Interreg
Italy - Croatia
Adriadapt
European Regional Development Fund

EUROPEAN UNION

Manuale

sul rafforzamento della resilienza costiera dell'Adriatico

PAP/RAC

Manuale sul rafforzamento della resilienza costiera dell'Adriatico

Nota:

Questo manuale è stato preparato nel 2021 nell'ambito del progetto INTERREG AdriAdapt (adriadapt.eu), con l'obiettivo di offrire alle autorità locali della sponda italiana e croata dell'Adriatico idee, soluzioni e misure per rafforzare la resilienza costiera.

Editore:	PAP/RAC, 2021.
Redattori (in ordine alfabetico):	Hudi, Ana Irena; Povh Škugor, Daria; Sekovski, Ivan
Autori (in ordine alfabetico):	Belamarić, Igor – Misure verdi (Capitolo 5) Berlengi, Gojko – Misure gestionali (Capitolo 4) Breil, Margaretha – Misure gestionali (Capitolo 4) Lay, Vladimir – Misure gestionali (Capitolo 4) Margeta, Jure – Misure verdi (Capitolo 5), Misure grigie (Capitolo 6) Pernek, Milan – Misure verdi (Capitolo 5) Povh Škugor, Daria (Capitoli 2.2; 3; 4; 5 e 7) Pranzini, Enzo – Misure verdi (Capitolo 5.4), Misure grigie (Capitolo 6) Scoccimarro, Enrico – Dati e proiezioni sui cambiamenti climatici (Capitolo 2.1) Sekovski, Ivan (Capitoli 1; 2.2; 5 e 6) Srnec, Lidija – Dati e proiezioni sui cambiamenti climatici (Capitolo 2.1) Tomozeiu, Rodica – Dati e proiezioni sui cambiamenti climatici (Capitolo 2.1)
Recensori (in ordine alfabetico):	Ivčević, Ante; Škaričić, Željka
Traduzione:	Karla Katalinić @ CAROLUS
Design:	Slobodan Pavasović
Illustrazione di copertina:	Luka Duplančić
Stampato da:	Tiskara Zelina d.d.

DISCLAIMER: Questa pubblicazione riflette le opinioni dell'autore; le autorità del Programma non sono responsabili per qualsiasi uso che possa essere fatto delle informazioni in esso contenute.

ISBN: 978-953-6429-71-4
Scheda CIP disponibile nel catalogo in rete della Biblioteca nazionale e universitaria di Zagabria con il numero 001108247.

Si prega di citare questo documento come

PAP/RAC (2021) "Manuale sul rafforzamento della resilienza costiera dell'Adriatico", progetto INTERREG AdriAdapt, Split/Spalato.

Indice

Prefazione 1

1 La costa adriatica 3
- 1.1 Geografia, geologia, natura e processi naturali 3
- 1.2 Demografia, urbanizzazione costiera, paesaggi costieri e marini, tipologia 3
- 1.4 Tipologia della zona costiera 5

2 Cambiamenti climatici nella zona costiera adriatica 7
- 2.1 Dati e proiezioni sui cambiamenti climatici 7
- 2.2 Effetti osservati del cambiamento climatico nelle città adriatiche della Croazia e dell'Italia 10

3 Resilienza 13
- 3.1 Definizione della resilienza 13
- 3.2 Percorsi di resilienza ai cambiamenti climatici 14
- 3.3 Selezionare una risposta appropriata 17

4 Misure di adattamento gestionali 20
- 4.1 *Governance* 20
- 4.2 Pianificazione e gestione 21
- 4.3 Pianificazione territoriale 23
- 4.4 Sviluppo territoriale sostenibile della zona costiera 28
- 4.5 Misure sociali 35

5 Misure verdi 39
- 5.1 Misure per le città e gli insediamenti costieri 39
- 5.2 Misure per le aree di urbanizzazione lineare costiera 44
- 5.3 Misure per le aree retro-costa 45
- 5.4 Misure per le coste naturali 47
- 5.5 Misure per la stretta fascia costiera 50
- 5.6 Acquiferi costieri - acque sotterranee 56

6 Misure grigie 58
- 6.1 Inondazioni costiere e misure di protezione 58
- 6.2 Strutture di protezione e difesa delle coste 60
- 6.3 Interventi di innalzamento ed estensione del territorio costiero 70
- 6.4 Adattamento dell'infrastruttura comunale costiera 73

7 Conclusioni 80

8. Bibliografia 82

Indice delle figure

Figura 1. Area di competenza ADRIADAPT sulla quale sono state condotte simulazioni 8
Figura 2. Emissioni globali pianificate di anidride carbonica (CO_2) sulla base di produzione di combustibili fossili pianificata 15
Figura 3. L'impatto delle decisioni sul percorso verso la resilienza. (Fonte: IPCC, Rapporto AR5) 15
Figura 4. Nella concettualizzazione di Haasnoot, le modalità di adattamento sono indicate con 4 azioni differenti, ed i punti di rottura per assumere decisioni e gli scenari a bassa ed alta emissione sono tracciati sull'asse x 16
Figura 5. Risposte all'innalzamento del livello del mare 18
Figura 6. Rappresentazione schematica della fascia inedificabile costiera 24
Figura 7. Esempio di zona turistico-commerciale in cui l'applicazione di arretramento ha consentito la formazione di un lungomare costiero e di una fascia verde nella parte interna della spiaggia con strutture ricreative che hanno fortemente contribuito alla qualità dell'offerta turistica e alla vita complessiva dell'insediamento (Bol, isola di Brač/Brazza) 24
Figura 8. Rappresentazione schematica dell'applicazione della ricomposizione fondiaria per ottenere l'arretramento costiero (adattato secondo JICA) 26
Figura 9. Andamento del consumo della costa croata a seguito della costruzione di strutture antropiche in una fascia costiera ristretta (Fonte: Gojko Berlengi, secondo il Rapporto sulla situazione nell'area della Repubblica di Croazia 2003) 28
Figura 10. Esempi di urbanizzazione lineare della costa come modo irrazionale di espansione dell'insediamento che lentamente ma irreversibilmente "consuma" la costa naturale come un importante bene pubblico e un importante elemento di attrazione turistica. 29
Figura 11. Un esempio di uso irrazionale dell'area edificabile dell'insediamento mediante edilizia sparsa, priva di un'adeguata rete stradale di base e di minimi elementi di soluzione urbanistica (in parte favoriti dall'abusivismo edilizio). 30
Figura 12. Un esempio positivo di espansione razionale degli insediamenti sotto forma di costruzione compatta evitando l'espansione costiera in modo tale che la fascia costiera sia per lo più sottosviluppata e destinata a strutture verdi e ricreative comuni. (Fonte: Google Earth) 30
Figura 13. Esempio del paesaggio culturale preservato unito all'agricoltura biologica e all'offerta turistica 31
Figura 14. Le superfici coltivate hanno fermato l'incendio 31
Figura 15. Esempio di un progetto di campo (progetto Sud Adriatico, UNDP, 1971) che conserva e utilizza le strutture paesaggistiche esistenti (rete di muri a secco) come autentici elementi del paesaggio locale che contribuiscono anche alla funzionalità del campo creando micro-unità più intime e dettagli paesaggistici. 32
Figura 16. Esempi di pratiche inadeguate e soluzioni paesaggistiche scadenti. 32
Figura 17. Particolari della disposizione dello stesso insediamento che evidenziano la cura delle aree pubbliche, l'uso di materiali locali e tradizionali (sottomuri, pavimentazioni), l'atteggiamento nei confronti dell'ambiente (superfici di accesso permeabili) e della vegetazione esistente, nonché un verde pubblico e privato generalmente ricco. 33
Figura 18. Medov dolac, frazione di Raosi. 34
Figura 19. Drašnice, frazione di Alači. 34
Figura 20. Esempi di buone pratiche nella pianificazione della vegetazione urbana e delle aree verdi, che sono anche importanti misure di adattamento agli effetti del cambiamento climatico negli insediamenti. 41
Figura 21. Un esempio di vegetazione "trascurata" resistente all'impatto del sale 43
Figura 22. Molteplici funzioni dell'infrastruttura verde urbana 43
Figura 23. Costruzione e consolidamento delle dune costiere nei dintorni di Ravenna (Bevano Sud, Emilia Romagna, Italia) 51
Figura 24. Un esempio della cosiddetta soluzione morbida e poco invasiva per l'ambiente naturale, che facilita l'accesso e consente la fruizione della costa 51
Figura 25. Rappresentazione schematica del reef artificiale 52
Figura 26. Protezione della falesia costiera con una rete sulla spiaggia di Firule a Spalato 53
Figura 27. Evoluzione della costa rocciosa a causa dell'innalzamento del livello del mare 54
Figura 28. Innalzamento del livello del mare e falde acquifere costiere 56
Figura 29. Panoramica di alcune delle strutture di protezione 61
Figura 30. Rappresentazione illustrativa delle strutture di protezione della costa e risposta adeguata alle dinamiche della spiaggia 62

Figura 31 Murazzo (tipo di muro paraonde) tra Miramare e Trieste 63
Figura 32. Banchina sulla riva di Split/Spalato, Croazia 63
Figura 33. Muro paraonde nuovo, la cui altezza dipende da condizioni locali 64
Figura 34. Scogliere distaccate davanti alla spiaggia di Torre Mucchia, Italia 65
Figura 35. Pennelli sul litorale di Misano, Italia (figura soprastante) e di Supetar, Croazia (figura sottostante) 66
Figura 36. Il profilo della spiaggia dopo il ripascimento artificiale 68
Figura 37. Un'alternativa al ripascimento sulla costa rocciosa 69
Figura 38. Costruzione del nuovo litorale ed estensione della fascia costiera 70
Figura 39. Interventi di estensione della costa presso la baia Lone, nelle vicinanze di Rovigno (Croazia) – stato del litorale nel 2009 (fotografie a sinistra) e stato raggiunto nel 2018 (fotografie a destra). 71
Figura 40. Esempi di potenziali soluzioni future di innalzamento ed estensione del territorio costiero di Castelli – Kaštela (preso dal suo Piano costiero). 72
Figura 41. Spiagge alternative per le coste rocciose 72
Figura 42. Spostamento lungo la costa dei punti di equilibrio a causa dell'erosione nell'area del delta 77
Figura 43. I ponti e le relative linee di traffico vengono eretti a causa dell'innalzamento degli argini dei fiumi 78
Figura 44. Rappresentazione schematica delle procedure di sistemazione delle acque superficiali nell'insediamento 79

Indice delle tabelle

Tabella 1. Parametri chiave per le zone costiere dal rapporto IPCC (2019) 7
Tabella 2. Risultati del questionario sugli impatti osservati dei cambiamenti climatici nelle regioni, città e comuni adriatici 10

Indice dei riquadri

Riquadro 1. Di chi fidarsi? 7
Riquadro 2. Resilienza 13
Riquadro 3. Affrontare l'incertezza 14
Riquardo 4. Principi per rafforzare la resilienza 17
Riquadro 5. Conseguenze dell'uragano Irma su Varadero 27
Riquadro 6. Pianificazione territoriale e incendi 35
Riquadro 7. Prateria marina e adattamento costiero 55
Riquadro 8. Inversione nel trasporto di sedimenti lungo costa dovuta alla rotazione del vento e delle onde 67
Riquadro 9. Opinione degli esperti: determinazione del livello di posa dei liquami costieri delle acque reflue e piovane in condizioni di nuovo livello del mare 75
Riquadro 10. Opinione degli esperti: determinazione del livello di posa dell'infrastruttura di approvvigionamento idrico costiero in condizioni di nuovo livello del mare 75

Prefazione

Questo manuale è un prodotto del progetto Interreg CBC Italia - Croazia "AdriAdapt" che mira a fornire raccomandazioni, linee guida e consigli pratici per agire in risposta a vari problemi delle zone costiere, delle città e dei paesi lungo la costa adriatica. Poiché sfide simili saranno ancora più intense nei prossimi anni, il miglior investimento possibile nelle zone costiere consiste nel rafforzamento della resilienza.

Attraverso il progetto "AdriAdapt", il Centro di Attività Regionale del Programma di Azioni Prioritarie PAP/RAC ha avuto l'opportunità di sviluppare raccomandazioni per il rafforzamento della resilienza sviluppate nel 2015 per il "Piano costiero della regione di Sebenico e Tenin", di Jure Margeta e Gojko Berlengi, preparato nell'ambito del progetto "MedPartnership" del Fondo mondiale per l'ambiente. È stato il primo piano costiero con focus sui cambiamenti climatici sviluppato dopo l'entrata in vigore del Protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere del Mediterraneo[1]. L'idea del progetto "AdriAdapt" è quella di ampliare e approfondire le conoscenze raggiunte per adattarle alle esigenze delle amministrazioni locali e regionali di tutte le coste adriatiche italiane e croate. Le coste italiane e croate dell'Adriatico sono morfologicamente, geologicamente, oceanograficamente, idrologicamente, ecologicamente e socio-economicamente diverse. Pertanto, il manuale dovrebbe essere adattato alle caratteristiche locali dell'ambiente naturale e edificato. Una delle maggiori differenze tra la costa croata e quella italiana è l'erosione, da decenni il problema numero uno della sponda italiana dell'Adriatico. È questo il motivo per cui oggi l'Italia ha una grande esperienza su questo argomento, preziosa per tutti, perché a causa dell'innalzamento del livello del mare, anche chi non ha mai combattuto l'erosione costiera dovrà affrontarla. Durante lo sviluppo del "Piano Costiero", attraverso numerosi *workshop* è stata individuata la minaccia più immediata - gli incendi. La regione di Sebenico - Tenin è particolare perché è ricca di vegetazione e l'indice di propagazione del fuoco in queste zone è altissimo. Tuttavia, dopo gli incendi australiani nella stagione 2019/2020 e dopo l'annuncio dell'Organizzazione meteorologica mondiale nel gennaio 2020 sull'aumento del rischio di incendi dovuto all'aumento delle temperature e alla siccità, e considerando la stagione degli incendi nel 2020 e nel 2021, è chiaro che questo pericolo dovrebbe essere tenuto particolarmente presente. Uno dei principali motivi dell'impossibilità di smorzare l'incendio che ha causato 102 vittime nella regione costiera greca dell'Attica nel 2018 è stata la costruzione abusiva che ha impedito l'accesso ai vigili del fuoco. Questo problema è condiviso da numerose aree costiere lungo l'Adriatico, in cui gli investitori in strutture turistiche sono stati più veloci dei piani territoriali, cioè dei servizi incaricati di controllarne l'attuazione.

Nel futuro una delle sfide maggiori saranno probabilmente le inondazioni, sia del mare che delle acque interne nell'immediato entroterra. Nell'ambito del progetto "MedPartnership" è stata effettuata una valutazione dei possibili danni da innalzamento del livello del mare per la Repubblica Croata. I problemi di inondazione degli immobili sulle coste basse sono il risultato dell'impatto del mare e di altre acque, nonché della costruzione incontrollata in zone soggetta a inondazioni senza un'adeguata protezione. Pertanto, il problema dovrebbe essere risolto integralmente, attraverso misure di gestione dell'area e applicazione di misure di protezione contro l'impatto del mare e delle acque interne. Questa valutazione ha anche mostrato che le aree con i maggiori danni attesi

[1] Il piano costiero è stato adottato durante la sessione dell'Assemblea della regione nell'aprile 2016. Nel 2019, alla più grande conferenza europea a Lisbona, la regione di Sebenico e Tenin costiero ha ricevuto il "*Mediterranean Adaptation Award*" per questo Piano, come miglior progetto per l'adattamento ai cambiamenti climatici nel Mediterraneo. Nello stesso anno è stato completato il piano costiero per Kaštela/Castelli ed è iniziato lo sviluppo dei piani costieri per la regione spalatino-dalmata e la città di Vodice/Vodizze, e la preparazione del piano costiero è stato annunciato dalla regione litoraneo-montana.

non sono quelle con il maggior numero di abitanti.[2] La ragione di ciò risiede nel fatto che numerose proprietà non sono state costruite principalmente a fini abitativi, ma a fini turistici e vengono utilizzate solo pochi mesi all'anno. Come determinare le priorità degli investimenti nell'adattamento sarà una domanda a cui è difficile dare una risposta chiara.

Le drammatiche inondazioni del novembre 2019, quando l'80 % di Venezia e molte località lungo la costa adriatica erano sotto acqua ci avvertono che lo sviluppo dei piani di adattamento dovrebbe iniziare immediatamente.

È anche importante tenere presente che, se non riduciamo le emissioni di gas serra, il risultato dell'adattamento stesso sarà a rischio. Pertanto, ogni misura proposta è stata considerata sotto diversi aspetti al fine di garantire che qualsiasi azione nella direzione dell'adattamento agisse per ridurre le emissioni, ovvero andasse verso l'unica via d'uscita: la transizione verde complessiva della società.

[2] I danni maggiori sono previsti nelle aree con il maggior numero di immobili, indipendentemente dal fatto che si tratti di immobili residenziali o di appartamenti per il turismo.

1 La costa adriatica

Il mare Adriatico è la parte più settentrionale del Mar Mediterraneo. È circondato dalle coste di sei paesi: Albania, Bosnia ed Erzegovina, Croazia, Italia, Montenegro e Slovenia. Le coste della Croazia e dell'Italia costituiscono circa il 90% della lunghezza della costa adriatica (Blake et al, 2006). Mentre la costa croata è la più lunga dell'Adriatico, con 6.278 km di lunghezza, di cui la parte insulare è lunga 4.398 km (Duplančić et al., 2004; ESA, 2014), la costa adriatica italiana, con i suoi 1.272 km di lunghezza, è al secondo posto (Blake et al., 1996).

1.1 Geografia, geologia, natura e processi naturali

La parte orientale croata dell'Adriatico ha la seconda costa europea più frastagliata dell'Europa (Pikelj e Juračić, 2013). La maggior parte della sua costa è caratterizzata da una topografia e da un sistema idrologico carsico, con una costa alta e rocciosa, un fondale scosceso e un mare profondo, per lo più privo di spiagge, soprattutto sabbiose. Dopo l'ultima era glaciale, lo scioglimento del ghiaccio ha causato l'innalzamento del livello del mare di circa 120 m, sommergendo parzialmente il rilievo carsico e trasformando le vette di montagne nelle isole di oggi (Surić et al., 2005). Nel mare Adriatico si trovano più di 1.300 isole e isolotti, la maggior parte dei quali sulla parte croata con 1.246 isole (Duplačić et al., 2004).

A differenza della Croazia, la parte italiana e occidentale della costa adriatica è relativamente bassa, liscia (con basso numero di sporgenze e isole) e regolare, in particolare nella parte settentrionale del bacino, mentre a sud della penisola del Gargano fino ad Otranto la costa è dominata da rocce. I sedimenti dei fondali dell'Adriatico settentrionale e centrale sono per lo più sabbiosi – fangosi, influenzati prevalentemente dalla portata del fiume Po e di altri fiumi minori. Ecco perché l'area più ampia del Delta del Po è nota per la subsidenza, ovvero per il fatto che il terreno e il fondale marino stanno affonda, non solo per ragioni naturali, ma anche a causa dello sfruttamento delle acque sotterranee e del gas sottomarino (Teatini et al., 2005). Poiché quasi il 70% dell'intero territorio dei comuni costieri adriatici in Italia è costituito da zone pianeggianti (aree umide e piane costiere), spiagge basse e sabbiose ed entroterra pianeggiante, l'area è stata considerata attrattiva per la realizzazione di infrastrutture e insediamenti umani (Romano e Zullo, 2014).

La costa adriatica, come parte del Mediterraneo, rappresenta una riserva estremamente preziosa di diversità biologica. Nel Mediterraneo crescono più di 30.000 diverse specie di piante selvatiche, mentre grosso modo si può dire che lungo le sponde del bacino adriatico, nell'area mediterranea e sub-mediterranea, cresca più del 10 % di queste specie. Le maggiori minacce agli ecosistemi costieri sono le pressioni dell'urbanizzazione, dell'erosione costiera e delle specie invasive. Si presume che nuovi potenziali habitat si apriranno per alcune specie invasive con un ulteriore aumento della temperatura, mentre le mareggiate e l'innalzamento del livello del mare intensificheranno l'erosione costiera e minacceranno sempre più le coste urbanizzate.

1.2 Demografia, urbanizzazione costiera, paesaggi costieri e marini, tipologia

Sulla costa del mare Adriatico ci sono numerosi insediamenti e una serie di grandi città. Nove su dieci maggiori città della costa adriatica si trovano in Italia (Bari, Venezia, Trieste, Rimini, Pescara, Ancona, Pesaro) o in Croazia (Spalato, Fiume). In entrambi i paesi la costa è piuttosto attrattiva per le persone. In Italia i comuni adriatici coprono solo il 3,2% dell'intero territorio nazionale pur avendo quasi il 6% dell'intera popolazione italiana censita nel 2011 (Romano e Zullo, 2014).

Dall'inizio degli anni '60 la costa croata ha visto una marcata crescita urbana con conseguenti pressioni ambientali. Nel 1960 sono stati urbanizzati circa 120-150 km di costa, mentre nel 2010 la costa urbanizzata ha raggiunto 1033 km. Nel frattempo, la popolazione della Croazia è rimasta pressoché costante: la maggior parte delle nuove abitazioni è stata costruita

come proprietà per le vacanze o come appartamenti turistici. I piani territoriali regionali prodotti più di recente prevedono un'ulteriore urbanizzazione. Secondo i dati disponibili presso gli istituti di pianificazione territoriale delle province costiere, la lunghezza prevista del litorale urbanizzato è di circa 1.562 km (MGIPU, 2013). La costa è meno urbanizzata lungo le isole.

Lo spopolamento che è avvenuto nell'entroterra così come nelle isole (soprattutto su quelle esterne) ha portato ad una densità di popolazione abbastanza eterogenea nella zona costiera. La popolazione è concentrata sulla costa e diminuita in area urbana, mentre l'urbanizzazione costiera incontrollata è stata per decenni una delle principali minacce alla zona costiera.

In Italia, la pressione dell'urbanizzazione sulla costa adriatica non è stata molto diversa. Tra gli anni 1950 e il 2001 il tasso di urbanizzazione dei comuni costieri è quadruplicato (Romano e Zullo, 2014). Queste caratteristiche hanno prodotto negli ultimi 50 anni una straordinaria spinta trasformativa, che ha fatto di questo litorale, insieme alla pianura padana, uno dei luoghi più artificiali e congestionati d'Italia. Una conurbazione lunga 55 km, da Lido di Classe a Cattolica ne è l'esempio. Oggi, meno del 30 % del litorale adriatico in Italia è libero da urbanizzazione ed è afflitto da rilevanti problematiche di organizzazione territoriale, ma anche di controllo e recupero delle qualità residue dei suoi ecosistemi e paesaggi (Romano e Zullo, 2014).

1.3 Attività e impatti umani

Le principali attività economiche lungo l'intera costa adriatica sono il turismo, la pesca, l'acquacoltura e il trasporto marittimo. Da parte italiana, anche l'industria ha un ruolo importante. Come abbiamo visto nel capitolo precedente, l'aumento del turismo ha determinato la trasformazione dei paesaggi costieri adriatici in Croazia e in Italia, creando pressioni di urbanizzazione. In Croazia, il turismo costiero è l'unico settore in costante crescita, anche nel mezzo di una crisi economica che ha colpito quasi tutti gli altri settori. Il problema è però creato dalla stagionalità del turismo: l'84% dei pernottamenti totali nella Repubblica di Croazia si registra tra giugno e settembre, mentre in soli due mesi "di punta", ovvero luglio e agosto, si realizza circa il 58% del totale dei pernottamenti (basato su MINT, 2019). L'attuale predominio degli alloggi privati in Croazia è una delle cause della stagionalità. Inoltre, la mancanza di un'offerta progettata al di fuori dell'alta stagione contribuisce ulteriormente al problema. La stagionalità esercita un'enorme pressione sulle infrastrutture comunali, come l'approvvigionamento idrico, il drenaggio, i trasporti, il consumo di elettricità e la produzione di rifiuti. In alcune città costiere sono state segnalate anche pressioni estive sul servizio sanitario e sull'assistenza medica urgente.

Anche la parte italiana dell'Adriatico è fortemente dipendente dal turismo stagionale, in particolare nella sua costa adriatica nord-occidentale, che possiede alcune delle spiagge più lunghe d'Europa. La Regione dell'Emilia-Romagna ha registrato nel 2018 più di 40 milioni di pernottamenti e la Regione del Veneto più di 60 milioni (istat.it). Per fare un confronto, nell'intera Croazia adriatica durante il 2018 sono stati realizzati poco meno di 85 milioni di pernottamenti (CBS, 2019).

Il trasporto marittimo è un altro ramo significativo dell'economia dell'area: ci sono 19 porti marittimi nell'Adriatico con oltre un milione di tonnellate di merci all'anno. In entrambi i paesi l'industria delle crociere è fiorente, ma il numero significativo di navi da crociera negli ultimi decenni suscita grandi preoccupazioni sul loro impatto ambientale marino in termini di rifiuti, emissioni pericolose (rifiuti di sentina, ceneri, emissioni in atmosfera), acque reflue, acque di zavorra, biocidi, danni fisici/collisioni, inquinamento acustico e inquinamento luminoso.

La pesca marittima è sempre stata ed è tuttora una parte importante della cultura e della tradizione di molti insediamenti nelle zone costiere dell'Italia e della Croazia. Oggi, pur avendo diverse specie destinatarie principali (Italia - acciughe e Croazia - sardine) entrambi i paesi subiscono una diminuzione delle quantità catturate[3,4].

[3] https://www.eurofish.dk/croatia

[4] https://www.eurofish.dk/italy

1.4 Tipologia della zona costiera

Al fine di offrire soluzioni per rafforzare la resilienza dell'area costiera, abbiamo deciso di distinguere diverse categorie di zona costiera con caratteristiche simili, in cui si verificano problemi simili e per le quali possiamo offrire specifiche soluzioni simili. In questo modo, gli argomenti e le aree minacciati direttamente dai cambiamenti climatici possono essere strutturati e prioritizzati più facilmente. A tal fine abbiamo seguito gli articoli 8 e 10 del Protocollo GIZC, distinguendo così le seguenti categorie di zone costiere:

- area urbana costiera;
- zone di urbanizzazione lineare costiera;
- aree costiere libere più o meno naturali, ma prive sia di costruzioni che di alcun livello di protezione in termini di Legge sulla protezione della natura;
- aree marine protette;
- zone di retrocosta.

Per **aree urbane costiere** intendiamo città e insediamenti di struttura compatta, che tendono ad essere di forma semicircolare, hanno buoni collegamenti con il loro entroterra e le isole, soddisfano i criteri di densità abitativa e urbanità ottimali. Le città e gli insediamenti costieri si concentrano principalmente sul mare, cioè sulla linea costiera; negli ultimi tempi sono stati spesso costruiti come palcoscenico per lo spettacolo del "mare". Questo rapporto tra il mare e la terra condiziona lo sviluppo sociale ed economico. È per questo motivo che spesso le aree urbane dal valore più elevato, così come il patrimonio culturale e storico, si trovano nelle immediate vicinanze del mare, quasi sulla linea costiera. E lì, sono le prime ad essere colpite dai nuovi livelli del mare previsti, ovvero da onde più grandi e da maree più alte.

L'estensione lineare dello sviluppo urbano è costituita dalla concentrazione di costruzioni e popolazione lungo la costa, un fenomeno che spesso incontriamo nelle aree che hanno un clima piacevole e un mare caldo, come il Mediterraneo. Nelle zone turistiche costiere spesso capita che l'indice di edificabilità sia di gran lunga superiore al numero dei residenti permanenti. La vicinanza alla spiaggia e la vista sul mare sono una delle principali priorità delle strutture turistiche, e quindi uno dei forti motori dell'urbanizzazione costituita da una o più file di case in riva al mare che si estendono per chilometri sia dell'est che dell'ovest dell'Adriatico. A volte tali zone sono parti della città e degli insediamenti, insediamenti suburbani o costruiti in maniera non pianificata e talvolta si tratta anche di unità amministrative separate. Questa forma di urbanizzazione è problematica perché qui sarebbe estremamente costoso fornire infrastrutture urbane e perché favorisce il largo uso del trasporto privato dato che la bassa concentrazione di abitanti impedisce un trasporto pubblico efficiente. Infine, questa forma di urbanizzazione è problematica anche in termini di potenziale finanziamento di misure di protezione dalle inondazioni dal mare.

Aree costiere libere sono definite nell'Articolo 8.3.a del Protocollo GIZC come coste prive di alcun livello di protezione. Viene sottolineata l'importanza della loro preservazione, in particolare dallo sviluppo urbano e da altre attività umane. Vale a dire, a causa della urbanizzazione dei litorali e dello sviluppo lineare delle coste, ci sono sempre meno aree libere. L'articolo 10 del protocollo GIZC sottolinea l'importanza di preservare ecosistemi costieri particolari, come zone umide, estuari, habitat marini, foreste e boschi costieri e dune, soprattutto quelli al di fuori delle aree protette. Lo stesso è richiesto per i paesaggi costieri dall'articolo 11.

Aree protette sono, in linea di principio, zone marine o terrestri con un livello estremamente elevato di integrità, cioè di naturalità. In base all'importanza di ciascuna area - e indirettamente al livello di protezione - la consueta categorizzazione nazionale le divide in riserve naturali, parchi nazionali e parchi naturali, paesaggi protetti e oggetti della natura. Il loro ruolo è molteplice: preservare la completezza delle strutture naturali all'interno dell'area di copertura, preservare l'ideale di un ecosistema originario (sebbene, ad esempio, non vi sia un ecosistema

completamente intatto in Europa), ma anche di fungere da cartina di tornasole dei cambiamenti più difficili da vedere altrove. Oltre alle classiche protezioni nazionali, negli ultimi tre decenni è stata istituita in Europa la *nuova* rete di protezione più grande al mondo, che include habitat marini e terrestri e aree di grande importanza per gli uccelli.

Le aree di retro-costa sono estremamente importanti per lo sviluppo sostenibile delle regioni costiere. A volte è proprio qui che dovrebbero essere applicate le misure che permettono uno sviluppo equilibrato, cioè offrono un modello in cui la stretta fascia costiera sarebbe una locomotiva che serve la regione in modo solidale, e non un campo da gioco per investitori privati. Dalla metà del secolo scorso, sul versante orientale dell'Adriatico si è assistito ad una tendenza all'afflusso di popolazione nelle città costiere e allo svuotamento dell'entroterra. Questo squilibrio è uno dei principali ostacoli allo sviluppo sostenibile. Nell'ottica dell'adattamento ai cambiamenti climatici, queste aree stanno diventando ancora più importanti. Da un lato questa è la prima linea di difesa contro le inondazioni, generalmente anche contro gli incendi, ma si tratta anche di un'area di valore elevato che può offrire opportunità per l'arretramento della costa.

Considerando le caratteristiche e l'uso dell'area costiera adriatica, e in conformità con il protocollo GIZC, ai fini della presente pubblicazione verrà utilizzata la seguente suddivisione spaziale:

- linea costiera definita dalla Repubblica di Croazia e dalla Repubblica italiana;
- fascia inedificabile costiera, definita dall'art. 8. Protocollo GIZC, ovvero 100 m su entrambi i lati della linea;
- stretta fascia costiera (fino a 300 m su entrambi i lati della linea);
- zona costiera stretta (fino a 1000 m su entrambi i lati della linea);
- zona costiera (area delle città e dei comuni costieri) e dal lato del mare fino al limite esterno del mare territoriale; e
- zona costiera più ampia (regioni costiere, ovvero contee e province) fino al limite esterno del mare territoriale.

2 Cambiamenti climatici nella zona costiera adriatica

2.1 Dati e proiezioni sui cambiamenti climatici

La caratteristica principale di tutte le proiezioni climatiche è l'incertezza sull'entità del cambiamento. Il clima è il risultato di tutta una serie di fattori naturali e antropici e a causa di questo è molto difficile prevedere esattamente come cambierà, sia a livello locale che globale. L'incertezza dello scenario, ovvero delle future emissioni e delle concentrazioni di gas serra nell'atmosfera, nonché il loro complesso impatto sul clima come conseguenza del comportamento umano, non si può impedire. Inoltre, il sistema climatico ha anche una propria variabilità interna. Cambiamenti apparentemente piccoli possono portare a forti impatti. Per ora sappiamo con certezza solo la tendenza al cambiamento ed è quindi importante prepararsi adeguatamente alle tendenze imminenti, ovvero agli scenari peggiori. Le possibili soluzioni dovrebbero essere graduali e fattibili per tutti gli scenari.

Secondo gli ultimi rapporti dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), negli ultimi decenni, oltre all'aumento della temperatura media dell'aria, sono aumentate l'intensità, la frequenza e la durata delle ondate di calore, nonché le precipitazioni estreme e la siccità (IPCC, 2019). L'IPCC ha da tempo riconosciuto il Mediterraneo come uno dei punti caldi del cambiamento climatico, a causa del fatto che si sta riscaldando più velocemente del resto del pianeta, e ciò è confermato dall'ultimo rapporto MedECC - Rete di esperti mediterranei sui cambiamenti climatici e ambientali (MedECC, 2020).

Secondo il Rapporto speciale IPCC sull'oceano e la criosfera del 2019 (IPCC, 2019), l'innalzamento del livello del mare sulle coste e sulle isole rappresenta un pericolo per conseguenti inondazioni costiere (Tabella 1).

Riquadro 1. Di chi fidarsi?

L'IPCC è un organo delle Nazioni Unite istituito nel 1988 dall'UNEP e dall'OMM per preparare le basi decisionali per i decisori basate sul meglio della scienza. Dal 1990, l'IPCC pubblica i suoi rapporti analitici regolari ogni 6 anni, alla cui preparazione partecipano migliaia di scienziati. Oltre ai rapporti regolari, l'IPCC prepara rapporti speciali per i paesi che ne esprimono la necessità.

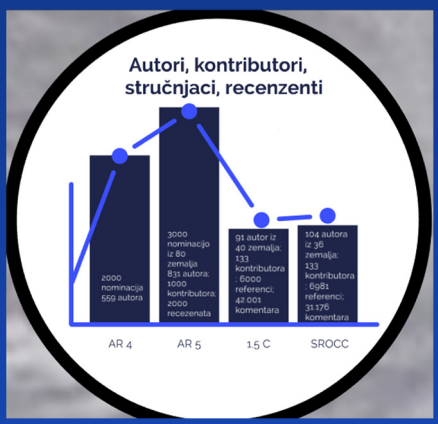


Tabella 1. Parametri chiave per le zone costiere dal rapporto IPCC (2019)

Cambiamenti globali previsti dai parametri chiave per le zone costiere entro il 2100		
Parametro	**Valore atteso RCP 4**	**Valore atteso RCP8.5**
Deviazione della temperatura media dell'aria superficiale globale rispetto al 1850-1900 (in C°)	2,5 (1,7–3,3)	4,3 (3,2–5,4)
Innalzamento medio globale del livello del mare rispetto al 1986-2005 (in metri)	0,55 (0,39–0,72)	0,84 (0,61–1,10)
Tasso di innalzamento del livello del mare globale (in mm/anno)	7 (4–9)	15 (10–20)

Ma oltre all'innalzamento del livello del mare che avviene in modo relativamente lento, è importante tenere presente le condizioni meteorologiche estreme. Durante una mareggiata, a causa di un forte e persistente vento di scirocco, l'acqua del mare si innalza fino a sommergere la costa. Poiché si tratta principalmente di cicloni, contemporaneamente spesso si verificano forti piogge. Combinati con altri fattori, questi eventi possono causare inondazioni costiere significative, specialmente sulle coste basse dove si verifica anche il cedimento del suolo. Abbiamo visto un esempio del genere a Venezia, dove nel dicembre 2019 si è registrato un innalzamento di ben 187 cm sopra il livello del mare. In quell'occasione sono state allagate numerose città lungo l'Adriatico. Sebbene la causa di questa inondazione sia stata una condizione meteorologica specifica piuttosto rara, va notato che il livello del mare più alto a Split/Spalato è stato misurato solo poche settimane prima.

I dati e le proiezioni climatiche prodotti nell'ambito del progetto ADRIADAPT coprono il periodo che va dal 1986 al 2100, seguendo il forzante climatico storico fino al 2005 e due differenti scenari di emissione futuri: uno scenario moderato (RCP 4.5), che prevede un mondo futuro in cui sono stati compiuti sforzi considerevoli in termini di politiche di mitigazione, ed uno scenario ad alte emissioni (RCP 8.5) che prevede un mondo futuro senza politiche di mitigazione climatica. Sono state condotte simulazioni sull'area di competenza ADRIADAPT, che si estende dal litorale adriatico settentrionale italiano fino a buona parte del litorale croato (Figura 1).

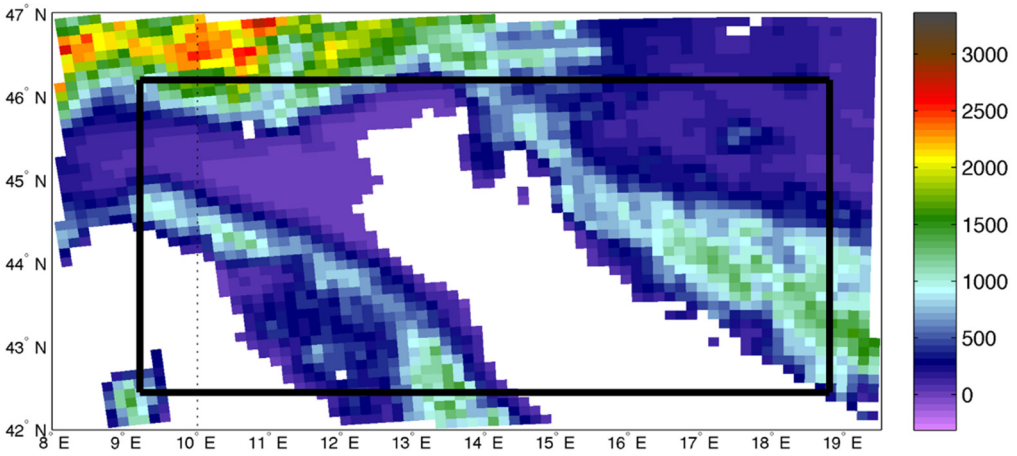


Figura 1. Area di competenza ADRIADAPT sulla quale sono state condotte simulazioni

Conclusioni principali del progetto AdriAdapt sul futuro del cambiamento climatico in Adriatico:

- Entro il 2100 è atteso un **incremento stagionale e annuale della temperatura media dell'aria** con i cambiamenti più drastici previsti durante l'estate. Incrementi della temperatura media fino a 2°C, secondo lo scenario RCP4.5, e 4.5°C, secondo lo scenario RCP 8.5, potrebbero essere raggiunti entro la fine del secolo.

  Entro il 2100 è atteso un **incremento della temperatura dell'aria sia massima che minima;** si prevede che la temperatura massima annuale aumenterà più della temperatura minima annuale. Entro la fine del secolo, si stima che la temperatura massima annuale subirà dei cambiamenti: fino a 3.3°C secondo lo scenario RPC 4.5 e fino a 6.5°C secondo lo scenario RCP 8.5.

  Si prevede uno spostamento dell'intera distribuzione della temperatura dell'aria, minima e massima, verso valori più caldi in tutte le stagioni, con un picco di intensità durante l'estate.

  Durante l'inverno, la primavera e l'autunno si prevede **una diminuzione del numero di giornate di gelo**; diminuzioni marcate sono attese sulle pianure e localmente, con tendenza alla scomparsa completa dei giorni di gelo,

specialmente nello scenario RCP8.5 e verso la fine del secolo. Durante l'inverno, quando i giorni di gelo sono più comuni, il cambiamento atteso a metà secolo è di circa 7,5 giorni in meno a stagione (da dicembre a febbraio) rispetto al periodo di riferimento (baseline) quando erano previsti fino a 30 giorni di gelo, per entrambi gli scenari di emissione. Alla fine del secolo, lo scenario RCP4.5 prevede circa 12,5 giorni in meno, mentre lo scenario RCP8.5 prospetta addirittura 25 giorni in meno di gelo rispetto al periodo della baseline; localmente il segnale potrebbe essere più intenso.

Si prevede un **aumento della durata delle ondate di calore stagionali**, entro il 2100, su tutta la regione, in entrambi gli scenari di emissione. I segnali di picco sono registrati nelle aree urbane dei siti pilota, specialmente durante la stagione estiva.

- Inoltre, si prevede che il **numero e l'intensità delle notti tropicali** aumenteranno su tutto il territorio di interesse, con forte intensità nelle aree urbane, specialmente durante l'estate (da giugno ad agosto). Le proiezioni indicano un possibile incremento di circa 20 notti tropicali secondo lo scenario RCP4.5, e 30 notti tropicali secondo lo scenario RCP8.5 entro la fine del secolo, più del doppio rispetto al valore della baseline; a livello locale i cambiamenti proiettati potrebbero essere più intensi.

Le proiezioni delle **precipitazioni** non sono omogenee sull'intero territorio di interesse. Gli aspetti comuni potrebbero essere sintetizzati come segue: il segnale dei cambiamenti proiettati è molto ridotto in **inverno** secondo lo scenario di emissione moderata (RCP 4.5), mentre potrebbe verificarsi un leggero aumento delle precipitazioni nella parte nord-orientale del territorio di interesse secondo lo scenario ad alte emissioni (RCP 8.5); le precipitazioni **estive** sono destinate a diminuire, in modo maggiore entro la fine del secolo.

La proiezione delle **precipitazioni intense ed estreme** segue il segnale di cambiamento per le precipitazioni totali. **Durante l'inverno, le precipitazioni intense aumenteranno** secondo lo scenario RCP8.5 – lungo il versante orientale dell'Adriatico (ma anche nell'entroterra croato) di circa 4 mm day-1 e 10 mm day-1 sull'area montuosa. Segnali opposti sono previsti **per il periodo estivo** quando la **diminuzione di precipitazioni intense** sarà fino a 4 mm al giorno lungo il versante orientale della costa e dell'entroterra adriatico e nella parte meridionale italiana, considerate nel territorio di interesse secondo lo scenario RCP8.5. Le precipitazioni estreme in estate non mostrano un chiaro modello di cambiamento in entrambi gli scenari.

- Si prevede **aumento del numero massimo di giornate asciutte consecutive**, con un picco nella stagione estiva.

2.2 Effetti osservati del cambiamento climatico nelle città adriatiche della Croazia e dell'Italia

Nell'ambito del progetto AdriAdapt è stato condotto un sondaggio tra le amministrazioni locali in Croazia e in Italia. Il sondaggio è stato condotto attraverso un questionario online da aprile a novembre 2019. Gli effetti osservati del cambiamento climatico per frequenza nelle risposte sono mostrati nella Tabella 2.

Tabella 2. Risultati del questionario sugli impatti osservati dei cambiamenti climatici nelle regioni, città e comuni adriatici

Regioni, città e comuni adriatici: impatti osservati dei cambiamenti climatici (per numero di risposte)	
Inondazioni causate da acqua piovana	31
Danni causati da eventi meteorologici estremi (in ordine di frequenza: alberi, tetti, strade, auto, lungomare, spiagge, barche, frane)	30
Inondazioni di case e di altre costruzioni edilizie ai fini di abitazione e di turismo	25
Inondazioni marine dovute a eventi meteorologici estremi	24
Aumento del numero di incendi all'aperto	19
Aumento del deterioramento delle infrastrutture costiere a causa di eventi meteorologici estremi	17
Mancanza di acqua per l'irrigazione delle aree agricole	17
Impatto della variazione di temperatura e/o delle precipitazioni sull'arrivo dei turisti in pre - e post – stagione	17
Aumento del numero di persone in cerca di assistenza medica di emergenza a causa delle condizioni meteorologiche	16
Variazioni nel numero di parassiti e specie indesiderate (HR orthotomicus erosus)	16
Aumento degli odori sgradevoli in estate a causa dell'aumento della temperatura (liquami, discariche, ecc.)	16
Approvvigionamento idrico insufficiente in estate	16
Aumento delle perdite di raccolto agricolo e peggioramento della qualità del suolo a causa della siccità	15
Aumento dei danni in agricoltura da condizioni meteorologiche estreme	15
Cambiamenti nel ciclo di vita della vegetazione	15
Aumento del deterioramento di altre infrastrutture a causa di eventi meteorologici estremi	14
Caduta di tensione a causa dell'elevato consumo di elettricità	13
Presenza di specie invasive	13
Cambiamenti nella morfologia costiera dovuti all'erosione delle spiagge e dei litorali	12
Variazioni della portata e dell'intensità del fuoco	12
Diminuzione delle catture di specie commerciali	11
Aumento del numero di pesci termofili e di altre specie	11
Aumento del degrado degli alberi	10
Scomparsa della vegetazione autoctona a causa della siccità	10
Calo in qualità delle acque di balneazione	10
Mancanza di prestazione di assistenza medica alle persone in bisogno di stagione	8

Come si può notare, gli impatti più comunemente segnalati sono le inondazioni causate dall'acqua piovana, i danni derivanti dagli effetti di eventi meteorologici estremi e le inondazioni marine. Le inondazioni sono il risultato delle condizioni meteorologiche (clima) ma anche della qualità dell'urbanizzazione e delle caratteristiche topografiche della costa costruita (altezza della costa), nonché dello stato di costruzione e dell'efficienza dell'infrastruttura di protezione costiera esistente, se esiste. Il clima non è l'unico responsabile della situazione, ma è un buon indicatore della tendenza di cambiamento che si verificherà su alcune coste.

Alcuni degli impatti osservati nella tabella sopra sono significativamente più presenti in Croazia, come l'aumento degli odori sgradevoli in estate, la comparsa del bostrico corroso, i cambiamenti nella velocità di diffusione e intensità degli incendi e tutti gli impatti negativi legati all'agricoltura. Sono stati rilevati altri impatti, ma in meno di cinque risposte, per cui non sono riportati nella tabella precedente. Tra questi, è interessante la salinizzazione delle fonti di acqua potabile, registrata in quattro città. Trattandosi di un impatto importante, questo numero non è trascurabile. L'erosione del suolo bruciato è stata osservata in sette unità di governo locale.

In effetti, le inondazioni insieme all'erosione costiera hanno l'impatto maggiore sulla costa naturale e su quella edificata. Sul versante italiano dell'Adriatico, in particolare nella sua pianura settentrionale, l'erosione costiera rappresenta un grave problema a causa di sedimenti più fini non consolidati, che contribuiscono a inondazioni costiere più frequenti dovute all'innalzamento del livello del mare e alle mareggiate. In prossimità delle spiagge dell'area del delta padano, ma anche dei delta minori (es. fiumi Biferno, Trigno e Metaurno), il tasso di erosione può arrivare fino a 10 metri all'anno (Pranzini, 2013). In un recente studio, scenari di onde estreme per il periodo compreso tra il 2070 e il 2100 prevedono pericoli di onde “altissime” per l'area che va da Venezia al delta del Po, soprattutto nel trimestre invernale (gennaio/febbraio/marzo) (Torresan et al., 2019; Gallina et al., 2019).

In Croazia, l'aumento del rischio di inondazioni costiere dovute a mareggiate, nonché la perdita di suolo dovuta all'aumento dell'erosione costiera causata dall'innalzamento del livello del mare (SLR) è stato valutato utilizzando lo strumento DIVA (modello di valutazione della vulnerabilità dinamica) nel 2015 (UNEP MAP PAP / RAC, 2015). La valutazione ha mostrato che gli effetti dell'innalzamento del livello del mare in Croazia nel XXI secolo saranno significativi se non verranno prese misure di aggiustamento. L'area del perimetro costiero croato esposto a un livello estremo d'acqua alta nel secolo aumenterà dagli attuali 240 km^2 a 320-360 km^2 alla fine del 21° secolo. Il numero previsto di persone annualmente esposte alle inondazioni aumenterà da 17.000 nel 2010 a 43.000-128.000 nel 2100. Questo studio ha rivelato una serie di risultati interessanti: ad esempio, in Croazia, le aree in cui predomina l'elevata esposizione dei beni immobili alle inondazioni costiere non sono necessariamente quelle caratterizzate da un'elevata esposizione della popolazione e viceversa.

Sebbene in Croazia il problema dell'erosione costiera non sia così pronunciato come in Italia, si verifica in alcune zone, ad esempio, sui litorali morbidi sotto nelle zone di flysch/Arba; piccole spiagge tra Split/Spalato e Ploče/Porto Tolero (in parte a causa della costruzione dell'autostrada adriatica che ha tagliato i depositi di flysch), nonché nell'area del delta del fiume Narenta (Pikelj e Juračić, 2013). Infine, il problema dell'erosione costiera si sta accentuando sulle nuove estensioni costiere, costruite per soddisfare le esigenze dell'industria turistica.

Per quanto riguarda gli incendi, in Croazia l'abbandono dell'entroterra e conseguentemente dell'agricoltura e dell'allevamento in queste zone, ha portato nella seconda metà del XX secolo alla proliferazione della macchia, della garriga e di gran parte delle pinete, combustibili altamente infiammabile. L'aumento delle temperature medie

con l'aumento della siccità prolunga e peggiora la stagione degli incendi e questa tendenza già presente non potrà che peggiorare in futuro. Negli incendi, oltre a perdere risorse preziose per il sequestro del carbonio, viene rilasciata una grande quantità di gas mortali, e di conseguenza si verificano l'erosione e la desertificazione. A questo si aggiungono i costi di estinzione, che possono essere estremamente elevati.

Tutti gli altri impatti dei cambiamenti climatici osservati dalle unità del governo locale in Croazia e in Italia (ad es. inondazioni dovute all'acqua piovana, diminuzione delle precipitazioni e siccità, cambiamenti nel numero di parassiti, ecc.) sono serviti da guida nella stesura di questo documento, ovvero hanno determinato quali impatti climatici prioritari il documento avrebbe affrontato e su quali opzioni di adattamento si sarebbe concentrato.

3 Resilienza

3.1 Definizione della resilienza

I termini di *resilienza* e *adattabilità* sono termini chiave in questo manuale. Sorge la domanda su cosa si intenda esattamente con la parola resilienza: la resilienza a processi e situazioni avverse nelle zone costiere causate dal cambiamento climatico e dalle sue conseguenze per le persone, gli insediamenti e il mondo vivente. Il concetto di resilienza deriva dall'ecologia a partire dagli anni Settanta del secolo scorso e si riferisce alla capacità del sistema di assorbire gli squilibri e di mantenere comunque la stessa struttura e funzioni, cioè di recuperare. Da allora, il concetto di resilienza si è diffuso in diverse aree ed è diventato particolarmente importante nell'area dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

Per poter lavorare sul rafforzamento della resilienza delle aree costiere, dobbiamo comprendere i processi che si verificano sulla costa sotto l'impatto dei cambiamenti climatici. È necessario analizzare la vulnerabilità dell'area costiera e tutte le dimensioni della vita nell'area costiera, o i suoi sottosistemi naturali, sociali ed economici. A tal fine vengono utilizzati vari metodi di valutazione della vulnerabilità, sulla base dei quali si acquisiscono informazioni sulla sensibilità e sull'esposizione agli effetti del cambiamento climatico e sulla resilienza ad esso. Analizzando le capacità di adattamento, allo stesso tempo consideriamo anche come aumentare tale capacità, riducendo così la vulnerabilità e rafforzando la resilienza.

Quando si considera la resilienza delle zone costiere agli effetti negativi dei cambiamenti climatici, si considerano fenomeni come inondazioni marine, inondazioni di acqua piovana, siccità, aumento del rischio di incendi, isole di calore urbane, aumento delle infezioni causate da agenti patogeni, anomalie causate da specie aliene e altri fenomeni. Gli impatti sono osservati in tutta l'area che comprende la costa, il retro-costa, il mare e le isole (ai sensi dell'articolo 3 del Protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere), l'uomo e il relativo sistema socio-economico. Interpretiamo la resilienza in modo diverso se parliamo della linea costiera, la cui resilienza cresce con il livello della naturalità.

Riquadro 2. Resilienza

Resilienza – la capacità del sistema e delle sue componenti di anticipare, assorbire, accettare o recuperare in modo tempestivo ed efficace dalle conseguenze di un evento pericoloso, a patto che le strutture e le funzioni di base del sistema siano preservate, ripristinate o migliorate.

Fonte: IPCC

La resilienza costiera rappresenta la capacità di questo sistema, con tutti i suoi sottosistemi socioeconomici e naturali, di anticipare efficacemente, assorbire, accettare o riprendersi dagli effetti delle perturbazioni causate dai cambiamenti climatici in modo tempestivo. Affinché ciò sia possibile, le aree costiere devono reagire come sistema, in modo pianificato, guidato e gestito. Pertanto, come prerequisito fondamentale per la resilienza dell'area costiera abitata, si propone di procedere con una pianificazione integrale dell'adattamento nelle aree costiere.

Per una serie di ragioni chiediamo la **cooperazione** di tutti i gruppi di attori, a partire dall'entità delle sfide che affrontiamo, alle incertezze che queste sfide comportano. L'incertezza è forse l'aspetto più difficile dei cambiamenti climatici.[5] Non si tratta di sapere se tutto questo accadrà, ma di quando, come, su chi e in che misura i cambiamenti

[5] Gli scenari di cambiamento dipendono dal comportamento umano in tutto il pianeta. Inoltre, emergono domande su punti critici, reazioni a catena, retroazioni e una serie di cambiamenti irreversibili.

imminenti faranno impatto. Le varie dimensioni dell'incertezza sono mostrate nel Riquadro 3.3.

Riquadro 3. Affrontare l'incertezza

- Incertezza delle proiezioni climatiche
- Incertezza degli impatti sui sistemi biofisici
- Incertezza tecnica
- Incertezza socio-economica
- Incertezza politica
- Incertezza finanziaria ed economica

Fonte: UNEP-WCMC e UNEP, 2019.

Quando si applica una soluzione, è importante che sia **adattabile e graduale** in futuro. È altrettanto importante monitorare continuamente i cambiamenti, le condizioni e le cause, nonché avere una risposta rapida in caso di deviazione dallo stato desiderato dell'ambiente. Ciò significa che il sistema di gestione deve essere adattabile, veloce, in grado di affrontare e acquisire nuove conoscenze, innovarsi costantemente e rispondere ai problemi. Un sistema del genere può essere solo uno che comprenda il capitale sociale, economico, fisico e naturale ampio e diversificato (Chapin et al., 2009).

La qualità della nostra risposta ai cambiamenti climatici dipende interamente dalla cooperazione e dalla messa in rete di forze e di risorse sociali consapevoli, adeguate e formate. Il cambiamento climatico influisce su tutte le dimensioni della nostra vita, quindi sono necessari cambiamenti e soluzioni in tutte le dimensioni. L'organizzazione della società per settori, che attraverso specializzazioni ristrette in tutti i segmenti ha visto un aumento dell'efficienza (fare le cose nel modo giusto), ma non dell'efficacia (fare le cose giuste), in risposta a una sfida così ampia rappresenta più spesso un ostacolo che una virtù. Soluzioni integrali, sinergie e un approccio olistico sono inevitabili per ottenere risposte di qualità ai cambiamenti climatici come la più grande sfida che bussa alla nostra porta.

3.2 Percorsi di resilienza ai cambiamenti climatici

I cambiamenti climatici ci stanno costringendo ad avvicinarci allo sviluppo sostenibile, ad abbracciare pienamente le complesse interrelazioni nei sistemi del clima, della società e dell'ambiente naturale. I percorsi di resilienza ai cambiamenti climatici rappresentano trasformazioni evolutive che combinano adattamento e mitigazione per raggiungere obiettivi di sviluppo sostenibile (IPCC, 2014). La figura 2 mostra le emissioni globali previste di anidride carbonica (CO2) basate sulla produzione pianificata di combustibili fossili. Possiamo vedere che al momento c'è un notevole divario tra la produzione pianificata e quella concordata dall'Accordo di Parigi, ma le proiezioni di produzione per il 2030 o 2040 sembrano ancora peggiori. Questa situazione mostra che attualmente ci stiamo muovendo verso lo scenario più pessimista.

Un approccio integrato, che sosteniamo nella gestione delle zone costiere, mira a integrare diversi sistemi di pianificazione e gestione, come quello territoriale, regionale, sociale, ecologico, ecc. in un unico sistema, allo stesso modo in cui habitat - *oikos* rappresenta l'integrazione degli organismi viventi e ambienti naturali (Filipić i Šimunović, 1993).

L'adattamento è una strategia mediante la quale anticipiamo e mitighiamo gli impatti dei cambiamenti climatici che non possono essere (o non sono stati) evitati in diversi scenari di cambiamento climatico. È chiaro che quanto più siamo vicini allo sviluppo sostenibile, tanto più facile si dimostra tale adattamento; e, di conseguenza, quanto più faticosa è la mitigazione dei cambiamenti climatici, tanto più lontani ci troviamo dallo sviluppo sostenibile. Un approccio integrato include sia l'adattamento che la mitigazione dei cambiamenti climatici. Ogni decisione che prendiamo influisce sulla nostra posizione nel percorso verso la resilienza; può sollevarci e portarci più vicini all'obiettivo o buttarci giù e allontanarci da esso. Questa situazione è mostrata in Figura 3.

L'innalzamento del livello del mare è una delle conseguenze del cambiamento climatico che non possiamo fermare, anche nel caso del

raggiungimento degli scenari più favorevoli, ma si può rallentare. Pertanto, l'adattamento delle aree costiere popolate e non protette è imperativo. L'unica domanda è quanto e quanto velocemente il livello del mare aumenterà. Pertanto, si propone di sviluppare piani di adattamento nelle aree costiere che prevedano misure diverse a seconda della situazione. L'attuazione delle soluzioni proposte dovrebbe procedere per fasi, in conformità con le ultime conoscenze e con le esigenze individuate.

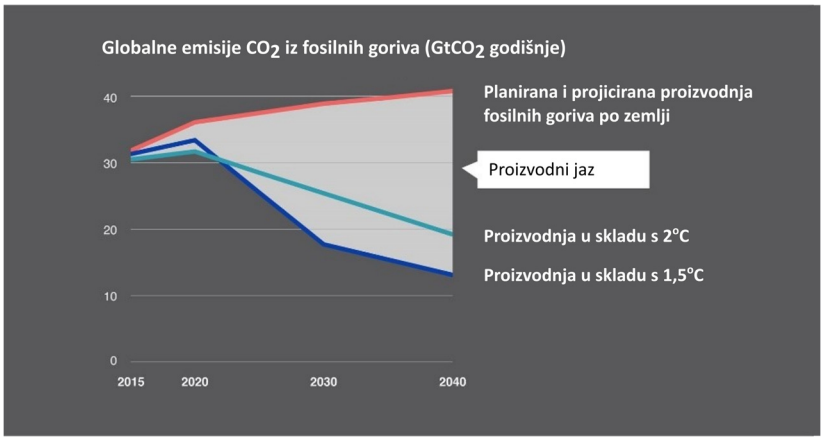


Figura 2. Emissioni globali previste di anidride carbonica (CO_2) sulla base di produzione di combustibili fossili pianificata (Fonte: UN Environment. Global goals for sustainable development. http://productiongap.org/)

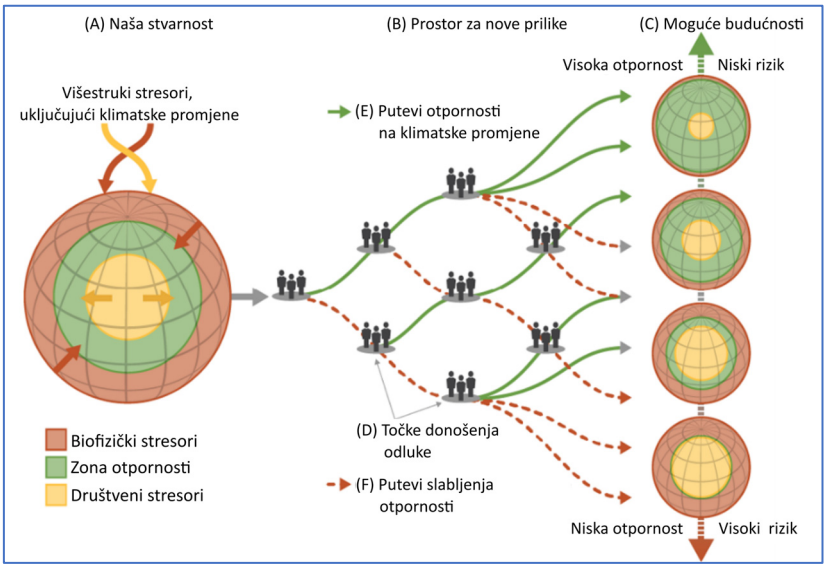


Figura 3. L'impatto delle decisioni sul percorso verso la resilienza. (Fonte: IPCC, Rapporto AR5)

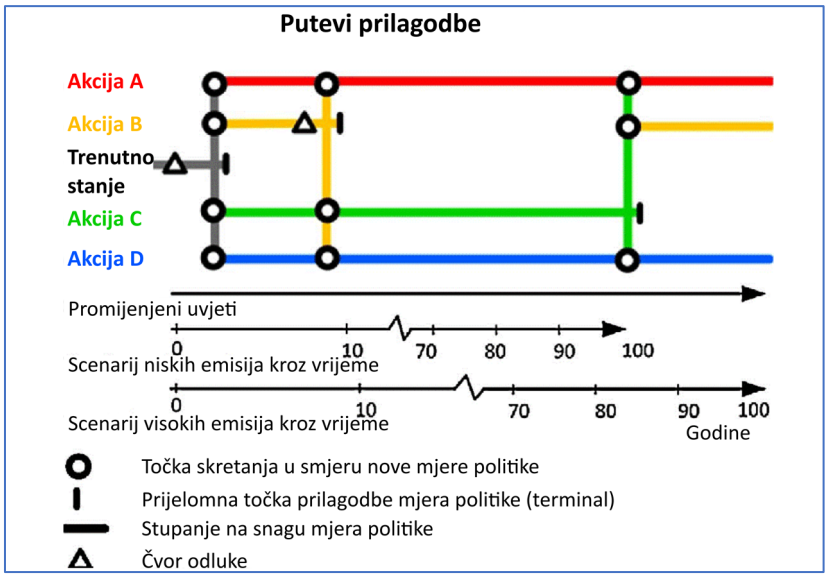


Figura 4. Nella concettualizzazione di Haasnoot, le modalità di adattamento sono indicate con 4 azioni differenti; i punti di rottura per assumere decisioni e gli scenari a bassa ed alta emissione sono tracciati sull'asse x (Haasnoot et al., 2013).

L'innalzamento del livello del mare è una delle conseguenze del cambiamento climatico che non possiamo fermare, anche in caso del raggiungimento degli scenari più favorevoli, ma si può rallentare. Pertanto, l'adattamento delle aree costiere popolate e non protette è imperativo. L'unica domanda è quanto e quanto velocemente il livello del mare aumenterà. Pertanto, si propone di sviluppare piani di adattamento nelle aree costiere che prevedano misure diverse a seconda della situazione in un dato momento. L'attuazione delle soluzioni proposte dovrebbe procedere per fasi, in conformità con le ultime conoscenze e le esigenze individuate.

I principi, ovvero le linee guida per rafforzare la resilienza, presentati nel Riquadro 4, aiuteranno anche a comprendere la resilienza e ne faciliteranno l'applicazione.

Riquardo 4. Principi per rafforzare la resilienza

- Mantenere la diversità e l'abbondanza per compensare le perdite nei sistemi socio-naturali.
- Gestire la connessione e promuovere la flessibilità, perché un sistema ben collegato supera meglio i disturbi e recupera più velocemente.
- Gestire variabili lente e fornire feedback per garantire il recupero del sistema sociale-naturale e la continuazione dei servizi ecosistemici.
- Incoraggiare il pensiero sistematico sull'adattamento perché i sistemi socio-naturali sono basati su una rete complessa di connessioni e interrelazioni.
- Incoraggiare l'apprendimento, proponendosi di tenere in conto le diverse specie e fonti di conoscenza nella realizzazione di soluzioni
- Estendere la partecipazione attraverso il coinvolgimento attivo degli stakeholder rilevanti per costruire fiducia ed ampliare le conoscenze necessarie nel processo decisionale.
- Promuovere sistemi di "*governance*" policentrici, in cui più enti governativi lavorano insieme per raggiungere l'azione prima dello squilibrio e del cambiamento.

Modificato secondo l'UNEP-WCMC and UN

3.3 Selezionare una risposta appropriata

Per guidare con successo un'area verso la resilienza, probabilmente dovremo adottare varie misure di adattamento. Le misure di adattamento presentate in questo manuale sono state suddivise in tre categorie: misure gestionali (misure sociali), adattamento basato sull'ecosistema (misure verdi) e misure ingegneristiche (grigio). Queste tre categorie di misure di adattamento saranno discusse in dettaglio nei capitoli seguenti. Le misure possono essere anche ibride o combinate. La scelta delle misure che adotteremo dipenderà da una serie di fattori. Si propone un'applicazione graduale delle misure, tenendo conto delle più recenti conoscenze scientifiche sulla velocità e intensità dei cambiamenti e sull'uso di modelli di percorsi di adattamento, mostrati nella Figura 4.

La questione del rafforzamento della resilienza nelle condizioni dell'innalzamento del livello del mare è una sfida particolare per le zone costiere basse. Il rallentamento dell'innalzamento del livello del mare si verificherebbe molto tempo dopo la riduzione delle emissioni di gas serra. Pertanto, l'innalzamento del livello del mare è certamente previsto nei prossimi decenni, l'unica domanda è quanto velocemente e di quanto aumenterà il livello medio del mare. Anche un piccolo aumento del livello medio del mare moltiplica il numero di inondazioni nelle zone costiere. Il rapporto SROCC (IPCC, 2019) identifica sei possibili risposte globali all'innalzamento del livello del mare che devono essere adattate alla situazione locale, ovvero all'esposizione e alla sensibilità delle coste. Nella scelta delle misure di adattamento si dovrebbe tenere conto anche delle acque che arrivano alla costa dalla terraferma e dalle superfici impermeabili dell'ambiente urbano. La somma di questi due impatti è cruciale per selezionare la risposta appropriata.

Le risposte all'innalzamento del livello del mare mostrate nella Figura 5 saranno discusse nei capitoli seguenti. Tranne la prima, rappresentano tutte le misure in grado di rafforzare la resilienza dell'area costiera. Le misure di protezione dalle inondazioni marine sono generalmente costose e dipendono in modo significativo dal livello di protezione desiderato e pianificato (ad esempio, scenari di inondazione per i prossimi 50, 100 o cinque anni).

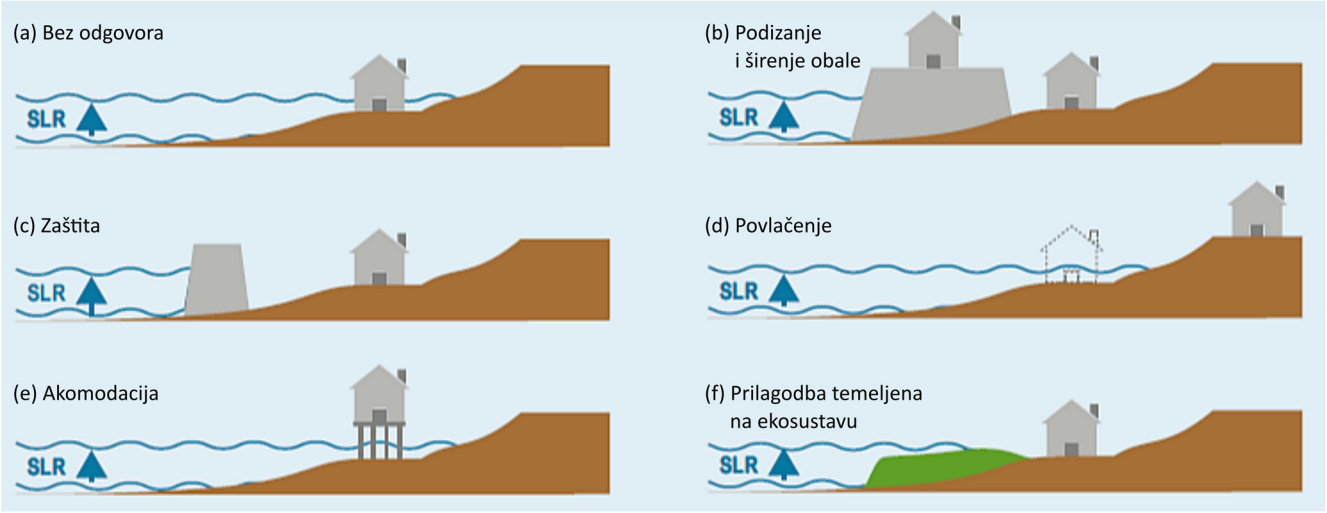


Figura 5. Risposte all'innalzamento del livello del mare (Fonte: IPCC, 2019)

Di norma, le aree più densamente popolate che generano maggiori entrate per chilometro di costa, saranno in grado di finanziare soluzioni di protezione dalle inondazioni più affidabili e migliori. Quale risposta sarà infine scelta dipenderà dall'entità del danno potenziale in un determinato periodo di tempo in conformità con la protezione progettata, il numero di persone minacciate, la configurazione naturale e le caratteristiche della costa, la densità edilizia del litorale, il potere economico della popolazione, le sue preferenze e il livello di esposizione all'azione del mare (inondazioni). Se parliamo di zone costiere altamente urbanizzate, densamente popolate e di un litorale costruito, le cosiddette misure grigie - ingegneristiche come quelle contrassegnate con le lettere *b, c* o *e* nella figura sopra possono essere la scelta finale. Anche fattori come la topografia costiera e la batimetria dei fondali avranno un ruolo nella scelta di una soluzione. Per alcune città costiere, specialmente quelle nelle zone di mare poco profondo, sono sempre più previste soluzioni basate sugli ecosistemi (*f).* Certamente, nelle aree delle foci e dei delta, e nelle zone costiere basse, tali soluzioni possono solo ritardare le inondazioni del mare. Infine, il ritiro organizzato (*d*) sarà talvolta la soluzione più conveniente. Si passerà a creare le città e le rive del futuro.

Per la costa croata sono state effettuate due stime dei costi sostenuti a causa dell'innalzamento del livello del mare utilizzando il metodo DIVA. Uno studio del 2020 ha mostrato che il costo delle inondazioni dovute all'innalzamento del livello del mare si possono ridurre fino al 39% se si combinassero le strutture di protezione e una fascia inedificabile ("coastal setback zone"). Ma se viene applicata una combinazione di strutture protettive e arretramento pianificato, i futuri danni delle inondazioni possono essere ridotti fino al 93%. Lo studio del 2015 (Hinkel et al., 2015) non ha preso in considerazione né le fasce inedificabili né l'arretramento pianificato. Questo studio ha mostrato che le aree con il maggior numero di abitanti vulnerabili non sono le stesse aree con il maggior numero di immobili vulnerabili. È interessante notare che lo studio del 2015 si basa sul presupposto che i segmenti costieri con una densità di popolazione superiore a 30 abitanti/km^2 siano protetti; mentre un nuovo studio ha ripreso il modello del Regno Unito secondo il quale saranno protette solo le aree in cui il rapporto costi-benefici è maggiore di 5. Questi studi hanno mostrato chiaramente la portata delle decisioni che dovremo prendere: quale popolazione o densità edilizia proteggeremo; in quanta misura si applicherà il rapporto costi-benefici, come valutare i beni storici e culturali: tutte queste saranno decisioni strategiche e politiche che dovranno essere prese nei prossimi anni. Partiamo dal presupposto che è probabile che aree, edifici e ambienti densamente popolati vengano difesi da una combinazione di misure ingegneristiche e altre soluzioni. Valutazioni, piani e decisioni dovranno essere eseguiti. Si dovrà rispondere a domande quali: come prendersi cura dei residenti dell'area che sarà inondata; come prendersi cura

dell'area dopo averla lasciata; come affrontare le nuove sfide per preservare la qualità del mare dopo le inondazioni costiere, nonché tutta una serie di altri problemi che oggi difficilmente possiamo immaginare.

4 Misure di adattamento gestionali

Le misure gestionali o le misure per la società (lat. *societas*) sono misure messe in atto dagli attori sociali relativamente alle attività decisionali sullo sviluppo, alla pianificazione e alla gestione dello sviluppo, della legislazione, delle istituzioni, dell'educazione, della sensibilizzazione, ecc. Nella letteratura sull'adattamento ai cambiamenti climatici sono spesso indicate come misure *soft*, cioè misure non vincolanti. Questo nome da un lato limita l'intero potenziale e dall'altro la complessità dell'attuazione riuscita di queste misure. Per questo motivo abbiamo prestato particolare attenzione a queste misure perché riteniamo che siano di fatto le misure più importanti, e le uniche che possano effettivamente portare a una completa trasformazione della società, necessaria per affrontare con successo il cambiamento climatico e per il futuro dell'umanità sul pianeta Terra.

Queste misure si riferiscono all'ultimo, diciassettesimo obiettivo, dello sviluppo sostenibile, ovvero "la partnership per gli obiettivi". Ultimo, ma non meno importante, si potrebbe dire, ma in questa occasione anche qui sottolineiamo - questo obiettivo è quello che ha il potere di cambiare tutto - quindi lo mettiamo al centro del primo gruppo di misure.

Nella categoria delle misure sociali presenteremo quanto segue:

1. *governance* (ingl.);
2. pianificazione e gestione, compresi i sistemi di gestione specifica e di allerta precoce in caso di pericolo imminente (incendi, inondazioni, ecc.);
3. pianificazione territoriale/pianificazione territoriale dello Stato, compresa la fascia inedificabile, ovvero il divieto di costruzione in una stretta fascia costiera e l'arretramento pianificato definitivo in risposta all'innalzamento del livello del mare;
4. misure gestionali quali formazione, sensibilizzazione e cambiamento del comportamento individuale.

4.1 *Governance*

Una semplice definizione del termine *governance* sarebbe: chi ha effettivamente il potere, l'autorità e la responsabilità di prendere e attuare decisioni; come vengono prese queste decisioni, quanto sono efficaci ed efficienti e se vediamo gli effetti dell'attuazione di tali decisioni. Vediamo che questo concetto non ha un equivalente nella lingua croata. Finora è stato utilizzato il termine "*dobro upravljanje*"*(traducibile in italiano come buona gestione)* ma il termine non riflette sufficientemente il potenziale di questo concetto. Forse potrebbe essere adeguatamente descritto con il termine "governo": da un lato c'è il buongoverno, e dall'altro, il malgoverno. La chiave per comprendere la differenza starebbe nel rispondere alle domande: chi è responsabile per il buongoverno o di chi è la colpa per il malgoverno. Simile alla comprensione del concetto di *genius loci* che racchiude diversi strati del tangibile e dell'intangibile; un'esperienza invisibile di un luogo creato nella mente umana (Vecco, M., 2019).

La governance consiste nelle relazioni tra istituzioni, processi e consuetudini che determinano il modo in cui si realizza il potere, come vengono prese le decisioni su temi di interesse pubblico e privato, e come cittadini e altri attori danno il loro voto. In breve, la governance determina chi ha il potere, chi prende le decisioni, cosa fanno gli altri attori per far sentire la propria voce e come vengono valutati gli effetti delle decisioni attuate [6] . La *governance* include anche la questione delle modalità di attuazione delle decisioni, ovvero delle modalità e dei processi tangibili e intangibili necessari per rendere operativa la *governance*. Alla sua base, la *governance* è composta da vari comitati e commissioni perché attraverso di loro è possibile connettersi più facilmente con il governo.

La realtà della *governance* è anche una complessa rete di condizioni locali, comprensione e incomprensione, comunicazione buona e cattiva,

[6] https://iog.ca/what-is-governance/

accompagnata da allocazione (buona e cattiva) di potere e risorse - che insieme creano sia successi che fallimenti tra politiche e pratiche. L'obiettivo dovrebbe essere quello di massimizzare il primo e minimizzare il secondo. La *governance* non è sicuramente un progetto a breve termine. **La governance implica un contesto a lungo termine; costruzione di fiducia, relazioni, sostegno della comunità locale, realizzazione di piani e programmi di azione concordati, ma anche l'esistenza di una parte consensuale della gestione che vada oltre, a prescindere dai cambiamenti politici, di una piattaforma comune e stabile per costruire fiducia e partenariato.**

Il rafforzamento della governance per agire per il clima è un compito che va oltre le strutture di *governance* di un paese e richiede un'ampia partnership sociale per un'attuazione di successo. La portata e l'incertezza delle sfide poste dai cambiamenti climatici richiedono una trasformazione fondamentale della società che può essere raggiunta solo attraverso un cambiamento dello stile di vita, un'acquisizione di conoscenza, una cooperazione seguita dalla pianificazione e accettazione della sostenibilità e della resilienza come obiettivi comuni più importanti. Data la complessità della sfida, il partner principale nella risposta dovrebbe essere la scienza. La cooperazione tra decisori e scienziati è una delle premesse chiave per il successo dell'adattamento, nonché per la lotta ai cambiamenti climatici. Il rafforzamento delle azioni per il clima richiede la creazione di organi che si occupino principalmente di questi compiti. Questi organi devono garantire la cooperazione di decisori e scienziati, quindi il loro quadro istituzionale e il capitale umano dovrebbero essere adatti al compito. Poiché l'azione per il clima si svolge principalmente a livello locale e regionale, è necessaria una rete di centri per svolgere attività quotidiane di adattamento e sviluppo a basse emissioni di carbonio insieme ai decisori nelle città e nelle regioni.

4.2 Pianificazione e gestione

La gestione delle zone costiere è oggetto del Protocollo sulla Gestione Integrata delle Zone Costiere, ratificato dall'Unione Europea e dalla Repubblica di Croazia, ma non ancora dall'Italia. L'Italia ha firmato una decisione sul Protocollo nel 2008, impegnandosi a non violare le sue disposizioni, e ha obblighi ai sensi del Protocollo in quanto membro dell'UE.

Il Protocollo definisce la gestione integrata delle zone costiere (GIZC) come un processo dinamico di gestione e utilizzo sostenibile delle aree costiere, tenendo conto della fragilità degli ecosistemi e dei paesaggi costieri, della diversità delle attività e degli usi, della loro interazione, dell'orientamento marittimo delle singole attività e usi e il loro impatto sulle parti marittime e terrestri. Il protocollo è stato preparato e negoziato come una base giuridica per tutti i paesi mediterranei, ed è il motivo per cui spesso viene visto come troppo generale. Lascia ai paesi la possibilità di decidere su questioni specifiche. Una di questa sarebbe anche chi sarà a gestire la zona costiera come una zona di valore elevato con interessi e competenze complesse e sovrapposte. Pertanto, la definizione delle responsabilità è una delle questioni più importanti e una buona gestione richiede un'organizzazione e un'integrazione efficaci.

La pianificazione come un metodo per gestire il futuro e come base di gestione è estremamente importante per le zone costiere. Quando si aggiungono i cambiamenti climatici, che rendono il futuro ancora più incerto, il piano diventa uno strumento fondamentale per lo sviluppo sostenibile. Le complessità della convivenza nell'area costiera devono essere affrontate in modo integrale e sistematico attraverso l'interazione tra natura, società ed economia. Il piano è un mezzo attraverso il quale concorderemo il tipo di futuro che vogliamo per le nostre aree costiere e attraverso il quale selezioneremo con cura misure e attività che ci porteranno al futuro desiderato attraverso l'azione congiunta di tutte le persone competenti e responsabili.

Il piano costiero, o il piano di gestione delle zone costiere, o il piano GIZC si basa sull'articolo 18 del protocollo GIZC. Un buon esempio di tale piano è

il piano costiero per la regione di Sebenico e Tenin[7], premiato nel 2019 come migliore azione di adattamento nel Mediterraneo. È stato preparato con un approccio tipico alla gestione integrata delle zone costiere, con particolare attenzione ai cambiamenti climatici. La pubblicazione "Inclusione dell'adattamento nella gestione delle aree costiere" è dedicata alla pianificazione, quindi qui non entreremo nei dettagli del processo di pianificazione. Poiché incontriamo rischi sempre maggiori di inondazioni nella zona costiera a causa dei cambiamenti climatici, presteremo maggiore attenzione a questo argomento.

4.2.1 Gestione dei rischi costieri

I rischi costieri devono essere gestiti perché le pressioni climatiche e antropiche sulle coste diventano sempre più pronunciate. Per gestirli in modo efficace, devono prima essere riconosciuti, compresi e previsti nel modo più accurato possibile. Per questo è necessario sapere quando, dove e come influiscono sulla costa, e sull'ambiente naturale e costruito. I trend dovrebbero essere osservati e analizzati, considerando gli artefici, le pressioni, le condizioni e le conseguenze dei cambiamenti. A tal fine vengono svolte diverse attività:

- analisi sul campo, compreso il monitoraggio mediante telecamere, mareografi, ecc., elaborazione dei dati e il loro utilizzo per la calibrazione e la verifica di modelli e calcoli;
- analisi mediante programmi informatici e di modellazione per prevedere eventi di pericolo futuri e/o tassi di erosione costiera in base ai cambiamenti climatici attesi e alle tendenze marine;
- analisi statistica, analisi delle tendenze del cambiamento, delle correlazioni e delle interrelazioni di processo;
- produzione di mappe del rischio di allagamento;
- sovrapposizione di aree a rischio con piani territoriali;
- produzione di mappe dell'erosione costiera.

I risultati dell'analisi dei rischi costieri sono la base per un'efficace gestione delle coste che conserverà l'ambiente e le dinamiche naturali di questa importante risorsa economica. Per ottenere una gestione delle coste efficiente occorre:

- condurre ricerche sul campo pertinenti;
- identificare, analizzare e mappare le aree a rischio e includere questi risultati nei piani territoriali
- valutare la vulnerabilità ai cambiamenti climatici e l'impatto della terraferma e delle acque interne, nonché delle attività umane terrestri e costiere;
- formare la popolazione, il governo locale e regionale e altri soggetti interessati;
- istituire un sistema di informazione permanente per il pubblico;
- ideare un efficace sistema di allertamento in caso di emergenza;
- emanare regolamenti edilizi, linee guida, divieti, ecc.
- sviluppare strategie di adattamento locali e regionali ai cambiamenti climatici e alle tendenze del cambiamento, e soddisfare le strategie di adattamento adottate a livello nazionale, nonché a livello dell'Unione Europea e del Mediterraneo;
- scambiare regolarmente dati ed esperienze tra istituzioni e regioni e partecipare a progetti congiunti per la gestione delle zone costiere e del rischio costiero.

La gestione del rischio costiero implica un compito complesso e costoso che deve essere svolto su base continuativa al fine di rafforzare la sicurezza delle coste naturali ed edificate e conseguentemente della sostenibilità di un buon standard ambientale, della vita e del lavoro nelle aree costiere.

In questa area c'è un elevato rischio di incendio. Di recente, l'Europa ha sottolineato l'importanza di spostare l'attenzione dalla lotta antincendio alla prevenzione degli incendi e al recupero del terreno, suggerendo l'integrazione della gestione pre e post incendio per ridurre il rischio e gli impatti degli incendi. Sfortunatamente, in termini di preparazione alle catastrofi, solo il 2% dei fondi viene investito nella prevenzione in Croazia, mentre il 98% viene speso in capacità operative per

[7] https://iczmplatform.org/storage/documents/WXMq1FV13VtV5aa919SW3iss18eMem5nZoBxsuIx.pdf

la risposta alle catastrofi (Governo della Repubblica di Croazia, 2019).

4.2.2 Sistemi di allerta precoce

Tra i sistemi di allertamento precoce, vorremmo evidenziare due esempi di buone pratiche; il primo si riferisce alla città di Venezia e il secondo alla regione di Sebenico e Tenin. Il primo sistema di allerta si riferisce alle alte maree e all'alto livello del mare nella laguna veneta, e il secondo al sistema di allerta antincendio. Entrambi i sistemi sono della massima importanza per ridurre il rischio per la vita umana e allo stesso tempo possono, almeno in una certa misura, mitigare i danni materiali. Queste misure sono estremamente importanti oggi, quando siamo ancora largamente impreparati alle sfide poste dai cambiamenti climatici, che tutt'ora hanno una portata significativamente limitata.

4.3 Pianificazione territoriale

Nelle zone costiere, una delle risorse più preziose è lo spazio. È per questo motivo che la pianificazione del territorio e tutti i suoi strumenti sono di grande importanza per il raggiungimento dell'adattamento, della resilienza e dello sviluppo sostenibile. La pianificazione territoriale è estremamente importante per ridurre il rischio di catastrofi, a partire dal rischio di inondazioni marine, di cui ci occuperemo nel prossimo capitolo, ma anche per ridurre il rischio di alluvioni da acqua piovana, da acque interne dell'entroterra, per passare a viali tagliafuoco, corridoi, eliporti e accesso a infrastrutture strategiche ecc.

4.3.1 Fascia inedificabile costiera

La fascia inedificabile costiera indica la larghezza della fascia dalla costa in cui la costruzione non è consentita o è significativamente limitata. Il concetto e l'obbligo di applicare la fascia inedificabile è una delle disposizioni più importanti del protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere. Gli obiettivi e i principi generali del Protocollo enunciati in particolare negli articoli 5 e 6 sono le ragioni per prescrivere gli arretramenti, e comprendono:

1. Conservazione dei valori naturali e paesaggistici della costa e delle dinamiche naturali complessive di rilievo per tali valori;
2. Prevenzione dei rischi a cui è esposta la zona costiera, in particolare la prevenzione dei danni che possono derivare da processi naturali quali erosione, catastrofi naturali e cambiamenti climatici;
3. Garanzia di libero accesso al mare e alla costa, che, a seconda delle condizioni locali, comprende la fornitura di forme accettabili di uso ricreativo.

Nel contesto dell'innalzamento del livello del mare, questa misura può essere classificata nel gruppo delle cosiddette misure senza rimpianti, cioè delle misure che hanno costi bassi e benefici potenzialmente grandi per la società. Oltre al fatto che la fascia inedificabile costiera è una misura di adattamento ai cambiamenti climatici per le nuove costruzioni nelle zone a rischio di inondazione, è anche un'importante misura vantaggiosa per tutti, ovvero una misura che fornisce molteplici vantaggi economici e sociali. La figura seguente mostra una breve analisi degli effetti socioeconomici dello sviluppo degli insediamenti costieri per la tipologia "a", senza fascia inedificabile, e per la tipologia "b", dove è stata applicata la fascia inedificabile costiera. Il tipo "b" offre una maggiore sicurezza contro le inondazioni alle case in prima fila al mare, quasi tre volte la capacità della spiaggia e più spazio per varie attività economiche sotto forma di strutture di accompagnamento. Oltre ad una risorsa che aumenta la qualità della vita della popolazione locale, è anche un'eccezionale risorsa turistica.

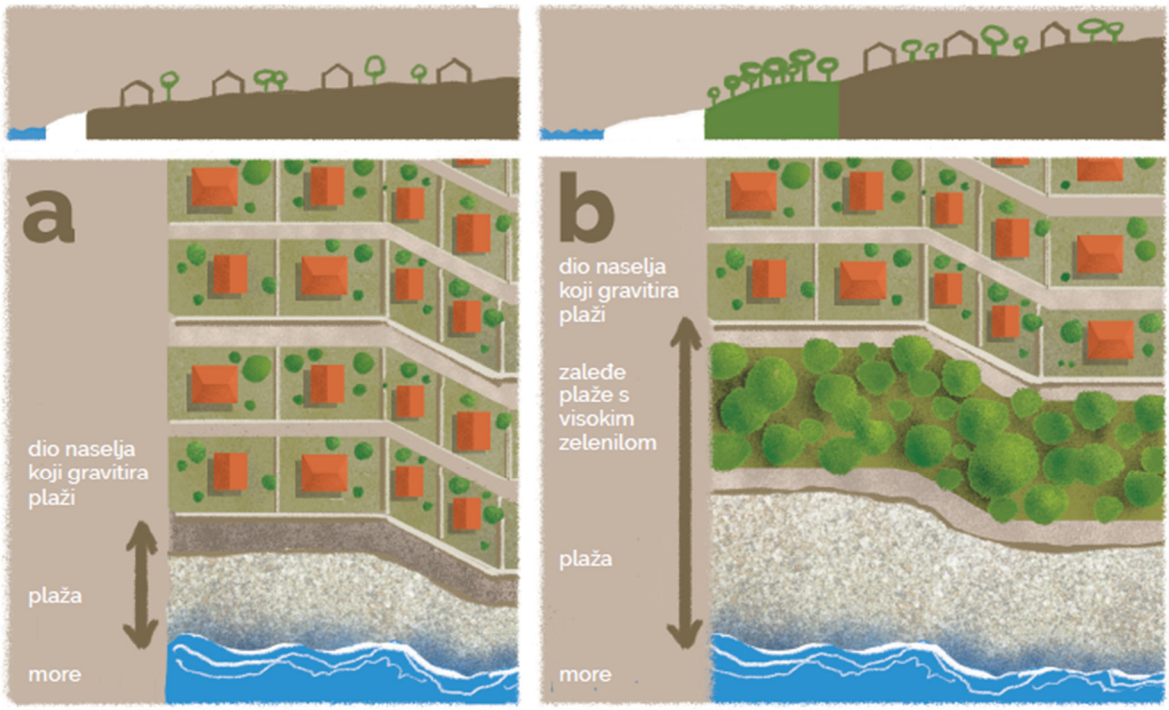


Figura 6. Rappresentazione schematica della fascia inedificabile costiera

La fascia inedificabile costiera è il prerequisito dell'esistenza di più strutture di accompagnamento pubbliche – del tipo balneare, ricreativo e affini – e, oltre a una maggiore qualità dell'offerta turistica (e quindi, a un reddito potenzialmente più elevato), consente una maggiore capacità abitativa e turistica complessiva nella parte interna, perché tutti utilizzeranno le strutture comuni nella fascia costiera su cui gravitano. La fascia verde lungo la spiaggia consente una permanenza in spiaggia molto più confortevole, soprattutto in un probabile scenario di temperature medie estive in aumento sulla costa adriatica. In senso sociale, l'insediamento presenta una spiaggia e altri servizi pubblici e strutture a disposizione di tutti i residenti, e non solo per le costruzioni in prima fila al mare. In termini economici, la fascia inedificabile con le sue strutture pubbliche diventa un'importante risorsa che, contribuendo alla qualità della vita di residenti e visitatori, aumenta il prezzo degli immobili, e in termini urbani consente all'insediamento di espandersi in profondità rispetto alla costa. D'altra parte, l'espansione lineare degli insediamenti lungo la costa, senza un adeguato arretramento, si traduce in una significativa riduzione della capacità della spiaggia e nella sua privatizzazione di fatto, e il numero di potenziali beneficiari per unità di lunghezza della costa è significativamente ridotto.

Figura 7. Esempio di zona turistico-commerciale in cui l'applicazione di arretramento ha consentito la formazione di un lungomare costiero e di una fascia verde nella parte interna della spiaggia con strutture ricreative che hanno fortemente contribuito alla qualità dell'offerta turistica e alla vita complessiva dell'insediamento (Bol, isola di Brač/Brazza). (Fonte: Gojko Berlengi)

Una difficoltà significativa nell'applicazione di questa misura è la resistenza dei proprietari del terreno (soprattutto nel caso di lottizzazione) che perdono il diritto di costruzione e si trovano in una posizione disuguale rispetto ai proprietari di terreni al di fuori della fascia inedificabile. Questo problema può essere risolto da alcuni degli strumenti di trasferimento dei diritti di costruzione o di ricomposizione fondiaria, ovvero di

urbanizzazione consolidata. È lo strumento più importante di gestione del terreno edificabile e viene attuato al fine di trasformare le parcelle ereditate nell'area di copertura in terreni edificabili, avendo cura che i diritti di costruzione siano **equamente distribuiti.** Allo stesso tempo, la ricomposizione fondiaria garantisce la realizzazione di aree ad uso pubblico (strade, piazze, aree verdi, parchi giochi per bambini, ecc.) **senza oneri** per le amministrazioni locali. Alla radice del problema delle parti disfunzionali degli insediamenti mostrato nelle pagine precedenti c'è proprio la mancanza di tale strumento. È uno strumento insostituibile che la Germania utilizza con successo dal 1902, ed è utilizzato da molti altri paesi sviluppati, compresi quelli di culture e politiche di pianificazione territoriale significativamente diverse, come Giappone, Corea e altri. A titolo illustrativo, di seguito è mostrato uno schema personalizzato dell'Agenzia di cooperazione internazionale del Giappone (JICA, Japan International Cooperation Agency).

La Figura 8 mostra un esempio di utilizzo di uno strumento di politica fondiaria - **ricomposizione fondiaria**. Nella riga superiore delle immagini viene mostrata una tipica situazione di lottizzazione originaria irregolare, dove solo la fascia costiera più stretta è destinata ad uso pubblico. Essendo convertiti in terreno edificabile, i nuovi edifici vengono costruiti nella fascia più stretta del bene marittimo e una strada che non soddisfa gli standard, generando una tipica urbanizzazione lineare costiera; La larghezza della spiaggia è minima, sufficiente per una o al massimo due file di edifici, il che favorisce un'ulteriore espansione dello stesso tipo di costruzione.

La ricomposizione fondiaria mostrata nelle immagini sottostanti consente l'arretramento della prima fila delle costruzioni e la creazione di una fascia di strutture pubbliche, balneari, ricreative e di accompagnamento di qualità. Questa soluzione consente, oltre alla maggiore qualità dell'offerta turistica stessa (e conseguentemente un reddito potenzialmente più elevato), anche maggiori capacità ricettive e residenziali nell'entroterra, permettendo a tutte le persone che gravitano in questa fascia costiera di utilizzare le strutture comuni. La ricomposizione viene effettuata in modo che tutti i proprietari cedano la stessa percentuale di terreno per la fascia inedificabile e altre aree di uso pubblico. Allo stesso tempo, i proprietari dei lotti nella prima fila rimangono nella prima fila di terreni edificabili appena formata (lo stesso vale per le file successive di terreni), il che garantisce l'equità della distribuzione preservando le relazioni locali.

Con questa soluzione tutti contribuiscono proporzionalmente a rendere l'insediamento urbanisticamente funzionale e più favorevole alla fornitura di attrezzature comunali, e dotato di una spiaggia più attraente con tanta vegetazione di alto fusto, un lungomare, una pista ciclabile, strutture ricreative e di accompagnamento simili. Sebbene tutti i terreni edificabili di nuova formazione siano leggermente più piccoli, il loro valore di mercato totale è superiore al valore dei terreni nelle cifre precedenti. Questa soluzione, che evita la privatizzazione di fatto della costa e il suo enorme consumo lineare, è anche notevolmente più resistente climaticamente all'innalzamento del livello del mare, soprattutto nel caso dei litorali bassi, e consente una permanenza in spiaggia molto più confortevole, nell'inevitabile scenario di crescita di temperature medie nel periodo estivo sulle coste croate e italiane.

È interessante notare che lo strumento di politica fondiaria è generalmente accettato in molti paesi sviluppati in tutto il mondo. La sua importanza è particolarmente sottolineata dal programma UN HABITAT e dai suoi documenti, a cui partecipano attivamente anche la Repubblica di Croazia e la Repubblica italiana. Oltre all'obbligo della fascia inedificabile costiera, l'importanza degli strumenti di politica territoriale per la pianificazione degli insediamenti costieri è sottolineata anche dal Protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere del Mediterraneo, ratificato dalla Repubblica di Croazia e dall'UE.

Figura 8. Rappresentazione schematica dell'applicazione della ricomposizione fondiaria per ottenere l'arretramento costiero (adattato secondo JICA)

4.3.2 Arretramento pianificato

L'arretramento pianificato è un'opzione di adattamento per le coste costruite dove il valore degli immobili non giustifica economicamente la costruzione di costose strutture di protezione. Esso mitiga i rischi costieri ricollocando le persone, le proprietà e le attività umane esposte, al di fuori della zona costiera a rischio. Arretramento pianificato è una misura che coinvolge l'iniziativa delle autorità, nazionali, regionali o locali, e che finora è stata rivolta a località e comunità più piccole (Hino et al., 2017; Mortreux et al., 2018; IPCC, 2019.). Ad esempio, una situazione del genere è già presente sulle coste del Galles meridionale e in Francia. C'è da aspettarsi che nella zona di sviluppo lineare costiero ci troveremo spesso in una situazione del genere. Un tempestivo arretramento pianificato garantirà meno danni e un adattamento più facile, e soprattutto ridurrà la possibilità di perdere vite[8] umane e beni di valore. Un arretramento organizzato fornirà quindi migliori condizioni di vita per le generazioni a venire. È probabile che l'arretramento sia un'opzione anche per i singoli edifici su sponde naturali. Negli ultimi decenni, la tendenza all'urbanizzazione costiera in entrambi i paesi è stata sfavorevole poiché la costruzione costiera continua e l'estensione viene spesso effettuata in modo inadeguato. Si tratta di un problema specifico che sarà complesso e costoso da risolvere, soprattutto sulle coste basse direttamente esposte al mare.

Un arretramento adeguatamente organizzato garantirà il ripristino delle coste abbandonate e queste nuove aree di transizione mitigheranno l'energia delle onde, proteggeranno dalle inondazioni e dall'erosione e diventeranno nuovi, preziosi, habitat, aree ricreative e turistiche. Inoltre, queste zone fungeranno da pozzi di carbonio e metano che, oltre a contribuire alla sicurezza della popolazione, contribuiscono anche alla lotta ai cambiamenti climatici. Tali aree possono anche aiutare a mantenere la qualità dell'acqua e ridurre

[8] Nel febbraio 2010, la tempesta Xynthia ha inondato le zone costiere basse delle regioni della Vandea e della Charente-Maritime sulla costa atlantica della Francia e ha ucciso 41 persone. A seguito dell'incidente, il governo francese ha definito diversi criteri per la valutazione del rischio di inondazioni. Questa zona è stata dichiarata estremamente minacciata dalle inondazioni, le case sono state acquistate dallo Stato e poi sono state progressivamente rimosse.

il rischio di salinizzazione del suolo causato da un uso inadeguato del suolo (Zhu et al., 2010).

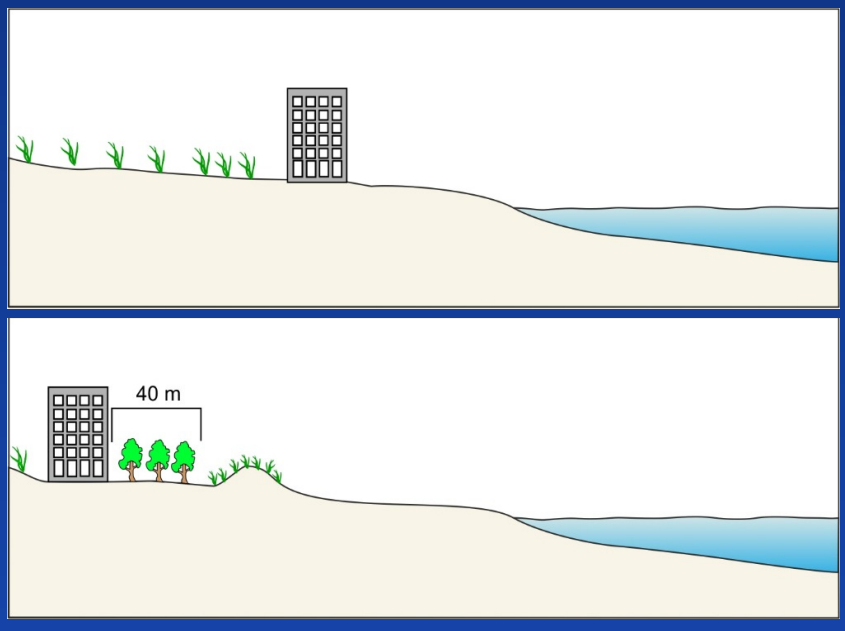
Un ritiro organizzato è stato effettuato su due strade del Mediterraneo, in Francia, tra Sete e Marsiglia, e in Slovenia, dove la strada tra Capodistria e Isola è stata spostata nell'entroterra. Entrambi i casi sono presentati sulla piattaforma di informazioni sull'adattamento AdriAdapt.

Riquadro 5. Conseguenze dell'uragano Irma su Varadero

Le prime strutture turistiche costruite a Varadero (Cuba) furono costruite il più vicino possibile alla costa alla fine del XIX. Case private e alberghi continuarono ad espandersi lungo la costa fino al 1959, quando la maggior parte divenne proprietà statale.

Alla fine degli anni '80, furono costruiti grandi hotel a quattro e cinque stelle per ospitare turisti stranieri e il turismo internazionale forniva una quota significativa delle entrate del PIL cubano.

Dal 1987 al 2012 è stato effettuato il ripascimento artificiale sulla costa di Varadero mediante il riporto di sabbia dell'area continentale in un volume totale di 3,4 M m3, il che ha consentito il mantenimento della spiaggia senza strutture costiere solide, indipendentemente dall'erosione causata da diversi uragani. Contemporaneamente iniziava l'arretramento strategico, la demolizione delle strutture e la loro costruzione all'interno, almeno 40 metri a ridosso delle dune rinnovate. Gli alberghi e le spiagge sono collegati da passerelle in legno, spesso sopraelevate.



L'uragano Irma ha colpito duramente la costa di Varadero, con conseguenze completamente diverse per i settori in cui è avvenuto la fascia inedificabile costiera e per quelli rimasti nella loro configurazione originaria: i primi non hanno subito danni significativi, mentre i secondi hanno subito notevoli perdite ambientali ed economiche.

4.4 Sviluppo territoriale sostenibile della zona costiera

Data la concentrazione delle costruzioni abitative e turistiche nella stretta fascia costiera e il previsto innalzamento del livello del mare, emerge l'importanza della gestione dello sviluppo territoriale. Considerando l'importanza dei valori paesaggistici ed ecologici della zona costiera, presteremo particolare attenzione a tre argomenti: consumo razionale dello spazio costiero, conservazione dei valori paesaggistici integrali e miglioramento della qualità dell'ambiente costruito.

4.4.1 Consumo razionale dello spazio costiero

Il consumo di suolo costiero può essere osservato attraverso i seguenti aspetti:

- consumo totale di suolo (antropogenizzazione), soprattutto come conseguenza dell'espansione delle aree edificabili, e il consumo della costa (conosciuto colloquialmente come cementificazione e appartamentizzazione della costa)
- uso irrazionale di aree edificabili sovradimensionate, soprattutto attraverso costruzioni sparse che non sono accompagnate da attrezzature comunali.

Un buon indicatore di uno sviluppo spaziale insostenibile è proprio il consumo della costa, cioè la velocità e il trend di crescita dell'urbanizzazione della costa, che illustreremo sull'esempio della costa croata. La figura sottostante mostra l'andamento del consumo della costa croata, dove si può vedere che in un periodo di 40 anni un'unica generazione ha consumato un pezzo di costa quattro volte più grande rispetto alle generazioni precedenti messe insieme.

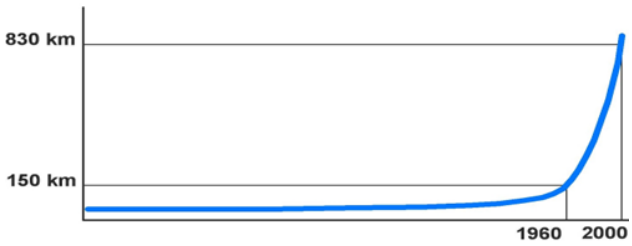


Figura 9. Andamento del consumo della costa croata a seguito della costruzione di strutture antropiche in una fascia costiera ristretta (Fonte: Gojko Berlengi, secondo il Rapporto sulla situazione nell'area della Repubblica di Croazia 2003)

Se confrontiamo questa tendenza con la crescita reale della popolazione, vediamo che la popolazione di questa zona nel periodo dal 1961 al 2011 è aumentata di circa il 25%, mentre nello stesso periodo la costa urbanizzata, cioè costruita, è cresciuta di quasi il 500%. È evidente che questo consumo di suolo costiero supera di gran lunga i bisogni della popolazione locale e che le ragioni principali sono lo sviluppo turistico e soprattutto l'edilizia di massa in funzione di alloggi secondari o temporanei. Anche se è accettato che le capacità turistiche e le infrastrutture turistiche costruite nella zona costiera sono diventate la base dell'industria più importante nella Repubblica di Croazia (la quota è più vicina al 20%), non dobbiamo dimenticare che il prezzo per questo, in termini di consumo di risorse spaziali primariamente in funzione di alloggio secondario, ovvero occasionale, non è affatto basso. Inoltre, c'è una significativa disuguaglianza nel grado di disposizione e funzionalità delle strutture insediative sulla costa, con molte aree costiere di elevato valore usurpate e devastate da costruzioni abusive.

La raccomandazione più importante per quanto riguarda lo sviluppo territoriale della zona costiera è l'obbligo di pianificare in modo più responsabile il futuro consumo di suolo per lo sviluppo degli insediamenti e altri scopi, e in particolare un'attività edilizia più responsabile nella fascia costiera più stretta, definita dalla legge sulla pianificazione territoriale come zona di restrizione definita a un chilometro dalla battigia. Tuttavia, oltre a consentire una deroga all'obbligo di fascia inedificabile costiera, tale legge non impone alcun vincolo sulla topografia dell'area, ovvero sui futuri

rischi di inondazioni marine, e attribuisce grandi responsabilità progettuali alle amministrazioni locali.

Per quanto riguarda il consumo eccessivo della stretta fascia costiera, è particolarmente importante evitare la costruzione di insediamenti urbani lineari. A questo tema è dedicato l'articolo 8.3 del Protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere e lo stesso prevede l'attuale legge sulla pianificazione territoriale nella Repubblica di Croazia. Sfortunatamente, queste disposizioni non sono applicate con sufficiente fermezza nella pratica, poiché non sono prescritti indicatori per controllare l'applicazione di questa disposizione. Dal punto di vista della protezione contro eventuali inondazioni del mare causate da nuovi livelli del mare ed eventi meteorologici estremi, questa è probabilmente la forma meno razionale di sviluppo spaziale costiero. Anche le conclusioni dello studio "Valutazione dei possibili danni da innalzamento del livello del mare per la Repubblica di Croazia" sottolineano l'importanza di limitare l'ulteriore urbanizzazione lungo la costa. Lo studio sottolinea che, quando si tiene conto dell'efficacia in termini di costi delle misure di protezione costiera a livello dei segmenti costieri, diventa chiaro che le misure di protezione sono convenienti solo per le aree urbane più grandi con un'elevata densità di popolazione e proprietà. Si può concludere che una fascia urbanizzata stretta non è in grado di rispondere in maniera soddisfacente alla domanda di sicurezza, ovvero a un numero sufficiente di costruzioni disposte a sostenere i costi delle misure di protezione dalle inondazioni marine. Queste misure sono estremamente costose, ma lo è anche l'alternativa: l'arretramento. In questo caso, la misura più favorevole e più saggia è proprio la prevenzione, cioè una rigorosa applicazione della legge e limitazione dell'estensione lineare dello sviluppo urbano sulla costa. Al fine di facilitare il monitoraggio dell'attuazione di tale obbligo, il Piano costiero della regione di Sebenico e Tenin ha proposto un nuovo indicatore sulla razionalità del consumo di linea costiera.

Un altro argomento riguarda l'uso irrazionale delle aree edificabili, soprattutto attraverso costruzioni disperse. Le costruzioni sparse indicano aree edificabili sovradimensionate e un basso grado di sostenibilità dello sviluppo territoriale locale, nonché il fallimento del governo locale nel dirigere e concentrare l'attività edilizia nelle zone più favorevoli. Il risultato è l'usurpazione dello spazio e l'assenza di una coerente tipologia e fisionomia dell'insediamento, nonché un'inutile perdita di paesaggio naturale o coltivato, costose o impossibili attrezzature comunali e dotazioni di strutture pubbliche/sociali, con conseguenti inutili pressioni sull'ambiente. Ciò è particolarmente importante in relazione al trasporto automobilistico e di altro tipo, alla luce della necessità di ridurre le emissioni di CO2 per mitigare i cambiamenti climatici. A lungo termine, è molto probabile che questo problema venga efficacemente affrontato solo fissando un prezzo alle emissioni. Ciò aumenterà notevolmente il costo del traffico, che peserà ulteriormente su coloro che vivranno in tali aree edificate.

Figura 10. Esempi di urbanizzazione lineare della costa come modo irrazionale di espansione dell'insediamento che lentamente ma irreversibilmente "consuma" la costa naturale come un importante bene pubblico e un importante elemento di attrazione turistica. È chiaro che sarà difficile trovare una possibile fonte di fondi per la protezione di un numero così esiguo di proprietà, distribuite lungo la lunga costa croata. Oltre agli immobili stessi, sarà necessario fornire protezione contro l'inquinamento del mare durante l'allagamento di queste aree, ovvero il loro smaltimento. (Fonte: Google Earth)

Figura 11. Un esempio di uso irrazionale dell'area edificabile dell'insediamento mediante edilizia sparsa, priva di un'adeguata rete stradale di base e di minimi elementi di soluzione urbanistica (in parte favoriti dall'abusivismo edilizio). Si tratta di un'area che richiederebbe interventi di risanamento urbano che cercherebbero di creare una fisionomia più accettabile dell'insediamento e contribuiranno alla funzionalità attraverso una rete stradale più razionale e una dotazione di infrastrutture comunali complessiva. (Fonte: Google Earth)

4.4.2 Preservazione del valore dei paesaggi costieri

Le cause della minaccia ai valori paesaggistici della zona costiera sono diverse. Nella maggior parte dei casi è il risultato di una costruzione e di un uso inappropriati dello spazio, compresi gli interventi al di fuori delle aree edificabili che rappresentano una minaccia per la conservazione di paesaggi costieri di elevato valore, in particolare culturali. L'impatto cumulativo di numerosi e spazialmente dispersi interventi su paesaggi naturali di valore, anche se individualmente piccoli, può essere devastante nel lungo periodo. La sfida per i governi locali e regionali è come incoraggiare e consentire lo sviluppo e allo stesso tempo preservare e valorizzare i valori che ereditiamo. Allo stesso tempo, è fondamentale capire che preservare i valori paesaggistici e ambientali significa anche aumentare il valore economico degli immobili o delle iniziative imprenditoriali, perché il mercato riconosce e valorizza questi valori. Lo strumento più importante per raggiungere questi obiettivi sono i piani territoriali, che dovrebbero riconoscere i valori del paesaggio e prescrivere condizioni appropriate per la loro protezione e uso sostenibile, tenendo conto dei rischi posti dai cambiamenti climatici.

Un problema speciale per la conservazione dei valori paesaggistici integrali è il processo di degrado dei preziosi paesaggi culturali agricoli. Le cause del loro degrado e scomparsa sono diverse, come lo spopolamento delle aree rurali, e l'abbandono dell'agricoltura tradizionale, ma anche la conversione da terreni agricoli a edificabili.

Figura 12. Un esempio positivo di espansione razionale degli insediamenti sotto forma di costruzione compatta evitando l'espansione costiera in modo tale che la fascia costiera sia per lo più sottosviluppata e destinata a strutture verdi e ricreative comuni. (Fonte: Google Earth)

Lo spopolamento delle aree rurali è una sfida complessa che richiede risposte sistematiche. I paesaggi culturali agricoli, per essere preservati, richiedono il mantenimento delle attività agricole tradizionali. D'altra parte, si tratta di aree con condizioni gestionali difficili che richiedono incentivi aggiuntivi per avvicinarsi alla redditività. È importante, tra l'altro, consentire l'accorciamento delle filiere, cioè la collocazione dei prodotti nel luogo di produzione, soprattutto nell'ambito dell'offerta turistica integrata (agriturismo). È altrettanto importante anche puntare su varietà e razze autoctone, oltre che su una produzione biologica che dia valore aggiunto ai prodotti locali. Tutto questo richiede incentivi sistematici e il coordinamento dei dipartimenti dell'agricoltura, del turismo, della protezione della natura e del patrimonio culturale. La maggior parte dei paesi del nord mediterraneo affronta questo problema e si possono trovare varie soluzioni di successo. Una delle gravi conseguenze dello spopolamento e dell'abbandono delle attività agricole è la

formazione eccessiva della macchia mediterranea e delle foreste (spesso pini), e quindi un aumento del rischio di incendio. Questo fatto rende ancora più importante fermare il processo di spopolamento delle aree rurali.

Tutto quanto detto sopra richiede incentivi sistematici e il coordinamento dei dipartimenti dell'agricoltura, del turismo, della protezione della natura, dei beni culturali e della protezione antincendio.

Figura 13. Esempio del paesaggio culturale preservato unito all'agricoltura biologica e all'offerta turistica (Fonte: Gojko Berlengi)

Figura 14. Le superfici coltivate hanno fermato l'incendio. (Fonte: Nikola Tramontana)

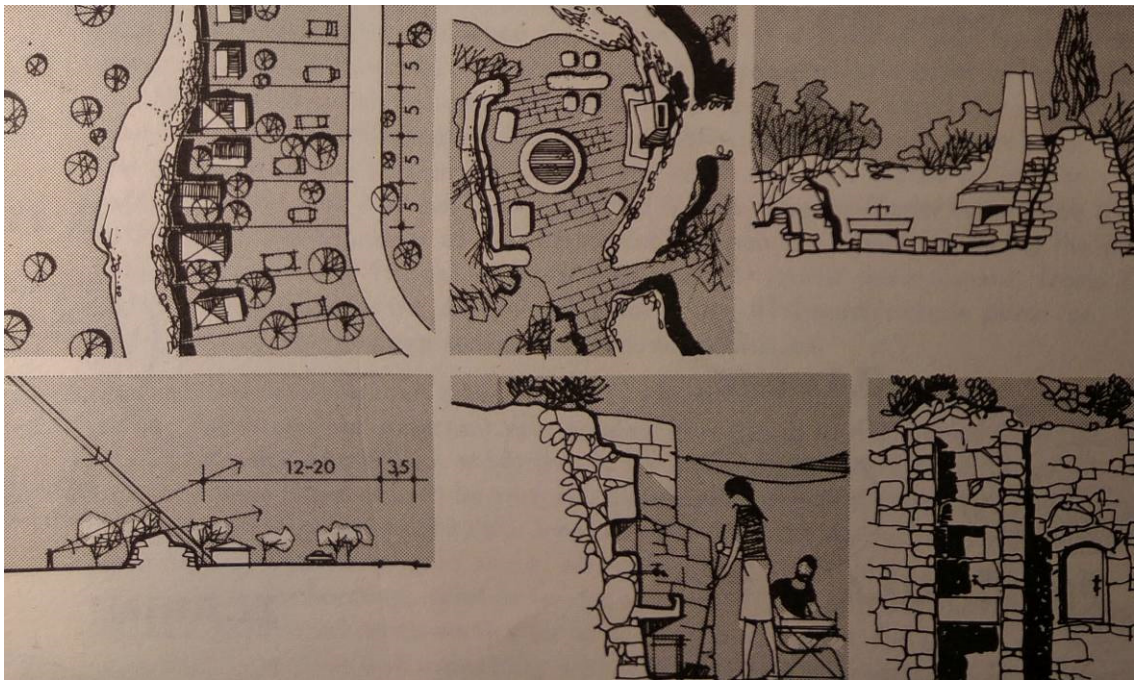


Figura 15. Esempio di un progetto di campo (progetto Sud Adriatico, UNDP, 1971) che conserva e utilizza le strutture paesaggistiche esistenti (rete di muri a secco) come autentici elementi del paesaggio locale che contribuiscono anche alla funzionalità del campo creando micro-unità più intime e dettagli paesaggistici.

4.4.3 Migliorare la qualità dello spazio costruito

La nozione di qualità dell'ambiente costruito fa riferimento alle caratteristiche funzionali e fisionomico-morfologiche dell'ambiente costruito, nonché alla presenza di infrastrutture comunali. Un elemento importante della funzionalità dell'insediamento e dell'ambiente costruito è il sistema delle aree e strutture pubbliche. Le caratteristiche fisionomiche e morfologiche riguardano la qualità del disegno spaziale, i valori compositivi della matrice insediativa, il rispetto dei valori paesaggistici esistenti e gli elementi di pregio della tipologia tradizionale locale degli insediamenti. Le seguenti immagini mostrano esempi di pratiche di disposizione degli insediamenti buone e meno buone, tenendo presente che una parte dei cattivi esempi è il risultato di abusivismo edilizio.

Maggiori informazioni sulla vegetazione, soprattutto quella pubblica (parchi, filari di alberi), che rappresenta un importante elemento di arredo urbano, buona progettazione e tutela ambientale degli insediamenti, si trovano nel capitolo sulle misure verdi. Infine, anche la progettazione architettonica dei singoli edifici e dei loro immediati dintorni è importante per valutare la qualità dell'ambiente costruito.

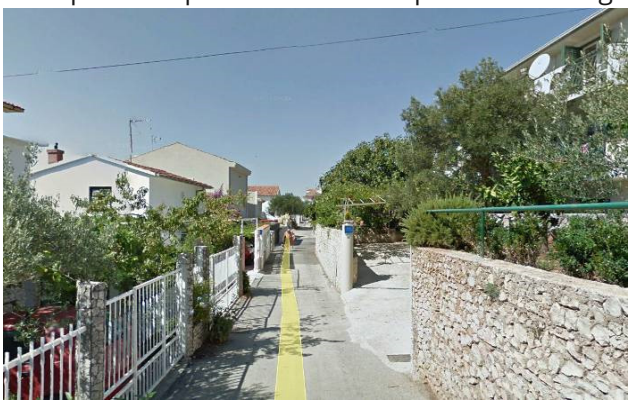


Figura 16. Esempi di pratiche inadeguate e soluzioni paesaggistiche scadenti. Mancanza di concetto nel disegnare la struttura fisica dell'insediamento, mancanza di arretramento dal mare che permetterebbe qualsiasi uso pubblico e accesso alla costa, rete stradale inadeguata e mancanza di elementi di regolazione urbana e di ordine spaziale. (Fonte: Google Earth e Gojko Berlengi)

Figura 17. Particolari della disposizione dello stesso insediamento che evidenziano la cura delle aree pubbliche, l'uso di materiali locali e tradizionali (sottomuri, pavimentazioni), l'atteggiamento nei confronti dell'ambiente (superfici di accesso permeabili) e della vegetazione esistente, nonché un verde pubblico e privato generalmente ricco. Anche la soluzione dell'occultamento visivo (oltre che la protezione solare) delle aree di parcheggio utilizzando l'ombra verde naturale è riuscita. Tutte queste buone pratiche di progettazione degli insediamenti sono anche misure di adattamento di qualità agli effetti dei cambiamenti climatici, come le isole termali o le precipitazioni estreme che non possono essere curate attraverso i sistemi di drenaggio delle acque piovane. (Fonte: Gojko Berlengi)

Gli insediamenti tradizionali nell'attraente paesaggio di un ambiente naturale conservato vicino alla costa e con una bella vista sul mare sono particolarmente esposti alle pressioni della nuova costruzione. Nel caso di interventi fisici in zone di costruzione tradizionale, il sistema si basa sulla prescrizione delle condizioni attraverso piani territoriali in cui sono incorporate le condizioni di conservazione. Uno strumento importante possono essere anche delle Linee guida di progettazione, ovvero uno strumento comune a quasi tutti i sistemi di pianificazione territoriale sviluppati. Un buon esempio di tale strumento in Croazia, anche se informale in termini di obbligo di utilizzo, è "Lezioni dal patrimonio vernacolare per l'edilizia sulla costa croata" (2007), un manuale destinato a migliorare la cultura edilizia, soprattutto all'interno o vicino ad aree protette. Come suggerisce il nome, tali manuali sono preparati per aree con una tradizione architettonica simile e non allo scopo di coprire un singolo documento di pianificazione. Questo tipo di documenti comunica con un linguaggio grafico, soprattutto offrendo esempi di buone (e anche cattive) pratiche e mostrando come una progettazione che rispetti o si ispiri alla tradizione architettonica interviene con successo in un

ambiente di elevato valore risolvendo le esigenze di moderni programmi di costruzione.

I complessi abitativi nelle aree rurali sono costruiti lungo il bordo del campo, su terreni di qualità inferiore e mai su terreni coltivabili. Esempi tratti dalle linee guida “Lezioni dal patrimonio per l'attività edilizia sulla costa croata” (Fonte: Belamarić J. et al., 2007) mostrano la relazione tra abitazioni e seminativi.

Inoltre è possibile, ad esempio a livello di regioni, sviluppare linee guida specifiche per investitori e imprenditori che tengano conto delle caratteristiche architettoniche tradizionali locali. Nella progettazione degli insediamenti oggi si presta sempre più attenzione all'impatto del cambiamento climatico.

Figura 18. Medov dolac, frazione di Raosi. L’insedimento si trova tra due fertili doline coltivate dei locali

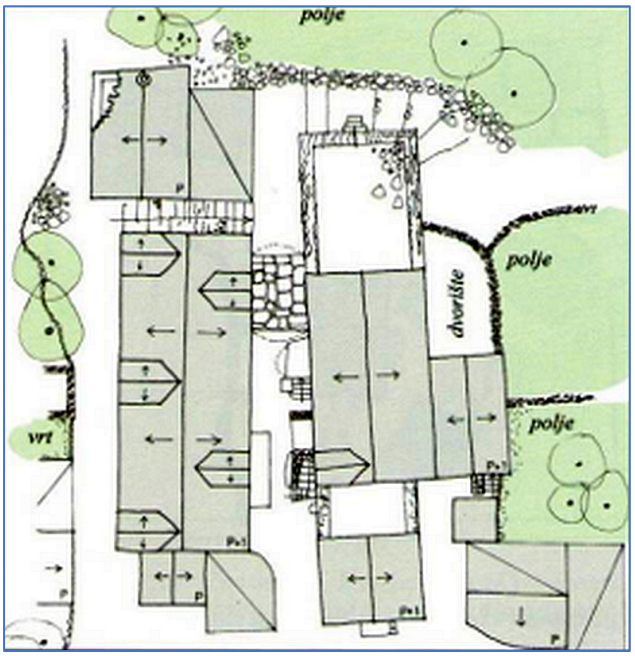


Figura 19. Drašnice, frazione di Alači. Complesso abitativo ed economico posto ai margini di un terreno seminativo. I campi sono disposti a terrazza a causa della pendenza del terreno e circondati da muretti a secco.

Riquadro 6. Pianificazione territoriale e incendi

Le attività di prevenzione antincendio pongono grandi aspettative sulla pianificazione territoriale. In Croazia, l'emanazione di regolamenti sull'inclusione di tali misure nella pianificazione territoriale è attesa da molti anni. Fornire spazio per fasce e viali tagliafuoco, eliporti, bacini di raccolta d'acquai, strade di accesso a infrastrutture critiche e complessi forestali adeguatamente distribuiti, sufficientemente ampi e ben mantenuti - tutto ciò dovrebbe essere fornito su tutti i livelli dei piani territoriali.

4.5 Misure sociali

Le misure sociali come parte delle opzioni per la società si concentrano su:

- Problemi di partecipazione della popolazione che vive sulle coste alla creazione del proprio ambiente futuro;
- Problemi di creazione di condizioni psicosociali favorevoli per costruire e sviluppare la resilienza alle conseguenze del cambiamento climatico. Si tratta di varie attività per sensibilizzare i residenti sulle rive del mare ai problemi di vivere sotto l'impatto del cambiamento climatico e di organizzare campagne pubbliche che sostengano e supportino la ricerca di soluzioni. Il lavoro principale è senza dubbio un'educazione moderna, piacevole e orientata alla pratica e all'attivismo per la sostenibilità e la resilienza nel contesto del problema del riscaldamento globale e delle sue conseguenze per le aree costiere
- Incoraggiare il processo di cambiamento del comportamento dell'individuo: da colui che consapevolmente o inconsapevolmente con il proprio modo di vivere partecipa all'aumento delle emissioni di gas serra, con le relative conseguenze, a coloro che invece sono consapevoli e coinvolti nella riduzione della produzione di gas serra.

A chi si applicano queste misure per rafforzare la resilienza?

1. ai territori (paesi o regioni), agli insediamenti (dalle città e paesi ai piccoli insediamenti),
2. agli enti di formazione (facoltà, istituti ...)
3. ai sistemi e alle organizzazioni di governo e gestione delle questioni sociali, spaziali, ambientali e di altro tipo,
4. ai sistemi imprenditoriali e alle organizzazioni di produzione di beni e servizi,
5. alle organizzazioni della società civile e, infine,
6. ai cittadini, abitanti delle zone costiere come individui.

Da un punto di vista leggermente diverso, possiamo dire che le misure per rafforzare la resilienza in questo manuale riguardano:

- persone che vivono nella zona costiera;
- persone che non vivono ma lavorano nell'area costiera nella produzione di beni e servizi;
- persone che gestiscono unità amministrative più ristrette lungo il territorio italiano e zone costiere croate con l'immediato entroterra e, infine,
- persone che pensano al futuro delle zone costiere (istruzione, scienza).

Dopo anni di ricerche sociologiche, sosteniamo che le persone per lo più non sanno cosa le aspetta in relazione al cambiamento climatico: sanno poco o nulla del riscaldamento globale e del cambiamento climatico. L'atteggiamento generale di base dell'uomo moderno è che questo cambiamento climatico è un qualcosa le cui conseguenze si faranno sentire in un lontano futuro e che non dovremmo preoccuparcene oggi. Naturalmente, questo è sbagliato e molto negativo per lo sviluppo e il rafforzamento della resilienza, qui e ora.

4.5.1 Abilitare la popolazione che vive sulle rive a co-creare il loro ambiente futuro

La popolazione sulle sponde dell'Adriatico crea da secoli il suo ambiente, costruendo i suoi habitat, le strutture di lavoro, le sue navi, il suo modo di vivere. Le aree costiere e la loro popolazione affrontano sfide di adattamento ai problemi climatici emergenti, probabilmente in crescita. Vale a dire, è

difficile aspettarsi un rapido declino delle emissioni di gas serra dalla moderna struttura capitalista del mondo. È più probabile che la quota di gas serra aumenti ancora per diversi anni. Inoltre, l'innalzamento del livello del mare è una delle conseguenze lente del cambiamento climatico e continuerà ad accadere per molto tempo a venire. Preservare la vita e l'ambiente sulle sponde dell'Adriatico richiede quindi il rafforzamento di una resilienza che finora non è stata vista né praticata. L'adattamento necessario non è solo un leggero adattamento ai disastri climatici, ma un cambiamento di una serie di modelli esistenti di vita, traffico, produzione di beni e servizi e protezione della flora e della fauna di cui ci nutriamo e viviamo. Co-creare l'ambiente futuro sarà un lavoro enorme e impegnativo per i decenni a venire. Sarà un mondo nuovo, completamente diverso.

4.5.2 Sensibilizzare e sviluppare un'educazione sistematica delle persone nelle aree costiere e oltre

La temperatura del nostro pianeta sta aumentando sistematicamente da anni. I cambiamenti climatici come conseguenza del riscaldamento colpiscono una varietà di situazioni di vita, attività, spazi. La loro intensità sta crescendo, con incendi, inondazioni, scioglimento dei ghiacci, cambiamenti nella flora e nella fauna, e né le persone né i loro habitat sono saranno risparmiati. Qui, in quanto zone particolarmente sensibili, è necessario sottolineare le coste del mare abitate e basse di tutto il mondo.

Alla luce di quanto sopra, sorgono tutta una serie di domande. Quali strumenti umani e sociali abbiamo a disposizione per cambiare questi processi prevalentemente sfavorevoli? Di quali decisioni politiche e amministrative abbiamo bisogno? Quali opportunità finanziarie e di investimento, progetti, fonti di finanziamento esistono per avviare nuove tecnologie - rispettose dell'ambiente e del clima? Quali nuovi modelli di attività e azioni per la costruzione della resilienza potrebbero essere adottati a livello regionale e locale delle città? Dal punto di vista delle misure sociali, riteniamo che investire nell'informazione e formazione sistematica sui cambiamenti climatici delle generazioni esistenti e future, in questa fase di sviluppo della coscienza e della conoscenza delle persone moderne, abbia il primato assoluto. Un uomo poco informato, una specie di ignorante climatico, non può né capire né cambiare nulla in meglio in questo campo problematico.

Quali attività sistematiche, non solo sporadiche, per diffondere consapevolezza, informazione, conoscenza sulle cause e le conseguenze del cambiamento climatico sono coltivate negli stati e nelle società moderne? Insegniamo alle future generazioni nelle nostre scuole primarie e secondarie che saranno sistematicamente influenzate dai cambiamenti climatici e dalle loro conseguenze, parliamo loro dello sviluppo sostenibile, del riscaldamento globale e dei cambiamenti climatici? Per il momento, non abbastanza![9] In media, le persone sanno poco dei modelli e delle conseguenze del cambiamento climatico. Ai più è sconosciuto, nebbioso, grande, distante, oscuro. La fonte più comune e occasionale di informazioni superficiali sono le informazioni dei media su eventi scioccanti causati dal cambiamento climatico! Quindi diventiamo consapevoli del cambiamento climatico quando vaste aree bruciano in Australia o in California, ma anche vicino a Split/Spalato, o quando le piene repentine travolgono le case in un certo numero di città e paesi in tutto il mondo, o quando i tornado in America o altrove distruggono interi quartieri o quando occasionalmente enormi quantità di ghiaccio si staccano nell'Artico e nell'Antartico.

Se questo è il caso, tra le principali misure sociali, cioè le misure direttamente rivolte alle persone, la loro coscienza, conoscenza e volontà di agire sono:

- attività di sensibilizzazione per diversi gruppi della popolazione;
- educazione sistematica per i dipendenti pubblici, responsabili dell'urgente trasformazione della società;

[9] Nel novembre del 2019 è arrivata dall'Italia l'informazione che l'introduzione della materia "Sviluppo sostenibile e cambiamento climatico" nelle scuole italiane è prevista per l'autunno del 2020. Si tratta di un'iniziativa del ministero dell'Ambiente, più precisamente del ministro stesso. In Croazia non se ne parla ancora.

- attraverso il sistema educativo delle giovani generazioni; e
- in modo innovativo, attraverso corsi, seminari, conferenze, ecc. - educazione civica per diverse categorie della popolazione adulta.

Quindi, in altre parole, il punto di partenza di queste misure sociali è la sistematica consapevolezza delle persone sui problemi contemporanei causati dal cambiamento climatico, e, in particolare, l'alfabetizzazione climatica sistematica delle persone nelle società moderne. Nel nostro caso, il progetto "ADRIADAPT" riguarda l'alfabetizzazione climatica delle persone nelle aree costiere del Mare Adriatico su entrambi i lati.

Sistematicamente, l'istruzione pluriennale è un argomento di competenza delle autorità educative di ciascuno stato. Le aree costiere locali e regionali da sole non possono avviare una cosa del genere perché non hanno risorse materiali, finanziarie, infrastrutturali o umane. Questa alfabetizzazione dovrebbe trattare tra i suoi contenuti i problemi locali e le avversità legate al cambiamento climatico, le cause del loro verificarsi e, le relative conseguenze.

A proposito, diciamo qui che una persona alfabetizzata sul clima sarebbe quella che:

- comprendE i principi di base del sistema climatico del nostro pianeta;
- sa come ottenere informazioni scientificamente credibili sui cambiamenti climatici;
- comunica in modo comprensibile sul clima e sui cambiamenti climatici;
- è in grado di prendere decisioni informate e responsabili / adottare misure che possono avere impatto sulla padronanza del riscaldamento globale e del cambiamento climatico sia a livello locale che globale.

Questa potrebbe essere l'occasione giusta per chiedersi quante persone nelle coste adriatiche italiane e croate sono alfabetizzate sul clima in questo senso. Qual è il tuo livello di alfabetizzazione climatica?

4.5.3 Incoraggiare il processo di cambiamento del comportamento di un individuo

Cosa può innescare un cambiamento nel comportamento di un individuo nei confronti dei problemi causati dal cambiamento climatico? Innanzitutto, un aumento della consapevolezza e un aumento della conoscenza e della comprensione. L'individuo cambia atteggiamento a seconda del suo interesse per una particolare questione, in questo caso, la questione dell'impatto del cambiamento climatico sulla zona costiera del Mare Adriatico. L'interesse e la motivazione per l'informazione, l'apprendimento e, per alcuni, l'apprendimento su questi argomenti è qualcosa che deve ancora essere sistematicamente incoraggiato, provocato e sviluppato attivamente e sistematicamente. Sfortunatamente, impareremo anche qualcosa da problemi come: distruzione di proprietà, case, terreni agricoli, le rive marine stesse, navi su quelle rive, ecc. Vedremo l'allagamento degli insediamenti in riva al mare causato da una specifica serie di circostanze legate alle maree e venti, piene repentine che si accompagnano a piogge torrenziali, erosione costiera, innalzamento strisciante ma progressivo del livello del mare che già minaccia strutture residenziali e turistiche e le strade troppo vicine al mare. Uno dei cambiamenti utili nel comportamento sarà la cessazione della

conquista aggressiva e avida della terra in riva al mare, con il fenomeno di costruzione eccessiva molto presente ancora oggi, spesso al di là dei piani territoriali.

Osservazioni conclusive sulle misure sociali

Immaginiamo questi processi: nei prossimi anni, la consapevolezza e la conoscenza dei modelli e delle conseguenze concrete dei cambiamenti climatici nella costa adriatica saranno sistematicamente aumentate attraverso il sistema educativo e le attività delle organizzazioni non governative. Le persone imparano anche dai problemi, non vogliono che il danno che è successo finora si ripeta. I politici e gli imprenditori stanno compiendo alcuni passi, investendo nella prevenzione, nella protezione dalle inondazioni, dalle inondazioni del mare, dagli incendi delle coste, dalle minacce edilizie alle stesse zone costiere.

Tuttavia, non esiste un sistema organizzato di difesa nazionale, regionale o locale contro gli effetti del cambiamento climatico. La domanda sorge spontanea: chi ci impedisce, oltre alla nostra stessa miopia, di instaurare un tale sistema?

Immaginiamo la seguente situazione: i governi croato e italiano, poi le regioni (Croazia), i comuni e le province (Italia) nel 2020 insieme per istituire il sistema iniziale dei Centri di azione climatica (ingl. Climate Action Centers). Cosa farebbero questi centri?

- effettuerebbero un monitoraggio continuo dei processi causati dai cambiamenti climatici a livello regionale e locale;
- analizzerebbero attività, tecnologie, comportamenti che promuovano il riscaldamento globale e il cambiamento climatico e analizzerebbero e affermerebbero politicamente ed economicamente attività, tecnologie e comportamenti che contribuiscano alla riduzione delle emissioni di gas serra fornendo avvertimenti e raccomandazioni per ridurre il primo e rafforzare il secondo;
- analizzerebbero in modo continuo e sistematico specifiche forme locali e casi di minacce ambientali causate dai cambiamenti climatici;
- istituirebbero sistemi di allerta precoce sui cambiamenti climatici causati dai pericoli e dai danni subiti da persone e cose;
- organizzerebbero il collegamento delle istituzioni e delle popolazioni locali in situazioni di rischio e attività di “salvataggio” di aree a rischio, abitazioni, famiglie, persone;
- risolverebbero in modo organizzato i problemi causati dalla minaccia alla salute e alla proprietà causata da specifici cambiamenti climatici locali;
- fornirebbero raccomandazioni in materia di edilizia, agricoltura e altre attività future che sarebbero rischiose e persino negative dal punto di vista dell'incertezza climatica in una specifica area costiera locale.

L'istituzione di tali centri è un compito delle misure gestionali, in primo luogo innovando il modello di *governanc*e, per cui le misure sociali avrebbero la loro parte educativa costruttiva e importante.

5 Misure verdi

Le misure verdi, cioè soluzioni basate sulla natura, implicano un'ampia gamma di soluzioni per l'adattamento ai cambiamenti climatici, che si basano sui servizi degli ecosistemi.
Quando si tratta della zona costiera, le misure verdi includono temi come la conservazione ecologica e il ripristino ecologico, ovvero le misure di pianificazione e gestione per la realizzazione della conservazione e del rinnovo. In questo capitolo, esamineremo questi argomenti nelle città e paesi costieri, nell'urbanizzazione costiera, nell'entroterra, sulla costa naturale, sulla linea costiera stessa e nelle acque costiere. Nelle città costiere, toccheremo in particolare infrastrutture verdi e blu e altre soluzioni verdi nella lotta contro le inondazioni e le isole di calore. A parte le inondazioni, gli incendi sono la sfida più grande nell'entroterra. Con le coste naturali, la conservazione e il ripristino hanno un potenziale speciale, quindi le misure ecologiche ci offrono un potenziale eccezionale per la mitigazione dei cambiamenti climatici. La costa stessa è abbastanza diversa tra le due coste dell'Adriatico. Pertanto, sulla costa occidentale dell'Adriatico le misure più interessanti saranno quelle che aiutano nella lotta contro l'erosione. Presenteremo anche misure verdi per le acque costiere, che oltre a proteggerci dall'erosione costiera, hanno anche affascinanti possibilità come strumento nella lotta ai cambiamenti climatici. Infine, verranno prese in considerazione misure relative alla protezione e conservazione degli acquiferi costieri. Alcune di queste misure sono di competenza delle autorità locali, altre di competenza delle autorità regionali e persino nazionali. Affinché la loro domanda abbia successo, il presupposto fondamentale è la cooperazione dei diversi livelli di governo.

Le misure verdi possono essere applicate in tutte le situazioni costiere, cioè nelle città costiere, nell'urbanizzazione lineare costiera, nelle zone costiere; relativamente alla costa naturale sono le soluzioni più convenienti. L'area costiera, in quanto luogo di incontro tra il mare e la terra, tra due diversi ecosistemi e paesaggi[10] ha un valore eccezionale. Dal punto di vista biologico, le zone di transizione sono caratterizzate da un maggior numero di piante e animali e come tali rivestono una particolare importanza ecologica. Dal punto di vista paesaggistico, l'area di incontro di due paesaggi completamente diversi offre una ricchezza speciale di esperienze e possibilità. Tutto quanto sopra è confermato, su entrambe le sponde dell'Adriatico, attraverso un'alta concentrazione di abitanti, attività, quella edilizia inclusa, dove tutti questi valori sono più alti nelle immediate vicinanze del mare. Ed è giusto in questa zona che ci giungono le maggiori minacce dal mare, ma anche dalla terra. Le acque dell'area costiera sono una risorsa fondamentale per la sicurezza dell'ambiente naturale, quindi qualsiasi cambiamento nelle caratteristiche e nella disponibilità di acqua modifica inevitabilmente l'ambiente naturale, e quindi, in definitiva, le condizioni e i mezzi di sussistenza. L'obiettivo di queste misure nelle città è ridurre il rischio di catastrofi, in particolare inondazioni e colpi di calore, ovvero il fenomeno delle isole di calore nelle città, ma anche elevare la qualità della vita creando aria pulita e condizioni di vita più confortevoli. Tenendo presente che queste misure contribuiscono in modo significativo alla lotta contro il cambiamento climatico, quindi sono più sostenibili, robuste e per lo più convenienti rispetto, ad esempio, alle misure ingegneristiche, è necessario considerare sotto una nuova luce l'importanza di preservazione e ripristino della vegetazione e degli ecosistemi costieri esistenti, compreso il mare costiero.

5.1 Misure per le città e gli insediamenti costieri

Nelle città e negli insediamenti costieri, il mare è un elemento chiave dell'ecosistema urbano che si integra con gli elementi terrestri del sistema in uno specifico ecosistema urbano costiero. L'acqua come elemento dell'ecosistema svolge un ruolo importante nella sua sicurezza e sostenibilità.

[10] Nome professionale – ecotono

L'acqua, insieme al cibo e all'energia, costituiscono le risorse esistenziali di ogni sistema naturale, compreso quello urbano. Quando si pianificano le città, questo deve essere preso in considerazione se la città vuole essere verde, sana e sicura. Perché la città sia *verde*, deve essere anche blu, fornendo acqua a sufficienza per la biocenosi. Il cambiamento climatico modifica il regime delle precipitazioni e rende difficile la sopravvivenza della biocenosi. Pertanto, applicando le infrastrutture urbane blu (miglioramento del sistema di approvvigionamento idrico urbano locale) è necessario rafforzare le acque delle aree urbane e quindi sostenere la sicurezza della biocenosi rafforzando contemporaneamente la resilienza. Questo capitolo affronterà le misure e gli strumenti che possono aiutarci a raggiungere questo obiettivo. Non va dimenticato che le acque costiere e i processi costieri vi svolgono un ruolo significativo.

Le misure verdi sono di particolare importanza per le città e gli insediamenti perché offrono molteplici vantaggi. Le aree costiere urbane possono generalmente essere caratterizzate da una percentuale significativamente maggiore di superfici edificate, superfici dure più o meno orizzontali e coste verticali molto dure. Nel primo caso si tratta principalmente della chiusura completa del terreno con calcestruzzo e asfalto, ma anche di superfici sotto ghiaia o terra fortemente compattata (calpestata) - superfici con un manto vegetale ridotto al minimo, mentre nel secondo si osserva un sistema modificato di repulsione delle onde del mare, contrario a quello che esisteva prima del progetto di costruzione. Le aree interne e il verde nelle città costiere determinano in gran parte la qualità del mare costiero.

Nel questionario compilato dalle amministrazioni locali delle città croate e italiane nell'ambito del progetto AdriAdapt, le **inondazioni** sono state individuate come la conseguenza negativa più comune del cambiamento climatico, con l'acqua piovana da un lato e il mare dall'altro. Uno dei motivi comuni della vulnerabilità delle città e degli insediamenti alle inondazioni piovose è la loro costruzione, con una quota molto bassa di superfici permeabili.

Inoltre, stiamo affrontando sempre più eventi meteorologici estremi, accompagnati da forti e intense piogge. I sistemi di drenaggio esistenti generalmente non hanno capacità a sufficienza per tanta pioggia, soprattutto con una bassa quota di superfici permeabili che provoca l'accumulo superficiale dell'acqua piovana e l'allagamento, seguito da danni agli edifici e ad altre proprietà. Le acque di allagamento finiscono infine in mare, influenzando così lo scadimento della qualità del mare costiero.

D'altra parte, con sempre meno piogge in estate, e in altri periodi di siccità, le città stanno affrontando un **deflusso troppo rapido** dell'acqua dalle superfici di strade, tetti, parcheggi e simili. Si perde così acqua utilizzabile per molti altri possibili scopi, un'importante risorsa naturale senza la quale non esistono città verdi. Non si tratta tanto della perdita di acqua potenzialmente potabile, risorsa naturale estremamente importante, quanto della rapida scomparsa dell'acqua che evaporerebbe gradualmente per alleviare le **oscillazioni di temperatura**. In questo caso, possiamo dire che le aree urbane non sono ben adattate alle condizioni di precipitazioni leggere.

Esistono soluzioni per entrambi i casi, ma l'attuazione delle misure dipende dalla misura con cui l'amministrazione comprende le esigenze di adattamento e dalla forza degli strumenti di pianificazione territoriale. In entrambi i casi è importante dedicarsi alla desigillazione di superfici impermeabilizzate, trasformandole in superfici permeabili, non solo per arieggiare il suolo, ma anche per fornire una sovrastruttura verde a più strati. Per quanto riguarda il deflusso troppo rapido delle acque, il sistema di drenaggio dovrebbe essere maggiormente basato su soluzioni di ritenzione idrica in superficie. Ci difendiamo dalle inondazioni urbane anche attraverso l'attuazione di piani territoriali di aree più vaste volti a risolvere questi problemi. Sulla base delle esperienze passate e dei dati concreti sui danni causati - è necessario raggiungere le **aree di ritenzione** (la città brasiliana di Curitiba è stata in gran parte trasformata grazie a questo approccio). Questo è un altro compito in cui la qualità della cooperazione tra autorità regionali e

locali determina il successo dell'attuazione della protezione dalle inondazioni.

Il verde urbano aiuta anche nella lotta all'inquinamento atmosferico, che con temperature elevate ha conseguenze ancora maggiori per la salute umana. Questo è particolarmente pericoloso per i bambini, partendo dall'impatto sullo sviluppo del cervello alle allergie e alle malattie respiratorie. A parte il fatto che generalmente ne abbiamo meno del necessario in città, c'è bisogno di una sua migliore manutenzione. Vale a dire, anche il questionario AdriAdapt per i governi locali ha mostrato che la frequenza dei danni alle proprietà, e talvolta anche della perdita di vite umane, a causa di alberi o rami caduti è elevata. Pertanto, le società di gestione degli spazi verdi cittadini devono intensificare le loro attività anche in questo senso. Il controllo della salute degli alberi e la loro sostituzione regolare in nuove condizioni climatiche sarà un compito sempre più impegnativo.

Gli impatti negativi descritti sono in gran parte causati da decisioni sbagliate nei nostri sistemi sociali, nei piani spaziali e urbani o nelle debolezze nell'attuazione di questi piani, nell'assenza delle necessarie infrastrutture costiere e nel non riconoscere l'importanza degli obiettivi di sviluppo sostenibile. Di conseguenza, come abbiamo già accennato nel capitolo sulle misure sociali, la pianificazione territoriale, ma anche molte altre misure dispongono di strumenti mediante i quali tali impatti negativi possono essere ridotti in modo significativo. Inoltre, queste scoperte nel breve tempo della disciplina scientifica dell'ecologia urbana, grazie agli strumenti dell'architettura del paesaggio e delle discipline affini della selvicoltura urbana e dell'ecologia ingegneristica, hanno stimolato reazioni positive in tutto il mondo, permettendoci di godere della giusta gamma di soluzioni di progettazione verde per la ritenzione idrica in piccoli parchi cittadini, mini zone di ritenzione lungo strade e parcheggi, nonché ritenzione idrica mirata in serbatoi interrati - in modo che in diversi momenti venga rilasciata allo scopo di nutrire le radici degli alberi. L'applicazione del paesaggio orizzontale e verticale crea le condizioni per un microclima favorevole e aumenta l'efficienza energetica degli edifici aumentandone il valore di mercato.

Figura 20. Esempi di buone pratiche nella pianificazione della vegetazione urbana e delle aree verdi, che sono anche importanti misure di adattamento agli effetti del cambiamento climatico negli insediamenti. Si tratta delle cosiddette molteplici misure win-win che, oltre a migliorare la qualità dell'aria negli insediamenti, aumentano anche la quota di superfici permeabili che riducono la pressione sui sistemi di drenaggio delle acque piovane, e dove una maggiore quota di aree verdi riduce la formazione di isole di calore durante il caldo elevato. (Fonte: Gojko Berlengi e Daria Povh Škugor)

Le inondazioni marine rappresentano un rischio particolare per le città e gli insediamenti costieri perché minacciano direttamente tutte le aree costiere basse non protette, ma colpiscono anche

i sistemi di drenaggio. Le acque superficiali e sotterranee costiere scorrono dalla ampia area costiera verso la costa e lì sfociano nel mare. Il luogo dello sversamento o della collisione con il mare è una stretta fascia costiera. L'interazione e la sommatoria dell'impatto di queste acque durante le forti piogge nella zona costiera crea una situazione estremamente sfavorevole, oltre a significative conseguenze negative per l'uomo e il suo ambiente. Sul lato orientale dell'Adriatico, a causa dei ripidi pendii delle aree costiere croate, l'energia idrodinamica dell'acqua è enorme, quindi gli effetti dell'acqua piovana nell'area urbana costiera sono estremamente rapidi e significativi. Le pressioni e le conseguenze saranno maggiori in futuro perché i cambiamenti climatici genereranno livelli più elevati, ma anche pressioni marine (onde) e maggiori quantità di acqua terrestre. Le inondazioni saranno un grosso problema, un rischio climatico per le città costiere e gli insediamenti su entrambe le sponde dell'Adriatico, ma di particolare importanza sarà il contributo delle acque piovane provenienti da est.

Per la linea costiera della città, ovvero la sua versione nuova, generalmente in asfalto, è più difficile trovare misure verdi significative. In questo caso, le soluzioni ingegneristiche o grigie offriranno più opzioni da applicare quando possibile in combinazione con soluzioni verdi. Le sponde più morbide del versante occidentale dell'Adriatico, lungo le spiagge cittadine, e anche i futuri ampliamenti della costa forniranno opportunità per l'applicazione di misure verdi. Allo stesso modo, guardando alla fascia inedificabile costiera di 100 metri ai sensi dell'articolo 8 del Protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere, in particolare nelle proiezioni future, ci saranno alcune opportunità per misure verdi che arricchirebbero molto le città e gli insediamenti costieri. Infine, le misure verdi possono essere applicate al mare stesso, così come alle parti restanti di coste naturali nelle città dove la conservazione degli ecosistemi esistenti, e se necessario il ripristino, diventa un compito ancora più importante.

Le città sono, senza dubbio, generatori di specifica **biodiversità;** sono abitati da un numero maggiore di specie animali e vegetali che i loro dintorni. Su entrambe le sponde dell'Adriatico, è stata dimostrata la vecchia affermazione di Herbert Sukoppa, uno dei decani dell'ecologia urbana, secondo cui soprattutto i centri storici hanno un alto grado di biodiversità (potremmo chiamarli isole verdi), quindi una cura speciale dovrebbe essere prestata alla loro preservazione. Poiché il ruolo del verde nelle città fino a poco tempo fa era principalmente di natura estetica, non è stata prestata molta attenzione alla naturalezza e ad altri impatti positivi sull'uomo e sull'ambiente naturale. Il ruolo del verde nelle città finora non è stato spesso considerato in termini di necessità di combattere le isole termali, l'inquinamento atmosferico o le inondazioni. Oggi questi disastri impongono la necessità di una diversa definizione del verde e della sua funzione nelle città. La vegetazione è fondamentale per mantenere il livello di umidità, ossigeno e anidride carbonica nell'atmosfera e come un baluardo per lo sviluppo della fauna. Dato lo stato della biodiversità per il Paese, non si tratta solo di verde, ma anche di tutte le specie animali che potrebbero arricchire le città e che nella convivenza con l'uomo aiutano a stabilire un equilibrio naturale per rafforzare la sicurezza dell'ambiente naturale e la vita sostenibile. La creazione di **corridoi ecologici** nelle città consente il trasferimento costante e attivo di materiale genetico necessario per ripristinare il potenziale vitale. L'obiettivo è quindi quello di introdurre quanto più verde possibile nel tessuto urbano complessivo, di fornire corridoi ecologici per collegare le aree urbane tra loro, e soprattutto per connettersi con l'ambiente naturale esterno alla città stessa. **L'infrastruttura verde urbana** dovrebbe quindi essere composta da spazi quasi naturali e costruiti, pianificati e mantenuti in modo tale che l'intera infrastruttura offra un'elevata qualità in termini di utilitarismo, biodiversità e estetica, fornendo allo stesso tempo un gran numero di servizi ecosistemici.

Indipendentemente dalla proprietà o dall'origine, tutti i tipi di luoghi e singoli elementi caratterizzati da vegetazione o acqua possono diventare parti di infrastrutture verdi.

Figura 21. Un esempio di vegetazione "trascurata" resistente all'impatto del sale (Foto: Igor Belamarić)

Figura 22. Molteplici funzioni dell'infrastruttura verde urbana (Foto: Igor Belamarić)

L'infrastruttura verde urbana dovrebbe quindi essere composta da spazi quasi naturali e costruiti, pianificati e mantenuti in modo tale che l'intera infrastruttura offra un'elevata qualità in termini di utilitarismo, biodiversità e aspetto, fornendo allo stesso tempo un gran numero di servizi ecosistemici. Indipendentemente dalla proprietà o dall'origine, tutti i tipi di luoghi e singoli elementi caratterizzati da vegetazione o acqua possono diventare parti di infrastrutture verdi. Un grande potenziale risiede nelle aree apparentemente trascurate all'interno delle città. Quasi sempre sono visibili parti della città che sono trascurate. A volte si tratta di aree verdi, sportive, a volte di zone marginali o simili. La vegetazione fiorisce in queste aree naturali e, in combinazione con il verde piantumato, facilita l'organizzazione dei corridoi ecologici nelle città. Numerosi uccelli, insetti, scoiattoli, ricci e simili possono essere avvistati spesso in queste aree. Questo è un grande potenziale che l'amministrazione comunale e le aziende che si occupano di vegetazione possono e devono sfruttare. Per essere in grado di svolgere con successo tali compiti, le aziende municipalizzate devono rafforzare il proprio personale in questo senso.

Un'amministrazione locale moderna capisce il nuovo ruolo della natura nelle città e, attraverso l'inclusione di infrastrutture verdi nei piani territoriali, attraverso piani di manutenzione e piantumazione rafforzati, consentirà la trasformazione della propria città in un luogo desiderabile in cui vivere. Esiste una vasta letteratura che tratta di soluzioni basate sulla natura per **città e insediamenti**. La strategia dell'UE per le infrastrutture verdi ha aperto le porte all'applicazione diffusa di queste soluzioni, che dovrebbero diventare un elemento standard dello sviluppo territoriale in tutta l'UE integrandosi in altri regolamenti dell'UE. L'inclusione di infrastrutture verdi e soluzioni basate sulla natura nei piani di adattamento ai cambiamenti climatici è uno dei passaggi indispensabili. In questo senso, uno dei compiti chiave per l'amministrazione locale è quello di ridurre le superfici impermeabili per fornire umidità sufficiente alle piante. Occorre costruire strutture che forniscono abbastanza luce solare, ovvero implementare tecniche a basso

impatto ambientale [11], che utilizzino o imitino processi naturali e creino infiltrazioni, evapotraspirazione o uso di acqua piovana per preservare la qualità dell'acqua e degli habitat dipendenti dall'acqua. Tutte queste misure verdi possono anche contribuire a migliorare la qualità dell'ambiente costruito, una delle caratteristiche importanti delle città costiere in cui il turismo svolge un ruolo importante, come abbiamo già sottolineato nel capitolo sulla pianificazione territoriale.

Nell'ambito del progetto AdriAdapt è stata effettuata una modellazione dettagliata dell'impatto del cambiamento climatico sulla qualità del mare costiero nell'area di Šibenik/Sebenico, Tribunj/ Trebocconi, Vodice/ Vodizze e Srima. Una delle raccomandazioni per rafforzare la resilienza della qualità del mare è che sia necessario ridurre la quota di superfici impermeabili in queste città di almeno il 50% (Ružić, I. et al., 2021).

Il coinvolgimento della comunità locale è fondamentale, come discusso nel capitolo precedente, sia nelle città che nell'intera area costiera del litorale, indipendentemente dai confini amministrativi o dal livello di formazione tecnica. Le amministrazioni locali dovrebbero incoraggiare comportamenti auspicabili con tutti gli strumenti disponibili, come quelli economici (ad esempio, compensi variabili comunali per coloro che contribuiscono agli obiettivi ambientali); attraverso azioni congiunte di cooperazione e sensibilizzazione. Azioni di piantumazione (come "Pianta un albero, non fare il ceppo!" In Croazia, iniziative di adozione, padrinato, ecc.) o azioni per coinvolgere i cittadini nella *citizen science* (come l'applicazione iNaturalist) sviluppano la consapevolezza dell'importanza di natura e biodiversità e migliorano la natura nelle città. Nuovi settori come l'intelligenza artificiale, i giochi, ecc. offrono enormi opportunità per le moderne amministrazioni. Tali attività a un livello superiore potrebbero aumentare il valore complessivo dei servizi ecosistemici. Tuttavia, forse la cosa più importante che risulterà da tale attivazione delle città, sarà l'inclusione e la trasformazione della consapevolezza dei cittadini, una migliore comprensione dell'importanza della natura e di tutti i servizi ecosistemici e infine del legame che abbiamo con la salute del nostro ecosistema complessivo.

5.2 Misure per le aree di urbanizzazione lineare costiera

Questa specifica forma di urbanizzazione ha anche le sue sfide specifiche legate all'adattamento ai cambiamenti climatici. A differenza, ad esempio, delle morbide spiagge sabbiose della Thailandia e della Malesia, le coste carsiche rocciose calcaree dell'Adriatico orientale avranno difficoltà ad adattarsi al nuovo clima applicando soltanto misure verdi. Segnaliamo che questo tipo di urbanizzazione su coste scoscese come quelle dell'Adriatico orientale è un ostacolo ai sedimenti che prima della costruzione erano trasportati dalle precipitazioni e alimentavano le sponde con sedimenti, in questo caso principalmente ghiaiosi.

Gli insediamenti suburbani e generalmente non pianificati – di forma lineare - hanno finora condotto i loro corsi d'acqua per lo più naturali in canali talvolta costruiti con cemento massiccio, mentre la costa è costituita da un fronte costruito più o meno fortificato. Il terzo importante componente del sistema è costituito da parti frammentate che per molti versi assomigliano alle aree più naturali dei capitoli seguenti.

Le vecchie mappe dei corsi d'acqua che possono costituire un riferimento per quelle esistenti e il loro stato generale dovrebbero essere considerate per la possibilità di rinaturazione. L'attuazione graduale di un tale progetto porterebbe avere vari benefici per il corso d'acqua e i suoi dintorni. Prevenire il rapido deflusso delle acque avrà un effetto benefico sul clima e consentirà al corso d'acqua di diventare un habitat per la flora e la fauna perdute: l'impatto sulla biodiversità del sito sarà quindi significativo. Le precedenti esperienze europee hanno mostrato un ritorno relativamente rapido di elementi di posizioni più elevate nella

[11] Low Impact Development (LID) techniques

catena alimentare, che viene quindi generalmente descritta come un indicatore di buone condizioni di habitat.
La costa adriatica orientale ha subito molte trasformazioni dello spazio da aree libere a estensioni lineari, che dipendono in gran parte dalla forma geomorfologica e dalla disposizione di ciascun terreno. Come effetto collaterale di un'eventuale permanenza (dimora) più lunga nella stretta fascia costiera, troviamo spesso argini sporgenti, formatisi per lo più negli ultimi quarant'anni. Il loro ruolo nell'ecologia locale può essere interpretato in due modi: durante e dopo il riempimento si giunge all'erosione del suolo (di orizzonte minerale e di sostanza organica-humus-, e in una certa misura, di roccia frantumata) che viene evitata per vari motivi - a causa della copertura delle foglie di Posidonia con fango e a causa della minaccia indiretta di mantenere i vivai ittici. D'altra parte, su di essi spesso vengono aperti i cosiddetti *habitat secondari*, habitat antropici estremamente importanti che supportano nuovi insediamenti e fungono da rifugio per specie in via di estinzione (ad esempio, la loglierella ricurva, Parapholis incurva). Tali aree dovrebbero essere inverdite in modo sistematico, preferibilmente con specie di piante perenni che sicuramente ridurranno l'erosione futura.

5.3 Misure per le aree retro-costa

Le aree retro-costa sono estremamente importanti per lo sviluppo sostenibile delle regioni costiere. Qui spesso si svolgono le attività chiave della prima linea di difesa contro le piene da acque piovane (superficiali) - il che è importante soprattutto per i ripidi pendii dell'Adriatico orientale, ma anche per le attività preventive di protezione antincendio.

La difesa dalle inondazioni inizia nell'entroterra delle città e degli insediamenti costieri ovvero nel relativo bacino idrografico della costa. Quel retro-costa può essere all'interno dei confini amministrativi della città, ma spesso non è così. È necessaria la cooperazione a livello regionale, cioè la cooperazione a livello dell'ecosistema - del corpo idrico.

Le soluzioni per acque superficiali possono essere suddivise in tre categorie fondamentali:

- trattenere e ritenere l'acqua nel bacino;
- drenare in mare le acque dell'entroterra attraverso l'insediamento in sicurezza, preferibilmente utilizzando tangenziali e infrastrutture verdi per regolare i flussi; e
- una combinazione di queste due misure con ritenzione controllata e ritenzione idrica nell'insediamento e nell'entroterra.

La ritenzione idrica nel bacino e nell'insediamento dovrebbe essere basata sulle cosiddette soluzioni verdi e blu. Le soluzioni verdi sono legate al trasporto dell'acqua mediante processi di evapotraspirazione nell'atmosfera e le soluzioni blu consistono nel rafforzare i processi naturali del movimento dell'acqua nel ciclo idrologico locale. Queste soluzioni sono rispettose dell'ambiente, efficienti, flessibili e poco costose, ma possono essere implementate con successo solo con una corretta pianificazione e sistemazione del paesaggio. La caratteristica principale di queste misure è che sono resistenti ai cambiamenti climatici e che si adattano bene ad essi. Ad esempio, maggiori precipitazioni significano maggiori quantità di acqua superficiale, ma allo stesso tempo una temperatura dell'aria più elevata significa una maggiore evapotraspirazione ed evaporazione, quindi il bilancio idrico è invariato o modificato in misura minore.
Altre misure standard come la realizzazione di ritenzioni superficiali, canali di scolo, scarichi a mare superficiali e sotterranei sono altrettanto efficaci, ma anche meno flessibili, più costosi da costruire e da mantenere, visibili nello spazio e meno rispettosi dell'ambiente. Sono più difficili da adattarsi ai cambiamenti climatici e la loro pianificazione è piuttosto incerta perché la scala del cambiamento climatico non è ancora completamente affidabile per il dimensionamento di queste strutture. Se sono sovradimensionate, le risorse finanziarie vengono sprecate, ovvero vengono presi prestiti inutili, più difficili da mantenere, e se sono sottodimensionate, non saranno efficaci nel proteggere la zona costiera. I dettagli relativi alla costruzione di queste strutture possono essere trovati nella letteratura idrotecnica standard.

Per quanto riguarda il rafforzamento della **resistenza al fuoco**, vediamo principalmente attività preventive, in termini di selezione di specie

resistenti al fuoco in tutte le azioni di imboschimento, ripristino, rinaturalizzazione, e strade e viali tagliafuoco adeguatamente distribuiti, sufficientemente ampie e ben mantenute, accumuli di acqua naturali e artificiali, strade di accesso alle infrastrutture e ai complessi forestali in pericolo. Su entrambi i lati dell'Adriatico, le foreste più comuni sono i pini, composti per lo più da pino d'Aleppo (Pinus halepensis). I pini (Pinus pinea) prosperano generalmente sul versante italiano perché preferiscono i terreni acidi e sabbiosi. Usando il pino d'Aleppo come specie pioniera, molte aree sono state rimboschite nel passato e continuano ad esserlo ancora oggi, sia che si tratti di ripristino di terreni bruciati o altro. I suoi vantaggi sono davvero il contenimento del suolo e la protezione contro l'erosione. Tuttavia, in molti luoghi, sono stati dimostrati gli svantaggi di tali piantagioni di monocoltura, che vanno da bassi livelli di biodiversità a un problema ancora più grande, la diffusione incontrollata di questa specie pirofita in un gran numero di campi e vigneti abbandonati. I pini vengono piantati principalmente con lo scopo di costruire strati di substrato che servirebbero poi come base per ottenere un soprassuolo forestale di migliore qualità, boschi misti con un elemento mediterraneo di leccio o cotogno (Quercus ilex o Quercus pubescens), insieme ad arbusti caducifoglie e sempreverdi ed alberi a basso fusto. Tuttavia, dopo l'impianto iniziale, il controllo di base degli alberi è raramente effettuato, la piantumazione aggiuntiva mirata finora è stata eseguita anche meno, ma soprattutto la conservazione delle specie di dendroflora che nel frattempo sono apparse nei campi, come il carpino orientale, il frassino da manna e altri componenti della foresta originale che dovrebbe essere imitata. È più comune che una foresta di pini bruci, e che il pino usi il suo predominio per una crescita ancora più densa e successivamente abbassi ulteriormente il livello di biodiversità. In questo modo vengono soppresse molte altre componenti della flora autoctona, mentre il grado di esposizione a malattie o attacchi di parassiti (come nel caso del bostrico corroso), e soprattutto il rischio di incendio, è estremamente elevato.
Per stabilire popolamenti forestali più preziosi, è importante utilizzare gli elementi naturali della dendroflora, nonché l'uso generale di un numero maggiore di specie. Le esperienze positive in caso di incendi- ad esempio con carrubi e altre latifoglie sempreverdi - indicano la necessità di una migliore protezione e la necessità di usarli più spesso in selvicoltura. I complessi di foreste di pini più grandi dovrebbero essere intersecati da zone con vegetazione meno infiammabile e adeguate strade tagliafuoco, serbatoi d'acqua e strade di accesso. È difficile aspettarsi che queste misure vengano attuate se non sono incluse nella pianificazione territoriale.

L'induzione controllata dell'incendio viene utilizzata come strumento nella preparazione della stagione degli incendi, al fine di evitare il collegamento di unità di massa combustibile più grandi, ovvero per ottenere una localizzazione relativamente rapida ed efficiente nell'incendio successivo. In questo modo si riducono i possibili danni causati da incendi di maggiori dimensioni, si preservano e migliorano gli habitat e si ripristinano gli ecosistemi naturali. È giustificabile solo se applicato su aree relativamente piccole.

Per le coste orientali dell'Adriatico, il verificarsi dell'erosione del suolo dopo un incendio è particolarmente pericoloso, quando a causa delle intense precipitazioni su terreni ripidi si verifica la lisciviazione del suolo. Ecco perché la rinnovazione dopo un incendio è estremamente importante. Come abbiamo già accennato, nella Repubblica della Croazia non sono state condotte ricerche scientifiche serie sulla successione della vegetazione dopo l'incendio, né sui vari effetti del fuoco su alcune categorie di vegetazione più grandi (macchia, arbusti, praterie secche, ecc.) in merito alla intensità e velocità di combustione. Questa conoscenza potrebbe certamente contribuire allo sviluppo di simulazioni e modelli per prevedere il processo di propagazione del fuoco e, in definitiva, un migliore controllo di questi fenomeni di rischio. Inoltre, dovrebbero essere regolamentate le questioni relative alla piantumazione e all'imboschimento, in termini di prevenzione delle pirofite e di un maggiore utilizzo di piante più lente da bruciare secondo il loro habitus e composizione chimica della biomassa. Questo problema richiede una migliore collaborazione tra la comunità scientifica e i decisori.

5.4 Misure per le coste naturali

Le aree costiere naturali come aree di transizione in ecologia sono di particolare importanza. Spesso tali spazi differiscono dagli ecosistemi vicini e intatti e questo si riflette in una serie di specie vegetali e animali. Tali biotopi marginali sono salutari per l'ambiente in generale, per cui il loro numero determina la valutazione complessiva di un paesaggio in termini di valore e necessità di tutela. I paesaggi della zona costiera adriatica sono spesso la base fondamentale per lo sviluppo del turismo. La conservazione del paesaggio è anche un compito estremamente importante per le amministrazioni costiere di questi territori. La diversità delle parti di un particolare paesaggio in definitiva ha un impatto sulla diversità complessiva della flora e della fauna e l'uomo, aprendo nuovi spazi (ad esempio, mediante la deforestazione), partecipa da tempo alla coevoluzione della vita sulla Terra. Le attività umane non hanno sempre avuto un impatto negativo sull'ambiente - al contrario - hanno tenuto il passo con la natura per migliaia di anni, mentre la svolta verso la cattiva direzione attuale è iniziata solo poco più di cento anni fa. La fascia mediterranea, secondo tutte le precedenti conoscenze, senza la presenza dell'uomo oggi sarebbe ben ricoperta da boschi di leccio (Quercus ilex), salvo che per stretti tratti lungo le rive del mare e dei fiumi. Tuttavia, a causa del degrado del manto vegetale allo scopo di produzione di legname, o a seguito di incendi e altri impatti, in quest'area si sono sviluppate diverse forme di vegetazione: ad esempio, praterie rocciose, arbusti, macchia mediterranea, ecc. In assenza di terreno fertile spazzato via dall'erosione del leccio, il suo posto è stato preso da molte altre specie vegetali. Secondo la logica di fondo, sarebbe importantissimo proteggere le aree la cui struttura presenta gli elementi più simili al bosco di leccio o roverella. È quindi necessario cercare di utilizzare metodi antichi e tradizionali in combinazione con metodi moderni basati su nuove conoscenze scientifiche nel futuro mantenimento dell'ambiente, tenendo conto dei cambiamenti climatici.

Per raggiungere gli obiettivi degli articoli 8, 10 e 11 relativi alla conservazione delle **zone naturali** e **paesaggi costieri**, è necessario comprendere che cos'è una costa naturale. Poiché la comprensione di questi termini non è sempre univoca, l'architettura del paesaggio può offrirci un aiuto. Il livello di impatto negativo dell'uomo su una certa parte del terreno può essere misurato in vari modi, e uno dei principali è la valutazione in base al grado di naturalità (nome professionale - grado di emerobia). In connessione diretta con la classificazione degli habitat, viene assegnato un rating (da 1-più naturale a 9-quasi artificiale) sulla base di ricerche sul campo e con le analisi attraverso metodi di vegetazione ecologica. Si tratta di un'interpretazione dettagliata dello stato di vegetazione nelle condizioni esistenti, in base alle quali si ottiene una visione delle caratteristiche generali, ma anche di eventuali carenze specifiche all'interno delle strutture naturali. Il grado di naturalità può aiutare le amministrazioni locali ad individuare aree naturali e paesaggi costieri di elevato valore al di fuori delle aree protette e a garantirne la sopravvivenza non consentendo la costruzione in queste aree, che esattamente come sono, rappresentano un'eccezionale risorsa sociale e turistica che può essere usata per aumentare le condizioni di qualità di vita e l'offerta turistica.

La copertura vegetale è fondamentale per la **conservazione ecologica** delle aree naturali. La vegetazione è fondamentale per il mantenimento dei livelli di umidità, per l'equilibrio dell'ossigeno e dell'anidride carbonica nell'atmosfera come base per lo sviluppo della fauna; quindi l'intera classificazione degli habitat si basa principalmente sulla scienza della vegetazione. L'alta percentuale di densità edilizia sulla costa adriatica mette la copertura vegetale e la sicurezza della natura in pericolo. A causa del loro volume, le vecchie foreste sono molto più efficienti nell'assorbire la CO_2 rispetto a quelle appena piantate. Inoltre, la vegetazione indigena più vecchia è molto più resistente alle condizioni meteorologiche estreme rispetto a quella appena piantata.

Recentemente è stata registrata una mortalità di massa degli alberi, causata da un forte aumento

delle popolazioni di organismi nocivi. I cambiamenti climatici e ambientali possono influire sulla diffusione dell'area di distribuzione e modificare la fenologia stagionale degli insetti nocivi, il che si traduce in uno sviluppo più rapido e in un maggior consumo di cibo, e influisce direttamente e in modo negativo sulla salute degli ecosistemi forestali. Nella nuova strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, le gradazioni eccezionali di bostrici sono citate come effetti negativi del cambiamento climatico (EC, 2021). Il forte aumento della popolazione del bostrico corroso (Orthotomicus erosus) in Croazia e gli enormi danni che comporta (Pernek et al., 2019) sono un esempio recente di concatenazione di fattori sfavorevoli associati al cambiamento climatico. In tali condizioni, la biologia e la popolazione dei parassiti cambiano in modo finora sconosciuto e diffondendosi mettono in pericolo l'ecosistema forestale. Inoltre, una nuova malattia complessa associata al cambiamento climatico è stata recentemente registrata sul leccio (Quercus ilex) e si riferisce all'attacco di *Agrilus* (Agrilus sp.) a cui sono associati i batteri. La malattia si sta diffondendo territorialmente ed è una minaccia per le foreste di lecci autoctone. Gli effetti negativi dei cambiamenti ambientali e climatici sulle foreste influiscono anche sui cambiamenti fisiologici degli alberi e ne indeboliscono le difese.

Dato che i fenomeni citati sono nuovi e inesplorati, la mancanza di informazioni e conoscenze rappresenta un grosso problema, ed è per questo che la reazione è lenta e l'azione ritardata. È probabile che l'impatto negativo sulle foreste mediterranee acceleri con l'aumento della temperatura, nonché con la frequenza e l'intensità della siccità con un periodo di vegetazione prolungato. Anche un leggero aumento della temperatura può stimolare cambiamenti nel tasso di sviluppo degli insetti, nel numero di generazioni, nella densità di popolazione, nelle dimensioni, nella costituzione genetica, nell'estensione, nella modalità di utilizzo della pianta ospite e nella distribuzione longitudinale e latitudinale (Lieutier e Paine, 2016). Un gruppo completamente diverso di parassiti è costituito da specie invasive (Jactel et al., 2020) che non sono necessariamente associate ai cambiamenti climatici ma che, tuttavia, hanno il potenziale di causare gravi danni alle foreste e dovrebbero essere prese in considerazione durante i controlli. Tale fenomeno è principalmente sotto la supervisione delle organizzazioni nazionali per la protezione delle piante (NPPO), ma sono state rilevate crescenti debolezze.

L'individuazione precoce dei parassiti è fondamentale per sopprimere o mitigare gli effetti negativi dopo la loro gradazione. Sebbene esista un sistema di monitoraggio dei parassiti nelle foreste a livello statale (monitoraggio), non esiste alcuna cura specifica a livello locale. Il coinvolgimento di esperti locali che abbiano conoscenze di base sui sintomi della presenza di organismi nocivi è una delle possibilità per una più rapida reazione a gradazioni improvvise. L'ispezione stagionale delle foreste e l'analisi dei campioni, nonché la verifica con un'istituzione scientifica, dovrebbero essere la base per elaborare rapidamente le informazioni sul verificarsi di nuovi danni, per identificare il problema e determinare le misure di controllo. Recentemente, oltre a tale supervisione attiva, è sempre più utilizzata quella 'passiva', per cui i cittadini segnalano i sintomi osservati su piattaforme predisposte, utilizzando smartphone e dispositivi (*citizen science*). È stato dimostrato che ciò può aumentare significativamente la probabilità di individuazione precoce di organismi nocivi (Baker et al., 2018). Un'altra possibilità è quella di identificare il problema attraverso applicazioni disponibili al grande pubblico che registrano cambiamenti insoliti e attivano il meccanismo di identificazione dell'organismo nocivo.

Le zone più minacciate sotto tutela all'interno delle nostre coste sono sicuramente i canneti e le distese di giunchi e falaschi. Oltre alle specie nominate nei capitoli precedenti, le praterie aride sono estremamente importanti per noi, poiché sono in pericolo e suscettibili della crescita eccessiva di altre formazioni vegetali (ad es. macchia mediterranea) a causa dei cambiamenti dello stile di vita; vanno perciò protette e vanno adottate misure paesaggistiche per la loro conservazione come ad esempio la rimozione di alcune piante più durevoli e robuste. Si tratta di una delle biocenosi più dinamiche e mutevoli al

mondo, la cui diversità floristica all'interno di queste comunità vegetali è il risultato di migrazioni a lungo termine e adattamenti delle specie ai drammatici cambiamenti nella qualità del suolo e ai cambiamenti climatici. C'è una forte connessione tra l'attività umana nello spazio e l'espansione delle aree coperte da praterie aride, quindi possiamo giustamente parlare di patrimonio culturale e naturale, cioè il patrimonio della cultura tradizionale sviluppato nell'arco di diecimila anni. È quindi necessario attuare in modo sistematico le misure per il mantenimento di questo habitat, che, tra l'altro, offre riparo a numerose specie di orchidee, molte delle quali tutelate dalla legge. La più grande minaccia e pressione per questo tipo di copertura verde sono principalmente le modifiche delle pratiche colturali - in questo caso, l'abbandono del pascolo (in altre aree l'intensificazione della produzione agricola), che porta direttamente alla guarigione delle specie più longeve e resistenti.

Il restauro ecologico è il processo di ricostruzione di un sistema costiero degradato, danneggiato o distrutto che si ottiene compensando le strutture perdute. Dovrebbe includere l'unità funzionale dell'ecosistema, cioè la comunità dinamica di piante, animali e microrganismi in relazione all'ambiente fisico e al clima. Numerosi scienziati indicano la **riforestazione** come lo strumento potenzialmente più potente ed economico per lo stoccaggio del carbonio. I risultati di uno studio pubblicato l'anno scorso presso l'Università svizzera ETH di Zurigo hanno mostrato che l'imboschimento e il restauro sono di gran lunga lo strumento più potente per combattere il cambiamento climatico (Bastin et al., 2019). Un altro studio ha analizzato il potenziale per lo stoccaggio del carbonio e ha concluso che le foreste costituite da più specie possono immagazzinare il doppio di carbonio rispetto alle foreste monocolture (Liu, X et al., 2018). Sulla base di questi studi, le raccomandazioni di molte istituzioni vanno nella direzione di incoraggiare il rimboschimento, con specie miste, preferendo specie autoctone a crescita rapida, ma tenendo conto del cambiamento climatico previsto. Il crescente rischio di incendio dovrebbe essere sempre tenuto presente nella scelta delle specie e nella pianificazione territoriale.

La **rinaturazione** consiste nell'implementazione di idee basate sulla conoscenza nel campo della biologia applicata. Contribuisce in modo significativo alla conservazione della biodiversità, e come tale rappresenta la portata culturale dell'amministrazione e della comunità che la attua. La rinaturazione può essere eseguita più facilmente utilizzando la scala della naturalità. Infine, il successo della procedura stessa può essere valutato da una valutazione complessiva di naturalezza. Più basso è il rating, più impegnativo è l'intervento: come rinaturalizzare l'ecosistema danneggiato all'interno dell'area dominata da *Posidonia* che è stata valutata con i rating più bassi possibili? Mentre le aree terrestri, a causa della mancanza di foreste di querce, intatte in alcune aree, possono ottenere un punteggio minimo di 3, essa ottiene un punteggio ancora più basso. Pertanto, la naturalità del suolo marino in luoghi con posidonia è maggiore delle *unità più naturali* della parte terrestre.

Le unità di acqua dolce, in particolare le zone umide e gli estuari, sono ad alto rischio, soprattutto nelle aree più vicine alle città. I corsi di torrenti e fiumi sono per lo più regolati da solide barriere che accelerano il flusso dell'acqua e con la loro stessa costruzione cancellano sponde naturali più larghe e più stabili a lungo termine. Al posto di una barriera impenetrabile che impedisca il contatto tra acqua e radici delle piante, al fine di rinaturare il torrente, dopo la pulizia dell'alveo è necessario rafforzarlo con strutture verdi che corrispondano alla zona in cui viene eseguito l'intervento. È generalmente necessario rifornire alle acque correnti spazio sufficiente per restaurare con successo la dinamica del loro flusso, al contrario dei canali rettilinei.

La creazione di zone verdi dovrebbe seguire le linee guida del restauro ecologico, e qui forse siamo più vicini ad aiutare a ricostruire un ecosistema distrutto. In questo caso si evita la creazione di piantagioni monotone con un piccolo numero di specie a causa dell'esposizione alla stessa reazione in caso di disastro. Considerando i fattori abiotici e il quadro complessivo della condizione esistente, il piano prevede la creazione di zone tematiche, e un elenco di specie necessarie suddivise secondo i principali strati di vegetazione.

Il progetto viene elaborato per fasi e si cerca di modellarlo su un piano decennale o ventennale. Tutti i piani dovrebbero includere il cambiamento del clima previsto.

I piani di gestione e adattamento individuali per comprendere meglio il quadro della situazione esistente con tutti i suoi attributi. Per un approccio olistico, particolarmente efficace nell'area costiera, uno strumento importante è il GiS, compresa la presentazione integrale e una presentazione a strati tematici che esso fornisce. I piani di gestione servono quindi a guidare le attività future volte a migliorare la situazione generale in una determinata area e a rafforzare la resilienza ai cambiamenti climatici.

5.5 Misure per la stretta fascia costiera

Particolare attenzione dovrebbe essere prestata alle soluzioni naturali per la stretta fascia costiera. Tali misure proteggono la costa:

- mitigando le onde e, nelle zone umide durante le onde di tempesta, fungendo da barriere e superfici di ritenzione;
- innalzando il livello e riducendo il tasso di erosione, catturando e stabilizzando i sedimenti costieri e accumulando materia organica e residui; innalzando il livello dei fondali (nel caso della posidonia) e del suolo costiero (nel caso delle zone umide costiere).

Sebbene i processi di erosione siano più significativi per il “sabbioso” lato italiano dell'Adriatico, anche il lato croato deve essere preparato al meglio a questo fenomeno causato dall'innalzamento del livello del mare lungo le coste basse. Le soluzioni verdi per la stretta fascia costiera spesso includono il ripascimento artificiale e vengono applicate per mantenere una larghezza sufficiente della spiaggia. L'economicità è garantita dalla destinazione turistica della spiaggia, tuttavia è necessario garantire una corretta preparazione e realizzazione di tali interventi.

Le strette fasce costiere contengono anche aree che sono rare e vulnerabili anche senza cambiamenti climatici, come paludi ed estuari. La rinaturazione è un'opportunità per rafforzare le difese naturali che dobbiamo esplorare ulteriormente nel contesto di zone costiere.

5.5.1 Aumento della vegetazione lungo la stretta fascia costiera

L’aumento del verde lungo la stretta fascia costiera rappresenta uno dei modi per ridurre gli effetti dannosi dell'innalzamento del livello del mare. La linea costiera nella sua parte originaria e incontaminata contiene varie strutture naturali caratterizzate da organismi evolutivamente adattati a vivere in condizioni piuttosto dure di esposizione all'insolazione, al vento, alle onde e alla salsedine (es. finocchio marino, limonio, tamerice). Nella stretta fascia costiera, oltre ai benefici offerti alle condizioni microclimatiche (riduzione della temperatura e l'ombreggiamento), il manto vegetale è importante anche per l'essiccazione, che avviene attraverso l'evapotraspirazione, il che è una delle proprietà fondamentali delle piante. Come mostrato nel capitolo sulle misure sociali, la fascia inedificabile costiera offre un'opportunità per lo sviluppo di una copertura verde stratificata e pianificata sia per la sicurezza dei cittadini in prima fila al mare, sia per l'uso di locali e turisti. Comprendere queste ragioni da parte della comunità locale è la chiave per stabilire una fascia inedificabile. La presenza dell'uomo incide in misura maggiore o minore sui cambiamenti della struttura del manto verde, per cui in assenza dei suoi principali componenti li rende più vulnerabili, o più suscettibili di ulteriore degrado e impoverimento, soprattutto all'interno di una complessa rete di collegamenti ecosistemici (alcuni dei quali sconosciuti). La rimozione o la distruzione di una parte dell’ecosistema può avere un impatto negativo su altri componenti e, in definitiva, compromettere il funzionamento dell'intero ecosistema.

5.5.2 Costruzione e consolidamento di dune

L’erosione delle dune è dovuta all’azione del vento e delle onde e può essere aggravata da attività umane come il livellamento delle dune per costruire insediamenti urbani, lotti di parcheggio, passeggiate sul lungomare, ecc. Ciò contribuisce alla riduzione della riserva di sedimenti necessari per superare i periodi di mareggiate intense.

Anche eliminare la vegetazione delle dune o creare un accesso alla spiaggia può avere un effetto dannoso sulle dune.

La costruzione e il ripristino delle dune rappresentano una delle tecniche più importanti per contrastare l'erosione costiera e gli impatti dovuti all'innalzamento del livello del mare lungo le spiagge sabbiose, nonché per preservare le funzioni delle dune stesse, non solo quali riserve di sabbia, ma anche come importanti ecosistemi. La costruzione di dune comprende la progettazione ingegneristica di dune artificiali attraverso la riproduzione della forma delle dune naturali, spesso in modo concatenato. I metodi di rafforzamento delle dune includono l'inerbimento della superficie della duna (con l'obiettivo di accumulare e trattenere la sabbia per stabilizzare e proteggere dai danni dovuti alle mareggiate); la copertura della superficie della duna (copertura della superficie della duna con detriti vegetali e ramaglie per stabilizzare la sabbia, favorirne l'accumulo e proteggere la vegetazione della duna); e la recinzione (per favorire il deposito del sedimento trasportato e creare una barriera protettiva per mitigare l'impatto dell'azione eolica e marina).

Figura 23. Costruzione e consolidamento *delle dune costiere nei dintorni di Ravenna (Bevano Sud, Emilia Romagna, Italia) (Foto: Beatrice Giambastiani)*

Figura 24. Un esempio della cosiddetta soluzione morbida e poco invasiva per l'ambiente naturale, che facilita l'accesso e consente la fruizione della costa (Foto: Gojko Berlengi)

Le tecniche di rafforzamento (oppure consolidamento) e costruzione delle dune possono associare obiettivi di difesa costiera con altri benefici, come la preservazione dell'habitat e della biodiversità e l'eco-turismo. Gli interventi sulle dune risultano più efficaci quando sono integrati da azioni di ripristino o costruzione dell'intera fascia litoranea.

Costruzione e rafforzamento delle dune costiere nei dintorni di Ravenna è presentato sulla piattaforma di conoscenza dell'adattamento AdriAdapt, quale esempio di buona pratica.

5.5.3 Protezione e ripristino delle zone umide costiere

Le zone umide costiere si comportano come barriere naturali contro gli eventi estremi di origine marina quali inondazioni costiere e mareggiate, principalmente dissipando l'energia del moto ondoso. Le paludi salmastre (ossia zone umide costiere inondate e prosciugate dalle maree) rappresentano gli habitat costieri naturali più efficaci per ridurre l'altezza delle onde (Seddon et al., 2020), insieme alle barriere coralline. Stabilizzando i sedimenti a riva, le zone umide costiere riducono pure l'erosione costiera e fungono nel contempo da aree di ritenzione. Le sane zone umide costiere sono anche importanti habitat per una moltitudine di specie diverse come volatili, molluschi e pesci, e contribuiscono significativamente alla purificazione dell'acqua.

Le restanti zone umide costiere dovrebbero essere **protette** da tutti i tipi di degrado, soprattutto sapendo che solo il drenaggio e la conversione in

terreni agricoli hanno ridotto l'area delle zone umide in Europa di circa il 60% (CE, 2007). Il **ripristino** di zone umide costiere già degradate, d'altro canto, è volto a ristabilire le naturali funzioni delle zone umide già deteriorate. Uno dei modi usati per ripristinare le zone umide prevede l'aggiunta di sedimenti per innalzare il terreno sotto il livello dell'acqua e per permettere alle piante di colonizzarlo. Un altro modo per ripristinare le zone umide costiere consiste nella riumidificazione delle zone umide costiere drenate, bloccando il drenaggio e riducendo l'estrazione di acqua sotterranea: si tratta di una tecnica di ripristino efficace per le paludi salmastre. Una tecnica più intensiva a livello di risorse sarebbe il trapianto di vegetazione da paludi sane o da coltivazioni specializzate. L'arretramento è una tecnica che consiste nell'arretrare la linea di difesa rigida da inondazioni verso una nuova linea, più interna e/o su un terreno elevato per ricreare habitat intertidali tra la vecchia e la nuova linea di difesa. Facendo questo la zona umida servirà da zona di tamponamento dove le mareggiate saranno attenuate. L'arretramento pianificato ricrea habitat importanti per preservare la biodiversità e può anche essere utilizzato per scopi ricreativi ed ecoturismo.

5.5.4 Reef artificiali

Gli elementi prefabbricati per la costruzione di scogliere artificiali sono stati originariamente costruiti per creare le condizioni da nursery per la fauna ittica in acque più profonde e per prevenire la pesca a strascico. Inoltre, sono stati utilizzati nella costruzione di frangiflutti sommersi permeabili contenenti fessure per il riparo di pesce o per favorire l'insediamento di flora e fauna marina.

Dal punto di vista del comportamento idraulico, non vi è alcuna differenza significativa tra reef artificiali e strutture rocciose tradizionali, che sono caratterizzate da trasparenza e discontinuità, ma vanno sempre classificate nel gruppo di strutture solide. Si colonizzano facilmente e rapidamente, creando una sorta di barriera vivente, che può essere utilizzata anche come attrazione turistica. I reef artificiali riducono l'energia delle onde e quindi proteggono la spiaggia dall'erosione. Si pensa che abbiano poca azione intrusiva e, a seconda dell'orientamento, possono avere un impatto minore sui processi costieri. Attualmente sono state effettuate pochissime ispezioni indipendenti per valutarne l'efficacia nella protezione delle coste.

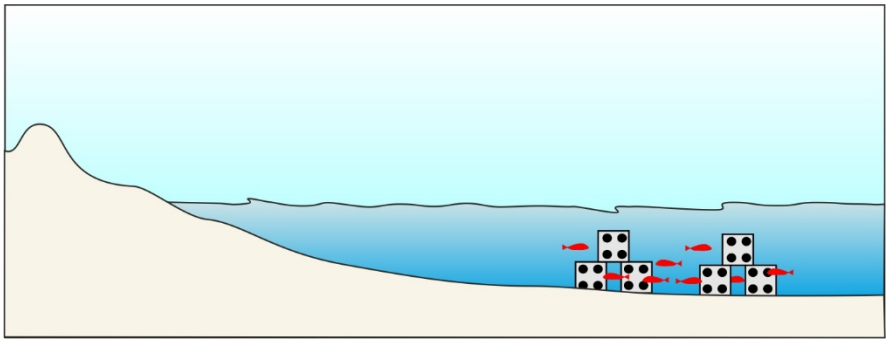


Figura 25. Rappresentazione schematica del reef artificiale

5.5.5 Drenaggio dell'acqua piovana dalla spiaggia

Il drenaggio dell'acqua piovana dalla spiaggia è un metodo utilizzato in vari paesi negli ultimi 20 anni. L'infiltrazione di acqua nella zona *swash* (di battigia) riduce la risacca dell'onda, con conseguente allontanamento dei sedimenti dalla costa. Il drenaggio delle spiagge può aumentare l'infiltrazione e per questo scopo sono stati sviluppati dispositivi che vengono utilizzati in diversi paesi, ma portano risultati controversi. I vantaggi del drenaggio sono a impatto zero sul paesaggio e sulla qualità e fruizione della spiaggia; gli svantaggi includono costi di manutenzione, efficienza moderata o quasi nulla, specialmente durante forti mareggiate.

5.5.6 Gestione/protezione delle coste rocciose (e falesie)

L'innalzamento del livello del mare e l'aumento della frequenza degli eventi estremi hanno un impatto minore sulle rocce costiere, tuttavia, nella gestione delle zone costiere non possiamo ignorare questo problema, anche perché questo tipo di costa è estremamente comune lungo il mare Adriatico e tutte le sue tipologie si trovano rappresentate. Le falesie che precipitano in mare (A) ad elevata profondità non subiscono l'azione delle onde, per cui l'erosione è molto lenta e non cambierà la sua dinamica a causa del previsto innalzamento del livello del mare; questo si verifica nel sud della Puglia, nel sud della regione Raguseo-narentana, in diverse isole croate e in alcune parti dell'Istria.

Nel caso della presenza di una piattaforma (Figura 27B), l'erosione sul piede della falesia sarà un po' più forte, la tavola di marea se formata aumenterà, ma non ci sarà un aumento significativo dell'arretramento della falesia. Nelle scogliere inclinate (Figura 27C), la risposta del litorale sarà influenzata dal profilo del pendio, ma non sono previsti cambiamenti significativi e la tendenza evolutiva sarà regolata dall'energia delle onde e dalla forza della roccia attuale. Con le falesie inattive (Figura 27D), la situazione è diversa perché a causa del ruolo delle spiagge nella protezione delle falesie loro non sono più suscettibili all'impatto delle onde; in questo caso, le onde potrebbero raggiungere nuovamente il pendio della roccia, il che innescherebbe cambiamenti più rapidi e potrebbe causare il crollo di edifici e strutture poste in alto.

Le tecniche di stabilizzazione delle falesie (come la rivegetazione e il risanamento di una spiaggia tramite ripascimento) sono misure "verdi" per ridurre l'erosione delle falesie costiere e le sue conseguenze - frane, crolli, caduta massi.

Esistono invece alcune soluzioni compatte per la protezione dei litorali rocciosi e delle falesie, come l'installazione di muri paraonde, argini, fortificazioni costiere con vari elementi posti al piede (muro in cemento, roccia, blocchi prefabbricati, muri in gabbioni, ecc.), e/o stabilizzazione di falesie applicando tutti i metodi geotecnici tradizionali e innovativi sviluppati per il consolidamento (rimodellamento/profilatura di falesie, drenaggio; irrigidimento/fissaggio delle rocce; muro di protezione in calcestruzzo e gettate di pietrame sciolto; geogriglie armate e reti opache per protezione contro l'erosione).

Figura 26. Protezione della falesia costiera con una rete sulla spiaggia di Firule a Spalato (Foto: Ivan Sekovski)

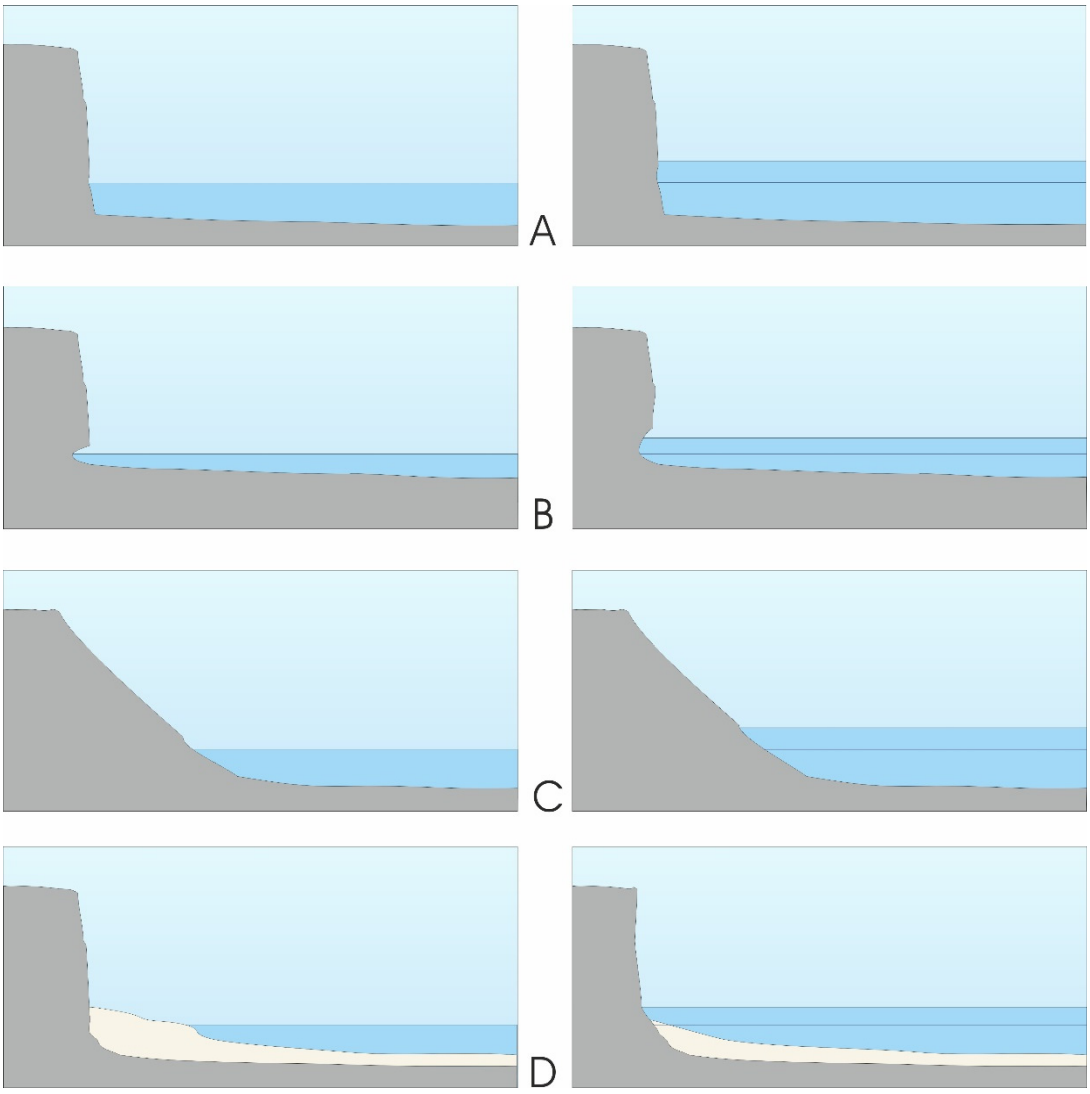


Figura 27. Evoluzione della costa rocciosa a causa dell'innalzamento del livello del mare

5.5.7 Il ruolo della prateria marina nella prevenzione dell'erosione

In caso di erosione della spiaggia/costa, le praterie svolgono un importante ruolo protettivo. Trattengono i sedimenti, stabilizzano il fondale e quindi prevengono l'erosione costiera. Trattenendo i sedimenti nelle praterie, il fondo diventa meno profondo e le onde si allontanano dalla riva, il che allevierà l'erosione della costa durante la mareggiata. La prateria marina rallenta anche il movimento delle correnti oceaniche tra il fondale e le sue foglie. Recenti studi hanno dimostrato che l'altezza delle onde nelle aree ricoperte da fitte praterie di Posidonia è del 10-20% inferiore rispetto al fondale marino nudo[12].

Le praterie svolgono un ruolo importante nella mitigazione dei cambiamenti climatici in quanto hanno un significativo potenziale di sequestro del carbonio, sia attraverso la propria biomassa, che filtrando materiale organico fine dall'acqua circostante. A livello globale, le praterie sono responsabili di oltre il 10 % del carbonio immagazzinato nell'oceano, sebbene ricoprano solo lo 0,2% della superficie totale dei mari del mondo (Fourqurean et al., 2012).

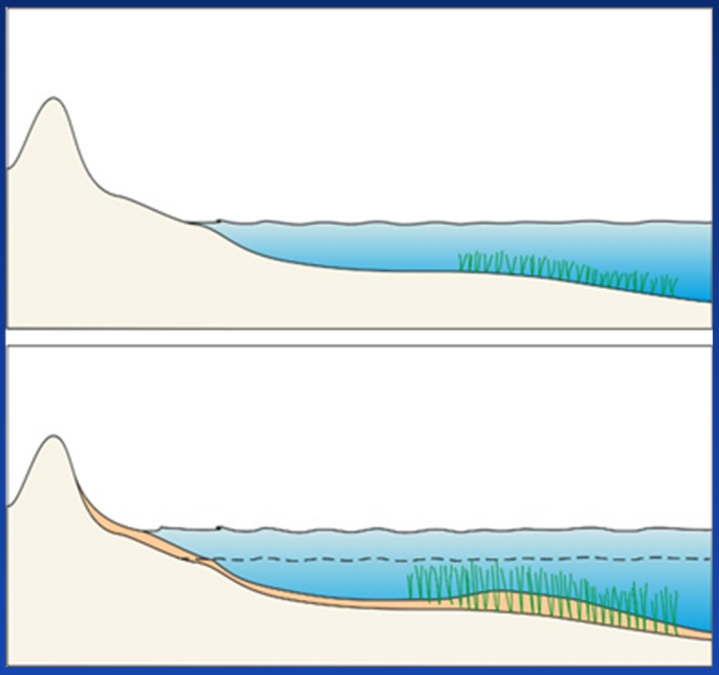
Nel mare Adriatico sono presenti quattro specie di praterie, di cui la *Posidonia oceanica* è la più diffusa. Le praterie di Posidonia sono habitat

[12] https://phys.org/news/2016-06-seagrass-crucial-weapon-coastal-erosion.html

particolarmente preziosi per l'Adriatico, quindi è fondamentale garantirne la protezione. Allo stesso tempo, le praterie di Posidonia sono in pericolo nelle aree direttamente esposte alle attività umane come l'ancoraggio; la congestione e l'aumento della torbidità da materiali da costruzione per le strutture sulla costa; l'eutrofizzazione e altri tipi di inquinamento; la pesca illegale a strascico e altre attrezzature che vengono trainate lungo i fondali; la diffusione di specie invasive. Inoltre, la Posidonia cresce molto lentamente (solo 1 cm all'anno). A causa della lenta crescita, il recupero degli insediamenti di Posidonia danneggiati è un processo lungo. Finora sono stati realizzati diversi progetti di trapianto di Posidonia nel Mediterraneo, con vari gradi di successo. Il trapianto può comportare costi significativi e molto impegno; pertanto, la protezione delle praterie è una misura molto più conveniente. L'importanza della protezione della posidonia è stata riconosciuta su più livelli: la Posidonia è stata inserita nella lista degli habitat prioritari dalla Direttiva sulla Protezione degli Habitat Naturali e dalla Rete delle Aree Protette Natura 2000. In Croazia sono state istituite aree di particolare importanza per la protezione della natura (ASCI) (basate sulla Convenzione di Berna), che comprendono tutti i tipi di praterie marine, come parte della "Rete Smeraldo". Inoltre, tutte le specie di fiori di mare a livello nazionale in Croazia sono protette dalla legge sulla protezione della natura come specie rigorosamente protette. L'Italia ha inoltre ratificato una serie di regolamenti internazionali (ad esempio la Convenzione di Berna, la Direttiva Habitat, la Direttiva Quadro sulle Acque, la Direttiva Quadro sulla Strategia per l'ambiente marino) per la protezione delle praterie di Posidonia e di altre specie.

La protezione delle praterie marine finora non è stata motivata dal loro ruolo nella protezione della costa. Si tratta, infatti, di una nuova sfida per le amministrazioni locali e regionali preposte alla protezione della costa.

Riquadro 7. Prateria marina e adattamento costiero



Le praterie dissipano l'energia delle onde e mitigano il loro impattyo sulla costa; inoltre, creano habitat con una ricca comunità di produttori di sabbia carbonatica.

Le loro radici creano una sorta di terrazze sottomarine (mattes), che durano a lungo dopo la scomparsa delle praterie di posidonia e protegono la costa.

Le praterie crescono e innalzano il livello del mare per continuare a svolgere la loro funzione protettiva. La protezione delle praterie è una delle strategie più ecologiche per mitigare gli effetti dell'innalzamento del livello del mare.

5.6 Acquiferi costieri - acque sotterranee

È estremamente importante utilizzare soluzioni naturali per preservare le **falde acquifere costiere (acquiferi)**. Anche qui la situazione è diversa a causa delle coste diverse, carsiche orientali e arenili occidentali.

Le coste rocciose carsiche della costa adriatica orientale sono dominate da processi di deflusso idrogeologico carsico in cui il flusso delle acque sotterranee dall'entroterra al mare è rapido e avviene attraverso numerose fessure e aperture. Pertanto, le falde acquifere carsiche si riempiono rapidamente durante l'inverno (periodo piovoso dell'anno) e poi si svuotano e restano così fino all'estate. Durante l'estate piove pochissimo quindi l'acqua a disposizione è molto ridotta, soprattutto sulle isole. In alcune parti della costa orientale, dove lungo la costa si estende una barriera impermeabile di flysch, si formano nell'entroterra significativi corpi idrici di acque sotterranee e sorgenti d'acqua (Ombla, Jadro, ecc.). Queste falde acquifere sono in contatto con il mare attraverso sorgenti sottomarine e costiere, e piccole fessure e aperture. Il contatto è per lo più puntuale. Proprio a ridosso della costa ci sono falde acquifere costiere locali che sono a contatto con il mare in maniera significativamente maggiore (puntale e lineare) e sono per lo più di capacità molto piccola, e, a causa del mescolamento con il mare e dell'aumento della salinità, sono anche meno importanti per l'utilizzo. Sulla costa occidentale dell'Adriatico le condizioni idrogeologiche sono diverse e le falde acquifere sono a contatto con il mare con caratteristiche diverse, con un carattere di contatto prevalentemente lineare lungo le coste sabbiose, e di maggiore portata.

A causa delle diverse densità dell'acqua dolce e salata, la prima galleggia sopra la seconda e la falda acquifera sotto la duna per ogni unità sopra il livello del mare ha circa 40 unità di acqua sotto il livello del mare (legge di Ghyben-Herzberg). La discesa di una duna, o anche l'intersezione di un passaggio, causa una significativa perdita di risorse idriche, cruciale per le varie attività svolte lungo la costa, tenendo a mente le loro oscillazioni stagionali.

L'impermeabilità della superficie terrestre in prossimità della costa, causata dall'espansione urbana ha ridotto le infiltrazioni d'acqua, che spesso si dirigono verso la spiaggia attraverso una serie di tubi di scarico: questa si è rivelata una delle cause dell'erosione delle spiagge e delle dune sulle spiagge urbane. Un aumento delle piogge estreme accelererà questo processo. La pavimentazione permeabile di strade, marciapiedi, parcheggi e parchi giochi favorirà le infiltrazioni d'acqua, e ricaricherà le acque sotterranee. I flussi di acqua piovana dovrebbero essere diretti verso nuovi bacini idrici, dove il fitorisanamento potrebbe aiutare ad aumentare le riserve idriche per scopi non sanitari.

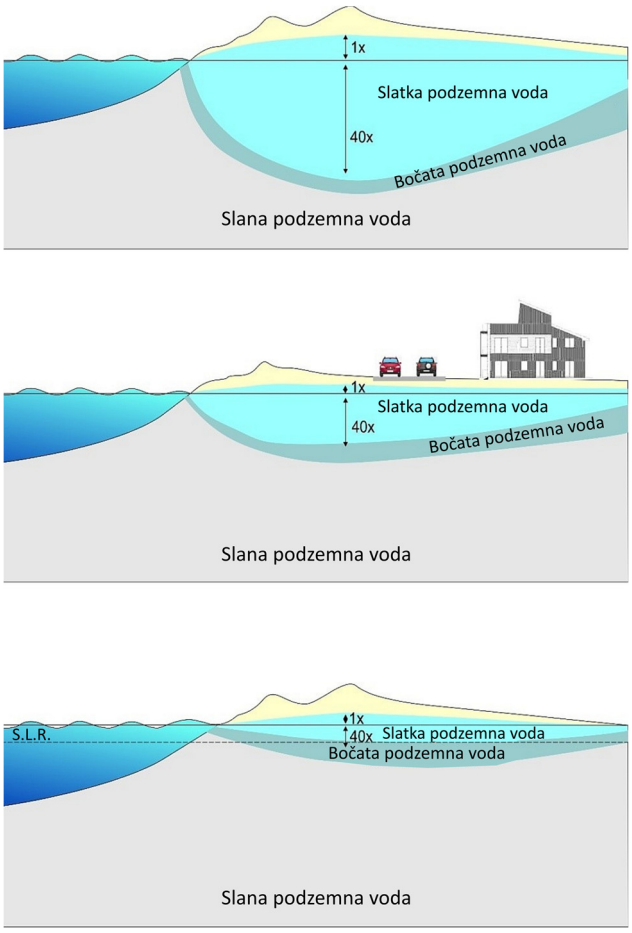


Figura 28. Innalzamento del livello del mare e falde acquifere costiere

L'acqua dolce galleggia sopra l'acqua salata (per cui si forma uno strato di acqua salata tra di loro) a causa del suo peso specifico (densità) inferiore. Il modello di Ghyben-Herzberg mostra il corso vero degli eventi, con un rapporto di galleggiabilità di 1:40 (su un'unità d'acqua sopra il livello del mare ci sono quaranta unità d'acqua sotterranea). Abbassando la duna di un metro si perdono 40 metri d'acqua. Lo stesso vale per l'innalzamento del livello del mare, che minaccia gli stock ittici costieri d'acqua dolce.

Se la riduzione delle precipitazioni annue lungo la costa mediterranea sarà accompagnata da eventi estremi, la duna larga e alta, caratterizzata da elevata porosità e permeabilità ai livelli freatici, sarà come una spugna in grado di assorbire grandi quantità di acqua e ridurre le inondazioni della pianura costiera.

Nelle condizioni idrogeologiche carsiche prevalenti sulla costa orientale, tale effetto è molto limitato. La penetrazione dell'acqua di mare nei corsi d'acqua e nelle falde acquifere superficiali porta alla loro salinizzazione, che si traduce ulteriormente in salinizzazione del suolo e problemi in agricoltura. In Croazia, il problema della salinità del suolo è più pronunciato:

- nella valle della bassa Narenta, la regione Raguseo-narentana;
- nella zona di Vransko polje, la regione di Zara;
- nella valle del Quieto in Istria.

La salinità varia spazialmente e temporalmente a seconda delle variazioni del livello del mare, della distanza dal mare, del regime idrologico e della qualità dell'acqua di irrigazione. Il monitoraggio ha mostrato che la continuazione del processo di salinizzazione può portare a rese ridotte, perdita permanente di terreni agricoli e, infine, all'emigrazione della popolazione. Il risultato è un cambiamento dell'habitat, e quindi delle caratteristiche della biocenosi - ecosistema. Il previsto innalzamento del livello medio ed estremo del mare accelererà questi processi negativi. Lo stesso effetto negativo avrà la penetrazione improvvisa del mare causata dal tempo e dai cambiamenti climatici (bassa pressione, alte maree, mareggiate). Un problema crescente saranno le previste siccità estive più lunghe e più grandi e quindi un maggiore sfruttamento dell'acqua dolce e temperature più elevate dell'aria e del mare/acqua provocando processi biochimici più rapidi nel suolo, che causano un cedimento graduale. Abbassando il livello del suolo, l'area diventa potenzialmente sempre più minacciata dal mare e dalle acque superficiali, il che accelera il trend negativo.

6 Misure grigie

L'infrastruttura costiera deve garantire le sue funzioni primarie e secondarie in maniera adeguata durante un ciclo di vita ragionevole e ad un costo ragionevole. Il cambiamento climatico influirà sull'adeguatezza funzionale e strutturale di tali infrastrutture, sulla durabilità e sui costi di manutenzione delle strutture esistenti, nonché sulla progettazione di nuove strutture. A causa delle inondazioni e dell'erosione causate dai cambiamenti climatici, le strutture dovrebbero essere adattate alle nuove condizioni di lavoro e quelle nuove dovrebbero essere pianificate e progettate secondo nuove condizioni, al fine di soddisfare gli obiettivi della loro costruzione e raggiungere i criteri desiderati.

Le misure di adattamento grigie comprendono soluzioni tecnologiche e ingegneristiche per migliorare l'adattamento del territorio, delle infrastrutture e dell'uomo agli impatti dei cambiamenti climatici. Nelle città costiere con una costa artificiale, la risposta all'innalzamento del livello del mare e alle mareggiate grazie all'adozione di soluzioni ingegneristiche sarà spesso una buona scelta in quanto capace di bloccare la diffusione del mare verso la terraferma. Sono indispensabili soluzioni tecnologiche e ingegneristiche per la protezione e l'adattamento della linea costiera. Tuttavia, soluzioni ingegneristiche sono necessarie anche quando si decide di procedere con l'arretramento o l'adattamento basato sull'ecosistema, perché le strutture costiere esistenti non dovrebbero essere abbandonate, ma protette. Esempi di misure grigie includono la protezione della costa, la protezione dalle inondazioni, lo spostamento del suolo costiero verso il mare, l'adattamento delle infrastrutture costiere a livello comunale e altre soluzioni tecnologiche e ingegneristiche per garantire la resilienza delle coste urbanizzate.

6.1 Inondazioni costiere e misure di protezione

Alcune aree, soprattutto sulla costa settentrionale adriatica, sono sotto il livello del mare e sono protette da muri paraonde/argini. Tuttavia, quando si pianifica la protezione delle aree costiere dalle inondazioni, non è sufficiente prendere in considerazione solo l'innalzamento del livello del mare. Eventi meteorologici estremi, come le onde di una tempesta o le piogge fitte, creano ulteriori problemi per le coste urbanizzate. Se prendiamo in considerazione le maree, la bassa pressione atmosferica, il vento, le onde, le mareggiate, insieme alle acque torrenziali, si possono verificare profondi cambiamenti causati dalle inondazioni in relazione allo stesso innalzamento del livello del mare. Tutto ciò dovrebbe essere preso in considerazione quando si pianifica la protezione delle aree costiere dalle inondazioni.

L'alto livello del mare non solo causa allagamenti della linea costiera e delle strutture su di essa, ma influisce negativamente anche sul sistema di drenaggio dall'entroterra e le relative inondazioni. La durata dell'inondazione costiera è breve, ma si verifica rapidamente. Di solito si verificano con l'alta marea causata dalla bassa pressione e con un forte vento che soffia verso la costa. A causa degli effetti dei cambiamenti climatici, le inondazioni potrebbero diventare più frequenti e più grandi e il danno è maggiore quando l'alto livello del mare e le precipitazioni intense si sommano, così come l'innalzamento del livello delle falde freatiche e il deflusso delle acque superficiali verso la costa. L'alto livello del mare con un forte vento verso la costa provoca una risacca di onde sempre più profonda contro la costa, e quindi danni alle strutture costiere. Questa condizione intensifica l'erosione della costa, motivo per cui le coste basse sono ancora più a rischio perché possono verificarsi cedimenti, e scorrimento degli oggetti verso il mare, ovvero il loro collasso. I frangiflutti e

gli argini costieri possono arrestare l'azione delle onde sulla costa, ma non l'innalzamento del livello del mare e l'impatto del vento sulla risacca della costa.

Alcune delle opzioni di protezione dalle inondazioni recentemente messe sotto i riflettori sono proprio le paratoie per difendersi dalle mareggiate e dalle barriere contro le inondazioni. Si tratta di installazioni fisse che consentono il passaggio dell'acqua in condizioni normali e dispongono di cancelli o barriere che possono essere chiuse in caso di mareggiate o alta marea per evitare allagamenti. Sono costruiti per proteggere le aree urbane e le infrastrutture in aree in cui le onde di mareggiata e le inondazioni marine potrebbero avere un impatto significativo. A causa dei costi che insorgono e dei potenziali impatti, le barriere anti mareggiate/ anti-inondazione sono relativamente rare. In Adriatico, l'esempio più famoso sono le barriere anti mareggiata di Venezia (il sistema "Mose"), che costituiscono la struttura più grande di questo tipo, ma anche le barriere mobili "Porte Vinciane" nella zona costiera di Cesenatica. Sulla costa croata simili misure sono al momento inesistenti, prevalentemente perché il litorale è protetto dalle isole, e le maree e le oscillazioni sono relativamente modeste.

Le inondazioni marine sono un problema complesso, soprattutto quando si tiene conto dell'impatto delle acque interne, quindi devono essere considerate e affrontate integralmente. Non ci sono molte regole e linee guida chiare. Una delle regole chiare che devono essere applicate è la protezione dall'acqua alta secolare. Tuttavia, cosa sia esattamente un alto mare secolare o un'acqua alta secolare che scorre dalla terraferma alla costa, e quale sia la relazione tra queste due quantità, è per lo più sconosciuto e difficile da calcolare in modo affidabile. Questo problema è per lo più inesplorato a livello locale e quindi ignoto. Oltre al calcolo del livello dell'allagamento secolare, è necessario calcolare la quantità secolare locale (altezza) dell'urto del mare e delle onde. È un compito complesso e costoso. L'innalzamento del livello medio del mare (MSL), vale a dire, cambia le condizioni per la formazione delle onde ed è difficile prevederle.

Non ci sono linee guida chiare e la seguente è principalmente utilizzata come soluzione:

- realizzazione di solide strutture di protezione intorno all'area da proteggere con la realizzazione di un sistema di drenaggio;
- innalzamento del livello della costa e dell'altezza degli edifici lungo la costa attraverso modifiche dei piani urbanistici e altra documentazione;
- stabilizzazione delle strutture costiere (fondazioni più profonde e soluzioni simili).

In generale, è necessario applicare tutta una serie di misure ed adoperarsi a lungo termine e con continuità per ridurre i rischi e i danni. La protezione delle coste basse dalle piene deve essere affrontata in modo integrato, insieme al drenaggio delle acque superficiali che scorrono verso la costa, dato che il livello di base sarà superiore a quello attuale, compreso il livello delle acque sotterranee.

Dato che molte aree urbane si trovano su coste basse e piane alluvionali, sono necessari argini più alti e muri paraonde, che avranno contemporaneamente un forte impatto sul paesaggio, limitando l'accesso e ostacolando la vista sul mare. Poiché per la loro funzione principale saranno in funzione pochi giorni all'anno, il loro utilizzo potrebbe essere polivalente: possono fungere da lungomari, scale, piattaforme, moli. La risacca sarà impedita da un profilo concavo e da un sistema di drenaggio che devierà nuovamente l'acqua in mare. È necessario applicare tecniche di resistenza alle inondazioni per ridurre i danni alle strutture causati dalle inondazioni. *Si presume che l'aumento dei costi per rafforzare la resistenza alle inondazioni nei nuovi edifici sia insignificante rispetto al costo totale della ricostruzione* (Kirshen et al., 2008). Infine, le soluzioni verdi e blu sono altamente auspicabili nelle aree urbane costiere, in particolare per i problemi idrici, poiché possono servire in situazioni che vanno dall'infiltrazione al deflusso dell'acqua, a seconda delle condizioni e delle esigenze locali (vedere il capitolo 5).

6.2 Strutture di protezione e difesa delle coste

Le strutture per la protezione e la difesa della costa sono diffuse lungo la costa occidentale dell'Adriatico, ma ultimamente stanno comparendo sempre più intorno alla versante orientale. Tali costruzioni garantivano l'esistenza di milioni di persone che vivevano sulla costa, nonché il mantenimento dei canali di comunicazione e la protezione dalle inondazioni di vaste aree agricole, in un momento in cui il valore della costa dal punto di vista dell'ecologia e dell'industria turistica non era preso in considerazione. Da quando il turismo balneare è fiorito, le aree costiere hanno iniziato a essere considerate una "gallina dalle uova d'oro", l'uso delle strutture è aumentato drasticamente e alla fine tutti i loro impatti negativi hanno cominciato a venire alla luce. Ogni spiaggia è diversa e le soluzioni devono essere adattate al luogo, tenendo conto della morfologia, della sedimentologia, dell'energia delle onde, delle circostanze culturali, sociali ed economiche. Tuttavia, la lunga storia della protezione costiera lungo la costa mediterranea e la varietà delle soluzioni applicate, nonché le esperienze dei singoli Paesi (che hanno avuto la sfortuna di affrontare per primi questo tipo di problematiche) sono un'ottima occasione per imparare dalle esperienze e errori di altri paesi.

Dato l'imminente innalzamento del livello del mare, è prevedibile che continueranno a essere costruite solide strutture di protezione, almeno nelle città costiere densamente popolate. È quindi importante che i decisori prendano coscienza del modo in cui funzionano queste costruzioni, con tutti gli effetti positivi e negativi emersi nel corso dei decenni o addirittura dei secoli dalla loro applicazione. Indipendentemente dalla diversità della loro forma, posizione e modalità di funzionamento, condividono quanto segue

- riducono fortemente la resilienza costiera quando costruite su coste intatte;
- le comunità costiere si trovano divise nel valutare la loro accettabilità ambientale e l'accesso e l'uso della spiaggia e del mare. Un'unica strategia per affrontare le inondazioni e l'erosione costiere nell'ambito delle sfide del cambiamento climatico deve basarsi su obiettivi, protocolli e processi partecipativi comuni e deve tenere in forte considerazione le disparità ambientali, sociali ed economiche dei diversi settori costieri.

Scenari climatici di innalzamento del livello del mare e condizioni meteorologiche estreme possono portare a una revisione dei requisiti di sicurezza e alla costruzione delle strutture nuove, ovvero all'innalzamento, al rafforzamento e al rimodellamento di quelle esistenti per la protezione delle coste.

Tutto quanto sopra è forse ancora più rilevante per la costa adriatica occidentale, caratterizzata da un mare poco profondo e lunghe coste sabbiose. Tuttavia, coste simili si trovano nella parte orientale dell'Adriatico. La costa orientale è per lo più rocciosa e scoscesa, con mare profondo, per cui tali costruzioni vengono utilizzate raramente, tranne in alcune località per proteggere le spiagge di nuova formazione. Nei centri abitati della costa orientale sono più comuni muri paraonde di varia applicazione ed esecuzione, nonché scogliere distaccate che proteggono porti e strutture portuali dalla forte energia delle onde.

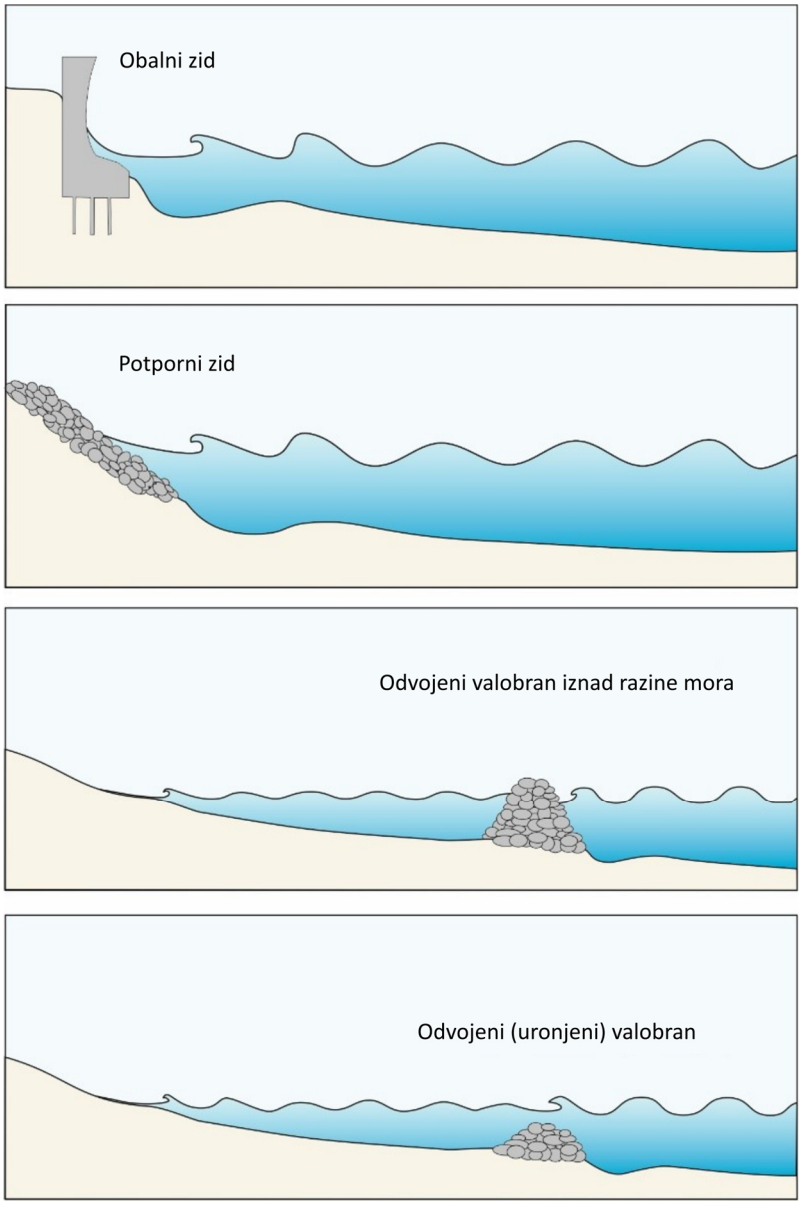


Figura 29. Panoramica di alcune delle strutture di protezione

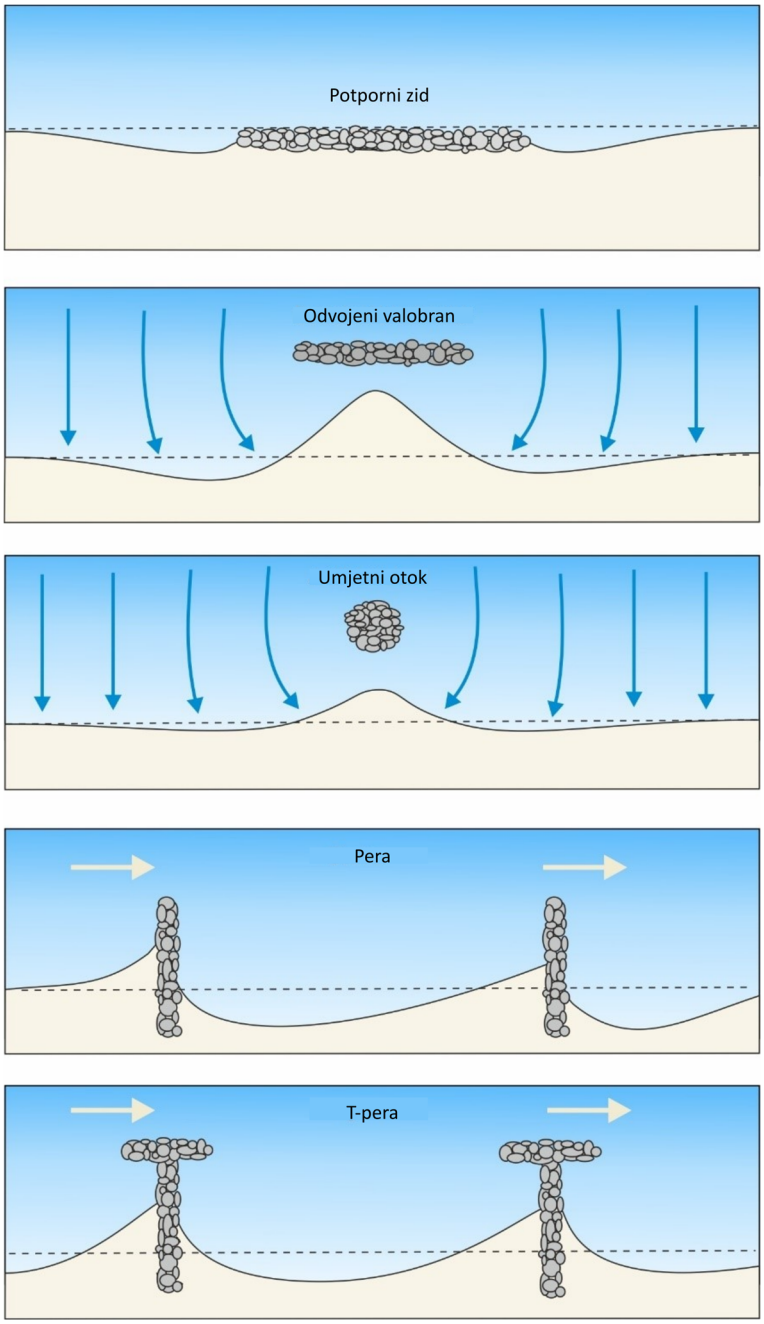


Figura 30. Rappresentazione illustrativa delle strutture di protezione della costa e risposta adeguata alle dinamiche della spiaggia

6.2.1 Muri paraonde, banchine e strutture simili (gettate di pietrame sciolto (rip-raps), scogliere a gettata, dighe frangiflutti)

I muri paraonde sono strutture realizzate con materiale rigido (p. es. pietrame, cemento, muratura o palancole, geocontenitori), sono costruite per proteggere il retroterra dall'azione delle onde e prevenire l'erosione costiera. I muri paraonde servono anche per stabilizzare falesie in erosione e proteggere le strade e gli insediamenti costieri. Sono costruiti parallelamente alla linea di costa, nella zona di transizione tra la spiaggia e la terraferma o le dune.

I muri paraonde sono generalmente strutture massicce, spesso concave e alte a sufficienza per proteggere la terraferma dal moto ondoso, con una superficie "irregolare" per ridurre la velocità di risacca. Anche il profilo a gradoni viene usato talvolta per ridurre la velocità di risacca, inoltre è

una struttura idonea per ospitare chi prende il sole o accogliere percorsi pedonali o ciclabili lungo riva. Un esempio di questo tipo è costituito dalla scogliera a gettata a protezione della ferrovia a Pedaso (Marche), sulla quale è stata costruita una pista ciclabile.

Figura 31 Murazzo (tipo di muro paraonde) tra Miramare e Trieste (Foto: Enzo Pranzini)

Lungo la costa adriatica è possibile rintracciare muri paraonde in quasi ogni paese, ma la loro altezza e la loro estensione generalmente è limitata dalla bassa incidenza energetica del moto ondoso del mare Adriatico. I murazzi veneziani, ora convertiti in strutture più complesse con una spiaggia di fronte, rappresentavano dei veri e propri capolavori di antica ingegneria costiera. Alcuni esempi di strutture adiacenti la costa sono visibili a Bari (Puglia), Cittanova, Rovigno e Pola (Croazia), Neum (Bosnia ed Erzegovina), Vlorë (Albania).

Nella maggior parte dei casi, si tratta di piccole scogliere a gettata costruite per proteggere le strade o le case adiacenti al mare. Nei villaggi costieri e nelle cittadine all'interno di baie troviamo le banchine, spesso sul versante croato dell'Adriatico. Si tratta di strutture con funzione di frangiflutti, leggermente più basse dei "classici" muri paraonde, costruite per proteggere le case, il lungomare e le strade; in alcuni casi fungono anche da ormeggio per piccole imbarcazioni.

Figura 32. Banchina sulla riva di Split/Spalato, Croazia (Foto: Ivan Sekovski)

I costi di costruzione sono elevati ma queste strutture richiedono generalmente poca manutenzione. I costi dipendono anche dal tipo di costruzione del muro paraonde, dalle dimensioni, dalla disponibilità e dalla prossimità dei materiali di costruzione, dai tassi previsti di erosione futura e dal carico d'onda, da strutture come passeggiate e gradini o scivoli di alaggio.

Muri paraonde e banchine spesso interferiscono con processi naturali come la migrazione degli organismi nella zona intertidale, determinando la riduzione di habitat intertidali. Sebbene prevengano l'erosione delle dune e dell'entroterra, i muri paraonde spesso riflettono l'energia delle onde piuttosto che dissiparla, ciò rende la linea di costa antistante particolarmente esposta a fenomeni erosivi. Per tale motivo molti muri paraonde sono stati più recentemente concepiti per integrare le scarpate a mare con pareti oblique o dal profilo non lineare. Dato che i muri paraonde sono regolarmente tracimati (nelle tempeste più violente), l'acqua può rimuovere il suolo o la sabbia retrostante la parete e indebolirla.

I muri paraonde e le banchine possono avere molti benefici. Richiedono uno spazio inferiore rispetto ad altre opere di difesa costiera come gli argini. Sono adattabili, ossia possono essere alzati per far fronte all'innalzamento del livello del mare. È importante, tuttavia, garantire che aumentando l'altezza del muro paraonde l'integrità della struttura non venga pregiudicata. L'alto livello di sicurezza fornito da un muro paraonde/una

banchina può favorire lo sviluppo dell'entroterra. La cresta della struttura spesso si estende in una parte lastricata in pietra in grado di assolvere altre funzioni, diventando per esempio strada, passeggiata o area parcheggio.

Per quanto concerne gli effetti citati su flora e fauna della zona intertidale, di recente sono stati prodotti blocchi prefabbricati con superfici irregolari e buchi per favorire l'abbarbicamento di piante e animali marini.

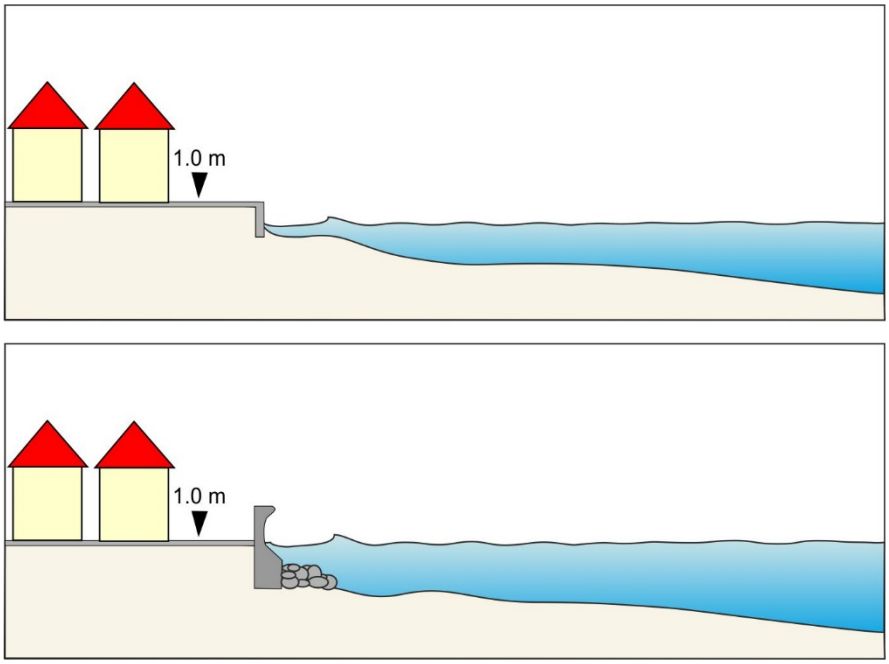


Figura 33. Muro paraonde nuovo, la cui altezza dipende da condizioni locali

6.2.2. Scogliere distaccate (emerse e sommerse)

Le scogliere distaccate sono le strutture di protezione del litorale più frequenti lungo la costa adriatica italiana. In alcune aree dell'Italia le scogliere distaccate sono abbastanza comuni: per esempio a nord di Porto Garibaldi (Emilia-Romagna) 74 scogliere distaccate si susseguono lungo 9 km di costa, tra Porto San Giorgio e Casabianca (Marche) 61 elementi proteggono 5,5 km di spiaggia, ma il record lo detiene Pescara (Abruzzo) con 243 scogliere che coprono oltre 23 km di costa.

Figura 34. Scogliere distaccate davanti alla spiaggia di Torre Mucchia, Italia (Fotografia: Enzo Pranzini)

Talvolta le scogliere distaccate possono essere responsabili della bassa qualità dell'acqua a seguito della scarsa circolazione idrica. Un'alternativa di recente invenzione sono i pennelli sommersi, che hanno un impatto limitato sul paesaggio e migliorano la qualità dell'acqua marina. Inoltre, l'acqua che esce dai varchi crea forti correnti di ritorno che possono essere responsabili di gravi incidenti lungo la costa mediterranea, cogliendo di sorpresa nuotatori e sub in una zona da loro ritenuta sicura. Il loro impatto sul paesaggio costituisce un altro aspetto negativo.

In ogni caso, tra la spiaggia e le scogliere distaccate si forma una corrente lungo riva che può rimuovere la sabbia dall'area protetta. Per tale ragione sono spesso aggiunti dei pennelli sommersi per ridurre questa corrente. Il progetto di difesa di Pellestrina (Veneto), lungo 8 km, è basato su questo approccio, con pennelli con estensione sommersa ogni 550 m

Le scogliere distaccate, sia quelle emerse sia quelle sommerse, possono essere costruite con massi naturali, elementi in calcestruzzo o geotessili. Strutture cementizie emerse più ampie nelle aree urbane possono essere collegate alla terra con moli, per trasformarle in passeggiate o piattaforme prendisole.

La riduzione dell'energia delle onde, nella parte retrostante la scogliera, e il trasporto di sedimenti convergente, indotto dalla diffrazione delle onde alla loro estremità, possono innescare la formazione di salienti. Strutture lunghe o molto vicine alla riva possono vedere questi salienti crescere fino a svilupparsi in tomboli che collegano la scogliera alla terraferma.

6.2.3 Penelli (emersi e sommersi)

Si definisce **pennello** una struttura a protezione del litorale costruita trasversalmente alla linea di riva per ridurre il trasporto litoraneo e intercettare i sedimenti. I pennelli inducono un'espansione della spiaggia posta sopraflutto e inducono un fenomeno erosivo sottoflutto; a causa di questo loro effetto domino si rende spesso necessaria l'applicazione di una serie di pennelli per proteggere una spiaggia ("sistema a pennelli"). Più lungo è il filo di pennelli lungo la costa, più efficienti sono i risultati; nel caso in cui i sedimenti in movimento lungo la costa attraversino la linea di protezione, quasi tutti rimarranno intrappolati. Per enfatizzare al massimo i benefici di questa opera di difesa, è preferibile affiancarle un intervento di ripascimento artificiale della spiaggia.

I pennelli sono costruiti più frequentemente sul versante occidentale dell'Adriatico rispetto a quello orientale, sebbene in Croazia stiano emergendo di recente. Sono tra le strutture di protezione litoranea più amate dagli stakeholder poiché consentono le attività di pesca e sono aree idonee per prendere il sole. Tali funzioni possono essere migliorate creando una passerella pedonale sulla sommità, possibilmente protetta da una cancellata o da pietre (come sul litorale di Cavallino, in Veneto, e a Pescara, in Abruzzo), e, ove necessario per ragioni idrauliche, una piccola piattaforma sulla estremità. Bisogna prestare molta attenzione quando si usano i pennelli, soprattutto se particolarmente lunghi poiché hanno un forte impatto sui processi costieri che spesso si estende su di un ampio tratto e con tempi non sempre definibili.

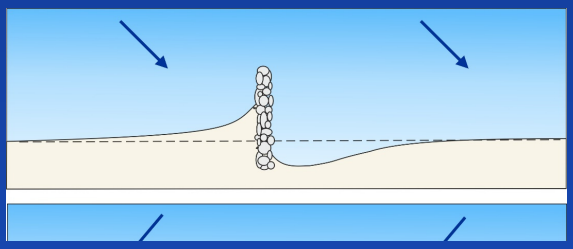
Un'alternativa di recente invenzione sono i pennelli sommersi, che hanno un impatto limitato sul paesaggio e permettono ai sedimenti di scavalcarli dopo la formazione di una rampa. Questi sedimenti sono anche depositati sottoflutto, poiché la velocità della corrente si riduce dopo averne superata la cresta. Lungo la costa adriatica questa soluzione non viene utilizzata, ma segmenti sommersi sono aggiunti come estensione ai pennelli tradizionali, come a sud di Eraclea Mare. Più di frequente raggiungono una scogliera emersa o sommersa per evitare i flussi sedimentari lungo riva e creare una sorta di bacino ("vasche"), p. es. a Pellestrina (Veneto), Punta Marina (Emilia-Romagna) e Fano (Marche).

I moli guardiani non sono misure di adattamento di per sé, ma possono essere combinate con i muri paraonde o altre infrastrutture rigide di difesa costiera. Anche se non hanno una funzione prevalentemente protettiva della costa, influiscono sul trasporto dei sedimenti lungo il litorale e sui processi ecologici: quanto più è lungo il molo guardiano tanto maggiore sarà il suo impatto sulle aree adiacenti.

Figura 35. Pennelli sul litorale di Misano, Italia (figura soprastante) e di Supetar, Croazia (figura sottostante) (Fotografie: Enzo Pranzini e Ivan Sekovski)

Riquadro 8. Inversione nel trasporto di sedimenti lungo costa dovuta alla rotazione del vento e delle onde

Il cambiamento climatico non riguarda solo l'innalzamento delle temperature, il cambiamento del regime delle precipitazioni e l'innalzamento del livello del mare; la direzione e l'intensità del vento cambiano, si verifica un''nversione nel trasporto di sedimenti lungo costa; e alcuni segni sono già visibili. Tutte le strutture costiere possono essere modificate e l'effetto delle strutture di protezione costiera può essere ridotto, aumentato e persino invertito. Per questo motivo, le nuove strutture di protezione costiera devono essere molto flessibili e adattabili alle condizioni future, e lo stesso vale per le infrastrutture e gli insediamenti la cui stabilità è ad essi legata. Il problema non sarà così presente nei sistemi a pennelli, ma si verificherà con singole costruzioni allungate. Lo stesso potrebbe avvenire sia a monte che a valle dei frangiflutti e degli archi.



6.2.4 Ripascimento di spiagge

Il ripascimento delle spiagge consiste nel versamento artificiale di sabbia/ghiaia su una costa erosa al fine di mantenere una quantità idonea di sedimenti sulla costa. Oltre a contrastare l'azione erosiva e le inondazioni, spesso ha pure l'obiettivo di mantenere o estendere l'ampiezza della spiaggia per scopi turistici e ricreativi (per informazioni più esaustive in merito si rimanda al Capitolo 6.3.

Le azioni di ripascimento artificiale devono essere pianificate con cura. Il materiale di ripascimento dovrebbe corrispondere alle caratteristiche naturali della costa locale (colore, composizione mineralogica, granulometria, ecc). Ci si aspetta che i sedimenti, con distribuzione granulometrica, composizione minerale e colore identici a quelli originari non modifichino la qualità della spiaggia: il profilo si sposta verso il mare aperto mantenendo la stessa pendenza. Sulle spiagge con sedimenti originariamente più fini la maggior parte della sabbia si depositerà vicino alla battigia, con benefici limitati per la spiaggia asciutta. Se il materiale più fine è di facile accessibilità, la sua maggiore dispersione costiera e verso il largo può essere compensata da riempimenti più frequenti, come avviene solitamente sul versante italiano dell'Adriatico considerata la tipologia di spiagge lì presenti. Tali riempimenti devono essere eseguiti con molta attenzione, considerato il fatto che sedimenti ancora più fini possono portare al soffocamento degli habitat marini a causa del limo e ad un aumento di torbidità. Tuttavia, non tutto il materiale si depositerà lungo la costa; parte di esso galleggerà e "alimenterà" le spiagge adiacenti. Al contrario, sedimenti più grossolani risultano più stabili sotto un attacco ondoso più forte, e producono un profilo più ripido, per cui buona parte del materiale rimarrà a riva. Anche qui devono essere fatte speciali considerazioni, dati i potenziali impatti ambientali, principalmente nell'area costiera.

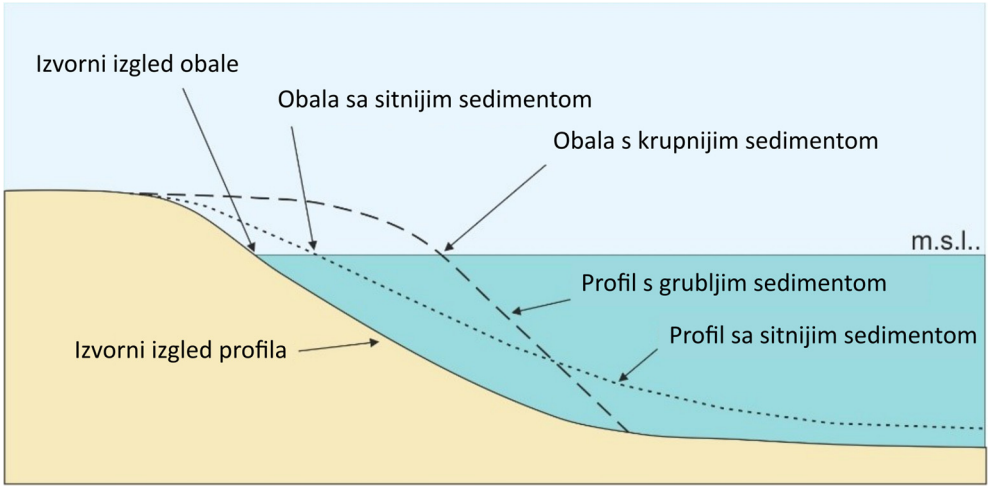


Figura 36. Il profilo della spiaggia dopo il ripascimento artificiale

Sul versante occidentale del mare Adriatico, data l'estensione delle spiagge sabbiose e gli alti tassi di erosione, possono essere portati avanti progetti estensivi, utilizzando sabbia e/o ghiaia, entrambi materiali facilmente reperibili. Nelle Marche una parte significativa del ripascimento è stata eseguita con la ghiaia, mentre in Abruzzo, Emilia-Romagna e Veneto è stata depositata quasi esclusivamente sabbia.
Sul versante orientale dell'Adriatico, le spiagge sono più piccole e caratterizzate da un arretramento della linea di riva più lento, quindi gli aggregati di tipo sottomarino non sono fruibili dato il flusso naturalmente ridotto di materiali che i fiumi depositano in mare, a meno che non siano realizzati contemporaneamente vari progetti di modesta entità, con un coordinamento difficoltoso a livello tecnico e amministrativo. Qui la ghiaia è il materiale di maggiore uso anche perché è quello più simile ai sedimenti originari della spiaggia.
Il ripascimento delle spiagge è un intervento che esige una regolare applicazione. L'innalzamento del livello del mare e gli eventi meteorologici estremi possono determinare una riduzione della durata auspicata dei progetti di ripascimento.

Il ripascimento delle spiagge presenta sia fattori limitanti, che fattori di successo.

Fattori limitanti:

- Il ripascimento delle spiagge può avere impatti differenti sugli ecosistemi marini, causando alterazioni agli organismi che li abitano, dai piccoli organismi interstiziali ai grandi organismi mobili, a vari livelli trofici. Si possono registrare impatti negativi sugli organismi bentonici (macro-, meio- e micro-) in termini di mutamenti considerevoli nella composizione della comunità, nella loro abbondanza e biodiversità. Inoltre, impatti diretti e indiretti del ripascimento si registrano anche sulle specie ittiche commerciali (come i bivalvi, i crostacei, le spugne, i pesci demersali, ecc.).
- Possono esserci alcuni effetti negativi sull'ecosistema della battigia, come la sepoltura del biota e la perdita di habitat nei banchi di sabbia e sul fondale marino vicino alla riva. Inoltre, bisogna prestare attenzione ai sedimenti più fini, laddove il limo crea torbidità e rischio di soffocamento dando luogo a: intasamento delle branchie dei pesci, impatti avversi sulle larve planctoniche, su molluschi, ecc. Secondo alcuni studi, particelle con granulometria inferiore a 0,063 mm di diametro, che galleggiano e coprono un'ampia area intorno alla spiaggia, possono avere effetti particolarmente nocivi.
- Le attività di ripascimento dovrebbero essere limitate nelle aree in cui possono avere un impatto significativo sulle specie protette (come la Pinna nobilis) e su importanti habitat marini (come le praterie di Posidonia oceanica).
- Anche il momento in cui si effettua il ripascimento è importante. Questo viene generalmente fatto in primavera, dopo le mareggiate invernali (che erodono la spiaggia) e prima della stagione estiva. Inoltre, se nell'area vi è un sito di nidificazione delle tartarughe marine, il ripascimento non deve essere

effettuato nel periodo di deposizione delle uova.

- Trattandosi di un processo continuativo, il ripascimento porta a costi più alti nel lungo periodo e al reiterato disturbo dell'ecosistema. Il ripascimento non fa cessare l'erosione, fornisce semplicemente sedimenti aggiuntivi sui quali continuerà ad esercitarsi l'azione erosiva.
- Trovare sedimenti idonei in quantità sufficiente per una gestione dell'erosione su lungo periodo può essere impegnativo. Il materiale per il ripascimento dovrebbe corrispondere al materiale originario in termini di dimensione, colore e composizione granulare. La prassi ha mostrato che molte volte utilizzare sedimenti più fini porta ad avere bisogno di rifornimenti più frequenti, impattando sui costi complessivi. Utilizzare un tipo similare di materiale è importante anche per l'accettazione dell'intervento da parte del pubblico. Inoltre, l'area di prelievo dovrebbe essere abbastanza vicina al sito di ripascimento per mantenere costi ragionevoli, ma anche per ridurre gli impatti sull'ambiente.
- La disponibilità del sedimento può costituire un problema se la richiesta di progetti di ripascimento aumenta. I depositi di sabbia in alto mare possono essere una risorsa limitata, è il caso ad esempio del versante orientale del mare Adriatico. Il ripascimento delle spiagge, in una prospettiva a lungo termine, deve essere integrato in un approccio più ampio, ossia che comprenda l'arretramento controllato, la definizione della fascia inedificabile, la ri-pianificazione e la zonizzazione delle aree costiere, ecc.

Fattori di successo:

- Il ripascimento delle spiagge rappresenta un'opera di mitigazione dei fenomeni erosivi flessibile e veloce rispetto al posizionamento di strutture rigide, ed è adattabile a condizioni mutevoli.
- Si tratta di una misura relativamente a buon mercato, poiché non sono presi in considerazione criteri di progettazione a lungo termine (a differenza delle strutture rigide): se le condizioni cambiano in modo avverso, può essere aggiunto materiale di ripascimento.
- Può integrare altre misure grigie, come gli argini o i pennelli, e misure verdi, come il rafforzamento delle dune. La costruzione/rafforzamento delle dune può addirittura agire come riserva di sabbia, migliorando l'efficacia del ripascimento delle spiagge.
- Oltre a proteggere dalle inondazioni e dall'erosione, il ripascimento delle spiagge offre benefici per il turismo costiero e le attività ricreative.
- In alcuni casi, il ripascimento delle spiagge può utilizzare materiale estratto per altri scopi, permettendo il riuso del materiale. In questo caso è necessaria un'attenzione particolare, poiché l'uso di tale materiale per ridurre i costi è relativamente frequente, ma spesso tale materiale può essere contaminato o inadeguato in qualche altro modo per il ripascimento e l'espansione della spiaggia in generale.

Figura 37. Un'alternativa al ripascimento sulla costa rocciosa. (Fotografia: Gojko Berlengi)

6.3 Interventi di innalzamento ed estensione del territorio costiero

Creando una nuova espansione a mare i rischi costieri, derivanti dalle mareggiate, e gli impatti delle alluvioni nell'entroterra sono ridotti. L'estensione di suolo costiero in aree già urbanizzate, dove lo spazio pubblico vicino al lungomare è perso, è una misura sensata (Figura 38), ed è generalmente accolta con maggiore favore dai cittadini. Tuttavia, nell'attuare progetti di innalzamento ed espansione della costa è necessario prestare particolare cautela a causa dei loro impatti sull'ecosistema costiero e marino. Inoltre, l'estensione del suolo su coste naturali incontaminate le rende più vulnerabili e deteriora le loro qualità ambientali e paesaggistiche. Per tali motivi questa pratica non dovrebbe essere presa in considerazione in simili contesti. Ciò viene enfatizzato nell'articolo 8.3 del Protocollo GIZC per il Mediterraneo, in cui si legge che per l'utilizzo sostenibile delle zone costiere è necessario individuare aree libere in cui lo sviluppo urbano ed altre attività siano soggetti a restrizioni o, se necessario, vietati.

L'avanzamento costiero può anche comprendere l'estensione delle spiagge. Questa non deve essere confusa con il ripascimento: in lingua croata si fa distinzione tra ripascimento ed estensione della spiaggia. Con il ripascimento si ripristina la spiaggia danneggiata dall'azione erosiva del mare e del vento apportando materiale sedimentario entro i limiti prestabiliti della spiaggia. Gli interventi di estensione vanno invece a dilatare la costa oltre le dimensioni della spiaggia esistente.

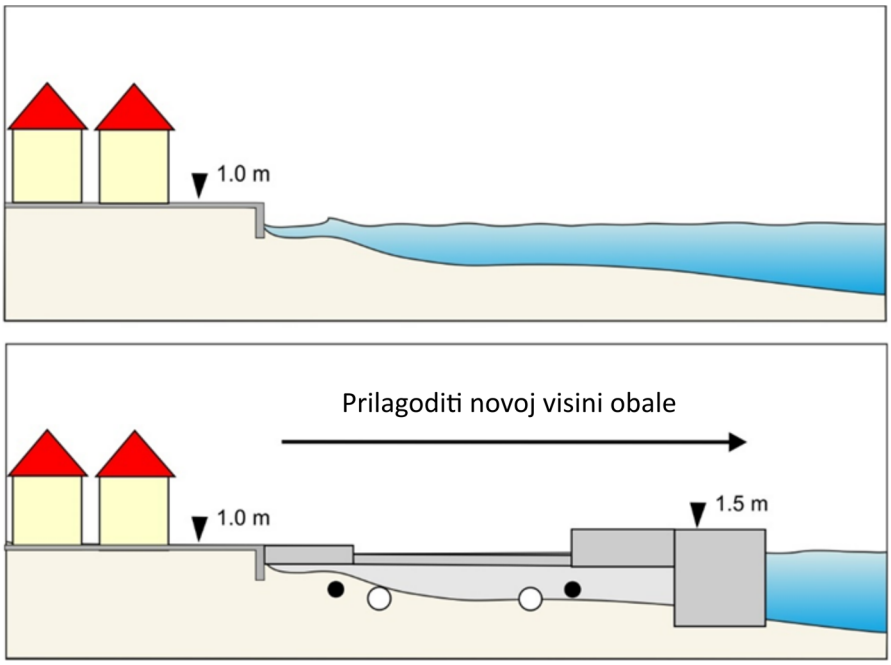


Figura 38. Costruzione del nuovo litorale ed estensione della fascia costiera

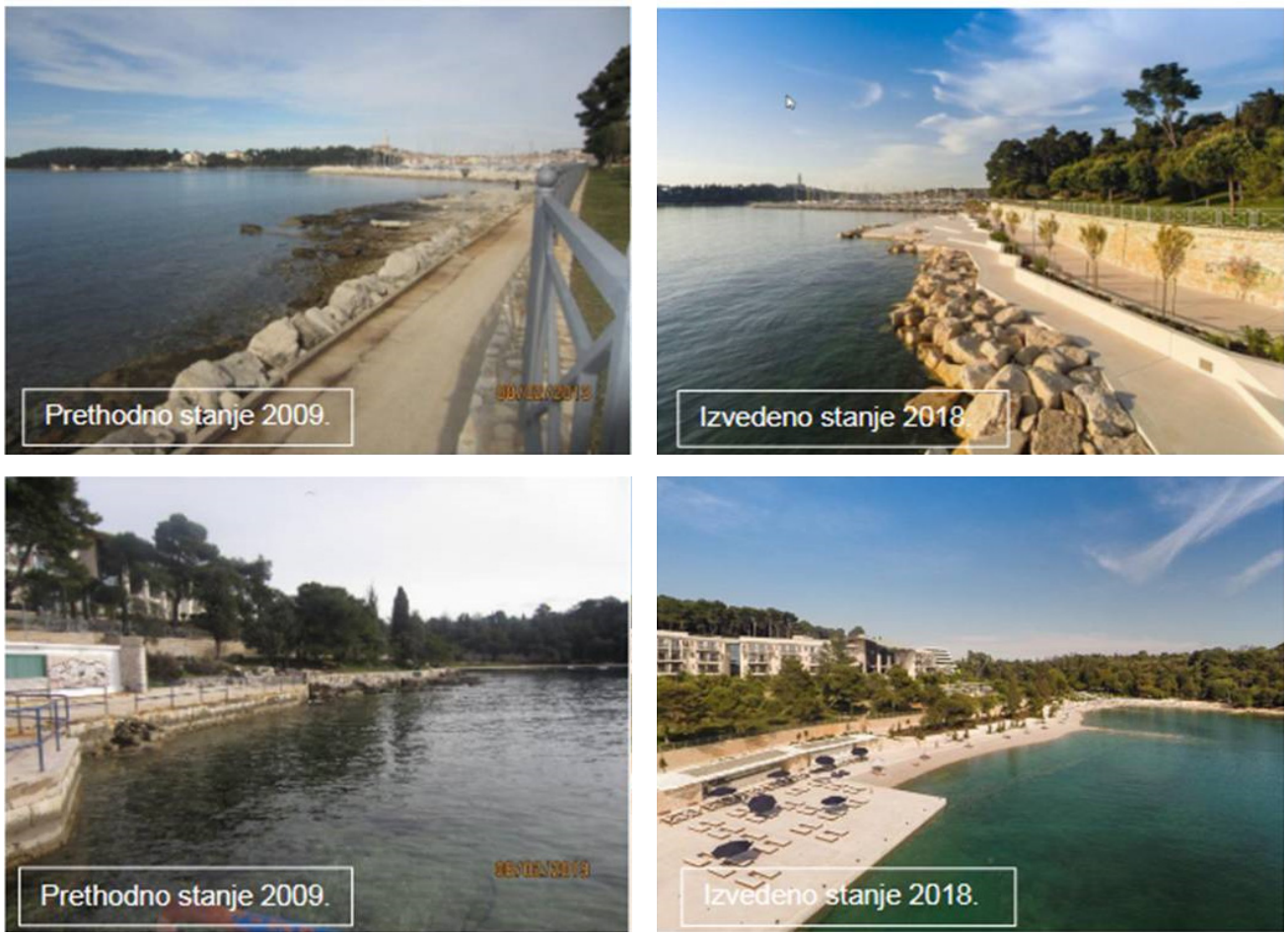


Figura 39. Interventi di estensione della costa presso la baia Lone, nelle vicinanze di Rovigno (Croazia) – stato del litorale nel 2009 (fotografie a sinistra) e stato raggiunto nel 2018 (fotografie a destra). Fotografie gentilmente concesse da: Dalibor Carević

In tempi più recenti, lo sviluppo del turismo ha riacceso tale pratica per offrire sistemazione alle nuove strutture turistiche. Sebbene entrambe le pratiche rappresentino una trasformazione delle coste naturali, quando a guidare la trasformazione è il turismo, si riscontra una maggiore attenzione nel preservare le caratteristiche del paesaggio e la splendida atmosfera dei luoghi, le spiagge e la biodiversità, tutto ciò per aumentare la competitività nel settore turistico. Sfortunatamente, molte di queste azioni sono portate avanti senza un piano o una autorizzazione, specialmente nei casi di edifici privati. Ciò ha ridotto in modo significativo il valore paesaggistico della costa.

Oggigiorno, la decisione circa l'avanzamento/ innalzamento costiero dovrebbe essere presa a un livello differente, partendo dagli impatti negativi causati dai cambiamenti climatici, ossia l'innalzamento del livello del mare e le mareggiate. Simili azioni comportano costi di realizzazione e manutenzione relativamente alti, per tale motivo esse dovrebbero essere prese in considerazione in un modesto numero di casi, ad esempio quando una costa densamente popolata o valori culturali importanti devono essere protetti dal rischio di inondazione. Nel Piano costiero della città di Castelli (Kaštela) del 2019, il futuro innalzamento ed estensione del litorale sono accompagnati da muri paraonde/frangiflutti (vedi Figura 39). Negli ultimi tempi le case galleggianti sono state riconosciute come parte di una architettura resiliente alle inondazioni (p. es. Amsterdam, Amburgo, Copenaghen), e come modo alternativo per estendere il suolo, ovviamente in tratti costieri estremamente riparati dal moto ondoso. Spiagge alternative potrebbero essere considerate in modo simile.

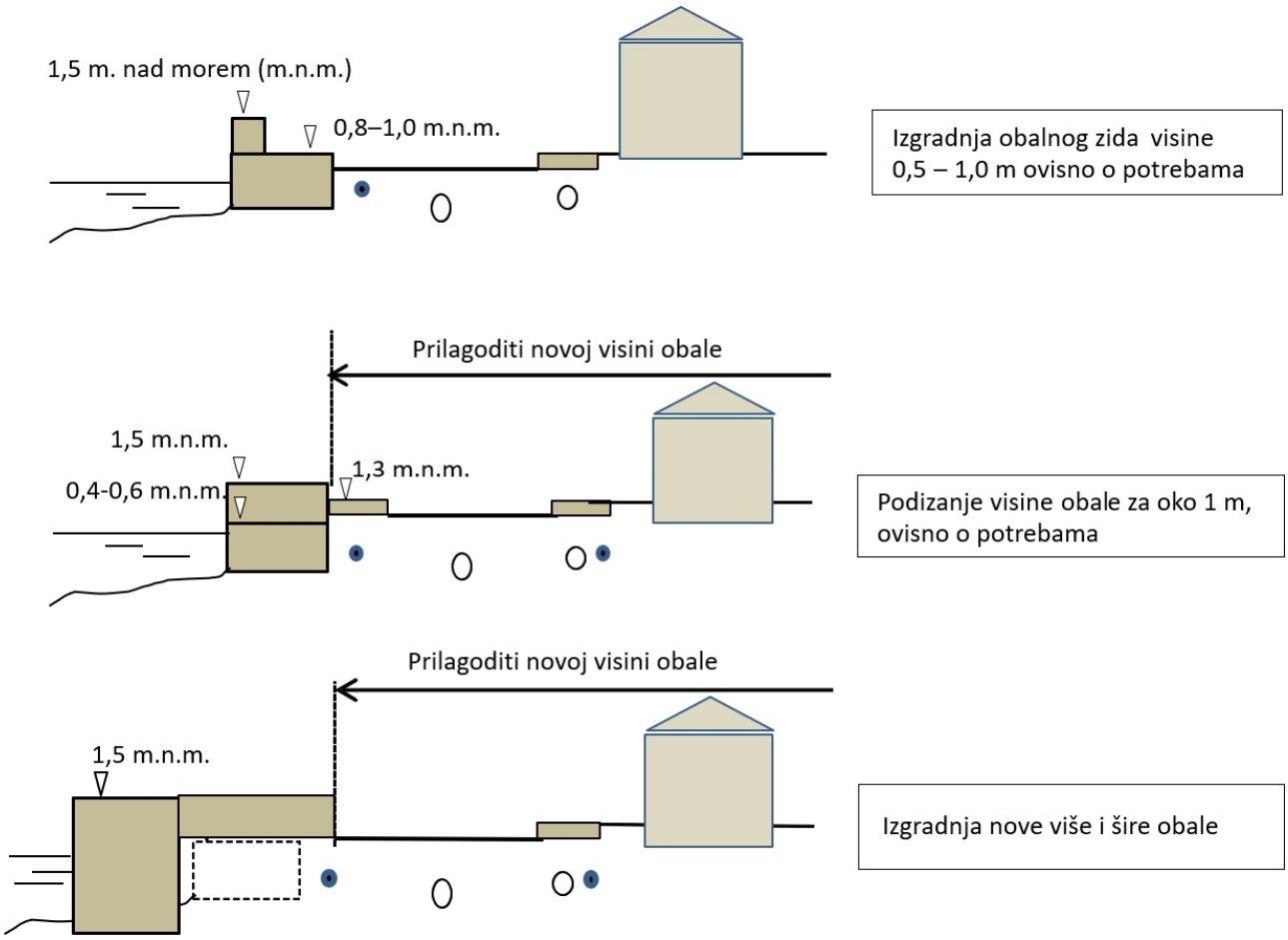


Figura 40. Esempi di potenziali soluzioni future di innalzamento ed estensione del territorio costiero di Castelli – Kaštela (preso dal suo Piano costiero). (Autore: Jure Margeta)

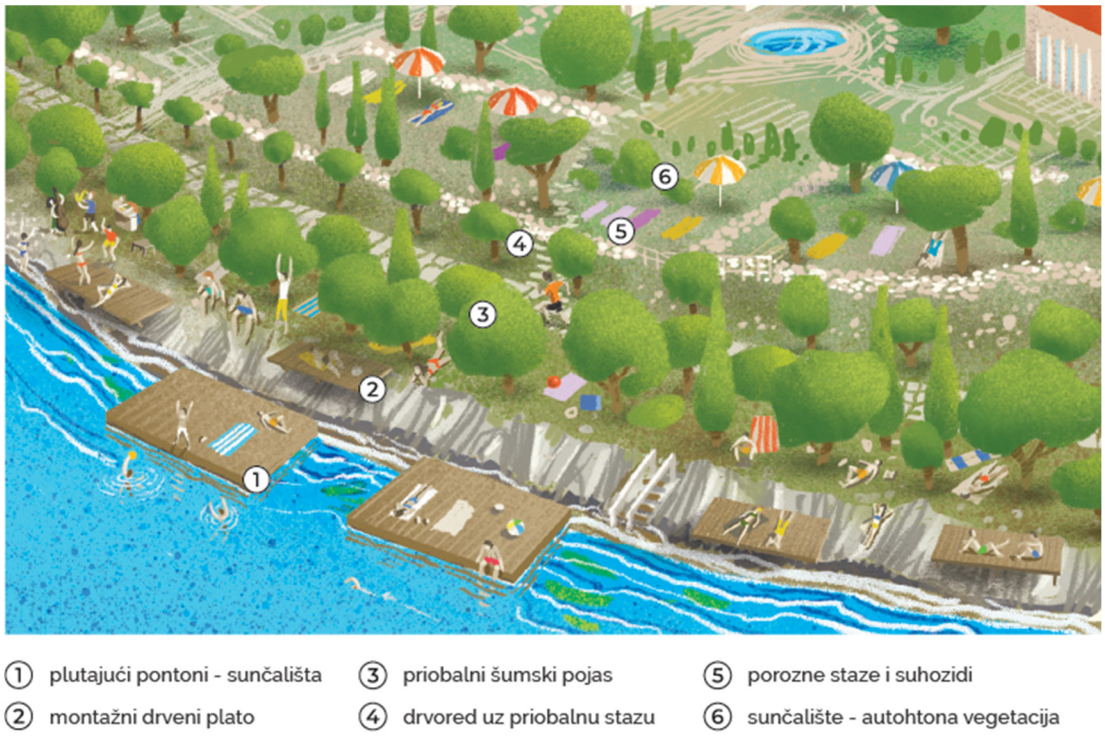


Figura 41. Spiagge alternative per le coste rocciose (Autore: Luka Duplančić)

6.4 Adattamento dell'infrastruttura comunale costiera

Il cambiamento climatico si traduce in livelli e oscillazioni medi del mare più elevati, onde più alte e impatti dinamici del mare sulla costa e su tutto ciò che si trova sulla costa e lungo la costa. Le infrastrutture situate nella zona costiera sono direttamente interessate dal mare, ad esempio attraverso scarichi e tracimazioni, o indirettamente attraverso le acque sotterranee lungo la costa. Infatti, il mare penetra in profondità nella terra e riempie tutti gli spazi del terreno, a seconda dello stato del livello del mare. Ciò significa che tutto ciò che è al di sotto del livello medio sulla costa dovrà essere costantemente immerso in acqua di mare, mentre tutto ciò che è al di sopra del livello medio sarà sommerso occasionalmente durante l'alta marea e le tempeste quando c'è una risacca e quindi un aumento del livello del mare. Quindi, una parte dell'infrastruttura comunale sarà allagata.

L'innalzamento del livello medio del mare e il conseguente innalzamento del livello delle acque sotterranee nell'area costiera porteranno all'infiltrazione del mare in fosse settiche, camere di ispezione, impianti di trattamento delle acque reflue e altri impianti fognari, nonché nei canali stessi. Ciò aumenterà la salinità delle acque reflue e quindi causerà corrosione e deterioramento dei materiali e delle parti del sistema.

Oltre al mare, le temperature dell'aria più elevate e più basse previste e le maggiori intensità delle precipitazioni avranno un impatto negativo sulle infrastrutture costiere. Temperature più elevate causeranno ulteriore stress sui materiali, accelerazione dei processi biochimici nei sistemi di drenaggio, corrosione dei materiali, gravi guasti e altre difficoltà, e quindi causeranno un deterioramento accelerato e una riduzione dell'efficienza e dell'affidabilità delle infrastrutture costiere. In caso di deterioramento, vi saranno perdite di acque reflue nell'ambiente e inquinamento delle acque sotterranee e del mare costiero. Lo stesso porterà a disturbi nel funzionamento dei dispositivi biologici. Inoltre, durante le tempeste, il vento e le onde gettano il mare più in profondità dietro il litorale, il che appesantisce ulteriormente i sistemi di drenaggio e sommerge e inumidisce ulteriormente le infrastrutture e tutte le aree costiere, causando corrosione e deterioramento di materiali e strutture.

Dovrebbero essere prese misure appropriate per prevenire lo scarico di acqua fecale nelle aree urbane. Una delle misure più importanti è la separazione del tipo misto di fognatura in un tipo di distribuzione. Si dovrebbe prestare particolare attenzione a non lasciare che l'acqua del tetto delle strutture nell'insediamento entri nella rete fognaria. A causa del cambiamento climatico dovuto all'aumento delle piogge intense di breve durata e al verificarsi di piogge intense consecutive, la quantità di acqua dal tetto può essere molto grande. Un'altra misura importante riguarda la lunghezza del canale fognario permanentemente al di sotto del livello della falda sotterranea, cioè il mare, che non deve essere significativa. Sui tratti sommersi, le acque sotterranee si infiltrano nella rete fognaria (5.000-50.000 l/ha/giorno, oppure 500-5.000 l/km/giorno, oppure 250-50 l/camera di ispezione/giorno) a causa del cedimento delle giunzioni con il passare del tempo.

L'adattamento ai cambiamenti climatici nelle aree costiere urbane richiede un'analisi dei rischi al fine di raggiungere gli standard desiderati di sistemazione delle zone costiere nei termini di acque urbane e di altre infrastrutture e una preparazione del piano di contingenza (contingency plan). La determinazione del rischio di danno nella zona costiera e nelle città può essere effettuata a diversi livelli di elaborazione, dalla semplice analisi qualitativa alla complessa analisi quantitativa. Diversi impatti possono esseri presi in considerazione nell'analisi. Oltre all'impatto delle piogge estreme e del livello del mare estremo, ci sono anche rischi in relazione al funzionamento dei sistemi di drenaggio e di altre infrastrutture.

L'analisi del rischio dovrebbe prestare particolare attenzione al regime idrico nelle aree urbane e all'ambiente, tenendo presente che i maggiori danni e problemi sono attesi dalle inondazioni delle acque superficiali. Danni causati da livelli dell'acqua più elevati, ovvero dalle inondazioni possono essere classificate in tre categorie:

- danni diretti - di solito danni causati da inondazione, con un certo livello dell'acqua o flusso;
- danni indiretti - ad esempio, incidenti stradali causati da veicoli che scivolano su superfici bagnate, interruzioni e perdite del traffico, costo del lavoro, perdite di produzione, ecc.
- danni sociali: impatti negativi a lungo termine sull'economia, come la perdita di valore della proprietà nelle aree inondate, il rallentamento della crescita economica e altri.

Il vantaggio dell'analisi del rischio sta nel fatto che tutte le cause delle inondazioni possono essere identificate e valutate e sulla base di queste si possono applicare soluzioni sostenibili appropriate.

Gli obiettivi che devono essere presi in considerazione quando si analizzano i danni da alluvione sono i seguenti:

- Impedire che la popolazione venga a contatto con una miscela di acque reflue e piovane a causa di sversamenti/sovraccarichi di fognature;
- assicurare la continuità delle funzioni vitali comunali, quali l'alimentazione elettrica, l'approvvigionamento idrico, i collegamenti con l'ospedale e simili durante le inondazioni;
- assicurare un numero minimo (e un'area) di piane alluvionali e strutture;
- assicurare la lunghezza minima dei cavi elettrici, nonché di altre infrastrutture sottomarine;
- assicurare un impatto minimo sul traffico.

I problemi causati dalle inondazioni sono complessi e diversi per ogni infrastruttura ed è difficile dare linee guida universali. Pertanto, in seguito ci concentreremo solo sulle linee guida per le infrastrutture idriche costiere

6.4.1 Soluzioni per infrastruttura idrica

Le soluzioni per ridurre gli impatti negativi dei cambiamenti climatici e rafforzare la resilienza delle infrastrutture costiere dipendono dal tipo di infrastruttura e dalle sue caratteristiche. Le seguenti due raccomandazioni sono universali:

- L'infrastruttura dovrebbe essere posata il più lontano possibile dalla costa;
- L'infrastruttura deve essere posata il più in alto possibile sopra il livello del mare.

La domanda chiave è quanto lontano dalla costa e quanto oltre il livello del mare dovrebbe essere posata l'infrastruttura. La distanza dalla costa dovrebbe essere tale che il mare e le onde non influiscano direttamente sull'infrastruttura e la altezza dovrebbe essere di almeno 1 metro al di sopra del livello attuale del mare. Se questo sarà sufficiente dipenderà dall'apertura della costa al mare aperto, cioè dall'esposizione alle onde, dalla disposizione urbanistica e dalle esigenze della fascia costiera. Il problema va considerato e risolto insieme alla sistemazione del litorale costruito, perché misure e interventi sulla costa incidono sullo stato di vulnerabilità e sulla tutela delle infrastrutture costiere.

I materiali utilizzati nella zona costiera devono essere resistenti agli effetti corrosivi dell'acqua di mare. Devono resistere bene alle alte temperature ed essere resistenti alle fluttuazioni di temperatura. I materiali devono essere solidi per poter sopportare carichi aggiuntivi che possono verificarsi a causa della diversa umidità del suolo in cui o su cui si trovano, nonché il conseguente cedimento del terreno.

Temperature più elevate influenzeranno anche i processi nell'infrastruttura a seconda del mezzo trasportato o da cui sono costruite. L'acqua nelle infrastrutture idriche (approvvigionamento idrico, drenaggio delle acque reflue, drenaggio delle acque piovane) sarà più calda durante l'estate e più fredda in inverno. Acque reflue più calde significano una decomposizione accelerata della materia organica nell'acqua e un maggiore rilascio di gas serra e odori sgradevoli dalle fognature. Una temperatura dell'acqua potabile più elevata significa un consumo più rapido della concentrazione di residui di cloro e una potabilità minore d'acqua. Pertanto, l'infrastruttura deve essere posata più in profondità, almeno 1,5 metri sotto il livello del suolo (altezza alla

sommità del tubo). Se l'infrastruttura è posata più vicino alla superficie, dovrebbe essere adeguatamente protetta

Riquadro 9. Opinione degli esperti: determinazione del livello di posa dei liquami costieri delle acque reflue e piovane in condizioni di nuovo livello del mare

La durata prevista delle fognature (condotte sotterranee e canali) è di almeno 30 anni. Quindi, il livello di posa deve essere pianificato per lo stato del cambiamento climatico nel 2050. Il cambiamento climatico aumenta il livello medio del mare per un certo periodo di tempo, ma anche la forza dei venti, e quindi l'altezza delle onde e il livello del mare nella zona costiera.

Il livello minimo di posa di condotte e canali su coste aperte e protette dall'azione diretta delle onde consiste nella la "Prassi abiituale+ il valore massimo dell'entità prevista dell'aumento del livello medio del mare per un dato periodo di tempo. Ad esempio, per la situazione nel 2050, la posata di gasdotto è di almeno -0,5 m + 0,38 m = -0,1 m rispetto al livello medio del mare odierno, più sicuro ± 0,0 m o più.

È meglio se il canale può essere posato almeno al livello della marea odierna del periodo di ritorno di vent'anni nella posizione considerata (di solito +1,0 m).

Nota: in questa raccomandazione, la costa è la parte del terreno lungo il mare in cui il cambiamento del livello delle acque sotterranee/del mare si verifica giornalmente in base al cambiamento del livello del mare (alta e bassa marea).

Adattato da Margeta (2009)

Riquadro 10. Opinione degli esperti: determinazione del livello di posa dell'infrastruttura di approvvigionamento idrico costiero in condizioni di nuovo livello del mare

La durata prevista delle fognature (condotte sotterranee e canali) è di almeno 30 anni. Quindi, il livello di posa deve essere pianificato per lo stato del cambiamento climatico nel 2050. Il cambiamento climatico aumenta il livello medio del mare per un certo periodo di tempo, ma anche la forza dei venti, e quindi l'altezza delle onde e il livello del mare nella zona costiera.

Il livello minimo di posa di condotte e canali su coste aperte e protette dall'azione diretta delle onde consiste nella la "Prassi abituale" + il valore massimo dell'entità prevista dell'aumento del livello medio del mare per un dato periodo di tempo*. . Ad esempio, per la situazione nel 2050, la posata di tubazioni d'acqua è di almeno 0,5 m + 0,38 m = 0,9 m* ***rispetto al livello medio del mare odierno, più sicuro di*** *1 m o più.*

È meglio se l'a*cquedotto* ***può essere posato*** *0,9 m al di sopra razine della marea odierna del periodo di ritorno di vent'anni nella posizione considerata (di solito +1,0 m).*

Nota: in questa raccomandazione, la costa è la parte del terreno lungo il mare in cui il cambiamento del livello delle acque sotterranee/del mare si verifica giornalmente in base al cambiamento del livello del mare (alta e bassa marea).

Adattato da Margeta (2009)

Tutti gli scarichi saranno particolarmente a rischio, in particolare gli scarichi costieri. Livelli del mare più alti significano maggiori opportunità di penetrazione del mare attraverso le aperture dello scarico nel sistema di drenaggio. Gli scarichi devono essere elevati a un livello di sicurezza per un funzionamento sicuro in tutte le condizioni atmosferiche e sul livello del mare, oppure devono essere installate stazioni di pompaggio invece di uno scarico diretto.

La rete fognaria nella zona costiera deve essere separata, che è anche una raccomandazione dell'UE. Ciò significa che tutte le fognature miste esistenti devono essere sostituite con quelle

separate. Ciò impedisce l'impatto diretto del mare sul sistema fognario e inoltre sul funzionamento degli impianti di trattamento biologico delle acque reflue.

La rete fognaria dell'acqua piovana nella zona costiera dovrebbe essere basata su soluzioni del concetto integrato di drenaggio delle acque piovane (drenaggio senza tubi). Tale sistema dirige l'acqua nell'ambiente attraverso processi naturali di deflusso: evaporazione, evapotraspirazione, infiltrazione, ritenzione e stoccaggio sul e nel suolo. Così si evita la costruzione di condotte e canali nel campo. I dettagli relativi alla pianificazione, progettazione e costruzione di tali soluzioni possono essere trovati nella letteratura specializzata. Tali soluzioni sono molto flessibili ed efficienti e la loro applicazione purifica l'acqua piovana allo stesso tempo.

Le misure di rafforzamento della resilienza dovrebbero essere applicate nelle aree pubbliche, nel sistema stesso e nelle aree private. Sulle aree private, è possibile adottare una serie di misure per ridurre il flusso idrico superficiale negli insediamenti e i danni locali causati dalle acque superficiali:

- Favorire l'infiltrazione di acqua piovana nel sottosuolo locale, se possibile;
- Stoccare l'acqua piovana in cisterne di diverse dimensioni e finalità;
- Riutilizzare dell'acqua piovana per vari scopi;
- Creare tetti verdi dove l'acqua venga trattenuta nel suolo e dispersa nell'atmosfera (aria) per processi di evapotraspirazione;
- Adeguare la protezione locale degli interrati dall'ingresso di acqua dall'area circostante
- Introdurre misure amministrative che vietino o limitino la capacità di collegamento dell'acqua piovana alla rete fognaria pubblica.

Le misure di protezione si attuano prima e durante l'evento e dopo lo stesso con adeguate misure correttive. Tutti e tre i periodi devono essere considerati integralmente. Al fine di ridurre i danni e garantire un buon funzionamento del sistema di drenaggio, vengono adottate una serie di misure diverse prima dell'insediamento, nell'insediamento e nel sistema.

In conclusione, **l'infrastruttura idrica dovrebbe essere posata il più lontano possibile dalla costa, il più in alto possibile dal livello del mare e a una profondità sufficiente da proteggerla dalle temperature più elevate**. Gli scarichi devono essere messi a un livello di sicurezza o devono essere installate stazioni di pompaggio. La rete fognaria nella zona costiera deve essere del tipo separato, mentre il drenaggio delle acque piovane dovrebbe essere basato su soluzioni di concetto integrato (drenaggio senza tubi), utilizzando processi di deflusso naturale quali: evaporazione, evapotraspirazione, infiltrazione, ritenzione e stoccaggio sul e nel terreno.

6.4.2 Opzioni per la sistemazione delle infrastrutture degli estuari a livello comunale

Numerosi fiumi hanno frangiflutti nel punto di afflusso in altri corsi d'acqua - per prevenire l'insabbiamento della foce (riducendo così il rischio di inondazioni) o per consentire la navigazione fluviale (consentendo così alla nave l'accesso a un'area riparata in acque più profonde). In questo modo viene incoraggiata la dispersione dei sedimenti in mare aperto e viene impedito il trasporto di sedimenti a lunga distanza. Mentre il primo processo non può essere combattuto, il secondo può essere mitigato attraverso sistemi di flusso di bypass, che possono consistere in un azionamento fisso o in un sistema per il trasporto dei sedimenti attraverso una guida o un recipiente. L'innalzamento del livello del mare aumenterà la profondità alla quale l'acqua esce da una foce artificiale di un fiume, portando ad un aumento della quantità di sedimenti persi in quella zona costiera. Verranno innalzati argini artificiali per far fronte all'innalzamento del livello dell'acqua e per ridurre il rischio di inondazioni, ma questo cambierà il corso del fiume, il che sarà catastrofico

a causa della velocità del suo flusso e dell'impossibilità di tornare al canale. Dobbiamo anche tener conto che molti fiumi rappresentano già oggi un rischio e che l'innalzamento degli argini aumenterà ulteriormente tale rischio. L'innalzamento degli argini comporta anche alcune opere accessorie di cui non sempre si tiene conto, come l'adeguamento di ponti e attraversamenti stradali e pedonali. La razionalizzazione della rete di comunicazione potrebbe essere inclusa nell'analisi costi-benefici. I costi effettivi di questi progetti, a seconda della situazione specifica, non possono essere stimati nella fase preliminare di nessuna delle strategie di adattamento alla variabilità climatica. Un'alternativa, come nel caso della fascia inedificabile costiera, sarebbe quella di lasciare spazio al fiume.

Per quanto riguarda i ponti, sono progettati in modo tale da resistere al verificarsi di alluvioni per un periodo di tempo (es. 100 o 400 anni). Anche se i ponti più vecchi non sono in linea con l'attuale livello di rischio, la loro modifica richiede il rispetto di questa regola. A causa dell'aumento degli eventi estremi causati dai cambiamenti climatici, i nuovi ponti saranno progettati per essere dotati di appoggi più remoti o di colonne più grandi, indipendentemente dall'elevazione del terrapieno.

Pianure costiere estese lungo la costa adriatica occidentale si trovano vicino al livello del mare e anche più in basso. Oltre ai cambiamenti nelle caratteristiche morfologiche di queste aree associate all'innalzamento del livello del mare, ci sono altri problemi a cui non si presta l'attenzione dovuta. Le reti di canali artificiali, da cui l'acqua scorre nel mare o nei fiumi, consentono il drenaggio e l'uso umano di queste aree. Dove il terreno non è al di sotto del livello del mare, il drenaggio avviene naturalmente se è presente una minore pendenza del canale, altrimenti il livello dell'acqua viene innalzato da pompe per entrare nei canali collegati al mare. Le piane alluvionali per lo più stanno scomparendo e il drenaggio di queste aree di pianure sta diventando ogni giorno più difficile e costoso. Oggi, i canali in leggera pendenza per l'innalzamento del livello del mare diventeranno un punto di accesso per la penetrazione dell'acqua di mare, e dove esiste un sistema meccanico per alzare il livello dell'acqua, i costi di gestione aumenteranno gradualmente.

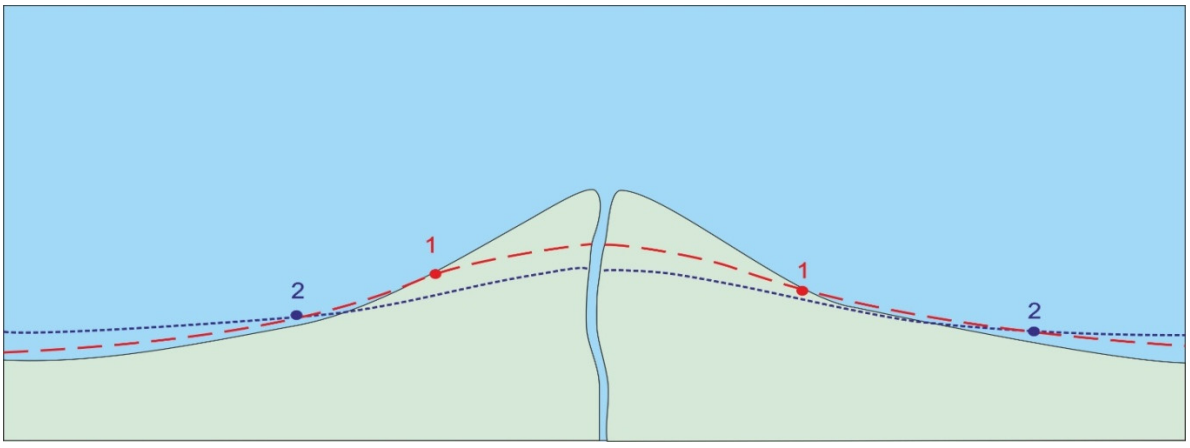


Figura 42. Spostamento lungo la costa dei punti di equilibrio a causa dell'erosione nell'area del delta

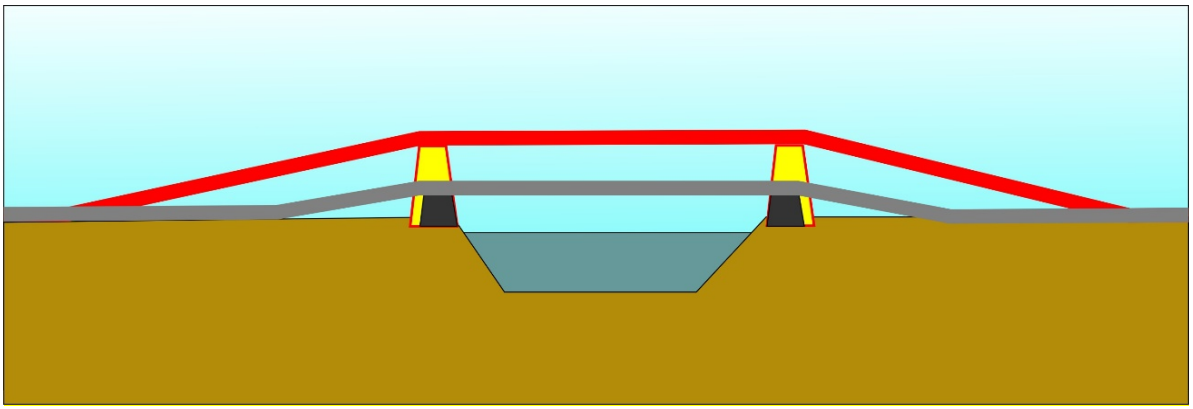


Figura 43. I ponti e le relative linee di traffico vengono alzati a causa dell'innalzamento degli argini dei fiumi

Considerazioni finali sulle misure grigie

L'applicazione di tali soluzioni è favorevole se:

1. funzionano in modo simile o migliore rispetto alle soluzioni tradizionali e se sono più economiche per le generazioni presenti e future;
2. migliorano e rafforzano le caratteristiche ecologiche dell'ambiente e se vi è armonia con le esigenze e gli obiettivi sociali attuali e futuri; tuttavia, comunque, la popolazione degli insediamenti costieri deve "adattarsi" al nuovo scenario per consentire all'ambiente e alla società di progredire insieme, mantenendo nel tempo le più elevate condizioni di sostenibilità.
3. sono più appropriate in vista del cambiamento climatico previsto; e
4. se sono state testate da un apposito progetto di ricerca che ne abbia confermato il valore rispetto ai tre criteri sopra indicati. Le soluzioni che non sono state testate in condizioni locali non dovrebbero essere applicate in quanto ciò rappresenta un rischio troppo grande.

La validità della soluzione deve essere verificata ponendo una serie di domande:

- Le condizioni spaziali locali di applicazione sono accettabili con riferimento alle nuove tecnologie e alla loro efficacia attesa?
- Queste tecnologie sono già in uso e dove?
- In quali condizioni vengono utilizzati, a quale livello ea livello del mare?
- Quale sarebbe il suo rendimento in caso di una mareggiata?
- La performance è stata in linea con le aspettative?
- C'è flessibilità nell'adattarsi ai cambiamenti del livello del mare e ai cambiamenti climatici?
- Qual è la loro aspettativa di vita?
- Quali sono i costi di demolizione nel caso in cui le misure non si rivelassero soddisfacenti?
- Rappresentano un pericolo per l'uomo?
- Quali sono le minacce per l'ambiente?
- Le misure sono legalmente accettabili, ovvero conformi alla legge?

Se le risposte ottenute sono accettabili, tali soluzioni dovrebbero essere applicate ove possibile.

Infine, va detto che le misure grigie sono spesso abbinate alle opzioni verdi, come mostra la rappresentazione schematica delle procedure di regolazione delle acque superficiali (Figura 44).

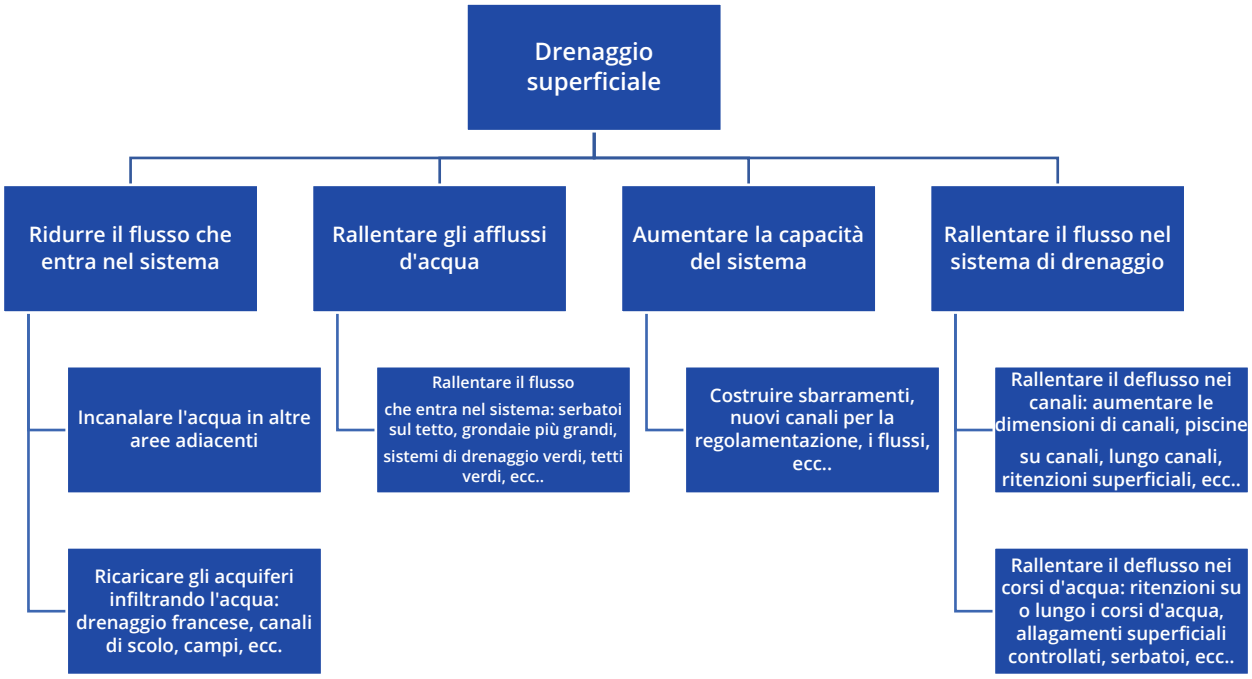


Figura 44. Rappresentazione schematica delle procedure di sistemazione delle acque superficiali nell'insediamento

7 Conclusioni

Il movimento giovanile di tutto il mondo si sta rafforzando, composto da quelli più colpiti da questi cambiamenti e da quelli la cui vita, a causa di essi, cambierà in misura maggiore. Per la prima volta nella storia, assistiamo a scioperi globali. Milioni di giovani scendono in piazza e chiedono i loro diritti per il futuro. Scioperi si sono svolti anche in numerose città croate e italiane. Possiamo dire che il questionario condotto nell'ambito del progetto AdriAdapt ad aprile 2019 (subito dopo il primo sciopero giovanile globale che ha avuto una grande affluenza anche in questi due paesi) ha avuto un tasso di risposta significativamente più alto rispetto a gennaio 2020 quando è stato ripetuto. Interpretiamo questo risultato dall'impatto degli scioperi dei giovani. Lo sciopero giovanile globale sta contribuendo a rafforzare la visibilità di questo argomento e rafforza la volontà di affrontare questa difficile sfida.

Ci sono altri processi diversi che possono aiutarci nella trasformazione più rapida della società. Ad esempio le cause di gruppi di bambini o di adulti contro i loro governi, cause di città che per colpa delle leggi nazionali non possono attuare tutto ciò che pensano andrebbe fatto, cause di nativi che perdono irrevocabilmente i loro diritti. Questi processi non hanno ancora raggiunto l'Italia o la Croazia, ma senza dubbio accadrà, è solo questione di tempo. Il compito fondamentale dei nostri governi è garantire la sicurezza della popolazione. Se i governi ci danno i permessi di costruzione, pensiamo che l'area sia sicura. Ora abbiamo informazioni sempre più chiare su quali aree non sono sicure. I permessi di costruzione non dovrebbero essere rilasciati in tali aree, e quei servizi che lo fanno nonostante l'informazione che la zona è a rischio di inondazione prima o poi saranno ritenuti responsabili. Lo stesso vale per gli incendi. Lo spazio per le vie antincendio sta diventando uno dei fattori chiave per la sicurezza della popolazione. Il servizio che rilascia il permesso e impedisce l'accesso al camion dei pompieri mediante tale costruzione dovrebbe essere responsabile di ciò che accade a causa di ciò. Questa questione molto importante potrebbe non essere un onere per i servizi esistenti. La domanda è: i servizi di pianificazione territoriale hanno affrontato queste sfide oggi? In caso contrario, la responsabilità è ancora sui servizi esistenti, che dovrebbero imporre questo problema a coloro che prendono decisioni, ma anche al pubblico in generale. La cooperazione con la comunità scientifica, la cooperazione tra i servizi sul campo, la disponibilità a impegnarsi nell'adattamento e la lotta ai cambiamenti climatici consentiranno l'apertura di questioni chiave e un quadro più chiaro dei bisogni e delle priorità. Fare piani su questo argomento è il compito più importante dei governi locali e regionali. Un piano costiero sviluppato sulla base del Protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere fornisce un approccio integrato, consente di affrontare gli aspetti chiave dell'azione per il clima, dell'adattamento, della riduzione delle emissioni e del rischio di catastrofi. L'adattamento dovrebbe essere pianificato in modo da incoraggiare e consentire la riduzione delle emissioni. L'adattamento è stato fatto per evitare disastri e, combinando queste due discipline, stiamo effettivamente eguagliando i loro orizzonti temporali. Questo manuale fornisce una panoramica delle misure di adattamento sociali, verdi e grigie. In realtà, queste misure non sono così strettamente separate, ma vengono applicate "ibridamente", cioè di solito viene applicata una combinazione di tipi di misure che saranno più efficaci a un costo accettabile.

La Comunità Europea ha deciso di essere leader nell'azione per il clima. Pertanto, il prossimo periodo di programmazione 2021-2027 è in gran parte incentrato sull'azione per la conservazione del clima e della biodiversità. I fondi per questo scopo sono stati notevolmente aumentati. Ciò che deve accadere ora è assumere la guida dei nostri organi di governo, azioni all'interno del settore pubblico ma anche del settore privato. La crisi è davanti a noi e le risposte vengono offerte. Come abbiamo suggerito nel capitolo sulle misure sociali, l'organizzazione di Centri di azione per il clima per collegare i decisori con la scienza, in modo che la

scienza aiuti continuamente nell'adattamento e nelle soluzioni per ridurre le emissioni, è della massima importanza. La scienza al servizio della società, con ampia collaborazione e piena trasparenza è la strada che può condurci nella direzione del successo. La trasparenza consentirebbe la comprensione di determinate decisioni, l'azione nel campo della consapevolezza, l'educazione e il rafforzamento della motivazione sociale al cambiamento. Sottolineiamo il ruolo delle scienze sociali, dalla sociologia e psicologia alla scienza della comunicazione, tutte di fondamentale importanza per realizzare la necessaria trasformazione globale della società. Il successo in questa enorme sfida a cui siamo esposti può essere raggiunto solo attraverso la cooperazione. Solo con la piena collaborazione di tutti i segmenti della società potremmo influenzare le tendenze negative che ci minacciano. Anche la cultura ha qui un ruolo speciale, perché ha la maggiore capacità di essere un motore di cambiamento.

Affinché i *Centri di azione per il clima* fungano da ponte tra la scienza e i decisori, dovrebbero essere organizzati tra le università e le rispettive città. Ma poiché non tutte le città hanno l'università, questi centri dovrebbero servire anche un ambiente più ampio, la loro contea, provincia o regione. Poiché le sfide a cui dobbiamo rispondere sono difficili e nuove, non otterremo tutte le risposte in ogni università. Pertanto, il collegamento di questi centri sia a livello nazionale che internazionale è di grande importanza. Le università non sono solo centri di conoscenza. La conoscenza, così come l'informazione, è nascosta in numerose organizzazioni che gestiscono un segmento dell'attività umana, cioè svolgono attività di protezione e conservazione della natura. I centri saranno i punti focali dell'azione per il clima, guidati da conoscenze, esperienze e informazioni relative all'adattamento e alla mitigazione dei cambiamenti climatici.

La preparazione della piattaforma informativa adriadapt.eu è di grande importanza per rafforzare la resilienza lungo la costa adriatica. L'esistenza di informazioni in croato e italiano sarà di grande beneficio per le unità del governo locale e regionale che generalmente mancano delle conoscenze o delle capacità necessarie per rispondere a queste sfide. Ci auguriamo che questa piattaforma sia di ispirazione per città, comuni, contee e governi nazionali per affrontare la sfida dell'adattamento ai cambiamenti climatici nel modo più efficace possibile, tenendo sempre presente l'obiettivo della riduzione delle emissioni.

8. Bibliografia

Baric, A., Grbec, B., & Bogner, D. (2008). Potential implications of sea-level rise for Croatia. *Journal of Coastal Research*, *24*(2), 299-305.

Bastin, J. F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., ... & Crowther, T. W. (2019). The global tree restoration potential. *Science*, *365*(6448), 76-79.

Belamarić, J. (2007). *Pouke baštine: za gradnju u hrvatskome priobalju*. HGK, Hrvatska gospodarska komora.

Blake, G. H., & Topalović, D. (1996). *The maritime boundaries of the Adriatic Sea*. Ibru.

Chapin III, F. S., Kofinas, G. P., & Folke, C. (Eds.). (2009). *Principles of ecosystem stewardship: resilience-based natural resource management in a changing world*. Springer Science & Business Media.

Duplančić Leder, T., Ujević, T., & Čala, M. (2004). Coastline lenghts and areas of islands in the Croatian part of the Adriatic Sea determined from the topographic maps at the scale of 1: 25 000. *Geoadria*, *9*(1), 5-32. ESA 2014

DZS (2019) Dolasci i noćenja turista u 2018. Državni Zavod za Statistiku. Dostupno na https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2018/04-03-02_01_2018.htm

EC (2007) LIFE and Europe's wetlands: Restoring a vital ecosystem (available at https://ec.europa.eu/environment/archives/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/wetlands.pdf)

EC (2021) Forging a climate-resilient Europe – the new EU Strategy on Adaptation to climate change (available at https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/adaptation/what/docs/eu_strategy_2021.pdf)

Filipić, P., & Šimunović, I. (1993). O ekonomiji obalnih područja: planiranje i upravljanje. Ekonomski fakultet.

Fourqurean, J. W., Duarte, C. M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., ... & Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature geoscience*, *5*(7), 505-509.

Gallina, V., Torresan, S., Zabeo, A., Rizzi, J., Carniel, S., Sclavo, M., ... & Critto, A. (2019). Assessment of climate change impacts in the North Adriatic coastal area. Part II: Consequences for coastal erosion impacts at the regional scale. *Water*, *11*(6), 1300.

Haasnoot, M., Kwakkel, J. H., Walker, W. E., & Ter Maat, J. (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. Global environmental change, 23(2), 485-498.

Hinkel J, Lincke D, Wolff C, Vafeidis AT (2015) Assessment of cost of sea-level rise in the Republic of Croatia including cost and benefits of adaptation. (Technical Report). PAP/RAC, Split.

Hino, M., Field, C. B., & Mach, K. J. (2017). Managed retreat as a response to natural hazard risk. Nature Climate Change, 7(5), 364-370.

IPCC (2019). Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate – SROCC [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].

Jactel H., Desprez-Loustau M.L., Battisti A., Brockerhoff E., Santini A., Stenlid J., et al. (2020). Pathologists and entomologists must join forces against forest pest and pathogen invasions. NeoBiota.;58:107–27.

Kirshen, P., Knee, K., & Ruth, M. (2008). Climate change and coastal flooding in Metro Boston: impacts and adaptation strategies. *Climatic Change*, *90*(4), 453-473.

Lieutier F., Paine T.D. (2016). Responses of Mediterranean Forest Phytophagous Insects to Climate Change. In: Paine T., Lieutier F. (eds) Insects and Diseases of Mediterranean Forest Systems. Springer, Cham.

Lincke, D., Wolff, C., Hinkel, J., Vafeidis, A., Blickensdörfer, L., & Skugor, D. P. (2020). The effectiveness of setback zones for adapting to sea-level rise in Croatia. Regional Environmental Change, 20(2), 1-12.

Liu, X., Trogisch, S., He, J. S., Niklaus, P. A., Bruelheide, H., Tang, Z., ... & Ma, K. (2018). Tree species richness increases ecosystem carbon storage in subtropical forests. *Proceedings of the Royal Society B*, *285*(1885), 20181240.

Margeta, J. (2009). Kanalizacija naselja: odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda. Split, Varaždin.

MedECC (2020). Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin–Current Situation and Risks for the Future. *Union for the Mediterranean, Plan Bleu; UNEP/MAP: Marseille, France*.

MGIPU (2013) Izvješće o stanju u prostoru Republike Hrvatske 2008 – 2012., NN 61/2013, ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja

MINT (2019) Turizam u brojkama 2019. Ministarstvo turizma Republike Hrvatske. Dostupno na https://www.htz.hr/sites/default/files/2020-07/HTZ%20TUB%20HR_%202019%20%281%29.pdf

Mortreux, C., de Campos, R. S., Adger, W. N., Ghosh, T., Das, S., Adams, H., & Hazra, S. (2018). Political economy of planned relocation: A model of action and inaction in government responses. Global Environmental Change, 50, 123-132.

PAP/RAC (2019). Shipman, B., & Rajkovic, Ž. The Governance of Coastal Wetlands in the Mediterranean-A Handbook. Split, Croatia.

Pernek M., Lacković N., Lukić I., Zorić N., Matošević D. (2019). Outbreak of Orthotomicus erosus (Coleoptera, Curculionidae) on Aleppo Pine in the Mediterranean Region in Croatia. SEEFOR-South-east European forestry, 10 (1): 19-27.

Pikelj, K., & Juračić, M. (2013). Eastern Adriatic Coast (EAC): geomorphology and coastal vulnerability of a karstic coast. *Journal of coastal research*, *29*(4), 944-957.

Pranzini, E., & Williams, A. T. (Eds.). (2013). Coastal erosion and protection in Europe., Routledge, Oxon, pp. 294-323.

Romano, B., & Zullo, F. (2014). The urban transformation of Italy's Adriatic coastal strip: Fifty years of unsustainability. *Land use policy*, *38*, 26-36.

Ružić, I. i sur. (2021) Analiza ranjivosti obalne infrastrukture na klimatske promjene te definiranje i izvođenje podataka za analizu ranjivosti – projekt AdriAdapt.

Seddon, N., Daniels, E., Davis, R., Chausson, A., Harris, R., Hou-Jones, X., ... & Wicander, S. (2020). Global recognition of the importance of nature-based solutions to the impacts of climate change. *Global Sustainability*, *3*.

Surić, M., Juračić, M., Horvatinčić, N., & Bronić, I. K. (2005). Late Pleistocene–Holocene sea-level rise and the pattern of coastal karst inundation: records from submerged speleothems along the Eastern Adriatic Coast (Croatia). *Marine Geology*, *214*(1-3), 163-175.

Teatini, P., Ferronato, M., Gambolati, G., Bertoni, W., & Gonella, M. (2005). A century of land subsidence in Ravenna, Italy. *Environmental Geology*, *47*(6), 831-846.

Torresan, S., Gallina, V., Gualdi, S., Bellafiore, D., Umgiesser, G., Carniel, S., ... & Critto, A. (2019). Assessment of climate change impacts in the North Adriatic coastal area. Part I: a multi-model chain for the definition of climate change hazard scenarios. *Water*, *11*(6), 1157.

UNEP MAP PAP/RAC. 2015. Procjena mogućih šteta od podizanja razine mora za Republiku Hrvatsku uključujući troškove i koristi od prilagodbe. PAP/RAC. Split

UNEP-WCMC and UN Environment. (2019) Guide to Ecosystem-based Adaptation in Projects and Programmes.

Vecco, M. (2020). Genius loci as a meta-concept. Journal of Cultural Heritage, 41, 225-231.

Vlada RH (2019). Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku.

Zhu, X., Linham, M. and Nicholls, R. (2010) Technologies for Climate Change Adaptation: Coastal Erosion and Flooding. UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development

Il progetto UE Interreg AdriAdapt mira a migliorare la capacità di adattamento locale ai cambiamenti climatici nella regione adriatica creando una piattaforma informativa che fornisca accesso a linee guida, dati e strumenti che aiuteranno le autorità locali ad adottare misure politiche adeguate e a sviluppare piani per aumentare la resilienza nelle aree urbane e costiere le zone. Il progetto AdriAdapt è stato realizzato dal 2019 al 2021 da sei istituzioni partner dall'Italia e cinque istituzioni partner dalla Croazia.