



Progetto di Interesse strategico NEXTDATA

Attività di ricerca e risultati preliminari del Progetto NEXTDATA

Lirer Fabrizio⁽¹⁾, Vallefucio Mattia⁽¹⁾, Albertazzi Sonia⁽²⁾, Anzalone Erlisiana⁽¹⁾, Bellucci Luca⁽²⁾, Bonomo Sergio⁽¹⁾, Capotondi Lucilla⁽²⁾, Cascella Antonio⁽³⁾, De Michelis Paola⁽⁵⁾, Di Rita Federico⁽⁴⁾, Ferraro Luciana ⁽¹⁾, Florindo Fabio⁽⁵⁾, Giuliani Silvia⁽²⁾, Insinga Donatella Domenica⁽¹⁾, Lurcock Pontus Conrad ⁽⁵⁾, Magri Donatella⁽⁴⁾, Margaritelli Giulia⁽¹⁾, Marra Fabrizio⁽⁵⁾, Marsella Ennio ⁽¹⁾, Meloni Antonio⁽⁵⁾, Montagna Paolo ⁽²⁾, Pelosi Nicola⁽¹⁾, Petrosino Paola⁽⁶⁾, Sorgato Stefania⁽¹⁾, Venuti Alessandra ⁽⁵⁾, Winkler Aldo ⁽⁵⁾

- 1) Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC) – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Calata Porta di Massa, Interno Porto di Napoli, 80133, Napoli, Italia
- 2) Istituto Scienze Marine, ISMAR– CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Via Gobetti 101 40129 Bologna, Italia
- 3) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Via della Faggiola 32, 52126 Pisa, Italia
- 4) Dipartimento di Biologia Ambientale – Botanica, Università La Sapienza di Roma, Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma, Italia
- 5) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italia
- 6) DISTAR - Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse – Università degli Studi "Federico II" di Napoli. Largo S. Marcellino 10, 80138, Napoli, Italia
- 7) Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC) – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Via del Faro, 3 Torretta Granitola (Fraz. Campobello di Mazara, Tp) 91021, Italia

1. Attività previste e risultati attesi

Le attività di ricerca del secondo anno di progetto, come indicato dal Piano Esecutivo, prevedono:

- La realizzazione della campagna oceanografica NEXTDATA-2013 a bordo della nave Urania del CNR, nel periodo 12 settembre – 22 settembre 2013, nei settori di piattaforma continentale del Golfo di Taranto e del Canale di Sicilia.
- Inizio delle analisi (foraminiferi planctonici, nannofossili calcarei, pollini, analisi paleomagnetiche, tefrostratigrafiche, cronologiche, isotopiche) relative alle carote prelevate durante la campagna oceanografica NEXTDATA-2013, anche in collaborazione con ricercatori di altri enti di ricerca/università;
- Studio integrato ad alta risoluzione della carota C5 (prelevata con carotiere a gravità Kullenberg, della lunghezza di 7.11 m e a profondità di - 93 m) e della carota C5_SW104 (prelevata con carotiere per interfaccia acqua/sedimento SW104, della

lunghezza di 1,08 m e a profondità di -93 m), acquisite con la N/O Urania del CNR nel febbraio 2013 nel Golfo di Gaeta (Tirreno Centrale), settore di interesse per studi paleoclimatici ad alta risoluzione già individuato nel primo anno di progetto;

- Riesame dei dati preesistenti (dati bibliografici), provenienti da carotaggi marini nel bacino del Mediterraneo, al fine di proporre sia una lista completa dei dati disponibili, che uno schema delle principali oscillazioni climatiche relative agli ultimi due millenni.
- Trasmissione dei dati già acquisiti per il Progetto NextData al Portale Generale.
- Organizzazione del congresso dell'Associazione Italiana per lo Studio del Quaternario - AIQUA 2013, dal titolo "L'Ambiente Marino Costiero del Mediterraneo oggi e nel recente passato geologico: conoscere per comprendere" a Napoli, nei giorni 19, 20 e 21 giugno 2013, con il patrocinio del progetto NextData.

3. Attività effettivamente svolte durante il periodo di riferimento

Le attività di ricerca svolte nell'ambito del WP1.5, durante il secondo anno di progetto, hanno permesso di recuperare numerose informazioni utili per gli studi paleoclimatici da dati di letteratura, relativi all'intervallo temporale degli ultimi 2000 anni, con particolare riferimento al Mediterraneo. In particolare, sono state individuate 26 carote marine provenienti da alcuni settori del bacino del Mediterraneo, che sono state inserite nel Geo-database del WP 2.4: 3 carote dal Mar Adriatico, 1 carota dal Golfo di Lione, 10 carote dal Golfo di Taranto, 1 carota dal Golfo di Salerno, 3 carote dal Canale di Sicilia, 1 carota dall'area vicino a Israele, 1 carota dal Mar Egeo settentrionale e 6 carote dal Mare di Alboran (Figura 1).

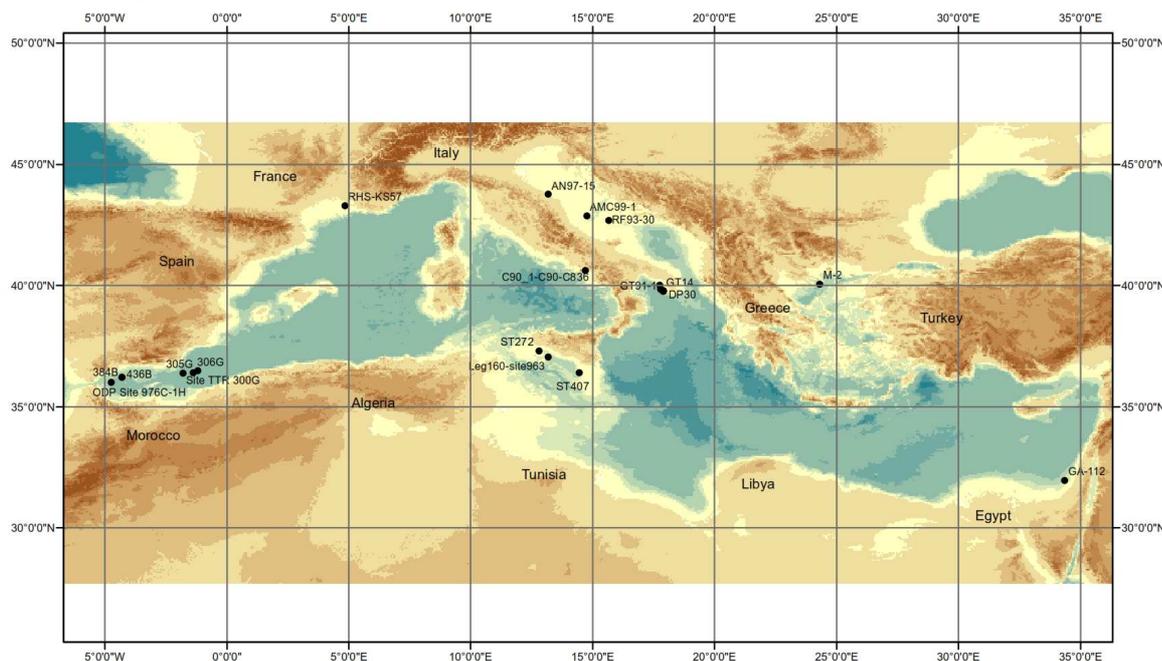


Figura 1 – Distribuzione delle carote marine (dati di letteratura) del Mediterraneo, che contengono informazioni relative agli ultimi 2000 anni.

Questo studio ha messo in evidenza che i *record* sedimentari marini recuperati e analizzati per gli ultimi 2000 anni sono pochi e quindi caratterizzati da una scarsa rappresentatività geografica (Figura 1). In queste carote sono stati misurati una serie di parametri (purtroppo non misurabili in tutte le carote), utili per la stima delle *Sea Surface Temperature* (SST) e per comprendere la risposta della flora e della fauna alle forzanti climatiche. Inoltre, la valutazione critica dei dati disponibili in letteratura ha permesso di identificare una successioni di intervalli che corrispondono a cambiamenti climatici riconoscibili a scala regionale.

Lo studio dei dati di letteratura per il settore extra-Mediterraneo, come indicato nel Piano Esecutivo, è stato condotto nel settore marino fuori lo Stretto di Gibilterra. Questo studio ha messo in evidenza che le carote studiate per fini paleoclimatici per gli ultimi 2000 anni sono solo 7 e sono collocate lungo il margine del Portogallo (Figura 2).

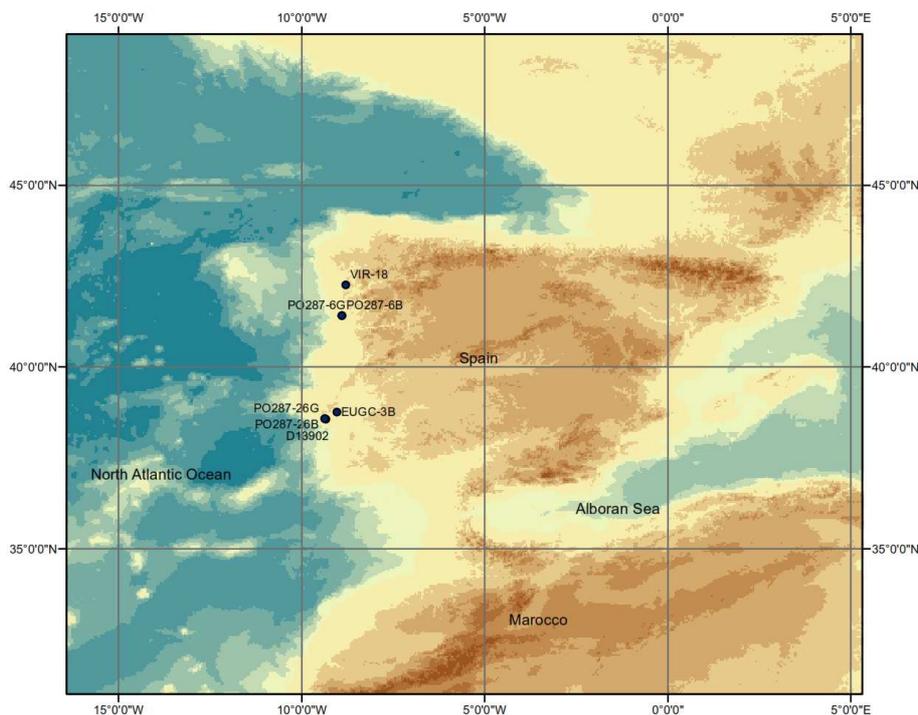


Figura 2 – Distribuzione delle carote marine (dati di letteratura) extra-Mediterranee, che contengono informazioni relative agli ultimi 2000 anni.

Negli ultimi anni in Italia sono stati studiati numerosi siti pollinici per ricostruire la storia della vegetazione e del clima delle ultime migliaia di anni, anche se alcune regioni italiane sono ancora largamente inesplorate (per es. Sardegna, Campania, Marche). Nonostante il *network* dei siti pollinici già pubblicati offra importanti indicazioni sulla storia della vegetazione in Italia, non è stato ancora prodotto alcun lavoro di sintesi che fornisca una comprensione dettagliata dei meccanismi e delle dinamiche coinvolte nei cambiamenti vegetazionali degli ultimi 3000 anni su scala regionale e interregionale.

Nell'ambito del progetto Nextdata, è stata avviata l'elaborazione di un database dei dati pollinici della penisola italiana, con l'intento di valutare la variabilità di composizione e struttura della vegetazione degli ultimi 3000 anni, con particolare attenzione a:

- Entità, durata e velocità dei cambiamenti vegetazionali;
- Valutazione del sincronismo e/o del diacronismo delle fluttuazioni climatiche nel territorio italiano;
- Bilancio dell'importanza dei fattori naturali e antropici nelle modificazioni del paesaggio nelle ultime migliaia di anni;
- Correlazione dei cambiamenti vegetazionali e ambientali con fluttuazioni climatiche su scala secolare riconosciute in Italia e in altri paesi del Mediterraneo (p. es. piccola età glaciale).

Per quanto riguarda le carote C90_1m-C90 (sito di interesse individuato durante il primo anno di progetto), prelevate dal CNR-IAMC nel Golfo di Salerno (Tirreno meridionale) e messe a disposizione del progetto NextData, sono stati rianalizzati i dati disponibili ($\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* e distribuzione quantitative dei foraminiferi planctonici). Questa nuova fase di studio ha portato alla pubblicazione del manoscritto Lirer F., Sprovieri M., Vallefucio M., Ferraro L.,

Pelosi N., Giordano L., Capotondi L., (2014). Planktonic foraminifera as bio-indicators for monitoring the climatic changes occurred during the last 2000 years in the SE Tyrrhenian Sea. *Integrative Zoology Journal*, DOI: 10.1111/1749-4877.12083. L'impegno profuso nell'elaborazione di tale articolo ci ha permesso di individuare e datare in *record* marini di piattaforma continentale (profondità -103 metri) una successione di eventi climatici relativi agli ultimi 2000 anni: *Roman Period, Dark Age, Medieval Classic Anomaly, Little Ice Age, Industrial Period, Modern Warm Period*.

Durante il secondo anno di progetto sono state condotte numerose analisi sulle carote C5, C5_SW104, C6 e C6_SW104, prelevate nel Golfo di Gaeta (Tirreno centrale) dal CNR-IAMC con la N/O Urania del CNR nel febbraio 2013, di seguito riportate:

- 1) Analisi dei foraminiferi planctonici (carote C5, C5_SW104 e C6) e dei nannofossili calcarei (carote C5 e C5_SW104) per un totale di 634 livelli, effettuate in collaborazione con il Dott. Antonio Cascella dell'INGV, sede di Pisa;
- 2) Analisi degli isotopi stabili di ossigeno e carbonio misurati sul foraminifero planctonico *Globigerinoides ruber* per un totale di 558 livelli;
- 3) Misure paleomagnetiche svolte presso il Laboratorio di Paleomagnetismo dell'INGV di Roma in collaborazione con il Dott. Fabio Florindo e il Dott. Pontus C. Lurcock. Sono stati analizzati un totale di 703 livelli nella carota C5, 665 livelli nella carota C6, 132 livelli nella carota C5_SW104, e 106 livelli sulla carota C6_SW104. Per ciascun livello è stata misurata la suscettività magnetica (sia con sensore ad anello che con sensore di contatto), la NRM, la NRM rimanente dopo ognuna delle 11 tappe di smagnetizzazione, l'intensità della ARM, e l'intensità della ARM dopo ciascuna delle 10 tappe di demagnetizzazione. Per la carota C5_SW104 è stata anche misurata la magnetizzazione IRM e l'S-ratio. Per la carota C5_SW104 sono state inoltre effettuate le stesse misurazioni su 14 campioni discreti.
- 4) Analisi tefrostratigrafica svolte presso il CNR-IAMC e il Dipartimento di Scienza della Terra e delle Risorse dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, in collaborazione con la Dott.ssa Paola Petrosino. Sono stati individuati alcuni livelli di tefra (carote C5 e C5_SW104), ma solo 3 di essi sono stati analizzati ai fini del progetto (ultimi 2000 anni).
- 5) Analisi dei radionuclidi svolta presso il CNR-ISMAR di Bologna in collaborazione con il Dott. Luca Bellucci. Sono stati analizzati per il ^{210}Pb e il ^{137}Cs 12 livelli relativi ai primi 60 cm (C5_SW104, C6_SW104 e C13_SW104).
- 6) Analisi polliniche svolte presso il Dipartimento di Biologia Ambientale Botanica dell'Università La Sapienza di Roma, in collaborazione con la Dott.ssa Donatella Magri e il Dott. Federico Di Rita. Sono stati analizzati i campioni della carota C5_SW104 e sono in fase di studio quelli della carota C5.

In questo secondo anno di progetto sono state inoltre quasi completate tutte le misure paleomagnetiche relative alle 8 carote (C2, C5, C7, C8, C9, C10, C11, C13) prelevate nel Golfo di Gaeta (Tirreno Centrale) dal CNR-IAMC di Napoli con l'ausilio della N/O Urania del CNR nel febbraio 2013 (Figura 3).

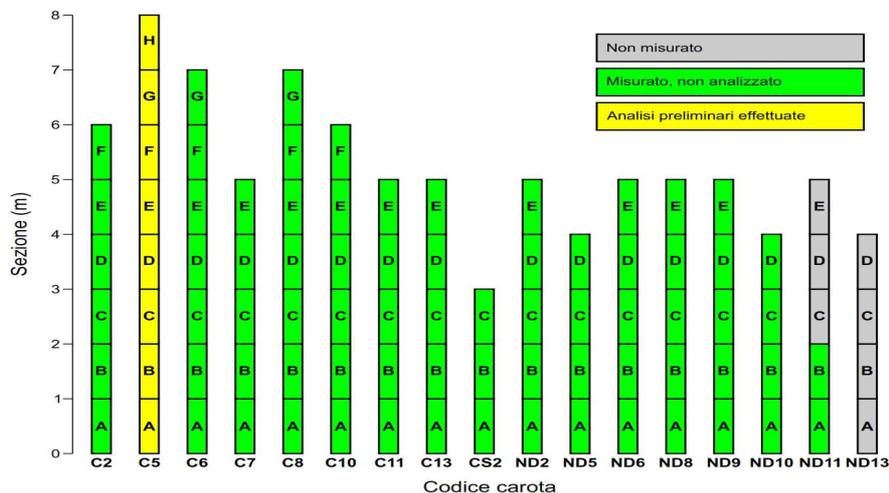


Figura 3 – Analisi paleomagnetice completate durante il secondo anno di progetto.

La campagna oceanografica NEXTDATA-2013 a bordo della N/O Urania del CNR, si è svolta dal 12 settembre al 22 settembre 2013, nei settori di piattaforma continentale del Golfo di Taranto e del Canale di Sicilia. I dati preliminari (colonne stratigrafiche, fotografie, linee sismiche e misure di suscettività magnetica delle carote prelevate) di questa campagna oceanografica sono stati presentati in due Rapporti Tecnici pubblicati su *CNRSOLAR* e trasmessi alla *homepage* di NextData (www.nextdataport.it):

- a) Bonomo S., Lirer F., Ferraro L., Albano L., Alberico I., Anzalone E., Barra R., Cappelli C., Cascella A., Castellano M., Cavallina C., Di Stefano E., D’Orlando C., Ferraro R., Francesconi M., Gazzola R., Giordano L., Lurcock P. C., Margaritelli G., Marsella E., Pelosi N., Punzo M., Vallefucio M., Sorgato S., Tarallo D., Zarcone G., (2013). *Final Report of the Oceanographic Survey NextData2013 - Strait of Sicily - Gulf of Taranto (12-19 September 2013)*. *CNRSOLAR* identification code 3691TR2013.
- b) Bonomo S., Lirer F., Ferraro L., Albano L., Alberico I., Anzalone E., Barra R., Cascella A., Castellano M., Di Stefano E., D’Orlando C., Ferraro R., Giordano L., Lurcock P. C., Margaritelli G., Marsella E., Pelosi N., Punzo M., Vallefucio M., Sorgato S., Tarallo D., Zarcone G., (2014). *Core description collected during Oceanographic Survey: NextData2013 (12 - 19 September 2013) - Strait of Sicily - Gulf of Taranto*. *CNRSOLAR* identification code 4517TR2014.

Durante la suddetta campagna sono state raccolte, con il carotiere SW104 e il carotiere a gravità Kullenberg, 8 carote (ND2, ND5, ND6, ND8, ND9, ND10, ND11, ND13), di cui solo 5 sono state ritenute idonee per lo studio delle oscillazioni climatiche degli ultimi 2000 anni (Tabella 1).

Carota	Latitudine	Longitudine	Mediterraneo	Profondità	Campagna Oceanografica
ND2	36°33'52"	14°52'59"	Piattaforma continentale Sicilia	-89 metri	NEXTDATA 2013
ND13	36°35'10"	14°26'55"	Piattaforma continentale Sicilia	-165 metri	NEXTDATA 2013
ND9	39°49'24"	17°52'47"	Golfo di Taranto	-172 metri	NEXTDATA 2013
ND5	35°20'06"	15°24'45"	Sud-Est di Malta	-335 metri	NEXTDATA 2013
ND11	37°01'57"	13°10'54"	Canale di Sicilia	-475 metri	NEXTDATA 2013

Tabella 1 – Carote marine recuperate durante la campagna oceanografica NextData2013

Queste carote sono attualmente depositate presso il *Core Repository* del CNR-IAMC, sede di Napoli. Per ogni sito di interesse, individuato nel primo anno di progetto, sono state prelevate tre repliche, una delle quali verrà messa a disposizione della comunità scientifica nazionale ed internazionale per ulteriori studi a fine progetto. Durante la campagna oceanografica sono state effettuate misure di suscettività magnetica su tutte queste carote e, presso il Laboratorio di Paleomagnetismo dell'INGV di Roma, sono in fase di completamento alcune analisi relative alla mineralogia magnetica (Figura 3).

Infine a Napoli, presso la sede dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope" nei giorni 19, 20 e 21 giugno 2013, con il patrocinio del progetto NextData, è stato organizzato il congresso dell'Associazione Italiana per lo Studio del Quaternario - AIQUA 2013, dal titolo "L'Ambiente Marino Costiero del Mediterraneo oggi e nel recente passato geologico: conoscere per comprendere. I contributi scientifici del congresso sono stati pubblicati sulla rivista *Miscellanea INGV*, vol. 19 SSN 2039-6651 del 2013, edita da Anzalone E., Lirer F., Ferraro L., Di Fiore V., Pappone G., Marsella E., D'Argenio B. Questo volume è disponibile sia nella homepage del progetto NextData che sul sito ufficiale della rivista (<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>). Il congresso si è articolato in 9 sessioni tematiche relative al Quaternario, di cui una dal titolo "Clima e Paleoclima" con i seguenti *covenors*: Lucilla Capotondi (ISMAR-CNR di Bologna), Donatella Magri (Università La Sapienza di Roma) e Claudia Pasquero (Università Milano Bicocca).

3.1 Attività di ricerca

3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Nessuno nel periodo di riferimento

3.3 Attività di formazione

Nel secondo anno del progetto NextData è stato attivato, presso il CNR-IAMC sede di Napoli, un Assegno di Ricerca per la Dott.ssa Giulia Margaritelli finalizzato alla "Analisi paleoecologica e paleoclimatica di sedimenti marini dell'area mediterranea degli ultimi 2000 anni, basata sull'integrazione di dati quantitativi provenienti dalle associazioni a foraminiferi bentonici e planctonici".

Nel gennaio 2013 è stato inoltre attivato, presso l'INGV di Roma, un contratto post-doc per il Dott. Pontus C. Lurcock da svolgere in collaborazione con il Dott. Fabio Florindo, finalizzato allo studio di paleomagnetismo e mineralogia magnetica di sequenze perforate nell'ambito del Progetto di Interesse NextData e sviluppo di software per correlazioni stratigrafiche e *stacking* di curve di paleointensità relative.

3.4 Attività di disseminazione e divulgazione

Il CNR-IAMC con il patrocinio del progetto NextData ha organizzato il congresso dell'Associazione Italiana per lo Studio del Quaternario - AIQUA 2013, dal titolo "L'Ambiente Marino Costiero del Mediterraneo oggi e nel recente passato geologico: conoscere per comprendere. I contributi scientifici del congresso sono stati pubblicati sulla rivista *Miscellanea INGV*, vol. 19 SSN 2039-6651, 2013. Questo volume è disponibile nella homepage del progetto NextData e sul sito ufficiale della rivista (<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>).

Il congresso si è articolato in 9 sessioni tematiche relative al Quaternario:

- 1) Oceanografia costiera e di mare aperto;
- 2) Bio-Monitoraggio dell'ambiente marino-costiero;
- 3) Clima e paleo clima;
- 4) Variazioni relative del livello del mare e loro impatto sulla morfologia costiera;
- 5) Relazioni tra tettonica recente e sedimentazione in settori costieri;
- 6) Cartografia geologica e correlazione terra-mare;

- 7) Evoluzione geodinamica e paleoambientale dei margini continentali;
- 8) Geohazard marini nei mari italiani;
- 9) Pericolosità sismica e vulcanica.

Il progetto NextData è stato inserito nella sezione RCMNS *ongoing Projects* dell'RCMNS Bulletin 2013 (Newsletter della *Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy*), edito dal Museo di Storia Naturale di Vienna.

3.5 Partecipazione a conferenze

Congresso AIQUA 2013 – Napoli 19-21 giugno 2013, presentazione orale dal titolo "I foraminiferi planctonici come bio-indicatori per il monitoraggio dei cambiamenti climatici registrati negli ultimi 2000 anni nel Mar Tirreno sud-orientale" di Lirer F., Sprovieri M., Vallefucio M., Ferraro L., Pelosi N., Capotondi L.. Volume *Miscellanea INGV*, vol. 19 SSN 2039-6651, pag 46.

Congresso AIQUA 2013 – Napoli 19-21 giugno 2013, contributo poster dal titolo "Paleomagnetismo e magnetismo delle rocce di sedimenti tardo olocenici del Mar Tirreno orientale" di Lurcock P., Florindo F., *Miscellanea INGV*, vol. 19 SSN 2039-6651, pag 47.

Urbino Summer School in Paleoclimatology (USSP), 2013. Contributo poster dal titolo "*Palaeomagnetism and rock magnetism of late Holocene sediments from the eastern Tyrrhenian sea*" Pontus Lurcock e Fabio Florindo.

AGU Fall Meeting, San Francisco, 9-13 dicembre 2013. Contributo poster dal titolo "*A Holocene Enviromagnetic Record from the Eastern Tyrrhenian Sea*", Pontus C Lurcock and Fabio Florindo.

4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento

4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, *output* di modelli, etc)

Sono stati rianalizzati i dati numerici pubblicati da Lirer et al. (2013) su *Quaternary International* vol. **292**, 71-85, e riferibili alle misure del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* e alle analisi quantitative dei foraminiferi planctonici della carota composita C90_1m-C90, prelevata nel Golfo di Salerno (Tirreno meridionale) a - 103 metri di batimetria. Questo studio ha interessato la finestra temporale degli ultimi 2000 anni (dal top dell'evento vulcanico di Pompei riferibile al 79 AD al top della carota - totale 232 cm) e ha permesso di riconoscere e datare le principali oscillazioni climatiche di questo intervallo temporale (Figura 4): *Roman Period* (top interval ca. 530 AD), *Dark Age* (ca. 530 - ca. 840 AD), *Medieval Classic Anomaly* (ca. 840 – ca. 1240 AD), *Little Ice Age* (ca. 1240 – ca. 1850 AD), *Industrial Period* (ca. 1850- ca. 1940 AD), *Modern Warm Period* (ca. 1940 AD).

Queste oscillazioni climatiche, calibrate con un modello di età di dettaglio, sono state individuate utilizzando sia il segnale isotopico ($\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*), confrontato con le oscillazioni della *reconstructed Total Solar Irradiance*, che i turnover nelle associazioni a foraminiferi planctonici tra carnivori (*Globigerinoides ruber*, *G. quadrilobatus*, *Orbulina* spp., *Globigerinatella siphonifera*) e specie erbivore e opportuniste (*Turborotalita quinqueloba*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerina bulloides*). Maggiori dettagli sono riportati in Lirer et al. (2014) - Planktonic foraminifera as bio-indicators for monitoring the climatic changes occurred during the last 2000 years in the SE Tyrrhenian Sea. *Integrative Zoology Journal*, DOI: 10.1111/1749-4877.12083.

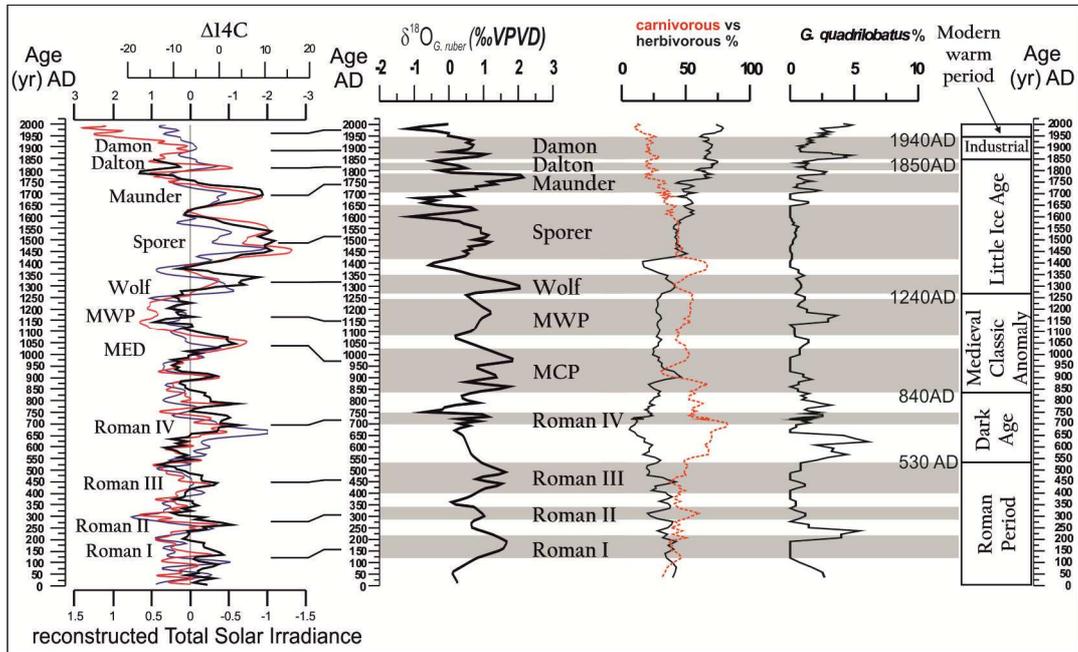


Figura 4 – Successione degli eventi climatici riconosciuti negli ultimi 2000 anni nel Golfo di Salerno (figura modificata da Lirer et al., 2014). Il foraminifero planctonico *Globigerinoides quadrilobatus* (forma tipica di acque calde e oligotrofiche) aumenta in abbondanza principalmente durante le fasi climatiche calde.

Lo studio delle carote C5 e C5_SW104 prelevate nel Golfo di Gaeta (Tirreno centrale) hanno messo in evidenza molte similitudini con quelle del Golfo di Salerno (Tirreno meridionale, Lirer et al. 2014), ma con un dettaglio maggiore per gli ultimi 150 anni. La cronologia con i radionuclidi (^{210}Pb e ^{137}Cs), integrata con la tefrostratigrafia (riconoscimento per la prima volta del tefra riconducibile all'eruzione del Vesuvio del 1906 AD), ha permesso di stimare a ca. 0.48 cm/anno il tasso di sedimentazione per i primi 200 anni. Questo modello di età ha consentito di proporre: i) una dettagliata ricostruzione paleoclimatica per gli ultimi 200 anni (carota C5_SW104), integrando dati isotopici ($\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*), del plancton calcareo (foraminiferi planctonici e nannofossili calcarei) e del contenuto pollinico (Figura 5), e ii) una ricostruzione su base isotopica delle *Sea Surface Temperature* (SST) per gli ultimi 200 anni utilizzando l'algoritmo di Shackleton (1974) e un il valore di $\delta^{18}\text{O}$ dell'acqua di mare attuale pari a 1.4‰ (Pierre 1999).

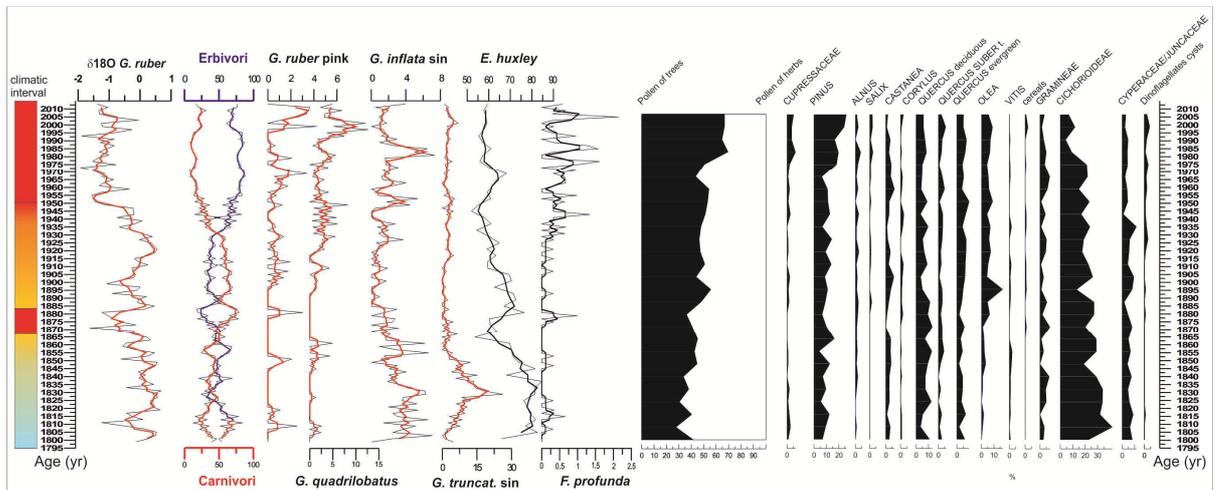


Figura 5 – Ricostruzione paleoclimatica degli ultimi 200 anni (carota C5_SW104, Golfo di Gaeta) attraverso il confronto tra $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*, i foraminiferi planctonici (*G. ruber pink*, *G. quadrilobatus*, *G. inflata sin*, *G. truncatulinoides sin*), i nannofossili calcarei (*E. huxley* e *F. profunda*), e il contenuto pollinico (grafici in nero, lato destro della figura).

La ricostruzione paleoclimatica proposta per la carota C5_SW104 (Figura 5) ha permesso di riconoscere i seguenti intervalli:

- 1) ca. 1800 - ca. 1865 AD: i valori del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* variabili tra 0.2 e 0.5 ‰ e le percentuali alte di abbondanza dei foraminiferi planctonici *Globorotalia inflata sin* e *G. truncatulinoides sin* e del nannofossile calcareo *Emiliana huxley*, documentano una fase climatica temperato-fredda;
- 2) ca. 1865 - ca. 1882 AD: il segnale del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* documenta un breve fase di riscaldamento mostrando uno spostamento verso valori negativi, variabili tra -0.2 e -0.8 ‰. Questo intervallo è caratterizzato da un importante *turnover* nelle associazioni a foraminiferi planctonici, da specie carnivore a specie erbivore ed opportuniste, e da un aumento del nannofossile calcareo *F. profunda*;
- 3) a ca. 1935 AD: i valori del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* mostrano un progressivo riscaldamento (spostamento verso valori più negativi), contemporaneo al definitivo *turnover* nelle associazioni a foraminiferi planctonici tra specie carnivore vs specie erbivore ed opportuniste. Questo cambiamento della fauna è associato al progressivo aumento del nannofossile calcareo *F. profunda*;
- 4) ca. 1950 AD - 2013 AD (si ricorda che il top della sezione conteneva foraminiferi bentonici viventi): l'attuale fase riscaldamento e oligotrofia che caratterizza molti settori marini del Mediterraneo, è indicata dall'aumento progressivo in abbondanza dei foraminiferi planctonici *G. ruber pink* e *G. quadrilobatus*.

Le analisi polliniche condotte sulla stesa carota (Figura 5) mostrano due aumenti della vegetazione arborea, da collegare principalmente all'aumento di *Olea*, *Quercus* sempreverdi e alberi della vegetazione ripariale (*Alnus* e *Salix*) dal ca. 1882 AD, e all'aumento di conifere (*Pinus* and Cupressaceae) dal ca. 1980 AD. La breve fase di riscaldamento tra ca. 1865 e ca. 1882 AD (come indicato dai dati isotopici), mostra un aumento dell'*Olea* e una concomitante generale diminuzione degli alberi decidui. Il progressivo declino in abbondanza delle erbe (*Cyperaceae*) e delle felci nella parte alta della carota (ca. 1935 AD) suggerisce la presenza di una riduzione delle zone umide. Dal 1920 AD, il significativo aumento dei dinoflagellati potrebbe riflettere sia un aumento di nutrienti che un aumento della temperatura. Questa indicazione è in accordo con quanto suggerito dai valori del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* e dai dati micropaleontologici.

Le SST ricostruite dai dati isotopici ($\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*) sono state confrontate con le anomalie delle SST del Mediterraneo, ricostruite per gli ultimi 150 anni da dati strumentali da Marullo et al. (2011), facendo emergere una buona correlazione tra essi (Figura 6). Tale rapporto si perde dopo il 1985 AD probabilmente in relazione al forte impatto antropico sul settore marino costiero del Golfo di Gaeta.

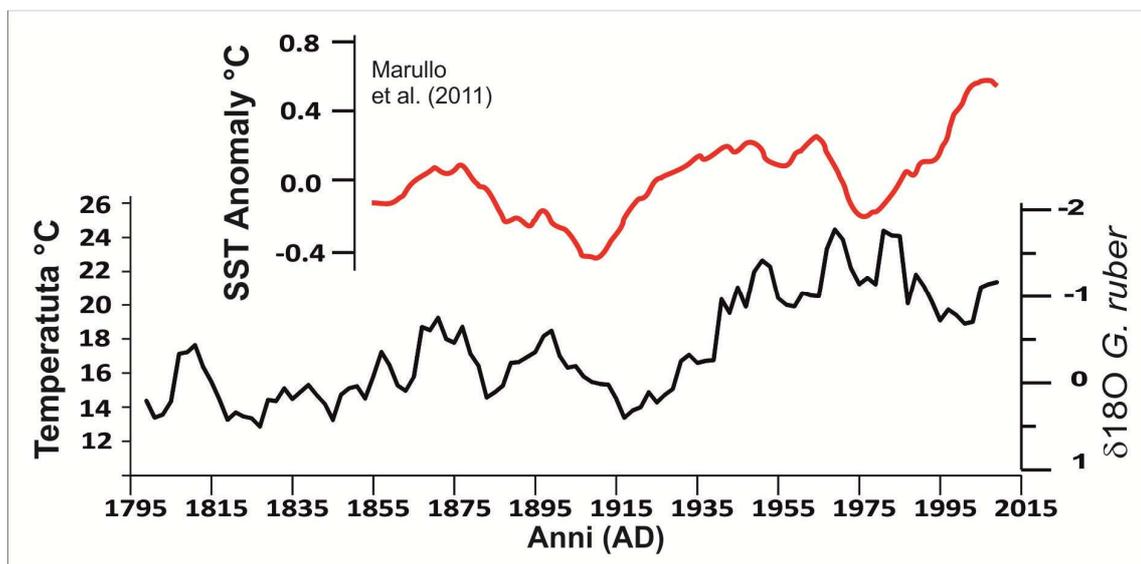


Figura 6 – Correlazione tra le *Sea Surface Temperature* (SST) ricostruite per la carota C5_SW104 del Golfo di Gaeta (curva nera) e le anomalie delle SST (curva rossa) di Marullo et al. (2011) valide per il Mediterraneo.

Inoltre la ricostruzione delle SST del Golfo di Gaeta per gli ultimi 200 anni sono state confrontate con quelle ottenute per il Golfo di Salerno, mostrando una chiara similitudine nei trend (Figura 7). A ca. 1930 AD entrambi i *datasets* mostrano un progressivo riscaldamento, visibile sia nelle oscillazione dei *sun spot* che nei dati delle anomalie delle temperature atmosferiche globali.

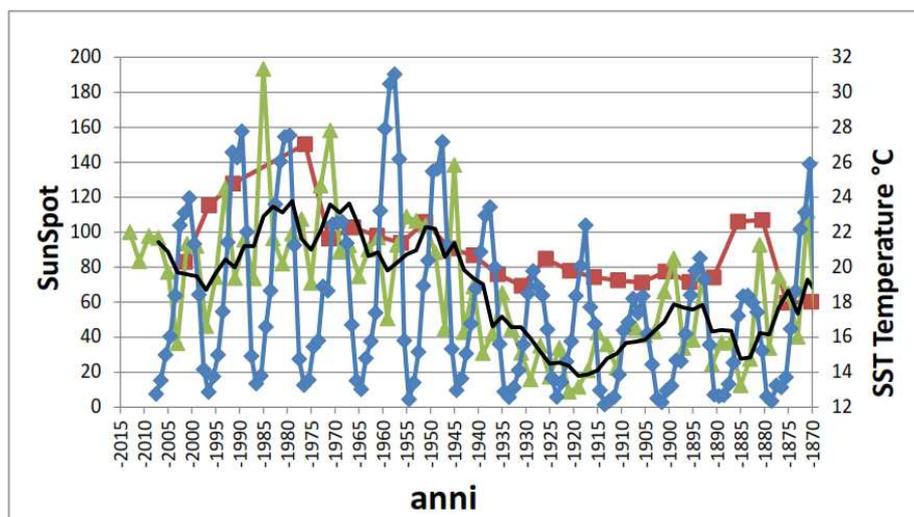


Figura 7 – Correlazione tra SST del Golfo di Salerno (curva rossa, carota C90_1m), del Golfo di Gaeta [curva verde con sovrainposta media mobile a 3 punti (curva nera), carota C5_SW104] e i *sun spot* (curva blu).

Lo studio integrato relativo all'intervallo completo degli ultimi 2000 anni è stato condotto sulla carota C5 prelevata sempre nel Golfo di Gaeta (Tirreno centrale). Tutte le analisi (foraminiferi planctonici, nannofossili calcarei, isotopi $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*, paleomagnetismo e lo studio di alcuni tefra) sono state completate. Le datazioni con radiocarbonio (ASM14C) devono essere ultimate.

Dal confronto dei dati del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* del Golfo di Gaeta (Tirreno centrale) e del Golfo di Salerno (Tirreno meridionale) è palesemente rivelabile una forte similitudine tra i *trend* (Figura 8). Questo parallelismo ci ha permesso di sviluppare una ricostruzione preliminare delle fasi climatiche per gli ultimi 2000 anni anche per il Golfo di Gaeta. L'utilizzo dei *turnover* nelle associazioni a foraminiferi planctonici tra carnivori (*Globigerinoides ruber*, *G. quadrilobatus*, *Orbulina* spp., *Globigerinatella siphonifera*) e specie erbivore e opportuniste (*Turborotalita quinqueloba*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerina bulloides*), approccio già seguito per il Golfo di Salerno, abbinato anche ai dati sui nannofossili calcarei (in particolare aumento della *Florispahera profunda* durante le fasi calde), ci ha portato ad individuare le transizioni *Roman Period/Dark Age*, *Dark Age/Medieval Classic Anomaly*, *Medieval Classic Anomaly /Little Ice Age* e *Little Ice Age/Industrial Period*.

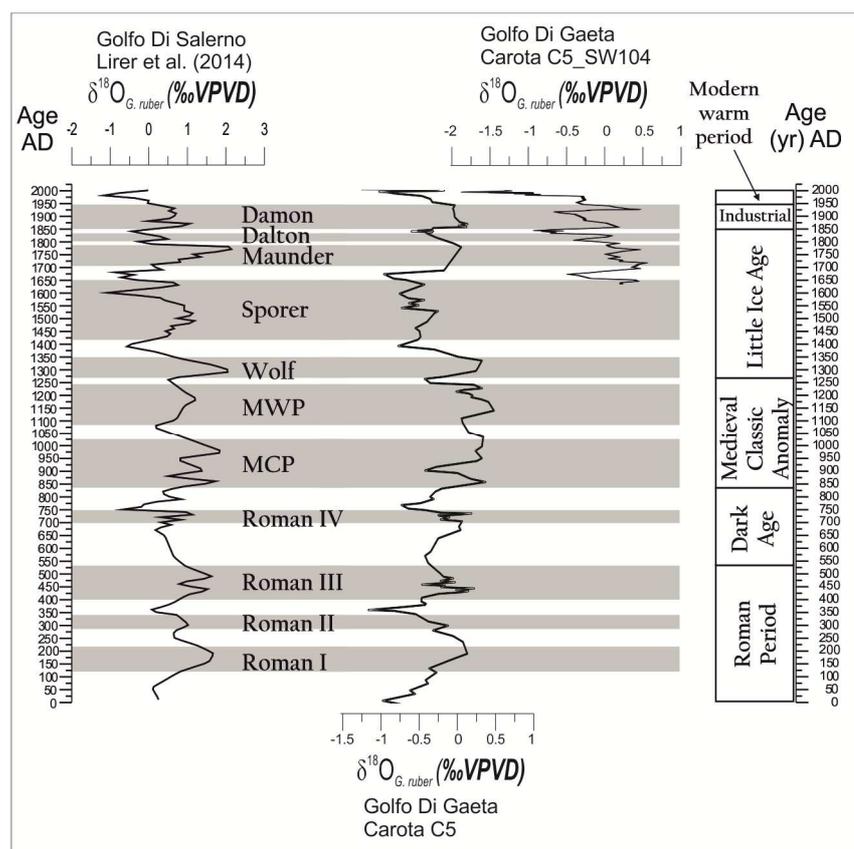


Figura 8 – Confronto tra il $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* misurato nel Golfo di Salerno (Lirer et al. 2014) e nel Golfo di Gaeta (carota C5 e C5_SW104). I dati plottati rappresentano delle medie mobili a 3 punti. MCP: *Medieval Cold Period*; MWP: *Medieval Warm Period*. La suddivisione degli ultimi 2000 anni in vari intervalli è conforme a quanto proposto da Lirer et al. (2014).

L'analisi tefrostratigrafica delle carote C5 e C5_SW104 è stata condotta su tre livelli piroclastici identificati lungo il profilo di carotaggio attraverso valori elevati di suscettività magnetica ed osservazioni al microscopio ottico. Al fine di ottenere una caratterizzazione chimica di tali livelli, in termini di ossidi espressi in percentuale e, quindi, il riconoscimento del loro centro eruttivo di provenienza, è stata separata un'aliquota di frazione vetrosa da ciascuno di essi, inglobata in resina e montata su una sezione sottile successivamente lucidata. I campioni così preparati sono stati analizzati utilizzando un microscopio a scansione elettronica (SEM), accoppiato ad una microsonda di tipo EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*). I risultati possono essere schematizzati come segue:

-le scorie rappresentative del tefra più superficiale (nella carota C5_SW104 il tefra è a 57cm dal top carota, mentre nella carota C5 il tefra è nella Sez. G/5-6 cm a 53 cm dal top carota) hanno una composizione generalmente tefrifonolitica, che ci ha permesso di correlarle all'attività eruttiva recente del Somma-Vesuvio ed, in particolare, all'evento del 1906 AD;

-i tefra campionati ad una profondità di 450 cm (carota C5/sez. C/2-3 cm) e 620 cm (carota C5/sez. A/20-21 cm) al di sotto del fondo mare mostrano, invece, una composizione trachifonolitica tipica dei prodotti eruttivi dei Campi Flegrei. Nel dettaglio, il livello più superficiale, la cui frazione vetrosa è caratterizzata da pomici molto chiare, può essere correlato all'eruzione di Agnano Monte Spina (4.4-4.6 ka; Smith et al., 2011) mentre quello più basso stratigraficamente, rappresentato per lo più da *glass shards*, risulta essere correlabile ai prodotti prossimali del Tufo Giallo Napoletano (ca. 15 ka; Deino et al., 2004).

Le misure delle inclinazioni paleomagnetiche e dell'intensità relativa (RPI) misurate sulla carota C5 (Golfo di Gaeta) hanno mostrato: i) inclinazioni molto bene definite, con un MAD (*maximum angular deviation*) medio di 0.99; ii) dati RPI di alta qualità secondo i criteri sviluppati da Tauxe (1993). La mancanza di correlazione tra RPI e ARM indica che il profilo della RPI corrisponde più al campo magnetico che alle variazioni mineralogiche nella carota. L'inclinazione media della magnetizzazione Caratteristica Rimanente è di 57.5° molto vicino all'inclinazione di 60.1°, predetta del modello di dipolo assiale geocentrico (GAD) per la latitudine della carota. Questa è una ulteriore conferma che i dati paleomagnetici ottenuti da questa carota sono rappresentativi del segnale geomagnetico e non un artefatto dovuto, ad esempio, a variazioni della mineralogia magnetica.

Per quanto riguarda la raccolta di dati bibliografici finalizzati allo studio paleoclimatico degli ultimi 2000 anni e relativi ai siti marini del Mediterraneo, sono state individuate 26 carote marine (con tutte le referenze bibliografiche associate) provenienti da alcuni settori del bacino del Mediterraneo: 3 dal Mar Adriatico, 1 dal Golfo di Lione, 10 dal Golfo di Taranto, 1 dal golfo di Salerno, 3 dal Canale di Sicilia, 1 dall'area vicino a Israele, 1 dal Mar Egeo e 6 dal Mare di Alboran. La valutazione critica dei dati disponibili in letteratura ha permesso di identificare una successioni di intervalli che corrispondono a cambiamenti climatici, riconoscibili a scala regionale. Questo schema è stato creato solo con i dati provenienti dai 5 siti suddetti, dal momento che solo in essi sono stati condotti studi ad alta risoluzione idonei ad una scansione temporale di dettaglio.

Un'attenta fase di ricerca dei dati pollinici disponibili in Italia ha permesso di identificare 39 siti. Si riportano qui alcuni risultati preliminari riguardanti una ventina di siti pollinici dell'Italia penisulare e insulare, la cui cronologia è basata su datazioni radiometriche. Nonostante vengano presentati solo i dati relativi ai cambiamenti del grado di forestazione, rappresentati dalla percentuale (media su 500 anni) del polline di piante arboree (AP), si possono già apprezzare significativi cambiamenti ambientali:

- 3000 anni BP: la maggior parte della penisola italiana è forestata (AP>70%), mentre i diagrammi insulari mostrano una vegetazione piuttosto aperta;
- 2750-2250 anni BP: si assiste a una deforestazione in ampie aree dell'Italia meridionale e Sicilia, mentre in Italia centro-settentrionale non si registrano forti variazioni della copertura forestale;
- 2250-1750 anni BP: la penisola italiana in generale mostra una modesta, ma diffusa, ripresa di vegetazione arborea;

- 1750-1250 anni BP: si assiste a una forte deforestazione, soprattutto in Italia centro-settentrionale, ad esclusione di un paio di siti del versante adriatico della penisola;
- 1250-750 anni BP: si verifica una nuova oscillazione in controtendenza, con incremento di foreste nel versante tirrenico e diminuzione nel versante adriatico della penisola e in Sicilia;
- 750-250 anni BP: si rileva un'ulteriore generale deforestazione, che però non coinvolge alcuni siti meridionali.

4.2 Pubblicazioni

Lirer F., Sprovieri M., Vallefucio M., Ferraro L., Pelosi N., Giordano L., Capotondi L., (2014). *Planktonic foraminifera as bio-indicators for monitoring the climatic changes occurred during the last 2000 years in the SE Tyrrhenian Sea. Integrative Zoology Journal*, DOI: 10.1111/1749-4877.12083

Bonomo S., Lirer F., Ferraro L., Albano L., Alberico I., Anzalone E., Barra R., Cappelli C., Cascella A., Castellano M., Cavallina C., Di Stefano E., D'Oriano C., Ferraro R., Francesconi M., Gazzola R., Giordano L., Lurcock P. C., Margaritelli G., Marsella E., Pelosi N., Punzo M., Vallefucio M., Tarallo D., Zarcone G., (2013). *Final Report of the Oceanographic Survey NextData2013 - Strait of Sicily - Gulf of Taranto (12-19 September 2013)*. CNRSOLAR, identification code 3691TR2013.

Bonomo S., Lirer F., Ferraro L., Albano L., Alberico I., Anzalone E., Barra R., Cascella A., Castellano M., Di Stefano E., D'Oriano C., Ferraro R., Giordano L., Lurcock P. C., Margaritelli G., Marsella E., Pelosi N., Punzo M., Vallefucio M., Tarallo D., Zarcone G., (2014). *Core description collected during Oceanographic Survey: NextData2013 (12 - 19 September 2013) - Strait of Sicily - Gulf of Taranto*. CNRSOLAR, identification code 4517TR2014.

4.3 Disponibilità di dati

- Dati quantitativi sulla distribuzione dei foraminiferi planctonici delle carote: C90_1m-C90-C836 (Golfo di Salerno, Tirreno meridionale), C5, C5_SW104 e C6 (Golfo di Gaeta, Tirreno centrale). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale;
- Dati quantitativi sulla distribuzione dei nannofossili calcarei delle carote: C90_1m-C90-C836 (Golfo di Salerno, Tirreno meridionale), C5 e C5_SW104 (Golfo di Gaeta, Tirreno centrale). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale;
- Dati $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ misurati sul foraminifero planctonico *Globigerinoides ruber* delle carote: C90_1m-C90-C836 (Golfo di Salerno, Tirreno meridionale), C5 e C5_SW104 (Golfo di Gaeta, Tirreno centrale). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale;
- Dati quantitativi sulle associazioni polliniche della carota C5_SW104 (Golfo di Gaeta). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale;
- Dati dei radionuclidi delle carote: C90_1m (Golfo di Salerno, Tirreno meridionale) e C5_SW104 (Golfo di Gaeta, Tirreno centrale). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale;
- Dati sulle misure di suscettività magnetica delle carote: C5, C5_SW104, C6 e C13_SW104 (Golfo di Gaeta); ND9 e ND10 (Golfo di Taranto), ND11 (Canale di Sicilia occidentale), ND2 e ND13 (Canale di Sicilia orientale), ND5 e ND6 (piattaforma continentale maltese orientale). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale.

4.3 Deliverables

Relazione sulle oscillazioni climatiche riconosciute, su base bibliografica, in carotaggi marini per gli ultimi 2000 anni nel bacino del Mediterraneo; trasmissione delle informazioni agli archivi e al Portale Generale.

I dati di letteratura disponibili per il bacino del Mediterraneo, utili per le ricostruzioni paleoclimatiche degli ultimi 2000 anni da sedimenti marini, provengono da 26 carote localizzate nel Mediterraneo: 3 nel Mar Adriatico, 1 nel Golfo di Lione, 10 nel Golfo di Taranto, 1 nel golfo di Salerno, 3 nel Canale di Sicilia, 1 dall'area vicino a Israele, 1 dal Mar Egeo settentrionale e 6 dal Mare di Alboran. A questi siti si aggiungono quelli individuati per il progetto NextData durante il primo anno e acquisiti durante questo anno (carote C5, C5_SW104, ND2, ND13, ND9, ND5, ND11) (Figura 9). Questo studio ha messo in evidenza che i *record* sedimentari marini recuperati e analizzati per gli ultimi 2000 anni sono pochi e con una scarsa rappresentatività geografica.

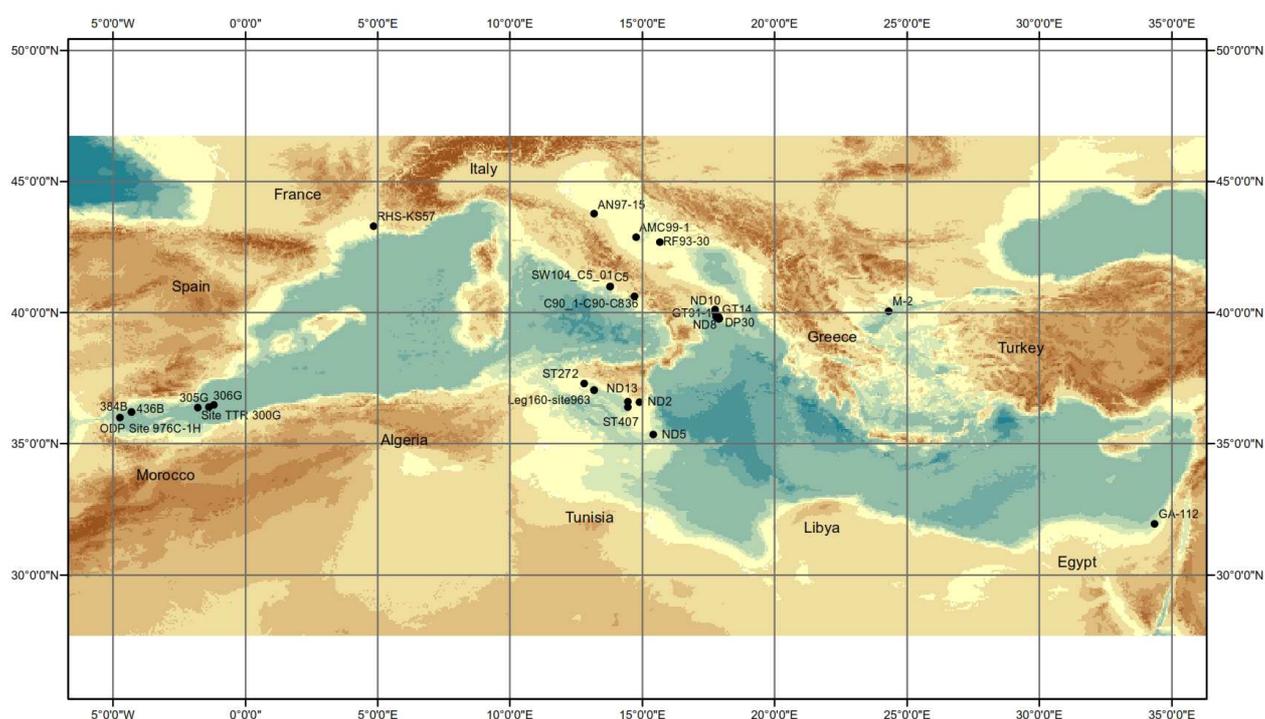


Figura 9 - Distribuzione delle carote marine del Mediterraneo, relative agli ultimi 2000 anni, da dati di letteratura e di nuova acquisizione per il progetto NextData.

In queste carote sono stati misurati una serie di parametri (purtroppo non rilevabili in tutte le carote), utili per la stima delle *Sea Surface Temperature* (SST) e per comprendere la risposta della flora e della fauna alle forzanti climatiche. In dettaglio, la stima dei valori delle SST si basa su sedimenti marini recuperati secondo le seguenti modalità: 1) mediante due *boxcore* nel Mare di Alboran rispettivamente, a 1022 e 1108 metri di batimetria, 2) da 4 carote a gravità nel Golfo di Taranto, a 173/174 metri di batimetria e 3) da una carota a gravità nel Mar Egeo settentrionale, a 1018 metri di batimetria. Gli altri siti recuperati ci hanno fornito altre tipologie di dati (flora, fauna e pochi dati geochimici) utili per le ricostruzioni paleoambientali/paleoceanografiche degli ultimi 2000 anni.

La valutazione critica dei dati disponibili in letteratura ci ha permesso di identificare una successioni di intervalli che corrispondono a cambiamenti climatici riconoscibili a scala regionale (Tabella 2). I modelli di età proposti nei diversi settori del

Mediterraneo sono comparabili (Tabella 2), ma devono comunque essere attentamente valutati per comprendere la sincronia delle fasi climatiche e le modalità di registrazione nei sedimenti marini. Inoltre è necessario trovare uno standard per la codifica delle varie fasi climatiche, tale metodo infatti renderà più agevole il confronto tra i siti che si trovano in contesti ambientali differenti.

Nieto Moreno PhD thesis (2012) western Alboean Sea		Lirer et al. (2014) south Tyrrhenian Sea (Salerno Gulf)		Grauel et al. (2013) central Mediterranean (Taranto Gulf)		Piva et al. (2008) Adriatic Sea		Gogou et al. (2012) (Aegean Sea)	
Fase Climatica	Età (anni AD)	Fase Climatica	Età (anni AD)	Fase Climatica	Età (anni AD)	Fase Climatica	Età (anni AD)	Fase Climatica	Età (anni AD)
		Modern warm Period	1940 AD upwards						
Industrial Period	1800AD upwards	Industrial Period	1850AD - 1940AD						
Little Ice Age	1300AD - 1800AD	Little Ice Age	1240AD - 1850AD	Little Ice Age	1400AD - 1850AD	Little Ice Age	1400/1450AD -1840AD	Little Ice Age	1300AD - 1850 AD
Medieval Classic Anomaly	800AD - 1300AD	Medieval Classic Anomaly	840AD - 1240AD	Medieval Warm Period	800AD - 1200AD	Medieval Warm Period	600AD - 1200 AD	Medieval Warm Period	900AD - 1300AD
Dark Age	650AD - 800AD	Dark Age	530AD - 840AD	Dark Age Cold Period	500AD - 750AD	Dark Age Cold Period	350 AD - 600 AD	Dark Age	500AD - 900AD
Roman Humid Period	300AD - 650BC	Roman Period	top 530AD	Roman Classic Warm Period	1AD- 200AD	Roman Warm Period	150 AD - 350 AD	Roman Warm Period	0AD- 500 AD

Tabella 2- Elenco delle oscillazioni climatiche per gli ultimi 2000 anni riconosciute in carotaggi marini del Mediterraneo