

# I dati Sentinel per un Framework GIS-based per la Gestione Integrata Costiera: una sperimentazione nel settore veneto della fascia costiera alto adriatica

Luisa Cattozzo <sup>(a)</sup>, Andrea Fiduccia <sup>(b)</sup>, Leonardo Filesi <sup>(a)</sup>,  
Luca Gugliermetti <sup>(b)</sup>, Leonardo Marotta <sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup> Università IUAV di Venezia, Santa Croce, 1957, Venezia, 30100, Italia;

<sup>(b)</sup> DIAEE Sapienza, Università di Roma, Via Eudossiana 18, 00184, Roma, Italia;

<sup>(c)</sup> Studio Associato Entropia, via F. Corridoni 3, Recanati, 62019, Italia

## Abstract

Il grande valore delle zone costiere e la loro potenzialità hanno imposto di trovare soluzione ai problemi che le affliggono, quali la distruzione degli habitat, la contaminazione delle acque, l'erosione costiera e l'impoverimento delle risorse (UE Commission: ICZM a strategy for Europe COM 2000, Agenda 21).

L'Integrated Coastal Zone Management (ICZM) sfrutta l'analisi di vulnerabilità, di pericolosità e di rischio, naturale e antropico, quali imprescindibili fondamenta conoscitive, specialmente per quelle risorse che hanno il carattere di beni comuni.

Gli ambienti costieri sono sottoposti alla continua pressione esercitata da grandi masse d'acqua in continuo movimento e apporti sedimentari dei fiumi alla foce. Questi fattori, soprattutto nell'alta fascia adriatica costiera, insieme ad eustatismo e subsidenza, determinano la notevole dinamicità che può manifestarsi in differenti forme e in significativa rapidità di cambiamento.

Gli approcci tradizionali, nel ricorrere a delimitazioni cartografiche che non sono capaci di restituire i veloci cambiamenti che intervengono, evidenziano forti incongruenze con la realtà osservata. Quindi KPI, indici ed indicatori per le predette analisi - implementate mediante tecniche e strumenti di analisi geospaziale - necessitano di dati ad aggiornamento frequente che possono essere ottenuti dal telerilevamento satellitare impiegato come piattaforma informativa generalizzata.

Nel paper viene presentata una sperimentazione che sfrutta i dati delle costellazioni Sentinel 1 e 2 del programma Copernicus dell'ESA nel settore veneto della fascia costiera adriatica. Tale sperimentazione - mirata alla produzione di carte delle serie di vegetazione e all'aggiornamento rapido della perimetrazione delle aree ambientali protette - costituisce un primo stato di avanzamento per la definizione di un framework ICZM generalizzabile per applicazioni sulle coste europee ed africane.

*La ricerca è condotta nell'ambito del Dottorato di Ricerca "Energia e Ambiente" dell'Università Sapienza di Roma e del Dottorato di Ricerca "Nuove Tecnologie e Informazione, Territorio e Ambiente" dell'Università IUAV di Venezia.*

### **Considerazioni sul framework e sul sistema di supporto alle decisioni**

L'ICZM richiede strumenti per gestire interdisciplinarietà, scale multiple (spaziali, temporali e organizzative) e conoscenza multisorgente.

Il documento del 2007 *Integrated Maritime Policy for the European Union* è importante per focalizzare il rapporto tra informazione e politiche di gestione marino-costiere. È necessario sviluppare un Decision Support System marino-costiero (Van Kouwen et al. 2008; Fabbri 2006) basato su indicatori ed indici (aggregazioni di indicatori), uso di Sistemi Informativi Geografici, modelli, scenari e sistemi di valutazione multicriteri (Vallega 1999; Soncini Sessa 2004). Gli indici sono usati per descrivere il sistema costiero a livello geoeologico, la modellizzazione dei processi territoriali, l'ecologia, la società umana e l'economia e gli usi costieri a più scale (Vallega 1999; Pearce 1993). La valutazione multicriteri è uno strumento per supportare le decisioni sociali e ambientali nella prospettiva della sostenibilità e della valutazione strategica (Munda 2003, 2004; Ceccaroni et al., 2004; Ortolano 1997).

Lo screening delle metodologie presenti in letteratura ha portato all'identificazione di due framework.

Il primo framework utilizza il paesaggio come dimensione culturale della complessità dell'area costiera che consente di integrare l'ecosistema umano (Naveh and Lieberman 1994) con la sua costruzione storica e culturale (Farinelli, 2003). Il paesaggio è sia sistema e spazio "realizzato" che spazio cognitivo (Farina, 2006) e tale approccio permette di avvalersi della Landscape analysis come strumento per la gestione della sostenibilità.

Una versione "matura" di tale framework è quella presentata in Marotta, Ceccaroni, Matteucci, Rossini, Guerzoni (2010).

La gestione della scala urbana, tuttavia, a nostro avviso, può necessitare di un secondo framework specifico per affiancare alla landscape analysis degli strumenti orientati alla progettualità che, tenendo ben salde le relazioni sistemiche tra città e territorio, consentano di integrare nel più generale processo di ICZM la definizione delle interfacce urbane dei sistemi costieri: il waterfront e il riverfront (Bellone, Fiduccia 2018).

L'approccio complessivo che si delinea è orientato alla condivisione della conoscenza (Munda 2004; Van Kouwen et al., 2008; Wright e altri 1993) e facilita il processo di partecipazione degli stakeholder.

Una parte fondamentale è l'integrazione di due sistemi: capitale sociale e ambientale e quadri della conoscenza. L'integrazione dei dati e dei modelli costieri è sia basata sulle tecnologie GIS, come hanno fatto - sia pure in maniera descrittiva - gli Atlanti costieri, ma anche "partecipativa" perché integra dati statistici, dati e modelli scientifici e conoscenze sociali in una sorta di sistema di conoscenza costiera "wiki" (geoweb costiero 2.0). Il problema della rapida obsolescenza delle banche dati viene affrontato sia mediante l'aggiornamento delle cartografie di uso del suolo mediante dati satellitari, sia mediante le nuove forme di cartografia cooperativa e volontaria (Neo-Geography).

Con l'integrazione di dati near real time e real time e la generazione automatica di nuove informazioni - ad oggi mediante analitiche basate sul geocomputing, in futuro ricorrendo ad analitiche basate sull'Intelligenza

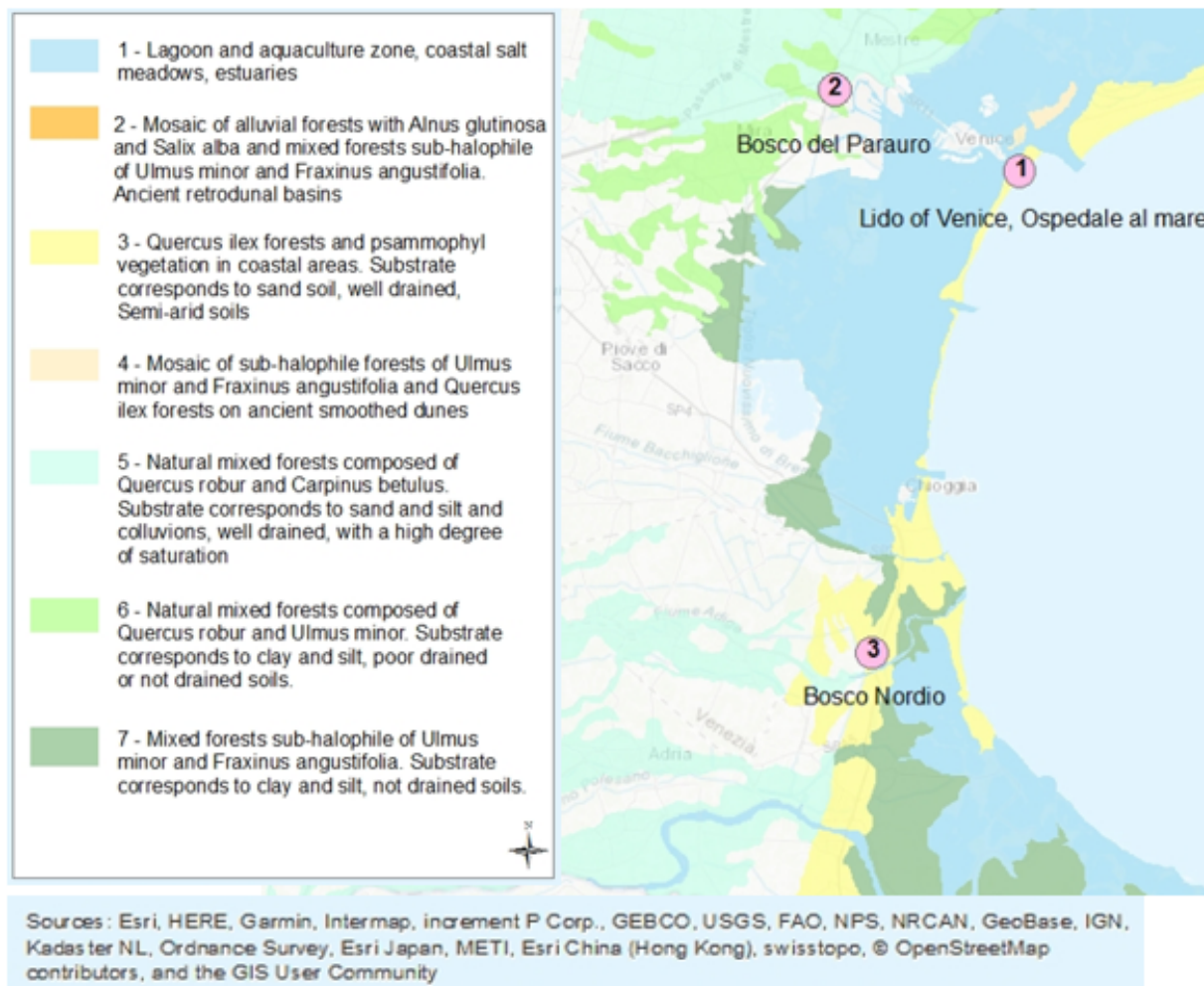
Artificiale - le informazioni passano a una strutturazione della conoscenza: il sistema può evolvere in geoweb costiero 3.0.

Nel caso specifico dell'ICZM, questo approccio alla pianificazione strategica che integra feedback degli stakeholders e monitoraggio continuo delle dinamiche fisiche, sociali ed economiche può essere definito Coastal Smart System in analogia al paradigma di pianificazione basata sull'innovazione per le componenti urbane del sistema (Smart City).

### **La sperimentazione**

Il framework sperimentato sulla fascia costiera alto adriatica si basa, dunque, sul presupposto che una rigenerazione ambientale deve essere fondata sulla scienza del paesaggio. Per gestire l'ecosistema, il progetto di rigenerazione deve tener conto delle condizioni attuali e potenziali della vegetazione naturale all'interno di un approccio multiscala geobotanico e geomorfologico.

Il modello a scala regionale ha utilizzato le carte dei suoli (1:250K) delle Regioni Veneto ed Emilia Romagna, e la cartografia di land cover della Provincia di Rovigo per l'area del Delta del Po (1:50K) aggiornate mediante immagini satellitari Copernicus Sentinel 1 e 2. Da queste cartografie, utilizzando la metodologia descritta in Filesi, Lapenna (2015), è stata prodotta la Carta delle Serie Vegetazionali (solo per lo stadio di maturità in chiave successionale). A questo ultimo dataset sono stati applicati gli indici di biodiversità (modificati a partire da Kier et al., 2005) e di percolazione (Farina, 2006).



*Figura 1 – Principali serie vegetazionali nell'area di studio*

Le mappe ottenute, gli indici calcolati e le dimensioni delle aree interessate dalle diverse serie di vegetazione consentono di individuare le aree in cui è opportuno intervenire con progetti paesaggistici. La Tabella 1 mostra l'aumento dei valori della biodiversità vegetale media (secondo Kier et al., 2005 - modificato), della percolazione (Farina, 2006) e della superficie, per tre delle principali serie vegetali. I livelli iniziali (prime due colonne) sono diversi (a seconda delle percentuali, ad esempio, di seminativi, colture arboree o prati permanenti). L'alto valore della biodiversità vegetale nella Classe 3 (foreste di lecci e vegetazione psammofila nelle aree costiere) è dovuto principalmente a fasi successive collegate ad essa, vegetazione erbacea di dune grigie e mantelli (Gamper et al., 2008; Sburlino et al., 2013). L'aumento dei valori della Tabella 1 sottolinea la necessità di attuare misure di riqualificazione ambientale nelle aree relative alle serie di vegetazione 2 e 3. A livello regionale riteniamo sia più utile affidarsi a politiche (Piani di Sviluppo Rurale e simili) basate su la valutazione degli effetti di vecchi progetti: sono infatti in corso studi nell'entroterra (Bosco del Parauro, Mirano - VE) e sulla costa (Bosco Nordio, Chioggia - VE).

Il modello a scala "locale" è stato applicato a tre siti: Bibione Lido, Lido di Venezia e Delta del Po. Per questi siti è disponibile - grazie ad un'indagine aerea sulla Provincia di Venezia eseguita da UniSky Srl (uno spin-off dell'Università IUAV di Venezia) vedi Filesi, Picchio (2017) - una cartografia

dettagliata (1:5K) degli habitat prodotta a partire da sensori aviotrasportati di ultima generazione per la mappatura multispettrale e tridimensionale.

Copertura del Suolo			Copertura del Suolo Potenziale e Progetto di Rigenerazione Ambientale			Incrementi del valore degli Indicatori		
Legenda (CORINE LAND COVER)	Ricchezza media di specie vegetali	Indice di Percolazione	Classe	Ricchezza media di specie vegetali	Indice di Percolazione	Ricchezza media di specie vegetali	Indice di Percolazione	Superficie (ha)
Aree Agricole	2,2	0,12	2	25	1	22,8	0,88	0,48
	2,39	0,33	3	35	1	32,61	0,67	33,64
	2,03	0,24	7	20	1	17,97	0,76	4152,21

*Tabella 1 – Indicatori a scala regionale*

Il modello a scala "locale" ha potuto evidenziare quanto segue.

- Bibione Lido soffre di gravi problemi di erosione costiera (Nordstrom, et al., 2009). Il ripascimento artificiale di sabbia (piano di gestione della spiaggia) è utile, ma non sufficiente se non accompagnato da interventi di ripristino degli habitat costieri.
- La costa del Lido di Venezia è ora abbastanza stabile. Si è dimostrato (Filesi e Picchio, 2017) che lo scavo di una trincea dietro la duna mobile e l'interruzione dei lavori di pulizia meccanica hanno determinato nel tempo (poco più di trent'anni) una differenza di altezza di circa 1 metro e la ricostituzione spontanea di interessanti comunità di piante retrodunali.
- Nel Delta del Po, dove erosione e subsidenza sono in parte compensate dai notevoli contributi dei fiumi Po e Adige, abbiamo una situazione molto dinamica e complessa (Verza e Cattozzo, 2015) con settori in crescita e altri in erosione.

Il modello a scala "locale" ha previsto la valutazione di un progetto di un caso di studio (Filesi e Picchio, 2017) sul sito di test del Lido di Venezia.

## Conclusioni

Il framework multiscala, già nella sua attuale sperimentazione, ancorché molto semplificato, si dimostra adeguato sia a cogliere la dinamica del sistema costiero sia a fornire gli elementi da condividere, in una prospettiva di pianificazione strategica e partecipata, con gli stakeholders mediante il Sistema di Supporto alle Decisioni.

È importante rilevare che una siffatta impostazione richiede - e questo sarà uno dei prossimi passi della ricerca - un approfondimento relativamente ai rapporti che intercorrono tra i GIS, i Sistemi di Supporto alle Decisioni e le analitiche e le rappresentazioni proprie della Business Intelligence. Ad esempio, una modalità ormai affermata di sintesi di dati per i decisori - anche in tema di sostenibilità territoriale - sono le dashboard (ad esempio

Dashboard of Sustainability tool del JRC) ed i cartogrammi ad elevato contenuto simbolico (vedi ad es. [www.worldmapper.com](http://www.worldmapper.com)).

Infine, le immagini satellitari Copernicus Sentinel – grazie all'accuratezza spaziale, alla ricchezza spettrale e al periodo di rivisitazione – si candidano ad essere un elemento portante del monitoraggio continuo previsto dal framework.

### **Bibliografia**

Bellone C. B., Fiduccia A. (2018) Rigenerazione fluviale e riqualificazione urbana, *Urbanistica Informazioni*, N. 275-276.

Ceccaroni L., Cortés U., Sánchez-Marrè M. (2004) OntoWEDSS: augmenting environmental decision-support systems with ontologies. *Environ Model Softw* 19:785–797.

Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R. V., Paruelo J., Raskin R. G., Sutton P., van den Belt M. (1997) "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature*. 387: 253–260.

Fabbri K.P. (2006) A strategic decision support framework for integrated coastal zone management. *Int J Environ Technol Manage* 6:206–217.

Farina A. (2006) *Principles and Methods in Landscape Ecology. Towards a Science of Landscape*. Springer-Verlag, New York, p 448.

Farinelli F. (2003) *Geografia. Un'introduzione ai modelli del mondo*. Einaudi, Torino, p 232.

Filesi L., Lapenna M.R. (2015) La vegetazione potenziale (con cartografia). In: M.R. Vittadini, D. Bolla, A. Barp. (Eds.), *Spazi verdi da vivere*. ULSS 20 Verona, Regione del Veneto, Università IUAV di Venezia (printed by il Prato): Venezia- Saonara (PD).

Filesi L., Picchio S. (2017) Abbandono o corretta gestione della costa? Il caso della spiaggia antistante l'ex Ospedale al Mare (Lido di Venezia) – Atti 51° Congresso della Società Italiana di Scienza della Vegetazione (20-21 aprile 2017, Bologna).

Gamper U., Filesi L., Buffa G., Sburlino G. (2008) Diversità fitocenotica delle dune costiere nord-adriatiche. 1 – Le comunità fanerofitiche. *Fitosociologia* 45 (1), 3-21.

Kier G., Mutke J., Dinerstein E., Ricketts T.H., Kuper W., Kreft H., Barthlott W. (2005) Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. *Journal of Biogeography* 32, 1–10.

Marotta L., Ceccaroni L., Matteucci G., Rossini P., Guerzoni S. (2010) decision-support system in ICZM for protecting the ecosystems: integration with the habitat directive, *J Coast Conserv*.

Munda G. (2003) Multicriteria Assessment, International Society for Ecological Economics, Internet Encyclopaedia of Ecological Economics, pp 10. [http://www.ecoeco.org/education\\_encyclopedia.php](http://www.ecoeco.org/education_encyclopedia.php). Accessed 29 June 2008

- Munda G. (2004) Social multi-criteria evaluation: methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research*, 158(3), 662-677.
- Naveh Z., Lieberman A.S. (1994) *Landscape Ecology. Theory and Applications*, 2nd edn. Springer, New York, p 360.
- Nordstrom K.F., Gamper U., Fontolan G., Bezzi A., Jackson N.L. (2009) Characteristics of coastal Dune Topography and Vegetation in Environments Recently Modified Using Beach Fill and Vegetation Plantings, Veneto, Italy - *Environmental Management*, 44,1121-1135.
- Ortolano L. (1997) *Environmental Regulation and Impact Assessment*. Wiley, New York, p 620.
- Pearce D. (1993) *Blueprint 3. Measuring sustainable development*. Earthscan, London, p 224.
- Sburlino G., Buffa G., Filesi L., Gamper U., Ghirelli L. (2013) Phytocoenotic diversity of the N-Adriatic coastal sand dunes - The herbaceous communities of the fixed dunes and the vegetation of the interdunal wetlands. *Plant Sociology* 50 (2), 57-77.
- Soncini Sessa R. (2004) *MODSS Per decisioni integrate e partecipate*. Mc Graw-Hill, Milano, p 512.
- Vallega A. (1999) *Fundamental of coastal zona Management*. Kluwer, Dordrecht, p 263.
- Van Kouwen F., Dieperink C., Schot P., Wassen M. (2008) Applicability of decision support systems for integrated coastal zone management. *Coastal Management*, 36(1), 19-34.
- Verza E., Cattozzo L. (2015) *Atlante lagunare costiero del Delta del Po - Regione del Veneto*, Associazione culturale naturalistica Sagittaria, Consorzio di Bonifica DELTA DEL PO.
- Wright J.R., Wiggins L.L., Ravinder K.J. (1993) *Expert systems in environmental planning*. Springer-Verlag, New York, p 336.

