

**ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI**

**Corso di Laurea Specialistica in  
SCIENZE PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**ANALISI DELLE FOCI E DEI TRATTI TERMINALI DI CORSI  
FLUVIALI ATTRAVERSO INDICI CALCOLATI SU DIFFERENTI  
SCALE SPAZIALI E TEMPORALI**

**Tesi di laurea in  
FISICA GENERALE AVANZATA**

**Relatore  
Prof. Andrea Contin**

**Presentata da  
Luciano Vogli**

**Correlatori  
Dott. Leonardo Marotta  
Dott. Lorenzo Benini**

**III sessione  
Anno Accademico 2008/2009**



# INDICE

<b>1</b>	<b>– INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>– PAESAGGI FLUVIALI COSTIERI</b>	<b>2</b>
1.1.1	– Corsi d’acqua	2
1.1.2	– Zona costiera	4
1.1.3	– Foci fluviali e zone umide	5
1.1.4	– Uso del suolo e trasformazione antropica	8
1.1.5	– Biodiversità e geodiversità: concetti e importanza nelle scienze ambientali	13
1.1.6	– Scienza del paesaggio	15
<b>1.2</b>	<b>– POLITICHE PER I FIUMI</b>	<b>16</b>
1.2.1	– Agenda 21 e sviluppo sostenibile	19
1.2.2	– Politiche comunitarie	21
1.2.2.1	– Water Framework Directive 2000/60/CE	23
1.2.2.2	– Politiche urbane	25
1.2.2.3	– Gestione Integrata della Zona Costiera	27
1.2.3	– Politica e legislazione nazionale	28
1.2.4	– Politica e legislazione regionale	30
<b>1.3</b>	<b>– INQUADRAMENTO DELLE AREE DI STUDIO</b>	<b>33</b>
1.3.1	– Definizione delle aree di studio	33
1.3.1.1	– Definizione delle aree costiere	33
1.3.1.2	– Delimitazione delle foci fluviali	36
1.3.2	– Caratteristiche delle aree di studio	39
1.3.2.1	– Zona costiera romagnola	39
1.3.2.1.1	Formazione ed evoluzione	39
1.3.2.1.2	Erosione, subsidenza e opere di difesa	42
1.3.2.2	– Corsi d’acqua romagnoli	46
1.3.2.2.1	Reno	47
1.3.2.2.2	Bevano	50
1.3.2.2.3	Conca	54
<b>2</b>	<b>– METODI E MATERIALI</b>	<b>59</b>
<b>2.1</b>	<b>– TIPOLOGIE DI STRUMENTI DI VALUTAZIONE MULTICRITERIO</b>	<b>59</b>

2.1.1	– La valutazione multicriteriale	61
2.1.1.1	– Elementi costitutivi di un problema decisionale a criteri multipli	62
2.1.1.2	– Analisi a criteri multipli basata su GIS	63
2.1.1.3	– Classificazione dei modelli di AMC	65
2.1.1.4	– Struttura del modello di AMC spaziale	67
2.1.1.4.1	Definizione del problema	69
2.1.1.4.2	Scelta dei criteri di valutazione	70
2.1.1.4.3	Individuazione delle alternative	70
2.1.1.4.4	Pesi dei criteri	71
2.1.1.4.5	Regole decisionali	71
2.1.1.4.6	Analisi di sensitività	72
<b>2.2</b>	<b>– ANALISI MULTISCALARE E MULTITEMPORALE DELL'USO DEL SUOLO</b>	<b>74</b>
<b>2.3</b>	<b>– INDICI DI SOSTENIBILITA'</b>	<b>78</b>
2.3.1	– Indice di Sprawl	82
2.3.2	– Landscape Development Intensity Index, LDI	83
2.3.3	– Biopotenzialità Territoriale, BTC	84
2.3.4	– Percolazione	87
2.3.5	– Indice Faunistico cenotico Medio, IFM	89
2.3.6	– Attribuzione dei coefficienti per il calcolo dei valori degli indici nelle aree di studio	89
<b>2.4</b>	<b>– INDAGINI DI DETTAGLIO IN AREE DI FOCE FLUVIALE</b>	<b>94</b>
2.4.1	– Analisi granulometriche e check list di geomorfologia	94
2.4.2	– Indice di Funzionalità Fluviale (IFF)	97
<b>2.5</b>	<b>– METODI VALUTATIVI</b>	<b>104</b>
2.5.1	– Matrice dei conflitti ambientali	104
<b>3</b>	<b>– RISULTATI</b>	<b>107</b>
<b>3.1</b>	<b>– DATI DI POPOLAZIONE E EDIFICATO</b>	<b>107</b>
<b>3.2</b>	<b>– USO DEL SUOLO</b>	<b>112</b>
<b>3.3</b>	<b>– INDICI DI SOSTENIBILITA'</b>	<b>130</b>
3.3.1	– Indice di Sprawl	130
3.3.2	– Landscape Development Intensity Index, LDI	132
3.3.3	– Biopotenzialità Territoriale, BTC	143
3.3.4	– Percolazione	154
3.3.5	– Indice Faunistico cenotico Medio, IFM	165
<b>3.4</b>	<b>– ANALISI DI DETTAGLIO IN AREE DI FOCE FLUVIALE</b>	<b>176</b>

3.4.1	– Differenza tra BTC reale e BTC potenziale: BTC gap	176
3.4.2	– Analisi granulometriche e check list di geomorfologia	179
3.4.2.1	– foce Reno	179
3.4.2.2	– foce Bevano	179
3.4.2.3	– foce Conca	180
3.4.3	– River Mouth Functionality Index, RMFI	180
<b>4</b>	<b>– DISCUSSIONE</b>	<b>189</b>
<b>4.1</b>	<b>– DISCUSSIONE DEL METODO</b>	<b>189</b>
4.1.1	– Approccio metodologico adottato	189
4.1.1.1	– Ragioni del metodo adottato	189
4.1.1.2	– Esportabilità e applicabilità ad altri sistemi e contesti	190
4.1.1.3	– Errori associati alle valutazioni	191
<b>4.2</b>	<b>– DISCUSSIONE DEI RISULTATI DELL’ANALISI</b>	<b>195</b>
4.2.1	– Sintesi	195
4.2.2	– Differenze rispetto ai risultati di altri approcci	208
<b>4.3</b>	<b>– UTILIZZO DEI RISULTATI AI FINI DELLA GESTIONE</b>	<b>210</b>
<b>5</b>	<b>– CONCLUSIONI</b>	<b>213</b>
<b>6</b>	<b>– BIBLIOGRAFIA</b>	<b>217</b>
	<b>ALLEGATO A</b>	<b>231</b>
	TABELLE DATI DI USO DEL SUOLO	231
	<b>ALLEGATO B</b>	<b>253</b>
	TABELLE E GRAFICI DI ANALISI GRANULOMETRICHE, CHECK LIST DI GEOMORFOLOGIA, SALINITA’, QUALITA’ DELLE ACQUE MARINE E FLUVIALI	253
	<b>ALLEGATO C</b>	<b>277</b>
	SCHEDE RILEVAMENTI INDICE RMFI	277



# 1 – INTRODUZIONE

L'obiettivo principale della ricerca svolta nell'ambito di questa tesi è quello di analizzare i processi dinamici relativi agli ambiti territoriali rappresentati dalle foci dei corsi d'acqua e dalla fascia costiera circostante, utilizzando metodi di valutazione classici, già ampiamente codificati, ed un modello concettuale e valutativo di carattere innovativo e sperimentale. Gli strumenti d'indagine comprendono l'analisi della cartografia tematica di uso del suolo, il calcolo di indici di stato e d'impatto sulla base dei dati di uso del suolo, il rilievo sul campo di immagini fotografiche, volte a verificare ed implementare i dati cartografici e a documentare l'effettivo stato del paesaggio, analisi granulometriche di campioni di sedimenti fluviali, e lo sviluppo di un indice di funzionalità ecologica originale, applicato alle aree di studio delle foci scelte per l'analisi di dettaglio.

L'area oggetto dello studio è costituita dalla zona costiera della Romagna, cioè delle Province di Ravenna, Forlì - Cesena e Rimini. L'analisi di dettaglio, con l'applicazione di tutti gli strumenti, è effettuata solo su alcuni corsi d'acqua ritenuti, per vari motivi, rappresentativi di differenti stati di conservazione ed integrità dell'ecosistema fluviale, al fine di poter effettuare valutazioni comparative del loro stato di salute.

Le dinamiche naturali di evoluzione dell'ambiente fisico ed i processi antropici di trasformazione territoriale sono studiati su scenari multitemporali in base ai dati disponibili, considerando un intervallo complessivo compreso tra il 1976 ed il 2008, in modo da poter confrontare le diverse situazioni ed individuare il trend evolutivo.

Attraverso un approccio ecosistemico, diacronico e multi scalare, si vuole valutare la pressione antropica sul paesaggio e sulla qualità e funzionalità degli ecosistemi fluviali nelle aree di foce, all'interno di un territorio fortemente antropizzato quale quello della Regione Emilia-Romagna.

In letteratura è stata riscontrata una carenza di metodologie per la valutazione degli ambienti di foce fluviale dal punto di vista della funzionalità ecologica. Per tale motivo un importante obiettivo di questa tesi consiste proprio nello sviluppo e nell'applicazione di una metodologia innovativa, basata sui principi dell'analisi multi criterio e dell'ecologia del paesaggio.

---

L'ulteriore sviluppo della metodologia e degli indici ed indicatori codificati potrà costituire un valido strumento sia per valutare la sostenibilità degli ecosistemi costieri esaminati, sia come supporto alle decisioni in materia di tutela delle risorse idriche, salvaguardia del paesaggio e delle aree naturali, difesa del suolo, programmazione e progettazione territoriale sostenibile.

## **1.1 – PAESAGGI FLUVIALI COSTIERI**

### ***1.1.1 – Corsi d'acqua***

I corsi d'acqua rappresentano i lineamenti essenziali di gran parte dei paesaggi della Terra e la loro azione è uno dei principali fattori che determinano il paesaggio stesso; i corsi d'acqua sono infatti un mezzo di mobilitazione di enormi quantità di materiale, attraverso i processi di erosione, trasporto e sedimentazione. In ogni parte della Terra si trovano esempi di morfologie fluviali o torrentizie, siano esse attuali oppure soltanto relitte.

Le azioni geomorfologiche dei corsi d'acqua sono svolte dall'energia cinetica dell'acqua stessa, che dipende sia dalla portata sia dalla velocità. Una parte di questa energia è usata per vincere gli attriti interni (viscosità) ed esterni (rugosità del letto e delle sponde, resistenza dell'aria), e per trasportare il carico solido. L'eventuale energia in eccesso può essere impiegata per asportare i materiali detritici presenti in alveo.

Il corso d'acqua tende sempre alla condizione di stabilità, consistente nel solo trasporto del materiale in carico; le azioni di erosione e sedimentazione determinano una modifica del profilo longitudinale del corso d'acqua, tale che per ogni punto del profilo stesso si determini una pendenza necessaria e sufficiente a vincere gli attriti ed a trasportare il carico. Se tutti i punti del suo tracciato rispondono a tale requisito, si dice che il corso d'acqua ha raggiunto il suo profilo di equilibrio; si tratta però di un concetto teorico ed astratto, in quanto nella realtà questa configurazione del profilo non può essere raggiunta e mantenuta stabilmente. Si può dire che un corso d'acqua tende a raggiungere un profilo di equilibrio quando, in un bilancio annuale, viene evacuata la totalità del carico di detriti pervenuti in alveo e nulla più. Il profilo di equilibrio è definito in base ad un punto fisso di foce che costituisce il livello di base, solitamente il livello del mare, considerato stabile in tempi relativamente lunghi e al di sotto del quale il corso non può approfondire il proprio

alveo; esistono anche livelli di base locali, come laghi, punti di confluenza, sbarramenti naturali e artificiali, che possono variare anche sensibilmente in tempi relativamente rapidi.

Il bacino idrografico di un corso d'acqua è definito come l'area in cui le acque meteoriche vengono drenate e convogliate per ruscellamento o deflusso ipodermico in un'unica asta fluviale; il limite è definito dalla linea di spartiacque, la massima elevazione della superficie. La struttura del drenaggio, ovvero la disposizione e la tipologia della rete idrografica, dipende principalmente dai fattori strutturali e dalle condizioni climatiche; tra i fattori strutturali rivestono particolare importanza la diversa erodibilità e permeabilità delle rocce, la loro composizione litologica, l'assetto tettonico di pieghe e faglie; il drenaggio superficiale risponde a tali fattori ad esempio cercando di evitare gli ostacoli costituiti dalle rocce più resistenti, seguendo la direzione delle pieghe e delle fratture, sviluppandosi più densamente sui terreni impermeabili e meno densamente su quelli permeabili, etc. Il pattern del reticolo idrografico superficiale fornisce perciò informazioni sulla geologia del bacino.

Trasversalmente rispetto alla direzione principale, i corsi d'acqua presentano generalmente diverse morfologie, dipendenti principalmente dall'energia del rilievo; in base a quest'ultima, in un tipico corso d'acqua naturale si possono distinguere sostanzialmente tre zone:

1. zona montuosa, alto corso del fiume: valli strette, profilo a V, con pendii ripidi;
2. zona pedemontana e alta pianura, medio corso del fiume: fondovalle più ampio, alveo con canali anastomizzati (tendenti ad assottigliarsi e a sparpagliarsi); morfologia tipica di zone di transizione in cui cambia l'energia del fiume a causa della variazione di pendenza e di substrato; il fiume scorre sui sedimenti grossolani che costituiscono la conoide; presenza di terrazzi fluviali;
3. bassa pianura e piana costiera, basso corso del fiume: ampie pianure alluvionali, corso meandriforme in continua evoluzione, accentuazione della sinuosità per erosione della zona esterna ed accrescimento della zona interna alle curve, deposizione dei sedimenti meno grossolani, formazione di point bar.

Quando un fiume giunge nella regione pedemontana, depone parte del suo carico, la porzione più grossolana, a formare depositi di conoide alluvionale estremamente piatta, con pendii appena percettibili; la coalescenza e la sovrapposizione di strutture di questo

---

tipo crea la morfologia della zona pedemontana delle pianure alluvionali, nella quale spesso è possibile distinguere le singole conoidi agli sbocchi vallivi ed osservare tracciati fluviali a canali anastomizzati. Più in basso la pianura diventa ancora più piatta, ed in essa si possono generalmente distinguere dei dossi allungati ed in leggero rilievo, corrispondenti agli argini o ai paleoalvei dei fiumi, e vaste bassure paludose corrispondenti alle aree d'inondazione delle piene tracimate dagli argini.

La genesi della pianura avviene sia orizzontalmente, con l'accostamento di diversi corpi d'alveo adiacenti, sia verticalmente, con la sovrapposizione di successivi cicli di riempimento dei bacini di esondazione. Parallelamente, il fondo del letto fluviale si eleva per il progressivo deposito di detriti alluvionali, tanto che il fiume può trovarsi a scorrere su di un alveo pensile sopraelevato rispetto alla pianura circostante, anche in conseguenza della costruzione di arginature artificiali da parte dell'uomo al fine di contenere le acque ed impedire le esondazioni.

In prossimità della foce a mare, le azioni costiere interferiscono con quelle fluviali ed ai sedimenti alluvionali si aggiungono quelli litorali marini a formare pianure deltizie caratterizzate da una serie di strutture longitudinali, dirette verso mare, costituite da vari bracci fluviali attivi o semiabbandonati e dagli antichi argini e tracciati, e da una serie di strutture trasversali che rappresentano gli antichi cordoni litorali; queste strutture possono racchiudere lagune, zone paludose, acquitrini e stagni costieri.

### **1.1.2 – Zona costiera**

Le aree appartenenti alla fascia costiera raramente sono classificabili in specifiche unità fisiografiche del territorio, come ad esempio i bacini idrografici, le valli e le pianure alluvionali; viene solitamente considerata “fascia costiera” la porzione di territorio in cui i processi morfodinamici fluviali, di versante e di bacino sono caratterizzati e influenzati dalla vicinanza del litorale, e in cui al tempo stesso i processi dinamici litoranei risentono fortemente di quelli in atto nella fascia costiera, in maniera tale che eventuali alterazioni di una qualsiasi delle componenti dei due sistemi si ripercuote direttamente nell'altro. Per tali ragioni è difficile parlare di fascia costiera come di una superficie nettamente definita e di larghezza costante; al contrario, dipendendo da numerosi fattori, la sua delimitazione deve per forza essere definita in modo convenzionale sulla base della morfologia, dell'uso del

suolo, della presenza di infrastrutture, in sostanza delle dinamiche naturali ed antropiche che possono influenzarne l'evoluzione.

### **1.1.3 – Foci fluviali e zone umide**

La foce fluviale è quel particolare ambiente di transizione in cui s'incontrano ecosistemi tra loro molto diversi; costituisce un "ecotone multiscalare" (Farina, 1995), riscontrabile a vari livelli: dal livello sistemico (ecotone tra ecosistemi terrestri ed ecosistemi marini), al livello di mesochore (ecotone tra l'ecotopo fluviale, l'ecotopo di spiaggia emersa, l'ecotopo di spiaggia sommersa e le acque costiere), fino al livello di microchore (ecotone tra alveo fluviale, sponde fluviali, zone umide a vari livelli di salinità, battigia, dune, depressioni retrodunali, boschi alofili, ecc.). Questi ambienti sono soggetti ad una forte variabilità naturale, accentuata dalle variazioni climatiche in atto: l'aumento del livello medio marino, delle temperature marine, dei fenomeni climatici estremi, della variabilità del regime delle precipitazioni, sono fattori che influenzano le caratteristiche delle foci fluviali. I confini di tale ambiente sono, per questi motivi, difficilmente definibili; tuttavia, essendo costituito dall'interazione di diversi ambienti, i suoi limiti vengono posti, sia verso terra sia verso mare, laddove non si riscontrano caratteristiche miste dei vari ambienti, ma soltanto di uno di essi. In un contesto fortemente alterato dall'azione dell'uomo, qual è il litorale romagnolo, in cui le foci non sono più naturali e perciò non più definibili con criteri strettamente geomorfologici, è indispensabile affrontare il problema anche in un'ottica storica. L'approccio allo studio e alla soluzione delle problematiche territoriali, infatti, non può prescindere dal recupero e dal mantenimento della memoria storica del territorio: sapere quel che è successo in passato aiuta a capire cosa potrà accadere in futuro; in particolare è importante conoscere l'adattabilità e la flessibilità del territorio, in termini di resistenza e resilienza, nei confronti degli scenari futuri.

I processi geomorfologici che avvengono nelle aree di foce sono riconducibili alla sedimentazione fluviale, alla dispersione del carico sedimentario da parte delle correnti litoranee, e all'azione del moto ondoso e delle maree. A questi si aggiungono gli effetti dell'intrusione delle acque salate lungo l'asta fluviale; data la loro maggiore densità, creano un'interfaccia, un gradino che l'acqua dolce deve superare, con conseguente perdita di energia e deposizione anticipata dei sedimenti trasportati dalla corrente, che perciò non

riescono a giungere alla foce o in mare. La batimetria delle aste fluviali ha un ruolo importante nell'intrusione delle acque salate nell'acquifero superficiale, in quanto la presenza di buche e contropendenze sul fondo favorisce il ristagno di acque marine, più dense di quelle dolci, e la loro intrusione nella falda libera. Al contrario, la presenza di barre di foce e di cordoni dunosi litoranei costituisce una barriera sia alla risalita diretta di acque salate lungo il corso del fiume sia all'ingressione del cuneo salino, per effetto della maggiore superficie disponibile per la ricarica della falda acquifera superficiale.

La Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE ed il Decreto Legislativo 152/06 che l'ha recepita, definiscono le acque di transizione come "i corpi idrici superficiali in prossimità della foce di un fiume, che sono parzialmente di natura salina a causa della loro vicinanza alle acque costiere, ma sostanzialmente influenzati dai flussi di acqua dolce", ricomprendendo quindi in questa tipologia anche le acque delle foci fluviali.

La conservazione, il recupero ed il ripristino delle foci fluviali, e delle zone umide costiere in generale, è di fondamentale importanza per diversi motivi. Innanzi tutto, in qualità di zone ecotonali, presentano sia un'elevata ricchezza specifica sia un'elevata biodiversità: in essi si trovano numerosi habitat di interesse individuati ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/CEE (1130 – estuari, e molti altri); inoltre costituiscono elementi fondamentali delle reti ecologiche, di connessione tra gli ecosistemi terrestri e marini, e forniscono servizi ecosistemici essenziali, come ad esempio la depurazione delle acque. In prospettiva futura la tutela di questi ambienti si rivela strategica, oltre che per la loro purtroppo crescente rarità, anche per l'importante ruolo nella mitigazione degli impatti derivanti dai cambiamenti climatici in atto.

Le zone umide di tutto il mondo sono in forte degrado: si sta riducendo la loro superficie e si stanno alterando le loro caratteristiche funzionali, sono minacciate a dispetto di vari accordi internazionali e delle politiche nazionali. L'estensione di questi ambienti ancora oggi esistenti in tutto il bacino del Mediterraneo è di circa 2,8 milioni di ettari, ma negli ultimi 2000 anni si è perduto il 60% del patrimonio di aree umide europee. In epoca romana le zone umide costituivano circa un decimo del territorio nazionale, quasi 3 milioni di ettari che si sono progressivamente ridotti: nel 1972 le aree umide ricoprivano complessivamente una superficie di circa 190000 ettari, pari allo 0,6% del territorio italiano. Recenti stime riducono ad un terzo (0,2%) la superficie residua delle zone umide interne e costiere nel nostro paese.

Le cause del degrado sono note ed evidenti: interventi di bonifica, inquinamento, urbanizzazione, agricoltura ed itticoltura intensive, approvvigionamento idrico, attività venatoria, immissione di specie alloctone, disturbo generalizzato sono i fattori di alterazione di questi complessi ecosistemi. Il valore delle zone umide non è adeguatamente preso in considerazione nel processo decisionale, e le funzioni svolte sono valutate solo parzialmente, tanto che la loro considerazione ed il loro uso, finalizzato all'utilizzo del bene, spesso porta al degrado o addirittura alla distruzione della zona umida. I motivi che determinano questa sottovalutazione delle potenzialità delle zone umide e delle loro funzioni ecologiche sono stati così sintetizzati (de Groot et al., 2006):

- i. l'impossibilità di considerare molti dei servizi ecologici, delle risorse biologiche e dei servizi ricreativi come un bene pubblico per il benessere delle popolazioni;
- ii. le esternalità; si hanno quando gli investimenti non riflettono la totalità dei costi sociali ed i benefici di un cambiamento nella disponibilità di un bene o di un servizio;
- iii. gli incentivi; molte politiche e decisioni governative tendono a fornire incentivi per attività economiche che spesso contrastano con un utilizzo sostenibile degli ecosistemi;
- iv. l'ineguale distribuzione di costi e benefici (perequazione ecologico - territoriale);
- v. assenza di chiari diritti di proprietà;
- vi. mancanza di comunicazione e di informazione sull'importanza dei servizi ecosistemici con conseguente difficoltà a riconoscere il valore delle zone umide.

La tutela degli ecosistemi delle zone umide è essenziale non solo per l'approvvigionamento idrico, ma anche per preservare la biodiversità ed assicurare altri servizi necessari per la salute ed il benessere degli esseri umani, tra cui la depurazione delle acque, la produzione di cibo (attività di caccia e pesca, molluschicoltura), la fornitura di energia, l'irrigazione, lo svago e il tempo libero.

Esistono numerose opportunità per valorizzare in senso durevole questi paesaggi attraverso adeguate capacità tecniche e volontà politiche, in particolare in un territorio quale quello della costa emiliano-romagnola, caratterizzata dalla presenza del Parco del Delta del Po e delle aree umide ad esso connesse e riconosciute a livello internazionale. Nell'area del

---

Parco si contano 31 Siti di Importanza Comunitaria, 22 Zone di Protezione Speciale e 13 Riserve dello Stato, nelle quali complessivamente vivono 350 specie di uccelli di cui 64 prioritarie per la conservazione, un patrimonio che indica l'alto valore di questi ecosistemi. Le zone umide del Parco, e ancor di più quelle che non vi sono comprese, soffrono delle pressioni e delle alterazioni dovute all'intervento antropico: le trasformazioni agricole dei suoli avvenute negli ultimi 50 anni e la progressiva urbanizzazione della fascia costiera si sono tradotte in un progressivo isolamento degli ecotopi, in una perdita di qualità delle componenti ecologiche degli ecosistemi ed in un'artificializzazione dei loro sistemi di mantenimento. In sostanza questo patrimonio dipende fortemente dalla mano dell'uomo, e dall'uomo ne dipende la corretta gestione.

L'ecologia del paesaggio e la conservazione degli ecosistemi possono offrire una visione più ampia e funzionale dei sistemi ambientali e modelli di gestione che ne aumentino le capacità di autosostentamento, attraverso sinergie con le attività antropiche ormai divenute fondamentali per il mantenimento del patrimonio di biodiversità di questi veri e propri paesaggi culturali. L'approccio scientifico e transdisciplinare è uno strumento focale per misurare e gestire queste necessità, e in un contesto di criticità quale quello attuale, assume un ruolo cruciale di supporto alla gestione ed alla predisposizione di strumenti utili ai decisori. Mai come ora le zone umide sono dipendenti dall'uomo per la loro sopravvivenza e mai come in questo momento l'uomo ha la necessità vitale di recuperare un rapporto corretto con questi ecosistemi e con le funzioni ecologiche che sviluppano benessere durevole e sostenibile.

#### ***1.1.4 – Uso del suolo e trasformazione antropica***

“L'Italia è un Paese profondamente ripasmato dall'azione umana, la costruzione artificiale del paesaggio passa attraverso centuriazione, bonifiche, acquedotti, terrazzamenti. Nel nostro Paese il processo storico di civilizzazione è stato forse il più attivo del Mediterraneo (che è il luogo di più antica trasformazione dell'ambiente e coevoluzione del sistema uomo – geo-eco-sistemi) e le forme della manipolazione di strutture, processi e funzioni dei sistemi naturali più numerose e complesse.” (Sereni, 1972).

L'aumento della popolazione residente nelle aree costiere è un fenomeno che non conosce confini, è comune a tutti i continenti; questo comporta una crescente e consistente artificializzazione del territorio costiero e lo sviluppo di città e metropoli lineari che possono raggiungere le decine di milioni di abitanti e diverse centinaia di chilometri di lunghezza. Anche quando il fenomeno di urbanizzazione dell'area costiera non raggiunge tali estremi, esso comporta notevoli impatti; oltre alla completa alterazione dell'ambiente e alla notevole riduzione delle aree naturali, si verifica un'interruzione della continuità territoriale tra la costa e l'entroterra che costituisce un ostacolo al libero spostamento delle specie animali, con conseguenti impatti sulla biodiversità.

La costruzione di edifici e infrastrutture in zone adiacenti o limitrofe al litorale comporta un irrigidimento della linea costiera, per sua natura soggetta a variazioni naturali, attraverso la costruzione di opere di difesa di vario genere. Tali opere, costruite con lo scopo di difendere gli insediamenti dall'erosione e dalle mareggiate, tuttavia comportano un aumento dei rischi derivanti da tali fenomeni nelle zone adiacenti e sprovviste di difese analoghe; ciò comporta in molti casi la completa artificializzazione della linea di costa per estensione progressiva delle opere nella direzione delle correnti prevalenti. Gli impatti delle opere di difesa si riflettono sulla qualità delle acque costiere comprese tra le opere stesse e la battigia, e sul trasporto litoraneo dei sedimenti, che vengono intrappolati causando un aumento del fenomeno dell'erosione marina delle spiagge sottoflutto rispetto all'opera.

La riduzione del trasporto solido litoraneo a causa delle opere di difesa, unita alla riduzione dell'apporto sedimentario da parte dei corsi d'acqua, sempre a causa degli interventi antropici, altera il naturale equilibrio dinamico tra i due processi, accentuando così il fenomeno di erosione costiera. I processi ed i fenomeni sopra menzionati vanno sempre visti in ottica storica, cioè conoscendo la storia pregressa del litorale; solo in questo modo il fenomeno può essere adeguatamente compreso nelle sue dinamiche e si possono effettuare valutazioni complete e previsioni sulla sua evoluzione, e si possono fornire risposte adeguate che dovrebbero essere ispirate al principio di precauzione ed alla gestione integrata della zona costiera.

La cementificazione e le modifiche di uso del suolo, inoltre, causano un'impermeabilizzazione che impoverisce le falde acquifere, sottoposte a forti prelievi anche per soddisfare le esigenze turistiche; ciò ha come conseguenza da un lato l'aumento

del fenomeno della subsidenza naturale del territorio costiero, dall'altra la risalita del cuneo salino nelle falde, con una perdita di qualità della risorsa idrica e degli ambienti che da essa dipendono. La rettificazione e canalizzazione dei corsi d'acqua, con la semplificazione degli alvei e delle sponde e la cementificazione dei tratti terminali, spesso adibiti a porti turistici e commerciali, congiuntamente alla riduzione delle portate per lo sfruttamento antropico delle acque, favorisce l'intrusione di acque marine salate lungo i corsi d'acqua ed il conseguente cambiamento dell'habitat fluviale.

L'aumento delle attività antropiche nel territorio costiero ha un forte impatto anche sulla quantità e qualità delle risorse idriche; i prelievi dalle falde e la derivazione di acque dolci superficiali per la produzione di acqua potabile e per le necessità agricole ed industriali, impoveriscono la risorsa e la rendono ancor più vulnerabile all'inquinamento e riducono la capacità autodepurativa. In molti corsi d'acqua l'apporto dai depuratori è divenuto fondamentale per assicurare il deflusso minimo vitale.

La conservazione delle zone umide è di fondamentale importanza anche per la mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche e sul territorio costiero. Il "climate change", ovvero la variazione significativa sia dello stato medio sia della variabilità del clima che persista per un tempo lungo (almeno 30 anni), è un fatto ormai comprovato, la cui determinazione nasce da misure prese a livello locale e in modo continuo, come si afferma nel 4th Assessment Report dell'IPCC del 2007. L'aumento delle temperature e il conseguente innalzamento del livello medio del mare, unito alla crescita della frequenza e dell'impatto dei fenomeni climatici estremi, porteranno ad un aumento dei tassi di erosione e al rischio di perdita di intere aree costiere, con altissimi costi ambientali ed economici, legati alla perdita di aree naturali di pregio e delle funzioni ecosistemiche ad esse legate, ed all'impatto sulle attività antropiche, e turistiche in particolare.

Ormai in ogni parte del mondo i fiumi sono soggetti a molte tipologie d'intervento antropico: essi sono drenati e deviati per l'utilizzo delle acque in agricoltura, nell'industria e per la potabilizzazione; vengono bloccati dalle dighe ed inquinati dagli scarichi, siano essi puntuali o diffusi; sono assediati dalle attività antropiche, che sottraggono ad essi vaste aree delle pianure alluvionali, grazie alla costruzione di argini artificiali che imbrigliano e irrigidiscono i fiumi con il fine di garantire la sicurezza idraulica e la protezione dalle alluvioni. In realtà, in questo modo viene aumentata la pericolosità del fiume. Con un

processo di feedback positivo, infatti, l'innalzamento degli argini e l'artificializzazione dell'alveo comportano un aumento della velocità della corrente e del tempo di corrivazione, con un conseguente aumento del livello delle piene, dell'energia delle acque e del rischio e della pericolosità di rotte ed esondazioni. In questo senso anche i cambiamenti climatici in atto contribuiscono ad aumentare la pericolosità delle piene fluviali a causa della crescente concentrazione delle precipitazioni. Gli effetti di riduzione del trasporto solido dei sedimenti da parte di molti fiumi sono dovuti principalmente alle opere antropiche. Tuttavia, anche il rimboschimento che si osserva in vaste aree montuose italiane, che si vanno spopolando a favore delle aree di pianura e costiere, se da un lato stabilizza i versanti e contribuisce ad una rinaturalizzazione del territorio, dall'altro limita l'apporto di sedimenti ai corsi d'acqua.

Le briglie, opere trasversali con funzione di aumento del tempo di corrivazione, di regolazione delle piene e di difesa per gli argini fluviali, fanno diminuire la velocità della corrente riducendo la pendenza: in tal modo si ha dissipazione di energia e sedimentazione, che però causa uno spostamento dell'erosione verso valle; un intervento alternativo, con stesse finalità ma a minore impatto, consiste nell'aumentare la sezione del fiume, ad esempio costruendo casse di espansione, ed evitando di bloccare in tal modo il trasporto dei sedimenti.

Le dighe, opere trasversali con funzione di regolazione delle piene e di raccolta delle acque per scopi antropici (potabilizzazione, irrigazione, produzione energia idroelettrica), creano un forte impatto sull'ambiente fluviale: si ha una modifica della morfologia molto maggiore rispetto ad una briglia, una modifica della temperatura delle acque (rispetto al corso libero, si ha temperatura maggiore a monte e minore a valle), il blocco dei sedimenti e dei nutrienti, nonché una barriera alla migrazione ed allo scambio genico per gli individui di molte specie.

Le cave di estrazione di materiale in alveo, abbassando la quota del fondo, causano erosione perché il fiume è costretto a erodere a monte per riequilibrare il profilo.

Inoltre, la gran parte dei fiumi in pianura è canalizzata e raddrizzata: ciò permette, in regime di morbida, di avere uno scorrimento più veloce, un'altezza idrometrica inferiore ed un minor pericolo di esondazione; tuttavia, l'aumento della velocità della corrente causa un notevole incremento dell'energia del fiume che lo rende più pericoloso in occasione delle piene.

La crescita urbanistica ha comportato quindi una diffusa artificializzazione dei corsi d'acqua, non solo nelle aree costiere e di pianura, ma anche nelle aree collinari e montuose di fondovalle, con una riduzione delle fasce boscate ripariali e del loro effetto tampone sull'inquinamento di tipo diffuso, della capacità autodepurativa delle acque, degli habitat e della biodiversità.

La Direttiva Quadro sulle acque 2000/60/CE, con il suo approccio ecosistemico, se correttamente recepita ed implementata è in grado di fornire una risposta per la protezione degli ecosistemi fluviali; molti progetti a livello europeo hanno l'obiettivo del recupero e della riqualificazione dei corsi d'acqua, anche attraverso la concessione di "più spazio al fiume".

I fiumi romagnoli nel corso dei secoli hanno subito importanti modificazioni che hanno portato ad una completa modifica delle dinamiche naturali; non solo essi sono stati fortemente antropizzati e canalizzati, ma in molti casi le stesse foci sono state create dall'uomo: in un passato non lontano i fiumi, specialmente lungo la costa ravennate, terminavano in lagune costiere, ora in gran parte bonificate, perché le loro portate non erano sufficienti a superare i cordoni dunosi litoranei; in tempi più recenti, in particolare nell'ultimo secolo, hanno subito importanti modifiche (rettificazione, escavazione, cementificazione delle sponde, ecc.) che ne hanno fortemente ridotto la naturalità. Anche la foce del torrente Bevano, tra le ultime a conservare una notevole naturalità, ha subito interventi, anche se a fini conservativi e con ridotti impatti sull'ecosistema. Nonostante le modificazioni siano state messe in atto anche con lo scopo di ridurre il rischio d'inondazione, questo persiste a causa della generale antropizzazione dei corsi d'acqua. Forte è l'influenza dei depuratori su molti fiumi romagnoli, tra i quali il Lamone, l'Uso, il Marecchia, il Marano; gli scarichi contribuiscono in modo importante ad influenzare il regime idrologico, in particolare nella zona meridionale della costa regionale. Per quanto concerne la derivazione, quasi tutti i fiumi romagnoli sono bloccati da chiuse da cui le acque vengono prelevate a scopi irrigui dai Consorzi di Bonifica; ne esistono sul Lamone, sui Fiumi Uniti, sul Bevano, sul Savio, sul Conca. La riduzione delle portate a valle di queste opere ha come effetto indiretto una maggiore influenza della marea sulle acque dolci e una notevole salinizzazione delle acque stesse, ma nel contempo esse impediscono che le acque salate risalcano ulteriormente il corso del fiume.

### **1.1.5 – Biodiversità e geodiversità: concetti e importanza nelle scienze ambientali**

“La conservazione della natura concepita in senso unitario non deve limitarsi ad agire nelle riserve o con lo strumento delle riserve. Deve estendersi anche fuori, senza limiti schematici, con una continuità spaziale ininterrotta. Deve giungere ovunque, fin nel cuore delle città, delle campagne intensamente coltivate, delle località turistiche di moda.” (Giacomini, 1965).

Nonostante sia passato quasi mezzo secolo da quando sono state pronunciate queste parole, la conservazione della biodiversità oggi è ancora concepita per macchie isolate residuali, indipendentemente che si tratti di un biotopo locale o di un grande parco nazionale. Secondo il paradigma dell'ecologia del paesaggio, invece, è possibile articolare la conservazione attraverso reti di ecotopi in un contesto di mosaici complessi, e contemporaneamente tenere conto della complementarietà degli ecosistemi umani, anche in regioni molto popolate come l'Emilia-Romagna, dove per millenni si è svolto un processo di coevoluzione dei due tipi di ecosistemi (Ingegnoli, 2002).

L'insieme degli esseri viventi, animali e vegetali, che popolano il nostro pianeta nella loro multiforme varietà, frutto di lunghi e complessi processi evolutivi, costituisce la diversità della vita sulla Terra definita dai biologi con il termine di biodiversità.

L'evoluzione è il meccanismo che da oltre tre miliardi di anni ha permesso alla vita di adattarsi al variare delle condizioni sulla Terra e che deve assolutamente continuare ad operare perché il nostro Pianeta ospiti ancora forme di vita in futuro. Perché l'evoluzione possa operare è necessaria una grandissima varietà di forme viventi, ovvero di una grande biodiversità. La biodiversità in sostanza sta ad indicare una misura della varietà di specie animali e vegetali in un dato ambiente, intesa come risultato dei processi evolutivi, ma rappresenta nel contempo il serbatoio da cui attinge l'evoluzione per attuare tutte quelle piccole modificazioni genetiche e morfologiche, che in tempi sufficientemente lunghi originano nuove specie viventi. La biodiversità è quindi contemporaneamente causa ed effetto della biodiversità stessa.

Ogni essere umano dipende dalla natura e dai servizi che gli ecosistemi offrono per consentire condizioni di vita decente, sana e sicura, a vantaggio delle società umane e delle loro economie (nonché della sopravvivenza delle altre specie). I servizi ecosistemici,

servono come sistema di filtraggio naturale in grado di purificare l'acqua in modo più economico ed efficace rispetto a un impianto creato dall'uomo; come riserva forestale capace di riciclare rapidamente grandi quantitativi di anidride carbonica, o costituiscono una disponibilità di risorse - acqua, suolo, depositi di minerali, rocce e combustibili fossili.

Secondo il Millennium Ecosystem Assessment (MA, il più completo e autorevole rapporto mondiale sullo stato degli ecosistemi del nostro pianeta, reso noto nel 2005 e patrocinato dall'ONU) tali servizi possono essere sintetizzati in:

- a. servizi di supporto: formazione del suolo, fotosintesi clorofilliana, riciclo dei nutrienti;
- b. servizi di approvvigionamento: cibo, acqua, legno, fibre;
- c. servizi di regolazione: stabilizzazione del clima, assesto idrogeologico, barriera alla diffusione di malattie, riciclo dei rifiuti, qualità dell'acqua;
- d. servizi culturali: valori estetici, ricreativi, spirituali.

Il concetto di base è quello che in generale il nostro benessere dipende dai servizi forniti dalla natura il che rivede e amplia quello di conservazione e lo mette in una prospettiva molto più estesa sia come contenuti, sia come rilevanza, anche in senso territoriale. In altre parole il concetto di conservazione viene saldamente ancorato a benefici diretti e indiretti di carattere socio-economico, da “conservare”, ma soprattutto da valorizzare. Secondo la chiave di lettura proposta dal MA, la biodiversità è chiaramente un elemento costitutivo essenziale della vita sulla Terra e degli ecosistemi e pertanto essa diventa una componente fondamentale per la fornitura dei servizi stessi e una chiave di lettura per la loro analisi, comprensione e, successivamente, gestione. La necessità di conoscere per gestire, appare evidente dall'analisi dei trend di questi servizi che mostra una tendenza verso l'esacerbarsi delle pressioni sulla biodiversità, nei diversi biomi terrestri, nel recente passato e ancor più nel futuro, in particolare sotto gli effetti attesi dei cambiamenti globali in atto e in particolare di quelli climatici.

Negli ultimi 50 anni, secondo il MA, gli esseri umani hanno modificato gli ecosistemi più rapidamente e profondamente che in qualsiasi altro periodo della storia umana, soprattutto per soddisfare la crescente domanda di risorse e, quindi, servizi. Ciò ha prodotto la più ampia e sostanziale perdita irreversibile di diversità della vita sulla Terra. Queste

modificazioni hanno contribuito a un immediato guadagno per lo sviluppo economico delle società umane, ma hanno prodotto costi crescenti in termini di degrado di numerosi servizi ecosistemici, di incremento del rischio di cambiamenti improvvisi e non prevedibili nelle dinamiche ambientali e hanno peggiorato lo stato di povertà per una grande quantità di esseri umani.

In Italia la conservazione del patrimonio geologico è stata recepita con il documento (Rec 3 del 2004) del Consiglio d'Europa (adottato dal Consiglio dei Ministri nel maggio 2004) sulla conservazione del patrimonio geologico e delle aree di speciale interesse geologico. Il documento è noto come “Manifesto Europeo sul Patrimonio Geologico e la Geodiversità” e precisa alcune affermazioni (qui di seguito sintetizzate).

Il patrimonio geologico, al pari di quello biologico, è di fondamentale importanza per il nostro presente e per il nostro futuro: la geodiversità costituisce il legame fra Terra, popolazioni e loro cultura, come fondamento della società, come parte essenziale del patrimonio naturale (insieme di paesaggi, forme del rilievo, rocce, suoli, minerali, fossili e acque), come bene da salvaguardare anche per le generazioni future. L'Europa, e l'Italia in modo particolare, contiene eminenti esempi di patrimonio geologico e di geodiversità: da est a ovest, da nord a sud; dalle montagne, alle pianure, alle coste; da siti specifici a grandi insiemi di forme. Il patrimonio geologico e la geodiversità offrono opportunità didattiche, ludiche e turistiche, sia di per sé sia integrati con altri beni culturali di tipo artistico, storico, archeologico, ecologico ecc.; di esempio i Parchi geologici europei. Le forme del paesaggio ed i siti geologici contribuiscono a migliorare la qualità della vita sia nelle aree rurali, che in quelle cittadine. E' compito dei governi nazionali ed internazionali incorporare il patrimonio geologico e la geodiversità nelle procedure di pianificazione territoriale nella prospettiva di uno sviluppo sostenibile.

### **1.1.6 – Scienza del paesaggio**

L'ecologia del paesaggio ha introdotto il concetto basilare di eterogeneità spaziale, concetto valido ad ogni scala e per ogni livello di organizzazione della vita. Tuttavia un paesaggio è molto di più di un contesto spaziale di differenti ambienti perché è di per sé uno specifico sistema ecologico; si può affermare che, in ecologia, il paesaggio è inteso come specifico livello dell'organizzazione biologica, formato da un sistema di ecosistemi

interagenti che mostra una propria struttura ed una propria dinamica, quindi un proprio comportamento in una gamma di scale che vanno dal livello di comunità ecologica fino al livello di regione (Ingegnoli, 2002).

## **1.2 – POLITICHE PER I FIUMI**

Le politiche ai vari livelli istituzionali sono indirizzate verso un'ottica integrata ed un approccio olistico, in modo da poter adeguatamente considerare le esigenze della gestione sostenibile delle risorse e della conservazione degli ecosistemi e dei servizi da essi forniti, e conciliarle con le attività antropiche. In quest'ottica diventa prioritaria l'adozione di una programmazione e di una pianificazione integrate, che siano in grado di assicurare un maggiore spazio per i fiumi. L'approccio settoriale puramente ingegneristico adottato per lungo tempo, che ha interpretato i fiumi solo come canali nei quali l'acqua deve scorrere più rapidamente possibile, deve essere superato da un punto di vista ecosistemico, che limiti non soltanto i vincoli e gli impatti antropici sui corsi d'acqua, ma anche gli interventi in ambito di riqualificazione: le opere vanno ridotte all'essenziale, utilizzando tecniche a basso impatto ambientale (ingegneria naturalistica), e si deve privilegiare un approccio che metta il sistema nelle condizioni di recuperare spontaneamente, lasciando adeguato spazio e tempo alle dinamiche naturali.

Un esempio di intervento di riqualificazione in questo senso è la realizzazione di casse di espansione, funzionali sia alla difesa idraulica sia al recupero di valore naturalistico e della biodiversità dell'ambiente fluviale. La manutenzione delle aree perifluviali è di fondamentale importanza, in particolare nei tratti di pianura; la riqualificazione delle fasce fluviali boscate con funzione tampone, che assolvono molteplici ruoli, tra cui la fitodepurazione delle acque, la connessione paesaggistica, lo stoccaggio della CO<sub>2</sub>, risulta infatti fondamentale anche al fine di recuperare e rafforzare il legame del territorio con il sistema fiume. A tale fine si devono incentivare le azioni di sensibilizzazione e di fruizione sostenibile dell'ambiente fluviale, quali ad esempio la fruizione delle sponde e delle aree di pertinenza fluviale tramite la continuità del sistema di piste ciclabili e le campagne di sensibilizzazione sul tema dell'acqua e del risparmio idrico e sul valore ambientale, storico e culturale del fiume, anche attraverso il recupero e la valorizzazione di manufatti storici. Negli ambienti antropici, in molti casi il fiume rappresenta, non solo in ambito urbano, il

“retro” di case, fabbriche, centri commerciali, vive in un certo senso una situazione di emarginazione, diventa uno scomodo intruso, scompare dalla vista e dall’immaginario delle persone; bisogna operare per recuperarne il valore paesaggistico ed il ruolo di luogo di socialità e di aggregazione.

In termini scientifici, ciò può essere ottenuto con l'integrazione tra l'ecologia della percezione, l'ecologia del paesaggio e la gestione delle risorse (Farina, 2000b; Farina e Belgrano, 2004). Si deve adottare l'“eco-field” (Farina, 2004), come un approccio operativo per integrare la complessità ambientale con il framework del paesaggio e della biologia evolutiva, sia nel breve che nel lungo periodo. Questo paradigma si integra molto bene con il modello “source – sink”, esalta il concetto di “fuzziness” nella distribuzione degli organismi ed offre uno strumento importante per implementare nuove procedure capaci di generare migliori modelli (Loehle, 2004). L'interazione tra tutti gli eco-field di tutti gli organismi crea ciò che chiamiamo sistema ecologico. Questa visione acquista importanza con lo sviluppo delle scienze della complessità (Lewin, 1999), aprendo nuovi modi di investigare i meccanismi che producono le proprietà emergenti quali risultato di interazioni non lineari e casualmente assortite. L'eco-field è quindi un paradigma che spiega una parte della complessità ambientale e non rappresenta un meccanismo, bensì uno schema che enfatizza l'informazione posseduta da un sistema.

Il rapporto tra l'organismo ed il proprio intorno, infatti, scaturisce dalla necessità comune a tutti gli esseri viventi di intercettare le risorse che servono a mantenere attivi i processi biologici. A tal fine, ogni organismo attiva dei meccanismi semiotici che consentono l'individuazione delle risorse, attraverso un'interfaccia spaziale portatrice di significato che viene definita eco-field (Farina & Belgrano 2004, 2006). Specifici bisogni attivano la ricerca di schemi cognitivi nello spazio circostante, chiavi di lettura che permettono di riconoscere la risorsa nell'ambiente (rifugio, cibo ...). Per ogni funzione di ricerca attivata, esiste uno specifico eco-field in grado di soddisfarla, dettato dalla configurazione spaziale degli elementi.

Questa teoria consente di comprendere meglio i rapporti tra mondo interiore ed esterno (autopoietico *sensu* Maturana e Varela, 1980), perché è nella configurazione dell'ambiente esterno che cerchiamo conferma dei nostri bisogni interiori. In questa visione, uomo e “natura” non possono più essere considerati elementi disgiunti, e l'uomo non può più giocare il ruolo dell'elemento di disturbo, come si trattasse di una specie aliena e non di un

animale come gli altri (Empty World, *sensu* Farina et al., 2002). Piuttosto, a questa visione uomo vs Natura se ne contrappone una in cui la specie umana gioca il ruolo di specie chiave, ed acquisisce lo status di una specie animale inserita nel suo specifico contesto ambientale (Full World). Paesaggi culturali, in cui le tradizioni umane vengono conservate e perpetuate nel tempo, non sono più visti come contrapposti alla natura incontaminata, ma una normale coevoluzione tra il paesaggio e le specie che lo abitano.

La consapevolezza delle responsabilità che l'uomo deve assumersi in questo processo che lo vede protagonista è stata già messa bene in evidenza da ecologi e sociologi (ad esempio Carson, 1962). Occorre adesso formare le comunità urbane e rurali alla conoscenza del mondo biologico, conoscenza che non viene tramandata da un patrimonio geneticamente fissato, ma che deve essere alimentata da processi culturali continui. Senza questi processi culturali, non appare possibile invocare il modello del Full World.

Nei fatti, è necessario un costante impegno educativo trans-generazionale, capace di mantenere attivo il flusso di informazioni ed esperienze che garantisce il vivere in un mondo biologicamente diverso. Condizione indispensabile, è il mantenimento del benessere nelle popolazioni umane (Millennium Ecosystem Assessment 2005), da non confondersi con il benessere. Il ben-essere scaturisce dal raggiungimento da un adeguato soddisfacimento di bisogni sia materiali che immateriali, e richiede una notevole organizzazione delle azioni e degli spazi umani.

La natura, come fonte di risorse materiali ed immateriali (a livello contemplativo, ad esempio) diventa protagonista del ben-essere umano e da questo ne viene avvantaggiata. Infatti, se una società vive nel degrado sociale ed economico, vive con ogni probabilità nel degrado ambientale, in condizioni a bassa diversità biologica. Poiché l'uomo dipende in ultima analisi dalla funzionalità dei servizi ecosistemici (*sensu* Daly, 1997), erogati solo in buone condizioni ambientali, diventa essenziale puntare l'attenzione sullo stretto legame tra modelli sociali e biodiversità. Al di fuori dei paesaggi culturali, l'uomo non sa più intercettare le risorse sia perché ha perso le basi culturali necessarie, sia perché accedere ad altre risorse (definite alloctone) lo spinge a non perpetuare le pratiche culturali che ne permettevano il riconoscimento. L'uomo perde il rapporto con il proprio intorno e lascia che entri in un profondo stato di degrado e esemplificazione strutturale e funzionale. Se non c'è necessità di riconoscere le risorse, infatti, non c'è neanche bisogno di distinguere funzionalmente gli elementi dell'intorno. Appare primario quindi il ruolo dell'educazione

attraverso l'agenzia del paesaggio, l'interfaccia semiotica tra l'uomo e la natura, in modo da mantenere attivo il rapporto culturale tra uomo ed ambiente, insegnando tra l'altro che non è possibile conservare alcuna diversità biologica senza comportamenti umani consapevoli.

### **1.2.1 – Agenda 21 e sviluppo sostenibile**

Così come definito nel 1987 dal cosiddetto “Rapporto Brundtland” (WCED, 1987), con il termine “sviluppo sostenibile” deve essere inteso quel “modello di sviluppo che risponde alle necessità del presente, senza compromettere la possibilità delle future generazioni di soddisfare le proprie esigenze”. Trascorsi più di vent'anni da quella data, alcuni ritengono che il concetto stesso di sviluppo sostenibile si sia progressivamente banalizzato, svuotato di significato, e che la sua validità sia stata minata proprio dall'abuso del termine stesso, che sarebbe andato incontro ad una deriva linguistica. Alla luce dei tanti segnali – ambientali, economici e sociali – ormai sotto gli occhi di tutti, appare più che mai doveroso recuperarne il significato profondo, attraverso la ricerca di politiche, progetti e tecnologie rivolte alla tutela ed alla salvaguardia dell'esistente, ma intese anche, e soprattutto, alla promozione di uno sviluppo compatibile con i delicati equilibri dell'ambiente naturale. La sostenibilità ambientale deve finalmente costituire uno dei principali fondamenti per la definizione delle politiche economiche, sociali ed ambientali, da attuarsi ad ogni livello di scala territoriale, dal locale al globale.

Appare quanto mai urgente che ambiente e territorio tornino ad essere considerati parte essenziale del sistema socio-economico; essi dovranno essere responsabilmente preservati attraverso pratiche virtuose tendenti: al mantenimento e al potenziamento dell'equilibrio degli ecosistemi esistenti, siano essi naturali e/o antropici; alla condivisione dei valori essenziali della vita degli individui (valori culturali, sociali, economici, ecc.); e alla valutazione preventiva delle relazioni e delle scelte di programmazione e pianificazione finalizzate al perseguimento di questi complessi obiettivi. Per affrontare concretamente lo sviluppo sostenibile serve il concorso di tutte le istituzioni, politiche, economiche e sociali, affinché si cerchi di raggiungere questo ambizioso obiettivo tramite un processo il più possibile partecipato e trasparente, che deve tendere alla qualità, che può e deve emergere dall'incontro delle esigenze di sviluppo socio-economico e di salvaguardia e

valorizzazione delle risorse naturali; la riqualificazione e rinaturalizzazione dei corsi d'acqua è un esempio concreto della possibilità di far convergere visioni differenti in un nuovo modello di sviluppo. Al fine di fare incontrare le diverse necessità ed evitare che si creino conflitti nello sfruttamento delle risorse, è necessario integrare le politiche settoriali in politiche di ottica vasta, che permettano di guardare al territorio ed alle sue risorse con un orizzonte più ampio, sia a livello spaziale sia temporale; sempre nel campo delle acque, un esempio di questo tipo di politica è costituito dalla Direttiva Quadro sulle Acque, 2000/60/CE, e dagli strumenti da essa previsti (Piani di Tutela delle Acque, Contratti di Fiume, ecc.).

I riferimenti culturali, normativi, pianificatori, progettuali di livello internazionale sono:

- Acque
  - Convenzione di Ramsar del 2 febbraio 1971, relativa alle zone umide di importanza internazionale soprattutto come habitat degli uccelli acquatici, recepita in Italia con D.P.R. 13/03/1976
- Gestione Integrata delle Zone Costiere
  - Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean (Barcelona Convention; conference held in Barcelona on 9 and 10 June 1995, convention entered into force on 9 July 2004)
  - Action Plan for the protection of the marine environment and the sustainable development of the coastal areas of the Mediterranean (MAP Phase II)
  - Protocol on Integrated Coastal Zone Management in the Mediterranean
- Paesaggio
  - Convenzione di Parigi del 16 novembre 1972 riguardante la protezione sul piano mondiale del patrimonio culturale e naturale, recepita in Italia con Legge n. 184 del 06/04/1977
- Biodiversità

- Convenzione internazionale sulla biodiversità (Rio, 1992) dell'Unesco

### **1.2.2 – Politiche comunitarie**

I riferimenti culturali, normativi, pianificatori, progettuali di livello europeo:

- Acque
  - Direttiva Quadro in materia di Acque 2000/60/CE
  - WFD CIS Guidance Document No 12 – Horizontal Guidance on the Role of Wetlands in the Water Framework Directive
  - Direttiva Rischio Alluvioni 2007/60/CE
  - Direttiva Acque di Balneazione 2006/7/CE
  - Direttiva Nitrati 91/676/EEC
  - Direttiva Acque reflue urbane 91/271/CE

- Gestione Integrata delle Zone Costiere

La strategia europea sulla Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC; acronimo inglese: ICZM, Integrated Coastal Zone Management) e la raccomandazione del Parlamento e del Consiglio Europeo riguardo all'attuazione per la GIZC in Europa ha identificato il ruolo dell'UE come uno dei fornitori di indicazioni e linee guida per sostenere la gestione integrata delle coste da parte degli stati membri, ai livelli locali, regionali e nazionali. La normativa di riferimento è la seguente:

- EU COM (2000) 547 del 17 settembre 2000 Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio sulla gestione integrata delle zone costiere: una strategia per l'Europa
- Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2002 relativa all'attuazione della gestione integrate delle zone costiere in Europa (2002/413/CE), GUCE L 184/24 del 6/6/2002

- EU COM (2007) 308 del 7 giugno 2007 Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio: Valutazione della gestione integrata delle zone costiere (GIZC) in Europa
- progetti BEACHMED e BEACHMED-e
- progetto CADSEALAND
- progetto PlanCoast
- progetto MICORE
- Paesaggio
  - SSSE - Schema di sviluppo dello spazio europeo. Verso uno sviluppo equilibrato e sostenibile del territorio dell'Unione europea. Approvato dal Consiglio informale dei Ministri responsabili della gestione del territorio a Potsdam, Maggio 1999
  - Convenzione europea sul Paesaggio, Firenze 20 ottobre 2000
  - progetto LOTO
  - progetto Pays.doc, Osservatorio Virtuale del Paesaggio Mediterraneo
- Biodiversità
  - Convenzione per la salvaguardia della vita selvatica e dell'ambiente naturale (Berna, 1979) del Consiglio d'Europa
  - Direttiva 92/43/CEE del Consiglio, del 21 maggio 1992, relativa alla conservazione degli habitat naturali e della flora e fauna selvatica (Direttiva Habitat)
  - Direttiva 79/409/CEE del Consiglio, del 2 aprile 1979, concernente la conservazione degli uccelli selvatici (Direttiva Uccelli), e successive modifiche; recepita in Italia con Legge n. 157 del 11 febbraio 1992, "Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio", Legge n. 221 del 3 ottobre 2002, "Integrazione alla Legge 11 febbraio 1992, n. 157 in materia di protezione della fauna selvatica e di

prelievo venatorio, in attuazione dell'articolo 9 della Direttiva 79/409/CEE" inerente le deleghe, Decreto del Ministero dell'Ambiente del 3 aprile 2000, "Elenco delle zone di protezione speciale designate ai sensi della Direttiva 79/409/CEE e dei siti di importanza comunitaria proposti ai sensi della Direttiva 92/43/CEE"

- Strategia paneuropea della diversità biologica e paesaggistica (Sofia, 1995)
- Altre tematiche
  - Direttiva 85/337/CE del Consiglio, del 27 giugno 1985, relativa alle ripercussioni di determinati progetti pubblici e privati sull'ambiente, così come modificata dalla Direttiva 97/11/CE del Consiglio del 3 marzo 1997 (Direttiva VIA)
  - Direttiva 2001/42/CE del 17 giugno 2001, relativa alla valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente (Direttiva VAS)
  - Regolamento (CE) n. 1257/1999 del Consiglio, del 17 maggio 1999, sul sostegno allo sviluppo rurale da parte del Fondo Europeo Agricolo di Orientamento e di Garanzia (FEAOG) e che modifica ed abroga taluni regolamenti (Regolamento di approvazione del Programma Agroambientale 2000-2006)

#### *1.2.2.1 – Water Framework Directive 2000/60/CE*

La Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE (Water Framework Directive, WFD) disegna una riforma fondamentale della legislazione Europea in materia di acque, sia dal punto di vista ambientale che dal punto di vista amministrativo-gestionale.

L'obiettivo fondamentale della Direttiva è di istituire un quadro per la protezione delle acque che ne impedisca un ulteriore deterioramento qualitativo e quantitativo e consenta il raggiungimento del "buono stato" per tutti i corpi idrici entro il 2015. Gli obiettivi principali della direttiva si inseriscono in quelli più complessivi della politica ambientale della Comunità Europea, che è volta a perseguire salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità ambientale, nonché l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali, e

che è fondata sui principi della precauzione e dell'azione preventiva, sul principio della riduzione, soprattutto alla fonte, dei danni causati all'ambiente, e sul principio "chi inquina paga".

Il pilastro portante della WFD è quello della gestione integrata a livello di bacino, attraverso un approccio teso a superare la logica dei confini amministrativi, ponendo l'attenzione sugli aspetti fisici del territorio e considerando le caratteristiche ambientali (idrologiche, idrogeologiche ed ecosistemiche) attraverso una visione olistica e multidisciplinare. La Direttiva integra in questo modo anche l'attuazione delle preesistenti direttive in materia di acque (ad esempio, la Direttiva "acque reflue urbane" 91/271/CE e la Direttiva "nitrati" 91/676/EEC) e stabilisce importanti meccanismi di coordinamento con altri strumenti comunitari rilevanti per la tutela degli ambienti idrici, come ad esempio le direttive "Habitat" 92/43/CEE e "Uccelli" 79/409/CEE (che istituiscono la Rete Natura 2000) e le politiche agricole comunitarie (PAC).

In questo contesto la Direttiva individua misure ed azioni specifiche con scadenze ben identificate definendo un processo per fasi, i cui passaggi chiave sono:

1. l'individuazione dei Distretti Idrografici come unità di riferimento per la gestione dei singoli bacini idrografici;
2. l'analisi delle caratteristiche di ciascun Distretto Idrografico, comprendente l'esame degli impatti antropici e l'analisi economica dell'utilizzo idrico;
3. l'istituzione, per ciascun Distretto Idrografico, di uno o più registri delle Aree Protette, includendo i siti Natura 2000, le aree utilizzate per l'estrazione di acqua potabile, e altri siti designati a livello nazionale o locale;
4. l'elaborazione di programmi di monitoraggio dello stato delle acque superficiali e sotterranee e delle aree protette;
5. la predisposizione, per ogni Distretto, di un Programma di Misure (sia di base che supplementari) per il raggiungimento del "buono stato", da inserire nel contesto di un Piano di Gestione di Distretto (River Basin Management Plan, RBMP), da completare entro il 2009, da rendere pienamente operativo entro il 2012 e da rivedere entro il 2015;

6. la realizzazione di meccanismi per monitorare lo stato delle acque sotterranee e superficiali e il trasferimento delle informazioni alla Commissione Europea sulle decisioni prese per ciascun RBMP (entro il 2010);
7. la revisione del programma di misure per ciascun RBMP secondo necessità e in accordo con i risultati del monitoraggio (entro tre anni dalla produzione del primo RBMP – cioè entro il 2012, e successivamente ogni sei anni).

Tra gli obiettivi specifici contenuti nel suddetto processo ci sono:

- i. il controllo di tutte le emissioni e gli scarichi inquinanti nelle acque superficiali utilizzando un “approccio combinato”, che tenga in considerazione non solo quanto inquinante viene complessivamente rilasciato, ma anche la sua concentrazione nell’ambiente acquatico che lo riceve (entro il 2012);
- ii. controlli specifici per certi inquinanti a rischio più elevato su una base di priorità, con una riduzione progressiva o cessazione di emissioni per le sostanze identificate come prioritarie (le prime riduzioni o cessazioni sono attese entro 20 anni dall’adozione di proposte pertinenti degli organi decisionali EU);
- iii. l’introduzione di politiche di tariffazione dell’acqua in grado di fornire adeguati incentivi per un uso efficiente dell’acqua, e tenendo in considerazione il principio di “recupero dei costi” per i servizi idrici, includendo i costi ambientali e della risorsa (entro 2010);
- iv. l’accrescimento della partecipazione pubblica.

#### *1.2.2.2 – Politiche urbane*

In questi anni si sta assistendo ad una grande transizione epocale: la maggioranza delle popolazioni umane non vive più nelle campagne o nei territori semi-naturali come è avvenuto finora, ma nei paesaggi urbanizzati e nelle città. Questo fenomeno coinvolge l’intero pianeta provocando vaste conseguenze, tra cui la diffusione dell’industrializzazione agricola e delle monoculture, l’abbandono dei territori agricoli meno produttivi ed il degrado delle montagne, uno squilibrio strutturale del territorio a favore delle reti tecnologiche ed una riduzione del sistema di conservazione della natura ad

isole residuali. Tra le conseguenze socio-economiche, non meno importanti, vi sono l'allontanamento ed il distacco tra uomo e natura, e distorsioni ulteriori dei rapporti economici tra città e campagne.

Le stime demografiche globali prevedono che, nei prossimi 40 anni, agli attuali 6,5 miliardi di abitanti del pianeta se ne aggiungeranno altri 2,5, ovvero quanto l'intera popolazione mondiale del 1950. La crescita si concentrerà nei paesi in via di sviluppo, a causa del maggiore tasso di natalità, ed in particolare nelle aree urbane dei paesi poveri. I problemi ambientali sono legati a doppio filo al processo di urbanizzazione: questo è infatti sinonimo di deforestazione, cementificazione e impermeabilizzazione del suolo, con conseguente rischio di alluvioni, di produzione di enormi quantità di rifiuti e di problemi per lo smaltimento, che avviene per la stragrande maggioranza in discariche che diventano "slum", baraccopoli create e abitate dai più poveri. L'aumento di vari miliardi di abitanti nei paesi in via di sviluppo e quello generalizzato degli anziani, unito alle speranze di crescita economica dei paesi più poveri, desta preoccupazione su come trovare risorse per le popolazioni presenti e future: il vero problema della sostenibilità è dare la possibilità di vivere in condizioni di libertà di scelta e di prosperità materiale a tutti i 9 miliardi di persone previsti dai modelli demografici per il 2050, ed alle generazioni successive.

Molte delle più importanti città sono state costruite in zone di eccezionale produttività agricola e di grande valore ecosistemico, tipicamente le pianure alluvionali, le zone costiere e le isole con facile accesso alle risorse di pesca. Se nella prossima metà del secolo la popolazione urbana raddoppierà come previsto, passando da 3 a 6 miliardi di abitanti, mentre quella rurale resterà costante sugli attuali 3 miliardi, e se molte città cresceranno in superficie anziché aumentando la densità degli abitanti, i terreni agricoli fertili che circondano i centri urbani non saranno più coltivabili, le aree naturali si ridurranno fino a non poter più sostenere processi essenziali per l'equilibrio degli ecosistemi, e le acque superficiali, sia dolci che marine, potrebbero essere sempre più inquinate da rifiuti e reflui urbani. Attualmente le aree urbane occupano il 2-3% della superficie terrestre libera dai ghiacci; se nel 2050 l'estensione delle città raddoppierà con il numero degli abitanti, le aree urbane arriveranno ad occupare il 6% del territorio, sottraendolo in buona parte a quel 10-15% di superficie considerata coltivabile, causando un impatto considerevole sulla produzione agricola. Inoltre, secondo l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), i cambiamenti d'uso dei terreni sono responsabili per circa un quarto delle emissioni globali di CO<sub>2</sub>. Tra i cambiamenti della destinazione d'uso, la deforestazione per

---

la trasformazione del suolo ad uso agricolo o per l'allevamento rappresenta una parte considerevole, ma il contributo del processo di espansione urbana non è trascurabile. Pianificare le città in modo da evitare la cementificazione di terreno coltivabile e di aree naturali ridurrebbe notevolmente la pressione imposta dall'aumento della popolazione urbana sulla produzione alimentare ed in generale sugli ecosistemi. L'aumento della domanda alimentare, insieme alla diffusione della tecnologia, potrebbe sollevare la popolazione rurale dalla povertà, a patto che aumenti di pari passo l'intensità della produzione agricola; il rovescio della medaglia è che l'aumento di produzione rischia di causare ulteriori profondi problemi all'ambiente. Inoltre, la crescita delle città potrebbe esporre i cittadini a rischi elevati di contrarre malattie infettive se non si prenderanno misure sanitarie corrette riguardo al rifornimento di acqua potabile e allo smaltimento dei rifiuti; tuttavia, nelle metropoli si concentrano anche le migliori opportunità di crescita educativa e culturale, un accesso più facile alle migliori cure sanitarie e maggiori possibilità di impiego. L'incremento delle infrastrutture urbane attualmente esistenti, se da un lato costituisce una minaccia, causando perdita di habitat e frammentazione ecologica, e di conseguenza una riduzione della biodiversità e della funzionalità degli ecosistemi, dall'altro lato apre vaste e stimolanti opportunità nel progettare, costruire, amministrare e mantenere nuove città, migliori di quelle esistenti. La bioarchitettura, l'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili sono solo alcune delle soluzioni che andranno messe in pratica; quello che principalmente va modificato e modernizzato, integrandolo con la conservazione biologica e l'ecologia del paesaggio, è il concetto stesso di pianificazione urbana; questa deve essere trasformata in pianificazione integrata e sostenibile, e gli obiettivi prioritari vanno tradotti in principi e azioni nei Piani Territoriali di Coordinamento e nei Piani Strutturali.

### *1.2.2.3 – Gestione Integrata della Zona Costiera*

La pressione antropica sulle risorse costiere ed i cambiamenti climatici sono le ragioni che spingono ad adottare politiche di gestione caratterizzate da un'ottica interdisciplinare ed integrata quali quelle rivolte alla Gestione Integrata della Zona Costiera (GIZC). I pilastri su cui si fonda sono:

- i. un linguaggio comune tra decisori e portatori di interessi per favorire il dialogo costante e continuo e la convergenza delle azioni;

- ii. pianificazione e progettazione di ampio respiro sia spaziale (ad una scala non inferiore al bacino idrografico, superando i vincoli dei confini amministrativi) sia temporale (ad una scala adeguata ai processi, senza il limite della durata del mandato politico-amministrativo);
- iii. progetti integrati per gestire la conflittualità tra una molteplicità di interventi e tra differenti utilizzi delle risorse e del territorio;
- iv. la solidità scientifica basata su fonti di conoscenza condivise, che integrino la conoscenza dei processi tipici della costa con l'incertezza data dai cambiamenti climatici.

Dal punto di vista metodologico, la necessità di integrare i Piani di Bacino con la Gestione Integrata della Zona Costiera è stata fortemente sottolineata da Vallega (1999).

Perché una GIZC abbia successo bisogna realizzare (Fabbri, 1998; Klinge, 2004; Rodríguez et al., 2009):

- a. sistemi informativi geografici costieri
- b. sistemi di supporto alle decisioni in ambito costiero.

Un altro requisito è l'approccio ecosistemico (McLusky e Elliott, 2004; Elliott et al., 2006; Forst, 2009), già adottato nelle metodologie applicate in uso nei paesi anglosassoni (Regno Unito, Irlanda, Australia, Nuova Zelanda, Canada) già dal 2000; a tale proposito si vedano i lavori di Laffoley (Laffoley et al., 2002 e 2003; Bull e Laffoley, 2003; Hiscock et al., 2003).

### **1.2.3 – Politica e legislazione nazionale**

I riferimenti culturali, normativi, pianificatori, progettuali di livello nazionale sono:

- Acque
  - Manifesto Italiano per un Governo Pubblico dell'Acqua, Comitato Italiano per il Contratto Mondiale sull'Acqua, 2005

- Decreto Legislativo n. 116 del 30 maggio 2008, “Attuazione della direttiva 2006/7/Ce relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e abrogazione della direttiva 76/160/CEE”
- Gestione Integrata delle Zone Costiere

In Italia le competenze inerenti alla gestione integrata delle coste sono state affidate alle Regioni con la L. 59/97 e il D.Lgs. 112/98, che disciplinano le funzioni e i compiti amministrativi dello Stato, delle regioni e degli enti locali. La normativa di riferimento è la seguente:

- D.P.R. 17 giugno 2003, n. 261, “Regolamento di organizzazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio”.
- Legge n. 179 del 31 luglio 2002, “Disposizioni in materia ambientale” (art.21: autorizzazione per gli interventi di tutela della fascia costiera)
- Decreto Legislativo n. 112 del 31 marzo 1998, “Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti Locali, in attuazione del capo I della L. 15 marzo 1997, n. 59” (art.70 comma 1 lett. a: protezione ed osservazione delle zone costiere; art. 89: programmazione, pianificazione, gestione integrata degli interventi di difesa delle coste e degli abitati costieri)
- Decreto del Presidente della Repubblica del 14 aprile 1994, “Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la determinazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale” (il litorale prospiciente i corsi d’acqua rientra nella delimitazione di bacino idrografico)
- Legge n. 979 del 31 dicembre 1982, “Disposizioni per la difesa del mare” (promuove il Piano Tecnico delle Coste)
- Paesaggio
  - Legge n. 1497 del 29 giugno 1939, “Protezione delle bellezze naturali”
  - Art. 9 della Costituzione della Repubblica Italiana

- Legge n. 431 del 8 agosto 1985, “Disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale” (Legge Galasso)
  - Legge n. 394 del 6 dicembre 1991, “Legge quadro sulle aree protette”
  - Decreto del Presidente della Repubblica n. 357 del 8 settembre 1997, modificato con Decreto del Presidente della Repubblica n. 120 del 12 marzo 2003 (Recepimento della Direttiva 92/43/CEE)
  - Decreto Legislativo n. 42 del 22 gennaio 2004, “Codice dei beni culturali e del paesaggio” (Codice Urbani), modificato con Decreto Legislativo n. 157/2006 e con Decreto Legislativo n. 63/2008
  - Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12 dicembre 2005, “Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi”
  - Legge n. 14 del 9 gennaio 2006, “Ratifica ed esecuzione della Convenzione europea sul paesaggio”
  - Legge n. 77 del 20 febbraio 2006, “Misure speciali di tutela e fruizione dei siti italiani di interesse culturale, paesaggistico e ambientale, inseriti nella «lista del patrimonio mondiale», posti sotto la tutela dell'UNESCO”
  - Decreto Legislativo n. 157 del 24 marzo 2006, “Disposizioni correttive ed integrative al Decreto Legislativo n. 42/2004, in relazione al paesaggio”
- Biodiversità
    - Decreto del Presidente della Repubblica n. 261 del 17 giugno 2003, “Regolamento di organizzazione del Ministero dell’Ambiente”

### **1.2.4 – Politica e legislazione regionale**

I riferimenti culturali, normativi, pianificatori, progettuali di livello regionale in Emilia-Romagna sono i seguenti:

- LR 23/2009, del 30 novembre 2009, "Norme in materia di tutela e valorizzazione del paesaggio. Modifica della Legge regionale 24 marzo 2000, n.20 (Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio) e norme transitorie in merito alla Legge regionale 30 ottobre 2008, n.19 (Norme per la riduzione del rischio sismico)"
- Deliberazione del Consiglio regionale n. 645/2005, "Approvazione delle linee guida per la gestione integrata delle zone costiere (GIZC)"
- Deliberazione della Giunta Regionale n. 2406 del 29 novembre 2004 inerente le Linee Guida per la Gestione Integrata delle Zone Costiere
- Delibera della Giunta Regionale n. 2510 del 9 dicembre 2003, Direttive per l'esercizio delle funzioni amministrative in materia di demanio marittimo e di zone del mare territoriale ai sensi dell'art. 3 comma 1 della L.R. 31/05/02 n.9
- LR 20/2000, del 24 marzo 2000, "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", e successive modificazioni
- LR 17/1991, "Regolamentazione delle attività estrattive", e successive modificazioni
- LR 9/1999, "Disciplina della procedura di valutazione dell'impatto ambientale", e successive modificazioni
- LR 6/2005, "Disciplina della formazione e della gestione del sistema regionale delle aree protette e dei siti della Rete Natura 2000"
- LR 16/2002, del 15 luglio 2002. "Norme per il recupero degli edifici storico-artistici e la promozione della qualità architettonica e paesaggistica del territorio"
- LR 9/2002, "Disciplina per l'esercizio delle funzioni amministrative in materia di demanio marittimo e di zone di mare territoriale"
- LR 31/2002, del 25 novembre 2002, "Disciplina generale dell'edilizia"

- LR 7/1979, del 13 marzo 1979, “Interventi della Regione Emilia-Romagna per la difesa della costa adriatica ai fini ambientali, turistici e di protezione degli insediamenti civili e produttivi”
- LR 3/1999, del 21 aprile 1999, “Riforma del sistema regionale e locale”
- LR 23/2009, del 30 novembre 2009. “Norme in materia di tutela e valorizzazione del paesaggio. Modifica della Legge Regionale 24 marzo 2000, n. 20 (Disciplina generale sulla tutela e l’uso del territorio) e norme transitorie in merito alla Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 (Norme per la riduzione del rischio sismico)”
- Piano d’Azione Ambientale – Per un futuro sostenibile della Regione Emilia-Romagna 2008-2010
- Piano Territoriale Regionale (PTR), approvato con Delibera della Giunta Regionale n. 1774/09
- Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR), adottato con Delibera del Consiglio Regionale n. 1338/1993
- Piano di Tutela delle Acque (PTA), approvato con Delibera n. 40 dell’Assemblea legislativa il 21 dicembre 2005.

Oltre a questi, esistono altri strumenti pianificatori e programmatori regionali che possono essere utilizzati per tradurre in azioni operative le linee di indirizzo indicate nella normativa e nella pianificazione: il Programma Regionale di Sviluppo Rurale (PSR), il Programma Operativo Regionale (POR) del Fondo Europeo per lo Sviluppo Rurale (FESR), il Programma Attuativo Regionale (PAR) dei fondi FAS, il Programma regionale per il Sistema delle Aree Protette e dei siti di Rete Natura 2000 e il relativo Programma degli investimenti, le misure generali di conservazione delle ZPS e delle ZSC (conseguenti al DM 18 ottobre 2007), i Piani territoriali dei parchi e gli strumenti di gestione delle riserve naturali regionali, il Piano regionale forestale 2007-1013, il Piano Regionale Integrato dei Trasporti (PRIT), il Piano per la Portualità Turistica, il Programma Speciale d’Area Città della Costa, ecc.

## **1.3 – INQUADRAMENTO DELLE AREE DI STUDIO**

### **1.3.1 – Definizione delle aree di studio**

#### *1.3.1.1 – Definizione delle aree costiere*

La costa può essere semplicemente definita come la zona della superficie terrestre dove la terra incontra il mare. Tuttavia, applicare questa affermazione nel mondo reale non è sempre facile, per esempio, per definire esattamente dove la terra finisce e comincia il mare. Pertanto è molto più significativo esprimere il concetto non in termini di linea costiera, bensì di zona costiera, ovvero una parte del territorio tra il mare e la terra. Questa è stata definita come la zona compresa tra il limite verso terra dell'influenza marina e il limite verso il mare dell'influenza terrestre (Carter, 1988).

La definizione delle zone costiere fornita è di sicura utilità per gli scienziati fisici che studiano la costa. Tuttavia, ai fini della pianificazione e della gestione, la zona costiera è definita in modo molto più variabile. Kay e Alder (2005) danno una serie di definizioni utilizzate da diverse organizzazioni governative internazionali e nazionali. Alcune definizioni sono conosciute come definizioni di distanza, sia essa fissa o variabile, nelle quali l'estensione della zona costiera è definita da un certo numero di chilometri verso terra, e da un certo numero di miglia nautiche al largo, rispetto ai litorali. Altre definizioni tentano di riconoscere e integrare gli aspetti della complessità della zona costiera. In forma abbreviata, queste comprendono:

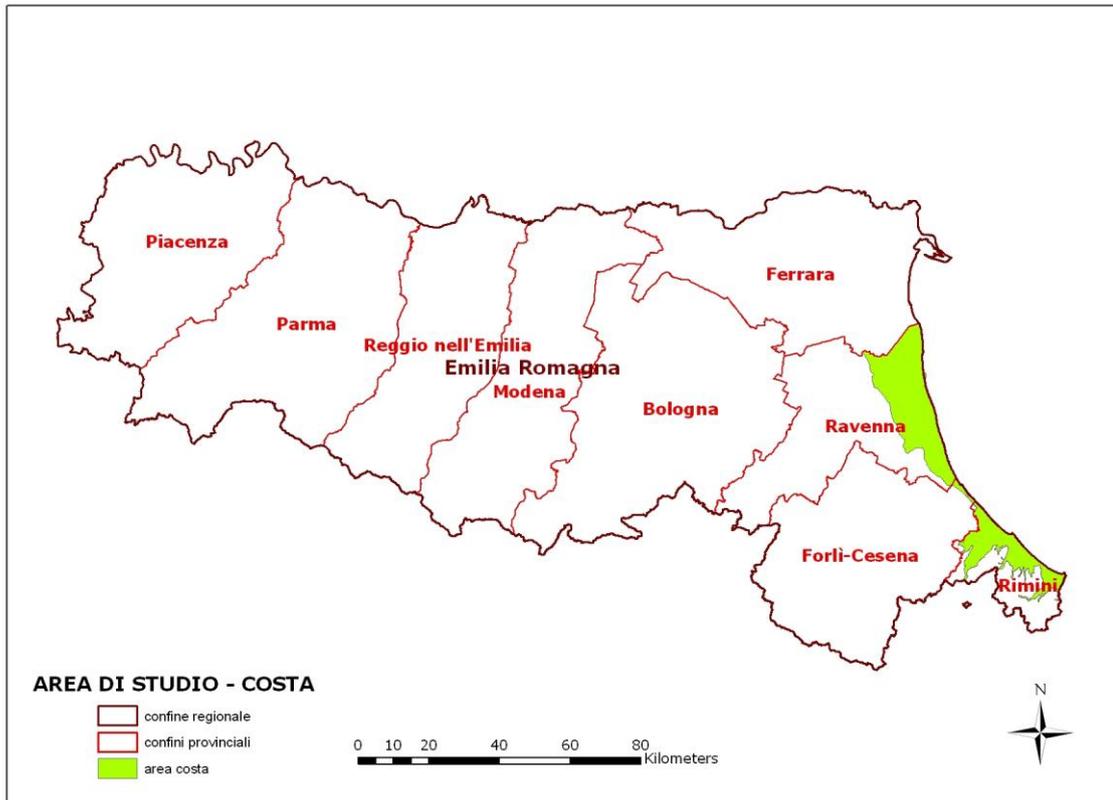
1. "le acque costiere e i territori costieri adiacenti che si influenzano fortemente a vicenda, e comprendente le isole, le zone di transizione e intertidali, paludi salmastre, zone umide e spiagge. La zona si estende all'interno dalla linea di costa solo nella misura necessaria per il controllo degli usi della zona costiera che hanno un impatto diretto e significativo sulle acque costiere" (United States Federal Coastal Zone Management Act);
2. "le aree estese, tanto verso terra e tanto verso mare, quanto necessario per conseguire gli obiettivi di politica costiera, con un focus primario sull'interfaccia terra-mare" (Australian Commonwealth Coastal Policy);

3. "le definizioni possono variare da zona a zona ed in base alla tematica, e perciò deve essere assunto un approccio pragmatico" (United Kingdom Government, Environment Committee);
4. "zone speciali, dalle caratteristiche peculiari, i cui confini sono spesso determinati in base ai particolari problemi da affrontare" (World Bank, Environment Department).

Nell'ambito di questo lavoro di tesi, le aree di costa sono state definite secondo le metodologie dell'ecologia del paesaggio e considerando diversi fattori (Marotta et al., 2008):

- i. geomorfologia e rilievo;
- ii. climatologia;
- iii. paesaggio vegetale potenziale.

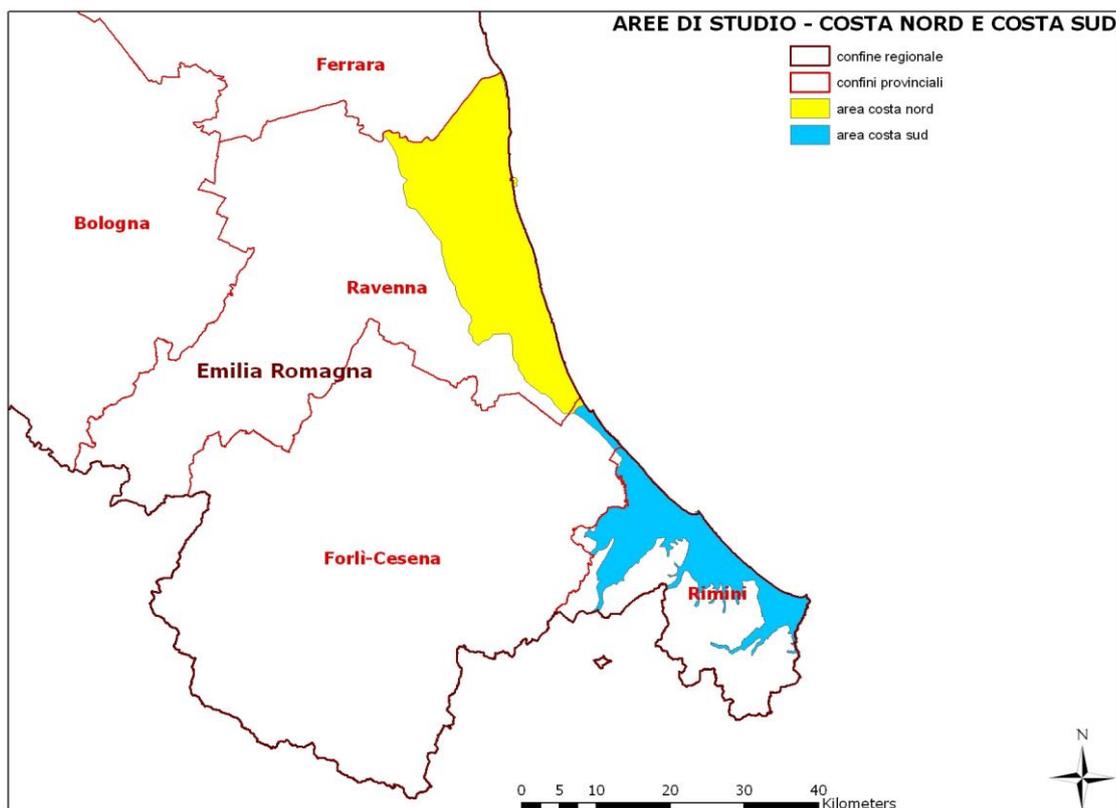
Si è scelto di limitare l'analisi alla costa romagnola, ovvero compresa nelle province di Ravenna, Forlì - Cesena e Rimini (Figura 1.1). Il limite settentrionale, individuato dal confine tra le province di Ravenna e Ferrara, è posto poco a nord della foce del fiume Reno; il limite meridionale, individuato dal confine tra le province di Rimini e di Pesaro – Urbino, che è anche confine regionale, coincide con l'ultimo tratto del torrente Tavollo. La zona costiera individuata rappresenta un macrochore (Naveh e Lieberman, 1994).



**Figura 1.1 - Zona costiera individuata ai fini dello studio**

All'interno della zona costiera così delimitata, sono state individuate due unità di paesaggio o mesochore (*sensu* Naveh e Lieberman) (Figura 1.2):

1. la costa nord, corrispondente alla parte più meridionale del paesaggio delle lagune costiere dell'Adriatico settentrionale, che si estende fino a Cervia; coincide sostanzialmente con l'area costiera appartenente alla provincia di Ravenna;
2. la costa sud, corrispondente all'estremo lembo sudorientale del paesaggio padano e alla propaggine nordorientale del paesaggio umbro (Pignatti, 1994); coincide sostanzialmente con l'area costiera appartenente alle province di Forlì – Cesena e Rimini.



**Figura 1.2 - Zona costiera e suddivisione in costa nord e costa sud**

### 1.3.1.2 – Delimitazione delle foci fluviali

All'interno della zona costiera, sono state individuate tre foci fluviali per lo studio di dettaglio, rappresentanti tre differenti tipologie di corsi d'acqua e condizioni di conservazione, e cioè le foci del fiume Reno, del torrente Bevano e del fiume Conca (Figure 1.3 – 1.6). Le aree di foce sono state individuate attraverso l'analisi della geomorfologia e della tipologia dei suoli, avvalendosi di immagini aeree (software Google Earth) e della Carta dei Suoli 1:50000 della Regione Emilia-Romagna.

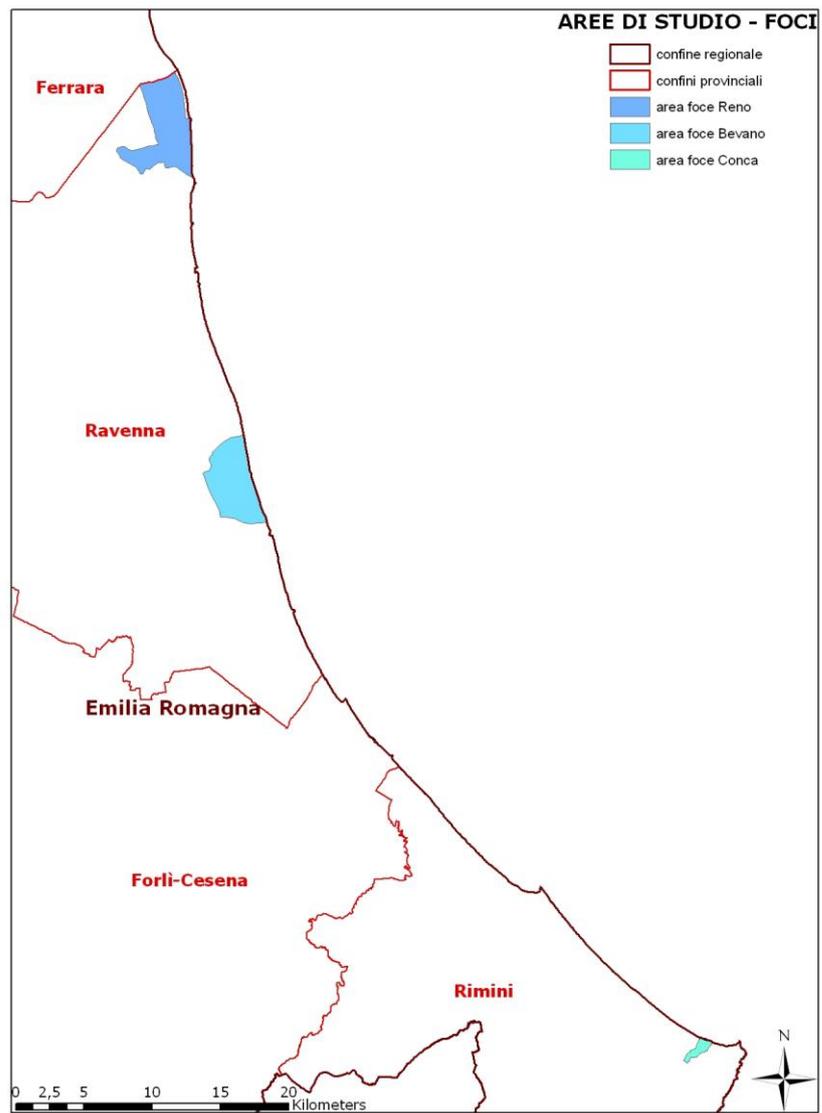


Figura 1.3 – Localizzazione delle tre foci individuate per lo studio

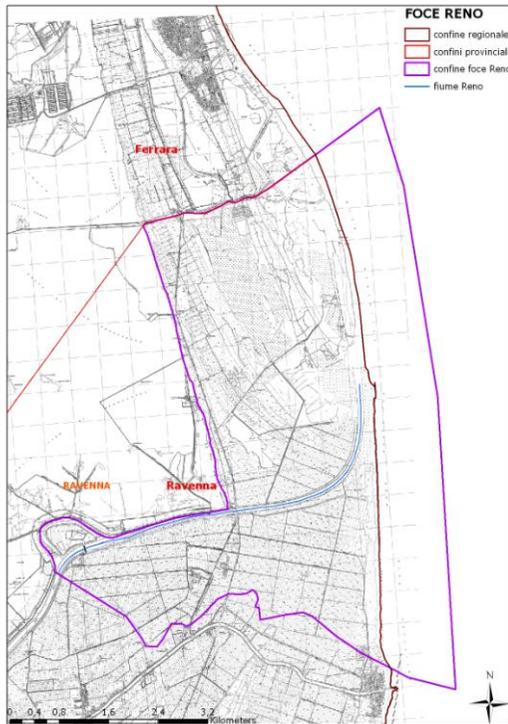


Figura 1.4 - Area di studio di foce Reno

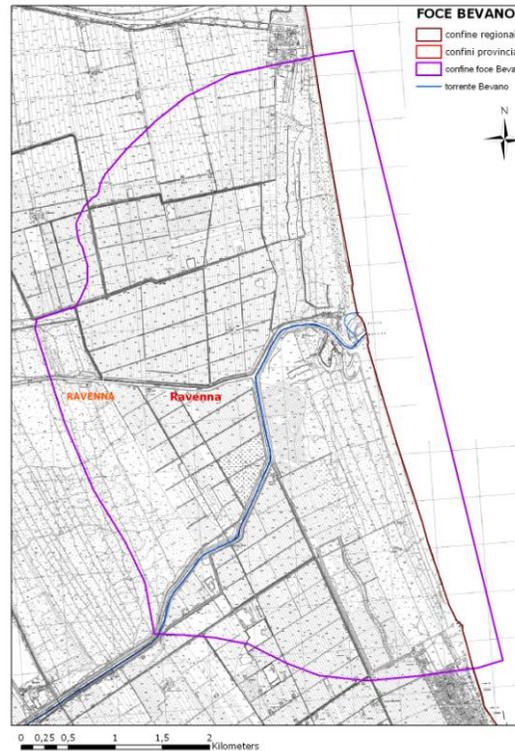


Figura 1.5 - Area di studio di foce Bevano

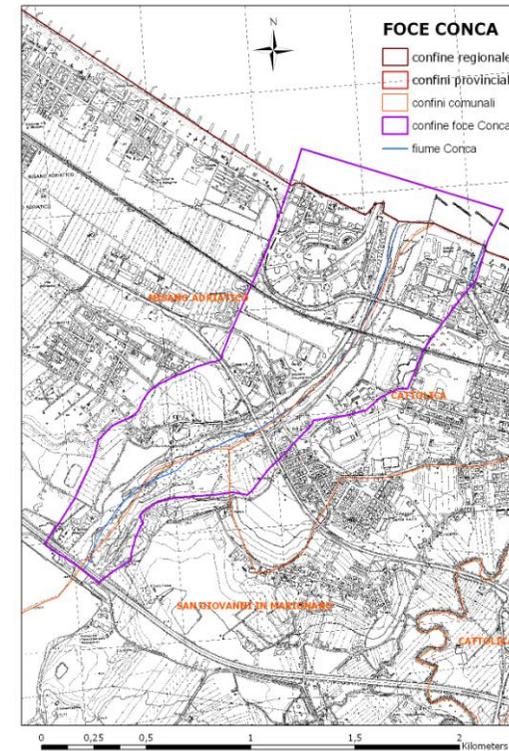


Figura 1.6 - Area di studio di foce Conca

area studio	anno	area (ha)	interessa te	comuni interessati
<b>COSTA</b>	1976	71003	RA	Alfonsine, <b>Cervia</b> , <b>Ravenna</b>
	1994	70919	FC	<b>Cesenatico</b> , <b>Gatteo</b> , <b>San Mauro Pascoli</b> , <b>Savignano sul Rubicone</b>
	2003	71024	RN	<b>Bellaria - Igea Marina</b> , <b>Cattolica</b> , Coriano, Gemmano, <b>Misano Adriatico</b> , Monte Colombo, Montefiore Conca, <b>Morciano di Romagna</b> , Poggio Berni, <b>Riccione</b> , <b>Rimini</b> , <b>San Giovanni in Marignano</b> , San Clemente, Saludecio, <b>Santarcangelo di Romagna</b> , Torriana, Verucchio
<b>COSTA NORD</b>	1976	47021	RA	Alfonsine, <b>Cervia</b> , <b>Ravenna</b>
	1994	46942		
	2003	46979		
<b>COSTA SUD</b>	1976	23958	FC	<b>Cesenatico</b> , <b>Gatteo</b> , <b>San Mauro Pascoli</b> , <b>Savignano sul Rubicone</b>
	1994	23953	RN	<b>Bellaria - Igea Marina</b> , <b>Cattolica</b> , Coriano, Gemmano, <b>Misano Adriatico</b> , Monte Colombo, Montefiore Conca, <b>Morciano di Romagna</b> , Poggio Berni, <b>Riccione</b> , <b>Rimini</b> , <b>San Giovanni in Marignano</b> , San Clemente, Saludecio, <b>Santarcangelo di Romagna</b> , Torriana, Verucchio
	2003	24022		
<b>FOCE RENO</b>	1976	2243	RA	Ravenna
	1994	2177		
	2003	2154		
<b>FOCE BEVANO</b>	1976	1798	RA	Ravenna
	1994	1808		
	2003	1803		
<b>FOCE CONCA</b>	1976	143	RN	Cattolica, Misano Adriatico, San Giovanni in Marignano
	1994	144		
	2003	144		

**Tabella 1.1 – Inquadramento territoriale delle aree oggetto dello studio; superficie, Comuni e Province interessati**

## **1.3.2 – Caratteristiche delle aree di studio**

### **1.3.2.1 – Zona costiera romagnola**

#### **1.3.2.1.1 Formazione ed evoluzione**

Le pianure costiere sono formate dal progressivo apporto di sedimenti fluviali sulla costa ridistribuiti dalle correnti litoranee con ampliamento del litorale a spese del mare. La fascia costiera dell'Emilia-Romagna è una terra giovanissima, in termini geologici: durante il periodo del Pliocene (fra 5 e 2 milioni di anni fa circa), gran parte della superficie regionale era ancora sommersa dalle acque del grande golfo Adriatico, e solo alla fine di tale periodo vi fu la definitiva emersione dei rilievi attuali. La pianura restava occupata dalle acque, ma i suoi bassi fondali erano progressivamente colmati dagli ingenti sedimenti

fluviali che vi confluivano, in gran parte provenienti dalla catena alpina. I cicli periodici di glaciazione, durante i quali le diminuzioni di alcuni gradi della temperatura media (fino a 6 durante le fasi glaciali più acute) provocarono l'imprigionamento di enormi masse d'acqua nei ghiacciai e il conseguente abbassamento (fino a 150 metri) del livello marino, causarono per almeno quattro volte l'alternarsi della regressione e della trasgressione dell'Adriatico. Con lo scioglimento dei ghiacci al termine dell'ultimo periodo glaciale (Würm) l'Adriatico risalì lentamente la piattaforma continentale raggiungendo, circa 6000 anni fa, una linea di costa notevolmente arretrata rispetto all'attuale. Da allora il livello marino si è abbassato di qualche metro e contemporaneamente il litorale si è spostato verso oriente grazie anche all'estendersi dell'apparato deltizio del Po.

Il grande fiume, che oggi è rigidamente contenuto da possenti arginature, divagava con i suoi meandri in una fascia larga qualche decina di chilometri nella quale si raccoglievano i suoi sedimenti e che in tal modo, lentamente andava sopraelevandosi rispetto al livello del territorio circostante. La bassa pianura era occupata da un groviglio di rami fluviali attivi, paleoalvei abbandonati, dossi e isolotti emersi e immense distese di acquitrini. Questa situazione era determinata da vari fattori, primi fra tutti la debolissima pendenza del terreno e il regime torrentizio delle portate fluviali. Durante le piene i corsi d'acqua appenninici esondavano dal loro letto abituale, tracciando nuovi corsi e depositando notevoli quantità di detriti solidi: questi fiumi avevano infatti difficoltà a trovare sbocco nel corso principale, il Po, trovando in esso uno sbarramento dovuto alla contropendenza. In tal modo vaste zone rimanevano idrologicamente "intrappolate", circondate da dossi fluviali che impedivano il deflusso delle acque. Le condizioni di scolo naturale non erano migliori verso la costa: i torrenti romagnoli, infatti, a causa delle portate ridotte, riuscivano di rado a superare direttamente i cordoni di dune litoranee, dietro le quali si stendevano perciò paludi e acquitrini; anche più a nord, in corrispondenza del delta padano, la linea di costa in rapida avanzata si lasciava alle spalle ampie distese di valli salmastre, con i fondali situati sotto il livello del mare. Il corso del Po era molto più a sud dell'attuale e il suo apparato deltizio si spingeva fino a meridione di dove oggi si trova Ravenna, formando una laguna che comunicava col mare attraverso alcune aperture nel cordone di dune litorali, e che probabilmente si estendeva nell'interno per diverse decine di chilometri e scendeva fino al Savio, e forse anche oltre verso Cervia. Tale laguna, detta "Padusa" o laguna ravennate, esisteva ancora nel VII secolo; le notevoli torbide dei fiumi e torrenti che vi si riversavano la colmarono nei secoli in gran parte, specialmente in seguito all'abbandono

della regimazione dei corsi d'acqua successivo alle invasioni barbariche; alla fine del XIX secolo si notavano solo avanzi delle cosiddette "valli", i residui degli stagni in cui era rimasta divisa la laguna; la colmata delle valli meridionali fu poi completata artificialmente negli ultimi secoli.

Tra il 1950 e il 1980 i 110 km di spiaggia che vanno da Cattolica alla foce del Po di Volano sono stati interessati da un processo di valorizzazione turistico – balneare talmente intenso e diffuso da portare all'urbanizzazione di un fronte mare lungo circa 80 km e alla diffusione degli stabilimenti balneari su 85 km di costa. Tra Cattolica e Lido di Classe, per oltre 50 km, la spiaggia non solo è stata occupata dagli stabilimenti balneari, ma ad essa si sono addossate le strade e i fabbricati. Il turismo balneare in Emilia-Romagna ha infatti come base di riferimento fondamentale la spiaggia, che viene valorizzata e utilizzata in tutti i modi e per tutti i metri quadri disponibili. I tratti del litorale regionale che sono sfuggiti al processo di valorizzazione turistica sono sostanzialmente 4 ed hanno le seguenti caratteristiche:

1. area ai lati della foce del Bevano (5 km): ad altissima valenza paesaggistico - ambientale, in gran parte interessata da Riserve Naturali dello Stato;
2. zona a cavallo della foce del Reno (circa 10 km): occupata a sud dal Poligono Militare e a nord da ambienti lagunari anch'essi di altissimo valore naturalistico;
3. litorale a nord di Lido delle Nazioni (circa 4 km): ad elevata valenza ambientale (Pineta di Volano) e difensiva in quanto è il rilevato, in gran parte protetto con opere di difesa, che separa il mare da vasti territori retrostanti al di sotto del livello marino;
4. Sacca e scanno di Goro; la laguna, ampia 3000 ha, è stata interessata negli ultimi 25 anni da un processo di valorizzazione economica legata alla produzione di vongole, talmente spinta da farla diventare la fonte di reddito primaria per la popolazione del Comune di Goro.

Risulta quindi che l'intera fascia costiera emiliano-romagnola ha raggiunto, per ragioni economiche o per ragioni ambientali o per ragioni militari (Foce Reno è uno dei pochi poligoni militari d'Italia), un valore per unità di superficie talmente elevato da rendere improponibile ogni perdita di territorio.

#### 1.3.2.1.2 Erosione, subsidenza e opere di difesa

Il fattore più influente sugli equilibri del litorale regionale è il trasporto di sabbia a mare da parte dei fiumi. La mancanza di dati quantitativi derivanti da misure dirette e continue non rende possibile effettuare un calcolo preciso del bilancio sedimentario. Essendo però noti gli altri parametri, ARPA Emilia-Romagna (2009) è stata in grado di valutare indirettamente tale fattore dal risultato finale del calcolo dei volumi di sedimenti accumulati o erosi lungo il litorale regionale.

Dall'insieme dei calcoli e delle valutazioni effettuate risulta così che la situazione dei 130 km del litorale emiliano-romagnolo, tra il 2000 e il 2006, è nettamente migliorata rispetto al periodo 1993-2000. Risulta infatti che nei 6 anni considerati si è avuto un accumulo di 2,8 milioni di m<sup>3</sup> di materiale nella fascia di litorale più importante e dinamica, cioè quella che va dalla parte più alta della spiaggia emersa fino alla batimetrica dei 2,5 m, o alla linea delle scogliere laddove presenti.

Un contributo significativo a questo accumulo è da imputare in primo luogo ai 2,25 milioni di m<sup>3</sup> di sabbia portata a ripascimento da fonti esterne al sistema, mentre altri 1,25 milioni di m<sup>3</sup> sono stati movimentati all'interno del sistema portandoli dai punti in accumulo alle spiagge in erosione. Inoltre bisogna considerare che la subsidenza nella fascia in esame ha determinato un deficit di circa 1,4 milioni di m<sup>3</sup>.

I fiumi avrebbero quindi contribuito con un apporto di circa 2 milioni di m<sup>3</sup> in 6 anni, pari a circa 330000 m<sup>3</sup>/anno, al conseguimento del risultato positivo riscontrato: una quantità inferiore rispetto a quella prevista dagli studi realizzati in passato. Da queste analisi emerge che, pur avendo la Regione bloccato le escavazioni lungo gli alvei fluviali nel 1983, non vi è stato ancora alcun aumento del trasporto di sabbia al mare. Tra i fattori principali che limitano il trasporto dei sedimenti vi sono la riduzione della piovosità verificatasi negli ultimi decenni, l'aumento del territorio cespugliato e boschivo sui versanti montani e le opere trasversali lungo il corso dei fiumi.

Anche nella zona di fondale compresa tra la batimetrica dei 2,5 m e la profondità di chiusura (variabile da zona a zona tra i -6 m e i -8 m) il bilancio è fortemente positivo, per circa 13,2 milioni di m<sup>3</sup> di materiale. In questo caso però occorre avere un approccio più cauto nei confronti del dato.

Ciò che occorre sottolineare è che la positività dei dati per fasce litoranee non è rappresentativa di quanto avvenuto lungo tutta la costa regionale, in quanto accanto a zone in forte accumulo vi sono zone in forte perdita di materiale.

Le aree di maggiore accumulo tra la batimetrica dei 2,5 m e la profondità di chiusura sono quattro:

1. a Rimini Marina Centro (1 milioni di m<sup>3</sup>);
2. a cavallo di Porto Garibaldi (5 milioni di m<sup>3</sup>);
3. tra la pineta di Volano e la bocca della Sacca di Goro (2,6 milioni di m<sup>3</sup>);
4. all'estremità ovest dello scanno di Goro (1,3 milioni di m<sup>3</sup>).

Accanto a queste vi sono altre quattro zone in cui il fondale è in forte perdita di materiale:

1. tra Foce Bevano e Punta Marina, per circa 8 km (-1,2 milioni di m<sup>3</sup>);
2. da Casal Borsetti a Foce Reno, per circa 5 km (-0,7 milioni di m<sup>3</sup>);
3. tra Lido degli Scacchi e la pineta di Volano, per circa 8 km (-0,8 milioni di m<sup>3</sup>);
4. nei primi 3 km dello scanno di Goro (-0,5 milioni di m<sup>3</sup>).

Per quanto riguarda l'area più sottocosta, occorre dire che il tratto che attualmente è nella situazione di maggior criticità è quello a sud di Foce Reno, in massima parte corrispondente al tratto del Poligono Militare.

La subsidenza si è rivelata nel corso degli ultimi decenni come la più seria minaccia alla stabilità del litorale emiliano-romagnolo, un sistema ambientale già di per sé molto fragile perché costituito da un sottile rilevato sabbioso, la spiaggia emersa, ormai priva del sistema dunale retrostante, che separa il mare da una vasta piana costiera posta al di sopra del livello del mare di pochi metri, e in parte, nella zona settentrionale, al di sotto di esso. La zona costiera è soggetta a subsidenza, cioè ad abbassamento, per la compattazione del suolo, di formazione relativamente recente in termini geologici. La causa del fenomeno è duplice: alla subsidenza di origine naturale si somma un abbassamento del terreno dovuto all'estrazione di acque sotterranee da migliaia di pozzi distribuiti lungo tutta la costa, e del metano da giacimenti a terra e a mare, in particolare nell'area centro-settentrionale.

La subsidenza naturale varia nella zona costiera regionale tra valori di velocità di 0,5 e 3 mm/anno, in ragione dello spessore degli strati sedimentari e dell'età relativa. I valori minori si riscontrano nell'area meridionale ed aumentano avvicinandosi al delta del Po. A questi si deve aggiungere l'eustatismo, ovvero il movimento verticale del livello medio del mare, pari a circa 1 mm/anno di innalzamento nell'ultimo secolo (RER, 2009). I valori naturali di subsidenza, pur non essendo trascurabili se rapportati a scale temporali dell'ordine di uno o più secoli, risultano tuttavia insignificanti in confronto ai valori generati per cause antropiche, soprattutto a partire dagli anni 1950, che hanno raggiunto punte di 50 mm/anno a Cesenatico negli anni 1980; in circa 60 anni Rimini si è abbassata di 70 cm e il litorale più a nord, fino al Delta del Po, di circa 1 m. Nel periodo 2000 – 2006 la subsidenza media della fascia costiera, per una larghezza di 5 km dalla battigia, è risultata pari a circa 8 mm/anno, lo stesso valore rilevato nel periodo 1992 – 2000; ciò significa che, dopo le sensibili riduzioni del fenomeno avvenute tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90, quando è stata fortemente ridotta l'estrazione di acqua dalle falde, non sono stati effettuati interventi significativi per la riduzione della subsidenza antropica. Mentre in alcune aree (Ravenna ed il litorale ferrarese) il fenomeno è stato ridotto e la velocità di abbassamento del terreno è diminuita, in altre aree si è osservato un ulteriore peggioramento: Lido di Dante è la località con il maggior tasso di subsidenza, pari a 19 mm/anno nel periodo 2000 – 2006 (RER, 2009).

La subsidenza ha determinato e continua a determinare effetti estremamente negativi, quali:

- i. l'aumento del grado di vulnerabilità del territorio e degli abitati;
- ii. l'ingressione del cuneo salino;
- iii. la variazione di pendenza dei corsi d'acqua e dei sistemi fognari.

Inoltre ha comportato, per quanto riguarda il bilancio sedimentario, una sottrazione di circa 100 milioni di m<sup>3</sup> di materiale in circa 70 anni, e circa 8 milioni di m<sup>3</sup> di materiale tra il 2000 e il 2006. Anche se quest'ultimo dato potrebbe essere sovrastimato, rimane comunque valida la stima di circa 1 milioni di m<sup>3</sup> persi ogni anno a causa di tale processo. ARPA Emilia-Romagna stima in circa 20 milioni di €/anno il costo degli interventi per il contrasto della subsidenza: una cifra enorme, che peraltro non considera i danni irreversibili in termini di assetto del territorio, ingressione del cuneo salino nelle falde,

degrado degli ambienti naturali e del suolo per aumento dell'erosione e della salinizzazione. Nella prospettiva di un innalzamento del livello del mare dovuto ai mutamenti climatici in corso, è quanto mai urgente e prioritario ridurre nel più breve tempo possibile il fenomeno della subsidenza dovuta a cause antropiche.

Per tutto il '900, l'espansione a macchia d'olio dell'urbanizzazione da un lato e l'estendersi dei processi erosivi sugli arenili dall'altro, ha portato alla realizzazione di decine di chilometri di opere di difesa rigida. ARPA Emilia-Romagna (2009) ha realizzato un inventario di tutte le tipologie di opere di difesa fino ad ora impiegate e di quelle presenti. E' risultato così che il litorale emiliano-romagnolo è attualmente protetto da:

- i. scogliere parallele emerse per 38,0 km;
- ii. scogliere radenti per 19,0 km;
- iii. scogliere semisommerse per 6,7 km;
- iv. pennelli per 2,6 km

per un totale di 66,3 km di litorale protetto da opere di difesa rigida.

La difesa con opere rigide ha subito in Emilia-Romagna un forte rallentamento a partire dal 1981 per il forte impatto paesaggistico – ambientale causato dalle stesse. Tra il 1995 e il 2006 sono state realizzate soprattutto scogliere parallele semisommerse, cioè con la cresta a quota medio mare, ma la loro efficacia è risultata fino ad ora solo parzialmente soddisfacente. Allo stato attuale non vi sono né progetti né previsioni di interventi di difese con opere rigide. Il Piano Costa 1981 ha posto la necessità di abbandonare la difesa con scogliere e in alternativa di ricorrere al ripascimento. Per tutti gli anni '80-'90 gli interventi sono stati associati alla realizzazione di barriere sommerse in sacchi pieni di sabbia, allo scopo di trattenere in loco la sabbia portata a ripascimento. Nel corso degli anni sono state utilizzate sabbie provenienti da cave a terra, dai dragaggi portuali, da spiagge o litorali emersi in costante accumulo, dallo scavo di fondazioni di fabbricati (limitatamente ad alcuni comuni) e dalla pulizia delle spiagge dopo la vagliatura; inoltre, nel 2002 e nel 2007 la Regione, prima in Italia, ha realizzato due interventi di ripascimento con sabbie prelevate da accumuli sabbiosi sottomarini. Complessivamente, tra il 1983 e il 2007 sono stati portati a ripascimento 8,1 milioni di m<sup>3</sup> di materiale sabbioso, di cui 5,3 milioni di da fonti esterne al sistema.

ARPA Emilia-Romagna ha inoltre determinato che per attuare il piano di gestione 2010-2019 del litorale emiliano-romagnolo, il cui obiettivo è garantire non solo l'equilibrio, ma anche un leggero miglioramento delle condizioni attuali, serviranno in totale 100,3 milioni di €, in pratica 10 milioni di € l'anno. Questi finanziamenti andranno a coprire i costi per la messa in sicurezza dei tratti di litorale in stato di forte criticità, per la manutenzione delle opere esistenti, per le opere di difesa dall'acqua alta, nonché per studi e monitoraggi, tutte attività necessarie per garantire la piena rispondenza del litorale alle esigenze della difesa del territorio, dell'ambiente e dell'economia turistica.

### *1.3.2.2 – Corsi d'acqua romagnoli*

I corsi d'acqua appenninici regionali, ed in particolare quelli romagnoli, presentano un regime spiccatamente torrentizio, con portate massime mensili nel periodo dal tardo autunno all'inizio della primavera (in particolare nei mesi compresi fra dicembre e marzo). Anche in questi mesi i deflussi sono concentrati in periodi temporalmente limitati: si può stimare che, mediamente, per i diversi corsi d'acqua in esame, circa la metà dei volumi complessivi annui afferiti in Adriatico sia riferibile a non più di 30 – 35 giorni, relativi a condizioni idrologiche di morbida – piena. La modesta entità delle portate di magra è da attribuirsi alla prevalenza dei deflussi superficiali o ipodermici rispetto a quelli profondi, legati alla natura a matrice prevalentemente argillosa, e pertanto scarsamente permeabile, di una grossa parte dei suoli compresi nell'area montana e collinare. Ne consegue che i deflussi naturali estivi nell'anno medio sono molto modesti e ciò determina problemi, sia di ordine quantitativo che qualitativo; questo accade tanto nelle aste fluviali che presentano scarse portate naturali, quanto in quelle con deflussi residuali apprezzabili, nei tratti a valle dei principali prelievi irrigui.

### 1.3.2.2.1 Reno

Corso d'acqua	fiume Reno	
Superficie del bacino	Km <sup>2</sup>	4174,23
Lunghezza dell'asta fluviale	Km	212,81
Portata media 1991-2001	m <sup>3</sup> /s	29,14
Deflusso Minimo Vitale	m <sup>3</sup> /s	1,031
Stima del trasporto solido	t/Km <sup>2</sup> /anno	33

**Tabella 1.2 – Principali caratteristiche del bacino del fiume Reno**

Il valore di portata media calcolato alla foce riportato nel Piano di Tutela delle Acque della regione Emilia-Romagna e riferito al decennio 1991-2001 è inferiore a quello desunto dagli Annali Idrologici dell'Ufficio Idrografico di Bologna per il periodo 1951-1979, pari a 39,5 m<sup>3</sup>/s, tra l'altro calcolato in una sezione a monte della confluenza degli affluenti Senio e Santerno. Pertanto è evidente che la portata media del fiume si è molto ridotta negli ultimi decenni. Da segnalare la presenza di numerose chiuse lungo il corso del fiume, l'ultima delle quali a circa 6 km dalla foce (Volta Scirocco) rifornisce a scopo agricolo, industriale e potabile una vasta area. Anche la portata solida si è notevolmente ridotta: la stima riportata, riferita al trasporto solido al fondo, è molto inferiore a quella stimata per il periodo 1929 – 1978, pari a 70 t/km<sup>2</sup>/anno. Anche il rapporto tra quantitativo di materiale trasportato al fondo, principale fonte dei sedimenti sabbiosi che costituiscono i litorali, e materiale in sospensione, che viene invece disperso al largo, mostra che il fiume non porta più rilevanti quantitativi di sedimento.



**Figura 1.7 – Area di foce del fiume Reno (Fonte: Google Earth)**



**Figura 1.8 – Foce del fiume Reno**

La foce del Reno (Figure 1.7 – 1.8) si presenta nell'ultimo tratto sub parallela alla costa, con direzione S – N. Soggetta ad un forte tasso di erosione marina, è arretrata di circa 3 km negli ultimi 70 anni; nell'area a nord della foce si è registrato il più alto tasso di arretramento della linea di costa nella Regione, pari a 12 m/anno, e nel periodo 1982 – 2006 si sono persi complessivamente circa 75 ha di territorio. Il tasso di subsidenza dell'area è risultato di 10 mm/anno nel periodo 2000 – 2006, sostanzialmente costante rispetto al periodo precedente 1992 – 2000. L'area complessivamente si è abbassata di 30 cm nel periodo 1984 – 2006.

Il fiume Reno alla foce presenta un fondo naturale sabbioso-argilloso e sponde sabbiose naturali solo nell'ultimo tratto; il corso d'acqua è infatti arginato in sponda destra fino a circa 1100 m dalla foce, mentre in sponda sinistra l'argine artificiale si trova a ridosso dell'alveo bagnato fino a circa 650 m dalla foce, poi se ne allontana lasciando ampio spazio allo sviluppo di una vegetazione perifluviale e litoranea abbondante; quest'area, a ovest dell'ultimo tratto, è caratterizzata da un'elevata naturalità e da una buona diversità morfologica, con la presenza di aree umide e cordoni dunosi litoranei. Il lato est, stretto tra il fiume e la spiaggia in erosione, non presenta naturalità sia per la presenza del Poligono Militare sia per la presenza dei resti di una scogliera radente costruita negli anni 1980 a difesa dell'area militare. Sono presenti altri elementi antropici: capanni da pesca entro l'alveo di piena e un'azienda agricola oltre l'argine sinistro. Nell'area si svolgono diverse attività antropiche: esercitazioni militari nell'area del poligono e attività di pesca; non sono presenti attività turistiche nelle immediate vicinanze della foce: le strutture balneari più vicine si trovano a Lido di Spina (5 km a nord), e a Casalboretto (3,5 km a sud). Il paesaggio circostante è prevalentemente agrario, con elementi di paesaggio culturale e ampi spazi naturali comprendenti dune, bosco e aree umide.

Il sistema fiume–spiaggia è controllato dal moto ondoso, in un regime di marea microtidale; non mancano eventi in cui il fiume riprende ad essere il driver sia idraulico sia morfologico

Foce Reno è Riserva Naturale dello Stato dal 1981 (DM 16 marzo 1981), ed è inoltre parte del Parco regionale del Delta del Po (LR n.27/1988), Zona di Protezione Speciale ai sensi della Direttiva 79/409/CEE, e Sito d'Importanza Comunitaria ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (IT 4060003 “Vene di Bellocchio, Sacca di Bellocchio, Foce del fiume Reno,

Pineta di Bellocchio”); superficie 2242 ha, di cui 1726 in provincia di Ravenna, 516 in provincia di Ferrara).

#### 1.3.2.2.2 Bevano

Corso d'acqua	torrente Bevano	
Superficie del bacino	Km <sup>2</sup>	314,87
Lunghezza dell'asta fluviale	Km	33,47
Portata media 1991-2001	m <sup>3</sup> /s	0,27
Deflusso Minimo Vitale	m <sup>3</sup> /s	0,02
Stima del trasporto solido	m <sup>3</sup> /anno	2400

**Tabella 1.3 – Principali caratteristiche del bacino del torrente Bevano**

La portata media e il DMV sono calcolati a Casemurate, nel comune di Forlì, con un bacino sotteso di soli 63,4 Km<sup>2</sup>, e per il periodo ottobre-maggio; la portata estiva è fortemente ridotta sia per il carattere torrentizio e la limitatezza del bacino, sia per l’influenza dei prelievi idrici a scopo irriguo. Il trasporto solido è molto ridotto.



**Figura 1.9 – Area di foce del torrente Bevano (Fonte: Google Earth)**



**Figura 1.10 – Foce del torrente Bevano; in primo piano la palizzata in tronchi costruita a protezione della duna e della pineta in sinistra idrografica**

La parte terminale del torrente Bevano (Figure 1.9 – 1.10) ha un carattere meandriforme e la sua foce ha subito notevoli variazioni nel corso degli ultimi 50 anni: i processi marini dominanti, come le correnti lungo costa, e un regime fluviale di bassa energia, hanno causato una migrazione verso nord del canale fluviale, che fino al 2005 si presentava, fino al 2005, sub parallelo alla costa, con direzione S – N. Questa migrazione ha prodotto una rapida erosione sia della pineta presente ad ovest a nord della foce, sia della duna costiera; a ciò si è aggiunta la difficoltà nello smaltimento delle acque di piena verso mare. Per fermare l'erosione della duna, della spiaggia e della pineta, e per ridurre i pericoli di esondazione, nel 2005 è stato effettuato un intervento di taglio del tratto terminale, con chiusura della vecchia foce ed apertura di una nuova bocca circa 500 m più a sud in direzione O – E, perpendicolare alla linea di costa. Dal punto di vista dell'erosione, il tratto mostra un bilancio sedimentario ed un andamento della linea di riva discretamente soddisfacente, soprattutto per l'accumulo di sedimenti provenienti dallo smantellamento della cuspidi di foce del Savio a sud. Il tasso di subsidenza dell'area risulta però tra i più alti dell'intero litorale regionale, con valori di 12 mm/anno nel periodo 2000 – 2006, in peggioramento rispetto agli 8 mm/anno registrati nel periodo 1988 – 2000. L'area complessivamente si è abbassata di 21 cm nel periodo 1984 – 2006.

Il torrente Bevano alla foce presenta un fondo sabbioso-argilloso naturale e sponde naturali solo nell'ultimo tratto sulla destra idrografica, cioè a sud e a est; il corso d'acqua infatti è arginato in sponda destra fino a circa 1000 m dalla foce, mentre in sponda sinistra l'argine artificiale si trova a ridosso dell'alveo bagnato fino a 1000 m dalla foce, poi se ne allontana in corrispondenza dell'ultimo meandro; sempre in sponda sinistra, gli ultimi 200 m sono protetti da una palificata in tronchi di legno, costruita a difesa dell'intervento precedentemente descritto. L'area a sud e a est dell'ultimo tratto è caratterizzata da un'elevatissima naturalità e da una grande diversità morfologica, con la presenza di un'area umida in corrispondenza di un meandro abbandonato (Ortazzino), cordoni dunosi e pinete litoranee; anche l'area a nord della foce presenta un elevato valore naturalistico (cordoni dunosi e pinete litoranee), tanto che foce Bevano è considerata tra le aree a maggior pregio ambientale di tutto l'Adriatico settentrionale. Mentre in sponda destra si ha lo sviluppo della vegetazione potenziale, in sponda sinistra entro l'alveo di piena si registra solo l'arbusteto, a causa della presenza di un villaggio di capanni abusivi. Unici altri elementi antropici sono i capanni da pesca sull'argine sinistro a partire da 1000 m dalla foce. Mentre i primi andrebbero eliminati perché rovinano il modello di paesaggio,

limitando lo sviluppo della vegetazione perifluviale, i secondi caratterizzano il paesaggio culturale. Se si esclude la palizzata in legno, sono assenti strutture di difesa della spiaggia nel paraggio costiero fino a 2,3 km a nord (pennello sud Lido di Dante) e fino a 3 km a sud (pennello nord Lido di Classe). Anche le attività antropiche sono molto limitate (pesca, turismo naturalista, agricoltura).

Il paesaggio è naturale, composto da una stratificazione lineare parallela alla costa e costituita dalla spiaggia emersa, la duna, le aree umide retrodunali e dei meandri abbandonati, la pineta e le aree agricole retrostanti, con scarsa presenza di aree ecotonali tra aree agricole e bosco. La zona che comprende foce Bevano è il settore litoraneo che presenta la maggiore continuità del sistema dunoso di tutta la regione (circa 5 km, interrotti soltanto dalla presenza della foce stessa).

Il sistema fiume-spiaggia è controllato dal moto ondoso, con rari eventi in cui il fiume riprende ad essere il driver sia idraulico sia morfologico; le dinamiche possono essere assimilate a quelle di un piccolo canale di marea di tipo misto, governato dall'interazione tra il moto ondoso e le correnti di marea, tipico, ad esempio, dei sistemi di isole-barriera lungo il delta del Po o nel sistema lagunare di Grado – Marano. Il regime di marea è microtidale.

Foce Bevano è Riserva Naturale dello Stato dal 1979 (Duna costiera ravennate e foce torrente Bevano, istituita con DM 5 giugno 1979), nonché parte del Parco regionale del Delta del Po (LR n.27/1988), Zona di Protezione Speciale ai sensi della Direttiva 79/409/CEE e Sito d'Importanza Comunitaria ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (IT 4070009 “Ortazzo, Ortazzino, Foce del torrente Bevano”; superficie 1256 ha, in provincia e comune di Ravenna).

### 1.3.2.2.3 Conca

Corso d'acqua	fiume Conca	
Superficie del bacino	Km <sup>2</sup>	162,18
Lunghezza dell'asta fluviale	Km	45,34
Portata media 1991-2001	m <sup>3</sup> /s	1,63
Deflusso Minimo Vitale	m <sup>3</sup> /s	0,116
Stima del trasporto solido	m <sup>3</sup> /anno	4000 - 8000

**Tabella 1.4 – Principali caratteristiche del bacino del fiume Conca**

La portata, calcolata alla foce, risente del carattere fortemente torrentizio, e nell'ultimo tratto è controllata dai rilasci dell'invaso posto a 2,3 Km dalla foce. Lo stesso vaso trattiene la gran parte dei solidi trasportati dal Conca; le stime del volume di materiale sabbioso che riesce a passare lo sbarramento, grazie alle periodiche aperture delle paratoie della diga, variano notevolmente, ma presentano comunque valori molto bassi.



**Figura 1.11 – Area di foce del fiume Conca (Fonte: Google Earth)**



**Figura 1.12 – Foce del fiume Conca**

La foce del Conca si presenta perpendicolare alla linea di costa, con andamento S-SO – N-NE. L'elevata capacità di trasporto del mare e la scarsa alimentazione naturale proveniente dai fiumi marchigiani, dalla falesia di Gabicce e dal fiume stesso sono le cause alla base dei forti processi erosivi instauratisi fin dagli anni '50 nel paraggio costiero comprendente la foce; mentre il litorale a sud resta in buone condizioni di equilibrio, grazie anche alla presenza delle scogliere parallele, quello a nord è in forte erosione, in particolare nel tratto di spiaggia sommersa davanti a Porto Verde (Misano). Il tasso di subsidenza non risulta particolarmente elevato, attestandosi attorno ai 4 mm/anno nel periodo 2000 – 2006; tuttavia il trend è in peggioramento rispetto ai 2 mm/anno registrati nel periodo 1988 – 2000. L'area complessivamente si è abbassata di 8 cm nel periodo 1984 – 2006.

Il fiume Conca alla foce presenta un fondo naturale ghiaioso – sabbioso e sponde con situazioni differenziate: in sponda destra, dove l'argine è distante dall'alveo bagnato, a partire da 100 m dalla foce si trova vegetazione arborea, arbustiva e canneto, con una qualche funzionalità, limitata dallo scarso sviluppo in larghezza; la sponda sinistra, nonostante l'argine sia più vicino e siano pressoché assenti specie arboree, presenta una maggiore naturalità grazie alla maggiore continuità della copertura arbustiva e del canneto. La situazione cambia lungo l'asta fluviale, e a circa 1 km dalla foce la sponda destra presenta una fascia boscata perfluviale di dimensioni adeguate in rapporto alla larghezza dell'alveo bagnato. Il tratto del corso d'acqua più a monte, fino alla diga, presenta infatti una buona naturalità.

La foce al contrario è artificiale e difesa da due pennelli, che configurano la foce stessa e la spiaggia a sud di essa come una “pocket beach”. Il sistema è completamente controllato dalle onde, in un regime di marea microtidale; la bocca tende ad essere ostruita frequentemente da piccole barre ghiaiose originate dal rimaneggiamento del materiale dalle onde, soprattutto in occasione delle mareggiate.

La vegetazione litoranea è completamente assente. L'alveo di piena in sponda destra nella zona immediatamente adiacente la foce, pur risultando più ampio, presenta elementi antropici che denotano un uso non idoneo dell'ambiente fluviale: un bar, un parcheggio, un sentiero a ridosso della riva percorso dalle auto dirette alla spiaggia, una presenza diffusa di rifiuti. In sponda sinistra, oltre l'argine, si sviluppa il complesso turistico di Porto Verde, un'area fortemente urbanizzata. La zona di foce del Conca risulta perciò sovraccaricata dalle attività antropiche: turismo di vario genere, nautica da diporto, fruizione della

spiaggia e dei sentieri perifluviali con mezzi motorizzati (jeep, moto da cross, quad). Gli importanti elementi di architettura storica e del paesaggio culturale (ex colonia Le Navi) sono aggrediti da un'urbanizzazione selvaggia. Il paesaggio antropico è predominante, con presenza di infrastrutture turistiche, strade e parcheggi; gli elementi naturali sono presenti solo entro l'alveo di piena, a partire da circa 500 m dalla foce (fasce boscate ripariali); non va dimenticata la presenza della diga a 2,3 km dalla foce.

Foce Conca non risulta protetta da particolari strumenti di tutela, e questo ha permesso un eccessivo sfruttamento antropico dell'area, che ne ha fortemente ridotto la naturalità, presente invece dove viene lasciato più spazio alle dinamiche fluviali. Anche per questo motivo, la foce del Conca è oggi sottoposta ad un intervento di riqualificazione, finanziato dalla Regione Emilia-Romagna per circa 1,24 milioni di € nell'ambito del Progetto di Gestione Integrata della Zona Costiera. Il progetto ha lo scopo di ripristinare alcune funzioni e processi dell'ecosistema fluviale costiero, ed è articolato in azioni suddivisibili in 6 ambiti:

1. interventi di creazione di percorsi pedonali e ripristino della pista ciclabile; creazione di passerelle di attraversamento del fiume;
2. interventi sul margine fluviale: riqualificazione attraverso il ripristino delle fasce ecotonali riparie; creazione di aree umide di foce;
3. inserimento di verde pubblico e creazione di elementi di architettura del paesaggio urbano;
4. interventi di ingegneria sul margine sinistro idrografico (strade e rimessaggio) e sull'alveo destro per rimozione e messa in sicurezza di attività commerciali (incompatibili con la sicurezza umana e con la gestione fluviale);
5. interventi a mare: modifica delle scogliere frangiflutti presenti per un miglioramento paesistico – percettivo della linea dell'orizzonte della spiaggia; inserimento di elementi per la creazione di un substrato rigido e di ecosistemi macrobentonici; interventi sul pennello antistante Le Navi;
6. progettazione di un parco marino.



## **2 – METODI E MATERIALI**

### **2.1 – TIPOLOGIE DI STRUMENTI DI VALUTAZIONE MULTICRITERIO**

Al fine di valutare la bontà di un intervento, di un progetto in fase ex-ante o ex- post sono disponibili diversi metodi di valutazione. La finalità della presente tesi è quella di identificare e applicare un metodo per caratterizzare e valutare lo stato ambientale delle foci fluviali. L'elemento valutativo implica la capacità di poter esprimere un giudizio complessivo sulla situazione al fine di suggerire al Decisore un sistema per la misura della distanza da una condizione desiderabile e guidarlo così nella formulazione di azioni di miglioramento. Nei processi decisionali pubblici che hanno per oggetto i beni comuni – e le foci fluviali sono sicuramente una componente essenziale nel mosaico dei beni ambientali comuni – la componente della trasparenza diventa particolarmente importante (Olstrom, 1990; Stiglitz, 2002).

Le tipologie di valutazione multicriterio si riferiscono principalmente all'Analisi Costo Benefici (ACB) e alla Multi-Criteria Decision Aid (MCDA) o semplicemente Analisi Multicriteriale (AMC).

Secondo la definizione recentemente fornita da Amartya Sen (2000), per analisi costi-benefici deve intendersi qualsiasi analisi che, a prescindere dalle tecniche di fatto adottate, sia basata sull'idea che sia utile intraprendere un'attività solo nel caso in cui i benefici siano superiori ai costi, e che permetta di sommare costi e benefici, valutando tutte e solo le conseguenze dell'attività in esame senza il ricorso a norme o principi etici. La definizione classica di ACB fa riferimento ad una valutazione di un progetto o intervento che abbia come parametro di valutazione la sola unità monetaria.

Dopo la seconda guerra mondiale l'emergere di nuovi problemi sociali, politici, ecologici, ha richiesto lo sviluppo di un approccio multidisciplinare che permettesse l'analisi di tutti questi effetti e consentisse di farvi fronte in modo integrato. Laddove l'intervento dispiega effetti su beni eterogenei dei quali si vuole tenere conto contemporaneamente nella valutazione (ad es., progetti che producono effetti sia sull'ambiente che sulla qualità della

vita delle persone), è necessario passare da un'analisi mono-dimensionale quale la ACB, in cui gli effetti fisici vengono isolati e considerati in rapporto ai costi uno alla volta, ad una multidimensionale, che tuttavia non utilizzi per il confronto la monetizzazione dei beni intangibili.

Storicamente il primo stadio dello sviluppo della teoria della decisione era caratterizzato dal così detto principio del multi-criteria decision making (MCDM), il cui scopo principale era di rendere esplicite le preferenze soggettive di un immaginario decision maker e tentare poi di risolvere un ben strutturato problema decisionale attraverso l'uso di un algoritmo più o meno sofisticato (Munda, 2008). In questo modo un problema multicriteri poteva essere ancora presentato in forma di una classica ottimizzazione. Le limitazioni del concetto classico della soluzione ottima e della conseguente importanza del processo decisionale sono state sottolineate da Simon e Roy (in Munda, 2008).

L'individuazione di una "scelta soddisfacente": secondo Herbert Simon non è l'alternativa "migliore" che deve essere raggiunta (anche perché potrebbe essere oggettivamente impossibile raggiungerla), ma devono essere, invece, identificate le alternative che "soddisfano" un certo numero di standard esplicitamente definiti.

Le più recenti metodologie di valutazione a criteri multipli si sono invece rivolte verso un altro tipo di impostazione secondo cui le scelte devono essere "giustificate" ed in particolare, nell'ottica dei processi di pianificazione partecipata, il raggiungimento di una "scelta giustificata" assume particolare rilevanza: le prospettive soggettive possono in questo modo essere rese esplicite, cioè definite e giustificate in maniera da poter essere soggette a pubblici dibattiti.

L'elemento innovativo introdotto dall'analisi a criteri multipli definita proprio da B. Roy come "una rivoluzione copernicana nella maniera di pensare la ricerca operativa.." consiste nell'abbandono del paradigma dell'ottimalità a favore della ricerca multicriteri del compromesso ottimale in cui non si ricerca un risultato unico, ma sono individuati quegli elementi che servono a chiarire le priorità su cui basare le scelte."

Nell'AMC lo scopo principale non è quello di ricavare una soluzione, ma di costruire o creare qualcosa da ritenere come un aiuto affidabile per un attore che prenda parte in un processo decisionale per esprimere dedurre e/o trasformare le proprie preferenze e per prendere una decisione in conformità ai propri obiettivi (Roy, 1990, in Munda, 2008). I

modelli ecologici e socio-economici di supporto alle decisioni costituiscono un metodo avanzato per la valutazione dello stato dell'ambiente e degli obiettivi politici (Munda, 1995).

E' a questa definizione, definita di tipo costruttivo e creativo, che si fa riferimento in questo lavoro al fine di stabilire un metodo di valutazione dello stato di salute delle foci fluviali.

### **2.1.1 – La valutazione multicriteriale**

L'analisi multicriteri AMC è una procedura di comparazione a criteri multipli che ha come scopo quello di contribuire allo sviluppo di un processo di apprendimento che alimenta un processo valutativo – decisionale. Tipicamente si tratta di un metodo non monetario, utilizzato ex-ante per esaminare la convenienza di progetti di investimento caratterizzati da un rilevante impatto di tipo ambientale, sociale ed economico nel contesto in cui vengono realizzati. L'analisi può essere utilizzata ex-post per valutare la bontà delle scelte adottate.

La particolarità dell'analisi multicriteri consiste nella formulazione di un giudizio di convenienza o di un giudizio comparativo riguardo un intervento in funzione di più criteri di riferimento, esaminati in maniera autonoma o interattiva.

A differenza dell'Analisi Costi Benefici (ACB), tecnica di valutazione monocriteriale che esprime il giudizio di convenienza in funzione del solo criterio monetario, l'analisi multicriteri AMC cerca di razionalizzare il processo di scelta del policy maker attraverso l'ottimizzazione di un vettore di più criteri, pesati secondo le priorità da questo dichiarate.

Tutti i problemi multicriteri, infine, a prescindere dalla loro diversa natura, hanno delle caratteristiche comuni (Hwang e Yoon, 1981) che possono essere così sintetizzate:

- i. obiettivi/attributi multipli: il decisore deve individuare obiettivi e/o attributi rilevanti per la messa a fuoco del problema;
- ii. conflitti fra criteri;
- iii. unità di misura incommensurabili;
- iv. ideare/selezionare l'alternativa decisionale più soddisfacente.

### 2.1.1.1 – Elementi costitutivi di un problema decisionale a criteri multipli

Tutti i problemi di valutazione a criteri multipli vengono analizzati individuando ed inserendo in un modello decisionale i seguenti elementi fondamentali:

- i. un goal, o un insieme di goal, che rappresentano l'obiettivo generale che vuole essere raggiunto;
- ii. un decisore o un gruppo di decisori, coinvolti nel processo di scelta, che sono i soggetti "politici" interessati alla valutazione. Problemi decisionali complessi, come quelli inerenti la pianificazione territoriale, tipicamente coinvolgono un certo numero di decision maker (gruppi di interesse) che esprimono le proprie preferenze riguardo alle modalità del raggiungimento del goal sulla base di un insieme di criteri rispetto ai quali le alternative decisionali vengono valutate. Le preferenze dei decisori sono tipicamente espresse in termini di pesi (weights) assegnati ai criteri di valutazione;
- iii. un insieme di criteri di valutazione sulla base dei quali i decisori valutano le alternative. Un criterio è uno standard di giudizio o una regola per testare la desiderabilità delle alternative decisionali (Hwang e Yoon 1981). Il termine criterio è però una parola generica che include il concetto sia di obiettivo che di attributo. Un obiettivo è una dichiarazione (uno statement) riguardo alla condizione che vorrebbe essere raggiunta dal sistema considerato. Un obiettivo è reso operativo assegnandogli uno o più attributi che rendono il criterio misurabile qualitativamente e/o quantitativamente;
- iv. un insieme di alternative decisionali che devono essere ordinate: esse rappresentano gli oggetti della valutazione e della scelta;
- v. un insieme di punteggi (outcomes/scores) che esprimono il valore dell'alternativa  $i$ -esima rispetto all'attributo  $j$ -esimo e che costituiscono gli elementi di una matrice detta matrice di valutazione.

Sulla base delle performance delle alternative rispetto ai criteri considerati ed in conseguenza dei pesi che i decisori assegnano ai criteri, le diverse alternative vengono valutate ed ordinate.

Di conseguenza la struttura formale di un problema di comparazione a criteri multipli può essere sintetizzata secondo lo schema di Figura 2.1. In particolare la matrice colorata in celeste chiaro è la matrice di valutazione ed i suoi elementi indicano il valore, cioè il

punteggio, di ciascuna alternativa rispetto all' attributo del relativo criterio considerato. Il vettore colorato in giallo riporta le preferenze dei decisori espresse in termini numerici ed è chiamato vettore dei pesi.

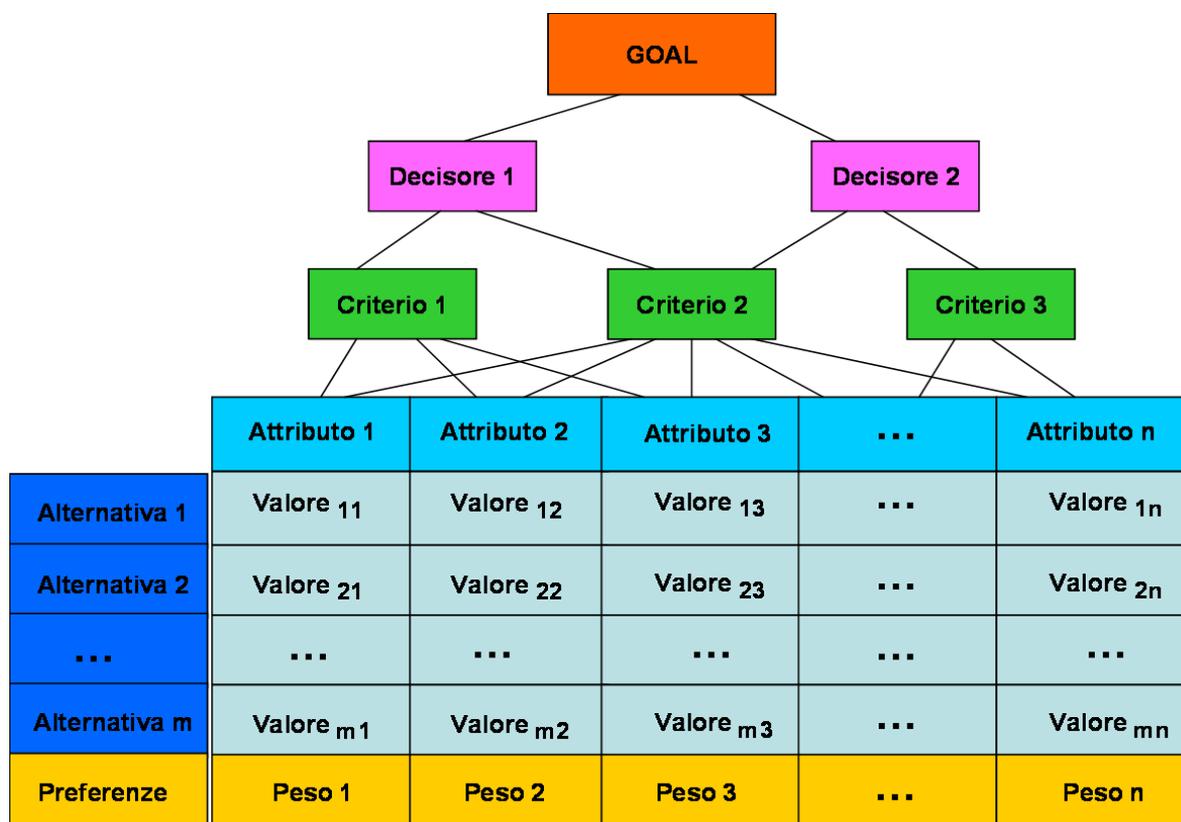


Figura 2.1 – Rappresentazione degli elementi costituenti di un problema di analisi multicriteri (Malczewski, 1999).

### 2.1.1.2 – Analisi a criteri multipli basata su GIS

I problemi decisionali che interessano gli urbanisti ed i pianificatori territoriali tipicamente coinvolgono un insieme di alternative possibili ed un gran numero di criteri di valutazione conflittuali e spesso non facilmente misurabili. La maggior parte dei problemi relativi alla progettazione ed alla gestione del territorio necessitano, pertanto, di metodologie decisionali che siano a criteri multipli e basate su sistemi di informazione geografici (GIS).

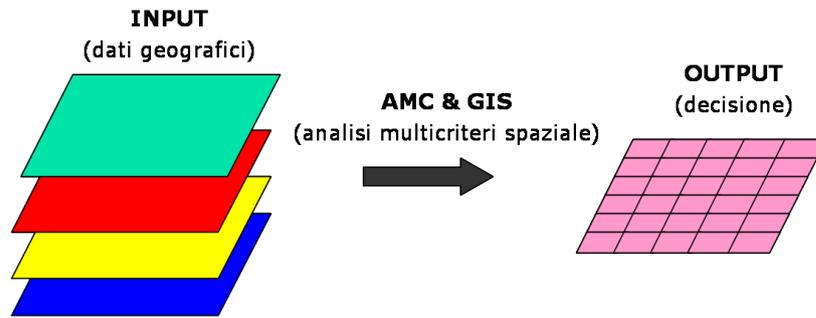
Queste due distinte aree di ricerca, GIS ed analisi a criteri multipli AMC, possono beneficiare una dell'altra: da un lato infatti le tecniche GIS rivestono un ruolo importante nell'analizzare una grande varietà di dati necessari per il processo di decisione, dall'altro le metodologie di AMC offrono procedure capaci di elaborare e modellare le preferenze dei

decisioni incorporando il processo decisionale all'interno di un sistema geografico. Nonostante il fatto che la maggior parte dei problemi di decisione spaziale sia multicriteri in natura, dal momento che coinvolge varie dimensioni quali quella economica, sociale, ambientale e politica con interessi spesso in conflitto fra loro, le tecniche di decision making a criteri multipli sono state solo recentemente inserite ed integrate nel campo dell'analisi spaziale pervenendo al concetto di sistemi decisionali multicriteri spaziali o basati su GIS. (Malczewsky, 1999).

Un problema decisionale a criteri multipli e spaziale comporta l'esistenza di un insieme di alternative geograficamente definite fra le quali un ordinamento ed una scelta vengono effettuate nel rispetto di un dato insieme di criteri di valutazione. Le alternative sono geograficamente definite nel senso che il risultato dell'analisi (la decisione) dipende anche dalla loro distribuzione spaziale. In termini GIS le alternative possono essere rappresentate attraverso una primitiva geometrica (punto, linea, arco, raster) a cui sono associati i valori dei criteri di valutazione che sono memorizzati come attributi alfanumerici .

Le convenzionali tecniche di AMC non spaziali tipicamente usano la media o il totale degli impatti di un'alternativa su un sistema ambientale ritenendoli appropriati per l'intera area in considerazione: in altre parole gli approcci convenzionali assumono un'omogeneità spaziale all'interno dell'area di studio. Questa assunzione è chiaramente poco realistica dal momento che i criteri di valutazione, o meglio gli attributi che servono a misurarli, variano nello spazio.

L'analisi multicriteri spaziale rappresenta pertanto un significativo passo in avanti rispetto alle tecniche di AMC convenzionali a causa della esplicita componente spaziale che richiede sia la conoscenza e la rappresentazione dei dati relativi ai criteri (criterion maps), sia la localizzazione geografica delle alternative. I dati territoriali vengono processati usando le potenzialità informatiche del GIS ed i metodi di analisi multicriteri per ottenere le informazioni necessarie per supportare le decisioni. L'analisi a criteri multipli spaziale può essere pensata, quindi, come un processo che combina e trasforma i dati geografici di input in un output decisionale (Malczewski, 1999).



**Figura 2.2 – Prospettiva degli input ed output di un modello di analisi multicriteri spaziale (Malczewski, 1999)**

Due sono gli aspetti di cruciale importanza che l'AMC spaziale riesce ad implementare:

1. le potenzialità del GIS di acquisire, immagazzinare, recuperare, manipolare ed analizzare i dati territoriali;
2. le capacità dell'AMC di aggregare tali dati geografici e le preferenze dei decisori in valori unidimensionali delle alternative decisionali.

A questo fine il ruolo delle tecniche di AMC basate su GIS è quello di supportare i decisori nel raggiungimento di una maggiore efficacia ed efficienza delle scelte da prendere.

### *2.1.1.3 – Classificazione dei modelli di AMC*

Una prima classificazione dei modelli di AMC è in relazione alla messa a punto dell'insieme di alternative: è infatti possibile dividere in due categorie i problemi multicriteri sulla base del numero di alternative del problema.

Un numero infinito di alternative riguarda i problemi multiobiettivo, un numero finito di alternative riguarda i problemi multiattributo.

L'analisi multiobiettivo (AMO) è infatti associata a problemi in cui il numero di alternative non è predeterminato, supporta quindi la soluzione di problemi di tipo continuo il cui scopo è quello di creare la migliore alternativa considerando le interazioni che all'interno del progetto soddisfano il decisore nel raggiungimento di livelli accettabili negli obiettivi.

L'analisi multiattributo (AMA) è associata a problemi che presentano un numero di alternative predeterminate, quindi finito. Alle alternative è associato un livello di

soddisfacimento degli attributi sulla base del quale si assume la decisione finale; il problema riguarda quindi la selezione della migliore alternativa e non la sua creazione.

Vinkle (1989), fornisce un'altra classificazione dei modelli multicriteri dividendoli in tre famiglie, i cui confini sono però meno netti di quelli della classificazione proposta precedentemente, ed in particolare sono individuate le seguenti classi:

1. modelli derivanti dalla teoria dell'Utilità multiattributo: si riconduce alla scuola americana ed al lavoro di Keeney e Raiffa sulle funzioni di valore e sull'utilità multiattributo;
2. modelli di ordinamento: si rifanno alla scuola francese di cui il fondatore è considerato B. Roy che ha sviluppato metodi che richiedono la costruzione di una relazione di surclassamento (outranking relation) fra le alternative in base alla quale esse vengono ordinate. Della scuola francese fa parte anche T.L. Saaty, fondatore del metodo dell'analisi gerarchica AHP che richiede la costruzione di una struttura gerarchica dei criteri e la determinazione dei pesi di ciascun elemento dell'albero per arrivare all'ordinamento delle alternative;
3. modelli interattivi: questo gruppo è di più recente formazione e ne fanno parte metodi che alternano momenti di calcolo, che portano a successive soluzioni di compromesso, a momenti di dialogo che forniscono informazioni supplementari sulle preferenze del decisore. Essi sono, nella maggior parte dei casi, sviluppati all'interno del framework della programmazione matematica multi obiettivo.

Le seguenti distinzioni infine ci permettono di chiarire meglio il contenuto e gli scopi dei differenti metodi di analisi multicriteri:

- i. metodi discreti contro metodi continui: i primi focalizzano l'attenzione su un insieme finito (conosciuto a priori) di scelte alternative (AMA), i secondi fanno riferimento ad un insieme incommensurabile e pertanto non perfettamente identificabile di scelte alternative (AMO);
  - ii. multi-person contro single-person evaluation: nel primo caso viene assicurata una maggiore flessibilità nella dinamica delle preferenze e nelle procedure di negoziazione, mentre nel "single-person evaluation" è spesso più facile specificare le politiche prioritarie;
  - iii. identificazione contro selezione delle alternative: nel primo caso è necessario identificare un insieme limitato di ragionevoli possibilità di scelta cioè è sufficiente
-

trovare un insieme Pareto efficiente di soluzioni, mentre nel secondo caso deve essere selezionata l'alternativa ritenuta più soddisfacente;

- iv. single-step contro multi-step: la procedura di valutazione a single-step da per scontato che un problema di valutazione possa essere risolto immediatamente, mentre la procedura multi-step considera le varie fasi del processo di valutazione;
- v. soft information contro hard Information: i problemi di soft information sono caratterizzati da informazioni di tipo non metrico (dati ordinali, informazioni qualitative), i problemi hard invece sono basati su informazioni quantitative (cardinali).

Tutti i modelli di analisi multicriteri hanno, comunque, in comune la costruzione di due elementi matriciali: la matrice degli "effect score" cioè la matrice di valutazione ed il vettore dei pesi o delle preferenze (Figura 2.1)

#### *2.1.1.4 – Struttura del modello di AMC spaziale*

Un processo di scelta coinvolge una sequenza di attività che comincia con la fase di inquadramento del problema decisionale e termina con l'indicazione di alcune raccomandazioni risolutive finali.

Fra i diversi metodi che la letteratura propone per strutturare gli elementi che compongono un processo decisionale, Keeney (1992) individua due principali categorie: la prima si focalizza sulla generazione delle alternative (alternative-focused approach) e la seconda è invece orientata alla individuazione dei valori che regolano il processo (value-focused approach) e considera i criteri di valutazione quali elementi base per l'analisi. Le differenze fra questi due modalità di strutturare il processo decisionale vengono sintetizzate nella seguente Tabella 2.1:

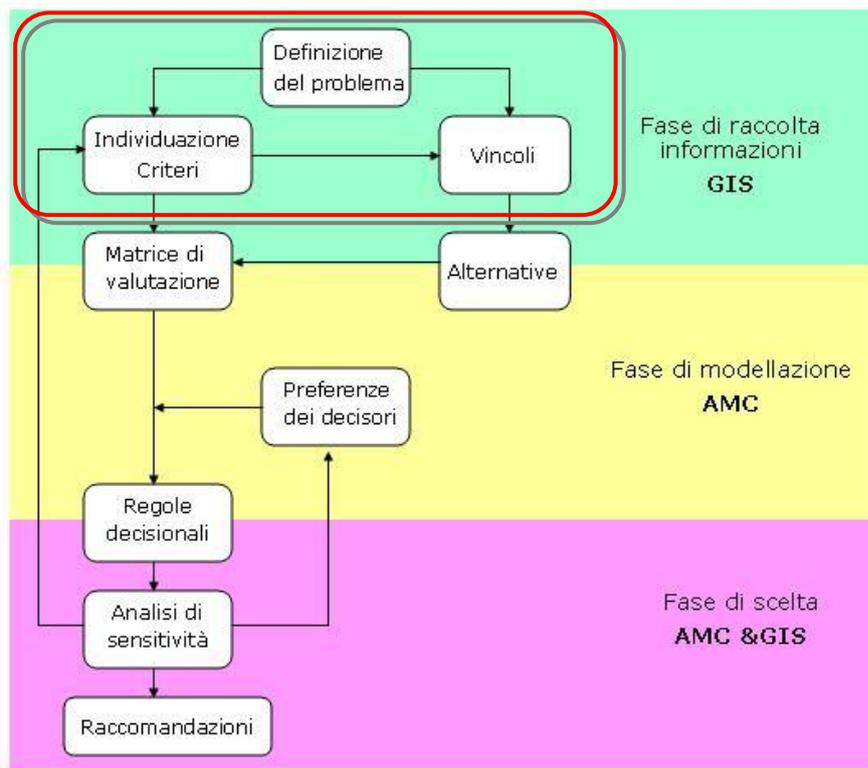
Step	Approccio orientato ai valori	Approccio orientato alle alternative
1	Ricognizione del problema decisionale	Ricognizione del problema decisionale
2	Specificazione dei valori	Identificazione delle alternative
3	Generazione delle alternative	Specificazione dei valori
4	Valutazione delle alternative	Valutazione delle alternative
5	Scelta della migliore alternativa	Scelta della migliore alternativa
6	Raccomandazioni	Raccomandazioni

**Tabella 2.1 – Confronto fra i momenti organizzativi di un modello multicriteri “focus-oriented” e di uno “alternative-oriented”**

Sempre secondo Keeney, tuttavia, il principio generale per strutturare un processo di scelta prevede che le alternative decisionali siano generate in modo che gli obiettivi del sistema considerato vengano raggiunti nel miglior modo possibile.

Concettualmente questo comporta che venga prima definito che cosa si desidera e poi si definiscano le alternative per ottenerlo in quanto esse rappresentano il mezzo per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Malczewski (1999) individua nel diagramma di flusso di Figura 2.3 un “framework” utile per inquadrare i problemi di analisi multicriteri spaziali, evidenziando come ogni singola fase del processo decisionale comporti il contributo metodologico sia dei sistemi GIS che delle tecniche di valutazione a criteri multipli. Le componenti del diagramma di flusso sotto riportato rappresentano, quindi, gli stadi del processo decisionale che certamente differiscono fra loro in base al grado in cui le due metodologie (GIS ed AMC) sono utilizzate: negli stadi iniziali infatti le tecniche GIS giocano un ruolo di maggiore importanza, mentre la situazione si inverte nelle fasi successive di aggregazione delle preferenze.



**Figura 2.3 – Framework per un modello di analisi a criteri multipli spaziale (Malczewski, 1999) – Nella cornice sono state evidenziati i passi che sono stati adottati nell'ambito del presente lavoro.**

#### 2.1.1.4.1 Definizione del problema

In generale la definizione di un problema decisionale può essere pensata in termini di divario tra lo stato desiderato del sistema in esame e quello presente secondo l'ottica del singolo decisore o dei gruppi di decision maker. In questo caso lo stato desiderabile del sistema non è stato definito da più gruppi di decisori. I valori desiderabili fanno riferimento a valori ambientali richiesti dalla normativa (ad es. qualità delle acque) o definiti dalla letteratura (ad es. indice di sprawl).

La definizione del problema riguarda tutte quelle fasi di produzione di informazioni (intelligence) relative al sistema considerato: in particolare i dati grezzi vengono raccolti, processati ed esaminati per costruire una conoscenza strutturata sul territorio e sulle dinamiche che lo influenzano. La capacità del GIS di immagazzinare, gestire, ed analizzare tutti i dati a disposizione costituisce un fondamentale supporto per la risoluzione di questa fase.

#### 2.1.1.4.2 Scelta dei criteri di valutazione

Una volta che il problema decisionale è stato definito, l'analisi a criteri multipli spaziale si concentra sulla scelta di un insieme di criteri di valutazione (obiettivi ed attributi); in particolare devono essere specificati:

- i. un insieme esaustivo di obiettivi che evidenzino gli aspetti più rilevanti del problema di valutazione;
- ii. le misure per raggiungere questi obiettivi, cioè gli attributi dei criteri per ciascuno dei quali occorre definire una scala di misura.

Il grado di raggiungimento degli obiettivi, così come misurato dagli attributi, costituisce la base per confrontare le alternative.

Trattandosi di analisi spaziale, i criteri di valutazione ed i rispettivi attributi sono associati ad entità spaziali e vengono rappresentati attraverso mappe geografiche che possono essere di due tipi: mappe di valutazione dei criteri e mappe dei vincoli. Il primo tipo di mappe rappresenta la distribuzione spaziale del valore degli attributi, mentre il secondo tipo introduce dei limiti sul valore e sulla localizzazione che attributi e variabili decisionali possono avere. La costruzione di queste carte tematiche georeferenziate, o data layers secondo la terminologia GIS, permette di valutare la performance di ciascuna alternativa rispetto ai criteri in esame. Anche in questa fase la capacità del GIS di gestire ed analizzare le informazioni costituisce uno strumento fondamentale per generare gli input del modello di valutazione.

#### 2.1.1.4.3 Individuazione delle alternative

Il processo di generazione delle alternative è basato sulla struttura dei valori ed è quindi dipendente dall'insieme dei criteri di valutazione precedentemente definiti. Ciascuna alternativa può essere identificata da una variabile decisionale che, a seconda del problema in esame, può essere una variabile deterministica, probabilistica o linguistica.

In tutte le situazioni reali la presenza di vincoli limita il numero e l'estensione geografica delle alternative da ordinare. I vincoli, pertanto, rappresentano le restrizioni imposte allo spazio decisionale e determinano l'insieme delle alternative possibili. In un problema di valutazione spaziale, dato che le alternative decisionali sono rappresentate

geograficamente, i vincoli servono ad eliminare, secondo la terminologia GIS, quei punti, linee e poligoni, oppure quelle celle di un raster che sono inaccettabili a seguito di prescrizioni di tipo normativo e/o tecnico.

#### 2.1.1.4.4 Pesi dei criteri

In questa fase le preferenze dei decisori rispetto ai criteri di valutazione vengono incorporate nel modello decisionale. Tali preferenze sono generalmente espresse dai pesi che indicano l'importanza relativa dei criteri di valutazione considerati nella valutazione, esprimendo quanto ciascun criterio sia più importante rispetto agli altri nell'ottica del decisore.

La determinazione di pesi costituisce un momento fondamentale del processo decisionale per la determinazione dell'ordinamento delle alternative e quindi per l'esito della scelta finale perché mette a confronto i punti di vista dei diversi attori sociali coinvolti.

Questa fase non è stata applicata nell'ambito del presente lavoro.

#### 2.1.1.4.5 Regole decisionali

In questa fase si riuniscono e si sintetizzano i risultati dei tre step precedenti in quanto le misure unidimensionali degli attributi dei criteri (data layers geografici) ed i giudizi dei decisori (preferenze) vengono aggregati in modo da valutare le alternative ed indicarne un ordinamento. Questo viene raggiunto attraverso una adeguata funzione di aggregazione, detta anche regola decisionale, che stabilisce le modalità con cui si determinano le performance complessive delle alternative da cui si deduce quali siano preferibili ed in quale misura.

Le regole decisionali sono di varia natura e differiscono a seconda che si tratti di metodi di analisi multiobiettivo (goal programming, compromise programming, teoria dell'utilità multi obiettivo, ecc.) o di metodi multiattributo (AHP, metodi di concordanza, distanza dal punto ideale, funzioni di utilità multiattributo, metodi Fuzzy, ecc.).

Questa fase non è stata applicata nell'ambito del presente lavoro.

#### 2.1.1.4.6 Analisi di sensitività

Una volta ottenuto l'ordinamento delle alternative, l'analisi di sensitività deve essere implementata in modo da stabilirne la robustezza. Nei problemi di modellistica l'analisi di sensitività viene definita come una metodologia capace di identificare in quale modo e di quanto i cambiamenti degli input di un processo influenzino i risultati finali.

Nello specifico dei modelli di AMC spaziale, lo scopo di questa analisi è quello di verificare gli effetti che le perturbazioni degli input (dati geografici e preferenze del decisore) hanno sugli output, cioè sull'ordinamento delle alternative; se infatti tali cambiamenti non influenzano in modo significativo gli output, l'ordinamento è considerato robusto, mentre, se ciò non accade, sarà necessario modificare alcune fasi del processo in modo adeguato, ridefinendo obiettivi e attributi del problema decisionale ed anche riformulando le preferenze sui criteri.

L'analisi di sensitività è quindi uno strumento attraverso il quale il decisore raggiunge una più approfondita conoscenza della struttura del problema e comprende le interazioni fra le sue parti individuando gli elementi di disaccordo o conflitto fra i decisori.

Questa fase non è stata applicata nell'ambito del presente lavoro.

Lo schema metodologico adottato in questa tesi è riassunto nel diagramma di Figura 2.4, dove la freccia grande indica la direzione del processo di implementazione delle varie fasi, mentre le frecce più piccole rappresentano i feedback.

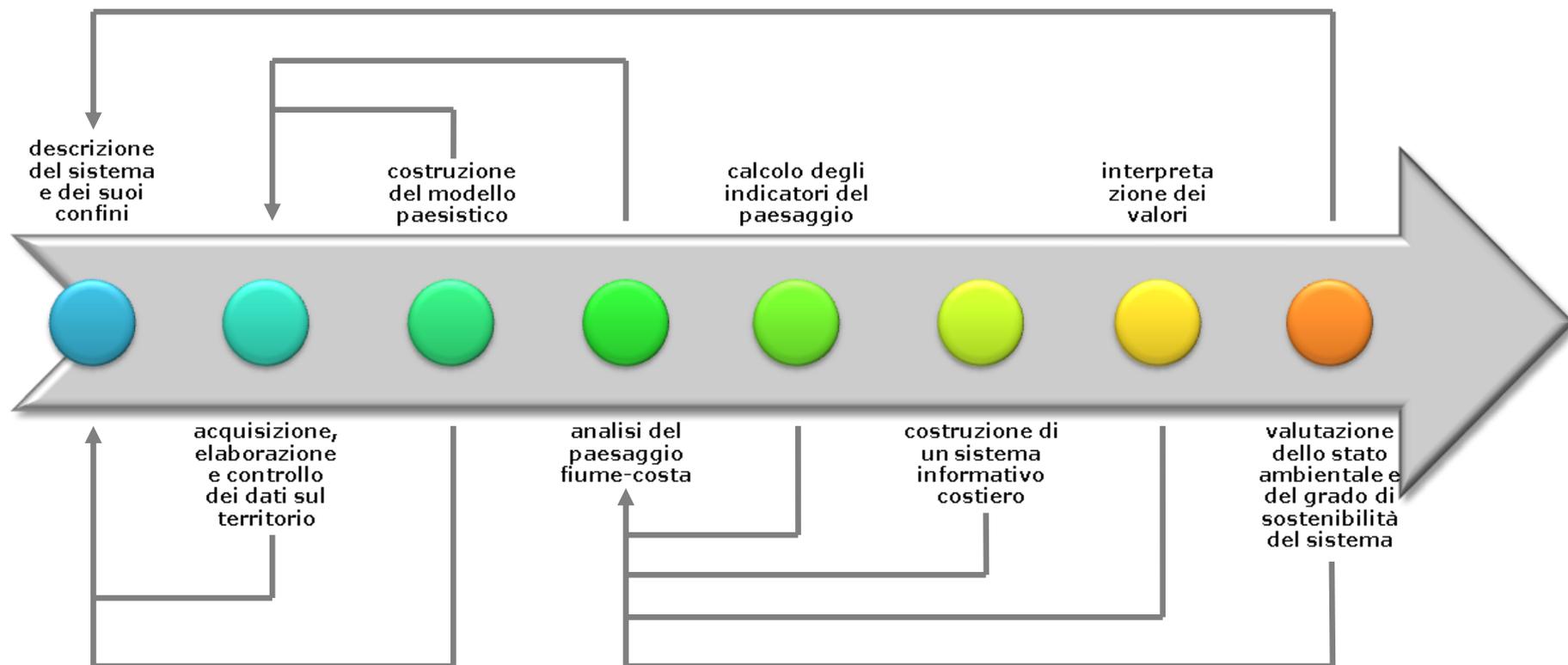


Figura 2.4 – Schema metodologico adottato nella tesi (adattato da Pulselli et al., 2007)

## **2.2 – ANALISI MULTISCALE E MULTITEMPORALE DELL'USO DEL SUOLO**

L'analisi dell'uso del suolo delle aree di studio è stata effettuata tramite il software ArcGIS 9.2 della ESRI. Sono state utilizzate le coperture vettoriali della Regione Emilia-Romagna riferite agli anni 1976, 1994 e 2003, in scala nominale 1:25000. Sono descritte brevemente le caratteristiche principali dei database esaminati.

Uso del Suolo - edizione 1976: base dati georeferenziata di tipo vettoriale contenente la sintesi realizzata attraverso la generalizzazione delle carte dell'uso del suolo dalla scala 1:25.000 alla scala 1:100.000. I contenuti e le classi rappresentate sono riferiti a quelli della carta al 25.000. L'area minima rappresentata è 150 m per 150 m, ovvero 2,25 ettari. Fonte dei dati: fotointerpretazione voli diversi in B/N e colori (a scala 1:15.000 e 1:13.000) eseguiti dal 1974 al 1978 e controlli sul terreno.

Uso del Suolo - edizione 1994: base dati georeferenziata di tipo vettoriale contenente raggruppamenti omogenei di dati riferiti alle varie tipologie d'uso del suolo 1994, scala 1:25.000. La carta dell'uso del suolo costituisce uno strumento prezioso per la conoscenza del territorio ai fini della sua pianificazione e gestione. La necessità di provvedere all'aggiornamento delle informazioni per un tematismo soggetto a mutamenti rapidi nel corso del tempo, ha portato alla reimpostazione dell'originaria cartografia dell'uso del suolo, progettando una seconda edizione che tenesse conto delle dinamiche intense avvenute in campo agricolo e urbano e si avvicinasse agli standards del progetto Corine Land Cover già avviato. Per questa edizione è stata adottata una legenda articolata in 31 classi, elaborata tenendo conto della realtà del territorio regionale, delle edizioni precedenti e della legenda Corine Land Cover. L'area minima rappresentata è 150 m per 150 m, ovvero 2,25 ettari. Fonte: fotointerpretazione su ingrandimenti in scala 1:25.000 del volo Italia '94 e controlli sul terreno.

Uso del Suolo - edizione 2003: base dati georeferenziata di tipo vettoriale contenente raggruppamenti omogenei di dati riferiti alle varie tipologie d'uso del suolo 2003, scala 1:25.000. La Regione ha promosso la realizzazione della terza edizione della carta e del database dell'uso del suolo ritenendola una delle basi fondamentali, sia a supporto delle scelte di programmazione e pianificazione territoriale ed ambientale a livello regionale ed infraregionale, sia per il governo del territorio. Questa carta è stata completamente rifatta

rispetto alle edizioni precedenti ed è strutturata su quattro livelli. Le classi dei primi tre livelli sono derivate da Corine Land Cover, mentre la quarta è stata elaborata a partire dalle proposte del Gruppo di Lavoro Uso del Suolo del Centro Interregionale. La legenda è molto dettagliata e comprende oltre ottanta voci. Per la realizzazione della nuova edizione della carta dell'uso del suolo si è fatto uso di immagini satellitari ad alta risoluzione, acquisite per l'intero territorio regionale principalmente nel 2003. Le immagini satellitari Quickbird, utilizzate per la realizzazione della carta dell'uso del suolo 2003, sono immagini pancromatiche ad alta risoluzione riprese con tecnologia a 11 bit che comporta 2048 livelli di grigio. Tutto questo consente di ottenere un prodotto di grande precisione geometrica e notevole dettaglio tematico aggiornabile nel tempo. L'area minima rappresentata è infatti di 125 m per 125 m, ovvero 1,56 ettari, inferiore rispetto alle carte precedenti.

Per il confronto multitemporale dell'uso del suolo sono state adottate le categorie di confronto predisposte dalla stessa Regione Emilia-Romagna ed elencate nelle Tabelle 2.2 – 2.4. Nel testo si farà spesso riferimento ad esse con l'acronimo MUSA (Macrocategorie di Uso del Suolo Aggregate) di 1° e 2° livello.

MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO AGGREGATE (MUSA)			USO DEL SUOLO EMILIA-ROMAGNA 1976			USO DEL SUOLO EMILIA-ROMAGNA 1994			USO DEL SUOLO EMILIA-ROMAGNA 2003		
1° LIVELLO	2° LIVELLO	SIGLA	SIGLA	CLASSE	SIGLA	CLASSE	SIGLA	CLASSE			
Territori artificializzati	Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	I	Aree urbane e autostrade	I	Zone urbanizzate	Ec	Tessuto residenziale compatto e denso			
					Zf	Reti ferroviarie e stradali	Er	Tessuto residenziale rado			
	Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	Zi	Zone industriali	Zi	Zone industriali	Zi	Zone industriali	Ed	Tessuto discontinuo	
									Rs	Reti stradali e spazi accessori	
									Rf	Reti ferroviarie e spazi accessori	
									Ia	Insedimenti produttivi industriali, artigianali e agricoli con spazi annessi	
									Ic	Insedimenti commerciali	
									Is	Insedimenti di servizi pubblici e privati	
									Io	Insedimenti ospedalieri	
									It	Insedimenti di grandi impianti tecnologici	
									Rm	Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci (interporti e simili)	
									Rt	Aree per impianti delle telecomunicazioni	
									Re	Reti ed aree per la distribuzione, la produzione ed il trasporto dell'energia	
									Ri	Reti ed aree per la distribuzione idrica	
	Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	Zc	Zone interessate da attività estrattiva e discariche	Zc	Zone estrattive e discariche	Zc	Zone estrattive e discariche	Qc	Cantieri, spazi in costruzione e scavi	
									Qs	Suoli rimaneggiati e artefatti	
									Nc	Aree portuali commerciali	
									Nd	Aree portuali per il diporto	
									Np	Aree portuali per la pesca	
									Fc	Aeroporti commerciali	
	Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	Iv	Verde pubblico e privato	Iv	Zone verdi urbane e impianti sportivi	Iv	Zone verdi urbane e impianti sportivi	Fs	Aeroporti per volo sportivo e da diporto, eliporti	
									Fm	Aeroporti militari	
									Qa	Aree estrattive attive	
									Qi	Aree estrattive inattive	
Qq									Discariche e depositi di cave, miniere e industrie		
Qu									Discariche di rifiuti solidi urbani		
Qr									Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli		
Vp									Parchi e ville		
Vx									Aree incolte nell'urbano		
Vt									Campeggi e strutture turistico-ricettive (bungalows e simili)		
Vs									Aree sportive (calcio, atletica, tennis, sci)		
Vd									Parchi di divertimento e aree attrezzate (aquapark, zoosafari e simili)		
Vq	Campi da golf										
Vi	Ippodromi e spazi associati										
Va	Autodromi e spazi associati										
Vr	Aree archeologiche										
Vb	Aree adibite alla balneazione										
Vm	Cimiteri										

**Tabella 2.2 – Aggregazione delle classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 1976, 1994 e 2003 in categorie di 1° e 2° livello; I parte: territori artificializzati (Fonte: Regione Emilia-Romagna)**

MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO AGGREGATE (MUSA)			USO DEL SUOLO EMILIA-ROMAGNA 1976		USO DEL SUOLO EMILIA-ROMAGNA 1994		USO DEL SUOLO EMILIA-ROMAGNA 2003						
1° LIVELLO	2° LIVELLO	SIGLA	SIGLA	CLASSE	SIGLA	CLASSE	SIGLA	CLASSE					
Territori agricoli	Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Agr	Sem	S	Seminativi semplici	S	Seminativi	Sn	Seminativi in aree non irrigue				
				Sa	Seminativi arborati			Se	Seminativi semplici				
				Su	Seminativi arborati a ulivo			Sr	Risaie				
				S	Seminativi semplici			Ze	Aree agricole eterogenee	Zt	Culture temporanee associate a colture permanenti		
				R	Risaie					Zo	Sistemi colturali e particellari complessi		
				Sa	Seminativi arborati					Ze	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti		
				Su	Seminativi arborati a ulivo					Cv	Vigneti	Cv	Vigneti
				Sa	Seminativi arborati								
				Su	Seminativi arborati a ulivo								
	Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Agr	Fru	V	Vigneti	C	Culture specializzate miste (frutteti e vigneti)	Cf	Frutteti e frutti minori				
				C	Culture specializzate	Ct	Frutteti	Cf	Frutteti e frutti minori				
				F	Frutteti	C	Culture specializzate miste (frutteti e vigneti)						
				C	Culture specializzate	U	Uliveti	Co	Oliveti				
	Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Agr	Ort	O	Orti, serre, vivai e colture sotto tunnel	O	Orti, vivai, colture sotto tunnel	Sv	Vivai				
	Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Agr	Leg	Cp	Pioppeti	Cp	Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Cp	Pioppeti colturali				
				Cl	Altre colture da legno (noceti, ecc.)								
	Prati stabili, prato-pascoli,	Agr	Pra	Pp	Prati, pascoli, prato-pascoli e prati arborati	Pp	Prati stabili	Pp	Prati stabili				
	Territori boscati e ambienti seminaturali	Formazioni boschive	Nat	Bos	Bf	Formazioni boschive con dominanza di faggio	B	Formazioni boschive a prevalenza di latifoglie	Bf	Boschi a prevalenza di faggi			
B					Formazioni boschive del piano basale e submontano	Bq			Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni				
Cf					Castagneti da frutto	Cf			Castagneti da frutto	Bs	Boschi a prevalenza di salici e pioppi		
Ba					Formazioni di conifere adulte	Ba			Formazioni di conifere adulte	Bp	Boschi pianiziani a prevalenza di farnie, frassini, ecc.		
B					Formazioni boschive del piano basale e	Bm			Boschi misti di conifere e latifoglie	Bc	Castagneti da frutto		
Bm					Boschi misti di conifere e latifoglie	Ba			Boschi di conifere				
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea		Nat	Arb	Pc	Praterie e brughiere cacuminali	Pc	Praterie e brughiere cacuminali	Tp	Praterie e brughiere di alta quota				
				Zs	Zone cespugliate o con copertura arborea molto carente	Zs	Cespuglieti	Tc	Cespuglieti e arbusteti				
				Br	Rimboschimenti recenti	Br	Rimboschimenti recenti	Tn	Aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi				
Zone aperte con vegetazione rada o assente		Nat	Lit	Zr	Zone a prevalente affioramento litoide	Zr	Zone a prevalente affioramento litoide	Ta	Aree con rimboschimenti recenti				
								Sp	Spiagge costiere	Ds	Spiagge, dune e sabbie		
								Dr	Rocce nude, falesie, affioramenti				
Zone umide e corpi idrici	Zone umide, saline, corpi d'acqua	Acq	Bac	Zp	Zone acquitrinose e paludose	Zp	Zone umide	Ui	Zone umide interne				
								Ut	Torbiera				
								Up	Zone umide salmastre				
								Uv	Valli salmastre				
								Ua	Acquaculture (in acque salmastre)				
								Us	Saline				
								An	Bacini naturali				
								Ap	Bacini con destinazione produttiva				
								Ax	Bacini artificiali di varia natura				
	Aa	Acquaculture (in acque dolci)											
	Corsi d'acqua	Acq	Fiu	Al	Corsi d'acqua	Al	Corsi d'acqua	Ma	Acquaculture (in acque marine)				
								Af	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa				
								Ac	Canali e idrovie				
								Ar	Argini				
								Av	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante				

**Tabella 2.3 – Aggregazione delle classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 1976, 1994 e 2003 in categorie di 1° e 2° livello; II parte: territori agricoli, territori boscati e ambienti seminaturali, zone umide e corpi idrici (Fonte: Regione Emilia-Romagna)**

MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO AGGREGATE			CLASSI DI USO DEL SUOLO			
1° LIVELLO	2° LIVELLO		1976	1994	2003	
Territori artificializzati	Art	Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	I	I, Zf	Ec, Er, Ed, Rs, Rf
		Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	Zi, Zm	Zi, Za, Zn, Zm	Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs
		Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	Zc	Zc	Qa, Qi, Qq, Qu, Qr
		Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	Iv	Iv	Vp, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Vm, Vb
Territori agricoli	Agr	Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	S, Sa, Su, R	S, R, Ze	Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo
		Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	V, F, C, U	Cv, Ct, C, U	Cv, Cf, Co
		Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	O	O	Sv, So
		Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	Cp	Cp	Cp, Cl
		Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	Pp	Pp	Pp
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	Formazioni boschive	Bos	B, Cf, Bf, Ba	B, Cf, Ba, Bm	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm
		Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	Zs, Br, Pc	Zs, Br, Pc	Tc, Tn, Ta, Tp
		Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	Zr	Zr, Sp	Dr, Dc, Dx, Di, Ds
Zone umide e corpi idrici	Acq	Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	L, Zp	L, Vs, Sa, Zp, Ma	Uj, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma
		Corsi d'acqua	Fiu	Al	Al	Af, Ac, Av, Ar

**Tabella 2.4 – Sintesi dell’aggregazione delle classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 1976, 1994 e 2003 in Macrocategorie di Uso del Suolo Aggregate (MUSA) di 1° e 2° livello (fonte: Regione Emilia-Romagna)**

Inoltre è stato utilizzato il database inerente il Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

## 2.3 – INDICI DI SOSTENIBILITA’

La necessità di conoscenza dei processi e di sintesi dell’informazione in campo ambientale ha portato a costruire insieme di indici e indicatori ormai consolidati. Le due principali funzioni degli indicatori, dettate proprio dalle loro caratteristiche, sono:

1. diminuire il numero di parametri necessari a fornire una “fotografia” precisa ed esauriente di una condizione; di conseguenza, la dimensione di un insieme di indicatori e l’entità del dettaglio fornito devono necessariamente essere limitati: un insieme costituito da un grande numero di indicatori tenderebbe a disturbare l’informazione che si desidera fornire; d’altro canto, troppo pochi indicatori, o perfino un solo indicatore, possono essere insufficienti a fornire tutta

l'informazione necessaria che riguarda il tema; inoltre, i problemi metodologici connessi con la pesatura degli indici tendono a divenire più grandi ad un livello più elevato di aggregazione;

2. facilitare la comunicazione dell'informazione costituita dai risultati delle misure o dai parametri; a causa di questa semplificazione e dell'adattamento alle necessità dei fruitori, gli indicatori non sempre sono tenuti a soddisfare precisi criteri scientifici per dimostrare le concatenazioni causali.

Gli indicatori di sostenibilità permettono di confrontare i livelli di qualità ambientale con gli obiettivi di sviluppo sostenibile, la valutazione del reale valore delle risorse naturali, al di là di quello loro assegnato dal mercato, e la determinazione di un valore di prelievo degli stock di risorse che non superi la velocità di riproduzione delle stesse. Tramite gli indicatori di sostenibilità è possibile confrontare il valore dei sistemi naturali ed umani e dei loro prodotti, così da determinarne l'importanza relativa ed il contributo al benessere complessivo ed alla sostenibilità della biosfera. Questa tipologia di indicatori fonda le sue basi sulla teoria generale dei sistemi e sull'integrazione di principi economici, ecologici e termodinamici.

L'indice viene definito come “un insieme di parametri o indicatori aggregati o pesati” (OCSE).

Attraverso l'utilizzo dei seguenti indici, si sono voluti valutare lo stato del territorio e del paesaggio, la biodiversità, la funzionalità e la resilienza degli ecosistemi, nonché gli impatti ambientali.

1. Indice di Sprawl (Marotta et al., 2008): valuta l'impatto dell'artificializzazione del territorio.
2. Landscape Development Intensity Index, LDI (Brown e Vivas, 2005): misura l'impatto delle attività antropiche sul paesaggio.
3. Indice Bioterritorial Capacity, BTC (Biopotenzialità Territoriale; Ingegnoli, 1993; Ingegnoli e Pignatti, 2007): fornisce una valutazione dello stato degli ecosistemi e della loro resilienza.
4. Indice di Percolazione (Farina, 1998): misura la connettività e la frammentazione del paesaggio.
5. Indice Faunistico cenotico Medio, IFM (Santolini e Pasini, 2007): fornisce una stima della biodiversità.

Tutti gli indici vengono valutati su diverse scale temporali per valutare il cambiamento del territorio nel tempo.

L'importanza di definire degli indici di salute dell'ecosistema diviene una chiave della valutazione ambientale (Costanza, 1992; De Leo e Levin, 1997). Gli indici sono stato descritti ed identificati, nonché sono definite le loro necessarie proprietà: gli indici utilizzati, sono tra quelli più indicati per la misura della salute degli ecosistemi (Jørgensen e Nielsen, 1998; Jørgensen et al., 2005).

Al fine di valutare la sostenibilità dei rapporti tra l'uomo e l'ecosistema, un concetto base è la valutazione della salute dell'ecosistema. Costanza (1992) riassume il concetto di salute dell'ecosistema come segue:

- i. omeostasi.
- ii. assenza di malattia.
- iii. diversità o complessità.
- iv. stabilità o resilienza.
- v. vigore o possibilità di crescita.
- vi. equilibrio tra le componenti dei sistemi.

Costanza (1992) propone un indice di salute globale dell'ecosistema:

$$HI = V \times O \times R$$

dove:

- HI è l'indice di salute dell'ecosistema,
- V è il vigore,
- R è la resilienza,
- O è l'organizzazione.

Kay e Schneider (1992) utilizzano il termine di "integrità dell'ecosistema" per riferirsi alla capacità di un ecosistema di mantenere la sua organizzazione. La definizione precedente comprende anche la presenza di più ampie funzioni essenziali e gli attributi chiave che sostengono i sistemi della vita (Rapport, 1989; Costanza, 1992; Rapport et al., 1998). La principale difficoltà nell'uso degli ecosistemi concetto di valutazione della salute degli

ecosistemi è la mancanza di standard da seguire al fine di valutare le condizioni degli ecosistemi. Haskell, Norton e Costanza (1992) concludono che "non vi è chiara concezione del termine" e fanno notare come, sia la salute degli ecosistemi sia l'integrità ecologica "non sono mai stati definiti abbastanza bene per renderli utili" nei documenti di politica ambientale.

La letteratura offre una vasta gamma di definizioni della salute dell'ecosistema, e al fine di questa tesi è possibile semplificare dividendole in 3 diverse categorie:

1. salute ecologica come parametro olistico dell'integrità del sistema in un quadro sistemico (Rapport, et al., 1998; Jørgensen et al., 2005).
2. salute ecologica come "salute e benessere" e naturalità (Kay, 1993; Ingegnoli, 2002), ma da un altro punto di vista De Leo e Levin (1997) respingono le definizioni di integrità basate sulla natura e riconoscono che esistono molteplici definizioni del termine.
3. salute ecologica come Stato e relazione tra le componenti del paesaggio (Farina, 2000a, 2000b).

Un certo numero di articoli sono dedicati a quello che si crede essere un parametro misurabile olistico che riflette la salute dell'ecosistema e che consente di stimare i danni di origine antropica. Molte funzioni degli ecosistemi sono state proposte come obiettivo: ascendenza, emergenza, la massimizzazione del flusso di energia, la minimizzazione dell'entropia, ecc. Tra queste, l'emergenza è ampiamente usata (Odum, 1996; Brown e Ulgiati, 1997, 1999). Valori basati sull'emergenza sono stati calcolati per varie tipologie di ecosistema, di benefici sociali e di prodotti economici supportati da ecosistemi terrestri ed acquatici; gli stessi indici e indicatori sono utilizzati per ottenere i valori dei servizi ecosistemici su base emergentica (Brown e Bardi, 2001). L'emergenza è definita come tutta l'energia disponibile che è stata utilizzata in un lavoro o in un prodotto, ed è espressa in unità di un determinato tipo di energia (Odum, 1996). È dimostrato che l'exergia ha buone basi teoriche di termodinamica, una stretta relazione alla teoria dell'informazione, forte correlazione con altre funzioni obiettivo e relativa facilità di calcolo (Jørgensen, 2002a). Jørgensen (2006a) propone tre indicatori termodinamici olistici: eco-exergia, exergia specifica e la capacità tampone, per coprire le proprietà essenziali di salute dell'ecosistema. Vi sono molti casi di studio su questo (ad esempio, Pérez-España e Arreguín-Sánchez,

1999a, 1999b, 1999c; Jørgensen, 2000; Fabiano et al., 2004). In Jørgensen, Costanza e Xu (2005) sono riportate varie applicazioni a sistemi marini e costieri.

L'importanza di una definizione chiara e misurabile di resistenza, resilienza, salute dei geosistemi e degli ecosistemi, in un approccio di "indicatori all'interno del paesaggio", è diventata fondamentale per fornire approfondimenti inerenti gli studi sulle dinamiche dei sistemi (Farina, 2006), e per prevedere come il sistema possa rispondere ad impatti diretti e / o alle variazioni delle condizioni di contorno (Zurlini et al., 2006).

Jørgensen et al. (2005) dividono gli indicatori e indici della salute dell'ecosistema in 8 livelli:

- I. Indicatori di presenza e assenza di specie.
- II. Indicatori del rapporto tra classi di organismi.
- III. Indicatori di concentrazione di composti chimici.
- IV. Indicatori di concentrazione di tutto il livello trofico.
- V. Tassi di processo come indicatori.
- VI. Indicatori compositi o indici che descrivono le proprietà (energia, struttura, selezione e omeostasi).
- VII. Indici olistici delle proprietà degli ecosistemi (resilienza, resistenza).
- VIII. Indici olistici delle proprietà termodinamiche.

Indici e indicatori possono essere classificati in 6 gruppi basati sull'approccio, dal riduzionismo all'olismo:

1. Indici basati su specie Indicatrici.
2. Indici basati su strategie ecologiche.
3. Indici basati su valori di diversità.
4. Indicatori basati sulla biomassa e l'abbondanza di specie.
5. Indici che integrano tutta l'informazione ambientale.
6. Indici olistici

### **2.3.1 – Indice di Sprawl**

L'Indice di Sprawl (Marotta et al., 2008) misura il tasso di espansione dell'uso del suolo artificializzato (comprendente quindi aree urbane, industriali e dei servizi) in una

determinata area ed in uno specifico intervallo temporale. La formula di calcolo dell'indice è la seguente:

$$Isp = 10 + \ln \frac{\sum_i u_i / n_i}{A}$$

dove:

- $u_i$  è la superficie passata da uso del suolo non artificializzato ad uso del suolo artificializzato nell'intervallo temporale  $i$ -esimo;
- $n_i$  è la durata, in anni, dell'intervallo temporale  $i$ -esimo
- $A$  è la superficie, in ettari o  $\text{km}^2$ , dell'area di studio.

Il valore teorico massimo dell'indice è 10 quando tutta l'area viene artificializzata in un anno; l'indice può assumere anche valori negativi, ma ciò si verifica solo per tassi di artificializzazione del territorio bassissimi, inferiori al 5% ogni 1000 anni.

### ***2.3.2 – Landscape Development Intensity Index, LDI***

Il Landscape Development Intensity (LDI) (Brown e Vivas, 2005) è un indice che deriva dall'emergia, che è a sua volta un parametro di sistema definito come la somma, lungo un periodo di tempo, di tutta l'energia (di un solo tipo) necessaria a produrre un flusso di energia di altro tipo. L'emergia è un indice utile per stabilire una metrica per una rigorosa e quantitativa valutazione del livello di (in)sostenibilità di un territorio.

Il Landscape Development Intensity, LDI deriva dall'emergia per area (empower density), in particolare la componente non rinnovabile di questo indice (Tabella 2.5).

Land Use	Non-Renewable Empower Density (E14 sej/ha/yr)	Ln Non-Renewable Empower Density	LDI Coefficients
Natural System	0.00		1.00
Natural Open water	0.00		1.00
Pine Plantation	5.10	1.63	1.58
Recreational / Open Space (Low-intensity)	6.55	1.88	1.83
Woodland Pasture (with livestock)	8.00	2.08	2.02
Pasture (without livestock)	17.20	2.84	2.77
Low Intensity Pasture (with livestock)	33.31	3.51	3.41
Citrus	44.00	3.78	3.68
High Intensity Pasture (with livestock)	46.74	3.84	3.74
Row crops	107.13	4.67	4.54
Single Family Residential (Low-density)	1,077.00	6.98	6.79
Recreational / Open Space (High-intensity)	1,230.00	7.11	6.92
High Intensity Agriculture (Dairy farm)	1,349.20	7.21	7.00
Single Family Residential (Med-density)	2,175.00	7.68	7.47
Single Family Residential (High-density)	2,371.80	7.77	7.55
Mobile Home (Medium density)	2,748.00	7.92	7.70
Highway (2 lane)	3,080.00	8.03	7.81
Low Intensity Commercial	3,758.00	8.23	8.00
Institutional	4,042.20	8.30	8.07
Highway (4 lane)	5,020.00	8.52	8.28
Mobile Home (High density)	5,087.00	8.53	8.29
Industrial	5,210.60	8.56	8.32
Multi-family Residential (Low rise)	7,391.50	8.91	8.66
High Intensity Commercial	12,661.00	9.45	9.18
Multi-family Residential (High rise)	12,825.00	9.46	9.19
Central Business District (Average 2 stories)	16,150.30	9.69	9.42
Central Business District (Average 4 stories)	29,401.30	10.29	10.00

Tabella 2.5 – Valori di LDI e calcolo rispetto al valore di densità energetica (empower density) non rinnovabile (Fonte: Brown e Vivas, 2005).

### 2.3.3 – Biopotenzialità Territoriale, BTC

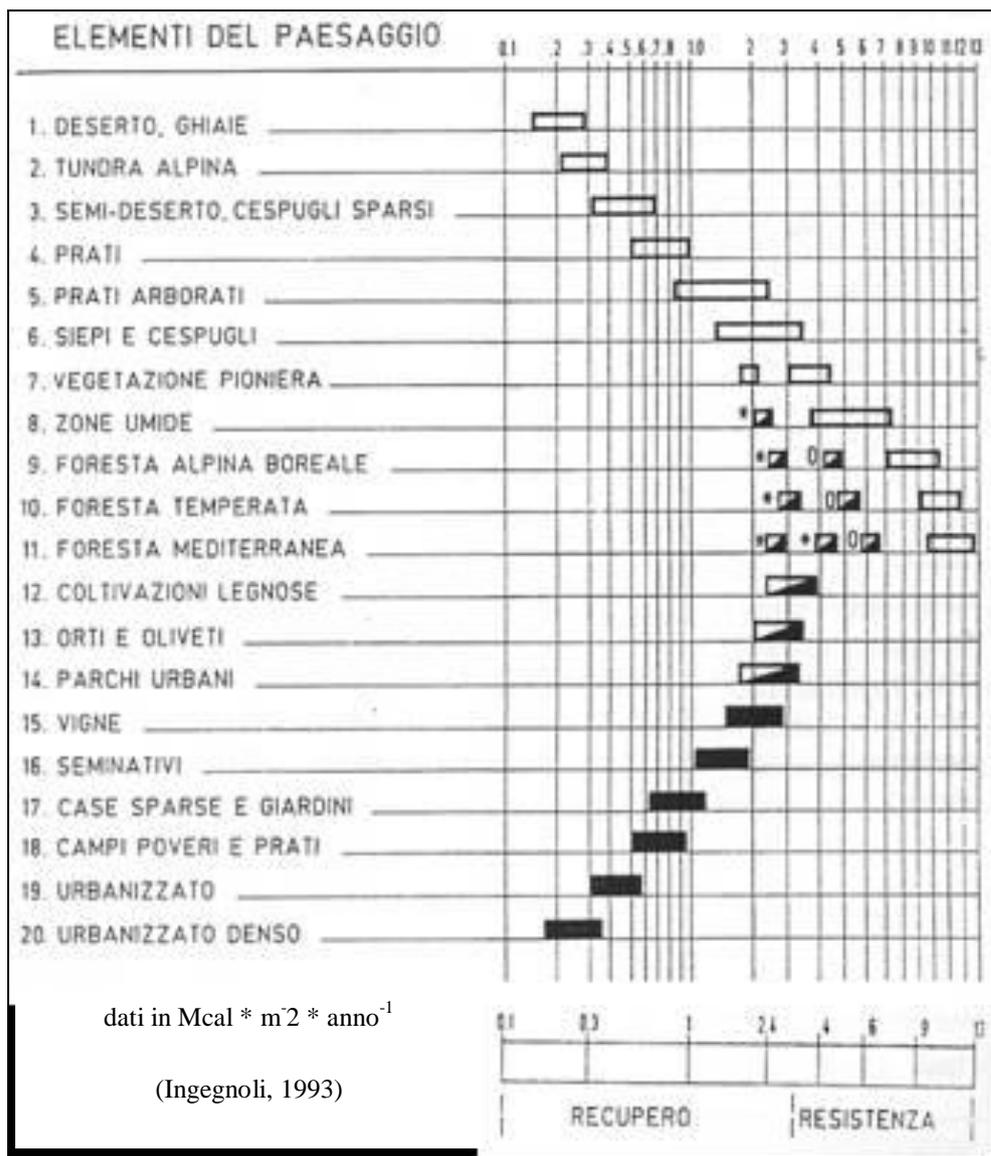
La Biopotenzialità Territoriale (Biological Territorial Capacity, BTC) fornisce una misura delle soglie di metastabilità di un sistema paesistico, dove per metastabilità si intende una “condizione soddisfacente di equilibrio dinamico tra i processi naturali e le azioni umane a scarso impatto ambientale”. Le trasformazioni su larga scala sono difficili da misurare, anche in un paesaggio, ed in molti casi non è possibile valutare se il cambiamento sia positivo o meno. Può tuttavia essere possibile valutare se i cambiamenti in atto stiano, o meno, portando il paesaggio ad un punto di instabilità, misurandone proprio la

metastabilità. Il raggiungimento di una determinata soglia di metastabilità significa un cambiamento nella tipologia di paesaggio. Pertanto la Biopotenzialità Territoriale quantifica la dinamica del paesaggio nel tempo, valutandone la metastabilità. Per arrivare ad un dato territoriale complessivo, è necessario misurare la metastabilità di ogni elemento paesistico presente, in modo da considerare la complementarità di ognuno rispetto all'insieme. Mettendo in relazione la biomassa con le capacità omeostatiche degli ecosistemi, la Biopotenzialità Territoriale contribuisce a misurare la capacità degli ecosistemi stessi di conservare e massimizzare l'impiego di energia (Ingegnoli, 1993; Ingegnoli e Pignatti, 2007).

In senso scientifico la BTC è basata sui seguenti principi (Ingegnoli, 1993):

- i. il concetto di stabilità resistente (*resistance stability*);
- ii. i principali tipi di ecosistemi della biosfera e loro dati metabolici, che sono biomassa, produzione primaria lorda, respirazione.

I valori indicativi di BTC sono stati calcolati sulla media degli elementi paesistici tipici dell'Europa centro-meridionale, attraverso sperimentazioni e misurazioni di laboratorio (Figura 2.5). L'unità di misura della BTC è un'unità energetica, normalmente in calorie:  $\text{Mcal} * \text{m}^{-2} * \text{anno}^{-1}$ . Qui, per motivi di coerenza con altri indici (LDI), useremo come unità di misura  $\text{MJ} * \text{m}^{-2} * \text{anno}^{-1}$ .



**Figura 2.5 – Valori tipici di BTC per gli elementi del paesaggio dell’Europa centro-meridionale (Fonte: Ingegnoli, 1993)**

La BTC quindi è fondamentalmente una funzione di stato, che dipende principalmente dai sistemi vegetali e dal loro metabolismo, e permette di confrontare sia qualitativamente sia quantitativamente ecosistemi e paesaggi. Attraverso l'uso di questo indicatore, alle varie scale temporali d'indagine, si arriva a definire il campo di esistenza nel quale rientra il suo valore ottimale ai fini dell'equilibrio del sistema paesistico considerato. Il confronto tra i valori relativi alla situazione esistente, quelli alle soglie storiche precedenti ed alcuni standard riferiti ai vari tipi di paesaggio, permette di evidenziare deficit e anomalie, per poi dimensionare gli elementi paesistici in funzione delle necessità ambientali riscontrate. Il

campo di esistenza individua quindi alcuni obiettivi utili nella progettazione/riqualificazione ambientale e contiene parametri di riferimento per la pianificazione delle trasformazioni paesistiche.

Formula per il calcolo:

$$BTC = \frac{1}{2} * (a_i + b_i) * R$$

dove:

$$a_i = \frac{(R/PG)_i}{(R/PG)_{max}} \quad b_i = \frac{(dS/S)_{min}}{(dS/S)_i}$$

con:

- R = respirazione,
- PG = produzione primaria lorda,
- B = biomassa,
- $dS/S = R/B$  = tasso di mantenimento della struttura.

Il fattore  $a_i$  misura il grado di capacità metabolica relativa ai principali ecosistemi, mentre  $b_i$  misura il grado di mantenimento degli stessi ecosistemi.  $i$  è il pedice che indica il tipo di ecosistema, all'interno dei principali ecosistemi della biosfera (Ingegnoli, 1993).

### **2.3.4 – Percolazione**

Sono stati definiti i campi di variabilità dell'uso del suolo per l'identificazione automatica degli elementi costitutivi della rete ecologica e dei numerosi ostacoli alla continuità ambientale presenti nell'area di studio (Farina, 1998).

Il risultato dell'applicazione di questo modello è costituito dalla Carta della Percolazione dell'area di studio. La funzionalità di questa rete ecologica è stata verificata facendo riferimento alla cosiddetta "teoria della percolazione" (Forman, 1995).

Per l'analisi la soglia critica è del 59,28% al di sotto del quale il sistema considerato non è percolante. Gli elementi di naturalità non sono quindi sufficienti ad assicurare gli spostamenti delle comunità animali all'interno del sistema ambientale.

I modelli di percolazione possono essere di due tipi:

1. semplificato attraverso l'uso di modelli neutri, che non considerano un organismo specifico – con il suo eco-field e la sua percezione dell'ambiente – ma solo dei tipi di ecosistema con una certa potenzialità di sopravvivenza per una specie caratteristica di un habitat (Figura 2.6);
2. specie-specifico, che considera i vari tipi di habitat di una specie e la compatibilità e possibilità differente di essere attraversate di ciascuna patch.

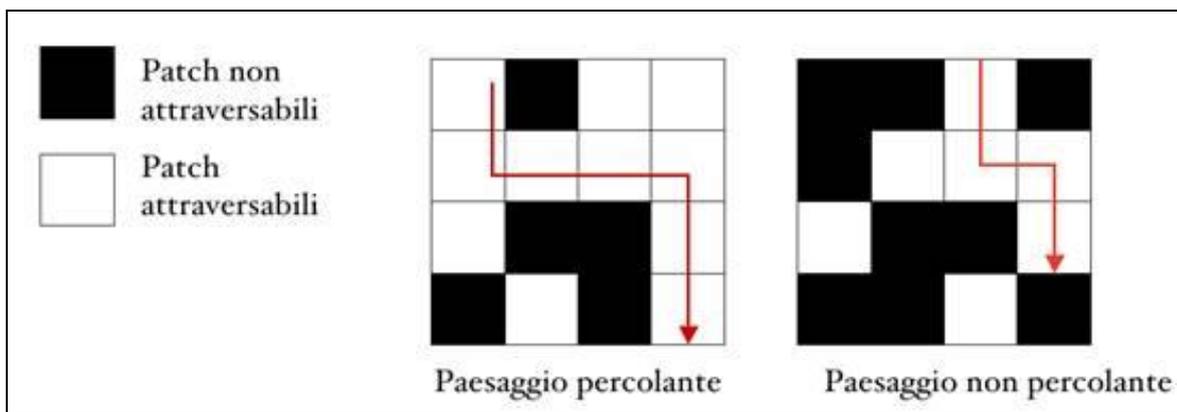


Figura 2.6 – Semplificazione di un paesaggio in patch percolanti e non percolanti (Fonte: Farina, 2004)

La percolazione, in ecologia del paesaggio, è la capacità di una specie di attraversare un mosaico paesistico composto da un gruppo di patch. Alcune patch possono essere attraversate, altre non sono attraversabili. Qui considereremo un modello semplificato, basato su gli habitat permeabili per una specie animale teorica legata alle aree naturali presenti. Nell'analisi sono stati considerati diversi gradi di percolazione, e poi sono stati assegnati a questi dei livelli di soglia che dividono le aree percolanti da quelli non percolanti.

### **2.3.5 – *Indice Faunistico cenotico Medio, IFM***

La ricerca faunistica applicata alla valutazione ambientale ha portato all'individuazione di metodi standardizzati per l'utilizzo di indici ecologici basati su gruppi funzionali di animali (mammiferi, uccelli, ecc.) o gruppi focali capaci di indicare il grado di complessità degli ecosistemi terrestri. L'applicazione del metodo basato sull'Indice Faunistico cenotico Medio (IFM) consente di stimare, per ciascuna tipologia ambientale presente in una determinata area di studio e in relazione al suo stato di conservazione attuale, il potenziale grado di ricettività nei confronti della fauna; questo viene valutato attraverso l'esame della bibliografia esistente e di opportuni rilievi sul campo (Santolini e Pasini, 2007). La classe degli Uccelli, in particolare, presenta generalmente un elevato numero di specie potenzialmente presenti sul territorio ed è considerata un ottimo indicatore in grado di comprendere pressoché tutte le diverse esigenze delle zoocenosi.

La valutazione tramite l'indice IFM, quindi, consente di descrivere la potenzialità dei diversi elementi del paesaggio individuati come habitat per il supporto di determinate specie animali. Dall'analisi faunistica delle tipologie vegetazionali caratterizzanti il paesaggio si ottiene una carta del valore faunistico potenziale dove vengono riportate con diversi colori le classi relative alla capacità ricettiva faunistica potenziale per ciascuna delle patch individuate nell'area di studio.

### **2.3.6 – *Attribuzione dei coefficienti per il calcolo dei valori degli indici nelle aree di studio***

Per una stima esatta del valore degli indici per le aree di studio si dovrebbe procedere, attraverso i metodi descritti per ciascun indice, al calcolo di un coefficiente per ciascuna classe di uso del suolo per ciascun anno di indagine. Appare evidente che ciò richiederebbe moltissimo tempo e molte risorse, perciò si è operato in modo differente. Per ciascun indice sono stati utilizzati i valori dei coefficienti disponibili in letteratura, dove si trovano in associazione alle classi di uso del suolo Corine Land Cover (Marotta e Mulazzani, 2006; Marotta et al., 2007). Per procedere al calcolo dei valori degli indici nelle aree oggetto di questa tesi, le suddette classi della copertura Corine Land Cover sono state associate, attraverso un'attenta analisi delle legende, alle classi di uso del suolo della Regione Emilia-Romagna 2003 (Tabelle 2.6 – 2.7).

USO DEL SUOLO EMILIA-ROMAGNA 2003			VALORI INDICI			
CODICE	SIGLA	CLASSE	LDI	BTC	PERCOLAZIONE	IFM
1.1.1.1	Ec	Tessuto residenziale compatto e denso	9,56	0,21	0,00	0,34
1.1.1.2	Er	Tessuto residenziale rado	9,28	0,42	0,00	0,65
1.1.2.0	Ed	Tessuto discontinuo	8,38	0,72	0,00	0,72
1.2.1.1	la	Insedimenti produttivi industriali, artigianali e agricoli con spazi annessi	8,77	0,84	0,00	0,00
1.2.1.2	lc	Insedimenti commerciali	9,33	0,84	0,00	0,00
1.2.1.3	ls	Insedimenti di servizi pubblici e privati	9,14	0,84	0,00	0,00
1.2.1.4	lo	Insedimenti ospedalieri	9,47	0,84	0,00	0,59
1.2.1.5	lt	Insedimenti di grandi impianti tecnologici	9,47	0,44	0,00	0,00
1.2.2.1	Rs	Reti stradali e spazi accessori	8,36	0,42	0,25	1,00
1.2.2.2	Rf	Reti ferroviarie e spazi accessori	7,61	2,51	0,00	1,97
1.2.2.3	Rm	Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci (interporti e simili).	9,33	0,44	0,00	0,00
1.2.2.4	Rt	Aree per impianti delle telecomunicazioni	9,47	0,44	0,00	0,59
1.2.2.5	Re	Reti ed aree per la distribuzione, la produzione ed il trasporto dell'energia	9,47	0,44	0,00	0,59
1.2.2.6	Ri	Reti ed aree per la distribuzione idrica	9,47	0,44	0,00	0,59
1.2.3.1	Nc	Aree portuali commerciali	8,84	0,21	0,00	1,44
1.2.3.2	Nd	Aree portuali per il diporto	8,84	0,44	0,00	1,44
1.2.3.3	Np	Aree portuali per la pesca	8,84	0,44	0,00	1,44
1.2.4.1	Fc	Aeroporti commerciali	8,80	0,84	0,00	1,48
1.2.4.2	Fs	Aeroporti per volo sportivo e da diporto, eliporti	8,80	0,84	0,00	1,48
1.2.4.3	Fm	Aeroporti militari	8,80	0,84	0,00	1,48
1.3.1.1	Qa	Aree estrattive attive	8,67	0,84	0,00	1,63
1.3.1.2	Qi	Aree estrattive inattive	8,67	1,26	0,00	2,00
1.3.2.1	Qq	Discariche e depositi di cave, miniere e industrie	8,04	0,44	0,00	1,44
1.3.2.2	Qu	Discariche di rifiuti solidi urbani	8,56	2,51	0,25	2,00
1.3.2.3	Qr	Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	8,56	0,44	0,00	1,44
1.3.3.1	Qc	Cantieri, spazi in costruzione e scavi	7,82	0,84	0,00	1,75
1.3.3.2	Qs	Suoli rimaneggiati e artefatti	2,72	2,01	0,50	2,31
1.4.1.1	Vp	Parchi e ville	5,72	4,18	0,75	7,77
1.4.1.2	Vx	Aree incolte nell'urbano	2,72	2,51	0,50	2,00
1.4.2.1	Vt	Campeggi e strutture turistico-ricettive (bungalows e simili)	7,52	4,18	0,75	7,77
1.4.2.2	Vs	Aree sportive (calcio, atletica, tennis, sci)	5,72	2,51	0,50	2,00
1.4.2.3	Vd	Parchi di divertimento e aree attrezzate (aquapark, zoosafari e simili)	7,52	2,51	0,50	2,00
1.4.2.4	Vq	Campi da golf	6,62	4,18	0,75	7,77
1.4.2.5	Vi	Ippodromi e spazi associati	6,62	2,51	0,50	2,00
1.4.2.6	Va	Autodromi e spazi associati	7,52	2,51	0,50	2,00
1.4.2.7	Vr	Aree archeologiche	2,72	4,18	0,75	7,77
1.4.2.8	Vb	Aree adibite alla balneazione	5,00	4,18	0,50	2,88
1.4.3.0	Vm	Cimiteri	5,72	2,51	0,50	2,00

**Tabella 2.6 – Valori degli indici associati alle classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003 – parte I**

USO DEL SUOLO EMILIA-ROMAGNA 2003			VALORI INDICI			
2.1.1.0	Sn	Seminativi in aree non irrigue	4,47	3,35	0,50	5,30
2.1.2.1	Se	Seminativi semplici	4,47	3,35	0,50	5,30
2.1.2.2	Sv	Vivai	4,22	4,02	0,60	6,36
2.1.2.3	So	Colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica	5,20	3,35	0,50	5,30
2.1.3.0	Sr	Risaie	4,22	4,02	0,60	5,30
2.2.1.1	Cv	Vigneti	4,47	5,37	0,50	5,30
2.2.1.2	Cf	Frutteti e frutti minori	4,22	4,02	0,60	5,30
2.2.2.0	Co	Oliveti	4,35	4,02	0,60	5,30
2.2.3.1	Cp	Pioppeti colturali	4,22	4,02	0,60	5,30
2.2.3.2	Cl	Altre colture da legno (noceti, ecc.)	4,22	4,02	0,60	5,30
2.3.1.0	Pp	Prati stabili	2,90	6,28	1,00	5,30
2.4.1.0	Zt	Colture temporanee associate a colture permanenti	4,47	4,02	0,60	5,30
2.4.2.0	Zo	Sistemi colturali e particellari complessi	4,47	4,02	0,60	5,30
2.4.3.0	Ze	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali	3,07	5,02	0,75	7,63
3.1.1.1	Bf	Boschi a prevalenza di faggi	0,00	40,56	1,00	9,00
3.1.1.2	Bq	Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	0,00	35,56	1,00	9,00
3.1.1.3	Bs	Boschi a prevalenza di salici e pioppi	0,00	35,56	1,00	9,00
3.1.1.4	Bp	Boschi planiziari a prevalenza di farnie, frassini, ecc.	0,00	35,56	1,00	9,00
3.1.1.5	Bc	Castagneti da frutto	1,00	19,56	0,55	7,00
3.1.2.0	Ba	Boschi di conifere	0,00	33,79	0,95	8,55
3.1.3.0	Bm	Boschi misti di conifere e latifoglie	0,00	35,56	1,00	9,00
3.2.1.0	Tp	Praterie e brughiere di alta quota	0,00	6,28	1,00	5,30
3.2.2.0	Tc	Cespuglieti e arbusteti	0,00	25,21	0,98	7,62
3.2.3.1	Tn	Aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	0,00	22,35	0,99	7,31
3.2.3.2	Ta	Aree con rimboschimenti recenti	2,72	17,95	0,99	6,74
3.3.1.0	Ds	Spiagge, dune e sabbie	0,00	0,42	1,00	6,74
3.3.2.0	Dr	Rocce nude, falesie, affioramenti	0,00	0,42	1,00	6,74
3.3.3.1	Dc	Aree calanchive	0,00	0,42	1,00	6,74
3.3.3.2	Dx	Aree con vegetazione rada di altro tipo	0,00	0,42	1,00	6,74
3.3.4.0	Di	Aree percorse da incendi	0,00	0,42	1,00	6,74
4.1.1.0	Ui	Zone umide interne	0,00	8,37	1,00	9,00
4.1.2.0	Ut	Torbiera	0,00	8,37	1,00	9,00
4.2.1.1	Up	Zone umide salmastre	0,00	8,37	1,00	9,00
4.2.1.2	Uv	Valli salmastre	0,00	8,37	0,00	9,00
4.2.1.3	Ua	Acquaculture (in acque salmastre)	3,50	8,37	0,00	9,00
4.2.2.0	Us	Saline	2,02	0,42	0,00	7,62
5.1.1.1	Af	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	0,00	8,37	1,00	6,00
5.1.1.2	Ac	Canali e idrovie	2,02	8,37	0,75	5,00
5.1.1.3	Ar	Argini	0,00	8,37	1,00	6,00
5.1.1.4	Av	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	0,00	33,79	0,95	8,55
5.1.2.1	An	Bacini naturali	0,00	4,51	0,25	6,74
5.1.2.2	Ap	Bacini con destinazione produttiva	6,84	0,42	0,25	2,65
5.1.2.3	Ax	Bacini artificiali di varia natura	6,16	0,42	0,25	2,65
5.1.2.4	Aa	Acquaculture (in acque dolci)	3,50	0,42	0,25	8,00
5.2.1.1	Ma	Acquaculture (in acque marine)	3,50	0,42	0,25	8,60

**Tabella 2.7 – Valori degli indici associati alle classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003 – parte II**

Successivamente sono stati calcolati i coefficienti per le Macrocategorie di Uso del Suolo (MUSA) di 2° livello per poter effettuare il confronto multitemporale tra i valori degli indici. In questo procedimento per prima cosa è stato calcolato il coefficiente per l'anno 2003; per l'indice LDI è stata effettuata un'elaborazione dei coefficienti, sia tramite una media pesata sia tramite una valutazione esperta, sulla base delle classi di uso del suolo che compongono la macrocategoria e considerando il peso delle attività antropiche prevalenti per ciascuna tipologia; per gli altri indici è stata fatta una semplice media aritmetica. Una volta ottenuto il coefficiente per l'anno 2003 si è proceduto al calcolo del valore dei coefficienti per gli anni 1994 e 1976 per ciascuna MUSA, attraverso le seguenti ipotesi.

- i. Si è assunto che i coefficienti di LDI per ciascuna tipologia di uso del suolo aumentino, a causa dell'aumento di energia non rinnovabile associato agli usi antropici del territorio, e che tale aumento sia linearmente proporzionale al Prodotto Interno Lordo (PIL) ed al numero di abitanti; sono stati ricavati i tassi di crescita di questi 2 indicatori nel tempo dai dati censuari della Regione Emilia-Romagna e da dati ISTAT; i valori ottenuti sono stati normalizzati al 2003 (Tabella 2.8). Moltiplicando i coefficienti così calcolati per il valore di LDI nel 2003, si sono ottenuti i valori dell'indice per ciascuna macrocategoria aggregata di uso del suolo negli anni 1976 e 1994 (Tabella 2.).
- ii. Analogamente a quanto assunto per LDI, si è supposto che i valori dei coefficienti sia di BTC sia di IFM per ciascuna tipologia di uso del suolo diminuiscano nel tempo, a causa del crescente impatto antropico sugli ecosistemi, e che tale variazione sia inversamente proporzionale al numero di abitanti; sono stati ricavati i tassi di crescita di questo indicatore nel tempo dai dati censuari della Regione Emilia-Romagna; i valori così ottenuti sono stati normalizzati al 2003 (Tabella 2.8). Moltiplicando i coefficienti così calcolati per il valore di BTC e di IFM nel 2003, si sono ottenuti i valore degli indici negli anni 1976 e 1994 (Tabella 2.).
- iii. Si è ipotizzato che i coefficienti di percolazione per ciascuna tipologia di uso del suolo siano costanti nel tempo.

Per l'indice di Sprawl non è stato necessario ricorrere al calcolo di un coefficiente di correzione, in quanto l'indice non ha valori associati alle tipologie di uso del suolo.

Indice	Coefficienti di correzione temporale		
	1976	1994	2003
LDI	0,5104	0,8129	1
BTC e IFM	1,0514	1,0324	1
Percolazione	1	1	1

**Tabella 2.8 – Coefficienti di correzione temporale utilizzati per il calcolo dei coefficienti degli indici associati alle MUSA di 2° livello**

MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO AGGREGATE (MUSA)				LDI			BTC			PERCOLAZIONE			IFM		
1° LIVELLO	2° LIVELLO	SIGLA		2003	1994	1976	2003	1994	1976	2003	1994	1976	2003	1994	1976
Territori artificializzati	Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Art	Urb	8,00	6,50	4,08	0,85	0,88	0,90	0,05	0,05	0,05	0,94	0,97	0,98
	Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture		Ind	9,00	7,32	4,59	0,71	0,73	0,74	0,03	0,03	0,03	0,89	0,92	0,94
	Zone interessate da attività estrattive, discariche		Cav	8,25	6,71	4,21	1,10	1,13	1,15	0,05	0,05	0,05	1,70	1,76	1,79
	Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri		Ver	6,00	4,88	3,06	3,27	3,38	3,44	0,59	0,59	0,59	4,18	4,32	4,39
Territori agricoli	Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Agr	Sem	4,50	3,66	2,30	3,96	4,09	4,16	0,59	0,59	0,59	5,69	5,87	5,98
	Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste		Fru	4,30	3,50	2,19	4,47	4,61	4,70	0,57	0,57	0,57	5,30	5,47	5,57
	Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel		Ort	4,60	3,74	2,35	3,68	3,80	3,87	0,55	0,55	0,55	5,83	6,02	6,13
	Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)		Leg	4,22	3,43	2,16	4,02	4,15	4,22	0,60	0,60	0,60	5,30	5,47	5,57
	Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati		Pra	2,90	2,36	1,48	6,28	6,48	6,60	1,00	1,00	1,00	5,30	5,47	5,57
Territori boscati e ambienti seminaturali	Formazioni boschive	Nat	Bos	0,00	0,00	0,00	33,74	34,83	35,47	0,93	0,93	0,93	8,65	8,93	9,09
	Aree con vegetazione arbustiva o erbacea		Arb	0,00	0,00	0,00	17,95	18,53	18,87	0,99	0,99	0,99	6,74	6,96	7,09
	Zone aperte con vegetazione rada o assente		Lit	0,00	0,00	0,00	0,42	0,43	0,44	1,00	1,00	1,00	6,74	6,96	7,09
Zone umide e corpi idrici	Zone umide, saline, corpi d'acqua	Acq	Bac	2,00	1,63	1,02	4,40	4,55	4,63	0,39	0,39	0,39	7,39	7,63	7,77
	Corsi d'acqua		Fiu	1,00	0,81	0,51	14,72	15,20	15,48	0,93	0,93	0,93	6,39	6,59	6,72

**Tabella 2.9 – Valori dei coefficienti degli indici associati alle Macrocategorie di Uso del Suolo Aggregate di 2° livello della Regione Emilia-Romagna**

## **2.4 – INDAGINI DI DETTAGLIO IN AREE DI FOCE FLUVIALE**

Per lo studio di dettaglio delle aree di foce fluviale prescelte, oltre all'analisi di uso del suolo ed al calcolo degli indici precedentemente descritti, sono state effettuate ulteriori indagini, che hanno comportato sia attività sul campo, sia analisi di laboratorio, sia lo sviluppo di una metodologia di analisi ed il calcolo di un indice specifici per gli ambienti di foce.

L'attività svolta sul campo ha riguardato:

- i. la raccolta di immagini fotografiche al fine di costruire una serie di riferimenti da utilizzare nella successiva fase di analisi ed elaborazione dei dati di uso del suolo, nella revisione e correzione delle schede dell'Indice di Funzionalità Fluviale modificato, nella compilazione delle check list di presenza/assenza degli elementi geomorfologici;
- ii. la raccolta di campioni di sedimenti delle sponde fluviali e delle spiagge adiacenti la foce dei corsi d'acqua per i quali è stata effettuata l'analisi di dettaglio;
- iii. la compilazione delle schede dell'Indice di Funzionalità Fluviale; per ciascun corso d'acqua per il quale è stata effettuata l'analisi di dettaglio sono state compilate 2 schede, secondo la nuova metodologia (APAT, 2007), ciascuna corrispondente ad un tratto omogeneo del corso d'acqua a partire dalla sua foce.

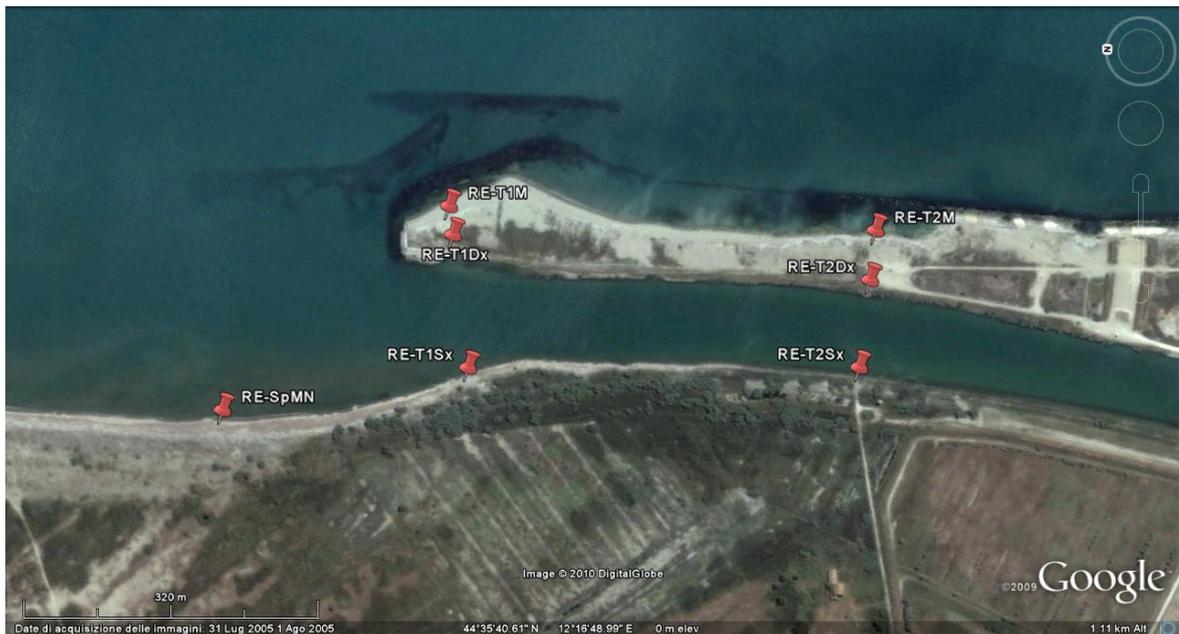
Ciò può apparire in contraddizione con la ben nota inapplicabilità dell'indice IFF agli ambienti di foce fluviale; tuttavia, sarebbe risultato impossibile adattare tale indice senza averlo prima testato e senza avere verificato le criticità che esso presenta nell'utilizzo in questi ambienti. Le informazioni raccolte nelle schede, insieme ad altri rilievi e valutazioni, sono state fondamentali per sviluppare la proposta di un indice modificato, basato sulla stessa metodologia IFF.

### ***2.4.1 – Analisi granulometriche e check list di geomorfologia***

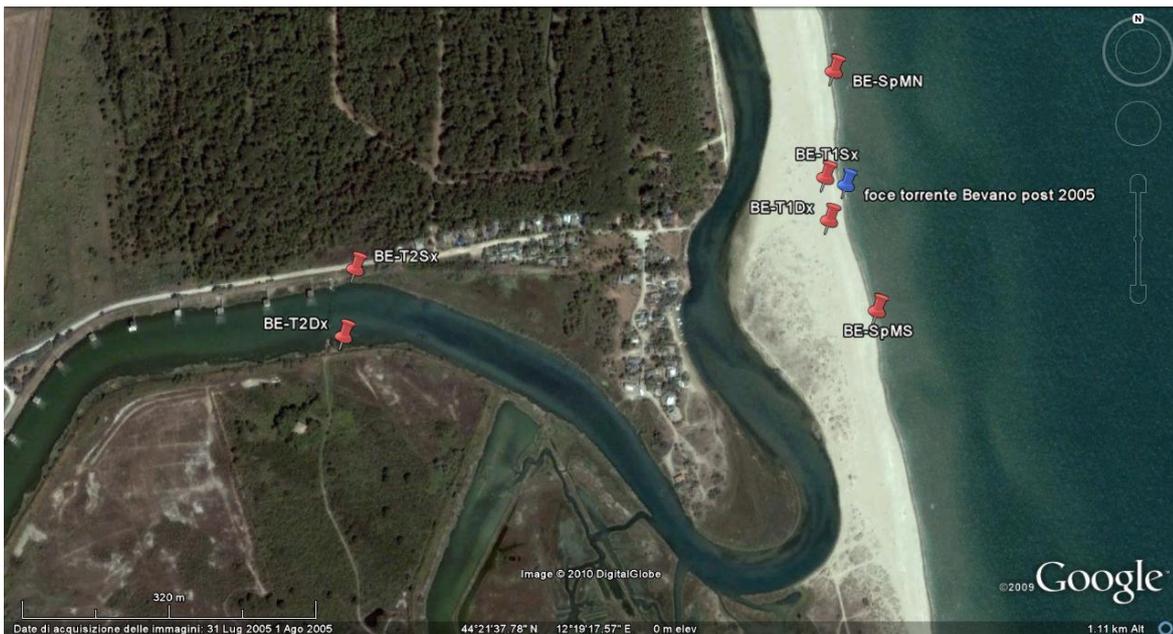
Al fine di effettuare un'indagine esplorativa sulle dinamiche relative ai processi di erosione, trasporto e sedimentazione fluviale, e le loro relazioni con il moto ondoso e di marea, e soprattutto come supporto all'implementazione di un indice di funzionalità delle

foci fluviali, sono state effettuate analisi granulometriche di campioni prelevati sulle sponde, sia alla foce del fiume sia lungo il suo corso, e sulle spiagge adiacenti la foce.

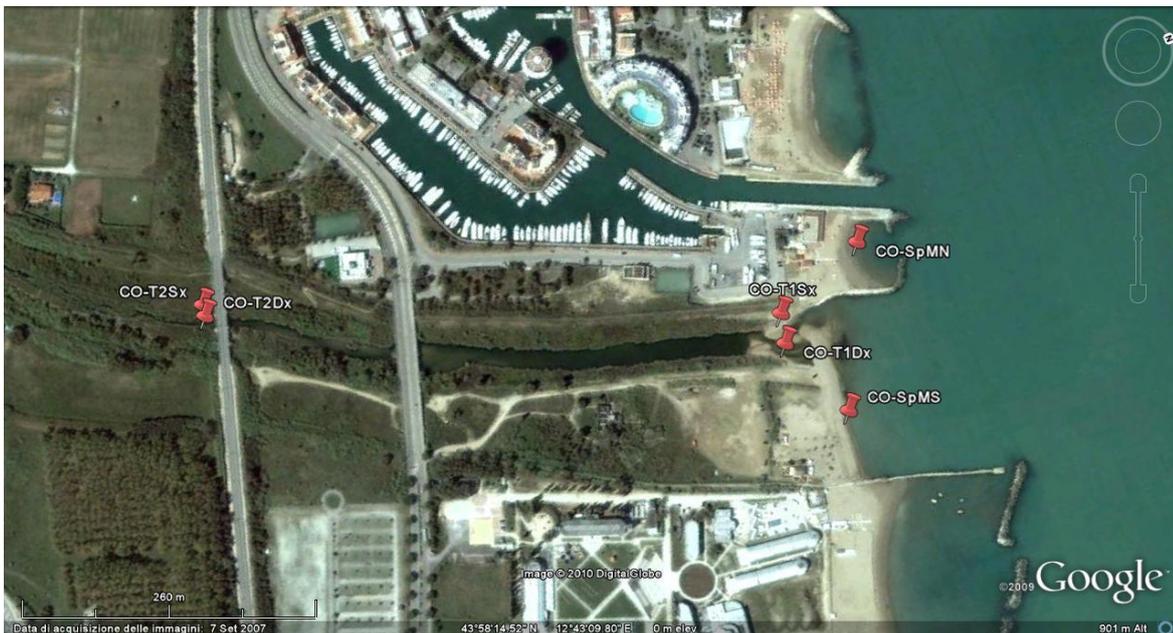
Sono stati scelti 7 punti di campionamento per foce Reno e 6 punti di campionamento sia per foce Bevano sia per foce Conca (Figure 2.7 – 2.9). Dato il carattere puramente esplorativo dell'indagine, e poiché lo scopo non era quello di effettuare una caratterizzazione accurata, è stato prelevato ed analizzato un solo campione per ogni punto.



**Figura 2.7 – Punti di campionamento dei sedimenti per le analisi granulometriche – foce Reno (Fonte: Google Earth)**



**Figura 2.8 – Punti di campionamento dei sedimenti per le analisi granulometriche – foce Bevano (Fonte: Google Earth)**



**Figura 2.9 – Punti di campionamento dei sedimenti per le analisi granulometriche – foce Conca (Fonte: Google Earth)**

Le analisi dei campioni sono state effettuate presso il laboratorio di sedimentologia del CIRSA - IGRG. Ciascun campione è stato innanzi tutto ben omogeneizzato, quindi ne è

stata prelevata una parte sulla quale è stata effettuata la separazione a umido tramite setaccio da 63 µm. La frazione di granulometria superiore, dopo essere stata essiccata in stufa a 40°C per 24 ore, è stata separata tramite setacciatura a secco e pesata. La frazione fine, dopo essere stata filtrata ed essiccata, è stata pesata. Per alcuni campioni, vista l'alta percentuale in peso delle componenti a granulometria inferiore ai 63 µm, si è resa necessaria l'analisi della frazione fine tramite sedigrafo.

Le schede di geomorfologia consistono in semplici check list di presenza/assenza degli elementi geomorfologici tipici degli ambienti di foce, quali: dune, barre di foce, meandri fluviali, zone umide, ventagli di washover. Sono stati inoltre rilevati quegli elementi antropici che frequentemente alterano tali ambienti: opere di difesa a mare, argini e sponde artificiali, fondo dell'alveo artificiale, elementi di alterazione della piana inondabile.

I dati raccolti nelle check list sono stati utilizzati come supporto all'implementazione dell'indice di funzionalità delle foci fluviali e alla compilazione delle relative schede.

#### **2.4.2 – *Indice di Funzionalità Fluviale (IFF)***

L'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) deriva dall'indice RCE-I (Riparian Channel Environmental Inventory) (Petersen, 1992); tale metodo aveva come scopo primario la raccolta delle informazioni relative alle principali caratteristiche ecologiche del corso d'acqua, al fine di redigere un inventario dello stato degli alvei e delle fasce riparie dei fiumi svedesi. A seguito dell'applicazione sui principali corsi d'acqua del Trentino e della successiva analisi critica dei dati raccolti, furono apportate alcune modifiche di rilievo al metodo originale, al fine di adattarlo alle caratteristiche morfologiche ed ecologiche dei corsi d'acqua italiani, soprattutto di tipo alpino e prealpino; questo portò alla proposta di un nuovo indice, RCE-2, con una nuova scheda per la valutazione (Siligardi e Maiolini, 1993). La proliferazione di applicazioni e di modifiche apportate alla scheda per adattarla a specifiche tipologie di corsi d'acqua, ad obiettivi di indagine particolari o alle esigenze metodologiche dei ricercatori, rese evidente l'esigenza di produrre un aggiornamento del metodo che lo rendesse più generalizzabile, ne definisse con maggior rigore le finalità e ne garantisse la confrontabilità dei risultati attraverso la stesura di linee guida e di precise istruzioni per gli utilizzatori. A tal fine, l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (A.N.P.A., ora ISPRA) riunì nel 1998 un Gruppo di Lavoro costituito da

esperti nel campo dell'ecologia fluviale; le modifiche apportate alle domande e alle risposte della scheda, al loro significato e al loro peso, furono talmente rilevanti da richiedere una nuova denominazione dell'indice. Il nome attribuito al nuovo indice, Indice di Funzionalità Fluviale (IFF), sottolinea la nuova chiave di lettura che sottende ogni domanda della scheda di rilevamento. Nel 2004 fu costituito un nuovo Gruppo di Lavoro nell'ambito dell'Accordo di Programma Quadro per la Tutela delle Acque e la Gestione Integrata delle Risorse Idriche stipulato tra il Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e la Provincia Autonoma di Trento, con la finalità di adeguare l'indice IFF alla filosofia ed alle indicazioni della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, ed in coerenza con i contenuti del documento "Wetlands Horizontal Guidance" elaborato nel contesto del processo di implementazione della Direttiva stessa; in particolare, si è ritenuto opportuno considerare esplicitamente le zone umide tra gli elementi da considerare ai fini della valutazione della funzionalità degli ambienti fluviali. Nell'occasione è stata effettuata una completa revisione del metodo, con lo scopo sia di risolvere alcune difficoltà di interpretazione sia di inserire alcuni aspetti non completamente presi in considerazione nella prima versione, con la conseguente pubblicazione di un nuovo manuale.

L'obiettivo principale dell'indice consiste nel rilievo dello stato complessivo dell'ambiente fluviale e nella valutazione della sua funzionalità, intesa come risultato della sinergia e dell'integrazione di una serie di fattori biotici ed abiotici presenti nell'ecosistema acquatico e in quello terrestre ad esso connesso. Attraverso l'analisi di parametri morfologici, strutturali e biotici dell'ecosistema vengono rilevate le funzioni ad essi associate, nonché l'eventuale allontanamento dalla condizione di massima funzionalità, individuata rispetto ad un modello ideale di riferimento. La metodica, caratterizzata da un approccio olistico, fornisce informazioni che possono differire anche sensibilmente da quelle fornite da metodi di valutazione che considerano uno specifico comparto ambientale (ad es. analisi biologiche, chimiche, microbiologiche, ecc.), anche per il differente livello gerarchico di applicazione. L'IFF, infatti, prende in esame l'intero sistema fluviale: in tal modo si riducono la precisione e il dettaglio dell'analisi, mentre aumenta l'informazione di sintesi. La valutazione della funzionalità fluviale tramite un indice globale trova vasta applicazione nelle indagini conoscitive sugli ecosistemi acquatici. Gli obiettivi possono riguardare il rilevamento dello stato di "salute" di un corso d'acqua, o l'individuazione di ambienti ad alta valenza ecologica per approntare strumenti di salvaguardia o, viceversa, l'individuazione di tratti degradati per predisporre interventi di ripristino e riqualificazione

degli ambienti fluviali. Altri campi di applicazione sono sia la valutazione dell'impatto di determinate opere che la valutazione dell'efficacia degli interventi di risanamento. Un utilizzo più innovativo dell'IFF è sicuramente come strumento di pianificazione territoriale ed urbanistica: infatti esso può fornire anche indicazioni progettuali sulla destinazione urbanistica delle zone di pertinenza fluviale, tutelando le zone riparie e golenali quali elementi dell'ecosistema fiume.

L'Indice di Funzionalità Fluviale è strutturato per essere applicato a qualunque ambiente d'acqua corrente, di diverso ordine e grandezza, sia di montagna sia di pianura, sia in ambienti alpini sia appenninici, insulari e mediterranei in genere. Come ogni altro metodo, presenta dei limiti d'applicabilità; in particolare, esistono ambienti nei quali il metodo presenta difficoltà applicative dovute alle caratteristiche intrinseche dell'ambiente in esame. Un caso di non applicabilità è quello degli ambienti di transizione e di foce, dove la salinità delle acque e la dipendenza della corrente dall'azione delle maree contribuiscono alla definizione di un ambiente sostanzialmente diverso da quello delle acque dolci correnti e perciò non valutabile con questo indice. Analogamente il metodo non può essere applicato alle acque ferme (laghi, lagune, stagni, acque relittuali, ecc.).

La scheda IFF (Figure 2.10 – 2.12) si compone di alcuni metadati, finalizzati all'individuazione e caratterizzazione del corso d'acqua e del tratto in esame, e di 14 domande che riguardano le principali caratteristiche dell'ambiente fluviale. Per ogni domanda è possibile scegliere una sola tra le quattro risposte predefinite; alle risposte sono assegnati valori numerici raggruppati in 4 classi (minimo 1 e massimo 40) che esprimono le differenze funzionali tra le singole risposte.

## SCHEDA INDICE di FUNZIONALITÀ FLUVIALE

Bacino:..... Corso d'acqua.....

Località.....

Codice.....

tratto (m)..... larghezza alveo di morbida (m)..... quota (m) s.l.m. ....

data ..... scheda N°..... foto N°.....

	<i>sponda</i>	dx		sx
--	---------------	----	--	----

### 1) Stato del territorio circostante

a) assenza di antropizzazione	25	25
b) presenza di aree naturali e usi antropici del territorio	20	20
c) colture stagionali e/o permanenti; urbanizzazione rada	5	5
d) aree urbanizzate	1	1

### 2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria

a) presenza di formazioni riparie complementari funzionali	40	40
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	25	25
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	10	10
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1	1

### Zbis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria

a) presenza di formazioni riparie complementari funzionali	20	20
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	10	10
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	5	5
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1	1

### 3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

a) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15	15
b) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10	10
c) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5	5
d) assenza di formazioni funzionali	1	1

### 4) Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

a) sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15	15
b) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10	10
c) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5	5
d) suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1	1

Figura 2.10 – Scheda dell'indice IFF – parte I: domande 1 – 4 (Fonte: APAT, 2007)

	<i>sponda</i>	<i>dx</i>	<i>sx</i>
<b>5) Condizioni idriche</b>			
a) regime perenne con portate indisturbate e larghezza dell'alveo bagnato > 1/3 dell'alveo di morbida		20	
b) fluttuazioni di portata indotte di lungo periodo con ampiezza dell'alveo bagnato < 1/3 dell'alveo di morbida o variazione del solo tirante idraulico		10	
c) disturbi di portata frequenti o secche naturali stagionali non prolungate o portate costanti indotte		5	
d) disturbi di portata intensi, molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica		1	
<b>6) Efficienza di esondazione</b>			
a) tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
b) alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c) alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d) tratti di valli a V con forte acclività dei versanti e tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida		1	
<b>7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>			
a) alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
b) massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c) strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d) alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
<b>8) Erosione</b>			
a) poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b) presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c) frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d) molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
<b>9) Sezione trasversale</b>			
a) alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b) presenza di lievi interventi artificiali ma con discreta diversità morfologica		15	
c) presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d) artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1	

Figura 2.11 – Scheda dell'indice IFF – parte II: domande 5 – 9 (Fonte: APAT, 2007)

	<i>sponda</i>	<i>dx</i>		<i>sx</i>
--	---------------	-----------	--	-----------

**10) Idoneità ittica**

a) elevata		25	
b) buona o discreta		20	
c) poco sufficiente		5	
d) assente o scarsa		1	

**11) Idromorfologia**

a) elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b) elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c) elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d) elementi idromorfologici non distinguibili		1	

**12) Componente vegetale in alveo bagnato**

a) perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b) film perifitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
c) perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d) perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	

**13) Detrito**

a) frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
b) frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
c) frammenti polposi		5	
d) detrito anaerobico		1	

**14) Comunità macrobentonica**

a) ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
b) sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c) poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d) assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti l'inquinamento		1	

	<b>Punteggio totale</b>		
	<i>Livello di funzionalità</i>		

Figura 2.12 – Scheda dell'indice IFF – parte III: domande 10 – 14 (Fonte: APAT, 2007)

Il punteggio di IFF, calcolato separatamente per le due sponde del corso d'acqua, è ottenuto sommando i punteggi parziali relativi ad ogni domanda e può assumere un valore minimo di 14 e uno massimo di 300. Il punteggio finale viene tradotto in 5 livelli di funzionalità espressi con numeri romani, ai quali corrispondono i relativi giudizi di funzionalità; sono inoltre previsti livelli intermedi. Ad ogni livello di funzionalità viene associato un colore per la rappresentazione cartografica; i livelli intermedi vengono rappresentati con un tratteggio a barre oblique a due colori alternati. (Tabella 2.10). La rappresentazione cartografica viene effettuata con due linee, corrispondenti ai colori dei Livelli di Funzionalità, distinguendo le due sponde del corso d'acqua.

VALORE DI I.F.F.	LIVELLO DI FUNZIONALITÀ	GIUDIZIO DI FUNZIONALITÀ	COLORE
261 - 300	I	ottimo	Blu
251 - 260	I-II	ottimo-buono	
201-250	II	buono	verde
181 - 200	II-III	buono-mediocre	
121 - 180	III	mediocre	giallo
101 - 120	III-IV	mediocre-scadente	
61 - 100	IV	scadente	arancio
51 - 60	IV-V	scadente-pessimo	
14 - 50	V	pessimo	rosso

**Tabella 2.10 – Livelli di funzionalità dell'indice IFF e relativi giudizi e colori di riferimento (Fonte: APAT, 2007)**

Lo sviluppo dell'indice di funzionalità fluviale modificato per gli ambienti di foce viene discusso nel capitolo 3 – Risultati, trattandosi di un risultato metodologico del lavoro di tesi. Il nome scelto per l'indice proposto è River Mouth Functionality Index (RMFI).

## 2.5 – METODI VALUTATIVI

### 2.5.1 – *Matrice dei conflitti ambientali*

Vallega (1999) ha sviluppato una descrizione analitica del conflitto tra usi in area costiera; esso consiste in una matrice quadrata in cui gli usi sono indicati in righe e colonne nello stesso ordine. Dalla matrice dei conflitti d'uso è possibile costruire un indice di sostenibilità. Grosskurth e Rotmans (2007) hanno presentato un nuovo indice che prende in considerazione la dimensione spaziale, temporale e il dominio. Il modello si presenta come un sistema di due matrici: una matrice causa-effetto e una matrice di inconsistenza tra direzioni desiderate. La prima matrice si legge da sinistra a destra. Ogni cella nella matrice rappresenta un flusso potenziale dallo stock nella riga allo stock nella colonna di quella cella. Ogni flusso è rappresentato da + 1 o - 1. Analogamente alla notazione dei sistemi dinamici, i flussi positivi rinforzano il segnale originario, mentre quelli negativi attenuano il segnale originario. La seconda matrice è una definizione della sostenibilità fatta attraverso la pertinente scelta di utilità (o di cosa è desiderabile). Grosskurth e Rotmans (2007) aggiungono l'informazione sulla direzione desiderata dello stock in forma di “+” (più desiderabile oppure nella direzione dell'obiettivo) e di “-“ (meno desiderabile o contraria alla direzione dell'obiettivo). Al fine di valutare la sostenibilità di lungo termine e la funzionalità del sistema, gli autori testano la coerenza della direzione desiderata e i flussi connessi agli stock. "Il controllo della consistenza per un flusso si considera superato se il valore del flusso (“+1” o “-1”) è uguale alla direzione desiderata dello stock ricevente per quel determinato flusso" (Grosskurth e Rotmans, 2007). La terza matrice quantifica l'importanza dei flussi in una scala basata su 3 valori (1 è basso, 3 è alto).

La valutazione quantitativa dei conflitti ed i conflitti tra usi in ambito costiero sono stati derivati da Vallega (1999) e implementati da Marotta (2004 e 2005). Il modello è stato applicato ad alcune aree costiere da Marotta et al. (2008) (Tabella e Figura )

CAUSA	EFFETTO												
	Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione	Inquinamento	Protezione della Costa	Danno Potenziale	Costi	Porti	Turismo	Pesca e Acquacoltura	Navigazione	Conservazione della natura	Conservazione del patrimonio culturale	Espansione urbana	Attività Industriale
Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione			1	1			-1				-1	-1	
Inquinamento				1			-1			-1			
Protezione della Costa	-1			1	1							1	1
Danno Potenziale					1								
Costi													
Porti		-1	1				1		1			1	
Turismo		-1					1	1		1			
Pesca e Acquacoltura										-1			
Navigazione										-1			
Conservazione della natura							1	1					
Conservazione del patrimonio culturale							1						
Espansione urbana		1								-1	-1		
Attività Industriale		1			1		1			-1	-1		

Tabella 2.11 – Matrice delle interazioni di causa-effetto. Area di studio: Ancona. (Fonte: Marotta et al., 2008)

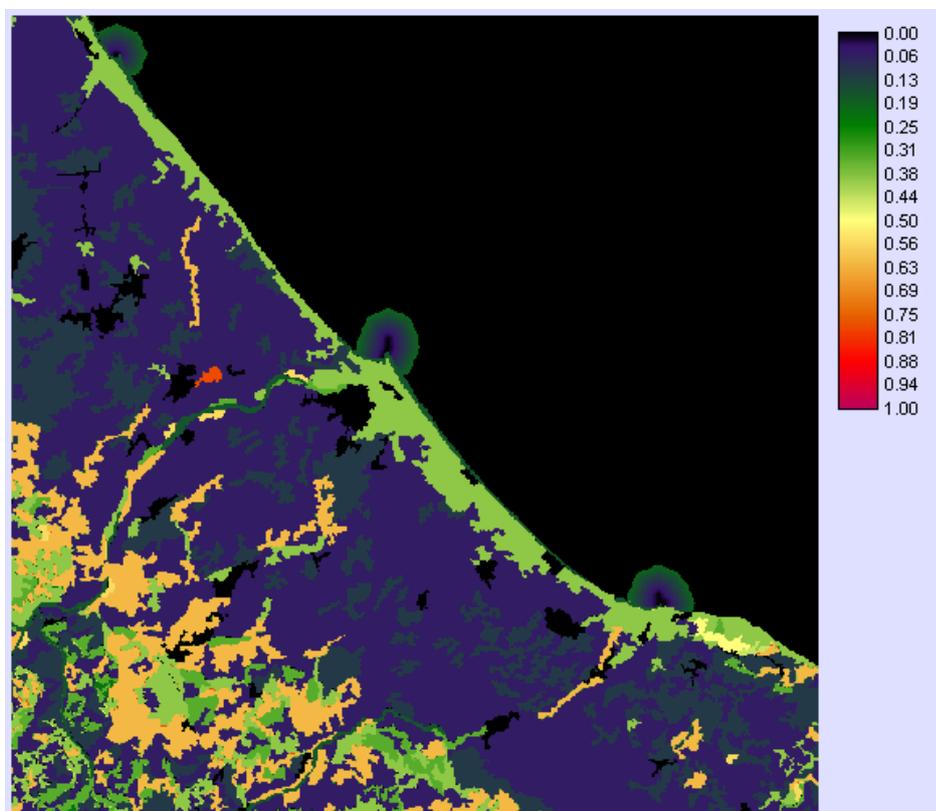


Figura 2.13 – Carta dei conflitti – Area di studio: Provincia di Rimini (Fonte: Marotta et al., 2008)



# 3 – RISULTATI

## 3.1 – DATI DI POPOLAZIONE E EDIFICATO

Al fine di caratterizzare le aree indagate alla scala superiore (costa, costa nord e costa sud), sono stati ricavati dagli archivi della Regione Emilia-Romagna e di ISTAT dati relativi alla popolazione ed all'edificato nelle suddette aree. Il livello di dettaglio dei dati è quello comunale; per poterli riferire alle aree di studio, è stata effettuata una selezione dei comuni intersecati dalle aree di studio in base alla percentuale ed importanza del territorio comunale ricadente nelle aree stesse. I comuni interessati dalle aree di indagine e quelli ritenuti rappresentativi per l'estrazione dei dati sono elencati in Tabella 3.1.

Area di studio		Province interessate	Comuni interessati
COSTA	COSTA NORD	RA	Alfonsine, <b>Cervia</b> , <b>Ravenna</b>
	COSTA SUD	FC	<b>Cesenatico</b> , <b>Gatteo</b> , <b>San Mauro Pascoli</b> , <b>Savignano sul Rubicone</b>
		RN	<b>Bellaria - Igea Marina</b> , <b>Cattolica</b> , Coriano, Gemmano, <b>Misano Adriatico</b> , Monte Colombo, Montefiore Conca, <b>Morciano di Romagna</b> , Poggio Berni, <b>Riccione</b> , <b>Rimini</b> , <b>San Giovanni in Marignano</b> , San Clemente, Saludecio, <b>Santarcangelo di Romagna</b> , Torriana, Verucchio

Tabella 3.1 – Comuni il cui territorio è interessato dalle aree di studio e relativa provincia di appartenenza; in grassetto i comuni scelti per il calcolo delle statistiche riguardanti popolazione e edificato

Area di studio	Superficie Km <sup>2</sup>	Residenti 1976		Residenti 1994		Residenti 2003	
		n°	Densità (ab/Km <sup>2</sup> )	n°	Densità (ab/Km <sup>2</sup> )	n°	Densità (ab/Km <sup>2</sup> )
COSTA	1105,93	415.057	375	441.874	400	468.170	423
COSTA NORD	735,77	158.837	216	162.281	221	169.754	231
COSTA SUD	370,15	256.220	692	279.593	755	298.416	806
Area di studio	Superficie Km <sup>2</sup>	Variazioni 1976 - 1994		Variazioni 1994 - 2003		Variazioni 1976 - 2003	
		% totale	% annua	% totale	% annua	% totale	% annua
COSTA	1105,93	6,46%	0,36%	5,95%	0,66%	12,80%	0,47%
COSTA NORD	735,77	2,17%	0,12%	4,60%	0,51%	6,87%	0,25%
COSTA SUD	370,15	9,12%	0,51%	6,73%	0,75%	16,47%	0,61%

Tabella 3.2 – Popolazione residente nei comuni scelti come rappresentativi delle aree di indagine negli anni 1976 – 1994 – 2003 e relative variazioni (Elaborazione su dati ISTAT e Regione Emilia-Romagna)

Dai dati sulla popolazione residente elencati in Tabella 3.2, ricavati dalla banca dati statistica della Regione Emilia-Romagna, si evince che:

- i. la densità di popolazione è molto superiore (circa 3,5 volte) nell'area della costa sud rispetto alla costa nord;
- ii. la popolazione residente aumenta costantemente nelle due aree di costa, nord e sud, nei due intervalli temporali;
- iii. la crescita è maggiore nella costa sud in entrambi gli intervalli temporali;
- iv. l'aumento è stato maggiore nel secondo intervallo temporale in entrambe le aree; c'è quindi un'accelerazione della crescita su tutta la costa;
- v. l'accelerazione risulta essere maggiore nella costa nord, dove il tasso annuo di crescita è quadruplicato.

Area di studio	Superficie Km <sup>2</sup>	Censimento 1991				
		Abitanti			Edifici	
		n°	Densità (ab/Km <sup>2</sup> )	Residenti in abitazione (n°)	n°	Densità (edif/Km <sup>2</sup> )
COSTA	1105,93	435.709	394	431.312	-	-
COSTA NORD	735,77	161.138	219	159.661	-	-
COSTA SUD	370,15	274.571	742	271.651	-	-
Area di studio	Superficie Km <sup>2</sup>	Censimento 2001				
		Abitanti			Edifici	
		n°	Densità (ab/Km <sup>2</sup> )	Residenti in abitazione (n°)	n°	Densità (edif/Km <sup>2</sup> )
COSTA	1105,93	449.881	407	445.866	101.969	92
COSTA NORD	735,77	160.523	218	159.139	39.939	54
COSTA SUD	370,15	289.358	782	286.727	62.030	168
Area di studio	Superficie Km <sup>2</sup>	Variazioni 1991 - 2001				
		Abitanti			Edifici	
		n°	Densità (ab/Km <sup>2</sup> )	Residenti in abitazione (n°)	n°	Densità (edif/Km <sup>2</sup> )
COSTA	1105,93	14.172	13	14.554	3,25%	0,33%
COSTA NORD	735,77	-615	-1	-522	-0,38%	-0,04%
COSTA SUD	370,15	14.787	40	15.076	5,39%	0,54%

**Tabella 3.3 – Dati di popolazione e edifici dei comuni scelti come rappresentativi delle aree di indagine e relative variazioni - censimenti 1991 e 2001 (Elaborazione su dati ISTAT)**

I dati presentati in Tabella 3.3, ricavati dai dati censuari, sono in apparente contrasto per quanto riguarda la crescita della popolazione nella costa nord: dai dati ISTAT risulta in effetti un calo degli abitanti per quest'area nel periodo 1991 – 2001; tale differenza potrebbe essere dovuta al diverso intervallo temporale di riferimento, o alla differente metodologia di raccolta dei dati. Anche per la costa sud risultano tassi di crescita annui inferiori rispetto ai dati della Regione Emilia-Romagna citati precedentemente. Da rilevare infine la densità di edificato all'anno 2001, notevolmente superiore per la costa sud, circa 3 volte maggiore rispetto alla costa nord, in accordo con la maggiore densità di abitanti.

Area di studio	Superficie Km <sup>2</sup>	Censimento 1991					
		Abitazioni totali		Abitazioni occupate		Abitazioni non occupate	
		n°	Densità (abitaz/Km <sup>2</sup> )	n°	% delle abitazioni totali	n°	% delle abitazioni totali
COSTA	1105,93	216.010	195	157.088	72,72%	58.922	27,28%
COSTA NORD	735,77	88.874	121	60.839	68,46%	28.035	31,54%
COSTA SUD	370,15	127.136	343	96.249	75,71%	30.887	24,29%
Area di studio	Superficie Km <sup>2</sup>	Censimento 2001					
		Abitazioni totali		Abitazioni occupate		Abitazioni non occupate	
		n°	Densità (abitaz/Km <sup>2</sup> )	n°	% delle abitazioni totali	n°	% delle abitazioni totali
COSTA	1105,93	245.716	222	183.423	74,65%	62.293	25,35%
COSTA NORD	735,77	99.487	135	68.471	68,82%	31.016	31,18%
COSTA SUD	370,15	146.229	395	114.952	78,61%	31.277	21,39%
Area di studio	Superficie Km <sup>2</sup>	Variazioni 1991 - 2001					
		Abitazioni totali		Abitazioni occupate		Abitazioni non occupate	
		Densità (abitaz/Km <sup>2</sup> )	Variazione % relativa	Densità (abitaz/Km <sup>2</sup> )	Variazione % relativa	Densità (abitaz/Km <sup>2</sup> )	Variazione % relativa
COSTA	1105,93	27	13,75%	24	16,76%	3	5,72%
COSTA NORD	735,77	14	11,94%	10	12,54%	4	10,63%
COSTA SUD	370,15	52	15,02%	51	19,43%	1	1,26%

**Tabella 3.4 – Dati relativi alle abitazioni nei comuni scelti come rappresentativi delle aree di indagine e relative variazioni - censimenti 1991 e 2001 (Elaborazione su dati ISTAT)**

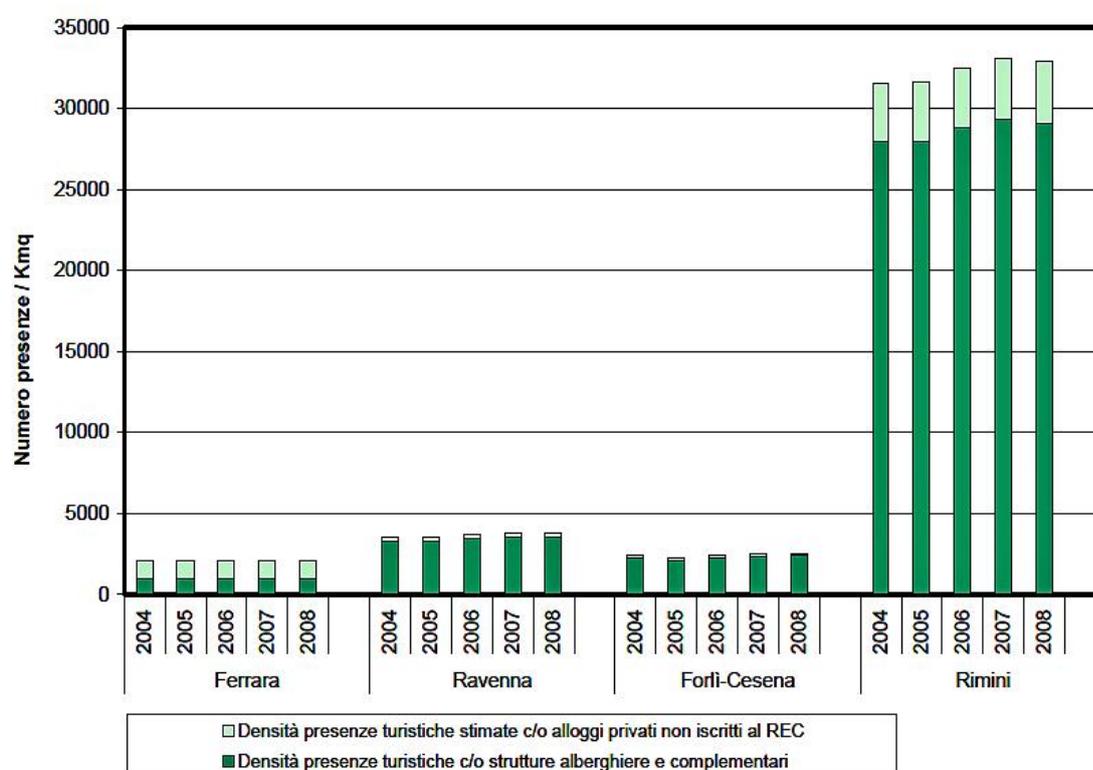
Dai dati inerenti le abitazioni, presentati in Tabella 3.4, si nota:

- i. la maggiore densità di abitazioni nella costa sud rispetto alla costa nord;
- ii. la maggior percentuale di abitazioni non occupate nella costa nord rispetto alla costa sud;
- iii. l'incremento del numero totale di abitazioni in entrambe le aree nell'intervallo considerato; tale crescita è maggiore nella costa sud;
- iv. l'aumento del numero totale di abitazioni non occupate in entrambe le aree, anche se diminuiscono in percentuale rispetto al totale delle abitazioni;
- v. mentre nella costa sud l'incremento di abitazioni è dovuto quasi esclusivamente a quelle occupate, nella costa nord vi è un incremento analogo delle abitazioni occupate e di quelle non occupate.

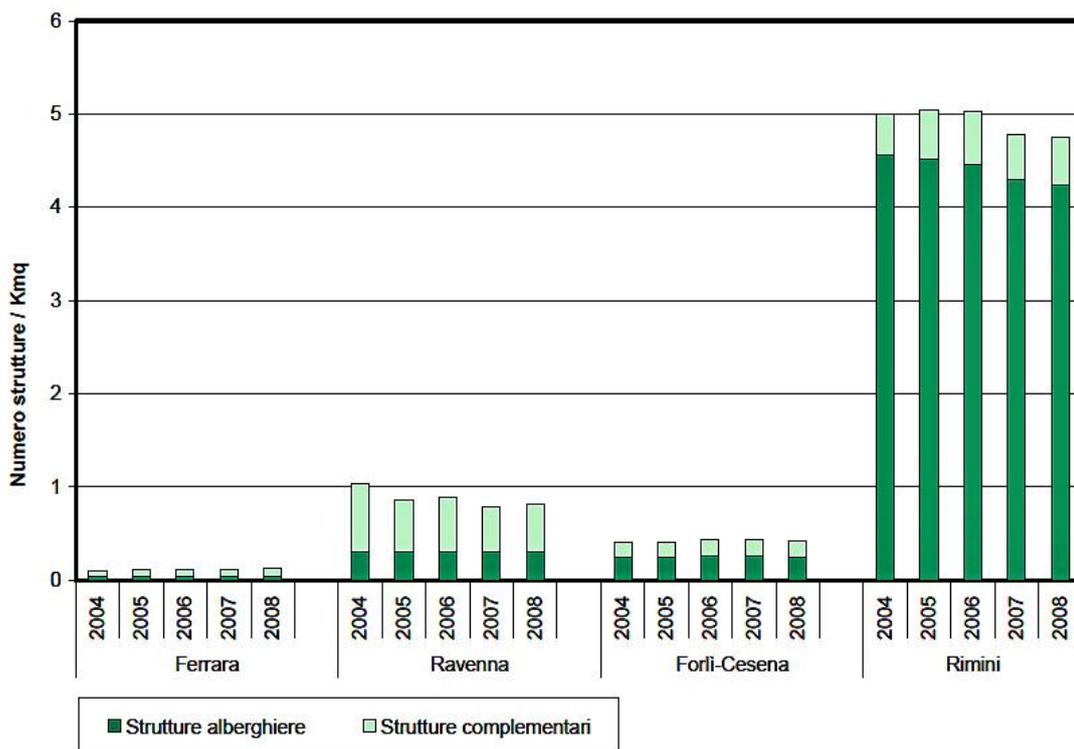
La Tabella 3.5, che mette in relazione abitanti ed abitazioni, mostra chiaramente che l'aumento delle abitazioni supera l'aumento della popolazione, in quanto il rapporto abitanti/abitazioni diminuisce; le abitazioni non occupate pro capite diminuiscono nella costa sud mentre aumentano nella costa nord.

Area di studio	Abitanti per abitazioni totali (ab/abitaz)		Abitazioni non occupate per abitante (abitaz/ab)	
	1991	2001	1991	2001
COSTA	2,0171	1,8309	0,1352	0,1385
COSTA NORD	1,8131	1,6135	0,1740	0,1932
COSTA SUD	2,1597	1,9788	0,1125	0,1081

**Tabella 3.5 – Rapporto abitanti-abitazioni nei comuni scelti come rappresentativi delle aree di indagine - censimenti 1991 e 2001 (Elaborazione su dati ISTAT)**



**Figura 3.1 – Densità delle presenze turistiche nelle province della costa dell'Emilia-Romagna – anni 2004 – 2008 (Fonte: elaborazione ARPA E-R su dati di Assessorati al Turismo regionale e provinciali)**



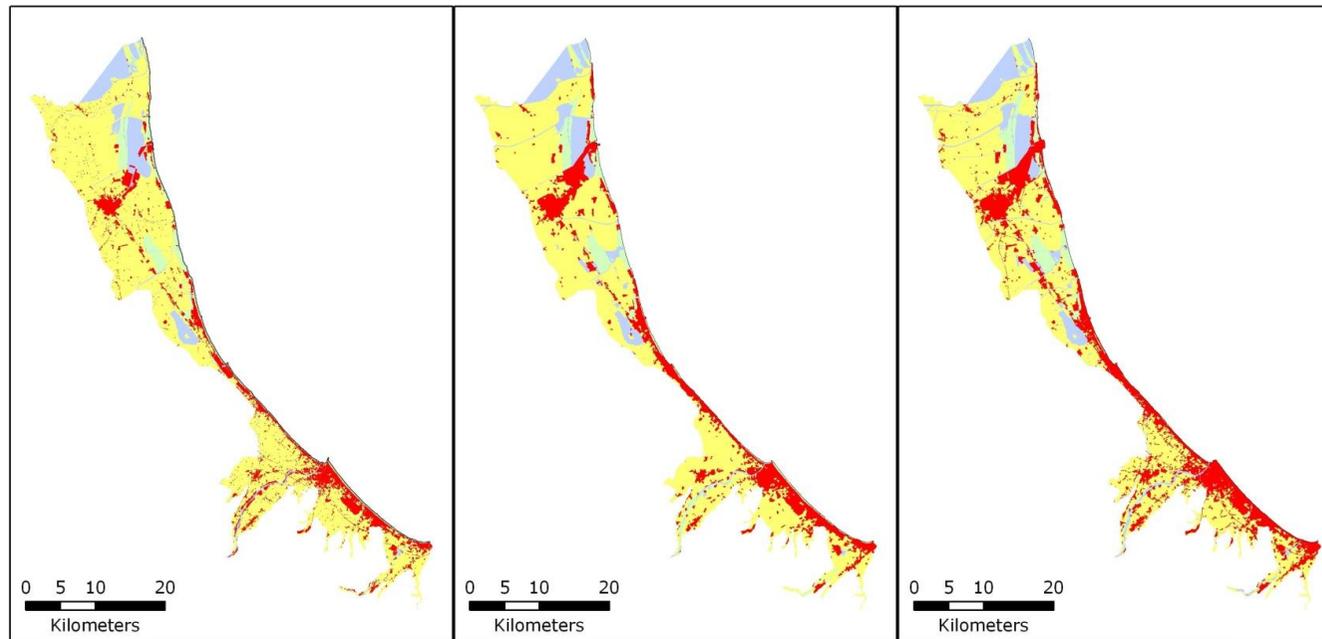
**Figura 3.2 – Densità delle strutture turistiche nelle province della costa dell’Emilia-Romagna – anni 2004 – 2008 (Fonte: elaborazione ARPA E-R su dati di Assessorati al Turismo regionale e provinciali)**

In Figura 3.1 e in Figura 3.2 sono riportate alcune statistiche sul turismo, suddivise per province. Risulta evidente la maggiore densità di presenze e di strutture turistiche della provincia di Rimini, in gran parte concentrate sulla costa sud, corrispondente a grandi linee con l’area di studio della costa sud. Si può notare, per quest’area, un lieve calo delle strutture, e principalmente di quelle alberghiere, a fronte di un lieve aumento delle presenze. La provincia di Ravenna presenta invece un lieve calo di strutture complementari a fronte di presenze sostanzialmente costanti. La provincia di Ravenna, va ricordato, ha una superficie molto più vasta della provincia di Rimini, e ciò indubbiamente influenza il dato di densità; inoltre, in essa le strutture non sono concentrate solo sulla costa.

## **3.2 – USO DEL SUOLO**

I dati di uso del suolo sono stati confrontati sia in modo sincronico, per un confronto tra le diverse aree nello stesso momento temporale, sia in modo diacronico, per valutare l'evoluzione nel tempo dell'uso del suolo nelle diverse aree.

Nelle Figure 3.3 – 3.8 sono rappresentate le carte di uso del suolo per le macrocategorie di 1° livello, utilizzate per il confronto multitemporale; nelle Figure 3.9 – 3.10 sono rappresentate le carte di uso del suolo per le macrocategorie di 2° livello all'anno 2003, utilizzate per il confronto tra le diverse aree. Le Tabelle con i dati dettagliati di uso del suolo per ciascuna area di studio sono riportate nell'Allegato A.



1976

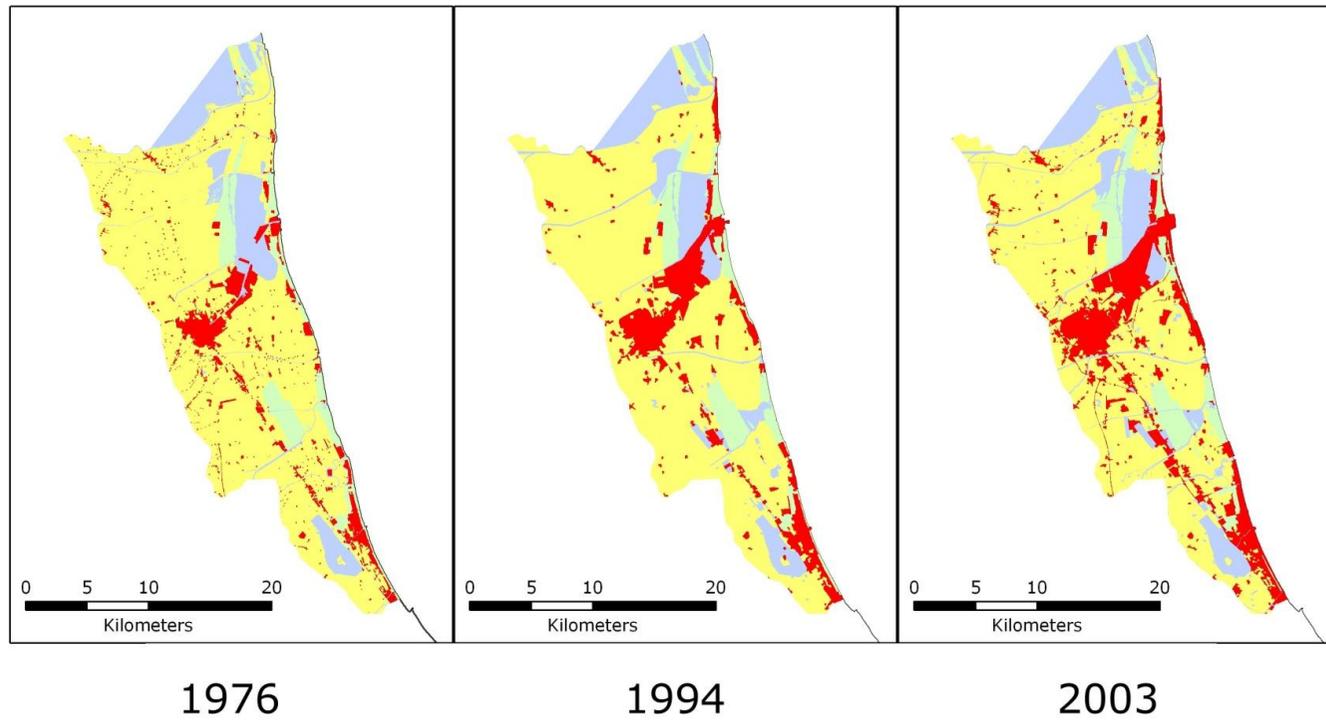
1994

2003

### USO DEL SUOLO - COSTA



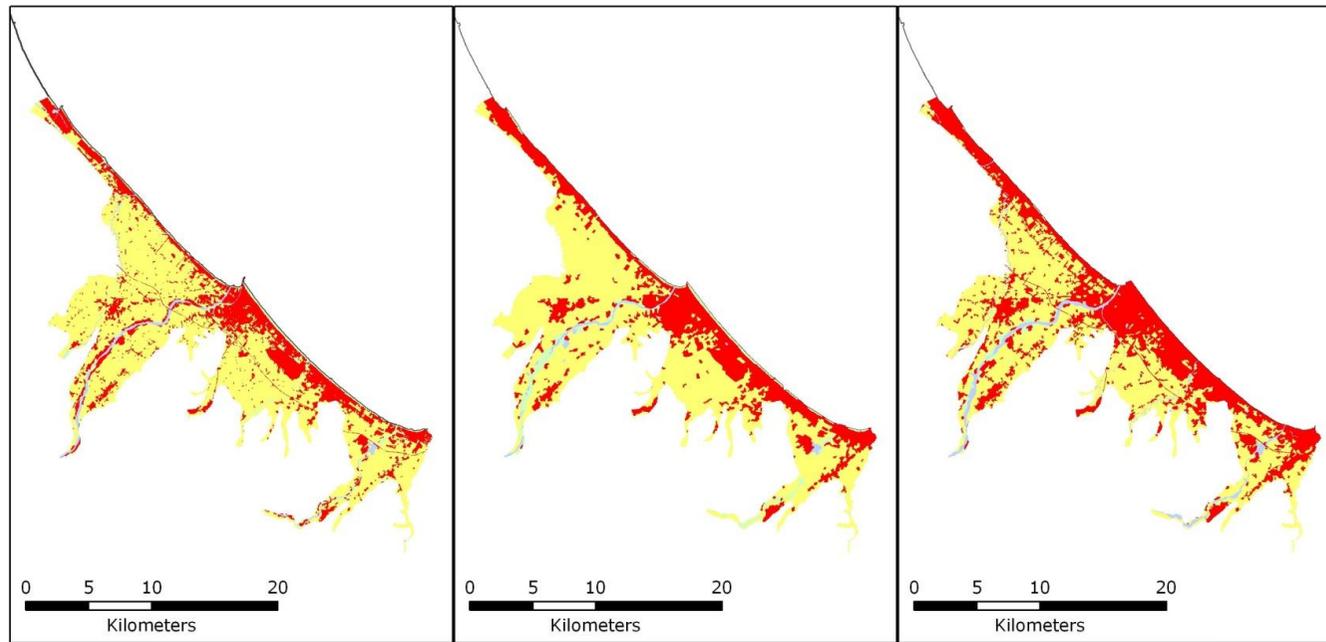
Figura 3.3 – Carte di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di riferimento: costa (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)



**USO DEL SUOLO - COSTA NORD**



Figura 3.4 – Carte di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di riferimento: costa nord (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)



1976

1994

2003

**USO DEL SUOLO - COSTA SUD**

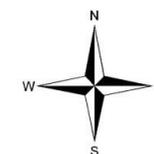
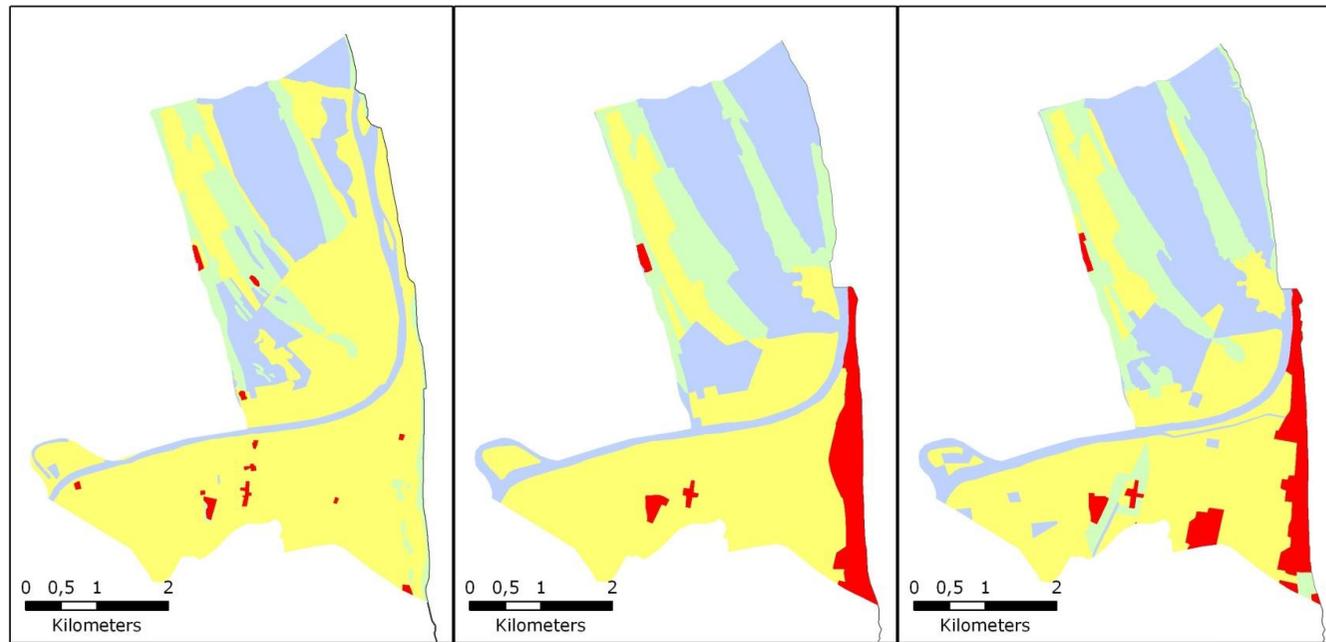


Figura 3.5 – Carte di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di riferimento: costa sud (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)



1976

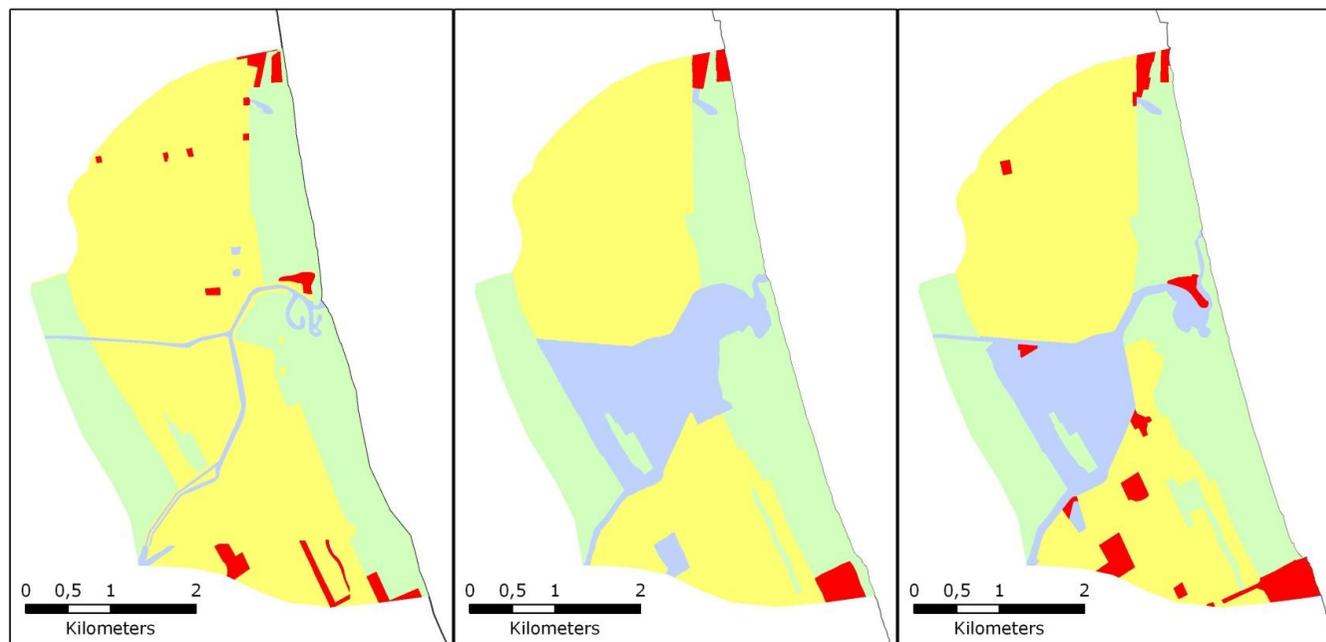
1994

2003

**USO DEL SUOLO - FOCE RENO**



Figura 3.6 – Carte di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di riferimento: foce Reno (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)



1976

1994

2003

**USO DEL SUOLO - FOCE BEVANO**

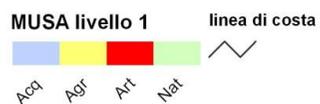
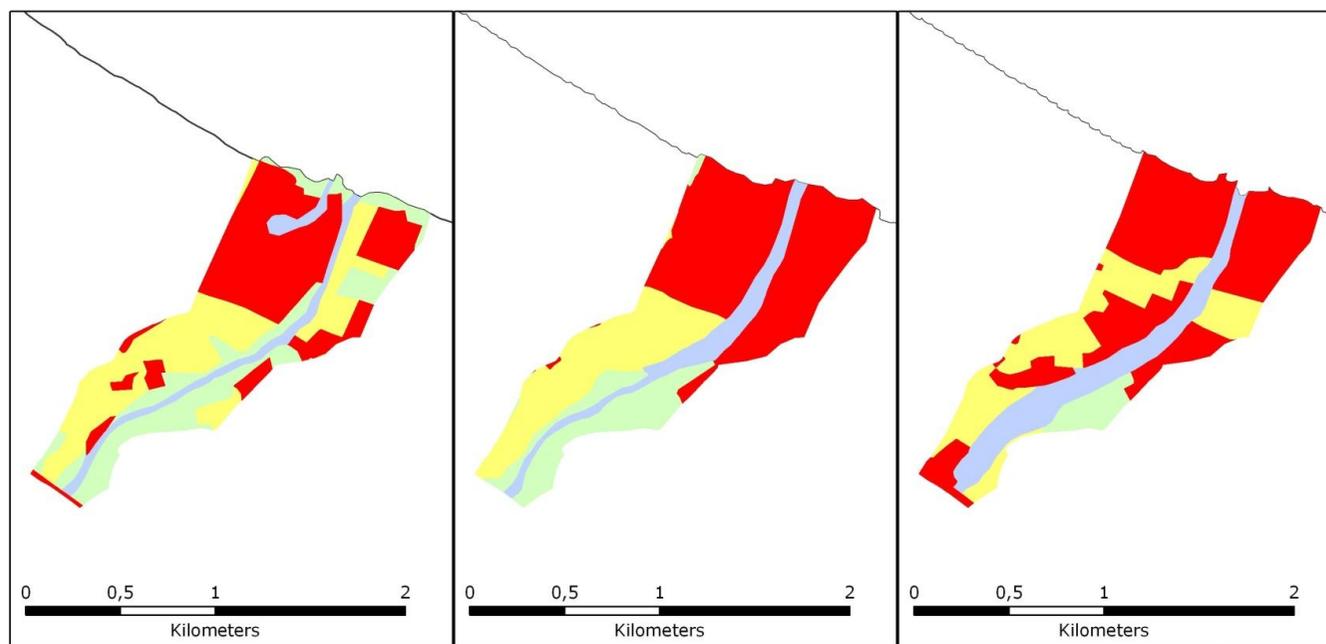


Figura 3.7 – Carte di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di riferimento: foce Bevano (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)



1976

1994

2003

**USO DEL SUOLO - FOCE CONCA**

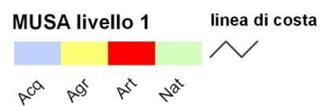
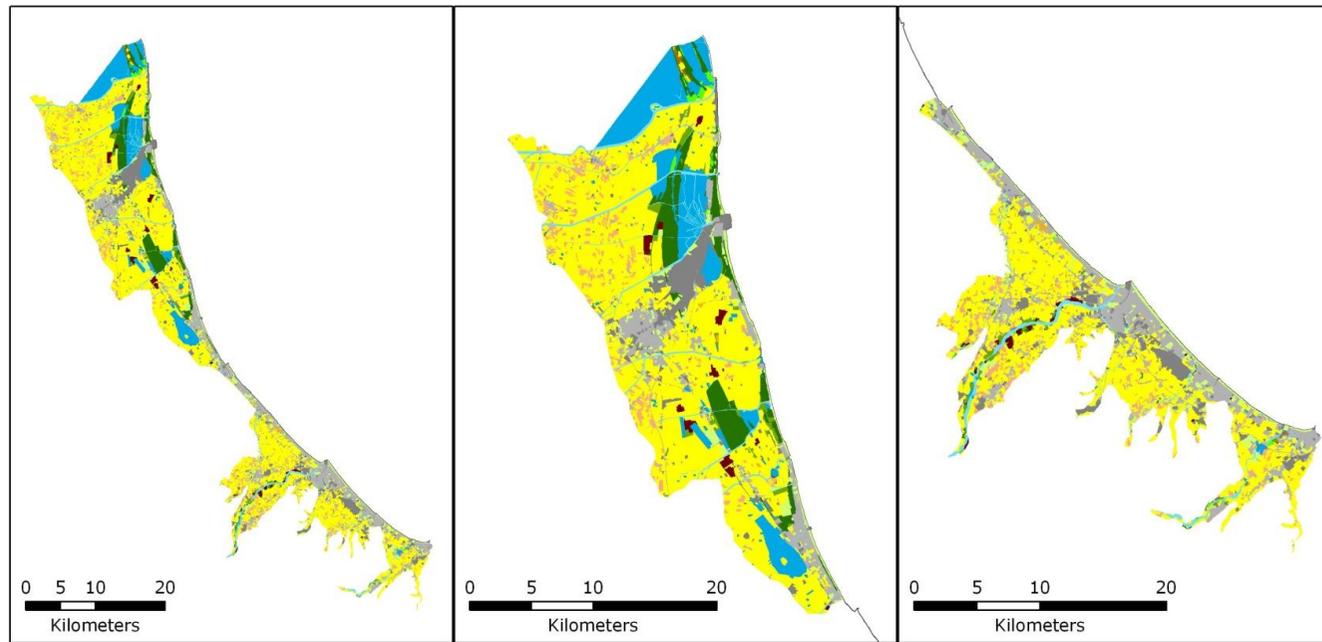


Figura 3.8 – Carte di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di riferimento: foce Conca (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)



COSTA

COSTA NORD

COSTA SUD

**USO DEL SUOLO 2003**

MUSA livello 2

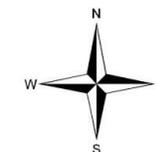
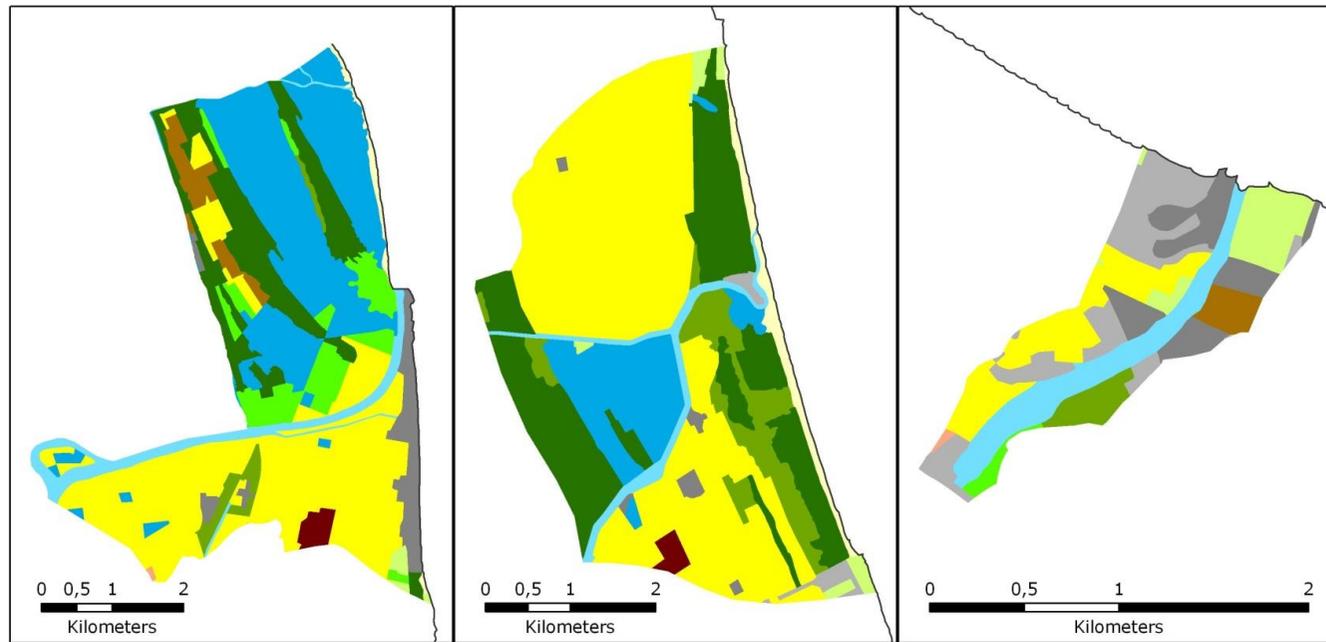


Figura 3.9 – Carte di uso del suolo MUSA 2° livello, anno 2003; aree di riferimento: zone costiere (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)



FOCE RENO

FOCE BEVANO

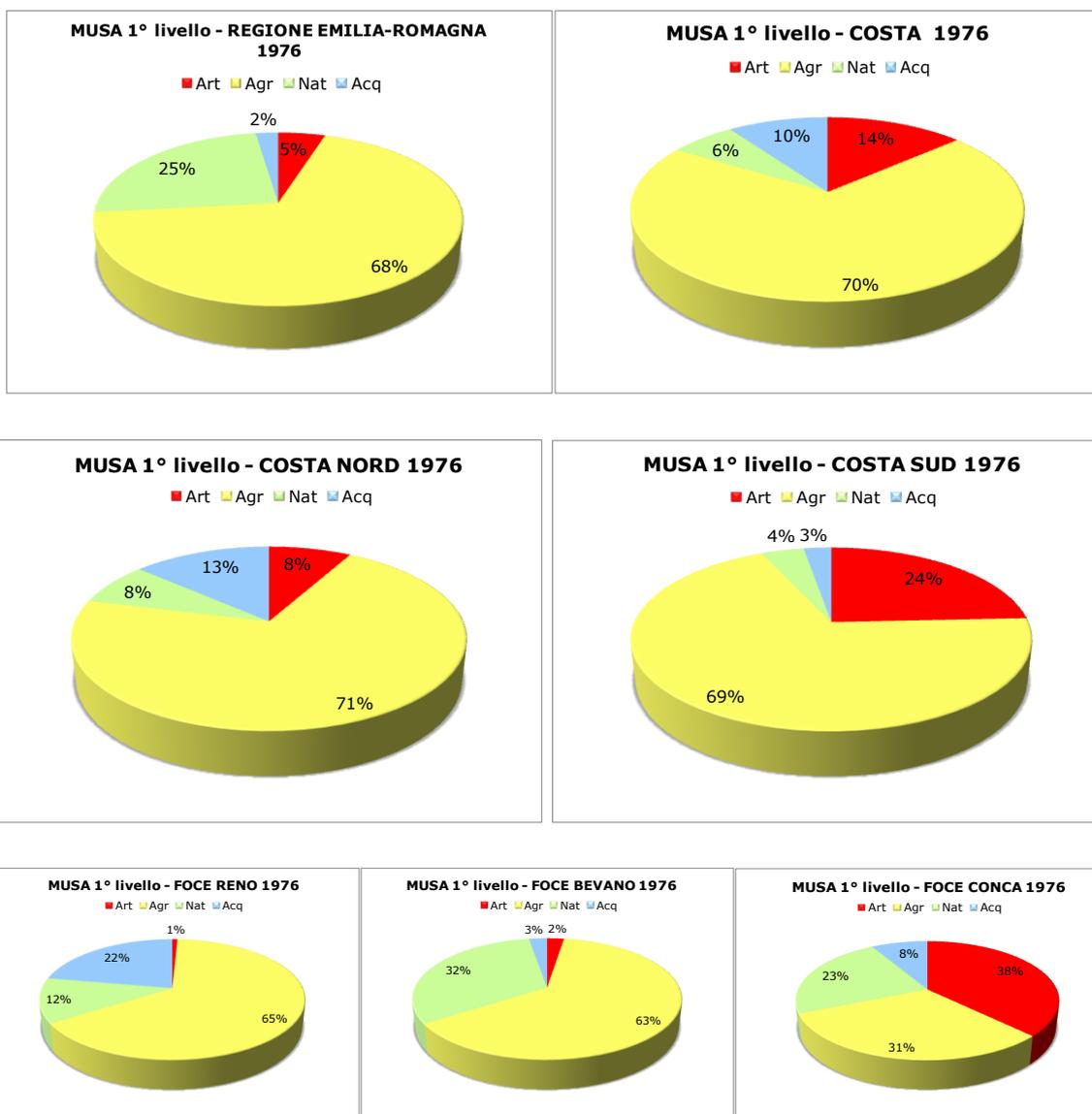
FOCE CONCA

**USO DEL SUOLO 2003**

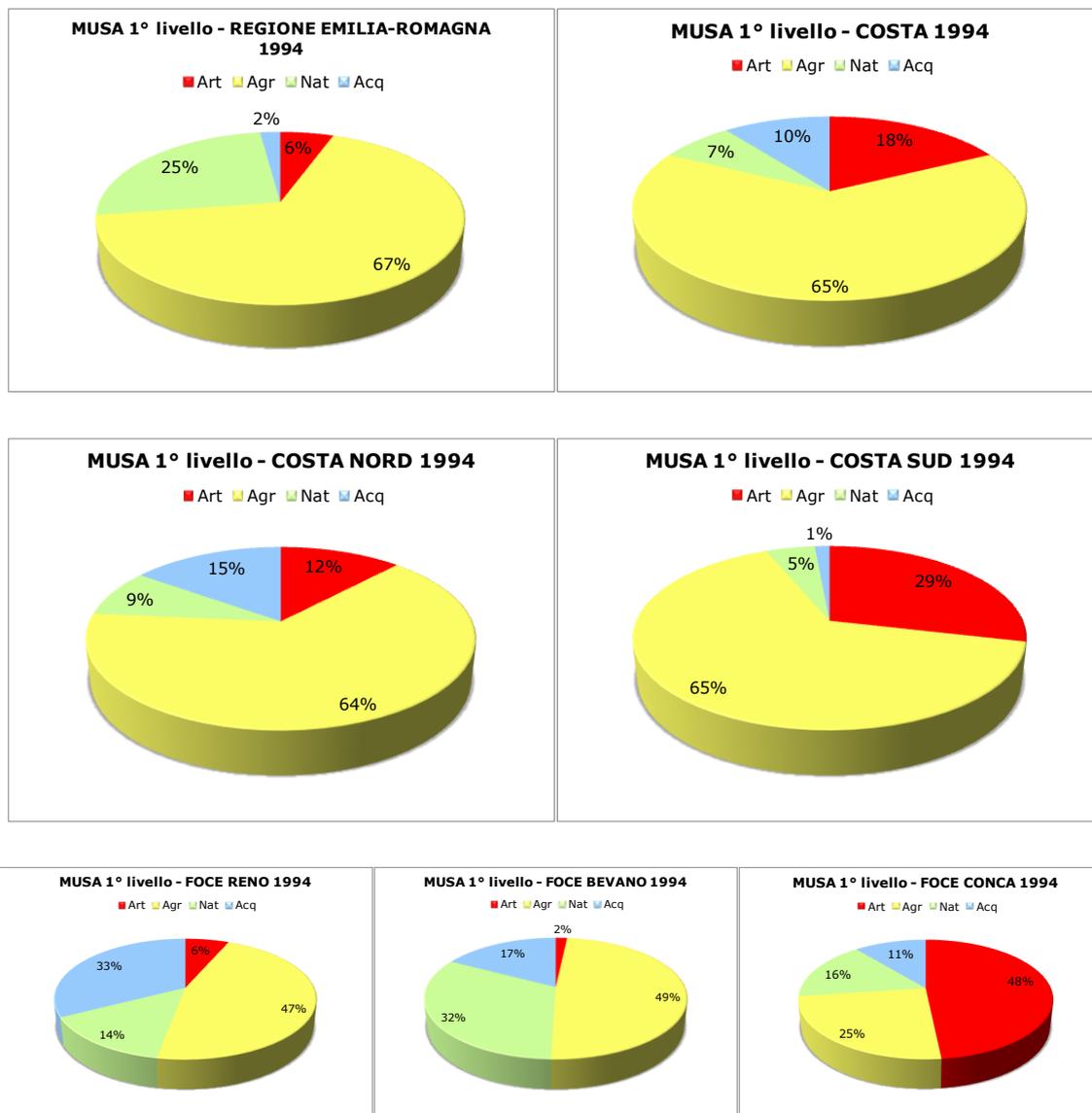
MUSA livello 2



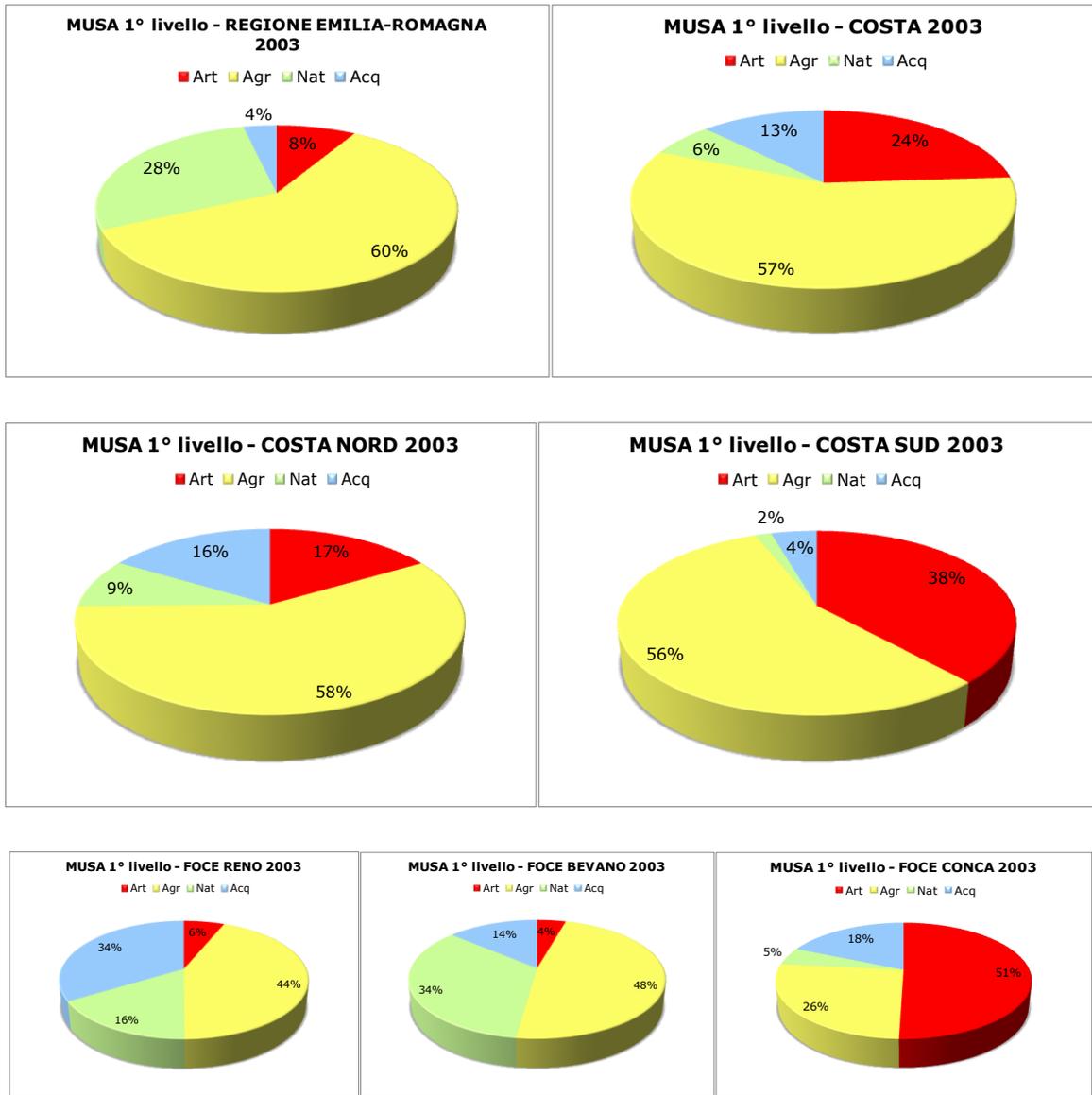
Figura 3.10 – Carte di uso del suolo MUSA 2° livello, anno 2003; aree di riferimento: foci fluviali (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)



**Figura 3.11 – Grafici di uso del suolo MUSA 1° livello, anno 1976 (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**



**Figura 3.12 – Grafici di uso del suolo MUSA 1° livello, anno 1994 (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**

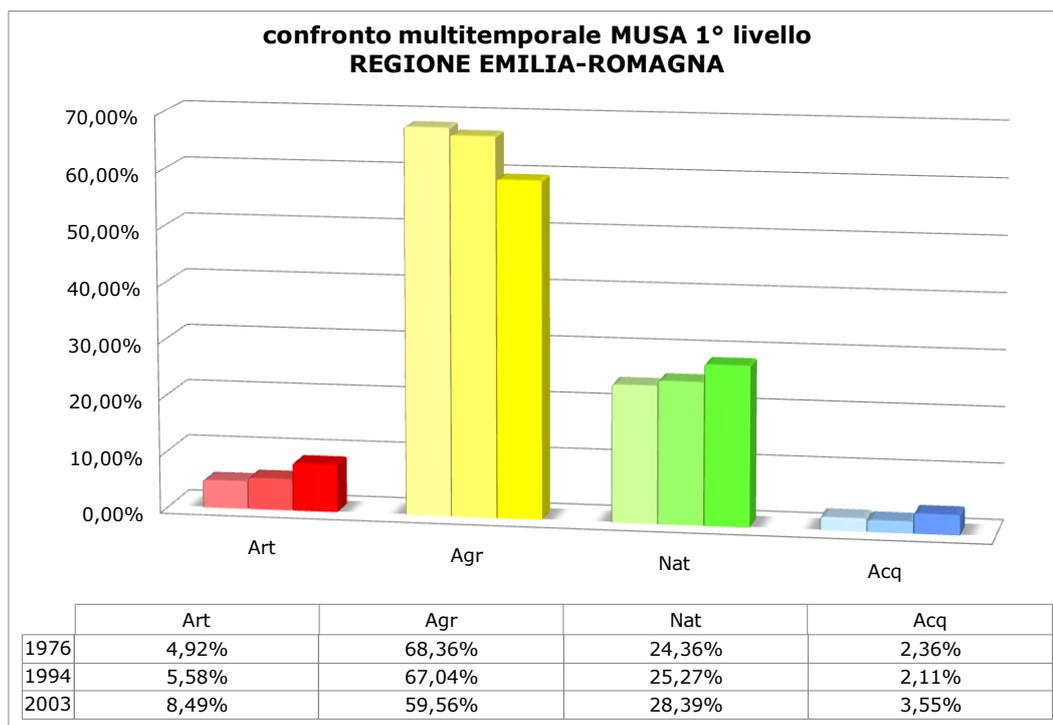


**Figura 3.13 – Grafici di uso del suolo MUSA 1° livello, anno 2003 (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**

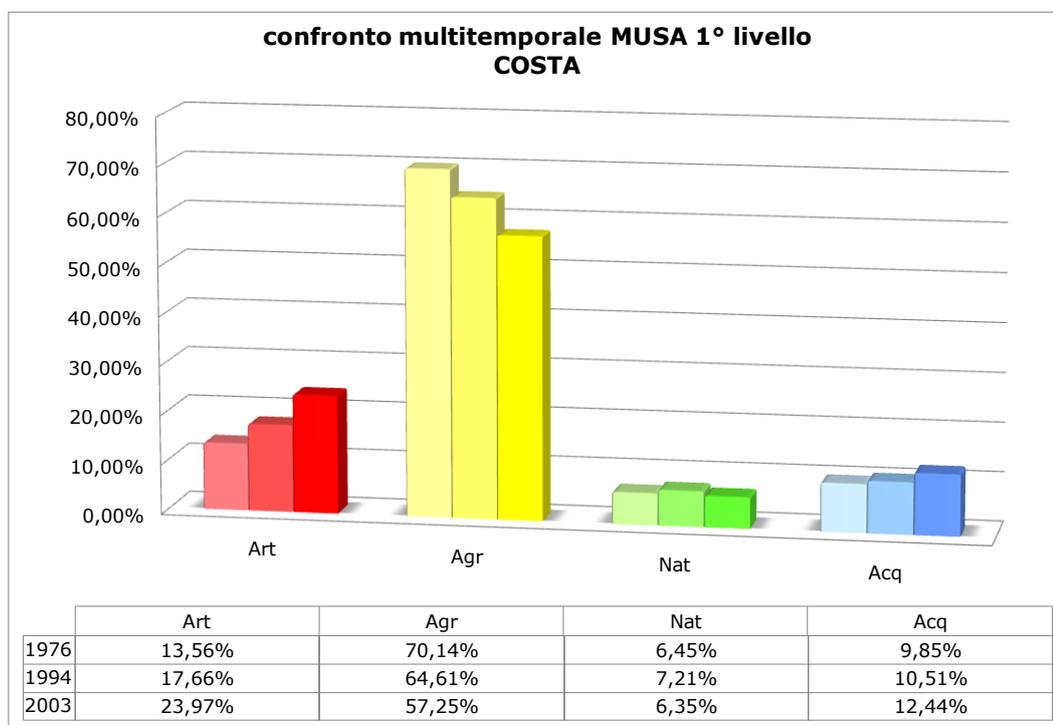
Confrontando le macrocategorie di uso del suolo di 1° livello nelle diverse aree nel 1976 (Figura 3.11) si nota come la costa presenti una maggiore artificializzazione rispetto all'intero territorio regionale, soprattutto a discapito delle aree boscate e seminaturali; sempre rispetto al territorio regionale presenta invece una maggiore area occupata dalle zone umide. In particolare si nota come le zone umide siano concentrate nella parte settentrionale, mentre i territori artificializzati sono preponderanti in quella meridionale, dove occupano quasi un quarto del territorio. In tutte le aree la porzione di territori agricoli è simile. Analizzando le foci, si nota come la differenza esistente tra costa nord e costa sud riguardo ai territori artificializzati si riflette anche sulla scala inferiore: l'area di foce del Conca presenta infatti già nel 1976 una forte artificializzazione, addirittura superiore a quella dell'area di costa di cui fa parte, anche se rispetto a quest'ultima presenta una maggiore porzione di territorio naturale (territori boscati, seminaturali e aree umide), pari a circa un terzo dell'area, a discapito di quello agricolo. Le aree di foce Reno e foce Bevano presentano aree naturali maggiori nell'insieme rispetto alla costa nord, di cui fanno parte; tra le aree naturali, le zone umide prevalgono a foce Reno e i territori boscati a foce Bevano.

Nel 1994 (Figura 3.12) i rapporti tra l'area di costa e il territorio regionale rimangono pressoché invariati, così come tra la costa nord e la costa sud; alla scala delle foci, invece aumenta il divario tra quelle della costa nord (Reno e Bevano) rispetto alla foce del Conca: nelle prime si assiste ad un aumento delle aree naturali a discapito di quelle agricole, tanto da raggiungere la stessa copertura percentuale, mentre nella seconda si ha un aumento ulteriore dell'artificializzazione a carico sia delle aree agricole sia di quelle naturali.

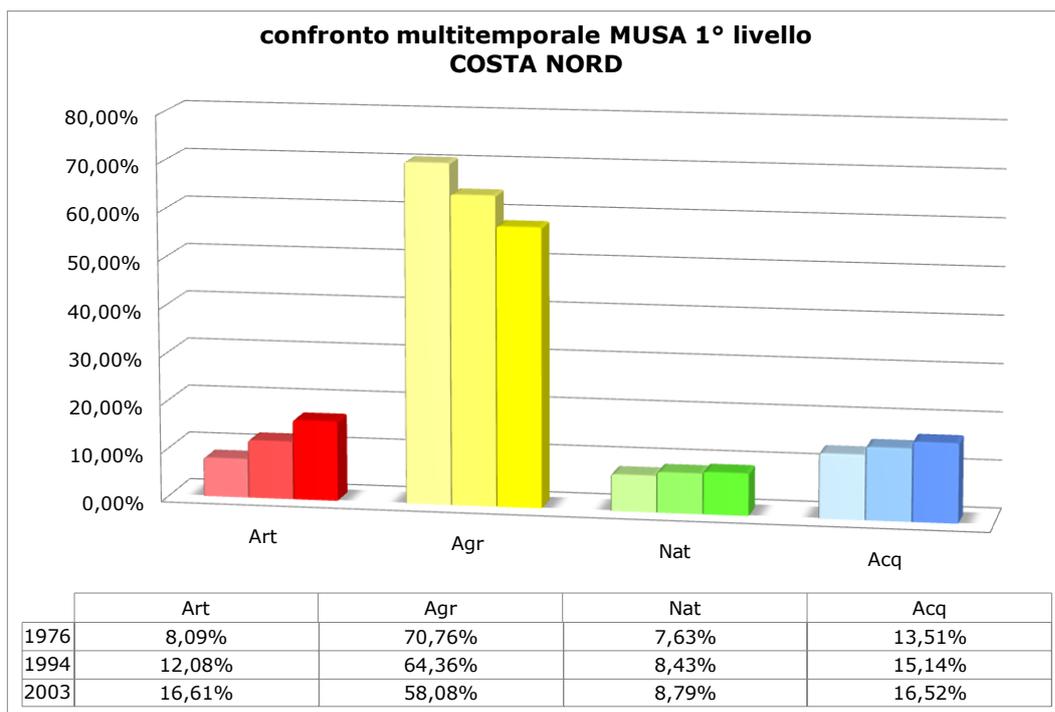
Tale tendenza si conferma anche nel 2003 (Figura ), quando l'artificializzato a foce Conca arriva a superare il 50% dell'area, a spese dei territori naturali; situazione diametralmente opposta si osserva a foce Reno e a foce Bevano, dove sono i territori naturali a coprire metà dell'area. Anche alla scala superiore continua ad aumentare il divario tra costa nord e costa sud: infatti, in entrambe si osserva un aumento dell'artificializzato a spese dei territori agricoli, ma con un tasso superiore nella zona meridionale della costa. Questo raggiunge globalmente un quarto dell'area della costa, mentre a livello regionale si ferma all'8%.



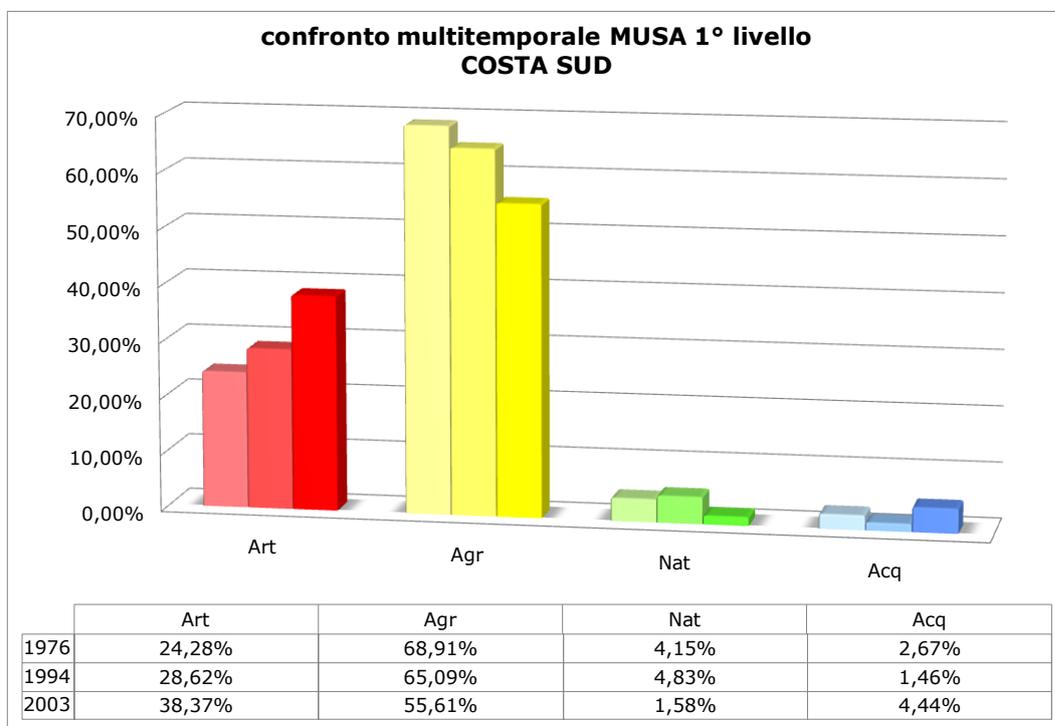
**Figura 3.14 – Confronto multitemporale di uso del suolo MUSA 1° livello; area di studio: Regione Emilia-Romagna (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**



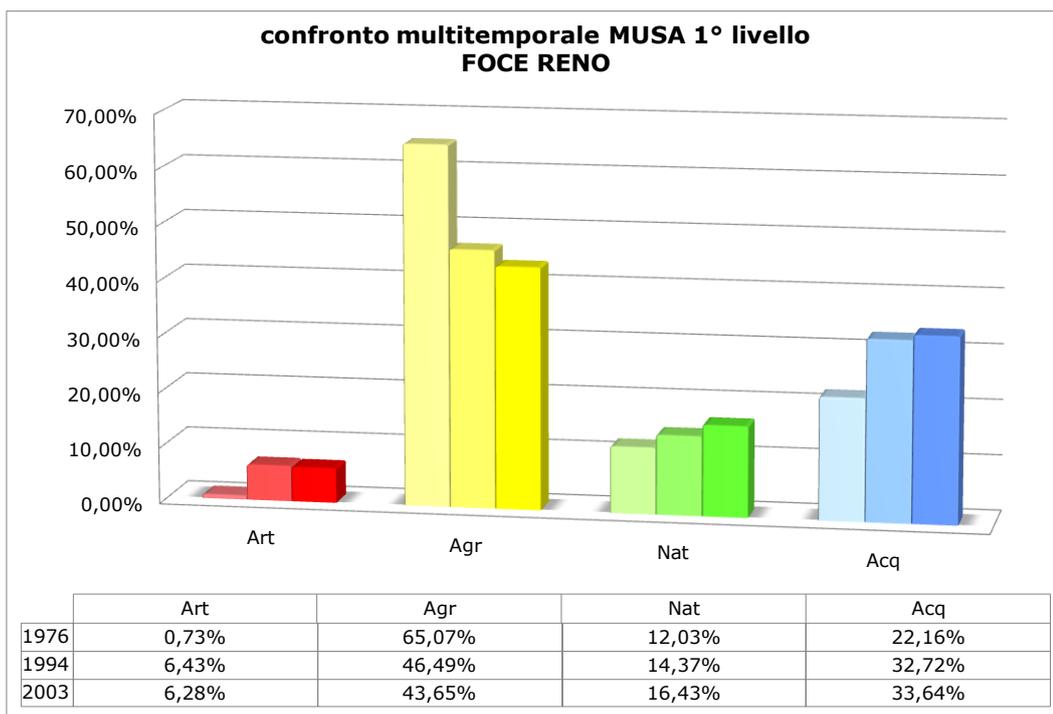
**Figura 3.15 – Confronto multitemporale di uso del suolo MUSA 1° livello; area di studio: costa (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**



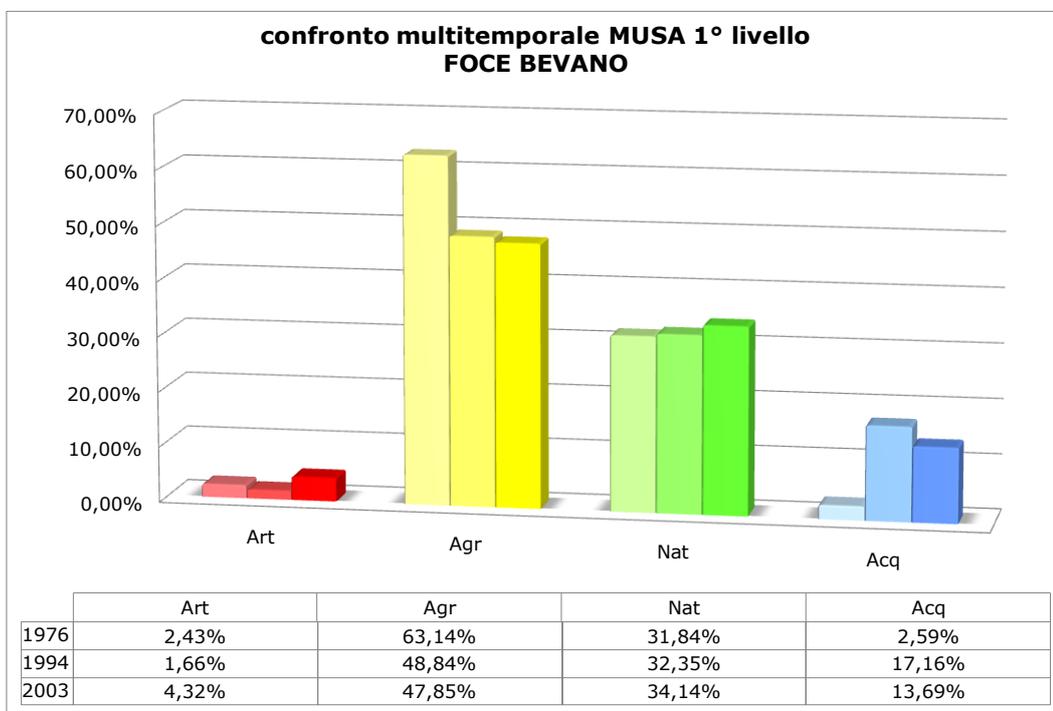
**Figura 3.16 – Confronto multitemporale di uso del suolo MUSA 1° livello, area di studio: costa nord  
(Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**



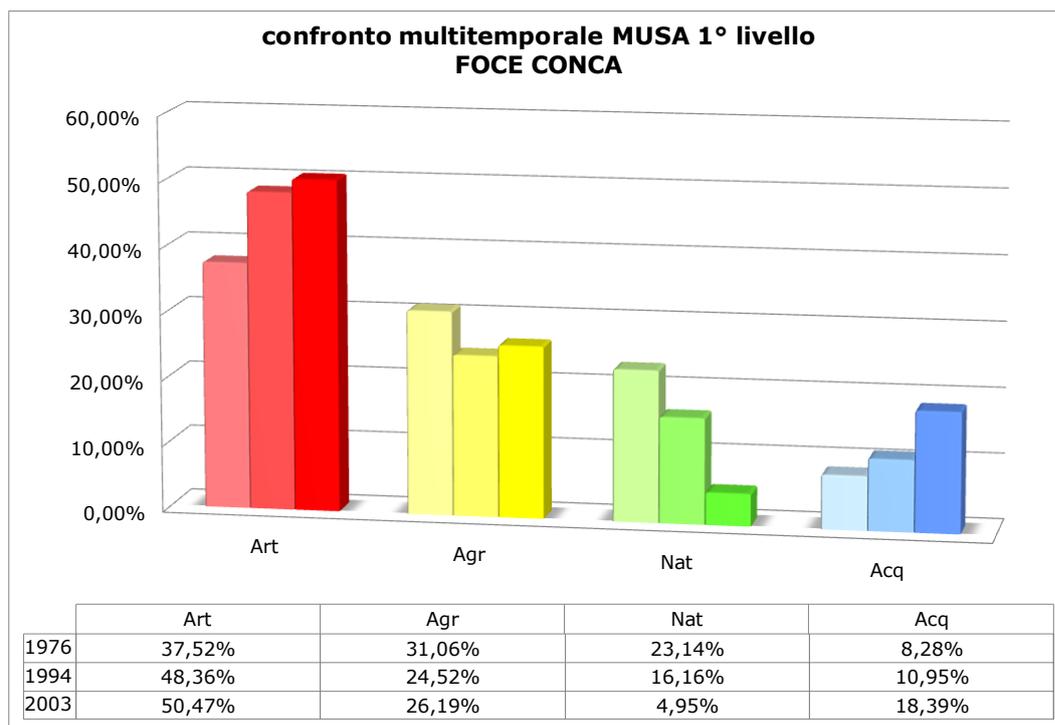
**Figura 3.17 – Confronto multitemporale di uso del suolo MUSA 1° livello; area di studio: costa sud  
(Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**



**Figura 3.18 – Confronto multitemporale di uso del suolo MUSA 1° livello; area di studio: foce Reno  
(Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**



**Figura 3.19 – Confronto multitemporale di uso del suolo MUSA 1° livello; area di studio: foce Bevano  
(Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**



**Figura 3.20 – Confronto multitemporale di uso del suolo MUSA 1° livello; area di studio: foce Conca (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**

Risultati del confronto multitemporale di uso del suolo per le singole aree:

- i. Regione Emilia-Romagna (Figura 3.14): si osserva un aumento dell'artificializzato, delle aree boscate e seminaturali e delle zone umide a discapito dei territori agricoli; nell'intero periodo, l'aumento è maggiore in senso assoluto per le aree boscate e seminaturali (+ 4%), in senso relativo per l'artificializzato (+ 72%); le variazioni avvengono più rapidamente nel secondo periodo (1994 – 2003);
- ii. costa (Figura 3.15): si osserva un aumento dell'artificializzato e delle zone umide a discapito dei territori agricoli, mentre le aree boscate e seminaturali si mantengono costanti considerando l'intero periodo; l'aumento è maggiore, sia in senso assoluto (+ 10%), sia in senso relativo (+ 77%) per i territori artificializzati; anche in questo caso le variazioni avvengono più rapidamente nel secondo periodo (1994 – 2003);
- iii. costa nord (Figura 3.16): si osserva un aumento dell'artificializzato, e in misura minore delle aree boscate e seminaturali e delle zone umide, a discapito dei territori agricoli; nell'intero periodo l'artificializzato raddoppia (+ 105% relativo); anche in

questo caso le variazioni avvengono più rapidamente nel secondo periodo (1994 – 2003);

- iv. costa sud (Figura 3.17): si ha un aumento dell'artificializzato e delle zone umide, ed una diminuzione dei territori agricoli e delle aree boscate e seminaturali; nell'intero periodo, l'aumento maggiore è, in senso assoluto, dell'artificializzato (+ 14%) e in senso relativo delle aree umide (+ 67%), anche se bisogna considerare che la superficie occupata da queste ultime è molto limitata (4%); anche nell'area sud le variazioni avvengono più rapidamente nel secondo periodo (1994 – 2003);
- v. foce Reno (Figura 3.18): si ha un aumento delle zone umide, dei territori boscati e seminaturali e dell'artificializzato; nell'intero periodo l'aumento maggiore è in senso assoluto quello delle zone umide (+ 11%) ed in senso relativo quello dell'artificializzato (+ 754%); in quest'area, le principali variazioni si osservano nel primo periodo (1976 – 1994); il dato di aumento relativo dell'artificializzato è dovuto alla pressoché totale assenza di tale tipologia nella copertura di uso del suolo 1976, mentre dal 1994 risulta cartografata come territorio artificializzato l'area occupata dal poligono militare;
- vi. foce Bevano (Figura 3.19): si osserva un forte aumento delle zone umide, ed in modo minore delle aree naturali e dell'artificializzato, con una contrazione dei territori agricoli; l'aumento delle zone umide è prevalente sia in senso assoluto (+ 11%) sia relativo (+ 428%), ed è dovuto all'incremento nel primo periodo (1976 – 1994) rispetto alle aree agricole; l'artificializzato, al contrario, aumenta soprattutto nel secondo periodo;
- vii. foce Conca (Figura 3.20): è l'area che presenta la maggiore artificializzazione dell'uso del suolo, tendente ad aumentare nel tempo (+ 13% assoluto), soprattutto nel primo periodo, a discapito di aree agricole e territori boscati e seminaturali; anche le aree umide aumentano (+ 122% relativo), soprattutto nel secondo periodo; i territori boscati e seminaturali presentano invece i più alti tassi di riduzione (-78% relativo), soprattutto nel secondo periodo; i territori artificializzati presentano un tasso di aumento superiore nel primo periodo.

### 3.3 – INDICI DI SOSTENIBILITA'

#### 3.3.1 – Indice di Sprawl

L'area di costa presenta per quest'indice valori notevolmente superiori alla media regionale in entrambi i periodo considerati; la costa sud è l'area che presenta il più alto valore medio dell'indice (5,48 per l'intervallo 1994 – 2003), sia per l'intero intervallo sia per il secondo periodo, superando sempre i valori relativi alla costa nord. Foce Conca presenta il più alto valore medio tra le aree di foce per l'intero intervallo 1976 – 2003 (4,68), e addirittura il più alto valore tra tutte le aree per il periodo 1976 – 1994 (4,92). Foce Reno e foce Bevano presentano valori medi per l'intero intervallo più bassi, e periodi in cui si ha diminuzione dell'artificializzato (Tabella 3.6, Figure 3.21 – 3.23).

CONFRONTO VALORI INDICE DI SPRAWL 1976 - 1994 - 2003			
area studio	intervallo temporale	INDICE DI SPRAWL	
		$I_{sp} = 10 + \ln((\sum (ui/n))/A)$	
		valore	variazione % annua territorio artificializzato
EMILIA-ROMAGNA	1976 - 1994	2,08	0,04%
	1994 - 2003	4,26	0,32%
	1976 - 2003	3,37	0,13%
COSTA	1976 - 1994	3,91	0,23%
	1994 - 2003	5,04	0,70%
	1976 - 2003	4,44	0,39%
COSTA NORD	1976 - 1994	3,88	0,22%
	1994 - 2003	4,71	0,50%
	1976 - 2003	4,24	0,32%
COSTA SUD	1976 - 1994	3,97	0,24%
	1994 - 2003	5,48	1,08%
	1976 - 2003	4,75	0,52%
FOCE RENO	1976 - 1994	4,22	0,32%
	1994 - 2003	-	-0,02%
	1976 - 2003	3,79	0,21%
FOCE BEVANO	1976 - 1994	-	-0,04%
	1994 - 2003	4,17	0,30%
	1976 - 2003	2,74	0,07%
FOCE CONCA	1976 - 1994	4,92	0,60%
	1994 - 2003	3,93	0,23%
	1976 - 2003	4,68	0,48%

Tabella 3.6 – Valori dell'Indice di Sprawl per tutte le aree di studio

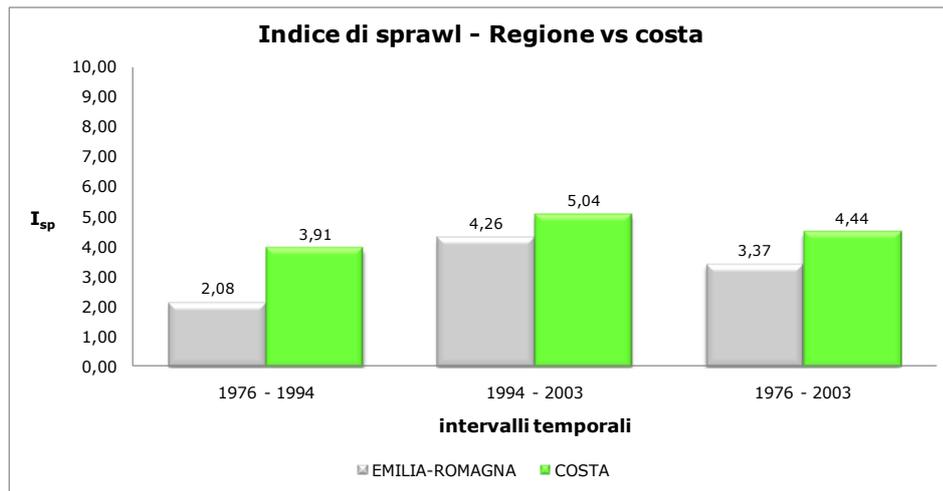


Figura 3.21 – Confronto dei valori dell'indice di Sprawl; aree: Regione Emilia-Romagna e costa

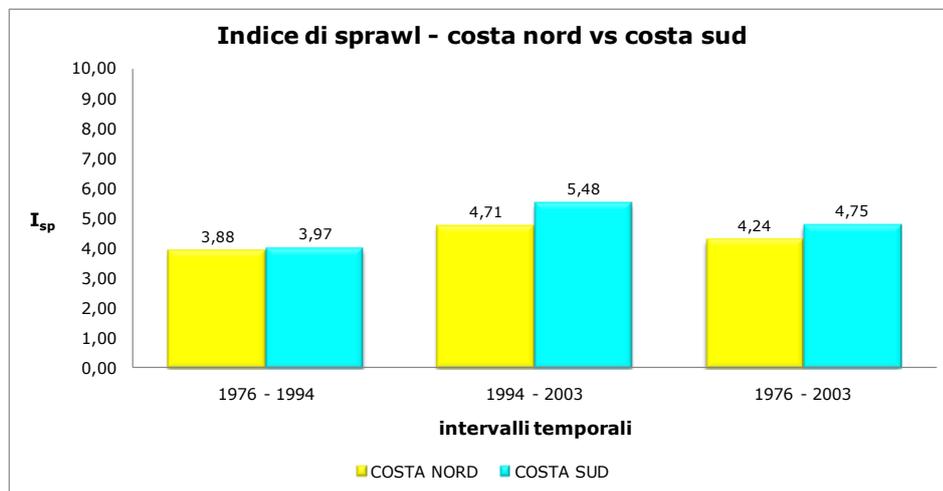


Figura 3.22 – Confronto dei valori dell'indice di Sprawl; aree: costa nord e costa sud

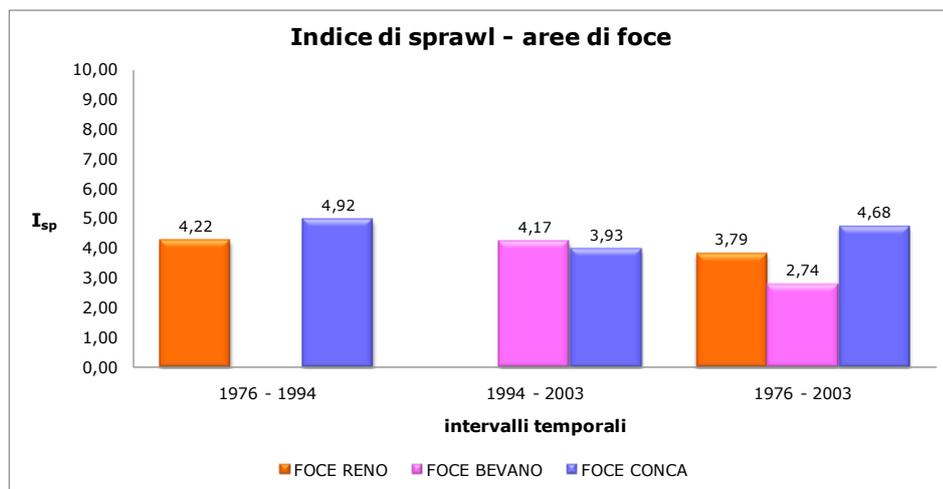


Figura 3.23 – Confronto dei valori dell'indice di Sprawl; aree: foce Reno, foce Bevano e foce Conca

### **3.3.2 – *Landscape Development Intensity Index, LDI***

L'indice LDI, che fornisce una misura dell'impatto delle attività antropiche sul paesaggio, presenta i valori medi più alti nell'area della costa sud, sia a livello di macroaree sia a livello di foci fluviali; l'area di foce Conca presenta il valore medio più alto in assoluto (6,16), mentre le aree di foce Bevano e foce Conca presentano i valori medi più bassi (Tabella 3.7 e Figura 3.24). Le carte (Figure 3.25 – 3.26) mettono in evidenza i forti contrasti presenti nel territorio: nella costa nord, tra l'area industriale di Ravenna e le zone umide delle Piallasse a nord e a sud della stessa; alla foce del Reno, tra la foce del fiume e l'area del poligono militare a est e a sud; alla foce del Conca, tra la foce del fiume e le zone turistiche di Portoverde di Misano Adriatico a ovest e di Cattolica (Parco Le Navi) a est.

L'analisi multitemporale (Tabella 3.8, Figura 3.27) mette in evidenza il trend di crescita continua in tutte le aree, eccetto a foce Reno, dove si ha una lieve riduzione nel 2003 rispetto al 1994. E' interessante notare gli alti tassi di crescita dell'indice a foce Conca, che da una situazione sostanzialmente analoga alle altre foci al 1976, arriva ad avere valori doppi rispetto a queste ultime al 2003. Le carte (Figure 3.28 – 3.33) evidenziano la crescita dei contrasti tra aree artificializzate e aree naturali e seminaturali, inclusi i territori agricoli.

VALORI LDI - CLASSI UDS 2003				
AREA DI STUDIO		LDI		
	area (ha)	valore medio	range	deviazione standard spaziale
<b>COSTA</b>	71024	<b>5,31</b>	9,56	2,70
<b>COSTA NORD</b>	46979	<b>4,90</b>	9,56	2,89
<b>COSTA SUD</b>	24022	<b>5,59</b>	9,56	2,52
<b>FOCE RENO</b>	2154	<b>2,21</b>	9,47	2,84
<b>FOCE BEVANO</b>	1803	<b>3,15</b>	9,47	3,50
<b>FOCE CONCA</b>	144	<b>6,16</b>	9,47	3,36

Tabella 3.7 – Valori medi e variabilità dell'indice LDI nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003

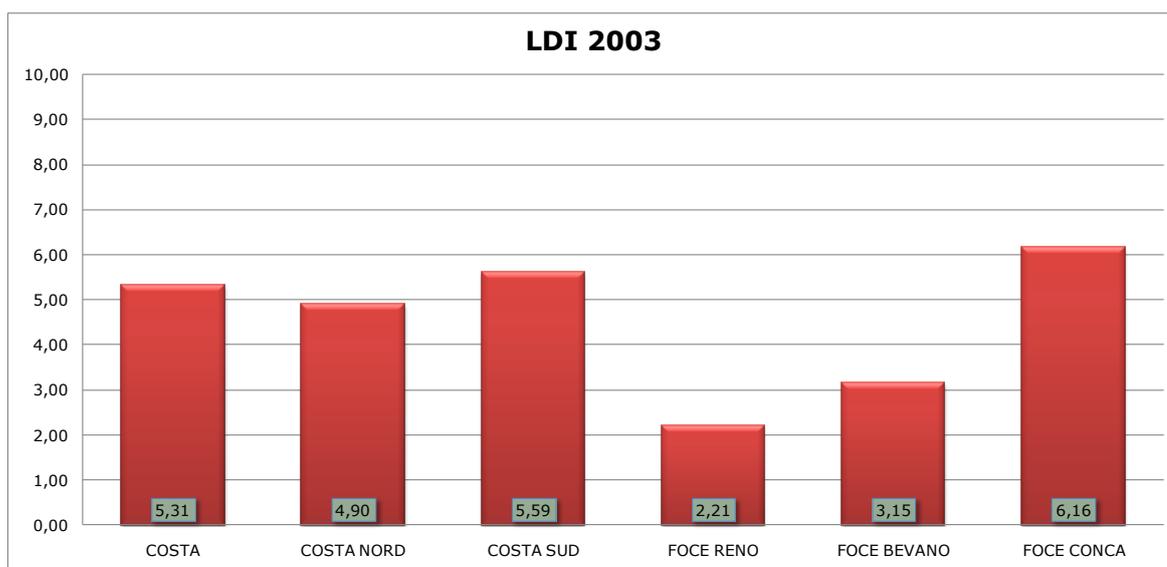
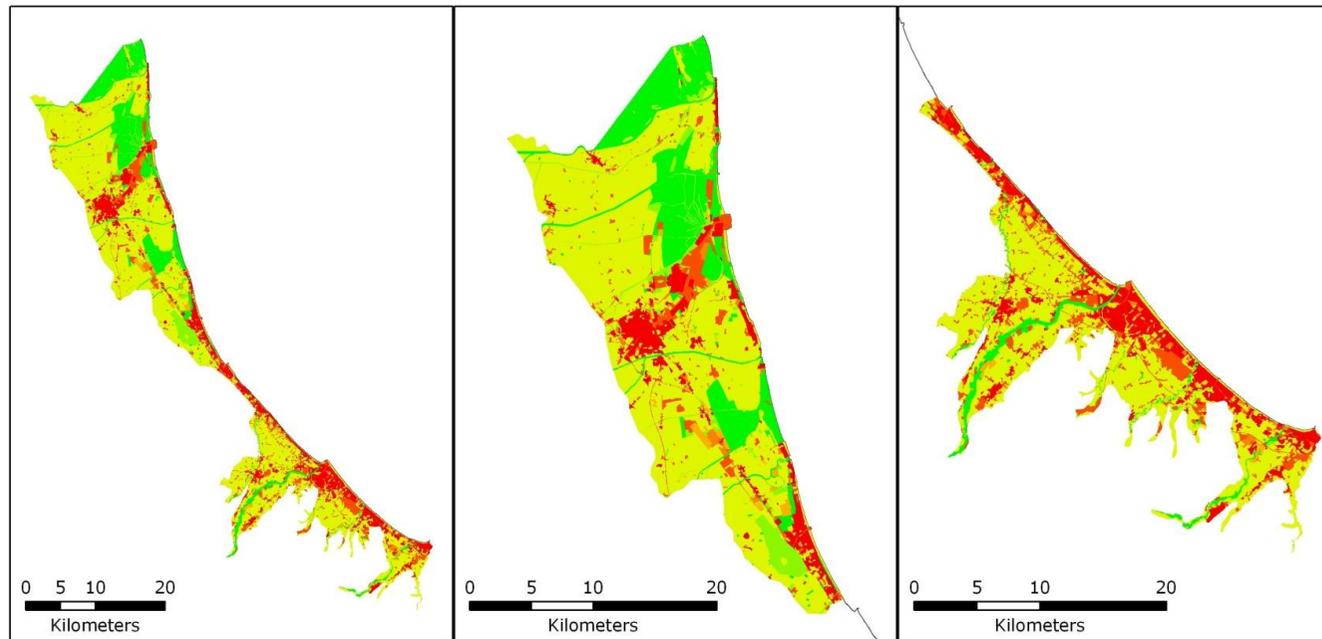


Figura 3.24 – Valori medi dell'indice LDI nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003



COSTA

COSTA NORD

COSTA SUD

**LDI 2003**

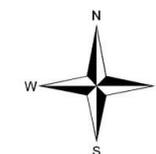
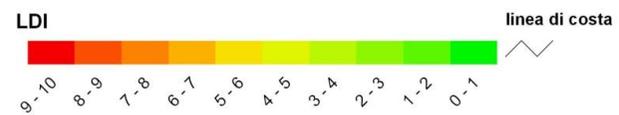
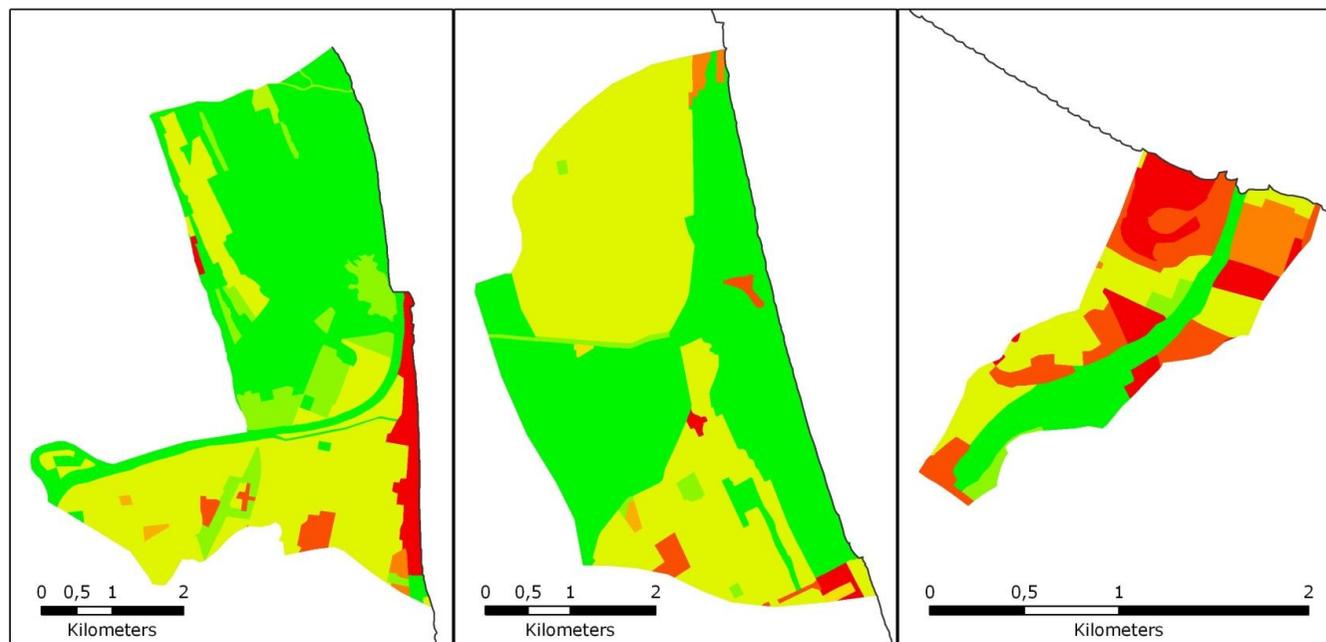


Figura 3.25 – Carte dei valori dell'indice LDI nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003



FOCE RENO

FOCE BEVANO

FOCE CONCA

**LDI 2003**

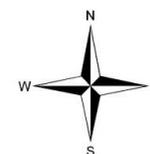
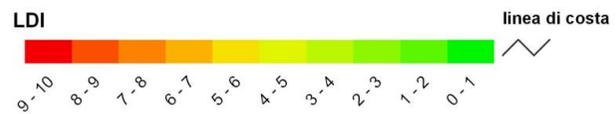


Figura 3.26 – Carte dei valori dell'indice LDI nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003

VALORI LDI - MUSA 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003					
AREA DI STUDIO			LDI		
	anno	area (ha)	valore medio	range	deviazione standard spaziale
COSTA	1976	71003	2,54	4,59	1,12
	1994	70919	4,16	7,32	2,07
	2003	71024	5,34	9,00	2,60
COSTA NORD	1976	47021	2,56	4,59	1,08
	1994	46942	3,90	7,32	1,93
	2003	46979	4,88	9,00	2,70
COSTA SUD	1976	23958	2,51	4,59	1,15
	1994	23953	4,43	7,32	2,14
	2003	24022	5,74	9,00	2,45
FOCE RENO	1976	2243	1,66	4,59	1,36
	1994	2177	3,05	7,32	1,99
	2003	2154	3,03	9,00	2,49
FOCE BEVANO	1976	1798	1,85	4,21	1,44
	1994	1808	2,08	6,50	2,30
	2003	1803	3,79	9,00	3,62
FOCE CONCA	1976	143	1,98	4,59	1,70
	1994	144	3,62	7,32	2,83
	2003	144	6,22	9,00	2,74

Tabella 3.8 – Valori medi e variabilità dell'indice LDI nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo aggregate di 2° livello Regione Emilia-Romagna

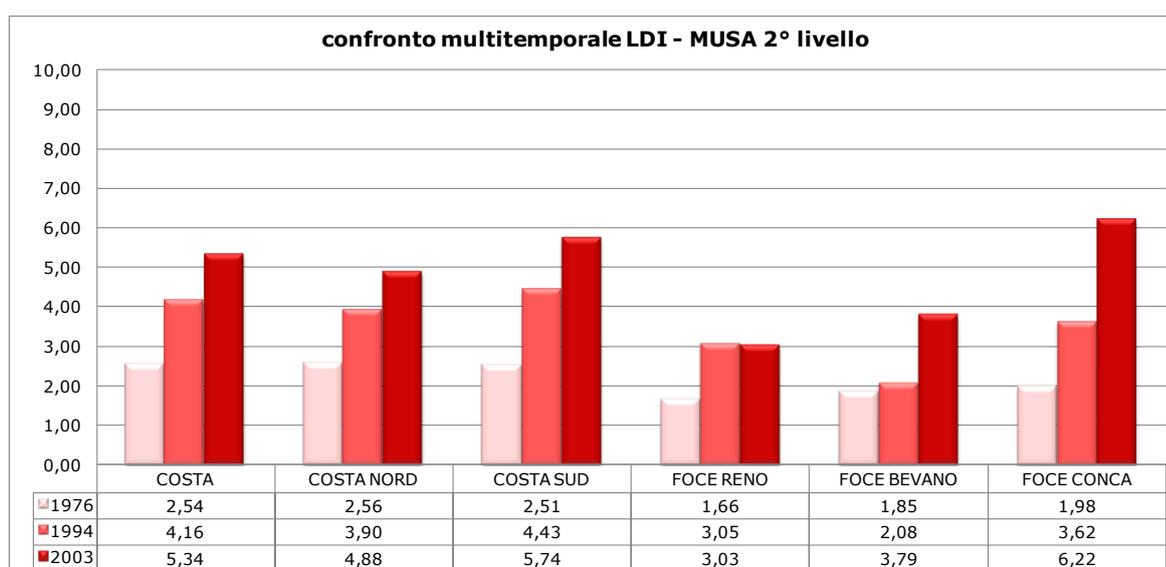
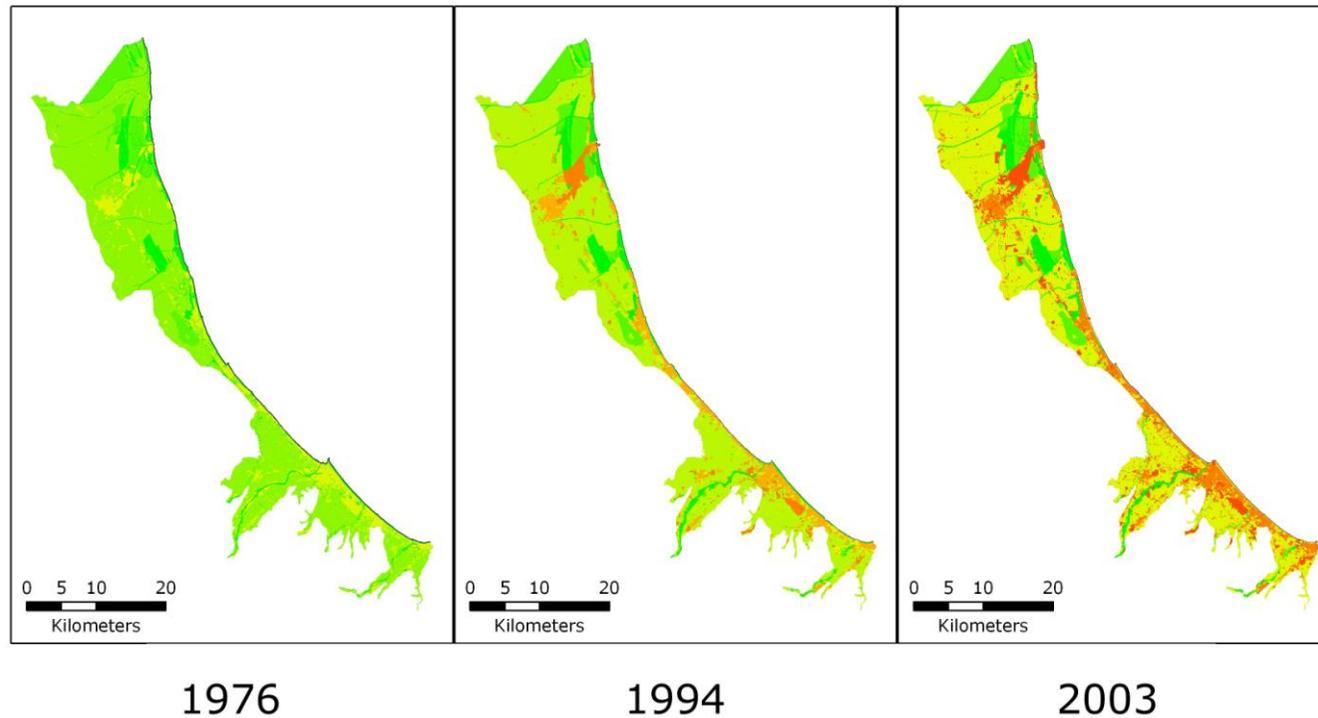
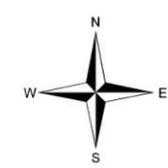
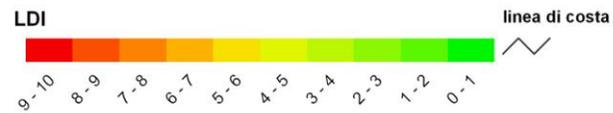


Figura 3.27 – Valori medi dell'indice LDI nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo aggregate di 2° livello Regione Emilia-Romagna



**LDI MUSA livello 2 - COSTA**



**Figura 3.28 – Carte dei valori dell'indice LDI nell'area di studio costa calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna**

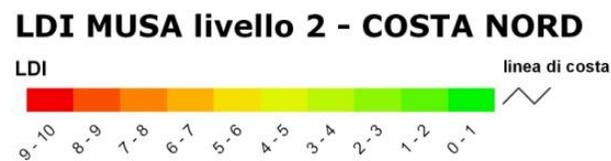
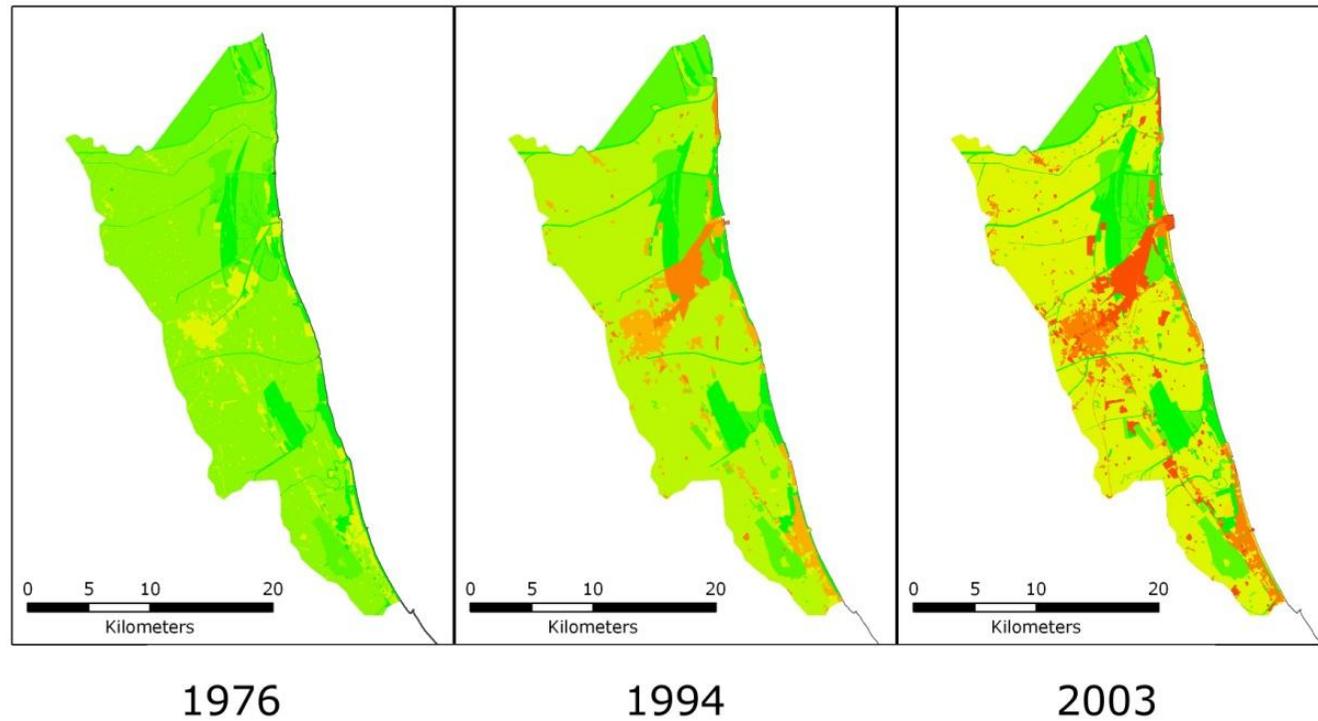
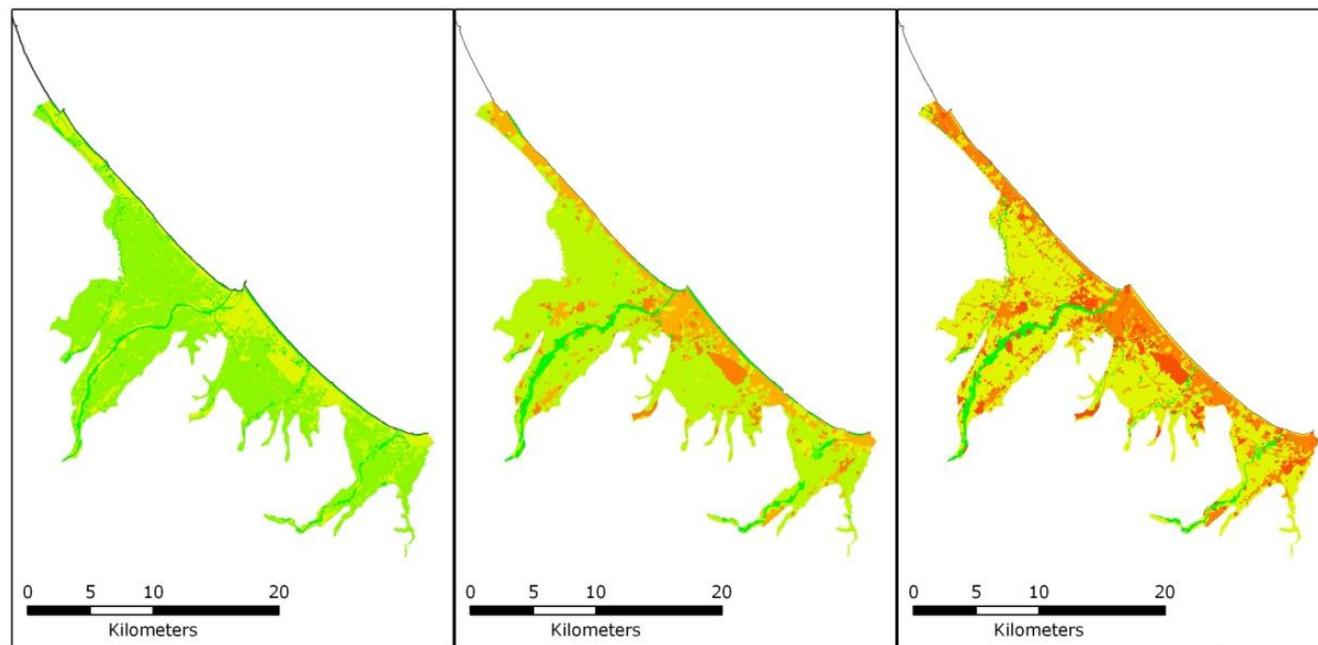


Figura 3.29 – Carte dei valori dell'indice LDI nell'area di studio costa nord calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**LDI MUSA livello 2 - COSTA SUD**

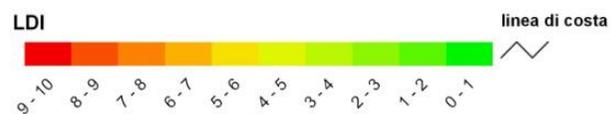
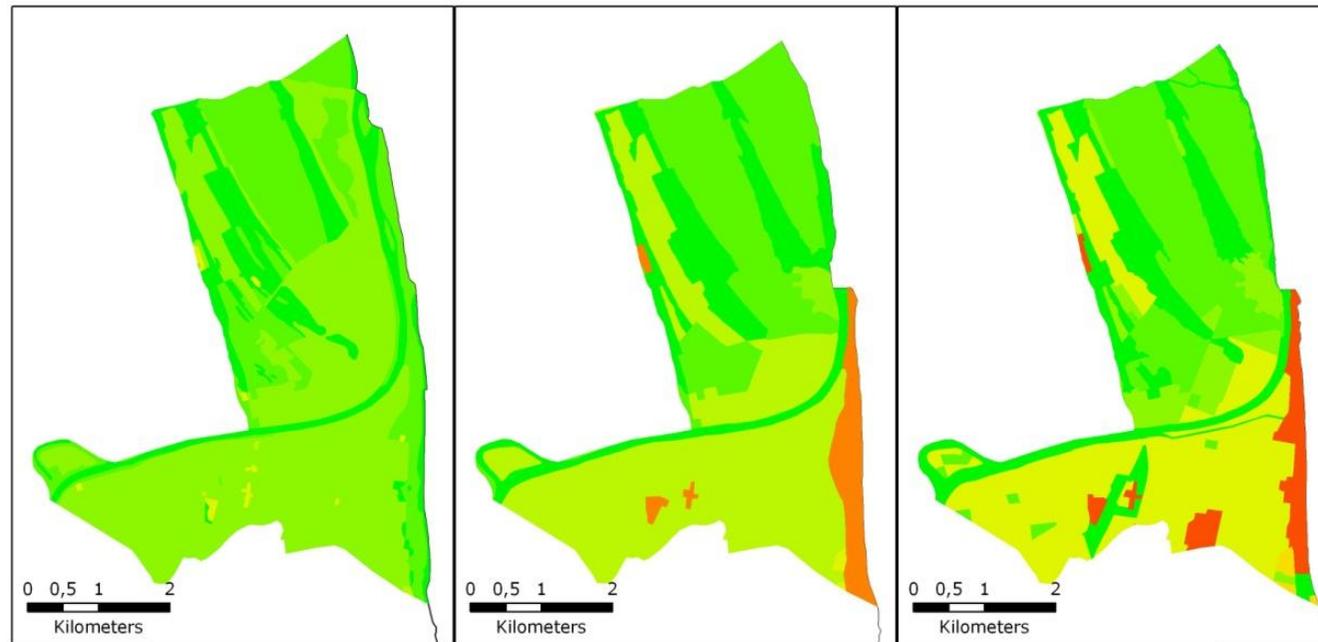


Figura 3.30 – Carte dei valori dell'indice LDI nell'area di studio costa sud calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**LDI MUSA livello 2 - FOCE RENO**

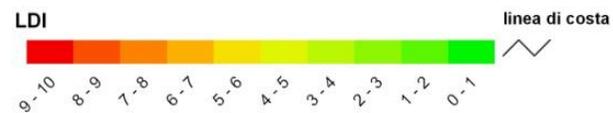
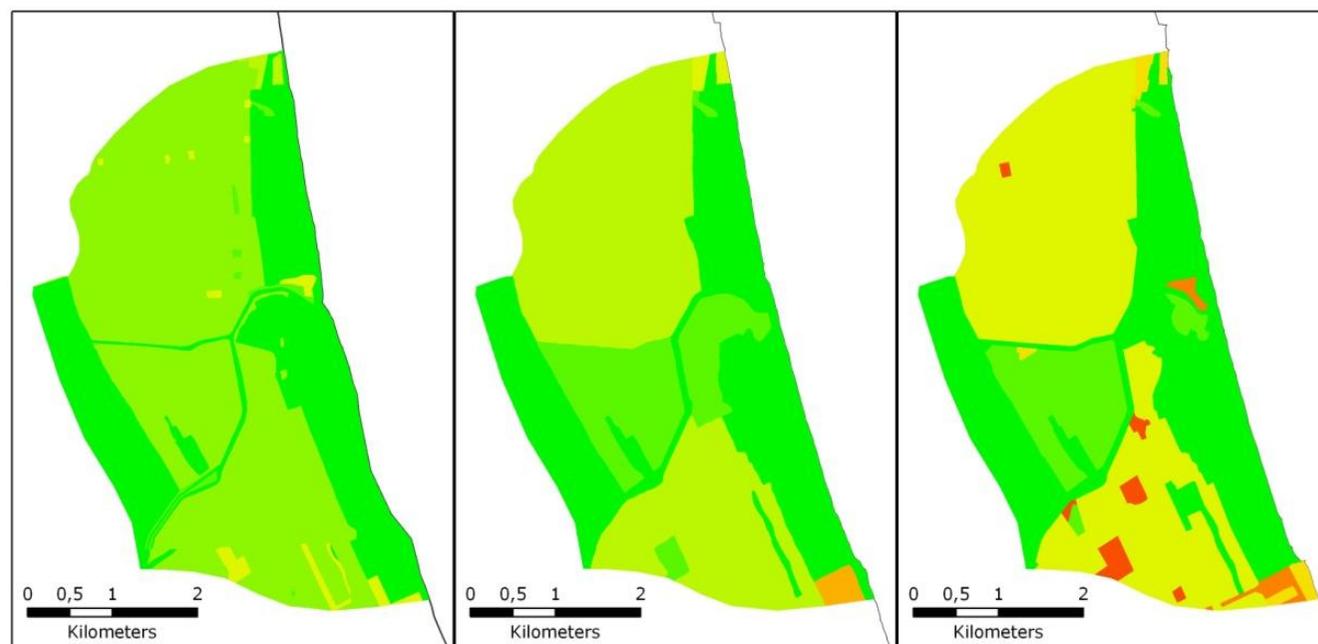


Figura 3.31 – Carte dei valori dell'indice LDI nell'area di studio foce Reno calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**LDI MUSA livello 2 - FOCE BEVANO**

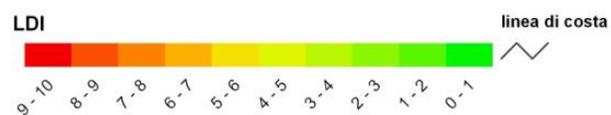
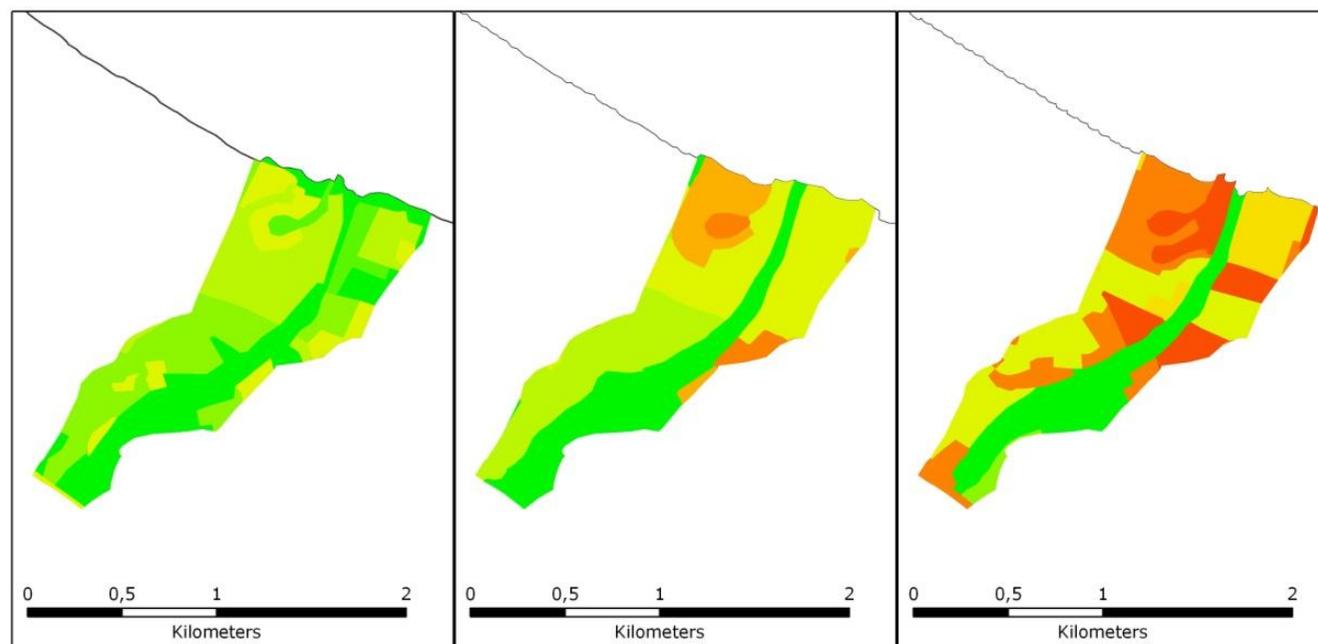


Figura 3.32 – Carte dei valori dell'indice LDI nell'area di studio foce Bevano calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

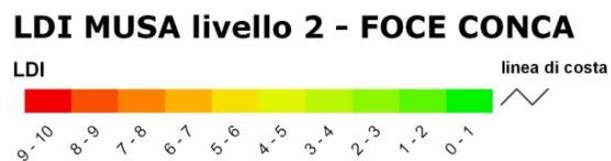


Figura 3.33 – Carte dei valori dell'indice LDI nell'area di studio foce Conca calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna

### 3.3.3 – Biopotenzialità Territoriale, BTC

L'indice BTC (Tabella 3.9 e Figura 3.34), che fornisce una misura del metabolismo, e quindi della salute, degli ecosistemi vegetali, presenta i valori medi più alti nella costa nord e nell'area di foce Bevano; i valori delle aree di foce sono migliori rispetto alle aree di costa cui appartengono, anche se il valore di foce Conca è notevolmente inferiore rispetto alle altre due foci, e risulta peggiore anche rispetto all'area di costa nord. Le carte (Figure 3.35 – 3.36) mettono in evidenza i massimi valori in corrispondenza delle aree boscate e delle zone umide.

VALORI BTC - CLASSI UDS 2003				
AREA DI STUDIO		BTC		
	area (ha)	valore medio	range	deviazione standard spaziale
<b>COSTA</b>	71024	<b>4,74</b>	35,35	7,13
<b>COSTA NORD</b>	46979	<b>5,28</b>	35,35	7,67
<b>COSTA SUD</b>	24022	<b>4,37</b>	35,35	6,73
<b>FOCE RENO</b>	2154	<b>9,36</b>	35,15	9,52
<b>FOCE BEVANO</b>	1803	<b>12,39</b>	35,15	13,67
<b>FOCE CONCA</b>	144	<b>5,09</b>	33,37	8,95

Tabella 3.9 – Valori medi e variabilità dell'indice BTC nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003

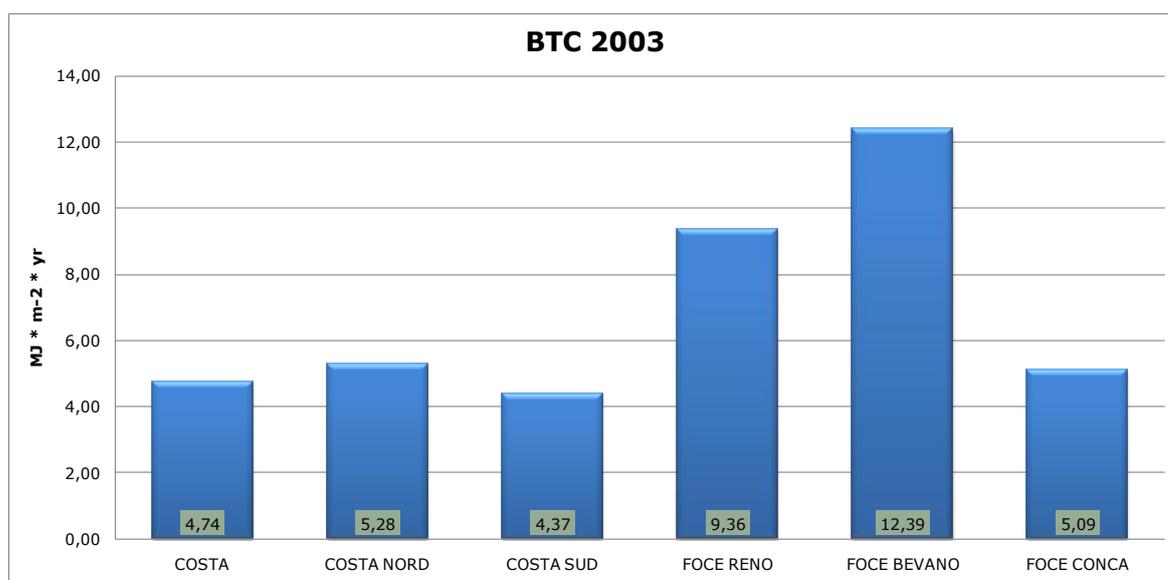
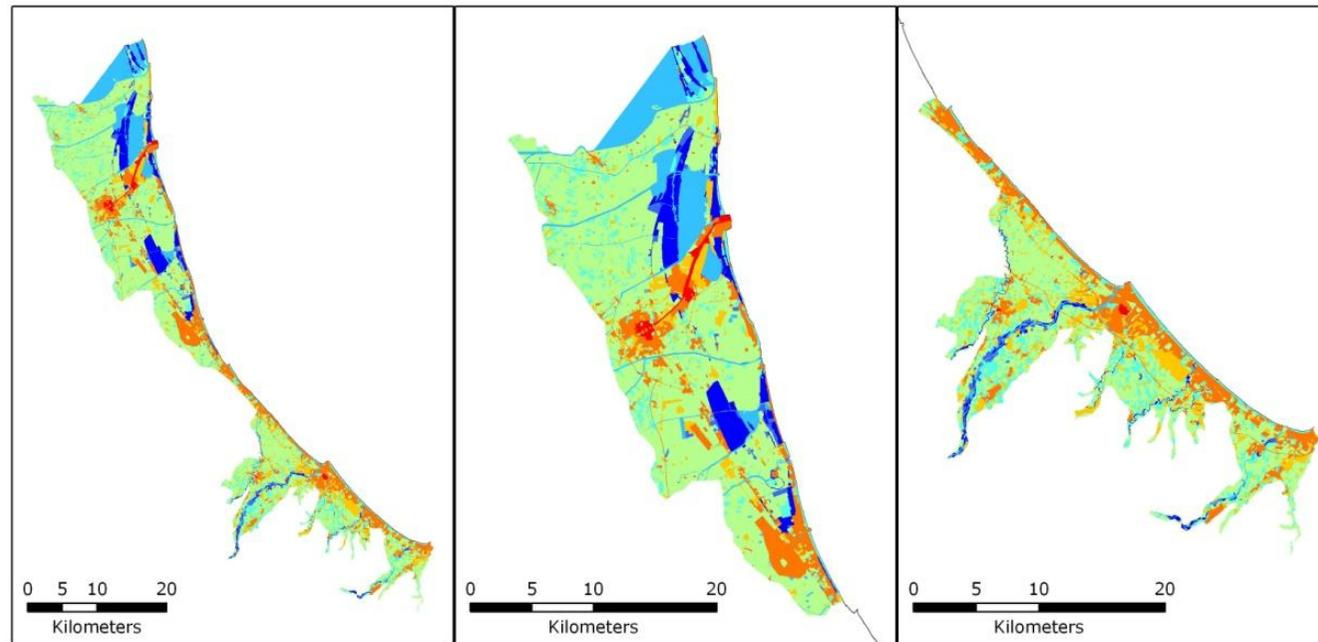


Figura 3.34 – Valori medi dell'indice BTC nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003



COSTA

COSTA NORD

COSTA SUD

**BTC 2003**

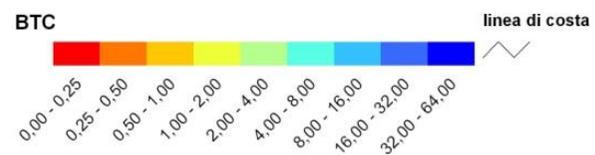
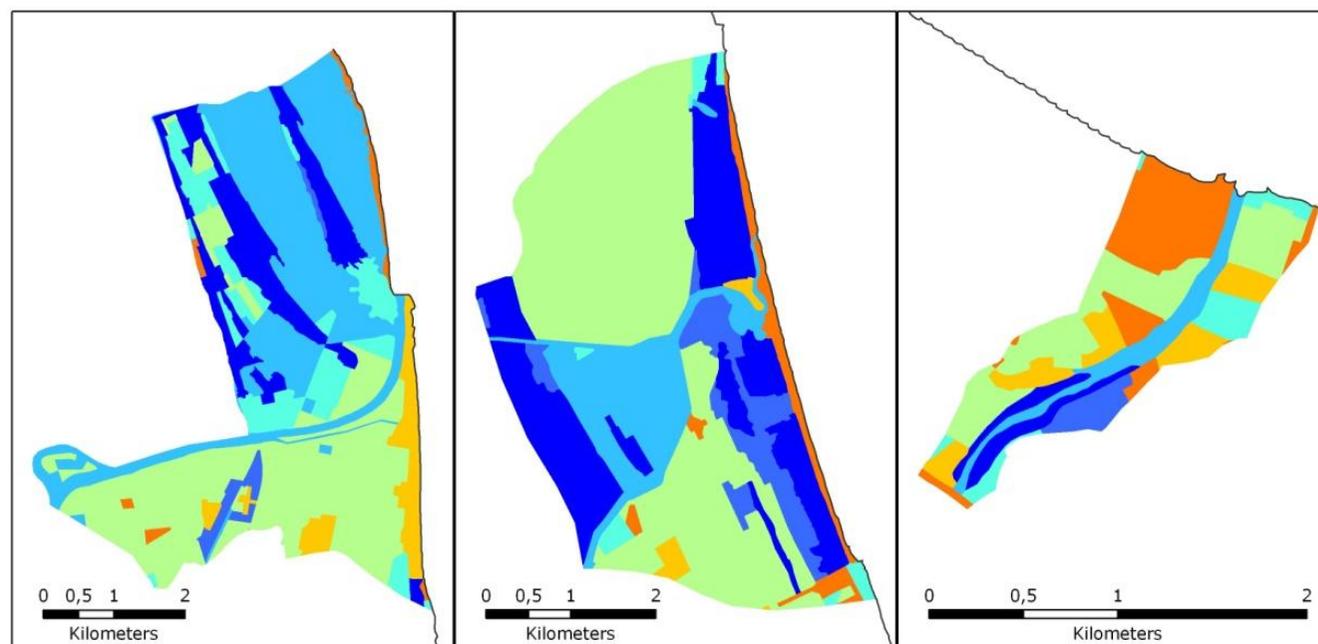


Figura 3.35 – Mappe dei valori dell'indice BTC nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003



FOCE RENO

FOCE BEVANO

FOCE CONCA

**BTC 2003**

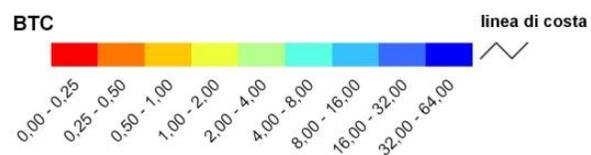


Figura 3.36 – Mappe dei valori dell'indice BTC nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003

L'analisi multitemporale (Tabella 3.10 e Figura 3.37) mostra risultati interessanti: l'area di costa presenta globalmente un lieve peggioramento dei valori; al suo interno, però, la costa nord migliora i propri valori, contrariamente alla costa sud, tanto che il rapporto tra le due aree si inverte nel tempo, con la costa sud migliore della costa nord al 1976 e, viceversa nel 2003. Anche tra le aree di foce si osservano variazioni discordanti nei valori medi: a foce Reno prima diminuisce poi aumenta, segnando complessivamente un peggioramento della situazione; per contro, a foce Bevano il valore prima aumenta e poi diminuisce, segnando comunque un miglioramento rispetto al 1976. Anche a foce Conca il valore prima aumenta e poi cala, ma in questo caso si ha un peggioramento della situazione, con il raggiungimento dei livelli minimi tra le aree indagate. Le carte (Figure 3.38 – 3.43) mostrano la tenuta degli ecosistemi vegetali a foce Reno e foce Bevano e la loro forte contrazione a foce Conca.

VALORI BTC - MUSA 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003					
AREA DI STUDIO			BTC		
	anno	area (ha)	valore medio	range	deviazione standard spaziale
COSTA	1976	71003	4,72	35,03	5,22
	1994	70919	4,83	34,40	6,30
	2003	71024	4,56	33,32	6,07
COSTA NORD	1976	47021	4,59	35,03	5,42
	1994	46942	5,07	34,40	6,71
	2003	46979	5,24	33,32	6,98
COSTA SUD	1976	23958	4,83	35,03	5,05
	1994	23953	4,50	34,40	5,70
	2003	24022	3,98	33,32	5,11
FOCE RENO	1976	2243	9,73	35,03	11,85
	1994	2177	5,85	34,40	7,50
	2003	2154	7,40	33,32	8,45
FOCE BEVANO	1976	1798	8,39	35,03	10,59
	1994	1808	12,50	34,40	13,94
	2003	1803	10,83	33,32	12,85
FOCE CONCA	1976	143	7,19	35,03	9,24
	1994	144	8,48	34,40	10,65
	2003	144	3,66	17,24	4,86

Tabella 3.10 – Valori medi e variabilità dell'indice BTC nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo aggregate di 2° livello Regione Emilia-Romagna

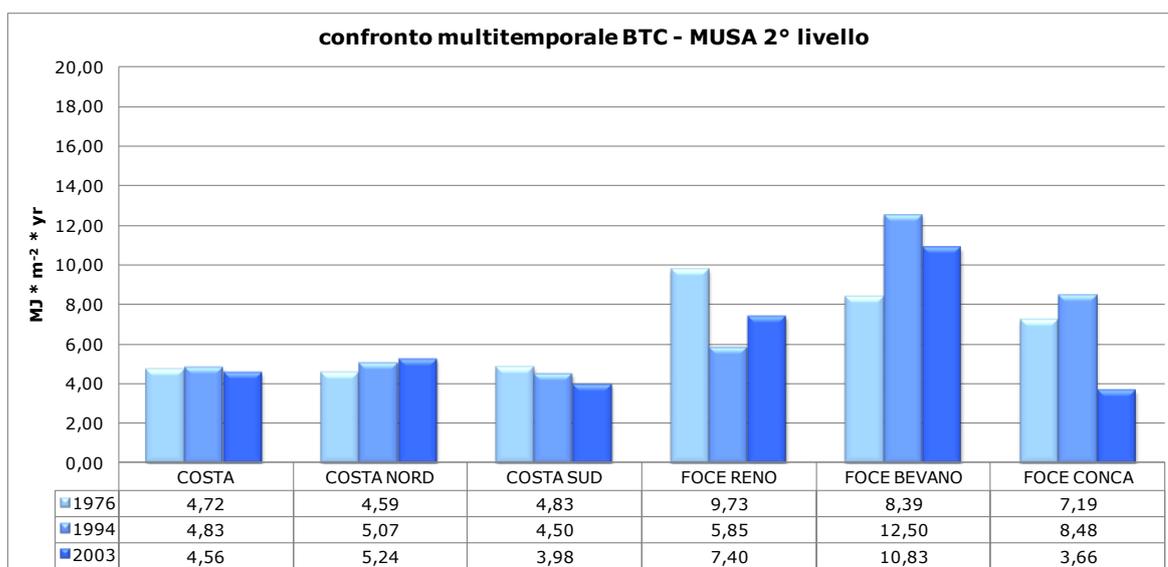
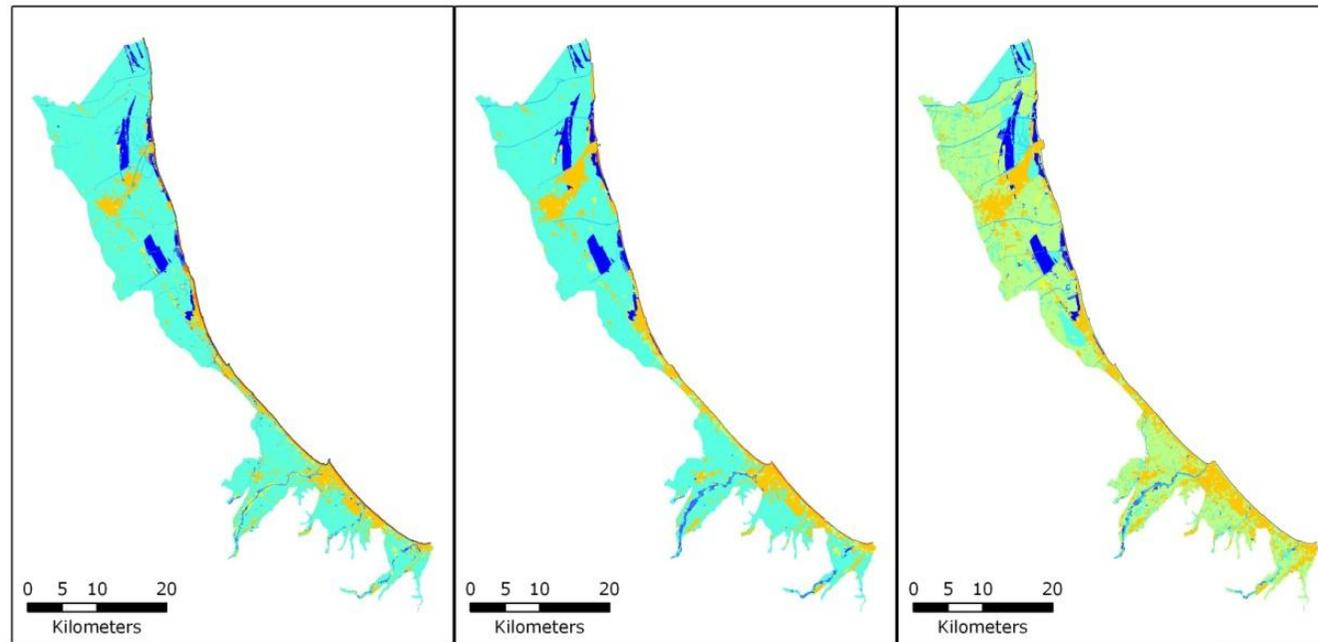


Figura 3.37 – Valori medi Dell'indice BTC nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo aggregate di 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**BTC MUSA livello 2 - COSTA**

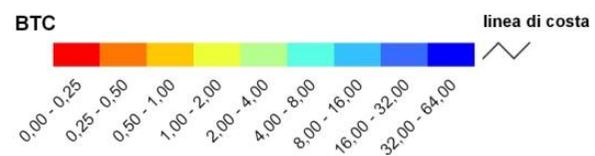


Figura 3.38 – Carte dei valori dell'indice BTC nell'area di studio costa calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna

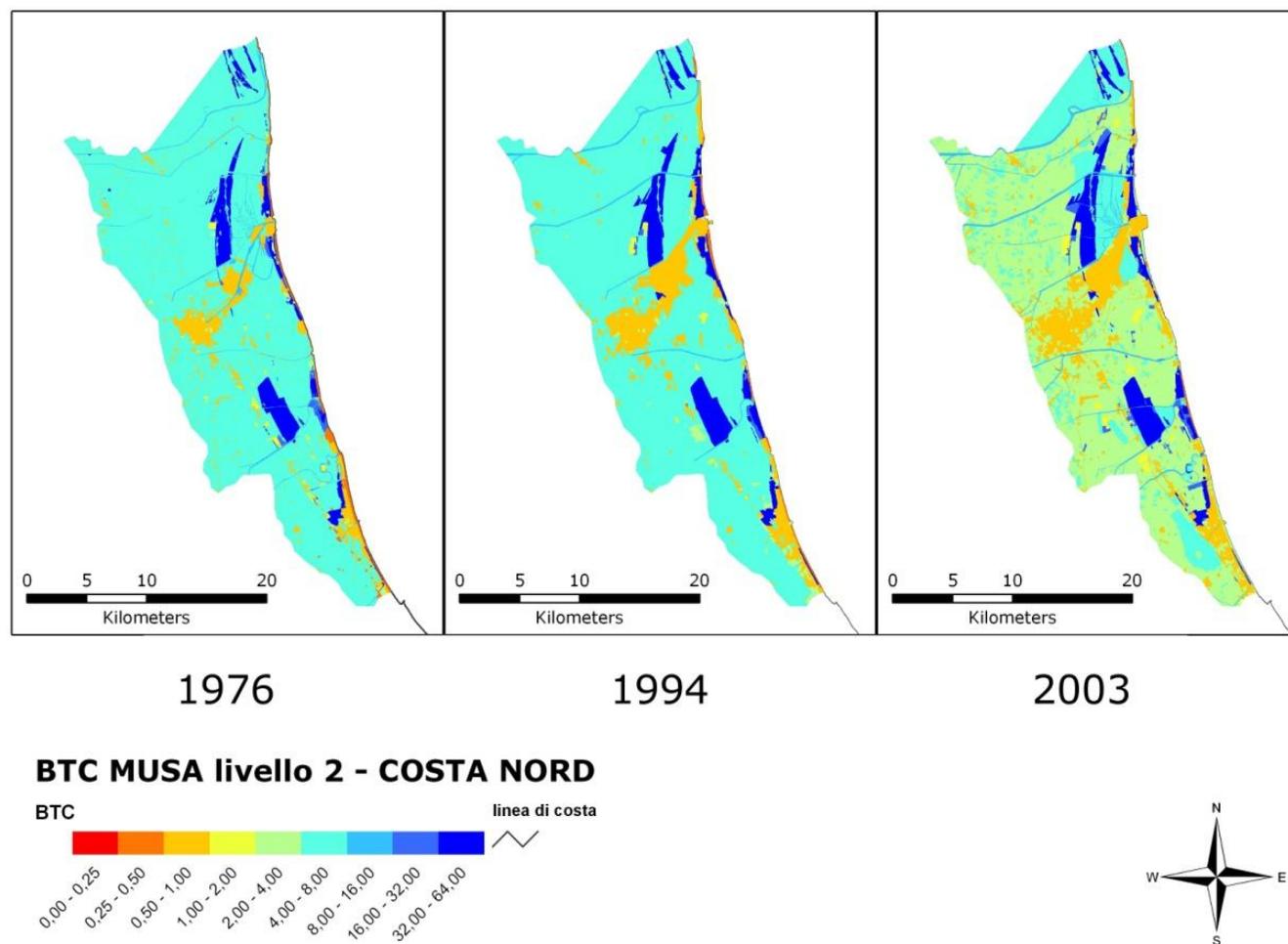
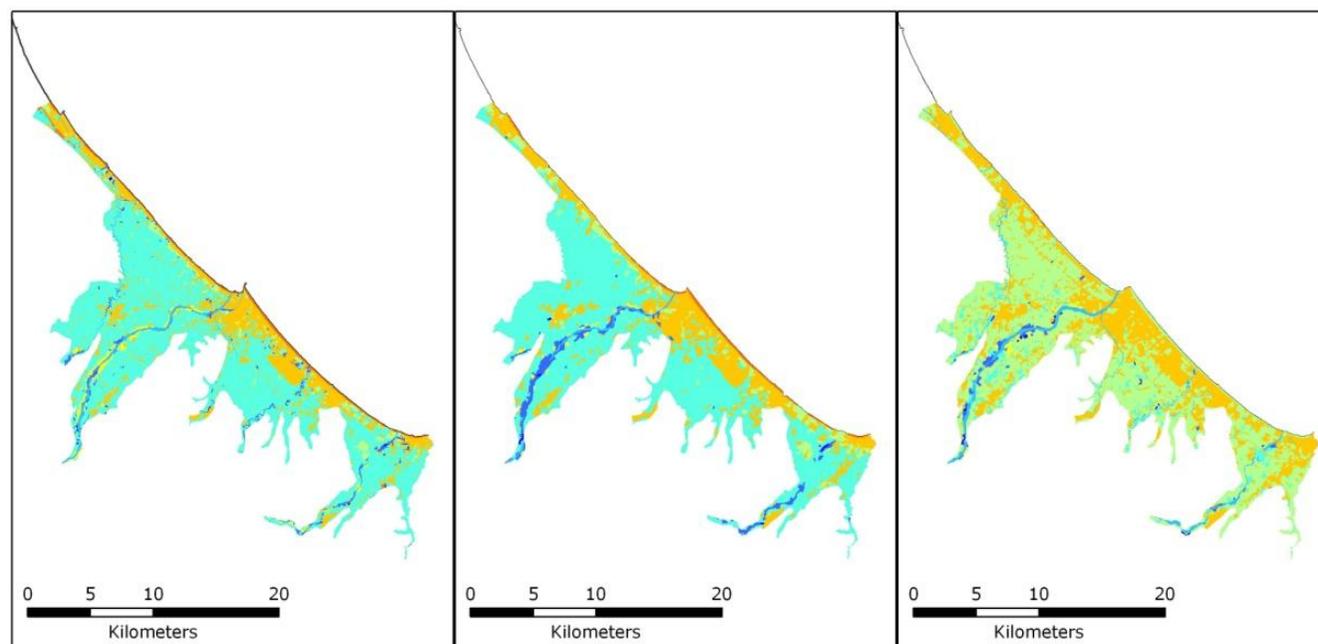


Figura 3.39 – Carte dei valori dell'indice BTC nell'area di studio costa nord calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**BTC MUSA livello 2 - COSTA SUD**

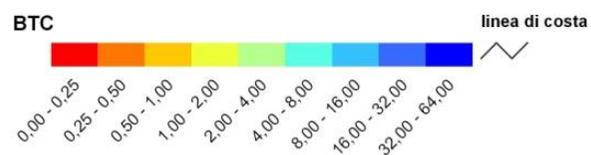
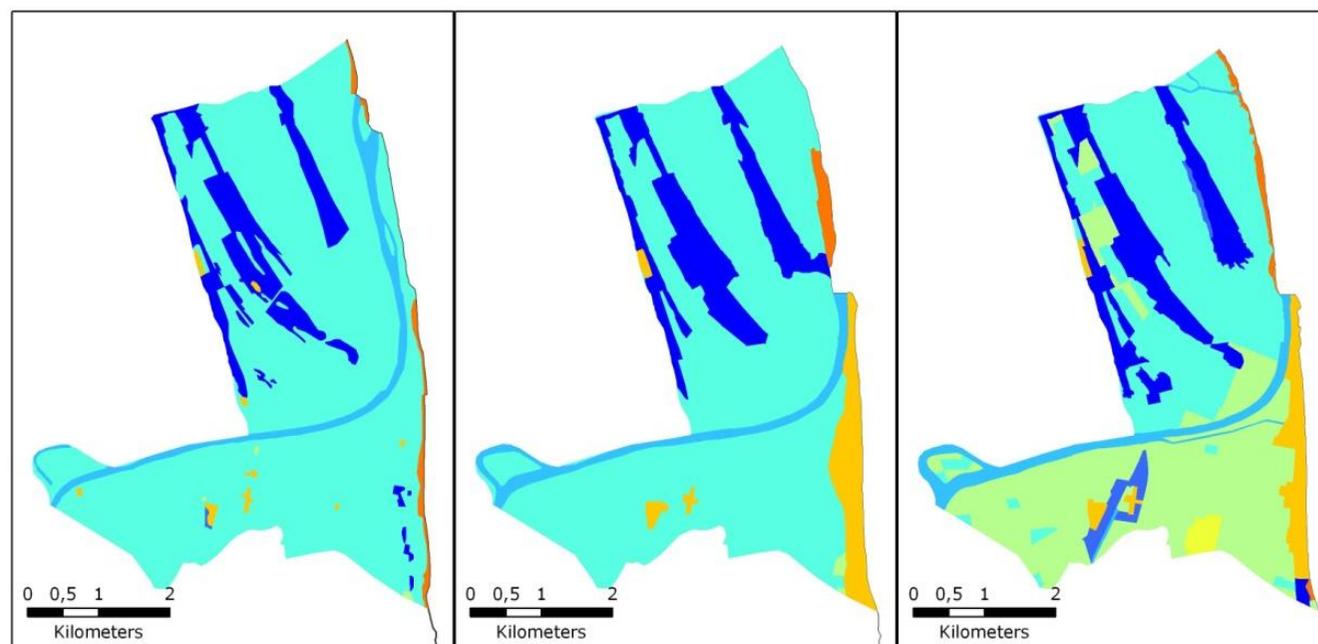


Figura 3.40 – Carte dei valori dell'indice BTC nell'area di studio costa sud calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**BTC MUSA livello 2 - FOCE RENO**

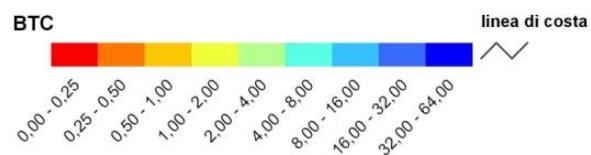
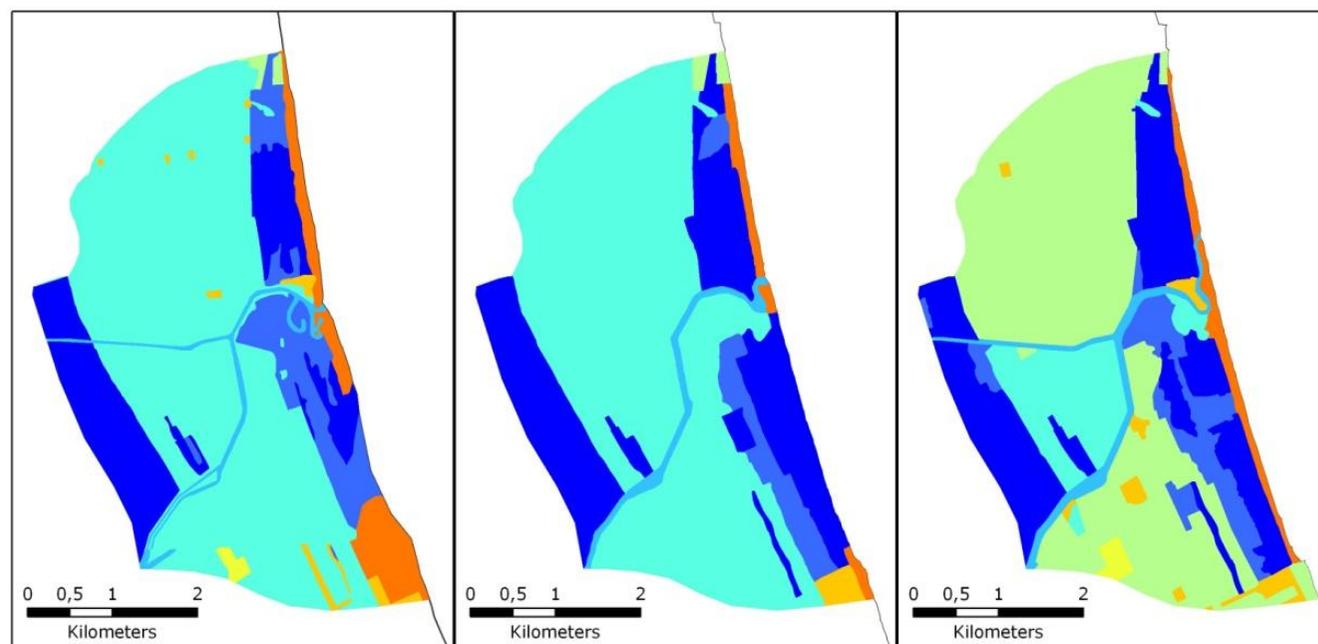


Figura 3.41 – Carte dei valori dell'indice BTC nell'area di studio foce Reno calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**BTC MUSA livello 2 - FOCE BEVANO**

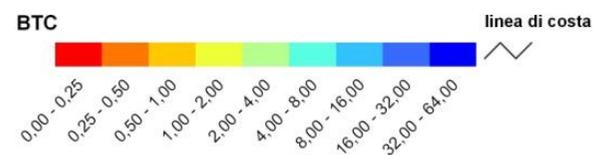
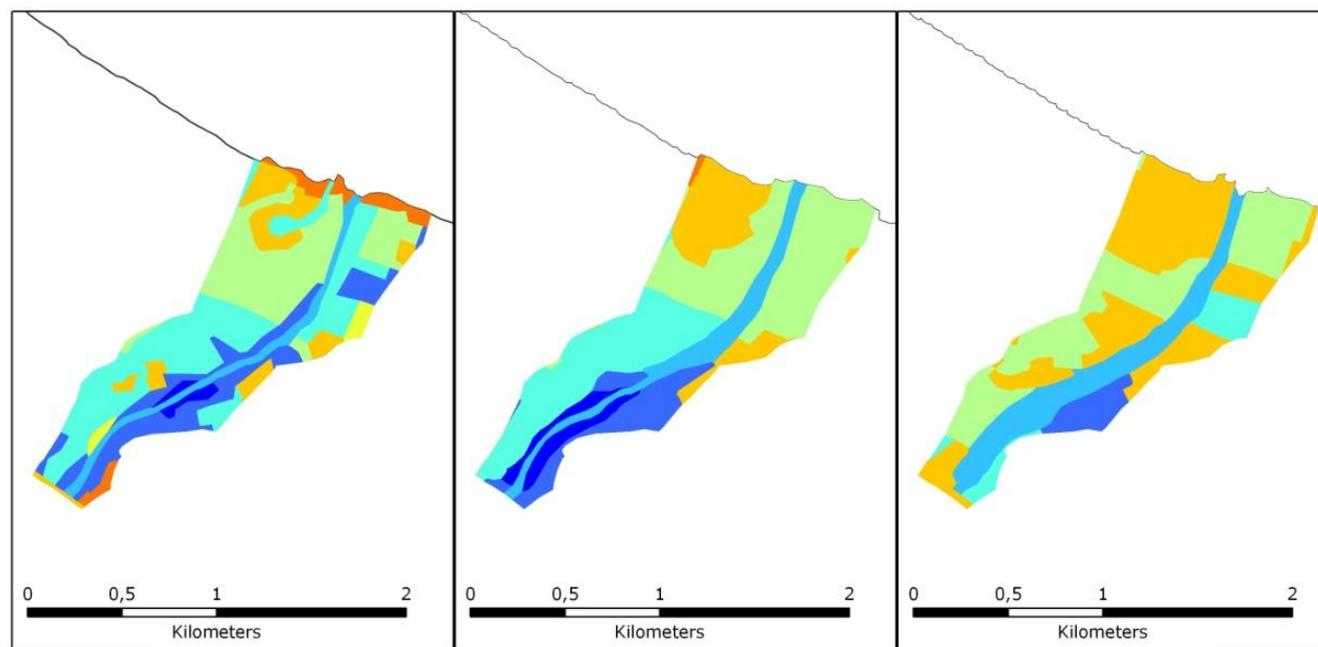


Figura 3.42 – Carte dei valori dell'indice BTC nell'area di studio foce Bevano calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**BTC MUSA livello 2 - FOCE CONCA**

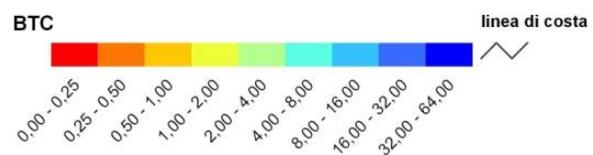


Figura 3.43 – Carte dei valori dell'indice BTC nell'area di studio foce Conca calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna

### 3.3.4 – Percolazione

L'indice di Percolazione (Tabella 3.11 e Figura 3.44), che fornisce una misura della frammentazione del paesaggio e di conseguenza della sua resilienza, presenta i valori medi più alti a foce Reno e foce Bevano, che risultano le uniche due aree percolanti (valore maggiore di 0,5928, circa 0,6) tra quelle studiate. L'area di foce Conca è la meno percolante, con un valore peggiore dell'area di costa sud. La costa nord è più percolante della costa sud. Le carte (Figure 3.45 e 3.46) evidenziano il ruolo fondamentale di corridoi ecologici svolto dai corsi d'acqua, nonché la barriera costituita dalla zona urbana costiera che si estende da Cattolica fino a Milano Marittima.

VALORI PERCOLAZIONE - CLASSI UDS 2003				
AREA DI STUDIO		PERCOLAZIONE		
	area (ha)	valore medio	range	deviazione standard spaziale
<b>COSTA</b>	71024	<b>0,43</b>	1,00	0,32
<b>COSTA NORD</b>	46979	<b>0,47</b>	1,00	0,34
<b>COSTA SUD</b>	24022	<b>0,41</b>	1,00	0,31
<b>FOCE RENO</b>	2154	<b>0,67</b>	1,00	0,41
<b>FOCE BEVANO</b>	1803	<b>0,65</b>	1,00	0,37
<b>FOCE CONCA</b>	144	<b>0,36</b>	1,00	0,37

Tabella 3.11 – Valori medi e variabilità dell'indice Percolazione nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003

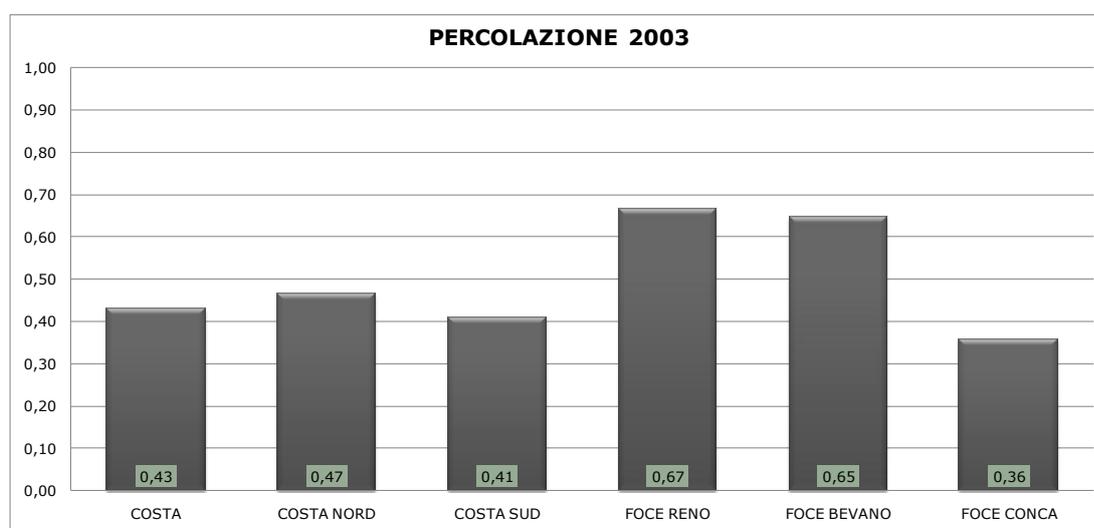
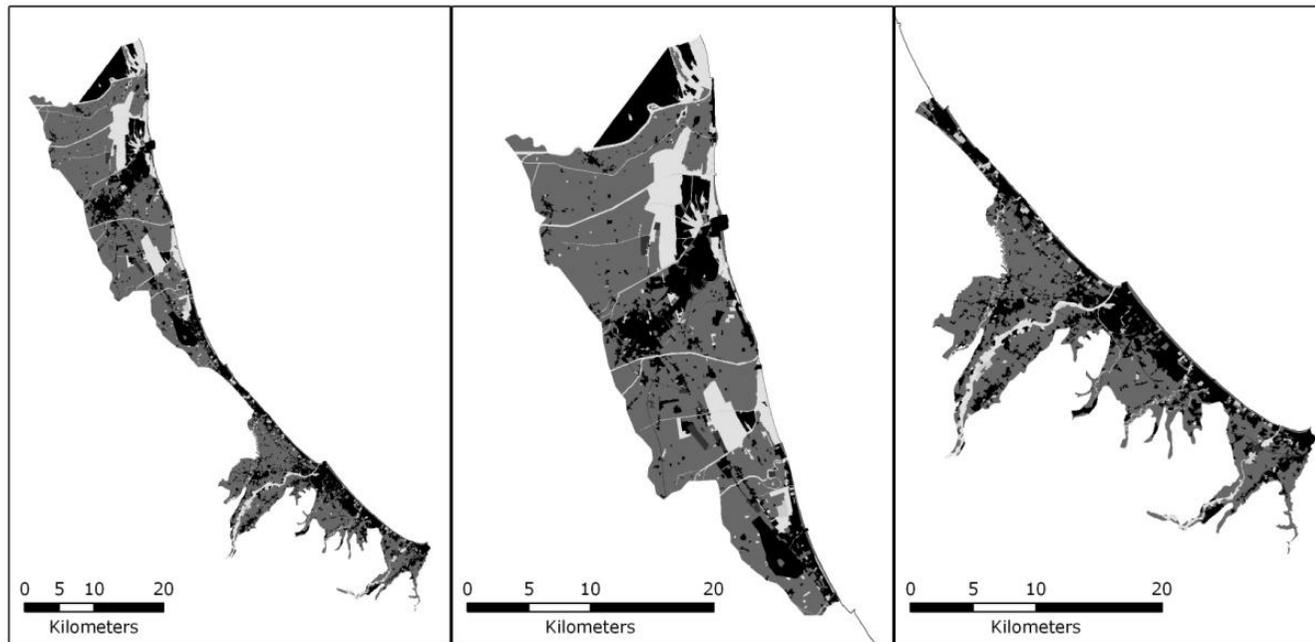


Figura 3.44 – Valori medi dell'indice Percolazione nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003



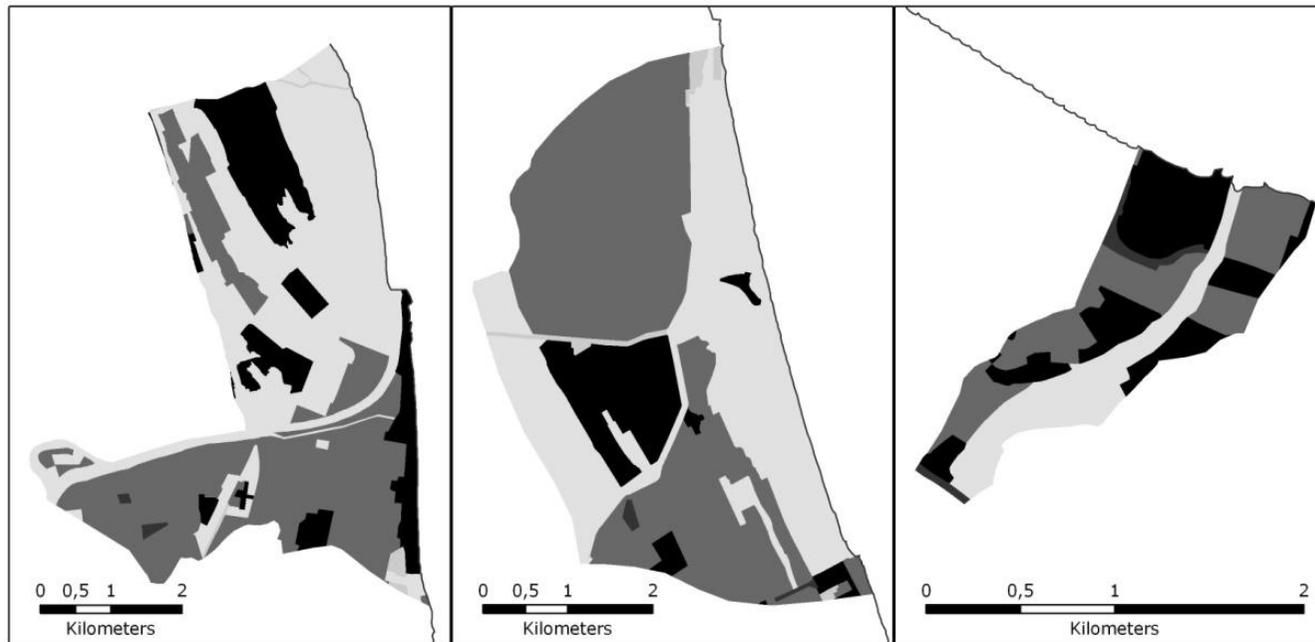
COSTA

COSTA NORD

COSTA SUD



Figura 3.45 – Carte dei valori dell'indice PERCOLAZIONE nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003



FOCE RENO

FOCE BEVANO

FOCE CONCA



Figura 3.46 – Carte dei valori dell'indice PERCOLAZIONE nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003

L'analisi multitemporale (Tabella 3.12 e Figura 3.47) mostra, alla scala regionale, una lieve riduzione del valore medio della costa, una tenuta della costa nord a fronte di un peggioramento della costa sud; alla scala locale, a fronte di una tenuta di foce Reno, si ha un lieve peggioramento a foce Bevano, sufficiente però a far diventare non percolante il paesaggio, e una forte riduzione a foce Conca, il cui valore diventa anche peggiore di quello della costa sud. E' interessante notare come al 1976 tutte le foci fossero percolanti (foce Conca presenta un valore inferiore al limite solo per un decimale), mentre al 2003 risulta percolante solo foce Reno. Altrettanto interessante notare come foce Bevano risulti percolante calcolando l'indice attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo del 2003, e non percolante secondo il calcolo effettuato con i coefficienti ottenuti per le categorie di uso del suolo aggregate. Le carte (Figure 3.48 – 3.53) mostrano un aumento degli elementi non percolanti del paesaggio in tutte le aree.

VALORI PERCOLAZIONE - MUSA 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003					
AREA DI STUDIO			PERCOLAZIONE		
	anno	area (ha)	valore medio	range	deviazione standard spaziale
COSTA	1976	71003	0,49	0,97	0,28
	1994	70919	0,46	0,97	0,29
	2003	71024	0,44	0,97	0,30
COSTA NORD	1976	47021	0,47	0,97	0,27
	1994	46942	0,47	0,97	0,26
	2003	46979	0,46	0,97	0,29
COSTA SUD	1976	23958	0,50	0,97	0,29
	1994	23953	0,45	0,97	0,31
	2003	24022	0,41	0,97	0,31
FOCE RENO	1976	2243	0,62	0,97	0,31
	1994	2177	0,52	0,97	0,25
	2003	2154	0,61	0,97	0,31
FOCE BEVANO	1976	1798	0,62	0,95	0,34
	1994	1808	0,67	0,95	0,31
	2003	1803	0,57	0,97	0,38
FOCE CONCA	1976	143	0,59	0,97	0,38
	1994	144	0,55	0,97	0,38
	2003	144	0,36	0,97	0,36

Tabella 3.12 – Valori medi e variabilità dell'indice Percolazione nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo aggregate di 2° livello Regione Emilia-Romagna

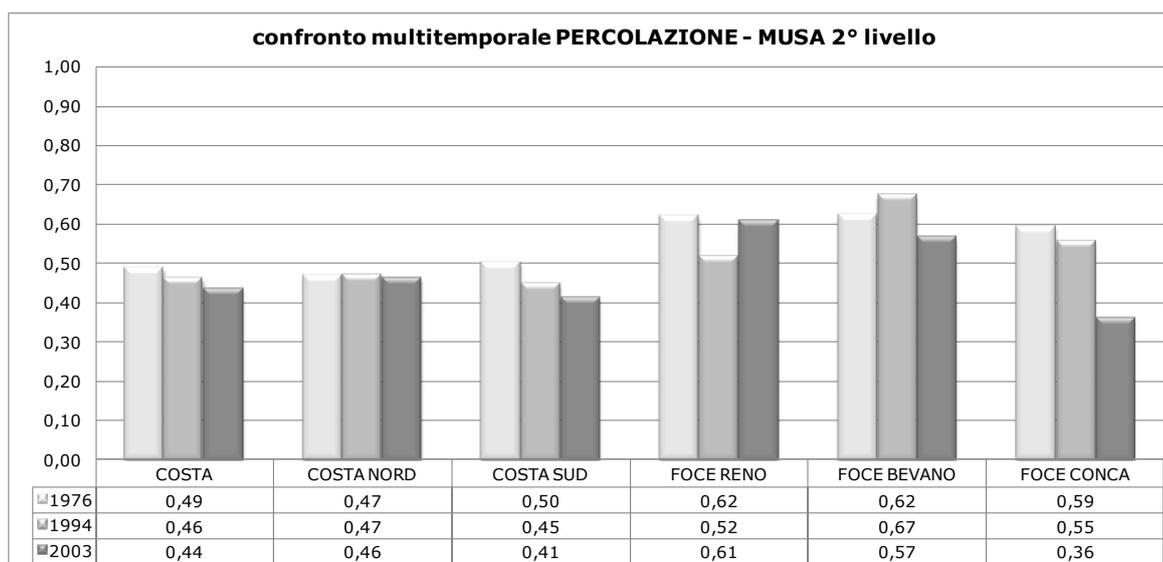
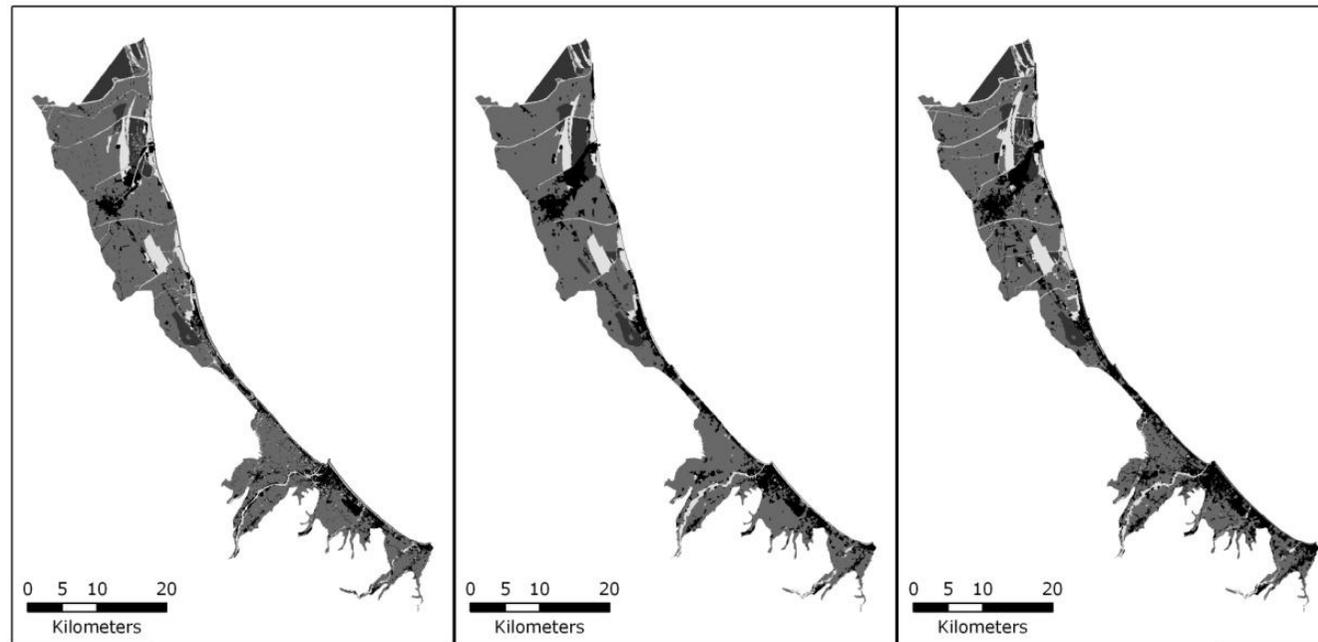


Figura 3.47 – Valori medi dell'indice Percolazione nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo aggregate di 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**PERCOLAZIONE MUSA livello 2 - COSTA**

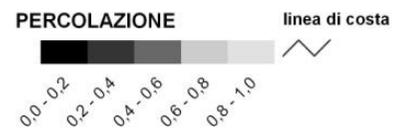
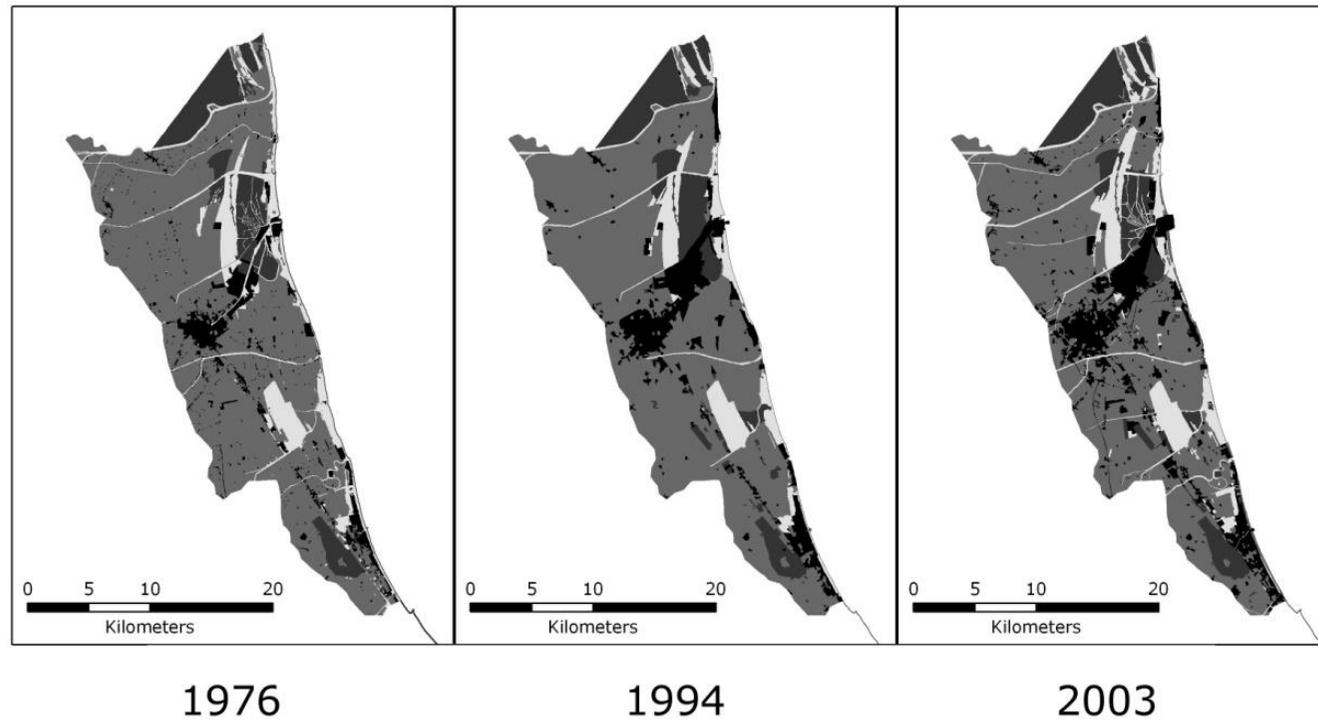
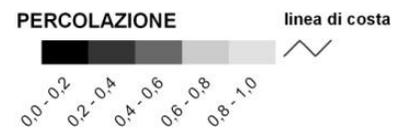


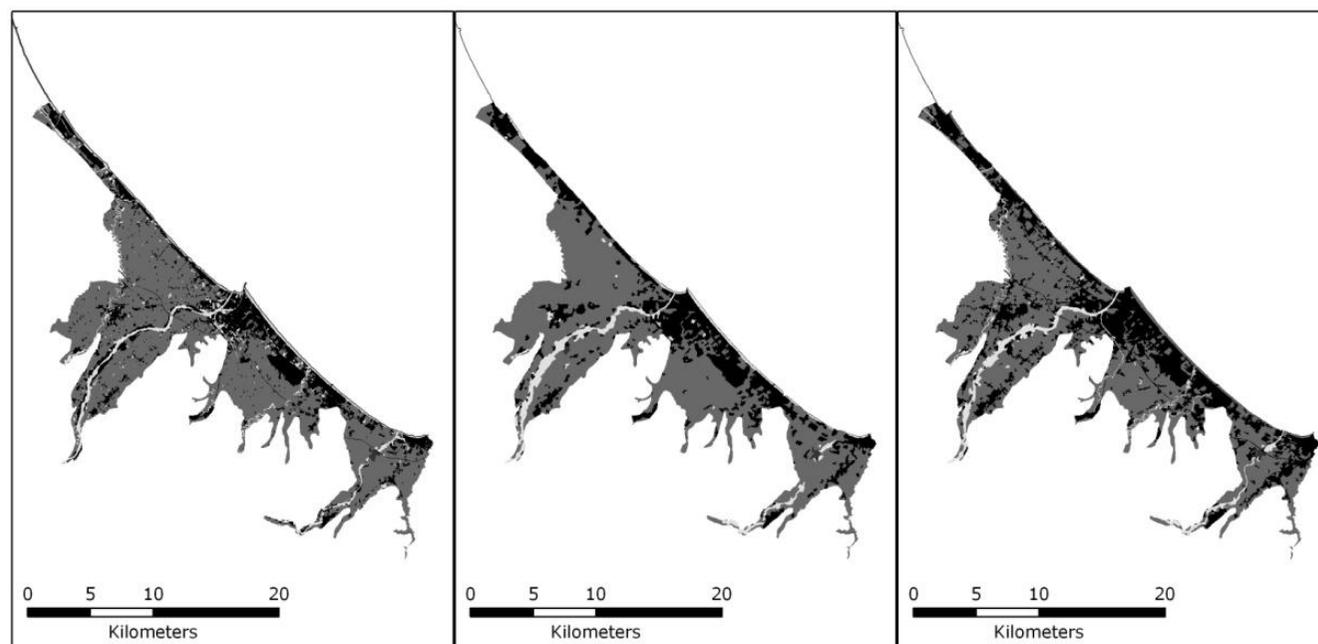
Figura 3.48 – Carte dei valori dell'indice Percolazione nell'area di studio costa calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



**PERCOLAZIONE MUSA livello 2 - COSTA NORD**



**Figura 3.49 – Carte dei valori dell'indice Percolazione nell'area di studio costa nord calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna**



1976

1994

2003

**PERCOLAZIONE MUSA livello 2 - COSTA SUD**

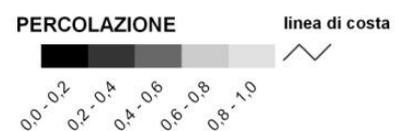
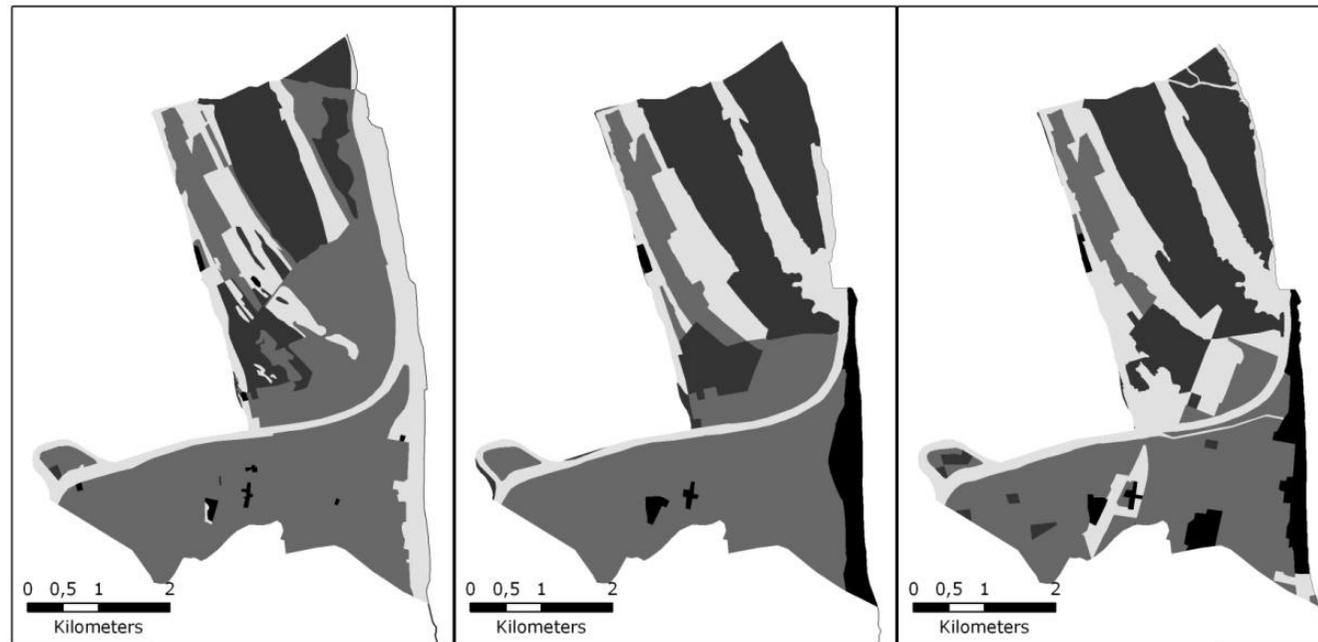


Figura 3.50 – Carte dei valori dell'indice Percolazione nell'area di studio costa sud calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**PERCOLAZIONE MUSA livello 2 - FOCE RENO**

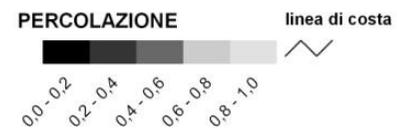
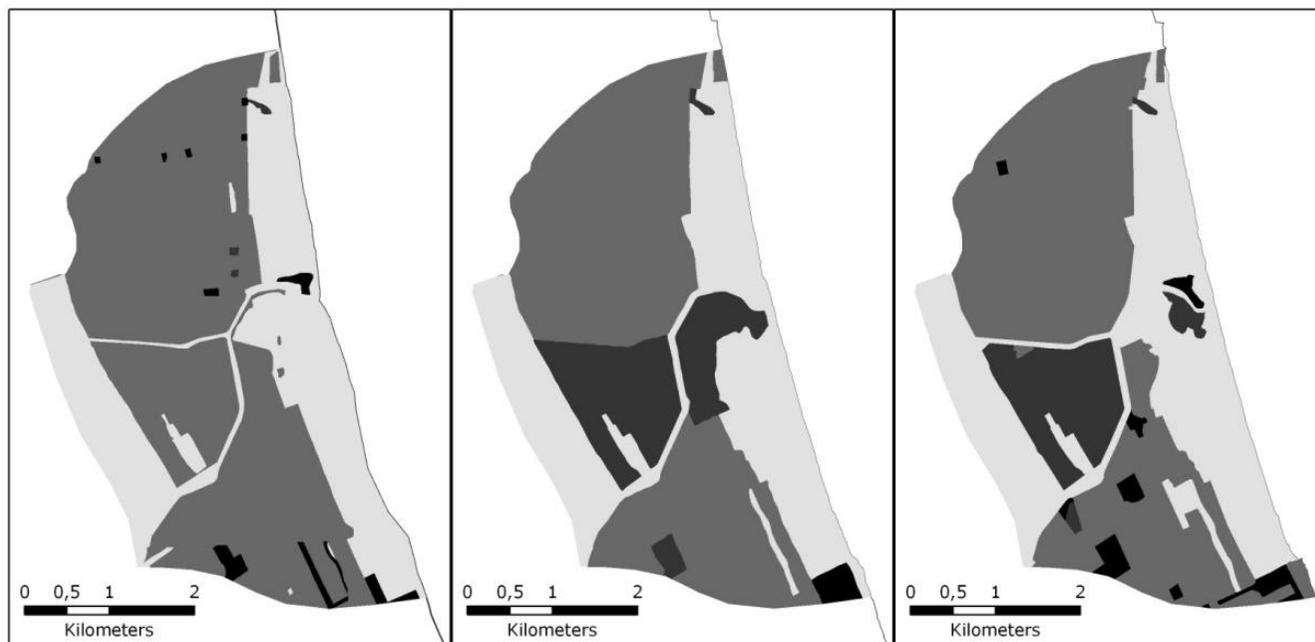


Figura 3.51 – Carte dei valori dell'indice Percolazione nell'area di studio foce Reno calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**PERCOLAZIONE MUSA livello 2 - FOCE BEVANO**

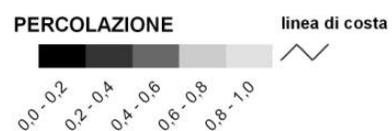
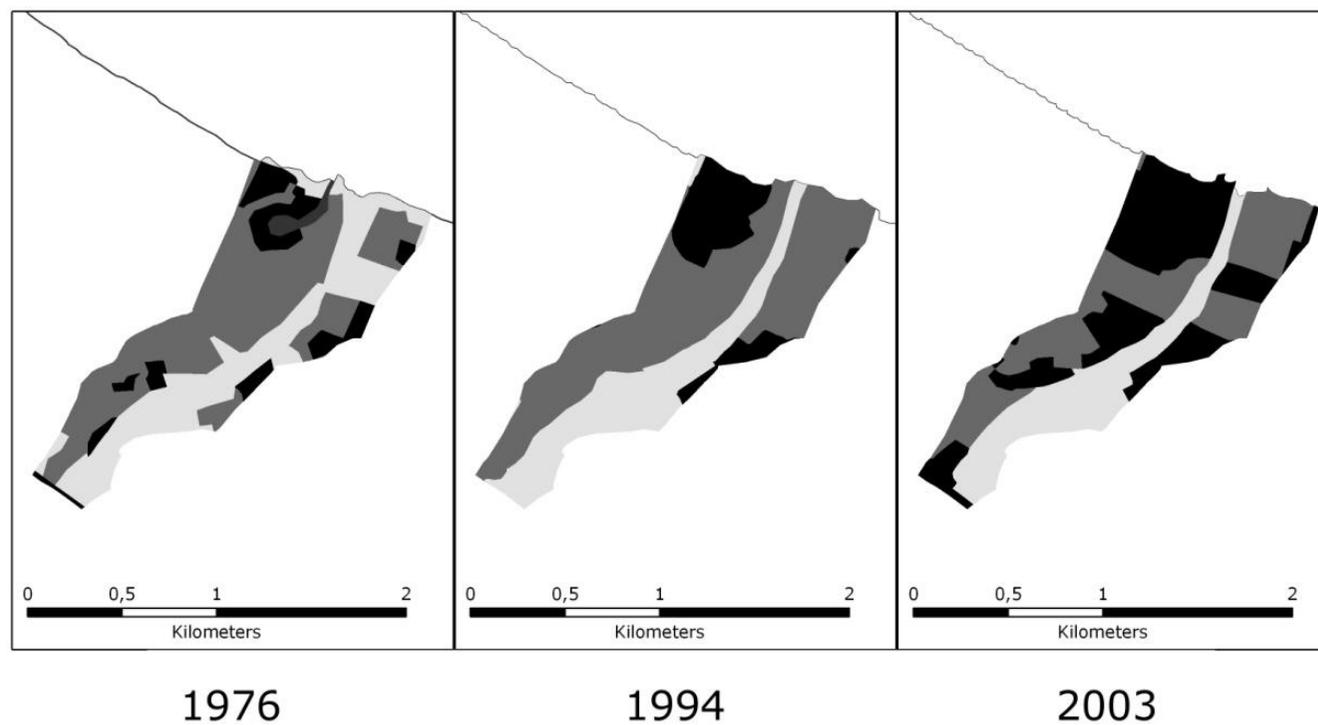


Figura 3.52 – Carte dei valori dell'indice Percolazione nell'area di studio foce Bevano calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



**PERCOLAZIONE MUSA livello 2 - FOCE CONCA**

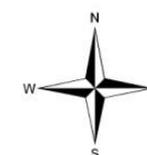
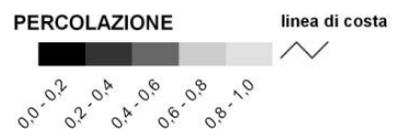


Figura 3.53 – Carte dei valori dell'indice Percolazione nell'area di studio foce Conca calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna

### 3.3.5 – *Indice Faunistico cenotico Medio, IFM*

L'indice IFM (Tabella 3.13 e Figura 3.54), che fornisce una stima dell'idoneità del paesaggio ad ospitare la fauna, presenta i valori medi più alti a foce Reno e a foce Bevano e quelli più bassi a foce Conca, dove il valore è ancora una volta peggiore rispetto alla scala superiore; anche per questo indice la costa nord risulta migliore della costa sud. Le mappe evidenziano l'alto valore faunistico delle zone boscate e seminaturali, e delle aree umide, ed i bassi valori delle aree urbanizzate.

VALORI IFM - CLASSI UDS 2003				
AREA DI STUDIO		IFM		
	area (ha)	valore medio	range	deviazione standard spaziale
<b>COSTA</b>	71024	<b>4,00</b>	9,00	2,70
<b>COSTA NORD</b>	46979	<b>4,22</b>	9,00	2,84
<b>COSTA SUD</b>	24022	<b>3,86</b>	9,00	2,59
<b>FOCE RENO</b>	2154	<b>6,51</b>	9,00	2,54
<b>FOCE BEVANO</b>	1803	<b>5,55</b>	8,41	3,10
<b>FOCE CONCA</b>	144	<b>2,89</b>	8,55	2,71

Tabella 3.13 – Valori medi e variabilità dell'indice IFM nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003

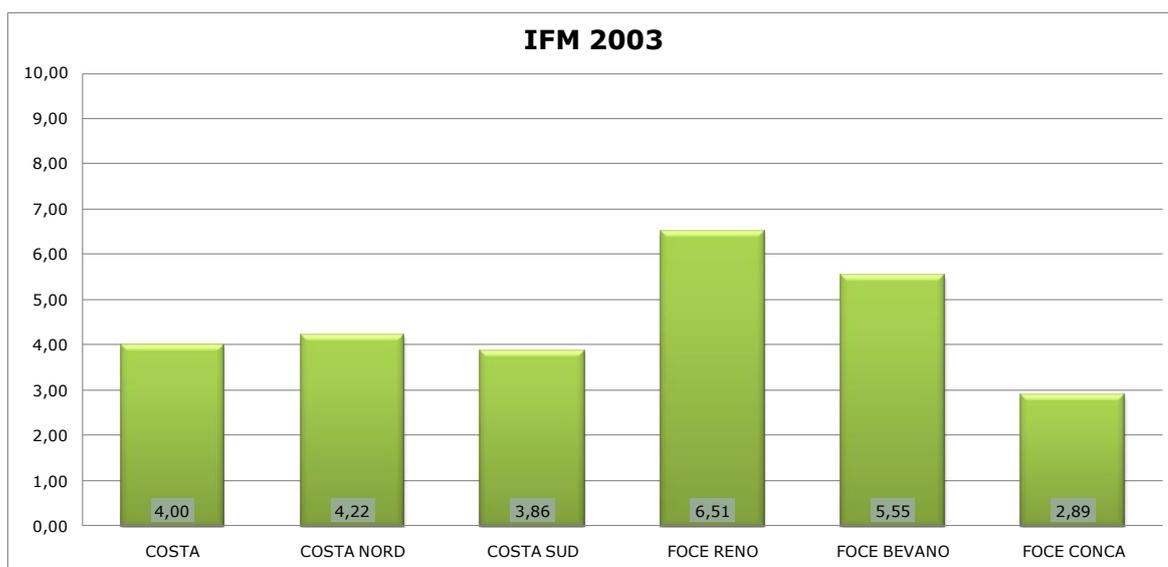
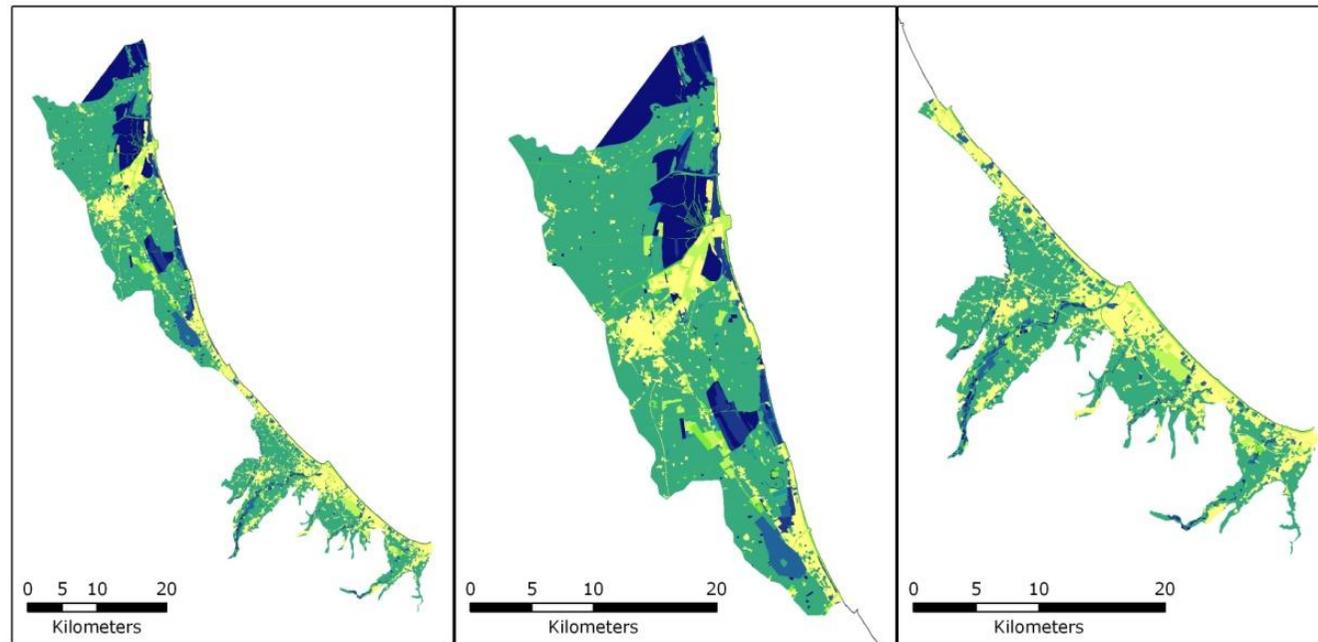


Figura 3.54 – Valori medi dell'indice IFM nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003



COSTA

COSTA NORD

COSTA SUD

**IFM 2003**

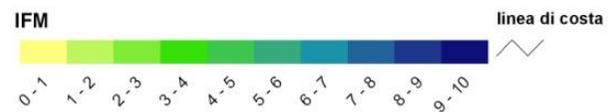
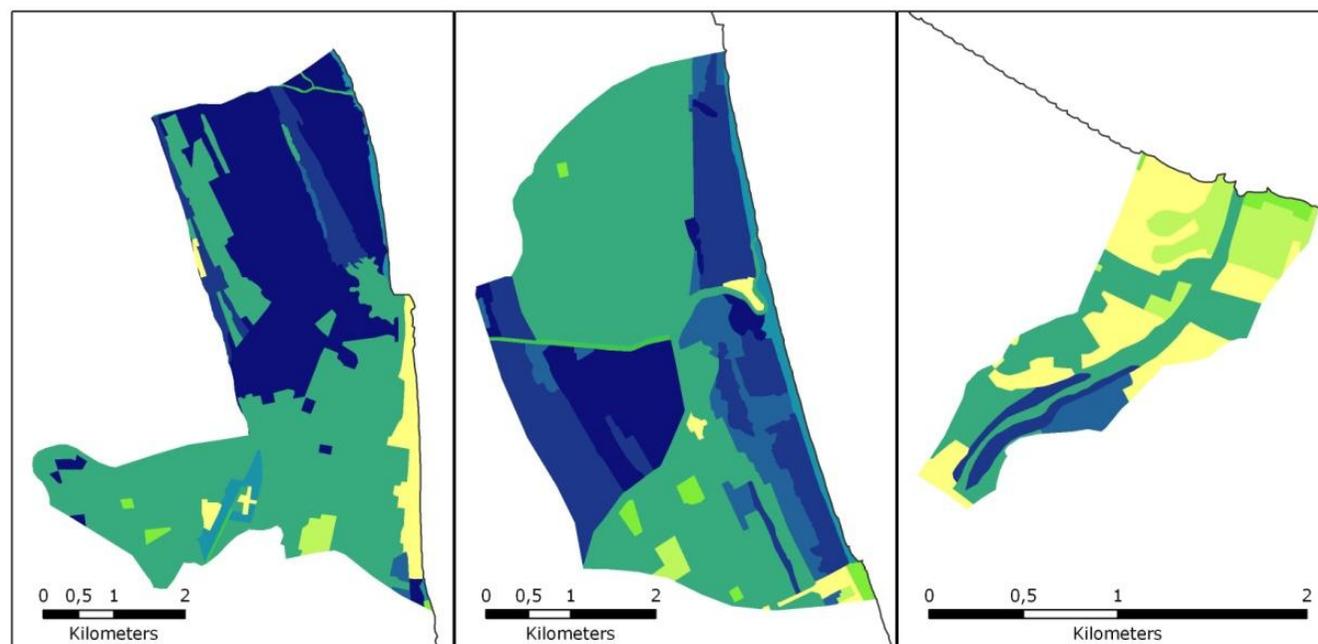


Figura 3.55 – Carte dei valori dell'indice IFM nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003



FOCE RENO

FOCE BEVANO

FOCE CONCA

**IFM 2003**

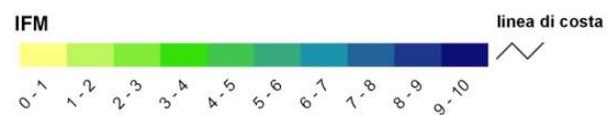


Figura 3.56 – Carte dei valori dell'indice IFM nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003

L'analisi multitemporale (Tabella 3.14 e Figura 3.57) mostra risultati analoghi a quelli della percolazione: una lieve riduzione del valore medio della costa, un lieve miglioramento della costa nord (anche se peggiore rispetto al 1994) a fronte di un peggioramento della costa sud, a livello di macroaree; alla scala locale si ha un lieve peggioramento sia a foce Reno sia a foce Bevano (che però prima migliora poi peggiora notevolmente il proprio valore), e un peggioramento più marcato a foce Conca, il cui valore anche in questo caso si riduce più di quello della costa sud. Le carte (Figure 3.58 – 3.63) evidenziano le forti riduzioni riscontrabili soprattutto a foce Conca e nella costa sud.

VALORI IFM - MUSA 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003					
AREA DI STUDIO			IFM		
	anno	area (ha)	valore medio	range	deviazione standard spaziale
COSTA	1976	71003	4,61	8,15	2,14
	1994	70919	4,48	8,01	2,32
	2003	71024	4,16	7,76	2,37
COSTA NORD	1976	47021	4,56	8,15	2,20
	1994	46942	4,84	8,01	2,25
	2003	46979	4,58	7,76	2,39
COSTA SUD	1976	23958	4,66	8,15	2,10
	1994	23953	4,11	8,01	2,32
	2003	24022	3,80	7,76	2,30
FOCE RENO	1976	2243	6,17	8,15	2,34
	1994	2177	5,90	8,01	2,13
	2003	2154	5,97	7,76	1,99
FOCE BEVANO	1976	1798	5,43	8,11	2,46
	1994	1808	6,44	7,96	2,38
	2003	1803	5,13	7,76	2,93
FOCE CONCA	1976	143	5,02	8,15	2,60
	1994	144	4,55	8,01	2,75
	2003	144	3,07	5,85	2,35

Tabella 3.14 – Valori medi e variabilità dell'indice IFM nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo aggregate di 2° livello Regione Emilia-Romagna

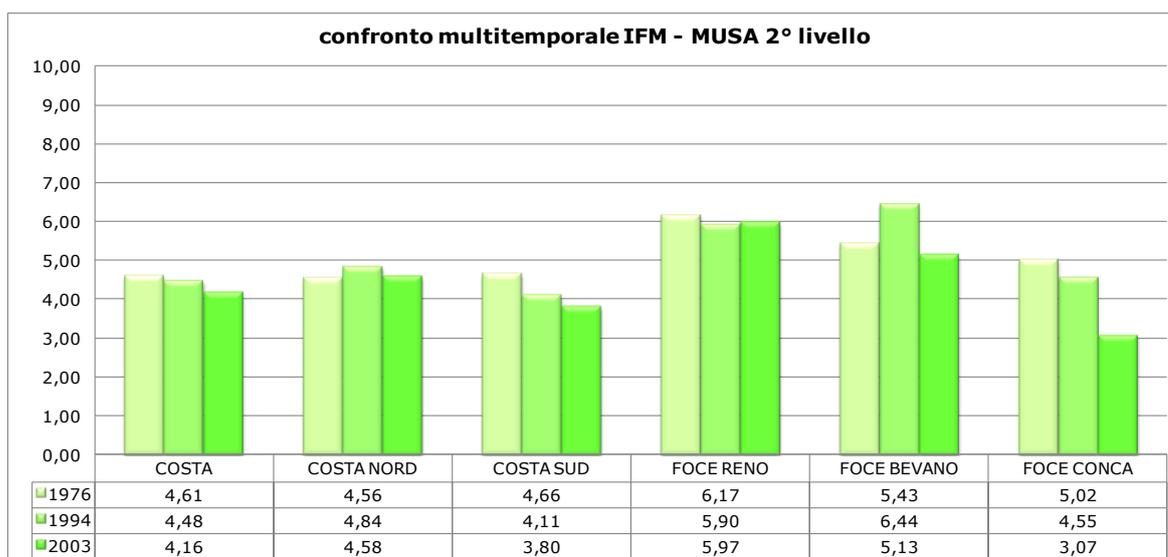
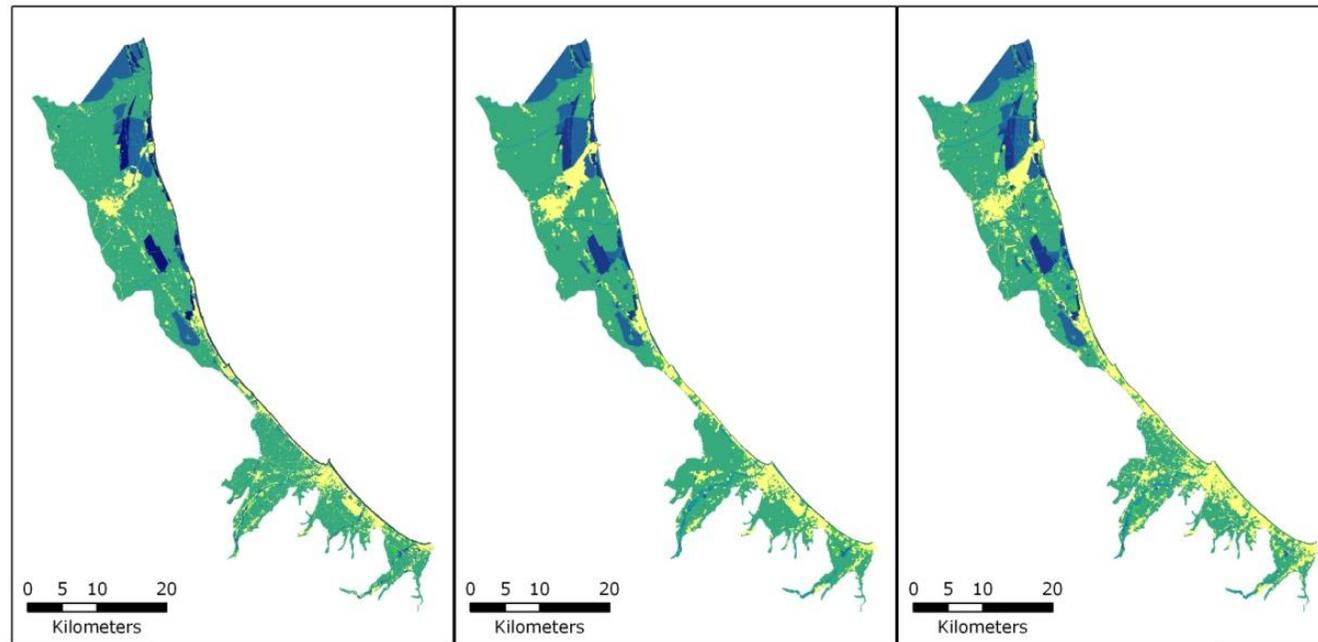


Figura 3.57 – Valori medi dell'indice IFM nelle aree di studio calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo aggregate di 2° livello Regione Emilia-Romagna

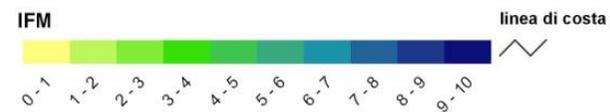


1976

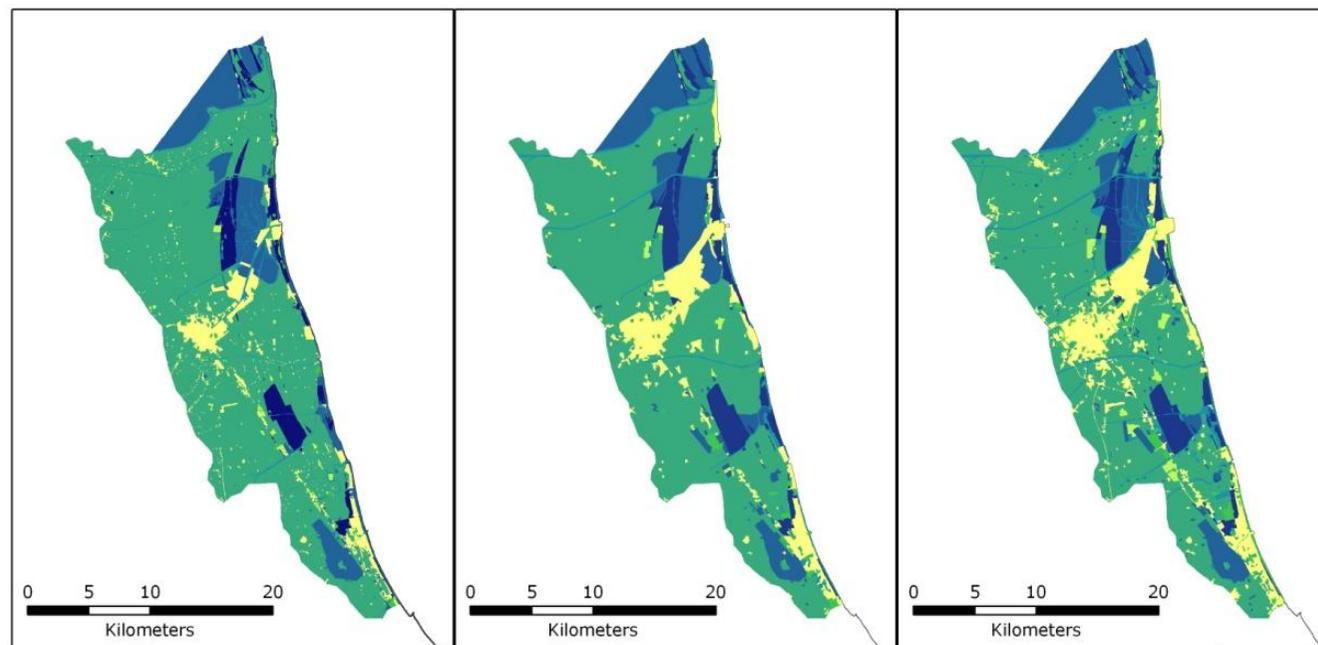
1994

2003

**IFM MUSA livello 2 - COSTA**



**Figura 3.58 – Carte dei valori dell'indice IFM nell'area di studio costa calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna**



1976

1994

2003

**IFM MUSA livello 2 - COSTA NORD**

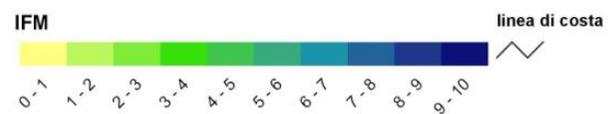


Figura 3.59 – Carte dei valori dell'indice IFM nell'area di studio costa nord calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna

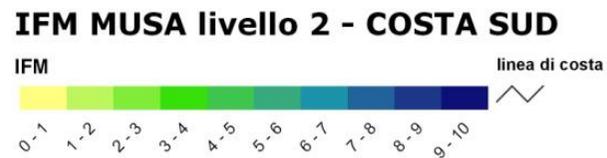
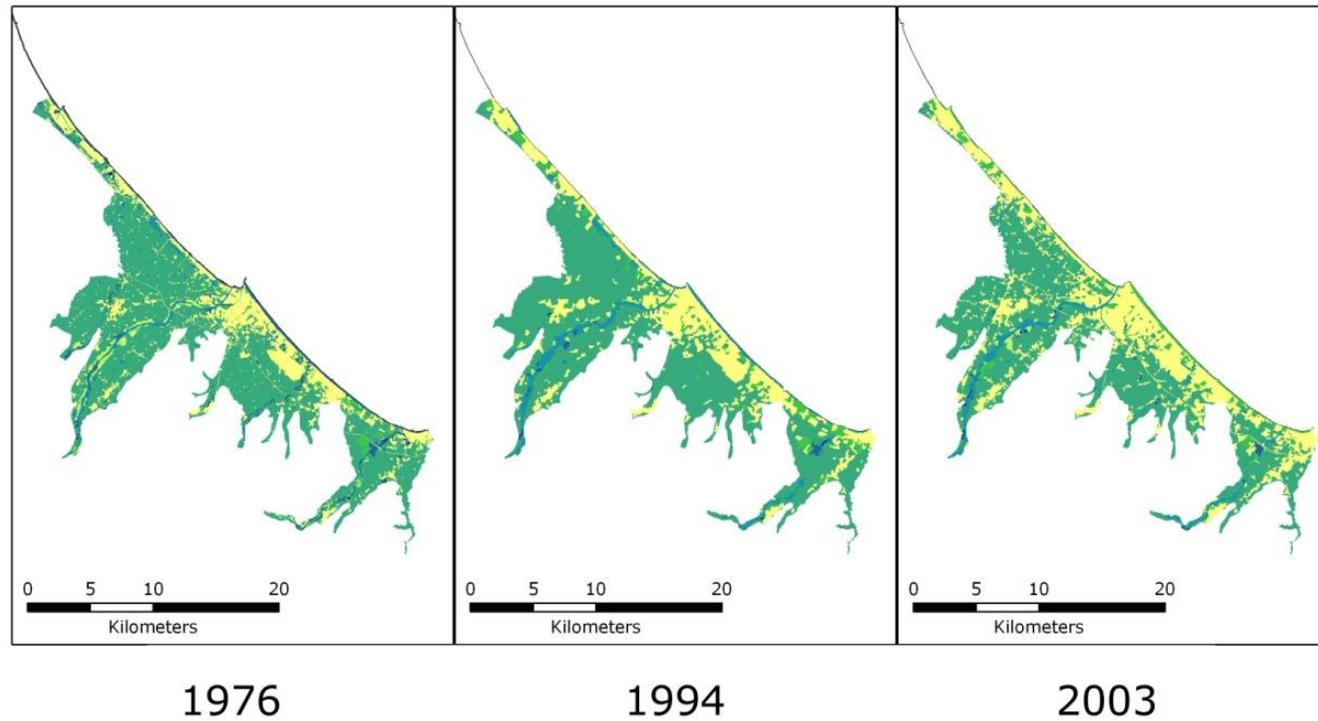
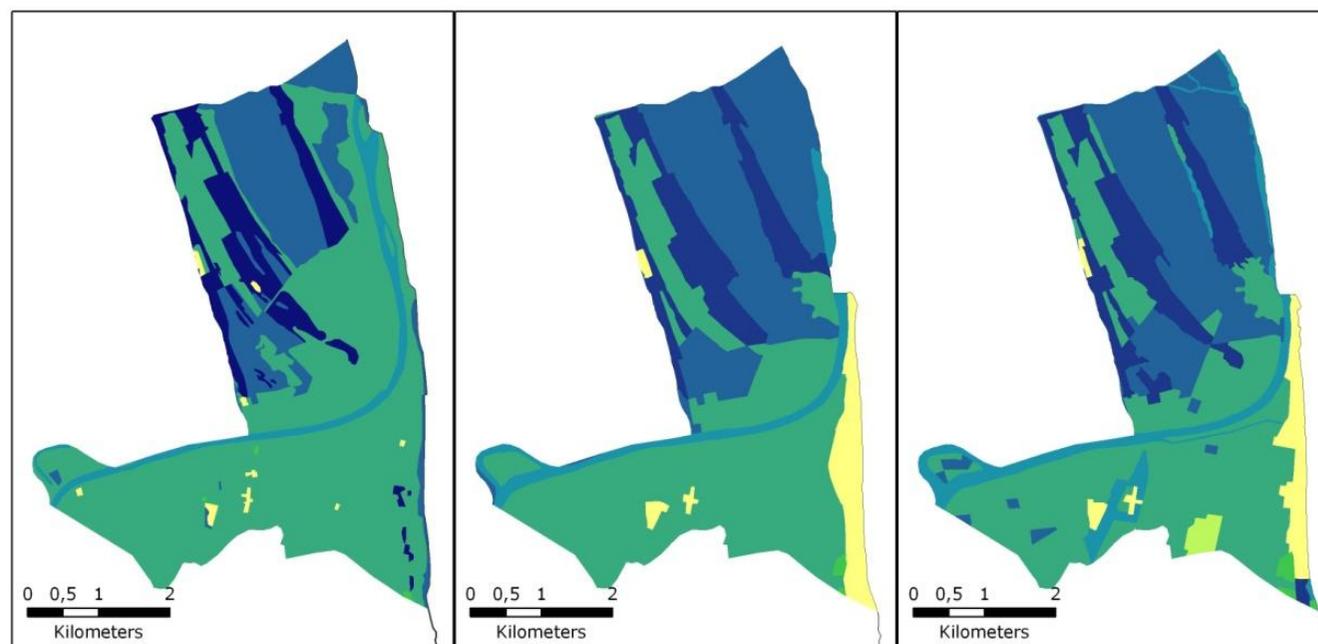


Figura 3.60 – Carte dei valori dell'indice IFM nell'area di studio costa sud calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**IFM MUSA livello 2 - FOCE RENO**

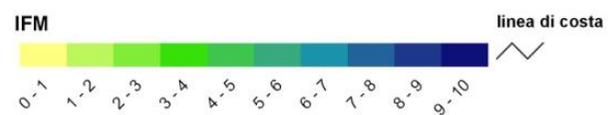
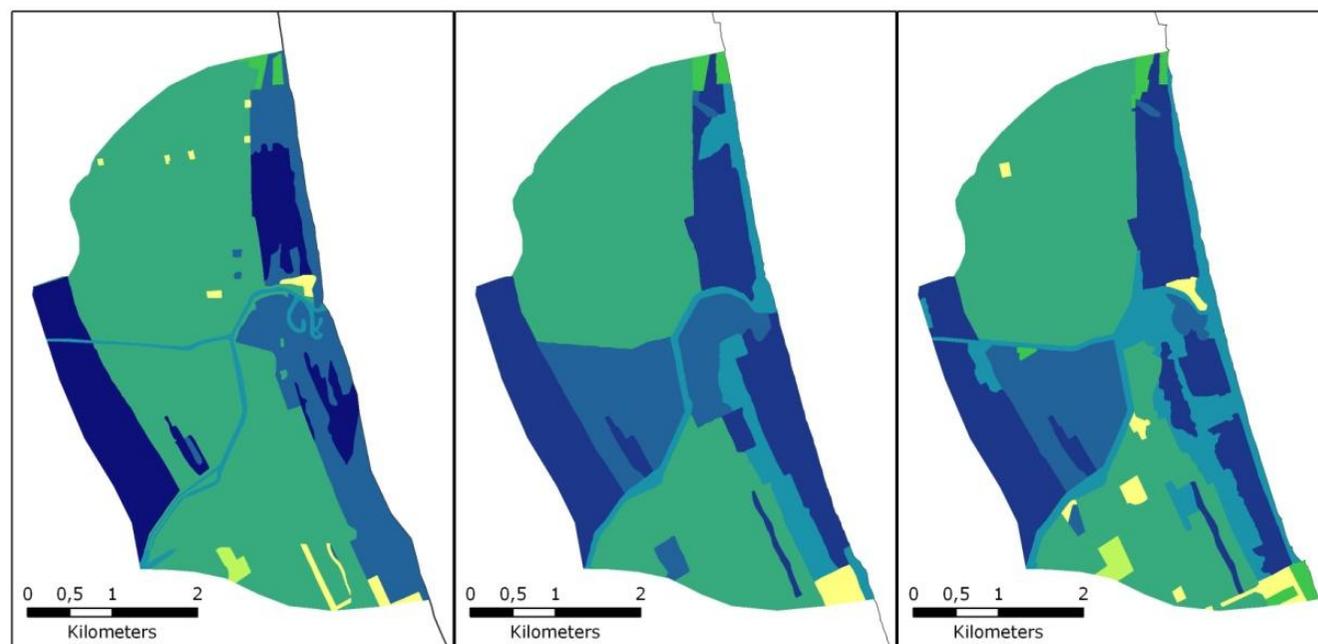


Figura 3.61 – Carte dei valori dell'indice IFM nell'area di studio foce Reno calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna



1976

1994

2003

**IFM MUSA livello 2 - FOCE BEVANO**

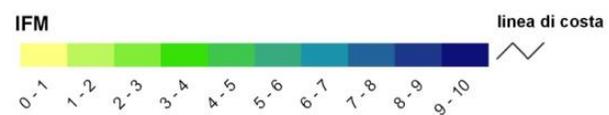
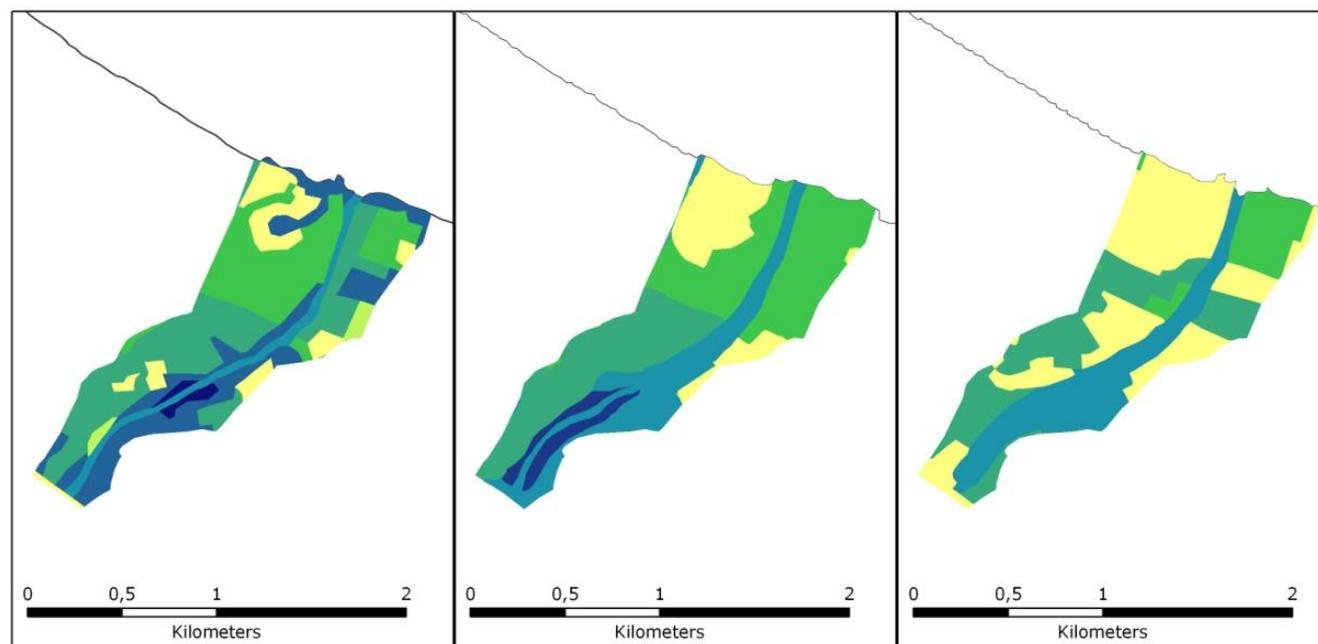


Figura 3.62 – Carte dei valori dell'indice IFM nell'area di studio foce Bevano calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna

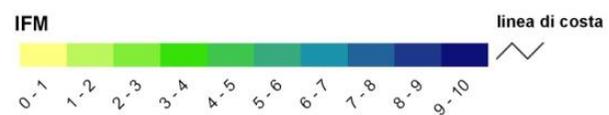


1976

1994

2003

**IFM MUSA livello 2 - FOCE CONCA**



**Figura 3.63 – Carte dei valori dell'indice IFM nell'area di studio foce Conca calcolati attraverso i coefficienti per le macrocategorie di uso del suolo MUSA 2° livello Regione Emilia-Romagna**

## 3.4 – ANALISI DI DETTAGLIO IN AREE DI FOCE FLUVIALE

### 3.4.1 – Differenza tra BTC reale e BTC potenziale: BTC gap

Per valutare lo stato di salute degli ecosistemi vegetali nelle aree di foce fluviale in relazione alla loro condizione potenziale, è stata calcolata la differenza tra l'indice BTC reale e la BTC potenziale degli ambienti costieri. Sono stati considerati soltanto tre ambienti:

1. spiaggia emersa:
  - i. valore di BTC potenziale:  $0,836 \text{ MJ} * \text{m}^{-2} * \text{yr}^{-1}$
  - ii. estensione: buffer di 80 m dalla linea di costa verso l'interno;
2. duna e retroduna:
  - i. valore di BTC potenziale:  $5,434 \text{ MJ} * \text{m}^{-2} * \text{yr}^{-1}$ ;
  - ii. estensione: buffer tra 80 e 160 m dalla linea di costa verso l'interno;
3. vegetazione costiera:
  - i. valore di BTC potenziale:  $23 \text{ MJ} * \text{m}^{-2} * \text{yr}^{-1}$ ;
  - ii. estensione: buffer da 160 m al limite dell'area di studio, dalla linea di costa verso l'interno.

Sono state costruite le carte della BTC potenziale ed è stata calcolata la differenza tra BTC potenziale e BTC reale per ciascun poligono ricavato dall'intersezione di queste con le carte della BTC reale, quindi è stato calcolato il valore medio del "gap" di BTC per ogni area di studio. Sono stati posti uguali a zero i valori negativi riscontrati per alcuni poligoni; benché sia possibile ottenere un valore di BTC reale superiore alla BTC potenziale, attraverso l'irrigazione e la fertilizzazione (si pensi ad esempio ad un campo da golf o ad un campo coltivato in un ambiente arido), a questo livello di approssimazione nell'analisi non si è voluto tener conto di queste situazioni.

Il modello utilizzato è estremamente semplificato, ed i risultati ottenuti devono essere considerati estremamente approssimati; la BTC potenziale andrebbe infatti calcolata in modo più accurato, a partire dalle carte di vegetazione potenziale e tenendo in considerazione la geomorfologia e l'evoluzione del territorio nel tempo attraverso la cartografia storica.

La valutazione della differenza tra la BTC potenziale e la BTC reale nelle aree di foce (Tabella 3.15, Figure 3.64 – 3.65) evidenzia comunque come foce Conca sia la più distante dalla situazione “ideale” di riferimento, mentre foce Bevano presenta la situazione che meno si discosta da questa.

<b>CONFRONTO VALORI BTC GAP 2003</b>				
<b>AREA STUDIO</b>		<b>BTC GAP</b>		
	area (ha)	valore medio	range	deviazione standard spaziale
<b>FOCE RENO</b>	2154	<b>11,26</b>	22,58	8,08
<b>FOCE BEVANO</b>	1803	<b>7,90</b>	22,58	9,11
<b>FOCE CONCA</b>	144	<b>12,67</b>	22,58	10,06

Tabella 3.15 – Valori medi e variabilità dell'indice BTC gap nelle aree di studio delle foci fluviali calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003

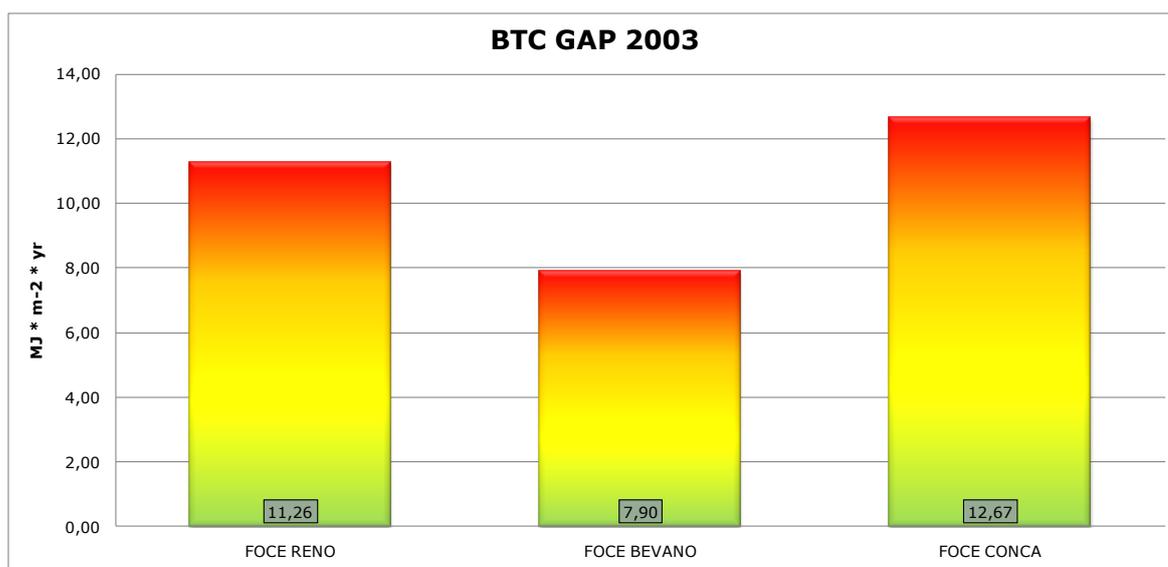
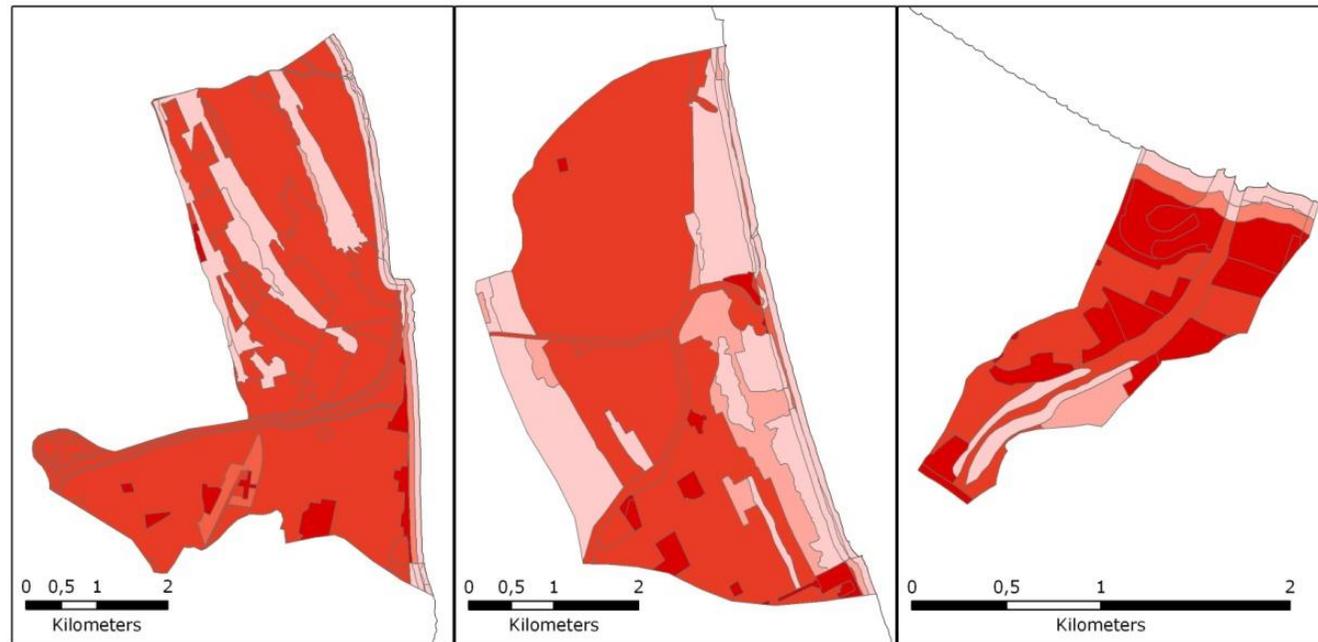


Figura 3.64 – Valori medi dell'indice BTC gap nelle aree di studio delle foci fluviali calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003



FOCE RENO

FOCE BEVANO

FOCE CONCA

**BTC GAP 2003**

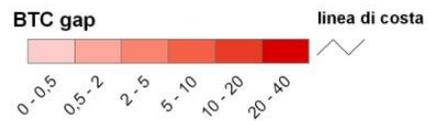


Figura 3.65 – Carte dei valori dell'indice BTC gap nelle aree di studio delle foci fluviali calcolati attraverso i coefficienti per le classi di uso del suolo Regione Emilia-Romagna 2003

### **3.4.2 – Analisi granulometriche e check list di geomorfologia**

Le tabelle e i grafici con i dati riguardanti le analisi granulometriche e le check list degli elementi geomorfologici sono riportate nell'Allegato B. In base alle analisi granulometriche ed alle osservazioni effettuate e riportate nelle check list della geomorfologia, sono state fatte le seguenti ipotesi sui processi in atto.

#### **3.4.2.1 – foce Reno**

Il transetto T1, corrispondente alla foce, presenta deposizione di sabbie, con maggiore cernita per azione moto ondoso/di marea. Il transetto T2, più all'interno, presenta deposizione di sabbie e argille fluviali in sponda sinistra ed erosione fluviale in sponda destra, confermata anche dalla presenza di una piccola scarpata all'uscita dell'ultima curva. In entrambi i transetti, a lato mare la freccia litorale presenta forte erosione da parte dell'azione marina; si segnala anche la presenza di ventagli di washover sulla sponda destra del fiume, causati da eventi di ingressione marina. In spiaggia si dovrebbero trovare depositi sabbiosi classati alternati a depositi fluviali di rotta non classati; nella parte superficiale in realtà è stato rilevato un banco di argilla: probabilmente questo è segno che i depositi di spiaggia sono stati erosi durante i fenomeni marini più energetici (mareggiate), e che sono state portate alla luce le argille sottostanti. Infine, il campione prelevato in spiaggia a nord della foce presenta sabbia ben cernita dall'azione del moto ondoso.

#### **3.4.2.2 – foce Bevano**

I campioni prelevati al transetto di foce (T1) e sulla spiaggia adiacente, sono coerenti con i depositi di freccia litorale e con i processi di estuario: si ha deposizione di sabbia, da moderatamente a ben classata per azione delle onde, con il materiale più grossolano nella parte esterna alla foce e quello più fine in quella interna. Il transetto T2 mostra invece un'alta percentuale di materiale fine, prevalente in sponda destra, ovvero all'interno di una curva; questo potrebbe essere il segno dell'effetto di marea, che spinge le acque salate più dense lungo l'asta fluviale, rendendo più difficoltoso il deflusso delle portate liquide e solide verso la foce, con conseguente deposizione dei materiali più fini.

### 3.4.2.3 – foce Conca

I campioni prelevati sulla battigia a nord e a sud della foce sono coerenti con depositi di spiaggia. Il transetto T1 presenta una prevalenza di ghiaia e ciottoli, come è lecito attendersi visto il carattere torrentizio del corso d'acqua e la minore distanza dalla foce della porzione montana del bacino. Le classi più grossolane prevalgono anche nei sedimenti del transetto T2, dove si osserva anche un aumento della frazione fine trattenuta dalla folta vegetazione che ricopre le sponde in questo tratto.

### **3.4.3 – River Mouth Functionality Index, RMFI**

Al fine di poter applicare l'indice IFF alle zone estuarine, ne è stato effettuato un adattamento, mantenendo inalterati l'approccio ed il metodo e sostituendo quegli elementi a causa dei quali l'applicazione dell'indice negli ambienti di foce risulta non coerente o impraticabile.

Il nuovo indice sviluppato, denominato River Mouth Functionality Index (RMFI), differisce dall'IFF per l'oggetto di osservazione di alcune domande, mentre il numero delle stesse rimane inalterato, così come il punteggio e la classificazione in livelli di funzionalità (Tabelle 3.16 – 3.18 )

## SCHEDA RIVER MOUTH FUNCTIONALITY INDEX

Bacino		Corso d'acqua	
Località			
Codice	Dettagli		
Tratto (m)	Larghezza alveo di morbida (m)	Quota (m) s.l.m.	
Data	Scheda N°	Foto N°	

	Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
--	-----------	--------------	-----------

**1) Stato del territorio circostante**

a)	Zone umide costiere e/o dune costiere e/o morfologia naturale della zona costiera	25		25
b)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con scarsa antropizzazione (strutture non permanenti)	20		20
c)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con elevata antropizzazione (strutture permanenti)	5		5
d)	Aree urbanizzate	1		1

**2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria**

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	40		40
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	25		25
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa <i>oppure</i>	1		1

**2 bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria**

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	20		20
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	10		10
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

**3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti nella fascia perifluviale**

a)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
c)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d)	Assenza di formazioni funzionali	1		1

**4) Continuità delle formazioni funzionali presenti nella fascia perifluviale**

a)	Sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d)	Suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

**5) Condizioni idriche**

a)	Salinità < 5 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		20	
b)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		10	
c)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		5	
d)	Salinità > 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		1	

**6) Struttura dell'alveo di piena**

a)	Presenza di zone umide costiere stabili entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera completamente sviluppata		25	
b)	Presenza di zone umide costiere in riduzione entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera alterata		15	
c)	Presenza di zone umide costiere relitte entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera fortemente alterata		5	
d)	Assenza di zone umide costiere entro l'alveo di piena ordinaria, geomorfologia costiera fortemente alterata <i>oppure</i>		1	

**6 bis) Efficienza dell'alveo di piena**

a)	Tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
b)	Alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c)	Alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d)	Tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida		1	

**Tabella 3.16 – Scheda indice RMFI, River Mouth Functionality Index – parte I: domande 1 – 6 bis**

		Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
<b>7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>				
a)	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
b)	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c)	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d)	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
<b>8) Ambienti e processi sedimentari</b>				
a)	Morfologie di delta/di marea non alterate (serie dei depositi sedimentari coerente)	20		20
b)	Riduzione limitata e localizzata di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari non completamente coerenti)	15		15
c)	Evidenti processi di perdita di morfologie di delta/di marea (assenza dei depositi sedimentari di spiaggia)	5		5
d)	Forte perdita di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari di spiaggia e fluviali assenti)	1		1
<i>oppure</i>				
<b>8 bis) Erosione</b>				
a)	Poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b)	Presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c)	Frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d)	Molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
<b>9) Sezione trasversale</b>				
a)	Alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b)	Presenza lievi interventi artificiali con discreta diversità morfologica		15	
c)	Presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d)	Artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1	
<b>10) Idoneità ittica</b>				
a)	Elevata		25	
b)	Buona o discreta		20	
c)	Poco sufficiente		5	
d)	Assente o scarsa		1	
<b>11) Idromorfologia</b>				
a)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c)	Elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d)	Elementi idromorfologici non distinguibili		1	
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato</b>				
a)	Perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b)	Film perfitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
c)	Perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d)	Perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
<b>13) Detrito</b>				
a)	Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
b)	Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
c)	Frammenti polposi		5	
d)	Detrito anaerobico		1	
<b>14) Comunità macrobentonica</b>				
a)	Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
b)	Sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c)	Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d)	Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti		1	
<i>oppure</i>				
<b>14 bis) Comunità macrobentonica di zone estuarine</b>				
a)	Elevata		20	
b)	Buona		15	
c)	Moderata		10	
d)	Scarsa		5	
e)	Pessima		1	
		Sponda dx		Sponda sx
<b>Punteggio totale</b>		14 < P < 300		
<b>Livello di Funzionalità</b>		I < L < V		

**Tabella 3.17 – Scheda indice RMFI, River Mouth Functionality Index – parte II: domande 7 – 14 bis**

<b>VALORE DI RMFI</b>	<b>LIVELLO DI FUNZIONALITÀ</b>	<b>GIUDIZIO DI FUNZIONALITÀ</b>	<b>COLORE</b>
261 - 300	I	ottimo	<b>blu</b>
251 - 260	I-II	ottimo - buono	<b>blu - verde</b>
201 - 250	II	buono	<b>verde</b>
181 - 200	II-III	buono - mediocre	<b>verde - giallo</b>
121 - 180	III	mediocre	<b>giallo</b>
101 - 120	III-IV	mediocre - scadente	<b>giallo - arancio</b>
61 - 100	IV	scadente	<b>arancio</b>
51 - 60	IV-V	scadente - pessimo	<b>arancio - rosso</b>
14 - 50	V	pessimo	<b>rosso</b>

**Tabella 3.18 – Sistema di classificazione dei punteggi di RMFI in livelli e giudizi di funzionalità**

Le differenze rispetto ad IFF riguardano:

- i. domanda 1: si valuta lo stato del territorio circostante la zona della foce; le risposte sono state sostituite in quanto ci si attende di trovare elementi differenti rispetto ad una piana alluvionale interna;
- ii. domanda 2 e 2 bis: si valuta lo stato della vegetazione costiera invece della vegetazione ripariale; analogamente ad IFF, si risponde alla domanda 2 se il tratto non è arginato, alla 2 bis se il tratto è arginato;
- iii. domanda 5: si valuta l'influenza delle acque marine sulla salinità delle acque fluviali alla foce; in questo modo viene valutato anche il rapporto tra la marea e la portata delle acque fluviali;
- iv. domanda 6: si valuta la presenza delle strutture geomorfologiche tipiche dell'ambiente di foce (barre, zone umide, canali di marea, ecc); la struttura della domanda è analoga a quella della domanda 2 e 2 bis: si risponde alla domanda 6 se ci si trova in ambiente idoneo allo sviluppo di tali geomorfologie, in caso contrario si risponde alla domanda 6 bis; in tal modo è possibile applicare l'indice RMFI anche a quelle tipologie fluviali che non presentano tali morfologie per ragioni intrinseche, e non per alterazione antropica;
- v. domanda 8: si valuta la presenza e la coerenza degli ambienti e dei processi di erosione, trasporto e sedimentazione; anche in questo caso, se ci si trova in ambiente potenziale di spiaggia si risponde alla domanda 8, in caso contrario si risponde alla domanda 8 bis;
- vi. domanda 14: si valuta la presenza e la struttura della fauna macrobentonica; come per la domanda 6 e la domanda 8, si risponde alternativamente: alla domanda 14 se

ci si trova in ambiente puramente fluviale, alla domanda 14 bis se ci si trova in ambiente estuarino.

Per poter rispondere a quest'ultima domanda, essendo la comunità macrobentonica degli ambienti estuarini sensibilmente diversa da quella degli ambienti di acque dolci, ci si deve avvalere di un indice di diversità del macrobenthos degli ambienti di transizione; in particolare si propone l'utilizzo dell'indice AMBI (Borja et al., 2000) (Tabella 3.19).

Water Framework Directive ecological quality classes  EcoQS	Shannon diversity index  H'	AMBI - Azti Marine Biotic Index  (Borja et al., 2000)	BQI - Benthic Quality Index  (Zettler et al., 2007)	RMFI - domanda 14 bis	
				comunità macrobentonica di zone estuarine	punteggio
High	$H' > 4$	$AMBI \leq 1,2$	$BQI \geq 20$	Elevata	20
Good	$3 < H' \leq 4$	$1,2 < AMBI \leq 3,3$	$15 \leq BQI < 20$	Buona	15
Moderate	$2 < H' \leq 3$	$3,3 < AMBI \leq 4,3$	$10 \leq BQI < 15$	Moderata	10
Poor	$1 < H' \leq 2$	$4,3 < AMBI \leq 5,5$	$5 \leq BQI < 10$	Scarsa	5
Bad	$H' \leq 1$	$AMBI \geq 5,5$	$BQI < 5$	Pessima	1

**Tabella 3.19 – Classi degli indici di diversità di Shannon (H'), dell'AZTI Marine Biotic Index (AMBI) e del Benthic Quality Index (BQI) associate alle classi di qualità ecologica (EcoQ), proposte per l'implementazione della Direttiva Quadro sulle Acque, ed alle risposte della domanda 14 bis dell'Indice di Funzionalità delle Foci Fluviali (RMFI)**

L'indice è stato applicato ai tratti terminali del Reno, del Bevano e del Conca; per ciascuno sono stati individuati 2 tratti, uno comprendente la foce ed uno più interno.

Nella compilazione delle schede dell'indice RMFI ci si è avvalsi dei dati sulla salinità (riportati nell'Allegato B), resi disponibili dal prof. Gabbianelli dell'Integrated Geoscience Research Group, per rispondere alla domanda 5, dei risultati ottenuti con le check list dell'analisi geomorfologica per rispondere alla domanda 6 e dei risultati delle analisi granulometriche per rispondere alla domanda 8. Pur non essendo state effettuate analisi sul macrobenthos, alla domanda 14 si è deciso di rispondere ugualmente tenendo in considerazione vari fattori:

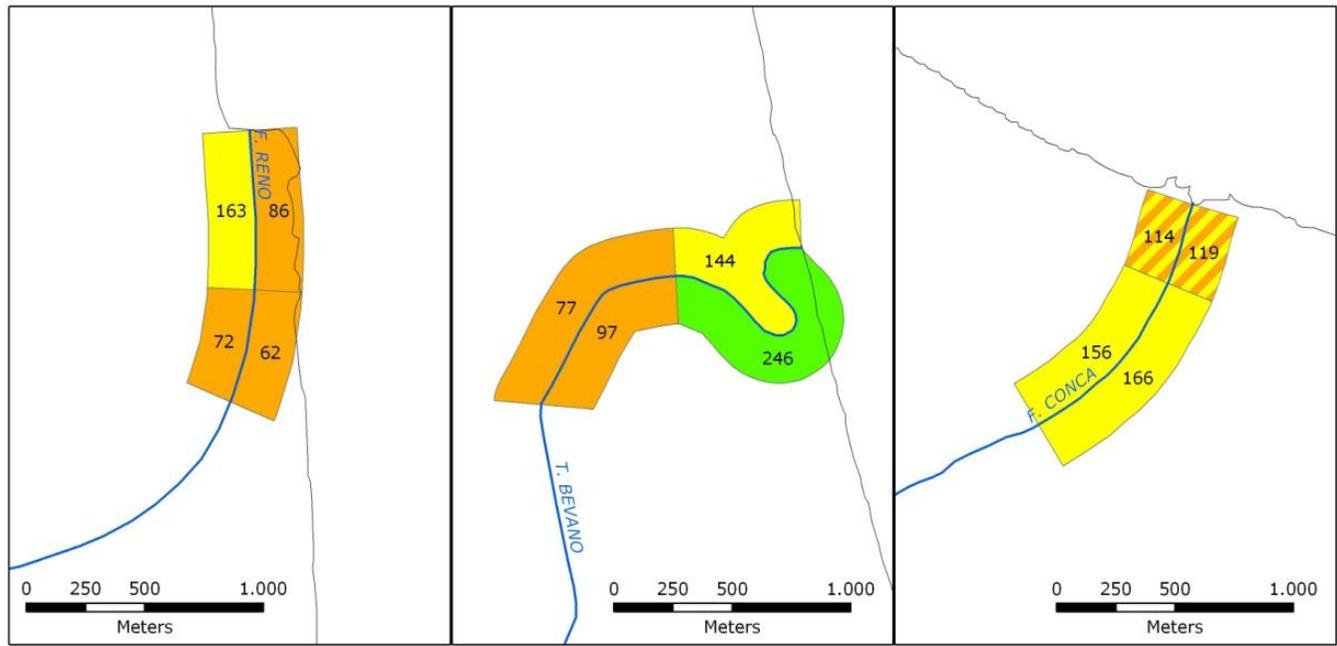
- i. i valori dell'indice IBE e dell'indice LIM (riportati nell'Allegato B) per la stazione più vicina alla foce, per la valutazione della qualità delle acque fluviali;

- ii. lo stato dell'alveo fluviale, per la valutazione dell'idoneità ad ospitare fauna macrobentonica;
- iii. i valori dell'Indice di Qualità Batteriologica delle acque marine (IQB) nelle stazioni più vicine alla foce (riportati nell'Allegato B), per la valutazione della qualità delle acque marine e dell'impatto dei carichi inquinanti presumibilmente trasportati a mare dai fiumi;
- iv. la salinità delle acque (ove disponibile).

Le schede compilate per i tratti analizzati sono riportate nell'Allegato C. In Tabella 3.20 e in Figura 3.66 si riportano i risultati dell'indice RMFI calcolato per i singoli tratti.

CLASSIFICAZIONE RMFI CORSI D'ACQUA								
corso d'acqua	località	tratto			RMFI			
		codice	lunghezz	dettagli	sponda sx		sponda dx	
					punteggio	livello	punteggio	livello
fiume Reno	foce Reno (Casalborsetti - Ravenna)	RE-T1	665	dalla foce all'inizio del tratto arginato in sponda sx (confine azienda agricola)	163	III	86	IV
fiume Reno	foce Reno (Casalborsetti - Ravenna)	RE-T2	480	dall'inizio dell'argine in sponda sx all'inizio dell'argine in sponda dx (inizio della curva)	72	IV	62	IV
torrente Bevano	foce Bevano (tra Lido di Dante e Lido di Classe - Ravenna)	BE-T1	1100	dalla foce all'inizio del tratto arginato in sponda dx	144	III	246	II
torrente Bevano	foce Bevano (tra Lido di Dante e Lido di Classe - Ravenna)	BE-T2	850	dall'inizio del tratto arginato in sponda dx alla confluenza del canale Fosso Ghiaia	77	IV	97	IV
fiume Conca	confine comunale Misano Adriatico - Cattolica	CO-T1	350	dalla foce al ponte di via Litoranea Sud	114	III - IV	119	III - IV
fiume Conca	confine comunale Misano Adriatico - Cattolica	CO-T2	820	dal ponte di via Litoranea Sud al ponte di via Emilia Romagna	156	III	166	III

**Tabella 3.20 – Classificazione RMFI dei tratti terminali dei corsi d'acqua analizzati**



FOCE RENO

FOCE BEVANO

FOCE CONCA

**CLASSIFICAZIONE RMFI**

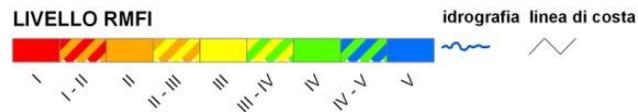


Figura 3.66 – Carte dei valori e livelli dell'indice RMFI per i tratti terminali dei corsi d'acqua studiati

Il fiume Reno presenta valori dell'indice migliori nel tratto T1, che include la foce, rispetto al tratto T2, in particolare per la sponda sinistra; cioè dovuto proprio alle condizioni di maggior naturalità di questo tratto, in cui l'argine sinistro è molto distante dall'alveo e si ha lo sviluppo di morfologie e vegetazione coerenti con ambienti di foce poco o per nulla alterati, pur essendo presente un forte tasso di erosione; questa situazione è dovuta principalmente alla particolare disposizione della foce, parallela alla linea di costa: ciò, oltre ad esporre maggiormente la sponda destra all'erosione (sono evidenti segni di rotta dell'argine fluviale dovuti all'ingressione marina in occasione delle mareggiate), limita lo spazio disponibile per lo sviluppo della fascia di vegetazione. Il tratto T2 risente fortemente della presenza dell'argine a ridosso dell'alveo in sponda sinistra, che impedisce anche lo sviluppo delle formazioni funzionali riparie, e della presenza di strutture antropiche (poligono militare in sponda destra e azienda agricola in sponda sinistra, oltre l'argine).

Anche il torrente Bevano presenta valori notevolmente migliori per il primo tratto rispetto al secondo, in particolare per la sponda destra; qui infatti si ha un'area umida naturale (Ortazzino) generata da un meandro abbandonato del corso d'acqua, nonché una spiaggia che presenta caratteristiche di elevata naturalità, con dune e relativa vegetazione; in sponda sinistra, la presenza dell'argine artificiale in terra, della palificata in tronchi costruita per fermare l'erosione della spiaggia e della pineta, unitamente alla presenza del villaggio abusivo, limitano notevolmente la naturalità dell'area. Il tratto T2 risente fortemente della rettificazione dovuta alla presenza degli argini artificiali, che penalizzano in particolar modo la sponda destra e che impediscono lo sviluppo della vegetazione perifluviale, anche per la presenza, in sponda sinistra, di capanni da pesca.

Il fiume Conca presenta valori per l'indice RMFI migliori nel tratto più interno rispetto a quello alla foce, ed una minore differenza tra le due sponde. La sponda destra risulta migliore per la maggior distanza dell'argine dall'alveo, che permette, specialmente nel secondo tratto, lo sviluppo di una formazione ripariale idonea. Le differenze tra i due tratti sono dovute in parte allo stesso motivo, cioè al maggior spazio, in senso relativo, lasciato allo sviluppo della vegetazione tra l'alveo e l'argine; altre ragioni delle migliori condizioni del tratto interno rispetto a quello alla foce sono la maggior diversificazione dell'alveo stesso (presenza saltuaria di raschi e piccole pozze), il minor tasso di erosione, le migliori condizioni del detrito. Si è valutata come peggiore la situazione del macrobenthos nel secondo tratto perché si ritiene che esso risenta da un lato della variabilità del flusso idrico,

dovuto sia a cause naturali (carattere torrentizio) sia alla variabilità dei rilasci dalla diga a monte, dall'altro della parziale salinizzazione delle acque, in parte dovuta alle medesime cause.

Il protocollo IFF non prevede il calcolo di un valore unico dell'indice per ciascuna asta fluviale, ma l'analisi per tratti omogenei di ciascun corso d'acqua; in tal modo risulta più difficile, anche se non impossibile, comparare tra loro situazioni differenti. Tuttavia, sommando tra loro o facendo la media dei punteggi delle due sponde per ciascun tratto, si può ottenere un'indicazione sulla funzionalità globale del corso d'acqua senza alterare né pregiudicare la validità dell'indice; in tal modo si possono quanto meno comparare tra loro i corsi d'acqua analizzati, procedendo per tratti analoghi.

Il tratto di foce a maggior funzionalità risulta essere, come prevedibile, quello del torrente Bevano, di gran lunga superiore a quelli del Reno e del Conca; il tratto interno a maggiore funzionalità risulta invece quello del fiume Conca, con valori molto superiori a quelli analoghi del Bevano e del Reno. Ciò è abbastanza sorprendente se si considera l'elevata antropizzazione del territorio circostante il corso d'acqua, in particolare rispetto agli altri due; tuttavia nel tratto più interno il fiume Conca presenta effettivamente caratteristiche di maggiore naturalità, dovuta soprattutto alla maggiore distanza degli argini dall'alveo, che permettono lo sviluppo di una fascia boscata perifluviale ed una maggiore diversificazione dello stesso alveo di piena.

# 4 – DISCUSSIONE

## 4.1 – DISCUSSIONE DEL METODO

### 4.1.1 – *Approccio metodologico adottato*

#### 4.1.1.1 – *Ragioni del metodo adottato*

Il modello concettuale a cui ci si è ispirati per questa tesi è quello della scienza dell'ecosistema umano totale di Naveh e Lieberman (Naveh e Lieberman, 1994; Naveh, 2000; Farina, 2006a). Questo lavoro tuttavia si è limitato allo studio degli aspetti prettamente ambientali, ed in particolare quelli ecologico - funzionali, mentre gli aspetti socio-economici non sono stati approfonditi ed esplorati. L'approccio ecosistemico ed integrato che è stato adottato ha permesso di analizzare gli elementi alla scala del paesaggio; i metodi quantitativi utilizzati hanno permesso la valutazione dei cambiamenti in atto ed una misura degli impatti antropici sul territorio. Da ciò si può partire per la costruzione e la valutazione di differenti scenari di sviluppo attraverso metodi di valutazione multimetrici, che creano la possibilità di fare analisi e valutazioni multicriteriali, le basi per la valutazione di criticità e la costruzione di scenari (Munda, 1995; Munda, 2004).

L'esame dei cambiamenti di uso del suolo di per sé non fornisce una quantificazione della perdita delle funzioni dell'ecosistema: questi devono essere trasformati in corrispondenti perdite di funzionalità. La scelta dei diversi indici rispecchia proprio la necessità di misurare diverse proprietà e funzioni degli ecosistemi e di stimare l'impatto antropico sul paesaggio, causa della perdita di funzionalità, in termini di flussi di emergenza non rinnovabile, quindi di attività antropiche legate ai diversi usi del suolo. L'applicazione del metodo IFF agli ambienti delle foci fluviali è innovativo e permette di integrare valutazioni sul paesaggio, sulla geomorfologia, sulla vegetazione e sulla fauna in un'ottica ecosistemica e orientata alla misura della funzionalità.

In uno schema DPSIR (EEA, 1999) gli indici ed indicatori adottati per questo studio possono essere così suddivisi:

Tipologia	Indici e Indicatori
Driving Forces	Abitanti; Attività turistica
Pressioni	Edificato; Uso del suolo; Sprawl; LDI
Stato	BTC; IFM; Percolazione
Impatto	Variazioni temporali di BTC, IFM, Percolazione; BTC gap
Risposte	-

**Tabella 4.1 – Classificazione secondo lo schema DPSIR degli indici ed indicatori utilizzati**

Più un sistema è complesso, maggiore è la necessità di aumentare il numero di metriche (indici) per tenere conto delle sue diverse proprietà (Farina, 2007); è altrettanto importante avere indici che tengano conto delle dinamiche nel tempo; in una corretta analisi spaziale, come in una corretta analisi ambientale, è importante considerare diverse scale spaziali e temporali.

In assenza di modelli strutturati di valutazione che integrino lo stato della fascia costiera e lo stato del fiume, con questa tesi si vogliono porre le basi per lo sviluppo di un metodo integrato ispirato alle metodologie degli indici integrati per la valutazione degli ecosistemi (Costanza, 1992; Jorgensen et al., 2005).

#### *4.1.1.2 – Esportabilità e applicabilità ad altri sistemi e contesti*

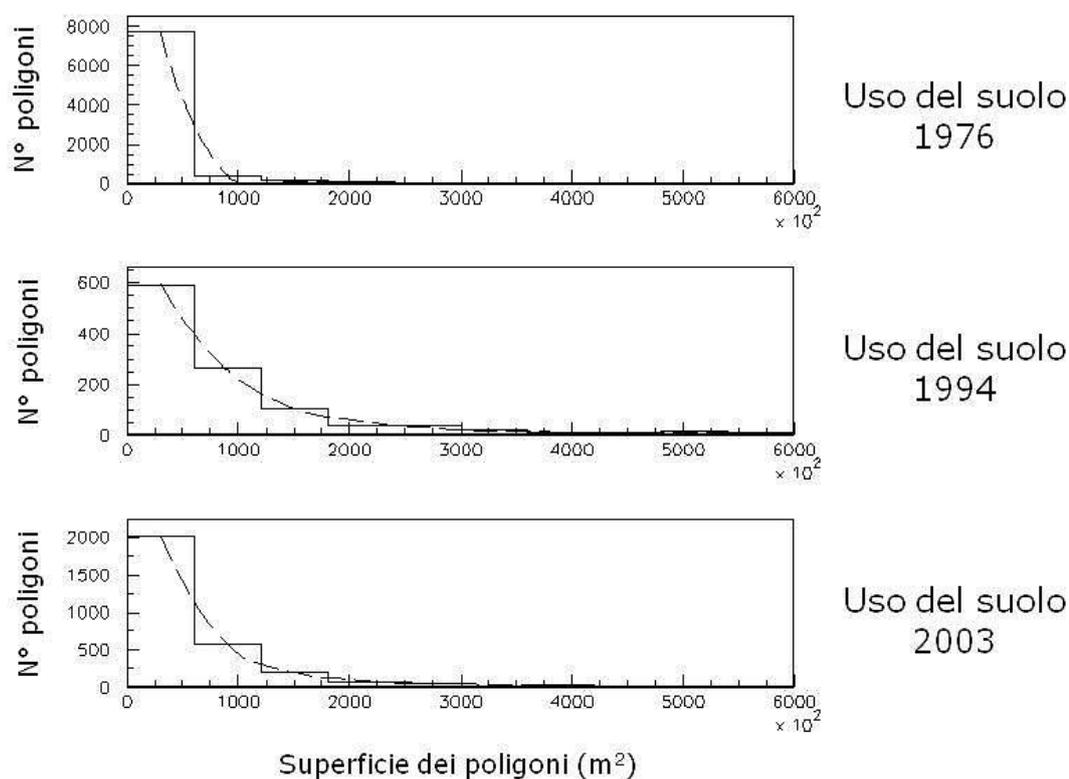
La scelta degli indici chiaramente influenza i risultati dell'analisi; allo stesso tempo, la flessibilità del metodo permette di adattarlo a differenti situazioni e ambienti, anche in base a ciò che si vuole misurare. Il metodo di calcolo dei coefficienti da associare all'uso del suolo può generare differenze nei risultati; le stesse incongruenze tra classi di uso del suolo utilizzate in diversi ambiti creano difficoltà nell'applicazione nei vari contesti.

L'applicazione dell'indice RMFI deve essere migliorata e accompagnata da un "manuale di istruzioni", ovvero una guida per la compilazione; inoltre andrebbe testata l'applicabilità ad altre tipologie di foce.

#### 4.1.1.3 – Errori associati alle valutazioni

La valutazione dell'uso del suolo è stata fatta sulla base della cartografia prodotta dalla Regione Emilia-Romagna. Si può assumere come stima dell'errore associato al processo di interpretazione e restituzione di questo tipo di dati l'area minima cartografabile considerata per i diversi anni. Per le carte riferite agli anni 1976 e 1994 l'area minima rappresentata è 150 m per 150 m, ovvero 2,25 ettari. Per il prodotto riferito al 2003 vi è un maggior dettaglio, in quanto l'area minima è di 125 m per 125 m, ovvero 1,56 ettari.

Distribuzione di frequenza della superficie dei poligoni di uso del suolo – area di studio costa



**Figura 4.1 – Distribuzione di frequenza della superficie dei poligoni di uso del suolo nei tre supporti cartografici utilizzati per le analisi; dati dell'area di studio costa (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**

Viste le differenze riscontrate nella risoluzione delle carte e nel numero e dimensione dei poligoni contenuti nelle stesse aree nelle tre carte analizzate, si è deciso di non procedere al

calcolo di indici di diversità del paesaggio basati sulla forma e dimensione dei poligoni stessi.

L'analisi andrebbe condotta su carte di uso del suolo più coerenti, in cui la fotointerpretazione è condotta con i medesimi criteri per tutti intervalli temporali analizzati, in particolare utilizzando la medesima legenda e la medesima risoluzione spaziale, quale ad esempio la cartografia di dettaglio della zona costiera prodotta dalla stessa Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, nel 2008 nell'ambito dei progetti INTERREG III B - CADSEALAND (Priority 4, Measure 4.3) e PLANCOAST.

La Carta di Uso del Suolo dell'area costiera è stata realizzata a scala di dettaglio (1:5.000) per una fascia di ampiezza pari a circa 1,5 Km dalla linea di costa e per una lunghezza di circa 120 Km compresa tra Goro e Cattolica. Si tratta di una cartografia tematica di base che rappresenta lo stato di utilizzo del territorio all'anno della fotointerpretazione. La struttura della Carta (e del relativo database) consente una grande flessibilità nonché un confronto temporale delle informazioni contenute, consentendo la lettura territoriale ed il monitoraggio delle dinamiche evolutive. Tuttavia, al fine del presente lavoro, l'area coperta dalla carta non è stata ritenuta sufficiente a rappresentare interamente le aree di foce fluviale; inoltre non sarebbe stato possibile effettuare comparazioni con le aree di scala superiore: in parte per la differente suddivisione delle classi, limite comunque superabile con un'aggregazione, e soprattutto per i diversi momenti temporali rispetto alle carte di uso del suolo di scala regionale. L'analisi di questo supporto sarebbe comunque molto importante, col fine di determinare in particolare gli impatti sulla geomorfologia degli ambienti umidi costieri. Nei paragrafi seguenti viene riportata una sintesi dei risultati dell'analisi condotta dalla Regione Emilia-Romagna sulla fascia costiera.

Per quanto concerne l'attribuzione dei coefficienti alle classi e categorie aggregate di uso del suolo, gli errori possono essere sia nell'attribuzione ad una determinata classe, sia nel calcolo del coefficiente stesso. Nel primo caso, ovvero nel metodo di associazione delle classi di uso del suolo Corine Land Cover, per cui sono disponibili in letteratura i coefficienti per il calcolo degli indici, e le classi di uso del suolo della Regione Emilia-Romagna (2003) utilizzate per l'analisi, è presente un errore di tipo metodologico; questo consiste nella non coincidenza delle diverse categorie e nella conseguente incertezza nell'attribuzione del coefficiente alla classe. Nel secondo caso, i coefficienti utilizzati per il

calcolo di ciascun indice e disponibili in letteratura per le categorie di uso del suolo Corine Land Cover non vengono forniti con una stima dell'errore; ciò è un limite proprio della metodologia di calcolo degli indici stessi, per i quali non sono forniti misure dell'errore o criteri per la determinazione dello stesso. Un'ulteriore fonte di approssimazione consiste nel calcolo del coefficiente per le categorie di uso del suolo aggregate (MUSA) di secondo livello, necessario per il confronto multitemporale degli indici ed effettuato con una media dei valori dei coefficienti delle singole classi di cui è composta ciascuna categoria. Una stima di tale errore può essere fatta confrontando i valori medi ottenuti per gli indici nelle diverse aree attraverso i due metodi, ovvero tramite i coefficienti attribuiti alle classi di uso del suolo del 2003, ed utilizzati per il confronto tra le diverse aree, ed i coefficienti attribuiti alle macrocategorie di 2° livello utilizzati per il confronto multitemporale (Tabella 4.2). Si può notare come la perdita di informazione sia maggiore per le aree di scala locale.

CONFRONTO VALORI INDICI - CLASSI USO DEL SUOLO 2003 vs MUSA 2° LIVELLO 2003													
AREA DI STUDIO		LDI			BTC			PERCOLAZIONE			IFM		
	area (ha)	valore medio classi 2003	valore medio MUSA 2° liv 2003	perdita di informazione	valore medio classi 2003	valore medio MUSA 2° liv 2003	perdita di informazione	valore medio classi 2003	valore medio MUSA 2° liv 2003	perdita di informazione	valore medio classi 2003	valore medio MUSA 2° liv 2003	perdita di informazione
<b>COSTA</b>	71024	5,31	5,34	<b>0,58%</b>	4,74	4,56	<b>3,83%</b>	0,43	0,44	<b>0,98%</b>	4,00	4,16	<b>4,03%</b>
<b>COSTA NORD</b>	46979	4,90	4,88	<b>0,44%</b>	5,28	5,24	<b>0,82%</b>	0,47	0,46	<b>0,87%</b>	4,22	4,58	<b>8,70%</b>
<b>COSTA SUD</b>	24022	5,59	5,74	<b>2,66%</b>	4,37	3,98	<b>8,93%</b>	0,41	0,41	<b>1,40%</b>	3,86	3,80	<b>1,41%</b>
<b>FOCE RENO</b>	2154	2,21	3,03	<b>36,90%</b>	9,36	7,40	<b>20,89%</b>	0,67	0,61	<b>8,81%</b>	6,51	5,97	<b>8,26%</b>
<b>FOCE BEVANO</b>	1803	3,15	3,79	<b>20,53%</b>	12,39	10,83	<b>12,61%</b>	0,65	0,57	<b>12,45%</b>	5,55	5,13	<b>7,45%</b>
<b>FOCE CONCA</b>	144	6,16	6,22	<b>1,06%</b>	5,09	3,66	<b>28,08%</b>	0,36	0,36	<b>1,19%</b>	2,89	3,07	<b>6,36%</b>

Tabella 4.2 – Stima della perdita di informazione degli indici dovuta all'aggregazione delle classi di uso del suolo in macrocategorie

## 4.2 – DISCUSSIONE DEI RISULTATI DELL'ANALISI

### 4.2.1 – Sintesi

L'analisi dei risultati sulla popolazione, l'edificato e l'uso del suolo mettono in evidenza come questi elementi non crescano in modo analogo: come mostrato in Tabella e in Tabella , la variazione annua dell'urbanizzato è slegata sia dalla crescita di abitanti sia dalla crescita delle abitazioni, tanto che nella costa nord si ha un aumento della superficie urbana nonostante un calo della popolazione.

Area di studio	Abitanti	Abitazioni totali	Abitazioni non occupate	Classe uso del suolo Urbanizzato MUSA 2° livello - Urb
	Variazione % annua (periodo 1991 - 2001)	Variazione % annua (periodo 1991 - 2001)	Variazione % annua (periodo 1991 - 2001)	Variazione % annua (periodo 1994 - 2003)
COSTA	0,33%	1,38%	0,57%	3,02%
COSTA NORD	-0,04%	1,19%	1,06%	1,43%
COSTA SUD	0,54%	1,50%	0,13%	4,20%

**Tabella 4.3 – Confronto tra le variazioni percentuali annue del numero di abitanti, di abitazioni e dell'urbanizzato nelle aree costiere (Elaborazione su dati ISTAT e Regione Emilia-Romagna)**

Area di studio	Rapporto incremento urbanizzato - incremento abitanti	Rapporto incremento urbanizzato - incremento abitazioni totali	Rapporto incremento urbanizzato - incremento abitazioni non occupate
COSTA	9,30	2,20	5,29
COSTA NORD	-	1,20	1,34
COSTA SUD	7,80	2,80	33,27

**Tabella 4.4 – Rapporto tra l'incremento dell'urbanizzato e l'incremento di abitanti ed abitazioni (Elaborazione su dati ISTAT e Regione Emilia-Romagna)**

Il fenomeno può essere identificato con lo "urban sprawl". Il termine, traducibile in italiano con "proliferazione urbana", è comunemente utilizzato per descrivere l'espansione fisica delle aree urbane. L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2006) ha descritto il fenomeno come il modello fisico di espansione a bassa densità delle grandi aree urbane, soprattutto a discapito delle aree agricole circostanti. La proliferazione è la punta di diamante della crescita urbana e implica lo scarso controllo della pianificazione sullo

sviluppo del territorio. Tale sviluppo avviene "a macchia di leopardo", in modo sparso, discontinuo e incontrollato, per aree separate che espandendosi arrivano a congiungersi, creando enclaves di territori agricoli e naturali. Le "città espanse" sono l'opposto delle città compatte; risultano piene di spazi vuoti che stanno ad indicare le inefficienze nello sviluppo e che mettono in luce le conseguenze della crescita incontrollata.

Analizzando gli indici alla scala delle unità di paesaggio regionali, si osserva nell'intera area costiera un aumento nel tempo di tutti i valori degli indici di impatto antropico (uso del suolo, sprawl, LDI) ed una diminuzione del valore degli indici dello stato di salute degli ecosistemi (BTC, IFM, Percolazione). La costa sud è l'area, a questo livello di scala, sottoposta ad un maggiore pressione antropica: si riscontra una maggiore densità abitativa ed insediativa, una maggior artificializzazione del territorio ed una maggiore velocità di trasformazione, in continua crescita; i valori degli indici basati sull'uso del suolo riflettono questa situazione, mettendo in evidenza il rischio per gli ecosistemi naturali ancora presenti nella parte meridionale della costa; questi risultano sempre più isolati e circondati, sotto l'assedio delle attività antropiche e del loro impatto sul paesaggio. Impatto che risulta particolarmente forte sui territori agricoli, fortemente ridotti a favore di quelli artificializzati.

Alla scala delle unità di paesaggio delle foci fluviali, risulta netta la differenza tra foce Conca e le altre due per tutti gli indici; solo l'indice RMFI calcolato per il tratto più interno dell'area mostra valori migliori sul Conca rispetto a foce Reno e foce Bevano. Inoltre quest'area risulta complessivamente in una situazione peggiore rispetto all'unità di paesaggio della costa sud di cui fa parte, al contrario delle altre due foci che risultano in una situazione migliore rispetto all'unità di paesaggio della costa nord. Le ragioni di tale differenza risiedono con ogni probabilità nella collocazione geografica e nella storia di questi stessi luoghi; la foce del fiume Conca si trova infatti nelle vicinanze di un insediamento urbano molto antico (Cattolica), che si è notevolmente espanso nel corso dell'ultimo secolo, come tutti quelli nella parte meridionale della costa, soprattutto per aumento delle attività turistiche; le foci del Reno e del Bevano si trovano invece in aree naturali nelle quali gli insediamenti antropici sono sempre stati scarsi o totalmente assenti, e dove solo dalla seconda metà del secolo scorso sono sorti insediamenti prettamente turistici (Lido di Dante, Lido di Classe). A ciò si deve aggiungere che queste due aree sono sottoposte a varie forme di tutela.

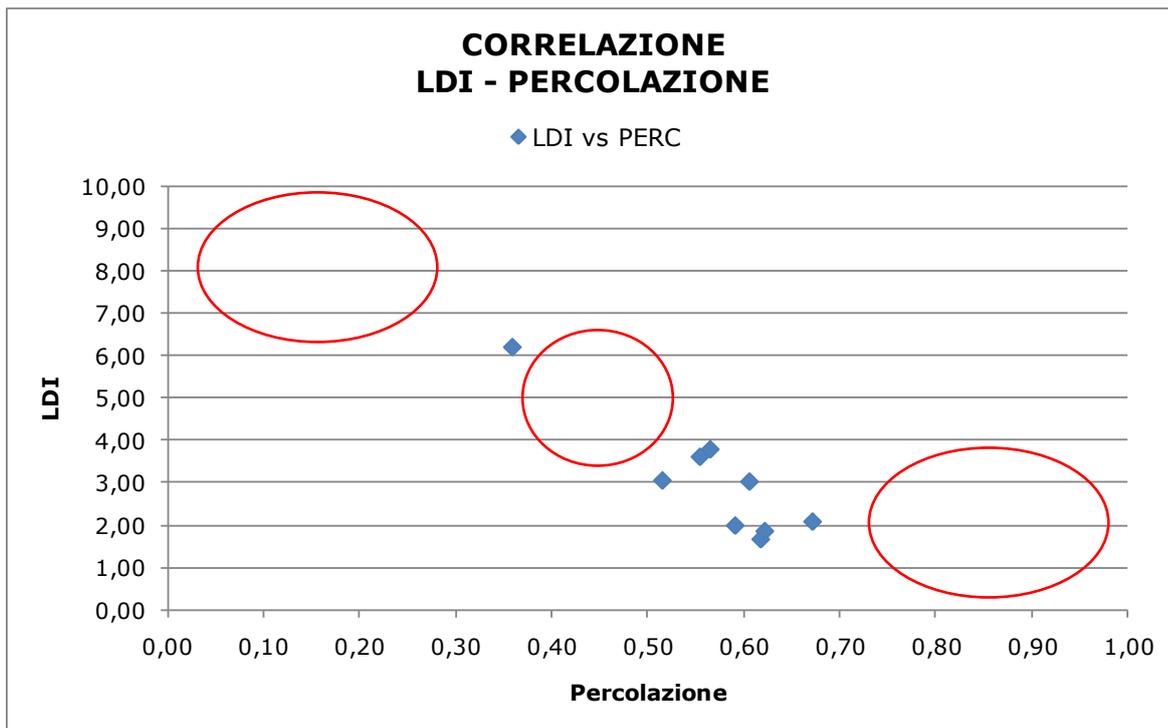
È stata effettuata una valutazione delle correlazioni, finalizzata all'analisi dell'informazione che ciascun indice è in grado di fornire in modo indipendente dagli altri. In prima approssimazione, è lecito attendersi alti valori di correlazione degli indici, in quanto tutti basati concettualmente sull'aumento dell'impatto antropico e la diminuzione di naturalità e funzionalità degli ecosistemi naturali dovuta alle modificazioni territoriali, interpretate attraverso i cambiamenti di uso del suolo. I risultati ottenuti mostrano effettivamente correlazioni abbastanza elevate.

ANALISI DELLA CORRELAZIONE TRA INDICI - ZONE COSTIERE				
n=6	LDI	BTC	PERCOLAZIONE	IFM
LDI	x	-0,327	-0,856	-0,666
BTC		x	0,887	0,873
PERCOLAZIONE			x	0,858
IFM				x

**Tabella 4.5 – Analisi delle correlazioni tra i valori degli indici, calcolati sulle MUSA 2° livello, effettuata sulle due zone costiere e per i tre momenti temporali analizzati**

ANALISI DELLA CORRELAZIONE TRA INDICI - FOCI FLUVIALI				
n=9	LDI	BTC	PERCOLAZIONE	IFM
LDI	x	-0,587	-0,906	-0,830
BTC		x	0,811	0,646
PERCOLAZIONE			x	0,852
IFM				x

**Tabella 4.6 – Analisi delle correlazioni tra i valori degli indici, calcolati sulle MUSA 2° livello, effettuata sulle tre aree di foce fluviale e per i tre momenti temporali analizzati**



**Figura 4.2 – Grafico della correlazione tra i valori di LDI e di percolazione, calcolati sulle MUSA 2° livello, effettuata sulle tre aree di foce fluviale e per i tre momenti temporali analizzati. In rosso sono evidenziate le aree che presentano carenza di dati**

In Tabella 4.5 e Tabella 4.6 si può osservare come alle diverse scale si registrano sostanzialmente valori simili di correlazione. Si deve comunque sottolineare che:

- i. i campioni sono in numero appena sufficiente per questo tipo di analisi solo per le aree di foce fluviale; per le due aree di costa si hanno solo 6 confronti, un numero insufficiente per poter fare valide asserzioni;
- ii. la correlazione è osservata solo in un intorno dei valori (ad esempio, in Figura , tra 2 e 6 di LDI e 0,35 e 0,7 di Percolazione), e non sappiamo quale potrebbe essere il comportamento nelle situazioni "peggiori" e "migliori";
- iii. sempre in riferimento alla Figura , escludendo dall'analisi l'outlier (che rappresenta la situazione di foce Conca al 2003), si osserva una diminuzione delle correlazioni.

Pertanto si può affermare che, al fine di valutare correttamente le correlazioni tra gli indici, è assolutamente necessario estendere l'analisi ad un maggior numero di aree che coprano un maggior numero di situazioni. Con un maggior numero di aree a disposizione si può effettuare un'analisi statistica più raffinata, come ad esempio l'analisi statistica

multivariata, in modo da poter esaminare anche le componenti principali in grado di descrivere la matrice delle osservazioni. Sarebbe di interesse valutare le correlazioni sulle medesime aree di studio al variare delle scale di analisi; ad un maggior dettaglio è lecito attendersi minori correlazioni tra i parametri per la maggiore influenza delle differenze tra i singoli poligoni di uso del suolo.

Va evidenziato come, pur essendo tra loro correlati, gli indici valutino effetti diversi in luoghi diversi: ad esempio, nelle zone umide si ha un valore basso di BTC e alto di IFM; la Percolazione misura invece una proprietà dell'intera area di studio, valuta il livello di frammentazione complessiva del paesaggio; LDI, misurando l'impatto antropico, risulta anticorrelato rispetto agli altri.

Al fine di sintetizzare le informazioni fornite dai diversi indici e di poter comparare tra loro le diverse aree, sono stati aggregati i valori degli indici in un Indice Composito. L'operazione di aggregazione è fondamentale, nell'ambito del supporto alle decisioni, per poter trarre conclusioni generali sullo stato di salute dei diversi ambiti territoriali e, soprattutto, poter fornire quanto meno una gerarchia, un ordine di priorità per gli interventi di gestione.

L'Indice Composito è stato calcolato misurando la distanza che separa il valore medio di ciascun indice, calcolato sulle classi di uso del suolo 2003, con il valore "target" o di massima desiderabilità (Tabella 4.7). Per le zone costiere sono stati considerati gli indici LDI, BTC, Percolazione e IFM; per le foci fluviali si è considerato, in aggiunta ai suddetti indici, anche RMFI. L'aggregazione è avvenuta tramite media aritmetica dei valori degli indici. Non si è ritenuto opportuno, in questa fase, attribuire pesi ai singoli indici in quanto:

- i. non sappiamo quale sia l'effettiva correlazione tra gli indici, per cui non siamo in grado di controbilanciare tale correlazione tramite il peso di ciascun indice sul valore complessivo;
- ii. esula dallo scopo della tesi creare un indice unico di funzionalità delle foci.

Uno dei possibili sviluppi futuri di questo lavoro potrebbe riguardare la creazione di un indice integrato, costruito attribuendo differenti pesi agli indici in funzione delle differenti priorità nell'ambito di un'analisi multicriteri.

Si sottolinea che l'area del grafico “a tela di ragno” di Figura e Figura non equivale al valore dell'indice, ma è soltanto una modalità di rappresentazione grafica e simultanea dei valori degli indici che lo compongono.

I risultati ottenuti tramite l'Indice Composito (Figure 4.5 – 4.6) confermano quanto già affermato, ovvero una situazione di criticità della foce del Conca sia in rapporto alle altre due foci analizzate sia, in modo molto meno netto, in rapporto alla stessa area della costa sud. Al contrario foce Reno e foce Bevano, che sostanzialmente si equivalgono, presentano una situazione nettamente migliore rispetto alla zona costiera di appartenenza. Quest'ultima, infine, risulta in situazione migliore rispetto alla costa sud, ma forse non tanto quanto ci si potrebbe aspettare.

VALORI INDICI - 2003													
AREA DI STUDIO		LDI		BTC		PERCOLAZIONE		IFM		RMFI		INDICE COMPOSITO ZONE COSTIERE	INDICE COMPOSITO FOCI FLUVIALI
	area (ha)	valore medio	valore normalizzato	valore normalizzato	valore normalizzato								
<b>COSTA</b>	71024	5,31	<b>0,47</b>	4,74	<b>0,12</b>	0,43	<b>0,43</b>	4,00	<b>0,40</b>			<b>0,35</b>	
<b>COSTA NORD</b>	46979	4,90	<b>0,51</b>	5,28	<b>0,13</b>	0,47	<b>0,47</b>	4,22	<b>0,42</b>			<b>0,38</b>	
<b>COSTA SUD</b>	24022	5,59	<b>0,44</b>	4,37	<b>0,11</b>	0,41	<b>0,41</b>	3,86	<b>0,39</b>			<b>0,34</b>	
<b>FOCE RENO</b>	2154	2,21	<b>0,78</b>	9,36	<b>0,23</b>	0,67	<b>0,67</b>	6,51	<b>0,65</b>	95,75	<b>0,32</b>		<b>0,53</b>
<b>FOCE BEVANO</b>	1803	3,15	<b>0,69</b>	12,39	<b>0,31</b>	0,65	<b>0,65</b>	5,55	<b>0,55</b>	141,00	<b>0,47</b>		<b>0,53</b>
<b>FOCE CONCA</b>	144	6,16	<b>0,38</b>	5,09	<b>0,13</b>	0,36	<b>0,36</b>	2,89	<b>0,29</b>	138,75	<b>0,46</b>		<b>0,32</b>
<b>VALORE TARGET</b>		0,00	<b>1,00</b>	40,00	<b>1,00</b>	1,00	<b>1,00</b>	10,00	<b>1,00</b>	300	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

Tabella 4.7 – Valori degli indici LDI, BTC, Percolazione, IFM e RMFI per le aree di studio, e proposta di un indice composito per le zone costiere e per le foci fluviali

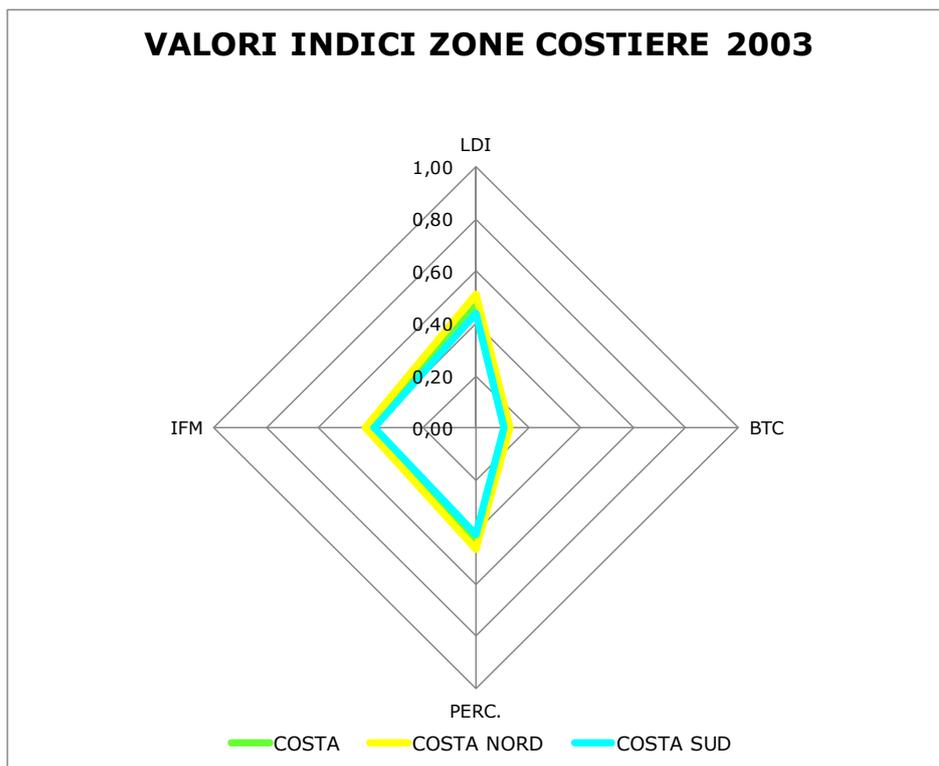


Figura 4.3 – Grafico di rappresentazione dei valori normalizzati degli indici LDI, BTC, Percolazione, IFM per le zone costiere

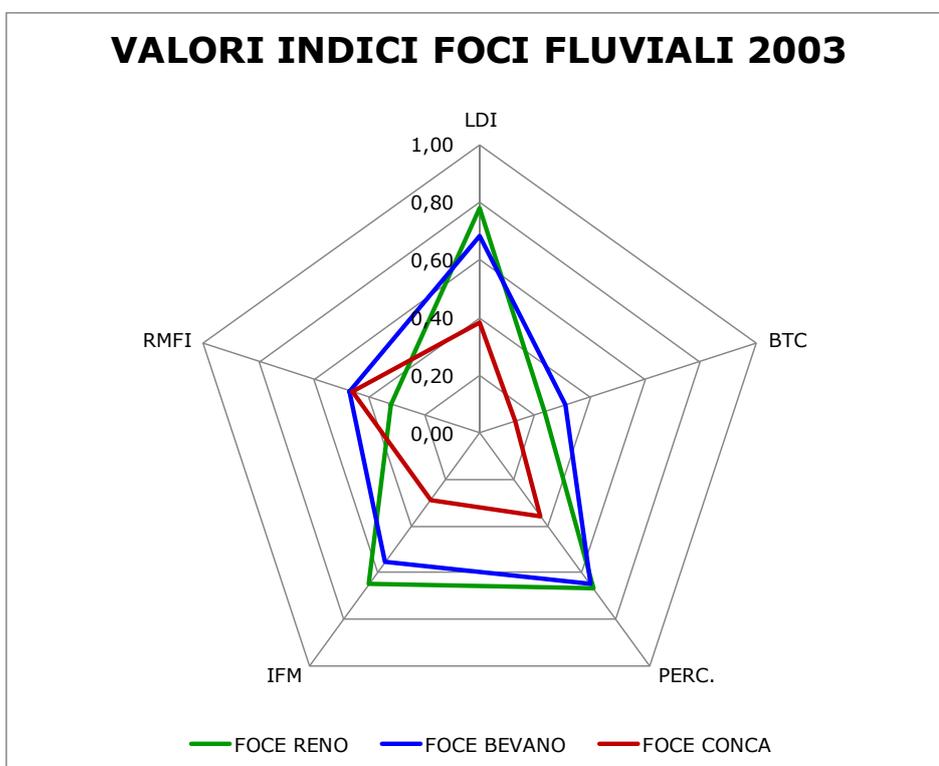
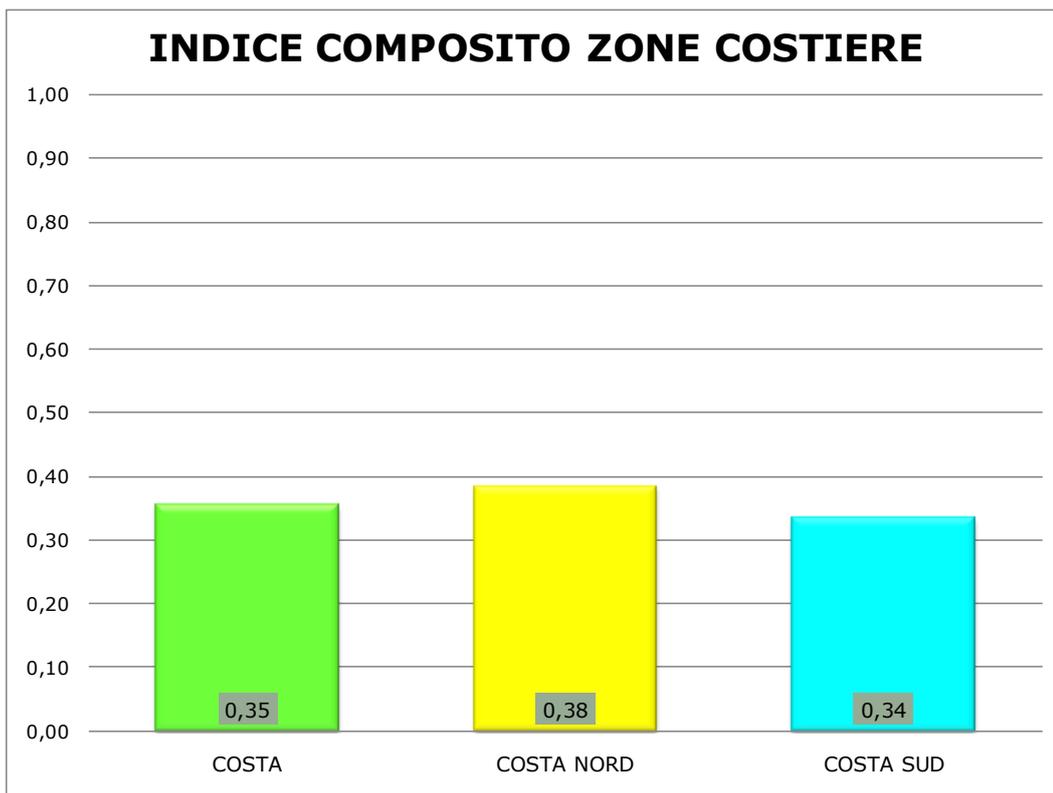
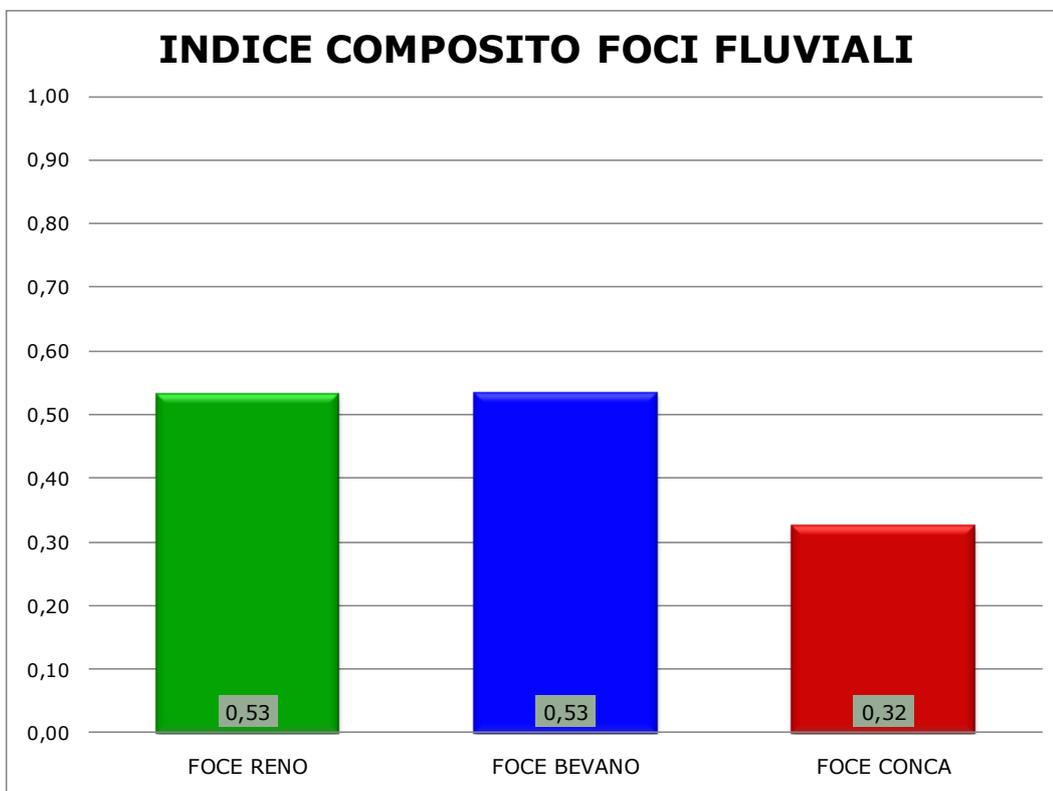


Figura 4.4 – Grafico di rappresentazione dei valori normalizzati degli indici LDI, BTC, Percolazione, IFM, RMFI per le foci fluviali



**Figura 4.5 – Valori dell’Indice Composito per le aree di studio delle zone costiere**



**Figura 4.6 – Valori dell’Indice Composito per le aree di studio delle foci fluviali**

Infine, sono stati valutati i conflitti tra i differenti utilizzi delle risorse e del territorio nelle due aree costiere, la costa nord e la costa sud. I risultati, mostrati nelle Tabelle 4.8 – 4.13, mostrano un maggior peso dei conflitti nell'area settentrionale; ciò non deve sorprendere e non è in contraddizione con la minore pressione antropica di quest'area rispetto alla parte meridionale della costa. Difatti, generalmente i conflitti risultano inferiori dove il territorio è fortemente antropizzato, occupato da strutture ed attività antropiche, a causa della maggiore banalizzazione, sia del paesaggio sia degli usi del territorio. Viceversa, i conflitti tendono ad essere maggiori dove gli usi antropici del territorio si sovrappongono agli ambienti ad alta naturalità ed alla loro fruizione, oppure dove differenti usi antropici si contendono le medesime risorse, in condizioni di scarsità.

		EFFETTO											
		Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione	Inquinamento	Protezione della Costa	Danno Potenziale	Costi	Porti	Turismo	Pesca e Acquacoltura	Navigazione	Conservazione della natura	Conservazione del patrimonio culturale	Espansione urbana
CAUSA	Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione		1	1							-1	-1	-1
	Inquinamento			1						-1			
	Protezione della Costa	-1		1	1							1	1
	Danno Potenziale				1						1		
	Costi												
	Porti		-1						1				
	Turismo		-1				1	1					
	Pesca e Acquacoltura									-1			
	Navigazione									-1	-1		1
	Conservazione della natura						1	1					
	Conservazione del patrimonio culturale						1						
	Espansione urbana		1								-1	-1	
	Attività Industriale		1		1		1				-1	-1	

**Tabella 4.8 – Matrice delle interazioni di causa-effetto, calcolata con il metodo di Marotta et al. (2008).**

**Area di studio: costa nord.**

		Direzione Desiderata ->													Qualitative System Sustainability Index, Grosskurth and Rothmans, 2007		
<- Direzione Desiderata		Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione	Inquinamento	Protezione della Costa	Danno Potenziale	Costi	Porti	Turismo	Pesca e Acquacoltura	Navigazione	Conservazione della natura	Conservazione del patrimonio culturale	Espansione urbana	Attività Industriale		Interazioni totali	interazioni non consistenti
-	Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione			1	1							-1	-1	-1	5	3	
-	Inquinamento				1						-1				2	1	
-	Protezione della Costa	-1			1	1							1	1	5	1	
-	Danno Potenziale					1						-1			2	1	
-	Costi														0	0	
+	Porti		-1						1						2	0	
+	Turismo		-1				1		1						3	1	
+	Pesca e Acquacoltura										-1				1	1	
+	Navigazione										-1	-1		1	3	2	
+	Conservazione della natura							1	1						2	0	
+	Conservazione del patrimonio culturale								1						1	0	
+	Espansione urbana		1								-1	-1			3	3	
+	Attività Industriale		1		1		1				-1	-1			5	4	
															34	17	0,50

**Tabella 4.9 – Matrice dei conflitti tra usi, calcolata con il metodo di Marotta et al. (2008). Area di studio: costa nord.**

		Direzione Desiderata ->													Qualitative System Sustainability Index, Grosskurth and Rothmans, 2007		
<- Direzione Desiderata		Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione	Inquinamento	Protezione della Costa	Danno Potenziale	Costi	Porti	Turismo	Pesca e Acquacoltura	Navigazione	Conservazione della natura	Conservazione del patrimonio culturale	Espansione urbana	Attività Industriale		Peso delle interazioni totali	Peso delle interazioni non consistenti
-	Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione			3	2							-3	-1	-3	12	7	
-	Inquinamento				3						-3				6	3	
-	Protezione della Costa	-3			2	1							1	1	8	3	
-	Danno Potenziale					3						-2			5	2	
-	Costi														0	0	
+	Porti		-2							3					5	0	
+	Turismo		-2				1		1						4	2	
+	Pesca e Acquacoltura										-3				3	3	
+	Navigazione										-2	-1		1	4	3	
+	Conservazione della natura							1	2						3	0	
+	Conservazione del patrimonio culturale							3							3	0	
+	Espansione urbana		1								-1	-1			3	3	
+	Attività Industriale		1		2		1				-3	-2			9	8	
															65	34	0,52

**Tabella 4.10 – Matrice del peso dei conflitti tra usi, calcolata con il metodo di Marotta et al. (2008). Area di studio: costa nord.**

CAUSA	EFFETTO												
	Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione	Inquinamento	Protezione della Costa	Danno Potenziale	Costi	Porti	Turismo	Pesca e Acquacoltura	Navigazione	Conservazione della natura	Conservazione del patrimonio culturale	Espansione urbana	Attività Industriale
Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione			1	1			-1				-1	-1	
Inquinamento				1			-1			-1			
Protezione della Costa	-1			1	1							1	1
Danno Potenziale					1								
Costi													
Porti		-1	1				1		1			1	
Turismo		-1				1		1		1			
Pesca e Acquacoltura										-1			
Navigazione										-1			
Conservazione della natura							1	1					
Conservazione del patrimonio culturale							1						
Espansione urbana		1								-1	-1		
Attività Industriale		1					1			-1	-1		

**Tabella 4.11 - Matrice delle interazioni di causa-effetto, calcolata con il metodo di Marotta et al. (2008).**

**Area di studio: costa sud.**

← Direzione Desiderata	Direzione Desiderata →													Interazioni totali	interazioni non consistenti	Qualitative System Sustainability Index, Grosskurth and Rothmans, 2007
	Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione	Inquinamento	Protezione della Costa	Danno Potenziale	Costi	Porti	Turismo	Pesca e Acquacoltura	Navigazione	Conservazione della natura	Conservazione del patrimonio culturale	Espansione urbana	Attività Industriale			
- Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione			1	1			-1				-1	-1		5	1	
- Inquinamento				1			-1			-1				3	2	
- Protezione della Costa	-1			1	1						1	1		5	2	
- Danno Potenziale					1									1	0	
- Costi														0	0	
+ Porti		-1	1				1	1			1			5	2	
+ Turismo		-1				1				-1				4	2	
+ Pesca e Acquacoltura										-1				1	1	
+ Navigazione										-1				1	1	
+ Conservazione della natura						1	1							2	0	
+ Conservazione del patrimonio culturale						1								1	0	
- Espansione urbana		1								-1	-1			3	0	
+ Attività Industriale		1				1				-1	-1			4	3	
														35	14	0,40

**Tabella 4.12– Matrice dei conflitti tra usi, calcolata con il metodo di Marotta et al. (2008). Area di studio: costa sud.**

		Direzione Desiderata ->													Peso delle interazioni totali		Peso delle interazioni non consistenti		Qualitative System Sustainability Index, Grosskurth and Rothmans, 2007
		-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+					
<- Direzione Desiderata		Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione	Inquinamento	Protezione della Costa	Danno Potenziale	Costi	Porti	Turismo	Pesca e Acquacoltura	Navigazione	Conservazione della natura	Conservazione del patrimonio culturale	Espansione urbana	Attività Industriale					
		-	Aumento del livello del mare / Rischio di inondazione			1	1			-2				-1	-1		6	2	
-	Inquinamento				1			-1			-2				4	2			
-	Protezione della Costa	-1			1	1							1	1	5	2			
-	Danno Potenziale					1									1	0			
-	Costi														0	0			
+	Porti		-1	2			1		1				1		5	2			
+	Turismo		-3				1		1		-1				6	4			
+	Pesca e Acquacoltura										-1				1	1			
+	Navigazione										-1				1	1			
+	Conservazione della natura							2	2						4	0			
+	Conservazione del patrimonio culturale							2							2	0			
-	Espansione urbana		1								-1	-1			3	0			
+	Attività Industriale		2					1			-2	-1			6	4			
															44	18	0,41		

**Tabella 4.13 – Matrice del peso dei conflitti tra usi, calcolata con il metodo di Marotta et al. (2008). Area di studio: costa sud.**

L'incremento di superfici urbane, l'aumento delle infrastrutture e delle attività industriali costituiscono un fattore di pressione rilevante e generano una diminuzione quantitativa e qualitativa delle aree agricole, naturali e seminaturali, ed una compattazione ed impermeabilizzazione del terreno. La conseguenza diretta è una minore superficie di scambio e di interazione naturale con il sottosuolo ed il substrato e gli acquiferi in essi contenuti, nonché un incremento delle superfici impermeabili con conseguente aumento dell'effetto "isola di calore" urbana e diminuzione dei tempi di corrivazione delle acque superficiali.

Da una parte abbiamo la banalizzazione spinta degli ecosistemi naturali della pianura, connotata dal fenomeno diffuso dello "sprawl" urbano che tende a polverizzare gli ambiti agricoli rimasti e a inglobare i pochi elementi naturali rimasti e a ridurre gli spazi dei sistemi fluviali aumentandone notevolmente la vulnerabilità idrogeologica ed ecosistemica. Dall'altra troviamo, proprio nelle zone umide, risorse naturalistiche di eccellenza, che rischiano di rimanere isolate per la pressione antropica e il problema legato all'abbandono di alcune attività agricole tipiche. L'armoniosa convivenza e la valorizzazione di tali

peculiarità rappresenta non solo una sfida per gli anni a venire, ma anche una risorsa importantissima che potrà rendere le singolarità e la ricchezza del patrimonio culturale e ambientale una base imprescindibile anche dell'economia della costa romagnola. Si può infatti pensare che in un mondo che la globalizzazione tende ad omogeneizzare, quanto rimarrà diverso avrà, un domani, un valore (anche economico) molto più grande dell'attuale, in quanto sempre più raro.

Da questo punto di vista la valutazione territoriale integrata, la pianificazione integrata dei bacini idrografici e la Gestione Integrata delle Zone Costiere permettono di far evolvere insieme la società/economia con (e non più contro) le funzioni geo-ecosistemiche, coerenti con le sue "vocazioni territoriali", spesso dimenticate dalle trasformazioni recenti. Ciò non significa voler cristallizzare il territorio, ma cercare degli strumenti che aiutino ad accompagnare l'evoluzione, secondo un modello che ne rispecchi i caratteri, ne valorizzi le diversità e tenda a ridurre i conflitti esistenti. Questi ultimi sono numerosi. Da un punto di vista paesistico - ambientale ci sono tre aspetti che pare siano sicuramente prevalenti sugli altri: l'urbanizzazione diffusa, causa prima anche dei problemi legati alla mobilità e all'inquinamento, la frammentazione degli habitat sia umani che naturali, la conservazione dei caratteri peculiari della costa romagnola.

#### ***4.2.2 – Differenze rispetto ai risultati di altri approcci***

L'analisi dell'uso del suolo dell'area costiera effettuata dalla regione Emilia-Romagna e precedentemente descritta, ha dato i seguenti risultati. Riassumendo a grandi linee l'assetto relativo all'anno 2005, si osserva come il 29% del territorio sia occupato da aree agricole eterogenee, il 33% da zone urbanizzate, il 31% da aree naturali (zone umide, corsi d'acqua, boschi e parchi) e solo il 5% da spiagge e il 2% da dune. Lungo tutta la fascia costiera sono state rilevate le seguenti variazioni nel periodo 1982 – 2005, paragonabile a grandi linee al periodo 1976 – 2003 considerato nel lavoro di tesi: zone urbanizzate +6%, aree vegetate +4%, spiagge +0,5%, dune -0,8%, zone umide -3%, aree agricole eterogenee -6,7%; le superfici occupate dai corsi d'acqua risultano invariate. Anche da questa analisi risulta che l'area costiera dell' Emilia-Romagna ha subito profonde trasformazioni nel tempo, sia per cause naturali che per cause antropiche, e che il fenomeno dell'urbanizzazione è forse il più sentito, soprattutto nel tratto compreso tra Rimini e Cattolica. I risultati ottenuti

dimostrano come il tessuto urbano sia notevolmente aumentato nel tempo, mentre i terreni agricoli siano diminuiti progressivamente nell'ultimo secolo. Tale conclusione è la medesima alla quale si è giunti con le analisi svolte per questa tesi. La Regione sottolinea inoltre come l'espansione urbana, e l'antropizzazione in generale, abbia inoltre provocato modificazioni nell'assetto della spiaggia, causando una progressiva diminuzione delle dune e uno sfruttamento massiccio della spiaggia stessa con creazione di stabilimenti balneari e strutture ricreative, tanto da influire fortemente sulle dinamiche costiere ed accentuare il fenomeno dell'erosione della spiaggia.

I metodi utilizzati dal sistema delle Agenzie di Prevenzione e Ambiente (ARPA e APPA) e dettate dalla normativa vigente solitamente prendono in considerazione singoli comparti ambientali, ad esempio le acque. Ormai da diversi anni gli indici biotici sono tra gli indicatori più utilizzati; considerando gli effetti dell'alterazione dell'ecosistema sulla fauna, sono in grado di evidenziare una vasta tipologia di impatti e possono fornire una stima attendibile della qualità dell'ecosistema. Tuttavia, non sembrano essere adatti alla valutazione dei cambiamenti alla scala del paesaggio. La qualità ambientale dei corsi d'acqua è stata finora misurata attraverso l'incrocio di variabili chimico-fisiche, misurate attraverso l'indice LIM e la presenza/assenza di sostanze pericolose, e di variabili biotiche (indice IBE). Il metodo di aggregazione delle informazioni fornite per i singoli comparti è piuttosto rudimentale, basandosi semplicemente sull'assegnazione del valore inferiore tra LIM e IBE per la qualità ecologica e sulla penalizzazione di un livello in caso di presenza di sostanze pericolose nelle acque.

Nel caso particolare delle foci fluviali indagate, non siamo a conoscenza di studi sulla qualità dei popolamenti macrobentonici, che solitamente vengono utilizzati come indicatori di qualità ambientale. Esistono liste di specie per le aree protette di foce Reno e foce Bevano, ma queste non bastano a quantificare gli impatti che insistono su queste aree, che mantengono una elevata naturalità e quindi sono in grado di "mascherare" meglio gli effetti delle alterazioni territoriali. Esistono carte della vegetazione e del suo pregio naturalistico per le aree indagate, ma queste non costituiscono di per sé una misura dello scostamento da una situazione "di riferimento".

## 4.3 – UTILIZZO DEI RISULTATI AI FINI DELLA GESTIONE

Nonostante il lavoro svolto nell'ambito di questa tesi rappresenti soltanto una fase iniziale dello sviluppo di un metodo multicriteriale di analisi delle aree costiere, ed in particolare degli ambienti di foce fluviale, esistono diverse possibilità di utilizzo dei risultati conseguiti, con finalità e livelli di approfondimento tra loro differenti:

- I. un prima possibilità consiste nella presentazione dei risultati tal quale, ad esempio tramite una tabella con i risultati per tutti gli indici, senza effettuare sintesi o semplificazioni; tale modalità di presentazione risulta probabilmente di difficile lettura, ma offre un maggiore contenuto di informazione; la finalità è di fornire un supporto alla valutazione esperta sulle priorità di intervento, in quali aree e in quali comparti;
- II. un'altra possibilità consiste nella semplificazione dell'informazione in un unico indice integrato, ad esempio pesando del valore di ogni singolo indice rispetto al valore massimo che può assumere; bisogna precisare che in questo modo non si valuta la distanza da una condizione di riferimento per l'area di studio, ma la distanza da una ipotetica condizione di "massima sostenibilità raggiungibile" in termini assoluti, non tenendo conto delle caratteristiche diverse delle singole aree: le aree di costa dovrebbero avere valori di riferimento diversi rispetto alle aree di foce; il valore massimo di riferimento dovrebbe essere valutato per tipologia di area; in sostanza in questo modo si ha una perdita di informazione a vantaggio di una maggiore facilità di lettura dei risultati; potrebbe essere utile per confrontare tra loro aree differenti e valutarne lo stato di conservazione complessivo del paesaggio;
- III. una terza possibilità di utilizzo consiste nella costruzione di una tabella semplificata, sullo stile di un Rapporto sullo Stato dell'Ambiente; in tal modo si avrebbe una riduzione dell'informazione ma una maggiore facilità di lettura; il fine in questo caso è la comunicazione per un pubblico più vasto e con un livello ridotto di conoscenza delle tematiche analizzate.

I risultati del presente lavoro di tesi possono essere applicati ed utilizzati da parte dei decision makers nell'ambito della Gestione Integrata della Zona Costiera, insieme ad altri studi ed approfondimenti, per la scelta delle priorità nella salvaguardia, riqualificazione e

ripristino delle zone umide costiere. L'analisi mostra chiaramente come l'area della foce del Conca sia soggetta a forti pressioni antropiche che ne hanno limitato la funzionalità; a conferma di quanto è stato rilevato dallo studio, tale area è stata scelta come oggetto del primo intervento operativo nell'ambito della GIZC da parte della Provincia di Rimini, al fine del recupero ambientale.



# 5 – CONCLUSIONI

L'analisi SWOT, conosciuta anche come Matrice TOWS, è uno strumento di pianificazione strategica usata per valutare i punti di forza (Strengths), debolezza (Weaknesses), le opportunità (Opportunities) e le minacce (Threats) di un progetto o in un'impresa, o comunque in ogni altra situazione in cui un'organizzazione o un individuo deve prendere una decisione per raggiungere un obiettivo. L'analisi SWOT viene spesso utilizzata nel campo della ricerca poiché risulta particolarmente utile per individuare le aree di possibile sviluppo.

Analizzando tramite una “SWOT analysis” il lavoro svolto per questa tesi, si possono effettuare le seguenti considerazioni.

Punti di forza:

1. il metodo si è dimostrato utile nel misurare lo stato ambientale di differenti sistemi costieri e le differenze tra essi;
2. il metodo si è dimostrato utile nel misurare le dinamiche temporali dei fenomeni di antropizzazione delle aree costiere e degli impatti sulla funzionalità degli ecosistemi.

Punti di debolezza e criticità:

1. la mancanza di esperienza personale nella rilevazione dell'indice IFF e dell'indice RMFI;
2. il coinvolgimento degli attori locali, dei cittadini, e l'uso delle loro richieste e criticità per implementare un modello multicriteriale (Martinez-Alier et al., 1998);
3. la necessità di implementare l'attuale scenario economico, con riferimento in particolare al turismo, e di valutare i principali aspetti critici nell'adozione di politiche di settore efficaci;
4. la definizione di un modello per l'analisi dei processi di governance e delle strategie dei principali soggetti coinvolti; le analisi in ogni caso suggeriscono l'adozione di strategie basate su un approccio multiscalare ed integrato nell'adozione di politiche per la sostenibilità costiera;

5. l'applicazione dell'analisi multicriteriale ai problemi di pianificazione territoriali nell'ambito teorico dell'economia ecologica significa essenzialmente affrontare le problematiche relative alla valutazione delle potenzialità delle risorse territoriali relativamente ai possibili indirizzi di sviluppo endogeno nel rispetto dei vincoli di sostenibilità ambientale, sociale e culturale (van den Bergh et al., 2001). Per raggiungere l'obiettivo del supporto alle scelte di sostenibilità in ambito costiero è possibile scomporre il problema nelle seguenti fasi:
  - i. individuazione dei criteri del processo di pianificazione in termini di valutazione delle potenzialità di sviluppo endogeno ed autocentrato, applicando i principi delle teorie regionali e di analisi della sostenibilità ambientale dei processi di sviluppo, tramite modelli dell'ecologia del paesaggio;
  - ii. analizzare i criteri e coinvolgere i portatori di interesse (attori e cittadini), costruire scenari;
  - iii. far scegliere lo scenario ottimale in modo democratico (Martinez-Alier et al., 1998);
  - iv. analizzare la sostenibilità dello scenario scelto ed individuare le misure di ri-progettazione del sistema, di mitigazione e di compensazione tali da rendere lo scenario sostenibile nel tempo.

#### Opportunità:

1. l'ecologia del paesaggio è poco utilizzata nello studio dei sistemi costieri, ma i suoi metodi sono tra i pochi in grado di integrare sistemi marini, terrestri e percezione del paesaggio; questo lavoro costituisce un piccolo contributo all'avanzamento degli studi in questo senso;
2. si è ottenuta una gerarchizzazione delle aree in base allo stato di salute degli ecosistemi, in modo da poter valutare in sede di decisioni politiche le priorità di intervento, o quanto meno le aree sulle quali intervenire in via prioritaria.

#### Rischi:

1. sviluppare un metodo troppo complesso o costoso;
2. sviluppare un metodo scollegato dagli strumenti di pianificazione territoriale.

Future linee di ricerca e necessità di sviluppo:

1. necessità di valutazione della stabilità e sensitività degli indici; per stabilità si intende la capacità degli indici di rispondere coerentemente e costantemente alle variazioni dei parametri; la sensitività è invece la misura di quanto variano al variare dei parametri;
2. necessità di validazione dell'indice RMFI qui proposto, attraverso un uso sistematico del metodo in aree le cui differenze sono valutate in modo almeno qualitativo e/o con indicatori largamente utilizzati;
3. perfezionamento del calcolo della BTC, accoppiando rilevamenti veloci annuali con rilevamenti quinquennali della vegetazione secondo le schede proposte da Ingegnoli (Ingegnoli e Giglio, 2005);
4. analisi e quantificazione dei diversi utilizzi delle acque, e delle fluttuazioni naturali e indotte delle portate;
5. implementazione di ecologia della percezione e valutazione dell'eco-field (Farina, 2004);
6. utilizzo di indicatori e modelli dei cambiamenti costieri che integrino geofisica, ecologia, demografia umana, economia;
7. utilizzo di indicatori e modelli per la conservazione della biodiversità che integrino genetica, ecologia e pianificazione dello sviluppo territoriale (Farina, 2000a; Farina e Belgrano, 2004);
8. adottare l'eco-field come approccio operativo per integrare la complessità ambientale con il framework del paesaggio e della biologia evolutiva; l'eco-field è importante nella valutazione sia nel breve che nel lungo periodo;
9. integrazione tra modelli idraulici, idrodinamici e di trasporto sedimentario, modelli ecologici, indici e DSS.



## 6 – BIBLIOGRAFIA

Alberti, M. e J.D. Parker, 1991. Indices of Environment Quality. The search for Credible Measures. *Environmental Impact Assessment Review*, 11 (2), pp. 95 - 101.

APAT, 2007. IFF 2007. Indice di Funzionalità Fluviale. Nuova versione del metodo revisionata e aggiornata. Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici, Roma, 325 p.

ARPA Emilia-Romagna, 2004. Monitoraggio fluviale per lo studio dei processi erosivi nel bacino del Reno. ARPA Emilia-Romagna, Bologna, 32 p.

ARPA Emilia-Romagna, 2009. Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2007 e piano decennale di gestione. Sezione Ingegneria Ambientale, ARPA Emilia-Romagna, Bologna, 270 p.

Battisti, C., e B. Romano, 2007. Frammentazione e connettività. Città Studi Edizioni – De Agostini, Novara, 441 p.

Benini, L., 2008. Modello DPSIR applicato alla gestione integrata del corso medio superiore del fiume Lamone. Tesi di laurea, Università degli Studi di Bologna, Anno Accademico 2006-2007, 290 p.

Benini, L., V. Bandini, D. Marazza, A. Contin, 2010. Assessment of land use changes through an indicator-based approach: A case study from the Lamone river basin in Northern Italy. *Ecological Indicators*, 10 (2010), pp. 4–14.

Borja, A., J. Franco e V. Pérez, 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (12), pp. 1100-1114.

Brown, M.T., e S. Ulgiati, 1997. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economics and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological engineering*, 9, pp. 51-69.

Brown, M.T, e S. Ulgiati, 1999. Emergy evaluation of the biosphere and natural capital. *Ambio*, 28 (6), pp. 486–493

Brown, M.T. e E. Bardi, 2001. Handbook of Emergy Evaluation Folio 3: Emergy of Ecosystems. Centre for Environmental Policy. University of Florida, Gainesville, 90 p.

Brown, M.T., e M. B. Vivas, 2005. Landscape Development Intensity Index. Environmental Monitoring and Assessment, 101 (1-3), pp. 289 – 309.

Bull, K.S.E, e D.d'A. Laffoley, 2003. Networks of Protected Areas in the Maritime Environment. A report for the Review of Marine Nature Conservation and the Marine Stewardship process on a stakeholder workshop held in London on 19 June 2003. English Nature Research Report, No. 537, Peterborough, 35 p.

Callow, P., e G.E. Petts (eds.), 1992. The Rivers Handbook: hydrological and ecological principles. Volume I. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Callow, P., e G.E. Petts (eds.), 1994. The Rivers Handbook: hydrological and ecological principles. Volume II. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Carson, R., 1962. Silent spring. Houghton Miffling Company, Boston, 234 p.

Carter, R.W.G., 1988. Coastal environments: An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural System of Coastlines. Academic Press, London, 617 p.

Commission of the European Communities, 2000. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on public access to environmental information. Brussels, 29/06/2000 COM(2000) 402 final 2000/0169 (COD)

Coccosis, H., T. Burt, e J. Van der Weide, 1999. Conceptual Framework and Planning Guidelines for Integrated Coastal Area and River Basin Management/Cadre conceptuel et directives pour la gestion intégrée du littoral et des bassins fluviaux. PAP/RAC, Split, 90 p.

Costanza, R., 1992. Toward an operational definition of ecosystem health, in Costanza, R., Norton, B.G. and Haskell, B.D (eds). Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management. Island Press, Washington, D.C., pp. 239–256.

Daly, H.E., 1997. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz: Forum. Ecol. Econ. 22 (3), pp. 261-266.

Dauvin, J.C., 2007. Paradox of estuarine quality: Benthic indicators and indices, consensus or debate for the future. Marine Pollution Bulletin, 55, pp. 271–281.

de Groot, Stuij, Finlayson e Davidson, 2006. Valuing wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services. Ramsar Technical Report No. 3, CBD Technical Series No. 27.

De Leo, G., e S. Levin, 1997. The Multifaceted Aspects of Ecosystem Integrity. Conservation Ecology (on line), 1 (1), disponibile su <  
<http://www.consecol.org/vol1/iss1/art3>>.

European Communities, 2003. Transitional and Coastal Waters – Typology, Reference Conditions and Classification Systems. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) – Guidance Document No 5. European Union, Office for Official Publications of the European Communities, 48 p.

European Communities, 2003. Horizontal Guidance on the Role of Wetlands in the Water Framework Directive. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) – Guidance Document No 12. European Union, Office for Official Publications of the European Communities, 62 p.

European Environmental Agency (EEA), 1999. Environmental indicators: Typology and overview – Technical Report No 25. EEA, Copenhagen, 19 p.

European Environmental Agency (EEA), 2006. Urban sprawl in Europe: The ignored challenge – EEA Report No 10/2006. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 56 p.

Elliott, M., D. Burdon, K.L. Hemingway, 2006. Marine ecosystem structure, functioning, health and management and potential approaches to marine ecosystem recovery: a synthesis of current understanding. Report to CCW, Reference No. YBB092-F-2006, Institute of Estuarine and Coastal Studies, University of Hull, 122 p.

Fabiano, M., P. Vassallo, L. Vezzulli, V.S. Salvo e J.C. Marques, 2004. Temporal and spatial change of exergy and ascendancy in different benthic marine ecosystems. Energy, 29, pp. 1697–1712.

Fabbri, K.P., 1998. A methodology for supporting decision making in integrated coastal zone management. Ocean and Coastal Management, 39, pp. 51-62.

Farina, A., 1995. Ecotoni. Patterns e processi ai margini. CLUEP, Padova, 166 p.

- Farina, A., 1998. Principles and methods in landscape ecology. Chapman and Hall, London, 256 p.
- Farina, A., 2000a. Landscape Ecology in Action. Kluwer, Dordrecht, 317 p.
- Farina, A., 2000b. The Cultural Landscape as a Model for the Integration of Ecology and Economics. *BioScience* 50 (4), pp. 313-320.
- Farina, A., 2003. Ecologia del paesaggio: principi, metodi, applicazioni. UTET Libreria, Torino, 673 p.
- Farina, A., 2004. Lezioni di Ecologia. UTET Libreria, Torino, 280 p.
- Farina, A., 2006a. Principles and methods in landscape ecology. Towards a Science of Landscape. Springer, Dordrecht, 412 p.
- Farina, A., 2006b. Il paesaggio cognitivo. Una nuova entità ecologica. Franco Angeli, Milano, 136 p.
- Farina, A., 2008. The Landscape as a Semiotic Interface between Organisms and Resources. *Biosemiotics*, (2008) 1, pp. 75–83.
- Farina, A., e A. Belgrano, 2004. Eco-field: A new paradigm for landscape ecology. *Ecological Research*, 19 (1), pp. 107-110.
- Farina, A., e A. Belgrano, 2006. The Eco-field hypothesis: Toward a cognitive landscape. *Landscape Ecology*, 21, pp. 5-17.
- Farina, A., A.R. Johnson, S.J. Turner e A. Belgrano, 2002. “Full” world versus “empty” world at the time of globalisation. *Ecological Economics*, 45, pp. 11–18.
- Ferrara, G. e G. Campioni, 1997. Tutela della naturalità diffusa, pianificazione degli spazi aperti e crescita metropolitana. Il Verde Editoriale, Milano, 303 p.
- Ferrari, C., 2001. Biodiversità: dall'analisi alla gestione. Zanichelli, Bologna, 135 p.
- Ferrari, C., G. Pezzi, L. Diani, M. Corazza, 2008. Evaluating landscape quality with vegetation naturalness maps: an index and some inferences. *Applied Vegetation Science*, 11, pp. 243-250.

- Folke, C., A. Jansson, J. Larsson, R. Costanza, 1997. Ecosystem appropriation by cities. *Ambio*, 26, pp. 167-172.
- Forman, R.T.T., 1995. Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Forman, R.T.T. e M. Godron, 1986. Landscape Ecology. John Wiley, New York, 619 pp.
- Forst, M.F., 2009. The convergence of Integrated Coastal Zone Management and the ecosystems approach. *Ocean & Coastal Management*, 52 (6), pp. 294-306.
- Garducci, G., S. Caleffi, P. Ciavola, 2007. Evoluzione morfodinamica della foce del torrente Bevano. *Studi costieri*, 13 (2007), pp. 53-74.
- Global Water Partnership, 2000. Towards Water Security: A Framework for Action. Global Water Partnership, Stockholm, 354 p.
- Grosskurth, J., e J. Rotmans, 2007. Qualitative System Sustainability Index: A new Type of Sustainability Indicator, in Hák, T., B. Moldan, A. L. Dahl (eds.), 2007. Sustainability indicators. A Scientific Assessment. Island Press, Washington, pp. 177-187.
- Haslett, S.K., 2000. Coastal System. Routledge, London, 218 p.
- Haskell, B. D., B. D. Norton, and R. Costanza, 1992. Introduction: What is Ecosystem Health and Why Should We Worry About It?, in R. Costanza, B. D. Norton, and B. D. Haskell. Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management. Island Press, Washington, DC, pp. 1-19.
- Hiscock, K., M. Elliott, D.d'A. Laffoley e S. Rogers, 2003. Data use and information creation: challenges and for marine scientists and for managers. *Marine Pollution Bulletin* 46: 534 - 541.
- Hwang, C.-L., e K. Yoon. Multiple attribute decision making: methods and applications. A state of the art survey. Springer, Berlin – Heidelberg, 259 p.
- Ingegnoli, V., 1993. Fondamenti di Ecologia del Paesaggio. CittàStudi, Milano, 278 p.
- Ingegnoli V., 2002. Landscape Ecology: a Widening Foundation. Springer, Berlin - Heidelberg, 340 p.

Ingegnoli, V., e S. Pignatti, 2007. The impact of wined landscape ecology on vegetation science: towards a new paradigm. *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 9 (18), pp. 89 -122.

Ingegnoli, V., e E. Giglio, 2005. *Ecologia del paesaggio. Manuale per conservare, gestire e pianificare l'ambiente*. Esselibri, Napoli, 685 p.

Jørgensen, S.E., 2000. Application of exergy and specific exergy as ecological indicators of coastal areas, *Aquat. Ecosyst. Health Manage.* 3 (2000), pp. 419–430.

Jørgensen, S.E., 2002a. Parameters, ecological constraints and exergy. *Ecological Modelling*, 62, pp. 163-170.

Jørgensen, S.E., 2002b. *Integration of Ecosystem Theories: A Pattern* (third ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 420 p.

Jørgensen, S.E. 2006a. *Eco-exergy as sustainability*. WIT, Southampton, 220 p.

Jørgensen, S.E. 2006b. Application of holistic thermodynamic indicators. *Ecological Indicators*, 6, pp. 24–29

Jørgensen, S.E. e S.N. Nielsen, 1998. Thermodynamic Orientors: Exergy as a Goal Function in Ecological Modeling and as an Ecological Indicator for the Description of Ecosystem Development, in Müller, F. e Leupelt, M. (eds.). *Eco Targets, Goal Function And Orientors*. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, pp. 64-86.

Jørgensen, S.E., F.L. Xu, F. Salas, e J. Marques, 2005. Application of Indicators for Assessment of Ecosystem Health, in S.E Jørgensen, R. Costanza and F.L. Xu (eds), 2005. *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*, CRC Press, Boca Raton, pp. 5-104.

Kallis, G., 2005. Beyond limits and efficiency, what? Assessing developments in EU water policy. *International Journal of Water*, 2 (3), pp. 121-145.

Kay, J.J., 1993. On the Nature of Ecological Integrity: Some Closing Comments, in S. Woodley, J. Kay, G. Francis (eds.), 1993. *Ecological Integrity and the Management of Ecosystems*. St. Lucie Press, Delray, Florida, pp. 201-212.

Kay, J.J., e E.D. Schneider, 1992. Thermodynamics and Measures of Ecosystem Integrity, in D.E. McKenzie, V.J. Hyatt, Mc Donald (eds.), *Ecological Indicators*, Volume 1, D.H.

Proceedings of the International Symposium on Ecological Indicators, Fort Lauderdale, Florida. Elsevier, pp.159-182.

Kay, R., e J. Alder, 2005. Coastal Planning and Management. Taylor & Francis, London, 380 p..

Keeney, R.L., 1992. Value-focused thinking. A path to creative decisionmaking. Harvard University press, Cambridge, MA, 416 p.

Keeney, R., e H. Raiffa, 1976. Decisions with multiple objectives: references and value trade-offs. Wiley, New York.

Klinge, T., 2004. International ICZM: in search of successful outcomes. Ocean & Coastal Management, 47 (3-4), pp. 195-196.

Laffoley, D.d'A., M. Vincent, D.W. Connor, M. Hill e J. Breen, 2002. Strategic goals and objectives for marine nature conservation, and associated indicators. Prepared for the Review of Marine Nature Conservation by English Nature and the Joint Nature Conservation Committee, English Nature Research Reports No. 482, Peterborough, 23 p.

Laffoley, D.d'A., J. Burt, P. Gilliland, J. Baxter, D.W. Connor, J. Davies, M. Hill, J. Breen, M. Vincent e E. Maltby, 2003. Adopting an ecosystem approach for the improved stewardship of the maritime environment: some overarching issues. English Nature Research Reports, No. 538, Peterborough, 20 p.

Lewin, R., 1999. Complexity. Life at the edge of chaos. The University of Chicago Press, Chicago, 123 p.

Loehle, C., 2004. Challenges of ecological complexity. Ecological Complexity, 1, pp. 3-6.

Malczewski, J., 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley and Sons, New York, 408 p.

Marazza, D., V. Bandini e A. Contin, 2009. Ranking environmental aspects in environmental management systems: A new method tested on local authorities. Environment International, 36 (2), pp. 168-179.

Marchetti, M., 2000. Geomorfologia fluviale. Pitagora editrice, Bologna, 247 p.

- Marotta, L., 2004. Ecologia Urbana e sistemi costieri. In Bettini, V., Ecologia Urbana. UTET, Torino, pp. 419- 454.
- Marotta, L., 2005. Conflitti tra usi della laguna. In Guerzoni, S., e D. Tagliapietra (a cura di). Atlante della Laguna, Venezia tra terra e mare. Marsilio, Venezia, pp. 214 - 215.
- Marotta, L., e A. Mulazzani, 2006. Indici di percolazione e funzionalità del Paesaggio di Torre Flavia. In Battisti, C., (a cura di), Biodiversità, gestione, conservazione di un'area umida del litorale tirrenico: la Palude di Torre Flavia. Provincia di Roma, Gangemi editore, Palermo, pp. 130 -141.
- Marotta, L., S. Picchio, A. Catorci, 2007. Le praterie: un approccio tra paesaggio e termodinamica. *Braun-Blanquetia*, 42, pp. 223-228.
- Marotta, L, A. Cecchi, E. Ridolfi, F. Breton, L. Ceccaroni, 2008. Downscaling indicators of integrated coastal zone management in the Mediterranean Sea. In *Proceedings Littoral 2008. CORILA/ EUCC*, Venice, pp. 164-168.
- Martínez-Alier, J., G. Munda e J. O'Neill, 1998. Weak comparability of values as foundation of ecological economics. *Ecological Economics*, 26, pp. 277 -286.
- Massa, R., e V. Ingegnoli (a cura di), 1999. Biodiversità, estinzione e conservazione. *Fondamenti di Ecologia del Paesaggio*. UTET Libreria, Torino.
- Maturana, H. e F. Varela, 1980. *Autopoiesis and Cognition*. Reidel, Dordrecht, 412 p.
- McLusky, D.S. and M. Elliot, 2004. *The Estuarine Ecosystem. Ecology, threats and management (Third edition)*. Oxford University Press, Oxford, 214 p.
- Mexa, A., e H. Coccossis, 2004. Integrated Coastal Zone Management: The case of Cyclades, Greece, in Borri, D., Camarda, D., Grassini L., Barbanente, A., Khakee, A., (eds.). *Local Resistance to Global Pressure. A Mediterranean Social-Environmental Planning Perspective*. L'Harmattan Italia, Torino, pp. 273-290.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystems and human well-being: Current state and trends*. Island Press, Washington D.C., 662 p.

- Munda, G., 1995. Multicriteria evaluation in a fuzzy environment. Theory and applications in ecological economics. Physica-Verlag, Contributions to Economics Series, Heidelberg, 255 p.
- Munda, G., 2004. Social multi-criteria evaluation: methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research*, 158 (3), 1, pp. 662-677.
- Munda, G., 2005. “Measuring Sustainability”: A Multi-Criterion Framework. *Environment, Development and Sustainability*, 7 (1), pp. 117-134.
- Munda, G., 2008. *Social Multi-Criteria Evaluation for a Sustainable Economy*. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, 210 p.
- Naveh, Z., 2000. The Total Human Ecosystem: Integrating Ecology and Economics. *BioScience*, 50 (4), pp. 357–361.
- Naveh, Z. e A. S. Lieberman, 1994. *Landscape Ecology. Theory and Applications* (second edition). Springer, New York, 360 p.
- Odum, H.T., 1996. *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making*. John Wiley and Sons, New York, 370 p.
- Olstrom, E., 1990. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press, Cambridge, 214 p.
- PAP/RAC, 2000. Report of the Workshop on Integrated Coastal Area and River Basin Management, Toulon, January 10 to 12, 2000. PAP/RAC, Split, 147 p. PAP-4/ICARM/2000/W.1
- Pérez-España, H., e F. Arreguín-Sánchez, 1999a. A measure of ecosystem maturity, *Ecol. Model.* 119 (1999) (1), pp. 79–85.
- Pérez-España H. e F. Arreguín-Sánchez, 1999b Complexity related to behaviour of stability in modelled coastal zone ecosystems. *Aquat. Ecosyst. Health Manag.* 2 (1999), pp. 129–135.

- Pérez-España, H., e F. Arreguín-Sánchez, 1999c. An inverse relationship between stability and maturity in models of aquatic ecosystems, *Ecol. Model.* 145 (2001) (2–3), pp. 189–196.
- Petersen, R.C., 1992. The RCE: a Riparian, Channel and Environmental Inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwat. Biol.*, 27, pp. 295-306.
- Pignatti, S., 1994. *Ecologia del paesaggio*. UTET, Torino, 228 p.
- Pranzini, E., 2004. *La forma delle coste. Geomorfologia costiera, impatto antropico e difesa dei litorali*. Zanichelli, Bologna, 245 p.
- Pulselli, F.M., S. Bastianoni, N. Marchettini, E. Tiezzi, 2007. *La soglia della sostenibilità*. Donzelli editore, Roma, 251 p.
- Rapport, D.J., 1989. What constitutes ecosystem health? *Perspect.Biol. Med.* 33, pp. 120–132.
- Rapport, D., R. Costanza, e A.J. McMichael, 1998. Assessing ecosystem health. *Tree*, 13 (10), pp. 397-402.
- Regione Emilia-Romagna, 1983. *Uso del suolo 1976. Coperture vettoriali 1:25000*. Servizio Sistemi Informativi Geografici, Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Regione Emilia-Romagna, 1998. *Uso del suolo 1994. Coperture vettoriali 1:25000*. Servizio Sistemi Informativi Geografici, Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Regione Emilia-Romagna, 2003. *Linee guida per la Gestione Integrata delle Zone Costiere in Emilia-Romagna*. Assessorato Agricoltura, Ambiente e Sviluppo Sostenibile, Direzione Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa, Regione Emilia-Romagna, Bologna, 45 p.
- Regione Emilia-Romagna, 2004. *Piano di Tutela delle Acque*. Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua, Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Regione Emilia-Romagna, 2004. *Carta dei Suoli 1:50000 – edizione 2004. Mappa digitale*. Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Regione Emilia-Romagna, 2006. *Uso del suolo 2003. Coperture vettoriali 1:25000*. Servizio Sistemi Informativi Geografici, Regione Emilia-Romagna, Bologna.
-

Regione Emilia-Romagna, 2008. Uso Del Suolo dell'area Costiera. Relazione di attività. Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna, Bologna.

Regione Emilia-Romagna, 2009. Foce Bevano: l'area naturale protetta e l'intervento di salvaguardia. Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica, Regione Emilia-Romagna, Bologna, 55 p.

Ricci Lucchi, F., 1980. Sedimentologia (Parte III). CLUEB, Bologna, 545 p.

Rodríguez, I., I. Montoya, M.J. Sánchez, F. Carreño, 2009. Geographic Information Systems applied to Integrated Coastal Zone Management. *Geomorphology*, 107 (1-2), pp. 100-105.

Santolini, R., e G. Pasini, 2007. Applicazione di un modello geostatistico per la valutazione del sistema ambientale. In C. Battisti e B. Romano. Frammentazione e connettività. Città Studi Edizioni – De Agostini, Novara, pp. 257 – 261.

Sayer, J., e B. Campbell, 2004. The science of sustainable development. Cambridge University Press, Cambridge, 287 p.

Sen, A., 2000. The Discipline of Cost-Benefit Analysis. *The Journal of Legal Studies*, 29, pp. 931-952.

Sereni, E., 1972. Storia del paesaggio agrario italiano (seconda edizione). Laterza, Bari, 499 p.

Siligardi, M., e B. Maiolini, 1993. L'inventario delle caratteristiche ambientali dei corsi d'acqua alpini: guida all'uso della scheda RCE - 2. *Biologia Ambientale*, 30 (7), pp. 18-24.

Stiglitz, J.E., 2002. New perspective on public finance. *Journal of Public Economics*, 86, pp. 341-360.

Vallega, A., 1999. *Fundamental of Coastal Zone Management*. Kluwer, Dordrecht, 263 p.

van den Bergh, J.C., A. Barendregt, A. Gilbert, M. van Herwinen, P. van Horssen, P. Kalendaars, C. Lorentz, 2001. Spatial Economic-Hydroecological modelling and evaluation of land use impacts in the Vecht Wetlands area. *Ecological Modelling and Assesment*, 6 (2), pp. 87-100.

Van der Helm, R., 2003. Challenging futures studies to enhance EU's participatory river basin management. *Physics and Chemistry of the Earth*, 28, pp. 563-570.

Van Kouwen, F., C. Dieperink, P. Schot, M Wassen, 2008. Applicability of decision support systems for integrated coastal zone management. *Coastal Management*, 36, pp. 19-34.

Vincke, Ph., 1989. *L'aide multicritère à la décision*. Éditions de l'Université de Bruxelles, Bruxelles.

Visentini, M., e G. Borghi (a cura di), 1938. *Le spiagge padane*. Stabilimento Enrico Ricci, Roma.

WCED (United Nations World Commission on Environment and Development), 1987. *Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press, Oxford, 400 p.

Wu, J., e H. Li, 2006. Concepts of Scale and Scaling, in J. Wu, B. Jones, H. Li, e O.L. Loucks (eds). *Scaling and Uncertainty Analysis in Ecology. Methods and Applications*. Springer, Dordrecht, pp. 3-15.

Zettler, M.L., D. Schiedek e B. Bobertz, 2007. Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 55, pp. 258–270.

Zonneveld, W., 2007. A Sea of Houses: Preserving Open Space in an Urbanised Country. *Journal of Environmental Planning and Management*, 50 (5), pp. 657-675.

Zurlini G., N. Zaccarelli, I. Petrosillo, 2006. Indicating retrospective resilience of multi-scale patterns of real habitats in a landscape. *Ecological Indicators*, 6, pp. 184–204.

## ***Principali siti internet consultati***

Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli. <http://www.regione.emilia-romagna.it/baciniromagnoli/>

Autorità di Bacino del Reno. <http://www.regione.emilia-romagna.it/bacinoreno/>

Autorità di Bacino Interregionale Marecchia – Conca. <http://www.regione.emilia-romagna.it/BACINOMARECCHIACONCA/>

European Environmental Agency (EEA). Water Information System for Europe (WISE). <http://water.europa.eu/it/welcome>

Google Earth. <http://earth.google.com>

progetto BEACHMED-e. <http://www.beachmed.eu/>

progetto EUROSION. <http://www.eurosion.org/>

progetto PAYS.DOC. <http://www.paysmed.net/it/>

Regione Emilia-Romagna, Assessorato Ambiente e Sviluppo Sostenibile, Direzione Generale Ambiente e Difesa del suolo e della costa. Piano di Tutela delle Acque. <http://serviziambiente.regione.emilia-romagna.it/PTA/jsp/index.jsp>

Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Sistema informativo del mare e della costa. [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)

Regione Emilia-Romagna, Servizio Sistema informativo - informatico Regionale. Archivio cartografico della Regione Emilia-Romagna. <http://archiviocartografico.regione.emilia-romagna.it/>



# **ALLEGATO A**

## **TABELLE DATI DI USO DEL SUOLO**

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - REGIONE EMILIA-ROMAGNA										
MUSA 1° LIVELLO		1976			1994			2003		
		sigle classi uds	area (ha)	% area	sigle classi uds	area (ha)	% area	sigle classi uds	area (ha)	% area
Territori artificializzati	Art	I, Zi, Zm, Zc, Iv	108937,10	4,92%	I, Zf, Zi, Za, Zn, Zm, Zc, Iv	123459,07	5,58%	Ec, Er, Ed, Rs, Rf, Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs, Qa, Qi, Qd, Qu, Qr, Vp, Vp, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vj, Va, Vr	187740,20	8,49%
Territori agricoli	Agr	S, Sa, Su, R, V, F, C, U, O, Cp, Pp	1512206,88	68,36%	S, R, Ze, Cv, Ct, C, U, O, Cp, Pp	1483059,79	67,04%	Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo, Cv, Cf, Co, Sv, So, Cp, Cl, Pp	1317420,58	59,56%
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	B, Cf, Bf, Ba, Zs, Br, Pc, Zr	538897,19	24,36%	B, Cf, Ba, Bm, Zs, Br, Pc, Zr, Sp	558965,56	25,27%	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm, Tc, Tn, Ta, Tp, Dr, Dc, Dx, Di, Ds	628037,22	28,39%
Zone umide e corpi idrici	Acq	L, Zp, Al	52115,61	2,36%	L, Vs, Sa, Zp, Al	46724,14	2,11%	Ui, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma, Af, Ac, Av, Ar	78610,48	3,55%
TOTALI			2212156,78	100,00%		2212208,56	100,00%		2211808,48	100,00%

**Tabella A.1 – Dati di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: Regione Emilia-Romagna (Elaborazione su dati della Regione Emilia-Romagna)**

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - REGIONE EMILIA-ROMAGNA										
MUSA 1° LIVELLO		VARIAZIONE 1976 - 1994			VARIAZIONE 1994 - 2003			VARIAZIONE 1976 - 2003		
		area (ha)	% area ass	% area rel	area (ha)	% area ass	% area rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Territori artificializzati	Art	14521,97	0,66%	13,33%	64281,13	2,91%	52,09%	78803,10	3,56%	72,37%
Territori agricoli	Agr	-29147,09	-1,32%	-1,93%	-165639,21	-7,48%	-11,15%	-194786,30	-8,80%	-12,87%
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	20068,37	0,91%	3,72%	69071,65	3,13%	12,38%	89140,03	4,03%	16,56%
Zone umide e corpi idrici	Acq	-5391,47	-0,24%	-10,35%	31886,34	1,44%	68,27%	26494,87	1,20%	50,86%
TOTALI		51,78	0,00%		-400,09	0,00%		-348,30	0,00%	

**Tabella A.2 – Variazioni di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: Regione Emilia-Romagna (Elaborazione su dati della Regione Emilia-Romagna)**

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - REGIONE EMILIA-ROMAGNA										
MUSA 2° LIVELLO	sigle classi uds	1976			1994			2003		
		area (ha)	% area	sigle classi uds	area (ha)	% area	sigle classi uds	area (ha)	% area	
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	I	72718,10	3,29%	I, Zf	66787,05	3,02%	Ec, Er, Ed, Rs, Rf	107212,76	4,85%
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	Zl, Zm	18819,23	0,85%	Zl, Za, Zn, Zm	35392,73	1,60%	Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Oc, Os	54999,85	2,49%
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	Zc	4879,99	0,22%	Zc	4955,54	0,22%	Qa, Qi, Qd, Qu, Qr	6527,23	0,30%
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	Iv	12519,79	0,57%	Iv	16323,76	0,74%	Vp, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Vm, Vb	19000,36	0,86%
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	S, Sa, Su, R	1220770,12	55,18%	S, R, Ze	1251307,86	56,56%	Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo	1121627,61	50,71%
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	V, F, C, U	184629,19	8,35%	Cv, Ct, C, U	183107,17	8,28%	Cv, Cf, Co	153614,84	6,95%
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	O	1857,36	0,08%	O	1484,15	0,07%	Sv, So	2319,65	0,10%
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	Cp	13991,36	0,63%	Cp	13363,35	0,60%	Cp, Cl	11486,78	0,52%
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	Pp	90958,85	4,11%	Pp	33797,26	1,53%	Pp	28371,70	1,28%
Formazioni boschive	Bos	B, Cf, Bf, Ba	382788,52	17,30%	B, Cf, Ba, Bm	432534,97	19,55%	Bj, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm	523055,45	23,65%
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	Zs, Br, Pc	108370,07	4,90%	Zs, Br, Pc	110733,71	5,01%	Tc, Tn, Ta, Tp	83774,56	3,79%
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	Zr	47738,60	2,16%	Zr, Sp	15696,89	0,71%	Dr, Dc, Dx, Di, Ds	21207,21	0,96%
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	L, Zp	23609,28	1,07%	L, Vs, Sa, Zp, Ma	25945,88	1,17%	Ui, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma	28879,16	1,31%
Corsi d'acqua	Fiu	Al	28506,34	1,29%	Al	20778,26	0,94%	Af, Ac, Av, Ar	49731,32	2,25%
TOTALI			2212156,78	100,00%		2212208,56	100,00%		2211808,48	100,00%

**Tabella A.3 – Dati di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: Regione Emilia-Romagna (Elaborazione su dati della Regione Emilia-Romagna)**

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - REGIONE EMILIA-ROMAGNA										
MUSA 2° LIVELLO	sigle classi uds	VARIAZIONE 1976 - 1994			VARIAZIONE 1994 - 2003			VARIAZIONE 1976 - 2003		
		area (ha)	% area ass	% area rel	area (ha)	% area ass	% area rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	-5931,05	-0,27%	-8,16%	40425,71	1,83%	60,56%	34494,66	1,56%	47,46%
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	16573,50	0,75%	88,06%	19607,12	0,89%	55,43%	36180,62	1,64%	192,30%
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	75,55	0,00%	1,55%	1571,69	0,07%	31,74%	1647,24	0,07%	33,78%
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	3803,97	0,17%	30,38%	2676,60	0,12%	16,42%	6480,58	0,29%	51,79%
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	30537,75	1,38%	2,50%	-129680,25	-5,85%	-10,35%	-99142,50	-4,47%	-8,11%
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	-1522,02	-0,07%	-0,83%	-29492,33	-1,33%	-16,09%	-31014,35	-1,40%	-16,79%
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	-373,21	-0,02%	-20,10%	835,49	0,04%	56,32%	462,29	0,02%	24,91%
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	-628,01	-0,03%	-4,49%	-1876,57	-0,08%	-14,03%	-2504,58	-0,11%	-17,89%
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	-57161,59	-2,58%	-62,84%	-5425,56	-0,25%	-16,04%	-62587,15	-2,83%	-68,80%
Formazioni boschive	Bos	49746,45	2,25%	12,99%	90520,48	4,10%	20,95%	140266,93	6,34%	36,66%
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	2363,64	0,11%	2,18%	-26959,15	-1,22%	-24,33%	-24595,51	-1,11%	-22,68%
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	-32041,72	-1,45%	-67,12%	5510,32	0,25%	35,13%	-26531,40	-1,20%	-55,57%
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	2336,60	0,11%	9,89%	2933,29	0,13%	11,33%	5269,89	0,24%	22,34%
Corsi d'acqua	Fiu	-7728,07	-0,35%	-27,11%	28953,05	1,31%	139,39%	21224,98	0,96%	74,48%
TOTALI		51,78	0,00%		-400,09	0,00%		-348,30	0,00%	

**Tabella A.4 – Variazione di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: Regione Emilia-Romagna (Elaborazione su dati della Regione Emilia-Romagna)**

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	1976						1994						2003					
		n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	
Territori artificializzati	Art	I, Zi, Zm, Zc, Iv	1395	67,85%	9624,68	13,56%	6,90	I, Zf, Zi, Za, Zn, Zm, Zc, Iv	240	51,06%	12527,14	17,66%	52,20	Ec, Er, Ed, Rs, Rf, Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs, Qa, Qi, Qq, Qu, Qr, Vp, Vb, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo, Cv, Cf, Co, Sv, So, Cp, Cl, Pp	437	43,96%	17021,33	23,97%	38,95
Territori agricoli	Agr	S, Sa, Su, R, V, F, C, U, O, Cp, Pp	272	13,23%	49802,10	70,14%	183,10	S, R, Ze, Cv, Ct, C, U, O, Cp, Pp	81	17,23%	45821,33	64,61%	565,70	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm, Tc, Tn, Ta, Tp, Dr, Dc, Dx, Di, Ds	302	30,38%	40661,67	57,25%	134,64
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	B, Cf, Bf, Ba, Zs, Br, Pc, Zr	295	14,35%	4583,13	6,45%	15,54	B, Cf, Ba, Bm, Zs, Br, Pc, Zr, Sp	84	17,87%	5114,48	7,21%	60,89	Ui, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma, Af, Ac, Av, Ar	120	12,07%	4509,19	6,35%	37,58
Zone umide e corpi idrici	Acq	L, Zp, Al	94	4,57%	6993,36	9,85%	74,40	L, Vs, Sa, Zp, Al	65	13,83%	7455,78	10,51%	114,70		135	13,58%	8832,20	12,44%	65,42
TOTALI			2056	100,00%	71003,27	100,00%			470	100,00%	70918,73	100,00%			994	100,00%	71024,39	100,00%	

Tabella A.5 – Dati di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa (Elaborazione su dati della Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Territori artificializzati	Art	-1155	-16,79%	-24,74%	2902,47	4,11%	30,31%	197	-7,10%	-13,90%	4494,19	6,30%	35,67%	-958	-23,89%	-35,20%	7396,65	10,41%	76,80%
Territori agricoli	Agr	-191	4,00%	30,27%	-3980,78	-5,53%	-7,88%	221	13,15%	76,29%	-5159,66	-7,36%	-11,39%	30	17,15%	129,65%	-9140,43	-12,89%	-18,38%
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	-211	3,52%	24,56%	531,35	0,76%	11,73%	36	-5,80%	-32,45%	-605,28	-0,86%	-11,97%	-175	-2,28%	-15,86%	-73,94	-0,11%	-1,64%
Zone umide e corpi idrici	Acq	-29	9,26%	202,49%	462,42	0,66%	6,74%	70	-0,25%	-1,80%	1376,42	1,92%	18,28%	41	9,01%	197,06%	1838,84	2,59%	26,26%
TOTALI		-1586	0,00%		-84,54	0,00%		524	0,00%		105,66	0,00%		-1062	0,00%		21,12	0,00%	

Tabella A.6 – Variazioni di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa (Elaborazione su dati della Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA																			
MUSA 1° LIVELLO		1976						1994						2003					
		sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	I	1118	18,12%	5939,32	8,36%	5,31	I, Zf	160	13,57%	7097,14	10,01%	44,36	Ec, Er, Ed, Rs, Rf	347	15,59%	9042,16	12,73%	26,06
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	Zi, Zm	291	4,72%	1962,16	2,76%	6,74	Zi, Za, Zn, Zm	133	11,28%	3240,87	4,57%	24,37	Ia, Ic, Is, Io, It, Im, Re, Rf, Rj, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs	333	14,96%	4602,04	6,48%	13,82
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	Zc	96	1,56%	777,51	1,10%	8,10	Zc	30	2,54%	336,64	0,47%	11,22	Qa, Qi, Qj, Qu, Qr	28	1,26%	673,69	0,95%	24,06
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	Iv	270	4,38%	945,69	1,33%	3,50	Iv	145	12,30%	1852,49	2,61%	12,78	Vp, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Vm, Vb	266	11,95%	2703,44	3,81%	10,16
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	S, Sa, Su, R	446	7,23%	42263,49	59,52%	94,76	S, R, Ze	105	8,91%	41069,99	57,91%	391,14	Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo	358	16,08%	37122,68	52,27%	103,69
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	V, F, C, U	3023	49,00%	5429,93	7,65%	1,80	Cv, Ct, C, U	382	32,40%	4111,38	5,80%	10,76	Cv, Cf, Co	464	20,84%	2949,38	4,15%	6,36
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	O	100	1,62%	281,39	0,40%	2,81	O	21	1,78%	268,72	0,38%	12,80	Sv, So	46	2,07%	216,17	0,30%	4,70
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	Cp	52	0,84%	307,41	0,43%	5,91	Cp	11	0,93%	221,33	0,31%	20,12	Cp, Cl	11	0,49%	87,31	0,12%	7,94
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	Pp	276	4,47%	1519,88	2,14%	5,51	Pp	12	1,02%	149,92	0,21%	12,49	Pp	30	1,35%	286,12	0,40%	9,54
Formazioni boschive	Bos	B, Cf, Bf, Ba	106	1,72%	2739,74	3,86%	25,85	B, Cf, Ba, Bm	34	2,88%	3577,55	5,04%	105,22	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm	61	2,74%	3477,42	4,90%	57,01
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	Zs, Br, Pc	190	3,08%	869,47	1,22%	4,58	Zs, Br, Pc	49	4,16%	960,12	1,35%	19,59	Tc, Tn, Ta, Tp	79	3,55%	928,19	1,31%	11,75
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	Zr	75	1,22%	973,91	1,37%	12,99	Zr, Sp	21	1,78%	576,81	0,81%	27,47	Dr, Dc, Dx, Di, Ds	12	0,54%	103,58	0,15%	8,63
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	L, Zp	86	1,39%	5472,53	7,71%	63,63	L, Vs, Sa, Zp, Ma	67	5,68%	6537,27	9,22%	97,57	Ui, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma	143	6,42%	6302,56	8,87%	44,07
Corsi d'acqua	Flu	Al	41	0,66%	1520,83	2,14%	37,09	Al	9	0,76%	918,51	1,30%	102,06	Af, Ac, Av, Ar	48	2,16%	2529,64	3,56%	52,70
TOTALI			6170	100,00%	71003,27	100,00%			1179	100,00%	70918,73	100,00%			2226	100,00%	71024,39	100,00%	

Tabella A.7 – Dati di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa (Elaborazione su dati della Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA																			
MUSA 2° LIVELLO		VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	-958	-4,55%	-25,11%	1157,83	1,64%	19,64%	187	2,02%	14,87%	1945,01	2,72%	27,22%	-771	-2,53%	-13,97%	3102,84	4,37%	52,20%
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	-158	6,56%	139,18%	1278,70	1,81%	65,37%	200	3,68%	32,61%	1361,18	1,91%	41,79%	42	10,24%	217,18%	2639,88	3,72%	134,47%
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	-66	0,99%	63,54%	-440,87	-0,62%	-56,65%	-2	-1,29%	-50,57%	337,05	0,47%	99,82%	-68	-0,30%	-19,16%	-103,82	-0,15%	-13,38%
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	-125	7,92%	181,04%	906,81	1,28%	96,12%	121	-0,35%	-2,84%	850,94	1,19%	45,72%	-4	7,57%	173,07%	1757,75	2,47%	185,79%
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	-341	1,68%	23,20%	-1193,51	-1,61%	-2,71%	253	7,18%	80,59%	-3947,31	-5,64%	-9,75%	-88	8,85%	122,49%	-5140,81	-7,26%	-12,19%
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	-2641	-16,59%	-33,87%	-1318,56	-1,85%	-24,19%	82	-11,56%	-35,67%	-1161,99	-1,64%	-28,37%	-2559	-28,15%	-57,46%	-2480,55	-3,49%	-45,70%
Orti, serre, viva, colture sotto tunnel	Ort	-79	0,16%	9,90%	-12,67	-0,02%	-4,39%	25	0,29%	16,02%	-52,55	-0,07%	-19,68%	-54	0,45%	27,50%	-65,22	-0,09%	-23,20%
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	-41	0,09%	10,70%	-86,09	-0,12%	-27,92%	0	-0,44%	-47,04%	-134,02	-0,19%	-60,61%	-41	-0,35%	-41,37%	-220,10	-0,31%	-71,61%
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	-264	-3,46%	-77,25%	-1369,96	-1,93%	-90,12%	18	0,33%	32,41%	136,21	0,19%	90,57%	-246	-3,13%	-69,87%	-1233,75	-1,74%	-81,18%
Formazioni boschive	Bos	-72	1,17%	67,86%	837,81	1,19%	30,74%	27	-0,14%	-4,97%	-100,13	-0,15%	-2,94%	-45	1,02%	59,51%	737,68	1,04%	26,89%
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	-141	1,08%	34,96%	90,64	0,13%	10,56%	30	-0,61%	-14,61%	-31,93	-0,05%	-3,47%	-111	0,47%	15,25%	58,72	0,08%	6,72%
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	-54	0,57%	46,53%	-397,10	-0,56%	-40,70%	-9	-1,24%	-69,73%	-473,23	-0,67%	-82,07%	-63	-0,68%	-55,65%	-870,33	-1,23%	-89,37%
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	-19	4,29%	307,71%	1064,74	1,51%	19,60%	76	0,74%	13,04%	-234,71	-0,34%	-3,73%	57	5,03%	360,89%	830,03	1,17%	15,13%
Corsi d'acqua	Flu	-32	0,10%	14,88%	-602,32	-0,85%	-39,53%	39	1,39%	182,48%	1611,14	2,27%	175,00%	7	1,49%	224,50%	1008,81	1,42%	66,28%
TOTALI		-4991	0,00%		-84,54	0,00%		1047	0,00%		105,66	0,00%		-3944	0,00%		21,12	0,00%	

Tabella A.8 – Variazioni di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA NORD																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	1976						1994						2003					
		n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	
Territori artificializzati	Art	I, Zi, Zm, Zc, Iv	731	78,43%	3805,29	8,09%	5,21	I, Zf, Zi, Za, Zn, Zm, Zc, Iv	108	51,92%	5668,63	12,08%	52,49	Ec, Er, Ed, Rs, Rf, Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Nd, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs, Qa, Qi, Qq, Qu, Qr, Vp, Vb, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo, Cv, Cf, Co, Sv, So, Cp, Cl, Pp	188	41,05%	7801,85	16,61%	41,50
Territori agricoli	Agr	S, Sa, Su, R, V, F, C, U, O, Cp, Pp	58	6,22%	33273,78	70,76%	573,69	S, R, Ze, Cv, Ct, C, U, O, Cp, Pp	28	13,46%	30211,50	64,36%	1078,98	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm, Tc, Tn, Ta, Tp, Dr, Dc, Dx, Di, Ds	98	21,40%	27286,10	58,08%	278,43
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	B, Cf, Bf, Ba, Zs, Br, Pc, Zr	97	10,41%	3589,37	7,63%	37,00	B, Cf, Ba, Bm, Zs, Br, Pc, Zr, Sp	26	12,50%	3955,51	8,43%	152,13	Ui, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma, Af, Ac, Av, Ar	67	14,63%	4128,98	8,79%	61,63
Zone umide e corpi idrici	Acq	L, Zp, Al	46	4,94%	6352,97	13,51%	138,11	L, Vs, Sa, Zp, Al	46	22,12%	7106,81	15,14%	154,50		105	22,93%	7762,42	16,52%	73,93
TOTALI			932	100,00%	47021,41	100,00%			208	100,00%	46942,44	100,00%			458	100,00%	46979,36	100,00%	

Tabella A.9 – Dati di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa nord (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA NORD																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Territori artificializzati	Art	-623	-26,51%	-33,80%	1863,33	3,98%	49,22%	80	-10,88%	-20,94%	2133,23	4,53%	37,52%	-543	-37,39%	-47,67%	3996,56	8,51%	105,21%
Territori agricoli	Agr	-30	7,24%	116,31%	-3062,28	-6,40%	-9,05%	70	7,94%	58,95%	-2925,40	-6,28%	-9,75%	40	15,17%	243,83%	-5987,68	-12,68%	-17,92%
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	-71	2,09%	20,10%	366,14	0,79%	10,39%	41	2,13%	17,03%	173,47	0,36%	4,30%	-30	4,22%	40,56%	539,62	1,16%	15,14%
Zone umide e corpi idrici	Acq	0	17,18%	348,08%	753,84	1,63%	12,05%	59	0,81%	3,66%	655,61	1,38%	9,14%	59	17,99%	364,50%	1409,45	3,01%	22,30%
TOTALI		-724	0,00%		-78,96	0,00%		250	0,00%		36,92	0,00%		-474	0,00%		-42,05	0,00%	

Tabella A.10 – Variazioni di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa nord (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA NORD																			
MUSA 1° LIVELLO		1976						1994						2003					
		sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	I	597	21,36%	2276,40	4,84%	3,81	I, Zf	64	11,25%	3036,03	6,47%	47,44	Ec, Er, Ed, Rs, Rf	114	10,83%	3429,35	7,30%	30,08
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	Zl, Zm	90	3,22%	1001,12	2,13%	11,12	Zl, Za, Zn, Zm	48	8,44%	1837,33	3,91%	38,28	Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs	145	13,77%	2561,22	5,45%	17,66
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	Zc	29	1,04%	229,06	0,49%	7,90	Zc	13	2,28%	204,86	0,44%	15,76	Qe, Qi, Qq, Qu, Qr	13	1,23%	491,27	1,05%	37,79
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	Iv	83	2,97%	298,72	0,64%	3,60	Iv	43	7,56%	590,41	1,26%	13,73	Vp, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Vm, Vb	126	11,97%	1320,01	2,81%	10,48
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	S, Sa, Su, R	142	5,08%	28185,68	59,94%	198,49	S, R, Ze	42	7,38%	27245,17	58,04%	648,69	Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo	116	11,02%	25104,77	53,44%	216,42
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	V, F, C, U	1497	53,56%	3537,87	7,52%	2,36	Cv, Ct, C, U	246	43,23%	2641,20	5,63%	10,74	Cv, Cf, Co	262	24,88%	1828,34	3,89%	6,98
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	O	9	0,32%	8,55	0,02%	0,95	O	7	1,23%	88,11	0,19%	12,59	Sv, So	13	1,23%	60,96	0,13%	4,69
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	Cp	40	1,43%	295,71	0,63%	7,39	Cp	8	1,41%	208,80	0,44%	26,10	Cp, Cl	5	0,47%	65,34	0,14%	13,07
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	Pp	102	3,65%	1245,96	2,65%	12,22	Pp	1	0,18%	28,23	0,06%	28,23	Pp	14	1,33%	226,70	0,48%	16,19
Formazioni boschive	Bos	B, Cf, Bf, Ba	67	2,40%	2664,61	5,67%	39,77	B, Cf, Ba, Bm	24	4,22%	3534,09	7,53%	147,25	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm	45	4,27%	3416,71	7,27%	75,93
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	Zs, Br, Pc	25	0,89%	377,62	0,80%	15,10	Zs, Br, Pc	6	1,05%	137,25	0,29%	22,88	Tc, Tn, Ta, Tp	38	3,61%	620,66	1,32%	16,33
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	Zr	37	1,32%	547,13	1,16%	14,79	Zr, Sp	11	1,93%	284,17	0,61%	25,83	Dr, Dc, Dx, Dl, Ds	9	0,85%	91,61	0,20%	10,18
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	L, Zp	59	2,11%	5392,00	11,47%	91,39	L, Vs, Sa, Zp, Ma	51	8,96%	6409,90	13,65%	125,68	Uj, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma	131	12,44%	6201,82	13,20%	47,34
Corsi d'acqua	Fiu	Al	18	0,64%	960,97	2,04%	53,39	Al	5	0,88%	696,91	1,48%	139,38	Af, Ac, Av, Ar	22	2,09%	1560,60	3,32%	70,94
TOTALI			2795	100,00%	47021,41	100,00%			569	100,00%	46942,44	100,00%			1053	100,00%	46979,36	100,00%	

Tabella A.11 – Dati di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa nord (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA NORD																			
MUSA 2° LIVELLO		VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	-533	-10,11%	-47,34%	759,63	1,63%	33,59%	50	-0,42%	-3,75%	393,33	0,83%	12,87%	-483	-10,53%	-49,31%	1152,95	2,46%	50,78%
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	-42	5,22%	161,98%	836,20	1,78%	83,84%	97	5,33%	63,23%	723,89	1,54%	39,29%	55	10,55%	327,64%	1560,09	3,32%	156,06%
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	-16	1,25%	120,20%	-24,19	-0,05%	-10,41%	0	-1,05%	-45,96%	286,41	0,61%	139,62%	-16	0,20%	18,99%	262,22	0,56%	114,67%
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	-40	4,59%	154,48%	291,70	0,62%	97,98%	83	4,41%	58,34%	729,60	1,55%	123,40%	43	9,00%	302,95%	1021,29	2,17%	342,29%
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	-100	2,30%	45,29%	-940,52	-1,90%	-3,17%	74	3,63%	49,24%	-2140,40	-4,60%	-7,93%	-26	5,94%	116,83%	-3080,92	-6,50%	-10,85%
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	-1251	-10,33%	-19,28%	-896,67	-1,90%	-25,22%	16	-18,35%	-42,45%	-812,86	-1,73%	-30,83%	-1235	-28,68%	-53,54%	-1709,53	-3,63%	-48,27%
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	-2	0,91%	282,05%	79,56	0,17%	932,15%	6	0,00%	0,35%	-27,15	-0,06%	-30,87%	4	0,91%	283,40%	52,41	0,11%	613,53%
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	-32	-0,03%	-1,76%	-86,91	-0,18%	-29,27%	-3	-0,93%	-66,23%	-143,46	-0,31%	-68,73%	-35	-0,96%	-66,82%	-230,37	-0,49%	-77,89%
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	-101	-3,47%	-95,18%	-1217,74	-2,59%	-97,73%	13	1,15%	656,51%	198,47	0,42%	702,51%	-88	-2,32%	-63,57%	-1019,27	-2,17%	-81,79%
Formazioni boschive	Bos	-43	1,82%	75,96%	869,48	1,86%	32,85%	21	0,06%	1,32%	-117,37	-0,26%	-3,40%	-22	1,88%	78,28%	752,10	1,61%	28,34%
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	-19	0,16%	17,89%	-240,37	-0,51%	-63,59%	32	2,55%	242,23%	483,40	1,03%	351,85%	13	2,71%	303,46%	243,04	0,52%	64,51%
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	-26	0,61%	46,04%	-262,96	-0,56%	-47,97%	-2	-1,08%	-55,79%	-192,56	-0,41%	-67,79%	-28	-0,47%	-35,44%	-455,52	-0,97%	-83,24%
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	-8	6,85%	324,61%	1017,90	2,19%	19,08%	80	3,48%	38,80%	-208,07	-0,45%	-3,32%	72	10,33%	489,35%	809,82	1,73%	15,12%
Corsi d'acqua	Fiu	-13	0,23%	36,45%	-264,06	-0,56%	-27,36%	17	1,21%	137,76%	863,69	1,84%	123,75%	4	1,45%	224,42%	599,63	1,28%	62,54%
TOTALI		-2226	0,00%		-78,96	0,00%		484	0,00%		36,92	0,00%		-1742	0,00%		-42,05	0,00%	

**Tabella A.12 – Variazioni di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa nord (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA SUD																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	1976						1994						2003					
		n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	
Territori artificializzati	Art	I, Zi, Zm, Zc, Iv	666	58,94%	5817,13	24,28%	8,73	I, Zf, Zi, Za, Zn, Zm, Zc, Iv	135	51,33%	6856,49	28,62%	50,79	Ec, Er, Ed, Rs, Rf, Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs, Qa, Qi, Qq, Qu, Qr, Vp, Vb, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo, Cv, Cf, Co, Sv, So, Cp, Cl, Pp	251	45,97%	9216,11	38,37%	36,72
Territori agricoli	Agr	S, Sa, Su, R, V, F, C, U, O, Cp, Pp	215	19,03%	16509,43	68,91%	76,79	S, R, Ze, Cv, Ct, C, U, O, Cp, Pp	55	20,91%	15590,11	65,09%	283,46	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm, Tc, Tn, Ta, Tp, Dr, Dc, Dx, Di, Ds	208	38,10%	13357,73	55,61%	64,22
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	B, Cf, Bf, Ba, Zs, Br, Pc, Zr	200	17,70%	993,10	4,15%	4,97	B, Cf, Ba, Bm, Zs, Br, Pc, Zr, Sp	55	20,91%	1157,61	4,83%	21,05	Ui, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma, Af, Ac, Av, Ar	54	9,89%	380,14	1,58%	7,04
Zone umide e corpi idrici	Acq	L, Zp, Al	49	4,34%	638,76	2,67%	13,04	L, Vs, Sa, Zp, Al	18	6,84%	348,64	1,46%	19,37		33	6,04%	1067,61	4,44%	32,35
TOTALI			1130	100,00%	23958,42	100,00%			263	100,00%	23952,85	100,00%			546	100,00%	24021,59	100,00%	

Tabella A.13 – Dati di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa sud (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA SUD																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Territori artificializzati	Art	-531	-7,61%	-12,91%	1039,35	4,34%	17,89%	116	-5,36%	-10,44%	2359,62	9,74%	34,03%	-415	-12,97%	-22,00%	3398,98	14,09%	58,01%
Territori agricoli	Agr	-160	1,89%	9,91%	-919,31	-3,82%	-5,55%	153	17,18%	82,16%	-2232,38	-9,48%	-14,56%	-7	19,07%	100,22%	-3151,69	-13,30%	-19,30%
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	-145	3,21%	18,16%	164,51	0,69%	16,59%	-1	-11,02%	-52,71%	-777,47	-3,25%	-67,26%	-146	-7,81%	-44,12%	-612,96	-2,56%	-61,82%
Zone umide e corpi idrici	Acq	-31	2,51%	57,83%	-290,12	-1,21%	-45,41%	15	-0,80%	-11,69%	718,96	2,99%	205,34%	-16	1,71%	39,38%	428,84	1,78%	66,70%
TOTALI		-867	0,00%		-5,57	0,00%		283	0,00%		68,74	0,00%		-584	0,00%		63,17	0,00%	

Tabella A.14 – Variazioni di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa sud (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA SUD																			
MUSA 1° LIVELLO		1976						1994						2003					
		sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	I	523	15,48%	3662,30	15,29%	7,00	I, Zf	98	16,01%	4060,39	16,95%	41,43	Ec, Er, Ed, Rs, Rf	234	19,75%	5611,55	23,36%	23,98
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	Zl, Zm	201	5,95%	960,24	4,01%	4,78	Zl, Za, Zn, Zm	85	13,89%	1402,63	5,86%	16,50	Ia, Ic, Is, Io, It, Im, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs	188	15,86%	2038,93	8,49%	10,85
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	Zc	67	1,98%	547,87	2,29%	8,18	Zc	18	2,94%	131,78	0,55%	7,32	Qe, Qi, Qq, Qu, Qr	16	1,35%	182,42	0,76%	11,40
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	Iv	188	5,56%	646,72	2,70%	3,44	Iv	103	16,83%	1261,68	5,27%	12,25	Vp, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Vm, Vb	142	11,98%	1383,22	5,76%	9,74
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	S, Sa, Su, R	303	8,97%	14061,75	58,69%	46,41	S, R, Ze	65	10,62%	13807,94	57,65%	212,43	Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo	245	20,68%	12001,67	49,96%	48,99
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	V, F, C, U	1524	45,10%	1889,51	7,89%	1,24	Cv, Ct, C, U	136	22,22%	1467,71	6,13%	10,79	Cv, Cf, Co	203	17,13%	1119,71	4,66%	5,52
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	O	91	2,69%	272,83	1,14%	3,00	O	14	2,29%	180,61	0,75%	12,90	Sv, So	33	2,78%	155,15	0,65%	4,70
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	Cp	12	0,36%	11,70	0,05%	0,98	Cp	3	0,49%	12,53	0,05%	4,18	Cp, Cl	6	0,51%	21,97	0,09%	3,66
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	Pp	175	5,18%	273,63	1,14%	1,56	Pp	11	1,80%	121,32	0,51%	11,03	Pp	16	1,35%	59,23	0,25%	3,70
Formazioni boschive	Bos	B, Cf, Bf, Ba	39	1,15%	75,09	0,31%	1,93	B, Cf, Ba, Bm	9	1,47%	43,34	0,18%	4,82	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm	17	1,43%	60,67	0,25%	3,57
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	Zs, Br, Pc	165	4,88%	491,29	2,05%	2,98	Zs, Br, Pc	41	6,70%	821,63	3,43%	20,04	Tc, Tn, Ta, Tp	41	3,46%	307,51	1,28%	7,50
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	Zr	40	1,18%	426,72	1,78%	10,67	Zr, Sp	10	1,63%	292,64	1,22%	29,26	Dr, Dc, Dx, Dl, Ds	3	0,25%	11,97	0,05%	3,99
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	L, Zp	27	0,80%	80,50	0,34%	2,98	L, Vs, Sa, Zp, Ma	15	2,45%	127,38	0,53%	8,49	Uj, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma	13	1,10%	100,68	0,42%	7,74
Corsi d'acqua	Fiu	Al	24	0,71%	558,26	2,33%	23,26	Al	4	0,65%	221,26	0,92%	55,32	Af, Ac, Av, Ar	28	2,36%	966,93	4,03%	34,53
TOTALI			3379	100,00%	23958,42	100,00%			612	100,00%	23952,85	100,00%			1185	100,00%	24021,59	100,00%	

Tabella A.15 – Dati di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa sud (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - COSTA SUD																			
MUSA 2° LIVELLO		VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	-425	0,54%	3,46%	398,09	1,67%	10,90%	136	3,73%	23,32%	1551,15	6,41%	37,81%	-289	4,27%	27,58%	1949,24	8,07%	52,82%
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	-116	7,94%	133,49%	442,39	1,85%	46,10%	103	1,98%	14,23%	636,31	2,63%	44,95%	-13	9,92%	166,71%	1078,69	4,48%	111,78%
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	-49	0,96%	48,33%	-416,09	-1,74%	-75,94%	-2	-1,59%	-54,09%	50,63	0,21%	38,03%	-51	-0,63%	-31,91%	-365,45	-1,53%	-66,79%
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	-85	11,27%	202,49%	614,96	2,57%	95,14%	39	-4,85%	-28,80%	121,53	0,49%	9,32%	-46	6,42%	115,38%	736,50	3,06%	113,32%
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	-238	1,65%	18,44%	-253,81	-1,05%	-1,78%	180	10,05%	94,66%	-1806,27	-7,68%	-13,33%	-58	11,71%	130,56%	-2060,08	-8,73%	-14,87%
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	-1388	-22,88%	-50,73%	-421,80	-1,76%	-22,31%	67	-5,09%	-22,91%	-348,01	-1,47%	-23,93%	-1321	-27,97%	-62,02%	-769,81	-3,23%	-40,90%
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	-77	-0,41%	-15,06%	-92,21	-0,38%	-33,78%	19	0,50%	21,74%	-25,46	-0,11%	-14,34%	-58	0,09%	3,41%	-117,67	-0,49%	-43,28%
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	-9	0,14%	38,03%	0,82	0,00%	7,06%	3	0,02%	3,29%	9,45	0,04%	74,91%	-6	0,15%	42,57%	10,27	0,04%	87,26%
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	-164	-3,38%	-65,30%	-152,32	-0,64%	-55,65%	5	-0,45%	-24,88%	-62,09	-0,26%	-51,32%	-159	-3,83%	-73,93%	-214,40	-0,90%	-78,41%
Formazioni boschive	Bos	-30	0,32%	27,41%	-31,75	-0,13%	-42,27%	8	-0,04%	-2,45%	17,33	0,07%	39,58%	-22	0,28%	24,30%	-14,42	-0,06%	-19,42%
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	-124	1,82%	37,19%	330,34	1,38%	67,28%	0	-3,24%	-48,35%	-514,12	-2,15%	-62,68%	-124	-1,42%	-29,15%	-183,78	-0,77%	-37,57%
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	-30	0,45%	38,03%	-134,08	-0,56%	-31,40%	-7	-1,38%	-84,51%	-280,67	-1,17%	-95,92%	-37	-0,93%	-78,61%	-414,75	-1,73%	-97,20%
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	-12	1,65%	206,74%	46,87	0,20%	58,26%	-2	-1,35%	-55,24%	-26,70	-0,11%	-21,19%	-14	0,30%	37,29%	20,18	0,08%	24,73%
Corsi d'acqua	Fiu	-20	-0,06%	-7,98%	-336,99	-1,41%	-60,36%	24	1,71%	261,52%	745,66	3,10%	335,75%	4	1,65%	232,67%	408,67	1,70%	72,75%
TOTALI		-2767	0,00%		-5,57	0,00%		573	0,00%		68,74	0,00%		-2194	0,00%		63,17	0,00%	

Tabella A.16 – Variazioni di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: costa sud (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE RENO																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	1976						1994						2003					
		n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	
Territori artificializzati	Art	I, Zi, Zm, Zc, Iv	13	20,97%	16,48	0,73%	1,27	I, Zf, Zi, Za, Zn, Zm, Zc, Iv	4	19,05%	139,91	6,43%	34,98	Ec, Er, Ed, Rs, Rf, Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Nd, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs, Qa, Qi, Qq, Qu, Qr, Vp, Vb, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo, Cv, Cf, Co, Sv, So, Cp, Cl, Pp	9	19,57%	135,19	6,28%	15,02
Territori agricoli	Agr	S, Sa, Su, R, V, F, C, U, O, Cp, Pp	11	17,74%	1459,27	65,07%	132,66	S, R, Ze, Cv, Ct, C, U, O, Cp, Pp	7	33,33%	1012,22	46,49%	144,60	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm, Tc, Tn, Ta, Tp, Dr, Dc, Dx, Di, Ds	12	26,09%	940,47	43,65%	78,37
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	B, Cf, Bf, Ba, Zs, Br, Pc, Zr	18	29,03%	269,89	12,03%	14,99	B, Cf, Ba, Bm, Zs, Br, Pc, Zr, Sp	2	9,52%	312,92	14,37%	156,46	Ui, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma, Af, Ac, Av, Ar	9	19,57%	353,87	16,43%	39,32
Zone umide e corpi idrici	Acq	L, Zp, Al	20	32,26%	497,09	22,16%	24,85	L, Vs, Sa, Zp, Al	8	38,10%	712,37	32,72%	89,05		16	34,78%	724,83	33,64%	45,30
TOTALI			62	100,00%	2242,72	100,00%			21	100,00%	2177,42	100,00%			46	100,00%	2154,36	100,00%	

Tabella A.17 – Dati di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Reno (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE RENO																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Territori artificializzati	Art	-9	-1,92%	-9,16%	123,43	5,69%	774,50%	5	0,52%	2,72%	-4,72	-0,15%	-2,34%	-4	-1,40%	-6,69%	118,71	5,54%	754,06%
Territori agricoli	Agr	-4	15,59%	87,88%	-447,05	-18,58%	-28,55%	5	-7,25%	-21,74%	-71,75	-2,83%	-6,09%	1	8,35%	47,04%	-518,80	-21,41%	-32,91%
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	-16	-19,51%	-67,20%	43,03	2,34%	19,42%	7	10,04%	105,43%	40,95	2,05%	14,30%	-9	-9,47%	-32,61%	83,98	4,39%	36,49%
Zone umide e corpi idrici	Acq	-12	5,84%	18,10%	215,28	10,55%	47,61%	8	-3,31%	-8,70%	12,46	0,93%	2,84%	-4	2,52%	7,83%	227,74	11,48%	51,80%
TOTALI		-41	0,00%		-65,30	0,00%		25	0,00%		-23,06	0,00%		-16	0,00%		-88,36	0,00%	

Tabella A.18 - Variazioni di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Reno (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE RENO																			
MUSA 1° LIVELLO		1976						1994						2003					
		sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	I	1	1,18%	0,44	0,02%	0,44	I, Zf	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Ec, Er, Ed, Rs, Rf	1	1,43%	0,04	0,00%	0,04
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	Zl, Zm	9	10,59%	13,64	0,61%	1,52	Zl, Za, Zn, Zm	4	11,11%	134,53	6,18%	33,63	Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs	5	7,14%	101,99	4,73%	20,40
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	Zc	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Zc	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Qe, Qi, Qq, Qu, Qr	1	1,43%	21,65	1,00%	21,65
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	Iv	3	3,53%	2,39	0,11%	0,80	Iv	2	5,56%	5,38	0,25%	2,69	Vp, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Vm, Vb	3	4,29%	11,51	0,53%	3,84
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	S, Sa, Su, R	8	9,41%	1096,69	48,90%	137,09	S, R, Ze	7	19,44%	855,07	39,27%	122,15	Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo	9	12,86%	720,46	33,44%	80,05
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	V, F, C, U	14	16,47%	186,44	8,31%	13,32	Cv, Ct, C, U	3	8,33%	10,07	0,46%	3,36	Cv, Cf, Co	1	1,43%	1,55	0,07%	1,55
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	O	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	O	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Sv, So	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	Cp	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Cp	4	11,11%	118,85	5,46%	29,71	Cp, Cl	3	4,29%	57,69	2,68%	19,23
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	Pp	12	14,12%	176,14	7,85%	14,68	Pp	1	2,78%	28,23	1,30%	28,23	Pp	9	12,86%	160,78	7,46%	17,86
Formazioni boschive	Bos	B, Cf, Bf, Ba	14	16,47%	241,04	10,75%	17,22	B, Cf, Ba, Bm	2	5,56%	287,91	13,22%	143,95	Bg, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm	5	7,14%	289,68	13,45%	57,94
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	Zs, Br, Pc	1	1,18%	1,39	0,06%	1,39	Zs, Br, Pc	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Tc, Tn, Ta, Tp	3	4,29%	41,80	1,94%	13,93
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	Zr	3	3,53%	27,46	1,22%	9,15	Zr, Sp	1	2,78%	25,02	1,15%	25,02	Dr, Dc, Dx, Dl, Ds	3	4,29%	22,39	1,04%	7,46
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	L, Zp	18	21,18%	388,78	17,34%	21,60	L, Vs, Sa, Zp, Ma	11	30,56%	618,55	28,41%	56,23	Uj, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma	22	31,43%	605,90	28,12%	27,54
Corsi d'acqua	Fiu	Al	2	2,35%	108,31	4,83%	54,15	Al	1	2,78%	93,82	4,31%	93,82	Af, Ac, Av, Ar	5	7,14%	118,93	5,52%	23,79
TOTALI			85	100,00%	2242,72	100,00%			36	100,00%	2177,42	100,00%			70	100,00%	2154,36	100,00%	

Tabella A.19 – Dati di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Reno (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE RENO																			
MUSA 2° LIVELLO		VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	-1	-1,18%	-100,00%	-0,44	-0,02%	-100,00%	1	1,43%	#DIV/0!	0,04	0,00%	#DIV/0!	0	0,25%	21,43%	-0,41	-0,02%	-91,77%
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	-5	0,52%	4,94%	120,88	5,57%	915,52%	1	-3,97%	-35,71%	-32,53	-1,44%	-23,37%	-4	-3,45%	-32,54%	88,35	4,13%	678,16%
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	1	1,43%	#DIV/0!	21,65	1,00%	#DIV/0!	1	1,43%	#DIV/0!	21,65	1,00%	#DIV/0!
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	-1	2,03%	57,41%	2,99	0,14%	131,88%	1	-1,27%	-22,86%	6,13	0,29%	116,28%	0	0,76%	21,43%	9,12	0,43%	401,52%
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	-1	10,03%	106,60%	-241,61	-9,63%	-19,69%	2	-6,59%	-33,88%	-134,62	-5,83%	-14,84%	1	3,45%	36,61%	-376,23	-15,46%	-31,61%
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	-11	-8,14%	-49,40%	-176,37	-7,85%	-94,44%	-2	-6,90%	-82,86%	-8,52	-0,39%	-84,47%	-13	-15,04%	-91,33%	-184,89	-8,24%	-99,14%
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	4	11,11%	#DIV/0!	118,85	5,46%	#DIV/0!	-1	-6,83%	-61,43%	-61,16	-2,78%	-50,94%	3	4,29%	#DIV/0!	57,69	2,68%	#DIV/0!
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	-11	-11,34%	-80,32%	-147,92	-6,56%	-83,49%	8	10,08%	362,86%	132,55	6,17%	475,70%	-3	-1,26%	-8,93%	-15,37	-0,39%	-4,98%
Formazioni boschive	Bos	-12	-10,92%	-66,27%	46,86	2,47%	23,02%	3	1,59%	28,57%	1,77	0,22%	1,69%	-9	-9,33%	-56,63%	48,64	2,70%	25,11%
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	-1	-1,18%	-100,00%	-1,39	-0,06%	-100,00%	3	4,29%	#DIV/0!	41,80	1,94%	#DIV/0!	2	3,11%	264,29%	40,41	1,88%	3032,65%
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	-2	-0,75%	-21,30%	-2,44	-0,08%	-6,16%	2	1,51%	54,29%	-2,62	-0,11%	-9,53%	0	0,76%	21,43%	-5,07	-0,18%	-15,10%
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	-7	9,38%	44,29%	229,77	11,07%	63,87%	11	0,87%	2,86%	-12,65	-0,28%	-1,00%	4	10,25%	48,41%	217,12	10,79%	62,24%
Corsi d'acqua	Fiu	-1	0,42%	18,06%	-14,48	-0,52%	-10,78%	4	4,37%	157,14%	25,11	1,21%	28,12%	3	4,79%	203,57%	10,62	0,69%	14,31%
TOTALI		-49	0,00%		-65,30	0,00%		34	0,00%		-23,06	0,00%		-15	0,00%		-88,36	0,00%	

**Tabella A.20 – Variazioni di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Reno (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE BEVANO																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	1976						1994						2003					
		n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	
Territori artificializzati	Art	I, Zi, Zm, Zc, Iv	13	41,94%	43,65	2,43%	3,36	I, Zf, Zi, Za, Zn, Zm, Zc, Iv	2	15,38%	30,01	1,66%	15,01	Ec, Er, Ed, Rs, Rf, Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs, Qa, Qi, Qq, Qu, Qr, Vp, Vb, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo, Cv, Cf, Co, Sv, So, Cp, Cl, Pp	12	50,00%	77,91	4,32%	6,49
Territori agricoli	Agr	S, Sa, Su, R, V, F, C, U, O, Cp, Pp	7	22,58%	1135,12	63,14%	162,16	S, R, Ze, Cv, Ct, C, U, O, Cp, Pp	3	23,08%	882,84	48,84%	294,28	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm, Tc, Tn, Ta, Tp, Dr, Dc, Dx, Di, Ds	3	12,50%	862,89	47,85%	287,63
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	B, Cf, Bf, Ba, Zs, Br, Pc, Zr	7	22,58%	572,46	31,84%	81,78	B, Cf, Ba, Bm, Zs, Br, Pc, Zr, Sp	5	38,46%	584,73	32,35%	116,95	Ui, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma, Af, Ac, Av, Ar	6	25,00%	615,55	34,14%	102,59
Zone umide e corpi idrici	Acq	L, Zp, Al	4	12,90%	46,58	2,59%	11,64	L, Vs, Sa, Zp, Al	3	23,08%	310,18	17,16%	103,39		3	12,50%	246,84	13,69%	82,28
TOTALI			31	100,00%	1797,80	100,00%			13	100,00%	1807,77	100,00%			24	100,00%	1803,19	100,00%	

Tabella A.21 – Dati di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Bevano (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE BEVANO																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Territori artificializzati	Art	-11	-26,55%	-63,31%	-13,64	-0,77%	-31,62%	10	34,62%	225,00%	47,90	2,66%	160,27%	-1	8,06%	19,23%	34,26	1,89%	77,96%
Territori agricoli	Agr	-4	0,50%	2,20%	-252,27	-14,30%	-22,65%	0	-10,58%	-45,83%	-19,96	-0,98%	-2,01%	-4	-10,08%	-44,64%	-272,23	-15,29%	-24,21%
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	-2	15,88%	70,33%	12,27	0,50%	1,58%	1	-13,46%	-35,00%	30,82	1,79%	5,54%	-1	2,42%	10,71%	43,09	2,29%	7,21%
Zone umide e corpi idrici	Acq	-1	10,17%	78,85%	263,61	14,57%	562,30%	0	-10,58%	-45,83%	-63,34	-3,47%	-20,22%	-1	-0,40%	-3,12%	200,27	11,10%	428,39%
TOTALI		-18	0,00%		9,97	0,00%		11	0,00%		-4,58	0,00%		-7	0,00%		5,39	0,00%	

Tabella A.22 – Variazioni di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Bevano (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE BEVANO																			
MUSA 1° LIVELLO		1976						1994						2003					
		sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	I	10	17,54%	25,61	1,42%	2,56	I, Zf	3	10,71%	18,18	1,01%	6,06	Ec, Er, Ed, Rs, Rf	5	12,50%	21,31	1,18%	4,26
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	Zi, Zm	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Zi, Za, Zn, Zm	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Ia, Ic, Is, Io, It, Im, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs	5	12,50%	16,48	0,91%	3,30
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	Zc	1	1,75%	8,88	0,49%	8,88	Zc	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Qe, Qi, Qq, Qu, Qr	1	2,50%	13,20	0,73%	13,20
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	Iv	2	3,51%	9,16	0,51%	4,58	Iv	2	7,14%	11,83	0,65%	5,91	Vp, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Vm, Vb	6	15,00%	26,93	1,49%	4,49
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	S, Sa, Su, R	4	7,02%	1063,40	59,15%	265,85	S, R, Ze	4	14,29%	872,47	48,26%	218,12	Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo	3	7,50%	862,89	47,85%	287,63
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	V, F, C, U	7	12,28%	8,72	0,48%	1,25	Cv, Ct, C, U	1	3,57%	3,11	0,17%	3,11	Cv, Cf, Co	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	O	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	O	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Sv, So	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	Cp	8	14,04%	49,70	2,76%	6,21	Cp	1	3,57%	7,26	0,40%	7,26	Cp, Cl	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	Pp	6	10,53%	13,30	0,74%	2,22	Pp	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Pp	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!
Formazioni boschive	Bos	B, Cf, Bf, Ba	6	10,53%	289,48	16,10%	48,25	B, Cf, Ba, Bm	7	25,00%	456,75	25,27%	65,25	Bg, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm	8	20,00%	423,48	23,48%	52,93
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	Zs, Br, Pc	5	8,77%	171,28	9,53%	34,26	Zs, Br, Pc	2	7,14%	92,36	5,11%	46,18	Tc, Tn, Ta, Tp	5	12,50%	140,21	7,78%	28,04
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	Zr	4	7,02%	111,70	6,21%	27,92	Zr, Sp	3	10,71%	35,62	1,97%	11,87	Dr, Dc, Dx, Dl, Ds	2	5,00%	51,86	2,88%	25,93
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	L, Zp	3	5,26%	3,57	0,20%	1,19	L, Vs, Sa, Zp, Ma	4	14,29%	268,84	14,87%	67,21	Uj, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma	4	10,00%	186,49	10,34%	46,62
Corsi d'acqua	Fiu	Al	1	1,75%	43,01	2,39%	43,01	Al	1	3,57%	41,34	2,29%	41,34	Af, Ac, Av, Ar	1	2,50%	60,35	3,35%	60,35
TOTALI			57	100,00%	1797,80	100,00%			28	100,00%	1807,77	100,00%			40	100,00%	1803,19	100,00%	

Tabella A.23 – Dati di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Bevano (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE BEVANO																			
MUSA 2° LIVELLO		VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	-7	-6,83%	-38,93%	-7,42	-0,42%	-29,39%	2	1,79%	16,67%	3,13	0,18%	17,51%	-5	-5,04%	-28,75%	-4,30	-0,24%	-17,02%
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	5	12,50%	#DIV/0!	16,48	0,91%	#DIV/0!	5	12,50%	#DIV/0!	16,48	0,91%	#DIV/0!
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	-1	-1,75%	-100,00%	-8,88	-0,49%	-100,00%	1	2,50%	#DIV/0!	13,20	0,73%	#DIV/0!	0	0,75%	42,50%	4,32	0,24%	48,18%
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	0	3,63%	103,57%	2,66	0,14%	28,36%	4	7,86%	110,00%	15,10	0,84%	128,21%	4	11,49%	327,50%	17,76	0,98%	192,93%
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	0	7,27%	103,57%	-190,93	-10,89%	-18,41%	-1	-6,79%	-47,50%	-9,59	-0,41%	-0,85%	-1	0,48%	6,88%	-200,51	-11,30%	-19,10%
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	-6	-8,71%	-70,92%	-5,61	-0,31%	-64,50%	-1	-3,57%	-100,00%	-3,11	-0,17%	-100,00%	-7	-12,28%	-100,00%	-8,72	-0,48%	-100,00%
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	-7	-10,46%	-74,55%	-42,44	-2,36%	-85,47%	-1	-3,57%	-100,00%	-7,26	-0,40%	-100,00%	-8	-14,04%	-100,00%	-49,70	-2,76%	-100,00%
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	-6	-10,53%	-100,00%	-13,30	-0,74%	-100,00%	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	-6	-10,53%	-100,00%	-13,30	-0,74%	-100,00%
Formazioni boschive	Bos	1	14,47%	137,50%	167,27	9,16%	56,91%	1	-5,00%	-20,00%	-33,27	-1,78%	-7,05%	2	9,47%	90,00%	133,99	7,38%	45,85%
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	-3	-1,63%	-18,57%	-78,92	-4,42%	-46,38%	3	5,36%	75,00%	47,86	2,67%	52,21%	0	3,73%	42,50%	-31,06	-1,75%	-18,38%
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	-1	3,70%	52,68%	-76,07	-4,24%	-68,28%	-1	-5,71%	-53,33%	16,23	0,91%	45,94%	-2	-2,02%	-28,75%	-59,84	-3,34%	-53,71%
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	1	9,02%	171,43%	265,27	14,67%	7388,15%	0	-4,29%	-30,00%	-82,35	-4,53%	-30,45%	1	4,74%	90,00%	182,92	10,14%	5107,70%
Corsi d'acqua	Fiu	0	1,82%	103,57%	-1,66	-0,11%	-4,39%	0	-1,07%	-30,00%	19,00	1,06%	46,34%	0	0,75%	42,50%	17,34	0,95%	39,91%
TOTALI		-29	0,00%		9,97	0,00%		12	0,00%		-4,58	0,00%		-17	0,00%		5,39	0,00%	

Tabella A.24 – Variazioni di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Bevano (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE CONCA																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	1976						1994						2003					
		n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	
Territori artificializzati	Art	I, Zi, Zm, Zc, Iv	9	34,62%	53,53	37,52%	5,95	I, Zf, Zi, Za, Zn, Zm, Zc, Iv	5	41,67%	69,57	48,36%	13,91	Ec, Er, Ed, Rs, Rf, Ia, Ic, Is, Io, It, Rm, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs, Qa, Qi, Qq, Qu, Qr, Vp, Vb, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo, Cv, Cf, Co, Sv, So, Cp, Cl, Pp	9	52,94%	72,55	50,47%	8,06
Territori agricoli	Agr	S, Sa, Su, R, V, F, C, U, O, Cp, Pp	6	23,08%	44,31	31,06%	7,39	S, R, Ze, Cv, Ct, C, U, O, Cp, Pp	2	16,67%	35,28	24,52%	17,64	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm, Tc, Tn, Ta, Tp, Dr, Dc, Dx, Di, Ds	5	29,41%	37,65	26,19%	7,53
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	B, Cf, Bf, Ba, Zs, Br, Pc, Zr	9	34,62%	33,01	23,14%	3,67	B, Cf, Ba, Bm, Zs, Br, Pc, Zr, Sp	4	33,33%	23,25	16,16%	5,81	Ui, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma, Af, Ac, Av, Ar	2	11,76%	7,11	4,95%	3,56
Zone umide e corpi idrici	Acq	L, Zp, Al	2	7,69%	11,82	8,28%	5,91	L, Vs, Sa, Zp, Al	1	8,33%	15,75	10,95%	15,75		1	5,88%	26,44	18,39%	26,44
TOTALI			26	100,00%	142,68	100,00%			12	100,00%	143,84	100,00%			17	100,00%	143,75	100,00%	

Tabella A.25 – Dati di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Conca (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 1° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE CONCA																			
MUSA 1° LIVELLO	sigle classi uds	VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Territori artificializzati	Art	-4	7,05%	20,37%	16,04	10,84%	28,90%	4	11,27%	27,06%	2,98	2,11%	4,35%	0	18,33%	52,94%	19,02	12,95%	34,51%
Territori agricoli	Agr	-4	-6,41%	-27,78%	-9,04	-6,53%	-21,04%	3	12,75%	76,47%	2,37	1,66%	6,79%	-1	6,33%	27,45%	-6,67	-4,87%	-15,68%
Territori boscati e ambienti seminaturali	Nat	-5	-1,28%	-3,70%	-9,77	-6,98%	-30,16%	-2	-21,57%	-64,71%	-16,13	-11,21%	-69,39%	-7	-22,85%	-66,01%	-25,90	-18,19%	-78,62%
Zone umide e corpi idrici	Acq	-1	0,64%	8,33%	3,94	2,67%	32,24%	0	-2,45%	-29,41%	10,69	7,44%	67,96%	-1	-1,81%	-23,53%	14,62	10,11%	122,10%
TOTALI		-14	0,00%		1,17	0,00%		5	0,00%		-0,09	0,00%		-9	0,00%		1,08	0,00%	

Tabella A.26 – Variazioni di uso del suolo MUSA 1° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Conca (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE CONCA																			
MUSA 1° LIVELLO		1976						1994						2003					
		sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)	sigle classi uds	n° poligoni	% poligoni	area (ha)	% area	area media poligoni (ha)
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	I	8	19,51%	16,24	11,38%	2,03	I, Zf	5	21,74%	16,52	11,48%	3,30	Ec, Er, Ed, Rs, Rf	9	31,03%	32,84	22,84%	3,65
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	Zi, Zm	1	2,44%	0,00	0,00%	0,00	Zi, Za, Zn, Zm	2	8,70%	5,98	4,15%	2,99	Ia, Ic, Is, Io, It, Im, Rt, Re, Ri, Nc, Nd, Np, Fc, Fs, Fm, Qc, Qs	6	20,69%	23,59	16,41%	3,93
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	Zc	2	4,88%	2,72	1,91%	1,36	Zc	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Qe, Qi, Qq, Qu, Qr	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	Iv	4	9,76%	34,57	24,23%	8,64	Iv	5	21,74%	47,07	32,71%	9,41	Vp, Vx, Vs, Vt, Vd, Vq, Vi, Va, Vr, Vm, Vb	4	13,79%	16,13	11,22%	4,03
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	S, Sa, Su, R	6	14,63%	37,80	26,50%	6,30	S, R, Ze	2	8,70%	34,23	23,78%	17,11	Sn, Se, Sr, Zt, Ze, Zo	4	13,79%	28,56	19,87%	7,14
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	V, F, C, U	3	7,32%	0,65	0,45%	0,22	Cv, Ct, C, U	1	4,35%	1,05	0,73%	1,05	Cv, Cf, Co	1	3,45%	0,51	0,35%	0,51
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	O	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	O	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Sv, So	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	Cp	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Cp	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Cp, Cl	1	3,45%	6,04	4,20%	6,04
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	Pp	1	2,44%	5,86	4,11%	5,86	Pp	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Pp	1	3,45%	2,54	1,77%	2,54
Formazioni boschive	Bos	B, Cf, Bf, Ba	2	4,88%	2,25	1,58%	1,12	B, Cf, Ba, Bm	2	8,70%	7,72	5,36%	3,86	Bq, Bs, Bp, Bf, Bc, Ba, Bm	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	Zs, Br, Pc	7	17,07%	24,35	17,06%	3,48	Zs, Br, Pc	4	17,39%	15,02	10,44%	3,76	Tc, Tn, Ta, Tp	2	6,90%	7,11	4,95%	3,56
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	Zr	5	12,20%	6,42	4,50%	1,28	Zr, Sp	1	4,35%	0,50	0,35%	0,50	Dr, Dc, Dx, Dl, Ds	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	L, Zp	1	2,44%	2,67	1,87%	2,67	L, Vs, Sa, Zp, Ma	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!	Uj, Ut, Up, Uv, Ua, Us, An, Ap, Ax, Aa, Ma	0	0,00%	0,00	0,00%	#DIV/0!
Corsi d'acqua	Fiu	Al	1	2,44%	9,14	6,41%	9,14	Al	1	4,35%	15,82	10,99%	15,82	Af, Ac, Av, Ar	1	3,45%	26,44	18,39%	26,44
TOTALI			41	100,00%	142,68	100,00%			23	100,00%	143,91	100,00%			29	100,00%	143,75	100,00%	

Tabella A.27 – Dati di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Conca (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)

CONFRONTO MACROCATEGORIE DI USO DEL SUOLO 2° LIVELLO 1976 - 1994 - 2003 - FOCE CONCA																			
MUSA 2° LIVELLO		VARIAZIONE 1976 - 1994						VARIAZIONE 1994 - 2003						VARIAZIONE 1976 - 2003					
		n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel	n pol	% pol ass	% pol rel	area (ha)	% area ass	% area rel
Zone urbanizzate residenziali e reti stradali e ferroviarie	Urb	-3	2,23%	11,41%	0,28	0,09%	0,83%	4	9,30%	42,76%	16,32	11,36%	98,98%	1	11,52%	59,05%	16,59	11,46%	100,64%
Zone produttive, dei servizi e delle infrastrutture	Ind	1	6,26%	256,52%	5,97	4,15%	171106,96%	4	11,99%	137,93%	17,61	12,26%	295,19%	5	18,25%	748,28%	23,59	16,41%	676488,98%
Zone interessate da attività estrattive, discariche	Cav	-2	-4,88%	-100,00%	-2,72	-1,91%	-100,00%	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	-2	-4,88%	-100,00%	-2,72	-1,91%	-100,00%
Zone verdi urbane, parchi, attività sportive, cimiteri	Ver	1	11,98%	122,83%	12,51	8,48%	35,02%	-1	-7,95%	-36,55%	-30,95	-21,49%	-65,70%	0	4,04%	41,38%	-18,44	-13,01%	-53,70%
Seminativi semplici, seminativi arborati, zone agricole eterogenee	Sem	-4	-5,94%	-40,58%	-3,58	-2,71%	-10,23%	2	5,10%	58,62%	-5,67	-3,92%	-16,46%	-2	-0,84%	-5,75%	-9,24	-6,63%	-25,01%
Vigneti, frutteti, oliveti, colture specializzate miste	Fru	-2	-2,97%	-40,58%	0,40	0,27%	60,47%	0	-0,90%	-20,69%	-0,54	-0,38%	-51,54%	-2	-3,87%	-52,87%	-0,14	-0,10%	-22,23%
Orti, serre, vivai, colture sotto tunnel	Ort	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!
Colture da legno specializzate (pioppeti, ecc.)	Leg	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	1	3,45%	#DIV/0!	6,04	4,20%	#DIV/0!	1	3,45%	#DIV/0!	6,04	4,20%	#DIV/0!
Prati stabili, prato-pascoli, pascoli, pascoli arborati	Pra	-1	-2,44%	-100,00%	-5,86	-4,11%	-100,00%	1	3,45%	#DIV/0!	2,54	1,77%	#DIV/0!	0	1,01%	41,38%	-3,32	-2,34%	-56,98%
Formazioni boschive	Bos	0	3,82%	78,26%	5,47	3,79%	240,22%	-2	-8,70%	-100,00%	-7,72	-5,36%	-100,00%	-2	-4,88%	-100,00%	-2,25	-1,58%	-100,00%
Aree con vegetazione arbustiva o erbacea	Arb	-3	0,32%	1,86%	-9,32	-6,62%	-38,82%	-2	-10,49%	-60,34%	-7,91	-5,49%	-52,61%	-5	-10,18%	-59,61%	-17,23	-12,12%	-71,01%
Zone aperte con vegetazione rada o assente	Lit	-4	-7,85%	-64,35%	-5,92	-4,15%	-92,23%	-1	-4,35%	-100,00%	-0,50	-0,35%	-100,00%	-5	-12,20%	-100,00%	-6,42	-4,50%	-100,00%
Zone umide, saline, corpi d'acqua	Bac	-1	-2,44%	-100,00%	-2,67	-1,87%	-100,00%	0	0,00%	#DIV/0!	0,00	0,00%	#DIV/0!	-1	-2,44%	-100,00%	-2,67	-1,87%	-100,00%
Corsi d'acqua	Fiu	0	1,91%	78,26%	6,67	4,58%	71,49%	0	-0,90%	-20,69%	10,63	7,40%	67,36%	0	1,01%	41,38%	17,30	11,98%	187,01%
TOTALI		-18	0,00%		1,23	0,00%		6	0,00%		-0,15	0,00%		-12	0,00%		1,08	0,00%	

**Tabella A.28 – Variazioni di uso del suolo MUSA 2° livello, anni 1976 – 1994 – 2003; area di studio: foce Conca (Elaborazione su dati Regione Emilia-Romagna)**



# **ALLEGATO B**

**TABELLE E GRAFICI DI ANALISI GRANULOMETRICHE,  
CHECK LIST DI GEOMORFOLOGIA, SALINITA', QUALITA'  
DELLE ACQUE MARINE E FLUVIALI**

STATISTICHE CAMPIONE RE-SpMN					
Wentworth					
descrizione classi granulometriche			%	%	
	Ghiaia	Finissima	0,05	0,05	
		Molto grossolana	0,07	99,68	
		Grossolana	2,35		
		Media	54,98		
		Fine	39,62		
Peliti	Sabbia	Finissima	2,66		
		Silt	-	0,27	
		Argilla	-		
Classificazione secondo Shepard (1954)			sabbia		
Percentili	Phi				
5%	1,048				
16%	1,256				
25%	1,394				
50%	1,856				
75%	2,253				
84%	2,403				
95%	2,738				
Folk & Ward (1957)					
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento	
Media (mm)	Mz		0,276		
Media (Phi)	Mz	1,838	1,855		
Classazione	$\sigma_i$	0,543	0,326	Classazione moderatamente buona	
Asimmetria	Sk	-0,002	0,795	Simmetrica	
Appuntimento	Kg	0,806	17,051	Platicurtica	

Tabella B.1 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione RE-SpMN

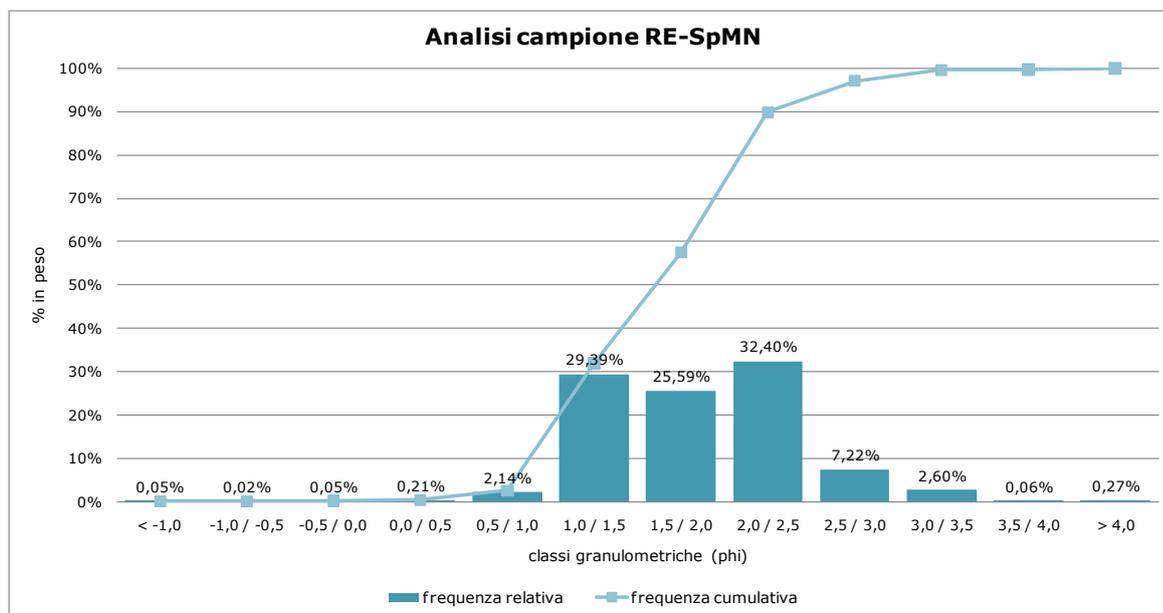


Figura B.1 – Grafico delle curve granulometriche del campione RE-SpMN

STATISTICHE CAMPIONE RE-T1M				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Finissima		0,80	56,85
	Molto grossolana		0,43	
	Grossolana		4,90	
	Media		31,46	
	Fine		16,51	
	Finissima		3,55	
Peliti	Silt		26,74	42,35
	Argilla		15,61	
Classificazione secondo Shepard (1954)		sabbia argillosa		
Percentili	Phi			
5%	0,912			
16%	1,252			
25%	1,464			
50%	2,599			
75%	6,254			
84%	7,914			
95%	11,737			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,054	
Media (Phi)	Mz	3,922	4,208	
Classazione	$\sigma_i$	3,306	11,669	Classazione pessima
Asimmetria	Sk	0,642	0,012	Asimmetria marcatamente positiva
Appuntimento	Kg	0,926	-1,489	Mesocurtica

Tabella B.2 – Risultati dell’analisi granulometrica del campione RE-T1M

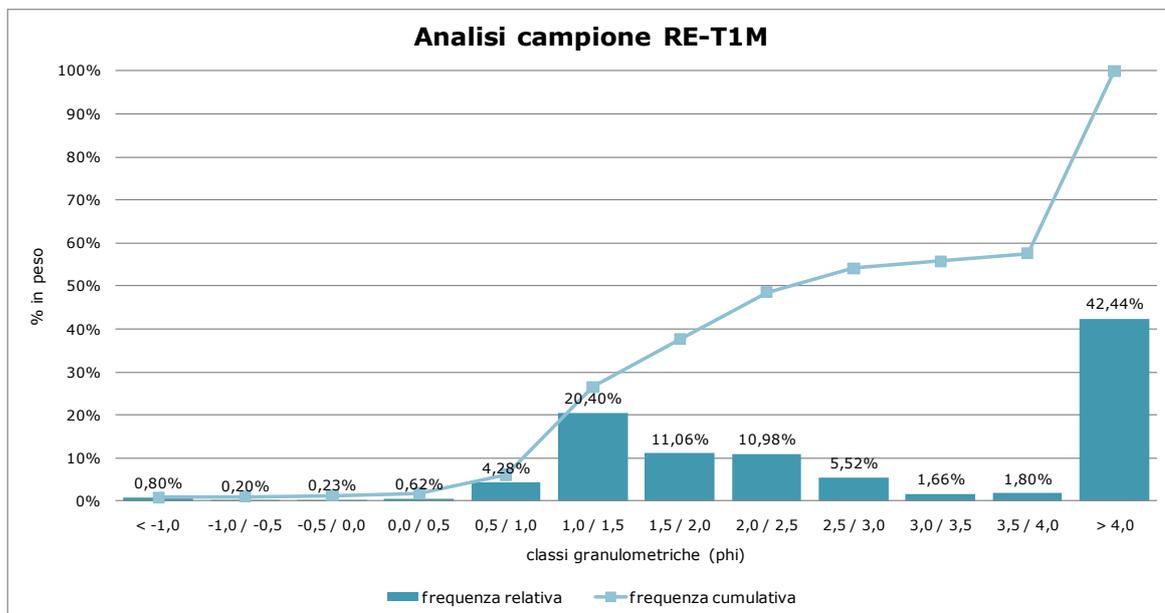


Figura B.2 – Grafico delle curve granulometriche del campione RE-T1M

STATISTICHE CAMPIONE RE-T1Sx				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Sabbia	Finissima	0,12	99,59
		Molto grossolana	0,11	
		Grossolana	0,74	
		Media	46,17	
		Fine	52,12	
		Finissima	0,45	
Peliti	Silt	-	0,28	
	Argilla	-		
Classificazione secondo Shepard (1954)		sabbia		
Percentili	Phi			
5%	1,14			
16%	1,433			
25%	1,626			
50%	2,033			
75%	2,335			
84%	2,453			
95%	2,712			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,254	
Media (Phi)	Mz	1,973	1,979	
Classazione	$\sigma_i$	0,493	0,256	Classazione buona
Asimmetria	Sk	-0,157	-1,430	Asimmetria negativa
Appuntimento	Kg	0,908	42,831	Mesocurtica

Tabella B.3 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione RE-T1Sx

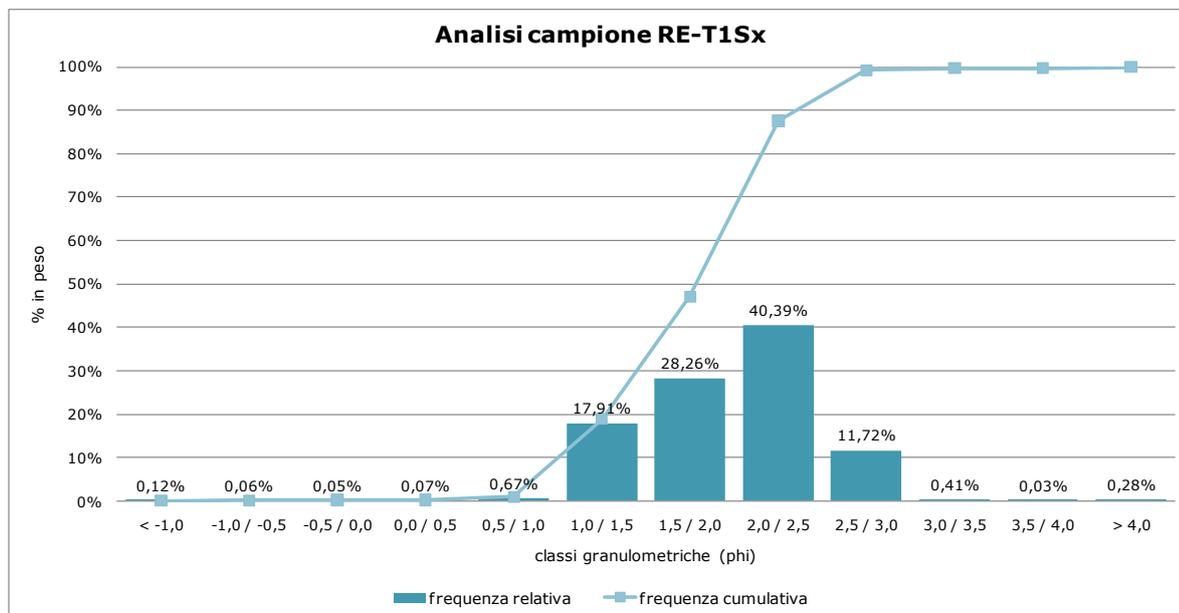


Figura B.3 – Grafico delle curve granulometriche del campione RE-T1Sx

STATISTICHE CAMPIONE RE-T1Dx				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Finissima		1,34	1,34
	Sabbia	Molto grossolana	0,06	
		Grossolana	0,90	
		Media	52,59	
		Fine	33,05	
Finissima	11,74	98,33		
Peliti	Silt		-	0,34
	Argilla		-	
Classificazione secondo Shepard (1954)			sabbia	
Percentili	Phi			
5%	1,069			
16%	1,322			
25%	1,486			
50%	1,922			
75%	2,272			
84%	2,435			
95%	3,324			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,261	
Media (Phi)	Mz	1,893	1,937	
Classazione	$\sigma_i$	0,620	0,536	Classazione moderatamente buona
Asimmetria	Sk	0,083	-0,628	Simmetrica
Appuntamento	Kg	1,176	10,490	Leptocurtica

Tabella B.4 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione RE-T1Dx

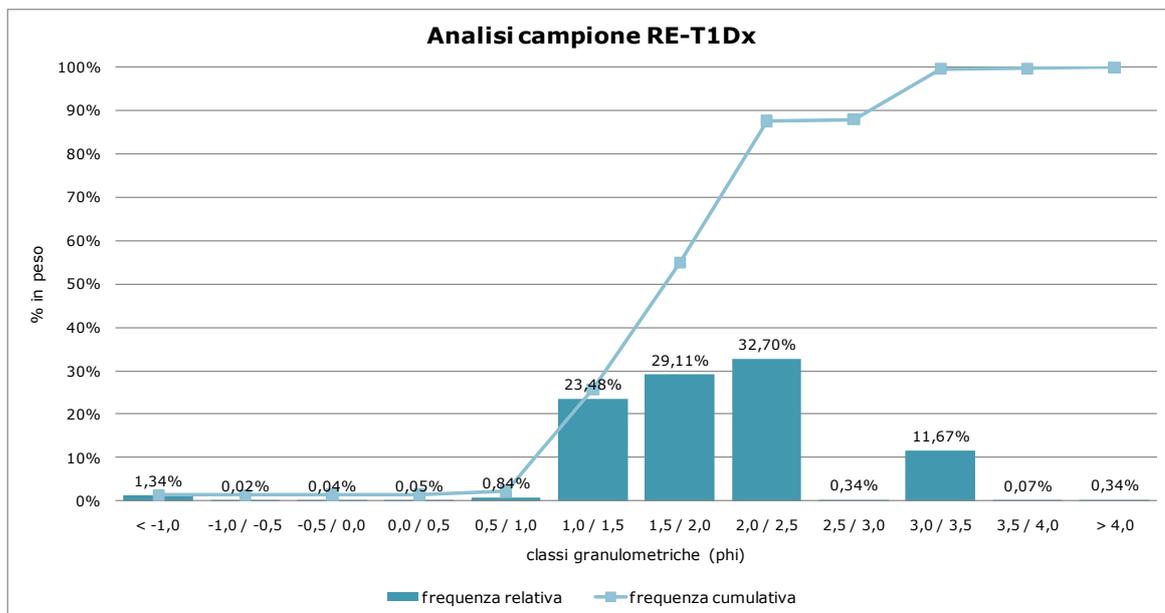


Figura B.4 – Grafico delle curve granulometriche del campione RE-T1Dx

STATISTICHE CAMPIONE RE-T2M				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
	Ghiaia	Finissima	5,53	5,53
		Molto grossolana	2,46	81,37
		Grossolana	8,45	
		Media	50,85	
		Fine	14,47	
		Finissima	5,14	
Peliti	Silt	8,46	13,10	
	Argilla	4,64		
Classificazione secondo Shepard (1954)		sabbia		
Percentili	Phi			
5%	-1,046			
16%	0,979			
25%	1,128			
50%	1,484			
75%	2,272			
84%	3,322			
95%	7,734			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,225	
Media (Phi)	Mz	1,928	2,154	
Classazione	$\sigma_i$	1,916	5,792	Classazione cattiva
Asimmetria	Sk	0,496	0,077	Asimmetria marcatamente positiva
Appuntimento	Kg	3,145	-1,372	Estremamente leptocurtica

Tabella B.5 – Risultati dell’analisi granulometrica del campione RE-T2M

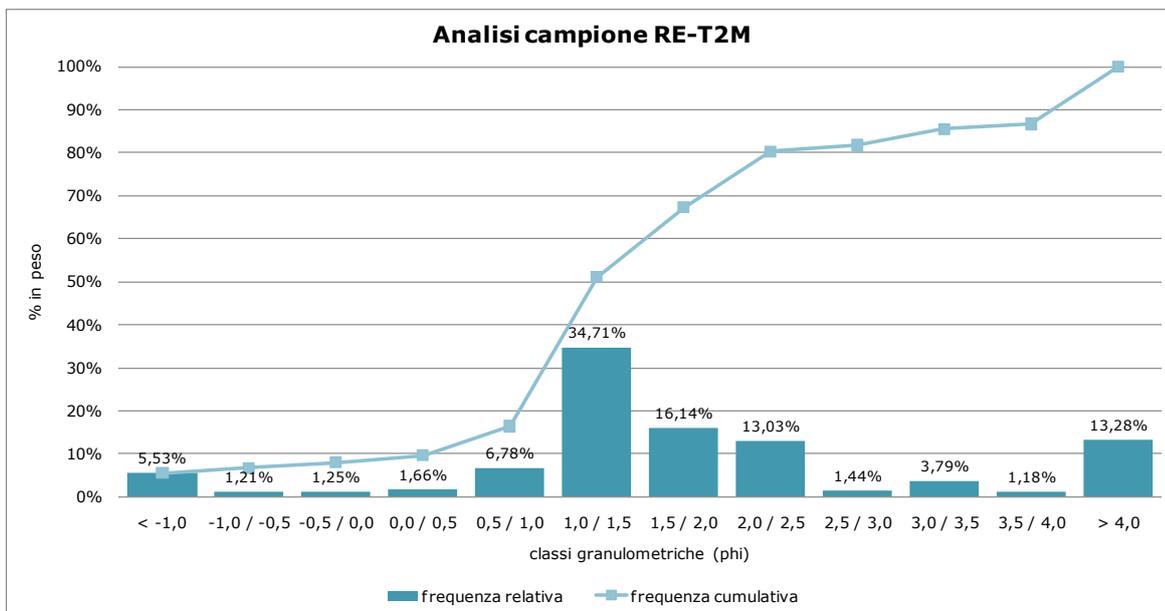


Figura B.5 – Grafico delle curve granulometriche del campione RE-T2M

STATISTICHE CAMPIONE RE-T2Sx				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Finissima		0,14	0,14
	Molto grossolana		0,10	
	Grossolana		0,29	
	Media		54,94	
	Fine		28,59	
Sabbia	Finissima		1,21	85,13
	Silt		8,39	
Peliti	Argilla		6,34	14,73
Classificazione secondo Shepard (1954)		sabbia		
Percentili	Phi			
5%	1,133			
16%	1,379			
25%	1,536			
50%	1,917			
75%	2,375			
84%	2,985			
95%	8,915			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,151	
Media (Phi)	Mz	2,094	2,723	
Classazione	$\sigma_i$	1,581	5,841	Classazione cattiva
Asimmetria	Sk	0,564	0,089	Asimmetria marcatamente positiva
Appuntamento	Kg	3,800	-1,372	Estremamente leptocurtica

Tabella B.6 – Risultati dell’analisi granulometrica del campione RE-T2Sx

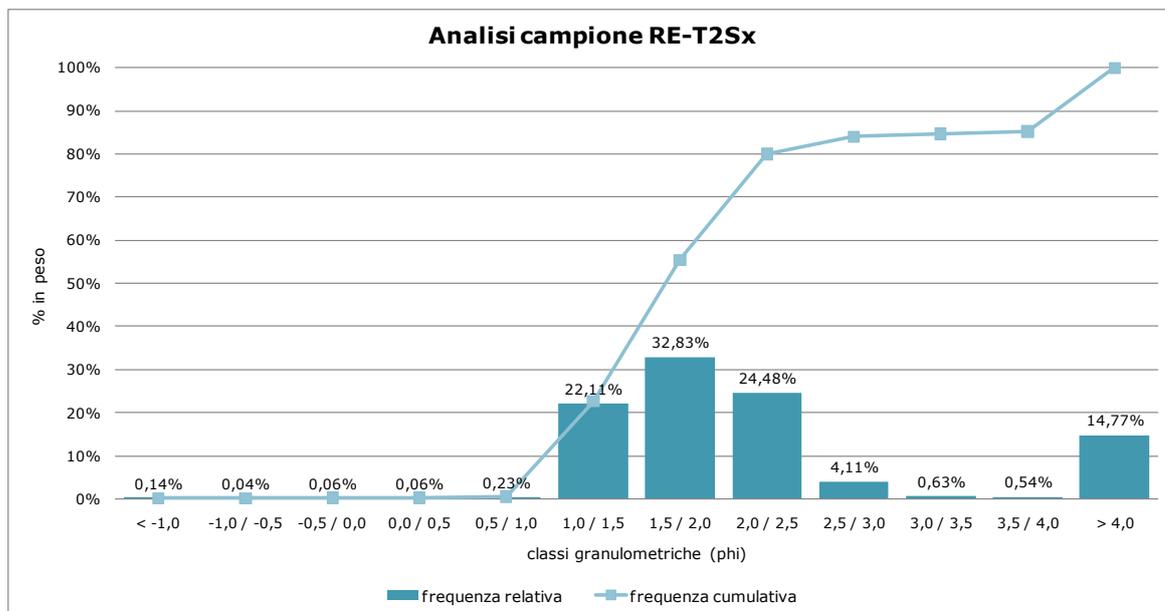


Figura B.6 – Grafico delle curve granulometriche del campione RE-T2Sx

STATISTICHE CAMPIONE RE-T2Dx					
Wentworth					
descrizione classi granulometriche			%	%	
	Ghiaia	Finissima	1,07	1,07	
		Molto grossolana	0,39	90,73	
		Grossolana	1,39		
		Media	44,79		
		Fine	39,35		
		Finissima	4,81		
Peliti	Silt		4,33	8,20	
	Argilla		3,87		
Classificazione secondo Shepard (1954)			sabbia		
Percentili	Phi				
5%	1,053				
16%	1,308				
25%	1,480				
50%	2,047				
75%	2,570				
84%	2,864				
95%	6,888				
Folk & Ward (1957)					
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento	
Media (mm)	Mz		0,183		
Media (Phi)	Mz	2,073	2,448		
Classazione	$\sigma_i$	1,273	3,980	Classazione moderata	
Asimmetria	Sk	0,355	0,194	Asimmetria marcatamente positiva	
Appuntimento	Kg	2,193	-1,062	Molto leptocurtica	

Tabella B.7 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione RE-T2Dx

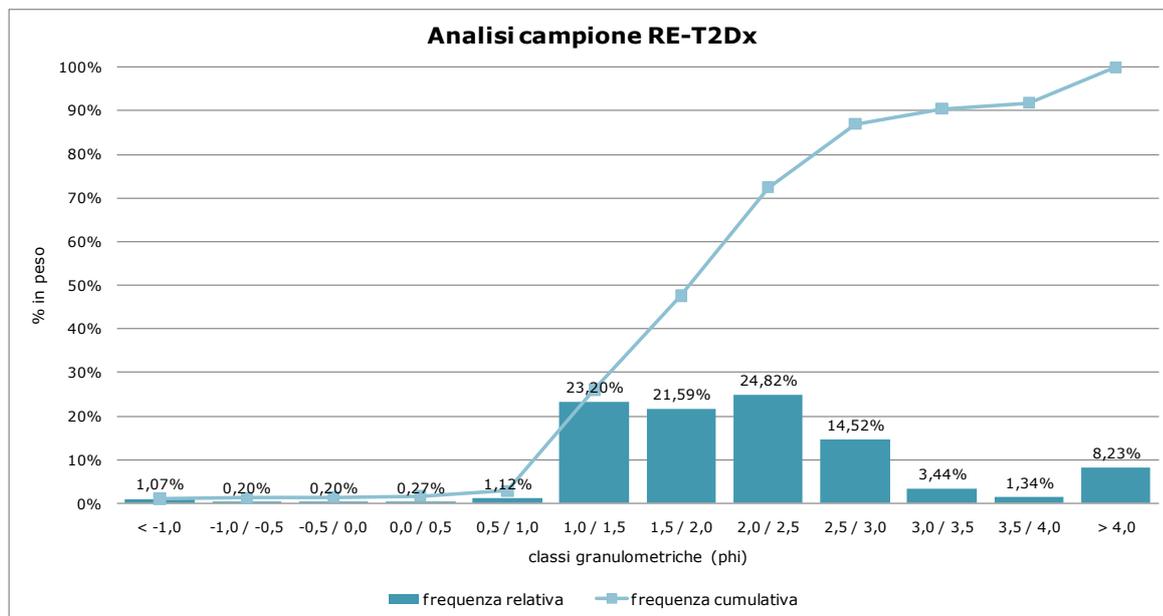


Figura B.7 – Grafico delle curve granulometriche del campione RE-T2Dx

STATISTICHE CAMPIONE BE-SpMN				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Finissima		0,17	99,78
	Molto grossolana		0,32	
	Grossolana		1,68	
	Media		33,47	
	Fine		60,9	
	Finissima		3,41	
Peliti	Silt		-	0,04
	Argilla		-	
Classificazione secondo Shepard (1954) <b>sabbia</b>				
Percentili	Phi			
5%	1,174			
16%	1,61			
25%	1,823			
50%	2,148			
75%	2,417			
84%	2,535			
95%	2,889			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,234	
Media (Phi)	Mz	2,098	2,097	
Classazione	$\sigma_i$	0,491	0,288	Classazione buona
Asimmetria	Sk	-0,15	-2,855	Asimmetria negativa
Appuntimento	Kg	1,183	41,639	Leptocurtica

Tabella B.8 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione BE-SpMN

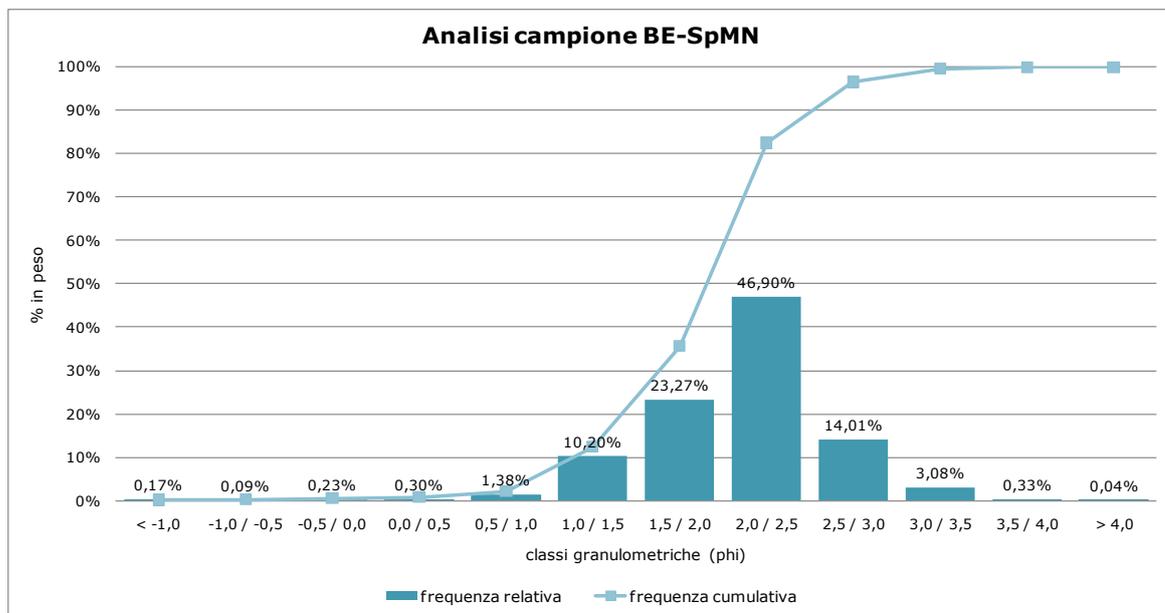


Figura B.8 – Grafico delle curve granulometriche del campione BE-SpMN

STATISTICHE CAMPIONE BE-SpMS					
Wentworth					
descrizione classi granulometriche			%	%	
Ghiaia	Sabbia	Finissima	0,23	99,5	
		Molto grossolana	0,21		
		Grossolana	3,28		
		Media	35,45		
		Fine	53,61		
		Finissima	6,95		
Peliti	Silt	-	0,27		
	Argilla	-			
Classificazione secondo Shepard (1954)			sabbia		
Percentili	Phi				
5%	1,088				
16%	1,568				
25%	1,783				
50%	2,112				
75%	2,389				
84%	2,496				
95%	3,297				
Folk & Ward (1957)					
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento	
Media (mm)	Mz		0,235		
Media (Phi)	Mz	2,059	2,09		
Classazione	$\sigma_i$	0,567	0,394	Classazione moderatamente buona	
Asimmetria	Sk	-0,05	-0,53	Simmetrica	
Appuntimento	Kg	1,493	18,547	Leptocurtica	

Tabella B.9 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione BE-SpMS

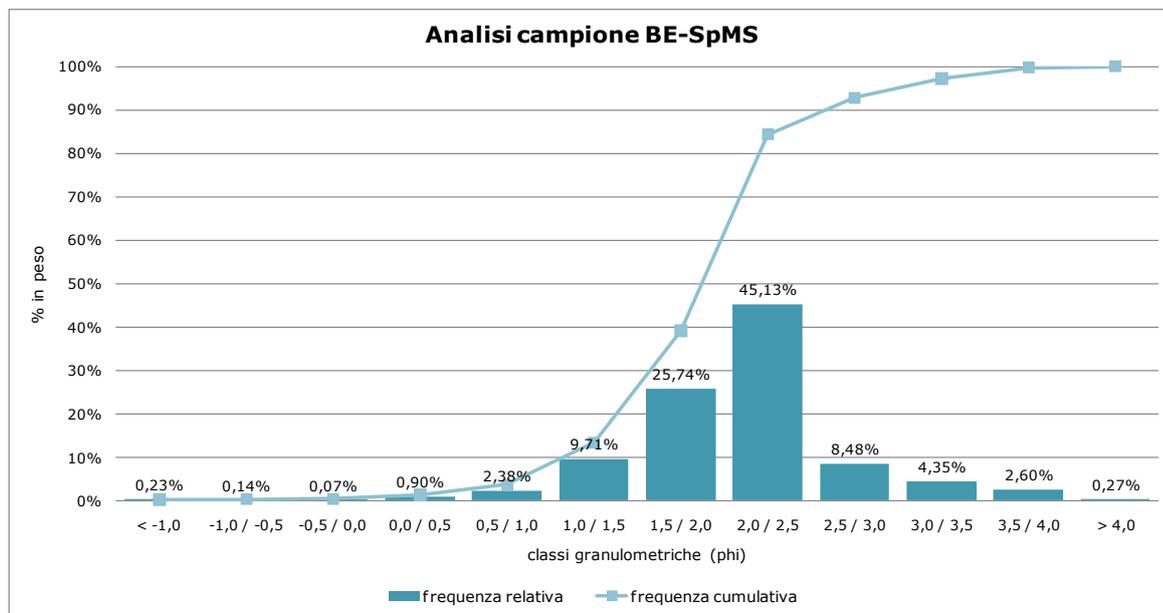


Figura B.9 – Grafico delle curve granulometriche del campione BE-SpMS

STATISTICHE CAMPIONE BE-T1Sx				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Finissima		0,15	97,66
	Molto grossolana		0,25	
	Grossolana		0,91	
	Media		8,33	
	Fine		62,74	
	Finissima		25,43	
Peliti	Silt		-	2,19
	Argilla		-	
Classificazione secondo Shepard (1954) <b>sabbia</b>				
Percentili	Phi			
5%	1,51			
16%	2,398			
25%	2,559			
50%	2,795			
75%	3,055			
84%	3,242			
95%	3,851			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,146	
Media (Phi)	Mz	2,812	2,773	
Classazione	$\sigma_i$	0,566	0,418	Classazione moderatamente buona
Asimmetria	Sk	-0,02	-1,975	Simmetrica
Appuntamento	Kg	1,936	19,865	Molto leptocurtica

Tabella B.10 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione BE-T1Sx

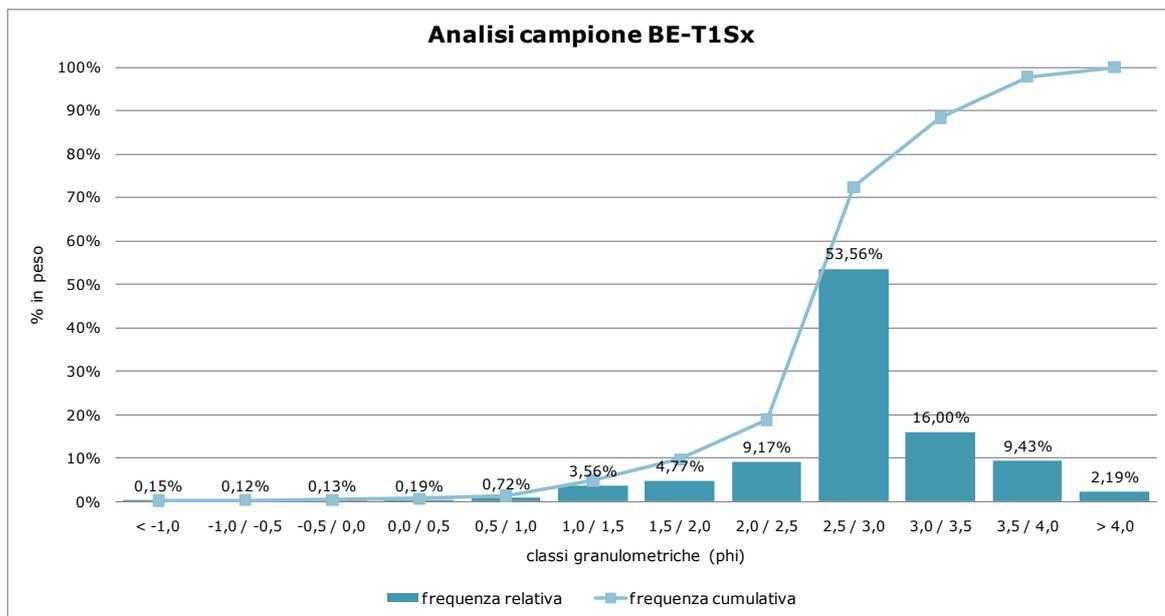


Figura B.10 – Grafico delle curve granulometriche del campione BE-T1Sx

STATISTICHE CAMPIONE BE-T1Dx					
Wentworth					
descrizione classi granulometriche			%	%	
Ghiaia	Sabbia	Finissima	0,44	0,44	
		Molto grossolana	0,48	97,41	
		Grossolana	0,64		
		Media	16,47		
		Fine	65,47		
		Finissima	14,35		
Peliti	Silt	-	2,15		
	Argilla	-			
Classificazione secondo Shepard (1954)			sabbia		
Percentili	Phi				
5%	1,51				
16%	1,934				
25%	2,185				
50%	2,589				
75%	2,891				
84%	3,017				
95%	3,702				
Folk & Ward (1957)					
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento	
Media (mm)	Mz		0,173		
Media (Phi)	Mz	2,513	2,53		
Classazione	$\sigma_i$	0,603	0,474	Classazione moderatamente buona	
Asimmetria	Sk	-0,097	-1,505	Simmetrica	
Appuntimento	Kg	1,273	16,767	Leptocurtica	

Tabella B.11 – Risultati dell’analisi granulometrica del campione BE-T1Dx

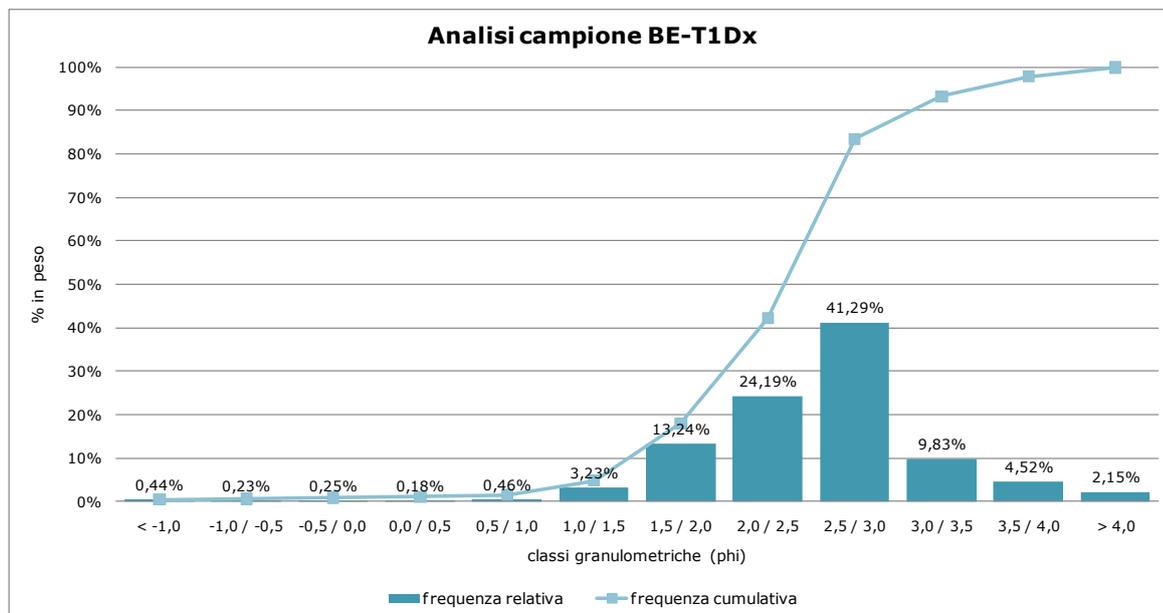


Figura B.11 – Grafico delle curve granulometriche del campione BE-T1Dx

STATISTICHE CAMPIONE BE-T2Sx				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Finissima		2,97	84,90
	Molto grossolana		1,92	
	Grossolana		3,55	
	Media		41,44	
	Fine		26,35	
Sabbia	Finissima		11,64	12,14
	Silt		8,34	
Peliti	Argilla		3,80	
Classificazione secondo Shepard (1954)				
Percentili		Phi		
5%		0,031		
16%		1,166		
25%		1,346		
50%		2,003		
75%		2,883		
84%		3,748		
95%		6,863		
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,181	
Media (Phi)	Mz	2,306	2,469	
Classazione	$\sigma_i$	1,681	4,688	Classazione cattiva
Asimmetria	Sk	0,387	0,109	Asimmetria marcatamente positiva
Appuntamento	Kg	1,822	-1,276	Molto leptocurtica

Tabella B.12 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione BE-T2Sx

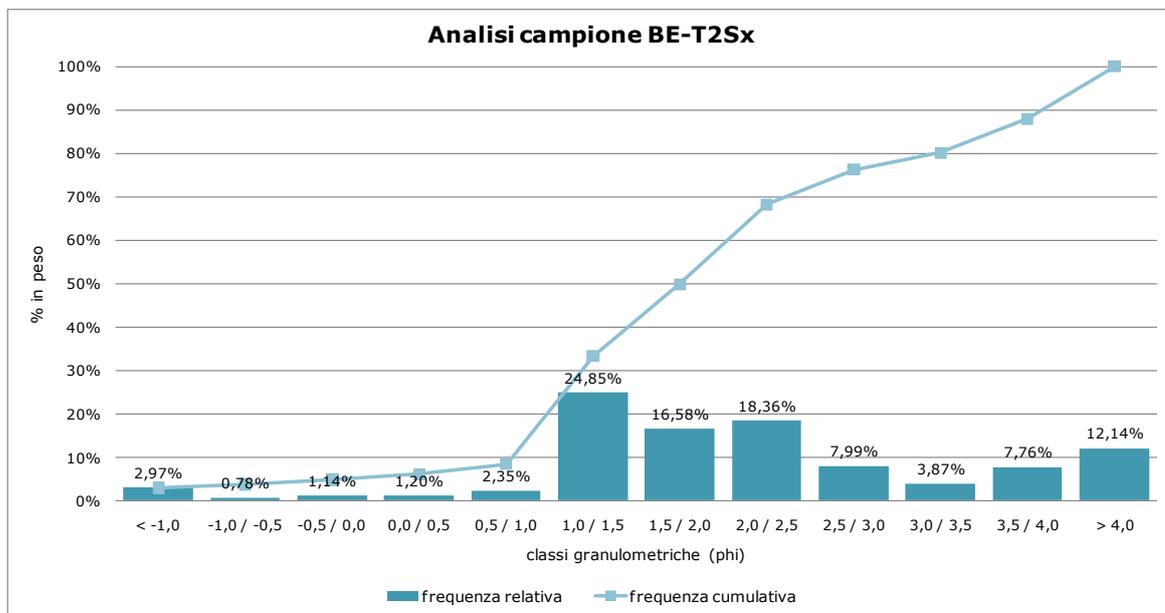


Figura B.12 – Grafico delle curve granulometriche del campione BE-T2Sx

STATISTICHE CAMPIONE BE-T2Dx					
Wentworth					
descrizione classi granulometriche			%	%	
Ghiaia	Sabbia	Finissima	0,21	0,21	
		Molto grossolana	0,44	66,59	
		Grossolana	0,88		
		Media	5,68		
		Fine	32,56		
		Finissima	27,03		
Peliti	Silt	23,19		33,20	
	Argilla	10,01			
Classificazione secondo Shepard (1954)			sabbia argillosa		
Percentili	Phi				
5%	1,606				
16%	2,382				
25%	2,627				
50%	3,428				
75%	5,21				
84%	6,658				
95%	9,929				
Folk & Ward (1957)					
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento	
Media (mm)	Mz		0,053		
Media (Phi)	Mz	4,156	4,228		
Classazione	$\sigma_i$	2,33	6,316	Classazione molto cattiva	
Asimmetria	Sk	0,536	0,044	Asimmetria marcatamente positiva	
Appuntimento	Kg	1,32	-1,442	Leptocurtica	

Tabella B.13 – Risultati dell’analisi granulometrica del campione BE-T2Dx

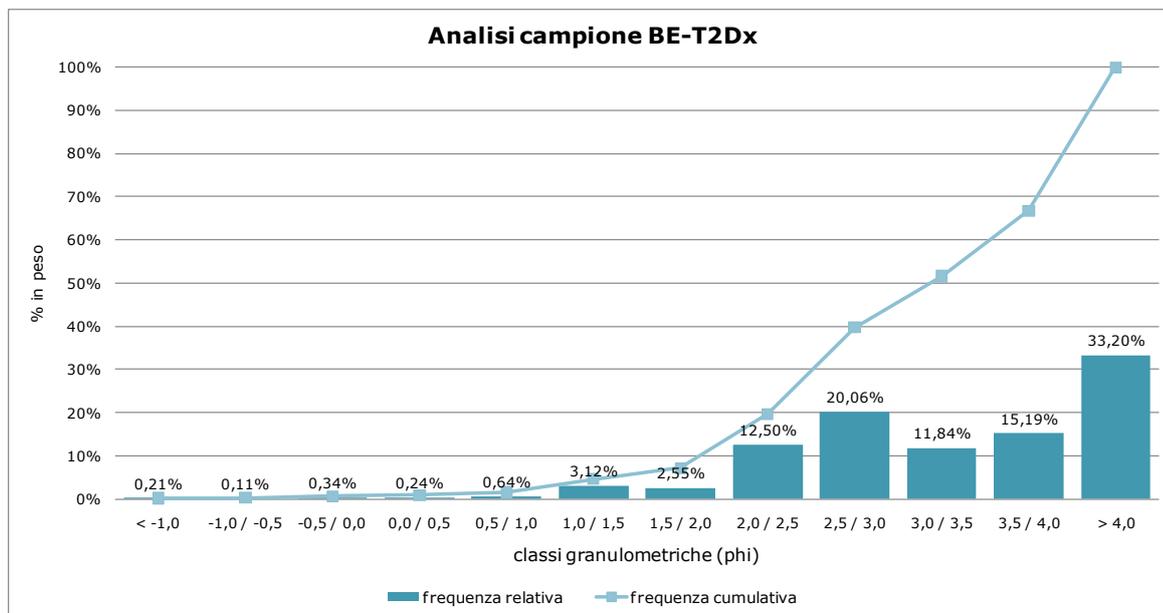


Figura B.13 – Grafico delle curve granulometriche del campione BE-T2Dx

STATISTICHE CAMPIONE CO-SpMN				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Finissima		1,88	1,88
	Molto grossolana		1,12	
	Grossolana		1,71	
	Media		15,31	
	Fine		77,42	
	Finissima		2,33	
Sabbia	Silt		-	97,89
	Argilla		-	
Peliti	Silt		-	0,23
	Argilla		-	
Classificazione secondo Shepard (1954) <b>sabbia</b>				
Percentili	Phi			
5%	1,024			
16%	1,824			
25%	2,105			
50%	2,482			
75%	2,729			
84%	2,834			
95%	2,97			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,206	
Media (Phi)	Mz	2,38	2,28	
Classazione	$\sigma$	0,547	0,6	Classazione moderatamente buona
Asimmetria	Sk	-0,401	-2,691	Asimmetria marcatamente negativa
Appuntamento	Kg	1,278	13,883	Leptocurtica

Tabella B.14 – Risultati dell’analisi granulometrica del campione CO-SpMN

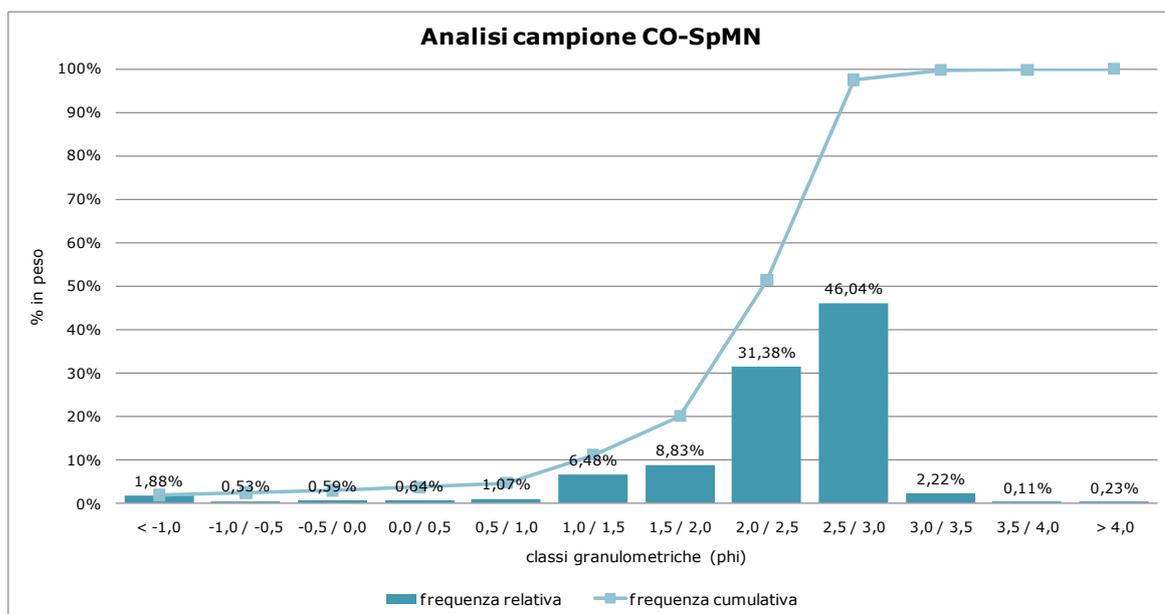


Figura B.14 – Grafico delle curve granulometriche del campione CO-SpMN

STATISTICHE CAMPIONE CO-SpMS					
Wentworth					
descrizione classi granulometriche			%	%	
Ghiaia	Sabbia	Finissima	4,36	95,5	
		Molto grossolana	0,36		
		Grossolana	0,62		
		Media	9,84		
		Fine	81,15		
		Finissima	3,53		
Peliti	Silt	-	0,14		
	Argilla	-			
Classificazione secondo Shepard (1954)			sabbia		
Percentili	Phi				
5%	0,687				
16%	2,027				
25%	2,283				
50%	2,581				
75%	2,795				
84%	2,882				
95%	2,987				
Folk & Ward (1957)					
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento	
Media (mm)	Mz		0,198		
Media (Phi)	Mz	2,497	2,337		
Classazione	$\sigma_i$	0,562	0,807	Classazione moderatamente buona	
Asimmetria	Sk	-0,472	-2,012	Asimmetria marcatamente negativa	
Appuntimento	Kg	1,84	7,58	Molto leptocurtica	

Tabella B.15 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione CO-SpMS

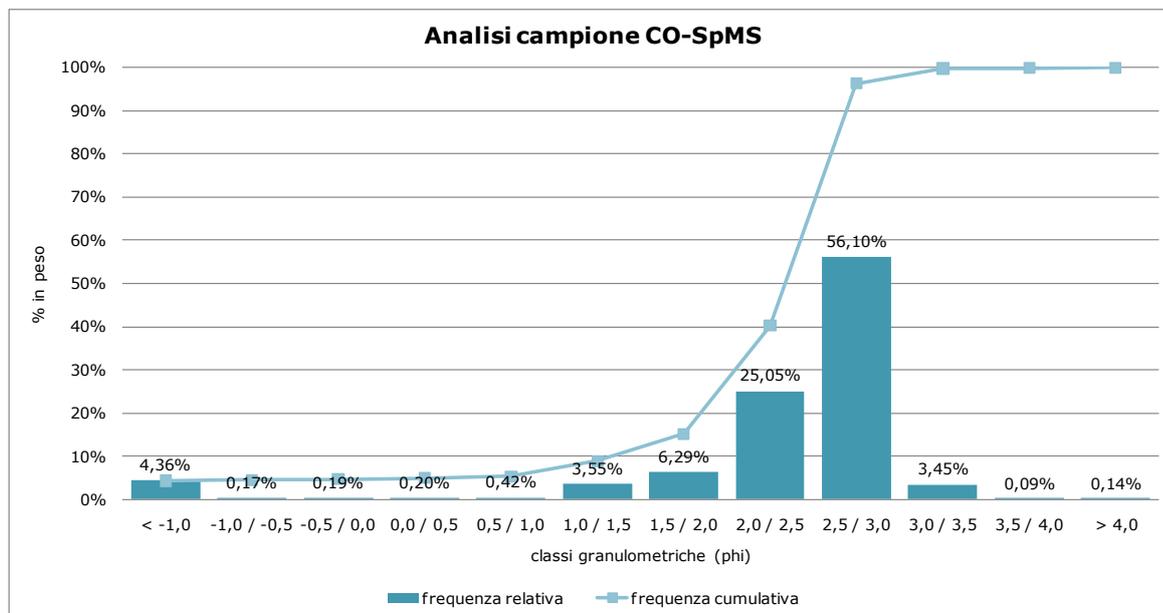


Figura B.15 – Grafico delle curve granulometriche del campione CO-SpMS

STATISTICHE CAMPIONE CO-T1Sx				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
	Ghiaia	Finissima	47,05	47,05
	Sabbia	Molto grossolana	9,85	
		Grossolana	14,34	
		Media	26,46	
		Fine	2,15	
	Finissima	0,05	52,85	
Peliti	Silt	-	-	0,09
	Argilla	-		
Classificazione secondo Shepard (1954)				
Percentili		Phi		
5%		-1,446		
16%		-1,327		
25%		-1,23		
50%		-0,804		
75%		1,083		
84%		1,283		
95%		1,635		
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		1,107	
Media (Phi)	Mz	-0,283	-0,147	
Classazione	$\sigma_i$	1,119	1,431	Classazione moderata
Asimmetria	Sk	0,591	0,127	Asimmetria marcatamente positiva
Appuntimento	Kg	0,546	-1,081	Molto platicurtica

Tabella B.16 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione CO-T1Sx

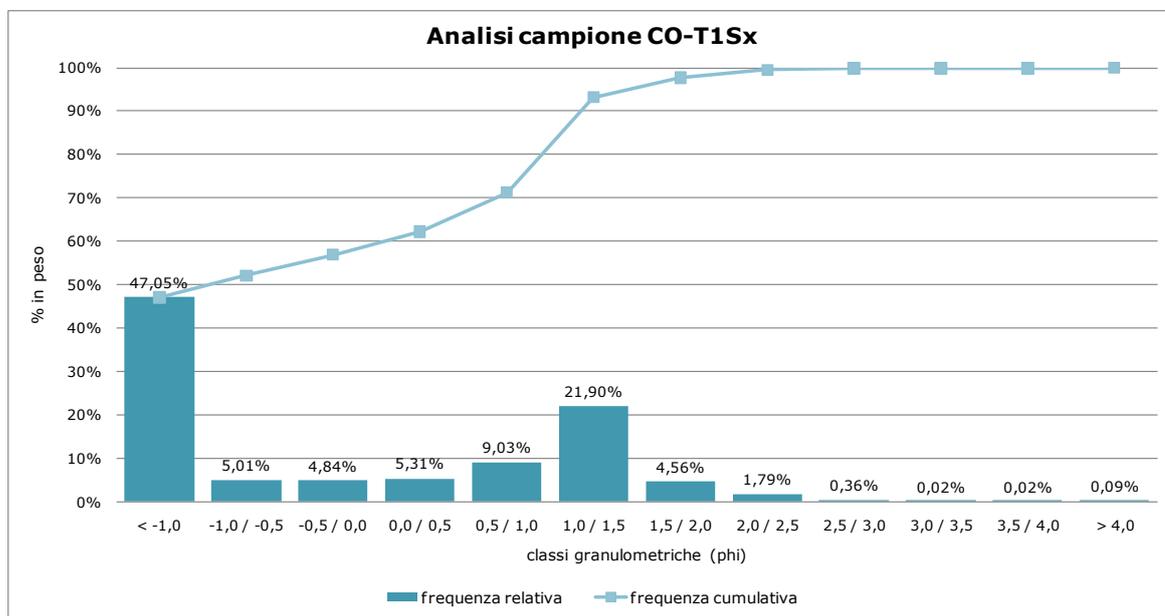


Figura B.16 – Grafico delle curve granulometriche del campione CO-T1Sx

STATISTICHE CAMPIONE CO-T1Dx				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Sabbia	Finissima	56,31	56,31
		Molto grossolana	1,73	
		Grossolana	4,53	
		Media	24,88	
		Fine	12,4	
		Finissima	0,07	
Peliti	Silt	-	0,09	
	Argilla	-		
Classificazione secondo Shepard (1954)			non classificabile	
Percentili	Phi			
5%	-1,456			
16%	-1,358			
25%	-1,278			
50%	-1,056			
75%	1,419			
84%	1,806			
95%	2,369			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		1,02	
Media (Phi)	Mz	-0,202	-0,029	
Classazione	$\sigma_i$	1,371	2,156	Classazione moderata
Asimmetria	Sk	0,8	0,08	Asimmetria marcatamente positiva
Appuntimento	Kg	0,581	-1,333	Molto platicurtica

Tabella B.17 – Risultati dell’analisi granulometrica del campione CO-T1Dx

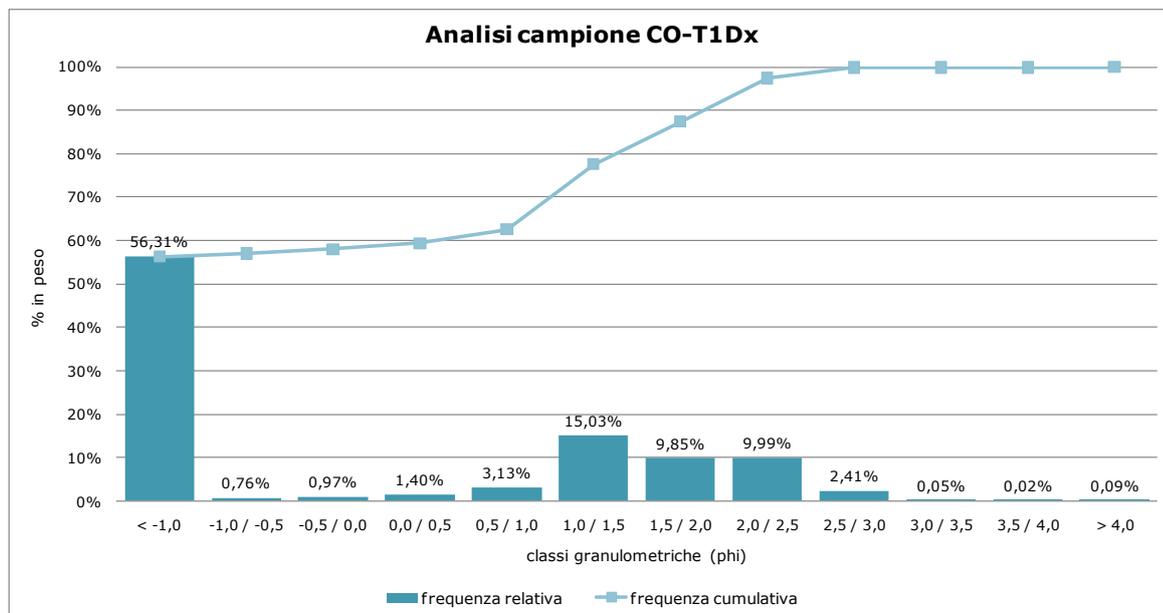


Figura B.17 – Grafico delle curve granulometriche del campione CO-T1Dx

STATISTICHE CAMPIONE CO-T2Sx				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Finissima		41,51	41,51
	Molto grossolana		1,30	
	Grossolana		2,05	
	Media		7,85	
	Fine		14,47	
	Finissima		9,24	
Sabbia				34,91
Peliti	Silt		15,69	23,58
	Argilla		7,89	
Classificazione secondo Shepard (1954)				
Percentili	Phi		non classificabile	
5%	-1,44			
16%	-1,307			
25%	-1,198			
50%	1,548			
75%	3,817			
84%	5,068			
95%	9,35			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,257	
Media (Phi)	Mz	1,77	1,958	
Classazione	$\sigma_i$	3,229	12,36	Classazione pessima
Asimmetria	Sk	0,275	0,011	Asimmetria positiva
Appuntimento	Kg	0,882	-1,489	Platicurtica

Tabella B.18 – Risultati dell'analisi granulometrica del campione CO-T2Sx

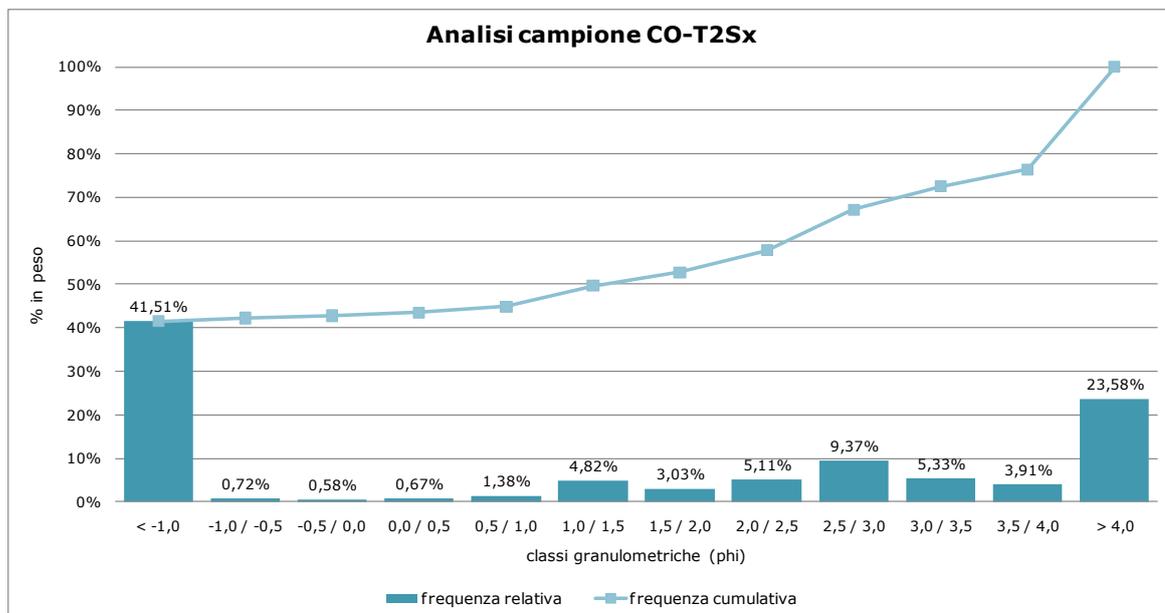


Figura B.18 – Grafico delle curve granulometriche del campione CO-T2Sx

STATISTICHE CAMPIONE CO-T2Dx				
Wentworth				
descrizione classi granulometriche			%	%
Ghiaia	Sabbia	Finissima	33,16	33,16
		Molto grossolana	3,43	48,62
		Grossolana	3,26	
		Media	8,98	
		Fine	21,74	
		Finissima	11,21	
Peliti	Silt		11,51	18,23
	Argilla		6,72	
Classificazione secondo Shepard (1954)			non classificabile	
Percentili	Phi			
5%	-1,424			
16%	-1,256			
25%	-1,122			
50%	2,105			
75%	3,240			
84%	4,582			
95%	9,024			
Folk & Ward (1957)				
parametro		valore	momenti	descrizione sedimento
Media (mm)	Mz		0,249	
Media (Phi)	Mz	1,810	2,004	
Classazione	$\sigma_i$	3,043	10,584	Classazione pessima
Asimmetria	Sk	0,086	0,015	Simmetrica
Appuntimento	Kg	0,982	-1,482	Mesocurtica

Tabella B.19 – Risultati dell’analisi granulometrica del campione CO-T2Dx

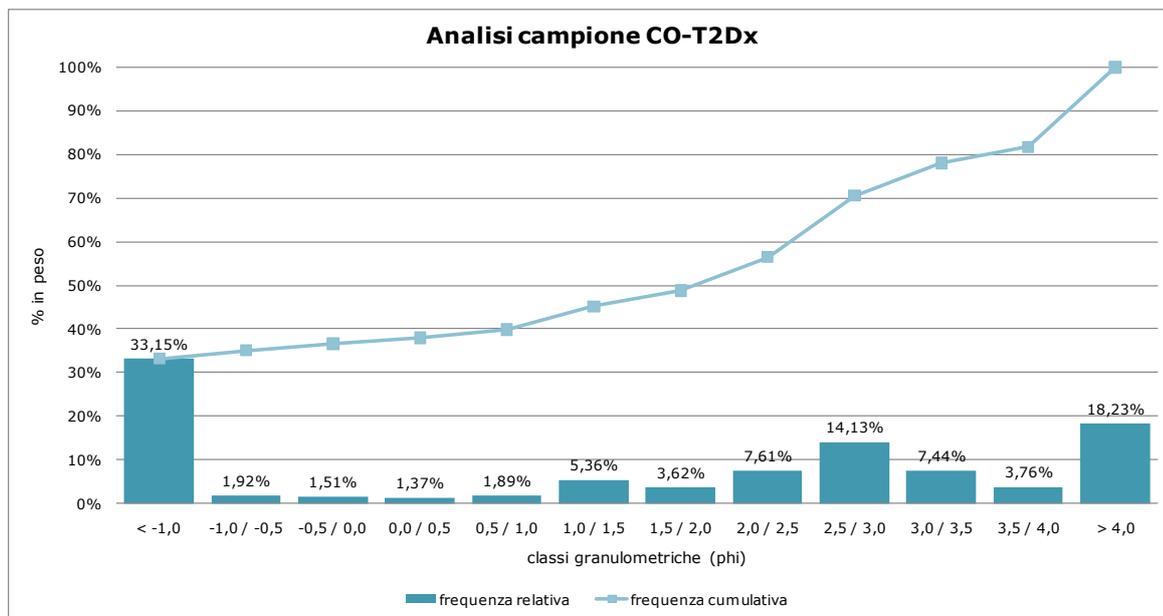


Figura B.19 – Grafico delle curve granulometriche del campione CO-T2Dx

CHECK LIST GEOMORFOLOGIA ZONA DI FOCE			
bacino idrografico	Reno		
corso d'acqua	fiume Reno		
località	Casalborsetti (Ravenna)		
coordinate	44°35'46.50"N 12°16'48.20"E		
data rilevamento	08/05/2009		
<i>elemento</i>	<i>presenza</i>	<i>assenza</i>	<i>note</i>
dune		X	spiaggia attualmente in forte erosione; presenza cordoni di paleodune
barre di foce		X	freccia litoranea in forte erosione
meandri fluviali		X	
aree umide	X		presenti a nord e ad ovest della foce
rotte fluviali		X	presenza ventagli di rotta causati da ingressione marina in sponda dx
opere di difesa a mare	X		relitto di scogliera radente di protezione della freccia litorale
argini/sponde artificiali	X		in sponda sx a partire da 500 m, in sponda dx a partire da 1150 m (dalla foce all'interno)
fondo artificiale		X	
piana inondabile naturale	X		presente in sponda sx nei primi 500 m (larghezza 800-1000 m)

**Tabella B.20 – Risultati dell'analisi geomorfologica speditiva, area di foce Reno**

CHECK LIST GEOMORFOLOGIA ZONA DI FOCE			
bacino idrografico	Bevano		
corso d'acqua	torrente Bevano		
località	Lido di Dante - Lido di Classe (Ravenna)		
coordinate	44°21'42.25"N 12°19'29.95"E		
data rilevamento	17/05/2009		
<i>elemento</i>	<i>presenza</i>	<i>assenza</i>	<i>note</i>
dune	X		
barre di foce	X		presenza freccia litoranea
meandri fluviali	X		meandro naturale non arginato a 500 m dalla foce (raggio circa 75 m)
aree umide	X		presenti in sponda dx a 600 m dalla foce
rotte fluviali		X	opera artificiale (scolmatore di piena a mare)
opere di difesa a mare		X	
argini/sponde artificiali	X		palificata in tronchi di legno in sponda sx per gli ultimi 200 m; argini artificiali in sponda dx a partire da 1000 m dalla foce; argine artificiale in sponda sx praticamente in continuità con la palificata in legno
fondo artificiale		X	
piana inondabile naturale	X		presente solo in sponda dx nei primi 1000 m

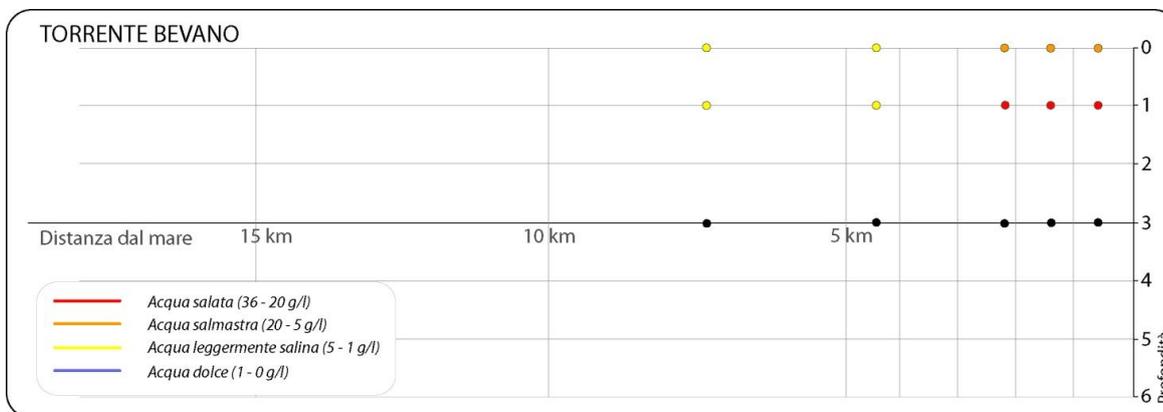
**Tabella B.21 – Risultati dell'analisi geomorfologica speditiva, area di foce Bevano**

CHECK LIST GEOMORFOLOGIA ZONA DI FOCE			
bacino idrografico	Conca		
corso d'acqua	fiume Conca		
località	Misano Adriatico - Cattolica		
coordinate	43°58'20.80"N 12°43'14.10"E		
data rilevamento	22/06/2009		
elemento	presenza	assenza	note
dune		X	
barre di foce	X		saltuaria presenza barra di foce formata dall'azione del moto ondoso
meandri fluviali		X	
aree umide		X	
rotte fluviali		X	
opere di difesa a mare	X		pennelli sia in sponda sx (90 m) sia in sponda dx (150 m) della foce; altri pennelli e scogliera radente a protezione della costa a nord, scogliere parallele a protezione della costa a sud
argini/sponde artificiali	X		presenti dalla foce, a 20 m dalla'alveo di morbida in sponda sx e a 100 m dall'alveo di morbida in sponda dx
fondo artificiale	X		presenza briglie in corrispondenza dei ponti su via Litoriana e della linea ferroviaria
piana inondabile naturale		X	

**Tabella B.22 – Risultati dell’analisi geomorfologica speditiva, area di foce Conca**



**Figura B.20 – Grafico della salinità delle acque del fiume Reno (Fonte: CIRSA – IGRG)**



**Figura B.21 – Grafico della salinità delle acque del torrente Bevano (Fonte: CIRSA – IGRG)**

corpo idrico	fiume Reno				torrente Bevano				fiume Conca			
stazione	Volta Scirocco				Casemurate				200 m a monte dell'invaso			
codice	06005500				12000100				22000300			
località	Mandriole - Ravenna				Casemurate - Forlì				S.Giovanni in Marignano (RN)			
anno	LIM	IBE	SECA	SACA	LIM	IBE	SECA	SACA	LIM	IBE	SECA	SACA
2003	170	5	classe 4	scadente	50	5-6	classe 5	pessimo	270	5	classe 4	scadente
2004	180	5	classe 4	scadente	65	5-6	classe 4	scadente	265	1	classe 5	pessimo
2005	170	5	classe 4	scadente	60	4-5	classe 4	scadente	310	6	classe 3	sufficiente
2006	180	5-4	classe 4	scadente	50	6	classe 5	pessimo	345	5	classe 4	scadente
2007	160	5	classe 4	scadente	-	-	-	-	325	5	classe 4	scadente
2008	185	5	classe 4	scadente	-	-	-	-	170	6	classe 3	sufficiente

Tabella B.23 – Valori degli indici di qualità delle acque superficiali interne dei corsi d’acqua oggetto dello studio; sono riportati i valori delle stazioni più prossime alla foce (Fonte: ARPA E-R).

Livello di Qualità	valori indici			
1 = max, 5 = min	LIM	IBE	SECA	SACA
Livello 1	480 - 560	≥ 10	classe 1	elevato
Livello 2	240 - 475	8 - 9	classe 2	buono
Livello 3	120 - 235	6 - 7	classe 3	sufficiente
Livello 4	60 - 115	4 - 5	classe 4	scadente
Livello 5	< 60	1 - 3	classe 5	pessimo

Tabella B.24 – Legenda delle classi di valori degli indici di di qualità delle acque superficiali interne (Fonte: APAT)

Punto di prelievo			Indice di Qualità Batteriologica		
Codice regionale	Codice ministeriale	Localizzazione	anno 2004	anno 2005	anno 2006
14	39.014.143	foce Canale Bellocchio (50 m nord) *	0,1	0,02	0,09
30	39.014.145	foce Bevano (100 m nord)	0,03	0,02	0,01
31	39.014.146	foce Bevano (100 m sud)	0,03	0,01	0,02
90	99.005.137	Misano Adriatico - foce Conca (50 m nord)	0,06	0,15	0,35
91	99.002.138	Cattolica - foce Conca (50 m sud)	0,08	0,24	0,17

**Tabella B.25 – Valori dell’Indice di Qualità Batteriologica nei punti di prelievo della rete di monitoraggio delle acque di balneazione della costa emiliano-romagnola; sono riportati i valori delle stazioni più prossime alle foci dei corsi d’acqua oggetto dello studio – \*4 Km a nord di foce Reno (Fonte: ARPA E-R).**

Classificazione IQB	Valori IQB
Eccellente	0 - 0,25
Buono	0,25 - 0,50
Sufficiente	0,50 - 1
Scadente	1 - 10

**Tabella B.26 – Classificazione dell’Indice IQB (Fonte: ARPA E-R)**

# **ALLEGATO C**

## **SCHEDE RILEVAMENTI INDICE RMFI**

## SCHEDA RIVER MOUTH FUNCTIONALITY INDEX

Bacino	Reno		Corso d'acqua	fiume Reno		
Località	foce Reno (Casalborsetti - Ravenna)					
Codice	T1		Dettagli	dalla foce all'inizio del tratto arginato in sponda sx (confine azienda agricola)		
Tratto (m)	665	Larghezza alveo di morbida (m)	135	Quota (m) s.l.m.	0	
Data	08/05/2009	Scheda N°		Foto N°		

	Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
--	-----------	--------------	-----------

### 1) Stato del territorio circostante

a)	Zone umide costiere e/o dune costiere e/o morfologia naturale della zona costiera	25		25
b)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con scarsa antropizzazione (strutture non permanenti)	20		20
c)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con elevata antropizzazione (strutture permanenti)	5		5
d)	Aree urbanizzate	1		1

### 2) Vegetazione presente nella fascia perfluviale primaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	40		40
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	25		25
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

*oppure*

### 2 bis) Vegetazione presente nella fascia perfluviale secondaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	20		20
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	10		10
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

### 3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
c)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d)	Assenza di formazioni funzionali	1		1

### 4) Continuità delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d)	Suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

### 5) Condizioni idriche

a)	Salinità < 5 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		20	
b)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		10	
c)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		5	
d)	Salinità > 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		1	

### 6) Struttura dell'alveo di piena

a)	Presenza di zone umide costiere stabili entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera completamente sviluppata		25	
b)	Presenza di zone umide costiere in riduzione entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera alterata		15	
c)	Presenza di zone umide costiere relitte entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera fortemente alterata		5	
d)	Assenza di zone umide costiere entro l'alveo di piena ordinaria, geomorfologia costiera fortemente alterata		1	

*oppure*

### 6 bis) Efficienza dell'alveo di piena

a)	Tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
b)	Alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c)	Alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d)	Tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida		1	

**Tabella C.1 – Applicazione RMFI alla foce del fiume Reno; tratto T1 – parte I: domande 1 – 6 bis**

		Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
<b>7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>				
a)	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
b)	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c)	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d)	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
<b>8) Ambienti e processi sedimentari</b>				
a)	Morfologie di delta/di marea non alterate (serie dei depositi sedimentari coerente)	20		20
b)	Riduzione limitata e localizzata di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari non completamente coerenti)	15		15
c)	Evidenti processi di perdita di morfologie di delta/di marea (assenza dei depositi sedimentari di spiaggia)	5		5
d)	Forte perdita di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari di spiaggia e fluviali assenti)	1		1
<i>oppure</i>				
<b>8 bis) Erosione</b>				
a)	Poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b)	Presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c)	Frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d)	Molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
<b>9) Sezione trasversale</b>				
a)	Alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b)	Presenza lievi interventi artificiali con discreta diversità morfologica		15	
c)	Presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d)	Artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1	
<b>10) Idoneità ittica</b>				
a)	Elevata		25	
b)	Buona o discreta		20	
c)	Poco sufficiente		5	
d)	Assente o scarsa		1	
<b>11) Idromorfologia</b>				
a)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c)	Elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d)	Elementi idromorfologici non distinguibili		1	
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato</b>				
a)	Perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b)	Film perfitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
c)	Perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d)	Perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
<b>13) Detrito</b>				
a)	Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
b)	Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
c)	Frammenti polposi		5	
d)	Detrito anaerobico		1	
<b>14) Comunità macrobentonica</b>				
a)	Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
b)	Sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c)	Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d)	Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti		1	
<i>oppure</i>				
<b>14 bis) Comunità macrobentonica di zone estuarine</b>				
a)	Elevata		20	
b)	Buona		15	
c)	Moderata		10	
d)	Scarsa		5	
e)	Pessima		1	
		Sponda dx		Sponda sx
<b>Punteggio totale</b>		14 < P < 300	<b>86</b>	<b>163</b>
<b>Livello di Funzionalità</b>		I < L < V	<b>IV</b>	<b>III</b>

Tabella C.2 – Applicazione RMFI alla foce del fiume Reno; tratto T1 – parte II: domande 7 – 14 bis

## SCHEDA RIVER MOUTH FUNCTIONALITY INDEX

Bacino	Reno		Corso d'acqua	fiume Reno		
Località	foce Reno (Casalborsetti - Ravenna)					
Codice	T2		Dettagli	dall'inizio dell'argine in sponda sx all'inizio dell'argine in sponda dx (inizio della curva)		
Tratto (m)	480	Larghezza alveo di morbida (m)		80	Quota (m) s.l.m.	0
Data	08/05/2009	Scheda N°		Foto N°		

	Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
--	-----------	--------------	-----------

### 1) Stato del territorio circostante

a)	Zone umide costiere e/o dune costiere e/o morfologia naturale della zona costiera	25		25
b)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con scarsa antropizzazione (strutture non permanenti)	20		20
c)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con elevata antropizzazione (strutture permanenti)	5		5
d)	Aree urbanizzate	1		1

### 2) Vegetazione presente nella fascia perfluviale primaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	40		40
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	25		25
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

*oppure*

### 2 bis) Vegetazione presente nella fascia perfluviale secondaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	20		20
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	10		10
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

### 3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
c)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d)	Assenza di formazioni funzionali	1		1

### 4) Continuità delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d)	Suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

### 5) Condizioni idriche

a)	Salinità < 5 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		20	
b)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		10	
c)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		5	
d)	Salinità > 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		1	

### 6) Struttura dell'alveo di piena

a)	Presenza di zone umide costiere stabili entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera completamente sviluppata		25	
b)	Presenza di zone umide costiere in riduzione entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera alterata		15	
c)	Presenza di zone umide costiere relitte entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera fortemente alterata		5	
d)	Assenza di zone umide costiere entro l'alveo di piena ordinaria, geomorfologia costiera fortemente alterata		1	

*oppure*

### 6 bis) Efficienza dell'alveo di piena

a)	Tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
b)	Alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c)	Alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d)	Tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida		1	

**Tabella C.3 – Applicazione RMFI alla foce del fiume Reno; tratto T2 – parte I: domande 1 – 6 bis**

		Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
<b>7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>				
a)	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
b)	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c)	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d)	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
<b>8) Ambienti e processi sedimentari</b>				
a)	Morfologie di delta/di marea non alterate (serie dei depositi sedimentari coerente)	20		20
b)	Riduzione limitata e localizzata di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari non completamente coerenti)	15		15
c)	Evidenti processi di perdita di morfologie di delta/di marea (assenza dei depositi sedimentari di spiaggia)	5		5
d)	Forte perdita di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari di spiaggia e fluviali assenti)	1		1
<i>oppure</i>				
<b>8 bis) Erosione</b>				
a)	Poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b)	Presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c)	Frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d)	Molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
<b>9) Sezione trasversale</b>				
a)	Alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b)	Presenza lievi interventi artificiali con discreta diversità morfologica		15	
c)	Presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d)	Artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1	
<b>10) Idoneità ittica</b>				
a)	Elevata		25	
b)	Buona o discreta		20	
c)	Poco sufficiente		5	
d)	Assente o scarsa		1	
<b>11) Idromorfologia</b>				
a)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c)	Elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d)	Elementi idromorfologici non distinguibili		1	
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato</b>				
a)	Perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b)	Film perfitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
c)	Perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d)	Perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
<b>13) Detrito</b>				
a)	Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
b)	Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
c)	Frammenti polposi		5	
d)	Detrito anaerobico		1	
<b>14) Comunità macrobentonica</b>				
a)	Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
b)	Sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c)	Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d)	Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti		1	
<i>oppure</i>				
<b>14 bis) Comunità macrobentonica di zone estuarine</b>				
a)	Elevata		20	
b)	Buona		15	
c)	Moderata		10	
d)	Scarsa		5	
e)	Pessima		1	
		Sponda dx		Sponda sx
<b>Punteggio totale</b>		14 < P < 300	<b>62</b>	<b>72</b>
<b>Livello di Funzionalità</b>		I < L < V	<b>IV</b>	<b>IV</b>

Tabella C.4 – Applicazione RMFI alla foce del fiume Reno; tratto T2 – parte II: domande 7 – 14 bis

## SCHEDA RIVER MOUTH FUNCTIONALITY INDEX

Bacino	Bevano		Corso d'acqua	torrente Bevano	
Località	foce Bevano (tra Lido di Dante e Lido di Classe - Ravenna)				
Codice	T1	Dettagli		dalla foce all'inizio del tratto arginato in sponda dx	
Tratto (m)	1100	Larghezza alveo di morbida (m)		50	Quota (m) s.l.m. 0
Data	17/05/2009	Scheda N°		Foto N°	

	Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
--	-----------	--------------	-----------

### 1) Stato del territorio circostante

a)	Zone umide costiere e/o dune costiere e/o morfologia naturale della zona costiera	25		25
b)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con scarsa antropizzazione (strutture non permanenti)	20		20
c)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con elevata antropizzazione (strutture permanenti)	5		5
d)	Aree urbanizzate	1		1

### 2) Vegetazione presente nella fascia perfluviale primaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	40		40
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	25		25
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

*oppure*

### 2 bis) Vegetazione presente nella fascia perfluviale secondaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	20		20
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	10		10
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

### 3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
c)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d)	Assenza di formazioni funzionali	1		1

### 4) Continuità delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d)	Suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

### 5) Condizioni idriche

a)	Salinità < 5 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		20	
b)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		10	
c)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		5	
d)	Salinità > 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		1	

### 6) Struttura dell'alveo di piena

a)	Presenza di zone umide costiere stabili entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera completamente sviluppata		25	
b)	Presenza di zone umide costiere in riduzione entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera alterata		15	
c)	Presenza di zone umide costiere relitte entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera fortemente alterata		5	
d)	Assenza di zone umide costiere entro l'alveo di piena ordinaria, geomorfologia costiera fortemente alterata		1	

*oppure*

### 6 bis) Efficienza dell'alveo di piena

a)	Tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
b)	Alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c)	Alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d)	Tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida		1	

**Tabella C.5 – Applicazione RMFI alla foce del torrente Bevano; tratto T1 – parte I: domande 1 – 6 bis**

		Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
<b>7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>				
a)	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
b)	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c)	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d)	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
<b>8) Ambienti e processi sedimentari</b>				
a)	Morfologie di delta/di marea non alterate (serie dei depositi sedimentari coerente)	20		20
b)	Riduzione limitata e localizzata di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari non completamente coerenti)	15		15
c)	Evidenti processi di perdita di morfologie di delta/di marea (assenza dei depositi sedimentari di spiaggia)	5		5
d)	Forte perdita di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari di spiaggia e fluviali assenti)	1		1
<i>oppure</i>				
<b>8 bis) Erosione</b>				
a)	Poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b)	Presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c)	Frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d)	Molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
<b>9) Sezione trasversale</b>				
a)	Alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b)	Presenza lievi interventi artificiali con discreta diversità morfologica		15	
c)	Presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d)	Artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1	
<b>10) Idoneità ittica</b>				
a)	Elevata		25	
b)	Buona o discreta		20	
c)	Poco sufficiente		5	
d)	Assente o scarsa		1	
<b>11) Idromorfologia</b>				
a)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c)	Elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d)	Elementi idromorfologici non distinguibili		1	
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato</b>				
a)	Perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b)	Film perfitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
c)	Perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d)	Perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
<b>13) Detrito</b>				
a)	Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
b)	Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
c)	Frammenti polposi		5	
d)	Detrito anaerobico		1	
<b>14) Comunità macrobentonica</b>				
a)	Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
b)	Sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c)	Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d)	Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti		1	
<i>oppure</i>				
<b>14 bis) Comunità macrobentonica di zone estuarine</b>				
a)	Elevata		20	
b)	Buona		15	
c)	Moderata		10	
d)	Scarsa		5	
e)	Pessima		1	
		Sponda dx		Sponda sx
<b>Punteggio totale</b>		14 < P < 300	<b>246</b>	<b>144</b>
<b>Livello di Funzionalità</b>		I < L < V	<b>II</b>	<b>III</b>

Tabella C.6 – Applicazione RMFI alla foce del Bevano; tratto T1 – parte II: domande 7 – 14 bis

## SCHEDA RIVER MOUTH FUNCTIONALITY INDEX

Bacino	Bevano		Corso d'acqua	torrente Bevano	
Località	foce Bevano (tra Lido di Dante e Lido di Classe - Ravenna)				
Codice	T2		Dettagli	dall'inizio del tratto arginato in sponda dx alla confluenza del canale Fosso Ghiaia	
Tratto (m)	850	Larghezza alveo di morbida (m)		50	Quota (m) s.l.m.
Data	17/05/2009	Scheda N°		Foto N°	0

	Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
--	-----------	--------------	-----------

### 1) Stato del territorio circostante

a)	Zone umide costiere e/o dune costiere e/o morfologia naturale della zona costiera	25		25
b)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con scarsa antropizzazione (strutture non permanenti)	20		20
c)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con elevata antropizzazione (strutture permanenti)	5		5
d)	Aree urbanizzate	1		1

### 2) Vegetazione presente nella fascia perfluviale primaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	40		40
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	25		25
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

*oppure*

### 2 bis) Vegetazione presente nella fascia perfluviale secondaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	20		20
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	10		10
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

### 3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
c)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d)	Assenza di formazioni funzionali	1		1

### 4) Continuità delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d)	Suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

### 5) Condizioni idriche

a)	Salinità < 5 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		20	
b)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		10	
c)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		5	
d)	Salinità > 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		1	

### 6) Struttura dell'alveo di piena

a)	Presenza di zone umide costiere stabili entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera completamente sviluppata		25	
b)	Presenza di zone umide costiere in riduzione entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera alterata		15	
c)	Presenza di zone umide costiere relitte entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera fortemente alterata		5	
d)	Assenza di zone umide costiere entro l'alveo di piena ordinaria, geomorfologia costiera fortemente alterata		1	

*oppure*

### 6 bis) Efficienza dell'alveo di piena

a)	Tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
b)	Alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c)	Alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d)	Tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida		1	

**Tabella C.7 – Applicazione RMFI alla foce del torrente Bevano; tratto T2 – parte I: domande 1 – 6 bis**

		Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
<b>7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>				
a)	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
b)	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c)	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d)	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
<b>8) Ambienti e processi sedimentari</b>				
a)	Morfologie di delta/di marea non alterate (serie dei depositi sedimentari coerente)	20		20
b)	Riduzione limitata e localizzata di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari non completamente coerenti)	15		15
c)	Evidenti processi di perdita di morfologie di delta/di marea (assenza dei depositi sedimentari di spiaggia)	5		5
d)	Forte perdita di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari di spiaggia e fluviali assenti)	1		1
<i>oppure</i>				
<b>8 bis) Erosione</b>				
a)	Poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b)	Presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c)	Frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d)	Molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
<b>9) Sezione trasversale</b>				
a)	Alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b)	Presenza lievi interventi artificiali con discreta diversità morfologica		15	
c)	Presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d)	Artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1	
<b>10) Idoneità ittica</b>				
a)	Elevata		25	
b)	Buona o discreta		20	
c)	Poco sufficiente		5	
d)	Assente o scarsa		1	
<b>11) Idromorfologia</b>				
a)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c)	Elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d)	Elementi idromorfologici non distinguibili		1	
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato</b>				
a)	Perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b)	Film perfitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
c)	Perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d)	Perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
<b>13) Detrito</b>				
a)	Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
b)	Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
c)	Frammenti polposi		5	
d)	Detrito anaerobico		1	
<b>14) Comunità macrobentonica</b>				
a)	Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
b)	Sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c)	Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d)	Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti		1	
<i>oppure</i>				
<b>14 bis) Comunità macrobentonica di zone estuarine</b>				
a)	Elevata		20	
b)	Buona		15	
c)	Moderata		10	
d)	Scarsa		5	
e)	Pessima		1	
		Sponda dx		Sponda sx
<b>Punteggio totale</b>		14 < P < 300	<b>97</b>	<b>77</b>
<b>Livello di Funzionalità</b>		I < L < V	<b>IV</b>	<b>IV</b>

Tabella C.8 – Applicazione RMFI alla foce del Bevano; tratto T2 – parte II: domande 7 – 14 bis

## SCHEMA RIVER MOUTH FUNCTIONALITY INDEX

Bacino	Conca		Corso d'acqua	fiume Conca	
Località	confine comunale Misano Adriatico - Cattolica				
Codice	T1	Dettagli		dalla foce al ponte di via Litoranea Sud	
Tratto (m)	350	Larghezza alveo di morbida (m)		20	Quota (m) s.l.m. 0
Data	22/06/2009	Scheda N°		Foto N°	

	Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
--	-----------	--------------	-----------

### 1) Stato del territorio circostante

a)	Zone umide costiere e/o dune costiere e/o morfologia naturale della zona costiera	25		25
b)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con scarsa antropizzazione (strutture non permanenti)	20		20
c)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con elevata antropizzazione (strutture permanenti)	5		5
d)	Aree urbanizzate	1		1

### 2) Vegetazione presente nella fascia perfluviale primaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	40		40
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	25		25
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

*oppure*

### 2 bis) Vegetazione presente nella fascia perfluviale secondaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	20		20
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	10		10
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

### 3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
c)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d)	Assenza di formazioni funzionali	1		1

### 4) Continuità delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d)	Suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

### 5) Condizioni idriche

a)	Salinità < 5 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		20	
b)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		10	
c)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		5	
d)	Salinità > 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		1	

### 6) Struttura dell'alveo di piena

a)	Presenza di zone umide costiere stabili entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera completamente sviluppata		25	
b)	Presenza di zone umide costiere in riduzione entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera alterata		15	
c)	Presenza di zone umide costiere relitte entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera fortemente alterata		5	
d)	Assenza di zone umide costiere entro l'alveo di piena ordinaria, geomorfologia costiera fortemente alterata		1	

*oppure*

### 6 bis) Efficienza dell'alveo di piena

a)	Tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
b)	Alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c)	Alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d)	Tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida		1	

**Tabella C.9 – Applicazione RMFI alla foce del fiume Conca; tratto T1 – parte I: domande 1 – 6 bis**

		Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
<b>7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>				
a)	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
b)	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c)	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d)	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
<b>8) Ambienti e processi sedimentari</b>				
a)	Morfologie di delta/di marea non alterate (serie dei depositi sedimentari coerente)	20		20
b)	Riduzione limitata e localizzata di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari non completamente coerenti)	15		15
c)	Evidenti processi di perdita di morfologie di delta/di marea (assenza dei depositi sedimentari di spiaggia)	5		5
d)	Forte perdita di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari di spiaggia e fluviali assenti)	1		1
<i>oppure</i>				
<b>8 bis) Erosione</b>				
a)	Poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b)	Presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c)	Frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d)	Molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
<b>9) Sezione trasversale</b>				
a)	Alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b)	Presenza lievi interventi artificiali con discreta diversità morfologica		15	
c)	Presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d)	Artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1	
<b>10) Idoneità ittica</b>				
a)	Elevata		25	
b)	Buona o discreta		20	
c)	Poco sufficiente		5	
d)	Assente o scarsa		1	
<b>11) Idromorfologia</b>				
a)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c)	Elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d)	Elementi idromorfologici non distinguibili		1	
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato</b>				
a)	Perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b)	Film perfitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
c)	Perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d)	Perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
<b>13) Detrito</b>				
a)	Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
b)	Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
c)	Frammenti polposi		5	
d)	Detrito anaerobico		1	
<b>14) Comunità macrobentonica</b>				
a)	Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
b)	Sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c)	Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d)	Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti		1	
<i>oppure</i>				
<b>14 bis) Comunità macrobentonica di zone estuarine</b>				
a)	Elevata		20	
b)	Buona		15	
c)	Moderata		10	
d)	Scarsa		5	
e)	Pessima		1	
		Sponda dx		Sponda sx
<b>Punteggio totale</b>		14 < P < 300	<b>119</b>	<b>114</b>
<b>Livello di Funzionalità</b>		I < L < V	<b>III-IV</b>	<b>III-IV</b>

Tabella C.10 – Applicazione RMFI alla foce del fiume Conca; tratto T1 – parte II: domande 7 – 14 bis

## SCHEMA RIVER MOUTH FUNCTIONALITY INDEX

Bacino	Conca		Corso d'acqua	fiume Conca	
Località	confine comunale Misano Adriatico - Cattolica				
Codice	T2	Dettagli		dal ponte di via Litoranea Sud al ponte di via Emilia Ron	
Tratto (m)	820	Larghezza alveo di morbida (m)		5	Quota (m) s.l.m. 2
Data	22/06/2009	Scheda N°		Foto N°	

	Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
--	-----------	--------------	-----------

### 1) Stato del territorio circostante

a)	Zone umide costiere e/o dune costiere e/o morfologia naturale della zona costiera	25		25
b)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con scarsa antropizzazione (strutture non permanenti)	20		20
c)	Costa fangosa/sabbiosa/rocciosa con elevata antropizzazione (strutture permanenti)	5		5
d)	Aree urbanizzate	1		1

### 2) Vegetazione presente nella fascia perfluviale primaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	40		40
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	25		25
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

*oppure*

### 2 bis) Vegetazione presente nella fascia perfluviale secondaria

a)	Presenza della formazione vegetale potenziale su morfologie di delta/estuario dinamicamente stabili	20		20
b)	Presenza di formazioni vegetali congruenti su morfologie di delta/estuario in erosione	10		10
c)	Assenza di formazioni congruenti ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d)	Assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

### 3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
c)	Ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d)	Assenza di formazioni funzionali	1		1

### 4) Continuità delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale

a)	Sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c)	Sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d)	Suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

### 5) Condizioni idriche

a)	Salinità < 5 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		20	
b)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, forte gradiente verticale di salinità, effetti di marea apprezzabili		10	
c)	Salinità > 5 g/l e < 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		5	
d)	Salinità > 20 g/l in superficie, debole gradiente verticale di salinità, effetti di marea non apprezzabili		1	

### 6) Struttura dell'alveo di piena

a)	Presenza di zone umide costiere stabili entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera completamente sviluppata		25	
b)	Presenza di zone umide costiere in riduzione entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera alterata		15	
c)	Presenza di zone umide costiere relitte entro l'alveo di piena ordinaria e di geomorfologia costiera fortemente alterata		5	
d)	Assenza di zone umide costiere entro l'alveo di piena ordinaria, geomorfologia costiera fortemente alterata		1	

*oppure*

### 6 bis) Efficienza dell'alveo di piena

a)	Tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
b)	Alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c)	Alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d)	Tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida		1	

**Tabella C.11 – Applicazione RMFI alla foce del fiume Conca; tratto T2 – parte I: domande 1 – 6 bis**

		Sponda dx	Intero corso	Sponda sx
<b>7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>				
a)	Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
b)	Massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c)	Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d)	Alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
<b>8) Ambienti e processi sedimentari</b>				
a)	Morfologie di delta/di marea non alterate (serie dei depositi sedimentari coerente)	20		20
b)	Riduzione limitata e localizzata di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari non completamente coerenti)	15		15
c)	Evidenti processi di perdita di morfologie di delta/di marea (assenza dei depositi sedimentari di spiaggia)	5		5
d)	Forte perdita di morfologie di delta/di marea (depositi sedimentari di spiaggia e fluviali assenti)	1		1
<i>oppure</i>				
<b>8 bis) Erosione</b>				
a)	Poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b)	Presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c)	Frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d)	Molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
<b>9) Sezione trasversale</b>				
a)	Alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b)	Presenza lievi interventi artificiali con discreta diversità morfologica		15	
c)	Presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d)	Artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1	
<b>10) Idoneità ittica</b>				
a)	Elevata		25	
b)	Buona o discreta		20	
c)	Poco sufficiente		5	
d)	Assente o scarsa		1	
<b>11) Idromorfologia</b>				
a)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b)	Elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c)	Elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d)	Elementi idromorfologici non distinguibili		1	
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato</b>				
a)	Perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b)	Film perfitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
c)	Perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d)	Perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
<b>13) Detrito</b>				
a)	Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
b)	Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
c)	Frammenti polposi		5	
d)	Detrito anaerobico		1	
<b>14) Comunità macrobentonica</b>				
a)	Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
b)	Sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c)	Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d)	Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti		1	
<i>oppure</i>				
<b>14 bis) Comunità macrobentonica di zone estuarine</b>				
a)	Elevata		20	
b)	Buona		15	
c)	Moderata		10	
d)	Scarsa		5	
e)	Pessima		1	
		Sponda dx		Sponda sx
<b>Punteggio totale</b>		14 < P < 300	<b>166</b>	<b>156</b>
<b>Livello di Funzionalità</b>		I < L < V	<b>III</b>	<b>III</b>

Tabella C.12 – Applicazione RMFI alla foce del fiume Conca; tratto T2 – parte II: domande 7 – 14 bis