

“Dal fiume al mare”
Ripensare il litorale romano secondo natura

a cura di
Corrado Cencetti e Danilo Ruggiero



Culture Territori Linguaggi – 18

2020

Culture Territori Linguaggi

CTL 18

Università degli Studi di Perugia

2020

Culture Territori Linguaggi

La Collana non periodica dell'Università degli Studi di Perugia «Culture Territori Linguaggi» (CTL) è costituita da volumi monografici pubblicati sia nel tradizionale formato a stampa, sia in modalità digitale disponibile sul web: una scelta, quest'ultima, concordata dal Comitato Scientifico per garantire ai contenuti la più ampia diffusione possibile e per poterne assicurare, nel contempo, la massima fruibilità.

La stessa intitolazione esprime efficacemente la natura e gli intenti della Collana, nella quale trovano spazio i più significativi risultati di studi e ricerche riconducibili ai molteplici e diversificati ambiti disciplinari afferenti alle competenze umanistiche dell'Ateneo perugino o di collaboratori a esso collegati, così da offrire l'opportunità a docenti e ricercatori, nonché ai più meritevoli dottori di ricerca e laureati, di una sede qualificata nella quale pubblicare i frutti originali del proprio lavoro.

La Collana CTL si avvale di procedura di peer review per la presentazione e la pubblicazione di monografie scientifiche (in conformità agli standard stabiliti da Thomson ISI).

La Collana pubblica monografie scientifiche in lingua italiana, inglese, francese, tedesca e spagnola. I prodotti sono corredati da abstract in lingua inglese. Il Direttore della Collana riceve ed esamina la proposta di pubblicazione, richiede il manoscritto all'autore e trasmette la documentazione al referente dell'area di competenza tematica nel Comitato Scientifico. Il referente, dopo aver eliminato dal manoscritto ogni elemento di identificazione dell'autore, provvede a inoltrarlo a due revisori (membri del Comitato Scientifico, studiosi, esperti e professionisti), almeno uno dei quali esterno all'Ateneo. I revisori inviano al Direttore della Collana e al referente un parere relativo al testo scientifico, così articolato:

- accettabile per la pubblicazione;
- accettabile dopo revisioni secondarie;
- accettabile con revisioni sostanziali e conseguente riattivazione della procedura (in tal caso, i revisori che hanno formulato il primo giudizio saranno chiamati a valutare la conformità degli adeguamenti);
- non accettabile.

Il Direttore provvederà a trasmettere all'autore il risultato della valutazione. Qualora i pareri dei valutatori risultassero contrastanti, il testo sarà inviato a un ulteriore revisore scientifico, non informato delle opinioni e

spresse in precedenza dai colleghi. Se il giudizio è negativo il lavoro è respinto, altrimenti è ammesso; in tal caso seguirà una delle procedure sopra esposte. La durata totale della procedura varia in funzione della natura delle osservazioni formulate dai revisori scientifici e dalla sollecitudine con cui gli autori apportano le modifiche richieste.

Comitato scientifico

Moreno Barboni, Marco Bastianelli, Andrea Bernardelli, Giuseppina Bonerba, Paolo Braconi, Alberto Calderini, Donata Castagnoli, Manuela Cecconi, Lucio Fiorini, Erminia Irace, Natascia Leonardi, Franco Lorenzi, Donato Loscalzo, Francesco Marcattili, Giancarlo Marchetti, Massimiliano Marianelli, Riccardo Massarelli, Marco Mazzoni, Lorenzo Medici, Laura Melelli, Alessandra Migliorati, Marco Milella, Massimiliano Minelli, Francesco Musotti, Sergio Neri, Maria Alessandra Panzanelli Fratoni, Paola Paolucci, Giovanni Pizza, Mirko Santanicchia, Massimiliano Tortora

Direttore

Fabio Fatichenti

“Dal fiume al mare”
Ripensare il litorale romano secondo natura

a cura di
Corrado Cencetti e Danilo Ruggiero



Università degli Studi di Perugia

copyright © 2020
Tutti i diritti riservati

Università degli Studi di Perugia
Collana Culture Territori Linguaggi
www.ctl.unipg.it

ISBN 9788894469721

Con la collaborazione di:



Indice

<i>Corrado Cencetti</i> – Prefazione	ii
<i>Danilo Ruggiero</i> - IL "LUNGOMURO" DI OSTIA TRA EROSIONE, MALAGESTIONE ED EMERGENZA COSTE	13
<i>Corrado Cencetti, Pierluigi De Rosa, Andrea Fredduzzi, Paolo Tacconi</i> - L'APPROCCIO MORFOLOGICO-SEDIMENTARIO NELLO STUDIO DEI CORSI D'ACQUA: DINAMICA FLUVIALE, PROCESSI DI EROSIONE, RISCHIO DA DINAMICA D'ALVEO E RISCHIO IDRALICO	25
<i>Paolo Tacconi, Pierluigi De Rosa, Andrea Fredduzzi, Corrado Cencetti</i> - IL FIUME TEVERE: PRODUZIONE DI SEDIMENTI, TRASPORTO SOLIDO, CENTRALI IDROELETTRICHE E DEFICIT SEDIMENTARIO ALLA FOCE. IL "NODO" DI CORBARA-ALVIANO	53
<i>Alicia Teresa Rosario Acosta</i> - LE SPIAGGE E LE DUNE COSTIERE: UN AMBIENTE DI TRANSIZIONE MOLTO PARTICOLARE	79
<i>Jacopo Giampaolletti, Maria Flavia Gravina</i> - LE SECCHIE DI TOR PATERNO: UN VALORE INSOSTITUIBILE PER LA BIODIVERSITÀ E LA PICCOLA PESCA LOCALE	101
<i>Andrea Bonifazi</i> - RICOSTRUZIONE ATTIVA DEGLI HABITAT MARINI: SABELLARIA REEF	117
<i>Filippo Fratini, Alessandro Diotallevi</i> - IL SUBACQUEO "CONSAPEVOLE" A TOR PATERNO	131

Prefazione

Quando, nell'estate 2019, sono stato contattato da Danilo Ruggiero, Vicepresidente dell'Associazione Mare Libero di Ostia, per partecipare a un incontro sul tema del degrado delle coste italiane e, in particolare, del litorale romano, ho subito aderito con molto entusiasmo.

L'Associazione, nata spontaneamente a Ostia per dare voce a coloro che intendono contrastare gli abusi edilizi, la cementificazione, la mancata fruibilità da parte dei cittadini del litorale romano, costretto tra mura, recinzioni e accessi privati che ne limitano l'accesso e addirittura la visione, è da tempo molto attiva, affinché sia riconosciuto il diritto di ognuno a poter fruire di un bene pubblico come il Mare, con consapevolezza e rispetto.

Da qui l'idea di organizzare una Giornata di Studio che potesse, da una parte, evidenziare la pregevolezza ambientale e naturalistica di questo tratto di costa e, dall'altra, mettere in luce i pericoli e le cause di degrado che ne minano l'integrità, la fruibilità e la sua stessa esistenza.

L'entusiasmo con cui ho aderito, condividendo appieno le finalità dell'incontro, che si è tenuto a Ostia il 12 ottobre 2019, è stato ripagato dalla grande partecipazione di pubblico, rappresentato da comuni cittadini e da tutti i portatori d'interesse che in qualche modo hanno a cuore la salute del loro Mare, e mi ha spinto a far sì che di questo evento rimanesse traccia.

Culture Terrori Linguaggi, Collana scientifica dell'Università degli Studi di Perugia, da me contattata nella persona del Direttore, Prof. Fabio Faticenti, si è dichiarata disponibile a ospitare un volume che raccogliesse i testi degli interventi che si sono succeduti durante l'incontro. Gli articoli riportati sono stati redatti dagli stessi relatori, che hanno aderito volentieri all'iniziativa: Danilo Ruggiero, in rappresentanza dell'Associazione Mare Libero, che ha inquadrato il problema della corretta gestione della costa laziale; il Gruppo di lavoro dell'Università di Perugia, rappresentato dal sottoscritto e da altri collaboratori (Pierluigi De Rosa e Andrea Fredduzzi) che, sotto la guida di Paolo Tacconi, da tempo si occupa di dinamica fluviale, argomento strettamente collegato alla salute delle coste e al ripascimento dei litorali (due le note proposte: la prima di carattere metodologico e l'altra riguardante un'ipotesi progettuale di by-pass sedimentario nella Diga di Corbara); Alicia Teresa Rosario Acosta, Biologa del Dipartimento di Scienze

dell'Università di Roma Tre che conduce un'intensa attività di ricerca sulle caratteristiche vegetazionali delle spiagge e delle dune costiere e sulla loro fragilità; Andrea Bonifazi, Jacopo Giampaoletti e Maria Flavia Gravina, Biologi del Dipartimento di Biologia dell'Università di Tor Vergata, che hanno redatto due articoli: Bonifazi sul reef a *Sabellaria*, presente nel litorale romano di Ostia, di eccezionale valore ecologico, ma seriamente minacciato dall'impatto negativo dell'attività antropica; Giampaoletti e Gravina sulle Secche di Tor Paterno, un *unicum* dal punto di vista naturalistico-ambientale che, come tale, necessita di essere preservato; Filippo Fratini e Alessandro Diotallevi, Biologo marino il primo e fotografo subacqueo il secondo, che hanno descritto e documentato con splendide foto la bellezza e l'insospettabile biodiversità delle stesse Secche di Tor Paterno.

Emerge un quadro suggestivo, ma al contempo inquietante: da una parte un Mare, con la sua costa, eccezionalmente ricco di vita e di bellezze naturalistiche; dall'altra l'estrema fragilità di un ecosistema che chiede solo, a gran voce, di essere rispettato dall'Uomo, prima che sia irrimediabilmente compromesso.

Un ringraziamento particolare a Danilo Ruggiero, per aver coinvolto me e il mio Gruppo di lavoro in questa iniziativa e per l'aiuto prestato nell'organizzazione del volume; a RomaNatura (Ente Regionale per la Gestione del Sistema delle Aree Naturali Protette nel Comune di Roma), per aver messo a disposizione la prestigiosa sede di Casa del Mare a Ostia, presso il Borghetto dei Pescatori, concedendo il patrocinio all'iniziativa insieme con l'Area Marina Protetta delle Secche di Tor Paterno; al Prof. Fabio Faticenti, che ha permesso di pubblicare questi Atti della Giornata di Studio nella Collana da Lui diretta; a tutti gli Autori che, con impegno e disponibilità, si sono prodigati perché il volume venisse alla luce.

Perugia, agosto 2020

Corrado Cencetti
Dipartimento di Fisica e Geologia
Università degli Studi di Perugia

“Dal fiume al mare”

Ripensare il litorale romano secondo natura

a cura di C. Cencetti e D. Ruggiero

Culture Territori Linguaggi, 18, 2020, pp. 13-23

ISBN 9788894469721

Danilo Ruggiero¹

IL “LUNGOMURO” DI OSTIA TRA EROSIONE, MALAGESTIONE ED EMERGENZA COSTE

L’erosione costiera. – La principale causa dell’erosione costiera, come è stato ampiamente mostrato, risiede principalmente nel mancato apporto di sedimenti dal Tevere, causato dalla costruzione di vari sbarramenti ed invasi lungo il suo corso nonché dalle attività estrattive, più o meno lecite, che a lungo vi hanno avuto luogo.

Nondimeno dobbiamo includere tra le cause di erosione anche:

- le opere di ingegneria costiera, ovvero porti, foci armate ecc. e gli interventi di difesa quali “pennelli”, barriere soffolte, ecc.
- l’urbanizzazione della costa, avvenuta con la demolizione dei campi di dune per fare posto a costruzioni di vario tipo, parcheggi ecc., e ultimo, ma non meno importante, l’irrigidimento dei sistemi di spiaggia, con le installazioni delle strutture balneari fisse che hanno notevolmente ridotto la capacità degli arenili di adattarsi in modo naturale.

Porti ed erosione. – Riguardo alle opere di ingegneria costiera, con particolare riferimento alle problematiche di erosione sul litorale romano a Nord del Tevere, è stato rilevato² che la principale causa dei dissesti in quella zona

¹ *Associazione Mare Libero*, Ostia, daniloruggiero@virgilio.it

² Intervista al Geologo Mario Tozzi, primo ricercatore del CNR, noto esperto ambientale e divulgatore scientifico (<https://www.h24notizie.com/2018/04/10/erosione-e-porti-due-facce-della-stessa-medaglia/>)

è dovuta alla costruzione del porto commerciale di Fiumicino e alla realizzazione di opere di difesa delle spiagge assolutamente controproducenti, quali scogliere e pennelli rocciosi. Questi ultimi risolvono il problema laddove vengono realizzati, ma determinano l'accentuazione dei processi erosivi su lunghi tratti di costa a seguire. Circa i rimedi, è stata indicata come priorità il blocco di opere portuali e di difesa rigida sull'intera costa laziale, aggiungendo che qualche "diga" dovrebbe addirittura essere demolita. Il riferimento non è casuale: da anni si sta progettando un nuovo grande porto alla foce del Tevere nel Comune di Fiumicino, che dovrebbe ospitare una darsena per barche da pesca e una banchina per navi da crociera (fig. 1).



Fig. 1 – Il progetto del porto commerciale di Fiumicino. Fonte: "Dimensione News", Mensile indipendente di informazione del Comune di Fiumicino e del X Municipio.

Rimedi peggiori dei mali. – Anche il dossier "*Spiagge indifese*"³ (Legambiente, 2015), tra le cause del fenomeno erosivo indica gli stessi interventi di difesa dall'erosione, spesso controproducenti perché troppo invasivi (scogliere artificiali, «pennelli» ecc.). Una serie di interventi di protezione di diversa tipologia ed efficacia eseguiti negli ultimi decenni (vedi Quadro Storico – Franco et alii, 2004) hanno modificato in modo molto impattante il naturale paesaggio litoraneo di Ostia (fig. 2), compromettendo forse per sempre la balneabilità di lunghi tratti di spiaggia.

³ https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/legambiente_dossier_spiagge_indifese.pdf

I gestori delle strutture balneari, in assenza o in aggiunta di interventi pubblici, spesso mettono in atto misure di protezione "fai dai te", per esempio con sacchi di plastica riempiti di sabbia posti a formare dighe o barriere

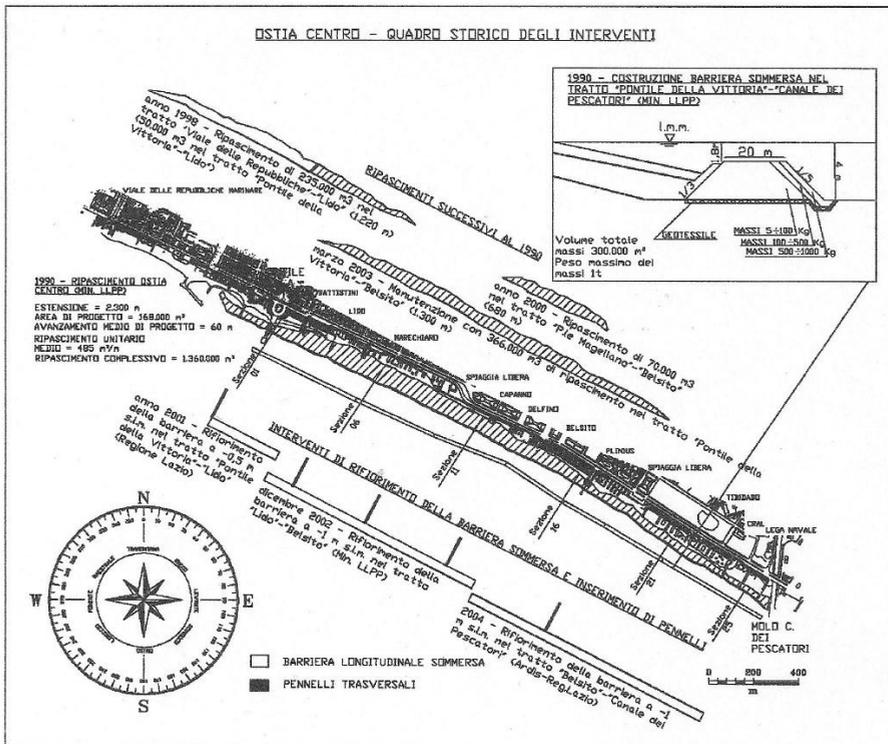


Fig. 2 – Ostia centro: quadro storico degli interventi. Fonte: Franco et alii, 2004.

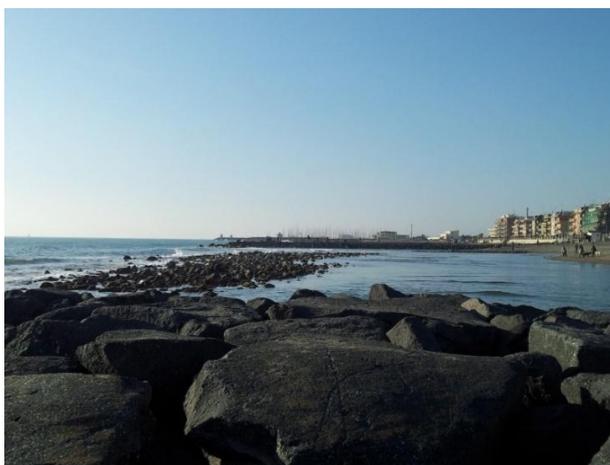


Fig. 3 – Il litorale di Ostia, modificato da opere di protezione della costa. Foto: Danilo Ruggiero.

contro le mareggiate invernali, con effetti altrettanto negativi per l'ambiente. I sacchi, in particolare, sotto la violenza dei marosi e con il calpestio di chi si reca in spiaggia, si frantumano rapidamente, disperdendo le fibre in materiale sintetico nella sabbia e in acqua (fig. 4).



Fig. 4 – I sacchi riempiti con sabbia sono facilmente degradati dal moto ondoso e dal calpestio, disperdendo le fibre di plastica nell'arenile. Foto: Associazione Mare Libero.

L'erosione costiera è causata anche delle cattive pratiche di gestione degli arenili, come per esempio:

- l'impiego delle sabbie di battigia per la realizzazione di argini temporanei nei periodi invernali, o addirittura di «depositi» da reimpiegare in estate;
- ampliamenti, anche stagionali, della superficie dell'arenile verso mare, abbassando la quota esistente della spiaggia.

In generale, la movimentazione della sabbia dalla battigia verso l'interno comporta la modifica del profilo trasversale di spiaggia (MATTM-Regioni, 2018), con aumento della pendenza, riduzione dell'ampiezza e quindi maggiore esposizione alle mareggiate.

Ma non sono solo le spiagge a soffrire della intensa urbanizzazione dei litorali. A livello nazionale quasi un quarto della fascia compresa entro i 300 metri dal mare è ormai consumato (ISPRA, 2018). A conferma dei dati del 2016, tra le regioni con i valori più alti registrati entro i 300 metri dalla linea di costa ci sono Liguria e Marche, con quasi il 50% di suolo consumato, Abruzzo, Campania, Emilia Romagna e Lazio con valori compresi tra il 30 e il 40%. Nel caso del litorale romano, le percentuali sono ancora più elevate (ISPRA, 2019): nelle zone urbane del Municipio X di Roma Capitale si arriva a

percentuali superiori all'80% (fig. 5).

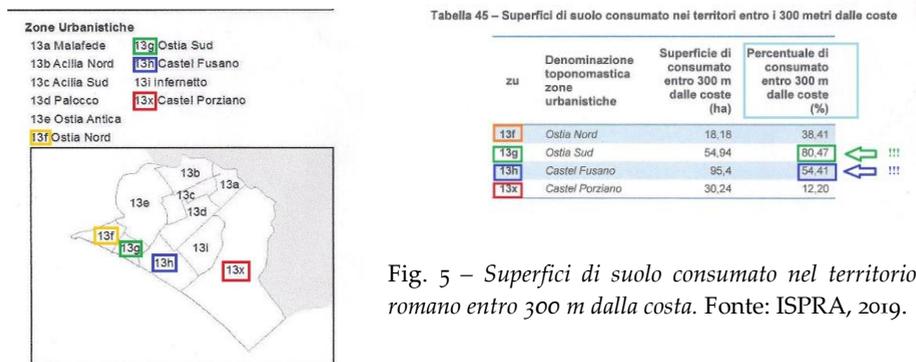


Fig. 5 – Superfici di suolo consumato nel territorio romano entro 300 m dalla costa. Fonte: ISPRA, 2019.

Nel citato report di Legambiente si riscontrano esempi di “malgestione” della costa in ogni parte d’Italia:

“Oggi oltre il 55% delle aree costiere italiane è stato trasformato dal cemento. (...) L’attenta analisi eseguita ha messo in evidenza (...) una trasformazione irreversibile causata dall’urbanizzazione, con il record di Lazio e Abruzzo, dove si salvano solo un terzo dei paesaggi mentre tutto il resto è oramai occupato da palazzi, ville, alberghi, porti. (...) Uno dei risultati più evidenti è la scomparsa quasi totale dei sistemi dunali, che hanno lasciato il posto spesso a vie di comunicazione, centri residenziali e villaggi turistici. L’effetto di questi grandi sconvolgimenti nell’ambiente costiero è stato il brusco aumento dei processi erosivi e la perdita di un ecosistema di alto valore ecologico, geomorfologico e paesistico” (Legambiente, 2015).

Ad aggravare la situazione, l’espansione delle strutture balneari anche sulle aree di spiaggia, ricostruite con i ripascimenti. Per quanto riguarda Ostia:

“Nel periodo 1999-2013 si è assistito ad un incremento del 30% della superficie coperta da nuove strutture balneari, sottraendo alla spiaggia calpestabile una superficie di circa 9 ettari rispetto ai 12 ettari creati con il ripascimento del 1999”⁴.

Altro fattore di erosione costiera, spesso trascurato e poco misurato, è costituito dalla perdita di sabbia causata dal vento. L’asportazione di sabbia dalle spiagge per azione del vento, in assenza di dune o barriere antivento allestite correttamente, a seconda delle condizioni meteorologiche locali può

⁴ «Rapporto su Ostia», Regione Lazio, Direzione Regionale Infrastrutture, Ambiente e Politiche Abitative. Tavolo tecnico per la Difesa delle Coste 18.7.2013.

raggiungere alcune decine di migliaia di metri cubi all'anno (MATTM-Regioni, 2018). Questo fenomeno, oltre a rappresentare una notevole perdita nel bilancio sedimentario del sistema spiaggia, va a generare un'altra notevole problematica di gestione del territorio: la sabbia asportata dagli arenili, infatti, si deposita negli spazi cortilivi e nella viabilità ordinaria, finendo nelle reti fognarie, creando problemi idraulici e aggravati di costi per il suo smaltimento (fig. 6).



Fig. 6 – Gli effetti della deflazione eolica sugli arenili. Foto: Danilo Ruggiero.

Anche la vagliatura della sabbia eseguita con mezzi meccanici influisce sull'impoverimento del sistema spiaggia. Il materiale organico che viene depositato sulla spiaggia, soprattutto dalle mareggiate autunnali e invernali, ha un'azione protettiva nei confronti dei meccanismi di erosione dei litorali sabbiosi e favorisce l'insediamento delle piante. La sua totale rimozione danneggia fisicamente la spiaggia e la duna, aumentando il rischio di erosione. Tronchi, rami e alghe non sono rifiuti, le bottiglie di plastica invece sì... (Ercole et alii, 2015). Inoltre si stima che la pulizia degli arenili con mezzi meccanici comporti la perdita di una quantità di sabbia dal 30 fino al 70% del volume dei rifiuti raccolti (MATTM-Regioni, 2018).

Resilienza. – L'adattamento dei sistemi costieri al cambiamento climatico

dipenderà dalla resilienza costiera, ovvero dalla capacità intrinseca di un sistema costiero di adattarsi alle variazioni indotte dalla risalita del livello del mare, dagli eventi estremi e dagli impatti antropici occasionali, mantenendo inalterate le sue funzioni nel lungo periodo (De Falco, 2019).

La resilienza sarà più elevata nei sistemi naturali e complessi (ad esempio una spiaggia con un campo di dune) rispetto a spiagge urbanizzate. Per mantenere elevata la resilienza costiera delle aree più vulnerabili occorre:

- conservare le spiagge semi-naturali: preservare le componenti naturali del sistema costiero che ne favoriscono la resilienza: es. dune, ecosistemi;
- lasciare al sistema spiaggia lo spazio necessario per adattarsi alle variazioni. Ciò significa sostanzialmente non occupare l'arenile con manufatti più o meno rigidi. Secondo il citato Rapporto di Legambiente, infatti: *"La costruzione di manufatti sulla linea di costa oltre a distruggere la duna costiera impedisce all'energia dell'onda di dissiparsi sul naturale deposito sabbioso che per la sua elevata permeabilità funge da «cuscino ammortizzatore». Quando si sostituisce «l'ammortizzatore» con un sistema rigido l'onda riflessa mantiene la sua forza erodendo e scalzando il fondale marino"* (Legambiente, 2015).

Ripascimenti. – Il sistema meno invasivo per ridurre l'erosione è quello del ripascimento, ovvero il rifornimento della spiaggia con sabbia proveniente da altri siti. La sufficiente quantità di sedimento della esatta tipologia di quello della spiaggia di destinazione è una condizione molto difficile da incontrare, di fatto impossibile da ottenere. Tenendo presente questo, nella realtà dei fatti si tratta quindi di operare con materiali non "identici", ma bensì più affini possibili a quelli presenti sulle spiagge da ripascere.

Anche il ripascimento "morbido" non è esente da effetti negativi. In generale il rifluimento della sabbia comporta fenomeni di soffocamento e seppellimento, alterazione dei fondi e delle dinamiche di popolazione (aree di riproduzione) e diminuzione delle risorse trofiche. Da un punto di vista biologico, variazioni granulometriche nei sedimenti di spiaggia possono influenzare il ciclo vitale di alcune specie bentoniche, come riportato per esempio negli studi condotti sul *Donax trunculus* (tellina), in relazione ad alcuni interventi di ripascimento condotti lungo le coste laziali (MATTM-Regioni, 2018).

Emergenza coste. – Il problema della protezione delle coste ha assunto un carattere emergenziale già a partire dagli anni '60-'70; ora si è ulteriormente

aggravato, a causa dei cambiamenti climatici (l'area alla foce del Tevere è stata indicata tra quelle più a rischio in un recente studio dell'ENEA⁵).

I principali fattori, diretti ed indiretti, dell'erosione delle coste dipendono in definitiva da precise scelte di sviluppo socio-economico (Petrosino, 2006), su cui sarebbe opportuno riflettere per evitare effetti ancora più rovinosi. Oltre al decremento generalizzato del trasporto solido da parte dei fiumi, sono causa di erosione l'incremento di urbanizzazione della costa, con distruzione delle dune e realizzazione di opere rigide nei pressi della battigia (muri di contenimento, scogliere ecc.), nonché la costante richiesta di nuove aree per le attività balneari. Realizzare nuove strutture portuali o di difesa, ma anche consolidare o stabilizzare diritti di privati su aree molto fragili, come quelle degli arenili, mette a forte rischio la possibilità di una gestione ambientale efficace contro l'erosione. In questo senso, la recente proroga sino al 2034 delle concessioni demaniali marittime per uso turistico-ricreativo (stabilita con l'art. 1, commi 675-682 della legge 30 dicembre 2018, n. 145, "Legge di Bilancio 2019") crea un problematico conflitto di interesse tra lo sfruttamento economico delle spiagge e la tutela delle coste.

Tornare alla Natura. – La parola d'ordine per la protezione delle coste deve essere allora "rinaturalizzare". *"L'obiettivo dev'essere liberare le spiagge dall'antropizzazione selvaggia. L'uomo dovrebbe fare un passo indietro, lasciando che la linea di costa si determini e ridetermini in modo naturale, come succede da quando esiste il mondo. Più la costa è soffocata dal cemento, più si toglie resilienza alle spiagge. E il mare, senza la sua valvola di sfogo che è appunto la spiaggia, può solo invadere i centri abitati con forza distruttiva. Per questo le difese dall'acqua devono essere più leggere possibile, privilegiando i ripascimenti e tutelando le dune nei rari tratti in cui esistono ancora. Se proprio è necessario costruire, meglio usare materiali leggeri e amovibili, come il legno. Senza una politica lungimirante e di ampio respiro, rischiamo che entro la fine del secolo le pianure alluvionali costiere siano del tutto sommerse"*⁶.

⁵ <https://www.enea.it/it/Stampa/comunicati/clima-enea-sette-nuove-aree-costiere-a-rischio-inondazione-in-italia>

⁶ Intervista a Giovanni De Falco, Geologo IAS-CNR, Oristano (<https://www.ilfattoquotidiano.it/2019/07/26/spiagge-erosione-riscaldamento-globale-e-cemento-si-mangiano-il-42-delle-coste-senza-un-passo-indietro-sommerse-entro-fine-secolo/5347045/>).

Obiettivi utopistici (?) – Per conseguire gradualmente la *rinaturalizzazione* della costa è necessario:

- intervenire a monte sulla regimazione idraulica dei fiumi (dighe) e sulle modificazioni nell'uso dei bacini idrografici (per es. cambio della copertura vegetale), per riavviare gradualmente il trasporto dei sedimenti verso la foce, anche mediante sistemi di bypass;
- evitare di riproporre la costruzione di difese dannose come i "pennelli" e le barriere soffolte, così come la realizzazione di altri porti e ogni opera aggettante a mare;
- accompagnare il naturale recupero della linea di costa con interventi passivi (ricostituzione dune) e attivi *soft* (ripopolamento habitat nelle zone protette, reefs, ecc.);
- intervenire in via temporanea e, per i casi più gravi, mediante ripascimento morbido, da effettuarsi possibilmente con sabbie locali;
- eliminare gradualmente le strutture in muratura nelle spiagge, per aumentarne la resilienza e conseguendo, in tal modo, anche una migliore visuale del mare (per es. a Ostia lungo tutto il tratto urbano, da Piazza Scipione l'Africano all'ex Dazio – fig. 7).



Fig. 7 – *Le barriere visive nel litorale di Ostia*. Foto ed elaborazione grafica: Danilo Ruggiero.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

DE FALCO G., "La conservazione dei sistemi dunali per l'incremento della resilienza delle zone costiere", Presentazione al Convegno: "Le zone u-

- umide alleate dell'uomo nella lotta ai cambiamenti climatici" (MARI-STANIS Convegni WWD 2019)
<http://www.maristanis.org/index.php/risorse/materiali-convegni/category/3-convegno-le-zone-umide-alleate-dell-uomo-nella-lotta-ai-cambiamenti-climatici.html#>, 2019.
- ERCOLE S., ACOSTA A.T.R., CARBONI M., DEL VECCHIO S., JUCKER T., MALAVASI M., POETA G., PRISCO I., SANTORO R., STANISCI A., PERCOPO C., *"Gli habitat delle coste sabbiose italiane: ecologia e problematiche di conservazione"*, ISPRA, Serie Rapporti, 215/2015, 114 pp.
- FRANCO L., DI RISIO M., RICCARDI C., SCALONI P., CONTI M., *"Monitoraggio del ripascimento protetto con barriera sommersa nella spiaggia di Ostia Centro"*, Studi Costieri, 8, 2004, 14 pp.
- ISPRA, *"Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2018"*, Rapporti, 288/2018, 292 pp.
- ISPRA, *"Il consumo di suolo di Roma Capitale – Analisi della copertura di suolo nel territorio del Comune di Roma – Rapporto 2019"*, Progetto del Servizio Civile Nazionale della U.O. Statistica – Open Data di Roma Capitale in collaborazione con l'ISPRA – Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, 2019, 139 pp.
- LEGAMBIENTE, *"Spiagge indifese –Storie di erosione lungo la costa italiana"*, Dossier di LEGAMBIENTE, 2015, 67 pp.
- MATM-REGIONI, 2018, *"Linee Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione e dagli effetti dei Cambiamenti climatici. Versione 2018"*, Documento elaborato dal Tavolo Nazionale sull'Erosione Costiera MATM-Regioni con il coordinamento tecnico di ISPRA, 2018, 305 pp.
- PETROSINO C., *"Analisi delle variazioni indotte sulle coste dalle opere di difesa e dalle tecnologie di ripristino dei litorali sabbiosi"*, Tesi di Dottorato, Facoltà di Scienze MM.FF.NN., Università "Federico II" di Napoli, 2006.

The "Lungomuro" of Ostia among erosion, mismanagement and coastal emergency. Factors that induce beach erosion in Ostia, Rome seaside, are mainly dam construction on River Tiber, the mining of sediment and the trapping in the basins, thus restricting sediment supply to the coast. Artificial coasts (harbours) and hard protection structures (both cross and longshore, like breakwaters - sometimes submerged) have altered the natural conditions of the coast, increasing the process of artificialization and coastal habitat degradation, not resolving the erosion problem. In some cases the installation of pro-

tective works has lead to an increase in erosion in downdrift areas. Also beach nourishing, using sands from land or sea quarries, either soft or protected by hard structure, proved not to be effective in the medium-long term. The mismanagement of beaches driven by touristic exploitation, like buildings and various leisure installation on beaches or mechanic sand movement and cleaning, increases environmental pressure and contributes to coastal erosion. In conclusion, coastal areas management suffers the conflict between the social-economic development model and a resilient environment preservation under the challenge of climatic changes. Re-naturalization shows as the more effective answer to the current coastal emergency.

Keywords. – erosion, soft/hard protection, beach mismanagement, resilience, re-naturalization.

“Dal fiume al mare”

Ripensare il litorale romano secondo natura

a cura di C. Cencetti e D. Ruggiero

Culture Territori Linguaggi, 18, 2020, pp. 25-52

ISBN 9788894469721

Corrado Cencetti¹, Pierluigi De Rosa²
Andrea Fredduzzi³, Paolo Tacconi⁴

L'APPROCCIO MORFOLOGICO-SEDIMENTARIO NELLO
STUDIO DEI CORSI D'ACQUA: DINAMICA FLUVIALE,
PROCESSI DI EROSIONE, RISCHIO DA DINAMICA
D'ALVEO E RISCHIO IDRAULICO

Premessa. – Perché gli atti di un convegno di carattere tecnico-scientifico, relativo a fenomeni naturali complessi, sono pubblicati in una Collana scientifica che si interessa anche di... *linguaggi*?

Perché i sistemi complessi e i fenomeni naturali, come quelli fluviali, per caratteri e finalità diverse, interessano numerosi campi: Climatologia, Idrologia, Idraulica, Chimica, Biologia, Botanica, Zoologia, Architettura, Urbanistica, Agronomia, Scienze Forestali, Geologia, Geomorfologia, Sedimentologia, Geotecnica, Ingegneria Civile e Ambientale, Idraulica, Strutturale, Energetica; ma interessano anche altre professionalità, come Avvocati, Giudici, Economisti, Attuariali: si pensi, ad esempio, alle dispute legate al fatto che

¹ *Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia, corrado.cencetti@unipg.it*

² *Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia, pierluigi.derosa@unipg.it*

³ *Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia, andrea.fredduzzi@unipg.it*

⁴ *Già Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, paolotacconi43@gmail.com*

un fiume rappresenta in molti casi un limite amministrativo, o di proprietà; ma il suo tracciato è spesso “mobile”, con tutte le conseguenze che si possono immaginare. Altre attività interessano il Fiume: il Turismo, l'Agricoltura, la Navigazione, la Pesca Sportiva, la produzione di inerti come sabbia o ghiaia, l'energia idroelettrica, gli scarichi civili e industriali, le Assicurazioni.

Gli specialisti interessati possono variare in relazione alle finalità della ricerca. Se, ad esempio, la finalità è la realizzazione di una centrale idroelettrica ad acqua fluente, fra gli altri, sempre a titolo di esempio, dovrebbero essere interessati esperti in Fauna ittica, in Idrologia, in Agricoltura e Foreste, in Geologia, in Geomorfologia, in Chimica, ecc. assieme agli esperti nei vari campi dell'Ingegneria, solitamente dediti alla progettazione. I diversi esperti non dovrebbero limitarsi a redigere una relazione specialistica consegnandola agli esperti di progettazione (notoriamente Ingegneri), senza partecipare alle successive fasi per la realizzazione dell'opera. È in queste successive fasi che i "progettisti" utilizzano i risultati delle diverse relazioni specialistiche e, in assenza degli stessi Esperti che le hanno prodotte, il problema dei *linguaggi* legato alle conoscenze e alle ignoranze può essere importante.

L'attività comune sviluppata in parallelo dall'inizio alla fine deve sommare e valorizzare le diverse conoscenze e i diversi *linguaggi*, anziché mantenere le diverse *ignoranze*. Ciò può essere ottenuto non solo seguendo i principi della *multidisciplinarietà* e dell'*interdisciplinarietà*, ma anche della *transdisciplinarietà*, dove ognuno si interessa e contribuisce, oltre le proprie competenze specifiche, allo sviluppo degli studi, dei problemi e delle soluzioni progettuali, dall'inizio degli studi alla realizzazione e alla manutenzione delle opere o delle azioni.

D'altra parte, può succedere che le diverse professionalità, utilizzando *linguaggi* diversi, o dando alle stesse parole significati diversi, determinano contraddizioni e confusione, sia in campo tecnico-scientifico, sia in campo normativo-legislativo.

Consideriamo ad esempio due Direttive Comunitarie che interessano i Fiumi: la Direttiva “Acque” (2000/60/CE) e la Direttiva “Alluvioni” (2007/60/CE). La prima (2000/60/CE) ha come obiettivo la buona qualità dell'ambiente fluviale e tende a favorire il mantenimento o il ripristino dei caratteri naturali del fiume. La seconda (2007/60/CE) ha come obiettivo la sicurezza idraulica della pianura fluviale e tende ad adeguare l'alveo a questa preminente esigenza.

In un generico sistema fluviale, costituito da alveo e pianura fluviale,

come successivamente definito, il mantenimento o il ripristino delle condizioni naturali costituiscono l'obiettivo ottimale della Direttiva "Acque". In tali condizioni naturali, di norma, la massima portata che transita in alveo senza dar luogo a esondazioni, indicata come "*portata ad alveo pieno*", corrisponde un tempo di ritorno (TR) che varia da uno a due anni.

Invece, l'obiettivo ottimale da raggiungere, secondo la Direttiva "Alluvioni", per mettere in sicurezza idraulica la pianura fluviale, consiste nel non permettere le esondazioni dall'alveo per portate con TR di due ordini di grandezza superiori (decine, centinaia di anni). Tale obiettivo, ove possibile raggiungerlo, necessita di profonde modifiche dell'alveo e della pianura fluviale, allontanando molto il *sistema fluviale* dalle proprie condizioni naturali.

Si tratta di due Direttive importanti, elaborate dalle stesse Istituzioni, presumibilmente da due gruppi di esperti in campi diversi: Protezione Ambientale e Protezione Idrogeologica. I due obiettivi sono entrambi leciti e importanti ma, considerando la forte diversità fra i tempi di ritorno, sono antitetici e quindi inconciliabili.

Nonostante ciò le due Direttive convivono e, quasi inconsciamente, si combattono o si ignorano, aumentando la confusione e le difficoltà a impostare e risolvere problemi, di per sé complicati e difficili, come quelli di Dinamica fluviale.

Il Sistema fluviale. – Il *Fiume* è un sistema complesso che comprende non solo l'*alveo*, cioè la porzione normalmente invasa dalle acque, ma anche la *pianura alluvionale* (così detta perché costituita dalle "alluvioni" del corso d'acqua, cioè dai sedimenti depositati durante gli eventi di piena, quando le acque fuoriescono dai limiti dell'alveo) e le *fasce di pertinenza fisico-biotiche*, in cui viene compresa tutta l'area situata ai margini, ma comunque influenzata dalla presenza del fiume, sia in senso fisico (si pensi alle falde acquifere che lo alimentano o sono da questo alimentate) sia in senso biologico (la flora e la fauna che gravita sul fiume stesso, ivi compresa la presenza dell'Uomo). Da qui il termine di *stream corridor* (corridoio fluviale) che meglio esprime questo concetto, identificando l'intera area che in qualche modo "risente" della presenza del *Fiume* (fig. 1) o, meglio, del *Sistema fluviale*.

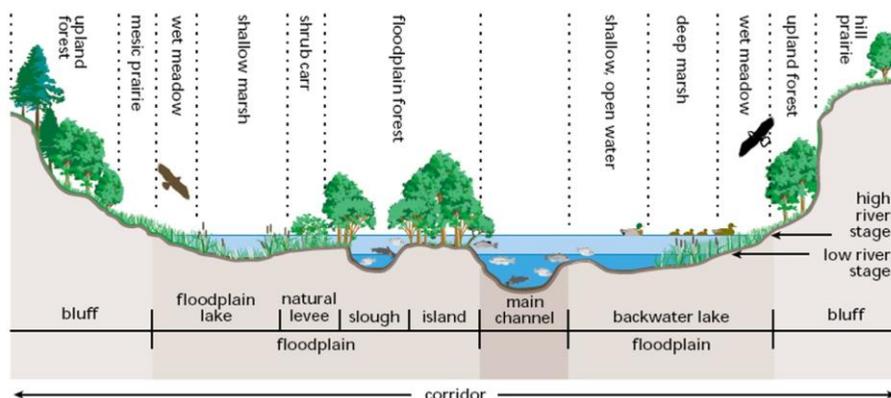


Fig. 1 – Schematizzazione dello stream corridor. Fonte: FISRWG, 1998.

Il Fiume come risorsa e minaccia: la conoscenza. – Il Fiume così concepito è una grande risorsa: è un ecosistema, dotato di propri habitat; è una riserva d’acqua, utilizzata dall’Uomo a fini energetici, irrigui, idropotabili. Tuttavia può rappresentare anche una minaccia per l’ambiente che lo circonda, specialmente se non correttamente “gestito”.

La *conoscenza* del Fiume, soprattutto dei *processi* che agiscono nel sistema e del suo *comportamento* in risposta a determinati *input* naturali (es. un evento meteorico improvviso) e/o artificiali (es. la costruzione di un’opera o di una infrastruttura che interagisce con esso) è una premessa imprescindibile per poterlo gestire correttamente. Raggiungere un livello adeguato di *conoscenza* è molto importante, perché permette di prevedere le *reazioni del sistema* a ogni tipo di intervento teso a valorizzare e mantenere gli habitat fluviali, a progettare le opere fluviali (valutandone gli effetti, la stabilità, l’efficienza e la durabilità), a gestire i sedimenti (mobilitazione o estrazione di inerti), a progettare i lavori ordinari e straordinari di manutenzione/sistemazione degli alvei. D’altra parte, conoscere le reazioni del sistema significa identificare la sua *tendenza evolutiva*, dalla quale si possono avere utilissime indicazioni per la sua corretta gestione.

L’approccio idrologico-idraulico e l’approccio morfologico-sedimentario. – Per quanto già detto in premessa, la complessità dei fenomeni fluviali richiede la competenza (e la sua *conoscenza*) di numerosi campi ed esperti.

Tuttavia, gli “approcci base” per lo studio della dinamica dei sistemi fluviali sono essenzialmente due (Tacconi, 2017): i) *idrologico-idraulico*; ii) *morfo-*

logico-sedimentario. I due approcci di studio non si pongono in alternativa tra loro, ma devono essere condotti in parallelo, in quanto si completano a vicenda.

L'approccio idrologico-idraulico è quello classico dell'*Ingegneria Idraulica* e utilizza metodi statistici, applicati a serie storiche di dati idrologici, e le leggi dell'Idraulica per definire i rapporti tra alveo, sedimenti e corrente idrica. Per la complessità dei fenomeni, spesso si ricorre anche a modelli fisici in scala.

L'approccio morfologico-sedimentario, tipico della *Geomorfologia Fluviale* e oggetto specifico di questa nota, inizia con una sequenza di osservazioni, descrizioni, misurazioni, analisi, studi del *Sistema naturale Fiume*, a diverse scale spazio-temporali, con dettaglio crescente. Tale approccio, in parallelo con quello idrologico-idraulico, definisce gli elementi conoscitivi necessari e sufficienti per una corretta "gestione" del sistema alveo/pianura fluviale, nella fase di pianificazione, nella fase di progettazione, nella complessa fase di manutenzione delle opere e delle azioni che interessano il Fiume, nel campo delle risorse e, infine, nel campo dei rischi. L'approccio morfologico-sedimentario si esprime, per quanto possibile, con il linguaggio quantitativo proprio dell'Ingegneria, attraverso parametri e modelli; si esprime, inoltre, con il linguaggio descrittivo "esperto" proprio delle Scienze della Terra, definendo il *modello concettuale* di riferimento e, per ogni situazione specifica, il *modello concettuale specifico*, attraverso i quali si individuano quali fossero o siano i caratteri fisici, naturali del fiume e quale sia il suo comportamento in relazione ai fenomeni naturali e ai condizionamenti indotti.

Nell'approccio morfologico-sedimentario si utilizzano alcune specifiche e concetti particolari:

- per *Fiume* si intende sempre il binomio alveo/pianura fluviale; i due termini sono sempre da considerarsi assieme, anche quando, paradossalmente, uno dei due è assente. Si pensi a un ambiente fluviale carsico, dove esiste una pianura, ma non esiste un vero e proprio alveo, perché le acque superficiali tendono naturalmente a infiltrarsi; oppure a un alveo "fisso", inciso in roccia, dove non esiste una pianura alluvionale;
- un tratto di alveo si considera in uno *stato di equilibrio* se, almeno in tempi storici, non cambiano la sua tipologia, le sue dimensioni, la sua pendenza. Allo "stato di equilibrio", in un generico settore in esame, il bilancio del trasporto solido in entrata da monte ed in uscita verso valle, in tempi storici, è attorno a zero. In questa situazione, la sommatoria di tutti i pro-

cessi che avvengono nell'alveo non determina né erosione, né aggradazione generalizzata;

- tuttavia, possono variare la posizione e la forma delle sponde e, all'interno dell'alveo, i corpi sedimentari (barre) possono muoversi e cambiare la loro frequenza, le loro dimensioni, la loro forma, modificando così la geometria delle sezioni trasversali dell'alveo; ne consegue che il concetto di "stabilità" o di "stato di equilibrio" non è sinonimo di "immobilità": un alveo può essere allo stesso tempo *stabile* e *mobile*.

Per quanto detto, in generale, nell'approccio morfologico-sedimentario non si considerano serie storiche, valide e statisticamente attendibili, di dati di afflussi o deflussi (idrici e di trasporto solido), ma i loro *effetti formativi*, caratteristici del Sistema fluviale, alle diverse scale spaziali e temporali. Ciò rende possibile studiare un problema e risolverlo in qualsiasi fiume in tempi compatibili con quelli di norma disponibili per le attività di pianificazione e di progettazione.

I caratteri morfologico-sedimentari. – I caratteri morfologico-sedimentari del corso d'acqua rappresentano un elemento importante del processo di *conoscenza* prima descritto. Questi sono frutto della storia del sistema, cioè dei processi morfologici e idraulici che hanno agito in passato e di quelli che agiscono attualmente nel sistema stesso.

Si osservi la foto di Figura 2: il fiume ha inciso i suoi depositi, portandosi



Fig. 2 – Rio Iruya (Provincia di Salta, Argentina). Foto: Paolo Tacconi

a una quota sensibilmente inferiore e lasciandoli “appesi” a quote più alte (in gergo tecnico: *terrazzati*). È facile intuire la storia evolutiva subito dal corso d’acqua: a una fase di *sedimentazione*, in cui il fiume ha abbandonato i suoi depositi, è seguita una fase di erosione verticale, che lo ha portato ad incidervi ed a scorrere a una quota sensibilmente più bassa della precedente.

Ancora: la Figura 3 mostra che non c’è necessità di avere dati storici di portata idrica e di livelli idrometrici per capire che il fiume è arrivato con le sue acque all’altezza a cui si trova la vegetazione che è stata trasportata e addossata all’albero.



Fig. 3 – La vegetazione addossata all’albero indica il livello idrometrico raggiunto dal corso d’acqua durante un evento di piena. Fonte: FISRWG, 1998.

Ma quali sono i *caratteri morfologico-sedimentari*?

- il/i *canale/i di magra*, il cui numero varia a seconda della tipologia di alveo (unicanale o multicanale - fig. 4);



Fig. 4 – Alveo multicanale (sopra) e unicanale (a destra). Foto: Corrado Cencetti

- le *sponde* (alte, basse, in erosione, in accrescimento - fig. 5);



Fig. 5 – Sponde alte (a sinistra - Foto: Corrado Cencetti) e sponde basse (a destra). Fonte: FISRWG, 1988).

- i *corpi sedimentari*, cioè le *barre*, la cui presenza è sempre correlata al trasporto solido di fondo e aumenta all'aumentare di questo e all'aumentare della variabilità delle portate. Le barre vengono distinte in base alla loro posizione all'interno dell'alveo (laterali, longitudinali, di meandro, etc. - fig. 6) e/o in base al loro stato vegetativo (nude, cespugliate, arborate, o addirittura coltivate e abitate - fig. 7);
- le *forme di fondo*, spesso dovute alla presenza di corpi sedimentari sommersi (es. sequenze di *riffles and pools* - fig. 8);
- le *granulometrie* (cioè le dimensioni dei sedimenti) delle componenti dell'alveo: sponde, barre, canale;



Fig. 6 – Barre laterali (a sinistra) e longitudinali (a destra). Foto: Corrado Cencetti.



Fig. 7 – Barre nude (a sinistra) e cespugliate (a destra). Foto: Paolo Tacconi.

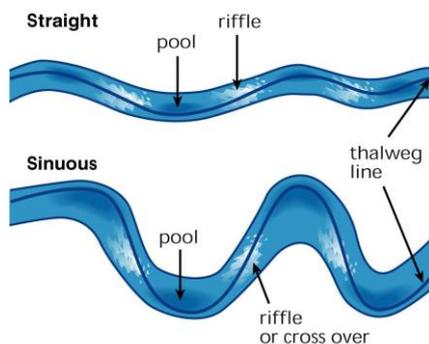


Fig. 8 – Sequenze di riffles and pools (rapide e pozze).
Fonte: FISRWG, 1998.

- le *confluenze* e i loro rapporti con l'alveo principale, soprattutto in termini di apporto sedimentario (fig. 9);



Fig. 9 – Esempio di confluenza con forte apporto solido. Foto: Andrea Freduzzi.

- le *componenti biotiche* e in particolare la *vegetazione*, che può contribuire alla stabilizzazione delle sponde, ma può anche diventare un pericolo se ostacola il normale deflusso della corrente (fig. 10);



Fig. 10 – La vegetazione può avere la funzione di stabilizzare le sponde (a sinistra), ma può anche rappresentare un ostacolo al deflusso idrico (a destra). Foto: Corrado Cencetti.

Anche i caratteri antropici sono oggetto dell'analisi:

- le *opere trasversali e longitudinali*. Queste documentano quale era lo stato dell'alveo al momento della loro realizzazione ed evidenziano le tendenze evolutive attuali dell'alveo (fig. 11). In particolare le fondazioni sono un indizio inequivocabile della tendenza o meno all'approfondimento dell'alveo e permettono di valutare l'entità e la velocità dell'erosione (grazie alla ricostruzione della data di realizzazione dell'opera stessa);
- le *attività* che influiscono *direttamente* sulla dinamica fluviale (estrazione di inerti, realizzazione di opere, sistemazioni d'alveo - fig. 12) e quelle che influiscono *indirettamente* (si pensi a come si è modificata nel tempo l'attività agricola che condiziona l'apporto di materiale ai fiumi - fig. 13).



Fig. 11 – A sinistra: l'alveo è in approfondimento (i piloni del ponte sono scalzati e la nuova opera, a sinistra nella stessa foto, sta subendo ancora il medesimo processo). A destra: l'alveo è in sedimentazione (in aggradazione) e la luce del ponte è stata rapidamente occlusa per l'enorme apporto solido. Foto: Paolo Tacconi.



Fig. 12 – L'estrazione diretta di inerti dall'alveo (a sinistra) ha rappresentato, specialmente in passato, una delle principali cause di deficit sedimentario nei corsi d'acqua e tuttora è praticata, anche se "camuffata" da opere di sistemazione d'alveo (a destra). Foto a sinistra: Corrado Cencetti. Foto a destra: Paolo Tacconi.



Fig. 13 – Anche l'attività agricola ha subito nel tempo una profonda trasformazione, condizionando pesantemente l'erodibilità dei suoli e il conseguente apporto sedimentario ai corsi d'acqua. Foto a sinistra: Paolo Tacconi. Foto a destra: <https://www.lectura-specs.it/it/modello/macchine-agricole/aratri-amazone/cayron-200-v-11687711>

Le scale di studio. – Si è già detto che le osservazioni, descrizioni, misure, analisi dei caratteri morfologico-sedimentari, relativi alle condizioni attuali e passate (naturali), del binomio "alveo - pianura fluviale", avvengono a diverse scale spazio-temporali, di dettaglio crescente (Tacconi, 1990).

Queste sono:

- la *piccola scala*, che riguarda i caratteri del bacino nel suo complesso, con modificazioni che avvengono in *tempi geologici* (es. variazione della rete idrografica - fig. 14);

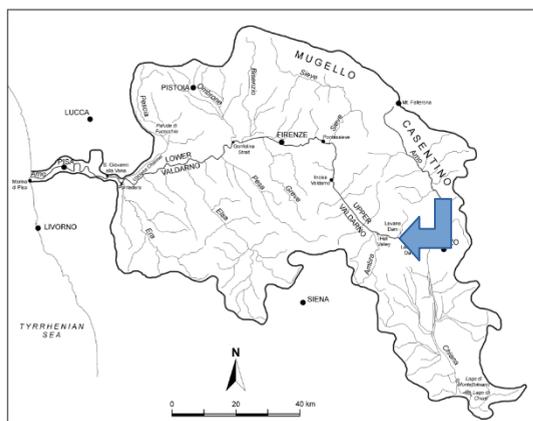


Fig. 14 – Il bacino del F. Arno. La porzione a monte (Casentino) un tempo defluiva verso Sud e si congiungeva alla Val di Chiana; quindi faceva parte del bacino del F. Tevere. Solo in seguito, tramite un processo di cattura fluviale, è diventata parte integrante del bacino idrografico del F. Arno. Disegno: Corrado Cencetti.

- la *media scala*, che riguarda i caratteri del sistema vallivo e le sue variazioni in *tempi storici* (fig. 15);

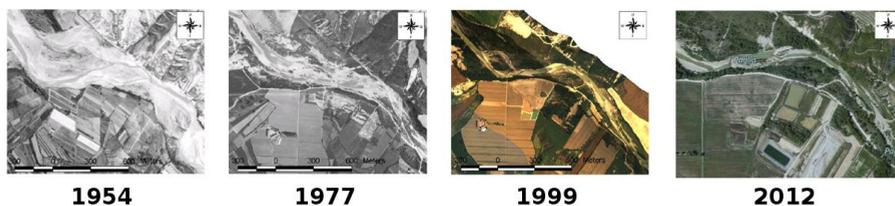


Fig. 15 – Le foto aeree, tratte dal volo GAI (Gruppo Aereo Italiano) del 1954-55 e da altri voli successivi, commissionati dalla Regione Umbria, mostrano un tratto particolarmente significativo del F. Paglia, affluente di destra del F. Tevere nella sua media valle. È evidente la trasformazione subita nel tempo dal sistema alveo – pianura fluviale, il cui tracciato ha subito un'evoluzione da una tipologia tipicamente braided (alveo "intrecciato" -1954) ad una di tipo wandering ("divagante" - 2012), in seguito a un processo di progressiva accentuazione del deficit sedimentario. Fonte: Regione Umbria.

- la *grande scala* (cioè la scala di dettaglio), il cui ambito di studio è rappresentato dalle componenti attuali dell'alveo e della pianura fluviale. Questa è la più importante a fini pratici, in quanto le variazioni avvengono in *tempo reale* e riguardano gli eventi del recente passato e attuali che portano alla modifica dei corpi sedimentari, delle sponde, così come la variabilità delle portate solide e liquide, che cambiano in seguito ad eventi particolarmente intensi ed improvvisi. Le modificazioni sono rapide e, quindi, più perturbanti per l'ambiente (fig. 16).



Fig. 16 – Una strada franata per erosione di sponda nel T. Virginio (bacino del F. Pesa). Foto: Paolo Tacconi

Rischio idraulico o funzione idraulica? – Passando alle problematiche di rischio dovute alla presenza e all'attività dei corsi d'acqua, va sottolineato che i documenti tecnici di pianificazione del territorio, come ad esempio i Piani di Bacino, per arrivare a definire le diverse classi di rischio idraulico che interessano la pianura fluviale, individuano le aree con diverso livello di *pericolosità idraulica*, correlandola ai tempi di ritorno con i quali l'area viene sommersa dalle diverse portate che interessano l'alveo del fiume.

È utile ricordare che "alveo fluviale" è un'espressione generica, se manca di un aggettivo che la colleghi alle diverse portate del Fiume, come: *alveo di magra* (TR, in questo caso, non applicabile); *alveo pieno* (TR: 1 -2 anni); *alveo attivo* (TR: decine-centinaia di anni). Queste tre condizioni dell'alveo, che corrispondono a dimensioni e talora anche a tipologie diverse dell'alveo stesso, sono da considerarsi tre condizioni caratteristiche, relative ad un'unica struttura genericamente chiamata "alveo". Ma l'alveo di magra si trova all'interno dell'alveo pieno che, a sua volta, si trova all'interno dell'alveo attivo, che a sua volta si trova all'interno della pianura fluviale, come una serie di Matrioske, o è confinato fra due versanti.

Il concetto di *rischio* non sempre è appropriato per caratterizzare uno "scenario" fluviale; talora vengono confusi l'alveo con la pianura e il "rischio" con la "funzione". Ad esempio, si considerino le due fasce, la destra e la sini-

stra, esterne all'alveo pieno (TR 1-2 anni): spesso vengono scambiate per pianura fluviale, assegnandogli la classe di rischio idraulico ritenuta appropriata. Tali fasce sono la parte di alveo che si attiva solo quando transita una portata superiore a quella caratteristica di alveo pieno e quindi, essendo parte dell'alveo (*alveo attivo*), è più corretto considerarle aree "a funzione idraulica", corrispondente a quella parte di alveo attivo che, in qualche misura, è attivo solo durante le piene con TR superiore a quello caratteristico dell'alveo pieno e permane attivo solo per il tempo di passaggio dell'onda di piena. Per tutto il resto del tempo non cambia la sua funzione – quindi non diventa pianura – ma rimane "alveo attivo".

Esprimendosi con una metafora, se "espongo" un'auto, parcheggiandola in curva, di traverso, nell'unica corsia in uscita dall'autostrada e non esce nessuno per una settimana, quel punto non diventa "parcheggio" e non deve essere considerato a "rischio" traffico, rimane a "funzione" traffico....

Non si tratta di una sottile disquisizione filosofica; nel campo della Dinamica Fluviale e dei Rischi Idraulici vi sono grandi spazi di non sufficiente conoscenza e grandi interessi, spesso incompatibili con i livelli di pericolosità idraulica e tanto meno con le funzioni di alveo attivo. Le Compagnie di Assicurazione valutano molto bene il rischio connesso all'auto parcheggiata in curva; utilizzano metodi consolidati, conoscono i parametri di valutazione e prima di tutto non hanno dubbi sul fatto che quella è una corsia di transito in curva e non un parcheggio. Le certezze delle Assicurazioni non sono le stesse se si tratta della distruzione di un fabbricato posto in prossimità di un punto soggetto a esondazione.

Generalmente è certo il rapporto causa (esondazione) / effetto (distruzione del fabbricato). Ma le prime di una lunga serie di domande che l'Assicurazione si dovrebbe porre è:

- si tratta di un'esondazione dall'alveo pieno (TR: 1-2 anni) verso l'alveo attivo (TR: decine-centinaia di anni)?
- oppure si tratta di un'esondazione dall'alveo attivo verso la pianura fluviale?

Nel primo caso, che interessa sia i caratteri morfologico-sedimentari e idraulici del sistema fluviale, sia i caratteri idrologici del bacino idrografico, compresi i tempi di ritorno delle portate, il fabbricato è stato erroneamente posto all'interno dell'alveo e la responsabilità può essere dei Progettisti e/o dei Pianificatori, che non hanno tenuto conto, o non hanno saputo leggere, le indicazioni dei documenti tecnici di settore, prodotti in sequenza, auto-

mamente, da ciascuno di loro, ciascuno secondo il proprio *linguaggio*. Questa confusione di *linguaggi* è anche confusione di *conoscenze*. Si può discutere su chi ha commesso l'errore, ma di errore certamente si tratta l'aver confuso l'alveo con la pianura.

Nel secondo caso - e solo nel secondo caso - può trattarsi di un evento "eccezionale", per il quale la ricerca delle responsabilità, che corrisponde a colpe, non sempre è applicabile. Si pensi, ad esempio, a una frana che ha occluso l'alveo e che ha formato un lago a monte dell'occlusione. Se, successivamente, lo sbarramento naturale cede, si forma un'onda di piena anomala, imprevista e, molto spesso, imprevedibile. È chiaro che, in casi del genere, l'eguaglianza *responsabilità = colpa* è raramente applicabile.

Il caso esposto è relativo a un fenomeno naturale, con carattere di eccezionalità, in cui sono evidenti i rapporti di causa/effetto: frana/onda anomala. La realizzazione di una diga e la conseguente formazione di un bacino di ritenuta, in quel sistema fluviale, costituisce certamente un "evento eccezionale" che può causare numerosi e gravi effetti negativi. Inoltre, se malauguratamente la diga crolla, a questi effetti negativi si aggiungono quelli conseguenti ad una frana in alveo.

Il rischio da dinamica d'alveo. – Restando nell'ambito delle problematiche di rischio, è necessario puntualizzare che:

- spesso i fenomeni di inondazione ed alluvionamento, le così dette "catastrofi idrogeologiche", in realtà sono il risultato di reazioni del sistema alveo – pianura fluviale, spesso indotte da una errata gestione del sistema stesso da parte dell'Uomo;
- a un *rischio idraulico*, così come definito dai Piani di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) delle Autorità di Bacino (cioè il rischio da inondazione e alluvionamento), deve essere associato un *rischio da dinamica d'alveo*, tanto che il primo, spesso, è conseguenza diretta del secondo.

Il rischio da dinamica d'alveo è stato per la prima volta definito ufficialmente nella "Relazione del PAI del F. Arno - Parte II: Pericolosità e Rischio idrogeologico", a pag. 40: tale tipo di rischio è dovuto "...: ai fenomeni di erosione e/o deposito, e quindi dalla evoluzione plano-altimetrica dell'alveo che si manifesta per effetto della interazione tra la corrente liquida e il materiale mobile costituente l'alveo. (...). Questi (fenomeni, n.d.r.) sono la conseguenza dello squilibrio tra la capacità di trasporto della corrente e la portata solida in arrivo al tronco considerato".

Infatti il fiume non presenta solo una *mobilità planimetrica* (si pensi all'evoluzione di un tracciato a meandri), ma anche una *mobilità altimetrica* con fenomeni, anche vistosi, di forte e rapido approfondimento dell'alveo (fig. 17).



Fig. 17 – Due vistosi esempi di processi di erosione verticale nei corsi d'acqua. A sinistra: il F. Vomano, in Abruzzo. A destra: un tratto del F. Paglia, nel tratto umbro. In entrambi i casi il corso d'acqua, nel recente passato, ha inciso i suoi stessi sedimenti (prova di una precedente fase di aggradazione dell'alveo), raggiungendo il substrato argilloso dei depositi alluvionali. Foto a sinistra: Corrado Cencetti. Foto a destra: Pierluigi De Rosa.

Il rischio da dinamica d'alveo insorge quando tale mobilità interferisce con gli insediamenti urbani, le opere, le infrastrutture e, più in generale, con le attività economiche e sociali (fig. 18).



Fig. 18 – La mobilità plano-altimetrica degli alvei costituisce spesso un fattore di rischio. Fonte: <https://www.scienzainrete.it/category/Indice/Problemi-globali/Ambiente>

Il trend evolutivo attuale e le sue cause. – Oggi gli alvei di magra dei maggiori fiumi italiani sono in uno stato di forte erosione e approfondimento (fig. 19).

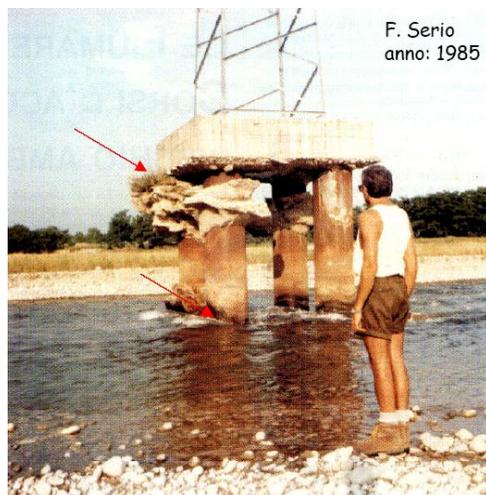


Fig. 19 – Il F. Serio nel 1985. Le frecce indicano la differenza di quota (passata e attuale) dei depositi alluvionali. Foto: Franca Maraga.

Le cause di tale tendenza possono così essere sintetizzate:

- *rettifiche, arginature e restringimento delle sezioni d'alveo.* La diminuzione di larghezza delle sezioni di deflusso (spesso prodotta per recuperare terreno agricolo), la frequente realizzazione di argini artificiali (eretti per scongiurare l'esonazione dei corsi d'acqua), la rettifica degli alvei (realizzata per eliminare le anse e inibire, localmente, l'erosione delle sponde esterne delle curve), hanno tutti prodotto le medesime conseguenze: un aumento della pendenza e della velocità della corrente fluviale, con conseguente aumento del potere erosivo del corso d'acqua. In questo senso, un'importante ruolo riveste l'analisi storica: l'Italia è molto ricca di documenti cartografici storici (es. mappe dei vecchi Catasti, dal Napoleonico, al Gregoriano, al Lorenese, al Borbonico) che rappresentano i corsi d'acqua nel loro stato naturale, precedente ai grandi interventi idraulici del XIX e del XX secolo che hanno portato i fiumi alla situazione odierna. Il confronto tra lo stato attuale dell'alveo e quello passato fornisce spesso utili indicazioni sulle modifiche subite artificialmente dai corsi d'acqua (figg. 20-21);
- *attività estrattiva di inerti dall'alveo.* Questa è sicuramente l'attività che più

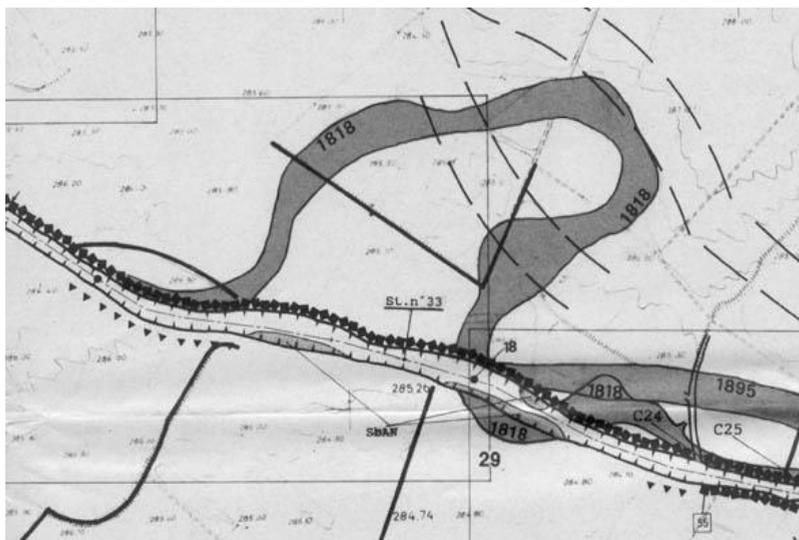


Fig. 20 – L'alveo del F. Tevere in un tratto dell'Alta Valtiberina: il meandro presente nelle mappe del Catasto Gregoriano (1818) è stato rettificato, aumentando la pendenza locale del corso d'acqua. Fonte: Cencetti et alii, 1991 (a cura di IRRES, 1991).

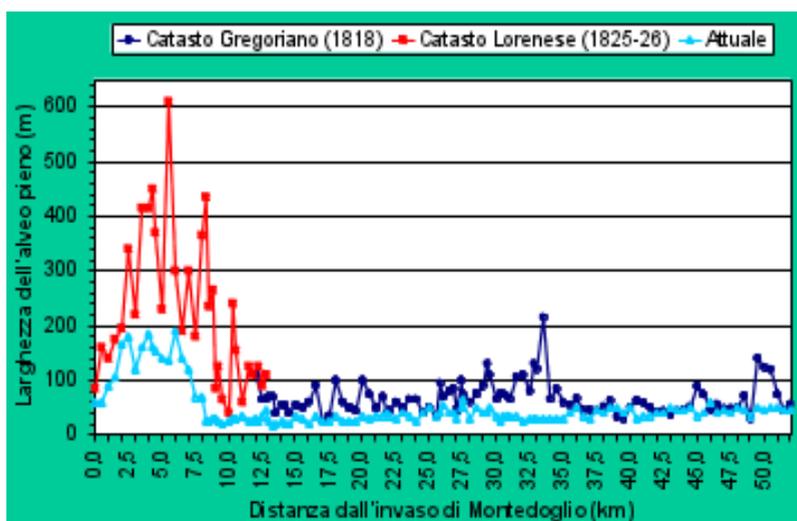


Fig. 21 – Sempre in Alta Valtiberina, il confronto tra le mappe del Catasti Gregoriano e Lorenese (il primo per la parte umbra e il secondo per la parte toscana) e la situazione attuale mette in evidenza il forte restringimento delle sezioni di deflusso del F. Tevere. Nel grafico, il punto di origine è situato in corrispondenza della Diga di Montedoglio, in provincia di Arezzo. Fonte: Canuti et alii (1991), modificato.

di ogni altra, dal dopoguerra ad oggi, ha innescato un forte deficit sedimentario nei corsi d'acqua italiani. L'estrazione indiscriminata di inerti dall'alveo ha avuto conseguenze devastanti. Per citare le più importanti: aumento locale della pendenza (e quindi della velocità della corrente); innesco di fenomeni di erosione verticale e laterale (anche di tipo regressivo, per ripristinare la pendenza media del profilo longitudinale); approfondimento dell'alveo e delle falde idriche ad esso correlate; mancato ripascimento dei litorali, con conseguente aumento dell'erosione costiera;

- *realizzazione di dighe e briglie, reforestazione.* La costruzione di opere trasversali quali briglie e dighe ha indubbi vantaggi: le prime sono realizzate per regolarizzare la pendenza dell'alveo e inibire processi di erosione verticale; le seconde per costituire una riserva d'acqua, da utilizzare per fini plurimi (idroelettrico, irriguo, idropotabile). Entrambe, tuttavia, presentano un grosso problema: quello di rappresentare delle "trappole" sedimentarie. Sia le briglie, sia le dighe vanno incontro a processi di interramento che spesso ne riducono la potenzialità e l'efficacia. Non solo: trattando i materiali solidi trasportati dal corso d'acqua, innescano problemi di deficit sedimentario nei tratti fluviali situati a valle. Chiaramente non va demonizzata la loro realizzazione: è opportuno, tuttavia, tenere conto delle conseguenze che queste arrecano nella dinamica del Sistema e pensando sempre al fatto che quando costruiamo un'opera idraulica, tutto il fiume ne risente. Da qui l'opportunità di localizzarle nei punti giusti, pensando alle *reazioni del sistema* e valutando pertanto danni e benefici.

I rimboschimenti generano gli stessi effetti: così utili per prevenire l'erosione del suolo, tuttavia proprio per questo impediscono al materiale detritico di raggiungere i corsi d'acqua, innescando, in questi, problemi di deficit sedimentario. Pertanto, i rimboschimenti vanno banditi? Certamente no! Tuttavia, no ai rimboschimenti "sempre e dovunque". Va comunque considerato l'ambiente nel suo complesso, pensando alle conseguenze di qualsiasi azione che modifichi lo stato attuale. Per i fiumi, ancora di più, ciò appare veramente dirimente;

- *lavori di sistemazione errati.* Spesso le così dette "sistemazioni d'alveo" sono realizzate senza tener conto delle "necessità" del fiume, dei suoi caratteri morfologico-sedimentari naturali e della sua tendenza evolutiva. Un esempio per tutti: negli anni '80 il T. Virginio (un affluente del F. Pesa, in Toscana) fu oggetto di una sistemazione d'alveo atta a migliorare il deflusso della corrente. Nelle Figure da 22 a 24 sono evidenziati e descritti i risultati ottenuti, che parlano da sé.



Fig. 22 – Lavori di “sistemazione idraulica” nell’alveo del T. Virginio (bacino del F. Pesa, Toscana). L’alveo è stato ridotto a uno stato che non ha nulla a che vedere con quello di un alveo naturale: sponde simmetriche, con circa 45° gradi di pendenza; fondo piatto e allargato (tra l’altro estraendo materiale inerte, ammassato al di là delle sponde). Foto: Paolo Tacconi.



Fig. 23 – La “reazione” del fiume, a circa un anno dall’ultimazione dei lavori. Si nota come il corso d’acqua stia cercando di riacquistare la conformazione originaria del tracciato, incidendo la porzione d’alveo che era stata “sistemata”. Foto: Paolo Tacconi.



Fig. 24 – Due anni dopo, al primo importante evento di piena, il corso d’acqua, “armi in mano”, ha innescato processi di erosione verticale e laterali (prima quasi insistenti!), riacquistando, ovviamente a quote più basse, la sua conformazione originaria. Foto: Paolo Tacconi.

Altri fattori di rischio geologico-idraulico. – Oltre ai fenomeni di erosione esaminati, dovuti alla dinamica d’alveo, esistono nei nostri fiumi altri fattori di rischio geologico-idraulico:

- *carenza di manutenzione degli alvei e delle opere di difesa* che produce il restringimento delle sezioni e la creazione di ostacoli al regolare deflusso delle acque (vedi ancora fig. 10);
- *riduzione delle aree di espansione per la laminazione delle piene.* Oggi più che mai lungo i fiumi si concentrano molte della attività produttive, delle strutture abitative e delle infrastrutture (fig. 25). Questo ha portato a una particolare vulnerabilità del territorio, in quanto sono state occupate le fasce di pertinenza fluviale che vengono normalmente interessate dagli eventi di piena. Un fiume che esonda non è un fiume “cattivo”, ma segue la sua naturale tendenza. Anzi, si vedrà più avanti che impedire al fiume di esondare (es. con arginature e difese di sponda) nelle porzioni vallive superiori non fa altro che causare una concentrazione delle portate nei

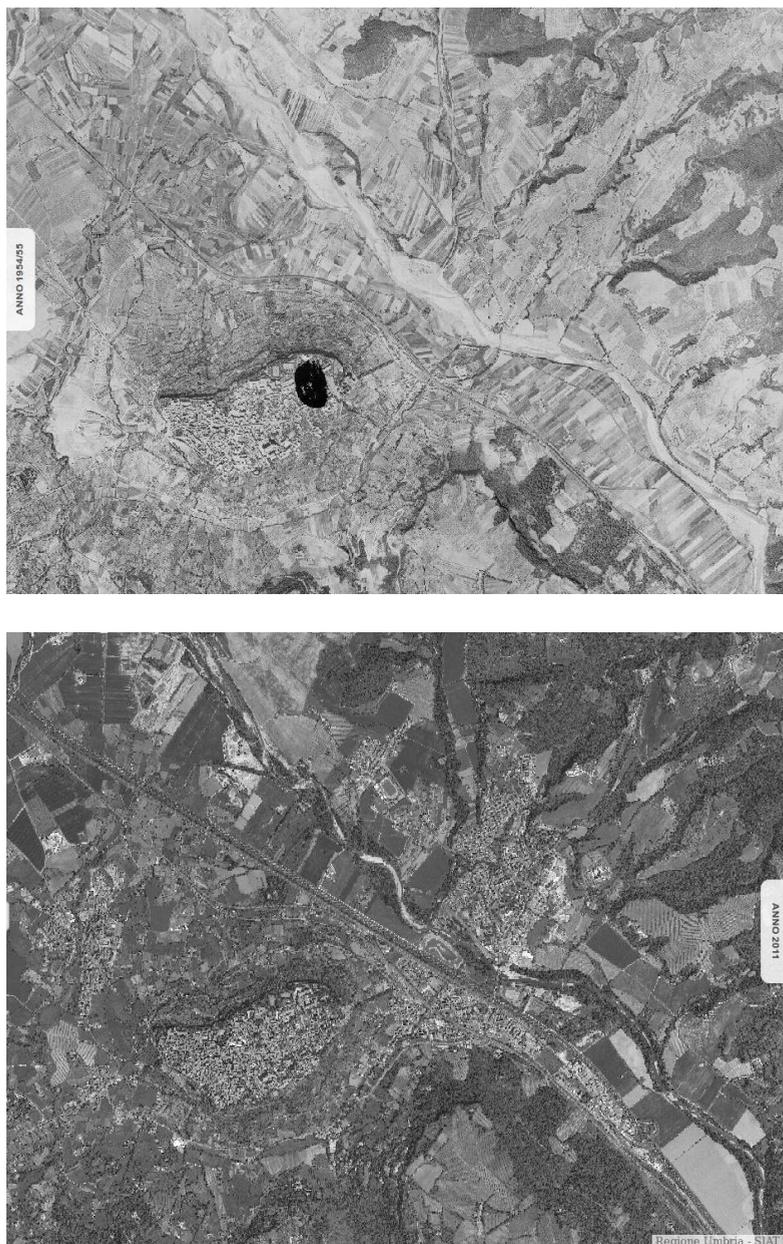


Fig. 25 – Confronto tra le foto aeree del 1954-55 (Volo GAI, già citato, in alto) e della situazione attuale (in basso) nell'area dell'Orvietano (provincia di Terni). Si nota come l'espansione edilizia ha interessato tutta la fascia di pertinenza fluviale del F. Paglia, prima a vocazione agricola, aumentando sensibilmente l'esposizione al pericolo di inondazioni. Fonte delle foto: Regione Umbria.

tratti vallivi inferiori, per l'incapacità del fiume di *autolaminare* le sue pie-
ne lungo tutto il tracciato;

- *aumento delle concentrazioni del deflusso* per canalizzazioni, impermeabiliz-
zazioni degli alvei e consumo di suolo. Soprattutto nei tratti urbanizzati, i
corsi d'acqua sono tutti canalizzati e impermeabilizzati. Questo provoca
due conseguenze fondamentali: i) è impedito lo scambio tra acque super-
ficiali e sotterranee; ii) il deflusso viene concentrato verso i corsi d'acqua,
in modo tale che, a parità di eventi meteorici (anche estremi) ai fiumi ar-
rivano portate più elevate e in tempi più rapidi (fig. 26).

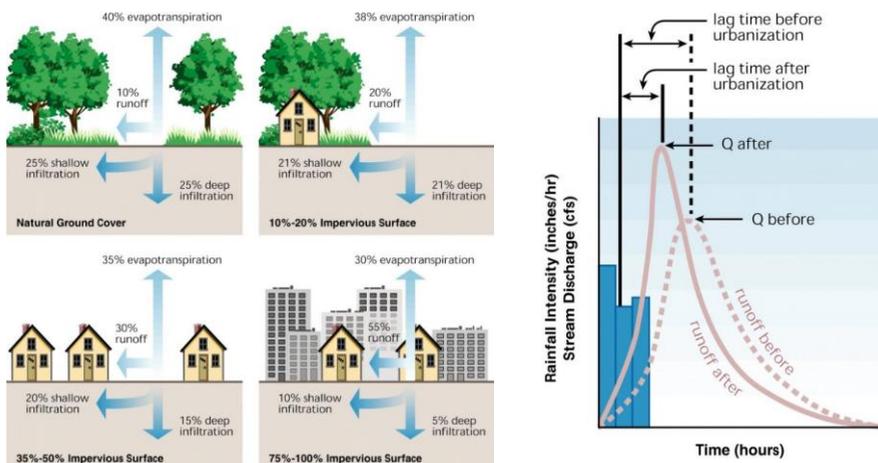


Fig. 26 – La canalizzazione e l'impermeabilizzazione degli alvei, l'urbanizzazione e il consumo di suolo per cementificazione provocano serie modifiche del bilancio idrologico, soprattutto in termini di minore infiltrazione e maggiore deflusso superficiale (a sinistra). Inoltre, a parità di precipitazioni, si registrano maggiori portate di deflusso e minori tempi di concentrazione (le acque arrivano ai fiumi più rapidamente). Fonte: FISRWG, 1998.

Correlazioni tra rischio da dinamica d'alveo e rischio idraulico. – Per comprendere il legame tra rischio da dinamica d'alveo (dovuto ai processi di erosione laterale e verticale nei corsi d'acqua) e il rischio idraulico propriamente detto (inondazioni e alluvionamenti), sarà sufficiente riportare un caso emblematico, quello del F. Chiani, in Umbria.

Il corso d'acqua è un affluente del F. Paglia, nel bacino del F. Tevere (fig. 27). Uno studio di dinamica fluviale (Cencetti et alii, 2002) è consistito nella redazione di una serie di mappe dei caratteri morfologico-sedimentari del F. Chiani, basandosi anche sull'analisi storica, che ha permesso di ricostruire

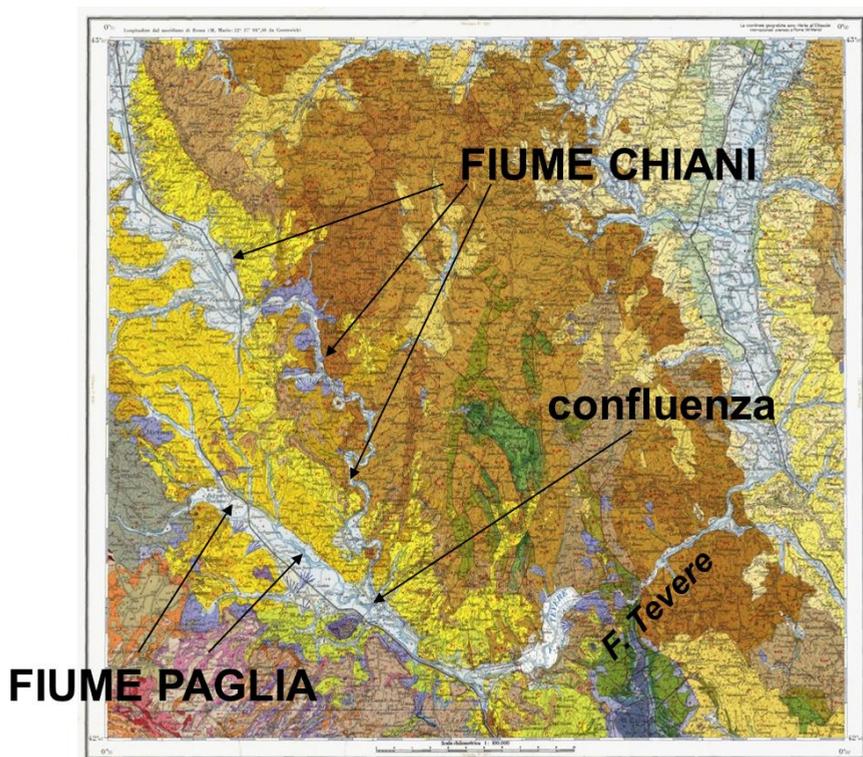


Fig. 27 – Il Foglio 130 “ORVIETO” della Carta Geologica d’Italia in scala originaria 1:100.000. Il Fiume Chiani confluisce nel F. Paglia (affluente del F. Tevere) presso Orvieto. L’area di confluenza è stata in passato oggetto di numerosi eventi alluvionali, spesso determinati proprio dall’eccesso di portate idriche provenienti dal F. Chiani (vedi testo per i dettagli). Fonte della Carta Geologica d’Italia: ISPRA, modificato.

l’antico tracciato del Chiani, la sua conformazione planimetrica e le aree un tempo alluvionabili. Il risultato mostra come il Chiani abbia seguito fedelmente il trend prima descritto, comune a gran parte dei fiumi del nostro Paese: approfondimento dell’alveo e restringimento delle sezioni di deflusso (fig. 28).

Ne deriva che il corso d’acqua, un tempo, aveva la possibilità di esondare lungo tutto il suo percorso, attuando un effetto di *autolaminazione* delle portate che oggi, a causa dell’approfondimento dell’alveo, non ha più. In pratica, le sezioni d’alveo nella porzione mediana del suo tracciato (quella rappresentata, anche se solo in parte, in fig. 28) hanno oggi una maggiore “efficienza idraulica”, cioè le portate riescono a transitare senza dar luogo a feno-

meni di esondazione nelle fasce di pertinenza fluviale.

La conseguenza più importante, tuttavia, consiste nel fatto che le portate che arrivano alla confluenza con il F. Paglia oggi registrano valori ben più alti rispetto al passato, aumentando il rischio di inondazione di quest'area, situata alla periferia della città di Orvieto e intensamente urbanizzata (vedi anche fig. 25).

Si può concludere che la dinamica dell'alveo del Chiani può essere considerata direttamente responsabile del rischio idraulico dell'area in cui il fiume confluisce nel Paglia, tanto che oggi, a onore del vero, si è cercato di mitigare tale rischio realizzando alcune casse di espansione che ricevono una parte delle portate del Chiani, salvaguardando il tratto vallivo inferiore.

È chiaro, da quanto detto, il nesso inscindibile tra dinamica fluviale, rischio da dinamica d'alveo (processi di erosione) e rischio idraulico (inondazioni e alluvionamenti).

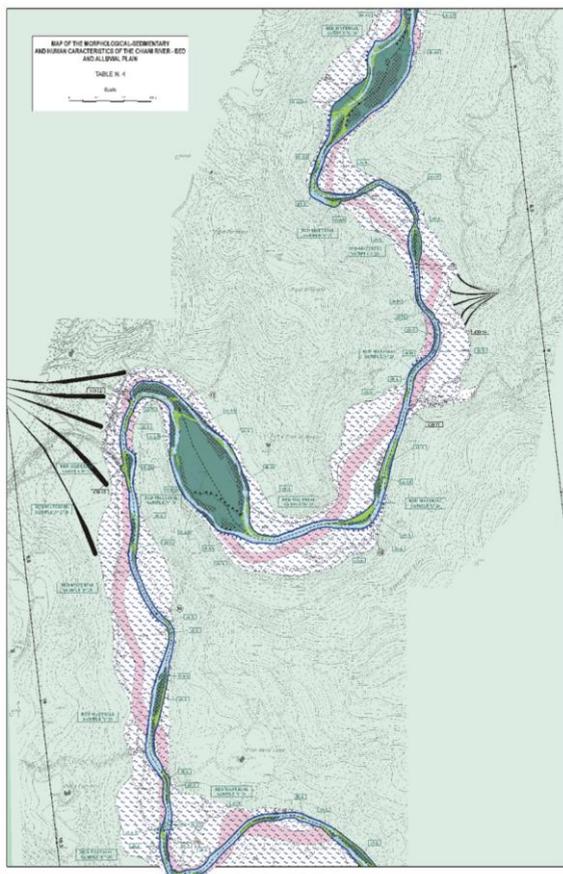
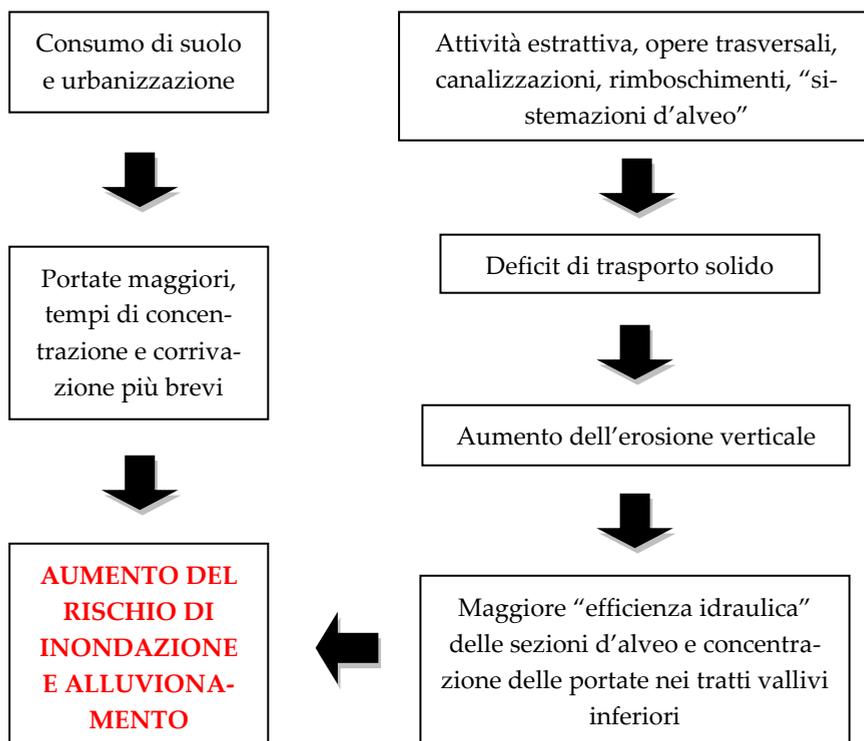


Fig. 28 – Stralcio della “Carta dei caratteri morfologico-sedimentari del F. Chiani”. In rosa è riportato l'alveo “storico” del corso d'acqua; in celeste l'alveo attuale, con i corpi sedimentari presenti (nella tonalità del verde, più o meno scuro a seconda dello stato vegetativo delle barre). L'area tratteggiata indica le aree un tempo alluvionabili, che caratterizzavano l'intero tracciato e che ora non sono più oggetto di esondazione da parte del fiume (per i dettagli, vedi testo). Fonte: Cencetti et alii, 2001, modificato.

Conclusioni e possibili soluzioni. – Per quanto sopra riportato, una domanda sorge spontanea: le cause delle così dette “catastrofi idrogeologiche”, con quel senso di ineluttabilità insito nel termine, sono veramente da ricercare in eventi meteorici eccezionali più frequenti e quindi nei così detti “cambiamenti climatici”? Oppure le cause della maggiore frequenza e intensità di fenomeni di esondazione e alluvionamento sono piuttosto da ricercare nel modo in cui è cambiato e sta cambiando l’uso del suolo?

Senza sembrare negazionisti per quanto riguarda il tema dei cambiamenti climatici e quindi pur ammettendo che gli eventi meteorici estremi sembrano essere aumentati negli ultimi decenni, l’impressione che si ha è che a volte i “cambiamenti climatici” siano considerati una sorta di *alibi*, mentre l’Uomo, in maniera diretta, va considerato il primo responsabile degli eventi di inondazione e alluvionamento, in quanto incapace di gestire correttamente i sistemi fluviali e avendo anche reso più vulnerabili aree che prima non lo erano, in quanto non urbanizzate. Lo schema sinottico seguente sintetizza quanto finora esposto.



In quanto alle *possibili soluzioni*, ogni Fiume ha una storia a sé e caratteristiche peculiari che ne fanno un Sistema *sui generis*.

È difficile, pertanto, dettare linee di comportamento universali senza entrare nello specifico dei caratteri distintivi del Sistema stesso.

Tuttavia alcune indicazioni di carattere generale possono essere fornite, anche alla luce delle casistiche esaminate:

- *interrompere l'attività estrattiva di inerti* (anche quella "camuffata" da sistemazione d'alveo!);
- *evitare la reforestazione "sempre e dovunque"*, ma rimboschire con oculatezza, rispettando la naturalità dell'ambiente;

Già questi due elementi potrebbero portare a un aumento del trasporto solido e a una parziale compensazione del deficit sedimentario.

Inoltre:

- *realizzare, quando necessario, soglie e/o briglie selettive (filtranti)*, che impediscono l'erosione verticale del fondo, garantendo tuttavia il passaggio di gran parte del carico solido;
- *ripristino della funzione delle aree di laminazione delle piene*, tramite la realizzazione di casse di espansione. Queste hanno un duplice scopo: i) abbattere i picchi di piena; ii) far riacquistare al "sistema" fluviale la sua funzionalità.

In tal modo i fenomeni di inondazione ed alluvionamento avverrebbero in zone controllate e lontano da centri abitati e infrastrutture.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

CANUTI P., CENCETTI C., CONVERSINI P., RINALDI M., TACCONI P., "Dinamica fluviale recente di alcuni tratti dei Fiumi Arno e Tevere", Atti del Convegno: "Fenomeni di erosione e alluvionamenti degli alvei fluviali" (Ancona, 14-15 ottobre 1991), 1991, pp. 21-35, 13 ff.

CENCETTI C., CONVERSINI P., TACCONI P., con la collaborazione di: MARINANGELI A., MARTANI C., NEJAD MASSOUM M., "Progetto di ricerca finalizzato alla valutazione degli effetti nell'Alta Valle del Tevere conseguenti all'esercizio dell'invaso di Montedoglio. Dinamica fluviale. Relazione finale", A cura di: IRRES, Regione Umbria, con la collaborazione di: Regione Toscana - ESAU - C.M. Valtiberina Toscana - Provincia di Arezzo - Provincia di Siena - ETSAF - Ente Irriguo Aretino - Istituto di Ingegneria Ambientale, Università degli Studi di Perugia - GEOMATH. 1991, 92 pp.

- CENCETTI C., FREDDUZZI A., MARCHESINI I., "Evoluzione e dinamica dell'alveo del torrente Chiani (Umbria): problemi di rischio geologico-idraulico e di conservazione dell'ambiente fisico", Atti del Convegno Nazionale "Conservazione dell'ambiente e rischio idrogeologico" (Assisi, 11-12 dicembre 2002). CNR-GNDICI, Pubbl. n. 2830 (2002), pp. 108-120.
- FISRWG, "Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices", By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG - 15 Federal agencies of the US gov't). GPO Item No. 0120-A; SuDocs No. A 57.6/2:EN3/PT.653. ISBN-0-934213-59-3 (1998).
- TACCONI P., "La dinamica fluviale", Atti del 7° Congresso Nazionale dell'Ordine dei Geologi (Roma, 25-27 ottobre 1990), 1990, pp. 29-42, 5 ff., 1 app.
- TACCONI P., "I Nuovi Tecnici 2.0 e i Fenomeni Naturali Complessi: la Dinamica Fluviale", L'Acquaonline, Magazine dell'Associazione Idrotecnica Italiana, 30/06/2017, 6 pp.

The morphological-sedimentary approach in the study of streams: fluvial dynamics, erosion processes, riverbed dynamics risk and hydraulic risk. – The "River" is a complex system. The morphological-sedimentary approach is essential, like the hydrological-hydraulic one, for the study of the processes that act in the system itself and to understand its evolutionary tendency. The knowledge of these processes, which is obtained through the analysis and description of the morphological-sedimentary characteristics (channel, banks, sedimentary bodies, bottom shapes, granulometries, confluences, works in the riverbed, activities that directly and indirectly influence the fluvial dynamics) is necessary in order to correctly manage the system. The study takes place at different spatial-temporal scales, of which the large scale is the most suitable for understanding the risk situations due to the riverbed dynamics, closely related to the hydraulic risk.

Keywords. – fluvial dynamics, morphological-sedimentary approach, risk.

“Dal fiume al mare”

Ripensare il litorale romano secondo natura

a cura di C. Cencetti e D. Ruggiero

Culture Territori Linguaggi, 18, 2020, pp. 53-78

ISBN 9788894469721

Paolo Tacconi¹, Pierluigi De Rosa²
Andrea Fredduzzi³, Corrado Cencetti⁴

IL FIUME TEVERE: PRODUZIONE DI SEDIMENTI,
TRASPORTO SOLIDO, CENTRALI IDROELETTRICHE
E DEFICIT SEDIMENTARIO ALLA FOCE.
IL “NODO” DI CORBARA-ALVIANO

Il deficit sedimentario del F. Tevere e l'erosione costiera. – Il F. Tevere, dalla sua Alta Valle fino alla foce di Ostia, mostra i segni più evidenti di un forte deficit sedimentario. Il suo alveo ha subito, storicamente: un forte restringimento artificiale delle sezioni di deflusso, rispetto alle sue dimensioni originali; opere di rettifica e arginature; un'attività estrattiva di inerti massiccia e indiscriminata, dal dopoguerra fino a pochi decenni fa, che continua tuttora, anche se in maniera minore e “camuffata” da sistemazioni d'alveo; realizzazione di importanti dighe e traverse, soprattutto nella sua Alta e Media Valle (da monte a valle: Montedoglio, Corbara, Alviano, S. Liberato), ma anche nell'ultimo tratto (traverse Ponte Felice, Nazzano e Castel Giubileo); conse-

¹ Già Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, paolotacconi43@gmail.com

² Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia, pierluigi.derosa@unipg.it

³ Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia, andrea.fredduzzi@unipg.it

⁴ Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia, corrado.cencetti@unipg.it

guenti fenomeni di erosione generalizzata (verticale e laterale) che hanno stravolto la sua naturale tendenza evolutiva, ora caratterizzata da un forte deficit sedimentario.

Il mancato apporto di sedimenti alla foce è una delle cause più importanti dei fenomeni di erosione costiera e del conseguente arretramento della linea di riva lungo il litorale romano (Falconi, 2019; Ruggiero, 2020, presente volume).

Il progetto di un "Sistema di controllo del trasporto solido forzato del by-pass del nodo di Corbara-Alviano". – Proprio per far fronte, almeno in parte, al deficit sedimentario del Tevere e al mancato apporto di sedimenti alla foce, l'allora "Autorità di Bacino del F. Tevere", oggi confluita nella "Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale", ha promosso nel 2012 uno studio, di concerto con altri Enti (in particolare Regione Umbria e Regione Lazio come Enti finanziatori, e con ARPA Umbria, ARPA Lazio, Università di Perugia, Università dell'Aquila, Università di Genova), finalizzato alla verifica di fattibilità di un by-pass sedimentario delle dighe di Corbara-Alviano che permettesse di mitigare l'effetto trappola del trasporto solido da parte degli invasi, individuando cause e rimedi per l'erosione dell'alveo nel tratto finale del corso d'acqua e della costa prospiciente la foce del Tevere stesso.

Il progetto sul nodo di Corbara-Alviano nasce dalla necessità di dare un contributo sia alle risposte sulle (storiche) preoccupazioni legate all'invaso di Corbara e agli impianti di Alviano, sia alle (nuove) procedure comunitarie fra le quali quelle relative alla classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici o al piano di gestione degli invasi artificiali.

Nelle pagine che seguono è descritta una sintesi degli obiettivi, delle metodologie e dei principali risultati relativi a questo studio preliminare di fattibilità del "Sistema di controllo del trasporto solido forzato del by-pass del nodo di Corbara-Alviano", per quanto riguarda la parte di competenza dell'Università di Perugia. Tale sintesi ha l'obiettivo di mostrare le potenzialità di un approccio spiccatamente interdisciplinare (idrologico-idraulico e morfologico-sedimentario) applicato allo studio del trasporto solido e della dinamica morfologica del Tevere, nell'ambito dell'analisi degli effetti indotti dagli invasi artificiali.

Nel quadro nazionale ed europeo di evoluzione normativa, si ritiene che lo studio sintetizzato nel seguito possa rappresentare una proposta metodologica generale per l'analisi, ancorché preliminare, degli effetti indotti dagli invasi artificiali sui corsi d'acqua.

Obiettivi specifici del Progetto. – L'obiettivo finale riguarda la conoscenza delle cause e dei rimedi relativi allo stato di non equilibrio per erosione del tratto di valle del Tevere da Roma alla foce, nonché lo stato di non equilibrio per erosione della costa prospiciente la foce stessa. Tale obiettivo riguarda l'intero bacino idrografico e l'intero corso del Fiume Tevere e quindi non è stato compiutamente raggiunto nell'ambito dello studio qui descritto che è relativo al solo nodo di Corbara-Alviano.

In questa sede ci si è limitati, quindi, a determinare il contributo, in positivo e in negativo, che il nodo svolge e potrà svolgere nell'ambito del problema più generale suddetto.

Gli obiettivi del presente studio (Cencetti et alii, 2015) riguardano il "nodo" e l'alveo del Tevere dalla confluenza con il F. Nestore, a monte del nodo, fino alla confluenza con il F. Nera a valle del nodo. Tali obiettivi possono essere così sintetizzati:

- definizione del tipo, della posizione, del volume, della distribuzione granulometrica e dei contenuti inquinanti dei sedimenti intrappolati nei due invasi di Corbara e Alviano;
- valutazione dell'"effetto trappola" dei due invasi nei confronti del trasporto solido;
- definizione delle tipologie, dei volumi, delle granulometrie e degli altri caratteri di interesse del trasporto solido, espresso come dato medio annuo, in entrata da monte del nodo ed in uscita verso valle del nodo;
- definizione dei caratteri dell'alveo del F. Tevere e del suo "comportamento", nel caso di realizzazione ed esercizio del by-pass sedimentario
- valutazione, in prima ipotesi, della fattibilità tecnico-economica dell'intervento di by-pass sedimentario, compatibile con i risultati ottenuti.

Il nodo di Corbara-Alviano. – Il così detto "Nodo di Corbara-Alviano" interessa il tratto intermedio del F. Tevere, compreso fra il km 158,5 (confluenza tra F. Nestore e F. Tevere) e il km 249,5 (confluenza tra F. Nera e F. Tevere) dell'asse dell'alveo (figg. 1-2).

Le principali componenti del nodo, indicato nell'area delimitata dal tratteggio in Figura 1) sono:

- l'invaso di Corbara nella parte di monte del nodo e la relativa centrale idroelettrica;
- l'invaso di Alviano nella parte di valle del nodo;

- il tratto di alveo compreso tra i due invasi, dove il F. Paglia confluisce nel Tevere.

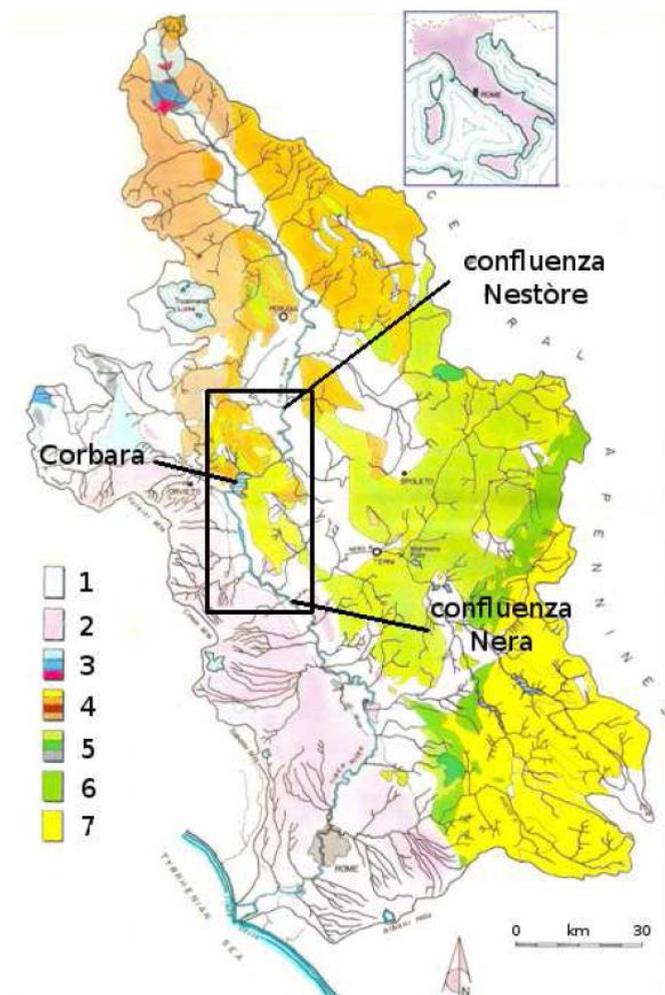


Fig. 1 – Carta litologico-formazionale schematica del bacino del F. Tevere. Legenda: 1) sedimenti recenti, continentali e marini; 2) lave e piroclastiti; 3) ofioliti e successioni liguridi; 4) sedimenti in facies torbiditica; 5) carbonati pelagici e successione umbromarchigiana, falda toscana; 6) carbonati di transizione, tra facies pelagiche e neritiche; 7) carbonati neritici della successione laziale-abruzzese. Nel riquadro centrale è indicato il tratto di studio. Fonte: Bellotti et alii, modificato. In: Cencetti et alii, 2015.

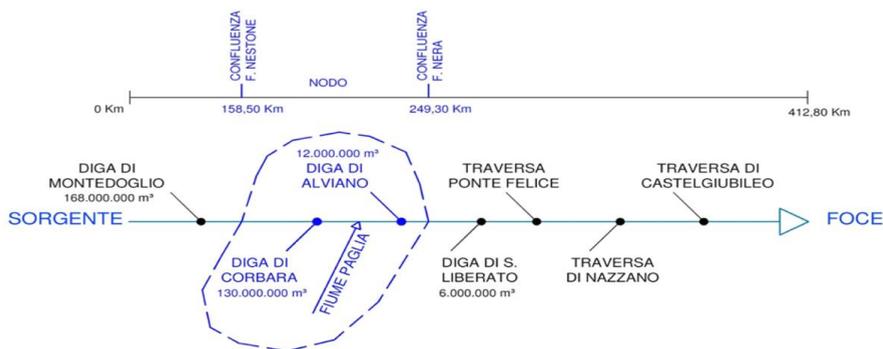


Fig. 2 – Rappresentazione schematica del "nodo" di Corbara-Alviano. Fonte: Cencetti et alii, 2015).

Le dighe, costruite nei primi anni '60, furono realizzate e sono gestite prioritariamente per la produzione di energia elettrica. Al momento della loro realizzazione l'invaso di Corbara aveva un volume di 190 milioni di metri cubi; il volume iniziale dell'invaso di Alviano era 12 milioni di metri cubi. La superficie del bacino idrografico a monte del nodo è di 5726 km²; la superficie del bacino idrografico del F. Paglia è di 1426 km²; la superficie dell'intero bacino del F. Tevere è di 17375 km². La foce del Tevere è posta 191 km a valle della diga di Alviano.

Le principali necessità conoscitive e gli obiettivi essenziali per le diverse componenti del nodo sono:

- per il Tevere a monte dell'invaso di Corbara: caratteri morfologico-sedimentari, tipi, granulometrie, quantità medie annue del trasporto solido, compresi sostanza organica e flottato;
- per l'invaso di Corbara: spessori, volumi, granulometrie, posizione, quantità di sostanza organica dei sedimenti presenti, effetto trappola dell'invaso nei confronti delle diverse granulometrie;
- per il F. Paglia alla confluenza con il F. Tevere: tipi, granulometrie, quantità medie annue del trasporto solido, compresi sostanza organica e flottato;
- per l'invaso di Alviano: idem, come per l'invaso di Corbara;
- per il F. Tevere a valle dell'invaso di Alviano: caratteri morfologico-sedimentari, condizioni di stabilità e capacità di trasporto solido in relazione a eventuali input anomali derivanti dalla gestione dei sedimenti nel nodo.

Metodologia. – L'estrema complessità della problematica non dipende soltanto dalla fisica del fenomeno, ma anche dall'interdisciplinarietà necessaria al raggiungimento degli obiettivi e, non ultimo, dall'eterogeneità degli attori coinvolti. In altri termini, all'interdisciplinarietà scientifica necessaria al raggiungimento degli obiettivi, si aggiunge l'eterogeneità dei portatori di interesse, rappresentati nello specifico dalla Regione Lazio e dalla Regione Umbria, alle quali competono rispettivamente il basso e l'alto corso del Fiume Tevere.

Alla luce della descrizione degli obiettivi è evidente la necessità di affrontare la problematica con diversi approcci di natura interdisciplinare. Nel caso specifico, sono stati utilizzati in maniera sinergica, invece che alternativa, un approccio morfologico-sedimentario e un approccio idrologico-idraulico (Cencetti et alii, 2020 – presente volume)

In estrema sintesi, lo studio è stato sviluppato secondo uno schema, ben delineato sin dagli esordi, tramite l'approccio morfologico-sedimentario (Cencetti et alii, 2020 – presente volume), finalizzato alla: i) caratterizzazione granulometrica dei sedimenti accumulati negli invasi di Corbara e di Alviano e nel Fiume Tevere nel tratto compreso tra Corbara e la confluenza con il F. Nera; ii) ricostruzione della dinamica morfologica del Fiume Tevere.

In parallelo, e a complemento dell'approccio morfologico-sedimentario, quello idrologico-idraulico ha avuto l'obiettivo di definire da un punto di vista fisico le caratteristiche del deflusso in funzione delle peculiarità morfologiche e fisiche delle sezioni trasversali del Fiume. Tale obiettivo è stato perseguito tramite l'utilizzo di modellazione numerica monodimensionale (sia in ipotesi di moto permanente, sia in ipotesi di moto vario, sia in condizioni di fondo fisso, sia in condizioni di fondo mobile).

In tal modo è possibile correlare le evidenze morfologiche con le caratteristiche della corrente in termini di scala di deflusso liquido e scala di deflusso solido. Si osserva come la stima delle caratteristiche della corrente (scala di deflusso liquido) abbia bisogno dei risultati dell'analisi morfologico-sedimentaria, al fine di assumere i valori relativi alla scabrezza idraulica delle sezioni, intimamente legata alle caratteristiche granulometriche dei sedimenti che caratterizzano l'alveo. Nell'ambito della particolare finalità dello studio, inoltre, si osserva come la capacità di trasporto (scala di deflusso solido) dipenda dalla granulometria dei materiali trasportati dalla corrente.

Quindi, è evidente la complementarità dei due approcci rispetto alla quale la capacità di trasporto è stimata a partire dalla caratterizzazione granu-

lometrica dei sedimenti oggetto del by-pass, risultata dalle osservazioni acquisite negli invasi tramite l'approccio morfologico-sedimentario.

L'approccio idrologico-idraulico si completa con la caratterizzazione della capacità di trasporto del Fiume in condizioni non stazionarie, con l'obiettivo di valutare la successione dei rilasci di sedimenti del by-pass che, insieme ai risultati dell'approccio morfologico-sedimentario, rappresentano, ancorché in via preliminare, una linea guida per la definizione delle caratteristiche dell'eventuale by-pass sedimentario.

Si riconosce così l'obiettivo di confrontare la disponibilità sedimentaria per la fattibilità economica dell'intervento di by-pass con l'effettiva capacità del Fiume Tevere di trasportare il sedimento (re)immesso a valle del nodo.

Il progetto di by-pass sedimentario. – Il progetto di by-pass sedimentario, seppure al livello preliminare di progettazione, è stato ideato in modo che fosse scientificamente corretto e attuabile con il limitato budget disponibile. I principali campi di indagine di interesse, relativi allo studio morfologico-sedimentario, sono stati:

- ricerca storica recente;
- rilievi a terra e subacquei;
- prelievo di campioni di sedimenti;
- analisi granulometriche e chimico-fisiche;
- definizione degli elementi tecnico-funzionali degli invasi e della loro gestione;
- definizione delle tecnologie di separazione, cattura e trasporto del fluido bifase acqua/sedimenti;

La ricerca storica. – La ricerca storica è stata basata sulla consultazione della cartografia IGM in scala 1:25000 (fig. 3). Sono stati inoltre reperiti i rilievi topografici di progetto dei due invasi di Corbara e Alviano, le batimetrie effettuate in momenti successivi (l'ultima dei cui dati si dispone è del 2005), i dati sulle misure di trasporto solido effettuate nel corso degli anni⁵ e i dati sulla gestione degli invasi e sugli aspetti tecnici di interesse degli impianti.

⁵ Staz. Agrar. Roma (1873-1879); Perrone (Roma Ripetta – 1873-1879); Servizio Idrografico Nazionale in contemporanea con Roma Ripetta e Corbara – 1951-1962); S.A.P.P.R.O. (1990-1991)

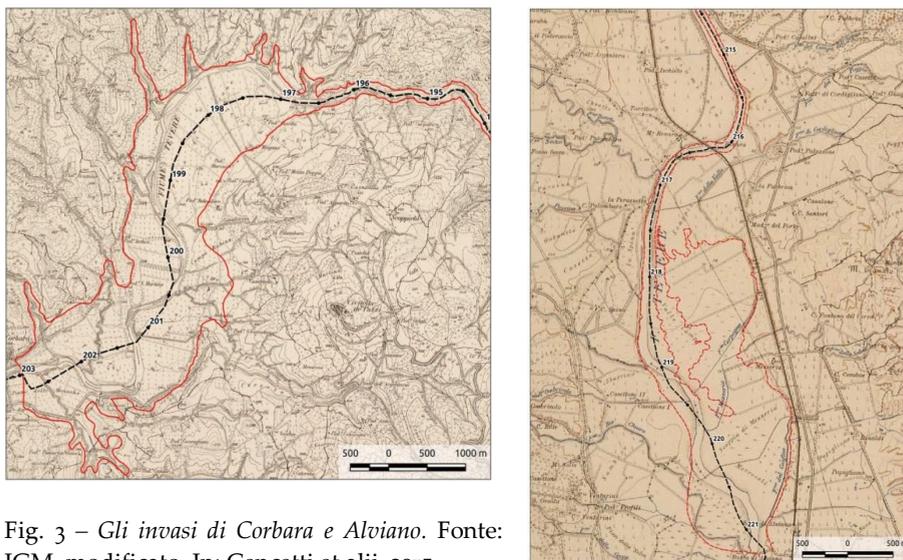


Fig. 3 – Gli invasi di Corbara e Alviano. Fonte: IGM, modificato. In: Cencetti et alii, 2015.

I volumi invasati. – La prima operazione è stata quella di effettuare una stima dei volumi dei sedimenti presenti negli invasi, basandosi sui rilievi di progetto e sulle batimetrie a disposizione più recenti.

Tramite un'operazione di map-algebra, le due superfici così ottenute (quella originaria e quella dedotta dai rilievi batimetrici recenti) sono state messe a confronto in ambiente GIS, permettendo una stima realistica dei volumi presenti all'interno degli invasi.

Per quanto riguarda l'invaso di Corbara, questo aveva un volume iniziale d'invaso di circa 190.000.000 m³, con una profondità massima iniziale ad invaso pieno di circa 43 m. La parte principale del volume d'acqua invasato viene tuttora turbinata nella centrale di Baschi, tramite un'opera di presa e una galleria di adduzione, per poi essere scaricata nell'invaso di Alviano.

La morfologia del fondovalle, prima della costruzione dell'invaso (fig. 3), morfologia che corrisponde al fondo dell'invaso all'inizio della sua funzione di serbatoio, è costituita da due settori diversi: il settore di monte, lungo e stretto, e il settore di valle, molto più ampio.

Il settore di monte, con larghezza ad invaso pieno (quota 138 m s.l.m.) attorno ai 220 metri, cambia il suo comportamento da monte a valle in modo rilevante e progressivo, in funzione delle variazioni di livello dell'invaso e delle variazioni di portata del fiume.

L'inizio del settore a monte è a valle di Pontecuti, a valle di Todi (PG), dopo la soglia naturale ivi presente (km 188,13 dell'asse dell'alveo). Per un primo tratto, verso valle, i caratteri dell'alveo sono sostanzialmente quelli del fiume: si verifica una limitata sedimentazione durante portate di morbida, ma i sedimenti vengono rimossi al presentarsi di portate superiori o all'abbassarsi del livello dell'invaso.

Il *settore di valle* costituisce la parte principale dell'invaso; ha una lunghezza attorno ai 6 km ed una larghezza attorno a 1,23 km. La sedimentazione in questo settore segue regole più complesse che dipendono non solo dai caratteri dei sedimenti (primo fra tutti la granulometria) e dai caratteri della corrente (primo fra tutti la velocità), ma anche da altri, quali ad esempio la temperatura dell'acqua presente nell'invaso e in arrivo dal fiume, la morfologia del fondo, la direzione della corrente in entrata da monte, la presenza di correnti e di moto ondoso, i livelli dell'invaso, le portate scaricate.

I lineamenti principali dei fenomeni di sedimentazione, agli effetti del presente lavoro, possono essere così schematizzati:

- la corrente in arrivo da monte ha formato un ampio conoide asimmetrico all'estremità di monte, con spessore massimo, misurato al vertice superiore, di circa 18 m ed una lunghezza superiore a 2 km che si estende per un ulteriore km all'interno del vecchio alveo sommerso. Si ritiene che i sedimenti più grossolani in arrivo dal settore di monte (ciottoli, ghiaia e parte delle sabbie) si siano sedimentati quasi interamente in corrispondenza di questo conoide;
- le correnti secondarie, dovute al vento e alle diverse temperature, hanno movimentato parte dei sedimenti fini che si sono nuovamente depositati all'interno del vecchio alveo o in altre depressioni che esplicano un effetto trappola, determinando l'eliminazione di forme aspre e spigolose, a vantaggio di forme dolci e raccordate le une alla altre senza soluzione di continuità;
- la bassa velocità di caduta dei materiali più fini (limo e argilla), in prima approssimazione, ha determinato la loro sedimentazione su tutta la superficie dell'invaso, in misura proporzionale alla profondità dell'acqua;
- la parte preponderante del trasporto solido per flottazione, costituita prevalentemente da fogliame, si è sedimentata, similmente ai materiali fini, rimanendo intrappolata negli stessi sedimenti e costituendo la principale componente della sostanza organica ivi presente.

Il volume sedimentato e attualmente presente nel *settore di monte* è stato

valutato in circa 9.000.000 m³.

Tale volume corrisponde a circa 1.000 m³/m di valle. Considerando una larghezza media della valle sommersa, al massimo livello dell'invaso, pari a 220 metri, risulta uno spessore medio di 5 metri che varia da 0 metri nel punto più a monte fino a 18-19 metri all'inizio del settore di valle dell'invaso.

Per il *settore di valle* si dispone del rilievo in scala 1:1000 relativo all'invaso prima della sua realizzazione e di rilievi batimetrici successivi.

Per il calcolo degli spessori e dei volumi accumulatisi nell'invaso dal 1964 (anno di messa in esercizio dell'invaso di Corbara) al 2005, è stato confrontato il rilievo originale con il rilievo fornito dalla Regione Umbria, in scala 1:15.000, relativo all'anno 2005.

Le isopache dei sedimenti sono rappresentate in Figura 4, nella quale si riconoscono: il conoide asimmetrico con spessore massimo di circa 18 metri nella parte più a monte; il livellamento del vecchio alveo con la pianura; la distribuzione degli spessori sedimentati, coerente con le profondità dell'acqua ad invaso pieno.

Il volume sedimentato dal 1964 al 2005 in questo settore di valle è pari a 29.580.000 m³. A differenza del settore di monte, che si ritiene in prima approssimazione invariato da lungo tempo per il quasi equilibrio fra sedimenti in entrata da monte ed in uscita da valle, in questo settore il trasporto solido continua ad accumulare sedimenti.

Non essendosi verificate, nel bacino a monte, variazioni significative ed influenti sulla produzione di sedimenti, ad esclusione della diga di Montedoglio (AR) che sottende un bacino di poche centinaia di km² (e quindi è poco rilevante), si ipotizza che il tasso di sedimentazione nell'invaso di Corbara non sia variato ed abbia portato all'accumulo di ulteriori 7.210.000 m³ in quest'ultimo periodo (dal 2005), portando il volume attuale in questo settore a 36.790.000 m³.

Considerando il volume attualmente presente nel settore di monte, pari a 9.000.000 m³, risulta un volume totale ad oggi sedimentato nell'invaso, pari a 45.790.000 m³, corrispondente a circa 900.000 m³/anno (897.843 m³).

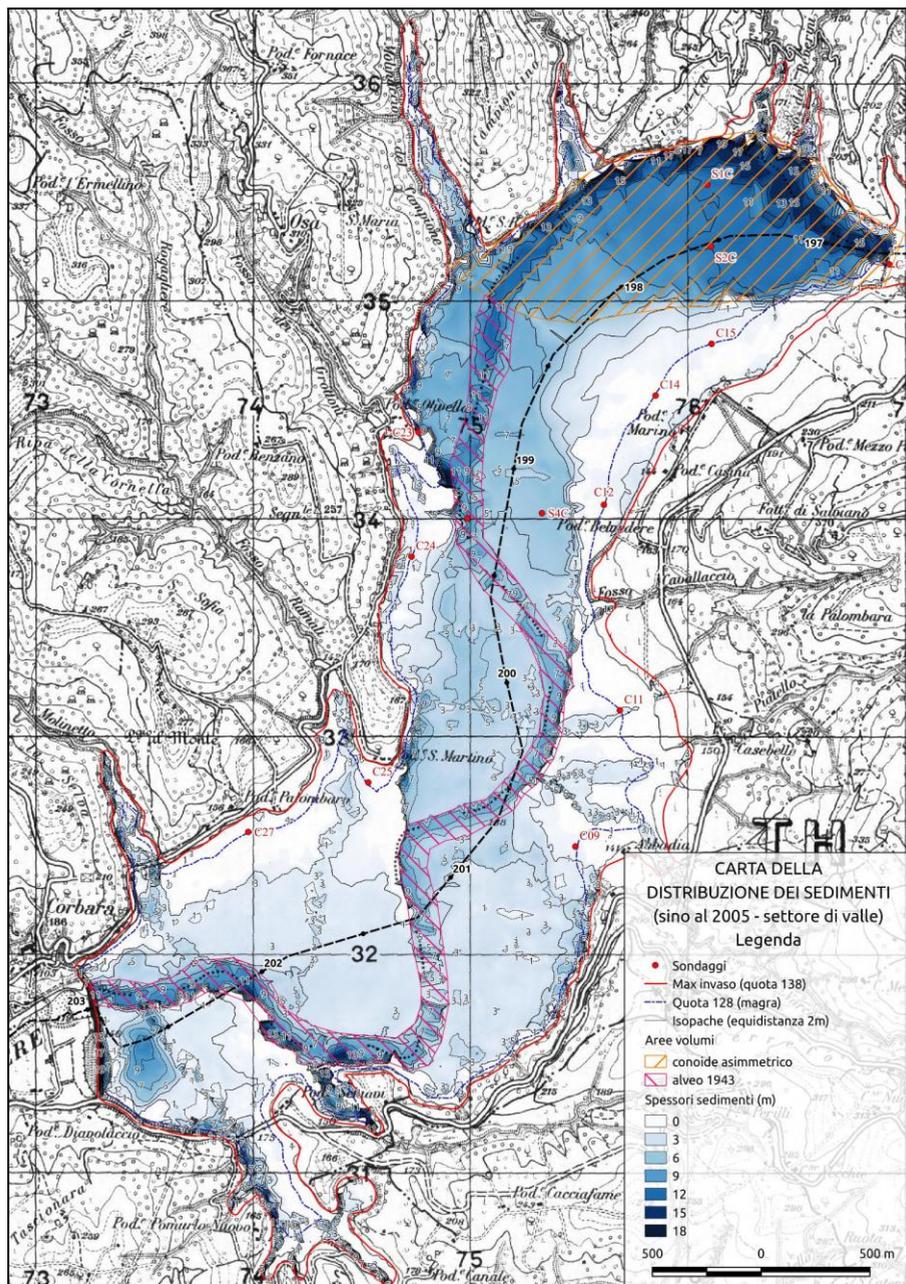


Fig. 4 – Spessore dei sedimenti accumulati nel lago di Corbara sino al 2005, nel settore di valle. Fonte: Cencetti et alii, 2015.

Per quanto riguarda l'invaso di Alviano, la morfologia del fondo, lo spessore dei sedimenti ed il loro volume sono stati calcolati anche in questo caso per confronto tra la morfologia iniziale, così come risulta dai dati di progetto e i rilievi batimetrici forniti dalla Regione Umbria, in scala 1:15.000, relativi all'anno 2005.

Nell'invaso di Alviano, come in quello di Corbara, i materiali non si sono sedimentati in modo uniforme in tutto l'invaso; il modello concettuale di riferimento può essere schematizzato considerando due settori caratteristici: quello della fascia con corrente veloce (che chiameremo "ex-alveo") e quello laterale della antica pianura, con corrente lenta (che chiameremo "palude").

Il settore *ex-alveo*, in un primo periodo, coincideva con l'alveo del Tevere; ora corrisponde ad una fascia quasi coincidente con il vecchio alveo, con minore sinuosità e maggiore larghezza, prevalentemente posta sulla sponda destra dell'invaso. Tale fascia interessa l'invaso per tutta la sua lunghezza da monte a valle; la sua larghezza varia da 150 metri a monte, fino a 300 metri a valle. Il fondo è piatto, senza corpi sedimentari evidenti. I limiti della fascia coincidono in buona parte con le sponde pensili (o rilevato di trabocco) che vengono superate durante le piene principali e continuano ad accrescersi verso valle. Nella parte più a monte, questo settore è pensile rispetto al settore palude, mentre nella parte più a valle è unito al settore palude senza soluzione di continuità. Dal settore *ex-alveo* transita adesso la massima parte delle portate; la corrente mantiene una capacità di trasporto sufficiente a far sì che il settore possa ritenersi pressoché in equilibrio dinamico fra sedimenti in arrivo da monte ed in uscita a valle. Tale settore può ritenersi molto simile ad un alveo fluviale.

Il settore *palude*, tranne la piccola parte più a valle, costituisce due ampie fasce sui due lati dell'invaso. Inseriamo nel settore anche le lunghe "penisole" che lo dividono dall'*ex alveo*; la profondità dell'acqua è progressivamente diminuita a causa dell'attiva sedimentazione favorita dalla bassa velocità dell'acqua e dai suoi periodi di permanenza in situazione di calma. Nel futuro il settore continuerà la sua funzione di trappola per il trasporto solido; le "penisole", allungandosi verso valle, tenderanno a isolare il settore che difficilmente sarà completamente isolato, per l'innescarsi di correnti determinate dai dislivelli causati dalle piene, naturali o artificiali che siano, che formeranno e manterranno attivo un canale inciso nei sedimenti fini, a somiglianza dei canali di marea in una laguna.

I volumi dei materiali presenti nell'invaso sono stati determinati, come

indicato precedentemente, dal confronto fra lo stato iniziale (1964) e quello relativo al 2005, per il quale si dispone di un rilievo batimetrico (fig. 5).

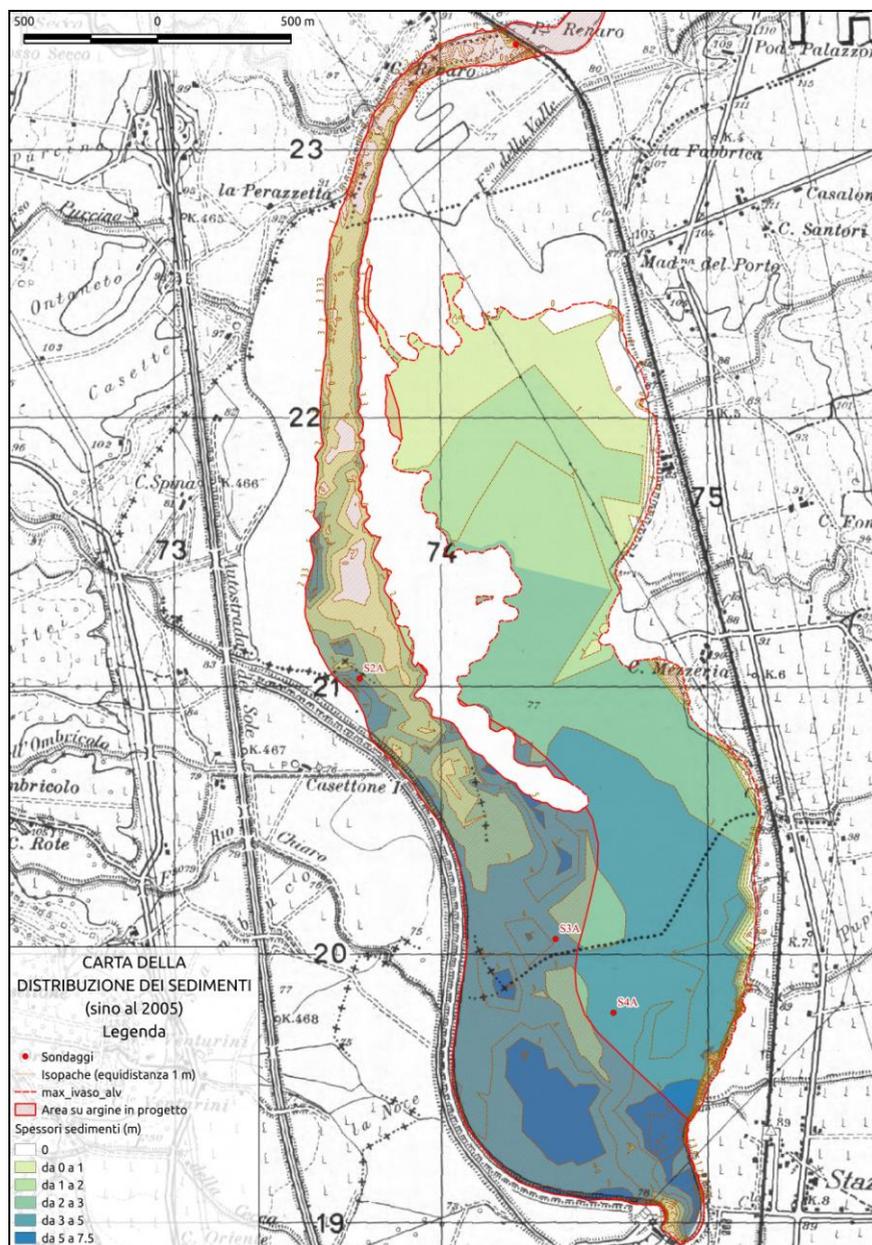


Fig. 5 – Spessore dei sedimenti accumulati nel lago di Alviano sino al 2005. Fonte: Cencetti et alii, 2015.

I volumi così calcolati, al 2005, risultano i seguenti:

- volume iniziale dell'invaso: circa 12.000.000 m³, di cui circa 6.600.000 m³ nel settore ex-alveo e 5.400.000 m³ nel settore palude;
- volume d'invaso residuo totale (al 2005): circa 3.500.000 m³, di cui 2.300.000 m³ nel settore ex-alveo e 1.200.000 m³ nel settore palude;
- volume sedimenti (al 2005): 8.500.000 m³, di cui 4.300.000 m³ nel settore ex-alveo e 4.200.000 m³ nel settore palude.

Basandosi sul tasso di sedimentazione e assumendo, con le dovute riserve, che questo si sia mantenuto costante, gli attuali volumi dovrebbero essersi così modificati:

- il settore ex alveo ha raggiunto l'equilibrio dinamico prima del 2005 e quindi, da allora, non vi è più sedimentazione in misura considerevole, ma solo transito di sedimenti verso valle o verso la palude;
- il volume residuo d'invaso totale attuale è di circa 1.500.000 m³;
- il volume di sedimenti totale attuale è di circa 10.500.000 m³.

Le operazioni di campionamento dei sedimenti. – I rilievi a terra e subacquei e le operazioni di campionamento sono stati effettuati utilizzando gli strumenti e le tecnologie individuati e messi a punto durante il progetto di ricerca (figg. 4-5).



Fig. 4 – A sinistra: carotiere manuale a martello. A destra: prelievo subacqueo di un campione granulometrico di ghiaie e ciottoli. Foto: Andrea Fredduzzi. In: Cencetti et alii, 2015.



Fig. 5 – Carotiere a martello pneumatico per prelievi subacquei. Foto: Andrea Fredduzzi. In: Cencetti et alii, 2015.

In Figura 6 è rappresentata l'ubicazione dei punti di campionamento.

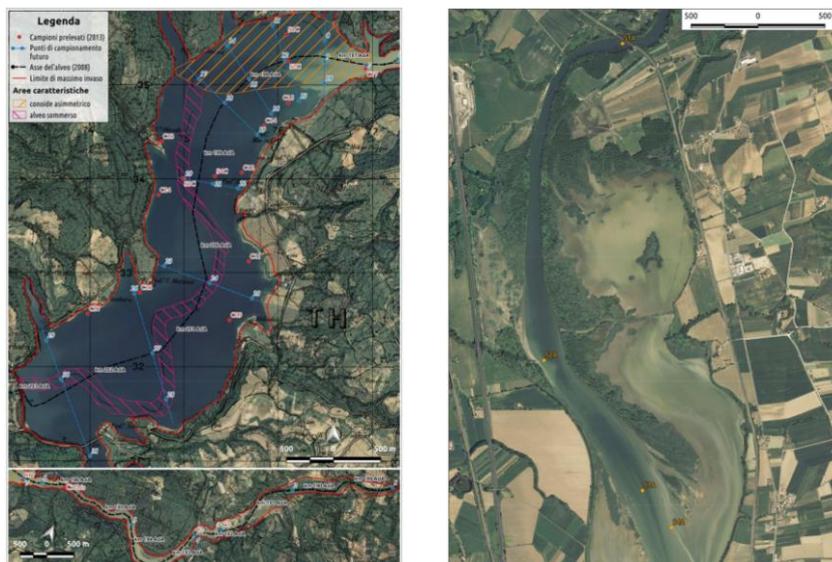


Fig. 6 – Ubicazione dei punti di campionamento nell'invaso di Corbara (a sinistra) e nell'invaso di Alviano (a destra). Fonte: Cencetti et alii, 2015.

È interessante notare che, dall'analisi dei campioni prelevati all'interno degli invasi (la cui lunghezza arriva fino a un massimo di circa 1,5 metri), si è potuto constatare, nel caso di Corbara, la presenza di numerosi "episodi" di trasporto solido, individuati dalle bande più chiare presenti nelle carote (vedi parte superiore della Figura 7).

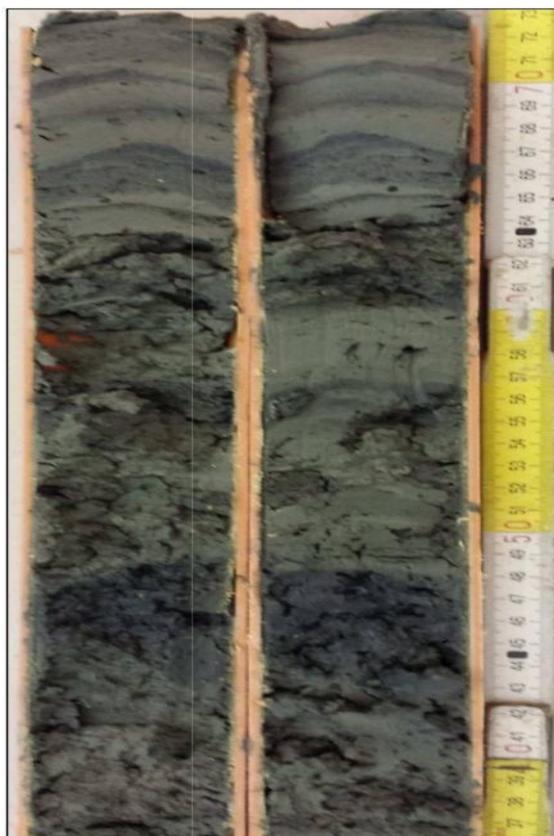


Fig. 7 – Una delle carote prelevate dai sedimenti presenti nell'invaso di Corbara (campione S2C). Il campione in esame è situato nella porzione più a monte dell'invaso (vedi Figura 6 per la sua esatta ubicazione). Fonte: Cencetti et alii, 2015.

Si è assunto che:

- i caratteri granulometrici e il contenuto inquinante rilevati si mantengano per l'intero spessore su ogni verticale campionata;
- la media dei valori delle carote parziali prelevate in ogni settore rappresenta i caratteri dell'intero settore, dei quattro in cui è stato suddiviso

l'invaso di Corbara (settore di monte; conoide asimmetrico, alveo sommerso e pianura di fondo).

Analisi granulometriche e chimico-fisiche. – Di tutti i campioni sono state effettuate analisi granulometriche e chimico-fisiche. In particolare, ogni singola carota (come quella in fig. 7), in relazione alla sua lunghezza, è stata considerata omogenea ed analizzata come un unico campione o suddivisa in più campioni analizzati separatamente; di ogni singolo parametro è stato indicato il valore medio ritenuto rappresentativo di quella verticale. I caratteri rilevati per ogni campione sono:

- le classi granulometriche (ghiaia, sabbia, limo e argilla);
- il D₅₀;
- la sostanza organica;
- il peso di volume apparente;
- il contenuto in acqua.

Per l'invaso di Corbara, in tab. 1 sono rappresentati i dati aggregati, per ogni settore, precisando che i dati puntuali delle verticali sono stati mediati, pesandoli rispetto agli spessori delle singole verticali.

Le quantità e le diverse classi granulometriche sono espresse in percentuale del volume totale; la sostanza organica è espressa in percentuale del peso, considerando un peso di volume apparente secco uniforme ed uguale a 1,5 t/m³.

Settore	Volume m ³	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	D ₅₀ mm	Sostanza organica % peso
Settore di monte	9.000.000	0	13,28	47,63	40,09	0,0280	3,64
Conoide asimmetrico	13.680.000	0	8,86	45,76	45,38	0,0049	3,55
Alveo sommerso	7.460.000	0	1,00	31,00	68,00	0,0018	2,03
Pianura di fondo	15.650.000	2,34	6,17	32,79	58,71	0,0028	2,64
Totali	45.790.000	-	-	-	-	-	-
Medie	-	0,80	7,52	39,29	52,49	0,0082	3,01

Tab. 1 – Dati caratteristici e volumi dei sedimenti presenti nei singoli settori dell'invaso di Corbara. Fonte: Cencetti et alii, 2015.

Dalla Tabella 1 possono essere dedotte le considerazioni che seguono.

- La componente granulometrica grossolana, costituita da ghiaia e ciottoli, pur costituendo la frazione granulometrica di gran lunga più importante nei sedimenti che costituiscono l'alveo a monte ed a valle del nodo di Corbara, è limitatissima nell'invaso. Il dato rilevato indica una percentuale dello 0,8%. Considerato il limitato numero di campioni rappresentativi analizzati e la bassa probabilità di incontrare sedimenti grossolani su ogni verticale di campionamento, si può ritenere il dato approssimato per difetto, ma il dato reale non sarà molto diverso; si valuta che, approssimato per eccesso, esso possa essere non superiore al 2% (dato valutato).
- La componente sabbiosa risulta essere piuttosto limitata, attorno al 7,3%. Oltre i due terzi della componente sabbiosa è presente nel settore di monte e nel conoide asimmetrico, all'incirca divisa in due parti simili: 1.100.000 m³ nel settore di monte e 1.200.000 m³ nel conoide asimmetrico. È interessante notare, a fini progettuali, che il D₅₀ delle sabbie del settore di monte è di un ordine di grandezza superiore al D₅₀ degli altri settori, ivi compreso il conoide asimmetrico (0,028 mm nel settore di monte, variabile da 0,0018 a 0,0049 mm negli altri settori).
La componente sabbiosa è quella di maggiore interesse per l'obiettivo del presente lavoro perché, da un lato, è o può essere trasportata dalla corrente del fiume fino al tratto di valle che presenta problemi di instabilità; dall'altro, può contribuire positivamente alla sua dinamica in quel tratto.
- La componente limosa costituisce circa il 39% del totale; è più abbondante nel settore di monte (47,63%) e nel conoide asimmetrico (45,76%) e costituisce circa il 32% degli altri settori. Questa componente mantiene un certo interesse per la dinamica fluviale, interesse più rivolto verso la dinamica della foce che non di quella dell'alveo.
- la componente argillosa costituisce circa il 52,5% del totale; è più abbondante nei settori di valle (68% nell'alveo sommerso e circa il 58,7% nel fondovalle del settore di valle) e più contenuta nel settore di monte, dove è circa il 40,1%.
- Le due componenti limosa e argillosa, nel loro insieme, costituiscono oltre il 90% del volume presente nell'invaso. I sedimenti fini delle due classi costituiscono la componente meno utile e più problematica per diverse ragioni:
 - non contribuiscono in misura significativa alla soluzione del problema di stabilità dell'alveo del basso corso del fiume;

- non sono facilmente separabili dall'acqua;
- sono un grande contenitore di inquinanti all'interno dell'invaso, sia per il loro grande volume, sia per la piccola dimensione dei granuli che favorisce l'accumulo di inquinanti;
- quelle presenti nell'invaso possono determinare rilevanti problemi ambientali per il fiume se reinserite a valle dell'invaso in misura eccessiva, in momenti non favorevoli.

Anche per l'invaso di Alviano, i dati sono rappresentati in forma aggregata per ogni settore (tab. 2). Ogni singola carota prelevata è stata considerata omogenea e analizzata come un unico campione. Di ogni singolo parametro è stato indicato il valore rappresentativo di quella verticale. Le verticali di tutti i campioni hanno lo spessore di 5 m. Per definire le quantità in peso è stata considerata una densità secca uniforme ed uguale a 1,5 t/m³.

Settore	Volume m ³	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	D ₅₀ mm	Sostanza organica % peso
Ex-alveo	5.500.000	0,00	25,00	48,00	27,00	0,0180	1,80
Palude	5.000.000	0,00	5,50	51,50	43,00	0,0064	2,02
Totali	10.500.000	-	-	-	-	-	-
Medie	-	0,00	14,44	49,90	35,67	0,0117	1,92

Tab. 2 – Dati caratteristici e volumi dei sedimenti presenti nei singoli settori dell'invaso di Alviano. Fonte: Cencetti et alii, 2015.

Dalla Tabella 1 possono essere dedotte le considerazioni che seguono.

- Per quanto riguarda la componente granulometrica grossolana, valgono le stesse considerazioni fatte per l'invaso di Corbara. Dai dati rilevati, risulta che ciottoli e ghiaie sono assenti. Come per Corbara, si può valutare che il dato, approssimato per eccesso, possa essere non superiore al 2% del volume presente nel settore ex-alveo che risulta di circa 5.500.000 m³, a cui corrisponde un volume di ciottoli e ghiaie di circa 110.000 m³. Il volume indicato corrisponde ad un volume sedimentato medio annuo di circa 2.100 m³/anno
- La componente sabbiosa risulta essere attorno al 14,5% del volume totale, circa doppia rispetto a quella di Corbara e di circa 1.500.000 m³. Oltre l'80% della componente sabbiosa è presente nel settore ex alveo. È interessante notare, ai fini progettuali, che il D₅₀ delle sab-

bie del settore ex-alveo è un ordine di grandezza superiore al D₅₀ dell'altro settore (0,018 mm nel settore ex alveo, 0,0064 mm nell'altro settore). La componente sabbiosa, come indicato precedentemente, è quella di maggiore interesse per l'obiettivo del presente lavoro per gli stessi motivi già indicati.

- La componente limosa costituisce circa il 49,9% del totale; è più abbondante nel settore palude (51,5%) che nel settore ex-alveo (48%). Questa componente mantiene un certo interesse per la dinamica fluviale, interesse più rivolto verso la dinamica della foce che non dell'alveo. Il volume presente nell'invaso è di circa 5.240.000 m³.
- La componente argillosa costituisce circa il 35,7% del totale; è più abbondante nel settore palude (43%) che nel settore ex alveo (27%). Il volume presente nell'invaso è di circa 3.750.000 m³.
- Le due componenti limosa e argillosa, nel loro insieme, costituiscono oltre l'85% del volume presente nell'invaso. I sedimenti fini delle due classi costituiscono la componente meno utile e più problematica per le ragioni esposte nel paragrafo relativo a Corbara, al quale si rimanda.

Caratteri di inquinamento. – Il contenuto di sostanza organica determinato attraverso le analisi dei sedimenti delle carote estratte dal fondo degli invasi, costituisce circa il 3% in peso dei materiali presenti nell'invaso.

La sua presenza varia dal 3,64% nel settore di monte dell'invaso di Corbara fino al 1,80% nel settore ex-alveo dell'invaso di Alviano.

La frazione principale di sostanza organica è presente nei sedimenti fini; la sua presenza costituisce un problema difficilmente risolvibile nel caso di immissione di ingenti quantità di sedimenti fini nell'alveo a valle di Corbara.

La sostanza organica, per i sedimenti intrappolati negli invasi, deve essere considerata un inquinante, ma non è il solo presente. Le altre sostanze inquinanti presenti sono state determinate su alcuni campioni; in particolare sono stati prelevati ed analizzati, a cura di ARPA Umbria, quattro campioni nell'invaso di Corbara ed un campione nell'invaso di Alviano. I dati relativi ai due invasi sono riportati, tutti assieme, nelle Tabelle 3 e 4, per ottenere un confronto. Nelle tabelle sono indicati solo i parametri che superano il contenuto minimo rilevabile; in realtà i parametri accertati sono molto più numerosi, ma con contenuti minori della sensibilità delle analisi.

Numero del campione	Codice univoco	Data di prelievo del campione	Ubicazione del campione
230	LU28671	07/11/2013	Lago di Corbara immiss. Tevere
231	LU28671	07/11/2013	Lago di Corbara immiss. Tevere
233	LU28673	08/11/2013	Corbara centro lago
235	LU28673	08/11/2013	Corbara centro lago
237	LU28815	03/12/2013	Alviano a monte della diga

Tab. 3 – *Elenco campioni ARPA UMBRIA per la caratterizzazione chimica dei sedimenti degli invasi di Corbara e Alviano. Fonte: ARPA Umbria. In: Cencetti et alii, 2015.*

Carattere	Camp. 230	Camp. 231	Camp. 233	Camp. 235	Camp. 237
Azoto totale % s.s.	0,14	0,18	0,16	0,14	0,09
Cadmio mg % s.s.	0,23	0,29	0,25	0,26	<0,2
Carbonio organico totale % s.s.	1,6	1,9	1,6	1,6	1,2
Carbonio totale % s.s.	4,0	3,7	3,5	3,4	3,0
Cromo totale mg/kg s.s.	52	74	72	68	66
Ferro mg/kg s.s.	21.930	29.270	27.130	27.820	30.100
Fluorantene mg/kg s.s.	0,011	0,010	0,081	<0,010	<0,010
Fosforo totale %s.s.	0,06	0,07	0,07	0,09	0,08
IPA totali mg/kg s.s.	<0,10	<0,10	0,22	<0,10	<0,10
Manganese mg/kg s.s.	642	804	603	679	636
Mercurio mg/kg s.s.	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,67
Nichel mg/kg s.s.	42	53	51	52	39
Piombo mg/kg s.s.	11	14	12	13	11
Pirene mg/kg s.s.	0,011	0,013	0,070	<0,010	<0,010
Policlorobifenili mg/kg s.s.	0,0025	0,0028	0,0024	0,0031	0,0021
Rame mg/kg s.s.	32	40	34	35	29
Zinco mg/kg s.s.	49	71	67	65	59
Residuo secco a 105°C %	59	50	47	48	53
pH unità pH	7,43	7,41	7,43	7,47	7,86

Tab. 4 – *Determinazione delle sostanze inquinanti presenti nei sedimenti degli invasi di Corbara e Alviano. Fonte: ARPA Umbria. In: Cencetti et alii, 2015.*

Da notare la maggiore presenza di mercurio presente nel campione prelevato nell'invaso di Alviano (oltre 6 volte superiore). La causa della presenza di tale elemento è da ricercare nell'apporto del F. Paglia, la cui confluenza

nel Tevere avviene proprio a valle dell'invaso di Corbara e a monte dell'invaso di Alviano. L'inquinamento da mercurio del F. Paglia, in parte dovuto a cause naturali (tale corso d'acqua sorge alle falde del M. Amiata, antico centro eruttivo) è stato tuttavia accentuato dall'attività mineraria condotta fin dal XIX secolo, i cui scarti venivano da sempre gettati nel reticolo idrografico del Paglia (per approfondimenti, si veda Rimondi et alii, 2019).

Considerazioni conclusive. – I dati granulometrici e la presenza di quantità non trascurabili di sostanze inquinanti (soprattutto sostanza organica) inducono a rinunciare ai volumi presenti negli invasi e considerare il by-pass solo per il trasporto solido futuro.

Inoltre, si può arrivare alle seguenti conclusioni:

- considerato che il trasporto solido del F. Paglia, maggior affluente del F. Tevere in corrispondenza del “nodo”, viene veicolato verso valle anche nella condizione attuale, il by-pass è utile solo per il trasporto solido in entrata a monte di Corbara;
- l'alveo del Tevere a valle del nodo, nel tratto studiato (fino alla confluenza del F. Nera) è un alveo fisso o reso tale, capace di trasportare l'eccesso di trasporto solido eventualmente prodotto dall'esercizio del by-pass.
- non è proponibile il recupero dei sedimenti presenti negli invasi (prima ragione: la presenza di sostanza organica);
- il trasporto solido a Roma, calcolato tramite una correlazione empirica con le portate idriche giornaliere negli anni dal 1988 al 2007, risulta essere pari a 600.000 m³/anno (Bersani & Moretti, 2008), con D₅₀ attorno a 0,5 mm;
- la componente grossolana (prevalentemente sabbiosa) che può essere recuperata dal nodo è di circa 83.000 m³/anno, cioè circa il 14% del totale. Si ritiene che tale volume possa essere significativo per contribuire a contrastare l'erosione del tratto terminale del Tevere;
- i vari tipi di trasporto solido che entrano nel “Nodo” possono essere gestiti da sistemi diversi:
 - a) sistema di sedimentazione e raccolta della ghiaia e ciottoli con periodico dragaggio, ad esempio adeguando alcune cave presenti subito a monte dell'invaso;
 - b) sistema di cattura delle sabbie da inserire nel by-pass, ad esempio utilizzando un *vortex tube* (figg. 8-11);
 - c) mantenere la situazione attuale per argille, limi e sostanza organica minuta;

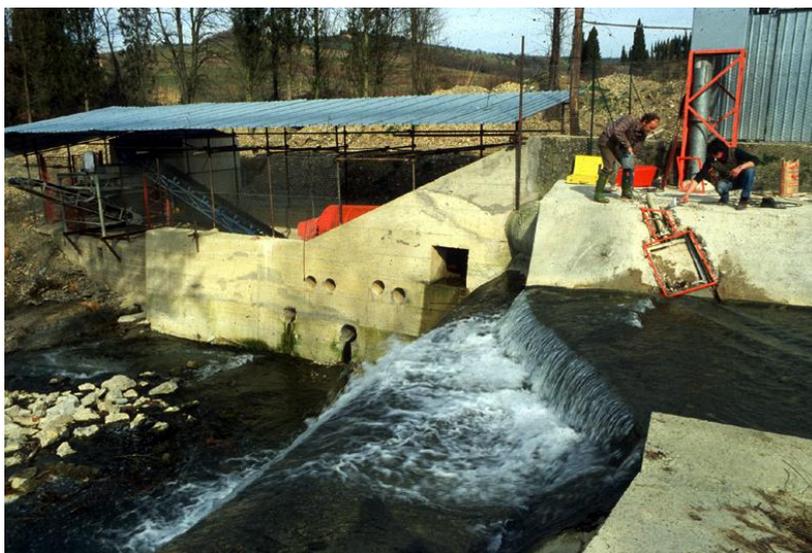


Fig. 8 – Esempio di “trappola a vortice” (vortex tube), installata sul T. Virginio (affluente del F. Pesa, nel bacino del F. Arno) per la misura in continuo del trasporto solido di fondo. Acqua e sedimenti sono convogliati, tramite una canaletta disposta sul fondo dell’alveo e orientata a 45° rispetto alla direzione della corrente, verso un vaglio rotante (il vortex tube vero e proprio) che si intravede al di là del muro perimetrale della struttura, in rosso. Questo separa la frazione solida da quella liquida, dirigendo il materiale verso un nastro trasportatore (anche questo visibile all’interno della struttura). Il nastro porta i sedimenti all’interno di una tramoggia, dove sono pesati da una bilancia. Un altro nastro trasportatore raccoglie il materiale solido e lo reimmette in alveo, a valle della struttura (si vedano anche le figure successive). Foto: Paolo Tacconi.



Fig. 9 – Dettaglio del vortex tube in funzione (a sinistra) e del nastro trasportatore verso cui è convogliato il materiale solido in uscita dal tubo. Foto: Paolo Tacconi.



Fig. 10 – Il nastro trasporta il materiale verso una tramoggia (a sinistra), dove questo viene pesato in continuo (a intervalli temporali predefiniti) tramite una bilancia (sopra). Foto: Paolo Tacconi.



Fig. 11 – Dalla tramoggia il materiale viene caricato su un altro nastro trasportatore che reimmette i sedimenti a valle della stazione di misura. Foto: Paolo Tacconi.

- per quanto possibile, predisporre un sistema di cattura per il trasporto solido grossolano per flottazione;

- limitare il by pass alle sabbie da monte a valle di Corbara, essendo il comportamento attuale e futuro di Alviano quello di un alveo fluviale con una sufficiente capacità di trasporto;
- utilizzare per il by-pass la portata attuale per il minimo vitale, catturata a monte dell'invaso e reinserita a valle della diga di Corbara (a monte dell'attuale turbina), continuando a turbinare il minimo vitale a caduta naturale e by-passando la turbina solo nei momenti di punta.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BELLOTTI P., TORTORA P., VALERI P., "Sedimentological and morphological features of the Tiber Delta", *Suppl. to Sedimentology*, 36 (5), 1989, Poster.
- BERSANI P., MORETTI D., "Evoluzione storica della linea di costa in prossimità della foce del Tevere", *L'Acqua*, Rivista bimestrale dell'Associazione Idrotecnica Italiana, n. 5, 2008, pp. 77-87
- CENCETTI C., DE ROSA P., FREDDUZZI A., TACCONI P., "Sistema di controllo del trasporto solido forzato e del by-pass del nodo Corbara-Alviano. Primo progetto esecutivo delle attività. Relazione tecnica", Università di Perugia, 2015, 98 pp.
- CENCETTI C., DE ROSA P., FREDDUZZI A., TACCONI P., "L'approccio morfologico-sedimentario nello studio dei corsi d'acqua: dinamica fluviale, processi di erosione, rischio da dinamica d'alveo e rischio idraulico", presente volume, 2020.
- FALCONI I., "L'erosione costiera: i processi morfogenetici e morfoevolutivi della linea di costa da Ostia a Fregene", Ed. ilmiolibro self publishing, Collana La community di ilmiolibro, 2019, ISBN: 8892362550, 136 pp.
- RIMONDI V., COSTAGLIOLA P., LATTANZI P., MORELLI G., CARA G., CENCETTI C., FAGOTTI C., FREDDUZZI A., MARCHETTI G., SCONOCCHIA A., TORRICELLI S., "A 200 km-long mercury contamination of the Paglia and Tiber floodplain: Monitoring results and implications for environmental management", *Environmental Pollution*, Vol. 255, Part 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113191>
- RUGGIERO D., "Il "lungomuro" di Ostia tra erosione, malagestione e emergenza coste", presente volume, 2020.

The River Tiber: sediment supply, solid transport, hydroelectric power stations and sedimentary deficit at mouth. The "node" of Corbara-Alviano. – The Corbara-Alviano "node", on the Tiber River, corresponds to the reach that extends from the upstream of Corbara Lake to downstream of the Alviano hydroelectric power stations. The node is made up of three main components: 1) the lake and the related Corbara hydroelectric power station; 2) the reach of riverbed between the two lakes, where the River Paglia flows into the Tiber River; 3) the lake and the relative hydroelectric plants of Alviano. As for the sections upstream and downstream of the node, the characteristics and processes that affect each of the three components have been defined, following the methods of the morphological-sedimentary approach. The level of definition, considering the available budget, is that of setting and first approximation, but sufficient to formulate the problems, to evaluate their effects and to identify possible solutions through suitable design hypotheses. In particular, the following were defined: 1) the volumes and grain size of sediments and organic matter currently trapped in the two lakes; 2) the nature, quantity, methods and grain size of the solid transport upstream and downstream of the node, before the construction of the power stations, in the current situation and in the presence of the bypass; 3) the contribution of the node to the state of sedimentary deficit that affects the mouth of the Tiber. On the basis of the data acquired, the terms of the problem have been redefined: 1) the spatial limits of the bypass, which can affect only the Corbara lake; 2) it does not seem realistic to recover the sediments currently trapped, due to the environmental problems that would cause in the riverbed downstream. Finally, some indications are provided for a design hypothesis that allows to bypass the sandy component of the current and future solid transport, according to methods very similar to those of the natural phenomenon, without decreasing the production of hydroelectric energy and without disastrous consequences for the riverbed downstream of the node. The note relates to the results of the morphological-sedimentary approach, but the activity was carried out in synergy with the working group that developed the problem, following the hydrological-hydraulic approach and reaching similar and share results.

Keywords. – River Tiber, morphological-sedimentary approach, sedimentary bypass.

“Dal fiume al mare”

Ripensare il litorale romano secondo natura

a cura di C. Cencetti e D. Ruggiero

Culture Territori Linguaggi, 18, 2020, pp. 79-100

ISBN 9788894469721

Alicia Teresa Rosario Acosta¹

LE SPIAGGE E LE DUNE COSTIERE: UN AMBIENTE DI TRANSIZIONE MOLTO PARTICOLARE

Le spiagge e le dune costiere. – Le spiagge e le dune costiere sono forme di accumulo di materiale sabbioso, costituitesi principalmente per azione eolica. I sistemi spiaggia-duna meglio sviluppati si formano generalmente in coincidenza di tratti di costa bassa, confinanti verso l'interno con zone pianeggianti e caratterizzati, sul lato marino, dalla presenza di fondali poco profondi. I sedimenti trasportati dalle correnti (di origine sia alluvionale che marina) sono sottoposti all'azione combinata del mare e del vento e si accumulano lungo i litorali iniziando in questo modo la formazione delle dune (Castiglioni, 1982). Le prime formazioni vegetali che si sviluppano hanno un ruolo fondamentale nel processo di deposizione delle particelle di sabbia trasportate dal vento. Infatti, alcune specie vegetali agiscono come una barriera naturale che permette il depositarsi dei granelli di sabbia trasportati dal vento in corrispondenza della parte basale delle piante, innescando così il processo di accumulo che dà origine alle dune (fig. 1). Allo sviluppo delle prime dune embrionali segue quello dei cordoni dunali non stabilizzati e, successivamente, lo sviluppo di dune stabilizzate dagli apparati radicali della vegetazione. Questo sistema, formatosi progressivamente, costituisce una vera e propria barriera contro venti e salsedine provenienti dal mare (McLachlan & Brown, 2006).

¹ Università di Roma TRE, Dipartimento di Scienze, acosta@uniroma3.it



Fig. 1 - *Le dune costiere nel Parco Naturale di Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli (Pisa).*
Foto: Alicia Acosta.

Nel Mediterraneo le dune costiere sono caratterizzate da dimensioni modeste, se vengono confrontate con i complessi sistemi dunali oceanici: lungo le coste del Mediterraneo le dune spesso non superano la decina di metri in altezza e il centinaio di metri in larghezza. Tuttavia, dove sussistono alcune condizioni particolari, per esempio dove si verifica una alimentazione cospicua di sedimenti nella spiaggia antistante, come nella vicinanza delle foci di alcuni fiumi, i sistemi dunali possono svilupparsi longitudinalmente anche per chilometri.

Una delle caratteristiche più interessanti dei sistemi costieri sabbiosi è la presenza di forti gradienti ambientali lungo l'asse mare-terra che mette in contatto il mondo terrestre e il mondo marino. Infatti, dalla linea di riva, verso l'interno, si osservano notevoli e rapidi cambiamenti nelle caratteristiche dell'ambiente fisico: l'aerosol marino (microgocce d'acqua marina), il vento e la salsedine diminuiscono progressivamente d'intensità andando dal mare verso l'entroterra, mentre la quantità di materia organica, l'umidità e i nutrienti nel suolo hanno un andamento opposto (Fenu et alii, 2013). Questo gradiente ha un ruolo chiave nel determinare la presenza degli esseri viventi in questo ambiente di transizione, sospeso fra terra e mare.

Le piante delle sabbie costiere. – Le specie vegetali delle coste sabbiose, defi-

nite specie *psammofile* (da ψάμμος / *psammos* = sabbia) poiché sono adattate a vivere sulle sabbie, hanno un ruolo fondamentale nell'edificazione, nella stabilizzazione e nell'evoluzione geomorfologica dei sistemi dunali costieri. Queste piante, con i loro estesi apparati radicali elastici ma resistenti, contribuiscono a consolidare il substrato, trattenendo la sabbia e permettendone l'ulteriore deposito (Martínez & Psuty, 2004). La vegetazione esercita un'azione di ostacolo al trasporto eolico, favorendo l'accumulo dei sedimenti sabbiosi e impedendo il loro continuo avanzamento verso l'entroterra, un ruolo fondamentale per la protezione delle coste.

D'altra parte, le condizioni molto limitanti che caratterizzano questa zona vicina al mare rappresentano un forte ostacolo per la sopravvivenza. Le piante che colonizzano i sistemi dunali costieri devono perciò essere capaci di vivere in condizioni estreme e in apparenza insostenibili per la maggior parte degli esseri viventi. Per questi motivi le piante psammofile sono dotate di adattamenti fisiologici e morfologici particolari, che permettono loro di crescere in un ambiente così avverso (Maun, 2009). Adattamenti fisiologici specifici aumentano la tolleranza delle cellule alle alte concentrazioni saline o permettono alle piante di sopperire alla scarsa disponibilità di acqua e nutrienti. Ma ci sono anche molti altri adattamenti, quali ad esempio la riduzione del periodo vegetativo, concentrandolo fra inverno e tarda primavera, quando le piogge sono più frequenti e il calore non raggiunge i picchi estivi. Tra gli adattamenti morfologici, i principali sono: la *succulenza*, che permette di conservare una certa riserva d'acqua all'interno di fusti e foglie; la *pelosità*, che riduce il movimento dell'aria in prossimità degli stomi, limitando le perdite d'acqua per traspirazione; le *foglie coriacee* (sclerofillia) spesso protette da una cuticola spessa, fattore che contribuisce a trattenere l'acqua ed a resistere all'abrasione dei granelli di sabbia trasportati dal vento. Inoltre, il *colore chiaro* (glauco) di molte piante costiere aiuta ad attenuare il surriscaldamento dovuto alla forte esposizione alle radiazioni solari.

Per ovviare alla natura incoerente del substrato, tipica delle sabbie, che rende difficile l'ancoraggio, molte specie hanno apparati radicali estesi e fortemente ramificati, o radici elastiche e resistenti alla trazione meccanica. Inoltre, numerose piante presentano forme prostrate a cuscinetto, idonee ad opporre una minima resistenza ai venti marini, che possono raggiungere una notevole intensità nella maggior parte dei sistemi costieri, particolarmente d'inverno. Tali architetture sono spesso conformate in modo da favorire l'attività degli animali impollinatori, offrendo loro varie tipologie di ri-

pari e protezioni, affinché possano svolgere con maggiore efficienza l'impollinazione (Acosta & Ercole, 2015).

Le specie psammofile sono numerose, ma la "regina" delle spiagge nel nostro paese e in tutto il Mediterraneo è *Ammophila arenaria*, una pianta che svolge un ruolo fondamentale nel processo di formazione e mantenimento delle dune, trattenendo la sabbia grazie all'esteso e compatto apparato radicale. La presenza di rizomi verticali le permette di tollerare il seppellimento dovuto al continuo apporto di sedimenti sabbiosi. In generale, la sua presenza indica un buono stato di conservazione delle dune.

In sintesi, la presenza di adattamenti morfologici e fisiologici così complessi e quindi di una specializzazione così spinta fa sì che le specie che vivono in ambienti costieri spesso non siano in grado di sopravvivere in condizioni ambientali diverse. Si tratta quindi di piante con elevatissima specificità ecologica, che purtroppo tendono a scomparire se il loro ambiente viene distrutto.

Gli habitat delle coste sabbiose. – Come evidenziato nel paragrafo precedente, le specie vegetali che crescono sulla sabbia contribuiscono attivamente all'edificazione della duna e, man mano che la duna si accresce e si articola morfologicamente, avviene una diversificazione in comunità vegetali, che si evolvono contemporaneamente alla duna stessa (fig. 2).

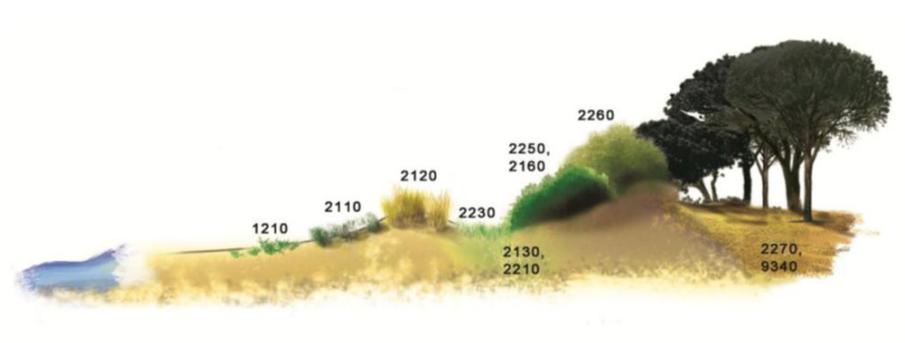


Fig. 2 - Zonazione schematica della vegetazione delle coste sabbiose italiane ben conservate. Viene rappresentata la posizione ideale degli habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE). I numeri fanno riferimento agli habitat della tabella 1. Disegno: Federico Romiti.

Le piante che formano parte di queste comunità vegetali sono fortemente influenzate dal variare dei fattori ambientali (aerosol, vento, granulometria e

mobilità del substrato, quantità di materia organica, ecc.) che cambiano lungo il gradiente mare-terra. Lungo i litorali in un buono stato di conservazione, le comunità vegetali tendono a disporsi lungo questo gradiente, in fasce parallele alla linea di costa e sono strettamente correlate al profilo della spiaggia, all'andamento dei cordoni dunali e alla micro-morfologia (Acosta et alii, 2003, 2007; Bazzichetto et alii, 2016). Sui litorali in buono stato di conservazione, si può riconoscere quindi una ben definita zonazione (o sequenza) in cui si susseguono comunità vegetali con ben definiti caratteri floristici, strutturali ed ecologici. Sulle coste sabbiose italiane, si può descrivere una sequenza ideale di comunità vegetali corrispondenti ad habitat di interesse comunitario, secondo la Direttiva europea 92/43/CEE (anche nota come "Direttiva Habitat" - fig. 2, tab. 1). In virtù di questa Direttiva si è avviata la costruzione di una rete di aree protette (rete Natura 2000), imponendo agli Stati Membri che l'hanno ratificata l'attivazione di misure di conservazione per le specie e gli habitat riportati nei suoi allegati. Gli habitat costieri considerati nella Direttiva cominciano dal mare verso l'entroterra con una prima fascia di spiaggia emersa, dove sono presenti specie vegetali pioniere a ciclo vitale breve (habitat 1210); successivamente si trovano le comunità principalmente perenni: quelle delle dune embrionali (habitat 2110) e quelle delle dune non consolidate a dominanza di *Ammofila arenaria* (habitat 2120 - fig. 3). Gli ambienti che comprendono il versante interno del cordone dunale e la zona di transizione verso le dune fisse ospitano numerose comunità vegetali erbacee, ma anche camefitiche (habitat 2130, 2160, 2210, 2230, 2240). Il sistema delle dune stabili è invece caratterizzato da ginepreti (fig. 4) e comunità legnose a sclerofille (habitat 2250, 2260) e, nei settori più interni e protetti dall'influenza marina, si possono trovare comunità forestali naturali (habitat 9340) e pinete (habitat 2270).

Per quali motivi gli habitat delle coste sabbiose sono importanti? - L'Italia fa parte del Bacino del Mediterraneo, considerato uno degli "hotspots di biodiversità" a scala mondiale, cioè uno dei "punti caldi di biodiversità", individuati sulla base dell'elevata ricchezza di specie in generale. Il Mediterraneo è quindi un centro eccezionale di biodiversità e le coste sabbiose ospitano tante specie, animali e vegetali, che si trovano soltanto in questi ambienti tanto particolari.

La loro conservazione è anche strettamente legata a quella di altri habitat di estrema importanza, come le aree umide retrodunali, le lagune e i laghi

<i>Habitat della Direttiva Europea 92/43/EEC</i>	<i>Descrizione</i>
1210 Vegetazione annua delle linee di deposito marine	Rappresenta la fase più pioniera di colonizzazione delle spiagge da parte della vegetazione. L'ambiente fisico è dinamico e instabile: mareggiate e forti venti. L'habitat si rinviene su spiagge sabbiose e/o con ghiaia di piccola granulometria in prossimità della battigia. La vegetazione è costituita da comunità a ciclo vitale molto breve.
2110 Habitat delle dune embrionali e della duna non consolidata 2120 Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> (dune bianche)	Questi habitat, pur essendo ancora influenzati dall'azione erosiva e di deposito del mare e dai venti marini, è dominato da piante psammofile perenni esclusive di questo ambiente che, con i loro apparati radicali ben sviluppati, hanno un ruolo fondamentale nei processi di edificazione delle prime dune e di stabilizzazione delle sabbie.
2130 Dune costiere fisse a vegetazione erbacea (dune grigie) 2210 Dune fisse del litorale (<i>Crucianellion maritima</i>) 2230 Dune con prati dei <i>Malcolmietalia</i> 2240 Dune con prati dei <i>Brachypodietalia</i> e vegetazione annua	Vegetazione camefitica e suffruticosa (cioè lignificata alla base) parzialmente protetta dai venti dominanti. Vegetazione caratterizzata da numerose specie annuali di piccole dimensioni che si insediano negli spazi aperti e nelle radure asciutte delle depressioni interdunali. Pseudo-steppe e praterie perenni ricche in specie annuali.
2160 Dune con <i>Hippophae rhamnoides</i> 2250 Dune costiere con <i>Juniperus</i> spp. 2260 Dune con vegetazione di sclerofille dei <i>Cisto-Lavanduletalia</i>	Dune con arbusteti con ginepri. I ginepreti sono relativamente bassi e prostrati. La macchia è dominata da arbusti sempreverdi.
2270 Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i> 9340 Foreste di <i>Quercus ilex</i> e <i>Quercus robur</i>	Foreste a dominanza di leccio (<i>Quercus ilex</i>) che occupa i cordoni dunali più interni e stabilizzati. In Italia le pinete costiere sono caratterizzate da formazioni a <i>Pinus pinea</i> , <i>Pinus pinaster</i> e <i>Pinus halepensis</i> che occupano il settore dunale più interno e stabile. Si tratta per lo più di rimboschimenti ormai diventati parte integrante del paesaggio costiero italiano.

Tab. 1 – *Descrizione dell comunità vegetali corrispondenti ad habitat di interesse comunitario, secondo la "Direttiva Habitat". Fonte: Direttiva Europea 92/43/CEE.*



Fig. 3 - *Ammofila arenaria*, la regina delle coste sabbiose del Mediterraneo. Foto: Alicia Acosta.



Fig. 4 - *I ginepreti costieri*. Foto: Alicia Acosta.

costieri, le foci dei fiumi, ma anche, in ambiente sommerso, le praterie di Posidonia oceanica.

Tutti questi habitat, oltre al valore immenso riferito alla biodiversità che custodiscono, hanno un incalcolabile valore economico diretto e indiretto, grazie ai servizi ecosistemici che offrono. Oltre alla notevole biodiversità, abbiamo già evidenziato in precedenza che la vegetazione promuove l'accumulo dei sedimenti sabbiosi con il duplice ruolo di impedire l'avanzamento verso l'entroterra, evitando anche l'erosione delle coste. Infatti, tra gli aspetti legati alla funzionalità delle dune, è opportuno evidenziare sia il ruolo di deposito di sabbia che permette il ripascimento della spiaggia nei cicli erosivi e deposizionali stagionali, sia il ruolo di tampone idrogeologico esercitato dall'acquifero del sistema dunale. I cordoni dunali costieri ospitano infatti un acquifero di modeste dimensioni che svolge però una funzione determinante per il contenimento delle ingressioni del cuneo salino (acqua marina). Tale acquifero rappresenta una barriera nei confronti dell'intrusione del suddetto cuneo sottostante le acque dolci dell'acquifero costiero. L'alterazione del contenuto salino di questo acquifero può avere serie conseguenze sull'apporto idrico degli habitat connessi alle dune, ma anche effetti sulle numerose attività agricole prossime ai litorali e sul prelievo d'acqua da pozzi (Acosta & Ercole, 2015).

Ma si tratta di ecosistemi molto minacciati... – Il fenomeno del degrado e della perdita degli ambienti dunali interessa tutti i Paesi dell'Unione Europea ed è particolarmente intenso in quelli che si affacciano sul Mediterraneo. Il Mediterraneo è un centro eccezionale di biodiversità ma, d'altro canto, anche un'area fortemente popolata e soggetta a intense attività antropiche. In questo contesto gli ambienti delle coste sabbiose spiccano per fragilità e vulnerabilità, essendo sottoposti a molteplici forme di pressione umana. In Italia, almeno fino al XIX secolo, questi ecosistemi erano quasi sempre sfuggiti alla distruzione diretta, poiché le attività antropiche sulle coste erano rimaste concentrate per secoli presso le foci dei fiumi o entro baie protette. Successivamente, durante il XX secolo, i litorali sabbiosi sono stati sottoposti a numerose minacce, dal momento che il turismo di massa e l'edificazione nei litorali sono enormemente aumentati, in particolare a partire dal dopoguerra (Acosta & Ercole, 2015).

Attualmente le minacce agli ecosistemi dunali derivano soprattutto dalle

conseguenze dirette e indirette dallo sfruttamento antropico non sostenibile delle aree costiere, in particolare: urbanizzazione diffusa, costruzione di nuove infrastrutture turistiche, attraversamento delle dune con mezzi a motore, calpestio non controllato dei bagnanti, campeggi abusivi, abbandono di rifiuti solidi, pulizia meccanica delle spiagge e introduzione di piante esotiche a scopo ornamentale, oppure per il recupero dei litorali (Acosta & Ercole, 2015). Allo stesso tempo è molto aumentata anche l'erosione costiera, indirettamente collegata a varie attività antropiche (Malavasi et alii, 2013). Ma ci sono anche altri fattori di disturbo, quali gli incendi della vegetazione, l'eutrofizzazione e lo scarico di acque reflue e piovane, l'inquinamento chimico e le attività minerarie (cave di sabbia). A differenti livelli e tipologie di minacce corrispondono effetti diversi sugli habitat costieri. Pressioni antropiche che possono essere considerate di lieve entità provocano effetti che riguardano soprattutto l'alterazione della composizione floristica e l'ingresso di specie ruderali o esotiche (Carboni et alii, 2010, Malavasi et alii, 2016). Forme di disturbo d'intensità media o elevata, invece, possono provocare la comparsa di "habitat di sostituzione" al posto delle comunità vegetali tipiche, oppure la totale scomparsa della vegetazione (Sperandii et alii, 2018).

La Direttiva europea 92/43/CEE, precedentemente citata in relazione alla rete di aree protette Natura 2000, prevede anche la realizzazione di attività di sorveglianza e la valutazione dell'efficacia delle misure di conservazione intraprese. Per permettere alla Commissione Europea di valutare i progressi derivati dall'applicazione della Direttiva, gli Stati Membri devono redigere ogni 6 anni un Rapporto Nazionale sull'attuazione delle disposizioni adottate, sulle misure di conservazione intraprese e una rendicontazione sullo stato di conservazione degli habitat e delle specie. Dal terzo Rapporto Nazionale italiano (Genovesi et alii, 2014), emerge che in Italia gli habitat costieri di interesse comunitario sono attualmente tra i più minacciati a scala nazionale, con il 40% in stato di conservazione inadeguato e il 46,7% in stato di conservazione cattivo; in altre parole, a livello nazionale, quasi il 90% degli habitat costieri si trova in stato di conservazione in ogni caso non adeguato.

Le conseguenze più gravi delle minacce antropiche qui esposte sono attualmente ben visibili dove si riversa il maggior afflusso turistico e laddove si concentrano i più grandi agglomerati residenziali. In corrispondenza di questi settori costieri, la vegetazione spontanea è spesso completamente scomparsa e le conseguenze sull'ecosistema sono spesso irreversibili.

Possiamo affermare che attualmente gli habitat degli ambienti sabbiosi

costieri risultano fortemente minacciati a scala nazionale e la situazione italiana riflette anche quella europea (EEA, 2015; Janssen et alii, 2016).

Di seguito, la rassegna delle principali minacce.

- *Urbanizzazione ed espansione delle vie di comunicazione.* La costante crescita d'interesse per lo sfruttamento turistico dei litorali determina continue costruzioni/ampliamenti degli impianti per la balneazione, di strade e parcheggi, di accessi alle spiagge, spesso non inseriti in un piano regolatore. Come conseguenza di ciò, in gran parte delle coste italiane l'urbanizzazione, nei suoi molteplici aspetti, ha fortemente modificato il paesaggio costiero. Dal secondo dopoguerra gli insediamenti antropici si sono diffusi ampiamente, spesso in modo del tutto incontrollato, arrivando ad interessare anche l'intera fascia costiera.

Cosa è successo nei paesaggi costieri italiani negli ultimi anni?

Possiamo dire che la maggior parte degli studi che analizzano i cambiamenti della vegetazione negli ecosistemi costieri sono stati condotti utilizzando sensori remoti, essenzialmente immagini da satelliti e fotografie aeree. Questi studi generalmente concordano sul fatto che la composizione e la distribuzione spaziale dei paesaggi costieri sono stati drasticamente modificati dalle attività antropiche, particolarmente dal dopoguerra in poi. L'espansione urbana è stato il fattore più importante di questa trasformazione, insieme allo sviluppo delle attività agricole e ai rimboschimenti (Malavasi et alii, 2013). In Italia, ma anche in altre aree delle coste del Mediterraneo, l'agricoltura e i rimboschimenti legnosi tendono a concentrarsi nelle aree dei settori interni della zonazione costiera precedentemente descritta, perciò modificando maggiormente le dune fisse interne. Pertanto, è interessante notare che il gradiente mare-terra che caratterizza gli ecosistemi costieri condiziona anche alcune attività umane, come l'agricoltura e i rimboschimenti. D'altro canto, l'espansione urbana sembra meno vincolata, perché coinvolge invece tutto il gradiente, con lo sviluppo di strutture artificiali che talvolta arrivano alla linea di costa (Malavasi et alii, 2013).

- *Erosione marina.* L'erosione marina costiera consiste nella sottrazione da parte del mare dei sedimenti sabbiosi precedentemente depositati sul bagnasciuga. Si tratta di un fenomeno che rientra nella dinamica naturale di deposizione e sottrazione di sedimenti sabbiosi dal litorale da parte del mare. Questi due processi, accumulo e rimozione dei sedimenti, mantengono i sistemi spiaggia-duna in un equilibrio dinamico. Allo stato attuale,

questo equilibrio viene spesso compromesso e sbilanciato in senso negativo, con asportazione di sedimenti e progressivo arretramento della linea di costa (fig. 5). Per comprendere pienamente la natura del fenomeno è necessario considerare che la deposizione dei materiali sabbiosi che costituiscono le spiagge dipende da un meccanismo di trasporto che provvede alla distribuzione lungo costa, per effetto del moto ondoso e delle correnti, dei sedimenti condotti in mare dai corsi d'acqua. Qualsiasi azione che interferisca con il processo naturale di erosione dei versanti nell'entroterra (es. cementificazione delle sponde fluviali), con il trasporto a mare dei sedimenti (es. sbarramenti fluviali, cave di ghiaia e sabbia, escavazione dell'alveo per prelievo di inerti) e con il trasporto e la ridistribuzione lungo i litorali (es. porti, scogliere artificiali) comporta disequilibri che si possono tradurre in processi erosivi.



Fig. 5 – Effetti dell'erosione costiera. Foto: Alicia Acosta.

L'erosione della spiaggia emersa è spesso associata alla successiva demolizione delle dune retrostanti, poiché vengono a mancare i sedimenti sabbiosi che, grazie al trasporto eolico, andrebbero a formare le dune. I fe-

nomeni erosivi provocano quindi l'alterazione della sequenza degli habitat costieri, mettendo a rischio in primo luogo le cenosi della spiaggia emersa e della duna non consolidata. Abbiamo a disposizione studi che analizzano l'evoluzione della copertura vegetale in siti sottoposti a fenomeni erosivi in confronto a siti in fase di accrescimento costiero. Questi studi mostrano una diminuzione della copertura vegetale delle comunità nei primi ed invece un chiaro aumento nei secondi (Prisco et alii, 2016b). Particolarmente rilevante è il risultato relativo alla copertura di specie caratteristiche quali *Ammophila arenaria*. Infatti, è stato dimostrato che la copertura di questa specie chiave aumenta solo nei siti in accrescimento, supportando il fatto che alcune specie fondamentali per la conservazione adeguata di questi ambienti possono svilupparsi efficacemente solo in litorali in condizioni stabili o in accrescimento. La perdita di questa specie potrebbe avere un effetto a cascata sugli altri habitat costieri: un futuro senza *Ammophila arenaria* probabilmente potrebbe significare un futuro senza gli ecosistemi costieri come li conosciamo adesso.

- *Calpestio*. Il camminamento di passanti sulle dune e, soprattutto, l'attraversamento con motoveicoli provocano una forte alterazione sia delle comunità vegetali che del substrato stesso, provocando la perturbazione dei fragili equilibri che regolano la formazione delle dune.

Il calpestio agisce favorendo principalmente le specie annuali, che riescono a germinare e a compiere il loro ciclo vitale velocemente, a scapito delle specie perenni che contribuiscono meglio alla consolidazione del substrato ma, al contrario delle annuali, hanno bisogno di più tempo per il completo sviluppo del loro ciclo vitale. Il calpestio provoca, inoltre, la comparsa e la diffusione di specie ruderali resistenti, come ad esempio la graminacea *Cynodon dactylon*, a scapito delle tipiche specie psammofile. Tuttavia, un esperimento di quattro anni ha evidenziato come una semplice recinzione di un'area (evitando quindi l'ingresso dei passanti) possa essere un metodo relativamente semplice ed efficace per promuovere il recupero della vegetazione costiera, in termini sia di copertura che di ricchezza delle specie (Acosta et alii, 2013). Molte piante di dune presentano adattamenti alle normali condizioni di stress (elevata salinità) e di disturbo naturale (vento, substrato incoerente, mareggiate) che permettono un recupero rapido dopo le perturbazioni (Carboni et alii, 2011). Infatti, queste specie adattate alle difficili condizioni ambientali dei litorali sono in grado di recuperare rapidamente una volta che una fonte di disturbo an-

tropico quali il calpestio dei bagnanti sia stata limitata, o almeno in parte scoraggiata. Pertanto, le recinzioni per proteggere gli habitat dal calpestio dei passanti possono costituire una strategia di recupero efficace ed economica, con lo scopo di migliorare lo stato di conservazione delle dune degradate.

- *Specie esotiche*. Le specie esotiche (= alloctone, = aliene) sono quelle che si trovano al di fuori del loro areale naturale di distribuzione, grazie all'intervento diretto o indiretto dell'uomo. Esse possono escludere le piante native (= autoctone), alterando la composizione delle specie e le relazioni tra le componenti biotiche e abiotiche del sistema, perturbando le relazioni nelle reti trofiche e modificando anche la distribuzione delle risorse esistenti. In molti casi la diffusione di specie esotiche può portare all'estinzione di quelle autoctone di interesse conservazionistico, quali specie endemiche, specie rare oppure entità importanti per il loro ruolo chiave a livello ecosistemico. Per questi motivi, le specie esotiche possono rappresentare una grave minaccia per la biodiversità a scala globale.

In Europa, le dune costiere sono considerate uno degli ambienti più invasi dalle specie aliene (Giulio et alii, 2020). Infatti, l'espansione di specie esotiche ha caratterizzato molti sistemi costieri dell'intero bacino del Mediterraneo, portando a drastici cambiamenti nella composizione delle specie originali. La coltivazione di specie esotiche, soprattutto a scopo ornamentale, nei dintorni degli stabilimenti balneari e delle abitazioni che si affacciano sul mare è una pratica comune lungo tutte le coste italiane. Alcune di queste piante possono poi sfuggire dall'area coltivata ed invadere facilmente le zone adiacenti, riuscendo a stabilirsi con successo negli habitat naturali. È stato osservato che l'aumento e diffusione delle specie esotiche sembra correlata sia all'espansione urbana (Carboni et alii, 2010) che alla frammentazione degli habitat costieri (Malavasi et alii, 2014). Possiamo dire che l'aumento dei livelli d'invasione avviene principalmente in corrispondenza di litorali con forte sviluppo urbano, confermando l'esistenza di legami tra cambiamenti guidati dall'uomo e la presenza e la distribuzione di specie aliene. Come in altri paesaggi modificati dall'uomo, le costruzioni realizzate direttamente sulle dune, lo sviluppo di strade e l'espansione urbana in generale hanno anche promosso i processi d'invasione.

Nell'Italia centrale circa il 9% del totale delle piante vascolari registrate sulle coste sabbiose è considerato composto da specie esotiche. Alcune

delle più diffuse sulle coste del Mediterraneo sono *Carpobrotus* spp. (*C. edulis* e *C. acinaciformis* – fig. 6) e *Agave americana*, entrambi con una importante crescita vegetativa che può portare alla formazione di ampi tappeti. Oltre a queste si possono nominare *Erigeron canadensis* (= *Conyza canadensis*), *Oenothera biennis* e *Ambrosia coronopifolia* (Acosta et alii, 2008). Inoltre, vale la pena sottolineare che la maggior parte delle specie esotiche riscontrate sulle coste proviene dall'America. Tuttavia, ci sono alcune differenze significative nella loro distribuzione: sulle coste tirreniche si osservano livelli significativamente più alti di specie di origine tropicale o africana (*fynbos* mediterranei), mentre livelli più elevati di specie americane extra-tropicali (Nord America) ed eurasiatiche si osservano su quelle adriatiche. In particolare, il genere *Carpobrotus* (dalla regione del Capo in Sud Africa) e *Agave americana* (dal Messico) sono probabilmente le esotiche più diffuse lungo la costa tirrenica. D'altra parte, *Oenothera biennis* e *Ambrosia coronopifolia* (dal Nord America extra-tropicale) sono le più diffuse sull'Adriatico.



Fig. 6 – Fioritura di *Carpobrotus acinaciformis*. Foto: Silvia Del Vecchio.
Il genere *Carpobrotus*. Attualmente l'invasione di *Carpobrotus* spp. costitui-

sce una delle minacce più gravi alle comunità vegetali costiere del bacino del Mediterraneo (Campoy et alii, 2018). In Italia sono state identificate due specie diverse, *Carpobrotus edulis* e *C. acinaciformis*, sebbene rimangono problemi tassonomici ancora irrisolti che impediscono la chiara identificazione tra queste due specie (Sarmati et alii, 2019). Si tratta di piante perenni che possono raggiungere valori di copertura molto elevati (fig. 7). Diversi studi hanno dimostrato che l'invasione di *Carpobrotus* ha effetti negativi sulla diversità delle comunità vegetali (Jucker et alii, 2013; Sarmati et alii, 2019), confermando che probabilmente questo agisce sostituendo le specie tipiche delle dune, favorendo anche l'ingresso di specie ruderali e nitrofile (Malavasi et alii, 2016). È stato anche riconosciuto che *Carpobrotus* ha un impatto diretto sulle piante native, con effetti negativi sulla germinazione, la sopravvivenza, la crescita e la riproduzione (Campoy et alii, 2018). Inoltre, *Carpobrotus* è stato coinvolto in effetti negativi indiretti sugli ecosistemi costieri invasi, per esempio modificando le condizioni del suolo. In particolare, l'invasione di *Carpobrotus* sembra avere un'influenza sui processi fisico-chimici e biologici del suolo (Santoro et alii, 2011) e avere infine impatti sulla germinazione e sulla sopravvivenza delle specie tipiche delle dune.



Fig. 7 – L'esotica sudafricana *Carpobrotus* si spande sulle coste tirreniche. Foto: Alicia Aco-sta.

- *Accumulo di rifiuti solidi e pulizia della spiaggia.* I rifiuti marini costituiscono

uno dei problemi di inquinamento degli oceani più riconosciuti a scala globale. I rifiuti solidi spiaggiati, il cosiddetto "beach litter" (fig. 8), è uno dei segni più evidenti di questo tipo d'inquinamento (Poeta et alii, 2014).



Fig. 8 - Accumulo di materiale spiaggiato. *Cakile maritima* si affaccia fra i rifiuti. Foto: Alicia Acosta.

Le coste sabbiose sono il deposito di grandi quantità di rifiuti che galleggiano in mare che, dopo lo spiaggiamento, rimangono intrappolati nella sabbia o vengono spazzati via dal vento verso l'interno. Nell'Italia centrale, la plastica e il polistirolo sono i rifiuti più comuni, in linea con i risultati che confermano la plastica come il rifiuto solido marino più diffuso al mondo (Poeta et alii, 2014). È stata inoltre trovata una relazione tra la distribuzione dei rifiuti sulle spiagge e il gradiente mare-terra: gli habitat costieri più pionieri sono quelli con i più alti livelli di accumulo di rifiuti, ma diminuiscono verso l'interno. Inoltre, l'inquinamento da rifiuti è maggiore nei litorali vicini alle aree urbane, confermando che gli agglomerati urbani rappresentano la principale fonte potenziale di rifiuti in mare, con i fiumi come vettori potenziali (Poeta et alii, 2016).

Nel complesso, l'accumulo di grandi quantità di rifiuti spiaggiati è considerato un grave danno che intacca non solo il valore estetico, ma anche quello economico ed ecologico dell'ambiente costiero, con effetti negativi sulle attività turistiche. Tuttavia, la pulizia degli arenili, se attuata con

mezzi meccanizzati, non consente la distinzione tra rifiuti ed esseri viventi o detriti organici depositati naturalmente: la pulizia meccanica altera la morfologia della spiaggia, determina la totale rimozione di animali e piante che, venuta meno l'azione protettiva delle comunità vegetali pioniere, danneggia anche gli habitat retrostanti (fig. 9). La pulizia delle spiagge è senza dubbio uno dei problemi di gestione più importanti per la pianificazione costiera. Pertanto, i rifiuti spiaggiati dovrebbero essere considerati una minaccia indiretta per le comunità biotiche, particolarmente rilevante nelle aree costiere caratterizzate da un intenso sfruttamento ricreativo.



Fig. 9 - Effetti della pulizia meccanica delle spiagge. Foto: Alicia Acosta.

Quali cambiamenti negli habitat e nelle specie vegetali costiere sono stati osservati di recente? – In Italia sono stati analizzati i cambiamenti temporali utilizzando sia l'informazione di rilievi di vegetazione compiuti in anni diversi, tramite l'utilizzo delle così dette "basi di dati" che conservano rilievi storici (Prisco et alii, 2016a; Sperandii et alii, 2018), sia anche "rivisitando", cioè tornando a rilevare gli stessi campioni di vegetazione condotti in passato (Spe-

randii et alii, 2019). Nel complesso, questi studi hanno fornito una quantificazione dettagliata, basata sulle comunità vegetali e sulle specie, delle trasformazioni subite negli ultimi 10-15 anni, permettendo così di identificare gli habitat e le specie particolarmente a rischio. Innanzi tutto, dobbiamo sottolineare che questi studi rilevano la scomparsa del 25% dei rilievi storici, probabilmente dovuta all'effetto sinergico di diverse minacce precedentemente descritte. Gli habitat particolarmente a rischio sono quelli della prima parte della zonazione costiera: le comunità delle spiagge (habitat 1210), quelle delle dune embrionali e mobili (habitat 2110 e 2210) e, in minor misura, i pratelli annuali (habitat 2230). Riguardo ai cambiamenti relativi alle singole specie, possiamo dire che molte delle specie tipiche sono diminuite nei rilievi più recenti. In particolare, *Ammophila arenaria*, la specie edificatrice delle dune, diminuisce a valori preoccupanti (meno 80%). Un'altra tendenza sfavorevole è emersa analizzando l'andamento delle specie esotiche. Infatti, è stata rilevato un incremento della copertura di *Carpobrotus spp.* nei rilievi più recenti, particolarmente allarmante considerando che si lega a un parallelo declino della copertura di *Ammophila*.

Conclusioni. – Sebbene l'elevato valore della biodiversità presente negli habitat costieri italiani sia ormai ampiamente riconosciuta, è necessario tener presente anche i numerosi fattori di minaccia. Le complesse interazioni fra queste minacce stanno comportando una costante perdita degli habitat e delle specie, che talvolta risulta nella completa distruzione dei sistemi dunali. La spiccata "artificializzazione" di buona parte dei litorali è probabilmente una delle preoccupazioni ambientali più serie in molti paesi del Mediterraneo.

Come abbiamo visto, le specie di piante di dune costiere sono, in larga misura, altamente specializzate nell'affrontare i severi vincoli imposti dall'ambiente costiero: l'effetto dei forti venti, il substrato incoerente e l'insabbiamento, la salinità e la scarsa disponibilità idrica. Nonostante ciò, queste piante non sono in grado di far fronte alla complessa combinazione di cambiamenti ambientali indotti dall'uomo. La fragilità degli habitat costieri esposti a tali minacce porta ad una crescente preoccupazione per l'imminente perdita di biodiversità. In particolare, abbiamo indizi che l'impatto umano colpisce specialmente le piante più specializzate, mentre quelle più generaliste oppure le specie esotiche sono in grado di sopravvivere, portando così a un processo complessivo di omogeneizzazione biologica.

In questo lavoro abbiamo evidenziato più volte che gli habitat costieri sono quelli con il più alto livello di rischio a scala nazionale ed europea. Consideriamo quindi fondamentale il monitoraggio continuo di questi ecosistemi, così come il richiamo ad ulteriori approfondimenti, coinvolgendo eventualmente specialisti di diverse discipline. Inoltre, è indispensabile sensibilizzare i dirigenti pubblici, gli amministratori e il pubblico in generale sull'importanza di proteggere questi habitat con le loro specie esclusive. Nel frattempo, è fondamentale l'attuazione di misure efficaci di conservazione e di recupero delle aree più degradate, nella speranza di preservare la funzionalità e l'unicità di questi fragili ecosistemi per le generazioni future.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ACOSTA A.T.R., STANISCI A., ERCOLE S., BLASI C., "Sandy coastal landscape of the Lazio region", *Phytocoenologia* 33, 2003, pp. 715-726.
- ACOSTA A.T.R., CARRANZA M.L., DI MARTINO L., FRATTAROLI A., IZZI C.F., STANISCI A., "Patterns of native and alien plant species occurrence on coastal dunes in Central Italy", In: *Plant Invasions: Human perception, ecological impacts and management*. Tokarska-Guzik B., Brock J.H., Brundu G., Child L., Daehler C.C., Pyšek P. (eds.). Backhuys Publishers, Leiden, 2008, pp. 235-248.
- ACOSTA A.T.R., ERCOLE S. (EDS), "Gli habitat delle coste sabbiose italiane: ecologia e problematiche di conservazione", ISPRA, Serie Rapporti, 2015, 215.
- ACOSTA A.T.R., ERCOLE S., STANISCI A., DE PATTA PILLAR V., BLASI C., "Coastal vegetation zonation and dune morphology in some mediterranean ecosystems", *Journal of Coastal Research*, 2007, 23 (6), pp. 1518-1524.
- ACOSTA A.T.R., JUCKER T., PRISCO I., SANTORO R., "Passive recovery of Mediterranean coastal dunes following limitations to human trampling", In: *Martinez L.M., Gallego-Fernandez J.B., Hesp P.A., Restoration of coastal dunes*, Springer, 2013, pp. 187-198.
- BAZZICHETTO M., MALAVASI M., ACOSTA A.T.R., CARRANZA M.L., "How does dune morphology shape coastal EC habitats occurrence? A remote sensing approach using airborne LiDAR on the Mediterranean coast", *Ecological indicators*, 2016, 71, pp. 618-626.
- CAMPOY J.G., ACOSTA A.T.R., AFFRE L., BARREIRO R., BRUNDU G., BUISSON E.

- ET AL., "Monographs of invasive plants in Europe: *Carpobrotus*", *Botany Letters*, 2018, 165 (3-4), pp. 440-475.
- CARBONI C., SANTORO R., ACOSTA A.T.R., "Are some communities of the coastal dune zonation more susceptible to alien plant invasion?", *Journal of Plant Ecology*, 2010, 3, pp. 139-147.
- CARBONI M., SANTORO R., ACOSTA A.T.R., "Dealing with scarce data to understand how environmental gradients and propagule pressure shape fine-scale alien distribution patterns on coastal dunes", *Journal of Vegetation Science*, 2011, 22(5), pp. 751-765.
- CASTIGLIONI G.B., "Geomorfologia", 1982, Ed. UTET, Torino.
- EEA, "Conservation status of habitat types and species", Article 17, Habitats Directive 92/43/EEC, 2015. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/article-17-database-habitats-directive-92-43-eec-1>.
- FENU G., CARBONI M., ACOSTA A.T.R., BACCHETTA G., "Environmental factors influencing coastal vegetation pattern: New insights from the Mediterranean Basin", *Folia Geobotanica*, 2013, 48, pp. 493-508.
- GENOVESI P., ANGELINI P., BIANCHI E., DUPRÉ E., ERCOLE S., GIACANELLI V., RONCHI F., STOCH F., "Specie e habitat di interesse comunitario in Italia: distribuzione, stato di conservazione e trend", ISPRA, Serie Rapporti, 2014, 194/2014.
- GIULIO S., ACOSTA A.T.R., CAMPOS J.A., CHYTRÝ M., HERRERA M., LOIDI J., PERGL J., PEARMAN P., PYŠEK P., "The alien flora of the European sand dunes", *Applied Vegetation Science*, 23(3), 2020, pp. 317-327.
- JANSSEN J.A.M., RODWELL J.S., CRIADO M.G., GUBBAY S., ARTS G.H.P., HAYNES T., NIETO A., SANDERS N., LANDUCCI F., LOIDI J., SSYMANK A., TAHVANAINEN T., VALDERRABANO M., ACOSTA A.T.R. ET AL., "European Red List of Habitats. Part 2. Terrestrial and freshwater habitats", European Union, 2016. DOI: 10.2779/091372.
- JUCKER T., CARBONI M., ACOSTA A.T.R., "Going beyond taxonomic diversity: deconstructing biodiversity patterns reveals the true cost of iceplant invasion", *Diversity and Distributions*, 2013, 19, pp. 1566-1577.
- MALAVASI M., SANTORO R., CUTINI M., ACOSTA A.T.R., CARRANZA M.L., "What has happened to coastal dunes in the last half century? A multitemporal coastal landscape analysis in Central Italy", *Landscape and Urban Planning*, 2013, 119, pp. 54-63.
- MALAVASI M., CARBONI M., CUTINI M., CARRANZA M.L., ACOSTA A.T.R., "Landscape fragmentation, land-use legacy and propagule pressure

- promote plant invasion on coastal dunes: a patch-based approach", *Landscape Ecology*, 2014, 29(9), pp. 1541-1550.
- MALAVASI M., SANTORO R., CUTINI M., ACOSTA A.T.R., CARRANZA M.L., "The impact of human pressure on landscape patterns and plant species richness in Mediterranean coastal dunes", *Plant Biosystems*, 2016, 150(1), pp. 73-82.
- MARTÍNEZ M.L., PSUTY N.P., "Coastal Dunes. Ecology and Conservation", 2004, Springer-Verlag, Berlin.
- MAUN M.A., "The Biology of Coastal Sand Dunes", Oxford University Press, 2009, ISBN: 9780198570356, 280 pp.
- MCLACHLAN A., BROWN A., "The ecology of sandy shores", 2006, Elsevier, USA.
- POETA G., BATTISTI C., ACOSTA A.T.R., "Marine litter in Mediterranean sandy littorals: spatial distribution patterns along central Italy coastal dunes", *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 89, pp. 168-173.
- POETA G., CONTI L., MALAVASI M., BATTISTI C., ACOSTA A.T.R., "Beach litter occurrence in sandy littorals: The potential role of urban areas, rivers and beach users in central Italy", *Estuarine, Coastal & Shelf Science*, 2016, 181, pp. 231-237.
- PRISCO I., CARBONI M., JUCKER T., ACOSTA A.T.R., "Temporal changes in the vegetation of Italian coastal dunes: identifying winners and losers through the lens of functional traits", *Journal of Applied Ecology*, 2016a, 53(5), pp. 1533-1542.
- PRISCO I., STANISCI A., ACOSTA A.T.R., "Temporal changes in Adriatic coastal dunes: results from a short term vegetation monitoring", *Plant Sociology*, 2016b, 52(2), pp. 95-100.
- SANTORO R., JUCKER T., CARRANZA M.L., ACOSTA A.T.R., "Assessing the effects of *Carpobrotus* invasion on coastal dune soils. Does the nature of the invaded habitat matter?", *Community Ecology*, 2011, 12(2), pp. 234-240.
- SARMATI S., CONTI L., ACOSTA A.T.R., "Carpobrotus acinaciformis vs *Carpobrotus edulis*: Are there any differences in their impact on coastal dune plant biodiversity?", *Flora*, 2019, 151422.
- SPERANDII M.G., PRISCO I., ACOSTA A.T.R., "Hard times for Italian coastal dunes: insights from a diachronic analysis based on random plots", *Biodiversity and Conservation*, 2018, 27(3), pp. 633-646.
- SPERANDII M.G., BAZZICHETTO M., GATTI F., ACOSTA A.T.R., "Back into the past: Resurveying random plots to track community changes in Italian

coastal dunes”, *Ecological indicators*, 2019, 96, pp. 572-578.

Beaches and coastal dunes: a very particular transitional environment. – Occupying transition zones between terrestrial and marine ecosystems, coastal dune systems are characterized by strong environmental gradients which determine the coexistence of different plant communities in a relatively small area. The complex and compressed zonation of plant communities along the sea-inland gradient is one of the most interesting features of Mediterranean sandy shores. This work describes distribution patterns of major habitat types in coastal dune systems in Italy emphasizing their ecological value in terms of biodiversity and landscape heterogeneity. Despite the presence of numerous habitats which are considered priorities for international conservation goals, coastal dune ecosystems have undergone consistent transformations and are currently considered to be highly endangered. A synthesis of major threats is also presented. In particular, fragmentation and loss of natural coastal dune habitats has occurred together with the expansion of artificial areas, afforestation and the gain of new land for agricultural activities. Coupled with these phenomena, the spread of alien plants has been claimed to produce a wide range of impacts, including changes in species diversity, community structure as well as alterations of ecosystem processes. Last but not least, sandy shores could be also considered important sinks for marine litter. In the hope of preserving the functionality and uniqueness of coastal dune ecosystems, understanding of these threats is crucial step to develop effective management strategies to safeguard coastal dune biodiversity.

Keywords. – beaches, coastal dunes, coastal vegetation, psammophilous plant communities, threatened habitats.

“Dal fiume al mare”

Ripensare il litorale romano secondo natura

a cura di C. Cencetti e D. Ruggiero

Culture Territori Linguaggi, 18, 2020, pp. 101-116

ISBN 9788894469721

Jacopo Giampaolletti¹, Maria Flavia Gravina²

LE SECCHIE DI TOR PATERNO: UN VALORE INSOSTITUIBILE PER LA BIODIVERSITÀ E LA PICCOLA PESCA LOCALE

Il contesto ambientale. – Le Secchie di Tor Paterno sono dei rilievi rocciosi che si innalzano dal fondale sabbioso nel Mar Tirreno centrale al largo del litorale laziale, in corrispondenza di Torvajonica, 6 miglia a sud del Lido di Ostia (Roma) (fig.1); queste si configurano come l'unica discontinuità che emerge dagli uniformi fondali marini presenti nel tratto di costa laziale a partire dalla foce del Tevere fino ad Anzio, che sono occupati quasi esclusivamente da sedimenti fangoso-sabbiosi di origine terrigena, trasportati dal fiume e dispersi lungo la costa dalle forze idrodinamiche del mare. Le correnti che interessano il litorale laziale si inseriscono nella tipica circolazione tirrenica, che si presenta con un flusso parallelo alla linea di costa in direzione Nord-Ovest e che trasporta proprio in questa direzione gran parte dei sedimenti provenienti dal fiume Tevere; al contrario, le correnti sotto costa risultano essere fortemente influenzate dallo spirare dei venti e presentano una tipica variabilità stagionale (Bignami et alii, 1996). Tuttavia, non va dimenticato il ruolo del moto ondoso nel determinare la dispersione del carico fluviale e la ridistribuzione del sedimento sul fronte deltizio nella fascia

¹ *Università di Roma “Tor Vergata”, Dipartimento di Biologia, jacopogiampaolletti@gmail.com*

² *Università di Roma “Tor Vergata”, Dipartimento di Biologia, maria.flavia.gravina@uniroma2.it*

prettamente costiera. Infatti, è stata più volte evidenziata una marcata zona-

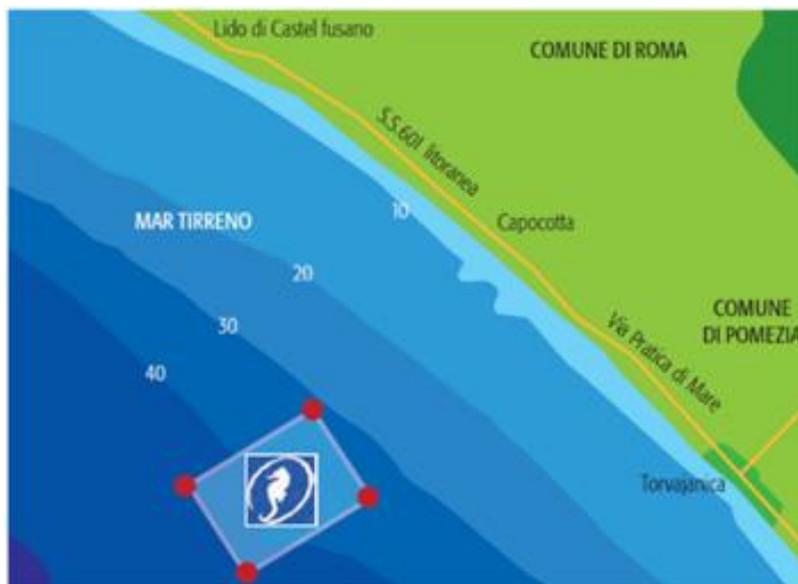


Fig. 1 - Localizzazione geografica dell'Area Marina Protetta delle Secche di Tor Paterno lungo il litorale laziale. Fonte: Albano e Sabelli, 2009.

zione della tipologia di sedimenti presenti nei fondali a Nord e a Sud della foce del Tevere, relativamente alla dimensione granulometrica: la maggior parte dei materiali più fini, che viaggiano in sospensione e si allontanano maggiormente dalla battigia, vengono presi in carico dalle correnti costiere la cui direzione è, come detto, verso Nord-Ovest; al contrario, per azione prevalente del moto ondoso, il sedimento più grossolano viene spinto, sotto costa, in direzione Sud (Bellotti et alii, 1987; La Monica e Raffi, 1996). I fondali marini, in corrispondenza della foce del Tevere, risultano pertanto fortemente condizionati dalla deposizione dei sedimenti riversati in mare dal fiume e, dal punto di vista granulometrico, lungo il gradiente costa-largo, possono essere divisi in tre principali macroaree: la zona costiera, estesa dalla linea di costa fino alla batimetria dei 10-15 m, prevalentemente sabbiosa; la fascia più profonda, presente oltre i 20 m di profondità, caratterizzata quasi esclusivamente da sedimenti pelitici; la zona centrale, localizzata tra i 10-15 m fino alla batimetria dei 20 m, che presenta sedimenti sabbiosi arricchiti della frazione fangosa più fine, in rapporto alla diminuzione di energia di presa in carico delle acque fluviali che incontrano le acque marine (Della Seta et al., 1977).

È interessante notare come alla suddetta zonazione della tessitura sedimentaria si accompagni una corrispondente distribuzione delle comunità degli organismi marini che popolano i fondali (comunità zoobentoniche). I Molluschi, ad esempio, risultano nettamente dominanti nella fascia sabbiosa costiera, seguiti dai Crostacei, rappresentati principalmente da Anfipodi e Decapodi, dai Policheti e poi dagli Echinodermi, mentre negli ambienti più profondi, caratterizzati dalla frazione pelitica del sedimento, i Policheti ed i Molluschi rappresentano i gruppi più abbondanti, seguiti in questo caso da Crostacei ed Echinodermi (Gambi & Giangrande, 1986; Chimenz Gusso et alii, 1996). È proprio su questi fondali pianeggianti, privi di rilevanti morfologie erosive e/o deposizionali, eccezione fatta per le barre fluviali alle foci dei corsi d'acqua (Bellotti et alii, 1993), che si ergono quei rilievi conosciuti come Secche di Tor Paterno.

Le secche di Tor Paterno. – Le Secche di Tor Paterno comprendono tre formazioni rocciose di origine verosimilmente tettonica: la più costiera, detta “secche di terra”, che risale da un fondale di 20 m fino ad una profondità minima di 5 m; le “secche di mezzo”, rilievi di forma oblunga disposti obliquamente per circa 2 km da Nord-Est verso Sud-Ovest e con un'ampiezza massima di 500 m, che si innalzano da fondali fangosi profondi 40-50 m, raggiungendo nella parte centrale la profondità di 18-20 m (fig. 2); l'ultima

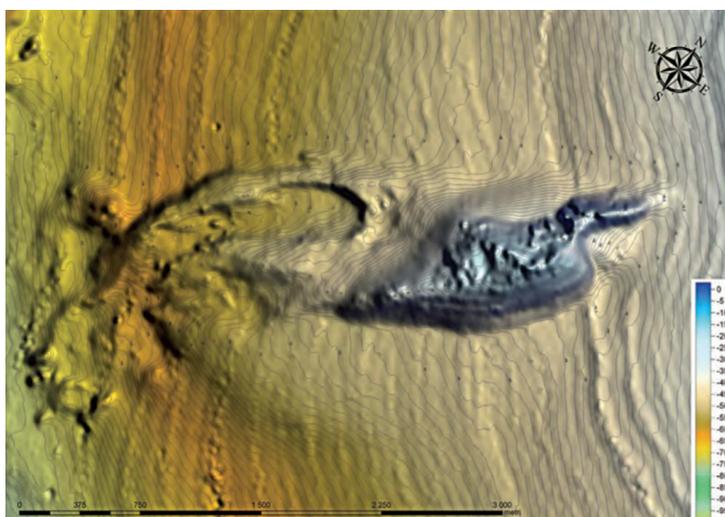


Fig. 2 - Batimetria e modellizzazione 3D delle “secche di mezzo”. Fonte: Albano e Sabelli, 2009.

formazione rocciosa, detta “secche di fuori”, che si estende ancora più al largo, su un fondale di un centinaio di metri. I rilievi di maggiore interesse, dal punto di vista geomorfologico ed ecologico, risultano le formazioni appartenenti alle “secche di mezzo”; infatti, in un’ampia area di fondo occupata quasi esclusivamente da sedimenti, l’innalzamento di queste strutture rocciose rappresenta l’unico substrato idoneo alla colonizzazione ed all’insediamento delle complesse comunità di organismi legati ai fondi rocciosi. Tra queste, a seconda delle diverse condizioni di illuminazione, di idrodinamismo e del tipo di substrato, sono presenti le comunità dei biotopi algali, la comunità associata alla pianta marina *Posidonia oceanica* (L.) Delile e quella della biocostruzione del Coralligeno (Ministero Marina Mercantile, 1993; Ministero dell’Ambiente et alii, 1998).

Il Coralligeno è una concrezione assai complessa, dovuta all’attività costruttiva di organismi sia animali che vegetali, caratterizzati da rivestimenti di carbonato di calcio (Relini, 2009). Questa particolare formazione si sviluppa tramite l’accrescimento e la sovrapposizione in più strati degli organismi costruttori che colonizzano e ricoprono il substrato roccioso offerto dalle secche e che, in un’ideale stratificazione verticale, risultano suddivisi in tre differenti livelli: uno strato inferiore incrostante, uno strato intermedio ed uno strato superiore elevato. Lo strato incrostante, che si sviluppa a diretto contatto con la superficie rocciosa, è formato principalmente da alghe rosse calcaree, come quelle dei generi *Lithophyllum* e *Peyssonnelia* e da spugne incrostanti, protagoniste della cementazione del substrato; lo strato intermedio è dominato invece da altri organismi sessili, fissati saldamente al substrato, come Briozoi, Poriferi, Policheti, Bivalvi e Cnidari. I Briozoi, in particolare, costituiscono una componente molto importante del Coralligeno, rivestendo sia il ruolo vero e proprio di biocostruttori, con le specie caratterizzate da colonie a sviluppo eretto-rigido (ad esempio *Pentapora fascialis*), sia quello di leganti (o *binders*) svolto invece da tutte quelle specie con colonie incrostanti, capaci di unire i diversificati organismi sopra cui si accrescono cementandoli con le lamine delle loro colonie. Nell’ultimo strato, quello più elevato, dominano gli Cnidari, con le grandi colonie erette delle Gorgonie delle specie *Paramuricea clavata*, *Eunicella singularis* ed *Eunicella cavolinii*; la grande abbondanza di questi ultimi organismi caratterizza fortemente il substrato su cui si accrescono, tanto da attribuire ad esso particolari aspetti, detti *facies*, individuati appunto dalla dominanza di varie specie: tra questi si ricordano la fa-

cies a *Eunicella cavolinii*, la facies a *Paramuricea clavata* e la facies a *Eunicella singularis*, che sono rispettivamente caratterizzate dalla abbondanza delle citate specie.

Il Coralligeno non si presenta uniformemente distribuito sulla secca, ma è intercalato a chiazze di substrato colonizzato da alghe sciafile e dalla Posidonia, soprattutto sulla parte più superficiale. Questa pianta, che è endemica del Mediterraneo, cioè è presente esclusivamente nel Nostro Mare, è particolarmente importante dal punto di vista ecologico, perché crea la struttura tridimensionale del fondale, dando origine a delle vere e proprie “foreste marine” (Relini, 2008). In esse si formano una moltitudine di microhabitat diversi tra le foglie, tra i fusti, detti rizomi, che crescono a livello del fondo ed anche in quella caratteristica zona formata dall'intricato ammasso di rizomi, radici e sedimento, nota come “matte”; tali diversi microhabitat ospitano numerosi e diversificati organismi, aumentando notevolmente la biodiversità dell'ambiente. Ad esempio, per avere un'idea dell'importanza di questo habitat, basti pensare che le praterie di Posidonia ospitano oltre 400 specie diverse di alghe e circa un migliaio di specie animali (Ardizzone e Belluscio, 1996). È di facile comprensione, dunque, come le suddette comunità, intercalandosi le une con le altre, formino un mosaico di ambienti assai ricco e diversificato, adatto ad ospitare numerosissimi e svariati organismi, i quali conferiscono a queste formazioni rocciose sottomarine un particolare pregio naturalistico.

Il variegato paesaggio delle Secche di Tor Paterno risulta essere, inoltre, un richiamo anche per diverse specie ittiche, che sulle secche o intorno ad esse possono trovare rifugio, alimentarsi ed accrescersi. Tra le specie presenti più abbondanti ricordiamo la castagnola (*Chromis chromis*), la donzella (*Coris julis*), la salpa (*Sarpa salpa*); anche i Labridi sono ben rappresentati, tra i quali le specie più comuni sono *Symphodus rostratus*, *S. roissali* e *S. tinca*. Le zone delle secche più ricche di anfratti e cavità sono tipicamente occupate da specie stanziali, le cosiddette “specie di tana” come, ad esempio, la cernia bruna (*Epinephelus marginatus*), la cernia rossa (*Mycteroperca rubra*), il gronco (*Conger conger*), il re di triglie (*Apogon imberbis*), la murena (*Murena helena*) ed il tordo (*Symphodus tinca*). Alcuni pinnacoli che si ergono dalla secca estendendosi nella colonna d'acqua fungono, invece, da richiamo per numerose specie pelagiche, come ad esempio la ricciola (*Seriola dumerili*) ed il dentice (*Dentex dentex*). Nelle zone delle secche dove le chiazze di Posidonia si presentano più fitte sono stati più volte avvistati esemplari di *Myliobatis aquila*,

l'aquila di mare (Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", 2005).

La presenza delle secche condiziona anche i fondali circostanti dove i sedimenti, pur tipicamente fangosi, vengono arricchiti dai detriti di origine organica derivanti dall'attività biocostruttrice degli organismi che edificano il Coralligeno: essi sono, ad esempio, i frammenti dei talli calcarei delle alghe Corallinacee, i frammenti delle colonie delle madrepore e dei Briozoi, i resti dei tubi calcarei dei Policheti Serpulidi e delle conchiglie dei Molluschi; ed ancora, ad aumentare l'eterogeneità di questi sedimenti, si aggiungono anche i frammenti vegetali delle foglie e dei rizomi della Posidonia. Questo tipo di sedimento assai eterogeneo, in quanto formato da un componente fangosa fine alla quale sono aggiunti detriti diversificati provenienti dalle parti calcaree di vari animali bentonici, si estende per circa 200 m intorno alle secche e risulta ben distinto dai sedimenti dei fondali circostanti, sia come composizione che come granulometria (Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", 2005). Oltre questa fascia batimetrica, il fondale è occupato da un sedimento a granulometria più fine, tipicamente fangosa.

Anche le comunità zoobentoniche che popolano detti fondali a ridosso delle secche risultano assai diversificate e ben strutturate, con elevati numeri di individui e di specie e rispecchiano a pieno l'eterogeneità tessiturale dei sedimenti che occupano tali fondali. Il gruppo tassonomico maggiormente rappresentato è quello dei Policheti, seguito dai Molluschi, dai Crostacei Anfipodi e dagli Echinodermi (Ministero dell'Ambiente et alii, 1998). Tra le numerose specie di Molluschi presenti in queste zone, alcune hanno un'importanza prettamente economica, come il caso della "famosissima" tellina (*Donax trunculus*) che rappresenta un elemento tipico dei sedimenti sabbioso-fangosi di questo tratto del litorale laziale. Altre specie di Molluschi, invece, rivestono un particolare interesse scientifico, come le specie dei Gasteropodi *Alvania settepassii* Amati e Nofroni, *Certhiopsis nefronii* Amati e Nofroni e *Chrysallida moolenbeeki* Amati che, come specie nuove per la scienza, sono state descritte per la prima volta per le Secche di Tor Paterno come località tipica (Albano e Sabelli, 2012).

Questa elevata biodiversità zoobentonica è sostenuta da abbondante fitoplancton che, in quanto costituito da organismi autotrofi, è responsabile di una elevata produzione primaria annua, relativamente stabile e che mostra valori molto vicini ai 100 g C m⁻² anno⁻¹ (Ministero dell'Ambiente et alii, 1998), pur presentando le tipiche variazioni stagionali: i valori massimi della produzione primaria si verificano nel periodo estivo, qualche mese dopo il

periodo primaverile, durante il quale si raggiungono i valori più alti della biomassa fitoplanctonica. L'area delle secche, quindi, è caratterizzata da un assetto trofico della massa d'acqua più elevato di quello che caratterizza le altre aree costiere tirreniche, verosimilmente per effetto degli apporti veicolati dalle acque del Tevere.

L'area marina protetta delle secche di Tor Paterno. – Le peculiarità ambientali del sito hanno da tempo posto l'attenzione sulla necessità di tutelare l'area delle Secche di Tor Paterno, nell'intento di garantire che le diverse attività umane possano essere svolte in maniera sostenibile. Tanto è vero che nel 1988 fu emanato, per l'intera zona, un provvedimento di tutela biologica, in base alla legge 963/65 (D.M. n. 402 del 30/8/88), art. 98. Tale decreto consentiva, per il triennio 1988/1991, la pesca tramite tramagli e nasse limitatamente ai pescatori professionisti e tramite lenze ai pescatori sportivi. Inoltre, detto decreto prevedeva (art. 3) lo svolgimento dello studio di fattibilità per l'istituzione dell'Area Marina sulla zona da sottoporre a tutela (Ministero Marina Mercantile, 1993).

Nel Novembre del 2000 è stata istituita l'Area Marina Protetta delle Secche di Tor Paterno, tutt'oggi amministrata dall'ente della Regione Lazio RomaNatura, che gestisce le aree protette all'interno del Comune di Roma. Quest'area marina protetta, in cui solo le secche di mezzo ricadono interamente, è caratterizzata da una peculiarità esclusiva che la distingue dalle altre aree marine protette italiane e mediterranee: essa non presenta al suo interno nessun tratto di costa né di zone emerse. In acque aperte, quindi, tale area protetta è segnalata esclusivamente da 4 boe rosse poste agli angoli perimetrali (A: 41° 37' 30 N - 12° 20' 50 E; B: 41° 36' 00 N - 12° 21' 90 E; C: 41° 34' 50 N - 12° 19' 50 E; D: 41° 35' 80 N - 12° 18' 00 E) (fig.1). La superficie tutelata è di 1387 ettari ed è classificata come riserva generale (zona B), dove sono consentite alcune attività di fruizione da parte dell'uomo a scopo ricreativo, ritenute compatibili con la protezione e la salvaguardia degli ecosistemi e delle specie presenti, come ad esempio la balneazione, la pesca sportiva (solo per chi è autorizzato dall'ente gestore) e le attività subacquee regolamentate. Per quanto riguarda le attività produttive, le uniche forme di pesca consentite sono, tra le professionali, quelle definite come "tradizionali" che, impiegando attrezzi da pesca quali rastrelli per bivalvi e reti da posta, consentono catture sostenibili.

L'oro di Torvajonica. – Le Secche di Tor Paterno si comportano, dunque, come una vera e propria “oasi” in una “desertica” distesa fangosa, fornendo substrato, rifugio e cibo per un elevatissimo numero di organismi marini. Infatti, la natura rocciosa di queste “montagne sottomarine” conferisce alle secche una grande diversità di microambienti, essendo la superficie tutt’altro che uniforme, ma provvista di buchi, fessure, solchi ed anfratti; questa eterogeneità rende tali secche ottimi ambienti per ospitare un gran numero di specie di organismi marini, come alghe, piante, invertebrati e pesci, che altrimenti non avrebbero trovato asilo nei fondali fangosi circostanti. Infatti, in un’ottica specificatamente ecologica, questa “discontinuità” che si innalza da una “piatta uniformità” assume il ruolo fondamentale di substrato idoneo alla colonizzazione da parte di tutti quegli organismi che sono i principali responsabili della formazione degli habitat sottomarini maggiormente diversificati e complessi, come quello del Coralligeno e della *Posidonia oceanica*. Quindi, sia la particolare localizzazione delle secche sia il fatto di essere sede di habitat straordinariamente affascinanti e altrettanto delicati hanno motivato per le Secche di Tor Paterno l’istituzione dell’Area Marina Protetta.

Le Secche di Tor Paterno, dunque, da un lato arricchiscono notevolmente questo tratto di litorale in diversità di microambienti, aumentandone notevolmente la biodiversità; dall’altra attirano anche un elevato numero di specie ittiche e quindi sostengono la piccola pesca locale, supportando in tal modo in maniera considerevole l’economia di queste zone del litorale laziale. Tra le diverse specie che popolano stabilmente o che frequentano di passaggio queste secche, sono da segnalare numerose specie di interesse alieutico: tra gli invertebrati principalmente i Molluschi Bivalvi, come telline (*Donax trunculus*) e Cefalopodi come polpi (*Octopus vulgaris*) e seppie (*Sepia officinalis*); tra i pesci, specie più strettamente demersali come ombrine (*Umbrina cirrosa*), saraghi (*Diplodus puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*), occhiate (*Oblada melanura*), orate (*Sparus aurata*), sogliole (*Solea vulgaris*), cefali (*Chelon labrosus* e *Mugil cephalus*), marmore (*Lithognathus mormyrus*), fragolini (*Pagellus erythrinus*), triglie di scoglio (*Mullus surmuletus*), scorfani (*Scorpaena porcus*, *Scorpaena scrofa*), ma anche specie più specificamente pelagiche come spigole (*Dicentrarchus labrax*), ricciole (*Seriola dumerili*), pesci serra (*Pomatomus saltatrix*), sugherelli (*Trachurus trachurus*), lecce (*Lichia amia*), lecce stella (*Trachinotus ovatus*), tombarelli (*Auxis rochei*) e queste solo per fare qualche esempio nel lungo elenco di oltre 40 specie di interesse economico legate alle secche (Università degli Studi di Roma “Tor Vergata, 2005). Una particolare atten-

zione va rivolta ai piccoli Bivalvi conosciuti con il nome volgare di *telline*, organismi caratteristici del litorale romano nella zona che va da Passoscuro a Capo d'Anzio, in un'area lunga oltre 70 km, la cui cattura risale addirittura ai tempi degli antichi Romani; la pesca della tellina ha continuato ad essere una delle principali attività del litorale, come dimostrato anche da documenti datati agli ultimi anni del '500, in cui si parla proprio della cessione di terreni destinati alla pesca di questi Bivalvi (<https://thedeliverdish.com/telline-litorale-romano/>).

Ed è stata per l'appunto tale ricchezza ittica ad aver spinto più di 100 anni fa un manipolo di pescatori del Lazio meridionale a percorrere quasi 200 km per raggiungere questo tratto di litorale ancora completamente privo di qualsiasi insediamento umano, equipaggiati solamente di piccole imbarcazioni familiari, mosse dal vento e dai remi (fig. 3).

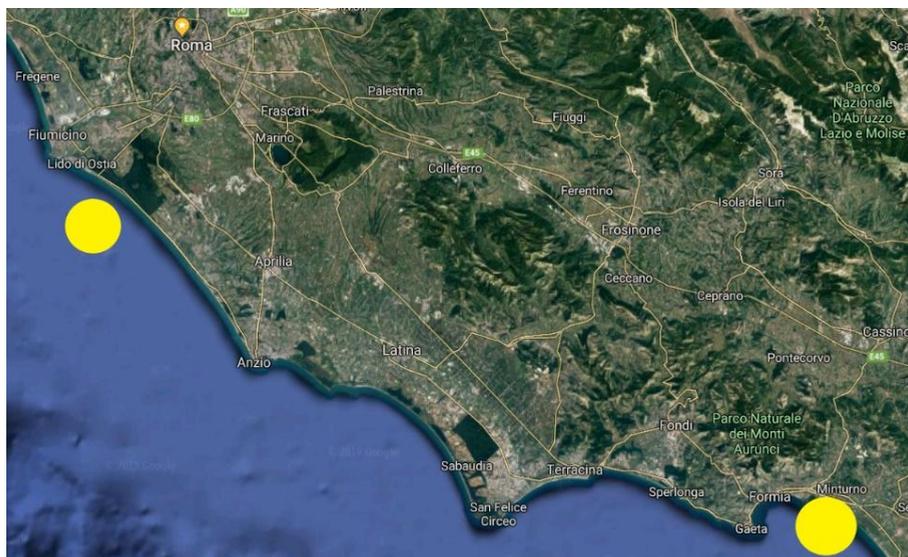


Fig. 3 - Punto di partenza (Minturno) e di arrivo (Torvajonica) dei pescatori che per primi hanno colonizzato questo litorale percorrendo un tragitto di circa 200 km con piccole imbarcazioni mosse soltanto dal vento e dai remi. Fonte: <https://www.google.it/maps/>

Questa storia, tramandata tramite foto e memorie passate di generazione in generazione, viene riportata nel documentario *“L'oro di Torvajonica”*, prodotto con il sostegno della Regione Lazio e per la regia di Manuela Vigorita (fig. 4).



Fig. 4 - "L'oro di Torvajonica", documentario prodotto con il supporto della Regione Lazio e regia di Manuela Vigorita. Fonte: Regione Lazio.

Si tratta di un lavoro che racconta degli uomini e delle donne che per primi, all'inizio del secolo scorso, si sono insediati su queste coste disabitate; questi "avventurieri" partivano dalla zona di Minturno, nel Lazio meridionale, attratti dalla grandissima abbondanza di pesci che popolavano le aree limitrofe le secche, paragonabile, senza ombra di dubbio, ad un vero e proprio "oro" per chi della pesca faceva il suo sostentamento. Inizialmente gli equipaggi erano composti da soli uomini che, facendo avanti ed indietro tra queste coste disabitate e le zone natie, vivevano come nomadi accampati in "pagliari" o tende provvisorie (fig. 5): questi pescatori costituivano dunque quelle comunità costiere impegnate nella costante ricerca di intercettare le risorse che il mare poteva offrire loro. Solo successivamente, vista la comprovata e duratura ricchezza di questo tratto di mare, i pescatori di Minturno si organizzarono per trasferire, in quel litorale laziale situato ben più a settentrione del paese di residenza, anche le loro donne. Vennero così fondati i primi insediamenti umani lungo quel tratto di costa dove oggi sorge la cittadina di Torvajonica. Considerata la completa inurbanizzazione della zona e il carattere pionieristico della colonizzazione antropica di quest'area, tutto il necessario per la sopravvivenza si produceva in maniera autonoma: dall'approvvigionamento di acqua dolce, dal pane alla pasta, dagli abiti alla costruzione delle prime vere abitazioni, dai materiali per l'intreccio delle reti



Fig. 5 - A: pescatori di ritorno dalla giornata di lavoro a mare con le loro imbarcazioni; B: le barche su queste coste disabitate erano tra i pochi ripari e zone d'ombra a disposizione dei pescatori; C: "Pagliari", le prime case provvisorie costruite lungo il litorale. Fonte: fotografie tratte dal documentario: "L'oro di Torvajonica", per gentile concessione di Manuela Vigorita. Produzione: Regione Lazio.

a quelli per la manutenzione delle barche. Era così stato fondato un vero e proprio villaggio di pescatori, con gli uomini in mare e le donne che si occupavano di tutto il resto, compreso l'aiuto che le mogli, con i figli, dovevano offrire ai mariti quando questi rientravano dalla pesca, per ritirare sulla spiaggia le loro imbarcazioni: era necessaria la forza di tutte le braccia disponibili (fig. 6).

Nell'epoca nel primo dopoguerra, con la progressiva urbanizzazione e industrializzazione di questo litorale, le tecniche e la cultura della pesca hanno continuato a vivere, tramandate di padre in figlio, sviluppandosi e modificandosi di pari passo con le migliorie apportate dal progresso della tecnologia. Diverse e moderne sono state, infatti, le strumentazioni a disposizione dei pescatori, come ad esempio i verricelli azionati da motori elettrici per trainare le imbarcazioni sulla spiaggia, invece di spingerle a mano, e per ritirare a bordo le reti dopo la pesca; i motori a scoppio che hanno sostituito i remi e le vele, o ancora le reti di nylon.

A tutt'oggi, lungo il litorale di Torvajonica, viene esercitata la piccola pe-



Fig. 6 - A/C: donne e uomini fotografati durante le normali attività ed occupazioni quotidiane; B: donne e bambini fotografati in una delle prime abitazioni stabili lungo queste coste. Fonte: fotografie tratte dal documentario: "L'oro di Torvajonica", per gentile concessione di Manuela Vigorita. Produzione: Regione Lazio.

sca artigianale con reti monofilamento per le specie demersali, reti da posta, tramagli per seppie e mazzancolle, imbrocco, incasellata, i palangari, le nasse e i rastrelli per bivalvi (Ardizzone et alii, 1998; Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", 2005). Questi attrezzi sono gli unici consentiti dal decreto istitutivo dell'Area Marina Protetta perché, in virtù della loro alta selettività, consentono la cattura delle sole specie oggetto di pesca, evitando la cattura involontaria di esemplari di specie senza valore commerciale che non sono oggetto di pesca e riducono pertanto l'impatto sulla biodiversità. Le attività di pesca che si avvalgono di questi attrezzi nell'ambito della legalità, infatti, non provocano danni insostenibili, né ai popolamenti bentonici né a quelli ittici: la piccola pesca professionale, infatti, non arriva mai a distruggere interamente gli stock ittici, ma lascia sempre, per i limiti imposti dalle caratteristiche dell'attrezzo stesso, una quota di individui adulti che riescono a sfuggire alla cattura e che quindi rappresentano i riproduttori, che genereranno la successiva generazione di pesci. In tal modo viene assicurata la continuità delle specie nel tempo, in quanto è garantita la nascita di nuovi indi-

vidui ed è permessa la crescita degli esemplari giovanili più piccoli.

Conclusioni. – In conclusione, è proprio grazie all'istituzione dell'Area Marina Protetta delle Secche di Tor Paterno che si è giunti alla regolamentazione e al controllo dello sforzo di pesca su tali fondali; sono stati, ad esempio, fissati i limiti relativi alle caratteristiche degli attrezzi da pesca ammessi, il numero di imbarcazioni per le varie marinerie e quindi il numero degli addetti per le varie zone del litorale, nonché le dimensioni delle imbarcazioni. La definizione di detti limiti è scaturita dalla consapevolezza accertata dell'immenso valore ecologico ed economico che le secche rappresentano per questo litorale ed è quindi grazie all'esistenza dell'Area Marina Protetta che la piccola pesca professionale può continuare a vivere, trovando ancora giovani desiderosi di acquisire quella conoscenza, tramandata ormai da decenni, per intraprendere la professione di pescatore artigianale e, allo stesso tempo, attratti dalla redditività offerta a tutt'oggi da questo tratto del litorale laziale.

Questo tipo di pesca si pone, infatti, ben al di fuori dalle logiche della produzione industriale, per le quali quantità e profitto a breve termine sono gli unici requisiti fondamentali ma, al contrario, poggia le sue necessità sulla continuità nel tempo in quanto, da un lato, assicura la sostenibilità delle popolazioni ittiche di interesse commerciale e dall'altro anche la sussistenza a lungo termine delle popolazioni umane rivierasche. È quindi solo con lo sfruttamento attento e rinnovabile della risorsa che vengono garantite le modalità di una gestione sostenibile delle aree costiere che, in quanto tale, risulti rispettosa delle esigenze del mare e dell'uomo.

Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare vivamente Manuela Vigorita per averci messo a disposizione il documentario da lei realizzato "L'oro di Torvajonica", raccogliendo testimonianze fotografiche e verbali dei protagonisti di un periodo di storia del nostro litorale, offrendoci così l'occasione di dare il nostro contributo alla trasmissione di questa memoria storica. Per la realizzazione di tale opportunità vogliamo esprimere i nostri sentiti ringraziamenti a Corrado Cencetti e Danilo Ruggiero, perché ci hanno destinato questo spazio in "Culture Territori Linguaggi" quanto mai idoneo per tramandare questo tassello di storia del nostro territorio.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ALBANO P.G., SABELLI B., "I Molluschi delle Secche di Tor Paterno. Gli studi e le guide di RomaNatura, 2", Ente Regionale RomaNatura, Roma, 2009, 96 pp.
- ALBANO P.G., SABELLI B., "The molluscan assemblages inhabiting the leaves and rhizomes of a deep water *Posidonia oceanica* settlement in the central Tyrrhenian Sea", *Scientia Marina*. 76(4), 2012, pp. 721-732.
- ARDIZZONE G.D., BELLUSCIO A., GRAVINA F., SCHINTU P., MARTINI N., SOMASCHINI A., "Caratteristiche ambientali e risorse di pesca della secca di Tor Paterno", *Biol. Mar. Medit.* (5), 1998, pp. 736-744.
- ARDIZZONE G.D., BELLUSCIO A., "Le praterie di *Posidonia oceanica* delle coste laziali", In: *Il Mare del Lazio*, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Regione Lazio, 1996, pp. 194-217.
- BELLOTTI P., BIAGI P. F., PIRO S., VALERI P., "Il delta del Tevere: caratteri morfologici e sedimentologici della piana deltizia", *Giorn. di Geol.* (49), 1987, pp. 89-99.
- BELLOTTI P., CHIOCCI F.L., MILLI S., TORTORA P., "Variabilità nel tempo della distribuzione granulometrica sui fondali del delta del Tevere", *Boll. Soc. Geol. It.* (112), 1993, pp. 143-153.
- BIGNAMI F., MANZELLA G.M.R., SALUSTI E., SPARNOCCHIA S., "Circolazione delle acque", In: *Il Mare del Lazio*, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Regione Lazio, 1996, pp. 3-25.
- CHIMENZ GUSSO C., TARAMELLI E., GRAVINA M.F., "I popolamenti bentonici litorali", In: *Il Mare del Lazio*, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Regione Lazio, 1996, pp. 147-193.
- DELLA SETA G., MINERVINI R., MUSSINO R., CASTAGNOLO L., FOCARDI S., RENZONI A., "Primi risultati dello studio sui popolamenti bentonici dragabili alla foce del Tevere", *Atti del IX Congresso Società Italiana di Biologia Marina (Ischia, 19-22 maggio 1977)*, 1977, pp. 215-227.
- GAMBI M.C., GIANGRANDE A., "Distribution of Soft-bottom Polychaetes in Two Coastal Areas of the Tyrrhenian Sea (Italy): Structural Analysis", *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (23), 1986, pp. 847-862.
- LA MONICA G.B., RAFFI R., "Morfologia e sedimentologia della spiaggia e della piattaforma continentale interna", In: *Il Mare del Lazio*, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Regione Lazio, 1996, pp. 62-86.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE, CONISMA, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

"TOR VERGATA", "Studio di fattibilità per l'istituzione della Riserva Marina Secche di Tor Paterno", 1998.

MINISTERO MARINA MERCANTILE, "Caratteristiche ambientali e risorse da pesca della secca di Tor Paterno. Relazione finale", 1993, 165 pp.

RELINI G. (ED.), "Praterie a fanerogame marine", Quaderni habitat n. 19. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Museo friulano di storia naturale, Udine, 2008, 159 pp.

RELINI G. (ED.), "Biocostruzioni marine", Quaderni habitat n. 22. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Museo friulano di storia naturale, Udine, 2009, 159 pp.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA", "Programma di ricerca Gestione multifunzionale dell'AMP 'Secche di Tor Paterno'. Relazione finale", 2005, 181 pp.

The "Secche di Tor Paterno": an irreplaceable value for biodiversity and small local fishing. – The "Secche di Tor Paterno" are configured as a real "oasis" of biodiversity in the flat uniformity that characterizes the depths of the Lazio coast from the mouth of the Tiber to Anzio. These submarine reliefs are the set of three rock formations: the "shoals of earth", the "shoals of the middle" and the "shoals of the outside"; the middle shoals fall entirely within the AMP of the Tor Paterno Shoals, established in November 2000. The great ecosystemic value of these shoals consists in the substrate they offer for colonization by numerous species of marine invertebrates and which attracts a high number of fish species of fishery interest. This work summarizes the environmental and ecological characterization of the middle shoals in the context of the coastal marine area of Lazio where they are located. Furthermore, referring to the documentary "L'oro di Torvajonica", produced under the direction of Manuela Vigorita, the salient features of the history of the colonization of this coast are told; this colonization took place over a century ago by fishermen attracted to the area by wealth of fishes. Small-scale artisanal fishing, still carried out in the shallows area with sustainable tools and methods, ensures the renewability of fish populations. This kind of local fishing therefore is the only form of management of fish resources that respects the environment and is compatible with the correct and continuous exploitation of the resources of our sea. Precisely this abundance of fish still attracts young people eager to continue the culture and practice of this pro-

fessional fishing, which is a considerable source of the economy of the populations of this stretch of Lazio coast.

Keywords. – biodiversity hotspot; historical data; local artisanal fishing; sustainable fishing.

“Dal fiume al mare”

Ripensare il litorale romano secondo natura

a cura di C. Cencetti e D. Ruggiero

Culture Territori Linguaggi, 18, 2020, pp. 117-129

ISBN 9788894469721

Andrea Bonifazi¹

RICOSTRUZIONE ATTIVA DEGLI HABITAT MARINI: SABELLARIA REEF

La Biocostruzione. – “Biocostruzione” è un termine che si riferisce ad una struttura permanente (o semipermanente) edificata da organismi marini, grazie alla quale vengono incrementati il volume, la complessità e l’eterogeneità dell’habitat in cui viene edificata, molto spesso arrivando a modellare il paesaggio.

Si tratta di strutture di grande rilevanza ecologica che aumentano notevolmente la complessità topografica di un dato ambiente, originando così nuovi microhabitat in grado di ospitare un gran numero di specie, rivelandosi veri e propri *hot-spots* di biodiversità; oltre alla valenza ecologica e paesaggistica, possono svolgere anche un importante ruolo ricreativo, potendo avere interesse turistico (Dubois et alii, 2007). Si tratta quindi di ambienti creati *ex novo*, altamente dinamici, frutto di un equilibrio tra costruttori e demolitori, per cui l’azione degli uni o degli altri implica la crescita o la decrescita della biocostruzione. Tendenzialmente tali strutture organogene si sviluppano su substrati duri preesistenti, formando così un importante substrato duro secondario; poche specie sono tuttavia in grado di accrescersi in modo vincente anche su substrati mobili.

Le biocostruzioni per antonomasia sono le barriere coralline tropicali, eleganti strutture naturali in cui un gran numero di specie di coralli, assieme

¹ *Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”, Dipartimento di Biologia, bonifazi.andrea@virgilio.it*

ad altri invertebrati bioingegneri, si accrescono le une accanto alle altre, ognuna con i suoi colori, ognuna con i suoi adattamenti, ognuna con le sue necessità ecologiche. Ma non solo: tra gli anfratti sorti in seguito alla crescita di questi preziosi organismi biocostruttori trovano rifugio pesci, molluschi, crostacei ed echinodermi. Il suggestivo risultato finale è l'iconico emblema della complessa ricchezza di un habitat marino in cui l'impatto dell'essere umano è ancora limitato. La biodiversità per eccellenza.

La Biocostruzione nel Mediterraneo. – E in Mediterraneo? Non c'è bisogno di essere estero-fili, il Mare Nostrum non presenta certo una più frugale biodiversità quando si parla di biocostruzioni: il colorato coralligeno, i superficiali trottoir a vermetidi, i rari banchi a *Cladocora caespitosa*, i reef a *Sabellaria* (Relini, 2009). Tra questi, è probabilmente il coralligeno l'ambiente più noto e di maggior interesse anche nell'ottica della sua protezione. Tale ambiente, tipico delle pareti rocciose sciafile che si sviluppano nel piano circalitorale, quindi a partire mediamente dai 40/50 metri di profondità, sotto alcuni aspetti potrebbe essere paragonabile alle barriere coralline, in quanto il suo sviluppo è dovuto al concrezionamento di alghe rosse incrostanti, oltre a numerosi invertebrati con scheletro carbonatico come cnidari e briozoi, ma anche poriferi e policheti. I veri padroni di questo habitat sono le appariscenti e complesse gorgonie: *Eunicella* e *Paramuricea*, con le loro tinte gialle, rosse o bianche, si ergono dal substrato, offrendo riparo ad un gran numero di altre specie sessili e vagili. E negli anfratti rocciosi del coralligeno può trovare riparo anche il sempre più raro e protetto *Corallium rubrum*, ai più noto come "corallo rosso". Un habitat così variopinto ed eterogeneo, spesso meta dei fotografi subacquei, riscuote certamente un interesse elevato sia in termini ecologici che turistici, così che la sua tutela sia potenzialmente più semplice: ciò che piace e che si conosce deve essere protetto, tanto che il monitoraggio di questo habitat è oggetto di un modulo a lui dedicato nella Marine Strategy Framework Directive (2008/56/CE). Ma non tutte le biocostruzioni nostrane hanno il medesimo appeal, per vari fattori: scarsa conoscenza, minor impatto visivo, luoghi comuni, tradizioni popolari. In questo contesto si collocano i reefs a *Sabellaria*, vermi marini diffusi nelle acque costiere. Tali biocostruzioni sono forse le meno conosciute e più sottovalutate tra quelle presenti in Mediterraneo: d'altronde può un semplice verme avere un ruolo ecologico così importante? La risposta è affermativa.

La Sabellaria. – *Sabellaria* (Annelida, Polychaeta) è un genere di policheti appartenenti alla famiglia Sabellariidae, vermi tipici di acque costiere. Nonostante i singoli individui siano lunghi pochi centimetri, in adeguate condizioni ambientali *Sabellaria* è in grado di edificare strutture che si estendono per centinaia di metri, coprendo svariati ettari di substrato (Ventura et alii, 2018). Queste imponenti barriere sabbiose sono il risultato dell'unione di migliaia di tubicini formati da granelli di sabbia cementati con un muco organico che il verme stesso secerne. Questi tubi sono mediamente lunghi una quindicina di centimetri e sono dotati di un'apertura apicale da cui fuoriesce la sua bocca; questa è circondata da rigide setole modificate (chiamate *palee*) e da tentacoli; essendo un animale filtratore, tali strutture anatomiche sono fondamentali per nutrirsi del fitoplancton e della materia organica presenti nella colonna d'acqua. A livello macroscopico, queste strutture appaiono come rocce costellate da fori, assumendo una forma che ricorda un alveare (fig. 1).



Fig. 1 – Biocostruzione a *Sabellaria alveolata* in cui è particolarmente visibile la struttura “ad alveare”. Foto: Andrea Bonifazi.

In Mar Mediterraneo sono diffuse due specie appartenenti al genere *Sabellaria*: *S. alveolata* (Linnaeus, 1767) e *S. spinulosa* (Leukhart, 1849). Sebbene negli ultimi anni siano state osservate isolate, ma massicce, biocostruzioni edificate da *S. spinulosa* (Gravina et alii, 2018), è sicuramente *S. alveolata* il polichete biocostruttore per eccellenza. Questa specie è infatti nota per essere in grado di formare grandi colonie intertidali lungo le coste dell'Europa nord-occidentale, raggiungendo estensioni di diversi km² e ottenendo così il primato quale più importante organismo costruttore in acque costiere temperate: è emblematico il caso di Mont Saint-Michel, sulle coste atlantiche della Francia settentrionale, dove queste biocostruzioni si estendono per oltre 250 ettari (Naylor & Viles, 2000; Dubois et alii, 2002, 2007).

Nel Mar Mediterraneo tali strutture organogene non raggiungono simili estensioni, ma è comunque possibile trovare reef di notevole entità: tra questi, una vera e propria perla mediterranea è la barriera presente lungo il litorale di Ostia, ad oggi la più estesa mai descritta nel Mare Nostrum. Riportata per la prima volta in uno studio di Bonifazi et alii (2019), la notizia di tale barriera è salita alla ribalta grazie alla sua pubblicazione su quotidiani nazionali e numerosi siti di informazione. La mappatura della barriera di Ostia ha permesso di rilevare dati estremamente interessanti e confortanti, permettendo di “riabilitare” il mare di Roma, spesso vittima di pregiudizi: poste ad una distanza media di 90-100 m dalla costa, le biocostruzioni si estendono per oltre 5 km dal Canale dei Pescatori, a Sud, fino al porto, a Nord, occupando in totale circa 275000 metri quadrati; di questi, circa 5 ettari sono occupati dalla barriera più compatta, il reef propriamente detto, distribuita prevalentemente nella porzione centro-meridionale dell'area in esame, dove si estende per oltre 1 km (fig. 2). Le biocostruzioni di *S. alveolata* sono molto superficiali, avendo la massima estensione tra 0 e 4 metri di profondità. Lo studio di questo specifico habitat non rappresenta una prima segnalazione, ma la prima vera e approfondita descrizione: chi abita in queste zone conosce ampiamente le rocce organogene edificate da questo polichete soprattutto per la possibilità di utilizzare i singoli vermi come esche facilmente utilizzabili, ma la comunità scientifica ancora non si era soffermata sulla rilevanza di questo habitat.

Una simile estensione, infatti, si traduce in un fondamentale e duplice ruolo sia in ambito biologico che sedimentologico. Simili biocostruzioni contribuiscono ai processi fisici e biologici dell'ambiente circostante stabilizzando il substrato sabbioso, trattenendo i sedimenti, modificando il paesaggio

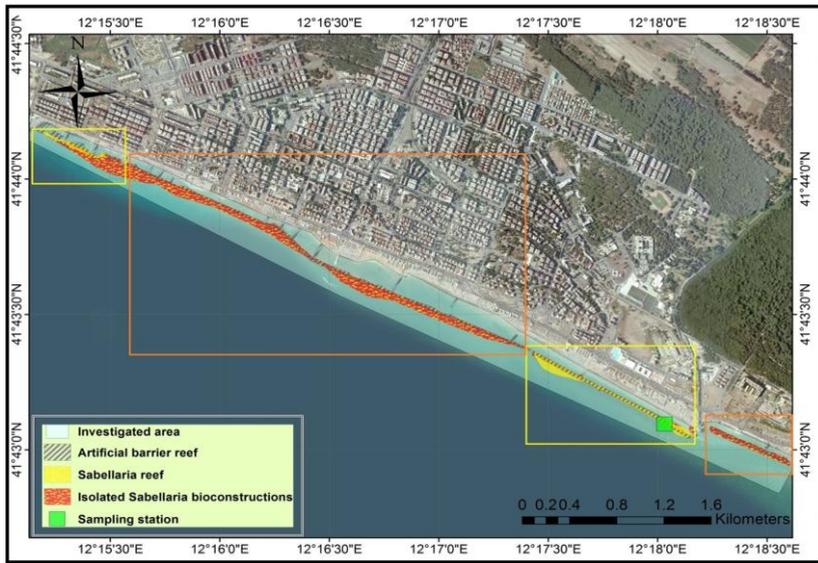


Fig. 2 – Mappa in cui evidente l'estensione del reef di Ostia. Fonte: Bonifazi et alii, 2019.

marino, ammortizzando il moto ondoso e mitigando l'erosione costiera. Recenti studi sedimentologici hanno dimostrato come *S. alveolata* sia in grado di stabilizzare il sedimento mobile, evitando che questo venga trasportato altrove, riducendo così l'erosione di litorale, tanto prezioso anche a livello turistico (Lisco et alii, 2020) (fig. 3).

Questi vermi potrebbero quindi essere sfruttati per ottenere delle forme di ripascimento in situ attive (a causa della continua crescita del reef) e a basso impatto, non comportando l'estrazione delle sabbie relitte, agendo essenzialmente in maniera analoga alle strutture artificiali posizionate a difesa della costa (ma spesso con risultati scadenti). Inoltre, costituendo un substrato secondario in grado di incrementare l'eterogeneità dell'ambiente su cui si sviluppano, le bioconstruzioni edificate da *S. alveolata* aumentano la biodiversità costiera e sostengono una ricca fauna associata, giocando un ruolo chiave nel mantenimento della biodiversità stessa e fungendo da area di nursery per molte specie costiere (fig. 4).

I campionamenti finalizzati allo studio della biodiversità associata al reef e ai substrati limitrofi, sia roccia che sabbia, sono stati effettuati tra la fine del 2013 ed il 2014, nei mesi corrispondenti alle quattro stagioni: Settembre, Marzo, Maggio e Agosto, per comodità indicati come T₁, T₂, T₃ e T₄. Analizzando il grafico riportato nella figura 5a, risulta evidente come il numero

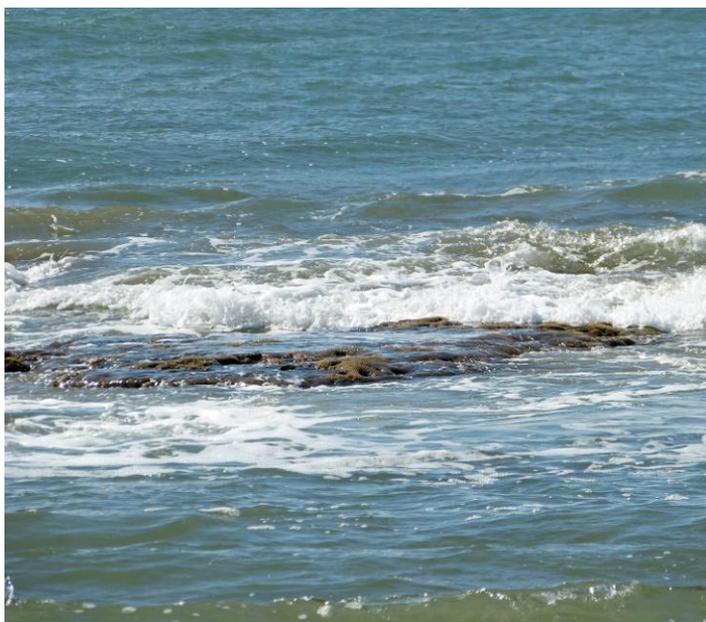


Fig. 3 – Foto che mostra come una barriera di *Sabellaria alveolata* sia in grado di contrastare il moto ondoso. Foto: Andrea Bonifazi.

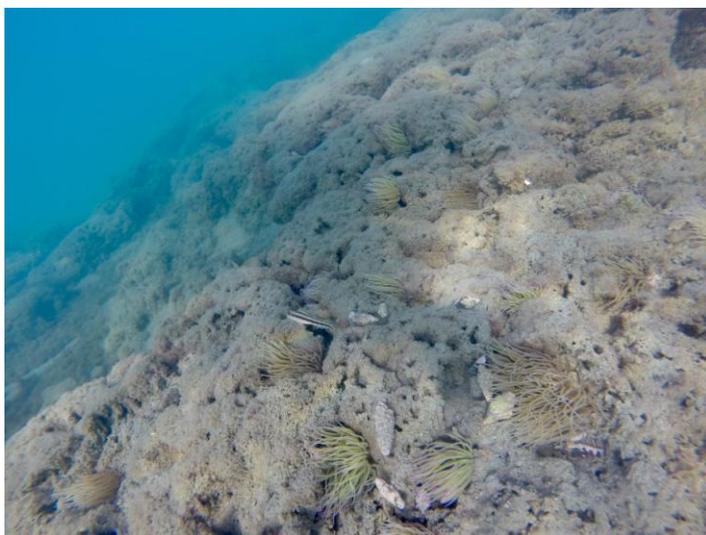


Fig. 4 – Porzione del reef di Ostia in cui è evidente la ricchezza di specie associate a tale biocostruzione. Foto: Filippo Fratini.

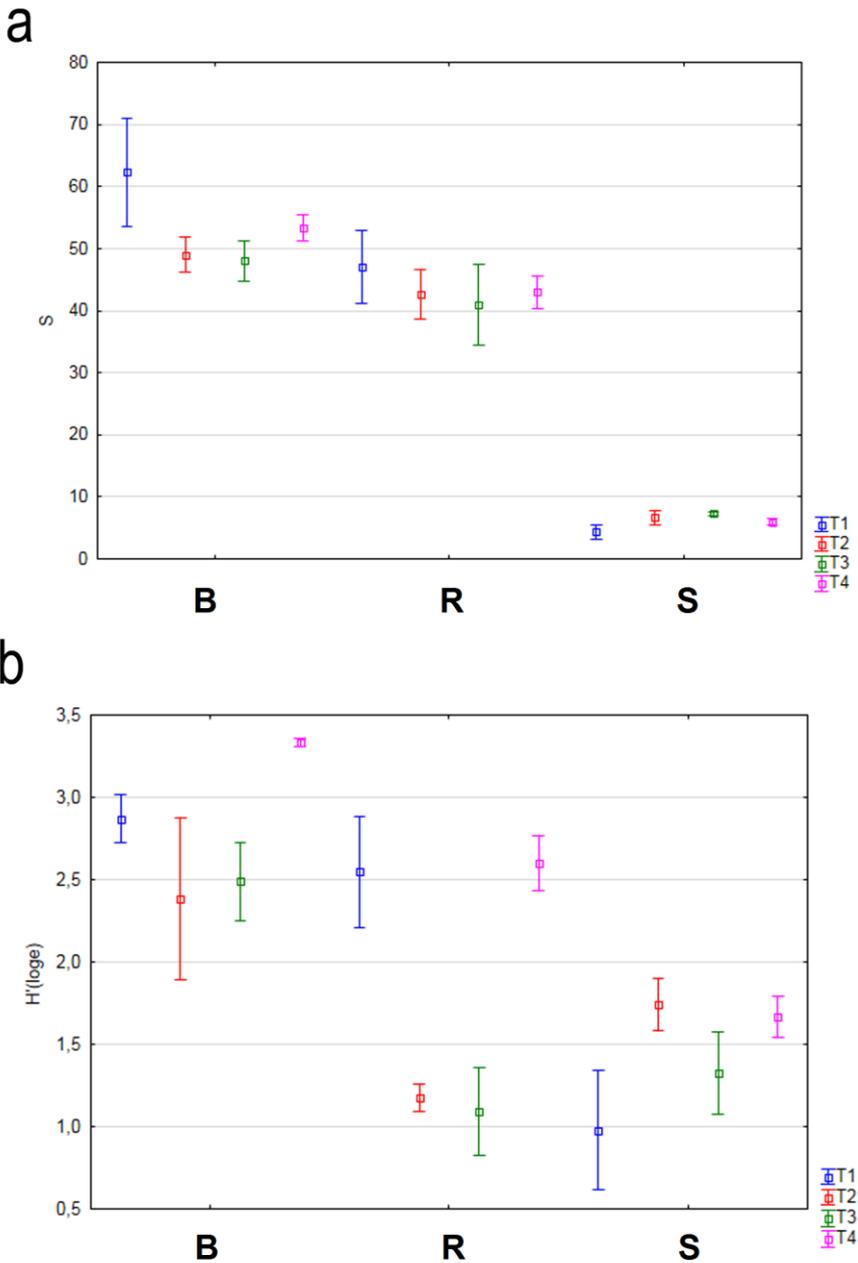


Fig. 5 – a) Grafico che mostra il numero di specie (S) raggruppate nel tempo e nello spazio nei differenti substrati; b) Grafico che mostra la diversità (H') raggruppata nel tempo e nello spazio nei differenti substrati. B = Biocostruzione; R = Roccia; S = Sabbia. Settembre = T1; Marzo = T2; Maggio = T3; Agosto = T4. Fonte: Bonifazi et alii, 2019.

di specie sia molto variabile sia nei differenti habitat che nei differenti mesi, con i valori più alti rilevati nei due substrati duri, sia biocostruzione (B) che roccia (R), mentre è molto più basso su sabbia (S); questo dato, ampiamente prevedibile, dimostra come il reef a *Sabellaria*, costituendo un substrato duro secondario, simile alla roccia, sia in grado di creare microhabitat in grado di sostenere una ricca fauna associata. Considerando invece anche le abbondanze delle varie specie e la loro distribuzione nel campione, l'indice di Shannon (H') mette in evidenza come la biocostruzione sia in grado di mantenere una diversità molto elevata durante tutto l'anno, mentre questa mostra ampie variazioni sulla roccia (riconducibili al diverso sviluppo delle specie algali, habitat preferenziale di molti organismi); nuovamente bassi durante tutto l'anno sono invece i valori rilevati su sabbia, ambiente per definizione meno ricco di fauna rispetto ai substrati duri (fig. 5b).

Oltre a costituire un habitat con una più ricca fauna associata rispetto agli habitat limitrofi, tali biocostruzioni si sono rivelate anche importanti reservoirs di specie preferenziali, taxa particolarmente rari che possono essere rinvenuti quasi esclusivamente in associazione con questa tipologia di habitat. Emblematico è il caso di *Eulalia ornata*, un polichete vagile frequentemente associato ai reefs a *S. alveolata*, ma di fatto pressoché assente nei substrati adiacenti. Segnalata per la prima volta in Mediterraneo nel 2016 nelle biocostruzioni diffuse lungo le coste della Sicilia (Schimmenti et alii, 2016), la sua presenza si è moltiplicata negli ultimi anni, venendo rilevata anche nel reef di Ostia (Bonifazi et alii, 2018). È bene notare che non si tratta di una specie alloctona, ma la sua precedente assenza in Mediterraneo si ritiene sia dovuta ad erronee identificazioni, essendo stata confusa con la simile *E. viridis* (Bonse et alii, 1996; Schimmenti et alii, 2016).

Le misure di protezione. – Nonostante la loro rilevanza ecologica, in Mediterraneo i reefs a *Sabellaria* sono molto poco studiati e non esistono dati quantitativi utili a studiare il loro stato e per definire le loro dinamiche, le fasi di accrescimento delle biocostruzioni, il loro ruolo ecologico e la loro distribuzione lungo le coste italiane; tale mancanza di dati fa sì che non possano essere attuate adeguate misure di protezione. Infatti, sebbene tali strutture organogene siano incluse nella Lista Rossa degli Habitat Europei ed elencate nell'Allegato I della Direttiva Habitat (92/43/CEE), oltre che protette lungo le coste atlantiche, in Mediterraneo le biocostruzioni edificate da *Sabellaria* sono attualmente etichettate dalla IUCN (Unione Internazionale per la

Conservazione della Natura) come “Data Deficient” a causa delle enormi lacune conoscitive riguardo questa tipologia di habitat (Gubbay et alii, 2016; Bertocci et alii, 2017). L'articolato lavoro svolto lungo il litorale di Ostia costituisce il punto di partenza per un adeguato studio dei reefs a *Sabellaria* in Mediterraneo, fornendo peraltro nuovi spunti per definire eventuali misure di protezione, come suggerito dalla IUCN. D'altronde, misure di protezione sarebbero necessarie: nonostante le biocostruzioni edificate da *Sabellaria* siano molto resilienti, dimostrandosi in grado di recuperare velocemente in caso di danni strutturali, al tempo stesso sono molto fragili, trattandosi pur sempre di rocce organogene formate da sabbia e muco (Fig. 6). Si tratta tuttavia di una specie le cui larve hanno vita planctonica e sono in grado di colonizzare aree con strutture precedentemente edificate dalla stessa *Sabellaria*, fissandosi sul substrato e "riparando" le porzioni di superficie danneggiata, mantenendo un equilibrio dinamico che, naturalmente, prevede una fase costruttiva, una fase di stasi ed una fase distruttiva (Gruet, 1986; Lezzi et alii, 2015).



Fig. 6 – Reef particolarmente danneggiato a causa del calpestio. Foto: Andrea Bonifazi.

Come dimostrato da Bonifazi et alii (2019), la causa primaria di danneggiamento della biocostruzione di Ostia è il calpestio; le condizioni peggiori si presentano alla fine dell'estate, evidenziando il marcato impatto negativo dell'attività antropica lungo il litorale romano, proverbialmente soggetto a diffuso turismo balneare. Tuttavia, essendoci un maggior numero di microhabitat nella fase distruttiva a causa dell'elevato quantitativo di fratturazioni ed anfratti, in questo periodo dell'anno la biodiversità presenta valori più elevati (Fig. 5). Questo è un dato in contrasto con quanto osservato da Lisco et alii (2017) nella biocostruzione edificata dalla congenerica *S. spinulosa* lungo le coste della Puglia adriatica, dove i danni maggiori avvengono nel periodo invernale: ciò è facilmente spiegabile con il fatto che, essendo strutture più profonde rispetto a quelle edificate da *S. alveolata*, il maggior impatto deriva dagli eventi meteomarinari caratterizzanti i primi mesi dell'anno, risentendo meno degli effetti del calpestio e mantenendo una maggiore naturalità nelle fasi dinamiche che caratterizzano lo sviluppo dei reefs a *Sabellaria*. Nonostante il reef pugliese sia meno esteso di quello laziale, estendendosi per circa un ettaro, la sua importanza ecologica ha portato all'individuazione di un nuovo SIC (Sito di Interesse Comunitario) che ha come obiettivo primario la tutela dell'area occupata dalle più rappresentative biocostruzioni a *S. spinulosa* nel Mediterraneo (SIC IT910036). Sarebbe quindi opportuno che anche le importantissime e ancor più estese biocostruzioni di Ostia venissero sottoposte ad adeguate misure di protezione.

Una diffusa conoscenza è alla base della salvaguardia degli habitat in pericolo ed è dovere di tutti contribuire affinché sia possibile ambire ad adeguate misure di protezione.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BERTOCCI I., BADALAMENTI F., LO BRUTTO S., MIKAC B., PIPITONE C., SCHIMMENTI E., VEGA FERNÁNDEZ T., MUSCO L., "Reducing the data-deficiency of threatened European habitats: Spatial variation of sabellariid worm reefs and associated fauna in the Sicily Channel, Mediterranean Sea", *Marine Environmental Research*, 130, 2017, pp. 325-337.
- BONIFAZI A., VENTURA D., MANCINI E., "Sabellaria reefs as reservoirs of preferential species: the case of *Eulalia ornata* Saint-Joseph, 1888 (Annelida:

- Phyllodocidae”, *Marine and Freshwater Research*, 69(10), 2018, pp. 1635-1640.
- BONIFAZI A., LEZZI M., VENTURA D., LISCO S., CARDONE F., GRAVINA M.F., “Macrofaunal biodiversity associated with different developmental phases of a threatened Mediterranean *Sabellaria alveolata* (Linnaeus, 1767) reef”, *Marine Environmental Research*, 145, 2019, pp. 97-111.
- BONSE S., SCHMIDT H., EIBYE-JACOBSEN D., WESTHEIDE W., “*Eulalia viridis* (Polychaeta: Phyllodocidae) is a complex of two species in northern Europe: results from biochemical and morphological analyses”, *Cahiers de biologie marine*, 37, 1996, pp. 33-48.
- DUBOIS S., RETIÈRE C., OLIVIER F., “Biodiversity associated with *Sabellaria alveolata* (Polychaeta: Sabellariidae) reefs: effects of human disturbances”, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82(5), 2002, pp. 817-826.
- DUBOIS S., COMTET T., RETIÈRE C., THIÉBAUT E., “Distribution and retention of *Sabellaria alveolata* larvae (Polychaeta: Sabellariidae) in the Bay of Mont-Saint-Michel, France”, *Marine Ecology Progress Series*, 346, 2007, pp. 243-254.
- EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, “Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora”, *Official Journal of the European Communities – Legislation*, 206(35), 1992, pp. 7-50.
- EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, “Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive)”, *Official Journal of the European Communities – Legislation* 164(51), 2008, pp. 19-40.
- GRAVINA M.F., CARDONE F., BONIFAZI A., BERTRANDINO M.S., CHIMIENTI G., LONGO C., MARZANO C.N., MORETTI M., LISCO S., MORETTI V., CORRIERO G., GIANGRANDE A., “*Sabellaria spinulosa* (Polychaeta, Annelida) reefs in the Mediterranean Sea: Habitat mapping, dynamics and associated fauna for conservation management”, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 200, 2018, pp. 248-257.
- GRUET Y., “Spatio-temporal changes of *Sabellaria* reef built by the sedentary polychaete *Sabellaria alveolata* (Linné)”, *Marine Ecology*, 7(4), 1986, pp. 303-319.
- GUBBAY S., SANDERS N., HAYNES T., JANSSEN J.A.M., RODWELL J.R., NIETO A., GARCÍA CRIADO M., BEAL S., BORG J., KENNEDY M., MICU D., OTERO M., SAUNDERS G., CALIX M., “European Red List of Habitats. Part 1: Marine

- Habitats", Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016. ISBN 978-92-79-61586-3, doi: 10.2779/032638.
- LEZZI M., CARDONE F., MIKAC B., GIANGRANDE A., "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), 2015, pp. 137-150.
- LISCO S.N., ACQUAFREDDA P., GALLICCHIO S., SABATO L., BONIFAZI A., CARDONE F., CORRIERO G., GRAVINA M.F., PIERRI C., MORETTI M., "The sedimentary dynamics of *Sabellaria alveolata* bioconstructions (Ostia, Tyrrhenian Sea, central Italy). *Journal of Palaeogeography*, 9(1), 2020, 2.
- LISCO S.N., MORETTI M., MORETTI V., CARDONE F., CORRIERO G., LONGO C., "Sedimentological features of *Sabellaria spinulosa* bioconstructions", *Marine and Petroleum Geology*, 87, 2017, 203-212.
- NAYLOR L.A., VILES H.A., "A temperate reef builder: an evaluation of the growth, morphology and composition of *Sabellaria alveolata* (L.) colonies on carbonate platforms in South Wales", *Special Publications*. In: Insalaco E., Skelton P.W., Palmer T.J. (Eds) *Carbonate Platform Systems: Components and Interactions*, 178, 2000, pp. 9-19. Geological Society, London.
- RELINI G., "Biocostruzioni marine. Elementi di architettura naturale", *Quaderni Habitat*, 2009, 22.
- SCHIMMENTI E., MUSCO L., LO BRUTTO S., MIKAC B., NYGREN A., BADALAMENTI F., "A Mediterranean record of *Eulalia ornata* (Annelida: Phyllodoceidae) corroborating its fidelity link with the *Sabellaria alveolata*-reef habitat", *Mediterranean Marine Science*, 17(2), 2016, pp. 359-370.
- VENTURA D., BONIFAZI A., GRAVINA M.F., BELLUSCIO A., ARDIZZONE, G., "Mapping and classification of ecologically sensitive marine habitats using unmanned aerial vehicle (UAV) imagery and object-based image analysis (OBIA)", *Remote Sensing*, 10(9), 2018, 1331.

Active reconstruction of marine habitats: Sabellaria reef. – *Sabellaria alveolata* is an ecosystem engineer species capable of building bioconstructions, playing a key functional role in the shallow coastal ecosystems. *S. alveolata* reefs perform several ecosystem services, such as hosting a rich fauna and producing structures able to provide coastal protection. During a one-year study, the largest Mediterranean *S. alveolata* reef, located in Ostia, along the Latium coast, was investigated and mapped. In this view, the retrograding phase was detected in September, due to the damages by trampling disturbance,

while the growing phase began in March. Moreover, *S. alveolata* represents a sedimentological asset for the coastal protection, since it contributes to create natural barriers against storm waves and erosion, and supplies the beach with new sandy deposits. Despite being included in the European Red List of Habitats, little is known about *Sabellaria* reefs, their associated fauna and their ecological role in the Mediterranean Sea.

Keywords. – *Sabellaria*, engineer species, reef, Latium coast.

“Dal fiume al mare”

Ripensare il litorale romano secondo natura

a cura di C. Cencetti e D. Ruggiero

Culture Territori Linguaggi, 18, 2020, pp. 131-137

ISBN 9788894469721

Filippo Fratini¹, Alessandro Diotallevi²

IL SUBACQUEO “CONSAPEVOLE” A TOR PATERNO

Le Secche di Tor Paterno. – Le Secche di Tor Paterno grazie alla loro elevata biodiversità (fig. 1) rappresentano la meta ideale per i subacquei romani che, a due passi da casa, possono immergersi in una meravigliosa Area Marina Protetta. Inoltre, nel tempo esse sono diventate una meta ambita anche dai turisti che visitano la capitale. Ma chi frequenta le Secche quanto è consapevole dell'impatto che la sua condotta subacquea potrebbe avere sull'Area e sulla sua stessa biodiversità che tanto attrae per varietà di specie e fondali?



Fig. 1 – Meravigliose gorgonie rosse (*Paramuricea clavata*) e gialle (*Eunicella cavolinii*) valorizzano la comunità del coralligeno di Tor Paterno. Foto Alessandro Diotallevi.

¹ Naturalista e Biologo marino, filippofratini.f@libero.it

² Fotografo subacqueo, balistes@inwind.it

Dai tempi in cui il subacqueo “bombarolo” depredava letteralmente i mari, oggi molto è cambiato. Un processo di progressiva responsabilizzazione sta interessando il mondo della subacquea, dai subacquei più esperti a quelli “fai da te” che faticosamente riescono a mantenere un assetto neutro rischiando di danneggiare i fondali. Oggi, possiamo dire che sono sempre di più i subacquei responsabili che si affidano alle scuole e ai modelli didattici internazionali che puntano a garantire un elevato livello di sicurezza e di conoscenza dell’ambiente marino.

Anche la sensibilizzazione da parte dei *diving* aiuta a conoscere e rispettare gli organismi e gli ambienti marini (fig. 2). Questo accade anche a Tor Paterno. Tuttavia, qui c’è ancora molto da fare per coinvolgere attivamente il turismo subacqueo che gravita attorno all’area, nel segno del rispetto e della tutela degli ecosistemi marini.



Fig. 2 – Subacqueo in assetto neutro in prossimità della boa n.6 di Tor Paterno con attrezzatura aderente al corpo per evitare urti con gli organismi bentonici. Foto Filippo Fratini.

La particolare conformazione delle Secche di Tor Paterno (Marini, 2008), costituita da formazioni rocciose la cui sommità raggiunge i 19 metri, da un lato rappresenta un ostacolo per le attività turistiche, limitando attività come lo snorkeling e le visite con le barche dal fondo trasparente, dall’altro di fatto seleziona i subacquei, escludendo quelli meno esperti, considerato che i subacquei che intendono

immergersi nell'area marina protetta (fig. 3) devono possedere almeno un brevetto di secondo livello.

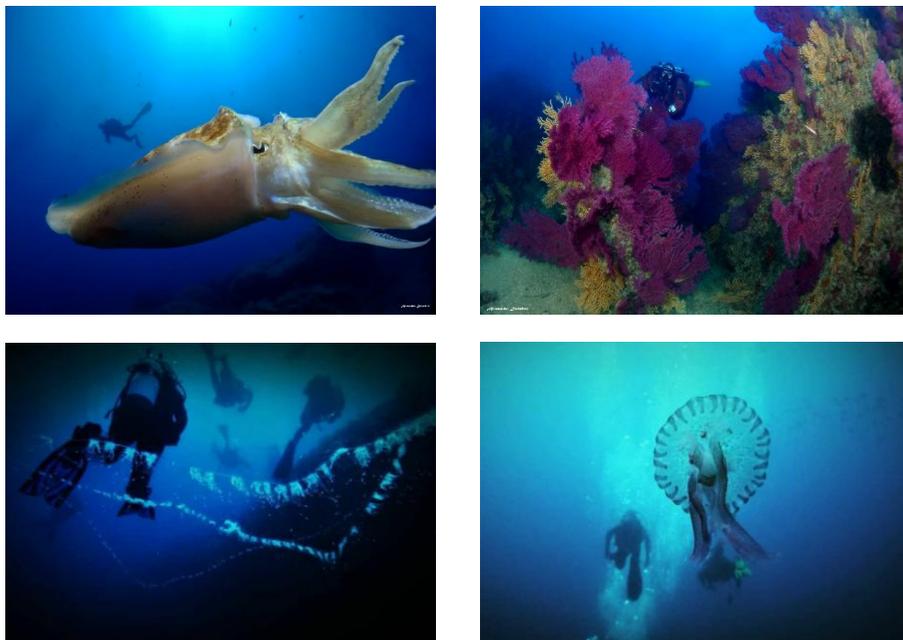


Fig. 3 – Interazioni tra i subacquei e l'ambiente marino alle Secche di Tor Paterno. A sx in alto: *Sepia officinalis*; a dx in alto: Ambiente coralligeno (Foto: Alessandro Diotallevi). A sx in basso: *Apolemia uvaria*; a dx in basso: *Pelagia noctiluca* (Foto: Filippo Fratini).

In accordo con le istituzioni che lavorano a Tor Paterno (Guardia Costiera, RomaNatura, Diving Centre, Università) si potrebbe collaborare con i fruitori dell'Area, promuovendo un loro ruolo "attivo" in vari ambiti: monitoraggio delle specie, osservazioni etologiche, fotografia subacquea, pulizia dei fondali (fig. 4) e contrasto al Marine Litter, con una particolare azione di sensibilizzazione rispetto al problema di plastiche e microplastiche in mare.

Segue un esempio per testimoniare come con un'attività subacquea consapevole e costante nel tempo possa fornire elementi scientifici utili alla valorizzazione dell'area marina protetta.

Savalia savaglia (fig. 5) è una specie rara e protetta, inserita negli allegati della convenzione di Berna e di Barcellona; inoltre, è stata inserita nella Lista Rossa della IUCN – International Union for Conservation of Nature. Questa specie è nota come "falso corallo nero".



Fig. 4 – I rifiuti che frequentemente si incontrano durante la traversata tra la costa e le Secche di Tor Paterno (abbondano polistirolo, palloncini, bottiglie e bicchieri in plastica). Foto: Filippo Fratini.



Fig. 5 – *Savalia savaglia*, il corallo d'oro che dal 2014 al 2016 si accresce sullo scheletro rosso della *Paramuricea clavata*. Foto: Alessandro Diotallevi.

In passato, infatti, essa veniva confusa con il vero corallo nero, appartenente al Genere *Antipathella*. Altro nome comune di *Savalia savaglia* è *Gold Coral* o “corallo dorato”, nome che valorizza la colorazione brillante e accesa dei suoi polipi dorati. *S. savaglia* si accresce come parassita sullo scheletro della gorgonia rossa *Paramuricea clavata* (Trainito e Baldaconi, 2016). Alessandro Diotallevi, fotografo subacqueo e assiduo frequentatore delle secche, negli anni ha documentato la crescita del corallo d'oro *S. savaglia* sulla gorgonia rossa *P. clavata* presente nei pressi della boa n. 7 dell'area marina protetta (fig. 5). Attraverso numerose fotografie e osservazioni, Alessandro ha potuto

constatare che *S. savaglia* si è espansa sullo sclerasse di *P. clavata* alla velocità media di 6 cm/anno.

Inoltre, il subacqueo ha osservato un fenomeno interessante che meriterebbe ulteriori studi, ovvero il rallentamento nella crescita del corallo dorato quando incontra organismi epibionti sulla gorgonia rossa, ad esempio briozoi ed alghe. Questo fenomeno è osservabile alle Secche di Tor Paterno in prossimità della boa n. 8, dove il corallo d'oro cresce più lentamente. La specie è minacciata dagli attrezzi da pesca, soprattutto lenze e reti da pesca che in pochi minuti possono distruggere ciò che la natura ha creato in centinaia o migliaia di anni. Purtroppo, non è stato possibile documentare ancora la crescita dello zoantario presente nei pressi della boa n. 7, perché questa colonia è scomparsa, probabilmente sradicata da reti.

Oltre al corallo d'oro, sono tante le specie di particolare interesse, rare o minacciate, che popolano l'area marina protetta e che i subacquei potrebbero monitorare.

Tra gli organismi bentonici ricordiamo *Sarcotragus foetidus*, spugna nera dalle grandi dimensioni e la *Spongia lamella*, il riccio dalle lunghe spine *Centrostephanus longispinus* o la piccola ciprea *Luria lurida*, i crostacei come l'aragosta *Palinurus elephas*, la magnosa *Scyllarides latus* e l'astice *Homarus gammarus* (Trainito, 2014). Tra i pesci vanno ricordate tre specie di cernie, la cernia bruna *Epinephelus marginatus* (fig. 6), la cernia rossa *Mycteroperca rubra* e la cernia dorata *Epinephelus costae*. Nelle tane abbondano le corvine *Sciaena umbra* e, soprattutto in estate, è possibile osservare il volo elegante delle aquile di mare *Myliobatis aquila*.

Durante il tragitto dalla costa alle secche, è possibile osservare delfini costieri *Tursiops truncatus*, le tartarughe *Caretta caretta* e numerosi uccelli marini, come le berte *Calonectris diomedea* e le sule *Morus bassanus*.

Le potenzialità di subacquei appassionati e amanti del mare non sono trascurabili, dovremmo solo indirizzarle verso la protezione del mare e la valorizzazione dell'area marina protetta.



Fig. 6 – Grande esemplare di cernia bruna *Epinephelus marginatus* che mette in fuga un branco di salpe - *Sarpa salpa* alle Secche di Tor Paterno. Foto: Filippo Fratini.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- MARINI L. "Secche di Tor Paterno. Guida all'area marina protetta". Editore Il Mare, 2008, 98 pp., EAN: 9788885833227.
- TRAINITO E., "Mappaggio, valutazione, monitoraggio di risorse sottomarine per lo sviluppo sostenibile del turismo subacqueo nell'Area Marina Protetta Secche di Tor Paterno". Relazione I e II annualità del Progetto, 2014, 222 pp.
- TRAINITO E., BALDACCONI R., "Coralli del Mediterraneo". Editore il Castello, 2016, 176 pp., EAN: 9788865207864.

The "aware" diver in Tor Paterno. – Awareness raising and empowerment processes are recently concerning more and more divers, from the most experienced to the ones who manage with difficulty to maintain a neutral buoyancy. This is particularly important to ensure higher levels of safety during diving, as well as the protection of the marine environment. Secche di Tor

Paterno (Lazio Region, Italy) is a Protected Marine Area with high biodiversity, which is completely submerged and made up of rock formations up to 19 meters. Some experiences of engagement of local divers (see *Savalia savaglia*) have shown how the collaboration with the users of the Area, actively involved in Citizen Science actions, is possible and fruitful in various fields, from monitoring species to ethological observations, from cleaning the seabed to the contrast to Marine Litter, helping to raise concrete awareness around the problem of plastics and microplastics in the sea.

Keywords. – awareness raising, marine environment protection, diving, citizen science, marine biology.

ISBN 9788894469721