

**ENEA**

# SINUESSA

UN APPRODO SOMMERSO DI EPOCA ROMANA

Archeologia, geomorfologia costiera,  
strategie sostenibili di valorizzazione

Micla Pennetta  
Alfredo Trocciola

MONOGRAFIA

SINUESSA, UN APPRODO SOMMERSO DI EPOCA ROMANA

Archeologia, geomorfologia costiera, strategie sostenibili di valorizzazione

*Monografia a cura di Mica Pennetta e Alfredo Trocciola*

2017 ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia

e lo sviluppo economico sostenibile

ISBN: 978-88-8286-340-1

Revisione editoriale: Giuliano Ghisu

Copertina: Flavio Miglietta

Foto in copertina: immagine del fondo marino, acquisita con indagini *side-scan sonar*, che mostra le "Pilae di Sinuessa" collocate in una vasta depressione di un banco tufaceo caratterizzato da una morfologia articolata

# SINUESSA, UN APPRODO SOMMERSO DI EPOCA ROMANA

Archeologia, geomorfologia costiera, strategie sostenibili di valorizzazione

A cura di Micla Pennetta e Alfredo Trocciola

La monografia raccoglie i contributi di studi e ricerche condotti negli ultimi anni nell'area archeologica marina di *Sinuessa* nel golfo di Gaeta in Campania.

Alla realizzazione del volume hanno contribuito diversi autori, specialisti in differenti discipline quali la geomorfologia costiera, archeologia e beni culturali con la finalità di suggerire agli amministratori e *stakeholder* del litorale *domitio* strategie sostenibili per la valorizzazione dell'approdo sommerso di epoca romana.

Presentazione di: *Claudio Zucchelli*

Contributi di: *Paolo Caputo, Sergio Cascella, Vera Corbelli, Veronica D'Ambrosio, Alberto De Bonis, Tiziana Di Luccio, Carlo Donadio, Carmine Minopoli, Angela Mormone, Vincenzo Morra, Raffaella Nappi, Micla Pennetta, Raffaele Pica, Monica Piochi, Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Rosario Santanastasio, Pasquale Sarao, Corrado Stanislao, Alfredo Trocciola, Renata Valente*

## Indice

<b>Presentazione</b>	7
<i>Claudio Zucchelli</i>	
<b>Prefazione</b>	9
<i>Micla Pennetta, Alfredo Trocciola</i>	
<b>Archeologia</b>	
<b>1 Sinuessa: dalla carta di Atene alla Convenzione UNESCO per la fruizione in situ del patrimonio culturale subacqueo</b>	15
<i>Raffaele Pica</i>	
<b>2 Inquadramento storico</b>	23
<i>Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Sergio Cascella</i>	
<b>3 L'area archeologica urbana</b>	29
<i>Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Sergio Cascella</i>	
<b>4 Le ville romane a sud di Sinuessa</b>	33
<i>Sergio Cascella</i>	
<b>5 Considerazioni archeologiche su precedenti ricerche svolte nell'area sommersa dell'antica colonia di Sinuessa</b>	39
<i>Paolo Caputo, Rosario Santanastasio</i>	
<b>Geomorfologia costiera</b>	
<b>6 Inquadramento territoriale dell'area archeologica marino-costiera di Sinuessa: geologia, geomorfologia</b>	45
<i>Micla Pennetta, Fabio Marchese, Carlo Donadio</i>	
<b>7 Processi sedimentari nel sito archeologico sommerso di Sinuessa</b>	57
<i>Micla Pennetta, Veronica D'Ambrosio, Carmine Minopoli, Carlo Donadio</i>	
<b>8 Nuove conoscenze sull'ubicazione dell'approdo di epoca romana: assetto geomorfologico dell'area marina di Sinuessa</b>	73
<i>Micla Pennetta, Carmine Minopoli, Raffaele Pica, Alfredo Trocciola, Carlo Donadio</i>	
<b>9 Diffrattometria ai raggi x su campioni prelevati dal banco roccioso</b>	91
<i>Tiziana Di Luccio, Angela Mormone, Monica Piochi</i>	
<b>10 Campioni ceramici dal sito sommerso: indagini archeometriche preliminari</b>	105
<i>Alberto De Bonis, Vincenzo Morra</i>	
<b>11 Sulle possibili cause della sommersione dell'approdo di epoca romana di Sinuessa</b>	111
<i>Micla Pennetta, Corrado Stanislao, Carlo Donadio</i>	

## Strategie sostenibili di valorizzazione

<b>I2 Sistema costiero: la tutela delle risorse naturali e culturali</b>	123
<i>Vera Corbelli, Raffaella Nappi</i>	
<b>I3 Caratteristiche ambientali ed ipotesi di fruizione sostenibile del litorale di Sinuessa</b>	131
<i>Renata Valente</i>	
<b>I4 Elaborazione di un itinerario subacqueo sul banco roccioso</b>	143
<i>Alfredo Trocciola, Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Carmine Minopoli, Rosario Santanastasio, Pasquale Sarao, Raffaele Pica</i>	
<b>Bibliografia generale</b>	153
<b>Profilo degli Autori</b>	169

## Presentazione

L'ambiente è ciò che ci circonda: in esso viviamo, ci muoviamo e con esso interagiamo; comprende componenti naturali interrelate tra loro, fattori condizionanti che variano a seconda dei luoghi, componenti culturali che determinano le identità dei luoghi.

Quando si parla di ambiente lo si fa non solo dal punto di vista fisico, spaziale ed estetico, ma anche funzionale, in continua dinamica e trasformazione. L'ambiente può e deve essere letto a diversi livelli spazio-temporali e di complessità delle sue componenti. Richiama quindi in sé sia dal punto di vista teorico che da quello delle opportunità gestionali i concetti di *habitat*, *ecosistema*, *paesaggio*.

La Convenzione europea del Paesaggio definisce il paesaggio come “*una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni*”. Tale definizione tiene conto dell'idea che i paesaggi evolvono col tempo, per effetto di forze naturali e per l'azione degli esseri umani e sottolinea ugualmente l'idea che il paesaggio forma un insieme, i cui elementi naturali e culturali vengono considerati simultaneamente.

Ed è questa la vera svolta ecologica che promuove il paesaggio da una concezione di ambiente inteso come luogo significativo di segni o supporto statico, quadro, supporto fisico, vincolo esterno delle scelte e degli interventi territoriali verso un'interpretazione sistemica di ambiente, verso una concettualizzazione come sistema dinamico-globale, fisico-biologico e sociale, i cui elementi sono suscettibili di avere effetti sull'uomo e sulle attività umane e viceversa.

La protezione della natura e dell'ambiente e quella dei beni culturali non possono dunque essere disgiunte, ma devono essere affrontate in una corretta visione complessiva e culturale dei due aspetti e con un approccio integrato alla conservazione della natura che non si limita a proteggere singole specie e aree, ma a gestire il territorio nel suo complesso ai fini della salvaguardia della biodiversità e di uno sviluppo sostenibile.

Di fatto, una visione ecosistemica corretta, critica e responsabile, non demonizza la presenza attiva e consapevole dell'uomo, sia nelle attività socio-economiche che ricreative, ma tende, viceversa, a ricercare ed affermare la sostenibilità reciproca della tutela attiva e sinergica. Pensare all'attività umana esclusivamente quale *vulnus* contrasta non solo con la visione etica del Creato ma con la stessa visione antropologica occidentale tramandata dai grandi movimenti di pensiero e religiosi. L'uomo è natura e Creato, come ci ha ricordato anche Papa Francesco nella sua Enciclica “*Laudato si*”; l'uomo non può violentare la natura senza correre il rischio di violentare se stesso, ma, al contempo, la Natura deve essere sapientemente guidata per non violentare essa stessa l'uomo. Gli interventi secolari sui fenomeni naturali disastrosi hanno, pertanto, senso etico-filosofico e non rappresentano unicamente conquiste scientifico-tecnologiche.

Coerentemente con la propria filosofia e finalità e con le proprie competenze, Archeoclub d'Italia ha progettato in collaborazione con l'ENEA la realizzazione di: percorsi archeologici subacquei dell'area investigata di *Sinuessa*, percorsi di valorizzazione turistica e di godimento dei luoghi e quindi di fruizione del bene culturale archeologico e paesaggistico.

L'approccio metodologico si fonda sul valore della progettazione, scevra da pregiudizi e luoghi comuni, e volta alla valorizzazione delle risorse naturali, anche in direzione economica intesa come sviluppo sostenibile.

Approccio integrato e sviluppo sostenibile proprio perché le interazioni tra attività umane/ambiente hanno raggiunto, oggi, punti di criticità, evidenziati da: processi della globalizzazione economica e finanziaria, persistere di crisi e pericoli ambientali in vaste regioni della Terra, aumento incontrollato dei consumi di risorse e divario tra paesi sviluppati e paesi poveri.

Recessiva e dannosa, da parte dell'uomo, è, dunque, l'utilizzazione dell'ambiente come sottrazione di risorse, ragion per cui validamente nella coscienza civile si riconosce la condannabilità di tale relazione usurpativa, ormai eccessiva, espansiva, viziata dallo sfruttamento del territorio, non inteso come spazio vitale stanziale, di passaggio e viaggio. Ciò non elude il fatto che, in ogni caso, la sopravvivenza e la produzione dell'uomo avvengano attraverso le risorse naturali e i beni comuni.

Perciò il concetto stesso di utilizzazione di bene naturale è intrinsecamente legato e coerente alla visione corretta del vivere umano, al rispetto per le risorse naturali non ricostituibili, alla riappropriazione della propria identità, individuale e collettiva.

La diffusione e l'accessibilità culturale e turistica ai beni, non solo deve essere accettata come sostenibile e compatibile, ma è anzi uno strumento di salvaguardia dei beni comuni stessi, perché, parafrasando Bastiat, "*dove passano i turisti non passano le ruspe*". In altri termini la valorizzazione della fruizione del bene culturale, ambientale e paesaggistico in questo caso, è essa stessa garanzia di una conservazione non astratta né sterile né mummificata, ma viva e in evoluzione, così come vivo e in evoluzione è sempre l'uomo.

Questo volume è un tassello di un grande mosaico le cui tessere sono legate dalla sinergia degli enti locali, delle imprese e dell'associazionismo culturale.

L'iniziativa ha aspetti rilevanti: sostanzia il coinvolgimento del territorio e della società civile; realizza un approfondimento e una visione prospettica sullo sviluppo sostenibile del territorio; concretizza una strategia interistituzionale critica e responsabile di conoscenza, fruizione, tutela delle risorse naturali e culturali-paesaggistiche.

Occorre, pertanto, riconoscere che la fruizione, e quindi il turismo, sono attività economiche, cioè impegnano risorse nei flussi di domanda/offerta e quindi sono produttive di ricchezza.

I beni paesaggistico-culturali sono "capitale e investimento" socio-culturale-economico di promozione, qualificazione, tutela del territorio e di sviluppo sociale.

L'auspicio è che questa riflessione possa rafforzare in tutti noi una maggiore ed avvertita sensibilizzazione e l'assunzione etica di responsabilità condivise nella fruizione del territorio.

*Claudio Zucchelli*

*Presidente Archeoclub d'Italia Onlus*

## Prefazione

Micla Pennetta, Alfredo Trocciola

La presente monografia su *Sinuessa* è volta ad una valorizzazione del patrimonio culturale presente lungo le coste della nostra penisola. In attuazione dell'art. 9 della Costituzione, la Repubblica italiana tutela e valorizza il patrimonio culturale al fine di preservare la memoria della comunità nazionale e del suo territorio oltre a promuovere lo sviluppo della cultura. Conoscere significa innescare processi di salvaguardia, tutela, fruizione e valorizzazione; la conoscenza assume un ruolo rilevante ed innovativo rivolto alla sostenibilità e alla efficacia degli interventi. Il patrimonio culturale del nostro territorio può divenire, soprattutto in questo periodo di crisi globale, una forza trainante dell'economia in grado di attivare risorse finanziarie finalizzate anche alla riqualificazione culturale ed ambientale di una regione.

La presenza di tracciati viari e di opere marittime di epoca romana, ancora visibili lungo l'area costiera del territorio di Sessa Aurunca (Caserta), ha indotto a svolgere ricerche di geomorfologia costiera anche nell'area sommersa a partire dal 1994. Dopo una lunga pausa, le indagini hanno ripreso con un forte impulso a partire dal maggio 2012 conseguendo notevoli progressi e modificando anche sostanzialmente i dati fino ad allora acquisiti e riportati nella letteratura scientifica dedicata.

L'attività di ricerca è stata stimolata dalla presenza di un asse viario di epoca romana, basolato in calcare, perpendicolare alla linea di riva (E-W), che termina bruscamente, obliterandosi sotto la sabbia, in prossimità del cordone dunare costiero (nei pressi del complesso residenziale di Baia Azzurra) (fig. 1).

Nell'area sommersa prospiciente è stato rilevato un manufatto squadrato sconnesso lungo la stessa direttrice (fig. 2) oltre a resti archeologici da ascrivere a manufatti e ad infrastrutture portuali verosimilmente collegati alle pertinenze costiere ed alle attività della colonia verso mare. L'asse viario a terra, costituisce una diramazione verso la costa dell'antica via Appia (fig. 3) costruita a partire dal 312 a.C. dal console Appio Claudio e che metteva in comunicazione la colonia di *Minturnae* (porto fluviale del Mediterraneo nel Lazio meridionale) con Roma e con i centri dell'Italia meridionale. La fondazione della colonia latina di *Suessa Aurunca* (313 a.C.) nei pressi del vulcano di Roccamonfina e la creazione delle due piccole colonie romane di *Minturnae* e *Sinuessa* nel 296 a.C. (dopo le scorrerie dei Sanniti nell'agro falerno) costituirono le tappe fondamentali del processo per il controllo politico e militare del territorio originariamente aurunco (313 a.C. distruzione della Pentapoli Aurunca), (Pagano, 1974, Coarelli, 1993, Crimaco 1993, Gasperetti, 1993, Bellini, 2007). *Minturnae* e *Sinuessa* sono due colonie gemelle; quest'ultima è ubicata nell'attuale stretta fascia costiera tra le ultime propaggini nord-occidentali del Monte Massico ed il Mar Tirreno.

Ambedue erano piccolissimi presidi o fortezze costiere che avevano il compito di controllare sia il territorio che la costa; in particolare la prima a controllare la foce del *Liris* (attuale Fiume Garigliano) e la seconda a controllare l'accesso costiero alla Piana Campana (*ager Campanus*).

Intorno al 174 a.C. *Sinuessa* diverrà una grande città grazie alla produzione e commercio di vino in tutto il Mediterraneo oltre che un ricercato luogo di vacanze per la presenza di impianti termali.

Le *Aquae Sinuessanae*, con testimonianze tuttora evidenti (fig. 4), sono acque sulfuree i cui impianti erano presenti nella fascia costiera tra le pendici del Monte Cicoli ed il mare. La storia della città sembra interrompersi intorno al III secolo d.C. insieme alle sue strutture portuali (Crimaco, 1993).

Alla profondità di 7,0 m e alla distanza dalla costa di circa 650 m è stato rilevato un banco roccioso di natura ignimbratica, messo in posto 39.000 anni dal presente, in un periodo in cui l'attuale area marina era emersa. Verso il margine settentrionale del banco, è stata rilevata un'area depressa, profonda circa 3 m, caratterizzata dalla presenza di 24 elementi di forma cubica, di 3 m x 3 m di lato, in conglomerato cementizio (*opus cementicium*). Al top dei blocchi sono stati rilevati fori semicircolari, da adibire al sollevamento, al trasporto e all'accostamento; sono denominati *pilae* e sono tipici di opere marittime romane come descritto da Vitruvio in *De Architectura* (sin dal I sec. a.C.). Il loro impiego era largamente diffuso sulle coste flegree per la costruzione dei moli e banchine, come rilevato nei vicini insediamenti di *Baia* e di *Portus Julius*. La presenza di paleospagge e di morfologie accessorie alla stessa profondità della sommità pianeggiante del banco tufaceo induce a ritenere che questo fosse emerso e frequentato dall'uomo in epoca romana anche per attività connesse alla portualità.

Gli studi svolti hanno contribuito alla comprensione delle possibili cause della sommersione dell'approdo di *Sinuessa*, valutando l'ampiezza della variazione relativa del livello del mare per cause glacio-idro-isostatiche pari a circa 1 m e a cause tettoniche e di subsidenza pari complessivamente a circa 6,5/7 m. Il rilevamento di manufatti sommersi, attestati sul banco tufaceo poi subsidente, risalenti all'epoca romana, consente di collocare la linea di riva di epoca romana (circa 2000 anni dal presente) a circa 1 km verso il largo. È stata individuata anche una linea di riva più antica, verosimilmente ascrivibile al periodo greco-romano, ad una distanza dalla costa attuale pari a circa 1300 m.

I vari capitoli che si succedono sottolineano le collaborazioni instaurate dall'ENEA con il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse (DiSTAR) dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, con le Soprintendenze archeologiche della Campania, con l'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), con le amministrazioni comunali di Sessa Aurunca e di Mondragone (Caserta), con l'Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno ed alcune associazioni legate al settore dei beni culturali (Marenostrum di Archeoclub d'Italia). L'insieme degli studi e delle ricerche avranno tra gli obiettivi la realizzazione di un Parco geoarcheologico da finalizzare alla conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale sommerso, in linea con la Convenzione dell'UNESCO sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo adottata a Parigi il 2 novembre 2001 e ratificata in Italia il 23 ottobre 2009.



Fig. 1 - Strada basolata di epoca romana perpendicolare alla linea di riva che si oblitera verso mare sotto la sabbia del cordone dunare ricoperto da ricca vegetazione, visibile sullo sfondo a destra



Fig. 2 - Manufatto sconnesso ed originariamente squadrato ubicato nell'area sommersa ad una profondità di circa 3 m ed una distanza dalla linea di riva pari a circa 250 m; risulta in allineamento con la strada basolata romana rilevata a terra di cui alla fig. 1

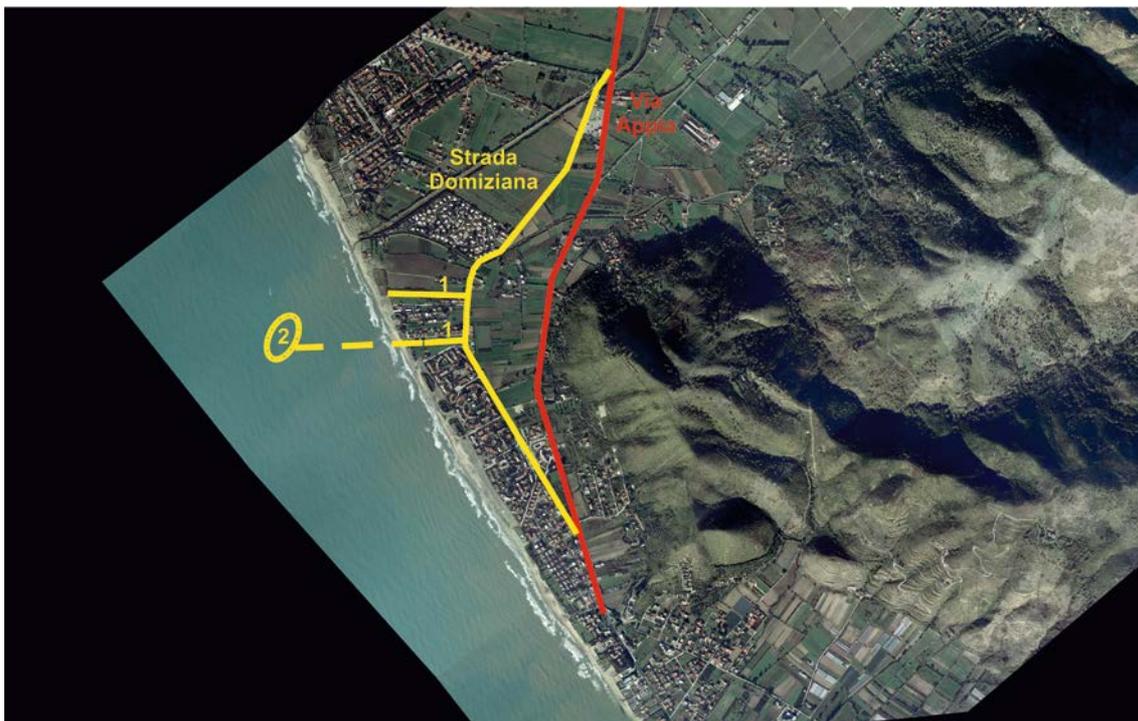


Fig. 3 - Ortofoto con i tracciati viari di epoca romana. In rosso: antica Via Appia; in giallo: attuale Strada Domiziana; 1) strada basolata di cui alla fig. 1 e sua probabile prosecuzione in ambiente sommerso (linea a tratti); 2) ubicazione del manufatto di cui alla fig. 2



Fig. 4 - Depositi rivenienti da una sorgente di acque termominerali che scaturisce dalle pendici occidentali di Monte Cicoli (nei pressi dell'Hotel Sinuessa)

*Archeologia*



## Capitolo I

### **Sinuessa: dalla carta di Atene alla convenzione UNESCO per la fruizione in situ del patrimonio culturale subacqueo**

Raffaele Pica

È in atto un lento cambiamento nella gestione e conservazione del patrimonio culturale che tende a conservare i reperti e siti archeologici nell'originale contesto ambientale, valorizzando al meglio le testimonianze in grado di rappresentare la storia e la cultura di un determinato luogo o di una popolazione. Questo approccio è frutto di accordi maturati in ambito nazionale ed internazionale nell'ultimo secolo. Oggi la fruizione in loco viene ribadita anche per ambienti "difficili" come i fondali marini. In particolare il caso di *Sinuessa*, ricca colonia romana oggi in parte sommersa, offre numerosi spunti di ricerca scientifica, dimostrando come i manufatti antichi abbiano il ruolo di registratori e chiave di lettura di eventi altrimenti indecifrabili e quindi perduti. L'impiego di tecnologie innovative ed il lavoro di numerosi specialisti permette lo studio di contesti ambientali dal punto di vista storico e geo-archeologico. Su questa base di conoscenza deve fondare la fruizione in situ del patrimonio culturale, offrendoci l'occasione di essere trasportati in spettacolari contesti del passato, spesso non adeguatamente valorizzati o, peggio ancora, abbandonati al saccheggio.

#### **Breve excursus storico normativo**

Il bisogno dell'uomo di raccogliere, collezionare, ordinare e tramandare affonda le sue radici probabilmente alle origini della civiltà. A mano a mano che tracce significative delle diverse culture vanno stratificandosi sul pianeta esse assumono il valore di "antichità" e si sviluppa intorno ad esse l'attenzione alla conservazione ed al collezionismo. La pratica di raccogliere ed esporre gli oggetti antichi genera l'esigenza di un luogo per il ricovero, lo studio, la catalogazione, il restauro, l'esposizione e la conservazione. Le collezioni di antichità e "belle arti" hanno popolato dapprima la dimora di potenti personalità per poi impossessarsi esse stesse di grandi edifici facendone la propria dimora. Sebbene i primi esempi di museo possano farsi risalire alla fine del medioevo presso le corti papali, è con l'avvento dell'Illuminismo che le raccolte di antichità prendono l'ordine e la forma di museo così come oggi l'intendiamo. Un punto notevole nella evoluzione del concetto di fruizione del patrimonio artistico-archeologico e paesaggistico è certamente nella cultura occidentale l'avvio sistematico degli scavi di Ercolano (1738) e Pompei (1748). La corte borbonica a Napoli fonda uno dei primi Istituti Archeologici d'Europa. L'Accademia Ercolanense nasce per recuperare e valorizzare le vestigia delle città romane sepolte delle ceneri del Vesuvio. I reperti, in questi primi tempi, sono spesso intesi come regalia o trofei presso le corti europee fino alla fine del 1800.

Negli ultimi due secoli il terreno del patrimonio artistico e culturale è stato teatro di aperto confronto per le più disparate schiere di artisti, letterati ed intellettuali. Le attenzioni e le ideologie che hanno accompagnato le vestigia del passato nel mondo occidentale, nel corso dell'Ottocento e del Novecento, hanno trasformato, arricchito, usato e

a volte cancellato le tracce del passato. È nella prima metà del '900 che ci si accorge della fragilità del patrimonio artistico ed archeologico, si prende consapevolezza della forza simbolica delle opere nel loro contesto e la necessità di conservare le testimonianze applicando metodi scientifici. I siti archeologici cessano di essere considerati "miniere" dove cavare oggetti d'arte ed altri materiali di valore per assurgere a simbolo della storia dell'umanità, portatori di messaggi e testimonianze. Tra le tappe fondamentali di questo percorso, vi è certamente la Carta del Restauro di Atene (1931); in essa sono presenti i principi di collaborazione e fruizione: "... I. *La Conferenza, convinta che la conservazione del patrimonio artistico ed archeologico dell'umanità interessi tutti gli Stati tutori della civiltà, augura che gli Stati si prestino reciprocamente una collaborazione sempre più estesa e concreta per favorire la conservazione dei monumenti d'arte e di storia* ..... II. *La Conferenza raccomanda di mantenere, quando sia possibile, la occupazione dei monumenti che ne assicura la continuità vitale, purché tuttavia la moderna destinazione sia tale da rispettare il carattere storico ed artistico*".

Bisogna attendere la fine del II conflitto mondiale perché il tema della salvaguardia del patrimonio culturale riprenda con nuova forza e coscienza.

In Italia l'art. 9 della Costituzione individua la tutela del paesaggio e del patrimonio storico e artistico della Nazione tra i compiti fondamentali della Repubblica Italiana (1947): "*La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione*".

È con la Carta di Venezia, redatta nel 1964, che nasce l'intento di fissare codici standard e linee guida che costituissero il quadro di riferimento internazionale in grado di regolamentare le modalità con cui condurre interventi di conservazione e restauro di monumenti, manufatti e siti storico-archeologici. Si ribadiscono i principi incentrati sulla tutela del patrimonio artistico ed archeologico dell'umanità, come valore di interesse comune e viene riconosciuto l'imprescindibile legame tra il bene culturale e la salvaguardia dell'ambiente: "*Art. 1 La nozione di monumento storico comprende tanto la creazione architettonica isolata quanto l'ambiente urbano o paesistico che costituisca la testimonianza di una civiltà particolare, di un'evoluzione significativa o di un avvenimento storico. (questa nozione si applica non solo alle grandi opere ma anche alle opere modeste che, con il tempo, abbiano acquistato un significato culturale.*"; ed ancora "...*Art. 6 La conservazione di un monumento implica quella della sua condizione ambientale. Quando sussista un ambiente tradizionale, questo sarà conservato; verrà inoltre messa al bando qualsiasi nuova costruzione, distruzione ed utilizzazione che possa alterare i rapporti di volumi e colori. Art. 7 Il monumento non può essere separato dalla storia della quale è testimone, né dall'ambiente in cui si trova. Lo spostamento di una parte o di tutto il monumento non può quindi essere accettato se non quando la sua salvaguardia lo esiga o quando ciò sia significato da cause di eccezionale interesse nazionale o internazionale*".

Queste nuove posizioni trovano una prima sintesi condivisa a livello mondiale nell'accordo di Parigi del 1972, riguardante la protezione del patrimonio culturale e naturale. Si consolida il concetto di appartenenza del bene culturale al contesto ambientale ed anche la sua funzione socio-economica e comincia a essere presa in considerazione l'aggressione al patrimonio culturale dall'inquinamento prodotto dall'uomo (vedi anche Carta italiana del restauro del 1972).

Venendo a tempi più recenti, ed in particolare all'archeologia subacquea, è nel 2001 che la Convenzione UNESCO punta ad offrire uno standard internazionale per la protezione delle aree archeologiche sommerse. Nella Convenzione si pone l'accento sulla condivisione delle informazioni a livello internazionale, ed anche sull'incentivazione della formazione ed sull'uso di nuove tecnologie nel campo dell'archeologia subacquea. Nella progettazione per la salvaguardia e la gestione delle aree archeologiche sottomarine viene affidato un ruolo di primaria importanza all'archeologia preventiva e quindi ad indagini preliminari non invasive, essenzialmente basate su tecnologie di ecolocalizzazione e di geolocalizzazione satellitare. In questa direzione sono stati fatti notevoli passi avanti a partire dagli anni '90 con l'introduzione di tecnologie come il sonar ad alta frequenza a scansione laterale (*Side Scan Sonar*) del *Multibeam* in grado di restituire immagini dettagliate del fondo marino in 3D e georeferenziarle con precisione centimetrica grazie alla rete satellitare GPS.

In Italia la Convenzione UNESCO è stata adottata con la Legge 23 ottobre 2009, n. 157: *"Ratifica ed esecuzione della Convenzione sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo, adottata a Parigi il 2 novembre 2001, e norme di adeguamento dell'ordinamento interno"*. Questa legge in parte integra, con maggiori dettagli sulle competenze territoriali sancite dal Decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 *"Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137"* (Codice Urbani). A continuare il discorso e a porre l'attenzione su un necessario processo di democratizzazione della cultura e di *"open government"* è stato il Consiglio d'Europa con la *Convenzione quadro sul valore del patrimonio culturale per la società* (STCE n. 199, Convenzione di Faro). Questo atto, sottoscritto dall'Italia a Strasburgo nel 2013, è in fase di ratifica nel nostro paese.

Ultima nata fra le Convenzioni culturali internazionali, la Convenzione UNESCO del 2001 muove dal concetto che la conoscenza e l'uso dell'eredità culturale rientrano fra i diritti dell'individuo a prendere parte liberamente alla vita culturale della comunità e a godere delle arti (Diritto già sancito nel 1948 a Parigi dalla Dichiarazione Universale dei Diritti dell'Uomo) e garantito dal Patto Internazionale sui Diritti Economici, Sociali e Culturali (Parigi 1966). Viene richiamata la popolazione a svolgere un ruolo attivo nel riconoscimento dei valori dell'eredità culturale, invitando gli Stati a promuovere un processo di valorizzazione partecipativo, fondato sulla sinergia fra pubbliche istituzioni, cittadini privati e associazioni, conferendo ad essi un ruolo chiave per accrescere in Europa la consapevolezza del valore del patrimonio culturale e il suo contributo al benessere e alla qualità della vita.

### Nuovi modelli di gestione del patrimonio archeologico e paesaggistico

Il lungo processo di maturazione della consapevolezza del valore affidato alla conservazione ed alla fruizione del patrimonio culturale ha generato una variegata classificazione di forme in cui può essere suddiviso il patrimonio culturale in un determinato ambito (fig. 1.1).

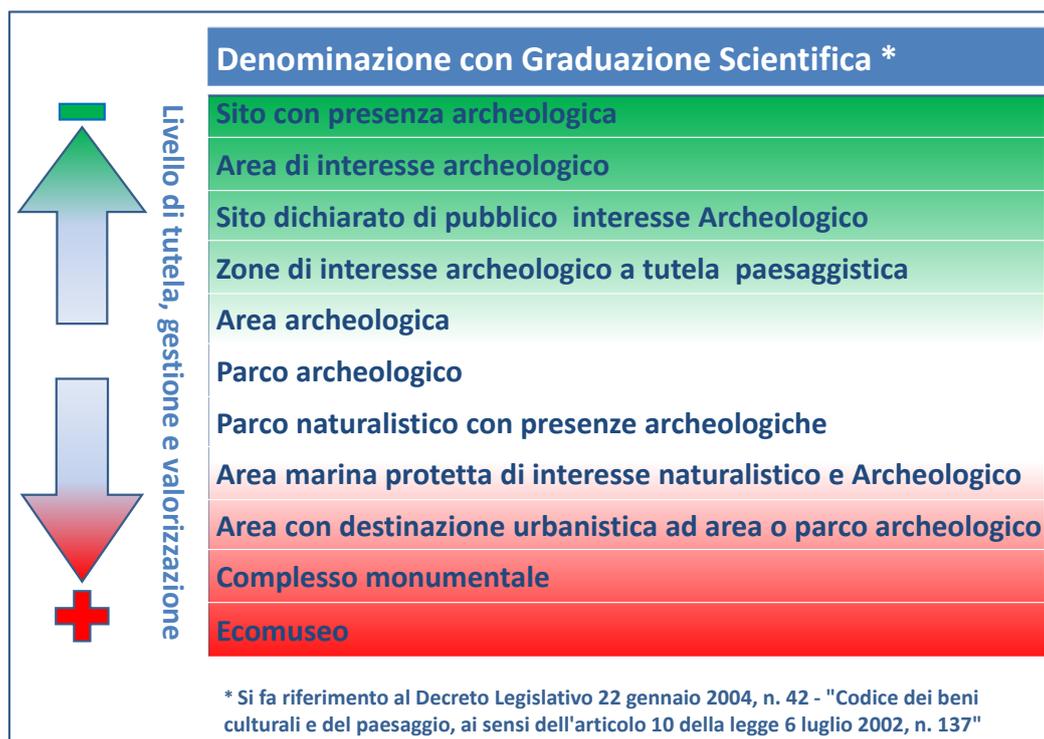


Fig. 1.1 - Classificazione degli ambiti di interesse storico/ambientale

Diversamente da quanto è avvenuto per i musei, che hanno raggiunto il loro assetto dopo numerosi studi e analisi dal punto di vista tecnico-scientifico ed economico-organizzativo, la complessità della analoga materia per le aree e i parchi archeologici è ben lontana dall'aver un quadro normativo di chiaro riferimento. Infatti, nel caso dei musei il Decreto Ministeriale 23 dicembre 2014 *"Organizzazione e funzionamento dei musei statali"* sancisce i principi fondanti di indirizzo politico/amministrativo. Di contro nell'organizzazione e gestione di un parco si risente della necessità di avere indirizzi e punti di riferimento maggiormente certi e condivisi, in considerazione dell'ampiezza del territorio interessato, del possibile conflitto con lo sviluppo urbanistico e del sovrapporsi di competenze fra Stato e Regioni e fra Enti Pubblici e Soggetti Privati, a vario titolo correlabili alla responsabilità di programmazione e gestione dei siti. Come si evince dalla figura esemplificativa sotto riportata (fig. 1.2), per la valorizzazione e la corretta fruizione del bene culturale, sia esso un "Sito" o un "Area di Interesse" oppure più in generale un "Parco", vengono richiamate le competenze di tutti i livelli amministrativi e gestionali in cui la nostra nazione si articola, rendendo di fatto la materia di notevole complessità.

La necessità di avviare un processo di riassetto e razionalizzazione di queste aree è chiara al legislatore. Facendo riferimento al DM 18/4/2012 si riporta testualmente dalle Linee Guida in esso contenute: "... *L'esigenza di formulare un documento chiarificatore nasce dunque dall'attuale situazione dei parchi archeologici in Italia, la maggior parte dei quali si rivela tale soltanto sulla carta, a causa non solo delle carenze nei servizi, negli strumenti di gestione, nei sistemi di comunicazione, ma anche, e soprattutto, dell'assenza di una riflessione in merito a premesse e obiettivi culturali, che dovrebbero invece costituire il fondamento di qualsiasi iniziativa in questo campo.*

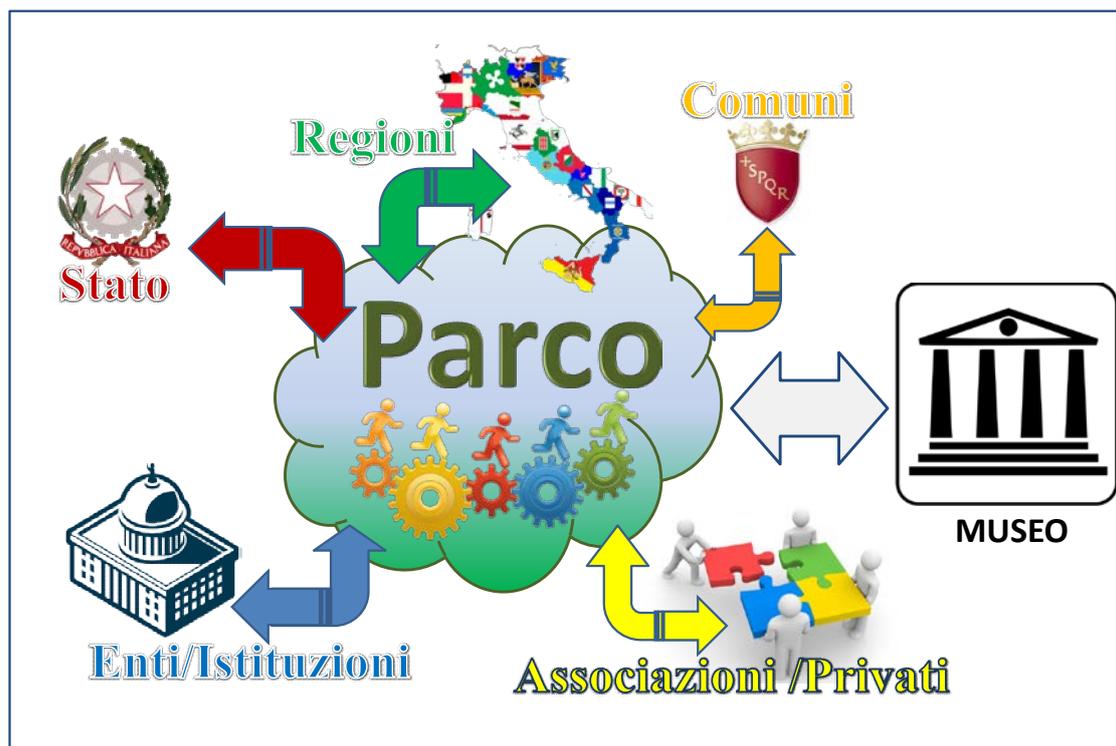


Fig. 1.2 - Esempificazione dei rapporti di autonomia tra il Museo ed il Parco

In assenza di una guida condivisa, spesso si assiste alla contrapposizione di due distinte posizioni. C'è da un lato chi considera che il fascino del monumento/documento sia nella sua forma attuale, con eventuali alterazioni estetiche e funzionali risultanti da una successione di eventi naturali ed antropici incisi nel corso della storia. Per questi, l'immagine dei monumenti antichi va considerata "storicizzata" e quindi va conservata così come è stata rinvenuta a seguito di indagini e campagne di scavo. Il monumento deve essere prima di tutto messo in sicurezza, conservato e, laddove possibile, affidato alla contemplazione.

Dall'altro lato c'è chi vede i beni archeologici come il frutto di una importante quanto meritoria opera di indagine, che arriva ad alterarne la forma, la struttura e il contesto ambientale. Secondo i sostenitori di questo punto di vista, è logico ripristinare le aree e i monumenti, rimettendo le cose nel loro ordine logico e funzionale. L'immagine del monumento deve essere riportata alla sua funzione con coraggio interpretativo. Il restauro deve avere lo scopo di rendere vivo e produttivo il bene archeologico, permettendo al visitatore di riceverne la sua percezione/funzione originaria. Lo scopo degli interventi deve essere quello di rendere vivo e produttivo il bene archeologico per riconsegnarlo alla collettività. Tra le due posizioni si avverte il peso di un astio che ha radici profonde, se non fosse per la serietà e l'impatto per la società.

In tale contesto il Ministero per i Beni e le Attività Culturali ha emanato un proprio decreto dal titolo "Adozione delle linee guida per la costituzione e la valorizzazione dei parchi archeologici" (DM 18 aprile 2012), secondo quanto previsto dal già citato Codice dei Beni Culturali (Decreto Legislativo 42/2004).



Fig. 1.3 - Linee guida per la valorizzazione dei Parchi Archeologici

In esso è contenuta la definizione di Parco Archeologico: «Ambito territoriale caratterizzato da importanti evidenze archeologiche e dalla compresenza di valori storici, paesaggistici o ambientali, attrezzato come museo all'aperto» (art. 101 c. 2). Sulla scorta di questa definizione è possibile traslare i modelli organizzativi propri dell'ambito museale (fig. 1.3).

Pensando di tracciare uno schema logico semplificato dei fattori che intervengono nella definizione della *Mission* di un *geoarcheosito* ci si rende immediatamente conto della complessità di tale compito, soprattutto se si pensa alle peculiarità di un geoarcheosito sommerso; in questo particolare ambito alcuni dei fattori sopra indicati divengono particolarmente critici, basti pensare alle problematiche legate all'accessibilità, alla specializzazione del personale, al rispetto della normativa e alla gestione della sicurezza (fig. 1.4).



Fig. 1.4 - Elementi concorrenti alla definizione della Missione di un Parco

Fonte: Ekosaari et al., 2015, mod.

### Sviluppi per un progetto di valorizzazione

Il caso dell'area marina di *Sinuessa* e del suo banco roccioso sommerso, così come rilevato dalle indagini dell'ENEA con le campagne marine del 2012 e del 2013, offre una serie di interessanti spunti di ricerca, con indagini e approfondimenti delineati sotto il profilo tecnico/scientifico.

In *primis* vi è, oltre alla problematica strettamente storico/archeologica e filologica, la comprensione dei fenomeni di geodinamica e vulcanesimo di una regione di particolare complessità. La posizione attuale dei massi cubici costituisce un documento di straordinaria importanza, sul quale sono incise le tracce della dinamica costiera di un significativo tratto del litorale della Campania. Vi è poi una non trascurabile attività, per la caratterizzazione geochimica dei materiali e sullo studio delle metodologie impiegate dai romani nella realizzazione di leganti idraulici dei "megablocchi" di *Sinuessa*, così come per la caratterizzazione delle molteplici *facies* geomorfologiche di questo particolare ambiente.

Va sottolineato l'importante aspetto ecologico/naturalistico legato alla risorsa marina di questo tratto di costa. Nel corso delle campagne di indagini è emerso il carattere di importante "nicchia ecologica" del banco roccioso di *Sinuessa*, essa rappresenta un'oasi strategica per la flora e la fauna marina in un lungo tratto di costa basso e sabbioso, delineando la presenza di elementi caratteristici per l'istituzione di un'area marina protetta. Tutto ciò dimostra quanta strada sia ancora da fare in termini di ricerca scientifica e quanta importanza possa avere per l'intera collettività lo studio di "Siti Archeologici" anche ai fini della comprensione di fenomeni fisici ed ambientali.

Recupero, restauro, valorizzazione, fruizione dei beni culturali confermano, nel caso di *Sinuessa*, l'urgenza dell'avvio di un dialogo costruttivo a vantaggio della collettività sia in termini di crescita culturale che economica del territorio.

## Conclusioni

La scarsa consapevolezza nei confronti di una urgente e profonda integrazione tra il mondo dei beni culturali e quello della ricerca scientifica appare miope e dannosa. Le nuove tecnologie possono ridare vita alla forma originaria dei reperti archeologici aiutando a ricostruirne la storia ed il contesto ambientale, senza rischiare di distruggerne le testimonianze. Allo sforzo di natura tecnico-scientifica deve corrispondere un impegno di natura politico-amministrativa in una cornice normativa chiara e di facile approccio. L'obiettivo, spesso disatteso, è quello di puntare alla conservazione della memoria e delle tracce dell'evoluzione dell'uomo e del suo ambiente e deve spingere ad un processo di integrazione e partecipazione condivisa del patrimonio culturale. Si è qui tentato di dare brevemente uno sguardo allo scenario in evoluzione dal punto di vista politico e normativo, confrontando l'evoluzione dell'organizzazione Museale con quella dei Parchi.

Laddove appare complesso dipanare i molteplici interessi che si articolano su questa materia è sorprendente scoprire che le usanze, l'organizzazione socio-economica e la tecnologia di molte delle civiltà che ci hanno preceduto sono state, per certi aspetti, così formidabili da giungere fino a noi con vigore, dimostrando la "serietà" con la quale popoli e culture affrontavano l'esecuzione delle loro opere. I concetti di base sembrano apparentemente semplici e al tempo stesso difficili da riproporre oggi, a dirli con le parole di Vitruvio:

- *firmitas* (solidità);
- *utilitas* (funzione, destinazione d'uso);
- *venustas* (bellezza).

Con queste regole, ponti, strade, acquedotti, fognature, opere di bonifica, mura di difesa, edifici, templi e, come nel caso di *Sinuessa*, le opere marittime a difesa della costa, sono giunte fino a noi, spesso ancora in funzione o celate dal mare, a volte con meccanismi non ancora del tutto compresi. Molte delle linee normative qui presentate puntano a valorizzare il territorio attraverso i beni culturali e ambientali; vi è la certezza che importanti tracce del passato oltre a possedere un valore intrinseco di tipo economico si accompagnano alla possibilità di sollecitare un grande impegno di coesione e riattivazione per le comunità locali.

## Ringraziamenti

*Si ringrazia la dott.ssa Cristina Failla per il contributo dato a questo capitolo.*

## Capitolo 2

### Inquadramento storico

*Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Sergio Cascella*

I recenti rinvenimenti archeologici effettuati nel Comune di Mondragone (Caserta), presso Roccia San Sebastiano, attestano che tra 50.000 e 25.000 anni fa, gruppi di uomini di *Neanderthal*, prima e di *Homo sapiens*, poi, trovarono ripari stagionali sui monti Petrino e Massico i cui versanti si affacciavano su un paesaggio ricoperto da un fitto manto vegetazionale e caratterizzato da abbondanti riserve idriche costituite dai corsi dei fiumi Garigliano e Savone, le cui foci, lungo le dune costiere, formavano ampi specchi lacustri e paludosi, ricchi di selvaggina (Arthur, 1991).

Ritrovamenti di utensili litici e frammenti ceramici attestano che nel periodo compreso tra l'età del Bronzo e quella arcaica (Collina *et al.*, 2005), questi stessi rilievi montuosi furono abitati da gruppi umani la cui *facies* culturale rientra nel più vasto panorama della Cultura cosiddetta Appenninica.

Contrariamente e per diverse ragioni, legate sia alla natura dei luoghi che all'incipiente antropizzazione, questa fase è quasi del tutto sconosciuta nell'area pedemontana sebbene alcuni recenti ritrovamenti (Guidi & Saracini, 2010) attestino che anche quest'area fu in qualche modo frequentata. Tuttavia, lo stato attuale delle ricerche non consente di chiarire gli aspetti caratterizzanti di questi stanziamenti per il momento testimoniati unicamente da affioramenti superficiali.

A cominciare dalla fine del II millennio a.C. questo sostrato di popolazioni autoctone che durante tutta l'età del Bronzo (XVI-IX sec. a.C.) aveva occupato le coste e l'immediato retroterra campano, forse anche con l'apporto culturale di genti allogene, assunse una distinta connotazione culturale che gli storici antichi e moderni identificano con un vero e proprio *ethnos*.

Si tratta di agricoltori Italici, noti con il nome di Ausoni-Aurunci (Cascella, 2012), caratterizzati da una cultura eminentemente pastorale e arcaica, che gradualmente occuparono il basso Lazio e la Campania settentrionale. Ciò che conosciamo degli Ausoni è molto confuso tanto che spesso la loro origine e la loro storia sfuma nel mito. Quale fosse l'organizzazione sociale degli Ausoni nel territorio in questione, è tutt'oggi oggetto di discussione tra gli studiosi giacché la scarsità di dati, dovuta alla cronica mancanza di ricerche e rinvenimenti, spesso non consente di avere un quadro sufficientemente chiaro delle loro dinamiche insediative.

La moderna ricerca archeologica può oggi affermare che queste popolazioni erano riunite in villaggi di tipo pseudo urbano sparsi su tutto il territorio. Tra questi, alcuni insediamenti, che la tradizione identifica con i siti di *Minturnae*, *Sinuessa*, *Suessa*, *Ausona* e *Vescia*, ebbero un ruolo più rilevante. Purtroppo, nessuno di questi centri è mai stato oggetto di un'indagine archeologica sistematica che riguardasse le fasi storiche che hanno preceduto l'età romana.

A tutt'oggi, l'unico scavo di un abitato ausone è quello effettuato verso la metà degli anni '80 del novecento nei pressi del Ponte Ronaco a Sessa Aurunca (Talamo, 1987).

Questo sito ha rivelato il fondo di una capanna formata da uno zoccolo di fondazione su cui era fissata una palizzata di tronchi di legno che reggeva il soffitto. Si tratta quindi di un insediamento stabile, ma che non può certo definirsi "città" e che quindi ebbe un ruolo "politico" limitato, compito, questo, che invece fu delegato ai luoghi di culto sparsi nel territorio.

La natura federale dei santuari ausoni operò quindi da fulcro politico e culturale coagulante per un popolo che, come detto, abitava la regione secondo un modo che gli studiosi identificano con l'espressione "*per pagi e vici*" cioè, per insediamenti di tipo rurale cui sembra non potersi attribuire un'autonomia amministrativa.

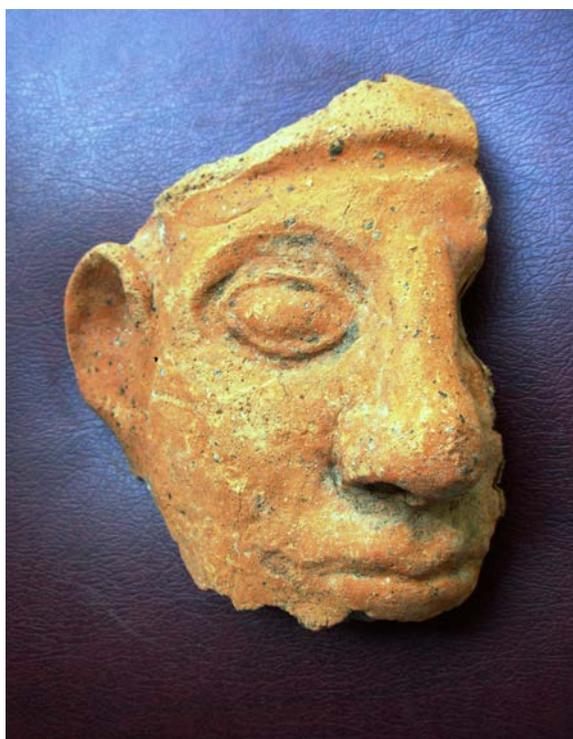


Fig. 2.1- Ex voto, frammentato, rappresentante un volto maschile. Da Falciano del Massico (Caserta)

I principali santuari erano disposti sulla costa, lungo una via litoranea che in seguito divenne la via Appia; precisamente a nord è collocato il santuario della dea Marica, vicino a Minturno e a sud quello in località Panetelle, presso Mondragone, lungo il corso del fiume Savone, l'antico *Savo* (Mingazzini, 1938; Falcone, 2009). A questi santuari, che costituivano un presidio per il controllo del territorio sia da un punto di vista militare che commerciale, data la loro posizione alle foci dei fiumi Garigliano e Savone, si devono associare una miriade di centri culturali minori localizzati lungo le principali direttrici viarie che dalla costa risalivano verso l'interno e la pianura campana (fig. 2.1).

Le divinità venerate erano femminili, principalmente legate alla sfera della fecondità e al mondo ctonio, come attestano i molti ex voto anatomici trovati nelle stipi di Panetelle (fig. 2.2).



Fig. 2.2 - Ex voto, frammentati dalla stipe in località Panetelle, nel Comune di Mondragone (Caserta)

Tra di esse spiccava la ninfa Marica, signora della natura selvaggia e protettrice dei neonati, caratteristiche, queste, che la assimilano al prototipo della dea Diana dei romani e, al pari di questa, aveva sulla sponda sinistra (Baia Domizia - Caserta) del Garigliano, l'antico *Liris*, il suo bosco sacro (*Lucus*).

La cultura materiale degli Ausoni è documentata proprio dai materiali votivi poiché i rinvenimenti riferibili ai contesti tombali sono assai scarsi. Le recenti analisi tipologiche e cronologiche di questi oggetti tracciano un quadro culturale degli Ausoni piuttosto arretrato rispetto al fermento che contrariamente caratterizza le colonie greche del Golfo di Napoli e la pianura campana, ove gli Etruschi avevano fondato diversi insediamenti tra cui Capua.

Proprio con quest'ultima area i rapporti sembrano essere più intensi com'è testimoniato dalla famosa *Kore* o Afrodite di Sessa (fig. 2.3), oggi conservata al *British Museum*, che costituisce uno dei migliori esempi di bronzistica votiva di stile tardo arcaico rappresentante una giovane offerente, vestita con un chitone aderente, opera probabilmente di un artigiano etrusco di Capua.

Rilevanti cambiamenti culturali intervengono nel corso del V e IV sec. a.C. quando gli Ausoni si trasformarono in Aurunci, uniformandosi gradatamente agli usi e costumi dei popoli campani che comunemente chiamiamo Osci. Ciò è testimoniato dalle iscrizioni che ci sono giunte, che attestano l'uso della lingua osca, dal rituale funerario e dalla tipologia delle tombe (fig. 2.4) che sostanzialmente è simile a quella presente nelle comunità campane limitrofe determinando così una sorta di *koinè* culturale.



Fig. 2.3 - Kore di Sessa databile al 480 a.C. ca.

Fonte: da U. Zannini (ed.), *Isti (Aurunci) graece Ausones nominantur*, Atti del Convegno Sessa Aurunca, Marina di Minturno 2012, p. 170, fig. 1

Alla fine del IV sec. a.C. gli Aurunci furono inevitabilmente travolti dall'espansione romana che culminò con la guerra latina (340-338 a.C.) e in quelle scaramucce che si conclusero nel 314 a.C., quando le terre degli Aurunci divennero *Ager Publicus Populi Romani*, territorio di Roma, che vi fondò, nel 313 a.C., una colonia di diritto latino che prese il nome di *Suessa*.

Il processo di romanizzazione del territorio fu rapido e profondo, attuandosi nel 312 a.C. con la decisione di costruire la via Appia che avrebbe collegato Roma con Capua e con la deduzione, nel 296 a.C., delle colonie romane gemelle di *Sinuessa* e *Minturnae*. Queste ultime due città avevano lo scopo di difendere il territorio da poco annesso, l'accesso costiero alla pianura campana, il passaggio al *Latium adjectum* e il tracciato di questa grande via di comunicazione commerciale e militare che, appunto, fu la via Appia.



Fig. 2.4 - Veduta generale della necropoli aurunca di Località Piscinola, nel Comune di Sessa Aurunca (Caserta)

Per quel che riguarda *Sinuessa*, la mancanza di fonti storiche e archeologiche non ci permette di conoscere molto sui primi decenni di vita della città le cui vicende storiche sono, per noi, abbastanza oscure. Certamente un duro colpo *Sinuessa* lo ricevette con l'assedio che le fu posto nel 217 a.C. dalla cavalleria di Annibale che saccheggiò tutto l'agro circostante provocando vittime ed enormi danni<sup>1</sup>. La ripresa economica e sociale fu lenta ma costante tanto che l'abitato di *Sinuessa* crebbe anche al di fuori del perimetro delle fortificazioni e, nel 174 a.C., si rese necessario da parte dei censori Aulo Postumio Albino e Quinto Fulvio Flacco, ampliare le mura e ristrutturare il Foro, centro pulsante della vita commerciale della città<sup>2</sup>.

L'importanza di *Sinuessa* nasceva non solo dalla sua strategica posizione geografica, ma anche dal ricco retroterra agricolo che fu sfruttato intensivamente. Nacque in questo periodo un enorme numero di aziende agricole (le cd. *villae rusticae*) destinate principalmente alla produzione vinicola.

<sup>1</sup> Liv., XXII, 13, 6-10.

<sup>2</sup> Liv., XLI, 27, 11-13.

La pianura che si stende ai piedi del vulcano spento di Roccamonfina e del massiccio calcareo del Massico era, ed è, formato da terreni impregnati di materiale vulcanico che rendono i suoli particolarmente fertili e adatti alla produzione del celebrato vino *Falerno* che proprio dalla data delle ristrutturazioni operate dai censori del 174. a.C. vide una significativa crescita di produzione. Questo vitigno, famosissimo in tutto il mondo romano, era conservato ed esportato in anfore vinarie del tipo Dressel 1 e 2/4, prodotte in un grande numero di fornaci disposte sia nelle aziende agricole, ove si produceva il vino, che in un vero e proprio quartiere artigianale posto lungo la costa a nord e a sud della città. Ovviamente una produzione vinicola, cerealicola e artigianale così massiccia, prevedeva l'impiego di una notevole massa di manodopera formata da migliaia di schiavi, concentrati nelle mani di pochi facoltosi appartenenti sia all'aristocrazia locale, ma soprattutto ai grandi proprietari terrieri provenienti da Roma. La localizzazione di un così gran numero di persone ridotte in schiavitù, in un territorio relativamente ristretto, produsse non poche tensioni sociali che, nel 133 a.C., sfociarono in una sanguinosa rivolta, domata da Roma con l'invio di una legione: furono catturati 4000 rivoltosi, in seguito giustiziati con la crocefissione<sup>3</sup>.

Con la *Pax Augusta* inizia il periodo di maggior splendore per *Sinuessa*, che entrò a far parte della *Regio I Latium et Campania*. La città divenne famosissima, oltre che per la produzione del Falerno, anche per le numerose ville che l'aristocrazia romana possedeva lungo la costa. Durante il periodo degli imperatori Flavi, l'economia di *Sinuessa*, si avvantaggiò anche del passaggio della *via Domitiana* che dal 95 d.C. collegò la città con il grande porto commerciale di *Puteoli* (l'odierna Pozzuoli). Questo momento felice continuò ininterrotto sino al II sec. d.C. quando *Sinuessa* fu spesso visitata dai componenti della casa imperiale Antonina tra cui Matidia Minore, cognata dell'imperatore Adriano, che si rese benemerita verso i cittadini che le fecero delle pubbliche dediche<sup>4</sup>.

Il lungo e inesorabile declino iniziò del III sec. d.C. sino al saccheggio da parte dei Visigoti di Alarico nel V sec. d.C. L'ulteriore saccheggio del 455 a.C., questa volta ad opera dei Vandali, dette il colpo di grazia a *Sinuessa* che fu completamente e definitivamente abbandonata come il suo territorio che, disabitato, venne rapidamente occupato dalla selva e dalle paludi che resero impraticabili sia la Via Appia, sia la Via Domiziana.

Sul periodo antico di *Sinuessa* scese il buio sino al XII secolo, quando documenti scritti e tracce archeologiche testimoniano la ripresa della vita civile in un piccolo villaggio medievale chiamato *Rocca Montis Dragonis*, il futuro abitato di Mondragone.

---

<sup>3</sup> Orosio, V, 9.

<sup>4</sup> Cil. X, 3833.

## Capitolo 3

### L'area archeologica urbana

Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Sergio Cascella

L'antica *Sinuessa* giace ai piedi della propaggine più occidentale del Massico che prende il nome di Monte Petrino. Purtroppo, l'area archeologica di località Perticale - S. Eufemia, sita nel comune di Sessa Aurunca, è ancora oggi soggetta a un incessante scempio edilizio che, in nome dello sviluppo pseudo turistico degli ultimi anni, ha visto la progressiva distruzione di molte tracce della città romana. Pertanto, se di *Minturnae* conosciamo abbastanza bene l'impianto urbano e molti monumenti, della colonia gemella *Sinuessa* conosciamo pochissimo, soprattutto perché rarissime sono state le ricerche archeologiche sistematiche.

Tuttavia, sul finire degli anni '80 del novecento l'impari lotta intrapresa dalla Soprintendenza contro l'azione ostinata degli scavatori clandestini, portò alla realizzazione di una serie di sondaggi archeologici che hanno gettato un raggio di luce sulla topografia urbana e sulla periodizzazione dell'occupazione del territorio su cui sorse la colonia romana (Pagano, 1990). Tali ricerche, sul limite meridionale della città, hanno rivelato le tracce di un insediamento arcaico di cui si sono trovati i buchi di palo riconducibili a una capanna, cui erano associati materiali ceramici del VI sec. a.C. Purtroppo, la limitatezza dell'area esplorata non ha consentito di chiarire ulteriormente la natura dell'insediamento che, in analogia con ciò che è stato riscontrato nella vicina colonia latina di *Suessa*, sembra aver preceduto il momento della deduzione della colonia romana del 296 a.C. I pochi elementi disponibili per la ricostruzione dell'area urbana (fig. 3.1) sono costituiti dai ruderi ancora emergenti e da quei pochi resti intercettati durante la suddetta esplorazione effettuata, oramai, alcuni decenni or sono.



Fig. 3.1 - Planimetria dell'antica *Sinuessa* con la disposizione dei principali rinvenimenti

Sul limite nord-est dell'abitato, presso Masseria Morrone, emergono i ruderi di un edificio di grandi dimensioni che disegna sul terreno un andamento semicircolare e che per questo è identificabile con l'anfiteatro della città (Gasparetti, 1993). Data la natura pianeggiante del sito su cui sorse la colonia romana, è verosimile che le gradinate dell'arena fossero rette da volte e archi come sembrano dimostrare i resti dei *maeniana*, cioè degli ambulacri voltati. Si tratta di strutture realizzate forse in epoca augustea con l'uso dell'*opus reticulatum* di tufo locale, con marcapiani in mattoni, volte centinate e archi di scarico in bipedali. Lavori di ristrutturazione sono attestati nel II sec. d.C. come attesta un'iscrizione (Cil. X, 4737) dalla quale apprendiamo che Sesto Cecilio Birroniano rifece a sue spese il podio dell'arena. Purtroppo, l'anfiteatro è ancora completamente sommerso dai detriti e dai crolli per cui non è al momento possibile stabilirne la grandezza e le caratteristiche.

Null'altro si sa degli altri edifici e aree pubbliche della città quali il Teatro, le Terme o il Foro che nel 174 a.C. fu ristrutturato e ampliato dai censori Aulo Postumio Albino e Quinto Fulvio Flacco<sup>1</sup> e nuovamente abbellito in epoca imperiale come c'informa l'iscrizione di Caio Clodio Adiutore<sup>2</sup> che rifece a sue spese un tempio e la pavimentazione della piazza. Come accade nella vicina *Minturnae* la via Appia entrando in città dalla porta nord assumeva il ruolo di cardo massimo (nord-sud) della colonia. Un tratto della consolare che incrocia un decumano (figg. 3.2-3.3), è stato individuato durante i suddetti scavi che hanno portato alla scoperta parziale di un'abitazione, di cui sono stati scavati il vestibolo e alcuni ambienti pavimentati in *opus signinum* databili al II sec. a.C. (fig. 3.4).



Fig. 3.2 - Sessa Aurunca (Caserta), Località Perticale. Veduta generale dello scavo

<sup>1</sup> Liv., XLI, 27, 11-13.

<sup>2</sup> AE 1926, 00143. C(aio) Clodio C(ai) f(ilio) / Quir(ina) Adiutori / praet(ori) trib(un)o plebei (sic) / quaestori / publice quot(sic) HS CCC m(ilia) n(ummum) / rei pub(licae) legaverint / ex qua pecunia templum / exstructum et forum / stratum est.

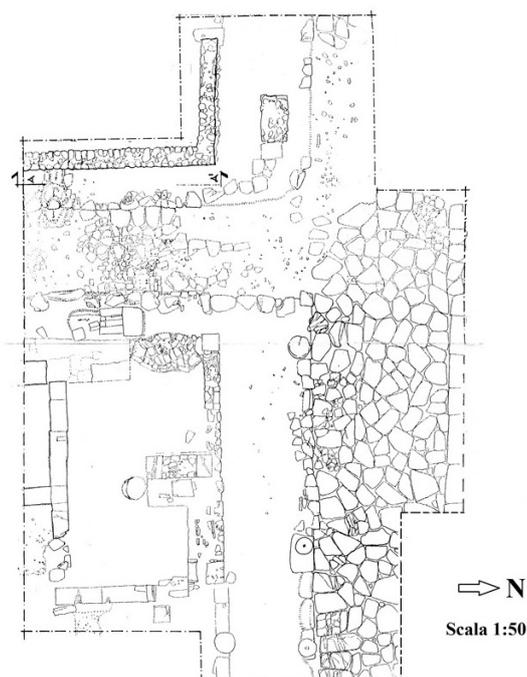


Fig. 3.3 - Sessa Aurunca (Caserta), Località Perticale. Rilievo dell'incrocio stradale C

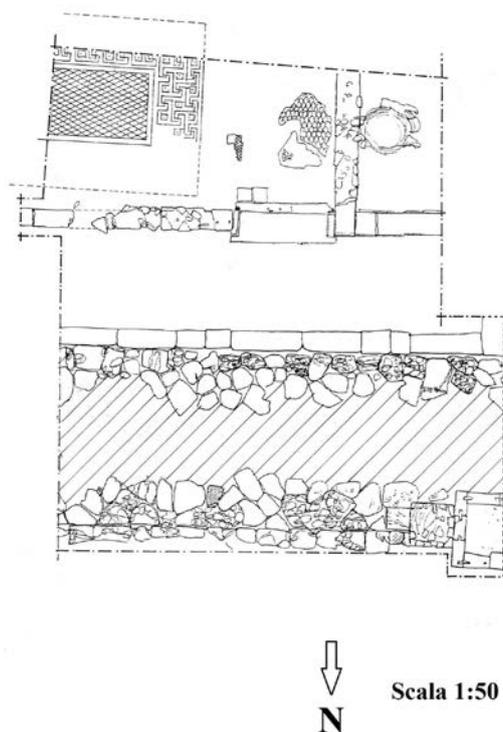


Fig. 3.4 - Sessa Aurunca (Caserta), Località Perticale. Rilievo Domus B

Purtroppo, l'area era gravemente danneggiata dai lavori agricoli, per cui non è stato possibile individuare gli elevati delle strutture ed anche i livelli pavimentali erano in gran parte distrutti così come le stratigrafie riguardanti le fasi di occupazione dell'insediamento più recenti.

In analogia con ciò che è visibile in altre città romane, quale Pompei, anche *Sinuessa* non presentava un impianto fognario adeguato pertanto, nella cattiva stagione, forse, non si riusciva a smaltire la furia delle acque piovane per cui si doveva ricorrere ai caratteristici massi che fungevano da passaggi pedonali per attraversare le strade invase dall'acqua (fig. 3.5) e, infine, sono anche presenti le tipiche fontane pubbliche realizzate con massi di calcare affiancati e legati con grappe di piombo, spesso decorate da una figura scolpita che nel caso specifico, rappresenta una divinità delle acque sdraiata su un fianco (fig. 3.6).

Questo, in sintesi, è ciò che si sa di *Sinuessa* e si spera che in futuro la strenua opera di tutela e difesa di questo patrimonio condotta dalla Soprintendenza Archeologica sfoci in più sostanziali scoperte che possano aprire nuovi scenari sulla conoscenza di questa città romana, che fu una tra le più importanti della *Campania Felix*.



Fig. 3.5 - Sessa Aurunca (Caserta), Località Perticale. Incrocio stradale B



Fig. 3.6 - Sessa Aurunca (Caserta), Località Perticale. Particolare della fontana pubblica

## Capitolo 4

### Le ville romane a sud di *Sinuessa*

Sergio Cascella

#### Premessa

Lungo la costa compresa tra *Sinuessa* e *Formiae* sono stati individuati dei resti archeologici che attestano la presenza di “*villae maritimae*” dell’aristocrazia romana. In particolare, si riscontrano imponenti complessi nell’area di *Sinuessa*, collocati a nord e a sud della città antica che, oltre ai quartieri abitativi, tipici delle residenze romane di lusso, mostrano sontuosi impianti termali privati che sfruttavano le numerose sorgenti di acque termominerali, le famose *aquae sinuessane* tanto celebrate da Plinio<sup>1</sup>.

Purtroppo, le attuali condizioni ambientali e la limitatezza delle esplorazioni, non ci consentono di comprendere in quale relazione queste strutture fossero con l’antica linea di costa e con l’area portuale di *Sinuessa* che, come dimostrano le recenti indagini subacquee, era certamente molto estesa rispetto all’attuale. Ciò è maggiormente vero per la villa di San Limato, oggi posta quasi sulla spiaggia, che mostra un criptoportico inferiore seppellito dalla sabbia, ma che certamente nel periodo antico non poteva essere posto al disotto del livello del mare. È invece probabile che la villa di Casino di Transo, proprio per il suo ingegnoso sistema di drenaggio del sottosuolo che evitava la risalita delle acque salmastre, fosse effettivamente collocata presso la linea di riva, verosimilmente su una sorta di promontorio o di prolungamento sabbioso della spiaggia antica che fronteggiava l’area portuale.

#### Casino di Transo

La villa, sottoposta di recente a indagine archeologica (Gasperetti, 1993), è situata a sud di *Sinuessa*, in località Bagni Sulfurei-Casino di Transo, proprietà Palmieri. Disposta lungo il tracciato della *via Domitiana*, nei pressi delle fornaci che producevano anfore vinarie del tipo Dressel 1a e 1b, era stata costruita tra la fine del II sec. a.C. e la prima metà di quello successivo (periodo I). Lo scavo ha permesso di comprenderne, seppur preliminarmente, le principali fasi di occupazione e l’articolazione architettonica. Si tratta di un complesso monumentale disposto secondo l’asse N-S, su più terrazze che, nella parte bassa, giungono sin sull’attuale arenile. È apparso subito evidente che il settore della villa proteso verso il mare era occupato dalla *pars urbana* mentre quello a monte ospitava la *pars rustica*.

Del quartiere urbano si è potuto indagare parzialmente una parte del giardino, formato da terrazzamenti artificiali contenuti da muri, entro cui fu disteso uno strato preparatorio, formato da terra e grossi frammenti fittili, attraversato da un complesso sistema di canalette per il drenaggio delle acque, su cui poi fu steso uno strato di terreno vegetale.

<sup>1</sup> Plin., *Nat. hist.* XXXI, 8.

Il giardino era posto direttamente sulla spiaggia, in un ambiente battuto da incessanti venti di maestrale che lo rendevano inadatto alla coltivazione di piante e arbusti, che sarebbero stati bruciati dalla salsedine. Gli antichi abitanti della villa ovviarono a questo problema e alla scarsa fertilità del suolo apportandovi *humus* vegetale dalle campagne vicine e irrigando il terreno con il sistema di canalette suddetto, mentre il problema della risalita dell'acqua salmastra venne in gran parte eliminato con un ingegnoso sistema. Nello strato posto sotto a quello vegetale, ove avvenivano le coltivazioni di piante floreali e di piccoli arbusti, fu disposto un sistema di drenaggio composto di due file di anfore integre, del tipo Dressel 1a (databili intorno al 135 a.C.) di cui le prime, piantate nel terreno, erano vuote, mentre le seconde, poste al di sopra, erano riempite di terreno e sigillate con malta (fig. 4.1).



Fig. 4.1 - Mondragone (Caserta): villa romana di proprietà Palmieri-Casino di Transo. Il giardino della villa in corso di scavo

Con l'età di Augusto (periodo II) l'intero complesso fu ristrutturato, come dimostra uno degli ambienti della *pars urbana* completamente scavato. Si tratta di una stanza a pianta quadrangolare, pavimentata in *opus signinum*, e decorazioni pittoriche in III stile alle pareti costituite dalla successione di riquadri a fondo bianco delimitati da cornici di color rosso che portano al centro delle eleganti raffigurazioni floreali.

Nella terza e ultima fase di ristrutturazione (periodo III), databile probabilmente al II sec. d.C., quest'ambiente cambiò funzione: infatti, sul pavimento in cocchiopesto vennero sistemate le *suspensurae*, mentre le pareti furono ricoperte di *tegulae mammatae*. È chiaro che il vano fu aggregato a un vicino impianto termale che, purtroppo, non si è potuto esplorare.

In questa fase anche il giardino fu ravvivato da una nuova organizzazione degli spazi e decorato con molte statuette di marmo, tra cui una è stata ritrovata quasi integra. La statuetta di marmo bianco, collocata in origine su una base in tufo con decorazione in stucco rappresentante un grifone, fu ritrovata riversa e spezzata in due tronconi che, ricongiunti, formano il corpo di un Apollo Musagete, con il capo cinto da corona (fig. 4.2).

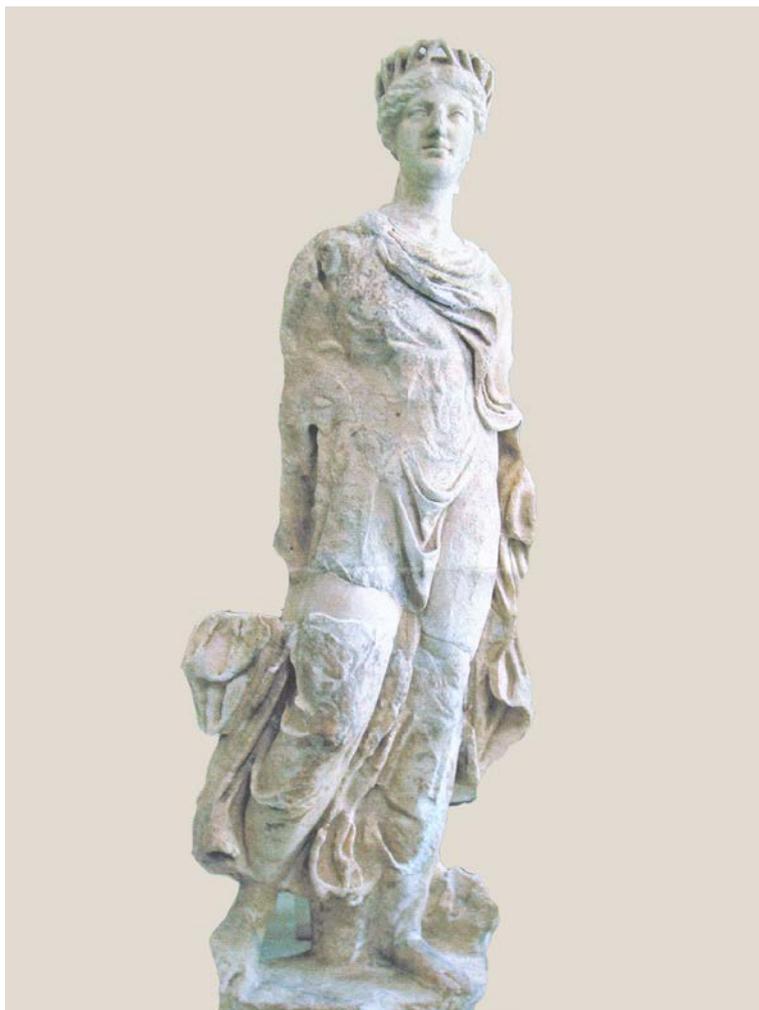


Fig. 4.2 - Mondragone (Caserta): villa di proprietà Palmieri-Casino di Transo. La statua di Apollo Musagete

### Villa S. Limato

Un altro complesso monumentale è quello visibile lungo la spiaggia di Baia Domizia, immediatamente a nord del limite settentrionale della città antica. Si tratta dei resti di una grandiosa villa suburbana ubicata presso Masseria San Limato, che comprende due livelli: uno inferiore, oggi parzialmente inglobato nelle fondazioni della masseria settecentesca, di cui costituisce il piano cantinato, e uno superiore, formato da una serie di ambienti in parte esplorati nel 1971.

Il piano inferiore è composto di un imponente criptoportico a più bracci che, nonostante la sua funzione utilitaristica ed elemento di sostruzione del piano nobile della *domus*, mostra una particolare accuratezza nell'esecuzione dei paramenti murari in opera mista. Purtroppo, non è al momento possibile redigere una planimetria precisa e completa di questa parte della villa, né conosciamo quale fosse il piano di calpestio che in nessun punto della struttura è visibile, giacché gran parte delle gallerie è invasa dalla sabbia e dai detriti, sin quasi all'imposta delle volte.

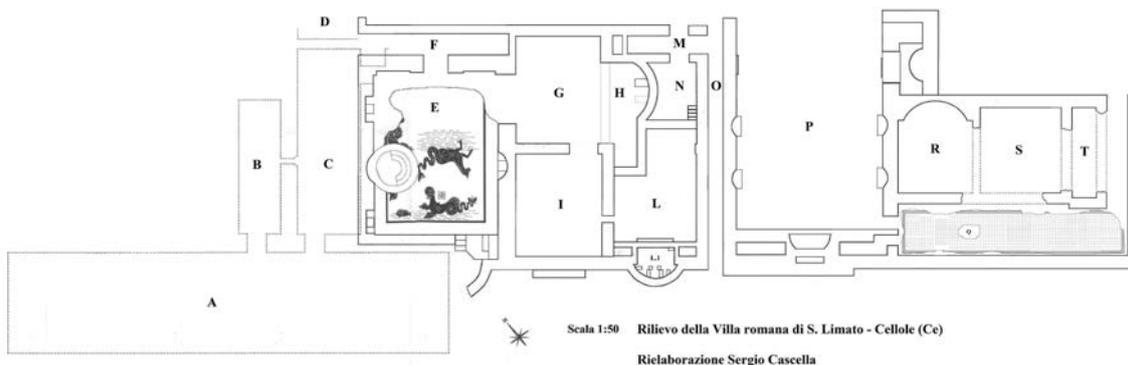


Fig. 4.3 - Cellole (Caserta): Villa San Limato

La parte superiore del complesso (fig. 4.3) è invece costituita da una serie di ambienti raggruppabili in due nuclei. Il primo, più nord-occidentale, è identificabile con un *balneum* mentre il secondo, collocato lungo il limite sud-orientale, ha un carattere più spiccatamente residenziale.

Il complesso termale consta di diversi locali. L'ambiente più nord-occidentale è identificabile con il *frigidarium* di cui resta, lungo la parete occidentale, la vasca per il bagno freddo. Com'era consuetudine nei complessi termali, il frigidario era pavimentato con un bel mosaico a tessere bianche e nere, decorato con soggetti marini tra cui si riconosce un cavallo marino dal corpo spiraliforme (figg. 4.4, 4.5).



Fig. 4.4 - Cellole (Caserta). Villa S. Limato: Mosaico del Frigidarium



Fig. 4.5 - Cellole (Caserta). Villa S. Limato: Mosaico del Frigidarium

Attraverso uno stretto passaggio si accede a un vano più grande in cui si deve riconoscere il *calidarium*. L'ambiente, anch'esso completamente costruito in mattoni, mostra chiari i segni delle *crustae* marmoree della pavimentazione in *opus sectile*, mentre alle pareti sono evidenti le tracce lasciate dalle *tegulae mammatae* e dai tubuli di terracotta.

Il nucleo sud-occidentale della villa ruota invece su un vasto ambiente a pianta basilicale che attesta, con l'imponenza delle strutture e delle decorazioni, come questa villa deve essere appartenuta a un personaggio eminente dell'aristocrazia romana; fatto, questo, confermato dal rinvenimento della testa marmorea di un imperatore coronato, di una piccola testa di bambina e di un frammento di una terza scultura, consistente in una mano femminile che regge una maschera teatrale, evidentemente appartenente a una musa.



## Capitolo 5

### Considerazioni archeologiche su precedenti ricerche svolte nell'area sommersa dell'antica colonia di *Sinuessa*

Paolo Caputo, Rosario Santanastasio

Le indagini svolte dall'ENEA e dall'Università di Napoli Federico II (DiSTAR) sui fondali marini antistanti l'antica *Sinuessa* stimolano considerazioni sulla storia delle ricerche effettuate in passato.

Com'è noto, nel 296 a.C. fu fondata la *colonia civium Romanorum*, insieme a *Minturnae*, a controllo delle coste, l'una presso la foce del Garigliano, l'altra al limite del *Latium adiectum* (fig. 5.1), a guardia del passo tra Monte Massico e il litorale, per scongiurare penetrazioni nemiche nella Piana Campana. Le indagini archeologiche non documentano resti anteriori al II a.C. Sembra dunque da respingere la tradizione di Livio (X, 21, 8), solo erudita, secondo cui la città sorgerebbe su resti di una "greca" Sinope. La colonia (520 x 300 m) era più ampia di *Minturnae* (155 x 180 m), forse per occupare il passo fra il mare e Monte Cicoli. Connessa all'*ager Falernus*, noto per produzioni agricole, doveva disporre di un porto attrezzato, per esportazioni nel Mediterraneo, dal II a.C. fino all'età imperiale, del principale prodotto, il vino *Falernum*.

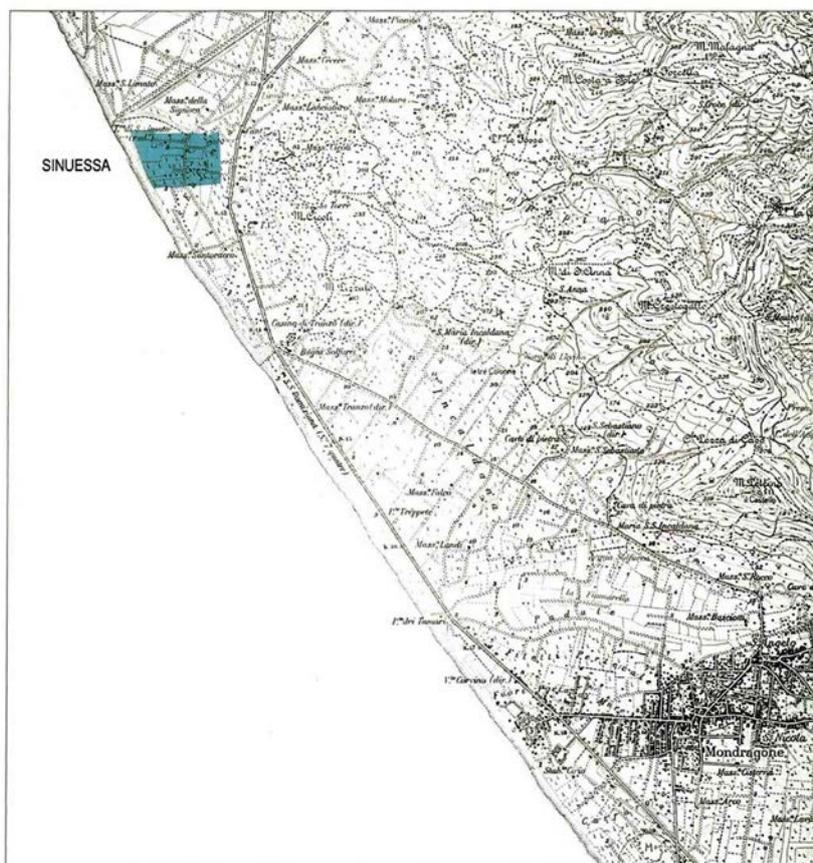


Fig. 5.1 - Localizzazione dell'antica *Sinuessa*

La presenza di bassi fondali, anche in un'area sommersa per subsidenza, lasciava ipotizzare che grandi navi onerarie attraccassero al largo, usando imbarcazioni minori per carico/scarico merci. Si può anche supporre che si imbarcassero merci sinuessane nei porti fluviali di *Minturnae* (dove epigrafi testimoniano cantieri navali) e *Volturnum*. La città doveva, infine, disporre di un notevole porto artificiale, non ancora documentato forse solo per difetto di ricerca (Crimaco, 1993).

Per l'ubicazione, si fa presente che: l'area urbana di *Sinuessa* sorge su terraferma; limite ovest è la necropoli, estesa lungo l'attuale arenile. Le indagini svolte negli anni '90 individuarono una strada est-ovest, collegata all'Appia: lastricata con basoli calcarei, limitata a sud da muri di costruzione tufacei, in opera quadrata, di rinforzo rispetto alla zona paludosa. L'asse è di particolare interesse perché, diretto verso la duna, non s'interrompe, ma pare proseguire nella zona che i locali chiamano "letto", fascia di materiali sommersa, distinta dal fondale marino perché di natura artificiale. Del resto la costa a nord e sud della città era interessata da *villae maritimae* e il rapporto tra i due elementi è da chiarire. Strutture sommerse davanti al litorale e frequenti ritrovamenti di anfore, ancore e altri materiali da relitti sommersi hanno fatto pensare all'esistenza di una "città sommersa". La topografia di *Sinuessa* e il limitato impianto urbano lasciano, invece, più realisticamente ipotizzare che l'area portuale oggi sommersa fosse limitata.

Risalgono al 1956 le prime ricerche subacquee con la corvetta Daino, che rivelarono, davanti alla città, un fondale roccioso, caratterizzato da profonde incisioni verticali, allora interpretate come strutture murarie, tra le batimetrie dei paralleli 41°06 e 41°10 nord, e furono recuperati molti frammenti di ceramica romana (Lao e Cicala, 1959, 1961). A fine anni '80, i sondaggi della STRAGO (inediti) negarono l'estensione dell'area sommersa, individuando, di fronte alla città antica, l'anomalia rocciosa tagliata da fenditure verticali, piene di resti archeologici d'età romana, già note dal 1956. Fu allora ipotizzata la pertinenza ad un approdo limitato da una penisola rocciosa, artificialmente modificata. Il fondale marino, prospiciente la strada citata, rivelò a 250 m dalla riva e a -3 m, blocchi squadrati calcarei, il c.d. "letto", di natura analoga ai basoli della pavimentazione stradale (Pagano, 1990). Nel 1994, a 650 m dalla riva, in corrispondenza della stessa piattaforma rocciosa, si sono rinvenuti, tra -8/-11 m, 24 blocchi parallelepipedici, a sezione rettangolare, quadrata, talvolta pentagonale, in conglomerato cementizio (lato 3 m). Le indagini di allora eseguite con rilevamenti a vista individuavano solo due file parallele alla riva, che presentano, sulle facce, incassi per messa in opera sul luogo e in casseforme allagate/stagnate. Il sito risultava bordato da una scarpata profonda tra -7,7/-8,0 m e tra -9,0/-9,7. I blocchi apparivano disarticolati con il piano di sedime coperto da fango frammisto a frammenti di anfore e ceramica comune.

La spianata intorno è disseminata di frammenti di anfore, massi squadrati, ciottoli di varia natura e da due tronconi (0,80 m ciascuno) di un ceppo d'ancora in piombo (tipo a ceppo fisso, Kapitän 1984), di cui uno conficcato nel sedimento (Gasperetti, 1995).

Gli elementi individuati, verificati e georeferenziati durante il progetto Archeomar I (2004-2006), sono analoghi a quelli di altre strutture portuali romane, ma si trovano a profondità elevata rispetto alla funzione di molo o barriera sul mare aperto.

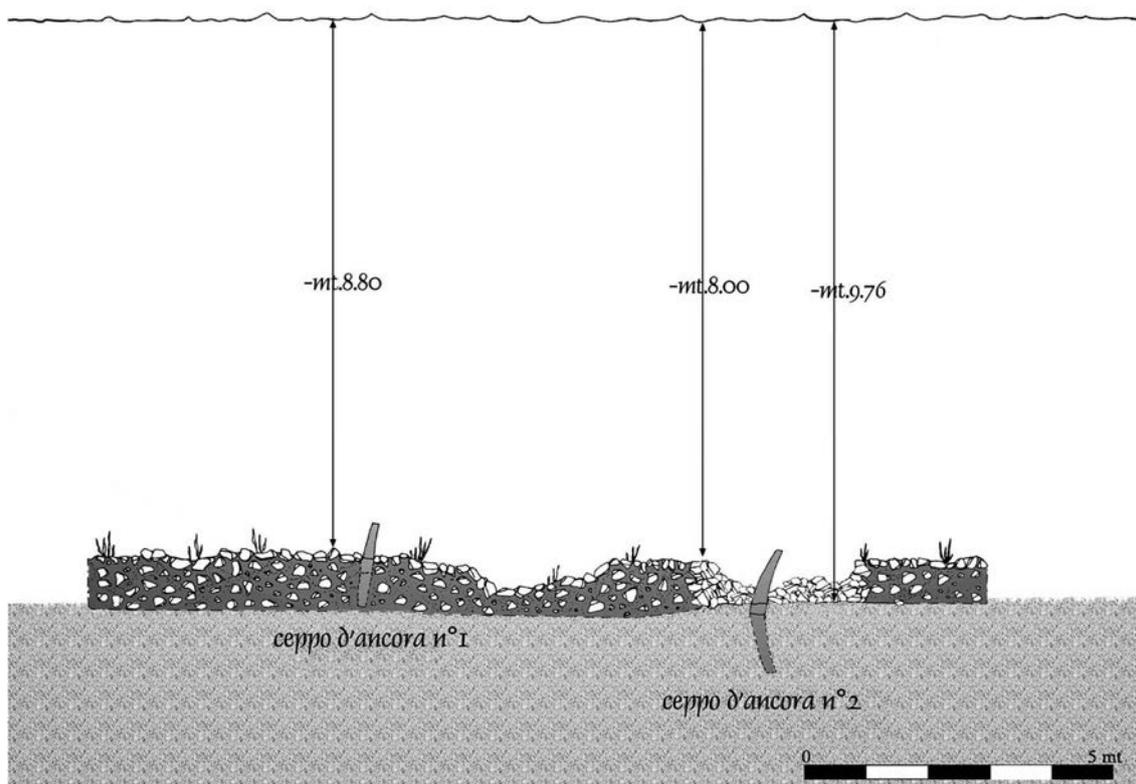


Fig. 5.2 - Sinuessa, area marina sommersa. Ricostruzione grafica del posizionamento dei ceppi d'ancora  
Fonte: Severino, 2007

Ancore e anfore tipo Dressel 1 e 2-4, ma anche greco-italiche, testimoniano traffici marini svolti già dal III secolo a.C.

Cumuli di pietre squadrati sulla piattaforma sono forse zavorra gettata in mare, o, piuttosto, strutture murarie del porto, la cui presenza a questa profondità si spiega solo con la sommersione dell'area in età storica, di cui mancano testimonianze, epigrafiche o storico-letterarie, come invece accade per altri siti (De Caro, 1996; Cocco & Gasperetti, 1999). Ma il sito potrebbe spiegarsi anche, per esempio, come luogo di produzione del *garum*, periferico rispetto alla città ed emergente in antico. Nel 1999, altri due ceppi d'ancora in piombo analoghi ai precedenti furono recuperati dal Gruppo Archeologico Subacqueo della Soprintendenza, col supporto dell'Unione Archeosub di Cajeta, al largo della costa tra Masseria San Cataldo e Lido Baia Azzurra di Mondragone, a -10 m, nei pressi dei altri resti sommersi descritti in precedenza (Severino, 2007). I due ceppi d'ancora erano conficcati verticalmente in un piano cementizio, di estensione non definita (fig. 5.2).

La posizione è però intenzionale, poiché una era coperta di *caementa* fin sopra l'alloggio della marra. A fronte dell'importanza dei commerci della colonia, ritrovamenti di ancore nella supposta area portuale sono rari. Si può allora ipotizzare che: molti ceppi siano obliterati dai sedimenti del fiume Garigliano e che in un porto commerciale le operazioni di carico-scarico sono più facili con navi attraccate di fianco in banchina, in modo da liberare l'ancora. Si sono poi rinvenuti altri 7 ceppi di pari tipologia.

In mancanza di precisi contesti di rinvenimento, anche la datazione dei due nuovi può riferirsi all'epoca di fondazione della colonia. Ma la loro posizione potrebbe, invece, spiegarsi allo scopo disporre di maggiore spazio per attracco di navi in particolari circostanze.

Considerato che nel 260 a.C. nel porto di *Sinuessa* si armò la flotta romana, comandata da Caio Duilio, che sconfisse i Cartaginesi nella I guerra punica (Pagano & Ferone, 1976), si può ipotizzare che i due nuovi ceppi, come quello del 1994, trovato in analoga posizione, potrebbero datarsi anch'essi a tale periodo, e che avrebbero funto da bitte di ancoraggio per le numerose navi all'ormeggio. Alcuni autori ritengono che il porto di *Sinuessa* avrebbe avuto un aspetto di lago costiero, con canale d'accesso, ottenuto dal taglio della barra dunale (Pagano & Ferone, 1976), come nel caso dei porti flegrei nel lago di Licola a Cuma. Poteva essere come nel *Baianus Lacus* a Baia e nel Lucrino, bacino esterno di Porto *Julius*, oppure come quello di uno specchio marino di tipo lagunare, delimitato da isolotti pietroso-sabbiosi, paralleli alla costa, che forse avveniva al Fusaro, prima di diventare lago (Caputo, 2006).

Inoltre, nel 1988 sulla spiaggia antistante *Sinuessa*, in località Baia Felice, presso Baia Azzurra nel Comune di Cellole, a seguito di violente mareggiate si recuperarono resti di un antico relitto: due parti della carena di un'imbarcazione, pervenuta per 3 m di lunghezza, costituita da ordinate e fasciame.

La tecnica costruttiva del rinvenimento è tipica della cantieristica navale greco-romana, con ordinate e fasciame collegate da lunghe caviglie lignee, e, in alcuni punti, anche chiodi, ma indipendenti (Melillo & Faenza, 1992; Caputo, 1996). Il reperto si rivelò interessante, sia per stato di conservazione, ma anche per unicità in quell'area, dove, diversamente da altri siti archeologici subacquei (come Bacoli, Napoli, Capri), è uno dei pochi resti di relitti antichi portati in luce in Campania, e soprattutto indizio di altri sui fondali. Le dimensioni dei resti identificherebbero proprio un'imbarcazione per carico/scarico merci nel porto, causa i bassi fondali.

## **Ricordo**

*In occasione della pubblicazione del volume su Sinuessa, un ricordo particolare commosso e affettuoso da parte di tutti noi va al dott. Paolo Caputo, che per lunghi anni fu responsabile dell'Area archeologica di Cuma e del Gruppo Archeologico Subacqueo.*

*Studioso appassionato e geniale, accolse con grande entusiasmo la possibilità di rendere noti ancora una volta gli esiti delle sue ricerche archeologiche in mare. Uomo vitale e inquieto, dalle straordinarie intuizioni, collega competente, prezioso e leale, sarà ricordato sempre con riconoscenza per l'impegno totale e costante nella tutela e nella salvaguardia di un'area archeologica tra le più importanti al mondo.*

# *Geomorfologia costiera*



## Capitolo 6

### Inquadramento territoriale dell'area archeologica di Sinuessa: geologia e geomorfologia

Micla Pennetta, Fabio Marchese, Carlo Donadio

#### Contesto geologico e geomorfologico

L'area in studio è ubicata in un tratto di mare del Golfo di Gaeta, in corrispondenza della terminazione occidentale della dorsale carbonatica del Monte Massico (fig. 6.1). Il Golfo di Gaeta descrive un'ampia ansa litoranea nel Lazio meridionale e nella Campania settentrionale, in cui si sviluppano caratteri costieri omogenei fino al limite meridionale costituito dal distretto vulcanico attivo dei Campi Flegrei (De Pippo *et al.*, 2008, 2010; Pennetta *et al.*, 2015).

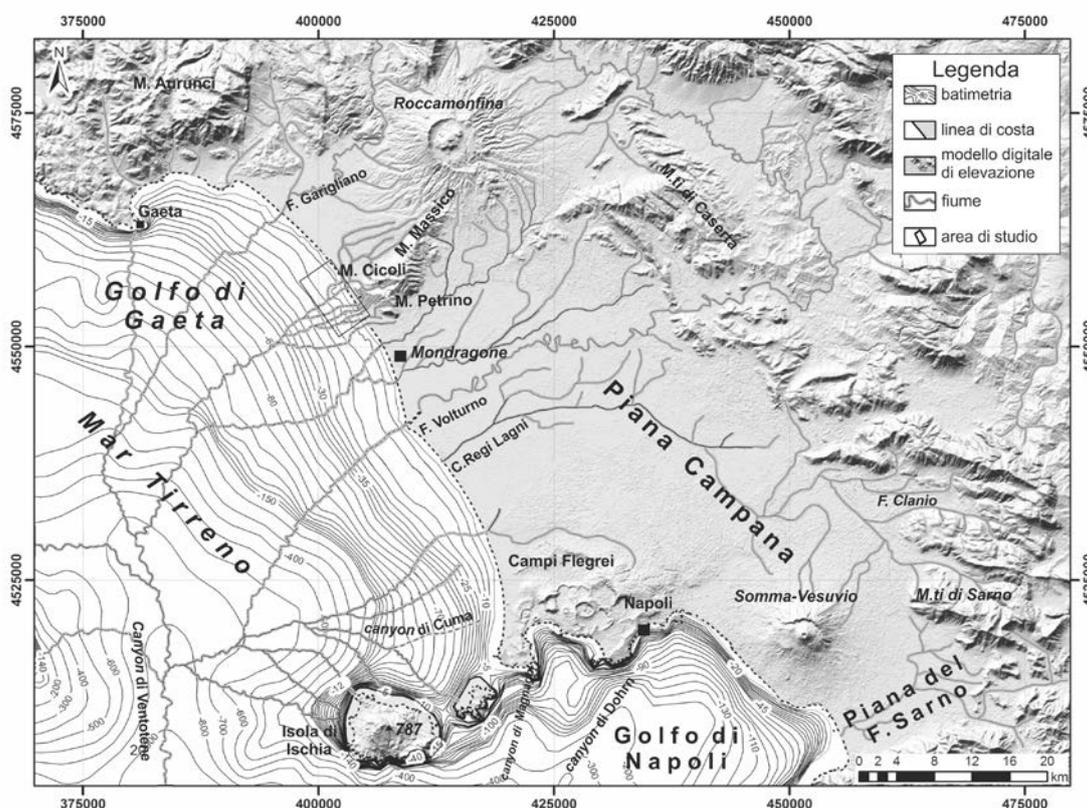


Fig. 6.1 - Area costiera in studio (nel riquadro). La morfologia del modello digitale del territorio emerso e sommerso ha una definizione di 5 m (\*)

Questo golfo è delimitato nell'entroterra dai rilievi carbonatici dei Monti Aurunci e dei Monti di Caserta. I primi giungono con le propaggini fino a mare, a nord di Gaeta, poi arretrano per diversi chilometri verso sud, in quanto dislocati da sistemi di faglie dirette, creando le condizioni di sviluppo della piana costiera del Fiume Garigliano, al cui margine sudoccidentale si individua l'area in studio (fig. 6.2).

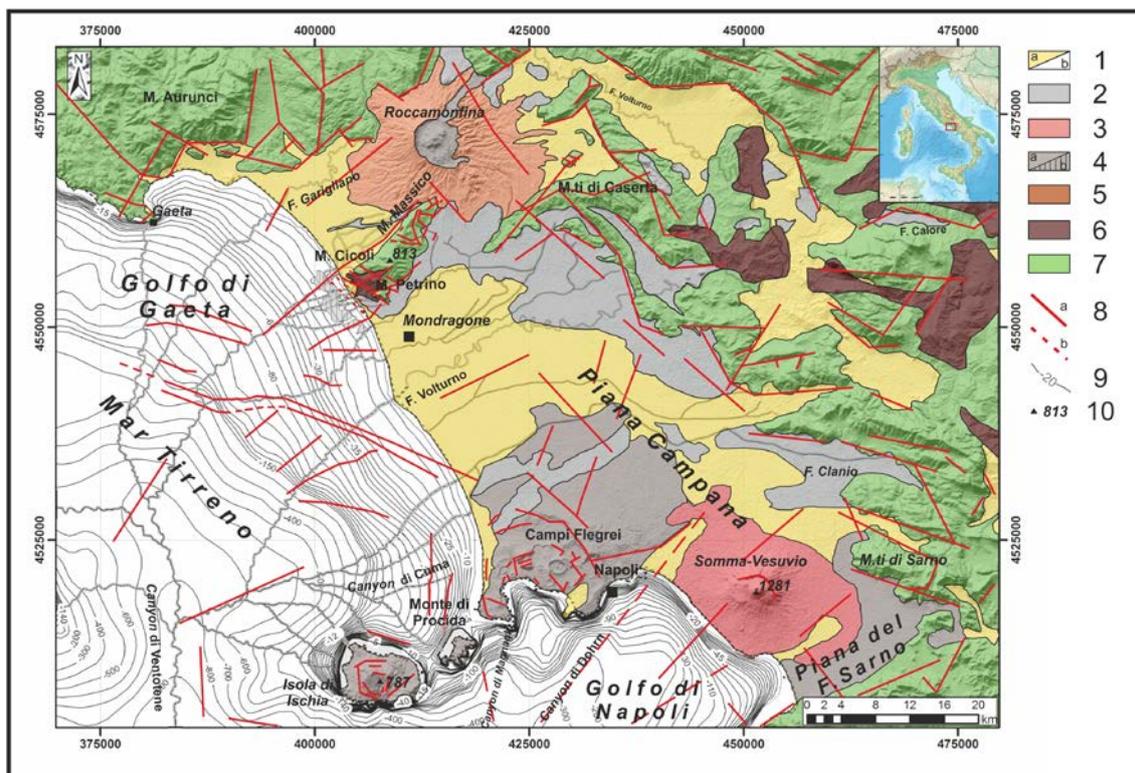


Fig. 6.2 - Carta geologica del settore settentrionale della Campania e di quello meridionale del Lazio (Pennetta *et al.*, 2016a). Il Litorale falerno-domitio si estende per circa 60 km tra la foce del Fiume Garigliano, a nordovest, ed il promontorio di Torregaveta, a sudest. La morfologia della terraferma e sottomarina del modello digitale ha una definizione di 5 m. Legenda: 1) rocce sedimentarie: (a) piroclastiti rielaborate, depositi fluvio-marini, lacustri ed eolici della Piana Campana; (b) fondali con depositi limoso-sabbioso dei golfi di Napoli e Gaeta (Quaternario); 2) lave, piroclastiti e depositi vulcanoclastici dei Campi Flegrei, delle isole di Ischia e Procida (tardo Quaternario); 3) lave e piroclastiti del Monte Somma-Vesuvio (Pleistocene superiore - Olocene); 4) Ignimbrite Campana: (a) continentale; (b) affioramento sommerso (~39.000 anni dal presente); 5) lave e piroclastiti del vulcano Roccamonfina (Pleistocene medio - superiore); 6) depositi terrigeni in *facies* di *flysch* (Miocene); 7) rocce carbonatiche (Meso-Cenozoico); 8) faglia: (a) esposta, (b) presunta o sepolta; 9) batimetria (-m s.l.m.); 10) punto quotato (m s.l.m.)

Anche i secondi rilievi, arretrati in misura maggiore, hanno determinato la genesi della più ampia piana costiera del Fiume Volturno. Le due piane si affacciano sul golfo e sono divise dalla dorsale carbonatica del Monte Massico, un alto morfostrutturale trasversale alla linea di riva, delimitato a nordovest e sudest da faglie dirette a direzione antiappenninica (NE-SO), di età Pleistocene medio-superiore (Radicati di Brozolo *et al.*, 1988; Ballini *et al.*, 1989; Bruno *et al.*, 2000).

Lungo questo ultimo allineamento strutturale a carattere regionale, orientato N40°E, nella fascia pedemontana sudorientale del Monte Massico (Agro Falerno), sono state individuate cinque depressioni chiuse generatesi per sprofondamento (*sinkholes*) (Del Prete *et al.*, 2004; Santo *et al.*, 2011). Queste morfologie sono distribuite in corrispondenza di tale lineamento, che delimita verso nord il *Graben* della Piana del Fiume Volturno, e sono impostate nei depositi dell'Ignimbrite Campana. Infine, il settore sud-occidentale, verso mare, è interessato da una faglia verticale con direzione NO-SE. Tali dislocazioni sono evidenti anche nei profili sismici marini (Bartole, 1984; Bruno *et al.*, 2000; Mariani & Prato, 1988).

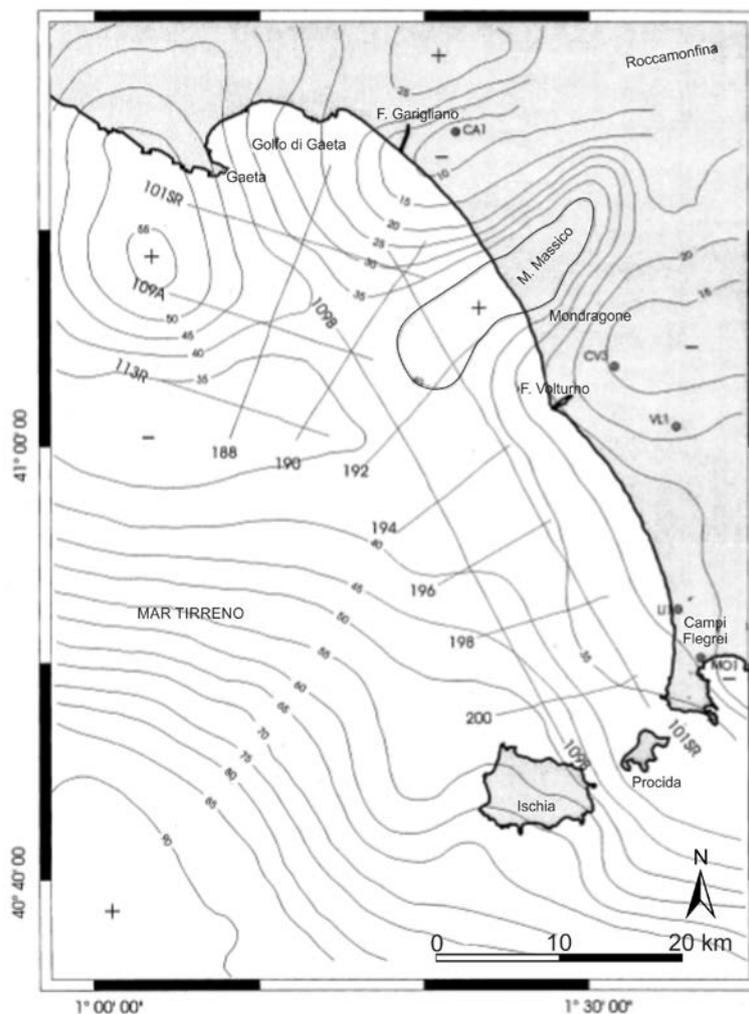


Fig. 6.3 - Carta delle anomalie del campo gravitazionale di Bouguer  $>40$  mGal  
 Fonte: Carozzo et al., 1986, mod.

Il Monte Massico (812 m s.l.m.), il cui margine meridionale risulterebbe ancora tettonicamente attivo (Billi *et al.*, 1997), rappresenta un *Horst* (pilastro tettonico) ad andamento antiappenninico che separa le piane alluvionali dei fiumi Garigliano, verso nord, e Volturno, verso sud. Le sezioni sismiche nell'*offshore* campano (Bruno *et al.*, 2000) e le anomalie magnetiche positive (Carozzo *et al.*, 1986) confermano che la struttura di tipo *Horst* del Monte Massico si prolunga anche in mare, nel sottofondo marino (fig. 6.3), con una ampiezza di circa 7 km ed è delimitata da faglie subverticali.

Pertanto, poiché la struttura di questo rilievo carbonatico è più sollevata rispetto ai margini depressi che costituiscono il substrato delle due grandi pianure dei fiumi Garigliano e Volturno, si delinea un assetto morfologico di una piana costiera minore in cui ricadono i territori di *Sinuessa* (fascia costiera del settore meridionale del territorio comunale di Sessa Aurunca) e Mondragone, a differente evoluzione rispetto a quella delle due piane alluvionali. Tra queste due grandi piane se ne individua una terza minore, ad ovest del Monte Massico e verso mare, che include parte dei territori comunali di Sessa Aurunca, a nord, e di Mondragone, a sud (fig. 6.4): in questa zona si individua il sito archeologico di *Sinuessa*.

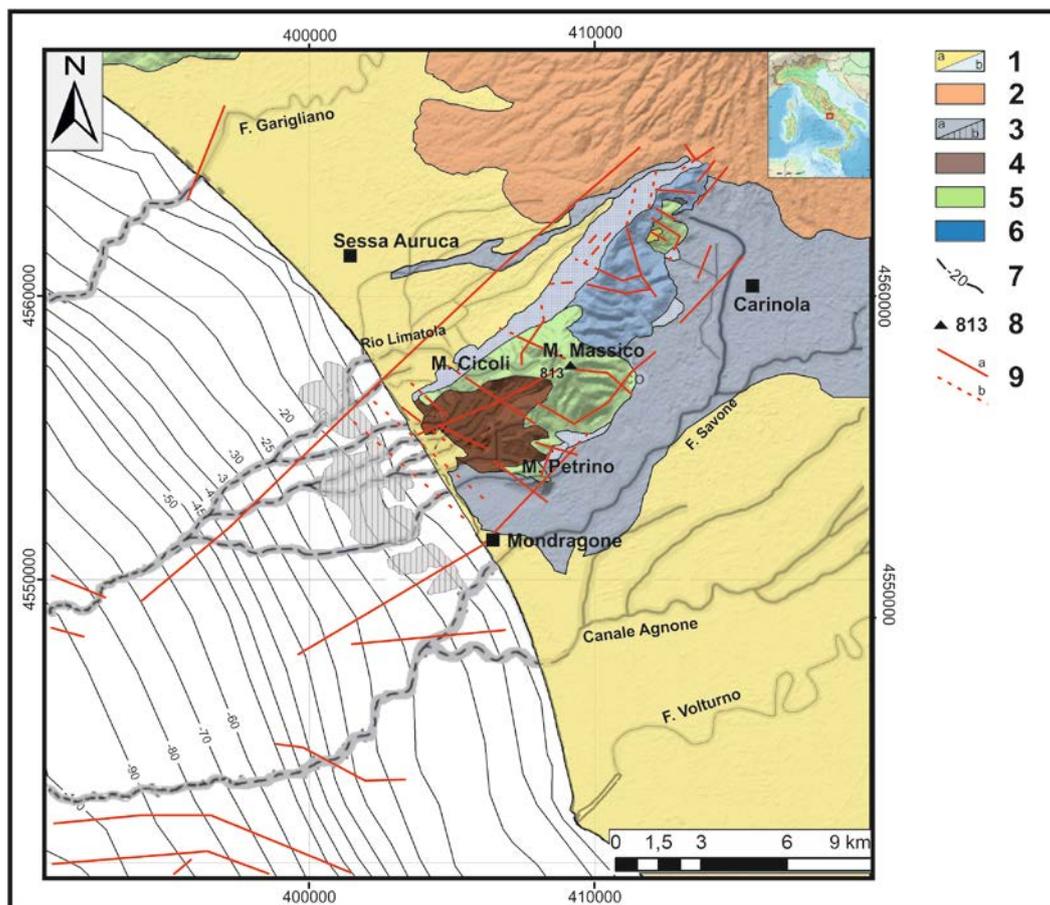


Fig. 6.4 - Dettaglio della carta geologica del tratto costiero in studio. Legenda: 1) rocce sedimentarie: (a) piroclastiti rielaborate, depositi fluvio-marini, lacustri ed eolici della Piana Campana; (b) depositi siltoso-sabbiosi del fondale marino dei golfi di Napoli e Gaeta (Quaternario); 2) lave e piroclastiti del vulcano Roccamonfina (Pleistocene medio-superiore); 3) Ignimbrite Campana: a) continentale; (b) affioramento sommerso (~39.000 anni dal presente); 4) depositi terrigeni in *facies di flysch* (Miocene); 5) calcari finemente detritici o a tessitura fine, biancastri o avana, ben stratificati, alternati a calcari dolomitici e dolomie con intercalazioni di sottili calcarei a struttura conglomeratica con matrice argillosa; 6) calcari a tessitura fine oolitici, finemente detritici in strati e banchi, e dolomie granulari, a volte prevalenti, grigie e biancastre in grossi strati talora con impregnazioni bituminose (Lias Superiore); 7) batimetria (-m s.l.m.); 8) punto quotato (m s.l.m.); 9) faglia: (a) esposta, (b) presunta o sepolta. La linea grigia tratteggiata rappresenta la traccia di paleocanali sommersi, in prosecuzione degli attuali corsi d'acqua presenti sulla terraferma

A partire dal Pliocene superiore lungo le fratture che limitano la depressione della Piana Campana si è manifestata un'intensa attività vulcanica che ha generato i distretti vulcanici del Roccamonfina (Radicati di Brozolo *et al.*, 1988; Ballini *et al.*, 1989), dei Campi Flegrei (Di Girolamo *et al.*, 1984) e del Monte Somma-Vesuvio (Alessio *et al.*, 1974). La strutturazione delle due piane (fig. 6.2) impostatesi su depressioni tettoniche (*Graben*), similmente agli altri bacini peritirrenici che bordano il margine continentale della penisola italiana, è legata alle fasi di apertura del Mar Tirreno, considerato un bacino di tipo interarco caratterizzato da un margine passivo (Fabbri *et al.*, 1981; Mendelson *et al.*, 1988; Patacca *et al.*, 1990). Nel Plio-Pleistocene il *Graben* veniva colmato da depositi di origine marina, continentale e di transizione, intercalati a prodotti piroclastici e lavici provenienti dai centri vulcanici prima citati (Bernasconi *et al.*, 1981; Capaldi *et al.*, 1985; Delibrias *et al.*, 1979; Di Girolamo *et al.*, 1988).

In sintesi, le depressioni tettoniche delineatesi riflettono una struttura ad *Horst e Graben*, tipica del fianco occidentale dell'Appennino campano, generatasi successivamente all'impilamento mio-pliocenico della catena (Brancaccio *et al.*, 1991). Le aree ribassate sono state sede di intensa sedimentazione, facilitata dalla notevole subsidenza esauritasi prima a nord e poi, anche se non completamente, a sud, come testimoniato dallo spessore dei sedimenti plio-quadernari rinvenuti mediante sondaggi nelle piane. Infatti, nelle pianure alluvionali dei fiumi Garigliano e Volturno, lo spessore dei sedimenti è rispettivamente di circa 700 e 3000 m (Ippolito *et al.*, 1973; Mariani & Prato, 1988). I primi dati relativi a successioni trasgressivo-regressive indicative di una fase di ingressione marina si riferiscono a depositi d'età pliocenica rinvenuti nel sottosuolo della Piana del Fiume Garigliano (Ippolito *et al.*, 1973; AGIP, 1977). Cinque *et al.* (1987), reinterpretando i dati biostratigrafici degli stessi sondaggi, ritengono invece che sia cominciata solo all'inizio del Pleistocene. La subsidenza nella fascia costiera è attiva dal Tirreniano, con tassi medi intorno a 0,2 mm/anno (Romano *et al.*, 1994; Bordoni & Valensise, 1998).

I sondaggi effettuati a Castel Volturno e Tricase indicano la deposizione di cospicui volumi sedimentari di ambiente marino e transizionale durante il Pleistocene inferiore e medio nella Piana Campana. La presenza di ambienti marini poco profondi mostra che i ritmi di sedimentazione riuscivano a bilanciare la subsidenza. Al riempimento di questa depressione ha contribuito, oltre ai sedimenti di apporti marini e fluviali di provenienza appenninica, anche l'attività vulcanica di vicini centri eruttivi con ingenti volumi di prodotti eiettati, i cui edifici attualmente si ritrovano sepolti nella piana. Dai sondaggi, infatti, si ricostruisce una morfologia molto articolata, probabilmente correlata a edifici vulcanici sepolti (Parete), i cui prodotti talora presentano *facies* di mare poco profondo (Ortolani & Aprile 1985; Cinque *et al.*, 1987). In generale, questo periodo è caratterizzato da intensi movimenti verticali del suolo che, ribassando a più riprese settori dei massicci carbonatici bordieri, hanno determinato il progressivo ampliamento verso est della piana e la conseguente migrazione della linea di riva (Brancaccio *et al.*, 1991). La Piana del Fiume Garigliano è caratterizzata da sedimenti di transizione e marini la cui posizione conferma i fenomeni di subsidenza (Bordoni & Valensise, 1998). Durante il Pleistocene superiore (a partire da 125.000 anni dal presente) l'evoluzione delle piane finora descritte si diversifica: quella del Fiume Garigliano diventa una zona stabile, come testimoniato dalla presenza di depositi riferibili allo stadio MIS 5.5 (*Marine Isopotic Stage*) rilevati alla quota di circa 5-6 m sopra il livello del mare (Brancaccio *et al.*, 1991; Abate *et al.*, 1998). Nell'area pianeggiante, inclusa tra i massicci carbonatici bordieri ed il vulcano Roccamonfina, sono state rilevate alcune forme sia di origine marino-costiera che continentale. Sono stati inoltre riconosciuti cinque ordini di terrazzi marini e fluviali (Abate *et al.*, 1998) in un intervallo altimetrico di 25 m; tra questi, il più recente è impostato sui depositi dunari tirreniani, mentre il più antico lo si rileva sui depositi piroclastici più antichi. I terrazzi di età intermedia sono modellati nei sedimenti alluvionali misti ad elementi piroclastici dilavati dal versante occidentale del vulcano Roccamonfina. All'interno della piana si rileva una morfologia subpianeggiante, con pendenza molto blanda, dissecata dal tracciato meandriforme del Fiume Garigliano. Il fiume rappresenta il dreno principale della rete idrografica costituita da una serie di piccoli corsi d'acqua, quasi tutti provenienti dalle alture del Roccamonfina, con reticolo idrografico a *pattern* subdendritico, oltre ad alcuni ruscelli che si originano dalle dorsali bordiere.

Il basamento carbonatico di tali depressioni strutturali affiora presso il Monte Massico ed è costituito da una successione calcareo-dolomitica in *facies* di piattaforma depostasi fra il Trias superiore e il Cretaceo superiore (Cestari, 1964, 1965; Vallario, 1964, 1966; Bergomi *et al.*, 1969), riferibile all'unità paleogeografica del Matese - Monte Maggiore. I sedimenti miocenici sul Monte Massico sono rappresentati, soprattutto nel settore sud-occidentale, da Calcari a Briozoi e *Litotamni Auctt.* e Calcari marnosi ad *Orbulina Auctt.* nonché da successioni terrigene con differenti *facies* (Cestari, 1964, 1965; Vallario, 1964, 1966; Sgrosso, 1974). Depositi quaternari, affioranti lungo le propaggini della dorsale montuosa e nelle pianure antistanti, sono costituiti da prodotti piroclastici, ampi conoidi di deiezione e depositi fluvio-lacustri, mentre nella zona prospiciente il mare da depositi eolici organizzati in cordoni dunari e sedimenti di spiaggia attuale. Tra i depositi quaternari vi sono anche unità vulcaniche relative a prodotti del distretto di Roccamonfina, distribuiti lungo il versante settentrionale di questo rilievo montuoso, e del distretto dei Campi Flegrei. Questi ultimi, attribuiti ai depositi dell'Ignimbrite Campana (Tufo Grigio Campano *Auctt.*) (De Vivo *et al.*, 2001), affiorano lungo il versante meridionale (Romano *et al.*, 1994) e subordinatamente in quello settentrionale (Bergomi *et al.*, 1969; Billi *et al.*, 1997).

### Morfoevoluzione dal Pleistocene superiore

Durante un periodo interglaciale si determinò una risalita del livello del mare che si è spinto sino all'attuale quota di 6 m s.l.m. (trasgressione tirreniana datata a 125.000 anni dal presente). Di conseguenza, in tale periodo, il massiccio del Monte Massico costituiva una penisola che separava due golfi (fig. 6.5): l'uno attualmente occupato dalla piana del Fiume Garigliano, a nord, l'altro da quella del Fiume Volturno, a sud.

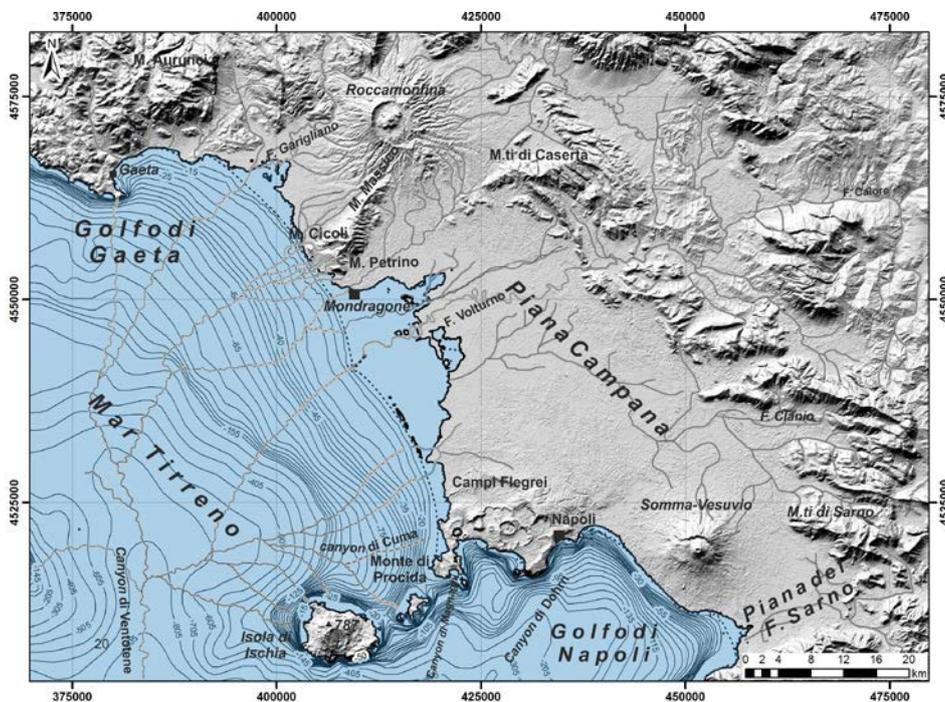


Fig. 6.5 - Paleogeografia durante la trasgressione tirreniana, datata 125.000 anni dal presente; la risalita del livello del mare, che si è spinto sino all'attuale quota di 6 m s.l.m., ha determinato la genesi di due golfi (a nord, quello attualmente occupato dalla piana del Fiume Garigliano, a sud quello della piana del Fiume Volturno) separati da un promontorio (massiccio carbonatico del Monte Massico). La linea tratteggiata indica la posizione dell'attuale linea di riva. La morfologia del modello digitale ha una definizione di 5 m

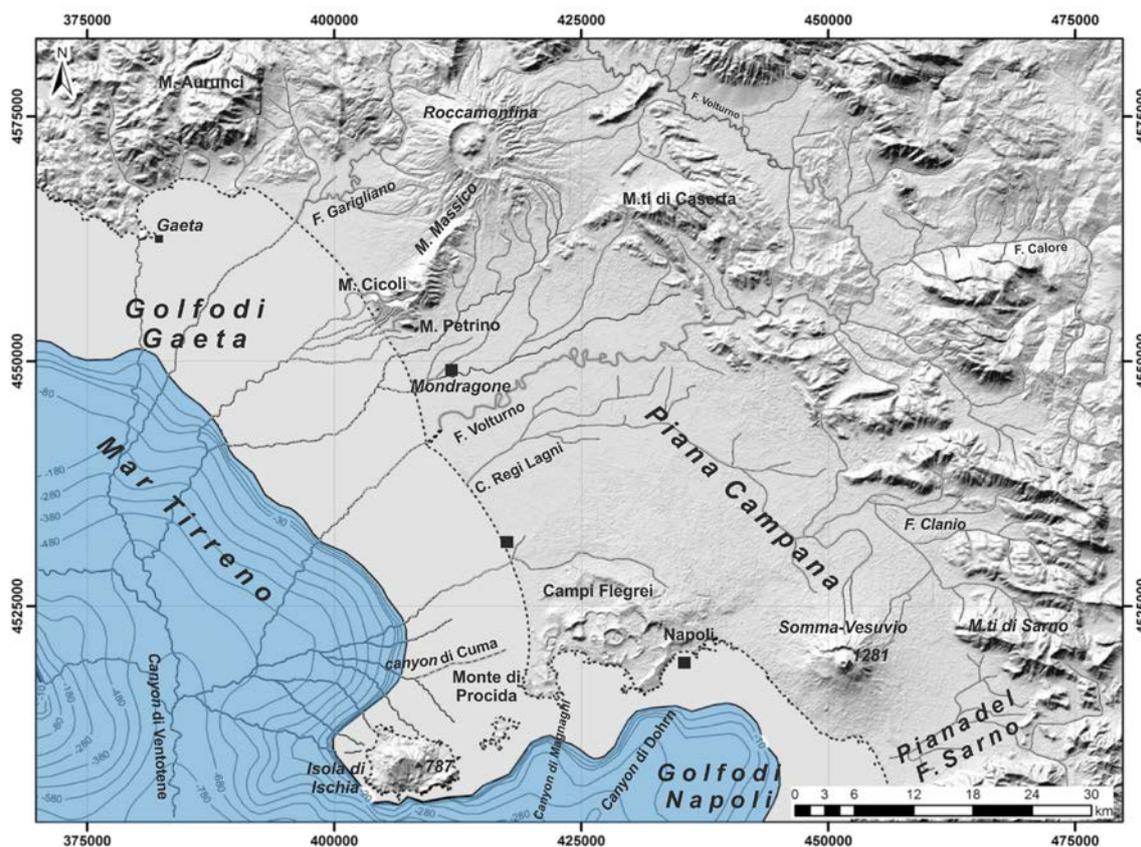


Fig. 6.6 - Assetto territoriale di 18.000 anni prima del presente, durante il massimo picco dell'ultima glaciazione. La linea di riva era spostata verso mare di alcune decine di chilometri, posizionandosi in corrispondenza dell'attuale batimetrica dei 120 m. L'abbassamento del livello marino ha determinato un importante ampliamento della terra emersa. La linea tratteggiata indica la posizione dell'attuale linea di riva. La morfologia del modello digitale del territorio emerso e sommerso ha una definizione di 5 m

Successivamente, in risposta ad una generale fase di raffreddamento climatico conclusasi nella glaciazione würmiana, il livello marino si è gradualmente ritirato, mediante varie oscillazioni, e si è abbassato sino all'attuale batimetrica dei 120 m (circa 18.000 anni dal presente: *Last Glacial Maximum*) con conseguente migrazione verso il largo della linea di costa (fig. 6.6).

In questo intervallo, in un periodo datato circa 39.000 prima del presente, è stata messa in posto l'Ignimbrite Campana. Questa formazione tufacea è stata eruttata dai Campi Flegrei posti circa 45 km più a sud, quando il livello marino era in una posizione intermedia tra i due finora citati: il flusso piroclastico si è depositato in un'area continentale che si estendeva fino all'attuale batimetrica dei 60 m circa (Waelbroeck *et al.*, 2002) (fig. 6.7), più o meno coincidente con la linea di riva dell'epoca.

L'area in studio fu raggiunta da densi flussi ignimbritici che si propagarono verso nord (figg. 11.1, 11.2), colmando la Piana Campana – in quel periodo molto più vasta e depressa dell'attuale (fig. 6.7) – per uno spessore anche fino a circa 50 m nel depocentro.

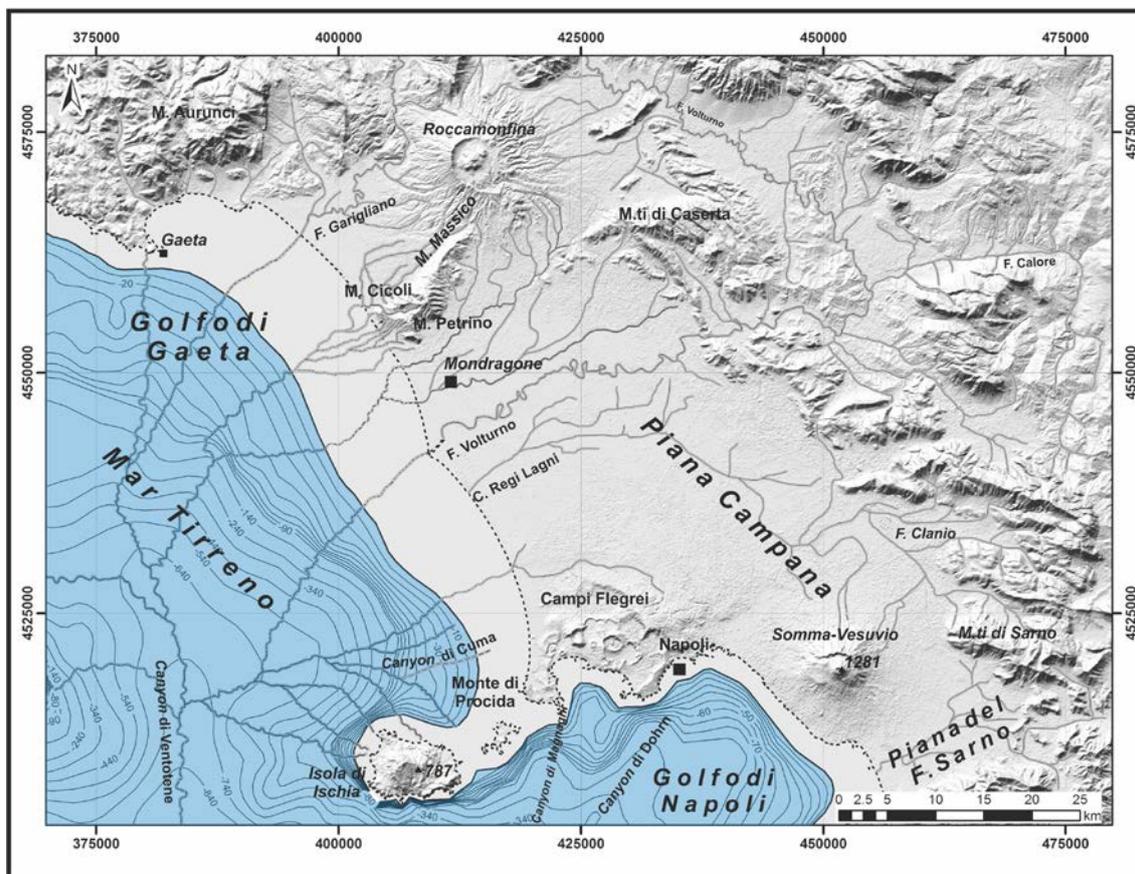


Fig. 6.7 - Assetto territoriale di 39.000 anni or sono, periodo in cui si è verificata l'eruzione dei Campi Flegrei che ha determinato la messa in posto di depositi ascrivibili all'Ignimbrite Campana. La linea di riva era spostata di una decina di km verso mare, posizionandosi in corrispondenza dell'attuale batimetria dei 60 m. Tale processo ha determinato un ampliamento della terra emersa comunque inferiore a quello registrato durante l'ultima glaciazione (cfr. fig. 6.6). La linea tratteggiata indica la posizione dell'attuale linea di riva. La morfologia del modello digitale del territorio ha una definizione pari a 5 m

La morfologia dell'ambiente continentale ha consentito la deposizione dei flussi nella depressione strutturale del Fiume Volturno, nel settore occidentale del Monte Massico e, aggirando quest'ultimo, nell'altra depressione strutturale del Fiume Garigliano (figg. 11.1, 11.2, 11.4).

Tale evento si colloca quindi tra altri due che hanno condizionato la sedimentazione dell'area: il primo, in cui la sedimentazione ha assunto caratteristiche prevalentemente di ambiente marino; il secondo, interessato da aspetti regressivi.

I depositi di flusso sono stati poi ricoperti da sedimenti più recenti, mentre alle falde dei rilievi carbonatici bordieri della piana, l'Ignimbrite Campana è frequentemente esposta. I flussi, quindi, furono ostacolati morfologicamente dalle dorsali bordiere, tra cui anche quella del Monte Massico, orientata E-O, che delimita verso nord la piana. Una parte consistente del flusso si depositò sul versante meridionale del massiccio, mentre un'altra percorse il tratto di piana costiera ad ovest del Monte Massico, consentendo ad una frazione subordinata di depositarsi anche nella Piana del Fiume Garigliano.

Lo sviluppo dei processi e dei loro effetti così interpretati, consente di spiegare per la prima volta la presenza in affioramento (all'epoca della deposizione) del banco ignimibritico nel solo tratto ad ovest del Monte Massico.

Questo è stato possibile solo perché tale area era sopraelevata rispetto a quelle depresse che ospitavano i due fiumi finora citati.

Nei successivi 39.000 anni le due depressioni sono state colmate e quindi la massa ignimibritica è stata sepolta dai sedimenti di colmamento prima descritti. Il tratto sopraelevato ad ovest del Monte Massico è rimasto in emersione (ospitando poi anche la città di *Sinuessa*, con le sue attività nella fascia costiera) fino a circa 1.700 anni dal presente, poi è stato sommerso dal mare come esposto nei paragrafi successivi.

Durante la fase di deposizione in questo sito, l'ambiente di sedimentazione era di tipo fluvio-palustre e subpianeggiante. La linea di riva era spostata di circa 10 km verso mare (ovest) rispetto all'attuale e si spingeva verosimilmente sino all'attuale batimetrica di circa 60 m (fig. 6.7). In definitiva, l'Ignimbrite Campana ha ricoperto il versante occidentale della dorsale carbonatica del Monte Massico, considerando la sua complessiva elevazione rispetto alle depressioni strutturali, che ospitano le piane ai margini.

### Fascia costiera

Incassata tra le due pianure finora descritte si individua una piana costiera minore, con forma trapezoidale, che si estende dalle falde del Monte Massico (tra Monte Cicoli a nordovest e Monte Petrino a sudest) sino alla costa tirrenica. Tale piana costiera (con base minore tra la linea di riva ed il Monte Cicoli) è delimitata a nordovest ed a sudest dalle due faglie di carattere regionale a direzione antiappennica prima descritte (fig. 6.1). La *facies* marino-costiera verso costa è caratterizzata da depositi in continuità con quelli rilevati nella Piana del Fiume Garigliano: depositi dunari di età olocenica e verso l'interno più antichi, di età tirreniana. La duna più recente, parallela alla linea di riva, è costituita da sabbie attuali di spiaggia di colore grigio giallastro con elementi quarzosi e calcarei (Pennetta *et al.*, 2011b). Quella più antica, fossile e subparallela alla costa, è ubicata in posizione più interna, a circa 3 km dalla riva attuale, con quote massime di 5 m s.l.m., ed è costituita essenzialmente da sabbie quarzose debolmente cementate e rubefatte, contenenti sedimenti piroclastici sciolti (Abate *et al.*, 1998). Sono altresì presenti nelle fasce retrodunari sedimenti argillosi, localmente sabbiosi, con abbondante *humus* e livelli di torba, riferibili a depositi limosi-palustri. Questi costituiscono il riempimento di zone depresse, occupate in passato da specchi d'acqua presenti nelle aree retrodunari; al colmamento naturale si è poi aggiunto quello artificiale delle opere di bonifica. Tale piana è incisa da corsi d'acqua minori, con andamento NE-SO, che si originano dal massiccio del Monte Massico; verosimilmente questi costituiscono la testimonianza di fiumi più importanti che nel corso della fase fredda dell'ultimo glaciale (Würm, 18.000 anni dal presente) hanno disseccato incisioni subrettilinee (fig. 6.6), le cui tracce sono gli attuali canali presenti nel banco tufaceo messo in posto in precedenza (circa 39.000 anni dal presente) (fig. 6.7).

La presenza della fascia dunare e retrodunare consente di affermare che, nell'ambito di una generale risalita del livello marino successiva all'ultimo picco glaciale, culminata con l'apice trasgressivo versiliano, circa 5.500 anni prima del presente, vi sono stati pe-

riodi di sostanziale stabilità (Pirazzoli, 1976, 2005; Lambeck *et al.*, 2011) e l'emersione di cordoni litoranei sabbiosi. Nelle aree retrodunari sono presenti alcune depressioni colmate da modesti specchi d'acqua, in cui si sono sviluppati ambienti lagunari e palustri.

Tra questi, la zona umida del Pantano di Sessa nel Comune di Sessa Aurunca (bonificata intorno al 1950), dei Variconi (nell'area di foce in sinistra orografica del Fiume Volturno) o il Lago di Licola (ormai scomparso a seguito delle bonifiche eseguite in epoca borbonica, in cui sono state di recente ritrovate strutture portuali d'epoca greco-romana). Tali depressioni, con quote talvolta inferiori all'attuale livello marino, rappresentano morfologie relitte legate allo sbarramento verso il mare aperto dell'insenatura ubicata in corrispondenza dell'odierna area retrodunare. Questo processo di sbarramento è stato determinato dai corpi sabbiosi litoranei formatisi a seguito dell'innalzamento del livello del mare successivo all'ultimo periodo glaciale. Nelle depressioni alle spalle dei corpi sabbiosi si accumulavano le acque provenienti dalle alluvioni che, non potendo sfociare in mare, formavano limitate aree limo-palustri.

La morfoevoluzione dell'intero litorale, dalla foce del Fiume Garigliano a Cuma, dall'epoca greco-romana fino al 1950 circa, è segnata da una generale fase di progradazione e stabilità della linea di riva, con sviluppo di un cordone dunare. Quest'ultimo era esteso senza soluzione di continuità e colonizzato da una fitta vegetazione a macchia mediterranea, a ovest di una duna più antica d'età preromana. A partire dal 1950 circa e fino ad oggi, invece, l'incremento della domanda di territorio ha causato un generale e spinto arretramento della linea di riva, soprattutto nelle zone prossime alle foci fluviali del Garigliano e del Volturno, dell'ordine di decine di metri all'anno e con perdita di migliaia di metri cubi di sedimenti (Cocco *et al.*, 1992; Pennetta *et al.*, 2011a, 2011b).

L'intensa antropizzazione del territorio, mediante la costruzione sia di strutture ed infrastrutture sui cordoni dunari (soprattutto nelle zone circostanti le foci fluviali), sia di interventi di bonifica, regimazione ed arginatura fluviale, ha innescato il rapido smantellamento delle dune già minacciate dall'erosione, con ingente perdita di territorio ad alta naturalità; degli originari cordoni dunari oggi restano molto spesso solo discontinui relitti mammellonari (De Pippo & Donadio, 1994; De Pippo *et al.*, 2008; Pennetta *et al.*, 2011b).

Il litorale è caratterizzato da una spiaggia sabbiosa alimentata dai sedimenti provenienti dal Fiume Garigliano e dalle aree più a nord. A differenza del Fiume Volturno, che scorre per un lungo tratto in piana, il Fiume Garigliano ha la possibilità di caricarsi di materiale eroso anche recentemente, come dimostrano i ciottoli alla sua foce e nella spiaggia sommersa sino alla profondità di circa 1 m (Pennetta, 2010).

I principali tributari del materiale sedimentario sono le vulcaniti di colore grigio scuro del retroterra, costituite dai terreni erosi dal vulcano Roccamonfina, e i Monti Aurunci, che forniscono clasti di natura calcarea con colori chiari. L'impiego di traccianti artificiali (Cocco *et al.*, 1988) ed i risultati di altri studi morfosedimentari più recenti, basati anche sulla modellizzazione degli scenari di mareggiata (Pennetta, 2010; Pennetta, 2012; Pennetta *et al.*, 2011a, 2011b, 2016b), hanno consentito di stabilire che i sedimenti apportati al mare dal Fiume Garigliano subiscono un trasporto netto complessivo lungo la riva da nordovest verso sudest.

## Area marina

La piattaforma continentale prospiciente la fascia costiera in studio è nel complesso debolmente inclinata, presenta la sua ampiezza massima al largo del Fiume Garigliano (20 km) e minima in corrispondenza di Cuma (circa 10 km); inoltre, il passaggio alla scarpata superiore si individua ad una profondità di circa 120-130 m (*shelf break*) (Got *et al.*, 1985) (fig. 6.1). In corrispondenza dello sbocco fluviale, entro 50 m di profondità, si riconosce una pronunciata convessità delle isobate verso il largo riconducibile al complesso di foce recente ed attuale del Fiume Garigliano (Pennetta *et al.*, 1998). Tale morfologia si osserva anche in prossimità della costa, nella spiaggia sommersa, entro la profondità di 10 m (Donadio, 2010). In destra e sinistra orografica del sistema di foce si osserva un ordine di barre entro la batimetrica dei 3 m (Pennetta, 2012). Un'altra pronunciata convessità è altresì presente al traverso del Monte Massico ed è costituita dal banco tufaceo in studio.

La scarpata superiore in più tratti risulta incisa da *canyons*, talvolta anche profondi, come si verifica a largo di Cuma (De Pippo *et al.*, 2000). Quest'ultimo, verosimilmente impostatosi su di una linea strutturale ad andamento antiappenninico, disseccato dalle acque continentali durante la fase di emersione tardo-pleistocenica ed in seguito sommerso durante la risalita del livello marino postglaciale, risulta evidente per l'erosione regressiva della testata in ambiente subacqueo, provocata dal collasso dei suoi margini e dallo scorrimento di flussi di massa (Pennetta *et al.*, 1998). La successione sedimentaria della piattaforma continentale, ricostruita da diversi autori mediante profili acustici (Bartole, 1984; Aiello *et al.*, 1996) e depostasi durante il Plio-Quaternario, è ricollegabile in parte al riempimento delle depressioni in cui sono strutturate le piane costiere attuali. Il substrato è costituito da sedimenti silicoclastici miocenici trasgressivi sui carbonati mesozoici, ben esposti nei rilievi dell'entroterra, nonché da sedimenti *flyschoidi* tardo-miocenici, affioranti nelle valli che dissecano i rilievi stessi.

Gli schemi di circolazione del Mar Tirreno, che influenzano la circolazione nell'area in esame, hanno mostrato la presenza di un vortice ciclonico che interessa sia lo strato superficiale sia quello intermedio. Questo tipo di circolazione è più frequente nel periodo invernale; nel periodo estivo, invece, è caratterizzata da una dimensione e dinamica minori, pur conservando il suo carattere ciclonico. Il notevole accordo tra la circolazione geostrofica e quella prodotta dal vento evidenzia l'importanza della forzante eolica nella determinazione della dinamica degli strati superficiali (Hopkins, 1988). Studi oceanografici consentono di definire due zone del Golfo di Gaeta differenti sotto il profilo idrodinamico: l'una costiera e l'altra più esterna (Pennetta *et al.*, 1998). La prima zona è caratterizzata essenzialmente da circolazioni chiuse (cicloniche o anticicloniche) ed è separata, in corrispondenza del limite piattaforma-scarpata, da quella più esterna interessata soprattutto da un flusso settentrionale. In particolare, nel periodo invernale il flusso principale delle acque, proveniente da sud, dopo aver intercettato l'Isola di Ischia, si muove lungo il suddetto limite attivando sulla piattaforma continentale celle di circolazione secondarie in corrispondenza dei principali corsi d'acqua. In regime estivo, al contrario, con flussi provenienti essenzialmente da nord, la circolazione delle acque risente sia della fisiografia costiera, sia della presenza dell'alto morfostrutturale sommerso in corrispondenza del promontorio di Gaeta.

**\* Nota**

Le carte topografiche e geologiche, presentate nelle figure di questo capitolo, rappresentano fedelmente il territorio con una definizione di 5 m. Sono state elaborate in ambiente GIS sovrapponendo al modello digitale georeferenziato del terreno *ASTER GDEM* (*ASTER GDEM is a product of METI and NASA*) i dati rilevati sul campo, il modello digitale del fondale marino, utilizzato per derivare le isobate, desunto dall'atlante digitale GEBCO (*IOC, IHO and BODC, 2003. Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas, published on CD-ROM on behalf of the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrographic Organization as part of the General Bathymetric Chart of the Oceans, British Oceanographic Data Centre, Liverpool, U.K*), ed infine il reticolo idrografico tratto dal Server WMS del Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente.

## Capitolo 7

### Processi sedimentari nel sito archeologico sommerso di *Sinuessa*

Mica Pennetta, Veronica D'Ambrosio, Carmine Minopoli, Carlo Donadio

#### Introduzione

I caratteri granulometrici e tessiturali dei sedimenti, in uno caratteri sedimentologici, assumono una importante rilevanza e forniscono informazioni significative circa il tipo di trasporto subito, la provenienza e le condizioni deposizionali (ad es. Folk & Ward, 1957; Friedman, 1961, 1967, 1979; Visser, 1969; Bui *et al.*, 1990; Martins, 2003).

Gli aspetti sedimentologici, ricavati dall'analisi di campioni di sedimento prelevati nell'area in studio, hanno consentito di individuare i processi sedimentari costieri che interessano quest'area e quindi ricostruire i motivi che hanno consentito ai sedimenti di diversa provenienza di drappeggiare e poi coprire i ruderi archeologici sommersi.

Questi ultimi in epoca romana erano sostanzialmente emersi; le variazioni relative del livello del mare, ricostruite nei paragrafi più strettamente geologici di questa sezione, hanno determinato una sommersione di tali strutture che poi con il tempo, a causa dei processi di trasporto e successivo deposito dei sedimenti coinvolti nella dinamica costiera emersa e sottomarina, le hanno di fatto seppellite.

Allo scopo sono stati prelevati e sottoposti ad analisi sedimentologiche 22 campioni di sedimento. In particolare, sono stati analizzati 14 campioni di sedimento di cui 3 prelevati sulla spiaggia in corrispondenza della battigia e 11 prelevati dal fondo marino (con sigla S: fig. 7.1).

Ad integrazione, i risultati ottenuti sono stati analizzati insieme ad altri ricavati da 8 campioni (Balassone *et al.*, 2016) prelevati in un intorno significativo nell'ambito di un altro progetto scientifico (progetto FARO, campioni con sigla F) lungo lo stesso tratto di mare.

I dati ricavati dall'insieme delle analisi (Pennetta *et al.*, 2016a) sono risultati rappresentativi dei depositi sedimentari che caratterizzano complessivamente il fondo, consentendo anche una interpretazione paleoambientale.

Le coordinate geografiche delle stazioni di campionamento e le profondità di prelievo sono riportate in tab. I e la loro ubicazione è riportata in fig. 7.2. Per ciascuna stazione di prelievo sono state registrate le coordinate geografiche secondo il Sistema UTM WGS84 e le quote rispetto al livello medio del mare.

I parametri geodetici utilizzati per la realizzazione della cartografia geotematica e la restituzione digitale dei dati rilevati sono DATUM WGS84, proiezione UTM zona 33, Falso EST: 500.000 m, Falso Nord: 0 m, Latitudine di origine: 0, Longitudine di origine: 15°E, Fattore di scala 0.9996.



Fig. 7.1 - Frazione di fondale marino-costiero, prospiciente l'area costiera occupata dall'antica colonia romana di Sinuessa, rilevata con Side-scan Sonar L3 KLEIN Associates, mod. 3900, operante con frequenza acustica ad alta risoluzione (450 kHz) e con range di 30 m per canale. L'area rilevata ha forma rettangolare con lato 1,5 km x 1,2 km ed è posizionata a circa 60 m dalla linea di riva in direzione NNO-SSE, con un *overlap* dei dati acquisiti pari al 30% per ciascuna fascia rilevata (24 in totale). Sono riportate altresì le ubicazioni dei punti di prelievo dei campioni di fondo marino mobile acquisiti nell'ambito della presente ricerca

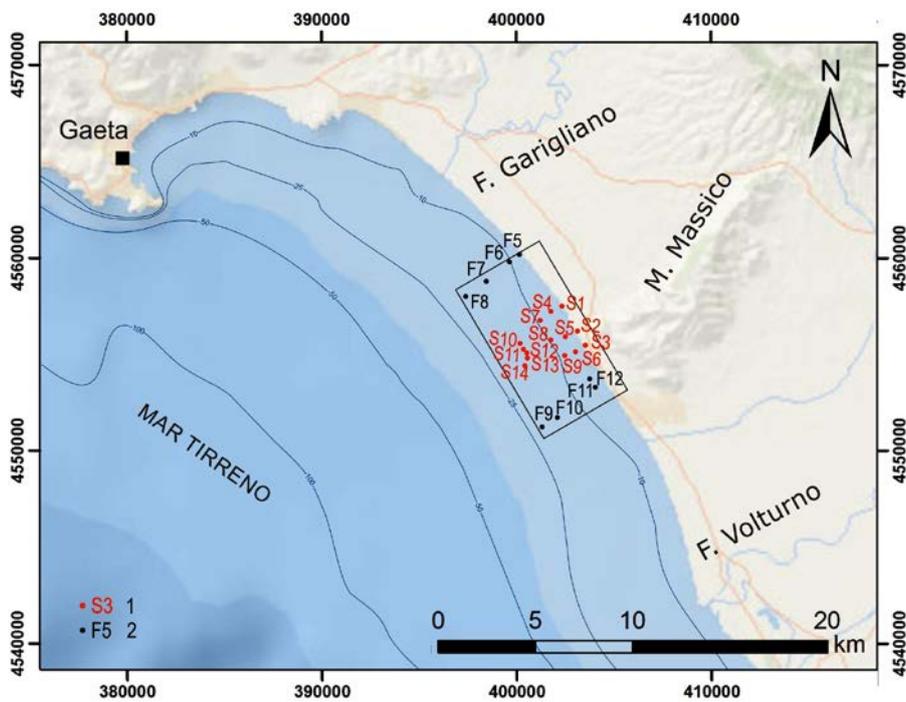


Fig. 7.2 - Ubicazione delle stazioni di campionamento: 1 - sedimenti prelevati dalla battigia e dal fondo marino mobile nell'ambito della presente ricerca; 2 - sedimenti prelevati dalla spiaggia e dal fondo marino mobile nell'ambito di un altro progetto scientifico denominato FARO

Campione n°	Latitudine	Longitudine	Quota (m)	Mz	S <sub>1</sub>	S <sub>KI</sub>	K <sub>G</sub>	Descrizione	Morfoscopia (%)		
									NU	ST	AO
S1	41° 9' 24.65"N	13° 50' 24.09"E	+1	1,919	0,34	0,093	0,866	sabbia media molto ben classato curva simmetrica platicurtica	12	83	5
S2	41° 9' 12.70"N	13° 50' 32.39"E	+1	1,83	0,35	0,073	1,304	sabbia media molto ben classato curva simmetrica leptocurtica	30	60	10
S3	41° 9' 0.85"N	13° 50' 40.45"E	+1	1,961	0,362	0,201	0,877	sabbia media ben classato asimmetria positiva platicurtica	28	70	2
S4	41° 9' 22.64"N	13° 50' 13.49"E	-3	2,128	0,514	-0,13	1,201	sabbia fine moderatamente ben classato asimmetria negativa leptocurtica	20	77	3
S5	41° 9' 9.21"N	13° 50' 23.02"E	-3	0,889	0,607	0,292	1,07	sabbia grossolana moderatamente classato asimmetria positiva mesocurtica	7	60	33
S6	41° 8' 58.07"N	13° 50' 31.60"E	-3	2,426	0,521	0,058	1,106	sabbia fine moderatamente ben classato curva simmetrica mesocurtica	20	79	1
F5	41° 11' 24.06"N	13° 48' 07.14"E	-4,6	2,961	0,469	0,346	1,123	sabbia fine ben classato asimmetria molto positiva leptocurtica	4	62	34
F12	41° 08' 25.98"N	13° 50' 50.22"E	-5	3,437	0,42	-0,308	0,877	sabbia molto fine ben classato asimmetria molto negativa platicurtica	7	61	32
S7	41° 9' 19.89"N	13° 50' 6.59"E	-5,5	3,053	0,53	0,122	0,901	sabbia molto fine moderatamente ben classato asimmetria positiva mesocurtica	37	60	3
S8	41° 9' 7.93"N	13° 50' 15.82"E	-5,5	3,178	0,541	-0,098	0,852	sabbia molto fine moderatamente ben classato curva simmetrica platicurtica	38	59	3
S9	41° 8' 55.80"N	13° 50' 24.18"E	-5,5	3,083	0,567	-0,019	0,901	sabbia molto fine moderatamente ben classato curva simmetrica mesocurtica	33	67	0
F11	41° 08' 14.04"N	13° 50' 29.34"E	-8,9	3,436	0,552	-0,468	1,418	sabbia molto fine moderatamente classato asimmetria molto negativa leptocurtica	6	75	19
S13	41° 8' 56.01"N	13° 49' 56.69"E	-9,5	-0,518	0,954	-0,036	0,79	sabbia grossolana moderatamente ben classato asimmetria negativa leptocurtica	4	60	36
F6	41° 11' 10.74"N	13° 47' 46.44"E	-9,8	3,456	0,405	-0,285	0,908	sabbia molto fine ben classato asimmetria negativa mesocurtica	1	28	71
S12	41° 8' 59.24"N	13° 49' 56.35"E	-10	0,254	0,628	-0,28	1,143	sabbia molto grossolana moderatamente classato curva simmetrica platicurtica	13	74	13
S11	41° 9' 1.46"N	13° 49' 53.21"E	-10,5	-0,468	1,046	-0,001	0,756	sabbia molto grossolana mal classato curva simmetrica platicurtica	11	81	8
S10	41° 9' 4.19"N	13° 49' 46.81"E	-11	-0,553	0,982	-0,015	0,676	sabbia molto grossolana moderatamente classato curva simmetrica platicurtica	3	70	27
S14	41° 8' 51.25"N	13° 49' 54.81"E	-11	-0,381	0,949	-0,122	0,853	sabbia molto grossolana moderatamente classato asimmetria negativa platicurtica	0	80	20
F10	41° 07' 49.44"N	13° 49' 56.82"E	-14	1,032	0,697	0,46	0,805	sabbia media moderatamente ben classato asimmetria molto positiva platicurtica	0	62	38
F7	41° 10' 12.24"N	13° 46' 38.76"E	-15,8	3,583	0,334	-0,358	1,267	sabbia molto fine molto ben classato asimmetria molto negativa leptocurtica	0	0	0
F8	41° 9' 45.90"N	13° 45' 59.16"E	-19,7	3,699	0,265	-0,262	1,55	sabbia molto fine molto ben classato asimmetria negativa molto leptocurtica	0	36	64
F9	41° 07' 17.28"N	13° 48' 55.92"E	-19,9	3,622	0,513	-0,521	3,178	sabbia molto fine moderatamente classato asimmetria molto negativa estremamente leptocurtica	0	66	34

Tabella I - Caratteri sedimentologici dei depositi prelevati lungo la spiaggia e sul fondale marino-costiero del litorale Falerno-Domitio

## Analisi sedimentologiche

### Metodi di studio

I campioni di sedimento prelevati sono stati sottoposti ad analisi granulometriche e tessiturali; sono stati altresì studiati i caratteri morfoscopici delle superfici dei granuli di quarzo presenti nei sedimenti campionati.

Le analisi granulometriche, finalizzate alla determinazione della distribuzione granulometrica, sono state eseguite utilizzando le tecniche usuali in sedimentologia.

In particolare, tutti i campioni sono stati sottoposti, dopo accurata preparazione e lavaggio con pompa a vuoto, a setacciatura a secco fino a  $63\ \mu$  con scuotitore meccanico per 15' (fig. 7.3); le frazioni sabbiose e siltose sono state suddivise in classi granulometriche mediante setacciatura a secco considerando intervalli di classe di  $1/4\ \phi$ .



Fig. 7.3 - Scuotitore meccanico (Laboratorio ENEA Portici)

Per ogni singolo campione sono stati costruiti gli istogrammi e le curve cumulative, nonché calcolati i parametri statistici (tab. I) secondo il metodo grafico di Folk & Ward (1957), quali:  $M_z$ : Valore medio della distribuzione di frequenza;  $\sigma_i$ : grado di selezione della distribuzione;  $S_{KI}$ : coefficiente di asimmetria;  $K_G$ : coefficiente di appuntimento. Sui campioni sono state inoltre eseguite osservazioni al microscopio ottico finalizzate all'individuazione dei caratteri morfologici dei granuli di quarzo afferenti alle classi granulometriche comprese tra i  $500\ \mu$  ed i  $125\ \mu$  (Angelucci & Palmerini, 1964). Dalla frazione granulometrica esaminata sono stati selezionati e poi studiati 100 granuli di quarzo suddivisi a loro volta in 3 categorie (tab. I):

- 1-non usurati, trasparenti e spigolosi (NU) (fig. 7.4);
- 2-smussati trasparenti, con spigoli da arrotondati a subarrotondati, più o meno trasparenti (ST) (fig. 7.5);
- 3-arrotondati opachi, con spigoli più o meno arrotondati ed opachi (AO), (fig. 7.6).



Fig. 7.4 - Osservazione al microscopio ottico della frazione granulometrica pari a 200  $\mu$ , separata dal campione S7 prelevato sul fondale a una profondità di 5,5 m. Esempio di granulo di quarzo (evidenziato con il cerchio rosso) definito come non usurato, trasparente, spigoloso



Fig. 7.5 - Osservazione al microscopio della frazione granulometrica pari a 500  $\mu$ , separata dal campione S2 prelevato sulla battigia lungo la spiaggia emersa. Esempio di granulo di quarzo (evidenziato con l'ellisse rossa) definito come smussato trasparente



Fig. 7.6 - Osservazione al microscopio della frazione granulometrica pari a 500  $\mu$ , separata dal campione S14 prelevato alla profondità di 11 m lungo la spiaggia sommersa. Esempio di granulo di quarzo (evidenziato con l'ellisse rossa) definito come arrotondato opaco

#### *Analisi dei sedimenti ed attribuzione ambientale*

I sedimenti che caratterizzano la spiaggia emersa nella fascia di battigia (figg. 7.7, 7.8) sono prevalentemente costituiti da sabbia media (fig. 7.9, tab. I) nel complesso ben classata (figg. 7.10, 7.11), con una moda subordinata di sabbia fine; le curve di frequenza risultano sostanzialmente simmetriche con valori prossimi allo zero (fig .7.12).



Fig. 7.7 - Spiaggia emersa dell'area in studio costituita prevalentemente da sabbia media e subordinatamente da sabbia fine (ripresa da sud-est verso nord-ovest). La spiaggia è delimitata verso l'interno (a destra nella foto) da cordoni dunari che evidenziano gli effetti di processi di erosione



Fig. 7.8 - Particolare della spiaggia emersa (fig. 7.7): ripresa ravvicinata dei sedimenti, formati da sabbia silicoclastica (colorazione chiara) e subordinatamente vulcanoclastica (colorazione scura)

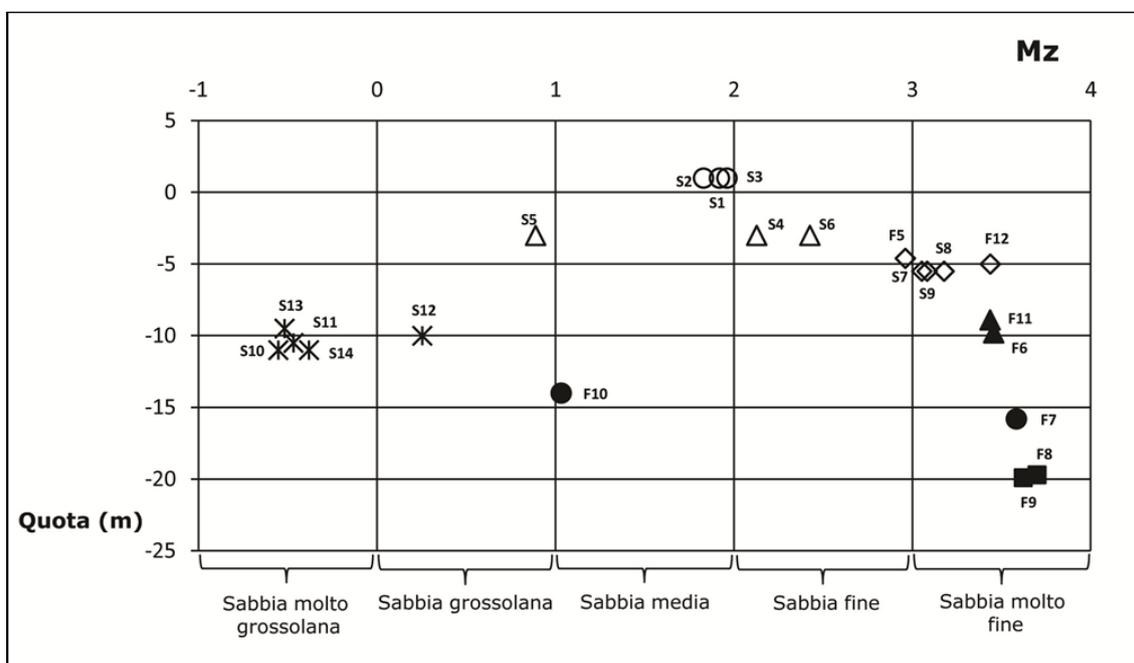


Fig. 7.9 - Relazione tra valore medio della distribuzione di frequenza (Mz) e quota di prelievo dei sedimenti rispetto al livello medio del mare

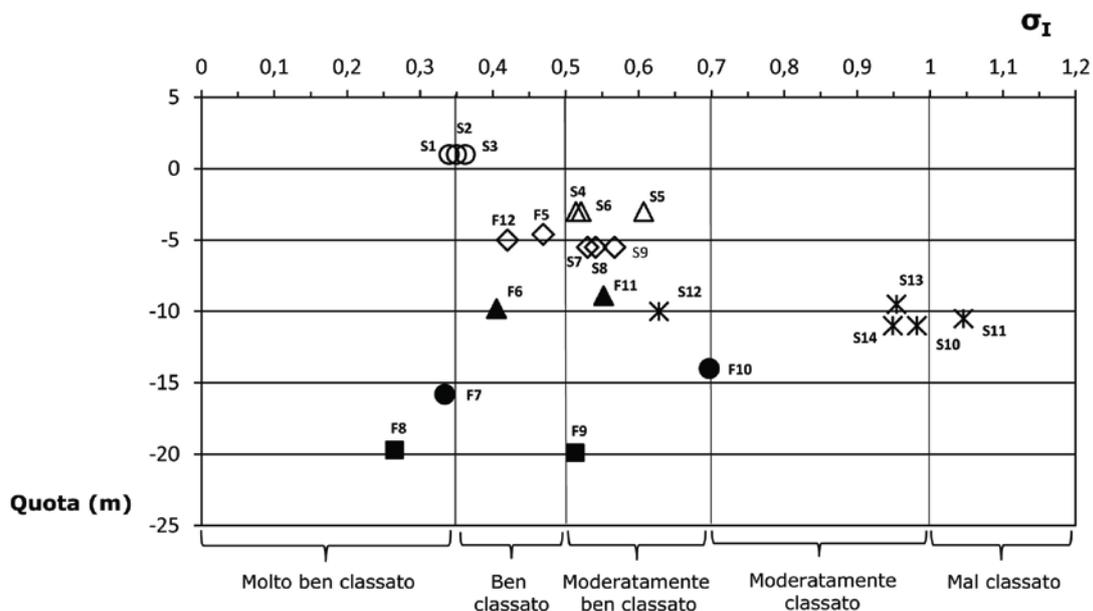


Fig. 7.10 - Relazione tra grado di selezione della distribuzione ( $\sigma_I$ ) e quota di prelievo dei sedimenti rispetto al livello medio del mare

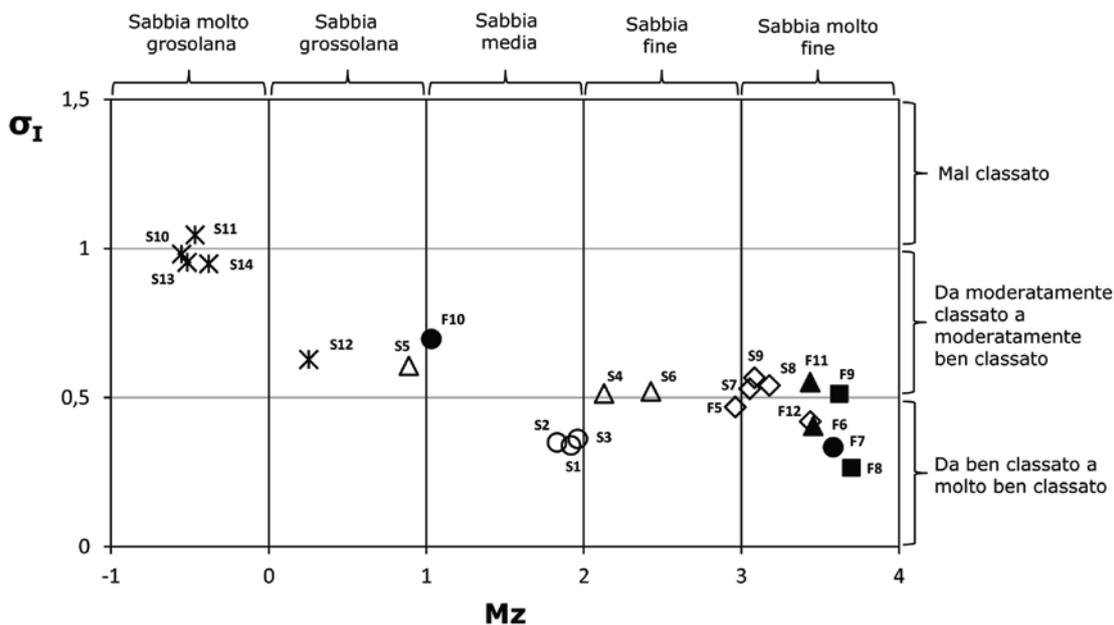


Fig. 7.11 - Relazione tra valore medio della distribuzione di frequenza ( $M_z$ ) e grado di selezione della distribuzione ( $\sigma_I$ )

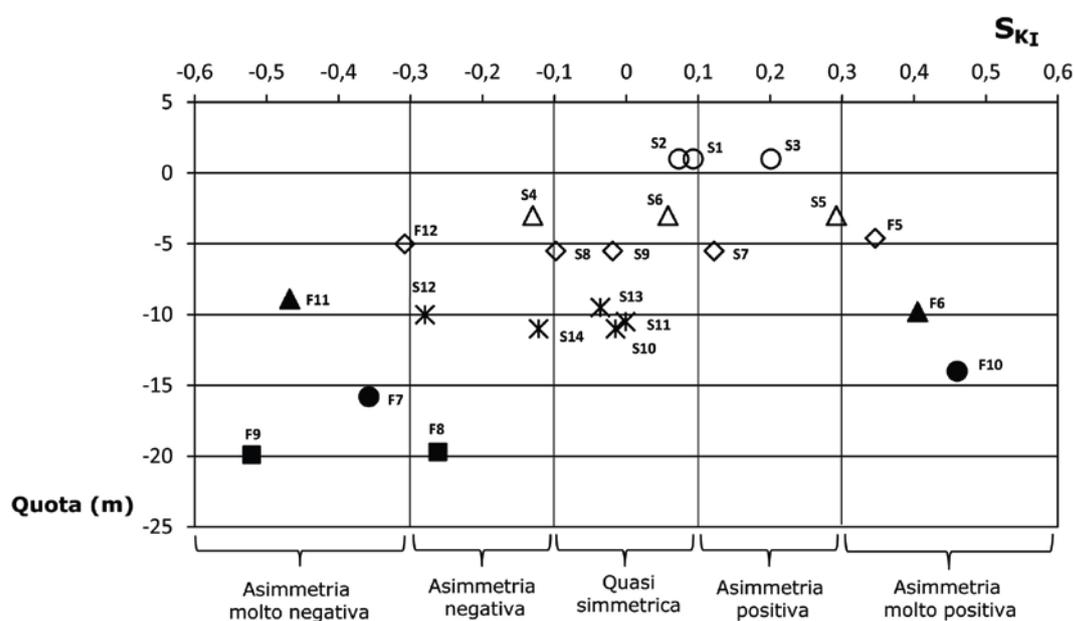


Fig. 7.12 - Relazione tra coefficiente di asimmetria ( $S_{KI}$ ) e quota di prelievo dei sedimenti rispetto al livello del mare

I granuli di quarzo presentano un grado di usura elevato, 60-80% (smussati trasparenti) (fig. 7.13, tab. I); subordinatamente risultano non usurati (12-30%) e a seguire arrotondati ed opachi (massimo 10%). Vengono interpretati come granuli sottoposti ad azione meccanica subacquea, a medio-alta intensità, tipica di ambiente di spiaggia e subordinatamente fluviale; la presenza di una minima percentuale di granuli tipici di ambiente eolico testimonia anche un attivo scambio con i lembi di fascia dunare, sostanzialmente in erosione. Anche i diagrammi che pongono in relazione sia  $Mz/\sigma_1$  (*mean size/standard deviation*) (fig. 7.14, Martins, 2003) sia  $\sigma_1/S_{KI}$  (*standard deviation/skewness*) (fig. 7.15, fig. 7.16, Friedman, 1961, 1967; Martins, 2003), indicano che i depositi rientrano nel campo dei sedimenti di spiaggia commisti a sedimenti dunari per un'attiva rielaborazione eolica. Tutti i caratteri tessiturali ben si accordano con l'ambiente fortemente energetico cui afferiscono, dominato da onde in un contesto di fascia costiera caratterizzato da cordoni litorali progradanti su cui si sono sviluppate dune eoliche, con cresta non superiore ai 4 m, allo stato attuale alterate o antropizzate (fig. 7.17).

I sedimenti di fondo sono anch'essi silicoclastici commisti a sedimenti vulcanoclastici con colorazione più scura; i valori della distribuzione media di frequenza sono nel complesso omogenei, atteso che pochi tipi di sedimento caratterizzano la spiaggia sommersa (tab. I).

Il loro raggruppamento in classi granulometriche eguali ha consentito una zonazione in cui si individua una successione verso mare che ben si adatta ai principali settori morfodinamici del sistema costiero, influenzato da sedimentazione fluviale, con gradazione in senso distale per progressiva diminuzione del diametro medio ( $Mz$ ) verso il largo.

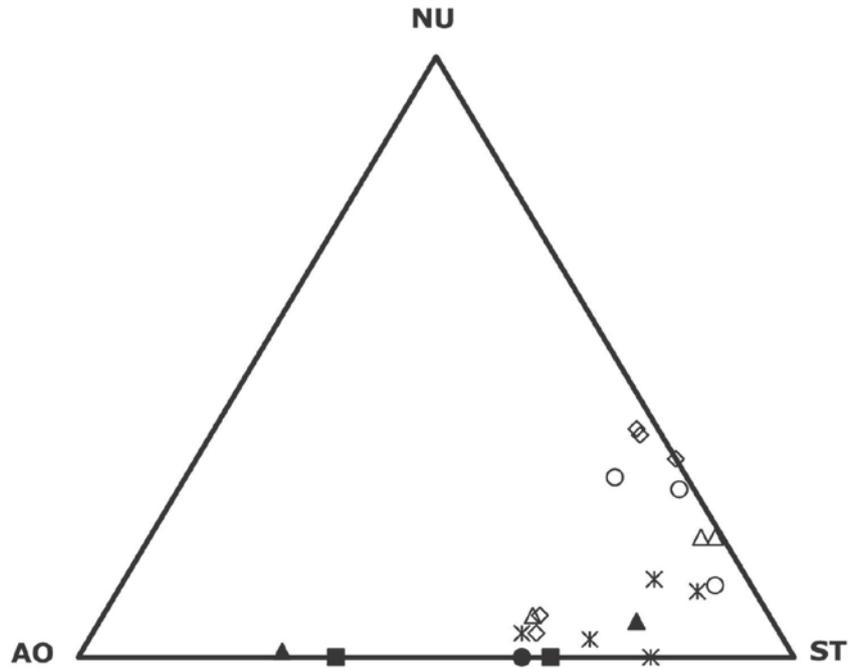


Fig. 7.13 - Diagramma triangolare della distribuzione dei granuli di quarzo delle frazioni granulometriche comprese tra 500 e 125 micron: AO - arrotondato opaco, ST - smussato trasparente, NU - non usurato

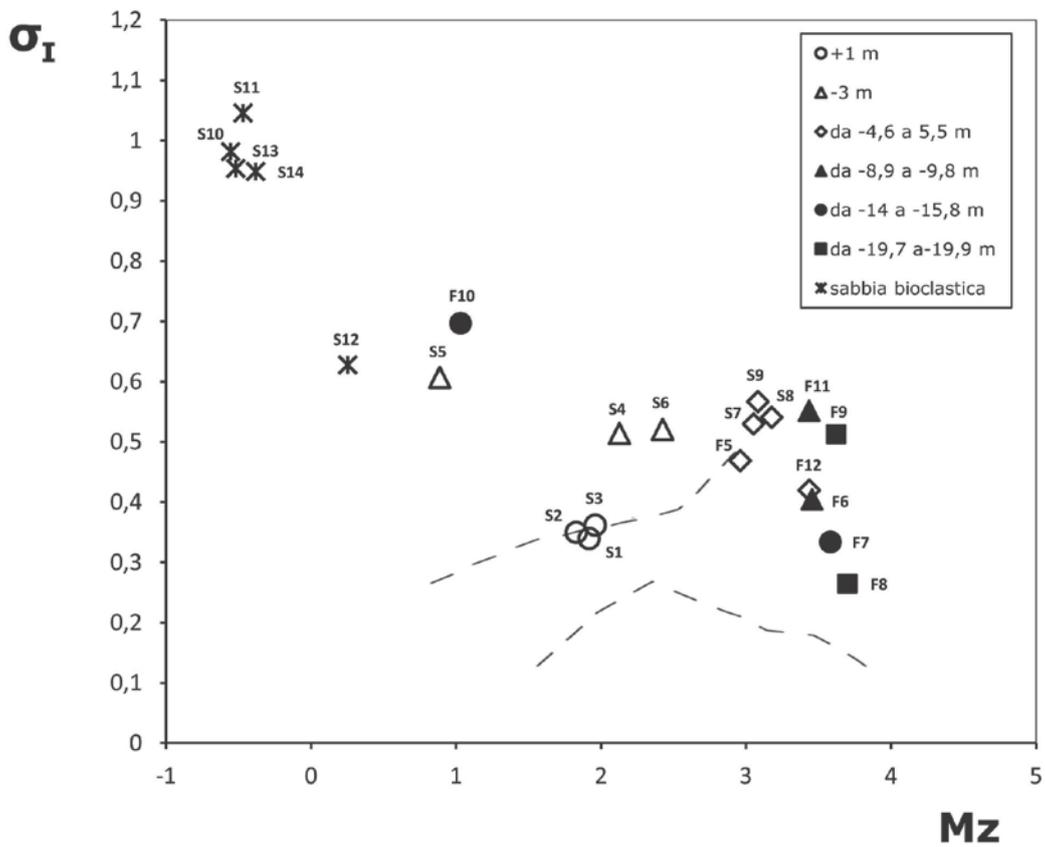


Fig. 7.14 - Relazione tra valore medio della distribuzione di frequenza (Mz) dei sedimenti e deviazione standard ( $\sigma_I$ )

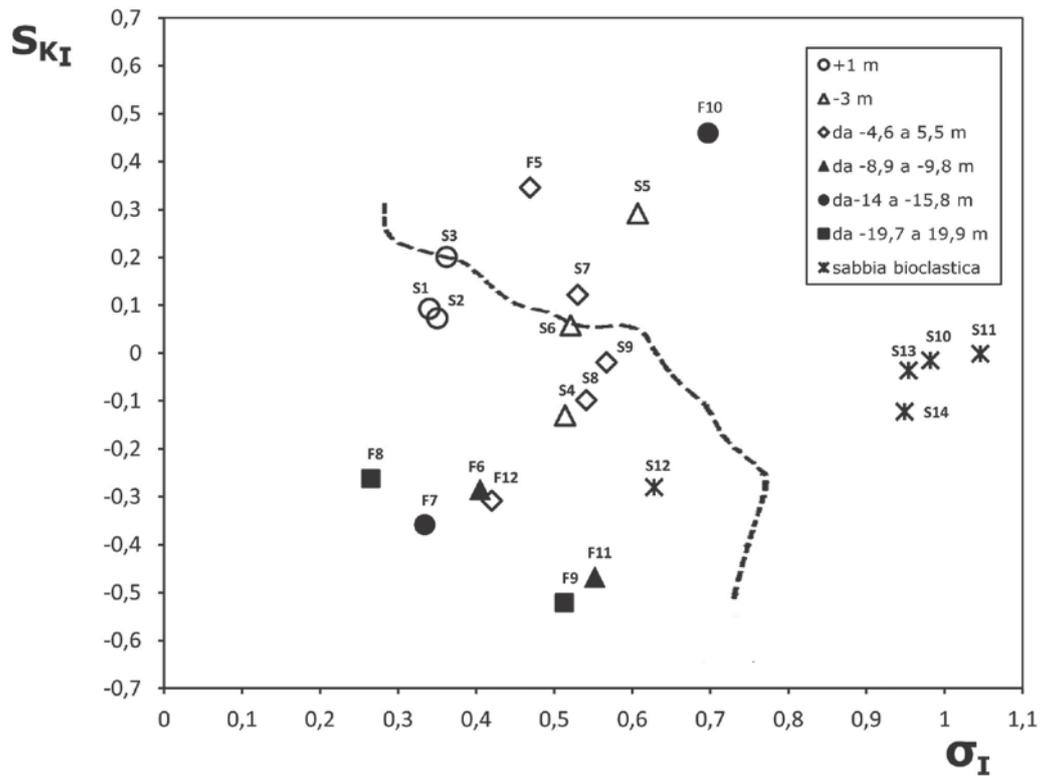


Fig. 7.15 - Relazione tra deviazione standard ( $\sigma$ ) e coefficiente di asimmetria ( $S_{KI}$ )

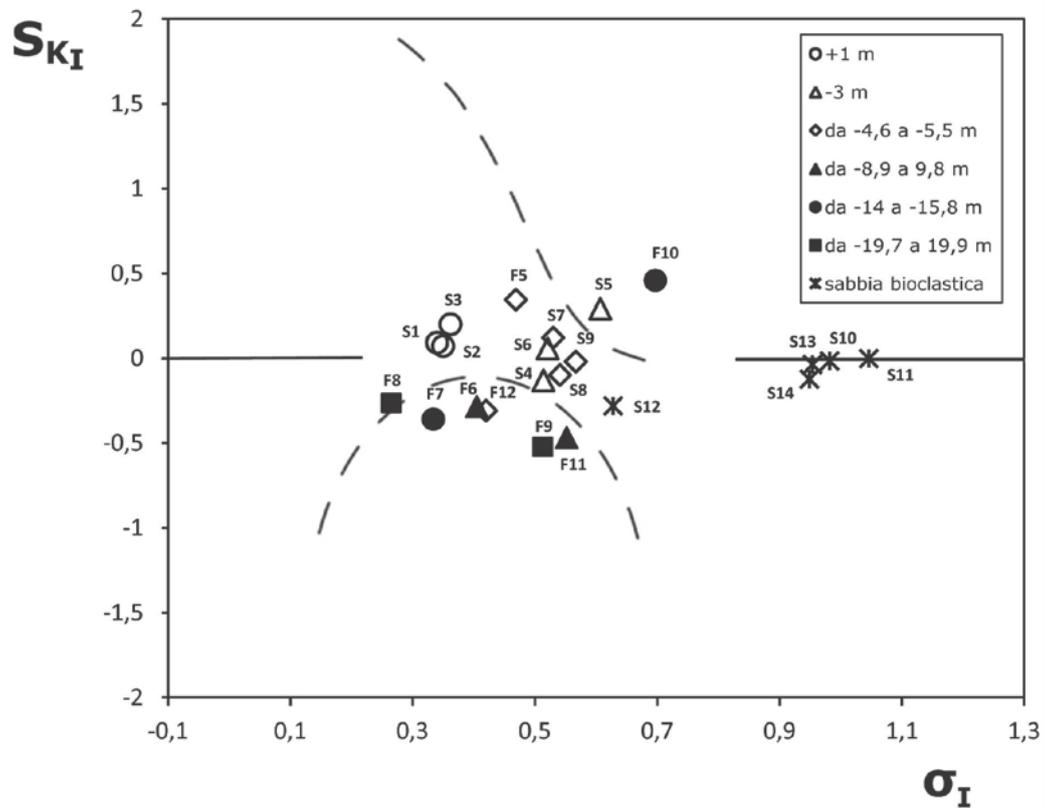


Fig. 7.16 - Relazione tra grado di selezione della distribuzione ( $\sigma_I$ ) e coefficiente di asimmetria ( $S_{KI}$ )



Fig. 7.17 - Spiaggia emersa delimitata sullo sfondo, a sinistra, da un lembo di cordone dunare in via di smantellamento per effetto di processi di erosione attivati da interventi antropici. Sullo sfondo, nella parte centrale e verso destra, vi sono le propaggini occidentali del rilievo carbonatico di Monte Cicoli (Gruppo del Monte Massico) che passano verso mare (ad Ovest) alla stretta piana costiera minore in cui è ubicato il sito archeologico di *Sinuessa*

In successione verso mare, a partire dalla battigia, il primo gruppo associa sabbie fini (alla profondità di circa 3 m) moderatamente classate (figg. 7.9, 7.10, 7.11) che passano verso il largo, alla profondità di 5,5 m e fino ad una decina di metri dal margine interno del banco tufaceo ubicato alla profondità di circa 7 m, a sedimenti sabbiosi molto fini, moderatamente ben classati (fig. 7.4). Depositi tutti caratterizzati da una classazione discreta e con asimmetria variabile (fig. 7.9,  $-1 < S_{KI} < +1$ ) delle curve di frequenza; i valori positivi identificano i sedimenti di duna.

Al tipo di trasporto unidirezionale operato dal vento o da un corso di acqua, corrisponde verosimilmente un valore positivo dell'asimmetria (Friedman, 1961; Martins, 1965); nell'ambiente di spiaggia i sedimenti sono invece sottoposti a due forze con opposte direzioni (*swash* più intensa e *backwash* meno intensa). Ne consegue che i grani più grossolani vanno a depositarsi sulla battigia, mentre quelli più sottili verso mare a maggiori profondità. Le proprietà morfoscopiche dei clasti di quarzo analizzati (tab. I) rivelano la presenza di un'elevata frazione di granuli smussati e trasparenti (dal 59 al 79%) con subordinati clasti non usurati (dal 5 al 30%) ed una piccola frazione di grani arrotondati opachi (fino al 34%) (fig. 7.13).

Questi caratteri morfosedimentari testimoniano un ambiente idrodinamico energetico tipico della fascia costiera prossimale, con attivi scambi con i lembi di cordoni dunari, influenzato altresì dall'attività di correnti lungo riva con direzione e verso netto da nordovest a sudest (Bergomi et al., 1969; Cocco et al., 1988; Pennetta, 2012; Pennetta et al., 1998, 2011a, 2011b, 2016b) in grado di trasportare sedimenti apportati dai corsi di acqua posti a nord (Fiume Garigliano e Rio San Limato).

Tali processi, peraltro, hanno contribuito a costruire il cuneo di sedimenti che ricopre sia la piattaforma costiera tufacea sommersa verso terra e sia, molto verosimilmente, strutture archeologiche ancora da scoprire. Il diagramma che relaziona i parametri  $Mz/\sigma_1$  (*mean size/standard deviation*) (fig. 7.14; Martins, 2003) indica che i depositi meno profondi, entro i 3 m, sono condizionati dall'apporto fluviale, mentre quelli più al largo rientrano nel campo dei sedimenti di spiaggia. Il diagramma  $\sigma_1/S_{K1}$  (*standard deviation/skewness*) (Friedman, 1961, 1967; Martins, 2003) li fa ricadere nel campo dei sedimenti di spiaggia e conferma l'attribuzione ambientale anzidetta (figg. 7.15 e 7.16): sedimenti di spiaggia sommersa, provenienti dalle spiagge in erosione, commisti a sedimenti trasportati dalle correnti lungo riva anch'essi di spiaggia e/o fluviali.

In prossimità della piattaforma costiera sommersa i sedimenti si arricchiscono di una importante frazione pelitica che conferisce loro una tipica consistenza plastica. Sono organizzati in una fascia ampia circa 10 m che orla la piattaforma nel suo margine interno (ad Est); in accordo con Reineck & Singh (1980), la loro granulometria decisamente fangosa, per la presenza di una frazione siltoso-argillosa, è da attribuire ad un ambiente a minore energia rispetto al precedente, legato sia alla posizione, nella porzione terminale della spiaggia sommersa, sia al riparo offerto dal banco tufaceo rispetto alle mareggiate provenienti dai quadranti occidentali. Anche i sedimenti presenti sul fondo del canale, inciso nel corpo del banco tufaceo, posseggono caratteri simili; sono sostanzialmente fangosi e di origine fluvio-deltizia, contribuendo a rendere molto torbida l'acqua. L'origine fluviale è confermata dal rinvenimento sul fondo del canale (a 10,5 m di profondità) di un enorme tronco di albero (fig. 7.18) proveniente da boschi ubicati lungo le sponde del Fiume Garigliano.



Fig. 7.18 - Enorme tronco d'albero rinvenuto sul fondo del canale inciso nel banco tufaceo, incastrato alla profondità di 10,5 m, proveniente verosimilmente dai boschi ubicati lungo le sponde del Fiume Garigliano, che sfocia più a nord dell'area in studio

Le correnti di questo corso d'acqua, che scorre più a nord dell'area indagata, hanno trasportato verso il mare aperto e quindi verso l'area in studio (in direzione sudest) sia il carico sedimentario che quello detritico, nel senso più ampio del termine.

Questo dato consente di confermare i risultati già ottenuti in un recente lavoro (Penetta *et al.*, 2016b) dove viene individuato un verso prevalente delle correnti lungo riva da nordovest verso sudest.

In definitiva, lo studio dei caratteri dei sedimenti di fondo della spiaggia sommersa ha consentito di ricostruire un'attribuzione ambientale in cui si sviluppano azioni di trasporto dipendenti dalla dinamica costiera (onde e correnti) interconnessa ad una dinamica sedimentaria dominata da processi massivi (fiumi).

I caratteri morfosedimentari dei sedimenti di ambiente sottomarino cambiano drasticamente presso i margini del canale sinuoso (lungo fasce ampie circa 10-20 m), nelle insenature e nelle depressioni che caratterizzano il banco tufaceo. Sono nel complesso in forma di sabbia bioclastica autoctona molto grossolana, da poco classata a discretamente classata, i cui granuli sono trasportati prevalentemente per saltazione mentre i più grossolani (>0,25 mm) per trazione (Visher, 1969). Il tipo di sedimentazione, costituito da depositi bioclastici e differente per caratteri e genesi da quello dei fondali circostanti, è da ricondurre a depositi degradati a spese di abbondanti incrostazioni organogene e di organismi biocostruttori attuali. L'analisi microscopica ha consentito di rilevare una ridotta presenza di clasti quarzosi, peraltro caratterizzati da taglia minuta. Le curve di frequenza sono simmetriche o con asimmetria verso la frazione grossolana ad indicare l'aggiunta di frammenti di gusci grossolani sui quali comunque agiscono anche processi di ripulitura dalla frazione fine (Valia & Cameron, 1977; Martins, 2003). In accordo con Friedman (1961), Sahu (1964), Cronan (1972) e Martins (1965, 2003), il valore negativo dello *skewness* va relazionato con l'intensità e la durata degli agenti deposizionali ad alta energia, in grado di rimuovere i sedimenti sottili. I depositi bioclastici sono sempre coperti da un sottile strato di fango, ovvero silt e argilla, di origine fluvio-deltizia. Pertanto, anche in questi tratti la presenza di sedimento fangoso, che rende torbide le acque marine, è da ricollegare a processi di sedimentazione recente ed attuale compatibile con tali profondità. Il fango viene portato continuamente in sospensione (Visher, 1969) dai processi idrodinamici molto attivi nella fitta rete delle diramazioni e delle fessure che interessano il banco ignimbrico. Un residuo pari a circa l'1% di tali sedimenti con diametro inferiore ad 88  $\mu$  è stato rilevato nelle distribuzioni granulometriche analizzate.

Oltre la profondità di chiusura della spiaggia, tra i 10 ed i 20 m, i sedimenti di fondo sono costituiti da depositi sabbioso fini e finissimi. Tutti i sedimenti risultano caratterizzati da curve di frequenza con asimmetria negativa, legata alla presenza di una frazione sabbiosa relativamente più grossolana della moda principale, verosimilmente relitta; il deposito risultante rappresenta una commistione di due popolazioni tessiturali.

La frazione grossolana relitta è legata a sedimentazione di spiaggia in corrispondenza di un livello del mare più basso dell'attuale. Anche le proprietà morfoscopiche dei clasti di quarzo analizzati consentono di confermare tali ipotesi; rivelano la presenza di un'elevata quantità di clasti smussati e trasparenti (dal 36 al 66%) e/o di grani arrotondati opachi (34-64%) nella frazione più grossolana.

I diagrammi  $Mz/\sigma_1$  (*mean size / standard deviation*) e  $\sigma_1/S_{KI}$  (*standard deviation / skewness*) li fa rientrare nel campo dei sedimenti di spiaggia, confermando l'attribuzione ambientale anzidetta.

### **Ringraziamenti**

*Si ringraziano l'Università degli Studi di Napoli Federico II e la Fondazione Compagnia San Paolo, che hanno finanziato il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Ricorse con il Progetto FARO 2012, per aver fornito alcuni campioni di sedimento marino-costiero.*



## Capitolo 8

### **Nuove conoscenze sull'ubicazione dell'approdo di epoca romana: assetto geomorfologico dell'area marina di Sinuessa**

*Micla Pennetta, Carmine Minopoli, Raffaele Pica, Alfredo Trocciola, Carlo Donadio*

#### Rilevamenti dei fondali marini

I rilevamenti svolti lungo il fondo marino hanno consentito di ricostruire l'assetto geomorfologico del tratto costiero compreso tra Rio San Limato e Baia Azzurra di pertinenza del territorio comunale di Sessa Aurunca (Caserta).

In particolare, dal mese di maggio 2012 sono state svolte circa 80 immersioni subacquee con Autorespiratore ad Aria (ARA) mirate; i rilievi sono stati curati da geologi rilevatori subacquei.

Tuttavia, la notevole e frequente torbidità dell'acqua ha consentito solo rilevamenti puntuali; pertanto nel mese di maggio 2013, in condizioni meteomarine buone, sono stati eseguiti rilevamenti con *Side-scan Sonar L3 KLEIN Associates*, mod. 3900, operante con frequenza acustica ad alta risoluzione (450 kHz) e con *range* di 30 m per canale.

I dati sono stati acquisiti ed analizzati in tempo reale sulla imbarcazione mediante una workstation su base Windows; sono stati inoltre georeferenziati mediante il sistema di radioposizionamento satellitare GPS (*Global Positioning System*) in modalità differenziale di tipo "*Wide Area DGPS*", costituito da un ricevitore *Hemisphere V103*, con ricezione delle correzioni via satellite di tipo *L-Band*.

L'area rilevata (fig. 8.1) ha forma rettangolare con lato 1,5 x 1,2 km (lato minore parallelo alla linea di riva) ed è posizionata a circa 60 m dalla riva in direzione NNO-SSE, con un *overlap* dei dati acquisiti pari al 30% per ciascuna fascia rilevata (24 in totale) (Trocciola *et al.*, 2013).

#### Elementi geomorfologici rilevati

La morfologia della spiaggia sommersa nel complesso è caratterizzata dalla presenza di un fondale sabbioso regolare a bassa pendenza interessato, sotto costa, entro la profondità di 1,5 m, da un sistema di truogoli passante, intorno alla profondità di 2 m, ad uno di barre.

Alla profondità di 7 m e alla distanza dalla riva pari a circa 650 m, la morfologia del fondo si modifica bruscamente: il fondale sabbioso passa ad un banco roccioso di natura ignimbritica (fig. 8.1), intensamente fratturato ed interessato in superficie da frequenti depressioni anche connesse tra di loro e talvolta quasi colmate da depositi bioclastici che ne obliterano il fondo (fig. 8.2); l'orlo esterno è stato rilevato sino alla profondità di circa 15 m (fig. 8.3).

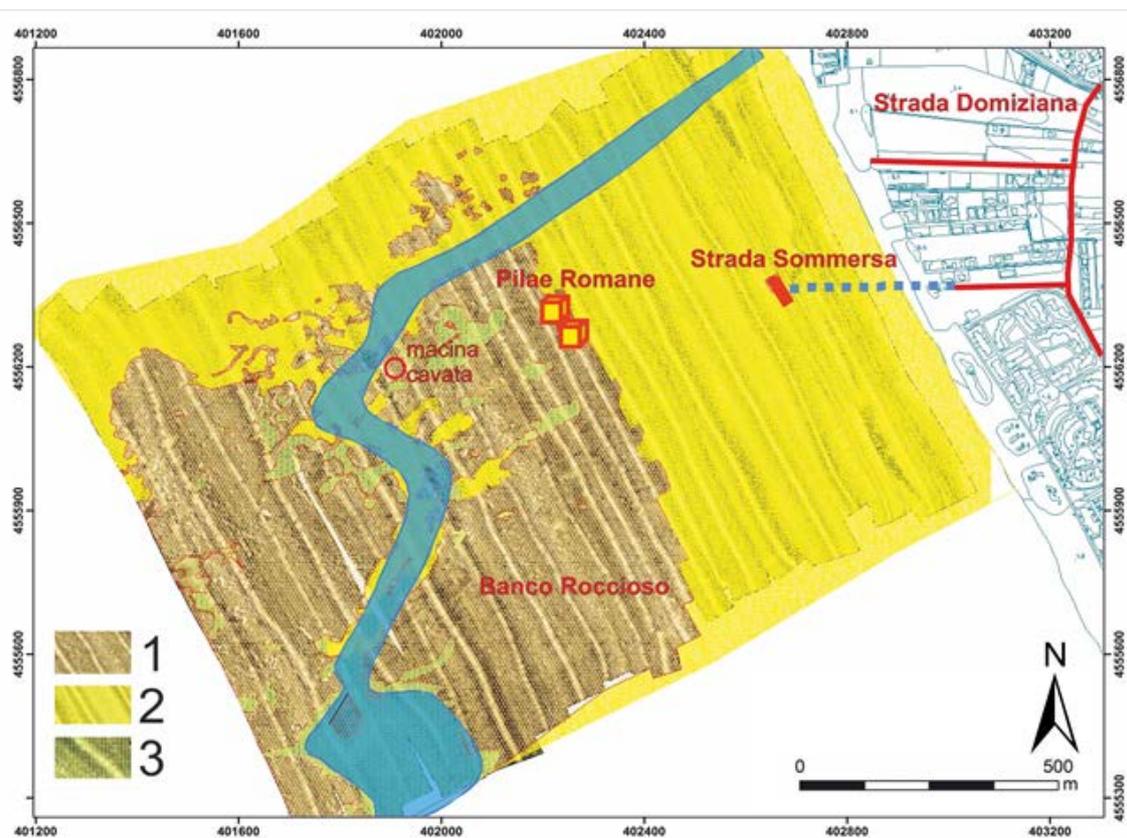


Fig. 8.1 - Schema della morfologia del fondo marino acquisita con rilievi Side-scan Sonar: 1) fondo marino caratterizzato da sedimentazione sabbiosa; 2) paleoalveo; 3) banco roccioso di natura ignimbratica, intensamente fratturato ed inciso dal paleoalveo

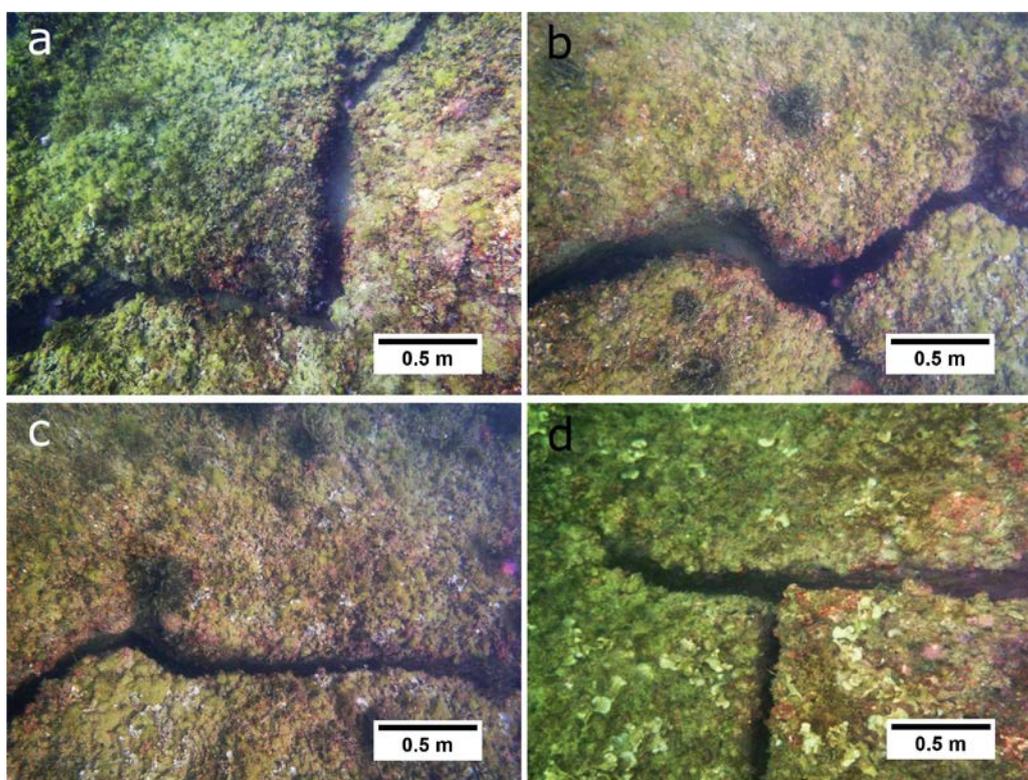


Fig. 8.2 - Differenti tipi di discontinuità che interessano il banco ignimbrico, rilevate tra le profondità di 8 e 12 m

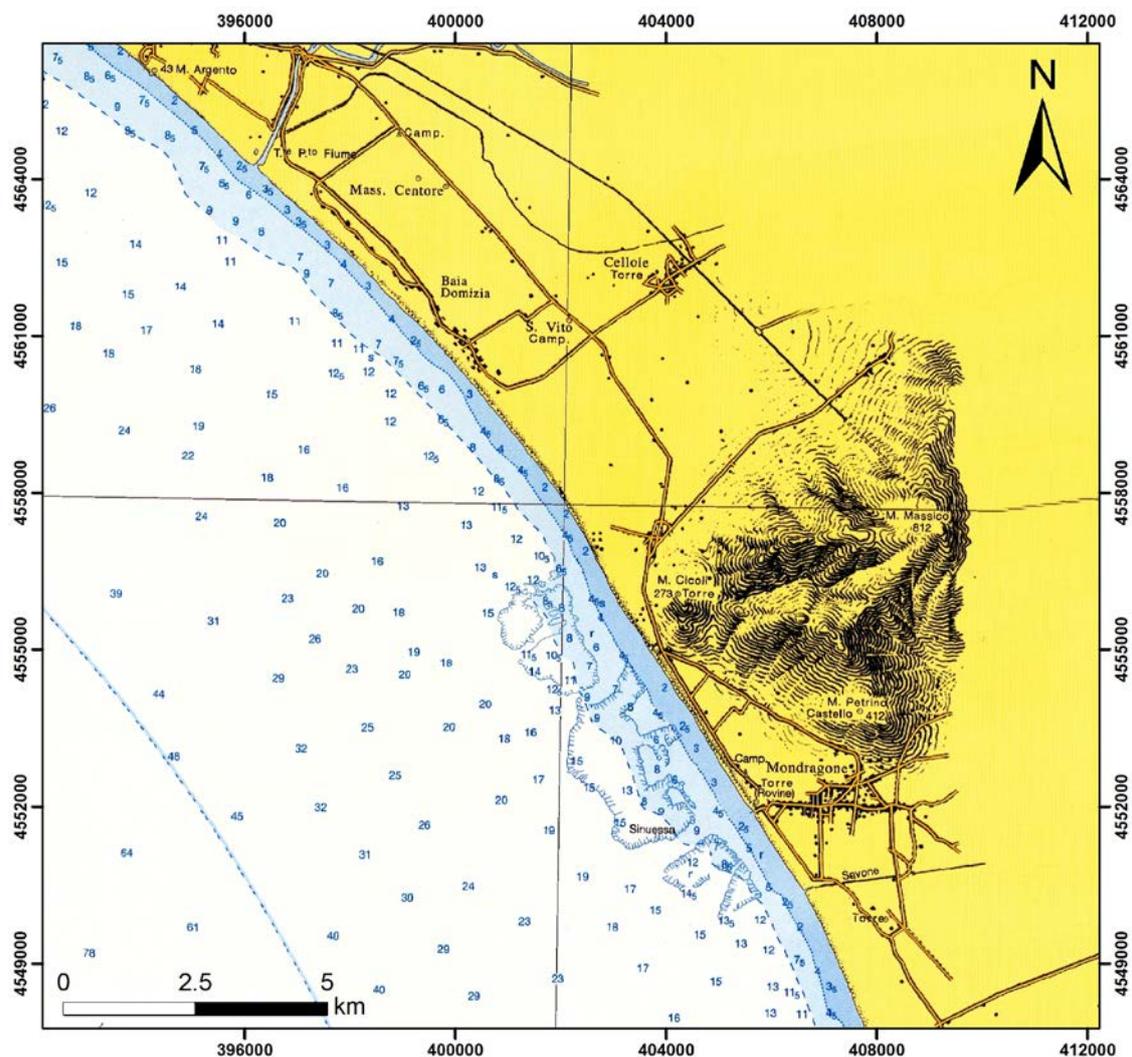


Fig. 8.3 - Carta batimetrica dell'area costiera in studio. La morfologia del banco ignimbrico (curva con barbetta azzurra) nel suo tratto più settentrionale è stata modificata grazie ai risultati dei rilevamenti in sito e delle indagini con *Side-scan Sonar* (stralcio della carta Nauticard; Gaeta-Acquamorta, n. 3206.I, scala originale 1:100.000, agg. 2007)

In particolare, nel tratto sommerso sotto costa, le ispezioni subacquee hanno consentito di rilevare, a circa 250 m dalla linea di riva e ad una profondità di 3 m, massi lavorati di natura prevalentemente carbonatica, con dimensioni 0,5–1 m (fig.8.4a), talvolta squadrati, disconnessi tra di loro per effetto dell'azione delle mareggiate (fig. 8.4b-c). Questi sono organizzati in due larghi tratti disposti ad angolo retto, ciascuno lungo circa 50 m, di cui uno quasi parallelo alla linea di riva; sono verosimilmente da ascrivere ai resti di una importante villa costiera (*villa maritima*) simile ad una presente sulla terraferma (Villa San Limato). Risultano in continuità con l'antico tratto viario basolato (fig. 8.4d), ancora ben conservato sulla terraferma, che si arresta in corrispondenza del cordone dunare (a nord del complesso residenziale di Baia Azzurra) (fig. 8.1). Tale tratto viario, obliterato dal cordone dunare, riprende proseguendo in ambiente sommerso, in parte seppellito da una coltre di sedimenti fino a circa 250 m da riva (fig. 8.1).

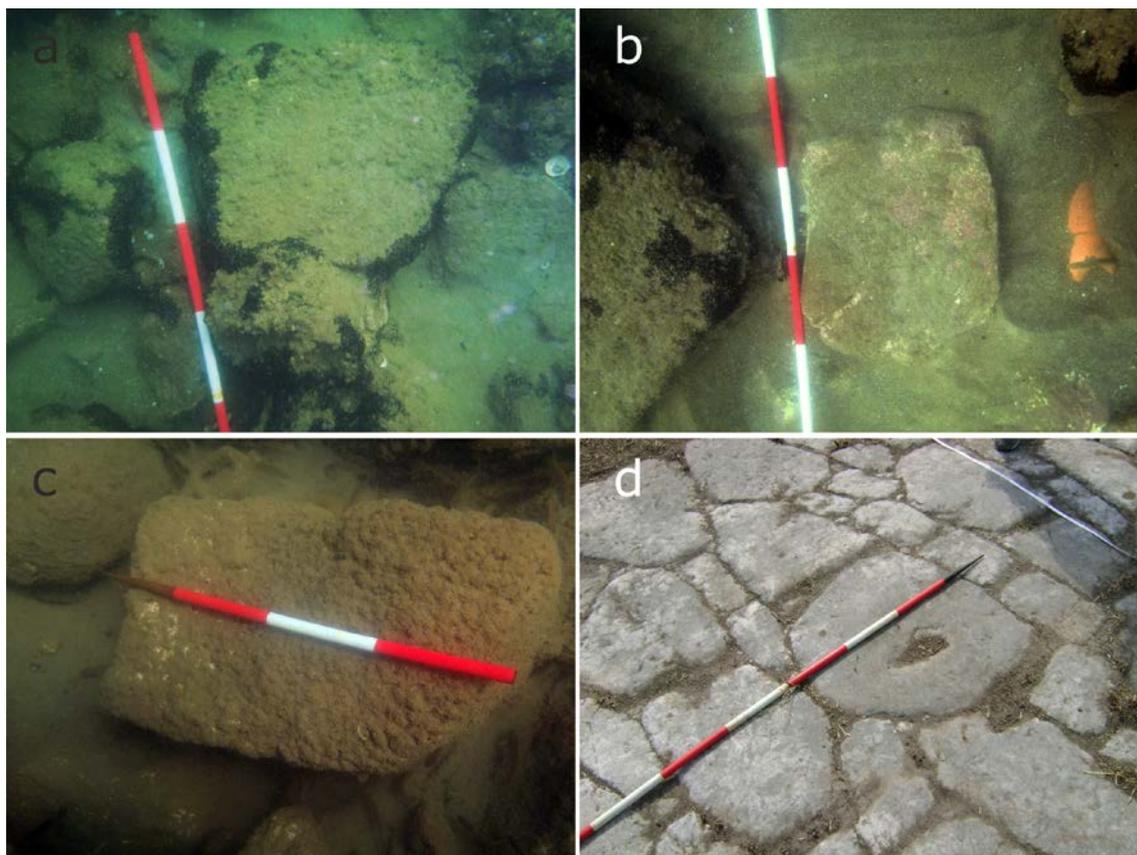


Fig. 8.4 - Blocchi relitti in calcare sommersi (a, b, c) ascrivibili ad una probabile *villa maritima* rilevata a 250 m dalla linea di riva. Sono in allineamento con la strada romana, presente sulla spiaggia emersa, ubicata (d) a nord del complesso residenziale di Baia Azzurra

Procedendo verso il largo è presente un fondale regolare, con pendenza ridotta pari a circa 0,5%, ricoperto da sabbia fine e finissima, che passa a circa 650 m dalla linea di riva, ad un banco tufaceo (fig. 8.1).

Un campione prelevato dall'orlo orientale del banco roccioso ed analizzato ha consentito di ascriverlo (fig. 9.9a) al Tufo Grigio Campano, *Auctt.* Anche il rilevamento geomorfologico eseguito in sito consente di attribuirlo al Tufo Grigio Campano, che costituisce la *facies* grigia dell'Ignimbrite Campana.

L'Ignimbrite Campana è il prodotto di un'eruzione esplosiva avvenuta 39.000 anni or sono (De Vivo *et al.*, 2001) nel distretto vulcanico dei Campi Flegrei, ubicato verso sud ad una distanza di circa 45 km; l'eruzione, di notevole potenza, ha determinato la genesi di una caldera con diametro di 12 km, con centro nel Golfo di Pozzuoli.

L'area in studio fu raggiunta da densi flussi piroclastici ad elevata temperatura (fig. 8.5).

I prodotti di tale eruzione sono distribuiti non solo nella Piana Campana, ma anche in tutto il Mediterraneo orientale. Stime dei volumi complessivamente prodotti propongono valori compresi nell'intervallo tra 80 e 500 km<sup>3</sup>.

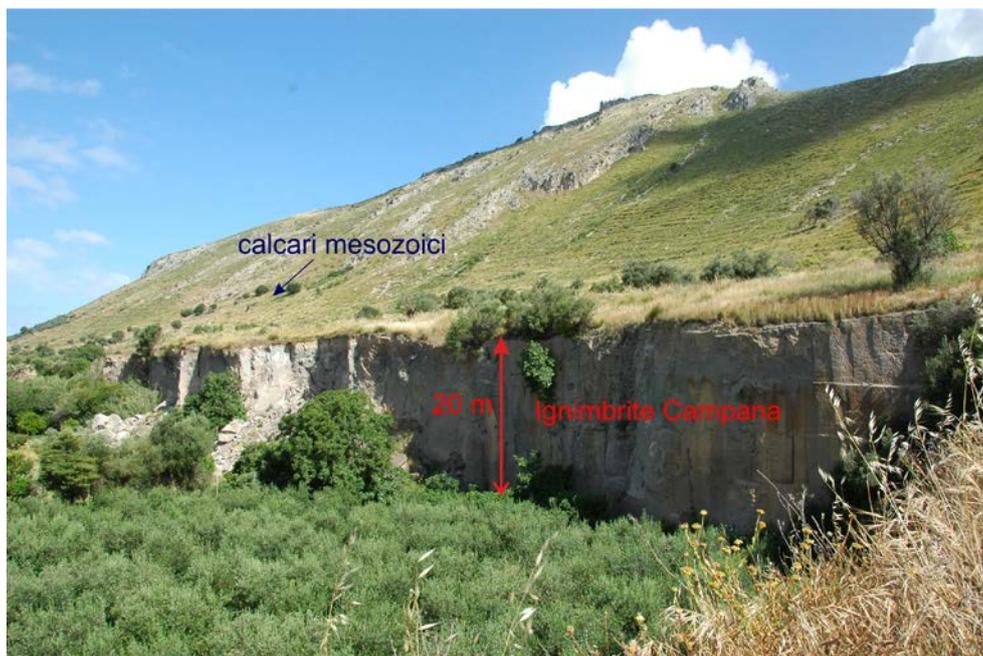


Fig. 8.5 - Affioramenti di Ignimbrite Campana diffusi lungo le aree pedemontane di Monte Petrino (massiccio del Monte Massico) nel suo settore meridionale, in contatto con le rocce carbonatiche e dislocati da una faglia

Le dense correnti piroclastiche hanno raggiunto l'area in studio in un periodo in cui era emersa; la linea di riva era spostata verso ovest di circa 10 km e coincideva verosimilmente con l'attuale batimetrica dei 60 m (Waelbroeck *et al.*, 2002) (fig. 6.7). Dopo la messa in posto dei materiali piroclastici, le acque di deflusso superficiale hanno operato un'intensa erosione selettiva che ha prodotto incisioni e depressioni; queste interrompono la continuità della superficie topografica, conferendo alla fascia superficiale una morfologia articolata (fig. 8.6) espressa da scarpate, anche di dimensioni metriche, e da vaste aree depresse, a scala plurimetrica.



Fig. 8.6 - Morfologia articolata del banco roccioso tufaceo sommerso, a circa 8 m; in una vasta depressione, con profondità inferiore di circa 3 m rispetto al banco, sono collocati blocchi cubici (*pilae in opus cementicium*)

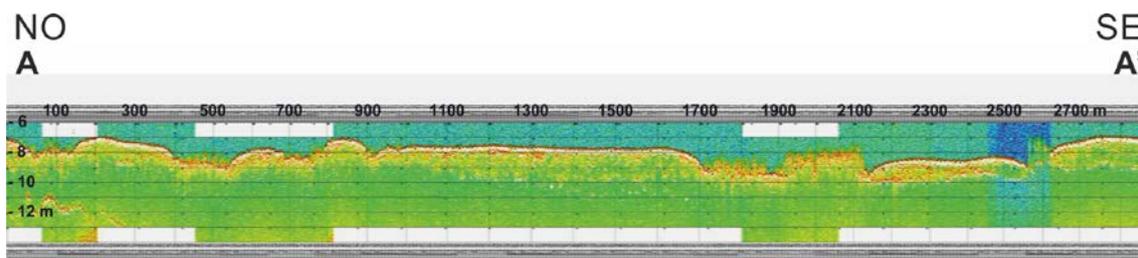


Fig. 8.71 - Superficie subpianeggiante modellata sul banco tufaceo ed orlata da microfaleisie che si elevano di circa 1 m. Area sommersa a circa -8 m, di fronte ai Bagni Sulfurei. Profilo P29, dal largo (nordovest, a sinistra) verso terra (sudest, a destra), rilevato con *SES-2000 compact Parametric Sub-bottom Profiles* (AdB, 2013, mod.)

Il banco tufaceo rilevato alla profondità di 7 m a volte si approfondisce, passando da una morfologia molto irregolare a vaste superfici quasi pianeggianti e regolari, con profondità media nell'intorno di 8 m (fig. 8.7).

Tali superfici più regolari, da ascrivere a probabile erosione subaerea, talvolta risultano orlate da microfaleisie (figg. 8.8 e 8.9) che si elevano dal fondo per almeno un metro. L'intero banco roccioso ed i reperti archeologici sono mascherati da notevoli spessori di incrostazioni bioorganogene, ascrivibili ad un'alga calcarea caratteristica di questo paraggio, *Pseudolithophyllum expansum* M. Lemoine (fig. 8.8), ed alla madrepora mediterranea (*Cladocora caespitosa* Linnaeus 1758), peraltro rilevata frequentemente (fig. 8.9).

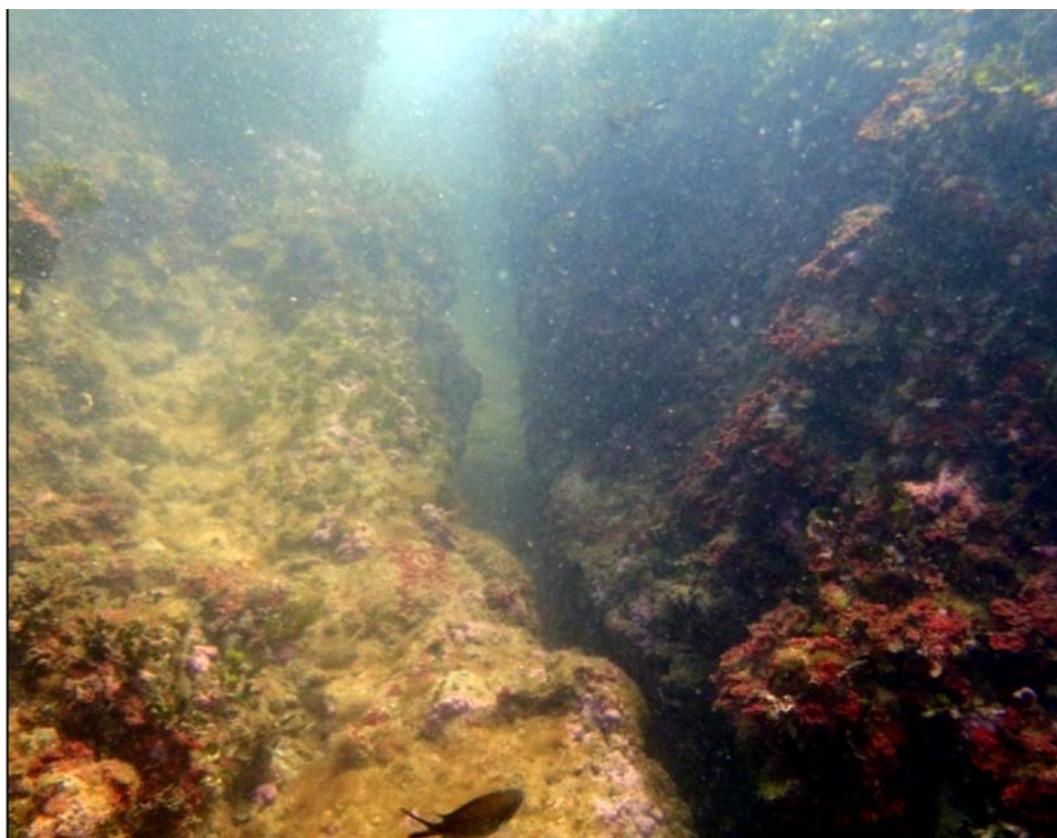


Fig. 8.82 - Microfaleisie che intagliano il banco roccioso di *Sinuessa*; sono evidenti coltri di incrostazioni dell'alga calcarea *Pseudolithophyllum expansum*, che colonizza e maschera la morfologia del fondale



Fig. 8.93 - Cuscino di madrepora del Mar Mediterraneo (*Cladocora caespitosa* Linnaeus 1758) rinvenuta sul banco ignimbrico sommerso

Verso il margine settentrionale del banco, a circa 30 m dal suo orlo interno, e a circa 650 m dalla linea di riva (fig. 8.1), in continuità con i probabili ruderi della villa e del tratto viario a terra, è stata rilevata un'area depressa, probabilmente di origine naturale (fig. 8.6). Quest'area, profonda circa 3 m rispetto al fondo circostante, posto a 7 m circa, e con dimensioni pari a circa 25 x 30 m, è caratterizzata dalla presenza di un gruppo di blocchi, costituito da almeno 24 elementi di forma cubica (fig. 8.10) con lato di 3 m (fig. 8.11), fabbricati in conglomerato cementizio (*opus cementicium*).

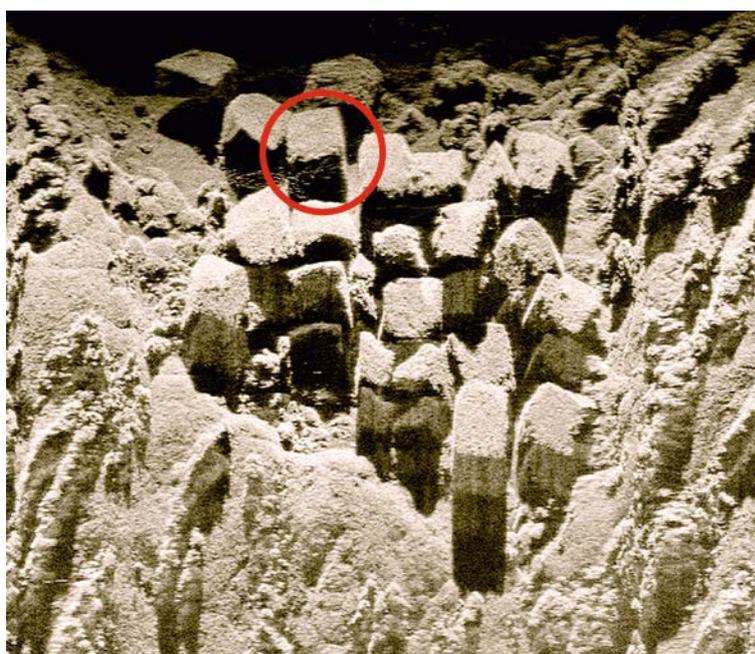


Fig. 8.10 - Morfologia dell'area depressa nella quale sono posizionati i blocchi cubici in *opus cementicium* di epoca romana

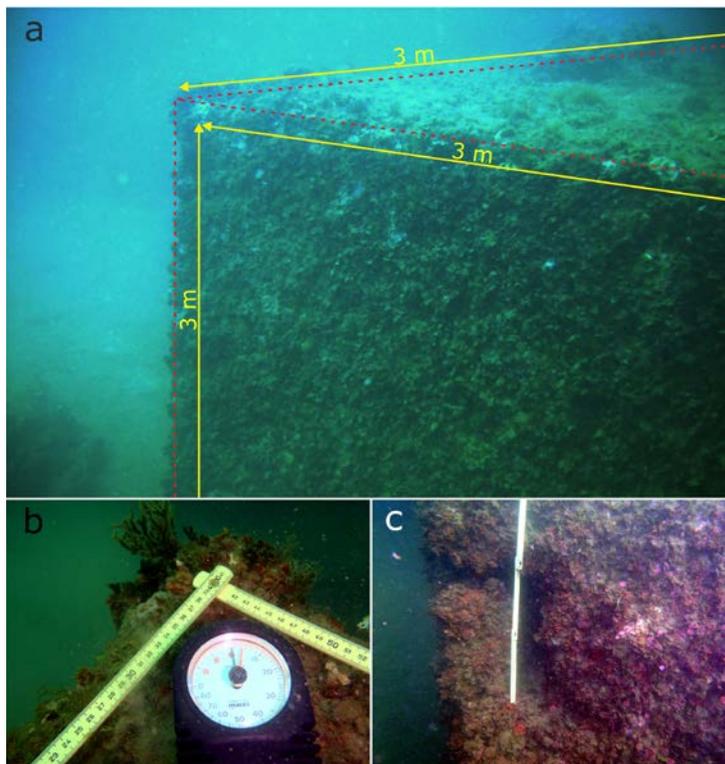


Fig. 8.41 - Dettaglio di una *pila* sommersa con forma quasi cubica e con dimensioni pari a 3x3x3 m (a). La sommità della *pila* più elevata è posta alla profondità di circa 9 m (b); c) fessura beante e passante in una *pila*, lunga 40 cm

I blocchi sono ricoperti da uno strato uniforme di incrostazioni organogene ed alghe che ne mascherano in parte la fisiografia. Essi sono accostati e sembrano allineati ed organizzati lungo quattro/cinque file, con ciascuna fila lunga circa 20 m e costituita da cinque elementi. Alla sommità dei blocchi sono stati rilevati fori semicirculari e fessure passanti, da adibire al loro sollevamento, al trasporto e all'accostamento (Adam, 1984); sono tipici di opere marittime romane come descritto da Marco Vitruvio Pollione in *De architectura* e sono denominati *pilae* (Fig. 8.12).



Fig. 8.12 - *Pilae* romane: particolare delle fessure e dei fori passanti osservati su quattro differenti *pilae*

Il loro impiego era largamente diffuso sulle coste flegree per la costruzione di moli e banchine, come rilevato nei vicini insediamenti di *Baiae* e di *Portus Julius*; venivano realizzati con malta idraulica gettata in casseforme. In pratica la quota alla sommità delle *pilae*, pari a 8/8,5/9 m di profondità, coincide quasi con quella della sommità della superficie pianeggiante del banco tufaceo, talvolta sopraelevandosi.

Quasi incastrato sotto ad una *pila* più settentrionale, è stato rinvenuto un grosso ceppo di ancora di nave romana (figg. 8.13 e 8.14).

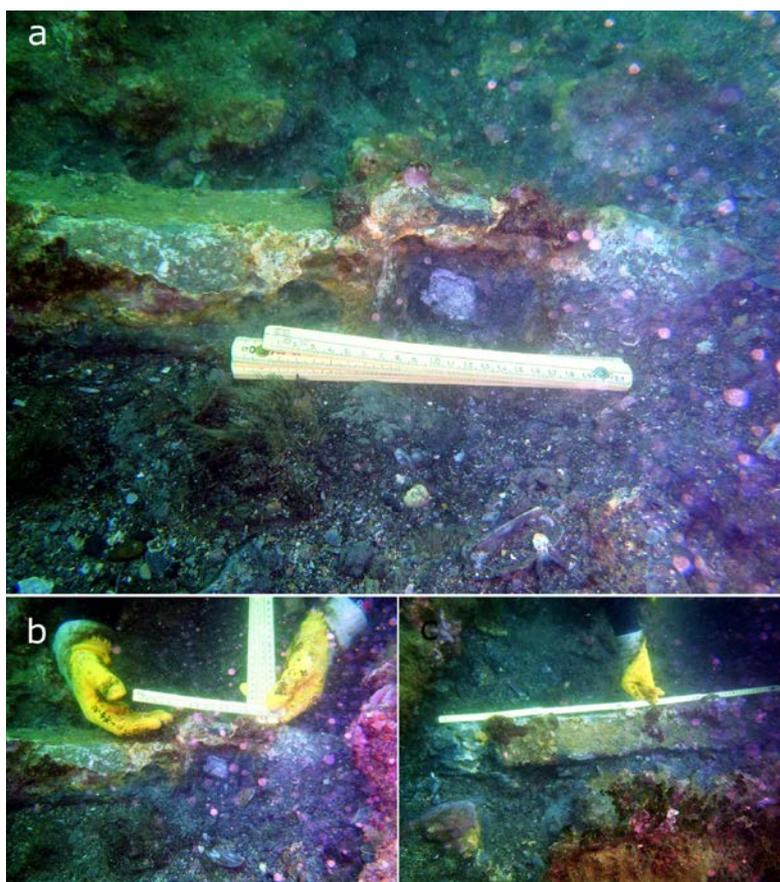


Fig. 8.13 - Ceppo di piombo di ancora di nave romana, semiaffiorante dal sedimento, rilevata alla base di una delle 24 *pilae* sommerse

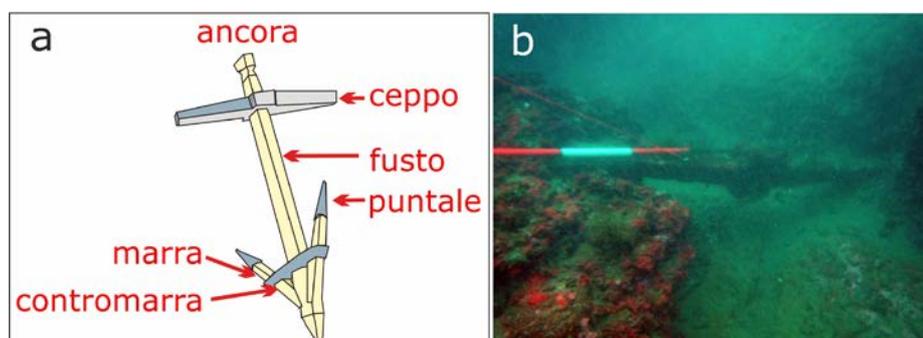


Fig. 8.14 - Ceppo di ancora romana: A, schema e nomenclatura; B, reperto rinvenuto ai bordi del paleoalveo sommerso, alla profondità di 10,5 m e a circa 1 km dall'attuale linea di riva

## Ubicazione dell'approdo di epoca romana

I risultati dell'analisi morfologica fin qui conseguiti consentono di affermare che la superficie pianeggiante (fig. 8.7) del banco tufaceo, più regolare rispetto alle altre superfici più articolate poste alla stessa o a minore profondità, fosse frequentata dall'uomo anche per attività connesse alla portualità. Infatti, oltre al rinvenimento delle *pilae* verso il margine interno, è stato rinvenuto, al margine più esterno, un canale relativamente più profondo di circa 3-4 m (fig. 8.1).

I caratteri morfologici di tale canale, descritti in seguito, consentono di ipotizzare che al suo interno avevano la possibilità di transitare e manovrare navi romane di grande cabotaggio. Tale canale, ampio tra i 60 e i 350 m, incide il banco tufaceo nella zona intermedia rilevata sino a 11-12 m di profondità; inoltre, è delimitato da pareti subverticali ed in esso confluiscono varie incisioni di ordine inferiore. Si ritiene che il canale sia da ascrivere ad un tratto parallelo alla linea di riva del paleoalveo del Rio San Limato presente attualmente sulla costa (figg. 6.4, 8.3). Tale canale è nel suo complesso perpendicolare alla linea di riva e debolmente traslato verso sud; nel primo tratto è perpendicolare alla costa, poi segue un tratto quasi parallelo, sino a riprendere, verso mare, nuovamente un'orientazione perpendicolare alla stessa.

Probabilmente proprio la fisiografia sinuosa (figg. 8.1, 8.3) ha favorito la scelta di questo sito per l'insediamento della struttura portuale di *Sinuessa*; infatti, il canale poteva essere utilizzato nel tratto parallelo ed intermedio quale approdo, in quanto ridossato dalle mareggiate. Strabone (*Geographikon* v.3.6, in Jones, 1917-1932) ricollega l'origine della denominazione conferita alla colonia di *Sinuessa* ad una baia (*sinus*). Fleming (1969), sulla base di questa osservazione connessa alla leggenda legata alla presenza di una città sommersa nella zona della scogliera denominata *Sinuessa*, analizzò risultati di ricerche svolte sia nel 1950 dall'archeologo Amedeo Maiuri con la nave di ricerca *Daino*, sia nel 1961 da un gruppo di sommozzatori della base NATO a Napoli. A sua volta partecipò nel 1961 ad altre ricerche a mare con il *Com. dr. Scott Palmer, USN*, concludendo tuttavia che la città sommersa non era mai esistita e che la baia avrebbe potuto essere ubicata nelle paludi a tergo dell'abitato di Mondragone.

La morfologia sinuosa del paleoalveo è probabilmente da ricollegare alla prossimalità e stabilità di un paleolivello di base. Infatti, successivamente alla messa in posto del banco ignimbrico 39.000 anni fa (figg. 6.7, 11.1, 11.2), dopo circa 20.000 anni il livello del mare si è abbassato ulteriormente sino a raggiungere l'attuale batimetrica dei 120 m, con conseguente spostamento della linea di riva verso ovest (fig. 6.6). La risalita del livello marino successiva a questo ultimo episodio glaciale del Pleistocene superiore è stata segnata da varie fasi di stasi. Pertanto, il corso d'acqua Rio San Limato ha divagato lateralmente, condizionato peraltro dai tratti di roccia a maggiore e minore resistenza all'erosione.

A confermare il possibile impiego di tale canale quale area portuale o di transito di navi vi è anche il rinvenimento, nel tratto terminale più settentrionale, di un grosso ceppo di ancora in piombo (a -10,5 m) (fig. 8.13), per navi di epoca romana, nonché nel tratto parallelo alla linea di riva attuale, di numerose anfore intere e loro frammenti presso i bordi, le insenature e gli anfratti del canale (figg. 8.15, 8.16).

Le anfore sono in parte del tipo *Dressel 1A* (fig. 8.15) (periodo romano) ed in parte precedenti, ascrivibili al periodo greco-italico (periodo dell'antica Sinope) (fig. 8.16); venivano utilizzate per il trasporto su navi onerarie del vino *Falernum*, di olio e di *garum* (salsa di pesce che gli antichi romani utilizzavano come condimento).

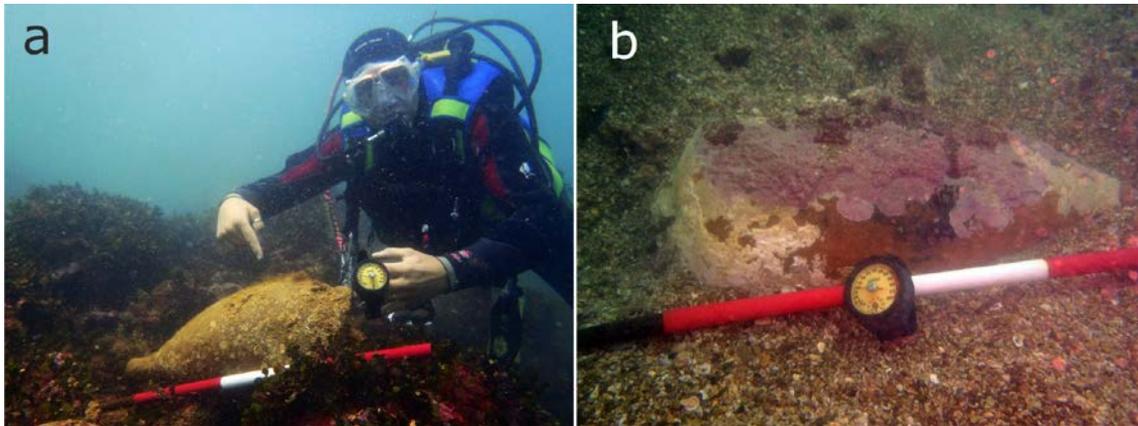


Fig. 8.15 - Anfore romane rinvenute lungo il bordo interno del paleoalveo: A, alla profondità di circa 9 m; B, a 11 m



Fig. 8.16 - Anfora greco-italica ubicata a circa 800 m dalla linea di riva, ad una profondità di circa 9 m verso il margine interno e più meridionale del banco tufaceo. È stata rinvenuta adagiata su depositi ciottolosi disposti ad embrice ascrivibili ad una paleospaggia

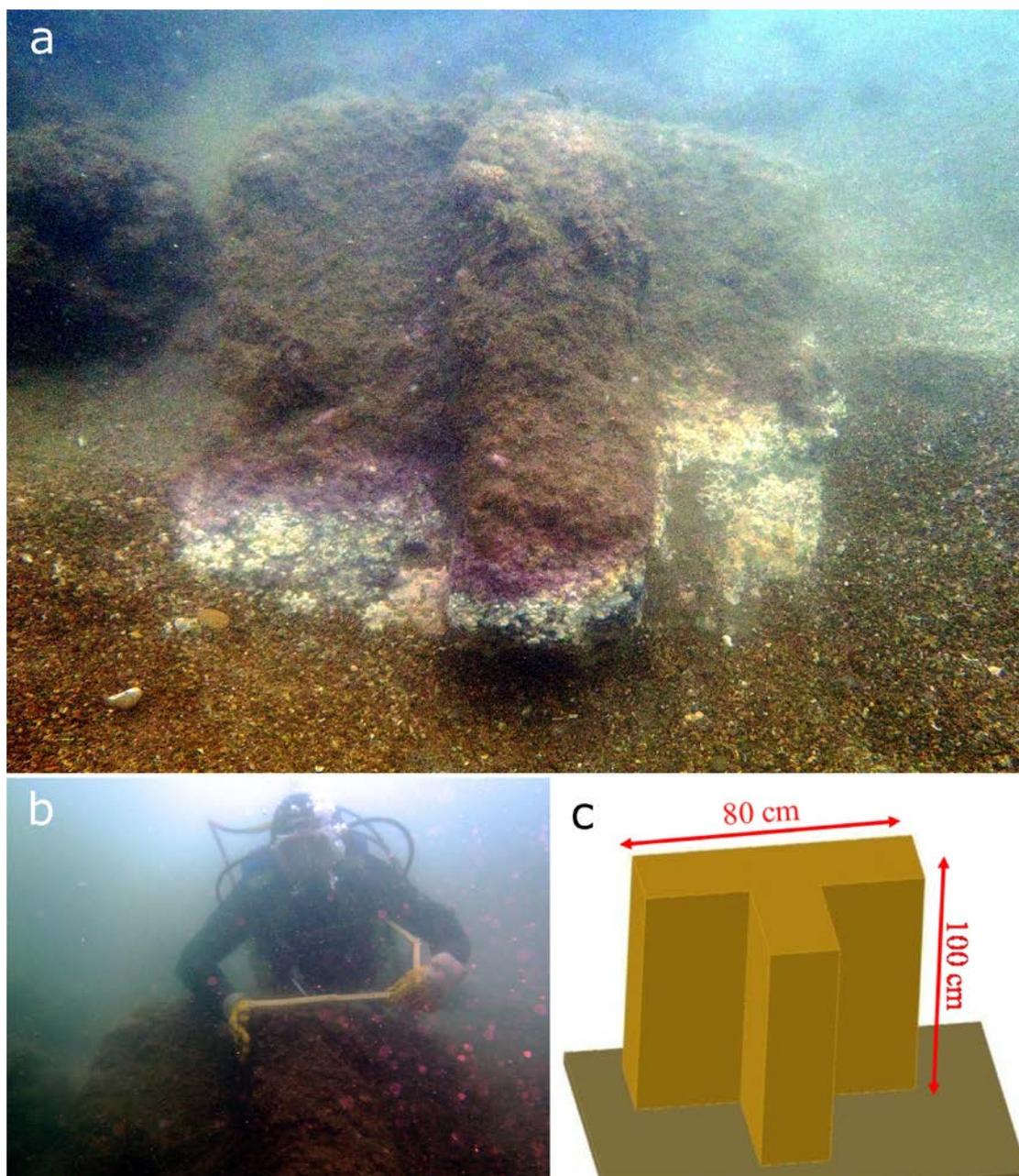


Fig. 8.17 - Manufatto in tufo (A), di incerta definizione, rilevato alla profondità di 9 m (B) nei pressi dell'area delle *pilae* sommerse e disegno schematico (C)

È stato, altresì, rinvenuto alla profondità di 9 m un manufatto in tufo, di incerta definizione, con sezione a forma di T (fig. 8.17, in prossimità delle *pilae* rilevate).

Sono presenti, inoltre, alle profondità di 6,5-7 m e ad una distanza dalla linea di riva pari a circa 700 m, depositi ghiaiosi eterometrici costituiti da ciottoli poligenici di natura silicea, carbonatica e calcarenitica, ben arrotondati e talvolta con disposizione ad embrice. I caratteri morfosedimentari consentono di ascriverli a depositi di paleospiaggia da ricondurre ad un paleostazionamento del livello del mare durante la sua risalita successiva al Pleniglaciale del Pleistocene (fig. 8.18) (*Last Glacial Maximum*; 25-18 mila anni dal presente). Sono state anche rilevate altre forme accessorie di ambiente marino, quali, pozze di scogliera e marmitte di erosione (fig. 8.19).



Fig. 8.18 - Ciottoli poligenici ed eterometrici, arrotondati e talvolta appiattiti, rinvenuti a circa 7 m di profondità

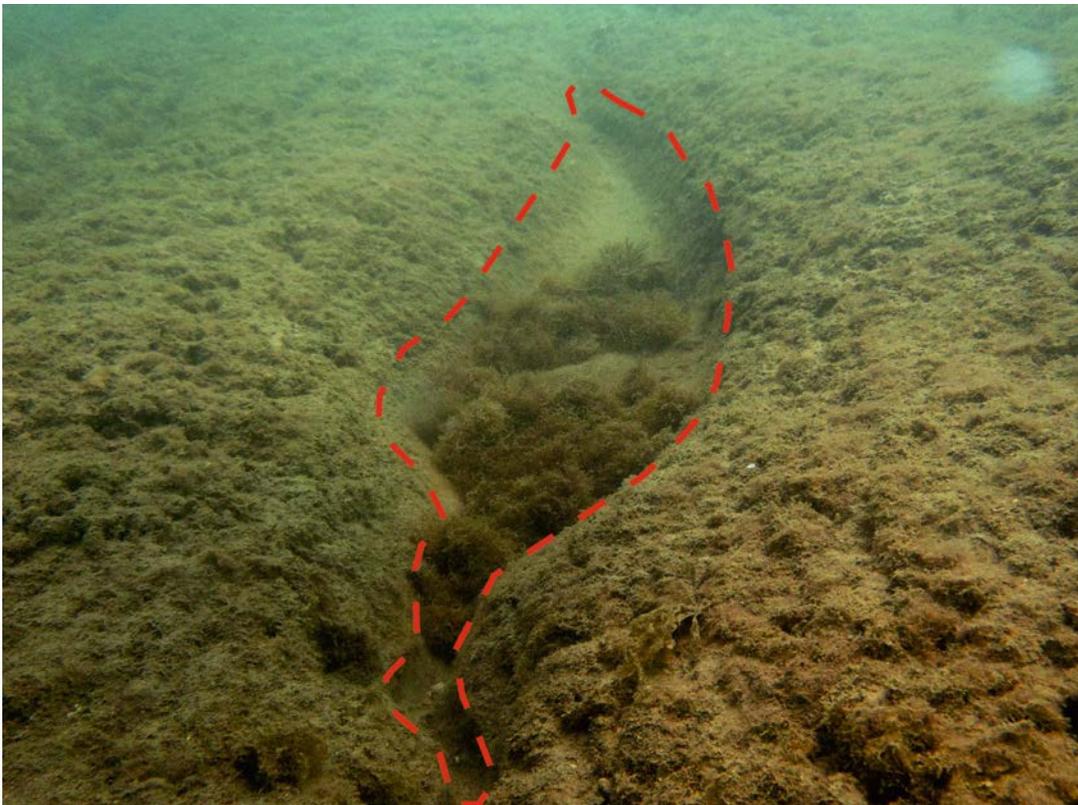


Fig. 8.19 - Marmitta di erosione a forma di ogiva con canale di deflusso, osservata a circa 7 m di profondità

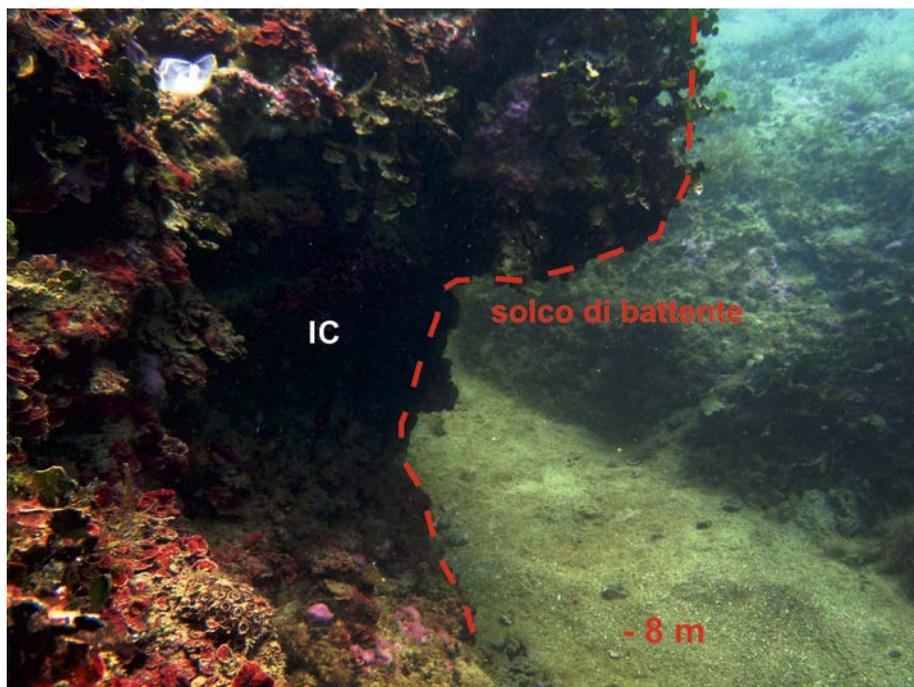


Fig. 8.20 - Paleosolco di battente rilevato a -7,5 m, modellato dall'azione del mare nella massa tufacea (IC) alla quota del livello marino, quando la stessa era emersa

Anche la presenza di un solco di battente (fig. 8.20), rilevato lungo il canale prima descritto (fig. 8.1), con profondità misurata in corrispondenza della massima escavazione della concavità pari a 7,5 m, consente di riconoscere una nuova stasi del livello marino successiva a quella della frequentazione antropica del ripiano ubicato oggi a 8 m di profondità.

Inoltre, alla profondità di 11 m circa sono stati rilevati altri elementi naturali ed archeologici che consentono di individuare un altro paleostazionamento del livello del mare precedente ai due finora descritti. Infatti, sul fondo del paleoalveo, alla profondità di 11 m e ad una distanza dalla linea di riva di circa 1000 m, sono stati individuati altri depositi ghiaiosi, costituiti da ciottoli ben arrotondati, debolmente appiattiti e con disposizione ad embrice (fig. 8.21).

Infine, alla profondità di 10,5 m e a circa 1 km dalla costa, nel banco tufaceo è stata rilevata una depressione circolare di evidente fattura antropica, con diametro pari a circa 1 m (fig. 8.22). La depressione è da ascrivere alla cavatura di una pietra da macina cilindrica, in cui l'anello di estrazione è sempre maggiore della macina da cavare. È possibile che altre depressioni circolari per l'estrazione di macine cilindriche siano seppellite da una coltre di sedimenti.

Tuttavia, non va sottaciuta l'importanza del loro rinvenimento: le cave litoranee, allo stato attuale sommerse, nel passato dovevano essere emerse al fine di consentire l'attività estrattiva e prossime al sito di imbarco. Lambeck *et al.* (2004b) propongono una possibile quota sul livello marino per l'estrazione di tali macine pari a +0,6 m; tale quota è funzionale al successivo carico su navi o ad un altro impiego locale. La profondità della cava è pertanto utile per ricostruire i movimenti relativi del mare ovvero i moti verticali del suolo.



Fig. 8.21 - Depositi ghiaiosi, costituiti da ciottoli arrotondati e debolmente appiattiti, sul fondale marino del paleoalveo, attribuibili a sedimenti grossolani di spiaggia emersa. La loro presenza alla profondità di 11 m testimonia una sommersione del sito successiva a un più antico paleostazionamento eustatico

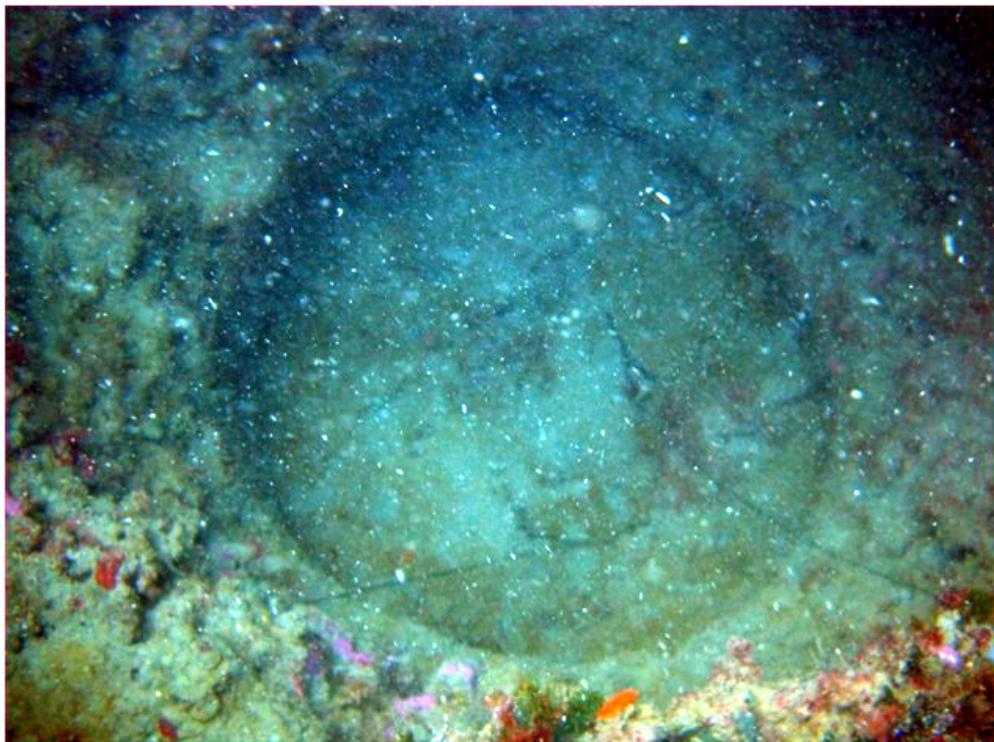


Fig. 8.22 - Depressione circolare di evidente fattura antropica da ascrivere all'estrazione di una pietra da macina. È stata rilevata alla profondità di 10,5 m, a circa 1000 m di distanza dalla linea di riva, e misura un diametro di circa 1 m



Fig. 8.23 - Cava costiera di macine a Baia di Riaci, presso Tropea: i diametri dei fori di escavazione misurano 115 cm, il diametro delle mole è 90 cm, la quota della cava è pari a -40 cm s.l.m.

Fonte: Lo Presti *et al.*, 2014)

Simili ad altre rinvenute in vari siti costieri italiani (Auriemma & Solinas, 2009; Lo Presti *et al.*, 2014) e documentate in Italia, il loro impiego si fa risalire a partire da circa 2500 anni dal presente (Amouretti, 1986; Amouretti & Brun, 1993; Brun, 1997). Il loro utilizzo prende avvio nel periodo ellenico, sebbene una grande diffusione nel bacino mediterraneo sia nota nel periodo romano; poi, viene progressivamente abbandonato dopo il medioevo. La depressione di macina rinvenuta è incisa nel corpo tufaceo, diversamente dalle altre rilevate in diversi siti del Mar Mediterraneo incise comunque in rocce morfoerodibili tipo calcareniti, conglomerati, arenarie e *beach rock*. A titolo di esempio si mostra un sito presso la linea di costa a Tropea che accoglie un'antica cava costiera di macine (fig. 8.23).

Verso nordovest, circa al traverso di Rio San Limato, il banco tufaceo passa ad un fondo sabbioso (fig. 8.24) con debole pendenza; è possibile che sia seppellito sotto la coltre sedimentaria attuale. Nella figura 8.25 viene riportata una carta geomorfologica schematica costruita sulla base di tutti i dati finora esposti.

Il banco tufaceo verso sudest prosegue ben oltre l'area indagata, fino al traverso del Torrente Savone, ubicato a sud dell'abitato di Mondragone (fig. 8.3). Infatti, l'area in studio ricade nel settore settentrionale di un banco tufaceo più esteso che si sviluppa dalle pendici occidentali di Monte Cicoli e Monte Pizzuto (afferenti al massiccio di Monte Massico) fino allo sbocco del Torrente Savone, più a sud (fig. 8.3).



Fig. 8.24 - Fondale sabbioso a debole pendenza (a sinistra) che passa al banco tufaceo (a destra). La presenza di strutture sedimentarie sul fondo sabbioso, tipo increspature (*ripple marks*), indica una dinamica attiva dei sedimenti di fondo mobile

Il banco è limitato verso riva (est) e verso il largo (ovest) da fondali sabbiosi a bassa pendenza, si estende con continuità e con orientamento simile alla fascia costiera (NO-SE) entro le isobate di 7/15 m; la sommità è dissecata talvolta da scarpate alte tra i 2 ed i 4 m (fig. 8.1), verosimilmente per effetto della fratturazione colonnare dovuta al raffreddamento della massa ignimbratica dopo la sua deposizione in ambiente subaereo (fig. 8.2).

Il banco tufaceo raggiunge nel complesso dimensioni pari a circa 8 x 2,5 km e risulta profondamente inciso da altri paleocanali (Canale La Torre, fonda Carrarola, taglio di Sancello) posti in corrispondenza di altrettanti corsi d'acqua minori presenti attualmente sulla terraferma, tra i quali spiccano La Fiumarella e il Torrente Savone (una volta navigabile). Anche in questo caso i paleocanali sono stati incisi in ambiente subaereo durante l'ultimo episodio glaciale (*LGM*, 18.000 anni dal presente), quando il livello del Mar Tirreno si è abbassato sino all'attuale isobata dei 110-120 m circa (Vita-Finzi, 1969; Marani et al., 1988) (fig. 6.6). I canali di erosione di ordine minore (*sensu* Strhaler, 1957), scavati dalle acque di ruscellamento lungo le linee di massima pendenza, hanno contribuito a determinare una ulteriore frammentazione della superficie topografica, isolando ammassi rocciosi e contribuendo alla genesi anche di depressioni superficiali, poi colmate da sedimenti spesso bioclastici. Le distanze fra i fianchi dei canali principali, sostanzialmente perpendicolari alla costa, aumentano debolmente verso le paleofoci; queste appaiono più svasate per la combinazione dell'erosione fluviale e di quella marina.

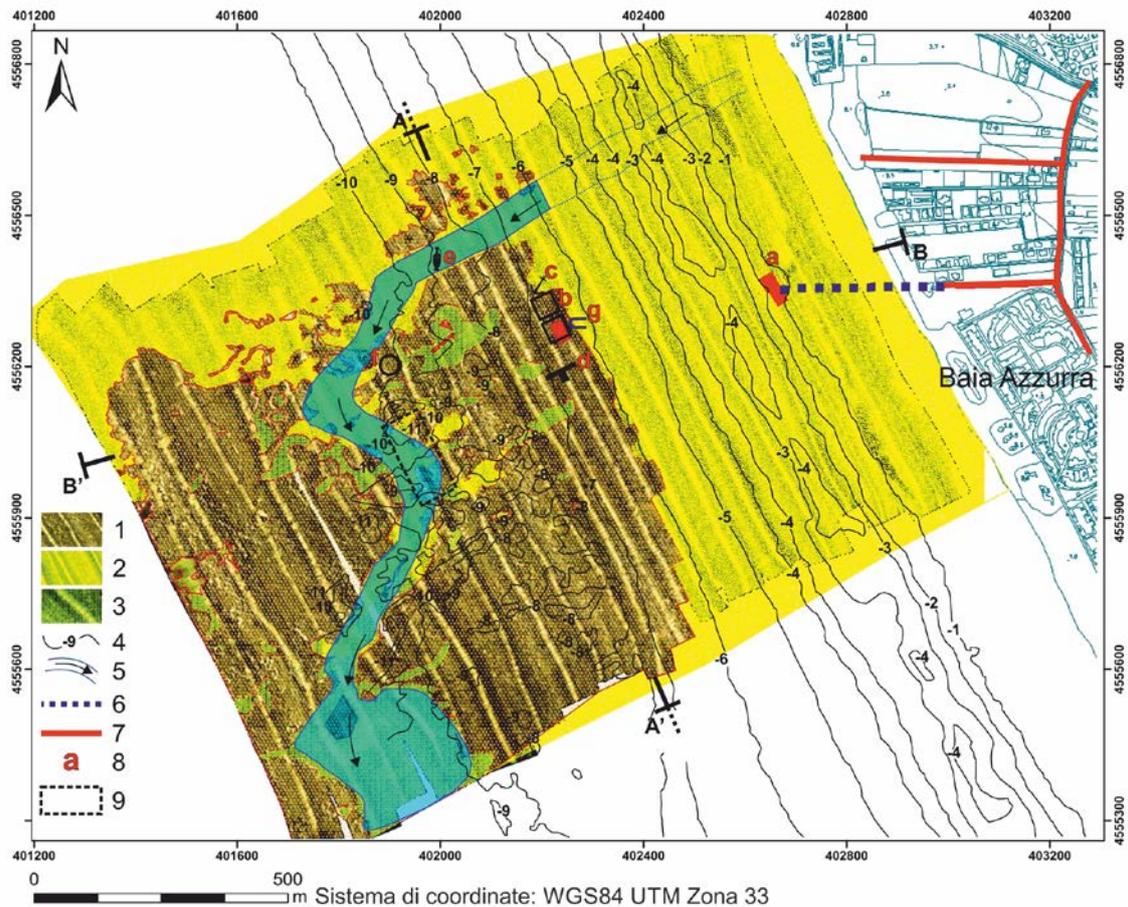


Fig. 8.25 - Carta geomorfologica schematica del fondo marino di Sinuessa, basata su rilievi Side-scan Sonar ed immersioni subacquee con tecnica A.R.A., con indicazione della posizione dei reperti archeologici subacquei. Legenda: 1) fondale sabbioso; 2) banco di Ignimbrite Campana; 3) depositi di paleoalveo fluviale; 4) isobata (m); 5) paleocanale sommerso; 6) probabile prosecuzione in ambiente subacqueo della strada d'epoca romana, sepolta da sedimenti o smantellata; 7) segmento di strada d'epoca romana sulla terraferma; 8) ritrovamenti archeologici: a) segmento sommerso della strada pavimentata d'epoca romana; b) *pilae* romane; c) ceppo di piombo d'ancora di una nave romana; d) manufatto tufaceo a forma di T; e) anfora; f) depressione cilindrica di una macina cavata; g) paleosolco di battente; 9) probabile posizione dell'approdo romano. A-A', traccia parziale del profilo Sub-bottom P29 (AdB, 2013); B-B', traccia di sezione geologica con elementi geoarcheologici (figg. 11.5, 11.6). La profondità è espressa in metri s.l.m.

## Ringraziamenti

*Si ringraziano vivamente:*

- il Comune di Sessa Aurunca (Caserta) per il sostegno finanziario alle attività di indagine svolte a mare;
- l'Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, oggi Distretto Idrografico Appennino Meridionale, per aver fornito i tracciati Sub-bottom Profiler;
- gli operatori tecnici dell'Associazione Subacquea "Vivere il mare" di Sessa Aurunca, e in particolare l'istruttore Pasqualino De Luca, per l'assistenza ai geologi subacquei.

## Capitolo 9

### Diffrazione a raggi X

Tiziana Di Luccio, Angela Mormone, Monica Piochi

In questo capitolo viene descritta la caratterizzazione litologica e-mineralogica dei campioni massivi mediante diffrazione per polveri a raggi X. Dopo una breve illustrazione dei principi di funzionamento della tecnica, vengono riportate le analisi diffrattometriche effettuate su alcuni campioni rappresentativi dei materiali oggetto di studio di questa monografia. In particolare, sono stati analizzati sia dei campioni massivi che in stato melmoso prelevati sul banco di *Sinuessa* nel medesimo punto dalle coordinate ( $41^{\circ} 9'3.18''N$  -  $13^{\circ}49'49.66''E$ ) ed alla profondità di 10,5 m (fig. 9.1).

Le analisi sono state condotte nel laboratorio di diffrazione X dell'Osservatorio Vesuviano (INGV di Napoli) e presso quello del Centro Ricerche ENEA di Portici (Napoli).

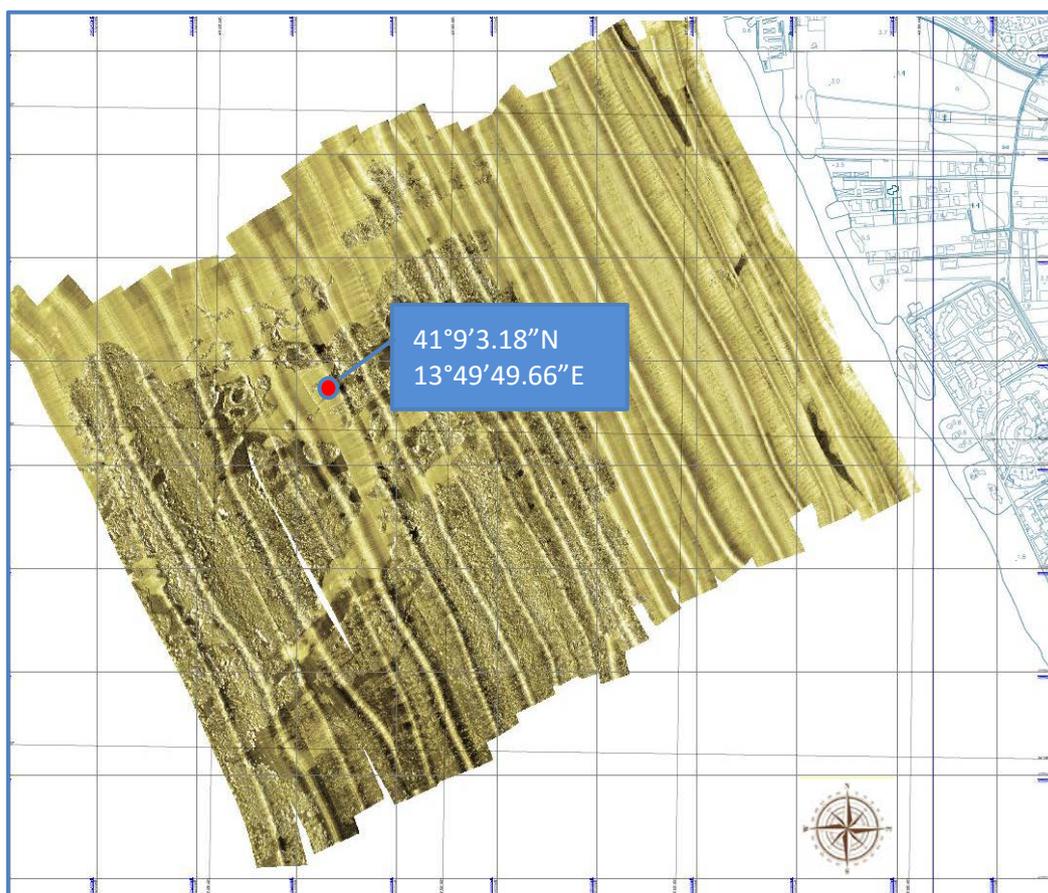


Fig. 9.1 - Ubicazione del campione di roccia prelevato dal banco di *Sinuessa* alla profondità di 10,5 m

### Cenni di diffrazione a raggi X

La diffrazione per polveri è una tecnica non distruttiva ampiamente usata per la caratterizzazione dei materiali cristallini. Il metodo è stato impiegato tradizionalmente per l'identificazione delle fasi, per l'analisi quantitativa e la determinazione di imperfezioni strutturali. Negli ultimi anni, il campo di applicazione si è esteso a nuove aree, come la determinazione di strutture cristalline, l'estrazione di parametri microstrutturali, nonché lo studio di materia semicristallini ed amorfi, nelle sue diverse tecniche (diffrazione ad alto angolo, *scattering*, ecc.), non solo per l'accuratezza delle informazioni che si possono ricavare ma anche perché consente di effettuare un'analisi non distruttiva, che quindi non altera la natura dei campioni e non ne influenza proprietà e funzionalità.

Nei cristalli le molecole o gli atomi sono disposti a distanze dell'ordine dell'Angstrom ( $10^{-10}$  m). Poiché i raggi X hanno lunghezze d'onda dello stesso ordine di grandezza, inviando un fascio di raggi X su un cristallo si possono osservare dei massimi di intensità diffusa per particolari direzioni del fascio incidente. Lo stesso fenomeno, grazie alla natura ondulatoria della materia, è stato osservato utilizzando fasci di particelle elementari (neutroni, protoni, elettroni) di opportuna energia.

Per poter comprendere la teoria della diffrazione (Guinier, 1963), richiamiamo brevemente alcuni concetti base della fisica dei cristalli. Un reticolo cristallino ideale (reticolo di Bravais) è costituito da un insieme di punti individuati dal vettore posizione

$$\vec{R} = n_1 \vec{a}_1 + n_2 \vec{a}_2 + n_3 \vec{a}_3$$

dove  $n_1, n_2, n_3$  sono numeri interi ed  $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$  sono tre vettori linearmente indipendenti detti vettori primitivi. Il vettore  $\vec{R}$  individua la posizione nel cristallo di una unità che si ripete, sia essa un atomo, una molecola, la cella unitaria. Consideriamo quest'ultimo caso; allora le posizioni degli atomi all'interno della cella unitaria sono dati dal vettore

$$\vec{r} = u \vec{a}_1 + v \vec{a}_2 + w \vec{a}_3$$

con  $u, v, w$  numeri frazionari.

Il reticolo reciproco di un reticolo di Bravais, che viene denominato anche reticolo diretto, è invece l'insieme dei punti individuati da un vettore

$$\vec{G} = m_1 \vec{b}_1 + m_2 \vec{b}_2 + m_3 \vec{b}_3$$

dove i vettori primitivi sono in questo caso  $\vec{b}_1, \vec{b}_2, \vec{b}_3$  definiti come:

$$\begin{aligned}\vec{b}_1 &= 2\pi \frac{\vec{a}_2 \Lambda \vec{a}_3}{\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2 \Lambda \vec{a}_3} \\ \vec{b}_2 &= 2\pi \frac{\vec{a}_3 \Lambda \vec{a}_1}{\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2 \Lambda \vec{a}_3} \\ \vec{b}_3 &= 2\pi \frac{\vec{a}_1 \Lambda \vec{a}_2}{\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2 \Lambda \vec{a}_3}\end{aligned}$$

e soddisfano pertanto la relazione:

$$\vec{a}_i \cdot \vec{b}_j = 2\pi \delta_{ij} \Rightarrow \vec{G} \cdot \vec{R} = 2\pi m$$

con  $m$  intero. Questo significa che anche  $m_1, m_2, m_3$  sono numeri interi e dunque che il reticolo reciproco è esso stesso un reticolo di Bravais.

Si può dimostrare (Ashcroft & Mermin, 1976) che esiste una relazione tra i piani costituiti dai punti nel reticolo diretto e i vettori del reticolo reciproco; per ogni famiglia di piani reticolari separati da una distanza  $d$  ci sono dei vettori del reticolo reciproco perpendicolari ad essi, il più piccolo dei quali ha lunghezza  $2\pi/d$ . Le coordinate di questo vettore rispetto ai vettori primitivi del reticolo reciproco sono i cosiddetti indici di Miller di un piano reticolare  $h, k, l$ , numeri interi definiti dalla relazione:

$$h\vec{b}_1 + k\vec{b}_2 + l\vec{b}_3$$

In tal modo, assegnando gli indici di Miller si individuano i piani reticolari del cristallo. Per i cristalli ortorombici, ossia per quei cristalli i cui vettori primitivi sono ortogonali tra loro ma non uguali, vale la relazione:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a_1^2} + \frac{k^2}{a_2^2} + \frac{l^2}{a_3^2}$$

che nel caso di struttura cubica ( $a_1 = a_2 = a_3 = a$ ) diventa:

$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

Due formulazioni equivalenti per descrivere lo *scattering* di una radiazione incidente con una struttura periodica perfetta sono la diffrazione secondo Bragg e secondo von Laue. Ci limitiamo qui a descrivere quella di Bragg.

Second Bragg un fascio di raggi X incidenti su un cristallo viene riflesso da un *set* di piani reticolari individuati dalla terna di indici di Miller ( $h k l$ ) se tra le onde riflesse vi è interferenza costruttiva. Ciò accade quando la lunghezza d'onda della radiazione incidente soddisfa la condizione di Bragg:

$$2d \sin(\vartheta) = n\lambda$$

in cui  $d$  è la distanza interplanare tra i piani del cristallo e  $\theta$  è l'angolo formato dal raggio incidente ed il piano individuato da  $(hkl)$  (fig. 9.2a). L'intero  $n$  è noto come l'ordine della riflessione corrispondente, in quanto per radiazioni con diverse lunghezze d'onda sono osservate riflessioni di diverso ordine. Inoltre, vi sono vari modi di suddividere un cristallo in piani e ognuno di questi produrrà ulteriori riflessioni (fig. 9.2b).

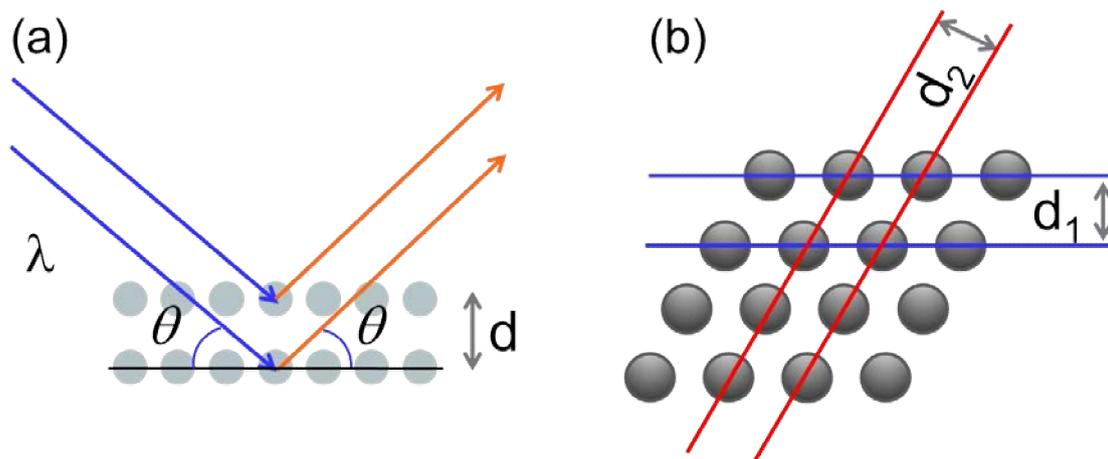


Fig. 9.2 - (a) Illustrazione schematica della legge di Bragg. (b) esempio di due famiglie di piani reticolari del reticolo di Bravais

A seconda della tipologia di campione da analizzare (massivo, polvere, film sottile, liquido) si utilizzano tecniche di *scattering* e strumentazioni diverse (diffrattometri per polveri, per film sottili, strumenti di *wide* e *small angle scattering* in trasmissione ecc.). Nel caso specifico dell'identificazione di fasi cristalline in campioni dello studio oggetto di questo capitolo, ossia minerali di origine vulcanica, lo strumento più indicato è il diffrattometro con geometria Bragg-Brentano. In questo *set-up* il campione, posto al centro del diffrattometro, ruota di un angolo  $\theta$  intorno a un asse. Il rivelatore di raggi X ruota in corrispondenza di un angolo doppio  $2\theta$ . Dalla legge di Bragg, noti  $\theta$  e  $\lambda$  si risale alla distanza interplanare  $d$ . La focalizzazione del fascio riflesso avviene disponendo il campione sulla circonferenza di un cerchio, il cosiddetto cerchio focalizzatore, e si può dimostrare che il diametro di questo cerchio si contrae con continuità all'aumentare dell'angolo  $\theta$ . La variazione di  $\theta$  porta diversi piani atomici nella posizione opportuna per l'interferenza costruttiva dei raggi riflessi, anche se solo quei piani paralleli alla superficie del campione contribuiscono all'intensità diffratta.

L'analisi a raggi X si rivela molto utile nello studio dei minerali in quanto questi composti presentano spesso la coesistenza di più fasi, e dallo spettro di diffrazione dei raggi X è possibile identificare quali fasi sono presenti (analisi qualitativa), e anche in quale percentuale relativa (analisi quantitativa).

In questo lavoro abbiamo effettuato l'identificazione delle fasi presenti nei campioni di interesse. L'analisi delle fasi si basa sul confronto dei dati osservati con le distanze interplanari e le relative intensità catalogate per i materiali cristallini in database distribuiti in letteratura.

## Descrizione delle misure effettuate presso l'Osservatorio Vesuviano

### *Caratterizzazione minero-petrografica del materiale litoide*

#### CAMPIONE SOLIDO (n. 1)

Il campione ha aspetto omogeneo, litoide, di colore marrone (fig. 9.3); è formato da una matrice cineritica-sabbiosa contenente vari elementi litici, cristalli e poche pomici. Sulla base delle indagini svolte si conclude che esso è rappresentativo di un tufo/tufite di colore marrone a matrice cineritica-sabbiosa a tessitura omogenea e struttura caotica, estremamente alterata. La matrice consta di materiale di origine vulcanica, vescicolati, cristallini (K-feldspato, pirosseno e magnetite) e litici alteratissimi.



Fig. 9.3 - Campione solido (n. 1)

Il campione reagisce con il perossido di idrogeno (fig. 9.4) per la presenza di materiale organico, ma non reagisce con l'HCl perché privo di frazioni calcaree e/o di calcite.

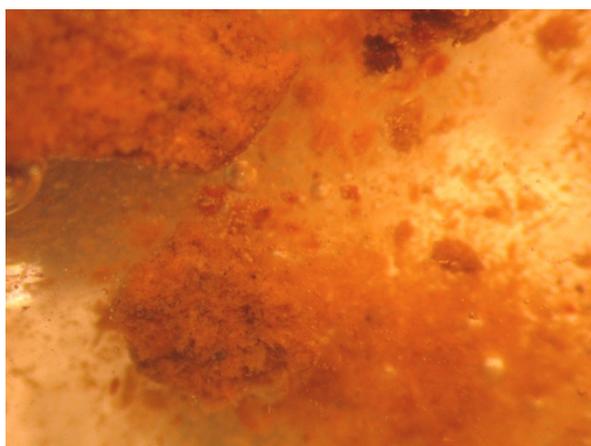


Fig. 9.4 - Effervescenza osservata nel campione solido (n. 1) in presenza di perossido di idrogeno

Al microscopio binoculare, si osservano numerose aree arrossate, principalmente intorno a litici compatti (fig. 9.5a) e relitti di pomice allungate (fig. 9.5b). I litici sono molto densi ed alterati probabilmente di origine lavica (fig. 9.5c).

I risultati diffrattometrici (fig. 9.6) mostrano la complessità del campione ed in particolare confermano la paragenesi prima citata, evidenziando una diffusa argillificazione ad illite.



Fig. 9.5a - Particolare del campione solido (n. 1) in cui si osservano numerose aree circolari rossastre, probabilmente dovute a processi di ossidazione



9.5b - Particolare di una pomice



Fig. 9.5c - Campione setacciato. Le frecce indicano i litici nella matrice marrone

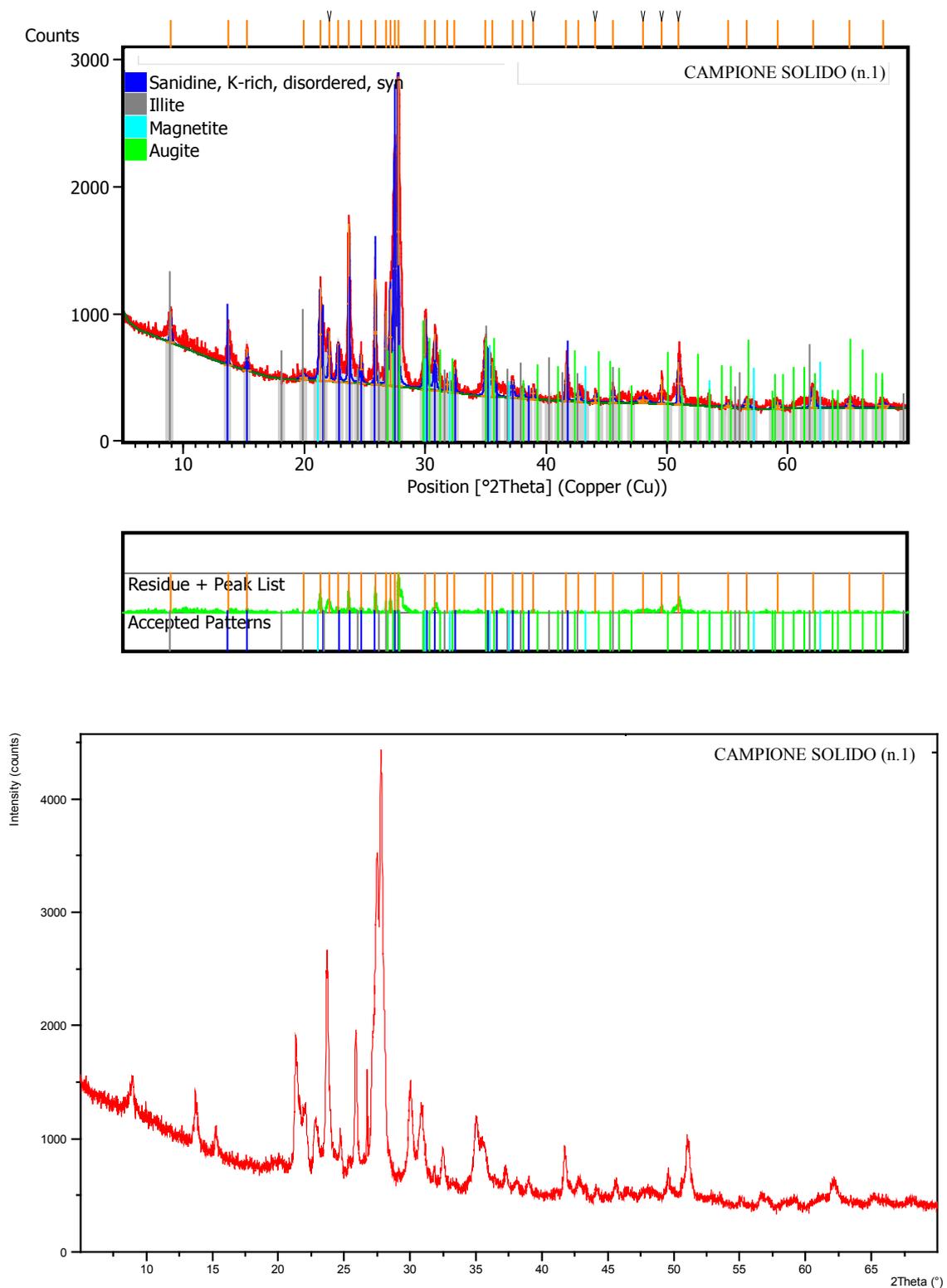


Fig. 9.6 - Risultati diffrattometrici. In basso, lo spettro acquisito. In alto, l'interpretazione dei picchi e le fasi cristalline presenti in maggiore abbondanza

### CAMPIONE MELMOSO

Il campione ha aspetto informe ed omogeneo, di colore marrone (fig. 9.7a). Non è possibile definirne l'origine soprattutto per la presenza di notevoli quantità di materiale organico, confermato dall'effervescenza che manifesta a contatto con il perossido di idrogeno (fig. 9.7b). Le caratteristiche generali e l'effervescenza osservata potrebbero essere indicative di una analogia con il campione solido n.1 precedentemente descritto. Al microscopio binoculare, la matrice contiene rarissime biotiti, magnetiti e relitti di spicole siliciche.



Fig. 9.7a - Effervescenza a seguito dell'attacco con perossido di idrogeno del campione in sospensione. Presenza di componente organica



Fig. 9.7b - Effervescenza a seguito dell'attacco con perossido di idrogeno sulla frazione sottile

In fig. 9.8 riportiamo i risultati diffrattometrici eseguiti sul campione tal quale essiccato. Lo spettro indica abbondanza di materiale argilloso, principalmente rappresentato dall'illite, e di feldspato potassico.

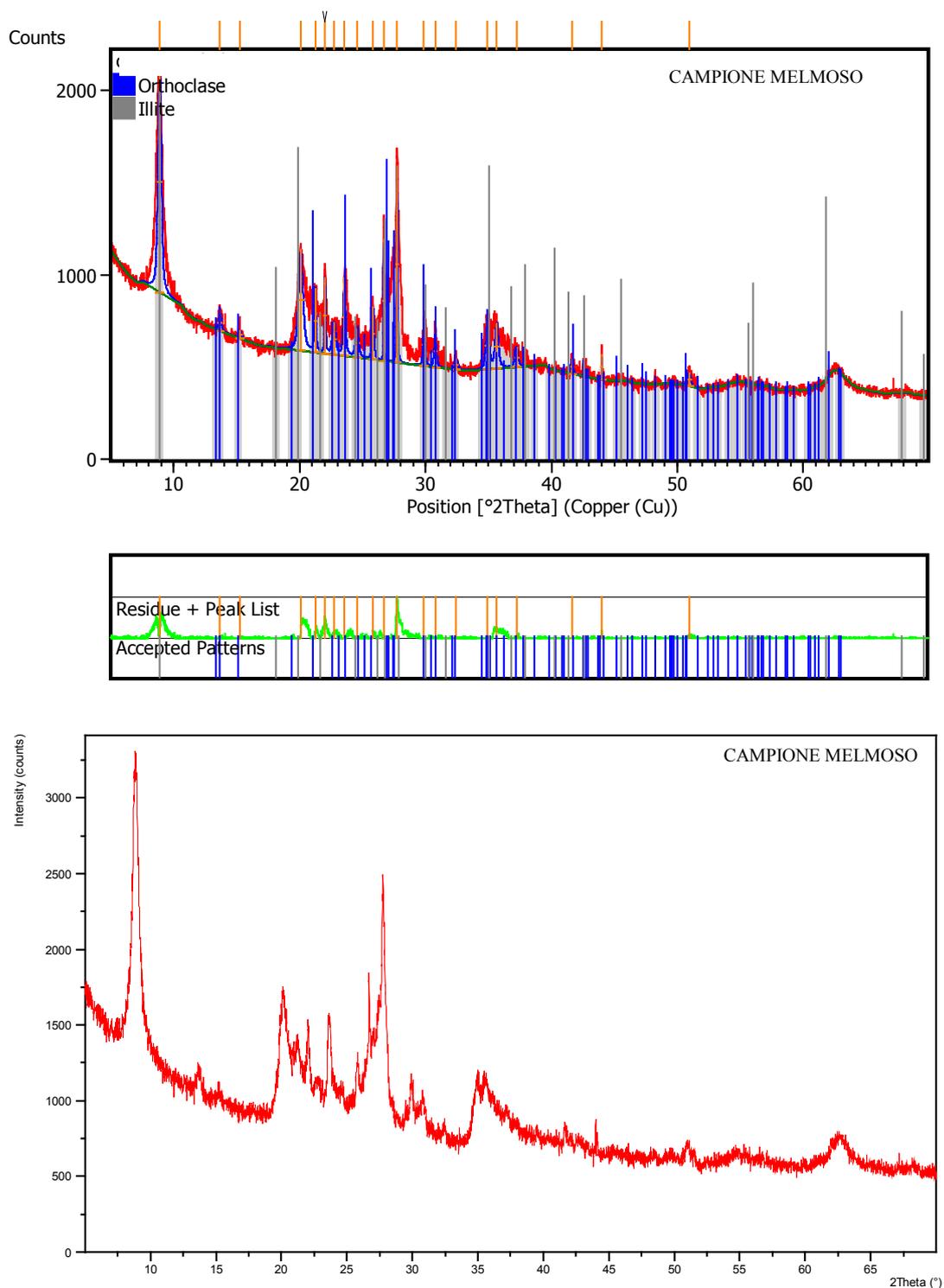


Fig. 9.8 - Risultati diffrattometrici. In basso, lo spettro acquisito. In alto, l'interpretazione dei picchi e le fasi cristalline presenti in maggiore abbondanza

### CAMPIONE SOLIDO (n. 2)

Il campione ha aspetto compatto e litoide (fig. 9.9a). Sulla base delle indagini svolte si conclude che esso è rappresentativo di un tufo/tufite grigiastro/a a matrice cineritica-sabbiosa a tessitura omogenea e struttura caotica, estremamente alterata. La matrice contiene materiale di origine vulcanica – elementi vescicolati, cristalli e numerose incrostazioni bio-organogene. È probabile che questo campione sia rappresentativo di materiale vulcanico risedimentato. L'associazione mineralogica e l'assenza di leucite potrebbe suggerire una derivazione dalla Provincia Campana dei Campi Flegrei.

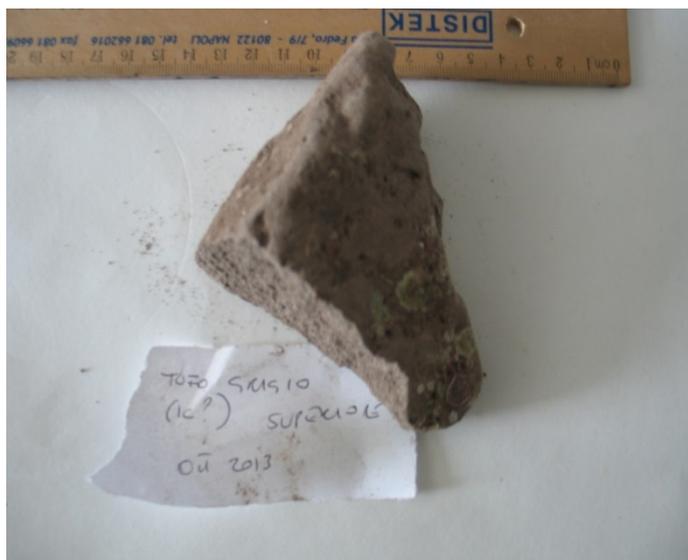


Fig. 9.9a - Campione solido (n. 2)

Al microscopio binoculare (fig. 9.9b) si individuano pomice da millimetriche a centimetriche molto alterate e friabili, pressoché afiriche e con buon grado di vescicolazione; la componente litica è poco rappresentata. L'assemblaggio mineralogico è costituito da K-feldspati, piccoli pirosseni e subordinati frammenti di magnetite.

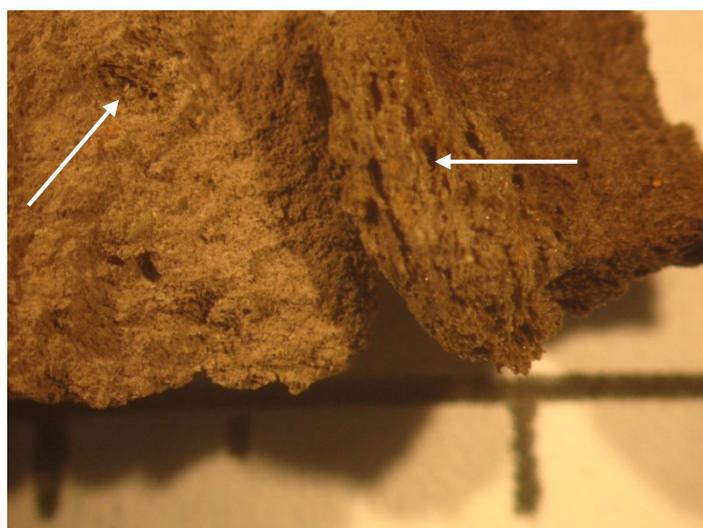


Fig. 9.9b - Dettaglio del campione solido (n. 2) al microscopio binoculare. Le tacche grandi rappresentano 1 cm. Le frecce indicano le pomice grigie, afiriche, con vescicolazione debolmente allungata

Localmente si possono osservare piccole aree globulari di alterazione/ossidazione che si caratterizzano per il loro colore arancio-rossastro. Il campione presenta numerose incrostazioni bio-organogene (fig. 9.10) che infiltrano estesamente la matrice.

Il campione non reagisce né con il perossido di idrogeno né con l'HCl ed è quindi privo di organismi biogenici e di calcare o calcite.



Fig. 9.10 - Incrostazioni bio-organogene nel campione solido (n. 2)

I risultati diffrattometrici sulla roccia totale polverizzata (fig. 9.11) confermano la paragenesi osservata al microscopio binoculare ed evidenziano una diffusa argillificazione ad illite e l'assenza di materiale amorfo.

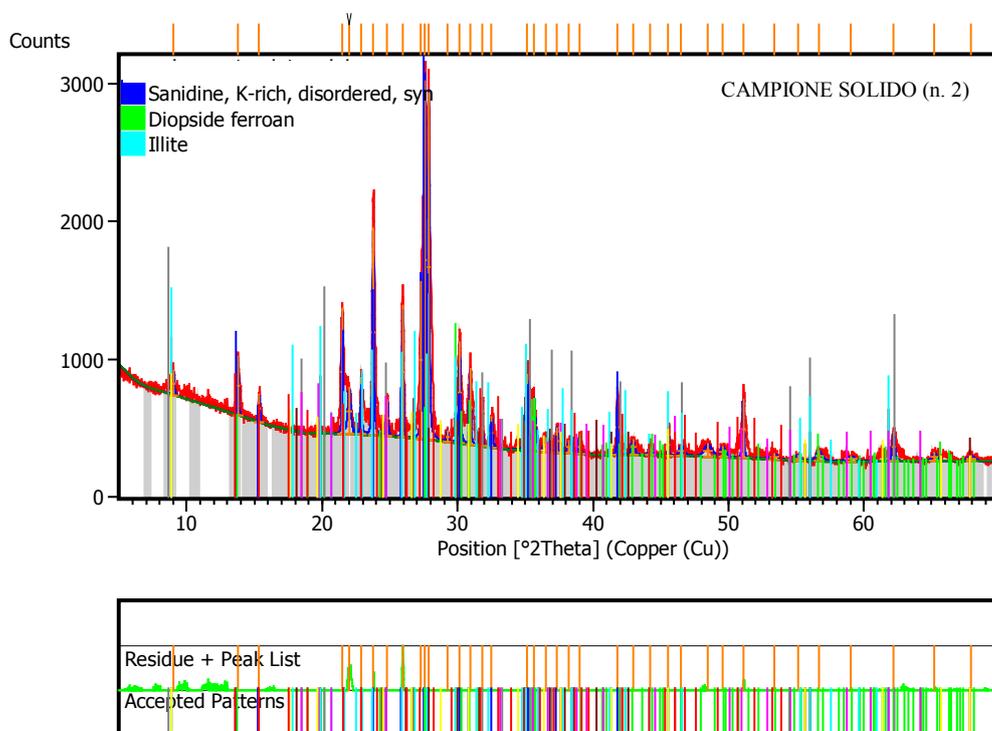


Fig. 9.11a - Risultati diffrattometrici: interpretazione dei picchi e le fasi cristalline presenti in maggiore abbondanza

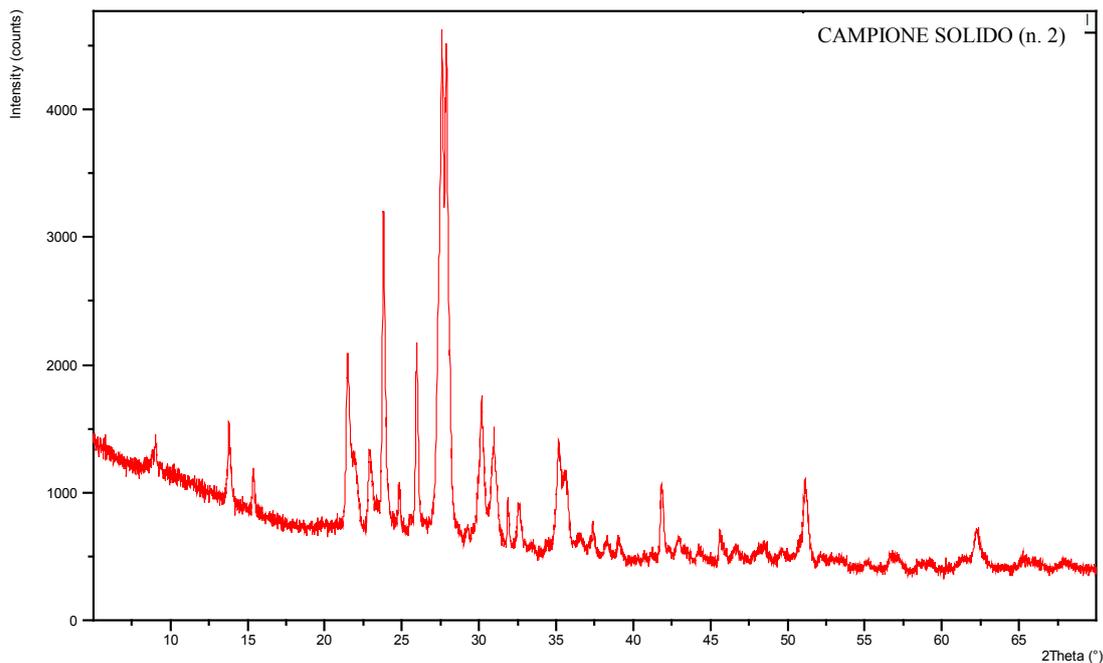


Fig. 9.11b - Risultati diffrattometrici sul campione solido (n. 2): lo spettro acquisito

### Tecniche sperimentali

I campioni litoidi sono stati ridotti in frammenti centimetrici, alcuni di questi frantumati e setacciati usando maglie 0, 1, e 2 *phi*. Le diverse frazioni e il campione melmoso essiccato sono stati osservati al microscopio. Per ciascun campione sono state polverizzate minime quantità per le analisi diffrattometriche. Tali analisi sono state eseguite con un diffrattometro X'Pert Powder della PANalytical, controllato mediante un'interfaccia *Data Collector 4.0a* sempre della PANalytical. La visualizzazione e l'analisi dei dati è effettuata mediante, rispettivamente, *Data viewer 4.0a* e *HighScore Plus 3.0d*. Lo strumento è equipaggiato con una sorgente del tipo Cu K $\alpha$ , un rivelatore veloce PIXcel, perfezionato dal CERN per applicazioni 1D statiche e 0D. La configurazione è verticale e la geometria è del tipo theta/theta Bragg-Bretano. Gli spettri sono stati acquisiti nell'intervallo angolare 3-70° con passo di 0.02°, e tempo di acquisizione di 10 s per *steps*.

### Descrizione delle misure effettuate presso l'ENEA di Portici

#### Tecnica sperimentale

Le misure di diffrazione X (XRD) sono state effettuate presso il Centro Ricerche ENEA di Portici mediante un diffrattometro X'Pert MPD (PANalytical) (fig. 9.12) a goniometro verticale, dotato di una sorgente di rame. All'uscita dal tubo il fascio viene collimato attraverso una fenditura ad apertura variabile (nel nostro caso 1/2°) e da una maschera la cui apertura viene scelta in base all'area del campione esposta al fascio.

I raggi diffratti dal campione convogliano verso un monocromatore di grafite in modo da selezionare solo la componente K $\alpha$ ( $\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$ ) della radiazione di Cu. La polvere del campione, ottenuta mediante frantumazione con un mortaio dal blocco del campione originario.



Fig. 9.12 - Diffrattometro X'Pert MPD del Centro Ricerche ENEA di Portici

Gli spettri sono stati acquisiti con scansioni accoppiate  $\theta/2\theta$  (geometria Bragg-Brentano) nell'intervallo angolare  $5-90^\circ$  con passo di  $0,05^\circ$  e tempo di acquisizione di 20s per ogni passo. Il diffrattogramma misurato sulle polveri ottenute dal campione massivo è mostrato in Fig. 9.13.

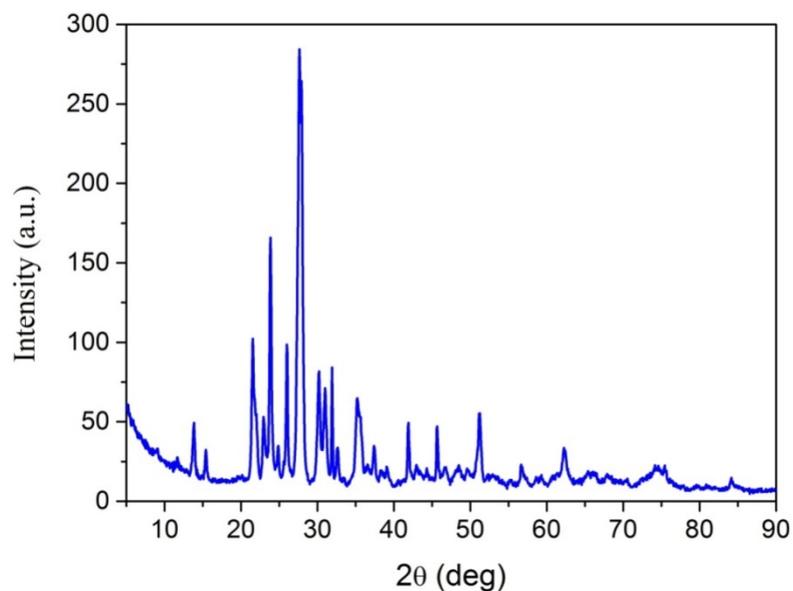


Fig. 9.13 - Diffrattogramma sperimentale del campione di cinerite

Il riconoscimento delle fasi cristalline presenti nello spettro (fig. 9.14) è stato effettuato mediante il *software QualX2* (Altomare *et al.*, 2008). I dati sperimentali (curva in blu) sono stati confrontati con le fasi cristalline che sono state identificate come le fasi più probabili in base alla posizione dei picchi sperimentali, alla differenza media della posizione angolare dei picchi e alla differenza media dell'intensità tra i picchi misurati e quelli del database di riferimento. Per questa analisi si è utilizzato il database PDF-2. Dall'analisi effettuata risulta una predominanza della fase di sanidino del K-feldspato  $K(AlSi_3O_8)$  e la presenza della fase di illite in quantità minore.

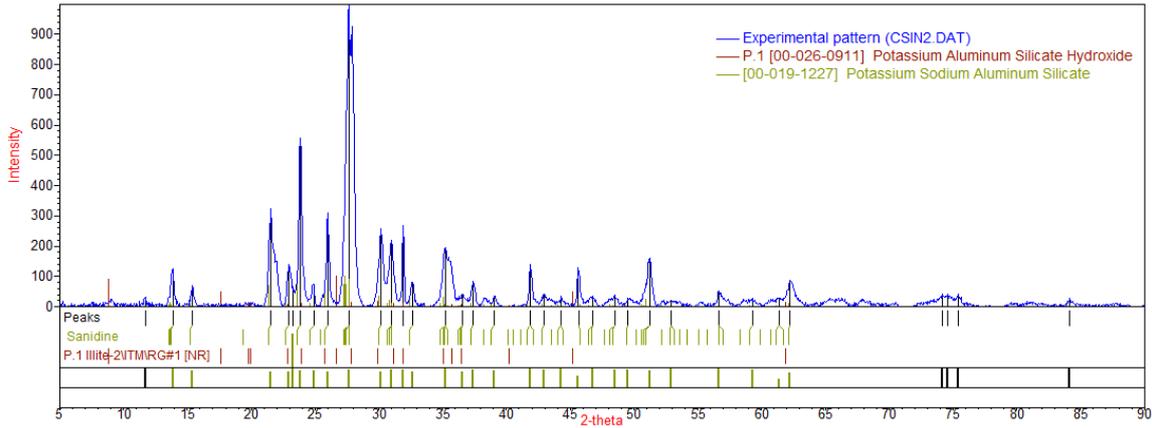


Fig. 9.14 - Analisi delle fasi relativa al campione di cinerite. Confronto tra i dati sperimentali e le fasi individuate: sanidino (in verde, fase predominante), illite (in rosso, fase secondaria)

## Capitolo 10

### **Campioni ceramici dal sito sommerso di Sinuessa: indagini archeometriche preliminari**

*Alberto De Bonis, Vincenzo Morra*

In questo capitolo sono presentati i primi dati archeometrici su alcuni campioni di vasellame prelevati nel sito sommerso di *Sinuessa*, analizzati secondo le metodologie proprie della mineralogia e petrografia.

Recentemente, le ricerche archeologiche e, più in generale, quelle sui beni culturali si avvalgono del supporto delle discipline scientifiche per ricavare dai reperti informazioni non ottenibili con le sole metodologie archeologiche. L'applicazione di metodi derivanti da qualsiasi disciplina scientifica per scopi archeologici va sotto il nome di archeometria, che significa letteralmente "misura di ciò che è antico".

Gli studi archeometrici permettono di studiare svariati materiali (lapidei, ceramica, vetro, metalli, materiali pittorici, materiali organici ecc.) per ottenere informazioni necessarie allo studio della cultura materiale e all'interpretazione storico-archeologica dei manufatti e dei contesti nei quali sono stati rinvenuti. Dati molto utili anche per progettare la conservazione e il restauro di beni del patrimonio culturale.

Le metodologie e le strumentazioni più innovative sono sempre più utilizzate per scopi archeometrici, in centri di ricerca sia pubblici sia privati. Fra gli esempi più noti di analisi archeometriche vi sono le tecniche fisico-chimiche per la datazione al radiocarbonio, utilizzate per reperti contenenti sostanze organiche e la dendrocronologia che si avvale di metodi botanici. I metodi chimici sono utilizzati prevalentemente per analisi di metalli, vetro e resti organici. Mentre per le sostanze minerali e le rocce sono utilizzati principalmente metodi geologici e, più in particolare, mineralogico-petrografici. Talvolta, invece, è necessario un approccio multidisciplinare, che prevede l'utilizzo di metodologie di diverse discipline scientifiche per ottenere le informazioni necessarie dai materiali in analisi.

L'evoluzione culturale e tecnologica dell'uomo dipende dalla sua abilità nel manipolare e sfruttare le risorse naturali. Metalli e rocce sono stati impiegati e sono ancora impiegati per ricavare strumenti e materiali usati nelle più svariate attività, anche di avanzata tecnologia. Le risorse geologiche, note anche come *georisorse*, rappresentano quindi una delle fonti di materie prime più utilizzate dalla preistoria fino ai tempi moderni. I geologi hanno le competenze per studiare i materiali derivanti dalle risorse geologiche, da cui, attraverso l'indispensabile interazione con gli archeologi, possono essere ottenute informazioni molto importanti per ricostruire la storia e le tecnologie del passato. Ad esempio, attraverso indagini petrografiche e geochimiche si può risalire alla provenienza di manufatti in pietra, come materiali lapidei da costruzione, macine, ossidiane ecc.

Fra le *georisorse* più sfruttate dall'uomo vi è l'argilla. Questo materiale, povero e molto comune, ha da sempre avuto un ruolo fondamentale nelle attività umane grazie alla

sua grande disponibilità e al basso costo d'estrazione e lavorazione. Dotata di particolari proprietà fisiche, in particolare la plasticità, l'argilla è un materiale adatto a essere facilmente modellato. Essa è sfruttata fin dai tempi più remoti come materiale da costruzione per fabbricare edifici e mattoni in "terra cruda" o, dopo cottura, per produrre laterizi. Attraverso la cottura dell'argilla si ottengono materiali ceramici sia d'uso comune e sia di notevole pregio artistico. Per questo motivo i materiali ceramici sono quelli che, fra tutti i reperti, hanno una particolare importanza dovuta alle numerose informazioni storiche determinate dalla diffusione di questi materiali nelle varie civiltà fin dalla preistoria.

Fra le potenzialità dei metodi geologici applicati alla ceramica, vi è l'identificazione dei luoghi di produzione. Ciò può essere ottenuto sia attraverso il confronto della composizione mineralogico-petrografica e chimica dei reperti con quella delle litologie affioranti nel presunto luogo di produzione o d'estrazione delle materie prime, sia attraverso il confronto con materiali ceramici la cui origine è certa (gruppi di riferimento di una determinata produzione, scarti di fornace ecc.). L'individuazione del luogo di provenienza dei manufatti ceramici fornisce agli archeologi indizi utilissimi per ricostruire gli scambi commerciali e i rapporti fra le antiche culture. Inoltre, con i metodi mineralogico-petrografici si possono anche stabilire le caratteristiche tecnologiche dei prodotti ceramici, le tecniche di preparazione degli impasti, le modalità di cottura (temperatura e atmosfera delle fornaci) e la funzione d'utilizzo finale dei manufatti. Tutte informazioni che testimoniano il continuo sviluppo tecnologico.

I metodi analitici generalmente usati per lo studio delle ceramiche archeologiche sono molteplici. L'analisi petrografica in microscopia ottica in luce polarizzata permette di osservare le caratteristiche tessiturali degli impasti e identificare la composizione degli inclusi (litici, minerali, chamotte ecc.) spesso utilizzati come additivo (smagrante) per conferire particolari caratteristiche fisico-meccaniche ai prodotti in funzione del loro utilizzo finale.

L'analisi chimica in spettrometria a fluorescenza per raggi X permette di confrontare la composizione dei materiali analizzati (ossidi maggiori ed elementi in traccia) con quella di altri reperti, delle possibili materie prime e degli indicatori di produzione (scarti di fornace ecc.).

L'analisi in diffrattometria di raggi X fornisce utili indicazioni sulla mineralogia non individuabile in microscopia ottica e inoltre fornisce importanti informazioni sulle trasformazioni mineralogiche che avvengono durante la cottura dei manufatti e che permettono di stimare la temperatura ed eventualmente le condizioni ossido riducenti dell'atmosfera all'interno della fornace.

L'osservazione delle microstrutture ceramiche al microscopio elettronico permette di valutare il grado di sinterizzazione degli impasti, che è direttamente proporzionale alla temperatura di cottura. La microanalisi consente di effettuare le analisi chimiche delle singole fasi che compongono gli impasti, sia degli inclusi sia delle fasi di neoformazione legate alle variazioni di temperatura e atmosfera.

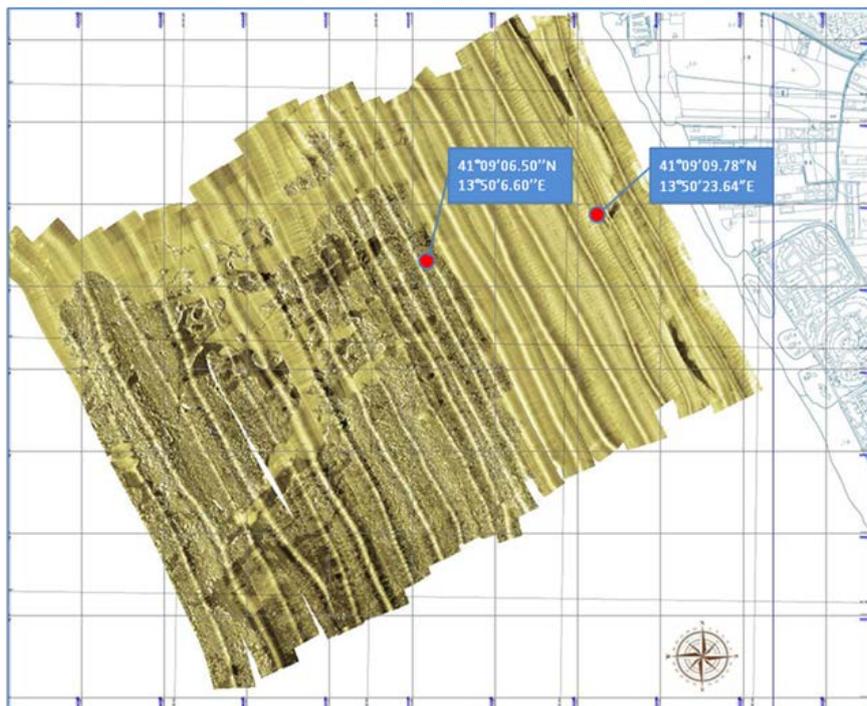


Fig. 10.1 - Ubicazione dei campioni ceramici prelevati sui fondali del banco di *Sinuessa* alla profondità di 10,5 m e 3,5 m

I reperti analizzati provengono dall'area archeologica subacquea di *Sinuessa* (fig. 10.1). Nella fig.10.2 sono mostrate le immagini dei campioni di vasellame prelevato nel sito di *Sinuessa*.



Fig. 10.2 - Vasellame prelevato sui fondali del banco di *Sinuessa*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Le indagini e il prelievo di vasellame di epoca romana sono stati autorizzati dalla Soprintendenza Archeologica della Campania (protocollo MBAC-SBA-SA SBA-SA 0011814 24/10/2014 CI. 28.04.00/6).

La fig.10.3a rappresenta un reperto di vasellame osservato in sezione sottile a polarizzatori paralleli. L'area di colore marrone chiaro è la matrice: l'impasto argilloso, costituito da minerali di taglia finissima (prevalentemente minerali argillosi), che prima della cottura aveva caratteristiche plastiche e che durante la cottura si consolida grazie al processo di sinterizzazione.

Gli effetti della cottura si osservano meglio in fig. 10.3b, che rappresenta la stessa area osservata a polarizzatori incrociati, in cui la matrice assume un colore scuro e omogeneo che testimonia la distruzione delle strutture cristalline dei minerali argillosi e lo sviluppo di una fase vetrosa isotropa.

Nell'immagine a polarizzatori (fig. 10.3a) paralleli è possibile osservare pori dalla forma irregolare. Gli inclusi sono rappresentati da individui di taglia differente che danno luogo a una distribuzione di tipo bimodale, caratterizzata da due classi granulometriche distinte. In fig. 10.3b si osserva bene la frazione fine, costituita essenzialmente da cristalli di quarzo di piccole dimensioni. La frazione grossolana contiene quarzo e inclusi vulcanici rappresentati da cristalli di clinopirosseno e biotite. La presenza di una frazione fine e di una grossolana dalla composizione ben distinta, suggerirebbe che quest'ultima sia stata aggiunta intenzionalmente come smagrante.

Un altro campione di vasellame presenta anch'esso una distribuzione bimodale ed è caratterizzato da una maggiore quantità di inclusi grossolani, fra cui si osservano costituenti vulcanici rappresentati da abbondante clinopirosseno e sporadico granato (fig. 10.3c).

Nell'immagine della stessa area a polarizzatori incrociati (fig.10.3d) si evidenzia la presenza di inclusi sialici, spesso rappresentati da frammenti di arenaria. La coesistenza di minerali vulcanici e sialici è compatibile con la composizione dei sedimenti sabbiosi presenti nell'area del litorale domitio-flegreo.

Il campione rappresentato nelle figg. 10.3e e 10.3f è un laterizio. Rispetto ai campioni precedenti la matrice ha un colore chiaro (fig.10.3e) e a polarizzatori incrociati presenta attività ottica. Questa caratteristica è dovuta alla presenza di minerali birifrangenti di taglia submicroscopica, in questo caso rappresentati da minerali argillosi e calcite microcristallina. L'attività ottica della matrice è tipica di ceramiche cotte a temperature relativamente basse e quindi non sufficienti a distruggere le strutture cristalline e a formare una fase vetrosa. La bassa temperatura di cottura è evidenziata anche dalla presenza di inclusi carbonatici non decomposti dal calore, costituiti da cristalli di calcite e frammenti di microfossili calcarei. In questo campione si osservano anche cristalli di granato (fig. 10.3e) e di quarzo (fig. 10.3f).

L'ultimo campione (figg. 10.3g e 10.3h) è un frammento di vasellame caratterizzato da matrice che non presenta attività ottica e da distribuzione bimodale degli inclusi. La frazione grossolana è costituita da granuli di dimensioni piuttosto omogenee rappresentati principalmente da quarzo, frammenti d'arenaria, clinopirosseno, feldspato alcalino e frammenti di rocce argillose. Questi ultimi potrebbero rappresentare grumi d'argilla non ben omogeneizzati durante la preparazione dell'impasto. Si osservano anche resti di frammenti carbonatici parzialmente decomposti dal calore.

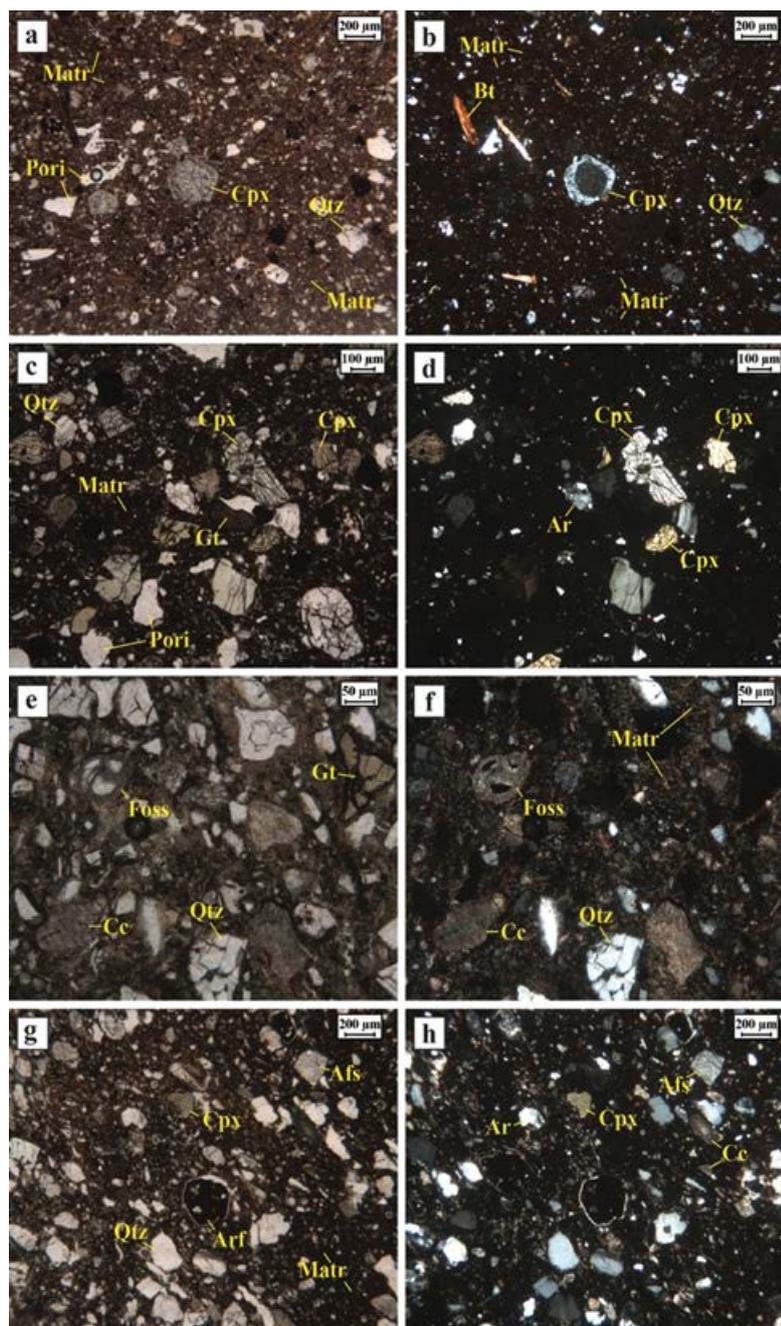


Fig. 10.3 - Immagini in sezione sottile di ceramiche ritrovate a Sinuessa. (a) Impasto ceramico a polarizzatori paralleli con matrice (Matr), pori e inclusi grossolani costituiti da clinopirosseno (Cpx) e quarzo (Qtz). L'immagine (b) rappresenta la stessa area osservata a polarizzatori incrociati. La matrice è otticamente inattiva. Si osservano cristalli di quarzo e inclusi vulcanici rappresentati da clinopirosseno e biotite (Bt). (c) Immagine a polarizzatori paralleli di un impasto ceramico con abbondanti inclusi vulcanici costituiti da clinopirosseno e granato (Gt). A polarizzatori incrociati (d) si rilevano anche frammenti di arenaria (Ar). (e) Impasto osservato a polarizzatori paralleli contenente inclusi carbonatici, rappresentati da cristalli di calcite (Cc) e microfossili (Foss). Si osservano anche cristalli quarzo e di granato. Nella stessa area osservata a polarizzatori incrociati (f) si può osservare la matrice caratterizzata da forte attività ottica. (g) Immagine a polarizzatori paralleli in cui si riconoscono cristalli di quarzo, clinopirosseno, feldspato alcalino (Afs) e frammenti di rocce argillose (Arf). Nella stessa immagine a polarizzatori incrociati (h) si osservano anche frammenti di arenaria e di carbonati parzialmente decomposti



## Capitolo I I

### Sulle possibili cause della sommersione dell'approdo di epoca romana di *Sinuessa*

Micla Pennetta, Corrado Stanislao, Carlo Donadio

#### Morfoevoluzione tardo-pleistocenica ed olocenica della fascia costiera

Il massiccio del Monte Massico delimita il settore settentrionale della Piana Campana. Questo rilievo, durante il Pleistocene inferiore e medio, costituiva una penisola che suddivideva due golfi ubicati in corrispondenza delle attuali pianure dei Fiumi Garigliano, a nord, e Volturno, a sud (fig. 6.5). Tale assetto si è protratto sino allo stazionamento alto del livello marino durante l'ultimo massimo interglaciale 5e, ovvero MIS 5.5 (MIS, *Marine Oxygen Isotope Substage*; 125.000 anni dal presente). Il livello del mare, in zone tettonicamente stabili, circa 125.000 anni fa era a +6 m dall'attuale livello (fig. 6.5).

Da tale periodo il mare ha cominciato a ritirarsi verso ovest, senza mai risalire fino alle attuali quote. Infatti, ha raggiunto, circa 18.000 anni or sono (*Last Glacial Maximum*, *LGM*), l'attuale batimetrica dei 120 m, lasciando emersa una vastissima fascia costiera che oggi accoglie il sito archeologico sommerso di *Sinuessa* e l'attuale piattaforma continentale prospiciente. Quest'ultima in quel periodo era invece un'ampia piana costiera emersa (fig. 6.6). In tale intervallo di tempo, circa 39.000 anni dal presente (fig. 6.7), l'area in studio fu raggiunta dai densi flussi piroclastici della Ignimbrite Campana (De Vivo *et al.*, 2001), eiettati da una caldera dei Campi Flegrei posta circa 50 km più a sud (fig. 11.1).

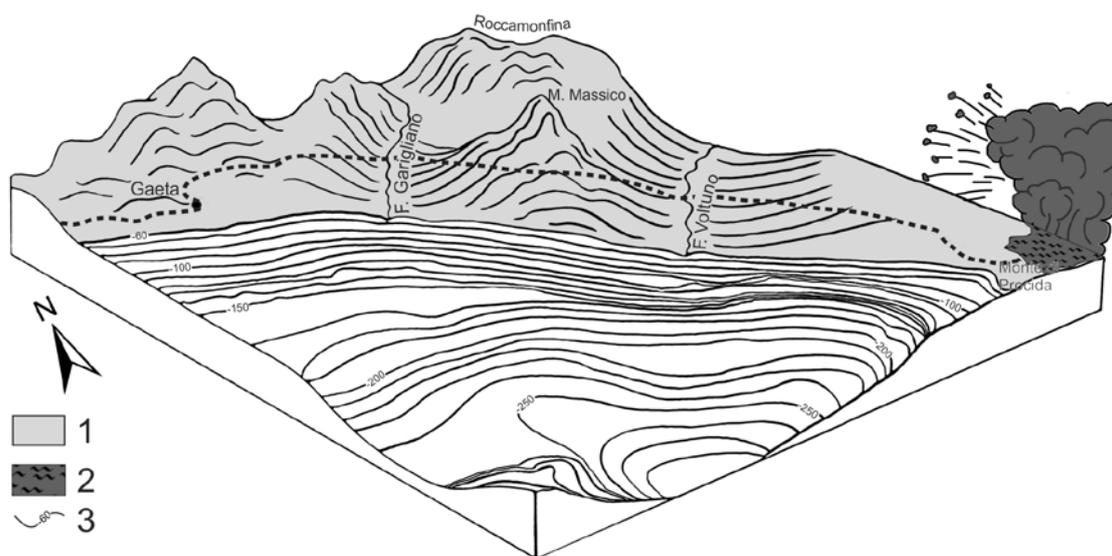


Fig. 11.1 - Circa 39.000 anni dal presente, l'area in studio fu raggiunta dai densi flussi piroclastici dell'ignimbrite Campana, eiettati da una caldera dei Campi Flegrei ubicata circa 50 km più a sud (a destra nella figura); 1: terra emersa; 2: Ignimbrite Campana; 3: isobate (disegno del dott. Michele Pecoraro)

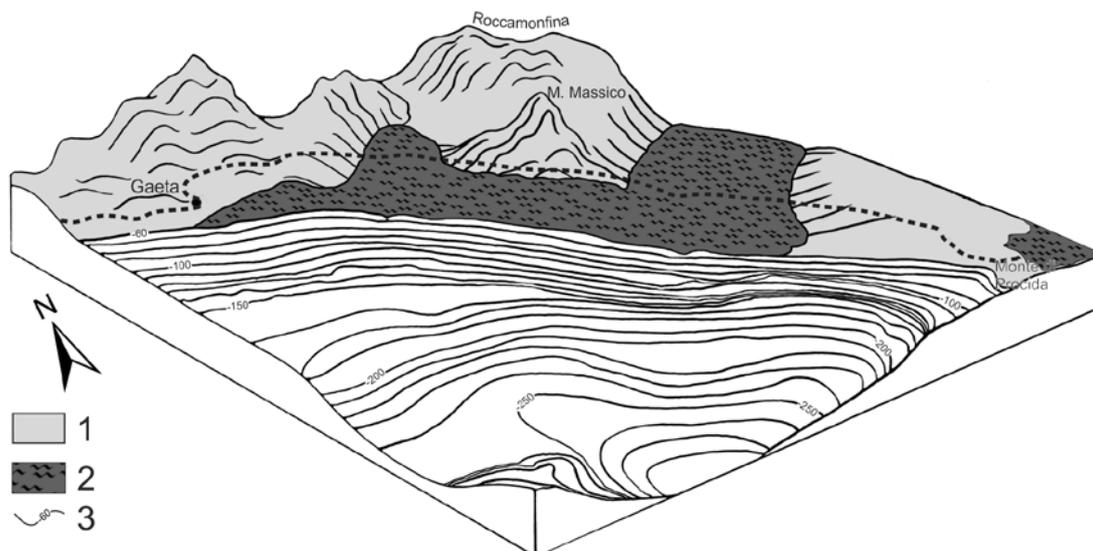


Fig. 11.2 - I flussi si propagarono verso nord (a sinistra in figura), colmando la Piana Campana all'epoca molto più vasta e depressa dell'attuale, per uno spessore anche fino a 50 m nel depocentro. L'Ignimbrite Campana fu ostacolata morfologicamente dalla dorsale del Monte Massico, orientata E-O; una parte consistente del flusso si depositò nel versante meridionale ed in quello occidentale del massiccio carbonatico, mentre una frazione subordinata lo aggirò, depositandosi verso nord, nella piana del Fiume Garigliano; 1: terra emersa; 2: Ignimbrite Campana, 3: isobate (disegno del dott. Michele Pecoraro)

I flussi si propagarono verso nord, colmando la Piana Campana, all'epoca molto più vasta e depressa dell'attuale, per uno spessore anche fino a 50 m nel depocentro della pianura (fig. 11.2). L'Ignimbrite Campana è stata poi ricoperta da depositi più recenti, mentre alle falde dei rilievi carbonatici bordieri è frequentemente esposta. Il movimento del flusso fu ostacolato morfologicamente dalla dorsale del Monte Massico, orientata E-O, che delimita verso nord la piana; infatti, una parte consistente di tale flusso si depositò lungo i versanti meridionale ed occidentale del massiccio carbonatico, mentre una frazione subordinata lo aggirò, depositandosi verso nord, nella piana alluvionale del Fiume Garigliano (fig. 11.2).

Verso ovest, lungo le propaggini occidentali del Monte Massico, più ribassate ad ovest per l'attività di faglie dirette (con orientazione NO-SE) rispetto al rilievo carbonatico, ma comunque complessivamente a quote maggiori rispetto alle due pianure costiere più depresse poste ai margini (piane dei fiumi Garigliano e Volturno, rispettivamente a nordovest ed a sudest), si è sovrapposta ai complessi rocciosi dello *Horst*, deponendosi nell'area di attuale rinvenimento. Durante tale evento, l'ambiente di sedimentazione era di tipo fluvio-palustre, subpianeggiante, e con frequentazioni accertate di uomini di *Neanderthal* nel riparo di Rocca San Sebastiano sul Monte Petriano (Collina & Piperno, 2011, Ruiu *et al.*, 2012). La linea di riva era spostata di alcuni chilometri verso mare (ovest), a circa 10 km dall'attuale (fig. 6.7), e si spingeva verosimilmente sino all'odierna batimetrica di circa 60 m (Waelbroeck *et al.*, 2002).

I corsi di acqua che solcavano l'ampia piana, nel tratto allora emerso poi invaso dal flusso ignimbrico, hanno dovuto incidere, nei tratti di maggiore debolezza e di minore resistenza all'erosione, l'ammasso tufaceo di neoformazione per raggiungere nuovamente il livello di base spostato verso ovest, fino a circa 10 km dall'attuale linea di riva. Tali corsi d'acqua assunsero un percorso tipicamente curvilineo (fig. 11.3).

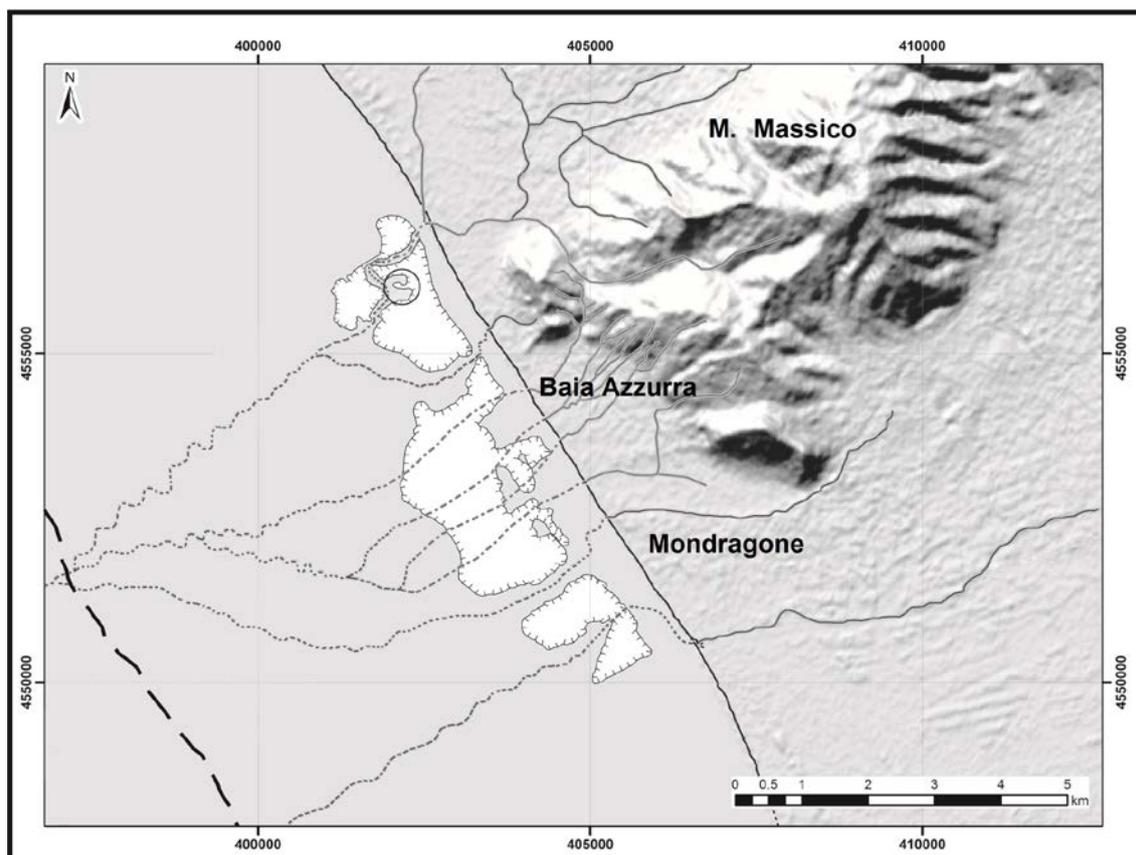


Fig. 11.3 - Modello digitale del territorio emerso e sommerso in cui è ubicata Sinuessa. Il cerchio nero indica la posizione dell'approdo in epoca romana, situato in una insenatura del canale sinuoso che diseca il banco di tufo grigio. La linea tratteggiata indica la linea di riva (-60 m durante l'eruzione dell'Ignimbrite Campana, 39.000 anni fa). La massa ignimbritica fu dissecata dai corsi d'acqua che scorrevano sulla terraferma quando il livello del mare si abbassò ulteriormente durante la glaciazione würmiana (18.000 anni dal presente)

La risalita post-glaciale del livello marino ha determinato uno spostamento verso terra (verso est) della linea di riva, con retrogradazione delle *facies* di piattaforma e poi costiere, con fasi di stasi e con genesi di ambienti lagunari e palustri, sino a determinare l'attuale assetto morfologico (fig.11.4). Durante l'epoca greco-romana (3.800-2.300 anni dal presente) si verificarono le condizioni per la formazione dei cordoni dunari costieri e dei retrostanti ambienti umidi. La retrogradazione determina uno spostamento verso terra e verso l'alto delle unità trasgressive più recenti, consentendo un'aggradazione della piattaforma interna crescente verso terra da correlare al consistente apporto sedimentario dei fiumi che vi confluiscono, segnatamente il Fiume Garigliano.

In un periodo intorno ai 2300 anni dal presente è stata costruita la strada romana basolata in calcare, trasversale alla linea di riva e nella zona antistante Monte Cicoli, tra questo e il mare, mediante il taglio della duna. La strada romana, attualmente in parte sepolta da depositi sabbiosi post-romani, prosegue lungo la stessa direttrice, ed è probabilmente un segmento di una rete di strade costiere a servizio della zona di approdo di Sinuessa. Le attività legate a questo approdo erano verosimilmente sviluppate sulla superficie deposizionale pianeggiante del banco tufaceo.

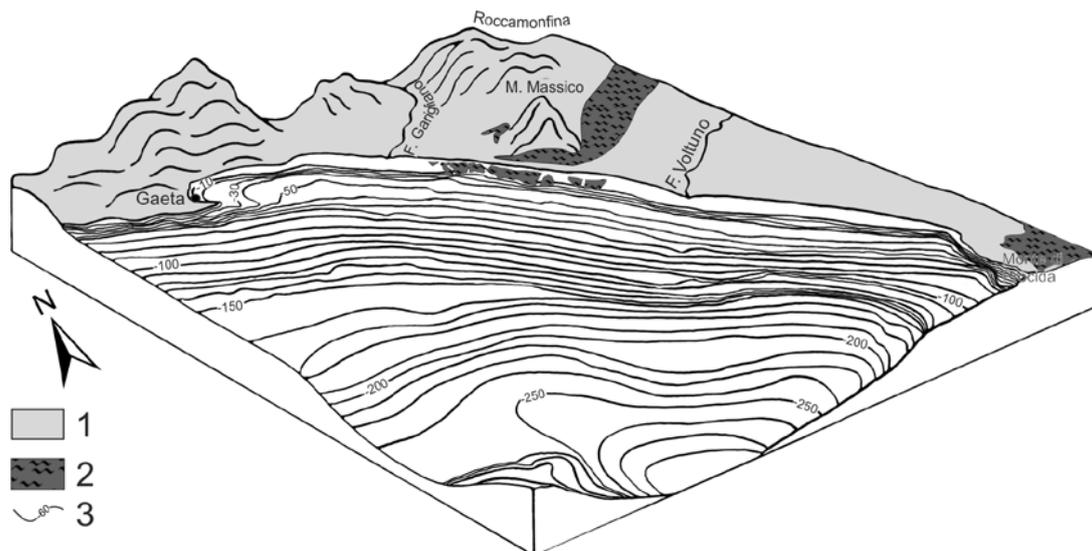


Fig. 11.4 - Aspetto geomorfologico attuale del territorio emerso e sommerso del Golfo di Gaeta. 1: terra emersa; 2: Ignimbrite Campana, 3: isobate (disegno del dott. Michele Pecoraro)

Tale strada probabilmente era di servizio alla spiaggia, che in quel periodo era ubicata in corrispondenza dell'attuale batimetrica degli 11 m; infatti, a quella profondità sono state rilevate una paleospiaggia ed una cava di una macina (a circa 1000 m dall'attuale linea di riva) e quest'ultima potrebbe risalire ad un periodo iniziale del suo impiego, diffuso a partire da circa 2500 anni dal presente.

Lentamente il livello marino postglaciale è risalito fino ad una profondità pari all'attuale batimetrica degli 8 m circa; pertanto, le attività antropiche connesse all'approdo si sono sviluppate su un'area a quel tempo emersa e naturalmente pianeggiante, e si sono protratte probabilmente fino al III secolo d.C. Infatti, la storia della città sembra interrompersi proprio intorno al III secolo d.C. insieme alle sue strutture portuali (Crimaco, 1993). Erroneamente si è sempre narrato di un probabile insabbiamento del porto, mentre in realtà questo è stato sommerso lentamente. In quel periodo, circa 1700 anni or sono, si sarebbe verificato un innalzamento relativo del livello marino pari a +1 m; il livello del mare, per processi glacio-idro-isostatici (Lambeck *et al.*, 2003), lungo la costa tirrenica, dalla Toscana al Lazio meridionale, dall'epoca romana ad oggi si è innalzato di circa 1,25 m (Anzidei *et al.*, 2003; Lambeck *et al.*, 2004a); tuttavia, secondo Pirazzoli (1981, 2005) in epoca romana il livello del mare in zone tettonicamente stabili era pari a circa -0,7 m rispetto all'attuale (Pirazzoli *et al.*, 1991, 1994a, 1994b).

Tutto ciò premesso, in questo lavoro è stata valutata una variazione complessiva e relativa del livello marino, a partire da 1700 anni dal presente, che ha raggiunto valori intorno a -8 m rispetto all'attuale livello del mare, quota della sommità delle *pilae* coincidente con il ripiano morfologico frequentato in epoca romana (fig. 11.4).

Utilizzando per l'area in studio un valore verosimile di sollevamento del livello del mare mediamente pari a +1 m, l'abbassamento tettonico del suolo complessivamente risulta di almeno -7 m. Tali processi sono testimoniati da evidenze morfosedimentarie riconducibili ad un ambiente di spiaggia, oggi caratterizzato da antiche spiagge e lembi

di superfici di abrasione marina modellati sul banco tufaceo, nonché da forme accessorie di ambiente marino quali microfalesie, sgrottamenti, palespiagge ciottolose, di ambiente tidale quali pozze di scogliera, marmitte di evorsione, ed infine di ambiente continentale quali *gullies*.

In definitiva, si ritiene che le attività legate all'approdo durante l'epoca romana si svolgessero sul banco tufaceo, a quell'epoca posto al massimo a +0,5 m sopra il livello del mare (fig. 11.3); nelle insenature lungo il paleoalveo potevano attraccare grandi navi romane, considerando che i canali e le insenature sono profondi dai 2 ai 3 m. È plausibile affermare che la linea di riva all'epoca romana corrisponda all'attuale profondità di 6,5/7 m.

### Modificazioni relative del livello del mare lungo la fascia costiera

Gli antichi livelli del mare (fig.11.5) vengono ricostruiti grazie all'individuazione di caratteri geomorfologici impressi durante le loro fasi di stazionamento nel corso di periodi interglaciali (Pirazzoli 1987, 1991, 1993) e, quando dislocati a differenti quote, forniscono anche indicazioni sull'attività tettonica (Flemming 1969; Flemming & Webb, 1986): le coste italiane sono ricche di tali evidenze morfologiche.

I resti archeologici rilevati lungo i fondali prospicienti un'area occupata dall'antica colonia marittima di *Sinuessa* sono da ascrivere verosimilmente ad infrastrutture portuali collegate alle attività della colonia verso mare nel periodo imperiale romano. Il rinvenimento delle *pilae*, ubicate all'attuale profondità di 8 m mentre in origine dovevano trovarsi ad una quota almeno pari al livello marino del tempo (fig.11.5), fa ipotizzare un sensibile abbassamento della piattaforma tufacea su cui fondano le *pilae*. Pertanto, considerando sia che il livello del mare lungo la costa tirrenica, dalla Toscana al Lazio meridionale, dall'epoca romana ad oggi si è innalzato di circa 1,25 m (Anzidei *et al.*, 2003; Lambeck *et al.*, 2004a), sia un'escursione di marea massima pari a 0,5 m, il sito con le *pilae* si sarebbe abbassato di circa 6,5 m a causa di una deformazione tettonica. Alcuni autori indicano che la subsidenza dei settori adiacenti al Monte Massico potrebbe essersi protratta sino a tempi storici (Romano *et al.*, 1994); tale dato era supportato dal lavoro di Pagano (1974) che indicava la presenza di resti di una città di epoca romana nel tratto di mare antistante l'abitato di Mondragone, dalla linea di riva fino ad una profondità generica di 20 m.

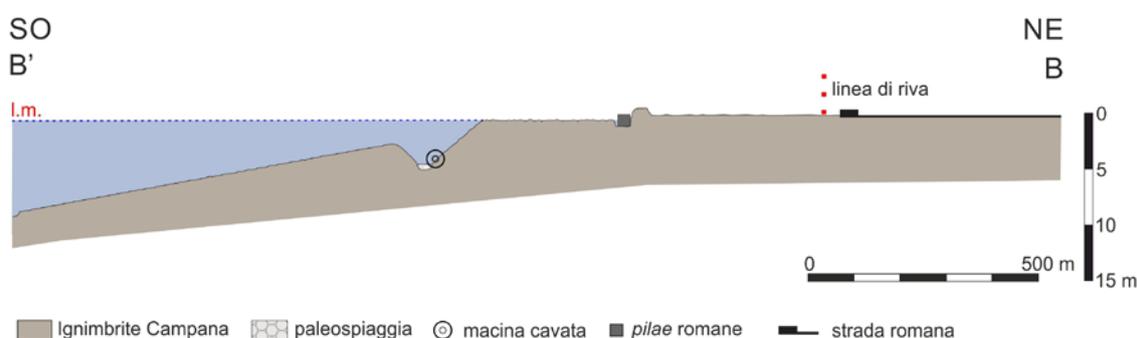


Fig. 11.5 - Ricostruzione dell'assetto geologico del territorio costiero di *Sinuessa* durante l'epoca romana basata sull'analisi dei dati geomorfologici, sedimentologici ed archeologici rilevati nell'area in studio

Tale profondità è stata molto ridimensionata in questo lavoro, riducendola a quella effettivamente rilevata, pari a circa -8 m. Billi *et al.* (1997) indicano una faglia diretta NO-SE nella porzione occidentale di Monte Massico, in prossimità della fascia costiera; Cinque *et al.* (2000) ne definiscono sia un'attività, a partire da 37.000 anni fa (negli anni 2000 l'età di emissione del Tufo Grigio Campano era datata da ricercatori circa 37.000 anni dal presente fino all'attuale, sia una lunghezza, pari a 6 km, con *slip rate* verticale di 0,1-0,5 mm/anno. Anche tale valore è stato ricalcolato in questa ricerca in quanto rapportato agli ultimi 1.700 anni, risultando un *slip rate* verticale di 2,35 - 2,65 mm/anno.

Tale tasso di movimenti verticali del suolo viene ricalcolato nella presente ricerca; l'evento ha tuttavia un'incerta collocazione temporale, seppure abbia un vincolo temporale legato al periodo romano, ma verosimilmente è da correlare ad eventi tettonici. Una vasta ricerca bibliografica svolta sui terremoti storici (Nappi, 1981; Guidoboni, 1989, Boschi *et al.*, 1997, Castagnoli, 1997; Working Group CPTI, 1999, 2004; Marturano, 2002; Guidoboni *et al.*, 2007; La Greca, 2007) che potrebbero aver interessato l'area in studio, non ha condotto a risultati significativi. Alcuni Autori (Cascella, 2002; Galatini & Galli, 2004) attribuiscono i danni a carico del teatro cittadino di età augustea in Sessa Aurunca al terremoto verificatosi nel 346 A.D., con probabile epicentro nel Monte Matese (La Greca, 2007); tali danni sembrano essere stati riparati anche in precedenza (da una nobildonna di rango imperiale di nome Matidia) per probabili effetti di un terremoto prima della fine del II sec. d.C. (Camodeca, 2005). Inoltre, Giusti (1928) esegue una dettagliata cronistoria di Sessa dal 1348 al 1868: descrive piccoli avvenimenti, due episodi di peste (nel 1538 e 1656), che decimarono la popolazione, ed effetti di importanti esondazioni del Fiume Garigliano (tra cui la devastante alluvione del novembre 1813) che hanno raggiunto l'area in studio.

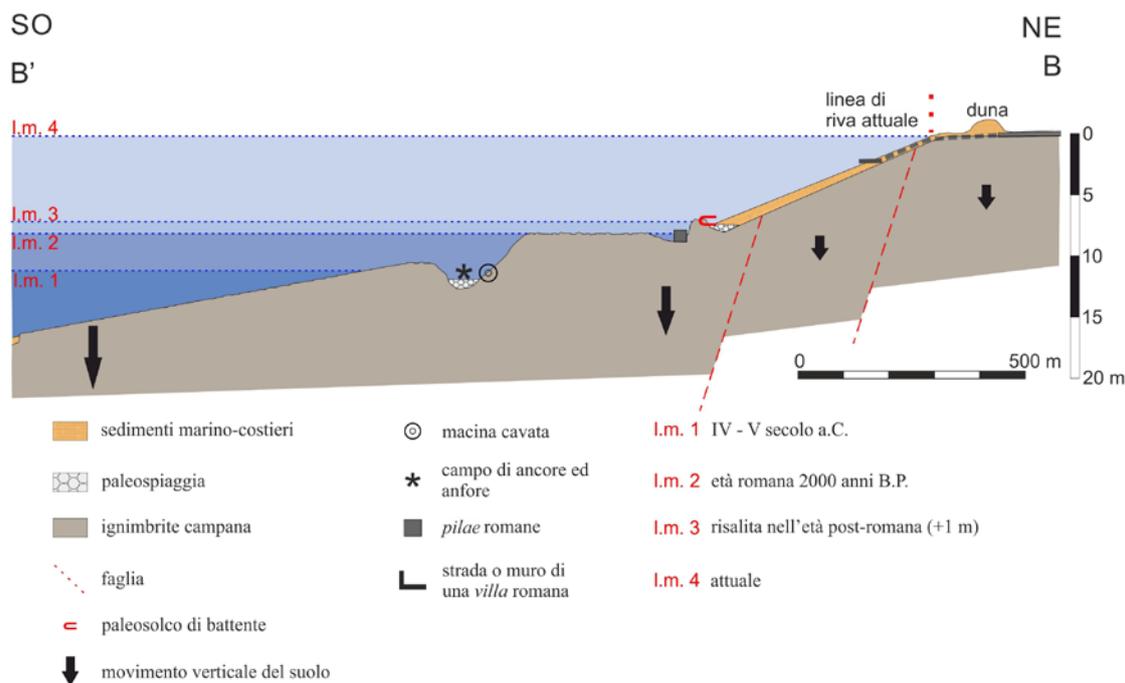


Fig.11.6 - Sezione geologica schematica da nordest verso sudovest dell'area di studio. Viene rappresentata la morfoevoluzione costiera durante gli ultimi 2.500 anni, desunta dai caratteri geomorfologici, sedimentologici ed archeologici

Riferisce di un solo terremoto del 26 luglio 1805, forte ma senza danni, e non sono mai descritti terremoti con importanti conseguenze. Vanno pertanto esclusi importanti movimenti verticali del suolo nell'arco di tempo descritto da questo autore, che siano stati in grado di determinare la sommersione dell'area costiera di *Sinuessa*. Lo stesso autore riferisce peraltro di milizie che provenivano da mare e a partire dal 1544 sbarcavano nei vicini porti del Fiume Garigliano, di Pozzuoli, ma mai a *Sinuessa*. Anche Gasperetti (1993) riferisce che nel 1483 si era già manifestato un abbassamento della costa e parte del territorio tra Sessa e Mondragone risultavano invasi dal mare. Pertanto, se attività tettonica vi è stata si è verificata prima del 1348 d.C.; Crimaco (1993) e Zannini (2005) collocano intorno al 300 d.C. la decadenza del sito di *Sinuessa* insieme alle sue strutture portuali. Peraltro, Castagnoli (1997) riferisce di effetti della malaria che hanno determinato la rarefazione della popolazione fino al III sec. d.C. Tale malattia è compatibile con l'instaurarsi di ambienti palustri lungo buona parte della costa del Golfo di Gaeta per il sollevamento del livello marino postglaciale (Abate *et al.*, 1998; Ferrari *et al.*, 2013).

Può inoltre essere invocato anche un piccolo contributo alla subsidenza connesso alla contrazione della camera magmatica del Vulcano Roccamonfina, da correlare al suo progressivo raffreddamento, che ha esaurito la sua attività circa 50.000 anni dal presente. Una simile ipotesi è stata avanzata anche per l'arco vulcanico delle Isole Eolie da Anzidei *et al.* (2003), che hanno stimato un tasso di subsidenza pari a 1.87 mm/anno negli ultimi 2000 anni. Il raffreddamento del Vulcano Roccamonfina potrebbe aver provocato una subsidenza complessiva pari a circa 1 m; infatti i depositi di età tirreniana (125.000 anni fa), presenti in un'area limitrofa a quella in studio, sono ubicati alla quota di +5 m s.l.m. (Abate *et al.*, 1998), mentre in altre aree di pianura costiera della Campania, tettonicamente stabili, sono ubicati a + 6 m s.l.m. (Brancaccio *et al.*, 1991).

Tutto ciò premesso, ammettendo che la sommità della piattaforma tufacea, oggi sommersa, in epoca romana fosse emersa per almeno 50 cm (quota di esercizio della banca) o ad una quota pari a quella del livello marino all'atto della costruzione delle *pilae*, potrebbero essere ascritti al III sec. d.C. vari movimenti tettonici recenti lungo una faglia diretta con andamento circa meridiano, ubicata nei pressi della costa. Questi moti verticali hanno determinato il collasso del banco tufaceo (fig. 11.6), che ha raggiunto una quota di sommersione pari a circa 6.5/7 m. Dopo tale periodo sono comunque intervenuti anche processi di subsidenza; il tasso di subsidenza rilevato nel periodo 1992-2000 (Geoportale Nazionale) con acquisizione radar con tecnica PSI – SAR (*Permanent Scatter Interferometry - Synthetic Aperture Radar*) a mezzo di satelliti ERS con orbita *ascending*, può essere assimilato mediamente ad 1.5 mm/anno (figg. 11.7, 11.8). Tale dato proiettato negli ultimi 1.700 anni circa restituisce un valore complessivo di subsidenza pari a 2.5 m. Va tenuto presente che l'aliquota più cospicua dei cedimenti a carico della successione sedimentaria tardo-quaternaria, sottoposta al carico dei depositi piroclastici, si è esaurita dopo la deposizione della massa ignimbratica.

Si valuta quindi un movimento tettonico del banco ignimbratico, che lo ha fatto approfondire, pari a 4-4,5m a cui corrisponde un tasso di slittamento (*slip rate*) tra 2,35 e 2,65 mm/anno negli ultimi 1.700 anni.

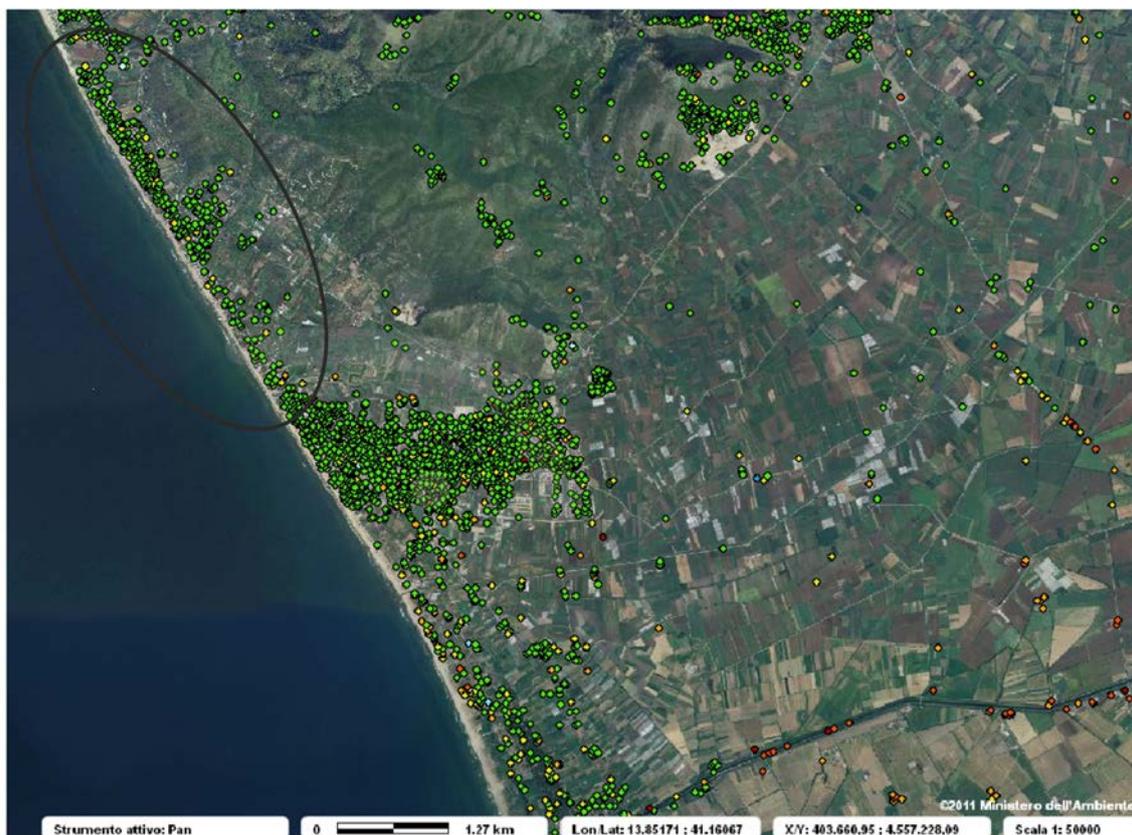


Fig. I 1.7 - Prodotti interferometrici ERS *ascending* 2011: immagini con i PSI su foto aerea. I cerchi verdi e gialli, largamente diffusi, indicano un'oscillazione media dei valori intorno a 1,50 mm/anno. Nell'ovale è indicata l'area in studio, prospiciente il Monte Massico



Fig. I 1.8 - Legenda dei prodotti interferometrici ERS *ascending*: il cerchio verde in legenda individua movimenti tra -1,49 e +1,50, quello giallo tra -1,50 e -2,99 mm/anno

Alla suddetta profondità va sommato il contributo dovuto ai processi glacio-idro-isostatici che in questo lavoro viene assunto mediamente pari a circa 1 m. Tutto ciò premesso, i risultati di questa ricerca stabiliscono che la linea di riva in epoca romana fosse spostata di circa 1.000 m verso il largo (ovest) rispetto alla sua attuale posizione.

## Conclusioni

I risultati ottenuti dall'analisi delle strutture di epoca romana lungo la fascia costiera della Campania settentrionale di pertinenza del Comune di Sessa Aurunca (Caserta) hanno consentito di valutare l'ampiezza della variazione relativa del livello del mare per cause legate alla tettonica, assumendo che il contributo della variazione del livello del mare per processi glacio-idro-isostatici sia in pratica di circa +1 m. La posizione dello stazionamento alto del livello marino durante il Massimo Interglaciale MIS 5.5, con uno scarso movimento tettonico, è pari a +5 m s.l.m. (Abate et al., 1998). Pertanto, valutando una variazione del livello del mare di circa +1 m nel corso degli ultimi 1.700 anni, si è verificata una sostanziale modifica relativa del livello marino associata a movimenti neotettonici di circa 4/4,5 m (quindi uno *slip rate* verticale di 2,35 - 2,65 mm/anno) e di subsidenza pari a 2,5 m. Inoltre, il rilevamento di manufatti sommersi risalenti all'epoca romana, attestati sul banco tufaceo poi subsidente, consente di collocare la linea di riva di quel periodo a circa 1.000 m verso il largo rispetto all'attuale (in pratica la profondità dell'orlo interno del paleoalveo).

Inoltre, sono state individuate altre due paleolinee di riva: una più antica, che precede il periodo romano, a -11 m circa ed una più recente, ovvero post-romana, a 6,5/7 m di profondità. La prima più antica, epurate le variazioni occorse in risposta ai processi finora descritti, era ubicata a -3 m, ad una distanza dalla costa attuale pari a 250 m e può essere ascritta al periodo greco-romano. L'altra più recente, cioè ad un periodo compreso tra i 1700 anni dal presente fino a nostri giorni, sarebbe nel complesso prossima all'attuale linea di riva se non fosse occorso il sollevamento relativo glacio-idro-isostatico pari a circa 1 m.

Va infine precisato che le *pilae* erano quasi in terra emersa e quindi non potevano servire da attracco, così come riportato in precedenti studi, pertanto non si esclude che il sito in cui sono state ritrovate fosse un cantiere.

## Ringraziamenti

*Si ringraziano vivamente:*

- *il dott. Pio Di Manna, in servizio presso il Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, Area per la geodinamica, le georisorse, la pericolosità e gli impatti degli eventi naturali e in-dotti – ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) – per il suo prezioso contributo nell'analisi dei dati interferometrici;*

- *il dott. Michele Pecoraro che ha curato l'elaborazione di alcuni disegni.*



*Strategie sostenibili di valorizzazione*



## Capitolo 12

### Sistema costiero: la tutela delle risorse naturali e culturali

Vera Corbelli, Raffaella Nappi

La pianificazione territoriale ed ambientale di area vasta connessa ed integrata alla tutela delle risorse ed alla mitigazione dei rischi per la salvaguardia degli elementi esposti, tra cui il patrimonio ambientale ed il patrimonio culturale, è un lavoro complesso di esplorazione e conoscenza territoriale, di dialogo fra i saperi, di informazione, di ascolto. Infatti, richiede, da un lato, un approccio interdisciplinare cui affiancare il confronto tra esperienze diverse sui temi legati al territorio, ambiente, ecosistema, *habitat*, beni culturali storici e paesaggistici, attività economiche, dall'altro, l'informazione e la formazione, unitamente alla comunicazione e partecipazione costante di una pluralità di soggetti e, soprattutto, la perseveranza, la passione, la creatività ed l'etica.

Partendo da queste premesse, l'attenzione all'area archeologica marina sommersa di *Sinuessa*, città romana risalente al III secolo a.C., oggetto di studi geologici, rilievi geomorfologici sui reperti e di prospettive di valorizzazione, risulta indispensabile, ed ancor più inquadrare tale aspetto anche nell'ambito nella pianificazione e programmazione di erosione costiera, di mitigazione del rischio e di tutela ambientale nel litorale *domitio*, attività svolte dall'Autorità dei Fiumi Liri Garigliano e Volturno, oggi, Distretto Idrografico Appennino Meridionale.

La costa rappresenta uno degli ambienti più delicati del nostro sistema ambientale il cui equilibrio è sempre più spesso influenzato non solo da fenomeni naturali, riconosciuti ormai su scala globale (cambiamenti climatici), ma anche dalla crescente pressione antropica e di uso. Dall'analisi di queste problematiche nasce il principio di “*gestione integrata della zona costiera*” (ICZM), intesa come “*il costante processo di assunzione delle decisioni con riguardo all'uso sostenibile, allo sviluppo ed alla protezione del territorio costiero, delle prospicienti aree marine e delle loro risorse*” (Corbelli, 2010). La costa è un'area di transizione tra l'ambiente marino e l'ambiente interno, tra l'acqua e il suolo, in un continuo scambio di materia ed energia; le dinamiche che lo regolano dipendono dall'interazione dei processi ambientali in relazione ai sistemi ecologici presenti, un punto di equilibrio tra l'azione demolitrice del mare e l'azione costruttrice dei fiumi, ma soprattutto è sensibile alle modificazioni dirette o indirette derivanti dall'attività antropica.

Un sistema costiero sabbioso, quale quello del litorale *domitio*, è, quindi, un sistema molto complesso legato all'interazione di alcuni processi dinamici tutti collegati in un modo non lineare, quali: l'apporto detritico di origine fluviale o marina; l'attività di venti dominanti; i processi di erosione, i processi di subsidenza dell'area; il sollevamento del livello del mare; l'attività della vegetazione, i processi di antropizzazione (Penetta *et al.*, 2010).

Purtroppo esso è percepito principalmente come luogo di ricreazione e di attività economiche turistiche e produttive trascurando e non considerandone il loro alto valore naturalistico.

Questa mancanza di considerazione dell'importanza e della rarità (ad esempio degli *habitat* dunali) è una delle minacce più gravi per la loro conservazione; la carenza di conoscenza può portare a comportamenti dannosi.

In queste fasce di transizione fra terra ed acqua, la natura è da considerare, più che altrove, un enorme valore da tutelare; la sapiente storia dell'uomo e le preesistenze archeologiche (Turri, 2003) sono da valutare con estrema attenzione sia per la loro conservazione ma anche per poter attingere dalla tradizione e dal passato gli efficaci esempi di gestione del territorio. Pertanto, il sistema costiero non deve essere analizzato in maniera semplificata e sfruttato senza considerarne le conseguenze; viceversa, per un'efficace gestione e salvaguardia dell'ambiente costiero in senso lato, è necessario studiare tutti i processi ed i fattori del sistema.

L'antico approdo di *Sinuessa* è ubicato nel litorale *domitio*, nel tratto di mare prospiciente parte dei territori comunali di Sessa Aurunca, Cellole e Mondragone alla profondità di 7,0 m (Pennetta *et al.*, 2016). L'area del litorale *domitio* e dell'entroterra della *Campania Felix*, caratterizzata dalle piane dei fiumi Garigliano e Volturno (fig. 12.1), si distingue sia per la varietà delle unità ecosistemiche, che identificano il paesaggio storico e l'articolato mosaico ambientale, rappresentativo della ricchezza e della complessità del territorio per clima, idrologia, geologia, morfologia, suolo, vegetazione (Di Gennaro, 2008), sia per la molteplicità di risorse culturali, storico, architettoniche, archeologiche, nonché per la tipicità di risorse produttive sostenibili, che nell'insieme costituiscono un patrimonio di grande valore e potenzialità.



Fig. 12.1 - La piana tra i fiumi Garigliano e Volturno  
Fonte: T. Salmon - Carta geografica della Terra di Lavoro, 1761

Una potenzialità che è ulteriormente arricchita dalla posizione geografica di cerniera tra aree di foce (F. Garigliano, T. Savone, T. Agnena, F. Volturno e Regi Lagni) e litorale *domitio*, suo naturale completamento, tra sistemi di costa e pianura e quelli collinare, montani e vulcanico, tra aree parchi (Roccamonfina e Foce Garigliano, dei Monti Aurunci, della Riviera di Ulisse) riserve naturali (Lago di Falciano, Foce Volturno-Costa di Licola, Oasi dei Variconi), di numerosi siti archeologici nei territori campani e laziali.

L'area fu abitata da gruppi di stirpe italica, popolo degli Ausoni - Aurunci, nel corso del VI sec. a.C. grazie all'abbondanza di acque sorgive e alla fertilità dei suoli vulcanici; nella seconda metà del IV sec. a.C., il territorio cadde nelle mani della crescente potenza di Roma: si tratta dunque di un comprensorio archeologicamente ricchissimo (Ruggi d'Aragona & Cascella, 2010).

La preesistenza di città, di ville e casali si snodavano lungo il percorso della *Regina Viarum*: la Via Appia che iniziava a Roma e finiva a Brindisi e Taranto (fig. 12.2).

*La via aveva stazioni, cioè alberghi, per alloggio e cambio dei cavalli ogni sette o otto miglia nei luoghi più frequentati, ogni dieci o dodici nei luoghi meno popolati. Le principali di queste stazioni che conosciamo dalla Tabula Peutingeriana, sono le seguenti: Aricia sui colli Albani, Forum Appii nelle Paludi Pontine, dove cominciava il decennovio, cioè le fastidiose diciannove miglia, lungo le quali correva un canale che permetteva di andare per via di acqua, come andò Orazio, oltreché per terra; Terracina alla quale l'Appia faceva da decumano, come anche alla stazione seguente, Fundi; quindi essa oltrepassava con ardite opere manufatte, cioè tagli, viadotti e costruzioni, le montagne di Formiae e la costa tra questa città e Minturnae; a Sinuessa lasciava il bordo del mare per entrare nel territorio campano, dove toccava Casilinum, Capua, Calatia e Caudium. A Sinuessa l'Appia lasciava la costa e in sua vece si partiva una via, detta dal fondatore Domitiana, che per Literno, Cuma e Pozzuoli raggiungeva Napoli (Vistoli, 2013).*



Fig. 12.2 - Il tracciato dell'Appia  
Fonte: © Società Magna Grecia - Roma, 2013

È quindi quest'area un luogo fulcro e crocevia di grandi attrattori naturali/culturali nell'intorno (area costiera, aree archeologiche, parchi e riserve naturali) e merita particolare attenzione nella pianificazione e nelle prospettive di tutela e di sviluppo di un "turismo culturale".

Il Patrimonio Culturale ed Ambientale è costantemente considerato nella pianificazione di bacino (legge 183/89) e di distretto (Direttiva Quadro sulle Acque – WFD - 2000/60/CE, recepita nel D.Lgs. 152/06; Direttiva Quadro per la "Valutazione e alla gestione dei rischi da alluvioni" FD - 2007/60/CE, recepita nel D.Lgs 49/2010). La loro messa in evidenza e le relative problematiche e potenzialità sono state ulteriormente approfondite sia nel Piano di Gestione Acque Distrettuale, valutando la correlazione con il Sistema Risorse Idriche (qualità e quantità), sia nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni Distrettuale, riguardante anche le coste, valutando la gestione dei rischi di alluvioni ed erosione costiera al fine di ridurre le conseguenze negative per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali derivanti dalle stesse alluvioni.

I Piani di Gestione distrettuali sono strumenti di recente formazione e comprendono parte dei contenuti dei Piani di Bacino, rivisitati ed implementati in una logica di area molto più vasta e di gestione organica ed unitaria del territorio in *primis* dell'acqua, del suolo e dei rischi alluvione. La gestione è finalizzata ad usi sostenibili delle risorse ed alla tutela, protezione e miglioramento del loro stato, in una valutazione di fattibilità che soddisfi le esigenze di difesa e di crescita economica.

L'area del litorale *domitio*, quella del Basso Volturno e Basso Garigliano costituiscono Unità di Analisi di applicazione delle misure dei piani di gestione; esse rappresentano aree pilota in cui proseguire le sperimentazioni metodologiche progettuali già avviate negli anni come un'opportunità sia dal punto di vista ambientale per migliorare la sicurezza territoriale e sociale, sia dal punto di vista economico per migliorare l'efficienza dei processi produttivi con particolare riferimento all'uso efficiente delle risorse naturali e culturali. Del resto le diverse iniziative realizzate hanno già dato luogo ad esperienze positive quali:

- **Il laboratorio ambientale del Garigliano (2007/2010)** che ha rappresentato un progetto di rete territoriale e di enti fondato su un incessante approfondimento delle tematiche in gioco unite ad un allargamento dei soggetti interessati alla dinamica di partecipazione, alla ricerca e alla condivisione delle azioni da mettere in campo lungo gli ambienti fluviali e costieri. Il lavoro del laboratorio ha messo in luce che le ipotesi di azioni, in particolare degli Enti locali, sono orientate alla realizzazione di un sistema integrato di interventi, immateriali e materiali, finalizzato alla tutela attiva per la qualità ambientale del territorio, delle acque fluviali e del mare; di una "Infrastruttura del distretto ambientale/culturale/termale" per lo sviluppo sostenibile, in cui le singole proposte e progetti si inseriscono e ne costituiscono parte integrante. Ha messo in evidenza che bisogna trasformare i punti di debolezza in valori di successo e che bisogna, però, instradare le risorse. I concetti nuovi di analisi, di conoscenza, di partecipazione, di programmazione sinergica, nel medio e lungo periodo, hanno prodotto, se pure a fatica e con risposte che non hanno avuto la stessa forza e convinzione, una consapevolezza della sostenibilità, una coscienza

dell'appartenenza territoriale, una necessità di confronto “serrato” tra le diverse programmazioni sul territorio per l'individuazione di azioni coese e compatibili.

- Il **progetto Life + Natura e biodiversità Providune “Conservazione e ripristino di *habitat* dunali prioritari nel SIC Pineta della Foce Garigliano”** nei Comuni di Sessa Aurunca e Cellole (2009/2015) che è stato finalizzato ad attivare azioni di conservazione e ripristino degli *habitat* più minacciati a livello europeo, quali quelli dunali. Tra questi ultimi si inserisce prioritariamente l'Habitat 2250 Dune costiere con *Juniperus spp* e poi altri *habitat* dunari ad esso correlati nella successione catenale più esposti a degrado e depauperamento, ai sensi della direttiva 92/43/CEE, quali: 2270 - Foreste dunari di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*; 2230 - Dune con prati dei *Malcolmietalia*; 2110 - Dune mobili embrionali; 2120 - Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Amophila arenaria* (dune bianche); 2210 - Dune fisse del litorale di *Crucianellion maritimae*. Gli interventi realizzati nell'area sono stati realizzati tra il 2014/2015 a seguito di studi approfonditi (geobotanici sullo stato degli *habitat* dunari; sedimentologici e dinamica marino costiera; rilievo di dettaglio degli *habitat*; analisi degli impatti della fruizione sugli *habitat*; conservazione *ex situ* delle specie vegetali caratteristiche degli *habitat* dunali e produzione di piante) del progetto preliminare con l'individuazione degli interventi necessari, del progetto definitivo ed esecutivo, dell'affidamento dopo bando di gara (Nappi *et al.*, 2010). Tali interventi rivelano un *trend* positivo rispetto alla ricostituzione della duna al contrasto all'erosione. Ciò a dimostrazione di come nell'ambito della gestione dei sedimenti per la difesa delle coste, l'attenzione va posta anche ed in *primis* alla conservazione e al recupero degli apparati dunari residuali e relativi *habitat*, per il loro valore naturale e per le funzioni di equilibrio che svolgono nell'ecosistema costiero.
  
- Il **Programma di azioni per la “difesa, riqualificazione e corretto uso dell'asta terminale del fiume Garigliano” nell'ambito dello scenario strategico** di tutela e difesa della fascia terra/mare che si estende da Torregaveta a Minturno, al fine di rimuovere i punti critici del sistema territoriale ed ambientale che si ripercuotono sull'apparato economico. La finalità complessiva dell'azione è assicurare, ad un territorio finora prevalentemente investito e modellato da dinamiche esterne, nuovi processi evolutivi basati sulla valorizzazione delle proprie qualità distintive di carattere territoriale, ambientale, culturale, sociale, economico, insediativo e produttivo. Lo *scenario strategico* prefigura risalta le traiettorie evolutive del territorio in una logica di sostenibilità (culturale, ambientale, sociale ed economica), di tutela di pubblica incolumità e di difesa delle risorse acqua e suolo. Coerentemente con la sua natura *strategica* lo *scenario* contiene sia aspetti spaziali (gli assetti da perseguire) che operativi (gli interventi da porre in essere). Gli obiettivi specifici perseguiti si identificano nella:
  - a) valorizzazione del territorio oggetto di studio come un grande *Parco archeologico – agricolo - paesaggistico* entro cui promuovere, in un quadro di assoluto rispetto delle valenze ambientali e delle testimonianze stori-

- che dell'area il potenziamento e/o l'insediamento di attività produttive legate al settore primario e al turismo archeologico e paesaggistico;
- b) realizzazione del *sistema turistico locale* che faccia del turismo un modello di sviluppo locale in grado di sintetizzare, in un quadro coerente di opportunità, le molteplici risorse costituite dal patrimonio culturale ed ambientale, dall'agricoltura e dalle produzioni tipiche di qualità, da una diffusa capacità imprenditoriale ed artigianale;
  - c) realizzazione di una *Rete ecologica* che connetta, anche attraverso "corridoi ambientali", i grandi parchi, le aree protette, la costa e i fiumi.

Attraverso il lavoro di valorizzazione del grande *Parco archeologico – agricolo – paesaggistico* risulta possibile individuare un sistema di emergenze naturalistiche, ambientali, ma anche storiche: dei ritrovamenti archeologici, alle antiche masserie disseminate nel territorio, spesso in condizioni di rudere, dai nuclei urbani storici, ai nuovi sistemi di attrezzature, che si sono costruiti nelle maglie ed ai margini dei tessuti edificati. Il lavoro fin qui svolto ha definito delle prime strategie e moduli comportamentali volti ad assicurare la riduzione delle criticità attraverso nuovi processi evolutivi basati sulla valorizzazione delle qualità distintive – di carattere sociale, insediativo, produttivo ed ambientale – del territorio interessato.

L'esperienza della pianificazione di bacino/distretto, gli esempi su riportati sinteticamente, le sperimentazioni in altre aree pilota sottolineano l'assunto che un approccio efficace alle problematiche e potenzialità del territorio e dell'ambiente è quello di esplorare la complementarietà dei differenti sistemi ambientali che compongono il territorio e l'interrelazione delle risorse al fine di poter definire sviluppi sostenibili e lungimiranti. Nella sfida globale i territori, per diventare sempre più competitivi, hanno necessità di misurarsi con una programmazione strategica di area vasta, in cui gli sviluppi e le trasformazioni sono un tassello di un progetto più ampio.

Tale assunto, contestualizzato nel tratto di costa tra Sessa Aurunca e Mondragone (l'area archeologica marina sommersa di *Sinuessa*, che con il suo approdo era un importante snodo commerciale romano, unitamente al litorale *domitio*), esteso alle aree immediatamente contigue ed interne attraversate dai fiumi Garigliano e Volturno, da un lato rafforza il concetto di "sistema fiume" come fascia di transizione tra "mare-zona costiera" e "sistema entroterra" e come ambito relazionale che comprende territori di larghezza e profondità variabili in funzione dei caratteri, dall'altro mette in luce la grande peculiarità di questa fascia costiera (Nappi *et al.*, 2010).

Si evidenzia la necessità che le strategie di sviluppo di un tale territorio devono mirare ad integrare ed esaltare la complessità, la peculiarità, l'identità e la complementarietà delle diverse parti (Decandia, 2008): fiume, costa, aree interne. Nei tempi brevi, la prospettiva è sia la valorizzazione di questa ampia area di costa e pianura puntando alla realizzazione di un Parco Geoarcheologico Sommerso, in linea con la Convenzione UNESCO, e di inserirlo in rete con gli altri parchi archeologici e parchi naturali presenti e sia la realizzazione di un grande museo/laboratorio diffuso ed aperto sul territorio, dove passato e presente, natura ed uomo si incontrano nel rispetto e nell'innovazione.

Queste condizioni favorevoli unitamente ai fattori imprescindibili, all'idea di un territorio allargato ad un ambito territoriale geografico e non già ad una dimensione geopolitica, alla logica della rete per fare sistema e sinergia, sono il presupposto per uno sviluppo innovativo, coordinato e condiviso. Esse possono dare impulso all'imprenditorialità locale innovativa, alla valorizzazione organica dell'area, al miglioramento della qualità del territorio, dell'economia e della vita.

L'obiettivo è quello di connettere funzioni e interessi sociali ed economici di un territorio omogeneo attraverso tre azioni volte ad una crescita sinergica. La prima mira a contrastare il degrado ambientale, la perdita di caratteri identitari e banalizzazione ecologica e paesaggistica dei paesaggi costieri, la tendenza ad un'organizzazione lineare e cementificata della linea di costa, fatta di residenze e attrezzature turistiche disabitate per gran parte dell'anno. La seconda mira invece a stimolare la valorizzazione delle aree archeologiche costiere ed interne. La terza mira a dare valore agli ecosistemi fluviali e ad incentivare lo sviluppo sostenibile attraverso la realizzazione di progetti di "Infrastruttura verdi" per la mitigazione del rischio, la qualità delle acque e la valorizzazione delle risorse naturali, culturali ed economiche sostenibili che lungo di esse si sviluppano.

È facile intuire come le aree costiere del territorio, proprio perché caratterizzate da ricchezza di beni culturali, da elevata fragilità ambientale e diversità ecologica e, nel contempo, da un alto livello di pressione antropica, necessitano di strategie integrate di sviluppo spaziale, capaci di bilanciare una tutela attiva e una valorizzazione dei territori interni, non senza il coinvolgimento delle comunità insediate.

La scelta di riconoscere una profondità territoriale ai paesaggi costieri muove non solo da considerazioni di tutela, ma anche da valutazioni economiche: la volontà da più parti espressa di ampliare e destagionalizzare l'attuale offerta.

Dalla rivalutazione e valorizzazione delle risorse culturali e ambientali, infatti, si deve partire per ipotizzare un recupero di sistemi territoriali ed insediativi posti al di fuori dei circuiti consolidati. La tutela del patrimonio culturale ed ambientale, non affatto secondario alla porzione del territorio costiero.

Un'alleanza tra terra, fiume e mare. Nel segno di una ritrovata unitarietà, di una nuova sintesi, che parta dal dialogo costante tra elementi naturali e urbanistici, tra funzioni economiche e innovazioni culturali.

È essenziale ritrovare un rapporto duttile tra spazi una volta segnati da dicotomie forti, cioè costituire un unico sistema territoriale che si sviluppa con un'interattività tra città del fiume e città del mare. Ciò comporta, dal punto di vista economico, potenziare il nodo logistico e caratterizzare ulteriormente l'offerta turistica, ma significa anche, dal punto di vista concettuale, percepire diversamente il rapporto tra fiume costa e territorio antropizzato, potenziare l'offerta di cultura in nuove aree qualificate e lavorare su un intento comune utile a fare sistema attraverso le identità locali ed a mostrare una nuova soggettività del territorio che dalla complementarietà trae vantaggi.



## Capitolo 13

### Caratteristiche ambientali ed ipotesi di fruizione sostenibile del litorale di *Sinuessa*

Renata Valente

#### Luogo, cultura, turismo

Per opporsi a condizioni di mortificante degrado purtroppo diffuse nel territorio nazionale, lo studio di luoghi notevoli per caratteristiche naturali e tracce di memoria storica offre l'opportunità di riqualificare territori di interesse e notorietà millenari. La zona di *Sinuessa* è sicuramente tra questi: al confine costiero tra i bacini dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, dove il massiccio del Monte Massico giunge a mare, dai tempi della Magna Grecia costituiva presidio del passaggio più agevole verso il sud della penisola italiana. Oggi questo tratto di litorale *domitio* è ancora affascinante e suscettibile di recupero ambientale, pur depauperato dal punto di vista paesaggistico dopo molti decenni di incontrollato sviluppo insediativo (Pennetta *et al.*, 2016c). Le potenzialità presenti nel luogo sono visibili nella lunga spiaggia, nel panorama verso la costa di Gaeta, verso l'arcipelago pontino e quello napoletano, ma anche latenti, come i numerosi beni archeologici sommersi o sepolti. L'osservazione delle principali caratteristiche ambientali, evidenziando criticità e qualità, consente di individuare i *drivers* di un progetto di valorizzazione fondato sul concetto di gestione integrata delle risorse, anche puntando all'invenzione di un *brand* che le tenga virtuosamente insieme.

Riflettendo sulla vocazione turistica dell'area e le condizioni in cui versa è certamente condivisibile la lettura di Àbalos & Herreros (Àbalos & Herreros, 1997) sul ruolo del turista contemporaneo inteso come veicolo di scambio di culture in una società globalizzata: certamente turista distruttore, ma anche costruttore di nuove arene di comunicazione ed esperienza, tra le poche ancora riferibili quali luoghi di confronto sociale reale e non virtuale, oltre che attore di uno dei fenomeni economici di maggiore rilievo nei nostri paesi (Valente, 2005b).

«Conviene studiare questa seconda generazione del turismo in quanto nuovo fenomeno [...]. Bisogna evitare il pregiudizio che si basa sulla percezione del turista come viaggiatore "inautentico", ciascuno eccetto noi stessi, naturalmente, e riconoscere un punto di inizio nel doppio effetto dello stesso: la sua presenza costituisce l'importanza del luogo nel tempo stesso in cui ne distrugge la naturalezza.» (Àbalos & Herreros, 1997).

D'altro canto è da lungo tempo che ci si interroga sui criteri opportuni per conciliare turismo e tutela del territorio. Il turismo sostenibile è stato definito come ogni forma di attività turistica che rispetta e preserva a lungo termine le risorse naturali, culturali e sociali e che contribuisce in modo positivo ed equo allo sviluppo economico e al benessere degli individui che vivono e lavorano in questi spazi (Carta del Turismo Sostenibile, Lanzarote 1995). Obiettivi essenziali sono, per i turisti, una migliore qualità della vacanza, per i residenti, un minor impatto della presenza dei turisti ed un ambiente più pulito in cui vivere, per le imprese, un vantaggio economico immediato e, soprattutto,

durevole nel tempo. Il progetto LIFE *Sustainable Tourism* indicava infatti la qualità ambientale non solo come un dovere, ma come fattore di competitività e di crescita economica basato sulla destagionalizzazione dell'offerta distribuendo le presenze nell'arco di dodici mesi, sulla riqualificazione dello sviluppo urbanistico, sulla incentivazione dei sistemi di certificazione della qualità ambientale, sul sostegno delle azioni volontarie degli operatori turistici in ambito ambientale (acquisti ecologici, risparmio idrico ed energetico, gestione dei rifiuti) (Valente, 2005b).

In relazione alle specificità proprie dell'area di *Sinuessa*, il Patrimonio Culturale Sommerso, *Underwater Cultural Heritage* (UCH), è definito dalla Convenzione dell'UNESCO del 2001 come "tutte le tracce di esistenza umana che abbiano carattere culturale, storico o archeologico che sono state parzialmente o totalmente sotto l'acqua, periodicamente o continuamente, per almeno 100 anni" (UNESCO, 2001). La ricerca sul Patrimonio Culturale Marino e Sommerso, *Maritime and Underwater Cultural Heritage* (MUCH), combina diversi approcci come l'archeologia, l'antropologia, la gestione dei beni culturali e le scienze del mare e si concentra sul patrimonio tangibile ed intangibile (*Center for International Heritage Activities*, 2014). Tale ricerca può essere combinata con quella sulle attrezzature marittime sulla costa adiacente per offrire un approccio più olistico (Humphrey, 2014). È proprio in tal senso che si propone di individuare criteri guida per ipotesi di recupero e fruizione.

*«The goals of preserving underwater sites while encouraging public access has often been seen as contradictory (Spirek & Scott-Ireton, 2003), but benefits from opening cultural resource sites to the public under some strict management oversight can include increased public awareness, economic benefits and increased preservation for sites under threat. Part of the heritage resource community believes in the idea that providing public with access to heritage site may be a greater use of site than restricting access for future research resulting in more information»* (Humphrey, 2014)

In riferimento alla gestione del patrimonio culturale sommerso, i concetti di protezione e pubblico accesso sono spesso considerati come opposti; tuttavia Secci (2011) sottolinea come sia invece possibile renderli compatibili con attività scientifiche apportando benefici alla protezione dei beni. Obiettivo è dunque determinare un contesto virtuoso che valorizzi l'area e ne rilanci la fruizione secondo criteri innovativi.

Partendo dall'analisi dell'ecosistema litoraneo e dalla sua condizione di degrado, la ricerca per il progetto ambientale deve essere riportata a differenti scale, su metodi e tecnologie per la riabilitazione del territorio. Lo sviluppo del sistema delle risorse lungo la costa secondo un piano integrato (Clark, 1977) consente un'organizzazione che protegge e valorizza le peculiarità e le attrezzature del luogo, fornendo varie indicazioni per le destinazioni d'uso. Queste possono essere arricchite con nuovi tipi per differenziare e qualificare l'offerta di fruizione per residenti e turisti, poiché tecnologie aggiornate suggeriscono spunti per il ridisegno sostenibile del paesaggio (Bosco & Valente, 2008).



Fig. 13.1 - La zona costiera ai piedi del massiccio del Monte Massico

Fonte: foto di Paolo De Stefano, 1995

La strutturazione di un progetto ambientale per la riqualificazione dell'ecosistema, in questo caso costiero, è da intendersi come riorganizzazione armonica dell'uso delle risorse naturali e dello svolgersi dei processi antropici (Valente, 2005a, 2006). Tre sono gli aspetti chiave evidenziati: il primo è la messa a sistema delle complementarità degli ambiti omogenei di riferimento; il secondo riguarda la considerazione della componente temporale quale discriminante per le modalità di intervento ed infine il terzo è l'attenzione da riservare al valore culturale rappresentato da zone così sensibili.

### Lettura ambientale

La lettura delle componenti ambientali si struttura dall'analisi delle risorse naturali (acqua, suolo e vegetazione, aria, sole) e dallo svolgersi dei processi antropici (considerando energia, costruito, mobilità, gestione dei rifiuti, sistema dell'informazione).

**Acqua.** Principale risorsa idrica presente nella zona è l'acqua del mare, di buona qualità a meno che nelle aree in immediata prossimità delle foci fluviali e dei canali (fig. 13.2). Questi, non sempre controllati come i fossi irrigui che attraversano l'area, captando i percorsi delle acque meteoriche, determinano intervalli in cui la qualità ambientale per l'offerta turistica deve essere urgentemente riqualificata. In tal senso, l'adeguamento dei sistemi per l'approvvigionamento idrico e la canalizzazione fognaria, si potranno affiancare sia a corretti sistemi di drenaggio sia al maggior numero possibile di impianti di fitodepurazione, consentiti dalle estensioni a disposizione.



Fig. 13.2 - Foce del rio Trimoletto nei pressi di Sinuessa

Fonte: foto di Paolo De Stefano, 2006

La diffusione dei sistemi che permettano il riciclo delle acque piovane gioverà al risparmio di acqua potabile, mentre la scelta di materiali idonei per la progressiva permeabilizzazione delle superfici consentirà il naturale ricarica della falda acquifera sotterranea. All'interno delle attrezzature turistiche, invece, occorre ecoincentivare la realizzazione di impianti differenziati di smaltimento dei reflui, mediante sgravi fiscali.

Tali considerazioni discendono anche dai dati di altezza di pioggia media, calcolata nel periodo 1921-2015 pari a circa 750 mm/anno, nella norma per un territorio con quote inferiori a 500 m s.l.m. Dal 1875 è stata registrata una tendenza alla diminuzione della piovosità (Mazzarella, 1999), valutata negli ultimi trent'anni intorno al 30% con conseguente abbassamento del livello piezometrico delle falde acquifere superficiali (De Vita *et al.*, 2012). Si registra inoltre una variazione del regime pluviometrico con incremento di eventi a carattere temporalesco, con tempi di corruzione brevissimi (inferiori a 30 minuti) e tempi di ritorno plurisecolari (Braca *et al.*, 2002). Questi eventi spesso innescano effetti non trascurabili al suolo, tra cui fenomeni alluvionali (*flash flood*) e dissesti idrogeologici (colate rapide, conoidi detritico-alluvionali, ristagno delle acque in zone depresse) che si ripercuotono sull'ambiente costiero. Pertanto i dispositivi progettuali sostenibili, quali impianti di drenaggio e lagunaggio, *bioswales* e *rain gardens*, sono indispensabili per contrastare gli effetti negativi di tali fenomeni, scongiurando fenomeni di allagamento.

Tra le opportunità esistenti nella zona vi è inoltre l'ulteriore risorsa delle acque termali, note da sempre, presenti in superficie intorno ai 50 gradi centigradi, le cui proprietà sono state decantate sin dall'antichità (Greco, 1927) e la cui utilizzazione può essere opportunamente potenziata sia per fini terapeutici, sia per lo sfruttamento dell'energia

geotermica. Questa caratteristica può contribuire utilmente a delineare una nuova immagine della zona, che si distinguerebbe per una connotazione ecologica, con speciale attenzione agli aspetti legati alla salute, da opporre all'attuale condizione insensibile alla tutela delle risorse esistenti.

**Suolo.** La sabbia fine e chiara costituisce gran parte della risorsa suolo, con presenza di fenomeni erosivi. Per contrastarli un primo approccio è l'attuazione di strategie per favorire i fenomeni di scambio osmotico tra spiaggia, duna e retroduna, consentiti dal regime eolico. Tali scambi sono ad oggi impediti in tutti quei luoghi dove le strutture antropiche sono disposte proprio dove sorgeva il cordone dunare. Un ripensamento della disposizione e della configurazione di queste strutture, laddove possibile, può certamente favorire il *trend* evolutivo del litorale, permettendone una variazione periodica più simile a quella dovuta ai fenomeni naturali.

Invece la sistemazione di passerelle sopraelevate per attraversare i cordoni dunari esistenti (fig. 13.3), che in alcuni tratti si trovano ancora in buono stato, ne garantisce la salvaguardia. Le siepi in legno sono utili a proteggerli e favorirne la stabilizzazione o la nuova formazione, anche attraverso la cura della flora caratteristica. Inoltre, il patrimonio vegetazionale deve diventare l'ossatura della rete dei corridoi ecologici da costruire o rinforzare. Filari di alberi lungo i percorsi ne permetteranno il riequilibrio termoigrometrico e quindi una gradevole fruizione anche durante l'estate, costituendo un indicatore visivo per un agevole orientamento durante la percorrenza, adottando sezioni stradali tipo, differenziate in funzione della gerarchia (Valente, 2006).



Fig. 13.3 - Relitti dunari scarsamente vegetati nella zona di Sinuessa

Fonte: foto di Renata Valente, 2014

È possibile contribuire a definire strategie di riqualificazione ambientale per zone di costa bassa e sabbiosa in area mediterranea, anche attraverso l'uso di tecnologie integrate di difesa litoranea e produzione di energia da fonti rinnovabili. Il problema specifico di degrado ambientale proprio del morfotipo in questione è l'erosione costiera, causata dalla mancanza di apporto di sedimenti fluviali al mare, dalle opere di protezione incongrue e da cementificazione e scavo di trincee nelle zone dunari e di spiaggia. Tecnologie sostenibili di intervento (Valente & Donadio, 2007), costituite da un sistema di tubi e pozzetti di drenaggio interrati (da posizionare a minima distanza dalla linea di riva) connessi a pompe idrauliche, sono in grado di contrastare il fenomeno dell'erosione e di riattivare il meccanismo naturale di stabilizzazione del litorale sabbioso in tempi rapidi. Il sistema, già applicato in Italia con ottimi risultati in termini di progradazione della spiaggia (Bibione, Alassio, Ostia, Procida e Metaponto), permette di intervenire sui litorali mediante piccoli impianti a basso impatto ambientale, con costi inferiori nel medio termine rispetto alle tradizionali opere di difesa costiera.

Supportando tali apparati, che necessitano di un apporto limitato di energia, con sistemi di alimentazione elettrica derivanti da fonti rinnovabili come pannelli fotovoltaici e microgeneratori eolici si è in grado di configurare sistemi integrati, utili sia per il ripristino della linea di riva, sia per la riqualificazione sostenibile di ampie fasce di territorio costiero (fig. 13.4). Attraverso la creazione di serbatoi e piscine di acqua marina filtrata e la possibilità di usare acqua desalinizzata per scopi che non necessitano della potabilità, come ad esempio irrigazione di orti e coltivazioni a carattere produttivo in prossimità della costa, con sistemi di questo genere è possibile realizzare interventi rivolti alla riqualificazione di ampie zone litoranee. Ciò si rivela utile per attività sia stagionali di carattere ricreativo, sia relative al risanamento e alla rivitalizzazione di nuclei residenziali costieri mancanti di un adeguato supporto infrastrutturale per le funzioni sociali, fisico-motorie e del tempo libero (Bosco & Valente, 2008).

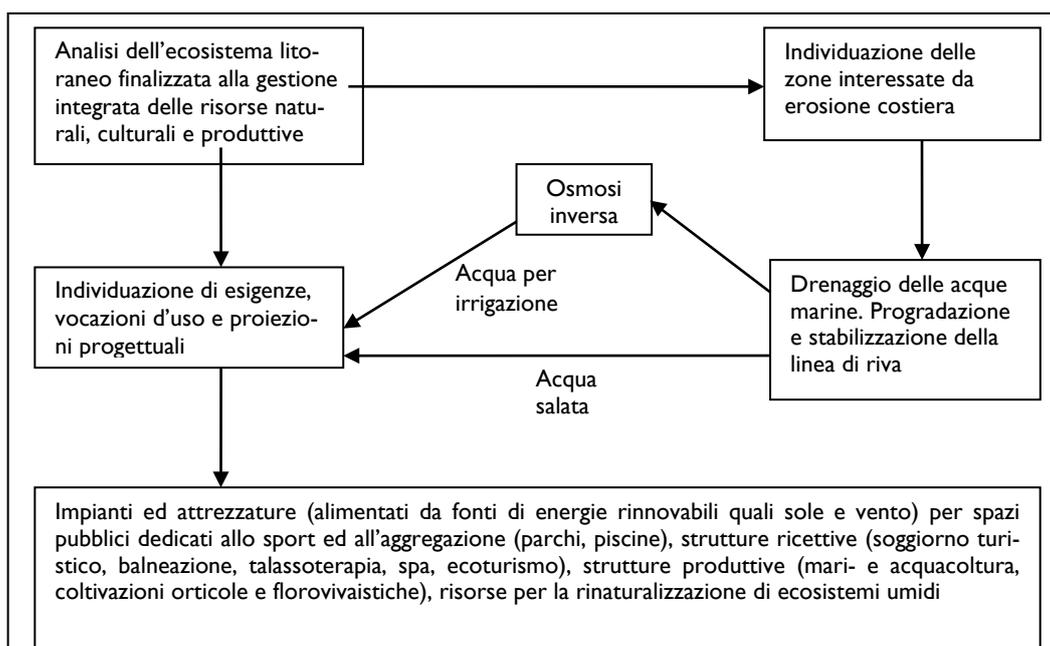


Fig. 13.4 - Le fasi di analisi e le tecnologie utilizzate per l'intervento di riqualificazione del litorale

In relazione agli aspetti vegetazionali presenti nell'area, oltre alle essenze tipiche della macchia mediterranea, si osserva come tra le coltivazioni proprie dell'area erano noti dai tempi dei Romani i vigneti della zona, che si estendevano dai monti alla costa. Secondo Plinio tre erano le qualità differenti: il "Gaorano" dalle vigne sul Monte Massico, leggermente amaro; il "Falerno" propriamente detto, più secco, dalle vigne ai piedi del monte ed il "Faustino", denso e dolce, ricavato dai vigneti su sabbia, caratteristiche dell'area. In particolare questa ultima tipologia di coltivazione dava luogo a caratteristiche di paesaggio presenti ancora pochi anni or sono (figg. 13.5 e 13.6) (Sciaudone, 2009). Tale risorsa – opportunamente ripresa e potenziata per la peculiare caratteristica della sabbia di presentarsi resistente alla fillossera<sup>1</sup> – potrebbe collaborare a determinare la nuova immagine proposta, avviando un processo dinamico di integrazione e avvicinamento tra le varie potenzialità del territorio. Queste, messe in rete, favoriscono rapporti con altre regioni, generando ulteriori reti più estese, incrociando i flussi legati al turismo ed alla cultura enologica sostenibile.



Fig.13.5 - Vigneto in filari sulla sabbia

Fonte: Sciaudone, 2009



Fig.13.6 - Le zone coltivate in prossimità della spiaggia

Fonte: Paolo De Stefano, 2006

**Clima.** Il clima meteomarinico del litorale di *Sinuessa* presenta un *fetch* geografico con settore di traversia principale orientato verso sudovest, esteso per oltre 700 km, e due settori secondari rispettivamente a sud e nordovest, con distanza di mare libero inferiore a 200 km; il *fetch* efficace, calcolato per la massima estensione con direzione sudovest, è pari a 400 km (De Pippo *et al.*, 2008). I venti che generano mareggiate significative spirano soprattutto dai quadranti occidentali: III (sudovest, libeccio; ovest, ponente) e IV (nordovest, maestrale), con prevalenza del maestrale e dominanza del libeccio. Questi venti sono stati gli agenti costruttivi sia dei paleocordoni dunari presenti all'interno della piana costiera, sia della duna recente, oggi in parte in erosione, estesa parallelamente alla riva.

<sup>1</sup> Fillossera della vite, *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856), insetto proveniente dal Nord America, potenziale sterminatore delle vigne.

Un'influenza non trascurabile sottoriva è data anche da venti intensi (maggiori di 10 nodi) provenienti dai quadranti orientali: I (nordest, grecale; est, levante) e II (sudest, scirocco), specie durante il periodo autunnale-invernale e talvolta primaverile-estivo. Inoltre, negli ultimi cinquant'anni si registra una variazione della direzione e frequenza dei venti (Pirazzoli & Tomasin, 2003) ed una progressiva diminuzione delle calme che influisce pure sull'agitazione del moto ondoso (De Pippo *et al.*, 2008). Tale condizione meteorologica indica la vocazione della zona ad ospitare attività ludiche e sportive, quali vela, *kyte* e *windsurf*, che opportunamente potenziate con organizzazioni di *contest* introdurrebbero altri elementi del mosaico di offerte turistiche interconnesse.

**Energia.** I dati relativi alle temperature e all'irraggiamento, nel confermare la vocazione balneare dell'area, confermano l'opportunità di utilizzare l'energia solare. Le temperature medie annue sono caratteristiche del clima di tipo mediterraneo (Csa *sensu* Köppen, 1936) delle medie latitudini in cui ricade questo territorio costiero (Mennella, 1967), pari a circa 18 °C/anno, con minimi in inverno (7 °C) e massimi d'estate (29 °C). Tuttavia, nell'intervallo 1872-2005 si registra un aumento delle temperature minime pari a 2,3 °C (Mazzarella, 2007a) e dal 1850 al 2005 un incremento della temperatura media pari a circa 0,7 °C, legato a brevi e cicliche crisi climatiche caldo-aride (Mazzarella, 2007b) piuttosto che al solo riscaldamento globale (IPCC, 2007). Di contro, non si riscontra l'effetto isola di calore urbano (Palumbo & Mazzarella, 1981) sia per la scarsa urbanizzazione dell'area, sia per la presenza di un vicino specchio d'acqua interno alla piana (Lago di Falciano del Massico) e la prossimità del Mar Tirreno che lambisce il prisma litoraneo mitigando le temperature dell'aria. La copertura nuvolosa è massima nel semestre invernale e minima in quello estivo, con un numero di giorni con cielo sereno pari 120 e di giorni con cielo misto o coperto pari a 245 nel periodo 1976-2000, mentre si osserva un decremento del 25% nel numero dei giorni sereni all'anno ed un incremento del 20% nel numero di giorni nuvolosi o misti all'anno dal 1876 al 2000 (Mazzarella, 2007).

Dunque energia da sole, vento ma anche da moto ondoso possono essere tra i *driver* di innovazione e ecocompatibilità della zona di *Sinuessa*: infatti le altezze d'onda calcolate con il metodo S.M.B. (Sverdrup & Munk, 1947; Bretshneider, 1958) variano da un minimo di 0,1 m ad un massimo di 5,5 m; quest'ultima, proveniente dall'intervallo 167.5°-172.5°, risulta di circa 1 m più alta delle massime onde dei contigui settori a nordovest e sudest. I periodi d'onda variano da un minimo di circa 1 secondo ad un massimo di 9 secondi. Infine, il maggior apporto energetico associato alle mareggiate proviene dalle direzioni comprese tra circa 157.5° e 217.5° (De Pippo *et al.*, 2008).

**Costruito.** La disamina sulle trasformazioni e sui processi antropici attivi nella zona parte dalla considerazione del patrimonio costruito e per esso dapprima delle numerose preesistenze archeologiche complementari alla zona sommersa di *Sinuessa*, presentati e discussi nei contributi dedicati (figg. 13.4 e 13.5). L'interesse ed il fascino suscitati da tali beni preziosi devono essere valorizzati da un sistema di connessione in rete, interrogabile *online* e rintracciabile attraverso una cartellonistica aggiornata ed interattiva, che guidi gli utenti interessati stimolandoli verso nuove mete contigue alla scoperta delle tracce appena latenti o invisibili.

La rete risulterebbe rafforzata inoltre dai rimandi a quella dei siti architettonici di pregio nell'entroterra, dalla Reggia di Caserta, al Real Sito di Carditello, alla messe di opere diffuse nel territorio limitrofo, comprendenti anche un patrimonio minore comunque dotato di notevoli potenzialità da valorizzare. Inoltre, la risistemazione di masserie e casali, il recupero dei manufatti di pregio, la riqualificazione ambientale delle zone a coltura, anche attraverso la reimmissione di tecniche operative tradizionali dei luoghi, può fare da scenario complementare a quello di una fascia costiera quasi ovunque sovraffollata di usi impropri a carattere sia stanziale sia transitorio, che ne determinano lo sfruttamento miope e ormai poco redditizio (Valente, 2003). Questa strategia di uso diffuso del territorio punta ad un suo uso che sia più leggero per la dispersione della pressione antropica, la quale, se correttamente eco-orientata, può attivare fenomeni virtuosi di sviluppo autoctono, con lo sfruttamento di beni quali piccoli edifici, o repertori di cultura locale legata alla produzione agricola o artigianale, altrimenti irraggiungibili dalle attuali arterie dei flussi di collegamento. Si tratta quindi di una moltiplicazione delle opportunità per l'utente turista attraverso le sinergie degli imprenditori, che possono sommare le reciproche offerte per una maggiore qualificazione dei luoghi interessati dall'intervento. Un'altra conseguenza indotta da questo "pendolarismo controllato" tra costa ed entroterra è la sollecitazione della fruizione dinamica del paesaggio, da e verso la campagna, ovvero una gentile spinta verso l'opportunità di mutare prospettiva e scorci su paesaggi troppo spesso fruiti in maniera statica e quindi limitata, da consuetudine e disinformazione. Si configura pertanto un'operazione culturale che ha l'obiettivo di cogliere un'occasione per mostrare alternative e spostare sguardi (Valente, 2003).



Fig.13.7 - La via Appia nei pressi di Baia Azzurra  
Fonte: foto di Renata Valente, 2014



Fig.13.8 - Particolare del marciapiede della via Appia presso Baia Azzurra  
Fonte: foto di Renata Valente, 2014

I flussi di attraversamento proposti inducono la necessità di rivedere l'organizzazione della mobilità sul territorio, mediante il governo delle caratteristiche necessarie per le infrastrutture trasversali per la penetrazione all'interno della costa attraverso la zona rurale. Le considerazioni sulla realizzazione e riqualificazione del sistema di strade extra-urbane riguardano l'opportunità di compensare le perdite di superficie (attraverso il trattamento dei margini della strada secondo adeguati criteri paesistici e la realizzazione di funzioni naturali su superfici a maggiore distanza dalla strada), della riduzione dei disturbi al quadro paesistico (attraverso schermature e il modellamento del corpo stradale), dell'effetto di isolamento dei biotopi (attraverso la realizzazione di sovrappassi o sottopassi che tutelino l'attraversamento degli animali), del rumore (mediante schermature naturali o artificiali) e delle immissioni di sostanze chimiche (attraverso l'incentivazione di trasporti collettivi e ecologici quali auto elettriche o biciclette) (Valente, 2003).

Nel nuovo ecosistema sinergico e complesso che si sta prefigurando al livello di meta-progetto, occorre distinguere le attività insediative di carattere permanente e stagionale per differenziarne le specificità di prestazioni richieste alle strutture ospitanti. Nel primo caso si identifica immediatamente la vocazione al recupero dei manufatti storici, quali le masserie e le case coloniche di cui è punteggiato il territorio; nel secondo caso è necessario immaginare la localizzazione e la tipologia delle strutture transitorie in lotti liberi o poco produttivi (Valente, 2003). Per tali operazioni andrà scelto l'uso delle fonti energetiche rinnovabili, sia per l'alimentazione dell'illuminazione e dei servizi dei percorsi, sia per quella dell'edilizia privata, i cui proprietari vanno spinti a dotarsi di pannelli fotovoltaici, impianti solari termici e di microgeneratori eolici.

Le condizioni ambientali e insediative descritte indicano la possibilità di diverse articolazioni per le destinazioni d'uso presenti sul litorale, le quali possono arricchirsi di nuove tipologie per differenziare e qualificare l'offerta turistica della zona, quali ad esempio attrezzature destinate allo sport, con il potenziamento di quelle dedicate alla pesca, o piccole nuove infrastrutture per la nautica da diporto, quali i porti-spiaggia, o ancora strutture stagionali galleggianti (Valente, 2006). Infatti è mediante queste ultime che durante la buona stagione sarebbe possibile avvicinarsi alle zone archeologiche sommerse, *focus* centrale di interesse dell'area. La fruizione di questa risorsa di elevato interesse scientifico può avvenire in più modi, a seconda dei momenti dell'anno e delle attitudini del visitatore. Si passa dalla possibilità di apprezzarle con immersioni subacquee per coloro che sono in grado, o navigando con natanti dal fondo trasparente, o con riprese da telecamere sommerse, sia *online* sia in un museo dedicato, laddove siano stati raccolti i reperti e le ricostruzioni virtuali e reali delle zone investigate. Tali differenze comportano condizioni di gestione molto differenti ed alcune particolarmente difficili come quelle del turismo subacqueo. Delgado (2011) ricorda come la tendenza più recente verso una grande mobilità e l'ecoturismo, abbiano incoraggiato la tutela e esibizione *in situ* dei siti archeologici. Peraltro, l'accesso più facile ai siti sommersi e lo sviluppo dell'archeologia subacquea hanno portato alla crescita di interesse, anche attraverso la semplificazione dei *tour* virtuali. Il turismo subacqueo è definito come prosimo punto di accesso, molto più complesso nell'esecuzione (Delgado, 2011):

«Alternativa è l'utilizzare nuove tecnologie per un accesso non subacqueo che hanno aperto la porta a nuove forme di interpretazione e a un differente tipo di turismo. Questo non so-

stituirà ma si aggiungerà e rafforzerà il turismo esistente sopra e sotto l'acqua. Video tridimensionali, tour interattivi *online* che simulano un'immersione, *webcats*, presentazioni "live from the dive" di archeologi ed educatori che presentano programmi *live* interattivi dal sottofondo [...], così come il concetto di musei subacquei con passeggiate attraverso tunnel trasparenti come negli acquari, offre grandi potenzialità, in molti casi già dimostrate.»

È tuttavia pienamente condivisibile la posizione di Delgado quando sostiene che si debba studiare proteggere le vestigia del passato per scoprire e condividere ciò che si impara, continuando a sostenere l'accesso pubblico per la sostenibilità delle risorse e la sua abilità di rafforzare la comprensione, la passione e l'interesse per le generazioni future (Delgado, 2011).

**Mobilità.** Tra gli aspetti relativi ai processi di antropizzazione della zona vi è la necessità di applicare criteri di sostenibilità anche al sistema della mobilità, attualmente affidato esclusivamente al traffico carrabile privato. Nuovo *driver* di rilancio ecoturistico è sicuramente il progetto di una rete di percorsi ciclabili e pedonali integrati, raccordati sia con la rete ferroviaria più interna, sia anche con un sistema di spostamento via mare con le località regionali. Tali percorrenze potranno avere sia connotazione sportiva, legata al *training* agonistico, sia amatoriale, connessa alle reti archeologica, architettonica e monumentale, termale e gastronomica già descritte sino ad ora. La stessa storia della via Appia (*regina viarum*), nei suoi tratti antichi e recenti, opportunamente attrezzata per ospitare in sicurezza i fruitori, suggerisce un percorso che può presentare soste con offerte di qualità. La proposizione di *card* dedicate con particolari tariffe fornirà ulteriori suggerimenti di visita, stimolando nuovi interessi e connessioni impreviste.

### Reti fruibili interconnesse

Dalla lettura delle caratteristiche del luogo emerge dunque la proposta di una strategia basata su differenti livelli di fruizione dell'area in connessione con reti che collegano con altri luoghi della regione legati a tematiche identificative: 1. i beni archeologici sommersi d'epoca romana (*Sinuessa*, Baia, Posillipo) ed emersi (*Liternum*, Cuma, Baia, Pozzuoli, Napoli, Ercolano, *Oplonti*, Pompei, *Stabia*, *Paestum*, *Velia*); 2. le terme naturali (*Sinuessa*, Roccamonfina, Agnano, Bagnoli, Ischia, Castellammare di Stabia, Scrajo); 3. le specificità produttive gastronomiche (vino, latticini, frutta, ortaggi); 4. la praticabilità di sport quali pesca con canna, attività subacquee, vela, *windsurf*, *kite*. Questo approccio permette così di delineare *layers* tematici che sovrapposti moltiplicano esponenzialmente le possibilità di intercettazione di utenti interessati.

Se la connettività telematica è di enorme supporto per la costruzione di una siffatta tipologia di offerta turistica, è fondamentale tuttavia che alcuni punti fisici da intendere come *hub* scambiatori delle reti tematiche proposte fungano da supporti e catalizzatori per le attività descritte. Per essi sarà di cruciale importanza scegliere contenitori edificati esistenti, da riqualificare secondo criteri di bioarchitettura, affinché costituiscano *landmark* rappresentativi della nuova offerta fruibile e siano simbolo per modalità aggiornate e sostenibili di intervento nel territorio.

### Ringraziamenti

Si ringrazia l'arch. Paolo De Stefano per le foto gentilmente fornite.



## Capitolo 14

### Elaborazione di un itinerario subacqueo sul banco roccioso

Alfredo Trocciola, Carmine Minopoli, Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Pasquale Sarao,  
Rosario Santanastasio, Raffaele Pica

#### Introduzione

Nell'ambito delle azioni messe in campo dall'ENEA per la valorizzazione dell'area marina di *Sinuessa*, è stato elaborato un itinerario subacqueo geoarcheologico sul banco roccioso sommerso dove oggi è possibile osservare importanti testimonianze di questa antica colonia romana. Il turismo subacqueo con una connotazione archeologica può rappresentare una valida opportunità per le comunità locali per ampliare l'offerta turistica sul territorio, in modo da rilanciare l'immagine e la valorizzazione del patrimonio storico e ambientale. Anche perché l'archeologia moderna suggerisce, laddove è possibile, la lettura dei reperti archeologici nel loro contesto di giacitura, in quanto portatori di intrinseci valori (Melotti, 2007, 2008; Purpura, 2009).

In questi ultimi anni i ricercatori dell'ENEA, attraverso diverse attività e gruppi di lavoro, hanno fornito un contributo per connotare dal punto di vista scientifico itinerari subacquei in alcuni siti. Ad esempio, si citano i percorsi, individuati all'interno dell'Area Marina Protetta delle isole Egadi ed in particolare nelle isole di Favignana (15 percorsi) nel 2012 e di Levanzo (2 percorsi) e Marettimo (11 percorsi) nel 2014 (Cocito *et al.*, 2012, 2014).

I percorsi finora studiati sono per lo più di tipo naturalistico ed incentivano un turismo sostenibile esaltando alcune peculiarità degli ecosistemi marini. Per l'area di *Sinuessa*, d'altro canto, sono stati presi in considerazione alcuni particolari aspetti geomorfologici e antropici (geoarcheologici) che portano a classificare il sito come un geoarcheosito (Lena, 2009). Inoltre, la Convenzione UNESCO sulla Protezione del Patrimonio Culturale Subacqueo del 2001 (UNESCO, 2001), in accordo con il nostro Codice Civile (art. 822 e 826), indica che un bene culturale ritrovato sui fondali marini, da chiunque e in qualunque modo appartiene alla collettività e, a seconda che si tratti di beni culturali mobili o immobili, fa parte del demanio o del patrimonio indisponibile. La Convenzione ha rappresentato alle soglie del terzo millennio la più concreta risposta da parte della comunità internazionale al continuo saccheggio operato sul patrimonio culturale presente sui fondali, indicando come una valida prerogativa l'istituzione di percorsi archeologici subacquei.

La Convenzione, recepita in Italia nel 2010, dovrebbe favorire l'individuazione e la realizzazione di itinerari o aree archeologiche subacquee, attrezzate e fruibili da parte del pubblico lungo gli 8.000 km delle nostre coste. Il percorso di attuazione è lento e faticoso; in Campania, a tutt'oggi, si rilevano itinerari nei parchi archeologici di Baia e Gaioia (aree marine protette istituite nel 2002) ed Ischia (2014).

Molte altre iniziative in Italia sono ancora in itinere o in fase embrionale (ad es. a Montalto di Castro, Pyrgi, Isole Tremiti ecc.).

D'altro canto vi sono esempi di Stati rivieraschi del Mediterraneo (l'Egitto con Alessandria e Assuan, la Spagna con Emporion e Capo Finisterre, la Grecia con Corfù e Pavlopetri ecc.), che hanno fatto leva sulla Convezione investendo molto nell'archeologia subacquea, in modo da tradurla in uno dei settori trainanti della loro filiera economica turistica. Nel nostro Paese solo la regione Sicilia, dal 2004, ha istituito una apposita Soprintendenza del Mare che, grazie alla conformazione geografica insulare ed autonomia di gestione, ha trasferito ingenti risorse economiche alle politiche di tutela dei beni archeologici sommersi (Legambiente, 2007; Purpora, 2009; SCRAS, 2013).

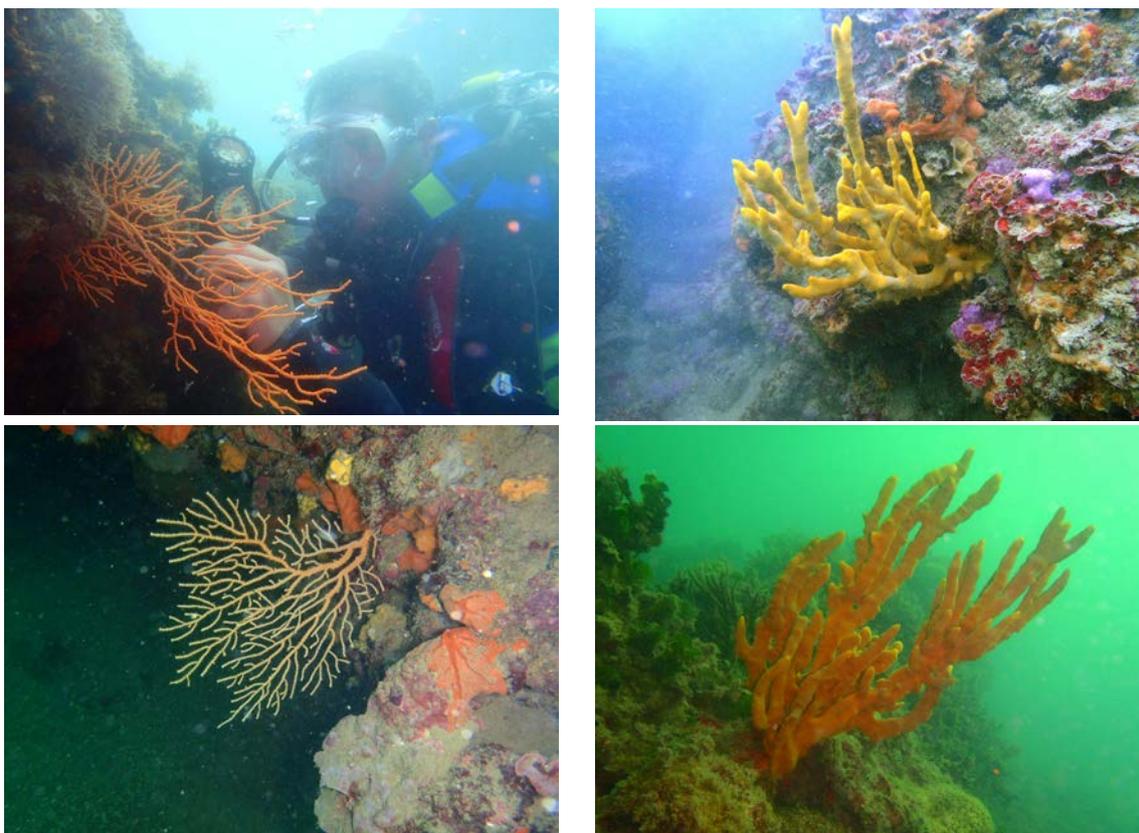
L'esperienza dell'ultimo decennio ha mostrato chiaramente che la strada per la fruizione in loco del patrimonio culturale subacqueo è ancora lunga da percorrere. Oltre alla intrinseca difficoltà di raggiungere sul fondo del mare le bellezze naturali o i reperti, vi è una forte frammentazione delle responsabilità e degli ambiti di competenza ai quali si aggiungono, come nel caso della Regione Campania, particolari fattori antropici. Ancor di più nelle aree del litorale *domitio*, dove vi è la presenza di ambienti resi particolarmente vulnerabili dalla forte pressione antropica, questa "sfida" si rivela di particolare interesse.

Nel 2012 l'amministrazione comunale di Sessa Aurunca ha scelto di coinvolgere l'ENEA per analizzare i possibili aspetti dello sviluppo sostenibile dell'area marina di *Sinuessa*. L'elaborazione di un itinerario subacqueo, che esaltasse i punti di forza del sito, *in primis* la geologia e l'archeologia, è apparso subito un valore su cui puntare. Per tale scopo sono state predisposte campagne di rilievi marini, a partire dal maggio 2012, nel territorio comunale di Sessa Aurunca compreso tra rio San Limato e la Baia Azzurra. Il banco sommerso dista 650 m dalla spiaggia, estendendosi in maniera parallela alla linea di costa lungo il litorale comunale di Mondragone, Sessa Aurunca e Cellole. La superficie complessiva della formazione tufacea è di circa 16 km<sup>2</sup> (8 km di lunghezza per circa 2 km di larghezza), ed affiora da un fondale sabbioso per circa due/tre metri. Il banco è costituito dalla formazione del Tufo Grigio Campano correlato alla parossistica eruzione avvenuta circa 39.000 anni fa ai Campi Flegrei (fig. 9.9a). La torbidità delle acque di *Sinuessa*, dovuta alla sospensione dei sedimenti e al consistente apporto dei nutrienti dai corsi d'acqua fluviali del Garigliano e Volturno, ha scoraggiato l'esplorazione, ma ha anche preservato il sito dalla diffusa attività clandestina (tab. I).

Gli apporti fluviali, inoltre, riducono in modo significativo la luminosità delle acque dell'*habitat* del banco roccioso a causa di variazioni di torbidità, salinità e concentrazione dei nutrienti. Queste caratteristiche, insieme alla morfologia dei fondali, danno vita ad un ecosistema particolarmente ricco di biodiversità con organismi biologici che generalmente sono presenti a profondità ben maggiori nel Mediterraneo (*Axinella polypoides*, *Eunicella cavolinii*) (Trocciola *et al.*, 2013) (fig. 14.1).

Trasparenza delle acque marine (in metri)									
Campagna marina 2012	Trasparenza verti- cale (disco di Secchi)		Trasparenza sul fondo (palina metrica)		Campagna marina 2013	Trasparenza verti- cale (disco di Secchi)		Trasparenza sul fondo (palina metrica)	
	Area Pilae	Area Strada	Area Pilae	Area Strada		Area Pilae	Area Strada	Area Pilae	Area Strada
06/06	3,7	1,5	2,0	1,5	13/06	2,0	2,0	2,5	2,0
22/06	4,0	3,0	2,0	2,0	28/06	1,5	1,5	2,0	2,0
29/06	4,0	2,5	3,0	2,5	11/07	3,5	3,0	5,0	2,5
05/07	5,0	2,5	3,0	2,0	18/07	3,0	2,5	3,5	2,0
16/07	2,0	1,5	1,5	1,0	25/07	2,5	2,5	3,5	2,0
20/07	3,0	2,5	2,5	1,5	26/09	3,0	<b>2,5</b>	3,5	2,0
07/08	3,5	2,5	2,0	2,0	24/10	1,5	1,5	1,0	1,0
12/09	3,5	2,5	3,0	2,5	01/11	1,0	1,0	1,5	1,0
<b>Media</b>	<b>3,6</b>	<b>2,3</b>	<b>2,3</b>	<b>1,8</b>	<b>Media</b>	<b>2,2</b>	<b>2,1</b>	<b>2,8</b>	<b>1,8</b>

Tab. I - Misure di torbidità delle acque marine nell'area di Sinuessa

Fig.14.1 - *Eunicella cavolinii* (a sinistra) e *Axinella polypoides* (a destra) sul banco di Sinuessa a profondità di 9/10 m

Nell'elaborazione dell'itinerario archeologico subacqueo di *Sinuessa* si è fatto riferimento alla Soprintendenza del Mare della Sicilia, in modo da seguire le loro procedure metodologiche ed operative, nell'ottica del riconoscimento e della trasferibilità delle *best practices*. In prima istanza si è verificata l'esistenza dei parametri ritenuti essenziali per procedere ad istituire il percorso sommerso (Salvatori, 2010):

- presenza di reperti *in situ*;
- praticabilità di immersione (profondità, sicurezza dello spazio di mare, agibilità ecologica dell'area);
- esistenza di guide subacquee individuate in strutture locali (*diving*, associazioni, *club*, riserve, condizioni di sicurezza per durata e tipologia delle immersioni ecc.).

Verificate le condizioni di partenza, si è passati all'elaborazione dell'itinerario con l'obiettivo di definire un modello di valorizzazione (Purpura, 1999, 2009; Salvatori, 2010), che prendesse in prospettiva l'oggetto archeologico come depositario di un messaggio storico, tipologico e contestuale ben preciso, in modo da offrire ad ogni visitatore opportunità e mezzi per la ricostruzione storica.

Una prima fase ha comportato l'analisi delle fonti classiche, bibliografiche ed informazioni reperite dai locali per pianificare ed ottimizzare la fase della ricognizione, eseguita con indagini elettroacustiche e direttamente mediante immersioni con autorespiratore. L'area investigata è stata delimitata prendendo a riferimento i dati georeferenziati, provenienti dalla campagna effettuata nel 2012 dall'ENEA, centrati sulle evidenze geologiche e sui resti archeologici di antiche strutture (*pilae*) rilevate a circa 650 m dalla linea di riva sul fondale profondo circa 10 m.

La tecnologia adoperata si basa sul *sonar* a scansione laterale ad alta risoluzione (*Side Scan Sonar*) già utilizzata in campo archeologico (Giordano *et al.*, 2010). Tale tecnica mediante la georeferenziazione delle immagini, rilevate con il sistema GPS Differenziale (*Differential Global Positioning System*), ha consentito di censire l'ubicazione dei reperti disseminati nell'area con estrema precisione.

L'area di indagine, 1.000 x 1.500 m di lato, è stata oggetto di rilievo con *Sonar* in modalità operative atte a restituire la migliore precisione dei sonogrammi mediante mosaicatura (Trocciola *et al.*, 2013, 2014).

In seguito è stata eseguita l'interpretazione delle strutture geomorfologiche e geoarcheologiche evidenziate dal *Side Scan Sonar* con dei rilievi di dettaglio in immersione anche per una verifica dei punti obiettivo (*target*), riconosciuti durante il rilievo geofisico (fig. 14.2).

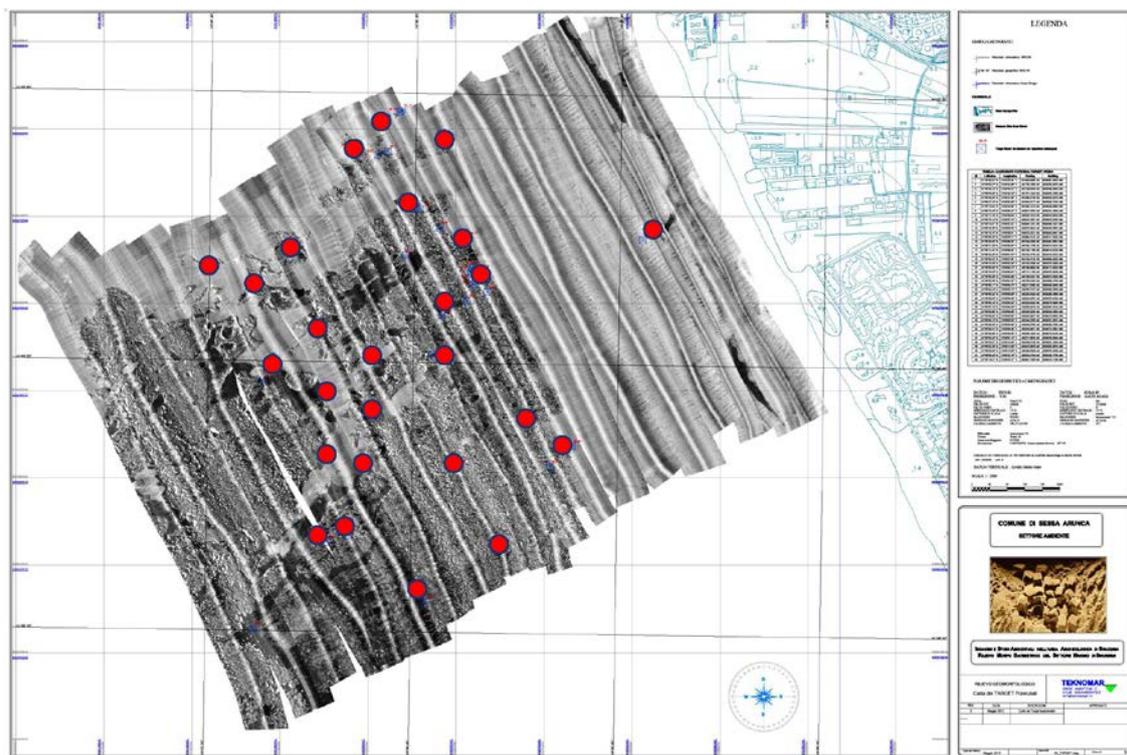


Fig.14.2 - Mosaicatura dei sonogrammi. I target ispezionati con immersioni dirette (ARA) sono evidenziati con il cerchio rosso

Dopo le suddette indagini preliminari è stato elaborato un percorso subacqueo per evidenziare i reperti archeologici rinvenuti sui fondali e le peculiarità naturali sommerse del banco roccioso di *Sinuessa*.

In tal modo i fondali dell'area investigata sono assimilabili ad un “museo diffuso” dove le testimonianze dell'uomo del passato convivono nel presente e vanno lette senza alterarne il contesto originario di giacitura.

Le principali evidenze archeologiche rilevate durante le campagne sono state segnalate con schede identificative predisposte da Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Sovrintendente di Mondragone-Sessa Aurunca (figg. 8.4, 8.6, 8.11, 8.12, 8.13, 8.14, 8.15, 8.17).

Ancora lungo il percorso sono stati evidenziati particolari *target* di interesse, quali ad es. tegole di epoca romana diagenizzate con il fondale (fig. 14.3) ed il fusto di un cannone (fig. 14.4), che confermano l'importanza dell'area marina investigata all'interno del Golfo di Gaeta.



Fig.14.3 - Tegole di epoca romana diagenizzate con il fondale alla profondità di 10,5 m

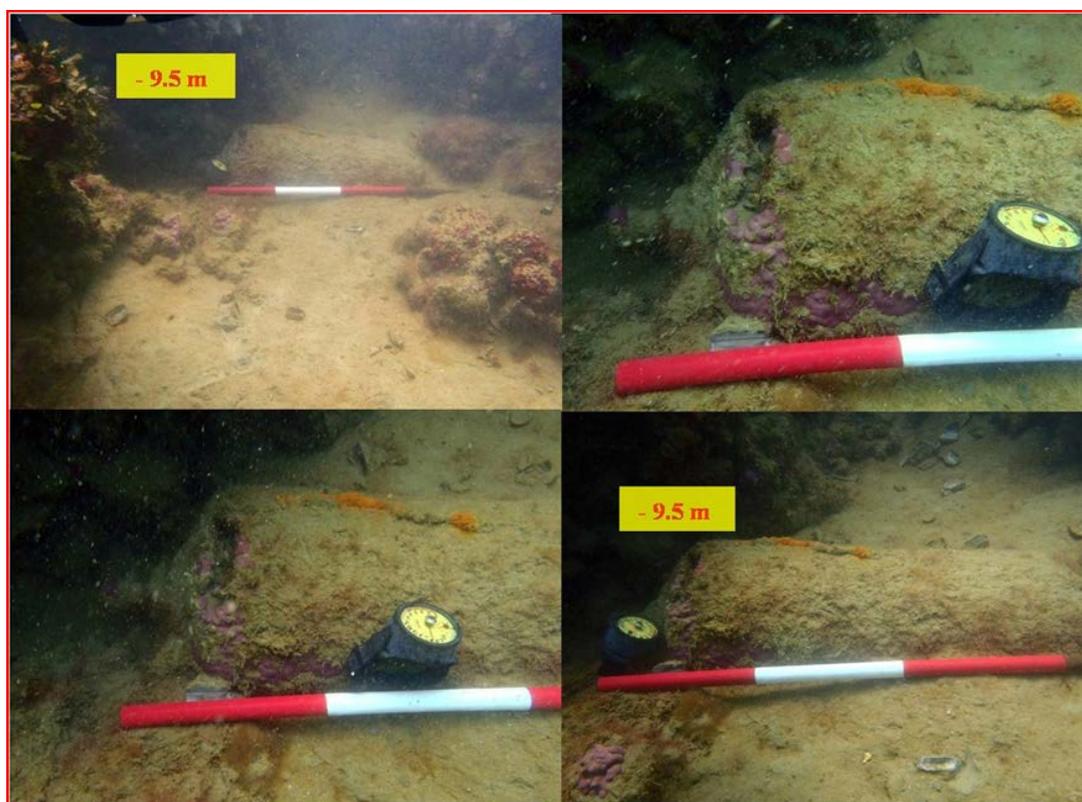


Fig. 14.4 - Spingarda di epoca imprecisata affiorante dal sedimento limoso, alla profondità di 9,5 m

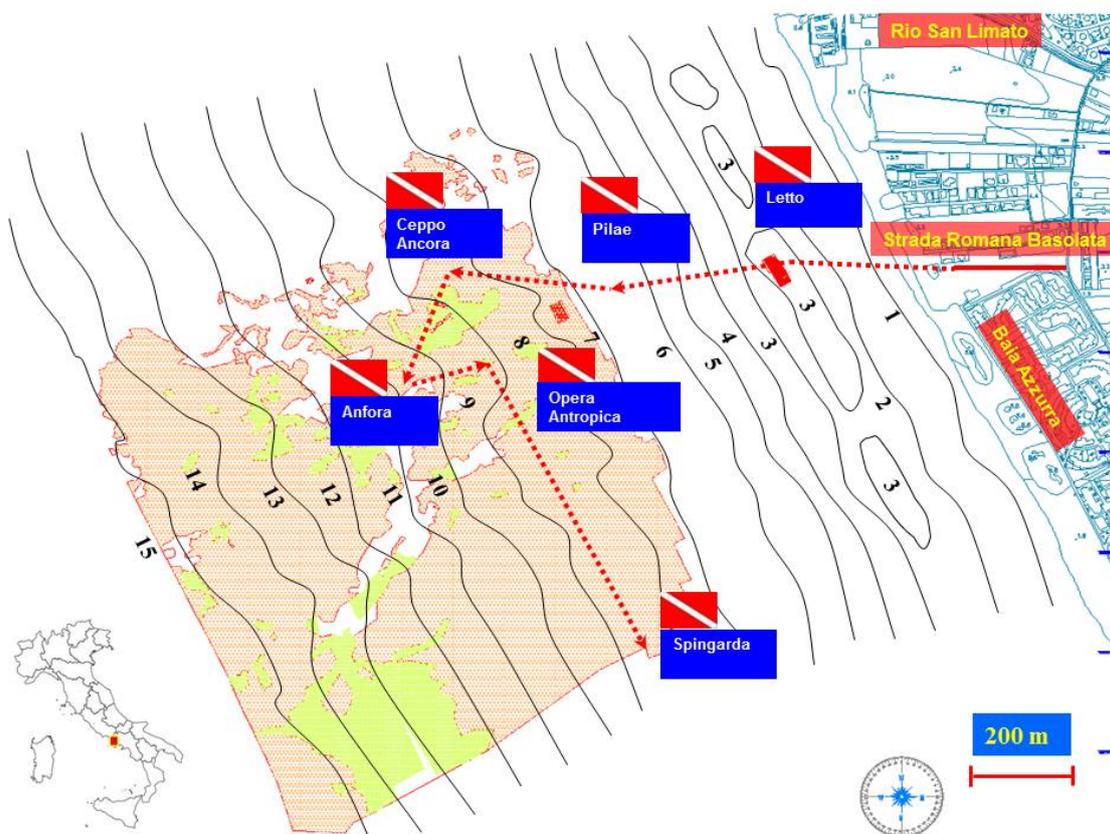


Fig.14.5 - Itinerario subacqueo su carta batimetrica dei fondali con ubicazione dei punti di maggiore interesse geoarcheologico

Per l'area marina di *Sinuessa* si è scelto di elaborare un itinerario lineare (Trocciola *et al.*, 2016) con l'ausilio ed il supporto di esperti istruttori subacquei e sommozzatori locali (associazione "Vivere il mare" di Sessa Aurunca) e di Ischia ("Orizzonti blu diving").

Il percorso previsto ha una lunghezza di circa due chilometri e si sviluppa lungo sei punti di immersione (c.d. *Blue Point*, fig. 14.5); dove per ogni punto sono state redatte apposite schede (fig. 14.6), che illustrano le caratteristiche geomorfologiche, archeologiche e naturalistiche che si osservano in immersione sui fondali.



Fig. 14.6 - Esempio di scheda descrittiva dell'immersione (*Blue Point*). L'acronimo TGC indica la formazione di Tufo Grigio Campano

Inoltre, ogni scheda riporta per i *Blue Point* le seguenti informazioni (tab. II):

- 1- tipologia di immersione (autorespiratore ad aria o *snorkeling*);
- 2- ubicazione del punto di immersione (coordinate GPS in WGS 84);
- 3- profondità (in metri);
- 4- fattori di difficoltà dell'immersione;
- 5- pregio archeologico e naturalistico.

Punto	Denominato	Coordinate	Profondità (m)	Difficoltà	Pregio
1	Letto	N 41°09' E 13°50'	3,2	Bassa	Buono
2	Pilae	N 41°09' E 13°50'	9	Media	Eccellente
3	Ceppo ancora	N 41°09' E 13°49'	10,5	Media	Molto buono
4	Anfora	N 41°09' E 13°49'	11	Media	Buono
5	Opera antropica	N 41°09' E 13°50'	9	Media	Molto buono
6	Spingarda	N 41°08' E 13°50'	9,5	Media	Molto buono

Tab. II - Riepilogo delle schede descrittive dei *Blue Point*

Il criterio di valutazione utilizzato (fig. 14.6) per indicare il pregio archeologico e/o naturalistico dei fondali contempla cinque classi (da scarso ad eccellente): così un ippocampo nella scheda del *Blue Point* fornirà informazioni circa un fondale con scarso valore naturalistico, mentre cinque simboli di ippocampo daranno informazioni di un alto pregio naturalistico di fondali ricchi di specie bentoniche ed ittiche (figg. 14.7 e 14.8).



Fig. 14.7 - Invertebrati rilevati sul banco di *Sinuessa* tra -8 e -10 m



Fig. 14.8 - Specie bentoniche presenti sui fondali del banco di *Sinuessa* a -12 m

Nella fase di progettazione dell'itinerario subacqueo, per le sue particolari caratteristiche di torbidità delle acque e l'esigua profondità di immersione, si è ipotizzato di renderlo fruibile anche ai subacquei affetti da handicap sensoriali visivi. Per i non vedenti o ipovedenti seguire un tracciato subacqueo di questo tipo rappresenterebbe una esperienza sensoriale imprescindibile, legata alla contestualizzazione dei resti archeologici in cui giacciono, ricoperti da spesse incrostazioni di flora e fauna di organismi marini.

L'istituzione di percorsi riservati ai diversamente abili in Italia sta prendendo sempre più piede dopo la creazione nel luglio 2010 ad Aci Castello (Catania), nell'Area Marina Protetta delle Isole Ciclopi, del primo itinerario tattile tra i reperti archeologici contrassegnati da etichette in sistema braille.

## Conclusioni

L'ENEA, insieme con il Comune di Sessa Aurunca (Caserta) ed altri organismi, ha progettato un primo itinerario subacqueo geoarcheologico nel tratto di mare antistante la costa del territorio comunale, tra rio San Limato e la Baia Azzurra. L'itinerario consentirà al turista, al residente, al ricercatore, o più in generale al "fruitore", di conoscere le risorse marine presenti sui fondali della antica colonia di *Sinuessa* e di comprendere l'importanza della loro conservazione. Tutto ciò incentiva l'offerta culturale della amministrazione locale, stimolando comportamenti corretti e azioni consapevoli per la salvaguardia del territorio.

Il percorso subacqueo elaborato in base alla Convenzione UNESCO del 2001, fornisce indicazioni a chi vuole intraprendere attività di *snorkeling* e di immersioni subacquee in ARA e, costituisce uno strumento divulgativo per stimolare l'osservazione del mondo archeologico sommerso e delle sue peculiarità naturalistiche.

Inoltre, gli aspetti scientifici e culturali dell'evoluzione geologica ed antropologica negli ultimi duemila anni di quel margine della Piana Campana possono certamente contribuire a definire l'identità di un luogo ed esaltarne le potenzialità. In questo modo l'area archeologica esaminata, nella sua duplice dimensione marina e terrestre, si candida a promuovere una fruizione ad ampio spettro (turistica, culturale, museale e ambientale) con una maggior tutela e favorendo, al tempo stesso, una valorizzazione partecipativa e sostenibile del turismo nell'intero territorio *domitio*.

## Bibliografia generale

- Àbalos & Herreros, 1997 – Areas de impunidad, Actar, Barcellona, p. 239.
- Abate D., De Pippo T., Ilardi M., Pennetta M., 1998 – Studio delle caratteristiche morfologiche quaternarie della Piana del Garigliano. Il Quaternario, *Italian Journal of Quaternary Sciences* 11(2), 149-158.
- Adam J.P., 1984 – L'arte di costruire presso i Romani. Materiali e tecniche. Longanesi & C., Milano.
- AdB NAZIONALE DEI FIUMI LIRI GARIGLIANO E VOLTURNO, 2007 – Rilievi eseguiti nell'ambito Piano Stralcio Erosione Costiera – Litorale Domitio approvato con DPCM 15/02/2013, pubblicato sulla *Gazzetta Ufficiale* n. 146 del 24/06/2013.
- AdB NAZIONALE DEI FIUMI LIRI GARIGLIANO E VOLTURNO, 2008 – Programma di difesa, riqualificazione e corretto uso dell'asta terminale del fiume Garigliano.
- AdB, 2013 – Piano stralcio Erosione Costiera - Litorale Domitio. Indagini geofisiche, Rilievo batimetrico *multibeam*, Indagini geologiche e geomorfologiche. Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno. *Gazzetta Ufficiale* n. 146, 24/06/2013.
- AGIP, 1977 – Temperature sotterranee. Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca e la produzione di idrocarburi in Italia. AGIP S.p.A. Ed. Arti Grafiche Brugora, Segrate (MI).
- Aiello G., Aquino I., Sacchi M., 1996 – Assetto tettonico-stratigrafico dei bacini plio-pleistocenici di Terracina e di Gaeta (Tirreno centro-orientale). Atti-Riunione GIS, Catania, 10-14 ottobre 1996, 39-42.
- Aiello G., Barra D., De Pippo T., Donadio C., Petrosino C., 2007 – Morphological evolution of volcanic islands near Naples, southern Italy. *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.* 51(2), 165-190.
- Alessio M., Bella F., Improta S., Belluomini G., Calderoni G., Cortesi C., Turi, F., 1974 – University of Rome Carbon - 14 dates XII. *Radiocarbon* 15, 165-178.
- Altomare A., Cuocci C., Giacobazzo C., Moliterni A., Rizzi R., 2008 – QUALX: a computer program for qualitative analysis using powder diffraction data, *J. Appl. Cryst.*, 41, 815-817.
- Amouretti M.C., 1986 – Le pain et l'huile dans la Grèce antique. De l'aire au moulin. *Annales littéraires de l'Université de Besançon* 328, Paris.
- Amouretti M.C., Brun, J.P., 1993 – La production du vin et de l'huile en Méditerranée. *BCH Suppl.* 26, Athens.
- Angelucci A., Palmerini V., 1964 – Studio sedimentologico delle sabbie rosse di Piverno (Lazio sud-occidentale). *Geologica Romana* 3, 203-226.

- Anzidei M., Benini A., Lambeck K., Antonioli F., Esposito A., Surace L., 2003 – Siti archeologici costieri di età romana come indicatori delle variazioni del livello del mare: un'applicazione al Mare Tirreno (Italia centrale). In: De Maria L., Turchetti R. (Eds.), *Evolution Paleambiental de los puertos y fondeaderos antiguos en el Mediterraneo occidental. I seminario ANSER*, 14-15 november 2003, Alicante, Spain. Rubbettino Ed., Soveria Mannelli (CZ), 115-126.
- Arthur P., 1991 – Romans in northern Campania: Settlement and land-use around the Massico and the Garigliano basin, in *PBSR*, London, p. 23; p. 109.
- Ashcroft N. W. & Mermin N. D., 1976 – *Solid State Physics*, Saunders College, cap. 6.
- Auriemma R., Solinas E., 2009. Archaeological remains as sea level changes markers. *Quaternary International* 206, 134-146.
- Balassone G., Aiello G., Barra D., Cappelletti P., De Bonis A., Donadio C., Guida M., Melluso L., Morra V., Parisi R., Pennetta M., Siciliano A., 2016 – Effects of anthropogenic activities in a Mediterranean coastland: the case study of the Falerno-Domitio littoral in Campania, Tyrrhenian Sea (southern Italy). *Marine Pollution Bulletin*. 112, 271-290 <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.004>
- Ballini A., Barbieri F., Laurenzi M.A., Mezzetti F., Villa I.M., 1989 – Nuovi dati sulla stratigrafia del vulcano di Roccamonfina. *Bollettino del Gruppo Nazionale per la Vulcanologia* 2, 533-556.
- Barra D., De Pippo T., Donadio C., Guida D., Marino D., Valente A., 2010 – La costa della Campania. In: Ginesu, S. (Ed.), *La Costa d'Italia*. Carlo Delfino Editore, Sassari, 229-248.
- Bartole R., 1984 – Tectonic structure of the Latian-Campanian shelf (Tyrrhenian Sea), *Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata* 2(3), 197-230.
- Bellini G.R., 2007 – *Minturnae* porto del Mediterraneo. *Romula* 6, 7-28.
- Beloch J., 1890 – Campanien, Breslau, p.376.
- Bergomi C., Catenacci V., Cestari G., Manfredini M., Manganelli V., 1969 – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*, F. 171, Gaeta e Roccamonfina. *Servizio Geologico d'Italia*.
- Bernasconi A., Bruni P., Gorla L., Principe C., Sbrana A., 1981 – Risultati preliminari dell'esplorazione geotermica profonda dell'area vulcanica del Somma Vesuvio. *Rendiconti Società Geologica Italiana* 4, 237-240.
- Billi A., Bosi V., De Meo A., 1997 – Caratterizzazione strutturale del rilievo del M. Massico nell'ambito dell'evoluzione quaternaria delle depressioni costiere dei Fiumi Garigliano e Volturno (Campania settentrionale). *Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences* 10, 15-26.
- Blott S.J., Pye K., 2001 – Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248.

- Bordoni P., Valensise G., 1998 – Deformation of the 125 ka marine terrace in Italy: tectonic implications. In: Stewart, I.S., Vita Finzi, C. (Eds.), *Coastal Tectonics, Geological Society of London, Special Publication*, vol. 146, pp. 71 e 110.
- Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P., 1997 – Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990. ING, Roma - SGA, Bologna.
- Braca G., Mazzarella A., Tranfaglia G., 2002 – Il nubifragio del 15 settembre 2001 su Napoli e dintorni, *Quaderni Geol. Appl.*, 9, 107-118.
- Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Roskopf C., Russo F., Santangelo N., Santo A., 1991 – Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the Southern Apennines (Region of Naples, Italy). *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.*, Suppl.-Bd. 82, 47-58.
- Bretshneider C.L., 1958 – Revision in wave forecasting relationships: deep and shallow water. *Proc. Sixth Conference on Coastal Engineering, Council on Wave Research, University of California, Berkeley*, 1-18.
- Brun J.P., 1997 – L'introduzione des moulins dans les huileries antiques. In: Garcia D., Meeks D. (Eds.), *Techniques et économie antiques et médiévales* (pp. 69-78). *Le temps de l'innovation, Colloque d'Aix-en-Provence*, Mai 1996, Paris.
- Bruno P.P., Di Fiore V., Ventura G., 2000 – Seismic study of the '41st Parallel' Fault System offshore the Campanian-Latinal continental margin, Italy. *Tectonophysics* 324, 37-55.
- Bui E.N., Mazullo J., Wilding L.P., 1990 – Using quartz grain size and shape analysis to distinguish between aeolian and fluvial deposits in the Dallol Bosso of Niger (West Africa). *Earth Surface Processes and Landforms* 14, 157-166.
- Camodeca G., 2005 – Sulle proprietà senatorie in Campania con particolare riguardo al periodo da Augusto al III secolo. *Cahiers du Centre Gustave Glotz* 16(1), 121-137.
- Candela G., Scorcu A. E., 2004 – *Economia delle arti*, Zanichelli.
- Capaldi G., Civetta L., Gyllot P.Y., 1985 – Geochronology of Plio-Pleistocene volcanic rocks from southern Italy. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia* 4, 25-44.
- Caputo P., 1996 – Attività di tutela della Soprintendenza Archeologica per le Province di Napoli e Caserta, in BASub, 1-2/Anno II-III, Roma, 237-241.
- Caputo P., 2006 – Ricerche sul suburbio meridionale di Cuma, *ATTA* 15, 112-113,120-122.
- Carrozzo M.T., Luzio D., Margiotta C., Quarta T., 1986 – *Gravity Map of Italy*. CNR Progetto Finalizzato, Geodinamica.
- Cascella S., 2002 – *Il Teatro Romano di Sessa Aurunca*. Armando Caramanica Ed., Marina di Minturno.

Cascella S., 2012 – La fase preromana, in *Memorie Aurunche di Matidia – Suessa: città e territorio dagli Aurunci all'età romana*. S. Cascella, M. Grazia Ruggi d'Aragona (a cura di), *BAR International Series 2445, Oxford*, 5-11.

Castagnoli D., 1998 – Le calamità naturali in Italia dal 414 a.C. al 1997: ricostruzione di una grande ripetitività documentata in tempi storici. *Semestrare di studi e ricerche di geografia, Università degli Studi di Roma La Sapienza, Istituto di Geografia, Roma*.

Cestari G., 1964 – Notizie geologiche sul *flysch* del Monte Massico (Caserta). *Bollettino del Servizio Geologico d'Italia* 88, 277-283.

Cestari G., 1965 – Descrizione geologica del gruppo del Monte Massico. *Bollettino del Servizio Geologico d'Italia* 86, 45-64.

Cinque A., Hossein H., Laureti L., Russo F., 1987 – Osservazioni preliminari sulla evoluzione geomorfologica della piana del Sarno (Campania, Appennino meridionale). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 14, 63-71.

Cinque A., Ascione A., Caiazza C., 2000 – Distribuzione spazio-temporale e caratterizzazione della fagliazione quaternaria in Appennino meridionale. In: Galadini F., Meletti C., Rebez A. (Eds.), *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica*, CNR - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Spec. Publ., Roma, 203-218.

Clark J. C., 1977 – *Coastal Ecosystems Management*. New York: John Wiley and Sons.

Coarelli F., 1993 – Roma, gli Aurunci e la fondazione di *Sinuessa*. Il territorio di *Sinuessa* tra Storia ed Archeologia. In: Crimaco L., Gasperetti G. (Eds.), *Prospettive di Memoria. Testimonianze Archeologiche dalla città e dal territorio di Sinuessa*. Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali, Soprintendenza Archeologica per le province di Napoli e Caserta, 17-28.

Cocco E., De Pippo T., Massari P., 1988 – L'uso di sabbie fluorescenti per la valutazione del *drift* litoraneo lungo il litorale domitio (Golfo di Gaeta). *Memorie della Società Geologica Italiana*, vol. 41, pp. 869 e 876.

Cocco E., Crimaco L., de Magistris M.A., 1992 – Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: variazioni della linea di riva dall'epoca romana ad oggi nel tratto compreso tra foce Volturno e Torre S. Limato (Mondragone). *Atti del 10° Congresso A.I.O.L.*, Alassio, 4-6 Novembre 1992, 543-554.

Cocco E., de Magistris M.A., Boscaino F., Iacono Y. e Tarallo F., 1994 – Ricerche geoarcheologiche nell'area di Mondragone (antica città romana di *Sinuessa*), in *IV Conf. Scient. Annuale sulle Attività di ricerca dei Dipartimenti*, Ed. De Frede, Napoli.

Cocco E., Crimaco L., de Magistris M.A., Gasperetti G., 1996a – Primi risultati sulle indagini di geoarcheologia subacquea nell'area dell'antica colonia romana di *Sinuessa* presso Mondragone (Piana Campana, golfo di Gaeta). *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia* 52, 361-372.

Cocco E., de Magistris M.A., Boscaino F., Iacono Y., Tarallo F., 1996b – Dati preliminari di rilevamento geomorfologico e geolitologico subacqueo della piattaforma costiera nell'area di Mondragone (Piana Campana, Golfo di Gaeta). *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia* 52, 105-114.

Cocco E., Gasperetti G., 1999 – Nuovi dati sulle evidenze archeologiche sommerse nell'area dell'antica Sinuessa (Litorale domizio, Campania), in *Le Scienze della terra e l'Archeometria*, a cura di D'Amico C., Tampellini C., Bologna, 105-108.

Cocito S., Barsanti M., Delbono I., Lombardi C., Peirano A., 2012 – Itinerari sommersi nell'isola di Favignana, Isole Egadi. RES Edizioni, Sarzana (SP), 80 pp.  
<http://egadi.santateresa.enea.it/>

Cocito S., Barsanti M., Delbono I., Lombardi C., Peirano A., 2014 – Itinerari sommersi nelle isole di Marettimo e Levanzo, Isole Egadi. RES Edizioni, Sarzana (SP), 72 pp.

Collina C., Fiore I., Gallotti R., Pennacchioni M., Piperno M., C. Santagata, Santangelo N., Santo A., Tagliacozzo A., 2005 – Scavi nella grotta in località Rocchia San Sebastiano (Mondragone), *Atti della XLI Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* (Nov-Dic 2005), 1-34.

Corbelli V., 2010 – Percorso di informazione e comunicazione della pianificazione di bacino e di distretto. *Quaderni del Medio Garigliano. Progetto Laboratorio Ambientale - Autorità di Bacino Nazionale Liri-Garigliano e Volturno*, p. 260, 268. ISBN-889553404-02

Corbelli V., 2015 – La gestione integrata delle coste nell'ambito dell'unità fisiografica del Distretto Appennino Meridionale.

Crimaco L. (1991), *Volturnum*, Roma, p.33-68,15,39,67) 31.

Crimaco L., 1993 – Il territorio di *Sinuessa* tra Storia ed Archeologia. In: Crimaco L., Gasperetti G. (Eds.), *Prospettive di Memoria. Testimonianze Archeologiche dalla città e dal territorio di Sinuessa*. Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali, Soprintendenza Archeologica per le province di Napoli e Caserta, 29-58.

Cronan D.S., 1972 – Skewness and kurtosis in polymodal sediments from the Irish Sea. *Journal of Sedimentary Petrology* 42(1), 102-106.

D'Agostino S. et al., 2009 – Raccomandazioni per la redazione di progetti e l'esecuzione di interventi per la conservazione del costruito archeologico, Editrice Cuzzolin.

De Caro S., 1996 – L'attività della Soprintendenza per i Beni Archeologici di Napoli, in *Eredità della Magna Grecia. Atti del XXXV Convegno di Studi sulla Magna Grecia* (Taranto, 6-10 ottobre 1995), Taranto, pp. 573-574, p.420.

De Pippo T., Donadio C., 1994 – Le foci ed i litorali dei fiumi Volturno e Garigliano: un esempio di evoluzione morfologica degli ambienti di transizione. In: Ranzo P. (Ed.), *La civiltà delle acque. Le tecnologie ambientali per il recupero dei bacini idrografici*, 81-94. Giannini Ed., Napoli.

De Pippo T., Donadio C., Pennetta M., Terlizzi F., Vecchione C., 2000 – Caratteri morfologici del Canyon di Cuma (Campania, Italia). *Abstracts 2° Convegno Nazionale delle Scienze del Mare, CoNISMa, 22-25 novembre, Genova*, 184-185.

De Pippo T., Donadio C., Pennetta M., Petrosino C., Terlizzi F., Valente, A., 2008 – Coastal hazard assessment and mapping in Northern Campania, Italy. *Geomorphology* 97, 451-466.

De Pippo T., Donadio C., Terlizzi F., 2008 – Analisi critica della letteratura geomorfologica sulla dinamica evolutiva delle coste campane. In: *Le criticità delle aree costiere della Campania. Verso un progetto di monitoraggio integrato*, Conv. Naz. ARPAC, CoNISMa, 1 dicembre 2008, Napoli, 442 pp. (su CD-Rom).

De Vita P., Allocca V., Manna F., Fabbrocino S., 2012 – Coupled decadal variability of the North Atlantic Oscillation, regional rainfall and karst spring discharges in the Campania region (southern Italy). *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 1389-1399.

De Vivo B., Rolandi G., Gans P.B., Clavert A., Bohrson W.A., Spera F.J., Belkin H.E., 2001 – New constraints on the pyroclastic eruptive history on the Campanian volcanic Plain (Italy). In: De Vivo B., Rolandi G. (Eds.), *Mt. Somma Vesuvius and Volcanism of the Campania Plain. Mineralogy and Petrology*, Special Issue 73, 47-65.

Decandia L., 2008 – Polifonie urbane. Oltre i confini della visione prospettica, Roma, Meltemi.

Delgado J. P., 2011 – The Impact on and Opportunities Arising from Tourism to Submerged Sites, in *UNESCO scientific colloquium on factors impacting underwater cultural heritage, royal library of Belgium, Brussels, 13 and 14 december 2011*, 54-57.

Del Prete S., De Riso R., Santo A., 2004. Primo contributo sui *sinkholes* di origine naturale in Campania. Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di *sinkholes* e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio. *Atti del 1° seminario, APAT, 20-21 maggio 2004*, Roma, 361-376.

Delibrias G., Di Paola G.M., Rosi M., Santacroce R., 1979 – La storia eruttiva del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio ricostruita dalle successioni piroclastiche del Monte Somma. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia* 35, 411-438.

Di Girolamo P., Ghiara M.R., Lirer L., Munno R., Rolandi G., Stanzione D., 1984 – Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 103, 349-413.

Donadio C., Valente R., 2009 – Studi e nuove tecnologie per lo sfruttamento di risorse idriche lungo il litorale di Bagnoli (Na) negli *Atti del Convegno Internazionale Civiltà delle Acque, Valorizzazione e risparmio della risorsa acqua nell'architettura e nell'ambiente*, a cura di A. Passaro, Luciano editore, Napoli.

Donadio C., 2010 – I fondali italiani. In: Ginesu S. (Ed.), *La Costa d'Italia*. Carlo Delfino Editore, Sassari, 85-96.

Di Gennaro A., 2008 – La terra lasciata, Napoli, Clean.

Ekosaari M., Jantune S., Paaskoski L., 2015 – A Checklist for Museum Collections Management Policy, *Museum 2015 Project*, Helsinki.

Fabbri A., Gallignani P., Zitellini N., 1981 – Geologic evolution of the peri-Tyrrhenian sedimentary basins. In: Wezel F.C. (Ed.), *Sedimentary Basins of Mediterranean Margins*. Tecnoprint, Bologna, 101-126.

- Falcone L., 2009 – Vasi di Importazione e vasi di produzione locale dalle necropoli di Francolise: alcune riflessioni, in *Testimonianze storiche, archeologiche e artistiche del territorio di Francolise*. U. Zannini (a cura di), Dragoni (Ce), 21-28.
- Ferranti L., Antonioli F., Mauz B., Amorosi A., Dai Pra G., Mastronuzzi G., Monaco C., Orrù P., Pappalardo M., Radtke U., Renda P., Romano P., Sansò P., Verrubbi V., 2005 – Last interglacial sea level high stand markers along the coast of the Italian Peninsula: tectonic implications. *Journal of Quaternary International* 145-146, 30-54.
- Ferrari K., Dall’Aglio P.L., Bellotti P., Davoli L., Di Bella L., Esu D., Torri P., Bandini Mazzanti M., 2013 – Holocene landscape evolution at the Garigliano river mouth. *Annali di Botanica* 3, 191-198.
- Flemming N.C., 1969 – Archeological evidence for eustatic changes of sea level and earth movements in the Western Mediterranean in the last 2000 years. *Geological Society of America, Special paper* 109, 1-125.
- Flemming N.C., Webb C.O., 1986 – Tectonic and eustatic coastal changes during the last 10,000 years derived from archaeological data. *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.* 62, 1-29.
- Folk R.L., Ward W.C., 1957 – Brazos river: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27(1), 3-26.
- Forte F., Mantovani M., 2004 – Manuale di economia e Politica dei Beni Culturali. Ed. Rubbettino.
- Friedman, G.M., 1961 – Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Research* 31(4), 514-529.
- Friedman G.M., 1967 – Dynamic Processes and Statistical Parameters Compared for Size Frequency Distribution of Beach and River Sands. *Journal of Sedimentary Petrology* 37(2), 327-354.
- Friedman G.M., 1979 – Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins. *Sedimentology* 26, 3-32.
- Galadini F., Galli P., 2004 – The 346 A.D. earthquake (Central-Southern Italy): an archaeoseismological approach. *Annals of Geophysics* 47(2/3), 885-905.
- Garibaldi R., 2015 – Economia e gestione delle imprese turistiche. Hoepli.
- Gasperetti G., 1993 – Indagini nell’area urbana e nel territorio dell’antica Sinuessa. Perticale, Sessa Aurunca (Caserta), in *BArch.* 22, pp. 23-29
- Gasperetti G., 1993 – Problemi di Topografia urbana. In: Crimaco L., Gasperetti G. (Eds.), *Prospettive di Memoria. Testimonianze Archeologiche dalla città e dal territorio di Sinuessa*. Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali, Soprintendenza Archeologica per le province di Napoli e Caserta, 59-69.
- Gasperetti G., 1995 – La costa e gli approdi tra il Savone ed il Garigliano. Indagini lungo la linea di riva. Prospezioni geomorfologiche marine, in *Civiltà del Mediterraneo*, 2, Napoli, luglio-dicembre, 23-30.

- Gasperetti G., 2003 – Testimonianze archeologiche delle infrastrutture idrauliche di età romana tra il Garigliano ed il Massico, in *ATTA* 12, p. 251.
- Giordano F. *et al.*, 2010 – Metodi geofisici per l'archeologia subacquea, Editrice Gaia.
- Giusti P., 1928 – Cenni di Cronistoria Sessana 1348-1868. Arti Grafiche la Sociale, Caserta.
- Got H., Aloisi, J.C., Monaco A., 1985 – Sedimentary processes in the Mediterranean deltas and shelves. In: Stanley, D.J., Wezer, F.C. (Eds.), *Geological evolution of the Mediterranean Basin*, Springer-Verlag, New York, 355-376.
- Greco B., 1927 – Storia di Mondragone, Giannini, Napoli.
- Guidoboni E., 1989 – I terremoti prima del Mille in Italia e nell'area mediterranea. *Storia, Archeologia, Sismologia*. ING-SGA, Bibl. Sc Politiche, Bologna.
- Guidoboni E., Comastri A., Traina G., 1994 – *Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century*. ING-SGA, Rome-Bologna.
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G., 2007 – CFTI4Med, *Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500)*. INGV-SGA, <http://storing.ingv.it/cfti4med/>
- Guidi A., Saracini M., 2010 – Nuovi dati sul popolamento pre e protostorico del territorio di Mondragone (Caserta), in *Origini*, XXXII, Nuova Serie IV, 259-283.
- Guinier A., 1963 – X-ray diffraction, W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- Hopkins T.S., 1988 – Recent observations on the intermediate and deep water circulation in the southern Tyrrhenian Sea. In: Minas, H.-J., Nival, P. (Eds.), *Océanographie pélagique méditerranéenne*, *Oceanologica Acta*, N°SP, 41-50.
- Ippolito F., Ortolani F., Russo M., 1973 – Struttura marginale tirrenica dell'Appennino campano: reinterpretazione di dati di antiche ricerche di idrocarburi. *Memorie della Società Geologica Italiana* 12, 227-251.
- Humphrey J., 2014 – Marine and Underwater Cultural Heritage Management, Robben Island, Cape Town, South Africa: Current State and Future Opportunities, Advisor: Bradley W. Barr, University of Akureyri, University Centre of the Westfjords, *Master of Resource Management: Coastal and Marine Management*, Ísafjörður, Iceland, April/June 2014.
- IPCC AR4 WG2 , 2007 – Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E. (eds.). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Jones J.L., 1917-1932 – Strabone, Geographikon. *Trans.*, 8 v. Heineman, London.

- Köppen W., 1936 – Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie (Köppen W. and Geiger R. eds.), Vol 1, Part C, *Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin*, 1-44.
- La Camera F., 2004 – Sviluppo sostenibile. Origini, teoria e pratica, Roma, Editori Riuniti.
- La Greca F., 2007 – I terremoti in Campania in età romana e medioevale. Sismologia e sismografia storica. *Annali storici di Principato Citra* 1, 5-34.
- Lambeck K., Purcell A., Johnston P., Nakada M., Yokoyama Y., 2003 – Water-load definition in the glacio-hydro-isostatic sea-level equation. *Quaternary Science Reviews* 24, 309-318.
- Lambeck K., Antonioli F., Purcell A., Silenzi S., 2004a – Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr. *Quaternary Science Reviews* 23, 1567-1598.
- Lambeck K., Anzidei M., Antonioli F., Benini A., Esposito E., 2004b – Sea level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for modern sea level rise. *Earth and Planetary Science Letters* 224, 563-575.
- Lambeck K., Purcell A., 2005 – Sea-level change in the Mediterranean Sea since the LGM: model predictions for tectonically stable areas. *Quaternary Science Reviews* 24, 1969-1988.
- Lambeck K., Antonioli F., Anzidei M., Ferranti L., Leoni G., Scicchitano G., Silenzi S., 2011 – Sea level change along the Italian coast during the Holocene and projections for the future. *Quaternary International* 232, 250-257.
- Lao F., Cicala S., 1959 – *RStLig*, XXV, p.311.
- Lao F., Cicala S., 1961 – Atti II Congresso internazionale di archeologia sottomarina, p.113.
- Legambiente, 2007 – Dossier mare Salvalarte.
- Lena G., 2009 – Geositi e archeologia, *Geologia dell'Ambiente*, 2, 7-10.
- Lo Presti V., Antonioli F., Auriemma R., Ronchitelli A., Scicchitano G., Spampinato C.R., Anzidei M., Agizza S., Benini A., Ferranti L., Gasparo Morticelli M., Giarrusso C., Mastronuzzi G., Monaco C., Porqueddu A., 2014 – Millstone coastal quarries of the Mediterranean: A new class of sealevel indicator. *Quaternary International* 332, 126-142.
- Maiuri A., 1970 – I Campi Flegrei, Roma.
- Mariani M., Prato R., 1988 – I bacini costieri del margine tirrenico: approccio sismico-stratigrafico. *Memorie della Società Geologica Italiana* 41, 519-533.
- Marani M., Taviani M., Trincardi F., Argnani A., Borsetti A.M., Zitellini N., 1986 – Pleistocene progradation and postglacial events of the NE Tyrrhenian continental shelf between the Tiber river delta and Capo Circeo. *Memorie della Società Geologica Italiana* 36, 67-89.

Martins L.R., 1965 – Significance of skewness and kurtosis in environmental interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology* 35(3), 768-770.

Martins, L.R., 2003 – Recent Sediments and Grain-Size Analysis. *Sedimentological Research Group - SERG/ASOS*, Gravel 1, Porto Alegre, 90-105.

Marturano A., 2002 – Contributi per la storia dei terremoti nel bacino del Mediterraneo. *Secc. 5.-18*, Laveglia Ed., Salerno.

Mazzarella A., 1999 – Multifractal dynamic rainfall processes in Italy. *Theor. Appl. Climatol.* 63, 73-78.

Mazzarella A., 2007a – Sul clima di Napoli.  
<http://www.meteo.unina.it/clima-di-napoli>

Mazzarella A., 2007b – The 60-year solar modulation of global air temperature: the Earth's rotation and atmospheric circulation connection. *Theor. Appl. Climatol.* 88, 193-199.

Melillo Faenza L., 1992 – Resti di imbarcazione da *Sinuessa*, in Fratta A., *Il trasporto commerciale marittimo nell'antichità*, Genova, 89-92.

Melotti M., 2007 – Mediterraneo tra miti e turismo: per una sociologia del turismo archeologico, CUEM.

Melotti M., 2008 – Turismo archeologico. Dalle piramidi alle veneri di plastica, Bruno Mondadori, Milano.

Mendelson J., Muller C., Rehault J., Robertson A., Sartori R., Sprovieri R., Torii M., 1988 – ODP Leg 107 in the Tyrrhenian sea: insights into passive margin and back-arc basin evolution. *Geological Society of American Bulletin* 100, 1140-1156.

Mennella C., 1973 – Il clima d'Italia. E.D.A.R.T., Napoli, 941 pp.

Mingazzini P., 1938 – Santuario della Dea Marica alle foci del Garigliano, *MonAnt*, XXXVIII, Roma.

Morra V., De Bonis A., Grifa C., Langella A., Cavassa L., Piovesan R., 2013 – Minero-petrographic study of cooking ware and Pompeian Red Ware (Rosso Pompeiano) from Cuma (Southern Italy). *Archaeometry* 55, 852-879.

Nappi E., 1981 – Il terremoto in Campania attraverso i secoli: breve cronaca e notizie d'archivio sui terremoti a Napoli ed in Campania dall'età romana a giorni nostri. Ed. La Letteraria, Napoli.

Nappi R., Pennetta M., Solino G., 2010 – Progetto Providune Life + Natura. Quaderni del Medio Garigliano. Progetto Laboratorio Ambientale - *Autorità di Bacino Nazionale Liri-Garigliano e Volturno*, p. 260, 268. ISBN- 889553404-02

Nauticard, 2007 – N° 3206.1 Gaeta-Acquamorta (I. di Procida, I. d'Ischia), scala 1:100.000, Roma.

Ortolani F. & Aprile F. – 1985. Principali caratteristiche stratigrafiche e strutturali dei depositi superficiali della Piana Campana. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 104, 195-206.

Pagano M., 1974 – Una città sepolta: *Sinuessa*. Tipografia Severini, Napoli.

Pagano M., Ferone C., 1976 – *Sinuessa*, Ricerche storiche e topografiche, Napoli, pp.11-28,27-30.

Pagano M., 1990 – *Sinuessa*. Storia ed Archeologia di una colonia romana, Sessa Aurunca, pp.29-30.

Palumbo A., Mazzarella A., 1981 – The heat-island over Naples. *Weather*, 36, 28-29.

Patacca E., Sartori R., Scandone P., 1990 – Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: kinematic relations since Late Tortonian times. *Memorie della Società Geologica Italiana* 117, 281-295.

Pennetta M., Valente A., Abate D., Boudillon G., De Pippo T., Leone M., Terlizzi F., 1998 – Influenza della morfologia costiera sulla circolazione e sedimentazione sulla piattaforma continentale campano-laziale tra Gaeta e Cuma (Italia meridionale). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 117, 281-295.

Pennetta M., Corbelli V., Esposito P., Gattullo V., Nappi R., 2010 – Environmental impact of coastal dunes in the area located to the left of the Garigliano River mouth (Campania, Italy). *3rd International Conference on the Management of Coastal Recreational Resources Beaches, Yacht Marinas, Coastal Ecotourism and Coastal Hazards, 27th – 30th Oct 2010; Grosseto, Southern Tuscany, Italy*.

Pennetta M., 2010 – Carta sedimentologica (scala 1:5.000) - Area SIC Pineta della Foce Garigliano. Conservazione e ripristino di *habitat* dunali nei siti delle Province di Cagliari, Matera, Caserta. *Scientific Coordinator, LIFE+ Nature & Biodiversity 2007 PROVIDUNE, European Commission (LIFE - Project Number LIFE07NAT/IT/000519), Province of Caserta, Italy*.

Pennetta M., Corbelli V., Esposito P., Gattullo V., Nappi R. 2011a – Environmental impact of coastal dunes in the area located to the left of the Garigliano River mouth (Campania, Italy). *Journal of Coastal Research, Special Issue* 61, 421-427.

Pennetta M., Corbelli V., Gattullo V., Nappi R., 2011b – Caratteri morfosedimentari del sistema dunare costiero in sinistra foce del Fiume Garigliano. *Rendiconti Online Società Geologica Italiana* 17, 133-138.

Pennetta M., 2012 – Studi sedimentologici e geomorfologici della spiaggia sommersa, con carte geotematiche (Responsabile Scientifico). Azione A2, Progetto PROVIDUNE LIFE 07/NAT/000519 Conservazione e ripristino di *habitat* dunali prioritari nei siti delle Province di Cagliari, Matera, Caserta, Area SIC Pineta della Foce Garigliano, <http://www.providune.it/tmp/MIDTERM%20REPORT/AZIONI%20A/A2/Caserta/relazione%20studi%20spiaggia%20sommersa/Relazione%20Prof.%20Pennetta%20studi%20a%20mare%2024062012.pdf> ;  
<http://www.osservatoriocostesardegna.eu/providune/?p=442>

Pennetta M., Stanislao C., D'ambrosio V., Marchese F., Minopoli C., Trocciola A., Valente R., Donadio C., 2016a – Geomorphological features of the archaeological marine area of Sinuessa in Campania, southern Italy. *Quaternary International*. 1-15.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.04.019>

Pennetta M., Brancato V.M., De Muro S., Gioia D., Kalb C., Stanislao C., Valente A., Donadio C., 2016b – Morpho-sedimentary features and sediment transport model of the submerged beach of the “Pineta della foce del Garigliano” SCI Site (Caserta, southern Italy). *Journal of Maps*, <http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2016.1171804>

Pennetta M., Valente R., Nappi R., Stanislao C., Donadio C., 2016c – Assetto geomorfologico dell'area marina di Sinuessa ed ipotesi di fruizione sostenibile, EAI n. 4. ENEA. DOI 10.12910/EAI2016-056 - <http://www.enea.it/it/pubblicazioni/EAI/anno-2016/n-4-ottobre-dicembre-2016/assetto-geomorfologico-dell2019area-marina-di-sinuessa-ed-ipotesi-di-fruizione-sostenibile>

Pirazzoli P.A., 1976 – Sea level variations in the Northwest Mediterranean during Roman Times. *Science* 194, 519-521.

Pirazzoli P.A., 1981 – Le variazioni del livello del mare durante il post-glaciale. *Rivista Geografica Italiana* 88(2), 154-164.

Pirazzoli P.A., 1987 – Sea-level changes in the Mediterranean. In: Tooley, M., Shennan, I. (Eds.), *Sea-level Changes*. Blackwell, Oxford, pp. 152-181.

Pirazzoli P.A., 1991 – World Atlas of Holocene Sea Level Changes. *Elsevier Oceanography Series* 58.

Pirazzoli P.A., Laborel J., Saliège J.F., Erol O., Kaian I., Person A., 1991 – Holocene raised shorelines on the Hatay coasts (Turkey): palaeological and tectonic implications. *Marine Geology* 96, 295-311.

Pirazzoli P.A., 1993 – Global sea-level changes and their measurement. *Global and Planetary Change* 8, 135-148.

Pirazzoli P.A., Stiros S.C., Arnold M., Laborel J., Laborel-Deguen F., Papageorgiou S., 1994a – Episodic uplift deduced from Holocene shorelines in the Perachora Peninsula, Corinth area, Greece. *Tectonophysics* 229, 201-209.

Pirazzoli P.A., Stiros S.C., Arnold M., Laborel J., Laborel-Deguen F., Papageorgiou S., Morhange C., 1994b – Late-Holocene shoreline changes related to palaeoseismic events in the Ionian Islands, Greece. *The Holocene* 4, 397-405.

Pirazzoli P.A., Tomasin A., 2003 – Recent near surface wind changes in the central Mediterranean and Adriatic areas. *Int. J. Climatol.* 23, 963-973.

Pirazzoli P.A., 2005 – A review of possible eustatic, isostatic and tectonic contributions in eight Late-Holocene relative sea-level histories from Mediterranean area. *Quaternary Science Reviews* 24, 1989-2001.

Purpura G., 1997 – L'importanza della tutela dei giacimenti archeologici ad alta profondità, Tavola rotonda sulla ‘Tutela dei beni archeologici subacquei’, Giardini Naxos, 10 ottobre.

Purpura G., 1999 – La conservazione in situ dei reperti storici ed archeologici ad alta profondità, Accademia di scienze di Ustica, 5 sett. 1999.

Purpura G., 2009 – Percorsi turistici e giacimenti archeologici subacquei: il caso di Ustica, Convegno Internazionale “Il patrimonio naturale tra tutela, valorizzazione e fruizione. Il turismo sostenibile”, Ustica, 18/20 giugno.

Putignano M.L., Orrù P.E., Schiattarella M., 2014 – Holocene coastline evolution of Procida Island, Bay of Naples, Italy., In: Antonioli, F., Mastronuzzi, G., Fontolan, G., Orrù, P. (Eds.), Relative sea level changes: Signature on continental shelves, changing coastlines, and implications for coastal morphodynamics. *Quaternary International* 332, 115-125.

Reineck H.E., Singh I., 1980 – Depositional Sedimentary Environments. 2nd ed., Springer-Verlag Heidelberg.

Romano P., Santo A., Voltaggio M., 1994 – L'evoluzione geomorfologica della pianura del Fiume Volturno (Campania) durante il tardo Quaternario (Pleistocene medio-superiore-Olocene). Il Quaternario, *Italian Journal of Quaternary Sciences* 7(1), 41-56.

Ruggi d'Aragona M.G., Cascella S., 2010 – Quaderni del Medio Garigliano. Progetto Laboratorio Ambientale - Autorità di Bacino Nazionale Liri-Garigliano e Volturno, 157-161, ISBN- 889553404-02.

Ruiu F.D., Fiore I., Gala M., Collina C., Pennacchioni M., Piperno M., Calderoni G., Tagliacozzo A., 2012 – The fauna from the Gravettian levels of Rocca San Sebastiano Cave (Mondragone, Caserta, Italy). In: Lefèvre C. (Ed.), *Proceedings of the General Session of the 11th International Council for Archaeozoology Conference, 23-28 August 2010, Paris, BAR International Series 2354*, 99-111.

Sahu B., 1964 – Depositional mechanism from the size analysis of clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology* 34(1), 73-83.

Salvatori M., 2010 – Architetture marittime nel mediterraneo: problemi di conservazione e di restauro archeologico – Tesi di dottorato Università degli Studi di Napoli Federico II Facoltà di Architettura - Dottorato di ricerca in Conservazione dei Beni Architettonici (XX ciclo).

Santo A., Ascione A., Del Prete S., Di Crescenzo G., Santangelo N., 2011 – Collapse sinkholes distribution in the carbonate massifs of central and Southern Apennines. *Acta Carsologica* 40(1), 95-112.

Sciaudone E., 2009 – Il *design* delle risorse per la riqualificazione del territorio di Mondragone, tesi di laurea in Progettazione del prodotto eco-orientato, Corso di Laurea in Disegno Industriale, Seconda Università di Napoli, relatrice F. La Rocca.

SCRAS (Staff del Servizio per il Coordinamento delle Ricerche Archeologiche Sottomarine), 2013 – Studi, ricerche e attività di archeologia subacquea in Sicilia, Palermo.

Secci M., 2011 – Protection Versus Public Access: Two Concepts Compared within the Italian Underwater Cultural Heritage Management System, *Journal of Maritime Archaeology* December 2011, Volume 6, Issue 2, 113-128.

Semerano, G., 2003 – Il popolo che sconfisse la morte. Gli Etruschi e la loro lingua. Bruno Mondadori Ed., Milano.

Severino N., 2007 – Nuovi rinvenimenti dalle acque di *Sinuessa*, in *Archeologia Marittima Mediterranea*, 4, 135-142.

Sgrosso I., 1974 – I rapporti tra la piattaforma carbonatica campano-lucana e la piattaforma abruzzese-campana al Monte Massico. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 93, 1197-1209.

Strahler A.N., 1957 – Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions American Geophysical Union* 38, 913-920.

Sverdrup H.U., Munk W.H., 1947 – Wind, sea, and swell: Theory of relations for forecasting. *Hydrographic Office, U.S. Navy*, Publ. No. 601, 44 pp.

Talamo P., 1987 – L'area aurunca nel quadro dell'Italia centromeridionale. Testimonianze archeologiche di età arcaica, in *BAR Int. Series*, Oxford.

Trocciola A., Minopoli C., Pica R., Sarao P., 2013a – Indagini geofisiche per la mappatura dei fondali e delle antiche strutture portuali sommerse di *Sinuessa*. *Archeomatica*, 4, 26-29, Roma.

Trocciola A., Pica R., Minopoli C., Sarao P., Di Trapani G., Ruggi M.G., 2013b – Elementi per lo sviluppo sostenibile dell'area marina di *Sinuessa*. *Catalogo delle Attività 2012*, Ed. Zano, Sessa Aurunca.

Trocciola A., Minopoli C., Pica R., Sarao P., Ruggi M. G., Caputo P., Santanastasio R. 2014 – Indagine geofisica per la comprensione dei fenomeni di sprofondamento di strutture costiere di epoca romana nell'area archeologica sommersa di *Sinuessa* del golfo di Gaeta. *Atti del Workshop in geofisica, 6 dicembre 2013. Museo Civico di Rovereto*, Ed. Osiride, 69-81.

Trocciola A., Minopoli C., Pica R., Ruggi M.G., Santanastasio R., Sarao P., 2016 – Proposta di un itinerario subacqueo sul geoarcheosito *Sinuessa*. *Atti del II convegno Nazionale di Geoarcheologia "Geositi, Geomorfositi e Geoarcheositi patrimonio geologico-ambientale del Mediterraneo"*, svolto il 4-5 settembre 2015 a Portopalo di Capo Passero (SR). Supplemento al 3/2016 della rivista *Geologia dell'Ambiente (Sigea)*, 161-165. <http://www.sigeaweb.it/documenti/gda-supplemento-3-2016.pdf>

Turri E., 2003 – Il paesaggio degli uomini: la natura, la cultura, la storia, Marsilio.

UNESCO 2001 – Convenzione sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo, adottata alla Conferenza generale dell'UNESCO il 2 novembre 2001.

Valia H.S., Cameron B., 1977 – Skewness as a paleoenvironmental indicator. *Journal of Sedimentary Petrology* 47(2), 784-793.

- Vallario A., 1964 – Osservazioni geologiche sul gruppo del Monte Massico (Caserta). *Memorie della Società della Geologica Italiana* 4, 693-698.
- Vallario A., 1966 – Geologia del Monte Massico (Caserta). *Bollettino della Società dei naturalisti in Napoli* 75, 41-78.
- Valente, R. 1999 – Le aree di frontiera fra acqua e terra. In: Amirante, M. I. (ed.) *Recupero Ambientale in Terra di Lavoro. Metodi e strumenti per il risanamento dei siti compromessi. Napoli: Graffiti: 73-86.*
- Valente R., 1999 – Frontiere tra mare e terra. La progettazione ambientale lungo la linea di costa, Liguori ed. Napoli, pp. 192.
- Valente R., 2001 – Prevenzione e mitigazione dei rischi ambientali nelle aree costiere, in *Tecniche ecocompatibili, strategie progettuali e rischio ambientale, atti del convegno internazionale "Politiche per la tutela del territorio"*, Luciano editore, Napoli, 689-698.
- Valente R., 2002 – Artifices between water and land: amphibious designs for transition environments, negli atti del convegno internazionale *Landscapes of Water. History, Innovation and Sustainable Design*, 26-29 settembre 2002, Castello Carlo V, Monopoli (Bari), a cura di U. Fratino, A. Petrillo, A. Petruccioli, M. Stella, Uniongrafica Corcelli editrice, Bari, 617-622.
- Valente R., 2003 – Il recupero ambientale del margine tra costa e campagna, in *Progetto Abitare Verde - Soluzioni Ecocompatibili nella Configurazione del Paesaggio Rurale*, a cura di A. Passaro, *Atti del Convegno Internazionale*, Luciano editore, Napoli.
- Valente R., 2004 – Strategie di intervento ecocompatibili per la linea di costa: I porti e gli approdi turistici, in *atti del Convegno Nazionale ABITA I percorsi della progettazione per la sostenibilità ambientale, Firenze 20-21 ottobre 2004*, ed. Alinea Firenze, 458-461.
- Valente R., 2005 – La qualificazione del progetto per le attrezzature sulle aree litoranee, in *La Qualità nel Progetto di Architettura*, a cura di A. Violano, Firenze Alinea ed., pp. 256-265, ISBN 88-8125-929-X.
- Valente R., 2005a – Permanenze mutevoli ai bordi del mare, con F. Muzzillo e L. Pagano in *La riqualificazione dei litorali e degli ambienti costieri Attrezzature balneari e turistico-ricettive ecocompatibili, Atti del Convegno Internazionale Progetto Abitare Verde IX° Edizione*, Luciano editore, Napoli, 323-331.
- Valente R., 2005b – Criteri metodologici per una normativa sulla riqualificazione delle attrezzature litoranee, in *La riqualificazione dei litorali e degli ambienti costieri Attrezzature balneari e turistico-ricettive ecocompatibili, Atti del Convegno Internazionale Progetto Abitare Verde IX° Edizione*, Luciano editore, Napoli, 299-305.
- Valente R., Marocco M. e Catani M., 2005 – Designing ecotouristic facilities for environmental recovery of domitio littoral in *Proceedings of the Medcoast 05 International Conference*, a cura di E. Ozhan, *Mid. East Techn. University, Ankara, Turchia*, 225-234.

Valente R., 2006 – Strategie progettuali per un piano del demanio marittimo nel litorale domitio (CE), compreso negli *Atti del Primo Convegno Internazionale blu+verde acqua e vegetazione: risorse per l'ambiente costruito*, a cura di M. Bottero e L. M. Fabris, Clup edizioni Milano, 357-362.

Valente R., Donadio C., 2007 – Beach drainage technologies for coastal landscape environmental recovery in Medcoast 2007, in *Proceedings of the Eighth International Conference On The Mediterranean Coastal Environment 13-17 November, Alexandria, Egypt*, a cura di E. Ozhan, *Mid. East Techn. University, Ankara, Turchia* 2007, 1093-1104.

Valente R., 2008 – Integrated Technologies for Environmental Reclaim of Domitio Littoral Landscape (Campania Region, Italy) (con A. Bosco), in L. M. F. Fabris, *Proceedings Environscape a manifesto 2nd blu+verde International Congress, October 23rd – 24th Milan – Italy*, Politecnico di Milano, Faculty of Architecture and Society, Department BEST, Maggioli editore, 33-40.

Valente R., 2010 – *Coastline/Timeline* Conoscenza e Trasformazioni degli Ambienti di Transizione, *Atti del Convegno Internazionale Le Vie dei Mercanti Rappresentare la Conoscenza*, a cura di C. Gambardella, La Scuola di Pitagora editrice, Napoli, 923-926, ISBN 978-88-207-4489-2.

Visher G. S., 1969 – Grain size distribution and depositional processes. *Journal of Sedimentary Petrology* 39(3), 1074-1106.

Vita-Finzi C., 1969 – *The Mediterranean Valleys*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Vistoli F., 2013 – Saggio bibliografico sull'antica via Appia - Società Magna Grecia Roma.

Waelbroeck C., Labeyrie L., Michel E., Duplessy J.C., Lambeck K., Mcmanus J.F., Balbon E., Labracherie M., 2002 – Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quaternary Science Reviews* 21, 295-305.

WORKING GROUP CPTI, 1999 – Catalogo parametrico dei terremoti italiani. ING, GNDT, SGA SSN, Bologna.

WORKING GROUP CPTI, 2004 – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, vers. 2004 (CPTI04). INGV, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/2004>.

Yokoyama Y., Lambeck K., De Deckker J., Johnston P., Fifield L.K., 2000 – Timing of the Last Glacial Maximum from observed sea-level minima. *Nature* 406, 713-716.

Zannini U., 2005. La scomparsa di *Sinuessa* e l'invenzione del suo Episcopato. *Rivista Storica del Sannio*, 3a serie, anno XII, I, 45-54.

## Profilo degli Autori



**Paolo Caputo** Archeologo della Soprintendenza Archeologica nel territorio flegreo a partire dal 1986 e fino alla sua scomparsa avvenuta nel settembre 2015. È stato Responsabile del Gruppo Archeologico Subacqueo della Soprintendenza nelle Aree Marine Protette di Baia e Gaiola e come membro del comitato scientifico di Marenostrom Archeoclub d'Italia.



**Sergio Cascella** Archeologo, libero professionista. Dal 1981 svolge attività di scavo e ricerca nei settori dell'Archeologia classica, ceramologia, topografia, finalizzata alla ricostruzione delle dinamiche insediative e produttive della Campania romana.



**Vera Corbelli** Geologo, dal 2007 Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Nazionale Liri-Garigliano e Volturno; dal 2009 coordinatore del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale. Dal 2015 anche Commissario Straordinario per: interventi urgenti di bonifica e riqualificazione di Taranto; messa in sicurezza e gestione dei rifiuti pericolosi nel deposito ex Cemerad del Comune di Statte; adeguamento dei depuratori di Napoli Est, Mondragone e Falciano del Massico.



**Veronica D'Ambrosio** Naturalista, collabora con il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse dell'Università di Napoli "Federico II", a ricerche volte all'individuazione dei processi morfosedimentari costieri.



**Alberto De Bonis** Geologo, specializzato nell'applicazione di tecniche mineralogico-petrografiche per lo studio di ceramiche archeologiche e materie prime argillose. Dal 2007 ha svolto attività di ricerca presso il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse dell'Università "Federico II" di Napoli. Nel 2016 ha iniziato un progetto di ricerca (Lise Meitner Programme, FWF) presso l'Institut für Klassische Archäologie dell'Università di Vienna.



**Tiziana Di Luccio** Fisico, ricercatore ENEA presso il Centro Ricerche Portici, nel Laboratorio Nanomateriali e dispositivi. Svolge attività di ricerca occupandosi principalmente di nanocompositi di polimeri e nanostrutture inorganiche (quantum dots, nanotubi) sia per applicazioni all'elettronica organica che al settore biomedicale. Coordina un progetto di ricerca Marie Curie RISE (Bi-Stretch-4-Biomed).



**Carlo Donadio** Geologo, professore aggregato di Geografia Fisica e Geomorfologia al dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse dell'Università di Napoli "Federico II". Dal 1983 svolge ricerche nel settore della geomorfologia degli ambienti di transizione, in particolare sulle coste emerse e sommerse, su fiumi e lagune, sulla morfodinamica litorale nel Quaternario, e si occupa di geoarcheologia ed analisi frattale applicata a forme del territorio.



**Carmine Minopoli** Geologo, collaboratore tecnico ENEA presso del Centro Ricerche di Portici, nel Laboratorio di BioGeoChimica Ambientale. Dal 1992 esperto subacqueo e rilevatore in Geomorfologia e Geoarcheologia marina con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Napoli "Federico II" e dal 2000 con l'INGV come esperto in campionamenti di gas fumarolici e di matrici ambientali in ambiente emerso che sommerso.



**Angela Mormone** Naturalista, ricercatore presso l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sezione di Napoli Osservatorio Vesuviano. Svolge attività di ricerca in Mineralogia e Petrografia per lo studio di fasi neogeniche di alterazione e relazioni con le caratteristiche fisico-chimiche della roccia originaria in piroclastiti affioranti e carotate in pozzi profondi, in zone vulcaniche.



**Vincenzo Morra** Geologo, professore ordinario di Petrologia e Petrografia presso il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse dell'Università di Napoli "Federico II". Svolge attività di ricerca nel campo della Petrologia delle rocce ignee, nella definizione delle relazioni esistenti tra produzione dei magmi e ambiente geodinamico, nella Petrologia dei materiali lapidei e dei manufatti di rilievo storico, architettonico ed artistico, nell'archeometria di materiali ceramici.



**Raffaella Nappi** Architetto, dirigente tecnico dell'Autorità di Bacino Nazionale Liri-Garigliano e Volturno (Unità Organizzativa Urbanistico/Ambientale). Si occupa dal 1980 di pianificazione, programmazione e progettazione territoriale; dal 1992 in particolare: di studi, analisi territoriali relativi agli aspetti urbanistici e ambientali; di predisposizione e coordinamento di programmi e progetti per la tutela dei sistemi ambientali fluviali, umidi e costieri connessi alle risorse naturali e culturali.



**Mica Pennetta** Geologo, professore associato di Geografia Fisica e Geomorfologia presso il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II". Dal 1976 svolge attività di ricerca nei settori della geologia marina, sedimentologia, geomorfologia costiera e geoarcheologia, finalizzata alla ricostruzione della dinamica litorale e dell'evoluzione degli ambienti costieri continentali e sottomarini durante il Quaternario.



**Raffaele Pica** Ingegnere chimico, ricercatore presso il Dipartimento di Sostenibilità dei Sistemi Produttivi dell'ENEA di Bologna. Esperto in tematiche ambientali è specialista in Ingegneria Sanitaria ed Ambientale ed in Sicurezza e Protezione; dal 2002 svolge attività sulle tecnologie di trattamento delle acque. Dal 2012 effettua studi nel sito archeologico di Sinuessa perfezionandosi in Ingegneria per l'Archeologia presso il CIBeC dell'Università di Napoli "Federico II".



**Monica Piochi** Ricercatore geofisico presso l'Osservatorio Vesuviano sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Svolge attività di ricerca sui sistemi vulcanici con particolare riguardo a quelli Campani. La ricerca è principalmente finalizzata alla ricostruzione della struttura vulcanica, alla definizione dell'evoluzione magmatica e della dinamica eruttiva, alla caratterizzazione dell'ecosistema idro-termale.



**Maria Grazia Ruggi d'Aragona** Archeologo, presso il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo. Dal 1979 in servizio presso l'allora Soprintendenza di Napoli e Caserta. Dal 1991 al 1999 è stata Funzionario Responsabile dell'Ufficio del Catalogo, dell'Archivio e Laboratorio Fotografico del Museo Archeologico Nazionale di Napoli e, in seguito, fino al 31 ottobre del 2016, Funzionario Responsabile dell'Ufficio per i Beni Archeologici di Mondragone e Sessa Aurunca.



**Rosario Santanastasio** Geologo, segretario nazionale di Archeoclub d'Italia e referente della struttura specialistica Marenostrom Archeoclub d'Italia in convenzione con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, Università e Soprintendenze. Amministratore unico di Elleseitalia Srl società di servizi di ingegneria e geologia.



**Corrado Stanislao** Geologo, dottorando di ricerca in geoarcheologia presso il dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Dal 2010 svolge ricerche nei settori dei geomateriali, della geoinformatica e geoarcheologia subacquea.



**Pasquale Sarao** Geologo, dirigente comunale nei settori della tutela dell'ambiente e della pianificazione urbanistico-edilizia. Nell'organico dell'amministrazione pubblica dal 2007 si occupa di SIT e di recente dell'utilizzo di SAPR applicati alla tutela ed alla pianificazione territoriale.



**Alfredo Trocciola** Geologo, primo ricercatore ENEA presso C.R. Portici nel laboratorio SSPT-PROTER-BIOGEOC. Dal 1993 effettua ricerche degli impatti dei rischi naturali sui beni culturali e dal 2002 dello sviluppo sostenibile del territorio. Responsabile scientifico delle convenzioni di Sessa Aurunca, Archeoclub d'Italia e Mondragone.



**Renata Valente** Architetto, professore associato di Tecnologia dell'Architettura presso il dipartimento di Ingegneria civile, Design, Edilizia e Ambiente della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base presso la Seconda Università di Napoli. Dal 1986 svolge attività di ricerca nel campo della progettazione ambientale, occupandosi della riqualificazione sostenibile delle zone costiere, delle infrastrutture blu e verdi, del recupero ecocompatibile degli spazi aperti urbani e periurbani.

ENEA  
Servizio Promozione e Comunicazione

[www.enea.it](http://www.enea.it)

Febbraio 2017