

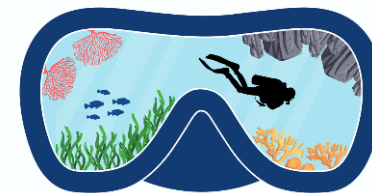


Università  
di Genova

SCUOLA DI  
SCIENZE MATEMATICHE,  
FISICHE E NATURALI

*UN MARE DI SCIENZA*

SEASCAPE ECOLOGY LAB



UNIVERSITY OF GENOA

# ***IL MEDITERRANEO CHE CAMBIA: UNO SGUARDO AGLI ECOSISTEMI MARINI***

***Monica MONTEFALCONE***



# RILEVAMENTI VISIVI IN IMMERSIONE SUBACQUEA



# ***STRUTTURA DELLA PRESENTAZIONE***

- 1) Cambiamento globale e Antropocene**
- 2) Il cambiamento in Mediterraneo**
- 3) Qualche esempio in habitat prioritari del Mediterraneo**
- 4) Conservare la biodiversità marina**

**Il cambiamento è inevitabile**, dalla perturbazione a breve termine che richiede un adeguamento nella dominanza delle specie attraverso immigrazione e estinzione locale, a processi a lungo termine misurabili su scala geologica.



***Everything changes***  
Epitteto (55 – 135 d.C.)

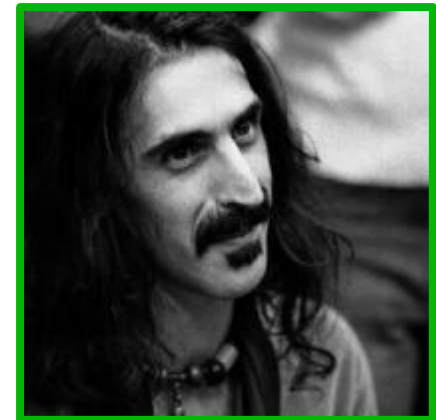
# Il cambiamento è necessario all'evoluzione della vita sulla Terra ...

***Se non cambiasse mai nulla,  
non esisterebbero  
le farfalle***



**“Without deviation from the norm, progress is not possible”**

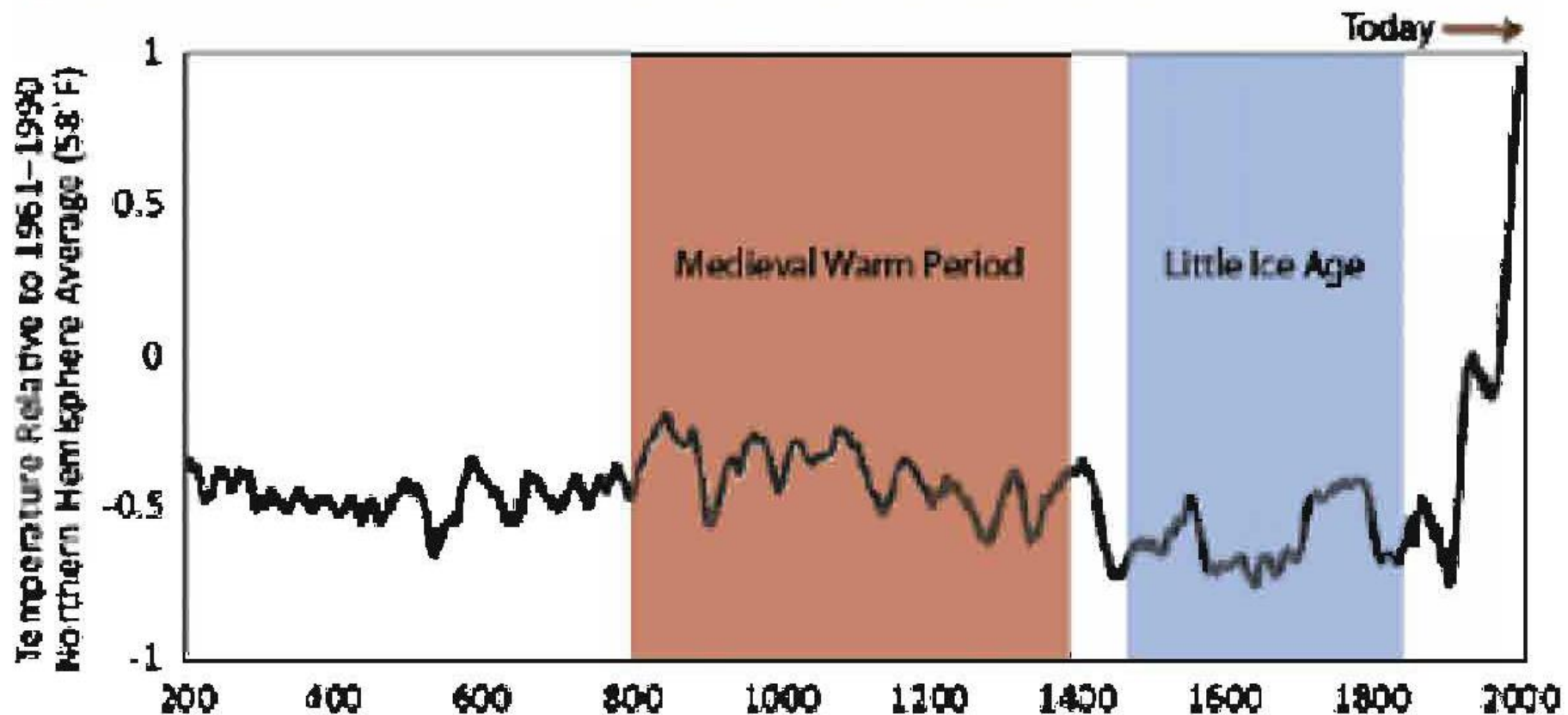
**Frank Zappa (1940-1993)**



**Il problema è la scala temporale in cui avviene  
il cambiamento!**



Conditions today are unusual in the context of the last 2,000 years ...



# Dall'Ecologia dell'Equilibrio all'Ecologia del Cambiamento

'60s



**Ecologia dell'equilibrio:** le comunità marine tendono a essere stabili e in perfetto equilibrio con le condizioni medie dell'ambiente; sono quindi descritte come deterministiche e prevedibili

'80s



**Nuova ecologia:** considera le comunità marine come non deterministiche e imprevedibili, a causa del disturbo che ha assunto un ruolo chiave come regolatore della composizione e della struttura delle comunità

'00s



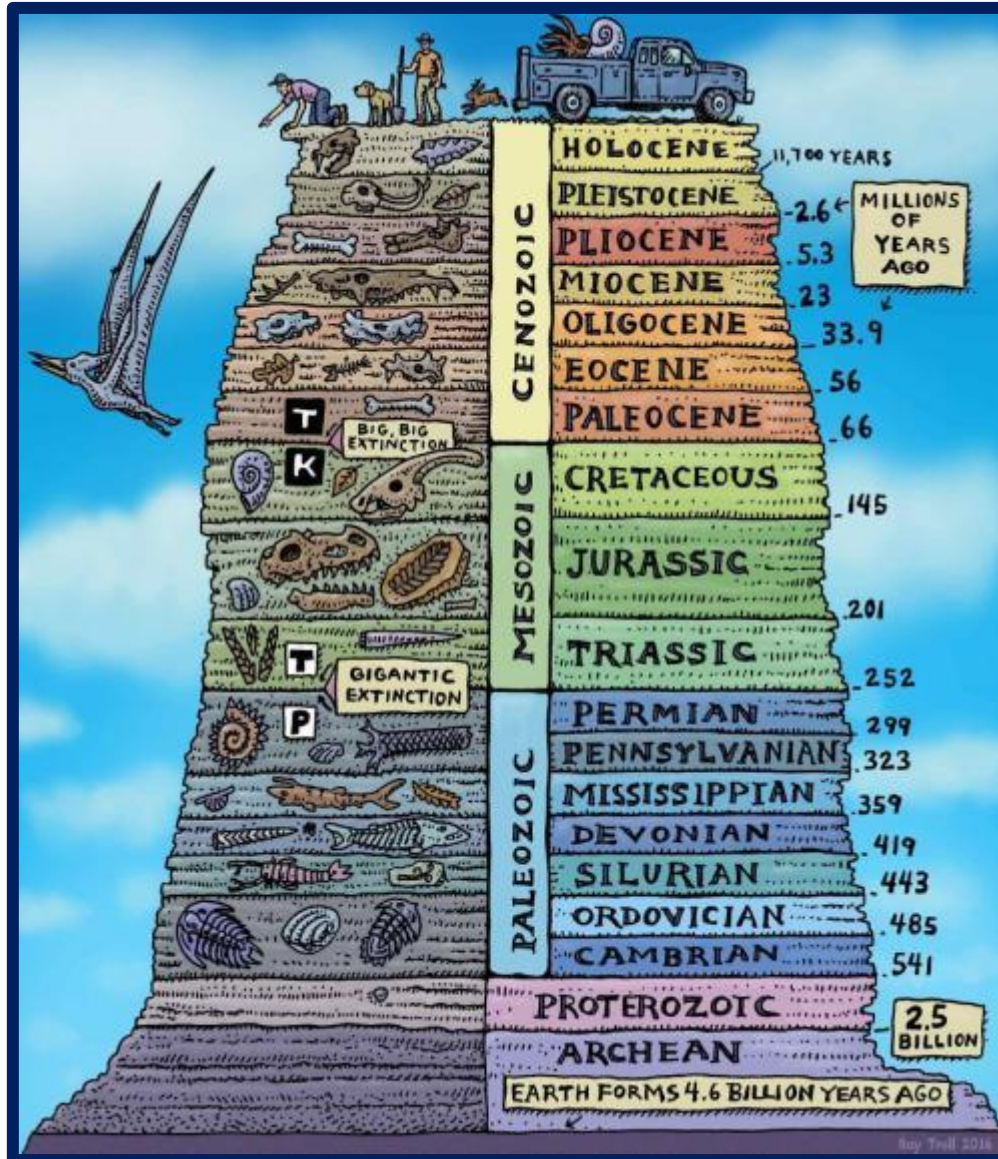
**Ecologia del cambiamento:** le comunità marine non tendono né oscillano attorno all'equilibrio: semplicemente cambiano e tali cambiamenti si verificano su scale temporali più brevi di quanto si potesse pensare



# ANTROPOCENE



# ANTROPOCENE: L'EPOCA UMANA

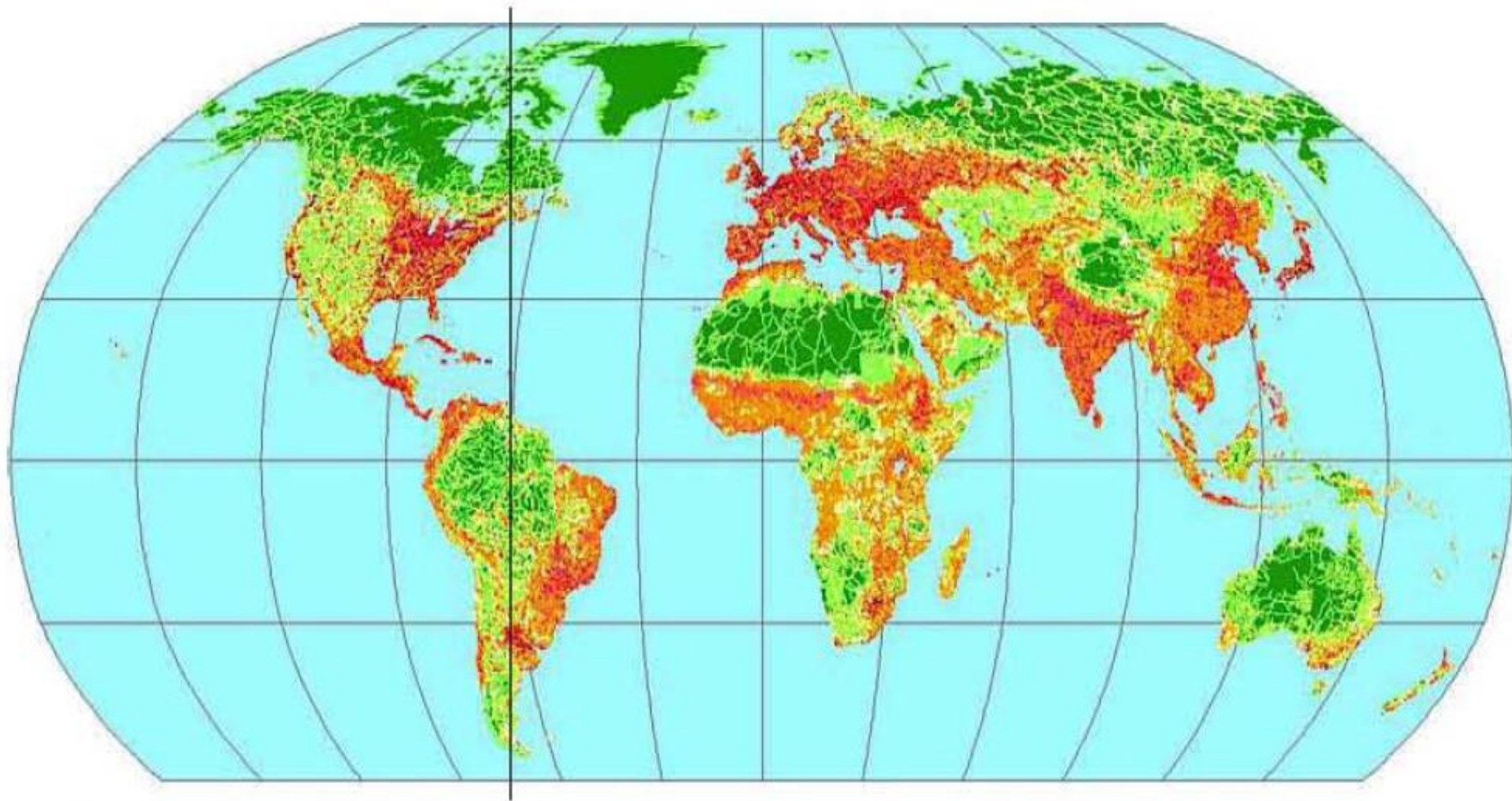


Il termine indica l'**epoca geologica attuale**, nella quale all'essere umano e alla sua attività sono attribuite le cause principali delle modifiche territoriali, strutturali e climatiche

| Epoch                      | Driver of change |
|----------------------------|------------------|
| Anthropocene               | humans           |
| Holocene (12000 ya)        | humans/climate   |
| Plio-Pleistocene (2.5 Mya) | climate          |
| Miocene (23 Mya)           | tectonics        |



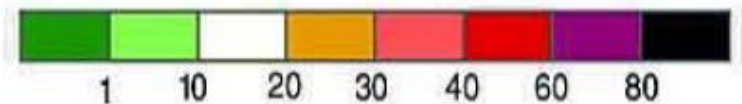
# ANTROPOCENE: L'EPOCA UMANA



## The Human Footprint Index

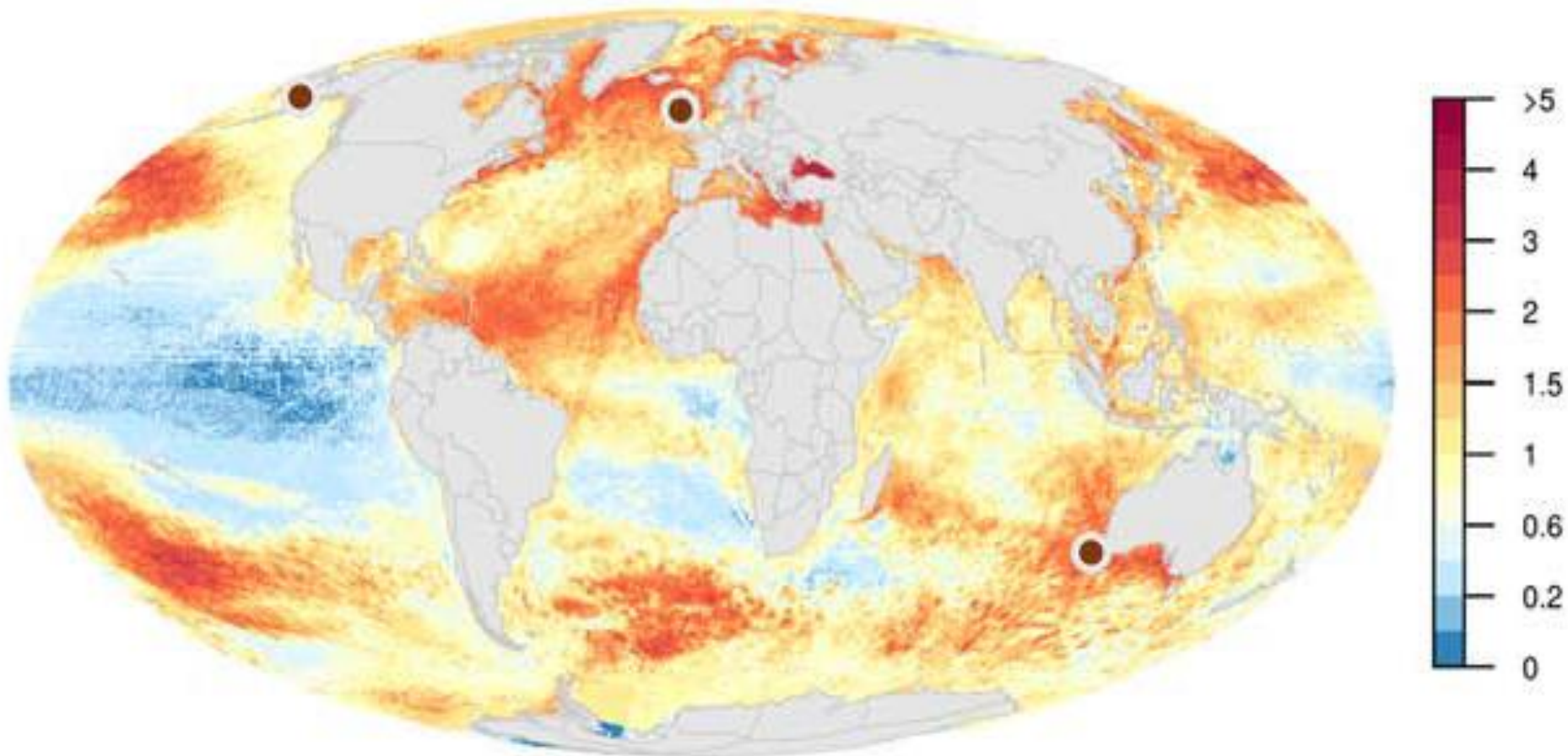
The Human Footprint Index (HF) expresses as a percentage the relative human influence in each terrestrial biome. HF values range from 0 to 100. A value of zero represents the least influenced - the "most wild" part of the biome with value of 100 representing the most influenced (least wild) part of the biome.

Human Footprint Index



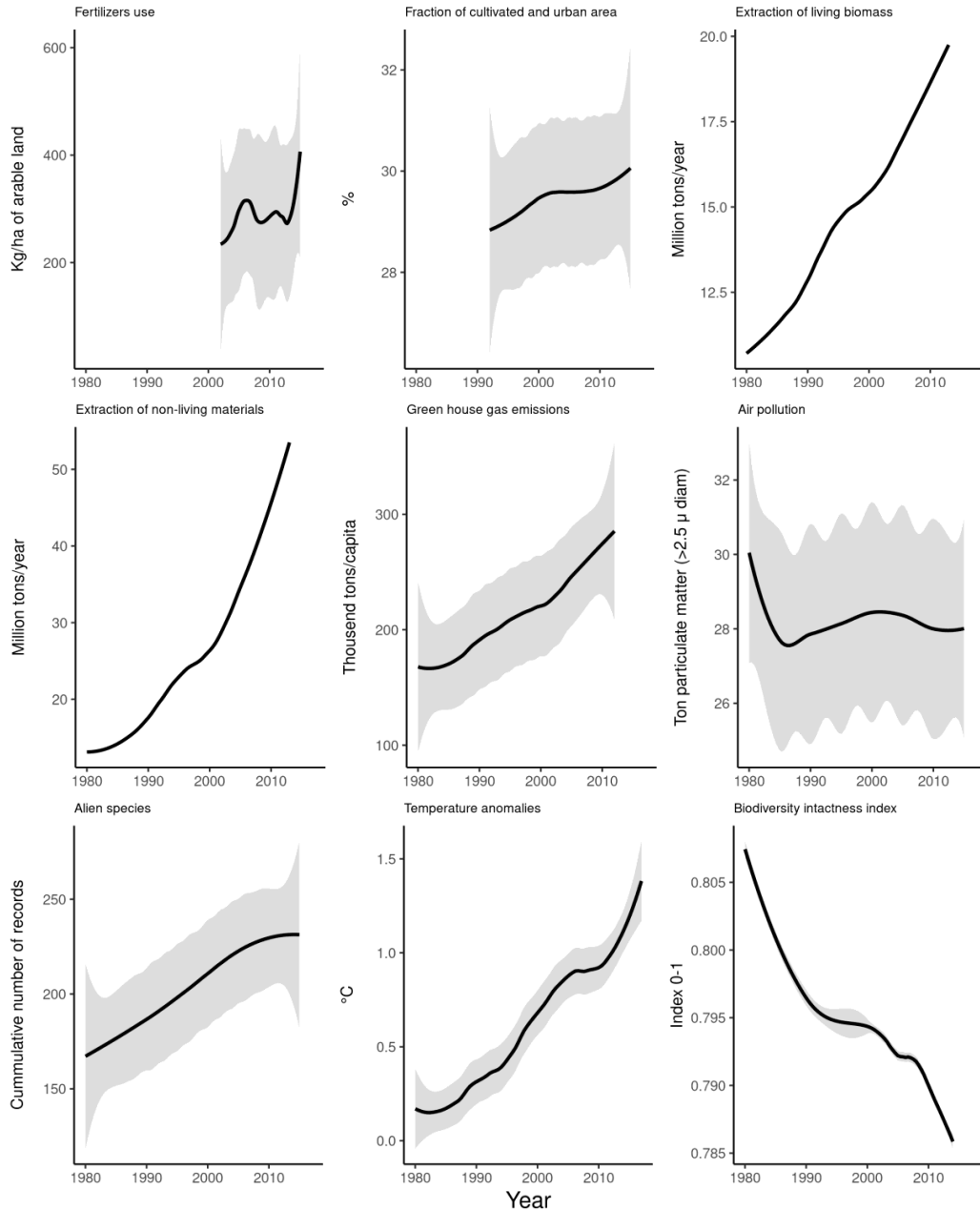
# ANTROPOCENE: L'EPOCA UMANA

da Halpern et al. (2019)



Mappa globale dell'**impatto umano cumulativo** negli ecosistemi marini

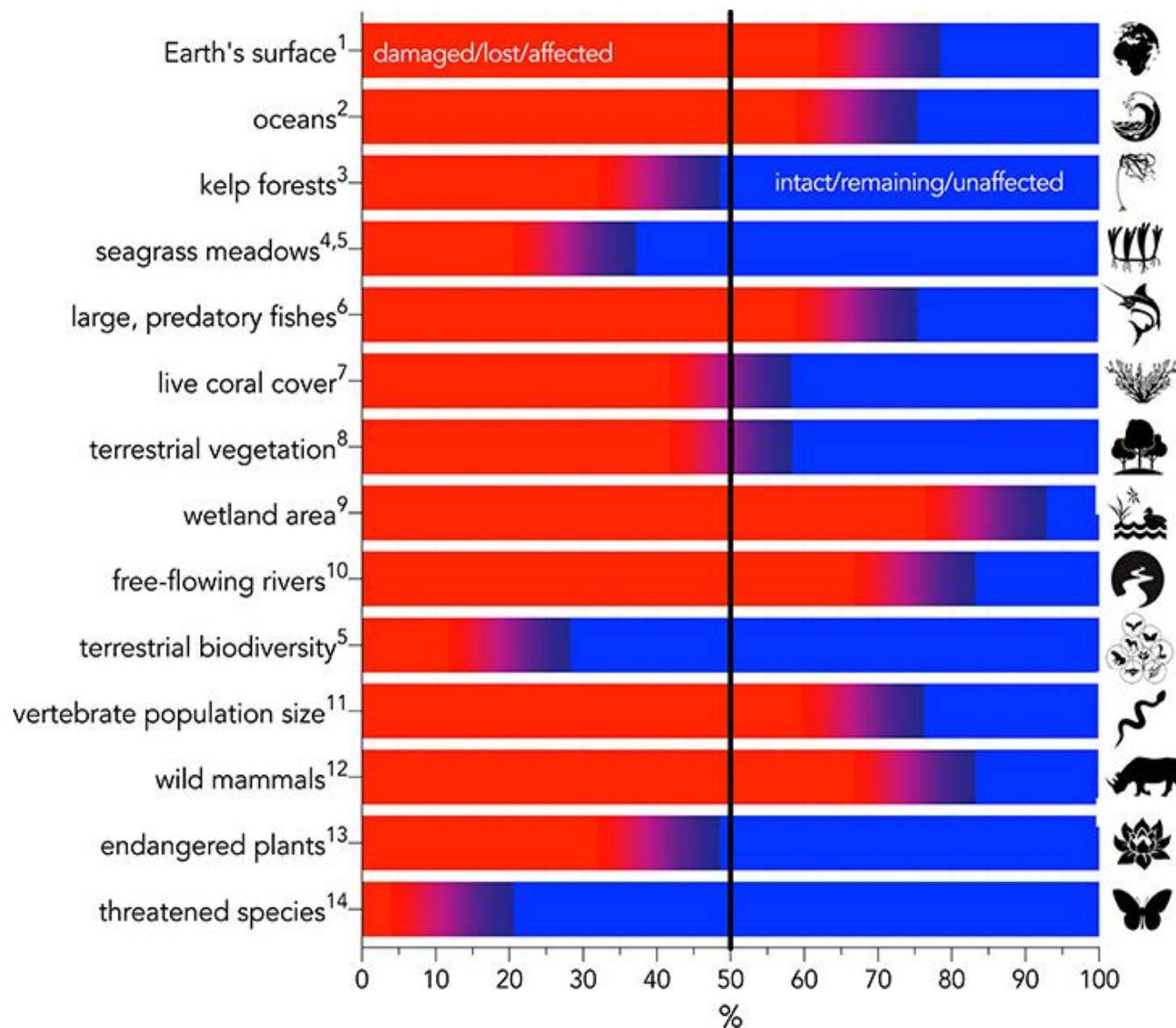
# ANTROPOCENE: L'EPOCA UMANA



Andamenti temporali  
globali per alcuni  
indicatori di  
cambiamento  
(IPBES, 2019)



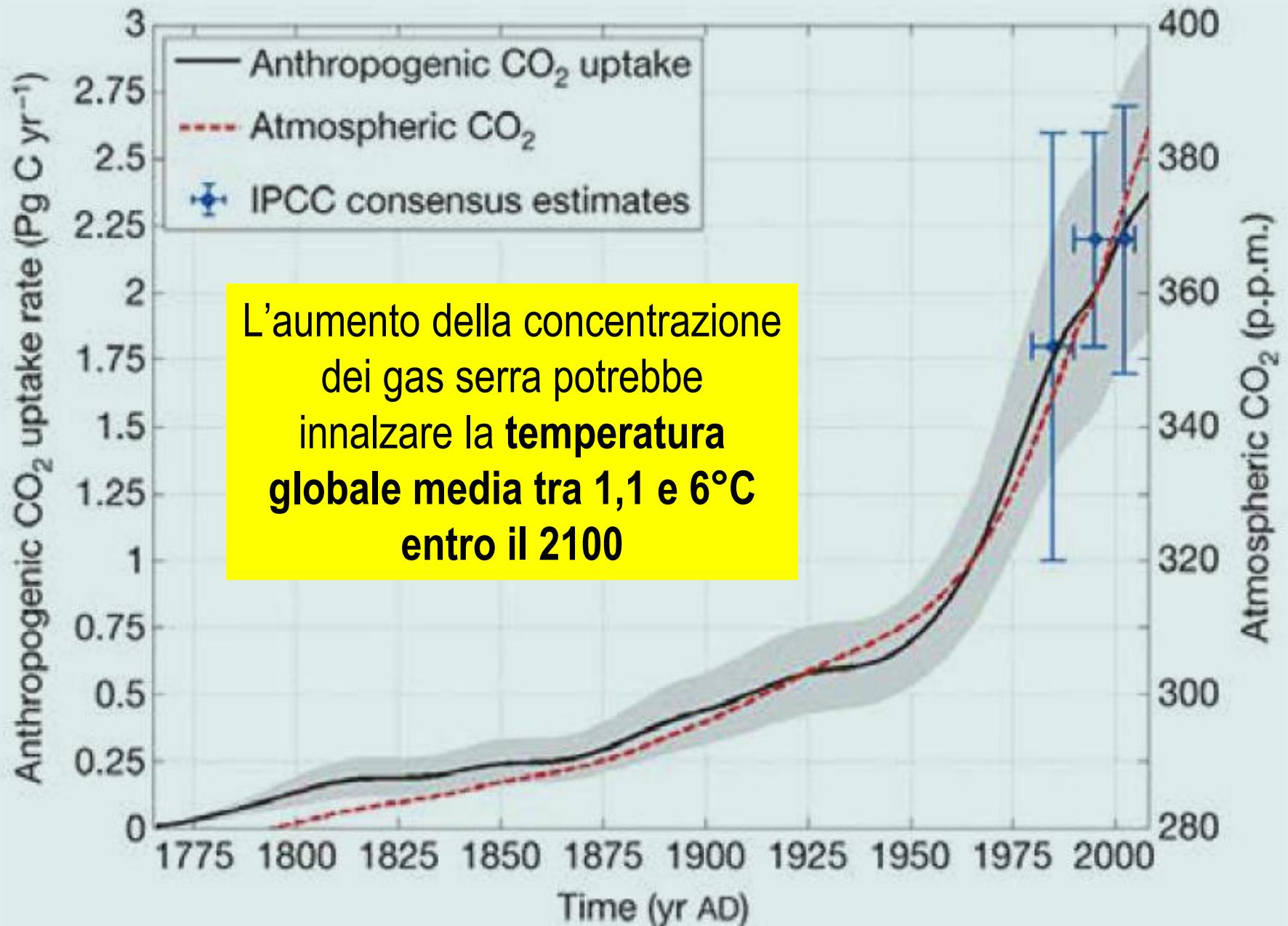
# ANTROPOCENE E CAMBIAMENTO



## Principali categorie di cambiamento

Il **rosso** indica la percentuale della categoria che è stata **danneggiata, persa o comunque impattata**, mentre il **blu** indica la percentuale che è **rimasta intatta, o comunque inalterata** (variazione percentuale rispetto alla *baseline* di riferimento).

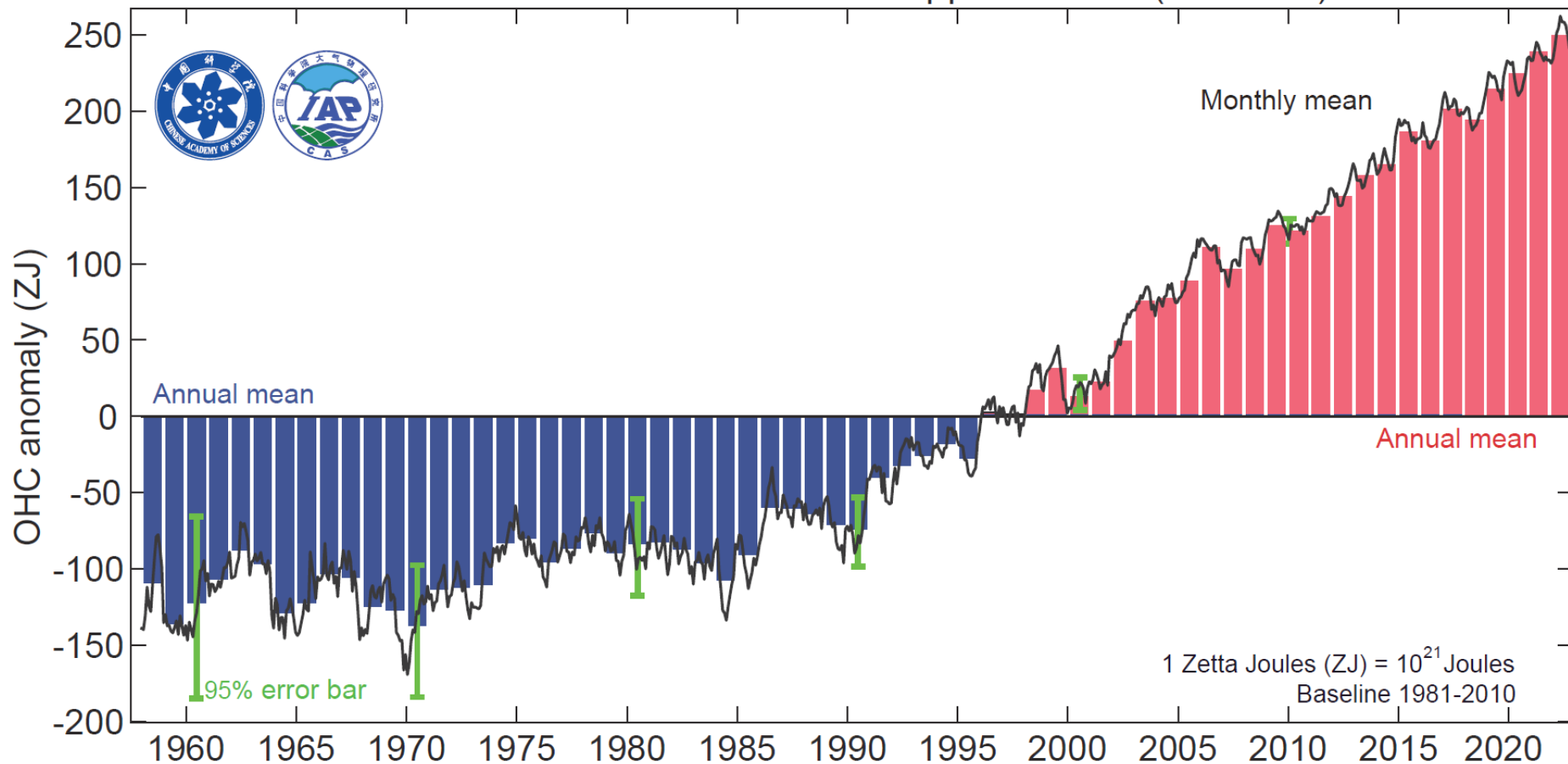
# AUMENTO DI CO<sub>2</sub>





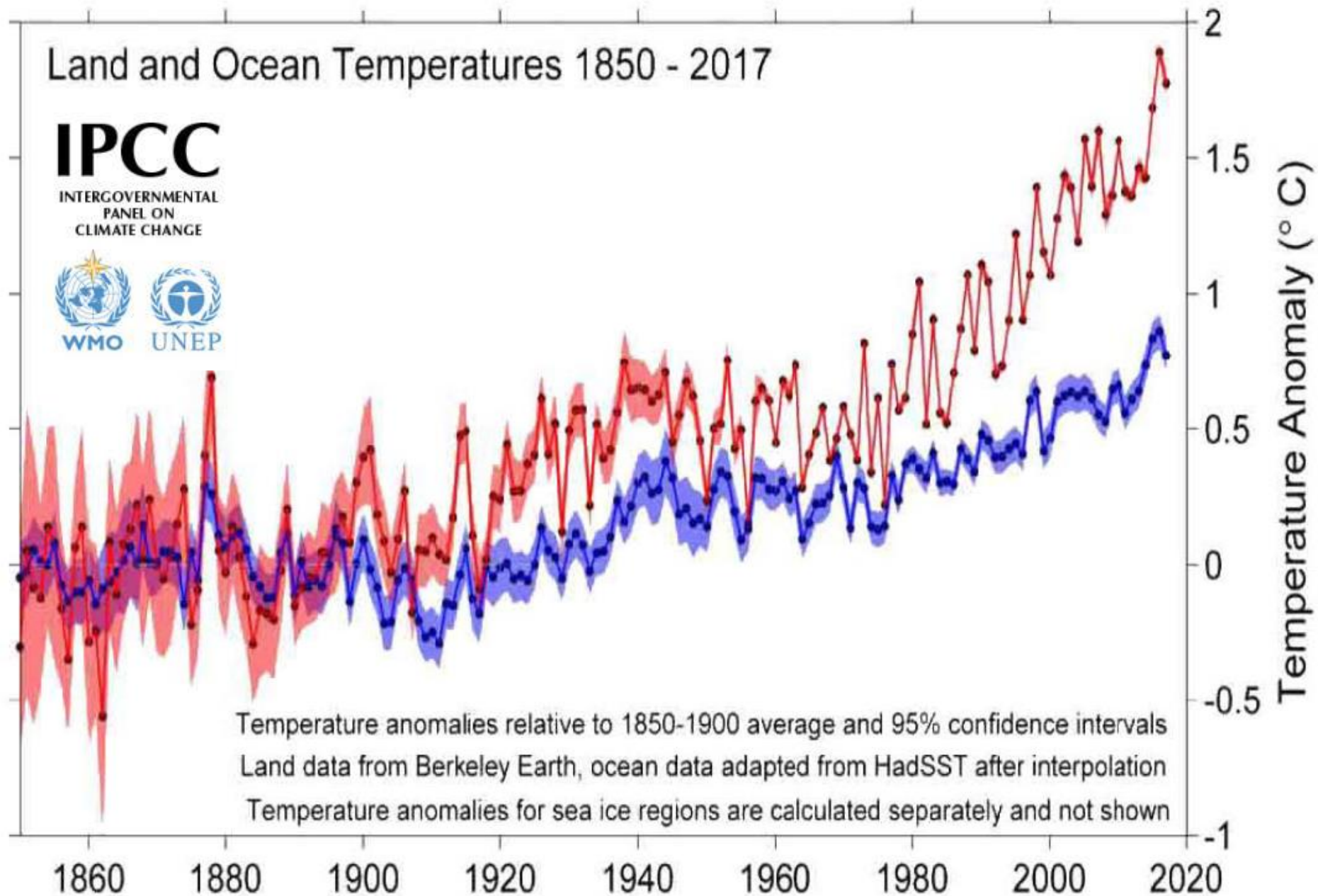
# CAMBIAMENTO CLIMATICO

Global ocean heat content in the upper 2000 m (IAP/CAS)



**Gli oceani regolano il clima terrestre attraverso la capacità di assorbire e trasportare grandi quantità di calore (tamponi energetici), e la misurazione del **contenuto di calore nell'oceano** (OHC) è uno dei modi migliori per quantificare il tasso di riscaldamento globale.**

# CAMBIAMENTO CLIMATICO

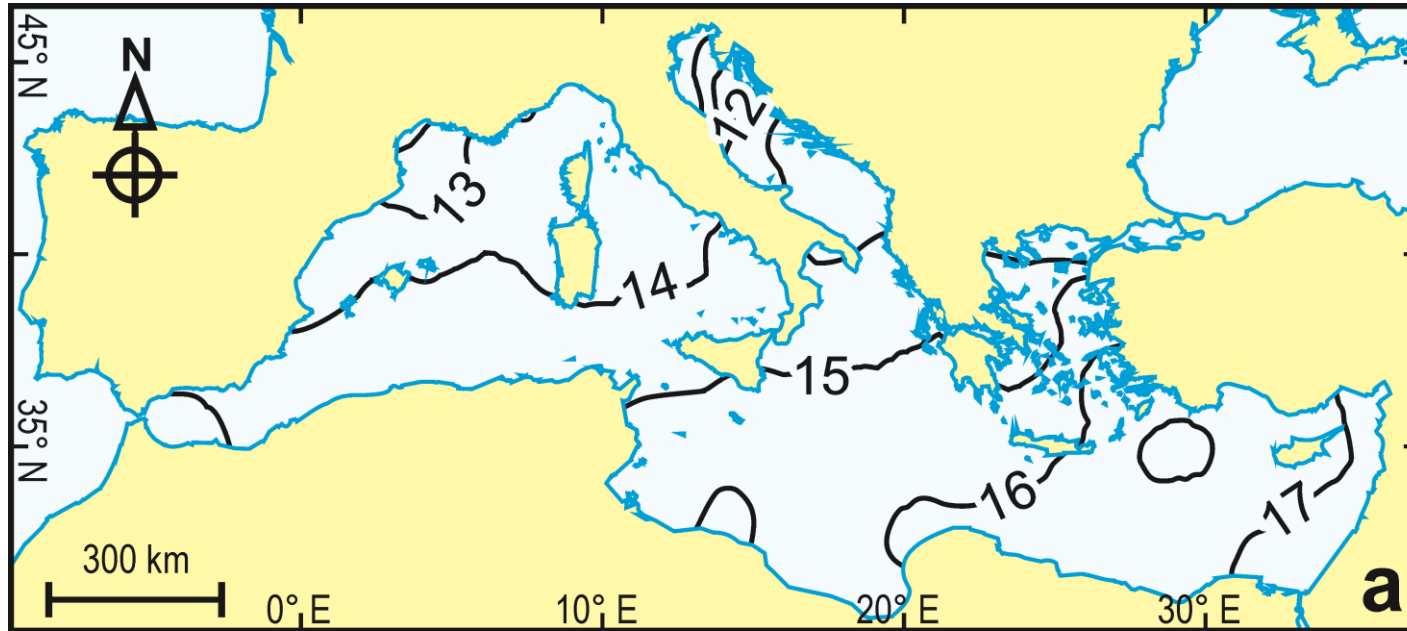


# IL RISCALDAMENTO DEL MEDITERRANEO

**Mediterraneo detiene il record per il mare che si è scaldato più velocemente (20% più velocemente rispetto alla media globale)**

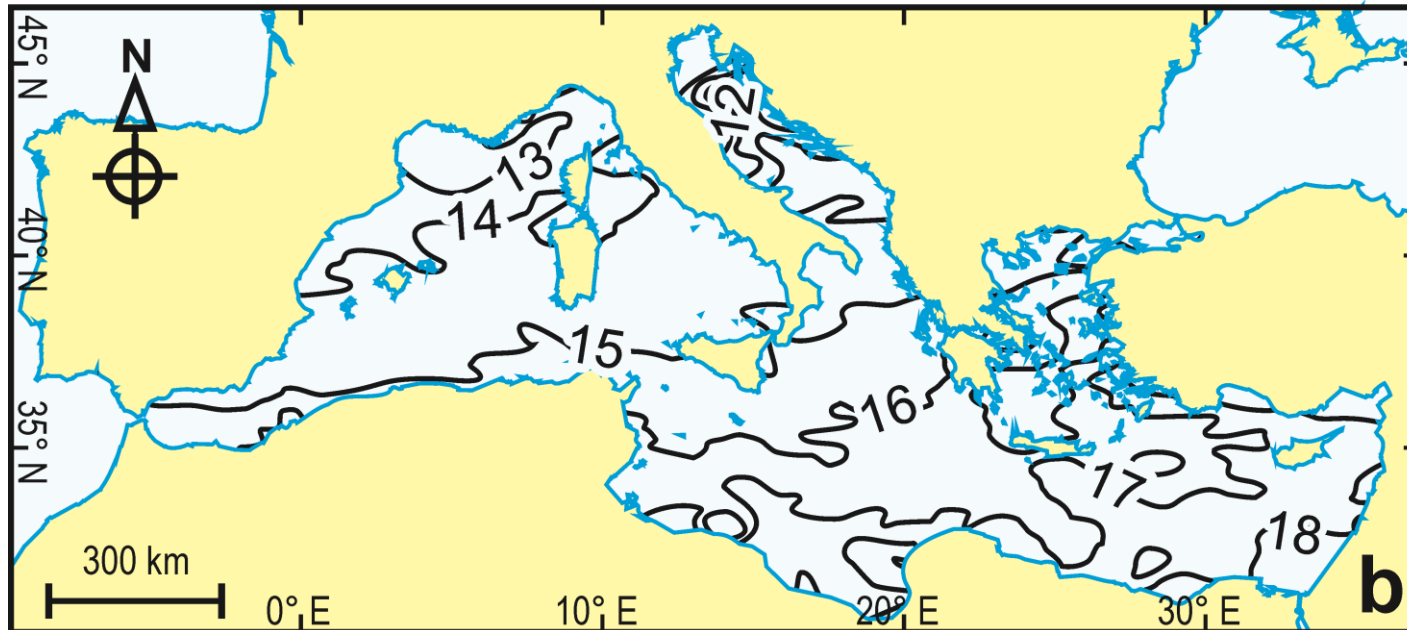
- ✓ **Bacino semi-chiuso**
- ✓ **Uno dei mari più sfruttati al mondo**
- ✓ **Hot-spot di biodiversità marina, già sottoposta a enormi pressioni e in continua perdita (per causa di inquinamento, sviluppo costiero, eutrofizzazione, traffico marittimo, produzione di energia, altre attività antropiche)**
- ✓ **Circa tre quarti degli stock ittici valutati sono oggi sovrasfruttati**

# IL RISCALDAMENTO DEL MEDITERRANEO



Isoterme  
superficiali di  
Febbraio (il mese  
più freddo  
dell'anno) in  
Mediterraneo

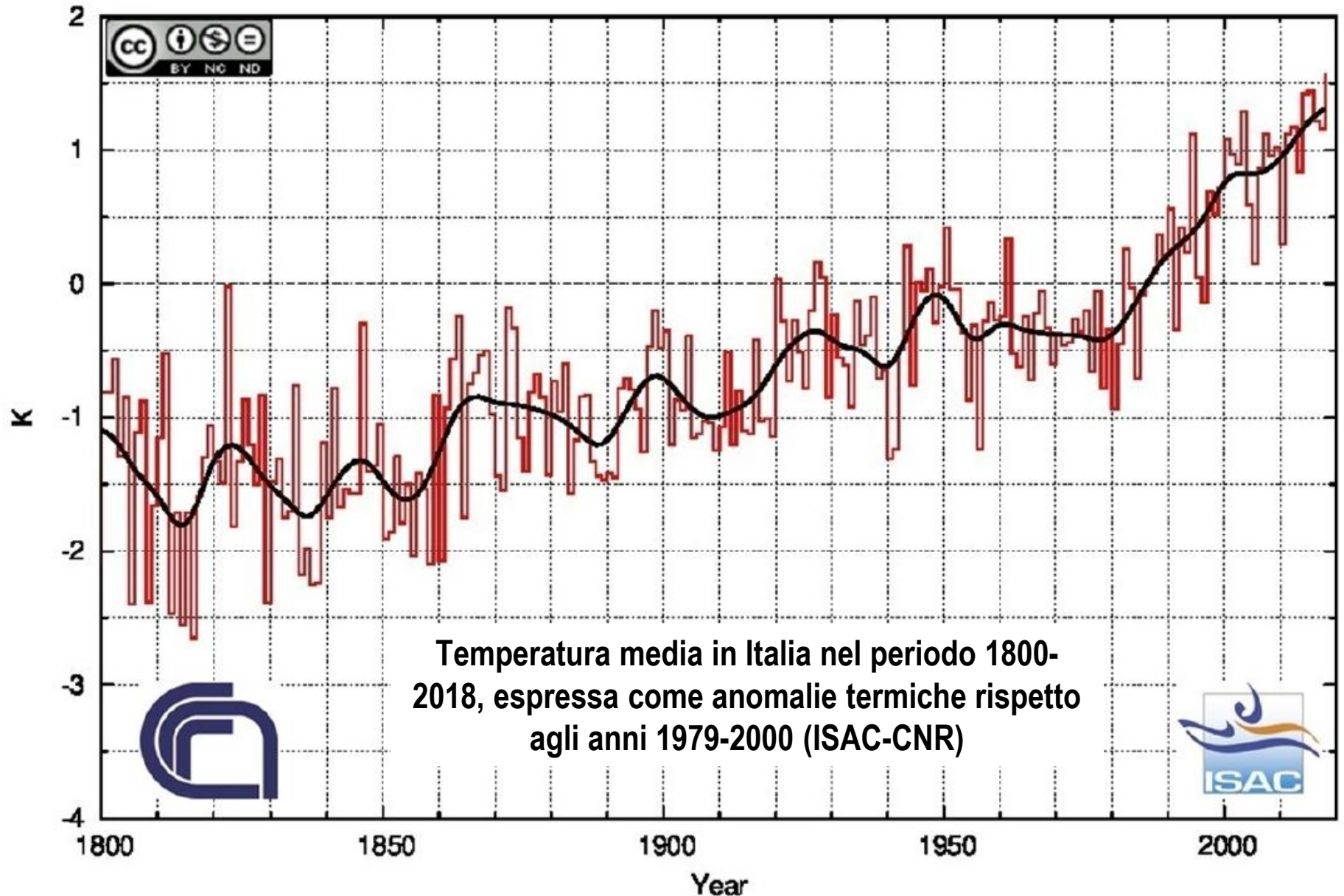
(a) Medie  
climatologiche dai  
dati storici  
1906–1985



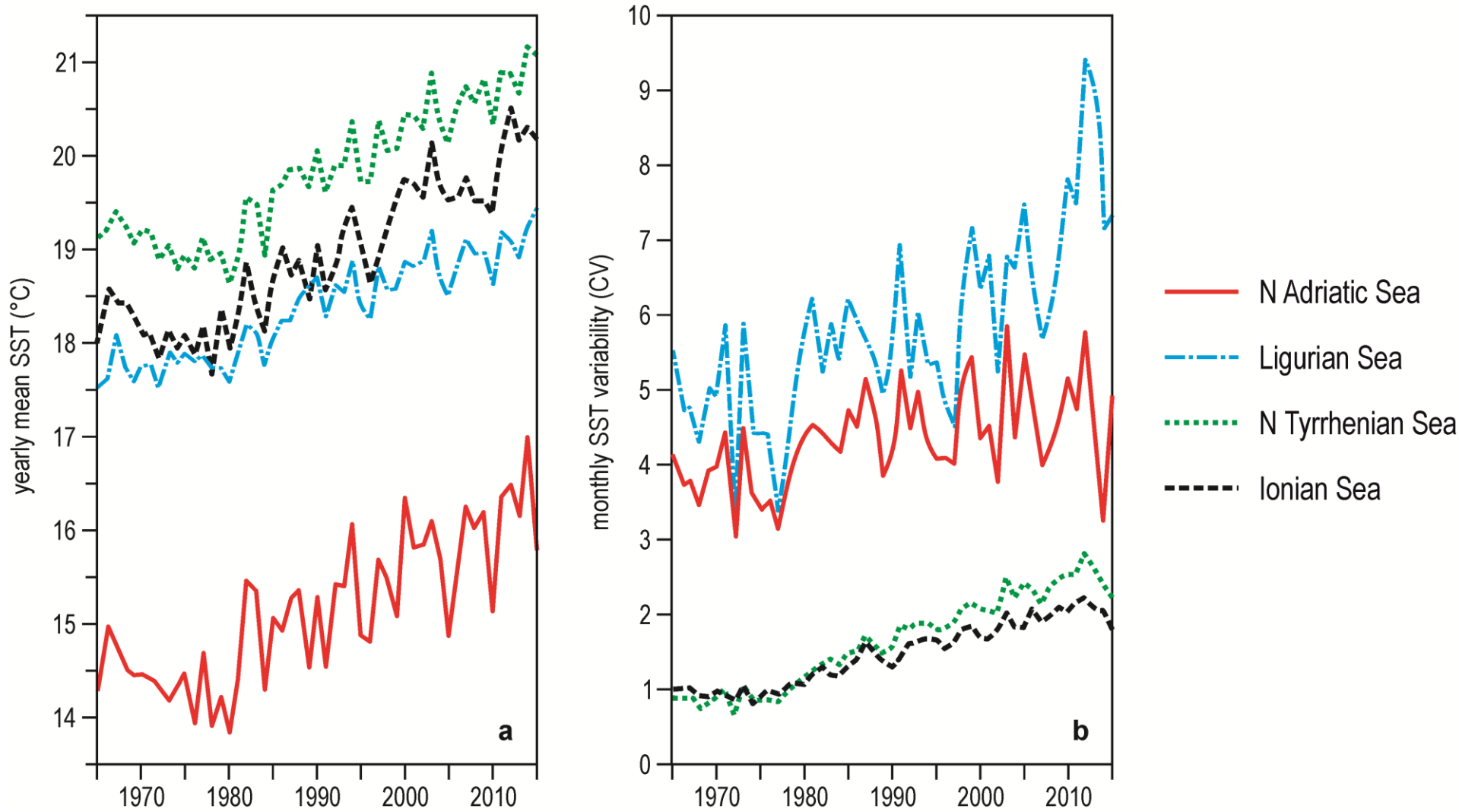
(b) Medie per il  
periodo  
1985–2006

# IL RISCALDAMENTO DEI MARI ITALIANI

## ANNUAL MEAN TEMPERATURE

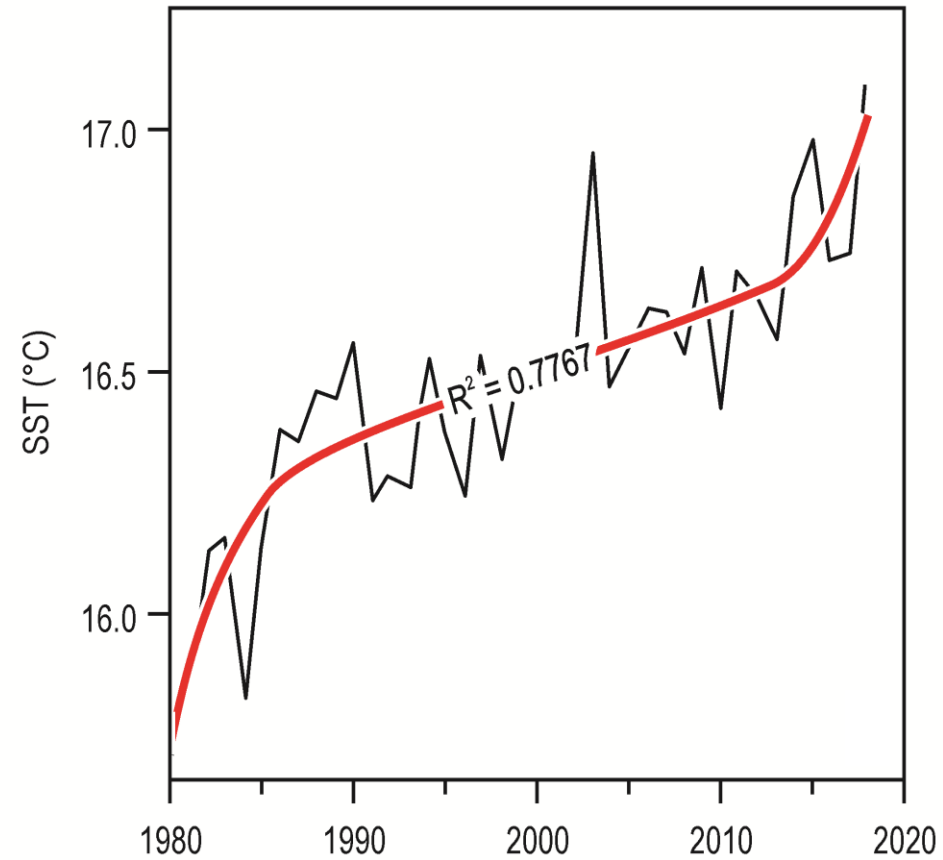
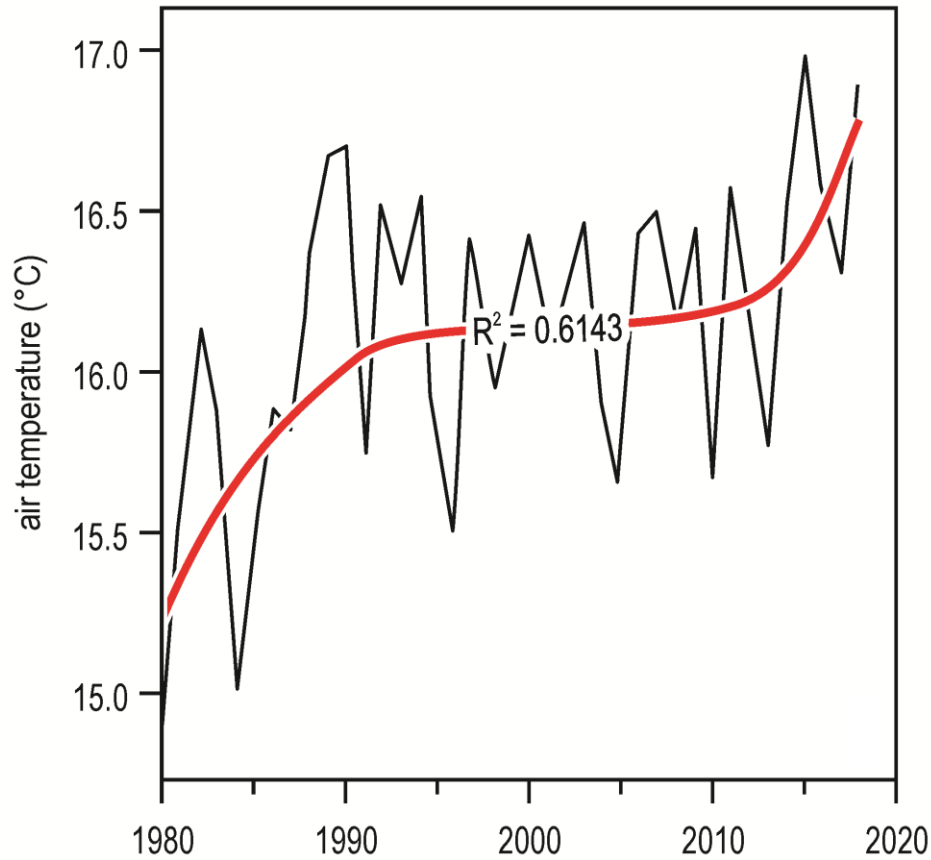


# IL RISCALDAMENTO DEI MARI ITALIANI



Andamento multidecennale (1965-2015) della media (a) e del coefficiente di variazione CV (b) della temperatura superficiale del mare (SST) nei mari italiani

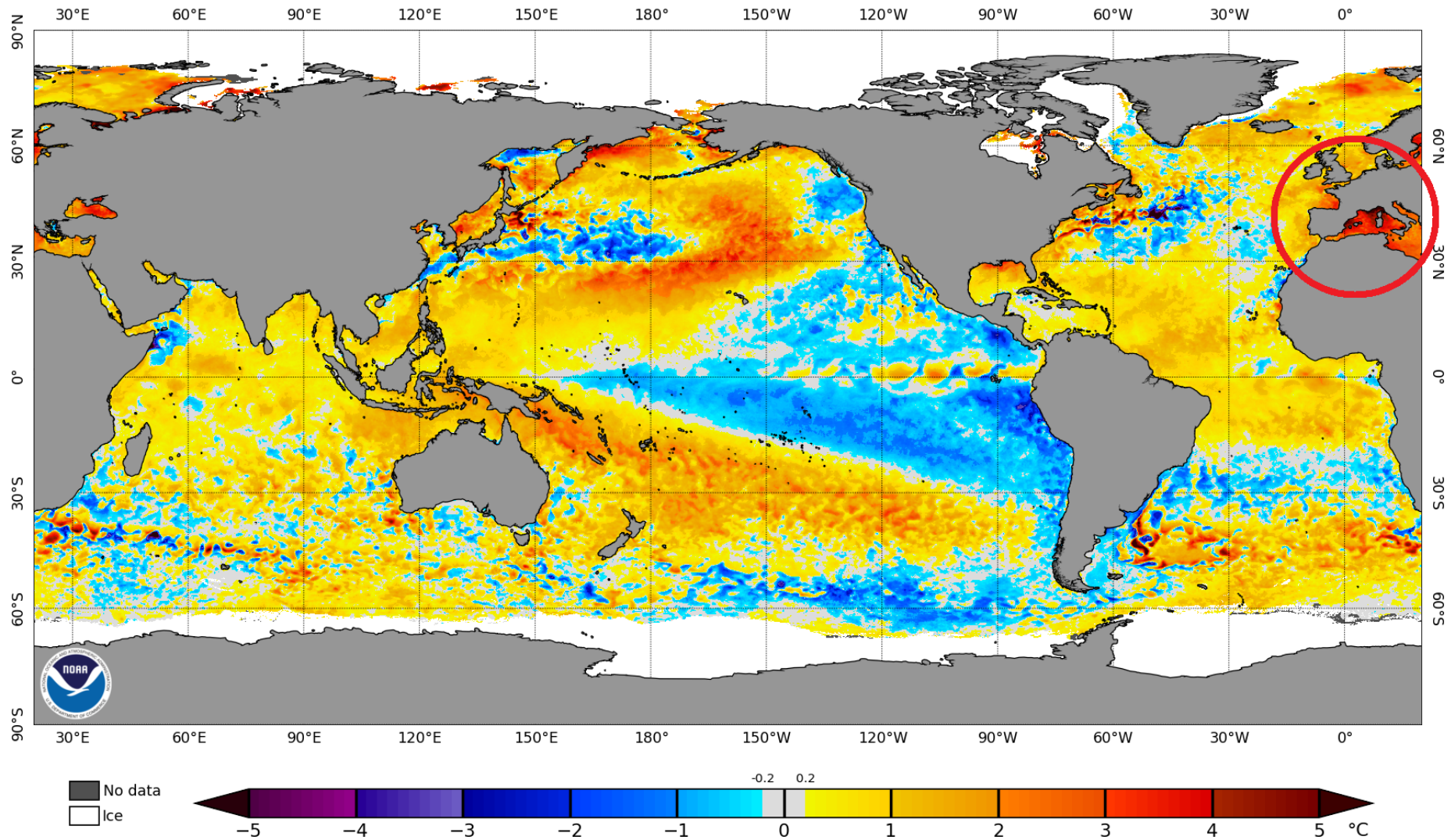
# IL RISCALDAMENTO DEL MAR LIGURE



**Andamento multidecennale (1980-2018) delle medie annuali delle temperature in Liguria**

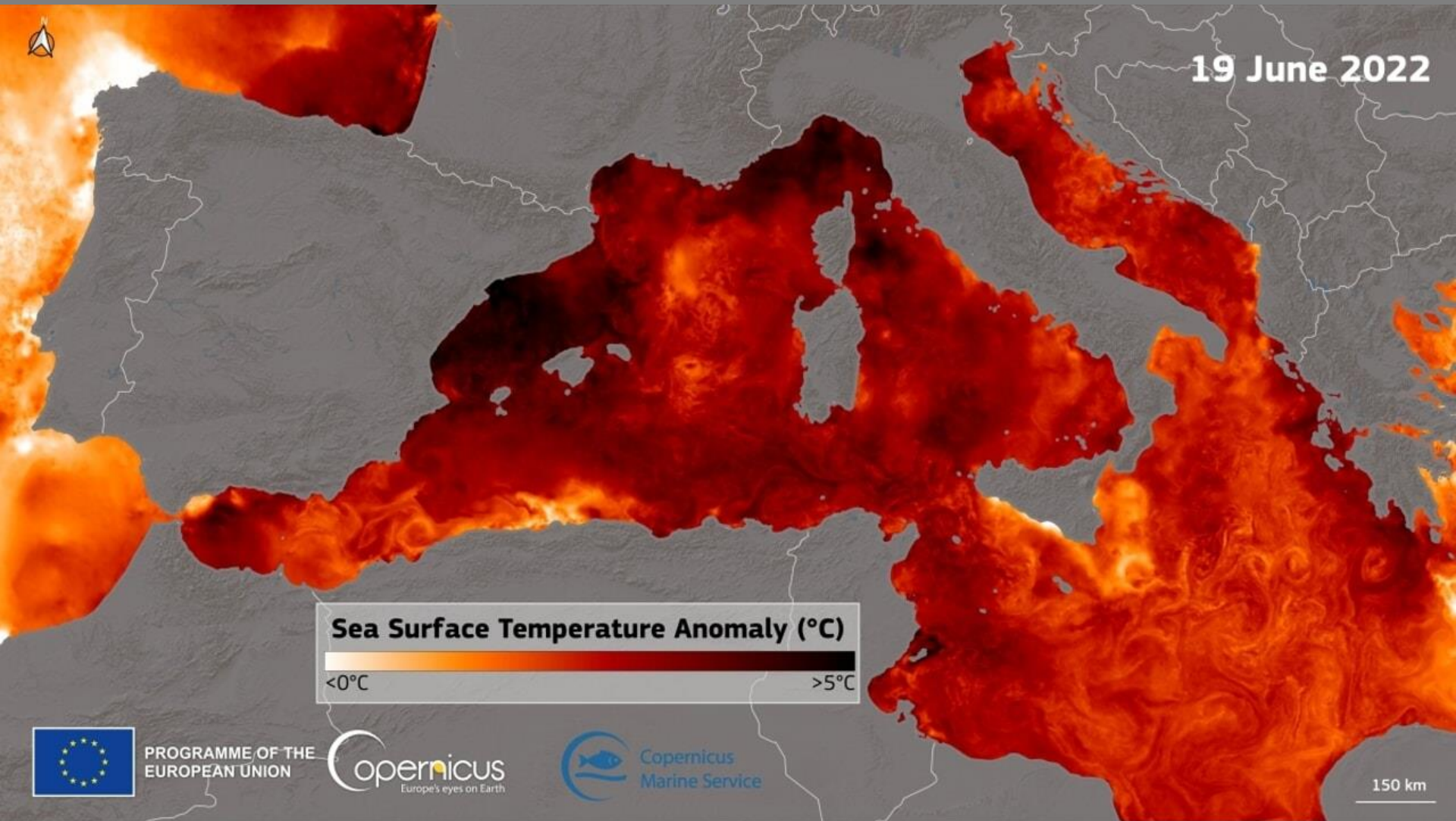
# RISCALDAMENTO E ANOMALIE TERMICHE

NOAA Coral Reef Watch Daily 5km SST Anomalies (v3.1) 19 Jun 2022





# RISCALDAMENTO E ANOMALIE TERMICHE



# RISCALDAMENTO E ANOMALIE TERMICHE

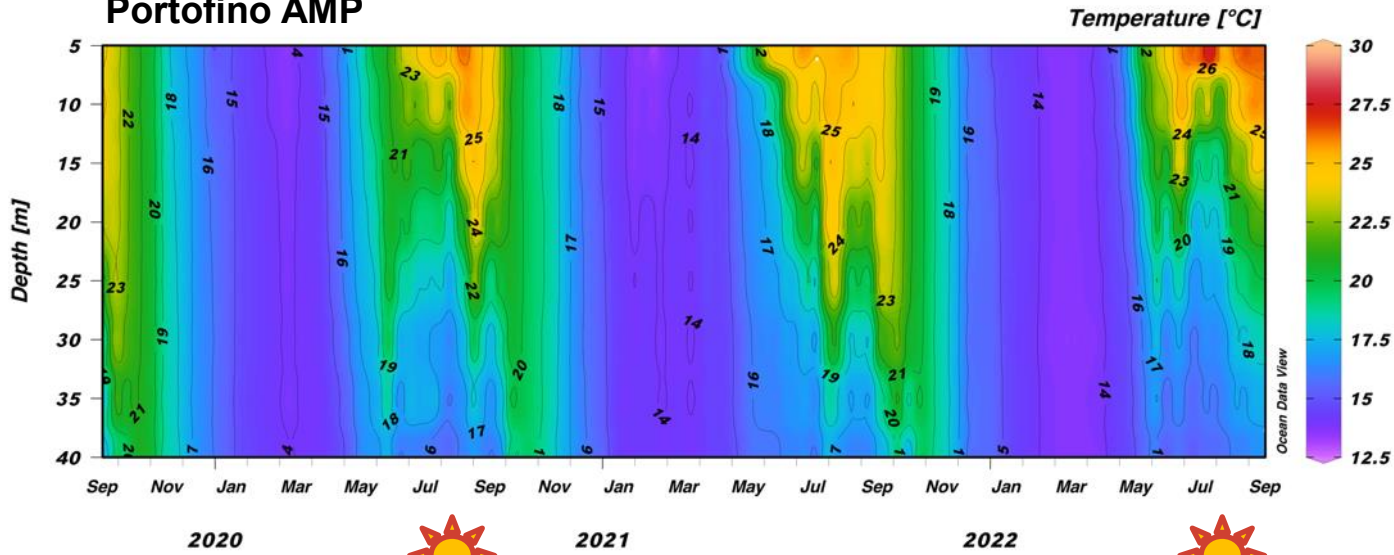


**Il progetto ha l'obiettivo di monitorare e valutare gli effetti del riscaldamento globale sulle comunità bentoniche di scogliera, attraverso il posizionamento sulle scogliere di sensori di temperatura, da 40 m fino alla superficie, ogni 5 m di profondità, seguendo il protocollo della rete mediterranea**

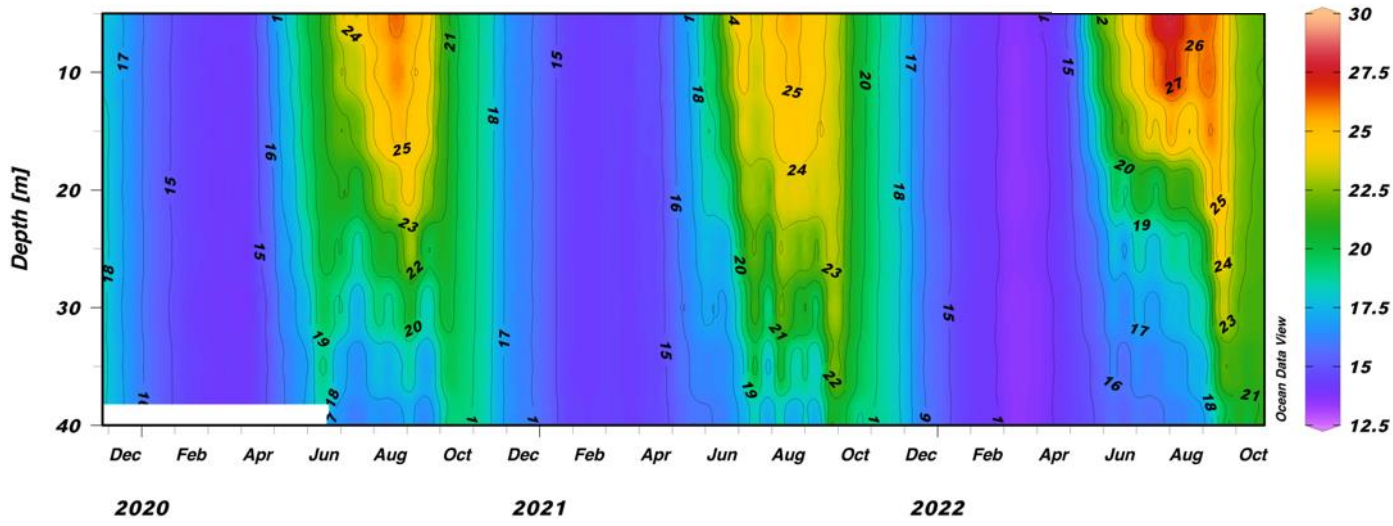
**TMEDNet**

# ANOMALIE TERMICHE

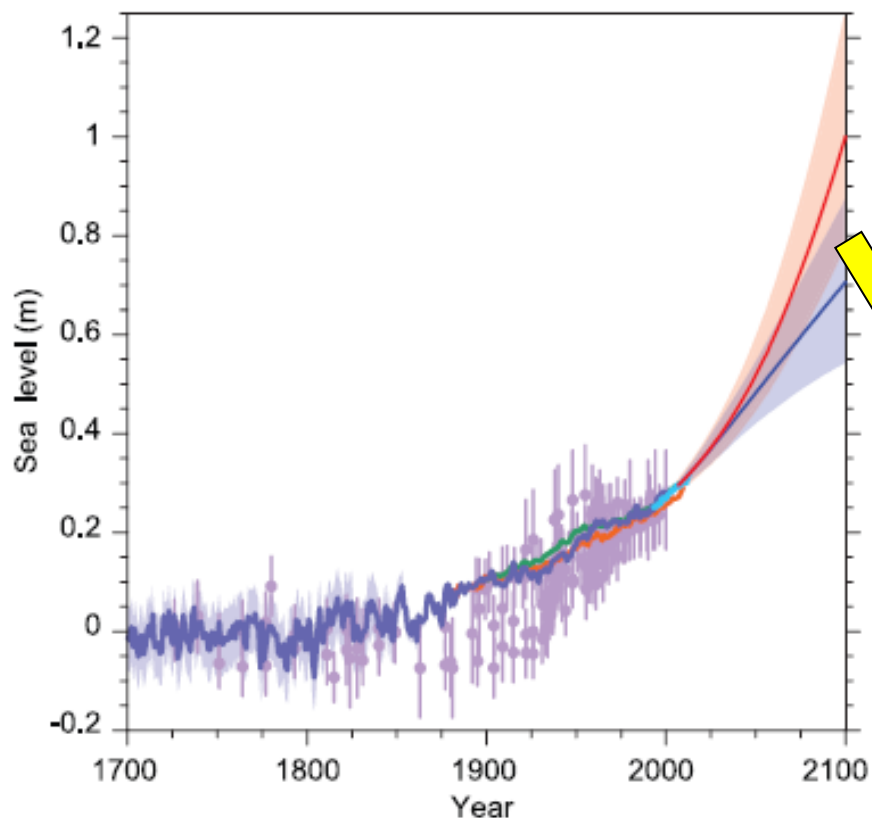
## Portofino AMP



## Isola d'Elba

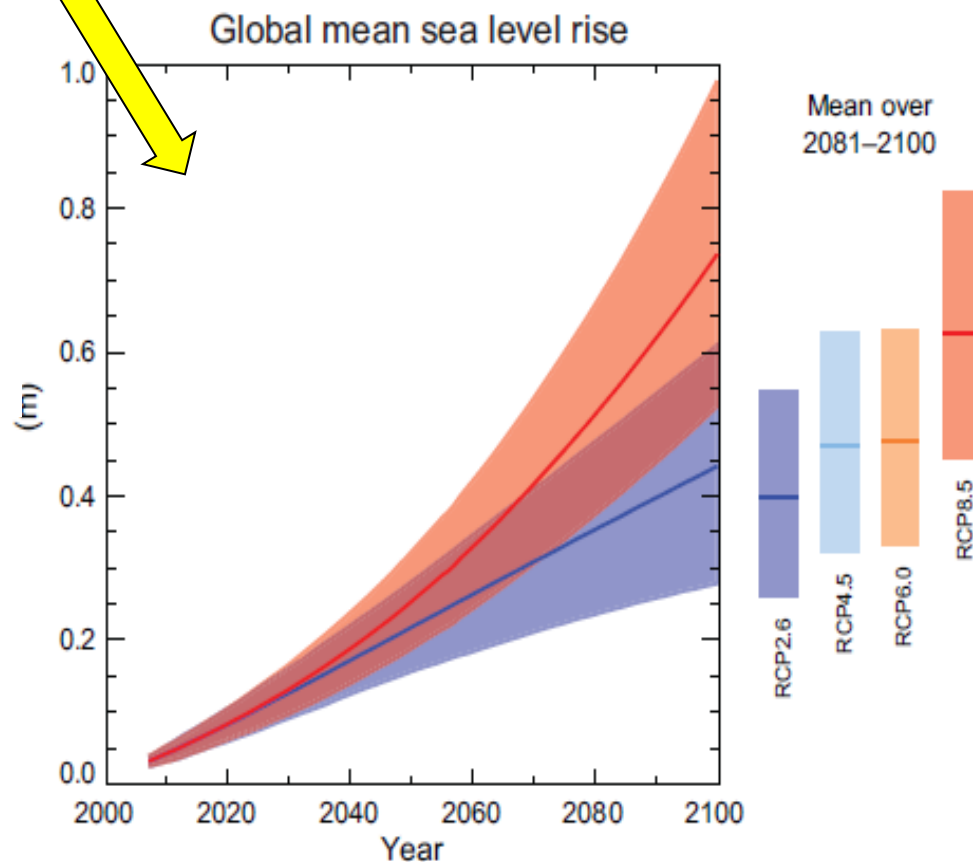


# INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE

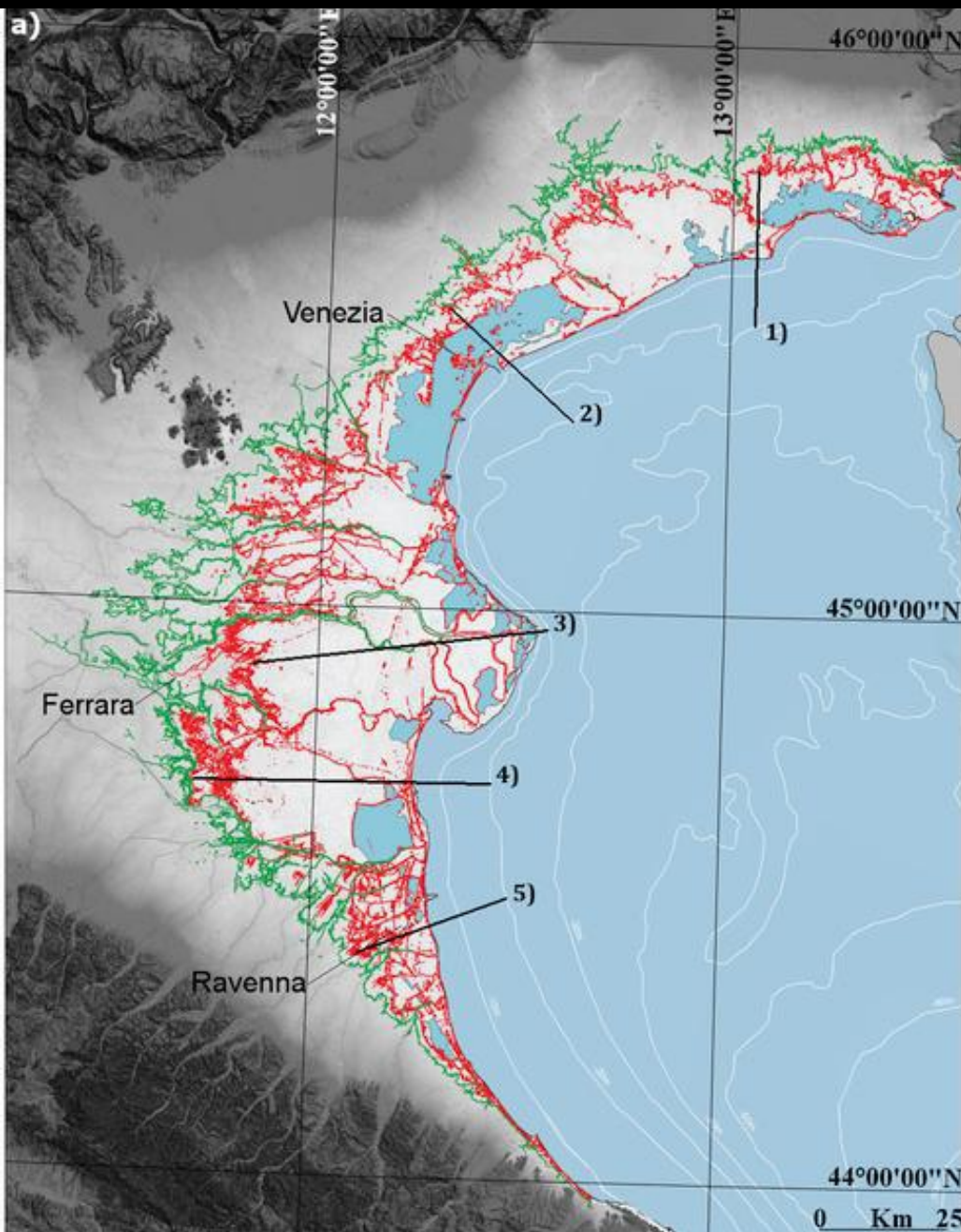


Attualmente si osserva un aumento del livello medio del mare di circa **1,8 mm/anno**, entro il 2100 si stima un aumento compreso tra **0,18 e 0,49 m**

**IPCC**  
INTERGOVERNMENTAL  
PANEL ON  
CLIMATE CHANGE



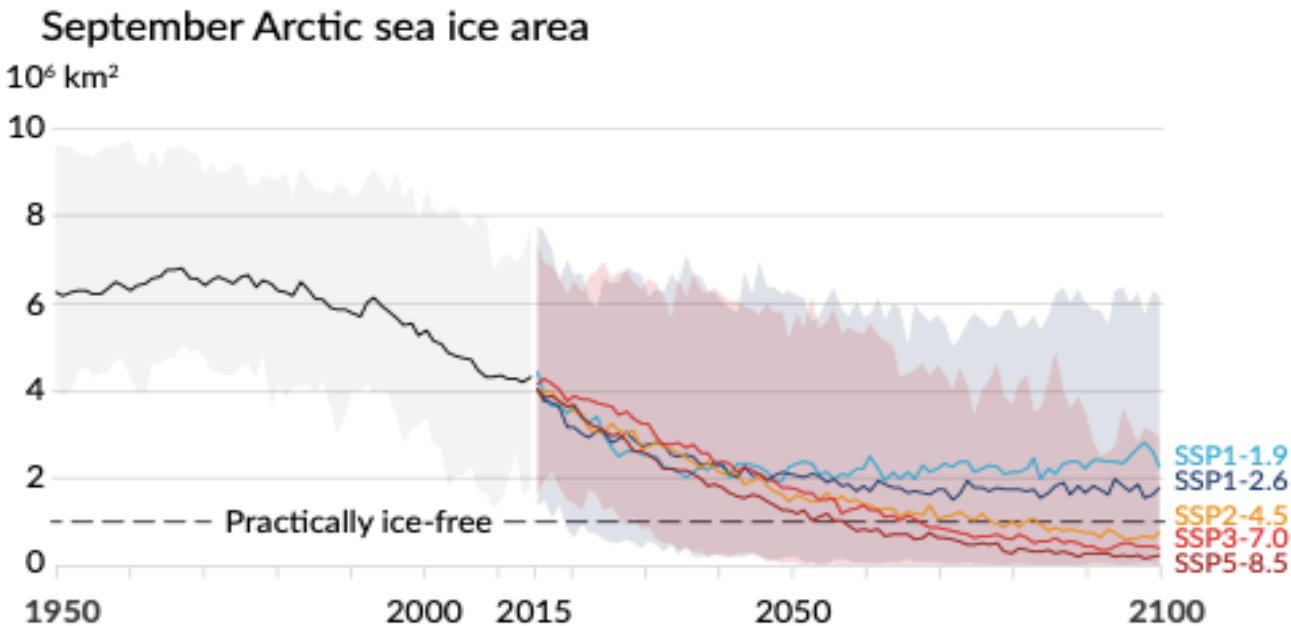
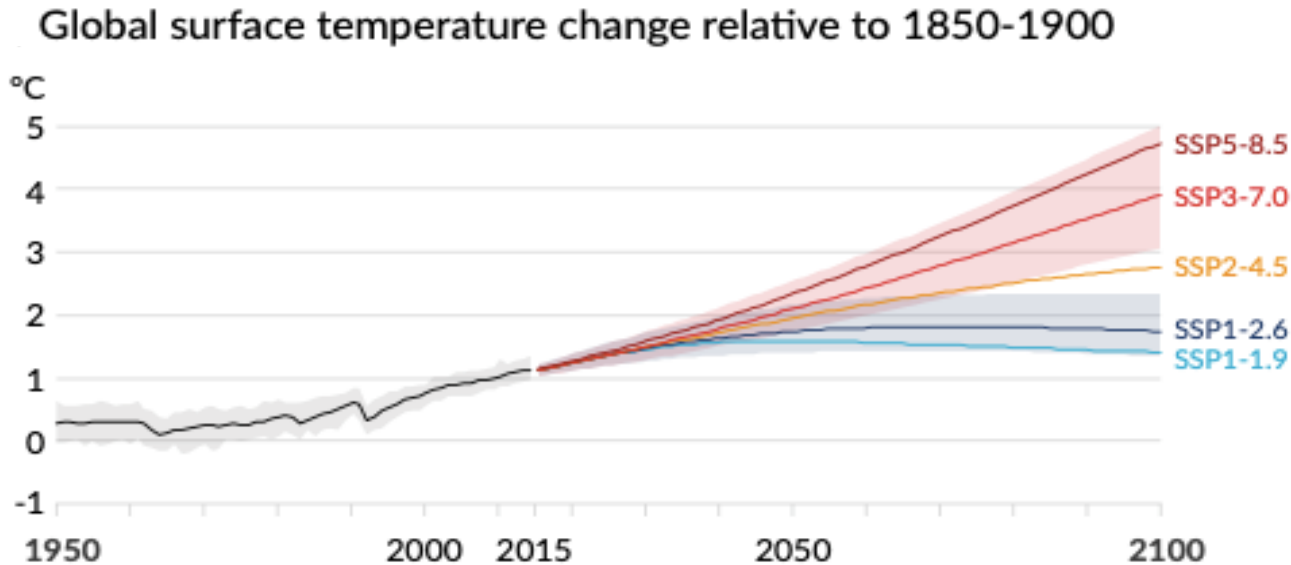
# INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE



Posizione della linea di costa prevista per il 2100 nell'Adriatico settentrionale a causa dell'**ingressione marina** (linea rossa)

- ✓ Più a rischio i territori in prossimità di delta fluviali
- ✓ Effetti rilevanti su ecosistemi costieri, paludi, e mangrovie

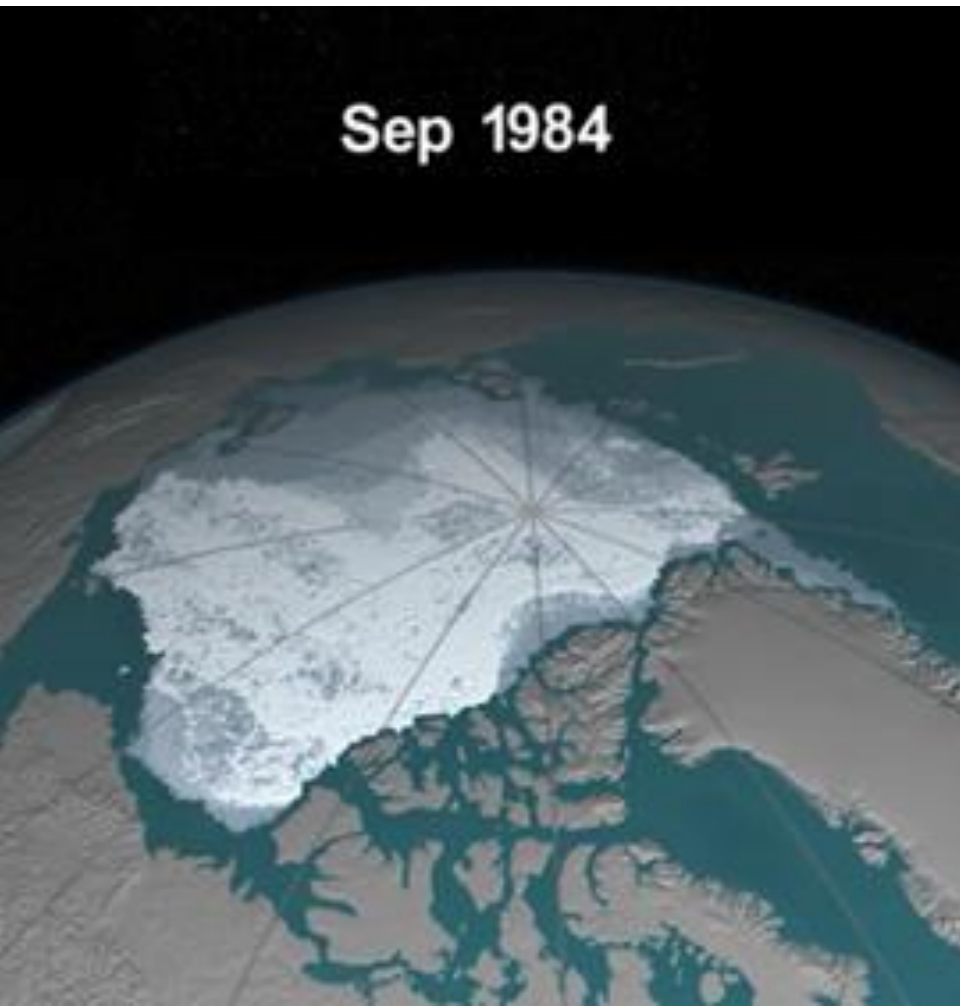
# FUSIONE DEI GHIACCIAI



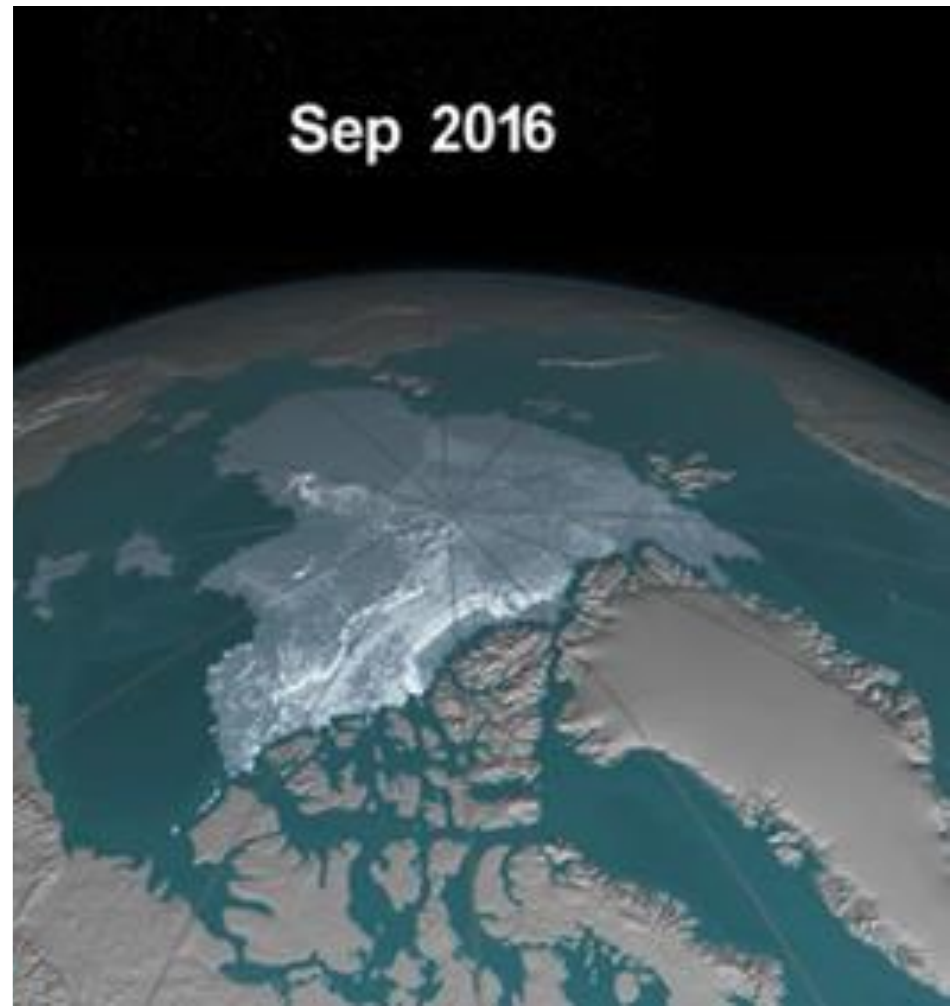
**IPCC (2021):  
Summary for  
Policymakers.  
In: Climate Change  
2021: The Physical  
Science Basis.  
Contribution of  
Working Group I to  
the Sixth  
Assessment Report  
of the  
Intergovernmental  
Panel on Climate  
Change (IPCC)**

# FUSIONE DEI GHIACCIAI

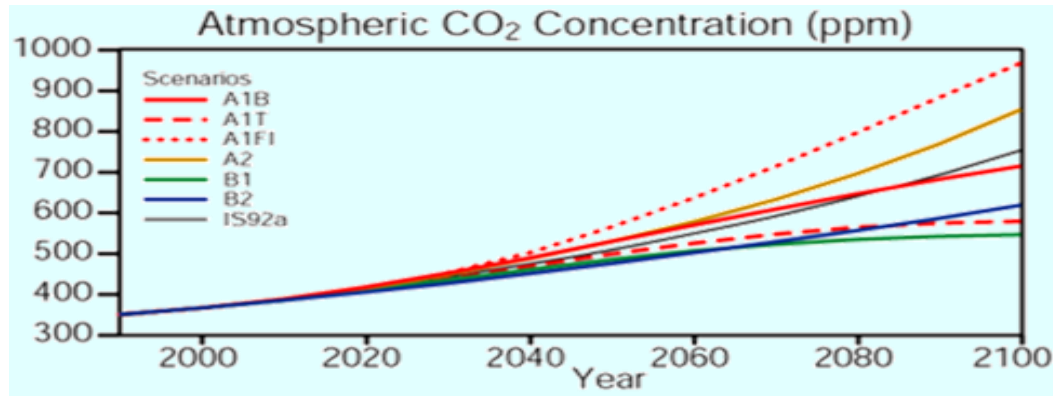
Sep 1984



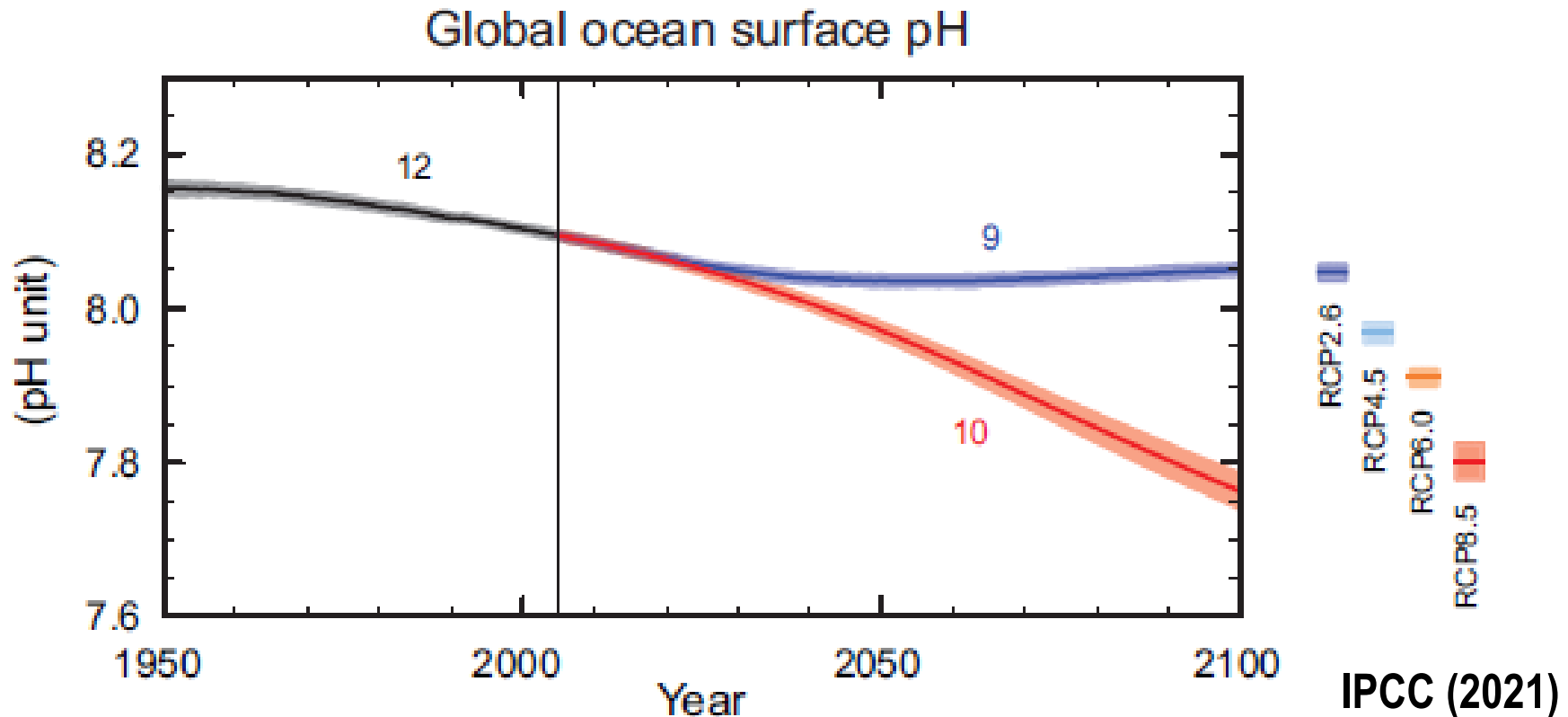
Sep 2016



# ACIDIFICAZIONE DEGLI OCEANI

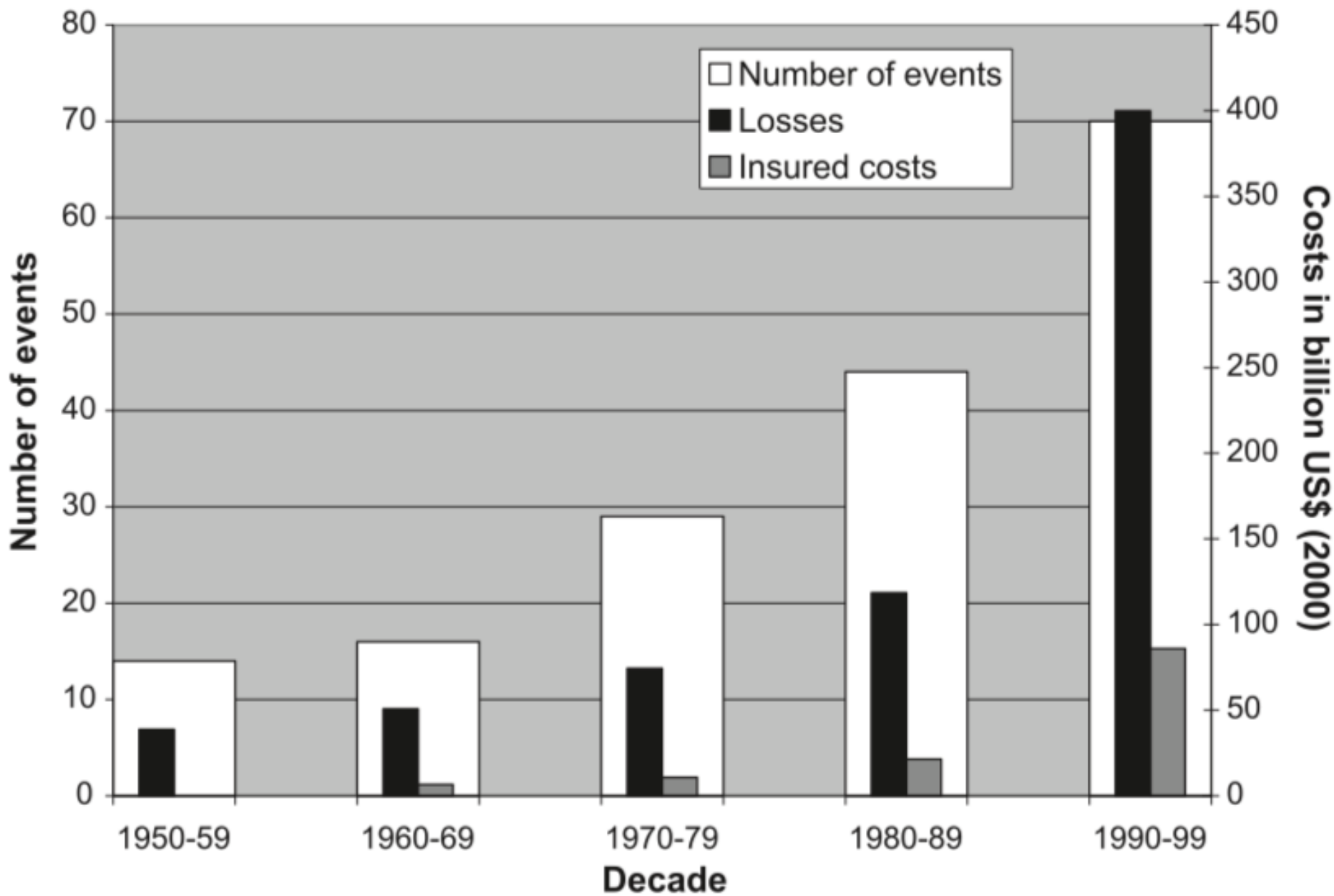


Aumento delle emissioni antropiche di CO<sub>2</sub> in atmosfera e conseguenti effetti sul pH oceanico





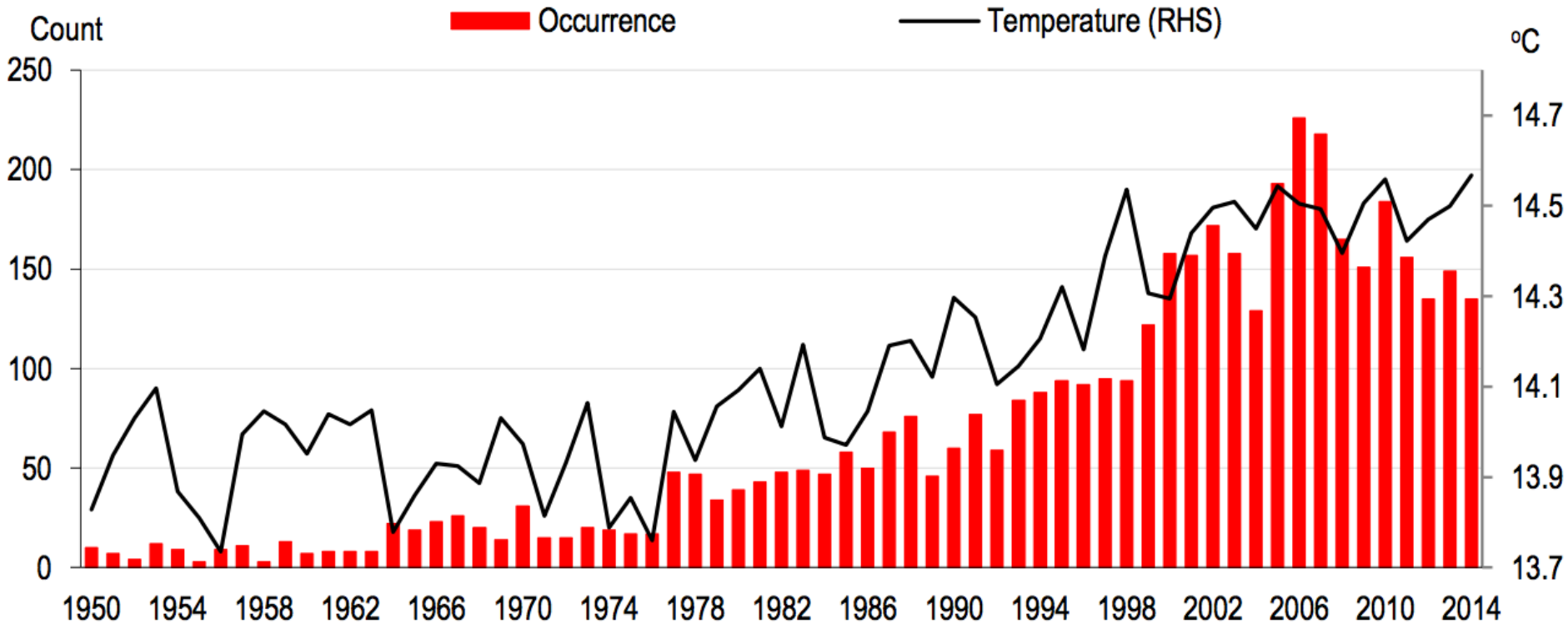
# AUMENTO DEGLI EVENTI CLIMATICI ESTREMI



# AUMENTO DEGLI EVENTI CLIMATICI ESTREMI

## ESONDAZIONI

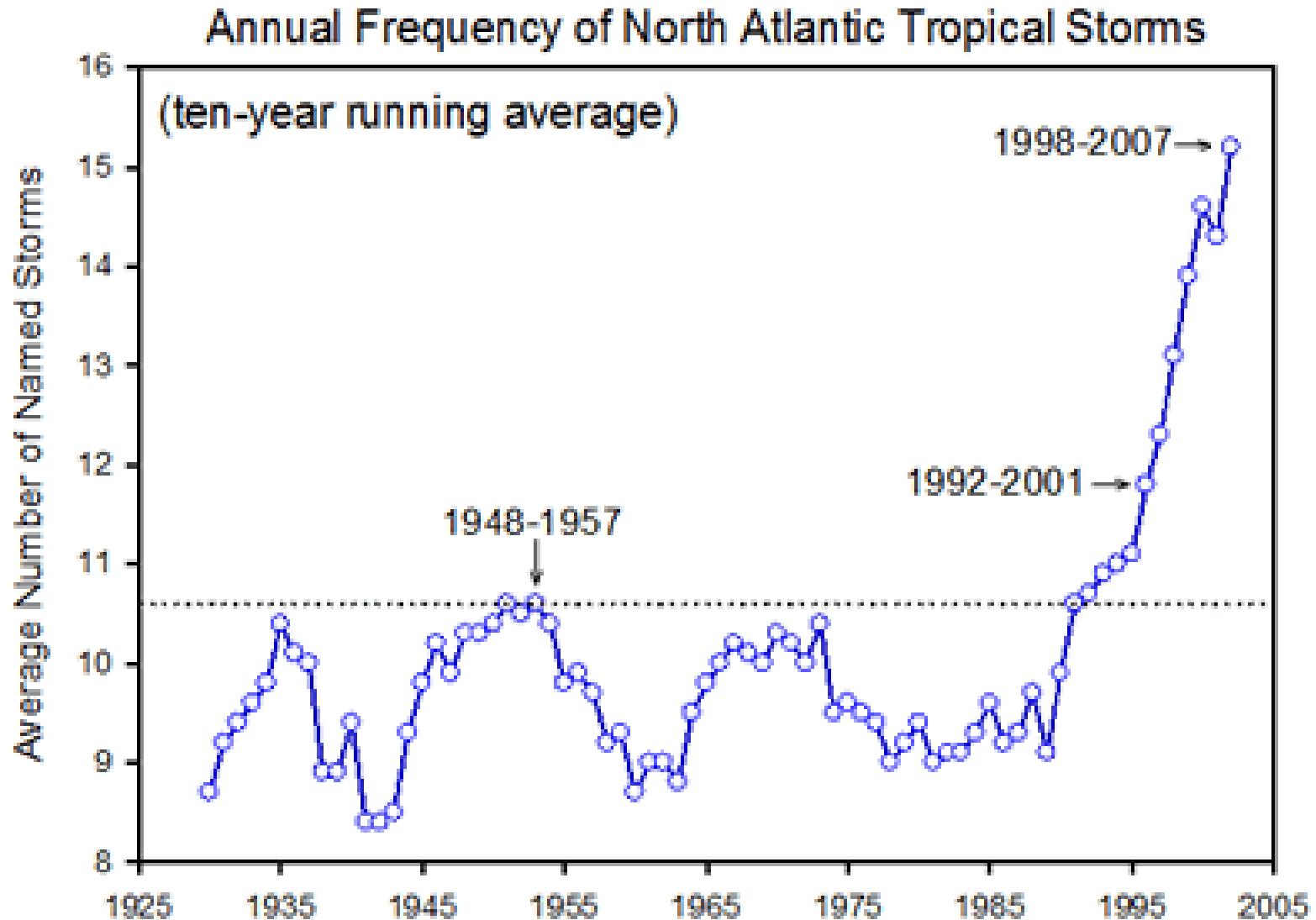
Rise in floods directly correlated with rise in temperature



Source: UK MET ; EM-DAT: The CRED/OFDA International Disaster Database

# AUMENTO DEGLI EVENTI CLIMATICI ESTREMI

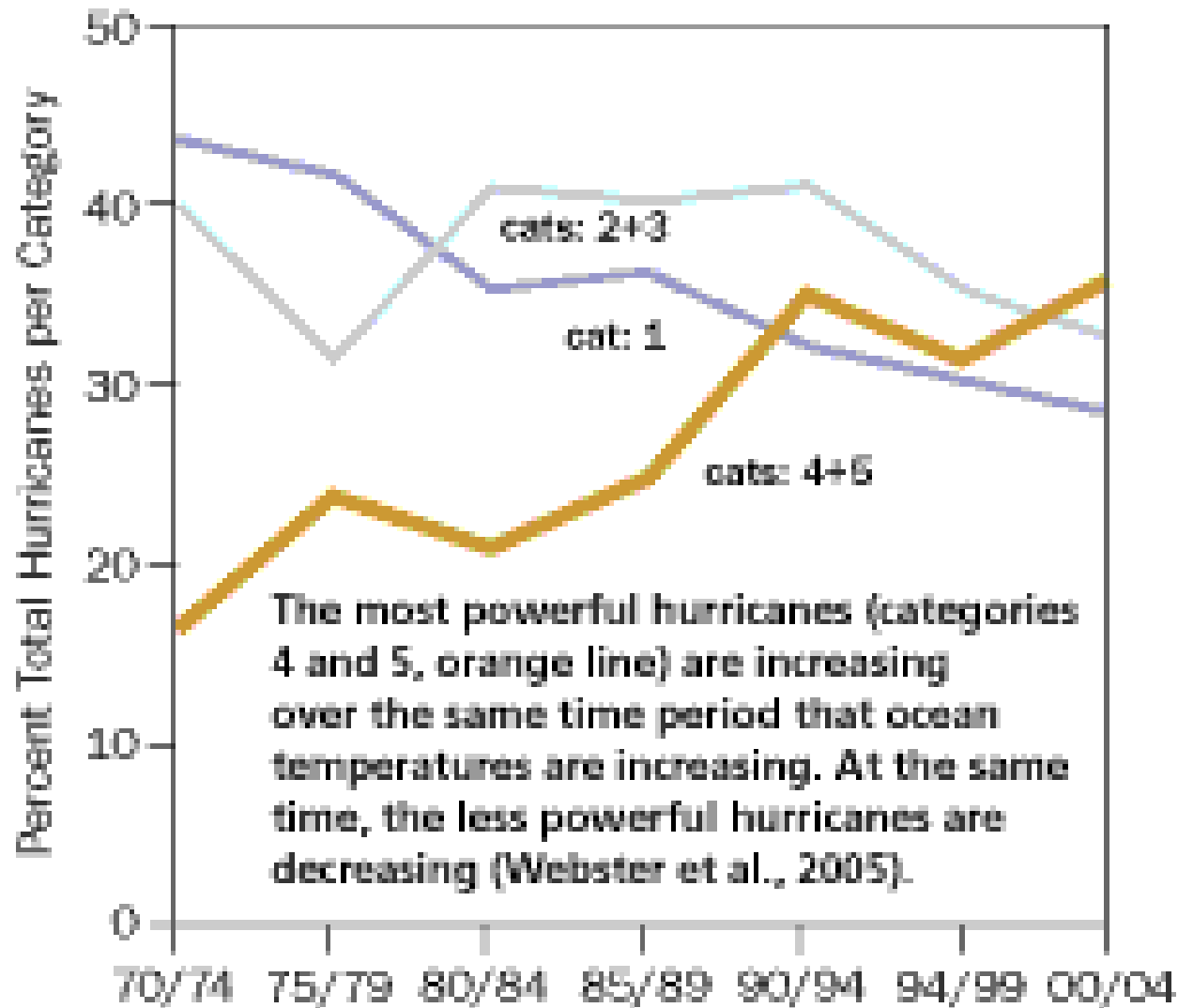
## TEMPESTE TROPICALI



# AUMENTO DEGLI EVENTI CLIMATICI ESTREMI

## Higher Percent of Category 4 & 5 Hurricanes Worldwide

URAGANI



# AUMENTO DEGLI EVENTI CLIMATICI ESTREMI

## MEDICANE

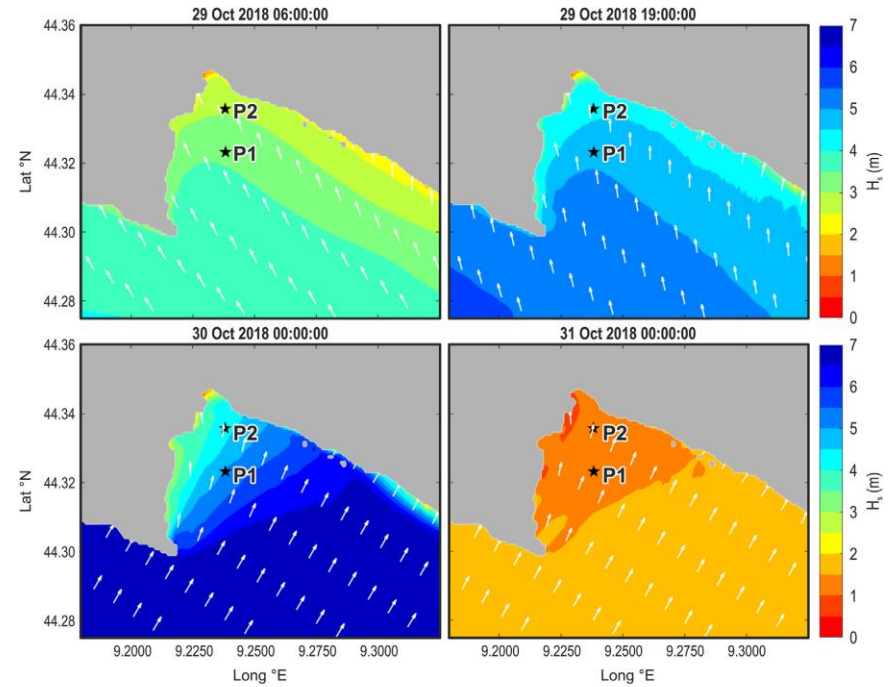
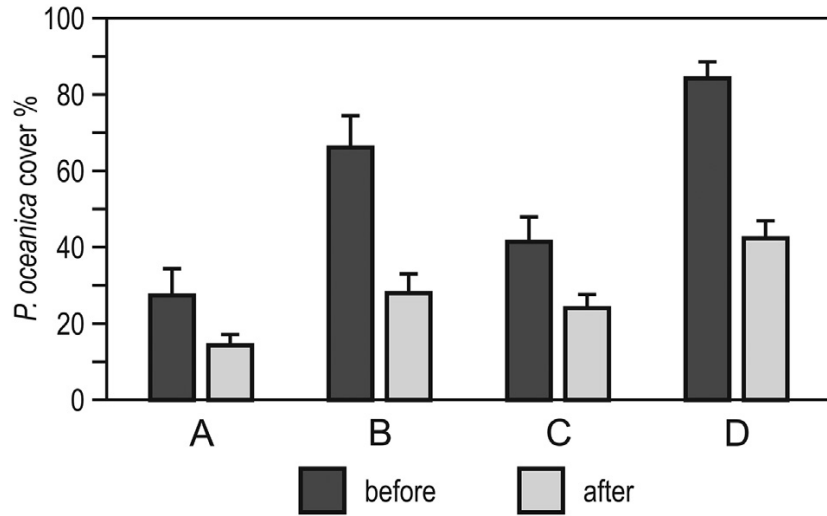
Sono chiamati *medicane* (*MEDiterranean hurriCANE*) gli uragani tropicali del Mediterraneo che si sviluppano per l'eccesso di energia termica accumulata sopra il Mar Mediterraneo

Rapallo, 29 ottobre 2018

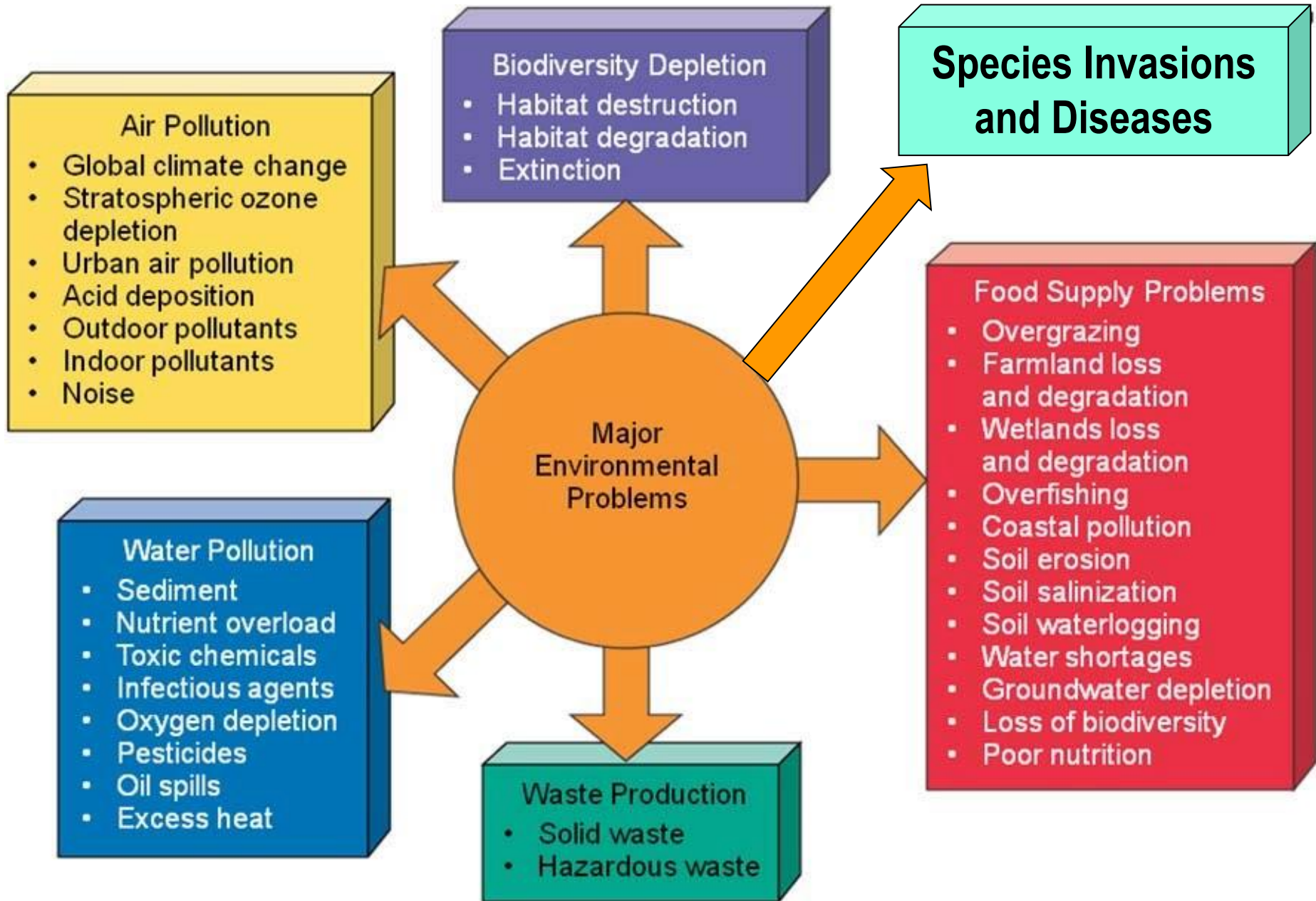


# AUMENTO DEGLI EVENTI CLIMATICI ESTREMI

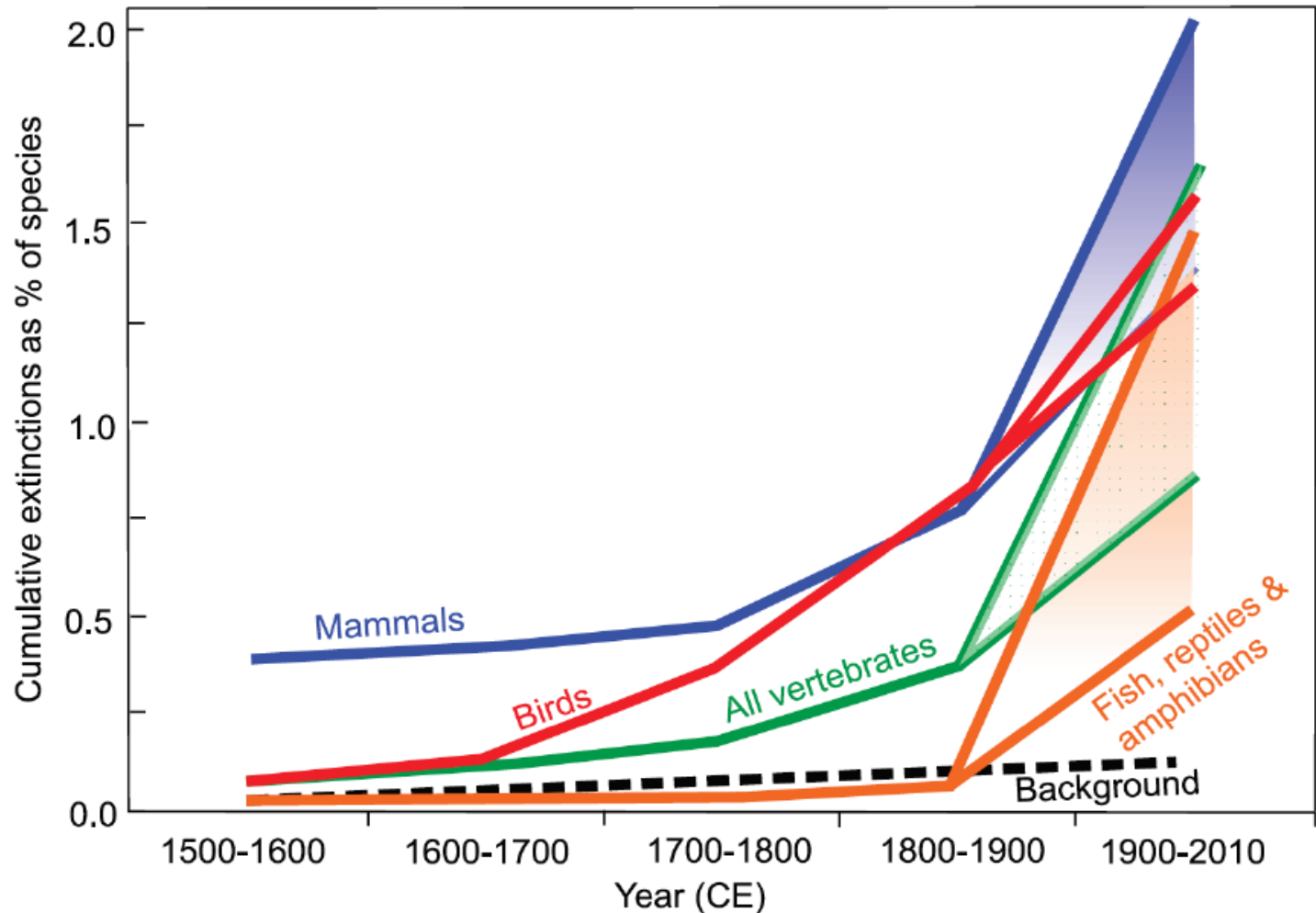
Rapallo, 29 ottobre 2018



# PRINCIPALI PROBLEMI AMBIENTALI



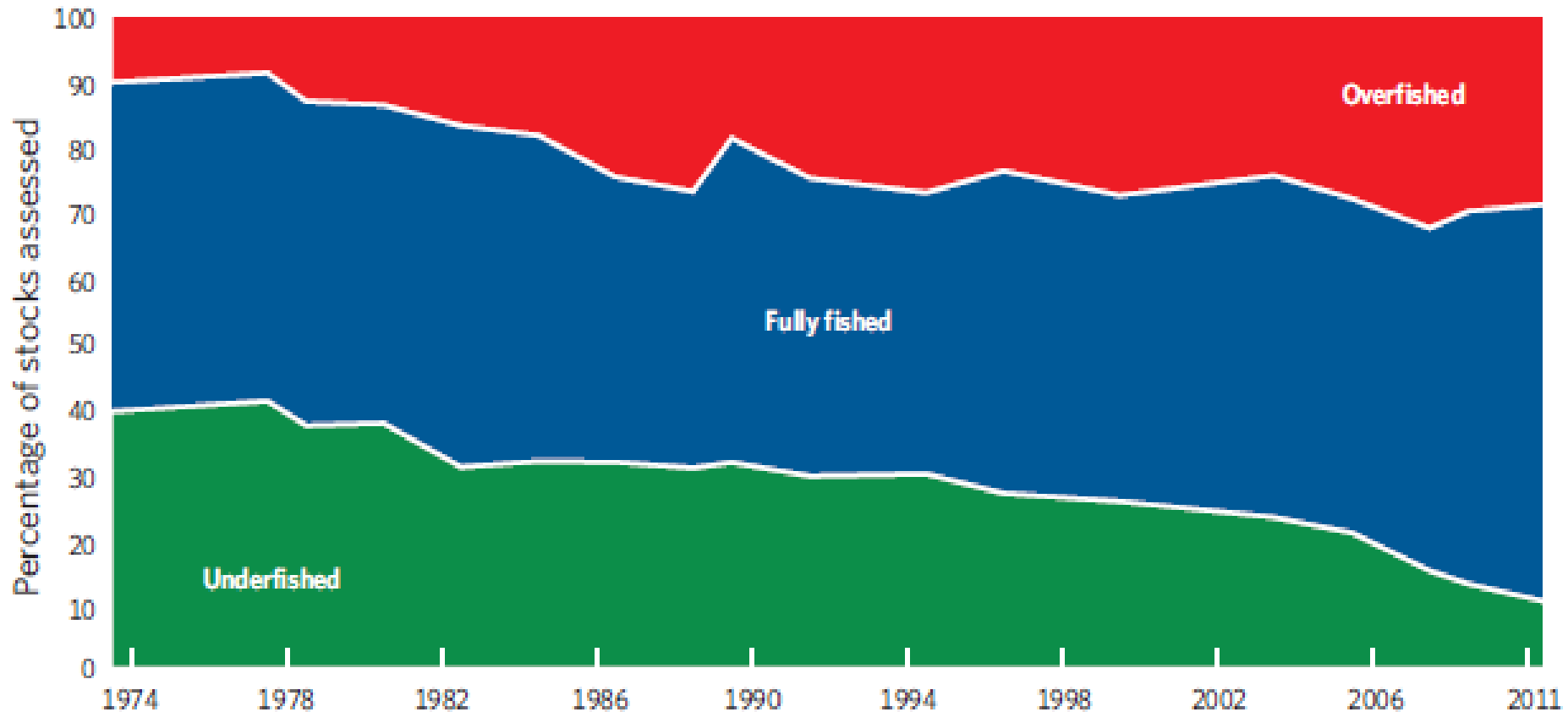
# CRISI DELLA BIODIVERSITÀ



Cumulative vertebrate species extinctions as a percentage of total species, with ranges (shaded) between conservative rates (including extinctions, extinctions in the wild, and possible extinctions) and lower highly conservative rates (verified extinctions only).



# PESCA ECCESSIVA



**Tendenza globale nello stato degli stock ittici marini mondiali tra il 1974 e il 2011.** La pesca eccessiva continua a rappresentare un grave problema, con circa il 30% degli stock ittici definiti “sovrasfruttati”. I dati della FAO mostrano un lieve miglioramento per il 2011 (28,8% “sovrasfruttato”) rispetto al 2008 (32,5% “sovrasfruttato”). Tuttavia, gli ultimi decenni mostrano una tendenza generale in calo per la pesca a livelli biologicamente sostenibili.



# CONTINENTE DI PLASTICA

Un continente di 2500 chilometri di diametro e 30 metri di spessore. È il continente di plastica che si sta formando nell'Oceano Pacifico. È da noi che si mangiano...

**Stato della natura**  
L'oceano è un continente di plastica. È un continente invisibile, ma che si sta formando nell'Oceano Pacifico. È da noi che si mangiano...

Il continente di plastica è un continente invisibile, ma che si sta formando nell'Oceano Pacifico. È da noi che si mangiano...



**L'AMBIENTE**

Un continente di plastica si sta formando nell'Oceano Pacifico. È da noi che si mangiano...

**Una zuppa di plastica nell'Oceano**

LA MAYORÍA DE LOS PLÁSTICOS  
NO SON BIODEGRADABLES Y **PERMANECEN**  
**EN LA NATURALEZA**  
DURANTE CIENTOS DE AÑOS



# EUROPA

ES EL 2º MAYOR  
PRODUCTOR DE **PLÁSTICO**  
DEL MUNDO

70-130.000 t  
**MICROPLÁSTICOS**  
al año en el mar

Fragmentos <5mm  
entran en la cadena trófica  
impactando sobre  
la fauna y las personas

150-500.000 t  
**MACROPLÁSTICOS**  
al año en el mar

La forma de contaminación  
más visible

500.000 toneladas de basura que llenarían  
**66.000 camiones de basura**



**1 TORTUGA DE CADA 2**  
HA INGERIDO PLÁSTICOS

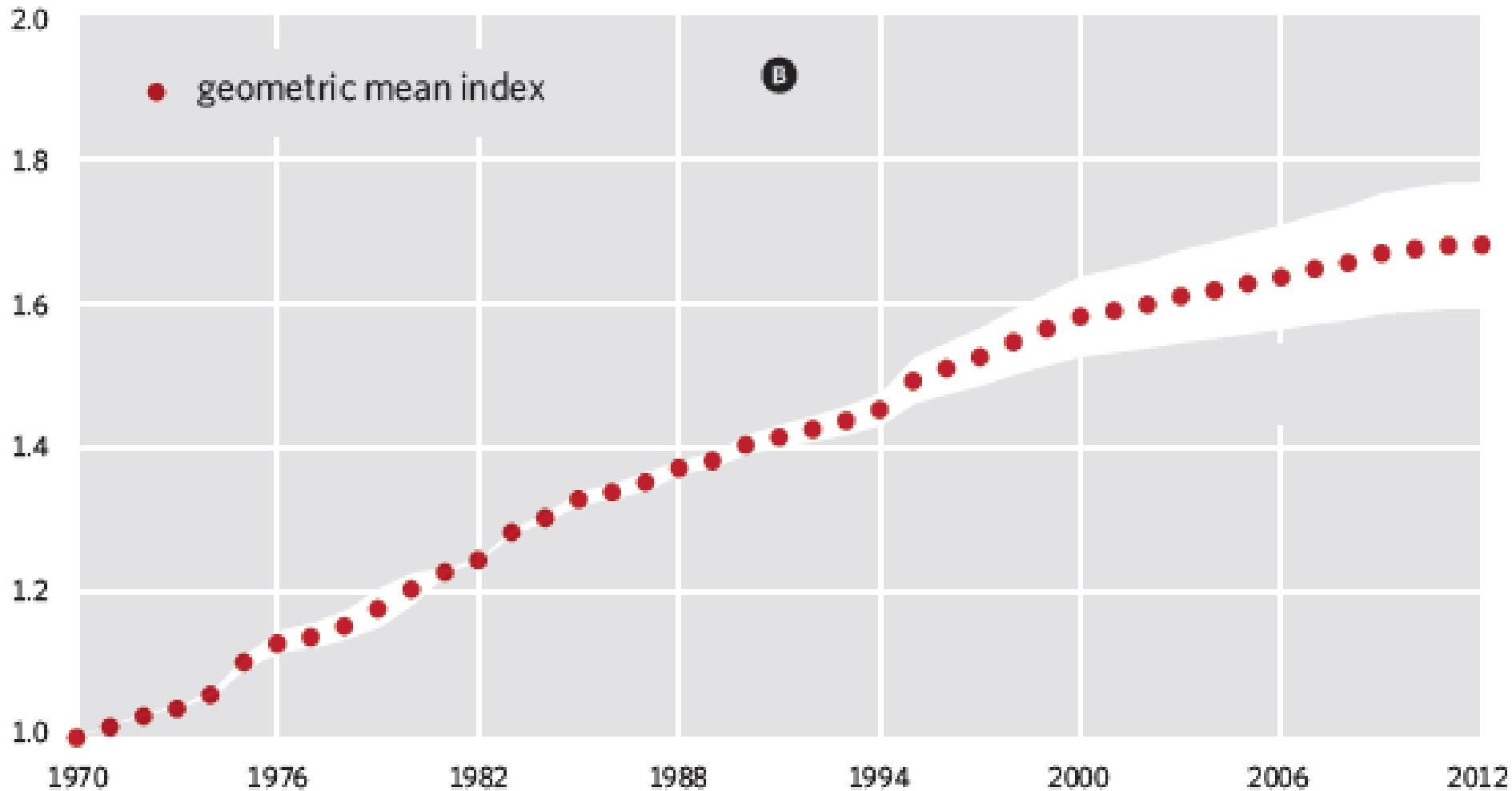


Hoy el  
**90%** DE LAS AVES MARINAS  
TIENEN FRAGMENTOS  
DE PLÁSTICO EN SU ESTÓMAGO

para 2050  
ESTA CIFRA  
PODRÍA AUMENTAR AL **99%**

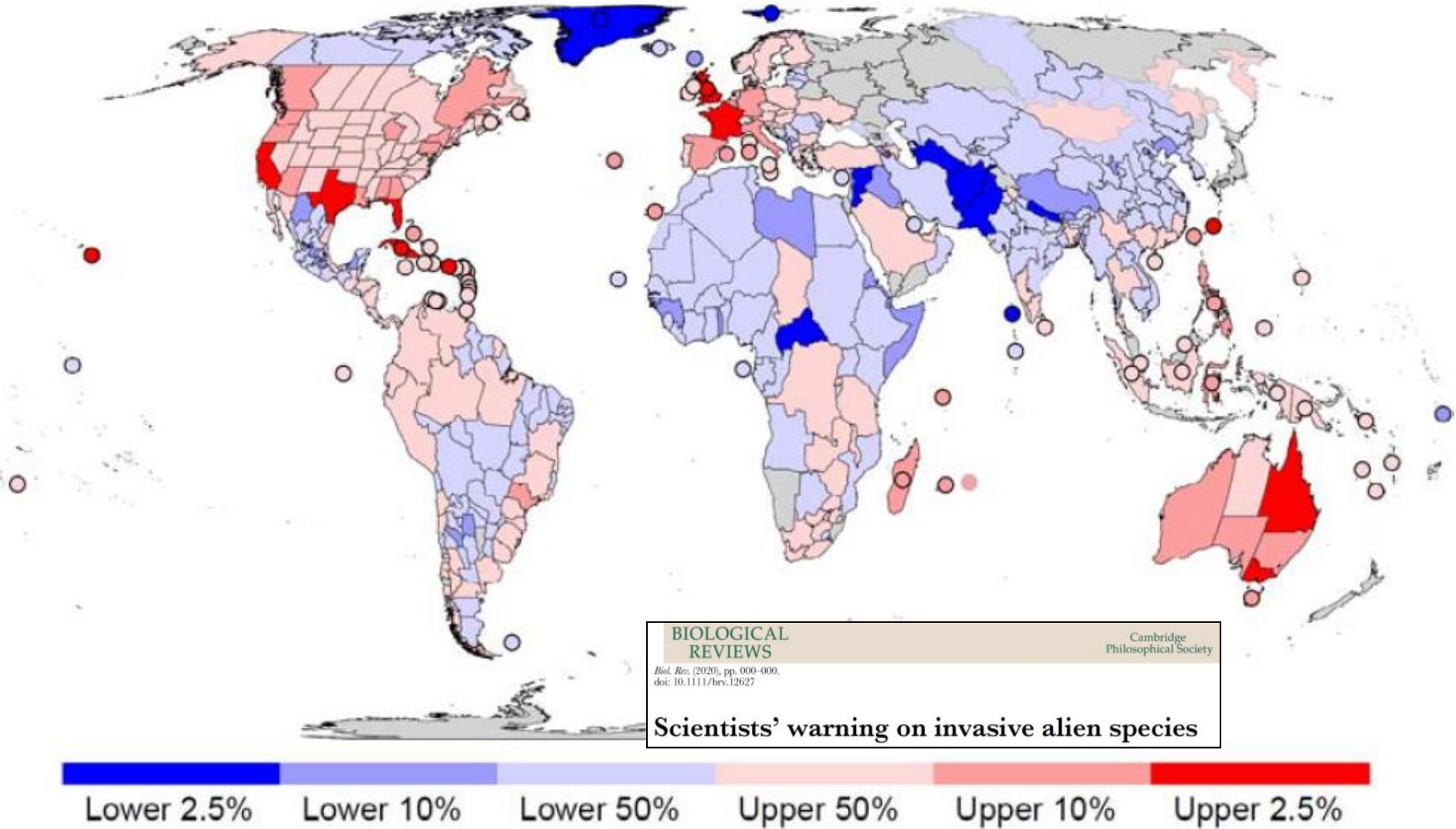
**Alti livelli di [microplastiche](#) si trovano nello stomaco del 73% dei pesci pelagici catturati nell'Atlantico nord-occidentale, uno dei livelli più alti a livello globale.**

# AUMENTO DELLE SPECIE ALIENE



Andamento nel tempo del **numero cumulativo di specie aliene invasive** in 21 paesi. Il valore è stato impostato su 1 per il 1970 e l'area ombreggiata rappresenta l'intervallo di confidenza del 95%

# AUMENTO DELLE SPECIE ALIENE



Punti caldi della **ricchezza di specie aliene** in otto gruppi tassonomici: piante vascolari, formiche, ragni, pesci d'acqua dolce, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi

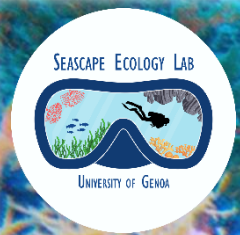
# EFFETTI DEL CAMBIAMENTO

1. Eventi di **mortalità di massa** in coincidenza con ondate di calore
2. Incidenza o frequenza aumentata di **malattie** e altre **disfunzioni**
3. Espansione di specie più tolleranti (**winner**) e perdita di specie sensibili (**losers**)
4. Arrivo e proliferazione di specie termofile (incluse le **aliene**)
5. **Omogeneizzazione biotica** delle comunità





**PRATERIE DI *POSIDONIA OCEANICA***



**SCOGLIERE ROCCIOSE**



# GROTTE MARINE

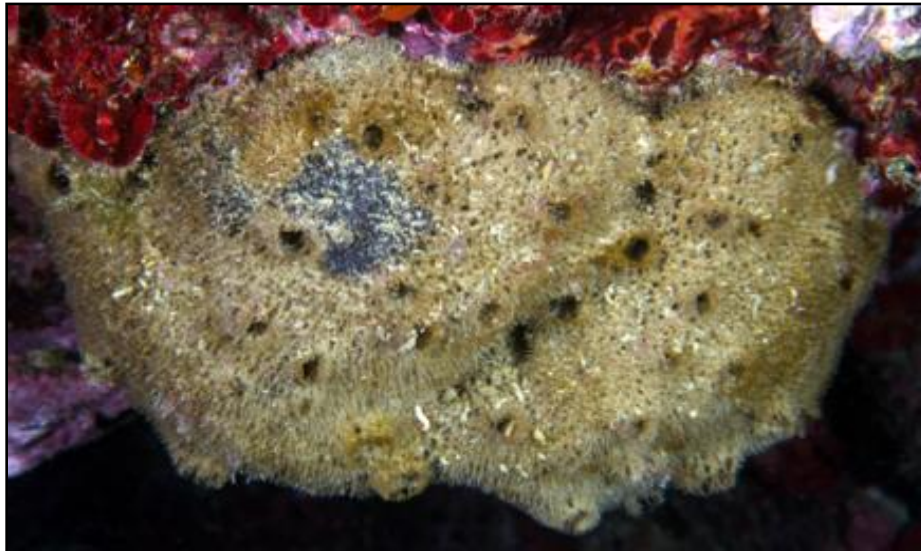
# 1. MORTALITÀ DI MASSA



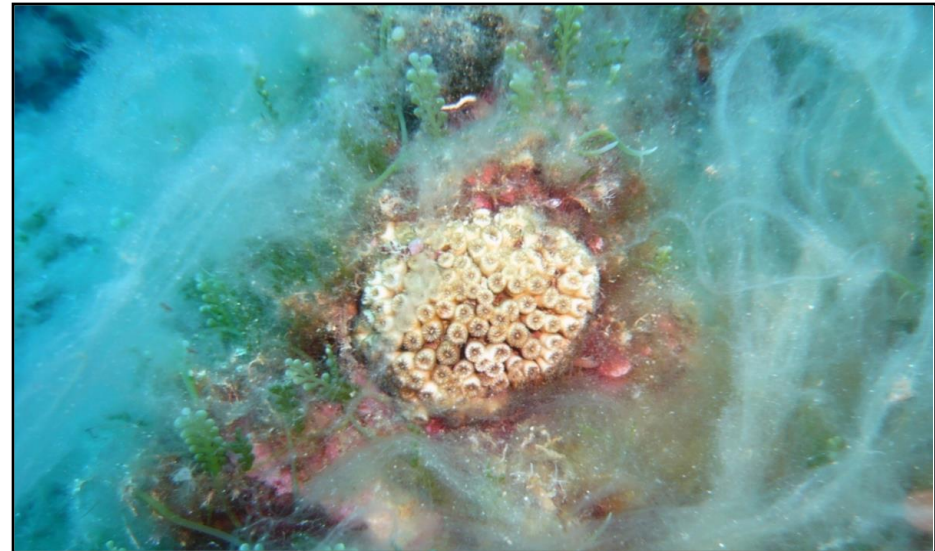
*Paramuricea clavata*



*Eunicella cavolini*

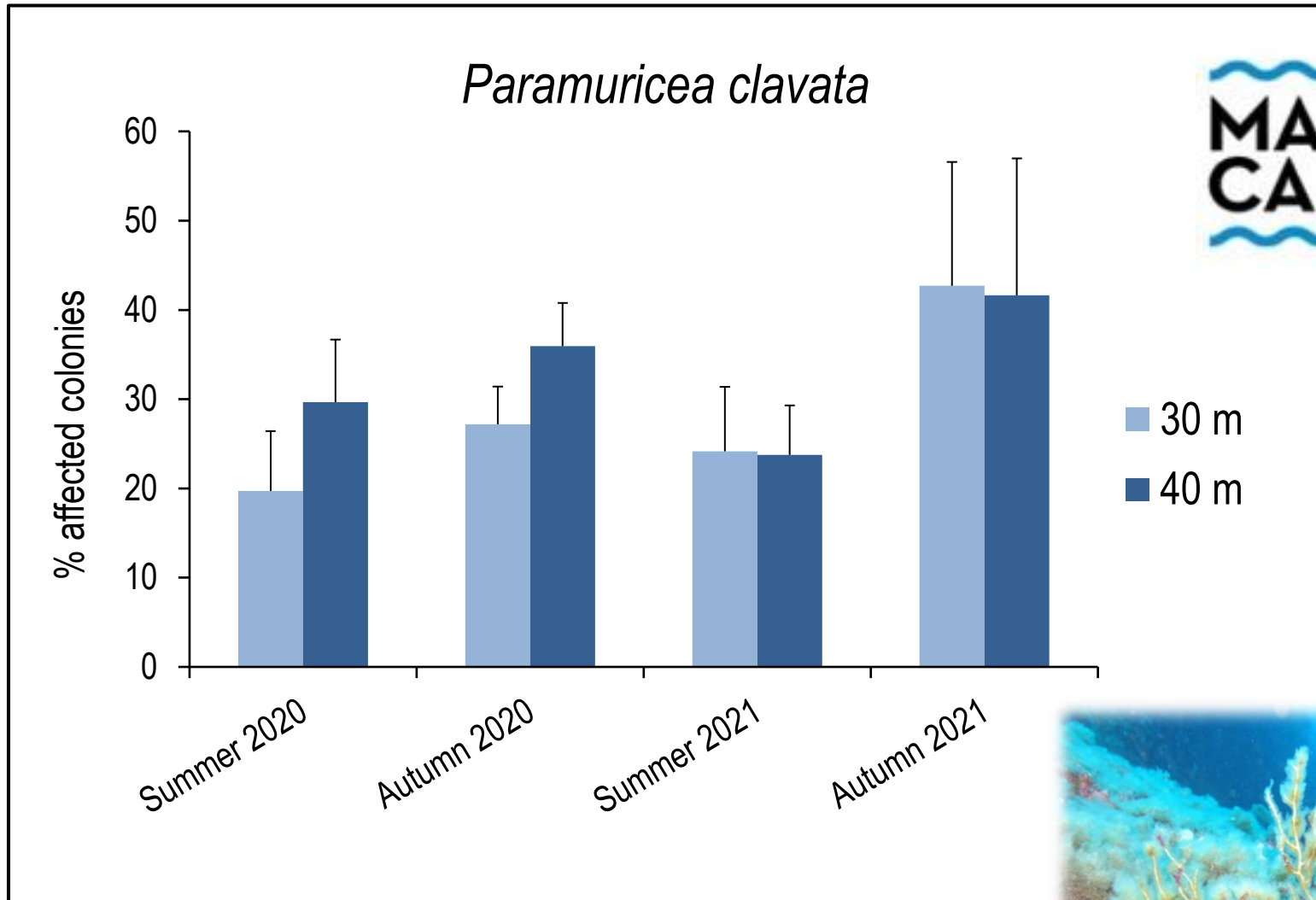


*Spongia officinalis*



*Cladocora caespitosa*

# 1. MORTALITÀ DI MASSA



Mortalità di *Paramuricea clavata* presso l'AMP di Portofino

## 2. MALATTIE E ALTRE DISFUNZIONI

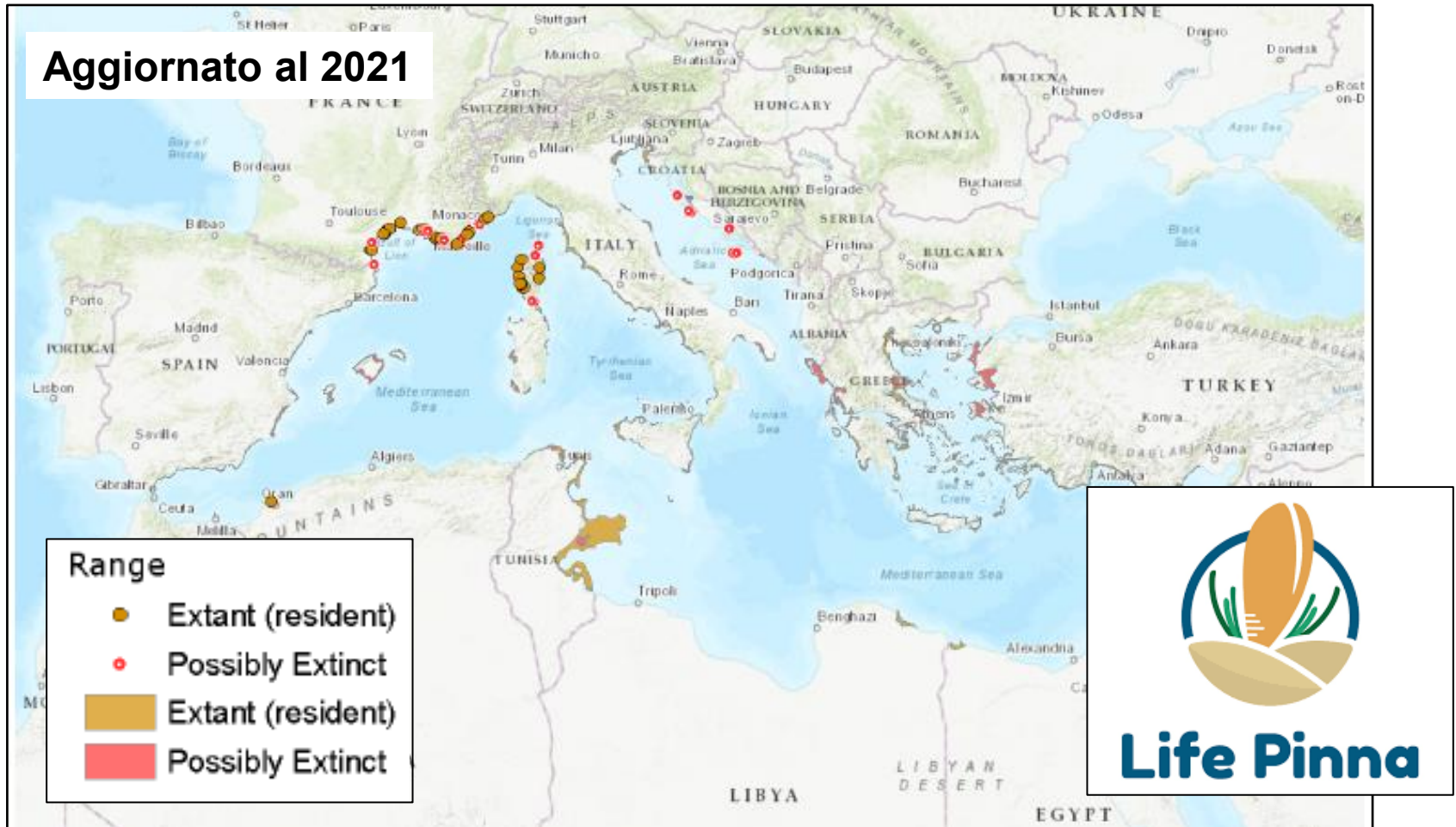
Una malattia micobatterica (*Haplosporidium* sp. e *Mycobacterium* spp.) è associata all'evento di mortalità di massa del bivalve *Pinna nobilis* verificatosi in Italia, Spagna, Francia, Grecia, Croazia, Turchia, Tunisia e Marocco nel 2017-2018



## 2. MALATTIE E ALTRE DISFUNZIONI



# 2. MALATTIE E ALTRE DISFUNZIONI



***Pinna nobilis*: Pericolo Critico di Estinzione  
(Critically Endangered, CR), Lista Rossa IUCN (2019)**



## 2. MALATTIE E ALTRE DISFUNZIONI



**Evento mucillaginoso** a Portofino durante l'estate 2018. Nelle due immagini di destra si osserva la necrosi di una parte delle colonie di *Paramuricea clavata*.



# 3. PERDITA DI SPECIE SENSIBILI

## SCOGLIERE DI PORTOFINO



1981



2009

Cambiamento nelle comunità bentoniche della scogliera di Portofino a 10 m di profondità: (1981) foreste di *Sargassum vulgare* e *Dictyopteris polypodioides*, (2009) ambiente dominato da turf algale

# 4. SPECIE TERMOFILE (INCLUDE ALIENE\*)



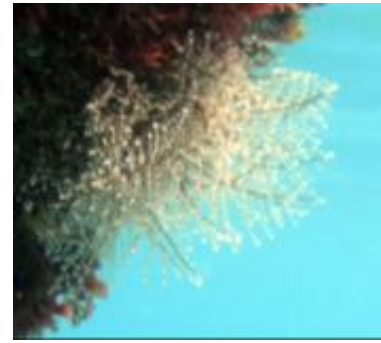
*Percnon gibbesi\**



*Sphyraena viridensis\**



*Fistularia commersonii\**



*Pennaria disticha*



*Branchiomma luctuosum\**



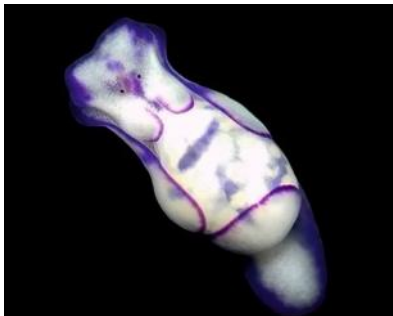
*Thalassoma pavo*



*Amathia verticillata\**



*Parablennius pilicornis\**



*Lamprohaminoea ovalis\**



*Caulerpa cylindracea\**



*Paraleucilla magna\**



*Sparisoma cretense*

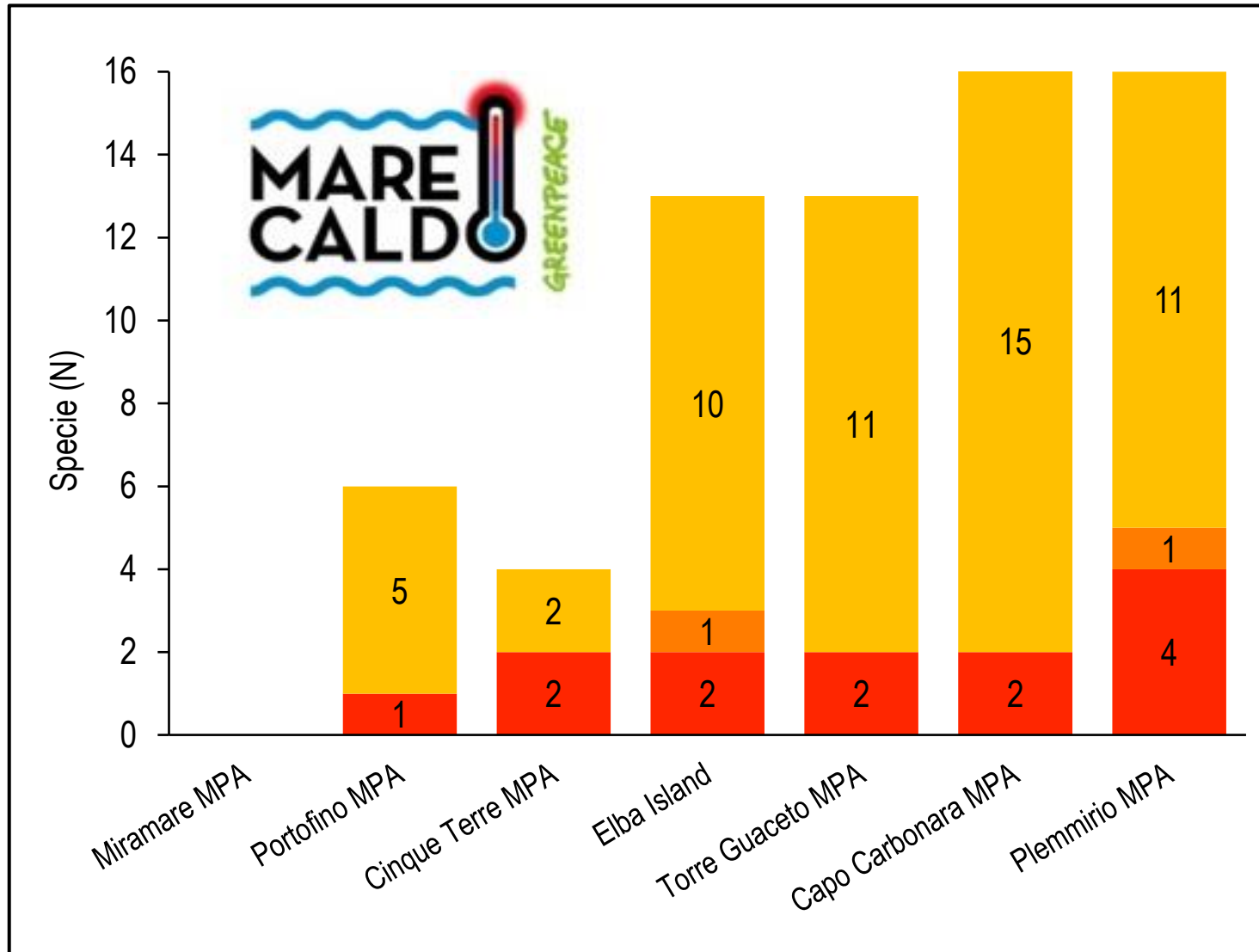
***Caulerpa taxifolia***  
**Ventimiglia, Settembre 2017**





***Caulerpa prolifera*, *Caulerpa cylindracea***  
**Isola d'Elba, Settembre 2022**

# 4. SPECIE TERMOFILE (INCLUDE ALIENE\*)

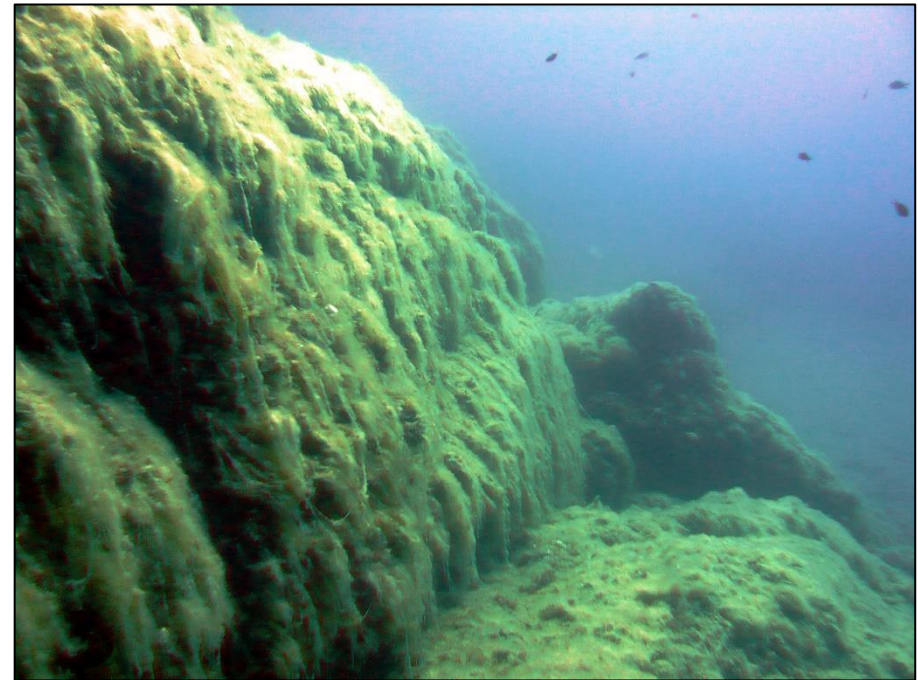


**Numero di specie alloctone, criptogenetiche e autoctone censite in ciascuna area di studio del progetto Mare Caldo**

# 5. OMOGENIZZAZIONE BIOTICA

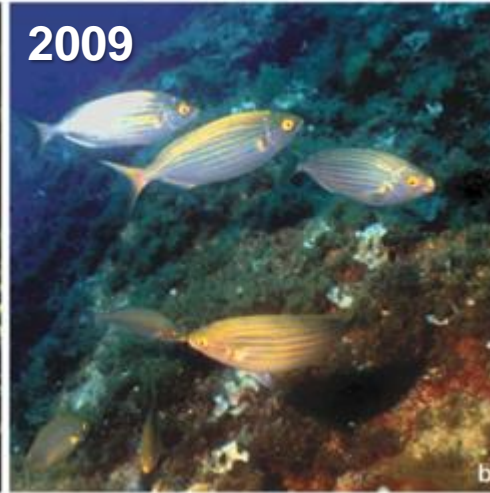


**Isola di Pianosa, Settembre 2020**



**Isola d'Elba, Settembre 2020**

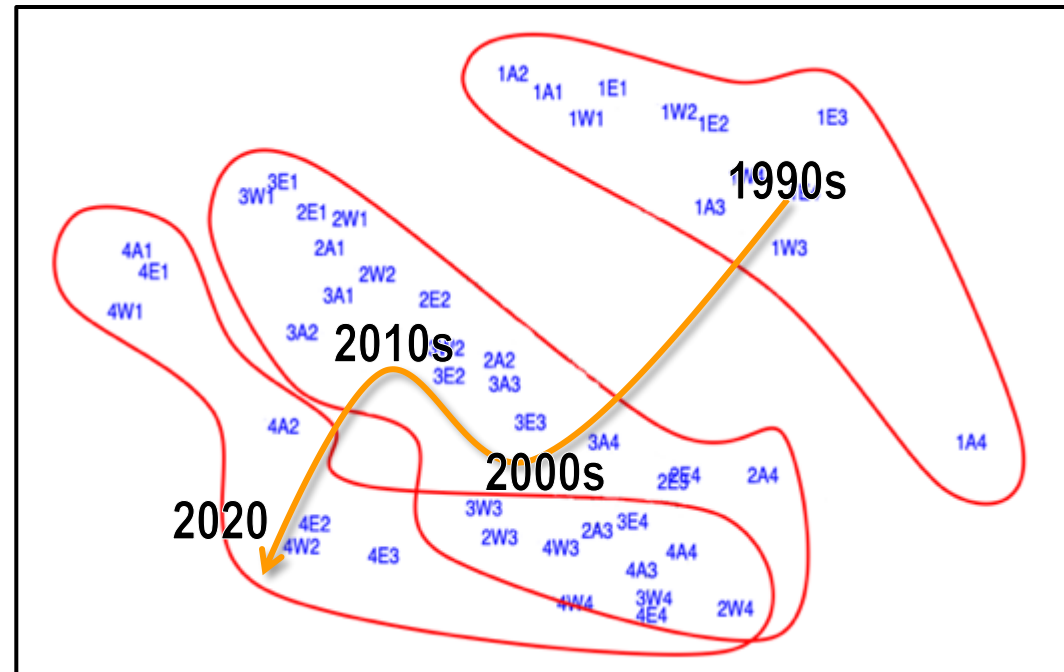
# 5. OMOGENIZZAZIONE BIOTICA



## SCOGLIERE DI PORTOFINO

Analisi delle corrispondenze (CA) sulla comunità bentonica dell'AMP di Portofino in quattro periodi di tempo (1990, 2000, 2010, 2020) a quattro profondità (10, 20, 30, 40 m). La freccia rappresenta la traiettoria del cambiamento.

Cambiamento nelle comunità bentoniche della scogliera di Portofino a 10 m di profondità: (1981) foreste di *Sargassum vulgare* e *Dictyopteris polypodioides*, (2009) ambiente dominato da turf algale, (2019) dominanza di *Caulerpa cylindracea*

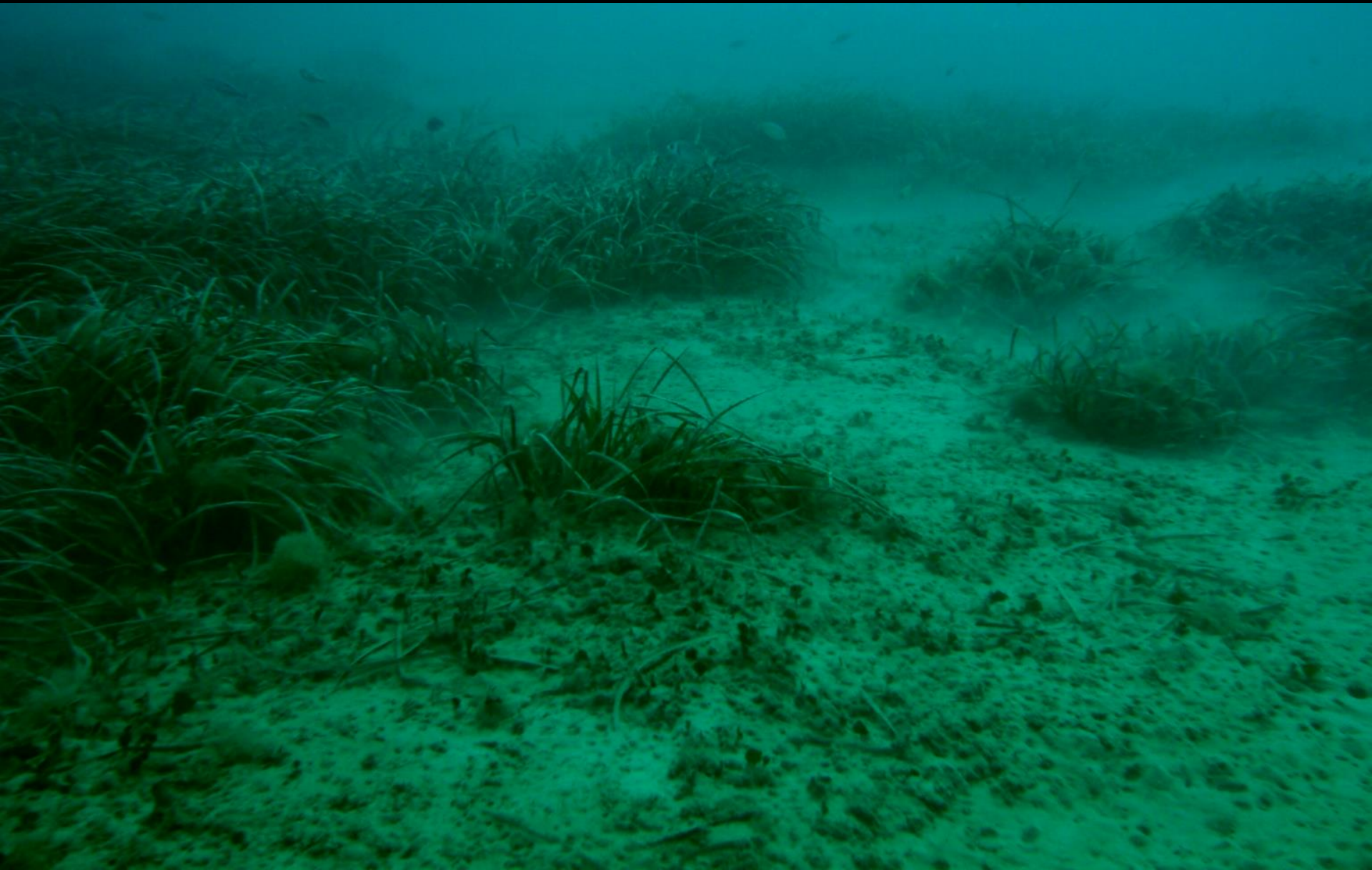




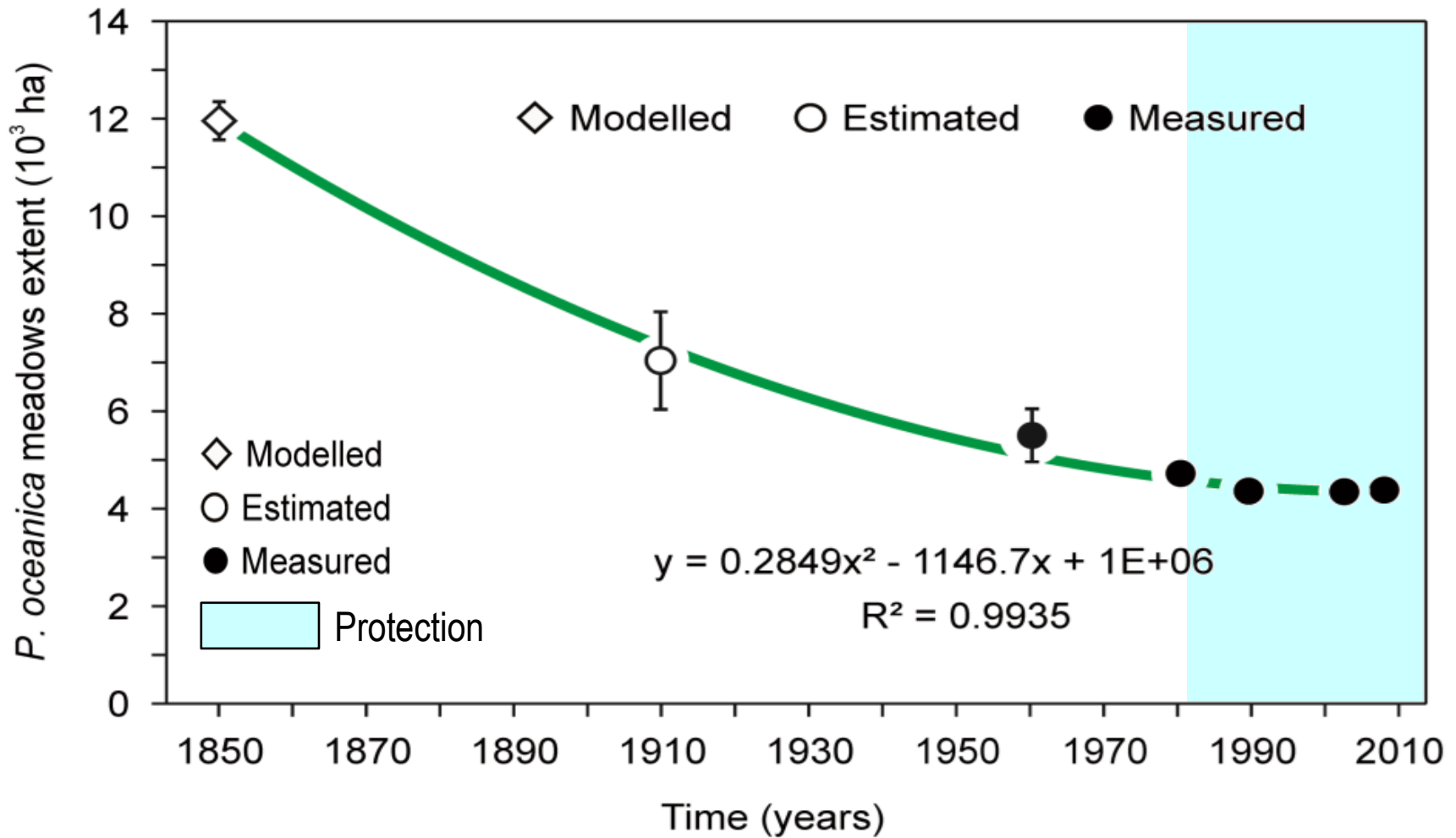
# **CAMBIAMENTO NELLE PRATERIE DI *POSIDONIA OCEANICA***



# **CAMBIAMENTO NELLE PRATERIE DI *POSIDONIA OCEANICA***



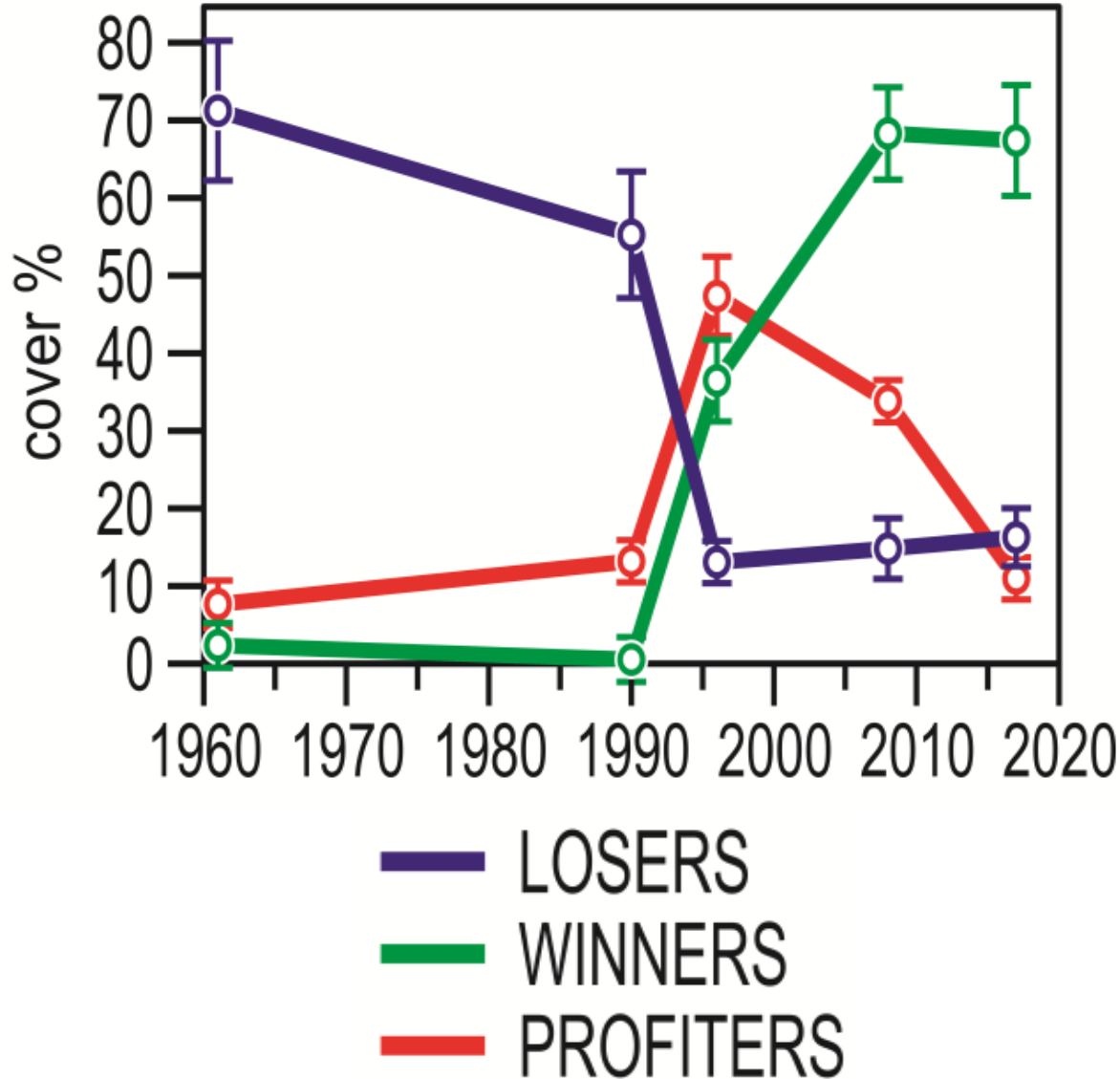
# CAMBIAMENTO NELLE PRATERIE DI *POSIDONIA OCEANICA*



**Cambiamenti nelle praterie di posidonia della Liguria.** Andamento temporale dell'estensione delle praterie di *P. oceanica* dalla metà del XIX secolo, combinando modelli, stime e informazione cartografica quantitativa.

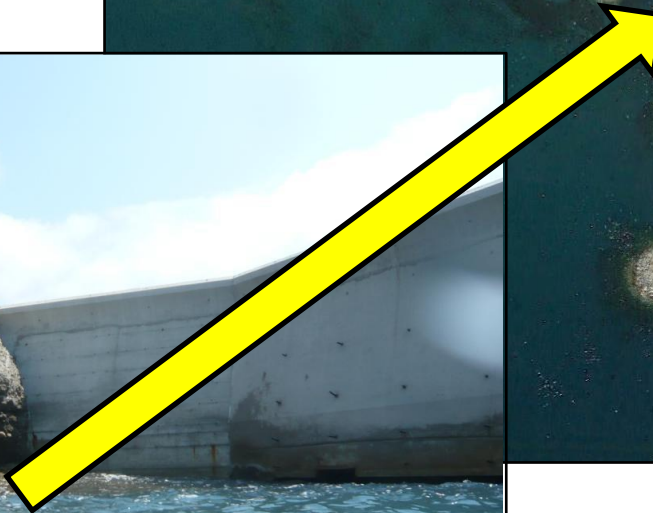
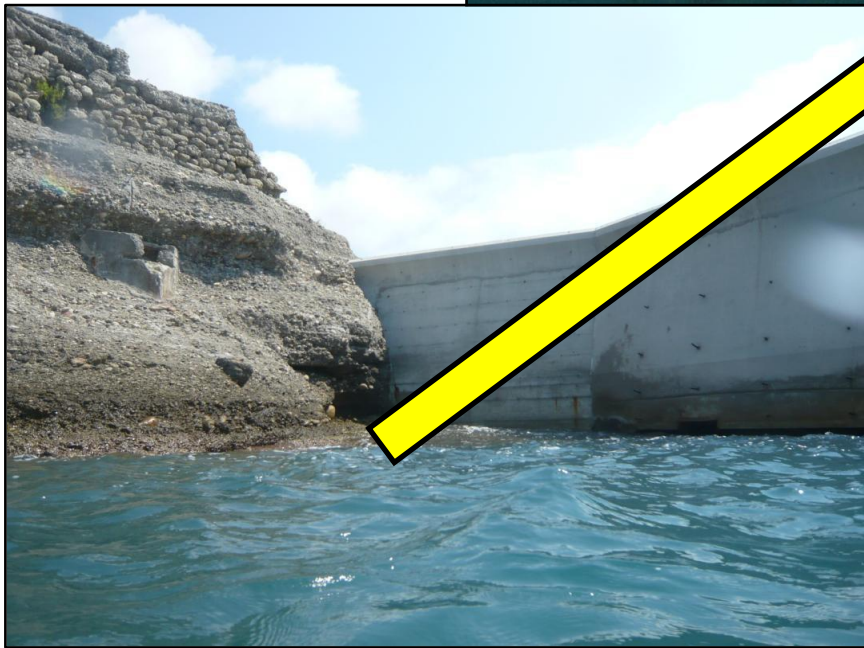
# CAMBIAMENTO NELLE SCOGLIERE ROCCIOSE

## SCOGLIERE DI PUNTA MESCO



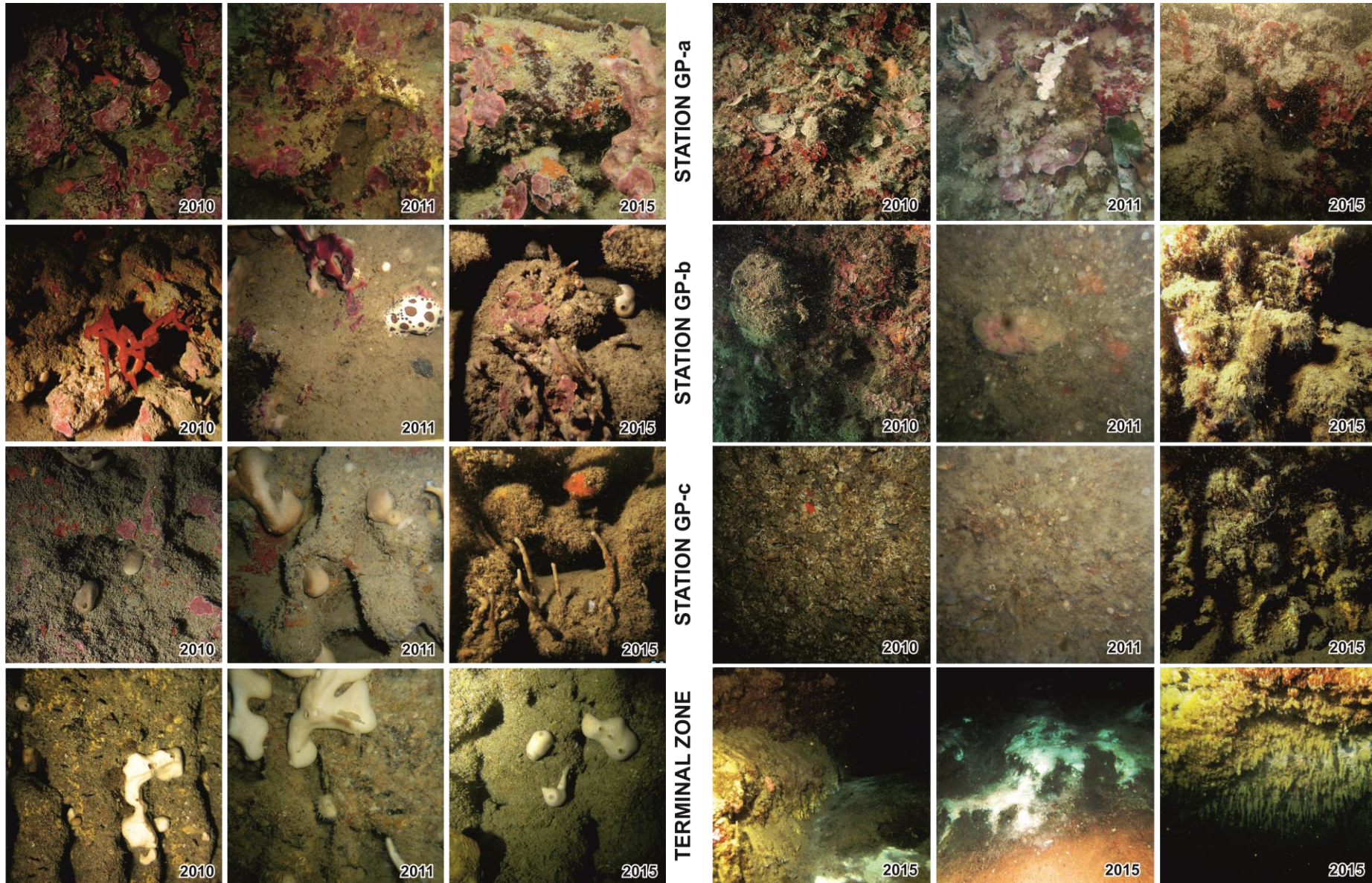
# CAMBIAMENTO NELLE GROTTA MARINE

## GROTTE MARINE DI VENTIMIGLIA



# CAMBIAMENTO NELLE GROTTI MARINE

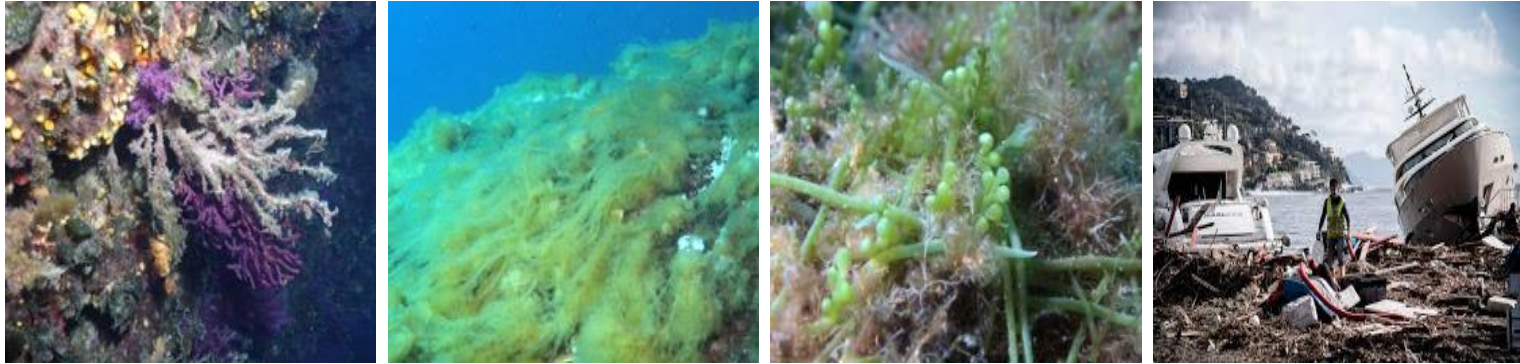
## GROTTE MARINE DI VENTIMIGLIA



# PRESSIONI MULTIPLE

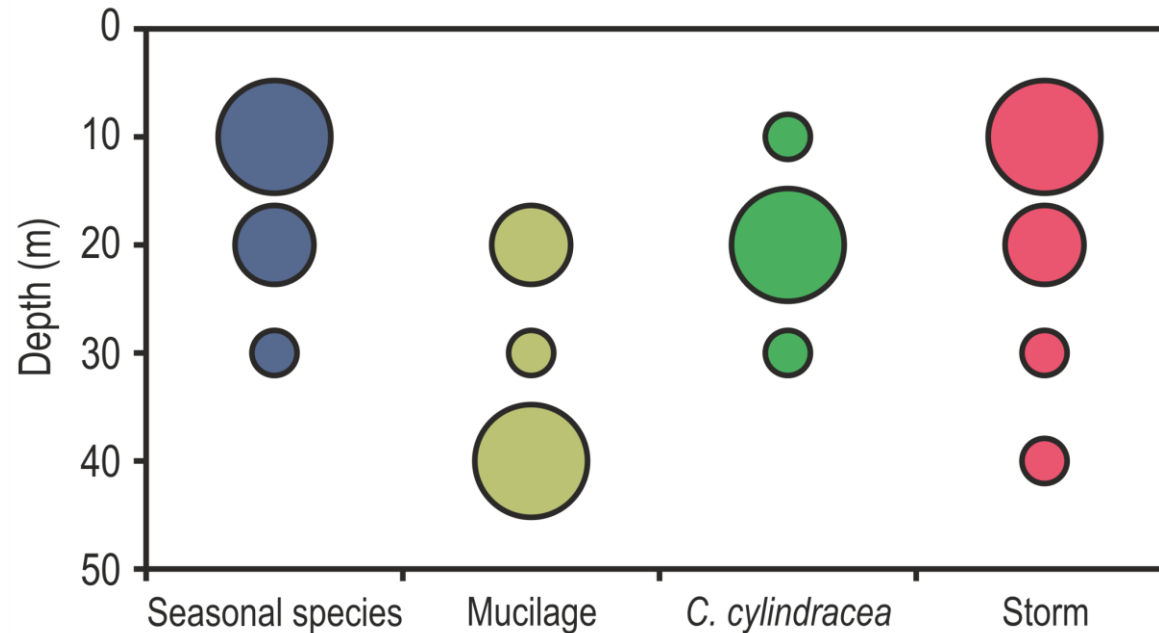
Stress

Disturbi



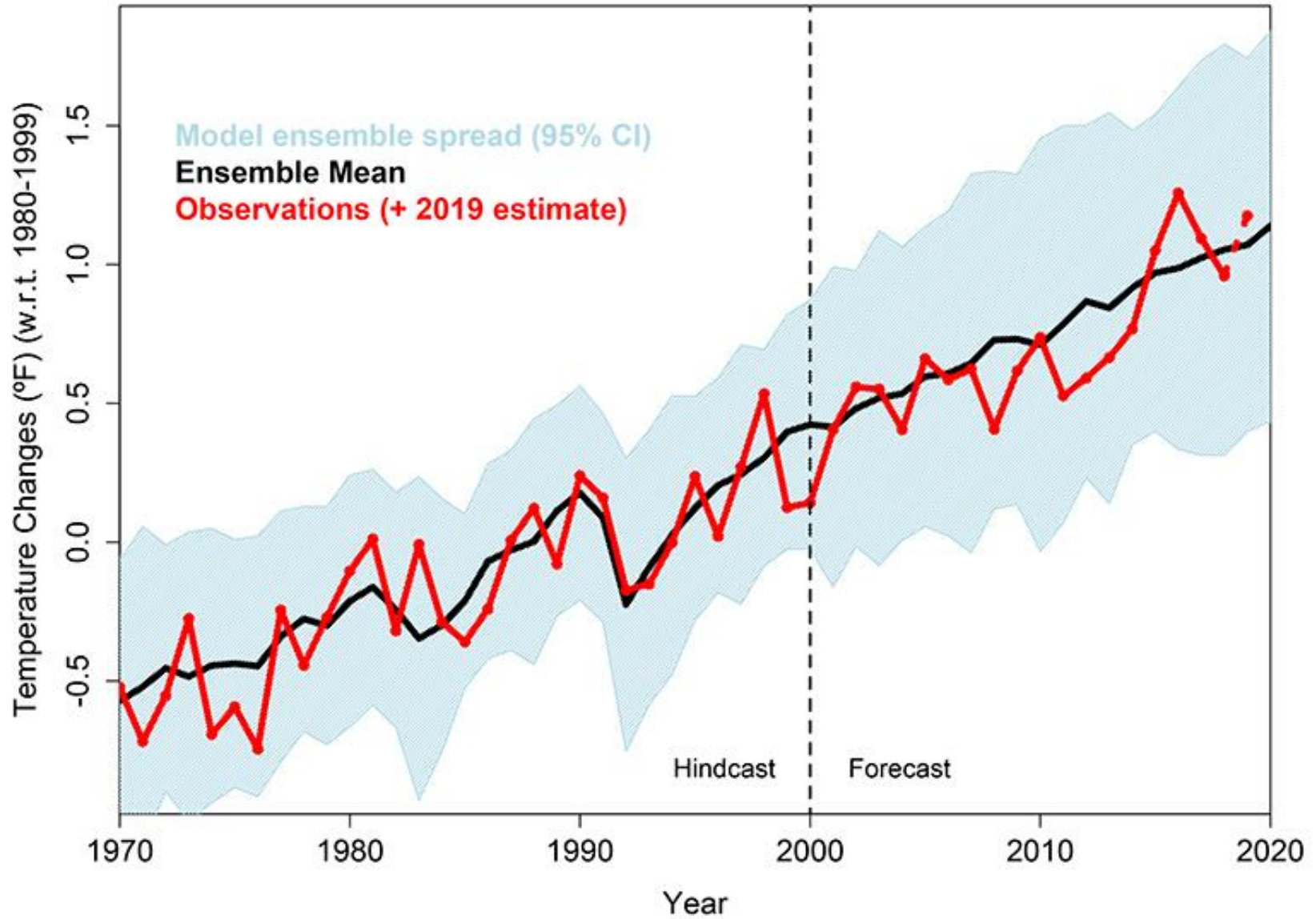
Estate 2018

Ottobre 2018



# ...E IL FUTURO?

Forecast evaluation for models run in 2004





# CONSERVARE LA BIODIVERSITÀ MARINA

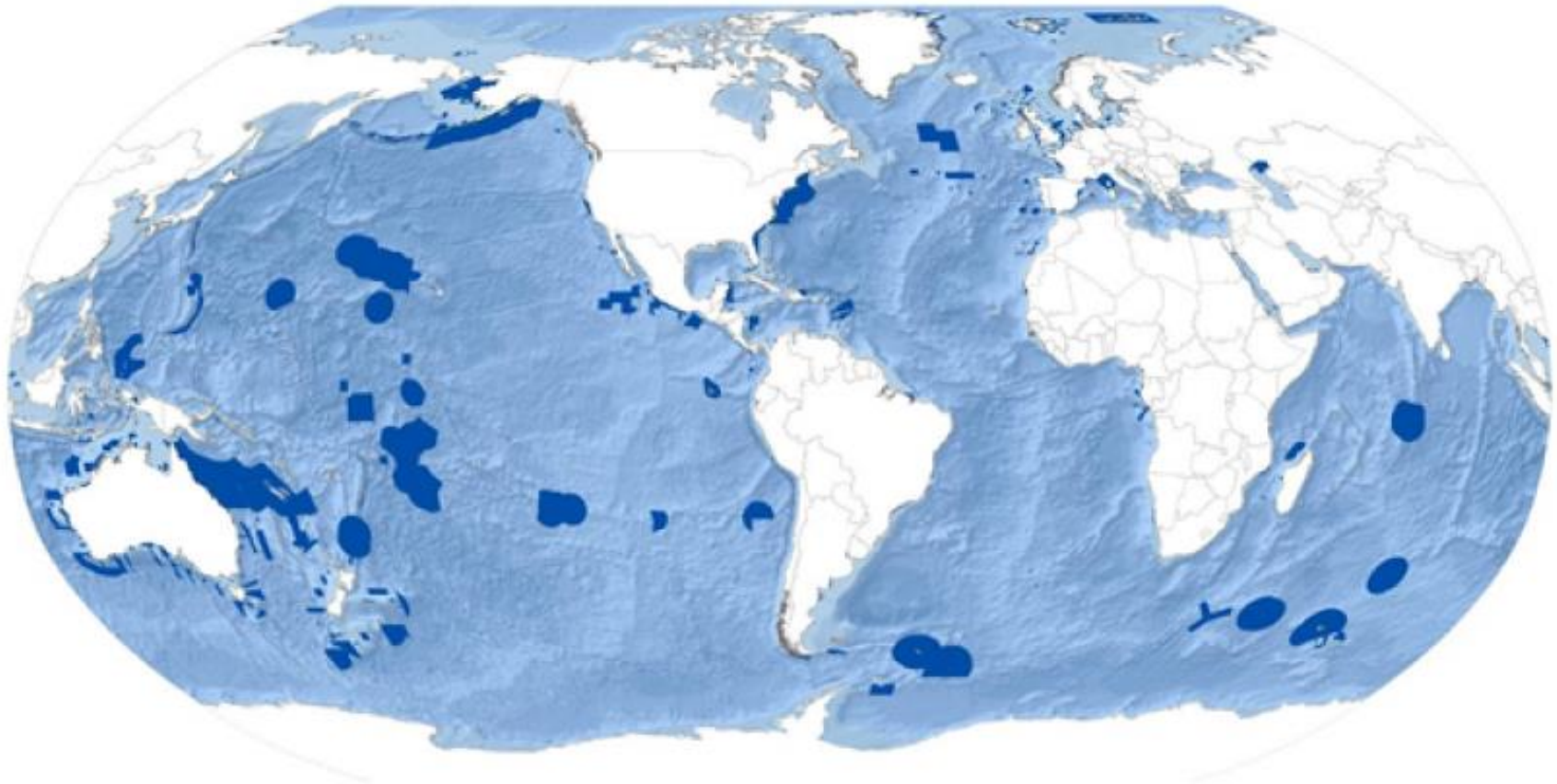
1. **Accordi / trattati regionali e internazionali**
2. **Gestione sostenibile della pesca e delle risorse**
3. **Protezione dell'ambiente marino attraverso Aree Marine Protette**
4. ***Habitat restoration***
5. **Monitoraggio ambientale**



# AREE PROTETTE

8% SUPERFICIE COPERTA  Targets: 10% in 2020 and at least 30% in 2030

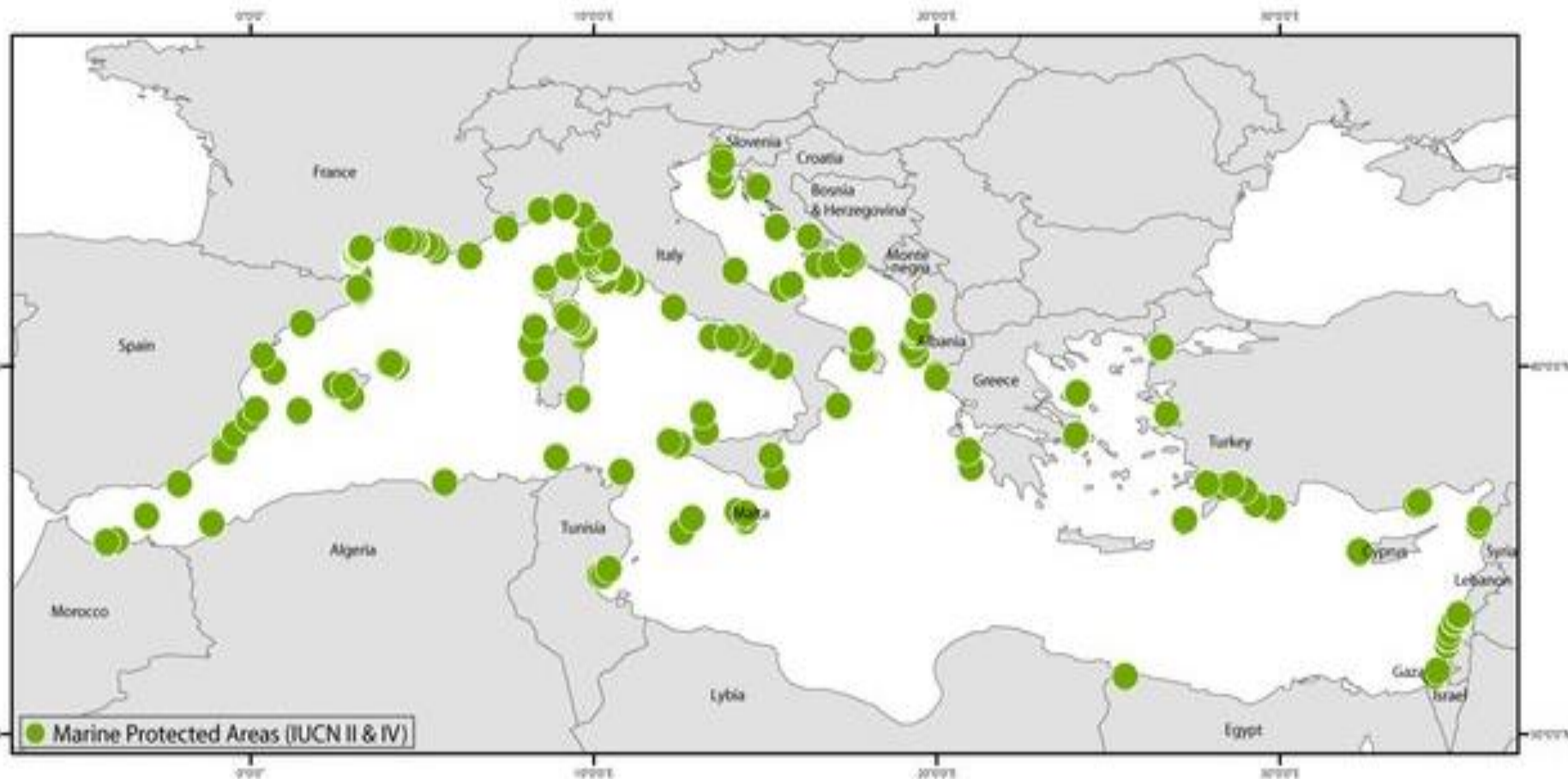
Official MPA Map



Source: UNEP-WCMC AND IUCN (2017). Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA) [On-line].  
September, 2017, Cambridge, UK: UNEP-WCMC. Available at [www.protectedplanet.net](http://www.protectedplanet.net)

# AREE PROTETTE

## MAR MEDITERRANEO



**COPRIRE IL 30% DEL TERRITORIO MARINO CON AREE MARINE PROTETTE E ALTRE EFFICACI MISURE DI CONSERVAZIONE, ENTRO IL 2030**

# HABITAT RESTORATION

Santa Margherita Ligure, 2022



# MONITORAGGIO AMBIENTALE



**GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE!**

**Monica Montefalcone, PhD in Marine Science**

**Seascape Ecology Lab**

**DiSTAV, University of Genoa**

**Corso Europa 26, 16132 Genoa, Italy**

**Tel: +39 010 3538065**

**skype: monica.montefalcone**

**instagram: montefalcone\_monica**

**e-mail: monica.montefalcone@unige.it**





e grazie a

**Prof. Nike Bianchi**  
**Prof. Carla Morri**  
**Dr. Alice Oprandi**  
**Dr. Annalisa Azzola**  
**Dott.ssa Ilaria Mancini**