



Università
Ca'Foscari
Venezia

Corso di Laurea
Scienze ambientali
gestione e pianificazione dell'ambiente
indirizzo terrestre

Tesi di Laurea

**Habitat sommersi della laguna di
Venezia: possibili relazioni tra
configurazione spaziale e
funzionalità ecologica**

Relatore

Ch. Prof. Fabio Pranovi

Correlatore

Dr.ssa Silvia Rova

Laureanda

Sara Bergamin
Matricola 801570

Anno Accademico

2017 / 2018

Indice

1	Introduzione.....	3
1.1	Landscape ecology e seascape ecology.....	3
1.2	La laguna di Venezia ed il suo ecosistema.....	5
1.3	Scopo del lavoro.....	6
2	Materiali e metodi.....	7
2.1	Le due configurazioni spaziali	7
2.2	I due casi analizzati: l'assenza e la presenza dei canali	11
2.3	Le scale spaziali utilizzate nello studio.....	14
2.3.1	Le scale spaziali a griglia irregolare	14
2.3.2	Le scale spaziali a griglia regolare.....	14
2.4	La selezione degli indici.....	16
2.5	Il calcolo degli indici.....	20
3	Risultati.....	21
3.1	La scala di bacino.....	21
3.2	La scala spaziale dei sottobacini	25
3.3	La scala spaziale dei corpi idrici	30
3.3.1	Il confronto con la valutazione dello stato ecologico	35
3.4	Le scale spaziali a griglia regolare	37
4	Discussione dei risultati.....	45
4.1	Analisi della Configurazione 1 a livello di bacino.....	45
4.2	Analisi alla scala spaziale dei sottobacini	46
4.3	Analisi alla scala delle griglie regolari.....	47
4.4	Analisi alla scala spaziale dei corpi idrici	49
5	Confronto tra i risultati degli indici e il giudizio sullo stato ecologico	50
6	Conclusioni.....	51

Bibliografia	52
Indice degli elementi numerati.....	54

1 Introduzione

1.1 *Landscape ecology e seascape ecology*

L'ambiente naturale, qualunque esso sia, ha tra le sue caratteristiche distintive il fatto di apparire dominato dalla casualità agli occhi di chi si limita ad osservarne l'aspetto estetico mentre agli occhi degli ecologi, esso appare come conseguenza dell'interazione di tutta una serie di regole tutt'altro che stocastiche.

Fu Carl Troll che nel '39 intuì la tendenza degli ecosistemi verso configurazioni stabili e chiamò tali configurazioni "paesaggi".

Dalla evoluzione dei concetti proposti da Troll, nel dopoguerra nacque la disciplina che oggi è conosciuta con il nome di ecologia del paesaggio (*landscape ecology*),

Secondo la definizione data dalla IALE (International Association for landscape ecology) "l'ecologia del paesaggio è la disciplina che si occupa dello studio delle variazioni spaziale del paesaggio a diversi livelli di scala.

Tale disciplina, derivando in origine (almeno in ambito europeo), da un approccio geografico, si è prevalentemente concentrata sugli ecosistemi terrestri.

Il paesaggio quindi è diventato esso stesso oggetto di indagine, e non più il singolo organismo o la sua comunità ristretta, e ciò ha richiesto la creazione di decine di metriche volte ad integrare gli elementi che stanno alla base del buon funzionamento degli ecosistemi: diversità, connettività, dimensione delle patch e tempo (Rubio *et al.*, 2015).

In ambito europeo la *landscape ecology* viene considerata la base scientifica alla pianificazione del territorio, per la conservazione, il corretto uso delle risorse e nella bonifica (Silva-Ecosystem-Consultant, 1992).

Una corretta gestione degli ecosistemi infatti permette la loro conservazione e il mantenimento dei servizi ecosistemici ad essi collegati.

Accanto alla *landscape ecology*, negli ultimi decenni, grazie alla disponibilità su larga scala di nuove tecnologie di remote sensing, che hanno permesso di avere a disposizione dati relativi alla distribuzione e composizione degli habitat marini, si è affiancata una nuova branca disciplinare, la *seascape ecology* che vede l'applicazione

agli habitat marini dei concetti e delle metriche sviluppati per la *landscape ecology* (Wedding *et al.*, 2011).

Anche l'ecologia marina quindi si occupa di comprendere le relazioni esistenti tra il pattern osservato e il corretto funzionamento dell'ecosistema in previsione delle inevitabili modifiche apportate dall'uomo all'ambiente (Costanza *et al.*, 1990; Wedding *et al.*, 2011).

A causa delle difficoltà tecniche comunque presenti, gli studi di *seascape ecology* non sono ancora molto diffusi e per questo motivo soffrono ancora della mancanza di indici sviluppati appositamente per l'ambiente marino (Wedding *et al.* 2011).

La metodologia di indagine risulta però comune alle due discipline e vede l'applicazione, a tutte le scale spaziali necessarie, di indici volti a valutare, sia la configurazione degli habitat, sia le relazioni tra le varie patch che li costituiscono.

Entrambe hanno come obiettivi l'integrazione degli aspetti geografici e degli aspetti ecologici con lo scopo ultimo di permettere la gestione degli ecosistemi in funzione dello sfruttamento e della fruizione da parte dell'uomo (Botequilha Leitão and Ahern 2002).

In Italia i campi di applicazione riguardano essenzialmente la pianificazione territoriale, la pianificazione ambientale, la conservazione e la progettazione delle reti ecologiche ma non mancano applicazioni nella valutazione di impatto ambientale e di valutazione ambientale strategica.

Al momento, gli studi in ambito di *seascape ecology* riguardano prevalentemente indagini esplorative volte a comprendere la connessione tra struttura fisica e dinamiche ecologiche e l'influenza delle attività umane sulla frammentazione degli habitat (Rubio *et al.*, 2015; Peng *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2016; Tomaselli *et al.*, 2016; Betzabeth *et al.* 2017).

Si tratta spesso di indagini il cui interesse va oltre alla descrizione geografica dell'ambiente e perciò considerano anche alcuni aspetti della componente temporale dell'evoluzione, come ad esempio lo spostamento per foraggiamento/riproduzione e la modifica delle proporzioni degli habitat di interesse.

1.2 La laguna di Venezia ed il suo ecosistema

La laguna di Venezia, la più grande laguna costiera del bacino del Mediterraneo, si estende per una lunghezza di circa 50 km ed una larghezza di 11 km, con una superficie totale di 550 km².

Essa è collegata al mare tramite tre bocche di porto: Lido, Malamocco e Chioggia, che si aprono nei cordoni litoranei che la separano e la proteggono dal mare.

Da un punto di vista morfologico la laguna appare come un complesso sistema di ambienti emersi (le isole, che occupano il 8% della superficie), sommersi (lo specchio d'acqua costantemente sommerso occupa l'67% della superficie) e parzialmente sommersi (le barene, che occupano il 25% della superficie) che si alternano e si sovrappongono andando a costituire un ecosistema di transizione (Osservatorio, 2006)

Dalle bocche di porto si diparte una rete di canali che diramandosi e restringendosi, arriva fino alle zone più interne.

Questa fitta rete di canali permette la circolazione e il ricambio idrico anche nelle aree più interne, sebbene per alcune zone il tempo di residenza sia stato stimato anche di 30 giorni (Solidoro et al. 2004)

Le dinamiche idrologiche (maree, ricambio idrico, moto ondoso, apporto di materiali dal mare o dalla terra ferma) influenzano anche le caratteristiche geologiche dei fondali che, assieme al diverso grado di salinità delle acque, determinano la tipologia degli habitat sommersi.

La laguna è un ecosistema altamente produttivo, fortemente antropizzato e sfruttato, in cui la salute e il mantenimento dei servizi ecosistemici sono indissolubilmente legati al corretto funzionamento degli habitat sommersi.

Per poter garantire buoni livelli di produttività, scongiurare squilibri ecologici e migliorare la gestione delle risorse disponibili degli habitat acquatici, a livello europeo, è stata introdotta la direttiva 2000/60/CE nella quale vengono utilizzati Elementi di Qualità Biologica (EQB) quali Macroalghe, Fanerogame, Macroinvertebrati bentonici e Necton (nonché parametri fisico-chimici e chimici e idromorfologici a supporto dei parametri biologici) per la definizione dello stato ecologico dei corpi idrici, e quindi anche per la laguna di Venezia.

1.3 Scopo del lavoro

Partendo dalla distribuzione spaziale degli habitat sommersi della laguna di Venezia e passando poi alla loro caratterizzazione spaziale mediante un gruppo di indici selezionati allo scopo, il presente lavoro di tesi intende valutare dapprima la reale distribuzione degli habitat e le loro relazioni, prendendo in considerazione anche la presenza dei canali e successivamente analizzare le possibili relazioni tra configurazione spaziale degli habitat sommersi e stato ecologico, come individuato in base alla Direttiva europea sulle acque (2000/60/CE) durante il monitoraggio 2011-2012.

Riuscire ad identificare un gruppo di indici che, prendendo in considerazione solamente la distribuzione spaziale degli habitat sommersi, possano fornire informazioni sullo stato ecologico, paragonabili a quelle che vengono ricavate durante le campagne di monitoraggio, risulterebbe di grande utilità nella gestione in telemetria della situazione ordinaria della laguna ma, soprattutto come supporto alle decisioni nelle eventuali “crisi ecologiche”.

2 Materiali e metodi

Uno studio in ambito di *seascape ecology*, per poter essere eseguito, richiede innanzitutto che vi siano informazioni sulla distribuzione degli habitat presenti per tutta l'area oggetto di indagine in quanto è su di essi che verranno applicati gli indici (Aswani et al. 2008).

Per valutare l'eventuale effetto di scala e per poter avere una visione più articolata delle condizioni ecologiche, tali indici vengono applicati a diverse scale spaziali, scelte compatibilmente con le caratteristiche dell'ambiente studiato.

Il presente lavoro di tesi si è quindi articolato in tre fasi principali: la prima ha visto la creazione di due configurazioni spaziali degli habitat sommersi della laguna di Venezia, in base ai dati disponibili e di due ipotesi di presenza/assenza dei canali (con funzione di barriera ecologica); una seconda fase, in cui si sono individuati ed applicati gli indici utili alla descrizione della configurazione alle sei scale spaziali selezionate ed infine la terza fase ha visto, nell'ambito delle attività, il confronto tra i risultati degli indici e lo stato ecologico della laguna, così come descritto nel contesto dell'applicazione della Direttiva quadro sulle acque (Direttiva 2000/60/CE).

2.1 Le due configurazioni spaziali

Nonostante la laguna di Venezia sia un ambiente molto studiato a livello locale, non è ancora disponibile una vera e propria mappatura degli habitat sommersi.

E' possibile recuperare solo delle mappe di distribuzione di alcune specie, ad esempio le fanerogame marine (Atlante della Laguna tavola 61) e *Ruditapes philippinarum* (Vincenzi et al., 2011).

Per descrivere la configurazione degli habitat acquatici, si è quindi deciso operare in modo indiretto.

Sono stati individuati quattro habitat ritenuti rappresentativi dell'ecosistema acquatico della laguna: l'habitat dominato da *Ruditapes philippinarum* (habitat Tapes), l'habitat dominato da fanerogame marine (habitat Fanerogame), l'habitat dominato dalle barene (habitat Barene) e infine l'habitat dominato dalle macroalghe (habitat Macroalghe).

I dati disponibili relativi alla configurazione spaziale dell'habitat Barene hanno permesso la creazione di due ipotesi di configurazione spaziale degli habitat della

laguna, ciascuna delle quali caratterizzata dalla differente origine dei dati utilizzati per l'habitat Barene e, come si vedrà, anche dalla differente distribuzione dell'habitat Macroalghe.

In questo lavoro quindi, quando si parlerà di barene non ci si riferirà mai alla barena nella accezione comune di “ambiente parzialmente emerso, soggetto all'alternanza delle maree”, ma si farà riferimento alle piane sommerse antistanti le barene propriamente dette, definite 'velme'.

Per la creazione dell'habitat Barene della Configurazione 1 è stato utilizzato un buffer di 500 m attorno alle barene vere e proprie, mentre per la configurazione 2 sono stati utilizzati i dati ricavati indirettamente da un precedente lavoro di tesi (Mion, 2009) in cui le caratteristiche dei fondali venivano utilizzate per la valutazione dell'eterogeneità spaziale della comunità neotonica.

Per gli habitat Fanerogame e Tapes, sono state utilizzate le mappe indicate in precedenza, infine, l'habitat Macroalghe è stato ricavato come differenza degli altri tre.

Tramite il software Quantum GIS v 2, i dati disponibili relativi a questi habitat sono stati riuniti e aggregati (Tabella 1-Tabella 2) e sono state create le mappe delle due configurazioni spaziali denominate Configurazione 1 e Configurazione 2.

Tabella 1: Quadro riassuntivo delle fonti e delle elaborazioni che hanno portato alla generazione della Configurazione 1

	Habitat	Fonte	Anno	Formato del dato originario	Elaborazione a cui sono stati sottoposti i dati	Creazione del raster utilizzato nelle analisi
Configurazione 1	<i>Barene</i>	Atlante della Laguna; mappa: Barene naturali http://cigno.atlantedellalaguna.it/layers/base%3Abarene_naturali	2006	vettore	Attorno all'area occupata delle barene naturali, tramite il software Quantum GIS, è stato posto un buffer di 500 m e l'area risultante è stata quindi utilizzata nella mappa.	Le superfici dei vari habitat sono state riunite in un unico layer dando la priorità secondo la scala gerarchica Fanerogame, Tapes, Barene Macroalghe. Il layer è stato poi trasformato in un file raster a risoluzione di 250 m e usato per tutte le successive analisi.
	<i>Fanerogame</i>	Atlante della Laguna; mappa: tavola 61, fanerogame- rilievo aggiornato del 2002 http://www.atlantedellalaguna.it/?q=node/118	2002	vettore	Tramite il software Quantum GIS, il layer è stato sottoposto a buffer positivo e negativo di 300 m e l'area risultante è stata utilizzata nella mappa	
	<i>Tapes</i>	Application of a Random Forest algorithm to predict spatial distribution of the potential yield of <i>Ruditapes philippinarum</i> in the Venice lagoon, Italy (Vincenzi et al., 2011)	2011	vettore di un file raster a risoluzione 100 m	È stata considerata solo l'area in cui la produzione potenziale risultava superiore a 500 g m ⁻² y ⁻¹ . Tale superficie è quindi stata sottoposta a buffer positivo e negativo di 300 m ed è stata poi utilizzata l'area risultante	
	<i>Macroalghe</i>		—	vettore	Superficie rimanente non occupata da altri habitat	

Tabella 2: Quadro riassuntivo delle fonti e delle elaborazioni che hanno portato alla creazione della Configurazione 2

	Habitat	Fonte	Anno	Formato del dato originario	Elaborazione a cui sono stati sottoposti i dati	Creazione del raster utilizzato nelle analisi
Configurazione 2	<i>Barene</i>	Eterogeneità spaziale e indici di connettività: un'applicazione alla comunità neotonica di basso fondo della Laguna di Venezia. Mion, E. 2009; Figura 11	2009	vettore da georeferenziazione	Sono state utilizzate e trasferite in un layer solamente le aree con substrato nudo e sciolto appartenenti agli habitat ivi identificati con le lettere e, f, g.	Le superfici dei vari habitat sono state riunite in un unico layer dando la priorità secondo la scala gerarchica Fanerogame, Tapes, Barene Macroalghe. Il layer è stato poi trasformato in un file raster a risoluzione di 250 m e usato per tutte le successive analisi.
	<i>Fanerogame</i>	Atlante della Laguna, tavola 61- fanerogame-rilievo aggiornato del 2002 http://www.atlantedellalaguna.it/?q=node/118	2002	vettore	Tramite il software Quantum GIS, il layer è stato sottoposto a buffer positivo e negativo di 300 m e l'area risultante è stata utilizzata nella mappa	
	<i>Tapes</i>	Application of a Random Forest algorithm to predict spatial distribution of the potential yield of <i>Ruditapes philippinarum</i> in the Venice lagoon, Italy (Vincenzi et al., 2011)	2011	vettore di un file raster a risoluzione 100 m	È stata considerata solo l'area in cui la produzione potenziale risultava superiore a 500 g m ⁻² y ⁻¹ . Tale superficie è quindi stata sottoposta a buffer positivo e negativo di 300 m ed è stata poi utilizzata l'area risultante	
	<i>Macroalghe</i>		---	vettore	Superficie rimanente non occupata da altri habitat	

Il risultato finale di questi passaggi è stato la creazione dei due file raster a risoluzione di 250 m (Figura 1).

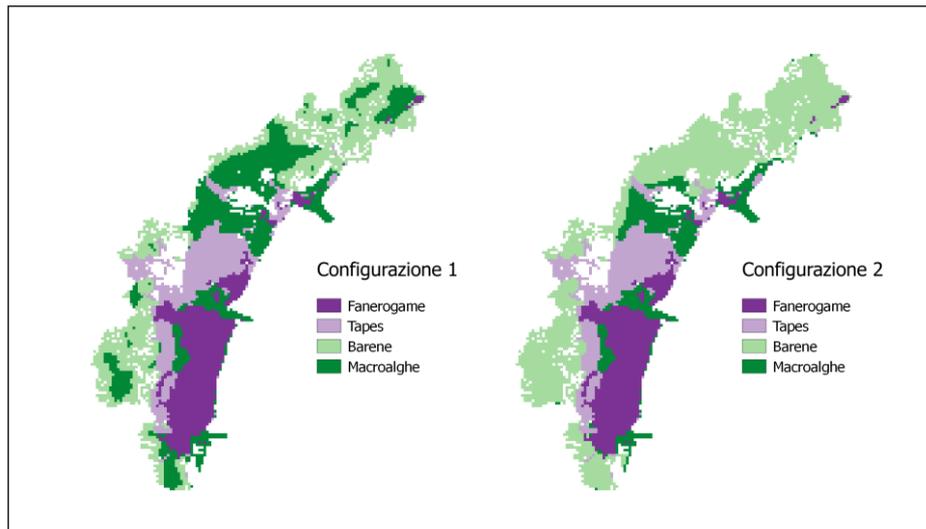


Figura 1: Distribuzione spaziale degli habitat sommersi utilizzati nel presente studio; confronto tra la Configurazione 1 e la Configurazione 2

2.2 I due casi analizzati: l'assenza e la presenza dei canali

Le due configurazioni così ottenute presentano indubbiamente una situazione molto lontana dalla realtà, ovvero una laguna priva degli elementi di frammentazione e barriera quali sono ad esempio i canali che la percorrono in una fitta rete che va dalle bocche di porto fin alle zone più interne.

Per poter valutare il loro potenziale effetto sulla frammentazione degli habitat e l'azione di barriera per il movimento di alcune specie, è stata creata una maschera contenente i canali (di profondità maggiore di 4 m) che è poi stata applicata, alle due configurazioni (Figura 2).

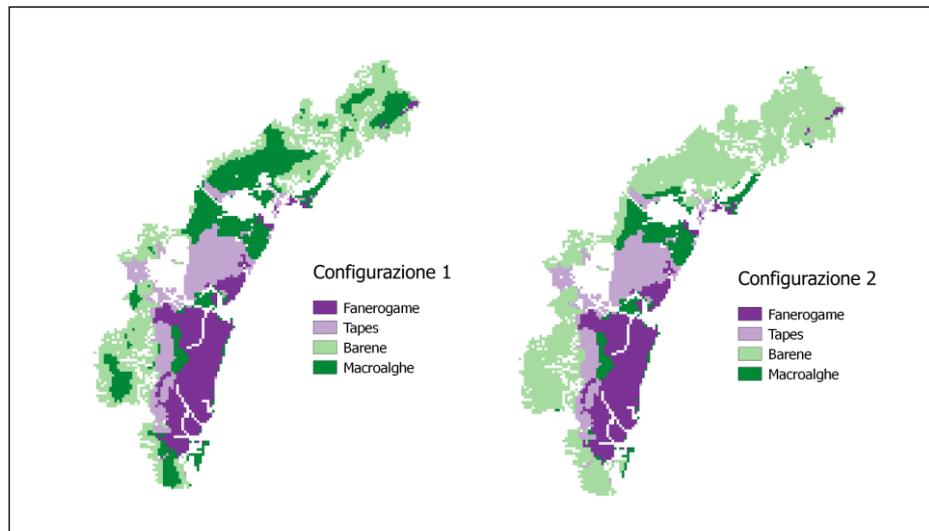


Figura 2: Distribuzione spaziale degli habitat sommersi utilizzati per il presente studio; Confronto tra la Configurazione 1 e la Configurazione 2 per il caso "canali si"

La differenza di risoluzione del raster della batimetria e la risoluzione necessaria per poter utilizzare la maschera nelle nostre configurazioni (ovvero 250 m) ha presentato qualche difficoltà tecnica; molti canali, specie quelli più stretti o poco profondi non riuscivano ad essere trasferiti con il cambio della risoluzione.

È stato quindi necessario cercare un compromesso tra la profondità (e quindi anche la larghezza) dei canali da considerare, e la perdita di informazione inevitabile dovuta al cambio della risoluzione.

Dalla valutazione della profondità media dei canali e dalla quantità di informazione che veniva persa nel cambio di risoluzione, si è valutato che la profondità di 4 m fosse il miglior compromesso.

Il raster a 250 m dei canali a profondità maggiore di 4 m è stato applicato ad entrambe le configurazioni.

Le mappe risultanti da questo passaggio verranno indicate come "caso canali si", mentre le due configurazioni come viste in precedenza verranno indicate come "caso canali no".

Tabella 3: Quadro riassuntivo delle fonti e delle elaborazioni eseguite per la creazione della maschera dei canali a profondità maggiore di 4 m per la creazione del caso "canali si" della Configurazione 1 e della Configurazione 2.

		fonte	anno	Formato del dato originario	elaborazione	utilizzo finale
Caso canali si	Canali lagunari	Atlante della Laguna; mappa: canali lagunari (MAV 2013) http://cigno.atlantedellalaguna.it/layers/geonode%3Acb13_canali_lagunari	2013	mappa vettoriale	La mappa vettoriale è stata sovrapposta al raster della batimetria per creare una mappa intermedia che rappresentasse i canali con le relative profondità	
	Batimetria della laguna	Atlante della Laguna; mappa: Profondità della laguna; http://cigno.atlantedellalaguna.it/maps/10	2002	raster risoluzione 8.89 m		Successivamente è stato generato un raster alla risoluzione 250 m solamente per i canali a profondità maggiore di 4 m

2.3 Le scale spaziali utilizzate nello studio

2.3.1 Le scale spaziali a griglia irregolare

Come si è avuto modo di sottolineare precedentemente, l'ecosistema lagunare è un ecosistema di transizione ed è quindi sottoposto a dinamiche idro-geologiche che costituiscono le forzanti naturali dell'evoluzione e del funzionamento dell'ecosistema.

È alla luce di ciò, che sono state selezionate le due scale spaziali a griglia irregolare: la scala spaziale dei Sottobacini e la scala spaziale dei Corpi idrici (per i dettagli si veda Tabella 4)

La scala spaziale dei Corpi idrici, oltre ad avere un dettaglio compatibile con le necessità di analisi di questo studio, viene utilizzata nel processo di definizione dello stato ecologico, così come richiesto dalla Direttiva CE ed è anche per questo motivo che è stata utilizzata.

2.3.2 Le scale spaziali a griglia regolare

Accanto alle due scale spaziali a griglia irregolare, sono state selezionate tre scale spaziali a griglia regolare che, mentre da un lato consentono di valutare le due Configurazioni in assenza delle ipotesi che sono alla base della definizione di Sottobacini e Corpi idrici, dall'altro permettono di valutare la risposta degli indici selezionati al fattore scala (ovvero, ciò che viene comunemente definito "effetto di scala").

La scala spaziale di minor dettaglio è la griglia di 5000 m che è stata scelta perché vicina alla superficie media dei corpi idrici e anche perché una dimensione maggiore avrebbe comportato una troppo elevata perdita di informazione.

La scala spaziale di maggior dettaglio utilizzata presenta celle di 1500 m ed è stata scelta in base alla superficie del Corpo idrico più piccolo.

Infine, la scala intermedia di 2500 m è stata scelta (tra tutte le possibili intermedie) in quanto è risultata essere migliore dal punto di vista del posizionamento della griglia nell'area di studio.

Tabella 4: Quadro riassuntivo delle fonti e delle elaborazioni che hanno portato alla creazione delle griglie regolari e irregolari utilizzate per le analisi

	Scala	Fonte	Anno	Formato del dato originario	Elaborazione
Griglia irregolare	<i>sottobacini</i>	Response of the Venice Lagoon Ecosystem to Natural and Anthropogenic Pressures over the Last 50 Years; (Solidoro et al. 2004)	2004	vettore da georeferenziazione	
	<i>corpi idrici</i>	Piano Di Gestione Dei Bacini Idrografici Delle Alpi Orientali	2010	vettore da georeferenziazione	Dei 14 corpi idrici indicati ne sono stati considerati solamente 10. sono stati esclusi i corpi idrici fortemente modificati
Griglia regolare	<i>1500 m</i>			vettore e raster a risoluzione 250 m	Mediante software QGIS è stato dapprima creato un vettore a maglia di 1500 m e successivamente è stato convertito in raster alla risoluzione di 250 m
	<i>2500 m</i>		□	vettore e raster a risoluzione 250 m	Mediante software QGIS è stato dapprima creato un vettore a maglia di 1500 m e successivamente è stato convertito in raster alla risoluzione di 250 m
	<i>5000 m</i>			vettore e raster a risoluzione 250 m	Mediante software QGIS è stato dapprima creato un vettore a maglia di 1500 m e successivamente è stato convertito in raster alla risoluzione di 250 m

2.4 La selezione degli indici

La seconda fase del lavoro ha visto da una parte il processo di selezione degli indici di analisi spaziale più utili agli scopi del presente lavoro, dall'altra, l'applicazione degli stessi alle due configurazioni, nelle diverse scale spaziali e casi considerati.

Per il calcolo degli indici è stato utilizzato il programma Fragstats v 4.2 il quale, dopo aver progettato un modello di analisi impostando una serie di parametri (ad esempio profondità del bordo, matrice di similarità e di contrasto, tipo di background), consente di calcolare centinaia di indici a livello di paesaggio, di classe e di patch.

La quantità di metriche disponibili e potenzialmente utili ai nostri scopi (115 indici calcolabili a livello di paesaggio e 109 a livello di habitat) e la loro correlazione non sempre esplicita (Riitters *et al.*, 1995; Cushman *et al.*, 2008), rende complessa la scelta di un gruppo di metriche adatto allo studio.

La letteratura consultata per capire se esistessero delle metriche maggiormente utilizzate o utili al nostro scopo, non ha consentito di risolvere definitivamente la questione. A questo punto si è deciso di seguire quanto proposto da Alhamad (Alhamad *et al.* 2011) applicando una PCA (Principal Component Analysis) per individuare il gruppo di metriche maggiormente significative per l'ambiente oggetto di studio.

Per eseguire la PCA è stato utilizzato il programma Primer v 6.

Dal confronto tra i risultati della PCA e le metriche selezionate da altri autori (Cushman *et al.*, 2008, Schindler *et al.*, 2008; Wei *et al.*, 2016) si è arrivati a selezionare il gruppo di 15 metriche qui utilizzato (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Tabella 5: Gli indici utilizzati nello studio (a_{ij} area della patch ij ; A area totale del paesaggio; e_{ik} lunghezza totale del bordo tra le classi; d_{ik} valore del contrasto; h distanza tra la cella e il centroide della patch; e_{ik} lunghezza totale in metri del bordo tra le patch di classe i e quelle di classe k ; E lunghezza in metri del bordo nel landscape escluso il background; g_{ii} numero degli adiacenti vicini; P_i proporzione di paesaggio occupata dalla classe i ; d_{ik} la similarità tra le patch

Acronimo	Nome	Formula	Livello	Unità di misura	Range	Descrizione
CA	Total class area	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{1}{10000}$	I	ettari	>0	Misura dell'area totale a livello di classe
TA	Total area	$TA = A \frac{1}{10000}$	I	ettari	>0	Area totale
NP	Number of patch	$NP = n_i$	cl	nessuna	≥ 1	Numero delle patch
CWED	Contrast-weighted edge density	$CWED = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=i+1}^m (e_{ik} d_{ik})}{A} (10000)$	cl	metri per ettaro	≥ 0	Misura il contenuto totale di bordo per unità di area, pesato per il contrasto tra differenti habitat

GYRATE_MN	Radius of gyration	$GYRATE = \sum_{r=1}^Z \frac{h_{ijr}}{z}$	cl	metri	≥ 0	Misura quanto una patch estende la propria influenza all'interno del territorio
IJI	Interspersion and juxtaposition	$IJI = \frac{-\sum_{i=1}^m \sum_{k=i+1}^m \left[\left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \times \ln \left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \right]}{\ln(0.5[m(m-1)])} (100)$	cl	percentuale	$0 < IJI \leq 100$	Misura l'adiacenza delle patch Si tratta di un indice relativo che rappresenta il livello di interdispersione osservato come percentuale del massimo possibile
LPI	Largest patch index	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)$	cl	percentuale	$0 < LPI \leq 100$	Misura della percentuale di paesaggio occupata dalla patch più estesa
LSI	Landscape shape index	$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}}$	cl	nessuna	≥ 1	Misura del rapporto area perimetro per l'intero landscape.
PARA_MN	Perimeter area ratio	$PARA = \frac{p_{ij}}{a_{ij}}$	cl	nessuna	> 0	Misura del rapporto area perimetro (in questo caso manca la standardizzazione)
PLADJ	Percentage of like adjacencies	$PLADJ = \left(\frac{\sum_{i=1}^m (g_{ii})}{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) (100)$	cl	percentuale	$0 \leq PLADJ \leq 100$	Percentuale di vicini uguali

Continua da pagina precedente

PLAND	percentage of landscape	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$	c	percentuale	$0 \leq PLAND \leq 100$	Misura della percentuale dell'area occupata da un tipo di habitat
SHAPE_MN	Mean patch shape index	$SHAPE = \frac{0.25p_{IJ}}{\sqrt{a_{ij}}}$	cl	nessuna	≥ 1	Misura della complessità della forma confrontandola con lo standard quadrato della stessa dimensione
SHDI	Shannon's diversity index	$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$	l	informazione	≥ 0	Misura della diversità
SIDI	Simpson's diversity index	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$	l	nessuna	$0 \leq SIDI < 1$	Indice di diversità che valuta la probabilità che due pixel scelti a caso appartengano a due differenti habitat
SIMI_MN	Similarity index	$SIMI = \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}d_{ik}}{h_{ijs}^2}$	cl	nessuna	≥ 0	Quantifica il contesto spaziale dell'habitat in relazione alla vicinanza di habitat dello stesso tipo

2.5 Il calcolo degli indici

Mantenendo inalterate le parametrizzazioni del modello di Fragstats utilizzato per la loro selezione, ma selezionando solamente le metriche necessarie allo studio, sono stati calcolati gli indici per tutte le scale spaziali considerate e per i casi canali no/si di entrambe le Configurazioni sia a livello di paesaggio, sia a livello di singolo habitat.

I dati generati quindi sono:

Configurazione 1

- Scala di bacino (livello di paesaggio, livello di habitat);
- Scala dei Sottobacini (livello di paesaggio, livello di habitat);
- Scala dei Corpi idrici (livello di paesaggio, livello di habitat);
- Griglia regolare di 1500 m, 2500 m, 5000 m (a livello di paesaggio).

Configurazione 2

- Scala di bacino (livello di paesaggio, livello di habitat);
- Scala dei Sottobacini (livello di paesaggio, livello di habitat);
- Scala dei Corpi idrici (livello di paesaggio, livello di habitat);
- Griglia regolare di 1500 m, 2500 m, 5000 m (a livello di paesaggio).

3 Risultati

L'applicazione del modello alle sei scale spaziali di entrambe le configurazioni, anche se limitatamente agli indici selezionati, ha generato una grande mole di dati che non sempre sarà possibile presentare in modo dettagliato. Si farà quindi uso non solo di grafici e tabelle, ma anche di mappe.

Il fatto che le due configurazioni siano state create utilizzando gli stessi dati per gli habitat Tapes e Fanerogame appare evidente anche nei risultati degli indici, le cui differenze non sono sufficienti da giustificare un confronto tra i risultati delle due configurazioni.

Si è deciso quindi di condurre l'analisi prendendo in considerazione solamente la configurazione 1 e i due casi di assenza/presenza dei canali in virtù del fatto che è stata generata con dati pubblicati. La configurazione 2 sarà utilizzata come riferimento, quando necessario.

3.1 La scala di bacino

L'origine comune di parte dei dati utilizzati per la creazione delle due Configurazioni appare già nei risultati degli indici relativi alla scala di bacino (Tabella 6) ma è nei risultati a livello di habitat che l'origine comune di due dei quattro habitat utilizzati appare molto evidente: i risultati di Tapes e Fanerogame sono gli stessi per entrambe le configurazioni, variano solo quelli per Barene e Macroalghe (Tabella 7).

La maschera dei canali maggiori di 4 m apporta inevitabilmente delle modifiche alla superficie totale (TA e CA) e al numero delle patch (NP).

Si nota infatti un aumento nel numero delle patch di Barene e Macroalghe ma si assiste alla riduzione di quello di Fanerogame mentre il numero delle patch di Tapes, rimane invariato.

Nei valori assunti dagli indici PLAND e GYRATE_MN (Figura 3-Figura 4) si possono vedere condensate le differenze tra la Configurazione 1 e la Configurazione 2 ovvero la medesima origine degli habitat Tapes e Fanerogame, e la differente distribuzione spaziale degli habitat

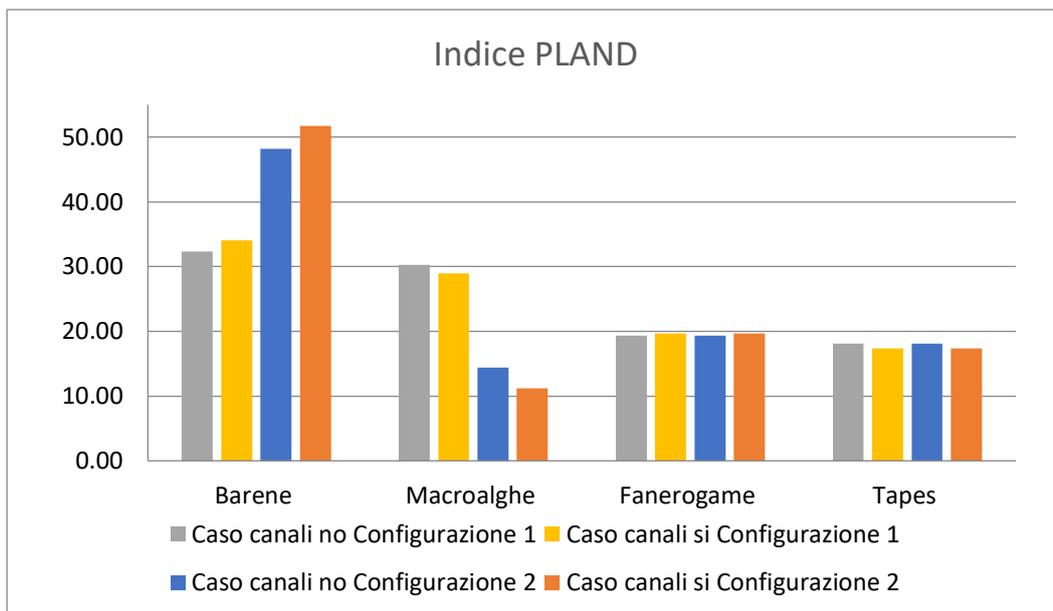


Figura 3: confronto tra i risultati che l'indice PLAND assume nella Configurazione 1 e la Configurazione 2 nei casi canali no/si

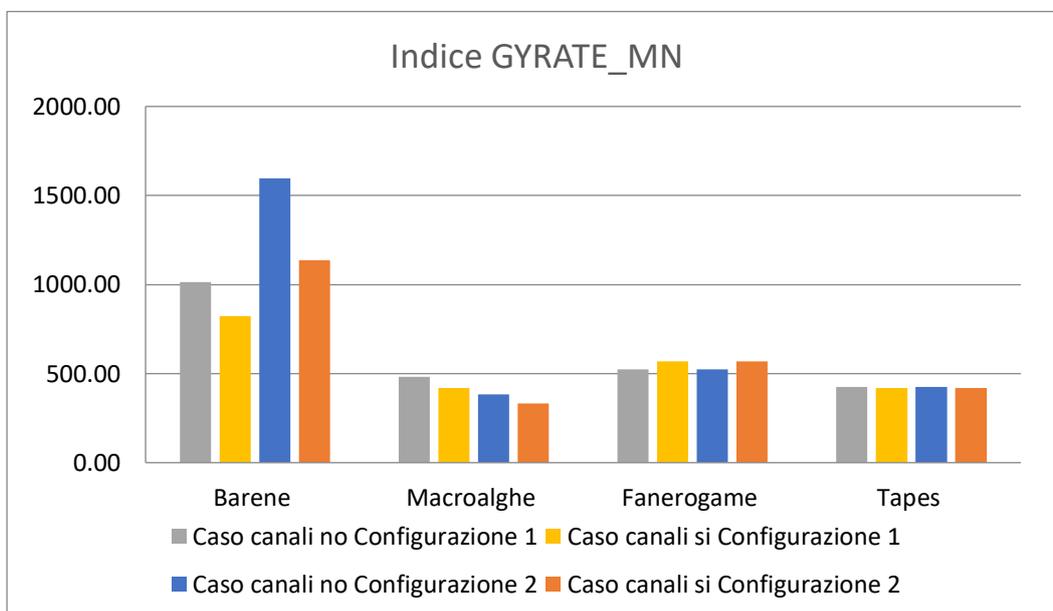


Figura 4: confronto tra i risultati che l'indice GYRATE_MN assume nella Configurazione 1 e nella Configurazione 2 nei due casi canali no/si

Tabella 6: risultati relativi alla Configurazione 1 e alla configurazione 2 nei casi canali no/si

Scala di bacino	TA	NP	LPI	LSI	GYRATE_MN	SHAPE_MN	PARA_MN	SIMI_MN	CWED	PLADJ	IJI	SHDI	SIDI
<u>Caso canali no</u>													
<i>Configurazione 1</i>	36850.00	106	16.03	11.10	549.11	1.48	108.87	443.19	2.74	79.82	88.72	1.35	0.73
<i>Configurazione 2</i>	36850.00	89	31.92	9.80	534.32	1.40	118.86	580.49	2.27	83.23	95.56	1.26	0.68
<u>Caso canali si</u>													
<i>Configurazione 1</i>	33018.75	113	16.45	11.95	507.95	1.48	111.72	355.70	2.54	78.06	86.12	1.35	0.73
<i>Configurazione 2</i>	33018.75	94	33.71	10.55	502.06	1.43	119.31	466.68	1.99	81.91	96.32	1.21	0.65

Tabella 7: risultati degli indici per la scala spaziale dell'intero bacino per la Configurazione 1 e la Configurazione 2 per i due casi canali si/no

Scala di bacino	Tipo di habitat	CA	PLAND	NP	LPI	LSI	GYRATE_MN	SHAPE_MN	PARA_MN	SIMI_MN	CWED	PLADJ	IJI
<u>Caso canali no</u>													
Configurazione 1	Barene	11906.25	32.31	15	16.03	11.19	1014.09	2.36	85.95	418.97	1.01	74.15	63.48
Configurazione 1	Macroalghe	11150.00	30.26	44	8.48	8.14	482.09	1.33	106.48	521.81	1.59	80.61	93.55
Configurazione 1	Fanerogame	7125.00	19.34	18	15.86	3.94	525.01	1.32	113.95	294.82	1.88	88.25	82.95
Configurazione 1	Tapes	6668.75	18.10	29	11.16	6.59	425.23	1.33	121.20	428.51	1.00	79.62	97.41
<u>Caso canali si</u>													
Configurazione 1	Barene	11231.25	34.01	19	16.45	11.51	821.04	2.09	102.61	305.88	1.06	72.79	60.64
Configurazione 1	Macroalghe	9562.50	28.96	49	9.24	7.81	418.15	1.30	114.07	422.17	1.45	79.84	87.31
Configurazione 1	Fanerogame	6487.50	19.65	16	16.41	5.06	569.79	1.49	102.00	255.29	1.62	84.15	84.03
Configurazione 1	Tapes	5737.50	17.38	29	8.65	6.46	420.43	1.38	119.09	331.43	0.95	78.54	98.76
<u>Caso canali no</u>													
Configurazione 2	Barene	17762.50	48.20	8	31.92	7.89	1595.63	2.25	87.05	515.75	0.62	85.15	89.51
Configurazione 2	Macroalghe	5293.75	14.37	34	5.99	7.31	382.57	1.31	126.96	701.68	0.97	74.56	95.89
Configurazione 2	Fanerogame	7125.00	19.34	18	15.86	3.94	525.01	1.32	113.95	324.24	1.88	88.25	89.06
Configurazione 2	Tapes	6668.75	18.10	29	11.16	6.59	425.23	1.33	121.20	615.33	1.07	79.62	99.96
<u>Caso canali si</u>													
Configurazione 2	Barene	17087.50	51.75	12	33.71	8.02	1135.89	1.88	103.53	293.00	0.61	84.60	90.22
Configurazione 2	Macroalghe	3706.25	11.22	37	5.77	7.06	331.18	1.30	132.08	563.11	0.73	70.83	97.57
Configurazione 2	Fanerogame	6487.50	19.65	16	16.41	5.06	569.79	1.49	102.00	285.46	1.62	84.15	91.48
Configurazione 2	Tapes	5737.50	17.38	29	8.65	6.46	420.43	1.38	119.09	515.50	1.01	78.54	99.71

3.2 La scala spaziale dei sottobacini

Oltre alla scala spaziale dell'intero bacino è stata presa in considerazione la scala spaziale a griglia irregolare relativa ai sottobacini, suddivisi in base ai partiacque.

A questa scala l'area di studio appare suddivisa in quattro aree, ciascuna con caratteristiche idrologiche proprie e differenti.

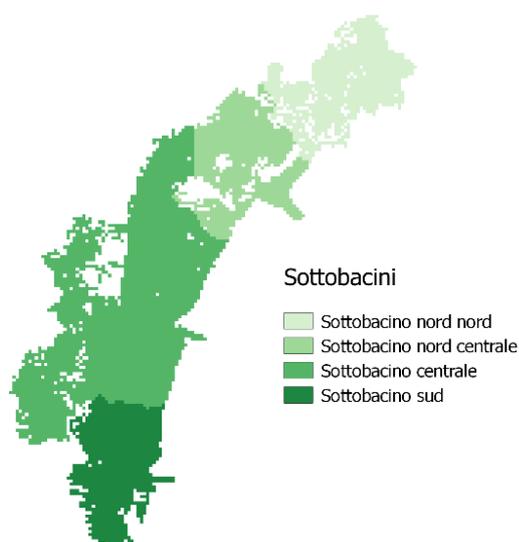


Figura 5: suddivisione in sottobacini dell'area di studio

Dalla distribuzione degli habitat (Tab 8) si nota come la zona centrale della laguna sia quella maggiormente frammentata, qui gli habitat presentano mediamente un numero di patch superiore ai due sottobacini più laterali.

Tre dei quattro sottobacini appaiono dominati ciascuno da un habitat, da nord a sud rispettivamente Barene, Macroalghe e Fanerogame (Fig 6 e Fig 7), solamente il sottobacino centrale appare quasi equamente occupato da tutti e quattro gli habitat.

L'applicazione dei canali, nonostante non occupino equamente la superficie lagunare, non apporta sostanziali modifiche alla configurazione degli habitat osservata in precedenza (Fig 6).

Tabella 8: risultati degli indici relativi alla scala spaziale dei Sottobacini della Configurazione 1 a livello di paesaggio

Configurazione 1	TA	NP	LPI	LSI	GYRATE_MN	SHAPE_MN	PARA_MN	SIMI_MN	CWED	PLADJ	IJI	SHDI	SIDI
Scala spaziale dei sottobacini													
<u>Caso canali no</u>													
<i>Sottobacino Nord Nord</i>	6118.75	19	75.79	6.05	480.50	1.51	111.80	385.16	2.39	74.77	44.62	0.63	0.37
<i>Sottobacino Nord Centrale</i>	6000.00	26	39.27	5.67	498.51	1.48	108.84	114.37	2.58	76.04	76.14	1.02	0.56
<i>Sottobacino Centrale</i>	18762.50	46	21.92	7.16	620.46	1.50	97.82	358.59	2.32	81.61	88.58	1.38	0.75
<i>Sottobacino Sud</i>	5968.75	26	47.96	4.52	507.47	1.47	108.30	204.69	4.43	78.80	88.89	1.23	0.66
<u>Caso canali si</u>													
<i>Sottobacino Nord Nord</i>	5668.75	17	74.53	5.94	514.26	1.56	110.12	336.60	2.40	74.15	39.46	0.63	0.38
<i>Sottobacino Nord Centrale</i>	4825.00	25	47.28	5.61	449.98	1.49	113.22	88.14	2.12	74.48	65.40	0.94	0.53
<i>Sottobacino Centrale</i>	17193.75	53	18.28	7.90	554.33	1.50	100.49	275.16	2.14	79.95	87.93	1.38	0.75
<i>Sottobacino Sud</i>	5331.25	28	47.83	5.42	463.34	1.45	114.22	154.14	4.19	74.91	88.01	1.24	0.66

Tabella 9: risultati degli indici relativi alla scala spaziale dei sottobacini della Configurazione 1 a livello di habitat

Configurazione 1		CA	PLAND	NP	LPI	LSI	GYRATE_MN	SHAPE_MN	PARA_MN	SIMI_MN	CWED	PLADJ	IJI
Scala spaziale dei sottobacini													
Habitat													
<u>Caso canali no</u>													
Sottobacino nord nord	Barene	4706.25	76.92	3	75.79	6.58	1329.63	2.97	95.21	135.13	2.10	75.96	49.42
Sottobacino nord centrale	Barene	1506.25	25.10	4	12.81	4.09	857.03	2.01	75.00	223.96	0.81	72.82	18.86
Sottobacino centrale	Barene	4681.25	24.95	7	17.46	7.18	959.64	2.31	76.72	316.16	0.74	73.63	62.57
Sottobacino sud	Barene	1012.50	16.96	5	9.53	4.54	706.84	1.97	77.33	213.45	0.89	63.58	82.30
Sottobacino nord nord	Fanerogame	106.25	1.74	3	1.33	2.11	268.24	1.25	122.39	412.33	0.86	44.12	67.47
Sottobacino nord centrale	Fanerogame	300.00	5.00	6	2.92	3.14	305.41	1.29	125.08	62.23	1.83	54.17	66.23
Sottobacino centrale	Fanerogame	3725.00	19.85	6	15.89	2.63	702.82	1.33	90.48	297.58	1.60	89.18	69.04
Sottobacino sud	Fanerogame	2993.75	50.16	4	47.96	2.16	796.74	1.40	101.13	121.56	3.74	90.08	77.16
Sottobacino nord nord	Macroalghe	1268.75	20.74	9	12.05	3.52	420.46	1.30	96.83	446.84	1.72	74.88	27.32
Sottobacino nord centrale	Macroalghe	3650.00	60.83	6	39.27	4.37	858.26	1.81	82.74	88.74	1.97	81.68	96.54
Sottobacino centrale	Macroalghe	5062.50	26.98	24	10.73	5.32	450.29	1.26	110.61	373.67	1.32	81.30	97.76
Sottobacino sud	Macroalghe	1168.75	19.58	9	9.53	3.86	393.19	1.31	114.28	250.89	1.86	71.12	91.95
Sottobacino nord nord	Tapes	37.50	0.61	4	0.20	2.20	137.94	1.08	150.00	413.53	0.11	8.33	66.44
Sottobacino nord centrale	Tapes	543.75	9.06	10	6.46	3.74	255.11	1.18	128.29	117.19	0.57	59.20	64.61
Sottobacino centrale	Tapes	5293.75	28.21	9	21.92	4.69	755.54	1.60	85.00	392.05	0.97	83.65	96.24
Sottobacino sud	Tapes	793.75	13.30	8	11.10	3.65	366.80	1.37	124.50	188.81	2.37	66.93	82.69

Continua Tabella 9 pagina 27

Configurazione 1		CA	PLAND	NP	LPI	LSI	GYRATE_MN	SHAPE_MN	PARA_MN	SIMI_MN	CWED	PLADJ	IJI
Scala spaziale dei sottobacini	Habitat												
<i>Caso canali si</i>													
Sottobacino nord nord	Barene	4300.00	75.85	4	74.53	6.55	1018.84	2.49	111.82	138.29	2.08	74.78	39.26
Sottobacino nord centrale	Barene	1443.75	29.92	4	14.90	4.48	846.71	2.14	77.48	200.56	0.97	69.91	14.97
Sottobacino centrale	Barene	4487.50	26.10	9	18.28	7.33	765.02	2.03	97.45	196.63	0.78	72.42	62.13
Sottobacino sud	Barene	1000.00	18.76	6	10.67	4.50	601.24	1.80	90.80	167.95	0.93	63.44	82.02
Sottobacino nord nord	Fanerogame	93.75	1.65	2	1.32	2.13	346.15	1.48	106.67	400.00	0.82	43.33	70.86
Sottobacino nord centrale	Fanerogame	206.25	4.27	5	1.68	3.25	323.01	1.39	111.13	30.93	1.18	40.91	50.36
Sottobacino centrale	Fanerogame	3506.25	20.39	6	16.68	3.06	714.56	1.46	78.21	252.44	1.39	86.90	70.36
Sottobacino sud	Fanerogame	2681.25	50.29	4	47.83	3.45	810.44	1.73	103.97	91.72	3.46	83.10	73.62
Sottobacino nord nord	Macroalghe	1256.25	22.16	9	13.01	3.41	408.12	1.25	99.05	407.19	1.83	75.37	27.65
Sottobacino nord centrale	Macroalghe	2956.25	61.27	5	47.28	3.75	838.81	1.76	80.82	62.66	1.89	82.56	87.54
Sottobacino centrale	Macroalghe	4475.00	26.03	26	11.05	5.44	405.71	1.30	115.13	281.67	1.17	79.47	94.98
Sottobacino sud	Macroalghe	875.00	16.41	12	10.55	3.63	286.66	1.17	126.78	176.77	1.48	68.93	91.70
Sottobacino nord nord	Tapes	18.75	0.33	2	0.22	1.50	150.89	1.17	160.00	352.15	0.07	0.00	85.28
Sottobacino nord centrale	Tapes	218.75	4.53	11	2.20	4.25	186.68	1.18	141.89	84.84	0.21	27.14	56.69
Sottobacino centrale	Tapes	4725.00	27.48	12	16.61	4.84	638.20	1.56	82.16	331.32	0.95	82.41	97.75
Sottobacino sud	Tapes	775.00	14.54	6	12.43	3.43	447.39	1.50	119.33	136.67	2.51	68.15	81.03

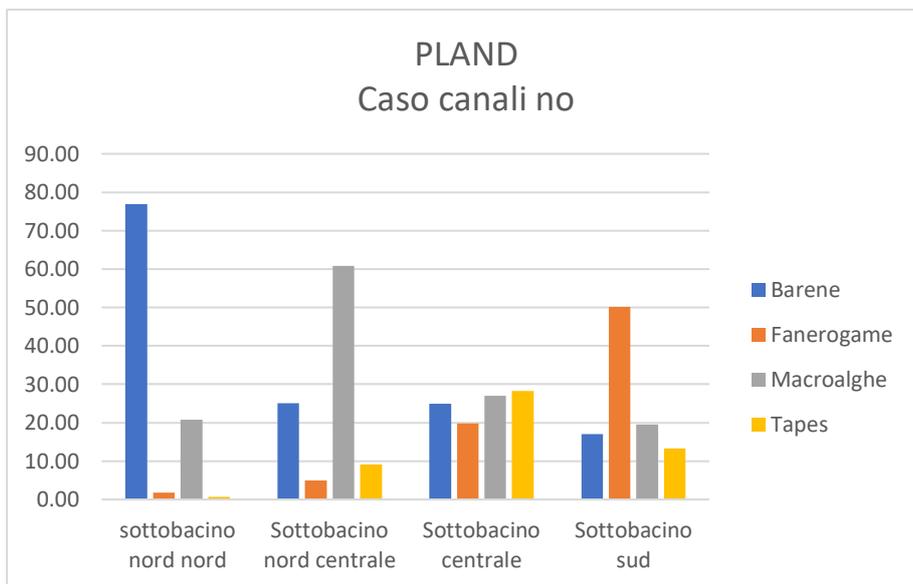


Figura 6: risultati relativi all'indice PLAND per la scala spaziale dei sottobacini nel caso canali no

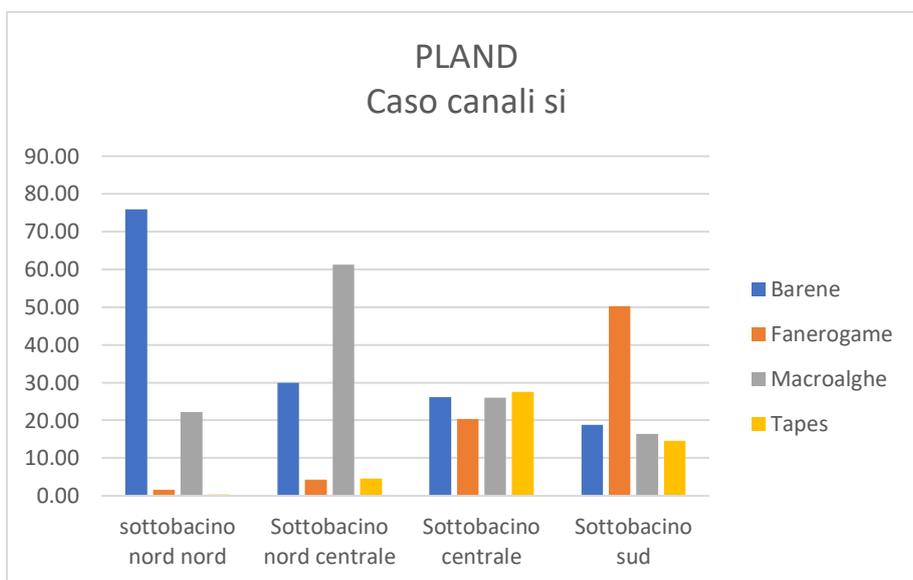


Figura 7: risultati relativi all'indice PLAND per la scala spaziale dei sottobacini nel caso canali si

3.3 La scala spaziale dei corpi idrici

La seconda scala spaziale a griglia irregolare considerata è stata quella relativa ai corpi idrici. Sono stati presi in considerazione solamente 12 corpi idrici: Centro storico, Palude maggiore, Tessera, Chioggia, Sacca sessola, Lido, Centro sud, Val di Brenta, Teneri, Millecampi Teneri, Dese, Marghera (Figura 8). Non sono invece stati presi in considerazione i due corpi idrici relativi alle Valli da pesca Laguna nord e Valli da pesca centro sud in quanto definiti come fortemente modificati (piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali 2010)

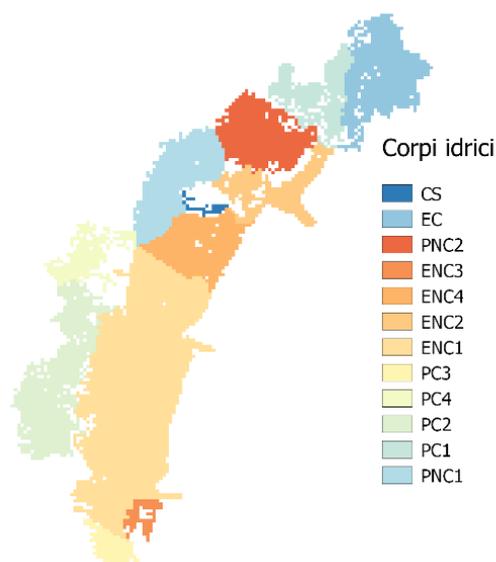


Figura 8: i corpi idrici considerati nello studio. CS centro storico; EC palude maggiore; PNC2 Tessera; ENC3 Chioggia; ENC4 Sacca sessola; ENC2 Lido; ENC1 Centro sud; PC3 Val di Brenta; PC4 Teneri; PC2 Millecampi Teneri; PC1 Dese; PNC1 Marghera

I risultati degli indici presentati nella Tabella 10 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** mostrano come gli habitat non siano presenti in tutti i corpi idrici ed in particolare che l'habitat Fanerogame risulta assente in ben 6 dei 12 corpi idrici.

Il corpo idrico Centro storico sebbene considerato anch'esso fortemente modificato, è stato comunque preso in considerazione. Esso appare decisamente differente anche in base ai risultati degli indici. È infatti l'unico che, nel caso canali no presenta due soli habitat (Macroalghe e Tapes) e nel caso canali si, vede la totale scomparsa di Tapes (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

La scomparsa totale di Tapes, però, non è esclusiva del Centro storico ma avviene anche per Tessera e Dese.

Tabella 10: risultati degli indici per la scala spaziale dei corpi idrici per la Configurazione 1 nel caso canali no

Configurazione 1		CA	PLAND	NP	LPI	LSI	GYRATE_MN	SHAPE_MN	PARA_MN	SIMI_MN	CWED	PLADJ	IJI
	Scala spaziale dei corpi idrici	Habitat											
<u>Caso canali no</u>													
Centro storico	Macroalghe	175.00	93.33	1	93.33	2.64	973.21	2.64	82.86	1.60	0.00	48.21	N/A
Dese	Barene	1731.25	83.69	3	83.08	4.76	812.91	2.22	121.99	16.30	1.55	70.76	11.61
Chioggia	Macroalghe	331.25	71.62	1	71.62	2.80	976.11	2.80	63.40	11.70	4.97	60.38	82.61
Palude maggiore	Barene	2706.25	72.41	3	70.57	4.83	1103.18	2.37	94.67	96.30	2.22	76.56	54.39
Teneri	Barene	937.50	67.26	1	67.26	4.20	1651.49	4.20	56.00	43.80	1.83	65.00	91.83
Millecampi Teneri	Barene	2993.75	66.90	3	65.92	4.91	1141.55	2.31	91.75	57.50	1.73	77.45	55.87
Tessera	Macroalghe	1475.00	50.97	3	50.32	1.84	613.71	1.23	99.28	92.90	1.28	87.92	0.00
Sacca sessola	Macroalghe	1281.25	48.12	4	46.71	2.38	511.26	1.33	111.03	127.58	1.18	83.17	87.09
Val di Brenta	Macroalghe	343.75	47.41	2	46.55	1.33	432.14	1.10	93.33	24.40	1.59	81.82	0.00
Centro sud	Fanerogame	6506.25	50.19	8	44.12	2.89	803.31	1.35	95.87	215.63	3.44	90.97	71.75
Sacca sessola	Tapes	1212.50	45.54	6	42.72	2.54	385.90	1.23	113.66	144.50	1.18	81.70	87.09
Marghera	Macroalghe	2443.75	76.07	3	40.86	2.13	991.10	1.32	64.80	88.43	0.61	89.13	99.23
Lido	Macroalghe	1056.25	51.06	4	32.33	3.77	642.57	1.78	89.06	49.91	2.22	71.01	91.81
Val di Brenta	Barene	356.25	49.14	2	29.31	2.56	712.10	1.86	58.36	33.90	2.00	64.04	73.55
Tessera	Barene	1406.25	48.60	4	25.92	3.93	797.24	1.90	74.72	127.95	1.33	73.78	23.75
Teneri	Tapes	393.75	28.25	2	22.87	3.19	817.04	2.16	70.59	98.28	1.22	59.52	0.00
Palude maggiore	Macroalghe	912.50	24.41	6	19.73	2.48	379.80	1.18	110.06	255.67	1.79	78.77	39.47
Lido	Tapes	493.75	23.87	6	18.13	3.33	332.22	1.28	116.12	78.52	1.14	62.03	64.16
Centro sud	Tapes	3625.00	27.97	9	16.30	3.92	657.41	1.41	123.01	314.41	1.81	83.45	90.68
Millecampi Teneri	Macroalghe	893.75	19.97	6	15.08	2.58	392.82	1.21	101.73	295.90	1.27	78.32	4.54
Chioggia	Fanerogame	81.25	17.57	3	14.86	1.63	210.79	1.10	128.48	27.00	5.19	50.00	34.30
Marghera	Barene	443.75	13.81	3	11.67	3.00	585.51	1.61	81.48	140.20	0.62	64.08	16.87
Millecampi Teneri	Tapes	531.25	11.87	5	10.06	3.47	396.59	1.41	108.89	237.57	0.59	61.18	52.41

Scala spaziale dei corpi idrici	Habitat	CA	PLAND	NP	LPI	LSI	GYRATE_MN	SHAPE_MN	PARA_MN	SIMI_MN	CWED	PLADJ	IJI
<u>Caso canali no</u>													
Lido	Fanerogame	212.50	10.27	5	8.46	2.42	240.04	1.18	132.95	45.18	3.34	57.35	84.57
Dese	Macroalghe	331.25	16.01	5	8.16	2.60	327.80	1.19	88.36	165.12	1.52	63.21	0.00
Marghera	Tapes	325.00	10.12	2	7.98	2.40	664.81	1.78	67.05	246.40	0.02	65.38	14.37
Lido	Barene	306.25	14.80	2	7.55	2.64	576.12	1.85	60.47	92.45	0.75	62.24	76.09
Centro sud	Macroalghe	1843.75	14.22	21	5.74	5.09	330.32	1.21	116.64	475.82	1.86	69.83	87.77
Chioggia	Barene	37.50	8.11	2	4.05	1.80	186.06	1.13	120.00	32.10	0.43	25.00	0.00
Centro storico	Tapes	12.50	6.67	2	3.33	1.33	125.00	1.00	160.00	22.40	0.00	0.00	N/A
Sacca sessola	Fanerogame	168.75	6.34	3	3.29	2.82	393.39	1.63	113.02	72.63	2.37	42.59	100.00
Centro sud	Barene	987.50	7.62	10	2.75	4.81	397.32	1.48	88.60	284.58	0.39	60.44	83.03
Chioggia	Tapes	12.50	2.70	1	2.70	1.00	125.00	1.00	120.00	48.80	0.65	25.00	57.94
Teneri	Macroalghe	62.50	4.48	2	2.69	1.57	236.53	1.25	93.33	91.20	0.61	45.00	0.00
Palude maggiore	Fanerogame	100.00	2.68	2	2.17	2.13	339.86	1.38	103.59	273.00	1.28	46.88	70.01
Val di Brenta	Tapes	25.00	3.45	2	1.72	1.50	125.00	1.00	120.00	27.90	0.41	25.00	0.00
Millecampi Teneri	Fanerogame	56.25	1.26	1	1.26	1.50	440.03	1.50	80.00	241.00	0.34	50.00	55.60
Tessera	Tapes	12.50	0.43	1	0.43	1.00	125.00	1.00	120.00	72.00	0.05	25.00	0.00
Palude maggiore	Tapes	18.75	0.50	2	0.33	1.50	150.89	1.17	160.00	237.85	0.11	0.00	85.28
Dese	Tapes	6.25	0.30	1	0.30	1.00	125.00	1.00	160.00	83.10	0.02	N/A	0.00
Centro storico	Barene												
Sacca sessola	Barene												
Dese	Fanerogame												
Tessera	Fanerogame												
Marghera	Fanerogame												
Centro storico	Fanerogame												
Teneri	Fanerogame												
Val di Brenta	Fanerogame												

Continua Tabella 10

Scala spaziale dei corpi idrici	Habitat	CA	PLAND	NP	LPI	LSI	GYRATE_MN	SHAPE_MN	PARA_MN	SIMI_MN	CWED	PLADJ	IJI
<i>Caso canali si</i>													
Centro storico	Macroalghe	6.25	100.00	1	100.00	1.00	125.00	1.00	160.00	0.00	0.00	N/A	N/A
Dese	Barene	1662.50	83.39	2	83.07	4.76	1157.82	2.85	103.40	24.00	1.58	70.49	N/A
Chioggia	Macroalghe	212.50	66.67	4	60.78	2.58	286.10	1.27	136.13	2.16	1.88	54.41	57.94
Palude maggiore	Barene	2475.00	70.71	4	68.57	4.78	818.80	1.99	111.17	93.54	2.33	75.88	53.46
Teneri	Barene	887.50	73.20	1	73.20	4.00	1576.61	4.00	54.08	31.20	1.94	66.20	94.41
Millecampi Teneri	Barene	2881.25	67.01	4	65.84	5.19	895.72	2.04	109.40	69.10	1.80	75.81	55.87
Tessera	Macroalghe	1475.00	52.33	3	51.66	1.84	613.71	1.23	99.28	88.50	1.31	87.92	N/A
Sacca sessola	Macroalghe	1237.50	48.06	2	47.09	2.17	894.72	1.66	61.96	151.20	0.99	84.09	81.71
Val di Brenta	Macroalghe	337.50	46.96	2	46.09	1.33	428.02	1.10	93.58	24.40	1.60	81.48	0.00
Centro sud	Fanerogame	5981.25	52.30	7	46.34	4.10	882.34	1.58	88.15	189.57	3.25	86.73	72.61
Sacca sessola	Tapes	1181.25	45.87	5	43.45	2.39	432.39	1.27	112.38	167.54	1.17	82.28	86.31
Marghera	Macroalghe	2300.00	75.56	3	42.51	2.21	968.48	1.36	65.86	83.92	0.62	88.32	99.88
Lido	Macroalghe	581.25	53.14	4	25.71	3.45	561.57	1.65	73.52	17.80	2.42	62.90	96.12
Val di Brenta	Barene	356.25	49.57	2	29.57	2.56	712.10	1.86	58.36	33.30	2.02	64.04	73.55
Tessera	Barene	1343.75	47.67	4	25.28	3.70	775.03	1.82	74.47	127.40	1.31	74.19	N/A
Teneri	Tapes	262.50	21.65	2	15.46	2.38	529.98	1.72	65.33	85.60	1.24	63.10	0.00
Palude maggiore	Macroalghe	912.50	26.07	6	21.07	2.48	379.80	1.18	110.06	232.78	1.91	78.77	39.47
Lido	Tapes	187.50	17.14	8	9.71	3.91	205.29	1.25	141.76	26.64	0.78	28.33	63.45
Centro sud	Tapes	3275.00	28.63	11	14.59	4.35	566.07	1.42	112.79	240.93	1.92	80.92	89.92
Millecampi Teneri	Macroalghe	887.50	20.64	6	15.70	2.58	390.22	1.21	102.01	279.63	1.33	78.17	4.54
Chioggia	Fanerogame	75.00	23.53	3	19.61	1.86	206.85	1.10	130.67	5.75	1.88	45.83	0.00
Marghera	Barene	437.50	14.37	3	12.32	2.94	577.09	1.56	81.11	129.00	0.64	64.29	17.20
Millecampi Teneri	Tapes	475.00	11.05	7	5.38	3.56	318.42	1.35	105.31	202.52	0.62	57.89	52.41

Continua Tabella 10

	Habitat	CA	PLAND	NP	LPI	LSI	GYRATE_MN	SHAPE_MN	PARA_MN	SIMI_MN	CWED	PLADJ	IJI
<i>Caso canali si</i>													
Lido	Fanerogame	125.00	11.43	4	4.57	2.67	254.73	1.27	115.83	19.41	2.74	40.00	67.91
Dese	Macroalghe	331.25	16.61	5	8.46	2.60	327.80	1.19	88.36	159.12	1.58	63.21	N/A
Marghera	Tapes	306.25	10.06	2	7.80	2.43	651.53	1.70	66.79	229.20	0.02	65.31	18.31
Lido	Barene	200.00	18.29	2	10.86	2.58	474.03	1.80	75.95	23.60	0.73	51.56	59.71
Centro sud	Macroalghe	1218.75	10.66	24	3.83	5.36	255.85	1.21	127.22	394.92	1.57	61.54	90.34
Chioggia	Barene	25.00	7.84	2	5.88	1.75	167.95	1.13	146.67	7.13	0.00	12.50	0.00
Centro storico	Tapes												
Sacca sessola	Fanerogame	156.25	6.07	2	3.16	2.90	509.54	1.94	92.82	105.63	2.16	42.00	99.53
Centro sud	Barene	962.50	8.42	10	3.11	5.00	399.36	1.53	95.00	249.83	0.42	59.42	83.38
Chioggia	Tapes	6.25	1.96	1	1.96	1.00	125.00	1.00	160.00	27.30	0.00	N/A	0.00
Teneri	Macroalghe	62.50	5.15	2	3.09	1.57	236.53	1.25	93.33	86.40	0.70	45.00	0.00
Palude maggiore	Fanerogame	93.75	2.68	2	2.14	2.13	346.15	1.48	106.67	254.00	1.33	43.33	70.86
Val di Brenta	Tapes	25.00	3.48	2	1.74	1.50	125.00	1.00	120.00	27.70	0.42	25.00	0.00
Millecampi Teneri	Fanerogame	56.25	1.31	1	1.31	1.50	440.03	1.50	80.00	231.50	0.35	50.00	55.60
Tessera	Tapes												
Palude maggiore	Tapes	18.75	0.54	2	0.36	1.50	150.89	1.17	160.00	220.75	0.11	0.00	85.28
Dese	Tapes												
Centro storico	Barene												
Sacca sessola	Barene												
Dese	Fanerogame												
Tessera	Fanerogame												
Marghera	Fanerogame												
Centro storico	Fanerogame												
Teneri	Fanerogame												
Val di Brenta	Fanerogame												

3.3.1 Il confronto con la valutazione dello stato ecologico

I risultati a livello di habitat sono stati sommati per eseguire un confronto con la valutazione dello stato ecologico basata sull'indice MaQI che prende in considerazione le Macrofite.

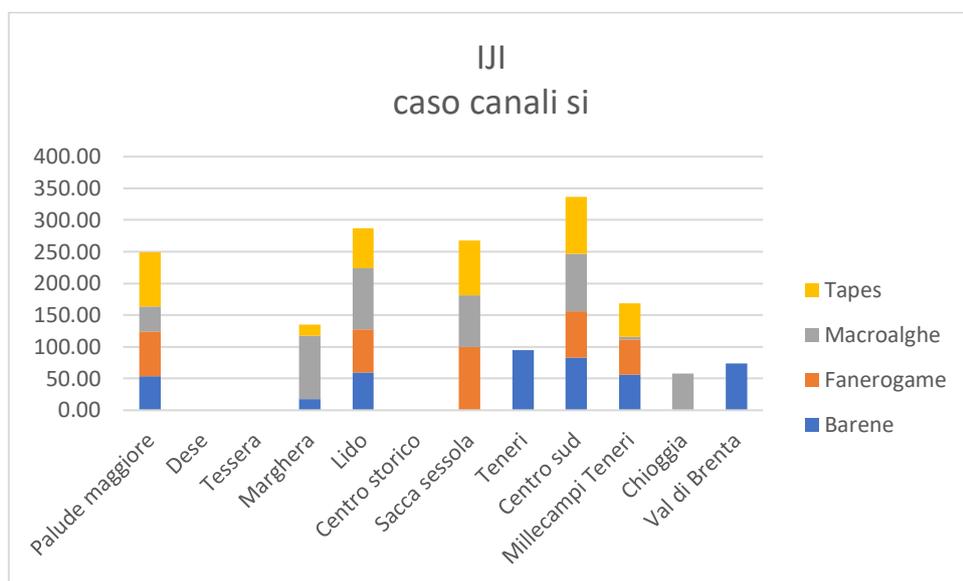


Figura 9: grafico dei risultati cumulativi assunti dagli habitat per l'indice IJI nel caso canali si

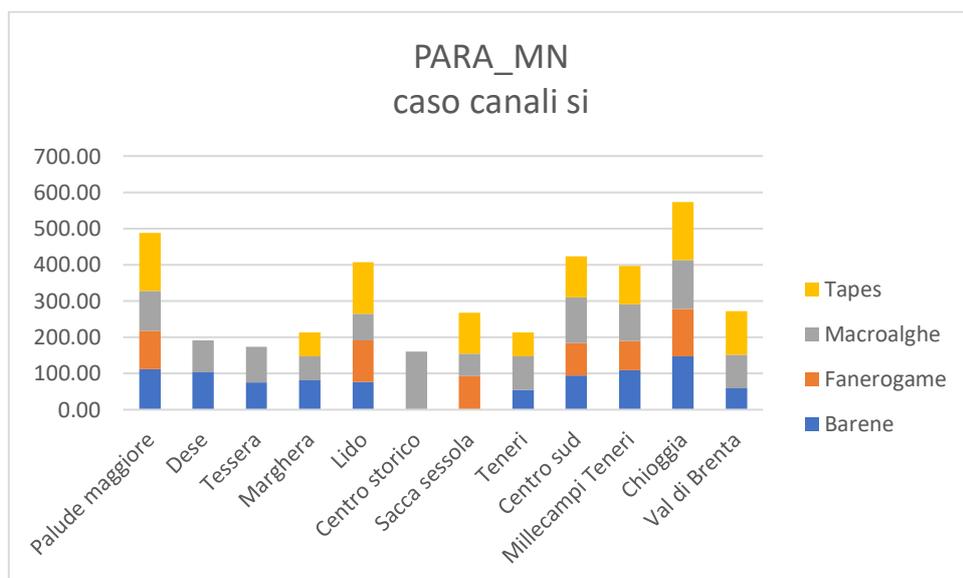


Figura 10: Grafico dei risultati cumulativi assunti dagli habitat per l'indice PARA_MN per il caso canali si

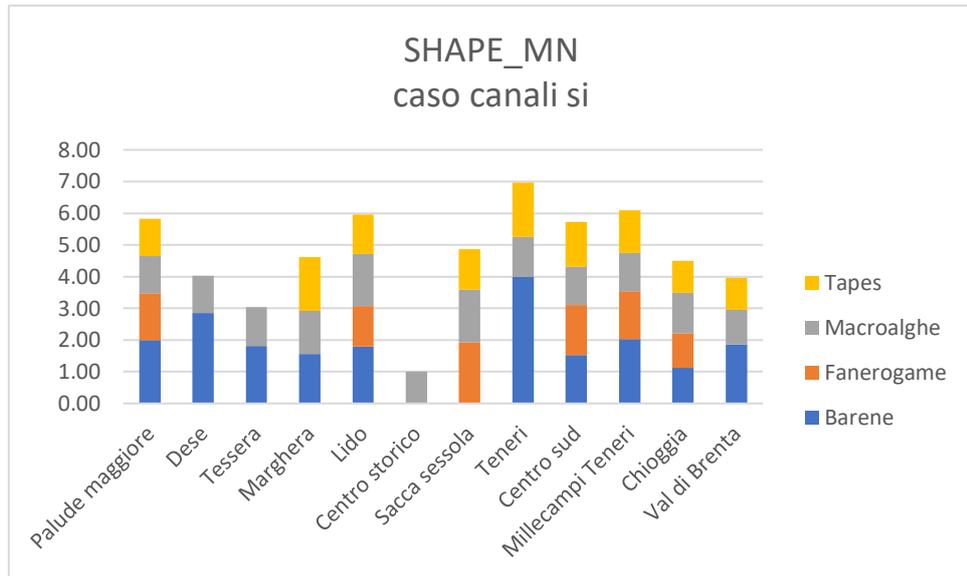


Figura 11: grafico dei risultati cumulativi assunti dagli habitat per l'indice SHAPE_MN nel caso canali si

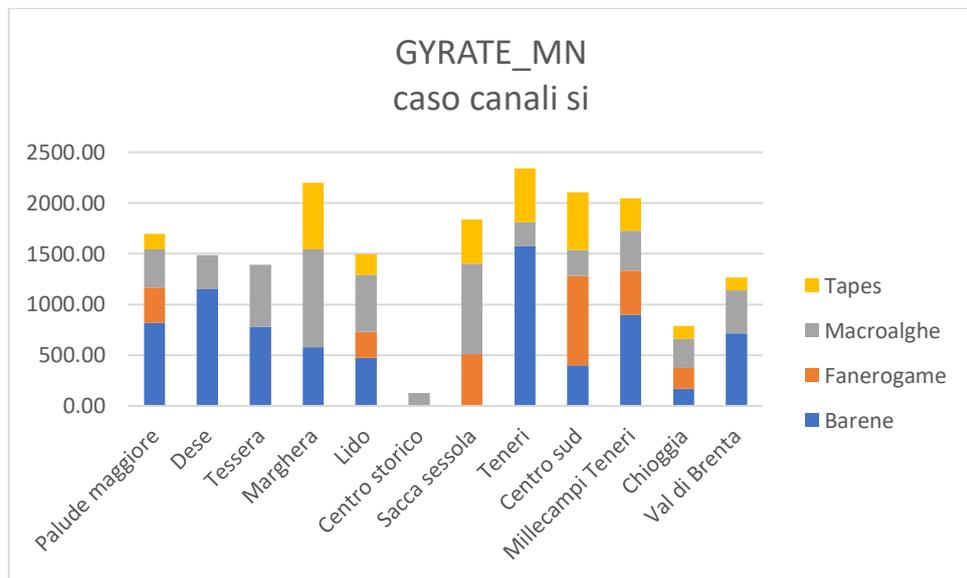


Figura 12: grafico dei risultati cumulativi assunti dagli habitat per l'indice GYRATE_MN nel caso canali si

3.4 Le scale spaziali a griglia regolare

Accanto alle scale spaziali a griglia irregolare, sono state selezionate tre scale spaziali a maglia regolare per valutare l'ecosistema in un contesto che fosse privo delle ipotesi idrologiche che invece sono alla base delle suddivisioni in sottobacini e corpi idrici, e per poter valutare l'effetto della scala sui valori degli indici.

Sono state scelte tre scale spaziali a griglia regolare, una griglia di 1500 m, una di 2500 m e infine una di 5000 m.

I risultati principali sono presentati mediante mappa.

La griglia a maglia di 1500 m suddivide l'area di studio in 234 celle nel caso canali no, e 222 per il caso canali si.

A questa scala capita molto spesso che qualche cella contenga una sola patch di habitat, questo rende impossibile l'applicazione di alcuni indici quali IJI e PLADJ.

La griglia a maglia di 2500 m suddivide l'area in 102 celle per il caso canali no e 101 per il caso canali si

Anche in questo caso gli indici PLADJ e IJI non vengono calcolati per alcune celle ma sono solamente 3 per l'indice PLADJ in entrambi i casi, mentre per IJI sono 68 per il caso canali no e 71 per il caso canali si.

In tutti i casi ciò dipende dal fatto che il numero delle patch nella maglia è inferiore a 3.

La griglia a maglia di 5000 m presenta una situazione differente dalle precedenti.

In questo caso le celle si riducono fortemente di numero, diventando 31 in entrambi i casi, ed è solamente l'indice IJI a presentare lacune di calcolabilità con 9 celle per il caso canali no e 11 per il caso canali si.

I risultati degli indici per le tre scale spaziali a griglia regolare sono presentate nelle figure Figura 13-Figura 25.

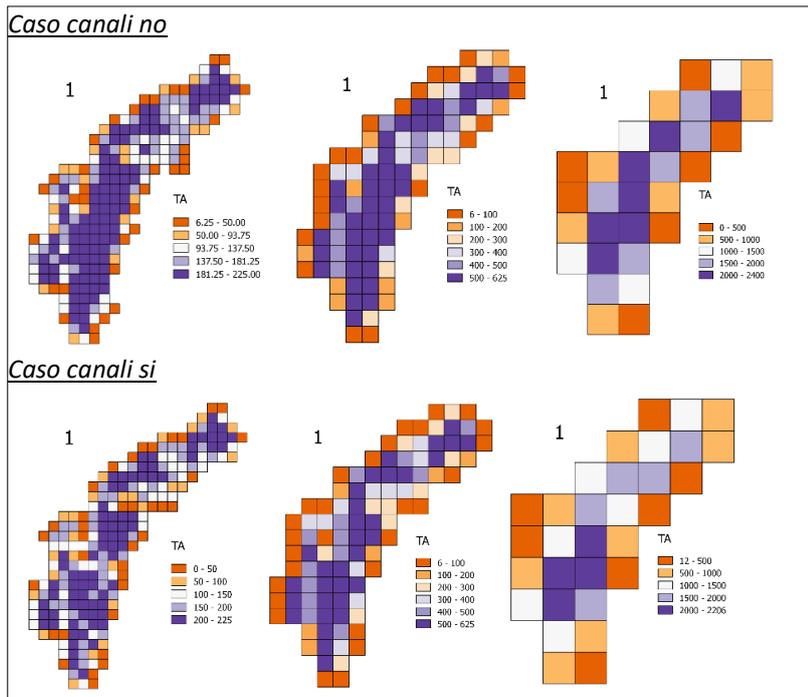


Figura 13: risultati dell'indice TA per le griglie regolari nei casi canali no/si

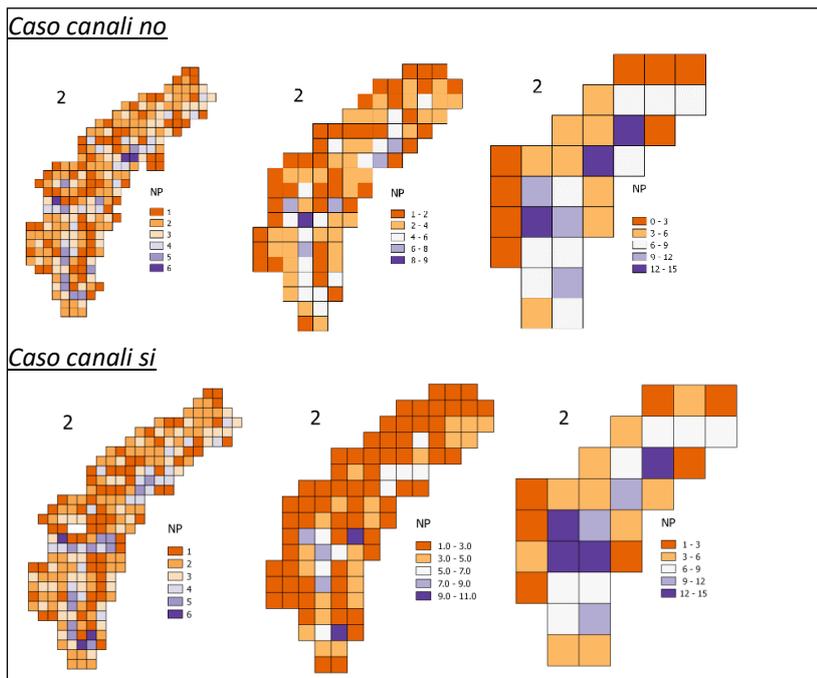


Figura 14: risultati dell'indice NP per le griglie regolari nei casi canali no/si

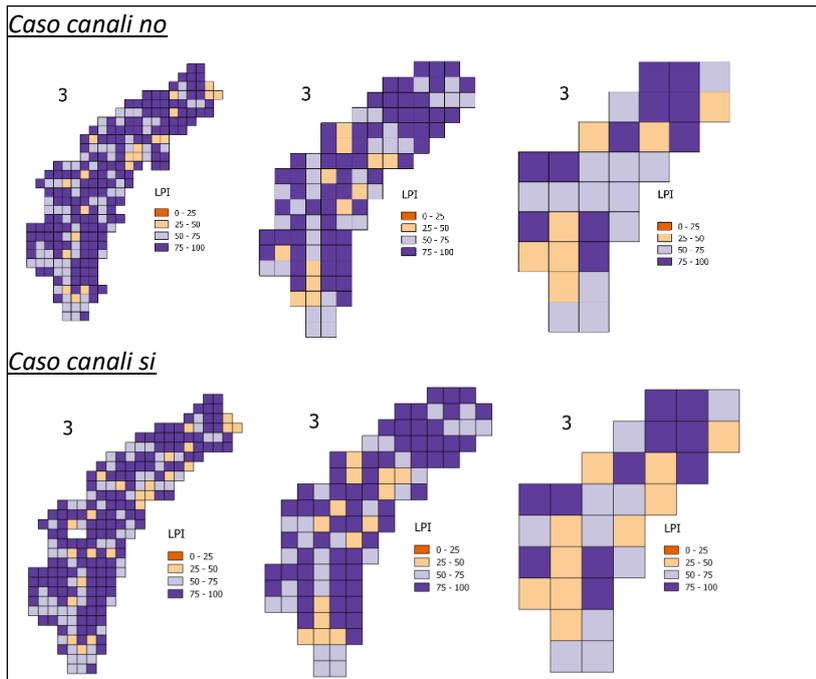


Figura 15: risultati dell'indice LPI per le griglie regolari nei casi canali no/si

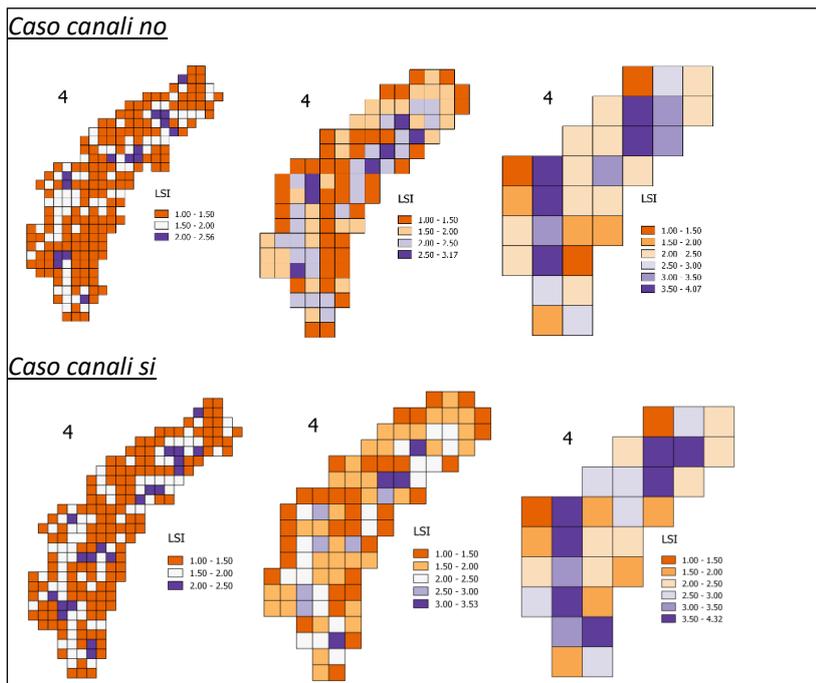


Figura 16: risultati dell'indice LSI per le griglie regolari nei casi canali no/si

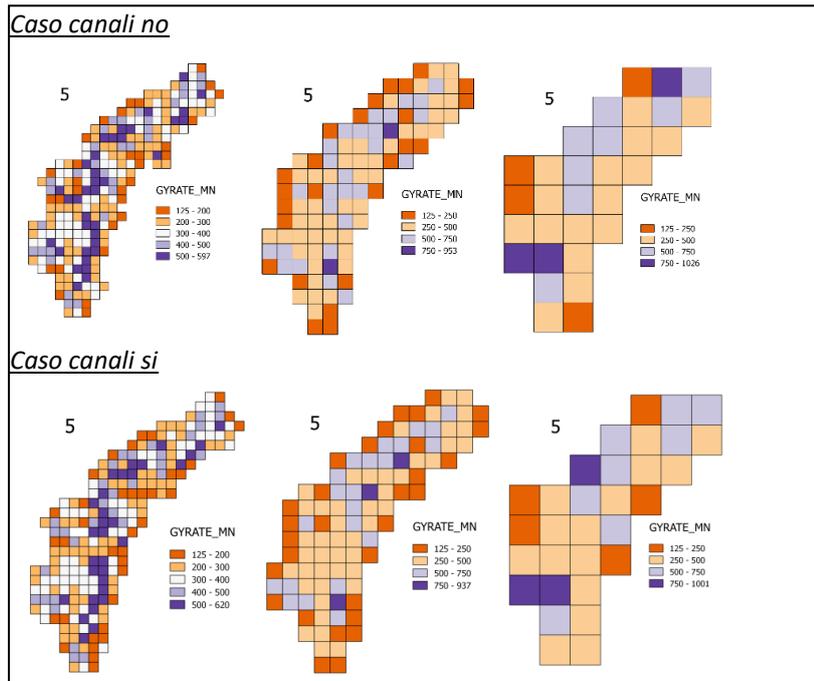


Figura 17: risultati dell'indice GYRATE_MN per le griglie regolari nei casi canali no/si

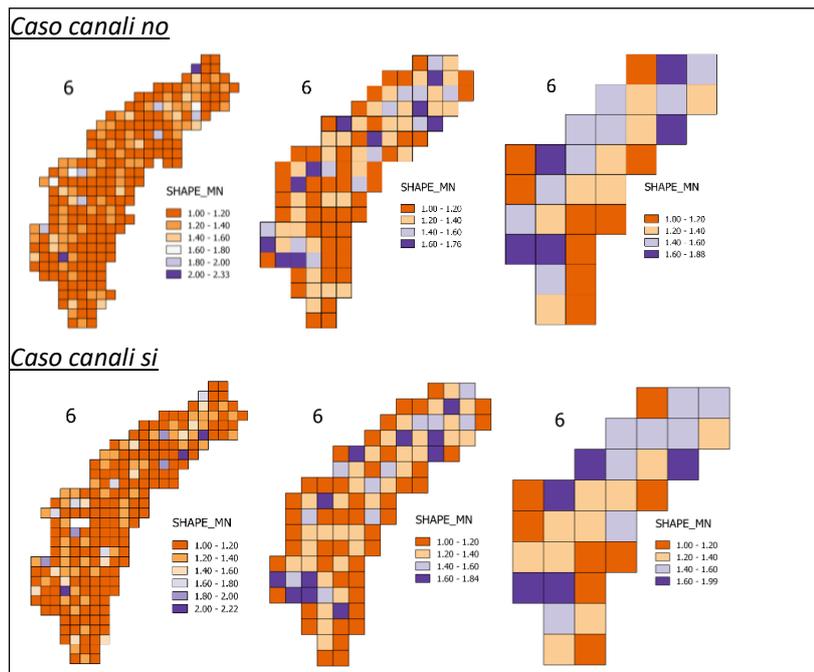


Figura 18: risultati dell'indice SHAPE_MN per le griglie regolari nei casi canali no/si

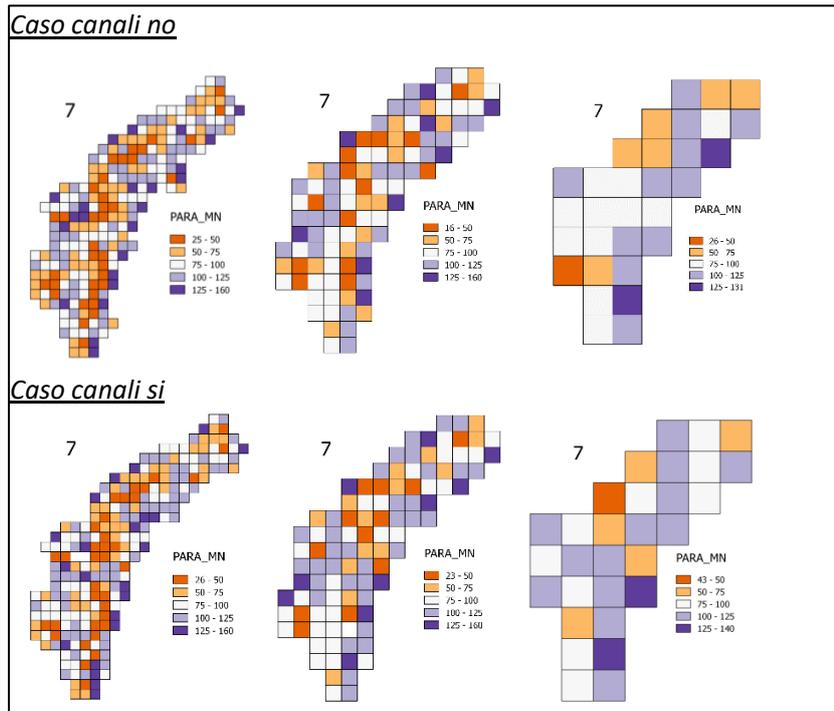


Figura 19: risultati dell'indice PARA_MN per le griglie regolari nei casi canali no/si

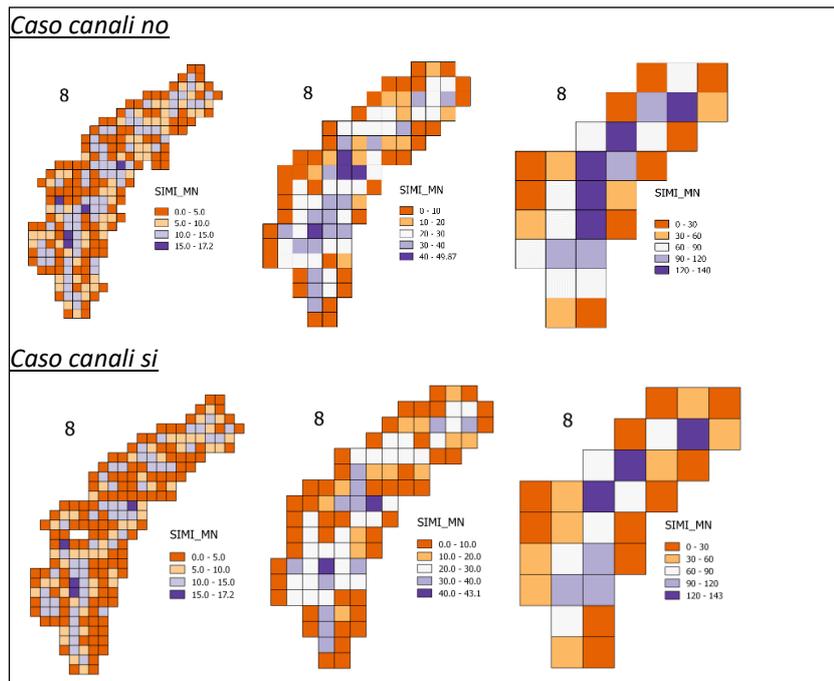


Figura 20: risultati dell'indice SIMI_MN per le griglie regolari nei casi canali no/si

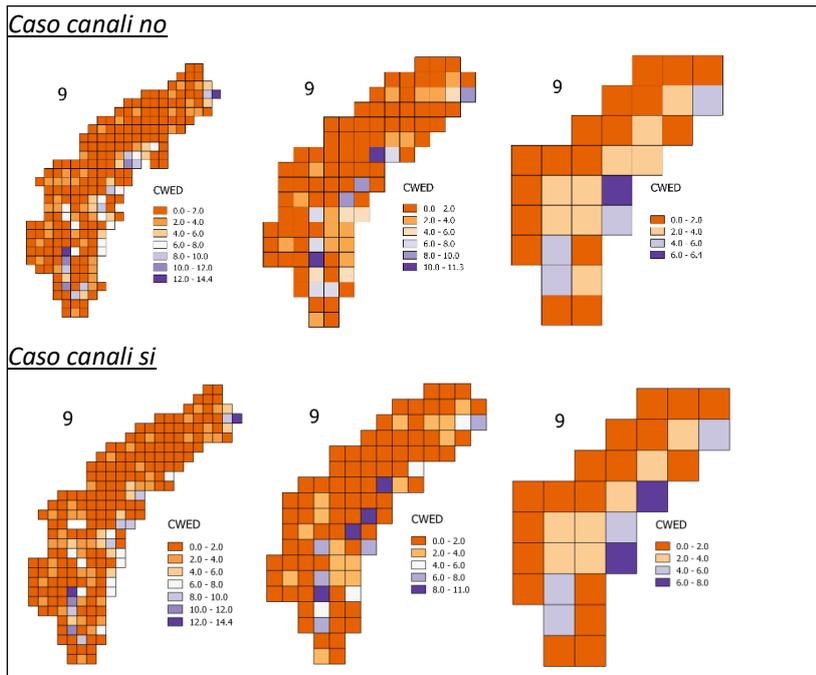


Figura 21: risultati dell'indice CWED per le griglie regolari nei casi canali no/si

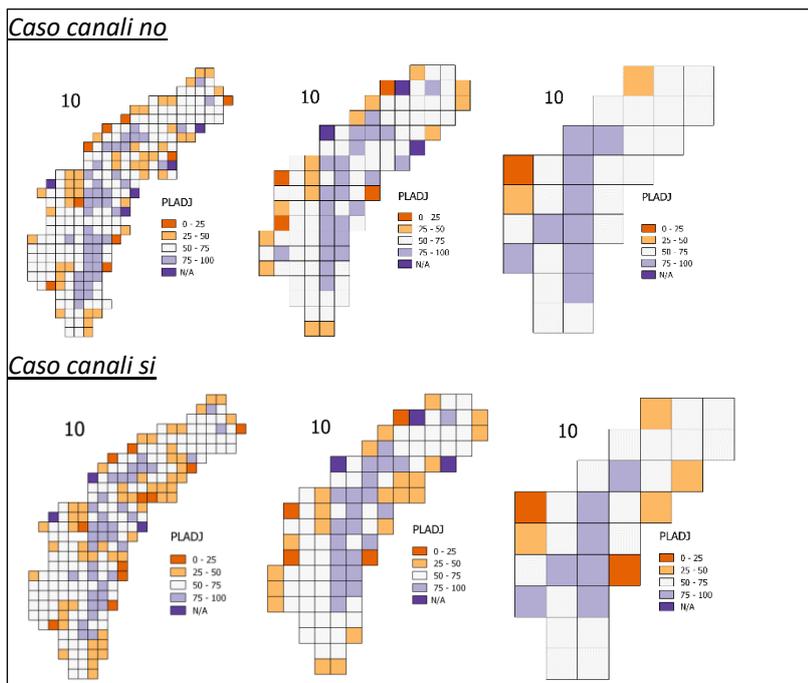


Figura 22: risultati dell'indice PLADJ per le griglie regolari nei casi canali no/si

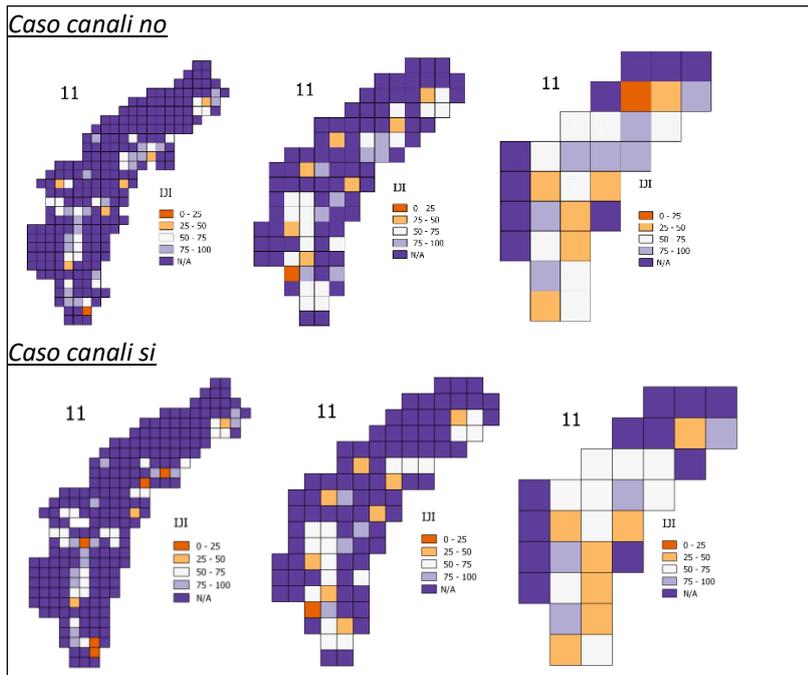


Figura 23: risultati dell'indice IJI per le griglie regolari nei casi canali no/si

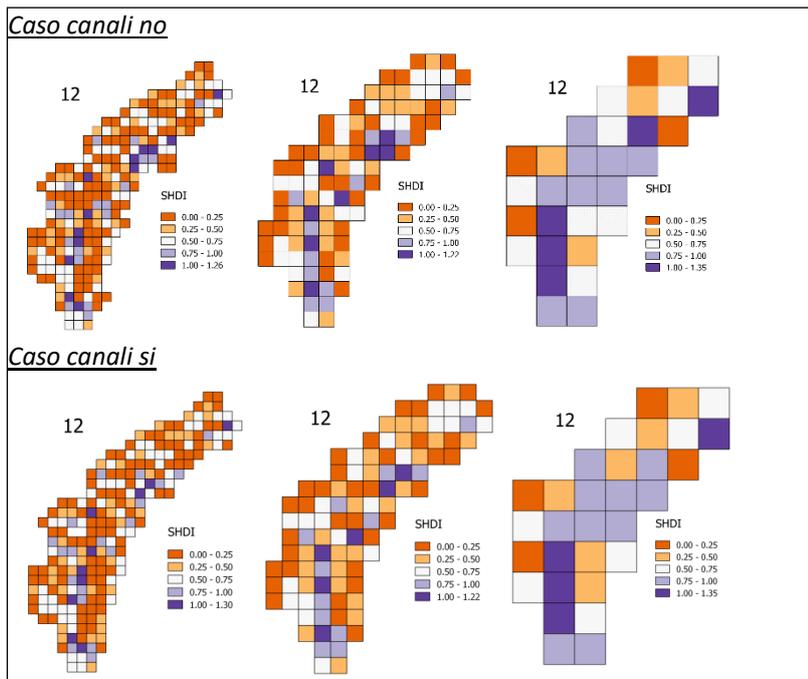


Figura 24: risultati dell'indice SHDI per le griglie regolari nei casi canali no/si

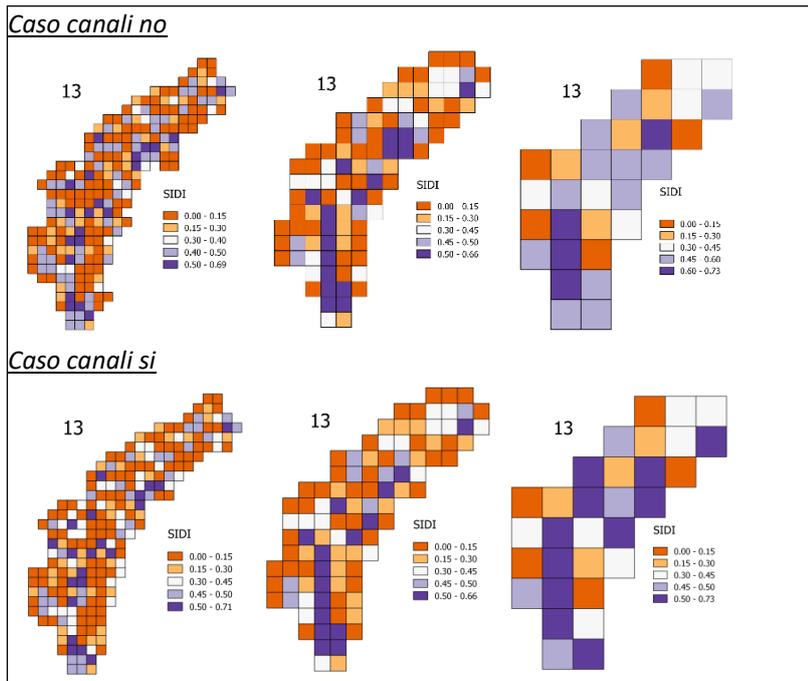


Figura 25: risultati dell'indice SIDI per le griglie regolari nei casi canali no/si

4 Discussione dei risultati

Per poter eseguire lo studio in ambito di *seascape ecology* degli habitat sommersi della laguna sono stati dapprima raccolti i dati disponibili sulla distribuzione di Fanerogame, Barene, Tapes e Macroalghe e con essi si è provveduto ad elaborare due Configurazioni spaziali.

Si è poi presa in considerazione la presenza dei canali con profondità maggiore di 4 m per poter valutare quale fosse l'effetto della loro presenza sulla frammentazione del paesaggio e sulla sua fruibilità in termini di raggiungibilità degli habitat da parte delle specie.

È stato elaborato un modello in Fragstats che è stato applicato alle due Configurazioni con e senza canali.

Non solamente l'osservazione delle configurazioni, ma anche i risultati ottenuti dagli indici hanno messo in evidenza che le due Configurazioni risultano assai poco differenti.

Alla luce di ciò si è quindi deciso di concentrare le analisi ad una sola delle due Configurazioni elaborate.

Si è deciso di utilizzare la Configurazione 1 in quanto risulta generata con dati provenienti dalla letteratura pubblicata a differenza della Configurazione 2 che è stata elaborata con dati derivati da ipotesi sulle caratteristiche del substrato.

4.1 Analisi della Configurazione 1 a livello di bacino

La distribuzione spaziale degli habitat considerati non è omogenea su tutta la superficie lagunare ma risente di tutta una serie di caratteristiche idrologiche e morfologiche.

A livello di bacino l'applicazione della maschera dei canali fa variare l'area di studio di 3831 ha, ovvero una variazione del 10% e, nella maggior parte dei casi la variazione degli indici permane dello stesso ordine di grandezza.

L'unico indice che mostra una variazione superiore è SIMI_MN, il quale presenta una significativa diminuzione generalizzata a tutti e quattro gli habitat considerati.

Ciò indica che la presenza dei canali altera la distribuzione spaziale degli habitat frammentandoli.

In questa analisi non è stato preso in considerazione il fattore tempo di conseguenza gli indici che valutano la struttura del paesaggio in funzione della sua evoluzione come ad esempio IJI, SHDI e SIDI perdono parte della loro utilità ma sono in grado di fornire informazioni proprio riguardo al fatto che la presenza dei canali non altera la distribuzione reciproca degli habitat.

In linea generale a livello di habitat l'applicazione della maschera dei canali apporta la stessa variazione per le coppie Barene-Macroalghe e Fanerogame-Tapes, dove le prime aumentano, le altre diminuiscono (e viceversa)

Solo per LSI e LPI si assiste ad una inversione tra Fanerogame e Macroalghe e ciò può essere spiegato dal fatto che l'habitat Fanerogame è quello maggiormente interessato dalla presenza dei canali.

4.2 Analisi alla scala spaziale dei sottobacini

Il dettaglio di analisi che è possibile utilizzando la scala spaziale dei sottobacini consente di comprendere meglio le distribuzioni di ciascun habitat e le variazioni causate dalla presenza dei canali.

Il sottobacino con superficie maggiore è il Sottobacino centrale, esso ha una estensione tripla rispetto agli altri, ma il minor valore di LPI, che diminuisce ulteriormente nel caso canali si.

Per quanto riguarda la associazione degli habitat e la loro distribuzione, ciascun sottobacino appare dominato da un unico tipo di habitat: Barene per sottobacino nord nord, Macroalghe per il nord centrale e Fanerogame per il sottobacino sud. Il Sottobacino centrale invece, presenta una distribuzione più uniforme di tutti gli habitat, con valori di copertura praticamente equivalenti.

La presenza dei canali comporta una generale diminuzione dei valori degli indici a livello di paesaggio, ma in questo caso è il Sottobacino nord che fa eccezione, specie per quanto riguarda gli indici SHAPE_MN e GYRATE_MN, per i quali si assiste ad un aumento (aumento che, per SHAPE_MN, interessa anche il Sottobacino centrale).

Questo fatto può essere spiegato con l'ipotesi che la maschera dei canali è andata ad occupare parte dell'area di studio che era precedentemente occupata da un habitat differente da quello ai lati del canale.

Questa ipotesi appare confermata andando a vedere i risultati degli indici a livello di habitat. Si nota infatti come l'habitat che presenta i valori mediamente maggiori per SHAPE_MN e di GYRATE_MN sia l'habitat Barene.

Si tratta infatti di due indici strettamente correlati, il primo valuta la forma e la complessità delle patch mentre il secondo valuta la distribuzione dell'habitat nel paesaggio da un punto di vista specie-specifico dando indicazioni sulla accessibilità degli habitat circostanti ad una specifica patch.

Poiché, come si è detto, non si è considerato il fattore temporale non si nota una grande variazione dell'indice PLADJ, ma il Sottobacino centrale e Sottobacino nord appaiono più "perturbati" dalla presenza dei canali specie per quanto concerne Tapes e Fanerogame.

Gli indici di diversità (indice di Shannon e indice di Simpson), spesso utilizzati nelle analisi di *landscape ecology*, mostrano range di variazione non troppo elevati (SHDI 0.63-1.38; SIDI 0.37-0.75 Tabella 8), indicando una sostanziale omogeneità; appaiono qui relativamente poco informativi in dipendenza del fatto che la loro variabilità tra i Sottobacini è molto ristretta.

Questi due indici presentano lo stesso andamento e la presenza dei canali non modifica in modo sostanziale i valori.

Il Sottobacino con valori maggiori è quello centrale, anche in relazione con la superficie estremamente più grande degli altri, seguono il Sottobacino sud e il Sottobacino nord centrale, ed infine il Sottobacino nord nord. Tale ordine rimane invariato sia per il caso canali no, sia per il caso canali si.

4.3 Analisi alla scala delle griglie regolari

Accanto alle griglie irregolari, sono state utilizzate tre griglie a maglia regolare di dimensioni crescenti.

Le caratteristiche completamente differenti rispetto alle scale spaziali a griglia irregolare, rendono le griglie regolari molto utili per valutare l'effetto di scala. E la perdita di informazione ad esso legata. Questa, passando dalla maglia 1500 alla maglia di 5000, è elevata per tutti gli indici utilizzati, ma ci sono alcune eccezioni degne di nota.

Accanto alla perdita di dettaglio nella capacità di descrizione dell'ambiente, è interessante notare come ci sia la dilatazione del range dei valori assunti. Tale

caratteristica, con ogni probabilità, è da imputare alla maggior complessità della porzione di paesaggio compresa all'interno di maglie più grandi.

Sulla base dei risultati ottenuti, si osserva chiaramente la “perturbazione” apportata dalla presenza dei canali: quasi sempre le celle del bacino centrale assumono valori maggiori (o minori, a seconda della caratteristica considerata dall'indice), mentre i valori delle celle del confine con la terraferma rimangono pressoché invariati.

Confrontando i valori ottenuti per l'indice SIMI_MN, alla stessa scala spaziale, si nota una variazione dei valori assunti nella zona sud del bacino dove una vasta area passa a valori decisamente inferiori indicando quindi chiaramente come i canali siano causa di frammentazione e quindi “allontanamento” tra porzioni di habitat con le medesime caratteristiche. Poiché l'indice di similarità considera la forma e la dimensione delle patch, una sua diminuzione indica che vi è stata una modifica sostanziali nel rapporto tra i coefficienti di similarità, quindi nella proporzione delle patch.

Per quanto riguarda l'indice LPI, i risultati sono praticamente identici all'interno della stessa scala spaziale per i due casi, e anche nel passaggio di scala, la perdita di informazione non appare così elevata.

Ancora una volta, confrontando i risultati dell'indice GYRATE_MN *Figura 17* all'interno della stessa scala spaziale, si può avere la conferma visiva di quanto poco i canali influiscano sulla connessione all'interno degli habitat.

Come accadeva anche per le griglie irregolari, i valori assunti dagli indici di Shannon e di Simpson (SHDI e SIDI) non presentano differenze sostanziali all'interno della stessa scala (per i due casi analizzati), ma poiché con le griglie regolari varia la grana, è possibile fare alcune considerazioni.

La prima osservazione riguarda il fatto che nel passaggio di scala da 1500 m a 2500 m la perdita di informazione sulla struttura del paesaggio è limitata, cosa che non avviene in egual modo passando alla scala a 5000 m.

Osservando le figure *Figura 24* e *Figura 25* a pag. 44 si vede che la scala minore presenta una situazione ambientale apparentemente migliore rispetto a quella presentata della scala a 1500 m, specie per quanto riguarda la parte centrale del bacino dove si nota un netto aumento delle aree che presentavano precedentemente valori medio bassi.

4.4 Analisi alla scala spaziale dei corpi idrici

La scala spaziale dei Corpi idrici è stata analizzata in quanto si tratta della scala utilizzata per gli scopi di monitoraggio e definizione dello stato ecologico come previsto della Direttiva 2000/60/CE sulle acque.

Anche in questo caso è stato applicato il modello di Fragstats alla Configurazione 1 sia in assenza di canali, sia dopo aver applicato la maschera dei canali.

La presenza dei canali fa variare poco i valori assunti dagli indici ma, nel Corpo idrico Lido e in Centro sud, si notano le variazioni di maggior rilievo che confermano quanto già visto sulla “eliminazione” da parte dei canali di parte delle aree occupate da Tapes nel caso canali no.

Di tutti i 12 Corpi idrici considerati, Centro storico è tra tutti quello che presenta caratteristiche proprie. Ciò non stupisce in quanto è stato inserito nello studio nonostante sia definito come fortemente modificato. Tale scelta è stata dettata non solamente dal fatto che si tratta di un Corpo idrico geograficamente incluso nell’area di studio (vedi quanto detto a pag. 3) ma anche dal fatto che proprio in quanto “fortemente modificato” avrebbe presentato valori differenti rispetto a qualunque altro Corpo idrico considerato.

A questa scala spaziale appare evidente come siano gli habitat Barene e Macroalghe a presentare le patch di dimensioni maggiori (si veda a tal proposito l’indice LPI nella Tabella 10) in particolare la parte centrale della laguna vede una maggior presenza di Macroalghe, mentre la zona sud e la zona più a nord mostrano anche una forte presenza di Barene.

Tra i valori assunti dagli indici PLADJ e IJI si nota la presenza di alcuni valori indicati con N/A che appaiono nei valori degli habitat Tapes e Macroalghe. La non calcolabilità dell’indice è da imputare al fatto che l’habitat in questione è costituito da meno di tre tipi di patch nel caso di IJI, e una singola patch per PLADJ.

Anche in questa circostanza i due indici SHDI e SIDI presentano lo stesso identico andamento non solo se confrontati tra loro ma anche se confrontati con il caso canali si.

Si nota che il corpo idrico centro storico è quello che presenta valori minori e che negli altri casi i valori assunti aumentano o diminuiscono in modo costante al

passaggio da un corpo idrico a quello confinante, fino a raggiungere il valore di SHDI=1.20 e SIDI= 0.65±0.01 per il Corpo idrico di Lido e Centro sud.

5 Confronto tra i risultati degli indici e il giudizio sullo stato ecologico

La Direttiva europea 2000/60/CE sulle acque utilizza elementi di qualità biologica per la definizione dello stato ecologico, che per le acque di transizione sono: Macroalghe, Fanerogame, Macroinvertebrati bentonici, fitoplancton e pesci.

Sommando i risultati ottenuti dagli indici per ciascun habitat si nota come in molti casi i valori maggiori siano raggiunti dai corpi idrici che raggiungono giudizi migliori in relazione all'indice MaQI.

La corrispondenza non può essere perfetta ma è notevole il fatto che indici quali IJI che valuta la inter-dispersione, gli indici PARA_MN (Figura 10) e SHAPE_MN (Figura 11) che invece valutano la complessità del bordo e la forma delle patch, e GYRATE_MN (Figura 12) che dà conto della fruibilità del paesaggio, abbiano valori più elevati per i corpi idrici con valutazione migliore.

Ciò indica chiaramente che l'eterogeneità del paesaggio sommerso è uno dei punti fondamentali che permette il mantenimento della funzionalità dell'ecosistema e che una banalizzazione del mosaico degli habitat, per quanto riguarda la laguna, assume una valenza negativa.

Ovviamente le caratteristiche biologiche di ciascun habitat non garantiscono che possa essere ipoteticamente colonizzata tutta la superficie, ma sicuramente potrà essere perseguita una migliore articolazione spaziale di habitat Tapes e Fanerogame in quei Corpi idrici (quali ad esempio sono Dese e Tessera) che sono risultati avere valutazione di qualità "scarso".

6 Conclusioni

I risultati ottenuti da questa analisi della configurazione degli habitat sommersi del bacino lagunare, mostrano che la distribuzione degli habitat considerati è legata alle caratteristiche idrologiche e morfologiche dei Sottobacini ma che la scala migliore per la valutazione del comparto bentonico e della qualità dell'ambiente sommerso è indubbiamente la scala spaziale dei Corpi idrici.

I canali, anche se molto larghi e assai profondi, non costituiscono un problema alla propagazione degli habitat sommersi considerati, però potrebbero esserlo alla diffusione di alcune specie.

Non tutti gli indici selezionati si sono rivelati egualmente utili, non solamente a causa dell'informazione considerata o del valore assunto, ma anche della calcolabilità dell'indice stesso.

In base ai principi della *seascape ecology* è necessario descrivere geograficamente un ambiente prima fare considerazioni sul suo stato di salute o sulle dinamiche interne e a questo scopo sono risultati utili gli indici descrittivi CA, NP, PLAND, accanto ai quali diventano maggiormente informativi anche SIMI_MN e IJI.

Per quanto invece riguarda la disponibilità di habitat per una determinata specie, l'interesse va a GYRATE_MN e PLADJ.

Gli indici di SHDI e SIDI invece, sebbene molto utilizzati in generale nella *landscape ecology*, in questo studio hanno mostrato variazioni assai limitate, dipendenti in parte dal fatto che non è stata considerata alcuna variazione temporale della configurazione spaziale degli habitat, e in parte dal fatto che gli habitat considerati sono solamente quattro. La loro variazione è quindi da imputare esclusivamente alla "eliminazione" di habitat (e parti di habitat) operata dalla presenza dei canali.

Per alcuni degli indici selezionati è apparsa evidente la correlazione con la classe dello stato ecologico identificata e ciò potrebbe risultare utile nella gestione degli eventi di deterioramento della salute generale dell'ecosistema in quanto una analisi di telemetria potrebbe facilitare l'identificazione delle aree alla base dello scompenso ecologico in atto.

Questo lavoro di tesi, quindi costituisce una prima base per un futuro sviluppo applicativo della *seascape ecology* in ambito lagunare, anche in relazione ad analisi spaziali ed all'applicazione di strategie gestionali.

Bibliografia

- Alhamad, Mohammad N., Mohammad A. Alrababah, Rusty A. Feagin, and Anne Gharaibeh. 2011. "Mediterranean Drylands: The Effect of Grain Size and Domain of Scale on Landscape Metrics." *Ecological Indicators* 11(2): 611–21.
- Aswani, Shankar, and Ismael Vaccaro. 2008. "Lagoon Ecology and Social Strategies: Habitat Diversity and Ethnobiology." *Human Ecology* 36(3): 325–41.
- Betzabeth, Palafox Juárez E., and Liceaga Correa María de los Ángeles. 2017. "Spatial Diversity of a Coastal Seascape: Characterization, Analysis and Application for Conservation." *Ocean and Coastal Management* 136: 185–95.
- Botequilha Leitão, André, and Jack Ahern. 2002. "Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Planning." *Landscape and Urban Planning* 59(2): 65–93.
- Costanza R, Sklar FH, White ML (1990) Modeling coastal landscape dynamics
- Cushman, Samuel A., Kevin McGarigal, and Maile C. Neel. 2008. "Parsimony in Landscape Metrics: Strength, Universality, and Consistency." *Ecological Indicators* 8(5): 691–703.
- Mion E. 2009. "Eterogeneità Spaziale E Indici Di Connettività Applicazione Alla Comunità Nectonica Di Basso Fondo Della Laguna Di Venezia." *CEUR Workshop Proceedings* 1542(9): 33–36.
- Osservatorio_naturalistico_della_Laguna. 2006. "L'ambiente Delle Bocche Di Porto Della Laguna Di Venezia: Caratteristiche Ambientali Salienti E Analisi Degli Effetti/impatti in Relazione Ai Lavori Di Realizzazione Del Sistema Mo.S.E." : 63.
- Peng, Yu, Kai Mi, Fengting Qing, and Dayuan Xue. 2016. "Identification of the Main Factors Determining Landscape Metrics in Semi-Arid Agro-Pastoral Ecotone." *Journal of Arid Environments* 124: 249–56.
- "Piano Di Gestione Dei Bacini Idrografici Delle Alpi Orientali." 2010. 1/2.
- Riitters, K. H. et al. 1995. "A Factor Analysis of Landscape Pattern and Structure Metrics." *Landscape Ecology* 10(1): 23–39.
- Rubio, Lidón, Örjan Bodin, Lluís Brotons, and Santiago Saura. 2015. "Connectivity Conservation Priorities for Individual Patches Evaluated in the Present Landscape: How Durable and Effective Are They in the Long Term?" *Ecography* 38(8): 782–91.

- Santos, Rolando O., Diego Lirman, and Simon J. Pittman. 2016. "Long-Term Spatial Dynamics in Vegetated Seascapes: Fragmentation and Habitat Loss in a Human-Impacted Subtropical Lagoon." *Marine Ecology* 37(1): 200–214.
- Schindler, Stefan, Kostas Poirazidis, and Thomas Wrba. 2008. "Towards a Core Set of Landscape Metrics for Biodiversity Assessments: A Case Study from Dadia National Park, Greece." *Ecological Indicators* 8(5): 502–14.
- Silva-Ecosystem-Consultant. 1992. "Landscape Ecology: Literature Review." (January): 23.
- Solidoro, C., D. Melaku Canu, A. Cucco, and G. Umgiesser. 2004. "A Partition of the Venice Lagoon Based on Physical Properties and Analysis of General Circulation." *Journal of Marine Systems* 51(1–4 SPEC. ISS.): 147–60.
- Tomaselli, V., G. Veronico, S. Sciandrello, and P. Blonda. 2016. "How Does the Selection of Landscape Classification Schemes Affect the Spatial Pattern of Natural Landscapes? An Assessment on a Coastal Wetland Site in Southern Italy." *Environmental Monitoring and Assessment* 188(6).
- Vincenzi, Simone et al. 2011. "Application of a Random Forest Algorithm to Predict Spatial Distribution of the Potential Yield of *Ruditapes Philippinarum* in the Venice Lagoon, Italy." *Ecological Modelling* 222(8): 1471–78.
- Wedding, Lisa M. et al. 2011. "Quantifying Seascape Structure: Extending Terrestrial Spatial Pattern Metrics to the Marine Realm." *Marine Ecology Progress Series* 427(Gustafson 1998): 219–32.
- Wei, Xiaojian et al. 2016. "Evaluating the Effectiveness of Landscape Configuration Metrics from Landscape Composition Metrics." *Landscape and Ecological Engineering* 13(1): 1–13.

Indice degli elementi numerati

Figura 1: Distribuzione spaziale degli habitat sommersi utilizzati nel presente studio; confronto tra la Configurazione 1 e la Configurazione 2	11
Figura 2: Distribuzione spaziale degli habitat sommersi utilizzati per il presente studio; Confronto tra la Configurazione 1 e la Configurazione 2 per il caso "canali si"	12
Figura 3: confronto tra i risultati che l'indice PLAND assume nella Configurazione 1 e la Configurazione 2 nei casi canali no/si	22
Figura 4: confronto tra i risultati che l'indice GYRATE_MN assume nella Configurazione 1 e nella Configurazione 2 nei due casi canali no/si	22
Figura 5: suddivisione in sottobacini dell'area di studio	25
Figura 6: risultati relativi all'indice PLAND per la scala spaziale dei sottobacini nel caso canali no .	29
Figura 7: risultati relativi all'indice PLAND per la scala spaziale dei sottobacini nel caso canali si ...	29
Figura 8: i corpi idrici considerati nello studio. CS centro storico; EC palude maggiore; PNC2 Tesserà; ENC3 Chioggia; ENC4 Sacca sessola; ENC2 Lido; ENC1 Centro sud; PC3 Val di Brenta; PC4 Teneri; PC2 Millecampi Teneri; PC1 Dese; PNC1 Marghera.....	30
Figura 9: grafico dei risultati cumulativi assunti dagli habitat per l'indice IJI nel caso canali si	35
Figura 10: Grafico dei risultati cumulativi assunti dagli habitat per l'indice PARA_MN per il caso canali si	35
Figura 11: grafico dei risultati cumulativi assunti dagli habitat per l'indice SHAPE_MN nel caso canali si	36
Figura 12: grafico dei risultati cumulativi assunti dagli habitat per l'indice GYRATE_MN nel caso canali si	36
Figura 13: risultati dell'indice TA per le griglie regolari nei casi canali no/si	38
Figura 14: risultati dell'indice NP per le griglie regolari nei casi canali no/si	38
Figura 15: risultati dell'indice LPI per le griglie regolari nei casi canali no/si	39
Figura 16: risultati dell'indice LSI per le griglie regolari nei casi canali no/si	39
Figura 17: risultati dell'indice GYRATE_MN per le griglie regolari nei casi canali no/si.....	40
Figura 18: risultati dell'indice SHAPE_MN per le griglie regolari nei casi canali no/si.....	40
Figura 19: risultati dell'indice PARA_MN per le griglie regolari nei casi canali no/si	41
Figura 20: risultati dell'indice SIMI_MN per le griglie regolari nei casi canali no/si	41
Figura 21: risultati dell'indice CWED per le griglie regolari nei casi canali no/si	42
Figura 22: risultati dell'indice PLADJ per le griglie regolari nei casi canali no/si	42
Figura 23: risultati dell'indice IJI per le griglie regolari nei casi canali no/si	43
Figura 24: risultati dell'indice SHDI per le griglie regolari nei casi canali no/si	43
Figura 25: risultati dell'indice SIDI per le griglie regolari nei casi canali no/si.....	44

Tabella 1: Quadro riassuntivo delle fonti e delle elaborazioni che hanno portato alla generazione della Configurazione 1	9
Tabella 2: Quadro riassuntivo delle fonti e delle elaborazioni che hanno portato alla creazione della Configurazione 2	10
Tabella 3: Quadro riassuntivo delle fonti e delle elaborazioni eseguite per la creazione della maschera dei canali a profondità maggiore di 4 m per la creazione del caso "canali si" della Configurazione 1 e della Configurazione 2.....	13
Tabella 4: Quadro riassuntivo delle fonti e delle elaborazioni che hanno portato alla creazione delle griglie regolari e irregolari utilizzate per le analisi	15
Tabella 5: Gli indici utilizzati nello studio (aij area della patch ij; A area totale del paesaggio; eik lunghezza totale del bordo tra le classi; dik valore del contrasto; h distanza tra la cella e il centroide della patch; eik lunghezza totale in metri del bordo tra le patch di classe i e quelle di classe k; E lunghezza in metri del bordo nel landscape escluso il background; gii numero degli adiacenti vicini; Pi proporzione di paesaggio occupata dalla classe i; dik la similarità tra le patch	17
Tabella 6: risultati relativi alla Configurazione 1 e alla configurazione 2 nei casi canali no/si	23
Tabella 7: risultati degli indici per la scala spaziale dell'intero bacino per la Configurazione 1 e la Configurazione 2 per i due casi canali si/no.....	24
Tabella 8: risultati degli indici relativi alla scala spaziale dei Sottobacini della Configurazione 1 a livello di paesaggio	26
Tabella 9: risultati degli indici relativi alla scala spaziale dei sottobacini della Configurazione 1 a livello di habitat	27
Tabella 10: risultati degli indici per la scala spaziale dei corpi idrici per la Configurazione 1 nel caso canali no	31

Contatti:

Dott.ssa Bergamin Sara

Phone: +39 3398008172

Skype: Lasara80

E-Mail: protone.sara@alice.it

Ringraziamenti

Mi si permetta di esprimere un ringraziamento speciale al Professor Fabio Pranovi, per la disponibilità e sensibilità dimostrata nel formulare un progetto di internato che mi ha consentito di giungere al conseguimento della laurea.

Ringrazio sentitamente anche la Ph.D. Silvia Rova che, con competenza e infinita pazienza, mi ha guidato in questi mesi nello svolgimento di tutte le tappe necessarie al completamento del progetto di studio.

Un ringraziamento speciale va ai miei genitori e alla mia famiglia per aver avuto la pazienza di aspettare e per avermi supportato, aiutato e sopportato fino al raggiungimento di questo traguardo.

Ci sono poi gli amici che sono troppi per poterli nominare tutti, ma che sono sempre stati un punto di riferimento nei momenti di sconforto dovuto alle (inevitabili) difficoltà incontrate lungo il percorso.

Grazie a tutti!