

## ANDREA MORELLI – CURRICULUM VITAE

Come sismologo, il mio interesse principale è la ricostruzione tomografica della struttura profonda della Terra. Nel corso della mia carriera, tuttavia, due specifiche caratteristiche credo abbiano definito il mio percorso. In primo luogo, una forte curiosità scientifica mi ha portato ad **esplorare un ampio spettro di argomenti** in sismologia, passando dal nucleo interno fino alla crosta terrestre, dal rumore sismico alla risonanza degli edifici, dalla sismometria *very broadband* alle reti microsismiche locali. In secondo luogo, ho sempre mostrato una propensione a farmi coinvolgere nella **gestione di infrastrutture e progetti scientifici**, a beneficio collettivo della comunità scientifica. Forse avrei potuto trarre vantaggio da un approccio più mirato, ma **curiosità e impegno verso la comunità** sono stati tratti distintivi del mio percorso.

Il mio impegno più recente in ambito organizzativo e gestionale, che ha assorbito prioritariamente la mia attenzione negli anni 2018-2023, è stato la creazione dell'unità organizzativa del mio ente dedicata al monitoraggio degli effetti geofisici delle **tecnologie energetiche sotterranee** (*Centro per il monitoraggio del sottosuolo, CMS*). Di fronte all'impegno formale ad effettuare il servizio, le risorse necessarie erano di fatto totalmente assenti: niente personale, nessuna infrastruttura hardware né software e nessun finanziamento. L'unità avrebbe dovuto fare affidamento esclusivamente su finanziamenti esterni, ma non esisteva nemmeno il canale per consentirne il finanziamento. Nonostante questa sfida, ho riunito un **team di scienziati** motivati e mi sono impegnato nelle trattative per assicurarci adeguate **risorse finanziarie** -- insieme al quadro normativo per rendere possibile il finanziamento. Successivamente, insieme abbiamo costruito una nuova **infrastruttura di monitoraggio** e abbiamo attivato una routine online (vedi [Morelli et al., 2024]). Ho assicurato la nostra partecipazione attiva in **cinque aree industriali**, secondo incarichi del ministero competente, e ho lasciato l'unità con un consistente **avanzo** di bilancio. I miei altri contributi alla comunità scientifica sono riassunti di seguito.

Scientificamente, i miei principali risultati sono legati allo studio della **struttura della Terra**, sia profonda che superficiale, utilizzando **onde di volume**, **onde di superficie**, oltre che la **polarizzazione del rumore sismico**, **correlazione e autocorrelazione**; lo studio delle **sorgenti di terremoti** di magnitudo intermedia; la **simulazione numerica** della propagazione delle onde sismiche per l'imaging e gli scenari di scuotimento; l'**inversione tomografica** completamente non lineare. Il tratto qualificante tutte le mie ricerche consiste nell'utilizzo del segnale sismico — in tutte le sue forme, dal segnale dei terremoti ai microsismi marini — in modo originale e sviluppando le tecniche necessarie. Soprattutto, gli studi della struttura del **nucleo terrestre**; oltre a quelli del **mantello superiore** della regione **Euro-Mediterranea** e della geometria delle **sorgenti sismiche** nello stesso ambito geografico hanno avuto impatto significativo nella comunità scientifica. Ho organizzato numerose scuole avanzate e ho tenuto corsi universitari di **fisica terrestre**, **tomografia sismica** e **teoria dei problemi inversi**. I miei principali risultati scientifici sono altrimenti riassunti di seguito e sono documentati dalla lista delle mie pubblicazioni.

### Posizione attuale e contatti:

Dirigente di Ricerca, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna

Professore a contratto, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, Dipartimento di Fisica e Astronomia (2008-2025)

Email [andrea.morelli@ingv.it](mailto:andrea.morelli@ingv.it) [andrea.morelli.bo@gmail.com](mailto:andrea.morelli.bo@gmail.com) [andrea.morelli7@unibo.it](mailto:andrea.morelli7@unibo.it)

Web <https://www.unibo.it/sitoweb/andrea.morelli7/en>

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7400-8676>

Google Scholar page <https://scholar.google.com/citations?user=NU1sgaEAAAAJ>

## PRINCIPALI RISULTATI SCIENTIFICI

Il mio interesse mi ha portato ad esplorare un ampio spettro di argomenti. Ecco alcuni dei risultati più significativi del mio lavoro.

**Struttura terrestre profonda.** All'Università Harvard, durante gli anni dal 1984 al 1987, ho avuto l'eccezionale opportunità di lavorare in un gruppo straordinario (il gruppo di sismologia includeva tra gli altri Adam Dziewoński e John Woodhouse) e di vivere anni cruciali per la tomografia sismica globale e per le scoperte nell'interno della Terra. I miei principali contributi hanno riguardato la struttura del nucleo terrestre [Morelli et al., 1986; Morelli e Dziewoński, 1987a; Morelli e Dziewoński, 1987b]. In seguito, ho anche

avuto l'opportunità di contribuire a importanti libri che descrivevano la tecnica della tomografia sismica, allora nuova ed in rapida evoluzione [Morelli e Dziewoński, 1987b; Morelli e Dziewoński, 1991; Morelli, 1993].

**Mantello superiore e geodinamica del Mediterraneo.** Durante i miei anni all'ING di Roma, il mio interesse si è concentrato sul dominio Europeo-Mediterraneo e sulla sua intrigante geodinamica. Con Claudia Piromallo ho studiato la localizzazione dei terremoti e la struttura del mantello superiore di questa regione utilizzando i tempi di propagazione delle onde di volume e sono stato coautore di un modello [Piromallo e Morelli, 2001; 2003] che fornisce un'istantanea della litosfera in subduzione, utilizzato per trarre inferenze geodinamiche [Faccenna et al., 2003] e ampiamente referenziato ancora oggi.

**Sorgenti sismiche in Italia e nel Mediterraneo.** Il mio interesse per le sorgenti sismiche è iniziato osservando la complessa deformazione della fascia tettonica attiva nel Mediterraneo, confrontando inferenze geodetiche e sismiche [Pondrelli e Morelli, 1995]. La sequenza sismica dell'Italia centrale del 1997-98 ha segnato l'inizio di una nuova collaborazione con Göran Ekström sul calcolo delle caratteristiche delle sorgenti sismiche mediante l'inversione delle onde di superficie [Ekström et al., 1998; Morelli et al., 2000]. Il progetto *European Mediterranean Regional Centroid Moment Tensor*, che è nato da quell'esperienza, si è avvalso della collaborazione di Silvia Pondrelli, il cui impegno diretto lo ha poi trasformato in un'attività continuativa e in un database sistematico in continua crescita [Pondrelli et al., 2002; 2004; 2007].

**Antartide: struttura e terremoti.** I miei interessi di ricerca in Antartide hanno incluso la struttura profonda del continente [Danesi e Morelli, 2001; Morelli e Danesi, 2004; Danesi et al., 2007; Faccenna et al., 2008]; gli insoliti terremoti che si verificano sotto i grandi ghiacciai [Danesi et al., 2007] e, più recentemente, la struttura della crosta [Baranov et al., 2013; 2021a; 2021b].

**Simulazione numerica della propagazione delle onde sismiche: Appennini, Vrancea, scuotimento.** L'evoluzione delle infrastrutture di calcolo e del software scientifico ha reso possibile la simulazione numerica della propagazione delle onde sismiche in strutture realistiche. Questa è stata l'occasione per studiare le riflessioni delle onde superficiali utilizzando il metodo aggiunto [Stich e Morelli, 2007; Stich et al., 2009]; simulare la propagazione delle onde sismiche in mezzi 3D a scale diverse utilizzando tecniche numeriche [Danecek et al., 2011]; utilizzare la tomografia sismica sulle forma d'onda complete basata sul metodo aggiunto per studiare la struttura dello slab sotto la Vrancea [Baron e Morelli, 2017]; sintetizzare scenari di scuotimento sismico nella pianura sedimentaria padana [van Ede et al., 2020].

**Rumore sismico: generazione e uso per ricostruire la struttura della crosta terrestre.** Ho avuto occasione di studiare i meccanismi di generazione del rumore di fondo sismico in collaborazione con Lucia Gualtieri e l'IPG Parigi [Gualtieri et al., 2015a; 2015b]. Un nuovo approccio ha permesso la determinazione della struttura mediante l'osservazione da singola stazione dell'ellitticità delle onde di Rayleigh sui dati sismici e sul rumore di fondo [Berbellini et al., 2016; 2017; 2019; Jones et al., 2021; 2023].

**Tomografia sismica anisotropa completamente non lineare.** Una collaborazione in corso con l'Università di Padova ha prodotto modelli di struttura anisotropica seguendo un metodo di inversione Monte Carlo a catena di Markov completamente non lineare e *reversible-jump* (a salti reversibili) [Del Piccolo et al., 2024].

## PRINCIPALI CONTRIBUTI ALLA COMUNITÀ, ALLA FORMAZIONE E ALLO SVILUPPO DI ALTRI

Nel corso della mia carriera ho sempre dato disponibilità a partecipare attivamente alla gestione di vaste infrastrutture di ricerca e progetti scientifici, a beneficio collettivo della comunità scientifica.

**MEDNET.** Accettando l'offerta di unirmi come ricercatore all'Istituto Nazionale di Geofisica di Roma, nel 1987 decisi con entusiasmo di tornare in Italia dagli USA. Mi dedicai a nuovi progetti. Alla fine degli anni '80, con Domenico Giardini gettammo a quattro mani le basi per la rete sismica mediterranea a banda larga MEDNET, che poco dopo – quando il mio collega se ne andò – diressi da solo per molti anni. A quel tempo, MEDNET assorbiva gran parte delle mie energie, crescendo fino a comprendere 12 stazioni – per lo più in siti eccellenti ma molto remoti in paesi nordafricani – e includeva altre 6 stazioni in Italia provenienti da altri progetti. Giovanni Romeo, Alberto Delladio e Salvatore Mazza – che nel 2000 mi sostituì come direttore della rete – diedero un contributo essenziale all'impresa. Partecipai a diversi organi e comitati di ORFEUS e della neonata Federation of Digital Seismographic Networks.

**Infrastrutture di ricerca in Antartide.** Come scienziato impegnato nella tomografia globale e nello sviluppo delle reti sismografiche, quando sentii parlare di un programma di ricerca italiano in Antartide proposi l'installazione di una stazione a banda ultra-larga presso la Base. Il progetto, curato da Romeo e Delladio, dal 1990 mi ha portato a un lungo coinvolgimento nel

programma nazionale antartico italiano e nella ricerca antartica in generale. Dal 1993 ho coordinato, a livello nazionale, le attività degli osservatori geodetici e geofisici permanenti. Sono anche stato delegato nazionale presso il Gruppo di Lavoro SSG di Geoscienze dello *Scientific Committee on Antarctic Research* (SCAR) e membro del Gruppo di Esperti (GoE) ANTEC dello SCAR.

**La Sezione INGV di Bologna.** Dall'inizio degli anni 2000 ho intensificato la frequentazione dell'Università di Bologna, che ospita un nutrito gruppo di geofisica accademica, e mi sono trasferito qui nel 2003, per un ambiente di ricerca più tranquillo e un legame più stretto con l'università e gli studenti. Tra il 2005 e il 2013 sono stato il primo direttore della nuova Sezione INGV di Bologna, un gruppo impegnato in sismologia, vulcanologia, oceanografia e ricerca sul clima, curando fra l'altro la formazione di un centro amministrativo e l'allestimento ex-novo dei locali in via Donato Creti.

**Network TIDES-COST.** Dopo aver partecipato a numerosi progetti scientifici internazionali finanziati dalla Commissione Europea (come TRANSFER, NERIES, SPICE, QUEST), nel periodo 2014-2018 ho presieduto (coordinato) la COST Action TIDES (*Time-Dependent Seismology*), una rete comprendente rappresentanti di 26 paesi europei.

**Monitoraggio delle tecnologie energetiche nel sottosuolo.** Il mio impegno gestionale più recente è stato quello di istituire un'unità organizzativa dedicata al monitoraggio degli effetti geofisici delle tecnologie energetiche del sottosuolo (Centro per il monitoraggio del sottosuolo, CMS). Il mio istituto si era impegnato in tal senso, ma non esisteva ancora nulla: né personale, né infrastrutture hardware/software, né finanziamenti di alcun tipo. L'unità avrebbe dovuto contare solo su finanziamenti esterni, ma mancava lo stesso quadro normativo per questo finanziamento. Nonostante questa sfida, ho potuto riunire un team di scienziati altamente motivati e mi sono impegnato in numerose trattative per assicurarci adeguate risorse finanziarie -- insieme ad un quadro per rendere possibile il finanziamento. Successivamente, abbiamo costruito insieme una nuova infrastruttura di monitoraggio e abbiamo attivato una routine online (vedi [Morelli et al., 2024]). Ho assicurato la nostra attiva partecipazione in cinque aree industriali, secondo incarichi del ministero competente, e ho lasciato l'unità con un consistente avanzo di bilancio. I miei contributi alla comunità sono riassunti di seguito.

**Attività editoriale e di revisore.** Ho valutato proposte e finanziamenti per l'European Research Council (ERC) ed altri enti internazionali e nazionali di finanziamento scientifico. Ho partecipato a valutazioni istituzionali da parte di agenzie nazionali (ad esempio, l'Agenzia Nazionale della Ricerca francese - ANR; la Valutazione della Qualità della Ricerca italiana - VQR). Ho fatto parte del Comitato Editoriale del *Geophysical Journal International* tra il 2011 e il 2025, gestendo oltre 900 manoscritti. Ho svolto numerose volte il ruolo di revisore per manoscritti presentati a diverse riviste scientifiche.

**Contributi allo sviluppo di altri e alla formazione.** Ho seguito diversi scienziati all'inizio della loro carriera, che hanno poi progredito nella ricerca con grande indipendenza: ad esempio, Claudia Piromallo, Silvia Pondrelli, Stefania Danesi, Irene Molinari, Lucia Gualtieri ed altri. Ho organizzato numerose scuole di specializzazione: diversi corsi presso la Scuola Internazionale di Geofisica di Erice (TP, Italia); 4 scuole internazionali TIDES a Bertinoro (Italia), Sesimbra (Portogallo), Oxford (Regno Unito), Praga (Repubblica Ceca). Ho anche tenuto lezioni presso altre scuole di specializzazione (ad esempio, *Mathematics for Signal Processing and Applications in Geophysics* - MaSAG). Sono stato professore a contratto presso le università di Urbino e Bologna. Ho seguito numerosi studenti universitari per le loro tesi di laurea magistrale e di dottorato.

## STORIA PROFESSIONALE

**Formazione.** Mi sono laureato in Geologia all'Università di Bologna nel 1981. Sebbene avessi incluso alcuni corsi di Fisica e Matematica nel mio percorso di studi, sentivo di averne bisogno di più, così mi sono iscritto e poi laureato in Fisica nel 1983 (entrambe le lauree con lode). Ho poi frequentato la scuola di dottorato in Fisica, presso la stessa università, con specializzazione in Geofisica, e ho conseguito il titolo di dottore di ricerca dopo tre anni.

**Harvard.** Grazie al mio tutor, Enzo Boschi, ho incontrato Adam Dziewoński alle scuole estive, prima a Varenna, nel 1982, e poi a Erice nel 1984. Adam mi propose di lavorare ad Harvard, dove sono rimasto come ricercatore associato per più di due anni. Ad Harvard ho avuto l'eccezionale opportunità di lavorare in un gruppo straordinario (il gruppo di sismologia includeva anche John Woodhouse) e di vivere anni cruciali per la tomografia sismica globale e le scoperte nell'interno della Terra. I miei principali contributi riguardavano la struttura del nucleo terrestre [Morelli et al., 1986; Morelli e Dziewoński, 1987a; Morelli e Dziewoński, 1987b]. In seguito, ho anche avuto l'opportunità di contribuire a importanti libri che descrivevano la tecnica della tomografia sismica, allora nuova e in rapida evoluzione [Morelli e Dziewoński, 1987b; Morelli e Dziewoński, 1991; Morelli, 1993].

**Roma.** MEDNET, struttura e sismicità del Mediterraneo. Con l'offerta di un posto di ricercatore presso l'Istituto Nazionale di Geofisica di Roma, nel 1987 decisi con entusiasmo di tornare nel mio Paese d'origine. Continuai a collaborare con Adam su temi

come un modello di riferimento sismologico globale [Morelli e Dziewoński, 1993], ma mi impegnai anche in nuovi progetti. Alla fine degli anni '80, con Domenico Giardini, gettammo a quattro mani le basi per la rete sismica mediterranea a banda larga MEDNET, che poco dopo, quando il mio collega se ne andò, diressi da solo per molti anni. In quel periodo, MEDNET attirò gran parte delle mie energie, arrivando a contare 12 stazioni, per lo più in siti eccellenti ma molto remoti in paesi nordafricani, e includendo altre 6 stazioni in Italia provenienti da altri progetti. Giovanni Romeo, Alberto Delladio e Salvatore Mazza — che nel 2000 mi ha sostituito come direttore della rete — hanno dato un contributo essenziale all'iniziativa. Ho partecipato a vari consigli e comitati di ORFEUS e della neonata Federazione delle Reti Seismografiche Digitali. Durante i miei anni all'ING di Roma, il mio interesse si è concentrato sul dominio europeo-mediterraneo e sulla sua affascinante geodinamica. Con Claudia Piromallo ho studiato la localizzazione dei terremoti e la struttura del mantello superiore di questa regione utilizzando i tempi di propagazione delle onde di corpo e sono stato coautore di un modello [Piromallo e Morelli, 2001; 2003] che fornisce un'istantanea della litosfera in subduzione, utilizzata per trarre inferenze geodinamiche [Faccenna et al., 2003] e ancora oggi ampiamente referenziata. Il mio interesse per le sorgenti sismiche è iniziato infatti osservando la complessa deformazione della catena tettonica mediterranea, confrontando inferenze geodetiche e sismiche [Pondrelli e Morelli, 1995]. La sequenza sismica dell'Italia Centrale del 1997-98 ha segnato l'inizio di una nuova collaborazione con Göran Ekström per il recupero delle caratteristiche delle sorgenti sismiche mediante l'inversione delle onde di superficie [Ekström et al., 1998; Morelli et al., 2000].

**Antartide.** Come scienziato impegnato nella tomografia globale e nelle reti sismografiche, quando ho sentito parlare del programma di ricerca italiano in Antartide, ho proposto l'installazione di una stazione a banda ultralarga presso la base. Il progetto, ideato da Romeo e Delladio, dal 1990 mi ha portato a un lungo coinvolgimento nel programma nazionale antartico italiano e nella ricerca antartica in generale. Dal 1993 ho coordinato, a livello nazionale, le attività degli osservatori geodetici e geofisici permanenti. Sono stato anche delegato nazionale presso lo SCAR Geosciences SSG e membro del SCAR ANTEC GoE. I miei interessi di ricerca in Antartide includevano la struttura profonda del continente [Danesi e Morelli, 2001; Morelli e Danesi, 2004; Danesi et al., 2007; Faccenna et al., 2008]; gli insoliti terremoti che si verificano sotto i grandi ghiacciai [Danesi et al., 2007] e, più recentemente, la struttura crostale [Baranov et al., 2013; 2021a; 2021b].

**Bologna.** progetti europei e rumore sismico. Dall'inizio degli anni 2000 ho intensificato la mia frequentazione dell'Università di Bologna, che ospita un ampio gruppo accademico di geofisica, e mi sono trasferito qui nel 2003, per un ambiente di ricerca più tranquillo e legami più stretti con l'università e gli studenti. Tra il 2005 e il 2013 sono stato il primo direttore della nuova Sezione INGV di Bologna, un gruppo impegnato in sismologia, vulcanologia, oceanografia e ricerca sul clima. Il mio gruppo di ricerca, nel tempo, ha incluso diversi giovani scienziati con i quali ho studiato l'ampia struttura del mantello superiore europeo mediante tomografia a onde di superficie [Schivardi e Morelli, 2009, 2011] e tomografia a tempo di viaggio alle differenze finite [Serretti e Morelli, 2011; Gualtieri et al., 2014]; riflessioni di onde di superficie utilizzando tecniche aggiunte [Stich e Morelli, 2007; Stich et al., 2009]; propagazione di onde sismiche a diverse scale utilizzando tecniche numeriche in media 3D [Danecek et al., 2011]. I principali progetti collaborativi internazionali finanziati dalla Commissione Europea a cui ho partecipato sono SPICE, TRANSFER, NERIES, QUEST. Ho coordinato l'azione COST TIDES. Insieme a Irene Molinari e altri, ho poi rivolto l'attenzione alla struttura della crosta, compilando un modello di riferimento per la struttura crostale europea [Molinari e Morelli, 2011] e infine concentrandomi sull'Italia settentrionale [Molinari et al., 2015], ma anche utilizzando il rumore ambientale [Molinari et al., 2015], i cui meccanismi di generazione ho avuto modo di studiare in collaborazione con Lucia Gualtieri [Gualtieri et al., 2015a; 2015b]. Un nuovo approccio ha permesso la determinazione della struttura mediante l'osservazione a singola stazione dell'ellitticità delle onde di Rayleigh sui dati sismici e sul rumore di fondo [Berbellini et al., 2016; 2017; 2019]. Ho persino studiato i modi normali di una torre storica a Bologna [Morelli et al., 2021].

**Monitoraggio delle tecnologie energetiche sotterranee.** Dal 2018 al 2023 ho coordinato il Centro INGV per il monitoraggio degli effetti delle attività antropiche sulla crosta, ad esempio deformazioni e fenomeni sismici potenzialmente indotti, per il quale abbiamo allestito un sistema di analisi sismica supervisionata in tempo reale che gestisce diverse reti locali [Garcia et al., 2021; 2020; Braun et al., 2020; Morelli et al., 2024].

**Insegnamento.** Sebbene non sia un obbligo derivante dal mio ruolo in un istituto di ricerca, apprezzo l'insegnamento e il contatto con gli studenti. Sono stato responsabile del corso di Geofisica (Fisica terrestre) presso l'Università di Urbino per due anni accademici. Ho tenuto il corso di Tomografia Sismica, e successivamente di Inversione di dati geofisici, nel corso di Laurea Magistrale in Fisica della Terra presso l'Università di Bologna. Svolgo attività di tutoraggio per studenti di laurea triennale e magistrale. Ho organizzato diversi workshop e scuole internazionali.

Bologna, 14 giugno 2025