLATE (VERDI) E PREVISTE (ARANCIONI); B) TRA LE SOLE STAZIONI GPS ATTUALMENTE ATTIVE: ENI (VERDI), PUBBLICHE (ROSSE), PRIVATE (GIALLE); C) TRA TUTTE LE STAZIONI ATTIVE E PREVISTE. 18
- FIGURA 7. MAPPA DEGLI EVENTI DEFINITI "LOCALI" CON EPICENTRI ALL'INTERNO DELLE AREE CON RAGGIO DI 10 KM INTORNO ALLE SINGOLE STAZIONI DELLA RETE SISMICA ENI (BRAUN ET AL., 2020). 21
- FIGURA 8. SCHEMA TRIDIMENSIONALE DEI DOMINI DI MONITORAGGIO DE (BLU: OWC+10km), DI (ROSSO: OWC+5km), DR (NERO: CM2+5km). 22
- FIGURA 9. MAPPA DEGLI EPICENTRI DI EVENTI LOCALI (CERCHI) E REGIONALI (CROCETTE), SECONDO LA DEFINIZIONE DI GEOM: RISPETTO AL DI (A), DE (B) (AREE AZZURRE). I RIQUADRI (C) E (D) RAPPRESENTANO GLI EVENTI RISPETTO A (A) E (B) RICLASSIFICATI RISPETTO AL DI (C) E DE (D), CONSIDERANDO UNA RISPETTIVA PROFONDITÀ MASSIMA DI 8 KM E 13 KM. 23
- FIGURA 10. DISTRIBUZIONE G-R SOLO PER EVENTI "LOCALI" DEI BOLLETTINI ENI PER IL PERIODO 2001 - 31/03/2021. 24
- FIGURA 11. ISTOGRAMMA (ARANCIONE) E DISTRIBUZIONE CUMULATIVA G-R (ROSSO) PER DIFFERENTI ESTRAZIONI DAL CATALOGO UNIFICATO GEOM, CON RISPETTIVI VALORI DEL PARAMETRO B E DELLA MAGNITUDO DI COMPLETEZZA  $M_c$ : (A) EVENTI LOCALI, (B) IN DI, (C) IN DE, (D) LR = TUTTI GLI EVENTI LOCALI E REGIONALI DEL BOLLETTINO ENI. IL NUMERO ACCANTO ALL'ORDINATA INDICA IL NUMERO DI EVENTI ANALIZZATI. 25
- FIGURA 12. IPOCENTRI DEI BOLLETTINI GEOM DI EVENTI LOCALI E REGIONALI (PERIODO 06/2001 A 03/2021) ILLUSTRATI IN (A) MAPPA E (B) LUNGO IL PROFILO P-P, CLAS-SIFICATI RISPETTO A DI/DE CON LR2DIDE (VEDI

§ 6.1.1). I SIMBOLI GRIGI E COLORATI RAPPRESENTANO RISPETTIVAMENTE EVENTI ESTERNI E INTERNO AL DI/DE (COLORI SECONDO IL SISTEMA A SEMAFORO DEFINITO NEGLI ILG, 2014 (VEDI LEGENDA).	26
FIGURA 13. ML vs PGV PER IL DE/DI/DR DEL BOLLETTINO ENI PER IL PERIODO 06/2001 - 31/03/2021.	30
FIGURA 14. SISTEMA A SEMAFORO (ILG, 2014).	30
FIGURA 15. 01/01/2019: DR (13), DI (314), DE (287) INSIDE 614.	31
FIGURA 16. IPOCENTRI DEI BOLLETTINI GEOM DI EVENTI LOCALI E REGIONALI (PERIODO: 31/10/2020 - 31/03/2021) ILLUSTRATI IN (A) MAPPA E (B) LUNGO IL PROFILO P-P., CLASSIFICATI RISPETTO A DI/DE CON LR2DIDE (VEDI § 6.1.1): SIMBOLI GRIGI E COLORATI RAPPRESENTANO RISPETTIVAMENTE EVENTI ESTERNI E INTERNI AL DI/DE (COLORI SECONDO LEGENDA).	32
FIGURA 17. MAPPA DEGLI EPICENTRI (ROSSI) DEGLI EVENTI SISMICI LOCALIZZATI DALLA SPM NEL PERIODO 1/09/2020 - 15/04/2021. I PERIMETRI DEI DOMINI INTERNO ED ESTESO SONO DISEGNATI IN VERDE E BLU RISPETTIVAMENTE. IL DOMINIO DI RIFERIMENTO DI RAGGIO 5 KM ATTORNO ALLA POSTAZIONE DEL CM2 (CERCHIETTO BLU) È SEGNALATO CON IL PATTERN RIGATO ROSSO.	39
FIGURA 18. MAPPA E PROFILO IN PROFONDITÀ DELLA SISMICITÀ LOCALIZZATA DALLA SPM NEL PERIODO 01/09/2020 - 15/04/2021. NEL RIQUADRO IN BASSO SONO RIPORTATI GLI EVENTI PROIETTATI LUNGO IL PROFILO PP' DISEGNATO IN MAPPA, NONCHÉ I PERIMETRI DEI DOMINI DI E DE IN BLU E ROSSO RISPETTIVAMENTE. EPICENTRI ED IPOCENTRI SONO RAPPRESENTATI CON DIMENSIONI E COLORI VARIABILI SECONDO LE MAGNITUDO, IN ACCORDO CON LA LEGENDA.	40
FIGURA 19. LOCALIZZAZIONI EPICENTRALI DEGLI EVENTI REGISTRATI ENTRO IL DOMINIO DI RIFERIMENTO NEL PERIODO IN ESAME.	41
FIGURA 20. MAPPE RAFFIGURANTI LA SEQUENZA SISMICA REGISTRATA A SUD DEL PERTUSILLO DALLA RETE INTEGRATA CMS. A SINISTRA LA DISTRIBUZIONE DELLA SISMICITÀ ORGANIZZATA IN CLASSI DI PROFONDITÀ IPOCENTRALE. A DESTRA LA SELEZIONE DEGLI EVENTI CON $ML_{BJ} \geq 1$	43
FIGURA 21. ESEMPIO DI MECCANISMO FOCALE CALCOLATO PER UN EVENTO (SEGNAPOSTO ROSSO IN MAPPA A SINISTRA) DELLA SEQUENZA DEL PERTUSILLO UTILIZZANDO LE POLARITÀ DEI PRIMI ARRIVI DEI SEGNALI REGISTRATI ALLE STAZIONI EVIDENZIATE IN BIANCO IN MAPPA.	43
FIGURA 22. SISMICITÀ NELL'AREA A SW DEL PERTUSILLO. IN ALTO A SINISTRA LA DISTRIBUZIONE IN MAPPA DEGLI EVENTI RI-LOCALIZZATI CON TECNICHE DI LOCALIZZAZIONE RELATIVA (HYPODD), IN BASSO L'ISTOGRAMMA DELLA SISMICITÀ IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ IPOCENTRALE. A DESTRA LE SEZIONI IN PROFONDITÀ ORIENTATE IN DIREZIONE SW-NE (A-B) E NW-SE (C). SI NOTI LA DIFFERENZA DI SCALA ORIZZONTALE NELLE TRE SEZIONI.	44
FIGURA 23. SISMICITÀ REGISTRATA NEL 2006-2007 A SUD DEL LAGO PERTUSILLO, SEZIONI VERTICALI ORIENTATE SW-NE (1) E NW-SE (2) CON DISTRIBUZIONE STATISTICA DEGLI EVENTI RISPETTO ALLA PROFONDITÀ IPOCENTRALE (TRATTO DA VALOROSO ET AL., 2009).	44
FIGURA 24. SEQUENZA AD W DEL PERTUSILLO DEL 1996 TRATTA DA CUCCI ET AL. 2004.	45
FIGURA 25. CONFRONTO TRA LE LOCALIZZAZIONI EPICENTRALI CALCOLATE DALLA SALA DI MONITORAGGIO DEL CMS E DALLA SALA DI SORVEGLIANZA INGV.	46
FIGURA 26. PERCENTUALE DI RINEX GIORNALIERI DISPONIBILI PER CIASCUN MESE DI ACQUISIZIONE PER OGNI STAZIONE ANALIZZATA.	47
FIGURA 27. ANDAMENTO DEI VALORI DI MP1 (IN NERO) E MP2 (IN ROSSO) PER CIASCUNA MISURA GIORNALIERA OTTENUTI DALL'ANALISI DEI DATI RINEX DELLE 5 STAZIONI GPS ENI CON IL SOFTWARE TEQC.	49
FIGURA 28. ANDAMENTO DEI VALORI DI MP1 (COLONNA SINISTRA) E MP2 (COLONNA DESTRA) IN METRI PER I SATELLITI TRACCIATI DALLE STAZIONI INN2, MAE1 E TEVE IN DATA 28/10/2020.	50
FIGURA 29. ANDAMENTO DEI VALORI DI MP1 (COLONNA SINISTRA) E MP2 (COLONNA DESTRA) IN METRI PER I SATELLITI TRACCIATI DALLE STAZIONI TLMA E VIG3 IN DATA 28/10/2020.	51

- FIGURA 30. PERCENTUALE DI OSSERVAZIONI PRESENTI NEI *RINEX* GIORNALIERI RISPETTO ALLE OSSERVAZIONI ATTESE NELL'INTERVALLO DI TEMPO DURANTE IL QUALE LA STAZIONE È STATA FUNZIONANTE PER LE 5 STAZIONI GPS DELLA RETE ENI. 52
- FIGURA 31. POSIZIONE DELLA RETE DI STAZIONI GPS INSTALLATE DA ENI (CERCHI NERI) ALL'INTERNO E IN PROSSIMITÀ DELLA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE VAL D'AGRI (POLIGONO NERO). I CERCHI GIALLI INDICANO LE STAZIONI GNSS ATTIVE NELLA REGIONE ED AFFERENTI A DIVERSE TIPOLOGIE DI RETI (SI VEDA DEVOTI ET AL., 2017). INSET: DISTRIBUZIONE SUL TERRITORIO ITALIANO DELLE STAZIONI GPS ANALIZZATE (PUNTI NERI) NELLA SOLUZIONE GEODETICA COMBINATA; IL QUADRATO ROSSO INDICA L'AREA DI INGRANDIMENTO. 54
- FIGURA 32. SERIE TEMPORALE DI SPOSTAMENTO (PUNTI BLU) DELLA STAZIONE INN2 NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE IGS14 PER LE TRE COMPONENTI EST, NORD E VERTICALE. LE LINEE GRIGIE INDICANO LE BARRE D'ERRORE ( $1\sigma$ ) PER GLI SPOSTAMENTI E LA LINEA ROSSA RAPPRESENTA IL MODELLO, COME DEFINITO IN [Eq.3]. LA BARRA CELESTE INDICA L'EPOCA IN CUI È AVVENUTO UN CAMBIO STRUMENTALE. 56
- FIGURA 33. SERIE TEMPORALE DI SPOSTAMENTO (PUNTI BLU) DELLA STAZIONE MAE1 NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE IGS14 PER LE TRE COMPONENTI EST, NORD E VERTICALE. LE LINEE GRIGIE INDICANO LE BARRE D'ERRORE ( $1\sigma$ ) PER GLI SPOSTAMENTI E LA LINEA ROSSA RAPPRESENTA IL MODELLO, COME DEFINITO IN [Eq.3]. 57
- FIGURA 34. SERIE TEMPORALE DI SPOSTAMENTO (PUNTI BLU) DELLA STAZIONE TEVE NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE IGS14 PER LE TRE COMPONENTI EST, NORD E VERTICALE. LE LINEE GRIGIE INDICANO LE BARRE D'ERRORE ( $1\sigma$ ) PER GLI SPOSTAMENTI E LA LINEA ROSSA RAPPRESENTA IL MODELLO, COME DEFINITO IN [Eq.3]. 58
- FIGURA 35. SERIE TEMPORALE DI SPOSTAMENTO (PUNTI BLU) DELLA STAZIONE TLMA NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE IGS14 PER LE TRE COMPONENTI EST, NORD E VERTICALE. LE LINEE GRIGIE INDICANO LE BARRE D'ERRORE ( $1\sigma$ ) PER GLI SPOSTAMENTI E LA LINEA ROSSA RAPPRESENTA IL MODELLO, COME DEFINITO IN Eq.3. 59
- FIGURA 36. SERIE TEMPORALE DI SPOSTAMENTO (PUNTI BLU) DELLA STAZIONE VIG3 NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE IGS14 PER LE TRE COMPONENTI EST, NORD E VERTICALE. LE LINEE GRIGIE INDICANO LE BARRE D'ERRORE ( $1\sigma$ ) PER GLI SPOSTAMENTI E LA LINEA ROSSA RAPPRESENTA IL MODELLO, COME DEFINITO IN Eq.3. LA BARRA CELESTE INDICA L'EPOCA IN CUI È AVVENUTO UN CAMBIO STRUMENTALE. 60
- FIGURA 37. CAMPO DI VELOCITÀ ORIZZONTALE (FRECCHE), NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE IGS14 (PANNELLO A) E RISPETTO ALLA PLACCA EURASIATICA (PANNELLO B), E VERTICALE (CERCHI COLORATI). LE STAZIONI ENI CON PIÙ DI 2 ANNI DI DATI SONO EVIDENZIATE IN ROSSO. LE ELLISSI D'ERRORE PER LE COMPONENTI ORIZZONTALI SONO AL LIVELLO DI CONFIDENZA DEL 95%. SI FACCIA ATTENZIONE ALLA DIVERSA SCALA PER LE VELOCITÀ ORIZZONTALI NEI DUE PANNELLI. 63
- FIGURA 38. STAZIONI GPS DELLA RETE ENI IN VAL D'AGRI E CATALOGO DELLE FRANE IFFI (INVENTARIO FENOMENI FRANOSI ITALIANI) FORNITO DA ISPRA; ZOOM IN ALTO A DESTRA PER LA STAZIONE TLMA CHE RISULTA CIRCONDATA DA DIVERSE FRANE IDENTIFICATE. 65
- FIGURA 39. VELOCITÀ DI DEFORMAZIONE DEL TERRENO OTTENUTA TRAMITE ANALISI INSAR. MISURE LoS IN ORBITA ASCENDENTE (A), LoS DISCENDENTE (B), COMPONENTE VERTICALE (C) ED ORIZZONTALE EST-OVEST (D). I POLIGONI ROSSI RAPPRESENTANO LE AREE DI CONCESSIONE. L'IMMAGINE DI BACKGROUND È IL DEM TINITALY ([HTTPS://DOI.ORG/10.13127/TINITALY/1.0](https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0)). 69
- FIGURA 40. FOCUS SULL'AREA DI CORLETO PERTICARA (PZ). DEFORMAZIONE LoS ASCENDENTE (A), LoS DISCENDENTE (B), VERTICALE (C) ED ORIZZONTALE EST-OVEST (D). 70
- FIGURA 41. FOCUS SULL'AREA DI STIGLIANO (MT). DEFORMAZIONE LoS ASCENDENTE (A), LoS DISCENDENTE (B), VERTICALE (C) ED ORIZZONTALE EST-OVEST (D). P1 E P2 SONO I PUNTI PER I QUALI SONO MOSTRATE LE SERIE TEMPORALI. 71

FIGURA 42. SERIE TEMPORALI DEI PUNTI EVIDENZIATI IN FIGURA 3 INSAR. SERIE TEMPORALE DEL PUNTO P1 LUNGO ORBITA ASCENDENTE (A) E DISCENDENTE (B). SERIE TEMPORALE DEL PUNTO P2 LUNGO ORBITA ASCENDENTE (C) E DISCENDENTE (D).	71
FIGURA 43. VISTA 3D DEL FENOMENO DEFORMATIVO DI NATURA FRANOSA DI STIGLIANO (MT).	72
FIGURA 44. COPERTURA SPAZIALE DEL FRAME SAR ASCENDENTE (A) E DISCENDENTE (B) INDICATA DAI RETTANGOLI NERI. I TRIANGOLI BIANCHI RAPPRESENTANO LE STAZIONI GPS PRESENTI NELLA ZONA MENTRE I POLIGONI ROSSI SONO LE AREE DI CONCESSIONE PER LO SFRUTTAMENTO DEL SOTTOSUOLO.	72
FIGURA 45. ISTOGRAMMI DELLE MISURE GPS ED INSAR PROIETTATI LUNGO LoS ASCENDENTE E DISCENDENTE.	74
FIGURA 46. VARIAZIONE TEMPORALE DEI PARAMETRI DI REINIEZIONE NEL POZZO CM2: VOLUME (VIR) E PRESSIONE A TESTA POZZO (THP), ILLUSTRATO PER IL PERIODO 01.10.2018 - 16.02.2021.	77
FIGURA 47. DECOMPOSIZIONE DI FIGURA 46: VARIAZIONE TEMPORALE (CODIFICATO A COLORE) DEI PARAMETRI (A) PRESSIONE TESTA POZZO THP E (B) VOLUME DEL FLUIDO INIETTATO VIR; (C) PRESENTAZIONE 3D DEI DATI MOSTRATI IN (A) E (B); (D) VIR VS THP; (E,F) ISTOGRAMMA 3D E 2D DEI PARAMETRI THP E VIR.	78
FIGURA 48. HOME PAGE.	80

## Elenco delle tabelle

TABELLA 1. ELENCO DELLE STAZIONI GPS ATTUALMENTE INSTALLATE, COORDINATE E DATA DI INSTALLAZIONE CORRISPONDENTE ALLA STRUMENTAZIONE IN USO.	16
TABELLA 2. EVENTI ALL'INTERNO DEL DR IN UN'AREA CON R=5 KM INTORNO AL POZZO DI REINIEZIONE CM2 (DEFINIZIONE DEL VOLUME DI MONITORAGGIO VEDI FIGURA 8).	27
TABELLA 3. EVENTI ALL'INTERNO DEL DI (FIGURA 8). SONO STATI ELENCATI SOLTANTO 22 DI 74 EVENTI IN FASCIA "GIALLA".	27
TABELLA 4. EVENTI ALL'INTERNO DEL DE. SONO STATI ELENCATI SOLTANTO 4 DEI 160 EVENTI CLASSIFICATI "GIALLO".	28
TABELLA 5. NUMERO DI CASI DI SUPERAMENTO DELLE SOGLIE DEL SISTEMA A SEMAFORO PER DR/DI/DE; (VEDI TESTO).	29
TABELLA 6. EVENTO DI M=3.9 REGISTRATO AD UNA PROFONDITÀ DI 41.5 KM AL BORDO NE DEL DE.	33
TABELLA 7. SISMICITÀ LOCALIZZATA IN VAL D'AGRI ALL'INTERNO DEL DR, SECONDO IL BOLLETTINO GEOM NEL PERIODO DAL 01/10/2020 - 31/03/2021.	33
TABELLA 8. SISMICITÀ LOCALIZZATA IN VAL D'AGRI ALL'INTERNO DEL DI, SECONDO IL BOLLETTINO GEOM NEL PERIODO DAL 01/10/2020 - 31/03/2021.	36
TABELLA 9. SISMICITÀ LOCALIZZATA IN VAL D'AGRI ALL'INTERNO DEL DE, SECONDO IL BOLLETTINO GEOM NEL PERIODO DAL 01/10/2020 - 31/03/2021.	38
TABELLA 10. MODELLO 1D A STRATI SU SEMISPAZIO PER LA VELOCITÀ VP UTILIZZATO PRESSO LA SALA DI MONITORAGGIO CMS PER L'ELABORAZIONE DEI DATI DI SISMICITÀ NELL'AREA DELLA VAL D'AGRI. SI RIPORTA IL VALORE VP IN KM/S CORRISPONDENTE AL TOP DI OGNI STRATO E DEL SEMISPAZIO. IL RAPPORTO VP/VS È FISSATO A 1.9.	39
TABELLA 11. PARAMETRI IPOCENTRALI DEGLI EVENTI LOCALIZZATI NEL PERIODO IN ESAME INTERNAMENTE AL DOMINIO DI RIFERIMENTO DI RAGGIO 5KM INTORNO AL POZZO DI REINIEZIONE.	42
TABELLA 12. PARAMETRI IPOCENTRALI DELL'EVENTO LOCALIZZATO IL 17/01/2021.	45

TABELLA 13. TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI DI QUALITÀ (MEDIATI SU TUTTO L'INTERVALLO TEMPORALE) PER LE ACQUISIZIONI DISPONIBILI DELLE STAZIONI ENI ANALIZZATE.	53
TABELLA 14. VELOCITÀ DI SPOSTAMENTO NELLE COMPONENTI EST ( $V_E$ ), NORD ( $V_N$ ), E VERTICALE ( $V_{UP}$ ) E RELATIVE INCERTEZZE ( $S_{V_E}$ , $S_{V_N}$ E $S_{V_{UP}}$ ) IN MM/ANNO PER LE QUATTRO STAZIONI ENI CON ALMENO 2 ANNI DI DATI (TABELLA 13) NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE IGS14.	61
TABELLA 15. POLO DI ROTAZIONE DELLA PLACCA EURASIATICA NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO IGS14: POSIZIONE DEL POLO (LATITUDINE E LONGITUDINE), VELOCITÀ DI ROTAZIONE ( $\Omega$ ) IN NANORADIANTI/ANNO E RELATIVE INCERTEZZE ( $\sigma_{LAT}$ , $\sigma_{LON}$ , $\sigma_{\Omega}$ ).	62
TABELLA 16. CONFRONTO TRA LE VELOCITÀ INSAR E GPS PROIETTATE IN LoS LUNGO ORBITA ASCENDENTE.	73
TABELLA 17. CONFRONTO TRA LE VELOCITÀ INSAR E GPS PROIETTATE IN LoS LUNGO ORBITA DISCENDENTE.	74