



VERBALE RIUNIONE DEL CdD DEL 14.10.2022

Il giorno 14.10.2022 alle ore 15.30, nell'Aula Longo del Plesso didattico di Via Androne (Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali) si è svolta riunione del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra e dell'Ambiente, giusta convocazione del 09.10.2022.

Sono presenti i seguenti componenti del CdD:

	Presente	Assente giustificato	Assente
Barbano M. Serafina	X		
Belfiore Cristina Maria	X		
Bonforte Alessandro		X	
Brundo M. Violetta	X		
Cannata Andrea		X	
Carbone Serafina	X		
Catalano Stefano	X		
Cirincione Rosolino	X		
Cristaudo Antonia E.	X		
De Guidi Giorgio	X	Esce alle ore 17:00	
Di Stefano Agata	X		
Federico Concetta	X		
Ferlito Carmelo			X
Ferrante Margherita		X	
Ferrito Venera		X	
Fiannacca Patrizia	X		
Giusso Del Galdo Gian Pietro		X	
Imposa Sebastiano	X		
Lombardo Bianca Maria		X	
Maniscalco Rosanna	X		
Mazzoleni Paolo	X		
Monaco Carmelo		X	
Mulder Christian	X		
Ortolano Gaetano	X		
Pappalardo Giovanna	X		
Privitera Eugenio		X	
Puglisi Marta		X	
Punturo Rosalda		X	
Rosso Antonietta	X		
Sabella Giorgio			X
Saccone Salvatore	X		
Sanfilippo Rossana	X		
Sortino Francesco			X
Viccaro Marco	X		
Morreale Gabriele (dottorando)		X	

Tra gli invitati, presenti i Proff. Giuseppina Alongi, Oscar Lisi, Anna Maria Pappalardo, Simone Mineo. Assenti giustificati i Proff. Mirella Clausi, Eugenio Fazio, Francesco Sciuto, Saverio Sciandrello.

Presenti inoltre i Dott. Mimmo Palano e Giuseppe Puglisi dell'INGV-OE.

Presiede l'adunanza la Prof.ssa Agata Di Stefano, Coordinatore del Dottorato, e svolge le funzioni di Segretario il Prof. Marco Viccaro.

Il Coordinatore, rilevato che il Collegio dei Docenti succitati è stato regolarmente convocato con invito via e-mail in data 21.09.2022, tempestivamente diramato a tutti i componenti, considerato che il numero legale risulta pari a 12 [(35 componenti meno 8 assenti giustificati) x 0.4 +1], constatato che sono presenti n. 21 componenti, sicché il Consiglio stesso può validamente deliberare, dichiara aperta l'adunanza.

Il Coordinatore chiede preventivamente se è possibile anticipare il punto aggiuntivo "Estensione periodo all'estero Dott.ssa Brancato".

Avendo ricevuto riscontro positivo da parte del Collegio, l'ordine del giorno risulta dunque essere il seguente:

- 1) Comunicazioni.
- 2) Estensione periodo all'estero Dott.ssa Brancato.
- 3) Valutazione elaborato finale docenti revisori Dott.ssa Federica Sparacino (35° ciclo).
- 4) Presentazione risultati finali Dott.ssa Federica Sparacino (35° ciclo).
- 5) Ammissione esame finale per il conseguimento del titolo di dottore di ricerca Dott.ssa Federica Sparacino (35° ciclo).
- 6) Presentazione progetto di ricerca Dottorandi 38° ciclo.

1) Comunicazioni

Il Coordinatore comunica quanto segue:

- i. Anche quest'anno verranno impartiti gratuitamente lezioni di lingua inglese gratuitamente per i dottorandi del I anno, a cura del CLMA.
- ii. Nel corso dell'Assemblea Nazionale della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia dello scorso 20 Settembre, è stato conferito il Premio Migliore Tesi di Dottorato 2022 al Dott. Claudio Finocchiaro, dottorando in Scienze della Terra e dell'Ambiente, curriculum Geoscienze, del 33° ciclo, per la tematica dal titolo "Evaluation of new uses of volcanic ashes and paleo-soils coming from Mt. Etna volcano in the geopolymer production".

Non essendovi altre comunicazioni da parte di componenti del Collegio, si procede ad esaminare i punti all'odg.

- 2) Estensione periodo all'estero Dott.ssa Brancato.

Il Coordinatore comunica di aver ricevuto da parte della Dott.ssa D. Brancato, attualmente all'estero presso il laboratorio di Forensic Genetics unit (Istituto di Forensic Sciences University of Santiago de Compostela - USC), ma la documentazione prodotta non è completa perché manca la lettera di accettazione dell'ente ospitante. Pertanto il punto viene rinviato.

- 3) Valutazione elaborato finale docenti revisori Dott.ssa Federica Sparacino (35° ciclo).

Il Coordinatore chiede ai Colleghi del Collegio se hanno avuto modo di esaminare le schede di valutazione (Allegati 2 e 3) inviate dai docenti revisori sull'elaborato della dottoranda Federica Sparacino del 35° ciclo, che completerà il proprio percorso dottorale il prossimo 31 ottobre. Da un'attenta analisi delle schede, è possibile osservare che i docenti revisori hanno espresso giudizi estremamente positivi. Il Coordinatore chiede dunque ai Colleghi se ci sono osservazioni sulle valutazioni riportate, e non essendoci alcuna richiesta di intervento, pone in approvazione i suddetti giudizi, prima di procedere alla presentazione dei risultati conclusivi da parte della dottoranda Federica Sparacino.

Il Collegio approva all'unanimità.

- 4) Presentazione risultati finali Dott.ssa Federica Sparacino (35° ciclo).

Il Coordinatore invita la Dott.ssa Federica Sparacino a presentare, nel tempo massimo di 30 minuti, i risultati conclusivi della propria ricerca dal titolo: "Confronto tra i tassi di deformazione sismica e geodetica: alcune applicazioni nelle aree del Mediterraneo (Seismic and geodetic moment-rates comparison: some applications in the Mediterranean areas), tutore: Prof.ssa M. Serafina Barbano; cotutore: Dott. Mimmo Palano (INGV_OE).

Alla fine delle presentazioni, dopo una breve discussione con interventi dei Proff. Mulder e Ortolano, il Coordinatore, compiacendosi dell'elevata qualità e quantità del lavoro svolto, invita la Dott.ssa Sparacino ad abbandonare la riunione per procedere alla discussione del punto successivo.

5) Ammissione esame finale per il conseguimento del titolo di dottore di ricerca Dott.ssa Federica Sparacino (35° ciclo).

Il Coordinatore invita il cotutor Dott. Mimmo Palano a riassumere il percorso dottorale della Dott.ssa Sparacino che ha presentato i risultati del proprio lavoro di ricerca, sintetizzato nella relazione scientifica del tutor (Allegato 4). Alla fine, avendo preso atto che la Dott.ssa Sparacino ha svolto con diligenza gli impegni di didattica e ricerca, sulla base dei giudizi ottenuti dai docenti revisori, presa visione della relazione scientifica del tutor e sentita la relazione finale, propone che la suddetta dottoranda venga ammessa all'esame finale per il conseguimento del titolo di dottore di ricerca in Scienze della Terra e dell'Ambiente (curriculum Geoscienze), invitando il tutor e i cotutor a vigilare affinché vengano presi nel dovuto conto gli eventuali suggerimenti dei docenti revisori e a integrarli nella versione finale della tesi, che dovrà essere caricata nel sistema on-line entro il 30 novembre p.v.

Il Collegio approva all'unanimità.

5) Presentazione progetto di ricerca Dottorandi 38° ciclo.

Il Coordinatore ricorda ai docenti del Collegio che nel corso della scorsa riunione, sono stati assegnati tipologia di posto, tutore e tema di ricerca agli idonei utilmente classificati nella graduatoria finale di merito; ricorda altresì che le attività del 38° ciclo avranno inizio il 31 ottobre p.v.

Si procede dunque alla presentazione dei progetti di ricerca dei futuri dottorandi, che sono inviati a relazionare in un tempo di circa 5 minuti, iniziando dai Dott. Salerno e Vasquez Castillo che si collegano telematicamente perché fuori sede causa impegni pregressi.

Di ciascuna presentazione viene allegata una sintesi (Allegati 5-13 in file separati).

- Dott. Alberto Salerno (borsa Ateneo); progetto di ricerca: "Conoscenza, valorizzazione e recupero dei siti minerari dismessi in Sicilia" – tutore: Prof. Stefano Catalano.
- Dott.ssa M. Alejandra Vasquez Castillo (senza borsa INGV); progetto di ricerca: "At the origin of the Etna dynamics: insight on the volcano behaviour by integrating in-situ and satellite-based (deformation/geophysical/ volcanological) measurements" - tutore: Dott. Alessandro Bonforte; cotutore: Dott. Giuseppe Puglisi (ONGV_OE).
- Dott.ssa Marta Bongiovanni (fondi docenti UNICT); progetto di ricerca: "Studio quantitativo dell'acquifero che ricade all'interno dell'area del Monte Etna per la definizione di modelli concettuali e numerici" - tutore: Prof.ssa Giovanna Pappalardo.
- Dott.ssa Giordana Zocco (fondi docenti UNICT); progetto di ricerca: "Studio geomorfologico per la pericolosità fluviale connessa alla dinamica esogena" - tutore: Prof.ssa Giovanna Pappalardo; cotutore: Prof. Simone Mineo.
- Dott. Mario Di Stefano (borsa PNRR DM351); progetto di ricerca: "Dinamismo delle comunità vegetali di pozze temporanee mediterranee e potenziali impatti dei cambiamenti climatici" – tutore: Prof.ssa Antonia Cristaudo; cotutore: Dott. Giuseppe Puglia (CNR_ISAFOM).
- Dott.ssa Veronica Ranno (borsa PNRR DM351); progetto di ricerca: "Conseguenze dei cambiamenti climatici sulla vegetazione altomontana del vulcano Etna" - tutore: Prof. Gian Pietro Giusso del Galdo; cotutore: Prof. Saverio Sciandrello.
- Dott.ssa Carmen Sica (borsa PNRR DM352); progetto di ricerca: "In Silico-study for the evaluation of protective activity by analysis by highly purified algal phycoerythrin miRNAs regulation" - SINERGY" - tutore: Prof.ssa Margherita Ferrante; cotutori: Prof.ssa Gea Oliveri Conte; Prof.ssa M. Violetta Brundo.
- Dott.ssa Sabrina Zafarana (borsa PNRR DM351); progetto di ricerca: "Sviluppo di geopolimeri compositi rinforzati per il restauro di beni culturali" - tutore: Prof. Paolo Mazzoleni; cotutori: Prof.ssa Cristina M. Belfiore; Prof.ssa Germana Barone; Prof. Claudio Finocchiaro.
- Dott. Enrico Curcuruto (senza borsa Ateneo); progetto di ricerca: "Conoscenza, valorizzazione e recupero dei siti minerari dismessi in Sicilia" – tutore: Prof. Rosolino Cirrincione.

A proposito di quest'ultimo il Coordinatore comunica che, poiché al momento non si trova nelle condizioni né di presenziare né di potersi collegare da remoto perché in viaggio, presenterà la sua relazione nel corso della prossima riunione del collegio dei Docenti.

Alla fine delle presentazioni il Coordinatore chiede ai docenti se ci sono osservazioni, quindi pone in votazione tematiche, tutori e cotutori, ricordando che, per coloro che ancora non lo avessero, sarà necessario assegnare al più presto almeno un cotutore.
Il Collegio approva all'unanimità.

Non essendovi altro su cui discutere e deliberare, alle ore 18.15 la seduta viene tolta.
Del ch   si redige il presente verbale che letto    approvato seduta stante.

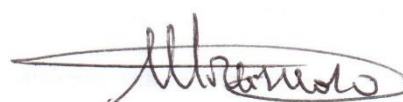
Catania, 14.10.2022

Il Coordinatore



Prof.ssa Agata Di Stefano

Il Segretario



Prof. Marco Viccaro



Dottorato di Ricerca in
Scienze della Terra e dell'Ambiente
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali

PhD course in Earth and Environmental Science
XXXV cycle
REFeree REPORT

Thesis and PhD Student information

PhD Student	FEDERICA SPARACINO
Title	"Seismic and geodetic moment-rates comparison: an application for Southern Italy"
Supervisor	Professor M. Serafina Barbano
Co-supervisors	Dr. Mimmo Palano
Department	Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali (Biological, Geological and Environmental Science) – University of Catania
Curriculum	Geoscience

Referee information

Name	Mohamed Hamdache
Role	PhD, Senior Researcher
Institution	CRAAG. Research Center in Astronomy, Astrophysics and Geophysics
Address	Observatory Road, Bouzareah 16340, Algeria
e-mail	mohamed.hamdache@craag.edu.dz

Thesis evaluation

	Excellent	Very Good	Good	Enough	Deficient
Originality	x				
Objectives	x				
Methodology	x				
Results and Discussion	x				
Conclusion	x				
Overall judgment	x				

General Comments

To whom it may concern

Examiner Evaluation Report: PhD Dissertation

Candidate: Federica Sparacino

Title: Seismic and geodetic moment-rates comparison; an application to southern Italy

The thesis consists of six chapters covering: Introduction and proposed research, Geodetic and Seismic Moment-rates, A workflow to estimate SCC, the case study of Italy, Other applications of the method and general discussion. The first part of the thesis shows a good literature search and a quite robust general knowledge on the topic. Similarly, an extensive description of data and results is given. In general, the structure of the thesis conforms to principles and requests to the structure of scientific dissertation. The discussion seems to be quite solid and they are also showing possible integration with future managements options. In general, the candidate performed a satisfying work showing knowledge of the subject and evidence of sufficient amount of reading and research of relevant literature; this is also supported by several scientific peer publications of the parts of the thesis, both in Italy and in other regions with different seismotectonic contexts, such as the Ibero-Maghrebian region or even in Egypt. The author has studied and used appropriate number of bibliography sources. It is the evidence of the deep theoretical knowledge and very good orientation in the problem discussed in the thesis. The introduction to the thesis provides an effective overview of the focus of investigation and the reference to appropriate recent literature.

In conclusion, throughout the candidate effectively demonstrates a broader understanding of conceptual issues in the specific field of the dissertation as well as in related and closed ones. As a result of these observations, I strongly recommend that the candidate be awarded the PhD degree.


Dr. HAMDACHE
Directeur de Recherche
C. R. A. A. G.

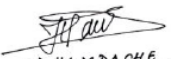
Specific Comments to improve PhD thesis

(please use additional sheets if required or add notes directly on the thesis file)

I haven't any specific comments, in my opinion the manuscript is well written and well documented. The purpose of my assessment was to provide an overall evaluation rather than the kind of critical evaluation that would be required in a competitive situation.

Date September 30, 2022

Signature


Dr. HAMDACHE
Directeur de Recherche
C. R. A. A. G.

Dr Mohamed Hamdache



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

Dottorato di Ricerca in
Scienze della Terra e dell'Ambiente
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali

PhD course in Earth and Environmental Science
XXXV cycle
REFeree REPORT

Thesis and PhD Student information

PhD Student	FEDERICA SPARACINO
Title	"Seismic and geodetic moment-rates comparison: an application for Southern Italy"
Supervisor	Professor M. Serafina Barbano
Co-supervisors	Dr. Mimmo Palano
Department	Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali (Biological, Geological and Environmental Science) – University of Catania
Curriculum	Geoscience

Referee information

Name	Kristy Tiampo
Role	Professor, Dept of Geological Sciences & Director, Earth Science and Observation Center
Institution	CIRES, University of Colorado Boulder
Address	216UCB, CIRES, University of Colorado Boulder, Boulder, CO 80309
e-mail	kristy.tiampo@colorado.edu

Thesis evaluation

	Excellent	Very Good	Good	Enough	Deficient
Originality	X				
Objectives	X				
Methodology	X				
Results and Discussion	X				
Conclusion	X				
Overall judgment	X				

General Comments

This work calculates the seismic and geodetic moment-rate for five Mediterranean regions: the Ibero-Maghrebien region, Italy, the Sicily Channel, the Aegean-Anatolian region and Egypt. The seismic moment was calculated from seismic catalog data, while the geodetic moment was estimated using GNSS network data. The ratio between the seismic and geodetic moments, defined as the Seismic Coupling Coefficient (SCC), was estimated for each region and subregions. The SCC is used to estimate the relative portion of seismic versus aseismic (plastic) deformation, with implications for the identification of asperities and better seismic hazard estimation in tectonically active regions. The thesis provides a comprehensive overview of the methodologies for estimating seismic and geodetic moments and SCC, as well as the implications of the results. The results help to better constrain the unreleased seismic moment in each tectonic region, with important implications for ongoing seismic hazard in these regions and the potential for application to other seismically active regions worldwide.

Specific Comments to improve PhD thesis

The thesis is, in general, well-written and I have very few technical suggestions. There are issues with the English grammar, particularly related to sentence structure, and a careful revision should be completed before final publication.

Specific questions and comments:

p. 24: You should explain briefly (a few sentences) why you chose wavelets and not other functions such as spherical harmonics.

p. 36: How did you estimate the minimum magnitude of completeness (M_c) – it should be discussed here. The references provided are not sufficient to define the method used here. It seems you use the RFM, at least in some workflows? You also should provide a discussion of how possible errors in M_c propagate into the estimates of other parameters.

p. 40: In the InSAR field today, we try not to use the terms ‘master’ or ‘slave,’ there are too many negative connotations in English programs. I would recommend that you change those terms.

Section 4.2: Merging seismic catalogues is difficult, you do not discuss the approaches you took to do that correctly. For example, how did you ensure that you removed all duplicates?

Figure 4.16, p. 87: How reliable are these estimates of seismogenic thickness?

In the second paragraph, p. 95: You state that ‘A relevant by-product is the b-value of the Gutenberg-Richter recurrence relation (Fig. 4.15). For most of the study area, the estimated values fall in the 0.8 - 1.2 interval. Small patches with high values greater than 1.4 can be observed in Central Apennines, Calabrian Arc and south-eastern part of Sicily. A relative increase of the b-value may suggest a tendency to low stress accumulation. Patches characterized by values lower than 0.8 concentrate along most in the Alps and in some patches in Northern Apennines, suggesting a general tendency for stress accumulation.’ I suggest that the last sentence read ‘Patches characterized by values lower than 0.8 concentrate along most in the Alps and in some patches in Northern Apennines, suggesting a general tendency for a relative reduction in stress accumulation.’

p. 96, last paragraph: You state that ‘As previously highlighted, a duration of 400 years can be considered the minimal temporal length to reasonably capture the statistical long-term behaviour of seismicity over the study area. Therefore, the estimated seismic moment-rates (Figs. 4.17 - 4.18) can be considered reliable for most of the study area.’ I respectfully disagree on two points. First, you don’t really state that 400 years is enough - the Ward reference does not state that, and he looked at a particular tectonic region – only that 100-300 years is not enough. To understand what the correct, sufficiently long enough period of time to estimate long-term behaviour, a region-specific analysis of the regional seismicity and tectonics is necessary. Or references that have investigated this before.

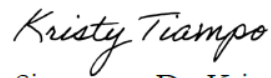
Section 5.1.1, 5.2.1, 5.3.1, 5.4.1: The same questions posted above, for the seismic catalogues, are relevant here.

5.2 Sicily Channel: How reliable is the seismic data, locations and depths, given that seismometers are land-based, not close to the channel seismicity? How do potential errors affect the seismic moment estimates and pattern. The same question applies to the GNSS data. You should provide a discussion of the potential implications on your results.

5.4 Egypt, p.115: You state, in the first sentence, that 'An updated and Poissonian earthquake catalog...' In my experience, an earthquake catalog is rarely really Poissonian. How did you confirm this? It's not necessary for your analysis, it might be simpler to remove that description.

Chapter 6: An important question here is what is the effect of the mismatch between geodetic and seismic time periods? I believe you should discuss this in greater detail.

Date: October 7, 2022



Signature: Dr. Kristy F. Tiampo



- **Titolo Tesi:** Confronto tra i tassi di deformazione sismica e geodetica: alcune applicazioni nelle aree del Mediterraneo (*Seismic and geodetic moment-rates comparison: some applications in the Mediterranean areas*).
- **Studente di Dottorato:** Federica Sparacino.
- **Tutor:** Prof.ssa Maria Serafina Barbano (Università degli Studi di Catania - Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Catania, Italia).
- **Co-Tutor:** Dott. Mimmo Palano (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Etneo - Sezione di Catania, Catania, Italia).
- **Ciclo Dottorato:** XXXV.

Relazione finale dell'attività svolta

1. Introduzione

L'identificazione di scenari sismici significativi coinvolge diversi campi scientifici. Gli studi sulla sismicità si affiancano all'analisi del campo di deformazione, dove l'idea di base è che in un dato volume crostale lo strain-rate misurato dovrebbe essere bilanciato da quello rilasciato sismicamente. In un contesto tale, il confronto tra il tasso di deformazione geodetica e quella sismica fornirebbe informazioni cruciali per la comprensione del comportamento delle faglie (sismico vs asismico), nonché per evidenziare le regioni interessate da *gaps* sismici, con ovvie implicazioni sulla valutazione del rischio sismico delle regioni soggette ad una rilevante deformazione tettonica in corso (essenzialmente per una valutazione del rischio sismico dipendente dal tempo).

L'obiettivo principale di questa tesi di dottorato è stato quello di stimare e confrontare i tassi di deformazione geodetica e sismica in alcune aree del Mediterraneo (regione Ibero-Maghreb, Canale di Sicilia, Italia, regione anatolica-egea, Egitto). A tal fine sono stati presentati i diversi studi condotti in questi anni (Capitolo 5). L'elemento innovativo proposto è la regione italiana (Capitolo 4), in quanto storicamente interessata da terremoti distruttivi, con magnitudo superiore a 7. Un attento studio delle grandezze coinvolte accompagnato da un'esposizione dettagliata delle formule esistenti è stato trattato nel Capitolo 2. Il workflow sviluppato (scritto in linguaggio di programmazione MATLAB; <https://it.mathworks.com>) per automatizzare la stima dei tassi di deformazione sismici e geodetici è stato descritto in dettaglio nel Capitolo 3.



A tal fine sono stati raccolti ed elaborati tutti i dati GNSS acquisiti da stazioni continue ed episodiche, disponibili sia su archivi online (come ad esempio SOPAC, UNAVCO, EUREF, RING, ITALPOS, NETGEO, reti a scala regionale, ecc.) sia nel database generale dell'Osservatorio Etneo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. I dati GNSS sono stati processati mediante l'utilizzo del software scientifico GAMIT/GLOBK (Herring et al., 2018; <http://www-GNSSg.mit.edu>). La soluzione ottenuta è stata integrata con quelle già disponibili in letteratura utilizzando un unico sistema di riferimento, al fine di migliorare il dettaglio del campo di deformazione crostale di ciascuna area di studio. In uno step successivo, ciascuna area investigata è stata suddivisa in poligoni e per ciascuno di essi sono stati stimati i tassi di deformazione geodetica mediante la formulazione proposta da Savage & Simpson (1997). La dimensione e la delimitazione di ciascun poligono sono state opportunamente scelte in base i) alla distribuzione spaziale della sismicità, ii) al numero di stazioni GNSS, iii) alle caratteristiche geologiche e sismo-tettoniche locali.

Per quanto concerne l'aspetto sismologico, per ciascuna regione di studio è stato compilato un catalogo della sismicità strumentale e storica. All'interno di ciascuna regione di studio, per ciascun poligono identificato sono stati calcolati i tassi di deformazione sismica mediante la formulazione di Hyndman & Weichert (1983). Tale approccio stima il tasso di deformazione sismica prendendo in considerazione la relazione sulla distribuzione dei terremoti di Gutenberg-Richter all'interno del poligono ed il valore di massima magnitudo possibile. Inoltre, per caratterizzare adeguatamente il comportamento sismico di ciascun poligono identificato, i tassi di deformazione sismica sono stati calcolati adottando anche la formulazione proposta da Kostrov (1974). Tale formulazione permette di stimare il tasso di deformazione sismica di una data area e in un dato intervallo temporale, sommando il momento sismico scalare di ciascun terremoto.

In uno step finale, dal rapporto tra il tasso di deformazione sismica e geodetica è stato stimato il valore del coefficiente di efficienza sismica (SCC) per ciascun poligono. La distribuzione spaziale dell'SCC è stata confrontata con la distribuzione delle strutture tettoniche attive e con la distribuzione dei terremoti di elevata magnitudo al fine di meglio valutare i risultati ottenuti e di proporre un quadro realistico delle modalità di deformazione crostale nelle aree di studio.

1.1 Obiettivi specifici della ricerca

L'obiettivo principale di questa tesi di dottorato è stato quello di studiare la distribuzione areale dell'SCC all'interno delle suddette aree investigate del Mediterraneo.



Questo obiettivo è stato perseguito attraverso il raggiungimento dei seguenti obiettivi parziali:

- stima del campo di velocità geodetica (il quale è stato riferito ad adeguati sistemi di riferimento);
- compilazione di cataloghi di sismicità storica e strumentale; mappe della distribuzione della sismicità sulle aree investigate;
- calcolo del campo dei tassi di deformazione geodetica per ciascuna delle aree investigate;
- calcolo del campo dei tassi di deformazione sismica per ciascuna delle aree investigate.

2. Attività di ricerca svolte nel 3° anno (31 Ottobre 2021 – 31 Ottobre 2022)

Le principali attività che hanno caratterizzato il terzo anno di studio (vedasi diagramma di Gantt del progetto iniziale) sono state, i) l'ultimazione di un database geodetico per l'Italia, ii) la conclusione dell'elaborazione dei dati GNSS collezionati per l'Italia, iii) il calcolo del coefficiente di efficienza sismica per l'Italia, e iv) la stesura dell'elaborato finale. In particolare, il primo semestre è stato caratterizzato dalle seguenti attività:

- ultimazione della raccolta, archiviazione, acquisizione ed elaborazione dei dati GNSS disponibili a scala globale (SOPAC, <http://sopac-csrc.ucsd.edu/>; NOAA (<ftp://alt.ngs.noaa.gov/cors>); UNAVCO, <https://www.unavco.org/>; EUREF, <https://www.epncb.oma.be/>), a scala nazionale (ASI, <https://www.asi.it/>; RING, <http://ring.gm.ingv.it/>; ITALPOS (<https://www.hexagonmi.com/it-it>), NETGEO, <http://www.netgeo.it/>; ecc.) ed a scala regionale (reti geodetiche gestite da istituzioni locali o regionali) per l'area italiana;
- è stato aggiornato con cadenza mensile (fino a Gennaio 2022) il catalogo di sismicità strumentale per l'Italia (Database parametrico e strumentale della sismicità italiana ISIDe, <http://terremoti.ingv.it/#>), archiviato e formattato in modo da poter essere importato dal software *zmap* (Wiemer, 2001);
- è stato calcolato il campo di deformazione crostale per l'Italia (in termini di velocità mm/anno) per tutte le stazioni GNSS operanti in continuo e con una finestra temporale di acquisizione di almeno 2.5 anni. La soluzione ottenuta è stata integrata con quelle già disponibili in letteratura utilizzando un unico sistema di riferimento.

Per quanto concerne invece il secondo semestre:

- sono stati calcolati i tassi di deformazione sismica e geodetica, con conseguente stima del coefficiente di efficienza sismica per l'area italiana;



- osservazioni conclusive e stesura dell'elaborato finale.

3. Risultati

- Il workflow per il calcolo del coefficiente di efficienza sismica sviluppato è stato testato per tutte le aree investigate ed ha fornito risultati consistenti (in termini di stime di SCC) con le zone esaminate;
- È stato ottenuto un campo di velocità geodetica per l'area italiana;
- Questi studi applicati a diverse aree hanno fornito nuove informazioni sulla pericolosità sismica di vaste aree della regione mediterranea, che sono state soggette a rilevanti rilasci sismici. L'approccio mostrato insieme con il workflow associato può essere facilmente applicato in altre strutture tettoniche mondiali, fornendo nuovi strumenti per la previsione dei terremoti.

4. Prospettive future

Un primo possibile miglioramento risiede in un ulteriore sviluppo di alcuni elementi di calcolo all'interno del workflow. Ad esempio, per il caso di studio italiano è stata adottata una geometria regolare con celle quadrate, ma i risultati ottenuti suggeriscono che geometrie irregolari, caratterizzate da differenti orientazioni (ad esempio parallele ai principali domini tettonici), potrebbero in alcuni casi essere maggiormente idonee. Pertanto in uno sviluppo futuro si prevede di implementare all'interno del workflow la possibilità di usare in ingresso geometrie irregolari, definite ad hoc in base alle caratteristiche geologiche della regione di studio. Questo permetterebbe, ad esempio, di utilizzare le zonazioni sismiche disponibili per una data regione (generalmente in formato shapefile) o di testare rapidamente differenti zonazioni disponibili per la medesima area studio.

Un altro ulteriore elemento di sviluppo è quello relativo al calcolo dello strain geodetico. Al momento attuale, il workflow accetta in input i campi di strain calcolati da tre codici di calcolo esterno. Pertanto, questa procedura deve essere necessariamente eseguita separatamente. In prospettiva futura, si potrebbe implementare all'interno del workflow una o più procedure di calcolo dello strain geodetico, utilizzando come input una generica soluzione di velocità geodetica. L'operatore potrebbe pertanto settare i parametri di calcolo dello strain geodetico direttamente all'interno del workflow e vedere, mediante test ripetuti, come i risultati ottenuti condizionano i valori finali degli SCC.

Altro elemento di sviluppo potrebbe essere quello legato all'implementazione all'interno del workflow del calcolo delle incertezze dei risultati ottenuti. Molti dei parametri



necessari per la stima dei valori degli SCC sono affetti da errori; una corretta trattazione statistica di questi parametri permette di stimare in maniera realistica le incertezze associate ai valori di SCC. Allo stato attuale, la trattazione statistica di questi errori viene fatta mediante l'utilizzo di un altro codice di calcolo, sviluppato sempre in MATLAB, ma non direttamente correlato a quello principale. Pertanto, l'implementazione di questo codice di calcolo all'interno del workflow rappresenterebbe un ulteriore elemento di sviluppo.

5. Pubblicazioni ed attività formative

5.1 Articoli su rivista

1. Di Luccio, F., & FURTHER-Team. *Geodynamic significance of CO₂ Earth degassing in the Apennines*. (Manoscritto revisionato sottomesso a *Earth Science Reviews* il 17/06/2022).
2. Palano, M., **Sparacino, F.**, Gambino, P., D'Agostino, N., & Calcaterra, S. (2022). *Slow slip events and flank instability at Mt. Etna volcano (Italy)*. *Tectonophysics*, 836, 229414. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2022.229414>.
3. **Sparacino, F.**, Galuzzi, B.G., Palano, M., Segou, M., & Chiarabba, C. (2022). *Seismic coupling for the Aegean-Anatolian region*. *Earth-Science Reviews*, 228, 103993. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.103993>.
4. Sawires, R., Peláez, J.A., **Sparacino, F.**, Radwan, A.M., Rashwan, M., & Palano, M. (2021). *Seismic and Geodetic Crustal Moment Rates Comparison: New Insights on the Seismic Hazard of Egypt*. *Applied Sciences*, 11, 7836. <https://doi.org/10.3390/app11177836>.
5. Radwan, A.M., Bedair, S., Mansour, K., Abdelrahman, K., Rashwan, M., **Sparacino, F.**, & Fnais, M.S. (2021). *Evaluation of Near - Surface Groundwater Aquifers through Integrated Geophysical and Geodetic Measurements*. *Journal of King Saud University – Science*, 33, 101549. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101549>.
6. Rashwan, M., Sawires, R., Radwan, A. M., **Sparacino, F.**, Pelaez, J. A., & Palano, M. (2021). *Crustal Strain and Stress Fields in Egypt from Geodetic and Seismological Data*. *Remote Sensing*, 13(7), 1398. <https://doi.org/10.3390/rs13071398>.
7. Palano, M., Ursino, A., Spampinato, S., **Sparacino, F.**, Polonia, A., & Gasperini, L. (2020). *Crustal deformation, active tectonics and seismic potential in the Sicily Channel (Central*



- Mediterranean*), along the Nubia-Eurasia plate boundary. *Scientific Reports*, 10, 21238. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78063-1>.
8. Pezzo, G., Petracchini, L., Devoti, R., Maffucci, R., Anderlini, L., Antoncecchi, I., Billi, A., Carminati, E., Ciccone, F., Cuffaro, M., Livani, M., Palano, M., Petricca, P., Pietrantonio, G., Riguzzi, F., Rossi, G., **Sparacino, F.**, & Doglioni, C. (2020). *The active Fold-Thrust Belt to foreland transition in northern Adria, Italy, tracked by Seismic Reflection Profiles and GPS offshore data*. *Tectonics*, 39(11), e2020TC006425. <https://doi.org/10.1029/2020TC006425>.
 9. Palano, M., Pezzo, G., Serpelloni, E., Devoti, R., D'Agostino, N., Gandolfi, S., **Sparacino, F.**, Anderlini, L., Poluzzi, L., Tavasci, L., Macini, P., Pietrantonio, G., Riguzzi, F., Antoncecchi, I., Ciccone, F., Rossi, G., Avallone, A., & Selvaggi, G. (2020). *Geopositioning time series from offshore platforms in the Adriatic Sea*. *Scientific data*, 7, 373. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00705-w>.
 10. **Sparacino, F.**, Palano, M., Peláez, J. A., & Fernández, J. (2020). *Geodetic Deformation versus Seismic Crustal Moment-Rates: Insights from the Ibero-Maghrebian Region*. *Remote Sensing*, 12(6), 952. <https://doi.org/10.3390/rs12060952>.

5.2 Abstracts sottomessi a convegni, workshops e conferenze

1. Sawires R., Peláez J.A., **Sparacino F.**, Radwan A.M., Rashwan M., Palano M. – *Seismic Crustal Moment-Rates versus Geodetic Deformation: Insights on the Seismic Hazard of Egypt*. 11th International Conference on the Geology of Africa (ICGA-11), Assiut (Egypt), 8-10 Novembre 2022.
2. Palano M., **Sparacino F.**, Galuzzi B.G., Segou M., Chiarabba C. – *A recent seismic coupling estimation for the Aegean-Anatolian region*. Convegno Nazionale del GNGTS, Trieste (Italia), 27 – 29 Giugno 2022.
3. **Sparacino F.**, Pezzo G. – *A useful tool for the statistical analysis of InSAR datasets*. Convegno della Società Geologica Italiana (SGI-SIMP), Torino (Italia), 19 – 21 Settembre 2022.
4. **Sparacino F.**, Galuzzi B.G., Palano M., Segou M., Chiarabba C. – *A recent seismic coupling estimation for the Aegean-Anatolian region*. Convegno della Società Geologica Italiana (SGI-SIMP), Torino (Italia), 19 – 21 Settembre 2022.
5. Palano M., **Sparacino F.**, Gambino P., D'Agostino N., Calcaterra S. – *Slow slip events at Mt. Etna volcano*. Convegno della Società Geologica Italiana (SGI-SIMP), Torino (Italia), 19 – 21 Settembre 2022.



6. Palano M., **Sparacino F.**, Gambino P., D'Agostino N., Calcaterra S. – *Slow slip events at Mt. Etna volcano*. Convegno Nazionale del GNGTS, Trieste (Italia), 27 – 29 Giugno 2022.
7. Rashwan M., Sawires R., Radwan A.M., **Sparacino F.**, Pelaez J.A., Palano M. – *Present-day Crustal Strain and Stress Fields of Egypt*. The Arab Conference on Astronomy and Geophysics - 7th Assembly (ACAG 7), Cairo (Egypt), 11 – 14 Ottobre 2021. <https://acag-conf.org/wp-content/uploads/2021/10/ACAG7-Book.pdf>.
8. Galuzzi B. G., **Sparacino F.**, Palano M. – *Insight on seismic hazard: a cutting-edge framework for seismic coupling coefficient computation*. Convegno Nazionale del GNGTS (Italia), 22 – 24 Giugno 2021.
9. Anderlini L., Serpelloni E., Devoti R., Palano M., **Sparacino F.**, Pezzo G. - *Constraints on the Apennines-Adria shortening from continuous offshore GNSS stations*. ESC21, 2021. Congresso ESC, Corfù (Grecia), 19-24 Settembre 2021.
10. Palano M., **Sparacino F.**, Escayo J., Prieto J. F., Fernandez J. - *A novel GNSS-based velocity field for Iberia*. ESC21-128, 2021. Congresso ESC, Corfù (Grecia), 19-24 Settembre 2021.
11. Polonia A., Artoni A., Barberi G., Billi A., Gasperini L., Palano M., Sgroi T., Spampinato S., **Sparacino F.**, Torelli L., Ursino A. - *The role of structural inheritance on Africa-Eurasia plate boundary evolution and neotectonics in the central Mediterranean sea*. EGU21-5574, 2021. Congresso EGU, Vienna (Austria), 19-30 Aprile 2021. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021EGUGA..23.5574P/abstract>.
12. **Sparacino F.**, Galuzzi B. G., Palano M., Segou M., Chiarabba C. - *The Aegean - Anatolian region: insights on seismic hazard from geodetic and seismological observations*. Geophysical Research Abstracts, EGU2020-19127, 2020. Congresso EGU, Vienna (Austria), 3 - 8 Maggio 2020. Poster. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020EGUGA..2219127S/abstract>.
13. Palano M., Ursino A., Spampinato S., **Sparacino F.**, Polonia A., Gasperini P. – *Geodetic and seismic moment-rates comparison on Sicily Channel (Italy)*. Conferenza A. Rittmann, Catania (Italia), 12 – 14 Febbraio 2020. Miscellanea INGV 2020, n. 52, pag. 37, poster. https://www.conferenzarittmann.it/images/2020/Miscellanea_52.pdf.
14. Palano M., **Sparacino F.** - *Current stress and strain-rate fields across Eastern Mediterranean and Middle East: constraints from seismological and geodetic data*. Congresso AGU, San Francisco (USA), 9-13 Dicembre 2019. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019AGUFM.S11G0426P/abstract>.
15. **Sparacino F.**, Palano M., Ursino A., Spampinato S., Polonia A., Gasperini P. – *Seismic and aseismic crustal deformation on Sicily Channel (Italy)*. Convegno Nazionale del GNGTS,



- Roma (Italia), 12 – 14 Novembre 2019. Poster con presentazione orale.
https://gngts.ogs.it/archivio/files/2019/GNGTS_1.2.pdf.
16. **Sparacino F.**, Palano M., Bella D., Calcaterra S., D'Agostino N., Gambino P. – *Episodic aseismic slip events at Mt. Etna volcano (Italy)*. Convegno Nazionale del GNGTS, Roma (Italia), 12 – 14 Novembre 2019. Poster.
https://gngts.ogs.it/archivio/files/2019/GNGTS_1.3.pdf.
17. **Sparacino F.**, Palano M., Peláez J. A. - *Insight on seismic hazard of the Ibero-Maghrebian region from seismic and geodetic moment-rates comparison*. Convegno Nazionale del GNGTS, Roma (Italia), 12 – 14 Novembre 2019. Poster.
https://gngts.ogs.it/archivio/files/2019/GNGTS_1.1.pdf.

5.3 Corsi seguiti

1. *Matlab* (3 CFU), Prof. Andrea Cannata. 1° Semestre, A. A. 2019/2020;
2. *Sismologia* (6 CFU), Prof. Stefano Gresta. 2° Semestre, A. A. 2019/2020;
3. *Laboratorio di Sismologia* (3 CFU), Prof. Giovanni Distefano. 2° Semestre, A. A. 2019/2020;
4. *Satellite SAR interferometry as a supporting tool for the land subsidence* (4 CFU), Dott. ssa Roberta Bonì. 1° Semestre, A. A. 2020/2021;
5. *Statistica* (9 CFU), Prof. Salvatore Ingrassia. 1° Semestre, A. A. 2020/2021;
6. *Earthquake Geology* (3 CFU), Prof. Luigi Ferranti. 1° Semestre, A. A. 2021/2022.

5.4 Periodo all'estero da remoto

A causa delle restrizioni legate alla pandemia di Covid-19, nel secondo anno di studio il periodo all'estero è stato effettuato in modalità remota (dal 15/03/2021 fino a 30/06/2021) presso *The Hebrew University of Jerusalem*, al fine di svolgere le attività di ricerca oggetto della tesi di Dottorato.

Durante il suddetto periodo la sottoscritta ha avuto occasione di lavorare nell'ambito delle attività di ricerca del settore attinente al progetto di Dottorato e di approfondire le conoscenze di Sismologia, supportata dal supervisore Prof. Amotz Agnon, Professore di Geologia e Geofisica, per il percorso di ricerca concordato ai fini del lavoro di tesi di dottorato.

Tra le principali attività svolte:

- ✓ è stato tenuto un meeting di presentazione sulle tematiche di ricerca in corso;
- ✓ è stato seguito il corso *Earthquakes and Seismic Hazard*, tenuto dal Prof. Amotz Agnon;



✓ è stato tenuto un seminario di un'ora nell'ambito del corso *Earthquakes and Seismic Hazard* dal titolo “*A workflow to estimate seismic and geodetic moment-rates (The Aegean-Anatolian case study)*”;

sono stati seguiti numerosi seminari a carattere scientifico di diversi ambiti (Sismologia, Geofisica, Geodesia, Sedimentologia, Geochimica, Petrografia...).

6. Bibliografia

Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., & McClusky, S. C. (2018). Introduction to GAMIT/GLOBK, release 10.70. *Massachusetts Institute of Technology, Cambridge*.

Hyndman, R. D., & Weichert, D. H. (1983). Seismicity and rates of relative plate motion on the plate boundaries of western North America. *Geophysical Journal International*, 72(1), 59–82. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1983.tb02804.x>.

Kostrov, V. V. (1974). Seismic moment and energy of earthquakes, and seismic flow of rock. *Izv. Acad. Sci. USSR Phys. Solid Earth*, 1, 23–44.

Savage, J. C., & Simpson, R. W. (1997). Surface strain accumulation and the seismic moment tensor. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 87(5), 1345-1353. <https://doi.org/10.1785/BSSA0870051345>.

Wiemer, S. (2001). A software package to analyze seismicity: ZMAP. *Seismological Research Letters*, 72(3), 373-382. <https://doi.org/10.1785/gssrl.72.3.373>.

Catania, 10/10/2022

Firma del Dottorando:

Firma del Tutor:

Firma del Co-Tutor: