

Geologia dell'Ambiente

Supplemento al n. 2/2020
ISSN 1591-5352

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



ATTI DEL CONVEGNO

CAMBIAMENTO CLIMATICO

**ANALISI E PROSPETTIVE PER UN
ADATTAMENTO CONSAPEVOLE**

EVENTO ORGANIZZATO IN MEMORIA DI PIERO PELLEGRINI

**MATTINATA (FG)
7 SETTEMBRE 2019**



A CURA DI

ANTONELLO FIORE E MASSIMILIANO FAZZINI

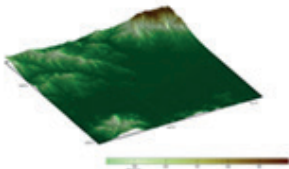
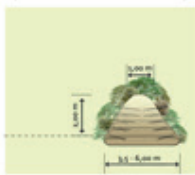
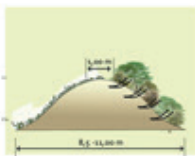




TECNOVIA Srl
PMI INNOVATIVA
Laboratorio di Ricerca MIUR

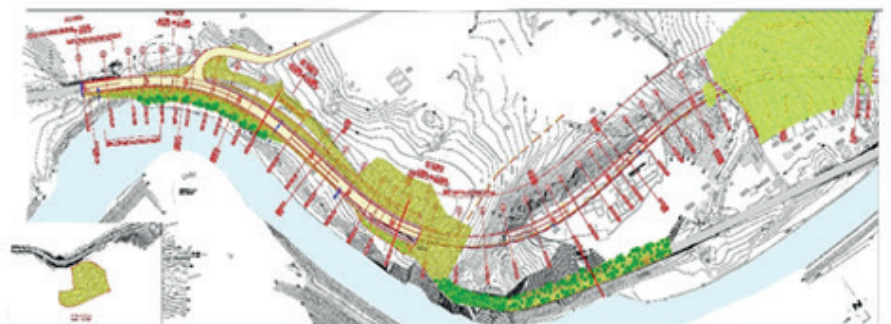
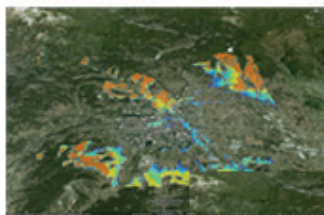
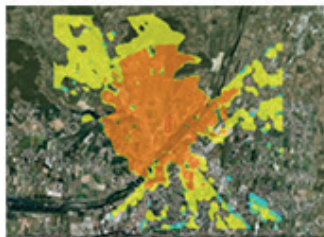
Piazza Fiera, 1
39100 BOLZANO (BZ)

www.tecnovia.it



- * geologia-idrogeologia-geomorfologia agro-forestale,
- * ingegneria ambientale, idraulica e forestale,
- * progettazione di opere di mitigazione e compensazione,
- * tecniche di ingegneria naturalistica e NBS,
- * piani della sicurezza in ambito ambientale,
- * progettazione impianti di lagunaggio e fitodepurazione,
- * progettazione verde pubblico.

- * servizi di consulenza economico-ambientale,
- * approccio eco-sistemico,
- * elevate competenze scientifiche,
- * adozione di soluzioni alle problematiche ambientali e di sostenibilità,
- * studi ambientali, VAS, SIA, VIS, AIA, VINCA,
- * analisi costi benefici,
- * studi paesaggistici, anche con FOV,
- * analisi microclimatiche,
- * riprese aeree con droni,
- * progettazione di Sistemi ISO 9001, 14001, Ecolabel e LCA,
- * Carbon Foot Print (CFP).



www.tecnovia.it

Società Italiana di Geologia Ambientale

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare con D.M. 24/5/2007 e con successivo D.M. 11/10/2017

PRESIDENTE

Antonello Fiore

CONSIGLIO DIRETTIVO NAZIONALE

Lorenzo Cadrobbi, Franco D'Anastasio (*Segretario*),
Daria Duranti (*Tesoriere*), Ilaria Falconi,
Antonello Fiore (*Presidente*), Sara Frumento,
Fabio Garbin, Enrico Gennari, Giuseppe Gisotti
(*Presidente onorario*), Gioacchino Lena,
Luciano Masciocco, Michele Orifici (*Vicepresidente*),
Vincent Ottaviani (*Vicepresidente*),
Paola Pino d'Astore, Livia Soliani

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA

Supplemento al N. 2/2020
Anno XXVIII • aprile-giugno 2020

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

DIRETTORE RESPONSABILE

Giuseppe Gisotti

VICE DIRETTORE RESPONSABILE

Eugenio Di Loreto

COMITATO SCIENTIFICO

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan, Giovanni Bruno,
Francesco Cancellieri, Maria Di Nezza, Massimiliano
Fazzini, Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado,
Gioacchino Lena, Endro Martini, Luciano Masciocco,
Davide Mastroianni, Mario Parise, Giacomo Prosser,
Giuseppe Spilotro, Vito Uricchio, Luca Valensise

COMITATO DI REDAZIONE

Fatima Alagna, Giorgio Boccalaro, Giorgio Cardinali,
Valeria De Gennaro, Eugenio Di Loreto, Sara
Frumento, Fabio Garbin, Michele Orifici, Vincent
Ottaviani, Laura Pala, Maurizio Scardella

REDAZIONE

Sigea c/o Fidaf - Via Livenza, 6 00198 Roma
tel. 06 5943344

info@sigeaweb.it

PROCEDURA PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ARTICOLI

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione,
dopo che sia stata verificata la loro pertinenza
con i temi di interesse della Rivista, saranno
sottoposti ad un giudizio di uno o più referees

UFFICIO GRAFICO

Pino Zarbo (Fralerighe Book Farm)
www.fralerighe.it

PUBBLICITÀ

Agicom srl
Tel. 06.9078285
comunicazione@agicom.it
www.agicom.it

STAMPA

Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

La quota di iscrizione alla SIGEA per il 2020
è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista
"Geologia dell'Ambiente".

Per ulteriori informazioni consulta il sito web
all'indirizzo www.sigeaweb.it

Sommario

Presentazione

ANTONELLO FIORE, MASSIMILIANO FAZZINI 3

Prefazione

LORENZO CICCARESE 8

RELAZIONI DI APERTURA

STEFANO LAPORTA

Presidente ISPRA 15

ALFONSO PECORARO SCANIO

Presidente Fondazione UniVerde 16

SALVATORE VALLETTA

Presidente Ordine Geologi della Puglia 18

PASQUALE FRATTARUOLO

Distretto Rotary 2120 20

RAFFAELE LOPEZ

Presidente Sigea Sezione Puglia 21

BIAGIO CIUFFREDA

Promotore dell'evento 22

RELAZIONI

Ripensare alla rigenerazione urbana ai tempi del COVID-19

TEODORO GEORGIADIS 25

Gli effetti delle attività umane sugli ecosistemi del pianeta

SILVANO FOCARDI 28

I cambiamenti climatici nel Mar Mediterraneo:

scenari futuri e soluzioni di mitigazione ed adattamento

GIORGIA VERRI, GIOVANNI COPPINI, STEFANIA ANGELA

CILIBERTI, ANDREA CIPOLLONE, EMANUELA CLEMENTI,

IVAN FEDERICO, GIULIA GALLUCCIO, DOROTEACIRO IOVINO,

RITA LECCI, TOMAS LOVATO, GIANANDREA MANNARINI,

SIMONA MASINA 32

Variazioni climatiche e dissesto idrogeologico
della fascia costiera

GIUSEPPE MASTRONUZZI 41

In copertina: Siccità (Ph. Rosario Moscato).

Volume pubblicato con il contributo del Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università degli Studi di Bari "Aldo Moro" (Progetto Protezione Civile Regione Puglia I-STORMS, responsabile prof. Giuseppe Mastronuzzi)

Uso razionale delle risorse idriche in agricoltura e sviluppo sostenibile nel Mediterraneo NICOLA LAMADDALENA	53
Alterazione dei processi di dispersione nei flussi naturali e dell'interazione tra onde e vegetazione delle zone costiere per effetto dei cambiamenti climatici MICHELE MOSSA	56
Un pianeta pulito per tutti. Una visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra GIORGIA BARBIERI, DANIELA BATTISTA, BARBARA VALENZANO	61
La gestione sostenibile delle foreste per una bioeconomia circolare GIUSEPPE MILANO	69
Lo "status climaticus": un'esperienza inedita per il diritto MICHELE CARDUCCI	74
GALLERIA FOTOGRAFICA	81

Nel canale YouTube "Società Italiana di Geologia Ambientale Sigea" è possibile vedere contenuti multimediali con le video interviste ai relatori del Convegno



<https://www.youtube.com/watch?v=SROXk1AGnTE>

Presentazione

Mentre stiamo completando il lavoro di raccolta, revisione e impaginazione delle relazioni che contribuiscono agli atti del Convegno organizzato dalla Sigea nel settembre del 2019 a Mattinata (FG), siamo ancora tutti fortemente turbati di fronte alla più gravosa situazione che si sia verificata a livello globale dal secondo dopoguerra: quella causata dal COVID-19. Una “vicenda” drammatica per molti aspetti ma soprattutto toccante per le numerose perdite di vite umane che si è verificata in Italia e che ogni giorno avviene in altre parti del mondo. Senza dimenticare che, parallelamente ai terribili aspetti clinici, il mondo si trova ad affrontare problemi altrettanto gravosi quali la crisi economica e sociale che si sta sviluppando a seguito del *lockdown* globale solo ora in fase di lenta parziale attenuazione, almeno in Europa, crisi socio-economica che in molti casi sfocia in crisi psicologica. Ciò comporterà una lunga fase temporale nella quale il “pianeta” dovrà ripartire lentamente e faticosamente, avendo perso i modelli di riferimento sui quali fondava le sue certezze economiche e sociali prima della pandemia.

In tale situazione, per circa cinque mesi ci si è dimenticati di Greta Thunberg e delle manifestazioni organizzate dai più giovani “Fridays for future”, delle Conferenze della Parti (COP), dell’incremento di temperature e dei valori di CO₂, dell’estremizzazione del clima *s.l.* e dei disastri ambientali che continuano a flagellare il nostro globo e in maniera particolare la nostra penisola e le nostre isole, avendo essi peraltro concesso un’insperata e “ingiustificabile” tregua proprio nel bimestre più critico per la pandemia, quello di marzo/aprile. Qualcuno ha già ricordato che *“l'emergenza climatica è una lenta inesorabile pandemia che causerà più morti del COVID-19”*.

E dunque pensando al dissesto geo-idrologico che continuerà a concausare danni e perdite di vita umana, alla desertificazione e alla mancanza d’acqua potabile e per l’agricoltura e alle conseguenti carestie che movimenteranno esodi di massa, all’inasprirsi di malattie letali nelle aree più povere del mondo e al ritorno di morbi temibili, spesso letali anche nel “mondo occidentale”, introduciamo questo ulteriore contributo della collana editoriale Sigea di Geologia dell’Ambiente dedicato al Convegno svoltosi durante un piacevole fine settimana di fine estate 2019 dal titolo *“Cambiamento Climatico, analisi e prospettive per un adattamento consapevole”*, cercando di inquadrare in maniera generale il segnale climatico recente e le sue ripercussioni sull’ambiente che ci circonda.

Un segnale drammatico per il bacino del “*Mare Nostrum*” nel quale le temperature continuano a evidenziare un aumento maggiore del 50% rispetto a un aumento medio globale, così da poter far definire il Mediterraneo come “*hot spot*” planetario secondo solamente all’Artide. Se si pensa che dal 1985, la temperatura media in Italia è aumentata di ben 1.6 °C - valore da far rabbrivire anche i più ottimisti dopo il COP 23 svoltosi a Bonn nel novembre del 2017 - è ancor più drammatico il valore riferito all’ultimo decennio, nel quale la tendenza certifica un aumento medio di 0.36 °C che sfiora il mezzo grado nella stagione estiva, quella siccitosa. Ciò comporta un incremento esponenziale della probabilità di incorrere in severe e persistenti ondate di calore o in picchi termici così elevati da rappresentare un reale rischio per la salute non solo per la popolazione più debole come anziani e piccoli, ma per tutti; ricordando di non trascurare gli altri effetti diretti e indiretti dell’aumento anomalo delle temperature.

Le precipitazioni divengono sempre più irregolari, non mostrando alcuna tendenza media annua o stagionale ma essendo concentrate in un numero di giorni diminuito di un terzo rispetto a 30 anni fa, con grandinate frequenti anche d’estate. Se si pensa che dall’inizio di quest’anno, in molte aree del versante adriatico e jonico italiano è piovuto per meno di 20 giorni, con cumulate non superiori ai 200 millimetri c’è da stare davvero preoccupati per quelle aree che soddisfanno il proprio fabbisogno idrico (potabile, agricolo e industriale) attraverso il sistema

degli accumuli invernali nelle grandi dighe. Ma poi, quando piove, piove intensamente, spesso in maniera critica così da fare innalzare i livelli di rischio specifico, così si verificano gli straripamenti dei fiumi e dei torrenti spesso costretti a scorrere con riduzioni brusche delle sezioni idrauliche se non addirittura tombinati sotto le città. Uno dei fenomeni ormai ricorrenti sono gli allagamenti urbani dove l'aumento di superfici impermeabili e le infrastrutture di drenaggio urbano, dove ci sono, realizzate decenni fa con valori di progetto non più attuali e privi per lunghi periodi delle necessarie manutenzioni non sono più in grado di allontanare le quantità di acqua che si accumulano.

I numeri del dissesto geo-idrologico in Italia sono severi: nel 2017 l'Ispra indica che sono a rischio il 91% dei comuni italiani e oltre 3 milioni di nuclei familiari risiedono in queste aree ad alta vulnerabilità. Aumenta costantemente la superficie potenzialmente soggetta a frane e quella potenzialmente alluvionabile nello scenario di tempi centennali; tali incrementi sono legati a un miglioramento del quadro conoscitivo effettuato dalle Autorità di Bacino Distrettuali con studi di maggior dettaglio e mappatura di nuovi fenomeni franosi o di eventi alluvionali recenti. Complessivamente, il 16,6% del territorio nazionale (circa 50 mila kmq) è mappato nelle classi a maggiore pericolosità per frane e alluvioni. Quasi il 4% degli edifici italiani (oltre 550 mila) si trova in aree a pericolosità da frana elevata e molto elevata e più del 9% (oltre 1 milione) in zone alluvionabili nello scenario medio. Complessivamente, sono oltre 7 milioni le persone che risiedono nei territori vulnerabili: oltre 1 milione vive in aree a pericolosità da frana elevata e molto elevata (PAI - Piani di Assetto Idrogeologico) e più di 6 in zone a pericolosità idraulica nello scenario medio (ovvero alluvionabili per eventi che si verificano in media con tempi di ritorno, del tutto aleatori, di 200 anni). Al pericolo inondazione, sempre nello scenario medio, si trovano invece esposte ben 600 mila unità locali di impresa (12,4% del totale) con oltre 2 milioni di addetti ai lavori.

In generale, dunque, gli impatti dei cambiamenti climatici interessano direttamente l'umanità e l'ambiente che ospita la vita. I rischi a cui sono sottoposti i sistemi sociali, economici e ambientali dipendono dal loro grado di vulnerabilità al cambiamento climatico. Spesso però non si tiene in adeguata considerazione l'importanza del cambiamento climatico nelle aree costiere. L'Italia peninsulare e le isole sono circondate dal mare, fonte di ricchezza e benessere ma allo stesso tempo minaccia sempre più crescente a causa dei cambiamenti climatici, sia a causa del livello medio, in graduale ma implacabile risalita, sia per gli impatti di più frequenti mareggiate derivanti dall'estremizzazione termica.

Tutta l'area costiera nazionale è fortemente vulnerabile, anche a causa del fatto che una certa porzione del territorio retrostante ha una elevazione inferiore al livello medio del mare, in particolare nell'area alto e medio adriatica e ionica, e un sistema infrastrutturale di canali di bonifica che potrebbero perdere a breve la loro efficienza progettata diversi decenni fa.

Il cambiamento climatico potrebbe dar luogo a situazioni contrastanti: ad esempio lo scioglimento dei ghiacciai continentali e l'aumento degli eventi di precipitazioni intense potrà avere una ricaduta positiva sul trasporto solido fluviale, ma portare un maggior insabbiamento dei porti ubicati alle foci dei corsi d'acqua. Studi finalizzati a rilevare i cambiamenti sulla frequenza di eventi di mareggiata nel periodo 1951-2009 per l'Adriatico settentrionale testimoniano di un *trend* in crescita del livello medio del mare e delle *storm surge*, anche se sostanzialmente inferiore a quello registrato per le coste meridionali e occidentali del nostro territorio. Ma l'innalzamento del livello del mare che nell'alto Mar adriatico fa registrare valori di circa 2 mm/anno influisce anche sull'intrusione del cuneo salino nella fascia costiera con conseguente impoverimento qualitativo delle acque sotterranee di ampie porzioni di territori che utilizzano la risorsa idrica sotterranea. Vari fattori contribuiscono all'innalzamento del livello del mare: oltre a quelli dovuti alla temperatura abbiamo anche l'influenza della salinità. Il riscaldamento

superficiale combinato con un'impennata del deflusso dell'acqua dolce nello strato superiore degli oceani sta rendendo gli oceani più "stratificati" - il che comporta una minore densità dello strato superficiale dell'acqua e meno mescolanza tra i diversi livelli. Dunque stanno avvenendo negli oceani cambiamenti differenziati di salinità, con un Atlantico e Mediterraneo sempre più "salati", tropicali e subtropicali, in contrasto con un Pacifico e un Artico polare sempre più freschi. Mareggiate più frequenti e intense, associate a eventi di "acqua alta", l'innalzamento del livello medio del mare e l'ulteriore abbassamento del territorio per subsidenza determinata da fenomeni naturali e da attività antropiche potranno causare una più intensa erosione delle spiagge e dell'incremento del rischio di inondazione. In questo contesto è facilmente prevedibile un aumento dei danni a strutture e a infrastrutture e l'alterazione degli ambienti naturali costieri ancora esistenti, con gravi ripercussioni sull'attività turistica dell'intera area costiera, che trae la propria sussistenza dall'esistenza stessa della spiaggia e dai servizi offerti.

A livello di quantificazione del dato, le variazioni della linea costiera dal 1960 al 2012 hanno fatto registrare un bilancio negativo di 35 kmq litorali andati perduti. Il 42 per cento delle spiagge italiane è in erosione, con situazioni preoccupanti in Molise, Basilicata, Puglia, Abruzzo, Marche e Lazio. Sulla breve costa del Molise, su 22 chilometri di battigia, ben 20 (il 91%) sono soggetti a erosione; in Basilicata tale percentuale si "abbassa" al 78%. Lungo il litorale adriatico, il tasso di arretramento è del 54% nelle Marche, del 61% in Abruzzo e del 65% in Puglia, a fronte del 42% di media nazionale. La Liguria ha una delle percentuali di erosione più basse: in ritirata sono il 33% delle sue spiagge, 31 chilometri su 94, mentre i valori minimi si riscontrano in Veneto e in Friuli (18 e 13%).

Senza dimenticarci del dato climatologicamente più allarmante: l'aumento del "calore" delle acque del nostro mare. L'incremento termico recente, lievemente inferiore a quello registrato nelle "terre emerse" per ovvi motivi di inerzia termica delle acque, è quantificabile in 1,4 °C al di sopra dei valori registrati nell'epoca preindustriale, ma soprattutto è un incremento superiore dello 0,4% dell'aumento globale delle temperature: il Pianeta è sempre più caldo, ma il Mediterraneo lo è ancora di più, ed è il mare dove il surriscaldamento può fare più danni, a causa dell'enorme quantità di energia termica accumulata, a disposizione della sovrastante atmosfera.

Date queste premesse, senza considerare gli output delle simulazioni degli scenari termo-meteorici futuri a medio e lungo termine, diverrà sempre più strategico attuare politiche di mitigazione che conducano a una riduzione delle emissioni di gas "serra" e anche decise e razionali azioni di adattamento al cambiamento climatico che siano orientate a limitare i "danni" potenziali delle conseguenze di tale cambiamento e valorizzare le opportunità. Oggi ci preoccupa il ritardo con il quale il nostro Paese non abbia approvato il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC).

Mentre le politiche di mitigazione possono essere attuate solo attraverso azioni di coordinamento a scala mondiale, le azioni di adattamento sono per la massima parte di natura locale, in quanto dipendono dalle locali e diverse condizioni di vulnerabilità territoriale e antropica che sono presenti nei sistemi naturali e sociali. Con questa consapevolezza possiamo dire che l'azione locale dovrà più energicamente e rapidamente essere intrapresa, anche perché i cambiamenti del clima sono inequivocabilmente già presenti e stanno già iniziando a creare problemi a diversi settori della società e a vari ecosistemi naturali. Molti impatti del cambiamento climatico possono essere affrontati efficacemente attraverso l'adattamento, in particolare quelli a breve termine, mentre all'aumentare della magnitudo del cambiamento climatico, le opzioni efficaci diminuiscono e i costi associati aumentano. Le conoscenze attuali già consentono la selezione di azioni di adattamento preventivo che hanno costi limitati e non minacciano sistemi sociali e settori economici e sono da preferire rispetto all'adozione di forme di adattamento di tipo

reattivo, cioè applicate a seguito di frequenti crisi e disastri. Tuttavia tali opzioni sono attualmente applicate in modo limitato ed estemporaneo. Tra le misure di adattamento, vi sono quelle di tipo infrastrutturale e tecnologico, caratterizzate da tempi di realizzazione spesso lunghi e che necessitano di investimenti maggiori, la cui sostenibilità deve essere dimostrata sulla base dei costi stimati del non agire, in un contesto di conoscenze che presenta margini di incertezza, tanto più elevati quanto più gli scenari di cambiamento sono a lungo termine. L'applicazione di queste misure potrebbe essere limitata. Le misure di adattamento di tipo non strutturale o "soft" sono invece basate su sistemi di ottimizzazione della gestione delle risorse, di prevenzione dei rischi e di adozione di buone pratiche in tutti i campi di attività dell'uomo, i sistemi di preannuncio dei rischi che consentono l'adozione di misure preventive, la sensibilizzazione della popolazione finalizzata all'adozione di stili di vita consapevoli degli effetti del cambiamento climatico e orientati a contrastarlo. I costi di queste forme di adattamento sono spesso trascurabili rispetto ai costi derivati dalla non applicazione e sono già inclusi nei costi dell'evoluzione socio-economica e creano importanti sinergie con le politiche di sostenibilità ambientale. Queste forme di adattamento, se da un lato sono più facilmente realizzabili, richiedono però la formazione di un contesto sociale e culturale permeabile e pro-attivo, insieme a una capacità di *governance* coordinata a tutti i livelli.

I principali settori dove possono essere definite azioni di adattamento efficaci sono sicuramente l'agricoltura e lo sviluppo rurale, la produzione e il consumo di energia, la gestione della risorsa idrica. In agricoltura gli impatti dei cambiamenti del clima sulle rese e sulle produzioni potranno essere mitigati con politiche di adattamento imperniate su una più accorta gestione agricola e forestale sotto vari aspetti, ad esempio per l'utilizzo efficiente delle risorse idriche in particolare nelle zone più aride, la gestione ottimale dei sistemi colturali, l'uso di colture e varietà meno idroesigenti, l'utilizzo delle acque reflue depurate in agricoltura, la protezione dei corsi d'acqua e la protezione quantitativa e qualitativa delle acque sotterranee contro un eccessivo afflusso di nutrienti o uno sovra sfruttamento che nelle zone costiere vuol dire salinizzazione delle falde e dei suoli, il miglioramento della gestione delle bonifiche. Per quanto concerne la produzione e il consumo dell'energia, il mutamento del clima offre nuove opportunità come l'eolico, il solare termico, fotovoltaico e la geotermia a bassa entalpica che a differenza delle altre fonti di energia rinnovabile è disponibile durante tutto il giorno e durante tutto l'anno con una efficacia costante. Estati più lunghe e secche potrebbero incidere negativamente su altri fonti energetiche, come l'idroelettrica, e faranno aumentare i consumi di elettricità connessi all'impiego degli impianti di condizionamento.

Tutti questi aspetti mettono in evidenza la necessità di intraprendere azioni di diversificazione delle fonti energetiche, che promuovano quelle rinnovabili e facciano uso di reti di distribuzione in grado di far fronte alle fluttuazioni della domanda e quindi alla produzione di energia elettrica. Per quanto riguarda la siccità e l'uso dell'acqua in tutti i settori (domestico, trasporti, energia, agricoltura e turismo), dato che si prevede una sempre più frequente occorrenza e intensità degli eventi estremi, dovrebbero essere studiate azioni di adattamento quali l'applicazione di politiche tariffarie efficienti, la strategia di elevare il risparmio idrico a priorità e il miglioramento dell'efficienza in tutti i settori.

Sempre che la persistenza del netto calo dell'attività solare che ci accompagnerà per qualche decennio, non contrasti il sempre più esasperato *global warming* e permetta un'inversione del drammatico segnale termico attuale e di quello previsto in futuro.

Il volume che vi presentiamo è diviso in due parti, la prima con le relazioni di apertura e la seconda con 9 contributi scientifici; contributi arricchiti da 112

figure (diagrammi, cartografie, foto, etc.), che testimoniano il notevole lavoro di documentazione e di elaborazione tecnico-scientifica sugli aspetti trattati.

Siamo grati a tutti coloro che hanno reso possibile lo svolgimento del Convegno a Baia delle Zagare nonché a coloro che hanno reso possibile la realizzazione del presente volume.

L'impegno della Sigea e il nostro personale sul tema del cambiamento climatico continua con l'organizzazione il prossimo 27 novembre di un Seminario Nazionale dal titolo: "Analisi ed effetti del cambiamento climatico in ambiente mediterraneo", Seminario articolato in quattro sessioni:

- Dissesto geo-idrologico (alluvioni, allagamenti urbani, frane, erosione costiera);
- Agricoltura, selvicoltura e zootecnia;
- Quantità e qualità dell'acqua, salute e qualità della vita;
- Patrimonio naturale e culturale, economia e turismo.

Il Seminario affronterà in una chiave integrata e attuale i vari aspetti associati alle citate problematiche e ai rischi derivanti dalla crisi climatica in atto, focalizzando l'attenzione sugli interventi strutturali per ridurre la vulnerabilità dei beni esposti (e di conseguenza il rischio geo-idrologico) e sulla gestione dell'emergenza s.l.. Particolare attenzione sarà rivolta agli interventi non strutturali utili allo sviluppo sostenibile del comparto turistico e alla tutela e salvaguardia della salute del cittadino.

Buona lettura e buona tutela dell'ambiente e della vita che esso ospita.

Antonello Fiore
Presidente Sigea

Massimiliano Fazzini
Università di Camerino e Università di Chieti

Prefazione

Nell'ultimo decennio, con la combustione delle fonti fossili di energia e la produzione di cemento, le attività umane hanno immesso in atmosfera una quantità di gas-serra pari a circa $34,8 \pm 1,8$ miliardi di tonnellate di anidride carbonica equivalente (GtCO_2) l'anno. Se a questa aggiungiamo $5,5 \pm 2,7 \text{ GtCO}_2$ di emissioni derivanti dalla deforestazione e dalla trasformazione di uso del suolo risulta un totale di $40,3 \pm 2,7 \text{ GtCO}_2$. Nel 2018 le emissioni totali sono state stimate $42,1 \pm 3,3 \text{ GtCO}_2$. Le prime stime per il 2019 attestano che le emissioni di CO_2 abbia raggiunto $43,1 \pm 3,2 \text{ GtCO}_2$.

Dall'avvento della rivoluzione industriale, 1750, in coincidenza con l'invenzione della macchina a vapore, la concentrazione di CO_2 è aumentata di oltre il 46%, da 280 a oltre 410 parti per milione (ppm). Le crescenti concentrazioni di CO_2 , insieme agli aumenti paralleli di altri gas in traccia come metano e protossido di azoto, sono alla base del cosiddetto effetto serra e del global warming, il riscaldamento globale che ha fatto registrare finora un aumento medio della temperatura di oltre 1°C dall'inizio dell'era industriale, con conseguenze inequivocabilmente legate all'effetto serra di natura antropica.

Gli scienziati stimano che se gli attuali modelli di emissioni dovessero continuare al ritmo attuale, la temperatura media globale potrebbe aumentare nell'intervallo da $0,2$ a $0,50^\circ\text{C}$ per decennio, quindi da $1,6$ a $4,0^\circ\text{C}$ entro la fine del secolo in corso.

In risposta a questa minaccia, nel dicembre 1990 l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite istituì il Comitato intergovernativo di negoziazione per una Convenzione quadro sui cambiamenti climatici (INC), con il mandato di negoziare una convenzione contenente "impegni adeguati" in tempo per la firma alla Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e sviluppo (UNCED) nel giugno 1992. Nello stesso anno fu approvata la Convenzione quadro dell'ONU sui cambiamenti climatici (UNFCCC) con l'obiettivo principale di garantire che le emissioni globali di gas serra fossero limitate "a un livello tale da prevenire pericolose *interferenze* causate dall'uomo con il sistema climatico".

Inizialmente, in particolare dopo l'approvazione nel 1997 del Protocollo di Kyoto, l'attenzione si è concentrata sulla definizione di programmi e politiche per ridurre le emissioni di gas a effetto serra e quelle derivanti dall'uso del suolo, dai cambiamenti nell'uso del suolo e dalla silvicoltura (LULUCF) o per aumentare la capacità di fissazione del carbonio negli ecosistemi naturali o semi-naturali. Nel testo dell'UNFCCC e nel gergo scientifico-negoziale sui cambiamenti climatici, questi programmi e queste politiche sono comunemente indicati come "*mitigation*" (la cui divulgata traduzione nell'italiano "mitigazione" è assai fuorviante).

Le opzioni più efficaci per la mitigazione dei cambiamenti climatici sono le politiche e le azioni che portano a: una riduzione dei consumi di energia e delle trasformazioni di uso del suolo; una migliore della gestione degli ecosistemi al fine di massimizzare l'assorbimento di carbonio dall'atmosfera; allo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili (eolico, foto-voltaico, bio-energia, geo-termia, idro-elettrico, possibilmente generate in maniera sostenibile); e all'aumento dell'efficienza dell'uso dell'energia. In sintesi, come si usa dire oggi, occorre procedere verso la de-carbonizzazione delle economie e delle società, puntando su tutti i settori economici e in particolare su quei settori chiave come l'energia, l'industria, i trasporti, la gestione dei rifiuti, l'agricoltura e la silvicoltura, l'edilizia.

Da qualche decennio a questa parte sono presi in considerazione, non senza preoccupazioni e opposizioni, le opzioni di geo-ingegneria del clima, ossia l'alterazione deliberata del clima, su una vasta scala e su base tecnica e tecnologica. La geo-ingegneria comprende una vasta serie di operazioni, ancora in fase di sperimentazione e sviluppo, alcune ancora allo stato iniziale, che agiscono sul suolo, sugli oceani o sull'atmosfera, attraverso la gestione delle radiazioni solari (Solar Radiation Management, SRM) e la rimozione dell'anidride carbonica – o altri di gas serra – dall'atmosfera (Carbon Dioxide Removal, CDR).

Nell'ambito dell'UNFCCC, nel 2015 è stato approvato l'Accordo di Parigi, che impegna, *inter alia*, la comunità internazionale a mantenere “l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2 °C rispetto a quella dei livelli preindustriali” e fare il possibile per limitare questo aumento a meno di 1,5 °C.

L'IPCC, in un rapporto del 2018, ha indicato la strada per raggiungere questo risultato: procedere verso una “transizione rapida e di vasta portata” nei settori dell'energia, dell'uso del suolo, dell'edilizia e delle infrastrutture e dell'industria, e dimezzare entro il 2030 l'attuale livello di emissioni di gas-serra e perseguire il livello di net zero emissions (inteso come bilancio nullo tra emissioni in atmosfera e assorbimenti dall'atmosfera) entro il 2050. Purtroppo, come dimostra una serie crescente di evidenze scientifiche, i programmi e le politiche di mitigazione finora messi in campo dai Paesi si sono dimostrati insufficienti e che con questo ritmo di emissioni di gas-serra potremmo avere un aumento della temperatura tra i 2,7-3,7 °C entro il 2100, molto al di sopra delle soglie climatiche pericolose di 1,5-2,0 °C identificate dall'IPCC. Uno studio pubblicato a fine 2019 dalla *World Meteorological Organization* (WMO, https://hadleyserver.metoffice.gov.uk/wmolc/WMO_GADCU_2019.pdf) ritiene che c'è una probabilità del 24% che nei prossimi cinque anni la temperatura media globale superi la soglia di 1,5 °C di *global warming* per almeno un anno.

Oltre alle misure di mitigazione, l'UNFCCC individua una seconda strategia per contrastare i cambiamenti climatici e i suoi effetti: l'*adattamento*.

Riconoscendo che, anche con gli sforzi di mitigazione più aggressivi e trasformativi, le società saranno comunque colpite da un clima che cambia, l'UNFCCC ritiene che la comunità mondiale debba sviluppare politiche e azioni per adeguare i sistemi produttivi e sociali e naturali a resistere agli impatti dei cambiamenti climatici ed eventualmente trarre anche dei benefici da questi cambiamenti.

A differenza del concetto di mitigazione, l'adattamento *per se* non è definito né nel testo dell'UNFCCC né in quello del protocollo di Kyoto. Sin dagli inizi degli anni Novanta, i vari ambiti scientifici e politici hanno sviluppato definizioni leggermente diverse di adattamento e lo hanno adoperato in associazione a termini (quali vulnerabilità, resilienza, adattabilità) che hanno un significato nell'uso comune, ma possono averne un altro, con implicazioni ben differenti e ben più significative, in un contesto di negoziazione.

In più, gli organismi delle Nazioni Unite e i programmi nazionali sul clima hanno proprie definizioni degli stessi termini. È stato osservato inoltre che l'interpretazione di alcuni dei termini chiave di adattamento da parte di gruppi scientifici o responsabili politici può essere piuttosto diversa, il che può portare a aspettative e risposte diverse o false.

Nelle pubblicazioni politico-negoziali in ambito UNFCCC e nelle principali pubblicazioni accademiche, il termine adattamento è usato in congiunzione ad altri, tra cui, in inglese: adaptation assessment, adaptation baseline, adaptation benefits, adaptation costs, adaptive capacity, adaptation deficit, adaptation measure, adaptation method, adaptation technology, coping capacity, coping range, critical threshold, disaster, extreme weather event, framework, mainstreaming, maladaptation, resilience, sensitivity, vulnerability.

Secondo l'UNFCCC l'adattamento include “azioni intraprese per aiutare le comunità e gli ecosistemi a far fronte alle mutevoli condizioni climatiche, come la costruzione di pareti alluvionali per proteggere le proprietà da tempeste più forti e precipitazioni più pesanti, o la piantagione di colture agricole e alberi più adatti a temperature più calde e condizioni di terreno più asciutto” (www.unfccc.int)

L'IPCC ha inserito il termine per la prima volta nel 2001, nel suo Terzo Rapporto di valutazione: “Adattamento è un adeguamento (adjustment) nei sistemi naturali o umani in risposta a stimoli climatici, già manifestati o attesi, o ai loro effetti, al fine di moderare il danno o sfruttare opportunità positive”.

L'IPCC distingue vari tipi di adattamento, tra cui adattamento preventivo e reattivo, l'adattamento pubblico e privato e adattamento autonomo e pianificato.

Ancora, secondo l'UNDP (2005) l'adattamento è un processo attraverso il quale vengono migliorate, sviluppate e implementate le strategie per moderare, far fronte e sfruttare le conseguenze degli eventi climatici.

È interessante notare che i vari Paesi, nell'ambito dei processi di elaborazione dei piani nazionali di adattamento hanno usato proprie definizioni. Il più delle volte il concetto di adattamento è associato a un processo o a un risultato di un processo che porta a una riduzione del danno o del rischio di danno o alla realizzazione di benefici associati alla variabilità climatica e ai cambiamenti climatici.

Tutte le definizioni differiscono l'una dall'altra in diversi modi. In primo luogo, usano tutte parole diverse per descrivere cos'è l'adattamento. Le parole-chiave più ricorrenti nella definizione che esprimono adattamento, in particolare "azioni", "aggiustamento", "processo", "misure" e "risultato" possono essere interpretate in modo diverso da vari stakeholder. "Processo" sembra essere un termine molto vago e aperto che non include alcun tempo particolare o riferimenti a soggetti e può facilmente includere "azioni" e "aggiustamenti". La parola "azioni" viene spesso usata per cristallizzare il significato astratto del termine "processo" in qualcosa di più concreto e reale. I termini "azione" e "misura" sono usati in maniera incerta, aperta a più significati. Sono necessari chiarimenti sulle implicazioni di queste parole, in particolare dato un ampio uso del termine "misura di adattamento".

"L'aggiustamento" sembra implicare un processo che porta verso alcuni standard o obiettivi.

Un'altra considerazione è il modo in cui il termine è interpretato dall'UNFCCC e dall'IPCC. L'UNFCCC usa il termine adattamento in un modo più ristretto dell'IPCC. Gli esempi inclusi nella definizione UNFCCC implicano un'interpretazione molto tecnica del termine (costruzione di barriere, cambio di colture). L'IPCC amplia questa definizione distinguendo vari tipi di adattamento (ad es.: adattamento anticipato, reattivo, pubblico, pianificato, ecc.) e si concentra non solo sulle misure di adattamento tecnico ma anche sulle risposte politico-istituzionali. La definizione IPCC include anche l'adattamento di sistemi naturali, quindi non solo quelli antropici.

Queste differenze, apparentemente di natura lessicale e insignificanti, stanno creando aspettative diverse (che in molti casi concreti hanno portato alla realizzazione di interventi di "mal-adattamento") da parte delle diverse parti interessate, a seconda del significato del termine che decidono di utilizzare.

Si può già vedere che i professionisti e i sostenitori dell'adattamento basati sulla comunità usano un'interpretazione più tecnica del termine (quella più vicina alla definizione UNFCCC), mentre i responsabili delle politiche di adattamento usano una definizione più ampia e sottolineano il lato istituzionale e politico dell'adattamento. Evidentemente queste diverse interpretazioni possono avere significative implicazioni finanziarie.

Qualche critico ha anche avanzato l'ipotesi che i paesi industrializzati hanno deliberatamente voluto eclissare l'adattamento per evitare una sorta di ammissione di responsabilità (essendo storicamente i principali responsabili dell'accumulo di gas-serra in atmosfera e quindi dei cambiamenti climatici) delle perdite e dei danni che i paesi in via di sviluppo e meno sviluppati sono costretti a subire e, quindi, riconoscere il dovere di compensare finanziariamente queste perdite e questi danni.

Per anni l'adattamento è stato considerato dai processi internazionali sul clima e dai governi una sorta di parente povero della mitigazione. Tra i gruppi ambientalisti e i principali istituti di ricerca sui cambiamenti climatici, l'adattamento è stato spesso omesso dalle piattaforme di contrasto ai cambiamenti climatici, con l'idea che un *focus* eccessivo sull'adattamento avrebbe potuto diluire gli impegni per combattere le cause dell'aumento della temperatura e viceversa spostare l'attenzione sui 'sintomi' del caos climatico. L'adattamento ha acquistato importanza

a metà del decennio scorso, man mano che diventava più evidente che gli sforzi non troppo convinti della comunità mondiale per ridurre le emissioni di gas serra richiedevano anche una maggiore attenzione su come adattarsi agli inevitabili e gravi cambiamenti del clima.

La disgiunzione tra mitigazione e adattamento ha portato alla visione sbagliata, con effetti controproducenti e pericolosi, di affrontare i cambiamenti climatici perseguendo separatamente mitigazione o adattamento.

La realtà è che adattamento e mitigazione sono le due facce della stessa medaglia. Esistono già metodi e tecnologie che parallelamente contrastano l'effetto serra e affrontano gli impatti dei cambiamenti climatici. Non è sempre possibile o pratico lavorare esclusivamente su azioni che sono sia adattive sia attenuanti. Né queste azioni sono la soluzione unica per risolvere la crisi climatica. In poche parole, dove hanno senso, i governi e le comunità dovrebbero perseguire tali azioni congiuntamente.

Gli interventi di mitigazione e di adattamenti ai cambiamenti climatici basati sugli sistemi terrestri (definiti a seconda dei casi e delle preferenze come *ecosystem-based*, o *land based*, o *nature based*, hanno un ruolo chiave nelle strategie di lotta ai cambiamenti climatici, come dimostra la valanga di evidenza scientifica e operativa delle attività di forestazione, gestione sostenibile dei suoli agricoli, di conservazione delle foreste, di restauro ambientale. Tutti interventi che, se ben fatti, hanno il vantaggio di migliorare la qualità dell'acqua, la sicurezza alimentare e nutrizionale, il paesaggio, di creare nuovi posti di lavoro e contrastare l'esodo delle aree rurali.

L'IPCC sostiene che per avere possibilità di raggiungere il *target* dell'Accordo di Parigi è necessario ricorrere su larga scala a tutte le possibili opzioni di mitigazione, tra cui la rimozione della CO₂ dall'atmosfera basata sulla capacità delle piante (e in generale degli organismi provvisti di clorofilla) di assorbire CO₂ e 'sequestrarla', per tempi che vanno da pochi mesi a diversi secoli, nelle radici, rami e parti verdi delle piante, nella lettiera e nel suolo (sotto forma di sostanza organica). Attraverso interventi di miglioramento della gestione degli ecosistemi e del territorio è possibile:

- aumentare il sink di carbonio (cioè un bilancio positivo tra assorbimenti ed emissioni di CO₂ per unità di superficie);
- ridurre le emissioni derivanti dalle attività di uso del suolo, per esempio evitando la deforestazione e la degradazione delle foreste e di habitat come prati, paludi, torbiere).

Esistono decine e decine di tipologie di Nature Based Solutions che, se dispiegate su grande scala – pur con le limitazioni poste dalla necessità di garantire la fornitura di tutti i servizi ecosistemici da parte degli ecosistemi, inclusa la sicurezza alimentare e la conservazione della biodiversità – possono sequestrare circa 24 miliardi di tonnellate di CO₂ l'anno, contribuendo per oltre un terzo agli sforzi globali di mitigazione che dovremmo realizzare tra oggi e il 2030 per stabilizzare il riscaldamento a meno di 2°C, come chiede l'Accordo di Parigi.

Lorenzo Ciccarese

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)
Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente
e per la conservazione della biodiversità



Via Bulgarini 125, 00019 Tivoli (Roma)

+39 340 5236660

info@fralerighe.it

www.fralerighe.it

FRALERIGHE BOOK FARM

EDITORIA | WEB | MULTIMEDIA

Fralerighe Book Farm è un service editoriale che mette competenza e professionalità al servizio di chi pubblica e scrive. Per gli editori e per gli autori, **Fralerighe Book Farm** è specializzato nella cura redazionale dei testi, con l'obiettivo di mettere la tecnologia a disposizione del libro, seguendo tutta la filiera di lavorazione testuale e grafica della stampa e del digitale sfruttando al meglio le potenzialità di ciascun supporto, dall'editing all'impaginazione, senza tralasciare la correzione di bozze e la traduzione.

La **redazione** e l'**ufficio grafico** offrono i seguenti servizi sia per volumi sia per riviste:



Progettazione e impaginazione di libri, riviste, cataloghi di qualsiasi formato e tipologia. Servizi per le case editrici, definizione linea editoriale, estensioni multimediali di libri cartacei, ideazione e impostazione grafica, redazione dei contenuti



Realizzazione ebook professionali pronti per essere pubblicati, acquistati e letti



Web design, sviluppo siti internet, portali, blog, e-commerce



Creazione di logo/branding, corporate identity, restyling di loghi e siti internet, creazione di layout landing page



Soluzioni web, consulenza tecnica, gestione dominio



Creazione e gestione di newsletter



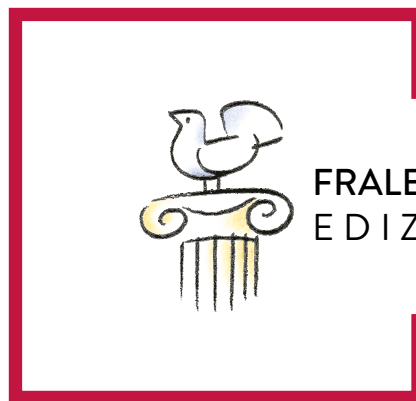
Ideazione e realizzazione di campagne promozionali, email marketing, banner, brochure, flyers, spot pubblicitari



Comunicazione digitale e Social Media Strategy per la creazione, la crescita e la cura della community e del pubblico di riferimento dell'azienda



Servizi SEO, posizionamento nei motori di ricerca



FRALERIGHE
EDIZIONI

“LA MACCHINA TECNOLOGICAMENTE PIÙ EFFICIENTE CHE L'UOMO ABBA MAI INVENTATO È IL LIBRO”
[NORTHROP FRYE]

Fralerighe Edizioni è una casa editrice indipendente, interculturale e sociale che vuole essere laboratorio di incontri e di sperimentazione per contribuire alla costruzione di una società plurale equa e positiva. Nasce valorizzando le nuove forme di pubblicazione tra la carta e il digitale, dal libro tradizionale a quello formativo denominato mediabook. La linea editoriale è caratterizzata da argomenti di rilevanza sociale attraverso le collane dedicate:

- Fralerighe eBook
- GiraMondo
- LabCult
- Luoghi Tradizioni Relazioni
- MeltingPot
- Poesia
- Narrativa
- Teatro
- Guide Geologiche d'Italia



**RELAZIONI
DI APERTURA**

SIGEA

Buongiorno a tutti, desidero salutare i partecipanti al Convegno a nome dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e di tutto il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e ringraziare Sigea e gli organizzatori per aver voluto promuovere un momento di riflessione e di studio durante il quale si parlerà di cambiamenti climatici, di strategie e azioni di contenimento, di adattamento agli effetti del cambiamento climatico, un tema così delicato e interessante per le sfide che le nuove generazioni e il mondo dovranno affrontare. Affrontare questi temi significa infatti parlare e scommettere sul futuro del Paese, sul futuro del pianeta, sul futuro delle nostre nuove generazioni.

Da tempo l'Istituto che presiedo ed il Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente sono impegnate a fianco al Ministero dell'Ambiente e della tutela del mare e del territorio per studiare tutte le iniziative e le pianificazioni necessarie per mitigare gli effetti del cambiamento climatico e studiare strategie di adattamento. Ricordo che è in corso di predisposizione il Piano nazionale per l'adattamento ai cambiamenti climatici da parte del Ministero dell'Ambiente a cui stiamo collaborando. È necessario uno sforzo sinergico con il contributo degli studiosi dei tecnici di tutti coloro che si occupano di questi problemi i cui effetti sono evidente nella vita quotidiana di tutti noi; è di pochi giorni fa il caso degli studiosi russi che hanno evidenziato come il permafrost di quelle terre si stia progressivamente deteriorando con le conseguenze che tutti possiamo immaginare.

Vorrei sottolineare tre aspetti particolari che mi piacerebbe fossero in qualche modo trattati al di là dei temi prettamente tecnico scientifici che pure sono fondamentali. Un primo aspetto è quello legato alla informazione e formazione. Non possiamo infatti prescindere da una costante informazione e da una corretta formazione rivolta a tutti i cittadini e in particolare alle giovani generazioni e su questo ISPRA e SNPA stanno investendo una parte della loro attività quotidiana proprio con specifico riferimento alle attività di formazione dei ragazzi che frequentano le nostre scuole primarie e secondarie per sensibilizzarli su un tema così centrale come quello del cambiamento climatico. Il secondo aspetto che voglio sottolineare è relativo alla necessità di inserire questi studi e questi processi nell'ambito di attività europee e internazionali. La sfida che l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici ci impone non può prescindere infatti da un'azione che deve essere integrata anche a livello internazionale e che metta in luce come sia assolutamente fondamentale combinare lo scenario internazionale con lo scenario nazionale, fino a valutare le azioni e gli scenari a livello locale. Il terzo aspetto, collegato ai precedenti due, è quello relativo alla necessità di responsabilizzare le azioni e i comportamenti di tutti. In questo quadro di necessaria sinergia tra azioni a livello internazionale e azioni a livello locale si passa attraverso le politiche che ovviamente vengono elaborate a livello governativo o parlamentare a tutti i livelli nazionali internazionali sovranazionali ma è altrettanto necessario non solo definire programmi locali di intervento e, ancor più, che ognuno di noi, ogni cittadino, si senta responsabile, anche attraverso i piccoli gesti quotidiani delle proprie azioni, dunque un'assunzione di responsabilità singola e collettiva.

È importante, e concludo, promuovere in maniera costante il segmento della informazione e della comunicazione, attraverso un'informazione costante ai nostri cittadini attraverso linguaggi che siano facilmente comprensibili e che non siano solo formulati per gli addetti ai lavori. In tal senso si stanno realizzando delle piattaforme che consentiranno di inserire molteplici dati per poterli rendere usufruibili a tutti. Anche l'Italia è in prima linea per la realizzazione della piattaforma nazionale di adattamento al cambiamento climatico.

In sintesi ho cercato di delineare alcune tra le tante sfide che attendono il nostro Paese, per questo ritengo che sarà importante il contributo della giornata di oggi. Vi ringrazio per l'invito e vi auguro buon lavoro.

Stefano Laporta
Presidente ISPRA

Il tema del cambiamento climatico è sempre più evidente e centrale, l'emergenza è sotto gli occhi di tutti. Quella appena trascorsa è stata un'altra estate rovente con fenomeni di incendi dalla Siberia, all'Amazzonia. Lo scioglimento dei ghiacciai procede in modo più veloce del previsto in Groenlandia, nell'Artico e nell'Antartico. La situazione è sempre più difficile e l'Organizzazione delle Nazioni Unite e gli scienziati dell'International Panel on Climate Change continuano a evidenziare la grave crisi climatica del Pianeta.

Ricordo, quando ero Ministro dell'Ambiente, il Rapporto presentato nel 2006 in Kenia, in occasione della Conferenza su cambiamenti climatici e gas serra, e il report successivo presentato a Bali, in Indonesia: entrambi ponevano la drammatica evidenza della connessione tra l'uso dei combustibili fossili con l'emissione di CO₂, e di altri gas climalteranti, e il cambiamento climatico. Per la validità di questo lavoro scientifico, nel mese di ottobre 2007 all'IPPC è stato conferito il Premio Nobel per la Pace, congiuntamente con Al Gore, per l'impegno nel diffondere la conoscenza sui cambiamenti climatici e per porre le basi alle misure necessarie a contrastare tali cambiamenti.

Il nuovo Report del 2018, faceva però un ulteriore passo avanti parlando, per la prima volta, del rischio estinzione della specie umana, di specie animali e vegetali entro la fine di questo secolo. È questo il motivo della mobilitazione mondiale dei giovani in tutto il mondo: la richiesta di azioni concrete, da parte dei Governi, contro il cambiamento climatico. Il clima si sta modificando con una velocità impressionante. L'Italia deve, da parte sua, puntare a diventare 100% rinnovabile entro il 2030.

Purtroppo non ho potuto partecipare di persona a questo importante convegno per lo svolgimento di una contemporanea iniziativa a Ventotene, che abbiamo promosso come Fondazione UniVerde per sostenere un'altra grande campagna collegata al cambiamento climatico: l'azione contro l'inquinamento da plastiche.

Gli oceani e i mari soffrono pesanti livelli di inquinamento da macro e microplastiche e microfibre: basti pensare che, ad ogni lavaggio in lavatrice, migliaia o decine di migliaia di microfibre finiscono attraverso i nostri scarichi nei fiumi e nei mari. Dobbiamo frenare questa follia e anche questo fa parte della grande azione sul contrasto al cambiamento climatico.

Ragionando anche con esperti geologi, come voi riuniti in questo evento, credo sia fondamentale approvare il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici che già avevo proposto, con il sostegno degli scienziati, nella Conferenza Nazionale sul Clima del settembre 2007, che ho promosso da Ministro dell'Ambiente.

Si è trattato della più grande conferenza sul tema mai promossa da un governo italiano, con la presenza, direttamente e in streaming, di oltre 100.000 persone e con la partecipazione del Presidente della Repubblica, della Camera, del Senato, del Consiglio, Ministri, rappresentanti dei sindacati e delle Nazioni Unite. Alla fine di quei lavori, organizzati presso la sede della FAO, chiedemmo cose semplici: da una parte, la mitigazione dei cambiamenti climatici, quindi puntare su rinnovabili, taglio delle emissioni di CO₂ in modo netto; dall'altro, il Piano Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici.

Quello che registro, è che dopo 13 anni in Italia non è stato ancora approvato il Piano. Bisogna avviare un piano di prevenzione e messa in sicurezza ma anche migliorare i sistemi di allarme e spiegare ai cittadini che siamo di fronte a eventi più frequenti e violenti del passato. Basta parlare genericamente di maltempo. Un ciclone che uccide da Crotone a Belluno, passando per Napoli. Onde e allagamenti eccezionali da Catania a Venezia, da Napoli a Genova, da Roma a Milano sono tempeste tropicali pericolose. Negare l'evidenza del cambiamento avvenuto e i rischi di catastrofe climatica non aiuta.

Dobbiamo capire che il clima è cambiato, nel Mediterraneo si stanno verificando tempeste tropicali. Occorre quindi attrezzarci per evitare ulteriori lutti e

disastri. Questo vale anche per il dissesto idrogeologico, nella progettazione delle case, nell'aiuto agli agricoltori che vedono la situazione modificata, nel sistema della pesca e in tante altre attività.

Sono convinto che il ruolo delle professionalità, come le vostre, è importante e significativo. Tutto questo si può fare perché abbiamo le tecnologie, le conoscenze e abbiamo in questo periodo storico una mobilitazione dell'opinione pubblica mondiale.

Per gli oltre 100.000 firmatari della petizione #EmergenzaClimaticaItalia, che ho promosso su Change.org, il voto alla Camera dei deputati sulla mozione per la dichiarazione di emergenza climatica è stata una vittoria. È un buon segnale che segue quello del Parlamento europeo. Abbiamo realizzato una grande mobilitazione con tanti sostenitori tra i cittadini ed anche tra i parlamentari. Eravamo già riusciti ad ottenere un voto unanime perfino nel Consiglio Comunale di Roma per la dichiarazione di emergenza climatica per la Capitale.

Purtroppo la Cop di Madrid è stata un flop come capacità decisionale. Ormai questi meeting servono per fare il punto della inadeguatezza della politica nel prendere decisioni concrete ad arginare un allarme scientifico crescente, sempre più condiviso dalle opinioni pubbliche e anche da molti settori economici.

Se distruggiamo il sistema climatico in modo irreversibile, rischiamo l'estinzione della specie. È giunta l'ora di dire stop ai combustibili fossili e passare rapidamente alle fonti energetiche rinnovabili.

Alfonso Pecoraro Scanio
Presidente Fondazione UniVerde

In tema di cambiamenti climatici ritorna in mente un importante Convegno dal titolo “Cambiamenti climatici e rischi geologici in Puglia” organizzato dall’Ordine dei Geologi della Puglia e dalla SIGEA - Sezione Puglia e tenutosi il 30 novembre 2007 a Sannicandro di Bari. Gli Atti sono riportati su un numero speciale di “Geologi e Territorio” disponibile sul sito istituzionale del nostro Ordine.

Mi corre l’obbligo di ricordare il compianto prof. Michele Maggiore che volle quel convegno fornendo la più ampia collaborazione per la sua riuscita.

Il succitato Convegno era a valle della Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici, tenutasi a Roma nel settembre 2007 e fu organizzato pochi giorni dopo l’adozione a Valencia, da parte degli esperti ONU, del Rapporto sul Surriscaldamento Terrestre (17 novembre 2007).

La manifestazione fu incentrata nell’ambito di un contesto inequivocabile del riscaldamento antropogenico in atto alla vigilia della firma, a Lisbona, del nuovo Trattato dell’Unione Europea (13 dicembre 2007) che prevedeva la “promozione sul piano internazionale di misure destinate a risolvere i problemi dell’ambiente a livello regionale o mondiale e, in particolare, a combattere i cambiamenti climatici”.

Rileggendo, a tanti anni di distanza, l’intervento dell’allora Presidente del Consiglio, Prof. Romano Prodi, nella Conferenza Nazionale di Roma, che dava atto della pubblicazione del IV Rapporto dell’*Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* e di come la comunità scientifica internazionale avesse espresso la convinzione che i cambiamenti climatici erano un dato di fatto, il pensiero corre subito ai ritardi accumulati in questi anni nell’affrontare adeguatamente e concretamente tale importante tematica. Il documento conclusivo della Conferenza nazionale del settembre 2007 a Roma individuava una immediata definizione del “Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici” che ad oggi non abbiamo ancora nella sua versione definitiva.

In tempi più recenti, precisamente l’8 agosto 2019, è stato presentato il Rapporto Speciale dell’*IPCC*. Più di 100 scienziati provenienti da 52 Paesi hanno lavorato per ricercare le relazioni tra cambiamenti climatici, desertificazione, alluvioni, degrado e gestione sostenibile del territorio e del suolo, sicurezza alimentare e flussi di gas serra negli ecosistemi terrestri.

In tale documento gli Autori sostengono che i rapidi cambiamenti climatici, se lasciati a se stessi, aggraveranno i naturali equilibri della Terra poiché eventi estremi come siccità e alluvioni intensificheranno i processi di erosione e di degrado dei suoli, mettendo a rischio il comparto dell’agricoltura e, di conseguenza, quello della sicurezza alimentare.

In Italia, il tasso di crescita delle temperature medie annue è risultato essere anche superiore rispetto a quello medio globale, con aumenti più rilevanti negli ultimi decenni. Le conseguenze più evidenti dei cambiamenti climatici sono, ad esempio: la riduzione dei ghiacciai montani e, in generale, dell’innnevamento; l’aumento di eventi meteorici estremi; le eccezionali ondate di calore e di freddo; il graduale innalzamento del livello del mare e la conseguente ingressione dell’acqua marina verso il continente; il consumo e il degrado del suolo.

In Puglia, ad esempio, le ripercussioni di tali cambiamenti potrebbero interessare molti centri abitati costieri, situati a pochi metri di altezza sul livello del mare, portando porzioni del loro territorio ad essere sommerse dal mare, mentre l’*erosione costiera* diverrebbe più accentuata.

Nell’ultimo decennio, *eventi alluvionali* sempre più intensi, noti come *flash floods*, hanno vulnerato molte aree pugliesi, causando morti e feriti, situazioni di allarme e stati di panico alla popolazione, danni alle strutture e alle infrastrutture e, in generale, ai beni socio-economici, pubblici e privati. Questi effetti sono resi ancor più pericolosi dalle caratteristiche del territorio, in specie da quelle geologiche e geomorfologiche e da una frenetica attività antropica, che persiste sin dagli anni Settanta del secolo scorso, non sempre rispettosa degli equilibri naturali. Si

ricordano, a titolo di esempio, l'alluvione a Ginosa nel 2013, quella di Peschici e di altre zone del Gargano nel 2014 e, ancora, quella a Canosa nel 2018.

In alcune aree della Capitanata e del Salento, poi, si assiste a processi di *desertificazione*, aggravati da siccità più intense e prolungate, in ispecie nel periodo estivo. Inoltre, la continua *trasformazione del suolo* in altre forme come spietramenti meccanici, edifici, strade, capannoni e parcheggi rappresenta un grave problema che contribuisce non solo all'effetto serra e ai cambiamenti climatici, ma anche alla rimozione di una funzione chiave che alcuni ecosistemi garantiscono all'umanità, cioè quella di assorbire le emissioni e, quindi, sottrarle dall'atmosfera e "sequestrarle" nelle piante e nel suolo sotto forma di sostanza organica. In provincia di Lecce, ad esempio, il consumo di suolo prosegue a livelli preoccupanti. Lo dice il rapporto dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) contenente i dati relativi al 2018: il capoluogo salentino non è tra le realtà peggiori della provincia, ma segnali allarmanti arrivano dal resto del territorio per una valutazione complessivamente negativa. In generale, con questo *degrado e consumo di suolo* si sta rinunciando a una importante opzione per raggiungere il livello "net zero emissions" entro il 2050, cioè il *target* che l'*IPCC* indica ai decisori politici per evitare ulteriori aumenti della temperatura globale.

Ancora una volta, l'*IPCC* richiama all'urgenza di agire e procedere verso la decarbonizzazione e il cambio trasformativo delle economie e delle società: all'umanità è rimasto poco tempo per ridurre drasticamente le emissioni da tutte le fonti e, tra le tante, anche da quella dei *rifiuti*, per evitare una precoce accelerazione dei cambiamenti climatici.

Nel contesto dei "non naturali" cambiamenti climatici, intesi come accelerazioni nelle normali variazioni del clima e dei loro negativi effetti, i ruoli che il Geologo è chiamato a coprire sono molteplici e, tuttavia, tutti riconducibili ai compiti della informazione e della sensibilizzazione alle succitate tematiche, come pure alla previsione, prevenzione e mitigazione dei rischi, naturali e antropici. Appare quanto mai rilevante e decisivo, infatti, il dovere di delineare i futuri scenari dei cambiamenti climatici e delle trasformazioni del territorio e dell'ambiente, conducendo indagini conoscitive e intensificando il monitoraggio nei vari comparti, in modo da poter fornire adeguati *input* ai modelli di pianificazione e controllo. Nell'ambito del dissesto geo-idrologico, ad esempio, in termini di prevenzione e di mitigazione, la figura professionale del Geologo è fondamentale nella progettazione di adeguate opere idrauliche, nella corretta sistemazione di versanti in frana, nei processi di contenimento dell'erosione marina lungo le coste, nella difesa e salvaguardia del territorio, nella importante protezione del suolo.

Oggi non sono più procrastinabili le azioni concrete e l'impegno per una corretta gestione del territorio e di contrasto ai cambiamenti climatici; i Geologi sono a disposizione per offrire il proprio contributo tecnico-professionale.

Salvatore Valletta
Presidente Ordine dei Geologi della Puglia

Sono poche le cause che hanno più conseguenze globali e di vasta portata della tutela ambientale. Il clima sta cambiando? Come sta cambiando? Quali gli effetti globali e quali quelli locali? Siamo pronti ad adattarci? Chi sta facendo cosa per adattare i nostri usi e costumi agli effetti del cambiamento?

Dall'Antartide al bacino del Mediterraneo fenomeni indiscussi di estremizzazione del tempo atmosferico preoccupano sempre più. Ondate intense di "caldo africano" e improvvisi violenti fenomeni meteorici, le stagioni intermedie estremamente variabili ed eventi idrologici spesso devastanti, le conseguenze sono che i ghiacciai si riducono, le precipitazioni brevi e intense erodono il suolo fertile e provocano alluvioni; le aree semiaride tendono a desertificarsi a danno della produzione agricola mentre le aree costiere risentono dell'innalzamento del mare e delle forti mareggiate.

Perché i rotariani dovrebbero interessarsi ai cambiamenti climatici? Siamo persone a cui interessa il bene del nostro pianeta. Vogliamo rendere il mondo un luogo migliore. Dobbiamo considerare il mondo nella sua interezza per capire come si possa intervenire per migliorarlo. Se la crescita del livello dei mari sta facendo scomparire interi Paesi, se tempeste più violente influiscono negativamente sulle riserve di acqua dolce o sulle economie locali, crescerà anche il numero delle persone svantaggiate. Quindi occuparsi dell'ambiente contribuisce alla nostra missione e si merita tutta la nostra attenzione. Come organizzazione abbiamo il dovere di parlarne, di affrontare il discorso. Perché il Rotary, più di chiunque altro, può avere un impatto positivo? La nostra forza dipende dalla nostra presenza in quasi 200 tra Paesi e regioni geografiche, e dalla rete di contatti che hanno i nostri soci. I Rotariani sono pronti alla sfida. Quest'anno la tutela dell'Ambiente è stata riconosciuta ufficialmente come settima area di intervento a livello mondiale.

Ciò di cui abbiamo bisogno, però, è una grande azione collettiva - non basta una singola impresa o in singolo Paese - che imiti il comportamento di una qualsiasi persona ragionevole. È necessario cambiare i nostri comportamenti di consumo e i nostri sistemi produttivi, in particolare in campo energetico, per ridurre le emissioni di gas ad effetto serra, principale causa del cambiamento climatico. Le conseguenze del clima che cambia rappresentano sicuramente un problema ambientale e sociale, ma costituiscono soprattutto una fondamentale questione economica, che pervade ogni possibile decisione di governi, istituzioni e imprese. Controllare il clima che cambia significa orientare oggi, con urgenza, investimenti per lo sviluppo sostenibile e inclusivo.

A Mattinata esperti nazionali e regionali hanno avuto l'opportunità di confrontarsi e discutere sull'analisi e sulle prospettive per un adattamento consapevole in merito al cambiamento climatico cui stiamo assistendo. Si è discusso degli argomenti legati alle ripercussioni sui Paesi che si affacciano nel Mediterraneo: gli scenari a medio termine (2021-2050) e le anomalie di alcune variabili climatiche. Si è cercato di investigare sulla reale possibilità che l'Unione Europea possa valutare l'impatto dei diversi scenari sugli aspetti climatici, sanitari, ambientali, di biodiversità, economici e sociali, e possa proporre un quadro normativo globale: è fondamentale una piattaforma multilivello di dialogo permanente sull'energia, che consideri indispensabili anche gli aspetti climatici e ambientali, per attuare una transizione energetica.

Il Rotary c'è e sarà al fianco di chiunque abbia voglia di raggiungere i suddetti obiettivi.

Pasquale Frattaruolo
Distretto Rotary 2120

La SIGEA, Società Italiana di Geologia Ambientale, è un'associazione culturale, senza fini di lucro, per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra nella protezione della salute e nella sicurezza dell'uomo, nella salvaguardia della qualità dell'ambiente naturale ed antropizzato e nell'utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse.

Nel solco del riconoscimento conferito dal Ministero dell'Ambiente alla SIGEA, come "associazione di protezione ambientale a carattere nazionale" ai sensi dell'art. 13 della legge 349/1986, l'associazione organizza iniziative di tipo convegnistico, seminariale, ma anche escursionistiche-didattiche, che rappresentano il luogo di incontro di categorie professionali impegnate nella conoscenza, tutela e salvaguardia e gestione delle risorse ambientali, storiche e paesaggistiche del nostro territorio.

Solo per citarne alcuni, i campi d'azione spaziano dalla geologia tecnica, prerogativa dei geologi, alle bonifiche dei siti contaminati, dalla ingegneria naturalistica alla pedologia e alla geo-archeologia.

In questo contesto specifico, il Convegno di Mattinata dal titolo: "Cambiamento Climatico – analisi e prospettive per un adattamento consapevole" rappresenta un punto focale per dialogare con scienziati e professionisti impegnati nella tematica dei Cambiamenti Climatici (C.C.).

Nel prendere atto della situazione reale, acclarata sia dalle cronache giornalistiche che da evidenze scientifiche, si è cercato di fare il punto della situazione sulle strategie necessarie per contenere gli effetti dei C.C. in particolare lungo la fascia costiera, rappresentando la porzione del Pianeta che va incontro ai maggiori rischi per la notevole densità demografica ed insediativa.

Ma, scopo principe del Convegno, è stata la "somministrazione" della giusta ed adeguata informazione ai decisori politici e alle istituzioni per affrontare la problematica in maniera consapevole al fine di rendersi attori e promotori di misure e strategie pianificate per contenere gli effetti dannosi dei C.C..

Nel corso dell'evento i Relatori hanno anche evidenziato che i C.C. hanno da sempre interessato l'evoluzione del Pianeta Terra, cosa che ben sanno i Geologi che studiano le registrazioni e la frequenza dei C.C. evidenti nelle successioni geologico-stratigrafiche quali ad esempio le formazioni dei periodi glaciali ed interglaciali. Tuttavia, deve essere noto e chiaro a tutti che, in questo periodo della storia dell'uomo sulla Terra, ci troviamo a fare i conti con un cambiamento climatico percepibile non solo per le variazioni delle temperature, ma soprattutto per l'irregolarità e violenza dei fenomeni atmosferici estremi, vedi per esempio bufere di vento, mareggiate eccezionali, ondate di calore, bombe d'acqua, che si abbattano su luoghi densamente abitati e sfruttati dall'uomo.

Tali fenomeni atmosferici estremi, evidentemente enfatizzati dall'aumento dei gas serra che hanno modificato l'intensità dell'irraggiamento solare su scala globale incidendo sulla circolazione delle correnti in quota, esplicano un'azione disastrosa laddove si trovano abitazioni e insediamenti umani in contesti ambientali di pertinenza di elementi geomorfologici attivi, come le aree golenali dei fiumi, le coste e i versanti potenzialmente franosi. Questi contesti geomorfologici hanno risentito di notevoli modificazioni da parte dell'uomo come l'eliminazione del bosco ripariale, distruzione della vegetazione dunale, modificazioni della permeabilità dei suoli in prossimità di falesie attive che hanno messo a rischio gli insediamenti antropici che hanno preso il posto degli elementi naturali.

Pertanto, auspicio del Convegno, come di tante altre occasioni di formazione della SIGEA, è contribuire a divulgare e mettere in atto approcci tecnico-politici per adattarsi ai C.C. mettendo a frutto scambi di conoscenze provenienti soprattutto dalle Professioni dell'Ambiente in stretta sinergia con il mondo della ricerca scientifica.

Raffaele Lopez
Presidente Sigea Sezione Puglia

In questo volume presentiamo gli atti del Convegno tenutosi a Mattinata (Fg) il 7 settembre 2019 e organizzato in collaborazione tra la Sigea, l'Ordine dei Geologi della Puglia e il Rotary Club di Manfredonia; mi onoro di far parte di tutte e tre queste organizzazioni che sono molto impegnate sui temi della tutela dell'ambiente, del territorio e della salute, argomenti a me molto cari.

Quando con gli amici Antonello Fiore, Salvatore Valletta, e Pasquale Frattaruolo abbiamo iniziato a progettare l'evento di settembre decidendo di dedicarlo al tema attualissimo del cambiamento climatico, subito ho voluto proporre come sede Baia delle Zagare e, in accordo con la famiglia, di dedicare l'evento al compianto amico Piero Pellegrini. Una persona meravigliosa, sensibile, umana e riservata.

Le relazioni scientifiche degli intervenuti al Convegno, le cui memorie sono contenute in questo volume, la grande adesione all'evento che ha visto una notevole partecipazione di colleghi geologi, di tecnici, amministratori e cultori dei temi ambientali, e la splendida sede e disponibilità nell'accoglierci della famiglia Pellegrini hanno fatto da cornice al grande tema del cambiamento che il clima del nostro pianeta sta attraversando con tutte le conseguenze che questo comporta sulla biosfera e più in generale sulla geosfera.

Di colpo anche l'opinione pubblica si è stancata della diatriba tra i pochi negazionisti e il resto del mondo e comincia veramente a comprendere, già oggi non dopodomani o nel 2100, come gli effetti del cambiamento climatico sta interagendo con la vita sulla Terra e sulla stessa umanità. Gli effetti iniziano a essere evidenti e sotto gli occhi di tutti, anche di chi si comporta da egoista, per cui è necessario intervenire subito evitando di alimentare "focolai" pericolosissimi e sostenendo il lavoro di chi si sta impegnando a spegnerli.

La consapevolezza del pericolo imminente, in parte già in corso, è il prerequisito per mobilitare donne e uomini e le loro migliori energie positive su un progetto globale di interventi che si traduca anche, sul piano locale, in una serie di iniziative immediate, volte da una parte a contenere le cause antropiche che innescano o accelerano il cambiamento climatico, da una parte a mitigare gli effetti al suolo e in ultimo ad assumere atteggiamenti di adattamento consapevole a questo cambiamento in atto.

Il cambiamento climatico è la grande questione ambientale di questo secolo, contrastarlo per lasciare un mondo vivibile ai nostri figli e nipoti significherà prendere decisioni politiche lungimiranti su un tema complesso con un alto contenuto scientifico e tecnologico. Visto che le scelte politiche influiranno sulla vita di tutti, sarebbe quanto mai opportuno che fossero fondate su informazioni scientifiche affidabili e coerenti basate su dati certi e non opinioni, e che la politica si dotasse di strumenti di consulenza per poterle assumere con responsabilità e competenza.

Ringrazio ancora una volta gli amici che hanno voluto organizzare con me l'evento del 7 settembre, i relatori, la famiglia Pellegrini e tutto coloro non credono alla rassegnazione.

Biagio Ciuffreda
Promotore del convegno



RELAZIONI

SICREA



Ente Formatore Autorizzato
Consiglio Nazionale Geologi
per attività di formazione APC
Codice EFA006



Ente di formazione accreditato
Regione Siciliana (C.I.R. ACR542)
B-C-D (Formazione successiva; Formazione
superiore; Formazione continua e permanente)



Soggetto formatore accreditato
per la formazione certificata in materia
di sicurezza e salute sul lavoro
Codice SR_052



La Formazione
nelle tue mani!



ÀBEO è

E-LEARNING

www.elearning.abeo.it
www.formazione.abeo.it

ÀBEO è

**SISTEMI
DI GESTIONE**



Progettazione, implementazione
ed auditing Sistemi di Gestione
- Qualità ISO 9001
- Ambiente ISO 14001
- Sicurezza ISO 45001

**SICUREZZA
SUL LAVORO**



- RSPP, CSP, CSE
- Supporto tecnico
ed amministrativo
- Valutazione del rischio
- Sicurezza nei cantieri
- DVR, DUVRI, PSC, POS...
- Formazione / Informazione

FORMAZIONE



- Progettazione e gestione
eventi formativi
- Monitoraggio didattico,
amministrativo e finanziario
- Fondi interprofessionali ed
altre fonti di finanziamento

ÀBEOsrl

ÀBEO s.r.l.

Via Principato di Monaco 12 – 96100 SIRACUSA (SR)
Telefono e fax 0931 758510
www.abeo.it e-mail info@abeo.it
Direttore / Responsabile formativo: geol. Umberto Vanella



- ▶ audio e video lezioni multimediali con sincronia slides
- ▶ test, interaction e gamification
- ▶ rispondenza ai requisiti normativi sulla tracciabilità frequenza e completamento percorso formativo
- ▶ conversione eventi, convegni e lezioni d'aula in corsi e-learning accreditati APC

Ripensare alla rigenerazione urbana ai tempi del COVID-19

Teodoro Georgiadis
Istituto per la Bioeconomia CNR,
Bologna
E-mail: teodoro.georgiadis@ibe.cnr.it

Rethink urban regeneration in the times of COVID-19

Parole chiave: fragilità urbane, impatti sul sistema urbano, rigenerazione
Key words: urban fragilities, impact of the urban system, regeneration

SOMMARIO

L'evento pandemico che ha colpito il mondo, e che si è sviluppato in Europa partendo dall'Italia, costringe ad un ripensamento globale del concetto di resilienza delle città prima elaborato secondo canoni urbanistici con scale temporali di ampio respiro che sono andati direttamente in crisi di fronte agli impatti immediati del contagio. La tutela di fasce deboli della popolazione è diventato improvvisamente una necessità indifferibile che modificherà in un futuro estremamente prossimo la progettazione della rigenerazione urbana senza potere/dovere attendere il cambiamento climatico che era l'idea portante degli obiettivi dello sviluppo sostenibile (SDGs).

GENERALITÀ

Quod non fecerunt barbari, fecerunt Barberini, e oggi, per quanto riguarda il dilemma se agire subito, per gli ormai famosi anni che restano, o attendere, per non sprecare risorse di fronte all'incertezza, questo è stato travolto dall'onda montante della pandemia. Onda che, anche se si andrà riducendo di ampiezza, nessuno può escludere che si possa ripresentare a chiedere un altro conto salato in termini di vite umane.

Lo studio del cambiamento climatico ci ha proposto negli anni una figura molto chiara dell'aumento della temperatura globale che, seppur diversa nell'evoluzione temporale, riporta un funzionale estremamente simile a quello che abbiamo imparato giorno dopo giorno su questa epidemia. Certo, non possiamo paragonare direttamente temperature e contagi, ma l'andamento di crescita, ovvero la questione della derivata, è quello, così semplice e insieme così difficile da comprendere, dell'aumento esplosivo del dato. Il contagio ci ha fatto da *daskalos* nel capire numeri e variazioni di questi. Un popolo poco avvezzo, per tradizioni umanistiche, a fare di conto si è trovato inchiodato davanti

alle TV, nel periodo del lock-down, a scrutare tabelle per cercare di capire se ieri era meno pericoloso di oggi con cadenza, appunto, giornaliera. Dai numeri complessivi si è poi passati a fare analisi più complesse in termini di categorie, fasce d'età, condizioni di lavoro e di vita. E di Decreto in Decreto abbiamo incominciato a cogliere anche il significato di quei termini prima oscuri, come tipping-point, punto di non-ritorno, che molto difficilmente avremmo altrimenti colto in così breve tempo. Improvvisamente, il numero guida delle nostre vite è diventato quello della disponibilità di posti in terapia intensiva, e le curve funzionali, per quanto complesse come la curva logistica di Volterra, ci dicevano il tempo che mancava a dover compiere scelte terribili, come escludere dalla vita una persona per preferirne una altra. L'epidemia è stata severa maestra.

Questa analogia tra cambiamento climatico e COVID-19 in termini conoscitivi e di impatto sulla popolazione può essere più profondamente esplorata per rivedere i concetti che hanno sostenuto la progettazione del paradigma del cambiamento all'interno delle città.

LE FRAGILITÀ URBANE E GLI IMPATTI

La città è il luogo dove il dibattito climatico affievolisce i toni, talvolta aspri, all'interno della comunità scientifica tra scettici e allarmati. Per propria natura intrinseca, dovuta alla alterazione dei bilanci superficiali al momento dell'atto creativo del costruire, la città rappresenta il cambiamento ed è, ormai, il vivere stesso della comunità umana. L'urbanizzazione, con la potenza attrattiva generata dalle aspettative, ha richiamato vaste porzioni della popolazione umana verso gli insediamenti che si sono via via trasformati sino a divenire megalopoli da milioni di abitanti, e questo avveniva, ed avviene, dimentichi della saggia gerarchia esposta da Le Corbusier (1925) *“Les matériaux de l'urbanisme sont le so-*

leil, les arbres, le ciel, l'acier, le ciment, dans cet ordre hiérarchique” e di questa sono rimasti l'acciaio e il cemento ad alterare i bilanci naturali di energia e materia alla superficie, senza l'azione mitigatrice del Sole, del cielo e degli alberi.

Quello che abbiamo improvvisamente ottenuto è un luogo di fragilità. Siamo ora esposti a regimi termici che abbattano la nostra capacità fisiologica di adattamento, a regimi precipitativi che mettono a rischio la nostra sicurezza, ed esposti a livelli di inquinamento che minano la nostra resistenza all'insorgenza di malattie. Il cambiamento climatico, che non è galantuomo, colpisce quindi le fasce fragili della popolazione con più durezza rendendo ancora meno inclusivo il luogo del vivere dell'uomo. Qui la ricerca urbanistica cessa di essere solo terreno di progettazione del costruire materiale per divenire anche, forse soprattutto, elemento di costruzione della democrazia, ovvero di possibilità per tutti di potere contribuire con la pienezza delle proprie capacità al sostegno della società, perché difficilmente chi soffre può elargire la propria pienezza. Un altro importante effetto del COVID-19 è stato l'impatto sulla memoria collettiva avendo una forte incidenza la mortalità sulle fasce più anziane della popolazione (Davies *et al.*, 2020), e in un sistema europeo, affetto da un continuo invecchiamento della popolazione residente, questo si riflette in termini di grande impatto sociale, sanitario e anche culturale. Analizziamo quindi le similitudini di impatto generate dalla pandemia nello specifico SDG11 (Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili) dell'agenda delle Nazioni Unite (UNRIC, 2020).

1. INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'argomento inquinamento atmosferico è in generale non correlato da quello climatico. Infatti con il termine inquinamento si intende l'emissione

di composti che hanno un effetto diretto sulla salute umana. Le emissioni di composti climalteranti, quali CO₂, CH₄, e N₂O, considerati i principali gas climalteranti hanno uno scarso impatto diretto sulla salute delle persone. Esiste però un luogo dove i due fenomeni possono considerarsi accoppiati per motivi termici e dinamici e questo è l'ambiente urbano (Georgiadis, 2017). Infatti, il microclima urbano determina la formazione di circolazioni secondarie sulla città che tendono a ri-veicolare gli inquinanti emessi dal centro della città in una specie di cella di brezza che si chiude su tutto l'ambito urbano causando un aumento crescente delle concentrazioni di inquinanti durante la giornata.

L'impatto dell'inquinamento sulla salute umana è noto da molti anni e si stima che in Europa le morti premature attribuibili all'inquinamento atmosferico siano di circa 400.000 unità all'anno (EEA, 2016) per le sole polveri. Per la sola Italia si stimano 60.000 decessi.

Queste morti sono state fino all'epidemia morti di fatto silenziose, ovvero non esisteva una coscienza condivisa del fenomeno. Il caso COVID-19 ha portato alla ribalta il fenomeno perché nel rapido, drammatico, computo dei morti è risultato subito evidente che patologie pregresse, anche legate a disturbi bronco-polmonari, erano un fattore di comorbilità molto elevato per lo sviluppo una prognosi infausta (Porcheddu *et al.*, 2020).

Da sottolineare che anche altre ipotesi sono state avanzate durante l'evento pandemico, come quella presentata nel position paper di SIMA (2020), dove l'inquinamento da PM è stato supposto quale carrier per il vibrione, e conseguente allettamento per il trasporto su lunghe distanze (SIMA, 2020). L'ipotesi non sta attualmente riscuotendo grande successo tra la comunità scientifica anche se alla Harvard University è stato condotto un altro studio di analisi dell'esposizione di lungo termine all'inquinamento e le potenziali relazioni con il tasso di mortalità da COVID-19 (Wu *et al.*, 2020), studio anche esso fortemente sotto critica per i valori estremamente elevati di mortalità riferiti a superamenti delle PM (per ogni microgrammo su metro cubo di eccesso rispetto al limite il tasso di mortalità corrisponderebbe ad un incremento dell'8%).

Indipendentemente dalla verifica dell'ipotesi del trasporto è evidente una correlazione tra insorgenza di problemi bronco-polmonari con elevati livelli di inquinamento atmosferico. I mecca-

nismi di rigenerazione urbana devono quindi essere rivolti anche al miglioramento della qualità dell'aria per ridurre questo tipo di fragilità. Se l'ipotesi principale di soluzione è quella della riduzione del carico emissivo, che però si scontra con i principi dell'economia, un altro approccio è quello dell'adattamento del sistema urbano all'impatto attraverso due principali soluzioni: la riduzione della presenza di inquinanti attraverso la cattura e assorbimento da parte della vegetazione urbana, e la riduzione di una componente dell'inquinamento dovuta al traffico autoveicolare.

La prima soluzione è resa possibile solo attraverso una rivisitazione complessiva del tessuto urbano e l'individuazione di aree o percorsi ove incrementare la presenza del verde urbano. Una vegetazione specializzata deve prendere il posto di quella per puro abbellimento ed avere quindi un ruolo funzionale che sia parte stessa del progetto urbanistico di una città. Siamo ormai in presenza di una vasta conoscenza delle caratteristiche della vegetazione così da potere proporre, unitamente alla modellistica ambientale, un disegno generale urbano che riduca per quanto possibile gli impatti.

L'altra ipotesi è un uso più diffuso del trasporto elettrico in ambito cittadino. Se è vero che ancora molti dubbi gravano intorno a questa soluzione, in particolare relativi alla reale sostenibilità di una flotta elettrica globale, la soluzione urbana del trasporto elettrico non pone le stesse problematiche: infatti, molte città stanno ripensando alla vecchia struttura di trasporto via ferro (tram) per una riduzione degli impatti (Vullo, 2019). La riduzione dell'inquinamento dovuta alla sostituzione del trasporto via vettore fossile per il trasporto pubblico, il delivery, e i servizi risulterebbe oltremodo accentuato per una vasta casistica di città italiane (Di Leonardo *et al.*, 2013).

2. REGIME TERMICO

Il regime termico delle città e le sue proiezioni per il futuro sono forse l'argomento più conosciuto dei cambiamenti climatici (Matzarakis *et al.*, 2007; Georgiadis, 2014; Georgiadis, 2019). In particolare, si registra negli ultimi anni un aumento di frequenza ed intensità delle onde di calore (Perkins *et al.*, 2012; Kong *et al.*, 2020). Le onde di calore, che hanno dimensioni di scala regionale quando non continentale, si accoppiano al noto fenomeno di isola di calore urbano, generato dai materiali con cui è composta

la città e possono portare a temperature estremamente elevate rispetto all'equilibrio fisiologico delle persone. Ancora una volta è la popolazione fragile, bambini, anziani e malati, a subire l'impatto più pesante. Tra i malati che subiscono un forte disequilibrio dobbiamo annoverare i diabetici, i parkinsoniani, gli alzheimeriani e altre patologie associate al degrado cognitivo. Ovviamente, per queste fasce risulta ancora più odiosa, e socialmente non accettabile, la cesura che si viene a creare tra il paziente e una possibilità di vita più attiva, di incontro e socializzazione.

Il cambiamento climatico ci ha posto di fronte alla necessità di costruire percorsi interni alla città che assicurassero quantomeno un equilibrio termico a queste persone, usando la vegetazione come fattore di controllo del regime termico urbano. COVID-19 ha ancor più drammatizzato la condizione di sofferenza relegandone una vasta fetta in condizioni di isolamento, potenzialmente all'interno di palazzi inadatti a garantire una energetica corretta (Fabri, 2019) per il mantenimento di condizioni ambientali compatibili con la malattia. Abbiamo visto, inoltre, persone anziane stazionare all'aperto in piedi, per ore, in fila davanti ai supermercati, senza che un arredo urbano compatibile con i loro bisogni venisse in soccorso. *Le città non sono più degne del loro tempo: non sono più degne di noi* scrisse Le Corbusier nel suo *Urbanisme* (1925), oggi drammaticamente da riscoprire di fronte a questa società ferita e zoppicante a causa della pandemia.

Anche questa fragilità è però possibile risolverla, le città possono inserire il concetto di benessere quale strumento urbanistico e approfittare dei Piani di Adattamento per la definizione di strategie e la messa a punto di azioni. Oggi è possibile creare modelli di analisi su singoli interventi edilizi o su interventi urbanistici così da verificare, e ottimizzare, il progetto in termini di adattamento e resilienza (Georgiadis, 2018). Già diverse città italiane stanno applicando questi concetti trasferendoli nel loro Patto dei Sindaci (Ancona, Cesena, Ferrara, Rimini) quando non trasformandoli da Piano di Adattamento in strumento urbanistico o regolamento edilizio (Bologna).

3. ACCESSO AI SERVIZI

Due grandi tematiche hanno caratterizzato questo periodo pandemico, queste sono l'accessibilità al cibo e alle cure mediche-farmacologiche, e l'acces-

so all'istruzione. In questi casi l'impatto del COVID-19 è stato enorme, quasi una situazione da definire di guerra. La chiusura totale delle attività, dei negozi di prossimità, delle scuole, e un accesso poco sicuro ai servizi ospedalieri hanno cambiato la realtà quotidiana e le aspettative delle singole persone. Da un lato anziani privati dei loro cari e delle loro abitudini quotidiane che sappiamo essere fondamentali per non venire scompensati dal trauma che si può riflettere pesantemente a livello cognitivo. Dall'altro i giovani, privati della possibilità di socializzare che devono demandare ad un insegnante lontano la loro formazione, che devono rinunciare, nel loro grande periodo formativo, alla opportunità dell'incontro.

Abbiamo visto che una buona tenuta sociale è stata fornita dall'opportunità offerta dai sistemi informatici, dalle connessioni internet e, in ultima analisi, da quei Social tanto vituperati che però si sono dimostrati capaci di sopperire al senso di solitudine che ci aveva attanagliato. Certo, va detto, che il sistema globale ha tenuto ma quasi per miracolo. La possibilità che tutto andasse in crash per l'elevatissimo numero di connessioni era elevato: mille miliardi di bit al secondo (De Cesare e Savelli, 2020). Quindi, al di là dei nostri preconcetti, talvolta snobistici, abbiamo visto che quella spinta verso l'informatizzazione era ragionevole permettendoci di tenere attive le connessioni sociali, tanto da arrivare ad essere l'ultimo saluto ad un caro, le ultime parole prima di un addio definitivo.

Capiamo, profondamente oggi, che la smart city è una vera opportunità, molto più vicina a noi di quanto pensassimo prima. Ma smart city significa infrastrutture, che fanno parte di un piano preciso di rigenerazione del tessuto urbano che deve essere adottato non come una appendice, ma come parte integrante di progetto.

LE PROPOSTE DI RIGENERAZIONE

L'Istituto Nazionale di Urbanistica (INU) ha presentato proposte precise (2020) per il superamento dell'emergenza e per il rilancio del Paese. In queste viene richiesto uno sforzo imponente di immaginazione progettuale e di capacità attuativa dove il rilancio economico è un perno centrale della proposta. Non sfugge nell'elaborato la stretta connessione tra questo evento ed il cambiamento climatico che non viene trattato di maniera ma svolge il ruolo di prospet-

tiva per un nuovo modello di sviluppo, oggi evidente a causa degli impatti sulle persone verificatisi in così breve tempo. Nell'elenco delle priorità vengono indicate le tematiche emerse da questa breve analisi e le modalità di ripartenza attraverso quindici settori strategici: tra questi la posa di fibra ottica, la realizzazione di un grande centro di calcolo nazionale, la razionalizzazione del ciclo delle acque, l'adattamento al rischio idraulico, gli spazi pubblici, la modernizzazione della viabilità e non ultima la semplificazione delle procedure amministrative che ci ha messo in grande crisi per l'acquisizione di risorse strategiche durante il contagio. E' una visione completa di quello che si deve fare, e non poteva essere diversamente provenendo da quell'Istituto.

CONCLUSIONI

Non sappiamo se sia davvero il momento di trarre delle conclusioni, siamo ancora sotto battuta di una epidemia che potrebbe rialzare la testa, come la storia di insegna. Sicuro, saremo più preparati, più disponibili a una realistica presa di coscienza che non rischiare di cadere sotto i dardi dell'avversa fortuna. Nostro malgrado qualcosa di fondamentale lo abbiamo imparato. Adesso bisogna avere il coraggio di metterlo in pratica.

BIBLIOGRAFIA

DAVIES N.G., KLEPAC P., LIU Y., PREM K., JIT M., CMMID COVID-19 WORKING GROUP, EGGO R.M. (2020), *Age-dependent effects in the transmission and control of COVID-19 epidemics*, MedRxiv <https://doi.org/10.1101/2020.03.24.20043018>.

DE CESARE C, SAVELLI F. (2020), *Coronavirus, mille miliardi di bit al secondo: boom di connessioni, la rete sotto pressione*. *L'economia*, 14 marzo 2020. https://www.corriere.it/economia/consumi/20_marzo_14/coronavirus-mille-miliardi-dati-secondo-boom-connessioni-rischi-blackout-80fb15e4-651a-11ea-ac89-181bb7c2e-00e.shtml

DI LONARDO S., NUVOLONE D., FORASTIERE F., CADUM E., BARCHIELLI A., GRUPPO COLLABORATIVO EPIAIR2 (2013), *Le politiche per la promozione della mobilità sostenibile e la riduzione dell'inquinamento atmosferico causato dal traffico veicolare nelle città partecipanti allo studio EpiAir2*. *Epidemiol. Prev.* 2013; 37 (4-5): 242-251.

EEA (2016), *Morti premature attribuibili all'inquinamento atmosferico*, <https://www.eea.europa.eu/it/pressroom/newsreleases/multi-cittadini-europei-sono-ancora/morti-premature-attribuibili-allinquinamento-atmosferico>

FABRI K. (2019), *Urban Fuel Poverty*. Academic Press, pp.288.

GEORGIADIS T. (2014), *The microclimate of our cities*. *Agrochimica*, 58, 3, 193-205.

GEORGIADIS T. (2017), *Urban Climate and Risk*, Oxford Handbook On-line, DOI:10.1093/oxfordhb/9780190699420.013.11. <https://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780190699420.001.0001/oxfordhb-9780190699420-e-11>

GEORGIADIS T. (2018), *Cambiamenti climatici ed effetti sulle città*. Progetto REBUS Terza edizione. Regione Emilia Romagna, pp.34. <https://territorio.regione.emilia-romagna.it/urbanistica/rebus-r-laboratorio-sulla-rigenerazione-urbana-e-i-cambiamenti-climatici>

GEORGIADIS T. (2019), *Role of climate and city pattern*. Chp.3 in *Urban Fuel Poverty*, K. Fabbri Ed., Academic Press, 41-62.

INU (2020), *Le proposte dell'Istituto Nazionale di Urbanistica per il superamento dell'emergenza e il rilancio del Paese*. <https://www.agendatecnica.it/wp/wp-content/uploads/2020/05/Covid-proposte-inu-15-maggio-2020.pdf>

LE CORBUSIER (1925), *Urbanisme*. Ed. Gres et Cie, Paris, pp.284.

KONG Q., GUERREIRO S.B., BLENKINSOP S., FENG LI X., FOWLER J.H. (2020), *Increases in summertime concurrent drought and heatwave in Eastern China*. *Weather and Climate Extremes*, 28, 100242.

MATZARAKIS A., ROSSI F., GEORGIADIS T. (2007), *Thermal bioclimate analysis for Europe and Italy*. *Il Nuovo Cimento C* 30(6):623-632.

PERKINS S.E., ALEXANDER L.V., NAIRN J.R. (2012), *Increasing frequency, intensity and duration of observed global heatwaves and warm spells*. *Geoph. Res. Lett.*, 39, 20, L20714.

PORCHEDDU C., SERRA C., KALVIN D., KELVIN N., RUBINO S. (2020), *Similarity in Case Fatality Rates (CFR) of COVID-19/SARS-COV-2 in Italy and China*, *The Journal of Infection in Developing Countries* 14(02):125-128.

SIMA (2020), *Position paper: Relazione circa l'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione*. https://www.simaonline.it/wpsima/wp-content/uploads/2020/03/COVID19_Position-Paper_Relazione-circa-1%E2%80%99effetto-dell%E2%80%99inquinamento-da-particolato-atmosferico-e-la-diffusione-di-virus-nella-popolazione.pdf

UNRIC (2020) Obiettivo 11: Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili <https://unric.org/it/obiettivo-11-rendere-le-citta-e-gli-insediamenti-umani-inclusivi-sicuri-duraturi-e-sostenibili/>

VULLO P. (2019), *I motivi che spingono a puntare sul tram*. *Community-Beitrag*, <https://www.salto.bz/de/article/23112019/tram-dati-e-fatti>

WU X., NETHERY R.C., SABATH M.B., BRAUN D., DOMINICI F. (2020), *COVID-19 PM2.5 A national study on long-term exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States*. Harvard University. <https://projects.iq.harvard.edu/covid-pm/home>

Gli effetti delle attività umane sugli ecosistemi del pianeta

Silvano Focardi
 Università di Siena - Dipartimento
 di Scienze Fisica, della terra e
 dell'Ambiente
 E-mail: focardi@unisi.it

The effects of human activities on the planet's ecosystems

Parole chiave: cambiamento climatico, attività umane, ecosistema, biodiversità
 Key words: climate change, human activity, ecosystem, biodiversity

RIASSUNTO

Nell'anno 2005, nel corso dell'*International Scientific Symposium on Stabilization of Greenhouse Gases* tenutosi a Exeter (UK), fu approvata una risoluzione che metteva in evidenza il grave rischio per il nostro pianeta in relazione al fenomeno del riscaldamento globale; tale risoluzione esprimeva grandi preoccupazioni ponendo un limite invalicabile in un aumento della temperatura media terrestre di 2°C. Sono passati più di 14 anni ma sembra che questo allarme non sia stato tenuto in considerazione e le conseguenze del cambiamento climatico in corso sono davanti ai nostri occhi; ciascuno degli ultimi anni è stato il più caldo mai registrato e da poco è stato evidenziato come i mesi di giugno e luglio appena trascorsi siano stati fra i più caldi di sempre. La quasi totalità degli scienziati oggi ritiene che le temperature estreme attuali non abbiano precedenti negli ultimi 2.000 anni e che il riscaldamento globale sia causato dalle attività dell'uomo. Il cambiamento climatico inoltre non viene più considerato come un fenomeno isolato, ma viene visto nel contesto delle attività dell'uomo che causano effetti negativi sugli ecosistemi come l'inquinamento delle acque o la distruzione dell'habitat.

Poiché molti degli effetti del cambiamento climatico sugli ecosistemi hanno anche implicazioni per l'uomo, è logico domandarsi quali siano le conseguenze che questa forma di inquinamento derivata dalle attività umane ha sugli ecosistemi del pianeta. In questo senso gli ecologi cercano di comprendere quanto la minaccia dei cambiamenti climatici possa influenzare la biodiversità, componente essenziale degli ecosistemi. In generale si ritiene che le specie marine possano essere a maggiore rischio perché subiscono anche gli effetti indiretti dell'aumento della temperatura che determina i loro limiti geografici, sia in senso orizzontale che verticale, come dimostrano la comparsa di specie

“aliene” nei nostri mari e la morte dei celenterati delle barriere coralline con il loro conseguente “sbiancamento”. Nelle acque inoltre la temperatura condiziona la disponibilità di nutrienti e di ossigeno, fattori limitanti per gli organismi acquatici.

L'aumento di temperatura degli oceani causa fra l'altro l'espansione termica delle acque con il conseguente innalzamento del livello del mare e influisce sui sistemi meteorologici del pianeta aumentando la frequenza e l'intensità dei fenomeni ad essi connessi come dimostra la presenza ormai quasi annuale del fenomeno del Niño (ENSO: El Niño Southern Oscillation) o l'intensità dei cicloni e delle trombe d'aria che causano distruzioni e morte. Il scioglimento massiccio dei ghiacci polari e del permafrost e le gravi ripercussioni sulle popolazioni dei pinguini in Antartide e degli orsi polari in Artico, ci indicano in maniera evidente come il cambiamento climatico sia oggi un fenomeno che agisce su scala globale, determinando effetti negativi anche sugli ecosistemi remoti, lontani dalle attività dell'uomo che lo generano.

Nell'anno 2005, nel corso dell'*International Symposium on Stabilization of Greenhouse Gases* tenutosi a Exeter (UK), fu approvata una risoluzione che metteva in evidenza il grave rischio per il nostro pianeta in relazione al fenomeno del riscaldamento globale; tale risoluzione esprimeva grandi preoccupazioni ponendo un limite invalicabile in un aumento della temperatura media terrestre di 2°C. Sono passati più di 14 anni ma sembra che questo allarme non sia stato tenuto in considerazione e le conseguenze del cambiamento climatico in corso sono davanti ai nostri occhi; ciascuno degli ultimi anni è stato il più caldo mai registrato (Cheng *et al.*, 2019) e in questi ultimi giorni è stato evidenziato come i mesi di giugno e lu-

glio del 2019 siano stati fra i più caldi di sempre. Il continuo incremento dei gas serra emessi dalle attività umane produce uno squilibrio energetico tra radiazione solare in entrata e radiazione in uscita che porta al riscaldamento globale (Rhein *et al.*, 2013; Trenberth *et al.*, 2014; Von Schuckmann *et al.*, 2016).

La quasi totalità degli scienziati oggi ritiene che le temperature estreme attuali non abbiano precedenti negli ultimi 2.000 anni e che il riscaldamento globale sia causato dalle attività dell'uomo. Il cambiamento climatico inoltre non viene più considerato come un fenomeno isolato, ma viene visto nel contesto delle attività dell'uomo che causano effetti negativi sugli ecosistemi, come l'inquinamento (Smith e Buddemeier, 1992; Focardi *et al.*, 2009; Halpern *et al.*, 2019) o la distruzione dell'habitat (Arnaldi, 2019; Powney *et al.*, 2019; Simon *et al.*, 2019).

Consideriamo il fenomeno dell'inquinamento delle acque e i suoi effetti sugli ecosistemi in genere e sulla biodiversità in particolare. Negli ultimi mesi due argomenti hanno dominato le cronache, l'inquinamento dei mari e degli oceani da plastiche e la morte di molti delfini ritrovati sulle spiagge del Tirreno (La Nazione, 9 agosto 2019; Repubblica, 13 agosto 2019). La morte dei delfini è stata attribuita al *morbillivirus*, che in condizioni normali non causa la morte di questi animali. I delfini morti apparivano magri, attaccati da vari parassiti, come se avessero subito un abbassamento delle difese immunitarie. Non è questo un fenomeno isolato perché piccole morie si sono verificate anche negli anni precedenti, ma per capire la problematica ci è utile ricordare quello che è accaduto all'inizio degli anni '90 quando il *morbillivirus* provocò la morte di almeno 100.000 delfini. Quei delfini mostravano le conseguenze di un forte abbassamento delle difese immunitarie e le ricerche effettuate mostrarono che essi erano fortemente contaminati da com-

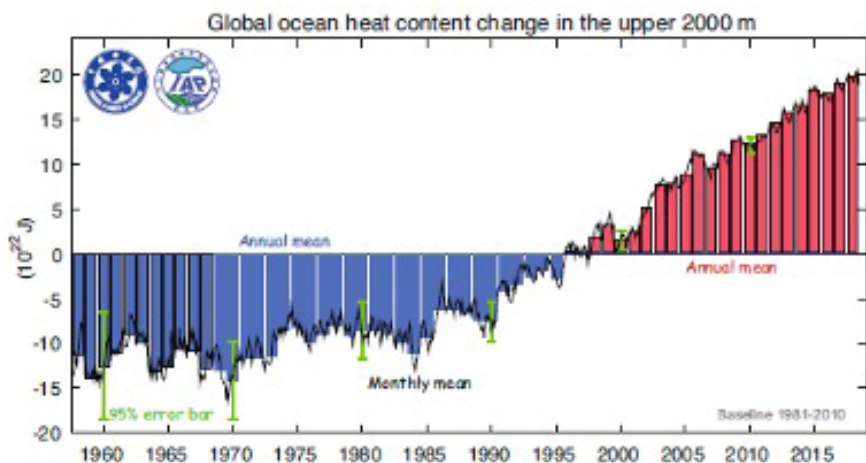


Figura 1. Variazioni del calore contenuto negli oceani (0-2000 metri) negli ultimi 60 anni (da Cheng et al., 2019)

posti come i policlorobifenili (PCBs) e le diossine (Borrell *et al.*, 1996; Focardi, 1997; Kannan *et al.*, 1993). Questi contaminanti appartengono al gruppo dei cosiddetti “endocrine disrupter” (Focardi, 2001), e sono caratterizzati da una azione tossica che colpisce sia il sistema immunitario che il sistema ormonale, con effetti negativi anche sull'uomo (Caserta *et al.*, 2013a; Caserta *et al.*, 2013b; Lughetti *et al.*, 2011; La Rocca *et al.*, 2014). Dalla prima segnalazione di queste problematiche legate all'uso del DDT nel libro *Silent spring* da parte di Rachael Carson (1962) sono passati più di 50 anni, ma ancora si continua a sottovalutare gli effetti dei contaminanti sull'ambiente, sugli ecosistemi ed infine sull'uomo.

Se consideriamo gli effetti negativi legati direttamente o indirettamente al cambiamento climatico del cambiamento climatico, alcuni li ritroviamo nelle cronache di questi giorni: gli incendi della foresta amazzonica (Repubblica, 20 agosto 2019) e l'uragano Dorian (Sole 24 ore, 2 settembre 2019). Consideriamo le problematiche

legate alle conseguenze di questa forma di inquinamento sugli ecosistemi del pianeta. In questo senso gli ecologi cercano di comprendere quanto la minaccia dei cambiamenti climatici possa influenzare la biodiversità, componente essenziale degli ecosistemi (Carpenter *et al.*, 1992; Malcolm e Pitelka, 2000; Dinerstein *et al.*, 2019; Richardson e Schoeman, 2019; Simon *et al.*, 2019; Wepprich *et al.*, 2019).

La maggior parte del calore del riscaldamento globale si deposita negli oceani ed è interessante a questo proposito considerare il lavoro di Cheng *et al.* (2019) che valuta il contenuto di calore oceanico (OHC, Ocean Heat Content) considerato uno dei migliori indicatori per questa problematica. Secondo questi Autori l'anno 2018 ha stabilito un nuovo record di riscaldamento oceanico, superando il 2017, che è stato il precedente anno più caldo mai registrato (Cheng *et al.*, 2018). Sulla base degli ultimi dati dell'Institute of Atmospheric Physics (IAP) l'anomalia totale del calore nei primi 2000 metri degli oceani pone il 2018 come l'anno più caldo mai

registrato dalla fine degli anni 50 (vedi Fig. 1). L'Oceano Meridionale (a sud di 30 S) e l'Oceano Pacifico mostravano un riscaldamento maggiore rispetto all'Atlantico e all'Oceano Indiano (Shi *et al.*, 2018; Swart *et al.*, 2018).

Fra gli effetti negativi dell'aumento di temperatura delle acque oceaniche è particolarmente preoccupante la riduzione delle barriere coralline osservato da alcuni anni (Smith e Buddemeier, 1992). Secondo Hoegh-Guldberg *et al.* (2007) nel corso del 21° secolo il riscaldamento delle acque ad opera del cambiamento climatico e la loro acidificazione opera della CO₂ (prevista arrivare a 500 ppm), faranno scomparire la maggior parte delle barriere coralline (Fig. 2).

Il fenomeno del riscaldamento degli oceani colpisce anche gli ecosistemi degli ambienti estremi, Antartide e Artide. Sono sempre più frequenti e di grandi dimensioni gli iceberg che si staccano dalla banchisa antartica. Nel febbraio 2008 è stato osservato un enorme frammento di 415 chilometri quadrati proveniente dall'area del Wilkins Ice Shelf. Centinaia di miliardi di tonnellate di acqua dolce che in futuro potrebbero portare sollievo per decine di anni alle popolazioni di varie aree del pianeta che attualmente ne sono prive. Il distacco di questi grandi iceberg rappresenta però il sintomo degli effetti del riscaldamento globale. Alcuni ricercatori hanno infatti dimostrato, pubblicando su Nature i risultati di uno studio finanziato dalla NSF (USA), che negli ultimi 50 anni il continente antartico ha subito un riscaldamento evidente, con valori più elevati nella parte posta ad Ovest, a ridosso della Penisola Antartica, proprio nella zona di questa banchisa (Fig. 3). Il Wilkins Ice Shelf esiste da migliaia di anni e se il fenomeno della sua frammentazione dovesse continuare ai ritmi attuali, questa grande distesa di ghiaccio potrebbe disintegrarsi completamente, facendo sparire in poco tempo la metà della banchisa ghiacciata presente oggi in questa regione.

Le popolazioni di alcune specie di pinguini hanno risentito in maniera molto evidente degli effetti del cambiamento climatico che è in corso in Antartide, con effetti anche molto diversi. Un esempio evidente è quello delle popolazioni di pinguino di Adelia (*Pygoscelis adeliae*) e del pigoscelide antartico (*Pygoscelis antarcticus*) nella Penisola Antartica. Cristofari *et al.* (2018) hanno evidenziato come negli ultimi anni l'incremento di temperatura che



Figura 2. Coralli sbiancati (morti) alle Seychelles (© Christophe Mason-Parker, Archipelago Images)

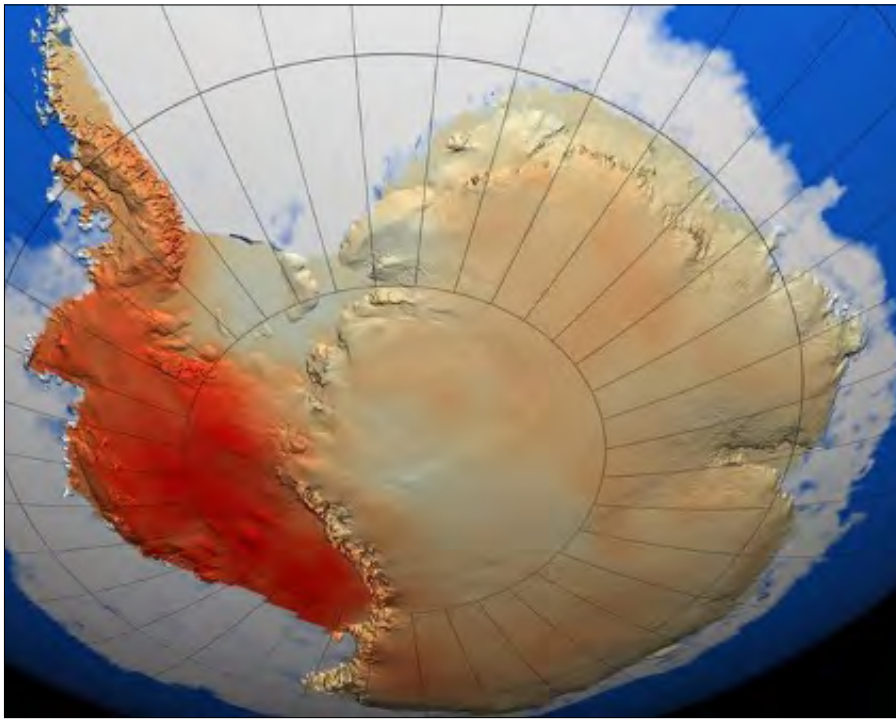


Figura 3. Riscaldamento del continente antartico negli ultimi 50 anni. Le parti in rosso sono quelle ove si è verificato il maggior aumento di temperatura (NASA/GSFC Scientific Visualization Studio, 2009)

si verificato nella Penisola Antartica la popolazione di pinguino di Adelia è diminuita del 22%, mentre quella di pinguino di macrorinca è aumentata del 400%. Il pinguino imperatore (*Aptenodytes forsteri*) subisce negativamente gli effetti del scioglimento dei ghiacci; Fretwell e Trathan (2019) hanno evidenziato la perdita della prole per tre anni consecutivi nella grande colonia di Halley Bay situata nel Brunt Ice Shelf dell'Antartide Occidentale.

Se consideriamo l'Artico, uno degli effetti osservati è stato quello dello scioglimento dei ghiacci e questo fenomeno ha interessato non solo il pack ma anche il permafrost (Biskaborn *et al.*, 2019). L'ecosistema Artico è molto complesso e la perdita di ghiaccio marino può danneggiare l'intera catena alimentare, dalle alghe al plancton, ai pesci e ai mammiferi marini. Gli orsi polari subiscono più di altri organismi questi effetti, in quanto sono animali terrestri che usano proprio

il pack per muoversi e alimentarsi. Molti di questi animali hanno ormai abbandonato il comportamento alimentare tipico e si avvicinano alle abitazioni per alimentarsi con la spazzatura.

L'aumento di temperatura degli oceani causa lo scioglimento dei ghiacci antartici e l'espansione termica delle acque con il conseguente innalzamento del livello del mare; influisce inoltre sui sistemi meteorologici del pianeta aumentando la frequenza e l'intensità dei fenomeni ad essi connessi come dimostra la frequenza ormai quasi annuale del fenomeno del Niño (ENSO: El Niño Southern Oscillation) o l'intensità degli uragani e delle trombe d'aria che causano distruzioni e morte. Il discioglimento massiccio dei ghiacci polari e del permafrost e le gravi ripercussioni sulle popolazioni dei pinguini in Antartide e degli orsi polari in Artico, ci indicano in maniera evidente come il cambiamento climatico sia oggi un fenomeno che agisce su scala globale, determinando effetti negativi anche sugli ecosistemi remoti, lontani dalle attività dell'uomo che lo generano.

BIBLIOGRAFIA

- BISKABORN B.K., SHARON L. SMITH, JEANNETTE NOETZLI, HEIDRUN MATTHES, GONÇALO VIEIRA, DMITRY A. STRELETSKIY, PHILIPPE SCHOENECH, VLADIMIR E. ROMANOVSKY, ANTONI G. LEWKOWICZ, ANDREY ABRAMOV, MICHEL ALLARD, JULIA BOIKE, WILLIAM L. CABLE, HANNE H. CHRISTIANSEN, REYNALD DELAHOYE, BERNHARD DIEKMANN, DMITRY DROZDOV, BERND ETZELMÜLLER, GUIDO GROSSE, MAURO GUGLIELMIN, THOMAS INGEMAN-NIELSEN, KETIL ISAKSEN, MAMORU ISHIKAWA, MARGARETA JOHANSSON, HALLDOR JOHANSSON, ANSEOK JOO, DMITRY KAVIRIN, ALEXANDER KHOLODOV, PAVEL KONSTANTINOV, TIM KRÖGER, CHRISTOPHE LAMBIEL, JEAN-PIERRE LANCKMAN, DONGLIANG LUO, GALINA MALKOVA, IAN MEIKLEJOHN, NATALIA MOSKALENKO, MARC OLIVA, MARCIA PHILLIPS, MIGUEL RAMOS, A. BRITTA K. SANDEL, DMITRII SERGEEV, CATHY SEYBOLD, PAVEL SKRYABIN, ALEXANDER VASILIEV, QINGBAI WU, KENJI YOSHIKAWA, MIKHAIL ZHELEZNYAK, HUGUES LANTUIT (2019), Permafrost is warming at a global scale. *Nature communications*, 10, Article number: 264, <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08240-4>.
- BORRELL A., AGUILAR A., CORSOLINI S., FOCARDI S. (1996), *Evaluation of the toxicity and sex-related variation of PCB levels in Mediterranean striped dolphins affected by an epizootic*. *Chemosphere*, 32: 2359-2369.
- CARPENTER S.R., FISHER S.G., GRIMM N.B., KITCHELL J.F. (1992), *Global change and freshwater ecosystems*. *Annual Rev. Ecol. Systematics*, 23: 119-139.

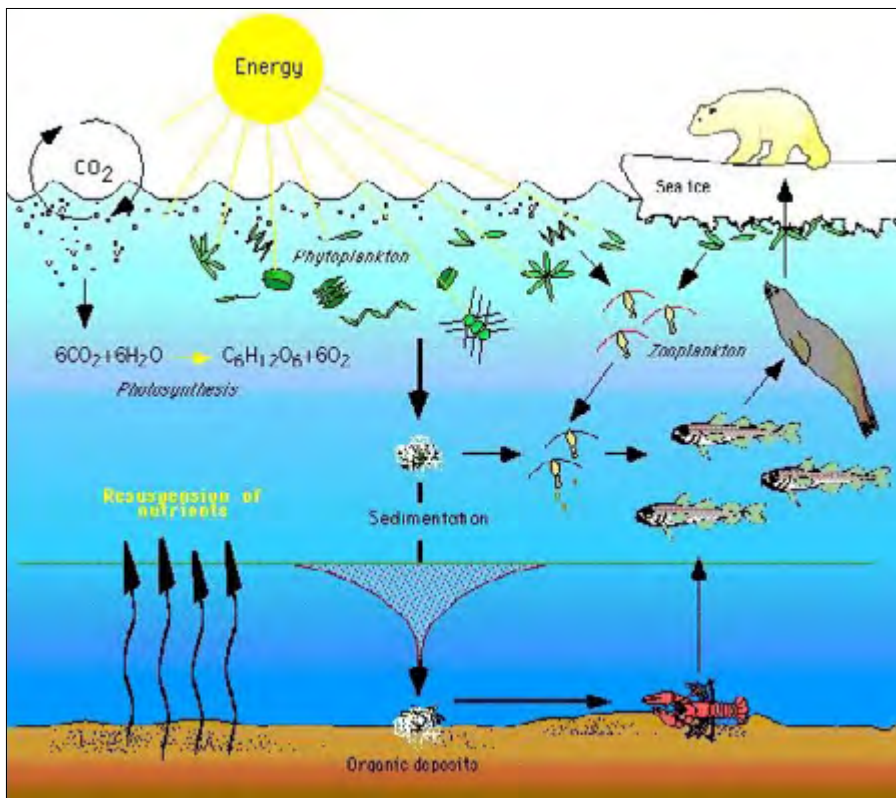


Figura 4. Schema della catena alimentare artica (NOAA, 2011)

- CARSON R. (1962), *The Silent Spring*. Ed. Penguin Books, Harmondsworth, pp.317.
- CASERTA D., BORDI G., CIARDO F., MARCI R., LA ROCCA C., TAIT S., BERGAMASCO B., STECCA L., MANTOVANI A., GUERRANTI C., FANELLO E., PERRA G., BORGHINI F., FOCARDI S.E., MOSCARINI M. (2013a), *The influence of endocrine disruptors in a selected population of infertile women*. *Gynecological Endocrinology*, 29: 444-447.
- CASERTA D., CIARDO F., BORDI G., GUERRANTI C., FANELLO E., PERRA G., BORGHINI F., LA ROCCA C., TAIT S., BERGAMASCO B., STECCA L., MARCI R., LO MONTE G., SOAVE I., FOCARDI S.E., MANTOVANI A., MOSCARINI M. (2013b), *Correlation of Endocrine Disrupting Chemicals Serum Levels and White Blood Cells Gene Expression of Nuclear Receptors in a Population of Infertile Women*. *Internat. J. Endocrinol.*, 2013: 7 pages.
- CHENG L., JIANG ZHU, JOHN ABRAHAM, KEVIN E. TRENBERTH, JOHN T. FASULLO, BIN ZHANG, FUJIANG YU, LIYING WAN, XINGRONG CHEN, XIANGZHOU SONG (2019 - 2018), *Continues Record Global Ocean Warming*. *Advances in Atmospheric Sciences*, 36: 249-252.
- CRISTOFARI R., XIAOMING LIU, FRANCESCO BONADONNA, YVES CHEREL, PIERRE PISTORIUS, YVON LE MAHO, VIRGINIE RAYBAUD, NILS CHRISTIAN STENSETH, CÉLINE LE BOHEC, EMILIANO TRUCCHI (2018), *Climate-driven range shifts of the king penguin in a fragmented ecosystem*. *Nature Climate Change*, 8: 245-251.
- DIFFENBAUGH N.S., BURKEA M. (2019), *Global warming has increased global economic inequality*. *PNAS*, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1816020116
- DINERSTEIN E., C. VYNNE, E. SALA, A.R. JOSHI, S. FERNANDO, T.E. LOVEJOY, J. MAYORGA, D. OLSON, G.P. ASNER, J.E. M. BAILLIE, N.D. BURGESS, K. BURKART, R.F. NOSS, Y.P. ZHANG, A. BACCINI, T. BIRCH, N. HAHN, L.N. JOPPA, E. WIKRAMANAYAKE (2019), *A Global Deal For Nature: Guiding principles, milestones, and targets*. *Sci. Adv.*, 5: eaaw2869. <http://advances.sciencemag.org/>
- FOCARDI S. (1997), *Contaminación antropogénica y vida marina*. In: Eduardo Tarifeño (Ed.), "Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacífico Oriental", IOC/INF, 1046 : 395-401.
- FOCARDI S. (2001), *Risk assessment of dioxins and dioxin-like polychlorobiphenyls in food*. XI Congresso S.Ít.E., Sabaudia, 12-14 settembre 2001, pp. 102-103.
- FOCARDI S., MARIOTTINI M., RENZI M., PERRA G., FOCARDI S. (2009), *Anthropogenic impacts on the Orbetello lagoon ecosystem*. *Toxicology and Industrial Health*, 25: 365-371.
- FRETWELL P.T., TRATHAN P.N. (2019), *Emperors on thin ice: three years of breeding failure at Halley Bay*. *Antarctic Science*, 31: 133-138. doi:10.1017/S0954102019000099.
- GOLDEN KRONER R.E., SIYU QIN, CARLY N. COOK, ROOPA KRITHIVASAN, SHALYNN M. PACK, OSCAR D. BONILLA, KERRY ANNE CORT-KANSINALLY, BRUNO COUTINHO, MINGMIN FENG, MARIA ISABEL MARTÍNEZ GARCIA, YIFAN HE, CHRIS J. KENNEDY, CLOTILDE LEBRETON, JUAN CARLOS LEDEZMA, THOMAS E. LOVEJOY, DAVID A. LUTHER, YOHAN PARMANAND, CÉSAR AUGUSTO RUÍZ-AGUDELO, EDGAR YERENA, VILISA MORÓN ZAMBRANO, MICHAEL B. MASCIA (2019), *The uncertain future of protected lands and waters*. *Science*, 364: 881-886
- HOEGH-GULDBERG O., P.J. MUMBY, A.J. HOOTEN, R.S. STENECK, P. GREENFIELD, E. GOMEZ, C.D. HARVELL, P.F. SALE, A.J. EDWARDS, K. CALDEIRA, N. KNOWLTON, C.M. EAKIN, R. IGLESIAS-PRIETO, N. MUTHIGA, R.H. BRADBURY, A. DUBI, M.E. HATZIOLOS (2007), *Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification*. *Science*, 318: 1737-1342.
- HALPERN B.S., MELANIE FRAZIER, JAMIE AFFLERBACH, JULIA S. LOWNDES, FIORENZA MICHELI, CASEY O'HARA, COURTNEY SCARBOROUGH, KIMBERLY A. SELKOE (2019), *Recent pace of change in human impact on the world's ocean*. *Scientific Reports*, 9: 11609. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47201-9>
- INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE STABILIZATION OF GREENHOUSE GAS. *Report of the Steering Committee*, 3 Feb 2005, Exeter, United Kingdom.
- IUGHETTI, L., GUERRANTI, C., PREDIERI, B., BONETTI, A., MADEO, S., PATIANNA, V., LUISI, S., FANELLO, E.L., PERRA, G., FOCARDI, S.E. (2011), *High Levels of Serum Perfluorinated Compounds in Children with Endocrine Autoimmune Disease*. *Hormone Research In Paediatrics*, 76 (S2), p. 57.
- LA ROCCA C., TAIT S., GUERRANTI C., BUSANI L., CIARDO F., BERGAMASCO B., STECCA L., PERRA G., MANCINI F.R., MARCI R., BORDI G., CASERTA D., FOCARDI S., MOSCARINI M., MANTOVANI A. (2014), *Exposure to Endocrine Disruptors and Nuclear Receptor Gene Expression in Infertile and Fertile Women from Different Italian Areas*. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11: 10146-10164.
- KANNAN K., TANABE S., BORRELL A., AGUILAR A., FOCARDI S., TATSUKAWA R. (1993), *Isomer-specific analysis and toxic evaluation of Polychlorinated Biphenyls in Striped Dolphins affected by an epizootic in the Western Mediterranean Sea*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 25: 227-233.
- MALCOLM J.R., PITELKA L.F. (2000), *Ecosystems & Global climate change: A Review of Potential Impacts on U.S. Terrestrial Ecosystems and Biodiversity*. *Pew Center on Global Climate Change*, 41pp.
- NEUKOM R., STEIGER N., GÓMEZ-NAVARRO J.J., WANG J., WERNER J.P. (2019), *No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era*. *Nature*, 571. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1401-2>
- NOAA (2011), *Global climate report*. National Center for Environmental Information, Annual 2011.
- PINSKY M.L., ANNE MARIA EIKESSET, DOUGLAS J. MCCAULEY, JONATHAN L. PAYNE, JENNIFER M. SUNDAY (2019), *Greater vulnerability to warming of marine versus terrestrial ectotherms*. *Nature*, 569. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1132-4>
- POWNEY G.D., CLAIRE CARVELL, MIKE EDWARDS, ROGER K. A. MORRIS, HELEN E. ROY, BEN A. WOODCOCK, NICK J.B. ISAAC (2019), *Widespread losses of pollinating insects in Britain*. *Nature communication*, 10:1018. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08974-9>
- RHEIN, M., and coauthors (2013), *Observations: Ocean. Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. CONTRIBUTION OF WORKING GROUP I TO THE FIFTH ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, T.F. STOCKER et al., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, New York, NY, USA.
- RICHARDSON A.J., SCHOEMAN D.S. (2019), *Sea animals vulnerable to warming*. *Nature*, 569: 50-51.
- SHI, J. R., S. P. XIE, L.D. TALLEY (2018), *Evolving relative importance of the Southern Ocean and north Atlantic in anthropogenic ocean heat uptake*. *J. Climate*, 31: 7459-7479. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0170.1>
- SIMON D., GLYN DAVIES, MARC ANCRENAZ (2019), *Changes to Sabah's orangutan population in recent times: 2002-2017*. *PLOS ONE*, 14: e0218819. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218819>
- SMITH S.V., BUDDEMEIER R.W. (1992), *Global change and coral reef ecosystems*. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 23: 89-118.
- SWART, N.C., S.T. GILLE, J.C. FYFE, N.P. GILLET (2018), *Recent Southern Ocean warming and freshening driven by greenhouse gas emissions and ozone depletion*. *Nature Geoscience*, 11: 836-841. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0226-1>
- TRENBERTH, K.E., J.T. FASULLO, M.A. BALMASEDA (2014), *Earth's energy imbalance*. *J. Climate*, 27: 3129-3144. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00294.1>
- VON SCHUCKMANN, K., and coauthors (2016), *An imperative to monitor Earth's energy imbalance*. *Nat. Clim. Change*, 6: 138-144. <https://doi.org/10.1038/nclimate2876>
- WEPPRICH T, ADRIAN J.R., RIES L., WIEDMANN J., HADDAD N.M. (2019), *Butterfly abundance declines over 20 years of systematic monitoring in Ohio, USA*. *PLoS ONE*, 14: e0216270. <https://doi.org/10.1371/journal>

ARTICOLI DI STAMPA

- ARNALDI R., 2019, *Le api stanno morendo, una tragedia per l'umanità*. "La Stampa", 3 settembre 2009.
- Delfini morti, 37 casi in Toscana. I risultati delle analisi: la causa è il Morbillivirus. "La Nazione", 9 agosto 2019.
- Gli incendi in Amazzonia in tre ecoregioni tra le più importanti del pianeta. "la Repubblica", 30 agosto 2019.
- Toscana, ad uccidere i 40 delfini è stato il Morbillivirus. "la Repubblica", 13 agosto 2019.
- Dorian, almeno 5 vittime. Evacuazioni in Florida, Georgia e Carolina. "Il Sole 24 Ore", 2 settembre 2019.

I cambiamenti climatici nel Mar Mediterraneo: scenari futuri e soluzioni di mitigazione ed adattamento

The Mediterranean Sea in a changing climate: future projections, mitigation and adaptation plans

Parole chiave: Mar Mediterraneo, scenari climatici, modellistica numerica multiscala, strategie di mitigazione, piani di adattamento, soluzioni basate sulla natura (NBS)
Key words: Mediterranean Sea, climate scenarios, multi-scale numerical modeling, mitigation strategies, adaptation plans, Nature Based Solutions

Giorgia Verri⁽¹⁾, Giovanni Coppini⁽¹⁾, Stefania Angela Ciliberti⁽¹⁾, Andrea Cipollone⁽²⁾, Emanuela Clementi⁽²⁾, Ivan Federico⁽¹⁾, Giulia Galluccio⁽³⁾, Doroteaciro Iovino⁽²⁾, Rita Lecci⁽¹⁾, Tomas Lovato⁽²⁾, Gianandrea Mannarini⁽¹⁾, Simona Masina⁽²⁾

⁽¹⁾ Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) Divisione Ocean Prediction and Application (OPA)

⁽²⁾ Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) Divisione Ocean modelling and Data Assimilation (ODA)

⁽³⁾ Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) Found Raising Office

*Autore corrispondente
E-mail: giorgia.verri@cmcc.it

1. INTRODUZIONE

Diversi studi tra cui quelli coordinati dall'Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, danno evidenza del fatto che il sistema clima sta cambiando e mettono in luce il ruolo dell'oceano globale rispetto al cambiamento climatico in atto.

In *Fig. 1* sono riportati quattro indicatori oceanografici costruiti a partire da diversi dataset disponibili su scala globale dall'inizio del XX secolo ad oggi e proposti nel quinto Assessment Report dell'IPCC (IPCC AR5, 2013). L'evidenza sperimentale indica: (i) un trend di riduzione del ghiaccio polare artico pari al 4% su base decennale e fino al 10% per

decade se si considerano solo i mesi estivi; (ii) un progressivo aumento del contenuto di calore nei primi 700 metri di profondità degli oceani dagli anni '70 ad oggi; (iii) un aumento del livello medio globale del mare dal 1901 al 2010 pari a 0.19 m con buon livello di confidenza suggerito dall'allineamento dei datasets osservativi in situ con le osservazioni satellitari disponibili a partire dal 1993; (iv) un incremento del contenuto di CO₂ disciolta e conseguente riduzione del pH pari a 0.1, dagli anni '90 ad oggi.

Oltre ai dataset osservativi, con livello di confidenza variabile a seconda della copertura spaziale e bias strumentali, l'analisi del sistema clima contenuta

negli Assessment Reports dell'IPCC si basa su simulazioni e proiezioni realizzate con ensemble di modelli climatici globali (CMIP, Coupled Model Intercomparison Project). La lettura degli ensemble CMIP può essere fatta solo su scala globale ed è ovviamente resa particolarmente significativa sul range che va da inizio era industriale (ovvero la seconda Rivoluzione Industriale) ad oggi mediante il confronto con le osservazioni disponibili.

A questo proposito, il quinto Assessment Report dell'IPCC evidenzia come i modelli CMIP e le osservazioni concordino nell'indicare un aumento della temperatura alla superficie di 1°C

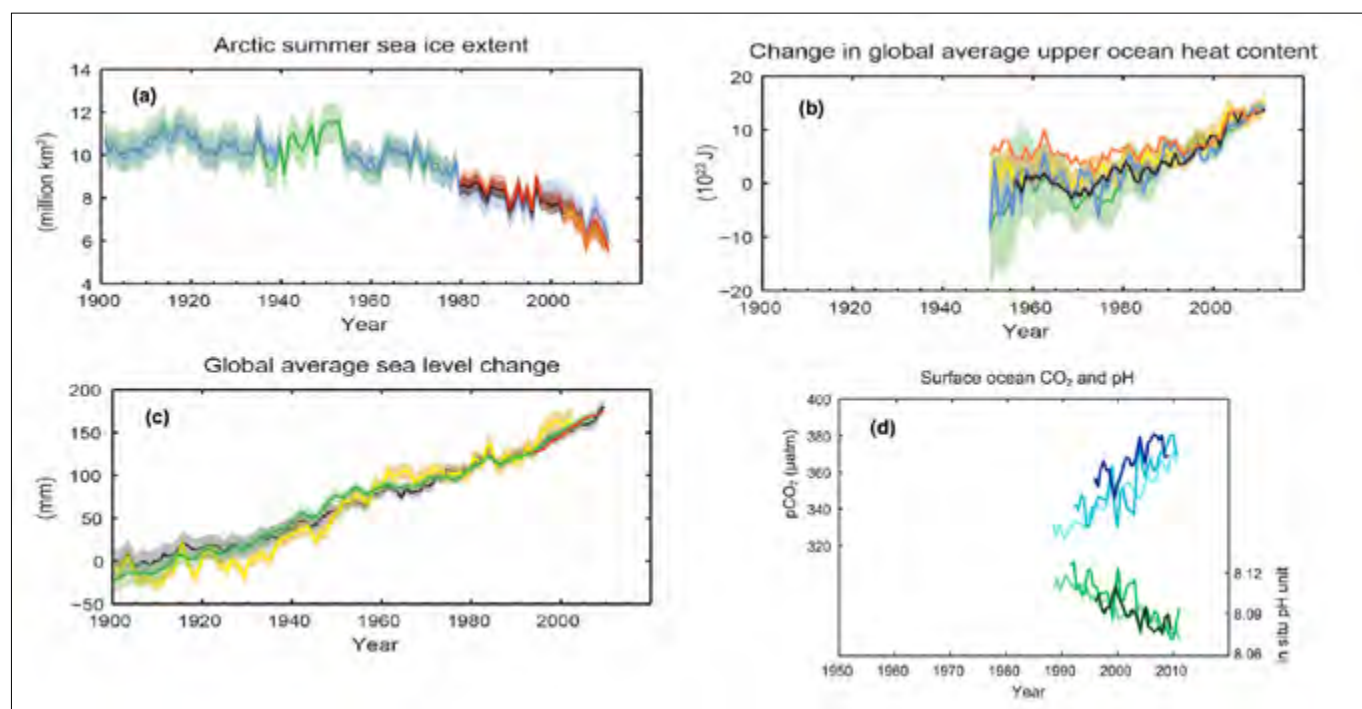


Figura 1. Da IPCC AR5 -WG1 Technical Summary: Indicatori oceanografici basati su dataset osservativi. (a) estensione del ghiaccio polare artico in estate (Luglio-Agosto-Settembre). (b) contenuto di calore nei primi 700 metri di profondità degli oceani rispetto alla media di tutti i dataset nel 1970. (c) livello medio del mare su scala globale relativo al valore medio su 1900-1905. La serie temporale rossa è data dalla media delle osservazioni satellitari disponibili dal 1993. (d) pressione parziale alla superficie del mare esercitata della CO₂ disciolta (serie temporali blu) e valori di pH in situ (serie temporali verdi). Entrambi gli indicatori sono relativi a 3 stazioni di misura in Atlantico (29°10'N, 15°30'W - verde/blu scuro; 31°40'N, 64°10'W - verde/blu) ed Oceano Pacifico (22°45'N, 158°00'W - verde/blu chiaro)

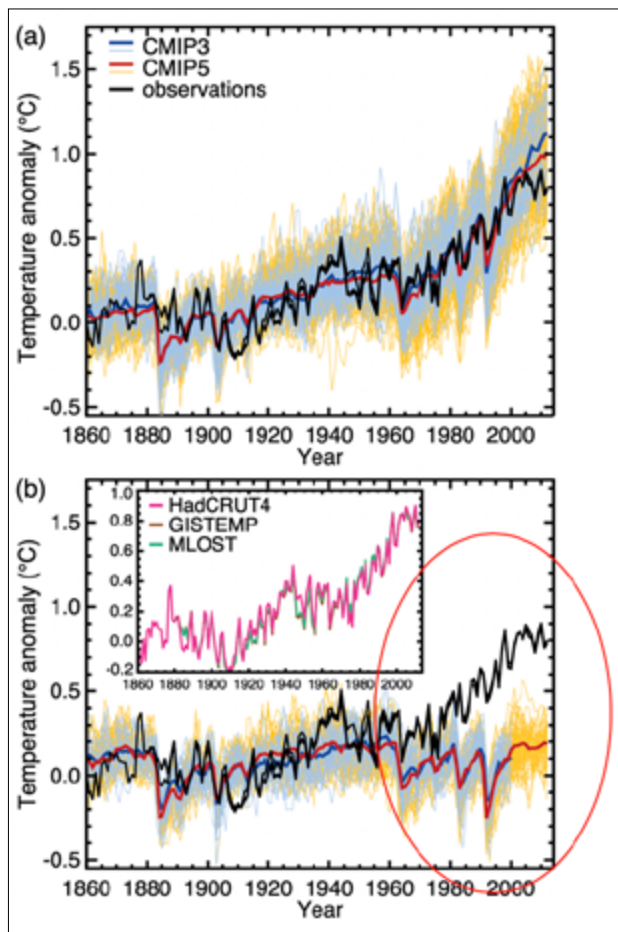


Figura 2. Da IPCC AR5 -WG1 Technical Summary: Serie temporale della temperatura dell'aria alla superficie su scala globale (serie temporale nera) come media dei dataset osservativi HadCRUT4 (Hadley Centre/Climatic Research Unit gridded surface temperature data set 4), GISTEMP (Goddard Institute for Space Studies Surface Temperature Analysis) ed MLOST (Merged Land-Ocean Surface Temperature Analysis) e confrontata con i risultati di ensemble di modelli numerici (modelli CMIP3-serie temporali blu e modelli CMIP5-serie temporali gialle) Pannello (a): i modelli includono sia forzanti naturali che antropici Pannello (b): solo forzanti naturali. Le time series rosse e blu in grossetto sono le medie degli ensemble CMIP5 e CMIP3 rispettivamente. L'inserito nel Pannello (b) mostra il dettaglio dei singoli dataset osservativi

da inizio dell'era industriale ad oggi (Fig. 2 pannello superiore). Inoltre se si sottrae il forzante antropico nelle simulazioni dei modelli CMIP, si annulla il trend positivo di anomalia di temperatura osservato dalle stazioni di misura negli ultimi 50 anni (Fig. 2 pannello inferiore). Questo risultato smentisce una delle principali obiezioni mosse dai negazionisti del cambiamento climatico, ovvero la sovrastima del forzante antropico da parte dei modelli CMIP.

Guardando al bacino del Mar Mediterraneo, diversi studi negli anni hanno attribuito al Mar Mediterraneo un ruolo di hotspot rispetto al clima attuale e al cambiamento climatico in atto.

Tra questi, il Report redatto congiuntamente da EEA, JRC e WHO nel 2008 evidenzia una anomalia di temperatura della superficie del mare dagli anni '80 ad oggi sia su scala globale che a livello regionale per il Mar Mediterraneo: come riportato in Fig. 3 sul periodo 1982-2006 la temperatura della superficie del mare è aumentata di 0.01°C per l'oceano globale e di 0.03°C per il Mar Mediterraneo (Coppini *et al.*, 2007). Questo risultato è in linea con il recente CMEMS (Copernicus Marine Environmental Monitoring Service) Ocean State Report (Von Schuckmann *et al.*, 2018) che indica un aumento della temperatura della superficie del mar Mediterraneo di 0.04°C su periodo 1993-2016.

Il ruolo del Mar Mediterraneo come hotspot del cambiamento climatico in atto è confermato anche da studi più recenti: Cramer *et al.* (2018) mostrano che la temperatura dell'aria media annuale nella regione del Mar Mediterraneo è circa di 1.4°C al di sopra del livello preindustriale, con un trend di 0.4°C in più rispetto alla scala globale (Fig. 4). Per mettere in risalto il ruolo del bacino del Mar Mediterraneo rispetto alle aree continentali che lo circondano, Lionello e Scarascia (2018) prendono in esame il trend di aumento della temperatura dell'aria a livello globale e quello sul Mediterraneo da fine XIX secolo ad oggi (rianalisi ed osservazioni) e con proiezioni al 2100 (scenari CMIP5 downscalati): sull'intero arco temporale di oltre 200 anni il rate di aumento medio annuo sul Mediterraneo è superiore del 20% rispetto a quello su scala globale prendendo in considerazione sia punti terra che punto mare (Fig. 5, Pannelli superiori), il rate è in linea con quello globale se ci si limita alle sole aree continentali (Fig. 5, Pannelli inferiori).

Recenti analisi pubblicate all'interno del CMEMS Ocean State Report, indi-

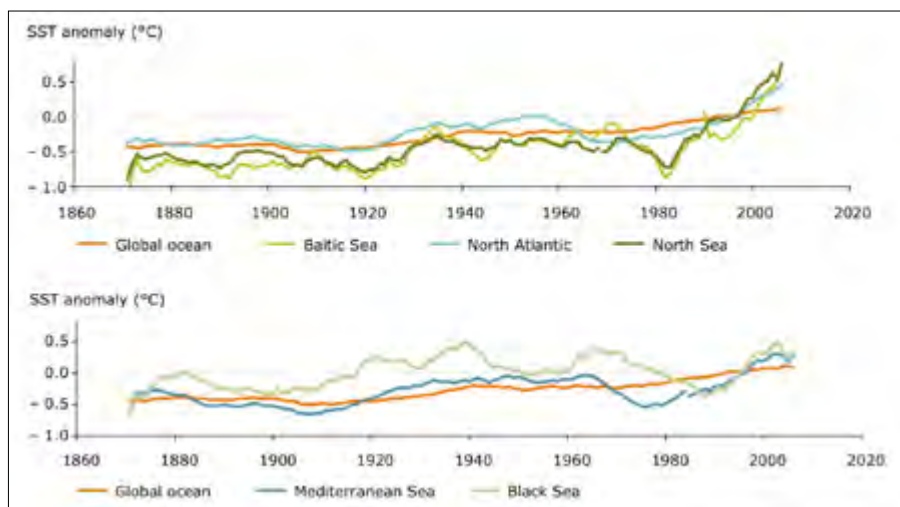


Figura 3. Da Coppini *et al.* 2007: Anomalie di temperatura della superficie del mare per l'oceano globale e i diversi mari europei. L'intervallo temporale è 1870-2006. I datasets sono resi disponibili da: Hadley Centre (HADISST1 (oceano globale)), MOON (Mar Mediterraneo) e Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Mar Baltico e Mar Nero)

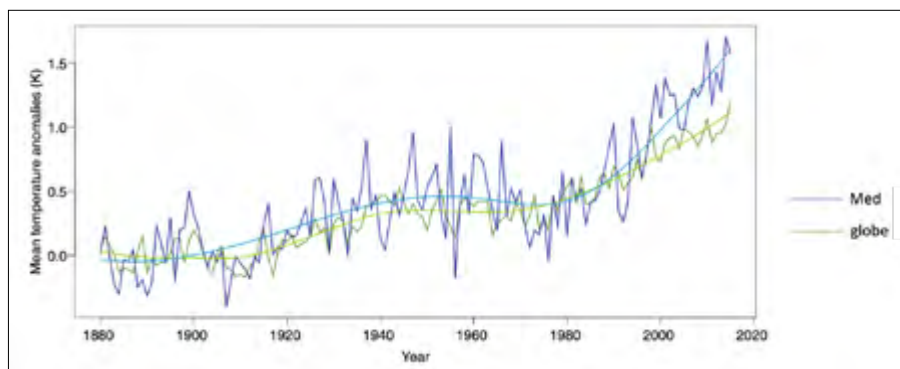


Figura 4. Da Cramer *et al.* 2018: Anomalie di temperatura dell'aria media annuale su scala globale (serie temporali verdi) e nel bacino del Mediterraneo (serie temporali blu). Il periodo di riferimento è 1880-1899. Fonte dati <http://berkeleyearth.org/>

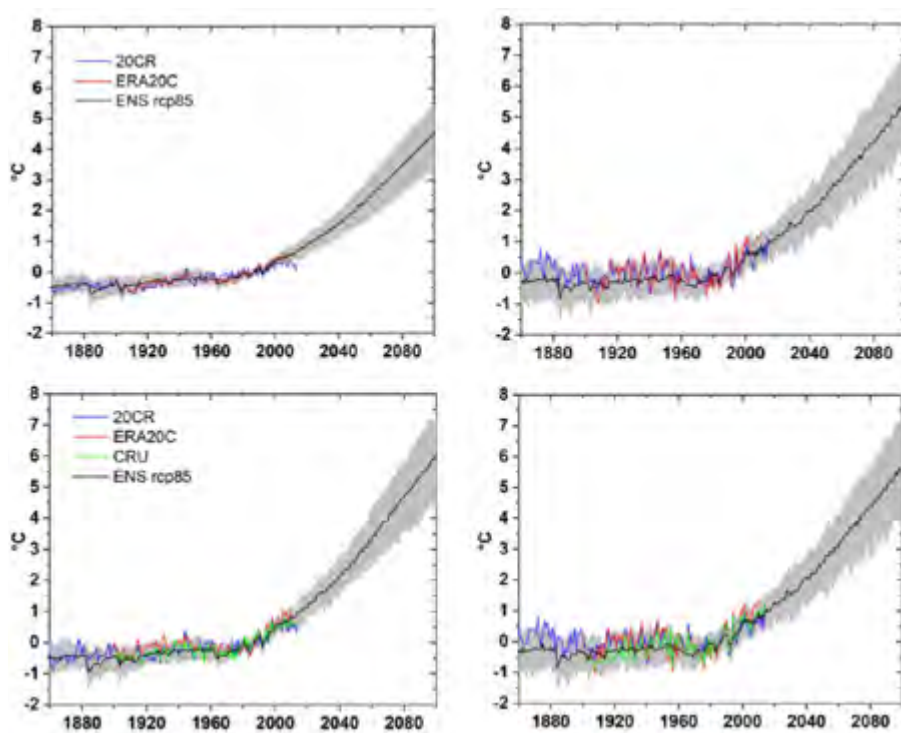


Figura 5. Da Lionello et al. 2018: Pannelli superiori: Evoluzione temporale della temperatura media annuale su scala globale (pannello a sinistra) e sulla regione del Mar Mediterraneo (pannello a destra) basata su simulazioni e proiezioni da modelli CMIP5 (con RCP 8.5): l'ensemble mean è individuato dalla linea nera e l'ensemble spread dall'area in grigio. Le serie temporali in blu e rosso individuano le rianalisi ERA20C e 20CR. I pannelli inferiori replicano i risultati considerando unicamente i punti terra dei modelli (con aggiunta della serie temporale dei dati osservativi CRU)

cano un aumento dell'anomalia (deviazione rispetto al periodo di riferimento 1993-2014) del contenuto di calore nei primi 700 metri della colonna d'acqua del mar Mediterraneo di circa 0.8 W/m^2 sul periodo 1993-2017 (Fig. 6). Tale risultato è valutato considerando sia dati CMEMS di reanalisi numeriche (quattro globali ed una regionale) che dati osservati ed è annualmente aggiornato e pubblicato come Ocean Monitoring Indicator (OMI, <http://marine.copernicus.eu/science-learning/ocean-monitoring-indicators/catalogue/>).

2. IL PIANO NAZIONALE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI, PNACC, PER IL MAR MEDITERRANEO ED I MARI ITALIANI

La Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) ha contribuito alla stesura del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici voluto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM PNACC 2017), tramite l'identificazio-

ne di macroregioni climatiche terrestri e marine sulla base del clima attuale e l'elaborazione di scenari futuri a medio termine (2021-2050). La prima stesura dello studio realizzato dal CMCC per la consultazione pubblica è disponibile al sito https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf, la versione finale non è stata ancora approvata dal MATTM.

L'analisi delle condizioni climatiche future del Mar Mediterraneo è stata condotta considerando uno scenario in cui le emissioni di gas serra seguono i trend attuali (business as usual), identificato nell'ambito IPCC come Representative Concentration Pathway (RCP) 8.5. L'evoluzione del Mar Mediterraneo è stata simulata tramite un modello termidrodinamico regionale con una risoluzione orizzontale di circa 6.5 km (Lovato et al., 2013) che è stato forzato con i campi atmosferici prodotti dal modello climatico globale del CMCC (Scoccimarro et al., 2011) nell'ambito della fase 5 del Coupled Model Intercomparison Project (CMIP5). Il modello regionale è stato utilizzato per produrre una simulazione sul periodo 1981-2050. I risultati della simulazione sono stati utilizzati per determinare le potenziali variazioni di alcune variabili d'interesse per il Mar Mediterraneo ed i mari italiani (temperatura della superficie del mare, livello medio del mare, indicatore di rimescolamento verticale) confrontando le proiezioni a medio termine (2021-2050) e le condizioni attuali (1981-2010) su base mensile, stagionale ed annuale.

Tale simulazione, identificata come MEDSEA, è stata inizialmente confrontata con le rianalisi oceaniche messe a disposizione dal servizio europeo CMEMS per il periodo 1987-2010. Il confronto tra le rianalisi (REAN) e il dataset MEDSEA riportato in Fig. 7 è stato condotto per verificare la robustezza del modello forzato tramite i dati del modello globale nel rappresentare le condizioni attuali di temperatura superficiale dell'acqua (SST) e livello del mare (SSH). Il confronto per SST mostra una buona corrispondenza per il Mar Ionio e il Mediterraneo orientale (Fig. 7a), mentre alcune differenze emergono nel bacino occidentale, sebbene i valori siano mediamente al di sotto di 1°C . Tali differenze si concentrano principalmente nel periodo invernale ed autunnale (Fig. 7b).

La distribuzione spaziale delle differenze per il livello del mare (Fig. 7c) mostra una buona corrispondenza tra i

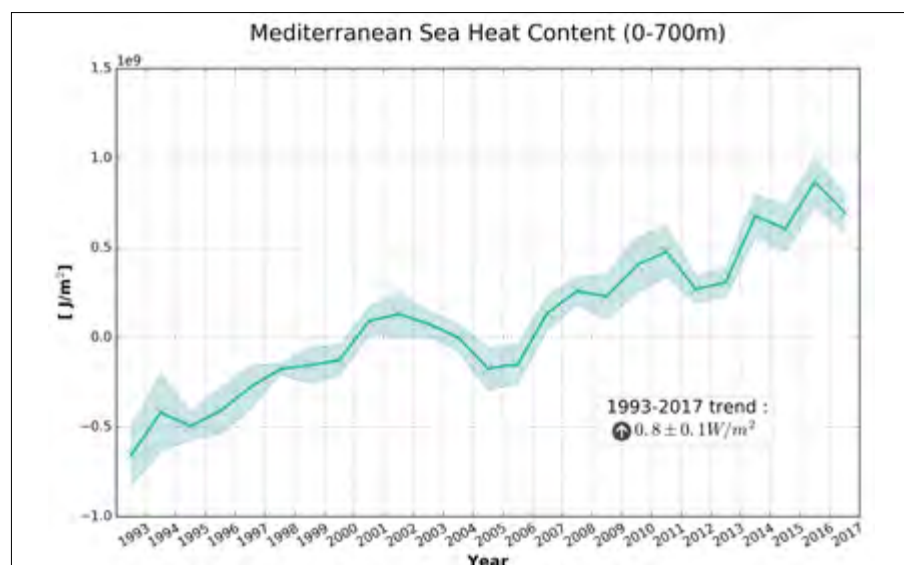


Figura 6. Serie temporale del contenuto di calore medio annuale nel Mar Mediterraneo integrato tra 0 e 700m per il periodo 1993-2017: ensemble mean (linea blu) ed ensemble spread (area in azzurro). L'ensemble mean è basato su diversi prodotti CMEMS: quattro reanalisi globali, una reanalisi del Mar Mediterraneo e due prodotti osservativi

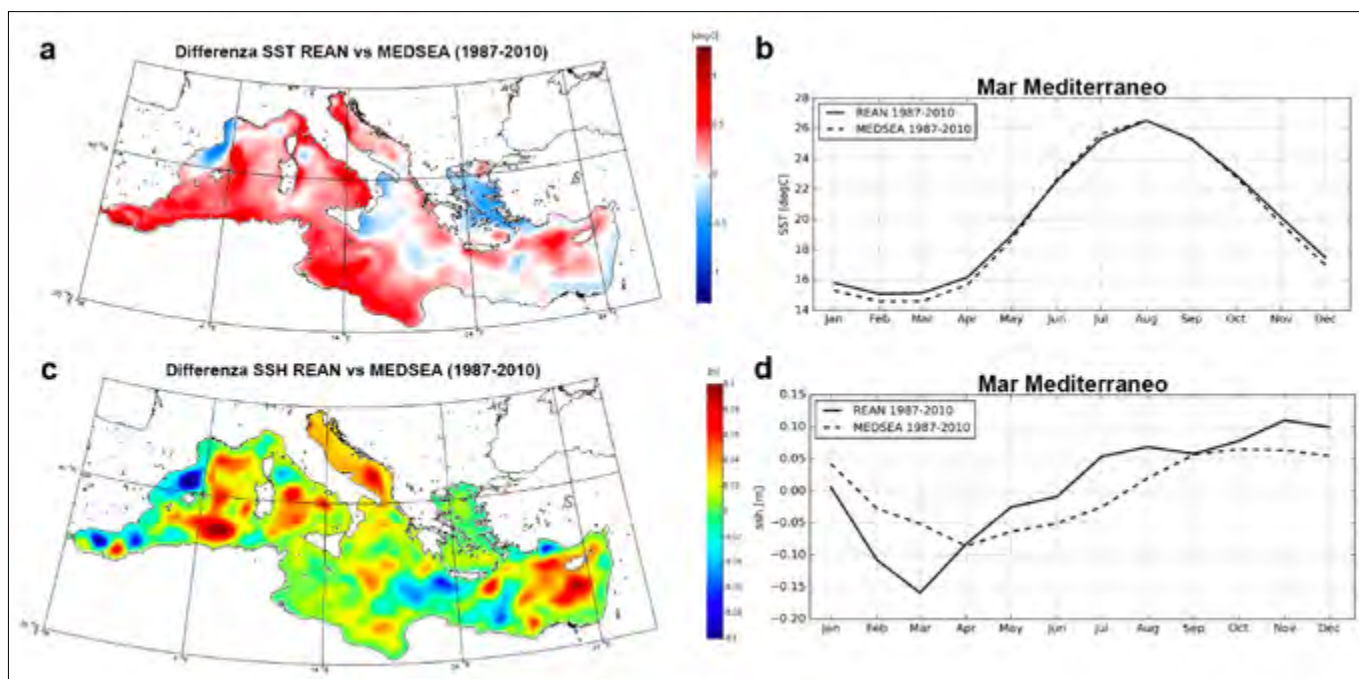


Figura 7. In alto a sinistra: Differenza della temperatura superficiale ($^{\circ}\text{C}$) media calcolata sul periodo 1987-2010 tra la rianalisi (REAN) e il modello forzato con i dati climatici (MEDSEA). In alto a destra: Climatologia mensile della temperatura superficiale dell'acqua ($^{\circ}\text{C}$) calcolata sul periodo 1987-2010 per la rianalisi (REAN, linea continua) e per la simulazione con il modello forzato (MEDSEA, linea tratteggiata). In basso a sinistra: Differenza del livello marino (metri) medio calcolata sul periodo 1987-2010 tra la rianalisi (REAN) e il modello forzato con i dati climatici (MEDSEA). In basso a destra: Climatologia mensile del livello del mare (metri) calcolata sul periodo 1987-2010 per la rianalisi (REAN, linea continua) e per la simulazione con il modello forzato (MEDSEA, linea tratteggiata). I dati sono stati corretti rimuovendo il valore medio calcolato sull'intero periodo di ciascun dataset. Adattato da PNACC (2017)

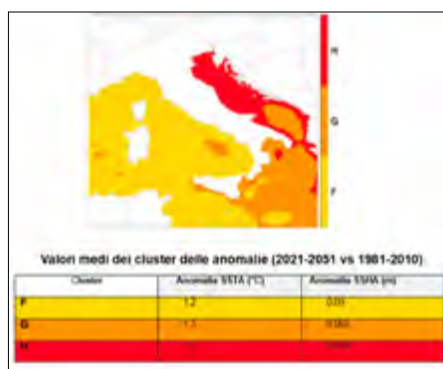


Figura 8. Zonazione climatica delle anomalie di temperatura superficiale (SSTA) e livello del mare (SSHA) per il dataset MEDSEA RCP8.5 (2021-2050 vs 1981-2010) considerando un box sul Mediterraneo centrale. Adattato da PNACC (2017)

due datasets e le deviazioni principali emergono in corrispondenza delle strutture di mesoscala più stabili, comunque con valori entro $\pm 10\text{cm}$. L'evoluzione di SSH a scala di bacino presenta un andamento comparabile con valori più negativi nel periodo invernale per il dataset MEDSEA (Fig. 7d).

In generale, il confronto dei campi climatologici delle rianalisi CMEMS e delle simulazioni MEDSEA per il periodo di riferimento del clima attuale hanno valori comparabili e vi è una buona corrispondenza nell'evoluzione temporale.

Le differenze tra i valori medi di temperatura superficiale dell'acqua e livello

del mare calcolati per lo scenario medio termine (2021-2050) ed il periodo di riferimento (1981-2010) di MEDSEA sono stati utilizzati per identificare 3 macroregioni marine con caratteristiche omogenee utilizzando l'analisi dei cluster (Fig. 8). La macroregione rossa mostra l'aumento più significativo di SST pari a $+1.5^{\circ}\text{C}$, mentre la regione gialla è caratterizzata dall'aumento più significativo di SSH pari a 9 cm.

L'analisi delle differenze tra i due periodi è stata estesa alla scala stagionale al fine di identificare l'occorrenza di variazioni distribuite in modo disomogeneo nel corso dell'anno.

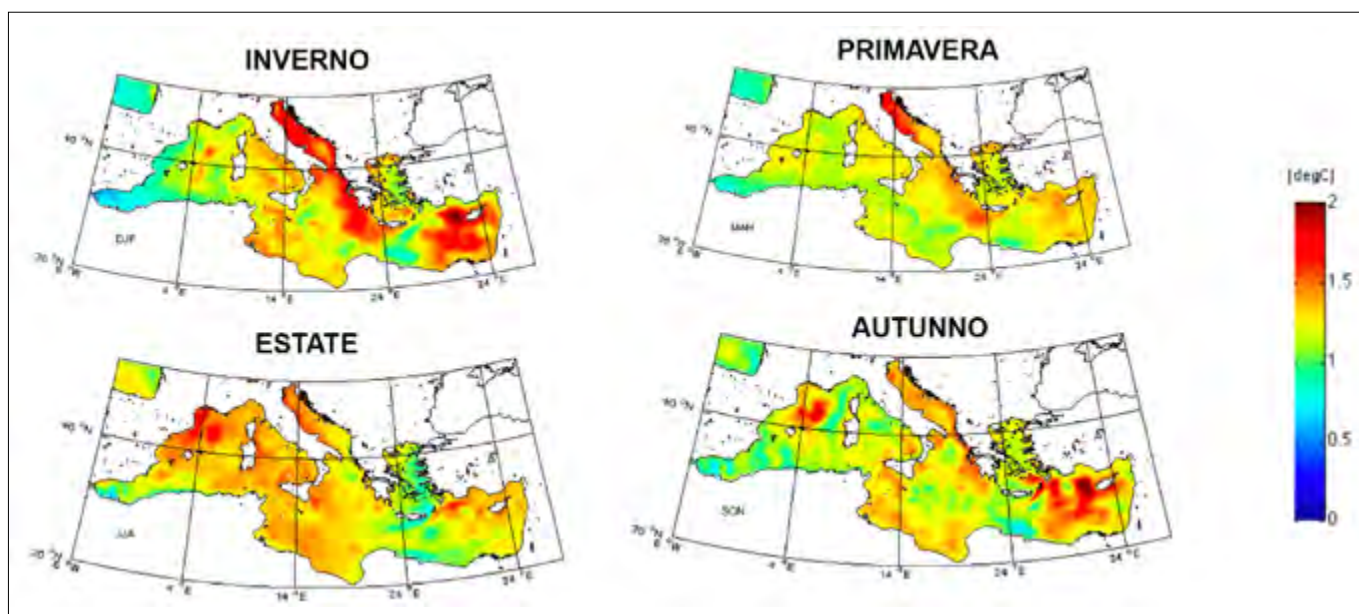


Figura 9. Differenza della temperatura superficiale ($^{\circ}\text{C}$) media tra il periodo 2021-2050 (scenario RCP8.5) e 1981-2010 calcolata su base stagionale. Adattato da PNACC (2017)

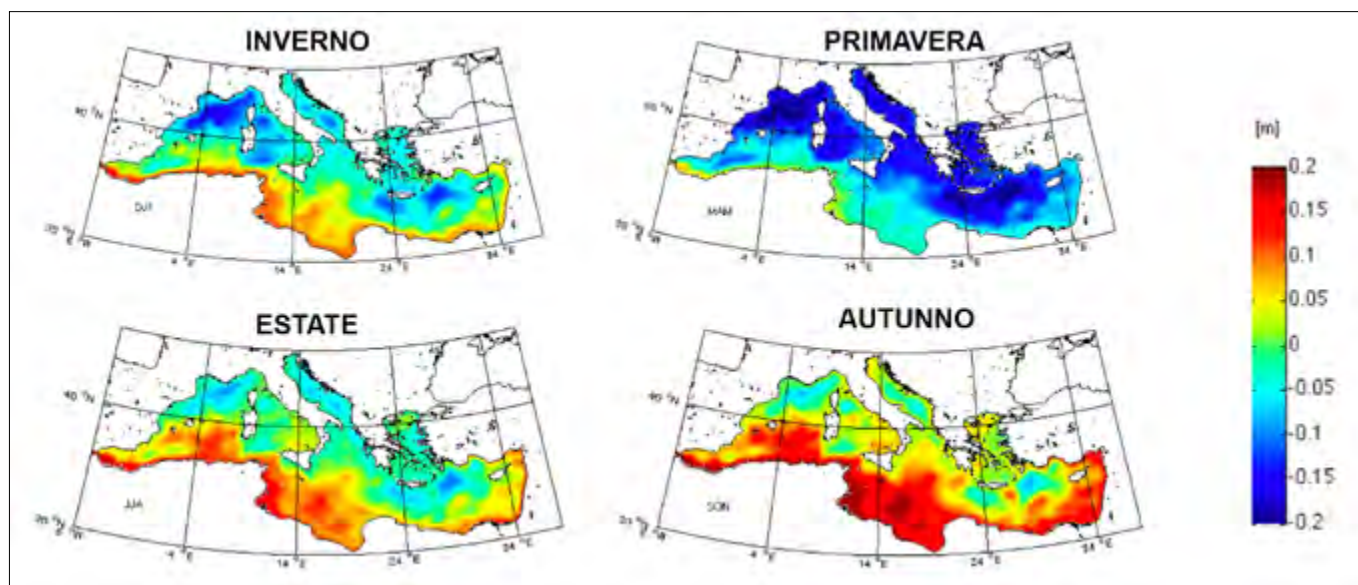


Figura 10. Differenza del livello del mare (metri) tra il periodo 2021-2050 (scenario RCP8.5) e 1981-2010 calcolata su base stagionale. Adattato da PNACC (2017)

Le anomalie di SST su base annua presentano valori positivi per l'intero bacino pari a 1.2 °C, mentre le anomalie stagionali (Fig. 9) più alte si osservano nel bacino Adriatico e Levantino e in inverno (oltre 2 °C su scala locale). Il livello del mare presenta una anomalia positiva per l'intero bacino su scala annuale, con differenze su base stagionale (Fig. 10) più alte nel periodo autunnale

per il Mar Tirreno (+10cm) ed il Mediterraneo meridionale (fino a +20cm).

Limitatamente alle regioni costiere italiane (entro 12 miglia dalla costa) è stato elaborato l'indice di rimescolamento, rappresentativo del ciclo di stratificazione/destratificazione della colonna d'acqua e rilevante per gli ecosistemi marini. Sebbene l'aumento di SST previsto sul medio termine porti

ad un potenziale aumento della stratificazione verticale, l'effetto sull'indice di rimescolamento risulta essere contenuto e maggiormente visibile nei periodi primaverile ed autunnale (Fig. 11).

Complessivamente, le informazioni prodotte per la caratterizzazione dei possibili cambiamenti climatici per il Mar Mediterraneo, e i mari italiani in particolare, evidenziano variazioni fu-

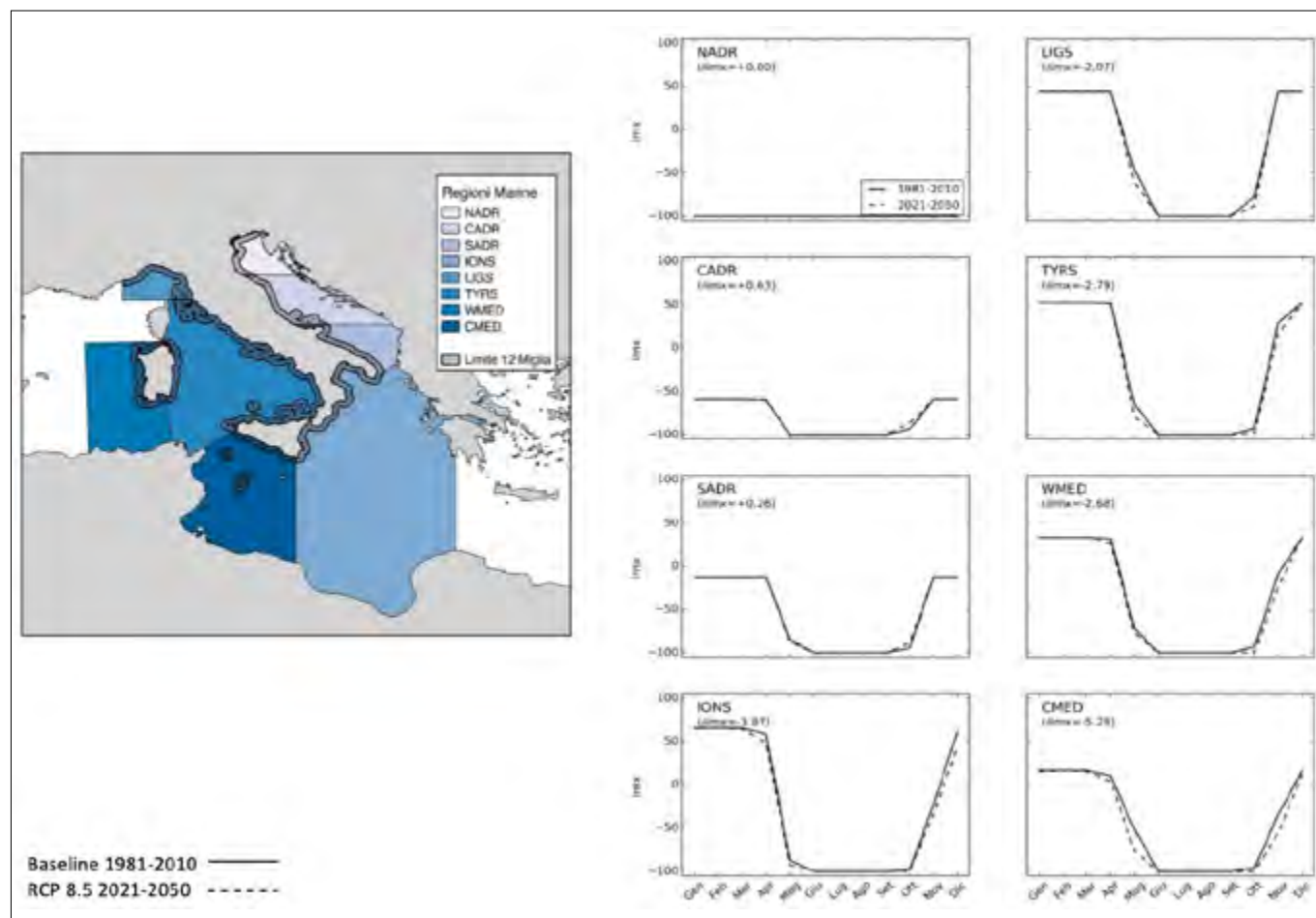


Figura 11. A sinistra: Divisione dei mari italiani in specifiche regioni marine, proposta in Fratianni et al. (2016). La zona ombreggiata indica il limite di 12 miglia dalla linea di costa. A destra: Confronto delle climatologie mensili dell'indicatore di rimescolamento (mixing - imx) tra il 1981-2010 (linea continua) e lo scenario RCP8.5 nel periodo 2021-2050 (linea tratteggiata) per la fascia costiera entro le 12 miglia marine delle regioni marine definite a sinistra. Il valore Δimx rappresenta la differenza calcolata su base annuale tra i due periodi. Adattato da PNACC (2017)

ture in linea o in accelerazione rispetto ai trend su scala globale ed forniscono una base dettagliata per tracciare le linee guida sulle azioni di adattamento da intraprendere.

3. VERSO LO SVILUPPO DI SCENARI CLIMATICI A SCALA LOCALE

La pianificazione di strategie di adattamento e mitigazione “sito specifiche” richiede, come emerso dall’analisi climatica realizzata nel PNACC, lo sviluppo di scenari climatici a scala “locale”. Scenari su scala locale richiedono a loro volta l’utilizzo di (i) modellistica ad alta ed altissima risoluzione in grado di ridurre il numero di processi sub-scale parametrizzati o non risolti, (ii) modelli integrati in grado di descrivere tutte le componenti del ciclo dell’acqua su scala locale (atmosfera, idrologia, idraulica e idrodinamica marina) e di risolvere i processi alle interfacce (aria/terra, aria/mare e terra/mare).

Il CMCC ha sviluppato e sta sviluppando capacità di modellistica multi-scale, cross-scale e/o in continuum che consentono di produrre simulazioni e scenari climatici con un alto livello di accuratezza ed affidabilità e di pianificare ed implementare strategie di mitigazione ed adattamento innovative e sito specifiche.

In Fig. 12 sono riportati alcuni dei modelli implementati dal CMCC basati su codici alle differenze finite ed agli elementi finiti, da scala globale a scala costiera e con risoluzione orizzontale variabile da decine di km a decine di metri.

In particolare, da Luglio 2017 è operativo presso il CMCC un sistema di previsione globale ad alta risoluzione, denominato GOFs16, in grado di for-

nire giornalmente previsioni per lo stesso giorno di produzione (nowcast) e per i 7 giorni successivi (forecast) dei campi oceanografici essenziali, quali temperatura, salinità, correnti, livello del mare e concentrazione del ghiaccio marino su scala globale, ad una risoluzione che varia dai circa 7 km all’equatore sino a 2 km nelle regioni polari con 98 livelli verticali. I campi sono forniti sia come medie giornaliere che medie orarie. Il modello su cui si basa GOFs16 è NEMO-LIM2 in una configurazione globale capace di risolvere i processi di mesoscala (Iovino *et al.*, 2016), accoppiato allo schema 3DVAR per l’assimilazione di osservazioni oceaniche in-situ (profili verticali di temperatura e salinità provenienti giornalmente da boe, navi, piattaforme galleggianti, mammiferi marini, etc.) e dati satellitari (anomalie del livello del mare, temperatura alla superficie del mare) chiamato OceanVar (Storto *et al.*, 2016). OceanVar è un sistema variazionale multivariato con formulazione incrementale, in cui la covarianza verticale degli errori del modello è schematizzata principalmente tramite funzioni empiriche ortogonali (EOFs), mentre la correlazione orizzontale è indotta tramite filtri ricorsivi (Storto *et al.*, 2014). L’assimilazione del ghiaccio avviene contestualmente all’integrazione del modello tramite schemi di rilassamento Newtoniano. La visualizzazione del bollettino giornaliero di GOFs16 e l’analisi della qualità dei suoi prodotti sono disponibili ai link <http://gofs.cmcc.it/>, <http://evalid.cmcc.it/evaluation/gofs/>. Passando alla scala regionale, il CMCC contribuisce al servizio Copernicus Marine mediante lo sviluppo dei modelli oceanografici e il mantenimento dei sistemi operativi per il Mar

Mediterraneo (Clementi *et al.*, 2018) e il Mar Nero. I sistemi del Mar Mediterraneo e del Mar Nero forniscono giornalmente le analisi e 10 giorni di previsione della temperatura, la salinità, le correnti, il livello del mare, la temperatura al fondo e la profondità di mescolamento. Il sistema del Mar Mediterraneo è risolto su una griglia avente risoluzione di circa 4.5 km e 141 livelli verticali, mentre quello del Mar Nero su una griglia di circa 3 km di risoluzione e 31 livelli verticali. Entrambi i sistemi, basati sul modello numerico NEMO, sono accoppiati ad OceanVar per l’assimilazione dei profili in-situ di temperatura e salinità e delle osservazioni da satellite, quali le anomalie del livello del mare e la temperatura alla superficie, forniti da CMEMS. Il sistema del Mediterraneo è inoltre accoppiato online al modello d’onda WAVEWATCH III implementato sullo stesso dominio spaziale allo scopo di migliorare la previsione delle condizioni dinamiche e di circolazione generale (Clementi *et al.*, 2017). La visualizzazione dei bollettini giornalieri e della validazione dei prodotti regionali sono disponibili ai seguenti link: <http://medfs.cmcc.it/> and <http://bsfs.cmcc.it/>.

A valle della modellistica a scala globale e regionale, il CMCC lavora allo sviluppo di modelli previsionali ad alta risoluzione in grado di raggiungere mediante continuità spaziale aree sub-regionali, costiere, portuali e fluviali, favorendo anche lo scambio mutuale delle dinamiche tra le scale spaziali. Per raggiungere tali obiettivi si utilizzano modelli a griglia non strutturata che sono in grado di risolvere con risoluzione variabile sia processi locali sottocosta che dinamiche di larga scala. Nello specifico, le implementazioni effettuate sono basate

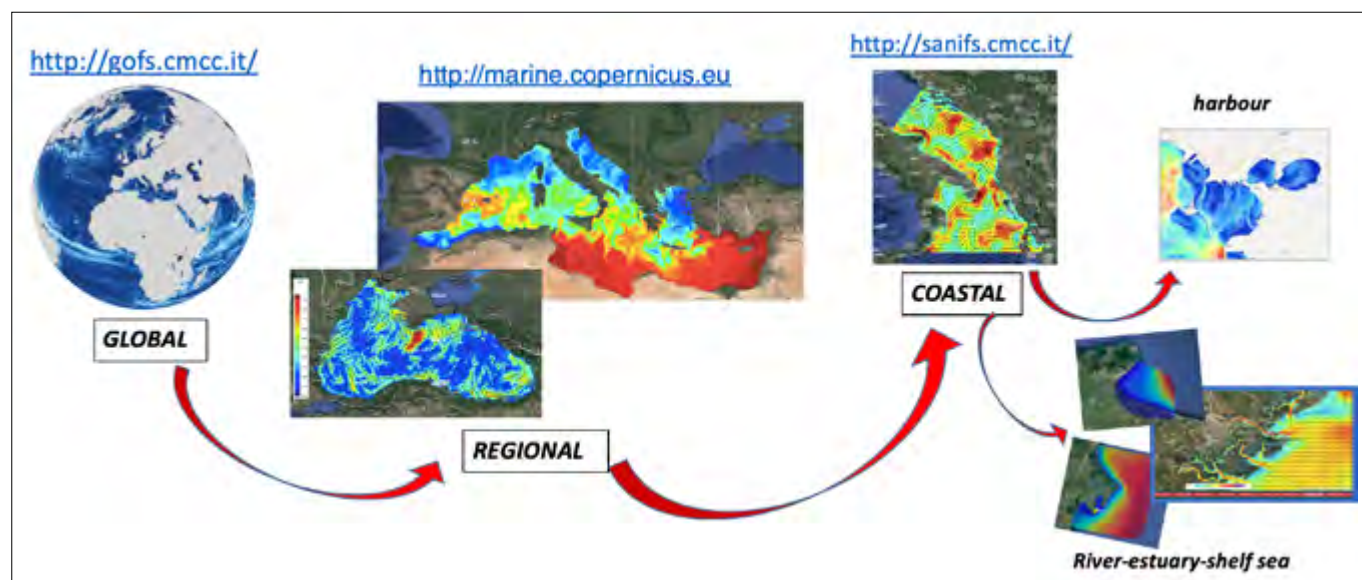


Figura 12. Overview della suite di modelli implementati dal CMCC da scala globale a scala portuale ed estuarina

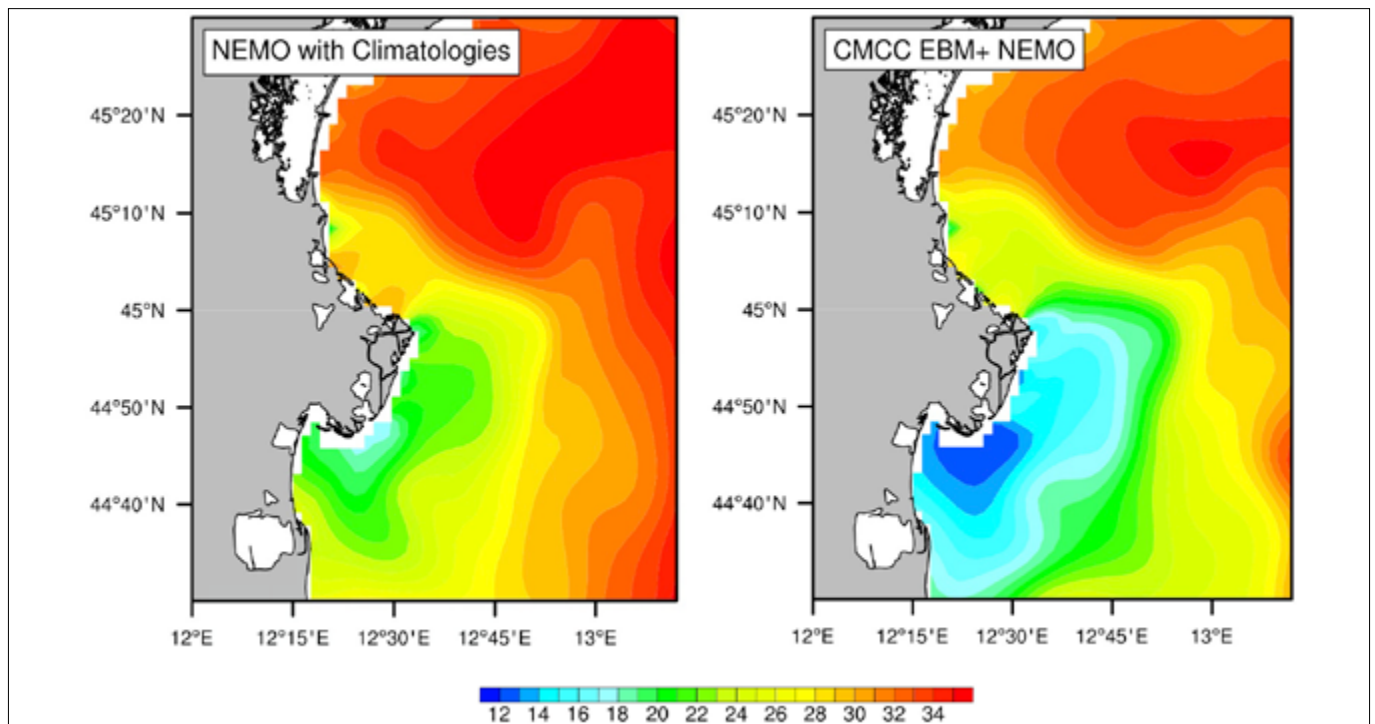


Figura 13. Salinità della superficie del mare (psu) nell'area adiacente le bocche del delta del fiume Po in condizioni di upwelling wind. Pannello a sinistra: esperimento basato su NEMO con portata climatologica e salinità costante alle bocche del delta. Pannello a destra: esperimento gemello con portata e salinità alle bocche del delta fornite dal modello CMCC EBM

sul modello numerico agli elementi finiti tridimensionale baroclinico SHYFEM (Umgiesser *et al.*, 2004; Bellafiore *et al.*, 2009). Si riportano di seguito, a titolo d'esempio, due implementazioni di tipo operativo previsionale:

- SANIFS (Southern Adriatic Northern Ionian coastal forecasting System, sanifs.cmcc.it, Federico *et al.*, 2017) è un sistema previsionale implementato per le zone costiere sud orientali d'Italia (Puglia, Basilicata e Calabria), con risoluzione spaziale variabile tra i 3km in mare aperto ai 100m e 20m rispettivamente nelle fasce litoranee e portuali (Porti di Taranto, Brindisi e Bari); il sistema è forzato dai prodotti CMEMS per il Mediterraneo per la componente oceanografica e dai campi atmosferici ECMWF
- SWITCH (Savannah - Water Integrated Tool for ocean, Coastal and river Hydraulics forecasting, savannah.cmcc-opa.eu/) è un sistema previsionale che rappresenta un banco di prova di downscaling dei prodotti globali CMEMS in aree extra-europee; è stato infatti sviluppato, in collaborazione con Institute of Technology of Georgia, per fornire previsioni nelle aree costiere della Georgia (USA) con particolare interesse per il fiume di Savannah e la sua zona urbana e portuale. Il sistema è stato utilizzato in maniera previsionale in tempo reale durante l'impatto dell'uragano Dorian nel

Settembre 2019 e validato per eventi estremi e di inondazione verificatisi negli ultimi anni, come ad esempio l'uragano Matthew del 2016

È noto da letteratura che gli apporti fluviali condizionano in modo significativo la circolazione e dinamica marina da scale costiere a scale di bacino (Schiller and Kourafalou (2010), Skliris *et al.* (2007), Coles *et al.* (2013), Verri *et al.*, 2018) ed il destino dei land-derived materials rilasciati in mare è condizionato da forma ed intensità dei river plumes (Izett and Fennel 2018). I modelli oceanografici su mesoscala non hanno però una risoluzione spaziale sufficiente per risolvere le aree estuarine ma necessitano di una rappresentazione affidabile dell'outflow alle bocche dei fiumi. Anche i modelli di biogeochimica possono beneficiare da una informazione accurata sul rilascio di sedimenti, inquinanti e nutrienti alle bocche dei fiumi. A questo scopo, il CMCC ha sviluppato un Estuary Box Model 1D (CMCC EBM, Verri *et al.* under review) che risolve la circolazione estuarina e fornisce il flusso di volume e di sale alle bocche dei fiumi come risultato dei processi di rimescolamento ed overturning che hanno luogo entro l'estuario. Il modello permette inoltre di stimare la lunghezza di intrusione del cuneo salino. Il CMCC EBM è stato utilizzato in coupled-mode con un modello di idrologia/idraulica e con un modello oceanografico rispettivamente alla testa ed alla bocca dell'estuario. Tale accoppiamento, come evidenziato in

Fig. 13 e come confermato da confronto con osservazioni disponibili, permette una rappresentazione realistica del river plume rispetto al classico approccio "climatologico" dei modelli oceanografici su mesoscala che prevede l'utilizzo di medie multidecadali di portata e valori di salinità alla foce scelti ad-hoc con un approccio euristico.

I ridotti tempi di calcolo e la minima calibrazione richiesta rendono il CMCC EBM uno strumento utile a supporto dell'elaborazione di scenari climatici da scala globale a scala regionale. In generale l'uso di box models che forniscano una rappresentazione affidabile del rilascio netto di freshwater, risponde alla raccomandazione del recente IPCC *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (IPCC SR 2019).

4. VERSO LO SVILUPPO DI STRATEGIE DI MITIGAZIONE ED ADATTAMENTO SITO SPECIFICHE E INNOVATIVE

Il termine *Nature Based Solution*, NBS, sta divenendo sempre più presente nel dibattito sullo sviluppo di strategie sito specifiche per la mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici. Nonostante non sia ancora stata data una vera e propria definizione del termine, l'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) definisce NBS l'insieme di soluzioni al-

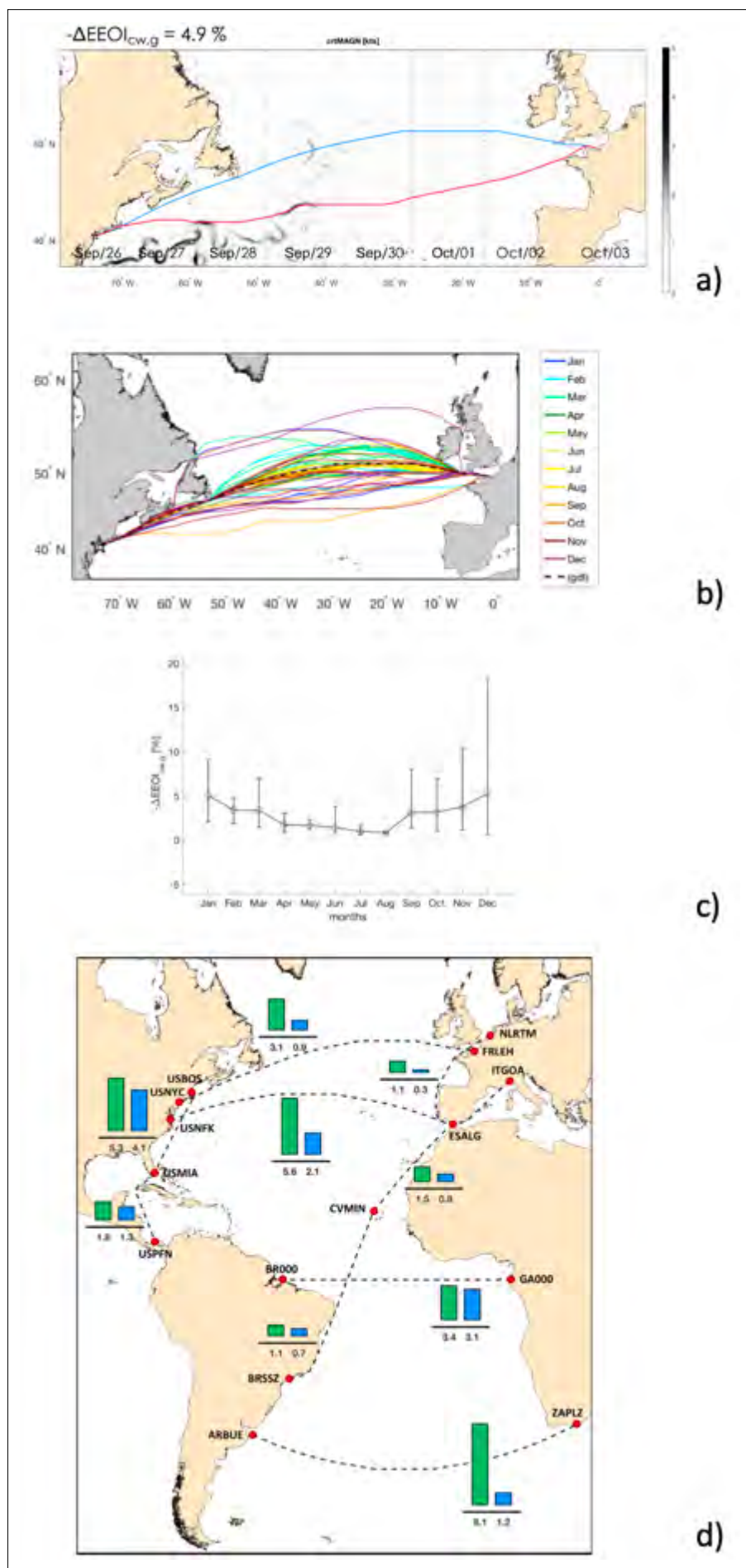


Figura 14. Da Mannarini et al. (2019a): a) Rotta ottimale (in rosso) e rotta più breve (in blu) da New York a Le Havre con partenza in 26/9/2017, tenendo conto sia delle correnti oceaniche di superficie (toni di grigio) che delle onde; b) fascio delle rotte ottimali per partenze ogni 5 giorni nell'anno 2017 (colore corrisponde al mese di partenza) confrontate con rotta più breve che ignora le condizioni ambientali (nero tratteggiato); c) statistiche mensili (valore minimo, medio e massimo) del potenziale di riduzione dell'intensità di carbonio per le rotte in b); quadro riassuntivo dei potenziali di diverse rotte, tenendo conto sia di onde che correnti (colonne verdi) o solo delle correnti (blu)

ternative per conservare, gestire in modo sostenibile e preservare la funzionalità di ecosistemi naturali o ristabilirla in ecosistemi alterati dall'uomo.

Duarte *et al.*, 2013 propone per la prima volta la piantumazione di vegetazione di strato bentonico (posidonia, mangrovie e altre piante acquatiche) come *Nature Based Solution* in grado di svolgere una duplice azione per gli ambienti marini costieri: (i) quella di barriera all'erosione ed alla salinizzazione delle acque terrestri, dovute all'aumento del livello del mare e all'azione del moto ondoso (azione di adattamento) e (ii) quella di CO_2 sinks (azione di mitigazione).

Infrastrutture naturali e misure basate sulla natura stanno diventando strumenti sempre più utilizzati per preservare gli ambienti marini e ridurre gli impatti per le comunità costiere dovuti ad inondazioni ed erosione. Tuttavia questi approcci ancora vengono considerate delle opzioni alternative dai decision-makers.

Nell'ambito del progetto *H2020 Operandum* coordinato da Università di Bologna, si sta utilizzando il modello CMCC EBM per costruire scenari di intrusione del cuneo salino nei rami del delta del fiume Po. Le simulazioni e gli scenari prodotti supporteranno l'individuazione, mediante esperimenti di laboratorio in scala, della vegetazione di strato bentonico sito specifica in grado di assorbire CO_2 (soluzione di mitigazione) e di assorbire sale e incrementare la rugosità del fondale riducendo l'intrusione del cuneo salino ed il rischio di inondazioni ed erosione (soluzione di adattamento).

Un'altra strategia innovativa di mitigazione, che vede impegnato il CMCC, riguarda il trasporto marittimo. Il trasporto marittimo è un'arteria fondamentale dell'economia globale, provvedendo alla distribuzione dell'80% delle merci in volume (UNCTAD 2019). L'impronta di carbonio diretta del trasporto marittimo (non legata cioè alla produzione dei beni trasportati) non è trascurabile, e corrisponde a circa il 2.5% delle emissioni globali di CO_2 (come Italia e Spagna messe insieme; IMO 2014). A livello internazionale, la riduzione di tale impronta è oggetto di sforzi normativi (IMO 2018, EU 2015), tecnologici, ed industriali (DNV GL 2019). Tra le misure a breve termine, che si possono quindi attuare anche sulla flotta esistente, vi è la ridefinizione dinamica delle rotte, in base alle condizioni meteo-marine di volta in volta previste. Il CMCC dal 2012 ha progettato e sviluppato un sistema modellistico con questo scopo, chiamato VISIR (Mannarini *et al*

2016a, 2016b, 2019a, 2019b). VISIR è un modello open-source e la sua prima applicazione operativa si riferisce al Mar Mediterraneo. Nel progetto H-2020 Atlantos, VISIR è stato ulteriormente sviluppato per calcolare il potenziale di riduzione dell'imponda di carbonio di varie rotte transoceaniche, distinguendo il ruolo delle onde da quello delle correnti di superficie. È stata trovata una forte regionalità di tale potenziale (Fig. 14), a seconda delle condizioni meteomarine dominanti nell'area, ma anche una significativa dipendenza stagionale, il che enfatizza il ruolo del dato previsionale in applicazioni modellistiche finalizzate a fornire un beneficio alla società. Lo sviluppo di VISIR prosegue in vari progetti, tra cui l'Interreg Italia-Croazia GUTTA, coordinato dal CMCC, che mira a contribuire alla decarbonizzazione del traffico dovuto ai traghetti nel Mar Adriatico.

BIBLIOGRAFIA

- BELLAFFIORE, D., UMGIESSER, G. (2010), *Hydrodynamic coastal processes in the north Adriatic investigated with a 3D finite element model*, *Ocean Dynam.*, 60, 255–273.
- CLEMENTI E., ODDO P., DRUDI M., PINARDI N., KORRES G., GRANDI A. (2017), *Coupling hydrodynamic and wave models: first step and sensitivity experiments in the Mediterranean Sea*, *Ocean Dynamics*. doi: <https://doi.org/10.1007/s10236-017-1087-7>
- CLEMENTI E., PISTOIA J., ESCUDIER R., DELOSSO D., DRUDI M., GRANDI A., LECCI R., CRETÌ S., CILIBERTI S.A., COPPINI G., MASINA S., PINARDI N. (2019), *Mediterranean Sea Analysis and Forecast (CMEMS MED-Currents 2016–2019) [Data set]. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS)*. https://doi.org/10.25423/CMCC/MED-SEA_ANALYSIS_FORECAST_PHY_006_013_EASA
- COLES V.J., BROOKS M.T., HOPKINS J., STUKEL M.R., YAGER P.L., HOOD R.R. (2013), *The pathways and properties of the Amazon River Plume in the tropical North Atlantic Ocean*, *Journal of Geophysical Research* 118(12) 6894–6913.
- COPPINI G. & PINARDI N. (2007), *Compiled for EEA by the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) based on datasets made available by the Hadley Center (HADISST1: <http://hadobs.metoffice.com/hadisst/data/download.html>)*.
- CRAMER W., GUIOT J., FADER M., GARRABOU J., GATTUSO J.P., IGLESIAS A., ... & PENUÉLAS J. (2018), *Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean*. *Nature Climate Change*, 8(11), 972–980.
- DNV GL (2019), *Energy Transition Outlook – Maritime*. <https://eto.dnvgl.com/2019/Maritime>
- DUARTE C.M., et al. (2013), *The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation*. *Nature Climate Change*, 3.11: 961–968.
- EU (2015), *Regulation (EU) 2015/757 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2015 on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC*.
- FEDERICO I., PINARDI N., COPPINI G., ODDO P., LECCI R., MOSSA M. (2017), *Coastal ocean forecasting with an unstructured grid model in the southern Adriatic and northern Ionian seas*, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 17, 45–59.
- FRTIANNI C., PINARDI N., LALLI F., SIMONCELLI S., COPPINI G., PESARINO V., BRUSCHI A., CASSESE M.L., DRUDI M. (2016), *Operational oceanography for the Marine Strategy Framework Directive: the case of the mixing indicator*. *Journal of Operational Oceanography*, 9(sup1), s223–s233.
- IMO (2014), *MEPC 67/INF.3 (Annex) “Third IMO GHG Study 2014”*. Technical report, International Maritime Organization, London, UK.
- IMO (2018), *MEPC.304(72) Initial IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships*. Technical report, International Maritime Organization, London, UK, 2018
- IPCC, *Climate Change 2013 Fifth Assessment Report: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (2013), STOCKER, T.F., D. QIN, G.-K. PLATTNER, M. TIGNOR, S.K. ALLEN, J. BOSCHUNG, A. NAUELS, Y. XIA, V. BEX AND P.M. MIDGLEY (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324
- IPCC *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (2019), H.-O. PÖRTNER, D.C. ROBERTS, V. MASSON-DELMOTTE, P. ZHAI, M. TIGNOR, E. POLCZANSKA, K. MINTENBECK, A. ALEGRÍA, M. NICOLAI, A. OKEM, J. PETZOLD, B. RAMA, N.M. WEYER (eds.). In press.
- IOVINO D., STORTO A., MASINA S., CIPOLLONE A., STEPANOV V. (2016), *A 1/16 degree eddying simulation of the global NEMOv3.4 sea ice-ocean system*, *Geosci. Model Dev.*, 9, 2665.
- IZETT J.G., FENNEL K. (2018), *Estimating the Cross-Shelf Export of Riverine Materials: Part 1. General Relationships From an Idealized Numerical Model*. *Global Biogeochemical Cycles*, 32(2), 160–175.
- LIONELLO, P., SCARASCIA, L. (2018), *The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming*. *Regional environmental change*, 18(5), 1481–1493.
- LOVATO T., VICHI M., ODDO P. (2013), *High-resolution simulations of Mediterranean Sea physical oceanography under current and scenario climate conditions: model description, assessment and scenario analysis*. CMCC Research Paper, (207).
- MANNARINI G., PINARDI N., COPPINI G., ODDO P., IAFRATI A. (2016a), *VISIR-I: small vessels-least-time nautical routes using wave forecasts*. *Geoscientific Model Development*, 9(4):1597–1625.
- MANNARINI, G., TURRISI, G., D'ANCA, A., SCALAS, M., PINARDI, N., COPPINI, G., PALERMO, F., CARLUCCIO, I., SCURO, M., CRETÌ, S., LECCI, R., NASSISI, P., TEDESCO, L. (2016b), *VISIR: technological infrastructure of an operational service for safe and efficient navigation in the Mediterranean Sea*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(8):1791–1806, 2016.
- MANNARINI G., CARELLI L. (2019a), *VISIR-1.b: ocean surface gravity waves and currents for energy-efficient navigation*. *Geoscientific Model Development*, 12(8):3449–3480, 2019.
- MANNARINI, G., SUBRAMANI, D., LERMUSIAUX, P., PINARDI, N. (2019b), *Graph-Search and Differential Equations for Time-Optimal Vessel Route Planning in Dynamic Ocean Waves*. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*
- MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, MATTM (2017), *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC* (https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf).
- SCHILLER R., KOURAFALOU V. (2010), *Modeling river plume dynamics with the HYbrid Coordinate Ocean Model*, *Ocean Modeling* 33 101–117.
- SCOCIMARRO E., GUALDI S., BELLUCCI A., SANNA A., FOGLI P.G., et al. (2011), *Effects of Tropical Cyclones on Ocean Heat Transport in a High-Resolution Coupled General Circulation Model*. *J. Climate* 24, 4368–4384.
- SKLIRIS N., SOFIANOS S., LASCARATOS A., (2007), *Hydrological changes in the Mediterranean Sea in relation to changes in the freshwater budget: a numerical modelling study*, *Journal of Marine Systems* 65 400–416.
- STORTO A., MASINA S., DOBRICIC S. (2014), *Estimation and Impact of Nonuniform Horizontal Correlation Length Scales for Global Ocean Physical Analyses*. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 31, 2330–2349.
- STORTO A., MASINA S., NAVARRA A. (2016), *Evaluation of the CMCC eddy-permitting global ocean physical reanalysis system (CGLORS, 1982–2012) and its assimilation components* Q. *J. Royal Meteorol. Soc.*, 142 (695), 738–758.
- UMGIESSER G., CANU D.M., CUCCO A., SOLIDORO C. (2004), *A finite element model for the Venice lagoon: Development, set up, calibration and validation*, *J. Marine Syst.*, 51, 123–145.
- VERRI G., PINARDI N., ODDO P., CILIBERTI S.A., COPPINI G. (2018), *River runoff influences on the Central Mediterranean Overturning Circulation*, *Climate Dynamics* 50(5–6) 1675–1703.
- VERRI G., PINARDI N., BRYAN F., TSENG Y.H., COPPINI G., CLEMENTI E. (2020), *A box model to represent estuarine dynamics in meso-scale resolution ocean models*. *Ocean Modeling*. Under revision.
- VON SCHUCKMANN K., LE TRAON P.Y., SMITH N., PASCUAL A., BRASSEUR P., FENNEL K., ... & AXELL L. (2018), *Copernicus marine service ocean state report*. *Journal of Operational Oceanography*, 11(sup1), S1–S142

Variazioni climatiche e dissesto idrogeologico della fascia costiera

Giuseppe Mastronuzzi
Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
E-mail: giuseppe.mastronuzzi@uniba.it

Climatic change and hydrogeological instability of coastal area

Parole chiave: Variazioni climatiche, fascia costiera, sollevamento del livello del mare, dissesto

Key words: climate change, coastline, sea level rise, instability

RIASSUNTO

Gli scenari di cambiamento climatico, seppur non definiti nel dettaglio e con tutte le approssimazioni proprie delle previsioni, comunque indicano in maniera decisa che il livello del mare sarà più alto dell'attuale. Già oggi esso sale a velocità che hanno superato quelle degli ultimi secoli e la previsione realistica è che esso possa raggiungere una posizione di 1 m più alta per il prossimo 2100.

Le diverse dinamiche dell'atmosfera generano mareggiate e tempeste che si scaricano su una fascia costiera molto impattata dall'attività antropica, diretta o indiretta, che in essa ha le maggiori concentrazioni di attività industriali, commerciali e residenziali.

A scala locale, regionale e globale variazioni del livello del mare e impatto delle mareggiate determinano condizioni di instabilità la cui conseguenza è una accelerata redistribuzione delle energie e delle masse con elevata esposizione a rischio sia degli ambienti naturali che di quelli costruiti, rendendo inutili o obsoleti i modelli di crescita che sino ad oggi hanno guidato una poco lungimirante e monoculturale pianificazione costiera. Il cambiamento dell'articolazione dei sistemi costieri e del paesaggio antropico è quindi la sfida cui devono confrontarsi in maniera integrata e multidisciplinare la società e la comunità scientifica.

INTRODUZIONE

Identificare la fascia costiera significa definire quello spazio tridimensionale in cui i processi fisici propri della idrosfera, dell'atmosfera e della litosfera interagiscono a definire le condizioni fisiche che a loro volta costituiscono la sede di processi biologici, anche antropici, a tutti gli effetti in interazione con quelli fisici (Fig. 1). La loro azione modella e definisce forme mutabili nello spazio e nel tempo attraverso equilibri dinamici che insieme definiscono il sistema morfogenetico costiero e ne configu-

rano l'organizzazione in ambienti più o meno estesi e complessi. Le forme del rilievo che li sono modellate derivano da bilanci energetici e di massa a loro volta derivati dalle caratteristiche dei processi che in ognuno dei contesti energetici sono attivati dall'interazione fra la dinamica del pianeta Terra all'interno

del sistema solare e la quantità di calore che il pianeta riceve dal Sole. Come in tutte le dinamiche naturali non esistono compartimenti stagni al di là o al di qua del quale limite inizia ad avere effetto un processo mentre un altro lo termina. In un continuo scambio di energia con i corpi celesti, i movimenti del pianeta definiscono input di energia gravitazionale e di energia termica. Moto di rotazione e di rivoluzione nella loro combinazione con movimenti millenari quali la precessione degli equinozi, la variazione di inclinazione dell'asse terrestre e la variazione di eccentricità dell'orbita definiscono la quantità di calore e la sua distribuzione sul pianeta, delimitando fasce climatiche simmetriche rispetto all'equatore. Queste sono caratterizzate da masse d'aria con caratteristiche differenti tanto da indurre la dinamica dell'atmosfera e la periodicità con la quale essa cambia nel tempo geologico, definendo periodo più caldi di "tropicalizzazione" e più freddi "di glaciazione".



Figura 1. La fascia costiera è il risultato dell'interazione fra processi attivi in atmosfera, idrosfera e litosfera, sede di biosfera e antroposfera a loro volta capaci di determinare variazioni delle dinamiche e delle forme

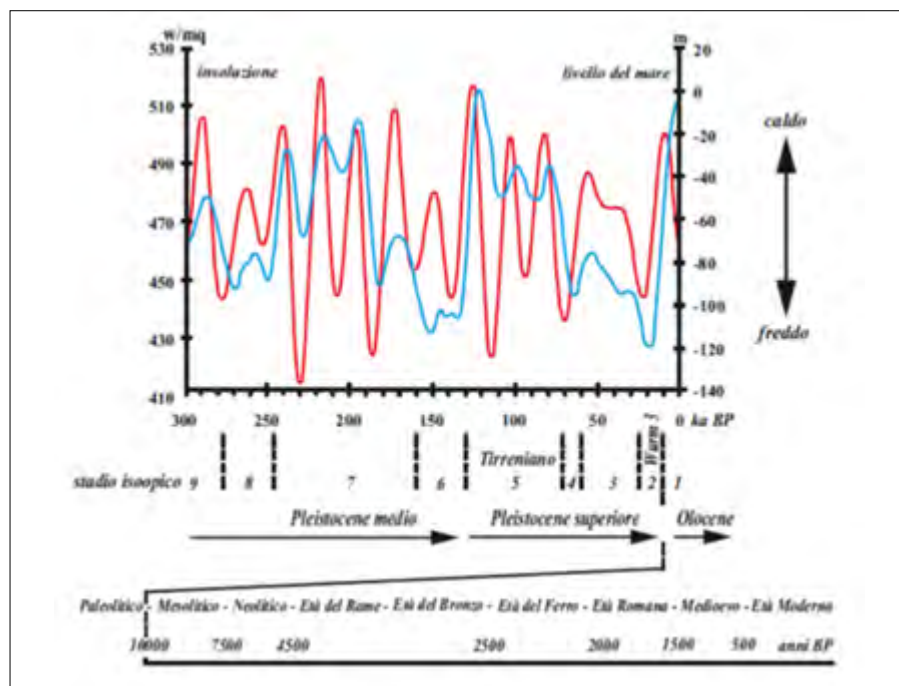


Figura 2. Curva delle variazioni del livello del mare nel corso degli ultimi 300.000 anni (in azzurro) dal Pleistocene medio all'Olocene in relazione all'insolazione del pianeta (in rosso); per gli ultimi millenni del post-glaciale LGM essa è riportata rispetto alla terminologia cronologica antropica (Mastronuzzi et al., 2020)



Figura 3. La fascia costiera di Otranto – Capo Santa Maria di Leuca è caratterizzata da elevata geodiversità derivante dal sovrapporsi di unità litolostratigrafiche e forme del rilievo derivanti da diversi momenti di modellamento durante fasi calde e fredde

In una Terra omogenea e “ferma” questo comporterebbe la presenza di ambienti simmetricamente distribuiti rispetto all’equatore. Ma non è così semplice. La dinamica interna della terra, definendo la distribuzione in superficie delle grandi aree continentali e montuose e di quelle marine, condiziona la distribuzione del calore sul pianeta e comporta la frammentazione di quelle fasce a definire aree climatiche. Fattori quali quota, esposizione, distanza dal mare ecc., individuano la presenza – anche a latitudini uguali – di sistemi morfoclimatici,

cioè di aree in cui il clima condiziona i processi che generano le forme esogene del rilievo e la loro velocità di evoluzione in relazione ai tipi geologici presenti, oltre che l’adattamento di forme tipiche di un certo clima al suo variare.

Inoltre, l’input di energia gravitazionale relativa alla rotazione del pianeta si manifesta con la deviazione delle masse fluide in movimento, mentre l’attrazione dei pianeti ha direttamente impatto nella genesi delle maree, terrestri e marine, che determinano il continuo variare del livello del mare. Quest’ultimo, condizionato da fatti astronomici, varia quindi nel breve e nel lungo periodo. Se alle maree va imputato un cambiamento massimo quotidiano di una ventina di metri limitatamente a poche aree sul pianeta, che comunque a lungo andare modifica certe aree costiere determinando specifici caratteri morfodinamici, ben diverso è l’effetto indotto dal ciclico cambiamento del bilancio termico del pianeta. In questo caso le variazioni del livello del mare sono nell’ordine del centinaio di metri con periodicità, oggi, di circa 100mila anni (Fig. 2). Il cambiamento continuo della superficie del livello del mare per fatti climatici e geodinamici determina anche una redistribuzione dell’energia dei processi continentali definita come energia del rilievo; per questo, l’energia potenziale e quella cinetica tendono a divenire minimi in corrispondenza della quota zero per definizione corrispondente al livello del mare. In effetti le dinamiche dovute all’energia potenziale

continuano abbondantemente al disotto di questo, ma condizionate in ambiente sottomarino dalla presenza di una massa fluida in continuo movimento. La fascia costiera quindi corrisponde all’area in cui le energie in gioco si azzerano relativamente l’una con l’altra e la cui dissipazione comporta la definizione di ambienti di transizione. Una sorta di zona cuscinetto fra ambienti sempre “carichi” di energia, sempre in quantità differente e di conseguenza definita, in termini di estensione, sempre dalla sua variabilità totale (Mastronuzzi *et al.*, 2005).

IL SISTEMA COSTIERO E IL LIVELLO DEL MARE

La conformazione attuale della fascia costiera è il risultato delle dinamiche morfogenetiche che nelle attuali condizioni climatiche sono oggi attive su forme che derivano da processi morfogenetici non più caratteristici di quell’area. Il sollevamento del livello del mare conseguente all’ultima deglaciazione, iniziata 20mila anni fa, con velocità di circa 8mm/a ha determinato la sommersione di morfotipi caratteristici dell’ambiente continentale oggi non più attivi rispetto alla loro dinamica genetica (Fig. 3). Tanto, a partire da circa 7000 anni fa quando il mare ha rallentato la sua velocità di risalita da sino a stabilizzarsi sui ratei di 1 mm/a (Fig. 4), ha comportato il rimodellamento di quanto esposto alle dinamiche del moto ondoso, delle correnti e delle maree in funzione della loro energia anche derivante da processi atmosferici, su corpi roccio-

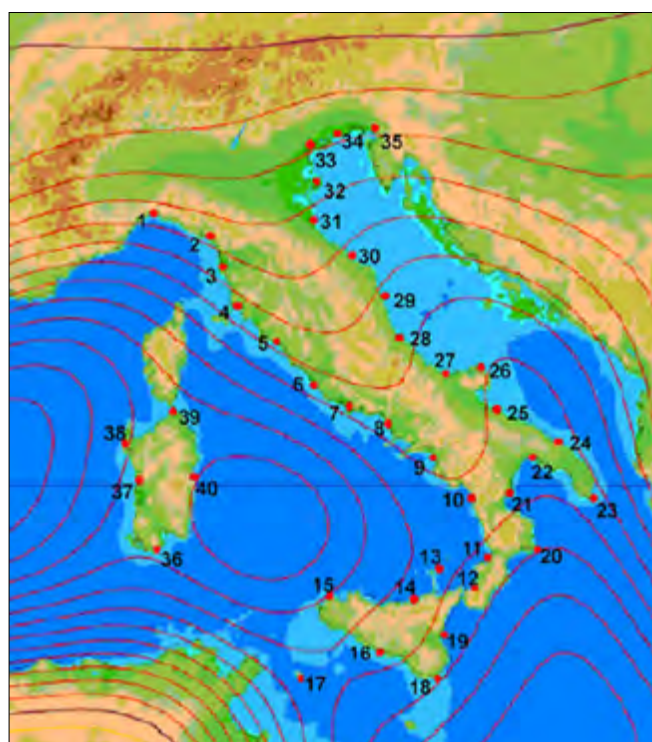
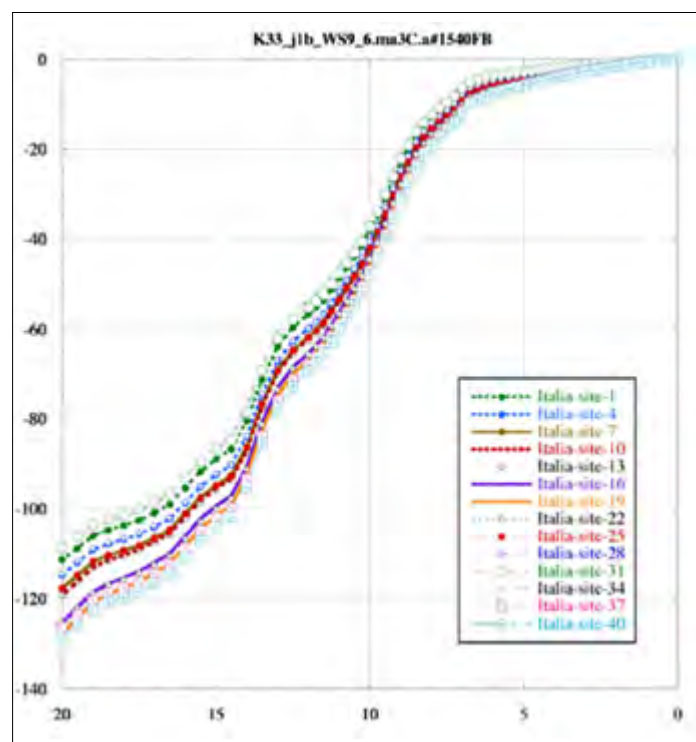


Figura 4. Predizione eustatica e glacio-idroisostatica (a sinistra) per i siti della costa italiana indicati nell’immagine di destra (Lambeck *et al.*, 2011)

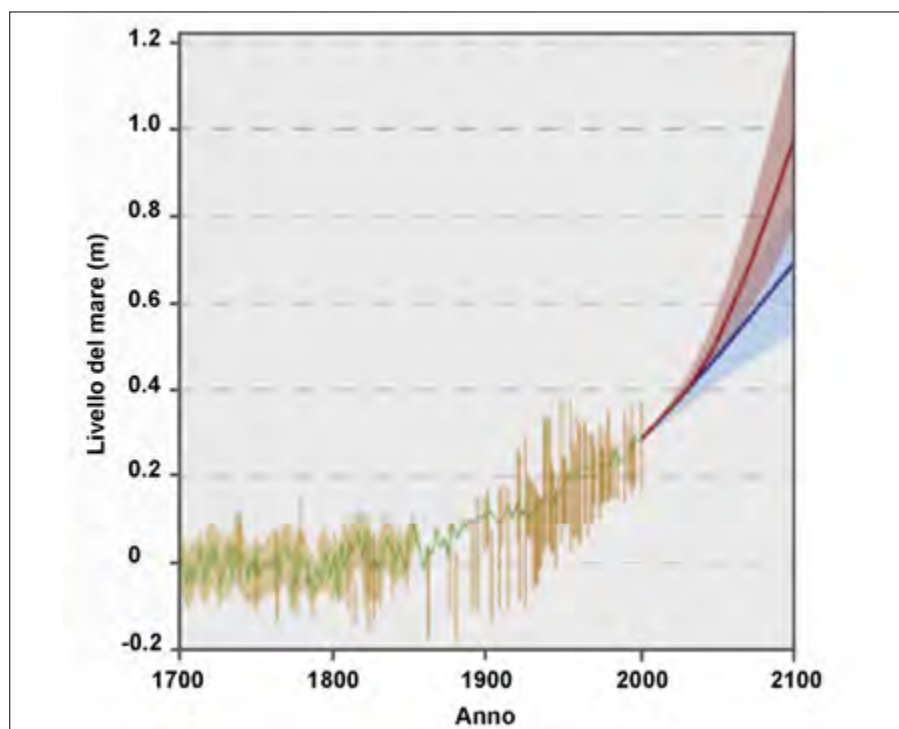


Figura 5. Comportamento del livello del mare globale dal 1700 al 2100, basato su dati misurati per il periodo dal 1700 al 2010 e sugli scenari derivanti dal report IPCC AR5 sulla proiezione delle variazioni di temperatura per differenti scenari di emissione di gas serra. Per il periodo dal 1700 al 2010 circa, i dati empirici sono mostrati in marrone chiaro; per il futuro, le proiezioni IPCC sono riportate relativamente a due differenti scenari di emissioni: molto alte (rosso, scenario RCP8.5) e molto basse (blu, scenario RCP 2.6) (Antonioli et al., 2017).

si dotati di caratteristiche energetiche, meccaniche a differenti scale, intrinseche o a loro volta condizionate dalle dinamiche atmosferiche che ne hanno determinato differenti gradi di degradazione. Così la differente capacità di risposta alle sollecitazioni energetiche dei corpi rocciosi determina i caratteri di adattamento locali. Pertanto le forme costiere, siano quelle tipiche dei sistemi mobili costieri sia quelle delle coste rocciose in erosione o in sommersione, sono il risultato dei processi attuali su forme preesistenti con differente peso in funzione del prevalere locale (Mastronuzzi et al., 2017a). Se è vero che il livello del mare a scala globale ha tassi di variazione omogenei e lo si può considerare stabilizzatosi già da circa 7000 anni fa, occorre considerare che esso (i) varia con valore relativo da luogo a luogo (livello del mare relativo) e che (ii) i dati disponibili da serie decennali indicano a scala globale una veloce ripresa del suo sollevamento (Fig. 5).

LIVELLO DEL MARE RELATIVO

La posizione del livello del mare e il suo comportamento a scala locale dipende dal comportamento delle terre emerse in funzione (i) dell'eustatismo (la quantità totale di acqua disponibile al bacino marino), (ii) dell'isostasia (tendenza della crosta continentale ad equilibrarsi rispetto al mantello in fun-

zione di componenti di carico, idrico, sedimentario, glaciale, termico), (iii) della tettonica (i movimenti verticali di origine endogena), (iv) del contributo sterico (cioè della espansione o contrazione termica e di densità delle acque) (v) della compattazione naturale dei sedimenti (per esempio in aree di foce fluviale). Da qualche tempo a questa parte poi si deve anche considerare il contributo connesso alle attività antropiche. In alcune zone esso determina abbassamenti delle terre emerse - per esempio per estrazione di gas, acque o sedimenti ovvero per aumento del carico sulla superficie topografica con opere o insieme di edifici - cui corrisponde un innalzamento relativo del livello del mare. Questo comporta che in qualsiasi punto della superficie terrestre è possibile quantificare il comportamento del livello del mare come definito dalla seguente equazione:

$$\Delta\zeta_{\text{rs}} = \Delta\zeta_{\text{E}} + \Delta\zeta_{\text{I}} + \Delta\zeta_{\text{T}} + \Delta\zeta_{\text{S}} + \Delta\zeta_{\text{CN}} (+ \Delta\zeta_{\text{A}})$$

dove la variazione relativa di livello marino in un luogo ($\Delta\zeta_{\text{rs}}$) è data dal contributo eustatico ($\Delta\zeta_{\text{E}}$), isostatico ($\Delta\zeta_{\text{I}}$), tettonico ($\Delta\zeta_{\text{T}}$), sterico ($\Delta\zeta_{\text{S}}$), dalla compattazione dei sedimenti ($\Delta\zeta_{\text{CN}}$) e da quello antropico ($\Delta\zeta_{\text{A}}$) (Mastronuzzi et al., 2020).

Pertanto ogni bilancio energetico e di massa deve essere fatto in considerazione delle tendenze locali alla sommersione o alla emersione delle terre emerse

(Scardino et al., 2020); la comparazione fra l'entità dei fenomeni definisce aree in cui quindi è possibile definire progradazione o erosione. A questa complessa rete di interconnessioni di processi morfodinamici in gran parte naturali solo localmente complicate da subsidenza di natura antropica, si aggiungono quelle che derivano dall'attività antropica per quanto riguarda il profondo impatto sulla dinamica atmosferica derivante dall'immissione in atmosfera di gas serra che determinano variazioni climatiche e sulla dinamica costiera derivante dalla immissione di ostacoli e condizionamenti alla distribuzione dei flussi energetici e di massa.

LE VARIAZIONI CLIMATICHE

Negli ultimi due decenni, la comunità scientifica italiana ha approfondito lo studio dei possibili impatti del sollevamento del livello del mare come conseguenza del riscaldamento globale connesso alla variazione della quantità di CO_2 presente in atmosfera. Questo oggi ha raggiunto circa 415ppm a fronte delle 290 ppm presenti in atmosfera in corrispondenza dell'ultimo periodo caldo del pianeta verificatosi circa 125mila anni fa quando il livello del mare era circa 7 m più alto dell'attuale (Ferranti et al., 2006; Amorosi et al., 2014) (Fig. 6). Già nel 2004 una ricerca multidisciplinare ha evidenziato, sulla base di dati geoarcheologici che valutano la posizione rispetto al livello del mare delle piscine di epoca romana risalenti a circa 2000 anni fa destinate all'itticoltura e sull'analisi dei dati registrati dai mareografi italiani, che l'innalzamento del livello del mare ha visto in questo secolo accelerazioni mai registrate in precedenza Lambeck et al., 2004; 2011) (Fig. 7). L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) affronta lo studio dei cambiamenti climatici in atto, lo sviluppo di proiezioni future, la definizione della vulnerabilità dei sistemi naturali e sociali, nonché le strategie di adattamento e di mitigazione secondo i diversi scenari di emissione considerati, a seconda dei possibili modelli di sviluppo socio-economico mondiale. A partire dagli ultimi anni il comportamento delle coste del Mediterraneo in relazione alla migrazione del litorale, come conseguenza dei cambiamenti nel bilancio sedimentario locale (Sabatier et al., 2009; Sabato et al., 2012; Ayadi et al., 2015) e all'innalzamento del livello del mare (Paskoff, 2004; Antonioli et al., 2009; Brunel and Sabatier, 2009; Le Cozannet et al., 2017;

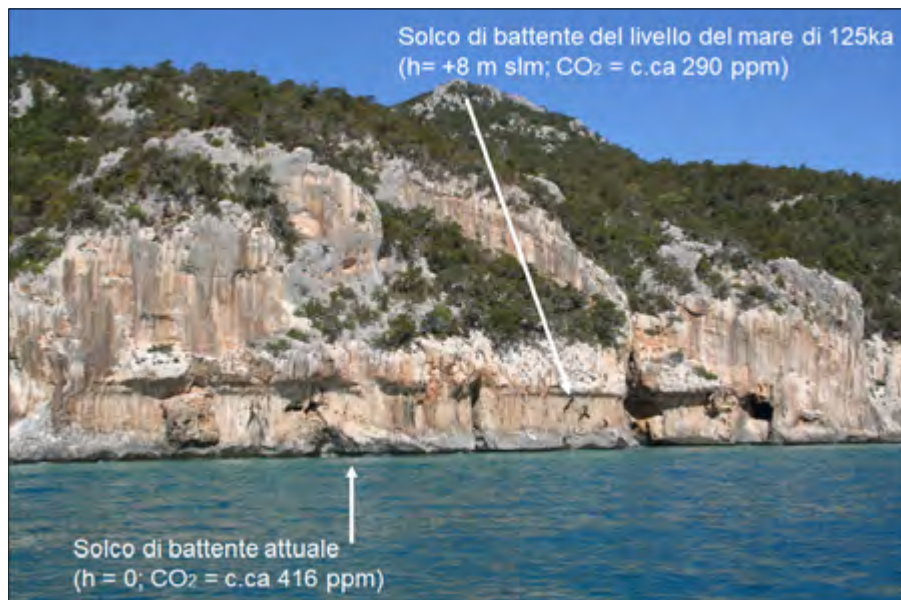


Figura 6. A cala Gonone è modellato il solco di battente corrispondente al livello del mare di 125mila anni fa circa 8 m più alto dell'attuale con un clima relativo ad una atmosfera che conteneva circa 290ppm di CO_2 ; è visibile anche il solco di battente del livello del mare attuale che è modellato da un mare in "equilibrio" con una atmosfera che contiene ormai circa 416 ppm di CO_2



Figura 7. Una vista aerea della peschiera di Punta della Vipera, presso Santa Marinella (Civitavecchia, Lazio). La peschiera è stata costruita sulla pietraforte, tipica formazione rocciosa locale, ed è datata tra il 50 a.C. e il 50 d.C. quando il livello del mare stazionava ad una quota circa 1 m più in basso di quella attuale (Anzidei et al., 2014; Lambeck et al., 2011 e bibliografia collegata)



Figura 8. Forti arretramento nelle aree di spiaggia del comune di Lecce condizionati dalla realizzazione di aree residenziali a ridosso e sopra i sistemi mobili costieri

Mastronuzzi *et al.*, 2017b), è diventato tema al centro del dibattito scientifico. Attualmente, il cambiamento del livello del mare – che, in sé, agisce lungo la dimensione verticale –, è stato utilizzato per costruire scenari in cui è valutata la possibile estensione delle aree sommerse (Lambeck *et al.*, 2011; Spampinato *et al.*, 2011; 2012; Anzidei *et al.*, 2017; 2018; 2020; Aucelli *et al.*, 2017; Marsico *et al.*, 2017; Bonaldo *et al.*, 2019) per diversi scenari di innalzamento del livello del mare per il 2100 legati al cambiamento climatico (Rahmstorf, 2007; Rahmstorf *et al.*, 2012; Church *et al.*, 2013; IPCC, 2013; 2014; 2019). Ancora più recenti sono gli studi che cercano di correlare l'effetto dell'innalzamento del mare con quello dell'erosione indotta da bilanci di massa sempre più poveri a causa dell'irrigidimento dei sistemi costieri e alla diminuzione degli apporti dai corsi d'acqua (Mastronuzzi *et al.*, 2007; Scardino *et al.*, 2020) (Fig. 8 e 9). Le proiezioni di quanto si alzerà il livello marino nel 2100 sono basate sull'evidenza del riscaldamento del pianeta, sulle ricostruzioni paleoclimatiche, sui dati mareografici, sulle variazioni storiche della temperatura media della Terra, sulle masse di ghiaccio potenzialmente in scioglimento e sull'effetto dell'espansione termica degli oceani connessi al riscaldamento globale e al conseguente incremento della concentrazione di CO_2 (Rahmstorf, 2007; Rahmstorf *et al.*, 2012).

In riferimento critico a quanto prodotto da altri gruppi di ricerca (Karim

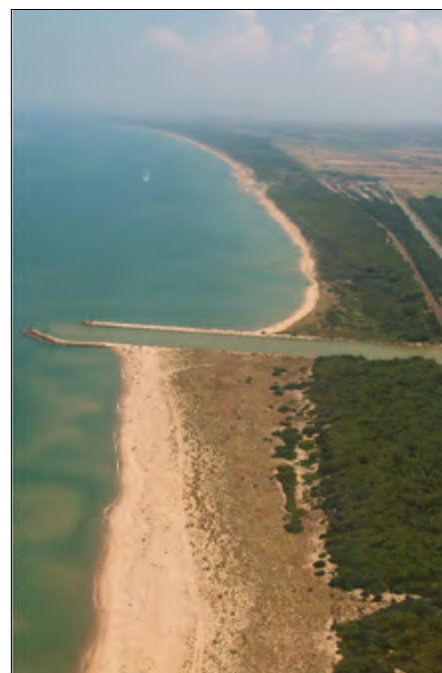


Figura 9. Arretramenti costieri in Puglia (in alto nella Foto) e progradazione in Molise a cavallo della foce del Fiume Saccione; essa è stata armata verosimilmente per permettere il deflusso delle acque di piena (a scapito della loro conservazione in falda)



Figura 10. Sollevamenti della fascia costiera meridionale dell'Isola di Creta evidenziati dal solco di battente oggi a circa +1.5 m s.l.m. in seguito ai sollevamenti cosmici del 365 a.D.

and Mimura, 2008; Shennan *et al.*, 2012; Strauss *et al.*, 2012) per la definizione di mappe di allagamento delle piane costiere oggi depresse (alla quota zero metri o meno), è necessario tenere conto degli scenari di innalzamento del livello del mare pubblicati dall'IPCC a livello globale e sommarli con i movimenti verticali locali legati a dinamica geologica o antropica (Fig. 10). Ancor più difficile è invece valutare l'adattamento dei sistemi costieri alle situazioni ambientali in un quadro di cambiamento climatico globale. L'affinamento di metodologie sempre più di dettaglio, basate su rilievi digitali ad alta risoluzione e sull'utilizzo dei markers geomorfologici e geoarcheologici delle variazioni relative della posizione delle terre emerse e del livello del mare, ha consentito di costruire alcuni scenari di allagamento delle piane costiere italiane; prendendo in considerazione gli scenari di concentrazione di CO₂ peggiori, le variazioni positive del livello del mare eustatico previste dall'IPCC sono valutate nell'ordine del metro.

L'IMPATTO SULLA FASCIA COSTIERA

Esiste una stretta relazione fra il reticolo idrografico e la fascia costiera sottesa e le rispettive dinamiche. Anche l'attuale reticolo è ben diverso; esso, infatti, deriva da una lunga storia morfodina-

mica nella quale i caratteri idrogeologici delle unità affioranti hanno risposto in maniera differente ai climi differenti che si sono succeduti nel territorio in esame. In Puglia, per esempio, la storia climatica e le caratteristiche litologiche e strutturali dei corpi affioranti hanno determinato il consolidarsi di un sistema idrico profondo caratterizzato dalla presenza di una falda dolce, appoggiante su quella di infiltrazione marina, con un andamento a lente biconvessa. L'alternanza del clima umido semitropicale del *Last Interglacial Time* (LIT, c.ca 125mila anni dal presente) con quello freddo secco del *Last Glacial Time* (LGT, c.ca 20mila anni dal presente) e quindi con quello temperato mediterraneo attuale, pur in cambiamento, ha determinato una serie di processi morfodinamici differenti che hanno prodotto la configurazione attuale del reticolo idrografico. In ambienti delle medie latitudini la discontinuità degli spessori del suolo fa sì che il suolo possa non essere ben radicato al sottosuolo, specialmente nelle parti più alte frequentemente dissodate per usi agricoli (Moretti *et al.*, 2004; Moretti, 2005). Le acque selvagge superficiali tendono a fluire assumendo il carattere di flussi areali. Ai flussi idrici corrisponde movimentazione di sedimenti di suolo secondo i meccanismi dell'erosione areale (Giglio *et al.*, 1996;

Moretti, 1998; 2005; Moretti *et al.*, 2004). In assenza di ostacoli, i flussi sono responsabili di una elevata perdita di suolo che viene convogliato nelle aste fluviali e quindi a mare. In assenza di copertura floro-vegetazionale naturale, in riduzione per i cambiamenti climatici e per l'intensa pratica agricola, le acque tendono a fluire verso le aree costiere con alte velocità e quindi con alta energia. Ne consegue un'elevata capacità dei flussi d'acqua, non ostacolati dalla vegetazione, di prendere in carico grandi quantità di suolo e l'impossibilità di infiltrarsi nel sottosuolo a rifornire la falda a causa del flusso veloce. Tali flussi quindi si riversano nelle aree costiere umide che naturalmente sono vocate alla raccolta delle acque di flusso superficiale (Fig. 11; 12, 13, 14). In aree caratterizzate da sistemi mobili costieri poggianti direttamente su rocce permeabili esistono le migliori condizioni per la formazione delle aree umide costiere. In alcune aree del litorale adriatico come presso il Capitolo (Monopoli, Bari) o nell'area fra Torre Canne e il Pilone (Fasano ed Ostuni, Brindisi) il sistema mobile costiero poggia su calcareniti. A costituire un acquifero unico con i sottostanti calcari delle Murge, insieme ospitano una falda d'acqua dolce sovrapposta al cuneo salino derivante dalla penetrazione dell'acqua marina. Il

sistema mobile costiero impedisce che le acque si riversino direttamente in mare, permettendo ad esse di arrestarsi alle sue spalle e miscelarsi con quelle provenienti dalla falda dolce superficiale sovrapposta al cuneo salino ovvero da quella, più profonda, ospitata nei calcari e capace di risalire in superficie per carico idrostatico.

La presenza del cordone dunare, trattenendo le acque nelle aree retrodunari, ha un ruolo determinante per il contenimento dell'ingressione del cuneo salino legato alla dinamica marina e costiera specialmente in aree in cui l'emungimento antropico ha determinato l'impoverimento della falda dolce superficiale. Secondo la relazione di Ghyben-Herzberg, in base all'equilibrio delle pressioni esercitate dall'acqua dolce (densità 1 g/cm^3) e dall'acqua salata (densità $1,025 \text{ g/cm}^3$), la maggiore densità dell'acqua marina rispetto a quella dolce fa sì che i carichi idraulici relativi siano in rapporto di circa 35:1 (ma sino a 40 in funzione delle caratteristiche dei litotipi presenti); ciò vale a dire che se in area di sistema mobile costiero la superficie piezometrica dell'acquifero costiero ha un'altezza H sul livello medio marino ciò significa che la superficie di contatto tra acqua dolce e salata si trova ad una profondità $H \times 35$ metri.

Ne consegue che se il livello piezometrico dell'acquifero dunale si abbassa di un metro, questo determinerà una risalita del cuneo salino di ben 33 metri con una serie di effetti sulla dinamica costiera controllata per esempio dalla copertura floro-vegetazionale.

L'intrusione salina avviene però non solo quando si abbassa il livello della falda di acqua dolce, ma anche se si innalza il livello medio del mare. Insieme, l'emungimento di acqua dolce dagli acquiferi costieri ovvero la sottrazione di acqua ad esso, o qualsiasi altro intervento che provochi un abbassamento del livello di falda, così come l'attuale trend globale di innalzamento del livello medio del mare, ma anche temporaneamente in occasione delle mareggiate (*stormsurge*), provocano ugualmente una risalita della superficie di separazione tra acqua dolce e salata e quindi la minaccia di salinizzazione delle acque dolci più superficiali con tendenza di penetrare sempre più verso l'interno. Esiste quindi una strettissima relazione fra il reticolo idrografico, la copertura di suolo, l'uso del suolo e le azioni antropiche, la falda d'acqua dolce e la presenza di aree umide costiere e fra la sussistenza di queste e la presenza dei sistemi mobili costieri



Figura 11. Distruzione della copertura floro-vegetazionale nella Lama Cornola (Ostuni, 1995) ai fini dell'agevolazione del flusso di acqua piovana, dolce, verso mare



Figura 12. Effetti delle attuali precipitazioni lungo i canali di smaltimento di acque piovane verso mare in località Torre Canne (Fasano, Brindisi)



Figura 13. Distribuzione di fanghi lungo la sfascia costiera di Torre Canne - Torre San Leonardo (settembre 2003) a seguito di eventi meteorologici intensi convogliati a mare da canali non in grado di contenere le acque perché privati della copertura floro-vegetazionale (cfr Fig. 11)



Figura 14. Alluvione della zona di Ginosa Marina (Taranto) a seguito degli eventi del marzo del 2011



Figura 15. Interventi di protezione costiera inutile e dannosi lungo l'insenatura di Torre Canne - Torre San Leonardo (Fasano - Ostuni, Brindisi)



Figura 16. Pulizia e livellamento con mezzi pesanti della spiaggia di Punta Prosciutto (Lecce)

(Giglio *et al.*, 1996; Moretti, 1998; 2005; Moretti *et al.*, 2004).

Questa correlazione fra fenomeni meteorologici, processi morfodinamici e dinamica del paesaggio si può esplicitare in uno schema di flusso che è in essere con l'attuale sistema climatico. In condizioni di riduzione della copertura floro-vegetazionale, le acque meteoriche scorrendo in superficie determinano dilavamento del suolo che raggiunge le aste fluviali; se il flusso lungo di esse è facilitato da arginamenti o da cementazione queste acque scorrono sempre più velocemente a mare ove si riversano "buttando" acqua dolce e sedimento di suolo in mare. La falda costiera non viene ricaricata e aumenta l'intrusione del cuneo marino, mentre il mare riceve apporti torbidi che deteriorano la qualità dell'ambiente marino costiero. La successione dei processi è aggravata dall'attuale situazione di diffusa presenza di rifiuti plastici e di inquinanti, in particellato o diffusi nei suoli e nelle acque, derivanti dalla viabilità, dalla residenzialità turistica ed urbana, dalle attività agricole ed industriali; essi dilavati e presi in carico dalle acque prima selvagge e poi incanalate vengono recapitate a mare ovvero nelle aree retrodunari. L'"effetto domino" appena descritto non è ispirato da catastrofiche sceneggiature di romanzi o di film fantascientifici, ma dall'analisi di quanto registrato più volte nel territorio nazionale.

In presenza di forti cambiamenti del regime meteorologico, del flusso di piogge e del manifestarsi di mareggiate il contributo dell'uomo si manifesta non solo nell'occupazione della fascia costiera ma anche e soprattutto nell'esposizione a rischio di quanto realizza modificando l'uso del suolo. La realizzazione di strutture lungo i bacini idrografici e di strutture a protezione dei litorali ha irrigidito il sistema riducendo la possibilità che il sedimento dalle fonti di origine possa raggiungere le aree di naturale accumulo rappresentate dai sistemi mobili costieri sui quali insite una diretta pressione esercitata ai fini della loro gestione per fini turistici spesso con comportamenti non idonei e pericolosi (Fig. 15, 16, 17). Ne consegue una forte riduzione dei bilanci sedimentari con diminuzione dei volumi di spiaggia, l'erosione delle dune e l'esposizione ad inondazione prima e sommersione in prospettiva degli scenari di sollevamento del mare poi (Fig. 19; 20). La presenza di strutture residenziali e produttive lungo la fascia costiera espone le stesse al normale fenomeno che caratterizza le coste rocciose alte e



Figura 17. Asportazione di biomassa rappresentata da foglie di *Posidonia oceanica* ed elevate quantità di sabbia dal porto di Torre Canne (Fasano, Brindisi)

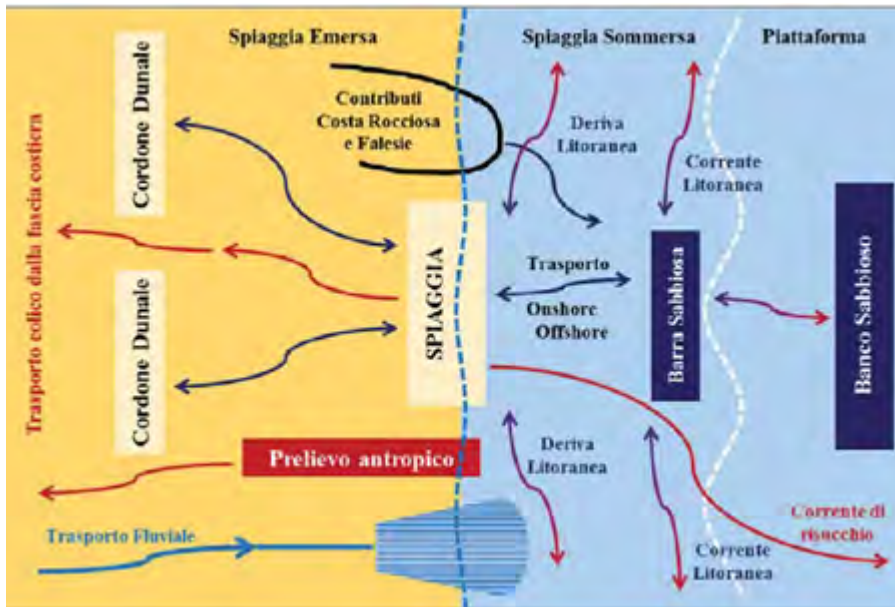


Figura 18. Bilancio sedimentario di una spiaggia (da Piscitelli et al., 2018)



Figura 19. Inondazione ed alluvione delle are costiere del Golfo di Manfredonia (qui in località Ippocampo) dopo le mareggiate del febbraio/marzo 2009 (Foto M. Caldara)

che si differenziano solo in relazione ai tempi del loro manifestarsi: il loro crollo (Fig. 20, 21). Lungo le coste rocciose digradanti invece si assiste ad una progressiva migrazione verso l'interno dei processi di demolizione (Fig. 22) e di attivazione di sinkholes (Fig. 23).

CONCLUSIONI

Su scala globale, negli ultimi due secoli il comportamento a livello del mare è stato caratterizzato da un innalzamento generale di 3,3 mm/a come indicato dall'altimetria satellitare (dati del NASA Goddard Space Flight Center).

Questa risalita ha esposto molte aree costiere in tutto il mondo al prossimo rischio di sommersione e ai rischi immediati dovuti alle inondazioni del mare. L'innalzamento del livello del mare è stato indirettamente la causa di effetti drammatici quando un'ondata di tempeste conseguente a eventi estremi ha colpito terre basse costiere come ad esempio indietro nel tempo nei Paesi Bassi (1953) o in tempi più recenti nel New Jersey (uragano 2012), Louisiana (2015 Hurricane Katrina), Florida (2016 Hurricane Matthew), Louisiana e Texas (2017 Hurricane Harvey). La sommersione delle aree costiere a seguito dell'innalzamento del livello del mare comporta la migrazione verso l'interno della linea di costa e ciò comporta l'aumento della vulnerabilità da inondazione nel caso del manifestarsi di mareggiate o di tsunami.

Nel bacino del Mediterraneo è stato valutato un aumento del livello del mare fino a 1,8 mm/a nell'ultimo secolo grazie all'analisi dei mareografi. A causa della continua fusione delle calotte glaciali continentali connessa al riscaldamento climatico, è stato stimato che per il 2100 il livello del mare potrebbe essere circa 1

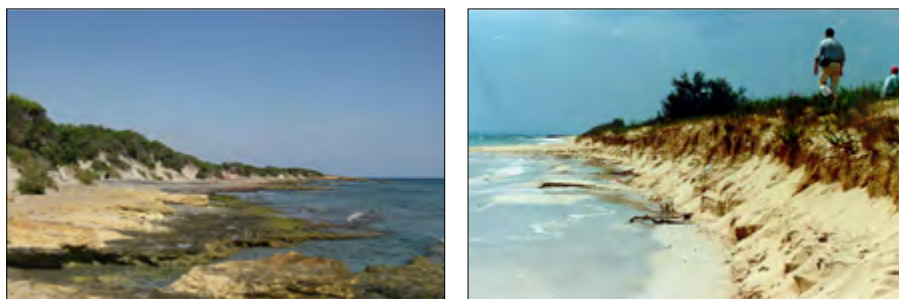


Figura 20. Stato del sistema mobile costiero di Frassanito (Otranto, Lecce) (a sinistra) e di Torre San Giovanni (Ugento, Lecce) (a destra); l'erosione ha portato via parte del sedimento della spiaggia emersa e ha determinato lo scalzamento del piede della duna nel primo caso e la sua completa erosione nel secondo

m più alto dell'attuale. La reale possibilità che le terre basse costiere siano sempre più inclini alla sommersione e alle inondazioni durante eventi marini estremi minaccia molte aree fortemente popolate lungo le coste del Mediterraneo.

Nel recente, diversi scenari di sommersione e di previsioni di inondazioni da eventi estremi (mareggiate e tsunami) sono stati elaborati per il territorio costiero italiano su basi deterministiche (Antonioli *et al.*, 2017; Aucelli *et al.*, 2017; Marsico *et al.*, 2017; Bonaldo *et al.*, 2019; Scardino *et al.*, 2020). Considerando gli scenari IPCC e i movimenti verticali locali, il rischio a cui tali aree sono esposte non può essere sottovalutato e l'uso di queste carte, peraltro disponibili sul portale ISPRA (<http://portalesgi.isprambiente.it/it/news/news/scenari-di-innalzamento-del-livello-del-mare-su-alcune-aree-costiere-italiane>) non può essere trascurato o, peggio, dimenticato dai portatori di interesse. I popoli e le popolazioni che

vivono e operano nelle aree già studiate dovrebbero considerare queste mappe (con le loro incertezze e con le necessarie implementazioni all'evolversi delle conoscenze) per un uso consapevole e integrato delle zone costiere.

I popoli che vivono in tutte le altre aree costiere del bacino del Mediterraneo, caratterizzati da terre basse o da una costa rocciosa in leggera pendenza, devono finalizzare i loro sforzi per produrre strumenti per conoscere e prevenire i possibili effetti drammatici del previsto aumento del livello del mare. Infatti, la necessità di intervenire per riqualificare il territorio costiero è assolutamente improcrastinabile non solo per ripristinare la qualità estetica della fascia costiera deturpata da interventi pubblici poco accorti e da selvaggi interventi privati, ma per realizzare la diffusa rinaturalizzazione delle relazioni ecologiche, funzionali, fra processi fisici e processi biologici.

In un territorio che cambia per una sempre più pressante presenza antropica

ci si deve confrontare con una serie di processi in atto, in parte anche dovuti alla pressione antropica locale.

Questo è un procedimento di elevata importanza attraverso il quale, con analisi e valutazione della situazione dello *status quo*, si definisce una visione condivisa fra Pubbliche Amministrazioni e portatori di interesse, con l'obiettivo del raggiungimento dell'equilibrio ecologico e di sviluppo sostenibile in scenari di conclamato cambiamento climatico. In questo senso il Protocollo di ICZM – Integrated Coastal Zone Management (Convenzione di Barcellona) individua l'approccio condiviso per raggiungere un buon grado di sostenibilità dello sviluppo aree di interesse, attraverso un processo di pianificazione integrata e proponendo una terminologia di riferimento.

Area sostenibile è una zona in cui sussistano i principi di:

- (i) *resilienza* (capacità di adattamento alle variazioni ambientali connesse alle variazioni climatiche);
- (ii) *produttività* (capacità di sostenere le aspirazioni economiche in settori economici tradizionali, attuali e futuri della comunità costiera);
- (iii) *diversificazione* (capacità di conservare la varietà ecologica marina e terrestre e dei paesaggi rurali e urbani, vecchi e nuovi);
- (iv) *distinguibilità* (capacità di mantenere la specificità culturale delle zone costiere per quanto riguarda l'architettura, i costumi e i paesaggi);



Figura 21. Crolli lungo la falesia modellata nelle sabbie poco cementate di Cerano (Brindisi)



Figura 22. Crollo della costa rocciosa di Porto Giardino – Monopoli (Bari) (foto di Piero Dalena)



Figura 23. Dissesti dovuti all'impatto di mareggiate presso Torre Ovo, Maruggio, Taranto



Figura 24. Uno dei sinkhole di Costa Merlata (Brindisi)

- (v) *attrattività* (capacità di essere interessante per i turisti, le popolazioni locali e gli investitori);
- (vi) *igiene e salute* (capacità di essere priva di inquinamento con un ambiente sano per persone, risorse naturali e fauna selvatica).

Per ottenere questi risultati occorre innanzi tutto definire quali siano le condizioni originali e le azioni che determinano il disequilibrio della fascia costiera.

Questo modello va tenuto in considerazione sia nell'ambito della pianificazione di sistema, o nei piani locali, sia nell'ambito del singolo intervento insieme ad un concetto di trasferibilità” per il quale “*la costa non è da considerarsi un'eredità consegnataci dalle generazioni precedenti, della quale possiamo disporre liberamente, ma bensì un prestito concesso dalle generazioni future verso le quali abbiamo un impegno a restituirlo nelle migliori condizioni possibili*” (ISPRA, 2009). Esistono opzioni differenti come indicato da EUROSION (2004) per l'ambiente costiero ma applicabili in ogni contesto di dinamica ambientale. Di seguito è riportata una sintesi di quanto esposto in ISPRA (2016).

L'opzione “do nothing”, o anche “opzione zero”, non prevede alcun intervento di difesa, nessuna attività di gestione degli effetti dell'erosione o della linea di costa, nessuna operazione nell'immediato entro terra. Tanto è possibile quando non vi è interferenza, diretta o possibile, significativa della dinamica ambientale prevista con elementi antropici o con aree naturali

di particolare pregio o funzione, oppure dove tale eventualità può essere accettata.

L'opzione "managed realignment", o "rialineamento gestito", prevede interventi di riassetto del territorio costiero, arretramento di infrastrutture o edifici. Tale opzione presuppone un sufficiente spazio nell'immediato entro terra costiero e l'identificazione di una nuova linea di difesa rispetto a quella precedente.

L'opzione "hold the line", prevede il "mantenimento della linea di difesa" e di costa, con interventi che mantengano o migliorino lo standard di protezione della attuale linea di difesa. Questa opzione include interventi sul litorale ed immediato entroterra che vanno a costituire parte integrante del sistema di difesa costiero.

L'opzione "move seaward", prevede un "avanzamento della linea di difesa", o costruendo nuove difese a mare rispetto alle precedenti o avanzando con ingenti ripascimenti e la costruzione di cordoni dunosi. Essa presuppone la disponibilità di importanti quantitativi di sedimenti, generalmente da fonti esterne al sistema litoraneo.

L'opzione "limited intervention", prevede di procedere con "interventi limitati", non invasivi, lavorando con i processi naturali nella riduzione dei rischi e permettendo le variazioni costiere. Essa può prevedere una serie di misure, dal rallentamento o arresto dell'erosione e dell'arretramento delle spiagge e delle coste alte, attraverso ripascimenti manutentivi e/o consolidamento delle scogliere, a misure per la sicurezza delle persone e degli elementi naturali o antropici esposti (sistemi di allerta per le inondazioni, manutenzione o ripristino di dune, foreste e zone umide costiere, restrizione dell'edificazione in fascia costiera, ecc.).

Il generale aumento delle temperature a scala globali, l'innalzamento del livello del mare e la diversa distribuzione delle precipitazioni con incremento di quelle concentrate, in presenza di una diffusa modificazione dell'uso del suolo per attività antropica, comportano la modifica dei flussi idrici superficiali e l'impoverimento della falda dolce superficiale a breve termine e di quella profonda a lungo termine. Ancor più danneggiata è la falda dolce costiera che con l'innalzamento del livello del mare vede la sua salificazione tanto per l'eccessivo emungimento tanto per la conseguente penetrazione del cuneo salino. L'accelerazione registrata della risalita del livello del mare in presenza di un forte irrigidimento dei bilanci di massa dei sistemi mobili costieri sempre più frequentemente negativi, comporta la riduzione dei volumi di spiaggia e dei cordoni dunari con conseguente potenzialità di inondazione delle aree costiere

a causa della distruzione delle barriere naturali definite dai quei cordoni. Con il manifestarsi di eventi marini estremi quali mareggiate e tsunami, l'innalzamento del livello marino istantaneo sommato alla naturale marea e all'innalzamento del livello del mare eustatico determina rischio di inondazione sempre maggiore. Le soluzioni tecniche più indicate per la realizzazione della(e) opzione(i) individuata(e) atte a mitigare l'azione conseguenziale dei processi appena ricordati e migliorare la qualità estetica del territorio sono espresse in un'ampia bibliografia riconosciuta a livello nazionale (cfr. manualistica ISPRA). Le opere a realizzarsi devono pertanto mirare alla rinaturalizzazione e alla riqualificazione estetica considerando la necessità di minimizzare la sensibilità costiera alle sollecitazioni esterne:

1. adeguare le opere di regimazione dei flussi idrici alle nuove caratteristiche pluviometriche;
2. realizzare le opere di deflusso in mare, solo quando tale soluzione non ha alternative, in considerazione della prevista accelerazione della risalita del livello del mare;
3. prevenire la perdita di acque dolci rispetto alla falda superficiale, a quella profonda e a quella costiera diminuendo la impermeabilizzazione diffusa e consentendo alle acque di permanere negli alvei e nelle aree di concentrazione naturale (p.es. aree retrodunari) il tempo necessario alla percolazione nel sottosuolo anche in aree appositamente individuate per il contenimento dei flussi di piena;
4. prevenire la perdita di suolo nelle aree a monte con la riduzione dell'energia del rilievo e dei flussi idrici mediante la ricostruzione della copertura floro-vegetale diffusa;
5. realizzare i sistemi di regimazione naturale diffusa a monte;
6. evitare la distribuzione concentrata di inquinanti nelle aree retrodunari e a mare;
7. ripristinare il naturale flusso di sedimenti lungo le aste fluviali verso la fascia costiera;
8. opporsi alla erosione costiera con la ricostruzione naturalistica dei sistemi mobili costieri ed in particolare dei cordoni dunari dove demoliti dal moto ondoso;
9. realizzare la chiusura, anche limitatamente alla stagione invernale, dei varchi di natura antropica presenti nei cordoni dunari;
10. regolamentare i flussi turistici sulle spiagge e i sistemi di pulizia delle stesse.

L'aumento del livello del mare e le variazioni climatiche insieme comportano profonde modifiche degli attuali processi di morfodinamica delle aree costiere e dei bacini idrografici. Gli effetti sulla società di questi cambiamenti sono strettamente connessi alla profonda incapacità dell'essere umano di usare correttamente i risultati della ricerca scientifica: ogni tanto, molto spesso, ascoltare la scienza farebbe risparmiare tempo, denaro e vite umane.

BIBLIOGRAFIA

- ANTONIOLI F., FERRANTI L., FONTANA A., AMOROSI A., BONDESAN A., BRAITENBERG C., DUTTON A., FONTOLAN G., FURLANI S., LAMBECK K., MASTRONUZZI G., MONACO C., SPADA G., STOCCHI P. (2009), *Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian and Istrian coastlines*. Quaternary International, 206, 102–133.
- ANTONIOLI F., ANZIDEI M., AMOROSI A., LO PRESTI V., MASTRONUZZI G., DEIANA G., DE FALCO G., FONTANA A., FONTOLAN G., LISCO S., MARSICO A., MORETTI M., ORRÙ P.E., SANNINO G.M., SERPELLONI E., VECCHIO A. (2017), *Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains: Flooding risk scenarios for 2100*. Quaternary Science Reviews, 158, 29–43.
- ANZIDEI M., BOSMAN A., CARLUCCIO R., CASALBONE D., CARACCIOLLO F.D., ESPPOSITO A., NICOLOSI I., PIETRANTONIO G., VECCHIO A., CARMISCIANO C., CHIAPPINI M., CHIOCCI F.L., MUCCINI F., SEPE V. (2017), *Flooding scenarios due to land subsidence and sea-level rise: a case study for Lipari Island (Italy)*. Terra Nova, 29, 44–51.
- ANZIDEI M., SCICCHITANO G., TARASCIO S., DE GUIDI G., MONACO C., BARRECA G., MAZZA G., SERPELLONI E., VECCHIO A. (2018), *Coastal retreat and marine flooding scenario for 2100: A case study along the coast of Maddalena peninsula (southeastern Sicily)*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 41, 5–16.
- ANZIDEI M., DOUMAZ F., VECCHIO A., SERPELLONI E., PIZZAMENTI L., CIVICO R., GRECO M., MARTINO G., ENEI F. (2020), *Sea Level Rise Scenario for 2100 A.D. in the Heritage Site of Pyrgi (Santa Severa, Italy)*. Journal of Marine Science and Engineering, 8, 64.
- AUCELLI P.P.C., DI PAOLA G., INCONTRI P., RIZZO A., VILARDO G., BENASSAI G., BUONOCORE B., PAPPONE G. (2017), *Coastal inundation risk assessment due to subsidence and sea level rise in a Mediterranean alluvial plain (Volturno coastal plain – southern Italy)*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 198, 597–609.
- AYADI K., BOUTIBA M., SABATIER F., GUETTOUCHE M.S. (2015), *Detection and analysis of historical variations in the shoreline, using digital aerial photos, satellite images, and topographic surveys DGPS: case of the Bejaia bay (East Algeria)*. Arabian Journal of Geosciences, 9, 26.
- BONALDO D., ANTONIOLI F., ARCHETTI R., BEZZI A., CORREGGIARI A., DAVOLIO S.,

- DE FALCO G., FANTINI M., FONTOLAN G., FURLANI S., GAETA M.G., LEONI G., LO PRESTI V., MASTRONUZZI G., PILLON S., RICCHI A., STOCCHI P., SAMARAS A.G., SCICCHITANO G., CARNIEL S. (2019), *Integrating multidisciplinary instruments for assessing coastal vulnerability to erosion and sea level rise: lessons and challenges from the Adriatic Sea, Italy*. Journal of Coastal Conservation, 23, 19–37.
- BRUNEL C., SABATIER F. (2009), *Potential influence of sea-level rise in controlling shoreline position on the French Mediterranean Coast*. Geomorphology, Coastal vulnerability related to sea-level rise, 107, 47–57.
- CHURCH J.A., CLARK P.U., CAZENAVE A., GREGORY J.M., JEVREJEVA S., LEVERMAN A., MERRIFIELD M.A., MILNE G.A., NEREM R.S., NUNN P.D., PAYNE A.J., PFEFFER W.T., STAMMER D., UNNIKRISHNAN A.S. (2013), *Sea-Level Rise by 2100*. Science, 342, 1445.
- FERRANTI L., ANTONIOLI F., MAUZ B., AMOROSI A., DAI PRA G., MASTRONUZZI G., MONACO C., ORRÙ P., PAPPALARDO M., RADTKE U., RENDA P., ROMANO P., SANSÒ P., VERRUBBI V. (2006), *Markers of the last interglacial sea-level high stand along the coast of Italy: Tectonic implications*. Quaternary International, Quaternary sea-level changes: contributions from the 32nd IGC, 145–146, 30–54.
- GIGLIO G., MORETTI M., TROPEANO M. (1996), *Rapporto fra uso del suolo ed erosione nelle Murge alte: effetti del miglioramento fondiario mediante pratiche di "spietramento"*. Geologia Applicata ed Idrogeologia, XXXI, 179–185.
- IPCC (2013), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1535.
- IPCC (2014), *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland 151.
- IPCC (2019), *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. [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.)]. In press.
- ISPRA (2009), *SOS Dune. Stato, problemi, interventi, gestione*. Atti Convegno, Roma. ed. Atti Convegno, Roma, 184 pp.
- ISPRA (2016), *Linee Guida Nazionali per la difesa della costa dai fenomeni di erosione e dagli effetti dei cambiamenti climatici*. Tavolo Nazionale sull'erosione Costiera MATTM-Regioni, 312 pp.
- KARIM M.F., MIMURA N. (2008), *Impacts of climate change and sea-level rise on cyclonic storm surge floods in Bangladesh*. Global Environmental Change, 18, 490–500.
- LAMBECK K., ANZIDEI M., ANTONIOLI F., BENINI A., ESPOSITO A. (2004), *Sea level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for recent change*. Earth and Planetary Science, Letters 224, 563–575.
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., ANZIDEI M., FERRANTI L., LEONI G., SCICCHITANO G., SILENZI S. (2011), *Sea level change along the Italian coast during the Holocene and projections for the future*. Quaternary International, 232, 250–257.
- LE COZANNET G., NICHOLLS R.J., HINKEL J., SWEET W.V., MCINNES K.L., VAN DE WAL R.S.W., SLANGEN A.B.A., LOWE J.A., WHITE K.D. (2017), *Sea Level Change and Coastal Climate Services: The Way Forward*. Journal of Marine Science and Engineering, 5, 49.
- MARSICO A., LISCO S., PRESTI V.L., ANTONIOLI F., AMOROSI A., ANZIDEI M., DEIANA G., FALCO G.D., FONTANA A., FONTOLAN G., MORETTI M., ORRÙ P.E., SERPELLONI E., SANNINO G., VECCHIO A., MASTRONUZZI G. (2017), *Flooding scenario for four Italian coastal plains using three relative sea level rise models*. Journal of Maps, 13, 961–967.
- MASTRONUZZI G., SANSÒ P., MURRAY-WALLACE C.V., SHENNAN I. (2005), *Quaternary coastal morphology and sea-level changes - An introduction*. Quaternary Reviews. 24, 1963–1968.
- MASTRONUZZI G., FONTOLAN G., PALMENTOLA G., SANSÒ P., CACCIAPAGLIA G., DE SANTIS V., MILELLA M., PIGNATELLI C., SELLERI G. (2007), *Clima e dinamica costiera: dall'approccio deterministico a quello probabilistico*. Geologi e Territorio, 3-4/2007, 159-172.
- MASTRONUZZI G., ANTONIOLI F., ANZIDEI M., AURIEMMA R., ALFONSO C., SCARANO T. (2017a), *Evidence of relative sea level rise along the coasts of central Apulia (Italy) during the late Holocene via maritime archaeological indicators*. Quaternary International, 439, 65–78.
- MASTRONUZZI G., ANTONIOLI F., ANZIDEI M., AUCELLI P., CAPORIZZO C., DONADIO C., LO PRESTI V., MATTEI G., SCARDINO G., SCICCHITANO G., SPAMPINATO C.R., VECCHIO A. (2020), *Dove il mare incontra la terra*. In: Il Mediterraneo e la sua storia. Catalogo Mostra Thalassa, Museo Archeologico Nazionale di Napoli, 22-31pp.
- MASTRONUZZI G., ARINGOLI D., AUCELLI P.P.C., BALDASSARRE M.A., BELLOTTI P., BINI M., BIOLCHI S., BONTEMPI S., BRANDOLINI P., CHELLI A., DAVOLI L., DEIANA G., DE MURO S., DEVOTO S., DI PAOLA G., DONADIO C., FAGO P., FERRARI M., FURLANI S., IBBA A., LUPIA PALMIERI E., MARSICO A., MELIS R.T., MILELLA M., MUCERINO L., NESCI O., ORRÙ P.E., PANIZZA V., PENNETTA M., PIACENTINI D., PISCITELLI A., PUSCEDDU N., RAFFI R., ROSSKOPF C.M., SANSÒ P., STANISLAO C., TARRAGONI C., VALENTE A. (2017b), *Geomorphological map of the Italian Coast: From a descriptive to a morphodynamic approach*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 40, 161–195.
- MORETTI M. (1998), *Le alluvioni e gli allagamenti nell'area urbana di Bari: cenni storici e strumenti per una corretta gestione del territorio costiero murgiano*. Agriambiente, 11, 16-18.
- MORETTI M. (2005), *Le alluvioni nel settore adriatico delle Murge (terra di Bari): cause geologiche e ruolo dell'azione antropica*. Geologi e Territorio, 3, 11–25.
- MORETTI M., FIORE A., PIERI P., TROPEANO M., VALLETTA S. (2004), *Effetti dei miglioramenti fondiari nelle Murge alte (Puglia): l'impatto antropico sul paesaggio carsico e costiero*. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 17, 323–330.
- PASKOFF R.P. (2004), *Potential Implications of Sea-Level Rise for France*. Journal of Coastal Research, 20, 424–434.
- PISCITELLI A., MILELLA M., DE GIOIA F., MAGRI C., MORETTI M., CICOCELLA A., MASTRONUZZI G. (2018), *Indagini geomorfologiche e sedimentologiche per la definizione della capacità di uso di spiagge turistiche: il caso di Torre Guaceto, Carovigno, Brindisi*. Geologia dell'Ambiente, 4, 19-25.
- RAHMSTORF S. (2007), *A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise*. Science, 315, 368–370.
- RAHMSTORF S., PERRETTE M., VERMEER M. (2012), *Testing the robustness of semi-empirical sea level projections*. Climate Dynamics, 39, 861–875.
- SABATIER F., SAMAT O., BRUNEL C., HEURTEFEUX H., DELANGHE-SABATIER D. (2009), *Determination of set-back lines on eroding coasts. Example of the beaches of the Gulf of Lions (French Mediterranean Coast)*. Journal of Coastal Conservation, 13, 57.
- SABATO L., LONGHITANO S.G., GIOIA D., CILUMBRIELLO A., SPALLUTO L. (2012), *Sedimentological and morpho-evolution maps of the "Bosco Pantano di Policoro" coastal system (Gulf of Taranto, southern Italy)*. Journal of Maps, 8, 304–311.
- SCARDINO G., SABATIER F., SCICCHITANO G., PISCITELLI A., MILELLA M., VECCHIO A., ANZIDEI M., MASTRONUZZI G. (2020), *Sea-Level Rise and Shoreline Changes Along an Open Sandy Coast: Case Study of Gulf of Taranto, Italy*. Water, Accepted.
- SHENNAN I., MILNE G., BRADLEY S. (2012), *Late Holocene vertical land motion and relative sea-level changes: lessons from the British Isles*. Journal of Quaternary Science, 27, 64-70.
- SPAMPINATO C.R., COSTA B., DI STEFANO A., MONACO C., SCICCHITANO G. (2011), *The contribution of tectonics to relative sea-level change during the Holocene in coastal south-eastern Sicily: New data from boreholes*. Quaternary International, 232, 214-227.
- SPAMPINATO C.R., SCICCHITANO G., FERRANTI L., MONACO C. (2012), *Raised Holocene paleo-shorelines along the Capo Schisò coast, Taormina: New evidence of recent co-seismic deformation in northeastern Sicily (Italy)*. Journal of Geodynamics, 55, 18–31.
- Strauss B.H., Ziemlinski R., Weiss J.L., Overpeck J.T. (2012), *Tidally adjusted estimates of topographic vulnerability to sea level rise and flooding for the contiguous United States*. Environmental Research Letters, 7, 014033.

Uso razionale delle risorse idriche in agricoltura e sviluppo sostenibile nel Mediterraneo

Nicola Lamaddalena
 Centro Internazionale di Alti Studi
 Agronomici nel Mediterraneo - Istituto di
 Bari (CIHEAM - Bari)
 E-mail: lamaddalena@iamb.it

Sound use of water resources in agriculture and sustainable development in the Mediterranean

Parole chiave: Gestione risorse idriche, sviluppo sostenibile, agricoltura
 Key words: Water resources management, sustainable development, agriculture

SOMMARIO

L'acqua è vitale per la salute, la sicurezza alimentare, la crescita economica e la sostenibilità ambientale della regione mediterranea quindi, lo sviluppo socio-economico di questa dipende fortemente dalla disponibilità della stessa. Purtroppo, la rapida crescita della popolazione e dell'urbanizzazione, specie al Sud, richiede un aumento della produzione agricola, energetica e industriale, con impatti negativi sulla già scarsa disponibilità di risorse naturali. Le risorse idriche rinnovabili totali nella regione mediterranea ammontano a circa 1.030,44 Km³ (database Aquastat. FAO, 2016) ma la distribuzione di queste è molto disomogenea, infatti, il 67% si trova nella parte settentrionale, il 10% a sud e il 23% nella parte orientale del Mediterraneo, di cui circa 20,5% nella sola Turchia. Questo fa sì che il Sud e l'Est siano tra le aree più vulnerabili del Mediterraneo.

In paesi come Algeria, Tunisia, Libia, Malta, Israele e Palestina, la popolazione vive in condizioni di scarsità idrica assoluta (< 500 m³/anno pro-capite), mentre Marocco, Egitto, Libano, Siria e Cipro sono considerati paesi a stress idrico cronico (<1000 m³/anno pro-capite). Al contrario, le popolazioni del nord del Mediterraneo vivono in una situazione di sicurezza idrica e, in alcuni casi, addirittura in condizioni di abbondanza di acqua (come per i Balcani). Queste cifre rappresentano le risorse idriche rinnovabili totali, che però nascondono la dipendenza di alcuni paesi da risorse idriche esterne come, ad esempio, si verifica per l'Egitto (il 97% dell'acqua proviene dall'esterno del paese), per la Siria (43%) e per Israele (55%). Ciò può esasperare i già delicati equilibri geo-politici di questi paesi.

La scarsità d'acqua è considerata quindi la principale sfida da affronta-

re per garantire lo sviluppo sostenibile nelle regioni del Sud e dell'Est del Mediterraneo. Lo stato attuale mostra che, in media, il settore agricolo continua a essere il maggior consumatore di acqua nei paesi a sud e a est del Mediterraneo con, rispettivamente, l'84% e l'81% del prelievo totale. Ciò significa che lo sviluppo economico del Mediterraneo dipende fortemente dalla agricoltura, in quanto componente strategica per soddisfare le esigenze alimentari della popolazione in continua crescita. Inoltre, si prevede che la vulnerabilità delle risorse idriche peggiorerà nei prossimi decenni a causa delle minacce dell'aumento della domanda di cibo ed energia, dell'inquinamento, dei conflitti transfrontalieri e dei cambiamenti climatici. Tutto ciò impone che dette risorse vengano utilizzate in modo efficiente e razionale e ciò può ottenersi attraverso la attuazione di adeguati programmi di sviluppo strategico sia tecnico che istituzionale.

Lo sviluppo e l'utilizzo di nuove tecnologie possono svolgere un ruolo fondamentale affinché la domanda idrica possa essere bilanciata dalla disponibilità ma per far sì che questo possa accadere è indispensabile mettere a punto anche adeguati strumenti di *Governance* e adeguati programmi di formazione a tutti i livelli, sia operativi che decisionali.

La pressione sulle risorse idriche disponibili, causata sia dalle varie attività umane che da un utilizzo non razionale delle stesse, pone le seguenti priorità nel bacino del Mediterraneo: i) proteggere le risorse idriche, ii) sviluppare sistemi di approvvigionamento ad alte prestazioni, iii) fornire ai decisori strumenti di gestione integrata per migliorare l'efficienza dell'uso dell'acqua, e iv) preservare gli ecosistemi. A tal fine, è necessaria una migliore comprensione delle questioni tecniche, sociali ed economiche relative alla gestione delle risorse idriche.

1. PREMESSA

Ogni anno la scarsità di risorse idriche costituisce un grave problema nel bacino del Mediterraneo a causa delle caratteristiche climatiche, della siccità ciclica e della pressione dovuta alle attività umane. Infatti, l'elevata densità di popolazione e l'attività economica nei vari Paesi hanno aumentato la pressione sulle risorse idriche, causando contaminazione sia delle acque di superficie che sotterranee.

Il Mediterraneo riceve in media solo il 3 per cento delle risorse idriche mondiali. In alcuni paesi, questi provengono principalmente dalle risorse idriche transfrontaliere: il 97 per cento in Egitto (Nilo), il 55 per cento in Israele (Jordan River e falda acquifera montana) e il 43 per cento in Siria (Eufrate) (UNEP / MAP-Plan Bleu, 2009).

La metà dei Paesi "poveri di acqua" (cioè con meno di 1.000 m³ pro capite all'anno) è concentrata nella regione del Mediterraneo meridionale (Mediterra, 2008) ed è stato stimato che entro il 2025 potenzialmente 180 milioni di persone saranno colpite da problemi di scarsità idrica, 60 milioni dei quali soffrono già per grave mancanza d'acqua (inferiore a 500 m³ pro-capite all'anno, UNEP/ MAP-Plan Bleu, 2009). Le pressioni demografiche insieme con lo sviluppo economico di settori non agricoli deterioreranno ulteriormente bilancio idrico in molti paesi del Mediterraneo dove l'indice di sfruttamento dell'acqua ha già raggiunto valori preoccupanti. Le pressioni diventeranno sempre più severe per il settore agricolo, che utilizza il maggior volume di acqua (Blinda, Plan Bleu, 2012) e dove si registra una superficie irrigata più che raddoppiata negli ultimi 40 anni, per un totale di 24,2 milioni di ettari nel 2009 (17,8 milioni di ettari in Europa Mediterranea e 6,4 milioni in Nord Africa). Inoltre, gli effetti del cambiamento climatico globale

sulle precipitazioni, sul ciclo dell'acqua, sull'evaporazione e sullo scorrimento superficiale potrebbero minare seriamente le già scarse risorse idriche disponibili.

D'altra parte, nei paesi del Mediterraneo l'irrigazione ha consentito di incrementare notevolmente le produzioni agricole, contribuendo a stabilizzare le produzioni alimentari, i prezzi e il reddito degli agricoltori, aumentando il benessere economico delle popolazioni rurali (Hanjra *et al.*, 2010; Rosegrant e Cline, 2003).

Sono state quindi identificate alcune priorità al fine regolamentare i prelievi per un uso più sostenibile delle risorse idriche. Dette priorità possono riassumersi come segue: i) proteggere le risorse idriche, ii) sviluppare sistemi di distribuzione ad alte prestazioni, iii) fornire ai decisori strumenti di gestione integrata al fine di migliorare l'efficienza dell'uso dell'acqua, iv) preservare gli ecosistemi. A tal fine, è necessaria una migliore comprensione delle questioni tecniche, sociali ed economiche relative alla gestione delle risorse idriche.

In questa prospettiva, ogni contributo finalizzato all'implementazione di strategie integrate per la pianificazione e la gestione sostenibile delle risorse idriche è indispensabile. Tali contributi dovrebbero consentire di identificare le componenti principali dei sistemi irrigui, di determinare le variabili più importanti all'interno del processo decisionale, di esaminare attentamente i vari problemi nel Mediterraneo e di metter a punto strategie appropriate per ottimizzare l'uso dell'acqua, specie in agricoltura.

Al fine di consentire un utilizzo razionale e sostenibile delle risorse idriche in agricoltura, sono stati identificati due diversi approcci: (i) approccio tecnico e (ii) approccio istituzionale. Il primo volto a migliorare l'efficienza di uso e la produttività dell'acqua; il secondo volto a migliorare la *governance* delle risorse idriche. Tali approcci sono molto integrati e collegati tra loro.

2. APPROCCI TECNICI

I sistemi di distribuzione irrigua hanno svolto un ruolo importante nella distribuzione della risorsa idrica che altrimenti sarebbe stata accessibile solo a pochi utenti. Detti sistemi consentono una gestione più razionale delle risorse idriche in quanto consentono un più accurato controllo dei volumi prelevati dalla fonte di approvvigionamento (acque sotterranee, fiumi, ecc.).

Tra i sistemi di distribuzione, quelli in pressione sono stati sviluppati negli ulti-

mi decenni con notevoli vantaggi rispetto ai canali aperti. Infatti, garantiscono servizi migliori agli utenti e maggiore efficienza di uso della risorsa. Consentono di irrigare superficie più ampie utilizzando una quantità simile di acqua, consentono di superare agevolmente i vincoli topografici e consentono di stabilire un sistema tariffario basato sui volumi effettivamente prelevati dagli agricoltori. Di conseguenza, hanno il potenziale per consentire un importante risparmio idrico. Infatti, gli agricoltori tendono a massimizzare il loro reddito attraverso il bilancio economico aziendale tra costi e benefici e, poiché il volume di acqua rappresenta un costo importante, gli agricoltori tendono a condurre in modo corretto la loro irrigazione. Inoltre, le attività di esercizio, manutenzione e gestione, pur essendo più complesse tecnicamente, consentono un controllo dei sistemi irrigui e, conseguentemente, consentono di mantenere un miglior servizio per gli utenti.

Per definizione, nei sistemi di irrigazione a domanda, gli agricoltori decidono quando e quanta acqua prelevare dai loro idranti, collegati alla rete di distribuzione collettiva, senza dover preventivamente informare l'ente gestore. Tale modalità è molto più adeguata agli utenti che possono meglio effettuare gli interventi irrigui sulla base delle reali esigenze delle colture.

Una serie di condizioni preliminari devono però essere garantite per l'irrigazione a domanda, vale a dire: i) tariffa stabilita in base al volume effettivamente prelevato dagli agricoltori; ii) dispositivi di erogazione (idranti) dotati di contatore e regolatore di portata; iii) progettazione adeguata e adatta a soddisfare la domanda degli utenti, anche durante il periodo di punta, garantendo la pressione minima richiesta agli idranti.

Naturalmente, durante il periodo di vita di un sistema di irrigazione, le condizioni operative possono cambiare. Ciò è ancora più esasperato dagli effetti dei cambiamenti climatici. Pertanto, sia i progettisti che i manager dovrebbero avere una conoscenza adeguata del comportamento idraulico del sistema irriguo in modo da poter identificare gli interventi da effettuare quando le condizioni cambiano rispetto alle ipotesi progettuali.

I modelli di analisi delle prestazioni consentono di supportare la progettazione di nuovi sistemi di irrigazione (che dovrebbero essere in grado di funzionare in modo soddisfacente in una vasta gamma di possibili scenari di domanda) e anche di aiutare i gestori dei

sistemi esistenti a capire perché e dove si verificano i malfunzionamenti. In questo modo, gli interventi di riabilitazione e/o la modernizzazione possono essere eseguiti in modo appropriato.

L'uso di nuove tecnologie consente di migliorare la distribuzione dell'acqua e di ridurre i prelievi da parte degli utenti. Negli ultimi anni sono stati sviluppati nuovi idranti che, installati in campo, possono essere attivati da una scheda elettronica utilizzata dall'agricoltore. Ogni scheda può essere programmata (dal gestore) all'inizio della stagione irrigua che può caricare il volume d'acqua disponibile stagionale, insieme al volume giornaliero massimo da prelevare e/o il tempo massimo di funzionamento giornaliero.

Tuttavia, nonostante siano stati compiuti sforzi significativi per sostenere lo sviluppo rurale e la produzione alimentare e siano state sviluppate grandi infrastrutture, la maggior parte dei paesi del Mediterraneo deve ancora affrontare sfide in termini di pianificazione, capacità tecnica e *governance* efficace delle risorse idriche. Ciò ha effetti negativi sulla vulnerabilità delle comunità locali.

Le prestazioni e l'affidabilità dei sistemi di irrigazione rimangono tutt'altro che ottimali, a causa sia di errori nella progettazione che per la mancanza di una *governance* appropriata (cattiva gestione, raccolta frammentata di dati e scarso utilizzo degli stessi, comunicazione limitata tra le parti interessate). Inoltre, il numero di comunità che fanno ricorso alle acque sotterranee ha aumentato notevolmente i prelievi in diversi bacini causando intrusioni delle acque marine costiere e conseguente depauperamento della risorsa.

Le soluzioni ai suddetti problemi non possono essere solo tecniche e/o tecnologiche ma devono integrare nuove forme di *governance* oltre che solide politiche agricole.

3. APPROCCI ISTITUZIONALI

Uno degli approcci istituzionali più importanti è rappresentato dalla gestione partecipativa dell'irrigazione (PIM) che consiste nel coinvolgimento degli utenti in tutti gli aspetti e tutti i livelli di gestione del sistema, attraverso associazioni organizzate.

L'obiettivo principale della gestione partecipativa è di aiutare i paesi a trarre vantaggio dalle comprovate positive esperienze internazionali e quindi contribuire allo sviluppo rurale sostenibile del territorio. Infatti, una maggiore consa-

pevolezza da parte della popolazione rurale è molto rilevante.

Le regole di tariffazione svolgono anche un ruolo importante per un uso appropriato delle scarse risorse idriche. Molto interessante è il caso del modello binomio in cui gli agricoltori devono pagare una tariffa che si compone di due parti:

- una parte fissa, in base alla superficie irrigata (questa può essere determinata per coprire le spese fisse di manutenzione ordinaria dei sistemi irrigui);
- una parte variabile, in funzione dei volumi effettivamente prelevati dagli utenti.

Infine, anche le regole riscossione delle tariffe sono importanti al fine di poter disporre di un budget sufficiente per mantenere il sistema in buone condizioni di esercizio e garantire un buon livello di servizio agli agricoltori.

4. CONCLUSIONI

Soluzioni tecniche, miglioramento della capacità manageriale e modernizzazione della *governance* sono azioni urgenti e necessarie per consentire un utilizzo sostenibile delle risorse idriche. Sono stati compiuti molti progressi in merito alle soluzioni tecniche, ma è ancora necessario porre maggiore attenzione sull'integrazione di queste con le questioni gestionali e di *governance*.

In particolare, la gestione delle risorse idriche nel Mediterraneo è generalmente legata al concetto di risorse idriche limitate, poiché la maggior parte della regione è caratterizzata da condizioni aride e semi-aride. Le tematiche più rilevanti da considerare in agricoltura sono:

- risparmio idrico attraverso un aumento dell'efficienza dell'uso dell'acqua;
- migliore prestazione e l'affidabilità dei sistemi di distribuzione irrigua;
- sviluppo di metodologie integrate per l'ammodernamento delle aree irrigate;
- gestione della dinamica della domanda irrigua a scala di bacini e a scala regionale;
- sviluppo di risorse idriche non convenzionali quali acque salmastre e acque reflue;
- impostazione di adeguate regole tariffarie;
- miglioramento delle tecnologie di monitoraggio delle prestazioni delle infrastrutture idriche esistenti;
- processi decisionali che devono basarsi su adeguati sistemi di informazione e monitoraggio e su indicatori tecnici e di sostenibilità consolidati;
- redazione di Linee Guida per lo sviluppo sostenibile della risorsa idrica a scala di bacino;

- messa a punto di programmi di formazione a tutti i livelli (dagli utenti ai decisori).

Inoltre, uno dei principali problemi nella gestione delle risorse idriche è la creazione di interconnessioni operative con la politica. Infatti, le politiche delle risorse idriche sono ancora disomogenee tra i vari paesi del Mediterraneo e inducono inevitabili effetti negativi nella gestione delle stesse specie nei casi di risorse transfrontaliere (conflitti, conoscenze e azioni frammentate, solo parziale comprensione delle effettive rese delle colture su larga scala oltre che sulle dinamiche della domanda rispetto alle disponibilità).

È necessario quindi affrontare la politica idrica in termini di: i) *governance* delle risorse idriche, ii) conoscenza condivisa della società (tra istituzioni, parti interessate e cittadini), iii) collegamento in rete e partecipazione, iv) capacità collettiva (istituzionale e comunitaria) e v) capacità di sviluppare innovazione e tecnologia. La sostenibilità e l'allocatione efficiente delle risorse idriche trarranno vantaggio dal miglioramento delle politiche sull'acqua di cui sopra.

Infine la sensibilizzazione dell'opinione pubblica sulla sostenibilità delle risorse idriche rappresenta una ulteriore priorità che promuove e migliora la partecipazione del pubblico ai processi decisionali. Per quanto riguarda gli aspetti economici, strumenti adeguati, quali prezzi, sussidi, fiscalità e, in alcuni casi, l'applicazione del "principio chi inquina paga" rappresentano modi più efficaci per raggiungere la gestione efficace e il controllo della domanda di acqua. Anche l'ecosistema, con un valore naturale intrinseco, dovrebbe essere visto come un obiettivo importante per lo sviluppo sostenibile delle risorse naturali.

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

- ALTIERI S., MARTIRE G., NARDELLA L. (1999). *Completamento funzionale del distretto 10 nel comprensorio Sinistra Ofanto*. In: Bonifica, n. 1, 51-56.
- M. BLINDA (2012). *More efficient water use in the Mediterranean*. Paper n. 14. Plan Bleu.
- FAO (2016). *AQUASTAT Main Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Data Updated 2016. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>. Accessed 11-01-2019.
- GARCÍA-RUIZ J.M. LÓPEZ-MORENO J.I., VICENTE-SERRANO S.M., LASANTA-MARTÍNEZ T., BEGUERÍA S., (2011). *Mediterranean water resources in a global change scenario*. Earth-Science Reviews 105, 121-139.
- GRAC (INTERNATIONAL GROUNDWATER RESOURCES ASSESSMENT CENTRE), UN-

ESCO-IHP (UNESCO-INTERNATIONAL HYDROLOGICAL PROGRAMME) (2015). *Transboundary Aquifers of the World [map]*. Edition 2015. Delft, Netherlands: IGRAC, 2015. http://ihp-wins.unesco.org/layers/geonode:tba_map2015. Accessed 28-01-2019.

- MUNIR A. HANJRAA, M. EJAZ QURESHIB (2010). *Global water crisis and future food security in an era of climate change*. Food Policy, Vol 35, Issue 5, Pages 365-377; <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.05.006>
- HIJMAN R.J., CAMERON S.E., PARRA J.L., JONES P.G. & A. JARVIS (2005). *Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas*. International Journal of Climatology 25: 1965-1978.
- LAMADDALENA N., ALTIERI S., (1998). *Il caso Consorzio per la Bonifica della Capitanata*. In Bonifica, n. 3-4, pp. 27-38.
- LAMADDALENA N., SAGARDOY J.A. (2000). *Performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems*. Irrigation and Drainage Paper n. 59, FAO, Rome
- LAMADDALENA N., KHADRA R., (2001). *An integrated tool to support irrigation systems management*. Journal Irrigazione e drenaggio, 48 (1), 31-36.
- LAMADDALENA N. (2005). *Modelling and New Technologies: Tools to be Combined for Improving Irrigation Systems Management*. In: Proceedings of the 2nd International Conference on "Cybernetics Technologies Systems and Applications (CITSA 2005)" jointly with the "11th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis (ISAS 2005)". Orlando, Florida, July 14 - 17.
- MED-EUWI WG (2007). *Mediterranean Groundwater Report: Technical report on groundwater management in the Mediterranean and the Water Framework Directive*. The Mediterranean Groundwater Working Group (MED-EUWI WG on Groundwater).
- MEDITERRA (2008). *The Future of Agriculture and Food in Mediterranean Countries*. Eds. CIHEAM - SciencesPo.
- MARK W. ROSEGRANT, SARAH A. CLINE (2003). *Global Food Security: Challenges and Policies*. Science Vol. 302, Issue 5652, pp. 1917-1919; DOI: 10.1126/science.1092958
- UNITED NATIONS (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision*, Online Edition. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York. <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>. Accessed 15-01-2019.
- UNITED NATIONS (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*, Online Edition. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York. <https://population.un.org/wup/Download/>. Accessed 20-01-2019.
- WORLD BANK (2016). *The World Bank Climate Change Knowledge Portal for Development Practitioners and Policy Makers*. Data updated 2016. http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=download_data_download&menu=historical. Accessed 11-01-2019.

Alterazione dei processi di dispersione nei flussi naturali e dell'interazione tra onde e vegetazione delle zone costiere per effetto dei cambiamenti climatici

Michele Mossa
 Politecnico di Bari, DICATECh –
 Dipartimento di Ingegneria Civile,
 Ambientale, del Territorio, Edile e di
 Chimica
 E-mail: michele.mossa@poliba.it

Alteration of spreading processes in natural flows and interaction between waves and vegetation in coastal zones due to climate change

Parole chiave: flussi in presenza di vegetazione, getti, diffusione, avvezione, onde solitarie, interazione tra onde e vegetazione, cambiamenti climatici

Key words: vegetated flows, jets, diffusion, advection, solitary waves, interaction between waves and vegetation, climate change

SOMMARIO

La memoria riporta una sintesi del lavoro presentato dall'autore al Convegno "Cambiamento climatico: analisi e prospettive per un adattamento consapevole", tenutosi a Mattinata il 7 settembre 2019. Vengono evidenziate le conseguenze dei cambiamenti climatici sull'alterazione delle condizioni idrologiche e delle specie e densità della vegetazione presente in corsi d'acqua, mari, zone estuarine e costiere. Ciò è causa, a sua volta, di un'alterazione dei flussi e, conseguentemente, dei processi ecosistemici legati all'interazione dei flussi stessi con la vegetazione. Si presenta una sintesi di alcuni lavori teorici, numerici e sperimentali del gruppo di ricerca dello scrivente sui temi delle modifiche dei processi avvertivi e diffusivi e di protezione costiera imputabili ai cambiamenti climatici.

INTRODUZIONE

Storicamente, i temi legati alla vulnerabilità dell'ambiente sono divenuti di interesse globale, richiamando un'attenzione a vasta scala, dopo la Seconda guerra mondiale, a causa delle conseguenze delle radiazioni causate dalle esplosioni nucleari e dai test atomici. Un primo evento non legato alla diffusione delle radiazioni è stato il cosiddetto Grande Smog del 1952 a Londra, che provocò la morte di almeno 4.000 persone. In conseguenza di ciò venne promulgata una delle prime fondamentali leggi moderne sulla salvaguardia ambientale, ossia il *Clean Air Act* del 1956. Da allora il tema della salvaguardia ambientale, pur con delle alterne vicende, ha visto un crescente interesse anche da parte dell'opinione pubblica e della comunità scientifica, soprattutto negli ultimi anni in cui la percezione delle conseguenze

legate ai cambiamenti climatici è divenuta sempre più pressante.

Alcune evidenze sono legate, per esempio, all'elevazione del livello medio mare. La figura 1 mostra l'aumento del livello medio globale del mare dal 1880 al 2015 sulla base di tre fonti. Tutti i valori sono relativi al livello medio del periodo 1993-2012, durante il quale i tre set di dati si sovrappongono.

La linea verde (CSIRO) di Fig. 1 mostra una ricostruzione per il periodo 1880-2013 (Church and White, 2011). La linea rossa (DPW) mostra una ricostruzione diversa dal 1902 al 2012 (Dangendorf *et al.*, 2017). Le zone ombreggiate rappresentano gli intervalli di incertezza nell'intorno delle suddette linee. La linea blu (ESA-CCI) mostra una serie temporale per il periodo 1993-2015 basata sui dati dell'altimetro di nove missioni satellitari (Legeais *et al.*, 2018; Quartly *et al.*, 2017).

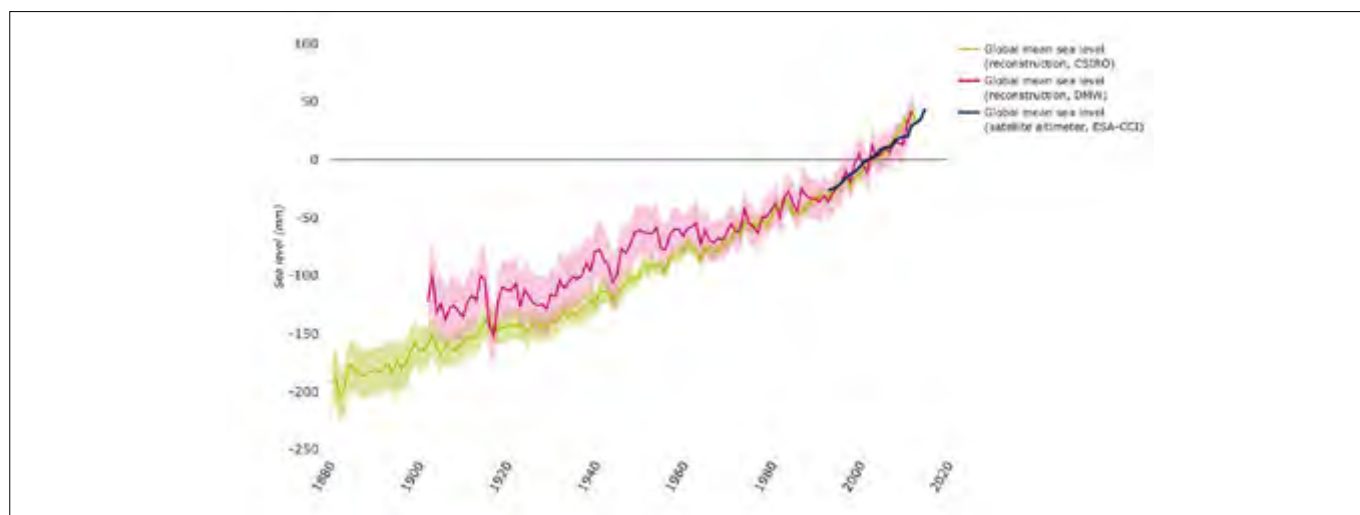


Figura 1. Valori osservati di variazione globale del livello medio del mare (fonte: European Environmental Agency)

Circa le gravi conseguenze dell'innalzamento del livello medio del mare, a titolo puramente di esempio, la figura 2 mostra il fenomeno dell'acqua alta che la città di Venezia, uno dei siti Patrimonio dell'Umanità più famosi dell'UNESCO, sta subendo sempre più frequentemente e in misura maggiore rispetto al passato, provocando danni sensibili a edifici e monumenti (Camuffo *et al.*, 2017).



Figura 2. Immagine sempre più frequente dell'acqua alta a Venezia

La conclusione che si può trarre da queste brevi osservazioni, sicuramente non esaustive, è che senza sforzi di mitigazione concertati, i diversi fattori di stress subiti dal nostro pianeta accelereranno nell'immediato futuro, con una serie imprevedibile di conseguenze catastrofiche e gravi ripercussioni sull'ambiente. Pertanto, la sfida che il mondo scientifico deve intraprendere consiste nello sviluppare armoniosamente ogni attività di ricerca tesa al ripristino e alla protezione dell'ambiente, aiutando il mondo produttivo a indirizzarsi verso attività di sviluppo sostenibile.

Nel seguito, a titolo di esempio, verranno mostrati sinteticamente due degli argomenti di ricerca, connessi col tema dei cambiamenti climatici, che vengono condotti dal gruppo di ricerca dello scrivente in collaborazione con altre università nazionali e internazionali.

EFFETTI DELLA VARIAZIONE DEL TIPO E DELLA DENSITÀ DELLA VEGETAZIONE NELLE ZONE FLUVIALI, ESTUARINE E COSTIERE IN TERMINI DI PROCESSI AVVETTIVI E DIFFUSIVI

La vegetazione presente nei corsi d'acqua è stata storicamente studiata in termini di resistenza al moto del flusso,

ossia come una macroscabrezza, in grado di aumentare le asperità del fondo. Tuttavia, la presenza di vegetazione è causa di riduzione di velocità del flusso e di modifica dei parametri turbolenti. Ciò ha delle notevoli conseguenze in termini dei processi di trasporto all'interno della zona vegetata, con conseguente intrappolamento di sedimenti, nonché di ristagno di nutrienti, traccianti chi-

estuarino o costiero. Il suo ruolo chiave nella regolazione dei processi ecologici e nella protezione dai rischi di alluvione o siccità ha ricevuto notevole attenzione da parte del mondo scientifico, anche in considerazione del fatto che l'alterazione delle condizioni idrologiche è strettamente legato ai cambiamenti climatici.

I campi di moto tipici dei fiumi o dei mari, i relativi processi avvettivi e dispersivi sono fortemente influenzati dalla vegetazione. Di contro, le modifiche provocate dalla vegetazione sulle caratteristiche di un campo di moto, influenzano il comportamento idraulico e la forza di resistenza della stessa vegetazione, in funzione della sua forma, rigidità, immersione, permeabilità/porosità e stadio fenologico (crescita, maturità, periodi di decadimento). Il tempo di permanenza, il trasporto e il destino di contaminanti, nutrienti, ossigeno disciolto e altre grandezze scalari, trasportati dai flussi, come anche il processo di deposizione di granuli di sedimenti, possono essere accuratamente previsti in base alla nostra capacità di comprendere il meccanismo di scambio e interazione tra un flusso e la vegetazione presente in esso. La conoscenza di tale meccanismo è fondamentale per la corretta comprensione dei processi di dispersione. Per maggiori dettagli su quanto riportato sopra si veda De Serio *et al.* (2018).

Lo schema di Fig. 3 mette in evidenza l'effetto a cascata brevemente descritto.

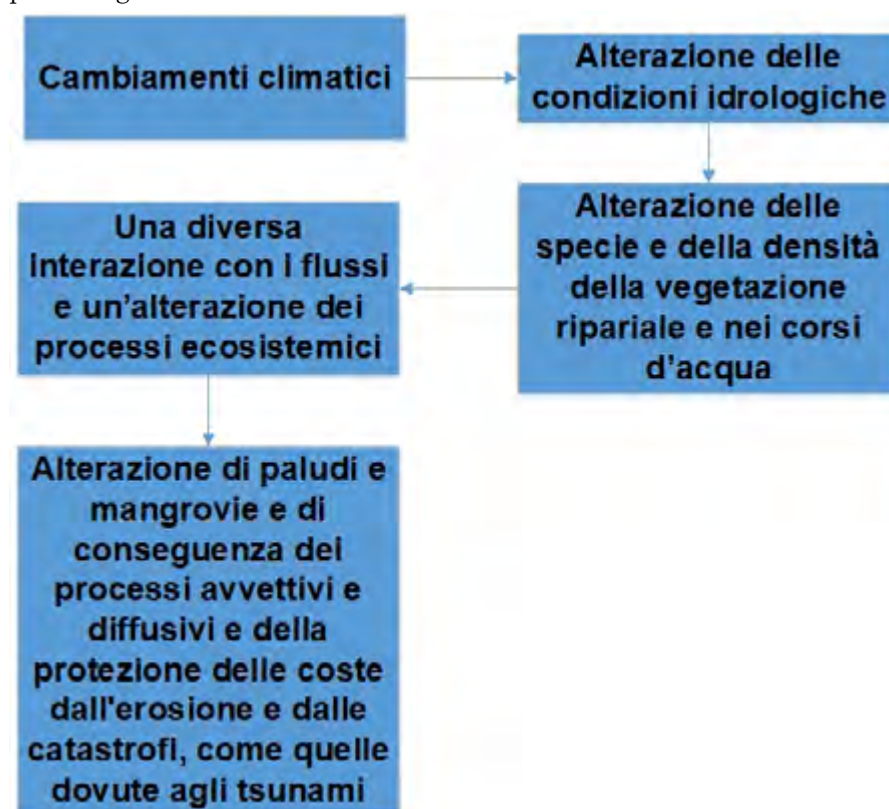


Figura 3. Diagramma a blocchi degli effetti a cascata

In conclusione, come mostrato in dettaglio in letteratura (Kemp *et al.*, 2000; Nikora, 2010; Nikora *et al.*, 2013) e, in particolare, in altri lavori dello scrivente (Mossa e De Serio, 2016; Mossa *et al.*, 2017; De Serio *et al.*, 2018), la vegetazione ha un ruolo essenziale sul campo di velocità di alcuni flussi a diverse scale, ognuna delle quali è rilevante per uno specifico processo biologico (Fig. 4).

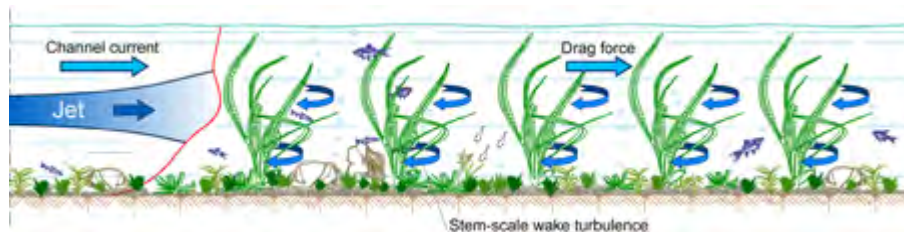


Figura 4. Esempio di un campo di moto (in figura viene rappresentato un getto immesso in un canale) interagente con piante acquatiche. Le frecce intendono indicare scie turbolente alla scala dei singoli steli (da Mossa *et al.*, 2017)

Ad esempio, l'assorbimento dei nutrienti da un singolo stelo di una pianta dipende dallo strato limite che si forma sullo stesso; in questi casi si parla di flussi a scala dello stelo. Allo stesso modo, l'intercettazione del polline è correlata alla struttura del flusso che si genera attorno a un singolo stigma. La ritenzione o il rilascio e, quindi, il processo di diffusione e avvezione di materia organica, traccianti, inquinanti, sedimenti, semi, etc. sono strettamente legati alla struttura del flusso a scala più grande di quelle menzionate in precedenza, fino a raggiungere la scala dell'ambiente (palude, terre umide, etc.) in cui si sviluppa il flusso stesso.



Figura 5. Esempio di un getto che si diffonde in una corrente in presenza di vegetazione rigida simulata con la presenza di steli di acciaio (laboratorio di Idraulica del Politecnico di Bari)

Pertanto, una modifica della vegetazione porta a una modifica dell'intero ecosistema. Questa è la ragione per cui a livello internazionale si conducono studi sui processi di interazione dei flussi con la vegetazione, ipotizzando delle modifiche di quest'ultima dovute, tra l'altro, ai cambiamenti climatici. Studi di questo tipo vengono condotti anche dal gruppo di ricerca dello scrivente, in

delli teorici proposti e adottati, degli apparati sperimentali (di cui la foto in figura 6 mostra un esempio), delle diverse configurazioni analizzate e delle tipologie di misure condotte, si rimanda ad alcuni lavori dello scrivente (Mossa e De Serio, 2016; Mossa *et al.*, 2017; De Serio *et al.*, 2018).

Tuttavia, a titolo di esempio, si presenteranno alcuni risultati sperimentali, ottenuti utilizzando la similitudine tra l'equazione del trasporto diffusivo-avvevativo di un generico tracciante e quella dell'energia cinetica turbolenta, i cui termini sono più semplici da misurare in un laboratorio di idraulica. In particolare, si farà riferimento ai processi avvevativi e diffusivi di un getto immesso in un canale in assenza o in presenza di una vegetazione, simulata con una matrice di steli rigidi. A tal riguardo la figura 7



Figura 6. Canale del laboratorio di Idraulica del Politecnico di Bari, utilizzato per la sperimentazione dei flussi interagenti con la vegetazione

collaborazione con altri centri di ricerca nazionali e internazionali, presso il LIC - Laboratorio di Ingegneria Costiera e il Laboratorio di Idraulica del Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica del Politecnico di Bari.

A titolo di esempio, in figura 5 si mostra il campo di moto di un getto turbolento immesso in una corrente interagente con una vegetazione rigida simulata attraverso una matrice di steli di acciaio.

In particolare, sono stati condotti studi teorici e sperimentali sui processi di diffusione e avvezione di un generico tracciante modificati dalla vegetazione. Per la dettagliata descrizione dei mo-

mostra l'andamento puntuale e medio in ogni sezione del getto analizzato dei coefficienti di diffusione K_{xx} e K_{yy} longitudinale e trasversale, rispettivamente. In particolare, la linea continua e i punti sperimentali a forma di rombo si riferiscono al getto in presenza di vegetazione, mentre la linea tratteggiata e i punti sperimentali a forma di cerchio si riferiscono al medesimo getto in assenza di vegetazione.

Si osserva che mentre la diffusione longitudinale subisce una forte riduzione in presenza della vegetazione, quella trasversale, viceversa, aumenta. Ciò evidenzia la notevole variazione dell'intero processo di diffusione legato all'assenza o alla presenza della vegetazione. In

quest'ultimo caso, inoltre, il processo dipende anche dalla densità e tipologia di vegetazione, attraverso tipici parametri geometrici (Mossa e De Serio, 2016). Analoga conclusione è stata ottenuta per i processi avvertivi, i cui risultati non vengono riportati per ragioni di brevità, ma che è possibile vedere nel lavoro di Mossa *et al.* (2017).

Come già detto, studi di questo tipo sono condotti anche con collaborazione del gruppo di ricerca dello scrivente presso centri internazionali. In particolare, si menziona il progetto di ricerca *JEts interacting with VEgetation in Rotating Basin (JEVERB)*, finanziato dall'UE nell'ambito delle attività European H2020 Hydralab+ "Adaptation for Climate Change program".

efficacemente la costa dall'azione del vento e delle maree (Mazda *et al.*, 1997).

Uno dei peggiori tsunami che sia stato registrato è quello che colpì il sud-est asiatico il 26 dicembre 2004, provocando la morte di oltre 227.000 persone. Patel *et al.* (2017) hanno evidenziato l'effetto benefico che, tuttavia, ebbero le mangrovie. In particolare, gli autori osservano che, in occasione del suddetto tsunami, le abitazioni riparate dalle mangrovie poste in prossimità della costa di Serambu Beach, West Nias, furono tra le poche non totalmente distrutte.

Tuttavia, studi dedicati suggeriscono che tsunami e mareggiate possono dar luogo a conseguenze non sempre analoghe in presenza della vegetazione.

genera all'interno delle mangrovie sono oggetto di diversi studi, sia numerici che sperimentali. Tuttavia, indipendentemente dall'approccio impiegato, l'efficacia delle mangrovie è ancora una questione aperta. Ad esempio, Kathiresan e Rajendran (2005) hanno dimostrato la capacità della vegetazione di mangrovie di proteggere la costa dalla furia degli tsunami, mentre Kerr *et al.* (2005) hanno osservato che questa protezione è inesistente nel caso di grandi tsunami.

Le precedenti brevi osservazioni consentono di comprendere le ragioni per cui il gruppo di ricerca dello scrivente, in collaborazione con l'Università di Padova, stia conducendo anche studi sull'interazione delle onde solitarie con vegetazione emergente rigida. Il com-

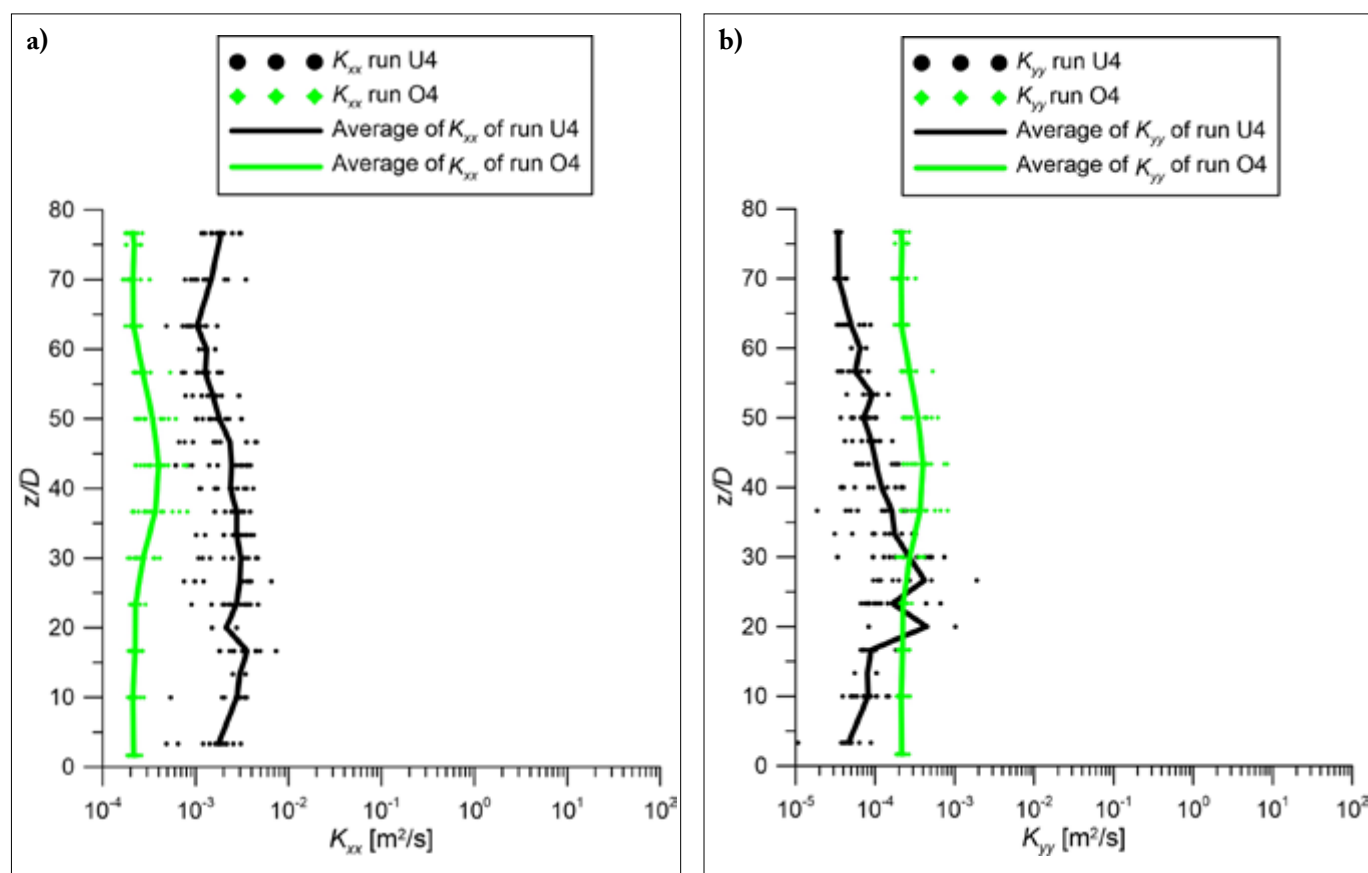


Figura 7. Andamento del coefficiente di diffusione longitudinale (a) e trasversale (b) delle configurazioni in assenza (run U4) e in presenza (run O4) di vegetazione simulata (da Mossa *et al.*, 2017)

EFFETTI DELLA VEGETAZIONE DELLE ZONE ESTUARINE E COSTIERE SULLE ONDE SOLITARIE

Si ritiene che le zone umide e le mangrovie riducano i processi di erosione costiera, attenuando gli effetti delle mareggiate. Le mangrovie riescono anche a ridurre gli effetti catastrofici delle onde anomale, come gli tsunami e aiutano a contrastare i cambiamenti climatici assorbendo notevoli quantità di carbonio; possono anche proteggere

Ad esempio, con l'aumentare dell'altezza dell'acqua, l'attenuazione fornita dalle foreste di mangrovie è destinata a ridursi. Il lungo periodo delle onde dello tsunami può anche influenzare la mitigazione fornita dalle mangrovie, perché le piante potrebbero essere già danneggiate o sradicate mentre l'onda continua a propagarsi attraverso la foresta costiera.

Per comprendere meglio l'azione esercitata dalle foreste di mangrovie, la quantificazione dell'attenuazione delle onde dello tsunami e la resistenza che si

pleno e costoso apparato sperimentale è descritto da Tognin *et al.* (2019), a cui si rimanda per i dettagli, in grado di consentire le misure simultanee e in diverse sezioni delle velocità e dei profili di elevazione della superficie libera del flusso in canale, schematizzato in figura 8.

Alcuni primi risultati hanno evidenziato l'importanza che la presenza, densità e tipologia della vegetazione hanno sull'altezza e propagazione delle onde, oltre che sulla turbolenza del campo di moto. In particolare, è stato osservato che la vegetazione influenza fortemente

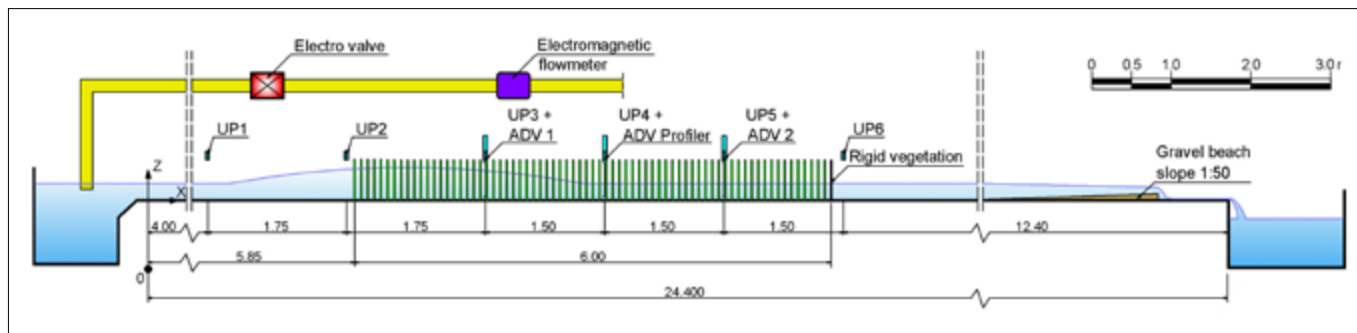


Figura 8. Canale laboratorio di Idraulica del Politecnico di Bari per la generazione di onde solitarie con indicazione di alcuni strumenti utilizzati e della loro posizione (da Tognin et al., 2019)

il comportamento delle onde, riducendone l'altezza in proporzione alla densità della vegetazione. Un'area di scia è stata osservata a valle delle file dei cilindri che simulavano la vegetazione, dove è stata notata una significativa riduzione della velocità. Il campo di vorticità in corrispondenza della fase della cresta dell'onda ha mostrato chiaramente la coesistenza di due vortici controrotanti intensi a valle di ogni singolo cilindro, con valori di vorticità quasi quattro volte superiori a quelli stimati in assenza del moto ondoso. Queste prime conclusioni sono state pubblicate da Tognin *et al.* (2019), a cui, dunque, si rimanda per i vari approfondimenti.

CONCLUSIONI

Una conseguenza rilevante dei cambiamenti climatici è una significativa trasformazione delle condizioni idrologiche e della vegetazione nelle zone costiere, estuarine e fluviali. Questa trasformazione è accompagnata da una modifica della vegetazione con conseguenze su diversi processi ecosistemici legati all'interazione tra un flusso e la vegetazione stessa.

Le sperimentazioni condotte hanno dimostrato che la vegetazione svolge un ruolo fondamentale per i processi di diffusione e di avvezione, che sono basilari per gli ecosistemi, alterandoli in modo significativo.

Le mangrovie possono ridurre l'erosione costiera, attenuando gli effetti delle mareggiate o le conseguenze catastrofiche degli tsunami. Le sperimentazioni condotte dimostrano che una variazione della vegetazione costiera può provocare notevoli modifiche sulla loro interazione con le onde solitarie, con un conseguente potenziale aumento degli effetti catastrofici.

BIBLIOGRAFIA

CAMUFFO D., BERTOLIN C., SCENAL P. (2017), *A novel proxy and the sea level rise in Venice, Italy, from 1350 to 2014*, Climatic Change, Springer, vol. 143(1), pages 73-86.

DANGENDORF S., MARCOS M., WÖPPELMANN G., CONRAD C.P., FREDERIKSE T., RIVA R. (2017), *Reassessment of 20th century global mean sea level rise*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 201616007, May 2017, doi: 10.1073/pnas.1616007114.

DE SERIO F., BEN MEFTAH M., MOSSA M., TERMINI D. (2018), *Experimental investigation on dispersion mechanisms in rigid and flexible vegetated beds*, Advances in Water Resources, vol. 120, pages 98-113, <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.08.005>

CHURCH J.A., WHITE N.J. (2011), *Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century*, Surv Geophys, 32, 585-602, <https://doi.org/10.1007/s10712-011-9119-1>

KATHIRESAN K., RAJENDRAN N. (2005), *Coastal mangrove forests mitigated tsunami*, Estuar. Coast. Shelf Sci., 65, 601-606.

KEMP J., HARPER D., CROSA G. (2000), *The habitat-scale ecohydraulics of rivers*, Ecol. Eng. 16, 17-29.

KERR A.M., BAIRD A.H., CAMPBELL S.J. (2006), *Comments on "Coastal mangrove forests mitigated tsunami" by K. Kathiresan and N. Rajendran* [Estuar. Coast. Shelf Sci., 65 (2005) 601-606], Estuar. Coast. Shelf Sci., 67, 539-541.

LEGEAIS J.-F., ABLAIN M., ZAWADZKI L., ZUO H., JOHANNESSEN J.A., SCHARFENBERG M.G., FENOGLIO-MARC, L., FERNANDES, M.J., ANDERSEN, O.B., RUDENKO S., CIPOLLINI P., QUARTLY G.D., PASSARO M., CAZENAVE A., BENVENISTE, J. (2018), *An improved and homogeneous altimeter sea level record from the ESA Climate Change Initiative*, Earth Syst. Sci. Data, 10, 281-301, <https://doi.org/10.5194/essd-10-281-2018>

MAZDA Y., MAGI M., KOGO M., HONG P.N. (1997), *Mangroves as coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam*, Mangroves Salt Marshes, 1, 127-135.

MOSSA M., DE SERIO F. (2016), *Rethinking the process of detrainment: jets in obstructed natural flows*, Scientific Reports, 6, Article number: 39103, doi:10.1038/srep39103.

MOSSA M., BEN MEFTAH M., DE SERIO F., NEPF H.M. (2017), *How vegetation in flows modifies the turbulent mixing and spreading of jets*, Scientific Reports, 7, p. 6587, 10.1038/s41598-017-05881-1.

NIKORA V. (2010), *Hydrodynamics of aquatic ecosystems: an interface between ecology, biomechanics and environmental fluid mechanics*, River. Res. Applic., 26, 367-384.

NIKORA N., NIKORA V., O'DONOGHUE T. (2013), *Velocity profiles in vegetated open-channel flows: combined effects of multiple mechanisms*, Journal of Hydraulic Engineering, 139, 10.

PATEL DHAVAL M., PATEL V.M., BHUPESH KATARIYA, PATEL KHYATI A. (2014), *Performance of mangrove in tsunami resistance*, Int. Journal of Emerging Technology, 1(3).

QUARTLY G.D., LEGEAIS J.-F., ABLAIN M., ZAWADZKI L., FERNANDES M.J., RUDENKO S., CARRÈRE L., GARCÍA P.N., CIPOLLINI P., ANDERSEN O.B., POISSON J.-C., MBAJON NJICHE S., CAZENAVE A., BENVENISTE J. (2017), *A new phase in the production of quality-controlled sea level data*, Earth Syst. Sci. Data, 9, 557-572, <https://doi.org/10.5194/essd-9-557-2017>

TOGNIN D., PERUZZO P., DE SERIO F., BEN MEFTAH M., CARNIELLO L., DEFINA A., MOSSA M. (2019), *Experimental setup and measuring system to study solitary wave interaction with rigid emergent vegetation*, Sensors, 19(8), 1787, <https://doi.org/10.3390/s19081787>

Un pianeta pulito per tutti. Una visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra

A clean planet for all. A european
strategic long-term vision for a
prosperous, modern, competitive
and climate neutral economy

Giorgia Barbieri
Daniela Battista
Barbara Valenzano

Dipartimento Mobilità, qualità urbana,
opere pubbliche, ecologia e paesaggio -
Regione Puglia
E-mail: b.valenzano@regione.puglia.it

Parole chiave: cambiamenti climatici, energia rinnovabile, decarbonizzazione, sviluppo sostenibile, Unione Europea
Key words: climate changes, renewable energy, decarbonization, sustainable development, European Union

PREMESSA

Il 26 e 27 giugno 2019 si è tenuta la 135^a sessione plenaria del Comitato Europeo delle Regioni durante la quale, alla presenza del Parlamento europeo, del Consiglio europeo, del Consiglio, del Comitato economico e sociale europeo, del Comitato delle regioni e della Banca Europea per gli investimenti, è stato esposto dal presidente della Regione Puglia – dott. Michele Emiliano – in qualità di *rapporteur* (relatore) nominato dal Comitato Europeo delle Regioni, il parere dal titolo “*Un pianeta pulito per tutti: visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra*”. Il parere, che contiene delle precise raccomandazioni politiche, è strutturato in 49 punti suddivisi in 7 capitoli.

Con tale parere il Comitato Europeo delle Regioni propone l'adozione di misure utili a raggiungere l'obiettivo “*zero emissions*” entro il 2050, privilegiando gli scenari più ambiziosi ed auspicando per l'Europa un ruolo guida a livello internazionale nelle azioni per il contrasto ai cambiamenti climatici. Per il raggiungimento di tale obiettivo, mirato a contenere il riscaldamento globale entro 1,5°C rispetto ai livelli preindustriali, ma irrinunciabile per coniugare la qualità dell'ambiente, della vita e della sostenibilità dello sviluppo economico, il parere prospetta una profonda trasformazione dell'economia e della società europea lungo le seguenti direttrici: efficienza energetica degli edifici; diffusione delle energie rinnovabili ed aumento dell'elettrificazione; mobilità

sostenibile, pulita, sicura e connessa; competitività industriale ed economia circolare; infrastrutture ecosostenibili e interconnessioni; bioeconomia; graduale abbandono dei combustibili fossili nei differenti settori.

Il punto di partenza per l'adozione delle misure più efficaci è la valutazione degli impatti dei diversi scenari sugli aspetti climatici, sanitari, ambientali, biodiversità, economici e sociali: è pertanto evidente che la valutazione costi/benefici dei diversi scenari proposti dalla Strategia non potrà prescindere, oltre che dai costi “ambientali”, anche da quelli “sociali”. In base agli esiti di queste valutazioni sarà poi necessario definire un quadro normativo europeo globale in linea con quanto stabilito nell'Accordo sul clima di Parigi siglato nel 2015 che intensifica i principi contenuti nella Convenzione Quadro delle Nazioni Unite (New York, 1992), rafforzando la risposta globale alla minaccia del cambiamento climatico anche attraverso lo sviluppo di tecnologie a basse emissioni di gas climalteranti, e in linea con quanto stabilito dalla Strategia 2050 e dagli obiettivi dell'Agenda 2030, il Programma d'Azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 a New York dai Governi dei 193 Paesi membri dell'ONU che fissa gli impegni per lo sviluppo sostenibile da realizzare entro il 2030 individuando 17 Obiettivi (*SDGs - Sustainable Development Goals*) e 169 target.

Diventa infatti fondamentale adeguare l'apparato giuridico dell'Unione Europea agli obiettivi della Strategia

per garantire l'integrazione dei criteri di sostenibilità in tutte le politiche e gli strumenti finanziari dell'UE, fornendo un ambiente stabile per gli investimenti e lo sviluppo sostenibile nei limiti ecologici del pianeta. Allo stesso modo è necessario favorire l'attuazione del predetto apparato giuridico sia in termini di norme interposte di recepimento dei regolamenti dell'UE da parte di tutti gli Stati membri sia in termini di disponibilità di risorse finanziarie e non.

Per affrontare efficacemente le componenti strategiche identificate, il parere sottende, pertanto, anche alcune importanti componenti trasversali: *governance* trasversale e multilivello della decarbonizzazione ed approccio integrato alle politiche pubbliche urbane e regionali; *financing* e supporto all'implementazione di adeguate risorse finanziarie; sviluppo e diffusione delle conoscenze e comunicazione; gestione degli impatti sociali della transizione.

Un ruolo significativo per il recepimento e l'integrazione delle strategie comunitarie è demandato ai Piani Nazionali per l'Energia e il Clima presentati dagli Stati membri: l'assunto di partenza fondamentale è che gli strumenti di pianificazione, programmazione e le strategie nazionali a lungo termine siano elaborati attraverso un dialogo multilivello ed un metodo partecipativo e siano basati sulle buone pratiche già esistenti a livello regionale e locale.

Il parere evidenzia inoltre l'importanza delle particolari vulnerabilità dei diversi territori e dei cittadini nel processo di transizione verso una società a

“zero emissions”: le disuguaglianze e le disparità territoriali sono ancora molto diffuse, ma diventa importante salvarle, facendo in modo di elidere le disomogeneità e le disuguaglianze, rafforzando la coesione sociale ed assicurando la stabilità sociale, economica e politica tra e negli Stati membri dell’UE.

Cruciale, quindi, anche il ruolo che devono svolgere le Regioni e gli Enti locali nell’attuazione delle politiche pubbliche sul clima e sull’energia al fine di promuovere i cambiamenti comportamentali necessari alla loro efficace implementazione garantendo l’accettazione di tali cambiamenti da parte di tutti i cittadini, sulla base di una precisa e concreta strategia di decarbonizzazione tesa a raggiungere l’obiettivo “zero emissions”. A tal proposito, il parere sottolinea l’importanza di investire in campagne di educazione e sensibilizzazione alle questioni climatiche destinate ai cittadini di ogni età e, in particolare, ai giovani.

La Strategia presentata dal Comitato Europeo delle Regioni, in sostanza, contempla quale principale obiettivo la lotta ai cambiamenti climatici, integrando ed armonizzando strategie ambientali, sociali ed economiche al fine di favorire la transizione dell’Unione Europea verso un’economia efficiente e sostenibile, in cui l’ambiente naturale dovrà essere protetto e potenziato, unitamente alla salute ed al benessere dei cittadini.

Al fine di eliminare le emissioni di gas ad effetto serra è importante investire in un ammodernamento sostanziale degli impianti esistenti: il parere sottolinea l’importanza di favorire la decarbonizzazione ed il perseguimento dell’obiettivo “zero emissions” ed invita gli Stati membri a definire, di concerto con le Regioni, precise *roadmaps* per la

riconversione degli impianti e delle infrastrutture che impiegano combustibili fossili e delle centrali nucleari, incentivando l’utilizzo di fonti rinnovabili (come l’idrogeno) e sulla base delle *BREFs*. Il parere osserva che una tariffazione adeguata delle energie fossili nel quadro del sistema di scambio delle quote di emissioni o ai fini dell’imposizione fiscale costituisce un presupposto essenziale per la transizione verso le energie rinnovabili.

Si riportano di seguito i 49 punti che esplicitano le raccomandazioni politiche del Comitato Europeo delle Regioni espresse nel parere “*Un pianeta pulito per tutti - Una visione strategica europea a lungo termine per un’economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra*”, attraverso la rappresentanza affidata dal Comitato alla Regione Puglia per il tramite del suo Presidente dott. Michele Emiliano.

IL COMITATO EUROPEO DELLE REGIONI

ATTUAZIONE DELLA STRATEGIA A LUNGO TERMINE PER IL 2050

1. Accoglie con favore la comunicazione “*Un pianeta pulito per tutti*” e sostiene l’obiettivo di raggiungere la neutralità in termini di emissioni di gas ad effetto serra (“zero emission” calcolate come emissioni nette) entro il 2050; invita la Commissione europea, per raggiungere tale obiettivo, ad elaborare una tabella di marcia ancora più ambiziosa adottando misure atte a contenere il riscaldamento globale entro 1,5°C rispetto ai livelli preindustriali, privilegiando gli scenari più ambiziosi; chiede inoltre alla Commissione di valutare l’impatto dei diversi scenari sugli aspetti climatici,

sanitari, ambientali, economici e sociali, e la invita a proporre un quadro normativo globale corrispondente basato su tale valutazione e in linea con la strategia di attuazione degli obiettivi di sviluppo sostenibile (OSS) delle Nazioni Unite. In tale contesto, accoglie con favore anche i lavori in corso a livello Unione europea (UE) in merito al documento di riflessione sull’Europa sostenibile, compresi quelli condotti dallo stesso Comitato delle regioni, relativi alle modalità per coinvolgere gli enti locali e regionali nei processi essenziali di trasformazione.

2. Sottolinea che occorre investire in campagne di educazione e sensibilizzazione alle questioni climatiche destinate a cittadini di ogni età ma incentrate in particolare sui giovani, i quali sono sempre più preoccupati da quelli che considerano progressi troppo lenti nell’azione per il clima; osserva che gli enti locali e regionali, in cooperazione con gli istituti di istruzione e le organizzazioni della società civile, hanno un ruolo importante da svolgere nel promuovere questo impegno e nel rispondere alle aspettative dei giovani.

3. Rinnova il suo invito agli Stati membri ed alla Commissione europea a creare una piattaforma multilivello di dialogo permanente sull’energia, come stabilito nel regolamento sulla governance dell’Unione dell’energia, che consideri anche gli aspetti climatici e ambientali, per sostenere le regioni ed enti locali (EE.LL.), le organizzazioni della società civile, le imprese e altri soggetti interessati nella transizione energetica⁽¹⁾; dichiara in questo contesto la propria disponibilità a creare, se richiesto dalla Commissione europea, una struttura per scambi tecnici sull’attuazione del pacchetto Energia pulita a livello locale o regionale.

4. Ricorda il ruolo cruciale di regioni ed EE.LL. nell’attuazione delle politiche pubbliche sul clima e sull’energia e nel promuovere i cambiamenti comportamentali necessari alla loro efficace implementazione garantendo l’accettazione di tali cambiamenti da parte di tutti i cittadini, sulla base di una precisa e concreta strategia di decarbonizzazione, tesa a raggiungere l’obiettivo “emissioni zero”: a tal riguardo sottolinea l’azione svolta dal Patto dei sindaci per il clima e l’energia e invita la Commissione a continuare a promuovere questa iniziativa e a valorizzarne altre analoghe per rafforzare l’azione locale e ad istituire un meccanismo permanente di consultazione sulla base del dialogo di Talanoa⁽²⁾.



Europa meridionale da satellite

5. Richiama l'attenzione sul sostegno a iniziative quali il Patto dei sindaci per il clima e l'energia che permette, attraverso un rapporto diretto tra enti locali e Commissione, di sviluppare dal basso uno specifico piano che, facendo leva sui Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC), si indirizzi verso un piano integrato di gestione territoriale di lotta ai cambiamenti climatici in coordinamento anche con altri portatori di interesse del territorio impegnati nei Piani nazionali per l'energia ed il clima (PNEC) e nel sostegno degli obiettivi di sviluppo sostenibile (OSS).

6. Invita la Commissione a garantire che i PNEC e le strategie nazionali a lungo termine siano armonizzati con quanto previsto dall'Accordo di Parigi, dalla strategia 2050 e dagli OSS; ritiene fondamentale che gli stessi siano elaborati attraverso un dialogo multilivello e un metodo partecipativo e siano basati sulle buone pratiche esistenti a livello regionale e locale; suggerisce altresì di ridurre il tempo previsto per il riesame periodico di tali piani e di istituzionalizzare il sistema di contributi determinati al livello regionale (RDC) e al livello locale (LDC) per coniugarlo con il sistema dei contributi determinati a livello nazionale (NDC).

7. Invita la Commissione a tenere attivamente conto della particolare vulnerabilità di determinati territori come, ad esempio, le regioni ultraperiferiche e dei cittadini nel processo di transizione verso un'Europa neutra dal punto di vista climatico, per evitare un rigetto del processo di transizione; chiede inoltre di istituire un Osservatorio europeo sulla neutralità climatica per contribuire all'adempimento degli obblighi nazionali in materia di comunicazione nell'ambito della governance dell'Unione dell'energia e contribuire alla mappatura e al monitoraggio di tali vulnerabilità, unitamente a un aggiornamento delle competenze nell'ambito dell'"EU Skills Panorama". Queste misure, tese a realizzare un'Europa climaticamente neutra, devono tenere conto del fabbisogno delle competenze a livello regionale e locale: ciò al fine di allineare lo sviluppo delle politiche di sostenibilità alla crescita delle competenze per posti di lavoro di qualità a prova di futuro nelle regioni più vulnerabili e per facilitare un efficace scambio di buone pratiche tra queste regioni, anche sulla base degli indicatori compositi esistenti ed eventuali altri da identificare.

8. Richiama l'attenzione sulle differenti caratteristiche in materia di clima,



Palazzo del Consiglio Regionale della Puglia

ambiente, paesaggio, mobilità e struttura economico-sociale dei territori europei, evidenziando l'importanza di modulare l'attuazione della strategia sulla base delle caratteristiche dei territori, geopolitiche ed economiche, superando i semplici confini amministrativi.

9. Sottolinea la necessità di garantire un approccio olistico che comprenda gli strumenti e le strategie nell'ambito delle politiche generali dell'UE in materia di OSS, coesione ed economia circolare, ma anche azioni specifiche riguardanti, ad esempio, la politica energetica, l'attenuazione dei cambiamenti climatici e l'adattamento ad essi e la transizione delle regioni carbonifere.

LA NEUTRALITÀ CLIMATICA DEL SISTEMA ENERGETICO

10. Prendendo atto del ruolo chiave di regioni ed EE.LL. nell'implementazione partecipata delle politiche energetiche e climatiche, riconosce il ruolo esemplare delle autorità pubbliche in tutti i settori, a partire dalla gestione del patrimonio edilizio pubblico e delle società a gestione pubblica. In tal senso, sottolinea l'importanza dei piani per l'efficientamento energetico degli edifici pubblici, unitamente all'applicazione dei criteri del *Sustainable Public Procurement* (SPP) e dei sistemi di gestione energetica e ambientale, nel rispetto dei Criteri Ambientali Minimi (CAM)⁽³⁾.

11. Invita la Commissione europea a continuare a promuovere l'efficienza energetica degli edifici come una priorità, al fine di ridurre le emissioni degli edifici esistenti e a garantire che le sovvenzioni pubbliche e gli strumenti finanziari con-

sentano ai proprietari di migliorare l'efficienza energetica degli edifici mediante interventi di riqualificazione. Inoltre, gli investimenti e gli aiuti di Stato necessari dovrebbero essere classificati come costi di capitale per facilitare i margini decisionali degli enti locali e regionali. Ciò contribuisce in modo significativo all'incremento del tasso medio annuo di riqualificazione degli edifici.

12. Ricorda l'importanza di proteggere i soggetti vulnerabili dalla povertà energetica e di garantire a tutti i cittadini europei pari accesso ai servizi energetici di base.

13. Invita la Commissione a promuovere un approccio circolare in fase di progettazione, realizzazione e gestione di nuovi edifici, che dovrà essere sostenibile ovvero comprendere l'efficienza energetica e l'impiego di fonti rinnovabili, a partire dall'esempio dell'iniziativa Level(s)⁽⁴⁾. Pertanto, in una prospettiva basata sul ciclo di vita, occorre stabilire dei requisiti relativi alle prestazioni climatiche e ambientali dei materiali da costruzione e dei processi costruttivi, come pure riguardo alla documentazione sui materiali utilizzati. A tal fine è necessario continuare a investire nella normazione, nei requisiti di progettazione ecocompatibile, nelle dichiarazioni ambientali dei prodotti e nei sistemi di informazione sull'analisi del ciclo di vita.

14. È fermamente convinto che l'obiettivo del 32% di energie rinnovabili a livello dell'UE debba essere ulteriormente riconsiderato in futuro, in funzione dell'evoluzione delle tecnologie, in vista del raggiungimento del 40% entro il 2030 per conseguire la neutralità climatica entro il 2050, e che, in ogni caso,

le regioni europee capaci di superare tale soglia debbano essere adeguatamente incentivate e sostenute.

15. Accoglie con favore l'istituzione formale delle comunità locali dell'energia nel "Clean Energy Package"⁽⁵⁾ e invita gli Stati membri a sfruttarne il potenziale⁽⁶⁾, evidenziando la necessità di istituire regimi di sostegno finanziario mirati, in cui venga data la priorità ai territori che presentino ostacoli come reti di energia elettrica isolate e non interconnesse alle grandi reti europee. Fa inoltre notare che, a livello locale e regionale, le imprese energetiche pubbliche e private sono attori importanti ai fini della transizione.

16. Sottolinea l'importanza di favorire la decarbonizzazione e il perseguimento dell'obiettivo "emissioni zero" e di invitare gli Stati membri a definire, di concerto con le regioni, precise *roadmap* per la riconversione degli impianti e delle infrastrutture che impiegano combustibili fossili e delle centrali nucleari, incentivando l'utilizzo di fonti rinnovabili (come l'idrogeno) e di tecnologie intese alla decarbonizzazione dell'industria del gas europea, sulla base delle BREFs (Best Available Techniques Reference Document). Osserva che una tariffazione adeguata delle energie fossili nel quadro del sistema di scambio delle quote di emissioni o ai fini di un'imposizione fiscale che sia concepita in modo sostenibile sul piano sociale costituisce un presupposto essenziale per la transizione verso le energie rinnovabili. Accoglie pertanto con favore la recente comunicazione della Commissione europea sul tema "Un processo decisionale più efficiente e democratico nella politica in materia di energia e di clima dell'UE", e ritiene che molte tra le proposte avanzate nel documento (in particolare per quanto

riguarda l'elemento cruciale della tassazione dell'energia) siano essenziali ad assicurare una risposta coordinata, coerente e tempestiva alle enormi sfide che l'UE deve affrontare.

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E NEUTRALITÀ CLIMATICA

17. Ricorda il ruolo centrale di regioni ed EE.LL. nell'attuazione delle politiche di mobilità sostenibile di persone e merci, anche attraverso le attività di pianificazione urbana e territoriale finalizzate al riequilibrio modale, alla riduzione dell'uso dei veicoli a motore e alla riduzione del consumo di suolo.

18. Ribadisce la necessità di rendere climaticamente neutri i trasporti, unico settore in cui le emissioni di CO₂ sono ancora superiori ai livelli del 1990⁽⁷⁾, anche attraverso l'aumento del supporto finanziario e tecnico alle piattaforme europee, quali la *S3P Energy*⁽⁸⁾.

19. Invita la Commissione a sbloccare finanziamenti europei destinati ad accelerare la diffusione dei punti di ricarica per i veicoli, per far sì che l'infrastruttura attuale non sia di ostacolo allo sviluppo di una mobilità pulita in tutta Europa al fine di soddisfare la domanda futura.

20. Sottolinea l'importanza di favorire e finanziare la transizione verso modalità di trasporto collettivo, condiviso, multimodale e intermodale anche attraverso lo sviluppo di piattaforme logistiche e di piani di *mobility management* a livello locale e regionale, tenendo in considerazione anche le specificità delle regioni scarsamente popolate, periferiche, ultraperiferiche e insulari.

21. Sottolinea l'importanza che i piani per la mobilità siano in linea con l'aumento della produzione e della distribuzione di elettricità verde e di combustibili rinnovabili⁽⁹⁾, mirino all'otte-

nimento di zero emissioni da traffico e siano integrati con la pianificazione urbana e territoriale e, ove pertinente, con i piani di azione per l'energia sostenibile e il clima, ricordando come tali politiche abbiano un ruolo cruciale per il miglioramento della vita e la tutela della salute dei cittadini.

22. Evidenzia la necessità di prestare particolare attenzione alle possibili misure di decarbonizzazione nel sistema dei trasporti, promuovendo l'uso di fonti energetiche rinnovabili e di combustibili alternativi, e, di conseguenza, la realizzazione di infrastrutture specifiche per garantire un approvvigionamento ecologico e diversificato, in particolare tramite il rafforzamento dei gestori locali delle reti di distribuzione.

23. Sottolinea l'importanza delle interazioni tra uso del suolo, mitigazione dei cambiamenti climatici e potenziale di adattamento, nonché quella di affrontare la questione dell'enorme impatto dell'agricoltura sul clima, quali elementi essenziali di qualsiasi strategia volta a conciliare il rispetto dell'Accordo di Parigi e gli obiettivi di sviluppo sostenibile (OSS) con un migliore benessere ambientale, sanitario ed economico-sociale.

24. Mette in risalto il ruolo delle comunità insulari quali potenziali laboratori per le politiche di neutralità climatica ed evidenzia la necessità di misure di decarbonizzazione del trasporto marittimo, tenendo conto dei territori vulnerabili che dipendono fortemente da tale trasporto marittimo.

SULLA NEUTRALITÀ CLIMATICA DEL SISTEMA ECONOMICO

25. Evidenzia il ruolo del SPP nel promuovere lo sviluppo dell'economia verde e dei cambiamenti comportamentali, l'importanza di procedere rapidamente verso appalti pubblici circolari, e la rilevanza del ricorso a sistemi di gestione ambientale nel settore privato, a partire dalla piena attuazione della direttiva IED⁽¹⁰⁾ e delle BREFs per ciascun settore produttivo e del sistema delle certificazioni ambientali EMAS ed ISO⁽¹¹⁾.

26. Sottolinea l'assenza nella strategia di un riferimento al settore "rifiuti", alla gerarchia europea dei rifiuti e ai principi dell'economia circolare⁽¹²⁾ e, pertanto, propone di introdurre misure per la rapida definizione di criteri uniformi per la cessazione della qualifica di rifiuto, con lo scopo di ridurre le operazioni di smaltimento, favorire il recupero e minimizzare le emissioni inquinanti dei processi industriali correlati. Sottolinea che i rifiuti dovrebbero essere ridotti al



Trasporto integrato treno e bici



Riduzione dei rifiuti

minimo anche grazie ai requisiti di progettazione ecocompatibile dei prodotti per quanto riguarda il contenuto di sostanze chimiche e la riciclabilità nonché agli investimenti nella selezione e nel recupero di materia ed energia.

27. Ricorda l'importanza di prestare particolare attenzione alle regioni in cui si trovano industrie energivore e infrastrutture energetiche per garantire un rapido inizio della transizione, nonché una sua gestione equa e inclusiva, limitando o compensando gli impatti sociali e ambientali; sottolinea l'importanza di garantire che le autorità locali e regionali, nonché i cittadini e le Organizzazioni non governative interessate, il settore delle imprese, le università e gli istituti di ricerca siano coinvolti nella definizione delle misure di compensazione per i potenziali impatti negativi della transizione energetica.

28. Ricorda la necessità di garantire un'equa distribuzione dei costi ambientali e dei benefici sanitari, ambientali, economici e sociali per i cittadini interessati dalla realizzazione di infrastrutture energetiche e dai cambiamenti che si rendono necessari durante la transizione. In particolare sottolinea l'importanza di coinvolgere gli enti locali e regionali dei territori attraversati da infrastrutture che trattano ingenti quantitativi di energia nella definizione, insieme alle competenti autorità nazionali, di criteri per la ripartizione dei costi e dei benefici ambientali, assicurando che una quota equa delle entrate generate vada a beneficio dei cittadini più colpiti; sottolinea inoltre che tutte le politiche europee, compresa la politica commerciale dell'UE con partner non UE, devono essere allineate all'obiettivo della neutralità climatica.



Costa Ripagnola (foto di A. Sigismondi)

STRATEGIE DI ASSORBIMENTO

E COMPENSAZIONE DELLE EMISSIONI

29. Accoglie con favore l'aggiornamento della strategia per la bioeconomia dell'UE⁽¹³⁾, che sostiene lo sviluppo di sistemi di produzione che consentono la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra (GES).

30. Ricorda il ruolo cruciale delle aree verdi urbane e rurali nella lotta contro il cambiamento climatico, quali sistemi ecologici che agiscono come equivalenti naturali dei pozzi di assorbimento del carbonio con particolare attenzione alle regioni più vulnerabili comprese quelle ultraperiferiche e insulari. Per ridurre le emissioni ricorda l'importanza di migliorare la gestione dei suoli organici, di ripristinare le torbiere e le zone umide nonché il ruolo importante di tutti i sistemi agronomici e di cattura delle emissioni; sottolinea, inoltre, la necessità di favorire e sostenere la tutela e la corretta gestione del patrimonio forestale, così come la piena integrazione delle politiche agricole e forestali con quelle di gestione dei rischi idrogeologici e climatici.

31. Invita la Commissione europea al coinvolgimento di regioni ed EE.LL. nell'implementazione dei regolamenti sulla condivisione degli sforzi (ESR) e sull'inclusione delle emissioni e degli assorbimenti di GES risultanti dall'uso del suolo, dai cambiamenti di uso del suolo e dalla silvicoltura (LULUCF)⁽¹⁴⁾, fissando obiettivi di riduzione delle emissioni per il 2030 e definendo iniziative realistiche per conseguirli.

32. Mette in risalto le competenze delle città e delle regioni nella raccolta dei dati necessari per realizzare l'inventario delle emissioni di GES nei settori coperti da LULUCF ed ESR, e raccomanda agli Stati membri e alla Commissione di sostenerle per promuovere le capacità di cui dispongono⁽¹⁵⁾.

33. Sottolinea la necessità di sviluppare ulteriormente tutte le tecniche e tecnologie tese al recupero integrale di massa ed energia nei sistemi produttivi e di tutte le forme di compensazione ambientale delle emissioni diffuse e fuggitive, ivi inclusa l'anidride carbonica, che dovrà essere compensata con sistemi ecologici naturali e, in assenza di altre opzioni, utilizzando le tecniche di Carbon Capture and Storage (CCS); precisa tuttavia che deve essere ancora dimostrata l'efficacia e la sicurezza di tali tecnologie e che, pertanto, è necessario dare priorità assoluta agli interventi tesi a evitare la produzione di emissioni.



Taranto, Ilva, coils e gru

FINANZIAMENTO DELLA NEUTRALITÀ CLIMATICA

34. Ricorda l'importanza di garantire una sufficiente copertura finanziaria per realizzare un'economia "emissioni zero" di GES, aumentando la percentuale del PIL investito annualmente nel sistema energetico e nelle relative infrastrutture, e accoglie con favore il Piano di azione per il finanziamento della crescita sostenibile pubblicato dalla Commissione nel 2018⁽¹⁶⁾.

35. Ribadisce la necessità di incrementare almeno fino al 30% l'obiettivo di spesa del bilancio dell'UE per il clima, dando piena attuazione agli impegni assunti con l'Accordo di Parigi, prevedendo da parte dei governi nazionali finanziamenti dedicati a lungo termine⁽¹⁷⁾.

36. Sottolinea che, date le importanti ripercussioni sociali che avrà prevedibilmente la transizione verso un'economia a zero emissioni di gas a effetto serra, sarà necessario prevedere la creazione di un fondo ad hoc per una transizione giusta destinato a sostenere le regioni o i settori della società che risentiranno più fortemente degli effetti a breve termine dell'abbandono dei combustibili fossili.

37. Ricorda che sono necessarie notevoli risorse finanziarie per sviluppare soluzioni innovative, anche per quel che riguarda le fonti di energia rinnovabile, e integrarle sul mercato: ritiene importante definire un approccio integrato e comune tra le autorità a tutti i livelli, al fine di collegare le diverse fonti di finanziamento e ottenere un effetto moltiplicatore, puntando a sensibilizzare in merito all'esistenza di differenti strumenti e a migliorarne l'accessibilità complessiva; sottolinea altresì la necessità di rivedere il quadro normativo dell'UE sulle energie rinnovabili e sugli aiuti di Stato per renderlo non solo vantaggioso ma spingere verso lo sviluppo di nuove tecnologie a zero emissioni in relazione ai benefici

climatici e alla sostenibilità. Occorre, a esempio, adeguare la direttiva in materia di tassazione dell'energia e le norme sugli aiuti di Stato al fine di ridurre le imposte sull'energia rinnovabile, per renderla competitiva rispetto all'energia fossile.

38. Evidenzia che gli investimenti per infrastrutture ecosostenibili risultano essere estremamente remunerativi nel lungo periodo in quanto sono in grado di determinare un forte incremento sia del PIL che dei tassi di occupazione. Inoltre rileva che tali investimenti conducono a risparmi economici permettendo di consumare meno energia e ridurre le importazioni di combustibili fossili.

39. Ribadisce l'importanza di prevedere norme snelle, chiare e uniformi per gli appalti pubblici e per le procedure giuridiche tese a favorire gli investimenti⁽¹⁸⁾, e accoglie con favore l'ambizione della Commissione nella semplificazione delle norme per il periodo di programmazione 2021-2027 e l'unificazione del regolamento per il FESR ed il FSC⁽¹⁹⁾.

40. Ricorda l'importanza di rendere la neutralità climatica, la sostenibilità ambientale e l'adattamento ai cambiamenti climatici componenti trasversali a tutti i fondi e programmi di finanziamento che dovrebbero includere obiettivi dell'economia climaticamente neutra da raggiungere attraverso la definizione di specifici indicatori, e accoglie con favore l'iniziativa *Greening the European semester*⁽²⁰⁾ ("L'ecologizzazione del semestre europeo") chiedendo ulteriori sforzi in tal senso; in tale contesto, propone altresì di includere indicatori legati al clima nel quadro della relazione della Commissione sul meccanismo di allerta.

41. Suggerisce che le valutazioni d'impatto ex ante delle proposte legislative dell'UE siano accompagnate da una valutazione dell'impatto climatico e da una valutazione del loro contributo agli

obiettivi dell'Accordo di Parigi⁽²¹⁾; chiede inoltre di prevedere un'adeguata valutazione d'impatto dei fondi europei destinati ai settori e alle regioni interessati dalla transizione energetica per assicurare che supportino efficacemente il processo.

42. Sottolinea l'importanza dei tassi alti di cofinanziamento dell'UE, al fine di garantire l'accesso anche ai piccoli EE.LL. e regionali, evidenziando la necessità di definire specifiche metodologie e indicatori che tengano conto degli obiettivi dell'economia climaticamente neutra per la valutazione dei progetti da sottoporre a finanziamento.

43. Mette in risalto il ruolo del settore assicurativo nel far fronte alle perdite e ai danni per rafforzare la resilienza a livello locale.

44. Accoglie con favore il riferimento ai risparmi attesi nel settore della sanità quale conseguenza delle politiche in materia di clima e ambiente, invitando la Commissione a esaminare ulteriormente la possibilità di quantificare questi risparmi individuando specifici indicatori anche con il coinvolgimento dell'OMS⁽²²⁾; a tale proposito, ricorda l'esperienza maturata da una struttura come la rete "Città sane" dell'OMS e chiede maggiori sforzi per creare sinergie tra queste iniziative e quelle incentrate sulla transizione energetica e i cambiamenti climatici nelle città.

45. Condivide gli obiettivi del Piano d'azione sulla finanza sostenibile a favore della crescita sostenibile e la volontà di consentire al settore finanziario e agli investitori privati di svolgere il loro ruolo nella realizzazione di obiettivi ambiziosi e comuni in materia di clima e sostenibilità ambientale; riconosce che per mobilitare capitali privati occorrono una pianificazione a lungo termine e la stabilità normativa a livello dell'UE e nazionale, ma anche in ambito locale e regionale.

46. Sottolinea l'importanza di disporre di un solido quadro di finanziamento delle attività di ricerca e nel campo delle tecnologie volte alla neutralità climatica e accoglie con favore l'istituzione del fondo per l'innovazione, auspicando una rapida approvazione del regolamento attuativo⁽²³⁾, istituendo "zone franche della conoscenza", in cui realizzare importanti sgravi fiscali.

47. Mette in evidenza che per regioni ed EE.LL. è importante disporre di un quadro integrato coerente e gestibile degli obblighi e delle migliori tecniche disponibili attraverso un portale che riporti le Best available techniques (BAT) di ogni settore, i progetti Horizon 2020 e le iniziative del Patto dei sindaci.

MANTENERE I CONTATTI CON GLI IMPEGNI INTERNAZIONALI E LA LEGISLAZIONE VIGENTE

48. Accoglie con favore l'ambizioso obiettivo dell'UE di promuovere l'adozione di politiche e azioni a livello mondiale per invertire la traiettoria attuale non sostenibile delle emissioni e invita le istituzioni e gli Stati membri dell'UE ad un coinvolgimento stabile, duraturo e coerente di regioni ed EE.LL. nell'attuazione dell'Agenda globale per lo sviluppo sostenibile e i relativi 17 obiettivi di sviluppo sostenibile⁽²⁴⁾, nonché dell'Accordo di Parigi, anche mediante l'inclusione del Comitato europeo delle regioni nei lavori preparatori della COP25, al fine di garantire che la posizione dell'UE nei negoziati sia sostenuta da tutti i livelli di governo.

49. Chiede che a un proprio rappresentante possa essere riconosciuto il ruolo di osservatore in tutti i lavori preparatori degli organi dell'UNFCCC, al fine di garantire che le esigenze degli EE.LL. e delle regioni, così come le loro potenzialità di contribuire con misure concrete, siano debitamente considerate e di fornire i propri contributi alla valutazione aperta, inclusiva e trasparente del lavoro collettivo svolto nell'ambito del bilancio globale.

CONCLUSIONI

Da diversi anni gli istituti di ricerca di tutto il mondo e gli organismi scientifici internazionali preposti, come l'IPPC, ipotizzano scenari di sviluppo più o meno rapidi rispetto ai cambiamenti climatici già in atto, segnatamente in riferimento all'aumento significativo della temperatura globale ed alla variazione della piovosità sia in termini di quantità media annua che in termini di distribuzione e frequenza temporale nell'arco dell'anno, con un generale aumento delle piogge brevi ed intense.

Gli scenari a scala regionale applicati al bacino del Mar Mediterraneo, seppur con diversificazioni di carattere geografico legate soprattutto all'orografia del territorio, tendono a convergere verso un progressivo incremento delle temperature medie, in particolare nelle stagioni calde, un aumento delle probabilità di occorrenza delle ondate di calore e del numero di notti tropicali ed una riduzione, seppure meno netta, della piovosità nelle stagioni calde, confermando un generale incremento delle precipitazioni di carattere temporalesco (ISPRA, 2015)⁽²⁵⁾.

È, pertanto, ormai innegabile che i cambiamenti climatici stiano determinando effetti globali e locali molto signifi-

ficativi sull'ambiente, sugli ecosistemi, sulla salute, sulla sicurezza e sul benessere dell'umanità, e più in generale sulla vita sociale e produttiva del Paese, con una proiezione futura sempre più allarmante.

Le informazioni sul clima futuro prodotte dai modelli, insieme a quelle che derivano dall'analisi delle osservazioni e dalla stima delle tendenze in corso, sono e continueranno ad essere di fondamentale importanza per la stima degli impatti e delle vulnerabilità ai cambiamenti climatici e per la definizione delle strategie e l'implementazione dei Piani di adattamento (ISPRA, 2015)⁽²⁵⁾.

Sappiamo, infatti, che diversi settori socio-economici e naturali subiranno un notevole impatto in relazione ai cambiamenti climatici e che si renderà necessario un adattamento da parte dell'intera umanità se non proprio un cambio radicale di regole, comportamenti anche in relazione alla produzione di beni e servizi.

Secondo il redigendo Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC)⁽²⁶⁾, che, a breve, dovrebbe essere varato dal Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare, l'Europa meridionale e l'area mediterranea nei prossimi decenni dovranno fronteggiare gli impatti più significativi dei cambiamenti climatici e saranno fra le aree più vulnerabili del pianeta. Gli effetti del cambiamento climatico avranno pesanti ripercussioni sulle risorse idriche necessarie per il consumo umano, agricolo-zootecnico ed industriale, sia in termini quantitativi che qualitativi; sugli habitat degli ambienti marini, con una elevata mortalità di organismi bentonici e l'ingresso di specie non indigene; sul ciclo idrologico delle acque interne, con uno scadimento dello stato ecologico di fiumi, di laghi e lagune; sulle zone costiere, dove si risentirà in particolare dell'innalzamento del livello del mare, dell'aumento delle mareggiate e della variazione dei regimi di falda in conseguenza di una modifica dell'interfaccia acqua dolce/acqua salata; sulle aree montane, collinari e di pianura per l'aumento del dissesto geo-idrologico; sugli ecosistemi terrestri, particolarmente influenzati dall'aumento delle temperature medie e dall'intensificarsi di fenomeni meteorologici estremi; sui settori produttivi direttamente collegati alla selvicoltura, all'agricoltura, alla zootecnia e alla pesca; sul settore del turismo, soprattutto per il turismo balneare e per quello montano; sul patrimonio culturale in progressivo degrado per effetto dell'aumento di eventi meteorologici estremi; sul settore dell'energia

con l'aumento dei consumi energetici soprattutto in conseguenza di un aumento della frequenza e della intensità delle ondate di calore; sul settore della salute, in relazione al pesante aumento delle temperature e al notevole scadimento della qualità dell'aria, con un incremento delle patologie correlate ed un aggravio sull'impatto delle malattie infettive; sugli insediamenti urbani e insediamenti industriali.

Se consideriamo che già nel 1988 con la "*World conference on the changing atmosphere implications of global security*" furono avanzate solide ipotesi sulla circostanza che, attraverso l'emissione di gas ad effetto serra in atmosfera, l'umanità stava conducendo "*un incontrollato e pericoloso esperimento globale*" e che nel 1990 fu pubblicato il primo rapporto del Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*), che evidenziava come le attività umane stessero sostanzialmente aumentando la concentrazione atmosferica dei gas ad effetto serra interferendo con il naturale effetto serra presente nell'atmosfera, ci rediamo conto di quanto tempo sia già statosprecato senza intraprendere misure concrete per la lotta ai cambiamenti climatici.

Secondo il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP), che dal 2010 redige annualmente l'"*Emission gap report*", il documento che indica la differenza tra gli impegni climatici di riduzione delle emissioni presi dalle Nazioni e la situazione attuale, le politiche adottate fino ad ora per la riduzione di gas climalteranti sono del tutto inadeguate a contenere il cambiamento in atto ed a colmare il divario tra il livello delle emissioni previste per il 2030 ed i livelli corrispondenti all'obiettivo di mantenere l'aumento delle temperature entro 1,5° C. Di questo passo, difficilmente si riuscirà a raggiungere tale ambizioso obiettivo; anzi alcune stime indicano che la probabilità di aumento della temperatura di ben 2°C sarebbe addirittura superiore al 97%.

L'edizione 2019 dell'"*Emission gap report*"⁽²⁷⁾ sostiene che, anche se gli attuali impegni previsti dall'Accordo di Parigi venissero rispettati, è previsto un aumento delle temperature globali di 3,2°C, con impatti climatici ancora più ampi e distruttivi. Per raggiungere l'obiettivo di contenere il riscaldamento globale entro 1,5°C, l'azione della comunità internazionale deve essere più incisiva.

Il parere "*Un pianeta pulito per tutti - Una visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moder-*

na, competitiva e climaticamente neutra”, approvato dal Comitato Europeo delle Regioni a fine giugno 2019, attraverso la rappresentanza della Regione Puglia, pone l’accento sulla necessità di un maggiore impegno in ambito europeo, non solo in termini di adattamento ma anche di contrasto ai cambiamenti climatici, privilegiando gli scenari più ambiziosi di crescita sostenibile, ribadendo l’impegno dell’Europa a guidare l’azione internazionale per il clima nonché a delineare una transizione verso un’economia a basse emissioni di CO₂ al fine di raggiungere l’obiettivo “zero emissions” entro il 2050 e contenere il riscaldamento globale entro 1,5°C rispetto ai livelli preindustriali. Si è inteso, dunque, non solo ricordare gli impegni già assunti ma ampliarli ed elevarli nell’interesse delle popolazioni locali.

Ai fini della piena attuazione degli obiettivi individuati dalla Strategia proposta sarà, tuttavia, necessario: adeguare l’apparato giuridico dell’Unione garantendo l’integrazione dei criteri di sostenibilità in tutte le politiche e gli strumenti finanziari dell’UE; favorire il recepimento e l’integrazione delle strategie comunitarie da parte degli Stati membri attraverso un dialogo multilivello ed un metodo partecipativo, valorizzando e promuovendo anche le buone pratiche esistenti a livello regionale e locale; mettere in atto politiche e campagne di comunicazione ed educazione atte a promuovere i cambiamenti comportamentali necessari a contrastare il riscaldamento globale, garantendo l’accettazione di tali cambiamenti da parte di tutti i cittadini, adottare ed attuare una strategia di decarbonizzazione nei differenti settori e servizi, tesa a raggiungere l’obiettivo “zero emissions”.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Parere del Comitato europeo delle regioni - Governance dell’Unione dell’energia ed energia pulita (2017/C 342/13), <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52017AR0830>.
- (2) <https://unfccc.int/topics/2018-talanoa-dialogue-platform>.
- (3) Comunicazioni della Commissione europea COM(2008) 397 denominata “Piano d’azione su produzione e consumo sostenibili e politica industriale sostenibile”, COM(2008) 400 “Appalti pubblici per un ambiente migliore” e COM(2015) 614 “L’anello mancante - Piano d’azione dell’Unione europea per l’economia circolare”, adottate dal Consiglio dei ministri dell’Unione europea.
- (4) <http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm>.
- (5) <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>.
- (6) Modelli di titolarità a livello locale nel settore dell’energia e ruolo delle collettività dell’energia locali nella transizione energetica in Europa (CDR 2515/2018), <https://cor.europa.eu/IT/our-work/Pages/OpinionTimeline.aspx?opId=CDR-2515-2018>.
- (7) L’Europa in movimento: promuovere soluzioni di mobilità senza interruzioni (CDR 3560/2017), <https://cor.europa.eu/IT/our-work/Pages/OpinionTimeline.aspx?opId=CDR-3560-2017>.
- (8) <https://e3p.jrc.ec.europa.eu/articles/smart-specialisation-platform-energy-3p-energy>.
- (9) Mobilità a basse emissioni: manteniamo gli impegni (CDR6151/2017), <https://cor.europa.eu/IT/our-work/Pages/OpinionTimeline.aspx?opId=CDR-6151-2017>.
- (10) Direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 24 novembre 2010, relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell’inquinamento) (GU L 334 del 17.12.2010, pag. 17), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32010L0075>.
- (11) Regolamento (UE) 2017/1505 della Commissione, del 28 agosto 2017, che modifica gli allegati I, II e III del regolamento (CE) n. 1221/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio sull’adesione volontaria delle organizzazioni a un sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS) (GU L 222 del 29.8.2017, pag. 1), <https://www.iso.org/home.html>.
- (12) Direttiva (UE) 2018/851 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti (GU L 150 del 14.6.2018, pag. 109). Direttiva (UE) 2018/852 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio (GU L 150 del 14.6.2018, pag. 141). Direttiva (UE) 2018/850 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti (GU L 150 del 14.6.2018, pag. 100) e direttiva (UE) 2018/849 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica le direttive 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso, 2006/66/CE relativa a pile e accumulatori e ai rifiuti di pile e accumulatori e 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (GU L 150 del 14.6.2018, pag. 93).
- (13) Una bioeconomia sostenibile per l’Europa: rafforzare il collegamento tra economia, società e ambiente, del 2018.
- (14) Regolamento (UE) 2018/842 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, relativo alle riduzioni annuali vincolanti delle emissioni di gas serra a carico degli Stati membri nel periodo 2021-2030 come contributo all’azione per il clima per onorare gli impegni assunti a norma dell’accordo di Parigi e recante modifica del regolamento (UE) n. 525/2013, (GU L 156 del 19.6.2018, pag. 26) – Decisione n. 406/2009/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, concernente gli sforzi degli Stati membri per ridurre le emissioni di gas a effetto serra al fine di adempiere agli impegni della Comunità in materia di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2020 (GU L 140 del 5.6.2009, pag. 136) <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use-land-use-change-and-forestry-lulucf>.
- (15) Parere del Comitato europeo delle regioni - Proposte legislative per una nuova decisione sulla condivisione degli sforzi e in materia di uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e silvicoltura (LULUCF) regolamento (GU C 272 del 17.8.2017, pag. 36). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52016AR5780>.
- (16) Comunicazione della Commissione europea COM(2018) 97 denominata “Piano d’azione per finanziare la crescita sostenibile”.
- (17) Il programma InvestEU (CDR 03766/2018), relatore: Konstantinos Agorastos (EL/PPE).
- (18) Direttiva 2014/23/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014, sull’aggiudicazione dei contratti di concessione (GU L 94 del 28.3.2014, pag. 1). Direttiva 2014/24/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014, sugli appalti pubblici e che abroga la direttiva 2004/18/CE (GU L 94 del 28.3.2014, pag. 65) e Direttiva 2014/25/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014, sulle procedure d’appalto degli enti erogatori nei settori dell’acqua, dell’energia, dei trasporti e dei servizi postali e che abroga la direttiva 2004/17/CE (GU L 94 del 28.3.2014, pag. 243).
- (19) Fondo europeo di sviluppo regionale e Fondo di coesione, relatore: Michiel Rijsberman (NL/ALDE).
- (20) http://ec.europa.eu/environment/integration/green_semester/index_en.htm.
- (21) Parere del CdR sul tema Finanziamenti per il clima: uno strumento essenziale per l’attuazione dell’Accordo di Parigi (CDR 2108/2017), <https://cor.europa.eu/IT/our-work/Pages/OpinionTimeline.aspx?opId=CDR-2108-2017>.
- (22) <https://www.who.int/publications/guidelines/en/>.
- (23) Proposta di regolamento delegato (UE) 1492 final del 26/02/2019 riguardante il funzionamento del fondo per l’innovazione.
- (24) Sustainable Development Goals – SDGs nell’acronimo inglese.
- (25) ISPRA (2015), “Il clima futuro in Italia. Analisi delle proiezioni dei modelli regionali”, Stato dell’ambiente n.58/2015.
- (26) Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) – prima stesura per la consultazione pubblica, Luglio 2017, https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf.
- (27) Emission Gap Report 2019 – Global progress report on climate action, <https://www.unenvironment.org/interactive/emissions-gap-report/2019/>.

La gestione sostenibile delle foreste per una bioeconomia circolare

Giuseppe Milano

Ingegnere edile-architetto ed urbanista,
Segretario Generale di Greenaccord
Onlus

E-mail: ingegneregiosuppemilano@gmail.com

Sustainable forest management for a circular bioeconomy

Parole chiave: foreste, biodiversità, suolo, economia circolare, sviluppo sostenibile
Key words: forests, biodiversity, soil, circular economy, sustainable development

1. INTRODUZIONE

I tassi di crescita dell'urbanizzazione, nei primi decenni del XXI secolo, hanno raggiunto soglie inedite nella storia dell'umanità. Oltre metà della popolazione mondiale oggi risiede nelle città e si prevede che entro il 2050 questa quota arriverà almeno al 70%. Nelle città, sempre più sistemi complessi nei quali vanno riconosciuti i dispositivi dei luoghi e dei flussi, sono concentrate le principali attività economiche-finanziarie, ma anche industriali e commerciali: nei luoghi dell'antropizzazione massiccia sono prodotti l'80% del PIL globale e il 70% di tutti i gas serra. Nelle aree urbane – che occupano appena il 3% della superficie terrestre – si consumano i due terzi del totale dell'energia prodotta, nella stragrande maggioranza dei casi attraverso i combustibili fossili. Dopo la Conferenza sul Clima di Parigi del 2015 e la definizione degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile promossa dalle Nazioni Unite, dunque, non sorprende che le città, in ragione delle “metamorfosi del mondo” (Beck, 2017) che stiamo conoscendo sotto il profilo sociale ed ambientale, ma anche nella prospettiva che si configurino sempre più come città-stato (Khanna, 2017), siano al centro di ogni dibattito nazionale e internazionale, rappresentando i principali players nella sfida al cambiamento climatico e al mutamento demografico.

Ancor più dopo la 24esima Conferenza sul Clima di Katowice, durante la quale è stato presentato il Rapporto “Global Warming of 1,5°” (realizzato dall'Ipc, il Gruppo Intergovernativo sul cambiamento climatico organizzato dalle Nazioni Unite) che rivela come restino poco più di 10 anni per non trasformare la Terra in un pianeta invivibile, le aree urbane rischiano di compromettere il proprio futuro, ove continueranno ad essere gestite e interpretate con gli stessi strumenti, cognitivi e normativi, del passato. È evidente che per evitare di creare condizioni insostenibili per le



Foto 1. Le concentrazioni di CO₂ nel periodo 1990-2018. Fonte: World Meteorological Organization

future generazioni occorra, perciò, una profonda e coraggiosa rivisitazione dei nostri consolidati paradigmi culturali e tecnici, nonché una rielaborazione delle norme vigenti, per vivere armonicamente la relazione con le nuove geografie urbane. Dovremmo, perciò, uscire quanto prima dall'era geologica che stiamo attraversando – detta “Antropocene” (Crutzen, 2000), per la forte impronta antropologica nei processi di “metabolismo urbano” – ed entrare nel “Neoantropocene” (Carta, 2020) con l'obiettivo dichiarato di contrastare l'accelerazione della “sesta estinzione di massa”.

La comunità internazionale, dunque, dovrebbe stimolare e favorire una strutturale conversione ecologica dei nostri modelli di sviluppo, de-carbonizzandoli, ma anche una radicale mutazione dei nostri stili di vita, sulla base di una incrementale visione biocentrica. In un mondo finito, infatti, non si possono più sprecare le sue risorse naturali in modo infinito. Tali evidenze, per lo più ignorate, ma note sin da quando nel 1972 il Club di Roma pubblicò il volume “I limiti dello sviluppo” (Meadows *et al.*, 1972), oggi rivelano drammaticamente

la fragilità fisica della nostra “casa comune” e la vulnerabilità antropologica di chi la vive. Dal 2009, perciò, accogliendo il modello del Safe Operating Space – uno spazio operativo sicuro per l'umanità – nella comunità scientifica internazionale ci si riferisce ai “limiti planetari”.

In tali “recinti semantici” includiamo nove cruciali questioni ecologiche, dall'impatto globale e tra loro intimamente interconnesse, esacerbate dall'attuale Antropocene: il cambiamento climatico, la perdita della biodiversità, l'acidificazione degli oceani, la riduzione della fascia di ozono nella stratosfera, la modificazione del ciclo biogeochimico dell'azoto e del fosforo, l'utilizzo globale di acqua, i cambiamenti nell'utilizzo del suolo, la diffusione di aerosol atmosferici e l'inquinamento dovuto ai prodotti chimici antropogenici. Per quattro di queste – il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità, la modificazione del ciclo dell'azoto e del fosforo e le modificazioni dell'uso dei suoli – siamo già oltre il margine di sicurezza indicato dai ricercatori che hanno introdotto questo modello di analisi.

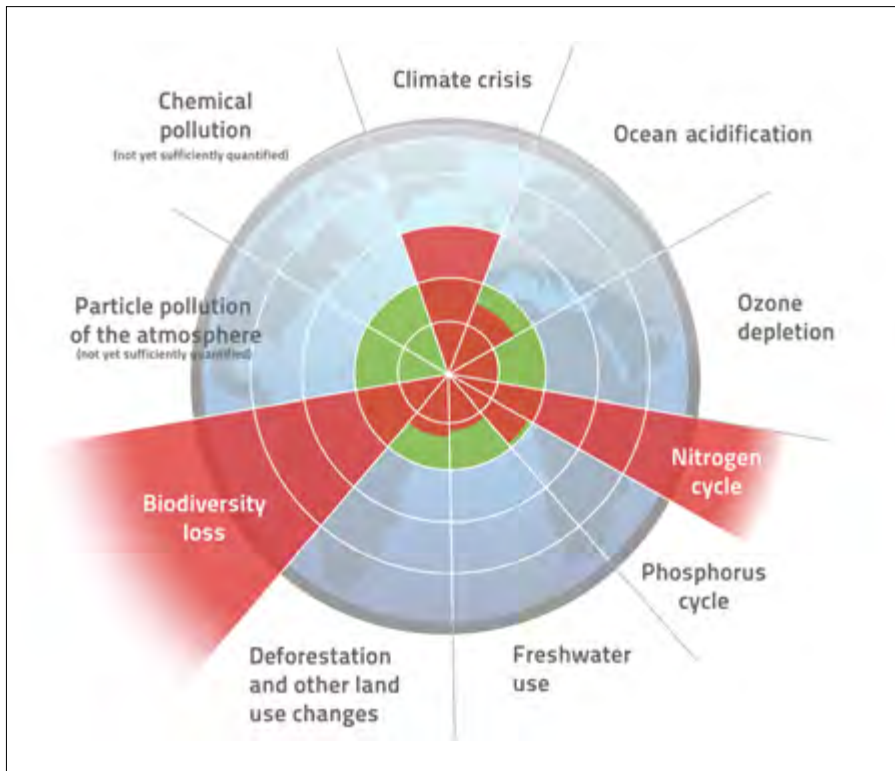


Foto 2. I limiti planetari. Fonte: Science

2. I SERVIZI ECOSISTEMICI DELLE FORESTE

Nel contrasto ai cambiamenti climatici e nel contenimento della perdita di biodiversità, un ruolo essenziale e vitale lo hanno le foreste. Secondo la definizione della Fao, un bosco o una foresta è una superficie di almeno 0,5 ettari, con alberi alti almeno 5 metri che con la loro chioma coprono almeno il 10 per cento del terreno. Secondo il report Global Forest Resource Assessment (GFRA) del 2015 della medesima Agenzia, le foreste del pianeta ricoprono circa 4 miliardi di ettari, pari al 30 per cento delle terre emerse. Tra tronco, rami e radici, si stima che nel mondo siano immagazzinati oltre 296 miliardi di tonnellate

di carbonio: in media, 74 tonnellate di carbonio per ogni ettaro di bosco. Negli ultimi 30 anni, tuttavia, secondo l'anticipazione dell'edizione 2020 dello studio (pubblicato integralmente a fine giugno), il mondo ha perso 178 milioni di ettari netti di foreste (un'area grande quanto la Libia).

Dalla stessa preview si evince, inoltre, che il tasso annuo di perdita netto è diminuito dai 7,9 milioni di ettari l'anno del decennio 1990-2000 ai 4,7 milioni l'anno dal 2010 al 2020, con una contestuale crescita, soprattutto in Europa e in Asia, di aree attraversate da notevoli rimboschimenti.

Le foreste, dunque, sono organismi viventi fondamentali per la sopravviven-

za del pianeta e di coloro che lo vivono perché oltre a rappresentare lo scrigno fisico della biodiversità e a fungere, attraverso il suolo, da serbatoio di un gas serra climalterante come l'anidride carbonica, garantisce la protezione e la distribuzione dei cosiddetti servizi ecosistemici (Munafò, 2019), nonché la produzione del cibo che alimenta gli esseri viventi ed umani che lo popolano.

3. LA DEFORESTAZIONE IN AMAZZONIA E LA GENESI DELLA "FORESTADINANZA"

Dal confronto tra l'edizione precedente del GFRA, che copriva il periodo 2010-2015, e l'ultima, che copre il quinquennio 2015-2020, si scopre che il Brasile, l'Indonesia e il Myanmar hanno riportato la maggior perdita di foreste. In particolare, nell'Amazzonia brasiliana, solo gli incendi dello scorso anno avrebbero distrutto un'area grande quasi due volte il Lussemburgo, confermando, quindi, i dati dell'agenzia spaziale INPE secondo la quale la deforestazione nella foresta amazzonica sarebbe cresciuta del 64% tra aprile 2019 e aprile 2020. La deforestazione, definita dalla Fao come la trasformazione permanente dell'uso del suolo (per esempio un bosco che diventa un terreno agricolo) in ragione della quale viene impedito ad una foresta di ricrescere, non ha una distribuzione universale. Nei Paesi del Sud del mondo che ospitano le foreste della fascia tropicale ed equatoriale, infatti, la deforestazione è aumentata. Nei Paesi del Nord del mondo che ospitano le foreste temperate e boreali, invece, la deforestazione si è ridotta per la crescita delle rinaturalizzazioni boschive. Tra le cause principali della deforestazione, una delle più distopiche icone del fallimento della globalizzazione neoliberista e turbocapitalista, la necessità di soddisfare i crescenti fabbisogni alimentari della popolazione mondiale che vengono garantiti, sempre più spesso, dall'agroindustria e da allevamenti intensivi che concorrono, però, alla crisi climatica per la quantità di emissioni liberate in atmosfera durante i loro cicli produttivi.

La ricerca "Classifying drivers of global forest loss", pubblicata su Science nel 2018 e recentemente aggiornata dal World Resources Institute (Wri) e dal Sustainability Consortium per includere le informazioni relative al biennio 2016-2018, documenta non solo che nel periodo considerato si è registrata una perdita di copertura arborea globale equivalente alle dimensioni di un cam-



Foto 3. La valenza strategica ed ecosistemica delle foreste. Fonte: Fao



Foto 4. Deforestazione dell'area boschiva che ospiterà la diga di Belo Monte. Fonte: Getty Images

fondamentale per non alterare ulteriormente il “nuovo regime climatico” (Latour, 2018) nel quale il pianeta si ritrova, ma anche per assumere la visione dell’“ecologia integrale” (Papa Francesco, 2015) che, attraverso l’esortazione apostolica post-sinodale Querida Amazonia, prevede nella “forestadinanza” una biunivoca ed intima interconnessione tra uomo e natura. Il termine unisce in un “matrimonio” ecologico ed economico l’universalità morale della foresta e la territorialità sociale della cittadinanza, per una relazione che trascende dalle geografie urbane per intrecciare le storiografie umane.

4. LO STATO DI SALUTE DELLE FORESTE IN EUROPA E IN ITALIA

La superficie forestale del continente europeo, secondo il report State of Europe’s forests (Soef) del 2015, è di 215 milioni di ettari: il 33 per cento delle terre emerse. Questo patrimonio naturale è in grado di rimuovere annualmente fino a 372 milioni di tonnellate di CO₂ dall’atmosfera. Come anticipato nel paragrafo precedente, rispetto alle superfici insistenti su territori tropicali o equatoriali, i boschi, in Europa, sono in aumento: sia in superficie (+27 milioni di ettari dal 1990) sia in biomassa (da 123 metri cubi per ettaro del 1990

po da calcio ogni secondo, ma introduce nel dibattito il parametro del forest loss. Questo indicatore, diverso dalla deforestazione, descrive la perdita temporanea dei servizi ecosistemici ove le superfici siano interessate da tagli o incendi, dopo i quali i manti boschivi si rigenerano. Gli incendi, in particolare, per l’aumento della loro frequenza ed intensità rappresentano una grande minaccia per gli ecosistemi globali, con il rischio di compromettere la biodiversità e di alterare gli equilibri climatici. Tra il 2016 e il 2018, le fiamme hanno bruciato, solo in Nord America, oltre cinque milioni di ettari di foreste. Più recentemente,

in Africa, in Australia ed Amazonia, prolungate ed inedite siccità hanno causato incendi che hanno comportato la distruzione di quasi 25 milioni di ettari, tanto da spingere alcuni ricercatori a battezzare questo periodo emergente e “rovente” della nostra epoca con il termine di “pirocene” (Vacchiano, 2020).

Gli incendi, ma anche le trasformazioni permanenti che hanno coinvolto l’Amazzonia dagli anni Settanta ad oggi, secondo il servizio europeo di monitoraggio dell’atmosfera Copernicus, hanno determinato l’emissione di almeno 230 milioni di tonnellate di CO₂. La tutela dell’Amazzonia, dunque, è



Commodity-driven deforestation



Shifting agriculture



Forestry



Wildfire



Urbanization

Foto 5. Deforestazione e “perdita di foresta”. Fonte: World resources institute

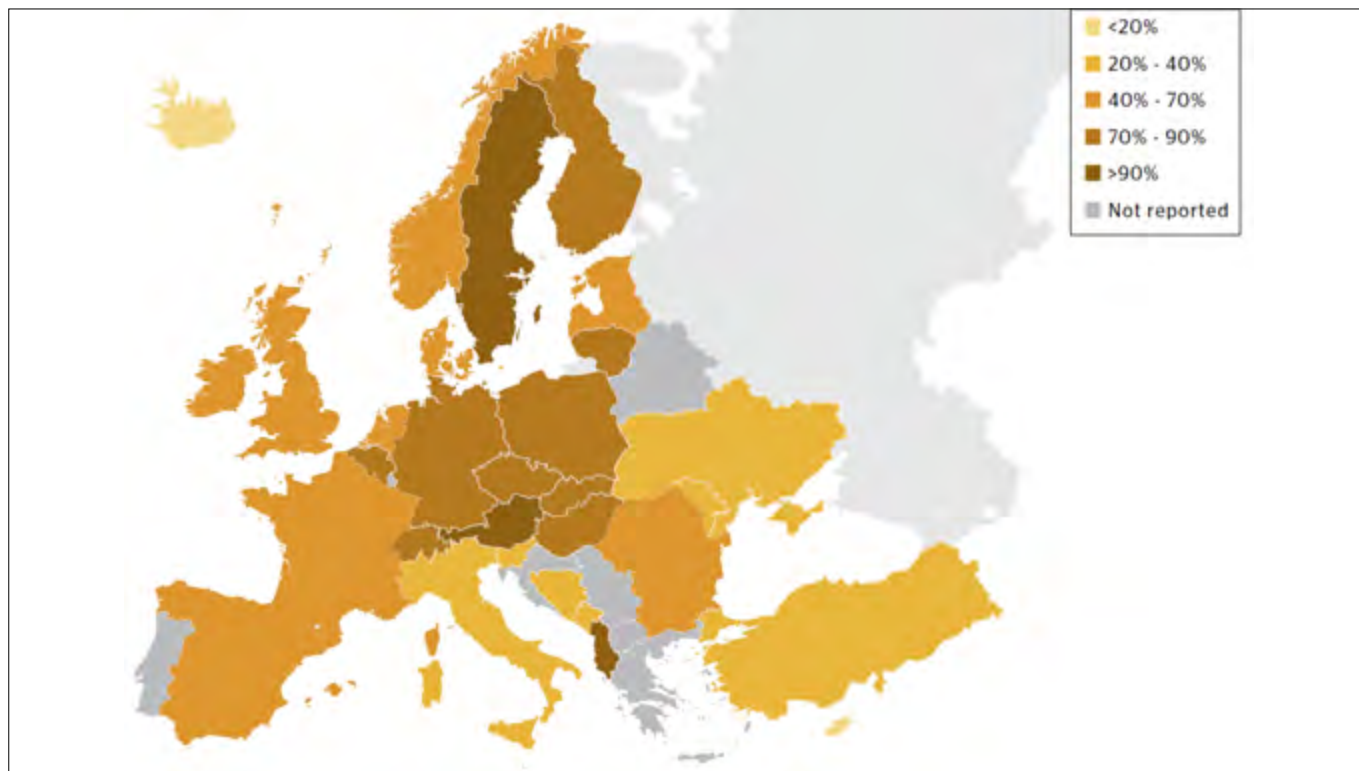


Foto 6. Metri cubi di legno prelevato rispetto all'incremento, su base annua (periodo di riferimento 1990-2000). Fonte: Soef 2015

a 163 metri cubi per ettaro nel 2015). L'Unione Europea insieme ad altri 46 Paesi, infatti, ha scelto di adottare l'approccio della gestione sostenibile delle foreste, nell'intento di perseguire il duplice obiettivo della loro conservazione e della loro valorizzazione.

L'uso corresponsabile di questo protocollo, nel riconoscimento dei servizi ecosistemici, sta contribuendo al consolidamento di un'economia agro-forestale che finora ha generato ricavi per quasi 103 miliardi di euro, pari allo 0,8 per cento del Pil europeo. In un continente in cui abbondano i paesaggi peri-urbani o extra-urbani a rischio spopolamento e in cui la natura si sta riprendendo progressivamente i suoi spazi per l'abbandono culturale, la gestione sostenibile permette di utilizzare soltanto una "quota" del legno annualmente prodotto dagli alberi in crescita (in diametro e in altezza) e di aumentare il capitale naturale disponibile. Nello specifico, a fronte degli attuali 520 milioni di metri cubi tagliati ogni anno nei boschi europei, si ottengono ben 720 milioni di metri cubi, con i 25 miliardi di metri cubi del 1990 diventati 35 dopo quasi 30 anni. In Italia, invece, il crescente patrimonio forestale, secondo il più recente documento sullo stato delle foreste Italiane – il Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale in Italia 2017-2018 – è costituito da oltre 9 milioni di ettari di foreste (1.900 metri quadrati di bosco per abitante). In analogia al panorama continentale, l'aumento della

superficie boschiva, in minima parte riconducibile agli interventi di piantumazione realizzati negli ultimi 30 anni, è dovuto principalmente all'abbandono culturale delle tante aree interne e montane distribuite in tutto il Paese da Nord a Sud, soprattutto lungo la dorsale appenninica, che ha permesso alla natura di rioccupare gli habitat originari. In un Paese in cui oltre il 90% dei territori è attraversato dal rischio idrogeologico (Ispra, 2018) ed in cui oltre 12 milioni di italiani risiedono nei territori marginali sui quali ha deciso di investire il Governo con la Strategia Nazionale delle Aree Interne, l'adozione della strategia della gestione sostenibile delle foreste innescata, ancor più, la resilienza da un lato e la bellezza dall'altro. Una manutenzione ordinaria e rigorosa dell'ingente e straordinario capitale naturale italiano, oltre a ridurre il rischio di incendi e a mitigare gli effetti di fenomeni come frane o alluvioni, può innervare i tessuti territoriali di una rigenerazione sociale e culturale che può accrescerne l'attrattività e la generatività. Un bosco in buona salute, inoltre, è un prezioso alleato nella lotta ai cambiamenti climatici, con il legno e il suolo soggetti naturali abilitanti di bioeconomie a scala urbana. Pur con una superficie agro-forestale in aumento e a fronte di una media europea del 60 per cento di utilizzo della stessa, l'Italia ne impiega appena il 30 per cento. Lo strumento per trasformare questa attuale criticità in una nuova opportunità è la bioeconomia.

5. DALL'ECONOMIA CIRCOLARE ALLA BIOECONOMIA CIRCOLARE

La bioeconomia, individuata sin dal 2015 dall'Unione Europea come una delle modalità attraverso cui può essere gestito l'impegno intergenerazionale e socio-ambientale dell'adattamento ai cambiamenti climatici delle nostre città, ma anche della conversione ecologica dei nostri attuali modelli di produzione e consumo di beni e servizi ancora incardinati nel paradigma dell'economia lineare alimentata dai combustibili fossili, può rappresentare per il nostro Paese la chiave per aprire le porte del futuro. La bioeconomia, secondo la definizione data dall'Unione Europea, è, dunque, "l'economia che impiega le risorse biologiche, provenienti dalla terra e dal mare, come input per la produzione energetica, industriale, alimentare e mangimistica". Il settore forestale e il settore agricolo, perciò, assumono un'importanza strategica per l'affermazione della bioeconomia poiché, come abbiamo visto, le foreste – se protette e valorizzate secondo l'approccio integrato della gestione sostenibile – garantiscono tutte le risorse naturali e rinnovabili indispensabili per il benessere dell'umanità e delle comunità che ambiscono a vivere in sintonia con la natura e nel rispetto dei suoi cicli rigenerativi. Un materiale naturale e rinnovabile come il legno, perciò, sempre più potrà sostituire, tra tradizione ed innovazione, la plastica e tutti i suoi derivati di origine fossile



Foto 7. Le foreste e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile. Fonte: Fao

per costruire un'economia del benessere. Analogamente, una straordinaria opportunità per il perseguimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, nonché al conseguimento degli indicatori previsti per misurare la qualità dei modelli di economia circolare sperimentati in ogni Stato membro, potrebbe essere fornita dalle biomasse e dalle frazioni organiche che se correttamente trattate diventerebbero fertilizzante o biometano.

Una bioeconomia sostenibile, valorizzando le risorse naturali e rinnovabili di cui è ricco il nostro Paese, quindi, lo spingerebbe a ridurre le importazioni di materie prime dall'estero, nonché a limitare drasticamente le emissioni di gas serra in atmosfera, in coerenza con gli intenti dell'Accordo di Parigi. Da quanto premesso, si intuisce che anche un altro bene comune ecologico globale, non sempre riconosciuto come tale nel nostro Paese, potrebbe conoscere una nuova primavera: il suolo. Si stima che il 33% dei suoli, a livello mondiale, sia degradato e che un'area di 348 chilometri quadrati venga annualmente impermeabilizzata in Europa. Per questo motivo, con la strategia comunitaria della land degradation neutrality, il Parlamento europeo ha stabilito che entro il 2050 debba essere azzerato il degrado di questa risorsa naturale preziosa, fondamentale per i suoi servizi ecosistemici ed essenziale nell'adattamento ai cambiamenti climatici, oltre che nella produzione del cibo che ci alimenta. Tra le forme più pervasive di degrado, come rilevato dal Jrc, l'erosione che riduce la fertilità, diminuisce la produttività, impoverisce gli habitat e mortifica la biodiversità. Da uno studio recente del medesimo organo comunitario emerge come il nostro Paese abbia l'indice di perdita media annua più elevato d'Europa, pari a 8,46

t/ha, contro una media UE di 2,46 t/ha. Tra le forme di degrado dei suoli, tuttavia, quella più impattante, soprattutto nel nostro Paese, è il consumo di suolo (Munafò, 2019), ossia la trasformazione pressoché irreversibile da naturale ad artificiale di un'unità di terra, a causa dell'impermeabilizzazione dovuta alla realizzazione di unità residenziali, commerciali o industriali, ma anche di infrastrutture viarie, che incidono fortemente sulla qualità dei paesaggi. Per molti ricercatori e imprenditori, amministratori ed innovatori, integrare la bioeconomia con l'economia circolare rappresenta la sfida del prossimo futuro. Una bioeconomia circolare veramente efficace si riconoscerebbe dalla sua capacità generativa di estendere la fruibilità e la durata dei materiali naturali disponibili, anche attraverso le nuove tecnologie digitali ed eco-compatibili, e aiuterebbe a consegnare un pianeta migliore alle prossime generazioni, tenendo insieme giustizia sociale e giustizia ambientale.

6. RIFERIMENTI

- AGENZIA EUROPEA DELL'AMBIENTE (2020), *Il suolo e il cambiamento climatico*. Fonte: <https://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2015/articoli/il-suolo-e-il-cambiamento-climatico>
- BASTIOLI C. (2017), *Un approccio circolare alla bioeconomia. Un'opportunità per decarbonizzare l'economia e riconnetterla con la società*. Edizioni Ambiente.
- BONACCORSO M., BAÑOS RUIZ I. (2019), *Che cosa è la bioeconomia*. Edizioni Ambiente.
- BONARETTI P. et al., (a cura di) (2019). *Bit. La bioeconomia in Italia*. Presidenza del Consiglio dei Ministri e Agenzia per la Coesione Territoriale.
- CARTA M. (2019), *Futuro. Politiche per un diverso presente*. Rubbettino Editore.
- CRUTZEN P. (2005), *Benvenuti nell'Antropocene. L'uomo ha cambiato il clima, la Terra entra in una nuova era*. Mondadori.

- CURTIS P. G., SLAY C. M., HARRIS N. L. et al. (2018), *Classifying drivers of global forest loss*. Science. Fonte: <https://science.sciencemag.org/content/361/6407/1108>
- FAO (2016), *Guidelines on Urban and Peri-urban Forestry*.
- FIORILLO A., LAURENTI M. et al., (a cura di) (2017), *Ecosistema urbano. Rapporto sulle performance ambientali delle città*. Legambiente.
- ISONIO E. (2020). *Bioeconomia circolare, l'ingrediente segreto per il futuro di industria e clima*. Valori.it.
- ISPRA (2018), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Rapporto 2018*. Ispra.
- ISPRA (2018), *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio. Rapporto 2018*. Ispra.
- LATOUR B. (2018), *Tracciare la rotta. Come orientarsi in politica*. Raffaello Cortina Editore.
- LAURENTI M., BONO L. (a cura di) (2019), *Ecosistema urbano. Rapporto sulle performance ambientali delle città*. Legambiente.
- LEONI S. et al., (a cura di) (2020). *Rapporto sull'economia circolare in Italia. Con focus sulla bioeconomia*. Circular Economy Network in collaborazione con ENEA. Fondazione dello Sviluppo Sostenibile.
- LENZI S. (a cura di) (2020), *Città che osano la selvaticità: ripensare il rapporto tra natura e aree urbane*. Rapporto Wwf Italia.
- MATTM (2017), *Rapporto sul capitale naturale in Italia*.
- MIPAAF (2019), *Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale in Italia*.
- MUNAFÒ M., (a cura di) (2019), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Rapporto 2019*. Ispra.
- NICOLETTI A. (2019), *La bioeconomia delle foreste. Conservare, ricostruire, rigenerare. Report Foreste 2019*. Legambiente.
- PAPA FRANCESCO (2020), *Esortazione apostolica postsinodale "Querida Amazonia"*. Fonte: http://www.vatican.va/content/francesco/it/apost_exhortations/documents/papa-francesco_esortazione-ap_20200202_querida-amazonia.html
- PAPA FRANCESCO (2015). *Lettera Enciclica "Laudato Si"*. Edizioni Paoline.
- RIPPLE W.J., WOLF C., GALETTI M. et al. (2017), *Avvertimento all'umanità dagli scienziati di tutto il mondo: secondo avviso*. [scientistswarning.org](http://www.scientistswarning.org).
- Steffen W., Richardson K., Rockström J. et al. (2015), *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*. Science. Fonte: <https://science.sciencemag.org/content/347/6223/1259855/tab-figures-data>
- VACCHIANO G. (2020), *Gli incendi senza precedenti stanno cambiando il Pianeta per sempre. Siamo nell'epoca del Pirocene*. Lifegate. Fonte: <https://www.lifegate.it/persona/news/epoca-del-pirocene-incendi>
- VACCHIANO G. (2019), *La resilienza del bosco. Storie di foreste che cambiano il pianeta*. Mondadori editore.
- XU C., KOHLER T.A., LENTON T.M. (2020), *Future of the human climate niche. Proceedings of the National Academy of Science*. Fonte: <https://www.pnas.org/content/early/2020/04/28/1910114117>

Lo “status climaticus”: un’esperienza inedita per il diritto

The “status climaticus”:
an unprecedented experience for Law

Michele Carducci

Ordinario di Diritto costituzionale
comparato e climatico
Centro di Ricerca Euro Americano sulle
Politiche Costituzionali (CEDEUAM) -
Università del Salento (Lecce)
E-mail: michele.carducci@unisalento.it

Parole chiave: emergenza climatica; diritti umani; precauzione climatica; cittadinanza
Key words: climate emergency; human rights; climate precaution; citizenship

1. VIVERE NELLA “ESPOSIZIONE INVOLONTARIA”

Come incidono cambiamento climatico e riscaldamento globale sulla vita delle persone? Quali conseguenze determinano sul piano giuridico e costituzionale?

Per rispondere a queste domande si deve partire da due constatazioni.

La prima riguarda il cambio di qualificazione giuridica dei due fenomeni, contenuto nella Decisione n. 1/CP21-2015 della Convenzione quadro sui cambiamenti climatici del 1992 (d’ora in poi UNFCCC). In essa, infatti, cambiamento climatico e riscaldamento globale, nell’originario testo della Convenzione rubricati come “influenza negativa” sugli esseri umani e gli ecosistemi, sono stati innalzati a livello di “minaccia urgente e potenzialmente irreversibile” per gli stessi.

Di conseguenza, ed è la seconda constatazione, i due fenomeni identificano ora una situazione di fatto di esposizione involontaria a tale “minaccia”, per di più “urgente” e “potenzialmente irreversibile” (Gartin *et al.*, 2020).

Se la prima constatazione contiene una nuova definizione giuridica dei due fenomeni (si tratta ormai di “minacce”), la seconda ne offre una rappresentazione di fatto nel rapporto con la condizione umana (si tratta di “esposizione involontaria” a tali “minacce”). La conclusione è definitiva ed è condivisa da una letteratura internazionale, scientifica e istituzionale, sterminata, comprensiva anche dei c.d. “negazionisti climatici”, i quali pongono in discussione, in modi e forme quasi sempre giuridicamente errate (Carducci, 2020), non tanto gli effetti del cambiamento climatico e del riscaldamento globale, quanto l’imputazione antropogenica delle cause.

Va precisato che l’“esposizione involontaria” si manifesta in due modi:

- come incidenza su tutti i determinanti (fisici, psichici e ambientali) della salute umana (in una dimensione qualificata “*One Health*”) (Al-Delaimy 2020);
- come condizionamento della libertà di stili di vita di ciascun singolo individuo (definito “*consumptagenic*”) (Friel, 2020).

Interferenza e condizionamento si riverberano sul piano costituzionale, dato che coinvolgono sia il patrimonio dei diritti umani, a partire da quello alla vita e alla salute, come ufficialmente dichiarato dell’ONU nel 2009, con il *Report of the Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights on the relationship between climate change and human rights* (A/HRC/10/61, 15 January 2009), e nel 2019, con il *Joint Statement on human rights and climate change*, sia lo statuto politico della persona umana, ossia il suo essere cittadino che discute, partecipa e delibera i comportamenti di libertà e doveri, in funzione delle “minacce” del cambiamento climatico e del riscaldamento globale.

Questo articolato intreccio è del tutto inedito nella storia costituzionale ed è diverso da altri intrecci del passato in tema di “minacce” ed “esposizione involontaria”, per quattro ragioni:

- per i suoi contenuti, riferiti non più alla dialettica dei rapporti tra libertà umane e poteri umani, come da sempre verificatosi nel passato (sono i poteri umani a minacciare le libertà, non i fatti, tant’è che questi ultimi sono sempre stati qualificati dal diritto in termini di “pericolo”);
- per le sue cause, dato che “minacce” ed “esposizione involontaria” derivano comunque da azioni umane e non da eventi estranei ad esse (sono sì fatti, ma antropogenici);
- per il tipo di “minacce” (non solo “urgenti”, ma addirittura “irreversibili”);

- per il contesto in cui si trovano a operare, dettato da una triplice emergenza di carattere planetario e sistemico, anch’essa inedita e soprattutto drammatica e ultimativa. Proviamo a spiegarci.

2. (SEGUE) NELL’ERA DELLA TRIPLICE EMERGENZA ANTROPOGENICA

Partiamo dalla triplice emergenza del pianeta Terra: essa è ecosistemica¹ e climatica², nonché aggravata dall’urgenza del necessario rapido abbandono di qualsiasi opzione di transizione energetica ancora fossile, a partire dal metano³, perché non risolutiva degli obiettivi di contenimento del riscaldamento globale, fissati dall’Accordo di Parigi del 2015 (Rockström *et al.*, 2017): in tal senso, è triplice.

È la prima volta che succede nella storia dei rapporti tra fatti e diritto. Si tratta di una emergenza globale e locale al tempo stesso, irreversibile e anch’essa scientificamente certa, che contribuisce ad aggravare e accelerare i meccanismi di *Feedback Loop* del sistema climatico e rendere sempre più vicini quegli esiti catastrofici, classificati dal V Report del Panel intergovernativo ONU sul cambiamento climatico (IPCC-AR5 2013-14) come *Tipping Points* del sistema Terra: soglie critiche di irreversibilità, raggiunte le quali si originano effetti rapidi e significativi di sconvolgimento dell’anello di azioni, retroazioni e inte-

1 *World Scientists’ Warning to Humanity: A Second Notice*, 67 *BioScience*, 12, 2017, 1026-1028.

2 *World Scientists’ Warning of a Climate Emergency*, 70 *BioScience*, 1, 2020, 8-12.

3 *Methane Emergency*: <https://www.scientistswarning.org/wiki/methane-emergency/>

razioni tra mutamenti ecosistemici, accelerazione nelle emissioni di gas serra, conseguente aumento della temperatura terrestre, autoriscaldamento fuori controllo, peggioramento delle condizioni di vita degli esseri viventi (compresi gli umani).

Giova, in proposito, richiamare almeno tre studi, dai contenuti allarmanti e nel contempo significativi per le loro implicazioni costituzionali.

Il primo è quello che ha accertato il raggiungimento di nove degli undici *Tipping Points* individuati dall'IPCC. In esso, si parla di "minaccia esistenziale" per la civiltà umana (ancora una volta una "minaccia"), non compensabile da alcuna analisi costi-benefici di carattere esclusivamente economico, e vincolata, come via di uscita, al dovere di agire senza esitazioni e in tutti i modi utili a mantenere la temperatura entro 1,5°C rispetto ai livelli pre-industriali (Lenton *et al.*, 2019). Questo studio ci consegna l'accertamento di un "dovere di azione", in capo all'umanità, che, per la prima volta nella storia, non si presenta più come adempimento morale, ma come necessità esistenziale di sopravvivenza della specie.

Il secondo studio riguarda lo stato delle conoscenze scientifiche disponibili sulle previsioni future di rischio nei diversi scenari di aumento delle temperature e quindi di aggravamento della "minaccia". La rassegna espone ipotesi solo peggiorative, a partire dal periodo 2030-2050, secondo la seguente scansione: temperature > 1,5°C, scenario pericoloso; > 3°C, scenario catastrofico; > 5°C, scenario sconosciuto (Xu *et al.*, 2017). Questo dato è rilevante, come si accennerà, sul fronte dell'applicazione concreta, da parte di tutti i decisori istituzionali e politici, del principio di precauzione, indicato dall'art. 3 n. 3 dell'UNFCCC, e spiega che, su tutti i soggetti umani, indipendentemente da ruoli e funzioni, incombono doveri di sopravvivenza, non negoziabili né bilanciabili con diritti, libertà e interessi che non assumano il clima come priorità.

Il terzo studio è della Banca dei Regolamenti Internazionali ed è intitolato "*The Green Swan*" (Bolton *et al.*, 2020): di fatto chiude il cerchio delle acquisizioni dei due studi precedenti. In esso, infatti, si constata come l'emergenza ecosistemica e climatica abbia imposto una sferzata inedita alla variabile temporale delle previsioni di rischio e alle comparazioni costi/benefici. Tale sferzata è denominata "*Tragedy of Hori-*

zon": abbiamo poco tempo per decidere in modo risolutivo, perché la variabile temporale è sfuggita di mano, non è più controllabile dall'essere umano. La constatazione è drammatica: essa alimenta dubbi sulla effettiva utilità economica, sociale e ambientale di azioni, opere e infrastrutture, progettate e pensate per tempi "normali", ossia sulla base di analisi costi/benefici di carattere esclusivamente economico (del tutto insufficienti, come accerta il citato studio sui *Tipping Points*) e con previsioni di rischio proiettate su scenari temporali immaginati statici e immutabili, quando invece ormai sono in irreversibile trasformazione e peggiorativi (come riconosce lo studio sugli scenari di aumento della temperatura).

La "tragedia dell'orizzonte" temporale ci costringe a precoci obsolescenze di pianificazioni e indirizzi politici (come sta succedendo per il PNIEC italiano, "nato vecchio" nei suoi obiettivi di riduzione delle emissioni rispetto agli indirizzi europei e alle urgenze emerse dalle indagini scientifiche sugli scenari futuri).

La tradizionale e razionale "cronopolitica" delle istituzioni (Kaiser, 2015), fondata sul quadrinomio previsione-pianificazione-azione-esecuzione, ne esce disorientata e spiazzata: essa non controlla più la variabile temporale.

Tutti siamo di fronte a interdipendenze condizionate dal tempo (breve) a disposizione per affrontarle. Più precisamente, una doppia brevità temporale ci condanna: quella della "minaccia urgente" (divenuta "esistenziale", a causa dei *Tipping Points*); quella della "tragedia dell'orizzonte".

Non era mai successo. Il diritto ha sempre rubricato qualsiasi emergenza, comprese quelle ambientali (Tosi, 2019), su quattro caratteristiche:

- sono eventi temporanei (il concetto giuridico di "urgenza" nasce da tale rappresentazione della realtà);
- non prevedibili;
- non imputabili esclusivamente all'azione umana (altrimenti sarebbero classificate come "condotte illecite");
- non trasformativi della convivenza umana (dopo l'emergenza, si ritorna alla situazione "normale" precedente).

La recente emergenza del COVID-19 rientra in questa tipologia. L'emergenza ecosistemica, climatica e fossile, purtroppo no.

Infatti, quest'ultima:

- piuttosto che un evento temporaneo, è un insieme di processi planetari critici irreversibili e peggiorativi (si pensi ancora una volta ai *Tipping Points*):

- piuttosto che "imprevedibile", è stata preannunciata in vario modo da oltre un secolo (basterebbe ripercorrere gli studi di Eunice Foote, John Tyndall, Svante Arrhenius, William Stanley Jevons, John Herschel, Rudolf Clausius, Nikola Tesla, Giacomo Ciamician, Guy Stewart Callendar, Barry Commoner, Wallace S. Broecker);

- piuttosto che non imputabile all'azione umana, risulta esclusivamente antropogenica, dato che il margine di incertezza scientifica sulla "minaccia urgente" è inesistente, in ragione della quantità di studi che ne confermano le ipotesi antropogeniche (Powell, 2016), il consenso sul lavoro svolto dall'IPCC (Cook *et al.*, 2016), l'osservazione validante degli scenari ipotizzati (Santer *et al.*, 2018), l'emersione empirica dei fatti previsti (AMS, 2018), la robustezza delle probabilità statistiche (Santer *et al.*, 2019; Hall *et al.*, 2019);

- invece che non trasformativa, è l'esatto opposto, nei termini sintetizzati dalla citata immagine del "*Green Swan*" e dai *Tipping Points* (il dopo-emergenza sarà comunque peggio del presente).

Dal punto di vista legale, sono soddisfatti tutti i più rigorosi scrutini giuridici di c.d. "sussunzione" sotto leggi scientifiche di qualsiasi fatto emergenziale.

Ma non basta. La triplice emergenza amplifica e accelera la "minaccia urgente" (divenuta "esistenziale") e il suo carattere "irreversibile".

Anche questo è un dato inedito nella storia del diritto.

Significa che i danni prodotti da queste emergenze non coincidono con i "normali" danni "ambientali" di altre "emergenze", localizzati, restrittivi, valutabili, compensabili, recuperabili. In quanto "irreversibili" ed "esistenziali", essi diventano permanenti e privativi, non a caso classificati sempre, con l'Accordo di Parigi del 2015, in termini di "perdita" (di biodiversità, di stabilità climatica, di *Carbon Sink* ecc...).

3. (SEGUE) PER IL DIRITTO UMANO AL CLIMA

Si può allora comprendere perché le sfide lanciate da queste emergenze non riguardino più la dialettica dei rapporti tra libertà umane e poteri umani.

Nell'esperienza COVID-19, abbiamo tutti noi discusso di legittimità o meno delle decisioni di potere, limitative delle nostre libertà, a partire da quella di mo-

vimento durante il c.d. “*Lockdown*”. «Il virus è lì fuori», si diceva, è “esterno” a noi; per questo ci dobbiamo difendere, accettando poteri limitativi di libertà.

Ma quando il virus è la stessa antropogenesi dell'emergenza, che cosa succede? Come ci si difende? Che cosa si può o si deve decidere? I dubbi sulle risposte aumentano, tant'è che la situazione è stata efficacemente denominata la “tempesta perfetta” dei dubbi (Gardiner, 2012).

Si tratta, però, di una tempesta paradossale e illogica. Tutti noi sappiamo che la causa dell'inedita triplice emergenza risiede in noi stessi, nei nostri comportamenti come individui e come comunità politiche. Non è “lì fuori”: è dentro, sicché la soluzione sembrerebbe semplice e a portata di mano: basta cambiare radicalmente e rapidamente comportamenti e azioni individuali e collettive; basta abbandonare il fossile; non consumare suolo; non distruggere biodiversità; rinunciare alle analisi costi/benefici esclusivamente economiche. Basterebbe tutto questo e la triplice emergenza svanirebbe; ci libereremmo dalla “minaccia urgente” ed “esistenziale”; riusciremmo a scongiurare la “irreversibilità”.

Del resto, persino i 17 SDGS (*Sustainable Development Goals*) dell'ONU fissano il termine del 2030 per conseguire un mondo vivibile per l'intera umanità. Che il tempo sia poco, lo hanno riconosciuto tutti gli Stati che hanno deliberato tale termine.

Ciononostante, non si propone nulla di radicalmente discontinuo; se qualcosa si fa, avviene solo in parte e quindi in modo del tutto insoddisfacente.

Si continua a pensare e agire come se il contesto fosse “normale” e non invece “minacciato”, “urgente” e sotto scacco di una triplice emergenza.

Per questo motivo, sono in aumento ovunque contenziosi legali di cittadini delusi e preoccupati per questa indifferenza (Sindico *et al.*, 2020).

Persone e gruppi si rifiutano di avalare la “normalità” della politica e degli interessi economici e iniziano a rivendicare il “diritto umano al clima”, per ottenere risposte immediate e risolutive della “minaccia urgente” e della “tragedia dell'orizzonte” temporale.

Il contenuto del “diritto umano al clima” è semplice e disarmante allo stesso tempo: la stabilità del sistema climatico è stata compromessa dall'azione umana, provocando la triplice emergenza e collocandoci nella “esposizione involontaria” a una “minaccia urgente”, “esisten-

ziale”, “potenzialmente irreversibile”; pertanto, Stati e aziende che ignorano o aggirano l'inedita situazione di fatto contribuiscono a danneggiare il sistema climatico e violano i diritti umani, la cui effettività dipende dalla stabilità climatica; senza un clima stabile, infatti, tutti i diritti umani diventano “instabili”; in ragione di tale ovvietà, i cittadini si rivolgono ai giudici per denunciare omissioni di Stati e aziende che contribuiscono ad alimentare o comunque non ostacolare la triplice emergenza.

Chi agisce, non rivendica il clima come un “bene” o un “valore” per sé: semplicemente denuncia la “minaccia”. Il clima è una condizione spazio-temporale della vita (scientificamente è qualificato come “servizio ecosistemico di regolazione”). Se il clima cambia, cambia la vita; se peggiora e “minaccia”, peggiora e “minaccia” la vita.

Il “diritto umano al clima” racchiude dunque il millenario principio generale del *neminem laedere*, aggiornato all'era della triplice emergenza planetaria, di cui cambiamento climatico e riscaldamento globale costituiscono la “minaccia” peggiore.

4. (SEGUE) CON IL NUOVO “STATUS CLIMATICUS” DEI DOVERI

Ma il *neminem laedere* è stato eretto dalla Corte costituzionale italiana a fondamento dello Stato costituzionale democratico di diritto (Sent. n. 16/1992, punto 3 in diritto) ed è radicato per di più nella tradizione giuridica comune europea, come attestano i c.d. PETL (*Principles of European Tort Law*).

Questo significa che in uno Stato costituzionale democratico di diritto nessuna persona umana può essere sottoposta a “esposizione involontaria” di “minacce” urgenti, esistenziali e potenzialmente irreversibili, per di più in presenza di situazioni di emergenza.

Allora, con il cambiamento climatico e il riscaldamento globale cambia pure lo “*status civitatis*”.

Nel diritto costituzionale “normale”, questo “*status*” si manifestava sempre in quattro dimensioni: *negativus*; *positivus*; *activus*; *passivus* (o *subiectionis*).

In estrema sintesi, quello *negativus* consisteva nel difendersi dalle interferenze del potere altrui; quello *positivus* nel pretendere prestazioni da parte di altri; quello *activus* nel partecipare, direttamente o indirettamente, alle decisioni della comunità di cui si è componenti; infine quello *passivus* nel sottoporri all'adempimento di doveri non solo

verso altri ma soprattutto verso l'intera società.

Questa quadruplici dimensione è stata denominata cittadinanza “procedurale” (Häberle, 1972) con riferimento ai sistemi democratici, dove tutti contribuiscono alla costruzione e tutela di diritti e libertà, appunto attraverso la partecipazione a qualsiasi procedimento di decisione (si pensi alla conquista della partecipazione del cittadino al procedimento amministrativo). Dentro questa cittadinanza democratica, gli stessi diritti sono inquadrabili in termini di “procedimento”, giacché qualsiasi procedimento decisionale, pubblico o privato che sia, non può mai arrestarsi all'affermazione, sia pur responsabile, di un potere (come succede in qualsiasi regime non democratico), ma deve sopravvivere come adempimento, condiviso attraverso metodi di discussione e deliberazione, di reciproci doveri di rispetto di libertà e diritti di tutti, per il presente e il futuro.

Ecco allora che, nello Stato costituzionale democratico di diritto, il fulcro della cittadinanza ruota intorno allo *status passivus*. Da esso dipende l'uguaglianza sostanziale di tutti. Il primo enunciato normativo che esplicita questo fulcro si trova proprio nella Costituzione italiana, all'art. 3 comma 2 («È compito della Repubblica - quindi di tutti - rimuovere ostacoli...»), quindi adempiere a doveri per i diritti e le libertà).

Ma che cosa succede nel momento in cui ognuno di noi vive nella condizione di “esposizione involontaria” a “minacce” irreversibili ed esistenziali, per di più in un tempo di triplice emergenza antropogenica?

Quali mutazioni subisce il proprio *status passivus*?

Un autore tedesco, Brugger, ha provato a dare una risposta, parlando di *status oecologicus* della persona umana (Brugger, 2011). Che cosa vuol dire? Il collasso ecologico del pianeta Terra, aggravato dal cambiamento climatico e dal riscaldamento globale, richiede che la priorità dei doveri non sia più semplicemente “politica”, ossia solo verso i propri simili della comunità, come nel normale *status passivus*.

Essa diviene “ecosistemica” e questo comporta che i doveri di ciascuno si declinino nella dimensione planetaria del sistema Terra, attraverso la conoscenza delle sue complesse dinamiche appunto ecosistemiche.

Nel nuovo scenario, i destinatari dello *status passivus* diventano tutte le

componenti biosferiche e atmosferiche del sistema Terra. Il diritto, da *Human Law* (diritto degli umani per gli umani) si sta trasformando in *Earth System Law* (diritto del sistema Terra per il sistema Terra) (Kotzé *et al.*, 2019). La circostanza che, a partire dalla Costituzione dell' Ecuador del 2008, si stiano rivendicando, riconoscendo e codificando i "diritti della Natura" un po' ovunque, è sintomatica della epocale transizione (Carducci, 2017).

Ma non è tutto.

I doveri verso la complessità, per salvare il pianeta Terra dalla "minacce" in corso, richiede conoscenza scientifica. Senza di essa, infatti, *come* uscire dalla triplice emergenza risulterebbe difficile, improbabile, persino controproducente (equivarrebbe al "fai da te" di fronte alla minaccia di una malattia sul proprio corpo). La stessa sovranità dello Stato è ormai riconosciuta, per la sua dipendenza dalle sorti dell'ecosistema, "microbica", prima ancora che "politica" (come confermato dal vissuto del COVID-19) (Fisheh, 2017).

Tutto questo non porta a concludere che ognuno di noi si debba trasformare in uno scienziato. Molto più semplicemente implica che tanto la discrezionalità politica quanto l'autonomia privata debbano trovare un limite di legittimità nelle acquisizioni della scienza. La scienza assurge a parametro dell'agire. L'assunto appare sconvolgente. Ma risulta già consolidato, anche in Italia.

Giova ricordare due sentenze della Corte costituzionale, entrambe motivate sul richiamo all'art. 33 della Costituzione, in tema di libertà scientifica, nel suo collegamento diretto con l'art. 32, in tema di salute singola e collettiva. La scienza è libera perché serve a promuovere lo star bene individuale e collettivo della comunità. Qualsiasi potere pubblico o privato deve rispettare la libertà scientifica. Di conseguenza, le acquisizioni della scienza limitano poteri pubblici e privati, tutte le volte che si deve decidere per la salute pubblica e privata della propria comunità. Ecco che cosa si legge nelle due sentenze: le conoscenze scientifiche limitano la «pura discrezionalità politica» (Sent. n. 282/2002); «l'imposizione di limiti all'esercizio della libertà di iniziativa economica, sulla base dei principi di prevenzione e precauzione nell'interesse dell'ambiente e della salute umana, può essere giustificata costituzionalmente solo sulla base di indirizzi fondati sulla verifica dello stato delle conoscenze scientifiche» (Sent. n. 116/2006).

Grazie alla scienza abbiamo scoperto il grave e irreversibile danno che l'azione umana quotidianamente infligge al sistema Terra. Diventa dunque del tutto illogico decidere sulle soluzioni del problema, ignorando quella scienza. Tra l'altro, proprio per far fronte a questa illogicità è stato istituito l'IPCC, il primo esperimento mondiale di cooperazione democratica tra politica e scienziati, in funzione di un obiettivo condiviso di bene comune.

Anche questo scenario è inedito per il diritto. Le "leggi" del diritto devono rispettare le "leggi" della natura secondo le "leggi" della logica della ricerca scientifica (Van Schilfgaarde, 2019).

Dunque, lo *status oecologicus* si riflette nel dovere verso le acquisizioni scientifiche che individuano le soluzioni alla triplice emergenza planetaria. Se coniughiamo tale conclusione con l'osservazione della inesorabile dipendenza dei diritti umani dal clima (nella formula del "diritto umano al clima"), comprendiamo anche che lo *status oecologicus* si può pacificamente rappresentare come "*status climaticus*".

Tutto ormai dipende dal sistema climatico: è la frontiera presente e futura dell'essere, e restare, cittadini nel mondo.

5. (SEGUE) AGENDO IN PRECAUZIONE CLIMATICA

Purtroppo, nella realtà, questo ordito appare poco o per nulla presente nelle azioni politiche, amministrative, private. La politica continua a rivendicare la propria "autonomia" dalla scienza, traducendola in discrezionalità che ne può prescindere. L'autonomia privata si ostina a ragionare in una prospettiva esclusivamente economica di analisi costi/benefici. L'amministrazione è ferma al procedimento della tramontata scansione previsione-pianificazione-azione-esecuzione, illudendosi di controllare il tempo. Si continua ad agire come se tutto fosse "normale", da sempre e per sempre.

Eppure è dal 1992 che vige un criterio speciale di azione, diverso e più dettagliato di altri nell'orientare l'azione pubblica e privata, in funzione di "minacce" urgenti, essenziali e potenzialmente irreversibili: la precauzione climatica, codificata dall'art. 3 n. 3 dell'UNFCCC. Conviene riportarne il contenuto: «Le Parti devono adottare misure precauzionali per rilevare in anticipo, prevenire o ridurre al minimo le cause del cambiamento climatico e per mitigarne gli effetti negativi. Qualora

esistano rischi di danni gravi o irreversibili, la mancanza di un'assoluta certezza scientifica non deve essere addotta come pretesto per rinviare l'adozione di tali misure, tenendo presente che le politiche e i provvedimenti necessari per far fronte al cambiamento climatico devono essere il più possibile efficaci in rapporto ai costi, in modo da garantire vantaggi mondiali al più basso costo possibile». Si tratta di una disposizione immediatamente vincolante, in quanto scandisce: *a)* un dovere positivo tassativamente riferito al cambiamento climatico antropogenico, non al generico ambiente; *b)* da adempiere attraverso il triplice metodo della rilevazione anticipata, della prevenzione e della riduzione delle cause (non degli effetti) del fenomeno; *c)* finalizzato a garantire «vantaggi mondiali al più basso costo possibile»; *d)* non rinviabile con il "pretesto" della incertezza scientifica; *e)* anche perché tale incertezza, come indicato nel Preambolo sempre dell'UNFCCC, è riferibile alle manifestazioni temporali e grandezze regionali del fenomeno, non all'imputazione umana.

Qui, il dovere sotteso allo "*status climaticus*" è scandito chiaramente: una prestazione positiva di risultato (garantire "vantaggi mondiali"), non solo di mezzi; a discrezionalità prefissata nel *quomodo* (rilevare in anticipo, prevenire o ridurre al minimo) e nell'*an* (senza alcun "pretesto" di rinvio e senza eludere la conoscenza scientifica, anche quando incerta), rivolto al sistema Terra e non a un referente politico specifico (dato che si parla di vantaggi "mondiali"). Discrezionalità politica e autonomia privata ne escono limitate dalle acquisizioni (eventualmente anche incerte) della scienza.

La precauzione climatica praticamente ci dice che si deve agire per un dovere planetario di salvezza, non per "responsabilità politica" verso qualcuno né tantomeno per interesse privato.

In questo risiede la profonda differenza da generico "principio di precauzione". Quest'ultimo non è sinonimo né di tutela dei diritti delle persone e delle loro libertà né, soprattutto, è sinonimo di democrazia, quindi di consenso dei cittadini sulle scelte che incidono sulla loro salute e sul loro futuro. Non a caso, il principio generico è ben gradito e trova applicazione nei sistemi autoritari e illiberali (purtroppo la maggioranza nel mondo).

Al contrario, la speciale precauzione climatica si apre alla condivisione cosmopolitica di una serie di doveri basati sulla scienza: la precauzione climatica,

guardando ai “vantaggi mondiali”, si manifesta intrinsecamente democratica.

L'assunto trova conferma anche nell'art. 6 dell'UNFCCC, che riconosce il diritto all'informazione climatica, sia per gli Stati che per le persone.

Il diritto all'informazione è un elemento costitutivo della democrazia, soprattutto con riguardo alla vita e alla salute. La Corte europea dei diritti umani lo ha scandito chiaramente in storiche decisioni sul “consensus democratico” intorno all'assunto (casi *Tătar c. Romania*, n.67021/01, del 27 gennaio 2009, punti 93,101,113-116 e 118; *McGinley e Egan c. Regno Unito*, nn. 21825/93 e 23414/94, del 9 giugno 1998, punto 101; *Giacomelli c. Italia*, n. 59909/00, del 2 novembre 2006).

Ma diritto all'informazione diventa sinonimo anche di pluralismo in tutti i campi, compreso quello della scienza; il che comporta l'accettazione del dibattito e dunque dell'incertezza scientifica. Solo la “scienza di Stato” predica certezze e non dibatte, perché impone il dogma del potere. Se invece si vuole garantire libertà di discussione su protocolli e metodi scientifici, inevitabilmente si assume che nessuno detiene una “certezza”, ma ognuno, con la propria ricerca scientifica, contribuisce a discutere (non per opinione ma per onere di prova secondo protocolli e metodi trasparenti e verificabili da chiunque) le acquisizioni degli altri ricercatori e quindi a ridurre le incertezze comuni.

In democrazia, l'incertezza è una condizione civica della scienza. Essa abitua all'umiltà dello studio contro la protervia della mera opinione. Anche in questo sbagliano i “negazionisti climatici”, che invece stigmatizzano l'incertezza scientifica come difetto.

L'incertezza scientifica traduce due ulteriori garanzie costituzionali: limita il potere, perché impedisce al potere di dichiarare una propria “verità” scientifica; tutela i cittadini e le loro libertà, perché richiede che i risultati della scienza, ancorché incerti, siano utilizzati esclusivamente al servizio della salute di tutti e non degli interessi dello Stato o di privati o di soggetti “graditi” al potere. Per questo l'art. 33 della Costituzione italiana è collegato all'art. 32 Cost.

La precauzione climatica traduce tutto questo. In essa, l'incertezza scientifica non può essere assunta come “pretesto” per non prendere decisioni oppure decidere prescindendo dalla scienza o ancora assecondare proprie unilaterali “certezze”. Per comprendere l'assunto si deve partire proprio dalla formu-

la “pretesto”, chiarita dal citato art. 3 UNFCCC. Essa è importantissima perché – come noto – il “pretesto” è la base di tutti i paralogismi, ossia le false spiegazioni (pretesto etimologicamente significa “coprire con un telo”) utilizzate dal potere per non decidere nulla o giustificare proprie decisioni, smentite dalla scienza.

Chi ha il potere non può dire: poiché non c'è “certezza”, non decido nulla e aspetto la “certezza”; oppure sostenere che, poiché non c'è “certezza”, decido io quale “certezza” assumere. Entrambe le opzioni assurgono a “copertura”, con un “telo”, dei doveri dello “*status climaticus*”: i doveri di sottrarre le persone dalla loro “esposizione involontaria” alle “minacce”, urgenti, essenziali e irreversibili, nella triplice emergenza planetaria.

Del resto, la scienza è incerta non perché è confusa o non sa dare risposte. Ma perché liberamente si interroga costantemente sul rapporto tra quelle risposte e il bene della vita. Tutte le scienze (sia naturali che sociali) nascono e si evolvono come scienze della vita.

In questo, esse si differenziano dalla tecnologia, che invece è manipolazione della vita (naturale e sociale) attraverso la tecnica (il Novecento è il secolo di queste irreversibili consapevolezze). Di conseguenza, l'incertezza della scienza deve orientare il potere a decidere per la migliore qualità della vita: “*in dubio pro vita*”. Non a caso, i problemi bioetici nascono dalla tecnologia, non dalla scienza in sé.

Ecco allora che la precauzione climatica obbliga ad assumere, nella incertezza scientifica, la decisione meno peggiore per la salute e la vita delle persone, in quanto adempimento del dovere di solidarietà.

Con queste premesse, in Italia, dove comunque vige l'UNFCCC, la precauzione climatica si associa all'art. 2 della Costituzione.

Nel nostro contesto, lo “*status climaticus*” segna la nuova frontiera della solidarietà umana.

Chi lo nega o lo contesta, rinnega la solidarietà. Ma senza solidarietà, adattamento e mitigazione climatici sono impossibili.

BIBLIOGRAFIA

AL-DELAIMY W. et al. (eds.) (2020), *Health of People, Health of Planet and Our Responsibility*, Cham, Routledge.
AMS (2018), *Explaining Extreme Events from a Climate Perspective* (Report 2018).
BOLTON P. et al. (2020), *The Green Swan. Central Banking and Financial Stability in the Age of Climate Change*, Basel, BIS.

BRUGGER W (2011), *Georg Jellinek's Statuslehre: national und international: Eine Würdigung und Aktualisierung anlässlich seines 100. Todestages im Jahr 2011*, 136 *Archiv des öffentlichen Rechts*, n. 1, 1-43.
CARDUCCI M. (2020), *Cambiamento climatico (diritto costituzionale)*, *Digesto delle discipline pubblicistiche*, VIII aggiornamento, Torino, Utet.
CARDUCCI M. (2017), *Natura (diritti della)*, *Digesto delle discipline pubblicistiche*, VII aggiornamento, Torino, Utet.
COOK J. et al. (2016), *Consensus on Consensus: a Synthesis of Consensus Estimates on Human-Caused Global Warming*, 11 *Environmental Research Letters*, n. 4, 1-8.
FISHEL S.R. (2017), *The Microbial State*, Minneapolis, University of Minnesota Press.
FRIEL S. (2020) *Climate Change and the People's Health: the Need to Exit the Consumption System*, 395 *The Lancet*, 666-668.
GARDINER S.M. et al. (2012), *Ethics and Global Climate Change*, 3 *Nature Educational Knowledge*, n. 10, 5.
GARTIN M. et al. (2020), *Climate Change as an Involuntary Exposure*, 17 *International Journal of Environmental Research and Public Health*, n. 1894, 2-17.
HÄBERLE P (1972), *Grundrechte im Leistungsstaat*, 30 *Veröffentlichungen der Vereinigung der Deutschen Staatsrechtslehrer*, 43-141.
HALL A. et al. (2019), *Progressing Emergent Constraints on Future Climate Change*, 9 *Nature Climate Change*, 269-278.
KAISER M. (2015), *Reactions to the Future*, 9 *Nanoethics*, 165-177.
KOTZÉ L.J. et al. (2018), *Earth system law: The juridical dimensions of earth system governance*, *Earth System Governance*, n. 1, 1-12.
LENTON T.M. et al. (2019), *Climate Tipping Points: too risky to bet against*, 757 *Nature*, 592-595.
POWELL J.L. (2016), *The Consensus on Anthropogenic Global Warming Matters*, 36 *Bulletin of Science, Technology & Society*, n. 3, 157-163.
ROCKSTRÖM J. et al. (2017), *A Roadmap for Rapid Decarbonization*, 335 *Science*, n. 6331, 1269-1271.
SANTER B.D. et al. (2019), *Celebrating the Anniversary of Three Key Events in Climate Change Science*, 9 *Nature Climate Change*, 180-182.
SANTER B.D. et al. (2018), *Human Influence on the Seasonal Cycle of Tropospheric Temperature*, 361 *Science*, n. 6399, 2018, 1-11.
SINDICO F. et al. (eds.), (2020) *Comparative Climate Change Litigation: Beyond the Usual Suspects*, Cham, Springer.
TOSI D.E. (2019), *Emergenza e tutela ambientale nel sistema delle fonti*, *Rivista Giuridica AmbienteDiritto.it*, n. 4, 124-142.
VAN SCHILFGAARDE P. (2019), *Law and Life. Why Law?*, Cham, Springer.
XU Y. et al. (2017), *Well below 2°C: Mitigation Strategies for Avoiding Dangerous to Catastrophic Climate Changes*, 114 *PNAS*, 10315-10323.



**GALLERIA
FOTOGRAFICA**

SICREA



Apertura lavori



*Alfonso Pecoraro Scanio,
Presidente Fondazione UniVerde*



*Stefano Laporta,
Presidente ISPRA*



*Antonello Fiore,
Presidente Sigea*



*Salvatore Valletta,
Presidente Ordine dei Geologi della Puglia*



*Biagio Ciuffreda,
Promotore dell'evento*



*Fabio Florindo,
INGV*



*Giuseppe Mastronuzzi,
Università di Bari*



*Massimiliano Fazzini,
Università di Camerino e Università di Chieti*



*Nicola Lamaddalena,
Direttore aggiunto del CIHEAM Bari*



Un momento della sala



*Silvano Focardi,
Università di Siena*



*Michele Mossa,
Politecnico di Bari*



Un momento della sala



Un momento della sala



Un momento della Tavola Rotonda



*Cristina de Vita,
moderatrice della Tavola Rotonda*



*Assuntela Messina,
senatrice della Repubblica*



*Stefano Pagano, Autorità Distrettuale
Appennino Meridionale*



*Raffaele Lopez,
Presidente Sigea Sezione Puglia*



*Vito Bruno,
Direttore Generale ARPA Puglia*

*Un momento della cerimonia in memoria
di Piero Pellegrini*



*Un momento della targa in ricordo
di Piero Pellegrini*



Signora Iolanda Pellegrini





Gruppo del Rotary



Gruppo dei geologi



PUGLIACONVEGNI[®]

OPEN YOUR MEETING

T. 340 009 36 57 | E. pugliaconvegni@pugliaconvegni.it



Rotary
Club di Manfredonia



Partecipanti richiesti



CONVEGNO:

CAMBIAMENTO CLIMATICO. ANALISI E PROSPETTIVE PER UN ADATTAMENTO CONSAPEVOLE

SABATO 07 SETTEMBRE 2019 H 9,00

SALA CONVEGNI HOTEL BAI A DELLE ZAGARE
MATTINATA

Evento organizzato in memoria di Piero Pellegrini

8.30 Registrazione e caffè di benvenuto

9.00 Indirizzi di salute

- Jole Pellegrini
- Andrea Pacilli (Presidente Rotary Club Manfredonia)
- Giovanna Amedei (Consiglio Ordine dei Geologi della Puglia)
- Raffaele Lopez (Presidente Sigea Sezione Puglia)

9.40 Presentazione convegno e apertura lavori

Biagio Ciuffreda (Promotore dell'evento)

Moderà: Lorenzo Ciccarese (ISPRA)

10.00 Massimiliano Fazzini (Università di Camerino e

Università di Ferrara)

- Il clima sta cambiando? Certezze e dubbi

10.30 Silvano Focardi (Università di Siena)

- Gli effetti delle attività umane sugli ecosistemi del Pianeta

11.00 Fabio Florindo (INGV)

- Antartide: motore e archivio del clima del Pianeta

11.30 Giorgia Verri (CMCC Fondazione Centro Euro-

Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici)

- I cambiamenti climatici nel Mar Mediterraneo: scenari futuri e soluzioni di mitigazione ed adattamento

12.00 Giuseppe Mastronuzzi (Dipartimento di Scienze

della Terra e Geoambientali - Università di Bari)

- Variazioni climatiche e dissesto idrogeologico nella fascia costiera

12.30 Nicola Lamaddalena (CIHEAM Bari)

- Uso razionale delle risorse idriche in agricoltura e sviluppo sostenibile nel Mediterraneo

13.00 Cerimonia in memoria di Piero Pellegrini

Intervengono: Michele Di Bari* (Prefetto), Domenico Magistro, Gianni Rotice (Presidente Confindustria Foggia), Rappresentante Comune di Mattinata*, Rappresentante Comune di Monte Sant'Angelo*

13.30-15.30 Pausa pranzo

15.30 Michele Mossa (Politecnico di Bari)

- Alterazione dei processi di dispersione nei flussi naturali e dell'interazione tra onde e vegetazione delle zone costiere per effetto dei cambiamenti climatici

16.00 Barbara Valenzano (Dir. Dip. mobilità, qualità urbana,

opere pubbliche, ecologia e paesaggio - Regione Puglia)

- Un pianeta pulito per tutti - Una visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra

16.30 Giuseppe Milano (Istituto Nazionale di Urbanistica

Sezione Puglia)

- Tra cambiamenti climatici e mutamenti demografici: il ruolo dell'informazione ambientale

Ore 17.00

Tavola Rotonda

Azioni di contenimento e adattamento agli effetti del

cambiamento climatico

Moderà: Cristina de Vita (Esperta in comunicazione)

Assuntela Messina, 13ª Commissione permanente del Senato della Repubblica

Ruggiero Quarto, 13ª Commissione permanente del Senato della Repubblica

Stefano Laporta (Presidente ISPRA) Video messaggio

Allfonso Pecoraro Scania (Presidente Fondazione UniVerde)

Video messaggio

Vera Corbelli* (Segretario Generale Autorità di Bacino

Distrettuale dell'Appennino Meridionale)

Michele Emiliano (Presidente Regione Puglia)

Vito Bruno (Direttore Generale ARPA Puglia)

Carmela Strizzi (Direttore Ente Parco Nazionale del Gargano)

Salvatore Valletta (Presidente Ordine dei Geologi della Puglia)

Michele Carucci (Università del Salento)

Antonio Decaro* (Presidente ANCI)

Gianni Rotice (Presidente Confindustria Foggia)

Antonello Fiore (Presidente SIGEA)

* Invitato

19.00 Chiusura dei lavori

19.00 Ligh dinner con accompagnamento musicale

del Gruppo Folkloristico "La Pochianella" di Monte

Sant'Angelo

Richiesti crediti CFP per Geologi

Partecipazione libera previa registrazione;

<http://www.geologi.puglia.it/apc/corsi/>

Contatti: Hotel Baia delle Zagare - Litoranea Mattinata-Vieste

S.P.53 - 71030 Mattinata (Fg)

GPS: 41.747298, 16.144810 tel.: +39.0884.550155

La cittadinanza è invitata

La SIGEA si occupa dello studio e della diffusione della geologia ambientale, materia che può essere definita come “applicazione delle informazioni geologiche alla soluzione dei problemi ambientali”.

È un'associazione culturale senza fini di lucro, riconosciuta dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare come “associazione di protezione ambientale a carattere nazionale” con decreto 24 maggio 2007 (G.U. n. 127 del 4/6/2007). Ha sottoscritto un protocollo d'intesa con l'Arma dei Carabinieri, il 20/12/2017, per la collaborazione a svolgere attività di monitoraggio al fine di segnalare criticità in materia di dissesto idrogeologico e di impatto ambientale.

Agisce per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra nella protezione della salute e nella sicurezza dell'uomo, nella salvaguardia della qualità dell'ambiente naturale e antropizzato e nell'utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse. È aperta a tutte le persone e gli Enti (persone giuridiche) che hanno interesse alla migliore conoscenza e tutela dell'ambiente.

La SIGEA

- **Favorisce** il progresso, la valorizzazione e la diffusione della geologia ambientale con l'organizzazione di eventi in ambito nazionale e locale mediante corsi, convegni, escursioni di studio, interventi sui mezzi di comunicazione.
 - **Promuove** il coordinamento e la collaborazione interdisciplinare nelle attività conoscitive e applicative rivolte alla conoscenza e tutela ambientale; per questo scopo ha costituito le **Aree tematiche** “Patrimonio geologico”, “Dissesto idrogeologico”, “Geoarcheologia”, “Educazione ambientale”, “Caratterizzazione e bonifica dei siti inquinati”, “Protezione civile”, “Aree protette”.
 - **Opera** sull'intero territorio nazionale nei settori dell'educazione e divulgazione scientifica, della formazione professionale, della ricerca applicata, della protezione civile, occupandosi di varie tematiche ambientali, quali previsione, prevenzione e riduzione dei rischi geologici, bonifica siti contaminati, studi d'impatto ambientale, tutela delle risorse geologiche e del patrimonio geologico, geologia urbana, pianificazione territoriale, pianificazione del paesaggio, geoarcheologia, e in altri settori. Opera in ambito locale con i gruppi e le Sezioni regionali.
 - **Informa** attraverso il periodico trimestrale “Geologia dell'Ambiente”, che approfondisce e diffonde argomenti di carattere tecnico-scientifico su tematiche geoambientali di rilevanza nazionale e internazionale. La rivista è distribuita ai soci e a Enti pubblici e privati. L'informazione e la comunicazione avviene anche attraverso il sito web, la newsletter e la pagina facebook.
 - **Interviene** sui mezzi di comunicazione attraverso propri comunicati stampa affrontando problemi attuali che coinvolgono le componenti ambientali.
 - **Collabora con gli Ordini professionali, con il mondo universitario e con altre Associazioni** sulle tematiche riguardanti l'educazione, l'informazione e la formazione. In particolare coopera con CATAP (Coordinamento delle associazioni tecnico-scientifiche per l'ambiente e il paesaggio) cui SIGEA aderisce, Associazione Idrotecnica Italiana, Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali, Italia Nostra, Legambiente, WWF, ProGEO (International Association for Geological Heritage), Alta Scuola, Società Geografica Italiana, Società Geologica Italiana, Accademia Kronos, ecc.
 - **Collabora anche a livello internazionale**, in particolare con ProGEO, con la quale ha organizzato nel maggio del 1996 a Roma il 2° Symposium internazionale sui geositi e nel settembre 2012 a Bari il 7° Symposium sullo stesso argomento. Inoltre è attiva per svolgere studi, ricerche, censimenti e valorizzazione del patrimonio geologico.
-

I soci SIGEA

- Ricevono la rivista trimestrale “Geologia dell'Ambiente” in formato cartaceo o digitale e altre eventuali pubblicazioni dell'Associazione.
- Ricevono mediante newsletter informazioni sulle attività della SIGEA e di altre Associazioni.
- Ricevono gratuitamente, a seconda della disponibilità e in formato .pdf, numeri arretrati della rivista e gli atti di convegni organizzati dalla SIGEA. L'elenco dei numeri della rivista e dei suoi supplementi con i relativi articoli si trovano nel sito web.
- Partecipano ai convegni, ai corsi e altre iniziative a pagamento organizzati dall'Associazione, con lo sconto applicato ai soci.
- Disponibilità per candidature, in rappresentanza di Sigea, in Comitati e Commissioni di studio presso Enti pubblici nazionali e locali.
- Dispone di condizioni vantaggiose per l'acquisto dei volumi della “Collana SIGEA di Geologia Ambientale” (sconto del 30% sul prezzo di copertina) dell'Editore Dario Flaccovio di Palermo.

Volumi pubblicati: 1. *Difesa del territorio e ingegneria naturalistica*; 2. *Ambiente urbano. Introduzione all'ecologia urbana*; 3. *Le cave. Recupero e pianificazione ambientale*; 4. *Geotermia. Nuove frontiere delle energie rinnovabili*; 5. *Geologia e geotecnica stradale. I materiali e la loro caratterizzazione*; 6. *Contratti di fiume. Pianificazione strategica e partecipata dei bacini idrografici*; 7. *Le unità di paesaggio. Analisi geomorfologica per la pianificazione territoriale e urbanistica*; 8. *Difesa delle coste e ingegneria naturalistica. Manuale di ripristino degli habitat lagunari, dunari, litoranei e marini*; 9. *Il paesaggio nella pianificazione territoriale. Ricerche, esperienze e linee guida per il controllo delle trasformazioni*; 10. *Il dissesto idrogeologico. Previsione, prevenzione e mitigazione del rischio*; 11. *Calamità naturali e coperture assicurative*.
