

# Scenari di cambiamenti climatici sull'idrodinamica e specifici target ecologici del Delta del Po

D. Bonaldo, D. Bellafore, F. De Pascalis | CNR-ISMAR  
A. Feola, M. Zucchetta, R. Boscolo, E. Ponis, A. Bonometto, L. Nicoletti | ISPRA

Workshop III | da remoto | 24 – 25 Marzo 2021

# PERCHÉ UN PROGETTO SULLE ZONE COSTIERE?

*I fattori di rischio nelle regioni costiere non sono associate solo agli eventi estremi, ma purtroppo è in questi casi che si stimola la consapevolezza*

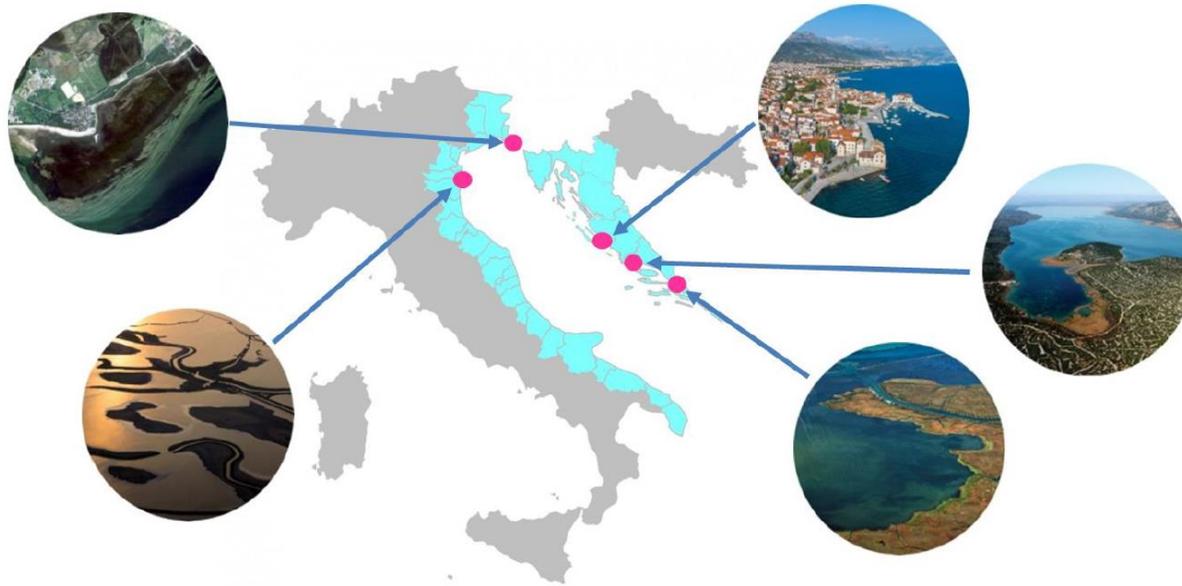
**QUINDI CON CHANGE WE CARE VOGLIAMO...**

→ *Conoscere lo stato attuale...*

→ *...e le tendenze future dei sistemi costieri*

→ *Identificare problemi e istanze e suggerire strategie di adattamento*

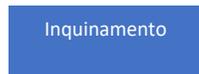
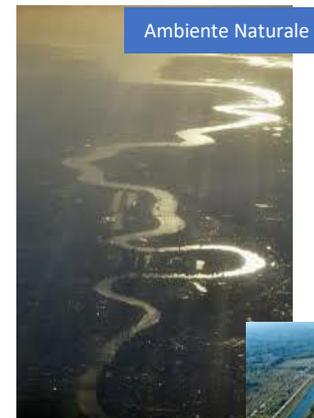
# SITI PILOTA: I VANTAGGI DALLA COOPERAZIONE



- Paesaggi costieri diversi, ma governati a scala regionale da processi fisici comuni
- Coste Adriatiche come compendio dei sistemi microtidali in latitudini intermedie
- Condivisione di esperienze e pratiche e ottimizzazione degli sforzi futuri
- Costruzione di un substrato per politiche transfrontaliere

# PROBLEMATICHE E STRUMENTI D'INDAGINE

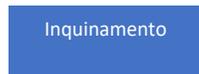
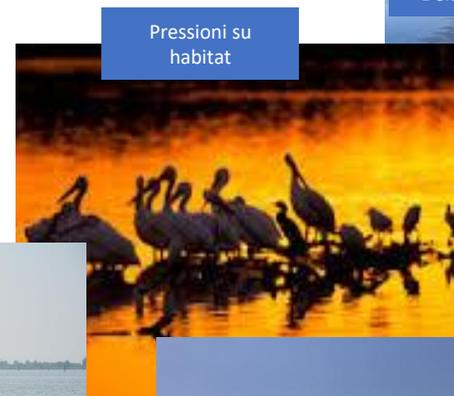
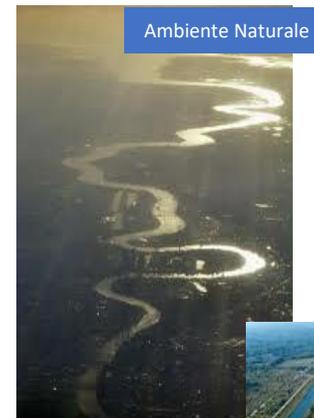
- Ambienti fiume-mare quali il **complesso sistema** del Po riscontrano una **molteplicità di dinamiche e problematiche**
- Caratterizzare il sistema richiede di **connettere differenti comparti**, anche nelle discipline scientifiche. La fisica, la geologia, la biologia e ecologia, etc.
- **Necessità di mettere in campo tutti i dati rilevanti, identificare quali dati mancano e usare sinergicamente tutti gli strumenti a disposizione**, dalle misure in campo ai modelli numerici



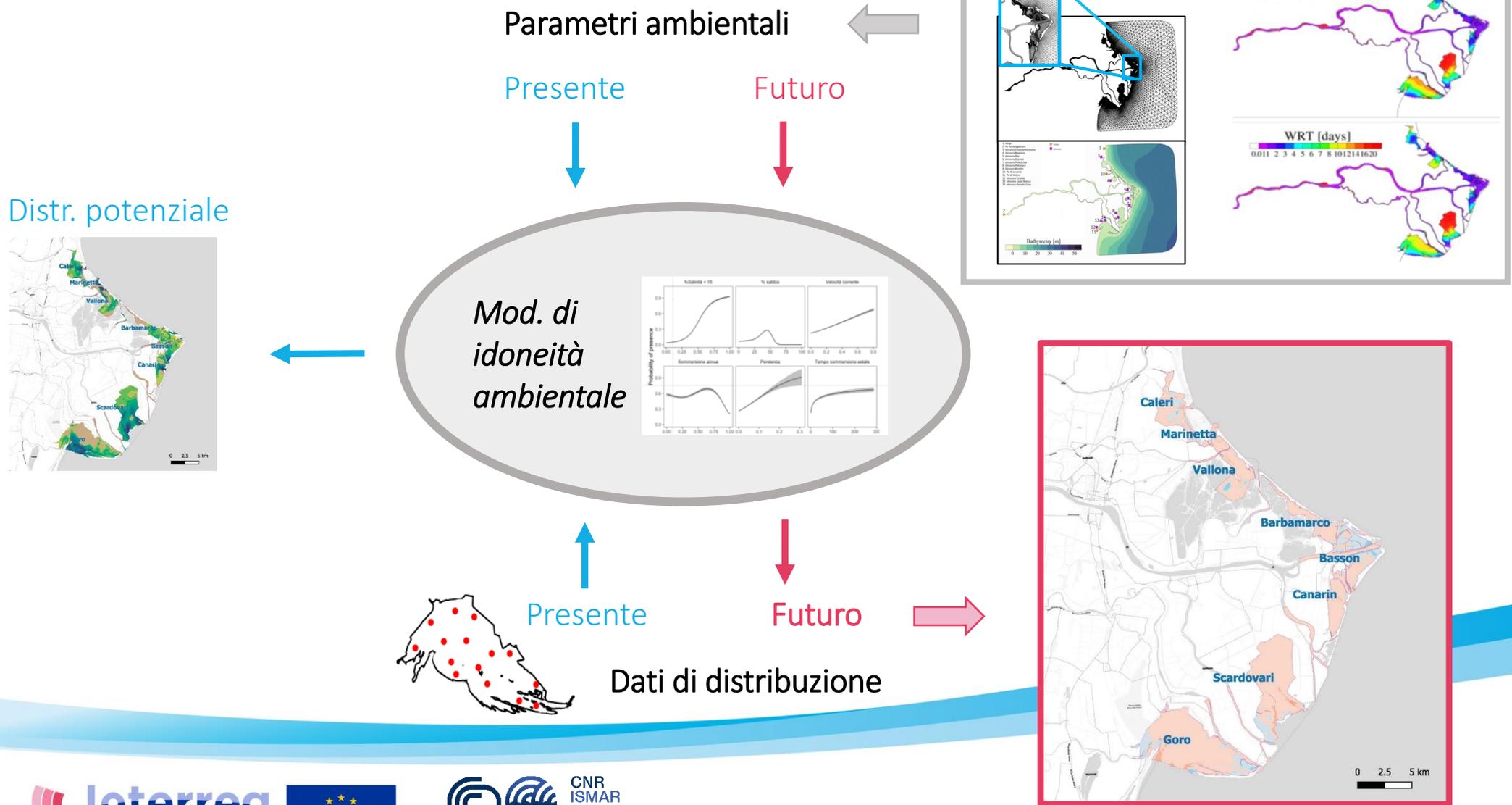
# PERCHÉ I MODELLI?

Perché se anche si riuscisse a caratterizzare il presente, **servono strumenti diversi per indagare gli scenari futuri, riproducendo i processi e valutando gli effetti dei singoli fattori.**

- I modelli rientrano tra le buone pratiche anche in altri sistemi fluviali e sono utilizzati quotidianamente per **supportare piani di gestione, per affrontare eventi estremi e conseguenze (alluvioni, mareggiate, erosione costiera) o garantire la buona salute del sistema (habitat) e lo sviluppo dell'economia connessa al sistema (pesca, agricoltura, turismo, etc.).**



# IDRODINAMICA E IDONEITÀ AMBIENTALE: L'APPROCCIO SEGUITO



# ANALISI IDRODINAMICA - CASO PRESENTE

Necessità di rappresentare la complessità del Delta del Po, comprensiva delle aree umide, corpi idrici e bracci fluviali.

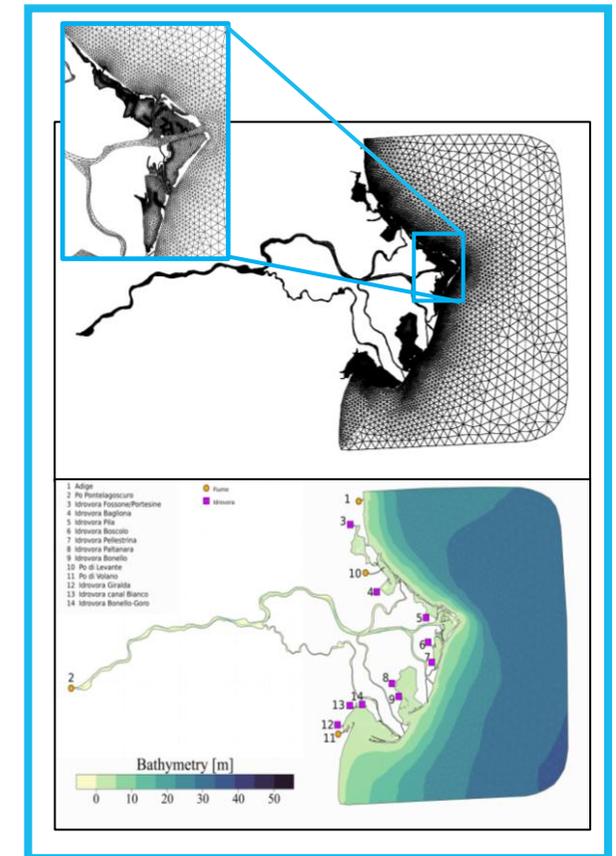
Uso del modello idrodinamico 3D agli elementi finiti SHYFEM

Caratterizzazione dello stato presente attraverso simulazione di 2 anni, 2010-2011, perché buona copertura di dati da misure e modelli (batimetrie, portate fluviali etc). Applicazione validata.

Buona rappresentatività della variabilità stagionale e fornisce esempi di condizioni ambientali differenti

La simulazione attuale è validata con misure

Fa da riferimento per l'interpretazione dei dati e la quantificazione delle variazioni in scenario di cambiamento climatico.



Dati modellati poi messi a disposizione di una catena modellistica ampia che indaga l'idoneità ambientale:

- livelli,
- Tempi di residenza (che danno indicazioni su capacità di ricambio delle acque lagunari)
- Temperatura e salinità

# ANALISI IDRODINAMICA - CAMBIAMENTO CLIMATICO

Identificazione di effetti del cambiamento climatico sull'idrodinamica connessa al Delta del Po

- Scenario di cambiamento climatico estremo (IPCC RCP8.5).
- Si considerano tassi di variazione delle forzanti calcolati su media periodo 2080-2100. Tassi di variazione applicati su forzanti reali caso attuale.
- Aumento medio del mare imposto + 63 cm.
- Imposizione di tassi di variazione mensile per precipitazione e flussi di calore (IPCC), temperatura mare e fiume e portata fiume.

RCP8.5	Temp Aria [%]	Precipitazione [%]	Salinità [%]	Livello [m]	Temp Acqua [%]	Portata [%]	Temperatura fiume [%]
Var assoluta				+0.63			
Gennaio	49.42	↑18.71	1.65		32.86	↑41	39.66
Febbraio	50.45	↑18.09	1.51		38.61	↑43	42.80
Marzo	42.37	5.51	1.56		38.81	41	44.02
Aprile	30.78	-14.6	1.64		33.52	12	38.26
Maggio	23.04	-4.57	1.72		25.82	-12	43.76
Giugno	↑20.18	↓-17.97	1.81		↑20.36	↓-33	↑53.52
Luglio	20.14	↓-32.41	1.88		↑18.58	↓-38	↑70.33
Agosto	22.83	-31.31	1.91		19.03	-26	73.91
Settembre	22.61	-12.95	1.92		18.91	-27	47.72
Ottobre	23.39	6.41	1.94		19.19	-8	38.62
Novembre	30.93	↑11.94	1.92		21.66	↑15	35.12
Dicembre	39.07	↑17.18	1.84		26.21	↑11	35.23

I tassi di variazione non sono costanti nell'arco dell'anno, differenti effetti nelle varie stagioni

# ASSUNTI DA TENERE IN CONSIDERAZIONE NELLA VALUTAZIONE DEI RISULTATI

- **Non è stata imposta variazione del clima meteomarinò** (vento, pressione atmosferica), dato che ipotesi scenario su queste variabili su scala locale non sono robusti come per altre variabili (es. temperatura, precipitazione).
- **Non è stata modificata la batimetria, per assenza di informazioni e per aleatorietà possibili ipotesi.** Sarà semplice, una volta verificata la validità del metodo, aggiornare le simulazioni in futuro valutando anche i cambi morfologici.
- **Nessuna ipotesi su attività umana futura** (es. scavi, ripascimenti, modifiche uso idrovore etc.)

**QUESTI ASPETTI POSSONO ESSER VALUTATI IN FUTURO GRAZIE ALLA VERSATILITA' DEI MODELLI**

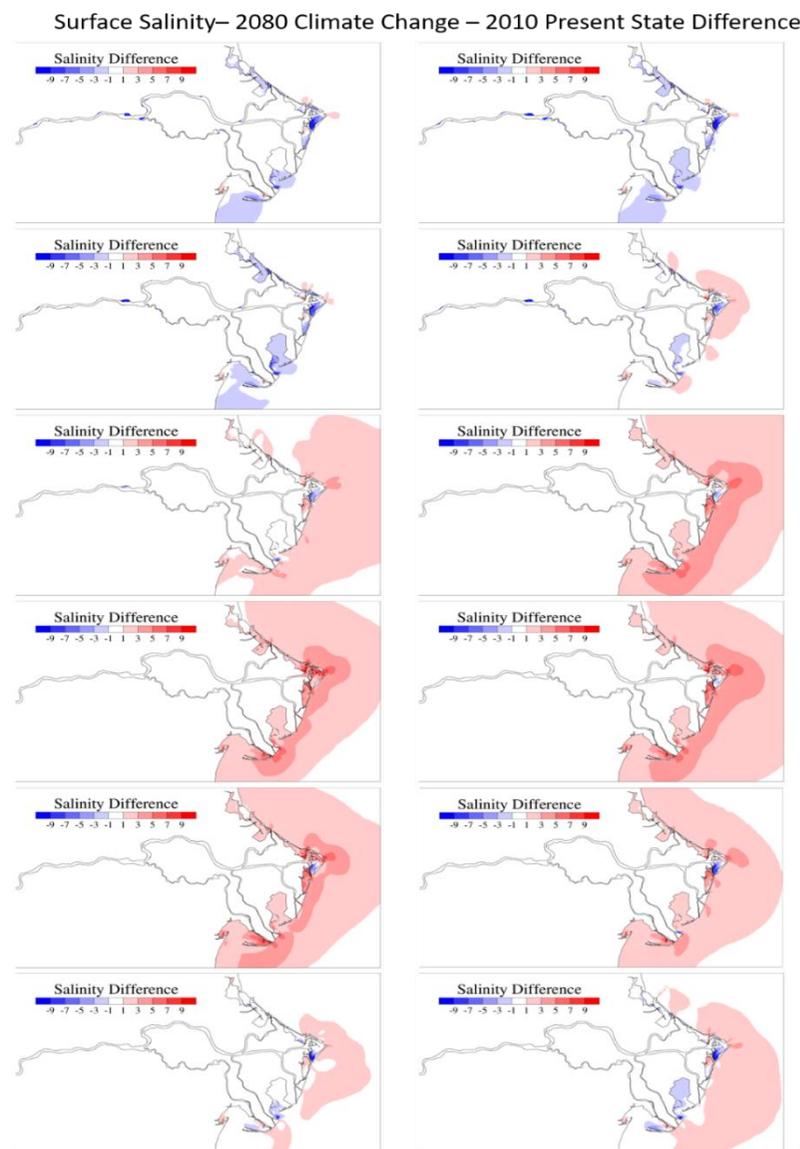
**GRANDE NECESSITA' DI NUOVI DATI MISURATI PER COMPLETARE IL QUADRO**

# VALORE AGGIUNTO DELLA METODOLOGIA APPLICATA

- Aver applicato i tassi di variazione a forzanti reali misurate permette una riproduzione più aderente al caso reale.
- Maggiore capacità di discernere l'effetto sull'idrodinamica dei vari fattori (effetto del fiume, del mare, dei flussi superficiali)
- Nessuna aggiunta di ipotesi non supportate da risultati scientifici che possono aggiungere incertezza nell'interpretazione dei risultati
- La scelta dello scenario più estremo RCP8.5 permette di **caratterizzare un ampio ventaglio di possibili effetti, dovuti al cambiamento climatico, dando finestre di variazione, tassi massimi**. L'andamento delle variazioni nel range non è lineare (non si può inferire su specifici scenari intermedi) ma avere almeno forbici massime di cambiamento.

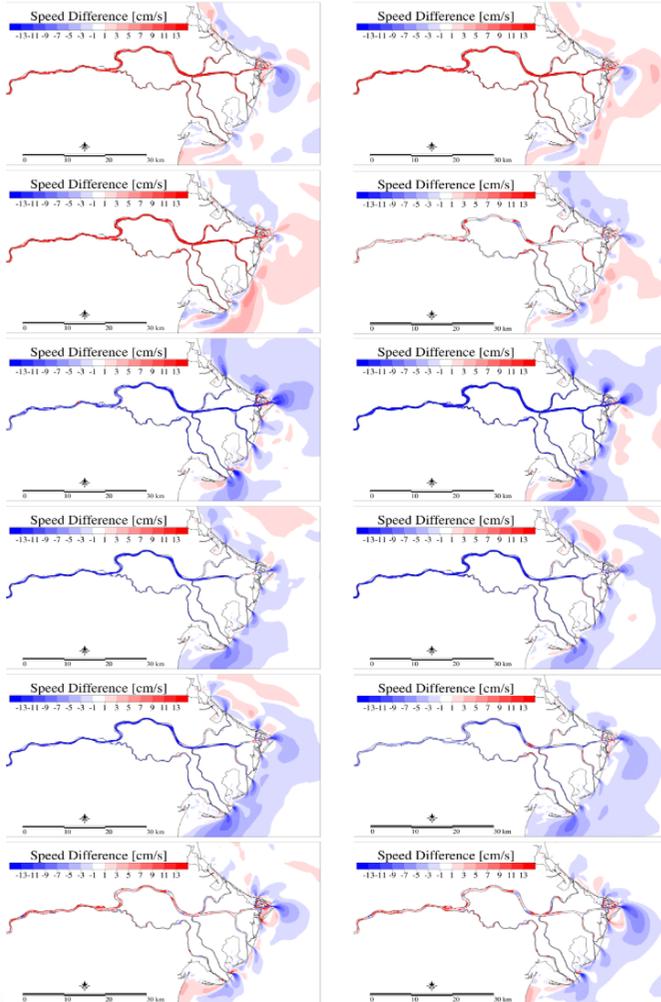
# ANALISI IDRODINAMICA - RISULTATI

- **Aumento della salinità**, comparato al caso presente, in **estate**, anche se con valori assoluti diversi nei due anni simulati.
- Il secondo anno è caratterizzato da minore apporto di acqua dal fiume, come nel caso presente. **Quindi il tasso di variazione portata indotto dallo scenario è meno efficace della normale variabilità tra anni.**
- La salinità in mare aperto aumenta dell'1.5% in inverno e meno del 2% in estate. No cambi significativi.
- La risposta locale alle variazioni di salinità è guidata dalle **variazioni di portata del fiume (+40% in inverno e -40% in estate)**.



# ANALISI IDRODINAMICA - RISULTATI

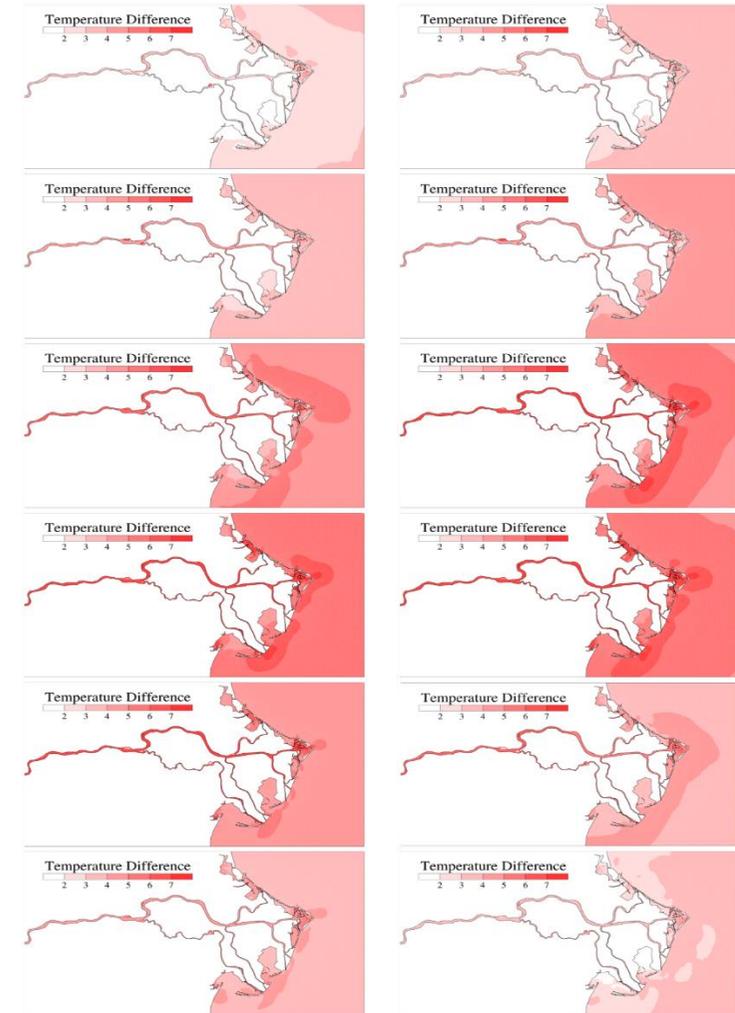
Surface Speed– 2080 Climate Change – 2010 Present State Difference



Medie mensili superficiali di temperature sono più alte rispetto a caso attuale, ma distribuzione orizzontale leggermente diversa.

Le medie mensili di corrente filtrano il segnale mareale e danno indicazioni su effetti sulla corrente dovuti ad altre forzanti (regimi di vento, portate, variazioni termiche). Aumento flusso in bracci fluviali in inverno e autunno, riduzione del flusso e dell'estensione a mare in estate.

Surface Temperature– 2080 Climate Change – 2010 Present State Difference



# VARIAZIONI NELLE LAGUNE DEL DELTA

## Nel caso attuale:

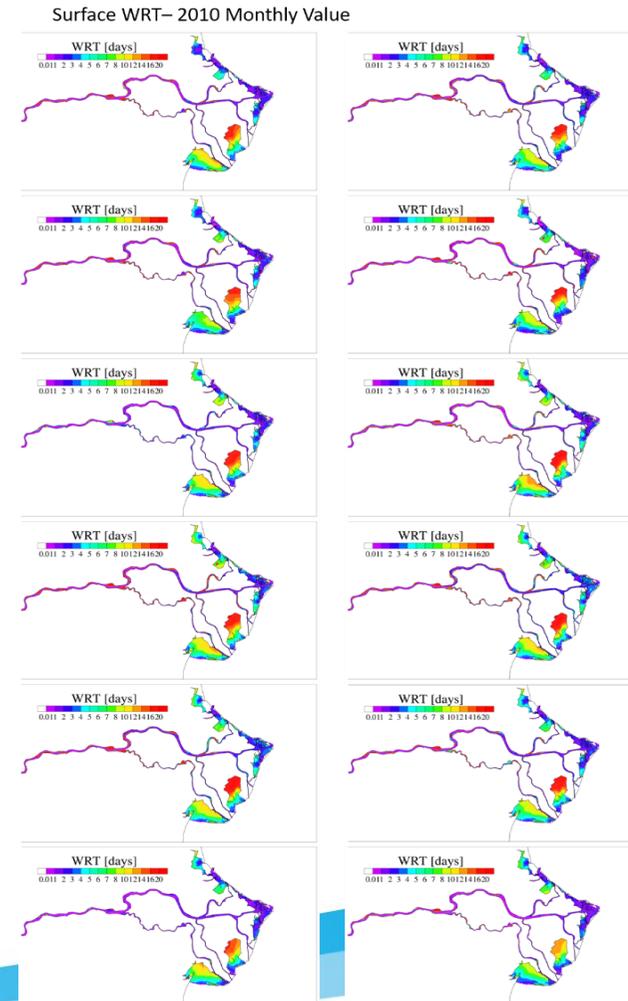
- Le lagune sono esposte all'acqua dolce differentemente. **Lagune prossime o connesse coi bracci modificano la salinità in accordo con il fiume** (es. Barbamarco, Basson)
- **Le varie lagune presentano risposte differenti a processi evaporativi.** Temperature più alte della costa in estate, più fredde d'inverno/autunno
- Tutte le lagune non presentano circolazioni interne energetiche, su media mensile e stagionale (5-10 cm/s).
- Le variazioni di tempi di residenza delle lagune sono correlate con l'area d'influenza e la massa di acqua dal fiume, la morfologia, e la distribuzione di salinità e temperatura a costa.
  
- Canarin risponde meno alla variabilità di salinità costiera e ha una dinamica interna più debole di altre lagune (si comporta come **laguna ristretta**)
- **Marinetta, Barbamarco and Basson** hanno caratteristiche di lagune più **aperte/maggiore capacità di ricambio**
- Goro più connessa al mare, a causa della morfologia, variazione termiche e di salinità più accentuate tra parti interne e costiere

# VARIAZIONI NELLE LAGUNE DEL DELTA

Nello scenario futuro:

**Variazioni nei tempi di residenza permettono di inferire su capacità lagune di mantenere la dinamica interna e lo scambio con il mare**

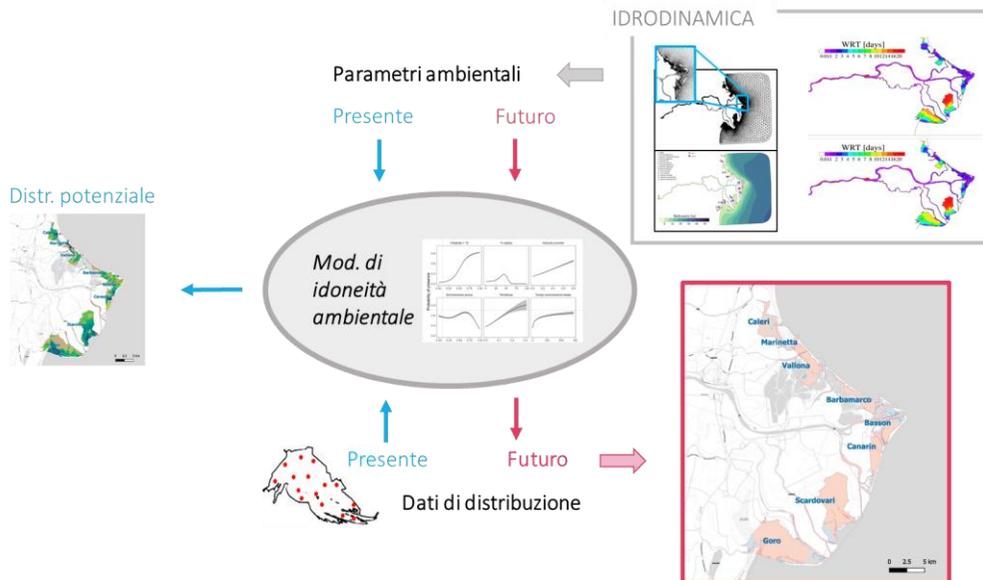
- **L'aumento massimo del tempo di residenza superficiale è nella Sacca di Scardovari (+7 giorni in alcuni mesi) e a Goro, nell'area dietro la barra sabbiosa (decrecita locale capacità di ricambio).**
- La laguna di Goro è più salata, da Maggio a ottobre, con picchi locali dietro la barra sabbiosa (diminuzione portata fiume e eccessi evaporativi) .
- Le aree più interne di Canarin più salate del caso presente, indipendentemente dall'apporto fluviale. Qui le variazioni in salinità e temperatura sono guidate dalla maggiore reattività a processi evaporativi/precipitativi e flussi di calore superficiale. Piccole modifiche nei tempi di residenza: Canarin sembra meno prona agli effetti del cambiamento climatico sulla dinamica interna.



# MODELLO DI IDONEITÀ AMBIENTALE – HABITAT SUITABILITY MODEL (HSM)

Analisi e proiezione dell'idoneità ambientale alla presenza di target specifici per l'area del Delta del Po:

- Vongola filippina
- Canneto



## VALORE AGGIUNTO DELLA METODOLOGIA APPLICATA

- Valutazioni omogenee a scala di Delta attraverso un'analisi integrata dei dati disponibili
- Modelli di idoneità, specifici per l'area di studio, che permettono di valutare l'influenza delle diverse variabili ambientali sulla distribuzione della risorsa
- Utilizzo dei modelli per valutare e confrontare lo scenario attuale (2010-2011) e climatico (2080-2100) in termini di idoneità degli habitat
- Possibilità di riapplicare i modelli predisposti con nuovi dati disponibili e utilizzarli come strumento a supporto di decisioni di gestione
- Accoppiamento con modelli idrodinamici e descrizione della variabilità nello spazio e nel tempo (es: stagioni) delle diverse variabili

# ASSUNTI DA TENERE IN CONSIDERAZIONE NELLA VALUTAZIONE DEI RISULTATI

- Per la vongola è stato usato un modello 'teorico' di idoneità: per diverse lagune adriatiche (Delta del Po + Venezia) è già stato dimostrata la possibilità di mettere a punto modelli calibrati di produzione sulla base di dati locali. **NECESSITA' di DATI DI PRODUZIONE LOCALE**
- Per la vongola gli strumenti usati valutano l'idoneità alla produzione dalla semina al prodotto di taglia commerciale. Per la valutare la disponibilità del seme servono altri tipi di strumenti.
- Il modello per la distribuzione del canneto è stato sviluppato usando la mappatura sul Delta Veneto del 2006, assumendo che la situazione fosse rappresentativa del periodo 2010-2011. **NECESSITA' di DATI PIU' AGGIORNATI**
- Per gli scenari futuri valgono le assunzioni del modello idrodinamico. **Non sono state considerate variazioni per le variabili non incluse nel modello idrodinamico (es: nutrienti), al fine di evitare di introdurre ulteriori assunzioni. Non sono state considerate variazioni nelle interazioni biologiche (es: parassiti, predatori, ..)**

# LA VONGOLA FILIPPINA: RUDITAPES PHILIPPINARUM

Un cenno alla sue caratteristiche, all'importanza socio-economica e alla sua Presenza nel Delta del Po



- La vongola è un mollusco bivalve che vive in acque poco profonde sepolto a 15-20 cm di profondità sotto il fondale lagunare. Questa specie si nutre filtrando fitoplancton dall'acqua tramite i sifoni.
- **L'ingresso della vongola filippina** in Europa è avvenuto dal pacifico lungo le coste mediterranee della Francia **agli inizi degli anni '80** per immissione di lotti di individui a scopo commerciale in Laguna di Venezia e successivamente **la Sacca di Goro (Fe), la Sacca del Canarin** e la Laguna di Grado Marano.
- Nel giro di pochi anni l'attività di allevamento della vongola **nelle lagune del Delta è diventata una delle attività occupazionali ed economiche prevalenti.**
- L'allevamento delle vongole veraci viene praticato direttamente sul fondo e la prima fase è quella del reperimento del seme, direttamente in ambiente lagunare o da schiuditoio. La densità di semina dipende dalle caratteristiche dell'area: In condizioni di ridotto ricambio idrico e scarsa presenza di fitoplancton la densità di semina deve essere piuttosto contenuta, mentre nelle aree caratterizzate da forti ricambi idrici e dotate di buona trofia, la densità di semina può arrivare fino a valori molto più alti. La raccolta del prodotto può avvenire a mano o con mezzi meccanici.
- **Le lagune del Delta del Po sono un ambiente ideale per la crescita e l'allevamento della vongola filippina** grazie all'elevato stato trofico delle acque, ad una relativa bassa profondità dei fondali e ad un adeguato idrodinamismo, condizioni in grado di sostenere un'importante produzione primaria.
- **Esse rappresentano il principale produttore in Italia.** Negli anni 2009-2017 la produzione annuale media delle lagune del Delta del Po Veneto è stata circa 12.000 tonnellate mentre per la Sacca di Goro la produzione annuale media è stata attorno alle 13.000 tonnellate.

	Range ottimale	Range tollerato
Salinità	20-35 ‰	15-45 ‰
Torbidità	0-20 mgL <sup>-1</sup>	0-100 mgL <sup>-1</sup>
Temperatura	15-25 °C	0-32 °C
Ossigeno	>80 %	>40 %
Idrodinamismo	0,3-1 m s <sup>-1</sup>	0,2-2 m s <sup>-1</sup>
Fitoplancton Chla	2-11 µg L <sup>-1</sup>	2-22 µg L <sup>-1</sup>
Granulometria sedimento	>80% sabbia	>20% sabbia

Tabella riepilogativa dei range ottimali e dei range tollerati dalle vongole. Boscolo et al., 2011 con dati raccolti da Breber, 1996; Paesanti e Pellizzato, 2000; Solidoro et al., 2003

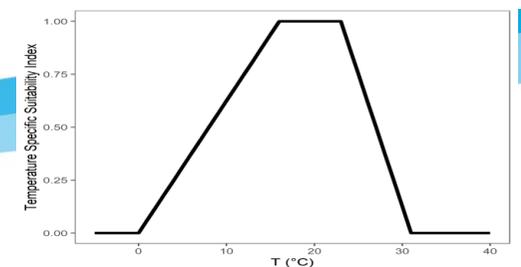
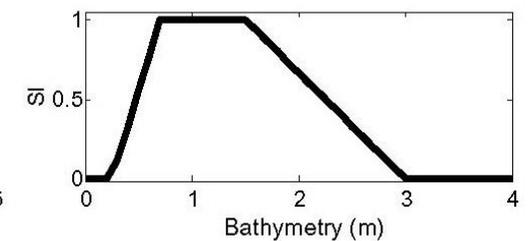
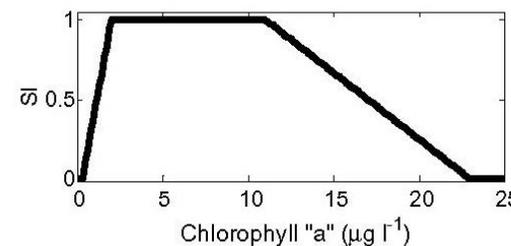
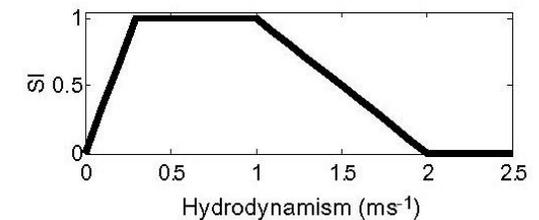
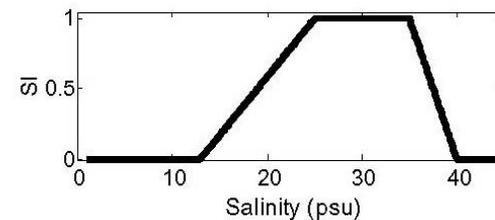
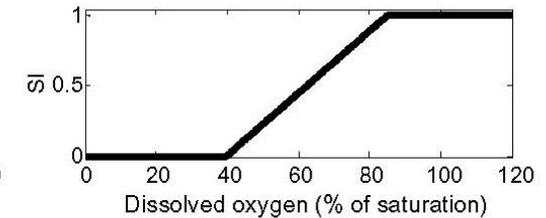
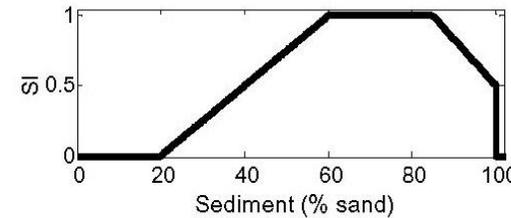
# VONGOLA FILIPPINA – HSM – IPOTESI

## Modello di idoneità (HSM) da Vincenzi et al., 2006-2007 + Temperatura

✓ 7 principali parametri biogeochimici ed idrodinamici (identificati sulla base di giudizio esperto - Paesanti and Pellizzato, 2000):

- Sedimento (% sabbia)
- Ossigeno disciolto
- Salinità
- Idrodinamismo (velocità)
- Clorofilla a
- Batimetria
- Temperatura

✓ Funzioni per assegnare l'idoneità legata ad ogni specifico parametro comprese tra 0 (non idoneo) e 1 (massimamente idoneo)



# VONGOLA FILIPPINA – HSM – IPOTESI

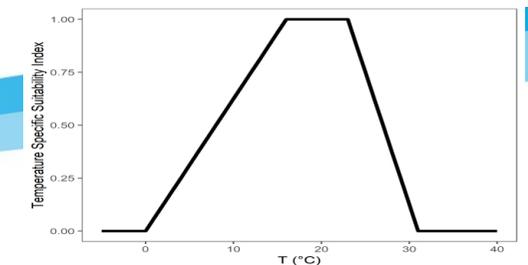
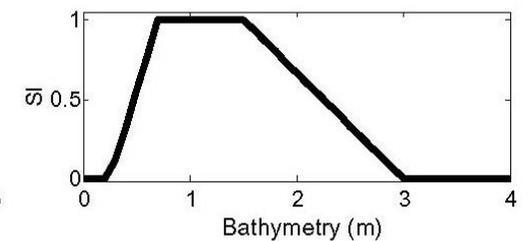
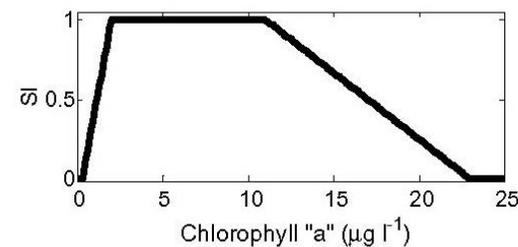
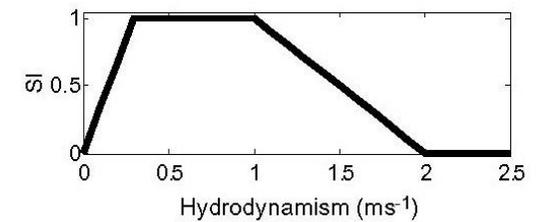
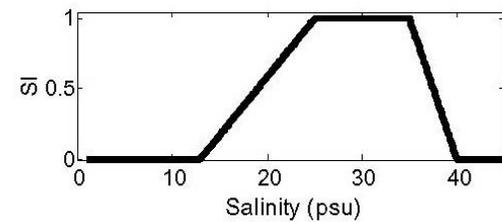
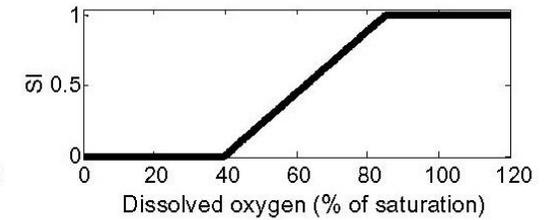
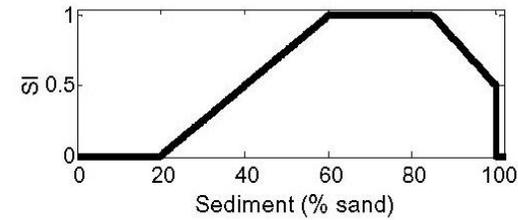
## Modello di idoneità (HSM) da Vincenzi et al., 2006-2007 + Temperatura

- ✓ Aggregazione delle funzioni specifiche attraverso una media geometrica pesata:

$$HSI(x, y) = \left( \prod_{i=1}^7 SI_i(x, y)^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum_{i=1, \dots, 7} w_i}}$$

- ✓ I pesi specifici per i 7 parametri biogeochimici ed idrodinamici:

- Sedimento (% sabbia): 5
- Ossigeno disciolto: 1
- Salinità: 1
- Idrodinamismo (velocità): 10
- Clorofilla a: 1
- Batimetria: 2
- Temperatura: 1



NB: Inclusione della temperatura per la vongola, originariamente non presente nella formulazione del modello

# VONGOLA FILIPPINA – HSM – HSI

2010/2011

2080/2100

Allo stato attuale la maggiore idoneità è presente nelle aree con maggiori scambi con il mare con gradiente di diminuzione verso la gronda

A livello generale si conferma la distribuzione di idoneità con **lievi variazioni** apprezzabili solo attraverso una mappa delle differenze



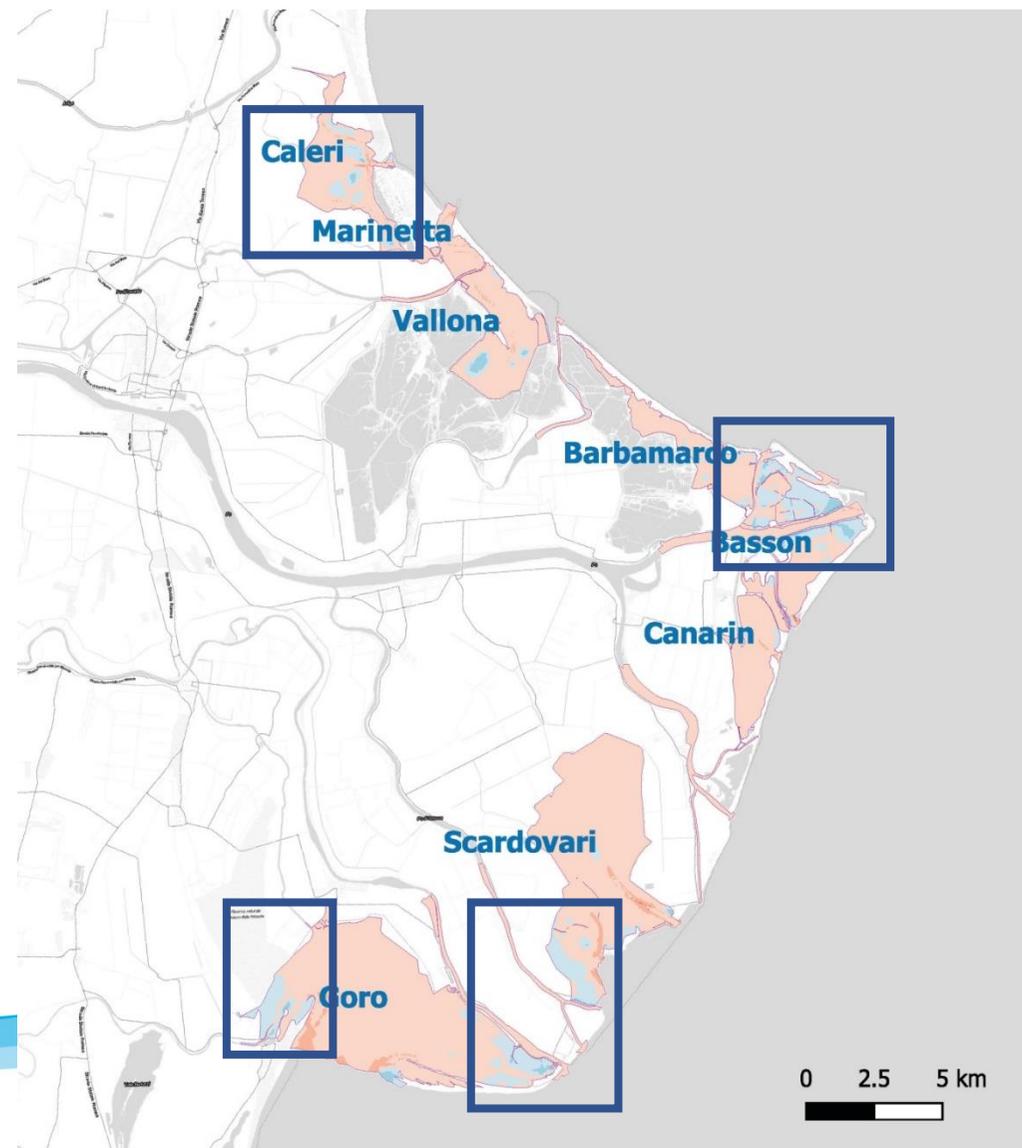
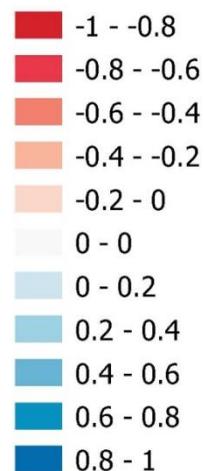
# VONGOLA FILIPPINA – HSM – DIFFERENZE

## NB: valutazioni a scala di Delta

Generalmente, a scala di Delta, si nota una lieve diminuzione di idoneità (-0.2 – 0)

mentre risulta un lieve aumento di idoneità nelle parti più interne di Goro, Scardovari (sud-ovest), a nord del Basson, tra Po di Maistra e Po di Pila, nel bassofondale prossimo alle bocche di Caleri

Vincenzi + T - HSI differenze



# VONGOLA FILIPPINA – HSM – DIFFERENZE

Generalmente la diminuzione di idoneità è spiegata dal parametro di profondità dell'acqua (RCP8.5 SLR atteso +0.63 m)

mentre localmente per la zona del Basson meridionale da una variazione di salinità (come da risultanze del modello HD)

Se si analizzano i parametri che danno le maggiori variazioni di idoneità, escludendo la profondità dell'acqua...

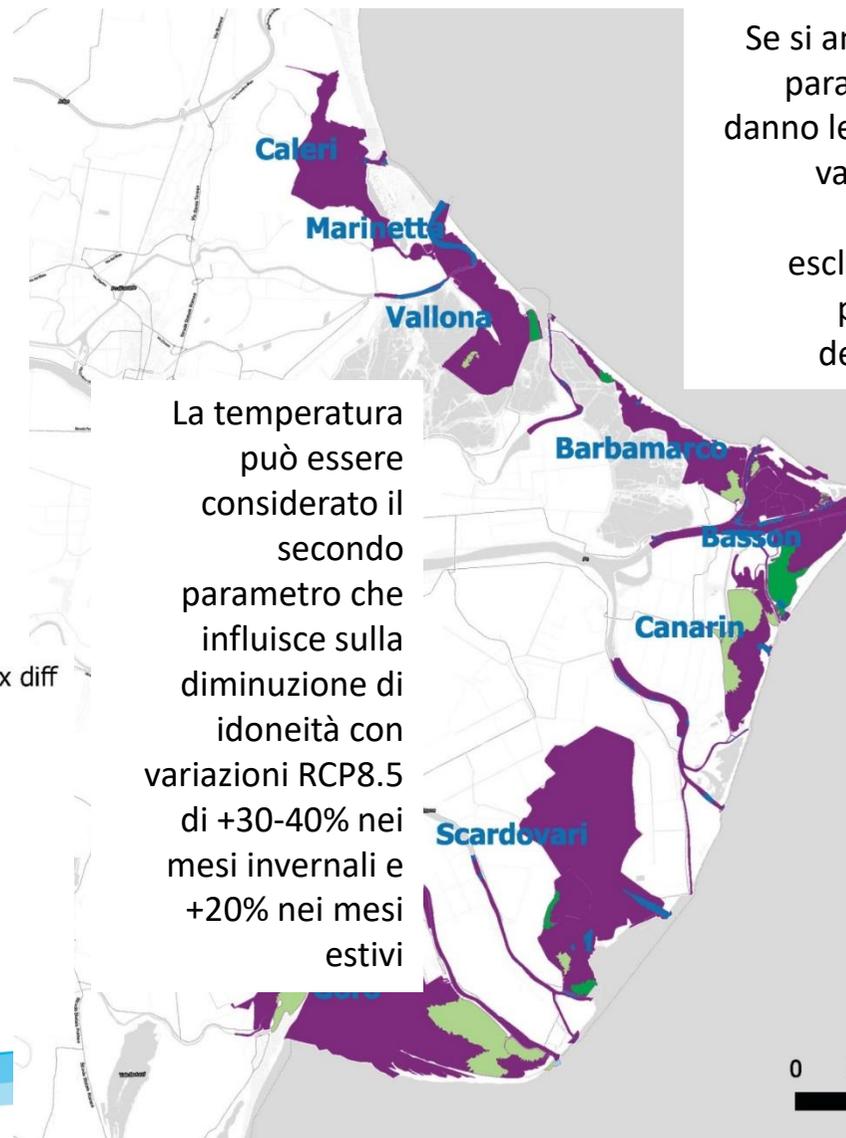
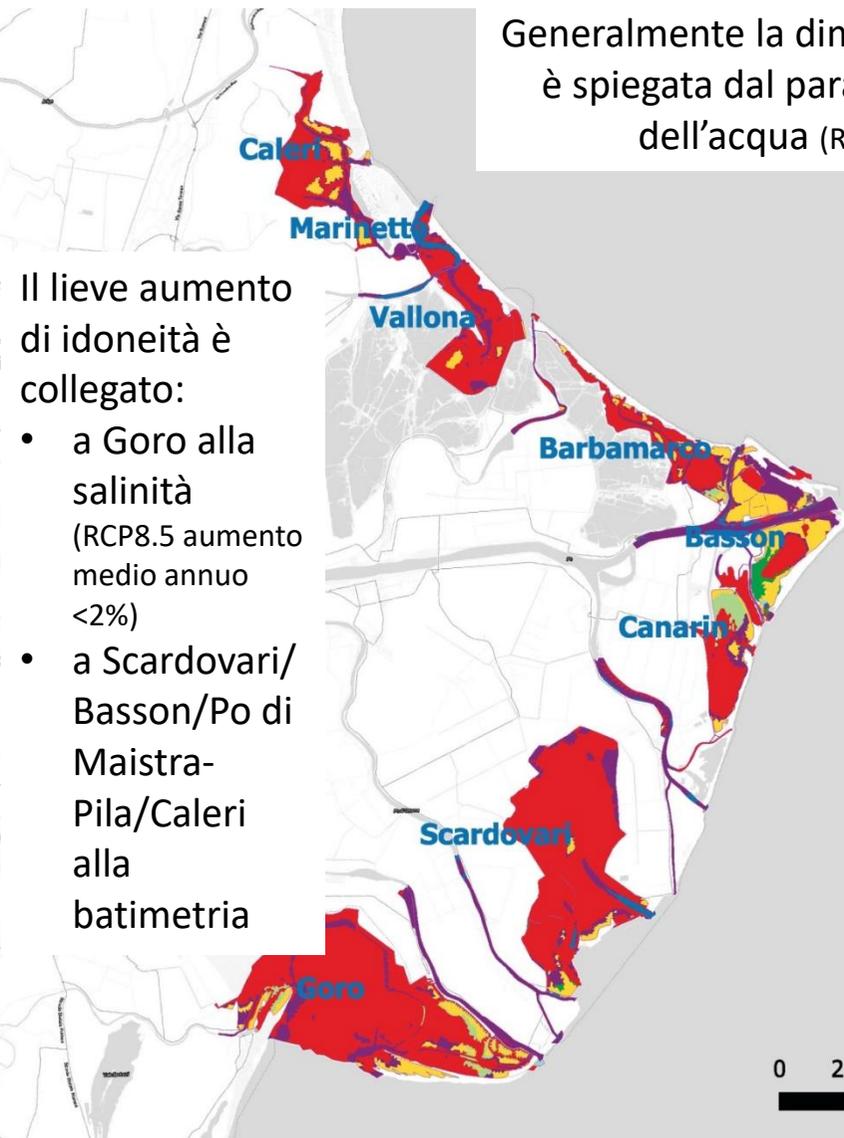
La temperatura può essere considerato il secondo parametro che influisce sulla diminuzione di idoneità con variazioni RCP8.5 di +30-40% nei mesi invernali e +20% nei mesi estivi

Vincenzi + T - Fattori Max diff

- bathy-
- bathy+
- hydro-
- hydro+
- sal-
- sal+
- t-
- t+

0 2.5 5 km

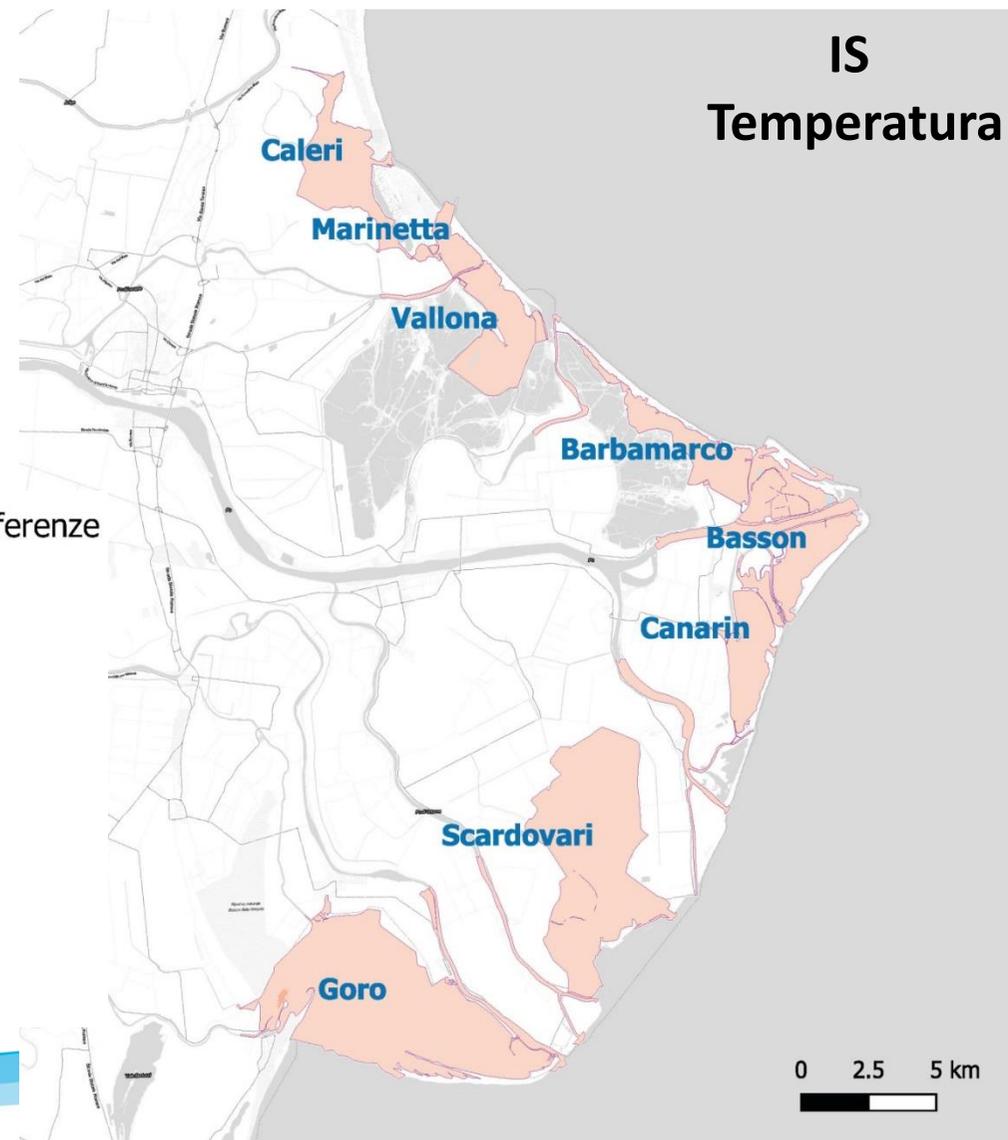
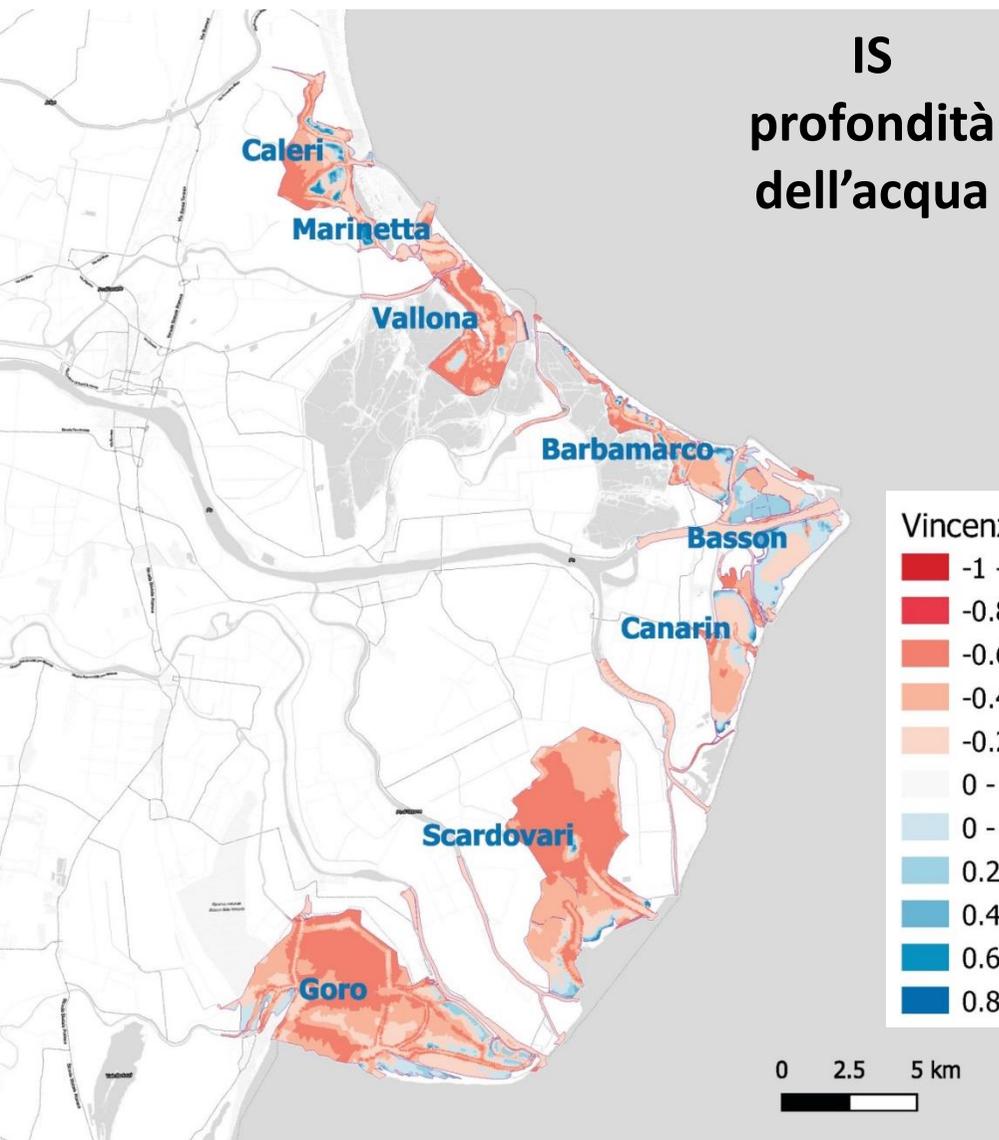
0 2.5 5 km



Il lieve aumento di idoneità è collegato:

- a Goro alla salinità (RCP8.5 aumento medio annuo <2%)
- a Scardovari/Basson/Po di Maistra-Pila/Caleri alla batimetria

# VONGOLA FILIPPINA – HSM – DIFFERENZE



# IL CANNETO

Un cenno alle sue caratteristiche, all'importanza ambientale e alla presenza nel Delta del Po



- La specie principale del canneto è la cannuccia di palude *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud., una **specie invasiva erbacea perenne**.
- Forma fitti e densi popolamenti spesso impenetrabili.
- Le piante crescono sia nei fossi o corsi d'acqua dolce che in vicinanza delle acque salmastre dove sviluppano fusti più robusti e resistenti; **attechiscono spontaneamente fino a salinità di 12-15**.
- **Contribuisce alla biodiversità:**
  - Il canneto è **habitat di specie per molte specie di uccelli di interesse conservazionistico** che utilizzano tale ambiente per l'alimentazione, la nidificazione e il riposo
  - **La zona sommersa è un habitat importante per i giovanili e gli adulti di varie specie di pesci** come il Ghiozzetto cenerino (incluso nell'All. II della Dir. 92/43/CEE), la Spigola, le Anguille e i Cefali, nonché di anfibi ed invertebrati

- **Regolazione della qualità delle acque:** favorisce i processi di fitodepurazione riducendo gli eccessi di nutrienti
- **Ossigenazione dei fondali** grazie all'azione dei rizomi cavi che ricevono l'ossigeno dalle foglie e lo distribuiscono nel terreno agevolando i processi di mineralizzazione
- **Difesa della morfologia dai processi erosivi:** attenua il moto ondoso e svolge un ruolo attivo di cattura dei sedimenti rimessi in sospensione
- **Sequestro di CO2** producendo elevate quantità di biomassa
- **Produzione di suolo organico**

Per le Lagune del Delta del Po della Regione Veneto i dati sono del 2006, per la Sacca di Goro i dati sono del 1996

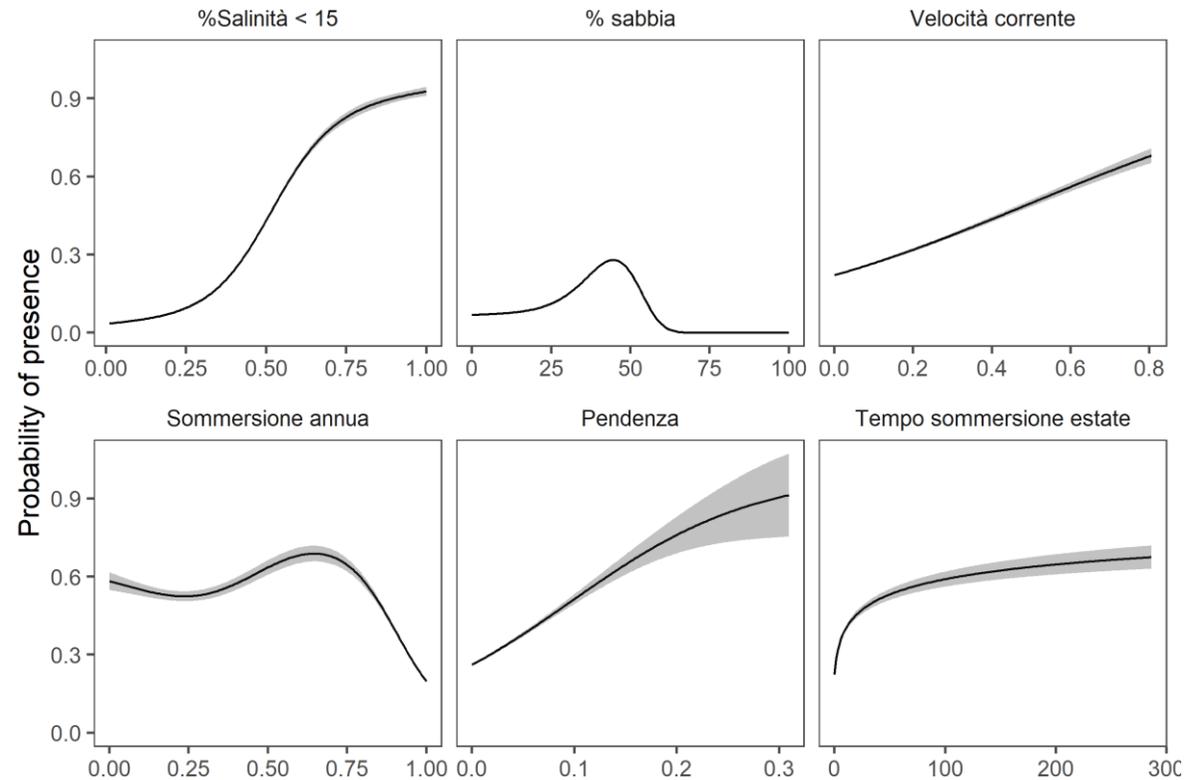


# CANNETO – HSM – PROBABILITÀ DI PRESENZA

Stima della probabilità di presenza come misura della bontà dell'habitat per il canneto

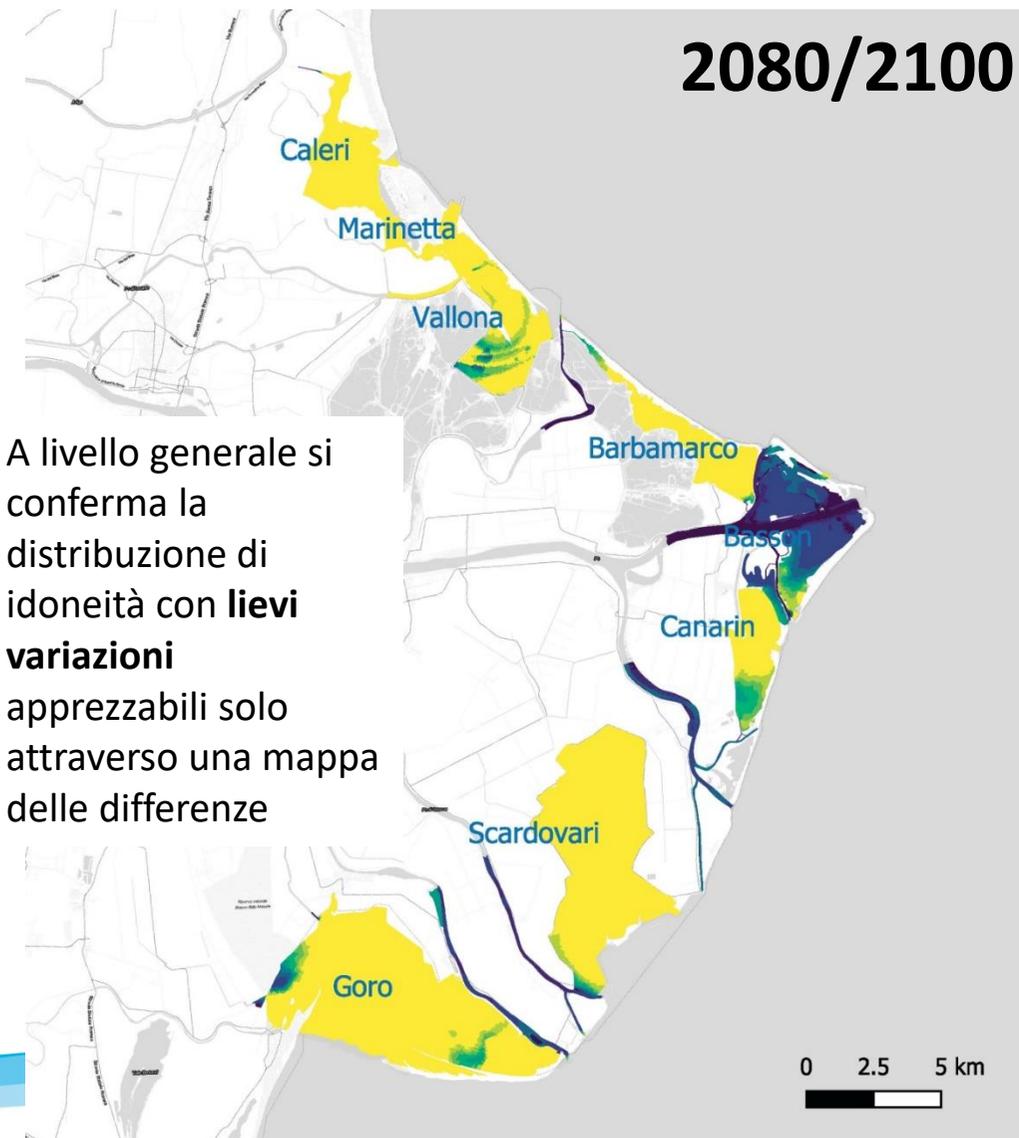
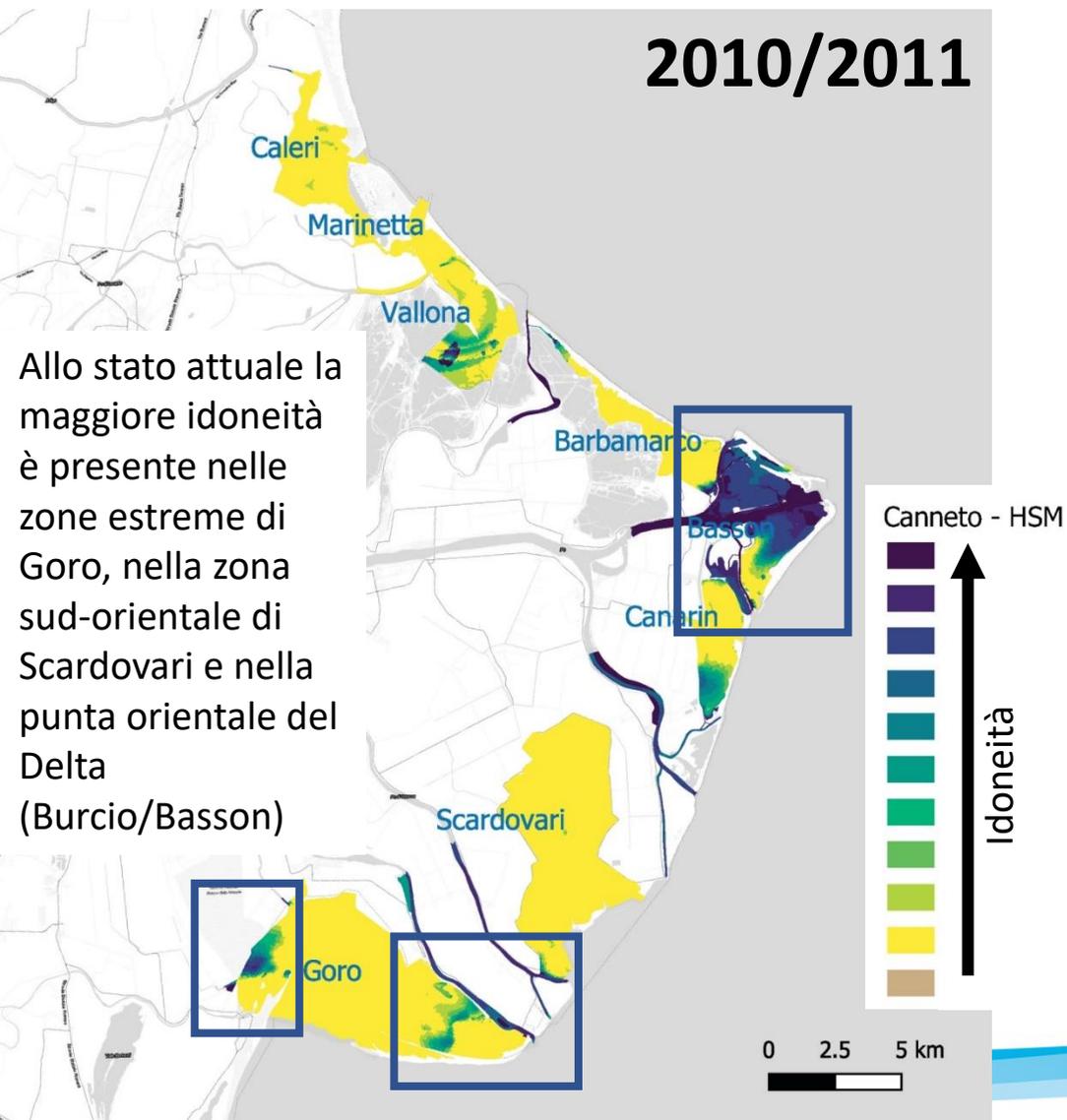
✓ Parametri biogeochimici ed idrodinamici inclusi nel modello:

- % Salinità < 15
- % Sabbia
- Velocità corrente (m/s)
- % Sommersione annua
- Pendenza
- Tempo sommersione estate (h)



NB: questi parametri sono emersi, attraverso un approccio statistico, come quelli capaci di spiegare la presenza di canneto rilevata dalla mappatura disponibile per il Delta Veneto (accuratezza del modello all'85%)

# CANNETO – HSM – PROBABILITÀ DI PRESENZA

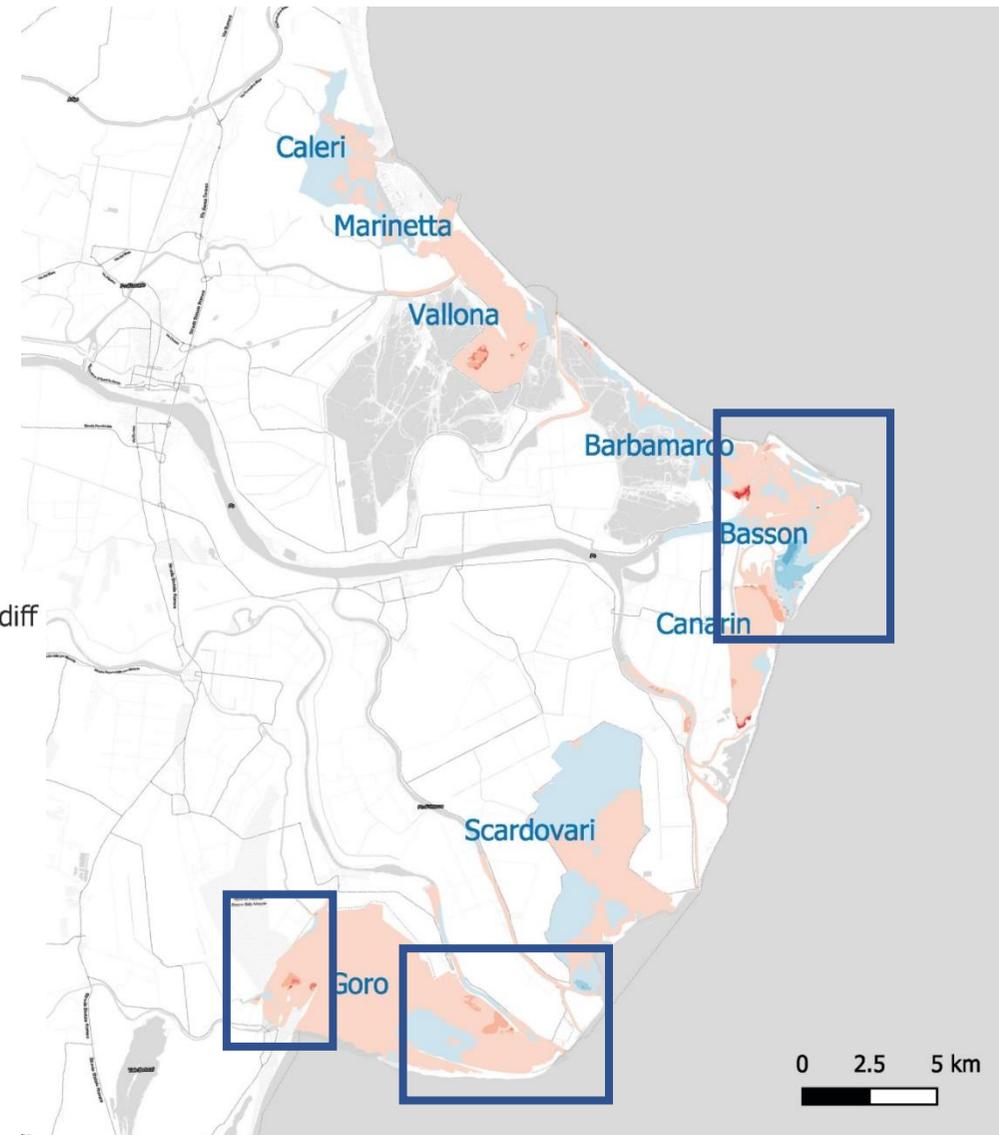
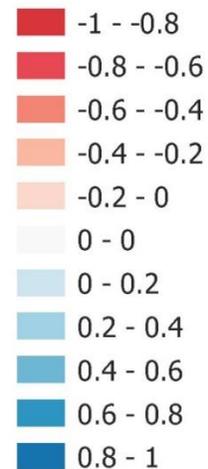


# CANNETO – HSM –DIFFERENZE 2100-2010

## NB: valutazioni a scala di Delta

Nelle zone attualmente idonee, si nota una diffusa diminuzione di idoneità (-0.4 – 0) mentre un deciso aumento di idoneità è localizzato nella zona meridionale del Basson e nella zona sud-orientale di Scardovari

Canneto - HSM diff



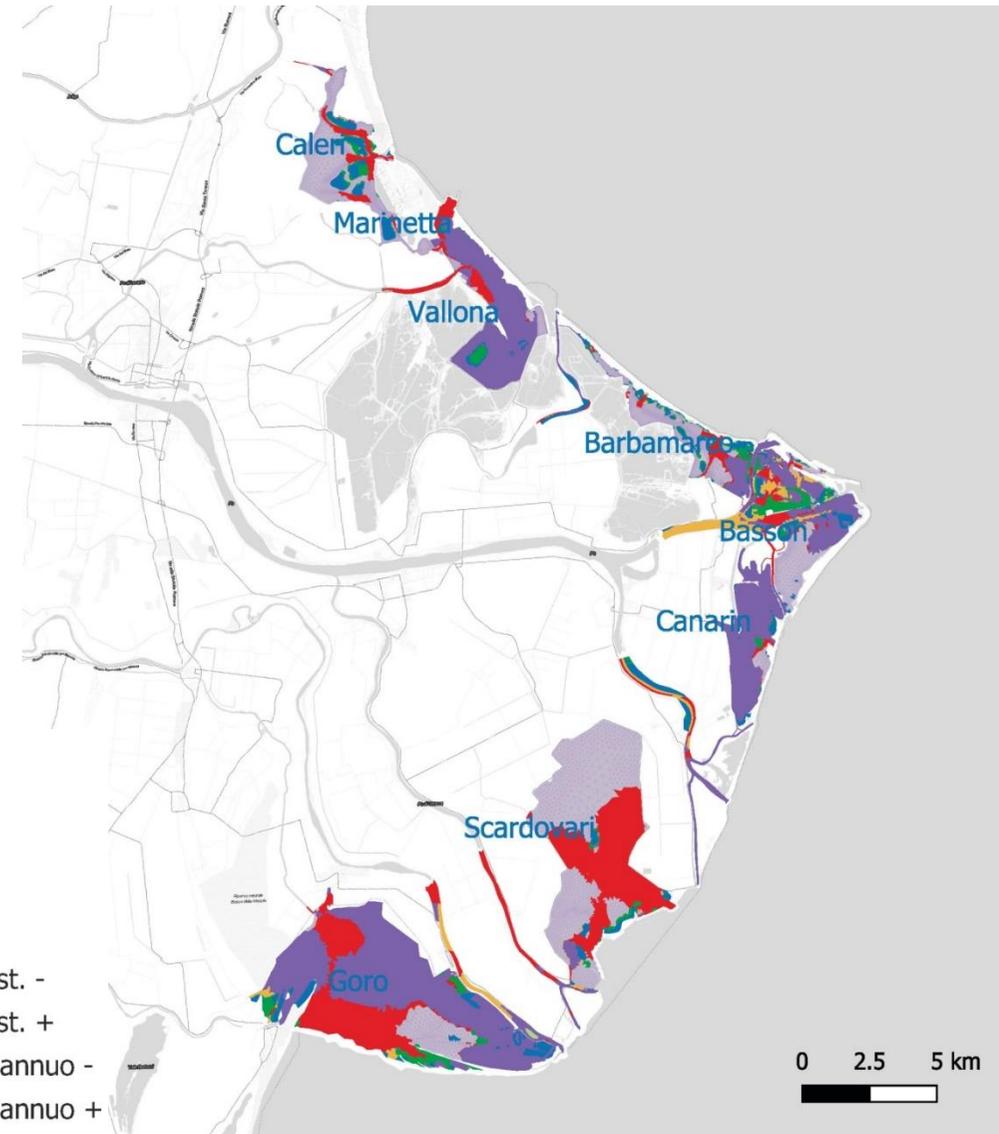
# CANNETO – HSM – PARAMETRI MASSIME DIFFERENZE 2100-2010

Le considerazioni generali a scala di Delta relative ai parametri maggiormente influenti per le variazioni di idoneità attese sono:

- **diminuzioni di idoneità** legate alla % di tempo con **salinità** inferiore a 15 PSU, collegato all'aumento di salinità (RCP8.5 aumento medio annuo <2%), e la **% di tempo medio annuo di sommersione**, possibilmente collegato all'aumento del livello (RCP8.5 SLR +0.63 m);
- **aumento di idoneità** localizzata nell'area meridionale del Basson e nell'area sud-orientale di Scardovari, influenzata dalla permanenza a **salinità inferiori** ai 15 PSU (come da risultanze del modello HD)

## Parametri variazioni

- velocità -
- velocità +
- % S < 15 -
- % S < 15 +
- t sommersione est. -
- t sommersione est. +
- % sommersione annuo -
- % sommersione annuo +



# IN CONCLUSIONE...

- Un sistema che integra dati osservativi e modellistica multidisciplinare per la proiezione di dinamiche fisiche ed ecologiche in scenari climatici
- Una metodologia per convogliare i risultati dello stato dell'arte della ricerca ad applicazioni pratiche
- La potenza di questo strumento dipende dalla qualità e quantità dei dati disponibili
- Importanza di intensificare le interazioni tra Istituzioni di ricerca e realtà locali per identificare priorità di analisi e di raccolta dati

## CONTINUE A SEGUIRCI!



<https://www.italy-croatia.eu/web/changewecare>

<https://www.facebook.com/changewecare>

<https://twitter.com/ChangeCare>

<https://www.youtube.com/channel/UCZa6Pz1m6v7u6n8ZZei9ADA/>

Contatti:

Debora Bellafiore – [debora.bellafiore@ismar.cnr.it](mailto:debora.bellafiore@ismar.cnr.it)

Alessandra Feola – [alessandra.feola@isprambiente.it](mailto:alessandra.feola@isprambiente.it)

Davide Bonaldo – [davide.bonaldo@ve.ismar.cnr.it](mailto:davide.bonaldo@ve.ismar.cnr.it)