

# Studi costieri

Dinamica e difesa dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

N. 30  
2021

I litorali marchigiani e il nuovo  
Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere

A cura di  
Carlo Bisci, Gino Cantalamessa, Federico Spagnoli e Mario Tramontana



# Studi costieri

**Dinamica dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera**

Collana diretta da:

**Enzo Pranzini**

Dipartimento di Scienze della Terra

Via Micheli, 6 - 50121 Firenze

Tel. 055 2756547

Redazione: **Irene Cinelli**

E-mail: irene.cinelli@unifi.it

## **Comitato scientifico**

Segreteria: **Pierluigi Aminti**

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Via S. Marta, 3 - 50139 Firenze

Tel. 055 2758840

E-mail: aminti@dicea.unifi.it

**Carl Leonetto Amos** - Southampton (UK)

**Giorgio Anfuso** - Cadice (Spagna)

**Edoardo Benassai** - Napoli

**Mario Calabrese** - Napoli

**Lorenzo Cappietti** - Firenze

**Nicola Corradi** - Genova

**Leandro D'Alessandro** - Chieti

**Giuliano Fierro** - Genova

**Leopoldo Franco** - Roma

**Giovan Battista La Monica** - Roma

**Alberto Lamberti** - Bologna

**Elvidio Lupia Palmieri** - Roma

**Alessandro Mancinelli**, Ancona

**Alberto Noli** - Roma

**André Ozer** - Liegi (Belgio)

**Piero Ruol** - Padova

**Umberto Simeoni** - Ferrara

**Adrian Stanica** - Bucarest (Romania)

**Giuseppe Roberto Tomasicchio** - Bari

**Lilian Wetzel** - Rio Grande (Brasile)

Finito di stampare nel mese di Luglio 2021

**Tipografia Il Bandino**

**Studi costieri N. 30**

# **I litorali marchigiani e il nuovo Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere**

a cura di Carlo Bisci, Gino Cantalamessa, Federico Spagnoli e Mario Tramontana

In ricordo dei nostri due preziosi collaboratori scomparsi troppo presto,  
il Dr. Ing. Giorgio Di Pancrazio e la Prof. Silvia Zitti

**Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero**



## **Prefazione: il Piano GIZC e le sue analisi ambientali**

L'Assemblea Legislativa delle Marche, con Delibera Amministrativa di Consiglio Regionale n. 104 nella seduta n. 147 del 6 dicembre 2019, ha approvato il nuovo Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere (Piano GIZC) che quindi è il nuovo strumento di pianificazione e programmazione degli interventi di difesa della costa nella nostra Regione; il Piano GIZC è stato interamente redatto da funzionari della struttura regionale che rappresento.

Un grande lavoro effettuato dalle strutture tecniche, politiche e da tutti i portatori di interesse pubblici e privati regionali che ci pone all'avanguardia nel panorama italiano in merito al difficile e delicato tema trattato. Un aspetto particolarmente importante è stato quello della caratterizzazione ambientale del Piano GIZC, già impostata nel 2005.

Tali analisi ambientali effettuate negli anni duemila, allora innovative, sono state impostate su tre tematiche: qualità dei sedimenti di retroscogliera, balneabilità e biocenosi, allora analizzate da ARPA Marche; ora, attraverso la collaborazione non onerosa con il CNR IRBIM di Ancona e le Università di Camerino, Urbino e Ancona, alle quali va un caro ringraziamento, sono state riprese, rivisitate e integrate con nuovi temi e conoscenze. L'obiettivo era ed è quello dell'osservazione, del controllo costante e continuo dello stato dell'ambiente nella delicata zona di interfaccia terra-mare; in una parola il suo monitoraggio.

Tante le difficoltà incontrate ma anche grande il desiderio di migliorare il lavoro fatto attraverso una seria e onesta analisi che può solo portare a nuove proposte migliorative e ad una sua ottimizzazione.

L'impressione che si ha nel visionare i vari temi trattati dalla presente pubblicazione, da associare al Piano GIZC, è quella di integrazione e di arricchimento; una sensazione che fa pensare di aver costruito non solo uno strumento di pianificazione/programmazione associato alla prosecuzione di un'analisi ambientale, ma di aver fatto cultura, cioè coltivare arti e studi anche grazie alla capillare e trasparente diffusione di tutto il materiale messo a disposizione.

Ancora grazie, buon lavoro e un saluto.

**Angelo Sciapichetti**

*Assessore regionale alla difesa del suolo e della costa*



## Premessa

**Carlo Bisci<sup>1,2,3</sup>, Gino Cantalamessa<sup>1,2,3</sup>, Federico Spagnoli<sup>1,2,4,5</sup>, Mario Tramontana<sup>3,6</sup>,  
Luigi Diotallevi<sup>7</sup>, Giorgio Filomena<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Università degli Studi di Camerino - Scuola di Scienze e Tecnologie  
Sezione di Geologia, via Gentile III da Varano, 7 62032 Camerino

<sup>2</sup> GNRAC - Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Marino, corso Europa, 26 16132 Genova

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

<sup>4</sup> CNR - IRBIM, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

<sup>5</sup> CNR - ISMAR, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

<sup>6</sup> Università degli Studi di Urbino Carlo Bo - Dipartimento di Scienze Pure e Applicate (DiSPeA)  
Sezione di Geologia, via Ca' Le Suore, 2/4 61029 Urbino

<sup>7</sup> Regione Marche - Servizio Tutela, gestione e assetto del territorio  
P.F. Tutela delle acque e difesa del suolo e della costa

Questo lavoro, che intende presentare una descrizione dello stato del litorale di pertinenza della Regione Marche, fa seguito all'accordo di collaborazione non onerosa relativa agli studi e agli interventi finalizzati alla gestione della fascia costiera e marina regionale, i cui risultati sono stati inclusi in una relazione tecnica confluita nel nuovo Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere (Piano GIZC). Tale accordo è stato stipulato tra la Regione Marche - Servizio Tutela, Gestione e Assetto del Territorio, P.F. Tutela delle acque e difesa del suolo e della costa e un gruppo informale di ricerca sull'ambiente costiero, formato da ricercatori afferenti al CNR - ISMAR di Ancona, all'Università degli Studi di Camerino e all'Università degli Studi di Urbino.

Esso si articola nelle seguenti cinque linee tematiche:

- 1) Inquadramento morfologico del litorale marchigiano
- 2) Qualità dei sedimenti marini di retroscogliera;
- 3) Biocenosi marino-costiere;
- 4) Balneabilità;
- 5) Protezione e valorizzazione delle dune costiere residue.

Il primo punto rappresenta una sintesi degli studi portati avanti negli ultimi decenni dagli autori e dai loro collaboratori.

Le attività di cui ai punti 2, 3 e 4 si basano sul confronto dei risultati di analisi più recenti con quelle relative all'anno 2003, in entrambi i casi eseguite dall'ARPA Marche. I dati e le perimetrazioni delle dune costiere re-litte sono stati forniti dalla P.F. Tutela delle acque e difesa del suolo e della costa; gli stessi sono stati utilizzati senza alcuna modifica, fatta eccezione per alcune integrazioni relative alle dune, risultanti da studi progressivi effettuati dagli scriventi.

Sempre per i punti 2, 3 e 4 gli scriventi si sono avvalsi della collaborazione di ricercatori afferenti all'ISMAR CNR di Ancona, mentre per l'ultimo punto si è avuto il contributo dell'Unità Operativa del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali dell'Università Politecnica delle Marche, coordinata dalla Prof. Simona Casavecchia, per la definizione delle biocenosi vegetali e degli habitat.

È quindi sinteticamente illustrato il nuovo Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere della Regione Marche

Infine, vengono tratte considerazioni finali sul lavoro svolto e sulla sua potenziale prosecuzione.

## Bibliografia

Regione Marche (2019) - Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere (Piano GIZC). Regione Marche.





## Caratteri oceanografici dell'Adriatico centro-settentrionale e della costa Marchigiana

Carlo Bisci<sup>1,2,3</sup>, Gino Cantalamessa<sup>1,2,3</sup>, Rocco De Marco<sup>4,5</sup>, Federico Spagnoli<sup>1,2,4,5</sup>, Mario Tramontana<sup>3,6</sup>

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

<sup>2</sup> GNRAC – Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Marino, corso Europa, 26 16132 Genova

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

<sup>4</sup> CNR - IRBIM, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

<sup>5</sup> CNR - ISMAR, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

<sup>6</sup> 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

Il Mare Adriatico è caratterizzato da una prevalente circolazione anticiclonica pronunciata in inverno e primavera mentre in estate ed autunno prevalgono una serie di gire sia anticicloniche che cicloniche. La Corrente orientale diretta verso nord prende il nome di *East Adriatic Current* (EAC). La corrente occidentale, diretta verso sud, prende il nome di *Western Adriatic Current* (WAC). In estate l'idrodinamica rallenta creando una generale stratificazione della colonna d'acqua. In Adriatico sono presenti anche acque dense che si formano in inverno ad opera della Bora e che, in primavera, fluiscono verso sud.

Le oscillazioni del livello del mare in Adriatico sono influenzate sia dalle maree che da fattori meteorologici: la massima altezza di marea si verifica, infatti, in condizioni di bassa pressione e con venti da Levante-Scirocco che accumulano le acque sotto costa per oltre un metro di altezza, con valori crescenti da sud verso nord. Lungo il litorale marchigiano il "mare regnante" è il mare proveniente da Scirocco (SSE) mentre il "mare dominante" è quello da Bora (NE) o Grecale (ENE).

**Parole chiave:** Oceanografia, Mare Adriatico centrale, Regione Marche

### Abstract

*The Adriatic Sea is characterized by a prevalent anticyclonic circulation, more evident in winter and spring, while in summer and autumn, a series of anticyclonic and cyclonic gyres prevail. The heading north eastern current is called East Adriatic Current (EAC). The heading south western current is called Western Adriatic Current (WAC). In summer the Adriatic Sea hydrodynamic slows down creating a general stratification of the water column. In the Adriatic Sea also dense waters are present; in winter they are formed by the Bora and, in spring, they flow southward.*

*The sea level oscillations in the Adriatic Sea are influenced by both tides and meteorological factors: the maximum tide height occurs, in fact, in low pressure conditions and with winds from Levante-Sirocco that accumulate near the coast the waters for over a meter of height, with increasing values from South to North. Along the Marche coast the "reigning sea" is the sea coming from Sirocco (SSE) while the "dominant sea" is that from Bora (NE) or Gregale (ENE).*

**Key words:** Oceanography, Central Adriatic Sea, Marche Region.

### 1. Introduzione

I caratteri oceanografici del Mare Adriatico negli ultimi anni hanno visto un notevole incremento delle conoscenze, grazie agli studi condotti da gruppi di ricerca sia italiani sia stranieri. Tali studi hanno evidenziato la complessità dell'idrodinamica dell'Adriatico, che risente di forzanti sia atmosferiche e meteomarine, sia legate agli apporti idrici continentali.

La circolazione risente inoltre in maniera importante dei processi di scambio, tra il Mediterraneo e l'Adriatico, delle diverse masse d'acqua che transitano attraverso il Canale d'Otranto, e che risentono fortemente della morfologia del bacino oltre a presentare elevate differenze stagionali. Tale circolazione condiziona gli attuali processi deposizionali e biologici, nonché erosivi, che controllano le caratteristiche e la distribuzione dei sedimenti.

Tutti questi caratteri fanno sì che il Mare Adriatico abbia una fisionomia del tutto differente da quella del Mare Mediterraneo, anche se profondamente collegata con esso.

## 2. Area di studio

Il Mare Adriatico è un'articolazione abbastanza stretta (circa 70 miglia nautiche fra la costa italiana e quella dalmata) e allungata (circa 350 miglia nautiche) orientata NNW-SSE (Fig. 1) del Mar Mediterraneo orientale, compresa tra la penisola italiana e l'area balcanica, in comunicazione a sud con il Mar Ionio solo attraverso il Canale d'Otranto, dove si riscontra la minima larghezza.

La morfologia del fondo è caratterizzata da una parte settentrionale poco profonda cui segue, muovendosi da nord verso sud, un significativo aumento della batimetria nella Fossa Adriatica Centrale (*Mid Adriatic Pit*; Fig. 1) e per raggiungere un massimo in corrispondenza della Fossa Adriatica Meridionale (*South Adriatic Pit*; Fig. 1).

Nonostante si tratti di un mare chiuso e poco profondo, esso presenta una circolazione delle masse d'acqua abbastanza complessa.

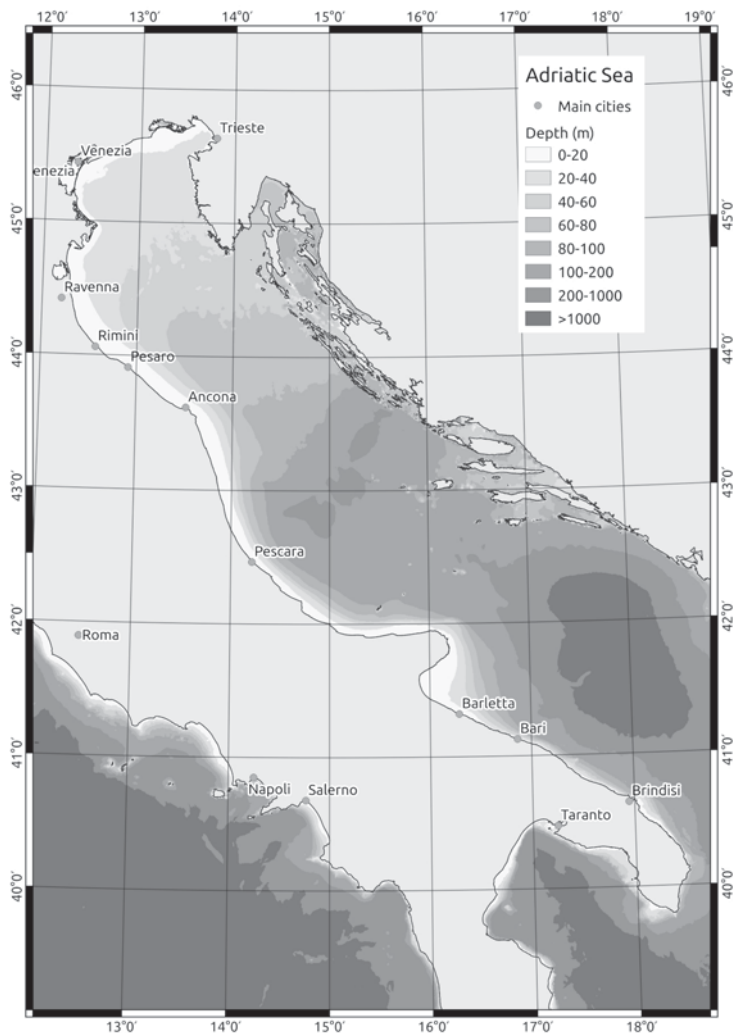


Figura 1. Carta batimetrica del Mare Adriatico.

Il tratto di mare preso in esame corrisponde alla sua porzione centro-settentrionale prospiciente la fascia costiera della Regione Marche, lungo la quale l'approfondimento dei fondali è piuttosto progressivo e abbastanza regolare, andando da un minimo di circa 40 m al suo estremo settentrionale fino a oltre 100 m in corrispondenza della *Mid Adriatic Pit*. Questa caratteristica deriva dalla presenza, lungo i fondali, del potente corpo sedimentario depositato precedentemente all'ultima fase post-glaciale dal delta del paleo-Po, la cui massima estensione ha raggiunto le aree attualmente ubicate di fronte alle coste abruzzesi (Van Straaten, 1970; Colantoni *et al.*, 1990; Ferretti *et al.*, 1984; Bisci *et al.*, 2020).

### 3. Caratteri oceanografici

L'idrodinamica del Mar Adriatico è caratterizzata da una prevalente circolazione anticiclonica (Fig. 2). Tale circolazione è più pronunciata in inverno e primavera mentre in estate ed autunno essa rallenta cosicché, in queste stagioni, prevalgono una serie di gire sia anticicloniche che cicloniche (Artegiani *et al.*, 1997).

La circolazione anticiclonica prevalentemente invernale è composta da una corrente entrante nel settore orientale del Canale di Otranto, che risale verso nord lungo la costa dalmata, e da una corrente diretta verso sud lungo la costa italiana, che esce dall'Adriatico nel settore occidentale del Canale di Otranto.

La Corrente orientale diretta verso nord prende il nome di *East Adriatic Current* (EAC). Essa è caratterizzata da acque più calde e saline provenienti dal Bacino Levantino (*Levantine intermediate water*, LIW) e dal Mar Ionio (*Ionian surface water*, ISW).

La corrente occidentale, diretta verso sud, prende il nome di *Western Adriatic Current* (WAC) e trasporta acque meno saline e più fredde (Artegiani *et al.*, 1997; Poulain, 2001; Civitarese *et al.*, 2010; Korlevic *et al.* 2015).

In estate, la circolazione anticiclonica rallenta e le tempeste diminuiscono sia di intensità, sia di frequenza. Ciò porta a una generale e accentuata stratificazione della colonna d'acqua e alla prevalenza di una serie di gire in senso orario ed antiorario, generalmente divise nei bacini settentrionale centrale e meridionale (Artegiani *et al.*, 1997).

In questo contesto, la circolazione generale dell'Adriatico è complicata dalla formazione e circolazione delle acque dense (*North Adriatic Dense Water*: NAdDW) (Artegiani *et al.*, 1997; Vilibić e Supić, 2005; Dorman *et al.*, 2007; Signell *et al.*, 2010; Mihanović *et al.*, 2013; Chiggiato *et al.*, 2016). Queste si formano in inverno ad opera del vento freddo e secco proveniente da nord-est, la Bora, che provoca evaporazione e raffreddamento delle acque superficiali del Nord-Adriatico e quindi un incremento della loro densità che le porta a raccogliersi nei pressi del fondale dell'Adriatico Centro-Settentrionale. Successivamente, in primavera,

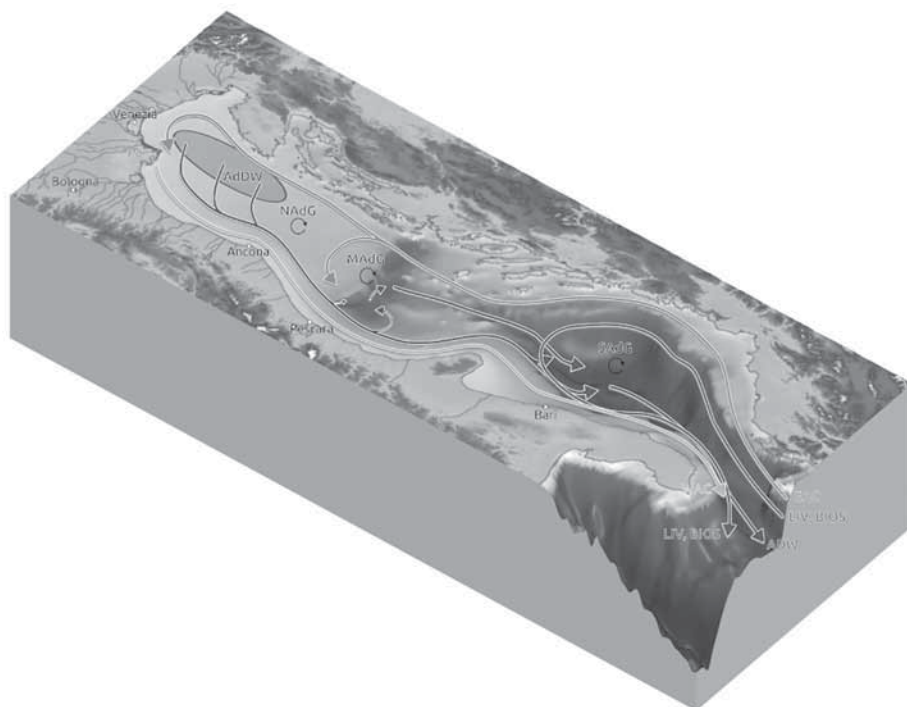


Figura 2. Andamento delle correnti nel Mare Adriatico (da Spagnoli *et al.*, 2021).

tipicamente in febbraio e marzo, la NAdDW fluisce verso sud nel settore italiano dell'Adriatico centrale, con variabilità interannuale, sia come volume che come proprietà termoline, in risposta alle variabili condizioni invernali, per poi disperdersi nelle fosse Meso-Adriatica (MAD) e Sud Adriatica (SAD) con una serie di eventi a cascata (Rovere *et al.*, 2019).

A loro volta le acque dense della MAD tendono a rinnovarsi con cadenza biennale o maggiore (Spagnoli *et al.*, 2014). In questo contesto lungo il litorale marchigiano, a una distanza dalla costa inferiore alle 2 miglia, si instaura una prevalente corrente prossimale che si muove in senso opposto, ovvero da sud-est verso nord-ovest. Tale corrente prevalente è generata dal moto ondoso regnante, che, per il litorale marchigiano, è quello da Scirocco; essa regola quindi il trasporto sedimentario longitudinale lungo costa, che procede da sud verso nord (Acciarri, 2016; Acciarri *et al.*, 2016).

Nel Mare Adriatico, le oscillazioni di marea non sono autonome ma risultano indotte dalle oscillazioni di marea ioniche. Le maree semidiurne presentano un nodo anfidromico posto circa 20 miglia nautiche a NE di Ancona, con linee cotidali che ruotano in senso antiorario (Fig. 3). Le oscillazioni del livello del mare sono influenzate sia dalle maree che da fattori meteorologici: la massima altezza di marea si verifica, infatti, in condizioni di bassa pressione e con venti da Levante-Scirocco che accumulano sotto costa le acque per oltre un metro di altezza, con valori crescenti risalendo da sud verso nord. Lungo la costa marchigiana, le oscillazioni del livello marino variano tra i due estremi settentrionale e meridionale: nel porto di San Benedetto del Tronto le maree presentano un'ampiezza media di 19 cm alle sizigie e pressoché nulla alle quadrature, mentre nel porto di Ancona le ampiezze massime delle maree astronomiche oscillano intorno ai 58 cm, con un'ampiezza media alle sizigie di 47 cm e alle quadrature di 14 cm; nel porto di Pesaro, infine, l'ampiezza media della marea si aggira intorno ai 50 cm (Acciarri, 2016).



Figura 3. Linee cotidali e nodo anfidromico delle maree nel Mare Adriatico (arpae.it).

### 3. Clima d'onda

Il clima d'onda del tratto di costa tra Pesaro e il fiume Tronto può essere analizzato utilizzando le registrazioni delle boe ondametriche poste a largo di Ancona (ora non più attiva) e di Ortona e, per trasposizione, per mezzo di modelli numerici dei dati raccolti (Acciarri, 2016; De Boni *et al.*, 2001).

I dati raccolti dalla boa di Ancona evidenziano come il maggior numero delle mareggiate provenga da una direzione compresa fra i 120° e i 150° N (E-SE) e che l'altezza significativa media dell'onda è compresa fra 0.5 e 1.5 m. Considerando poi gli stessi valori suddivisi per le varie stagioni, emerge che nel periodo estivo e primaverile la direzione prevalente di provenienza è di 120°-150° N, mentre in autunno prevalgono mareggiate da 90°-120° N e infine in inverno da 30°-60° N, si assiste quindi ad una rotazione verso nord della provenienza delle mareggiate nel periodo invernale.

Per la boa di Ortona si possono individuare due settori principali di provenienza del moto ondoso, compresi tra 320°-50° N (Maestrale-Grecale) e 50°-130° N (Levante-Scirocco), che hanno analoghe probabilità di accadimento per gli eventi con Hs maggiore di 2 m; gli eventi con Hs maggiore di 4 m, benché poco frequenti (0.05%), provengono tutti dal 1° quadrante. Anche gli eventi eccezionali con Hs superiore ai 5 m, molto rari (0.02%), provengono tutti dai settori settentrionali (Acciarri, 2016; Acciarri *et al.*, 2016, 2017; Bisci *et al.*, 2020).

In ragione della disposizione geografica, le mareggiate del III e IV quadrante non influenzano la dinamica del litorale marchigiano; pertanto ai fini dell'analisi e dell'assetto della costa marchigiana dovrebbero nettamente prevalere gli eventi che provengono dal I e II quadrante.

Riassumendo, si può affermare che le direzioni di provenienza più frequenti dei moti ondosi prevalenti sul litorale marchigiano sono due: da NNE (15-45 °N) e da ESE (120-150 °N), con brevi ma intensi eventi provenienti da Levante. In particolare, possiamo fare una distinzione fra “mare regnante”, ovvero il moto ondoso che investe il litorale per il maggior numero di giorni durante l'arco di un anno, e “mare dominante”, che investe il litorale con maggior intensità.

Lungo il litorale marchigiano il “mare regnante” è quello di Scirocco (SSE) mentre il “mare dominante” è quello da Bora (NE) o Grecale (ENE) (Acciarri, 2016; Acciarri *et al.*, 2016, 2017; Bisci *et al.*, 2021).

Sulla base di tali considerazioni il litorale in oggetto è caratterizzato, salvo casi localizzati, da una generale deriva litoranea lungo costa diretta verso nord, sospinta dalle correnti da Scirocco (Acciarri, 2016; Acciarri *et al.*, 2016, 2017; Bisci *et al.*, 2020).

## Bibliografia

- Acciarri A. (2016) - *Net sediment transport paths based on grain-size trend analysis: the Sentina Beach case study (Italy, Central Adriatic Coast)*. Ph.D. Thesis. Università degli Studi di Camerino, School of Sciences and Technology, Geology Division. Camerino, Italy, 197 pp.
- Acciarri A., Bisci C., Cantalamessa G., Di Pancrazio G. (2016) - *Anthropogenic influence on recent evolution of shorelines between the Conero Mt. and the Tronto R. mouth (southern Marche, Central Italy)*. Catena, 147, 545-555
- Acciarri A., Bisci C., Cantalamessa G., Di Pancrazio G., Spagnoli F. (2017) - *Gli effetti antropici nell'evoluzione storica della costa "Picena"*. Studi Costieri, 24, 3-10. ISSN: 1129-8588
- Annibaldi A., Prezioso E., Droghini E., Tramontana M., Frapiccini E., De Marco R., Illuminati S., Truzzi C., Spagnoli F. (2019) - *Mercury Content in Central and Southern Adriatic Sea Sediments in Relation to Seafloor Geochemistry and Sedimentology*. Molecules, 24(24), 4467.
- Artegiani A., Paschini E., Russo A., Bregant D., Raicich F., Pinardi N. (1997b) - *The Adriatic Sea general circulation. Part II: baroclinic circulation structure*. Journal of physical Oceanography, 27(8), 1515-1532.
- Bisci C., Cantalamessa G., Spagnoli F., Tramontana M. (2021) - *Evoluzione storica e attuale del litorale delle Marche*. Studi Costieri, questo volume.
- Chiggiato J., Bergamasco A., Borghini M., Falcieri F.M., Falco P., Langone L., Misericocchi S., Russo A., Schroeder K. (2016) - *Dense-water bottom currents in the Southern Adriatic Sea in spring 2012*. Mar. Geol. 375, 134-145. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2015.09.005>
- Civitarese G., Gačić M., Lipizer M., Eusebi Borzelli G.L. (2010) - *On the impact of the Bimodal Oscillating System (BiOS) on the biogeochemistry and biology of the Adriatic and Ionian Seas (Eastern Mediterranean)*. Biogeosciences, 7(12), 3987-3997.
- Colantoni P., Tramontana M., Tedeschi R. (1990) - *Contributo alla conoscenza dell'Avampese Apulo: struttura del Golfo di Manfredonia (Adriatico Meridionale)*. Giorn. Geol., 52, 19-32.
- Dorman C.E., Carniel S., Cavaleri L., Sclavo M., Chiggiato J., Doyle J., Janeković I. (2006) - *February 2003 marine atmospheric conditions and the bora over the northern Adriatic*. Journal of geophysical research: oceans, 111(C3).
- Ferretti M., Moretti E., Savelli D., Stefanon A., Tramontana M., Wezel F.C. (1986) - *Late Quaternary alluvial sequences in the north-western Adriatic Sea from Uniboom profiles*. Boll. di Oceanografia Teorica e Applicata, 4, 63-72.
- ISPRA Rete Ondametrica Nazionale – [www.telemisura.it](http://www.telemisura.it)
- Korlević M., Zucko J., Dragić M.N., Blažina M., Pustijan, E., Zeljko T.V., Long P. F. (2015) - *Bacterial diversity of polluted surface sediments in the northern Adriatic Sea*. Systematic and applied microbiology, 38(3), 189-197.

- Mihanović H., Vilibić I., Carniel S., Tudor M., Russo A., Bergamasco A., Bubić N., Ljubešić Z., Viličić D., Boldrin A., Malačić V., Celio M., Comici C., Raicich F. (2013) - *Exceptional dense water formation on the Adriatic shelf in the winter of 2012*. Ocean Sci. 9, 561–572. <https://doi.org/10.5194/os-9-561-2013>
- Poulain P.M. (2001) - *Adriatic Sea surface circulation as derived from drifter data between 1990 and 1999*. Journal of Marine Systems, 29(1-4), 3-32.
- Signell R.P., Chiggiato J., Horstmann J., Doyle J.D., Pullen J., Askari F. (2010) - *High-resolution mapping of Bora winds in the northern Adriatic Sea using synthetic aperture radar*. Journal of Geophysical Research: Oceans, 115(C4).
- Spagnoli F., Dinelli E., Giordano P., Marcaccio M., Zaffagnini F., Frascari F. (2014) - *Sedimentological, biogeochemical and mineralogical facies of Northern and Central Western Adriatic Sea*. J. Mar. Syst., 139, 183–203, doi:10.1016/j.jmarsys.2014.05.021.
- Spagnoli F., De Marco R., Dinelli E., Frapiccini E., Frontalini F., Giordani P. (2021) - *Sources of metal pollution of sediments from coastal area of the Central-Western Adriatic Sea (Southern Marche Region, Italy)*. Appl. Science, 11(3), 11-18.
- Van Straaten L. M. J. U. (1970) - *Holocene and late-Pleistocene sedimentation in the Adriatic Sea*. Geologische Rundschau, 60(1), 106-131.
- Vilibić I., Supić N. (2005) - *Dense water generation on a shelf: the case of the Adriatic Sea*. Ocean Dynamics, 55(5-6), 403-415.

**Ricevuto il 25/04/2020; accettato 18/11/2020**

## Evoluzione storica e attuale del litorale delle Marche

Carlo Bisci<sup>1,2,3</sup>, Gino Cantalamessa<sup>1,2,3</sup>, Federico Spagnoli<sup>1,2,4,5</sup>, Mario Tramontana<sup>3,6</sup>

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

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

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

<sup>4</sup> CNR - IRBIM, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

<sup>5</sup> CNR – ISMAR, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

<sup>6</sup> 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

È stato realizzato uno studio dell’evoluzione storica e recente delle foci fluviali e della linea di riva della Regione Marche sulla base di dati storici e cartografici, considerando gli effetti sia degli eventi naturali, sia degli interventi antropici. Il lavoro è iniziato con la ricerca, acquisizione, georeferenziazione e digitalizzazione delle mappe disponibili realizzate dal 1835 a oggi, integrata dallo studio dei lavori finora pubblicati. L’insieme di dati è stato utilizzato per implementare un *geodatabase* vettoriale contenente la posizione e la forma in tempi successivi della linea di riva, con particolare attenzione alle foci fluviali. I risultati delle variazioni della linea di riva sono stati correlati con i principali eventi naturali e le attività antropiche che si sono verificati nel tempo.

Da questo confronto emerge che nell’area studiata la progradazione delle foci fluviali si è sviluppata per tutto il 19° secolo ed è continuata, in alcune zone, anche dopo la fine della Piccola Età Glaciale (terminata attorno al 1850). Successivamente l’evoluzione delle foci fluviali e delle vicine spiagge è dipesa principalmente dalla deforestazione e dall’artificializzazione dei corsi fluviali e dei fondivalle. In particolare, emerge che l’arretramento successivo è coinciso con lo sviluppo dell’agricoltura dei primi decenni del Novecento.

Durante i decenni successivi, ulteriori interventi (costruzione di dighe e briglie, estrazione di sedimenti dai fondi vallivi, modificazioni dei corsi fluviali, abbandono delle pratiche agricole ecc.) hanno contribuito a una forte riduzione del carico solido fluviale con conseguente arretramento tanto delle foci fluviali, quanto delle spiagge, rendendo così necessaria la loro protezione con opere artificiali, che però spesso si sono limitate a trasferire il problema o si sono dimostrate poco efficaci.

**Parole chiave:** Foci fluviali, linea di riva, evoluzione storica, evoluzione recente, interventi antropici, Regione Marche.

### Abstract

*The historical and recent evolution of both the river mouths and the shoreline along the Marche Region was investigated on the basis both of historical data and maps, taking into account effects of natural events and anthropogenic activities. The research started with searching, acquiring, georeferencing and digitizing available maps realized from 1835 to the present, integrated by the study of the existing bibliography. The above data were used to implement a vector geodatabase containing the successive position and shape of shorelines, with special attention to the river mouths. The results obtained were correlated with the main natural events and human activities occurred in different time intervals.*

*The results of such comparison highlighted that in the study area the progradation of river mouths continued after the end of the Little Ice Age (around the 1850). Successively, the evolution of both the river mouths and the neighboring beaches mostly depended both on the deforestation and the anthropization and agricultural development carried out in the hydrographic basins during the first decades of the last century.*

*During the following decades, further interventions (such as construction of dams and check dams, extraction of sediments from thalwegs, modifications of stream paths, abandonment of agricultural practices etc.) contributed*

*to a severe reduction of the river solid load, causing a subsequent retreat of both river mouths and beaches, thus making necessary to carry out artificial coastal defense works; the latter, anyhow, often simply displaced the problem or demonstrated a low effectiveness.*

**Key words:** river mouths, shoreline, historical evolution, recent evolution, anthropogenic interventions, Marche Region.

## 1. Introduzione

Il generale arretramento delle coste italiane è dovuto principalmente alla scarsa quantità di sedimenti (ghiaia e sabbia) portati al mare dai fiumi (Pranzini, 1994; Coltorti *et al.*, 1995; Coltorti, 1997; Giraudi, 2005; Acciarri *et al.*, 2016). Secondo alcuni autori, il principale fattore di controllo della quantità di apporto solido fluviale è rappresentato dalle variazioni climatiche (Vita-Finzi, 1969; Borrego *et al.*, 1999; Grove, 2001; Materazzi *et al.*, 2010), mentre altri considerano come prevalenti, o comunque con un ruolo determinante, gli interventi antropici (Innocenti e Pranzini, 1993; Billi e Rinaldi, 1997; Guillén e Palanques, 1997; Bellotti *et al.*, 2004; Pranzini *et al.*, 2015; Acciarri *et al.*, 2016). Entrambi i fattori, comunque, sono rilevanti e chiaramente interconnessi. La quantità di sedimenti sciolti mobilizzati e trasportati è infatti certamente legata alle intensità e frequenza delle precipitazioni, che influiscono direttamente sulla dinamica dei versanti e sui flussi idrici e indirettamente sulla copertura vegetale dei versanti e sui comportamenti antropici, ma, a una scala temporale ridotta, gli interventi antropici possono favorire, oppure ostacolare (anche drasticamente), sia la produzione di sedimenti sia il loro trasporto.

I cambiamenti nella forma e nella posizione delle foci fluviali in un determinato periodo rappresentano la registrazione delle molte e complesse trasformazioni ambientali e antropiche che si sono verificate nei bacini fluviali di pertinenza. La loro forma, infatti, in assenza di movimenti tettonici verticali o variazioni significative del livello marino, dipende prevalentemente dall'interazione tra la dinamica fluviale e quella costiera. Studiando quindi l'evoluzione delle foci fluviali e delle linee di riva e acquisendo una migliore conoscenza dei processi litorali locali è possibile risalire a informazioni riguardanti le variazioni nel passato dell'apporto dei sedimenti.

Nel lavoro viene presentata una sintesi dell'evoluzione storica, negli ultimi due secoli, della linea di costa e delle foci dei fiumi più importanti delle Marche, mettendo in evidenza elementi di correlazione con le variazioni ambientali e gli interventi antropici effettuati nei bacini di drenaggio di pertinenza e ritenuti più rilevanti in termini di influenza, diretta e/o indiretta, sul carico solido fluviale (es., deforestazione/rimboschimento, costruzione di dighe e briglie, sbarramenti fluviali, modifiche della forma e/o percorso di canali, lavori di bonifica, variazioni nelle pratiche agricole ecc.).

Lo scopo ultimo del lavoro è verificare se i fattori antropici siano stati prevalenti, o meno, rispetto a quelli naturali nel determinare le variazioni del carico solido fluviale e, perciò, nel controllo dell'evoluzione delle foci fluviali e delle spiagge.

## 2. Area di studio

Il litorale delle Marche (Bisci e Dramis, 1991; Dramis *et al.*, 2011) è la porzione più orientale dell'Appennino Umbro-Marchigiano e rappresenta un'unità morfodinamica piuttosto complessa. Esso si estende per una lunghezza di 172 km, di cui 144 km sono di costa bassa (AA.VV., 2006), mentre i rimanenti 28 km sono rappresentati da coste alte in arretramento, ove si sviluppano falesie attive.

Lungo la costa della Regione Marche si riconoscono due unità morfodinamiche principali, ognuna caratterizzata da specifiche caratteristiche morfologiche, sedimentologiche ed evolutive. Nelle Marche Settentrionali, sino ad Ancona, la linea di riva è circa rettilinea ed è orientata NW-SE. Il limite tra le unità è marcato dal promontorio del Monte Conero, con elevate falesie e *pocket beaches* anche ben sviluppate. A sud di tale promontorio, la linea di riva è orientata NNW-SSE fino al fiume Tronto, che segna il confine con la Regione Abruzzo (Fig. 1). Nel settore settentrionale, che ha una lunghezza di circa 97 km (circa il 56% della costa regionale), si osservano spiagge ghiaiose e sabbiose, di norma ben sviluppate, in corrispondenza delle piane costiere fluviali; sono presenti anche ampi tratti sabbiosi (CNR-MURST, 1997). L'area è caratterizzata anche da alcuni settori di costa alta: in particolare, a nord di Pesaro si sviluppa la falesia attiva di Monte San Bartolo mentre la costa tra Pesaro e Fano è caratterizzata dalla falesia relitta del Monte Ardizio, separata dal mare da una spiaggia che raggiunge ampiezze anche di diverse decine di metri.

La porzione centro meridionale della costa marchigiana ha una lunghezza totale approssimativamente di 75 Km (circa il 43% del litorale regionale) la gran parte dei quali, ad eccezione dei 19 Km di costa alta della



falesia del Monte Conero e delle brevi falesie di Pedaso, sono rappresentati da coste basse. Anche qui ampie spiagge ghiaioso-sabbiose caratterizzano il fronte delle principali piane alluvionali, mentre spiagge più strette bordano le falesie inattive che corrono parallele alla linea di costa (Buli, 1994; CNR-MURST, 1997; Regione Marche, 2005; Dramis *et al.*, 2011).

Nell'area in esame scorrono dieci fiumi principali (da nord a sud: Foglia, Metauro, Cesano, Misa, Esino, Musone, Potenza, Chienti, Tenna, Aso e Tronto), che forniscono quasi l'intero carico sedimentario che raggiunge il mare. Sono anche presenti corsi d'acqua minori stagionali. La rete idrografica ha una direzione prevalente circa WSW-ENE ed è fortemente influenzata dalla catena appenninica (Bisci e Dramis, 1991) (Fig. 1).

Il regime delle onde è prevalentemente caratterizzato da tempeste provenienti da NNE and ESE. Le prime sono generalmente più intense, mentre le altre più frequenti (APAT, 2004; Acciarri *et al.*, 2016).

Una fase tettonica compressiva (Messiniano superiore – Pliocene inferiore) ha causato la sovrapposizione di

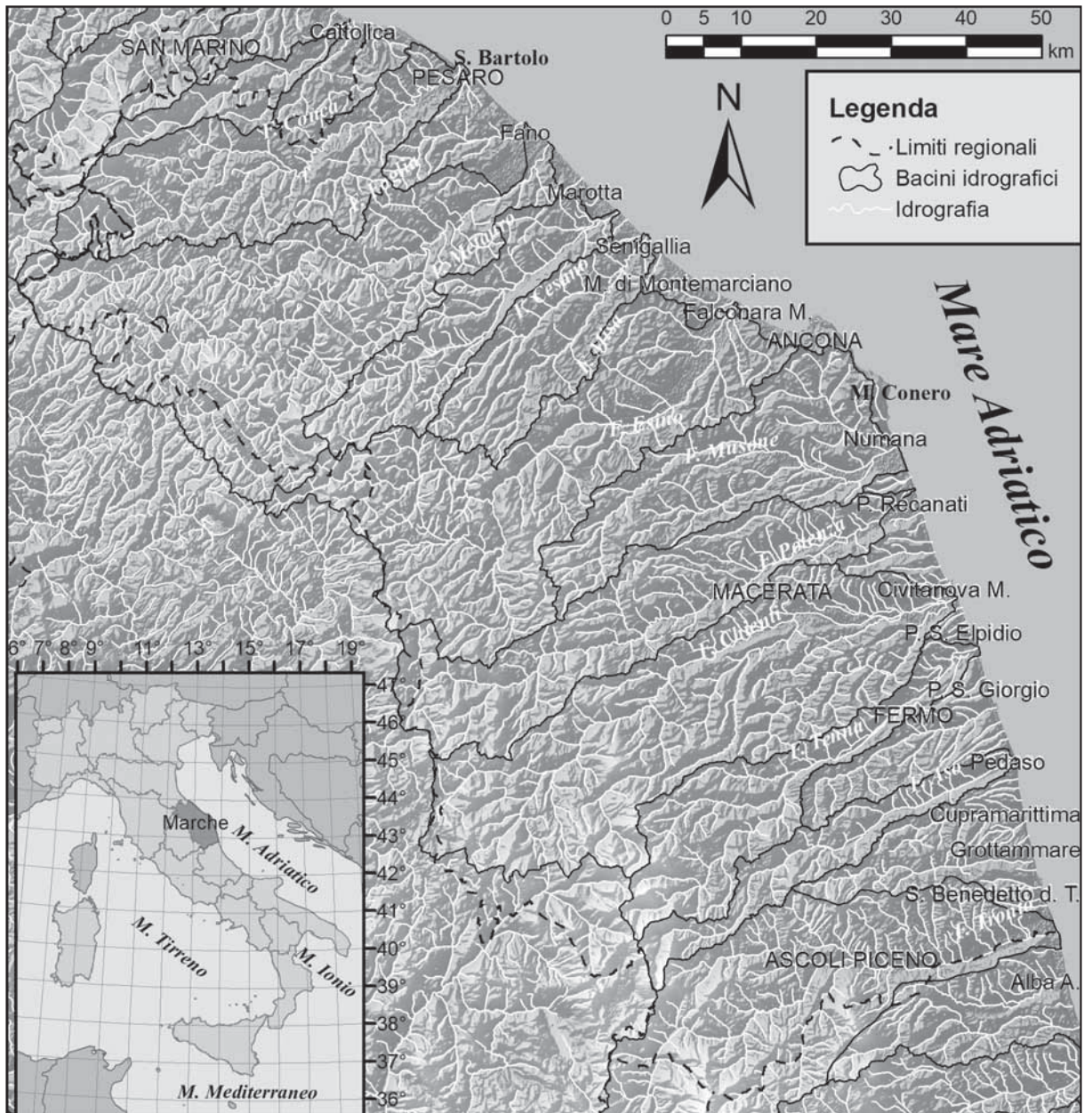


Figura 1. Schema orografico della regione marchigiana.

unità calcaree Giurassico-Oligoceniche sui sedimenti prevalentemente terrigeni del Miocene-Pliocene che caratterizzano l'area collinare pedemontana. La dislocazione tettonica ha anche creato nell'area appenninica una serie di pieghe, con vergenza verso nord-est ed est, i cui fianchi orientali sono troncati da sovrascorrimenti. (Calamita e Deiana, 1986; Fig. 2).

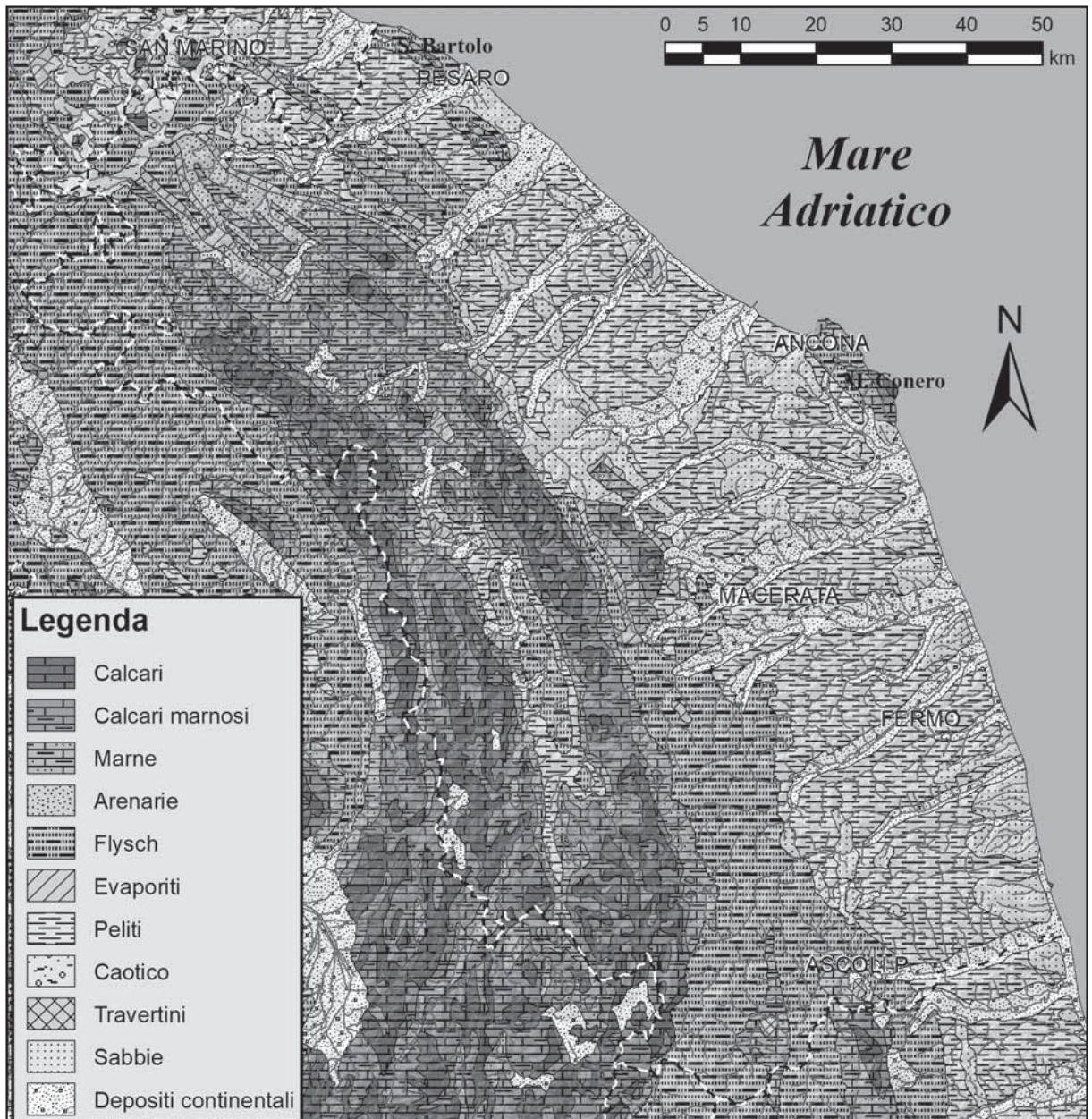


Figura 2. Schema litologico della Regione Marche. Il termine "Caotico" raggruppa le litologie della Colata della Val Marecchia.

Nel settore peri-Adriatico un sollevamento quaternario generalizzato ha originato in diverse aree una monoclinale ampia e piuttosto regolare, immergente verso est con una inclinazione progressivamente inferiore e dislocata da faglie, orientate NW-SE, originate in questa stessa fase (Calamita e Deiana, 1986). Nell'area costiera terreni pre-pleiocenici affiorano solo nell'area del Monte Conero, immediatamente a sud di Ancona dove la linea di costa cambia il suo orientamento (AA.VV., 2010) e lungo la falesia del Monte San Bartolo-Monte Ardizio, in prossimità dell'estremo settentrionale del litorale regionale (AA.VV., 2011).

Tutti i fiumi marchigiani drenano nella loro parte superiore i rilievi dell'Appennino Umbro-Marchigiano (Fig. 2), dove affiorano prevalentemente terreni carbonatici (Lias inferiore - Miocene p.p.) della Successione Umbro-Marchigiana (Centamore e Deiana, 1986; Centamore *et al.*, 1991). Verso NE, nella zona pedappenninica della parte settentrionale delle Marche affiora prevalentemente una successione terrigena Plio-Pleistocenica caratterizzata da peliti con intercalati corpi deposizionali prevalentemente arenitici. Nella zona meridionale, la parte interna del settore pedappenninico è caratterizzata dalle torbiditi messiniane della Formazione della Laga (Cantalamessa *et al.*, 1982; Cantalamessa *et al.*, 1986). Ancora più a est, anche in queste zone l'ampio bacino sedimentario peri-Adriatico è costituito da unità Plio-Quaternarie prevalentemente pelitiche con intercalati numerosi livelli sabbioso-conglomeratici (Cantalamessa *et al.*, 1986; Di Celma e Cantalamessa, 2012; Di Celma *et al.*, 2013; Di Celma *et al.*, 2016).

### 3. Evoluzione antica delle foci fluviali e delle spiagge

#### 3.1. Evoluzione Pleistocenico-Olocenica

Durante l'ultimo massimo glaciale (circa 20.000 anni fa) il livello del mare era circa 120 m più basso rispetto ad oggi e l'area marchigiana era caratterizzata da condizioni climatiche fredde e aride. L'Adriatico settentrionale era emerso e rappresentava il prolungamento verso sudest della Pianura Padana, mentre i rilievi costieri del Monte San Bartolo e del Monte Conero erano molto più avanzati verso mare.

I fiumi delle Marche, che attualmente sfociano nel Mare Adriatico, erano tutti affluenti di destra del fiume Po e depositavano nell'area adriatica estesi corpi di conoide alluvionale. Dopo aver attraversato la sua piana attuale, il Po deviava verso sud sulla pianura alluvionale rappresentata dalla vasta piattaforma Adriatica emersa e la attraversava divagando, per terminare poi in un delta di *lowstand* ubicato sul margine settentrionale della Depressione Meso-Adriatica, pochi chilometri a sud del litorale studiato (Ferretti *et al.*, 1986; Trincardi e Correggiari, 2000; Ridente e Trincardi, 2006; Storms *et al.*, 2008; Dinelli *et al.*, 2013; Spagnoli *et al.*, 2014; Trincardi *et al.*, 2014). In questo periodo, l'assenza di vegetazione lungo i versanti, indotta dal clima freddo (Damiani, 1975; Bisci e Dramis, 1991; Coltorti, 1991), unitamente al basso livello del mare che porta a una marcata incisione valliva, hanno favorito un intenso trasporto fluviale di detriti al mare (Lipparini, 1939; Villa, 1942; Nesci e Savelli, 1986; Alessio *et al.*, 1987; Nesci *et al.*, 1990; Bisci e Dramis, 1991; Coltorti, 1997; Coltorti e Farabollini, 2008; Acciarri *et al.*, 2016). Queste condizioni perdurarono, con alcune oscillazioni climatiche minori, fino alla fine del Pleistocene.

Durante l'Olocene, il progressivo miglioramento climatico (il cosiddetto "Optimum Climatico Olocenico") ha determinato sia la risalita del livello marino (trasgressione Flandriana, fino a circa 6000 anni B.P., con velocità di 0.5 - 1.5 cm/anno) sia, a seguito dell'aumento della copertura della vegetazione, una riduzione del carico solido trasportato dai fiumi (Bisci e Dramis, 1991; Gasparini e Tabacchi, 2011; Acciarri *et al.*, 2016). Il livello marino, nella sua consistente e veloce risalita, ha ridistribuito i sedimenti alluvionali che via via incontrava, trasportando il materiale verso nord e verso ovest. I primi effetti geomorfologici evidenti di questa avanzata si sono avuti quando sono stati raggiunti e sottoposti ad attiva erosione i promontori più resistenti e prominenti (Monte San Bartolo e Monte Conero).

Durante il precedente periodo di *lowstand*, le valli fluviali si erano approfondite e i sedimenti erosi trasportati in mare; per questo, durante la successiva trasgressione il mare è avanzato sulle terre emerse, creando profonde *rias* (Speranza, 1934; Coltorti, 1991; Coltorti, 1997; Acciarri *et al.*, 2016). In conseguenza del ridotto carico solido causato dall'abbondante vegetazione che proteggeva i versanti dall'erosione, la linea di costa era caratterizzata dall'alternanza di falesie attive e *pocket beaches* sabbioso-ghiaiose, ubicate alla terminazione delle valli alluvionali, situate pochi chilometri nell'entroterra rispetto alle falesie (Buli e Ortolani, 1947; Coltorti, 1997; D'Alessandro *et al.*, 2001; Coltorti e Farabollini, 2008; Miccadei *et al.*, 2011). Questa situazione è evidenziata dalla foresta fossile, intercalata nei depositi alluvionali alcuni km a monte rispetto alla foce del fiume Foglia (Gori, 1988; Bedosti, 1989; Coltorti, 1991; Coltorti, 1997), e dalla presenza di insediamenti Neolitici, come quello di Ripoli (7500 anni B.P) ubicato circa 2 km all'interno rispetto all'attuale foce del torrente Vibrata, nella regione Abruzzo, vicino al fiume Tronto (Radmilli, 1965; Radmilli, 1977).

#### 3.2. Evoluzione storica

La prima progradazione storica della linea di riva marchigiana si è verificata durante l'Età Romana, in conseguenza dell'intensa deforestazione avvenuta durante le età del Bronzo e (prevalentemente) del Ferro (Cal-

deroni *et al.*, 1989). Fino al primo secolo A.D. la crescente pressione antropica, risultante in una più diffusa agricoltura e un aumento della deforestazione, ha favorito una maggior erosione del suolo e, quindi, un aumento di trasporto di sedimenti al mare (Vita-Finzi, 1969; Bisci e Dramis, 1991; Coltorti, 1991; Pranzini, 1994; Williams, 2000; Hughes, 2011; Acciarri *et al.*, 2016).

Dopo aver riempito i loro estuari, i fiumi spesso iniziarono ad accrescersi verso mare, formando sistemi spiaggia-laguna (Ortolani e Alfieri, 1978; Coltorti, 1991). La linea di costa era ubicata, rispetto ad oggi, a diverse centinaia di metri nell'entroterra (Speranza, 1934; Alfieri *et al.*, 1966; Coltorti, 1997; Galiè, 2001; Acciarri *et al.*, 2016), come testimoniato da molti ritrovamenti archeologici.

Tra il 400 e il 750 A.D., il peggioramento del clima, unitamente al declino progressivo della civiltà, hanno determinato un forte spopolamento e l'abbandono dei terreni coltivati. Ciò ha comportato una rapida espansione delle foreste (Pranzini, 2001; Materazzi *et al.*, 2010), che ha condotto a una conclusione del *trend* progradazionale.

Il clima più caldo e più umido che iniziò a prevalere circa dal 1100 CE (*Medieval Climatic Optimum*) ha portato a un nuovo rapido aumento di popolazione, con successivo sviluppo dell'agricoltura e una deforestazione molto diffusa (Pranzini, 1989; Coltorti, 1997; Williams, 2000; Abulafia, 2004). Di conseguenza le foci fluviali hanno iniziato una nuova fase progradazionale (Pranzini, 1994; Coltorti, 1997; Materazzi *et al.*, 2010; Acciarri *et al.*, 2016).

Questo *trend* è proseguito fino al 1363, quando la "peste nera" ha dimezzato la popolazione Europea. Questa riduzione demografica si è associata con l'inizio di una nuova fase fredda (la Piccola Età Glaciale), generalmente collocata al principio del XIV secolo (Ladurie, 2004). In conseguenza di ciò, le attività agricole sono state abbandonate e le foreste hanno iniziato nuovamente a espandersi, causando così una diminuzione della velocità di progradazione delle foci fluviali (Materazzi *et al.*, 2010; Acciarri *et al.*, 2016).

Successivamente, la popolazione lentamente ha iniziato a crescere di nuovo: gli abitanti della regione Marche sono aumentati da circa 400.000 unità, alla fine del 14° secolo, a 710.000 unità all'inizio del 19° secolo (Arzeni *et al.*, 2012). Questo incremento si è associato con la diffusione di un nuovo sistema di suddivisione dei terreni (Palombarini, 1989), con contratti di mezzadria (Arzeni *et al.*, 2012) che hanno favorito lo sviluppo di piccole proprietà terriere e l'aumento delle coltivazioni. Tra il XV e il XVIII secolo, la stabilità politica e territoriale ha fatto sì che l'area marchigiana divenisse uno dei più importanti "granai" dell'Italia centrale e, al fine di far crescere grano e viti, è stata realizzata un'intensa deforestazione.

Un ulteriore aumento del commercio e delle coltivazioni è iniziato dopo il 1731, quando Ancona è stata dichiarata "porto libero", e dopo l'approvazione del nuovo catasto (voluto dal Papa Pio VI nel 1777), che ha favorito l'uso agricolo della terra (Arzeni *et al.*, 2012). A quel tempo le pratiche agricole seguivano ancora l'usanza dell'aratura e semina procedendo lungo i versanti più ripidi (funzionali per drenare l'acqua in eccesso durante l'umida Piccola Età Glaciale), determinando così elevate velocità di erosione del suolo.

All'inizio del XIX secolo, l'intensa erosione del suolo e il riempimento dei letti fluviali, ove i "flussi divennero più elevati e impetuosi" (Valeriani, 1812), sono stati riportati come le conseguenze della diffusa e intensa deforestazione verificatasi durante i secoli precedenti (Arzeni *et al.*, 2012). Durante questo periodo, le pratiche agricole intensive hanno determinato un avanzamento più veloce della maggior parte dei delta fluviali italiani (Pranzini, 1995), nonostante un clima favorevole per la crescita di vegetazione.

Nelle Marche, alcune foci fluviali sono avanzate più di 200 m tra il 1550 e il 1850, con una velocità media di circa 6 cm/anno e picchi fino a 43 cm/anno a Civitanova Marche nel periodo 1705–1850 (Aringoli *et al.*, 2003; Materazzi *et al.*, 2010; Acciarri *et al.*, 2016). A causa della locale morfologia costiera, caratterizzata dall'alternanza di falesie e sistemi spiaggia-laguna, i fiumi hanno dovuto riempire dapprima le paludi costiere alle loro foci per poi avanzare, creare un delta e alimentare le spiagge di fronte alle falesie attualmente relitte (Fig. 3).

Il forte avanzamento dei delta che ha caratterizzato la Piccola Età Glaciale appare quindi legato principalmente alla crescita demografica ed economica, sebbene anche il clima ha senz'altro giocato un ruolo sia diretto (abbassamento del limite superiore della vegetazione arborea e aumento delle precipitazioni), sia indiretto (spingendo le persone a tagliare più alberi per riscaldarsi) (Pranzini, 1989; Pranzini, 1994; Acciarri *et al.*, 2016). Questa considerazione è anche testimoniata dall'ampio intervallo temporale che intercorre tra l'inizio della fase fredda, datata sulla base di evidenze glaciali all'inizio del 14° secolo (Ladurie, 2004) e l'inizio della progradazione dei delta, registrata attorno alla fine del 16° secolo (Acciarri *et al.*, 2016).



**Figura 3.** Rappresentazioni di tratti della costa marchigiana meridionale dipinte nel 1677 (British Library, London; da De Nicolò, 1998): a) Foce del fiume Aso che protrude in mare; b) a una certa distanza dalla foce, la spiaggia è nettamente ridotta; c) A distanze ancora maggiori, la spiaggia è praticamente assente.

## 4 Evoluzione recente delle foci fluviali e delle linee di riva

### 4.1. Metodologia

Lo studio si è basato su tecniche il più possibile affidabili e moderne per acquisire, trattare ed elaborare i dati cartografici al fine di ottenere una valutazione quantitativa delle variazioni recenti della linea di riva (Aiello *et al.*, 2013; Acciarri, 2016). Le carte più antiche disponibili, di sufficiente accuratezza e dettaglio, sono quelle del Catasto Gregoriano (1815–1835).

Per quanto riguarda le foci fluviali, tutte le mappe disponibili per le Marche (Tab. 1) sono state scannerizzate, georeferenziate, vettorializzate e utilizzate per implementare un geodatabase gestito tramite GIS (ESRI ArcGIS 10.6 e QGIS 3.14). Tecniche di analisi spaziale hanno permesso di individuare la posizione delle linee di riva per ciascuna delle mappe disponibili e, quindi, di valutare, per confronto spaziale, la loro variazione nel tempo. Per ciascuno dei settori analizzati è stato quindi individuato un sistema di trasetti regolarmente spazati di 100 m, perpendicolari alla linea di riva, al fine di calcolare l'entità dello spostamento per ogni intervallo di tempo. Per l'intera costa sono invece state prese in considerazione e vettorializzate le linee di riva riportate nelle basi cartografiche del 1894, 1948, 1984, 1999 e 2020 (Tab. 1): il loro tracciato è stato convertito in una serie di punti regolarmente distanziati di 250 m, in corrispondenza dei quali è stata calcolata la variazione di posizione rispetto al dato immediatamente precedente. Sono state escluse dall'analisi le aree portuali, la cui evoluzione è ovviamente del tutto "artificiale", e le coste alte del Promontorio del Conero e dell'area del Monte San Bartolo, la cui dinamica è legata quasi esclusivamente ai fenomeni gravitativi che interessano le falesie attive presenti.

Si sottolinea che i documenti cartografici relativi al XIX secolo sono basati su sistemi di rilevamento e di proiezione obsoleti, con conseguenti problemi di georeferenziazione e, quindi, di scarsa precisione delle informazioni risultanti; inoltre, le cartografie IGM di fine '800 sono a una scala meno dettagliata.

**Tabella 1.** Elenco dei documenti cartografici utilizzati (il Catasto Gregoriano ha avuto anche aggiornamenti parziali nel 1902 e 1912, di cui è stato fatto uso).

Cartografia	Anno	Fonte	Scala	Pixel (m)	Uso
Catasto Gregoriano	1835	Archivi di stato	1:2'000	0,25	Foci
Catasto Gregoriano	1874	Archivi di Stato	1:2'000	0,25	Foci
Carta Topografica d'Italia	1892 / 94	Istituto Geografico Militare	1:50'000	1,6	Tutto
Carta Topografica d'Italia	1948 / 59	Istituto Geografico Militare	1:25'000	1,6	Tutto
Aerofoto	1948 /53	Royal Air Force	circa 1:30'000	0,85	Foci
Ortofoto Regionale	1978	Regione Marche	1:10'000	0,85	Foci
Ortofoto Regionale	1984	Regione Marche	1:10'000	0,5	Tutto
Ortofoto Regionale	1989	Regione Marche	1:10'000	1,2	Foci
Carta Tecnica Regionale	1999	Regione Marche	1:10'000	0,5	Tutto
Aerofoto	2006	Portale Cartografico Nazionale	1:10'000	0,5	Foci
Ortofoto Regionale	2010	AGEA	1:10'000	0,5	Tutto
Immagini satellitari	2020	Google Satellite	circa 1:10'000	0,5	Tutto

Le linee di riva considerate permettono di definire il trend evolutivo generale anche se non vengono considerati gli spostamenti derivanti dalle condizioni locali della marea al momento del rilevamento; peraltro, nell'area le variazioni di marea sono piuttosto limitate per cui, in genere, non incidono significativamente sulla posizione della linea di riva e, quindi, sui trend individuati.

Sulla base delle medesime carte sono state inoltre mappate le opere di difesa presenti al momento del rilevamento delle stesse.

#### 4.2. Evoluzione recente delle foci fluviali

Per quanto riguarda le foci fluviali, confrontando le mappe più antiche (1813, 1835, 1874 e, localmente, 1902–1912) relative alla fascia costiera a sud del Promontorio del Conero risulta evidente che nel 19° secolo le foci fluviali sono progradate su tutto il litorale, anche se con tassi diversi: dal 1835 al 1894, le foci dei fiumi Chienti, Potenza, Tenna, Aso e Tronto sono infatti avanzate rispettivamente di 226, 80, 261, 200 e 253 m. Anche nel litorale marchigiano settentrionale si segnala un analogo avanzamento generalizzato per gran parte del 19° secolo. I delta hanno poi raggiunto la loro espansione massima attorno alla fine del 19° secolo, mantenendo o aumentando localmente (in prevalenza per corsi d'acqua minori, dove l'intervento umano è stato meno intenso) la loro dimensione fino alla seconda decade del secolo successivo.

D'altra parte, lontano dalle foci dai fiumi maggiori il trend di generale avanzamento, che comunque aveva interessato tutta la Regione Marche, in alcune zone si è invertito e le spiagge hanno iniziato a essere erose a partire dalla seconda metà del 19° secolo (Buli and Ortolani, 1947). Questo è avvenuto soprattutto a seguito dell'incremento di antropizzazione della fascia costiera con arretramenti della linea di riva provocati dallo sviluppo dei porti e dalla costruzione delle massicciate aderenti messe a protezione della linea ferroviaria Bologna-Pescara (che peraltro, in qualche zona, era stata costruita sopra le dune litorali, come ad esempio lungo il litorale tra Fano e Pesaro); queste ultime ostacolavano la libera azione delle onde marine, favorendo localmente l'insorgere di fenomeni di erosione concentrati (come ad esempio nei settori Porto Recanati - Porto Potenza Picena e Pedaso - Cupra Marittima).

Durante gli ultimi due secoli, come risulta evidente dalla figura 4, vi è una stretta relazione tra le variazioni delle foci fluviali (e quindi delle linee di riva) e le variazioni areali della copertura forestale nella regione (Arzeni *et al.*, 2012). Infatti, durante il 19° secolo la deforestazione è stata ampiamente praticata, con il suo acme tra il 1880 e il 1910 quando la superficie regionale totale coperta dalla foresta ha raggiunto il suo minimo (circa 99,000 ha, mentre nel 1847 era di 132,000 ha), per rimanere quasi sullo stesso valore fino al 1925.

Tale deforestazione e l'uso agricolo del terreno risultante possono essere stati connessi, almeno in parte, sia alla privatizzazione delle proprietà della Chiesa (quando la regione venne annessa al nuovo Regno d'Italia, nel 1860), sia alla domanda di legname per costruire le Ferrovie Nazionali (il tronco Ancona -Pescara venne completato nel 1863, quello Ancona-Bologna nel 1861) e la flotta della Regia Marina (Arzeni *et al.*, 2012). Un leggero incremento di foreste si registra nel 1925, quando sono stati avviati i primi programmi nazionali

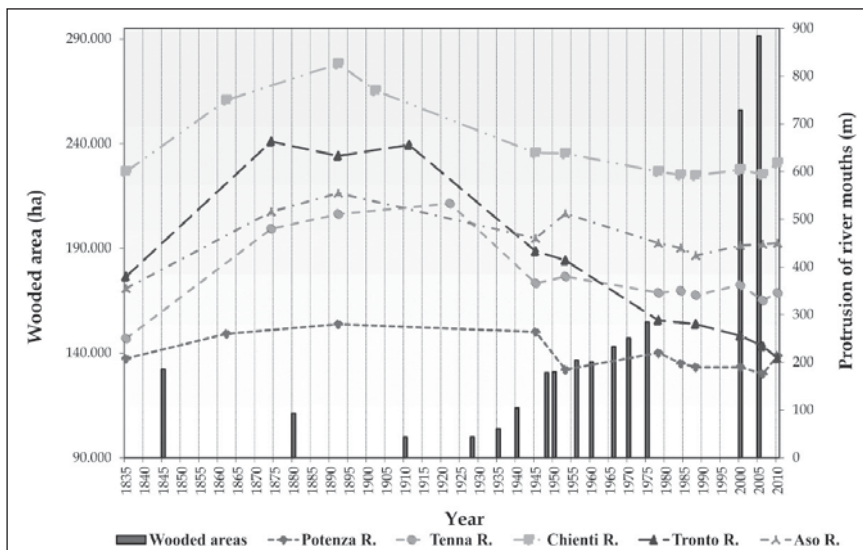


Figura 4. Confronto tra le superfici boscate e gli andamenti delle foci fluviali dal 1835 al 2010 nelle Marche Meridionali (da Acciarri *et al.*, 2016).

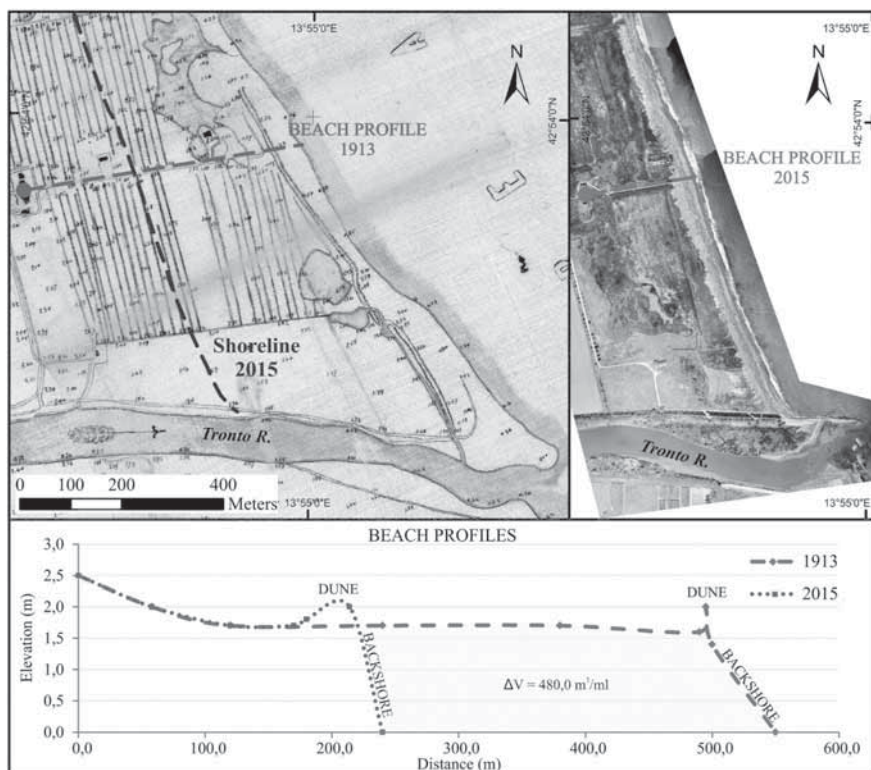


Figura 5. Arretramento delle foci fluviali nel corso dell'ultimo secolo: un esempio per il Fiume Tronto; a sinistra estratto di mappa catastale del 1913, a destra ortofoto del 2015. Si stima un arretramento di oltre 300 m con una perdita di materiale pari a circa 480 m<sup>3</sup> per metro lineare di costa (da Acciarri et al., 2016).

di riforestazione (Regia Ordinanza 3267/1923) che hanno portato la superficie regionale totale coperta dalla foresta a circa 130,000 ha nel 1947. Pochi anni dopo si è verificata una espansione naturale delle foreste, dovuta all'abbandono delle zone montuose a seguito della meccanizzazione dell'agricoltura (Arzeni *et al.*, 2012) e della rapida industrializzazione.

Durante l'ultimo secolo, tanto le foci fluviali quanto le spiagge sono state diffusamente e sistematicamente interessate da erosione a seguito di vari interventi antropici nei bacini fluviali e lungo i litorali che hanno causato, sia direttamente sia indirettamente, un'importante riduzione dell'apporto sedimentario al mare e una variazione delle dinamiche costiere locali (Fig. 5). Tra il 1894 e il 1945, le foci dei fiumi Musone, Chienti, Potenza, Tenna, Aso e Tronto sono arretrate 43, 187, 16, 167, 95 e 223 m rispettivamente con una velocità media di 4.78 m/anno (Acciarri *et al.*, 2016).

Anche nelle Marche settentrionali dal 1894 all'immediato dopoguerra (1948) le foci dei fiumi hanno mostrato arretramenti evidenti anche se, in genere, di entità minore rispetto a quelli osservati nelle Marche meridionali. In particolare, le foci dei fiumi Foglia, Metauro, Misa ed Esino risultano essere state interessate da un arretramento rispettivamente di circa 70, 40, 35 e 80 m, mentre il Cesano mostra una sostanziale stabilità. Per quest'ultimo, nel Piano Coste della Regione Marche (Regione Marche, 2005) si osserva una diversa posizione della foce che, tuttavia, potrebbe risultare da un problema di interpretazione.

Nella Regione Marche, questo intervallo di tempo è stato caratterizzato da un notevole aumento dell'agricoltura, con sviluppo della "piantata" (piantumazione di alberi ad alto fusto lungo i confini dei campi) e aumento dei filari di viti, per massimizzare la produzione e ridurre l'erosione del suolo (Arzeni *et al.*, 2012). Questo sviluppo dell'agricoltura ha portato anche alla realizzazione di diversi lavori indirizzati a migliorare la coltivabilità, come l'unione di canali di flusso per l'irrigazione e la bonifica mediante colmata di paludi costiere (Buli e Ortolani, 1947; Arzeni *et al.*, 2012).

Dai primi decenni del '900 sono state poi realizzate le prime dighe per bacini idrici per la produzione di elettricità, come quella sul Fiume Candigliano (Gola del Furlo), completata nel 1922 (Fig. 6), e quelle lungo il corso superiore di alcuni bacini fluviali (Tronto e Chienti), messe in opera tra il 1900 e il 1920. In particolare, la diga sul fiume Candigliano può essere ritenuta la causa determinante per una prima diminuzione dell'apporto solido alla foce del fiume Metauro. All'assenza di questo tipo di opere lungo il fiume Cesano è invece legata la stabilità della foce.

Inoltre, a partire dalla prima metà del 20° secolo, furono realizzati lavori di controllo idraulico, costruendo argini per rettificare i fiumi, principalmente lungo il loro corso mediano-finale: questo avvenne per il fiume Tronto nel 1931 (Bisci *et al.*, 1992; Materazzi *et al.*, 2010; Giacometti *et al.*, 2015) e un po' più tardi per i fiumi Aso, Tenna e Chienti. Questi lavori contribuirono ad aumentare la velocità del flusso d'acqua, così come le sue capacità di erosione e trasporto

In molti settori del litorale marchigiano, l'immediato dopoguerra è caratterizzato da una inversione del trend evolutivo di alcune foci fluviali. Infatti, dove i flussi sono stati fortemente rettificati da argini e lo sbarramento non era molto diffuso (almeno non in prossimità della foce fluviale) il carico solido è aumentato leggermente (es. fiumi Aso, Tenna e Tronto), mentre dove i corsi fluviali non erano raddrizzati e lo sbarramento era

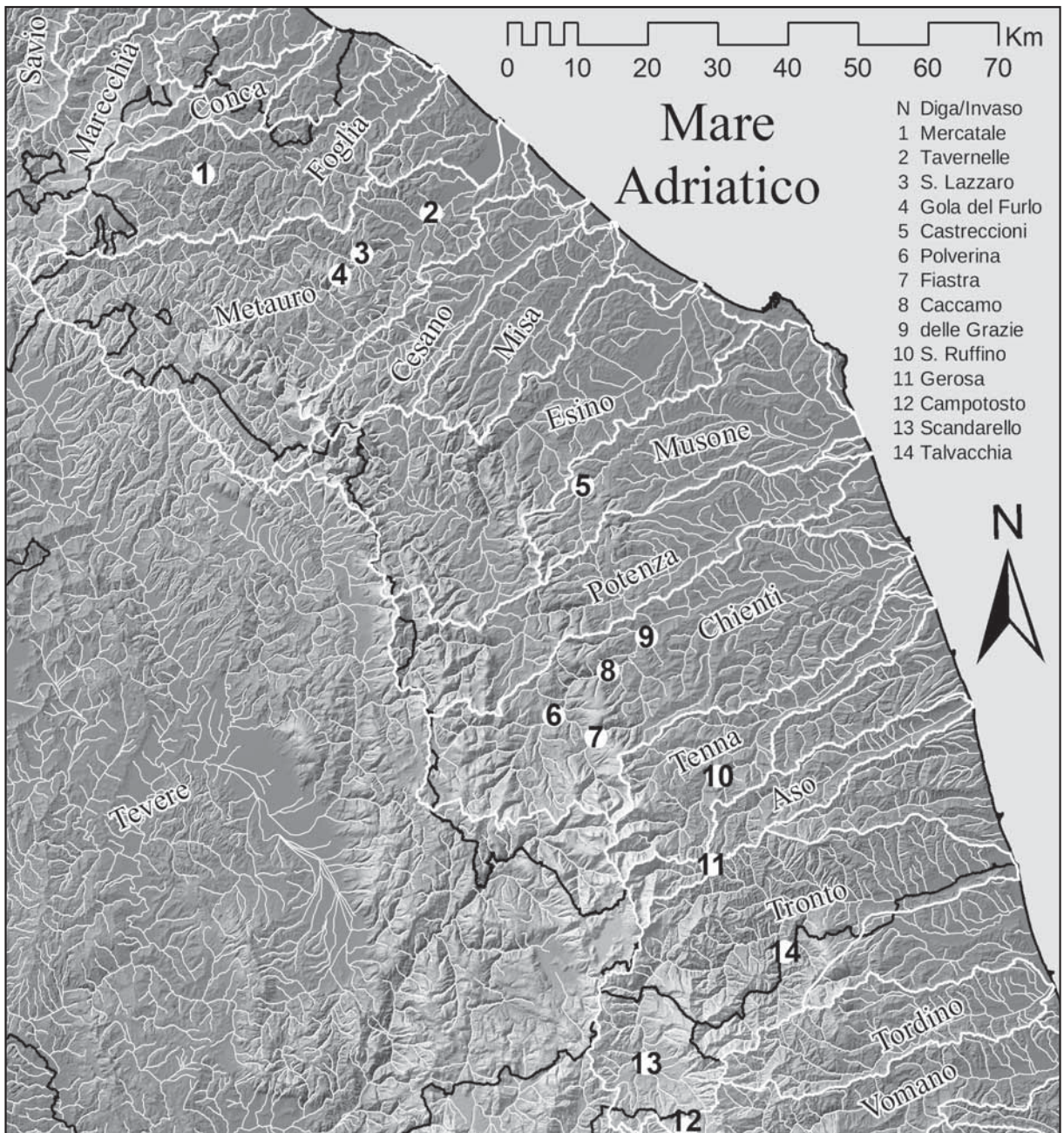


Figura 6. Ubicazione delle principali dighe presenti lungo il reticolo idrografico marchigiano.



particolarmente intenso, il carico solido è diminuito drasticamente (es. fiume Potenza). In particolare, le foci dei fiumi Aso e Tenna sono avanzate rispettivamente di 52 e 14 m, mentre il Chienti e il Tronto diminuivano la loro velocità di arretramento.

Durante gli anni Cinquanta e Sessanta, le dighe divennero più frequenti lungo gran parte delle alte valli dei fiumi di tutta la regione (Fig. 6), mentre lungo tutto il loro corso a partire dagli anni Venti erano state realizzate briglie, in maniera diffusa, per ridurre l'erosione da parte della corrente (che per lo più interessava i piloni dei ponti) o per forzare l'acqua a fluire nei canali d'irrigazione. Localmente quest'ultime sono state costruite anche in prossimità delle foci fluviali (come lungo i fiumi Potenza, Chienti e Tronto, rispettivamente 5, 6 e 3.5 km all'interno), bloccando così quasi tutto l'approvvigionamento di sedimento.

In contemporanea, l'urbanizzazione, lo sviluppo industriale e le attività economiche sviluppate lungo la fascia litoranea hanno prodotto variazioni negative di intensità precedentemente mai sperimentata della linea di riva. In particolare, dal 1953 al 1978 si osserva un generale forte arretramento delle foci fluviali in tutta la

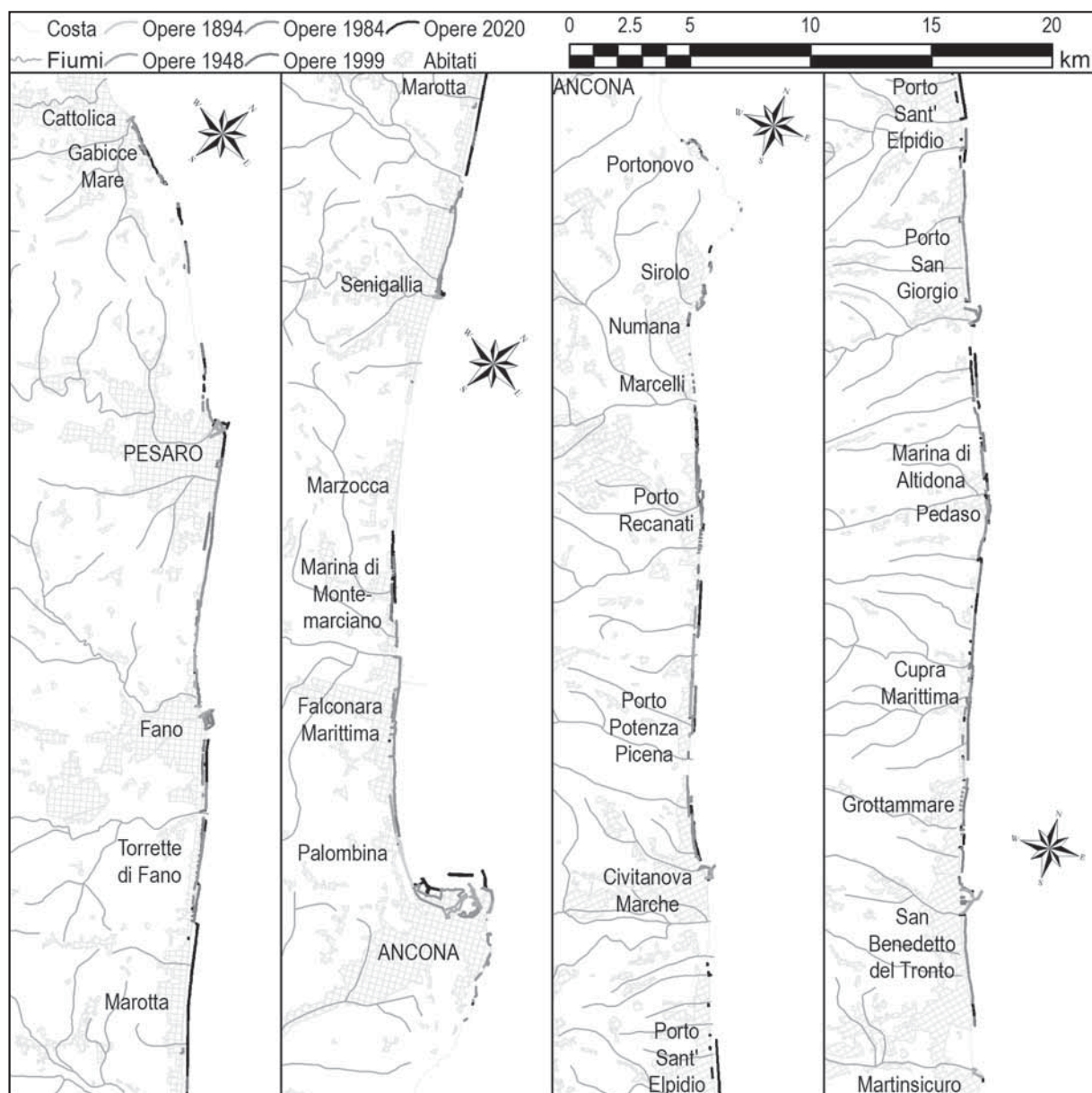


Figura 7. Distribuzione delle opere di difesa costiera presenti lungo i litorali marchigiani.

regione, a eccezione del fiume Potenza, la cui foce avanzava 1.4 m/anno e delle spiagge immediatamente a NW e a SE della foce del fiume Misa (che corrisponde al porto canale di Senigallia), ove si osserva un avanzamento massimo rispettivamente di circa 40 e 10 m.

Questo arretramento generalizzato, più che all'effetto del diffuso abbandono delle pratiche agricole lungo buona parte dei versanti più acclivi, può essere attribuito agli effetti della diffusa estrazione di inerti dai letti fluviali (e in particolare dai loro tratti terminali), più intensa dal 1965 al 1975 (Bisci *et al.*, 1992). In dieci anni, infatti, diversi milioni di metri cubi di sedimenti grossolani sono stati prelevati dai fiumi della Regione (AQUATER, 1982); questo intenso e generalizzato prelievo di detriti ha determinato una rapida erosione da parte dei corsi d'acqua, che hanno inciso soprattutto nella loro parte terminale dapprima i depositi fluviali e, successivamente, il substrato prevalentemente pelitico sottostante. Questo, oltre a danneggiare i ponti e drenare i pozzi d'acqua, ha causato una importante riduzione dell'apporto solido al mare. Nelle Marche settentrionali, dove si registrano le maggiori regressioni, le foci fluviali che mostrano il maggior arretramento sono quelle dei fiumi Metauro, Esino e Cesano, con valori pari a circa, rispettivamente, 225, 250 e 135 m.

A partire dagli anni Sessanta (localmente dagli anni Trenta) e, progressivamente in maniera più diffusa, sono state inoltre realizzate molteplici opere di difesa costiera (Fig. 7) con caratteristiche diverse (opere aderenti, barriere frangiflutto emerse e sommerse, pennelli, ecc.) nel tentativo di ridurre l'erosione della spiaggia lungo la maggior parte del litorale preso in esame.

Quest'ultimo, nel frattempo, aveva subito un forte incremento la densità di urbanizzazione anche in prossimità delle spiagge dove erano stati costruiti, spesso distruggendo le dune costiere, stabilimenti balneari e altri manufatti. Queste opere di difesa hanno fortemente influenzato l'evoluzione della linea di riva, attenuando localmente i processi erosivi, ma non di rado bloccando la deriva dei sedimenti, causando così erosione nelle spiagge adiacenti sottoflutto e portando esse stesse alla realizzazione di ulteriori opere di difesa, inseguendo la migrazione dei fenomeni erosivi. Quest'ultimo tipo di effetto ha comunque favorito negli ultimi anni l'avanzamento di alcune foci fluviali mentre le vicine spiagge stavano arretrando (Acciarri *et al.*, 2016). Come conseguenza di questa rincorsa la gran parte della costa marchigiana risulta irrigidita da varie opere di difesa che hanno compromesso la naturalità del litorale e la sua dinamica (Fig. 7).

Le carte storiche sono generalmente prive di dettagliate informazioni sulla elevazione e batimetria della fascia litorale; ciò rende impossibile valutare con accettabile precisione le variazioni del volume dei sedimenti di spiaggia per l'intera area studiata. Come esempio, comunque, per la foce del fiume Tronto una carta catastale del 1913 è risultata essere abbastanza accurata da permettere di realizzare sezioni trasversali realistiche e accettabili della spiaggia. Confrontando tali sezioni con un'indagine eseguita con l'utilizzo di drone nell'aprile 2015 (Acciarri *et al.*, 2016) è stato possibile stimare che durante gli ultimi 102 anni, l'arretramento di 310 m della linea di costa ha comportato una perdita di circa 480 m<sup>3</sup> di spiaggia emersa per metro di linea di riva (circa 5 m<sup>3</sup> per metro di linea di riva per ogni anno, circa 1.5 m<sup>3</sup> per metro di arretramento). Mancando nella mappa catastale qualsiasi informazione batimetrica, è però impossibile dedurre qualsiasi valore riguardo le modificazioni morfometriche della spiaggia sottomarina. Poiché l'entità dell'erosione o dell'avanzamento nell'area studiata è molto variabile, è difficile valutare il suo valore medio e, quindi, l'ammontare totale di sedimenti perduti o guadagnati durante

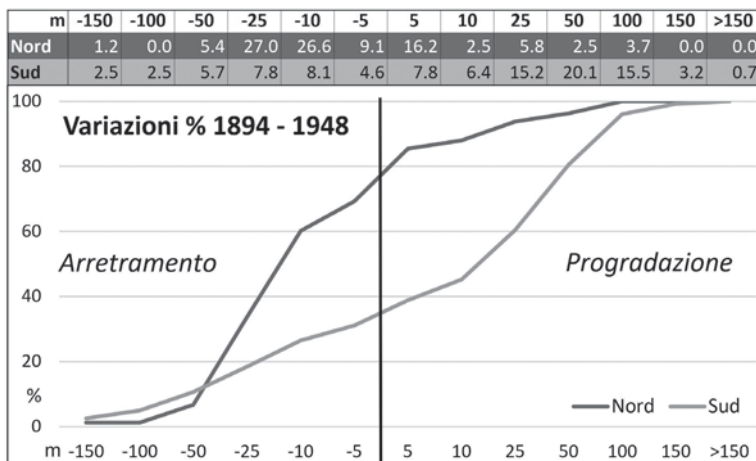


Figura 8. Variazioni della linea di riva intercorse tra il 1894 e il 1948 nei due settori del litorale marchigiano.

l'ultimo secolo. Comunque, poiché l'angolo di inclinazione delle spiagge è quasi ovunque molto simile a causa delle caratteristiche granulometriche piuttosto simili dei sedimenti, valutazioni eseguite nella porzione meridionale del litorale marchigiano rendono accettabile dedurre che anche lungo tutto il litorale marchigiano a ogni metro lineare di variazione dell'estensione (avanzamento/arretramento) della spiaggia emersa corrisponde approssimativamente  $1.5 \text{ m}^3$  di sedimento guadagnato o perso (Acciarri *et al.*, 2016).

Dal 1978 a oggi, le foci fluviali mostrano una maggior stabilità, anche se si verifica ancora un leggero arretramento; ciò è in qualche modo connesso con il divieto di estrazione degli inerti dai letti fluviali da parte del Governo Regionale durante i tardi anni '70 (Bisci *et al.*, 1992).

#### 4.3. Evoluzione recente delle linee di riva

Dall'analisi della variazione di posizione delle linee di riva tra il 1894 e il 1948 (Fig. 8), a nord del Conero

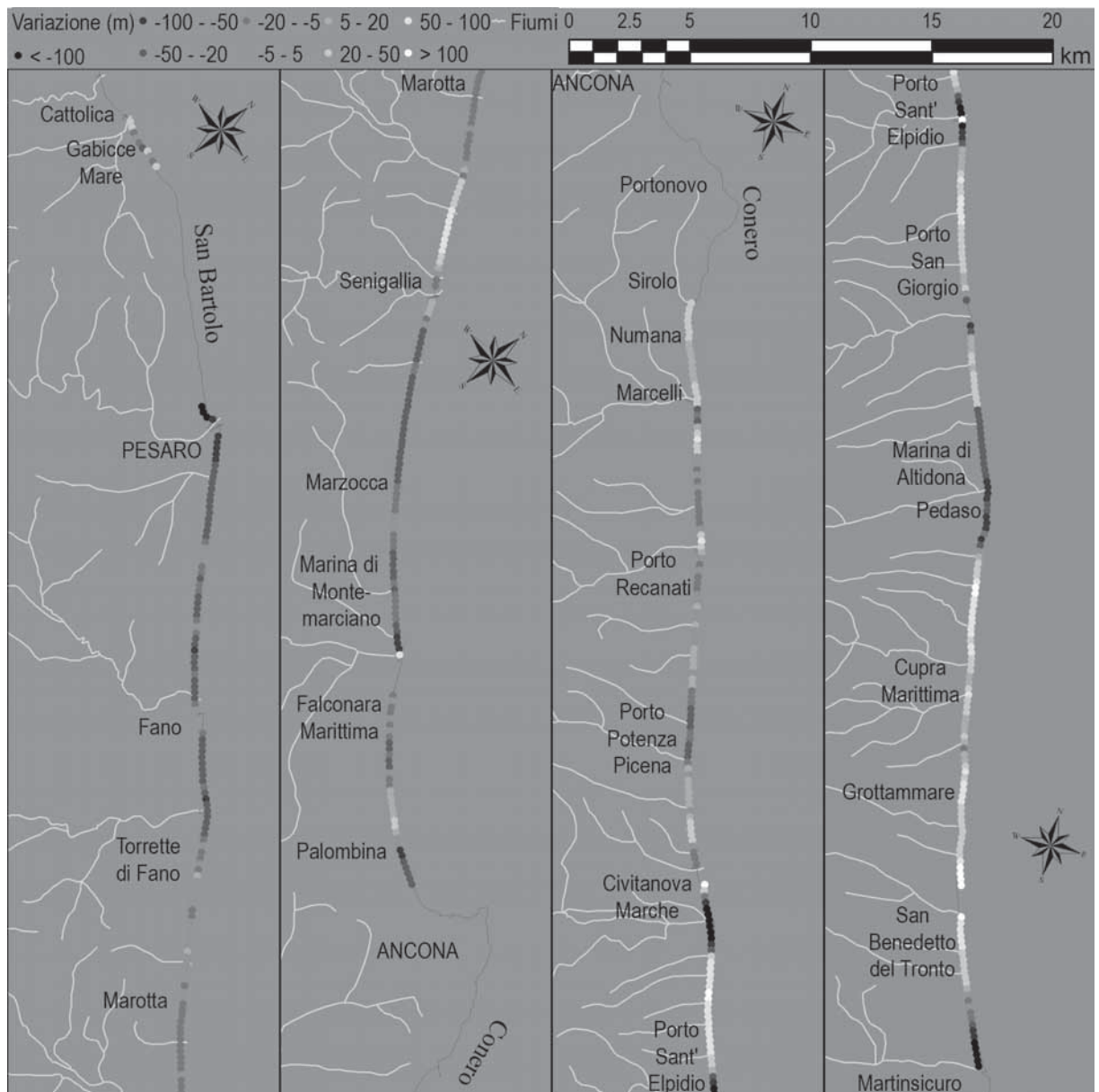


Figura 9. Variazioni della linea di costa tra il 1894 e il 1948; per valutare l'effetto delle opere di difesa costiera, si faccia riferimento alla figura 7.

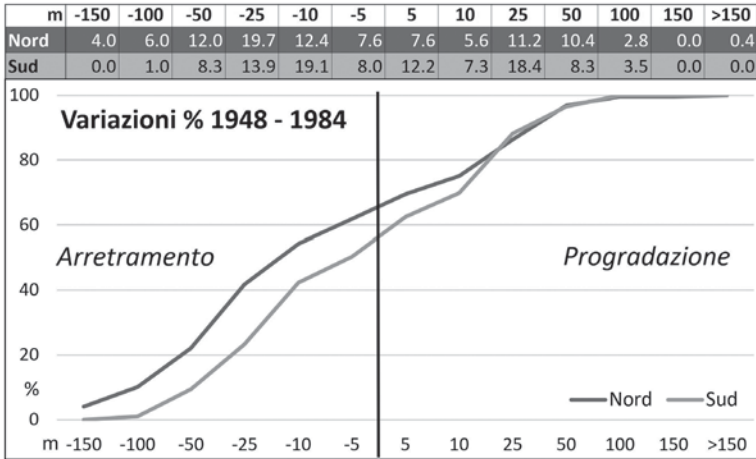
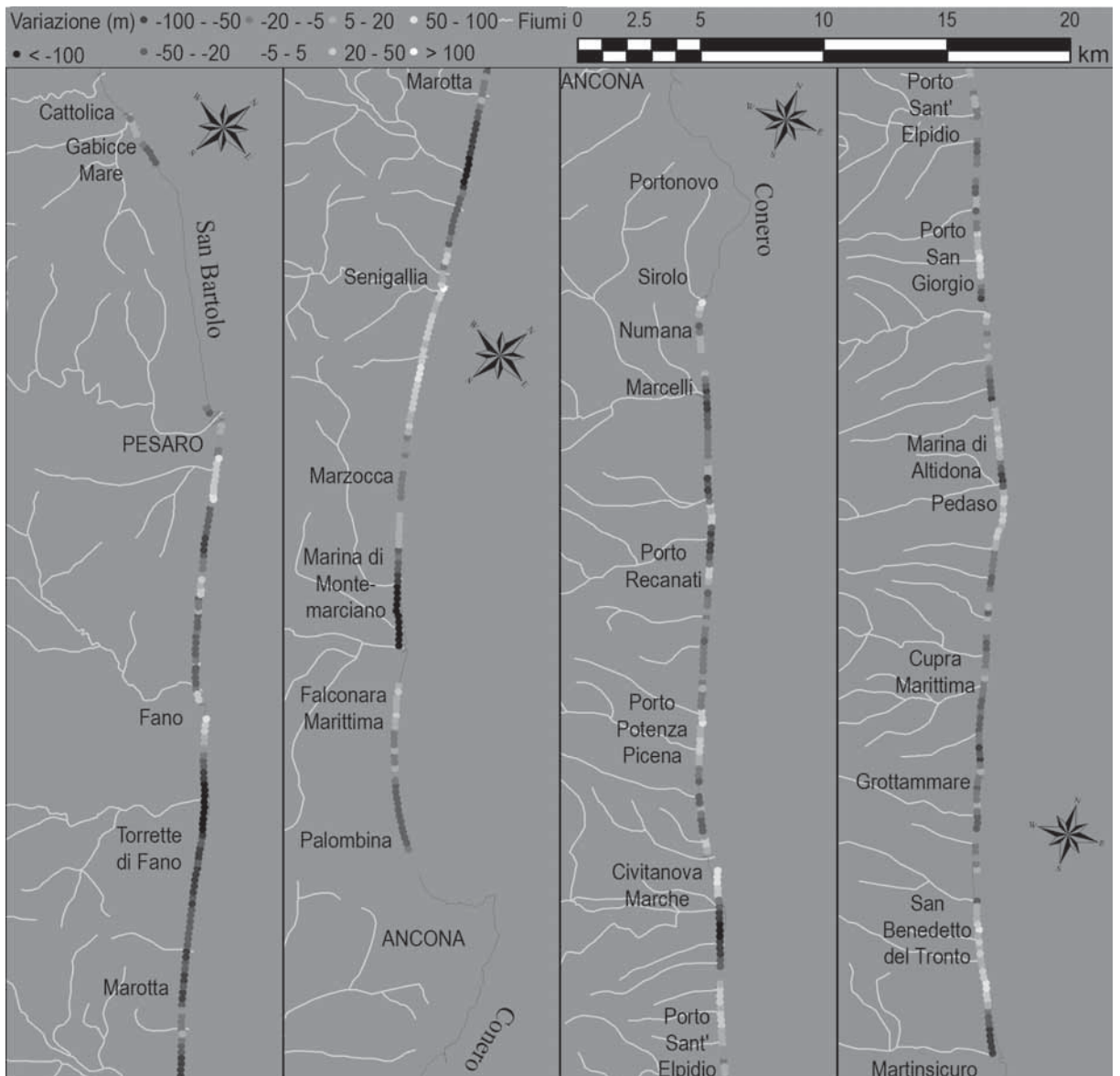


Figura 10. Variazioni della linea di riva intercorse tra il 1948 e il 1984 nei due settori del litorale marchigiano.

Figura 11. Variazioni della linea di costa tra il 1948 e il 1984; per valutare l'effetto delle opere di difesa costiera, si faccia riferimento alla figura 7.



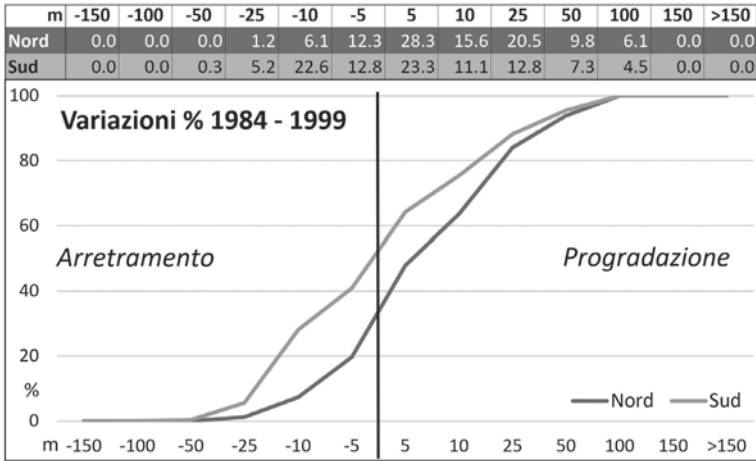
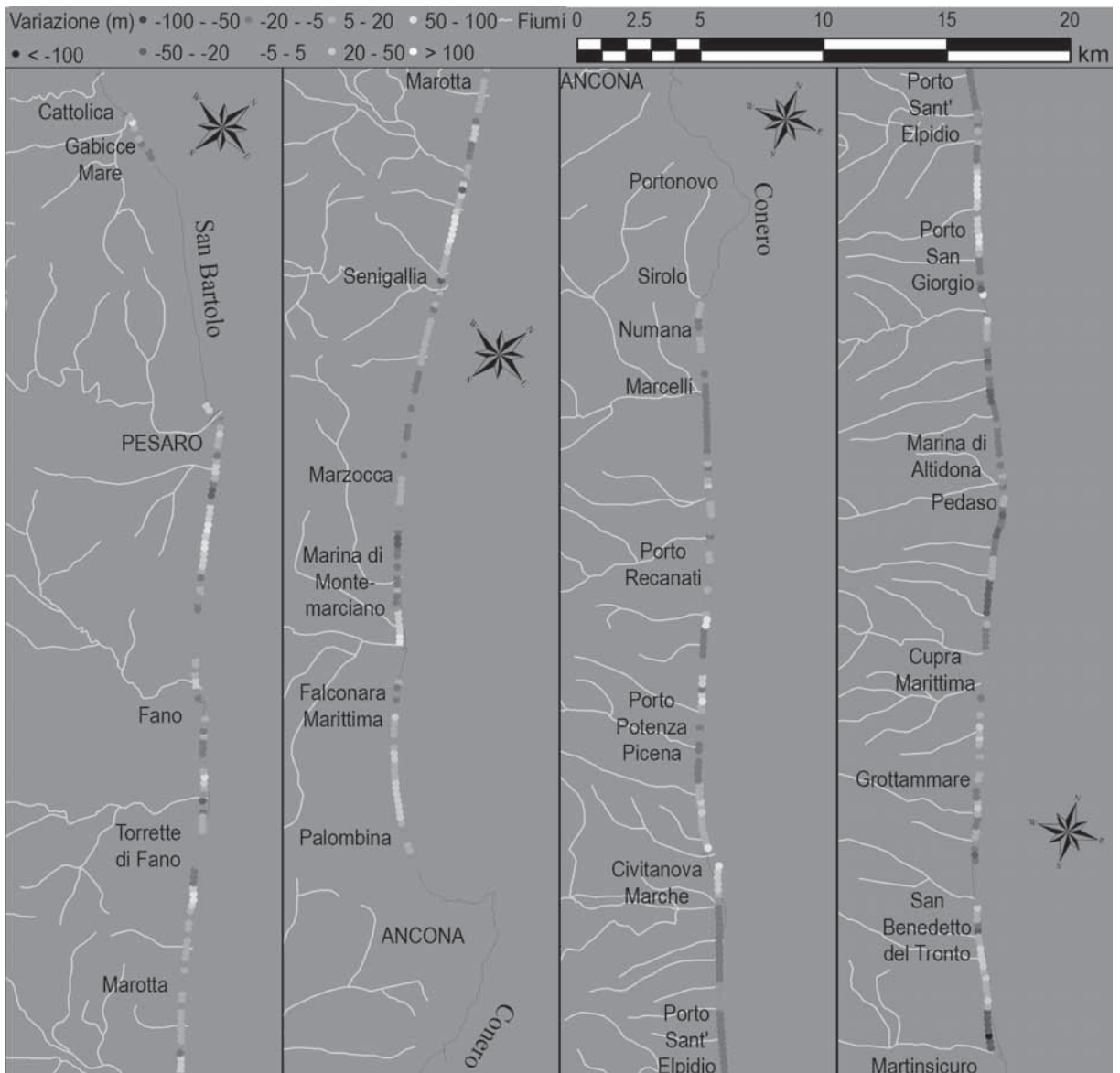


Figura 12. Variazioni della linea di riva intercorse tra il 1984 e il 1999 nei due settori del litorale marchigiano.

Figura 13. Variazioni della linea di costa tra il 1984 e il 1999; per valutare l'effetto delle opere di difesa costiera, si faccia riferimento alla figura 7.



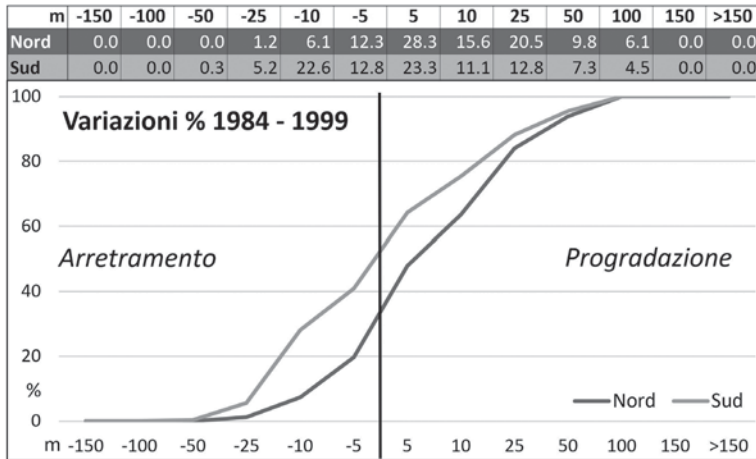


Figura 14. Variazioni della linea di riva intercorse tra il 1999 e il 2020 nei due settori del litorale marchigiano.

emerge una generalizzata tendenza all'arretramento, che a volte raggiunge e supera i 100 m e interessa oltre i due terzi del settore, mentre il litorale "Piceno" mostra una prevalenza di fenomeni di progradazione dei litorali, localmente superiore ai 100 m (Fig. 8).

Nel settore settentrionale, i fenomeni di arretramento risultano particolarmente evidenti a Pesaro, Fano, Marzocca, Marina di Montemarciano e Palombina; fanno eccezione quasi solo la porzione più settentrionale del litorale marchigiano e Senigallia (Fig. 9).

A sud del Conero, invece, si nota un avanzamento della linea di riva particolarmente notevole a S. Benedetto del Tronto, in conseguenza della costruzione delle strutture portuali che hanno agito da ostacolo alla deriva dei sedimenti provenienti da sud.

Lungo la costa meridionale sono comunque presenti fenomeni di arretramento anche intensi a Porto Potenza Picena, Civitanova Marche, Porto Sant'Elpidio, Marina di Altidona, Pedaso e, soprattutto alla Sentina, a sud di S. Benedetto del Tronto. Quest'ultima ha subito un notevole decremento nel ripascimento naturale a causa del pennello costruito al limite settentrionale del litorale abruzzese, immediatamente alla destra idrografica della foce del fiume Tronto, che ha bloccato completamente la deriva di sedimenti che nell'area avviene prevalentemente verso nord (Fig. 9).

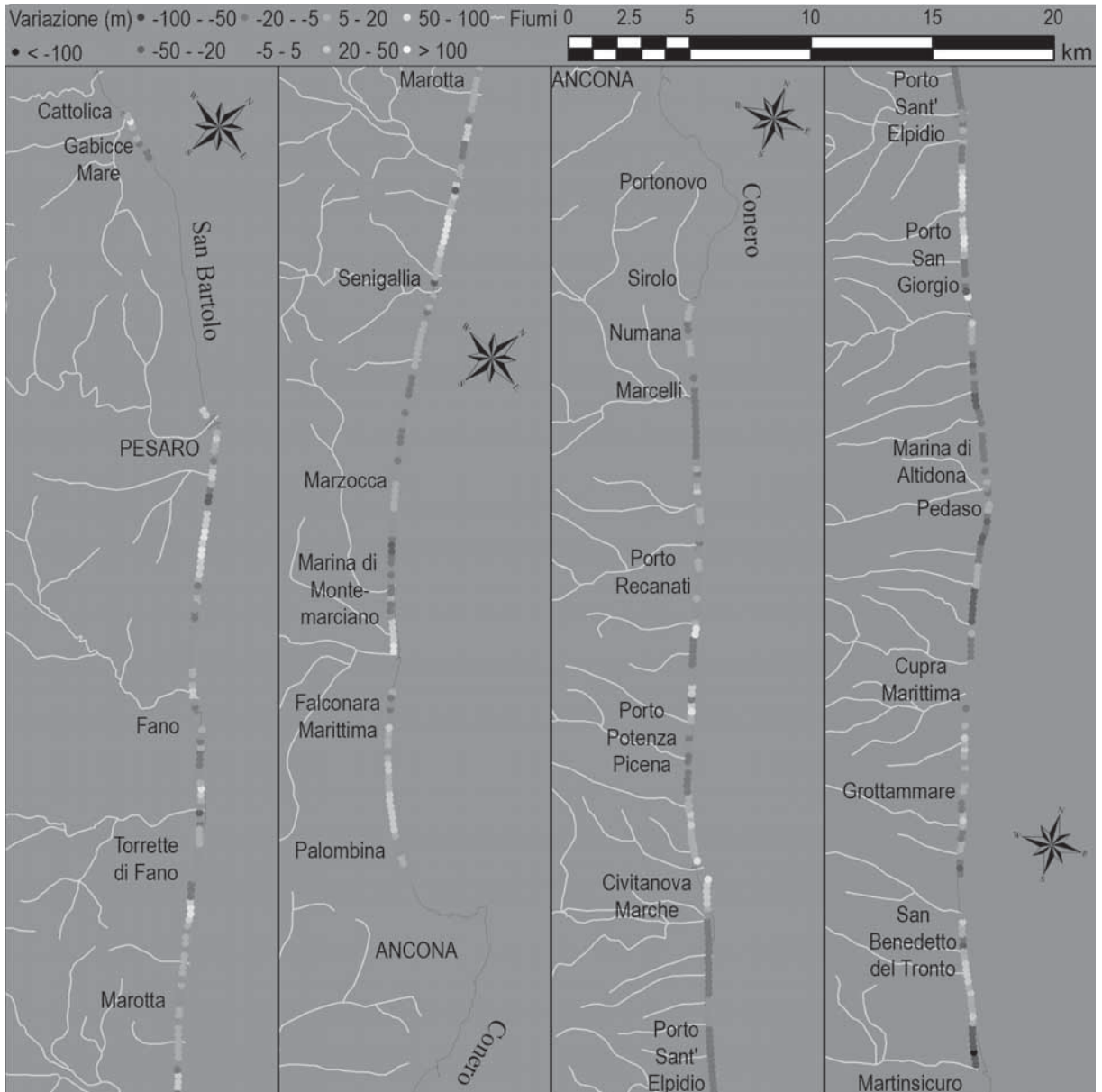
La diffusione e intensità degli arretramenti costieri ha portato, come già illustrato, alla realizzazione di un gran numero di opere di difesa costiera di varia natura (massicciate aderenti, pennelli e barriere soffolte ed emerse, oltre a qualche opera sperimentale (Fig. 7), che però non solo non hanno sempre risolto le problematiche locali, ma spesso hanno comportato un trasferimento sottoflutto dei fenomeni erosivi, inducendo nel tempo alla realizzazione di numerose ulteriori opere ingegneristiche a inseguire la progressiva migrazione dei fenomeni erosivi.

Tra il 1948 ed il 1984 i due settori del litorale marchigiano mostrano un andamento meno differenziato, anche se i fenomeni erosivi mostrano di essere ancora più intensi e diffusi a nord del Promontorio del Monte Conero (Fig. 10), dove solo poco più di un terzo della linea di riva mostra segni di avanzamento, contro all'incirca la metà di quelle ubicate a sud della struttura.

Localmente si può notare l'effetto protettivo delle molte opere di difesa costiera costruite nel dopoguerra, soprattutto a partire dalla seconda metà degli anni '60, come, ad esempio, lungo la porzione meridionale del litorale di Pesaro, a Falconara Marittima, a Civitanova Marche (dove la progradazione deriva dalla costruzione delle strutture portuali), a Porto S. Giorgio, a Pedaso e a S. Benedetto del Tronto, a sud del porto. Permangono comunque, nonostante le opere costruite, severe condizioni locali di arretramento, come in prossimità dell'estremo settentrionale della Regione, tra Pesaro e Fano, a Torrette di Fano e a Palombina.

Una forte tendenza all'arretramento interessa anche coste non protette, come a Marotta, a Marina di Montemarciano, a Marcelli, nel tratto settentrionale del litorale di Porto S. Elpidio e, di nuovo, alla Sentina.

Tra il 1984 e il 1999, quando ormai la maggior parte della linea di riva della Regione è in qualche modo interessata da opere di difesa rigide, è la costa "Picena" a mostrare una leggera maggiore tendenza all'arretramento rispetto a quella ubicata a nord del Conero, in cui i tratti in avanzamento risultano maggiori di quelli in arretramento (Fig. 12).



**Figura 15. Variazioni della linea di costa tra il 1999 e il 2020; per valutare l'effetto delle opere di difesa costiera, si faccia riferimento alla figura 7.**

L'efficacia degli interventi ingegneristici è sottolineata da locali progradazioni, come tra Pesaro e Fano, nella porzione settentrionale del litorale di Senigallia, tra Falconara Marittima e Palombina, a Porto S. Giorgio (dove però il nuovo porto ha effetto positivo solo nelle sue immediate vicinanze) e nella porzione a sud del porto della costa di San Benedetto del Tronto.

Localmente, però, si hanno ancora fenomeni di arretramento, come a Fano, tra Senigallia e Marzocca (dove è presente una spiaggia non protetta), a Marcelli, a Porto S. Elpidio (di nuovo in presenza di una spiaggia non protetta), a Marina di Altidona, Pedaso e Cupramarittima (nonostante il tratto sia quasi completamente irrigidito da opere ingegneristiche) e, di nuovo, alla Sentina, dove si hanno i fenomeni più intensi (Fig13).

Nell'ultimo ventennio, la costa marchigiana è stata quasi completamente irrigidita in seguito alla costruzione di diverse ulteriori opere ingegneristiche di protezione (Fig. 7), che in media hanno comunque ridotto i tassi di arretramento della linea di riva; la Figura 14 mostra che la maggioranza dei litorali subisce ormai solo

deboli variazioni, con eccezioni abbastanza poco frequenti, e che in media la costa risulta quasi stabile, con pochissime differenze tra il settore settentrionale e quello meridionale.

Tra i pochissimi tratti di costa ancora liberi (Fig. 15), si segnalano alcuni tratti della falesia attiva del S. Bartolo, la porzione meridionale del litorale senigalliese fino a Marzocca (in erosione), un tratto tra Civitanova Marche e Porto S. Elpidio (in avanzamento a nord, in erosione a sud a causa della costruzione di un piccolo pennello) e l'area della Riserva Naturale Regionale della Sentina, all'estremo sud della Regione (ancora una volta in forte erosione essendo interposta tra la foce armata del Fiume Tronto e le barriere che proteggono le spiagge di S. Benedetto del Tronto: è il tratto che nei circa 125 anni analizzati ha subito il maggiore arretramento).

## 5. Risultati e considerazioni finali

Osservazioni storiche e confronti tra documenti cartografici dimostrano che nella Regione Marche, negli ultimi due millenni, l'attività umana ha giocato un ruolo predominante nel determinare l'evoluzione delle foci fluviali e più in generale delle linee di costa.

La loro posizione ed evoluzione morfologica, consistente in *trend* di avanzamento/arretramento), risultano infatti fortemente correlate con i processi di deforestazione/rimboschimento verificatisi nei relativi bacini idrografici (a loro volta derivanti da cambiamenti demografici e nei processi o attività agricole, in parte connessi anche con modificazioni del clima). Questa correlazione è particolarmente evidente per gli ultimi due secoli, poiché per questo periodo è possibile confrontare carte con un dettaglio accettabile, con valutazioni affidabili della superficie forestale totale.

Durante il 19° secolo, intensi e diffusi interventi di deforestazione hanno infatti portato a un avanzamento sensibile e continuo delle foci fluviali, con un tasso medio di circa 5 m per anno durante la prima metà del secolo e di 1 m per anno nella seconda metà.

Il secolo scorso è stato invece caratterizzato da tendenze alterne, con prevalenza di arretramento delle linee di riva anche se, in alcune aree, l'avanzamento è continuato almeno per le prime tre decadi.

Durante la prima metà del secolo scorso, i fattori prevalenti nel determinare l'arretramento sono stati la riforestazione e l'espansione dell'agricoltura, assieme allo sbarramento di alcuni corsi d'acqua e a lavori di controllo idraulico. La forte riduzione del carico solido dovuta all'estrazione di inerti dai letti fluviali e ai lavori idraulici realizzati lungo i canali e la sempre più diffusa urbanizzazione della zona costiera sono invece stati i fattori dominanti nel cinquantennio successivo.

Dal 1978 a oggi, l'arretramento delle spiagge marchigiana è comunque divenuto meno intenso e diffuso. Questo fenomeno si ritiene che sia legato principalmente ai molti interventi ingegneristici di difesa costiera di vario tipo realizzati soprattutto a partire dagli anni '60 del secolo scorso; questi, andando via via a rincorrere gli effetti di trasferimento sotto flutto dei fenomeni erosivi delle opere esistenti, hanno "irrigidito" e reso artificiale buona parte della linea di costa regionale, anche se il divieto di estrazione di inerti dai corsi fluviali ha senz'altro avuto il suo ruolo positivo. D'altra parte, per questo periodo sembra essere meno rilevante l'influenza di fattori climatici che, comunque, potrebbero rivestire un'importanza fondamentale nel controllo dell'evoluzione della fascia costiera in un prossimo futuro, date le caratteristiche del cambiamento climatico in atto (Bisci, 2010).

## Bibliografia

- AA.VV. (2006) - *Le spiagge delle Marche*. In: AA-VV. - *Lo stato dei litorali italiana*, Studi Costieri, 10. 77-82.
- AA.VV. (2010) - *Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000, Foglio 293 Osimo e note illustrative*. ISPRA, Roma.
- AA.VV. (2011) - *Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000, Foglio 268 Pesaro e note illustrative*, ISPRA, Roma.
- Abulafia D. (2004) - *Italy in the Central Middle Ages*. OUP Oxford, 299 pp.
- Acciarri A. (2016) - *The Beaches of Southern Marche: Evolutionary Analysis of the Coast Between Numana and San Benedetto del Tronto*. Unpublished MS Thesis, University of Camerino, 191 pp.
- Acciarri A. (2016) - *Net sediment transport paths based on grain-size trend analysis: the Sentina Beach case study (Italy, Central Adriatic Coast)*. Ph.D. Thesis. Università degli Studi di Camerino, School of Sciences and Technology, Geology Division. Camerino, Italy, 197 pp.
- Acciarri A., Bisci C., Cantalamessa G., Di Pancrazio G. (2016) - *Anthropogenic influence on recent evolution of shorelines between the Conero Mt. and the Tronto R. mouth (southern Marche, Central Italy)*. Catena, 147, 545-555



- Aiello A., Canora F., Pasquariello G., Spilotro G. (2013) - *Shoreline variations and coastal dynamics: a space-time data analysis of the Jonian littoral, Italy*. Estuar. Coast Shelf S., 129, 124–135.
- Alessio M., Allegri L., Azzi C., Calderoni G., Cortesi C., Improta S., Nesci O., Petrone V., Savelli D. (1987) - *Successioni alluvionali terrazzate nel medio bacino del Metauro (Appennino marchigiano) - Datazione con il <sup>14</sup>C*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 10, 307–312.
- Alfieri N., Forlani E., Grimaldi F. (1966) - *Ricerche paleogeografiche e topografico-storiche sul territorio di Loreto*. Studia Picena, 33-34, 1–59.
- APAT (2004) - *Atlante delle Coste. Il moto ondoso a largo delle coste italiane*. <http://www.isprambiente.gov.it/it/servizi-per-lambiente/stato-delle-coste/atlante-delle-coste>.
- AQUATER (1982) - *Studio generale per la difesa delle coste: Prima fase*. Aquater, S. Lorenzo in Campo (PU), 706 pp.
- Aringoli D., Bisci C., Cantalamessa G., Di Celma C.N., Farabollini P., Gentili B., Materazzi M., Pambianchi G. (2003) - *Recent variations of central Adriatic coastline*. In: CERG - *Geomorphological Sensitivity and Systems Response*, 13–20.
- Arzeni A., Bolognini T., Cortonesi A., Montresor A., Moscatelli U., Giorda M.C., Piermattei A., Romano R., Marongiu S. (2012) - *Fonte Avellana: dall'agricoltura medioevale alla moderna multifunzionalità rurale*. Osservatorio Foreste INEA, 253 pp.
- Bedosti B. (1989) - *Il tronco fossile olocenico di Villa S. Martino (PS)*. Conv. SGI Morfogenesi e Stratigrafia dell'Olocene. Riassunti, Bari 1989, 40–41.
- Bellotti P., Caputo C., Davoli L., Evangelista, S., Garzanti E., Pugliese F., Valeri P. (2004) - *Morpho-sedimentary characteristics and Holocene evolution of the emergent part of the Ombrone River delta (southern Tuscany)*. Geomorphology, 61, 71–90.
- Billi P., Rinaldi M. (1997) - *Human impact on sediment yield and channel dynamics in the Arno River basin (Central Italy)*. IAHS Publications - Series of Proceedings and Reports - Intern. Assoc. Hydrological Sciences 245, 301.
- Bisci C. (2010) - *Il cambiamento climatico globale e i suoi impatti*. Prisma, 3, 10-21.
- Bisci C., Dramis F. (1991) - *La geomorfologia delle Marche*. In: AA.VV. - *L'ambiente fisico delle Marche*, Firenze, SELCA, 81–113.
- Bisci C., Dramis F., Gentili B. (1992) - *Recent and present geomorphological evolution of river beds in the southern portion of the Marche region (Central Italy)*. Geoöko Plus, 3, 83–96.
- Borrego J., Ruiz F., Gonzalez-Regalado M.L., Pendón J.G., Morales J.A. (1999) - *The Holocene transgression into the estuarine central basin of the Odiel River mouth (Cadiz gulf, SW, Spain): lithology and faunal assemblages*. Quat. Sci. Rev., 18, 769–788.
- Buli U. (1994) - *Le spiagge marchigiane*. Conv. Naz. Geogr., CNR, Roma 1994, 95–147.
- Buli U., Ortolani M. (1947) - *Le spiagge marchigiane*. Coop, Tipografica Azzoguidi, Bologna (151 p).
- Calamita F., Deiana G. (1986) - *Evoluzione strutturale neogenico-quaternaria dell'Appennino umbro-marchigiano*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. "La Geologia delle Marche". pp. 91–98.
- Calderoni G., Coltorti M., Consoli M., Farabollini P., Dramis F., Pambianchi G., Percossi E. (1989) - *Degradazione dei versanti e sedimentazione nei pressi di Borgiano (Appennino marchigiano) durante l'Olocene recente*. Atti Conv. "Morfogenesi e stratigrafia dell'Olocene". Mem. Soc. Geol. It., 42, 301–310.
- Cantalamessa G., Centamore E., Chiocchini U., Micarelli A., Potetti M. (1982) - *Tectonic sedimentary evolution of the northwestern part of the Laga basin during the Upper Miocene-Lower Pliocene (Central-southern Marche)*. Mem. Soc. Geol. It., 24, 221–232.
- Cantalamessa G., Centamore E., Chiocchini U., Micarelli A., Potetti M. (1986) - *Il Miocene delle Marche*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. "La Geologia delle Marche". pp. 35–55.
- Centamore E., Deiana G. (Eds.) (1986) - *La Geologia delle Marche*. Studi Geologici Camerti, vol. spec., 145 pp.
- Centamore E., Cantalamessa G., Micarelli A., Potetti M., Berti D., Bigi S., Morelli C., Ridolfi M. (1991) - *Stratigrafia e analisi di facies dei depositi del Miocene e del Pliocene inferiore dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle zone limitrofe*. Studi Geol. Camerti, 2, 125–131.
- CNR - MURST (1997) - *Atlante delle spiagge italiane. Dinamismo, tendenza evolutiva, opere umane*. Edit. SELCA Firenze, 108 fogli 1:10000.
- Coltorti M. (1991) - *Modificazioni morfologiche oloceniche nelle piane alluvionali marchigiane: alcuni esempi nei fiumi Misa, Cesano e Musone*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14, 73–86.

- Coltorti M. (1997) - *Human impact in the Holocene fluvial and coastal evolution of the Marche region, Central Italy*. Catena, 30, 311–335.
- Coltorti M., Farabollini P. (2008) - *Late Pleistocene and Holocene fluvial–coastal evolution of an uplifting area: the Tronto River (Central Eastern Italy)*. Quatern. Int., 189, 39–55.
- Coltorti M., Gentili B., Pambianchi G. (1995) - *Evoluzione geomorfologica ed impatto antropico nei sistemi idrografici delle Marche: riflessi sull'ambiente fisico. Assetto fisico e problemi ambientali delle pianure italiane*. Mem. Soc. Geogr. It., 53, 271–292.
- D'Alessandro L., Genevois R., Marino A. (2001) - *Dinamica recente della costa alta fra Ortona e Vasto (Abruzzo centro-meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 56, 53–60.
- Damiani A.V. (1975) - *Aspetti geomorfologici e possibile schema evolutivo dei Monti Sibillini (Appennino umbro-marchigiano)*. Boll. Serv. Geol. It., 96, 232–314.
- De Boni M., Cavaleri L., Rusconi, A. (1992) - *The Italian waves measurement network*. Coastal Engineering Proceedings, 1(23).
- De Nicolò M.L. (1998) - *La costa difesa. Fortificazioni e disegno del litorale adriatico pontificio*. Editrice Grapho, Fano, 60 pp.
- Di Celma C., Cantalamessa G. (2012) - *Off-shelf sedimentary record of recurring global sealevel changes during the Plio-Pleistocene: evidence from the cyclic fills of exhumed slope systems in central Italy*. J. Geol. Soc., London, 169, 643–646.
- Di Celma C., Cantalamessa G., Didaskalou P. (2013) - *Stratigraphic organization and predictability of mixed coarse-grained and fine-grained successions in an upper slope Pleistocene turbidite system of the peri-Adriatic basin*. Sedimentology, 60, 763–799.
- Di Celma C., Teloni R., Rustichelli A. (2016) - *Evolution of the Gelasian (Pleistocene) slope turbidite systems of southern Marche (Peri-Adriatic basin, central Italy)*. J. Maps, 12, 137–151.
- Dinelli E., Gosh A., Rossi V., Vaiani C.V. (2013) - *Multiproxy reconstruction of Late Pleistocene- Holocene environmental changes in coastal successions: microfossil and geochemical evidences from the Po Plain (Northern Italy)*. Stratigraphy, 9 (2), 153–167.
- Dramis F., Aringoli D., Bisci C., Cantalamessa G., Coltorti M., Farabollini P., Gentili B., Materazzi M., Nesci O., Pambianchi G., Pieruccini P., Savelli D., Troiani F. (2011) - *La Costa delle Marche*. In: Ginesu, S. (Ed.) - *La Costa d'Italia*. Delfino Ed., Sassari, pp. 379–392.
- Ferretti M., Moretti E., Savelli D., Stefanon A., Tramontana M., Wezel F.-C. (1986) - *Late Quaternary alluvial sequences in the North-Western Adriatic Sea from uniboom profiles*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., IV (1), 63–72.
- Galiè V. (2001) - *Ubicazione dei porti e del navale fermano in epoca romana e altomedievale tra il Potenza e il Tronto alla luce delle carte di Farfa e del Codice 1030*. Macerata, 70 pp.
- Gasparini P., Tabacchi G. (2011) - *L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC 2005. Secondo inventario forestale nazionale italiano. Metodi e risultati*. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali; Corpo Forestale dello Stato. Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale. Edagricole-Il Sole 24 ore, Bologna 653 pp.
- Giacopetti M., Materazzi M., Pambianchi G., Aringoli D., Farabollini P. (2015) - *Geomorphological evolution of the middle-lower reach of the Tronto river (central Italy), during the last 200 years: impacts on flood hazard*. Rend. Online Soc. Geol. It., 33, 48–52.
- Giraudi C. (2005) - *Middle to Late Holocene glacial variations, periglacial processes and alluvial sedimentation on the higher Apennine massifs (Italy)*. Quaternary Res., 64, 176–184.
- Gori U. (1988) - *Contributo alla conoscenza della sedimentazione delle alluvioni quaternarie del Fiume Foglia (Marche)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 11, 121–122.
- Grove A.T. (2001) - *The "Little Ice Age" and its geomorphological consequences in Mediterranean Europe*. Clim. Change, 48, 121–136.
- Guillén J., Palanques A. (1997) - *A historical perspective of the morphological evolution in the lower Ebro river*. Environ. Geol., 30, 174–180.
- Hughes J.D. (2011) - *Ancient deforestation revisited*. J. Hist. Biol., 44(1), 43–57.
- Innocenti L., Pranzini E. (1993) - *Geomorphological evolution and sedimentology of the Ombrone River Delta, Italy*. J. Coastal Res., 9, 481–493.

- Istituto Idrografico della Marina (1982) – *Atlante delle correnti superficiali dei mari d'Italia*. IIM.
- Ladurie E.L.R. (2004) - *Histoire humaine et comparée du climat, volume 1: Canicules et glaciers (XIIIe-XVIIIe siècles)*. Fayard, Paris, 739 pp.
- Lipparini T. (1939) - *I terrazzi fluviali delle Marche*. Giorn. Geol., 13, 5–22.
- Materazzi M., Gentili B., Aringoli D., Farabollini P., Pambianchi G. (2010) - *Elements of slope and fluvial dynamics as evidence of late Holocene climatic fluctuations in the central Adriatic sector, Italy*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 33, 193–204.
- Miccadei E., Mascioli F., Piacentini T., Ricci F., (2011) - *Geomorphological features of coastal dunes along the Central Adriatic Coast (Abruzzo, Italy)*. J. Coastal Res., 27, 1122–1136.
- Nesci O., Savelli D. (1986) - *Cicli continentali tardo-quadernari lungo i tratti vallivi mediani delle Marche settentrionali*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 9, 192–211.
- Nesci O., Savelli D., Mengarelli D. (1990) - *I terrazzi vallivi del 1° ordine nei bacini dei Fiumi Metauro e Foglia (Appennino Marchigiano)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 13, 63–73.
- Ortolani M., Alfieri N. (1978) - *Sena Gallica*. In: Anselmi S. (Ed.) - *Una città adriatica. Insediamenti, forme urbane, economia. Società nella storia di Senigallia*, Senigallia, 21–70.
- Palombarini A. (1989) - *Il paesaggio agrario di Civitanova tra Cinquecento e Settecento. Il Cabreo Ciccolini-Silenzi, Civitanova*. Immagini e Storie, 2, 246–250.
- Pranzini E. (1989) - *A model for cusped delta erosion*. 6<sup>th</sup> Symp. Coastal and Ocean Management/ASCE Charleston, SC, 4345–4357.
- Pranzini E. (1994) - *Bilancio sedimentario ed evoluzione storica delle spiagge*. Il Quaternario, 7, 197–204.
- Pranzini E. (1995) - *Cause naturali ed antropiche nelle variazioni del bilancio sedimentario dei litorali*. Riv. Geogr. Ital., NS 1, 47–62.
- Pranzini E. (2001) - *Updrift river mouth migration on cusped deltas: two examples from the coast of Tuscany (Italy)*. Geomorphology, 38, 125–132.
- Pranzini E., Wetzel L., Williams A.T. (2015) - *Aspect of coastal erosion and protection in Europe*. J. Coast. Conserv., 19, 445–459.
- Radmilli A.M. (1965) - *Abruzzo preistorico: il paleolitico inferiore-medio abruzzese*. Sansoni, Firenze, 117 pp.
- Radmilli A.M. (1977) - *Storia dell'Abruzzo dalle origini all'età del bronzo*. Giardini, Pisa, 457 pp.
- Regione Marche (2005) - *Piano di Gestione Integrata delle Aree Costiere*. Dipartimento Territorio e Ambiente, Ancona <http://www.autoritabacino.marche.it/costa/piano/>.
- Regione Marche (2019) - *Piano di Gestione Integrata delle Aree Costiere*. Dipartimento Territorio e Ambiente, Ancona <http://www.autoritabacino.marche.it/costa/piano/>.
- Ridente D., Trincardi F. (2006) - *Active foreland deformation evidenced by shallow folds and faults affecting late quaternary shelf-slope deposits (Adriatic Sea, Italy)*. Basin Res., 18, 171–188.
- Spagnoli F., Dinelli E., Giordano P., Marcaccio M., Zaffagnini F., Frascari F. (2014) - *Sedimentological, biogeochemical and mineralogical facies of Northern and Central Western Adriatic Sea*. J Marine Sys., 139, 183–203.
- Speranza G. (1934) - *Il Piceno dalle origini alla fine d'ogni sua autonomia sotto Augusto*. L. Cardi, Ancona, 2 v, 142 pp.
- Storms J.E.A., Weltje G.J., Terra G.J., Cattaneo A., Trincardi F. (2008) - *Coastal dynamics under conditions of rapid sea-level rise: Late Pleistocene to early Holocene evolution of barrier-lagoon systems on the northern Adriatic shelf (Italy)*. Quaternary Sci. Rev., 27, 1107–1123.
- Tabacchi G., De Natale F., Di Cosmo L., Floris A., Gagliano C., Gasparini P., Genchi L., Tosi V. (2005) - *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio: Le stime di superficie 2005 - Prima parte*. MiPAF, Corpo Forestale dello Stato, Ispettorato Generale. Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura, CRA.
- Trincardi F., Correggiari A. (2000) - *Quaternary forced regression deposits in the Adriatic basin and the record of composite sea-level cycles*. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 172, 245–269.
- Trincardi F., Campiani E., Correggiari A., Fogliani F., Maselli V., Remia A. (2014) - *Bathymetry of the Adriatic Sea: the legacy of the last eustatic cycle and the impact of modern sediment dispersal*. J. e Maps, 10, 151–158.
- Valeriani O. (1812) - *Memorie relative all'agricoltura del dipartimento del Tronto*. Annali dell'Agricoltura del Regno d'Italia, 13, 59–88.
- Villa G.M. (1942) - *Nuove ricerche sui terrazzi fluviali delle Marche*. Giornale di Geologia, serie II, 16.

- Vita-Finzi C. (1969) - *The Mediterranean Valleys: Geological Changes in Historical Times*. Cambridge University Press, London, 149 pp.
- Williams M. (2000) - *Dark ages and dark areas: global deforestation in the deep past*. *J. Hist. Geogr.*, 26 (1), 28–46.

**Ricevuto il 25/04/2020; accettato 23/07/2020**

## Qualità dei sedimenti di retroscogliera nelle Marche

Carlo Bisci<sup>1,2,3</sup>, Gino Cantalamessa<sup>1,2,3</sup>, Gian Marco Luna<sup>4,5</sup>, Elena Manini<sup>4,5</sup>, Emanuela Frapiccini<sup>4,5</sup>, Federico Spagnoli<sup>1,2,4,5</sup>, Mario Tramontana<sup>3,6</sup>, Gianni Scalella<sup>7</sup>, Stefano Parlani<sup>7</sup>, Mauro Sinigaglia<sup>7</sup>, Giordano Forchielli<sup>7</sup>, Fabrizio Mazzoli<sup>7</sup>, Diego Magnoni<sup>7</sup>, Carmine Bellino<sup>7</sup>, Daniele Pernini<sup>7</sup>

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

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

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

<sup>4</sup> CNR - IRBIM, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

<sup>5</sup> CNR – ISMAR, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

<sup>6</sup> 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

<sup>7</sup> Regione Marche – Servizio Tutela, gestione e assetto del territorio  
P.F. Tutela delle acque e difesa del suolo e della costa

### Riassunto

Vengono illustrate le principali caratteristiche che determinano la qualità dei sedimenti marini di retroscogliera lungo la costiera marchigiana sulla base del confronto dei risultati delle analisi condotte dall’ARPA Marche sui campioni prelevati dal Servizio Tutela, Gestione e Assetto del Territorio della Regione Marche negli anni 2003 e 2016-17. In particolare, sono sinteticamente analizzate e commentate le seguenti caratteristiche:

- Composizione granulometrica
- Concentrazione di metalli;
- Tossicità biologica;
- Presenza di inquinanti organici;
- Contaminazione microbiologica;
- Presenza di sostanza organica.

La validità statistica dei risultati ottenuti risulta essere fortemente inficiata dal fatto che le analisi più recenti sono relative solo ad un sottoinsieme di quelle relative al campionamento del 2003; ulteriori problemi di interpretazione derivano, oltre che dall’eccessivo intervallo temporale tra le due campagne di prelievo, dalla non omogeneità dei tempi di campionamento (che potrebbero quindi rappresentare condizioni meteomarine e di dinamica dei litorali completamente differenti) e dall’incertezza sulla precisa coincidenza dei siti di prelievo.

**Parole Chiave:** Regione Marche, Adriatico centrale, qualità dei sedimenti di retroscogliera, granulometria, analisi chimiche, analisi biologiche

### Abstract

*The main features determining the quality of the sediments located at the back of breakwaters along the Marche coast are illustrated. The above considerations derive from the results of analyses carried out by the ARPA Marche on samples taken by the Service for the Territorial Protection, Management and Planning of the Marche Region in 2003 and 2016-17. Particularly, the following features are synthetically analysed and discussed:*

- *Texture,*
- *Concentration of metals;*
- *Biological toxicity;*
- *Presence of organic pollutants;*
- *Microbiological pollution;*
- *Presence of organic matter.*

*The statistical validity of the results is strongly affected by the reduced number of analyses carried out in 2017 with respect to the previous ones. Further problems derive, besides the excessively long timespan intercurrent between the two sampling campaigns, from the lack of homogeneity of the sampling periods (therefore potentially resulting in samples representing different conditions of meteo-marine features and littoral dynamics) and from the uncertainty on a precise coincidence of the sampling sites.*

**Keywords:** Marche Region, Central Adriatic, quality of sediments located at the back of breackwaters, grain size, chemical analyses, biological analyses.

## Introduzione

Viene di seguito illustrata la “Qualità dei sedimenti marini di retroscogliera”, così come definita dalla Regione Marche - Servizio Tutela, Gestione e Assetto del Territorio, P.F. Tutela delle acque e difesa del suolo e della costa. Il lavoro analizza e commenta i risultati delle analisi eseguite nel 2016-2017 dall'ARPAM su 28 dei 40 campioni raccolti dal P.F. Difesa del Suolo e della Costa della Regione Marche, confrontandole con quelle relative ai campioni corrispondenti tra i 67 analizzati, sempre dall'ARPAM, nel 2003 e già pubblicate nel Piano di Gestione Integrata della Zona Costiera (GIZC, 2003).

In merito alla distribuzione spaziale dei campioni presi in esame (Fig. 1), si rileva che mentre durante la prima fase, notevolmente innovativa per l'epoca, si era mantenuta una spaziatura media abbastanza adeguata a definire la variabilità delle situazioni presenti lungo la costa marchigiana alle spalle delle opere di protezione, per il 2017 si evidenzia, in diversi tratti, una carenza di dati che rende problematica ogni valutazione anche solo qualitativa dei trend evolutivi.

Questo è particolarmente evidente per la porzione nord del litorale marchigiano dove per l'intero tratto ricadente nel territorio provinciale di Pesaro e Urbino è stato analizzato un unico campione e per tutto il litorale a Nord del Conero solamente sei. Va inoltre segnalato fin da questa premessa che la discussione dei dati risente di disomogeneità e scarsa significatività statistica.

Quest'ultima deriva dal fatto che i campioni sottoposti alla nostra valutazione possono essere stati prelevati in momenti dell'anno differenti dal punto di vista del clima d'onda e della dinamica dei litorali e che non è del tutto certa neppure l'esatta coincidenza spaziale, soprattutto per quanto riguarda la profondità del fondale e la distanza dalla riva e dalle eventuali soglie tra le barriere, dei siti presi in considerazione durante le due campagne di prelievo, nonché dall'eccessivo intervallo di tempo intercorso tra i prelievi e dalla disponibilità di due sole serie di dati.

Per alcune analisi, i dati delle province di Fermo e Ascoli Piceno sono stati raggruppati in un'unica provincia, per conformità con i dati del 2003.

## Analisi granulometrica

I sedimenti che costituiscono le spiagge marchigiane derivano quasi esclusivamente dagli apporti solidi fluviali più grossolani, rimodellati e trasportati lungo riva dalla dinamica del moto ondoso, la cui composizione mineralogico-petrografica riflette fedelmente quella delle rocce affioranti nei bacini idrografici da cui si originano.

L'entità e la tipologia del trasporto solido fluviale condizionano quindi fortemente non solo la composizione granulometrica e composizionale dei litorali, ma anche le loro tendenze morfoevolutive a breve e medio termine.

La distribuzione granulometrica dei sedimenti di una spiaggia, emersa e sommersa, costituisce un importantissimo elemento per valutare in modo abbastanza accurato l'energia del moto ondoso; pertanto, un suo costante monitoraggio sarebbe una fonte di informazione quanto mai rilevante ai fini di una corretta gestione dei litorali. Essa, inoltre, rappresenta la principale base di valutazione delle caratteristiche del materiale da usare per eventuali operazioni di ripascimento artificiale delle aree soggette a erosione. La composizione granulometrica di un sedimento, infine, è anche molto importante ai fini della caratterizzazione chimica, dato che le frazioni più fini favoriscono l'associazione con sostanze inquinanti come metalli, IPA e PCB.

Le dimensioni delle particelle di un sedimento costituiscono in pratica una serie continua di valori per cui, per definire numericamente le caratteristiche granulometriche di un campione, occorre fare riferimento a una scala standardizzata. Questa fissa l'ampiezza degli intervalli in cui suddividere l'insieme continuo delle dimensioni dei granuli e assegna a ogni intervallo, o classe granulometrica, una definizione. La scala più usata in Sedimentologia, cui fanno riferimento le analisi granulometriche eseguite, è la scala di Udden (1914),

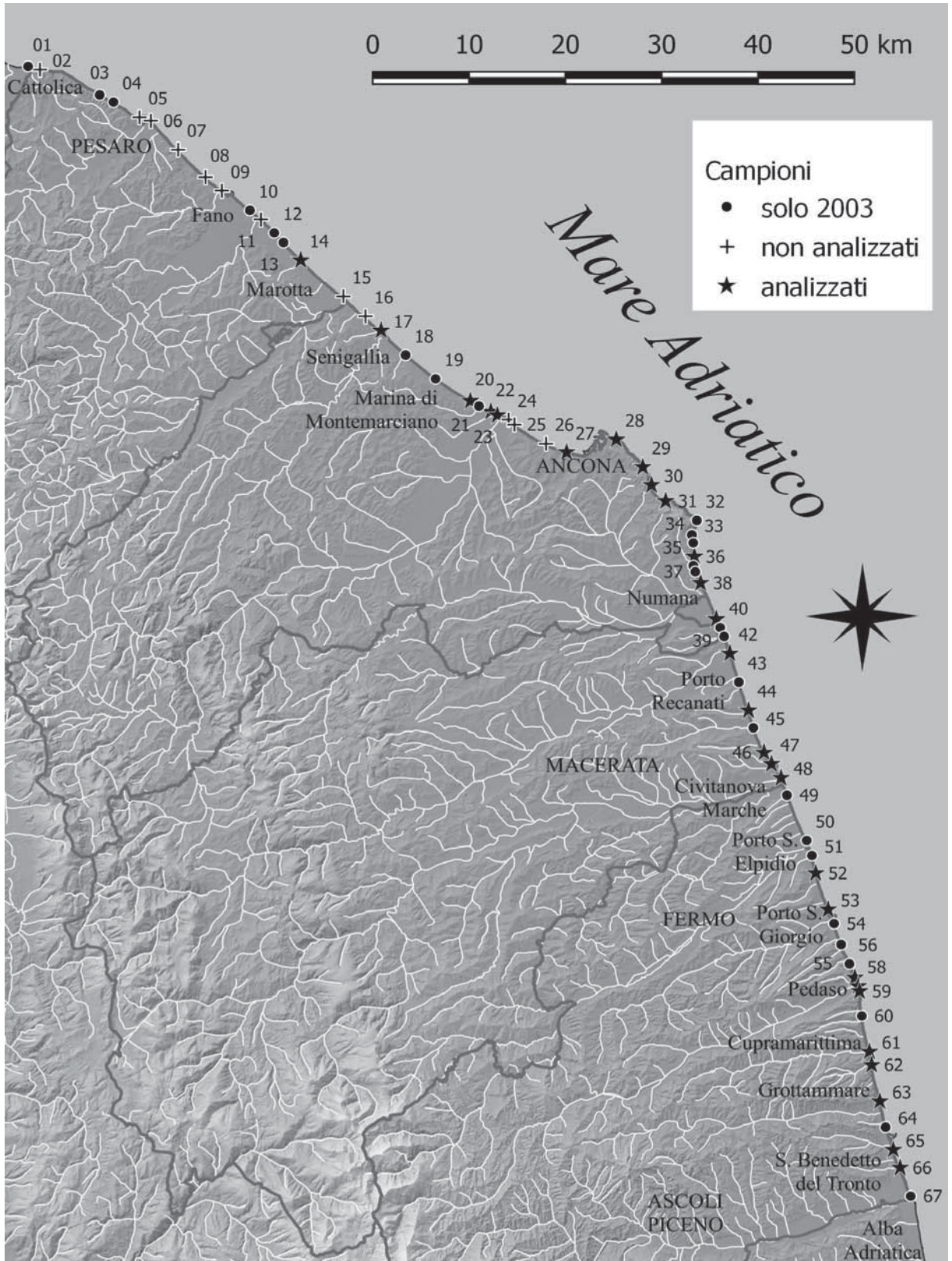


Figura 1. Ubicazione dei campioni prelevati durante le campagne del 2016 e del 2003.

completata da Wentworth (1922). Essa parte dalla dimensione di 1 mm e definisce le suddivisioni moltiplicando o dividendo per 2. Si ottiene così una scala in millimetri che stabilisce le diverse classi granulometriche. Secondo la scala di Udden-Wentworth, i limiti delle quattro classi fondamentali in cui è suddivisa la serie dei diametri sono i seguenti:

- Ghiaia > 2 mm
- 2 mm < Sabbia < 0,063 mm
- 0,063 mm < Limo (*Silt*) < 0,0039 mm
- Argilla < 0,0039 mm

Per rendere uguali gli intervalli di classe, nelle rappresentazioni grafiche delle analisi granulometriche i valori della scala granulometrica adottata vengono sostituiti dai rispettivi logaritmi; si possono così ottenere diagrammi semilogaritmici ove la lettura è molto facilitata. Per rendere ancora più immediata la lettura dei grafici e il trattamento statistico dei dati delle analisi granulometriche, Krumbein (1934) propose di utilizzare i logaritmi delle classi di Udden-Wentworth ma con il segno cambiato perché, il più delle volte, si opera con materiali di dimensioni inferiori a 2 mm: è nata così la scala  $\phi$  (scala basata sui logaritmi in base 2, cambiati di segno, dei valori della scala di Udden-Wentworth).

In genere, la dimensione dei granuli costituenti i sedimenti sciolti per la frazione avente diametro superiore a un sedicesimo di millimetro (0,00625 mm,  $\phi$  4) viene analizzata tramite setacciatura meccanica (a secco o umido). Per la parte più fine, invece, possono essere utilizzati tre diversi metodi: densimetro meccanico, sedigrafo e diffrattometro laser. I primi due, pur differendo completamente dal punto di vista delle attrezzature usate, sono basati sul medesimo principio, ovvero sul comportamento idrodinamico delle particelle, mentre i diffrattometri tendono piuttosto a misurare la sezione dei granuli.

### **Metodologie analitiche**

Secondo i rapporti dell'ARPAM presi in esame, i campioni, trattati preventivamente con una soluzione di acqua ossigenata, sono stati analizzati dal punto di vista granulometrico tramite setacciatura meccanica usando vagli conformi alle norme ASTM D422 per la frazione grossolana e diffrazione laser ISO 13320-1 per la porzione più fine.

I sedimenti analizzati nel 2003 sono stati suddivisi semplicemente in ghiaie, sabbie e peliti, mentre quelli relativi ai campionamenti più recenti sono stati più correttamente classificati come segue:

- Ghiaia > 2 mm
- Sabbia molto grossolana > 1 mm
- Sabbia grossolana > 0.5 mm
- Sabbia media > 0.25 mm
- Sabbia fine > 0.125 mm
- Sabbia finissima > 0.0625 mm
- Silt > 0.0039 mm
- Argilla < 0.0039 mm

Per consentire una corretta comparazione, anche i dati granulometrici più recenti, fornitici tramite tabella numerica riassuntiva, sono stati analizzati e discussi riportandoli alle stesse tre classi dimensionali usate in precedenza. Ai fini del confronto tra i risultati analitici delle due campionature, sono quindi stati elaborati gli istogrammi che illustrano le percentuali delle tre principali classi dimensionali (ghiaie, sabbie e peliti).

### **Risultati**

Nella figura 2 sono riportati gli istogrammi che rappresentano le composizioni granulometriche relative ai campioni del 2003 e del 2016-2017, suddivisi per province (con le province di Fermo e di Ascoli Piceno accorpate per omogeneità con i dati precedenti).

Nella provincia di Pesaro e Urbino, le analisi più recenti riguardano solo uno dei quindici siti caratterizzati nel 2003, il numero 14 (prelevato a Fano, a SE della foce del fiume Metauro). Qui in passato, oltre alle sabbie, era presente una minima percentuale di peliti (2,29%), che non è stata rilevata nelle analisi recenti.

Nella provincia di Ancona nel 2016-2017 sono stati analizzati i campioni relativi a solo dieci dei ventidue siti studiati nel 2003. La composizione recente è quasi ovunque (tranne che nei campioni 22 e 27) esclusivamente sabbiosa, mentre nei precedenti campioni anche in questa zona era localmente presente una pur bassa percentuale



di peliti. Si rileva quindi una diminuzione della componente pelitica che, comunque, non può essere assunta come indicativa di alcun trend evolutivo in quanto le campionature sono troppo scarse e lontane nel tempo.

Nella provincia di Macerata, si è passati dagli undici campioni del 2003 ai sette analizzati di recente; nel complesso, si rileva una tendenza abbastanza generalizzata alla riduzione della granulometria. Infatti, il campione 38 che nel 2003 mostrava circa il 20% di ghiaie e assenza di pelite, attualmente non mostra ghiaia mentre la pelite arriva a circa il 10%. Analogo incremento della frazione fine interessa gli altri campioni prelevati in corrispondenza della porzione meridionale della provincia.

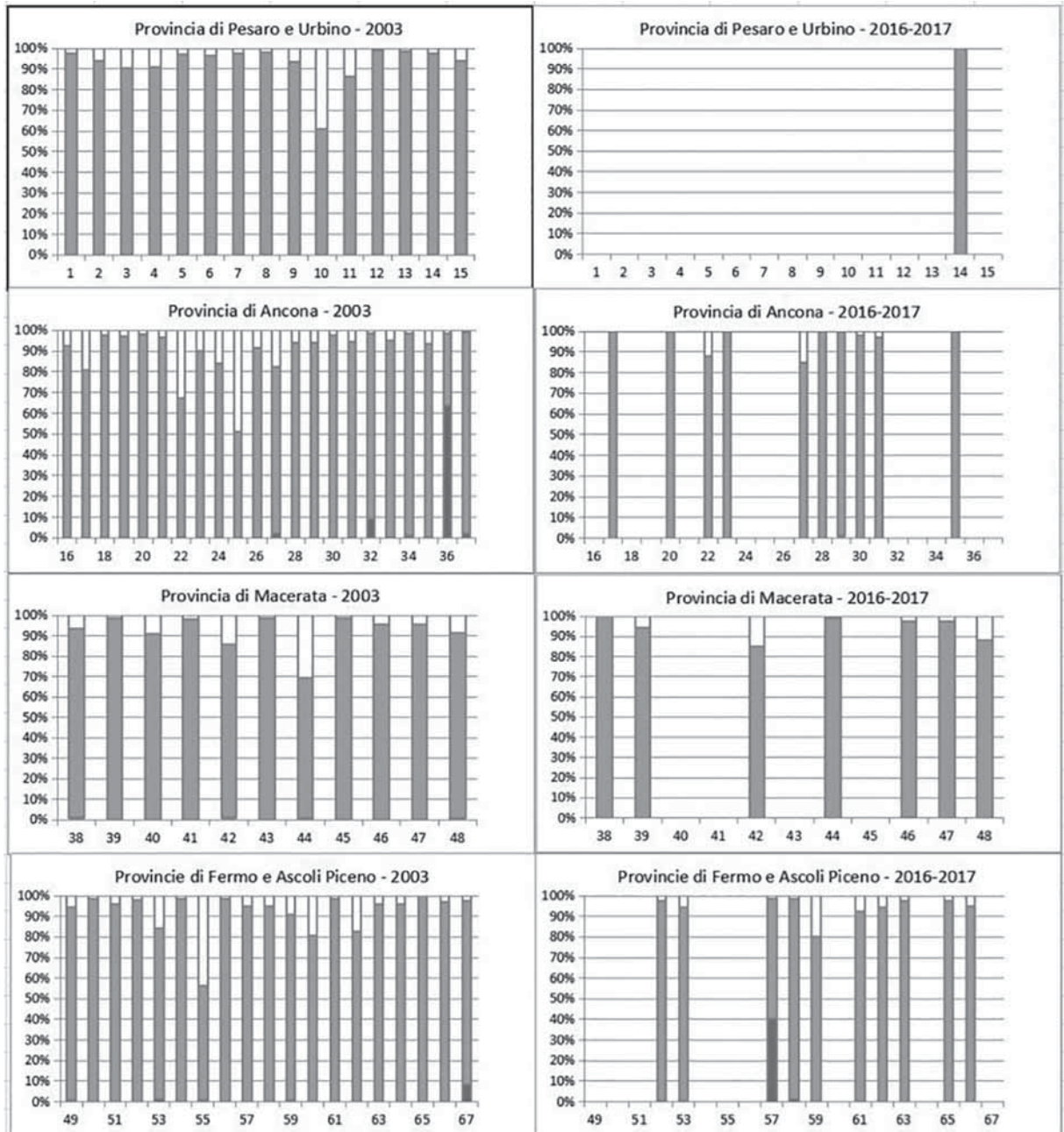


Figura 2. Caratterizzazione granulometrica dei campioni, suddivisi per province. Nella colonna a sinistra sono riportati i risultati relativi al 2003, in quella di destra quelli ottenuti nel 2016-2017. In grigio scuro sono indicate le ghiaie, in grigio più chiaro le sabbie e in bianco le peliti.

Nella provincia Picena (Fermo e Ascoli Piceno), infine, nel 2016-2017 sono stati analizzati dieci campioni dei diciannove precedenti; questi complessivamente mostrano caratteristiche simili a quelle rilevate per la precedente provincia, anche se nel campione 57 (presso la foce dl F. Aso) compare una forte percentuale (circa 40%) di ghiaia che, considerata la vicinanza alla foce, potrebbe essere legata a un evento di piena precedente di poco il prelievo. Nella Tabella 1 sono riportate le variazioni intervenute nell'intervallo di tempo considerato, presentate in modo grafico nella Figura 3. Tali variazioni rilevate tra i campioni analizzati nel 2003 e nel 2016-2017, prelevati all'incirca nelle stesse stazioni, potrebbero essere associate a diverse cause, anche indipendenti dai trend evolutivi medi dei litorali studiati, quali fenomeni idrologici locali, piccole differenze dell'ubicazione della stazione, variazione del momento meteo-climatico di campionamento, apporto temporaneo locale di corsi d'acqua prosimali ecc. Anche se certamente indicative relativamente alla situazione presente al momento del prelievo, non

N	Variazione		
	Ghiaie	Sabbie	Peliti
14	0	2,29	-2,29
17	0	19,18	-19,18
20	0	1,99	-1,99
22	0	20,28	-20,28
23	0	9,82	-9,82
27	-1,94	4,34	-2,4
28	0	5,89	-5,89
29	1,2	4,79	-5,99
30	0	0,19	-0,19
31	0	2,79	-2,79
35	0	6,53	-6,53
38	-21,58	22,59	-1,01
39	-0,39	-4,95	5,34
42	-0,28	-8,53	8,81
44	-1,49	1,73	-0,24
46	0,2	-1,85	1,65
47	-0,18	-2,62	2,8
48	-0,18	-8,34	8,52
52	0,1	-0,59	0,49
53	-0,98	11,18	-10,2
57	40,3	-36,97	-3,33
58	1,3	2,15	-3,45
59	-0,65	-10,06	10,71
61	0	-5,97	5,97
62	0	11,8	-11,8
63	0	1,35	-1,35
65	0	-2,6	2,6
66	0	-2,2	2,2

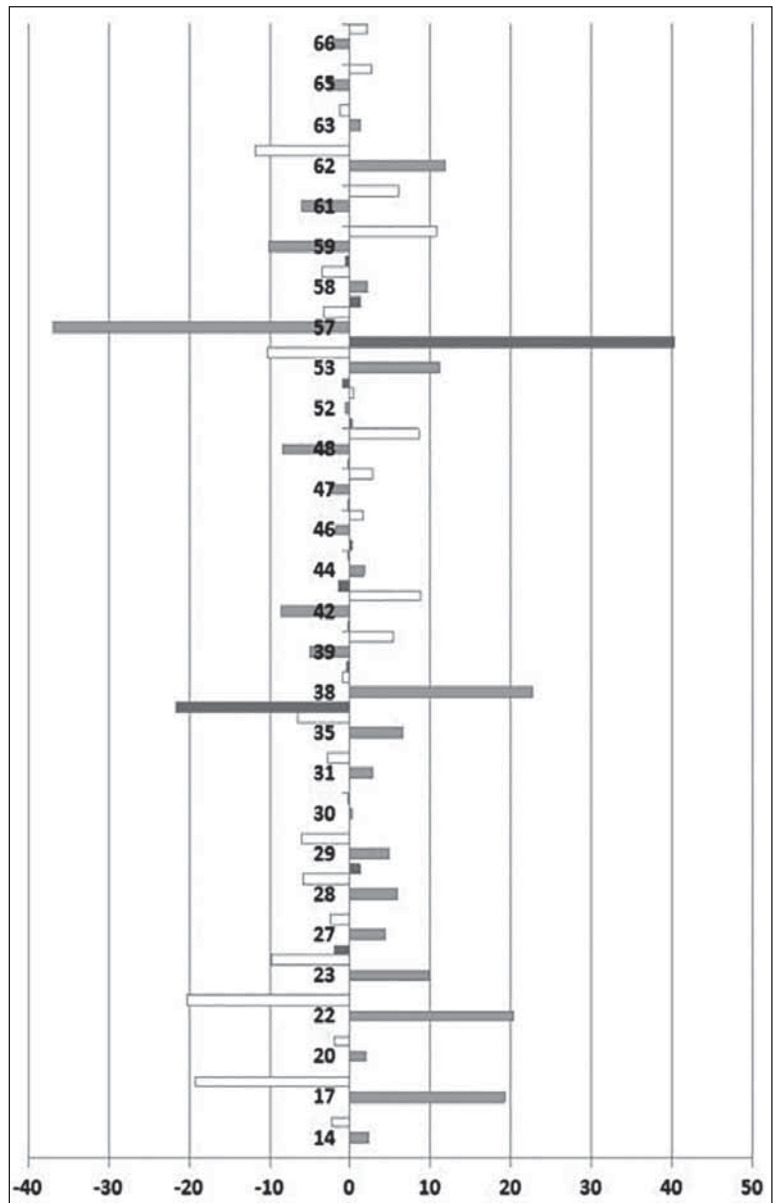


Tabella 1. Variazioni granulometriche percentuali intercorse tra il 2003 e il 2017.

Figura 3. Variazioni granulometriche intercorse nell'intervallo 2003-2017 nei siti presi in esame. Le peliti sono rappresentate in bianco, le sabbie in grigio chiaro e le ghiaie in grigio scuro

sono quindi da ritenersi indicative di trend temporali che sarebbero valutabili solo attraverso monitoraggi continui, a cadenza possibilmente annuale, che auspichiamo che la Regione Marche intenda condurre in futuro.

## Metalli

Il comportamento dei metalli nei sedimenti marini marchigiani costieri è stato brevemente illustrato nel 2003 nel rapporto redatto dall'ARPA Marche (AA.VV., 2003).

Da un punto di vista generale, gli elementi metallici possono essere immessi nell'ambiente marino costiero mediante input fluviali, attività antropica e/o processi atmosferici (Spagnoli, 1994, Spagnoli *et al.*, 2014). In ambiente marino, alcuni elementi metallici hanno un comportamento relativamente conservativo: di conseguenza, le loro modalità di trasporto sono conosciute e dipendono prevalentemente dai movimenti delle masse d'acqua e del solido sospeso o trascinato sul fondo. Altri elementi metallici hanno invece un comportamento reattivo e un'elevata affinità con le particelle a granulometria fine (Salomons e Forstner, 1984), da ciò deriva che i movimenti di queste sostanze, la loro rimozione dall'ambiente acquatico e il loro accumulo nei sedimenti che occorrono nell'ambiente marino, sono prevalentemente dovuti ai processi sedimentari e ai processi di scambio tra la fase solida e liquida.

Le modalità di associazione degli elementi metallici con il particolato possono avvenire in diverse forme (Salomons e Forstner, 1984; Olsen *et al.*, 1982):

- 1) assorbimento fisico;
- 2) assorbimento chimico e assorbimento per scambio ionico;
- 3) co-precipitazione con rivestimenti di ossidi e idrossidi di ferro e manganese o con altri minerali autigeni;
- 4) flocculazione di colloidali organici e inorganici che si formano durante il mescolamento acqua dolce - acqua salata;
- 5) incorporazione in organismi e in aggregati fecali;
- 6) incorporazione nella struttura cristallina dei minerali.

L'assorbimento fisico sulla superficie esterna delle particelle è basato sulle forze di Van Der Waals, mentre l'assorbimento chimico è caratterizzato dalla formazione di associazioni chimiche tra ioni e molecole della soluzione e la superficie delle particelle. L'assorbimento per scambio ionico è un processo nel quale gli ioni - con carica positiva o negativa, che compensano le cariche libere nei reticoli cristallini - sono scambiati con altri ioni presenti in soluzione. Le sostanze solide maggiormente interessate alle interazioni solido-liquido sono gli ossidi di ferro, gli idrossidi di alluminio, i minerali argillosi e la sostanza organica (Salomons e Forstner, 1984).

I processi di assorbimento dei metalli dipendono fortemente dal pH: l'assorbimento aumenta da ~0% a ~100% in un intervallo critico di 1 o 2 unità di pH (Bourg, 1987). Ciò significa che una piccola variazione di pH, come negli estuari o all'interfaccia acqua-sedimento, può causare un marcato aumento o diminuzione nella concentrazione dei metalli disciolti o legati alla fase solida. Il pH è probabilmente il fattore più importante anche rispetto all'assorbimento dei metalli su superfici organiche. Studi condotti da Nelson *et al.* (1981) confermano come la distribuzione di equilibrio tra substrati solidi costituiti da batteri e soluto dipenda, anche se in misura minore che su solidi inorganici, dal pH. In ambiente estuarino e nell'acqua di mare i cationi maggiori ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ) sono coassorbiti con i metalli e competono con essi nei processi di assorbimento con l'aumentare della salinità (Millward e Moore, 1982). Anche le varie fasi sedimentarie possono competere fra loro rispetto all'assorbimento dei metalli. In esperimenti di laboratorio (Oakley *et al.*, 1981) i minerali argillosi si sono dimostrati i maggiori intrappolatori di metalli rispetto a idrossidi di ferro e manganese e agli acidi umici.

Una proporzionalità esiste tra la concentrazione dei metalli in soluzione e l'entità dell'assorbimento, dato che all'aumentare della concentrazione in soluzione aumenta anche la quantità di ione assorbito. La cinetica dell'assorbimento si svolge generalmente in due fasi: nella prima, della durata di circa un'ora, si ha un rapido e quasi completo assorbimento, nella seconda, della durata di giorni o mesi, si ha un assorbimento molto lento, connesso con la diffusione degli ioni all'interno dei substrati solidi (Salomons e Forstner, 1984).

La precipitazione di ferro e manganese sotto forma di ossidi più o meno idrati è particolarmente importante nella dinamica riguardante l'associazione tra particolato e metalli: infatti, in ambienti con bassi pH ed Eh, il ferro e il manganese bivalenti tendono a essere solubilizzati mentre ad alti valori di pH ed Eh le relative specie ossidate tendono a precipitare sotto forma di ossidi più o meno idrati (De Laune *et al.*, 1981). In queste reazioni di dissoluzione e precipitazione sono coinvolte grandi quantità di elementi in tracce. Inoltre, la precipitazione è favorita dalla presenza di siti catalizzatori come la superficie delle particelle solide, dei colloidali o di Fe - Mn - ossidi preesistenti; ciò fa sì che questi ossidi si trovino prevalentemente sotto forma

di rivestimenti del substrato solido (Veniale, 1987). Un particolare sito preferenziale per la deposizione degli ossidi di manganese è la superficie dei minerali carbonatici, dove è presente una microzona ad alto pH (Lee, 1975). I cambi nel pH ed Eh - che si hanno in particolare nelle zone estuarine, dove si ha una precipitazione al passaggio acqua dolce - salata (pH da ~6,5 a ~8), e all'interfaccia tra colonna d'acqua ossidata e sedimento anossico - provocano un continuo ciclo tra fase solubile e insolubile. Morris *et al.* (1982) hanno mostrato come il manganese ridotto e rilasciato dai sedimenti estuarini provochi un incremento della concentrazione nella colonna d'acqua; successivamente, il manganese viene di nuovo ossidato producendo elevate concentrazioni nel solido sospeso delle acque costiere. Le particelle solide possono a questo punto essere inglobate nel sedimento costiero o tornare nella zona estuarina dando luogo a un nuovo ciclo. Gli idrossidi di ferro e manganese inglobano - sia per assorbimento, sia per coprecipitazione - una gran quantità di metalli (Murray, 1975) e altre sostanze inquinanti che, in questo modo, seguono lo stesso ciclo del ferro e manganese.

La flocculazione consiste in un'aggregazione delle particelle colloidali sospese in particelle più grandi causata dalla maggior concentrazione di elettroliti. I colloidali sono delle particelle dotate di una carica, dalla quale dipende la maggior parte delle loro proprietà (Hunter, 1983), e di un'elevata superficie specifica; esse possono essere di origine sia organica, sia inorganica. Le sostanze colloidali di origine organica hanno un'elevata capacità di legarsi con i metalli esercitando così un considerevole controllo sul loro trasporto, mobilizzazione e accumulo (Reuter e Perdue, 1977). Tale capacità è dovuta alla loro composizione costituita per il 60 - 80% da acidi umici (il resto è costituito da polipeptidi, polisaccaridi, carboidrati e proteine, che sono molto degradabili) (Olsen *et al.*, 1982). Questi composti, rilasciando ioni H<sup>+</sup>, hanno la possibilità di interagire con cationi metallici formando dei complessi organometallici per assorbimento fisico, chimico e per scambio ionico (Reuter e Perdue, 1977). La carica dei colloidali inorganici dipende fortemente dal pH: a bassi valori prevalgono le cariche positive mentre a valori più alti prevalgono le negative. In acque naturali ciò si traduce in cariche prevalentemente positive per gli idrossidi di alluminio, e negative per minerali argillosi, feldspati e ossidi di manganese. Per bilanciare queste cariche, le particelle negative tendono ad assorbire i cationi metallici, e quindi ad avere una maggiore affinità. In acque dolci, le sostanze colloidali, avendo cariche dello stesso segno, tendono a mantenersi separate, mentre in ambiente estuarino il mescolamento di acque dolci con acque salate, e quindi la maggior concentrazione di ioni, riduce le forze repulsive tra i colloidali permettendone l'aggregazione e la flocculazione (Kranck, 1975). Con adeguate concentrazioni di particellato, la flocculazione della maggior parte dei colloidali avviene a salinità inferiori al 4‰ (Olsen *et al.*, 1982). Con il processo di flocculazione i metalli possono depositarsi oppure essere desorbiti per scambio ionico con i cationi dell'acqua di mare (Patel *et al.*, 1978). In altri casi è stato invece dimostrato che il rilascio di alcuni metalli - tra cui manganese, zinco, cadmio (Graham *et al.*, 1976) - è da attribuire a risospensione di sedimenti, decomposizione di sostanza organica e riduzione di idrossidi metallici.

La sostanza organica partecipa alla cattura dei metalli inquinanti in tre modi diversi (Hart, 1982):

- a) mediante organismi;
- b) mediante degradazione di materiali animali e vegetali e la condensazione di particelle a basso peso molecolare in particelle più grandi;
- c) mediante sostanza organica a basso peso molecolare ricoprente minerali argillosi o ossidi metallici.

L'associazione di metalli con gli organismi viventi è il risultato della diretta ingestione di particelle di sedimento, di complessi organici e di altri alimenti contaminati e dall'assorbimento passivo di acqua su tessuti, branchie, gusci e altre superfici esposte (Livingston, 1976). Gli ioni metallici sono fortemente assorbiti dalla sostanza organica particellata con un ordine preferenziale dato da Hg > Cu > Pb > Zn - Cd > Ni > Co (Forstner *et al.*, 1986). Generalmente la capacità di assorbimento della sostanza organica è considerata intermedia tra quella degli idrossidi di ferro e manganese e quella delle argille (Guy e Chakrabarti, 1976).

Il ruolo principale dei minerali argillosi, al di là delle diverse affinità dei singoli elementi metallici o altre sostanze inquinanti con i diversi tipi di minerale argilloso, è quello di agire come substrato fisico per il trasporto dei rivestimenti metallici e organici (Forstner e Wittman, 1983). Per ciò che riguarda i carbonati si può dire che essi hanno sia capacità assorbenti (Suess, 1973), sia di co-precipitazione (Pisingitore *et al.*, 1988) nei confronti di vari metalli. Tali fenomeni possono diventare particolarmente importanti quando i carbonati costituiscono una componente principale del sedimento, quando i metalli sono presenti in concentrazioni tali da saturare gli altri substrati disponibili oppure in caso di aumento del pH con conseguente precipitazione di carbonati.

Anche per i metalli si è fatto riferimento agli stessi insiemi di campioni già descritti nel paragrafo relativo alle analisi granulometriche (Fig. 1).

**Metodiche analitiche**

Secondo i rapporti analitici dell'ARPAM, i metalli sono stati analizzati con la metodica EPA 3051A 2007+UNI EN ISO 17294 - 2:206 (Al, Sb, As, Co, Be, Ni, Fe, Mn, Cu, Tl, Cd, Se, Pb, Cr, Zn, V) ed EPA 3051A 2007+EPA200:8 1994 (Hg).

**Risultati**

Nella tabella 2 sono indicati i valori delle concentrazioni di metalli nei sedimenti superficiali prelevati nel 2003 e nel 2016-17, nelle figure da 4 a 7, sono graficamente riportate le differenze. Per quanto riguarda gli effetti delle sostanze, si rimanda alla relazione ARPAM del 2003.

**Tabella 2. Valori delle concentrazioni di metalli nei sedimenti superficiali prelevati nel 2003 e nel 2016-17.**

N	Cromo		Nichel		Rame		Cadmio		Mercurio		Piombo		N	Cromo		Nichel		Rame		Cadmio		Mercurio		Piombo	
	2003	2017	2003	2017	2003	2017	2003	2017	2003	2017	2003	2017		2003	2017	2003	2017	2003	2017	2003	2017	2003	2017	2003	2017
1	9,87		9,39		3,44		0,132		0,062		3,26		34	2,54		4,72		2,34		0,135		0,03		1,71	
2	10,69		10,73		3,65		0,109		0,046		3,54		35	6,74	11,4	4,36	6,9	3,55	3,2	0,073	0,12	0,077	0,06	3,17	3,5
3	6,46		9,35		5,59		0,104		0,045		4,23		36	5,98		3,16		2,68		0,075		0,039		3,07	
4	6,42		12,97		5,48		0,092		0,031		21,59		37	3,51		3,49		1,99		0,076		0,04		2,35	
5	9,77		11,6		12,07		0,106		0,049		7,42		38	3,78	10,2	3,11	7,3	2,16	2,8	0,086	0,08	0,024	0,05	3,18	3,6
6	7,39		12,65		6,39		0,162		0,041		17,42		39	4,31	13,8	3,67	8,9	1,8	3,2	0,029	0,1	0,033	0,03	2,89	4,2
7	10,33		8,49		11,83		0,068		0,044		3,86		40	5,23		4,21		2,4		0,043		0,033		2,53	
8	10,99		8,1		9,3		0,104		0,041		3,85		41	5,2		4,55		2,48		0,048		0,042		2,76	
9	6,95		7,41		6,34		0,107		0,217		3,51		42	6,96	21	5,98	10,9	2,83	5	0,049	0,112	0,03	0	3,9	5,1
10	9,26		9,71		3,75		0,093		0,06		2,92		43	3,67		2,93		1,63		0,03		0,036		1,35	
11	7,24		6,61		2,42		0,047		0,053		2,3		44	4,5	7	3,47	4,6	1,63	2,6	0,037	0,121	0,086	0,04	1,08	3,1
12	6,79		6,21		2,48		0,058		0,053		2,53		45	4,62		3,47		2,25		0,042		0,118		0,92	
13	8,32		7,53		2,63		0,069		0,106		2,41		46	6,67	17	6,36	6,3	2,64	3,4	0,018	0,094	0,026	0,07	2,02	10,4
14	8,69	61,5	8,06	12,1	2,43	3,2	0,086	0,13	0,048	0,13	2,4	4,7	47	7,33	8	6,92	5	1,56	5,9	0,048	0,079	0,093	0,06	3,95	3,5
15	10,34		8,97		2,87		0,067		0,038		2,54		48	6,89	23	5,29	10,4	1,39	5,8	0,065	0,104	0,02	0,04	5,76	4,4
16	12,75		14,03		4,53		0,045		0,051		4,08		49	7,09		7,23		1,97		0,066		0,119		2,62	
17	11,68	15,8	11,74	15,2	4,59	5,6	0,068	0,13	0,049	0,12	4,16	5,2	50	6,25		4,76		1,32		0,058		0,025		1,49	
18	11,63		11,83		6,95		0,058		0,13		3,78		51	6,81		5,97		2,07		0,062		0,024		2,03	
19	6,59		7,08		2,06		0,02		0,054		2,41		52	7,76	16	6,09	5,3	1,69	3,9	0,058	0,118	0,085	0,1	2,19	3
20	6,35	32,6	6,41	9,9	1,88	2,8	0,027	0,11	0,043	0,05	2,68	4,2	53	7,52	10	12,74	5,6	2,61	4,9	0,08	0,084	0,029	0,24	3,58	0
21	6,34		4,83		2,41		0,062		0,044		2,35		54	7,59		4,55		1,55		0,057		0,016		2,29	
22	8,78	23,7	8,28	17,4	3,25	7,4	0,026	0,11	0,085	0,07	2,88	7,2	55	8,84		7,21		2,6		0,039		0,024		3,94	
23	10,97	7,7	12,06	6,6	3,92	3	0,028	0,12	0,061	0,04	4,51	3	56	5,44		4,19		1,83		0,04		0,019		2,53	
24	14,83		13,47		4,15		0,086		0,036		4,34		57	5,84	6	4,59	4,4	2,48	4,3	0,045	0,052	0,029	0,14	1,9	0
25	22,4		25,57		10,96		0,052		0,093		8,09		58	11,31	6	9,62	3,5	4,66	3,5	0,093	0,152	0,027	0,17	3,52	0
26	19,33		10,96		3,53		0,071		0,036		3,29		59	6,94	27	6,97	14,6	2,78	7,9	0,061	0,123	0,021	0,1	3,9	6,4
27	20,83	34,1	24,68	21,4	12,74	10,8	0,061	0,13	0,14	0,09	7,99	8,7	60	6,6		4,29		2,89		0,042		0,018		1,79	
28	7,22	15,1	6,78	11,8	15,24	11,5	0,088	0,11	0,13	0,22	22,1	11,8	61	5,47	14	3,88	5,6	1,53	3,9	0,056	0,096	0,009	0,07	1,71	3,8
29	8,6	12	15,97	11,1	7,84	12,8	0,115	0,141	0,08	0,07	4,58	5,6	62	7,79	15	7,21	7,1	5,02	14,8	0,058	0,1	0,022	0,05	2,85	0
30	5,77	7	5,69	6,6	3,63	4,4	0,112	0,128	0,065	0,25	3,33	3,9	63	5,79	9	4,26	6,1	1,66	2,5	0,047	0,099	0,005	0,17	1,75	3
31	8,11	8,5	9,06	8	5,85	4,7	0,104	0,2	0,069	0,09	4,99	3,8	64	5,66		4,2		2,08		0,056		0,016		1,76	
32	1,35		1,87		1,61		0,154		0,036		1,25		65	7,31	10	5,6	6,7	2,13	5,3	0,067	0,097	0,015	0,12	2,34	0
33	4,27		5		3,76		0,128		0,054		2,8		66	7,53	9	6,13	5,9	2,88	4	0,03	0,094	0,012	0,08	2,25	0
													67	4,95		4,07		1,82		0,042		0,006		2,75	

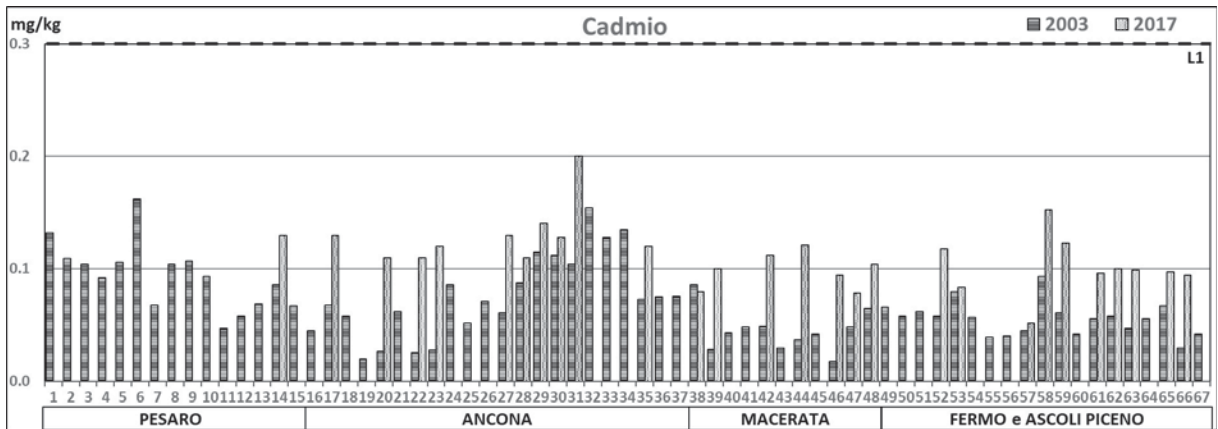


Figura 4. Contenuto di Cadmio nei campioni prelevati nel 2003 e nel 2016-17. La linea tratteggiata rappresenta il limite della tabella L1 del D.M. 173/16.

Il **Cadmio (Cd)** è utilizzato soprattutto per la produzione di batterie e, subordinatamente, per pigmenti, rivestimenti e stabilizzanti per materie plastiche e concimi fosfatici. La sua concentrazione nei sedimenti campionati rimane molto bassa, tanto durante i campionamenti del 2003, quanto durante quelli più recenti (Fig. 4). Nel 2017 il Cd raggiunge il massimo nella stazione 31 (0.200 mg/Kg) e il minimo nella stazione 57 (0.052 mg/Kg) con una media di 0.112 mg/Kg. Nella provincia di Pesaro e Urbino, l'unico campione disponibile è in linea con il valore precedente mentre nella provincia di Ancona i valori sono tendenzialmente in crescita rispetto al 2003, in particolare nella parte Nord (campioni da 16 a 30); nelle provincie più meridionali, infine, i valori tendono generalmente a crescere. Nel complesso, si rileva quindi per tutto il litorale marchigiano un generale, anche se debole, incremento della concentrazione di Cadmio, che comunque rimane sempre sostanzialmente inferiore ai limiti di legge (tabella L1 del D.M. 173/16). Da un punto di vista medio i valori di Cd del 2017 sono maggiori del 62.3 % rispetto al 2003.

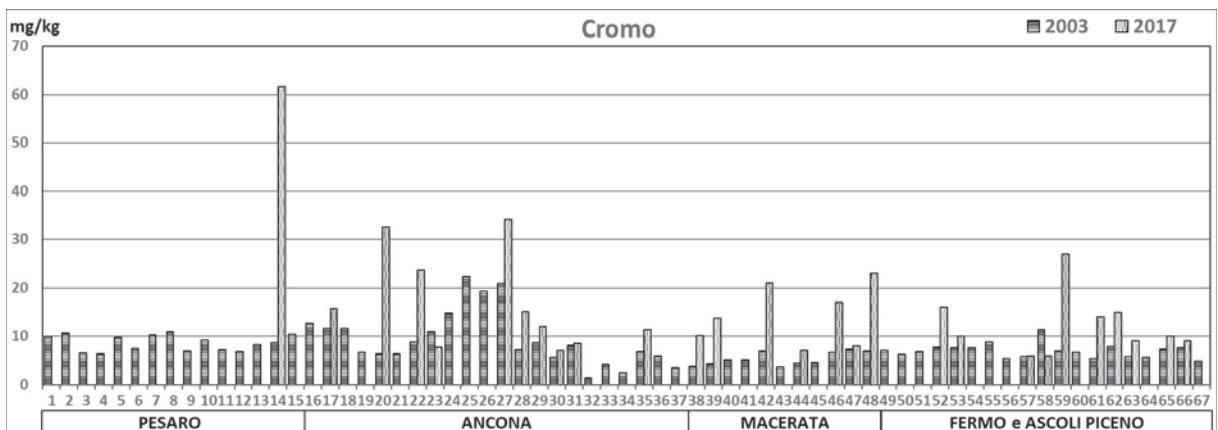


Figura 5. Contenuto di Cromo nei campioni prelevati nel 2003 e nel 2016-17.

Il **Cromo (Cr)** è usato soprattutto in metallurgia, nonché per smalti e vernici, conciatura, gomme, ceramiche e fungicidi. Nel 2017 il Cr raggiunge il massimo nella stazione 14 (61.5 mg/Kg) e il minimo nella stazione 58 (6 mg/Kg) con una media di 16.121 mg/Kg (Fig. 5). Lungo il litorale in esame si rileva un suo generalizzato incremento rispetto al 2013, che risulta particolarmente preoccupante in corrispondenza del campione 14, ove si supera il limite di Legge di cui alla tabella L1 (D.M. 173/16) raggiungendo un valore di 61.5 mg/kg. Da un punto di vista medio i valori di Cr del 2017 sono maggiori del 104.7 % rispetto al 2003.

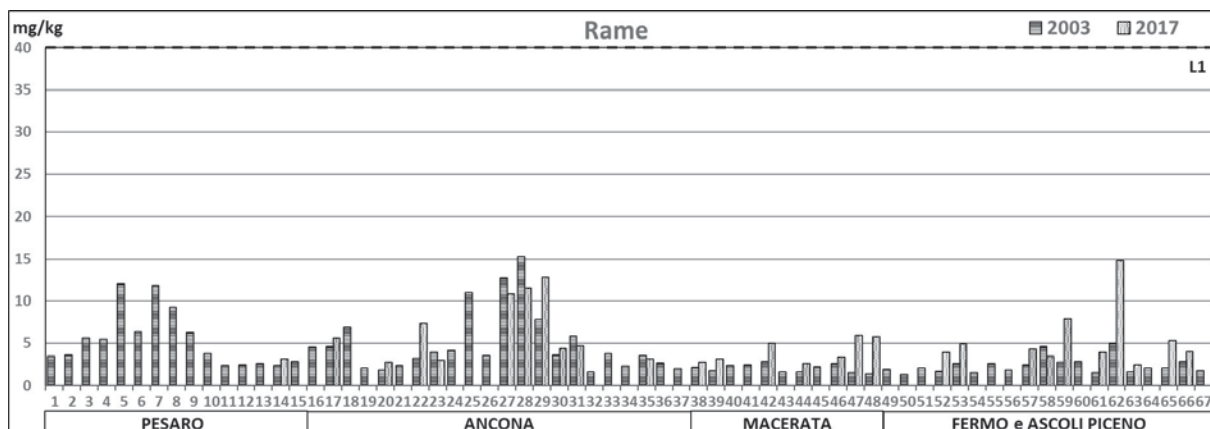


Figura 6. Contenuto di Rame nei campioni prelevati nel 2003 e nel 2016-17. La linea tratteggiata rappresenta il limite della tabella L1 del D.M. 173/16.

Il **Rame (Cu)** viene usato nella produzione di leghe, come conduttore elettrico, nella fabbricazione di tubi e oggetti, nonché nell'industria chimica. Nel 2017 il Cu raggiunge il massimo nella stazione 62 (14.8 mg/Kg) e il minimo nella stazione 63 (2.5 mg/Kg) con una media di 5.468 mg/Kg. La sua concentrazione è sempre abbondantemente sotto i limiti della tabella L1 (40 mg/kg) (D.M. 173/16), riscontrando, tanto nel 2003 quanto nel 2017, un incremento nella zona di Ancona ed evidenziando localmente nel 2017 un leggero aumento lungo il litorale piceno, in particolare in prossimità dell'abitato di Cupramarittima (campione 62) (Fig. 6). Da un punto di vista medio i valori di Cu del 2017 sono maggiori del 41.7 % rispetto al 2003.

Il **Mercurio (Hg)**, molto persistente in natura, è usato soprattutto per produrre antiparassitari, fungicidi, anti-settici e pigmenti, anche se in passato aveva usi più vasti di cui si può ancora risentire. Nel 2017 il Hg raggiunge il massimo nella stazione 30 (0.25 mg/Kg) e il minimo nella stazione 57 (ILD) con una media di 0.10 mg/Kg. Nell'area, i valori sono sempre inferiori ai valori della tabella L1 (D.M. 173/16), anche se nell'unico campione analizzato per la provincia di Pesaro e Urbino si osserva un incremento di circa il doppio e altri aumenti consistenti alla foce del F. Misa, nella zona di Ancona e in diversi settori meridionali del litorale piceno (Fig. 7). Da un punto di vista medio i valori di Hg del 2017, escludendo i valori ILD, sono maggiori del 96.3 % rispetto al 2003.

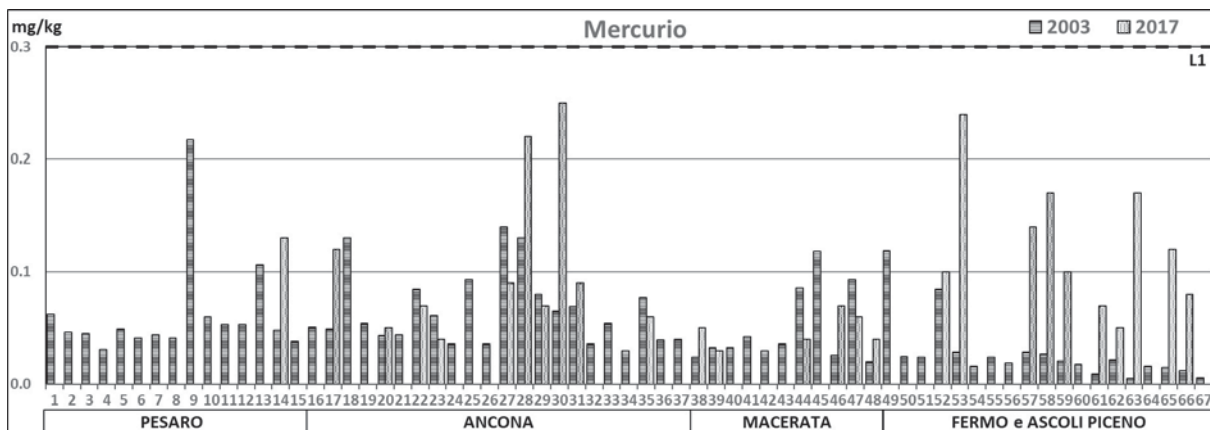


Figura 7. Contenuto di Mercurio nei campioni prelevati nel 2003 e nel 2016-17. La linea tratteggiata rappresenta il limite della tabella L1 del D.M. 173/16.

Il **Nichel (Ni)** è utilizzato soprattutto in metallurgia e per la fabbricazione di batterie e monete. Nel 2017 il Ni raggiunge il massimo nella stazione 27 (21.4 mg/Kg) e il minimo nella stazione 61 (3,5 mg/Kg) con una media di 8.76 mg/Kg. La distribuzione spaziale del Ni e i suoi trend ricalcano abbastanza fedelmente quelli

indicati per il Cromo, confermando valori più elevati nell'anconetano e deboli incrementi nei campioni 14, 32 e 59, pur essendo sempre sotto i valori limite (tabella L1 del D.M. 173/16) (Fig. 8). Da un punto di vista medio i valori di Ni del 2017 sono maggiori del 14.5 % rispetto al 2003.

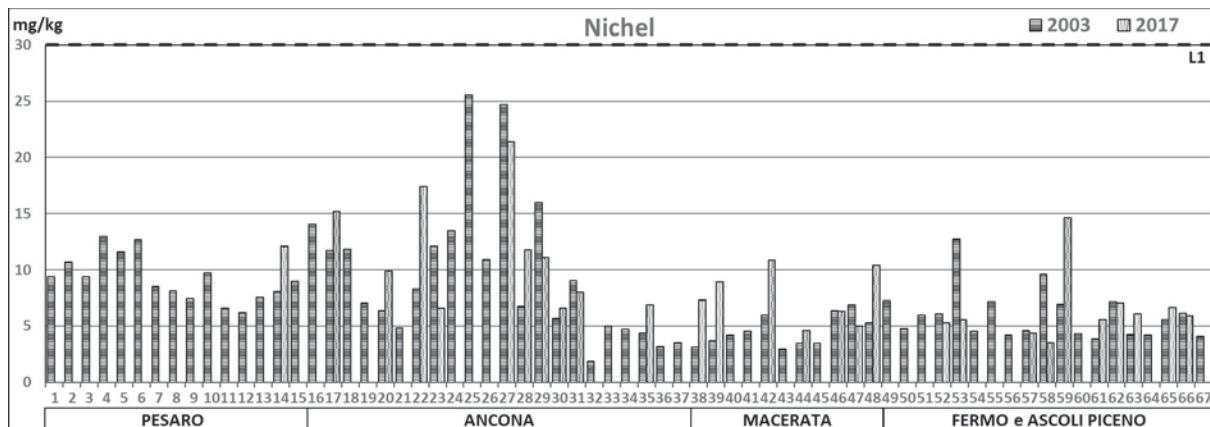


Figura 8. Contenuto di Nichel nei campioni prelevati nel 2003 e nel 2016-17. La linea tratteggiata rappresenta il limite della tabella L1 del D.M. 173/16.

Il **Piombo (Pb)** è usato principalmente per leghe, accumulatori e pigmenti. Nel 2017 il Pb raggiunge il massimo nella stazione 31 (11.8 mg/Kg) e il minimo in diverse stazioni del litorale Sud (stazioni 57, 58, 62, 65, 66 = ILD) con una media di 5.095 mg/Kg. Nella zona rimane sempre entro i limiti di Legge (tabella L1 del D.M. 173/16) confermando in linea di massima i valori del 2003, con concentrazioni un po' più elevate nella zona di Ancona e un solo valore in marcato aumento per il campione 46 (Fig. 9). Da un punto di vista medio i valori di Pb del 2017, escludendo i valori ILD, sono maggiori del 30.7 % rispetto al 2003.

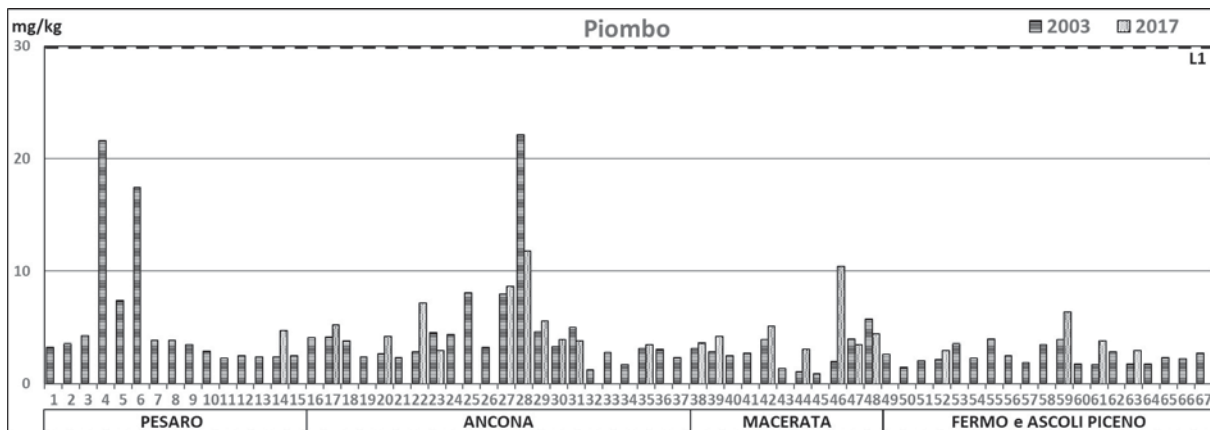


Figura 9. Contenuto di Piombo Contenuto di Cadmio nei campioni prelevati nel 2003 e nel 2016-17. La linea tratteggiata rappresenta il limite della tabella L1 del D.M. 173/16.

Nella Tabella 3 sono indicate le differenze tra i valori delle concentrazioni dei metalli nei sedimenti costieri prelevati durante entrambe le campagne di raccolta.

Sulla base di confronti effettuati tra le due serie di analisi, emerge una costante seppur disomogenea crescita nelle concentrazioni di tutti gli elementi monitorati. Ferma restando la scarsità e non significatività della distribuzione spaziale dei campioni, questo incremento è comunque preoccupante 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, in particolare, per capire 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.



Tabella 3. Variazioni delle concentrazioni di metalli tra il 2016-17 e il 2003.

N	C	Cr	Ni	Cu	Cd	Hg	Pb
14	0,04	52,81	4,04	0,77	0,04	0,08	2,3
17	-0,06	4,12	3,46	1,01	0,06	0,07	1,04
20	0,11	26,25	3,49	0,92	0,08	0,01	1,52
22	0,03	14,92	9,12	4,15	0,08	-0,02	4,32
23	-0,07	-3,27	-5,46	-0,92	0,09	-0,02	-1,51
27	-0,23	13,27	-3,28	-1,94	0,07	-0,05	0,71
28	-0,12	7,88	5,02	-3,74	0,02	0,09	-10,3
29	-0,05	3,4	-4,87	4,96	0,03	-0,01	1,02
30	0,81	1,23	0,91	0,77	0,02	0,19	0,57
31	0,04	0,39	-1,06	-1,15	0,1	0,02	-1,19
35	2,06	4,66	2,54	-0,35	0,05	-0,02	0,33
38	0,07	6,42	4,19	0,64	-0,01	0,03	0,42
39	0,21	9,49	5,23	1,4	0,07	0	1,31
42	0,03	14,04	4,92	2,17	0,06	-0,03	1,2
44	0,01	2,5	1,13	0,97	0,08	-0,05	2,02
46	0,73	10,33	-0,06	0,76	0,08	0,04	8,38
47	0,93	0,67	-1,92	4,34	0,03	-0,03	-0,45
48	0,07	16,11	5,11	4,41	0,04	0,02	-1,36
52	0,83	8,24	-0,79	2,21	0,06	0,02	0,81
53	0,69	2,48	-7,14	2,29	0	0,21	-3,58
57	0,97	0,16	-0,19	1,82	0,01	0,11	-1,9
58	0,64	-5,31	-6,12	-1,16	0,06	0,14	-3,52
59	0,17	20,06	7,63	5,12	0,06	0,08	2,5
61	0,81	8,53	1,72	2,37	0,04	0,06	2,09
62	-0,19	7,21	-0,11	9,78	0,04	0,03	-2,85
63	-0,04	3,21	1,84	0,84	0,05	0,17	1,25
65	1,01	2,69	1,1	3,17	0,03	0,11	-2,34
66	0,91	1,47	-0,23	1,12	0,06	0,07	-2,25

Tabella 4. Concentrazione di metalli rilevati solo nel 2016-17

Camp	Al	V	Zn	As
14	5858	15,3	2	6,5
17	5150	15,4	22	9,2
20	4822	13,7	16	8,3
22	8204	21,6	29	7,3
23	2162	5,9	12	2,4
27	10830	27,6	37	11,5
28	4175	14	25	12
29	4774	14	112	6,4
30	2085	9	15	8,8
31	2987	12,5	18	6,9
35	3134	9,2	14	6,2
38	2438	8,9	12	5,5
39	3179	10,6	14	5,7
42	7185	16	115	5
44	812	6	101	9,1
46	2709	8	11	4,8
47	2401	7	13	4,6
48	7340	16	104	5,2
52	2566	7	12	3,6
53	3285	8	13	4,4
57	1894	5	10	2,2
58	1731	4	11	ILD
59	10736	22	28	5,4
61	3068	9	15	3,7
62	4094	11	19	5,1
63	2074	7	10	4,8
65	3201	9	16	5,1
66	3292	8	21	4,7

Oltre agli elementi discussi sopra, nel 2016-2017 sono stati analizzati anche altri elementi che non erano stati presi in considerazione nel 2003, questi sono: Zinco (Zn), Arsenico (As), Vanadio (V) e Alluminio (Al) (Tab. 4).

**Zinco (Zn)**, si usa soprattutto nell'industria metallurgica e subordinatamente per vernici, gomme e prodotti farmaceutici. Esso, pur essendo estremamente utile per diverse funzioni biologiche, se assunto in dosi eccessive può indurre intossicazioni, nausea e problemi gastro-intestinali. Tranne che nel campione n. 29, nella provincia di Ancona, lo Zinco si mantiene sempre sotto i limiti di legge, anche se in altre tre stazioni (42, 44 e 48, in provincia di Macerata) raggiunge livelli preoccupantemente vicini alla soglia (Fig. 10). Comunque, il valore più basso è reperito nell'unico campione analizzato relativamente alla Provincia di Pesaro e Urbino,

mentre nella Provincia di Ascoli si hanno valori mediamente sotto la media. In ogni caso, lo Zinco presenta il suo valore massimo nel campione 29 (115 mg/kg), il minimo nel campione 14 (2 mg/kg) e un valore medio di 29.5 mg/kg.

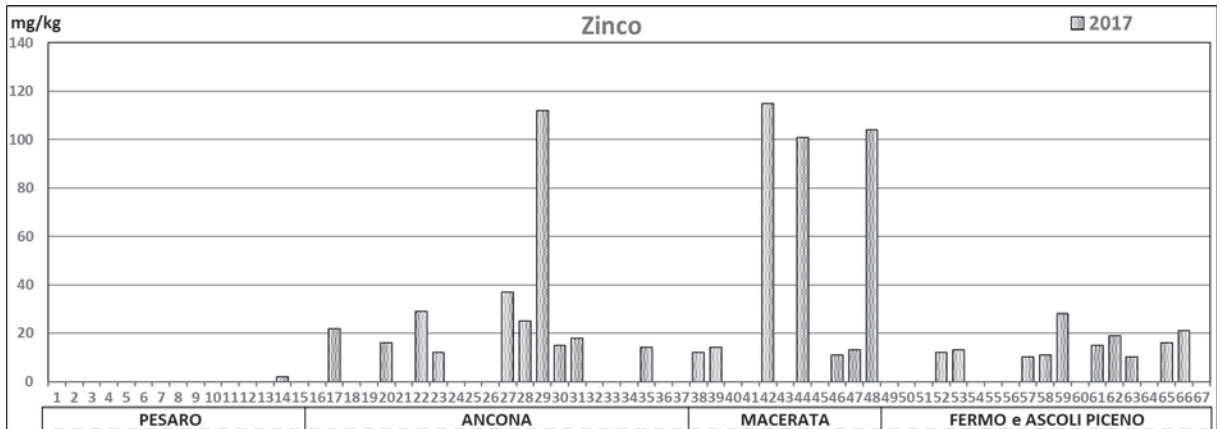


Figura 10. Contenuto di Zinco nei campioni prelevati nel 2016-17.

L'**Arsenico (Sb)** in passato era usato prevalentemente come componente di insetticidi e nel trattamento del legno, mentre attualmente ha impiego soprattutto nell'industria elettronica e farmaceutica. Esso è un ben noto veleno; anche se nella sua forma elementare non è assorbibile dal tratto gastro-intestinale; la sua tossicità è elevata, così come il suo potere cancerogeno. Ha valori più o meno costanti e sempre inferiori al limite di Legge, ad eccezione dei campioni n. 26 e 27 che si avvicinano a tale soglia (Fig. 11). L'Arsenico presenta il suo valore massimo nel campione 28 (12 mg/kg), il minimo nel campione 57 (2.2 mg/kg) e un valore medio di 6.1 mg/kg.

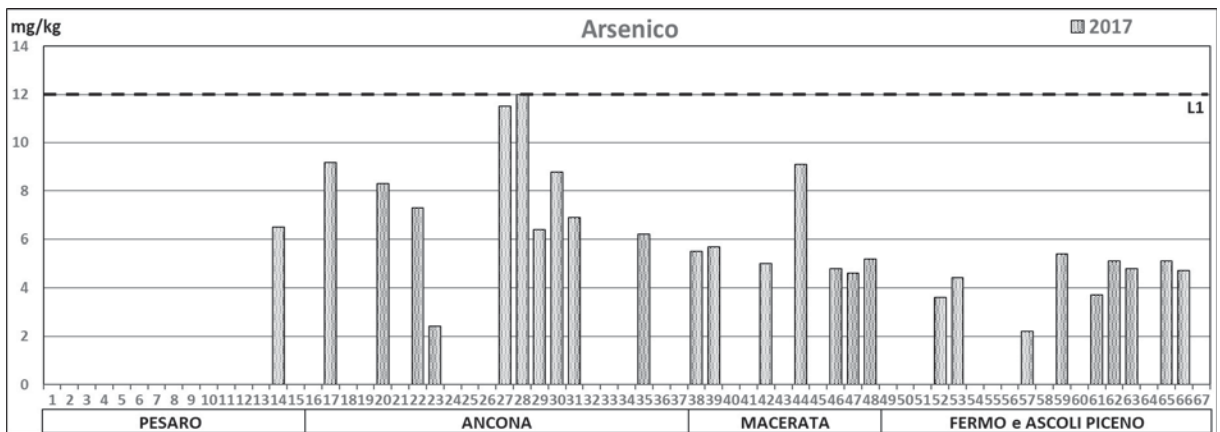


Figura 11. Contenuto di Arsenico nei campioni prelevati nel 2016-17. La linea tratteggiata rappresenta il limite della tabella L1 del D.M. 173/16.

Il **Vanadio (V)** è usato soprattutto nell'industria metallurgica, nucleare e petrolifera. I composti del vanadio sono altamente tossici e sono causa di cancro alle vie respiratorie. Nel suo caso, non esistono livelli di riferimento di Legge. Anche per questo elemento si riscontrano i maggiori valori nella zona di Ancona (C. 27 e 22) e in un singolo campione nella Provincia di Ascoli (C. 59) (Fig. 12). Il Vanadio presenta il suo valore massimo nel campione 27 (27.6 mg/kg), il minimo nel campione 58 (4 mg/kg) e un valore medio di 16.1 mg/kg.

L'**Alluminio (Al)** è un costituente essenziale delle rocce silicatiche e dei minerali argillosi, per cui è sempre presente in elevate quantità come valore di fondo nei sedimenti marini e risente fortemente della granulometria. Si tratta di un elemento che danneggia tutti i tipi di tessuto e tende ad accumularsi nel cervello e nelle ossa, risultando particolarmente dannoso per il sistema nervoso. Dopo il Ferro, l'Alluminio è l'elemento più

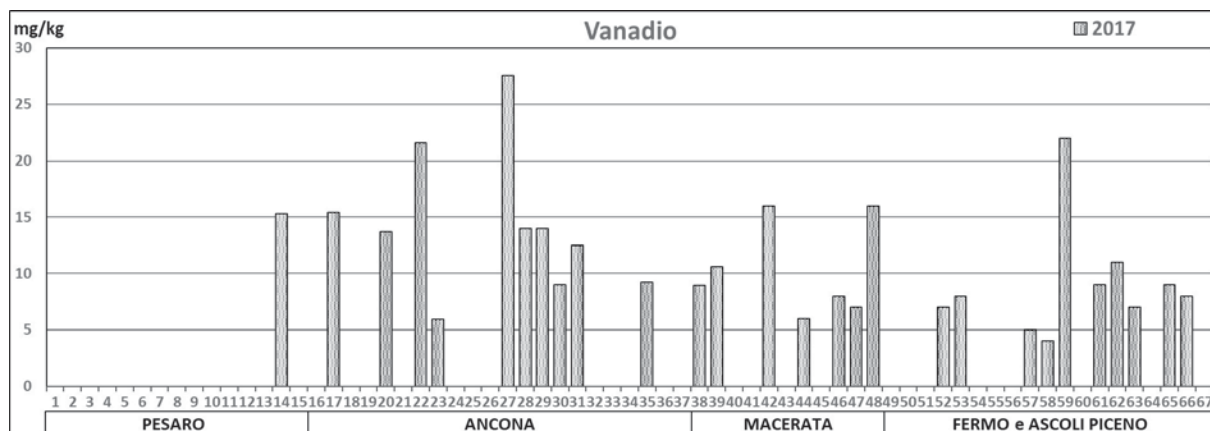


Figura 12. Contenuto di Vanadio nei campioni prelevati nel 2016-17.

usato a livello globale, essendo usato praticamente in ogni settore delle attività umane e, in particolare, nei trasporti, imballaggio, costruzioni, elettrodomestici, linee elettriche e beni di consumo. Anche per questo elemento non esistono livelli di riferimento di Legge. È da notare che, esattamente come per il Vanadio, i maggiori valori si riscontrano nella zona di Ancona (C. 27 e 22) e in un singolo campione nella Provincia di Ascoli (c. 59) (Fig. 13). L'Alluminio presenta nuovamente il suo valore massimo nel campione 27 (10830 mg/kg), il minimo nel campione 44 (812 mg/kg) e un valore medio di 4149.5 mg/kg.

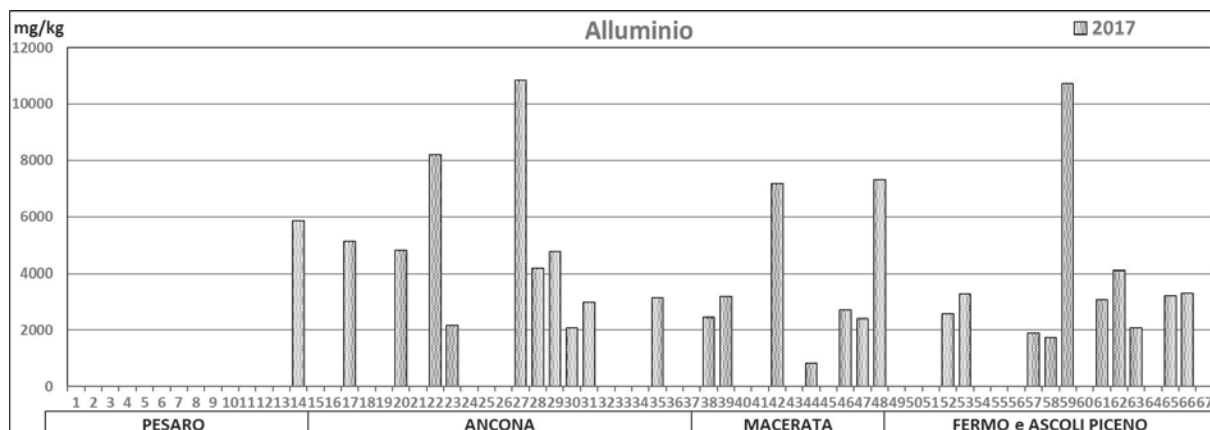


Figura 13. Contenuto di Alluminio nei campioni prelevati nel 2016-17.

### Saggi biologici

La contaminazione chimica dei sedimenti marini costieri rappresenta un'importante problematica per la fruizione della fascia costiera, alla luce degli effetti e delle conseguenze che tale contaminazione comporta per l'uomo e anche per il biota marino (Bonnail *et al.*, 2016). Anche per questa valutazione, si è fatto riferimento ai valori desunti dalle relazioni dell'ARPAM relative ai campioni prelevati nel 2006 e nel 2016-17 nei siti indicati in Figura 1.

### Metodologie

In passato, la valutazione del rischio associato a sedimenti contaminati era effettuata prevalentemente sulla base dei risultati di analisi chimiche (Ahlf *et al.*, 2002). Numerosi studi negli ultimi anni hanno tuttavia evidenziato che tale approccio, basato sulle sole informazioni chimiche, spesso non è soddisfacente e che esso, a causa della complessità delle risposte biologiche agli inquinanti, non fornisce una valutazione appropriata e completa della potenziale tossicità derivante dalla contaminazione dell'ambiente sedimentario (Davoren *et al.*, 2005). Nuovi

e più recenti approcci si sono quindi basati sulla definizione di tossicità ottenuta sulla base di una specifica risposta biologica osservata da un particolare test (Roig *et al.*, 2015), osservandone la tossicità su una batteria di organismi diversi. I saggi ecotossicologici forniscono dunque evidenze dirette e quantificabili di un effetto biologico causato dall'esposizione a sedimenti contaminanti. Tutti i protocolli nazionali e internazionali che prevedano l'utilizzo dei saggi ecotossicologici raccomandano sempre l'utilizzo di batterie di test che considerino diverse vie di esposizione (es. sedimento, elutriato, acqua interstiziale), utilizzando protocolli standardizzati da condursi su un ampio numero di specie test appartenenti a vari *taxa* e rappresentative dei principali livelli trofici e ruoli ecologici (dai batteri fino ai pesci, dai decompositori ai consumatori finali).

Una dettagliata descrizione dei criteri da seguire per scegliere le batterie di saggi più opportuni, le matrici e le specie bersaglio, così come i criteri per interpretare i risultati di tossicità, sono riassunti nel Manuale ISPRA 67/2011 "Batterie di saggi ecotossicologici per sedimenti di acque salate e marine" (ISPRA, 2011). In questa relazione è proposta una batteria di saggi biologici, diversificati in funzione degli obiettivi e degli ambienti in esame, ciascuna delle quali contiene sia saggi "prescritti", sia "raccomandati", in accordo con la *Water Framework Directive* per le acque marine costiere (2000/60/EC).

I saggi ecotossicologici per la definizione della qualità dei sedimenti sono state eseguiti dall'ARPAM nel periodo 2016-2017 utilizzando tre specie test appartenenti a gruppi tassonomici diversi: *Vibrio fischeri* (un batterio), *Phaeodactylum tricornutum* (una microalga) e *Acartia tonsa* (un copepode). I saggi di tossicità sono stati eseguiti sugli stessi campioni citati nei precedenti paragrafi, prelevati da 28 stazioni situate lungo la costa marchigiana (Fig. 1) e abbastanza ben distribuiti quanto a numero e posizione nella provincia di Ancona, Macerata, Fermo e Ascoli Piceno, mentre per la provincia di Pesaro e Urbino è stata campionata un'unica stazione, in prossimità della città di Fano (campione n.14).

Le metodologie di riferimento utilizzate dall'ARPAM sono state effettuate sia su matrice liquida estratta dal sedimento ("elutriato"; ASTM, 1994) per l'analisi di tossicità acuta dell'*Acartia tonsa* (ISO 14669 1999) e per il test algale del *Phaeodactylum tricornutum* (UNI EN ISO 10253 2017), sia su matrice solida per la tossicità del batterio *Vibrio fischeri* (Metodo Anal. Riferimento ICRAM 2001 protocollo "*Azur Environmental Solid Phase Test* modificata"). Per la definizione della classe di tossicità è stato impiegato, per l'analisi del *Phaeodactylum tricornutum* e *Acartia tonsa*, il documento APAT ICRAM (2007) "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini". Il criterio di classificazione ecotossicologica si basa sul risultato peggiore riscontrato sul singolo campione (riportato in Tabella 5), e i risultati sono stati espressi come EC<sub>50</sub> o EC<sub>20</sub>. Per il *Vibrio fischeri* è stato usato il "*Sediment Toxicity index*" (ICRAM 2000; riportato in Tabella 6) e i risultati sono stati espressi come STI.

**Tabella 5. Criterio di classificazione estratto dal documento APAT-ICRAM (2007) utilizzato per i test su *Phaeodactylum tricornutum* e *Acartia tonsa*.**

Specie	Tossicità assente o trascurabile	Tossicità media	Tossicità alta	Tossicità molto alta
Phaeodactylum tricornutum	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90%	40% ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
		EC50 > 100%		
Acartia tonsa	EC20 ≥ 90%	EC20 < 90%	40% ≤ EC50 < 100%	EC50 < 40%
		EC50 > 100%		

**Tabella 6. Criterio di classificazione estratto dal documento ICRAM 2000 utilizzato per il test su *Vibrio fischeri*.**

STI	Tossicità
0 ≤ STI ≤ 1	Assente
1 < STI ≤ 3	Lieve
3 < STI ≤ 6	Media
6 < STI ≤ 12	Alta
> 12	Molto alta

Il confronto di questi dati con quelli presentati nel Rapporto ARPAM 2003 è stato effettuato solo sul saggio del batterio *Vibrio fischeri*, che rappresenta l'unico saggio biologico utilizzato in quel campionamento per la valutazione della tossicità del sedimento.

### Risultati

Nella Tabella 7 sono riportati il numero corrispondente di ogni campione di sedimento analizzato, la data di prelievo, il comune di prelievo, la provincia e i risultati completi delle analisi dei

saggi biologici per le tre specie test: *Acartia tonsa*, *Phaeodactylum tricornutum* e *Vibrio fischeri* eseguite nel periodo 2016-2017.

Come evidenziato nella Tabella 3, i valori di tossicità riscontrati in tutti i campioni lungo la costa marchigiana sono da considerare, per l'*Acartia tonsa* e per *Phaeodactylum tricornutum*, completamente assenti o trascurabili, mostrando tutti valori di  $EC_{20} > 90\%$ . Anche i saggi di tossicità con *Vibrio fischeri* hanno mostrato, in accordo con gli altri due saggi effettuati, una tossicità sostanzialmente assente per quasi tutti i campioni lungo la costa. Fanno eccezione 4 campioni situati nella provincia di Ancona (campioni n.28, 29, 35 e 38) i quali presentano una tossicità alta o elevata, mostrando valori di  $STI > 6$  o di  $STI > 12$  (Tab. 7).

Dal confronto con i singoli risultati ottenuti nel precedente Rapporto ARPAM (2003), emerge che i campioni ricadenti nella Provincia di Ancona mostravano allora sempre valori di STI inferiori a 3, corrispondente a livelli di tossicità assente o lieve, mentre nella Provincia di Macerata, l'unico campione che presentava un valore di tossicità alta ( $STI > 6$ ) è stato il campione n.47. Nella Provincia di Fermo e Ascoli Piceno i valori registravano  $STI > 3$  solamente nei campioni n.58 e n.65, rispettivamente.

Tabella 7. Tabella riassuntiva di tutti i campioni e relativa classificazione per il periodo 2016-2017.

n° Campione	Data	Comune prelievo	Provincia	Acartia tonsa	Phaeodactylum tricornutum	Vibrio fischeri
14	6/26/2017	Fano	PU	EC20>90%	EC20>90%	1 STI
17	6/26/2017	Senigallia	AN	EC20>90%	EC20>90%	3,3 STI
20	7/7/2017	Montemarciano	AN	EC20>90%	EC20>90%	Non calcolabile (NC)
22	7/7/2017	Falconara	AN	EC20>90%	EC20>90%	0,6 STI
23	7/18/2017	Falconara	AN	EC20>90%	EC20>90%	Non calcolabile (NC)
27	7/7/2017	Falconara/Torrette	AN	EC20>90%	EC20>90%	0,5 STI
28	7/19/2017	Ancona	AN	EC20>90%	EC20>90%	34 STI
29	7/19/2017	Ancona/Passetto	AN	EC20>90%	EC20>90%	38,2 STI
30	9/7/2016	Ancona/Trave	AN	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI
31	7/19/2017	Ancona	AN	EC20>90%	EC20>90%	0,5 STI
35	7/11/2017	Numana	AN	EC20>90%	EC20>90%	36 STI
38	7/11/2017	Numana	AN	EC20>90%	EC20>90%	8,2 STI
39	7/12/2017	Porto Recanati	MC	EC20>90%	EC20>90%	0,2 STI
42	7/17/2017	Porto Recanati/Lido delle Nazioni	MC	EC20>90%	EC20>90%	0,5 STI
44	6/30/2017	Potenza Picena/Vicinanze S. Stefano	MC	EC20>90%	EC20>90%	0,1 STI
46	8/23/2016	Civitanova Marche/Fontespina	MC	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI
47	8/23/2016	Civitanova Marche/Fontespina	MC	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI
48	7/17/2017	Civitanova Marche	MC	EC20>90%	EC20>90%	1,1 STI
52	8/29/2016	Fermo/Lido di Fermo	FM	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI
53	8/29/2016	Porto San Giorgio	FM	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI
57	8/29/2016	Marina di Altidona	FM	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI
58	9/8/2016	Altidona	FM	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI
59	6/30/2017	Pedaso	FM	EC20>90%	EC20>90%	1,3 STI
61	9/8/2016	Cupramarittima	AP	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI
62	6/30/2017	Cupramarittima	AP	EC20>90%	EC20>90%	0,1 STI
63	9/8/2016	Grottammare	AP	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI
65	9/6/2016	San Benedetto del Tronto	AP	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI
66	9/6/2016	San Benedetto del Tronto	AP	EC20>90%	EC20>90%	<3 STI

### Inquinanti organici

Nel presente paragrafo si esamina la qualità dei sedimenti marini di retroscogliera andando a indagare gli inquinanti organici. L'analisi delle loro concentrazioni nel sedimento marino è un valido metodo di monito-

raggio per stabilire il grado di inquinamento di una certa zona causato da questi composti, considerata la loro importante persistenza nell'ambiente (Arnot *et al.*, 2010; Marini e Frapiccini, 2013; Webster *et al.*, 2011). Nell'indagine precedente, relativa all'anno 2003, sono state prese in considerazione solamente alcune classi di inquinanti organici, gli Idrocarburi Totali (IT) con C>12 e la sommatoria di alcuni policlorobifenili (PCB). In quell'anno, inoltre, non vi erano alcune indicazioni normative per gli inquinanti organici, ad eccezione di quanto espresso nel DM 471/99 - in riferimento ai siti (suolo/sottosuolo) destinati a uso verde pubblico, privato e residenziale - i cui limiti per la frazione di IT con C>12 e per i PCB erano rispettivamente di 50 mg/kg ss e 1 µg/kg ss. Chiaramente, nel corso degli anni il quadro normativo in materia ambientale ha subito profonde modifiche volte alla tutela dell'ambiente marino (Decreto n. 173/2016). Pertanto, durante l'indagine del 2016-2017, ulteriori parametri chimici sono stati analizzati, allargando il campo ad altre principali classi di inquinanti organici: IT con C<12 (idrocarburi leggeri), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), pesticidi organoclorurati, PCB singoli e loro sommatoria. Ulteriormente, nel Decreto Legge 173/2016 è stata fatta una classificazione dei materiali indicando i livelli chimici di riferimento nazionale (L1 e L2), presi in considerazione come livelli soglia nella presente indagine. Sono state scelte queste principali classi di inquinanti organici per le loro proprietà di persistenza, di bioaccumulo e biomagnificazione, in quanto recalcitranti alla degradazione e con avversi effetti tossici e cancerogeni per gli organismi e per l'uomo (Bihari *et al.*, 2006; Storelli, 2008).

### **Metodologie**

In accordo con i rapporti analitici dell'ARPA, i metodi utilizzati per l'analisi degli idrocarburi C>12, dei pesticidi organoclorurati (Aldrin, Dieldrin, Endrin, α-HCH, β-HCH, γ-HCH (Lindano), DDD, Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT), DDE, HCB, epatocloro epossido, epatocloro, ossiclordano, cis-clordano, trans-clordano, trans-nonacloro, cis-nonacloro, Mirex, Metossicloro), degli idrocarburi policiclici aromatici (naftalene, antracene, benzo[a]pirene, benzo[b]flurantene, benzo[k]fluorantene, benzo[ghi]perilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, pirene, benzo[a]antracene, crisene, dibenzo[ah]antracene, indeno[123-cd]pirene e la loro sommatoria) e dei policlorobifenili (PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e la loro sommatoria), sono rispettivamente EPA 3545A (2007) ed EPA 8270D (2014). Il limite di detenzione (LD) degli idrocarburi C<12 è di 5.0 mg/kg ss, mentre i pesticidi organoclorurati hanno presentato LD che variano da 0.01 µg/kg ss a 0.1 µg/kg ss, per gli idrocarburi policiclici aromatici e i policlorobifenili i LD sono rispettivamente di 0.5 µg/kg ss e 0.01 µg/kg ss.

### **Risultati**

Come specificato nella premessa, nel campionamento del 2016-2017 sono stati analizzati più parametri chimici rispetto a quelli considerati nel 2003. Pertanto, un confronto tra i risultati ottenuti durante il 2003 e quelli nel periodo 2016-2017 è stato fatto solamente per gli IT con C>12 e per la somma dei PCB e di alcuni congeneri, mentre per le ulteriori classi di inquinanti organici indagati nell'indagine del 2016-2017 non è stato possibile fare alcun confronto.

#### **IT con C>12**

Per quanto riguardano gli IT con C>12, nell'anno 2003 tutti i campioni esaminati erano inferiori al LD (25 mg/kg ss) o superiori al LD (5 mg/kg ss), a seconda della metodologia analitica utilizzata. Al fine di confrontare meglio i due periodi indagati, nella Figura 14 è stato scelto di illustrare le concentrazioni di IT con C>12, relative all'anno 2003, considerando i valori < 25 e > 5 mg/kg ss, e quelle relative all'anno 2016-2017 le cui concentrazioni erano inferiori al LD (5 mg/kg ss), ugualmente con il valore < 5.

È possibile notare che nel 2016-2017, ventuno stazioni sulle ventotto indagate hanno presentato una concentrazione inferiore o pari a quella del 2003. Solamente nella provincia di Ancona, i punti di prelievo presso Falconara Marittima (27) e il Passetto di Ancona (29) hanno mostrato concentrazioni di IT con C>12 rispettivamente di 12 e 18 mg/kg ss, e pertanto, più alte nel 2016-2017 rispetto all'anno 2003. Analogamente, nella provincia di Macerata, Porto Recanati (lido delle Nazioni) e Civitanova Marche (prel. 48) registravano nei campioni recenti (indagine 2016-2017) concentrazioni più alte con una concentrazione di IT C>12 di 22 mg/kg ss. Nelle province di Fermo e Ascoli Piceno, i comuni di Altidona (prel. 58), Grottammare (prel. 63) e San Benedetto del Tronto (prel.66) hanno presentato concentrazioni di IT C>12 maggiori rispetto al 2003, con valori rispettivamente di 9, 15 e 13 mg/kg ss.

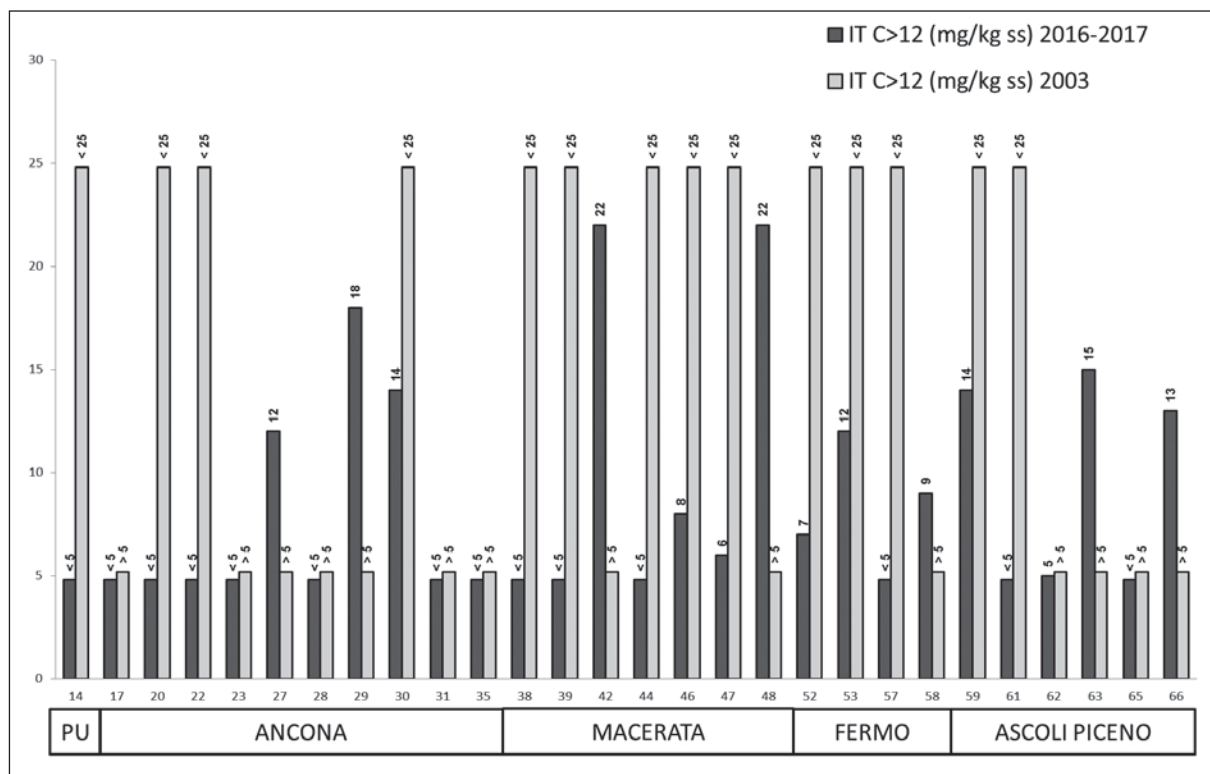


Figura 14. Confronto tra i valori delle concentrazioni degli IT con C>12 nel 2003 e nel 2016-2017, suddiviso per siti di prelievo e province della regione Marche.

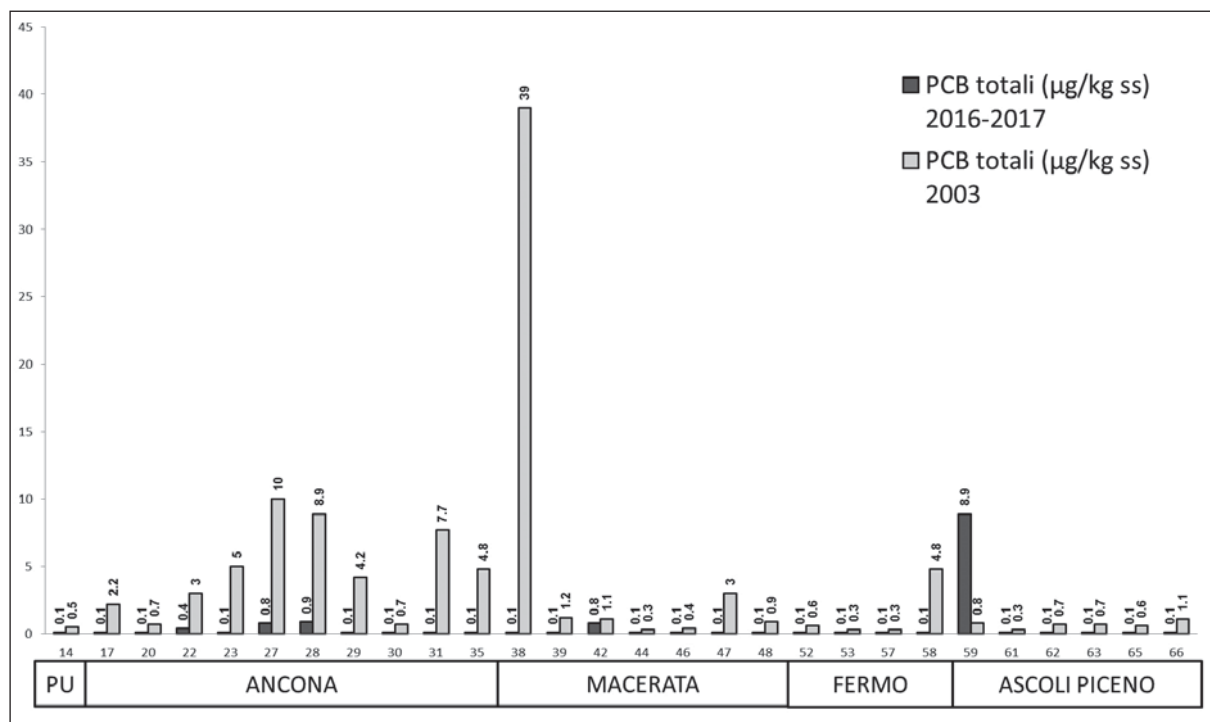


Figura 15. Confronto tra i valori delle concentrazioni dei PCB totali indagati nel 2003 e nel 2016-2017, suddiviso per siti di prelievo e province della regione Marche.

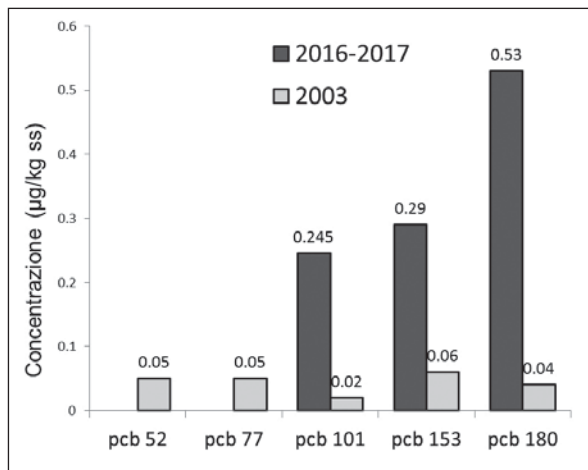


Figura 16. Mediana delle concentrazioni di alcuni congeneri di PCB rilevati nel 2003 e nel 2016-2017.

Tuttavia, nell'indagine 2016-2017, così come per quello del 2003, le concentrazioni di IT con C>12 non hanno mai superato il limite di riferimento (L2, in quanto L1 è non disponibile) previsto dalla normativa DL 173/2016 (50 mg/kg ss).

### **PCB totali**

Per quanto riguarda i PCB totali, nell'anno 2003 molti siti indagati erano superiori al LD (0.3 µg/kg ss) con un massimo di 39 µg/kg ss registrato nella provincia di Macerata (prel. 38). Al contrario, nel periodo 2016-2017 solamente cinque stazioni hanno mostrato concentrazioni dei PCB totali superiori al LD (0.1 µg/kg ss), precisamente nei comuni di Falconara M.ma, Ancona, Porto Recanati e Pedaso (Fig. 15). Inoltre, i campioni dell'indagine 2016-2017 hanno presentato concentrazioni di PCB totali inferiori rispetto al 2003, ad eccezione del sito di Pedaso (prel.59), nella provincia di Ascoli Piceno, che ha registrato la più alta concentrazione di PCB totali con 8.9 µg/kg ss, superando, pertanto, anche il livello di riferimento (L1) di 8 µg/kg ss, previsto dalla normativa DL 173/2016 per i PCB totali.

Esaminando invece i vari congeneri dei PCB nel 2003 sono stati indagati i PCB 28, 77, 81, 101, 105, 118, 128, 138, 153, 169, 178 e 180 (D.Lgs n. 152/99). Tra questi (Fig. 16), solamente il PCB 153 aveva mostrato valori maggiori di concentrazione (0.06 µg/kg ss). Nell'ultima indagine (2016-2017) ci sono stati alcuni cambiamenti tra i vari congeneri esaminati, per cui sono stati determinati i PCB 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169 e 180. Tuttavia, anche in questo caso il PCB 153, assieme ai PCB 101 e PCB 180, hanno registrato nel sito di Pedaso (prel.59) concentrazioni più elevate rispetto agli altri congeneri. I valori inferiori al Limite di Detenzione (ILD) per PCB 153, 101 e 180 sono rispettivamente ILD – 1.1 µg/kg ss, ILD – 1.2 µg/kg ss, ILD – 1.9 µg/kg ss. Nella Figura 16 sono illustrate le mediane delle concentrazioni dei congeneri di PCB rilevati nelle due indagini. È evidente un aumento delle concentrazioni dei PCB 101, 153 e 180 nell'ultima indagine rispetto al 2003, mostrando un incremento rispettivamente del 92%, 79% e 92%. Tuttavia, tale incremento è da attribuirsi al solo campionamento effettuato nel comune di Pedaso (prel. 59), poiché in tutte le altre stazioni indagate non si è avuto un aumento delle concentrazioni dei congeneri PCB nel periodo 2016-2017.

### **Altri parametri chimici determinati durante l'indagine del 2016-2017**

Come già riportato, l'indagine del 2016-2017, in accordo con il decreto n.173/2016, ha analizzato ulteriori parametri chimici: gli IT con C<12 (idrocarburi leggeri) e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i pesticidi organoclorurati, i PCB congeneri e totali. Tali composti organici sono stati confrontati con i livelli di riferimento (L1) specificati nel decreto n. 173/2016, con lo scopo di vedere se alcune concentrazioni superavano tali livelli soglia.

Le concentrazioni di IT con C<12 e degli IPA singoli e totali riscontrate nelle ventotto stazioni campionate nel 2016-2017 sono riportate nella Tabella 8. Tutti i siti hanno evidenziato concentrazioni di IT con C<12 al di sotto del LD (5 mg/Kg ss) e solamente sei siti su ventotto hanno presentato valori superiori



**Tabella 8. Concentrazioni (mg/kg ss) di IT con C<12 e concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{kg ss}$ ) di IPA singoli e IPA totali riscontrate nei punti di prelievo delle province di Pesaro e Urbino (PU), Ancona (AN), Macerata (MC), Fermo (FM) e Ascoli Piceno (AP), nel periodo 2016-2017.**

Idrocarburi policiclici aromatici	Provincia				
	PU	AN	MC	FM	AP
Idrocarburi C<12	<5	<5	<5	<5	<5
Fluorantene	<0.5	<0.5 – 5.9	<0.5	<0.5 – 4.0	<0.5 – 5.0
Naftalene	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5 – 2.0	<0.5
Antracene	<0.5	<0.5 – 1.5	<0.5	<0.5	<0.5
Benzo(a)pirene	<0.5	<0.5 – 6.6	<0.5 – 5.1	<0.5 – 4.0	<0.5
Benzo(b)fluorantene	<0.5	<0.5 – 4.6	<0.5	<0.5 – 6.0	<0.5
Benzo(k)fluorantene	<0.5	<0.5 – 3.9	<0.5	<0.5 – 4.0	<0.5
Benzo(g,h,i)perilene	<0.5	<0.5 – 3.4	<0.5	<0.5	<0.5
Acenaftene	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Fluorene	<0.5	<0.5	<0.5 – 1.5	<0.5	<0.5 – 2.0
Fenantrene	<0.5	<0.5 – 5.8	<0.5	<0.5 – 1.0	<0.5
Pirene	<0.5	<0.5 – 6.0	<0.5	<0.5 – 3.0	<0.5 – 5.0
Benzo(a)antracene	<0.5	<0.5 – 6.4	<0.5	<0.5 – 6.0	<0.5 – 2.0
Crisene	<0.5	<0.5 – 5.0	<0.5	<0.5 – 4.0	<0.5 – 7.0
Dibenzo(a,h)antracene	<0.5	<0.5 – 1.2	<0.5	<0.5 – 2.0	<0.5
Indeno(1,2,3 - c,d)pirene	<0.5	<0.5 – 4.5	<0.5	<0.5 – 4.0	<0.5
IPA totali	<0.5	<0.5 – 54.8	<0.5 – 5.1	<0.5 – 39.0	<0.5 – 21.0

ai LD (0.5  $\mu\text{g}/\text{Kg ss}$ ): Ancona (Passetto), Porto Recanati (Lido delle Nazioni), Potenza Picena (prel.44), Porto San Giorgio (prel.53), Altidona (Marina) e Pedaso (prel.59). La provincia di Ancona, in particolare il sito di prelievo del Passetto, ha evidenziato una concentrazione di IPA totali maggiore con 54.8  $\mu\text{g}/\text{Kg ss}$ . Seguono le province di Fermo (39  $\mu\text{g}/\text{Kg ss}$ ), Ascoli Piceno (21  $\mu\text{g}/\text{Kg ss}$ ) e Macerata (5  $\mu\text{g}/\text{Kg ss}$ ). Mentre, il livello di concentrazione di IPA totali più basso è stato registrato nella provincia di Pesaro e Urbino (<0.5  $\mu\text{g}/\text{Kg ss}$ ), tuttavia, c'è da sottolineare che un solo campionamento è stato effettuato in questa provincia durante l'indagine 2016-2017. Tra i vari congeneri di IPA, il fluorantene, il pirene, il Benzo(a)antracene e il Crisene (ovvero tutti IPA con 4 anelli aromatici) sono quelli che hanno presentato una percentuale di rilevamento maggiore nel sedimento, in accordo con vari studi presenti in letteratura sulla distribuzione degli IPA nei sedimenti del nord e centro Adriatico (Marini e Frapiccini, 2014; Magi *et al.*, 2002). Tutti i campioni indagati durante il 2016-2017 hanno presentato valori di concentrazione al di sotto dei limiti di riferimento nazionali (L1) previsti dal DL 173/2016 sia per le concentrazioni degli IPA singoli e IPA totali che per gli IT con C<12.

Le concentrazioni dei diciannove pesticidi organoclorurati esaminati nell'indagine 2016-2017 sulle ventotto stazioni campionate sono riportate nella Tabella 10. La maggior parte dei pesticidi organoclorurati esaminati (Tab. 9) presenta concentrazioni inferiori al LD (0.01 – 0.1  $\mu\text{g}/\text{Kg ss}$ ). Tuttavia, il Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT), noto e potente insetticida, bandito in Italia nel 1978 a causa delle sue elevate proprietà tossiche per l'uomo e per gli animali (Pereira *et al.*, 1996) è stato riscontrato in tre siti: Porto Recanati (prel.42), Cupramarittima (prel.61) e Grottammare (prel.63). Questi tre comuni hanno presentato, nel loro sito di prelievo, valori di concentrazione di 5.1, 2.0 e 1.0  $\mu\text{g}/\text{Kg ss}$ , rispettivamente per Porto Recanati, Cupramarittima e Grottammare. Inoltre, tali concentrazioni di DDT risultano superiori al limite di riferimento indicato dal DL 173/2016 ( $\Sigma\text{DDT}$  pari a 1  $\mu\text{g}/\text{Kg ss}$ ).

I risultati dei PCB totali e singoli sono stati già commentati sopra, dove è stato elaborato anche il confronto delle due indagini 2003 e 2016-2017. Pertanto, in questo paragrafo ci si è limitati a illustrare singolarmente

**Tabella 9. Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$  ss) dei diciannove organoclorurati riscontrate nei punti di prelievo delle province di Pesaro e Urbino (PU), Ancona (AN), Macerata (MC), Fermo (FM) e Ascoli Piceno (AP), nel periodo 2016-2017.**

Organoclorurati	PU	AN	MC	FM	AP
Aldrin	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Dieldrin	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
$\alpha$ - Esaclorocicloesano	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
$\beta$ - Esaclorocicloesano	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
$\gamma$ - Esaclorocicloesano	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
DDD	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
DDT	<0.02	<0.02	<0.0.2– 5.1	<0.02	<0.0.2– 2.0
DDE	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Esaclorobenzene (HCB)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Eptacloro	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Eptacloro epossido	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Ossiclordano	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
cis - Clordano	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
trans - Clordano	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
trans - Nonacloro	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
cis - Nonacloro	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Endrin	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Mirex	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Metossicloro	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

te le concentrazioni dei PCB congeneri e totali riscontrate nelle ventotto stazioni campionate nel periodo 2016-2017 (Tab. 10). La maggior parte dei PCB esaminati hanno rilevato concentrazioni inferiori al LD ( $0.01 \mu\text{g}/\text{Kg}$  ss). Infatti, tutti i campionamenti effettuati nelle province di Pesaro e Urbino e Fermo hanno evidenziato concentrazioni di PCB singoli e totali inferiori al LD. Solamente cinque delle ventotto stazioni analizzate hanno presentato concentrazioni totali di PCB superiori al LD. Pertanto, nella provincia di Ancona, i prelievi effettuati nei comuni di Falconara M.ma (prel.22 e prel.27) e Ancona (prel.28) hanno rilevato una concentrazione di PCB totali rispettivamente di 0.4, 0.8 e 0.9  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  ss. Solamente i campionamenti effettuati a Porto Recanati (Lido delle Nazioni) nella provincia di Macerata e a Pedaso (prel.59) nella provincia di Ascoli Piceno sono risultati superiore ai LD con concentrazioni di PCB totali di 0.8 e 8.9  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  ss. Tuttavia, come già segnalato nel paragrafo sopra, il campionamento di Pedaso (prel.59) ha presentato concentrazioni superiori ai limiti di riferimento (L1) indicati dal DL 173/2017 per i PCB totali ( $8 \mu\text{g}/\text{Kg}$  ss). Dalla Tabella 10 è possibile notare i congeneri più frequenti: PCB 101, PCB 153 e PCB 180 che hanno registrato una concentrazione maggiore rispetto agli altri ( $1.9 \mu\text{g}/\text{Kg}$  ss).

### Analisi microbiologiche nei sedimenti

I sedimenti marini costieri, se contaminati da materiale fecale di origine umana o animale, possono rappresentare un pericolo per la salute dell'uomo. Numerosi studi hanno dimostrato che i sedimenti costieri, inclusi i sedimenti di retro-scogliera e i sedimenti della zona intertidale, sono spesso caratterizzati dalla presenza di elevate concentrazioni di microrganismi, patogeni e non, aventi origine enterica (Obiri-Danso e Jones, 2000; Desmarais *et al.*, 2002; Ferguson *et al.*, 2005), e che l'esposizione dei bagnanti a tali sedimenti causa

**Tabella 10. Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{Kg ss}$ ) dei policlorobifenili singoli e totali riscontrate nei punti di prelievo delle province di Pesaro e Urbino (PU), Ancona (AN), Macerata (MC), Fermo (FM) e Ascoli Piceno (AP), nel periodo 2016-2017.**

Policlorobifenili	PU	AN	MC	FM	AP
2,4,4 - Triclorobifenile (PCB 28)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2,2 ,5,5 - Tetraclorobifenile (PCB 52)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01 – 0.3
3,3 ,4,4 - Tetraclorobifenile (PCB 77)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
3,4,4 ,5 - Tetraclorobifenile (PCB 81)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2,2 ,4,5,5 - Pentaclorobifenile (PCB 101)	<0.01	<0.01 – 0.3	<0.01	<0.01	<0.01 – 1.2
2,3 ,4,4 ,5 - Pentaclorobifenile (PCB 118)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01 – 0.6
3,3 ,4,4 ,5 - Pentaclorobifenile (PCB 126)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2,2 ,3,3 ,4,4 - Esaclorobifenile (PCB 128)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2,2 ,3,4,4 ,5 - Esaclorobifenile (PCB 138)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01 – 1.9
2,2 ,4,4 ,5,5 - Esaclorobifenile (PCB 153)	<0.01	<0.01 – 0.3	<0.01 – 0.8	<0.01	<0.01 – 1.1
2,3,3 ,4,4 ,5 - Esaclorobifenile (PCB 156)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01 – 1.9
3,3 ,4,4 ,5,5 - Esaclorobifenile (PCB 169)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2,2 ,3,4,4 ,5,5 - Eptaclorobifenile (PCB 180)	<0.01	<0.01 – 0.9	<0.01	<0.01	<0.01 – 1.9
PCB totali	<0.1	<0.1 – 0.9	<0.1 – 0.8	<0.1	<0.1 – 8.9

l'insorgere di numerose patologie (Heaney *et al.*, 2009). I sedimenti marini rappresentano un habitat potenzialmente favorevole per i microrganismi di origine enterica, in virtù dell'elevata disponibilità di materia organica disponibile nel comparto sedimentario per supportare il metabolismo dei microrganismi alloctoni e della maggiore protezione dai predatori rispetto alla colonna d'acqua (Davies *et al.*, 1995; Hassard *et al.*, 2017). Studi condotti lungo la costa marchigiana hanno riportato che alcune aree costiere sono spesso caratterizzate da una marcata contaminazione fecale, specialmente quelle poste in prossimità delle foci fluviali (Pianetti *et al.*, 2004; Luna *et al.*, 2010; Vignaroli *et al.*, 2012, Vignaroli *et al.*, 2013) o le aree ad alto grado di urbanizzazione, come i porti (Luna *et al.*, 2012; Luna *et al.*, 2018), suggerendo la necessità di porre l'attenzione anche al monitoraggio di questi inquinanti nei sedimenti della costa marchigiana, al fine di garantire la sicurezza e la salute dei bagnanti.

Il monitoraggio della qualità microbiologica dei sedimenti marini rappresenta quindi un importante contributo utile a una valutazione completa degli aspetti igienico-sanitari legati alla fruizione della fascia costiera da parte dell'uomo e dei possibili rischi per la salute umana riconducibili alla presenza di microrganismi di origine enterica potenzialmente patogeni (Heaney *et al.*, 2014).

### Metodologie

Per quanto riguarda i parametri microbiologici analizzati e le metodologie utilizzate per determinarli, il precedente Rapporto del 2003 elaborato da ARPAM (Rapporto realizzato nell'ambito della Convenzione tra la Regione Marche e l'ARPAM per lo svolgimento di "Analisi ambientali finalizzate alla redazione del Piano di Gestione Integrata delle Aree Costiere", con lo scopo di definire lo stato di qualità dei sedimenti costieri superficiali del litorale marchigiano) si basava sui parametri indicati dal D.M. 24 Gennaio 1996. I parametri microbiologici misurati erano Batteri Coliformi (totali e fecali) e le spore di clostridi solfito-riduttori.

Nel 2017 è stato invece misurato un *panel* più ampio di parametri microbiologici, che ha incluso le spore di clostridi solfito-riduttori, i miceti, *Salmonella* spp., gli streptococchi fecali, gli stafilococchi ed *Escherichia coli*. Le metodologie di riferimento per queste variabili sono state: ICRAM Scheda 6 per le spore di clostridi solfito-riduttori, IRSA Vol. 1/1983 Q 64 per i miceti (25°C), Supp. IRSA CNR Q100 1994 per *Salmonella*

spp., Metodo APAT Vol.3 Man.20/2003 per gli streptococchi fecali, ISTISAN ISS A 018 rev00 per gli stafilococchi, e ISTISAN 96/35 per *Escherichia coli*.

I campioni di sedimento sono stati raccolti nel periodo compreso tra Agosto e Settembre 2016 per alcuni dei siti e tra Giugno e Luglio 2017 per i rimanenti.

### **Risultati**

Nella Tabella 11 sono riportati i risultati completi delle analisi microbiologiche eseguite nel periodo 2016-2017. Per la provincia di Pesaro e Urbino sono disponibili, per il campionamento 2016-2017, misure di parametri microbiologici relative a un solo campione di sedimento, raccolto nell'area di Fano (campione n.14).

I risultati delle analisi microbiologiche evidenziano, per tutti i parametri analizzati, valori inferiori al limite di detenzione (ILD) o assenti (Tab. 12). Il precedente Rapporto del 2003 mostrava, al contrario, dati relativi a 15 siti di campionamento. A fronte dello scarso numero di campioni disponibile per il 2017, risulta difficile poter esprimere una valutazione generale per il tratto di costa dell'intera provincia. È possibile esprimere un giudizio basandosi sull'unico campione analizzato, le cui risultanze ottenute nel 2016-2017 lasciano concludere l'assenza, per la sola area nel comune di Fano dove il campione è stato raccolto, di una contaminazione microbiologica.

Nel precedente Rapporto 2003, per la provincia di Ancona erano mostrati dati relativi a 22 siti di campionamento. I dati disponibili per il 2016-2017 sono relativi a soli 11 siti.

La quasi totalità di questi campioni analizzati lungo la costa della Provincia di Ancona (Tab. 12), compresi quelli prelevati in aree poste in prossimità delle foci dei fiumi (fiume Misa per il campione n.17, e fiume Esino per il campione n.23) ha mostrato, per tutto il *panel* di parametri analizzati, valori ILD o valori assenti. Solamente i due siti situati a ridosso della città di Ancona, ovvero il sito Ancona/Passetto (campione n.29) e il sito Ancona/Trave (campione n.30) hanno evidenziato tracce di contaminazione microbiologica. Sempre nei dati del 2016-2017 va evidenziata una contaminazione da streptococchi fecali nel campione n.22 sito nel comune di Falconara Marittima. Infine, le analisi per la ricerca di *Salmonella* spp. mostravano l'assenza di questi microrganismi in tutti i campioni di sedimento della provincia. Dal confronto con i dati relativi al campionamento effettuato nel 2003, si evince una situazione generale di miglioramento della qualità microbiologica dei sedimenti della provincia. Infatti, nel 2013, i sedimenti mostravano la presenza di coliformi totali e coliformi fecali in concentrazioni maggiori rispetto al 2016-2017 in alcune aree (ad esempio, nei campioni di Falconara Marittima n.27, di Ancona n.29 e di Numana n.35).

Sempre dal confronto con il 2003, emerge che i valori di spore di clostridi solfito-riduttori misurati nel 2016-2017 sono di gran lunga inferiori rispetto al 2003, quando sono stati osservati valori fino a 500 UFC/g ss nei campioni di Ancona, e picchi fino a 3200 UFC/g ss (nella zona di Senigallia) e 3909 UFC/g ss (in quella di Falconara).

I sedimenti campionati nel 2016-2017 lungo la costa della provincia di Macerata risultano caratterizzati da una bassa concentrazione o da valori ILD di streptococchi fecali, stafilococchi ed *Escherichia coli*, con *range* (rispettivamente) da ILD a 0.84 MPN/g ss, da ILD a <11 UFC/g ss e da ILD a 22 MPN/g ss. Fa eccezione il campione n.48 di Civitanova Marche che presenta una concentrazione di *E. coli* marcata, pari a 2.2 MPN/100 g ss. Relativamente a questi parametri, e in particolare al parametro *Escherichia coli*, è utile sottolineare che dal confronto di questi dati con quelli del 2003 emerge, per il sito di Porto Recanati, una tendenza al miglioramento della qualità microbiologica nel comparto sedimentario. In tale sito, il parametro "coliformi fecali" (che comprende anche *Escherichia coli*) mostrava nel 2003 valori decisamente più elevati rispetto al 2016-2017. È bene ricordare che il confronto tra i risultati dei due monitoraggi (2003 e 2016-2017) deve essere preso con cautela in quanto, nei due differenti monitoraggi, sono stati analizzati differenti parametri microbiologici e i campioni sono stati prelevati in periodi differenti (Gennaio/Giugno per il 2003, Giugno/Settembre per il 2016-2017). Il confronto con il 2003 mostra poi importanti differenze per la variabile spore di clostridi solfito-riduttori. Nel 2016-2017, in corrispondenza del sito Porto Recanati a nord del fiume Musone (campione n.39), non sono state rilevate spore di clostridi solfito-riduttori, mentre nel 2003 i valori per lo stesso parametro erano di un ordine di grandezza più elevato. Al contrario, i campioni prelevati nel 2016-2017 vicino alla foce del fiume Potenza nel comune di Porto Recanati (campione n.42) e del fiume Chienti nel comune di Civitanova Marche (campione n.48) mostrano valori elevati, pari a 516 e 981 UFC/g ss rispettivamente. Nel 2003 negli stessi campioni si osservavano concentrazioni inferiori di circa 10 volte. I risultati del parametro miceti hanno mostrato, come per le spore di clostridi solfito-riduttori, valori più elevati nei campioni n.42 e n.48 (rispettivamente

**Tabella 11. Risultati relativi ai parametri microbiologici misurati nei campioni di sedimento nel periodo 2016-2017, riferiti a grammo di sedimento secco (g ss). ILD, Inferiore al Limite di Detenzione; ND, dato non disponibile, MPN, Most Probable Number; UFC, Unità Formanti Colonie.**

N.	Clostridi solfitoreduttori (UFC/g ss)	Miceti - 25°C (UFC/g ss)	Salmonelle (50g ss)	Streptococchi fecali (MPN/g ss)	Stafilococchi (UFC/g ss)	Escherichia coli (MPN/g ss)
14	ILD	ILD	assenti	ILD	ILD	ILD
17	ILD	ILD	assenti	ILD	ILD	ILD
20	ILD	ILD	assenti	ILD	ILD	ILD
22	ILD	ILD	assenti	19	ILD	ILD
23	ILD	ILD	assenti	ILD	ILD	ILD
27	ILD	ILD	assenti	ILD	ILD	ILD
28	ILD	ILD	assenti	ILD	ILD	ILD
29	<13	1	assenti	<0,2	< 10 U.F.C./g ss	<0,24
30	< 1 U.F.C./g ss	< 11 U.F.C./g ss	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	< 0,2 MPN./g ss
31	ILD	ILD	assenti	ILD	ILD	ILD
35	ILD	ILD	assenti	ILD	ILD	ILD
38	ILD	ILD	assenti	ILD	ILD	ILD
39	ILD	ILD	assenti	ILD	ILD	ILD
42	516	61	assenti	<0,2	< 10 U.F.C./g ss	0,26
44	23	8	assenti	0,25	< 10 U.F.C./g ss	<0,2
46	4	37	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	0,55
47	< 1 U.F.C./g ss	< 11 U.F.C./g ss	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	0,55
48	981	125	assenti	<0,2	< 10 U.F.C./g ss	22
52	3	32	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	0,32
53	3	< 11 U.F.C./g ss	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	< 0,2 MPN./g ss
57	12	220	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	9,32
58	5	38	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	2,6
59	74	57	assenti	0,5	< 10 U.F.C./g ss	<0,2
61	8	215	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	2,15
62	17	6	assenti	0,8	< 10 U.F.C./g ss	0,24
63	2	12	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	< 0,2 MPN./g ss
65	5	26	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	3,57
66	3	13	ass./ 50g ss		< 11 U.F.C./g ss	2,91

61 e 125 UFC/g ss), seguiti dal campione n.46 (37 UFC/g ss) mentre i restanti campioni mostravano concentrazioni più basse oppure ILD. Infine, come per tutte le altre province, l'analisi di Salmonella spp. nel 2016-2017 ha mostrato risultati negativi per tutto il tratto di costa.

Nel 2016-2017 sono stati campionati cinque siti, lungo la costa della provincia di Fermo. Al contrario, nel Rapporto 2003 i sedimenti inclusi nell'attuale provincia di Fermo, che ai tempi della stesura del Rapporto erano

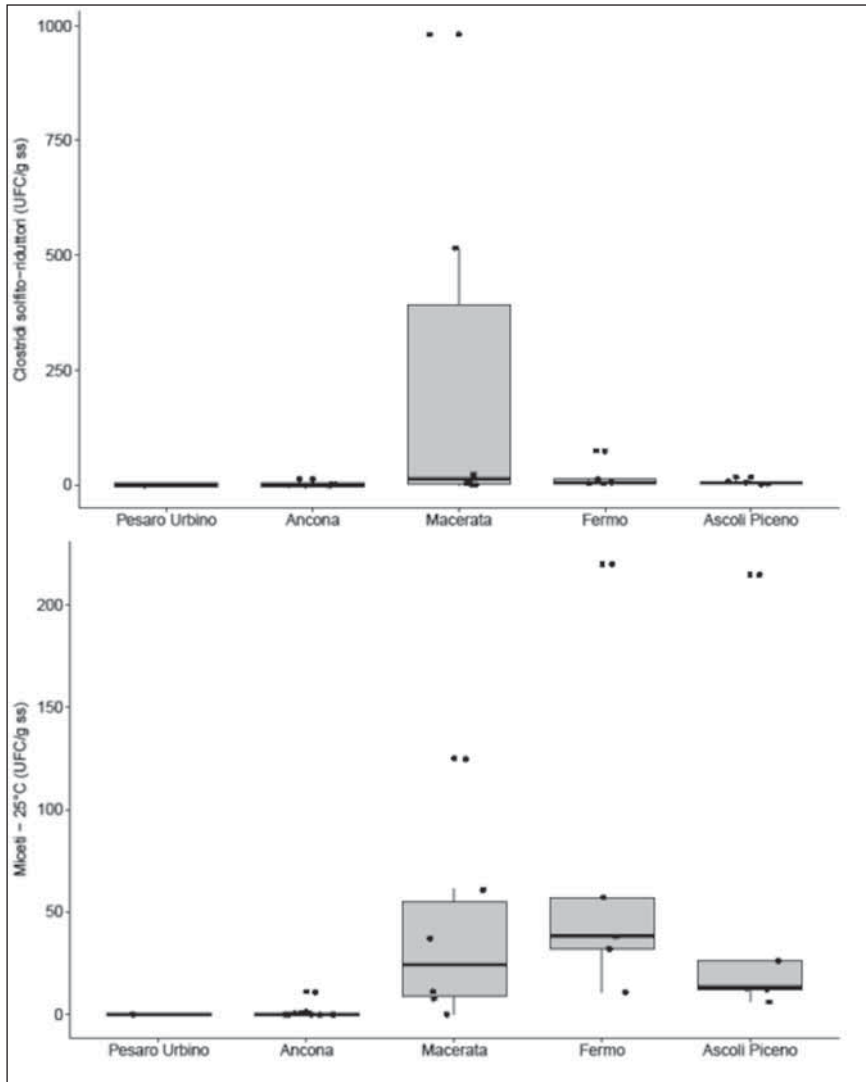


Figura 17. Box-plot della distribuzione dei dati relativi ai parametri spore di clostridi solfito-riduttori e miceti suddivisi per singola Provincia. I dati “ILD” sono stati considerati pari a zero.

parte della allora provincia di Ascoli Piceno, erano in numero maggiore (12 siti in totale). Nel 2016-2017 non sono stati campionati i siti di Porto Sant’Elpidio e di Campofilone. Le nuove analisi hanno mostrato valori, per il parametro miceti, marcati e tra i più alti riscontrati in tutta la costa marchigiana, fino a un massimo di 220 UFC/g ss osservato nel campione n.57 (situato a ridosso del fiume Aso). Lo stesso campione mostrava anche una contaminazione da *Escherichia coli* (9.32 MPN/g ss) e da streptococchi fecali (4.83 MPN/g ss).

Il parametro spore di clostridi solfito-riduttori mostrava valori confrontabili rispetto a quelli ottenuti nel campionamento del 2003 nelle stesse aree, fatta eccezione per il campione n.59, sito nel comune di Pedaso, che mostra nel 2017 valori circa sette volte più elevati rispetto al 2003. Nel 2003 era evidente una marcata contaminazione (fino a 500 UFC/grammo) in siti del comune di Porto Sant’Elpidio non campionati nel 2016-2017. Infine, in tutti i campioni, gli stafilococchi hanno mostrato valori <11 - <10 UFC/g ss e *Salmonella* spp. erano assenti.

Nel 2016-2017 sono stati campionati, per la costa dell’attuale provincia di Ascoli Piceno, 5 siti, mentre nel 2003 il numero di siti campionati era pari a 7. I dati del 2016-2017 mostrano la presenza, in alcuni dei campioni analizzati (e.g. n.62), di modeste concentrazioni di streptococchi fecali, *Escherichia coli* e stafilococchi (Tab. 11), mentre in altri campioni (campioni n.61, n.65 e n.66) si osservano concentrazioni di *E. coli* di un ordine di grandezza più elevato, con punte che raggiungono i 357 MPN/100g ss.

Dal confronto con i risultati relativi al parametro “coliformi totali” nel 2003, emergono concentrazioni confrontabili, o minori per alcuni campioni. L’analisi delle spore di clostridi solfito-riduttori ha mostrato,

nel complesso, valori bassi che non superano i 17 UFC/g ss (nel campione n.62). Al contrario, i dati per il parametro miceti mostrano valori più elevati, con un massimo di 215 UFC/g ss nel campione n.61, e valori compresi nel range 6 - 26 UFC/g ss nei rimanenti campioni. Le analisi per il parametro *Salmonella spp.* erano negative, come osservato in tutte le altre province.

Nella figura 17 viene mostrata, a titolo riassuntivo, la distribuzione dei dati suddivisi per le 5 province marchigiane delle due variabili microbiologiche spore di clostridi solfito-riduttori e miceti misurate nel 2016-2017. Si è scelto di mostrare solamente la distribuzione di questi dati, in quanto i valori per gli altri parametri microbiologici analizzati erano, per molti campioni, basse o inferiori al limite di detezione. Il box-plot evidenzia come la provincia di Macerata (per il parametro spore di clostridi solfito-riduttori) e le province di Macerata, Fermo ed Ascoli Piceno (per il parametro miceti) siano quelle che hanno mostrato, nel campionamento 2016-2017, la più elevata contaminazione microbiologica per questi due parametri microbiologici.

### Sostanza organica

La valutazione della concentrazione di sostanza organica nei sedimenti di retroscogliera è fondamentale per valutare le condizioni delle acque.

Essa può avere due origini: continentale (trasportata dai fiumi) e marina (prodotta *in situ*). La sostanza organica marina ha un rapporto C/N/P ben definito: 106/16/1 (Redfield, 1958), mentre quella di origine continentale o che ha subito parziale degradazione ha un rapporto sbilanciato verso il Carbonio; dal rapporto C/N si possono quindi avere importanti informazioni sul tipo di sostanza organica presente.

### Metodologie

La sostanza organica totale è stata analizzata secondo il D.M. del 13/09/1999, VII, mentre l'Azoto totale è stato analizzato seguendo il D.M. del 13/09/1999, XIV; il Fosforo totale è stato analizzato secondo la metodologia IRSA CNR 9Q64 vol. 3, 1988.

### Risultati

Sulla base del Programma di Monitoraggio per il Controllo dell'Ambiente marino-costiero nella Regione Marche, in convenzione con il Ministero dell'Ambiente, biennio 2001-2002, la concentrazione di Carbonio organico può essere suddivisa in tre livelli: <0.7%, 0.7% - 2% e > 2%; la grande maggioranza dei campioni ricade in entrambi i rilevamenti nel primo livello (Fig. 18).

Fanno eccezione il campione n. 27 per entrambe le date, il campione n. 25 per il 2003 e i campioni n. 30, 46, 47, 52, 53, 57, 58, 61, 65 e 66 per il rilevamento del 2016-2017. Si rileva una costante presenza di valori minimi a Nord di Ancona, mentre nel complesso, si evidenzia un incremento delle concentrazioni, soprattutto nella porzione meridionale della regione. Il Carbonio organico presenta il suo valore massimo nel campione 35 (2.3%), il minimo nel campione 63 (0.07%) e un valore medio di 0.59%.

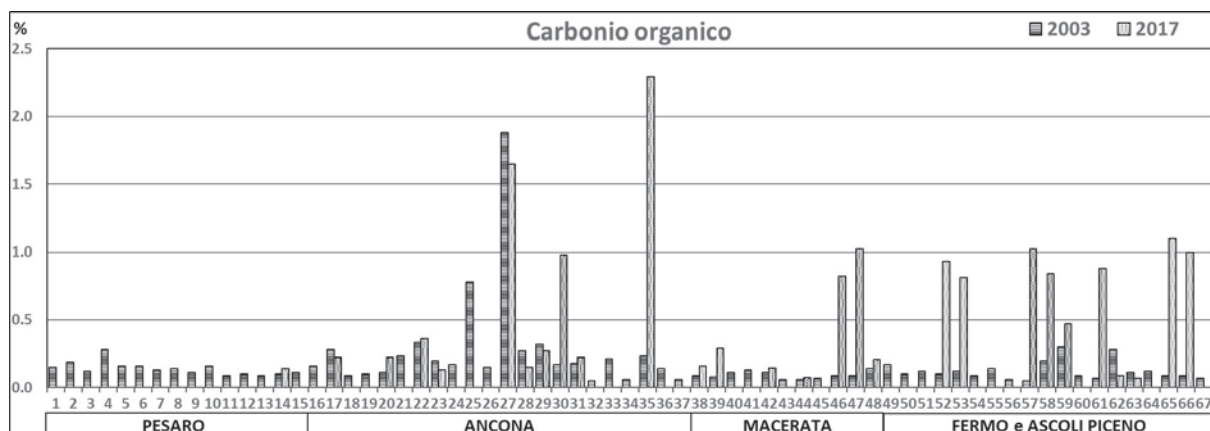


Figura 18. Istogramma relativo alla distribuzione del Carbonio organico nei campioni prelevati durante le due campagne di indagine.

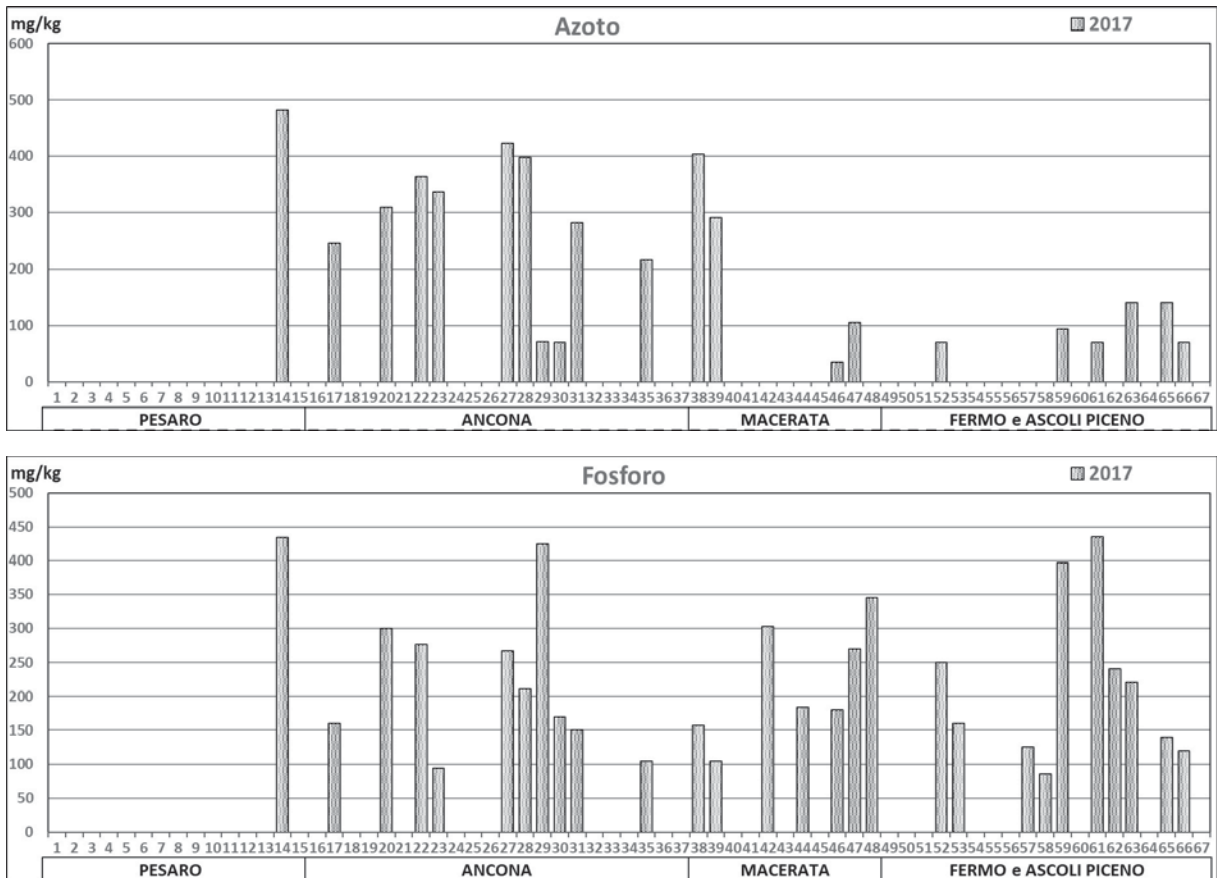


Figura 19. Istogrammi relativi alla concentrazione di Azoto e di Fosforo nei campioni prelevati durante l'ultima campagna di indagine.

L'Azoto totale è stato misurato solo nel 2017; complessivamente si riscontrano valori elevati nel litorale settentrionale della regione, fino alla porzione Nord relativa alla provincia di Macerata. L'Azoto presenta il suo valore massimo nel campione 14 (482 mg/kg), il minimo in diversi campioni (ILD) e un valore medio (esclusi gli ILD) di 220 mg/kg (Fig. 19).

Per il Fosforo, i massimi si hanno nei campioni 61 (435 mg/kg), 14, 29, 51 e 69 (con valori intorno ai 400 mg/kg), mentre il valore minimo si ha in corrispondenza del campione 58 (85 mg/kg), con una media di 225.2 mg/kg (Fig. 19).

### Valutazione della qualità dei sedimenti

Nella relazione dell'ARPAM del 2003 la qualità dei sedimenti era stata valutata prendendo in considerazione per i parametri chimici il "Protocollo del Ministero dell'Ambiente" del 1993 inerente i "Criteri di sicurezza ambientale per gli interventi di escavazione, trasporto e reimpiego dei fanghi estratti dai canali di Venezia", per i saggi tossicologici il quaderno ICRAM "Aspetti tecnico-scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazione dei fondali marini: dragaggi portuali" e per i parametri microbiologici i "Criteri per la definizione della qualità e del possibile smaltimento di sedimenti marini e fluviali" (Volterra e Maffiotti, 1997). I suddetti metodi di valutazione sono superati in quanto, pur non esistendo ancora un criterio specifico di Legge per la valutazione della qualità dei sedimenti marini di retroscogliera, è stato promulgato il D.M. 173 del 2016 che introduce nuove procedure e tabelle di riferimento per le "modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini".

Secondo tale decreto, i sedimenti da classificare ricadono nella categoria "area costiera non portuale" per la quale dovrebbe essere seguito il "percorso II" con "caratterizzazione semplificata"; inoltre, date le modalità



di raccolta di un singolo campione per ogni area, si è scelto di procedere con una valutazione semplificata su base tabellare.

In base a quanto detto sopra, i valori di tossicità riscontrati in tutti i campioni lungo la costa marchigiana sono da considerare per *Acartia tonsa* e per *Pheodactylum tricomutum*, completamente assenti o trascurabili, facendo riferimento per la definizione della classe di tossicità la tabella del documento APAT (2007).

Per il terzo test di tossicità effettuato (test di *Vibrio fischeri*), i dati hanno mostrato, in accordo con gli altri due saggi, una tossicità sostanzialmente assente per quasi tutti i campioni; fanno eccezione i campioni 28, 29, 35 e 38, situati nella provincia di Ancona, i quali presentano una tossicità alta o elevata. Per tale risultato è stato usato il criterio di classificazione estratto dal documento ICRAM 2000.

Dal punto di vista dei parametri chimici, i campioni di sedimento analizzati presentano, per i metalli, una concentrazione superiore al livello L1 della tabella 2.5 del DM 173/2016, per il Cr, nel campione 14 della provincia di Pesaro e Urbino; per lo Zn, nel campione 29 della provincia di Ancona e valori prossimi al limite L1 nei campioni 42, 44 e 48 della provincia di Macerata; per l'As, valori prossimi al livello L1 nei campioni 26 e 27 della provincia di Ancona e nel campione 44 della provincia di Macerata, inoltre l'As presenta valori di discreta entità in gran parte della provincia di Ancona. Nel caso del V e dell'Al, i quali non sono trattati nel DM 173/2016, si riscontrano in ambedue i casi dei valori anormalmente alti nei campioni 22 e 27 della provincia di Ancona, e nel campione 59 della provincia di Fermo-Ascoli Piceno.

I campioni di sedimento che hanno presentato una concentrazione di contaminanti organici superiore al livello L1 della tabella 2.5 del DM 173/2016, sono di seguito elencati:

- il sito di Pedaso (59) nella provincia di Ascoli Piceno, ha presentato una concentrazione di PCB totali nell'indagine 2017 pari a 8.9 µg/kg ss, superando il livello di riferimento L1 per tali contaminanti (8 µg/kg ss).
- il sito di Porto Recanati (prel.42) nella provincia di Macerata, e i siti di Cupra Marittima (prel.61) e Grottammare (prel.63), nella provincia di Ascoli Piceno, hanno presentato concentrazioni di DDT nell'indagine 2017, pari a 5.1, 2.0 e 1.0 µg/Kg ss, rispettivamente, superando il livello di riferimento L1 di tale pesticida organo-clorurato ( $\Sigma$ DDT pari a 1 µg/Kg ss).

Tutti gli altri siti campionati nell'indagine 2017 hanno manifestato valori di concentrazione degli inquinanti organici inferiori ai livelli chimici di riferimento nazionali.

Per i livelli microbici, invece, il DM 173/2016 non prevede limiti di riferimento.

### Valutazioni conclusive

Le variazioni granulometriche rilevate tra i campioni analizzati nel 2003 e nel 2016-2017, prelevati nelle stesse stazioni, potrebbero essere associate a diverse cause, anche indipendenti dai trend evolutivi medi dei litorali studiati, quali fenomeni idrologici locali, piccole differenze dell'ubicazione della stazione di prelievo, variazione del momento meteo-climatico di campionamento, apporto temporaneo locale di corsi d'acqua prossimali ecc. Pur se certamente significative relativamente alla situazione del momento, anche in seguito alla riduzione nel numero di campioni prelevati recentemente esse non sono comunque da ritenersi indicative di *trend* temporali, che sarebbero valutabili solo attraverso monitoraggi sistematici e continui, che si auspica la Regione Marche intenda condurre in futuro.

Ciò premesso, si segnala che, seppure con alcune eccezioni, nell'intervallo di tempo considerato è stata osservata una significativa riduzione del contenuto in sedimenti più grossolani che sono indicatori di ambiente idrodinamico a maggiore energia. Questo contrasta con l'incremento di intensità e frequenza di eventi me-teomarinari particolarmente energetici osservato negli ultimi anni in conseguenza del cambiamento climatico globale. Tali variazioni granulometriche, oltre che ai fattori sopra citati, potrebbero essere la diretta conseguenza di un'ulteriore riduzione recente degli apporti solidi fluviali granulometricamente compatibili con la dinamica costiera (ghiaie e sabbia). Quanto sopra induce a suggerire un sistematico monitoraggio tanto delle variazioni spaziali e temporali del clima d'onda locale, quanto della dinamica fluviale (soprattutto per quanto riguarda i tratti medio-terminali).

Va sottolineato che la presenza di materiale più grossolano caratterizza i campioni prelevati a minore distanza dalle foci fluviali (come il campione n. 37, ubicato in prossimità della foce del F. Aso), a ulteriore testimonianza della provenienza fluviale della ghiaia che ripasce naturalmente i litorali marchigiani.

Si segnala inoltre la pressoché sistematica assenza (o estrema carenza) di materiali fini (silt e argilla) nei sedimenti analizzati relativi agli ultimi campionamenti. Questo sembra poco compatibile con la scarsa energia

idrodinamica tipica degli ambienti di retroscogliera, che dovrebbe favorire invece proprio la deposizione anche dei materiali più sottili. Tale anomalia potrebbe dipendere principalmente da un campionamento che riflette un momento di alta energia (ovvero di poco successivo a un evento di tempesta) o troppo in prossimità dei varchi tra le scogliere o, anche, della linea di riva.

Per quanto riguarda i metalli, sulla base di confronti effettuati tra le analisi condotte nel 2003 e nel 2016-2017 emerge una costante seppur disomogenea crescita nelle concentrazioni di tutti gli elementi monitorati. Ferma restando la scarsità e non significatività della distribuzione spaziale e temporale dei campioni, questo incremento è comunque preoccupante 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, in particolare per capire 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.

Per gli inquinanti organici, il confronto delle due indagini è stato effettuato solamente per gli IT, per i PCB totali ed alcuni PCB congeneri, in quanto le indicazioni normative nel primo anno (2003) erano limitate a tali inquinanti. Nel complesso, è stata notata una netta diminuzione delle concentrazioni di questi in tutte le province marchigiane, ad eccezione per i PCB totali nel sito di Pedaso (59) nella provincia di Ascoli Piceno. Considerate le limitazioni dovute alla scarsità di campionamento e alla mancanza di repliche, generalmente, si può affermare che tutti gli altri analiti indagati nella seconda indagine, in accordo con il DL 173/2016, hanno presentato concentrazioni ILD, ad eccezione di tre comuni (Porto Recanati, Cupra Marittima e Grottammare) per i livelli di  $\Sigma$ DDT ( $>1 \mu\text{g/Kg ss}$ ).

Dai risultati ottenuti sui tre saggi biologici, risulta evidente una discrepanza osservata in alcuni campioni tra il saggio effettuato su *Acartia tonsa* e *Phaeodactylum tricorutum* (che non riporta tossicità nell'elutriato) ed il test effettuato su *Vibrio fischeri* (che localmente riporta la presenza di tossicità nella fase solida). Questi risultati lasciano supporre che nei 4 campioni situati nella provincia di Ancona c'è la possibile presenza di sostanze tossiche nei sedimenti con poca tendenza ad essere solubilizzate, e dunque ad essere rimesse in circolo. La diversità tra i risultati ottenuti dai saggi in fase liquida e da quelli in fase solida suggerisce di porre cautela nell'interpretazione dei risultati, e sottolinea l'importanza futura di eseguire approfondimenti e maggior elaborazioni prendendo in considerazione le principali caratteristiche chimico-fisiche del sedimento.

Il confronto di questi dati con quelli presentati nel Rapporto ARPAM 2003 è stato effettuato solo sul saggio del batterio *Vibrio fischeri*, dato che rappresentava l'unico saggio biologico utilizzato per i campioni del 2003. Da tale confronto emerge che i siti (Rapporto ARPAM 2003) ricadenti nella Provincia di Ancona hanno livelli di tossicità assente o lieve, mentre nella Provincia di Macerata, il campione 47 è stato l'unico con valore di tossicità alto.

Una buona parte dei sedimenti della costa marchigiana prelevati durante l'ultima campagna di campionatura ha mostrato, nel complesso, una qualità microbiologica elevata, caratterizzata dalla totale assenza di contaminazione microbiologica per tutti i parametri ricercati. Tuttavia:

- alcuni sedimenti hanno mostrato la presenza di contaminazione da streptococchi fecali, stafilococchi ed *Escherichia coli*. In particolare, i valori di streptococchi fecali ed *E. coli* appaiono confrontabili (o, in alcuni casi, inferiori) rispetto ai valori misurati nel 2003 (per parametri simili, e.g. coliformi fecali) e rispetto a studi condotti lungo la costa delle Marche (Luna *et al.*, 2010; Vignaroli *et al.*, 2013; Luna *et al.*, 2018), confermando la presenza di un inquinamento di natura fecale in alcune aree della costa marchigiana. In particolare, la contaminazione da *E. coli*, universalmente accettato come un indicatore di inquinamento fecale (essendo uno dei due utilizzati dalla Direttiva che regola la balneazione), in alcune aree della provincia di Macerata, Fermo e Ascoli Piceno richiama alla necessità di monitorare l'inquinamento fecale anche nel comparto sedimentario;
- relativamente ai parametri spore di clostridi solfito-riduttori e miceti, alcuni campioni, soprattutto quelli delle province a Sud del Conero, mostrano talvolta concentrazioni elevate. Ciò indica la presenza in queste aree di *input* di microrganismi di natura alloctona, che necessitano quindi di essere monitorati con attenzione. Il ritrovamento di spore di clostridi è spesso ritenuto indice di contaminazione fecale pregressa o non recente, alla luce della migliore capacità di questi microrganismi di sopravvivere nell'ambiente sedimentario rispetto a indicatori tradizionali come *Escherichia coli* (Yates, 2007; McElhany e Pillai, 2011). Questo suggerisce l'importanza di continuare a monitorare, nel comparto sedimentario, la qualità microbiologica utilizzando anche questi parametri che indicano contaminazione fecale pregressa, al fine di ottenere un qua-

dro completo che tenga conto anche di eventi di contaminazione non recenti; - infatti, la presenza di elevate concentrazioni di spore di clostridi solfito-riduttori e miceti osservata anche in sedimenti caratterizzati da ridotte concentrazioni di altri parametri microbici (e.g., streptococchi fecali, stafilococchi, *Escherichia coli*) suggerisce la necessità di integrare misure di differenti parametri microbiologici, includendo sia i parametri tradizionali qui misurati, sia alcuni ulteriori parametri emergenti attualmente proposti dalla comunità scientifica internazionale (McLellan ed Eren, 2014). Solamente attraverso l'integrazione dei risultati di analisi simultanee di numerosi parametri microbiologici (Savichtcheva e Okabe, 2006) è infatti possibile ottenere un quadro corretto, completo e sicuro della qualità microbiologica nei sedimenti;

- dalle risultanze del 2016-2017 e dal confronto con i dati precedenti, emerge nei sedimenti di retroscogliera della costa marchigiana l'esistenza, oltre che di una contaminazione di natura fecale, anche di una notevole variabilità, tanto spaziale quanto temporale, nelle concentrazioni di tali inquinanti. Le dinamiche che regolano l'input, l'accumulo e il destino di questi microrganismi nel comparto sedimentario sono complesse e di più difficile comprensione, e previsione, rispetto alla colonna d'acqua (Evanson e Ambrose, 2006). Tale complessità sottolinea l'importanza di continuare a porre attenzione al monitoraggio della qualità microbiologica del sedimento, al fine di poter garantire la sicurezza delle coste e di sviluppare adeguati piani di gestione della fascia costiera. Tale variabilità spazio-temporale indica, chiaramente e inequivocabilmente, che tali azioni di controllo e monitoraggio della qualità non potranno basarsi (come in questo caso) su sporadici ed estemporanei eventi di campionamento, ma dovranno prevedere diversi eventi di campionamento nel tempo, anche più volte l'anno, utili a valutare l'entità di questa variabilità e a garantire la piena sicurezza delle coste.

Per quanto riguarda la concentrazione di Carbonio organico (Fig. 17), la grande maggioranza dei campioni ricade in entrambi i rilevamenti nella classe inferiore (< 0.7%). A Nord di Ancona si rilevano i valori minimi; si osserva invece un aumento delle concentrazioni nella porzione meridionale della regione.

L'Azoto totale, misurato solo nel 2017, mostra valori elevati nella parte Nord della Regione e fino al settore settentrionale della provincia di Macerata.

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.

Per il Fosforo, invece, non si evidenziano trend particolari.

Lungo tutta la costa marchigiana, sono da considerare completamente assenti 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*.

## Bibliografia

- Ahlf W., Hollert H., Neumann-Hensel H., Ricking M. (2002) - *A guidance for the assessment and evaluation of sediment quality a German Approach based on ecotoxicological and chemical measurements*. J. of Soils and Sediments, **2**, 37-42.
- APAT (2007) - *Atlante delle opere di sistemazione costiera*. APAT Manuali e linee guida, **44/2007**, 169 pp.
- Arnot J.A., Mackay D., Parkerton T.F., Zaleski R.T., Warren C.S. (2010) - *Multimedia modeling of human exposure to chemical substances: the roles of food web Biomagnification and biotransformation*. Environmental Toxicology and Chemistry, **29**, 45-55.
- ARPAM (2003) - *Rapporto sulla caratterizzazione dei sedimenti superficiali*. Regione Marche, 66 pp.
- ARPAM (2003) - *Rapporto sullo stato di qualità ambientale della fascia costiera marchigiana: balneabilità e biocenosi*. Regione Marche, 137 pp.
- Bihari N., Fafandel M., Hamer B., Kralj-Bilen B. (2006) - *PAH content, toxicity and genotoxicity of coastal marine sediments from the Rovinj area, Northern Adriatic, Croatia*. Sci Total Envir., **366**, 602-611.
- Bonnail E., Sarmiento A.M., Del Valls T.A., Nieto J.M., Riba I. (2016) - *Assessment of metal contamination, bioavailability, toxicity and bioaccumulation in extreme metallic environments (Iberian Pyrite Belt) using *Corbicula fluminea**. Sci. Total Envir., **544**, 1031-1044.
- Bourg A.C.M. (1987) - *Trace metal adsorption modelling and particle-water interactions in estuarine environments*. Contin. Sh. Res., **7**, 1319-1332.
- Davies C.M., Long J.A., Donald M., Ashbolt N.J. (1995) - *Survival of fecal microorganisms in marine and freshwater sediments*. Appl. Envir. Microbiol., **61**, 1888-1896.

- Davoren M., Shúilleabháin S.N., O'Halloran J., Hartl M.G., Sheehan D., O'Brien N.M., van Pelt F.N., Mothersill C. (2005) - *A test battery approach for the ecotoxicological evaluation of estuarine sediments*. *Ecotoxicology*, **14**, 741-55.
- De Laune R.D., Reddy C.N., Patrick W.R. jr. (1981) - *Effect of pH and Redox Potential on concentration of dissolved nutrients in an estuarine sediment*. *Journ. Env. Qual.*, **10**, 276 - 278.
- Desmarais T.R., Solo-Gabriele H.M., Palmer C.J. (2002) - *Influence of soil on fecal indicator organisms in a tidally influenced subtropical environment*. *Appl. Envir. Microbiol.*, **68**, 1165-1172.
- Evanson M., Ambrose R.F. (2006) - *Sources and growth dynamics of fecal indicator bacteria in a coastal wetland system and potential impacts to adjacent waters*. *Water Research*, **40**, 475-486.
- Ferguson D.M., Moore D.F., Getrich M.A., Zhouandai M.H. (2005) - *Enumeration and speciation of enterococci found in marine and intertidal sediments and coastal water in southern California*. *J. Appl. Microbiol.*, **99**, 598-608.
- Forstner U., Wittmann G.T.W. (1983) - *Metal pollution in the aquatic environment*. Springer-Verlag, Berlin, 486 pp.
- Forstner U., Ahlf W., Calmano W., Kersten M., Salomons W. (1986) - *Mobility of heavy metals in dredged harbor sediments*. In: Sly P.G. (ed.) - *Sediments and water interactions*. Springer-Verlag, N.Y., 371-380.
- GIZC (2003) - *Rapporto Regione Marche - ARPAM per lo svolgimento di "Analisi ambientali finalizzate alla redazione del Piano di Gestione Integrata delle Aree Costiere"*. Ancona.
- Graham W.F., Bender M.L., Klinkhammer G.P. (1976) - *Manganese in Narragansett Bay*. *Limnol. Oceanogr.*, **21**, 665-673.
- Guy R.D., Chakrabarti C.L. (1976) - *Studies of metal-organic interactions in model systems pertaining to natural waters*. *Can. Journ. Chem.*, **54**, 2600-2611.
- Hart B.T. (1982) - *Uptake of trace metals by sediments and suspended particulates: a review*. *Hydrobiologia*, **91**, 299-313.
- Hassard F., Andrews A., Jones D.L., Parsons L., Jones V., Cox B.A., et al. (2017) - *Physicochemical factors influence the abundance and culturability of human enteric pathogens and fecal indicator organisms in estuarine water and sediment*. *Frontiers in Microbiol.*, **8**, 1996.
- Heaney C.D., Sams E., Wing S., Marshall S., Brenner K., Dufour A.P., Wade T.J. (2009) - *Contact with beach sand among beachgoers and risk of illness*. *Am. J. Epidemiol.*, **170**, 164-172.
- Heaney C.D., Exum N.G., Dufour A.P., Brenner K.P., Haugland R.A., Chern E., et al. (2014) - *Water quality, weather and environmental factors associated with fecal indicator organism density in beach sand at two recreational marine beaches*. *Sci Total Envir.*, **497**, 440-447.
- Hunter K.A. (1983) - *On the estuarine mixing of dissolved substances in relation to colloid stability and surface properties*. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **47**, 467-473.
- Kranck K. (1975) - *Sediment deposition from flocculated suspensions*. *Sedimentol.*, **22**, 111-123.
- ISPRA (2011) - *Batterie di saggi ecotossicologici per sedimenti di acque salate e salmastre*. Manuali e Linee Guida ISPRA, **67**, 143pp.
- Krumbein W.C., James W.R. (1965) - *A log-normal size distribution model for estimating stability of beach fill material*. U. S. Army, Coastal Engineering Research Center, Tech. Memorandum, **16**, 17-21.
- Lee G.F. (1975) - *Role of hydrous metal oxides in the transport of heavy metals in the environment*. *Progress in Water Technology*, **17**, 137-147.
- Livingston R.J. (1976) - *Dynamics of organochlorine pesticides in estuarine systems: effects on estuarine biota*. In: Wiley M. (ed.) - *Estuarine processes*. I. Academic Press, New York, 507-552.
- Luna G.M., Vignaroli C., Rinaldi C., Pusceddu A., Nicoletti L., Gabellini M., Danovaro R., Biavasco F. (2010) - *Extraintestinal Escherichia coli carrying virulence genes in coastal marine sediments*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **76**, 5659-5668.
- Luna G.M., Dell'Anno A., Pietrangeli B., Danovaro R. (2012) - *A new molecular approach based on qPCR for the quantification of fecal bacteria in contaminated marine sediments*. *J. Biotech.*, **157**, 446-453.
- Luna G.M., Manini E., Turk V., Tinta T., D'Errico G., Baldrighi E., et al. (2018) - *Status of faecal pollution in ports: a basin-wide investigation in the Adriatic Sea*. *Marine Poll. Bull.*
- Magi E., Bianco R., Ianni C., Di Carro M. (2002) - *Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of the Adriatic Sea*. *Environ. Poll.*, **119**, 91-98.

- Marini M., Frapiccini E. (2013) - *Persistence of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments in the deeper area of the Northern Adriatic Sea (Mediterranean Sea)*. Chemosphere, **90**, 1839-1846.
- Marini M., Frapiccini E. (2014) - *Do lagoon area sediments act as traps for polycyclic aromatic hydrocarbons?* Chemosphere, **111**, 80-88.
- McElhany K.G., Pillai S.D. (2011) - *Prevalence and fate of gut-associated human pathogens in the environment*. In: Sadowsky M.J., Whitman R.L. (eds.) - *The Fecal Bacteria*. Amer. Soc. Microbiol., 217-240.
- McLellan S.L., Eren A.M.2 (2014) - *Discovering new indicators of fecal pollution*. Trends in Microbiol., **22**, 697-706.
- Millward G.E., Moore R.M. (1982) - *The adsorption of Cu, Mn and Zn by iron oxyhydrate in model estuarine solution*. Water Res., **16**, 981-985.
- Morris A.W., Bale A.J., Howland R.J.M. (1982) - *The dynamics of estuarine manganese cycling*. Estuar. Coast. Shelf Sci., **13**, 175-192.
- Murray J.W. (1975) - *The interaction of ions at the manganese dioxide-solution interface*. Geochim. Cosmoch. Acta, **39**, 505-519.
- Nelson P.O., Chung A.K., Hudson M.C. (1981) - *Factors affecting the fate of heavy metals in the activated sludge process*. J. Water Poll. Control Fed., **53**, 1323-1333.
- Oakley S.M., Nelson P.O., Williamson K.J. (1981) - *Model of trace metal partitioning on marine sediments*. Environ. Sci. Technol., **15**, 474-480.
- Obiri-Danso K., Jones K. (2000) - *Intertidal sediments as reservoirs for hippurate negative campylobacters, salmonellae and fecal indicators in three EU recognized bathing waters in north west England*. Water Res., **34**, 519-527.
- Olsen C.R., Cutshall N.H., Larsen I.L. (1982) - *Pollutant-particle association and dynamics in coastal marine environments: a review*. Mar. Chem., **11**, 501-533.
- Patel B., Patel S., Paward S. (1978) - *Desorption of radioactivity from nearshore sediments*. Estuarine Coastal Mar. Sci., **7**, 49-58.
- Pereira W.E., Domagalski J.L., Hostettler F.D., Brown L.R., Rapp J.B. (1996) - *Occurrence and accumulation of pesticides and organic contaminants in river sediment, water and clam tissues from the San Joaquin River and tributaries, California*. Environ. Toxicol. Chem., **15**, 172-180.
- Pianetti A., Bruscolini F., Sabatini L., Colantoni P. (2004) - *Microbial characteristics of marine sediments in bathing area along Pesaro-Gabicce coast (Italy): a preliminary study*. J. Appl. Microbiol., **97**, 682-689.
- Pingitore N.E., Eastman M.P., Sandige M., Oden K., Frehia B. (1988) - *The coprecipitation of manganese (II) with calcite: an experimental study*. Mar. Chem., **25**, 107-120.
- Reuter J.H., Perdue E.M. (1977) - *Importance of heavy metal-organic matter interactions in natural waters*. Geochim. Cosmoch. Acta, **41**, 325-334.
- Roig N., Sierra J., Nadal M., Moreno-Garrido I., Nieto E., Hampel M., Gallego E.P., Schuhmacher M, Blasco J. (2015) - *Assessment of sediment ecotoxicological status as a complementary tool for the evaluation of surface water quality: the Ebro river basin case study*. Sci. Total Environ., **503**, 269-278.
- Salomons W., Forstner U. (1984) - *Metals in the hydrocycle*. Springer-Verlag, New York, 349 pp.
- Savichtcheva O., Okabe S. (2006) - *Alternative indicators of fecal pollution: relations with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen monitoring and future application perspectives*. Water Res., **40**, 2463-2476.
- Spagnoli F. (1994) - *Diagenesi precoce e processi di scambio tra acqua e sedimento in condizione di quiete e di risospensione di un'area marina a sud del delta del Po*. Università degli Studi di Trieste, Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze Ambientali (Oceanografia Geologica e risorse), V ciclo, 125 pp.
- Spagnoli F., Dinelli E., Giordano P., Marcaccio M., Zaffagnini F., Frascari F. et al. (2014) - *Sedimentological, biogeochemical and mineralogical facies of Northern and Central Western Adriatic Sea*. J Marine Sys, **139**, 183-203.
- Storelli M.M. (2008) - *Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs)*. Food Chem. Toxic., **46(8)**, 2782-2788.
- Suess E. (1973) - *Interactions of organic compounds with calcium-carbonate - II. Organo-carbonate association in recent sediments*. Geoch. Cosmoch. Acta, **37**, 2435-2447.
- Udden (1914) - *The mechanical composition of clastic sediments*. Geol. Soc. of Am. Bulletin, **25**, 655-744.
- Veniale F. (1987) - *Interaction mechanism of clay minerals with toxic heavy metals and organic pollutants*. Atti Conv. "Ruolo dei minerali argillosi nelle problematiche ambientali". ENEA, 43-78.

- Vignaroli C., Luna G.M., Rinaldi C., Di Cesare A., Danovaro R., Biavasco F. (2012) - *New sequence types and multidrug resistance among pathogenic Escherichia coli isolates from coastal marine sediments*. Appl. Environ. Microbiol., **78**, 3916-3922.
- Vignaroli C., Luna G.M., Pasquaroli S., Di Cesare A., Petruzzella R., et al. (2013) - *Epidemic Escherichia coli ST131 and Enterococcus faecium ST17 in coastal marine sediments from an Italian beach*. Envir. Science Techn., **47**, 13772–13780.
- Volterra L., Maffiotti A. (1997) - *Criteri per la definizione della qualità e del possibile smaltimento di sedimenti marini e fluviali. L'esempio di alcune normative internazionali*. In: Bona F., Maffiotti A., Volterra L. - *Analisi e recupero dei sedimenti marini*. Quaderni tecnici di protezione ambientale - Valutazione di impatto ambientale, **57**, 29-41.
- Webster L., Russel M., Walsham P., Phillips L.A., Hussy I., Packer G., Dalgarno E.J., Moffat C.F. (2011) - *An assessment of persistent organic pollutants in Scottish coastal and offshore marine environments*. J. Environ. Monit., **13**, 1288.
- Wentworth (1922) - *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. J. Geol., **30**, 377-392.
- Yates M.V. (2007) - *Classical indicators in the 21<sup>st</sup> century – far and beyond the coliform*. Water Environ. Res., **79**, 279–286.

**Ricevuto il 25/04/2020; accettato 29/07/2020**

## Balneabilità delle acque litoranee delle Marche

Gian Marco Luna<sup>1</sup>, Elena Manini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CNR-IRBIM. Largo Fiera della Pesca, 60125 Ancona

### Riassunto

Nel presente lavoro viene presa in esame la qualità delle acque di balneazione della costa marchigiana e illustra i risultati relativi alle attività di monitoraggio svolte da ARPA Marche durante la stagione balneare (2017). In generale emerge un elevato livello di qualità delle aree di balneazione marchigiane, con l'80.08% delle acque di balneazione classificate come "eccellenti" e l'11.16% classificate come "buone". Dal confronto con gli anni precedenti, 14 acque di balneazione hanno migliorato la classificazione rispetto alla classe attribuita nel 2016 e 12 acque di balneazione hanno peggiorato la classificazione precedentemente attribuitagli.

**Parole chiave:** Acque di balneazione; Qualità dell'acqua; fascia costiera Marchigiana

### Abstract

*This work examines the quality of bathing water along Marche coast and illustrates the results of the monitoring activities carried out by ARPA Marche during the bathing season (2017). In general emerges a high level of quality of the bathing areas of the Marche, with 80.08% of bathing waters classified as "excellent" and 11.16% classified as "good". From the comparison with previous years, 14 bathing waters have improved the classification compared to the class attributed in 2016 and 12 bathing waters have worsened the classification previously attributed to it.*

**Keywords:** Bathing waters; Water quality; Marche coast

### Introduzione

A oggi, la qualità delle acque di balneazione è definita dalla Direttiva Europea 2006/7/CE, recepita in Italia con il D.Lgs 116/2008 che ha introdotto, rispetto alla precedente 76/160/CEE, una serie di importanti e significative novità, tra questi: l'introduzione di nuovi criteri e nuove definizioni delle acque di balneazione, di differenti frequenze di prelievo dei campioni da analizzare, di un sistema di classificazione e di previsione (Bedri *et al.*, 2016), e di nuovi valori limite di Legge per i parametri biologici misurati. La nuova Direttiva ha inoltre assegnato una maggiore importanza alla comunicazione e all'informazione dei cittadini sulle potenziali fonti di contaminazione e sui possibili rischi (Hynes *et al.*, 2013), attraverso l'uso di internet (Kauppinen *et al.*, 2017) e la divulgazione delle informazioni in maniera accessibile nelle immediate vicinanze di ciascuna acqua di balneazione (e.g. cartellonistica). Altre novità introdotte della 2006/7/CE rispetto alla 76/160/CEE sono rappresentate dall'introduzione di nuovi criteri statistici per interpretare i risultati di laboratorio, un'analisi che è ora effettuata valutando gli andamenti (basati sul 90° e il 95° percentile) dei dati ottenuti negli ultimi quattro anni, al fine di determinare un giudizio di qualità dell'acqua di balneazione in esame (con un sistema di classificazione in quattro classi di qualità: "eccellente", "buona", "sufficiente" e "scarsa"). Infine, un'altra importante innovazione introdotta dalla Direttiva Europea 2006/7/CE riguarda gli aspetti più strettamente analitici, con l'introduzione di due soli parametri microbiologici per valutare la

qualità delle acque di balneazione: *Escherichia coli* ed “enterococchi intestinali” (Lušić *et al.* 2016; Tiwari *et al.*, 2016). Rispetto alla Direttiva 76/160/CEE, che al contrario prevedeva la misura nel campione d’acqua di dodici variabili di natura chimica, fisica e microbiologica, la 2006/7/CE introduce una significativa semplificazione delle analisi da eseguire dall’Ente preposto al monitoraggio, restringendo il target delle analisi alla sola quantificazione delle abbondanze dei due indicatori microbici di inquinamento fecale. Questa scelta è stata motivata dall’esistenza, nella letteratura scientifica, di un ampio numero di studi che ha correlato la comparsa di patologie associate alla balneazione (gastroenteriti, febbri respiratorie, dermatiti, otiti, ecc.) con la presenza di fenomeni di inquinamento delle acque di natura fecale, causati da apporti di reflui urbani (ad esempio, *input* di acque di scarico domestiche, industriali o agricole).

Numerosi studi epidemiologici hanno evidenziato che la balneazione in acque contaminate da scarichi di natura fecale è spesso correlata, in maniera significativa, alla comparsa di patologie nell’uomo, specialmente (ma non solo) di natura gastrointestinale (Cabelli *et al.*, 1982; Pruss 1998; Wade *et al.*, 2003). Le acque marine costiere, specialmente quelle in zone altamente antropizzate (tra cui, ad esempio, i porti; Luna *et al.*, 2018) o quelle poste in prossimità delle foci dei fiumi, sono soggette a importanti apporti di microrganismi di natura alloctona, derivanti da scarichi diretti di acque reflue, da acque reflue parzialmente trattate o non trattate (Perini *et al.*, 2015), o dal *runoff* di acque meteoriche di dilavamento in seguito a eventi piovosi in aree urbane o agricole (Stewart *et al.*, 2008). Gli effluenti delle acque reflue, se non adeguatamente trattati negli impianti di depurazione, possono contenere un ampio spettro di microrganismi patogeni (Gilbride *et al.*, 2006) che costituiscono un potenziale pericolo per la salute umana una volta che l’uomo vi entra in contatto attraverso le attività di balneazione. Di conseguenza, la valutazione della qualità microbiologica delle acque di balneazione mira a proteggere i bagnanti dall’insorgere di malattie derivanti dal contatto o dall’ingestione di acqua contaminata da microrganismi patogeni quali virus, batteri e protozoi, prevenendo le patologie legate alle attività di balneazione.

I microrganismi indicatori attualmente utilizzati per il monitoraggio delle acque di balneazione nella precedente Direttiva 76/160/CEE era, al contrario della Direttiva 2006/7/CE, basata sulla misura dei batteri “coliformi totali” e “coliformi fecali” come i principali parametri microbici da valutare (insieme con altri microrganismi, tra cui gli streptococchi fecali e *Salmonella*) per classificare un’acqua di balneazione come sicura (Figueras *et al.*, 1997). L’utilizzo di questi indicatori è stato abbandonato dalla nuova Direttiva, sulla base dei risultati di numerose ricerche condotte negli anni a seguire che hanno evidenziato come il gruppo dei “coliformi totali” - un gruppo altamente eterogeneo che include microrganismi appartenenti ai generi *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* - rappresenti un debole indicatore di inquinamento fecale. Esso infatti comprende numerose specie non strettamente associabili ai reflui, e dunque la sua presenza in un campione d’acqua non costituisce un indicatore attendibile della presenza di possibili patogeni enterici (Figueras *et al.*, 1997). Si è quindi ritenuto di utilizzare, nella Direttiva 2006/7/CE, gli indicatori *Escherichia coli* ed “enterococchi intestinali” come quelli maggiormente attendibili a indicare la presenza di inquinamento fecale, e a tutelare la salute dei bagnanti.

## Metodologia

Nel presente lavoro viene presa in esame la qualità delle acque di balneazione della costa marchigiana, elaborata sulla base dei risultati delle attività di campionamento e analisi svolte dai dipartimenti Provinciali ARPAM di Pesaro e Urbino, Ancona, Macerata, Fermo e Ascoli Piceno durante la stagione balneare 2017. I risultati sono stati confrontati con quelli del “Rapporto Conclusivo sullo Stato di Qualità Ambientale della Fascia Costiera Marchigiana (Febbraio 2003) per il Piano di Gestione integrata delle Aree Costiere (PGIAC, 2003)” (di seguito definita “Relazione PGIAC 2003”).

I risultati riferiti all’ARPAM 2017 sono basati sui dati prodotti in applicazione della Direttiva Europea 2006/7/CE. Al contrario, i dati presentati nella “Relazione PGIAC 2003”, prodotti prima del recepimento di tale Direttiva, sono basati sui dati raccolti da ARPAM in accordo a quanto stabilito dalla precedente Direttiva in vigore (76/160/CEE), recepita in Italia dal Dpr 470/82.

## Risultati e Discussione

### Sintesi della “Relazione GIZC 2003”

La “Relazione PGIAC 2003” mostra e commenta dati basati sul monitoraggio effettuato nell’anno preceden-



te (anno 2002) su un totale di 230 punti di prelievo, suddivisi in 70 punti per la provincia di Pesaro e Urbino, 75 per la provincia di Ancona, 34 per la provincia di Macerata e 51 per la provincia di Ascoli Piceno (che all'epoca della stesura della relazione includeva anche comuni ora inclusi nell'attuale provincia di Fermo). I dati di questo monitoraggio mostrano una percentuale di costa balneabile pari all'87.4% della costa totale delle Marche, mentre la frazione non idonea alla balneazione per inquinamento risulta essere del 5%, con una rimanente frazione del 7.5% non balneabile per motivi non legati a inquinamento (e.g. la presenza di aree portuali). Dal confronto tra le quattro province esistenti all'epoca, la provincia di Macerata risulta essere quella caratterizzata dalla maggiore percentuale di costa non idonea per motivi legati alla qualità delle acque (8.6%), contro una percentuale del 7.4% per Ascoli Piceno, del 3.9% per Ancona e del 2.6% per Pesaro e Urbino. La "Relazione PGIAC 2003" confronta questi dati con quelli disponibili per i dieci anni precedenti (dal 1992 al 2001) e conclude che:

- la percentuale di coste non balneabili nelle Marche è in riduzione;
- la percentuale di coste balneabili è maggiore rispetto alla media nazionale;
- le aree più inquinate sono quelle poste in prossimità delle foci dei fiumi.

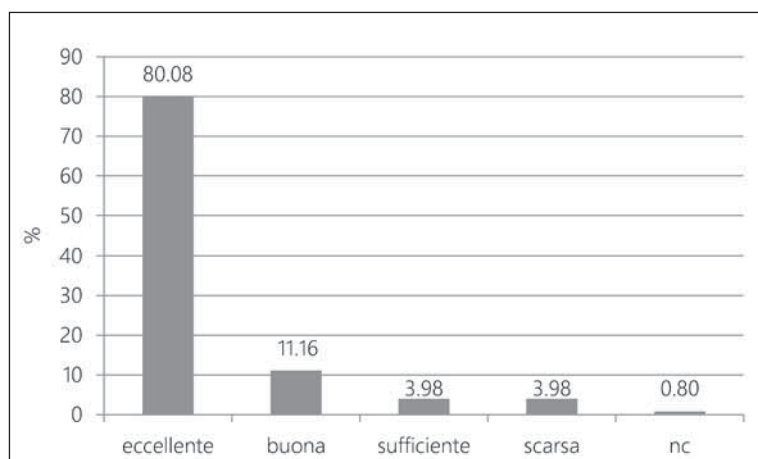
Inoltre, la "Relazione PGIAC 2003" mostra un'elaborazione della serie storica, effettuata per i soli dati relativi al solo parametro microbiologico "Coliformi fecali" e calcolata come media dei valori rilevati in ogni stazione di prelievo negli ultimi 5 anni, individuando quattro classi o giudizi di qualità ("pessimo", "insufficiente", "sufficiente" e "ottimo") le quali sono utilizzate per definire lo stato di qualità delle acque di balneazione. In base a tale elaborazione, dalla Relazione si evince che:

- la situazione nelle quattro province marchigiane è assai diversificata;
- la provincia di Pesaro e Urbino presenta l'80% di acque di balneazione di giudizio "ottimo" e solo una stazione monitorata mostra un giudizio "pessimo";
- la provincia di Ancona mostra il 92% di acque di balneazione di giudizio "ottimo", e nessuna delle stazioni monitorate mostra un giudizio "pessimo";
- la provincia di Macerata rappresenta quella più critica, con solamente il 18.2% delle acque caratterizzate da un giudizio "ottimo", e con ben 13 stazioni di prelievo classificabili con giudizio "pessimo";
- la provincia di Ascoli Piceno mostra il 46% di acque di balneazione di giudizio "ottimo", e una sola stazione classificabile come "pessima".

La Relazione riporta infine un'analisi ragionata suddivisa per Unità Fisiografiche, partendo dall'U.F.1 "Spiaggia Bassa di Gabicce Mare" fino ad arrivare all'U.F.27 "Tratto di costa dal porto di San Benedetto del Tronto alla foce del fiume Tronto".

### **Sintesi dei risultati ARPAM 2017**

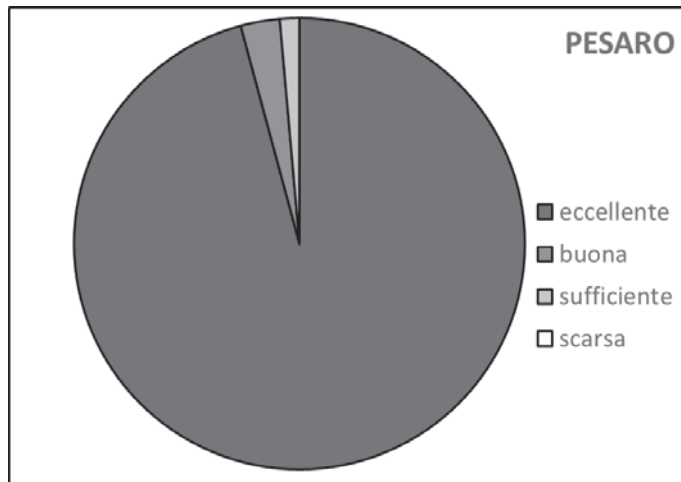
Il numero delle acque di balneazione e dei relativi punti di campionamento monitorati in questo caso è pari a 251, suddivisi in 72 punti per la provincia di Pesaro e Urbino, 76 per la provincia di Ancona, 46 per la provincia di Macerata, 34 per la provincia di Fermo e 23 per la provincia di Ascoli Piceno. Va sottolineato che questi numeri comprendono anche le acque di balneazione interne (lago di Fiastra situato nel Comune



**Figura 1. Qualità delle acque di balneazione della costa marchigiana (dati ARPAM 2017). nc: non classificata perché cancellata dalla stagione balneare 2016.**

di Fiastra, lago di Borgiano situato nei Comuni di Caldarola e di Serrapetrona, lago di Castreccioni situato nel Comune di Cingoli, e la prima area di balneazione fluviale interna delle Marche situata nel Comune di Ascoli Piceno).

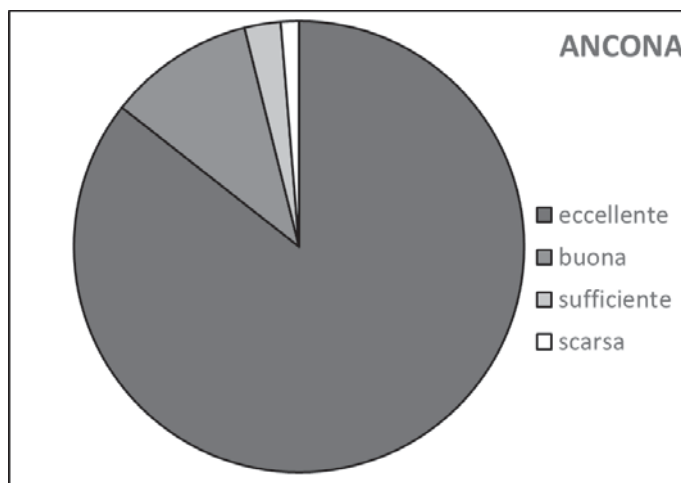
Dall'analisi dei risultati ARPAM 2017 (basata su un monitoraggio effettuato secondo la Direttiva differente rispetto ai dati di monitoraggio mostrati nella "Relazione PGIAC 2003"), emerge in generale un elevato livello di qualità delle aree di balneazione marchigiane nel 2017, con l'80.08% (Fig. 1) delle acque di balneazione classificate come "eccellenti" e l'11.16% classificate come "buone".



**Figura 2. Qualità delle acque di balneazione nella provincia di Pesaro e Urbino (dati ARPAM 2017).**

Nella provincia di Pesaro e Urbino (Fig. 2), emerge un quadro che mostra il 95.8% delle acque classificabili come "eccellente", seguito da un 2.8% di acque aventi classe "buona", l'1.4% di acque aventi classe "sufficiente" e nessuna acqua classificabile come "scarsa".

Nella provincia di Ancona (Fig. 3), il quadro che emerge mostra che l'85.5% delle acque è caratterizzato da una classe "eccellente", seguito da un 10.5% di acque classificabili come "buone", il 2.6% di acque di classe "sufficiente" e l'1.3% (corrispondente a una sola acqua di balneazione, denominata "Nord Foce Musone") classificate di qualità "scarsa".



**Figura 3. Qualità delle acque di balneazione nella provincia di Ancona (dati ARPAM 2017).**

Nella provincia di Macerata (Fig. 4), il quadro che emerge mostra come il 54.3% delle acque è classificabile come "eccellente", seguito da un 23.9% di acque aventi classe "buona", il 6.5% di acque aventi classe "sufficiente" e il 15.2% (corrispondente a 7 acque di balneazione, tutte situate in prossimità delle foci dei fiumi Musone e Potenza) classificate come "scarsa".

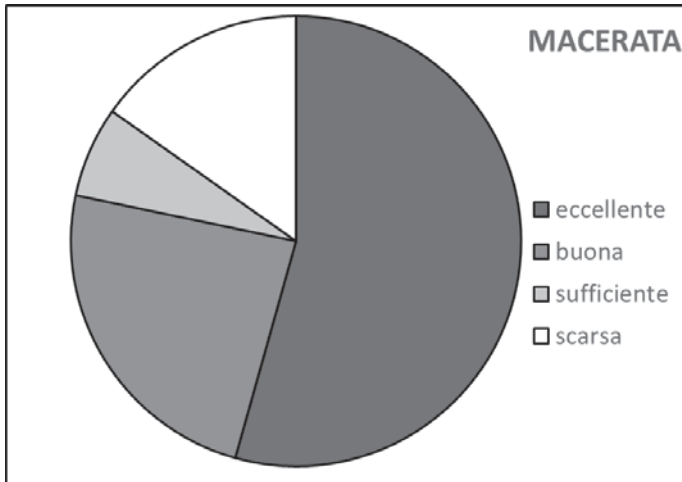


Figura 4. Qualità delle acque di acque di balneazione nella provincia di Macerata (dati ARPAM 2017).

Nella provincia di Fermo (Fig. 5), emerge che il 67.6% delle acque è classificabile come “eccellente”, seguito da un 14.7% di acque di classe “buona” e da un 11.8% di acque di classe “sufficiente”. Due acque di balneazione (situate in prossimità della foce del fiume Chienti), corrispondenti al 5.9% delle acque totali per questa provincia, mostrano qualità “scarsa”.

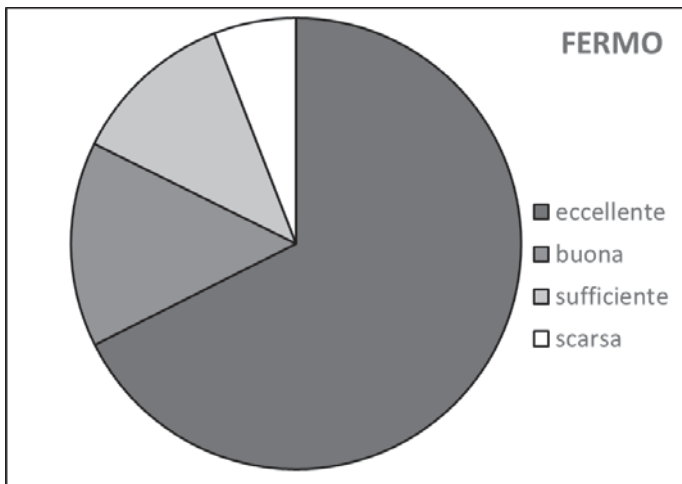


Figura 5. Qualità delle acque di acque di balneazione nella provincia di Fermo (dati ARPAM 2017).

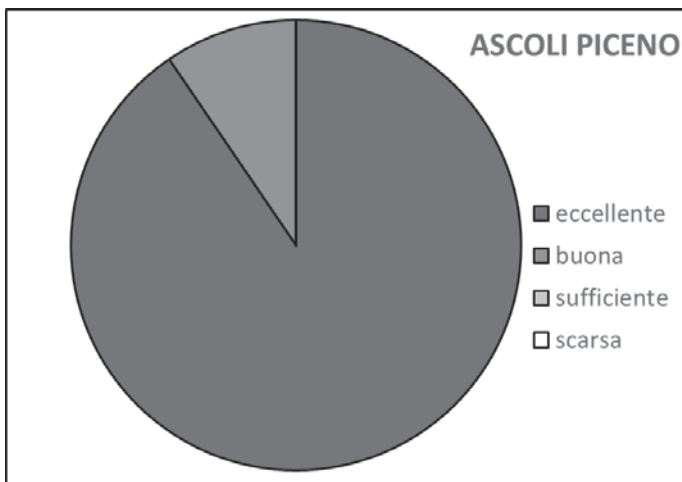


Figura 6. Qualità delle acque di acque di balneazione nella provincia di Ascoli Piceno (dati ARPAM 2017). nc: non classificata perché cancellata dalla stagione balneare 2016.

Infine, nella provincia di Ascoli Piceno, l'82.6% delle acque è classificabile come "eccellente" (Fig. 6), l'8.7% come "buona", mentre nessuna acqua ricade nelle classi "sufficiente" o "scarsa". Due acque di balneazione (una denominata "Foce Torrente Albula" nel comune di San Benedetto del Tronto e una di tipo interno dal nome "Porta Cartara" nella città di Ascoli Piceno) risultano non classificate.

### Valutazioni conclusive

Le 14 acque di balneazione (di cui 6 situate nella provincia di Pesaro e Urbino, 4 nella provincia di Ancona, 2 nella provincia di Macerata e 2 nella provincia di Fermo) hanno migliorato la classificazione rispetto alla classe attribuita nel 2016, quattro delle quali hanno raggiunto la classe "eccellente". Allo stesso tempo, tuttavia, 12 acque di balneazione (di cui 2 situate nella provincia di Ancona, 5 in quella di Macerata comprendenti anche un'acqua interna nel lago di Fiastra, 3 nella provincia di Fermo e 2 nella provincia di Ascoli Piceno) hanno peggiorato la classificazione precedentemente attribuitagli, con dieci acque declassate da "eccellente" a "buona", e due acque declassate dalla classe "buona" a quella "sufficiente".

Infine, i risultati del Programma di Sorveglianza Algale, non ha riportato particolari criticità per quanto concerne la proliferazione di fitoplancton marino, e del monitoraggio dell'alga tossica *Ostreopsis cf. ovata*, che solo in un caso ha portato all'ordinanza sindacale di chiusura temporanea alla balneazione.

Dal confronto delle risultanze dei risultati ARPAM 2017 con quelle della precedente "Relazione GIZC 2003", è possibile sintetizzare quanto segue:

- emerge, nel complesso, un quadro certamente positivo, che testimonia il buon livello di qualità delle acque di balneazione lungo le coste marchigiane;
- come già evidenziato nel 2003, la provincia di Macerata permane come quella più critica, presentando la più alta percentuale di acque di qualità "scarsa" (corrispondenti, va sottolineato, alle aree situate in prossimità delle foci dei fiumi Musone e Potenza);
- l'analisi dei trend più recenti mostra situazioni di miglioramento della qualità delle acque, ma al contempo si evidenziano alcune situazioni di peggioramento qualitativo in alcune aree costiere (perlopiù situate in prossimità di fossi, scarichi o foci di fiumi), che richiedono attenzione;
- in alcune aree si osservano situazioni di inquinamento di breve durata, che portano alla conseguente emissione di ordinanza di chiusura temporanea alla balneazione. Spesso questi problemi, come è noto, sono riconducibili a problemi derivanti da sversamenti in mare di acque reflue urbane dagli scolmatori di reti fognarie miste durante maltempo. A tale proposito, la comunità scientifica internazionale ha sottolineato che, in base agli attuali modelli previsionali di cambiamento climatico, si assisterà sempre più a fenomeni di intensificazione di eventi piovosi estremi caratterizzati da forte intensità e da breve durata (Sterk *et al.*, 2016a), che causano spesso problemi alla corretta gestione dei reflui, il che porterà a un sempre maggiore arrivo in mare di carichi di microrganismi di origine fecale (Sterk *et al.*, 2016b; Levy *et al.*, 2016). Queste evidenze delineano quindi un rischio crescente, richiamando l'urgenza di porre attenzione alla corretta gestione dei reflui, delle reti fognarie e degli scolmatori, anche alla luce dei cambiamenti climatici in atto e delle sue conseguenze sui flussi di microrganismi patogeni verso la fascia costiera.

Anche sulla base dei dati emersi dalle analisi dei sedimenti di retroscogliera contenuti in questo lavoro, che confermano evidenze già pubblicate su riviste scientifiche internazionali (Pianetti *et al.*, 2004; Luna *et al.*, 2010), preme confermare, anche in relazione al tema della qualità delle acque di balneazione marchigiane, che la costa marchigiana presenta spesso fenomeni di contaminazione fecale non solamente nella colonna d'acqua, ma anche nei sedimenti situati a ridosso della costa. Tale fenomeno è osservabile anche in aree le cui acque sono giudicate come balneabili ai sensi delle analisi della Direttiva 2006/7/CE che regola la balneazione (Vignaroli *et al.*, 2013) che, va ricordato, non prevede il monitoraggio dei sedimenti.

La comunità scientifica internazionale ha già dimostrato che la contaminazione fecale del comparto sedimentario costituisce spesso un concreto pericolo per i bagnanti, dato che i sedimenti possono venir sottoposti a eventi di risospensione naturali (ad esempio, durante le mareggiate) o antropici (ad esempio, durante le attività di balneazione e di calpestio del fondale) (Fries *et al.*, 2008; de Brauwere *et al.*, 2014), liberando nella colonna d'acqua sovrastante i microrganismi di origine enterica (Fewtrell e Kay, 2015). Queste risultanze suggeriscono che, sebbene non previsto dall'attuale Direttiva, sia utile iniziare a ragionare su un intenso, rigoroso e sistematico controllo dello stato di qualità microbiologica dei sedimenti della costa marchigiana, con riferimento anche al tema della qualità delle acque di balneazione e della sicurezza delle varie attività di fruizione della costa da parte dell'uomo.

**Bibliografia**

- ARPAM (2019) - [http://www.arpa.marche.it/images/PUBBLICAZIONI/relazioni%20acque %20balneazione%202017.pdf](http://www.arpa.marche.it/images/PUBBLICAZIONI/relazioni%20acque%20balneazione%202017.pdf).
- Bedri Z., Corkery A., O'Sullivan J.J., Deering L.A., Demeter K., Meijer W.G., *et al.* (2016) - *Evaluating a microbial water quality prediction model for beach management under the revised EU bathing water directive*. J. Envir. Manag., **167**, 49–58.
- Cabelli V.J., Dufour A.P., McCabe L.J., Levin M.A. (1982) - *Swimming-associated gastroenteritis and water quality*. Am. J. Epidemiology, **115**, 606–616.
- de Brauwere A., Ouattara N.K., Servais P. (2014) - *Modeling fecal indicator bacteria concentrations in natural surface waters: a review*. Critical Reviews in Envir. Sci. and Techn., **44**, 2380–2453.
- Fewtrell L., Kay D. (2015) - *Recreational water and infection: a review of recent findings*. Current Envir. Health Rep., **2**, 85–94.
- Figueras M.J., Polo F., Inza I., Guarro J. (1997) - *Past, present and future perspectives of the EU Bathing Water Directive*. Marine Poll. Bull., **34**, 148–156.
- Fries J.S., Characklis G.W., Noble R.T. (2008) - *Sediment–water exchange of Vibrio sp. and fecal indicator bacteria: implications for persistence and transport in the Neuse River Estuary, North Carolina, USA*. Water Research, **42**, 941–950.
- Gilbride K.A., Lee D.Y., Beaudette L.A. (2006) - *Molecular techniques in wastewater: understanding microbial communities, detecting pathogens, and real-time process control*. J. Microbiol. Methods, **66**, 1–20.
- Hynes S., Tinch D., Hanley N. (2013) - *Valuing improvements to coastal waters using choice experiments: an application to revisions of the EU Bathing Waters Directive*. Marine Policy, **40**, 137–144.
- Kauppinen A., Al-Hello H., Zacheus O., Kilponen J., Maunula L., Huusko S., Lappalainen M., Miettinen I., Blomqvist S., Rimhanen-Finne R. (2017) - *Increase in outbreaks of gastroenteritis linked to bathing water in Finland in summer 2014*. Euro Surveillance, **22**(8): 30470.
- Levy K., Woster A.P., Goldstein R.S., Carlton E.J. (2016) - *Untangling the impacts of climate change on waterborne diseases: a systematic review of relationships between diarrheal diseases and temperature, rainfall, flooding, and drought*. Envir. Sci. and Techn., **50**, 4905–4922.
- Luna G.M., Manini E., Turk V., Tinta T., D'Errico G., Baldrighi E., *et al.* (2018) - *Status of faecal pollution in ports: a basin-wide investigation in the Adriatic Sea*. Marine Poll. Bull. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.050>
- Luna G.M., Vignaroli C., Rinaldi C., Pusceddu A., Nicoletti L., Gabellini M., Danovaro R., Biavasco F. (2010) - *Extraintestinal Escherichia coli carrying virulence genes in coastal marine sediments*. Appl. Environ. Microbiol., **76**, 5659–5668.
- Lušić D.V., Jozić S., Cenov A., Glad M., Bulić M., Lušić D. (2016) - *Escherichia coli in marine water: comparison of methods for the assessment of recreational bathing water samples*. Marine Poll. Bull., **113**, 438–443.
- Perini L., Quero G.M., García E.S., Luna G.M. (2015) - *Distribution of Escherichia coli in a coastal lagoon (Venice, Italy): temporal patterns, genetic diversity and the role of tidal forcing*. Water Res., **87**, 155–165.
- Pianetti A., Bruscolini F., Sabatini L., Colantoni P. (2004) - *Microbial characteristics of marine sediments in bathing area along Pesaro-Gabicce coast (Italy): a preliminary study*. J. Appl. Microbiol., **97**, 682–689.
- Pruss A. (1998) - *Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water*. Intern. J. Epidem., **27**, 1–9.
- Sterk A., Schijven J., de Roda Husman A.M., de Nijs T. (2016) - *Effect of climate change on runoff of Campylobacter and Cryptosporidium from land to surface water*. Water Res., **95**, 90–102.
- Sterk A., de Man H., Schijven J.F., de Nijs T., de Roda Husman A.M. (2016) - *Climate change impact on infection risks during bathing downstream of sewage emissions from CSOs or WWTPs*. Water Res., **105**, 11–21.
- Stewart J.R., Gast R.J., Fujioka R.S., Solo-Gabriele H.M., Meschke J.S., Amaral-Zettler L.A., Del Castillo E., Polz M.F., Collier T.K., Strom M.S., Sinigalliano C.D., Moeller P.D., Holland A.F. (2008) - *The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs*. Environmental Health, **7**(7), Suppl. 2, \_\_.
- Tiwari A., Niemelä S.I., Vepsäläinen A., Rapala J., Kalso S., Pitkänen T. (2016) - *Comparison of Colilert-18 with miniaturised most probable number method for monitoring of Escherichia coli in bathing water*. J. Water and Health, **14**, 121–131.

- Vignaroli C., Luna G.M., Pasquaroli S., Di Cesare A., Petruzzella R., *et al.* (2013) - *Epidemic Escherichia coli ST131 and Enterococcus faecium ST17 in coastal marine sediments from an Italian beach*. *Envir. Science Techn.*, **47**, 13772–13780.
- Wade T.J., Pai N., Eisenberg J.N., Colford J.M.J. (2003) - *Do U.S. Environmental Protection Agency water quality guidelines for recreational waters prevent gastrointestinal illness? A systematic review and meta-analysis*. *Envir. Health Perspective*, **111**, 1102–1109.

**Ricevuto il 25/04/2020; accettato 30/09/2020**

## Biocenosi marino-costiere delle Marche

Elisa Punzo<sup>1</sup>, Alessandra Spagnolo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CNR - IRBIM, Largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

### Riassunto

I risultati delle indagini eseguite da ARPAM nel 2003 sono stati confrontati con la più recente bibliografia e sono emerse nuove informazioni riguardanti le Biocenosi della costa marchigiana:

- *Sabellaria spinulosa* e *Pholas dactylus* sono state censite per la prima volta nell'area prospiciente le barriere artificiali di Gabicce Mare (Cerrano et al, 2014a).
- All'interno del porto di Ancona sono state censite per la prima volta tre specie algali non indigene, probabilmente introdotte mediante le carene di imbarcazioni e le acque di zavorra: *Antithamnion hubbsii*, *Grateloupia turuturu* e *Sargassum muticum* (Falace et al, 2010).
- Nell'area del Conero è importante sottolineare la presenza, oltre che di *P. dactylus*, anche di due specie di interesse comunitario: *Pinna nobilis* e *Lithophaga lithophaga* (Cerrano et al, 2014a; Punzo et al, 2017). Inoltre, entrambi gli autori segnalano anche la presenza di numerose colonie di *Cladocora caespitosa*, unica specie di madreporario biocostruttore del Mar Mediterraneo.
- Infine, la fascia costiera compresa tra i fiumi Chienti e Tronto è risultata caratterizzata dalla presenza di strutture artificiali frangiflutto colonizzate principalmente da letti a mitili, *Anemonia viridis* e *S. spinulosa*.

Nel complesso il lavoro ha consentito di confermare la composizione biocenotica individuata nel 2003, anche se sono emerse nuove informazioni che sarebbe stato importante approfondire mediante nuove indagini. A tale riguardo, si sottolinea la necessità in futuro di effettuare campionamenti sistematici delle comunità bentoniche per poter valutare efficacemente e con maggiore precisione le biocenosi presenti nell'areale costiero marchigiano.

**Parole chiave:** Regione Marche, Mare Adriatico, comunità bentoniche, biocenosi, specie di interesse comunitario, specie aliene

### Abstract

*The main findings of the Biocenosis of Marche Region coastal area are illustrated:*

- *Sabellaria spinulosa* and *Pholas dactylus* have been found for the first time in an area close to the artificial reefs of Gabicce Mare (Cerrano et al, 2014a).
- *Three non-indigenous species of algae, Antithamnion hubbsii, Grateloupia turuturu and Sargassum muticum, have been found for the first time in Ancona harbour (Falace et al, 2010). They have been probably introduced by ship hulls or ballast waters.*
- *In the Conero area two species of Community interest were recorded: Pinna nobilis and Lithophaga lithophaga (Cerrano et al, 2014a; Punzo et al, 2017). In addition, the presence of many colonies of Cladocora caespitosa, is reported.*
- *Finally, the coastal area between Chienti river and Tronto river is characterized by the presence of mussels, Anemonia viridis and S. spinulosa settled on coastal defense artificial reefs.*

*The biocenosis evidenced in literature confirm those recorded in 2003 by ARPAM, although new information emerged. For this reason, further studies of benthic communities are recommended ocomplesso il lavoro ha consentito di confermare la composizione biocenotica individuata nel 2003.*

**Keywords:** Marche Region, Adriatic Sea, benthic communities, biocenosis, species of Community interest, alien species

### **Premessa**

L'ultima descrizione completa delle biocenosi bentoniche presenti lungo la costa marchigiana risale al 2003, con il lavoro dell'ARPAM (AA.VV., 2003). Contemporaneamente era stato condotto uno studio riguardante l'area antistante il promontorio del Conero (Fabi *et al.*, 2003; 2008), nel quale è anche riportata una serie di tabelle faunistiche (popolamento bentonico e ittico) comprendenti sia le specie segnalate precedentemente da vari Autori, sia quelle rinvenute per la prima volta nel corso delle indagini condotte nel periodo 1999 - 2001. Nel 2004 è stata prodotta una descrizione completa delle biocenosi bentoniche e della fauna ittica presenti nella fascia costiera del Piceno (Solustri e Froggia, 2004; Solustri *et al.*, 2005). Negli anni successivi, purtroppo, le informazioni sono molto più frammentarie e gli studi condotti hanno riguardato aree molto più limitate. Non essendo stati effettuati nuovi campionamenti della comunità bentonica, per poter valutare le biocenosi presenti lungo la costa marchigiana, questo rapporto analizza e commenta le differenze tra i risultati delle analisi eseguite nel 2003 dall'ARPAM con la più recente bibliografia, riportando solamente i dati relativi ai tratti di costa che sono stati oggetto di ulteriori studi, muovendosi da Nord a Sud. Per tutto il resto si rimanda al lavoro dell'ARPAM (AA.VV., 2003).

### **Risultati**

#### ***Gabicce Mare***

Lo studio effettuato dall'Università Politecnica delle Marche (Cerrano *et al.*, 2014a) ha confermato la presenza nell'area di una prateria mista di fanerogame marine composta da *Zostera marina* (Linnaeus, 1753), *Nanozostera noltii* (Hornemann *et al.*, 1832) e *Cymodocea nodosa* (Ucria) (Ascherson, 1870). Inoltre, l'area di fronte alle barriere artificiali di Gabicce Mare è risultata caratterizzata da una zona rocciosa contraddistinta da letti a mitili (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819), dall'antozoo actinide *Anemonia viridis* (Forsskål, 1775), dal polichete sedentario *Sabellaria spinulosa* (Leuckart, 1849) e dal mollusco bivalve *Pholas dactylus* (Linnaeus, 1758) (Cerrano *et al.*, 2014b), specie che nei lavori precedenti non erano state citate. Il polichete è stato proposto per la conservazione dallo IUCN (Gravina *et al.*, 2018), mentre *P. dactylus* è protetto dalle Convenzioni di Barcellona e di Berna. Il Regolamento Europeo 1967/2006 ne vieta la cattura, trasporto e vendita.

#### ***Parco Naturale Regionale del Monte San Bartolo***

Nell'area limitrofa al parco Cerrano *et al.* (2014a) hanno rilevato la presenza di due habitat prioritari protetti dalla Direttiva 92/42/CEE: l'habitat dei "Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina", caratterizzato dalla Biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC), e l'habitat delle "Scogliere", dove si rinvenivano anche banchi di *P. dactylus*.

#### ***Fascia costiera bassa tra i fiumi Esino e Musone***

La batimetrica 2 - 4 m è caratterizzata dalla prevalenza di sabbia e dalla preponderanza di specie caratteristiche della Biocenosi SFBC (es. polichete *Owenia fusiformis*, Delle Chiaje, 1844) anche se, a livello locale, alcuni siti risentono di particolari condizioni di circolazione delle acque e di sedimentazione, legate al regime idrodinamico dei fiumi.

Ciò si rileva in particolare nell'area a Nord di Ancona, dove si denota un grado di infangamento superiore rispetto al tratto di mare a Sud. A queste batimetriche è cospicua la presenza del mollusco bivalve *Lentidium mediterraneum* (Costa, 1830) (Spagnolo *et al.*, 2006). Tale organismo, caratteristico della Biocenosi delle Sabbie Fini Superficiali (SFS), era già stato rinvenuto dall'ARPAM (AA.VV., 2003). A 8 m di profondità, dove la Biocenosi SFBC è ancora preponderante, è tuttavia consistente l'intrusione di organismi tipici di sabbie infangate, come ad esempio i molluschi bivalvi *Corbula gibba* (Olivi, 1792) della Biocenosi dei Fondi Mobili Instabili (MI) e *Polittapes aureus* (Gmelin, 1791) della Biocenosi SFBC infangata.



### Porto di Ancona

Nel 2009 il CNR-ISMAR di Ancona ha effettuato uno studio volto a caratterizzare i popolamenti fito- e zoobentonici presenti all'interno e all'esterno del Porto di Ancona (Fabi *et al.*, 2009; Falace *et al.*, 2010; Spagnolo *et al.*, 2011). Tale indagine ha evidenziato la presenza di sedimenti sabbiosi nei siti esterni al porto (sabbia >80%) e una predominanza di fango in tutti quelli interni (limo tra il 78% e il 97%). Le specie zoobentoniche rinvenute all'esterno del porto sono apparse differenti rispetto a quelle trovate all'interno a causa sia della diversa tipologia di sedimento, sia delle differenti concentrazioni di materia organica e di inquinanti presenti.

Confermando quanto già evidenziato da ARPAM (AA.VV., 2003), molte delle specie osservate nei siti esterni sono risultate tipiche delle Biocenosi SFBC e SFS, come i policheti *O. fusiformis* e *Nephtys hombergii* (Savigny in Lamarck, 1818) e i molluschi bivalvi *C. gallina* e *Donax semistriatus* (Poli, 1795).

La comunità rinvenuta all'interno del porto, invece, è apparsa caratterizzata da organismi tipici dei fondi fangosi. Le specie più importanti sono risultate i molluschi bivalvi *C. gibba* e *Nucula nitidosa* (Winckworth, 1930) e il polichete *Hilbigneris gracilis* (Ehlers, 1868), tutte specie indicatrici della presenza di inquinamento (Borja *et al.*, 2000; Bustoz - Baez e Frid, 2003; Hrs-Brenko, 2006; Albayrak *et al.*, 2007). Per quanto riguarda il fitobenthos, Falace *et al.* (2010) hanno censito 39 taxa macroalgali (26 *Rhodophyta*, 7 *Ochrophyta* e 6 *Chlorophyta*). Le specie più frequenti sono state la clorofita *Ulva laetevirens* (J.E. Areschoug, 1854) e la rodofita *Rhodomenia ardissoni* (Kuntze) (Feldmann, 1937), entrambe rinvenute sia sui muri delle banchine che su fondo mobile all'interno e all'esterno del porto. Sono state anche segnalate per la prima volta tre specie NIS: le rodofite *Antithamnion hubbsii* (E.Y. Dawson) e *Grateloupia turuturu* (Yamada) e la ocrofita *Sargassum muticum* (Yendo) (Fensholt). *A. hubbsii* è stata rinvenuta lungo i muri di sponda delle banchine; i talli di *G. turuturu* sono stati raccolti su gusci di mitili e substrati duri in una stazione riparata del porto a -1 m di profondità. Invece i talli di *S. muticum*, alcuni dei quali densamente epifitati, sono stati ritrovati su un fondo fangoso, tra i massi di una scogliera di un molo esterno, alla profondità di 9 m.

### Promontorio del Conero

Per quanto riguarda i fondi duri, fino a 6 m di profondità Punzo *et al.* (2017) riportano la presenza di due biocenosi principali lungo la fascia costiera del Conero:

- Biocenosi Fotofila della Roccia Infralitorale Superiore in Moda Calma senza dominanza di uno strato di alghe feoficee dell'ordine *Fucales*, caratterizzata dalla presenza di facies con dominanza di specie quali l'alga feoficea *Dictyota dichotoma* (Suhr, 1839) (ordine: *Dictyotales*). Specie caratteristica di questo popolamento è *M. galloprovincialis*;
- Biocenosi Fotofila della Roccia Infralitorale Superiore in Moda Calma con dominanza della feoficea *Cystoseira* (C. Agardh, 1820) (ordine: *Fucales*) associata a una abbondante presenza di mitili (*M. galloprovincialis*) che arrivano a formare coperture spesso del 100%.

Caratteristica dell'area marina del Conero è anche l'associazione composta dal mitilo e dall'alga cloroficea *Ulva rigida* (C. Agardh, 1823), situazione molto particolare legata al livello trofico tipico dell'Adriatico centro-settentrionale e caratterizzata, anche in questo caso, da una copertura dei mitili fino al 100%.

Oltre i 6 m di profondità, invece, si ritrovano fondamentalmente due popolamenti: uno dominato dal mitilo con una scarsa presenza algale e l'altro, in cui il mitilo è assente, dominato da organismi filtratori, come gli cnidari antozoi *A. viridis* e *A. sulcata* e il polichete *Sabella spallanzanii* (Gmelin, 1791).

Nell'area è inoltre da evidenziare la presenza di *P. dactylus* e di due specie di interesse comunitario: i bivalvi *Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758) e *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758). *L. lithophaga* è stata riportata sia da Punzo *et al.* (2017) che da Cerrano *et al.* (2014a), mentre *P. nobilis* è stata segnalata solo da Cerrano *et al.* (2014a). Entrambe sono specie protette: la prima è inserita nell'allegato IV della Direttiva Habitat, nell'allegato II della Convenzione di Berna, nell'allegato II del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona e nell'allegato II della CITES. Il Regolamento Europeo 1967/2006 ne vieta la cattura, trasporto e vendita. *P. nobilis* è inserita nell'allegato IV della Direttiva Habitat e nell'allegato II del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona. Quest'ultima è una specie molto importante in quanto crea un ambiente unico dove si possono incontrare numerosi organismi di valore naturalistico e/o commerciale; può essere inoltre considerata un *ecosystem engineer* per la sua capacità di condizionare l'architettura dell'habitat in cui vive (Cerrano *et al.*, 2014a).

Entrambi gli studi (Cerrano *et al.*, 2014a; Punzo *et al.*, 2017) hanno inoltre riportato la presenza di numerose colonie dello cnidario esacorallo *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) nell'area del Trave. Si tratta dell'unica specie di madreporario biocostruttore del Mediterraneo, la quale riveste una notevole importanza ecologica poiché in grado di costruire vere e proprie scogliere di origine biologica. È anch'essa specie protetta e inserita nell'allegato II del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona e nella Lista rossa IUCN (2014).

Per quanto concerne i fondi mobili, i dati raccolti da Punzo *et al.* (2017) hanno evidenziato la coesistenza di diverse biocenosi. Fino ai 10 m di profondità domina la Biocenosi SFBC, caratterizzata dalla presenza dei bivalvi *Tritia mutabilis* (Linnaeus, 1758) e *C. gallina* e del crostaceo decapode *Diogenes pugilator* (Roux, 1829). Oltre i 10 m, invece, è possibile osservare la comparsa di specie legate a un certo grado di infangamento, come il mollusco bivalve *C. gibba* e il mollusco scafopode *Antalis inaequicostata* (Dautzenberg, 1891), appartenenti alla Biocenosi MI.

All'interno del Parco Naturale Regionale del Conero è stata inoltre rilevata la presenza di tre habitat prioritari protetti dalla Direttiva 92/42/CEE: l'habitat dei "Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina", l'habitat delle "Scogliere" e l'habitat "Grandi cale e baie poco profonde" all'interno del quale si trova un misto degli altri due habitat (Cerrano *et al.*, 2014a).

### **Fascia costiera tra i fiumi Chienti e Tronto**

L'area è caratterizzata da una costa bassa e sabbiosa e i substrati rocciosi sono limitati alle strutture artificiali frangiflutto poste a difesa del litorale e a pochi scogli a Pedaso e Grottammare (Solustri *et al.*, 2005). Queste rocce, come già osservato per la zona di Gabicce, sono caratterizzate principalmente da letti a mitili, *A. viridis* e *S. spinulosa* (Cerrano *et al.*, 2014a).

La biocenosi SFS è risultata presente alla batimetrica dei 3 m nell'area di fronte a Porto Sant'Elpidio e Pedaso, dove è nettamente dominante il bivalve *L. mediterraneum*, accompagnato dai bivalvi *D. semistriatus* e *C. gallina* (Solustri e Froglià, 2004; Solustri *et al.*, 2005).

Particolarmente estesa è apparsa la biocenosi SFBC, che caratterizza tutti i fondali compresi tra 3 e 10 m di profondità con le specie *C. gallina*, *O. fusiformis* e *T. mutabilis*. A profondità maggiori è stata rinvenuta la biocenosi MI rappresentata soprattutto da *C. gibba*, talvolta presente con densità molto elevate (> 4500 individui/m<sup>2</sup>). Tipici di questa biocenosi sono anche i bivalvi *Moerella distorta* (Poli, 1791) e *Dosinia lupinus* (Linnaeus, 1758), piuttosto abbondanti nell'area del Piceno anche se in misura minore rispetto a *C. gibba*.

### **Riserva Naturale Regionale della Sentina**

Lo studio effettuato dall'Università Politecnica delle Marche (Cerrano *et al.*, 2014a) ha confermato la presenza di fondali sabbiosi nell'area costiera situata a Sud di San Benedetto del Tronto, con il rinvenimento di numerosi esemplari dei molluschi gasteropodi *Neverita josephinia* (Risso, 1826) e *D. pugilator*. I fondali antistanti alla Riserva Naturale Sentina sono infatti occupati quasi totalmente dall'habitat "Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina".

Inoltre, sono state anche identificate strutture artificiali molto ricche di specie, tra cui si rinvennero ad esempio *M. galloprovincialis*, il mollusco gasteropode *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767) e *A. viridis* (Cerrano *et al.*, 2014a).

### **Valutazioni conclusive**

Non essendo stati effettuati nuovi campionamenti della comunità bentonica al fine di valutare le biocenosi presenti lungo il litorale marchigiano, nel presente rapporto sono stati confrontati i risultati delle analisi eseguite da ARPAM nel 2003 con la più recente bibliografia. Pur trattandosi prevalentemente di studi riferiti a specifiche aree, da tale indagine bibliografica sono emerse nuove informazioni riguardanti le Biocenosi della costa marchigiana che possono essere così riassunte:

- Nell'area prospiciente le barriere artificiali di Gabicce Mare sono state riportate per la prima volta le specie *Sabellaria spinulosa* e *Pholas dactylus* (Cerrano *et al.*, 2014a). Si tratta di organismi che costituiscono formazioni di interesse ecologico in quanto incrementano l'eterogeneità e la complessità dell'habitat; il bivalve *P. dactylus* è anche soggetto a protezione dalla normativa nazionale e internazionale.
- Nell'ambito di uno studio condotto dal CNR-ISMAR di Ancona (Fabi *et al.*, 2009; Spagnolo *et al.*, 2011) volto a valutare le biocenosi presenti nel Porto di Ancona, è stato evidenziato che la comunità pre-

sente sui fondali interni al porto è caratterizzata dalla predominanza di organismi tipici dei fondi fangosi, come i bivalvi *Corbula gibba* e *Nucula nitidosa*, specie indicatrici anche della presenza di inquinamento (Borja *et al.*, 2000). Sono state inoltre censite per la prima volta tre specie algali non indigene, probabilmente introdotte mediante le carene di imbarcazioni e le acque di zavorra: *Antithamnion hubbsii*, *Grateloupia turuturu* e *Sargassum muticum* (Falace *et al.*, 2010). Sarebbe interessante valutare se la presenza di queste specie sia limitata ad ambienti confinati e aree portuali o se siano più ampiamente diffuse in aree limitrofe il porto o sui substrati naturali del Conero. L'assenza di studi floristici recenti ed estensivi nel medio Adriatico non consente di affermare o escludere con certezza tale ipotesi.

- Nell'area del Conero è importante sottolineare la presenza, oltre che di *P. dactylus*, anche di due specie di interesse comunitario: *Pinna nobilis* e *L. lithophaga*. La prima è stata segnalata da Cerrano *et al.* (2014a), la seconda da Cerrano *et al.* (2014a) e da Punzo *et al.* (2017). Molto interessante da parte di entrambi gli autori la segnalazione di numerose colonie di *C. caespitosa*, l'unica specie di madreporario biocostruttore del Mediterraneo e, dunque, con un'importanza ecologica notevole. Pertanto, anche questo è organismo protetto.
- La fascia costiera compresa tra i fiumi Chienti e Tronto è risultata caratterizzata dalla presenza di strutture artificiali frangiflutto colonizzate principalmente da letti a mitili, *Anemonia viridis* e *S. spinulosa*.

Nel complesso la ricerca bibliografica effettuata ha consentito di confermare la composizione biocenotica individuata precedentemente, ma sono anche emerse nuove informazioni che sarebbe stato importante approfondire mediante nuove indagini. A tale riguardo, si sottolinea la necessità in futuro di effettuare campionamenti sistematici delle comunità bentoniche per poter valutare efficacemente e con maggiore precisione le biocenosi presenti nell'areale costiero marchigiano.

## Bibliografia

- AA.VV. (2003) - Rapporto sullo stato di qualità ambientale della fascia costiera marchigiana: balneabilità e biocenosi. ARPAM. pp 137.
- Albayrak S., Balkis H., Çmar M.E. (2007) - *Shallow-water soft bottom macrozoobenthic communities from Edremit Bay (NE Aegean Sea)*. Belgian J Zool, 137: 127-132.
- Borja A., Franco J., Pérez V. (2000) - *A marine biotic index to establish the Ecological Quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments*. Marine Pollution Bulletin, 40: 1100-1114.
- Bustoz-Baez S., Frid C. (2003) - *Using indicator species to assess the state of microbenthic communities*. Hydrobiologia, 496: 299-309.
- Cerrano C., Pica D., Di Camillo C., Bastari A., Torsani F. (2014a) - *Caratterizzazione biocenotica e restituzione cartografica per l'individuazione di habitat e specie di interesse comunitario nelle aree prospicienti le aree protette delle Marche*. Relazione Tecnica per la Regione Marche. pp. 53.
- Cerrano C., Pica D., Di Camillo C., Bastari A., Torsani F. (2014b) - *Caratterizzazione biocenotica e restituzione cartografica per l'individuazione di habitat e specie di interesse comunitario lungo la costa marchigiana*. Relazione Tecnica per la Regione Marche. pp. 55.
- Fabi G., Marini M., Palladino S. (2003) - *L'Area Marina antistante il Promontorio del Monte Conero*. Quaderni dell'Istituto Ricerche Pesca Marittima, Ancona, Nuova Serie, 1. pp. 139.
- Fabi G., Manoukian S., Sarappa A., Spagnolo A. (2008) - *Modificazioni temporali delle biocenosi bentoniche di fondo mobile lungo la costa del Promontorio del Conero (Nord Adriatico)*. Biologia Marina Mediterranea, 15(1): 268-269.
- Fabi G., Grati F., Spagnolo A. (2009) - *Studio di impatto ambientale del Piano di sviluppo del Porto di Ancona - Studi per approfondimenti riguardanti la componente marina*. Rapporto per l'Autorità Portuale di Ancona. pp. 99.
- Falace A., Alongi G., Spagnolo A. e Fabi G. (2010) - *Segnalazione di macroalghe non-indigene nel porto di Ancona (medio Adriatico)*. Biologia Marina Mediterranea, 17 (1): 300-301.
- Gravina M.F., Cardone F., Bonifazi A., Bertrandino M.S., Chimienti G., Longo C., Nonnis Marzano C, Moretti M., Lisco S., Moretti V., Corriero G., Giangrande A. (2018) - *Sabellaria spinulosa (Polychaeta, Annelida) reefs in the Mediterranean Sea: Habitat mapping, dynamics and associated fauna for conservation management*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 200: 248-257.
- Hrs-Brenko M. (2006) - *The basket shell, Corbula gibba Olivi, 1792 (Bivalve Molluscs) as a species resistant to environmental disturbances: a review*. Acta Adriatica, 47: 49-64.

- Punzo E., Grati F., Spagnolo A., Fabi G. (2017) - *Peculiarità dell'area marina antistante il Monte Conero*. Studi Costieri, 24: 53-58.
- Solustri C., Frogliani C. (2004) - *Le comunità biologiche della fascia costiera del Piceno*. In: Area Marina Protetta del Piceno, Vol 1. L'ambiente Ed. pp. 36-55.
- Solustri C., Morello E.B., Vitali C., Frogliani C. (2005) - *Malacofauna dell'area costiera proposta per l'istituzione del "Parco Marino del Piceno" (Adriatico Centrale)*. Biologia Marina Mediterranea, 12 (1): 159-163.
- Spagnolo A., Manoukian S., Ausili S. (2006) - *Distribuzione di *Lentidium mediterraneum* lungo la fascia costiera adriatica compresa tra i fiumi Esino e Musone*. Biologia Marina Mediterranea, 13 (2): 252-253.
- Spagnolo A., Scarcella G., Sarappa A. (2011) - *Benthic community response to sediment features in Ancona Harbour (northern Adriatic Sea, Italy)*. Vie et Milieu - Life and Environment, 61(3): 119-128.

**Ricevuto il 25/04/2020; accettato 02/07/2020**

## Le formazioni a Reef della Costa Picena

Luca Bracchetti<sup>1</sup>, Martina Capriotti<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Università di Camerino - Scuola Bioscienze e Medicina Veterinaria – URDIS  
Lungomare A. Scipioni. 63074 San Benedetto del Tronto (AP)

<sup>2</sup> University of Connecticut - Department of Marine Sciences  
1080 Shennecossett Rd, 06340 Groton (CT) USA

### Riassunto

La costa Picena, seppur caratterizzata prettamente da banchi di sabbia e da scogliere frangiflutti a protezione della costa, presenta due aree in cui i reef naturali ne aumentano la complessità morfologica subacquea e ne arricchiscono le biocenosi, fornendo zone di nursery, rifugio, ovideposizione e approvvigionamento di cibo per molte specie. Gli scogli di San Nicola a Grottammare (AP) e la franata di Pedaso (AP) sono stati in questo articolo descritti dal punto di vista geomorfologico e biocenotico come aree con una certa rilevanza ecologica, che necessitano di essere maggiormente studiate.

Infatti, i reef biogenici rinvenuti, oltre alla loro importanza in qualità di fondi duri, svolgono un fondamentale ruolo nella dispersione di organismi bentonici lungo la costa occidentale del Mare Adriatico, e possono essere considerate *stepping-stones* di collegamento tra il Conero a Nord e Torre del Cerrano / Costa dei Trabocchi a Sud. *Sabellaria spinulosa* e *Mytilus galloprovincialis*, considerati *ecosystem engineers*, si affiancano alle comunità vegetali ed animali che popolano i massi naturali nelle aree di interesse.

Diverse segnalazioni di specie sia vagili sia sessili sono inoltre elencate.

**Parole chiave:** Regione Marche, Mare Adriatico, specie di interesse, reef, nuove osservazioni, Piceno, *bioengineers*, reef biogenici.

### Abstract

*The Piceno coast is basically characterized by sandbanks and artificial coast protection reefs; anyway two spots with natural reefs increase the morphological complexity of the underwater environment and enrich the local biocenosis, providing spots used as nursery, shelter, spawning and food supply for many species.*

*The reefs of Grottammare (AP) and Pedaso (AP) are geomorphologically and biocenotically described in the present article, as areas of high ecological relevance, that need to be better studied. The biogenic reefs detected are, indeed, not only important for being hard bottoms, but also for their role as dispersal of benthic organisms along the east Adriatic Sea, and can be considered Stepping stones for connecting the Conero promontory on the northern side and the Torre del Cerrano / Costa dei Trabocchi on the southern side. Sabellaria spinulosa and Mytilus galloprovincialis, considered ecosystem engineers, stand alongside the plant and animal communities that populate the natural boulders in the areas of interest.*

*Several reports of both vagile and sessile species are also listed.*

**Keywords:** Marche Region, Adriatic Sea, species of interest, reef, new observations, Piceno, *bioengineers*, biogenic reef.

### Premessa

Il presente contributo ha lo scopo di raccogliere le frammentarie informazioni bibliografiche, inerenti agli aspetti biologici delle formazioni rocciose sommerse presenti lungo il tratto di costa adriatica del Piceno.

Si coglie poi l'occasione di presentare un breve elenco di specie che gli autori hanno osservato da circa cinque anni a questa parte nelle aree a *reef* naturale di Grottammare e Pedaso durante immersioni occasionali, non strutturate cioè in sistematici monitoraggi.

Questo aspetto rappresenta un fattore molto importante; le segnalazioni qui riportate possono stimolare e sensibilizzare il comparto scientifico ad approfondire le conoscenze di questi ambienti poco conosciuti e quindi scarsamente studiati.

### Generalità della costa Picena

Ubicata a sud della Regione Marche, la costa sommersa del Piceno si presenta come una distesa sabbiosa che degrada lentamente verso il largo. Tale caratteristica la fa rientrare per la quasi totalità nella tipologia di Habitat 1110 *Sandbanks*, individuato dalla Direttiva 92/43/CEE Allegato 2.

È in ragione di ciò che recentemente il perimetro del SIC IT534001 – Litorale di Porto d'Ascoli, è stato ampliato verso mare per tutta la lunghezza della Riserva Naturale Regionale Sentina lungo costa, in cui è incluso, e per un terzo di miglio nautico verso mare.

Soluzioni di continuità al fondale sabbioso sono rappresentate nel Piceno dalle barriere frangiflutti e da due formazioni a *Reef* naturale (Habitat 1170), ubicate una a nord del territorio comunale di Grottammare (circa 8,5 ha) e l'altra a sud di quello di Pedaso (circa 7,5 ha) (Fig. 1).

Unitamente all'Habitat 1110, la presenza del 1170 ha permesso il riconoscimento a SIC del tratto di mare ubicato a nord del territorio comunale di Grottammare (SIC IT534022 - Costa del Piceno - San Nicola a Mare).

I *reef* di Grottammare e Pedaso sono estremamente simili; condividono infatti la stessa geologia, morfologia e le stesse caratteristiche biologiche.

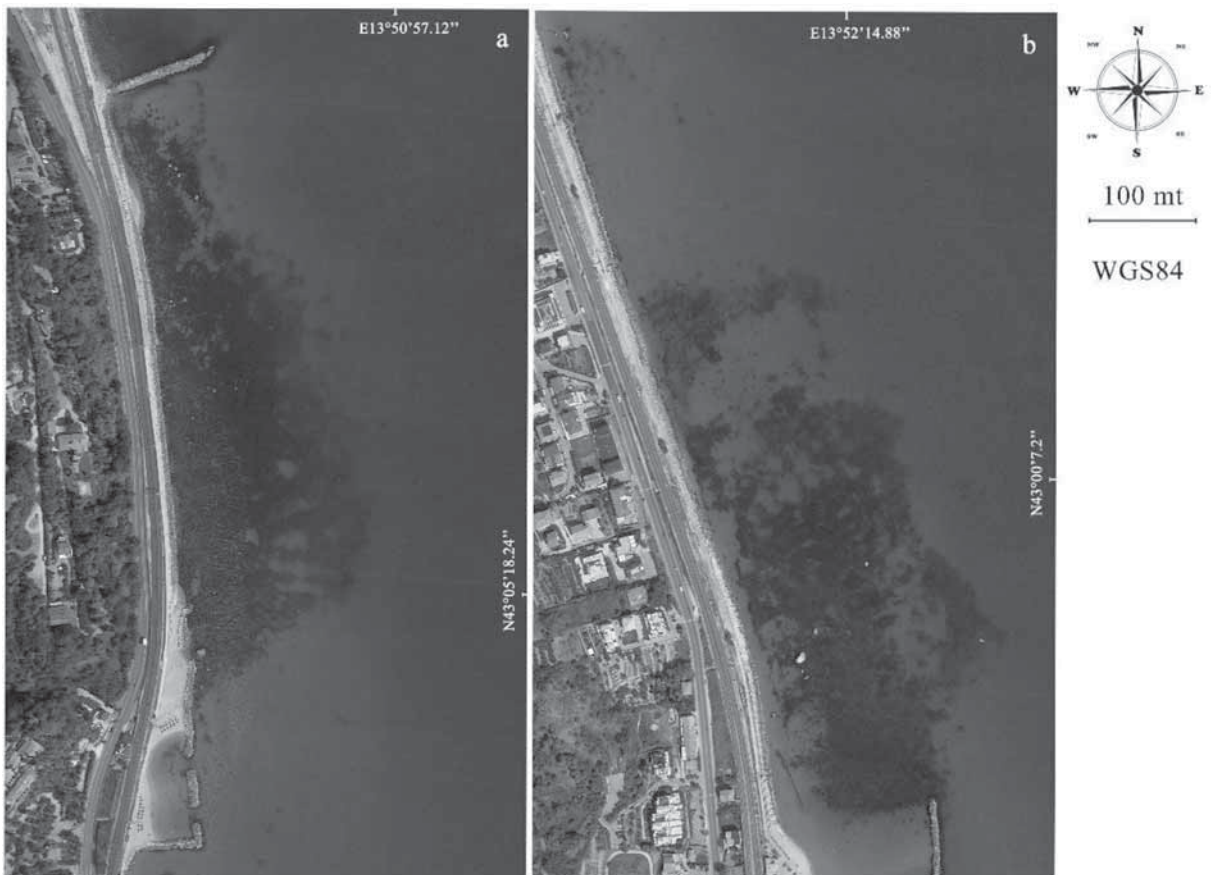


Figura 1. Le formazioni rocciose marine di Pedaso (a) e Grottammare (b); foto Google Earth.

In queste aree, la falesia morta a diretto contatto con il mare ha determinato la presenza di substrati duri naturali, caratterizzati da scogli di varie dimensioni; questi risultano talvolta affioranti, come appunto gli scogli di San Nicola e quelli poco a sud di Pedaso, e rappresentano la testimonianza di frane avvenute in epoca recente (Frogliata *et al.*, 2001).

Tali movimenti franosi sono da ricondurre all'innalzamento delle porzioni costiere avvenuto nel Quaternario (Boccaletti *et al.*, 1983), che ha innescato scivolamenti roto-traslativi profondi e fenomeni erosivi alla base delle falesie di neoformazione; queste, con un moto relativo rispetto alla linea di costa, sono gradualmente arretrate lasciando fronte mare i resti più duri degli strati, qui rappresentati da conglomerati e arenarie cementate. Tra questi prendono spazio substrati misti incoerenti, rappresentati alternativamente da sabbie e ciottoli di diverse dimensioni e la profondità non supera i 5 m.

Per Grottammare si hanno notizie di tali fenomeni franosi a partire dal II secolo a.C.; in ragione del tipo di materiale coinvolto e dell'attuale stato di conservazione degli elementi costituenti il corpo di frana, il fondale roccioso qui osservabile si può far riferire alla coalescenza di recenti eventi di crollo, con particolare riferimento a quelli avvenuti nel 1451 e 1843, riportati da Rivosecchi (1994).

Una curiosità storica sta nel nome di San Nicola, dato agli scogli emersi che oggi osserviamo a Grottammare; il vero scoglio di San Nicola, delle dimensioni di 15 x 10 m ed altezza di ben 8 m s.l.m., fu fatto brillare intorno al 1860, in occasione della costruzione dell'attuale ferrovia. Su questo scoglio, a quell'epoca erano ancora presenti i ruderi di una chiesetta dedicata appunto a San Nicola di Bari, protettore dei naviganti (Mascaretti, 1863).

Per Pedaso invece le notizie sono più frammentarie e viene riportato che gli eventi franosi che hanno generato l'attuale fondale roccioso siano avvenuti, il primo intorno al 1600 ed il secondo nel 1972 ([www.comunedipedaso.it](http://www.comunedipedaso.it)).

Da un punto di vista ecologico, tali aree svolgono un fondamentale ruolo nella diffusione di organismi di fondo duro lungo la costa occidentale del Mar Adriatico ed in un'ottica di Rete ecologica, tali formazioni rappresentano quindi delle *stepping-stones*, che collegano *core-areas* che nel medio Adriatico possono essere individuate nel Conero a nord e in Torre del Cerrano / Costa dei Trabocchi a sud.

### Caratteristiche biologiche dei Reef del Piceno

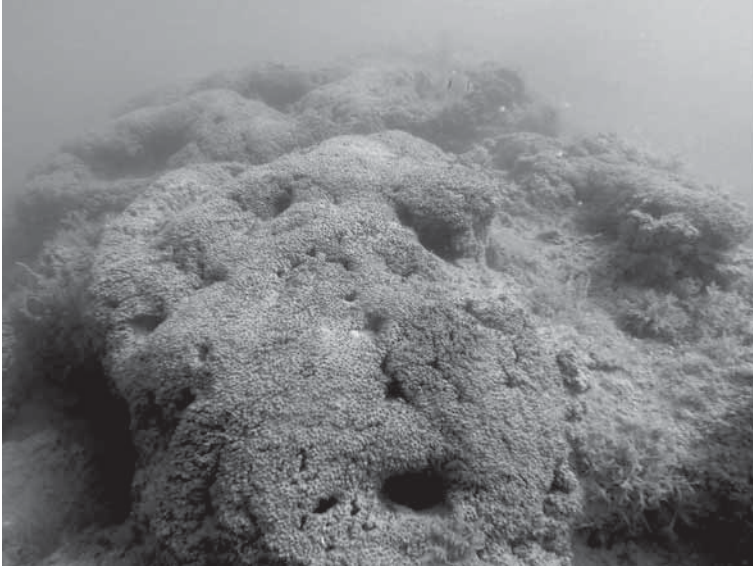
La descrizione delle comunità di fondo duro qui riportata fa riferimento alle informazioni riportate in Cerrano *et al.* (2014 a, b) e nella Relazione "Caratterizzazione biocenotica dell'area "Scoglio di S. Nicola", Grottammare (AP)" eseguita nel 2014 per il Comune dal DiSVA dell'Università Politecnica delle Marche.

I reef biogenici costituiti da *Sabellaria* presenti nelle aree di nostro interesse vengono fatti riferire a *Sabellaria alcocki* in Cerrano *et al.* (2014a), a *Sabellaria spinulosa* in Frogliata (2001) e Cerrano *et al.* (2014b) ed infine a *S. cfr. alcocki* nella relazione sopra citata. Lezzi (2015) ipotizza che le erronee segnalazioni di *S. alcocki* nel Mediterraneo facciano riferimento a differenti stadi di sviluppo di *S. spinulosa*; Gravina (2018) fa unico riferimento a *S. spinulosa* per l'intero Mediterraneo. Per tale ragione in questo contributo si utilizza *S. spinulosa* per descrivere il polichete responsabile delle massive biocostruzioni qui presenti; in quest'ottica il presente contributo potrebbe rappresentare uno stimolo per chiarire questo aspetto.

Tali reef biogenici, assieme ai mussel bed formati da *Mytilus galloprovincialis*, rappresentano le componenti biocenotiche più rilevanti dei due siti. L'importanza di questi organismi sta nel fatto che sono appunto in grado di aumentare la complessità tridimensionale del substrato, che così potrà ospitare un maggior numero di organismi creando le condizioni ottimali per agevolarne il loro stesso insediamento; a tal proposito sono infatti definiti *ecosystem engineers* (Fig. 2).

Essendo animali sospensivori, mitili e sabellaridi svolgono un'importante funzione di biorimediazione delle acque, rimuovendo dall'acqua particelle di materia organica e microrganismi. Inoltre, queste formazioni biogeniche, fondendosi tra loro, originano numerosi anfratti che fungono da rifugio per numerose specie vagili come osteitti (*Serranus scriba*, *Symphodus tinca*, blennidi), crostacei ed echinodermi.

Le scogliere sono riccamente popolate da flora e fauna che si distribuiscono lungo un gradiente di profondità a seconda della penetrazione della luce e dell'idrodinamismo. Nella fascia superiore, fino a circa 3 m, le rocce sono maggiormente popolate da alghe, quali *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida*, *Ulva lactuca*, *Chondria dasyphylla* e *Padina pavonica* (Fig. 3). In questa fascia, ma estendendosi anche più in profondità, sono presenti ricchi popolamenti a *M. galloprovincialis* che dominano l'ambiente bentonico insieme a *S. spinulosa* e



**Figura 2. Popolamento di *Sabellaria spinulosa* (Grottammare) che si solleva di circa 15 cm dalla superficie della roccia su cui si è insediata, aumentandone la complessità tridimensionale.**

localmente ad *Anemonia viridis*. Ove le condizioni di pendenza lo permettono, si insediano su roccia numerose specie di animali filtratori quali ad esempio *Cliona adriatica*, *Cereus pedunculatus*, *Microcosmus* sp. ed *Aplisia aerophoba*.



**Figura 3. Popolamento di alghe fotofile (Grottammare).**

### **Nuove osservazioni e conferme**

A conferma dell'importanza di questi ambienti rocciosi, stanno le osservazioni fatte dagli autori, dei seguenti organismi di interesse conservazionistico, per i quali si riportano anche le relative misure di conservazione; il periodo di osservazione va dal 2015 al 2019.

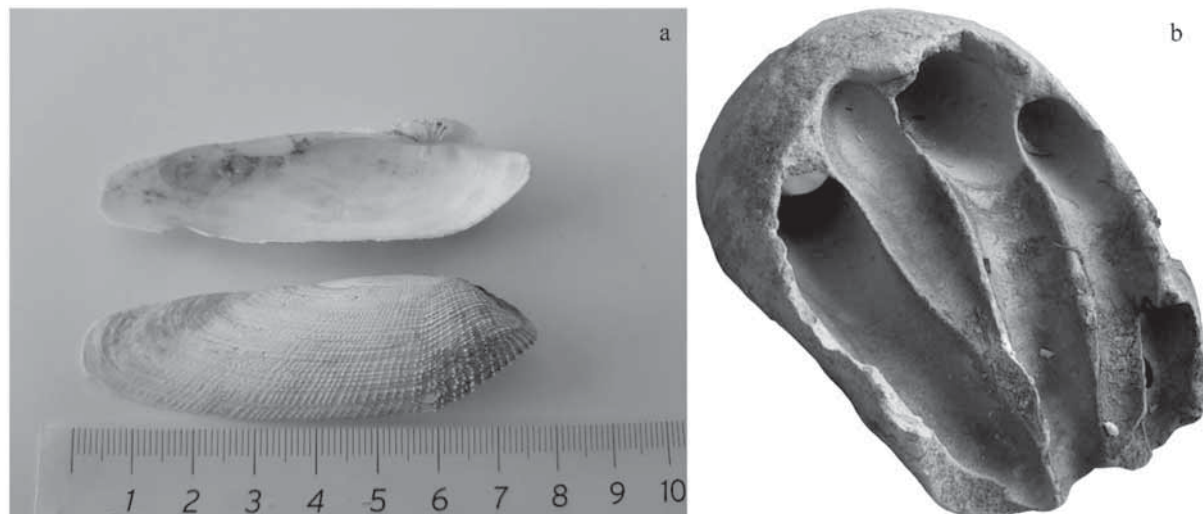
#### *Scyllarus arctus* (Linnaeus, 1758)

Osservata nel 2017 a Grottammare (43°00'03.78N - 13°52'18.91N), la specie è stata segnalata da Frogliani (2002) come "...alcuni esemplari spiaggiati a sud della foce del fiume Tesino". Nonostante le conoscenze sull'ecologia di questa specie siano ancora limitate (Faria *et al.*, 2014), *S. arctus* è comune sia su fondali rocciosi sia fangosi, ed è possibile osservarla anche già dalle acque superficiali (4-50mt) (Holtuis, 1991). La specie è inserita nell'allegato III della Convenzione di Berna, nell'allegato III del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona e nella Lista Rossa IUCN (LC).



*Pholas dactylus* Linnaeus, 1758

Osservata più volte a Grottammare durante il periodo sopra riportato (42°59'59.87N - 13°52'14.04N); qui la specie è stata rinvenuta solo in ciottoli di modeste dimensioni di natura arenacea. *Pholas dactylus* è presente anche lungo la costa del promontorio del Conero e di Gabicce Mare (Cerrano *et al.*, a, b) e predilige rocce tenere che perfora per azione meccanica, a differenza dell'altro bivalve perforatore *Lithophaga lithophaga*, che si rinviene invece su substrati più duri che perfora per azione chimica. La specie è rigorosamente protetta dal D.M 16 ottobre 1998, che ne vieta la pesca; è inclusa inoltre nell'allegato II della Convenzione di Berna e nell'allegato II del Protocollo relativo alle Aree Specialmente Protette e della Biodiversità del Mediterraneo (Convenzione di Barcellona).



**Figura 4.** Valve di *Pholas dactylus* (a) e frammento di roccia (b) con evidenti segni di erosione ad opera del bivalve litodomo, rinvenuti nel reef di Grottammare.

*Sciaena umbra* Linnaeus 1758

Osservata costantemente a Grottammare e Pedaso, è una specie tipica dei substrati rocciosi prediligendo prede (principalmente decapodi, anfipodi e policheti) caratteristiche dei reef (Fabi *et al.* 2006; Froglià e Gramitto, 1998) e ritrovando qui abbondanti anfratti in cui trascorre molto del suo tempo. La specie è inserita nell'allegato III del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona, nell'allegato III della Convenzione di Berna e nella Lista Rossa IUCN (VU).

*Umbrina cirrosa* Linnaeus, 1758

Osservata in un solo esemplare nel 2019 a Grottammare (43°00'02.17N - 13°52'21.70N), *U. cirrosa*, è abituale di aree costiere sabbiose ed un vorace predatore di macroinvertebrati bentonici (Froglià e Gramitto, 1998), motivo per cui trova nella costa picena un interessante sito di approvvigionamento alimentare. La specie è inserita nell'allegato III del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona, nell'allegato III della Convenzione di Berna e nella Lista Rossa IUCN (DD).

*Seriola dumerili* (Risso, 1810)

*S. dumerili* si sposta in acque superficiali più calde, al di sopra del termocline, anche caratterizzate da reef rocciosi, durante il periodo riproduttivo (Andaloro e Pipitone, 1997; Lazzari e Barbera, 1989), che generalmente corrisponde alla stagione estiva (Marino *et al.*, 1995).

È stata osservata nel 2019 a Grottammare in branco di circa 20 individui giovani (dai 30 ai 40 cm) per tutto il mese di ottobre.

Questa specie è inserita nella Lista Rossa IUCN (LC).

*Alosa fallax* (Lacépède, 1803)

Osservato un solo individuo nel 2017 a Grottammare (42°59'57.23N - 13°52'18.85N).

*A. fallax* è una specie anadroma, che all'inizio della fase riproduttiva migra di pochi chilometri lungo i fiumi, alla ricerca di anfratti ideali per la riproduzione e deposizione delle uova. Mentre i giovanili, alla discesa dai fiumi, si insediano in acque estuariali, gli adulti possono spostarsi verso il mare (Arahamian et al, 2003). La specie è inserita negli allegati 2 e 5 della Direttiva Habitat, nell'allegato III della Convenzione di Berna, nell'allegato III del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona e nella Lista Rossa IUCN (VU).

#### *Hippocampus spp.*

Esemplari di questo genere stanziale di acque costiere, la cui presenza è spesso associata a praterie di fanerogame marine (Curtis e Vincent, 2005), sono stati osservati raramente a Grottammare.

Le due specie di questo genere presenti nei mari italiani sono inserite nell'allegato II del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona, nell'allegato II della Convenzione di Berna nell'allegato III della CITES e nella lista rossa IUCN (NT).

#### *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816)

*P. lividus* è una specie tipica dell'infralitorale, che predilige scogli su cui pascolare. È infatti stata osservata costantemente, seppur con un numero di individui ridotto, sia a Grottammare sia a Pedaso. Si conferma quindi la presenza già rilevata da Cerrano et al. (2014b). La specie è inserita nell'allegato III del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona e nell'allegato III della Convenzione di Berna.

### Valutazioni conclusive

Per le caratteristiche di cui sopra, si evidenzia l'importanza biogeografica di tali formazioni rocciose sommerse che svolgono importantissime funzioni ecologiche per molti organismi che le sfruttano saltuariamente (nursery, rifugio, ovideposizione e approvvigionamento cibo) o per condurvi tutto il proprio ciclo di vita. Fungono inoltre da aree puntiformi utili alla diffusione di specie caratteristiche dei fondi duri lungo la costa adriatica.

Ad ulteriore conferma dell'importanza di queste aree, vanno ricordati anche i ritrovamenti di *Pinna nobilis* nel 2011 (Cerrano et al., 2014 b) poco a nord del reef di Pedaso e di *Chelonia mydas* (Capriotti et al., 2018) nelle immediate vicinanze del reef di Grottammare.

Nonostante sia una delle due specie di tartarughe marine che si riproducono in Mar Mediterraneo, la presenza di *C. mydas* è abbastanza rara nel bacino adriatico. Un totale di 5 esemplari spiaggiati è stato rinvenuto lungo le coste italiane dell'Adriatico centro-settentrionale dal 2009 al 2016. Inquinamento, cattura by-catch, nautica da diporto, cambiamenti climatici, sono solo alcuni dei fattori che minacciano la sopravvivenza di questa specie ed il raggiungimento dell'età adulta (Stubbs et al., 2020; Capriotti et al., 2018). Acidificazione delle acque, degradazione costiera e distruzione degli habitat, sono altri parametri da considerare, soprattutto quando si parla della sopravvivenza di *Pinna nobilis*, che essendo un bivalve endemico del Mediterraneo e rinvenibile già a 0.5mt di profondità, ne risente con particolare enfasi (Deudero et al., 2015).

Comunque, più in generale, le minacce che gravano sui reef oggetto della presente pubblicazione, si riferiscono a: pesca abusiva (Fig. 5), presenza di rifiuti (attrezzi da pesca e manufatti in plastica), contaminazione chimica (Cocci et. al, 2013, 2015, 2017a, b, c, 2018, 2020), inquinamento da microplastiche (Capriotti et al., 2020; Andradý, 2011) e specie aliene.

In merito a quest'ultimo aspetto, va ricordata la presenza in entrambi i siti di *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846), specie originaria del Mar del Giappone, introdotta nel bacino mediterraneo probabilmente attraverso i transiti marittimi del canale di Suez. Questa è attiva predatrice di bivalvi come *M. galloprovincialis* e *Ostrea spp* (Mizzan, 1999) e per tale ragione andrebbe monitorata attentamente.

Infine, sebbene non definibile specie esotica, è interessante segnalare come negli ultimi anni siano fortemente aumentati gli avvistamenti di pesce serra (*Potamotus saltatrix*), che in queste aree sono stati spesso osservati di dimensioni ragguardevoli e riuniti in nutriti branchi; parallelamente, segnaliamo l'osservazione per Grottammare di alcuni giovani individui di barracuda (*Sphyræna spp.*) negli anni 2018 e 2019. Queste due specie occupano la stessa nicchia ecologica della spigola (*Dicentrarchus labrax*), predatore tipico di queste zone, minacciandone così la presenza nel lungo periodo; per tale ragione necessitano di un attento monitoraggio.

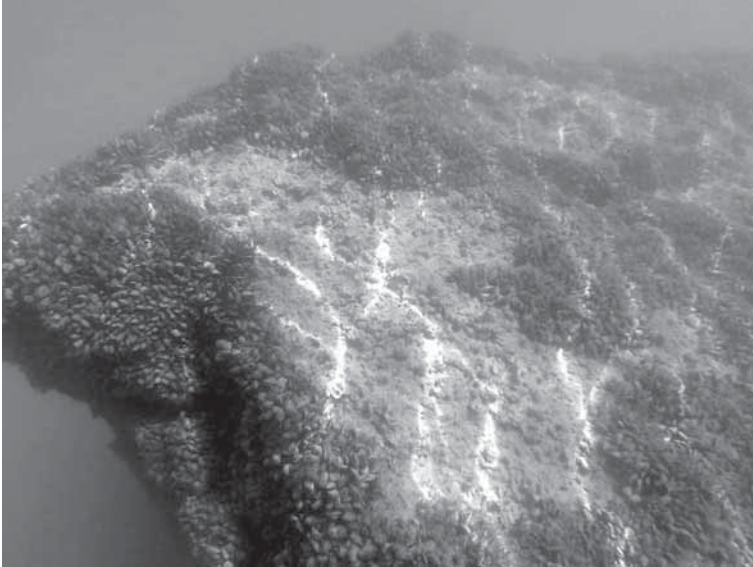


Figura 5. Popolamento di *M. galloprovincialis* su masso con sommità a circa -1 m di profondità; evidenti sono i segni della raccolta abusiva di mitili (Grottammare).

### Bibliografia

- Andaloro F., & Pipitone C., 1997. *Food and feeding habits of the amberjack, Seriola dumerili in the Central Mediterranean Sea during the spawning season*. Cahiers de biologie marine, 38(2), 91-96.
- Andrady A.L., 2011. *Microplastics in the marine environment*. Marine Pollution Bulletin, 62 (8): 1596-1605.
- Aprahamian M. W., Bagliniere J. L., Sabatie M. R., Alexandrino P. A. U. L. O., Thiel R. A. L. F., & Aprahamian C. D., 2003. *Biology, status, and conservation of the anadromous Atlantic twaite shad Alosa fallax fallax*. In American Fisheries Society Symposium, 35: 103-124.
- Boccaletti M., Calamita F., Centamore E., Deiana G. e Draï F., 1983. *The Umbria-Marche Appendine: an example of thrust and wrenching tectonics in a model of ensialic Neogenic-Quaternary deformation*. Boll. Soc. Geol. It., 102.
- Capriotti M., Cocci P, Bracchetti L. & Palermo F. A., 2018. *Chelonia mydas (Green Sea Turtle). Habitat and pollution impact*. Herpetological Review, 49 (2): 315-316.
- Capriotti, M., Cocci, P., Bracchetti, L., Cottone, E., Scandiffio, R., Caprioli, G., Sagratini G., Mosconi G., Bovolin P. & Palermo, F. A. 2020. *Microplastics and their associated organic pollutants from the coastal waters of the central Adriatic Sea (Italy): Investigation of adipogenic effects in vitro*. Chemosphere, 263, 128090.
- Cerrano C., Pica D., Di Camillo C., Bastari A., Torsani F., 2014a. *Caratterizzazione biocenotica e restituzione cartografica per l'individuazione di habitat e specie di interesse comunitario nelle aree prospicienti le aree protette delle Marche*. Regione Marche.
- Cerrano C., Pica D., Di Camillo C., Bastari A., Torsani F., 2014b - *Caratterizzazione biocenotica e restituzione cartografica per l'individuazione di habitat e specie di interesse comunitario lungo la costa marchigiana*. Regione Marche.
- Cocci P, Bracchetti L, Angelini V, Bucchia M, Pari S, Mosconi G, Palermo F.A., 2013. *Development and pre-validation of a testosterone enzyme immunoassay (EIA) for predicting the sex ratio of immature loggerhead sea turtles (Caretta caretta) recovered along the western coast of the central Adriatic Sea*. Marine Biology, 161 (1): 165-171.
- Cocci P, Capriotti M, Bracchetti L, Mosconi G, Palermo FA., 2015. *In vitro biomonitoring of environmental estrogens in coastal surface waters of three italian marine protected areas*. 18th Pollutant Responses in Marine Organisms. Trondheim, Norway, May pp. 23-27.
- Cocci P, Capriotti M, Mosconi G, & Palermo, F. A., 2017a. *Effects of endocrine disrupting chemicals on estrogen receptor alpha and heat shock protein 60 gene expression in primary cultures of loggerhead sea turtle (Caretta caretta) erythrocytes*. Environmental research, 158: 616-624.

- Cocci P., Mosconi G., Bracchetti L., Frapiccini E., Marini M., Caprioli G., Sagratini G., Palermo F.A. 2017b. *Correlation of gene biomarker expression and global DNA methylation with plasma concentrations of polychlorinated biphenyls (PCBs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in loggerhead sea turtles (Caretta caretta) from the Adriatic Sea*. 78th Congress of the Unione Zoologica Italiana. Torino, 18-23 September 2017.
- Cocci P., Capriotti M., Mosconi G., Palermo F. A. 2017c. *Transcriptional variations in biomarkers of Mytilus galloprovincialis sampled from central Adriatic coastal waters (Marche region, Italy)*. *Biomarkers*, 22(6): 537-547.
- Cocci P., Mosconi G., Bracchetti L., Nalocca J.M., Frapiccini E., Marini M., Caprioli G., Sagratini G., Palermo F.A., 2018 - *Investigating the potential impact of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) on gene biomarker expression and global DNA methylation in loggerhead sea turtles (Caretta caretta) from the Adriatic Sea*. *Science of the Total Environment*, 619-620: 49-57.
- Cocci P., Mosconi G., & Palermo F. A., 2020. *Sunscreen active ingredients in loggerhead turtles (Caretta caretta) and their relation to molecular markers of inflammation, oxidative stress and hormonal activity in wild populations*. *Marine Pollution Bulletin*, 153: 111012.
- Convenzione relativa alla Conservazione Della Vita Selvatica e Dell'ambiente Naturale in Europa. - Berna, 1979.
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora (Direttiva del Consiglio relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche - Direttiva Habitat).
- Curtis J. M., & Vincent A. C., 2005. *Distribution of sympatric seahorse species along a gradient of habitat complexity in a seagrass-dominated community*. *Marine Ecology Progress Series*, 291, 81-91.
- Deudero S., Vázquez-Luis M., & Álvarez E., 2015. *Human stressors are driving coastal benthic long-lived sessile fan mussel Pinna nobilis population structure more than environmental stressors*. *PloS one*, 10(7), e0134530.
- Fabi G., Manoukian S., Spagnolo A., 2006. *Feeding behavior of three common fishes at an artificial reef in the northern Adriatic Sea*. *Bulletin of Marine Science* 78(1): 39–56.
- Frogliola C., Marabini F, Marini M, Solustri C., 2001. *Studio biologico ambientale dell'area proposta per l'istituzione della riserva marina "Parco marino del Piceno" – I fase conoscitiva*. CNR Istituto di ricerche sulla pesca marittima. Ancona.
- Faria J., Pérez-Losada M., Cabezas P, Alexandrino P. & Froufe E., 2014. *Multiplexing of novel microsatellite loci for the vulnerable slipper lobster Scyllarus arctus (Linnaeus, 1758)*. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology*, 321(2), 119-123.
- Frogliola C., 2002. *Studio biologico ambientale dell'area proposta per l'istituzione della riserva marina "Parco marino del Piceno" – II fase implementativa*. CNR Istituto di ricerche sulla pesca marittima. Ancona.
- Frogliola C. & Gramitto M.E., 1998. *Osservazioni sull'alimentazione di Sciaenidae e Umbrina cirrosa (Pisces, Sciaenidae) in prossimità di barriere artificiali in Adriatico*. *Biol. Mar. Medit.* 5(1): 100–108.
- Gravina M.F, Cardone F, Bonifazi A, Bertrandino M.S., Chimienti G., Longo C., Nonnis Marzano C, Moretti M., Lisco S., Moretti V., Corriero G., Giangrande A., 2018. *Sabellaria spinulosa (Polychaeta, Annelida) reefs in the Mediterranean Sea: Habitat mapping, dynamics and associated fauna for conservation management*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 200: 248-257.
- Holthuis L. B., 1991. *Marine lobsters of the world*. *FAO fisheries synopsis*, 13(125), I.
- Lezzi M., Cardone F, Mikac B., Giangrande A., 2015. *Variation and ontogenetic changes of opercular paleae in a population of Sabellaria spinulosa (Polychaeta: Sabellaridae) from the South Adriatic Sea, with remarks on larval development*. *Scientia Marina*, 79 (1): 137-150.
- Marino G., Mandich A., Massari A., Andaloro F, Porrello S., Finoia M. G., & Cevalco, F., 1995. *Aspects of reproductive biology of the Mediterranean amberjack (Seriola dumerilii Risso) during the spawning period*. *Journal of Applied Ichthyology*, 11(1-2), 9-24.
- Mascaretti G. B., 1863. *"Memoria sul sasso di S.Nicola al mare"*. Ed. Jaffei. Ripatransone.
- Mizzan L., 1999. *Le specie alloctone del macrozoobenthos della laguna di Venezia: il punto della situazione*. *Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia*, 49: 145-177.

- Rivosecchi V., 1994. *Grottammare. Percorsi della memoria*. Amministrazione comunale di Grottammare. Grottammare.
- Stubbs J. L., Marn N., Vanderklift M. A., Fossette S., & Mitchell N. J., 2020. *Simulated growth and reproduction of green turtles (Chelonia mydas) under climate change and marine heatwave scenarios*. *Ecological Modelling*, 431, 109185.  
<http://www.comunedipedaso.it/storia/>

**Ricevuto il 03/07/2020; accettato 02/10/2020**



## Protezione e valorizzazione delle dune costiere residue nelle Marche

Carlo Bisci<sup>1,2,3</sup>, Gino Cantalamessa<sup>1,2,3</sup>, Simona Casavecchia<sup>4</sup>, Roberta Gasparri<sup>4</sup>,  
Simone Pesaresi<sup>4</sup>, Federico Spagnoli<sup>1,2,5,6</sup>, Gianni Scaletta<sup>7</sup>, Mario Tramontana<sup>3,8</sup>, Silvia Zitti<sup>4</sup>,  
Stefano Parlani<sup>7</sup>, Mauro Sinigaglia<sup>7</sup>, Giordano Forchielli<sup>7</sup>, Fabrizio Mazzoli<sup>7</sup>,  
Diego Magnoni<sup>7</sup>, Carmine Bellino<sup>7</sup>, Daniele Pernini<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Camerino – Scuola di Scienze e Tecnologie  
Sezione di Geologia, via Gentile III da Varano 62032 Camerino.

<sup>2</sup> GNRAC – Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Marino.

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

<sup>4</sup> Università Politecnica delle Marche

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali (D3A) via Breccie Bianche 60131 Ancona.

<sup>5</sup> CNR - IRBIM, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona.

<sup>6</sup> CNR-ISMAR, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona.

<sup>7</sup> Regione Marche - Servizio Tutela, Gestione e Assetto del Territorio  
P.F. Difesa del Suolo e della Costa, Ancona.

<sup>8</sup> 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

Vengono presentati i risultati relativi all'analisi critica dei principali aspetti delle aree costiere dunali relitte e delle zone scarsamente antropizzate presenti lungo il litorale marchigiano, rilevate dai tecnici della Regione Marche nel 2016. Tale analisi ha permesso di effettuare un censimento e, ove possibile, di integrare ulteriori potenziali zone dunali individuate dal gruppo di lavoro Università e CNR.

Per ciascuna delle aree suddette, vengono inoltre brevemente illustrati gli aspetti botanico-vegetazionali, floristici ed ecologici principali.

Vengono infine tratte alcune considerazioni finali sullo stato di conservazione e sulla distribuzione spaziale dei depositi dunali costieri della Regione Marche, nonché delle associazioni vegetazionali e degli Habitat che li caratterizzano.

**Parole chiave:** dune costiere, Habitat, censimento, Regione Marche, Adriatico centrale

### Abstract

*The results of a critical analysis carried out on the main features of both the relict coastal dunes and the areas poorly modified by human intervention located along the Marche littoral belt. The above areas, surveyed by technicians of the Marche Regional Government to make an inventory, were integrated, where possible, highlighting further areas potentially evolving into coastal dunes, basing on the knowledge of the Universities and CNR working group. For each of the above areas, the main botanical-vegetational, florist and ecological aspects are briefly illustrated too. Then, final considerations are reported on the state of conservation and the spatial distribution of coastal dunes in the Region, as well as of the vegetational associations and Habitats characterizing them.*

**Keywords:** coastal dunes, Habitat, inventory, Marche Region, Central Adriatic

### Premessa

Nella normale dinamica di evoluzione naturale delle coste basse stabili o in avanzamento è fisiologico avere, alle spalle della spiaggia emersa, la presenza e lo sviluppo di accumuli di sedimenti fini che costituiscono le dune costiere. Queste rappresentano un elemento molto importante per la protezione delle aree retrostanti, costituendo anche un fondamentale fattore di mitigazione del rischio connesso con la risalita del cuneo salino nelle falde di acqua dolce prossime ai litorali.

Le dune costiere derivano fundamentalmente dall'accumulo di materiale clastico (sabbie fini), proveniente in massima parte dalla spiaggia emersa, trasportato dal vento e deposto in corrispondenza di ostacoli meccanici naturali (vegetazione, massi, detriti spiaggiati dal moto ondoso ecc.) o artificiali (staccionate, muri, massicciate ecc.), che viene poi fissato dalla vegetazione. Quest'ultima risulta essere molto differenziata in funzione della posizione anche a brevissime distanze nell'ambito del medesimo deposito ed è fortemente indicativa dello stato di conservazione e della stabilità delle dune stesse.

Il presente articolo copre due differenti aspetti tematici: il primo è relativo all'analisi critica degli aspetti morfometrici, sedimentologici e morfoevolutivi delle perimetrazioni fornite dalla Regione, integrate, in alcuni casi, da ulteriori osservazioni originali, mentre il secondo è dedicato a una presentazione dei principali aspetti botanico-vegetazionali, floristici ed ecologici degli ambienti dunali riconosciuti e, ove possibile, delle altre aree di retrospiaggia scarsamente antropizzate.

### **Evoluzione storica delle dune marchigiane**

Fino a oltre la metà del XIX secolo, quasi tutte le coste basse marchigiane (che costituiscono circa il 90% del litorale regionale) erano bordate da depositi di duna costiera di estensione variabile come dimostrato, oltre che da testimonianze storiche (Paolucci, 1890-91), anche dalle cartografie dell'epoca.

Tali depositi, però, hanno iniziato a essere compromessi già con la costruzione della ferrovia adriatica (terminata a tempo di record nel tratto marchigiano nel 1863, dopo neppure due anni dall'inizio dei lavori) che, per accelerare al massimo i lavori stessi, in molti punti è stata costruita troppo vicino alla linea di costa in modo da evitare i rilievi collinari che la bordano da vicino, non di rado proprio al di sopra dei depositi di duna.

Un sistematico arretramento della linea di riva è poi intervenuto durante il ventesimo secolo, accelerandosi negli anni '60-'70 in seguito agli effetti di interventi antropici avvenuti nell'entroterra in conseguenza dello sviluppo industriale, economico e sociale dell'Italia (Acciarri *et al.*, 2016; Bisci *et al.*, 2021), quali l'abbandono dei terreni coltivati, la costruzione di dighe e opere varie di sistemazione idraulica lungo i fiumi (come briglie e argini) e, soprattutto, l'estrazione di inerti dagli alvei fluviali fino a circa la metà degli anni '70 (in modo particolare nel loro tratto terminale). Tali interferenze dell'attività umana hanno comportato una fortissima riduzione degli apporti solidi (e in particolare della frazione granulometrica più grossolana) da parte dei corsi d'acqua, con conseguente drammatica riduzione del ripascimento naturale dei litorali che sono quindi andati in erosione togliendo alle spiagge emerse buona parte dei detriti più fini (fondamentali per il mantenimento delle dune costiere da parte del vento) e consentendo localmente l'inizio dello smantellamento da parte del moto ondoso del lato verso mare delle dune.

Tutto ciò è risultato concomitante con lo sviluppo esponenziale dello sfruttamento turistico dei litorali, che ha prodotto un sistematico degrado di tali corpi sedimentari, in corrispondenza dei quali sono state spesso anche costruite strutture turistiche ("*chalet*", cabine e altre) e viarie.

Per fronteggiare tale problematica e alquanto sistematica erosione dei litorali, con relativo arretramento della linea di costa e quindi riduzione delle aree di spiaggia produttive, si è via via provveduto alla realizzazione di opere rigide di protezione, generalmente progettate in modo estemporaneo, senza adeguati studi preliminari sul clima d'onda e sulla dinamica costiera, oltre che non inquadrata in alcuna strategia di sviluppo di area vasta. Queste opere di vario tipo - che hanno proliferato lungo le coste marchigiane e che ormai coprono, irrigidendola, buona parte dei litorali regionali - non hanno però risolto il problema, limitandosi nella maggioranza dei casi a trasferire sottoflutto i processi erosivi e, molto spesso, anche amplificandoli, rendendo così necessaria la costruzione di ulteriori opere di difesa nei tratti sottoflutto adiacenti.

Anche se lungo il litorale marchigiano sono oggi praticamente assenti vere e proprie dune, nell'ambito di questa relazione, si è deciso di mantenere la definizione di "duna costiera" anche per corpi sedimentari dunali fossili, ormai in fase di avanzato smantellamento, nonché per piccoli depositi embrionali e per generici accumuli di materiale fine addossati alle opere antropiche, purché ospitanti alcune specie vegetali caratteristiche. È bene comunque specificare che dal punto di vista sedimentologico sono vere dune costiere solamente quei rilievi morfologici di ambiente eolico che delimitano verso terra la spiaggia emersa, caratterizzati da granulometria fine e omogenea, che si oppongono all'erosione marina. In alcuni casi, tale definizione può differire dalla classificazione eseguita su base botanico-vegetazionale.



### Caratteristiche botanico-vegetazionali delle dune costiere

Dal punto di vista botanico-vegetazionale, in condizioni ideali di assenza di particolari fenomeni di disturbo antropico, potremmo così schematizzare il sistema dunale, dal mare verso l'interno (Biondi, 1999; Géhu e Biondi, 1994; 1996):

- zona afitoica (priva di comunità vegetali);
- comunità effimere e pioniere a *Cakile maritima* Scop. e *Salsola kali* L. prossime alla linea di costa;
- comunità perenni delle dune embrionali con *Echinophora spinosa* L. e *Thinopyrum junceum* (L.) Á. Löve (syn: *Agropyron junceum* (L.) P. Beauv.);
- comunità di duna mobile a *Calamagrostis arenaria* (L.) Roth subsp. *arundinacea* (Husn.) Banfi, Galasso & Bartolucci (syn: *Ammophila arenaria* (L.) Link), specie nota per la sua azione consolidatrice delle dune;
- duna fissa;
- retroduna.

Ovviamente, le profonde trasformazioni antropiche precedentemente sintetizzate hanno fatto sì che lungo il litorale marchigiano solo sporadicamente si rinvenga una seppur minima successione delle comunità psammofile, che quasi sempre si arresta allo stadio dell'agropireto (dune embrionali) mentre solo in pochissimi siti si rinviene ancora l'ammofiletto (dune mobili). Infatti, la vegetazione dei litorali sabbiosi e, in minor misura di quelli ghiaiosi e rocciosi, è stata profondamente alterata dall'uomo nel corso degli ultimi due secoli e continua a esserlo nonostante sia stata più volte messa in evidenza la fragilità di tali ecosistemi e la loro quasi completa scomparsa nella Regione Marche (Biondi *et al.*, 1992; Biondi e Baldoni, 1996; Biondi e Morbidoni, 2010). Fa eccezione la Riserva Naturale Regionale Sentina dove, grazie alla conservazione delle condizioni tipiche delle coste basse, dovuta al fatto che non vi sono state costruite infrastrutture come altrove (strade, ferrovia, edifici ecc.), si è mantenuta la morfologia tipica che ospita ancora gli ambienti di duna e retroduna (Biondi *et al.* 1988; Biondi e Formica, 2000).

La Direttiva europea 92/43/CEE riconosce, nell'Allegato I, tra gli habitat da conservare, un'intera categoria denominata "Dune marittime e interne" dedicata agli habitat dunali, oltre ad un altro habitat denominato "Vegetazione annua delle linee di deposito marine" nell'ambito della categoria "Habitat costieri e vegetazione alofittiche", sottolineando in tal modo il grave rischio di scomparsa cui gli ecosistemi costieri sono sottoposti. Nel 2015 la Regione Marche ha finanziato il Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali affinché conducesse il censimento degli habitat costieri regionali. Gli habitat costieri censiti, ancora presenti nella Regione, seppure quasi sempre in pessimo stato di conservazione, sono i seguenti:

1210 "Vegetazione annua delle linee di deposito marine" - si riferisce a cenosi erbacee a ciclo annuale, alonitrofile, tipiche delle spiagge sabbiose o ghiaiose (su materiale fine). Tali cenosi si insediano in zone prossime alla battigia dove il moto ondoso deposita materiale organico (pesci morti, piccoli crostacei, alghe e resti di fanerogame marine) che decomponendosi arricchisce il substrato di nutrienti organici e azotati. Le cenosi che si insediano in questa fascia della spiaggia possono pertanto beneficiare della sostanza organica resa disponibile ma allo stesso tempo devono adattarsi a concentrazioni di sali, soprattutto cloruri, molto elevate. Le comunità vegetali in questione hanno un ciclo annuale, o meglio stagionale, ma possono essere osservate pressoché tutto l'anno, da metà inverno fino a tutto l'autunno. Sono comunità paucispecifiche di diversa composizione in funzione del tipo di substrato sabbioso o ghiaioso (Biondi *et al.*, 1992; 2013). Lungo le coste marchigiane si possono osservare due comunità: il *Salsola kali* - *Cakiletum maritimae* Costa e Manzanet 1981 sulle spiagge sabbiose e il *Raphano maritimi* - *Glaucietum flavi* Biondi *et al.* 1992 sulle spiagge ghiaiose.

2110 "Dune embrionali mobili" - si riferisce a microdune sabbiose che si formano grazie all'azione di trattenimento della sabbia da parte di alcune piante specializzate che, con il loro apparato sotterraneo formato da lunghi e intricati rizomi, crea una rete che trattiene in posto la sabbia formando pertanto dei piccoli accumuli che insieme costituiscono un cordone dunale; questo si oppone all'azione del vento proveniente da mare e consente, nella parte retrostante, l'accumulo di sabbia sotto forma di dune più grandi (Biondi *et al.*, 1992, 2013). La specie vegetale che gioca il ruolo determinante nella formazione di questi ecosistemi è la gramigna delle spiagge (*Thinopyrum junceum*) il cui rizoma si accresce sia in direzione orizzontale sia in verticale, costituendo quindi, insieme alle radici, un fitto reticolo che ingloba le particelle sabbiose. Questo habitat è purtroppo più raro del precedente a causa dell'intensa antropizzazione che gran parte delle dune del mediterraneo, e in maniera maggiore quelle del litorale marchigiano, hanno subito nel corso del secolo passato. L'associazione vegetale di riferimento per le coste marchigiane è *Echinophoro spinosae* - *Elymetum farcti* Géhu 1987.

2120 “Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche)” - si riferisce alle dune sabbiose della linea retrostante le dune embrionali che rispetto a quest’ultime sono più alte e più strutturate. Anche in questo caso, l’artefice della costruzione del cordone dunale è una graminacea, denominata *Calamagrostis arenaria* subsp. *arundinacea*, dotata di un robusto apparato di fusti sotterranei e radici capaci di accrescersi verticalmente e orizzontalmente trattenendo cospicue quantità di sabbia (Biondi *et al.*, 1992, 2013). Ancor più del precedente, l’habitat è divenuto rarissimo nel corso del secolo precedente ed è pressoché scomparso nella nostra regione, dove si mantiene ancora in condizioni frammentarie con l’associazione *Echinophoro spinosae* - *Ammophiletum australis* (Br.-Bl. 1933) Géhu, Rivas-Martinez & R. Tx. 1972 in Géhu *et al.* 1984.

2230 “Dune con prati dei *Malcolmietalia*” - l’habitat si riferisce alla vegetazione annuale a fenologia tardo invernale-primaverile tipica delle spiagge sabbiose o ghiaiose a grana sottile. Le fitocenosi appartenenti all’habitat in questione si localizzano in corrispondenza delle dune mobili o nelle aree retrodunali a mosaico con la vegetazione perenne della quale rappresentano a volte degli stadi di degrado. Tuttavia, questi habitat ospitano specie divenute rare nella flora mediterranea a causa della distruzione dei loro habitat di elezione. Nelle Marche le fitocenosi che sono collegate all’habitat sono: *Catapodio marini* - *Parapholidetum incurvae* Géhu e De Foucault 1978, *Pholiuro* - *Spergularietum* Pignatti 1953, *Sileno coloratae* - *Vulpium fasciculatae* (Pignatti 1953) Géhu e Scoppola 1984 e *Sagino maritimae* - *Spergularietum bocconeii* Biondi *et al.* 2000.

1310 “Vegetazione annua pioniera a *Salicornia* e altre specie delle zone fangose e sabbiose” - l’habitat si riferisce agli ambienti salmastri retrodunali che ospitano fitocenosi alofile annuali dominate da specie dei generi *Salicornia*, *Suaeda*, *Kochia*, *Atriplex* e *Salsola*, costituenti dense praterie inondate in alcuni periodi dell’anno (Biondi *et al.*, 2013). L’habitat, a causa della completa distruzione delle aree retrodunali naturali, è divenuto rarissimo nella nostra regione e attualmente si mantiene solo presso la foce del Fiume Tronto nella Riserva Naturale Regionale della Sentina, a Porto d’Ascoli, con l’associazione *Suaedo maritimae* - *Salicornietum patulae* Brullo e Furnari 1976 ex Géhu e Géhu-Franck 1984 corr. Rivas-Martínez 1990 (Biondi *et al.*, 1988; Biondi e Formica, 2000).

1410 “Pascoli inondati mediterranei (*Juncetalia maritimi*)” - l’habitat riguarda le formazioni alo-igrofile retrodunali dominate da giunchi o altre specie igrofile. Tali comunità si sviluppano in zone umide retrodunali, su substrati con percentuali di sabbia medio-alte, inondate da acque salmastre per periodi medio-lunghi. Anche questo habitat è rarissimo nella nostra regione per gli stessi motivi del precedente e se ne conservano pochi preziosi nuclei relitti - sempre nella Riserva Naturale Regionale della Sentina, a Porto d’Ascoli - dove si riscontra la presenza dell’associazione *Spergulario marinae* - *Puccinellietum distantis* Feekes 1934.

1420 “Praterie e fruticeti alofile mediterranei e termo-atlantici (*Sarcocornietea fruticosi*)” - vegetazione ad alofite perenni costituita principalmente da camefite e nanofanerofite succulente dei generi *Sarcocornia* e *Arthrocnemum*, a distribuzione essenzialmente mediterraneo-atlantica e inclusa nella classe *Sarcocornietea fruticosae* Br. - Bl. e Tüxen ex A. Bolòs in A. Bolòs 1950 em. Biondi *et al.* 2013 (Biondi *et al.*, 2013). Formano comunità paucispecifiche su suoli inondati, di tipo argilloso, da ipersalini a mesosalini, soggetti anche a lunghi periodi di disseccamento. Questi habitat appresentano ambienti tipici per la nidificazione di molte specie di uccelli.

## Metodologie

Posto che per le dune costiere marchigiane non è presente alcun rilevamento sistematico di tipo sedimentologico e geomorfologico precedente a quello effettuato dai tecnici della Regione, ci si è limitati a valutare la distribuzione spaziale delle caratteristiche fondamentali dei depositi riconosciuti all’interno delle aree cartografate dalla Regione Marche, integrando ove possibile con dati derivanti da nostre pregresse osservazioni.

Gli *shapefiles* forniti dalla Regione Marche si riferiscono alla perimetrazione di due diverse tipologie di situazioni ambientali. La prima è contraddistinta da sigle aventi lettera iniziale “d”, seguita dal numero di tre cifre relativo al transetto a terra (come individuato dal Piano di Gestione Integrata della Regione Marche), quindi da un numero progressivo di tre cifre andando da nord a sud.

Questa rappresenta aree contenenti, secondo i rilevatori, depositi dunali (anche se in stato di avanzato rimodellamento antropico o erosione da parte del moto ondoso), mentre la seconda, contraddistinta da sigle aventi iniziale “a”, (sempre seguite con formato analogo dal numero di transetto e da un numero progressivo), di poco omogenea caratterizzazione, si riferisce a zone scarsamente o per nulla urbanizzate o antropizzate.

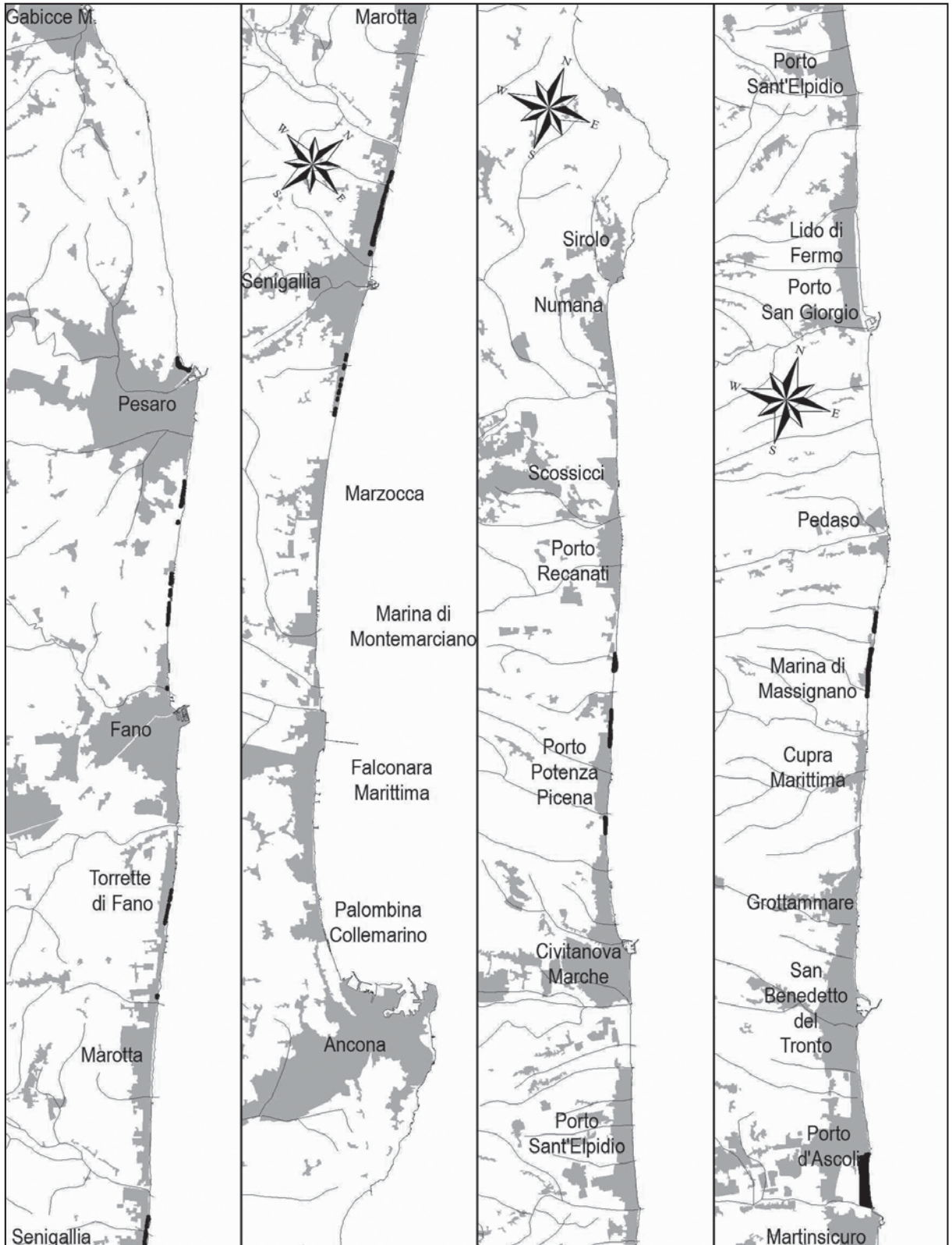


Figura 1. Distribuzione delle dune residue lungo il litorale marchigiano; i quattro stralci sono ruotati in vario modo, come indicato dalla rosa dei venti, per adattarli al meglio al foglio.

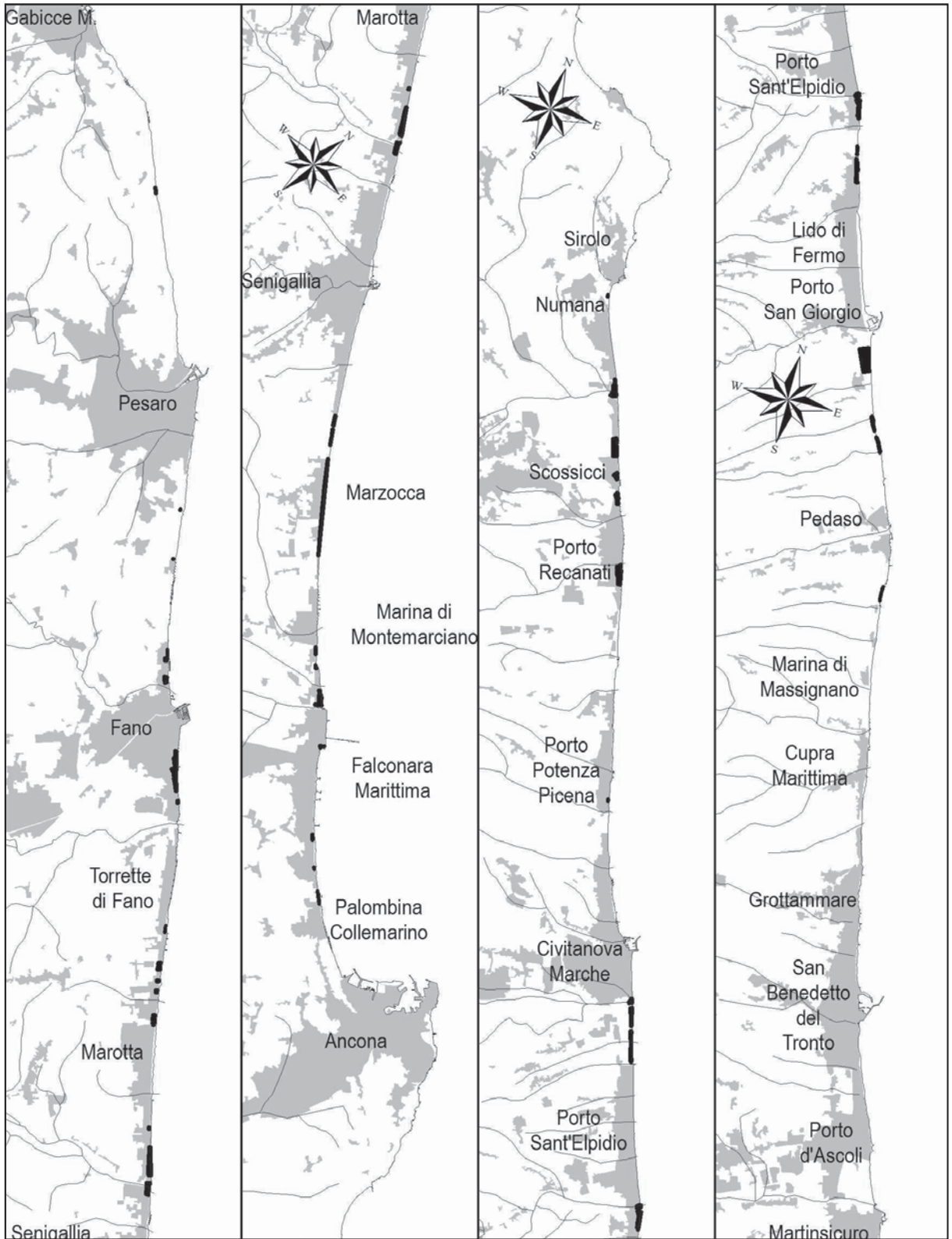


Figura 2. Distribuzione delle aree poco antropizzate lungo il litorale marchigiano; come per la figura precedente i quattro stralci sono ruotati in vario modo per adattarli al meglio al foglio.

Alle aree individuate dai Tecnici della Regione Marche sono stati originariamente aggiunti e descritti 15 ulteriori siti scarsamente antropizzati derivanti dalle pregresse conoscenze del gruppo di lavoro di Università e CNR che, ove ritenuti perimetrabili, erano stati contraddistinti con la sigla “anp” seguita da un numero progressivo muovendosi da nord a sud (Bisci et al., 2018).

Questi ultimi siti sono stati successivamente oggetto di verifica e specifici sopralluoghi, da parte dei tecnici regionali, applicando per la loro definizione la stessa metodologia utilizzata per la perimetrazione delle aree dunali, che hanno portato a considerare dunali solo tre delle quindici “anp”, portando quindi tali aree a un totale di 35 (Fig. 1). Nelle Figure 1 e 2 sono riportate (in nero), rispettivamente, la distribuzione delle aree dunali e delle aree poco antropizzate.

Tenendo conto della rilevante differenza tra aree “dunali” e aree scarsamente antropizzate, si è deciso di dedicare una maggiore attenzione alle prime e ai pochi casi in cui nell’ambito delle seconde si siano comunque riscontrate evidenze di presenza di “depositi dunali”. A tal proposito, dato che per entrambe le tipologie di perimetrazioni sono talora presenti profili topografici speditivi, questi sono stati in ogni caso analizzati, così come le mappe ottenute sovrapponendo alle ortofoto a colori AIMA 2011 (le più recenti disponibili) le perimetrazioni e le tracce dei profili.

Il censimento botanico-vegetazionale ed ecologico è stato effettuato durante l’estate del 2015 - nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre - e integrato nella primavera successiva al fine di includere la vegetazione primaverile dell’habitat 2230. I dati campionati sono stati organizzati e raccolti in un database geografico (formato *point shapefile*). A ogni elemento geometrico puntuale (determinato tramite GPS) che rappresenta la stazione monitorata sono state associate le seguenti informazioni alfanumeriche: habitat, fitocenosi e intera composizione floristica della stazione.

Per l’identificazione delle specie vegetali osservate sono state utilizzate la “*Flora d’Italia*” di Pignatti (1982) e la “*Flora Europaea*” (Tutin et al., 1964-80, 1993), mentre per la nomenclatura ci si è attenuti agli aggiornamenti nomenclaturali indicati nella “*Checklist of the Italian Vascular Flora*” (Conti et al., 2005, 2007, Bartolucci et al., 2018).

Il database così strutturato permette la compatibilità con qualsiasi software GIS e può essere interrogato con *queries* spaziali e/o basate sugli attributi. Al database sono state associate anche informazioni di tipo multimediale (foto delle stazioni monitorate). Una *query* di riepilogo applicata ai dati ottenuti dal *join* spaziale ha permesso di ottenere per ogni area dunale alcuni dati di sintesi: numero delle fitocenosi (espressione della ricchezza fitocenotica dell’area dunale) e numero dei punti censiti (rilevamenti totali presenti nell’area dunale); altre informazioni di dettaglio ricavabili con le *queries* sono:

- la tipologia vegetazionale;
- l’associazione di riferimento, rilevata con metodo fitosociologico (fitocenosi);
- il codice Habitat *sensu* Direttiva 92/43/CEE;
- il relativo numero di punti di occorrenza.

## Analisi

Vengono di seguito illustrate sulla base di evidenze sedimentologiche, morfologiche, botanico-vegetazionali ed ecologiche le aree “dunali” o scarsamente antropizzate osservate lungo il litorale marchigiano, procedendo sistematicamente da nord verso sud.

Per ciascuna area sono brevemente illustrate le caratteristiche morfometriche e fisiche seguite, ove opportuno, da una breve descrizione delle fitocenosi e degli habitat presenti al momento del rilievo (2015). Per ogni area (o gruppo di aree contigue, ove ritenuto opportuno), è stata prodotta una carta di dettaglio sulla base della più recente base ortofotografica disponibile (AIMA 2011, ortofoto regionali a colori, qui rappresentate in toni di grigio), adottando ove possibile una scala di riproduzione 1:12’500 (il rapporto di riduzione è indicato nelle mappe a diversa scala). L’orientamento di queste mappe varia in modo da adattarsi all’andamento della costa ed è indicato graficamente. In tali carte sono rappresentati i perimetri delle aree individuate, nonché etichette con la descrizione sintetica delle eventuali principali caratteristiche vegetazionali rilevate nella zona. Ove rese disponibili dalla Regione Marche, vengono riportate con una linea tratteggiata anche le tracce dei profili topografici.

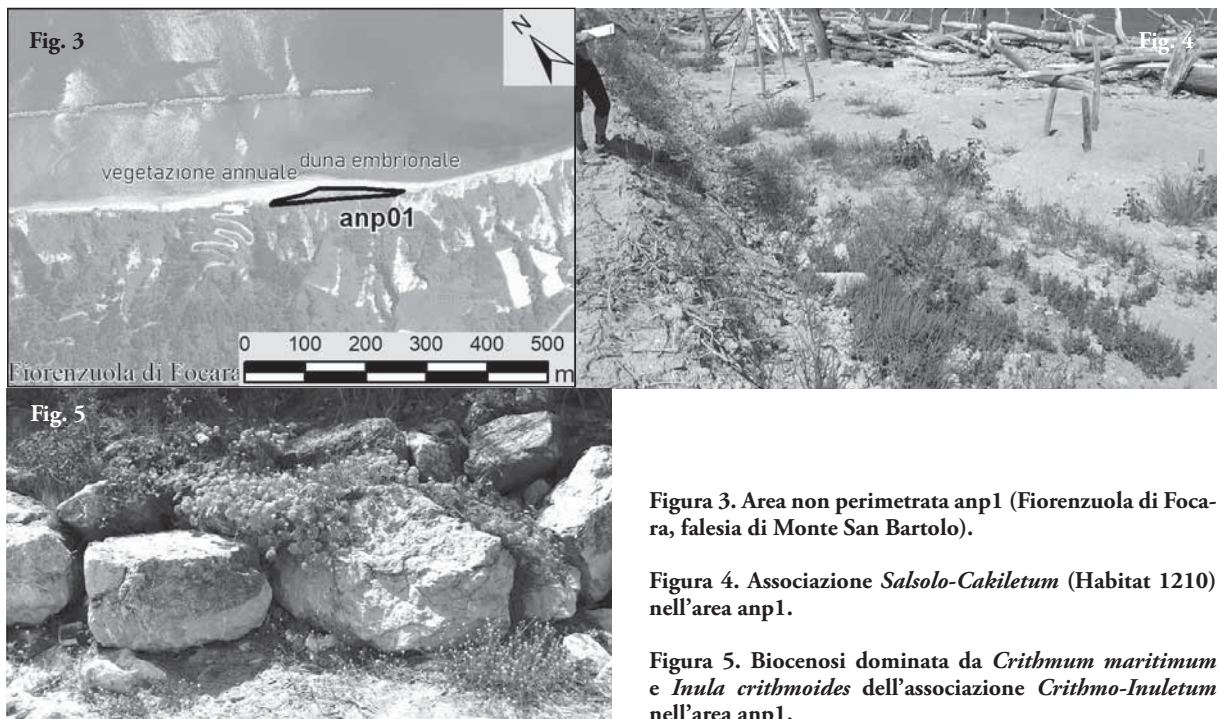
A corredo del testo, ove possibile, sono anche riportati i profili topografici di cui sopra, con esagerazione verticale fissa 10x, nonché foto rappresentative della vegetazione presente.

### ***anp01: Fiorenzuola di Focara (falesia di Monte San Bartolo)***

Negli ultimi venti anni circa, a seguito della realizzazione delle barriere emerse parallele situate a circa 120 - 150 m dalla linea di riva, in questa zona si è sviluppata, alla base della falesia del Monte San Bartolo, una spiaggia sabbioso-ghiaiosa di ampiezza compresa tra 20 m e 50 m. La massima ampiezza della spiaggia si osserva in corrispondenza delle barriere più meridionali. In questo settore, direttamente ai piedi della falesia, si sviluppa un'area vegetata che copre una superficie di circa 2700 mq, lunga 220 m e di ampiezza massima di 20 m, che potrebbe rappresentare una duna (Fig. 3). La zona ricade nell'ambito della ZSC IT5310006 "Colle San Bartolo" e della ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese".

Data la limitata ampiezza della spiaggia, la seriazione dunale non trova lo spazio sufficiente per svilupparsi, pertanto si registra la presenza di poche fitocenosi pioniere quali: (i) associazione *Salsolo kali - Cakiletum maritimae* (Habitat 1210) che si sviluppa tra i rifiuti organici e inorganici depositati da mare (Fig. 4); (ii) associazione *Crithmo maritimi - Inuletum crithmoidis* Biondi *et al.* 2006 sugli scogli (Fig. 5); (iii) *Xanthio italici - Cenchrretum incerti* Biondi *et al.* 1992, associazione nitrofila e sinantropica che indica una situazione di disturbo e di alterazione dell'habitat. In generale l'ambiente risulta piuttosto degradato per la presenza di accumuli di rifiuti, anche a causa della frequentazione da parte dei turisti.

Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti operati dalla regione Marche.



**Figura 3.** Area non perimetrata anp1 (Fiorenzuola di Focara, falesia di Monte San Bartolo).

**Figura 4.** Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area anp1.

**Figura 5.** Biocenosi dominata da *Crithmum maritimum* e *Inula crithmoides* dell'associazione *Crithmo-Inuletum* nell'area anp1.

### ***d079001: Baia Flaminia (Pesaro)***

L'area perimetrata, in parte successivamente ridimensionata dal Comune di Pesaro, si estende per circa 2,2 ha in sinistra idrografica della foce del fiume Foglia ed è delimitata a est da una sponda armata che condiziona l'evoluzione della locale spiaggia, a sud dalla strada litoranea e a ovest dalle propaggini del rilievo del M. San Bartolo (Fig. 6). L'area è attualmente protetta da quattro scogliere distaccate emerse; a est di queste strutture si osservano i resti di una ulteriore scogliera, di recente parzialmente salpata; l'area è poco vegetata. Nella zona è presente una spiaggia sabbiosa di ampiezza variabile tra i 50 e i 110 m.

Per questa zona, sono disponibili tre profili topografici (Fig. 7). Il profilo occidentale (a) mostra la presenza di una duna, di quota pari a 4 m e ampiezza di circa 30 m; il piede della struttura si trova a quota 2 m ed è situato a circa 100 m dalla linea di riva.

La zona retrodunale, molto ridotta (meno di 10 m), si trova a una quota di circa 3 m ed è interrotta dalla strada litoranea. La duna, esternamente, si raccorda con la spiaggia sabbiosa, leggermente inclinata. Alcune

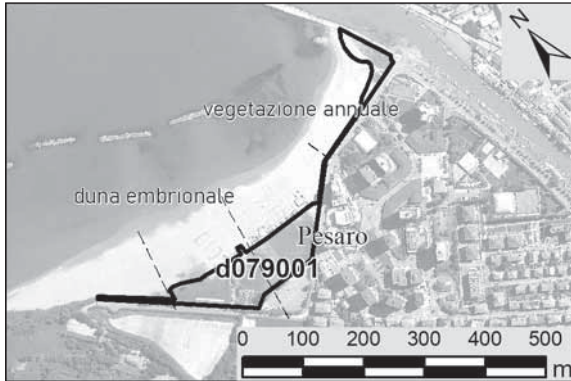


Figura 6. Area dunale d079001 (Baia Flaminia, Pesaro).

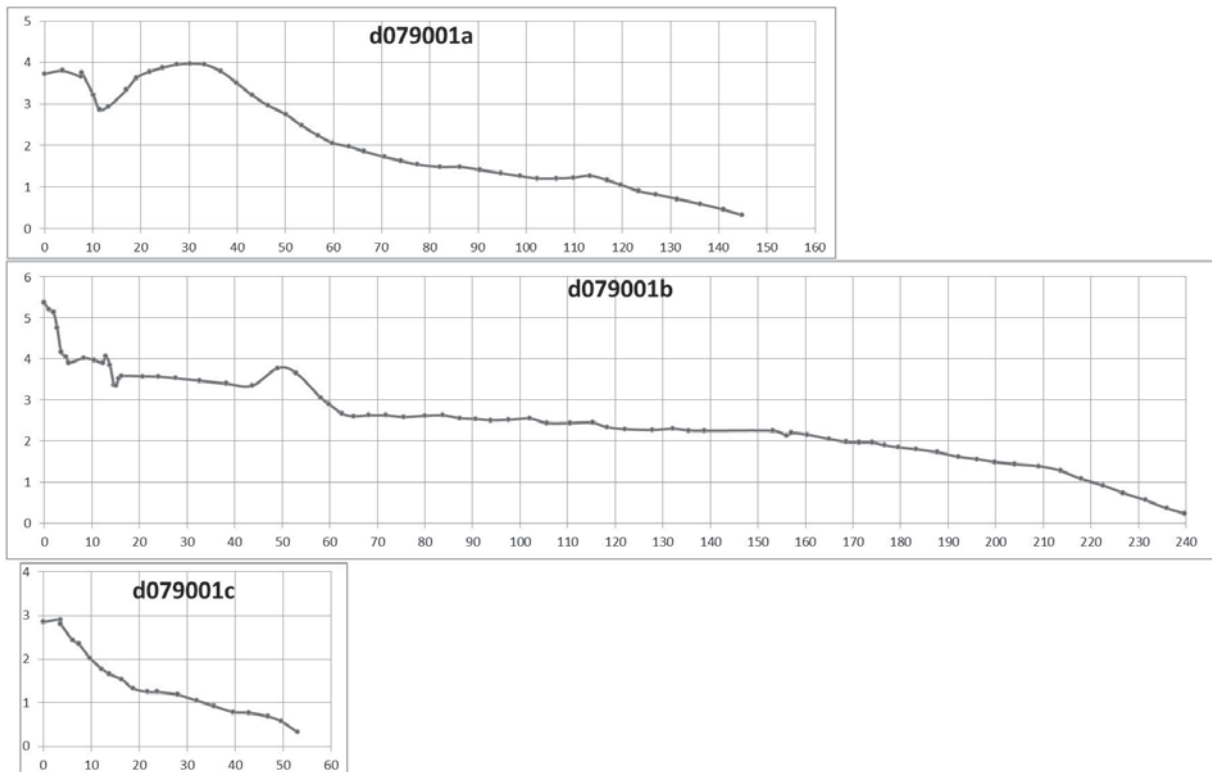


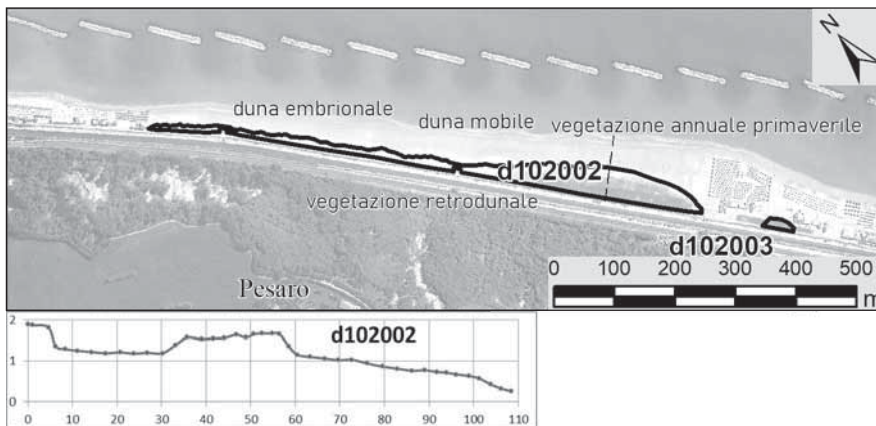
Figura 7. Profili topografici relativi all'area d07901; andando dall'alto verso il basso, si riferiscono alle tracce indicate in figura 6, da destra a sinistra.

irregolarità che si evincono dal profilo sono da correlare a piccole strutture (berme) di tempesta. La parte verso terra del profilo centrale (b), irregolarmente vegetata, mostra un accumulo sedimentario che borda la spiaggia, in cui si osservano sempre leggere irregolarità morfologiche. Il profilo più a est (c), invece, attraversa una spiaggia direttamente delimitata dalla strada litoranea. Nella zona considerata, merita attenzione la parte che si appoggia alla sponda armata del fiume Foglia dove si osserva un corpo deposizionale scarsamente vegetato; qui la spiaggia antistante ha una ampiezza di 30 - 70 m. La zona ricade parzialmente nell'ambito della ZSC IT5310006 "Colle San Bartolo" e della ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese". L'area risulta alterata con elevata presenza di rifiuti. Sono comunque individuabili due diverse fitocenosi: la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* subass. *xanthetosum* (Pignatti 1935) Géhu e Scopola 1984 e quella della duna embrionale attribuibile all'associazione *Ambrosio coronopifoliae - Lophochloetum pubescentis* Biondi *et al.* 1992.

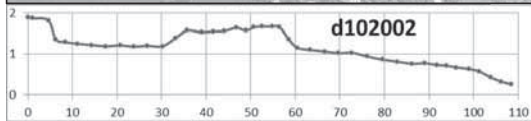
Considerata la forte ruderalizzazione delle due fitocenosi testimoniata dalla presenza di molte specie nitrofile competitive, nella fase di censimento non è stata segnalata la presenza dei corrispondenti habitat.

### **d102002: Sottomonte (tra Pesaro e Fosso Sejore)**

L'area, ampia quasi 2 ha, è difesa da barriere emerse distaccate discontinue e leggermente embriciate, distanti circa 120 m dalla linea di riva e con evidenti segni di tombolizzazione sommersa (Fig. 8). Nell'area si osserva una duna a circa 40 - 60 m dalla linea di riva, che ha una lunghezza di circa 930 m. È disponibile un profilo topografico situato nella parte meridionale dell'area, ove la duna è più sviluppata e si eleva fino a 1,65 m, con un'ampiezza di circa 30 m e il piede a circa 1,15 m di quota. La superficie sommitale è vegetata e irregolare, condizionata da attività antropica. La zona di retroduna è ampia circa 25 m ed è situata a una quota variabile da 1,20 a 1,35 m in corrispondenza dell'inizio del rilevato ferroviario (Fig. 9). Verso nordovest la duna si restringe. L'area presenta una spiaggia con granulometria sabbiosa, poco inclinata e ad andamento regolare; essa ricade nell'ambito della ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese".



**Figura 8.** Aree dunali d102002 e d102003 (Sottomonte, tra Pesaro e Fosso Sejore).



**Figura 9.** Profilo topografico relativo all'area d102002.

Nell'area sono stati censiti ambienti di duna embrionale mobile afferibili all'associazione *Echinophoro spinosae* - *Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 10). Dove la spiaggia risulta essere poco rimaneggiata, la fitocenosi è più stabile e la vegetazione più strutturata. In condizioni di maggiore alterazione la duna embrionale è colonizzata da *Ambrosia psilostachya* DC., geofita rizomatosa di origine Nordamericana che nei periodi tardo estivi e autunnali tende ad assumere un carattere dominante. In questi casi la vegetazione viene attribuita all'associazione *Ambrosio coronopifoliae* - *Lophochloetum pubescentis* e, pertanto, non è stata segnalata la presenza dell'habitat 2110. Nell'area è inoltre presente una vegetazione annuale primaverile attribuibile all'associazione *Sileno coloratae* - *Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230).



**Figura 10.** Associazione *Echinophoro spinosae* - *Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area dunale d102002.



**Figura 11.** Associazione *Echinophoro spinosae* - *Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area dunale d102003.



**d102003 (ex anp02): Sottomonte**

Circa 110 m a SE della precedente area e separato da essa da una spiaggia antropizzata, è presente un ulteriore piccolo lembo della stessa duna osservata nella zona appena descritta, poco vegetato, che si estende per circa 50 m, con un'ampiezza di circa 20 m e avente le medesime caratteristiche di massima (Fig. 8). Questo lembo, che copre una superficie di poco più di 600 mq, è situato a circa 85 m dalla linea di riva, la quale è protetta da barriere emerse distaccate con tomboli incipienti. Anche quest'area ricade nell'ambito della ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese".

L'area si trova in continuazione con il precedente poligono e presenta evidenti similitudini dal punto di vista vegetazionale: i) ambienti di duna embrionale mobile afferibili all'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 11); ii) *Ambrosio coronopifoliae - Lophochloetum pubescentis* in condizioni di maggiore alterazione della duna embrionale; iii) vegetazione annuale primaverile attribuibile all'associazione *Sileno coloratae - Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230).

**d108004: Sottomonte Sud**

Area di circa 1900 mq situata a 520 m a sudest della zona d102002 e a poco più di 360 m dal lembo non perimetrato sopra descritto (Fig. 12). Nella zona è presente un piccolo accumulo dunale che comunque rappresenta un lembo residuo di un precedente sistema più esteso. Il profilo (Fig. 13) evidenzia un corpo deposizionale che si eleva fino a 2 m. La parte sommitale piatta e vegetata, ha un'ampiezza di circa 15 - 20 m e una lunghezza di circa 70 m. Il piede della duna è situato a quota 1,4 m. Si osserva, verso mare, una spiaggia ampia circa 60 m, caratterizzata da sabbie, protetta da barriere emerse distaccate con tomboli incipienti. Anche quest'area, come tutte le precedenti, ricade nell'ambito della ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese". Dal punto di vista botanico-vegetazionale non ricadono nel poligono fitocenosi psammofile o comunque connesse alla vegetazione dunale.

**anp03: Fosso Sejore**

In località Fosso Sejore, in destra idrografica del corso d'acqua che sfocia nell'area, a circa 1,8 km a SE dell'area precedentemente descritta, è presente una piccolissima zona (circa 400 mq), parzialmente vegetata, che si estende per 20 m di larghezza, con un'estensione longitudinale di circa 30 m (Fig. 14). Questa zona si trova a circa 60 m dalla linea di riva. Nell'area la costa continua a essere protetta da barriere emerse distaccate, localizzate a circa 80 m dalla linea di riva. A queste sono legati evidenti segni di tombolizzazione, più marcati verso SE. L'ampiezza della spiaggia è di circa 35 m.

Anche quest'area ricade nell'ambito della ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese".

Nuovamente, non si registra la presenza di fitocenosi psammofile connesse alla dinamica dunale.

Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della regione Marche.

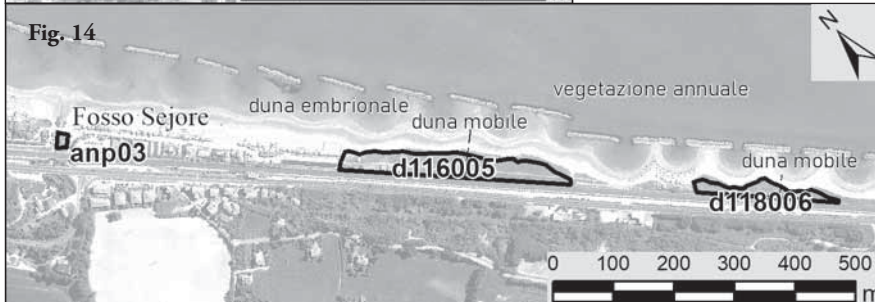
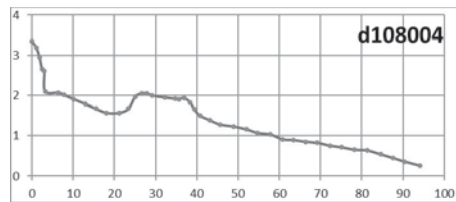
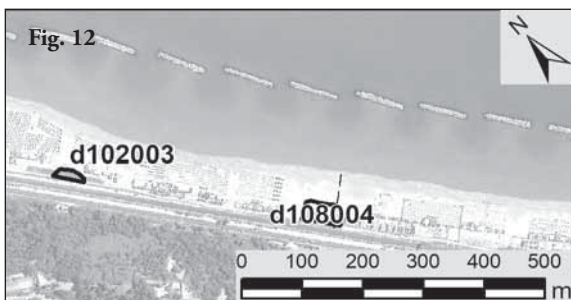


Figura 12. Area dunale d108004 (Sottomonte Sud, tra Pesaro e Fosso Sejore).

Figura 13. Profilo topografico relativo all'area dunale d108004.

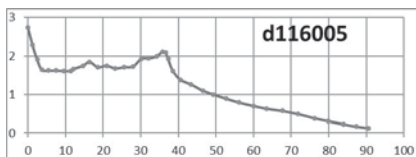
Figura 14. Area poco antropizzata non perimetrata anp03 e aree dunali d116005 e d118006 (Fosso Sejore).

**d116005: Fosso Sejore e Baia del Re**

Area ampia poco più di 1,2 ha, si trova 450 m a SE dell'ultimo lembo non perimetrato sopra descritto e ha una lunghezza pari a circa 380 m e un'ampiezza di circa 40 m (Fig. 14).

La zona è protetta da barriere distaccate parallele e la spiaggia, sabbiosa, ha una debole pendenza e un'ampiezza di 30 - 40 m (Fig. 15), comunque fortemente variabile per l'evidente tombolizzazione in atto. Il profilo topografico disponibile mostra una duna che si eleva fino a una quota di 2,10 m, con il lato verso mare molto ripido, in relazione anche a probabili attività antropiche. La duna ha un'ampiezza di circa 25 - 30 m, con una superficie vegetata e irregolare. Nella zona retrodunale si osserva una strada sterrata, frequentata sporadicamente anche da automezzi. Ricadendo l'area in una ZSC (IT5310007 "Litorale della Baia del Re"), oltre che in una ZPS (IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese") sarebbe opportuna un'oggettiva perimetrazione ai fini della tutela e conservazione.

Nell'area sono presenti sei diverse tipologie di vegetazione: (i) la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) sviluppatasi subito dopo la zona afitoica della spiaggia; (ii) l'aggruppamento a *Cyperus capitatus* Vand. nella duna mobile (Fig. 16); (iii) formazione a dominanza di *Sporobolus pumilus* (Roth) P.M. Peterson & Saarela (syn: *Spartina versicolor*) nella parte più interna in assenza di movimento di sabbia, accompagnata da un'abbondante presenza di *Cyperus kalli* (Forssk.) Murb. nei settori più avanzati; (iv) nei settori più stabili con sabbia compatta e strato di muschi e piante annuali secche è presente l'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110); (v) duna embrionale con l'associazione *Ambrosio coronopifoliae - Lophochloetum pubescentis*; (vi) vegetazione annuale primaverile dell'associazione *Sileno coloratae - Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230).



**Figura 15.** Profilo topografico relativo all'area dunale d116005.



**Figura 16.** In primo piano, aggruppamento a *Cyperus capitatus* nell'area dunale d116005.

**d118006: Fosso Sejore e Baia del Re**

Circa 200 m a SE della zona precedente si riscontra un ulteriore piccolo lembo di circa 3800 mq del medesimo sistema dunale, di lunghezza pari a circa 240 m e ampiezza tra 10 e 30 m, che si eleva sino alla quota di circa 2 m (Fig. 14). La zona in esame è protetta da un sistema di barriere distaccate emerse parallele alla costa che hanno determinato un'evidente tombolizzazione. Questa ha portato alla "saldatura" dell'originaria linea di riva con le scogliere realizzate. La duna è ben visibile nel profilo topografico della parte centro-meridionale dell'area; il piede della duna è a 1,1 m di quota (Fig. 17). La zona retrodunale è appena definita e delimitata all'interno dal rilevato ferroviario.

Anche questo lembo appartiene alla ZSC IT5310007 "Litorale della Baia del Re" e alla ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese".

L'area, uno degli ultimi importanti biotopi di vegetazione psammofila, viene riconosciuta come Area Floristica Regionale (ai sensi della L.R. n. 52 del 20 dicembre 1974); essa presenta otto diverse tipologie di vegetazione, risultando particolarmente ricca dal punto di vista fitosociologico. Subito dopo la zona afitoica sono stati censiti due punti di vegetazione annuale attribuibile all'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210). Nella duna embrionale è presente l'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110) mentre nella zona maggiormente alterata della duna si rinvenivano le seguenti fitocenosi: aggruppamento a dominanza di *Thinopyrum acutum* (DC.) Banfi (syn: *Agropyron pungens* (Pers.) (Roem. & Schult.),

l'associazione *Ambrosio coronopifoliae - Lophochloetum pubescentis*; la vegetazione a *Cyperus kalli* nella parte più interna su resti abbondanti di conchiglie e infine la vegetazione dominata da *Sporobolus pumilus* (Fig. 18). Nell'area è presente, inoltre, a contatto catenale con le formazioni delle dune embrionali a *Thinopyrum junceum*, la vegetazione delle dune mobili rappresentata dall'associazione *Echinophoro spinosae - Ammophiletum arenariae* (Habitat 2120). Inoltre, è stata rilevata la presenza di vegetazione annuale primaverile dell'associazione *Sileno coloratae - Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230) a mosaico con popolamenti di *Cenchrus incertus* M.A. Curtis.

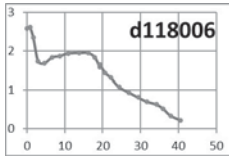


Figura 17. Profilo topografico relativo all'area d118006.

Figura 18. Vegetazione dominata da *Sporobolus pumilus* in uno stato di conservazione alterato nell'area d118006.



#### d120007: Baia del Re Sud

Circa 210 m a SE della zona precedente (Fig. 19), un sottile e debole rilievo morfologico vegetato di estensione di circa 800 m e ampiezza circa 15 m (Fig. 20), per una superficie circa 9100 mq, localmente interrotto da strutture antropiche è presente a ridosso del rilevato ferroviario e alle spalle di una spiaggia protetta da un sistema di barriere radenti. Nella zona, la spiaggia, ghiaiosa e sabbioso-ghiaiosa, ha un'ampiezza di circa 20 - 30 m. Anche quest'area appartiene alla ZSC IT5310007 "Litorale della Baia del Re" e alla ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese".

Nell'area si osservano quattro tipologie di vegetazione: diversi nuclei di vegetazione annuale attribuibile all'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210; Fig. 21); vegetazione della duna embrionale dell'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110); vegetazione attribuibile all'associazione *Ambrosio coronopifoliae-Lophochloetum pubescentis* ed infine, nelle zone più disturbate, nei pressi della ferrovia, su sabbia ghiaiosa, si rinviene una vegetazione annuale attribuibile all'associazione *Raphno maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210). L'area rientra nella ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese".

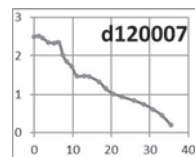
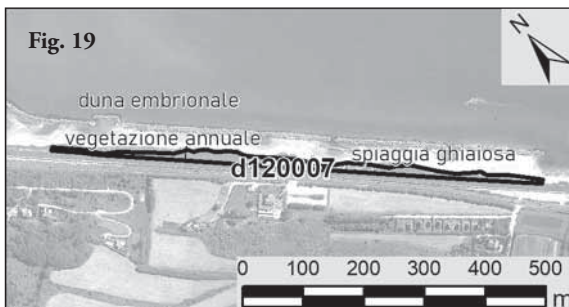


Figura 19. Area dunale d120007 (Baia del Re Sud).

Figura 20. Profilo topografico relativo all'area d120007.

#### anp04: Fano Nord

Alle spalle di una spiaggia ghiaiosa ampia circa 10 m, protetta da una barriera aderente, a contatto con il rilevato della linea ferroviaria si osserva un sottile corpo deposizionale localmente vegetato (Fig. 22). L'area ricade nella ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese".

L'area, alterata, presenta tre tipologie di vegetazione: (i) nella parte bassa della scogliera, si stabilisce una vegetazione annuale attribuibile all'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210); (ii) tra la scogliera e la

ferrovia su ghiaia fine si rinviene la vegetazione della duna embrionale dell'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110); (iii) sugli scogli si stabilisce l'associazione *Crithmo-Inuletum* (Fig. 23). Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della Regione Marche.



Fig. 21

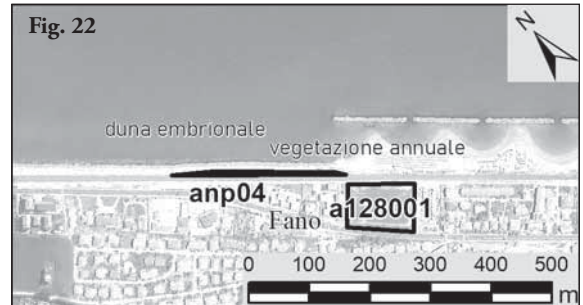


Fig. 22



Fig. 23

Figura 21. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) in uno stato di conservazione alterato nell'area dunale d120007.

Figura 22. Area non perimetrata anp04 e area scarsamente antropizzata a128001 (Fano Nord).

Figura 23. Associazione a *Crithmo-Inuletum* nell'area non perimetrata anp04.

#### **a128001: Fano nord**

Si tratta di un'area verde in località Gimarra, adiacente alla precedente e al margine della ZPS IT5310024 "Colle San Bartolo e litorale pesarese", di circa 8300 mq, compresa tra la Strada Statale Adriatica e la linea ferroviaria (Fig. 22). La zona ha una lunghezza di 110 m e un'ampiezza 75 m. In passato era adibita a campo di calcio. Il tratto costiero in esame è protetto da barriere emerse parallele, situate a circa 70 m dall'originaria linea di riva, che hanno determinato un'evidente tombolizzazione.

Dal punto di vista botanico-vegetazionale non ricadono nel poligono fitocenosi psammofile o comunque connesse alla vegetazione dunale.

#### **a130002: Fano**

Si tratta di un'area coltivata, pianeggiante, situata a circa 560 m a sudest della precedente, di circa 1,7 ha, a circa 540 m a nordovest della foce del torrente Arzilla e compresa tra la linea ferroviaria e la Strada Statale Adriatica (Fig. 24). La zona ha una lunghezza di circa 220 m e un'ampiezza massima di circa 75 m. La costa è protetta da barriere distaccate emerse, leggermente sfalsate, con accenni di tombolizzazione, situate a circa 110 m dalla linea di riva. Anche in questo caso, non si riscontra la presenza nel poligono di corpi dunali.

#### **d132008: Fano**

Circa 120 m a SE della zona precedente si osserva un settore ove è presente quello che resta (circa 1200 mq) di piccoli lembi dunali fortemente antropizzati, di una lunghezza complessiva di circa 35 m, con un'ampiezza di circa 15 m, situati a circa 35 m dalla linea di riva (Fig. 24). La zona è ancora protetta dalla serie di barriere emerse inclinate con segni di tombolizzazione sopra indicate. L'area è fortemente alterata (accumulo di rifiuti, frequentazione turistica intensa, nitrificazione) e presenta lembi di vegetazione annuale attribuibili all'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210, Fig. 25) e piccoli frammenti di duna embrionale riferibili all'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti*, ma troppo alterati per essere attribuiti all'habitat 2110.

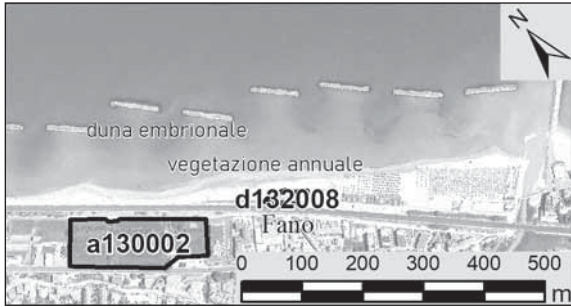


Figura 24. Area scarsamente antropizzata a130002 e area dunale d132008 (Fano).



Figura 25. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area dunale d132008.



Figura 26. Aree scarsamente antropizzate a141003, a143004 e a148005 (Fano).

#### a141003: Fano Sassonia

Area di circa 4,2 ha, fortemente antropizzata, situata a SE del porto di Fano, alle spalle della strada litoranea (Fig. 26). Essa si estende per circa 510 m e ha un'ampiezza variabile tra i 55 m e i 110 m, e ricade all'interno di un tratto di costa fortemente in erosione. L'erosione è ora probabilmente in attenuazione a seguito dell'emersione, realizzata di recente, delle vecchie barriere soffolte e della realizzazione di alcune nuove barriere emerse parallele, poste a circa 120-140 m dalla linea di riva. La costa è inoltre protetta da un'imponente barriera radente e, verso sud-est, da un pennello in massi calcarei che si estende verso mare per circa 100m. Sulla spiaggia immediatamente a NO si osservano, inoltre, opere trasversali (pennelli) di dimensioni decisamente inferiori (circa 10 m) rispetto al precedente. La spiaggia, ghiaiosa, ha un'ampiezza variabile da 10 m, verso SE, in corrispondenza del pennello maggiore, a 50 m, verso NO, avvicinandosi al porto.

Non sono state osservate nel poligono fitocenosi psammofile o comunque connesse alla vegetazione dunale.

#### a143004: Fano sud

L'area è situata a circa 70 m a SE della zona precedente, immediatamente a SE del pennello principale precedentemente citato (Fig. 26). Si osservano diversi tipi di opere di difesa. Alle spalle di una scogliera soffolta continua, lontana circa 180 m dalla linea di riva, è presente, nella parte NO, una scogliera aderente della lunghezza di circa 250 m, situata in corrispondenza della vecchia pista di go-kart, oggi in parte erosa. Nei restanti circa 570 m verso SE sono presenti barriere emerse molto prossime alla riva. Recentemente sono stati potenziati fino all'emersione alcuni tratti della barriera soffolta.

L'area copre circa 6,7 ha, è lunga circa 830 m e ha un'ampiezza variabile tra i 40 m e i 170 m. Nella parte centro-meridionale dell'area, come si evince dalla sezione topografica (Fig. 27), la spiaggia, che ha un'ampiezza

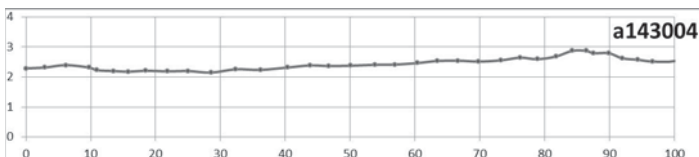


Figura 27. Profilo topografico relativo all'area a143004

di circa 20 m, ed è caratterizzata da sedimenti grossolani ghiaiosi, presenta a circa 40 m dalla linea di riva un piccolo rilievo che raggiunge circa 2,60 m di quota, delimitato verso mare da una scarpata. Dal punto di vista botanico-vegetazionale non si registra la presenza di comunità vegetali che costituiscono la seriazione dunale.

### a148005: Foce Metauro Nord

L'area, ampia circa 3200 mq, è situata a circa 350 m a sudest della precedente e a 650 m a NO della foce del fiume Metauro (Fig. 26). La zona, che si estende per circa 95 m ed è ampia circa 35 m, è protetta da una serie di barriere emerse distaccate, poste a circa 75 m dalla linea di riva, con un accenno di tombolizzazione. È presente una spiaggia, ampia circa 65 m, leggermente vegetata in alcune aree della sua parte interna. In quest'area non sono state individuate, nella fase di censimento degli habitat dunali, fitocenosi psammofile.

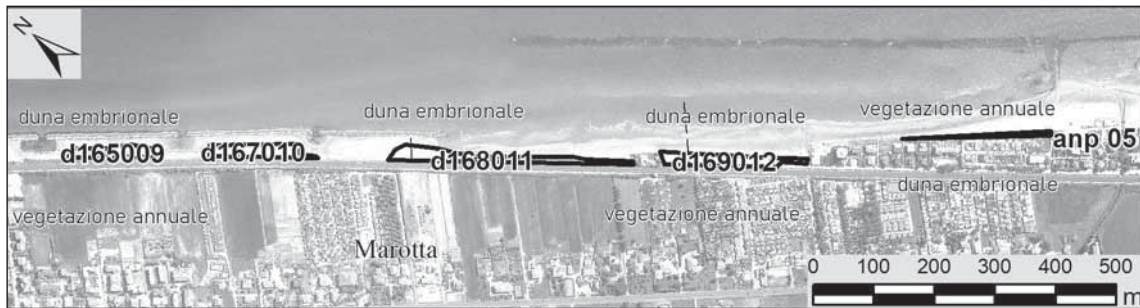


Figura 28. Zone dunali d165009, d167010, d168011, d169012 e area non perimetrata anp05 (Metaurilia, Torrette di Fano Nord).

### d165009: Metaurilia

Nella zona di Metaurilia, a SE di Fano, sono state individuate quattro zone ravvicinate, con caratteristiche simili, ubicate alle spalle di un sistema di barriere aderenti, nella parte settentrionale e alle spalle di barriere soffolte, verso sud (Fig. 28). La più settentrionale delle quattro è la zona d165009, un'area della lunghezza di circa 140 m che copre circa 2300 mq, ubicata alle spalle di una barriera aderente delimitata da due varchi che separano questa dalle barriere contigue. La spiaggia si estende per circa 35 m fino al rilevato ferroviario e, verso NO, è parzialmente vegetata nella sua porzione interna. Il sito, sebbene alterato, presenta due tipologie di vegetazione: vegetazione annuale attribuibile all'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) e su una piccola duna embrionale l'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 29).

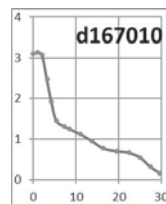


Figura 30. Profilo topografico relativo all'area d167010

Figura 29. Associazione *Echinophoro spinosae - Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area dunale d165009.

### d167010: Metaurilia

Circa 90 m a SE della precedente, alle spalle del successivo spezzone di barriera aderente è stata individuata un'area (3100 mq circa) della lunghezza di circa 180 m che costituisce la porzione più interna di una spiaggia ampia circa 30 m (Fig. 28). Il profilo topografico (Fig. 30) evidenzia un corpo deposizionale, che raccorda la spiaggia con il rilevato ferroviario, a tratti parzialmente vegetato. Dal punto di vista botanico-vegetazionale non ricadono nel poligono fitocenosi psammofile o comunque connesse alla vegetazione dunale.

**d168011: Torrette di Fano Nord**

Circa 120 m a SE della precedente inizia un'area perimetrata di circa 4600 mq che si sviluppa alle spalle del settore più meridionale delle barriere aderenti che caratterizzano le aree precedenti (Fig. 28). Qui si osserva un pennello obliquo, di recente realizzazione, che raccorda le suddette barriere aderenti con le barriere parallele soffolte discontinue, con sommità prossima alla superficie, presenti più al largo verso SE e la cui presenza determina un accrescimento della spiaggia. La zona in esame si estende per circa 400 m, con un'ampiezza che varia tra i circa 25 m del settore settentrionale fino a circa 4 - 5 m in quello meridionale. La morfologia (Fig. 31) è fortemente condizionata dalla presenza delle barriere e dal rilevato ferroviario su cui si appoggia un corpo sedimentario dello spessore di qualche metro, parzialmente vegetato. L'area è fortemente compressa dalla presenza della massicciata ferroviaria. L'unico habitat presente è costituito dalla vegetazione annuale del *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) e qua e là sono presenti alcuni frammenti dell'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti*. Inoltre, sulla massicciata ferroviaria è presente una biocenosi dominata da *Crithmum maritimum* L. e *Limbardia crithmoides* subsp. *longifolia* dell'associazione *Crithmo-Inuletum* (Fig. 32).

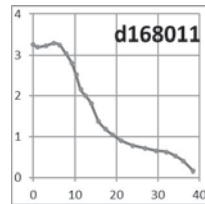


Figura 31. Profilo topografico relativo all'area dunale d168011.

Figura 32. Biocenosi dominata da *Crithmum maritimum* e *Limbardia crithmoides* subsp. *longifolia* dell'associazione *Crithmo-Inuletum* nell'area dunale d168011.

**d169012: Torrette di Fano Nord**

Circa 50 m a SE della precedente, si osserva la prosecuzione dello stesso corpo deposizionale, in un'area di circa 3700 mq (Fig. 28) posta alle spalle di una barriera soffolta lontana circa 140 m dalla linea di riva. La zona in esame è lunga circa 140 m e ampia circa 15 m e corrisponde alla parte più interna di una spiaggia ampia circa 60 m, quindi più estesa di quella della zona precedente, delimitata verso terra dal rilevato ferroviario. Anche in questo caso il profilo (Fig. 33) evidenzia un corpo sedimentario che si appoggia al rilevato ferroviario con pochissima sporadica vegetazione. Questo poligono, quasi a contatto con il precedente, presenta due tipologie di vegetazione: una annuale, riferibile al *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210; Fig. 34), e una dunale appartenente all'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110).

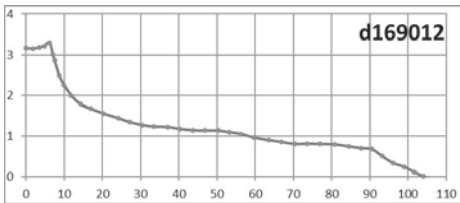


Figura 33. Profilo topografico relativo all'area d169012.

Figura 34. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area dunale d169012.



**anp05: Torrette di Fano Nord**

Circa 120 m a SE della zona precedente, in condizioni analoghe e in prossimità di un pennello che collega la barriera soffolta alla riva e che determina un accenno di tombolizzazione, si estende per circa 250 m circa, una

sottile fascia sabbiosa a ridosso delle strutture perimetrali dell'edificato, stabilizzata dalla vegetazione, che a luoghi potrebbe rappresentare un accenno di duna embrionale (Fig. 28). Nell'area la vegetazione psammofila può essere schematizzata tramite un transetto (Fig. 35). Nella prima fascia di spiaggia fine si osservano piccoli nuclei della vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) alla quale segue una stretta fascia con dune embrionali elevate pochi centimetri con lembi dell'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110) mentre sugli scogli retrostanti è presente l'associazione *Crithmo-Inuletum*. Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della Regione Marche.



Figura 35. Transetto di vegetazione presente nell'area non perimetrata anp05.

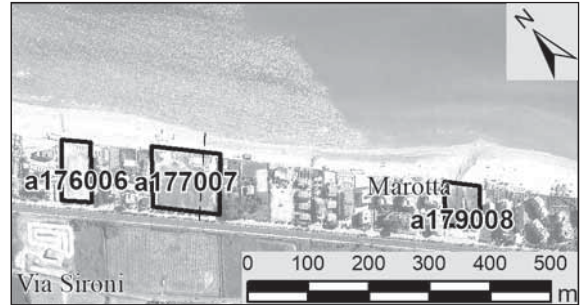


Figura 36. Aree poco antropizzate a176006, a177007 e a179008 (Torrette di Fano).

#### a176006, a177007 e a179008: Torrette di Fano

Sono aree parzialmente antropizzate e vegetate di circa 4900 mq, 1,2 ha e 4000 mq, rispettivamente, incassate nel centro abitato e delimitate all'interno dalla linea ferroviaria (Fig. 36). Queste zone si estendono rispettivamente per 50 m, 115 m e 70 m, e quelle più a NE hanno un'ampiezza di circa 100 m entrambe. L'area più meridionale è ampia invece circa 70 m.

Nell'area a177007 sono presenti tratti residui di una probabile antica duna, interrotta e alterata da opere antropiche di varia natura (Fig. 37). Nella zona la costa è protetta da barriere soffolte con cresta prossima alla superficie situate a circa 270 m dalla linea di riva.

Nell'area rappresentata dal poligono a176006 non sono state censite comunità vegetali dunali, mentre nell'area a177007 e nella a179008 sono presenti: (i) la vegetazione

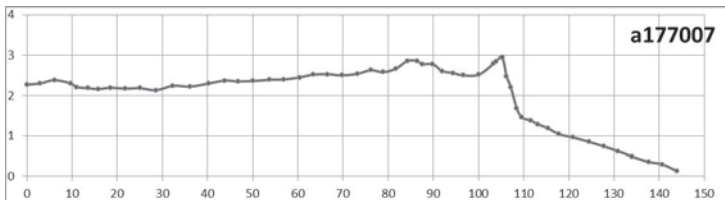


Figura 37. Profilo topografico relativo all'area a177007.



Figura 38. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area a179008; si può osservare come la cenosi si presenti fortemente alterata.



Figura 39. Associazione *Echinophoro spinosae - Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area a177007.



annuale del *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210; Fig. 38); (ii) la vegetazione delle dune embrionali dell'*Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 39) seppure in uno stato di conservazione non ottimale.

**a180009: Torrette di Fano**

La zona, simile alle tre precedenti, copre un'area di circa 500 mq, ha un'estensione pari a 90 m e un'ampiezza di circa 70 m (Fig. 40). La costa continua ad essere protetta da barriere soffolte, con cresta prossima alla superficie, situate a circa 250 m dalla linea di riva.

Essa ospita le stesse tipologie di vegetazione delle precedenti: (i) la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210); (ii) la vegetazione delle dune embrionali dell'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 41). Queste biocenosi si originano tra le barche nelle aree di rimessaggio, nei piccoli tratti di spiaggia libera e nelle zone di passaggio tra i capanni.



Figura 40. Area poco antropizzata a180009 e area dunale d181013 (Torrette di Fano).

Figura 41. Associazione *Echinophoro spinosae - Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area poco antropizzata a180009.

**d181013: Torrette di Fano**

La zona successiva, adiacente alla precedente, comprende circa 1500 mq di spiaggia, con lunghezza pari a 75 m e ampiezza di circa 15-20 m, situata a circa 30 m dalla linea di riva (Fig. 40). La zona è protetta dalle stesse opere di difesa soffolte descritte per l'area precedente. Il profilo topografico (Fig. 42) evidenzia nella parte interna del settore settentrionale un piccolo accumulo addossato al muro di cinta di un'abitazione. Questo deposito presenta accenni di vegetazione. L'area adibita alla balneazione libera presenta una vegetazione annuale primaverile attribuibile al *Sileno coloratae - Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230; Fig. 43).

Figura 42. Profilo topografico relativo all'area d181013.

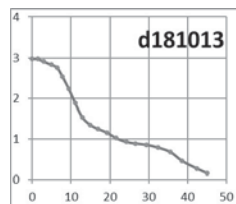


Figura 43. Associazione *Sileno coloratae - Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230) in uno stato di conservazione alterato nell'area a180010.

**a184010: Ponte Sasso**

La zona, distante circa 780 m dalla precedente, raggruppa due aree verdi che si estendono rispettivamente per circa 190 m e 80 m e di ampiezza pari a circa 70 m entrambe, separate da un'area antropizzata lunga circa 100 m, per un totale di circa 1,8 ha (Fig. 44). L'area è delimitata all'interno dalla strada litoranea. La costa è protetta da barriere soffolte con cresta prossima alla superficie, distanti circa 220 m dalla linea di riva e presenta una spiaggia larga circa 50 m. Vicino alla zona di rimessaggio barche si osserva la vegetazione annuale attribuibile all'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210, Fig. 45).

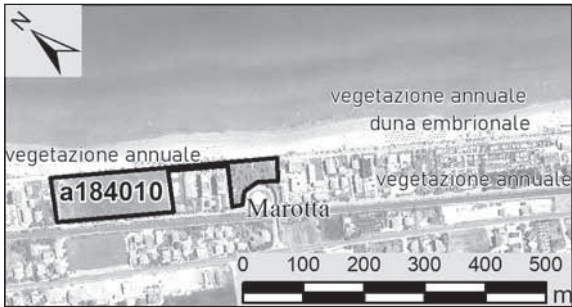


Fig. 44. Area poco antropizzata a184010 e area non perimetrata e non perimetrabile (Marotta - Ponte Sasso).



Fig. 45. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area poco antropizzata a184010.

### Ponte Sasso, area non perimetrata e non perimetrabile

Circa 170 m a sud-est della precedente area, alle spalle di una spiaggia, protetta da barriere soffolte con cresta prossima alla superficie, poste a circa 220 m dalla linea di riva, sono presenti limitati e sporadici accenni di vegetazione che stabilizzano localmente i sedimenti adiacenti alla strada litoranea (Fig. 44).

Nella zona, adibita al rimessaggio delle barche, si rinvenivano due tipologie di vegetazione in forte stato di alterazione: (i) vegetazione annuale attribuibile all'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Fig. 46); (ii) vegetazione delle dune embrionali appartenente all'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Fig. 47). In entrambi i casi, a causa della loro evidente alterazione, le due fitocenosi non sono state riferite a nessun habitat.



Figura 46. Associazione *Salsolo-Cakiletum* in uno stato di conservazione fortemente alterato nel sito non perimetrato e non perimetrabile di Ponte Sasso.



Figura 47. Associazione *Echinophoro spinosae - Agropyretum juncei* in stato di conservazione fortemente alterato nel sito non perimetrato e non perimetrabile di Ponte Sasso.

### a200011: Marotta

Area verde, di circa 2800 mq, vegetata, ubicata tra la linea ferroviaria e la strada litoranea e parzialmente circondata da diversi edifici (Fig. 48). Essa ha un'estensione pari a 60 m per 45 m. La spiaggia anti-

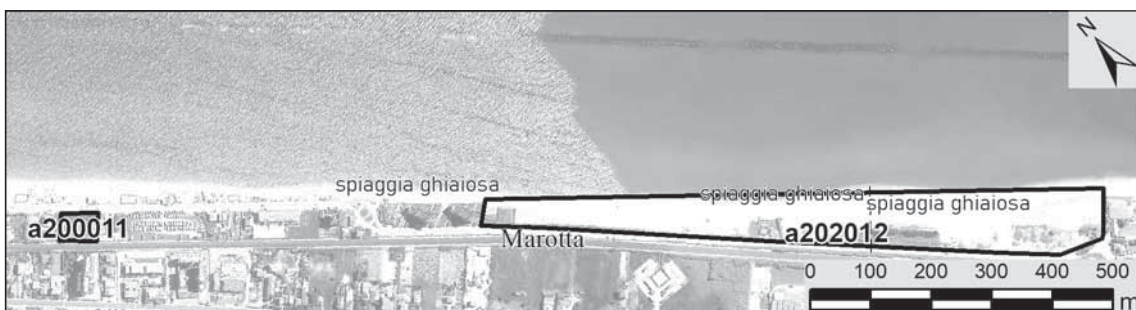


Figura 48. Aree poco antropizzate a200011 e a202012 (Marotta).

stante è ampia circa 35 m ed è protetta da barriere soffolte distanti circa 250 m dalla linea di riva con cresta prossima alla superficie. Nel poligono non si riscontra la presenza della vegetazione psammofila.

**a202012: Marotta Sud**

Area scarsamente antropizzata ubicata a circa 640 m dalla precedente, di circa 7,9 ha, situata a 360 m nordovest della foce del fiume Cesano, lunga circa 1020 m (Fig. 48). Essa è delimitata dalla strada litoranea che costeggia la linea ferroviaria. Comprende una spiaggia ghiaiosa di ampiezza di circa 50 m a nord e 120 m a sud, protetta da una barriera soffolta lontana circa 250 m dalla linea di riva. La porzione più interna, in alcuni settori e specialmente nella parte meridionale, è parzialmente vegetata. Il profilo topografico (Fig. 49) è di difficile interpretazione e mette in evidenza, nella parte più esterna della spiaggia un piccolo rilievo irregolare, avente un'ampiezza di circa 30 m e una quota massima pari a circa 2,7 m, che potrebbe rappresentare un antico cordone litorale con la zona retrostante oggi colmata dai sedimenti. L'area ospita una spiaggia libera ghiaiosa in cui è evidente una certa nitrificazione dovuta alla vicinanza con un'area utilizzata come parcheggio e interessata da abbondanti rifiuti abbandonati. Sono presenti frammenti di vegetazione annuale attribuibili, quando ben strutturati, all'associazione *Raphano maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210; Fig. 50).

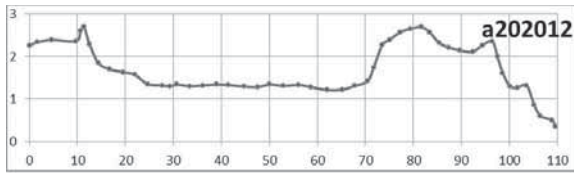


Figura 49. Profilo topografico relativo all'area poco antropizzata a202012



Figura 50. Associazione *Raphano maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210) in uno stato di conservazione alterato nell'area poco antropizzata a202012.

**a211013 - a212014: Foce Cesano**

Si tratta di due zone delimitate all'interno dalla linea ferroviaria. La prima area, situata a circa 240 m a sudest della precedente, ricopre circa 9500 mq e si estende per circa 130 m immediatamente a nordovest della foce del fiume Cesano, con un'ampiezza tra 40 m e 85 m (Fig. 51). La zona è parzialmente vegetata nella sua porzione interna. La seconda area, di circa 2,65 ha, è invece situata immediatamente sulla destra della foce del fiume Cesano ed è lunga circa 290 m, ampia circa 90 m e parzialmente vegetata fino a ridosso della spiaggia ghiaiosa antistante, ampia circa 30 m, che non è protetta da barriere (Fig. 51). Il profilo topografico (Fig. 52) è fortemente irregolare e denota la presenza di un rilievo, nella parte esterna, presumibilmente riferibile ai depositi della barra di foce. Si osservano anche forme erosive, probabilmente di natura antropica. Anche il fronte della spiaggia è in erosione per la mancanza di opere di protezione.

Nelle due aree non è stata individuata alcuna fitocenosi psammofila o comunque connessa alla vegetazione dunale.

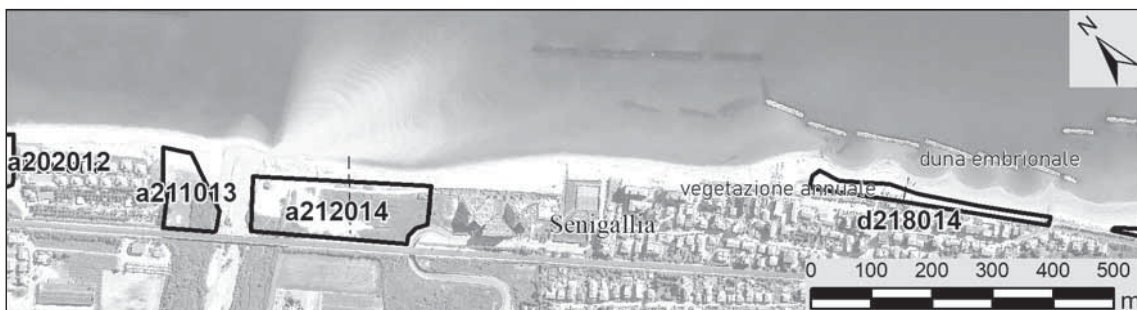


Figura 51. Aree poco antropizzate a211013 e a212014 e area dunale d218014 (Foce Cesano).

### d218014: Senigallia nord

A nord del porto di Senigallia è presente una serie di aree dunali protette da barriere emerse distaccate situate a una distanza variabile fino a 200 m dalla riva. La più settentrionale di queste aree, che copre quasi 7000 mq, è situata a circa 900 m a SE della foce del fiume Cesano, ha una lunghezza di 400 m e un'ampiezza massima di circa 25 m (Fig. 51). La spiaggia è protetta da barriere emerse distaccate, leggermente inclinate, situate tra 15 e 55 m dalla riva e che nella parte meridionale passano a ulteriori barriere emerse situate 65 m più al largo. La spiaggia è tombolizzata, delimitata all'interno dalla strada litoranea e da abitazioni; il profilo topografico (Fig. 53) non evidenzia morfologie particolarmente indicative di dune. L'ampiezza della spiaggia antistante è tra 40 e 70 m. Nella parte meridionale dell'area, si osservano comunque tracce di vegetazione che stabilizza i sedimenti presenti.

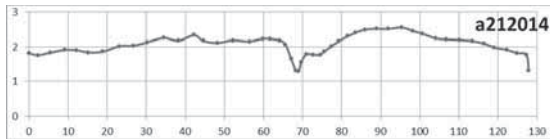


Figura 52. Profilo topografico relativo all'area a212014.

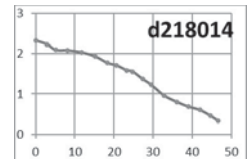


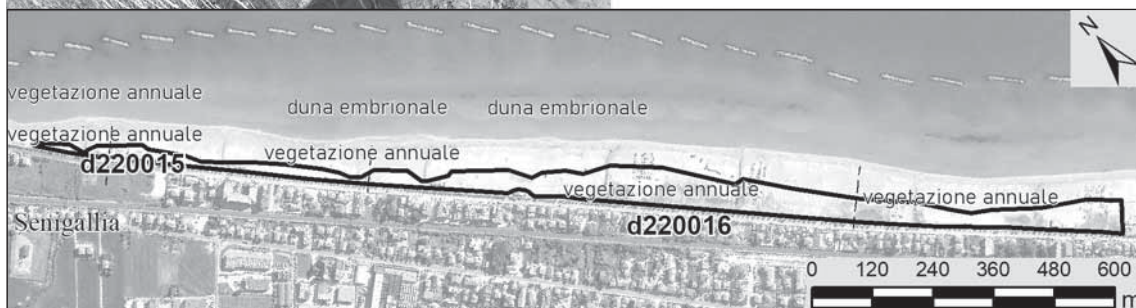
Figura 53. Profilo topografico relativo all'area d218014.

Nell'area sono presenti quattro differenti tipologie vegetazionali censite più volte all'interno del poligono: la vegetazione annuale riferibile al *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210); la vegetazione della duna embrionale appartenente all'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 54); la vegetazione a *Sporobolus pumilus*, sempre nella duna mobile in condizione di maggiore alterazione dovuta all'erosione erosiva del mare; la vegetazione annuale primaverile attribuibile all'associazione *Sileno coloratae - Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230).



Figura 54. Associazione *Echinophoro spinosae - Agropyretum juncei* (Habitat 2110) in stato di conservazione buono nell'area dunale d218014.

Figura 55. Aree dunali d220015 e d220016; scala 1:15'000 (Senigallia Nord).



### d220015 e d220016: Senigallia nord

Si tratta di due aree analoghe separate da un corso d'acqua; la più settentrionale copre solamente circa 1000 mq, è lunga 100 m e ampia fino a circa 20 m; quella più meridionale ha una lunghezza di 2,06 km e un'ampiezza tra 20 e 80 m, per una superficie di circa 8,3 ha (Fig. 55). Ambedue le aree sono delimitate a monte dalla strada litoranea. L'area retrostante alla spiaggia mostra localmente zone con accenni di vegetazione, la cui continuità è interrotta da interventi antropici. L'area d220015 presenta due tipologie di vegetazione afferibili all'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) e all'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 56).

L'area, *in continuum* con la precedente, ha un elevato grado di diversità fitocenotica rappresentato da quattro tipologie vegetazionali rilevate sul campo. La vegetazione più diffusa è rappresentata dalla vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210); sulle dune embrionali si rinviene frequentemente l'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 57), mentre nella stagione primaverile si sviluppa la vegetazione terofitica con la presenza della rara *Cutandia maritima* appartenente all'associazione *Sileno coloratae - Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230).

Per l'area d220016 sono disponibili tre profili topografici (Fig. 58) in cui si osservano alcune irregolarità morfologiche del corpo sedimentario che borda all'interno la spiaggia e che la raccorda con il rilevato stradale. Queste, almeno in parte, sono verosimilmente collegate ad attività antropiche. La spiaggia sabbiosa antistante, presenta un'ampiezza intorno ai 100 m e una bassa pendenza.



Figura 56. Associazione *Echinophoro spinosae - Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area dunale d220015, in stato di conservazione buono.



Figura 57. Associazione *Echinophoro spinosae - Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area dunale d220016.

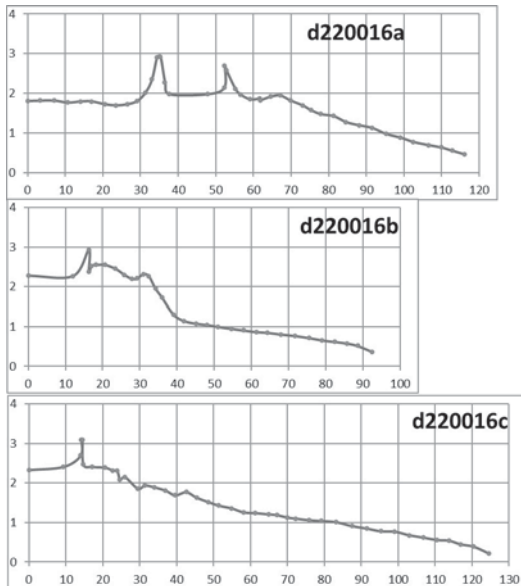


Figura 58. Profili topografici relativi all'area d220016 riferiti, dall'alto verso il basso, alle tracce riportate andando da NW a SE.

### d230017: Senigallia nord

L'area di circa 3200 mq è situata a 270 m a SE della precedente. Si tratta di una piccola zona, sempre protetta da barriere emerse dello stesso sistema del settore precedente, ubicata a cavallo di un piccolo fosso, caratterizzata da depositi sabbiosi, poco inclinata e appoggiata al rilevato stradale (Fig. 59). Il profilo (Fig. 60) non presenta morfologie riferibili a una duna.

A SE del porto di Senigallia la costa non presenta opere di difesa artificiali, per circa 10 km, fino a Marina di Montemarciano. In questo tratto è particolarmente evidente, nelle immagini telerilevate, la presenza nella spiaggia sottomarina (*foreshore* e *shoreface*) di una fascia ampia nella parte settentrionale circa 200 - 250 m

caratterizzata da quattro barre sommerse (Fig. 61), a tratti interrotte da varchi legati a correnti di riflusso (*rip currents*). Verso sud tale fascia si riduce a uno spessore massimo di 100 m con presenza di una sola barra. La presenza di tali barre sommerse è particolarmente importante perché costituiscono strutture di difesa naturali.

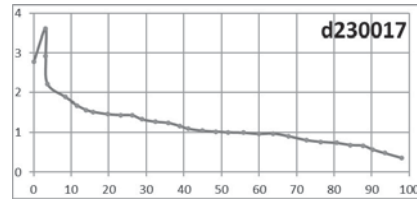
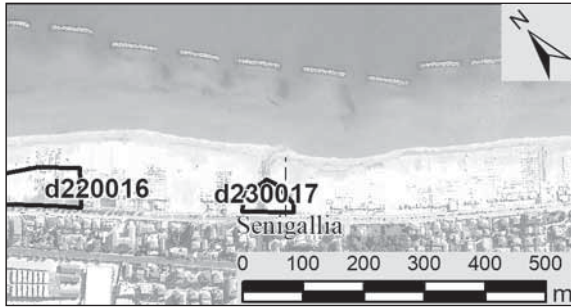


Figura 59. Zona dunale d230017 (Senigallia Nord).

Figura 60. Profilo topografico relativo all'area d230017.



Figura 61. Barre sommerse a SE del porto-canale di Senigallia.

### d250018: Senigallia Sud

Area vegetata di circa 4200 mq, situata a circa 2,5 km dalla foce armata in destra del Fiume Misa, di lunghezza pari a circa 215 m, ampia mediamente intorno ai 20 - 25 m e, localmente, interrotta da transiti pedonali (Fig. 62). Nella zona centrale, meno antropizzata, l'ampiezza dell'area raggiunge anche i 35 m. L'area ricade in una zona di costa non protetta e costituisce la parte più interna di una spiaggia emersa di ampiezza pari a 60 - 70 m. A monte l'area è delimitata dalla strada litoranea contro la quale va ad accumularsi un corpo sedimentario, spesso circa 1,5 m e ampio circa 10 m. Nel profilo topografico (Fig. 63) si osserva che l'area è fortemente disturbata da modificazioni antropiche.

L'area presenta un sistema dunale lineare lungo parecchie decine di metri che si sviluppa dietro gli stabilimenti balneari, ed è delimitato da un muretto in cemento alto circa 80 cm che separa la spiaggia dalla strada. All'interno dell'area si rinviene un'elevata diversità fitocenotica rappresentata da sei differenti tipologie di vegetazione. Nel tratto finale del sistema dunale è presente, alla base della duna dietro alla zona di rimessaggio delle barche, la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210). Nelle zone più profondamente rimaneggiate dagli interventi di livellamento meccanizzati delle spiagge, si assiste ad una rapida colonizzazione per opera dell'esotica *Cenchrus incertus* che partecipa all'associazione sinantropica *Xanthio italici - Cenchrretum incerti* che sostituisce il *Salsolo-Cakiletum*. Sul versante a mare della duna embrionale sono stati censiti lembi di vegetazione afferibili all'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 64). Nella zona sommitale della duna, a mosaico con la vegetazione annuale primaverile dell'associazione *Sileno coloratae - Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230; Fig. 65), è presente una vegetazione fortemente antropizzata attribuibile all'associazione *Ambrosio coronopifoliae - Lophochloetum pubescentis*. La zona retrodunale è, infine, colonizzata da un popolamento dominato da *Sixalix atropurpurea* (L.) Greuter & Burdet.



Figura 62. Aree dunali d250018, d251019, d253020, d254021, d255022 e d256023 (Senigallia Sud).

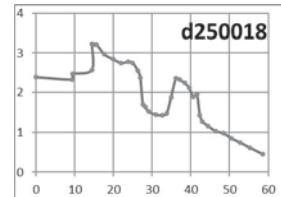


Figura 63. Profilo topografico relativo all'area d250018.

### d251019: Senigallia Sud

Zona analoga alla precedente, ubicata a circa 170 m a SE; è anch'essa un'area vegetata di circa 2200 mq, interrotta localmente da camminamenti e da un fossato (Fig. 62). L'area è lunga circa 130 m e ampia mediamente intorno ai 20 - 30 m. Essa è in una zona in cui la costa non è protetta e rappresenta la parte più interna di una spiaggia emersa ampia 60 - 70 m. A monte l'area è delimitata dalla strada litoranea con un accumulo sedimentario addossato a quest'ultima.

L'area presenta caratteristiche vegetazionali simili a quelle descritte precedentemente. Si differenzia dal vicino tratto per la presenza, nella parte sommitale della duna, di una vegetazione a dominanza di *Lagurus ovatus* e *Cenchrus incertus* correlabile con la forte alterazione antropica. Nella zona retrodunale oltre alla vegetazione dominata da *Sixalix atropurpurea* si rinviene una formazione a *Cynodon dactylon* (L.) Pers.

La zona a sudest della precedente, per oltre un km è caratterizzata da una successione di rilievi dunali perimetrati che rappresentano i lembi di un'unica struttura localmente segmentata da manufatti alle cui spalle è talvolta possibile individuare piccoli lembi di duna embrionale.



Figura 64. Associazione *Echinophoro spinosae - Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area dunale d250018.



Figura 65. Associazione *Sileno coloratae - Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230) nell'area dunale d250018.

### d253020: Senigallia Sud

Piccola zona (circa 700 mq) analoga alle precedenti, ubicata a circa 350 m a SE della d215018 (Fig. 62). Essa è un'area meno vegetata e meno estesa della precedente, di lunghezza pari a circa 50 m e ampia mediamente intorno ai 12 m. La zona ricade in un tratto di costa non protetto e rappresenta la parte più interna di una spiaggia emersa ampia 50 m. L'area a monte è delimitata dalla strada litoranea. L'area presenta una duna verticale fortemente alterata con uno scalzamento al piede fino alla base che non dà la possibilità all'associazione

*Salsolo-Cakiletum* di formarsi; sono presenti solo poche piante sparse di *Salsola kali* e una vegetazione sinantropica a prevalenza di *Plantago coronopus* L. e *Sixalix atropurpurea*. Nella stagione primaverile è presente la vegetazione terofitica attribuibile all'associazione *Sileno coloratae* - *Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230; Fig. 66).



Figura 66. Associazione *Sileno coloratae* - *Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230) nell'area dunale d253020.

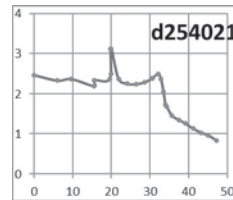


Figura 67. Profilo topografico relativo all'area d254021.

### d254021: Senigallia Sud

Zona analoga alla precedente da cui dista circa 145 m; si tratta di un'area vegetata di circa 1250 mq con lunghezza pari a circa 80 m e ampia mediamente intorno ai 18 m (Fig. 62). L'area ricade in un tratto di costa non protetto e rappresenta la parte più interna di una spiaggia emersa ampia 50 m. La zona a monte è delimitata dalla strada litoranea. Dal profilo topografico (Fig. 67) si evince la presenza di un piccolo accumulo sedimentario addossato alla strada litoranea ed eroso sul lato mare.

L'area presenta sei diversi tipi di vegetazione: (i) vegetazione annuale del *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210); (ii) vegetazione primaverile del *Sileno coloratae* - *Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230); (iii) formazione a *Plantago coronopus* e *Cenchrus incertus*; (iv) formazione a *Cenchrus incertus* e *Cynodon dactylon*; (v) formazione a *Plantago coronopus* e *Sixalix atropurpurea* (le ultime tre sono formazioni sinantropiche della duna embrionale) e infine la vegetazione dunale dell'associazione *Ambrosio coronopifoliae* - *Lophochloetum pubescentis*.

### d255022: Senigallia Sud

Si tratta di un'estensione del sistema descritto in precedenza, ubicata a circa 140 m a SE della d254020 (Fig. 62). È un'area vegetata di lunghezza pari a circa 115 m e ampia mediamente intorno ai 14 m, per una superficie di circa 1600 mq. La zona ricade sempre in un tratto di costa non protetto e rappresenta la parte più interna di una spiaggia emersa ampia 50 m. A monte è delimitata dalla strada litoranea.

Nel poligono sono presenti le seguenti fitocenosi: *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210; Fig. 68); *Echinophoro - Elymetum* (Habitat 2110); *Sileno coloratae* - *Vulpietum fasciculatae* (Habitat 2230). In quest'area sono inoltre presenti l'aggruppamento a *Sporobolus pumilus* e l'associazione *Ambrosio coronopifoliae* - *Lophochloetum pubescentis* e, in condizioni di maggior antropizzazione, due diverse combinazioni di specie sinantropiche come l'aggruppamento a *Lagurus ovatus* L. e *Sixalix atropurpurea* e l'aggruppamento a *Lagurus ovatus* e *Ambrosia psilostachya*.



Figura 68. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area dunale d255022, in uno stato di conservazione alterato.



Figura 69. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area dunale d256023.



### d256023: Senigallia Sud

Zona ancora associata alle precedenti, è ubicata a circa 150 m a SE dell'ultima descritta (Fig. 62). È un'area vegetata di circa 1000 mq con lunghezza pari a circa 90 m e ampia mediamente intorno ai 12 m. La zona ricade in un tratto di costa non protetto e rappresenta la parte più interna di una spiaggia emersa ampia 50 m. La zona a monte è delimitata dalla strada litoranea.

In questo poligono si riscontra una forte alterazione antropica e si osserva la presenza sporadica della vegetazione annuale attribuibile all'associazione *Salsolo-Cakiletum* subass. *xanthietosum italici* (Habitat 1210; Fig. 69). Nei frammenti di duna embrionale ancora presenti, si osservano piccoli nuclei dell'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* a mosaico con aggruppamenti a *Cenchrus incertus* che tuttavia non possono essere attribuiti all'habitat 2110.

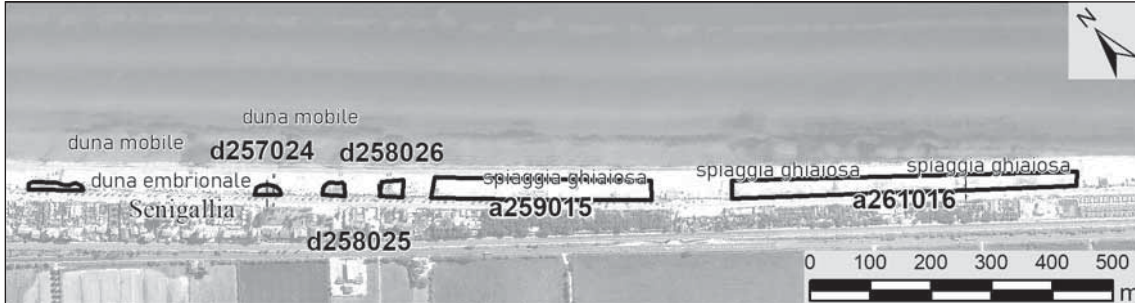


Figura 70. Aree dunali d257024, d258025 e d258026, aree poco antropizzate a259015 e a261016 (Senigallia Sud).

### d257024, d258025 e d258026: Senigallia Sud

Il più settentrionale di tre tratti di spiaggia fondamentalmente analoghi ai precedenti (Fig. 70) è ubicato a circa 280 m a SE della zona sopra descritta (d256023). Si tratta di un'area vegetata di circa 550 mq con lunghezza pari a circa 40 m e ampiezza intorno ai 15 m. La zona ricade in un tratto di costa non protetto e rappresenta la parte più interna di una spiaggia emersa ampia 50 m. L'area a monte è delimitata dalla strada litoranea. Dai due profili topografici (Fig. 71) si evince la presenza nella zona vegetata stabilizzata a ridosso della strada litoranea di un deposito sabbioso a cui segue verso est un piccolo rilievo legato ad attività antropica che si eleva per circa 0,5 m e che si attenua nella sezione più a sud.

Zona fortemente antropizzata in cui è presente solo una vegetazione pressoché monospecifica a *Cenchrus incertus*. La successiva area di circa 700 mq è ubicata a circa 70 m a SE della precedente (Fig. 70). Si tratta di un'area vegetata di lunghezza pari a circa 40 m e ampia mediamente intorno ai 25 m. La zona ricade in un tratto di costa non protetto e rappresenta la parte più interna di una spiaggia emersa ampia 50 m. L'area a monte è delimitata dalla strada litoranea. La zona ancora più a sud è ubicata a circa 60 m dalla precedente (Fig. 70). Essa rappresenta un'area parzialmente vegetata di quasi 1000 mq con lunghezza pari a circa 35 m e ampia mediamente intorno ai 25 m; la zona ricade in un tratto di costa non protetto e rappresenta la parte più interna di una spiaggia emersa ampia 50

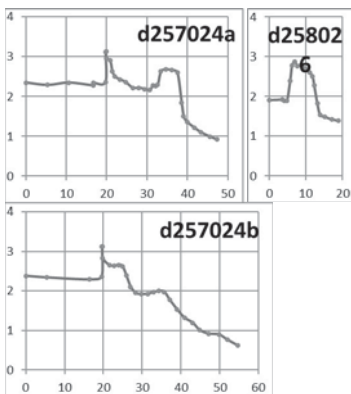


Figura 71. Profili topografici relativi all'area d257024, da destra a sinistra, procedendo da NW a SE.

Figura 72. Profilo topografico relativo all'area d258026.

Figura 73. Comunità di *Plantago coronopus* e *Cynodon dactylon* nell'area d258026.



m. L'area a monte è delimitata dalla strada litoranea. In vicinanza, immediatamente a NO della zona è stato realizzato un profilo topografico (Fig. 72) non rappresentativo del contesto morfologico effettivo dell'area considerata. Entrambe le aree (d258024 e d258025) sono caratterizzate da un ampio tratto di spiaggia ghiaiosa piatta adibita alla balneazione libera. Si osserva la presenza di frammenti di vegetazione sinantropica caratterizzata da *Xanthium italicum* Moretti e di comunità di *Plantago coronopus* e *Cynodon dactylon* (Fig. 73).

### a259015 e a261016: Senigallia Sud

Poco oltre le aree sopra descritte sono presenti due fasce strette e allungate distanti fra loro di circa 130 m, situate in una zona in cui la costa non è protetta e rappresentano la parte più interna di una spiaggia emersa ampia 50-55 m (Fig. 70). La prima, più settentrionale, di circa 1,2 ha, è parzialmente o poco vegetata ed è ubicata a circa 45 m a SE della zona dunale d258026. Questa zona ha una lunghezza pari a circa 360 m ed è ampia mediamente intorno ai 35 m. Rappresenta la parte più interna di una spiaggia emersa ampia circa 50 m, delimitata a monte dalla strada litoranea. La seconda è una zona di circa 1,5 ha analoga alla precedente, situata a SE della stessa. Si tratta di un'area parzialmente o poco vegetata, di lunghezza pari a circa 570 m e ampia mediamente intorno ai 30 m. Dal profilo topografico (Fig. 74) si evince la presenza di un piccolo accumulo sedimentario addossato alla strada litoranea.

Entrambi i poligoni ospitano una spiaggia ghiaiosa colonizzata prevalentemente da una vegetazione sinantropica a *Cynodon dactylon* e *Plantago coronopus*, a mosaico con formazioni basse a *Xanthium italicum* e, verso la riva, piccoli nuclei di *Eryngium maritimum* L. Nel poligono più a sud si riscontra la presenza della vegetazione annuale dell'associazione *Raphano maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210).

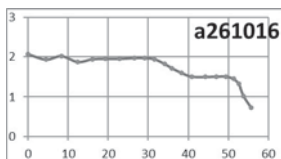
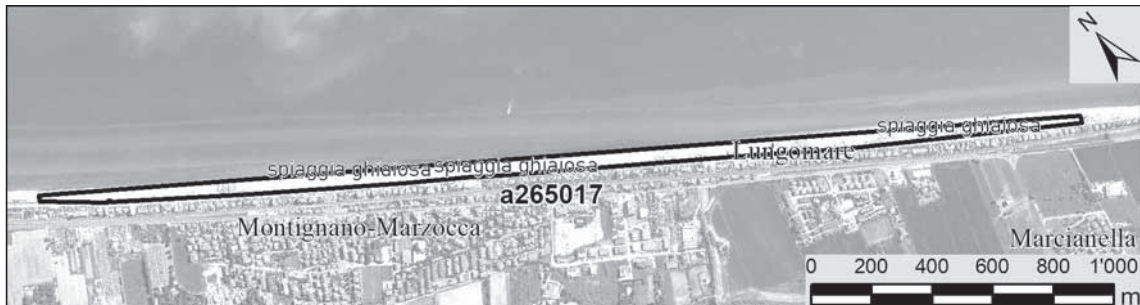


Figura 74: Profilo topografico relativo all'area a261016.

Figura 75. Area poco antropizzata a265017 (Marzocca); scala di riproduzione 1:25'000.



### a265017: Marzocca

Zona di circa 15,1 ha analoga alle precedenti, ubicata a circa 450 m a SE dell'area a261016 (Fig. 75). Essa è parzialmente o poco vegetata, ha una lunghezza pari a circa 3450 m ed è ampia mediamente intorno ai 50 m. La costa in questa zona non presenta opere di difesa e l'area perimetrata corrisponde con la spiaggia emersa ampia circa 50 m, delimitata a monte dalla strada litoranea. Dal profilo topografico (Fig. 76) si evince la presenza, a circa 15 - 20 m dalla linea di riva, di un piccolo rilievo, verosimilmente legato ad attività antropica. La zona più interna della spiaggia è a tratti stabilizzata, con presenza di vegetazione.

L'area, molto alterata, presenta una vegetazione a dominanza di *Plantago coronopus* su spiaggia ciottolosa priva di materiale fine. Tra le barche si rinvengono lembi di vegetazione a dominanza di *Thinopyrum acutum* a mosaico con nuclei di *Plantago coronopus* e *Silene vulgaris* (Moench) Garcke e frammenti dell'associazione *Raphano maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210).

### anp06: Marina di Montemarciano

Nell'area antistante all'ex stabilimento della Montecatini, è presente una spiaggia protetta da barriere aderenti avente un'ampiezza variabile tra i 30 e 100 m, alle cui spalle, a ridosso del rilevato ferroviario, è presente

un corpo sedimentario vegetato a tratti dell'ampiezza massima di 15 m, che si estende per circa 250 m assottigliandosi verso sudest (Fig. 77).

L'area, fortemente antropizzata ed alterata, presenta tre differenti tipologie di vegetazione: (i) vegetazione annuale riferibile all'associazione *Raphano maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210; Fig. 78); (ii) aggruppamento dominato da *Thinopyrum junceum* non attribuibile a nessun habitat; (iii) vegetazione annuale dell'associazione *Catapodio marini - Parapholidetum incurvae* (Habitat 2230).

Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della Regione Marche.

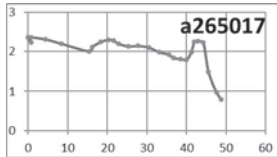


Figura 76. Profilo topografico relativo all'area a265017.

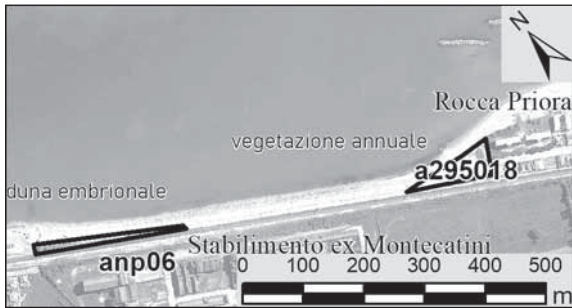


Figura 77. Area non perimetrata anp06 e area poco antropizzata a295018 (Marina di Montemarciano).



Figura 78. Associazione *Raphano maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210) nell'area non perimetrata anp06, in uno stato di conservazione fortemente alterato dovuto soprattutto all'accumulo di sostanze di rifiuto.

### a295018: Marina di Montemarciano

Circa 500 m a SE della precedente, al limite occidentale di Rocca Priora, è presente una piccola area di circa 4300 mq, di forma triangolare (Fig. 77), ubicata in prossimità dell'estremità nordovest di una zona protetta da barriere emerse distaccate distanti circa 10 m dalla linea di riva. L'area è lunga 145 m e l'ampiezza varia da 0 m, a NW, a 60 m, a est, e ricopre in parte la porzione interna della locale spiaggia ampia circa 25 m. La zona è delimitata a monte dalla linea ferroviaria e dal centro abitato di Rocca Priora. Quest'area fortemente alterata non presenta comunità psammofile ma solo qualche sporadico esemplare di *Glaucium flavum* Crantz.

### a299019: Falconara Marittima

L'area, vasta circa 5,2 ha, è situata a circa 780 m dalla precedente e comprende un tratto di spiaggia lungo circa 550 m situato in sinistra idrografica del fiume Esino, immediatamente a NO della foce (Fig. 79). La zona ha un'ampiezza di circa 70-90 m. La parte nordoccidentale è protetta da barriere emerse distaccate la più meridionale delle quali ha portato alla formazione di un ampio tombolo emerso ("pennello") che ha favorito

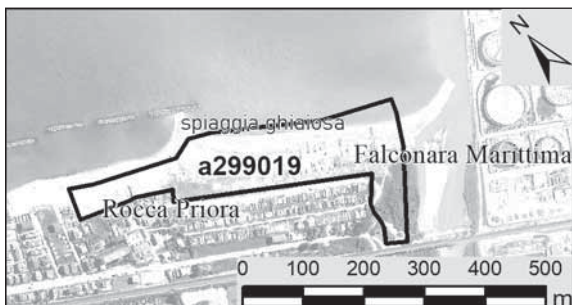


Figura 79. Area poco antropizzata a299019 (Falconara Marittima).

l'avanzamento della parte orientale della spiaggia, ma innescando, di conseguenza, erosione in quella occidentale, anche se protetta. Nella parte interna i sedimenti sono parzialmente vegetati. Il poligono ospita una comunità annuale afferibile all'associazione *Raphano maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210; Fig. 80).



Figura 80. Associazione *Raphano maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210) nell'area poco antropizzata a299019.

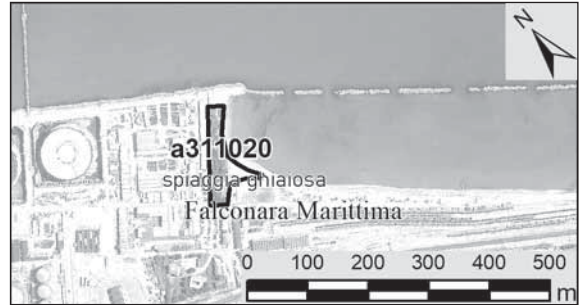


Figura 81. Area poco antropizzata a311020 (Falconara Marittima).

### a311020: Falconara Marittima

Piccola area vegetata di circa 5700 mq, disposta NE-SO, a circa 1400 m dalla precedente e che delimita il lato orientale della locale raffineria API (Fig. 81). La zona ha una lunghezza di circa 160 m per un'ampiezza di circa 35 m. Localmente si osserva una spiaggia, in parte protetta nella sua porzione settentrionale da una barriera radente che si estende per circa 65 m, legata all'accumulo sedimentario della deriva verso nord dei sedimenti. Il tratto di litorale in cui ricade questa zona è protetto da una serie di barriere parallele emerse, disposte a prolungare verso SE l'ampia scogliera che delimita a mare la raffineria. La scogliera artificiale presenta una biocenosi dominata da *Crithmum maritimum* e *Limbardia crithmoides* subsp. *longifolia* dell'associazione *Crithmo-Inuletum*.

### d324027 (ex anp07): Palombina Vecchia

Sul litorale di Palombina Vecchia, alle spalle di una spiaggia protetta da barriere distaccate emerse, si osserva una spiaggia con una parte interna di circa 4100 mq stabilizzata dalla vegetazione che potrebbe rappresentare una duna embrionale (Fig. 82). Essa è situata a circa 3,1 km a SE della raffineria API e ha una lunghezza di circa 200 m e un'ampiezza di circa 20 m. L'area presenta tre tipologie di vegetazione in buono stato di conservazione appartenenti alle seguenti fitocenosi: (i) all'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210; Fig. 83); (ii) piccoli nuclei riferibili all'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110) a mosaico con una vegetazione sinantropica appartenente all'associazione *Conyzo canadensis - Oenotheretum biennis* Biondi et al. 1992; (Fig. 84).



Figura 82. Area dunale d324027 e area non perimetrata anp08 (Palombina Vecchia - Collemarino).

### anp08: Collemarino

Alle spalle di una spiaggia ampia tra i 50 e i 70 m, posto a circa 130 m da una serie di barriere emerse, è presente un corpo sedimentario vegetato, che rappresenta una duna embrionale appoggiata al rilevato ferroviario e copre una superficie di circa 500 mq per una lunghezza di circa 90 m e un'ampiezza di circa 10 m rastremantesi a sudest (Fig. 82).

Nella zona adibita al rimessaggio delle barche si rinviene la vegetazione annuale attribuibile all'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210; Fig. 85); la fitocenosi si è formata su un accumulo artificiale di sabbia in seguito ai lavori di rifacimento del muro della ferrovia e appare ben strutturata. È presente, inoltre, la vegetazione di duna embrionale attribuibile all'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110) in stato di conservazione buono con presenza abbondante di *Ambrosia psilostachya*. In altre aree, i rimaneggiamenti hanno provocato la scomparsa dell'agropireto del quale rimangono solo poche piante di *Thinopyrum junceum* a mosaico con l'esotica *Cenchrus incertus*.

Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della Regione Marche.



Figura 83. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area dunale d324027.



Figura 84. Associazione *Conyzo canadensis - Oenotheretum biennis* nell'area dunale d324027.

#### d332028 (ex anp09): Torrette di Ancona

Alle spalle del medesimo sistema di scogliere emerse sopra menzionato, posto a circa 70 - 90 m dalla linea di riva, con evidenza di tombolizzazioni incipienti, è presente una spiaggia ampia tra i 20 e i 50 m, delimitata dal rilevato ferroviario contro cui si appoggia un corpo sedimentario vegetato, che potrebbe rappresentare una duna embrionale che copre una superficie di circa 3700 mq, per una lunghezza di circa 470 m e un'ampiezza di circa 20 m rastremantesi verso ambedue le estremità (Fig. 86).

L'area fortemente antropizzata presenta sotto le mura della ferrovia, su materiale grossolano, la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210); sui massi posti a protezione del rilevato ferroviario si osserva l'associazione *Crithmo-Inuletum* (Fig. 87) e alla sua base, su materiale sedimentario più fine si è formato l'aggruppamento a *Eryngium maritimum* (Fig. 88).

A sudest del porto di Ancona, la costa marchigiana è caratterizzata dalla presenza della falesia attiva del Monte Conero, un settore in cui le uniche spiagge sono rappresentate da *pocket beaches* ghiaiose o ghiaioso sabbiose e non ospitano depositi dunali.



Figura 85. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area non perimetrata anp08.



Figura 86. Area dunale d332028 (Torrette di Ancona).

#### anp10: Numana Sud

Oltrepassata l'area del porto di Ancona e del promontorio del M. Conero, caratterizzato da coste alte e po-

cket beaches, circa 500 m a Sud del porto di Numana è presente una piccola area (circa 900 mq) scarsamente vegetata al confine con la SS Adriatica, situata alle spalle di una spiaggia non protetta ampia circa 50 m (Fig. 89). Le dimensioni di quest'area sono di circa 15 m di ampiezza e 60 m di lunghezza.

L'area presenta piccoli nuclei sporadici di biocenosi riferibili all'associazione *Raphano maritimi-Glaucietum flavi* (Habitat 1210) e all'associazione *Catapodio marini - Parapholidetum incurvae* (Habitat 2230).

Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della Regione Marche.



Figura 87 - Biocenosi dominata da *Crithmum maritimum* e *Limbardia crithmoides* subsp. *longifolia* dell'associazione *Crithmo-Inuletum* nell'area dunale d332028.



Figura 88 - Biocenosi alterata dominata da *Eryngium maritimum* nell'area dunale d332028.

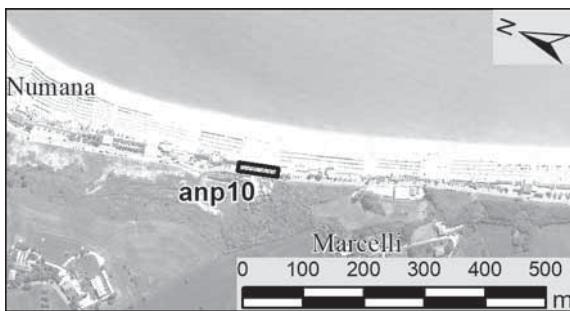


Figura 89. Area non perimetrata anp10 (Numana Sud).

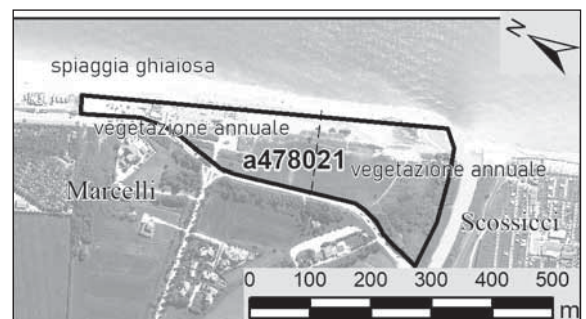


Figura 90. Area poco antropizzata a478021 (Foce Musone).

#### a478021: Foce Musone

Zona non antropizzata di circa 6.4 ha situata immediatamente a nord (sinistra idrografica) del Fiume Musone che comprende una duna costiera discontinua, in parte vegetata, avente una lunghezza di circa 300 m e una larghezza massima di quasi 40 m, a sud (Fig. 90). La sezione evidenzia un'area retrodunale con leggera pendenza (6 per mille) verso mare, ampia circa 80 m e posta a quasi 2 m s.l.m.m., caratterizzata da depositi fini. Il corpo della duna è formato da sedimenti sabbioso fini; dal profilo (Fig. 91) si evince che la struttura della duna è alterata dalla presenza di un sentiero, non vegetato, che la percorre longitudinalmente ribassandone localmente di circa 1 m la quota. La duna è quindi morfologicamente irregolare, vegetata, e caratterizzata da due creste relative di cui la più esterna ed elevata si erge ad una altezza di 3.9 m. A Sud, in prossimità della foce del Fiume Musone, la morfologia è stata intensamente rielaborata dalla dinamica marina che ha portato alla formazione di conoidi di *washover* in posizione retrodunale. La spiaggia antistante non è protetta da opere di difesa e si sviluppa per un'ampiezza di circa 45 m con sedimenti ghiaioso-sabbiosi; la pendenza della spiaggia, legata alla presenza di materiale grossolano, è circa del 10%. Il poligono presenta due differenti tipologie di vegetazione: (i) vegetazione annuale afferibile all'associazione *Raphano maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210); (ii) vegetazione annuale primaverile attribuibile all'associazione *Catapodio marini - Parapholidetum incurvae* (Habitat 2230).

#### Area non perimetrata e non perimetrabile: Scossicci

Circa 600 m a sud della foce del fiume Musone, alle spalle di una spiaggia non protetta ampia tra i 60 e i 90

m sono presenti sporadici piccoli accumuli di sedimenti stabilizzati da vegetazione, forse da riferire a dune embrionali che risultano fortemente degradate e disturbate dalla frequentazione antropica (Fig. 92).

Esse sono colonizzate da un popolamento di piante psammofile e nitrofile composto di *Medicago marina* L. e *Plantago coronopus*, *Parapholis incurva* (L.) C.E.Hubb., *Cynodon dactylon*, *Polygonum maritimum* L., *Reichardia picroides* (L.) Roth var *maritima* (Boiss.) Fiori, *Lagurus ovatus*, *Thinopyrum pungens*, *Medicago littoralis* Rohde ex Loisel. ecc. È inoltre presente l'associazione *Catapodio marini-Parapholidetum incurvae* (Habitat 2230) in buono stato di conservazione nonostante la presenza di cumuli di rifiuti.

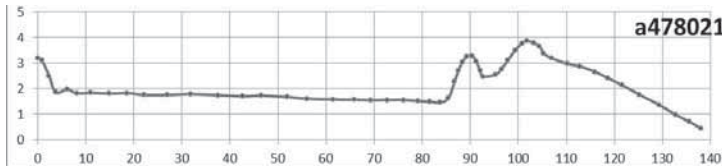


Figura 91. Profilo topografico relativo all'area poco antropizzata a478021.

Figura 92. Area non perimetrata e non perimetrabile e area poco antropizzata a490022 (Scossicci).



#### a490022: Scossicci

Poco più a sud è presente una zona di circa 8.7 ha, lunga circa 650 m e ampia circa 135 m, parzialmente antropizzata, situata immediatamente a nord dell'abitato di Scossicci e separata da una spiaggia ampia circa 50 m dalla strada litoranea (Fig. 92). La spiaggia è protetta da opere di difesa sommerse puntiformi costituite da blocchi rocciosi che, verso sud, si concludono con una breve scogliera sommersa. Queste opere, ubicate in prossimità della costa, hanno determinato una leggera falcatura dei vari segmenti di spiaggia. Solo nella parte meridionale dell'area si osserva una possibile duna che ha una lunghezza di circa 200 m e un'ampiezza di circa 20 m. Questa struttura è situata a circa 250 m dal mare ed è in parte vegetata. Non è disponibile alcuna sezione topografica. Da quanto si evince da rilevamenti satellitari, nella zona si evidenzia complessivamente (indipendentemente dal poligono mappato) la presenza di un'area retrodunale sub-pianeggiante, ampia oltre 150 m; una parte centrale morfologicamente rilevata ampia circa 20 m,



Figura 93. Biocenosi dominata da *Medicago marina* e *Plantago coronopus* nell'area scarsamente antropizzata a490022.



Figura 94. Aggruppamento a *Crithmum maritimum* e *Glaucium flavum* nell'area scarsamente antropizzata a490022, in uno stato di conservazione alterato.

forse riconducibile a una duna costiera; nella parte più esterna, una spiaggia di circa 20 m.

Il poligono ospita due fitocenosi non attribuibili a nessun habitat: (i) aggruppamento a *Medicago marina* e *Plantago coronopus* (Fig. 93); (ii) aggruppamento a *Crithmum maritimum* e *Glaucium flavum* (Fig. 94).

#### a495023: Scossicci

Zona di forma quasi triangolare di circa 1.9 ha, ubicata a circa 600 m a sudest della precedente, di lunghezza pari a circa 250 m e con un'ampiezza massima di 140 m (Fig. 95). L'area è incassata tra le zone urbanizzate e la strada litoranea ed è in parte essa stessa antropizzata. Al di là della strada è presente una spiaggia ampia circa 25 - 40 m, protetta da barriere soffolte distanti tra i 50 m e gli 80 m dalla linea di riva che hanno generato delle evidenti falcature e più a Sud tomboli.

Non essendo disponibile una sezione topografica, non è possibile stabilire l'eventuale presenza di morfologie testimonianti resti di depositi di duna.

Nell'area non è stata segnalata la presenza di comunità vegetali dunali.

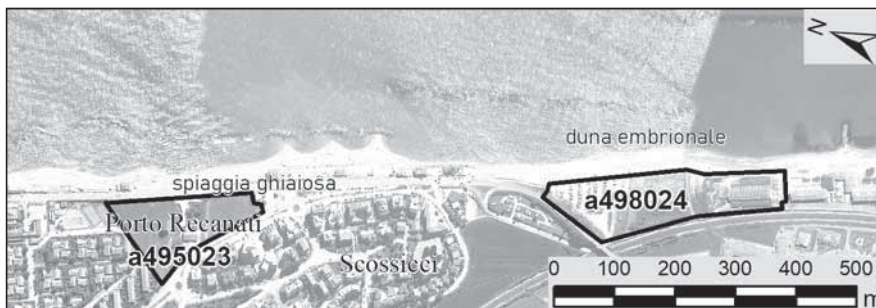


Figura 95. Aree poco antropizzate a495023 (Scossicci) e a498024 (Porto Recanati).

#### a498024: Porto Recanati, ex Montecatini

L'area è situata circa 470 m a sud della precedente e poco a nord (circa 550 m) della foce del Rio Bellaluce, ed ha una lunghezza di circa 390 m con un'ampiezza massima di circa 110 m (Fig. 95). Essa ricopre circa 3 ha ed è parzialmente antropizzata nel settore settentrionale con strutture turistiche mentre in quello meridionale si osserva un capannone industriale dismesso.

Non sono disponibili sezioni topografiche. Nel settore centrale della zona è comunque riconoscibile, troncata in diversi punti, una duna lunga circa 170 m e ampia circa 25 m, situata a circa 85 m dalla linea di riva. La zona retrodunale è troncata a circa 30 m alle spalle della duna da una strada e dalla linea ferroviaria. La zona in esame, ricadente nell'area industriale dismessa "ex Montecatini", è protetta da barriere soffolte distanti dalla costa tra i 110 m e i 50 m nella porzione settentrionale e circa 220 m in quella meridionale. Queste opere verso sudest si associano con alcune opere trasversali (pennelli).

Il poligono ospita una vegetazione di duna embrionale ben strutturata, ricca di specie quali *Convolvulus soldanella* L., *Achillea maritima* (L.) Ehrend. & Y.P. Guo, *Eryngium maritimum* ecc. attribuibile all'associazione *Echinophoro spinosae-Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 96).



Figura 96. Associazione *Echinophoro spinosae - Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area poco antropizzata a498024.

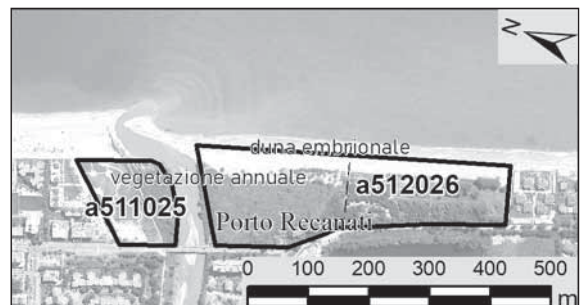


Figura 97. Aree scarsamente antropizzate a511025 e a512026 (Foce Potenza).



**a511025 – a512026: Foce Potenza**

Le due zone sono ubicate immediatamente a nord e a sud della foce del Fiume Potenza, in un'area priva di opere di difesa costiera (Fig. 97). La zona a511025, più settentrionale, ha un'area di circa 1.7 ha e si estende per circa 140 m, con un'ampiezza di circa 140 m. Essa è attraversata da diversi sentieri e strade sterrate. Non si osservano particolari morfologie associabili a eventuali corpi dunali. L'area è retrostante a una spiaggia larga circa 80 m. Nell'area meridionale, di circa 6,3 ha, che si estende per circa 600 m con un'ampiezza variabile tra i 95 m e i 160 m, e che include anche una buona parte della spiaggia antistante, è invece ben visibile una duna. Essa è caratterizzata da un profilo trasversale (Fig. 98) con un'area retrodunale a morfologia piuttosto irregolare e un'ampiezza con depositi fini e con un'ampiezza di circa 60 m. Il corpo della duna è ampio circa 35 m ed è caratterizzato da sedimenti sabbiosi fini. La struttura è morfologicamente regolare, con la parte verso mare marcatamente più inclinata (piede duna e berma di tempesta). La struttura è vegetata e raggiunge un'altezza di circa 3,5 m. Il piede della duna è a quota di circa 2,5 m come la piana retrodunale, a ridosso della duna, che invece raggiunge circa 3,5 m più a ovest. La spiaggia antistante si sviluppa per circa 50 m con sedimenti sabbiosi e ghiaioso - sabbiosi; la pendenza della spiaggia è del 5 - 7%.

Il poligono a512026 presenta la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) e la vegetazione delle dune embrionali dell'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 99).

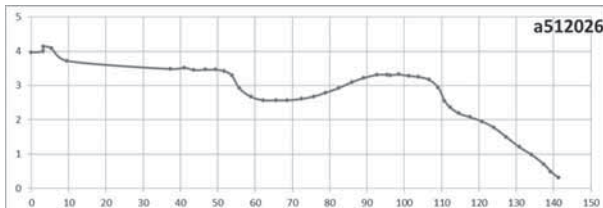
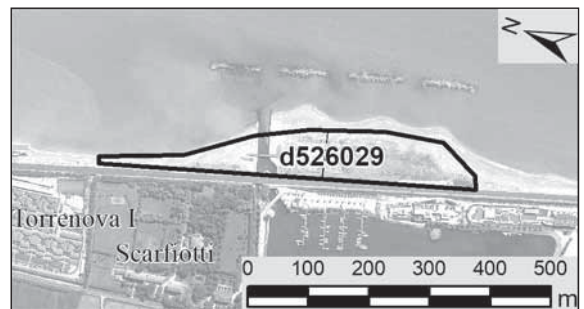


Figura 98. Profilo topografico relativo all'area poco antropizzata a512026.

Figura 99. Associazione *Echinophoro spinosae - Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area poco antropizzata a512026.



Figura 100. Area dunale d526029 (Porto Potenza Picena, Fosso Pilocco).

**d526029: Fosso Pilocco**

La zona di circa 3,4 ha è situata a cavallo della foce del Fosso Pilocco e ha una lunghezza di circa 600 m e un'ampiezza massima intorno agli 80 m (Fig. 100). Il lato occidentale dell'area è delimitato da un'opera di difesa in massi che protegge l'adiacente linea ferroviaria. Sul lato a mare si osserva una spiaggia sottile di ampiezza pari a circa 30 - 50 m. La zona in esame è l'unica del settore a essere protetta da una serie di 4 barriere emerse distaccate che hanno prodotto l'unico tratto di spiaggia avente un'ampiezza superiore ai 5 - 10 m. Nel settore centro-meridionale si osserva un'area con alcune irregolarità morfologiche riferibili a una possibile "duna embrionale" (Fig. 101), solo a tratti e periodicamente caratterizzata da vegetazione erbacea. Questa struttura è ubicata a circa 25 m dalla linea di riva.

Il poligono si caratterizza per una notevole diversità fitocenotica in quanto si riscontra la presenza delle seguenti fitocenosi: (i) vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210), (ii) duna embrionale ben strutturata con la presenza di *Achillea maritima*, *Eryngium maritimum*, *Convolvulus soldanella*, *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don ecc. attribuibile all'associazione *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti*

(Habitat 2110; Fig. 102); (iii) sulla scogliera artificiale posta tra la ferrovia e il mare, si sviluppa una vegetazione a prevalenza di *Glaucium flavum* e *Crithmum maritimum* mentre nelle tasche di sabbia sono presenti piccoli lembi dell'associazione *Echinophoro spinosae* - *Elymetum farcti*.

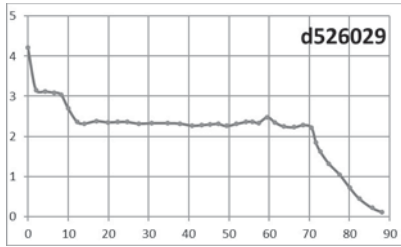


Figura 101. Profilo trasversale relativo all'area d526029.

Figura 102. Associazione *Echinophoro spinosae* - *Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area dunale d526029.

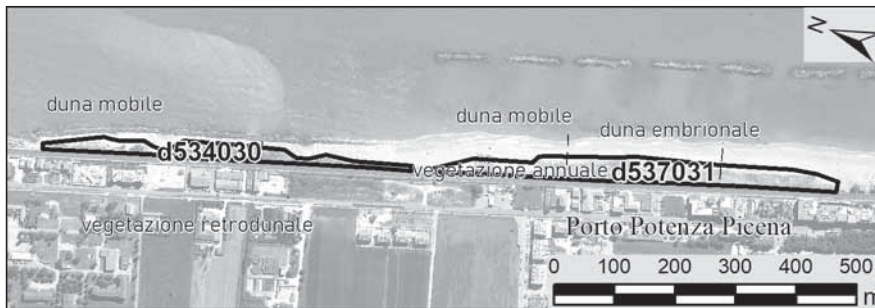


Figura 103. Aree dunali d534030 e d537031 (Porto Potenza Picena).

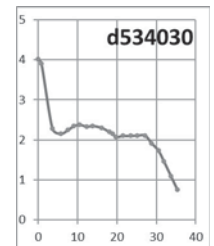


Figura 104. Profilo topografico relativo all'area dunale d534030.

### d534030: Porto Potenza Picena

Circa 1,4 km a sud dell'area precedente, si ha una fascia allungata e ristretta di circa 1 ha, situata a ridosso della linea ferroviaria (Fig. 103). Questa zona è protetta da una duna difesa aderente. La sezione topografica disponibile, realizzata nella parte centrale della zona, mostra la presenza di un blando rilievo di circa 30 cm ampio circa 10 – 15 m stabilizzato dalla vegetazione. Questo rilievo morfologico, situato a circa 40 m dalla linea di riva, ha una lunghezza di circa 610 m. La fascia retrostante è poco sviluppata (4 - 5 m) e si raccorda con la scarpata della linea ferroviaria (Fig. 104). La spiaggia antistante, caratterizzata da sedimenti sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi, ha un'ampiezza di circa 10 m. La zona è situata poco più a nord dell'area floristica. Al suo interno è presente un importante lembo di duna mobile consolidata colonizzata dalla vegetazione dominata da *Ammophila arenaria* appartenente all'associazione *Echinophoro spinosae* - *Ammophiletum arenariae* (Habitat 2120 (Fig. 105). Sulla scogliera artificiale sono presenti *Crithmum maritimum* e *Limbardia crithmoides* che formano l'associazione *Crithmo-Inuletum*. Inoltre, alla base della duna mobile, si è formata una gariga a *Helichrysum italicum* e *Verbascum niveum* Ten. subsp. *garganicum* (Ten.) Murb (Fig. 106).

### d537031: Porto Potenza Picena

Il successivo poligono ha un'area di quasi 2,1 ha e può essere considerato in continuità con quello precedentemente descritto (da cui è separato solamente di poche decine di metri), anche se è difeso da opere distaccate emerse (Fig. 103). Si tratta di una fascia allungata e ristretta, situata a ridosso della linea ferroviaria, su cui si appoggia un evidente corpo sedimentario. Le due sezioni topografiche disponibili (Fig. 107) mostrano la presenza di un corpo dunale, ben definito e continuo lateralmente, parzialmente vegetato. L'area in esame ha un'ampiezza di circa 15 m, una quota sul livello del mare pari a circa 2,5 - 3 m e una lunghezza di circa 670 m, con un evidente assottiglia-

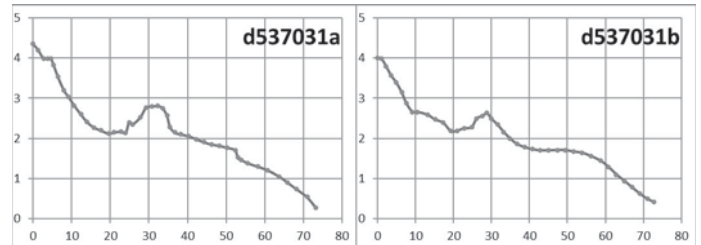


Figura 105. Associazione *Echinophoro spinosae* - *Ammophiletum arenariae* (Habitat 2120) nell'area dunale d534030.



Figura 106. Gariga a *Helicbrysum italicicum* e *erbasicum niveum* subsp. *garganicum* in uno stato di conservazione discreto nell'area dunale d534030.

Figura 107. Profili topografici relativi all'area dunale d537031; dall'alto in basso relativi alle sezioni da N e S.



mento alle due estremità. La fascia retrodunale è poco sviluppata (10-15 m) e si raccorda con il corpo sedimentario che si appoggia sulla scarpata ferroviaria, a conferma del legame tra il deposito e tale struttura antropica 8 (Fig. 107). La spiaggia antistante, caratterizzata da sedimenti sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi, ha un' ampiezza di 35-40 m; in una delle sezioni disponibili, è osservabile un'evidente berma di tempesta. LE barriere distaccate emerse, smantellate parzialmente nel tempo dalla dinamica marina, distano da costa circa 110-120 m.

Il poligono ricade nell'area floristica Id48 "Litorale tra Potenza Picena e Civitanova Marche"; esso ospita tre differenti habitat costieri rappresentati dalla vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210), la vegetazione di duna embrionale attribuibile all'associazione *Echinophoro spinosae* - *Elymetum farcti* (Habitat 2110; Fig. 108) e la vegetazione delle dune mobili afferibile all'associazione *Echinophoro spinosae* - *Ammophiletum arenariae* (Habitat 2120).

#### anp11: Porto Potenza Picena Sud

Spiaggia non protetta, ampia circa 50 – 60 m, con una fascia interna appoggiata ai muri perimetrali delle abitazioni stabilizzata da sporadica vegetazione che probabilmente rappresenta una duna embrionale con una superficie di circa 450 mq, lunga 70 m e un'ampiezza massima di circa 10 m (Fig. 109).

Si osservano due diversi habitat: l'Habitat 1210 rappresentato dall'associazione annuale *Salsolo-Cakiletum* discretamente conservato e l'Habitat 2110 con l'associazione *Echinophoro spinosae* - *Elymetum farcti* (Fig. 110) anch'esso in discreto stato di conservazione.

Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della Regione Marche.

#### d549032: Civitanova Marche Nord

La zona stretta e allungata, che copre circa 2 ha, dista 2,5 km dalla precedente ed è situata a immediatamente a sud della foce del Torrente Asola (parte settentrionale dell'abitato di Civitanova Marche; Fig. 109).

Nella porzione settentrionale, a ridosso della linea ferroviaria, è presente una duna vegetata della lunghezza di circa 350 m, la cui sommità raggiunge una quota di 2,5 - 3 m. Essa ha un'ampiezza di circa 25 - 40 m e il



Figura 108. Associazione *Echinophoro spinosae* - *Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area dunale d537031.



Figura 109. Area non perimetrata anp11 (Porto Potenza Picena Sud) e area dunale d549032 (Civitanova Marche Nord).

suo raccordo con la spiaggia emersa, che si estende per circa 30 - 40 m, è molto sfumato (Fig. 111). La duna è caratterizzata da sabbia fine e la spiaggia, non protetta da opere di difesa, è caratterizzata da sabbie medie e fini. Nella zona sono state di recente messe in atto strutture in legno a protezione della duna.

Il poligono ospita la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210; Fig. 112) e la vegetazione di duna embrionale dell'associazione *Echinophoro spinosae* - *Elymetum farcti* (Habitat 2110).

#### a578027: Foce Chienti

È la prima di due aree a cavallo della foce del Fiume Chienti che sono separate solamente dall'alveo di tale fiume (Fig. 113). Quest'area è ampia circa 1,6 ha; ha una lunghezza di circa 160 m e un'ampiezza di circa 130 m.

L'area è soggetta a notevoli e rapide modificazioni naturali ed è caratterizzata, come evidenziato dal profilo topografico (Fig. 114), da una morfologia riconducibile alla presenza di una duna, o barra di foce, ampia circa 15 m, la cui cresta è ubicata a circa 20-25 m dalla linea di riva e raggiunge una quota di poco superiore a 2 m. La fascia retrodunale ha una quota di circa 1 m inferiore alla sommità della struttura. Nella zona non vi sono opere di difesa costiera e la spiaggia ha un'ampiezza di 25 - 30 m.

Non ricadono nel poligono fitocenosi psammofile o comunque connesse alla vegetazione dunale.



Figura 110. Associazione *Echinophoro spinosae* - *Agropyretum juncei* (Habitat 2110) nell'area non perimetrata anp11.

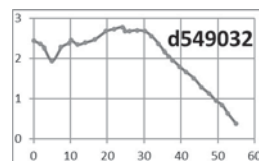


Figura 111. Profilo topografico relativo all'area dunale d549032.



Figura 112. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area dunale d549032.

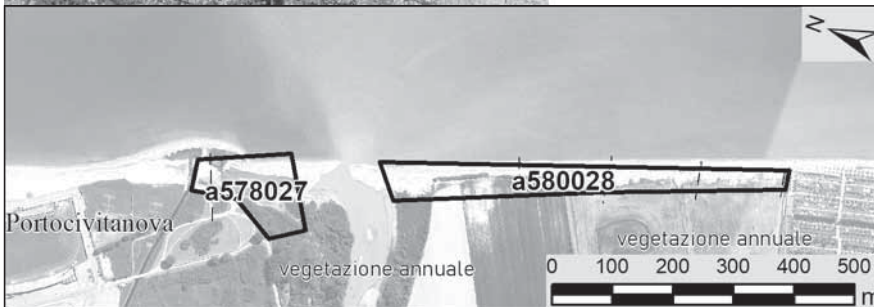


Figura 113. Aree poco antropizzate a578027 e a580028. Foce Chienti.

**a580028: Foce Chienti**

La zona successiva, estesa circa 3 ha, si estende per circa 570 m, con un'ampiezza media intorno ai 35 m (Fig. 113). Essa presenta un profilo caratterizzato dalla presenza di una cresta seguita, verso monte, da un avvallamento (Fig. 115). Tuttavia, tale morfologia, vista la granulometria prevalentemente grossolana dei sedimenti ed il forte arretramento subito dalla spiaggia negli ultimi anni, è da attribuirsi più a forme legate alla dinamica del moto ondoso che ad una struttura dunale. La zona in esame non è protetta da opere di difesa costiera. Quest'area è fortemente alterata e ospita unicamente la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210; Fig. 116).

**a586029: Porto Sant'Elpidio Nord**

La zona copre circa 4,2 ha ed è separata dalla precedente, con la quale mostra forti analogie, da una fascia

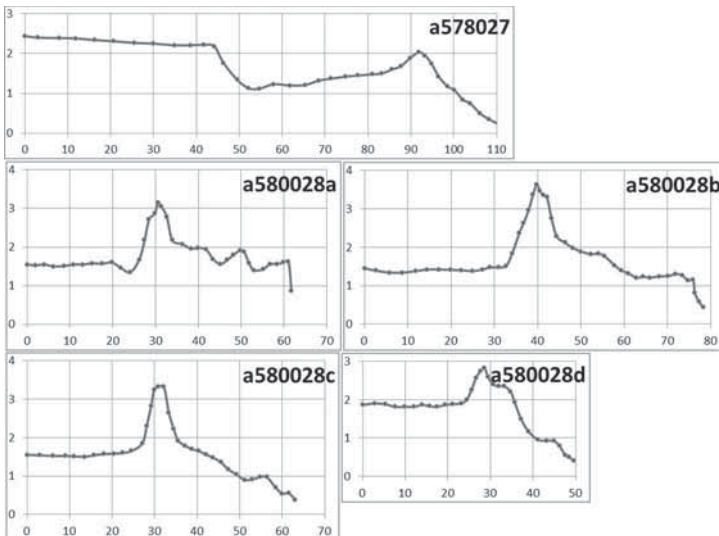


Figura 114. Profilo topografico relativo all'area a578027.

Figura 115. Profili topografici relativi all'area a580028; da destra a sinistra e dall'alto in basso sono riferiti ai profili da N a S.



Figura 116. Associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210) nell'area a580028

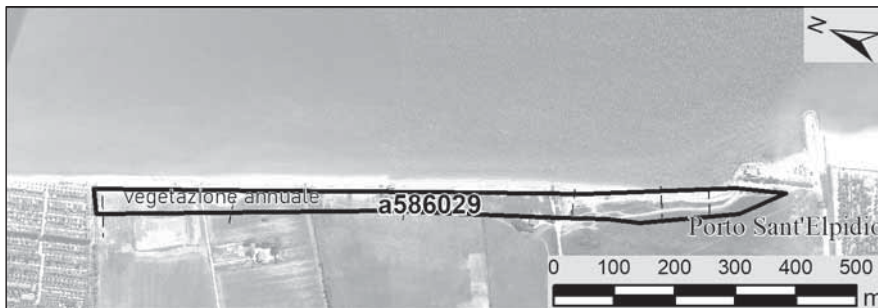


Figura 117. Area poco antropizzata a586029 (Porto Sant'Elpidio Nord).

antropizzata di circa 175 m; essa si estende per circa 1130 m, fino quasi a un pennello costruito a ridosso di un campeggio, con un'ampiezza media intorno ai 35 m (Fig. 117). Anche in questo tratto si ha un profilo caratterizzato dalla presenza di una cresta seguita, verso monte, da un avvallamento (Fig. 118). Analogamente a quanto detto prima, tale morfologia, vista la granulometria grossolana dei sedimenti ed il forte arretramento subito dalla spiaggia in seguito alla realizzazione del pennello di cui sopra, è assai probabilmente da attribuirsi all'azione del moto ondoso. La zona in esame non è protetta da opere di difesa costiera.

Anche quest'area, come la precedente, è fortemente alterata e ospita unicamente la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210).

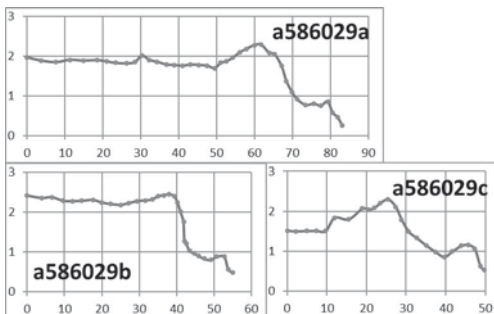


Figura 118. Profili topografici relativi all'area a586029; dall'alto in basso e da sinistra a destra sono riferiti ai profili da N a S.

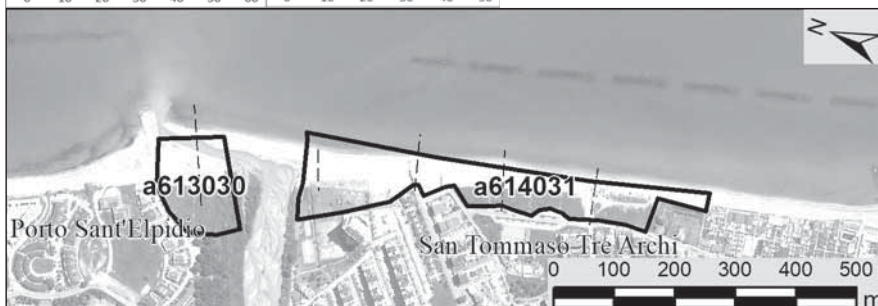


Figura 119. Aree poco antropizzate a613030 e a614031 (Foce Tenna).

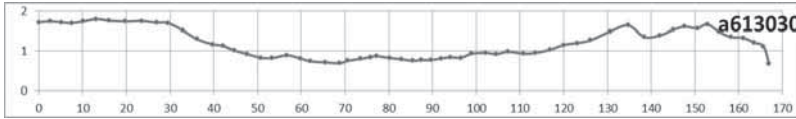


Figura 120. Profilo topografico relativo all'area a613030.

**a613030: Foce Tenna**

La zona, di circa 1.8 ha, è situata in sinistra idrografica a nord della foce del fiume Tenna e rappresenta la parte di litorale compresa tra questo corso d'acqua, a sud, e il molo di carico ubicato qualche decina di metri a nord (Fig. 119). La lunghezza è di circa 120 m e la larghezza è 160 m. La parte interna è stabilizzata dalla vegetazione e i sedimenti sono ciottolosi. Dal profilo topografico (Fig. 120), eseguito in un contesto dinamico estremamente variabile, si osserva un'evidente barra di foce mobile, alta circa 1,60 m e ampia circa 40 m. Nella zona della foce non sono presenti opere di difesa costiera. Nell'area in esame, invece, il molo di carico trasversale alla costa prosegue verso il largo in un pennello sommerso al quale si collega, estendendosi poi verso nordovest un sistema di barriere soffolte.

Nel poligono non sono presenti fitocenosi psammofile o comunque connesse alla vegetazione dunale.

**a614031: Foce Tenna**

Quest' area, che copre una superficie di circa 4.7 ha, è situata immediatamente a sud della foce del fiume Tenna e si estende per circa 665 m con un'ampiezza di circa 140 m nella sua parte settentrionale e 15 m in quella meridionale (Fig. 119). La zona è protetta da barriere soffolte discontinue situate a circa 150 m dalla costa. la parte interna è stabilizzata dalla vegetazione ma non sono osservabili dune. I sedimenti di spiaggia sono prevalentemente ghiaioso-ciottolosi con elementi di dimensioni anche notevoli. Le piccole irregolarità morfologiche, localmente visibili sui profili topografici (Fig. 121), sono verosimilmente da riferire alla dinamica marina.

Anche in questa area non sono presenti fitocenosi psammofile o comunque connesse alla vegetazione dunale.

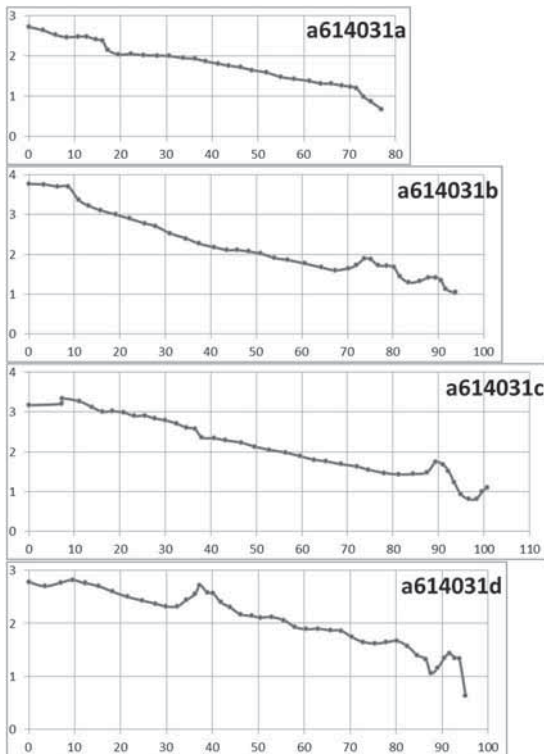
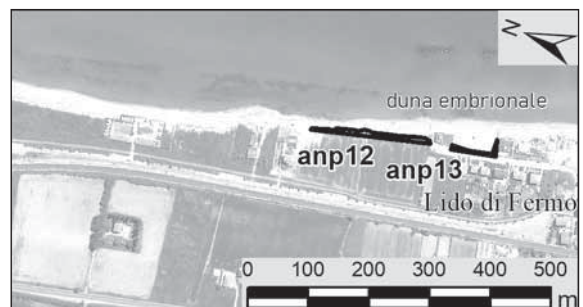


Figura 121. Profili topografici relativi all'area a614031; dall'alto in basso sono riferiti ai profili da N a S.

Figura 122. Aree non perimetrate anp12 e anp 13 (Lido di Fermo).



**anp12: Lido di Fermo**

In località Lido di Fermo, tra le località Lido Tre Archi e Casabianca, sono presenti i resti di una duna costiera poco rilevata lunga circa 200 m e ampia circa 5 - 6 m, soggetti a erosione da parte del moto ondoso

(Fig. 122). Questo piccolo corpo sedimentario di circa 1400 mq è situato in prossimità del termine settentrionale delle barriere parallele situate a circa 110 m dalla riva, di cui gli ultimi due elementi sono soffolti. In questa zona è anche presente una struttura soffolta molto più antica alla distanza di circa 50 m dalla linea di riva, delimitata a sud da un pennello obliquo. Nella spiaggia antistante la duna, ciottoloso-sabbiosa, avente un'ampiezza variabile tra i 15 e 25 m, si sviluppa una comunità a *Eryngium maritimum*, *Echinophora spinosa* e *Crithmum maritimum*, fortemente alterata e non riferibile a nessun habitat.

Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della Regione Marche.

### anp13: Lido di Fermo

Circa 30 m a SE della precedente è presente una spiaggia ghiaiosa ampia circa 50 – 60 m protetta da un sistema di barriere parallele emerse, situate a circa 110 m dalla linea di riva, che nella zona settentrionale hanno una cresta emergente in bassa marea (Fig. 122). A ridosso della strada e di una struttura turistica (circolo nautico) sono presenti locali frammenti di depositi sedimentari parzialmente stabilizzati da vegetazione (Fig. 123), forse riferibili a duna embrionale.

Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della Regione Marche.

### a625032: Lido di Fermo

Circa 150 m più a sud è stata individuata una fascia di circa 3.9 ha lunga circa 845 m e ampia tra 20 e 80 m, che costituisce la parte più interna di una spiaggia ampia circa 80 m (Fig. 124). La zona è protetta da barriere parallele discontinue emerse, situate a circa 120 m dalla linea di riva, che determinano un'incipiente tombolizzazione. I quattro profili topografici trasversali (Fig. 125) non mostrano evidenza della presenza di dune costiere ma solo di un rilevato d'origine antropica che borda il margine interno della spiaggia, la cui parte interna è comunque vegetata.

In quest'area non sono state individuate comunità dunali.

### a652033: Marina Palmense

Si tratta di una vasta area pianeggiante di circa 235 ha, fortemente antropizzata e vegetata, ubicata a circa 500 m a sud della foce del fiume Ete Vivo e della struttura portuale di Porto San Giorgio (Fig. 126). La zona ha una lunghezza di 850 m e un'ampiezza di 270 m. È situata alle spalle di una spiaggia protetta nella sua porzione meridionale da una scogliera soffolta, ubicata a circa 140 m dalla riva. L'ampiezza della spiaggia antistante è compresa tra i 45 e i 70 m. Dai profili topografici (Fig. 127) non emergono morfologie riconducibili a dune naturali.

L'area non presenta aspetti vegetazionali connessi ad Habitat dunali.



Figura 123. Esemplari di *Crithmum maritimum* tra le barche nell'area poco antropizzata non perimetrata anp13.

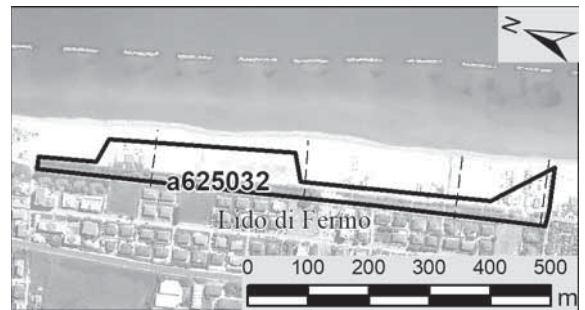


Figura 124. Area poco antropizzata a625032. Lido di Fermo.

### a661034: Ponte San Biagio

La zona, di circa 2,4 ha, è situata all'estremo meridionale del litorale di Marina Palmense; essa è lunga circa 550 m e ampia fino a un massimo di 65 m (Fig. 128). La parte più ampia della sua porzione settentrionale, in cui si trova un pozzo metanifero, è protetta da una barriera emersa ubicata a poco più di 10 m dalla linea di riva, a sua volta rinforzata da una protezione aderente in massi. Circa 160 m al largo del settore più settentrionale si osservano opere di difesa rappresentate da barriere discontinue che rappresentano la ristrutturazione



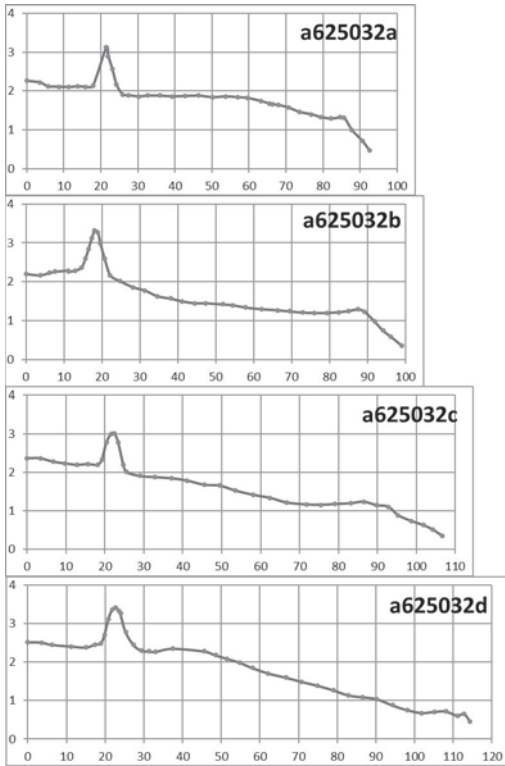
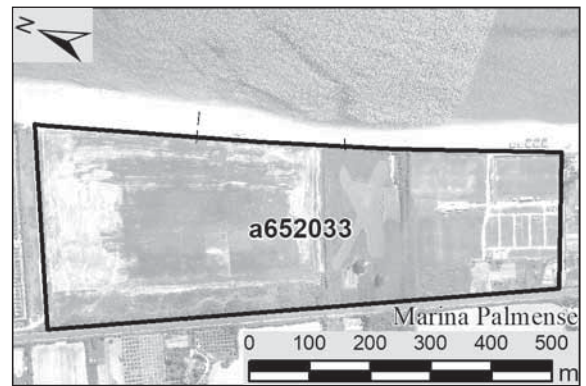


Figura 125. Profili topografici relativi all'area a625032; dall'alto in basso sono riferiti ai profili da N a S.

Figura 126. Area poco antropizzata a652033. Marina Palmense.



turazione di più vecchie strutture soffolte. Nella parte rimanente dell'area si riscontrano relitti di strutture soffolte. La spiaggia antistante il poligono è ampia mediamente circa 20 m. Nella parte centro-meridionale dell'area considerata, i sedimenti a ridosso del rilevato ferroviario sono stabilizzati da vegetazione. Il poligono presenta fitocenosi degradate a *Thinopyrum acutum*, *Cakile maritima* e *Raphanus raphanistrum* subsp. *landra* (Moretti ex DC.) Bonnier & Layens. Inoltre, nelle micro-radure delle praterie ad *Thinopyrum pungens*, si forma una vegetazione annuale primaverile attribuibile all'associazione *Catapodium marini* - *Parapholidetum incurvae* (Habitat 2230).

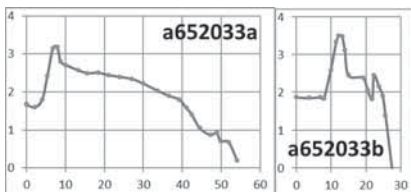


Figura 127. Profili topografici relativi all'area a652033; da sinistra a destra sono riferiti ai profili da N a S.

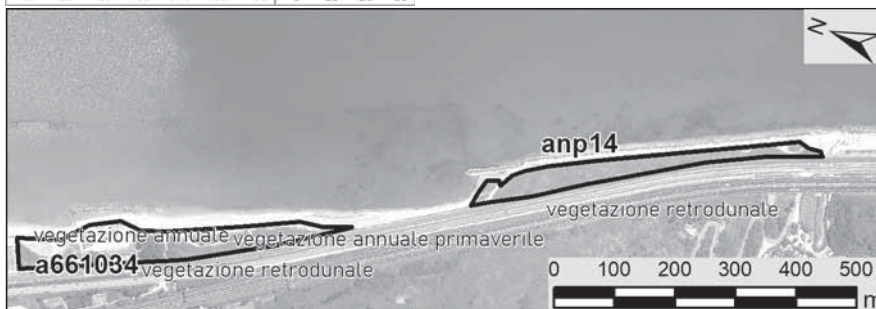


Figura 128. Area scarsamente antropizzata a661034 e area non perimetrata anp14 (Ponte San Biagio).

**anp14: Ponte San Biagio**

Compresa tra una barriera aderente e il rilevato ferroviario è presente una fascia ampia tra i 30 e 50 m intensamente vegetata (Fig. 128). La vegetazione presente, tipica di retroduna, è legata alla presenza della barriera emersa che

svolge una funzione di duna. Questa zona ha una lunghezza pari a quasi 600 m e un'area di circa 1,6 ha. Sulla scogliera si riscontra l'associazione alo-rupicola *Crithmo-Inuletum* (Fig. 129) mentre nella zona retrostante dove il vento accumula la sabbia fine si forma l'associazione *Salsolo-Cakiletum* che come evidenza la subass. *xanthetosum italici* risulta molto nitrificata (Habitat 1210). Alla base della scogliera è inoltre presente, in alcuni tratti, un denso popolamento dominato da *Atriplex halimus* L. (Fig. 130). Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della Regione Marche.



Figura 129. Biocenosi dominata da *Crithmum maritimum* e *Inula crithmoides* dell'associazione *Crithmo-Inuletum* nell'area non perimetrata anp14.



Figura 130. Aggruppamento ad *Atriplex halimus* nell'area non perimetrata anp14.

#### anp15: Tre Camini

Alle spalle di un sistema di barriere aderenti è presente una fascia ampia tra i 20 e i 35 m delimitata dalla linea ferroviaria Adriatica contro cui si appoggia un sottile corpo sedimentario di ghiaie e sabbie, di lunghezza di circa 550 m e di ampiezza di circa 10 m con una superficie di circa 3700 mq stabilizzato dalla vegetazione (Fig. 131). Al di là della scogliera artificiale di protezione, sui depositi di sabbia e ghiaia, si riscontra la presenza di un aggruppamento vegetale a dominanza di *Suaeda maritima* (L.) Dumort. (Fig. 132) che in condizioni naturali costituisce la vegetazione retrodunale dell'Habitat 1310. Sugli scogli si sviluppa, come accade di consueto, l'associazione *Crithmo-Inuletum*.

Questa area non è stata riconosciuta come dunale dai successivi rilevamenti a cura della Regione Marche.

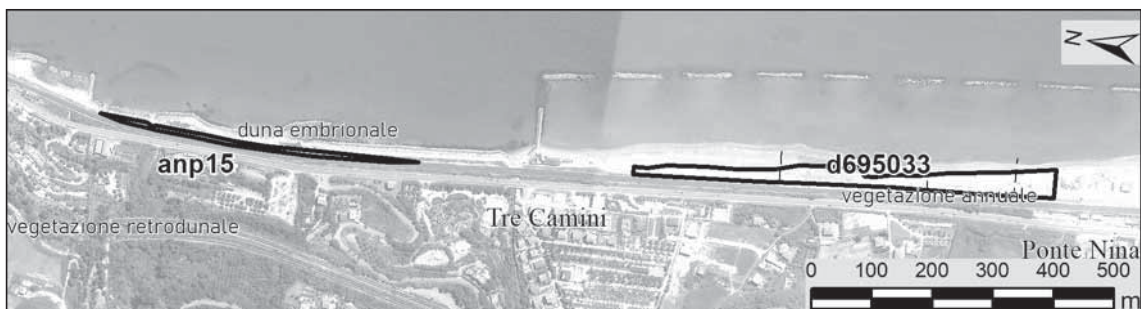


Figura 131. Area non perimetrata anp15 e area dunale d695033 (Pedaso - Tre Camini).

#### d695033: Tre Camini - Ponte Nina

Circa 1650 m a sud della marina di Pedaso, tra le località Tre Camini e Ponte Nina in una porzione di litorale difesa da barriere distaccate discontinue emerse, poste a circa 120 m dalla linea di riva e che favoriscono un inizio di tombolizzazione, è presente una spiaggia ampia tra i 70 e i 50 m, delimitata verso monte dal rilevato ferroviario che favorisce la crescita di un corpo sedimentario (Fig. 131). La zona perimetrata, scarsamente vegetata, copre

un'area di circa 1,8 ha, ha una lunghezza di circa 700 m ed è ampia tra i 15 e i 50 m. In questa zona sono stati realizzati tre profili topografici (Fig. 133) che evidenziano l'accumulo di sedimenti a ridosso del rilevato ferroviario. L'area si presenta in uno stato di forte alterazione della spiaggia e presenta solo la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum* (Habitat 1210).



Figura 132. In primo piano la biocenosi dominata da *Suaeda maritima* nell'area non perimetrata anp15.

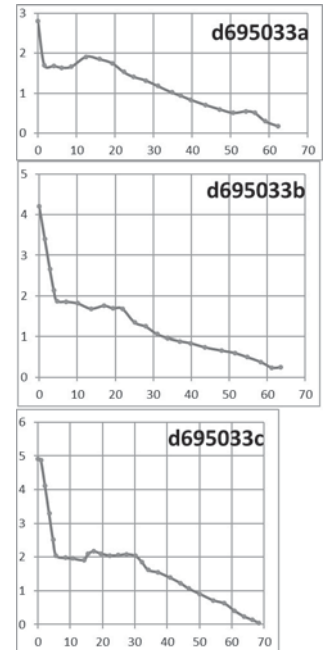


Figura 133. Profili topografici relativi all'area dunale d695033; dall'alto in basso sono riferiti ai profili da N a S.

#### d700034: Marina di Massignano

Area lunga circa 1700 m e larga in media 40 - 50 m, per una superficie totale di circa 7 ha (Fig. 134). La zona è protetta a mare da barriere discontinue emerse distaccate parallele con accenni di tombolizzazione, ubicate a una distanza di 120 - 140 m. Area interna prossima al rilevato ferroviario intensamente vegetata. I due profili trasversali (Fig. 135) evidenziano un piccolo rilevato sedimentario. La spiaggia antistante si estende per circa 15 - 30 m. L'area si caratterizza per una notevole diversità biocenotica. Essa ospita infatti sei tipologie differenti di vegetazione: la vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo-Cakiletum*, anche nella subassociazione *xanthietosum italici* (Habitat 1210), l'associazione *Raphano maritimi - Glaucietum flavi* (Habitat 1210), l'aggruppamento a *Glaucium flavum*; la vegetazione delle dune embrionali afferibile all'associazione *Echinophoro spinosae* -



Figura 134. Area dunale d700034 (Marina di Massignano).

*Elymetum farcti* (Habitat 2110). Inoltre, sulla scogliera artificiale, è stata censita una biocenosi dominata da *Crithmum maritimum* e *Inula crithmoides* dell'associazione *Crithmo-Inuletum* (Fig. 136).

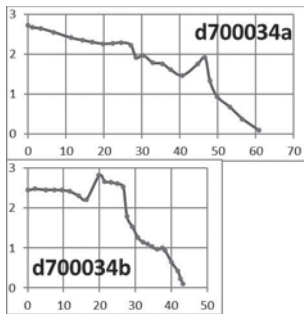


Figura 135. Profili topografici relativi all'area d700034; dall'alto in basso sono riferiti ai profili da N a S.



Figura 136. Biocenosi dominata da *Crithmum maritimum* e *Inula crithmoides* dell'associazione *Crithmo-Inuletum* nell'area dunale d700034, in uno stato di conservazione alterato.

### d772035: Sentina

All'estremo sud della Regione Marche, immediatamente a nord della Foce del Fiume Tronto, è stata perimetrata un'area di circa 44 ha, lunga circa 1850 m e larga in media 250 m (Fig. 137). Essa è intensamente vegetata mentre la spiaggia antistante non protetta è sabbiosa e sabbioso ghiaiosa ed ha un'ampiezza di circa 10 - 70 m. I due profili topografici (Fig. 138) evidenziano una struttura dunale che si eleva fino ad oltre 2 m s.l.m., larga fino a 30 - 40 m. Il retroduna è molto esteso, parzialmente coltivato e protetto in quanto ricadente nella Riserva Naturale Regionale Sentina. L'area fa parte della ZSC IT5340001 "Litorale di Porto d'Ascoli" e dell'omonima ZPS IT5340001: essa è delimitata a sud dalle sponde armate del Fiume Tronto e a Nord dalla presenza dei tomboli conseguenti alle barriere emerse che si sviluppano verso nord fino alla foce armata del torrente Albulu. La spiaggia della Sentina è stata classificata come *pocket beach* (Acciarri *et al.*, 2021) con una sua dinamica dei sedimenti indipendente da apporti esterni. Come per l'area del Fosso Sejore a nord della regione, quest'area è stata ampiamente studiata e presa come riferimento per lo studio della dinamica marina.



Figura 137. Area dunale d772035 (Sentina); scala 1:15'000.

I dati sperimentali disponibili per l'area della Sentina hanno permesso la caratterizzazione dell'evoluzione geomorfologica di queste strutture dunali, soggette a forte erosione come evidenziato dai rilevamenti succedutisi negli ultimi lustri (Fig. 139).

Questa tendenza deriva dal fatto che la costa di competenza della Riserva è l'unica nel paraggio a non essere protetta da barriere e, soprattutto, è influenzata dalla presenza del lungo pennello che si estende a partire dal margine abruzzese della foce del F. Tronto.

Quest'ultimo blocca il trasporto di sedimenti lungo riva da sud (prevalente) causando arretramento della costa nella zona in esame e nel contempo andando a colmare periodicamente la marina di Martinsicuro, sviluppatasi costruita subito a sud della foce armata. Tutto ciò è stato aggravato dall'intensa estrazione di

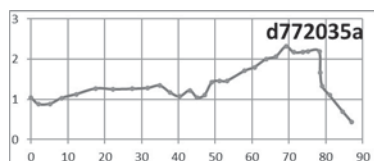


Figura 138. Profili topografici relativi all'area dunale d772035; dall'alto in basso sono riferiti ai profili da N a S.

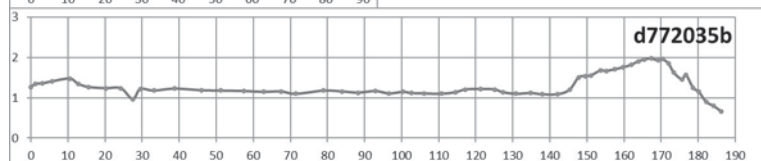


Figura 139. Evoluzione della duna nell'area dunale d772035; in alto a sinistra nel 2000, in alto a destra nel 2003, in basso nel 2013.



Figura 140. Associazione *Crypsidetum aculeatae* (Habitat 1310) nell'area dunale d772035, in uno stato di conservazione alterato.

Figura 141. Associazione *Suaedo maritimae* - *Salicornietum patulae* (Habitat 1310) nell'area dunale d772035.

Figura 142. Associazione *Puccinellio festuciformis* - *Halmionetum portulacoidis* (Habitat 1410) nell'area dunale d772035.

inerti dall'alveo del F. Tronto durante gli anni '60 e all'inizio dei '70 dello scorso secolo; ciò ha portato alla sparizione pressoché totale del materasso alluvionale su cui scorreva il fiume, con conseguente trasformazione della tipologia del trasporto solido da prevalentemente ghiaioso-sabbiosa a prevalentemente limoso-argillosa. Questa trasformazione ha anche modificato la composizione granulometrica dei fondali che, già a una distanza di circa un chilometro dalla linea di riva, da sabbiosa è divenuta prevalentemente siltosa.

La duna risulta costituita da materiale fine e ben cernito, con valore modale intorno a un quarto di mm.

Tra le aree censite è quella che presenta il maggior numero di fitocenosi (16) quali:

- (i) vegetazione annuale dell'associazione *Salsolo - Cakiletum* (Habitat 1210),
- (ii) formazioni a *Suaeda maritima* (Habitat 1310),
- (iii) *Crypsidetum aculeatae* Bojko 1932 n.n.; (Fig. 140) Wenzl 1934, vegetazione terofitica paucispecifica che forma densi tappeti su substrati salati temporaneamente inondati (Habitat 1310; Fig. 140);
- (iv) *Suaedo maritimae - Salicornietum patulae*, vegetazione pioniera terofitica e alofila (Habitat 1310; Fig. 141);
- (v) *Puccinellio festuciformis - Halimionetum portulacoidis* Géhu, Biondi, Géhu-Franck & Costa 1992 (Habitat 1410; Fig. 142);
- (vi) *Spergulario marinae - Puccinellietum distantis* (Habitat 1410);
- (vii) *Puccinellio festuciformis - Sarcocornietum fruticosae* (Br.-Bl. 1928); J.M. Géhu 1976; (Fig. 156), vegetazione di alofite perenni che colonizzano suoli da ipersalini a mesosalini soggetti a lunghi periodi di disseccamento (Habitat 1420);
- (viii) *Echinophoro spinosae - Elymetum farcti*, vegetazione dunale più interna che si forma con difficoltà per la presenza di un filare di tamerici piantato (Habitat 2110);
- (ix) formazione a dominanza di *Spartina versicolor* che si sviluppa nel ristagno di acqua salata;
- (x) aggruppamento a *Glycyrrhiza glabra* L. su duna embrionale;
- (xi) aggruppamento a *Cynodon dactylon*, prateria discontinua su duna embrionale;
- (xii) aggruppamento a *Aeluropus litoralis* (Gouan) Parl., prateria salata densa e compatta nel retroduna;
- (xiii) aggr. a *Halimione portulacoides* (L.) Aellen;
- (xiv) aggr. a *Inula crithmoides* e *Thinopyrum junceum*; aggr. a *Inula crithmoides* e *Halimione portulacoides*, in alcuni punti costituisce isole di vegetazione che formano dune embrionali;
- (xv) *Salsoletum sodae* Pignatti 1953.

### **Valutazioni conclusive**

Nonostante negli ultimi decenni le strutture dunali siano state in gran parte smantellate da attività antropiche oltre che dal moto ondoso e dalle correnti indotte (a loro volta influenzati da interventi dell'uomo), lungo la costa marchigiana si osservano ancora diverse decine di corpi sedimentari relitti, anche se arealmente limitati. In ogni caso, la situazione attuale, così come rilevata anche dal rapporto della Regione Marche del 2017 sottoposto all'analisi, è decisamente preoccupante, dato che tali dune risultano ancora presenti in piccoli lembi solo lungo circa 14 dei circa 170 km complessivi del litorale marchigiano (approssimativamente l'8%).

In generale, pur con le dovute eccezioni, si rileva una maggiore frequenza di corpi dunali alle spalle di barriere distaccate poste a protezione del litorale, nonché una riduzione della loro presenza a sud del promontorio del M. Conero.

Si sottolinea che - nonostante la genesi delle dune risenta positivamente della presenza di "ostacoli", anche antropici (come anche lo stesso rilevato ferroviario responsabile all'atto della sua costruzione della scomparsa di buona parte di loro) - la spinta antropizzazione subita dai litorali marchigiani ha prodotto, nel complesso, una fortissima frammentazione (oltre che riduzione) degli areali potenzialmente capaci di ospitare dune, che quindi non possono espandersi né lateralmente, né verso monte.

È poi opportuno ricordare che i trend morfoevolutivi attuali, caratterizzati senza eccezioni di rilievo da arretramento della linea di riva a causa della riduzione di apporti solidi compatibili da parte dei sistemi fluviali, nei tempi recenti, anche in conseguenza del cambiamento climatico in atto, hanno mostrato un'accelerazione che si prevede diverrà ancora più rilevante a breve e medio termine. Infatti, l'incremento di energia globale del sistema atmosfera-idrosfera implica, tra l'altro, un aumento tanto dell'intensità quanto della frequenza degli eventi estremi (mareggiate particolarmente violente in grado di produrre una significativa erosione dei litorali).

A ciò va aggiunto l'incremento del livello medio del mare, seppure in misura assai minore di quanto previsto per gli Oceani, derivante dallo scioglimento delle masse glaciali continentali.

Quanto sopra implica uno scenario in cui è molto probabile nel giro di pochi anni la completa scomparsa anche degli ultimi lembi di duna costiera presenti lungo il litorale marchigiano, a meno che non si provveda a sistematici e periodici interventi di salvaguardia, consistenti essenzialmente in ampliamenti artificiali delle spiagge (ripascimenti antropici, possibilmente protetti) con adeguate quantità di materiale di granulometria idonea, nonché nella messa in opera di fronte alle dune di strutture ecocompatibili atte a incrementarne lo sviluppo, possibilmente accompagnate dalla piantumazione di specie locali tipiche dell'ambiente dunale che contribuiscano alla stabilizzazione del deposito. Ove possibile, inoltre, si potrebbe provvedere a costituire dune "artificiali", sversando materiale di granulometria idonea (ad esempio dragato sui fondali antistanti), sempre accompagnate da opere e da piantumazioni sistematiche atte a facilitare l'accumulo.

La sovrapposizione spaziale dei dati puntuali botanico-vegetazionali delle fitocenosi costiere, censiti nel 2015, ai poligoni forniti dalla Regione Marche, ha permesso la valutazione dello stato di conservazione degli habitat e delle fitocenosi esistenti contenute nelle aree dunali originariamente perimetrate (Tab.1 e Fig. 143). Si osserva che 207 punti censiti ricadono nei poligoni perimetrati; di questi, dieci punti (4%) contengono cenosi classificate come "fortemente alterate", 113 (55%) cenosi "alterate", 26 (13%) in "discrete condizioni", mentre i siti in buono stato di conservazione sono 58 (28%).

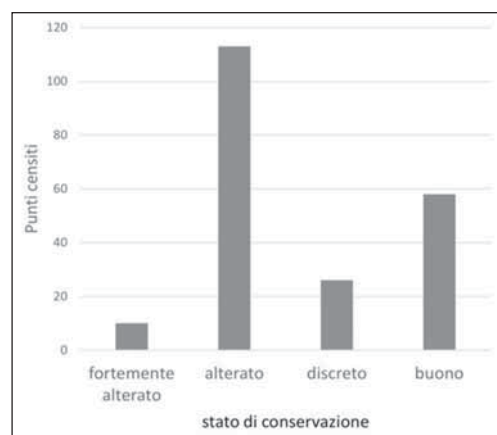


Figura 143. Istogramma relativo ai diversi stati di conservazione dei punti censiti (vegetazione psammofila) ricadenti nei poligoni dunali originari.

Punti censiti	Habitat	FA	A	D	B
58	1210	6	33	7	12
3	1310		2	1	
3	1410		1	2	
1	1420			1	
38	2110		19	3	16
4	2120		1	3	
24	2230		13	3	8
76	NH	4	44	6	22
<b>Totale</b>	<b>207</b>	<b>10</b>	<b>113</b>	<b>26</b>	<b>58</b>
%		<b>4</b>	<b>55</b>	<b>13</b>	<b>28</b>

Tabella 1. Tabella sintetica dello stato di conservazione degli habitat censiti. FA. fortemente alterato, A. alterato, D. discreto, B. buono.

Lo stato di disturbo accentuato dell'Habitat 1210 (33 casi in condizioni di alterazione e in 6 casi di forte alterazione) è relazionabile alla situazione in cui si è rilevato l'habitat, vale a dire in aree di rifugio tra le barche nelle aree di rimessaggio o tra i capanni negli stabilimenti balneari.

La presenza dell'Habitat, tuttavia, non è indice di buona conservazione delle spiagge in quanto poco sensibile al disturbo trattandosi di una vegetazione annuale.

L'Habitat 2110 è stato giudicato in 19 casi alterato, in 3 casi lo stato di conservazione è apparso discreto e in 16 soddisfacente (buono). In questo caso i fattori di disturbo che determinano la condizione di cattivo stato di conservazione sono rappresentati dall'erosione e dall'invasione di specie esotiche tra le quali appare maggiormente competitivo il *Cenchrus incertus*. La ridotta presenza dell'Habitat e il suo stato di conservazione nel complesso non soddisfacente è con ogni probabilità dovuto alla gestione delle spiagge. I continui movimenti di sabbia che vengono effettuati durante la stagione invernale per ridurre i processi erosivi sono infatti deleteri per il mantenimento delle dune embrionali e di quelle mobili. Con questi movimenti di sabbia ogni anno viene infatti completamente azzerato il ruolo delle specie psammofile nel trattenimento della sabbia che è alla base della formazione dei cordoni dunali. Inoltre, l'utilizzo delle spiagge per la balneazione comporta l'assidua presenza degli operatori turistici nell'arco dell'intero anno e soprattutto durante la stagione primaverile, fase cruciale per la ripresa vegetativa delle piante.

L'habitat 2120 è stato rilevato solamente in 4 siti, in 3 dei quali è stato valutato in discrete condizioni e in un caso alterato. Anche questo habitat, come il precedente, risente dell'erosione dei litorali e della competizione delle specie esotiche invasive. Questo habitat, tra quelli dunali, è senza dubbio il più minacciato e a rischio di estinzione se non verranno prese serie e urgenti misure di salvaguardia. Sarebbe quindi opportuno avviare un progetto specifico per il rinforzo delle popolazioni relitte e la reintroduzione nelle zone in cui l'habitat è scomparso utilizzando per la propagazione il materiale biologico prelevato nella stazione di Porto Potenza Picena dove un denso popolamento secondario di ammofila si è insediato sulla massicciata ferroviaria.

L'Habitat 2230 è stato giudicato alterato in 13 siti, in 3 siti discretamente conservato e in 8 siti in buono stato di conservazione. Come per l'habitat 1210, si tratta di cenosi annuali che si sviluppano precocemente in primavera e pertanto risentono in maniera più attenuata del disturbo antropico. Esso, inoltre, si sviluppa dove l'ampiezza della spiaggia lo consente, in posizione arretrata rispetto gli stabilimenti balneari, ove non viene fatta la pulizia della spiaggia.

L'Habitat 1310 è stato censito solamente in 3 siti in 2 dei quali si presenta in cattivo stato di conservazione (alterato) e in un caso in discrete condizioni.

L'Habitat 1410, anch'esso sopravvissuto in 3 siti soltanto, evidenzia in uno di questi uno stato di conservazione alterato e nei restanti 2 casi mostra condizioni di discreta conservazione.

L'Habitat 1420, nell'unica stazione in cui è presente è stato giudicato in discrete condizioni.

Infine, tutte le altre fitocenosi censite, non appartenenti ad habitat, nel complesso non godono di buone condizioni di conservazione essendo quasi nel 50% dei casi alterate o fortemente alterate.

Un ulteriore aspetto di degrado osservato in molti siti lungo le coste è rappresentato dall'invasione delle spiagge da parte di specie esotiche - tra le quali sono molto abbondanti alcune specie del genere *Oenothera*, *Cenchrus incertus*, *Ambrosia spilotachya*, *Amorpha fruticosa*, *Amaranthus* sp. pl. ecc. - che "inquinano" fortemente le popolazioni naturali comportandosi spesso da *competitor* e talvolta rappresentano anche un fattore di disturbo per la balneazione. Sarebbe quindi opportuno mettere in essere delle misure per il controllo dell'invasione da parte di queste entità. Inoltre, è utile evidenziare gli effetti negativi sulle cenosi naturali di alcune pratiche ormai in uso presso numerosi stabilimenti balneari, quali l'uso di piante esotiche a scopo ornamentale. Si è infatti osservata la diffusione di alcune specie molto invasive, quali il fico degli Ottentotti (*Carpobrotus acinaciformis* (L.) L. Bolus, *C. edulis* (L.) N.E.Br. ecc.), che sono fortemente competitive e in poco tempo colonizzano pressoché completamente le formazioni dunali. Tale pratica andrebbe sicuramente scoraggiata proibendo l'utilizzo di specie esotiche.

Le analisi qui effettuate hanno consentito di caratterizzare dal punto di vista botanico - vegetazionale e del loro stato di conservazione, i poligoni dunali. Pertanto, le informazioni fornite sono utili ad orientare future misure di conservazione, ripristino e monitoraggio della vegetazione costiera.

Alla luce dei risultati ottenuti con le analisi integrate geologiche e botaniche, si evidenzia lo stato gravemente compromesso dell'ambiente dunale costiero che potrebbe essere migliorato tramite l'attuazione di interventi sistematici mirati alla conservazione dei residui lembi esistenti e laddove esistono condizioni opportune, l'estensione areale e il ripristino ecologico in particolare in alcune aree che possono essere assunte a progetti pilota sui quali impostare la futura gestione integrata dell'area costiera regionale.

Esempi di aree chiave potrebbero essere il litorale tra Fano e Pesaro, la spiaggia di Senigallia a Sud del Porto, la fascia nord di Porto Sant'Elpidio e la zona della Sentina.

## Bibliografia

- AA.VV. (1981) - *Schede delle Aree Floristiche delle Marche*. Regione Marche, Assessorato all'Urbanistica e all'Ambiente. Industrie Grafiche F.lli Anibaldi s.n.c., Ancona. 154 schede.
- AA.VV. (2009) - *Il ripristino degli ecosistemi marino-costieri e la difesa delle coste sabbiose nelle Aree Protette*. Rapporti ISPRA, 100-09.
- Abis A., Campo C., Careddu M.B., Deriu M. (2013) - *La rete per il monitoraggio delle spiagge-applicazioni ed esperienze sviluppate nel progetto RES MAR*. Taphros, 242 pp.
- Acciarri A., Bisci C., Cantalamessa G., Di Pancrazio G. (2016) - *Anthropogenic influence on recent evolution of shorelines between the Conero Mt. and the Tronto R. mouth (southern Marche, Central Italy)*. Catena, **147**, 545-555.
- Acciarri A., Bisci C., Cantalamessa G., Di Pancrazio G. (2016) - *Anthropogenic influence on recent evolution*



- of shorelines between the Conero Mt. and the Tronto R. mouth (southern Marche, Central Italy)*. Catena, **147**, 545-555.
- Acciarri A., Bisci C., Cantalamessa G., Cappucci S., Conti M., Di Pancrazio G., Spagnoli F., Valentini E. (2021) - *Metrics for short-term coastal characterization, protection and planning decisions of Sentina Natural Reserve, Italy*. Ocean & Coastal Management, 201, 16 pp.
- Alagia C. (1992) - *Importanza delle biocenosi litoranee per la valutazione dell'ambiente costiero delle Marche centro-meridionali (da Marcelli di Numana alla foce del Tronto)*. Università degli Studi di Camerino. Tesi sperimentale inedita di Laurea in Ecologia Vegetale.
- Bartolucci F., Peruzzi L., Galasso G., Albanan A., Alessandrini A., Ardenghi N.M.G., Astuti G., Bacchetta G., Ballelli S., Banfi E., Barberisi G., Bernardo L., Bouvet D., Bovio M., Cecchi L., Di Pietro R., Domina G., Fascetti S., Fenu G., Festi F., Foggi B., Gallo L., Gottschlicht G., Gubellini L., Iamónico D., Iberite M., Jiménez-Mejías M., Lattanzi E., Marchetti D., Martinetto E., Masin R.R., Medagli P., Passalacqua N. G., Peccenini S., Pennesi R., Pierini B., Poldini L., Prosser F., Raimondo F. M., Roma-Marzio F., Rosati L., Santangelo A., Scoppola A., Scortegagna S., Selvaggi A., Selvi F., Soldano A., Stinca A., Wagensommer R.P., Willhalm T., Conti F. (2018) - *An updated checklist of the vascular flora native to Italy*. Plant Biosystems, 152 (2): 179–303.
- Biondi E. (1986) - *La vegetazione del Monte Conero (con carta della vegetazione alla scala 1: 10000)*. Regione Marche - Assessorato all'Ambiente. Tecnostampa Ed., Ostra Vetere, 95 pp.
- Biondi E. (1999) - *Diversità fitocenotica degli ambienti costieri italiani*. Boll. Museo Civico Sc. Nat Venezia, **49**, 39-105.
- Biondi E., Bagella S., Casavecchia S., Pinzi M. (2000) - *Piano di gestione naturalistica del Parco del Conero. Indagini e normativa*. Università Politecnica delle Marche, Regione Marche e Parco Naturale del Conero. 230 pp.
- Biondi E., Baldoni M. (1996) - *Natura e Ambiente della Provincia di Ancona. Guida alla conoscenza e alla conservazione del territorio*. Seconda Edizione. Provincia di Ancona. Assessorato alla tutela dell'Ambiente. Tecnoprint srl, Ancona, 285 pp.
- Biondi E., Brugiapaglia E., Allegrezza M., Ballelli S. (1992) - *La vegetazione del litorale marchigiano (Adriatico centro-settrionale)*. Coll. Phytosociologiques, **19**, 430-459.
- Biondi E., Formica E. (2000) - *Studio floristico e vegetazionale della Sentina di Porto d'Ascoli per la sua conservazione e valorizzazione*. Oss. Ambientale Prov. di Ascoli Piceno. I° Nucleo osservatorio ambientale (L. 67/88 art. 18 comma I lettera f). Recupero e Valorizzazione aree protette; censimento degli scarichi in corpi idrici nella zona compresa tra i Fiumi Tronto ed Aso. 119-139.
- Biondi E., Géhu J.-M., Ballelli S. (1988) - *La vegetazione della "Sentina" di Porto d'Ascoli (Adriatico centrale): un ambiente umido da recuperare*. Micologia e Vegetazione Mediterranea, **3(1)**, 31-46.
- Biondi E., Morbidoni M. (2010) - *Biodiversità delle Marche*. Regione Marche. I Quaderni della Selva. Terzo Volume. Errebi Grafiche Ripesi Falconara Marittima, Ancona, 164 pp.
- Biondi E., Blasi C., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato G., Venanzoni R. & Zivkovic L. (2013). - *Manuale Italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE*. Società Botanica Italiana D.P.N., <http://vnr.unipg.it/habitat>.
- Bisci C., Cantalamessa G., Spagnoli F., Tramontana M. (2018) - *Contributo a studi e interventi finalizzati alla gestione della fascia costiera e marina delle Marche*. Relazione tecnica, 173 pp.
- Bisci C., Cantalamessa G., Spagnoli F., Tramontana M. (2021) - *Evoluzione storica e attuale del litorale delle Marche*. Studi Costieri, questo volume.
- Bovina G. (2004) - *Restauro e conservazione delle dune costiere*. Professione geologo - Rivista dell'Ordine dei Geologi del Lazio, III(5), 8-11.
- Carranza M.L., Acosta A., Stanisci A., Pirone G., Ciaschetti G. (2005) - *Classificazione degli ecosistemi di dune costiere ed analisi della distribuzione degli habitat di direttiva EU: un esempio per l'Italia*. Atti Conf. ASITA 2005, 6pp.
- Cerrano C., Pica D., Di Camillo C., Bastari A., Torsani F. (2014) - *Caratterizzazione biocenotica e restituzione cartografica per l'individuazione di habitat e specie di interesse comunitario lungo la costa marchigiana*. Relazione Tecnica per la Regione Marche, 55 pp.
- Chelli S. (2014) - *Il ripristino degli ambienti costieri della Riserva Naturale Regionale Sentina: una buona pra-*

- tica da diffondere*. Studi Costieri, **22**, 251-252.
- Conti F., Abbate G., Alessandrini A., Blasi C. (Eds.), 2005 - *An annotated checklist of the Italian vascular flora*. Palombi ed., Roma: 13-420.
- Conti F., Alessandrini A., Bacchetta G., Banfi E., Barberis G., Bartolucci F., Bernardo L., Bonacquisti S., Bouvet D., Bovio M., Brusa G., Del Guacchio E., Foggi B., Frattini S., Galasso G., Gallo L., Gangale C., Gottschlich G., Grünanger P., Gubellini L., Iriti G., Lucarini D., Marchetti D., Moraldo B., Peruzzi L., Poldini L., Prosser F., Raffaelli M., Santangelo A., Scalsellati E., Scortegagna S., Selvi F., Soldano A., Tinti D., Ubaldi D., Uzunov D., Vidali M., 2007 - *Integrazioni alla checklist della flora vascolare italiana*. Natura Vicentina, **10** (2006): 5-74.
- Conti F., Bracchetti L., Gubellini L. (2013) - *Flora della Riserva Naturale Regionale Sentina. Atlante fotografico delle piante vascolari*. Edizioni Fast Edit, Acquaviva Picena, 162 pp.
- European Commission (2003) - *Natura 2000. Interpretation manual of European Union Habitats*. EUR23, 127 pp.
- Géhu J.M., Costa A., Scoppola A., Biondi E., Marchiori S., Peris G.B., Franck J., Caniglia G., Veri L. (1984) - *Essai synsystematique et syncorologique sur les végétations littorales italiennes dans un but conservatoire. 1. Dunes et vases salées*. Doc. Phytosoc., n.s., **8**, 393-474.
- Géhu J.M., Biondi E. (1994) - *Antropizzazione delle dune del Mediterraneo*. In: "Alterazioni ambientali ed effetti sulle piante", Edagricole, Bologna, 160-176.
- Géhu J.M., Biondi E. (1996) - *Synoptique des associations végétales du littoral adriatique italien*. Giorn. Bot. Ital., **130** (1): 257-270.
- Ginesu S. (2003) - *Il sistema dunale nella salvaguardia dell'equilibrio costiero*. Atti Convegno. Conservazione dei Sistemi Dunali e Gestione della Costa.
- ISPRA (2009) - *SOS Dune. Stato, problemi, interventi, gestione*. Atti del Convegno, 184 pp.
- Izzi C.F., Acosta A., Carranza M.L., Conti F., Ciaschetti G., Di Martino L., D'Orazio G., Frattaroli A.R., Pirone G., Stanisci A. (2007) - *Fitodiversità degli ambienti dunali costieri dell'Italia centrale*. Fitosociologia, **44**(1), 129-137.
- Macchia U., Pranzini E., Tomei P.E (Eds.) (2005) - *Le dune costiere in Italia*. Felici Editore, Pisa, 206 pp.
- Montanari R. (Ed.) (2010) - *Dinamica e gestione delle dune costiere in Italia*. Studi Costieri, **17**, 216 pp.
- Onori L., Palmeri F., Russi A. (2017) - *Ripristino della fascia dunale con criteri di ingegneria naturalistica: il caso di Marina di Lesina in Puglia*. Studi Costieri, **24**, 59-68.
- Paolucci L. (1890-91) - *Flora marchigiana*. Tip. Federici, Pesaro, 656 pp.
- Pignatti S. (1982) - *Flora d'Italia*. Vol. 1-4, Edagricole, Bologna, 1120+1196+1312+1200 pp.
- Pye K., Saye S., Blott S. (2007) - *Sand dune processes and management for flood and coastal defence*. DEFRA, Londra, 65 pp.
- Sauli G., Siben S. (a cura di) (1995) - *Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica*. Patron, Bologna, 552 pp.
- Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A. (eds.) (1964-80) - *Flora Europaea. Vol. 1-5*, 1ª Ediz., Cambridge University Press.
- Tutin T.G., Burges N.A., Chater A.O., Edmonson J.R., Heywood V.H., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A. (Eds.), 1993 - *Flora Europaea. Vol. 1*, 2ª Ediz., Cambridge University Press.
- Valpreda E. (2006) - *La banca dati geografica delle dune costiere in Italia: uno strumento per valutare l'integrazione tra queste morfologie costiere, l'evoluzione dei litorali ed il loro utilizzo*. Studi Costieri, **11**, 3-16.
- Valpreda E. (2010) - *Dune ed utilizzo del territorio a confronto per la stima della capacità virtuale di attuare l'adattamento al rischio costiero in Italia*. Studi Costieri, **17**, 127-140.
- Wallingford H.R. (2000) - *A guide to managing coastal erosion in beach/dune systems*. Scottish Natural Heritage, Inverness, 130 pp.

**Ricevuto il 25/04/2020; accettato 03/11/2020**

## Il nuovo Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere (Piano GIZC)

Stefania Tibaldi<sup>1</sup>, Luigi Diotallevi<sup>1</sup>, Giorgio Filomena<sup>1</sup>, Maria Cristina Borocci<sup>1</sup>, Maurizio Melonaro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Regione Marche – Servizio Tutela, gestione e assetto del territorio  
P.F. Tutela delle acque e difesa del suolo e della costa

<sup>2</sup> Regione Marche – Servizio Sviluppo e valorizzazione delle Marche - P.F. Turismo

Il nuovo Piano GIZC è stato redatto dal gruppo di lavoro interamente regionale e interservizi, nominato dal Segretario Generale con note ID 0209303 del 25/03/2014 e ID 11672845 del 15/06/2017, e formato da: Nicoletta Santelli, Gianni Scaella, Ivana Boaro, Roberto Cecchini, Antonella Galli, Simona D’Orazio, Alba Capradossi, Claudia Candelaresi, Luigi Diotallevi, Giorgio Filomena, Andrea Bartoli, Francesca Recanatesi, Elisa Rinaldi, Mauro Sinigaglia, Stefano Parlani, Lorenzo Magi Galluzzi, Carmine Bellino, Giordano Forchielli, Fabrizio Mazzoli, Diego Magnoni, Daniele Pernini, Luigi Piermattei, Matteo Moroni, Simona Palazzetti, Maria Cristina Borocci, Maurizio Melonaro, Fermo Giovanni Motta.

Il Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere (Piano GIZC) è stato approvato dall’Assemblea Legislativa delle Marche il 6 dicembre 2019 (BUR Marche n. 100 del 12 dicembre 2019), secondo le procedure previste dalla Legge regionale n. 15/2004 e visualizzabile al seguente link <https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica-Genio-Civile/Difesa-della-costa#Piano-GIZC-2019>.

Il Piano GIZC:

· è un atto di pianificazione e di programmazione precursore a livello nazionale che regola l’uso dell’intera fascia costiera del proprio territorio. Nel caso marchigiano, è un piano di seconda generazione che sostituisce il precedente del 2005; è conforme alle nuove norme in materia, tra cui la Direttiva Alluvioni 2007/60/UE, la Legge n. 125 del 2015 che chiede alle regioni di operare una proposta di revisione organica delle zone di demanio marittimo, le “Linee Guida Nazionali per la difesa della costa dai fenomeni di erosione e dagli effetti dei cambiamenti climatici” del Ministero dell’Ambiente e dell’ISPRA del 2017 visualizzabile al seguente link [http://www.erosionecostiera.isprambiente.it/files/linee-guida-nazionali/TNEC\\_LineeGuida-erosionecostiera\\_2018.pdf](http://www.erosionecostiera.isprambiente.it/files/linee-guida-nazionali/TNEC_LineeGuida-erosionecostiera_2018.pdf). Il piano contiene l’attuazione di alcuni importanti principi del Protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere del Mediterraneo (Protocollo GIZC), quali il contemperamento tra sviluppo economico, sociale, culturale e il rispetto dell’ambiente, la prevenzione dei rischi legati ai cambiamenti climatici, la coerenza tra iniziative pubbliche e private anche tramite il coordinamento istituzionale, l’approccio ecosistemico alla pianificazione e alla gestione delle zone costiere.

- non è un solo Piano ma due (*un piano nel piano*) dato che contiene al suo interno anche il “Piano di Utilizzazione delle Aree del Demanio Marittimo” previsto dalla L.400/93, come rappresentato dalla L.R. 15/2004 (Titolo II delle NTA). Costituisce dunque il riferimento regionale nei confronti dei 23 comuni costieri delle Marche per la redazione dei loro Piani Spiaggia. Il piano, ai sensi del D. Lgs. 152/06, è stato sottoposto a VAS e VinCA.
- è stato realizzato interamente con risorse interne regionali e con il contributo di Arpam per la parte delle analisi di laboratorio. Unica collaborazione scientifica a titolo gratuito è stata quella fornita dal CNR di Ancona e dalle Università marchigiane di Ancona, Camerino e Pesaro-Urbino.
- vuol rappresentare, come tutte le pianificazioni, un momento di cultura volto ad evidenziare la necessità di ragionare in termini di ciclo unico integrato, anche con riferimento alla nozione di “trasporto solido” fluviale dai territori interni verso la costa. Tale concetto è sintetizzato dall’aforisma di Leonardo da Vinci

in testa al Piano, oltre al logo dello stesso in materia di “*ricerca di un equilibrio stabile*” e quindi resiliente, nei confronti di una fascia costiera il cui equilibrio risulta sempre più instabile e quindi vulnerabile.

- ha una struttura progettuale lineare e semplice che analizza e descrive uno stato attuale, uno stato di progetto, l’analisi economica e finanziaria del territorio regionale e ne disciplina l’uso attraverso le norme tecniche di attuazione conformi a principi di matrice ambientale.
- ha comportato il recepimento di oltre 800 osservazioni puntuali estraibili dai singoli contributi pervenuti, particolare attenzione è stata posta per quelle inviate dal MATTM di carattere prevalentemente ambientale, che determinano sia il collegamento diretto con le strategie di sostenibilità, sia un ri-orientamento positivo della proposta di Piano GIZC nei confronti delle risorse ecosistemiche e della resilienza delle zone costiere.

Il Piano GIZC è diviso in sei parti, elencate e descritte di seguito:

**Parte A:** contiene l’analisi e la descrizione di quanto è stato fatto dal 2005 ad oggi, oltre ad alcune novità anche di rilievo che coinvolgono le attività interne di reperimento dati.

Particolare attenzione è stata posta all’individuazione e descrizione delle criticità e emergenze storico-ambientali presenti all’interno della “Fascia di rispetto” e nel mare antistante le coste marchigiane.

**Parte B:** contiene le norme rappresentate da misure non strutturali costituite da n.28 articoli delle NTA divisi in 4 titoli. Tali regole dettano i comportamenti virtuosi che la Regione Marche, i comuni costieri e i privati si danno per gestire sia il Demanio Marittimo che la cosiddetta “Fascia di rispetto”, che contiene i perimetri di inondazione marina previsti dalla Direttiva Alluvioni e la zona di inedificabilità prevista dal Protocollo del Mediterraneo (art. 8 inedificabilità per min. 100 m).

Il piano propone una normativa graduata sulla base di localizzazione, destinazione e natura dell’intervento e tre discipline distinte per manufatti esistenti, in ampliamento o di nuova costruzione, con l’obiettivo di favorire l’autonomia dei soggetti proponenti, minimizzare interferenza rispetto all’equilibrio idrodinamico del litorale e agevolare le imprese virtuose.

**Parte C:** contiene le misure strutturali, rappresentate da n.37 interventi di difesa costiera da realizzarsi nei prossimi 10-15 anni; la stima totale degli interventi è di 290 M€ circa di cui: 60 M€ già finanziati e in corso di realizzazione, 140 M€ con copertura finanziaria ipotizzata (fondi europei, statali e RFI) e circa 90 M€ senza copertura finanziaria.

**Parte D:** contiene la Valutazione Ambientale Strategica (VAS) con riferimento all’analisi degli impatti ambientali del Piano GIZC. Il procedimento di VAS si è concluso con il parere motivato di VAS n. 116/2019 favorevole con prescrizioni recepite nello stesso piano e orientamenti da sviluppare attraverso un Programma di azione da redigere entro 90 gg dall’approvazione del Piano GIZC in collaborazione con altre strutture regionali.

**Parte E:** contiene la Dichiarazione di sintesi che, schematizza e riassume la “filosofia” dello stesso e ne descrive tutti i passaggi legislativi e amministrativi, terminando con l’elenco e la descrizione delle modalità di recepimento del parere motivato di VAS.

**Parte F:** contiene le Misure di monitoraggio, cioè gli indicatori di Contesto, di Piano e di Impatto e i relativi soggetti attuatori, al fine di assicurare “il controllo degli impatti significativi sull’ambiente derivanti dall’attuazione” del Piano stesso.

Il Piano GIZC prende in esame tanti aspetti interconnessi tra loro che hanno permesso di affrontare sia una seria pianificazione e talora programmazione degli interventi, sia la rivisitazione di regole rispettose di temi quali la sicurezza, la resilienza del sistema litoraneo ma anche quella del consumo di suolo, della stagionalità dei manufatti ricadenti all’interno del demanio marittimo e della inedificabilità dei primi 100 metri della fascia litoranea. Una filiera che parte da una necessaria pianificazione quale livello più alto del governo regionale e, a cascata, si sviluppa attraverso la programmazione associata alle risorse disponibili o ipotizzate per arrivare, infine, alla progettazione e realizzazione delle opere da parte degli enti attuatori.

**Ricevuto il 25/04/2020; accettato 03/08/2020**

## Considerazioni finali

Carlo Bisci<sup>1,2,3</sup>, Gino Cantalamessa<sup>1,2,3</sup>, Federico Spagnoli<sup>1,2,4,5</sup>, Mario Tramontana<sup>3,6</sup>

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

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

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

<sup>4</sup> CNR - IRBIM, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

<sup>5</sup> CNR – ISMAR, largo Fiera della Pesca 60125 Ancona

<sup>6</sup> 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 tricornerutum*) 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**



# Studi costieri

Dinamica dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

Numero 30

## Indice

<b>Prefazione: il Piano GIZC e le sue analisi ambientali</b> Angelo Sciapichetti	p. 03 - 04
<b>Premessa</b> Carlo Bisci, Gino Cantalamessa, Federico Spagnoli, Mario Tramontana, Luigi Diotallevi, Giorgio Filomena	p. 05 - 06
<b>Caratteri oceanografici dell'Adriatico centro-settentrionale e della costa Marchigiana</b> Carlo Bisci, Gino Cantalamessa, Rocco De Marco, Federico Spagnoli, Mario Tramontana	p. 07 - 12
<b>Evoluzione storica e attuale del litorale delle Marche</b> Carlo Bisci, Gino Cantalamessa, Federico Spagnoli, Mario Tramontana	p. 13 - 34
<b>Qualità dei sedimenti di retroscogliera nelle Marche</b> Carlo Bisci, Gino Cantalamessa, Gian Marco Luna, Elena Manini, Emanuela Frapiccini, Federico Spagnoli, Mario Tramontana, Gianni Scalella, Stefano Parlani, Mauro Sinigaglia, Giordano Forchielli, Fabrizio Mazzoli, Diego Magnoni, Carmine Bellino, Daniele Pernini	p. 35 - 68
<b>Balneabilità delle acque litoranee delle Marche</b> Gian Marco Luna, Elena Manini	p. 69 - 76
<b>Biocenosi marino-costiere delle Marche</b> Elisa Punzo, Alessandra Spagnolo	p. 77 - 82
<b>Le formazioni a Reef della Costa Picena</b> Luca Bracchetti, Martina Capriotti	p. 83 - 92
<b>Protezione e valorizzazione delle dune costiere residue nelle Marche</b> Carlo Bisci, Gino Cantalamessa, Simona Casavecchia, Roberta Gasparri, Simone Pesaresi, Federico Spagnoli, Gianni Scalella, Mario Tramontana, Silvia Zitti, Stefano Parlani, Mauro Sinigaglia, Giordano Forchielli, Fabrizio Mazzoli, Diego Magnoni, Carmine Bellino, Daniele Pernini	p. 93 - 144
<b>Il nuovo Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere (Piano GIZC)</b> Stefania Tibaldi, Luigi Diotallevi, Giorgio Filomena, Maria Cristina Borocci, Maurizio Melonaro	p. 145 - 146
<b>Considerazioni finali</b> Carlo Bisci, Gino Cantalamessa, Federico Spagnoli, Mario Tramontana	p. 147 - 152

**Gruppo Nazionale per la  
Ricerca sull'Ambiente Costiero**

ISSN 1129-8588