

Considerazioni finali

Carlo Bisci^{1,2,3}, Gino Cantalamessa^{1,2,3}, Federico Spagnoli^{1,2,4,5}, Mario Tramontana^{3,6}

¹ Università degli Studi di Camerino – Scuola di Scienze e Tecnologie
Sezione di Geologia, via Gentile III da Varano, 7 62032 Camerino

² GNRAC – Gruppo Nazionale per la Ricerca sull’Ambiente Marino, corso Europa, 26 16132 Genova

³ CoNISMa, Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare, piazzale Flaminio, 9 00196 Roma

⁴ CNR - IRBIM, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

⁵ CNR – ISMAR, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

⁶ Università degli Studi di Urbino Carlo Bo - Dipartimento di Scienze Pure e Applicate (DiSPeA)
Sezione di Geologia, via Cà’ Le Suore, 2/4 61029 Urbino

Riassunto

Dal confronto critico dei risultati delle analisi effettuate dall’ARPA Marche nel 2003 e nel 2017 su campioni di sedimenti di retroscogliera sono risultate diverse osservazioni interessanti, che però non hanno una sufficiente validità statistica a causa di numerosi fattori, quali l’eccessivo intervallo di tempo intercorso tra i due campionamenti, la presenza di due sole serie di dati, la riduzione del numero di campioni analizzati negli anni più recenti (parametro particolarmente penalizzante, soprattutto per la Provincia di Pesaro), variazioni dei criteri di valutazione e degli indicatori analizzati e l’incertezza sulla coincidenza dei momenti stagionali dei campionamenti e mancata conoscenza delle esatte ubicazioni dei siti. Limitazioni simili hanno anche influenzato diverse linee di studio.

Lo studio degli habitat presenti lungo la spiaggia sommersa ha rilevato la presenza di interessanti specie protette e, nel porto di Ancona, di specie esotiche.

L’analisi della qualità delle acque in funzione della balneabilità ha mostrato una media più che buona dei punteggi assegnati a siti studiati, con una leggera tendenza al miglioramento (anche se con locali casi di tendenza opposta).

Il censimento delle dune ha infine messo in evidenza la scarsità di depositi relitti e la loro fragilità in un ambiente costiero sempre più instabile e aggressivo.

Nel complesso, si evidenzia la necessità di passare da campionamenti ed analisi estemporanee a un sistematico e regolare monitoraggio dei parametri sopra indicati, in modo da poter fornire risposte chiare ai gestori della risorsa “litorali”.

Parole chiave: Regione Marche, Adriatico centrale, sedimenti di retroscogliera, biocenosi marine, balneabilità, monitoraggio ambientale

Abstract

Comparing the results of the analyses carried out by ARPA Marche in 2003 and 2017 on samples of sediments collected at the back of breakwaters several interesting observations arose. Anyhow, the above observations lack of statistical significance because of many factors, among which the long time interval between the two samplings, the availability of only two sets of samples, the reduction of the number of samples taken during the second campaign (factor a strong limiting, especially for the Pesaro-Urbino Province), changes in criteria and analyzed indicators, uncertainty on the coincidence of seasonal moments for the two samplings and lack of knowledge of the exact location of the sites. Similar limitations also affected most of the other lines of investigation.

Studying the habitats located along the submerged beach, noteworthy protected species have been individuated; in the Ancona harbor exotic species have been found too.

The bathing quality of marine water is more than good, as an average for all the investigated sites, with a trend indicating amelioration, even though with local cases of an inverse trend.

The census of all the coastal dunal zones highlighted the scarcity of remnants of such deposits and their fragility in a continuously more unstable and aggressive environment. As a whole, we underline the need to pass from extemporaneous samplings and analyses to a systematic and regular monitoring of all the above parameters, in order to be able to give clear indication on the littoral "resource" to the decision makers.

Keywords: *Sediments located at the back of breakwaters, marine biocenoses, bathing quality, environmental monitoring*

L'elaborazione dei dati, messi a disposizione dalla Regione Marche e integrati ove possibile dagli scriventi, è stata in certi casi difficoltosa per l'intrinseca eterogeneità degli argomenti affrontati, nonché per problemi tecnici quali l'eccessivo intervallo temporale intercorso tra le osservazioni, la mancanza di certezza riguardo alla comparabilità dei dati (momento stagionale del prelievo e esatta ripetizione del punto di campionamento), la disponibilità di sole due serie di dati e, per alcuni parametri, la variazione delle metodologie di analisi e dei parametri investigati.

Sintetizzando le deduzioni derivanti dall'analisi del materiale considerato, emergono le seguenti osservazioni principali.

Per quanto riguarda la caratterizzazione sedimentologica dei campioni, è necessario osservare che, essendo i dati relativi alle analisi del 2003 presentati con istogrammi a sole tre classi granulometriche (ghiaia, sabbia e pelite), per poter confrontare in prima approssimazione tali campioni con quelli relativi ai prelievi più recenti è stato necessario semplificare i risultati di quest'ultima, riducendo tutto alle sole tre grandi classi di cui sopra. In questo modo, tuttavia, non emerge il dettaglio della distribuzione granulometrica totale; si segnala quindi la scarsa significatività di una classificazione così semplificata e si consiglia di mantenere, in futuro, le classi *phi*. Per l'analisi della parte fine, inoltre, si suggerisce che sarebbe preferibile effettuare l'analisi tramite sedigrafo, in modo da mantenere il significato idrodinamico del valore ottenuto.

I dati rilevati permettono di evidenziare (con l'eccezione della porzione più settentrionale del litorale regionale, dove al momento sono disponibili i dati relativi a un unico sito nella Provincia di Pesaro e Urbino) che le locali variazioni granulometriche di vario tipo tra i campioni analizzati nel 2003 e nel 2016-2017 potrebbero essere associate a diverse cause, anche indipendenti dai trend evolutivi medi dei litorali studiati, quali fenomeni idrologici locali, modificazione della profondità del fondale nei siti di prelievo, variazione del momento meteo-climatico di campionamento, apporto temporaneo locale di corsi d'acqua prossimali ecc. Quindi, anche se certamente significative relativamente alla situazione del momento, tali variazioni non possono essere ritenute indicative di trend temporali (ovviamente non individuabili in modo statisticamente significativo tramite l'analisi di solo sue serie di campioni), che sarebbero valutabili solo attraverso auspicabili monitoraggi continui (a cadenza possibilmente quantomeno annuale e, se possibile, semestrale) condotti dalla Regione Marche. Le sopra citate limitazioni di significatività e di individuazione delle cause delle variazioni riscontrate possono essere considerate valide anche per tutte le altre caratteristiche dei campioni prese in considerazione.

Nel complesso, comunque, nei campioni più recenti si osserva una diminuzione abbastanza sistematica delle frazioni ghiaiose e limosee. Questo, ferme restando le incertezze di cui sopra, potrebbe indicare da un lato la progressiva diminuzione di apporti solidi grossolani e dall'altro un incremento dell'energia del moto ondoso che non permette quindi più la permanenza di silt.

Per quanto riguarda la concentrazione di metalli, sulla base di confronti effettuati tra le analisi del 2003 e del 2016-2017, emerge una costante seppur disomogenea crescita dei valori relativi a tutti gli elementi monitorati. Pur tenendo conto delle limitazioni connesse con la scarsità e la non significatività della distribuzione spaziale e, soprattutto, temporale dei campioni, questo incremento è comunque significativo e porta a rafforzare la considerazione relativa alla stringente necessità di sistematici e continui interventi di monitoraggio della qualità delle acque e dei sedimenti costieri per comprendere le variazioni spazio-temporali e quindi risalire alle possibili fonti di immissione. Essa, inoltre, potrebbe prefigurare che tale variazione possa dipendere dalle sempre crescenti quantità di inquinanti immessi nel sistema Terra-Mare.

I nuovi elementi analizzati nel 2016-2017 (Zn, As, V e Al) mostrano concentrazioni degne di attenzione nel settore centrale del litorale regionale, anche se ovviamente non è possibile ipotizzare alcuna tendenza in merito.

Una valutazione conclusiva dei risultati ottenuti dalle analisi sui saggi ecotossicologici tra il periodo 2016-2017 e quelli del 2003 è stata effettuata solo sul batterio *Vibrio fischeri*, dato che rappresentava l'unico saggio biologico utilizzato nel campionamento del Rapporto ARPAM 2003. Dal confronto emerge che in generale la costa marchigiana mostra livelli di tossicità assente o lieve ma con delle differenze sui livelli di tossicità alti rilevati nel 2003 solo nel campione n. 7 nella Provincia di Macerata, e nel 2016-2017 in quattro campioni (n. 28, 29, 35 e 38) della Provincia di Ancona.

Inoltre, nel periodo 2016-2017 abbiamo riscontrato una discrepanza tra i risultati ottenuti tra le specie test utilizzate in fase liquida (*Acartia tonsa* e *Phaeodactylum tricornutum*) e quelli usati per la fase solida (*Vibrio fischeri*). Si raccomanda l'utilizzo di batterie di test che considerino diverse vie di esposizione (es. sedimento, elutriato, acqua interstiziale), utilizzando un ampio numero di specie test appartenenti a vari *taxa* e rappresentative dei principali livelli trofici e ruoli ecologici in accordo con la Water Framework Directive per le acque marine costiere (2000/60/EC).

Riguardo i contaminanti organici rinvenuti nei sedimenti di retroscogliera, si osservano alcune differenze tra i risultati delle due campagne di campionamento. Gli IT con C>12 e i PCB totali sono generalmente diminuiti nei campioni più recenti di tutte le province, con l'eccezione più rilevante del campione n. 59 (Pedaso), per i PCB totali.

Nella Provincia di Pesaro e Urbino, i dati molto scarsi non permettono conclusioni apprezzabili. Comunque, nel sito del comune di Fano (stazione n. 14) tutti i contaminanti organici indagati risultano al di sotto del Limite di Determinazione (LD). Una differente distribuzione tra i vari gruppi di contaminanti organici (IT con C<12, IT con C>12, OCP, IPA e PCB) è stata notata nelle provincie marchigiane. Nella Provincia di Ancona si osserva una contaminazione da PCB al di sopra del LD in 3 su 10 siti di prelievo. Nelle provincie di Macerata e di Fermo è stata notata una maggiore presenza di IPA. Per quanto riguarda gli IT, tutti i siti hanno evidenziato concentrazioni inferiori al LD per gli idrocarburi leggeri (C<12), mentre la metà dei punti di campionamento hanno rilevato concentrazioni di IT pesanti (C>12) superiori al LD. Le concentrazioni più elevate, che hanno superato anche i limiti di riferimento espressi nel DL 173/2016, si riferiscono al DDT che, nei comuni di Porto Recanati (Lido delle Nazioni) e di Cupra Marittima (n. 61), hanno raggiunto livelli di 5.1 µg/Kg ss e 2.0 µg/Kg ss, rispettivamente. Nel comune di Pedaso (n. 59) si registra una concentrazione superiore ai livelli di riferimento per quanto riguarda i PCB totali (8.9 µg/Kg ss). Nella Provincia di Ascoli Piceno, due dei sei siti di prelievo hanno mostrato concentrazioni di OCP superiori al LD. Ascoli Piceno, due dei sei siti di prelievo hanno mostrato concentrazioni di OCP superiori al LD.

Una buona parte dei sedimenti della costa marchigiana ha mostrato una qualità microbiologica elevata, caratterizzata da una totale assenza di contaminazione microbiologica per tutti i parametri presi in considerazione, anche se alcuni campioni hanno mostrato la presenza di streptococchi fecali e stafilococchi, nonché di *E. coli*. La possibilità di eventi di inquinamento, fosse anche di breve durata, suggerisce di migliorare il funzionamento dei sistemi di depurazione delle acque, anche per i piccoli fossi le cui acque attualmente non sono soggette a trattamento, anche nell'ottica della sempre maggior frequenza e intensità degli eventi meteorici estremi conseguenza del cambiamento climatico globale.

Il rapporto C/N è sempre notevolmente superiore ai valori di Redfield (1958), indicando quindi una sostanza organica di origine prevalentemente continentale o molto degradata.

Lungo tutta la costa marchigiana, sono da considerare completamente nulli o trascurabili i valori di tossicità dei sedimenti di retroscogliera campionati, con l'eccezione di quattro campioni relativi ai litorali della provincia di Ancona, positivi per il test di *Vibrio fischeri*.

L'analisi della balneabilità conferma la buona qualità media delle acque marchigiane; ancora una volta, comunque, la Provincia di Macerata mostra i parametri peggiori. Nell'intervallo tra le due campagne di campionamento, 14 siti hanno migliorato la propria classificazione mentre 12 l'hanno peggiorata. Anche per quanto riguarda questo parametro, si sottolinea l'importanza dell'ottimizzazione dei sistemi di trattamento dei reflui.

Complessivamente, lungo il litorale regionale i depositi rappresentativi di ambienti dunali sono molto poco diffusi. Mancano infatti veri e propri sistemi di dune fatta eccezione per l'area più meridionale delle Marche (Sentina) dove ancora si può osservare un lembo relitt di duna. Quest'ultimo rappresenta il poco che resta di un vero e proprio corpo dunale ben sviluppato fino a pochi anni fa, che inoltre si prevede che verrà completamente distrutto entro pochi anni se non si provvederà a mitigare la locale forte tendenza all'erosione del

litorale. Nelle altre zone del litorale marchigiano sono presenti corpi deposizionali variamente vegetati, di norma sviluppatasi ai margini del rilevato ferroviario, spesso discontinui, interrotti da strutture e danneggiati da interferenze antropiche.

Lungo il litorale marchigiano sono state cartografate anche aree scarsamente antropizzate, più o meno coperte da vegetazione, in cui non sono state riconosciute le tipiche caratteristiche morfologiche, sedimentologiche e botanico-vegetazionali dei depositi eolici costieri. Le perimetrazioni effettuate dalla Regione Marche, ove possibile sono state integrate con dati originali a cura degli scriventi; non si è però ritenuto opportuno modificare in alcun modo l'estensione areale delle aree forniteci, anche se in alcuni casi si è evidenziata la necessità di verificare alcuni dei caratteri segnalati.

Le indagini botanico-vegetazionali, condotte lungo il litorale, hanno messo in evidenza la locale presenza di vegetazione riferibile a dune embrionali e dune mobili meritevoli di conservazione e azioni di valorizzazione e sviluppo a fini ambientali. Tali azioni potrebbero interessare, in una fase di progettazione pilota, in particolare alcuni settori quali l'area della Sentina, il litorale settentrionale di Porto Sant'Elpidio, quello posto a Sud del porto di Senigallia e alcune zone tra Fano e Pesaro.

Per quanto riguarda gli ambienti dunali, ovviamente non è possibile alcuna considerazione comparativa, dato che quello fornito è l'unico censimento sistematico a livello regionale. Nel complesso, grazie anche all'integrazione di osservazioni sedimentologico-geomorfologiche con classificazioni botanico-vegetazionali, si rileva l'estrema frammentarietà del sistema dunale costiero delle Marche, che fino a circa un secolo e mezzo fa caratterizzava senza quasi interruzione l'interfaccia tra spiaggia e retrospiaggia e la cui estensione attuale è ridotta a valori percentuali molto bassi (meno dell'8% anche a voler considerare ogni deposito embrionale o estremamente eroso dal moto ondoso o degradato dalle attività antropiche).

Data l'importanza ecologica e il contributo che le dune danno alla protezione del retrospiaggia, si auspica da un lato la sistematica protezione dei sistemi esistenti (da attuare tanto riducendo l'aggressività del moto ondoso, quanto fornendo nuovamente materiale alla spiaggia o direttamente alla duna o, ancora, proteggendo il corpo sedimentario tramite piantumazione o altre opere di ingegneria naturalistica o, ancora, mirando a evitare i danni conseguenti l'accesso al litorale) e dall'altro, ove possibile, l'instaurazione (ovviamente artificiale, tramite ripascimenti e realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica e di piantumazione) di condizioni favorevoli alla genesi di depositi dunali.

Per quanto riguarda la metodologia di codifica utilizzata nel geodatabase relativo ai siti "dunali" per designare le aree e i profili, per il futuro, si suggerisce di adottare invece delle prime tre cifre (la cui interpretazione è assai poco immediata) il codice ISTAT del Comune di pertinenza semplificato (togliendo le cifre relative al codice regionale e, eventualmente, lo 0 iniziale del codice provinciale), in modo da rendere più agevole e immediata la comprensione dell'ubicazione del sito. Sempre ai fini di una codifica più efficiente, si suggerisce inoltre di evitare l'uso di codici identici per le sezioni relative alla medesima area, aggiungendo ove necessario una lettera progressiva dopo il codice della zona.

L'insieme delle osservazioni sopra estremamente sintetizzate e più ampiamente descritte nei precedenti articoli conforta le molte osservazioni sulla dinamica costiera e sui trend morfoevolutivi delle linee di riva, che ci consentono di evidenziare una generalizzata tendenza all'erosione delle spiagge regionali, tutt'altro che mitigata dalle molteplici, spesso estemporanee, opere di protezione costiera che nei decenni sono state realizzate a coprire quasi l'intero litorale marchigiano.

In generale, comunque, come elemento di riflessione è opportuno sottolineare che il presente volume, sebbene molto articolato, risente pesantemente della mancanza di un adeguato percorso organico nella raccolta dei campioni che porta a una disomogeneità dei dati e quindi a una scarsa significatività dei confronti.

Per il futuro si auspica quindi un sistematico monitoraggio del clima d'onda e dei suoi effetti attraverso la ripetizione – almeno a cadenza annuale e comunque in momenti analoghi dal punto di vista della variazione stagionale della dinamica dei litorali (possibilmente verso la fine della primavera, al termine della stagione ad alta energia) - di osservazioni (in particolare tramite rilievi del profilo della spiaggia emersa e della presenza di specie vegetali indicative) e di prelievo di campioni da sottoporre ad analisi analoghe a quelle prese in considerazione in questo volume. Per quanto riguarda questi ultimi, si sottolinea l'importanza di mantenere, più che l'esatta ubicazione in termini di coordinate, il significato idrodinamico del punto di prelievo, ovvero di agire sempre lungo il medesimo transetto, ma operando sempre alla medesima profondità del fondale, segnalando l'eventuale migrazione verso mare o verso terra del punto.

Questo, infatti, consentirebbe di pianificare in modo finalmente omogeneo, organico e sistematico l'insieme degli interventi da operare per evitare la perdita (davvero molto grave anche dal punto di vista socioeconomico, oltre che naturalistico) di aree di spiaggia e di ambienti rilevanti dal punto di vista ambientale.

Nel segnalare la notevole validità del sistema di monitoraggio proposto nel 2003, quando questo tipo di operazioni era tutt'altro che prassi comune, e la positiva inclusione di nuovi parametri nella campagna di rilevamento più recente, si sottolinea la scarsa utilità pratica di operazioni condotte a così grande distanza di tempo, ribadendo l'imprescindibilità ai fini di prevenzione dei problemi e di incremento della resilienza di una sistematicizzazione dei monitoraggi.

Concludendo, si ritiene opportuno avanzare alcune considerazioni finali rispetto a quanto esposto nella in questo volume:

- nella realizzazione di questo studio sono stati utilizzati dati non omogenei, spesso non adeguatamente corredati delle necessarie informazioni relative ai tempi, modi e luoghi di rilievo; questo ha comportato una difficoltà nel condurre alcune valutazioni, che pertanto non possono che essere preliminari e affette, in alcuni casi, da errori sistematici. Sarebbe per esempio opportuno, per il futuro, un effettivo controllo di dettaglio sul terreno di alcune tematiche che ad oggi non è stato possibile effettuare per ovvi motivi di tempo e di costi.
- viene infine segnalata la necessità di un allineamento dei risultati relativi alle diverse tematiche affrontate alle effettive esigenze in termini di contenuti del nuovo piano GIZC.

Ricevuto il 02/10/2020; accettato 18/11/2020