



Università Iuav di Venezia
Scuola di dottorato

Structured Data Flow

un nuovo modello per la gestione dinamica delle informazioni a supporto della Pianificazione Spaziale Marittima

Dottorato di ricerca in Architettura Città e Design -

Dottorando: Amedeo Fadini XXXVI ciclo

Supervisore Prof. Francesco Musco

Responsabile scientifico CNR-ISMAR: Dott. Stefano Menegon PhD

Marzo 2026

Indice

Acronimi.....	VI
Introduzione e Obiettivi della ricerca.....	1
Domande e percorso di ricerca.....	1
Struttura della Tesi.....	7
Capitolo 1 Conoscenza basata sui dati.....	9
1.1 Cos'è MSP.....	9
1.1.1 Origini e sviluppo.....	9
1.1.2 MSP nel contesto europeo.....	11
1.1.3 Riferimenti internazionali.....	13
1.2 La direttiva 2014/89EU.....	15
1.2.1 Progetti europei di riferimento.....	20
1.2.2 I Piani dello Spazio Marittimo Italiano.....	23
1.3 La gestione del dato nei processi di pianificazione.....	25
1.3.1 il ruolo dei dati nel processo di piano.....	25
1.3.2 Dati di input.....	30
1.3.3 Dati di output.....	33
1.3.4 Strumenti di gestione dati.....	36
1.4 La pubblicazione dei piani MSP negli altri paesi europei.....	52
1.4.1 Spagna.....	52
1.4.2 Francia.....	58
1.4.3 Finlandia.....	63
Capitolo 2 Le dimensioni di variabilità dei dati.....	69
2.1 Variabilità dei dati di base: la linea di costa.....	72
2.1.1 Quale coastline per la MSP.....	73
2.1.2 Distorsioni cartografiche e artefatti.....	83

2.2 Variabilità dei fenomeni.....	85
2.2.1 Dati a carattere stagionale.....	85
2.2.2 Variabili oceanografiche.....	86
Capitolo 3 La proposta concettuale dello Structured Data Flow (SDF).....	95
3.1 SDF Definizione e concettualizzazione.....	95
3.2 Le proprietà del flusso dati SDF.....	97
3.2.1 La dimensione temporale (time).....	97
3.2.2 La dimensione spaziale (space).....	99
3.2.3 Origini (origins).....	100
3.2.4 Elaborazione (processing).....	101
3.2.5 Vuoti e disallineamenti (gaps & offset).....	102
3.2.6 Dominio di Conoscenza (Domain).....	103
3.2.7 Descrittore (Descriptor).....	104
3.2.8 Risultato (Output).....	105
3.3 Strumenti per la definizione del flusso.....	106
3.3.1 Modelli semantici	106
3.3.2 Connettori.....	109
3.4 Step-by-step process.....	110
3.5 SDF per gestire l'incertezza dei dati dinamici.....	111
3.6 SDF per ridurre il time lag del piano.....	112
3.7 Proactive Notification System.....	113
Capitolo 4 Strategie di implementazione nell'ambito MSP.....	116
4.1 Approcci, standard e tecnologie abilitanti.....	117
4.2 Esempi di soluzioni tecniche.....	119
4.2.1 Formati dati	119
4.2.2 Standard e attribute convention per i dati NetCDF.....	121
4.2.3 ERDDAP™.....	122
4.2.4 THREDDS Data Server (TDS).....	124

4.2.5 Hyrax - OPeNDAP Backend Server (BES).....	127
4.3 Interfacce interattive.....	127
4.4 Dati di output del piano nell'esperienza italiana.....	130
4.4.1 Il modello dati MSP italiano.....	130
4.4.2 Applicazione del MSPdF al piano Italiano	137
4.5 La fase di monitoraggio nei piani MSP italiani.....	139
4.5.1 Percorso di attuazione del piano di monitoraggio.....	140
4.5.2 Tipologia di indicatori.....	140
4.5.3 Idoneità dei dati.....	141
4.5.4 Flussi esistenti e da attivare.....	143
Discussione e conclusioni.....	145
Sulla necessità di un nuovo modello per la raccolta dati.....	145
Utilizzabilità del modello SDF.....	146
Punti di forza del modello SDF.....	147
Sviluppi futuri: sfide e opportunità.....	148
Applicabilità / adattabilità in altri contesti.....	149
Bibliografia.....	151
Allegato 1 COGETRA Coastal Geometry translator.....	A2
Allegato 2 Script di gestione del modello dati dal piano italiano.....	A8
Allegato 3 Stima dell'indice dinamico di paesaggio.....	A15
Allegato 4 Maschera Google sheet per l'applicazione del MSPdF ad un piano.....	A25

Indice delle figure

Fig. 1: il ciclo continuo della pianificazione MSP.....	4
Fig. 2: Il ciclo di vita dei dati e i tempi di redazione del piano	5
Fig. 3: i dieci passi della Guida Unesco IOC.....	14
Fig. 4: lo stato di attuazione della MSP in UE ad agosto 2025.....	20
Fig. 5: schermata dell'Adriatic Atlas realizzato nel progetto SHAPE.....	21
Fig. 6: piramide DIKW.....	29
Fig. 7: schermata della pagina iniziale del portale EMODnet.....	37
Fig. 8: la mappa della route density (Cargo) nel visualizzatore di EMODnet.....	39
Fig. 9: home page del portale CMEMS.....	43
Fig. 10: schermata del portale HELCOM Basemaps.....	46
Fig. 11: la interfaccia di HELCOM Maps and data service.....	48
Fig. 12: la homepage del GAIR - Geoportal of Adriatic-Ionian Region.....	49
Fig. 13: la pagina di pubblicazione del piano Spagnolo sul sito del Ministero.....	53
Fig. 14: schermata del visualizzatore di InfoMar	54
Fig. 15: Accesso alla consultazione pubblica dei quattro documenti strategici francesi.....	59
Fig. 16: visualizzatore del portale geolittoral con esempio di interrogazione.....	60
Fig. 17: la piattaforma di consultazione pubblica del piano finlandese.....	64
Fig. 18: il piano finlandese pubblicato su HELCOM Basemaps.....	65
Fig. 19: webgis del piano Finlandese.....	66
Fig. 20: veduta di cala Girgolu (SS)	75
Fig. 21: rappresentazione della Sardegna a vari livelli (Wessel & Smith, 1996).....	77
Fig. 22: trasposizione a causa della distorsione cartografica.....	84
Fig. 23: geometrie differenti per l'isola di Pantelleria.....	85
Fig. 24: visualizzatore My Ocean Pro di Copernicus.....	90
Fig. 25: Mappa della circolazione in laguna di Venezia da (Menegon, 2013).....	92
Fig. 26: la griglia non strutturata della simulazione ISSOS (basato su SHYFEM) in QGIS.....	93
Fig. 27: schema funzionale del Structured Data Flow.....	95
Fig. 28: Proprietà di un flusso dati del modello SDF.....	97
Fig. 29: possibile andamento del livello di incertezza lungo la dimensione temporale di un flusso dati che combina osservazioni in situ e previsioni da modello.....	99

Fig. 30: Schema del proactive notification system.....	115
Fig. 31: schermata di ERDDAP™ data server	123
Fig. 32: schermata iniziale dell'istanza di Thredds Data Server del CNR-ISMAR.....	126
Fig. 33: pagina del portale iws.seastorms.eu con la pubblicazione del TMES.....	129
Fig. 34: la sezione measurements di I-STORMS.....	130
Fig. 35: Lista delle attività e usi dei Piani dello Spazio Marittimo Italiani.....	131
Fig. 36: Schema semplificato del modello dati del piano MSP italiano.....	133
Fig. 37: PU dell'adriatico con i punti che rappresentano gli usi principali e gli attributi della UP A/3_11.....	134
Fig. 38: schema del funzionamento del flat model exporter.....	135
Fig. 39: la pubblicazione del piano con le unità di pianificazione con le texture composite.....	136
Fig. 40: Corrispondenza tra i cluster MSPdF e le Mappe essenziali.....	138
Fig. 41: elementi del piano di monitoraggio.....	140
Fig. 42: esempio diagramma di sintesi per visualizzare l'idoneità dei dati.....	143

Acronimi

AAOT	Acqua Alta Oceanographic Tower
ACDD	Attribute convention for Data Discovery
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
AI	Artificial Intelligence
AIS	Automatic Identification System
API	Advanced Programming Interface
ARPAV	Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Veneto
CINEA	European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency
CKAN	Comprehensive Knowledge Archive Network
CMEMS	Copernicus Marine Environment Monitoring Service
CTD	Conductivity, Temperature, Depth
DCAT	Data Catalog Vocabulary (standard W3C per metadati)
EBA	Ecosystem Based Approach
EEA	European Environmental Agency
EMFAF	European Maritime, Fisheries and Aquaculture Fund (2021-2027)
EMFF	European Maritime and Fisheries Fund (2014-2021)
EMSA	European Maritime Safety Agency
ENC	Electronic Navigational Chart
ERDF	European Regional Development Fund
ESA	European Space Agency
GAIR	Geoportal of Adriatic-Ionian Region
GIS	Geographic information Systems
GOOS	Global Ocean Observing System
GUI	Graphic user interface
HELCOM	Helsinki Commission
HILUCS	Hierarchical INSPIRE Classification Land Use System
ICZM	Integrated Coastal Zone Management
IHO	International Hydrographic Organization
IIM	Istituto Idrografico della Marina
IMP	Integrated Maritime Policy
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO)
ISTAT	Istituto Italiano di Statistica
IUCN	International Union for Conservation of Nature
MAB	Man and Biosphere (programma scientifico dell' UNESCO)
MSFD	Marine Strategy Framework Directive
MSP	Maritime Spatial Planning

MSPdF	MSP data Framework (TEG on Data for MSP)
NACE	Nomenclature of Economic Activities
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NUTS	Nomenclature of territorial units for statistics
OECMs	Other Effective Area-based Conservation Measures
OGC	Open Geospatial Consortium
OSM	OpenStreetMap
PSM	Pianificazione dello Spazio Marittimo vedi MSP
PU	Planning Unit / Unità di Pianificazione
SDF	Structured Data Flow
SID	Sistema Informativo del Demanio / Portale del Mare (MIT)
SLR	Sea Level Rise
TEG	Technical Expert Group
UNCLOS	United Nations Convention on the Law of the Sea
UNESCO	Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura
VAS	Valutazione Ambientale Strategica
VASAB	Vision and Strategies around the Baltic Sea
VGI	Voluntary Geographic Information
WCS	Web Coverage Service (standard OGC)
WFD	Water Framework Directive
WFS	Web Feature Service (standard OGC)
WMS	Web Map Service (standard OGC)
XML	eXtensible Markup Language (formato dati)

Introduzione e Obiettivi della ricerca

La pianificazione spaziale marittima (Maritime Spatial Planning, MSP) è un processo complesso che mira a organizzare l'uso delle risorse marine in modo da bilanciare le esigenze ambientali, economiche e sociali. Negli ultimi anni, l'aumento delle pressioni antropiche e le variazioni climatiche hanno reso questo processo ancora più critico e dinamico. Di fronte a questi cambiamenti, si rende necessaria l'adozione di approcci innovativi e adattivi per la pianificazione spaziale, che possano rispondere efficacemente alla variabilità e all'incertezza dei dati e delle informazioni utilizzate.

In questo contesto, il presente lavoro di tesi si propone di esplorare e sviluppare metodi e strumenti per la gestione di dati variabili a supporto della MSP, in particolare attraverso la concettualizzazione di un modello specifico denominato *Structured Data Flow* (SDF). Il modello SDF rappresenta un approccio innovativo che consente di integrare flussi di dati continui, dinamici e proattivi nel processo di pianificazione, aumentando la capacità decisionale e l'adattività del processo stesso.

L'obiettivo principale del modello SDF è di migliorare la fase dedicata alla raccolta dati nella pianificazione e renderla un processo continuo invece di una attività puntuale. Per raggiungere questo scopo, sono stati definiti i seguenti obiettivi specifici:

- analisi della relazione tra raccolta dati preliminare e il processo di piano in termini generali;
- ricognizione delle esperienze e delle buone pratiche di gestione dati a supporto dei processi MSP;
- catalogazione degli strumenti di gestione dati disponibili e tecnologie attualmente utilizzate;
- caratterizzazione dei dati dinamici con le diverse dimensioni di variabilità dei dati

Domande e percorso di ricerca

Questo lavoro è stato svolto in collaborazione con il CNR-ISMAR presso la sede di Venezia, dove mi sono occupato principalmente di gestione dei dati a supporto dei progetti di

pianificazione dello spazio marittimo (Maritime Spatial Planning – MSP) e in seguito nella raccolta e organizzazione di dati oceanografici in senso più ampio. Il lavoro svolto all'interno del percorso di dottorato, iniziato a ottobre 2020, rappresenta il proseguimento delle attività svolte, a partire dal 2018, sempre presso il CNR - ISMAR in qualità di assegnista di ricerca.

La maggior parte dell'attività si è sviluppata all'interno del Progetto MSP-MED *Towards the operational implementation of MSP in our common Mediterranean Sea* (MSP-MED, 2022) finanziato dal Fondo Europeo per gli affari marittimi e la pesca EMFF. Questo progetto aveva come obiettivo il supporto alla MSP nel Mediterraneo e, in particolare per l'Italia, ha contribuito in maniera attiva alla redazione dei piani dello spazio marittimo nazionali, per quanto riguarda la metodologia, la raccolta dei dati e alcune esperienze di copianificazione.

Nel mio percorso formativo e lavorativo ho sperimentato l'utilizzo dei software GIS per la creazione di Sistemi informativi Territoriali ad uso della pianificazione urbanistica comunale e sovracomunale. Confrontando la mia esperienza attuale con la mia esperienza precedente sono stato colpito dalle grandi potenzialità ma anche da alcuni limiti dei sistemi informativi territoriali (Geographic information system, GIS). Nell'ambito MSP, i GIS sono uno strumento quasi scontato per gestire la notevole quantità di dati e la complessità delle informazioni che devono essere analizzate, confrontate e visualizzate (Gimpel et al., 2015; IOC-UNESCO, 2021b; Rafael et al., 2024; Shucksmith & Kelly, 2014; Vaitis et al., 2022; Zaucha, 2019)

Parallelamente, anche nella pianificazione urbanistica l'attività di redazione di un piano comincia con la raccolta dei dati che possano formare un adeguato quadro conoscitivo, ma al termine ci si concentra soprattutto sulle tavole di piano, un prodotto cartografico di natura cartacea e statica (anche quando viene consegnato digitalmente in formato pdf) (AGID, 2021) Dal momento che le leggi urbanistiche regionali di nuova concezione prevedono quasi sempre la costituzione di un quadro conoscitivo e di un sistema informativo territoriale integrato a livello regionale (Leoni, 2012; Reg. Veneto L.R 11, 2004; Reg. Emilia-Romagna. L.R. 24, 2017; Reg. Lombardia L.R. 12, 2005; Regione Toscana L.R.65, 2014) ci sarebbe da aspettarsi anche la pubblicazione del piano sotto forma di una cartografia digitale all'interno delle infrastrutture dati territoriali o geoportali esistenti a livello regionale o locale.

La cartografia digitale è invece lo strumento espositivo ordinario per i piani dello spazio

marittimo (BSH, 2021; CEDEX, 2024; DECC - Ireland, 2024; Finnish Ministry of Environment, 2024), visto il loro carattere multiscalare e la quantità di livelli che richiede, il più delle volte, una interazione con l'utente, anche se non mancano pregevoli risultati con le mappe stampate (Barbanti et al., 2017), elementi versatili che restano utili come strumento nelle sessioni di copianificazione con i portatori di interesse.

La mappa che presenta il risultato della MSP è dunque dinamica, nel senso che l'utente può selezionare il livello di zoom opportuno e la combinazione dei layer che preferisce, ma raramente prevede un aggiornamento continuo dei dati e le informazioni sono, generalmente, quelle raccolte all'inizio del ciclo di pianificazione.

Considerando il tempo che intercorre tra il rilievo dei dati e il tempo di elaborazione del piano, può accadere che alcuni aspetti del quadro conoscitivo vengano aggiornati con intervalli anche di dieci anni: ad esempio, i Piani dello Spazio Marittimo Italiano che sono stati approvati il 27 settembre 2024 (MIT, 2024), riportano nelle schede metadati che i dati relativi al traffico marittimo e del turismo si riferiscono all'anno 2019, mentre il dato dell'acquacoltura è datato al 2013. Questo perché la fase di raccolta dati è stata realizzata nel 2020 e, considerando che la prima revisione del piano potrebbe essere dopo 5 anni dall'approvazione (2029), potremmo avere un aggiornamento di questi dati dopo 10 e 15 anni rispettivamente.

Il processo ciclico dei piani MSP descritto dalla guida elaborata da UNESCO-IOC (Ehler & Douvère, 2009) prevede una serie di fasi iterative che facilitano la gestione integrata degli spazi marini. Questo approccio consente una gestione dinamica che risponde alle esigenze ambientali, sociali ed economiche, favorendo lo sviluppo sostenibile delle aree marine. Questo ciclo viene ripetuto periodicamente, garantendo una pianificazione adattiva che migliora nel tempo. Il processo rappresentato in figura 1 illustra il procedimento incrementale della MSP tra pianificazione, implementazione, monitoraggio e adattamento, evidenziando la continua iterazione tra questi passaggi, che conduce a un apprendimento continuo.

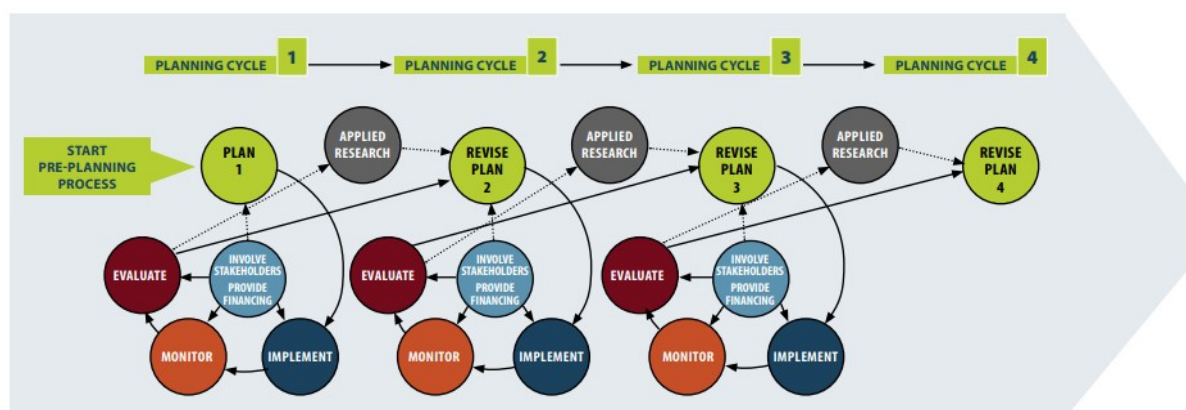


Fig. 1: il ciclo continuo della pianificazione MSP (Ehler & Douvère 2009)

Tuttavia, un siffatto modello ciclico potrebbe non essere sufficientemente rapido per adattarsi ai cambiamenti continui dell'ambiente marino e delle attività umane in esso presenti. Le difficoltà e la lentezza nell'aggiornamento dei dati nei piani MSP rappresentano quindi un problema ricorrente, ostacolando una gestione efficace degli spazi marini (European Commission, 2016). Le sfide riguardano principalmente la raccolta e la strutturazione dei dati necessari (Abramic, A. et al., 2023), oltre alla necessità di continui cicli di monitoraggio e valutazione per mantenere i dati aggiornati e rilevanti (IOC-UNESCO, 2021a).

Se cerchiamo di stimare le tempistiche di realizzazione di ogni ciclo di pianificazione sulla base delle esperienze note in questa prima fase di implementazione della direttiva 2014/89/EU e in particolare su quanto è accaduto in Italia, la fase di pre-planning in cui non solo bisogna raccogliere i dati esistenti ma talvolta progettare il rilievo di dati non disponibili può impiegare da 2 a 4 anni a cui vanno aggiunti altri 4 anni per la redazione effettiva del piano che prevede necessariamente un processo partecipativo (figura 2). Per completare il ciclo rimangono le fasi di implementazione, monitoraggio e valutazione che potrebbero non coincidere con la raccolta dati necessaria per la prima revisione. Sono tempi incompatibili con il cambiamento delle condizioni economiche e geopolitiche che interessano i nostri mari, ma anche gli effetti dei cambiamenti climatici in un decennio potrebbero essere rilevanti. Ogni difficoltà nel reperire i dati genera un ulteriore allungamento dei tempi.

In ambito europeo, uno studio recente (Christoforou Livani et al., 2024) ha evidenziato ulteriori criticità legate ai dati che i vari paesi hanno affrontato nell'implementazione dei loro piani MSP negli ultimi 10 anni. Tra queste problematiche, si segnalano difficoltà nella

disponibilità spaziale e temporale dei dati, ostacoli nella loro acquisizione, e problemi di accessibilità, come l'accesso limitato a dati non pubblici e la frammentazione delle informazioni. La cooperazione transfrontaliera ha incontrato ulteriori sfide, legate alle disparità nell'armonizzazione dei dati, ai diversi metodi utilizzati, e alla mancanza di servizi dati nazionali adeguati. Anche le barriere linguistiche e legali hanno ostacolato lo scambio di dati tra paesi, insieme a problemi di compatibilità dei sistemi e lacune nelle informazioni (Christoforou Livani et al., 2024).

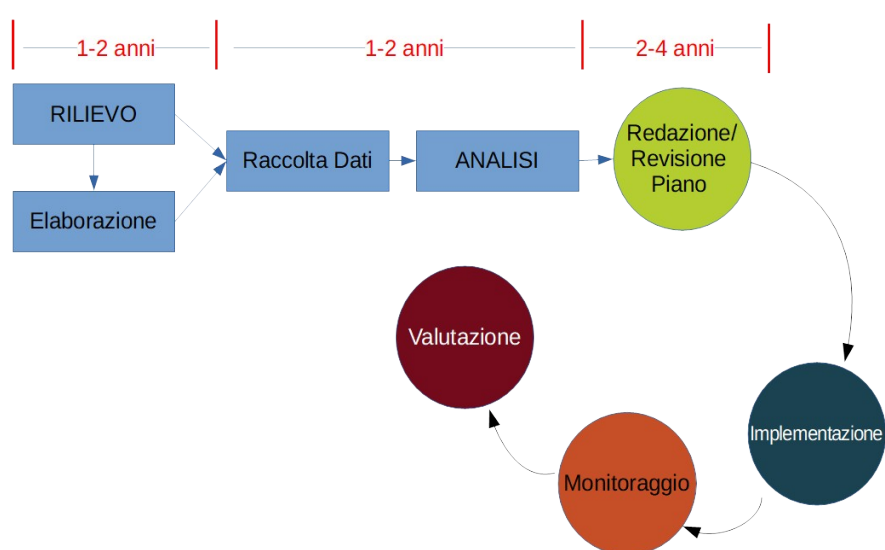


Fig. 2: Il ciclo di vita dei dati e i tempi di redazione del piano

D'altro canto, negli ultimi anni, le reti osservative e di monitoraggio hanno subito un'evoluzione significativa, specialmente in ambito marino. Questi sistemi avanzati hanno permesso di raccogliere una mole di dati senza precedenti, migliorando non solo la quantità ma anche la qualità delle informazioni disponibili. La strutturazione di questi dati, insieme al miglioramento delle risoluzioni, ha aperto nuove frontiere nella comprensione degli ecosistemi marini e nella gestione delle risorse naturali. Le reti di monitoraggio marino, attraverso l'uso di tecnologie all'avanguardia come i sensori subacquei, i satelliti e i droni, hanno reso possibile una raccolta dati continua e dettagliata (Carlini et al., 2022). Questi dati, una volta analizzati e interpretati, forniscono informazioni cruciali per supportare i processi di pianificazione e decisione. Ad esempio, possono aiutare a prevedere eventi climatici estremi, monitorare la salute degli ecosistemi marini e gestire le risorse ittiche in

modo sostenibile (Duan et al., 2020). Un esempio significativo di questi sforzi è rappresentato dall'European Marine Observation and Data Network (EMODnet), che ha sviluppato una rete paneuropea di oltre 120 organizzazioni per raccogliere e integrare dati ambientali marini (EMODnet, 2025; Martín Míguez et al., 2019). EMODnet fornisce dati e prodotti marini accessibili e interoperabili, contribuendo a una gestione più informata delle risorse marine. Un altro contributo fondamentale proviene dal programma Copernicus, che offre servizi di monitoraggio ambientale basati su dati satellitari e in situ. Il Copernicus Marine Service (CMEMS) fornisce informazioni autorevoli e sistematiche sullo stato degli oceani a livello globale e regionale, supportando politiche europee e internazionali relative alla governance degli oceani (CMEMS, 2025). Inoltre, l'evoluzione delle reti osservative e la qualità dei dati raccolti possono ispirare l'adozione di approcci simili in altri contesti. La generalizzazione di queste metodologie potrebbe portare a una gestione più efficiente e informata delle risorse naturali a livello globale, contribuendo così a uno sviluppo sostenibile (Danovaro et al., 2016).

Questo lavoro di dottorato mira a superare il tradizionale modello ciclico di acquisizione delle informazioni nel processo di pianificazione. Solitamente, la ricerca e l'acquisizione di nuovi dati avvengono solo durante la revisione del piano, guidate dalla necessità di rifare il piano stesso. Il nuovo modello proposto si basa sullo Structured Data Flow, dove il flusso di dati diventa un attore della pianificazione e può notificare in maniera proattiva eventuali cambiamenti del quadro conoscitivo e la loro entità. Questo approccio supporta meglio il concetto di adattività nei processi di pianificazione, permettendo ai pianificatori di valutare se le variazioni in corso sono significative e se è necessario intervenire. Questo modello richiede uno sviluppo tecnologico ulteriore in futuro, ma mira anche a integrare in modo trasparente i processi di pianificazione con le iniziative dei Digital Twins of the Oceans, attualmente in sviluppo a livello europeo (Mercator Ocean International., 2024b) e internazionale (Bahurel et al., 2023; DITTO, 2023). Il concetto di Digital Twin estende la capacità di modellare le dinamiche marine per creare una replica virtuale dell'ambiente marino, compresa la componente ecosistemica, capace di predire l'evoluzione dell'ambiente oceanico a causa del cambiamento climatico e di fornire risposte alle reazioni del sistema a determinati interventi, grazie anche all'integrazione delle tecnologie di intelligenza artificiale (Chen et al., 2023; Tzachor et al., 2023).

In particolare, se il modello SDF viene implementato correttamente si elimina anche

l'esigenza di aggiornare alcune azioni di piano per tenere conto dei nuovi dati perché l'attività pianificatoria può essere strutturata su un valore in continua evoluzione e le metriche non sono espresse solo in termini di valori assoluti da raggiungere (un valore per la baseline e un valore per il target), ma sono concepite tenendo conto dei trend in atto e delle relazioni tra i vari flussi e si adattano automaticamente ai nuovi valori.

In questo modello i cicli di elaborazione del piano rimangono con le loro fasi caratteristiche ma il tempo tra la fine di un ciclo e l'inizio del successivo non è più condizionato dai tempi tecnici di rilievo, elaborazione dati, raccolta dati e analisi, potendo fare affidamento sul dato più aggiornato in quel momento disponibile. Una revisione del piano o un aggiornamento di alcune misure è sempre possibile a seconda delle esigenze dei decisori.

Lo scopo di questo lavoro è di delineare un quadro concettuale del modello SDF che renda possibile tutto questo e individuare alcuni elementi, tra le tecnologie attualmente disponibili e utilizzate, che possano supportare l'implementazione del modello SDF.

Nel corso della mia ricerca ho progettato e sviluppato anche alcune procedure software per la gestione dei dati e che possono implementare il modello SDF per cui ho ritenuto opportuno illustrare nella tesi come allegati.

Struttura della Tesi

La tesi è organizzata come segue:

- Il capitolo 1 espone alcuni elementi dello stato dell'arte: parte dalla definizione di MSP secondo la letteratura scientifica, i riferimenti normativi e le esperienze di progettazione svolte fin qui; espone la relazione tra i dati e il piano in termini di pianificazione in generale; analizza alcuni strumenti di pubblicazione di dati in ambito MSP ed elenca la situazione della gestione dati con riferimento a tutti i piani MSP pubblicati finora; illustra il lavoro fin qui svolto dal Technical Expert Group (TEG) on MSP data e si conclude con una definizione di best information available come prevista dalla direttiva MSP e dalle norme di recepimento italiane.
- Il capitolo 2 introduce e analizza la componente di variabilità dei dati dinamici secondo molteplici aspetti: la variabilità intrinseca al fenomeno a partire dai dati di base usati come riferimento (come la linea di costa), e in particolare i dati stagionali;

e la variabilità estrinseca che riguarda ad esempio gli effetti delle distorsioni cartografiche, la diversità di competenze e delle origini.

- Il capitolo 3 esprime propriamente la proposta concettuale del Structured Data flow elencando gli elementi che lo compongono, e il significato e le funzionalità di ciascun elemento.
- Il capitolo 4 esplora alcune soluzioni e possibilità di implementazione per gestire i dati dinamici, strumenti che rappresentano tecnologie abilitanti per la creazione del modello SDF.
- Gli allegati illustrano le funzionalità di moduli software che sono stati ideati e testati durante l'attività di dottorato e che possono contribuire alla gestione del flusso dati secondo il modello SDF.

Capitolo 1 Conoscenza basata sui dati

MSP richiede le migliori conoscenze e i migliori dati disponibili.

1.1 Cos'è MSP

1.1.1 Origini e sviluppo

Perché occorre fare una Pianificazione dello Spazio Marittimo? La prima ovvia considerazione da fare è affermare che non esistono ambiti che possono essere completamente sottratti all'attività pianificatoria. Il mare del resto è sempre stato oggetto di pianificazioni relative ai singoli settori come pesca e acquacoltura, traffico marittimo, estrazione di idrocarburi eccetera (Douvere, 2008; Jay, Ellis, et al., 2012), tuttavia, è diventato evidente che un approccio più integrato, multisettoriale e coordinato è essenziale per una pianificazione e una gestione marittima efficace (Grip & Blomqvist, 2021). Questo approccio integrato alla pianificazione ha come strategia quella di distribuire lo spazio marino tra diverse attività nel tempo, integrandolo all'interno di un quadro più ampio di gestione ambientale (Douvere, 2008). Inoltre, la natura interconnessa delle problematiche marine, come il cambiamento climatico, la sostenibilità ecologica e la complessa governance amministrativa degli spazi acquei (che riflette problemi geopolitici), richiede un approccio transdisciplinare. Per questi motivi è necessario assicurarsi che la MSP promuova l'approccio basato sugli ecosistemi (ecosystem-based approach EBA), assicuri una distribuzione equa dei benefici e promuova uno sviluppo ecologicamente sostenibile (von Thenen et al., 2021). Infine, l'MSP richiede cooperazione tra diverse istituzioni a livello nazionale e transfrontaliero, promuovendo un approccio integrato e su più livelli alla governance. Questo coordinamento tra i vari livelli di governo e tra paesi vicini è fondamentale per gestire le risorse marine condivise (IOC-UNESCO, 2021b).

Per una definizione puntuale di cos'è la MSP è opportuno partire dal testo della guida Unesco IOC del 2009 che definisce la pianificazione dello spazio marittimo come un processo pubblico di analisi e allocazione della distribuzione spaziale e temporale delle attività umane nelle aree marine per raggiungere obiettivi ecologici, economici e sociali, specificati attraverso un processo politico. La MSP è basata sugli ecosistemi e integra vari settori e livelli di governo (Ehler & Douvere, 2009). In questa definizione ritroviamo quindi

condensati gli elementi fondamentali che lo costituiscono, si tratta di un processo, riguarda in maniera preminente le attività umane in ambiente marino con una molteplicità di obiettivi, è basata su EBA e governance multilivello.

Guardando a come si è evoluta finora la storia della MSP (Ehler et al., 2019; Jay & Jones, 2019; Rafael et al., 2024) questa disciplina può essere identificata come una risposta alla crescita degli usi del mare, che sono diventati via via più intensi fino a superare la capacità degli spazi marittimi di soddisfare tutte le esigenze contemporaneamente.

L'accesso libero al mare può condurre a un sovrasfruttamento delle risorse e a conflitti tra le diverse attività che vi si svolgono (Liu & Molina, 2021). La soluzione di questi conflitti non può essere lasciata alle sole dinamiche di mercato, poiché molti aspetti dell'ambiente marino che presentano utilità per l'uomo non hanno un valore economico chiaramente definito. Questo rende complicata la gestione delle risorse e la tutela dell'ecosistema marino attraverso i soli strumenti economici o dinamiche concessorie (Dahlet et al., 2023; Liordos, 2024). Tipicamente, i servizi ecosistemici di regolazione e di supporto (Millennium Ecosystem Assessment, 2003) non vengono monetizzati e anche gran parte dei servizi culturali, come ad esempio il paesaggio costiero, appartengono alla categoria dei beni comuni non rivali non escludibili: cioè la fruizione da parte di un soggetto non limita la fruizione da parte di altri e non è possibile escludere dalla fruizione chi non concorre al sostentamento del bene o non versa un contributo. Non è scontato, quindi, che nello sviluppo di una Blue Economy sostenibile la tutela e il ripristino degli ecosistemi vengano presi in considerazione (Ehler, 2017).

La MSP si è sviluppata finora come un nuovo sistema di governance, che risponde alla teoria della decisione pubblica (public choice). La decisione pubblica prevede che i rappresentanti eletti prendano decisioni su come utilizzare lo spazio marino, tenendo conto anche di importanti valori sociali come la biodiversità e la giustizia sociale. Per garantire un buon funzionamento di questo meccanismo, è fondamentale un processo decisionale che avvenga in forma democratica con il coinvolgimento dei diversi portatori di interesse (stakeholder) valutando gli aspetti culturali, politici ed economici che compongono la sostenibilità sotto il profilo ambientale ed economico (Ehler et al., 2019; Saunders et al., 2020).

L'idea di quella che oggi chiamiamo Maritime Spatial Planning (MSP) è stata proposta per la

prima volta nel 1976 da movimenti internazionali e nazionali con l'obiettivo di sviluppare aree marine protette, in risposta al degrado ambientale causato dalle attività umane (Ehler & Douvere, 2009). Negli anni '80 furono creati piani di zonizzazione per la Grande Barriera Corallina in Australia, sebbene in Europa questo non portò a un dibattito significativo sulla MSP (Day et al., 2019; Kenchington & Day, 2011). I piani di zonizzazione della Grande Barriera Corallina erano principalmente orientati alla conservazione di un particolare ambiente marino che occupava un'area molto estesa, mentre in Europa l'attenzione è concentrata più sulla coesistenza e lo sviluppo sostenibile delle diverse attività umane in mare (Frazão Santos et al., 2019).

1.1.2 MSP nel contesto europeo

L'attenzione delle istituzioni europee per la MSP nasce dalla considerazione che lo sviluppo delle diverse attività della Blue economy genera una competizione tra i diversi settori e attività umane che si svolgono nello stesso spazio marino, con il rischio che in un contesto di cambiamento climatico l'incremento di attività umane in mare comporti un danno rilevante per gli ecosistemi marini.

Il dibattito europeo sulla pianificazione spaziale marittima iniziò seriamente intorno al 2000. Nel 2001 con la dichiarazione di Wismar da parte della iniziativa di cooperazione nel mar baltico VASAB Vision and strategies around the Baltic sea, si utilizza il termine Spatial Planning applicato allo spazio transnazionale del mar Baltico (VASAB, 2001). Ci fu una notevole crescita delle pubblicazioni tra il 2007 e il 2009, in gran parte costituite da documenti politici e manuali che indicavano un coinvolgimento più pratico con la MSP (VASAB, 2024). Nello stesso periodo, apparvero anche i primi articoli accademici sul concetto e l'applicazione pratica della MSP (Frazão Santos et al., 2019). In questo contesto, nel 2005, fu elaborato il primo piano spaziale marittimo dell'Unione Europea, precisamente per il mare territoriale del Meclemburgo-Pomerania Anteriore, in Germania (Jay, Klenke, et al., 2012)

Un primo intervento da parte delle istituzioni europee arriva nel 2007 con la comunicazione della commissione europea dal titolo An Integrated Maritime Policy for the European Union che rileva la necessità di un cambiamento nel modo di relazionarsi con il mare e proponeva di realizzare una politica marittima integrata per la quale predisporre un programma di lavoro che coinvolga i diversi settori interessati (COM 575 final, 2007) e l'anno successivo

una nuova comunicazione fissava i passaggi della Roadmap per la MSP in europa, (COM 791, 2008) definendola come uno strumento capace di risolvere i conflitti e tutelare l'ambiente, coinvolgendo i portatori di interesse sulla base di solide conoscenze scientifiche e dati scientifici. Tra gli strumenti di supporto ai processi MSP, vengono citati EMODnet, il database integrato di dati statistici e socio economici (*EMODnet*, 2025), il portale European Atlas of the Seas (Barale, 2018; Barale et al., 2015) e le attività del programma di osservazione della terra GMES (oggi Copernicus CMEMS, 2024) .

La spinta a questo dibattito in ambito europeo è venuta dagli studi condotti da IOC-UNESCO, VASAB e dalla Commissione Europea, ed è stato portato avanti anche grazie a numerosi progetti pilota finanziati dall'UE nei bacini marittimi europei (Christoforou Livani et al., 2024). Nel 2014 si è giunti all'adozione di una Direttiva da parte del Parlamento Europeo (Directive 2014/89/EU, 2014), che obbliga gli Stati membri dell'UE che si affacciano sul mare a realizzare i piani spaziali marittimi per le acque di loro competenza. Questo processo, che aveva come scadenza marzo del 2021 è ora praticamente concluso e, in alcuni casi, si assiste ad un secondo ciclo di pianificazione (Ehler et al., 2019).

La Direttiva UE del 2014, introduce anche una definizione ufficiale di MSP che riprende in gran parte quella della guida IOC del 2009: all'articolo 3 della direttiva la MSP viene descritta come un processo in cui le autorità competenti degli Stati membri analizzano e organizzano le attività umane nelle aree marine per raggiungere obiettivi ecologici, economici e sociali. Pur ricalcando la definizione IOC-UNESCO del 2009 abbiamo quindi in aggiunta il concetto di autorità competente, soggetto fondamentale per l'attuazione della direttiva.

Con il tempo e considerando le differenze tra gli stati sono emersi diversi approcci alla MSP, variabili a seconda della definizione e della razionalità adottate, oscillando tra un approccio più orientato all'ambiente o all'economia e uno più strategico o focalizzato sulla risoluzione dei conflitti tra le varie attività.

In sintesi, la pianificazione dello spazio marittimo è quindi:

- Un metodo perché guarda all'ambiente marino come un insieme unico, con un approccio ecosistemico e non settoriale e consente di raggiungere risultati relativamente alla protezione ambientale e di sviluppo sostenibile che non sono

possibili con la pianificazione settoriale.

- Un'esigenza perché l'ambiente marino e costiero è seriamente minacciato dalle attività umane e ha bisogno di strategie di conservazione mentre al tempo stesso tutti i settori dell'economia del mare (Blue Economy).
- Un obbligo perché la redazione dei piani dello spazio marittimo per ogni stato membro è prevista dalla direttiva europea 2014/89/UE e probabilmente questo è l'aspetto capace di dare un impulso concreto a questa disciplina che altrimenti sarebbe rimasta confinata nell'ambito della ricerca.

1.1.3 Riferimenti internazionali

Parallelamente alle iniziative avviate a livello Europeo e Comunitario, l'attenzione e l'interesse alla tematica MSP si è ulteriormente evoluta anche a livello internazionale. In tal senso, la Commissione Oceanografica Internazionale (IOC) dell'UNESCO ha dato un grande impulso allo sviluppo della MSP a livello globale: dall'organizzazione del primo workshop nel 2006 in collaborazione con il programma MAB (Man And Biosphere), offre un approccio dettagliato passo-passo per la gestione basata sugli ecosistemi delle aree marine (Ehler & Douvere, 2009). La guida è destinata ai professionisti responsabili della pianificazione e gestione delle risorse marine e fornisce un quadro operativo per mantenere il valore della biodiversità marina, consentendo al contempo l'uso sostenibile del potenziale economico degli oceani. La guida riprende e precisa meglio anche elementi fondamentali della MSP, riprendendo come obiettivo primario il bisogno di gestire i conflitti e le compatibilità nelle aree marine, affrontando pressioni di sviluppo e conservazione della natura.

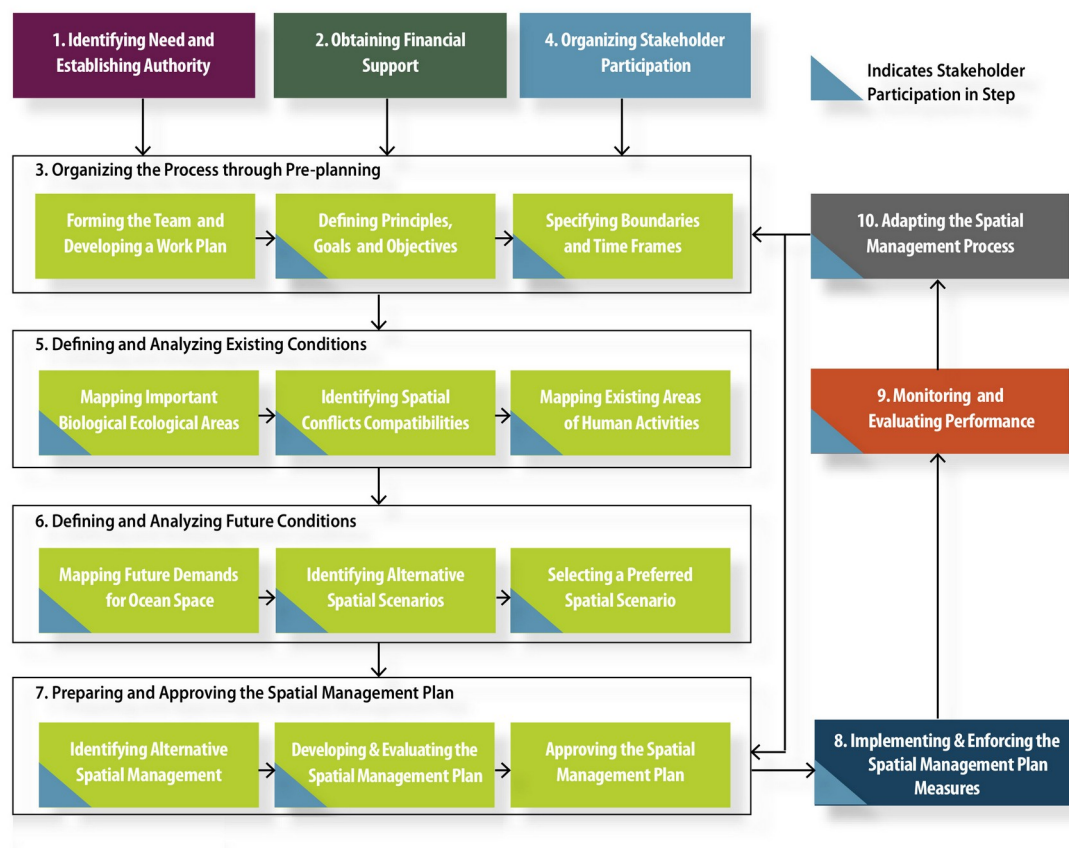


Fig. 3: i dieci passi della Guida Unesco IOC (Ehler & Douvère, 2009)

La guida è suddivisa in dieci passi principali (figura 3):

1. Identificare la necessità e stabilire l'autorità competente: in primo luogo definire la ragione per cui è necessaria la MSP, analizzando i problemi e gli eventuali conflitti tra le attività umane, in seguito stabilire quale deve essere l'autorità appropriata per sviluppare e implementare la MSP nel proprio ambito, passaggio che potrebbe richiedere anche l'adozione di nuovi provvedimenti..
2. Ottenere supporto finanziario, identificando anche meccanismi di finanziamento alternativi in base agli attori coinvolti.
3. Organizzare il processo nella fase di pre-pianificazione; occorre creare il team di pianificazione, sviluppare un piano di lavoro, definire chiaramente i confini dell'ambito da sottoporre a pianificazione e le scadenze in cui il piano deve essere portato a compimento, stabilire principi, obiettivi da raggiungere e considerare i

rischi a cui va incontro il processo elaborando piani di risposta.

4. Organizzare la partecipazione degli stakeholder: definire chi deve essere coinvolto nel processo di MSP, quando e come coinvolgere gli stakeholder.
5. Definire e analizzare le condizioni di partenza: raccogliere e mappare informazioni sulle condizioni ecologiche, ambientali e oceanografiche, e sulle attività umane.
6. Definire e analizzare le condizioni future. Significa proiettare le tendenze attuali e stimare i requisiti spaziali e temporali per soddisfare i nuovi bisogni dello spazio marittimo. Identificare futuri possibili scenari per l'area di pianificazione e selezionare lo scenario preferito.
7. Preparare e approvare il Piano di gestione: analizzare e identificare misure di gestione per ogni settore, possibili incentivi e contributi da parte delle istituzioni, sviluppare il piano di zonizzazione, valutare e approvare il piano .
8. Implementare e rendere effettivo il piano di gestione spaziale. Assicurarsi della conformità e far rispettare il piano di gestione spaziale .
9. Monitorare e valutare le performance Sviluppare un programma di monitoraggio delle performance, report periodici, valutare i dati e riportare i risultati .
10. Adattare il processo di gestione spaziale Riconsiderare e ridisegnare il programma di MSP basato sui risultati del monitoraggio e identificare i bisogni di ricerca applicata per avviare il prossimo ciclo di pianificazione .

Il processo di sviluppo della guida ha coinvolto esperti internazionali attraverso varie riunioni e workshop, culminando in una pubblicazione che rappresenta una cooperazione tra l'IOC e il programma MAB dell'UNESCO. Questi sforzi hanno assicurato che i passaggi proposti nella guida siano pratici, logici ed efficaci per la realizzazione pratica di processi MSP.

1.2 La direttiva 2014/89EU

La direttiva quadro sulla Pianificazione dello Spazio Marittimo (MSP), Direttiva

2014/89/UE, rappresenta come abbiamo detto il passaggio più importante della politica marittima integrata dell'Unione Europea (UE). Questo strumento normativo è stato adottato dopo le comunicazioni del 2007 e del 2008 e il protocollo di gestione integrata per garantire uno sviluppo sostenibile delle attività marine legate all'economia del mare (Blue economy) e per preservare gli ecosistemi marini. La direttiva è un passo fondamentale nel rafforzare la gestione coordinata e sostenibile degli spazi marittimi europei, che sono diventati sempre più strategici per l'economia, l'ambiente e la sicurezza degli Stati membri.

L'adozione della Direttiva 2014/89/UE è stata motivata dalla necessità di rispondere a una serie di sfide emergenti nei mari europei, quali l'aumento della pressione sulle risorse marine, i conflitti tra diversi usi dello spazio marittimo, e la crescente consapevolezza dell'importanza degli ecosistemi marini per la salute dell'ambiente globale. La direttiva è stata concepita per offrire un quadro giuridico che permetta agli Stati membri di pianificare l'uso dello spazio marittimo in maniera coordinata e integrata, tenendo conto delle esigenze di sviluppo economico e della necessità di protezione ambientale.

La Direttiva 2014/89/UE mira a promuovere l'uso sostenibile dello spazio marittimo: La direttiva, come precedentemente riportato, obbliga gli Stati membri che si affacciano sul mare a sviluppare piani che bilancino le esigenze di sviluppo economico con la protezione dell'ambiente, garantendo l'uso efficiente e sostenibile delle risorse marine.

Risolvere i conflitti tra usi concorrenti dello spazio marittimo: La pianificazione dello spazio marittimo dovrebbe prevenire i conflitti tra le diverse attività economiche, come la pesca, l'acquacoltura, il trasporto marittimo, e le energie rinnovabili marine, assicurando una coesistenza armoniosa.

Proteggere l'ambiente marino: La direttiva richiede che la pianificazione dello spazio marittimo tenga conto della tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi marini.

Promuovere la cooperazione tra Stati membri: La direttiva favorisce la cooperazione transfrontaliera tra gli Stati membri e con i paesi terzi per garantire una gestione coerente degli spazi marittimi a livello regionale e sub-regionale.

La Direttiva 2014/89/UE si inserisce in un contesto normativo europeo più ampio, che include una serie di direttive e regolamenti volti a proteggere l'ambiente marino. Tra questi,

la Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino MSFD (Directive 2008/56/EC, 2008) è particolarmente rilevante. Questa direttiva stabilisce un quadro d'azione comunitario per la politica dell'ambiente marino, con l'obiettivo di raggiungere il buono stato ecologico delle acque marine entro il 2020. La Direttiva sulla Pianificazione dello Spazio Marittimo è strettamente collegata a questi obiettivi, poiché la pianificazione dell'uso degli spazi marittimi non può prescindere dalla protezione degli ecosistemi marini (Brennan et al., 2014).

Inoltre, la Direttiva Habitat (Direttiva 92/43/CEE) e la Direttiva Uccelli (Direttiva 2009/147/CE) sono fondamentali per la protezione della biodiversità nelle aree marine, e vengono necessariamente prese in considerazione durante il processo di pianificazione dello spazio marittimo. Queste direttive stabiliscono le basi per la Rete Natura 2000, una rete di aree protette che si estende anche agli ambienti marini, e che deve essere integrata nei piani di spazio marittimo.

L'approccio della Direttiva 2014/89/UE alla pianificazione dello spazio marittimo è fondato su una visione olistica e integrata dell'ambiente marino. Gli Stati membri sono tenuti a sviluppare piani di spazio marittimo che coprano tutte le attività umane in mare, promuovendo un uso sostenibile delle risorse marine e riducendo al minimo gli impatti ambientali negativi.

Coerenza e coordinamento: I piani devono essere coerenti con altri strumenti di pianificazione, come quelli terrestri, e devono essere coordinati a livello transfrontaliero per affrontare le sfide comuni in modo efficiente.

Partecipazione pubblica e trasparenza: Gli Stati membri devono garantire la partecipazione del pubblico e delle parti interessate nella preparazione dei piani di spazio marittimo, assicurando la trasparenza del processo decisionale.

Valutazione ambientale strategica (VAS): La VAS è uno strumento fondamentale per integrare considerazioni ambientali nei piani di spazio marittimo. Questa valutazione permette di identificare e mitigare i potenziali impatti negativi sull'ambiente marino, contribuendo al raggiungimento degli obiettivi della Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino.

Oltre ai progetti di ricerca, l'UE ha sviluppato piattaforme e strumenti che facilitano la raccolta e la condivisione di dati tra Stati membri, essenziali per una pianificazione efficace:

EMODnet (European Marine Observation and Data Network): EMODnet è una piattaforma che raccoglie, armonizza e rende accessibili dati marini provenienti da diverse fonti, supportando la pianificazione dello spazio marittimo con informazioni dettagliate su batimetria, geologia, habitat marini, e altro (*EMODnet*, 2025; Martín Míguez et al., 2019).

SeaDataNet: Questa rete fornisce accesso a dati oceanografici raccolti dai principali istituti di ricerca e osservazione europei, essenziali per comprendere le dinamiche degli ecosistemi marini e per pianificare l'uso dello spazio marittimo (Schaap & Lowry, 2010; *SeaDataNet*, 2025).

Nel preambolo della direttiva vengono richiamate le precedenti iniziative della commissione e del parlamento nell'ambito della crescita blu e i legami della pianificazione dello spazio marittimo con la strategia Europa 2020, con il diritto del mare secondo la convenzione UNCLOS del 1982. Viene precisato che la direttiva fissa il quadro della pianificazione, lasciando agli stati membri la responsabilità di definire il formato e il contenuto dei piani e non pregiudica la competenza degli stati membri sulla zona costiera. Si ricorda che gli ecosistemi marini sono soggetti a considerevoli pressioni a causa delle attività umane.

Dopo obiettivi e definizioni negli articoli 1, 2 e 3, gli articoli 4, 5 e 6 definiscono in cosa consiste la pianificazione dello spazio marittimo con riferimento agli obiettivi e ai requisiti minimi. L'articolo 8 fornisce un elenco delle attività umane da tenere in considerazione, il 9 raccomanda la partecipazione del pubblico, l'articolo 11 e 12 consigliano la cooperazione tra gli stati membri e con gli stati terzi.

L'articolo 10 parla esplicitamente dei dati e pur nella sua brevità stabilisce passaggi molto importanti: gli stati membri devono utilizzare i migliori dati disponibili e organizzare la condivisione delle informazioni necessarie per i piani dello spazio marittimo. I dati riguardano sia i dati ambientali, sociali ed economici sulle attività umane che i dati fisici. Si richiama inoltre l'uso degli strumenti previsti dalla direttiva INSPIRE (Directive 2007/2/CE, 2007).

La Direttiva 2014/89/UE rappresenta il passaggio fondamentale per la MSP in Europa: una

sfida importante per bilanciare le diverse esigenze economiche e ambientali. Inoltre, la pianificazione dello spazio marittimo richiede una forte cooperazione tra gli Stati membri, specialmente nelle aree marine transfrontaliere, dove le attività di un paese possono avere un impatto significativo sui vicini. La MSP è orientata alla crescita della "Sustainable blue economy" europea, promuovendo lo sviluppo di settori strategici come l'energia eolica offshore, l'acquacoltura sostenibile e il turismo marittimo. Una gestione più efficiente dello spazio marittimo è necessaria per preservare la biodiversità marina e a raggiungere gli obiettivi della politica ambientale dell'UE.

Un report sullo stato di attuazione della direttiva (COM 185 Final, 2022) è stato pubblicato dalla Commissione Europea nel maggio del 2022, dove si riconosce il fatto che alcuni stati membri (Belgio, Paesi Bassi e Germania) erano già dotati di una tradizione di MSP al momento di entrata in vigore della direttiva nel 2014 e hanno potuto realizzare facilmente il piano prima della scadenza fissata dall'articolo 15 della direttiva del marzo 2021. A quel momento Germania e Paesi Bassi erano già impegnati nel processo di revisione del piano. Malta e Lituania hanno realizzato il piano nel 2015 che è stato rivisto alla luce della direttiva.

Un secondo gruppo di stati, assai numeroso, ha tratto beneficio dalle previsioni della direttiva, riuscendo a realizzare il piano nei tempi previsti: Finlandia, Lettonia, Polonia, Danimarca, Francia, Irlanda, Slovenia, Svezia, Portogallo (con l'esclusione delle Azzorre).

Per quanto riguarda l'Estonia, la Spagna e la Bulgaria al 2021 non avevano ancora approvato il piano ma erano in una fase avanzata di redazione.

Nei confronti di cinque paesi, Croazia, Cipro, Grecia, Italia e Romania invece la commissione ha inviato una formale contestazione nell'ottobre 2021 per non aver rispettato le scadenze della Direttiva e ha sollecitato la chiusura del processo di pianificazione il prima possibile.

Nel gennaio 2026 è stato realizzato da parte della commissione uno studio completo sulla implementazione della direttiva (European Commission: European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency et al., 2026) che da conto di una situazione nettamente migliotata.

Al 2026 solo Croazia e Grecia sono ancora in fase di redazione (figura 4), Cipro e Romania hanno concluso il piano nel 2023 mentre i piani italiani sono stati adottati nel settembre del

2024.

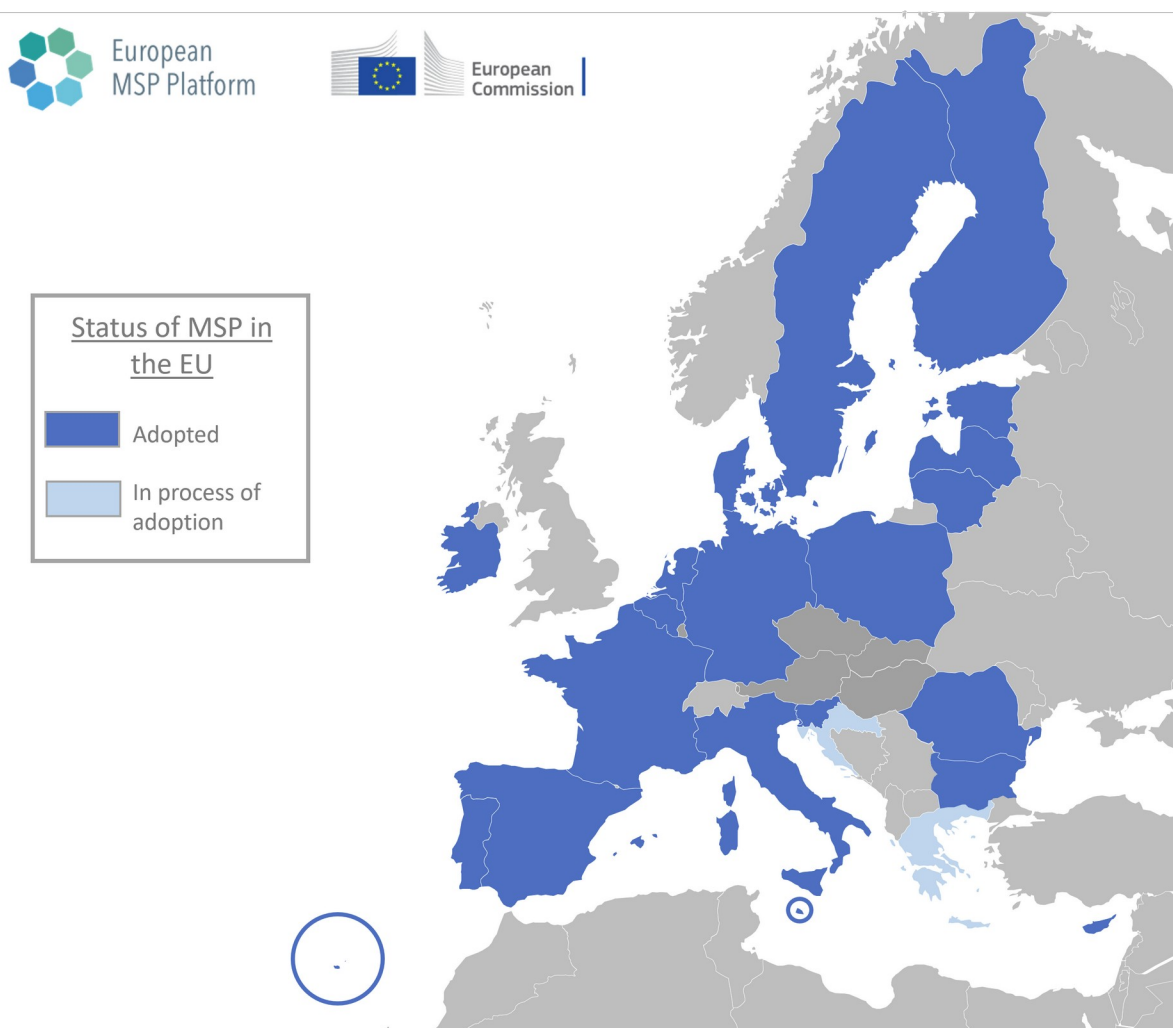


Fig. 4: lo stato di attuazione della MSP in UE a marzo 2026
(maritime-spatial-planning.ec.europa.eu)

1.2.1 Progetti europei di riferimento

La pianificazione dello spazio marittimo si basa su un approccio scientifico che richiede il supporto di dati e conoscenze solide. Per questo motivo, l'UE ha promosso una serie di iniziative di ricerca e progetti pilota volti a sviluppare strumenti, metodi e modelli che supportano la pianificazione dello spazio marittimo.

Una panoramica dei progetti realizzati è visibile sul sito della European MSP Platform <https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/msp-practice/msp-projects>.

I progetti sono finanziati dalla commissione tramite diversi programmi (Horizon 2020, Interreg, EMFF/EMFAF, ERDF...) e riguardano in genere ambiti transnazionali.

Per quanto riguarda il tema di interesse di questo lavoro, cioè la gestione dei dati per la MSP, è opportuno ricordare alcuni progetti che hanno interessato l'Italia e il più delle volte il CNR-ISMAR e l'Università IUAV di Venezia.

SHAPE Shaping an Holistic Approach to Protect the Adriatic Environment between coast and sea (2014) che ha coinvolto le regioni italiane del mare Adriatico sotto la guida delle Regione Emilia Romagna per realizzare un percorso metodologico per una gestione integrata del mare e della costa. Tra i principali risultati c'è la realizzazione dell'Adriatic Atlas (figura 5): un geoportale in grado di raccogliere e visualizzare tutti i dati raccolti durante il progetto e che integrava sia dati terrestri e costieri che dati spaziali marittimi.

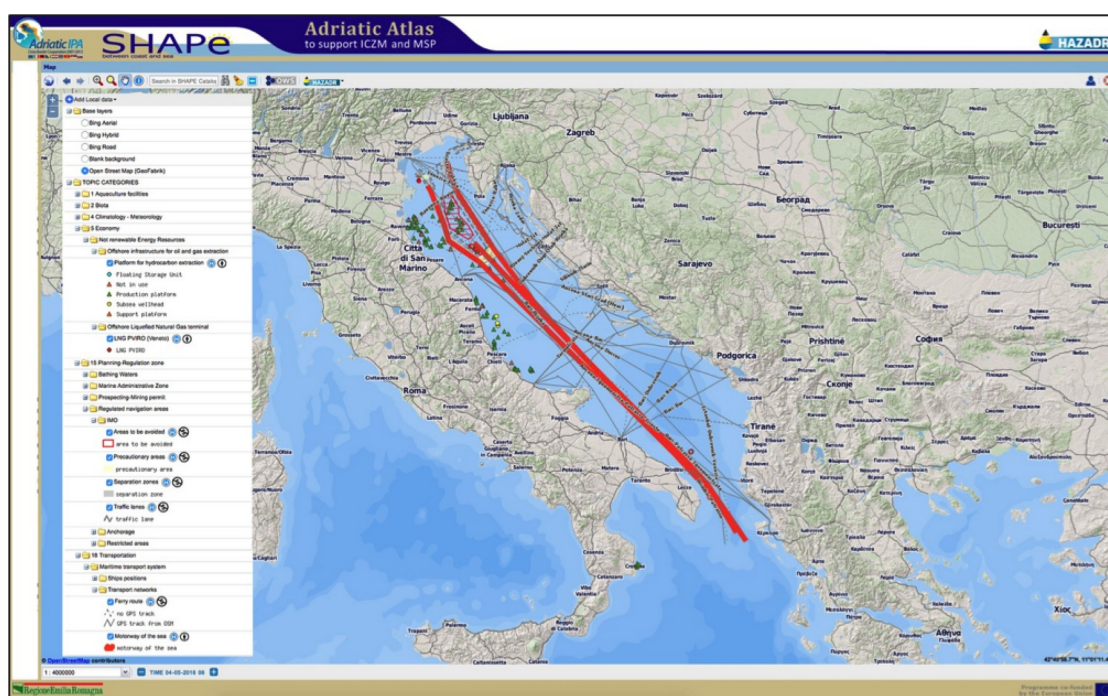


Fig. 5: schermata dell'Adriatic Atlas realizzato nel progetto SHAPE

HAZADR Strengthening common reaction capacity to fight sea pollution of oil, toxic and Hazardous substances in Adriatic Sea che a partire dai risultati di SHAPE ha sviluppato una metodologia di prevenzione e reazione rapida agli eventi di oil spill. Questo progetto, coordinato dal dipartimento di Protezione Civile di Regione Puglia, era orientato

principalmente alle procedure operative di emergenza e ha integrato i dati in tempo reale nel portale Adriatic Atlas già realizzato per SHAPE. In particolare sono stati utilizzati radar costieri per la mappa delle correnti marine.

ADRIPLAN ADRIatic Ionian maritime spatial PLANning (2015), che ha sviluppato una metodologia specifica per la regione adriatico ionica, con una raccolta dei dati necessari e la messa a punto dei tool software per computo degli impatti cumulativi (Cumulative Effect assessment -CEA) che poi sono confluiti nel portale Tools4msp (Menegon et al., 2018).

SUPREME - Supporting Maritime Spatial Planning in the Eastern Mediterranean (2019) anche qui sono stati realizzati esercizi concreti di pianificazione in diverse aree di studio del Mediterraneo orientale (in parallelo con il progetto SWIMWESTMED che si occupava del Mediterraneo occidentale) dove è stata utilizzata per la prima volta la creazione di un catalogo di metadati (Knowledge Catalogue) in un portale apposito con l'utilizzo di una versione personalizzata di CKAN metadata catalogue. Anche questo portale di metadati si è evoluto e fa parte degli strumenti utilizzati da Tools4msp.

MUSES - Multi-Use in European Seas ha esplorato il potenziale per lo sviluppo di usi multipli dello spazio marittimo, come la combinazione di energie rinnovabili e acquacoltura, promuovendo l'efficienza dell'uso delle risorse marine.

PORTODIMARE - geoPortal of Tools & Data for sustainable Management of coAstal and maRine Environment. Finanziato dal programma Interreg Adrion ha previsto la progettazione e la realizzazione di un geoportale interoperabile che integra degli strumenti software a supporto dei processi di pianificazione nell'intera regione Adriatico-Ionica (Menegon et al., 2023)

MSP-GREEN – Finanziato da EMFAF si è svolto dal 2022 al 2024 con l'obiettivo di sviluppare un framework per analizzare e rafforzare il ruolo dei piani PSM come "facilitatori marini" del GDE, concentrandosi su argomenti di particolare rilevanza per l'ambiente marino e la transizione sostenibile dell'economia blu: mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, economia blu circolare, protezione della biodiversità marina, energie rinnovabili marine, cibo sano e sostenibile dal mare. L'approccio MSP-GREEN si basa su tre componenti principali: analisi, innovazione (attraverso pratiche preziose e nuove azioni), e trasferibilità. Sono state prodotte una serie di raccomandazioni e azioni.

MEDIGREEN - MEDiteranean approach towards a maritime European GREEN Deal in MSP. Finanziato da EMFAF si svolge dal 2024 al 2027 e mira a promuovere la transizione verso il Green Deal Europeo (GDE) nel Mar Mediterraneo attraverso la cooperazione transnazionale nella MSP. Il progetto adotta un approccio operativo concentrandosi su quattro settori chiave: energie rinnovabili offshore, pesca, acquacoltura e protezione della natura. Anche paesi extra-UE nell'ambito della Barcellona convention.

ReMAP - Reviewing and Evaluating the Monitoring and Assessment of Maritime Spatial Planning. Finanziato da EMFAF si svolge dal 2022 al 2025 ed è orientato alla definizione di strategie e approcci per la revisione e la valutazione dei piani MSP degli Stati Membri (SM) consentendo di condividere dati PSM e informazioni di valutazione. L'obiettivo principale è fornire agli SM dell'UE il framework tecnico innovativo ReMAP per il supporto del processo MSP europeo. Il lavoro integra le attività del TEG-MSP.

1.2.2 I Piani dello Spazio Marittimo Italiano

Il piano dello spazio marittimo italiano è stato progettato e realizzato utilizzando un approccio multiscala (Ramieri et al., 2024). Questo approccio si rende necessario per gestire le diversità oceanografiche, gli usi marittimi, gli habitat naturali, la distribuzione delle specie, il paesaggio e il patrimonio culturale che caratterizzano lo spazio marittimo e costiero italiano.

Il processo italiano di MSP è stato avviato con la trasposizione della direttiva MSPD (2014/89/EC) tramite il decreto legislativo 201/2016. Questo decreto individua il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti come autorità competente per la MSP e stabilisce alcuni aspetti fondamentali del processo, tra cui i meccanismi di coordinamento. Le competenze rilevanti per la MSP in Italia sono condivise tra lo Stato e i corpi amministrativi subnazionali, coinvolgendo diversi Ministeri e le Regioni costiere.

L'approccio metodologico seguito in Italia per la MSP è stato sviluppato capitalizzando quanto realizzato nei progetti europei citati precedentemente. Questa metodologia comprende sei fasi principali:

1. Stato attuale e tendenze future: Analisi dei settori marittimi, degli habitat marini, delle loro tendenze future e delle principali interazioni terra-mare.

2. Analisi delle interazioni: Studio delle interazioni tra i diversi usi marittimi e tra questi e gli elementi ambientali.
3. Visione e obiettivi strategici: Definizione di una visione comune a dieci anni e degli obiettivi strategici basati su politiche e piani esistenti.
4. Pianificazione strategica delle sottoaree: Sviluppo di visioni dettagliate e obiettivi specifici per ciascuna sottoarea, delimitazione delle unità di pianificazione e definizione delle vocazioni d'uso.
5. Monitoraggio, valutazione e adattamento: Sviluppo di una metodologia basata su indicatori per il monitoraggio e l'adattamento dei piani.
6. Impostazione per l'implementazione della MSP: Identificazione delle azioni per l'attuazione e il consolidamento futuro dei piani.

I dati di input giocano un ruolo fondamentale nella fase 1 e fase 2, mentre la gestione cartografica del dato con la possibilità di effettuare analisi GIS sui dati raccolti e la creazione di cartografia digitale per la disseminazione del piano caratterizza la fase 4. La raccolta continua e la disponibilità dei dati sotto forma di flussi affidabili è alla base della fase 5.

La fase 4 rappresenta il nucleo della pianificazione MSP, con la suddivisione dello spazio marittimo in sottoaree e unità di pianificazione (PU). Le PU sono aree omogenee per le quali vengono assegnate vocazioni d'uso specifiche, con l'obiettivo di regolare gli usi attuali e futuri delle aree. Le PU sono state delimitate considerando l'intensità degli usi marittimi esistenti, la distribuzione dei componenti ambientali principali, il paesaggio e il patrimonio culturale, oltre alle interazioni tra usi e ambiente.

Come verrà precisato meglio nel paragrafo 4.4 le tre aree marittime italiane (Adriatico, Ionio - Mediterraneo Centrale, Tirreno- Mediterraneo orientale) sono state suddivise in 27 subaree (rispettivamente in 9, 7 e 11) e in 333 PU totali. Per tenere traccia delle diverse assegnazioni degli usi alle singole PU è stato realizzato un modello dati che ne consenta la gestione e la visualizzazione negli ambienti GIS più utilizzati .

L'approccio multi-scalare adottato dall'Italia per la MSP consente di considerare le diverse scale spaziali degli ecosistemi marini, degli usi del mare e delle pressioni antropiche, così

come il sistema amministrativo e di governance multi-livello. Questo approccio ha permesso di sviluppare piani coerenti per le tre aree marittime italiane, integrando proposte di pianificazione locali e regionali. Tuttavia, restano aperte sfide legate all'integrazione verticale e orizzontale, alla scalabilità e flessibilità, al coinvolgimento degli stakeholder e all'integrazione dei dati. Il consolidamento della governance multi-livello e la costruzione di una comunità di pratica per la MSP in Italia saranno cruciali per il successo delle future fasi del processo MSP.

1.3 La gestione del dato nei processi di pianificazione

1.3.1 il ruolo dei dati nel processo di piano

La pianificazione, in qualsiasi ambito, per realizzarsi ha bisogno di una fase di analisi che necessita di dati in ingresso. Nella visione attuale è necessario raccogliere dati di qualsiasi tipo non solo per delineare lo stato di fatto della pianificazione ma anche i processi di trasformazione in atto e l'evoluzione degli stessi.

La logica del piano-processo

Nella pianificazione urbanistica e territoriale fin dai primi anni sessanta si è fatta strada la logica del *piano-processo*, che porta a considerare il piano un processo continuo piuttosto che un prodotto finito. La definizione *piano-processo*, usata in quest'ambito, va ricondotta probabilmente all'opera di Giancarlo De Carlo.

Egli si contrappone all'idea di una visione statica della città, dove il piano prefigura degli spazi per determinati usi ed ha una sola possibilità di realizzazione.

Il processo di pianificazione viene invece presentato come *“un sistema in cui si stabiliscono gli obiettivi generali da raggiungere dagli organi di governo dell'area, e poi tali obiettivi vengono (o meglio: devono venire) specificati man mano nel tempo, in relazione all'evolversi della situazione; in relazione alle risorse disponibili; in relazione alla volontà, preferenze, interessi della molteplicità di soggetti pubblici e privati che giocano una parte sulla scena urbana e del territorio, nelle diverse fasi storiche, nei singoli momenti della storia.”* (Villani, 2006).

Il testo di Villani fa risalire questo confronto tra due visioni molto diverse della pianificazione urbanistica alla predisposizione del Piano Urbano Metropolitano per l'area

Milanese, un primo tentativo di piano regolatore intercomunale che, pur previsto dalla legge 1150 del 1942, non aveva ancora modelli di riferimento. Comprensibilmente nel momento in cui si affronta una pianificazione di area vasta, le dinamiche di sviluppo insediativo non erano prevedibili con esattezza, tanto più che l'esigenza del piano metropolitano nasceva per porre rimedio ad uno sviluppo spontaneo nei comuni della cintura non ancora provvisti di piano regolatore.

Il dibattito metodologico tra una prefigurazione del territorio (principalmente con la tecnica dello *zoning*) e un piano-processo che lascia un margine indefinito da completare man mano con la collaborazione di diversi attori ha attraversato (almeno in Italia) i due decenni successivi, soprattutto per quanto riguarda la pianificazione di area vasta.

In un saggio di Yezechiel Dror del 1963 troviamo una prima definizione generalista della pianificazione come “*un processo per preparare un insieme di decisioni per azioni future indirizzato a raggiungere degli obiettivi attraverso metodi ottimali*” (Dror, 1963) e in maniera più organica il confronto tra un metodo conformativo di piano-progetto (*blueprint planning*) e uno più evolutivo di piano-processo (*process planning*) viene descritto da Andreas Faludi (1973) che definisce queste due modalità come due approcci estremi e per certi versi complementari. Faludi associa due elementi importanti alla scelta del modello di piano-processo: un flusso informativo continuo e un periodo temporale esteso.

Quando la pianificazione riguarda un ambito in cui non c'è una immagine precisa dello stato da raggiungere ma permangono delle incertezze, il piano-processo definisce un programma di piano capace di adattarsi quando necessario. Per attivare questi adattamenti nel piano è necessario raccogliere informazioni in maniera continua: potremmo dire che il piano processo è *affamato di dati*, prima durante e dopo la realizzazione del programma di piano.

Questo aspetto è sicuramente applicabile alla MSP dove a causa della pluralità degli attori e della limitata conoscenza degli ecosistemi gli obiettivi di conservazione e sviluppo sostenibile possono essere realizzati in diverse forme e non c'è una immagine precisa prefigurata del risultato da raggiungere.

Il secondo elemento particolarmente interessante che introduce Faludi nella sua teoria è l'opportunità di utilizzare un piano-processo quando il periodo di tempo necessario a elaborare e implementare il piano è più esteso. Questo è sicuramente il caso della MSP, che

prevede un percorso che può essere anche molto lungo per la elaborazione del piano e dove in genere la fase di pianificazione vera e propria è preceduta da un processo di individuazione dei portatori di interesse e dei decisori politici cercando di instaurare un processo di decisione collettivo e partecipato.

Faludi segnala anche il paradosso di questa modalità di pianificazione: se da un lato si sceglie questa modalità perché non è possibile prefigurare una immagine precisa della situazione finale, dall'altro il programma di piano deve essere in grado di adattarsi velocemente alle informazioni che arrivano, e quindi una immagine della realtà da raggiungere è necessaria, serve per creare un quadro in cui inserire risposte di dettaglio o predisporre azioni standard da comporre in un processo più ampio.

Nel XXI secolo ormai la previsione di un livello di pianificazione strategica, non conformativo, affiancato da un livello operativo, diventa di prassi nelle nuove leggi regionali dedicate al governo del territorio (Reg. Veneto L.R 11, 2004; Reg. Lombardia L.R. 12, 2005; Regione Toscana L.R.65, 2014). Oltre alla partecipazione dei diversi soggetti coinvolti (che apportano i loro contributi e nuove informazioni), questo approccio necessita di raccogliere con regolarità i dati necessari a descrivere la situazione, oltre lo stato iniziale, per comprendere i cambiamenti in corso e verificare che si proceda verso gli obiettivi stabiliti e non in direzione contraria. Si tratta delle attività di monitoraggio che sono entrate a far parte anche delle normative che si applicano alla pianificazione.

In particolare nell'ambito della pianificazione ambientale la raccolta, organizzazione e gestione dei dati sono centrali per l'attuazione efficace delle direttive Habitat (Direttiva 92/43/CEE, 1992) e Uccelli (Direttiva 2009/147/CE, 2009) le quali prescrivono infatti una caratterizzazione degli habitat e delle specie all'interno della rete Natura 2000 e un aggiornamento periodico della base dati. Senza una base di dati solida e ben gestita, sarebbe impossibile garantire la protezione delle specie e degli habitat di interesse comunitario, e quindi raggiungere gli obiettivi di conservazione della biodiversità fissati dall'Unione Europea. Le indicazioni relative alla Valutazione Ambientale di piani e programmi [(Direttiva 2001/42/CE)] indicano esplicitamente l'obbligo di una attività costante di controllo e monitoraggio da parte degli stati membri, indicando anche l'opportunità di impiegare programmi di monitoraggio esistenti, per evitare duplicazioni nella raccolta dati.

Questo aspetto di evitare ripetizioni della raccolta dati, con il rischio di avere metodologie differenti e interpretazioni differenti dello stesso fenomeno, è di capitale importanza nel mio lavoro di tesi come verrà evidenziato meglio nel capitolo 3 dedicato al modello SDF e nel capitolo 4.5 che illustra la proposta redatta per il piano di monitoraggio previsto per i Piani dello Spazio Marittimo Italiano.

Nella logica del piano-processo, dunque, i dati che informano il pianificatore hanno un ciclo di vita regolare che prevede a grandi linee tre passaggi:

1. la raccolta di dati preliminare, per la costruzione di un quadro di conoscenza strutturato che descriva in maniera più completa possibile lo stato di fatto della realtà oggetto di pianificazione
2. l'elaborazione dei dati per la creazione di indicatori e che aiutino a comprendere effettivamente lo stato di fatto e ad elaborare gli obiettivi e le azioni di piano
3. la pubblicazione del piano e dei dati raccolti nell'ambito del quadro di conoscenza
4. il monitoraggio di alcuni indicatori (nel processo di VAS vengono definiti quelli di rilevanza ambientale) che permette di valutare l'efficacia del piano o la necessità di procedere ad un aggiornamento o ad una variante.

Un nuovo ciclo di pianificazione riparte in genere dalla raccolta di nuovi dati, che descrivano correttamente la situazione attuale e permettano di aggiornare il livello di partenza.

Dai dati alla conoscenza

La disponibilità di dati, da sola non ha valore in sé. Il dato è l'inizio di un percorso verso la saggezza che consente di prendere una decisione. Nell'economia della conoscenza è assodato il riferimento al modello DIKW (Data - Information - Knowledge – Wisdom) raffigurato in figura 6, che presuppone l'esistenza di livelli stratificati della conoscenza e la necessità di una elaborazione per passare al livello successivo (Ackoff, 1989):

- al primo livello di questa piramide troviamo il dato grezzo, che è un simbolo o un segnale senza valore in sé stesso;
- a partire dal dato si estrae l'informazione aggiungendo il contesto, la descrizione del

dato o una elaborazione statistica;

- al livello successivo troviamo la conoscenza di come un sistema funziona che può essere generata anche da sistemi di intelligenza artificiale tramite un processo di prove ed errori, la comprensione richiede un livello aggiuntivo del perché si generano gli errori e di come correggerli;
- infine la saggezza coincide con l'abilità di incrementare l'efficacia più che l'efficienza e di prendere decisioni eticamente giuste e responsabili.



Fig. 6: piramide DIKW

(by Longlivetheux@Wikimedia Commons)

Questo modo di esprimere il processo di costruzione della conoscenza è stato più volte messo in discussione, specie per la suddivisione in livelli gerarchici (Van, 2020), ma mantiene in gran parte la sua validità.

La fase di analisi del processo di piano consiste per certi versi in una risalita di questa piramide in cui ad ogni ciclo si procede con la raccolta dati, la loro organizzazione ed elaborazione in informazioni, l'estrazione di significato per creare conoscenza e l'aggiunta di intuizione per prendere decisioni sagge che si esprimono nelle azioni previste dal piano.

Tutto questo processo ricomincia a partire dai dati al ciclo successivo di pianificazione, ricordando la punizione a cui era sottoposto il re Sisifo nel regno dei morti (Omero, VIII-VI sec. a.C.) ma l'utilizzo di infrastrutture dati opportunamente progettate e gli algoritmi di machine learning alleviano non poco questa fatica.

Con l'avvento dei *Big Data*, anche la modalità di gestione dei dati è cambiata: in particolare si è passati da un modello di *data warehouse*, generalmente implementato con l'utilizzo di database relazionali, procedure ETL e reportistica ad un modello chiamato *Data lake* che punta ad archiviare i dati in grande quantità nel formato iniziale in cui vengono acquisiti e con diversi livelli di definizione e organizzazione, per poi effettuare all'interno del *repository* le operazioni di organizzazione e trasformazione del dato. Il dato viene reso accessibile tramite motori di ricerca, anche semantici, e api per applicazioni esterne, oltre a soluzioni dedicate che sono molto utilizzate in ambito enterprise si fanno strada ovviamente anche le soluzioni cloud based (Zagan & Danubianu, 2021) .

Per analogia, anche se non viene concettualizzato in ambito scientifico, si comincia ad usare anche il termine *data river* per indicare non solo il repository in cui vengono raccolti i dati *raw* ma anche il suo processo di alimentazione, spesso frazionato in più sorgenti (Groschupf, 2014), con particolare riferimento ai dati in real time che vengono analizzati ed elaborati con tecniche di *stream analytics*, (Pedreschi, 2019), e al fatto che il flusso di dati liberamente accessibili diventa il motore che fa girare le IA generative (Delacroix, 2023).

In *computer science*, si continua a riconoscere il valore di quelli che oggi sono chiamati *small data*, ovvero dati che non hanno le caratteristiche dei *big data* ma presentano una qualità maggiore vengono strutturati in infrastrutture dati che ne permettono l'integrazione e la scalabilità.

I big data occupano enormi volumi e sono prodotti in continuazione da processi automatici, sono contraddistinti da velocità (prodotti in *real time*) e ampia varietà. Al contrario i dati scientifici contengono un maggior valore informativo e rientrano più spesso nell'approccio *small data* che punta ad organizzare i dati creando ulteriore valore e conoscenza (Kitchin & Lauriault, 2015; Werner et al., 2023).

1.3.2 Dati di input

Quali dati devono essere raccolti per la MSP e come devono essere organizzati? Nella direttiva MSP e anche nei documenti precedenti ci sono alcune importanti indicazioni.

La guida IOC-UNESCO del 2009 all'interno dello step n. 5 (Defining and analyzing existing

conditions) suggerisce di censire e mappare le aree importanti sotto il profilo biologico ed ecologico da un lato e le attività marine e le pressioni dall'altro. Definisce almeno tre grandi categorie di dati spaziali: dati biologici ed ecologici, informazioni sulle attività umane, dati oceanografici e fisici. Viene indicato di privilegiare dati che danno la maggior copertura dell'area marittima rispetto a dati di elevata risoluzione in un ambito ristretto (Ehler & Douvere, 2009).

La Direttiva MSP all'articolo 8 elenca le attività umane da tenere in considerazione e all'articolo 10 afferma la necessità di utilizzare "i migliori dati disponibili" con riferimento soprattutto ai dati della ricerca, che fa affidamento su numerosi sistemi di telerilevamento e sensori in situ capaci di produrre dati automaticamente, ma nomina anche le informazioni che vengono prodotte dagli stakeholder, organizzate anch'esse in banche dati che si aggiornano annualmente per fornire informazioni di natura economica o rispondere ad esigenze normative.

Il TEG-MSP ha dedicato attenzione al tema di come strutturare i dati di input del processo MSP negli anni 2021-2023 e questo lavoro è stato condensato nel deliverable dal titolo *Maritime spatial planning data framework (MSPdF): how to structure input data for MSP process, monitoring & evaluation*. (Abramic, A. et al., 2023). Si tratta di una guida completa sviluppata per supportare la raccolta, l'organizzazione e l'utilizzo strutturato dei dati spaziali nei processi di Pianificazione Spaziale Marittima (MSP). Il quadro concettuale dell'MSPdF è stato progettato per facilitare la pianificazione, il monitoraggio e la valutazione dei piani spaziali marittimi, garantendo che i dati pertinenti siano raccolti sistematicamente e applicati efficacemente nelle decisioni.

L'MSPdF considera vari aspetti dell'ambiente marino, fattori socio-economici, governance e altro ancora. È stato progettato per aiutare a identificare lacune nei dati, armonizzare la raccolta dei dati tra le diverse regioni e migliorare la comparabilità e l'analisi dei dati marittimi.

Il *framework concettuale* si basa sull'esperienza di raccolta e organizzazione dati di progetti europei precedenti, come il progetto PLASMAR, e incorpora feedback e test da varie iniziative MSP nazionali e transfrontaliere, inoltre il progetto ReMAP ha prodotto un tool per l'implementazione del Framework nella revisione di piani esistenti.

Struttura del MSP data Framework

L'MSPdF propone sette data cluster tematici, ciascuno dei quali copre diversi aspetti della pianificazione spaziale marittima:

Marine & Coastal Environment: raggruppa le informazioni sullo stato dell'ambiente secondo gli indicatori previsti dalle direttive come la Direttiva Quadro sulla Strategia Marina (MSFD) e la Direttiva Quadro sulle Acque (WFD). Si propone di seguire la struttura degli 11 descrittori di qualità e 39 criteri che caratterizzano il Good Environmental Status (GES). Come ulteriore contributo si possono considerare i dati relativi al Good Ecological Status (GEcS) che segue indicatori di qualità biologica, chimica e idromorfologica.

Marine & Coastal Conservation and Designated sites: considera le aree marine protette, le aree costiere protette e i siti designati per misure di protezione, sia riguardo l'estensione che le regole di gestione i divieti. L'inventario è necessario per valutare i potenziali conflitti tra attività marittime e aree protette e garantire il rispetto degli obiettivi di conservazione. Le categorie utilizzate possono essere quelle definite da IUCN, INSPIRE, Rete Natura 2000 o il concetto di OECMs (OECMs, 2025).

Oceanographic characteristics and Climate: copre i dati oceanografici fisici e chimici, come la temperatura del mare, la salinità e le variabili climatiche. Questi dati possono essere organizzati secondo l'elenco delle Essential Ocean Variables definito dal gruppo di esperti del GOOS oppure secondo la lista dei parametri fisici di EMODnet Physics, o ancora secondo gli indicatori pubblicati da CMEMS.

Coastal Land use and Planning: dati importantissimi l'interazione tra terra e mare, compreso l'uso del suolo costiero, la pianificazione e i potenziali conflitti o sinergie tra attività costiere e marittime. La struttura dell'uso del suolo segue la classificazione HILUCS (definita in ambito INSPIRE) in sei classi principali, produzione primaria, secondaria, terziaria, resti di trasporto e infrastrutture, usi residenziali e altri usi.

Operative maritime activities and Maritime Spatial Planning: distribuzione attuale delle attività marittime, come la pesca, il trasporto marittimo e l'energia rinnovabile, e su come queste attività sono gestite attraverso la pianificazione spaziale. Utilizza la struttura del registro Extended HILUCS (EcoAqua, 2025) messo a punto in PLASMAR da parte dell'istituto EcoAqua dell'università di Las Palmas di Gran Canaria.

Socio-economic information: dati socio-demografici ed economici rilevanti per il processo di MSP, inclusi i dati sulla popolazione, sull'occupazione e sul reddito legato alle attività economiche negli ambiti marittimi e costieri.

Informazioni sulla Governance: Copre le competenze amministrative e la legislazione rilevante per la MSP, inclusa la distribuzione delle responsabilità tra i diversi livelli di governo e le normative che si applicano alle aree marittime e costiere. Le categorie economiche di riferimento sono codificate in ambito europeo nella nomenclatura gerarchica NACE e spazializzate secondo i livelli NUTS.

L'MSPdF fornisce liste di controllo e linee guida per la raccolta dei dati, garantendo che tutti i parametri pertinenti siano considerati. Aiuta a identificare le lacune nei dati e struttura il processo di raccolta per evitare ridondanze e garantire la rilevanza dei dati. Il quadro può essere utilizzato anche per monitorare e valutare l'implementazione dei piani spaziali marittimi. Il progetto ReMAP ha previsto un modulo software per l'applicazione del framework ai casi reali dei piani europei. Seguendo l'MSPdF, i pianificatori possono valutare l'efficacia dei loro piani e prendere decisioni informate per le future iterazioni.

Uno dei principali vantaggi dell'MSPdF è la sua capacità di armonizzare la raccolta e la gestione dei dati tra le diverse regioni e paesi, facilitando la cooperazione transfrontaliera e migliorando la qualità complessiva dei processi di MSP.

Il documento si conclude con raccomandazioni per l'applicazione dell'MSPdF nelle fasi di raccolta dei dati e di monitoraggio della MSP. Si suggerisce di utilizzare il quadro per guidare l'intero processo di MSP, dalla raccolta iniziale dei dati alla continua valutazione dei piani operativi.

1.3.3 Dati di output

Come ho illustrato nel paragrafo precedente la quantità e la diversità dei dati in ingresso per la pianificazione dello spazio marittimo richiedono una organizzazione ben strutturata. Questi dati rappresentano il quadro conoscitivo del piano e richiedono un'attenta analisi ed elaborazione tramite strumenti dedicati e l'applicazione della conoscenza scientifica per acquisire significato. Questi dati entrano a far parte del piano e la direttiva MSP (Directive 2014/89/EU, 2014) indica che devono essere condivisi e resi disponibili (art. 10)

Il risultato del processo di pianificazione è anch'esso complesso e articolato e in genere non può essere identificato con un unico prodotto che sia un documento o una serie di tavole o di mappe. La forma principale in cui viene espresso il piano è quella testuale: c'è da aspettarsi almeno un documento di piano (o più documenti) che presenta il percorso di pianificazione, il punto di partenza, i trend in atto, gli obiettivi di crescita sostenibile, l'approccio ecosistemico, le misure di protezione e di indirizzo per realizzare gli obiettivi.

Il piano MSP deve identificare la distribuzione spaziale e temporale delle attività ed usi del mare rilevanti sia esistenti che future (art.8), pertanto il piano deve essere reso accessibile anche secondo una rappresentazione cartografica.

Le modalità di rappresentazione cartografica sono molto differenti da paese a paese, (vedi cap. 1.4) ma poiché le informazioni cartografiche sono gestite con strumenti GIS e il piano è il risultato non solo di un disegno ma di analisi territoriali, si ravvisa quindi la necessità di utilizzare piattaforme informatiche per pubblicare direttamente i dati spaziali del piano, interrogabili e visualizzabili separatamente come livelli GIS e non semplicemente le mappe riassuntive che da questi dati derivano.

Nella maggior parte dei casi i dati spaziali integrati nel piano sono consultabili e scaricabili. La necessità di coinvolgere stakeholder e cittadini ha portato a utilizzare dei visualizzatori cartografici online, sotto forma di WEBGIS, per permettere la consultazione di questi livelli complessi e multiscala.

Le previsioni di piano vengono spazializzate in genere con la creazione di zone, identificati da poligoni a cui viene assegnato un uso attuale e un uso futuro o comunque una prospettiva di sviluppo. In alcuni casi il piano entra nel dettaglio delle previsioni dei singoli usi previsti, espandendo in pratica il livello dello stato di fatto, oppure vengono date delle indicazioni più strategiche in cui a ciascun elemento geometrico vengono assegnate delle vocazioni d'uso (è il caso del piano italiano).

Anche se non mancano i casi in cui la mappa digitale è legalmente vincolante (ad esempio il piano della Danimarca, (Danish Maritime authority & Danish Business Authority, 2019)) nella maggior parte dei casi la cartografia digitale è un elemento aggiuntivo ed è spesso pubblicata tramite un geoportale preesistente che assolve altre funzioni.

La cartografia digitale del piano viene in genere distribuita per una migliore comprensione dello stesso, sia tramite il download diretto, sia tramite i servizi interoperabili WMS e WFS e nella maggior parte dei casi anche tramite un visualizzatore web.

Data la complessità dei piani e la necessità di gestire molte informazioni si tratta di pubblicare tutti i livelli dati che descrivono il piano, non solo delle mappe stampate.

Vista la prospettiva di integrare i piani dei paesi membri in una gestione comune dei mari europei, la commissione ha favorito la possibilità di integrare i diversi piani all'interno della piattaforma EMODnet sotto il tema Human Activities.

Oltre al modello dati già realizzato da EMODnet per la pubblicazione dei piani (EMODnet, 2021), il lavoro del Technical Expert Group on Data for MSP (TEG-MSP) ha portato a definire in un documento dedicato ai dati di output (TEG on MSP data, 2021) alcune indicazioni per armonizzare il modello dati di ciascun piano ai fini della pubblicazione (vedi cap. 1.5).

Cosa dobbiamo aspettarci come dati di output dei Piano? La metodologia consolidata in MSP prevede come strumento lo zoning (Douvere, 2008), che ovviamente in MSP (a differenza dell'urbanistica) deve considerare anche il multiuso e una certa permeabilità dei limiti di zona. In genere possiamo distinguere due tipologie di layer:

- un gruppo di layer relativi agli **usi del mare**, definiti sia in positivo, cioè aree in cui l'uso è prioritario o semplicemente ammesso, che in negativo, cioè aree in cui l'uso è limitato da restrizioni oppure vietato (IOC-UNESCO, 2021a).
- un gruppo di layer relativi alle **previsioni normative** e limiti di giurisdizione, dove le unità di pianificazione sono legate in maniera dinamica a più di un uso secondo un modello di vocazione strategica per ogni area; questo è anche il modello utilizzato dai piani italiani (MIT, 2024).

Per quanto riguarda gli usi le attività umane possiamo ulteriormente distinguere i dataset dove il layer contiene geometrie che corrispondono a un oggetto fisico (i cavi sottomarini, gli impianti di acquacoltura, le piattaforme petrolifere o i parchi eolici), da quelli dove il layer contiene geometrie fittizie (ad esempio le zone militari, i corridoi di traffico, le aree escluse

dalla pesca).

1.3.4 Strumenti di gestione dati

Da quanto illustrato finora, emerge chiaramente che i dati necessari per l'attività di pianificazione dello spazio marittimo sono numerosi ed eterogenei. La gestione e l'organizzazione di una tale mole di dati provenienti da diversi settori ha richiesto fin da subito l'utilizzo di strumenti dedicati che aiutassero a fare una sintesi della situazione in maniera spazialmente esplicita. Nel corso di questi anni sono stati sviluppati numerosi strumenti a supporto della pianificazione dello spazio marittimo.

EMODnet - European Marine Observation and Data Network

Grazie all'iniziativa dell'Unione Europea esiste un unico ambito da cui è possibile ottenere gran parte dei dati rilevanti per la pianificazione dello spazio marittimo.

L'European Marine Observation and Data Network (EMODnet) infatti è un'iniziativa dell'Unione Europea volta a raccogliere, armonizzare e rendere disponibili dati marini e costieri di qualità.

Questo progetto è essenziale per supportare le politiche ambientali e marittime dell'UE ed è ovviamente pensato per dare supporto agli stati membri nella attuazione delle direttive comunitarie come la direttiva MSFD (2008/56/EC) e la direttiva MSP (EMODnet facilita l'accesso ai dati per una vasta gamma di utenti, tra cui governi, industrie, scienziati e altri stakeholder).

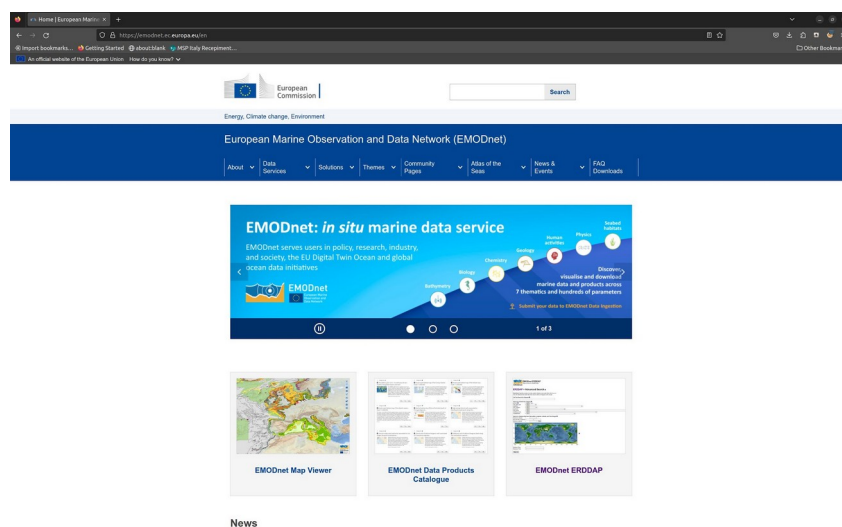


Fig. 7: schermata della pagina iniziale del portale EMODnet

EMODnet è stato realizzato a partire dal 2009 come una serie di portali tematici, inizialmente sei, poi sette, ognuno dei quali si concentrava su un diverso tipo di dati marini. Successivamente, l'infrastruttura informatica è stata unificata e oggi si presenta come un unico portale (Figura 7) da dove è possibile accedere ai dati di tutti e sette gli ambiti individuati in precedenza alla voce *themes*. I sette temi sono definiti così:

1. Bathymetry
2. Biology
3. Chemistry
4. Geology
5. Human Activities
6. Physics
7. Seabed Habitats

EMODnet Bathymetry fornisce dati sulla topografia dei fondali marini, incluse mappe batimetriche e modelli digitali di elevazione (DEM) dei fondali. Questi dati sono cruciali per la navigazione, la ricerca scientifica e la gestione costiera. Il portale raccoglie dati da numerose fonti, tra cui sonar a scansione laterale, ecoscandagli e satelliti, e li integra in un formato coerente e accessibile.

EMODnet Geology contiene informazioni geologiche riguardanti il sottosuolo marino, inclusi dati sui sedimenti del fondo marino, la distribuzione dei substrati e le caratteristiche geologiche. Questi dati sono essenziali per lo studio dei rischi geologici e per l'industria

estrattiva. Il portale offre accesso a mappe geologiche, profili sismici e dati di carotaggio.

EMODnet Seabed Habitats offre dati sugli habitat del fondo marino, con mappe che mostrano la distribuzione degli habitat marini in diverse regioni europee. Questo portale è particolarmente utile per la conservazione della biodiversità marina e la gestione delle aree protette. I dati provengono da indagini sul campo, telerilevamento e modelli predittivi.

EMODnet Chemistry fornisce dati sulla chimica del mare, come la qualità dell'acqua, la concentrazione di nutrienti, i contaminanti e altri parametri chimici. Questi dati sono fondamentali per monitorare l'inquinamento marino e la salute degli ecosistemi. Il portale raccoglie dati da boe, stazioni di monitoraggio costiere, navi da ricerca e satelliti.

EMODnet Biology contiene dati biologici, inclusa la distribuzione e l'abbondanza di specie marine, dalle alghe ai mammiferi marini. Questi dati sono utilizzati per la ricerca ecologica e la gestione della biodiversità. Le fonti di dati includono monitoraggi sul campo, campagne di campionamento biologico e registrazioni da parte di cittadini scienziati.

EMODnet Physics racchiude i parametri più strettamente attinenti alla disciplina della oceanografia fisica, come temperatura, salinità, livello del mare correnti e onde. I dati sono raccolti da diverse tipologie di sensori, fissi e mobili, per lo più riuniti in reti di misurazione globali. Ai dati da sensori si aggiungono numerosi modelli oceanografici che vengono utilizzati per prevedere l'evoluzione delle maree e dello stato del mare, la dispersione degli inquinanti o ricostruire i fenomeni passati. Questi dati sono cruciali per la modellazione oceanografica e la previsione meteorologica. Il portale integra dati provenienti da boe, satelliti, droni sottomarini e stazioni di monitoraggio costiere.

EMODnet Human Activities offre informazioni sulle attività umane che avvengono in mare, come la pesca, il trasporto marittimo, l'estrazione di risorse e le installazioni di energia rinnovabile. La parte di EMODnet Human Activities pubblica anche i piani MSP dei paesi membri in attuazione della direttiva MSP 2014/89/EU. La maggior parte dei dati sono raccolti da fonti ufficiali, autorità governative o loro delegati, ma ci sono anche contributi delle istituzioni di ricerca e di agenzie dell'Unione Europea.

Tra i layer riferiti alle attività umane, merita una considerazione particolare il layer relativo al traffico marittimo delle *route density maps* (EMSA, 2019), che viene fornito dall'agenzia

europea per la sicurezza marittima EMSA come una mappa di concentrazione che presenta in ogni pixel il valore del numero di rotte per km². Viene calcolato un layer con la media di ogni mese a partire dal 2019 e il visualizzatore di EMODnet consente di mostrare un'animazione che mostra l'andamento temporale del dato, l'interfaccia di controllo è visibile nella figura 8.

Per le sue caratteristiche, questo tipo di dato è già predisposto per esser considerato un flusso dati secondo il modello SDF che illustrerò nel capitolo 3: la pianificazione infatti può considerare il dato non solo nella media annuale all'inizio del piano, ma anche nelle variazioni annuali, nei valori cumulati, nelle medie mobili e altro. Poiché le mappe sono già pienamente sovrapposte possono essere calcolate statistiche sull'andamento temporale con semplici operazioni di map algebra. Questo è particolarmente utile per calcolare gli impatti su componenti ambientali che non hanno lo stesso grado di vulnerabilità tutti i giorni dell'anno.

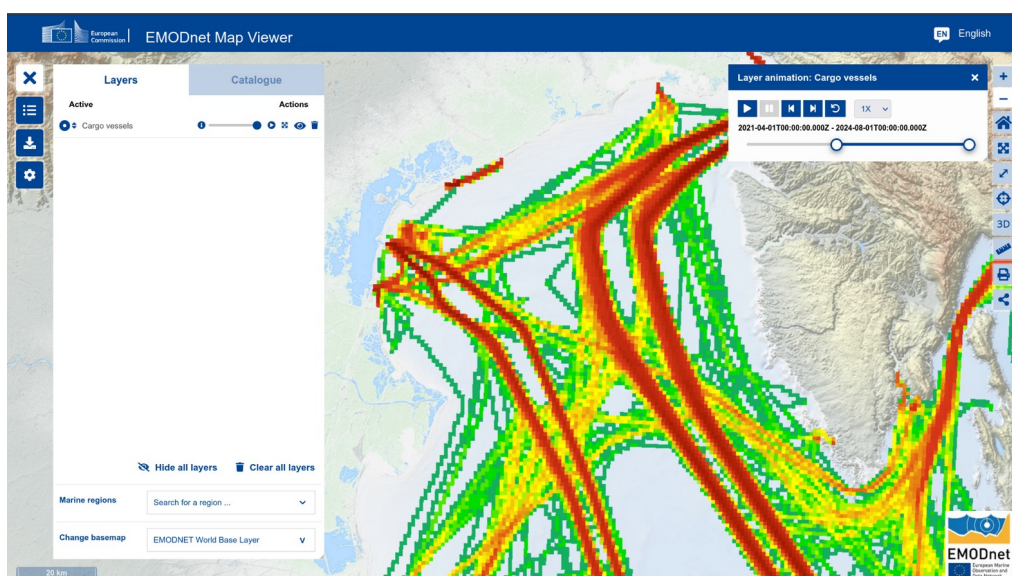


Fig. 8: la mappa della route density (Cargo) nel visualizzatore di EMODnet

La raccolta dei dati marini per EMODnet avviene attraverso una rete di collaborazioni con istituzioni scientifiche, enti governativi, organizzazioni non governative e industrie. I dati possono provenire da una varietà di fonti:

- Stazioni di monitoraggio costiere: Forniscono dati continui sulla qualità dell'acqua, la temperatura, la salinità e altri parametri.

- Navi da ricerca: Conducono campagne di campionamento per raccogliere dati su biologia, geologia e chimica marina.
- Boe e piattaforme offshore: Raccolgono dati fisici come onde, correnti, temperatura e salinità.
- Satelliti: Forniscono dati telerilevati su temperature della superficie del mare, clorofilla e altri parametri.
- Progetti di ricerca: Conducono studi specifici e raccolgono dati dettagliati su habitat, specie e processi oceanografici.

Una volta raccolti, i dati devono essere inseriti nel sistema EMODnet. Questo processo include diverse fasi:

Validazione: I dati raccolti vengono sottoposti a controlli di qualità per garantire che siano accurati e affidabili.

Formattazione: I dati vengono convertiti in formati standardizzati per facilitare l'integrazione e l'uso condiviso. I formati comuni includono CSV, NetCDF e shapefile.

Armonizzazione: I dati provenienti da diverse fonti vengono armonizzati per garantire che siano coerenti e compatibili tra loro. Questo processo può includere la normalizzazione delle unità di misura, l'allineamento dei sistemi di riferimento spaziali e temporali, e la standardizzazione delle nomenclature.

Inserimento: I dati armonizzati vengono inseriti nei database di EMODnet e resi accessibili attraverso i portali tematici. Gli utenti possono accedere ai dati tramite interfacce web user-friendly, API e servizi di download.

L'armonizzazione dei dati è una fase importante del processo di integrazione dei dati in EMODnet e viene effettuata con il contributo di esperti selezionati. Questo processo assicura che i dati provenienti da diverse fonti possano essere combinati e utilizzati in modo coerente. L'armonizzazione dei dati include:

- Standardizzazione delle Unità di Misura: Assicurare che tutti i dati siano espressi

nelle stesse unità di misura. Ad esempio, le temperature dell'acqua possono essere convertite tutte in gradi Celsius.

- Allineamento dei Sistemi di Riferimento Spaziali e Temporal: Garantire che i dati siano georeferenziati in un sistema di coordinate comune, come il WGS84, e che i tempi siano espressi in un formato uniforme, come l'UTC.
- Standardizzazione: Utilizzare terminologie e codici standard per descrivere variabili, specie, habitat e altre categorie di dati. Ad esempio, l'uso di codici internazionali per le specie marine.
- Controllo di Qualità: Applicare procedure di controllo di qualità per rilevare e correggere errori nei dati. Questo può includere controlli automatici, come il rilevamento di valori anomali, e verifiche manuali da parte di esperti.

Dal punto di vista dell'utente, accedere ai dati di EMODnet è un processo semplice e intuitivo, ma richiede una comprensione di base delle interfacce e dei servizi offerti. Ecco una panoramica del processo di accesso ai dati:

Navigazione sul Portale: Gli utenti iniziano visitando uno dei portali tematici di EMODnet, dove possono esplorare i dati disponibili. I portali offrono strumenti di ricerca e filtri che permettono di trovare rapidamente i dati di interesse.

Visualizzazione dei Dati: Una volta individuato un set di dati di interesse, l'utente può visualizzarlo direttamente sul portale utilizzando mappe interattive, grafici e tabelle. I portali EMODnet offrono strumenti di zoom, pan e altri controlli per esplorare i dati a diversi livelli di dettaglio.

Download dei Dati: Se l'utente desidera utilizzare i dati per analisi personali o progetti, può scaricarli in diversi formati, come CSV, NetCDF, o shapefile. Alcuni portali offrono anche la possibilità di scaricare subset di dati personalizzati in base a criteri specifici.

Utilizzo di API: Per utenti più avanzati o sviluppatori, EMODnet fornisce API che permettono di accedere ai dati in modo programmatico. Questo è utile per integrare i dati in applicazioni, strumenti di analisi o per eseguire download automatizzati.

Accesso ai Servizi di Visualizzazione: Gli utenti possono utilizzare servizi di visualizzazione

come WMS e WFS per integrare mappe e dati EMODnet in sistemi GIS esterni o piattaforme di analisi geospaziale.

Supporto e Documentazione: EMODnet offre un ampio supporto agli utenti, inclusa documentazione tecnica, guide all'uso e un servizio di assistenza. Questo aiuta gli utenti a sfruttare al meglio le funzionalità dei portali e a risolvere eventuali problemi.

EMODnet è utilizzato in una vasta gamma di applicazioni, che vanno dalla ricerca scientifica alla gestione delle risorse marine, dalla pianificazione spaziale marittima all'industria e all'educazione. Alcuni esempi di applicazioni includono:

Tra le sfide che dovrà affrontare EMODnet in futuro c'è la necessità di continuare a migliorare l'armonizzazione dei dati, garantire la sostenibilità a lungo termine dell'infrastruttura e adattarsi a nuove esigenze emergenti, come la crescente richiesta di dati in tempo reale e la opportunità di integrare nuove fonti di dati, come i dati dai veicoli autonomi sottomarini o i dati generati da progetti di citizen science su larga scala.

EMODnet in futuro vedrà probabilmente un'espansione delle sue capacità, con l'integrazione di nuove tecnologie, come l'intelligenza artificiale e il machine learning, per migliorare l'analisi dei dati e la previsione delle condizioni marine. Inoltre, EMODnet continuerà a giocare un ruolo chiave nel supportare l'implementazione delle politiche marittime e ambientali dell'UE, contribuendo a una gestione sostenibile delle risorse marine.

Copernicus Marine Environment Monitoring Service CMEMS

Il portale Copernicus Marine è un pilastro fondamentale del programma Copernicus, un'iniziativa della Commissione Europea che mira a fornire informazioni tempestive e precise sull'ambiente terrestre e marino. Il programma Copernicus, originariamente lanciato come Global Monitoring for Environment and Security (GMES), ha subito una trasformazione significativa a partire dal 2014, quando è stato rinominato Copernicus in onore dell'astronomo Nicolaus Copernicus.

Il portale Copernicus Marine, noto anche come Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS), è stato sviluppato e lanciato ufficialmente nel 2015 con l'obiettivo di supportare la gestione sostenibile delle risorse marine e la protezione degli ecosistemi marini.

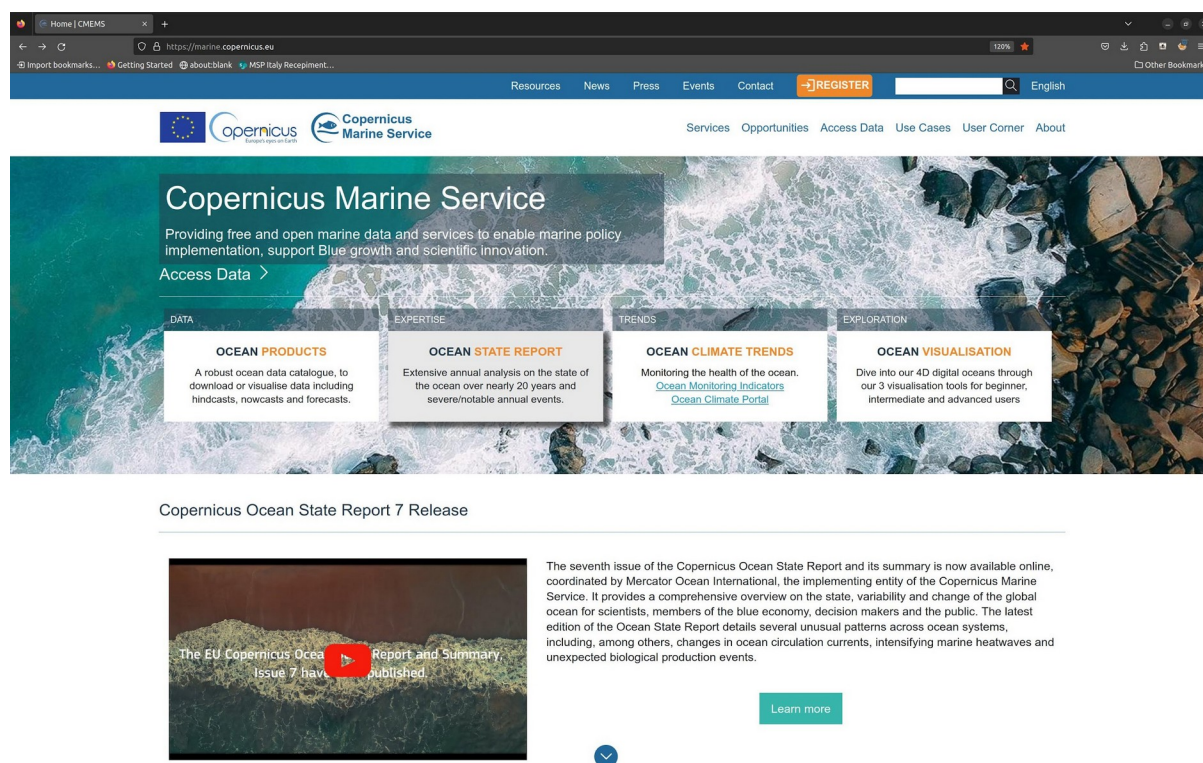


Fig. 9: home page del portale CMEMS

La gestione e la manutenzione del portale Copernicus Marine (figura 9) sono affidate a Mercator Océan International, un'organizzazione senza scopo di lucro con sede in Francia, che coordina un consorzio internazionale di partner scientifici e tecnici. Mercator Océan ha una lunga esperienza nella modellizzazione oceanica e nella previsione dei fenomeni marini, il che la rende un'entità ideale per supervisionare un'infrastruttura complessa come il CMEMS.

Il ruolo di Mercator Océan include non solo la gestione quotidiana del portale, ma anche l'assicurazione che i dati forniti siano accurati, aggiornati e facilmente accessibili. L'organizzazione lavora a stretto contatto con numerosi istituti di ricerca, centri meteorologici e agenzie spaziali europee, come l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e l'Organizzazione Europea per l'Utilizzo dei Satelliti Meteorologici (EUMETSAT), per raccogliere e elaborare i dati.

Per quanto riguarda la raccolta dei dati le fonti che alimentano il portale sono diverse: i dati presenti sul portale Copernicus Marine sono raccolti attraverso una combinazione di

osservazioni satellitari, boe oceaniche, navi di ricerca, e modelli numerici avanzati. Le fonti satellitari, gestite da agenzie come l'ESA e EUMETSAT, forniscono informazioni critiche sulla superficie del mare, come la temperatura, la salinità e il livello del mare. Le osservazioni in situ, raccolte tramite boe e navi, offrono dati più dettagliati su parametri specifici, come le correnti oceaniche e la composizione chimica dell'acqua.

Una volta raccolti, i dati vengono organizzati e integrati anche utilizzando modelli oceanografici e algoritmi di assimilazione dei dati. Questi modelli sono essenziali per trasformare le osservazioni grezze in prodotti di dati coerenti e utilizzabili, come mappe delle correnti oceaniche, previsioni di temperatura, e analisi della biogeochimica marina.

Il portale Copernicus Marine offre un lungo elenco di dati derivanti dall'osservazione satellitare e successive elaborazioni. I dati che possono essere suddivisi in quattro categorie principali:

- Dati fisici: comprendono informazioni sulla temperatura della superficie del mare, salinità, correnti oceaniche, livelli del mare e onde.
- Dati biogeochimici: includono la concentrazione di clorofilla, ossigeno disciolto, nutrienti e acidità dell'oceano.
- Dati glaciologici: misurano l'estensione e lo spessore della banchisa ghiacciata nelle regioni polari.
- Dati storici e rianalisi: offrono una visione a lungo termine delle condizioni oceaniche, utile per lo studio dei cambiamenti climatici e la modellizzazione futura.

La frequenza di aggiornamento di questi dati varia a seconda della tipologia. Ad esempio, i dati satellitari relativi alla temperatura superficiale del mare possono essere aggiornati giornalmente, mentre le analisi più complesse, come le rianalisi storiche, possono essere aggiornate con cadenza mensile o annuale.

Oltre all'accesso ai dati il portale CMEMS ha realizzato una serie di servizi indirizzati in particolare agli utenti della comunità scientifica, ma vi sono anche visualizzatori online che possono essere apprezzati da un pubblico differente quali ad esempio i decisori e i portatori di interesse legati alla Blue economy.

I servizi richiedono una registrazione che inserisce in una vera e propria comunità di utenti con cui i gestori della iniziativa mantengono un dialogo costante.

Tra i principali servizi offerti troviamo:

- Previsioni Oceanografiche: il portale fornisce previsioni a breve e medio termine su parametri come temperatura, correnti e onde, che sono fondamentali per la navigazione, la pesca e la gestione delle emergenze.
- Rianalisi di dati storici: questi dati sono cruciali per gli studi sul cambiamento climatico, poiché consentono di analizzare le tendenze a lungo termine delle condizioni oceaniche.
- Visualizzatori di Dati: strumenti interattivi che permettono agli utenti di esplorare i dati in maniera visiva, facilitando l'interpretazione e l'analisi.
- Supporto Tecnico e Formazione: il portale offre guide, tutorial e assistenza per aiutare gli utenti a sfruttare al meglio i dati e i servizi disponibili.

HELCOM Basemaps e HELCOM MADS

Il portale HELCOM Basemaps (figura 10) è uno strumento interattivo sviluppato dalla Commissione per la Protezione dell'Ambiente Marino del Mar Baltico (HELCOM) per fornire accesso a una vasta gamma di dati geospaziali relativi all'ambiente marino del Mar Baltico. Questo strumento è destinato a supportare ricercatori, responsabili delle politiche ambientali, educatori e altri soggetti interessati alla gestione e alla protezione dell'ecosistema marino del Mar Baltico.

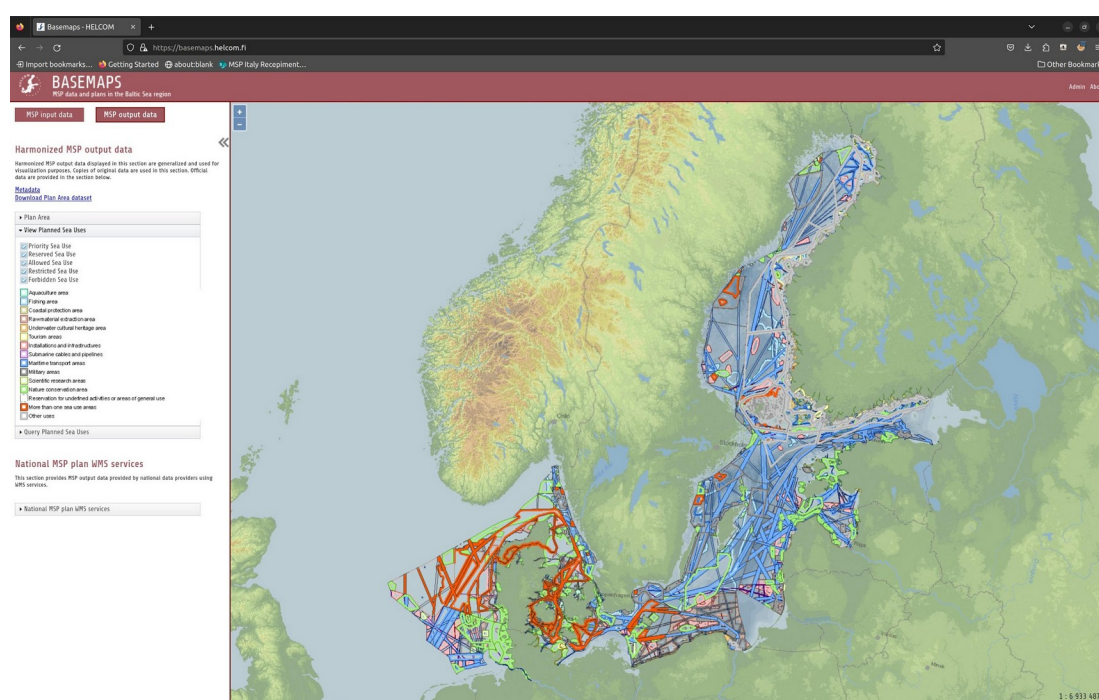


Fig. 10: schermata del portale HELCOM Basemaps

HELCOM Basemaps è un servizio di mappatura che consente l'accesso ai dati e ai piani relativi alla pianificazione spaziale marittima (MSP) nel Mar Baltico. Il portale è stato sviluppato per rispondere alla necessità di avere dati transfrontalieri, aggiornati e affidabili per la pianificazione nazionale della MSP, un'esigenza che è emersa già nel 2012 con il progetto BaltSeaPlan.

Il portale è stato ulteriormente sviluppato nell'ambito del progetto **Baltic LINES** (2016-2019) e PanBalticScope (2017-2019), con l'obiettivo di migliorare la visualizzazione dei piani MSP armonizzati.

HELCOM Basemaps organizza i dati principalmente in due macro-categorie: **MSP input data** per tutti i dati in ingresso e **MSP output data** per i risultati dei piani nazionali. Questi dati sono pubblicati e mantenuti dai fornitori nazionali di dati attraverso standard aperti definiti dall'OGC, come WMS (Web Map Service) e WFS (Web Feature Service). Il portale supporta anche l'accesso a layer ArcGIS REST.

L'accesso ai dati sul portale HELCOM Basemaps è possibile senza la necessità di registrarsi. Il portale utilizza standard aperti per garantire che i dati siano facilmente accessibili e utilizzabili in vari software di GIS (Geographic Information System).

Gli utenti possono navigare tra le mappe e i dati disponibili utilizzando un'interfaccia interattiva. Le mappe sono organizzate in categorie tematiche che facilitano l'individuazione delle informazioni necessarie.

I dati possono essere scaricati nel formato nativo con cui il fornitore nazionale li ha messi a disposizione. Il download è possibile seguendo un link che compare direttamente sulla mappa alla visualizzazione del layer.

HELCOM Basemaps è orientato ad offrire l'accesso ai dati attraverso servizi WMS e WFS, permettendo agli utenti di integrare questi dati nei loro sistemi GIS.

HELCOM Basemaps è un portale volutamente molto semplice e non si rivolge solamente agli esperti ma a tutte le tipologie di utenti coinvolti nei processi di pianificazione marittima, pianificatori e altri tecnici, decisori pubblici a partire dalle autorità competenti, ricercatori e organizzazioni non governative che si occupano della gestione sostenibile del Mar Baltico.

Prima che i piani MSP fossero disponibili su EMODnet è stato il primo portale ad aggregare e visualizzare le previsioni di piano a livello di bacino. Poiché il mar Baltico è sotto la giurisdizione di diverse autorità nazionali è imprescindibile poter confrontare le previsioni di piano a livello transfrontaliero. Inoltre il portale è direttamente collegato ai dati pubblicati dalle singole autorità competenti MSP che possono essere consultati direttamente nelle lingue locali.

Per aggregare i dati di pianificazione anche HELCOM ha messo a punto un modello dati condiviso che è comunque ampiamente compatibile con il modello EMODnet.

L'accesso ai dati è semplice e aperto, mentre per i fornitori di dati nazionali è disponibile un accesso riservato.

Accanto a HELCOM Basemaps la stessa organizzazione mette a disposizione uno strumento più completo per accedere direttamente alle informazioni spaziali in formato già armonizzato tra i diversi stati e si tratta di HELCOM Maps and Data Services (MADS figura 11) che raccoglie in particolare tutti i dati delle valutazioni olistiche (Holistic Assessment) che sono tre diverse iniziative di raccolta e armonizzazione dati riguardo gli indicatori ambientali e le pressioni esercitate dalle attività umane sull'ambiente naturale del mar baltico. Il portale è collegato ad un catalogo di metadati in cui circa un migliaio di dataset sono ricercabili e scaricabili.

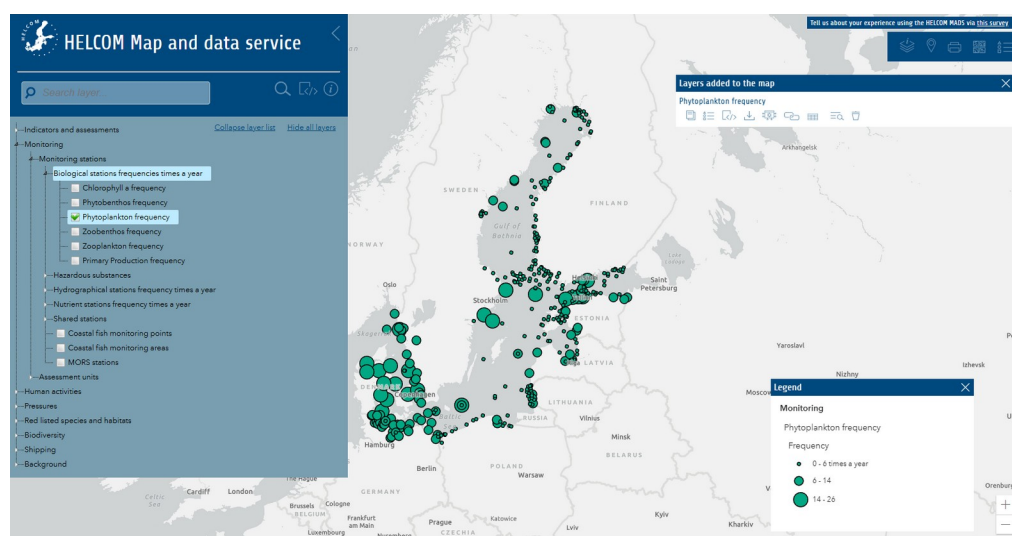


Fig. 11: la interfaccia di HELCOM Maps and data service

GAIR Geoportal of Adriatic-Ionian Region

Il Geoportale della Regione Adriatico-Ionica (GAIR) (Menegon et al., 2023) è una piattaforma progettata per supportare la Pianificazione Spaziale Marittima (MSP) nella Regione Adriatico-Ionica (AIR- Adriatic Ionian Region) ed è il principale risultato del progetto Porto di Mare, un progetto europeo sviluppato nell'ambito del programma Interreg ADRION 2014–2020. Si tratta una piattaforma digitale integrata per la gestione sostenibile delle aree costiere e marine del Mare Adriatico e Mar Iono. GAIR è basato sul software open-source GeoNode e consolida vari dati geospaziali, strumenti e sistemi di supporto decisionale in un unico spazio virtuale (figura 12). Questo facilita processi decisionali coordinati,

coerenti a livello transnazionale e trasparenti per la gestione costiera e marina.

L'infrastruttura è ospitata e mantenuta da Regione Emilia-Romagna.

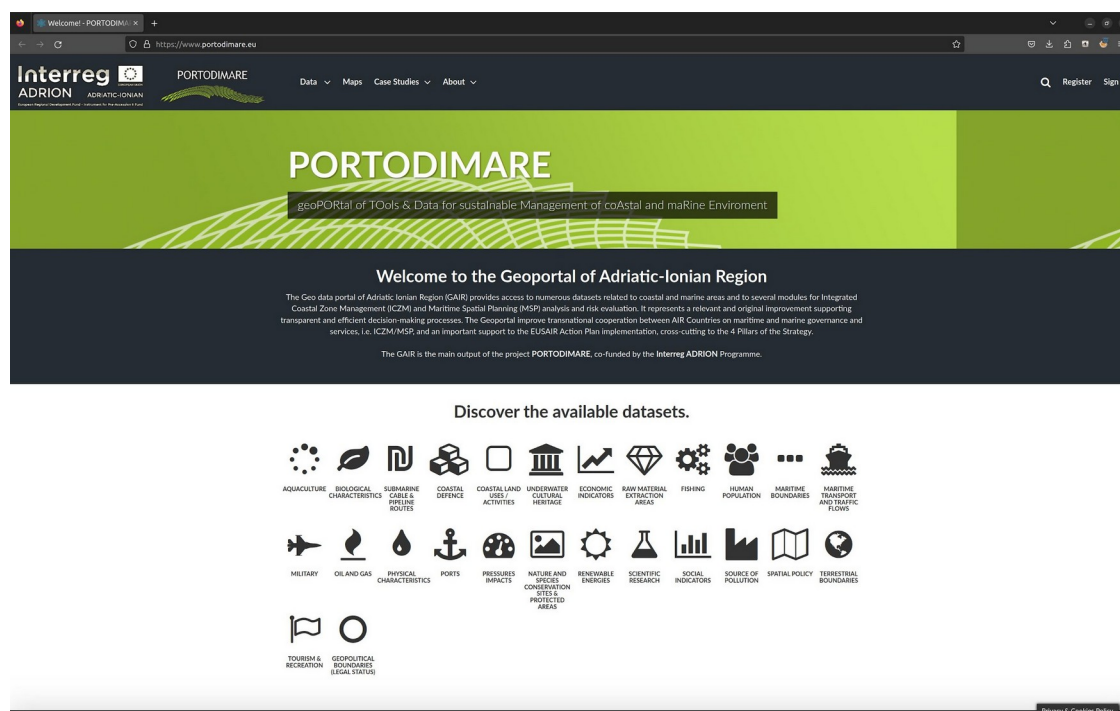


Fig. 12: la homepage del GAIR - Geoportal of Adriatic-Ionian Region

GAIR svolge prima di tutto la funzione di archivio centrale per dati geospaziali corredati di metadati e documenti e relativi alla pianificazione marittima e costiera. Già dalla conclusione del progetto nel 2020 la piattaforma ospitava circa 500 dataset, categorizzati per argomenti, scale spaziali e livelli di validazione (es. dati ufficiali, dati di ricerca).

Gli utenti possono creare e condividere mappe interattive composte da più livelli geospaziali. Queste mappe possono essere personalizzate e utilizzate per varie analisi, come l'identificazione di conflitti spaziali o la valutazione degli impatti ambientali.

GAIR offre un'interfaccia di ricerca potente che combina ricerca testuale libera, navigazione a faccette e funzionalità di anteprima. Questo consente agli utenti di individuare e esplorare facilmente diversi tipi di contenuti, come livelli, mappe e documenti.

Geo CMS: questo componente consente agli utenti di gestire i contenuti all'interno della piattaforma, inclusi il caricamento di nuovi set di dati, la modifica di quelli esistenti e la

gestione dei permessi. La GUI include anche un Visualizzatore di Mappe e un Compositore per creare mappe web multi-livello.

Moduli software e casi di studio: questa interfaccia aggiuntiva permette agli utenti di eseguire analisi dettagliate utilizzando gli strumenti geospaziali della piattaforma. Gli utenti possono selezionare specifici casi studio (sempre all'interno della regione Adriatico-Ionica) e utilizzare vari moduli analitici per generare risultati spaziali e statistici.

GeoDataBuilder: Questo strumento consente agli utenti di definire nuove espressioni di livello geospaziale utilizzando operazioni di map algebra (es. somma, moltiplicazione). Gli utenti possono combinare dataset in un nuovo layer da visualizzare in mappa, personalizzare gli input delle analisi e persino integrare i risultati di un modulo software da utilizzare come input di un altro modulo.

Moduli di supporto alle decisioni:

GAIR include sette moduli software geospaziali specializzati che rispondono a diversi aspetti della MSP:

Cumulative effect assessment (CEA): Valuta e mappa gli impatti cumulativi delle attività umane sui componenti ambientali. Questo strumento è cruciale per la gestione basata sugli ecosistemi ed è ampiamente utilizzato nei mari europei.

Multi-Use and Conflicts (MUC): Identifica le aree marine dove si verificano conflitti spaziali tra diversi usi, come la pesca commerciale e il trasporto marittimo.

Particle tracking (PARTRAC): simula la dispersione di contaminanti o particelle nell'ambiente marino, utilizzando modelli idrodinamici standardizzati per prevederne il movimento.

Aquaculture Zoning Assessment (AZA): implementa un metodo di analisi multicriterio spazialmente esplicita per identificare aree idonee all'acquacoltura, bilanciando la protezione ecologica con le esigenze socio-economiche.

Coastal Oil spill vulnerability (OILSPILL): Valuta la vulnerabilità costiera alle dispersioni di petrolio e idrocarburi, fornendo mappe dinamiche che riflettono il rischio e l'impatto degli

sversamenti su diverse aree costiere.

Small Scale Fishery Footprint (SSF) e Medium Scale Fishery Footprint + CEA (MSF/CEA): Visualizza la pressione di pesca esercitata dalla pesca su piccola e media scala, combinando analisi multi-criteriali e tecniche geospaziali per definire le impronte di pesca.

GAIR utilizza la gestione utenti di GeoNode che permette di organizzare gli utenti registrati in gruppi e gestire i permessi di ogni risorsa in maniera granulare definendo i gruppi o gli utenti che possono leggerla, modificarla o scaricarla. Il portale è progettato seguendo un'architettura orientata ai servizi che include tre principali livelli astratti: Interfacce Grafiche per l'Utente (GUI), un livello di accesso per servizi interoperabili e API RESTful, e un livello di risorse per l'archiviazione e gestione delle risorse. La piattaforma utilizza protocolli standard dell'Open Geospatial Consortium (OGC) per garantire l'interoperabilità con servizi geospaziali esterni e repository di dati. Questo consente a GAIR di integrarsi con altri sistemi e database, come EMODnet e Copernicus.

Per quanto riguarda le tecnologie utilizzate GAIR è costruito sulla piattaforma GeoNode, che fornisce funzionalità di gestione dei contenuti geospaziali. La piattaforma sfrutta tecnologie open-source come Django, GeoServer, PostgreSQL ed Elasticsearch per gestire e fornire dati geospaziali in modo efficiente.

Framework di Programmazione: La piattaforma utilizza una combinazione di Python per l'elaborazione backend e JavaScript/React/Redux per il frontend. Il linguaggio R è utilizzato per moduli specifici, in particolare quelli che trattano la manipolazione e l'analisi dei dati geospaziali.

Le funzionalità di GAIR sono dimostrate attraverso un caso studio nella Regione Emilia-Romagna, dove lo strumento CEA è utilizzato per valutare gli impatti ambientali cumulativi. L'ambito del caso studio evidenzia la capacità della piattaforma di supportare i processi di MSP regionali fornendo analisi spaziali dettagliate che informano il processo decisionale.

Il geoportale è stato sviluppato nell'ambito del Progetto Interreg Adrion Portodimare e il codice sorgente è pubblicato nel repository pubblico di Regione Emilia-Romagna (<https://github.com/RegioneER/portodimare-gair>) e nel catalogo del riuso di AGID (<https://developers.italia.it/it/software/github.com/regioneer/portodimare-gair.html>).

1.4 La pubblicazione dei piani MSP negli altri paesi europei

In questa sezione vengono presentati degli esempi inerenti alla gestione e alla pubblicazione dei piani MSP per alcuni paesi europei evidenziando le modalità di pubblicazione e analizzando le funzionalità del WebGIS ove presenti.

1.4.1 Spagna

Percorso

La direttiva 2014/89/UE è stata recepita dalla Spagna con il Real Decreto 363/2017 con riferimento alla precedente legge 41/2012 che già stabiliva le cinque aree marittime.

L'autorità competente è il Ministero per la transizione ecologica e la sfida demografica (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) e il processo di pianificazione ha coinvolto tutti i ministeri

I Piani di Spazio Marittimo della Spagna sono stati approvati con decreto reale 150/2023 del 28 febbraio 2023

Fonti dati

La pagina del MITECO dedicata alla pianificazione dello spazio marittimo (OEM Ordenación del espacio marítimo) riporta che hanno contribuito alla raccolta dei dati scientifici per l'elaborazione del piano anche i gruppi di ricerca dell'Istituto Spagnolo di Oceanografia (IEO-CSIC dipendenti dal ministero della ricerca scientifica e innovazione) e del Centro Studi e sperimentazione delle Opere Pubbliche (CEDEX del ministero dei trasporti , mobilità e agenda urbana).

Pubblicazione del piano

The screenshot shows the official website of the Spanish Ministry of the Environment, specifically the 'Ordenación del espacio marítimo' (Maritime Space Planning) section. The page is in Spanish and includes a navigation menu on the left, a main content area, and a sidebar on the right.

Navigation Menu (Left):

- Temas
 - Modificación de la Ley de Costas
 - Protección de la costa
 - Procedimientos y gestión del dominio público marítimo-terrestre
 - Protección del medio marino
 - Estrategias marinas**
 - Actividades humanas
 - Protección internacional del mar
 - Ordenación del espacio marítimo**
 - Informes ambientales
- Servicios
- Campañas
- Estadísticas
- Formación, congresos y jornadas
- Legislación
- Participación pública
- Planes y estrategias
- Proyectos de cooperación
- Publicaciones y documentación
- Preguntas frecuentes
- Enlaces de interés

Main Content Area:

Ordenación del espacio marítimo

InfoMAR <http://www.infomar.miteco.es/visor.html>

Real Decreto 150/2023, de 28 de febrero, por el que se aprueban los planes de ordenación del espacio marítimo de las cinco demarcaciones marinas españolas (POEM)

POEM parte específica (bloque III)

- Demarcación marina noratlántica
- Demarcación marina levantino-balear
- Demarcación marina del Estrecho y Alborán
- Demarcación marina sudatlántica
- Demarcación marina canaria

Resumen ejecutivo POEM

¿Qué es la ordenación del espacio marítimo y por qué es necesaria?

¿Cómo se está aplicando en España?

La OEM en el contexto de la UE y en el ámbito internacional

Contacto

Accesos directos (Right Sidebar):

- Estrategias marinas
- Protección internacional del mar
- Plan Ribera
- Basuras marinas
- Informes ambientales
- Actividades humanas
- Hábitats y especies marinas
- Espacios marinos protegidos

Fig. 13: la pagina di pubblicazione del piano Spagnolo sul sito del Ministero

La Pianificazione Spaziale Marittima della Spagna (POEM) è accessibile sia tramite la pagina ufficiale sul sito del ministero (<https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/ordenacion-del-espacio-maritimo.html>) e i dati cartografici sono pubblicati su un WEBGIS dedicato, InfoMAR (<https://infomar.miteco.es/>), che fornisce una visione interattiva e dettagliata dei dati disponibili e dell'output del piano.

Struttura del piano

Il piano è diviso in cinque sottoregioni marine:

- Atlantico Settentrionale
- Atlantico Meridionale

- Stretto di Gibilterra e Mare di Alborán
- Levantino-Balearico
- Isole Canarie.

Per ciascuna zona è pubblicato un documento di piano e in aggiunta c'è un riassunto generale dei piani (resumen ejecutivo). I cinque documenti di piano hanno la stessa struttura, scorrendo l'indice troviamo un inquadramento generale (1), la disposizione degli usi attuali divisi in usi di interesse generale (2.1) e usi in maggioranza privati (2.2). Seguono le limitazioni normative vigenti nelle aree protette (3.1) e le altre limitazioni(3.2). Il quarto capitolo è dedicato alla pianificazione vera e propria illustrando la distribuzione spaziale previste degli usi, sempre divisi in quelli di interesse generale (4.1) e quelli privati(4.2) Il quinto capitolo è riservato alle interazioni terra-mare e considera anche la tematica del paesaggio. Il Capitolo 6 indaga le interazioni tra gli usi e attività previste dal piano.

WEBGIS e Accesso ai Dati e Metadati

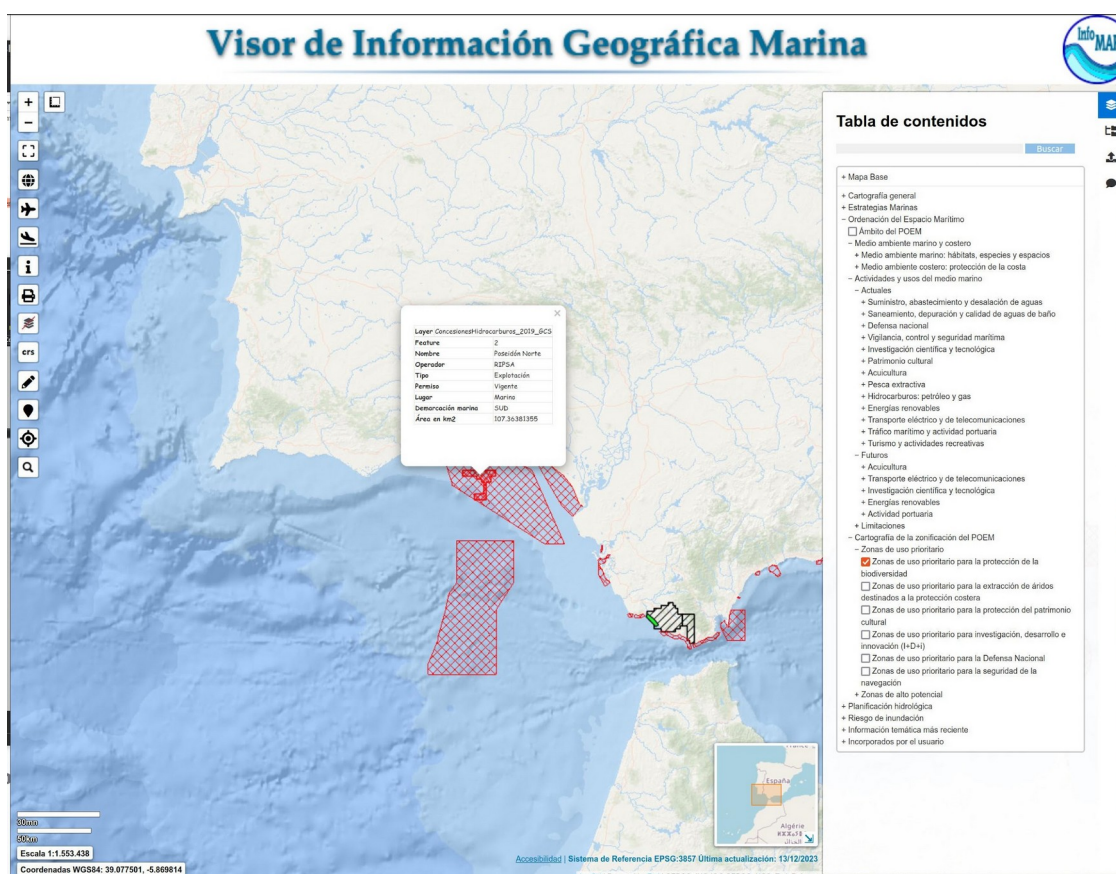


Fig. 14: schermata del visualizzatore di InfoMar.

La pubblicazione del piano è accompagnata da una piattaforma WEBGIS dedicata,

all'interno del portale InfoMAR (<https://infomar.miteco.es/visor.html>) visibile in figura 14. Il Visualizzatore di InfoMAR offre una visualizzazione interattiva dei dati spaziali marini, consentendo un'esplorazione dettagliata delle mappe e dei vari utilizzi degli spazi marittimi.

I documenti associati al piano POEM sono disponibili in PDF per i rapporti normativi e shapefile per i dati spaziali. Gli utenti possono scaricare questi file direttamente dal portale, senza la necessità di registrazione per la maggior parte dei materiali. Le mappe interattive e i dati associati sono facilmente accessibili per scopi di consultazione e analisi.

Esperienza Utente

Il portale InfoMAR consente una buona esperienza utente. La navigazione della mappa permette agli utenti di accedere rapidamente alle informazioni di loro interesse. Le mappe interattive, con funzionalità di zoom e visualizzazione dei layer, migliorano notevolmente l'efficienza della consultazione.

Il visualizzatore contiene molti altri dati marini oltre al piano dello spazio marittimo, il POEM è inserito in un gruppo a parte, oltre alla cartografia generale, alla strategia marina alle informazioni su allagamenti e bacini idrografici e alcuni livelli relativi alla biodiversità.

Riassunto delle funzionalità del webgis:

L'utente può cambiare la mappa di base?	Sì tre diverse opzioni
L'utente può controllare la visibilità dei layer	Sì , accendere/spegnere, controllo opacità, ordine di visualizzazione
L'utente può scaricare i dati direttamente dalla mappa?	No , accede solo ai metadati e al servizio WMS
L'utente può modificare lo stile e i colori dei layer	No
L'utente può aggiungere ulteriori layer alla mappa?	Sì file locali (KML, GeoJSON) e servizio WMS
I dati sono scaricabili?	Sì tramite il catalogo metadati
Sono presenti i metadati?	Sì direttamente dalla legenda e un catalogo alla pagina iniziale di InfoMar
I dati sono aggiornati	varie date, alcuni 2023

Ogni quanto vengono aggiornati i dati?	n.d
---	-----

Settori e attività del piano :

Dati di input

Tabella 1.4.1 Attività e usi secondo art. 8 della direttiva 2014/89 EU

Settore/uso	Abbreviazione
aquaculture areas,	AQU
fishing areas,	FIS
installations and infrastructures for the exploration, exploitation and extraction of oil, of gas and other energy resources, of minerals and aggregates, and for the production of energy from renewable sources,	ENG
maritime transport routes and traffic flows,	TRS
military training areas,	MIL
nature and species conservation sites and protected areas,	NAT
raw material extraction areas,	EXT
scientific research,	SCI
submarine cable and pipeline routes,	CAB
tourism,	TOU
underwater cultural heritage.	CHE

Lista delle attività previste dal piano spagnolo e corrispondenza con la direttiva

Piano Msp spagna	Direttiva MSP
Settori pubblici	
Medio ambiente marino, incluidos los espacios marinos protegidos, medio ambiente costero y mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático	NAT
Garantía del suministro de agua dulce y abastecimiento de aguas, incluida su desalación	n.d
Saneamiento, depuración y calidad de las aguas, incluidas las aguas de baño	n.d

Defensa nacional	MIL,
Vigilancia, control y seguridad marítima	n.d.
Investigación científica, desarrollo e innovación	SCI
Protección del patrimonio cultural subacuático	CHE
<i>Settori Privati</i>	
Acuicultura marina	AQU
Pesca extractiva	FIS
Sector energético: exploración y extracción de hidrocarburos e infraestructuras de transporte y almacenamiento de gas	ENG
Sector energético: generación de energía eléctrica partir de fuentes renovables marinas	ENG
Sectores de transporte eléctrico y de telecomunicaciones maritime transport routes and traffic flows,	CAB
Tráfico marítimo y sector portuario	TRS
Turismo y actividades recreativas ...	TOU
n.d.	EXT

Rispetto alla lista di attività dell'Articolo 8 della direttiva, il settore energia è diviso tra rinnovabili e idrocarburi. Tra gli usi sono aggiunti gli aspetti di produzione acqua dolce da desalinizzazione e depurazione. Oltre al traffico marittimo è presente la vigilanza e sicurezza mentre non c'è un settore corrispondente per l'attività di "raw material extraction areas,"

Dati di output del piano

Oltre alla previsione di usi futuri, i livelli di output sono suddivisi in Zone di Uso Prioritario e Zone di alto potenziale, entrambe correlate a differenti usi e settori del piano e sono pubblicati nel WEBGIS di InfoMAR. I livelli del piano sono scaricabili in formato ESRI Shapefile dal catalogo metadati di InfoMAR o dal catalogo metadati INSPIRE della Spagna.

Altri aspetti:

Nella legenda del visualizzatore i livelli che rappresentano gli usi sono divisi in due distinti

gruppi: usi esistenti e usi futuri, permettendo di confrontare la situazione attuale con la visione di piano.

1.4.2 Francia

Percorso

La Francia ha recepito la Direttiva 2014/89/UE nel 2016 con l'art. 123 della legge n°2016-1087 che opera una modifica del Code de l'environnement, e la pianificazione è coordinata dal Segretariato di Stato incaricato per il Mare e la biodiversità (<https://www.mer.gouv.fr/strategie-mer-et-littoral-et-planification-maritime>) presso il Ministero della Transizione Ecologica. Il paese ha deciso di adempiere agli obblighi europei sulla Strategia Marina e sulla Pianificazione dello spazio Marittimo all'interno della propria strategia nazionale per il mare e la costa (stratégie nationale pour la mer et le littoral SNML) prevista dal 2012. Questo si realizza nell'elaborazione di un documento strategico (document stratégique de façade DSF) per ciascuna delle quattro zone marittime:

- Manica orientale e Mare del Nord
- Manica e Atlantico Settentrionale Occidentale
- Sud Atlantico
- Mediterraneo

Oltre alle quattro zone (façades) marittime della Francia Continentale la strategia riguarda anche i territori di oltremare.

I DSF sono stati sottoposti a consultazione pubblica nel 2019 e nel 2022 tramite il portale dedicato www.merlittoral2030.gouv.fr (figura 15).



Fig. 15: Accesso alla consultazione pubblica dei quattro documenti strategici francesi

Fonti dati

I dati provengono da diversi soggetti che hanno contribuito a raccogliere la migliore conoscenza disponibile: l'Agenzia francese per la biodiversità (Office français de la biodiversité OFB), il Servizio idrografico della Marina (Service hydrographique et océanographique de la marine - SHOM) e il Centro Nazionale di ricerca scientifica (Centre national de la recherche scientifique CNRS www.cnrs.fr) L'istituto Oceanografico (Ifremer www.ifremer.fr).

Pubblicazione del piano

I documenti strategici sono stati oggetto di consultazione pubblica in più fasi nel 2019 e 2022, con l'adozione definitiva della strategia. È disponibile sul portale geolittoral (figura 16) molto materiale riguardo ai Documenti strategici, suddiviso per regioni marine.

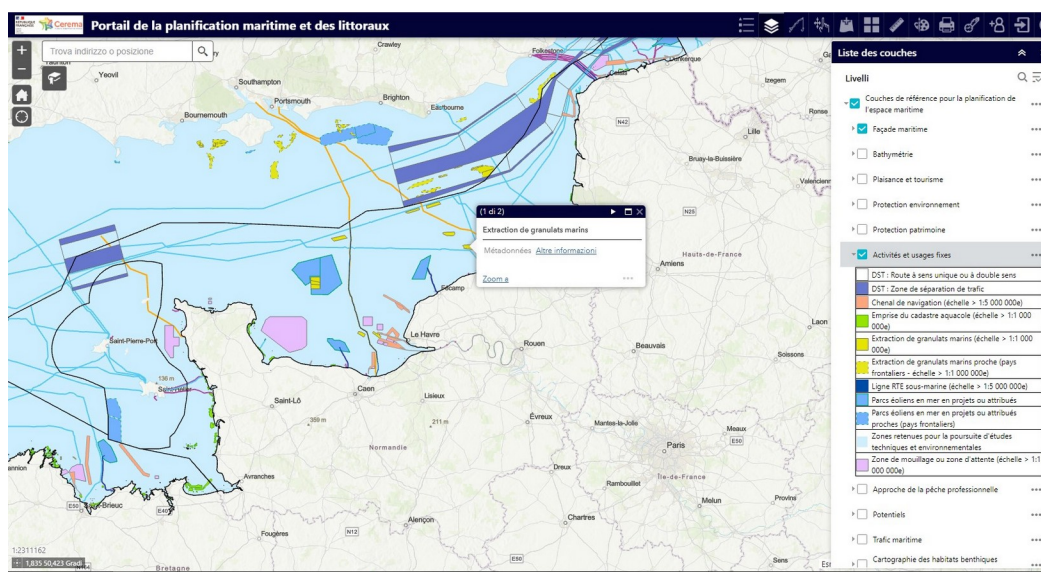


Fig. 16: visualizzatore del portale geolittoral con esempio di interrogazione

Struttura del piano

I DSF di ciascuna zona marittima sono strutturati in due parti:

1. Valutazione iniziale e obiettivi strategici e MSP - mappa delle vocazioni d'uso e schede informative (finalizzate tra settembre e ottobre 2019)
2. Meccanismo di monitoraggio e piano d'azione (finalizzato tra aprile e maggio 2022)

Nella prima parte è stata realizzata una mappa delle vocazioni d'uso, che presenta una suddivisione delle zone in aree omogenee più piccole che includono:

- **Uso attuale** (pesca, trasporti, energia, conservazione della biodiversità)
- **Uso futuro previsto**
- **Normative di protezione ambientale** per ogni settore.

WEBGIS e Accesso ai Dati e Metadati

La Francia ha realizzato una piattaforma WEBGIS dedicata alla pianificazione dello spazio marittimo che è raggiungibile all'indirizzo www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr. Il visualizzatore è sviluppato con il supporto di CEREMA, l'agenzia pubblica per la transizione ecologica e la pianificazione regionale.

Il WEBGIS permette l'accesso interattivo ai dati geografici e cartografici del piano. I dati sono consultabili tramite servizi WMS e possono essere scaricati dal portale di metadati corrispondente (Géoportail <https://www.geoportail.gouv.fr/> per i dati INSPIRE, <https://services.data.shom.fr/geonetwork/srv/fre/catalog.search> per SHOM, Sextant <https://sextant.ifremer.fr/> per Ifremer).

Esperienza Utente

L'interfaccia del sistema GIS è interattiva e permette un'esplorazione facile di mappe marine. Gli utenti possono accendere/spegnere layer, regolare l'opacità e aggiungere dati propri come file KML o servizi WMS. L'accesso ai dati è semplice, e i download di shapefile sono disponibili.

L'utente può cambiare la mappa di base?	Sì.
L'utente può controllare la visibilità dei layer?	Sì, può accendere/spegnere i layer e regolarne l'opacità.
L'utente può scaricare i dati direttamente dalla mappa?	No, può accedere ai metadati e ai servizi WMS.
L'utente può modificare lo stile e i colori dei layer?	No.
L'utente può aggiungere ulteriori layer?	Sì, tramite file locali e WMS. Può inoltre disegnare dei poligoni di interesse e scaricarli nel formato geojson
I dati sono scaricabili?	Sì, tramite catalogo metadati.
Sono presenti i metadati?	Sì.
I dati sono aggiornati?	Sì, ma la frequenza di aggiornamento non è specificata. È in corso la redazione della Strategia Nazionale 2024-2029

Settori e Attività del Piano

Per tutti i documenti strategici DSF, è presente un allegato 1 che elenca le attività e gli usi del mare in quella regione. L'elenco è uguale per tutte le regioni e considera anche attività basate sulla costa come Agricoltura e industria

Piano MSP Francia	Direttiva MSP (vedi tabella 1.4.1)
Action de l'État en mer	n.d
Activité câblière	CAB
Activités de baignade et de fréquentation des plages	TOU
Activités parapétrolières et paragazières offshore	ENG
Agriculture	n.d
Aquaculture	AQU
Artificialisation des littoraux	n.d
Commercialisation et transformation des produits de la mer	n.d
Construction navale	n.d
Défense	MIL
Extraction de granulats marins	EXT
Formation maritime	n.d
Industrie	n.d
Navigation de plaisance et sports nautiques	TOU
Pêche de loisir	FIS
Pêche professionnelle	FIS

Production d'électricité	ENG
Protection de l'environnement littoral et marin	NAT
Recherche publique	SCI
Services financiers maritimes	n.d
Tourisme littoral	TOU
Transport maritime et ports	TRS
Travaux publics maritimes	n.d
n.d	CHE

Il settore energia viene distinto tra rinnovabili e idrocarburi, la pesca è divisa in pesca professionale e pesca ricreativa,

Altri Aspetti

La strategia nazionale per il mare a la costa della Francia è molto articolata, I Documenti Strategici, DSF riflettono un lavoro approfondito sui dati disponibili da parte delle istituzioni scientifiche nazionali. Il piano di Monitoraggio è strutturato in maniera tale da poter soddisfare i descrittori e i criteri previsti dalla direttiva sulla strategia marina (Directive 2008/56/EC). In particolare sono indicate le zone marine da sottoporre a stretta protezione ambientale. Il WEBGIS consente la visualizzazione di questi livelli in modo chiaro e dinamico, fornendo metadati per ogni uso presente o futuro. La Francia ha anche un forte focus sull'adattamento ai cambiamenti climatici e sull'interazione terra-mare

1.4.3 Finlandia

Percorso

La Finlandia ha recepito la Direttiva 2014/89/UE attraverso il "Finnish Marine Spatial Plan" (Piano di Pianificazione Spaziale Marittima Finlandese). La pianificazione è coordinata dal Ministero dell'Ambiente, in collaborazione con altre autorità governative e locali competenti

per le questioni marittime e ambientali.

Fonti Dati

Le principali fonti di dati per il piano MSP includono:

- Ministero dell'Ambiente della Finlandia
- Agenzia Ambientale Finlandese
- Istituti di ricerca e università finlandesi
- Servizi meteorologici e marittimi

I dati provengono da monitoraggi ambientali, studi sul traffico marittimo, analisi economiche e ricerche scientifiche condotte da istituzioni specializzate e agenzie governative.

Pubblicazione del Piano

Il piano MSP della Finlandia è stato pubblicato nel 2021. Le regioni costiere finlandesi sono otto e sono stati realizzati tre piani marittimi. È disponibile una piattaforma online all'indirizzo <https://www.merialuesuunnittelu.fi/en/> come strumento per la consultazione pubblica e per il supporto del processo di piano. Attualmente il sito per la consultazione pubblica è orientato alla redazione dell'Interaction Plan per il periodo 2024-2027

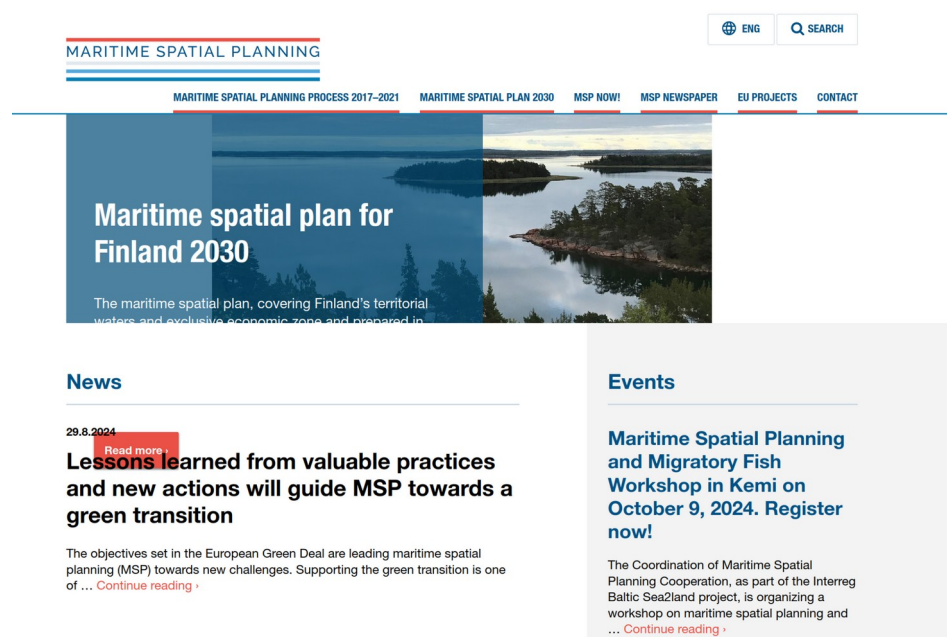


Fig. 17: la piattaforma di consultazione pubblica del piano finlandese

Dal momento che la Finlandia partecipa alla iniziativa di HELCOM-VASAB il piano MSP è pubblicato tramite servizi WMS anche sul portale di HELCOM BASEMAPS <https://basemaps.helcom.fi/> dove può essere confrontato con altri piani del mar baltico e allo stesso modo è pubblicato su EMODnet Human Activities.

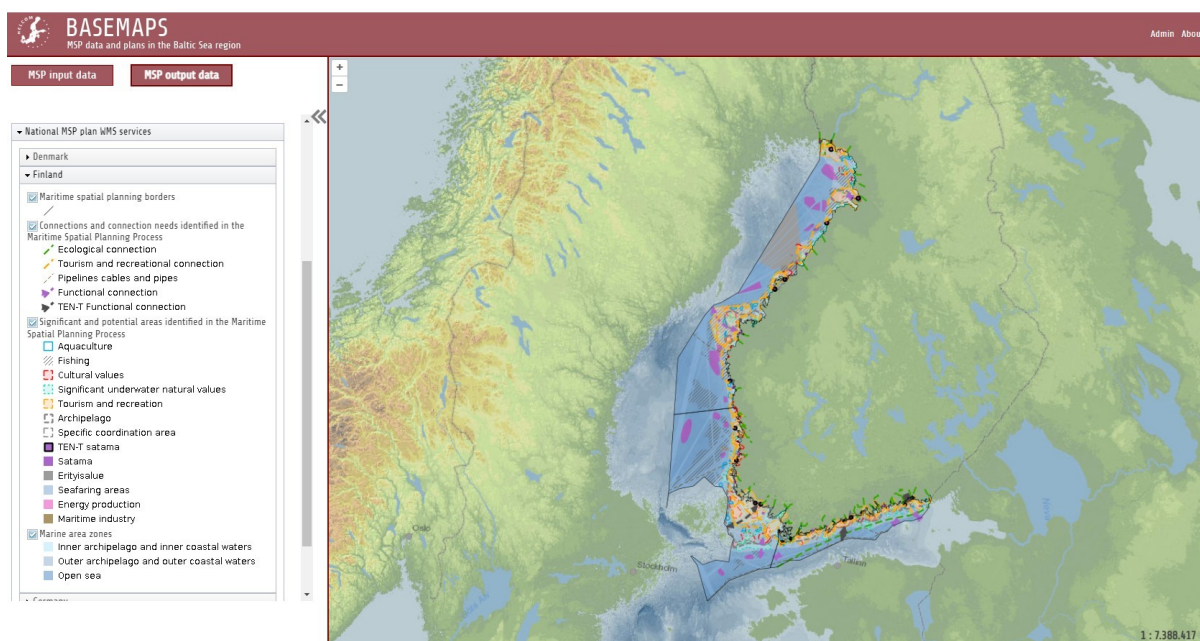


Fig. 18: il piano finlandese pubblicato su HELCOM Basemaps

Struttura del Piano

La struttura del piano MSP Finlandese per ogni area elenca:

- Fotografia della situazione
- Visione di Piano
- Soluzioni di piano
- Mappa
- Valutazione degli impatti

WEBGIS e Accesso ai Dati e Metadati

La Finlandia offre una piattaforma WEBGIS basata su arcgis online per l'accesso interattivo ai dati del piano MSP (figura 19):

<https://mspfinland.maps.arcgis.com/home/index.html>

Gli utenti possono visualizzare le mappe marine, accedere a servizi WMS e WFS (<https://kymenlaakso-geoserver.gispocoding.fi/geoserver/merialuesuunnitelma/ows>) e consultare metadati attraverso il portale dedicato.

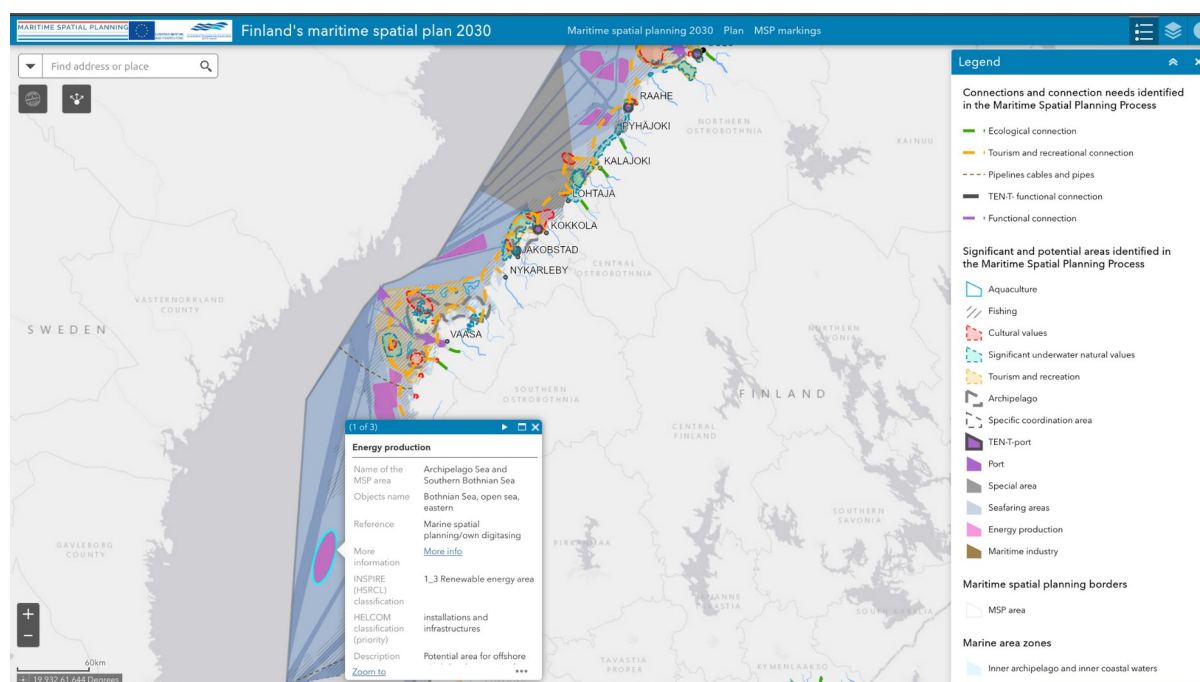


Fig. 19: webgis del piano Finlandese

Esperienza Utente:

L'interfaccia del sistema GIS per il Piano di Pianificazione Spaziale Marittima (MSP) della Finlandia è basata su Arcgis server e consente tutte le funzionalità standard di un WebGIS in un ambiente semplice e intuitivo.

L'utente può cambiare la mappa di base?	No
L'utente può controllare la visibilità dei layer?	In parte Gli utenti possono accendere e spegnere i layer aggiuntivi con le informazioni di background ma i layer del piano rimangono fissi
L'utente può scaricare i dati direttamente dalla mappa?	No. I dati non sono scaricabili direttamente dalla mappa;
L'utente può modificare lo stile e i colori	No. solo accendere o spegnere

dei layer?	
L'utente può aggiungere ulteriori layer?	No. Forse gli utenti di Arcgis online possono integrare i dati di piano in una mappa personalizzata
I dati sono scaricabili?	Sì. I dati possono essere scaricati, tramite il servizio WFS (link alla pagine di piano)
Sono presenti i metadati?	Sì. un solo metadato per tutto il piano pubblicato sul catalogo INSPIRE del paese
I dati sono aggiornati?	Sì. ma non è chiara la frequenza

Settori e Attività del Piano

Il piano finlandese presenta nella mappa 15 settori di attività e usi di piano, qui il confronto con la lista di attività della direttiva MSP (vedi tabella 1.4.1):

Piano Msp Finlandia	Direttiva MSP (Tabella 1.4.1)
ENERGY PRODUCTION	ENG
AQUACULTURE	AQU
FISHING	FIS
CULTURAL VALUES	(CHE)
SIGNIFICANT UNDERWATER NATURAL VALUES	CHE
ECOLOGICAL CONNECTION	NAT
TOURISM AND RECREATION	TOU
TOURISM AND RECREATIONAL CONNECTION	TOU
ARCHIPELAGO	n.d
TEN-T FUNCTIONAL CONNECTION AND FUNCTIONAL CONNECTION	TRS
SPECIFIC COORDINATION AREA	n.d

TEN-T PORT AND PORT	TRS
MARITIME INDUSTRY	n.d
SEAFARING AREA	n.d
SPECIAL AREA	n.d
PIPELINES, CABLES AND PIPES	CAB
n.d	MIL
n.d	EXT
n.d	SCI

Altri aspetti

Il piano MSP della Finlandia include zone di uso prioritario per energie rinnovabili e conservazione ambientale. La piattaforma WEBGIS offre una visualizzazione chiara e interattiva delle mappe e dei dati, con metadati dettagliati disponibili per supportare un'analisi approfondita. La Finlandia si concentra sulla sostenibilità ambientale e sull'ottimizzazione dell'uso delle risorse marittime.

1.4.4 Danimarca

Percorso

La Danimarca ha implementato la direttiva 2014/89/UE nel 2016 con il Maritime Spatial Planning Act, una legge che è stata già aggiornata una volta nel 2023. L'autorità competente è l'autorità marittima danese (DMA Danish Maritime Authority – Søfartsstyrelsen) che dipende dal Ministero dell'industria commercio e affari finanziari. Il piano è stato approvato nel 2021 e hanno contribuito alla redazione numerosi altri ministeri ed agenzie. Nel 2023 è stata fatta una prima variante al piano che è ora incorso di approvazione dopo essere stata sottoposta ad un processo di consultazione pubblica.

Fonti Dati

I dati necessari per il piano danese sono stati raccolti e organizzati dalla Agenzia danese per i geodati (Danish Geodata Agency) che appartiene al ministero per il clima l'energia e i servizi a rete. Questo organismo ha il compito preciso di fornire al paese e ai cittadini dati geografici

di qualità sia per la parte terrestre che per l'area marittima del paese. In particolare i dati marini sono stati raccolti in un portale dedicato alla mappa marittima di Danimarca (*Marine Danmarkskort - DMD*) che fornisce il catalogo interoperabile di dati e metadati compresi i livelli di piano.

Pubblicazione del Piano

Il piano è pubblicato sul sito dedicato <https://havplan.dk/> sia in Danese che in Inglese (figura 20). La Danimarca ha scelto di approvare direttamente la cartografia digitale e di renderla legalmente vincolante, pertanto la pubblicazione in formato digitale è l'unica cartografia ufficiale del piano.

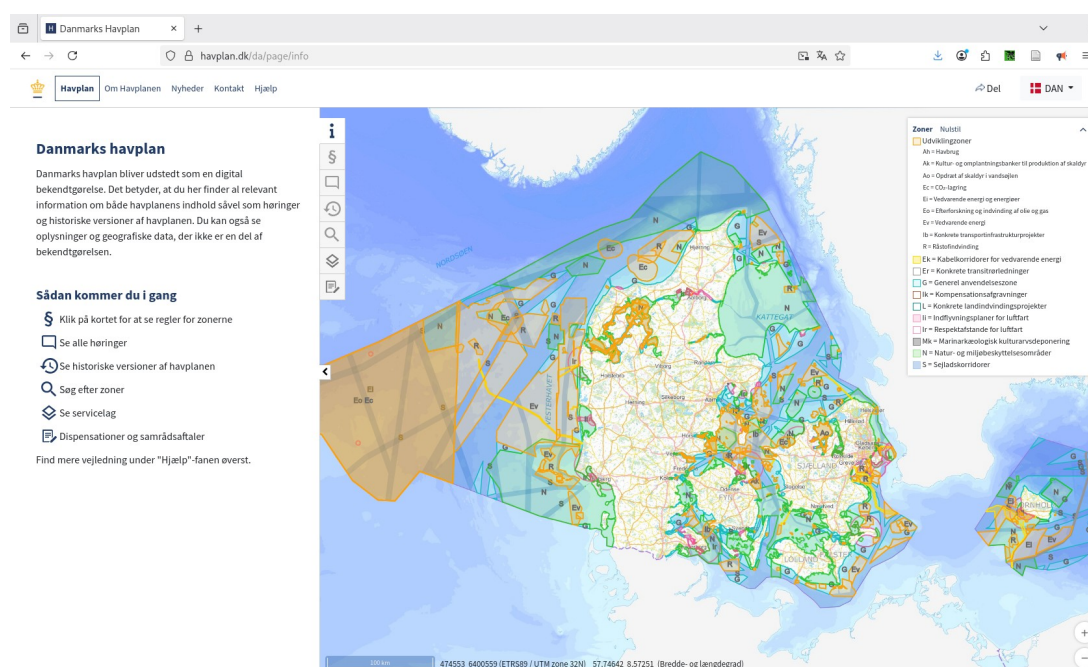


Fig. 20: schermata iniziale di havplan.dk con la pubblicazione del piano

Questa scelta arriva al termine di un percorso di digitalizzazione di tutto il settore marittimo della Danimarca e nel 2019 è stato realizzato un documento congiunto della autorità marittima e della autorità per il commercio che riassume le caratteristiche di una mappa digitale legalmente vincolante (Danish Maritime authority & Danish Business Authority, 2019) (figura 21).

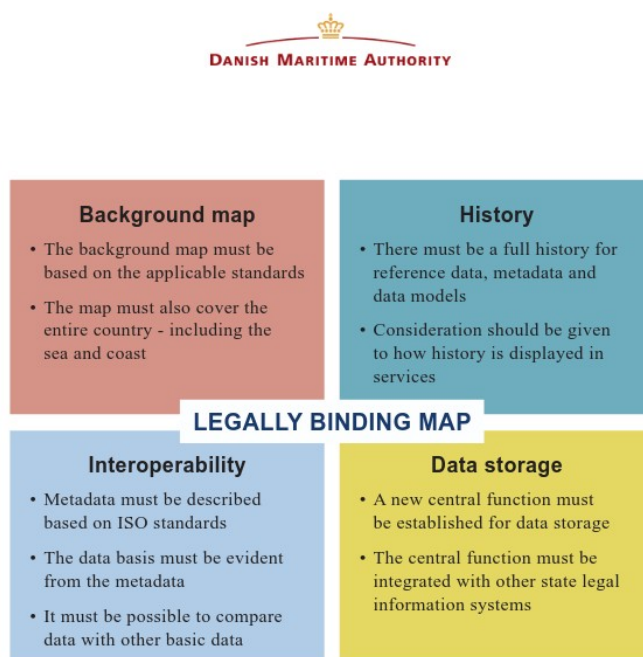


Fig. 21: schema dei requisiti per una mappa digitale legalmente vincolante

Secondo questo approccio le prescrizioni e gli indirizzi per ciascuna area sono consultabili direttamente interrogando la cartografia. I livelli dello zoning contengono solo geometrie poligonali.

In altre sezioni del sito sono descritti processi di valutazione ambientale e consultazione ed è reso disponibile un breve documento di note esplicative che descrivono il percorso e i contenuti del piano. I livelli del piano sono disponibili anche sul portale della mappa marittima danese curato dalla Danish Geodata Agency e sul catalogo metadati <https://geodata-info.dk/> curato dalla Agenzia per i dati climatici. Sono disponibili sia il download che per la consultazione tramite servizi interoperabili.

La Danimarca ha partecipato ad alcuni progetti europei in ambito MSP per il Mar Baltico e del Mare del Nord ed è parte della iniziativa VASAB. Il piano è quindi pubblicato anche sul portale HELCOM Basemaps tramite servizi interoperabili. Il piano danese è stato inoltre integrato anche nel livello di EMODnet MSP Spatial data e MSP Zoning Areas (figura 22).

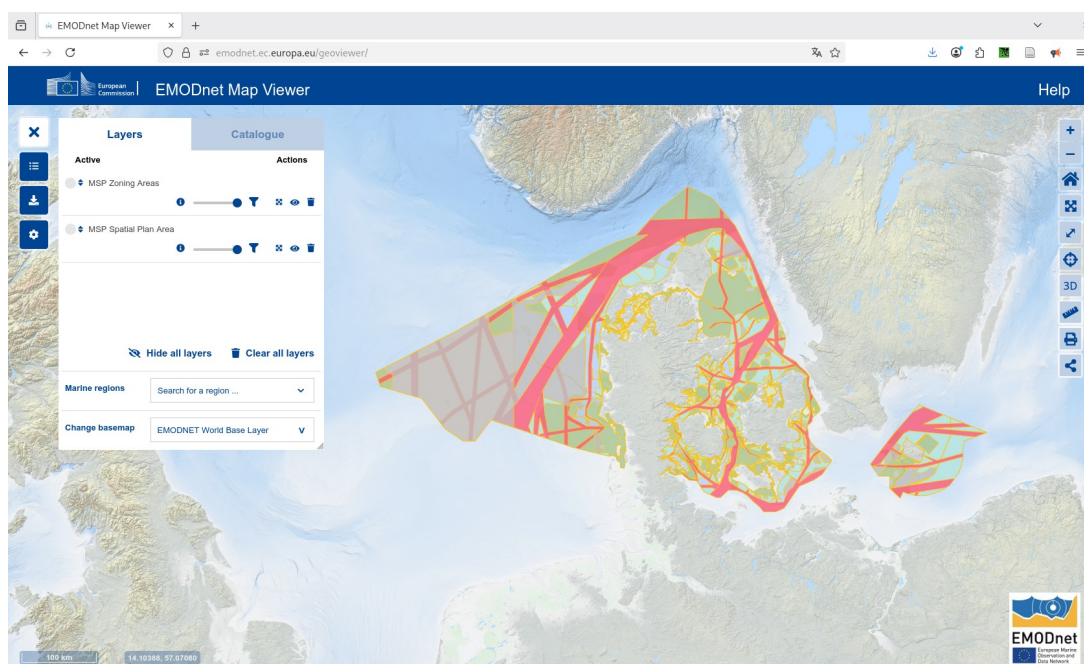


Fig. 22: il piano danese su EMODnet

Struttura del Piano

Il Piano dello spazio marittimo danese è unico per le due aree marittime del Mar Baltico e del Mare del Nord e copre l'intera Zona economica danese (il regno di Danimarca comprende anche le nazioni di Groenlandia e delle isole Fær Øer che però non appartengono alla UE).

Il piano è strutturato con l'indicazione di diverse tipologie di Zone e per ciascuna zona ci sono regole e indirizzi per gli usi del mare considerati.

Le zone di piano si dividono in quattro tipologie di riferimento (figura 23): zone di uso generico, zone speciali, zone di sviluppo e zone di protezione per natura ed ecosistemi.

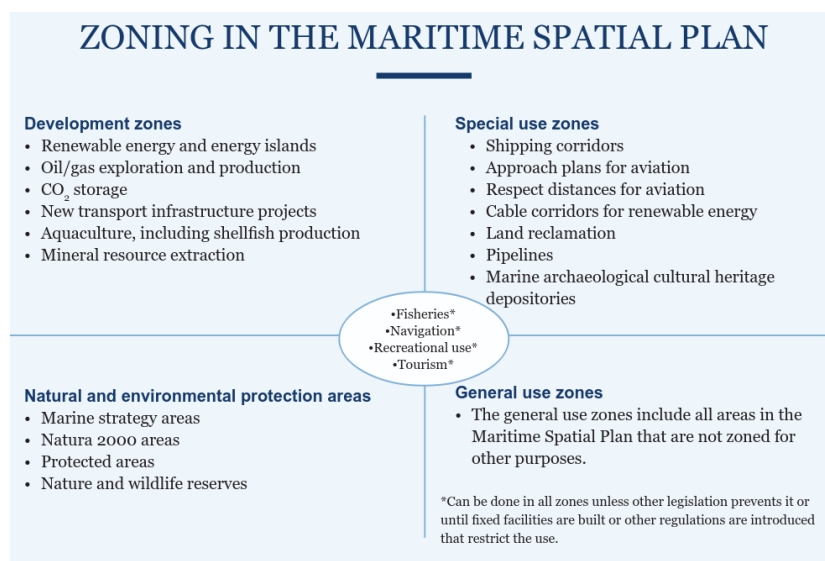


Figure 5: Zoning in the Maritime Spatial Plan

Fig. 23: tipologie di zonazione nel piano danese.

I poligoni che rappresentano le varie zone si sovrappongono nel caso di attività coesistenti come ad esempio i corridoi di trasporto (shipping corridors) e le aree marine protette o i cavi sottomarini,

WEBGIS e Accesso ai Dati e Metadati

L'applicativo di pubblicazione web del piano Danese è molto curato. Si tratta di una applicazione frontend evoluta basta su angular.js e integra le librerie cartografiche OpenLayer

La schermata iniziale presenta tutte le zone di piano accese, con un clic sulla legenda l'utente può attivare uno o più layer che vengono visualizzati rendendo tutti gli altri quasi trasparenti.

Ciascun poligono viene evidenziato al passaggio del mouse e con un clic viene effettuata l'interrogazione che mostra nel riquadro laterale (figura 24). La mappa di base resta fissa, mentre è possibile visualizzare alcuni layer di contesto (service layer) che sono stati utilizzati per la redazione del piano. Accanto al nome di ogni livello c'è il link al metadato direttamente al server dell'autorità che produce il dato. Il livello di interoperabilità è elevato ma si riscontra il problema di alcuni link interrotti.

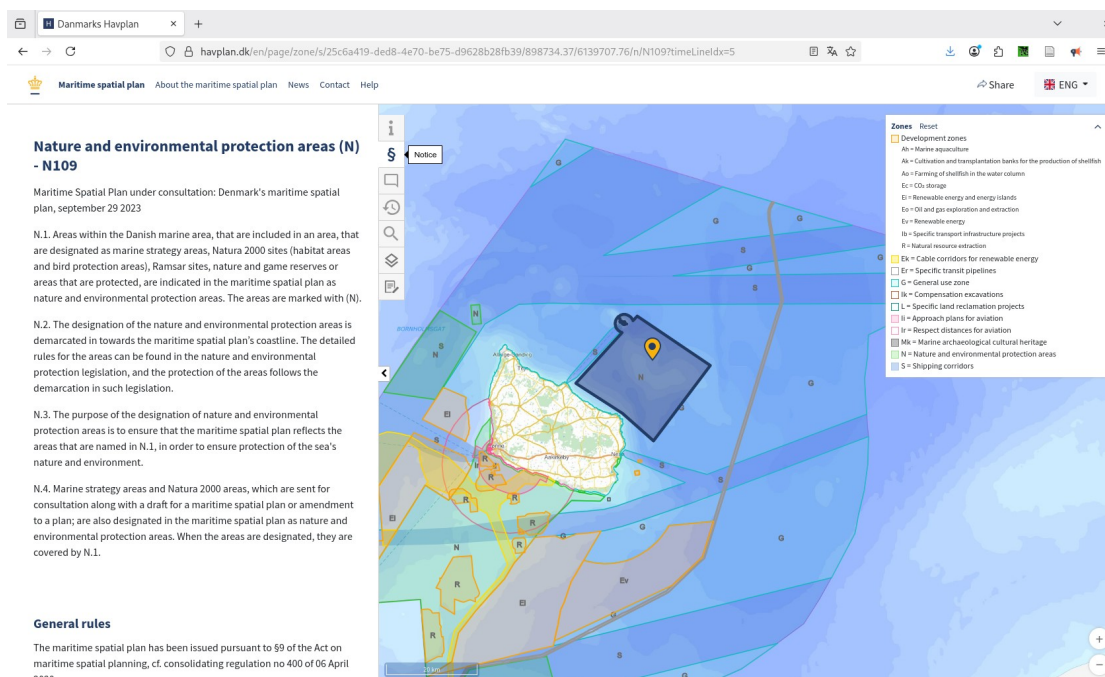


Fig. 24: interrogazione di un poligono del piano danese.

Esperienza Utente:

L'utente può cambiare la mappa di base?	No
L'utente può controllare la visibilità dei layer?	Sì con un clic sulla legenda. I layer attivi hanno il titolo in grassetto
L'utente può scaricare i dati direttamente dalla mappa?	No deve accedere ad uno degli altri portali. Dal sito di pubblicazione c'è il link alla Mappa marittima https://msdi.dk/
L'utente può modificare lo stile e i colori dei layer?	No
L'utente può aggiungere ulteriori layer?	Sì ma solo i service layers da un elenco predeterminato
I dati sono scaricabili?	Sì dal portale della mappa marittima curato dalla Danish Geodata Agency e dal catalogo

	nazionale https://geodata-info.dk
Sono presenti i metadati?	Sì con un link al catalogo nazionale https://geodata-info.dk
I dati sono aggiornati?	In parte il processo di aggiornamento per i dati di servizio (Service layers) è curato dalla Danish Geodata agency. I dati dipiano sono storicizzati e l'applicativo mantiene traccia degli aggiornamenti.

Settori e Attività del Piano

Il piano della Danimarca considera 19 usi diversi che in generale trovano corrispondenza con l'elenco della direttiva MSP. Si nota una maggiore specificazione nel settore della acquacoltura e della energia, mentre ci sono due indicazioni riguardo gli spazi necessari all'aviazione civile e militare e la peculiare richiesta di "land reclamation"

Piano Msp Danimarca	Direttiva MSP (Tabella 1.4.1)
Ah = Marine aquaculture	AQU
Ak = Cultivation and transplantation banks for the production of shellfish	AQU
Ao = Farming of shellfish in the water column	AQU
Ec = CO ₂ storage	ENG
Ei = Renewable energy and energy islands	ENG
Eo = Oil and gas exploration and extraction	ENG
Ev = Renewable energy	ENG
Ib = Specific transport infrastructure projects	TRS
R = Natural resource extraction	EXT
Ek = Cable corridors for renewable energy	CAB
Er = Specific transit pipelines	CAB

G = General use zone	n.d
Ik = Compensation excavations	n.d
L = Specific land reclamation projects	n.d
Ii = Approach plans for aviation	n.d
Ir = Respect distances for aviation	n.d
Mk = Marine archaeological cultural heritage	CHE
N = Nature and environmental protection areas	NAT
S = Shipping corridors	TRS

Altri aspetti

Visto anche la validità legale del piano in formato digitale il webgis del piano danese integra una funzionalità di consultazione dello storico di piano: è visualizzata una timeline semplificata con evidenziate le tappe significative di realizzazione del piano (le previsioni di piano entrano in vigore all'inizio della consultazione pubblica) e un campo in cui inserire una data a piacere (figura 25). Quando è attivata questa funzione viene aggiunta una filigrana sulla mappa che informa che si tratta di una versione storica.

History

In the timeline below, you can find previous editions of the maritime spatial plan. These are no longer in effect.

Date

11/01-2024 

Back



Fig. 25: pannello di gestione delle versioni storiche del piano danese.

Capitolo 2 Le dimensioni di variabilità dei dati

Non si può scendere due volte nello stesso fiume (Eraclito)

Ci sono delle interessanti differenze nel lavoro di supporto cartografico come viene espresso nell'ambito della pianificazione territoriale e ambientale nel dominio terrestre e le attività di ricerca e pianificazione nell'ambito delle scienze marine.

Nella redazione di un piano urbanistico, di una valutazione ambientale o anche di un piano di protezione civile, il ruolo del cartografo ed esperto GIS è quello di descrivere la realtà rappresentando in cartografia tutti gli elementi rilevanti della situazione attuale e, tramite segni convenzionali, descrivere eventualmente le trasformazioni previste .

Gli elementi cartografici (il modello del terreno, il perimetro di un bosco, case, strade e infrastrutture) sono considerati sostanzialmente stabili e sono soggetti ad aggiornamenti periodici in tempi relativamente lunghi rispetto alla produzione dei risultati di piano. In genere si procede ad un nuovo rilievo e ad un aggiornamento in occasione della redazione di un nuovo piano o di una variante (Leoni, 2012), ma è frequente anche il caso di piani dove la base cartografica non è aggiornata con i nuovi edifici o le infrastrutture più recenti e sono sufficienti le informazioni testuali a precisare che la situazione attuale è differente, rinviando magari agli elaborati dei piani attuativi.

Con riferimento alla redazione dei Piani di Assetto del Territorio ad esempio, la legge regionale veneta n. 11 del 26 aprile 2004 prevede la creazione di un quadro conoscitivo sotto forma di banca dati georiferita e anche la consegna delle previsioni di piano in formato GIS in una banca dati alfanumerica e vettoriale definendo esplicitamente il contenuto del PRC come un "archivio digitale" (Regione del Veneto, 2024; Regione del Veneto DDR 124S del 6//12/2018 Allegato A, 2018). L'aggiornamento dei dati disponibili però è previsto per alcuni livelli cartografici e, stante la vigenza decennale del piano, può avvenire a intervalli anche più lunghi. Si tratta del resto di un piano di livello strategico che non deve essere conformativo, ma viene attuato dai livelli successivi del piano operativo e della pianificazione attuativa come accade in tutte le leggi regionali che adottano il c.d. nuovo modello di piano (Colombo et al., 2013).

Anche elementi piuttosto dinamici, come le frane (che letteralmente si muovono) e le aree

esondabili, vengono rappresentati statici limitandosi a indicarne la presenza sul territorio e la categoria, e questo avviene sia nel PAT che nei Piani di Protezione Civile.

Il prodotto finale di questi piani è composto alla fine da diverse tavole che rimangono immutate per tutto il periodo di vigenza, non è previsto né spesso necessario una visualizzazione dello sviluppo temporale degli elementi di piano o un aggiornamento continuo, all'interno di una infrastruttura dati territoriali comunale o intercomunale anche se vi sono numerose esperienze di implementazione di SIT comunali (Borga, 2006; Tonegato & Bersan, 2005) che sottolineano le potenzialità di integrazione con le banche dati di pertinenza comunale che se rese accessibili secondo le pratiche di Open Government possono rendere gli strumenti di pianificazione un "sistema operativo" della città (Giaimo, 2024).

Una delle tendenze che si delineava nel primo decennio di questo secolo era definita dal gruppo di ricerca NT&A di IUAV come "lo sviluppo del paradigma dell'immagine" (Dosso, 2010). Infatti nell'ambito della cartografia digitale: la disponibilità di immagini satellitare ad elevata risoluzione e il diffondersi di piattaforme digitali che potevano renderle disponibili in breve tempo a qualsiasi categoria di utenti sembrava mettere in secondo piano la necessità di una produzione cartografica periodica. Appariva già chiaro che l'evoluzione di un territorio e il monitoraggio delle azioni di piano si può effettuare direttamente confrontando le immagini prodotte automaticamente dai satelliti ad alta risoluzione disponibili ad esempio sulla piattaforma Google Earth, o a minore risoluzione sul portale Copernicus Hub, tanto più che le immagini hanno sempre una maggiore risoluzione spaziale e temporale.

Quando si tratta di pianificare un elemento liquido come il Mare ovviamente le cose sono differenti perché si tratta di rappresentare in cartografia l'interazione di diversi fattori in un elemento che è sempre in movimento e i cui elementi fondamentali (ad esempio le caratteristiche fisiche, biogeochimiche) sono invisibili ad occhio nudo o comunque molto difficili e complesse da rilevare nella loro interezza (batimetria, habitat di fondo) .

Anche qui si utilizzano perimetri e segni convenzionali per descrivere gli usi del mare che però solo in alcuni casi corrispondono a oggetti reali (i porti, i cavi sottomarini, le piattaforme petrolifere...) e più spesso sono aree delimitate da linee immaginarie che congiungono punti di coordinate note, e quindi vengono rappresentati come layer con

geometrie vettoriali (poligoni e linee).

Oppure si tratta di layer raster che descrivono l'intensità di una determinata attività su quell'area (ad. es. le ore di pesca). Anche per molti aspetti ambientali vengono utilizzati layer raster, derivati dalle immagini satellitari o altre tipologie di rilievo (ad esempio la concentrazione di clorofilla o la stessa batimetria).

Questo tipo di rappresentazione non rappresenta correttamente una realtà ecologica in continuo cambiamento che richiede ad esempio una gestione adattiva delle aree di conservazione (Rilov et al., 2019, 2020).

Per effettuare questo tipo di analisi complesse sono necessari dunque non solo dati, ma anche strumenti software evoluti che sono in grado di implementare modelli semplificati degli ecosistemi. All'interno del CNR-ISMAR si è costituito un gruppo di ricerca con l'obiettivo esplicito di progettare e realizzare strumenti di questo tipo che possiamo definire Tools per la MSP (*Tools4MSP - Geoplatform*, 2025)

Gli strumenti che il gruppo di ricerca Tools4MSP ha messo a punto per il calcolo degli effetti cumulativi a supporto alla pianificazione integrati nel portale geoportal.tools4msp.eu utilizzano layer raster per descrivere tanto le componenti ambientali che le pressioni per il calcolo degli impatti cumulativi (Menegon et al., 2018), ma elementi come la presenza di mammiferi marini o gli habitat di fondo non sono mappati con certezza assoluta, le fonti di incertezza nella valutazione degli impatti cumulativi sono tenute adeguatamente in considerazione e tra esse si fa riferimento proprio alla variabilità intrinseca del fenomeno, specialmente quando si tratta di sistemi antropici o naturali che riguardano sviluppi sociali economici o tecnologici (Gissi et al., 2017; Walker et al., 2003).

I dati di partenza nella MSP quindi sono più dinamici di quelli utilizzati nella pianificazione territoriale e soprattutto il cambiamento e l'aggiornamento non può essere considerato al di fuori del percorso di pianificazione o rinviato ad altri processi.

Per illustrare meglio la necessità di lavorare su un dato in continuo cambiamento verranno di seguito analizzate le caratteristiche di quello che rappresenta il dato di base fondamentale per la cartografia marina: la linea dove finisce la terra e inizia il mare, il discrimine tra l'ambito del governo del territorio e l'ambito della MSP.

Potrebbe sembrare che questo dato di riferimento fondamentale mantenga una certa stabilità, ma nel prossimo capitolo verrà evidenziato come si tratti di come esempio paradigmatico di dato complesso e dinamico.

2.1 Variabilità dei dati di base: la linea di costa

Sebbene possa sembrare un'informazione semplice e intuitiva, la linea di costa non è un'entità univocamente definita: la sua rappresentazione varia infatti in funzione del punto di vista adottato, dello scopo finale dell'analisi e delle scale di osservazione, rivelando una natura intrinsecamente ambigua e variabile. A seconda che venga considerata in termini geomorfologici, idrodinamici, cartografici o gestionali, la linea di costa assume significati differenti e richiede modalità di rappresentazione specifiche. Queste caratteristiche la rendono un caso emblematico per illustrare il potenziale applicativo dello Structured Data Flow (SDF) e le sue proprietà.

La linea di costa rappresenta un dato di partenza per la pianificazione dello spazio marittimo perché, insieme al fondale marino e alla superficie del mare, definisce i limiti strutturali dell'ambito soggetto alla pianificazione dello spazio marittimo. Considerato che gran parte dell'attività di pianificazione utilizza mappe in due dimensioni, potremmo aggiungere che è il limite più rilevante poiché è immediatamente percepibile.

Il fondo marino e la superficie del mare (compresa la limitata porzione interessata dal transito delle navi e altre infrastrutture) rappresentano i limiti lungo l'asse verticale: è di immediata comprensione che la distanza tra questi due limiti varia continuamente, poiché il livello del mare è soggetto a variazioni continue dovute alle dinamiche di marea, alla densità dell'acqua, alla pressione atmosferica e alla interazione di correnti e venti con la massa d'acqua di un determinato bacino.

Un primo ed evidente elemento di variabilità della linea di costa deriva dal fatto che essa rappresenta una quota batimetrica uguale a zero (anche se la batimetria usa spesso il riferimento al geoide e la linea di costa si disegna in genere con riferimento all'alta marea media) e proprio per le caratteristiche del livello del mare questa si muove continuamente, per quanto questo movimento sia apprezzabile solo alle scale più grandi e negli ambiti in cui una zona costiera estremamente pianeggiante implica una più marcata escursione della battigia.

Gli studi di oceanografia fisica hanno approfondito le dinamiche oceaniche tramite la creazione di modelli numerici che possono calcolare l'evoluzione dello stato del mare, e in particolare il CNR-ISMAR in collaborazione con altri enti (ISPRA e Centro Maree del Comune di Venezia) produce delle previsioni del livello del mare e dello stato del mare che sono particolarmente rilevanti in merito al fenomeno dell'acqua alta. Con le tecnologie GIS disponibili oggi è possibile integrare i modelli e le variabili oceanografiche osservate nella pianificazione dello spazio marittimo come vedremo nel capitolo 2.2.2.

La linea di costa rappresenta anche un riferimento normativo che definisce la quasi totalità dei limiti spaziali che sono applicati in mare. La convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare (UNCLOS, 1982) definisce innanzitutto il limite delle acque territoriali come la distanza di 12 miglia nautiche dalla linea di base, e questo è lo spazio in cui la legislazione dello stato costiero è pienamente vigente (mare territoriale) fatto salvo il diritto di passaggio inoffensivo delle navi di altri paesi. Analogamente viene definita una zona continua di ulteriori 12 miglia e la zona economica esclusiva che si può estendere fino al limite delle 200. Come abbiamo descritto precedentemente, il riferimento è la linea di base che, in corrispondenza di insenature golfi e/o promontori, è tracciata come una linea dritta che congiunge gli elementi più esterni della Costa: questo è un dato cartografico convenzionale che difficilmente genera equivoci.

In gran parte delle coste italiane però la linea di base coincide con la linea di costa, la reale interfaccia tra terra e mare e questo dato cartografico oltre ad essere variabile nel tempo non è semplice da costruire.

2.1.1 Quale coastline per la MSP

La rappresentazione cartografica delle unità amministrative costiere è in genere un poligono delimitato lato mare da una linea spezzata, lo stesso accade con le aree marittime che presentano una polilinea lato terra. L'interfaccia mare terra è quindi approssimata ad una linea, ma nella realtà è più una zona di transizione, sia nelle coste sabbiose che in quelle rocciose. Questa linea viene quindi disegnata in posizioni differenti a seconda del punto di vista.

Nella MSP il paesaggio e il patrimonio culturale costiero (così come quello sommerso) sono anche elementi di valore e oggetto di tutela, e questo accade anche per la loro complessità e

la natura frattale che è stata osservata anche in altri paesaggi tutelati (Saccon, 2003).

Una zona costiera come quella di Cala Girgolu (SS) raffigurata in figura 26 attrae e incanta per la sua complessità ma è praticamente impossibile da rappresentare adeguatamente con una linea alle diverse scale necessarie per il piano.

La gestione digitale del dato inoltre può generare ulteriori problemi perché è esperienza comune che nel momento in cui si digitano dei poligoni a mare che hanno come confine la linea di costa ci si ritrova molto spesso con geometrie complesse, di difficile gestione e spesso vengono generate geometrie invalide dal punto di vista topologico. Questo accade perché i dati di partenza sono molteplici, digitalizzati in forma automatica o manuale a diverse scale con diversi protocolli software.



Fig. 26: veduta di cala Girgolu (SS) copyright lucatamagnini.it

Certamente esiste un dato per così dire "ufficiale" da cui partire che nel caso del Piano italiano è stato fornito dall'Istituto Idrografico della Marina, ente cartografico dello stato ai sensi della normativa (LEGGE n. 68, 1960) che è competente per la formazione della cartografia nautica. Pur essendo un dato già condiviso e utilizzato per le analisi nel corso

della redazione dei piani italiani, questa versione vettoriale della linea di costa non è pubblicata poiché fa parte della cartografia nautica elettronica (ENC) che l'istituto fornisce a pagamento tramite i suoi distributori. Le linee guida per la redazione del Piano dello spazio marittimo infatti prevedono la realizzazione di un sistema informativo integrato gestito ed aggiornato dall'autorità competente, avvalendosi di dati e prodotti cartografici forniti da enti cartografici dello stato ai sensi di legge 8 (*art 17 DPCM 1 dicembre 2017).

Appare evidente però che questo è un dato troppo dettagliato per il concreto utilizzo alla scala del piano MSP: per come è digitalizzata inoltre non consente di delimitare in maniera univoca un poligono disegnato lato mare, poiché in molti casi troviamo opere di difesa o opere portuali disegnate, comprendendo anche opere di difesa a mare sommerse e semisommerse, e pur considerando le potenzialità degli strumenti GIS comunemente utilizzati la numerosità dei vertici rende molto difficile utilizzare tale geometria lineare per definire il bordo di un poligono che rappresenti efficacemente l'area marittima. A riprova di questo possiamo notare come lo stesso dato ufficiale delle acque interne, fornito dal IIM in formato poligonale, non è coerente dal punto di vista geometrico con la linea di costa ENC.

Vi sono poi le geometrie dei limiti amministrativi riferiti dei comuni, delle province e delle regioni che si affacciano sul mare. Per questa cartografia ai sensi della legge 2 febbraio 1968 l'ente cartografico competente sarebbe il Catasto, ora sostituito dalla direzione territorio di Agenzia delle Entrate: la cartografia catastale però (fatta eccezione per le mappe di impianto) non ha una accuratezza geometrica utile a rappresentare correttamente la realtà per cui viene spesso utilizzata la cartografia elaborata da ISTAT e EUROSTAT per la rappresentazione cartografica di variabili territoriali.

Tra gli enti produttori di cartografia ufficiale la legge nomina anche il Servizio Geologico e ai nostri giorni le sue funzioni sono passate all'ISPRA, che in effetti provvede a realizzare periodicamente una cartografia della linea di costa che evidenzia anche le dinamiche di avanzamento ed erosione oltre alle caratteristiche geomorfologiche (D'Ascola, 2022).

Altre fonti importanti sono i piani paesaggistici regionali che utilizzano un diverso approccio nel disegnare la linea di costa dal momento che spesso è il limite da cui viene derivato il vincolo di 300 metri verso terra.

Il pianificatore in ambito MSP si confronta quindi con un dato differente della linea di

costa a seconda del soggetto che ha prodotto il dato.

Un importante riferimento è dato dalla direttiva INSPIRE, che definisce una nomenclatura di riferimento con due distinti concetti (*Coastline - INSPIRE registry*, 2015):

- linea di riva (shoreline) intesa come confine mare/terra in un determinato momento
- linea di costa (coastline/litorale) definita come la media della linea di riva nelle condizioni medie di alta marea, oppure, nei casi di limitate variazioni la linea di riva corrispondente al medio mare.

All'atto pratico il dato della linea di costa viene digitata manualmente oppure estratta su ortofoto o immagini satellitari ad alta risoluzione (Cassese & Pesarino, 2022; *Progetto Coste - Geoportale MASE* -, 2017) inoltre numerosi atti giuridicamente vincolanti fanno riferimento ad un dato ufficiale (catasto, carte nautiche) che oltre a non essere aggiornato presenta delle problematiche di accessibilità e di gestione del dato in formato digitale.

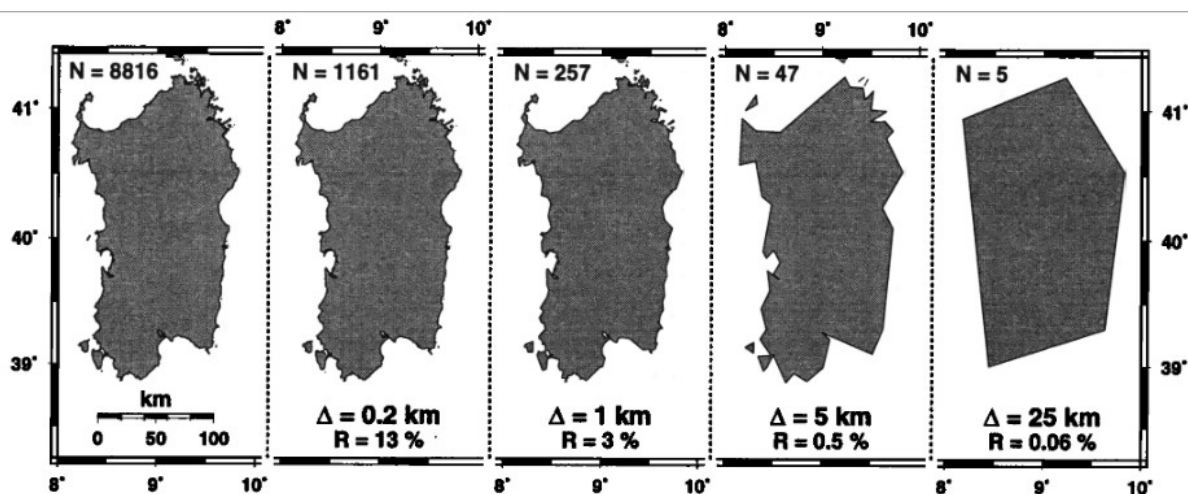


Fig. 27: rappresentazione della Sardegna a vari livelli (Wessel & Smith, 1996)

Nel saggio del 2019 intitolato proprio *The coastline Paradox* (Stoa, 2019) è un professore di legge, Robert Stoa che analizza questo fenomeno con attenzione ai problemi legali che esso comporta, forse per la prima volta visto che le numerose esperienze di mappatura della zona costiera sono in genere orientate a descrivere il cambiamento della linea di riva nel tempo (Moore, 2000; Wessel & Smith, 1996; Wolff et al., 2018).

Il fenomeno del paradosso della costa ha appassionato in gran parte matematici e geografi, mentre Stoa sottolinea che i giuristi devono occuparsi di questo fenomeno per le implicazioni legali che comporta a livello internazionale (UNCLOS, 1982) nazionale e locale.

Stoa riporta che la costa è un elemento di difficile definizione, la sua stessa misura lineare dipende dalla unità di misura con cui viene approssimata: minore è la lunghezza del singolo segmento e più elevato il numero dei vertici più elevata sarà la lunghezza totale, al contempo una eccessiva semplificazione porta a un limitato numero di segmenti che si discostano anche di molto dalla posizione reale della costa (vedi figura 27). Questo processo di ridefinizione della costa all'aumentare della scala potrebbe continuare all'infinito perché la forma della costa rivela una natura frattale: si tratta sostanzialmente di un susseguirsi di baie e promontori, ma a livelli di dettaglio maggiori compaiono altre baie e promontori, il che impedisce di raffigurarla con una curva matematica anche alla scala più grande e dettagliata e mette a dura prova la capacità di calcolo dei software GIS.

Accanto a questa natura frattale, la costa presenta degli ovvi problemi di definizione alle foci dei fiumi e nel passaggio dalle acque di transizione alle acque interne, dove non è chiaramente definibile il confine tra acqua e terra. La costa rimane un ambiente dinamico, soggetta a sedimentazione (e quindi avanzamento) o erosione (e arretramento). Nei tratti dove linea di costa è artificiale non è sempre chiaro come deve essere calcolata e vengono utilizzate convenzioni diverse a seconda del contesto di lavoro. A ciò si aggiunge anche la dinamica di innalzamento del livello del mare che porta a far scomparire man mano alcune sezioni di costa.

Per indirizzare verso la soluzione di alcuni problemi giuridici nel testo di Stoa vengono date alcune indicazioni: la più importante è la definizione di una chiara metodologia di misura ogni volta che in un documento legale si fa riferimento alla lunghezza della costa, ma in generale si richiede una maggiore consapevolezza di questo paradosso da parte dei decisori politici e portatori di interesse sul campo ed è anche problematico la definizione di *baseline* (la linea dritta che congiunge tratti di costa molto frastagliata) come artificio per rivendicare maggiori porzioni di mare nella Zona Economica esclusiva.

In conclusione è certamente condivisibile l'affermazione di Stoa che due diversi soggetti che provvedono a mappare la stessa porzione di costa giungeranno a risultati differenti.

Nonostante questa incertezza è un fatto che le attività sulla costa (come ad esempio le concessioni balneari) sono sempre identificate da una misura lineare su una dimensione, e quando si parla di percentuali queste vengono sempre riferite ad una lunghezza lineare.

Nell'anno del 2023 i diversi approcci alla misura della costa sono saliti alla ribalta delle cronache nazionali in occasione della nuova mappatura richiesta dal Governo in funzione della scadenza delle concessioni balneari e la necessità o meno di applicare la direttiva 2016/123/UE (direttiva Bolkestein) che in base ai dati del portale SID del demanio riportava una lunghezza totale di più di 11mila km contro i circa 8mila km computati generalmente da ISPRA e i circa 9mila da ISTAT.

A ben vedere le differenti modalità con cui viene disegnata la linea di costa in una data cartografia, oltre che essere condizionate dalla scala equivalente e dall'immagine di partenza risentono anche dell'utilizzo a cui tale cartografia è deputata. Ad esempio per l'Italia è disponibile la linea di costa aggiornata da ISPRA (D'Ascola, 2022) che è orientata principalmente a descrivere gli aspetti geomorfologici e le dinamiche costiere. Tale dato è stato prodotto sulla base di immagini satellitari pubblicate da Google (ISPRA, 2022) che hanno il vantaggio di essere immagini recenti con una elevata risoluzione spaziale, ma purtroppo non sono corredate di informazioni riguardo la ortorettifica, la data e l'ora esatta di acquisizione, tanto che per le situazioni in cui la scena da mappare era compromessa da una mareggiata (e questa valutazione è stata lasciata dall'operatore) sono state utilizzate ortofoto regionali (Cassese & Pesarino, 2022).

In sintesi la linea di costa, elemento essenziale per qualsiasi cartografia che abbia a che fare con il mare, andrebbe definita dichiarando le seguenti proprietà che sono collegate ad una variabilità intrinseca del dato:

Tabella 2.1.1 proprietà variabili della linea di costa

dimensione	proprietà	variazioni possibili
temporale	epoca del rilievo (anno e stagione)	Alcuni tratti di costa sono soggetti ad erosione mentre altri sono soggetti ad avanzamento a causa del deposito di sedimenti, ciò è

		significativo soprattutto per le coste sabbiose che sono particolarmente rilevanti per uso turistico. Da non dimenticare il fenomeno dell'innalzamento del mare che comporta evidentemente un cambiamento della linea di costa nel tempo.
spaziale (planimetrica)	scala equivalente	Nel processo di produzione attuale (digitazione da immagine) dipende strettamente dalla risoluzione dell'immagine di partenza. Alle scale più grandi (di maggior dettaglio) la linea di costa si scompone andando a considerare anche piccoli scogli e opere di difesa a mare
semantica	ambito di utilizzo	limite amministrativo (considera la linea di bassa marea) navigazione (comprende acque di transizione) Vincolo paesaggistico (arretra verso terra) Carte geomorfologiche considera in generale anche la linea di retrospiaggia e tratta diversamente le opere di difesa nonché i tratti di costa artificializzata

Come vedremo più avanti, queste proprietà sono già integrate nel modello concettuale Structured Data Flow.

Dal punto di vista del metodo, le tecniche di mappatura della linea di costa sono ben definite in letteratura e prevedono l'utilizzo di immagini ortorettificate su punti di controllo a terra,

integrate da rilievi diretti. Non appena la tecnologia lo ha reso possibile ci si è orientati su tecniche di mappatura automatica che in genere utilizzano come proxy la linea dell'alta marea (ISPRA, 2024; Moore, 2000) .

Il documento dell'Istituto Idrografico della marina militare Istruzione numero 3178 dal titolo *linee guida per lo studio e la descrizione ai fini cartografici della zona costiera* (I.I.M., 2017) descrive in dettaglio le classi che compongono la linea di costa sia secondo gli standard IHO S57 (e a breve S100) sia secondo le specifiche di contenuto dei geodatabase topografici definite con decreto interministeriale (DM 10/11/2011 Allegato 1, 2011).

Entrambe le specifiche operano una importante distinzione tra la parte che descrive effettivamente la costa naturale o artificiale che appartiene alla classe CS_MAR nei geodatabase e al livello COALNE in s57 e le porzioni di costa che sono occupate da opere di difesa come dighe, pennelli, moli, pontili che nel geodatabase sono catalogate in una classe OP_POR e sono in genere sostituite da un tratto di costa fittizia mentre nella codifica ENC contribuiscono a determinare il profilo della linea di costa.

Se è vero che nella determinazione del limite delle 12 miglia che delimita il mare territoriale queste opere sono in genere conteggiate come punto di partenza del buffer, nella zonazione dello spazio marittimo che utilizza spesso una indicazione di buffer di 1 o 2 miglia nautiche dalla costa è preferibile utilizzare una linea di riferimento che mette insieme le parti di costa naturale e artificiale con le porzioni di costa fittizia.

In conclusione sarebbe troppo riduttivo individuare un unico riferimento cartografico per la linea di costa da utilizzare nella pianificazione spaziale marittima, ma è opportuno utilizzare tutti i diversi dati disponibili. La rappresentazione cartografica del piano ovviamente ha bisogno di una geometria di riferimento, mentre le altre geometrie verranno rese disponibili all'interno della piattaforma digitale che pubblica la cartografia di piano.

La linea di costa presa come riferimento dovrà avere alcune caratteristiche:

1. essere adatta a rappresentare correttamente la scala di piano;
2. rendere nota la metodologia con cui è stata prodotta e le immagini utilizzati in partenza

3. appartenere ad una fonte documentata e di rilevanza istituzionale (ISPRA, Regioni, IIM, IGM, EEA) possibilmente collegata agli organi cartografici dello stato definiti dalla legge 2 febbraio 1960 n. 68.
4. generare geometrie poligonali topologicamente valide sia lato terra che lato mare

Alcuni livelli di riferimento che possono essere utilizzati agevolmente sono elencati nella seguente tabella:

Tabella 2.1.2 lista di possibili fonti di riferimento per la linea di costa

Riferimento	fonte	scala	Utilizzo
EEA coastline for analysis	European Environmental Agency	nazionale e sovranazionale	Visualizzazione; pianificazione, in particolare coerente con la pianificazione ambientale
OpenStreetMap	OpenStreetMap contributors	locale	rappresentazione a grande scala integrata con suddivisione amministrative, ambiti di confine (coincide spesso con i limiti amministrativi ISTAT)
Limiti amministrativi	ISTAT	grande e media	rappresentazione ed elaborazione cartogrammi a fini statistici
Progetto Coste	ISPRA	grande	Geomorfologia
ENC	Istituto idrografico	grande e grandissima	navigazione e attività correlate
Piani Paesaggistici Regionali	Regioni	media	Paesaggio

Per quanto riguarda i piani italiani dello spazio marittimo, in cartografia è stato scelto come riferimento il livello pubblicato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) denominato “EEA coastline for analysis”. Questo dataset è stato già utilizzato per le analisi spaziali delle aree marine protette e in particolare rappresenta il discrimine tra parte marina e parte terrestre delle aree costiere appartenenti alla rete Natura2000 (EEA, 2015). Probabilmente molti livelli cartografici realizzati nell'ambito di altre direttive europee (es. MSFD, WFD) sono coerenti con questo dato. In alcune subaree invece si è preferito utilizzare la linea di costa fornita dalla regione per coerenza con la pianificazione terrestre.

Per rendere possibile l'aggiornamento dei piani e il riuso dei dati da un livello di pianificazione all'altro, ho ideato uno strumento software che consente di convertire le geometrie digitate su un riferimento noto (ad esempio la linea di costa ISPRA 2020) in un altro riferimento altrettanto conosciuto, potendo così recuperare la coerenza topologica tra poligoni a mare e poligoni a terra. Lo strumento, denominato COGETRA (COastal GEometries TRAnslator), rappresenta una sorta di “dizionario” che consente di tradurre i poligoni da un riferimento a un altro.

La realizzazione di questi componenti di traduzione da un modello all'altro è molto importante nel modello concettuale dello Structured Data Flow, perché consentono di unire due flussi differenti. Ad esempio se abbiamo delle aree di monitoraggio costiere che hanno usato un riferimento per alcuni anni e un altro per i dati più recenti sarà possibile trasformare le geometrie del flusso più vecchio per renderlo coerente con il nuovo.

Lo schema di funzionamento e uno script di esempio applicativo sono descritti in dettaglio nell'allegato 1.

2.1.2 Distorsioni cartografiche e artefatti

Nel corso del paragrafo precedente ho evidenziato come la gestione del dato di base rappresentato dalla linea di costa è possibile anche senza un riferimento geometrico univoco grazie alle potenzialità delle infrastrutture dati territoriali, dei software GIS desktop e Web e dei servizi interoperabili che permettono di distribuire i dati geografici senza preoccuparsi del sistema di riferimento in cui sono stati digitati o del formato iniziale in cui sono stati confezionati.

L'utilizzo di cartografia digitale in maniera nativa ha indubbiamente il grande vantaggio di poter gestire numerosi livelli anche non coerenti tra di loro e questo è utile e necessario quando occorre riunire dati ufficiali provenienti da fonti diverse come accade nella MSP.

La disponibilità di strumenti GIS non risolve però tutti i problemi, anzi ne può introdurre degli altri, tra questi la distorsione cartografica dovuta soprattutto al processo di creazione del dato che spesso viene riproiettato da un sistema di riferimento all'altro.

Lampione è uno scoglio di circa 200 mt di diametro a est dell'isola di Lampedusa. In alcuni dataset la linea di costa è traslata di circa 300 mt quasi certamente a causa della proiezione utilizzata e in questo caso si perde completamente la relazione spaziale tra i diversi poligoni.

Come si può vedere in figura 28 due dei livelli cartografici utilizzati (EEA polygon e MSFD regions boundary) sono stati digitati o riproiettati in un sistema che utilizza una proiezione conica (Lambert Equal Area EPSG 3035) pertanto la deformazione è più visibile nella parte più a sud della cartografia.

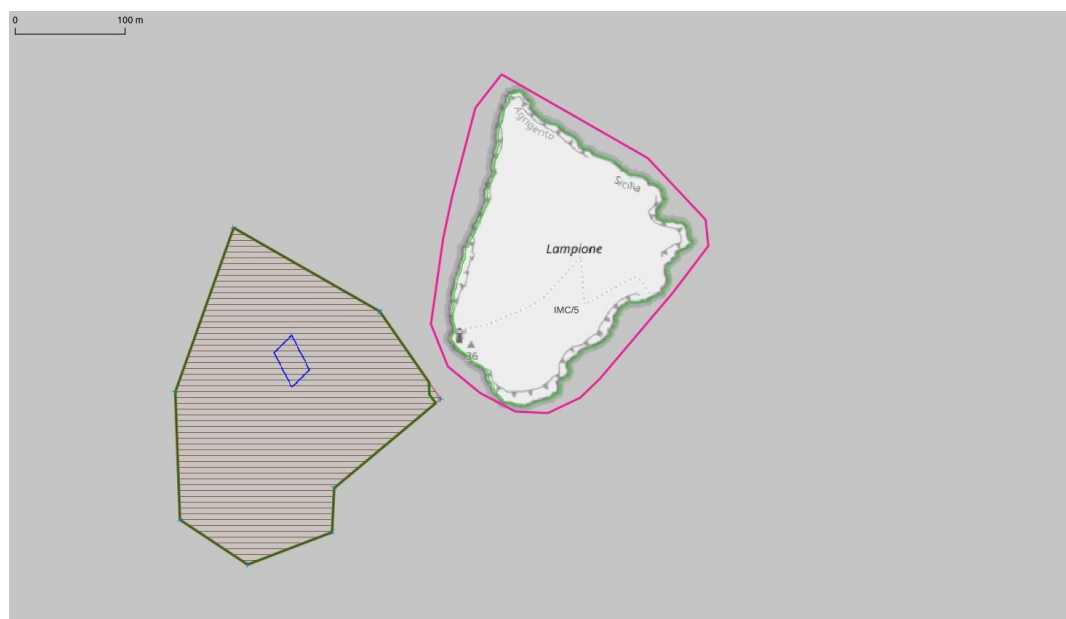


*Fig. 28: trasposizione a causa della distorsione cartografica
(in blu linea di costa IIM, in rosso EEA, in viola dato ISTAT, sfondo OSM)*

L'utilizzo di un dato geografico in un sistema di riferimento proiettato anziché geografico è opportuno per poter calcolare agevolmente le aree all'interno di diversi software GIS, e quindi identificare le quantità di spazio assegnate ai diversi usi. In particolare nell'ambito dei

piani MSP italiani è emersa più volte la domanda riguardo l'obiettivo di proteggere il 30% di ogni area marittima e si chiedeva di sommare le aree con uso prioritario legato alla protezione ambientale.

La scelta di visualizzare simultaneamente più dati di base relativi alla linea di costa consente all'utente di percepire immediatamente la scala di riferimento di ciascun dato e quindi la sua pertinenza alla scala attuale di consultazione. In figura 29 vediamo la diversità delle geometrie che rappresentano l'isola di Pantelleria: oltre alla distorsione cartografica si nota che il dato dei portali europei è semplificato e tale differenza di geometria, se moltiplicata per numerose isole può incidere sul calcolo della consistenza totale dell'area marittima in esame con differenze di qualche chilometro quadrato.

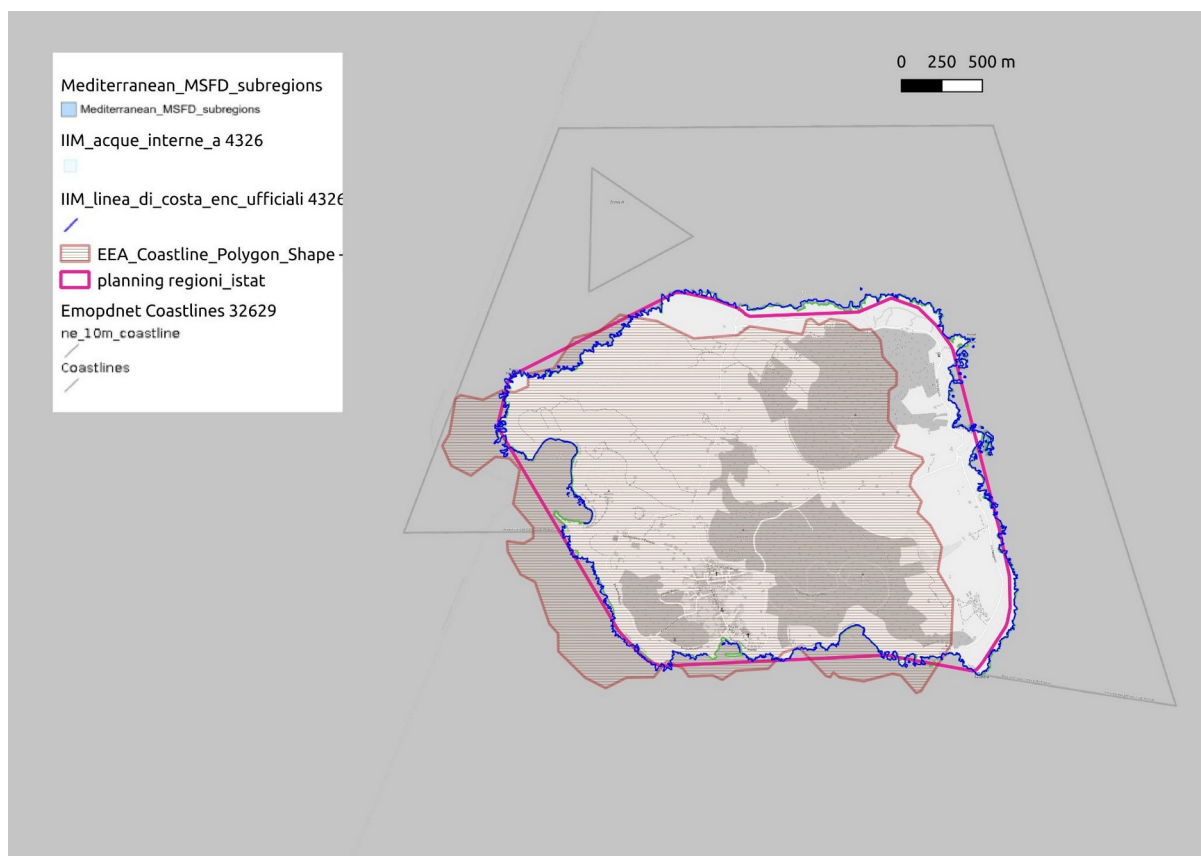


*Fig. 29: geometrie differenti per l'isola di Pantelleria:
generalizzazione del dato di EMODnet e MSFD subregions (in grigio)*

2.2 Variabilità dei fenomeni

2.2.1 Dati a carattere stagionale

Procediamo ad analizzare i dati che descrivono fenomeni a carattere stagionale, secondo uno schema molto semplice *cosa abbiamo - cosa serve* ovvero quali dati sono disponibili al momento e come sono stati raccolti e integrati nei progetti MSP a cui ho collaborato e cosa servirebbe per descrivere meglio il fenomeno e integrarlo nella attività MSP.

Il turismo balneare

Il turismo rappresenta una componente fondamentale dell'economia dei comuni costieri italiani, esercitando un impatto significativo non solo sulle attività economiche locali, ma anche sulla gestione sostenibile degli ecosistemi marini e terrestri. Tuttavia, i dati attualmente disponibili dall'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT), pur essendo il risultato di una raccolta continua da parte dei comuni e degli altri enti coinvolti nel sistema della ospitalità al momento sugli arrivi e sulle presenze turistiche aggregate per ciascun comune e per l'intero anno, si rivelano insufficienti per descrivere pienamente questa attività umana complessa e per supportare efficacemente la MSP.

Il primo e più evidente limite dei dati ISTAT riguarda la mancanza di informazioni dettagliate sulla stagionalità del turismo costiero essendo disponibile solo il dato aggregato annualmente.

Ad esempio, un comune costiero potrebbe registrare un numero rilevante di arrivi e presenze in base alla popolazione, ma la situazione è molto differente se la maggior parte delle presenze si concentrano in poche settimane estive o si distribuiscono in maniera omogenea durante l'anno. Un altro aspetto critico che i dati ISTAT non riescono a catturare è il fenomeno del turismo giornaliero.

Per caratterizzare meglio il turismo marittimo nel piano italiano si è fatto riferimento alla vocazione turistica dei comuni individuata da ISTAT in attuazione della Legge 17 luglio 2020, n. 77 (ISTAT, 2022) considerando solo i comuni con vocazione marittima e calcolando un indice di pressione dato dal rapporto tra presenze e abitanti (MIT, 2024).

La pianificazione dello spazio marittimo richiede un approccio integrato che consideri non solo le attività umane in mare, ma anche quelle che avvengono lungo la costa e che

influenzano direttamente l'ambiente marino. I dati ISTAT attualmente disponibili, tuttavia, sono inadeguati per supportare tale approccio. Senza una comprensione chiara dei flussi turistici stagionali, del turismo giornaliero e delle presenze che pur interessando il comune non riguardano le spiagge appare difficile mettere in pratica misure relative alla destagionalizzazione o porre un limite alle pressioni derivanti da grandi eventi e overtourism.

2.2.2 Variabili oceanografiche

Abbiamo detto che la MSP ha come oggetto un elemento liquido, e le caratteristiche fondamentali di questo elemento il più delle volte non sono rilevabili ad occhio nudo.

I dati relativi alla oceanografia fisica sono dati variabili per loro natura intrinseca perché descrivono appunto le condizioni dell'oceano nel punto di rilievo (o nell'area di indagine) in un determinato arco di tempo e queste condizioni cambiano continuamente in funzione della meteorologia, delle correnti, del clima. Allo stesso modo tutte le variabili oceanografiche che sono strettamente correlate a quelle fisiche cambiano nel tempo e nello spazio con estrema rapidità.

Le Essential Ocean Variables (EOVs) sono una serie di parametri critici per monitorare e comprendere l'oceano. Sono suddivise in tre categorie principali: fisiche, biogeochimiche e biologiche/ecosistemiche (GOOS, 2024; Miloslavich et al., 2018; O'Keeffe & Lillis, 2019; Rolle et al., 2023) .

Una lista delle variabili oceanografiche essenziali orientate al monitoraggio delle condizioni oceaniche è stata elaborata dal GOOS (Global Ocean Observing System) all'interno del framework definito per l'osservazione dell'oceano.

Tra le variabili FISICHE

Temperatura dell'acqua: La temperatura influisce direttamente sulla densità dell'acqua e, di conseguenza, sulla circolazione oceanica. È raccolta attraverso boe ancorate, stazioni costiere e satelliti, che offrono dati sia di superficie (*Sea surface temperature*) che di profondità (*Sea subsurface temperature*).

Salinità: La salinità, misurata in unità di Practical Salinity Units (PSU), è usata per determinare la densità dell'acqua marina e influenza la formazione di masse d'acqua e la

circolazione oceanica globale. Gli habitat delle diverse specie sono ovviamente condizionati anche dalle condizioni di salinità. I profili di salinità vengono acquisiti principalmente tramite sonde CTD (Conductivity, Temperature, Depth) montate su boe o navi.

Correnti: le correnti sono misurate utilizzando boe derivanti, correntometri subacquei e dati satellitari. Le correnti di superficie possono essere monitorate tramite radar costieri, mentre le correnti profonde richiedono strumenti in genere acustici (ADCP) ancorati in situ.

Livello del mare: l'incremento del livello del mare, visibile su serie temporali estese è uno dei dati più evidenti dell'innalzamento dei mari (SLR) legato ai cambiamenti climatici in corso. La loro misurazione avviene tramite mareografi e satelliti altimetrici.

Stato del mare: comprende le caratteristiche delle onde, altezza, direzione, frequenza, sono monitorate da boe in mare aperto e da sensori costieri. Poiché la loro formazione è legata al vento oltre alle misure puntuali è possibile ottenere dei campi in 2D da modello o da sensori radar.

Tra le variabili Biogeochimiche

Ossigeno: concentrazione di ossigeno disciolto nell'acqua dell'oceano, essenziale per la vita marina e utile per monitorare la salute degli oceani, le zone affette da ipossia in particolare impattano negativamente sugli ecosistemi.

Nutrienti: comprende tutti gli elementi come nitrato, fosfato e silicato nell'oceano. Questi nutrienti sono fondamentali per la produzione primaria e svolgono un ruolo chiave negli ecosistemi marini e nel ciclo globale del carbonio.

Carbonio Inorganico: la quantità di anidride carbonica e delle sue forme chimiche (come gli ioni bicarbonato e carbonato) disciolte nell'acqua marina. Descrittore dell'acidificazione degli oceani e il ruolo dell'oceano nel sequestro del carbonio.

Traccianti Transitori: sono sostanze chimiche, come i clorofluorocarburi (CFC), utilizzate per tracciare il movimento e i modelli di mescolamento delle acque oceaniche nel tempo. Aiutano a comprendere la circolazione oceanica e i processi climatici.

Particolato: il totale delle particelle sospese nell'oceano che introducono torbidità. Fornisce

informazioni su processi come la produzione biologica, il trasporto dei sedimenti e l'inquinamento.

Protossido di Azoto: gas serra prodotto nell'oceano da processi microbici. Monitorarne le concentrazioni aiuta a studiare il ciclo dell'azoto e il suo ruolo nei cambiamenti climatici.

Isotopi Stabili del Carbonio: varianti naturali del carbonio (es. C-12, C-13) utilizzate per studiare il ciclo del carbonio, comprese le fonti e i serbatoi di carbonio nell'oceano e il loro ruolo nella regolazione del clima.

Carbonio Organico Disciolto (DOC): è una componente chiave del ciclo globale del carbonio, influenzando sia la biologia che la chimica degli oceani.

Tra le variabili ecologiche

Fitoplancton: misura la quantità e la varietà di piante microscopiche nell'oceano; esse costituiscono la base delle reti alimentari marine e sono un indicatore chiave della produttività e della salute degli oceani.

Zooplancton: monitora l'abbondanza e la varietà di piccoli animali marini che si nutrono di fitoplancton; questi organismi svolgono un ruolo vitale nel trasferimento di energia all'interno degli ecosistemi marini.

Stock ittici: monitora la dimensione della popolazione e i modelli spaziali delle specie ittiche; essenziale per comprendere le dinamiche degli ecosistemi, la gestione della pesca e la sicurezza alimentare.

Tartarughe marine, uccelli e mammiferi: si concentra sui livelli di popolazione e sui modelli di movimento di questi animali di livello trofico superiore, importanti indicatori della salute dell'ecosistema e della biodiversità.

Copertura e composizione dei coralli: valuta la percentuale di fondale marino coperta da coralli duri e la loro diversità di specie; cruciale per valutare la salute degli ecosistemi delle barriere coralline e la loro resilienza ai cambiamenti ambientali.

Fanerogame marine: misura l'estensione e la composizione delle specie di letti di fanerogame, in genere praterie di (*posidonia oceanica*), che sono habitat importanti per la

vita marina, lo stoccaggio del carbonio e la protezione costiera.

Macroalghe: monitora l'estensione e la diversità delle grandi specie di alghe (macroalghe), che forniscono habitat e cibo per gli organismi marini e sono indicatori dei cambiamenti degli ecosistemi.

Tutte le caratteristiche qui elencate variano continuamente nel tempo e secondo scale differenti, per queste la fase di data collection va pianificata accuratamente utilizzando il più possibile i dati raccolti in maniera automatica o dai programmi di osservazione della terra (Mercator Ocean International., 2024a).

Come è possibile integrare questi dati nella MSP? Dal punto di vista della gestione del dato occorre distinguere due categorie principali: i dati da sensori presenti in stazioni di misura puntuali da un lato e i dati ottenuti da satellite, sensori radar e i risultati dei modelli numerici dall'altro

Sensori

La gestione del dato dei sensori può fare riferimento a numerosi standard che hanno una agevole possibilità di integrazione con la cartografia. In genere i valori misurati da un sensore sono associati ad un punto che ne rappresenta la posizione geografica e vengono memorizzati in formato tabellare: le singole misure vengono lette dal software e in genere organizzate all'interno di un database. Gli standard utilizzati sono ad esempio Observation & Measurements, Sensor Observation Services, Sensor Things API (OGC, 2024a).

Il dato raccolto da sensori radar e sensori satellitari invece è espresso sotto forma di matrici multidimensionali che rappresentano l'intero campo di osservazione. Per questi dati la rappresentazione raster può essere sufficiente, anche se in genere le interfacce esistenti cercano di rappresentare adeguatamente anche la dimensione temporale con interfacce interattive che utilizzano ad esempio servizi WMS con le coordinate temporali o sistemi più complessi di caching. In figura 30 è presente l'interfaccia My Ocean di CMEMS con esposto il livello di concentrazione di clorofilla nel mediterraneo elaborato a partire da dati satellitari (CMEMS, 2025).

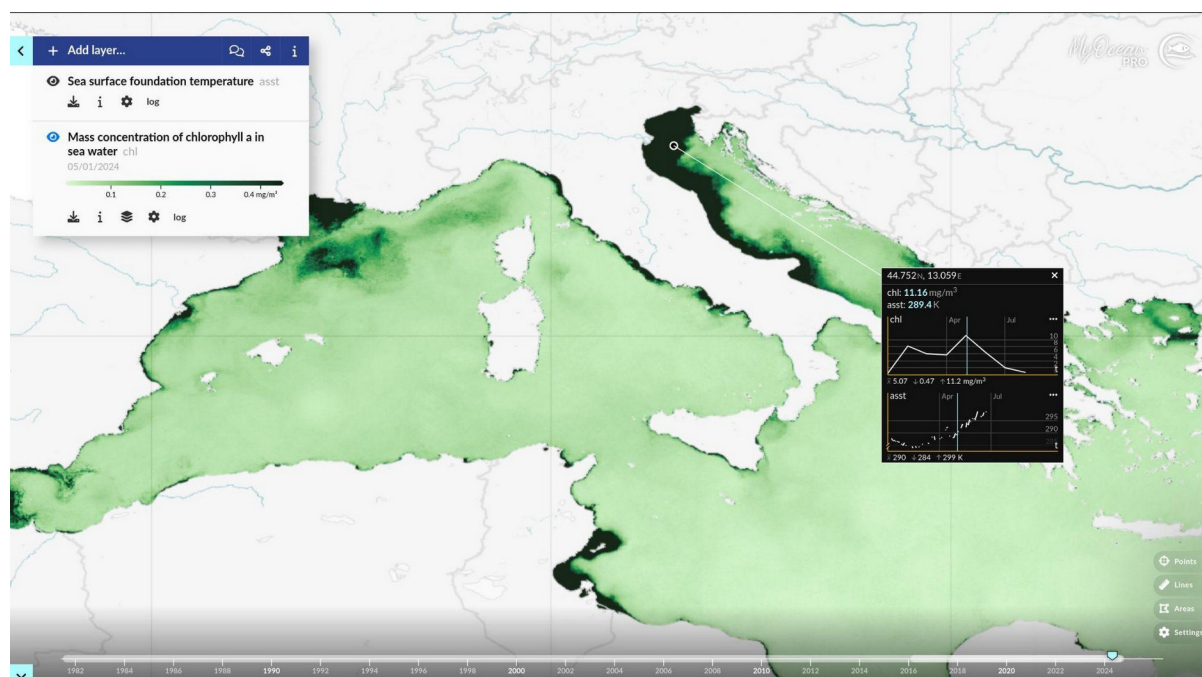


Fig. 30: visualizzatore My Ocean Pro di Copernicus

Modelli Numerici

I modelli numerici giocano un ruolo centrale nella comprensione dei processi oceanografici e nella previsione del comportamento futuro degli oceani. Questi modelli sono utilizzati per simulare la circolazione oceanica, le onde, le maree, e le interazioni terra-mare, offrendo preziose informazioni per la pianificazione dello spazio marittimo.

Per i risultati da modelli occorre fare una riflessione ulteriore: uno degli aspetti che più mi ha colpito durante le prime attività di ricerca all'interno del CNR-ISMAR è stata la grande differenza di gestione dei dati nel dominio della oceanografia fisica rispetto ai dati geografici a cui ero abituato: la maggior parte delle volte i dati oceanografici vengono visualizzati dagli esperti in software dedicati senza layer di contesto (eccetto il profilo delle terre emerse che è in genere integrato nel visualizzatore)

Le variabili oceanografiche a cui abbiamo accennato sopra sono osservate da satelliti o da radar costiero e vengono distribuite in formati standardizzati come NetCDF (Network Common Data Form (Rew et al., 2024; Rew & Davis, 1990)) o GRIB (GRIdded Binary (WMO, 2016)). Questi formati sono accessibili a un pubblico specializzato. L'accesso e la

visualizzazione di questi dati in genere viene fatta utilizzando software specialistici come Panoply, MATLAB, Python con librerie scientifiche (xarray) Ncview CDO.

Dal momento che i dati sono rappresentati sotto forma di array multidimensionali questi file consentono di rappresentare in un unico file autodefinito una notevole quantità di dati, soprattutto serie temporali e time series associando ciascun valore ad una o più dimensioni (vedi par 4.1).

Le previsioni dello stato del mare sono effettuate tramite modelli numerici che a partire dalle condizioni meteo previste (che sono il risultato di ulteriori modelli) riproducono la dinamica della massa d'acqua in esame e restituiscono una previsione.

In particolare il CNR-ISMAR ha sviluppato il modello idrodinamico ad elementi finiti SHYFEM particolarmente indicato per le acque poco profonde, elaborato in particolare per la Laguna di Venezia (Umgiesser et al., 2004).

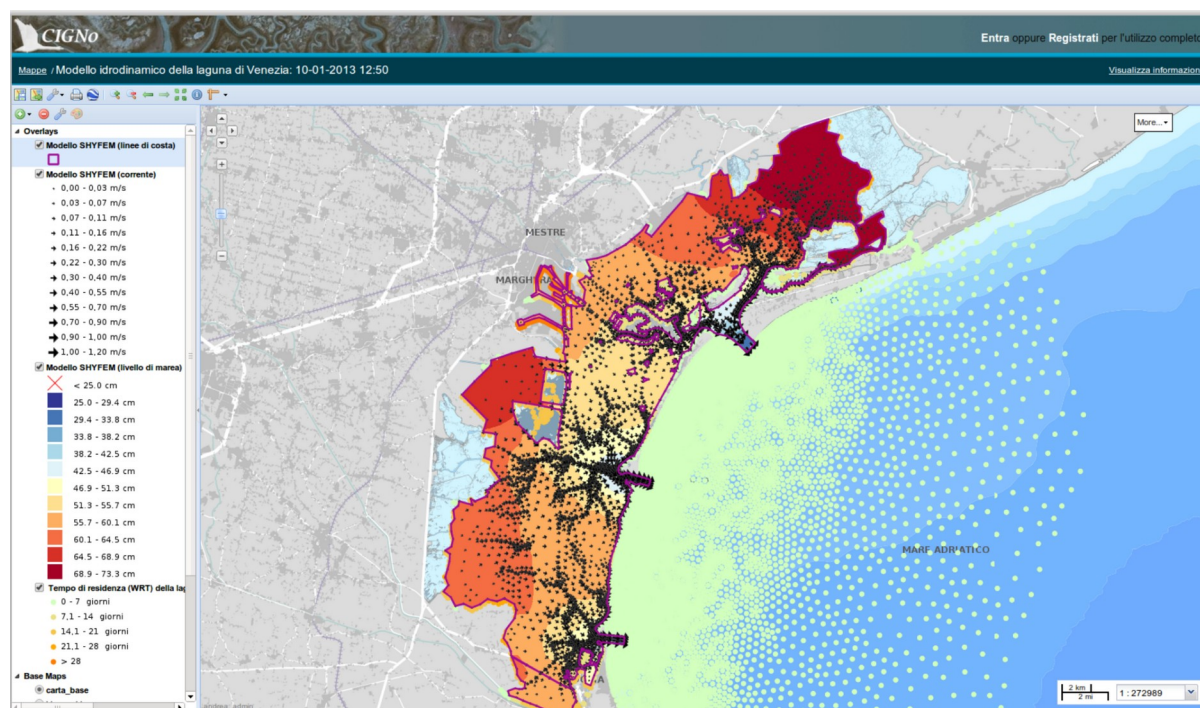


Fig. 31: Mappa della circolazione in laguna di Venezia da (Menegon, 2013)

Una prima integrazione degli output del modello in un software GIS è stata realizzata nel 2012 con l'integrazione del modello di circolazione della laguna in una mappa del geoportale CIGNO sviluppato dal CNR-ISMAR presso il CORILA (Menegon, 2013).

L'integrazione in GeoNode, visibile nella figura 31 all'epoca aveva richiesto un processo altamente personalizzato: il risultato del modello per quanto riguarda il livello di marea veniva letto in formato testo, rasterizzato con GRASS GIS sul server e pubblicato in formato Geotiff su Geoserver. Per quanto riguarda invece la velocità e la direzione di circolazione veniva generato un livello vettoriale puntuale che con uno stile opportuno visualizzava delle frecce con la direzione e la dimensione variabile. Questo approccio, che in sostanza automatizzava una procedura manuale conosciuta, permetteva di pubblicare un singolo momento temporale, e la mappa veniva aggiornata ogni mezz'ora con il valore del modello più recente disponibile.

Una integrazione molto più flessibile tra modello e cartografia è stata realizzata nel 2019 all'interno del progetto I-STORMS ed estesa nel progetto STREAM (vedi cap 4.3): grazie alla funzionalità WMS di THREDDS data server (UNIDATA, 2024) e alla libreria javascript Leaflet time dimension (Socib, 2014/2019; *Socib Apps Server*, 2021).

Più di recente, tra gli esiti del progetto Venezia 2021 (CNR-ISMAR, 2024) è stata realizzata una interfaccia di visualizzazione per la simulazione ISSOS basata su modello SHYFEM che utilizza le librerie di animazione Leaflet velocity (Wild, 2024).

Nel 2018 è arrivata una importante rivoluzione tecnologica: in QGIS che è il software GIS open source più diffuso (QGIS Development Team, 2024): è stato messo a punto il driver MDAL per leggere nativamente i dati multidimensionali. Inizialmente era rivolto alla integrazione di dati meteorologici in formato GRIB ma ora supporta anche il formato NetCDF su griglia non strutturata, purché il formato sia definito secondo la convenzione UGRID (Lutra Consulting, 2018). La griglia non strutturata infatti viene utilizzata per ottenere maggiore risoluzione in alcuni punti del modello ed è strutturalmente diversa dal dato raster su griglia regolare a cui siamo abituati in ambito GIS. Un esempio di visualizzazione in QGIS è riportato in figura 32.

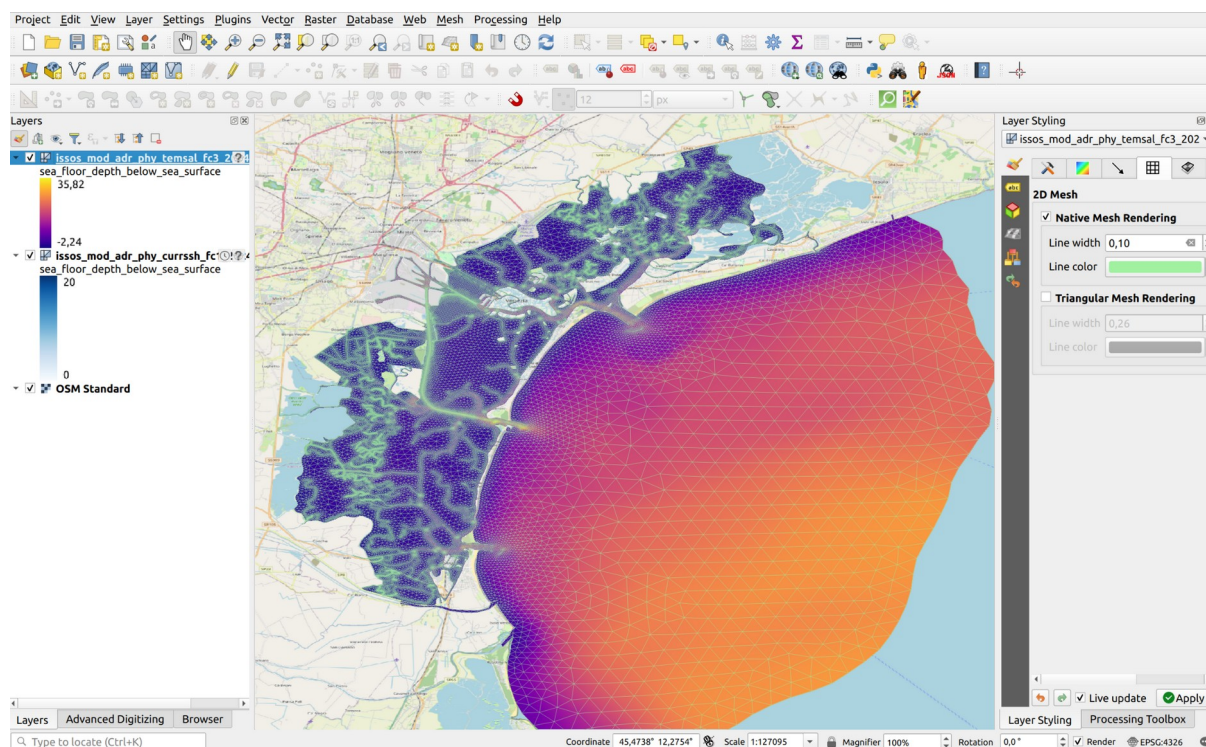


Fig. 32: la griglia non strutturata della simulazione ISSOS (basato su SHYFEM) in QGIS

Dal 2020 anche THREDDS data server con la versione 5.0 permette di visualizzare il formato NetCDF UGRID compliant tramite il servizio WMS.

Negli ultimi tempi quindi sono state rese disponibili queste tre componenti tecnologiche che permettono di integrare in maniera dinamica il risultato dei modelli numerici, e più in generale i dati multidimensionali nelle componenti cartografiche del piano MSP. La proposta del modello SDF nasce proprio a partire dalla constatazione di questa convergenza delle tecnologie verso servizi di visualizzazione interoperabili che possono offrire all'utente un quadro completo di tutti i dati di piano: oltre alla cartografia di base, la cartografia tematica le caratteristiche fisiche e geomorfologiche, che già venivano condivise nelle mappe utilizzando il formato raster o dataset vettoriali, è ora possibile ed agevole sovrapporre anche i dati dinamici che vengono pubblicati in formato NETcdf o GRIB.

Capitolo 3 La proposta concettuale dello Structured Data Flow (SDF)

3.1 SDF Definizione e concettualizzazione

Lo **Structured Data Flow (SDF)** è un modello concettuale che organizza e descrive un flusso di dati complesso in modo strutturato, sfruttando metadati, indicatori statistici, nonché i valori specifici e armonizzati del dato stesso. Si tratta di una espansione del concetto di **dataset** per includere in un unico oggetto sia la serie temporale di dati, che i metadati che ne definiscono le proprietà mutevoli (come incertezza e processo di produzione). SDF gestisce flussi di dati che variano nello **spazio** e nel **tempo** consentendo di accedere al dato nella sua forma più aggiornata, più prossima al fenomeno e allo stesso tempo accedere al contesto di evoluzione con gli indicatori statistici che lo descrivono. Il modello SDF integra anche gli strumenti di gestione del flusso e la creazione di indicatori.

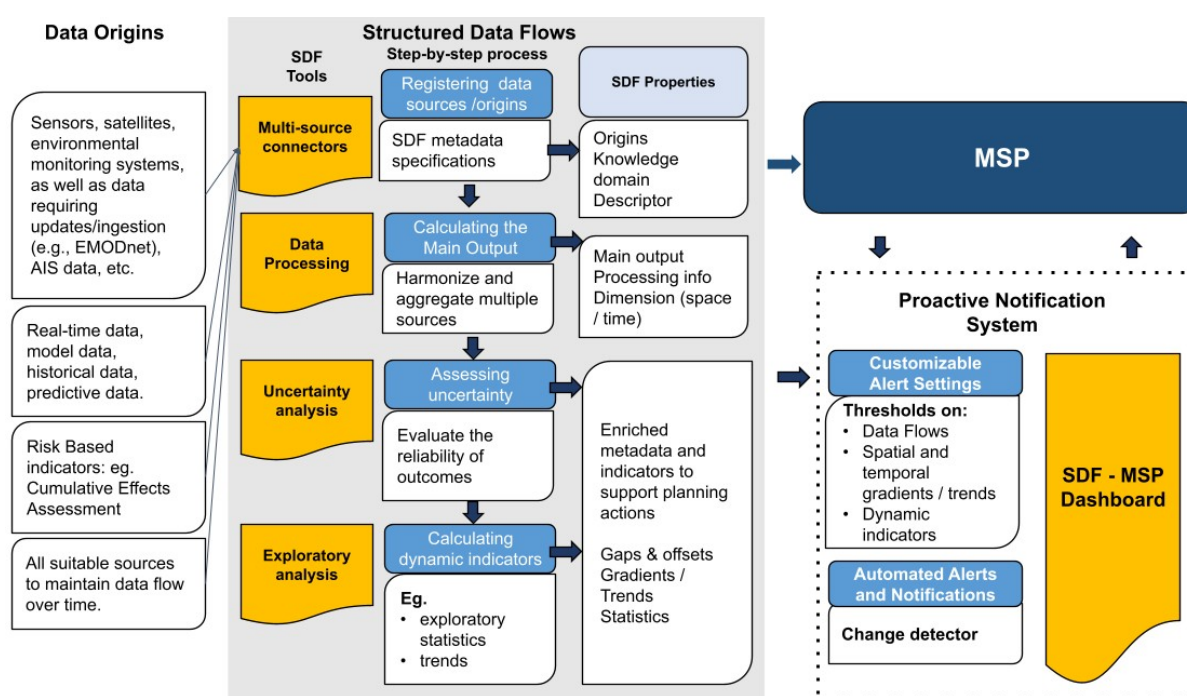


Fig. 33: schema funzionale del Structured Data Flow.

In figura 33 è riportato lo schema di SDF dove è evidenziata, nel contempo, la modalità con cui il modello può supportare il processo di pianificazione MSP ed i processi di gestione

adattiva. Lo Structured Data Flow (SDF) è composto principalmente da Proprietà (*Properties*), che sono caratteristiche o attributi specifici che definiscono il flusso stesso. In un approccio tradizionale, queste proprietà possono essere considerate come una combinazione di metadati e dati effettivi (es. output), che rappresentano lo stato del flusso in un determinato momento. Le proprietà verranno descritte più dettagliatamente in seguito.

Una novità introdotta dall'SDF è la possibilità di incorporare e descrivere formalmente una procedura sequenziale, ovvero un processo passo-passo, che si integra nel flusso stesso. Questa procedura consente di arricchire in maniera dinamica le proprietà del flusso, rendendolo più comprensibile e utile per supportare attività di pianificazione. La procedura si articola in quattro fasi principali:

- Registrazione delle fonti/origini dei dati (*Registering data sources /origins*)
- Calcolo dell'output principale (*Calculating the Main Output*)
- Valutazione dell'incertezza (*Assessing uncertainty*)
- Calcolo degli indicatori dinamici (*Calculating dynamic indicators*)

Infine, l'SDF include una terza componente essenziale: i tool che supportano le quattro fasi del processo. Questi strumenti sono:

- Connettori multi-fonte per collegare diverse fonti di dati (*Multi-source connectors*)
- Strumenti di elaborazione dei dati per processare i dati provenienti dalle fonti/origini e generare l'output principale del flusso (*Data Processing*)
- Analisi dell'incertezza (opzionale) per caratterizzare (anche in maniera spazialmente esplicita) l'incertezza dell'output principale del flusso (*Uncertainty analysis*)
- Analisi esplorativa (opzionale) per valutare i risultati e ottenere ulteriori insight come, ad esempio, una descrizione quantitativa del trend del flusso (*Calculating dynamic indicators*)

Nelle successive sezioni verranno presentate in maggiore dettaglio le diverse componenti che costituiscono l'SDF.

3.2 Le proprietà del flusso dati SDF

Cerchiamo dunque di definire le caratteristiche che deve avere un flusso dati strutturato per essere utilizzato nella pianificazione. Se il flusso contiene in sé la definizione della variabilità dobbiamo cercare di definire quali sono le componenti che devono rimanere stabili per distinguere un flusso da un altro.

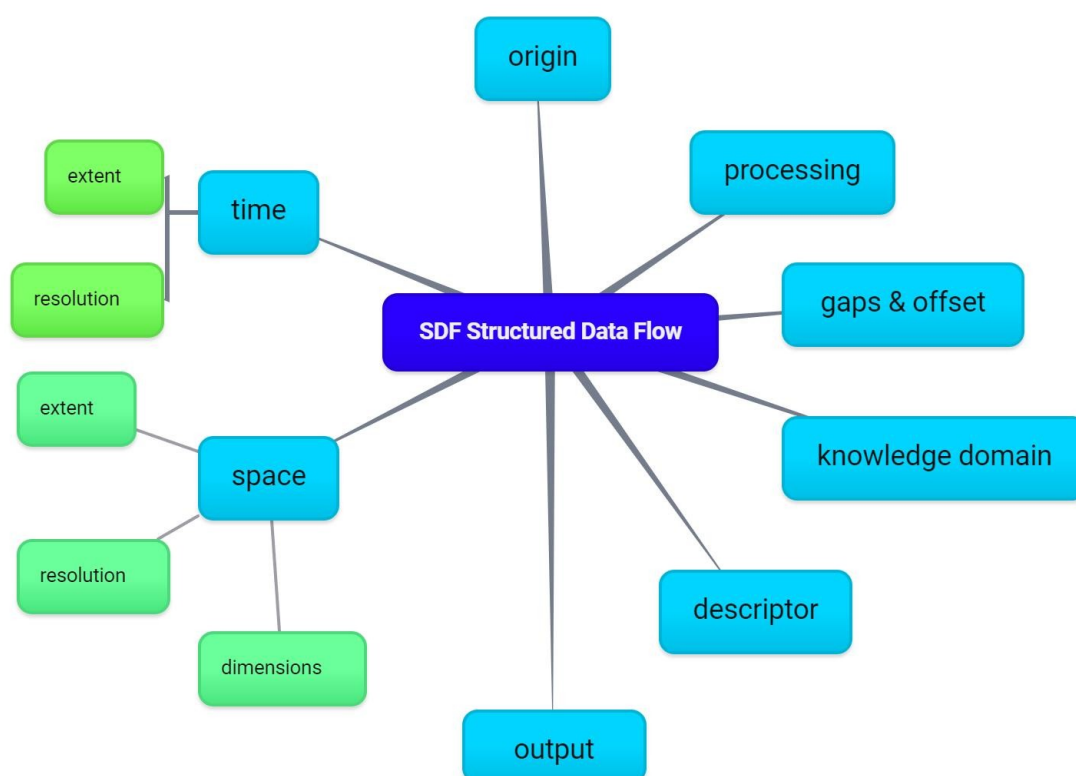


Fig. 34: proprietà di un flusso dati del modello SDF

Le dimensioni fondamentali che ci permettono di organizzare i dati sono spazio e tempo, un posto rilevante lo occupano anche l'origine flusso dati e il suo utilizzo finale. La grandezza misurata è il descrittore del fenomeno indagato va correlata al dominio di conoscenza specifico in cui il dato viene utilizzato. Caratteristiche intrinseche del flusso sono le elaborazioni che vengono effettuate al suo interno e la presenza di vuoti e disallineamenti che richiedono correzioni.

Queste proprietà sono schematizzate nella figura 34 e verranno ora presentate nel dettaglio.

3.2.1 La dimensione temporale (time)

L'elemento che caratterizza maggiormente un flusso dati rispetto ad una raccolta una tantum è senza dubbio la dimensione temporale. Tuttavia, un flusso non è semplicemente una serie temporale: per prima cosa deve essere il più possibile continuo e per questo occorre definire con precisione gli elementi che non variano nel tempo rispetto a quelli che variano.

Un sensore che misura una grandezza fisica in continuo e che invia il dato a intervalli regolari rappresenta l'esempio di flusso. Tutti i metadati che descrivono il dato misurato restano costanti nel tempo e la dimensione temporale ha un inizio e possibilmente prosegue nel futuro senza un termine predefinito: un flusso dati è essenzialmente aperto.

Il flusso di un sensore inizia nel passato e finisce nel momento presente ma tendenzialmente può essere proiettato nel futuro tramite l'utilizzo di modelli di previsione statistici o deterministici (a seconda della grandezza misurata).

Al variare del parametro registrato nel flusso si registrano alcune azioni da parte di chi monitora quel flusso.

Ad esempio, la sala operativa del MOSE (il sistema di paratie mobili che difende la città di Venezia dalle acque alte) viene attivata quando c'è la previsione di un evento di marea oltre la soglia e riceve in continuazione dei flussi dati. A partire da 6 ore prima del picco vengono monitorati il livello del mare, la pioggia, l'apporto dei fiumi e il vento. Questi dati provengono sia da sensori, che da modelli numerici di previsione. Confrontando i diversi modelli e le evoluzioni possibili vengono attivate diverse fasi operative che portano alla chiusura delle paratie oppure alla disattivazione della procedura di chiusura (Umgiesser, 2020; Umgiesser & Matticchio, 2006).

Gli elementi che caratterizzano la dimensione temporale di un flusso dati sono dunque:

- il momento iniziale (sempre presente)
- il momento finale (opzionale)
- gli intervalli in cui il dato viene raccolto e inviato (risoluzione temporale o meglio frequenza)

Occorre però precisare che siamo in presenza di un flusso solo se gli elementi che descrivono

il dato (grandezza misurata, posizione del sensore, unità di misura etc..) rimangono costanti. Se varia uno di questi elementi potremmo trovarci in presenza di un nuovo flusso. Talvolta potrebbe accadere che un flusso termina e uno inizia per la stessa grandezza ma possono essere connessi in un unico flusso con operazioni di armonizzazione. Queste operazioni sono in genere affidate a moduli specifici che nel modello SDF definisco connettori (vedi par 3.3.2).

Si consideri il caso della stazione mareografica di Trieste gestita dal CNR-ISMAR che misura le variazioni del livello del mare dal 1875. Le tipologie di sensori nel tempo sono cambiati e per creare un unico flusso la serie viene validata con operazioni statistiche.

L'estensione della dimensione temporale (nel passato, ma anche nel futuro dove sono disponibili modelli previsionali) è legata all'incertezza e all'errore intrinseco: questo andamento quasi certamente non è lineare: nel passato i dati sono stati acquisiti con strumenti analogici o procedure manuali e il passaggio a strumenti più precisi e accurati segna un brusco cambiamento. Il flusso può essere completato da scenari di previsione che di nuovo aumentano l'incertezza (figura 35).

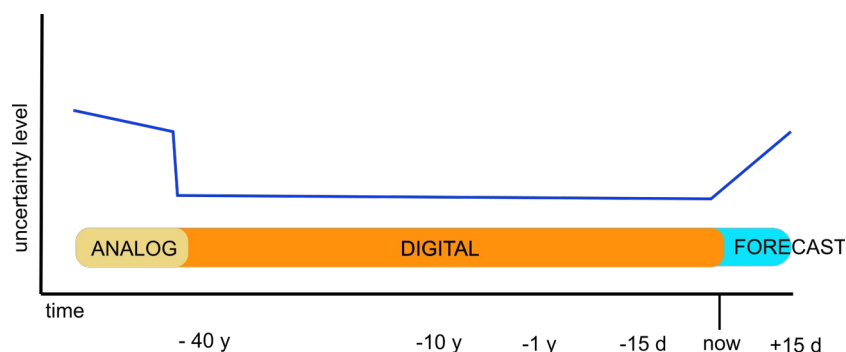


Fig. 35: possibile andamento del livello di incertezza lungo la dimensione temporale di un flusso dati che combina osservazioni in situ e previsioni da modello

3.2.2 La dimensione spaziale (space)

Se il flusso dati per definizione varia nel tempo, ci si aspetta che la dimensione spaziale rimanga costante e che un singolo flusso si riferisca sempre allo stesso ambito nelle tre dimensioni.

Questo è certamente vero per i dati in situ che derivano da stazioni di misura fisse. La piattaforma oceanografica Acqua Alta (AAOT) gestita dal CNR produce dati dal 1971. Il fatto

che queste lunghe serie di dati si riferiscano allo stesso punto le rende particolarmente utili nelle analisi ecologiche a lungo termine.

Allo stesso modo le immagini satellitari o radar che inquadrano sempre la stessa porzione di oceano rappresentano un flusso riferito ad un ambito definito (solitamente nelle 2 dimensioni), anche perché in genere tracciano variabili riferite alla superficie dell'oceano.

La variabilità del dato lungo la terza dimensione invece potrebbe essere l'oggetto stesso del flusso anziché una proprietà che lo definisce: si pensi ad esempio al dato climatico della quota dello zero termico lungo le stagioni.

Un altro caso in cui la variabilità del dato lungo la dimensione spaziale è quella che caratterizza il flusso è quando l'ambito spaziale viene definito su due livelli di scala: a livello più generale si considera l'intero ambito di riferimento, ad esempio una sottoregione marina, mentre in dettaglio il flusso descrive gli spostamenti nello spazio e nel tempo di un singolo elemento rilevante per l'ambito di pianificazione.

Pensiamo ad esempio al tracciamento di una imbarcazione, una boa derivante o di singoli esemplari di mammiferi marini tramite dispositivi GPS (Bailey et al., 2012; Bedriñana-Romano et al., 2021). In questo caso è rilevante seguire la singola traiettoria, anche se probabilmente per avere una maggiore significatività questi flussi verranno integrati con altri simili producendo qualcosa di molto simile ad una mappa di concentrazione dinamica, che consentirà di tracciare anche le interazioni di questi singoli flussi spaziotemporali.

Abbiamo visto che il flusso dati SDF può variare sia nella dimensione temporale che in una o due dimensioni spaziali, fermo restando che l'individuazione di un ambito nelle due dimensioni spaziali latitudine e longitudine individua comunque il flusso.

Lascio da parte per ora il concetto di risoluzione spaziale del dato e della frequenza temporale, che sono ovviamente essenziali per definire la qualità del dato ma le illustrerò dopo aver parlato dei connettori.

3.2.3 Origini (origins)

L'origine, o meglio le origini come andrò ad illustrare, è senza dubbio il primo elemento che definisce un flusso dati continuo in ordine di tempo e di importanza.

Conoscere la fonte del dato ci permette di valutare anzitutto la qualità del dato e i suoi possibili utilizzi: un valore di temperatura misurato da una centralina meteorologica gestita da un soggetto istituzionale (come l'agenzia regionale per l'ambiente) avrà una attendibilità maggiore della serie di misure raccolte con una iniziativa di citizen science. Anche la validazione del dato, la modalità di raccolta sono tutti aspetti che fanno parte della descrizione dell'origine.

Altrettanto importante per quanto riguarda l'origine è lo scopo per cui vengono raccolti i dati. Nelle modalità di raccolta che dipendono dall'intervento umano vanno considerati i diversi tipi di bias cognitivi (tipicamente il bias di conferma) e alcune sorgenti di rumore e omissione nella raccolta dati. Per molte osservazioni dirette come ad esempio nella stima dell'abbondanza di delfini e tartarughe è necessario compensare lo sforzo del rilievo che non può essere uniforme su tutta l'area di studio (Bonizzoni et al., 2019; Fortuna et al., 2018).

Per quanto riguarda la definizione delle origini, dunque, gli elementi caratterizzanti possono essere sintetizzati così:

- Il soggetto che ha avviato e mantiene il flusso dati.
- La natura istituzionale o meno del soggetto rispetto al monitoraggio alla raccolta dati e all'intero processo di MSP.
- Lo scopo per cui i dati vengono raccolti.
- Modalità in cui vengono raccolti i dati (sensori, satellite, rilievo...).
- Le attività preliminari che garantiscono che i dati raccolti entrino nel flusso (specialmente per i rilievi e/o campionamenti manuali). Queste attività riguardano propriamente il soggetto che raccoglie i dati e vanno tenuti distinti dalle attività della componente di elaborazione.
- Se il flusso dati deve integrarsi con un altro flusso o se è derivato da un flusso a livello logico precedente.

La definizione di queste componenti, che in gran parte rispondono alle domande di rito chi, come, perché, aiuterà a caratterizzare la qualità del flusso dati in termini di affidabilità e

accuratezza.

3.2.4 Elaborazione (processing)

Questa componente del flusso dati riguarda le attività di elaborazione dati che servono per creare effettivamente il flusso dati e tenerlo in attività. Queste attività, a differenza delle elaborazioni preliminari che fanno parte della componente relativa alle origini, avvengono all'interno del flusso e lo caratterizzano.

Se il flusso dati viene originato da una serie temporale di misure (ad esempio un sensore), allora le attività di elaborazione sono anzitutto quelle che puntano a definire tutte le altre componenti del flusso (origini, risoluzione, vuoti etc...) mentre le attività di pulizia del dato e di validazione appartengono alla componente di risultato (output). Per alcuni flussi si tratterà di effettuare una composizione con i dati di un altro flusso per ricavare indici compositi; in altri casi sono possibili operazioni di trasformazione di coordinate o unità di misura, semplificazione delle geometrie, interpolazione, allineamento su una griglia, normalizzazione, scalatura dei valori, eccetera. Particolare attenzione occorre riservare all'utilizzo di connettori necessari per comporre il flusso, come definiti al paragrafo seguente.

Poiché l'obiettivo è realizzare un flusso dati su cui sia possibile applicare altre elaborazioni e utilizzare gli strumenti software di supporto alla pianificazione (tools) è importante che i tool siano consapevoli delle elaborazioni già realizzate per evitare di inserire ulteriore errore.

Ad esempio se consideriamo la produzione dell'ensemble di modelli per l'Adriatico realizzato nel progetto Adrion I-STORMS un passaggio fondamentale è l'allineamento su una stessa griglia dei differenti modelli. Questo prodotto (<https://iws.seastorms.eu>) presenta già le caratteristiche di un SDF ed è meglio descritto nel capitolo 4.3. Nell'allineamento viene utilizzato un allineamento di tipo *nearest neighbor*, che trasferisce semplicemente il valore del centroide della cella di origine al centroide della cella di destinazione più vicina. L'accuratezza passa quindi da 1 cella a 1,5 celle. Se a questo flusso dati venisse poi applicato un tool che ripete l'operazione di allineamento per armonizzare il flusso con altri dati (come il CEA di tools4msp) l'incertezza introdotta dal tool si somma a quella già introdotta precedentemente nel flusso.

3.2.5 Vuoti e disallineamenti (gaps & offset)

Una volta che un determinato flusso sarà costituito e accessibile, gli utenti avranno bisogno di sapere se sia utilizzabile con uno specifico tool nella elaborazione di un processo MSP o

per quali scenari è adatto.

Oltre alle dimensioni temporali e spaziali che abbiamo ricordato prima e alla componente di elaborazione, occorre che tra i metadati del flusso dati sia presente un indicatore di qualità che attesti come cambia il valore di incertezza (o tolleranza) lungo la dimensione temporale del flusso (vedi sopra figura 29), se questo livello cambiasse in maniera inattesa risulta difficile applicare tools che elaborano ulteriormente il dato.

Occorre perciò che il flusso contenga una stima della probabilità di interruzioni nel flusso, una stima della durata media/massima di queste ultime e dove possibile un procedimento di autoriparazione.

L'esempio più semplice può essere un guasto hardware che non permette più di ricevere i dati di un sensore dalla piattaforma AAOT o da un'altra stazione di misura in mare: quante volte può accadere? quali sono i tempi di ripristino del segnale? Quali misure dirette o indirette possono essere utilizzate per completare il flusso?

3.2.6 Dominio di Conoscenza (Domain)

Questo elemento del flusso è di difficile definizione poiché l'espressione può assumere diversi significati.

Partiamo dalla constatazione che all'interno della classificazione della conoscenze ci sono diverse suddivisioni che rispondono anche agli scopi con cui questa suddivisione è stata realizzata la classificazione decimale di Dewey usata in tutte le biblioteche si distingue dalle Subject Categories di Clarivate Web of Science (258) e le subject areas di Scopus (334) così come i settori scientifici disciplinari (383) sono liste utili a rintracciare i prodotti della ricerca quando sono inseriti in un determinato catalogo e raggiungono il loro scopo quando c'è la necessità di confrontare la produzione tra diversi settori o estrarre una informazione su un tema specifico. Qualora il flusso dati faccia riferimento alla produzione scientifica questo approccio di classificazione può essere utile.

Le liste non definiscono invece le comunità di esperti che si costituiscono intorno a degli argomenti specifici. Nelle attività di pianificazione MSP il sapere esperto (expert judgement) accompagna quasi sempre il dato scientifico e talvolta lo integra. Per questo è opportuno cercare di delineare proprio questo aspetto, per essere certi che il flusso dati venga utilizzato

con i corretti strumenti e interpretato da chi ne può trarre maggior valore.

Con dominio di conoscenza intendiamo innanzitutto il tema MSP a cui il flusso dati si riferisce: può essere un settore della *Blue Economy* secondo l'elenco all'articolo 8 della direttiva MSP 2014/89 UE. Oppure una delle attività umane elencate nei piani nazionali. Si può inoltre fare riferimento ad un cluster del MSP data framework.

All'interno della disciplina di Information Science (IS) è sorto l'ambito della Knowledge Organization che si occupa di definire le caratteristiche dei sistemi di organizzazione e reperimento delle informazioni. In questo campo è stato introdotto il concetto di Domain Analysis (Hjørland & Albrechtsen, 1995) che contrappongono un approccio centrato sull'individuo (singolo ricercatore o saggio) ad un approccio centrato sulle comunità. Una definizione completa di dominio viene data da Richard P. Smiraglia come una unità di analisi per la costruzione di un sistema di organizzazione della conoscenza (Knowledge Organization System KOS). Cioè, un dominio è un gruppo con una base ontologica che rivela una teleologia sottostante, un insieme di ipotesi comuni, consenso epistemologico sugli approcci metodologici e semantica sociale (Smiraglia, 2015).

Nonostante gli sforzi di classificazione, non è così certo che il dominio possa essere definito in maniera machine-readable. La definizione di dominio potrebbe dunque restare incerta e sfuggente, ma è importante per cercare di realizzare un legame e una coerenza con gli eventuali tool che utilizzano il flusso dati per ricavarne informazioni.

Il dominio di conoscenza fornisce informazioni importanti su come i dati del flusso vengono raccolti e considerati, quali sono gli aspetti del dato che vengono messi in luce e quelli che restano sullo sfondo. Nell'ottica di una integrazione tra i dati e il sapere esperto, la definizione anche incompleta del dominio a cui appartiene il flusso dati è necessaria per inserirlo nel contesto di una community of practice che appartiene allo stesso dominio.

3.2.7 Descrittore (Descriptor)

Arriviamo a descrivere finalmente alla parte quantitativa del flusso dati. Questo elemento conterrà un valore, un numero, che varia lungo le dimensioni che caratterizzano il flusso.

Se si tratta di una misura, quindi un flusso composto da una o più serie temporali, avremo il valore misurato e alcune informazioni riguardo la unità di misura, l'accuratezza, la

percentuale di errore e il range di valori atteso. Se il flusso è il prodotto di più misure, ad esempio una rete di sensori in cui il dato è soggetto a interpolazione o un indice composto da più valori combinati, saranno descritte le componenti e le formule necessarie per comporre e scomporre il flusso (qualora non siano già presenti nella componente di elaborazione o di origini). Nel caso di variabili oceanografiche o climatiche, probabilmente ci può essere un riferimento ai vocabolari controllati che elencano ad esempio gli standard name definiti dalla NetCDF Climate and Forecast (CF) Metadata Conventions o i vocabolari dei parametri definiti da Seadatanet.

3.2.8 Risultato (Output)

Così come è necessario definire il dominio di conoscenza per consentire il contributo del sapere esperto nel processo di piano, allo stesso modo è opportuno restringere il campo di applicazione del flusso dati definendo l'output del flusso nell'ambito della pianificazione per evitare di giungere a conclusioni sbagliate.

Non c'è un unico modello per quanto riguarda la struttura del piano MSP ma, a partire dal metodo consolidato e dalle indicazioni della direttiva, potremmo distinguere un risultato puramente informativo, ad esempio il flusso dati che viene utilizzato per la definizione delle diverse zone o la descrizione degli ecosistemi presenti (e non del loro stato), da un risultato qualitativo che potrebbe influenzare le azioni di piano e in particolare la definizione di baseline e target per certe azioni di piano (sebbene il primo scopo del modello SDF sia quello di esprimere la baseline come la situazione del flusso più aggiornata disponibile e il target in termini di variazione più che in valore assoluto).

Indubbiamente ogni piano contiene una lista strutturata delle attività e usi del mare (vedi cap 1.4) per cui il flusso dati potrà essere collegato a una o più delle voci di questa lista.

Oltre a definire in positivo l'output di un flusso tra gli elementi di pianificazione, è utile anche definire in questo contesto eventuali limitazioni all'utilizzo del flusso, secondo la formula "non usare per...".

Le diverse componenti del flusso dati possono essere descritte secondo livelli separati che acquisiscono anche un ordine di importanza. Tuttavia ci sono dei legami trasversali tra le diverse componenti: ad esempio le dimensioni spaziali e temporali di un flusso e le relative

elaborazioni sono legate al dominio di conoscenza considerato: la scala e i tempi di fenomeni geologici sono differenti da quelli socio economici.

3.3 Strumenti per la definizione del flusso

3.3.1 Modelli semantici

Per definire e rendere leggibili le diverse componenti del modello SDF si possono sicuramente utilizzare tutte le definizioni di metadati che sono state messe a punto per la gestione dei dati strutturati e il web semantico.

Come ho cercato di illustrare nella tabella 3.3.1 riassunta di seguito è possibile fare riferimento al modello metadati Data Catalogue Vocabulary DCAT definito dal W3C ma applicato nelle sue declinazioni specifiche DCAT-AP (in Europa) e DCAT-AP-IT (in Italia).

L'ontologia del modello DCAT-AP contiene anche i concetti definiti in altri vocabolari (skos, dublin core, prov, foaf) e si tratta di definizioni largamente diffuse per cui sono state spesso realizzate anche le opportune equivalenze con altri vocabolari.

Le infrastrutture dati utilizzano già la definizione di queste proprietà per lo schema metadati dei dataset e probabilmente il flusso dati strutturato potrebbe essere definito semplicemente da un metadato più complesso sempre conforme allo standard DCAT o DCAT-AP.

Chiaramente ci dovrebbe essere una interrogazione del metadato anche nella fase di elaborazione del dato, sia da parte dei tool automatici che delle persone che realizzano il processo di piano.

Tabella 3.3.1: Componenti di un flusso dati e proposta di metadati

	descrizione	DCAT namespaces	esempio
Time	Data di inizio della disponibilità del flusso, eventuale data di fine (ed eventuale flusso che prosegue il	dct:temporal dct:PeriodOfTime dcat:startDate	1971 - presente

	descrizione	DCAT namespaces	esempio
	controllo della variabile) Massima risoluzione temporale	dc:endDate dct:accrualPeriodicity	
Space	SR, estensione nelle 3 dimensioni e massima risoluzione spaziale	dcterms:Location	Adriatic-Ionian Region <geometry> 0.. -1000 mt 0,10deg
Origins	Definisce sia la entità che produce i dati sia il processo usato per ottenerli. Le origini possono essere più di una nel caso di una collaborazione di più soggetti sia lungo la catena di produzione del dato (1) Oppure nel caso di ripartizioni territoriali (2) oppure nel caso di flussi che sono composti dalla combinazione di più flussi	dc:Relationship dcterms:contributor dcterms:creator	Arpa regionali + SNIPA, ISPRA e ministero dell'ambiente per il monitoraggio del consumo di suolo. CMEMS per dati marini Centro funzionale centrale per dati meteo
Processing	Descrizione delle operazioni necessarie per creare il flusso dati e mantenerlo in piedi		Composizione, rescale, trasformazione di coordinate o unità di misura, semplificazione delle geometrie...

	descrizione	DCAT namespaces	esempio
Gap Offset &	Presenza o probabilità di interruzioni temporali del flusso o aree con dati indisponibili comprese eventuali indicazioni per la interpolazione e riferimento a flussi dati sostitutivi, utilizzo di proxy o dati modellistici.		Cloud Cover, max 20% fill with kriging
Domain	Dominio di conoscenza e rilevanza con la pianificazione	dcat:theme	Ecologia, Clima
Descriptor	Nome della variabile o altro Indicatore e unità di misura comprese eventuali equivalenze con altre unità di misura		No2, SSL
Output	Risultato del flusso nel processo di pianificazione i flussi che misurano lo stato dell'ambiente in genere appartengono alla attività di monitoraggio e l'output è costituito da indicatori ambientali. A seconda dello stato		

	descrizione	DCAT namespaces	esempio
	dell'indicatore si possono innescare azioni correttive o una revisione del piano. Quando si tratta di variabili utilizzate come proxy di altri fenomeni di difficile misurazione l'output può essere un altro flusso dati per la creazione di indicatori .		

3.3.2 Connettori

Nel quadro concettuale che definisce il flusso dati strutturato SDF, un particolare ruolo viene rivestito da quei componenti che permettono di collegare dati differenti e apparentemente non correlati in un unico flusso strutturato. I connettori possono essere i software che effettuano le operazioni di elaborazione all'interno del flusso o più semplicemente le metodologie scelte per armonizzare i dati, oppure possono essere strumenti di supporto differenti.

Un esempio di connettore è il database e software COGETRA descritto nell'allegato 1: può essere molto utile per armonizzare i dati in formato vettoriale che rappresentano porzioni di mare e renderle coerenti con la linea di costa scelta: in questo modo i dati raccolti in varie epoche sono confrontabili, facendo attenzione al fatto che così facendo si perde la variabilità spaziale dovuta alle dinamiche di erosione/sedimentazione costiera (questo aspetto va trattato nella sezione gap e offset) e quindi troveremo una nota nella sezione output che raccomanda di non utilizzare il flusso in ambito ICZM per analisi storiche.

Ci chiediamo se risoluzione spaziale e frequenza temporale possono variare all'interno del flusso. Come abbiamo visto parlando delle variabili oceanografiche, i modelli numerici

utilizzano una griglia non strutturata che consente differenti risoluzioni spaziali, pertanto il flusso dati strutturato dovrà essere in grado di gestire una risoluzione variabile nello spazio e di conseguenza una risoluzione che varia nel tempo. Il compito di armonizzare comunque la risoluzione e, quando necessario, ricondurre la variabile su una unica griglia strutturata o non strutturata è proprio quello dei connettori.

In maniera del tutto analoga, possiamo ipotizzare che un flusso abbia una frequenza temporale variabile, che sia discontinuo, come può avvenire per esempio per i dati raccolti da campagne oceanografiche e i rilievi sul campo. Anche in questo caso, è compito dei connettori l'armonizzazione dei rilievi effettuati in tempi diversi, con sensori diversi in un unico flusso.

3.4 Step-by-step process

Questo processo sequenziale è stato introdotto per arricchire dinamicamente le proprietà del flusso, rendendolo più comprensibile e utile per supportare attività di pianificazione. Ecco le quattro fasi principali:

1. Registrazione delle fonti/origini dei dati (Registering Data Sources/Origins)

In questa fase, vengono specificate formalmente le fonti di dati digitali accessibili. Queste fonti possono essere servizi di download o servizi interoperabili specifici. La fase include:

- Specificazione delle fonti: utilizzando un linguaggio formale, si elencano le fonti di dati definite con ontologie (skos...).
- Creazione di componenti software per accedere a ciascuna fonte, verificare la disponibilità del dato e alimentare il flusso.
- Combinazione delle sorgenti: Si definisce come le sorgenti devono essere combinate (es. temporalmente, spazialmente) per generare l'output principale del flusso.

2. Calcolo dell'output principale (Calculating the Main Output)

Questa fase consiste nel calcolo dell'indicatore principale del flusso, utilizzando le regole di combinazione definite nella fase precedente. Gli strumenti tipici per supportare questa fase

includono:

- Operatori di combinazione: Per unire i dati provenienti da diverse fonti.
- Operatori di aggregazione: Per sintetizzare i dati in un indicatore principale.

3. Gestione dell'incertezza (Addressing Uncertainty)

In questa fase, si calcola l'incertezza associata ai dati e si rappresenta formalmente attraverso indicatori specifici. Questo passaggio include:

- Calcolo dell'incertezza: Utilizzando metodi statistici o altri approcci formalmente definiti.
- Rappresentazione dell'incertezza: Gli indicatori di incertezza vengono integrati nelle proprietà del flusso.

4. Calcolo degli indicatori dinamici (Calculating Dynamic Indicators)

In questa fase, il flusso viene analizzato per proporre indicatori aggiuntivi che arricchiscono le proprietà del flusso. Questi indicatori includono:

- Metadati arricchiti: informazioni aggiuntive per supportare le azioni di pianificazione.
- Gaps & Offsets: identificazione di lacune e disallineamenti nei dati.
- Gradients / Trends: analisi delle tendenze e dei gradienti nei dati.
- Statistiche: calcolo di statistiche rilevanti per il flusso.

3.5 SDF per gestire l'incertezza dei dati dinamici

Nel capitolo 1 è stato illustrato come la logica del piano-processo richieda un aggiornamento periodico dei dati in ingresso per orientare il processo e modificare le azioni in ragione degli

obiettivi. Restrungendo il campo alla MSP, che utilizza le metodologie della gestione integrata della zona costiera (ICZM) l'approccio ecosistemico (EBA), si è sottolineata la complessità della raccolta dati dovuta alla natura multiscala e multisettore di questo processo, costituito da un esercizio di pianificazione strategica che si realizza in maniera incrementale con cicli ravvicinati per adattarsi ai cambiamenti della situazione.

Il processo di pianificazione MSP è anche un produttore di dati che costituiscono l'output del piano ed è stata sottolineata la necessità di codificare questo output secondo delle classi e pubblicarlo in formato di cartografia digitale.

Nel capitolo 2 sono stati illustrati alcuni esempi di dati anche molto rilevanti per la MSP che presentano una variabilità intrinseca o una variabilità dovuta al processo di produzione, o ancora una variabilità dovuta al soggetto agente.

Questa variabilità genera incertezza nel processo di interpretazione dei dati per elaborare analisi e passare ai livelli superiori secondo il modello DIKW (vedi cap. 1.3.1).

L'incertezza non si può eliminare, va tenuta in considerazione, nell'ambito MSP è consolidata la prassi di elaborare differenti scenari. Il vantaggio di utilizzare strumenti software automatizzati consente di testare differenti scenari di pianificazione effettuando le stesse elaborazioni su diverse versioni del dato. Gli scenari vengono predisposti in base al sapere esperto secondo differenti approcci di pianificazione (più o meno conservativi) o diverse evoluzioni previste della situazione attuale (climate change e SLR).

Nel caso di scenari evolutivi di *forecast* il monitoraggio a intervalli ravvicinati consente di adattare lo scenario alla reale evoluzione e tanto più saranno ravvicinati gli intervalli di monitoraggio tanto più vicino alla realtà sarà lo scenario modificato.

Dal momento che le infrastrutture dati oggi in uso consentono di gestire dati in tempo reale si può pensare (limitatamente agli scenari di tipo forecast come definiti da (Börjeson et al., 2006) di aumentare la frequenza di campionamento e di aggiornamento degli scenari, riapplicando ogni volta i tool utilizzati per la costruzione dello scenario. Questa è la proposta del flusso dati strutturato SDF.

3.6 SDF per ridurre il time lag del piano

Nella definizione del modello SDF il fabbisogno informativo è soddisfatto da una combinazione di flussi dati e non da una lista di dati/documenti.

La descrizione di un quadro variabile nel tempo non sarà pertanto definita a partire da un valore medio o da un'altra statistica univariata calcolata su un determinato intervallo.

Questo valore pur avendo il vantaggio di essere univoco e di facile gestione potrebbe perdere di significatività perché incapace di descrivere adeguatamente il fenomeno.

Utilizzando le infrastrutture dati che possono distribuire questo dato in tempo reale (o quasi) gli elementi presi in considerazione sono almeno tre:

- Il dato considerato nel suo valore più recente (pochi giorni ore o minuti prima della lettura);
- la sua evoluzione nel tempo (profilo temporale) o in alcuni casi nello spazio;
- le previsioni immediate di variazione.

Questo tipo di approccio ai dati viene dato per scontato ad esempio in ambito finanziario, dove il valore di' una azione o un altro asset di investimento è dato non tanto dalla pubblicazione del bilancio annuale o dai rapporti trimestrali dedicati agli investitori (che pure hanno una importanza capitale nel processo) ma dall'andamento dei mercati che viene seguito in tempo reale e dalle previsioni che vengono aggiornate continuamente.

Possiamo dire che la definizione del modello SDF è un prerequisito per una elaborazione dei dati che possa procedere senza attendere che la raccolta dei dati di Piano sia completa: nel momento in cui nuovi dati sono disponibili, cioè non appena il flusso disponibile viene aggiornato gli obiettivi e le azioni di piano che sono legate a quel flusso possono essere parimenti aggiornate e i tool relativi a quel flusso possono essere utilizzati.

3.7 Proactive Notification System

Il modello SDF consente quindi di accedere a dati, metadati, informazioni in maniera continua.

Prima, durante e dopo la redazione del piano i soggetti che hanno un ruolo nella pianificazione MSP possono interrogare i flussi, verificare i cambiamenti della situazione (per la parte informativa) o valutare l'efficacia delle azioni intraprese (per la parte di monitoraggio) e agire di conseguenza.

Il passaggio successivo è impostare un sistema di notifica che renda lo stesso flusso dati SDF un soggetto del processo di pianificazione.

Poiché abbiamo detto che il flusso dati è sempre disponibile, descritto con ontologie strutturate e machine-readable sarà possibile predisporre procedure software che lo consultano in continuazione.

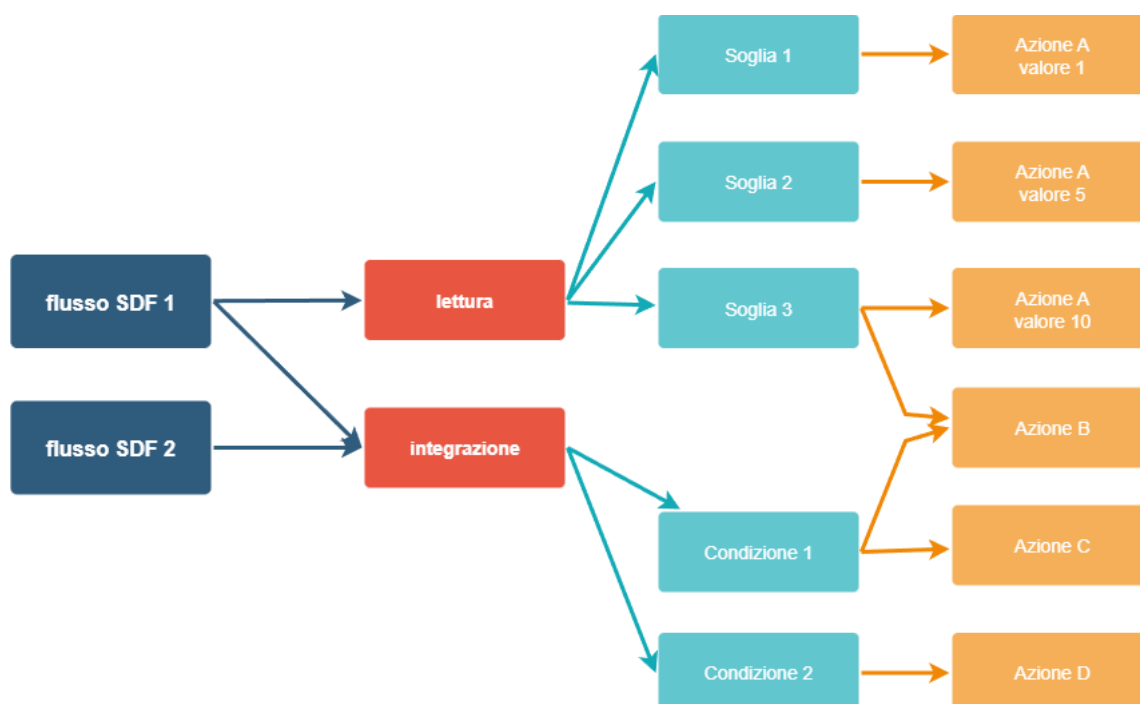


Fig. 36: Schema del proactive notification system

Dall'altra parte nel piano MSP sarà possibile definire azioni differenti o modulare le azioni in base al valore assunto dal descrittore. In presenza di un flusso dati sufficientemente robusto gli indicatori sullo stato dell'ambiente possono attivare misure di riduzione delle pressioni

quando le componenti sensibili dell'ecosistema mostrano segni di stress, e allentare determinati limiti (ad esempio il numero di visitatori in un parco naturale) quando l'ecosistema è meno vulnerabile e può tollerare maggiori pressioni.

Lo schema di funzionamento è illustrato in figura 36: il sistema legge il valore di un flusso singolarmente oppure integrandolo con altri flussi. Il valore del flusso singolo viene confrontato con soglie predefinite e ad ogni soglia corrisponde una azione e/o il target di una azione. Gli indicatori di più flussi determinano delle condizioni e a ciascuna condizione corrisponde una azione da attivare. Oltre a combinare i flussi si possono combinare anche le soglie e le condizioni in maniera da attivare determinate misure solo in un quadro specifico.

Le azioni di piano sono definite a priori ma è il flusso dati ad attivare il quando vanno messe in atto, dove, e in quale quantità. Il primo evidente vantaggio è che non è necessario un passaggio amministrativo per attivare ciascuna azione.

Una meccanismo del genere accade già ora nel piano di risanamento della qualità dell'aria all'interno dell'accordo tra le regioni dell'accordo di bacino padano (Regione del Veneto DGR 836, 2017). ARPAV gestisce i dati delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria ed effettua le previsioni per i giorni successivi (ARPAV, 2025b). Dopo quattro giorni di superamento del limite viene attivato il livello di allerta 1 e dopo 10 giorni di superamento il livello 2 (ARPAV, 2025a). Nel flusso dati si considerano i superamenti misurati e previsti. All'attivazione di ciascun livello di allerta corrispondono delle azioni codificate (tra cui il blocco dei veicoli più inquinanti nei centri urbani) .

Capitolo 4 Strategie di implementazione nell'ambito MSP

La cassetta degli attrezzi

In questa ultima sezione del lavoro sono descritte alcune attività del percorso di dottorato che sono strettamente collegate all'idea del flusso SDF. Si tratta principalmente del lavoro svolto per il piano italiano riguardo ai dati di output e al piano di monitoraggio e del lavoro svolto all'interno del progetto ITINERIS per progettare il nodo veneziano dell'hub IT-IOOS (<https://it-ioos.eu/>) dedicato alla pubblicazione dei dati oceanografici ed ecologici.

L'intento di questo capitolo è di evidenziare il legame tra queste esperienze che si collocano tutte nell'ambito data management e il modello SDF. Per essere realizzato il modello SDF ha bisogno di strumenti tecnologici di gestione delle informazioni, sia per quanto riguarda i software da utilizzare sia per gli standard di riferimento per dati e metadati.

Le tecnologie abilitanti (paragrafo 4.1) consistono in determinati software che rispondono però a degli standard riconosciuti da organismi indipendenti e identificano una modalità di approccio ai dati in termini di interoperabilità.

I software menzionati sono software libero e open source (*Free and Open Source Software* FOSS), aspetto importante per la ricerca in generale e per i dati ambientali in particolare (Rocchini & Neteler, 2012). Il software libero garantisce la libertà di utilizzo del software per qualsiasi scopo, la libertà di ispezionare il codice e comprendere l'esatto funzionamento e la libertà di riprodurre tutti i passaggi in altri ambienti, e soprattutto questi software possono esser migliorati per rispondere meglio alle esigenze dello SDF.

Entrando nel dettaglio in seguito sono elencate alcune soluzioni tecniche specifiche (4.2) per la gestione dei dati oceanografici, in particolare l'utilizzo di formati di interscambio e di formati strutturati per gestire dati multidimensionali che solo di recente (vedi paragrafo 2.2.2) sono integrabili agevolmente con il dato cartografico proprio della pianificazione. Questi formati dati sono naturalmente candidati a gestire il flusso SDF che integra dati e metadati di diverso tipo, ma per questo richiedono l'utilizzo di convenzioni e standard. Quest'ultima è la parte che non è ancora disponibile e su cui proseguirà il mio lavoro di ricerca.

Un altro elemento che richiederà un certo lavoro di sviluppo per essere messo a punto riguarda la disponibilità di interfacce adeguate per trasmettere all'utente tutti gli aspetti del flusso SDF. Vengono comunque considerati alcuni esempi realizzati che possono fare da guida (paragrafo 4.3).

Con riferimento al piano italiano vengono illustrati gli aspetti tecnici del modello dati di output dei piani MSP italiani (paragrafo 4.4), che è progettato per l'integrazione con i dati di input delle attività umane che deriveranno dalla attività di monitoraggio. Il programma di monitoraggio dei piani MSP italiani è già orientato ad associare gli indicatori a flussi di dati, a partire da quelli già esistenti, stante la previsione di aggiornamento annuale (paragrafo 4.5) e vengono introdotte le caratteristiche che il flusso dati deve avere per rispondere pienamente alla esigenza.

4.1 Approcci, standard e tecnologie abilitanti

Dopo aver analizzato le esigenze di gestione dati in MSP e dopo aver definito concettualmente il modello SDF che consente di gestire i dati sotto forma di flussi strutturati viene ora proposta una analisi sistematica delle tecnologie e standard già disponibili e utilizzabili che possono essere utilizzati per implementare l'approccio ai dati previsto dal modello SDF.

Prendendo come riferimento gli step di creazione di un flusso, nella tabella 4.1.1 sono riassunte le tecnologie che possono contribuire a realizzarlo. Per ciascun passaggio sono indicati sia gli standard di riferimento che alcuni software open source che li implementano.

Tabella 4.1.1.

SDF Step	Standard e tools	Softwares / tools	note
Registering Data Sources/Origins	Metadata Catalogue CSW, metadata standard DCAT-AP,	CKAN, Geonetwork.	per le infrastrutture dati federate è particolarmente importante la possibilità di aggiungere i metadati necessari in fase di aggregazione
	Download services: eg. WFS, WCS and Map services: e.g WMS, OGC API Tiles, 3D tiles	Geoserver, Qgis server, Mapserver	Lo standard OGC API Tiles comprende anche Vector Tiles
Calculating the Main Output	Data server Multidimensional Data formats Attribute conventions (CF, ACDD, UGRID, SGRID) OpenDAP	ERDDAP™, THREDDS data server, Hyrax	Le funzionalità di processing dei data server supportano anche il passaggio di calcolo degli output
	WPS, automatedGIS analysis	I-python jupyter notebook, Geospatial libraries, GRASS GIS	Il design dell'applicativo dipende dal singolo flusso dati
Addressing Uncertainty	Analisi Statistiche	The R Project for Statistical Computing e integrazioni in GRASS GIS	
Calculating Dynamic Indicators	Scripting	I-python jupyter notebook, Geospatial libraries, GRASS GIS	Principalmente si tratta di combinare più flussi per indicatori standardizzati

4.2 Esempi di soluzioni tecniche

La complessità e l'ampiezza dei dati climatici e oceanografici è ben nota agli studiosi e per questo si sono realizzate soluzioni tecniche che permettessero di condividere e accedere a questi dati nel modo più opportuno, ad esempio pubblicando in maniera automatica i dati più recenti e aggiungendoli a quelli precedenti creando serie temporali coerenti. Allo stesso modo, i dati misurati in situ vengono correlati ai modelli che interpolano il dato in un campo 2d o effettuano le previsioni di alcune variabili proiettando le dinamiche climatiche e oceanografiche nel futuro. I data server sono una componente fondamentale del *Digital Twin of the Ocean*, e sono un ottimo punto di partenza per realizzare una infrastruttura di accesso ai dati in termini di flusso continuo.

I tre data server che vale la pena prendere in considerazione sono in particolare ERDDAPTM data server, THREDDS data server e Hyrax, utilizzati per lo più nell'ambito dei dati oceanografici e climatologici, che per loro natura si avvicinano di più al modello SDF. Prima di vedere in dettaglio le loro caratteristiche è opportuno elencare i formati dati che sono maggiormente utilizzati e le convenzioni di riferimento per gli attributi.

La comunità scientifica ha da sempre mostrato un forte interesse per la condivisione di dati, si tratta infatti di una necessità per i progetti che coinvolgono diversi scienziati e tecnologie. Non è un caso se l'idea del World Wide Web nasce al CERN di Ginevra poco dopo che la rete dell'istituto è stata connessa a Internet (Berners-Lee, 1990; Segal, Ben, 2014).

Ai giorni nostri, i dati vengono raccolti direttamente in digitale da sensori connessi, mentre internet e il protocollo http sono diventati la via di accesso principale ai dati. Se è semplice ed immediato accedere a un sito web e cliccare su un link quando dobbiamo scaricare un documento di poche pagine o una tabella di qualche centinaio di righe, quando i dati si fanno più complessi servono altri strumenti. In particolare i prodotti nel dominio dei dati climatici e oceanografici, presentano una rilevante estensione e variabilità sia spaziale che temporale. Ogni dataset può occupare numerosi GigaByte e si comprende quindi la necessità di gestirli tramite infrastrutture adeguate e l'utilizzo di standard riconosciuti per garantire l'interoperabilità con altri sistemi.

4.2.1 Formati dati

Per rispondere alle necessità di gestione e condivisione dei dati scientifici, sono stati adottati

nel tempo diversi formati di interscambio.

- **ASCII (American Standard Code for Information Interchange)**: un formato testuale semplice, utilizzato per dati tabellari o semplici serie temporali. I dati gestiti all'interno di database relazionali vengono esportati in formato ASCII o CSV.

- **CSV (Comma-Separated Values)**: un formato tabellare simile all'ASCII, ma strutturato in modo da permettere l'organizzazione dei dati in righe e colonne.

- **JSON (JavaScript Object Notation)**: un formato strutturato per lo scambio di dati, molto utilizzato in applicazioni web, specialmente per le API con architettura REST (REpresentational State Transfer). È leggibile sia dalle macchine che dagli esseri umani, e consente la rappresentazione di dati complessi. Tuttavia, non è progettato per gestire dataset di grandi dimensioni in modo efficiente.

- **XML (eXtensible Markup Language)**: Un formato testuale utilizzato per la rappresentazione strutturata dei dati. È molto flessibile e può rappresentare dati complessi, ma richiede molto testo per veicolare le informazioni ed è più adatto a pochi dati da scambiare tra differenti sistemi, viene infatti utilizzato da gran parte dei webservice basati su SOAP (Simple Object Access Protocol).

- **ESRI Shapefile** è il formato di riferimento della comunità geospaziale perché pur non essendo un formato open, le specifiche sono state rilasciate dall'azienda produttrice (ESRI inc, 1998) ed è ancor oggi il formato di interscambio più utilizzato. Per ogni dataset serve distribuire tre file: il file .shp contenente le geometrie, il file .dbf con la tabella degli attributi e il file .shx con l'indice. Il formato presenta numerose limitazioni riguardo la lunghezza dei nomi dei campi e la dimensione dei campi testo.

- **GEOTIFF** sviluppato come estensione del formato immagine TIFF (Ritter & Ruth, 1997) per gestire immagini georiferite si è affermato in ambito geospaziale come il principale formato per i dati raster e la cartografia analogica distribuita in formato immagine. Le immagini satellitari iperspettrali sono in genere distribuite in questo formato

- **Geopackage** un formato basato su database SQLite standardizzato dall'Open Geospatial Consortium (OGC, 2024b), è stato definito nativamente come un formato aperto,,

indipendente dalla piattaforma, portatile, auto-descrittivo e compatto. Consente di memorizzare nello stesso file dati vettoriali e raster o tile.

- **NetCDF (Network Common Data Form)** è specificamente progettato per gestire dati scientifici multidimensionali, come quelli climatici e oceanografici. Questo formato consente di memorizzare una grande quantità di dati strutturati in modo efficiente, supportando variabili scalari, array multidimensionali, e metadati associati (Rew & Davis, 1990).

- **GRIB (GRIdded Binary or General Regularly-distributed Information in Binary form)** un formato standardizzato dalla World Meteorological Organization per la gestione di dati meteorologici e climatici. Gestisce i dati multidimensionali organizzati in griglie 2D occupando poco spazio disco (WMO, 2016).

- **HDF5 (Hierarchical Data Format version 5)** è un formato di file per la gestione e la memorizzazione di dati complessi. Permette la gestione di dati eterogenei secondo una struttura gerarchica che consente di organizzare in gruppi i dataset o file integrati. Oltre a dataset tabellari nello stesso file possono essere inserite immagini e documenti (HDF Group, 2024).

4.2.2 Standard e attribute convention per i dati NetCDF

Il formato NetCDF in particolare viene utilizzato per descrivere dati appartenenti a domini di conoscenza differenti ed essendo un formato autodefinito non ha particolari vincoli di utilizzo. Per garantire l'interoperabilità sono state messe a punto delle convenzioni di utilizzo degli attributi sia dimensionali che globali, che sono molto utili per descrivere i metadati del dataset direttamente nel file

- **CF Convention:** Fornisce linee guida per la descrizione di variabili georeferenziate in NetCDF, permettendo una comprensione standardizzata dei dati climatici e di previsione. Le convenzioni CF sono ampiamente adottate in ambito climatologico e meteorologico (<https://cfconventions.org/>).

- **UGRID e SGRID:** Queste convenzioni sono utilizzate per la descrizione di dati su griglie non strutturate (Jagers et al., 2013/2013), che vengono usate per modelli a elementi finiti, e staggered grid (Jagers et al., 2015/2016), che sono utilizzate nella realizzazione dei modelli numerici oceanografici. Consentono di rappresentare dati da modello elaborati su una

griglia di punti sparsi che rappresentano i nodi della griglia e sono connessi tra loro con segmenti. Mentre la griglia regolare presenta nodi a un passo sempre uguale e viene visualizzata come un insieme di celle quadrate, la griglia non strutturata è visualizzata come una rete (mesh) di celle triangolari formata dai segmenti che connettono i nodi. Il vantaggio della griglia non strutturata è di permettere una risoluzione variabile rispetto alla griglia regolare, in questa maniera è possibile aumentare la risoluzione dei dati o del modello solo nelle zone di maggiore interesse.

- **ACDD Attribute convention for Data Discovery (ESIP, 2015)** identifica e definisce una lista di attributi globali utili per la ricerca automatica dei dati, i software che effettuano ricerca dei dati disponibili utilizzeranno questi attributi per estrarre i metadati dai dataset e esportarli nei formati di metadati come Dublin Core, DIF, ADN, FGDC, ISO 19115,

4.2.3 ERDDAP™

ERDDAP™ (Environmental Research Division Data Access Program) è un server di dati altamente versatile progettato dalla NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration USA) per facilitare l'accesso, la visualizzazione e la distribuzione di dati oceanografici e atmosferici (Wilson et al., 2020). L'obiettivo principale era quello di creare uno strumento che potesse semplificare l'accesso ai dati scientifici organizzandoli in maniera efficiente e pubblicandoli in formato standard per permettere una facile integrazione con altri sistemi.

ERDDAP™ supporta diversi formati di input e output, facilitando l'integrazione con vari strumenti di analisi. Una delle sue caratteristiche più importanti è la capacità di organizzare i dati aggregando più file in un unico dataset lungo la dimensione temporale e permettendo anche di sottocampionare (downsampling) il dato e di filtrare i dataset per variabile o sulla base delle dimensioni spaziali e/o temporali. I dati vengono resi disponibili attraverso un'interfaccia web intuitiva. ERDDAP™ è open-source e continuamente aggiornato grazie al contributo della comunità scientifica anche se il nucleo di sviluppo originario presso la NOAA .

Grid DAP Data	Sub-set	Table DAP Data	Make A Graph	W M S	Source Data Files	Title	Sum-mary	FQDC	ISO	Metadata	Back-ground Info	RSS	E mail	Institution	Dataset ID
						* The List of All Active Datasets in this ERDDAP *								CNR-ISMAR	allDatasets
						39 years of directional wave recorded data at the Acqua Alta oceanographic tower. PANGAEA, https://doi.org/10.1594/PANGAEA.885361								CNR-ISMAR	PTF_WAVES_1979_2017
						Acqua Alta oceanographic tower AAOT Sea Level 1991-2019								CNR-ISMAR	PTF_SLEV_1991_2019
						adriacim_CNR-Veneto_MHW_2020.nc								ISMAR-CNR, Venice	Adriacim_CNR_Veneto_MHW2020
						adriacim_CNR-Veneto_MHW_2050_RCP26.nc								ISMAR-CNR, Venice	adriacim_CNR_Veneto_MHW_2050_RCP26
						adriacim_CNR-Veneto_MHW_2050_RCP45								ISMAR-CNR, Venice	adriacim_CNR_Veneto_MHW_2050_RCP45
						adriacim_CNR-Veneto_MHW_2050_RCP85								ISMAR-CNR, Venice	adriacim_CNR_Veneto_MHW_2050_RCP85
						adriacim_CNR-Veneto_MHW_2050_TREND								ISMAR-CNR, Venice	adriacim_CNR_Veneto_MHW_2050_TREND
						Daily near-surface temperature in Trieste harbour from digital records (1986-2015)								CNR-ISMAR	TS_SEA_WATER_TEMPERATURE_86_15_DIG
						Sea level observations at Trieste, Molo Santonio, Italy								CNR-ISMAR	TS_SEA_LEVEL_39_18
						venezia_adriacim_CMEMS-Reanalysis_1994								ISMAR-CNR, Venice	AdriaCim_Veneto_1994-2019_REA_d-mean
						venezia_adriacim_CMEMS-Reanalysis_1994-2019_d-min								ISMAR-CNR, Venice	AdriaCim_Veneto_1994-2019_REA_d-min
						venezia_adriacim_CMEMS-Reanalysis_1994-2019max								ISMAR-CNR, Venice	AdriaCim_Veneto_1994-2019_REA_d-max

The information in the table above is also available in other file formats (csv, htmlTable, ibx, json, jsonCSV1, jsonCSV, jsonKVP, mat, nc, netcdf, tsv, xhtml) via a RESTful web service.

ERDDAP: Version 2.23
 Disclaimers | Privacy Policy | Contact

Fig. 37: schermata di ERDDAP™ data server .

L'interfaccia web di ERDDAP™ (in figura 37) presenta una lista di dataset che viene configurata opportunamente dall'amministratore, i dati sono raggruppati secondo due tipologie principali: come set di dati su griglia regolare (GridDap) e dati tabellari (TableDap).

I dati su griglia regolare descrivono variabili continue nello spazio, sono georiferiti e possono essere visualizzati come mappa in formato immagine ma anche distribuiti tramite il servizio di mappe interoperabile WMS integrato in ERDDAP™.

I dati tabellari possono essere visualizzati in forma di grafico con diverse tipologie di rappresentazione (punti, linee, barre..) e l'utente può impostare le variabili e le dimensioni da utilizzare per ciascun asse.

Per ciascun dataset presente in ERDDAP™ è possibile visualizzare i metadati sotto forma di lista o in XML secondo lo schema ISO 19115 o Dublin Core. I metadati riflettono tutti gli elementi che sono stati inseriti nel catalogo di configurazione, che l'amministratore del server ERDDAP™ predispone in un file XML.

Le informazioni che sono presenti negli attributi globali e che sono definite nel file NetCDF sono compilate automaticamente, altre informazioni possono essere corrette o aggiunte

manualmente: ad esempio è possibile cambiare il nome delle variabili, utilizzare il nome del file o della directory per creare una variabile, si possono combinare più dataset.

La configurazione del server ERDDAP™ permette di fare gran parte delle operazioni che servono per creare un flusso dati SDF: rinominare e modificare le variabili, anche applicando semplici espressioni java ai dati, aggregare più serie in un unico dataset, definire la dimensione temporale a partire da una variabile

Tutti i dataset sono disponibili tramite API e le operazioni di visualizzazione, filtro, subsetting e downsampling sono accessibili tramite il protocollo http con delle URL formate secondo una sintassi ben documentata.

ERDDAP™ supporta il protocollo OPeNDAP, che consente agli utenti di creare sottoinsiemi e accedere a grandi set di dati in remoto senza la necessità di scaricare interi set di dati. Questo è particolarmente utile per la gestione e l'analisi di grandi volumi di dati, come le osservazioni satellitari e i risultati dei modelli .

Più istanze di ERDDAP™ anche distribuite geograficamente possono essere federate in un unico punto di accesso, senza la necessità di trasferire i dati ma anzi con la possibilità di tradurre e armonizzare i metadati nella piattaforma centrale. Centralizzando l'accesso ai dati attraverso una singola piattaforma, ERDDAP™ semplifica la gestione e l'organizzazione dei dati, perché tutti vendono resi accessibili senza la necessità di essere trasferiti.

ERDDAP™ si è affermato ormai come standard per pubblicare i dati scientifici, è l'architettura scelta alla base dell'Integrated Ocean Observing System Italiano IT-IOOS realizzato nel progetto ITINERIS (<https://it-ioos.eu/>) e di conseguenza tutti gli istituti che forniscono i dati al sistema hanno implementato un nodo ERDDAP™. Anche EMODnet Physics distribuisce i propri dati tramite una istanza ERDDAP™.

4.2.4 THREDDS Data Server (TDS)

Il THREDDS Data Server, sviluppato dall'Unidata Program Center, è uno strumento essenziale per la distribuzione di dati scientifici. TDS permette di accedere a dati in diversi formati (incluso NetCDF) attraverso servizi web standard come OPeNDAP, WCS, WMS, e altri. Una delle caratteristiche distintive di TDS è la capacità di esporre cataloghi di dati, che permettono agli utenti di navigare e scoprire dataset disponibili.

THREDDS Data server è nato all'interno del progetto Unidata, supportato dalla National Science Foundation. Il suo sviluppo è stato guidato dalla necessità di fornire un'infrastruttura robusta per la condivisione di dati meteorologici e climatici. TDS è anch'esso open-source e beneficia di una vasta comunità di sviluppatori e utenti.

Il THREDDS Data Server è sviluppato e mantenuto dall'Unidata Program Center, che fa parte del UCAR (University Corporation for Atmospheric Research). Unidata è un programma comunitario che supporta la comunità scientifica e accademica con strumenti e risorse per la gestione e la condivisione di dati meteorologici e ambientali.

Il TDS è progettato per fornire un accesso efficiente e flessibile ai dati scientifici, in particolare quelli legati alle scienze della Terra. È utilizzato principalmente per la distribuzione di dati atmosferici, oceanografici e climatici, ma può essere configurato per supportare un'ampia gamma di dataset, inclusi dati geospaziali e altre informazioni scientifiche multidisciplinari.

Il software è in grado di gestire diversi formati di dati, tra cui NetCDF, GRIB, HDF, e file in formato shapefile. Questi formati sono comunemente usati per rappresentare dati multidimensionali come griglie atmosferiche, dati di rilevamento remoto e modelli climatici.

Il TDS è implementato come un'applicazione server che può essere eseguita su un'ampia varietà di piattaforme, inclusi sistemi operativi Linux, Windows e macOS. Si tratta di un software basato su Java, il che significa che può essere eseguito in qualsiasi ambiente che supporti la Java Virtual Machine (JVM).

Thredds data server è stato utilizzato più volte al CNR-ISMAR (Bergamasco et al., 2012; Ferrarin et al., 2019) e rappresenta il collegamento ideale tra i dati oceanografici e l'informazione geografica. A differenza di ERDDAP™, THREDDS Data Server nella versione attuale consente di pubblicare i NetCDF non strutturati conformi alla convenzione UGRID tramite il servizio WMS. Diventa quindi il visualizzatore più semplice per questo tipo di modelli.

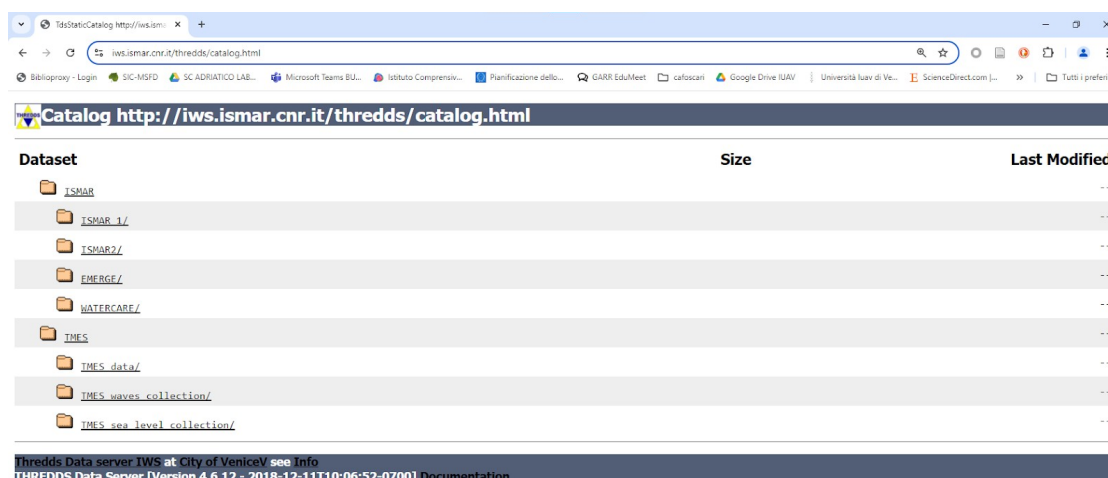


Fig. 38: schermata iniziale dell'istanza di Thredds Data Server del CNR-ISMAR

La distribuzione del TDS avviene generalmente su server di istituzioni accademiche, centri di ricerca, o organizzazioni che necessitano di condividere e distribuire grandi volumi di dati scientifici. Gli utenti possono accedere ai dati ospitati su un TDS attraverso un'interfaccia web o mediante client che supportano i servizi interoperabili forniti dal server.

Il catalogo del server viene configurato tramite uno o più file XML che organizzano i dati secondo una struttura gerarchica che viene mostrata all'utente nella schermata di accesso riprototta in figura 38. Da qui si possono ricavare gli endpoint dei singoli servizi per ogni dato che vengono poi interrogati dai diversi client.

Il THREDDS Data Server offre una serie di servizi interoperabili standardizzati (Santoro et al., 2009), che lo rendono lo strumento ideale per la condivisione e l'accesso ai dati scientifici. Questi servizi includono:

- **OPeNDAP (Open-source Project for a Network Data Access Protocol):** Permette agli utenti di accedere ai dati remoti come se fossero locali, utilizzando un protocollo basato su HTTP che supporta richieste di sottoinsiemi di dati.
- **WMS (Web Map Service):** consente la creazione di mappe geospaziali da dati raster o vettoriali, che possono essere visualizzate su webgis esterni, gestisce anche la dimensione

temporale.

- **WCS (Web Coverage Service):** fornisce accesso ai dati raster in un formato che può essere utilizzato per analisi geospaziali.
- **WFS (Web Feature Service):** consente l'accesso a dati geospaziali vettoriali, come i dati di punti, linee e poligoni, spesso usati per rappresentare fenomeni discreti come stazioni meteorologiche o reti idrografiche.
- **ISO Metadata:** Il TDS genera e distribuisce automaticamente metadati standard ISO per descrivere i dataset disponibili, migliorando l'interoperabilità e la ricerca di dati all'interno di cataloghi di dati scientifici.

4.2.5 Hyrax - OPeNDAP Backend Server (BES)

Hyrax è un data server sviluppato da OPeNDAP, Inc. (Garcia et al., 2009), è progettato per fornire accesso a grandi dataset attraverso il protocollo OPeNDAP.

Lo scopo con cui è stato sviluppato Hyrax Data server è quello di fornire all'utente una ricerca personalizzata che può essere affinata in step successivi.

Hyrax è altamente scalabile e può essere utilizzato per servire dati in tempo reale, rendendolo uno strumento prezioso in contesti dove è necessaria una latenza minima nell'accesso ai dati. La capacità di calcolo necessaria per la preparazione dei dati può essere distribuita su una rete di computer secondo il modello di grid computing.

4.3 Interfacce interattive

Le diverse proprietà e le dimensioni di un flusso dati SDF sono comprensibili pienamente all'utente solo con l'uso di una interfaccia evoluta e interattiva. Al CNR-ISMAR sono state realizzate delle esperienze interessanti di pubblicazione dei dati modellistici che possono rappresentare un buon riferimento per il futuro.

Il portale Seastorms (iws.seastorms.eu) ospitato nella infrastruttura del Comune di Venezia rappresenta il tentativo di mettere insieme i dati oceanografici, sia provenienti da modello che da sensori con i dati cartografici.

Il portale nasce nell'ambito del progetto Adrion Interreg I-STORMS (I-STORMS, 2020), che aveva come focus principale la difesa dalle mareggiate, ed è stato ulteriormente ampliato nel progetto Italia-Croazia Stream che allargava il campo anche alla gestione delle alluvioni nelle fasce fluviali.

Sea Storm Atlas

Il portale ha una sezione geografica basata sul geo CMS GeoNode dove è possibile caricare layer geografici e gestire la creazione di mappe.

Con delle opportune estensioni è stato creato un database di eventi di mareggiata che consente di visualizzare in mappa gli eventi storici di mareggiata. La costa della regione adriatico Ionica è stata suddivisa in segmenti tenendo conto delle sezioni amministrative e delle caratteristiche geomorfologiche. Grazie alla progettazione di un modello dati flessibile gli eventi possono essere semplicemente associati al segmento costiero (è il caso in cui viene registrato solo il numero complessivo di eventi per ogni anno).

Questo tipo di informazione ha il pesante limite di essere inserita manualmente, la dimensione temporale è discontinua e le informazioni sono categorizzate in maniera differente da paese a paese. Difficilmente può essere convertito in un flusso dati secondo il modello SDF.

TMES Transnational Multi Model Ensemble

Gli istituti di ricerca di diversi paesi aderenti al progetto hanno cominciato a condividere i diversi modelli previsionali per il Mar Adriatico, per realizzare un ensemble multi-modello relativo alle previsioni di livello e di onda. Questo ensemble viene pubblicato sul server THREDDs presente al CNR-ISMAR e reso disponibile secondo il servizio interoperabile WMS.

Il geoportale <https://iws.seastorms.eu> alla sezione “forecast” pubblica la aggregazione del TMES secondo una serie temporale che mette insieme tutti i file pubblicati su THREDDs. L'interfaccia è realizzata con la libreria cartografica Leaflet js e il plugin Leaflet time dimension (Socib, 2014/2019; Socib Apps Server, 2021) che consente di passare come parametro alla libreria direttamente l'indirizzo del server THREDDs

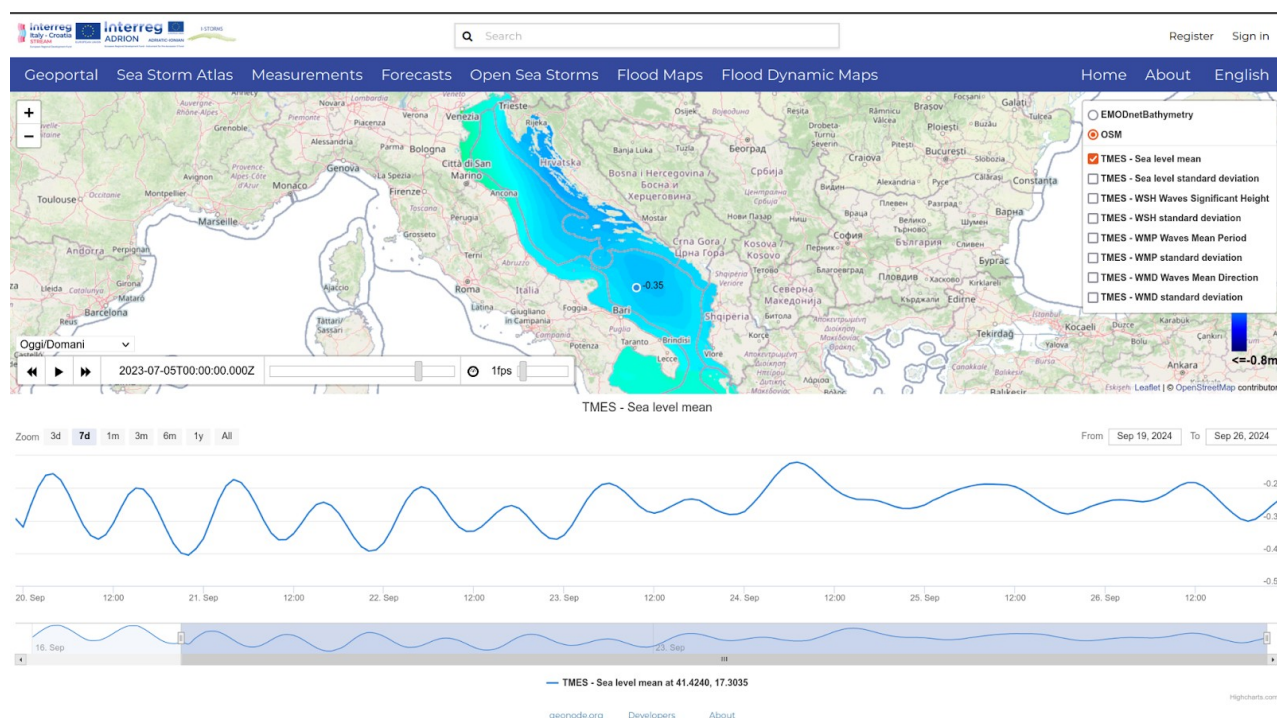


Fig. 39: pagina del portale *iws.seastorms.eu* con la pubblicazione del TMES

L'interfaccia di Leaflet Time dimension (figura 39) consente di visualizzare il campo di ciascuna variabile del TMES con una animazione temporale, allo stesso modo in cui si accendono e spengono i layer in legenda. Inoltre al clic sulla mappa è possibile generare un grafico con il profilo temporale della variabile in quel punto. I punti cliccati sono persistenti e si può confrontare quindi l'andamento della variabile in più punti.

Measurements

Nella sezione measurements del portale seastorms (figura 40) vengono visualizzati invece i dati dei mareografi e degli ondametri degli istituti partecipanti al progetto insieme alle stazioni della rete. I grafici interattivi permettono all'utente di selezionare quali stazioni visualizzare e impostare il periodo di tempo del grafico.

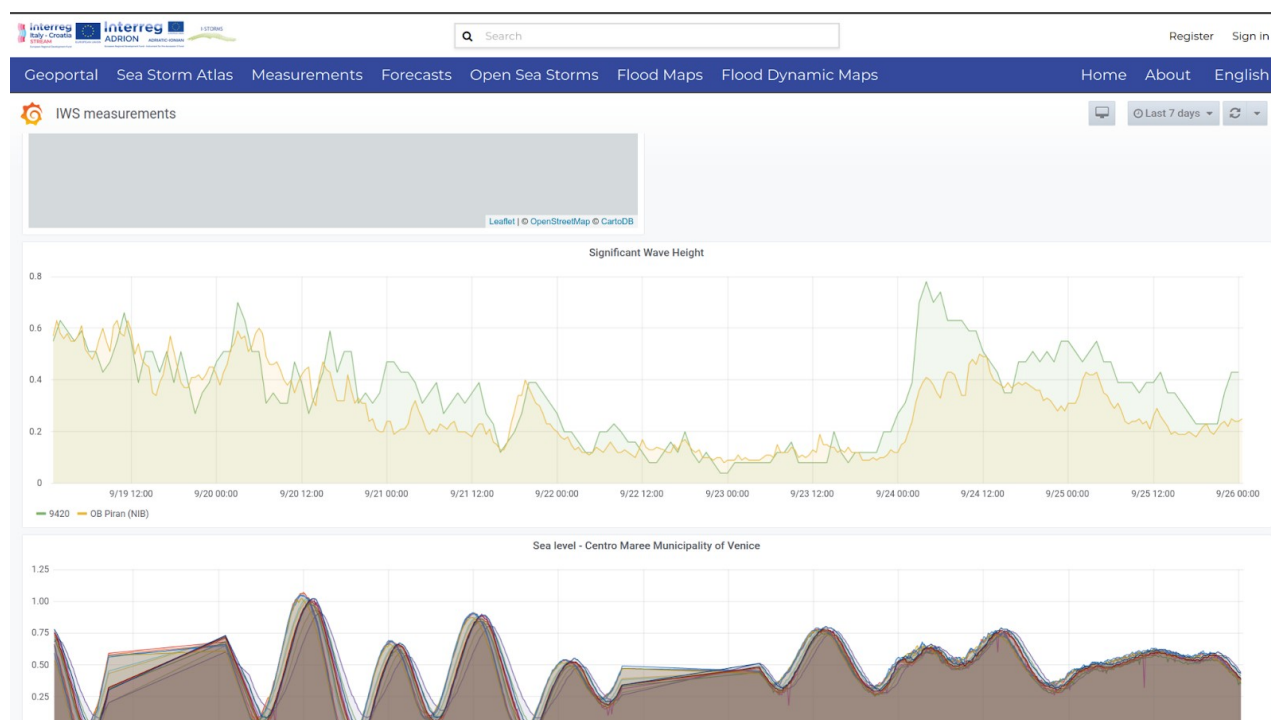


Fig. 40: la sezione measurements di I-STORMS

Flooding maps e dynamic flooding maps

Nel corso del progetto Stream, il portale seastorms è stato aggiornato per visualizzare delle mappe di allagamento sotto forma di layer raster o vettoriali con una personalizzazione del geoportale che permette di inquadrare l'area del layer visualizzato con un singolo clic.

4.4 Dati di output del piano nell'esperienza italiana

Come abbiamo visto nel capitolo 1.4 i paesi europei hanno realizzato i piani dello spazio marittimo utilizzando strutture dati differenti e l'elenco dei settori ed usi, pur riferendosi alle attività previste dalla direttiva, viene esteso o affinato in base ai diversi contesti. Ogni piano richiede un modello dati che consenta di esprimere in maniera chiara le previsioni di piano in termini spazialmente espliciti e deve permettere una agevole pubblicazione della cartografia in formato digitale e interoperabile.

4.4.1 Il modello dati MSP italiano

Nella redazione del Piano italiano sono stati individuate quattordici differenti usi del mare, questa classificazione deriva dalle esperienze di MSP precedenti a cominciare dal progetto Adriplan (Barbanti et al., 2015; Depellegrin et al., 2018) e Ritmare (Barbanti et al., 2017).

Per ciascun uso è stato definito un codice a 4 cifre di cui sono utilizzate per ora le prime due e

le altre due possono essere usate per una suddivisione di secondo livello. Ad ogni uso è stato assegnato anche un colore. In figura 41 è riportato l'elenco degli usi preso dai documenti di piano (MIT, 2024).

comprende 14 voci, elencate nella Tabella 1:

Tabella 1 Lista degli usi e settori per la rappresentazione cartografica di piano

Codice (code)	Descrizione (use_ita)	Abbreviazione (label)	Colore (color)
0100	Pesca	p	#F4AAAE
0200	Trasporto marittimo e portualità	tm	#6E7C97
0300	Protezione ambiente e risorse naturali	n	#88BC91
0400	Energia	e	#C04B4B
0500	Prelievo di sabbie	sa	#FCD154
0600	Difesa	d	#CCAE99
0700	Turismo costiero e marittimo	t	#F4A166
0900	Telecomunicazioni	#	#BBC8E4
1000	Paesaggio e Patrimonio Culturale	ppc	#778775
1100	Immersione sedimenti dragati	sd	#999999
1200	Difesa costiera, protezione dalle alluvioni, ripristino della morfologia dei fondali	dc	#999999
1300	Sicurezza marittima, della navigazione e sorveglianza	s	#9C6F69
1400	Ricerca scientifica e innovazione	r	#999999
1500	Acquacoltura	a	#B9829F

Per ciascuno degli usi/settori è stato definito un codice numerico a 4 cifre, una descrizione, una

Fig. 41: Lista delle attività e usi dei Piani dello Spazio Marittimo Italiani

Ovviamente sono possibili classificazioni diverse oppure suddivisioni di dettaglio Maggiore ad esempio nell'utilizzo pesca non si distingue tra pesca professionale, pesca artigianale e pesca ricreativa o pesca turismo, così allo stesso modo nell'uso e energia non si distingue in maniera specifica tra estrazione di idrocarburi e impianti di energia rinnovabili (tra cui soprattutto le Wind farm offshore).

A ciascun uso definito come prioritario all'interno delle PU è stato assegnato un colore , permettendo una chiara rappresentazione sintetica delle mappe vocazionali.

Le tre aree marittime italiane oggetto di pianificazione sono state suddivise a loro volta in subaree, di cui quelle all'interno delle acque territoriali sono state collegate alla potestà amministrativa delle regioni allineando i confini regionali sulla costa con il limite della sub area.

Giova ricordare che questa suddivisione non istituisce nessun tipo di competenza regionale sulla porzione di mare territoriale antistante: il mare territoriale, pur essendo un bene comune con uno status , continua ad essere gestito con la logica dei beni demaniali in cui la competenza concessoria è riservata allo Stato per l'approvvigionamento energetico, difesa e sicurezza dello stato e i porti di rilevanza nazionale e internazionale, mentre è dei comuni negli altri casi (Roversi Monaco, 2018).

Ciascuna subarea prevede obiettivi e misure di piano specifiche ed è stata suddivisa in elementi più piccoli che sono le unità di pianificazione.

Le unità di pianificazione hanno dimensioni estremamente variabili perché sono state disegnate in base agli usi già presenti e agli elementi morfologici, oppure considerando una fascia lungo la costa. Esse sono classificate in quattro tipi: Generico (G), Prioritario (P), Limitato (L) e Riservato (R).

Gli usi del mare presenti e futuri sono collegati alle singole unità di pianificazione in due modalità fondamentali: da un lato la lista degli usi principali e dall'altro la lista degli usi compatibili o comunque possibili all'interno dell'Unità di pianificazione considerata. Le UP di tipo generico non hanno un uso principale definito; le UP di tipo prioritario hanno uno o più usi principali a cui il piano dà priorità in quella UP; le UP di tipo Limitato e Riservato hanno un uso principale soltanto che in genere limita gli altri usi o li proibisce.

Questo approccio è stato definito come una mappatura delle vocazioni d'uso (Ramieri et al., 2024), perché non si limita ad una semplice ricognizione degli usi già presenti ma individua per ciascuna area delle opportunità di sviluppo (o di riconversione) indirizzando in relazione agli obiettivi strategici (a livello di area marittima) e agli obiettivi specifici (a livello di subarea)

Il Piano italiano della Pianificazione Spaziale Marittima (MSP) si concentra sulla gestione e l'utilizzo efficiente dello spazio marittimo attraverso un approccio strutturato alla gestione dei dati. Il piano è suddiviso in tre principali aree marittime—Adriatico, Ionio-Mediterraneo Centrale e Tirreno-Mediterraneo Occidentale—ognuna ulteriormente segmentata in sottoaree e unità di pianificazione (PU).

L'MSP utilizza un modello dati articolato che permette di gestire tutte le combinazioni di usi

ed aree, memorizzando le informazioni nei formati Geopackage o Shapefile. Il modello comprende aree, sottoaree e PU, con relazioni che definiscono gli usi principali e secondari all'interno di ogni PU (figura 42). Questa struttura facilita la gestione e la visualizzazione dei dati spaziali utilizzando strumenti GIS, in particolare QGIS, che permette l'integrazione di funzioni personalizzate e script Python per gestire attributi ed etichette.

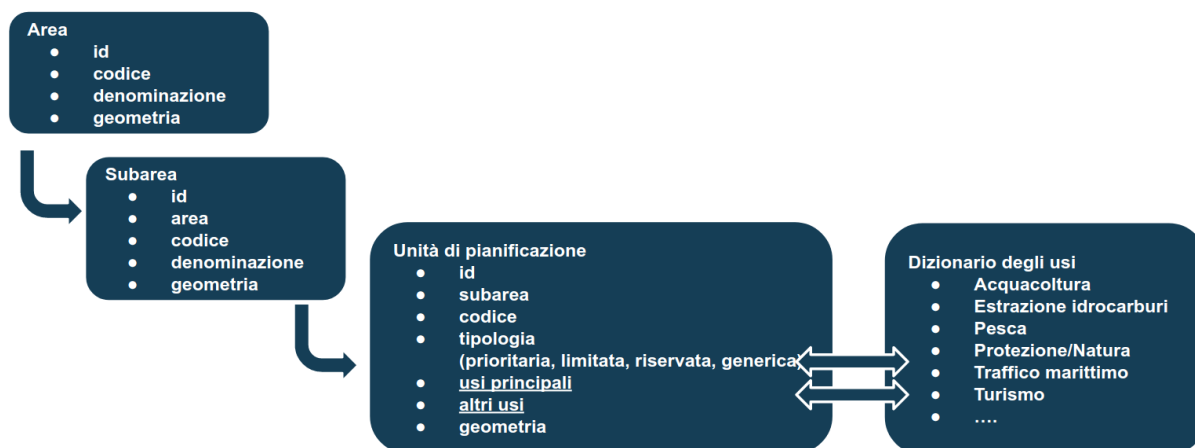


Fig. 42: schema semplificato del modello dati del piano MSP italiano

Questo progetto QGIS ha permesso di gestire il livello delle PU con gli usi ad esse collegati durante il processo di redazione del piano a cui hanno partecipato diversi soggetti in particolare in rappresentanza delle regioni per quanto riguarda le sub aree costiere. Sempre all'interno di QGIS era possibile gestire le differenti relazioni tra PU e usi.

In particolare il modello prevede l'utilizzo di una geometria fittizia per indicare la presenza di un determinato uso tramite la relazione spaziale. Questa scelta è stata fatta in previsione di poter sostituire la geometria fittizia con i dati effettivi degli usi, sia come presenza che come quantità, che in futuro dovrebbero arrivare dal monitoraggio.

Ciascuna PU contiene dunque negli attributi una lista degli usi principali menzionati nel piano e una lista degli altri usi possibili previa verifica della compatibilità e dei conflitti. Poiché il piano non prevede divieti di utilizzo in nessuna PU la lista degli usi potenzialmente compatibili è compilata automaticamente tramite uno script.

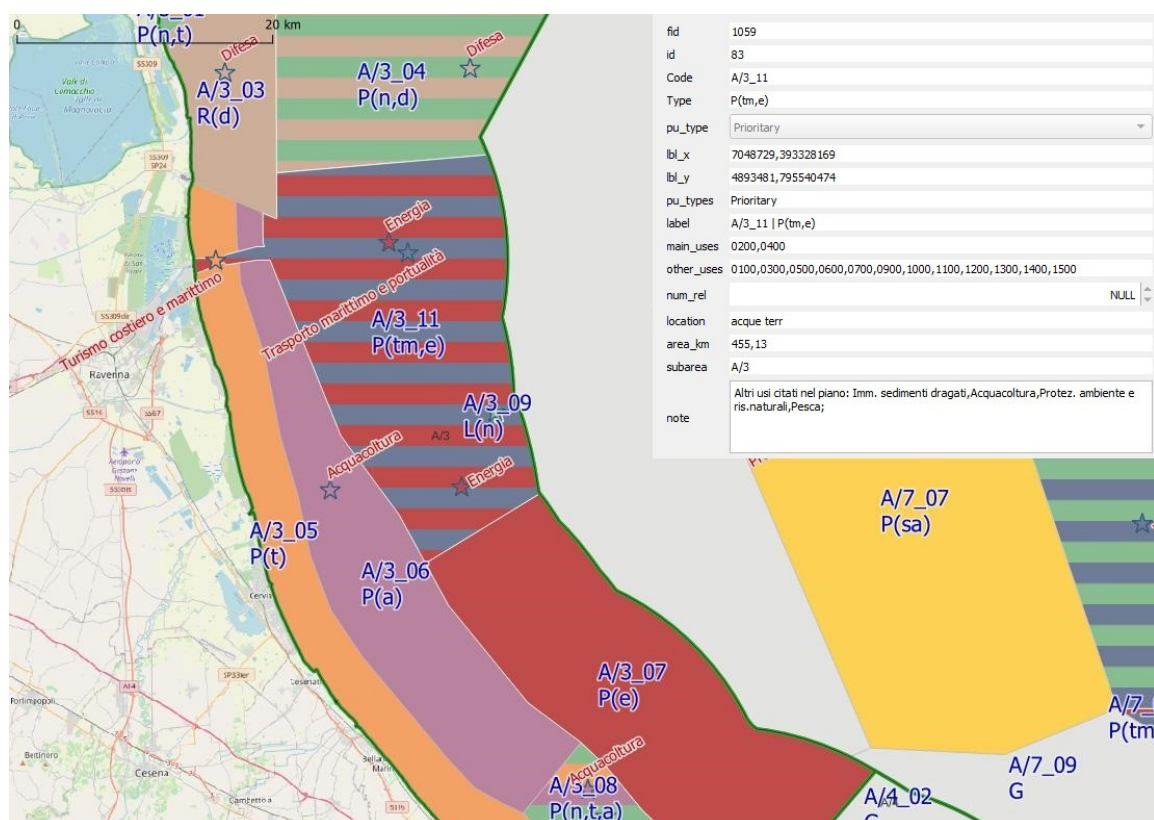


Fig. 43: PU dell'adriatico con i punti che rappresentano gli usi principali e gli attributi della UP A/3_11

In figura 43 la vista della mappa di QGIS con le PU tematizzate secondo gli usi e le geometrie degli usi principali. In futuro lo script di aggiornamento che si basa sulla relazione spaziale con le geometrie fittizie potrebbe essere ampliato e implementare il *Proactive Notification System*. Ad esempio se nella UP A/3_11, che ha come usi principali il traffico marittimo e l'energia, viene registrato un aumento del traffico, e quindi un aumento delle pressioni oltre la soglia stabilita potrebbe scattare una misura di riduzione delle pressioni ad esempio tramite l'applicazione di limiti di velocità o scaglionando gli ingressi al porto di Ravenna.

Per convertire il database utilizzato (in formato Geopackage) in layer statici (*flat files*) è stato messo a punto un tool software in Python denominato MSP-flat_model exporter il cui funzionamento è schematizzato in figura 44: lo stesso strumento è stato utilizzato anche per preparare l'integrazione con Emodnet Human Activities.

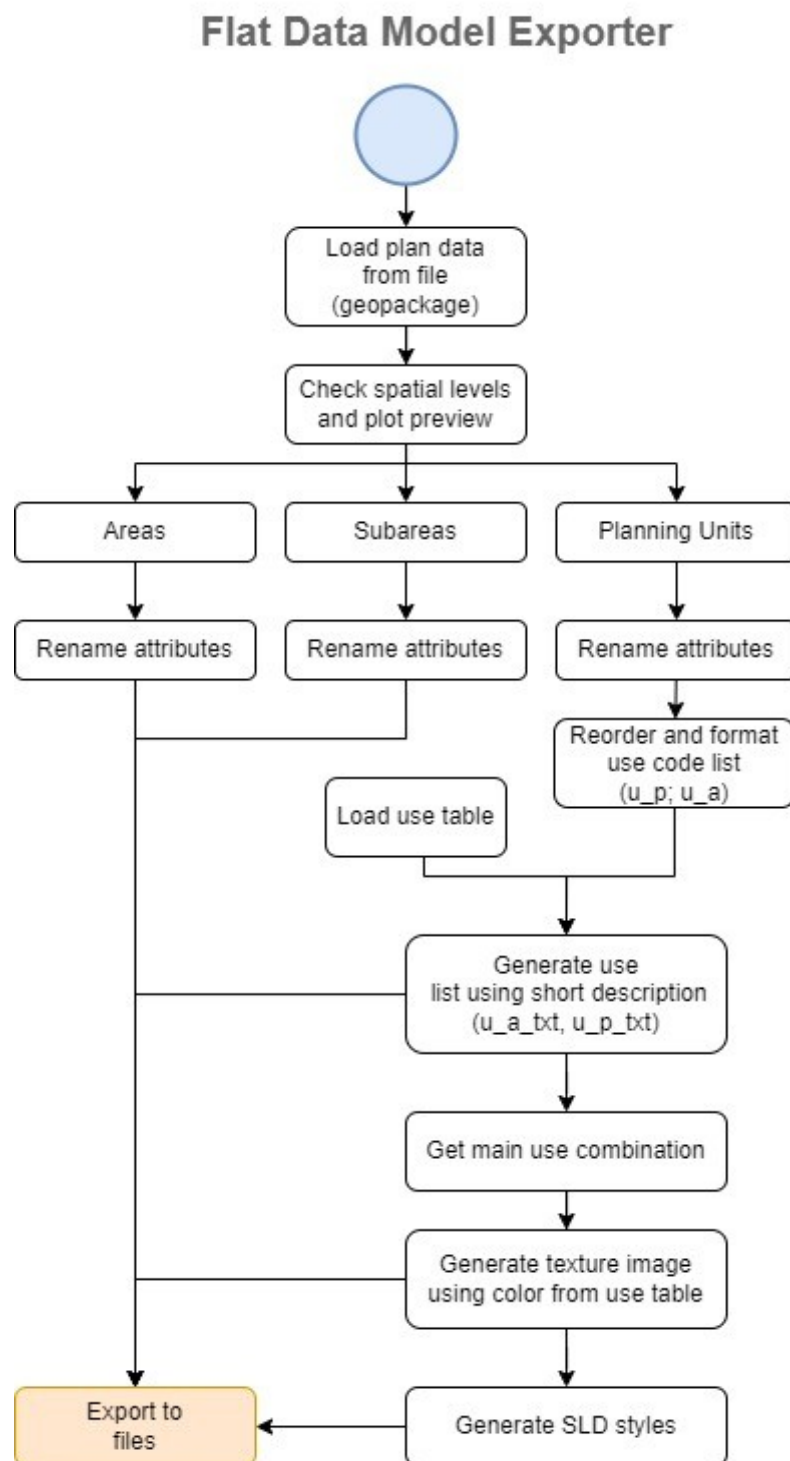


Fig. 44: schema del funzionamento del flat model exporter

Il piano è stato pubblicato per la consultazione pubblica su SID- Portale del Mare (MIT, 2024). Questo geoportale serve come principale piattaforma per la pubblicazione dei dati MSP, offrendo servizi web conformi agli standard OGC.

Particolare attenzione è stata posta alla gestione della simbologia delle PU che in genere dipende molto dal software GIS utilizzato. Sempre all'interno della procedura di export del flat model exporter sono state create delle texture multicolore utilizzabili per comporre le definizioni di stili secondo lo standard interoperabile SLD (figura 45). Questo consente di distinguere le UP ad uso singolo da quelle multiuso e di individuare immediatamente lo stesso uso tra aree contigue.

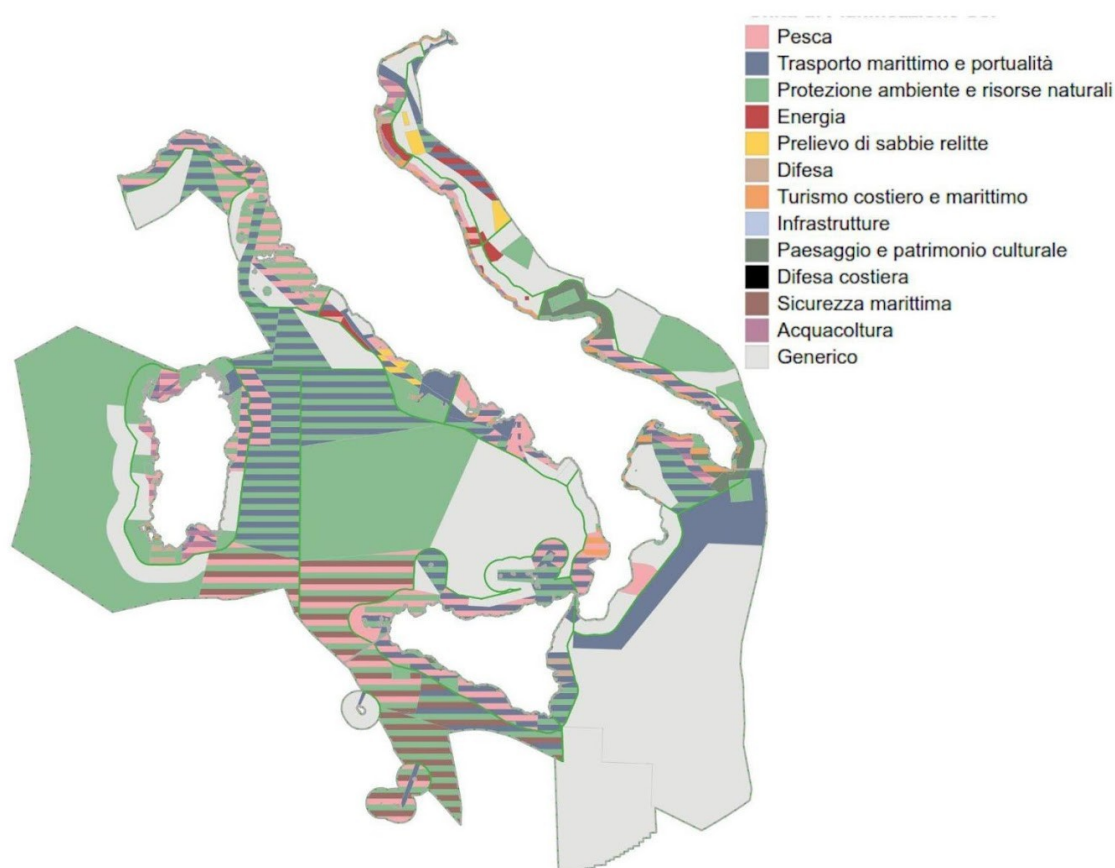


Fig. 45: la pubblicazione del piano con le unità di pianificazione con le texture composite

Il progetto MSP-MED ha contribuito in modo significativo al MSP italiano, fornendo supporto scientifico durante tutta la fase di redazione e sviluppando strumenti come il flat model exporter, che converte i dati MSP in formati ESRI Shapefile. I risultati del progetto

includono la traduzione dei dati MSP nel modello dati EMODnet e lo sviluppo di strumenti di analisi esplorativa per riassumere e visualizzare gli output geospaziali.

4.4.2 Applicazione del MSPdF al piano Italiano

Nel capitolo 1.3.2 è stato illustrato il documento MSP data Framework (MSPdF) realizzato nel 2023 dal TEG data on MSP (Abramic, A. et al., 2023) che organizza i dati di input della MSP in 7 cluster tematici.

In modo molto simile, anche i dati di input del piano MSP italiano sono aggregati per tema in un insieme di Mappe (Mappe Essenziali) che rappresentano il Quadro dei Dati di Input del Piano Italiano. Questo insieme di dati di input è pubblicato (per il processo di consultazione pubblica) insieme al piano all'URL <https://www.sid.mit.gov.it/> con mappa interattiva e servizio interoperabile.

Tra le raccomandazioni, nella sezione 5.1.2 del documento MSPdF si consiglia di applicare la checklist istituita dal MSPdF anche ai piani esistenti per valutare la coerenza con i dati disponibili, armonizzarli con gli altri piani e organizzare il monitoraggio in maniera strutturata.

Nel progetto ReMAP , che concluso nel 2025, è stato realizzato un tool software specifico per effettuare questa verifica, mentre nel percorso di dottorato ho realizzato una estensione appscript da utilizzare all'interno dei software di Google che è descritto in dettaglio nell'allegato 4. La checklist è espressa in due tabelle all'interno di un foglio di calcolo: la prima elenca gli elementi di tutti i cluster del MSPdF e ne riporta la corrispondenza nel piano, la seconda elenca tutti i dataset presenti nel piano e li riconduce a un cluster e a un elemento elencato nel MSPdF.

Una prima applicazione di questa checklist dato come risultato preliminare la corrispondenza tra i cluster del MSPdF e gruppi delle mappe essenziali riassunta dal diagramma in figura 46.

Tutti i layer utilizzati nei piani italiani hanno trovato corrispondenza nell'MSPdF anche se il dataset di dinamica costiera non è esplicitamente nominato è possibile ricondurlo al cluster delle proprietà fisiche in analogia con la batimetria. Fra le attività umane i piani italiani hanno utilizzato la mappa di densità di traffico, mentre MSPdF fa riferimento al registro

Extended HILUCS che nominava solo le corsie di traffico, nell'ambito delle reti di trasporto. Questa differenza è stata l'occasione per adattare la classe dell'Extended HILUCS che è passata da 4.1.6 a 4.1.4.3 (Ecoaqua, 2025).

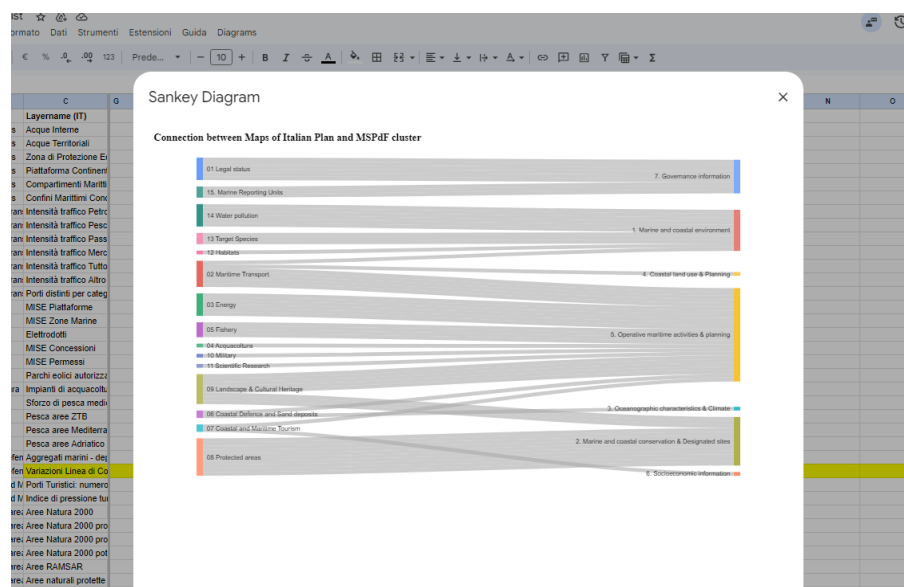


Fig. 46: Corrispondenza tra i cluster MSPdF e le Mappe essenziali

Il cluster più rappresentato, che nel piano italiano è diviso in numerose mappe, è quello n.5 *Operative Maritime Activities* mentre solo due layer, quello della linea di costa e gli habitat di fondo, appartengono al cluster 3 *Oceanographic characteristics*. L'unico elemento che rappresenta il cluster 4 *Coastal land use & Planning* sono i porti e l'unico livello del cluster 6 *socioeconomic information* è il dataset sulle presenze turistiche.

Esistono diversi livelli di inclusione dei dati nel Piano, quindi la checklist può essere utilizzata a un primo livello per stabilire se un set di dati descritto nel MSPdF è stato incluso o meno nel piano, ma descrivere in modo più dettagliato il tipo di contributo che il dato di input ha portato sarebbe utile anche per dare una priorità al processo di aggiornamento dei dati e alla costituzione di un flusso dati per quel tema.

Questo è correlato anche al tema del singolo livello di dati: ci sono dati di input che descrivono un fenomeno (come lo sforzo di pesca per la pesca o la densità del traffico marittimo) e altri che riguardano un uso del mare esplicitamente spaziale (area di ancoraggio, corsie di traffico, area di pesca limitata, area militare...).

Ci sono dati che sono stati inseriti nelle mappe essenziali e pubblicati insieme ai risultati del

piano come quadro dei dati di input del piano italiano, ma ci sono anche dati che sono stati considerati durante il processo di pianificazione ma non inseriti come dati di origine principalmente perché non disponibili a livello nazionale.

Ci sono anche dati che non sono pubblicati o non sono completamente disponibili per essere integrati nel processo di pianificazione.

Per ogni dato previsto nel MSPdF quindi si è assegnato uno di questi 3 valori:

Integrato: dati disponibili a livello nazionale che sono stati utilizzati nel processo di pianificazione e pubblicati come parte dei dati di input o già pubblicati in altri piani.

Utilizzato: dati che sono stati raccolti e considerati durante il processo di pianificazione di ciascuna sottoarea ma non sono integrati nei risultati del piano, principalmente perché non disponibili per l'intera area marittima o relativi a un argomento molto specifico.

Considerato: i dati non sono stati raccolti durante il processo di pianificazione e non sono esplicitamente citati né nel quadro dei dati di input, d'altro canto sono ben noti e utilizzati a livello locale o per usi specifici e settoriali, diventando così parte della conoscenza esperta dei pianificatori.

Alcuni dei componenti elencati nel MSPdF potrebbero aver contribuito al processo di pianificazione in modo indiretto, questo è il caso in cui questi dati sono stati utilizzati nella creazione di piani settoriali o altri prodotti e questi prodotti sono stati consultati per creare il piano.

4.5 La fase di monitoraggio nei piani MSP italiani

La fase di monitoraggio è un elemento fondamentale della pianificazione spaziale marittima, poiché consente di valutare l'efficacia delle politiche adottate e di apportare eventuali correzioni sulla base di dati empirici.

Nel piano italiano la progettazione della fase di monitoraggio è stata oggetto di un capitolo a parte che ha cercato di individuare una lista di indicatori preferibilmente basati su flussi dati già disponibili. Anche il piano di monitoraggio, come altri aspetti della pianificazione è stato pensato come un processo da realizzare in un certo periodo di tempo dopo l'approvazione del

piano. Le indicazioni normative comunque parlano di una informazione al tavolo tecnico con cadenza annuale pertanto il piano di monitoraggio dovrebbe essere aggiornato annualmente (DPCM 1/12/2017, 2018).

4.5.1 Percorso di attuazione del piano di monitoraggio

Il piano di monitoraggio è strutturato in 6 step successivi illustrati in figura 47: ripresa degli obiettivi strategici e specifici di piano, identificazione degli attori, definizione degli indicatori e dei flussi dati, valutazione della adeguatezza dei dati disponibili e programmazione della raccolta dati.



Fig. 47: elementi del piano di monitoraggio

(dal Piano dello Spazio Marittimo Adriatico Cap 7 fase 5 p. 4 MIT 2023)

4.5.2 Tipologia di indicatori

La parte relativa i dati è lo step numero 3, dove vengono definiti gli indicatori per i singoli obiettivi strategici e specifici. Gli indicatori sono riconducibili a 4 famiglie principali:

- indicatori: ecologici-ambientali;
- indicatori di pressione
- indicatori socio-economici
- indicatori di governance

Gli indicatori ecologici-ambientali, insieme a quelli di pressione, sono quelli più articolati dal punto di vista dei dati, fanno riferimento a variabili complesse ma ben documentate in letteratura. Proprio il flusso di questi indicatori può rappresentare un punto di partenza per un passaggio al modello SDF

Gli indicatori socio-economici riflettono invece principalmente il grado di produttività di un settore e il livello di occupazione che offre in relazione al suo livello di sviluppo. Come rilevato anche dal documento apposito del TEG gran parte dei dati socioeconomici integrati nei piani rappresentano una serie temporale limitata e hanno difficoltà di spazializzazione in relazione alle regioni marine e sembrano meno idonei a rappresentare un flusso secondo il modello SDF.

Con riferimento agli indicatori di governance, essi sono stati pensati nel piano come uno strumento per misurare l'avvio dei settori non ancora sviluppati. Si tratta di un tentativo di misurare le prestazioni, il progresso e la qualità delle azioni del settore in esame e degli stessi PSM, oltre ai programmi di finanziamento e di gestione. Non è possibile realizzare un flusso da questa tipologia di indicatori perché si riferiscono in gran parte ad un conteggio numerico o a valutazioni qualitative non quantificabili.

4.5.3 Idoneità dei dati

Uno degli aspetti principali trattati nel documento relativo al monitoraggio riguarda la qualità dei dati utilizzati per il monitoraggio. La definizione degli indicatori è una fase molto delicata, specialmente per gli obiettivi in cui non è dichiarato apertamente il valore di partenza e il valore target da raggiungere, ma se poi i dati che vengono raccolti non sono adatti a descrivere l'indicatore considerato la raccolta dati rischia di perdere ogni significato. Per descrivere la idoneità dei dati a rappresentare alcuni indicatori in relazione a degli obiettivi specifici viene sottolineata l'importanza di tre caratteristiche fondamentali dei dati: coerenza, completezza e adeguatezza.

- **Coerenza:** Si riferisce alla capacità dei dati di riflettere in modo preciso e uniforme le realtà monitorate. La coerenza è essenziale per garantire che i dati possano essere confrontati nel tempo e tra diverse fonti senza introdurre distorsioni. La mancanza di coerenza può compromettere l'affidabilità delle conclusioni tratte dall'analisi dei dati.

i dati non coerenti possono essere comunque utilizzati come indicatori aggiuntivi o come parti di indicatori compositi

- **Completezza:** La completezza si riferisce all'estensione con cui i dati coprono tutte le dimensioni rilevanti del fenomeno studiato, sia a livello spaziale che temporale. Dati

incompleti possono portare a valutazioni distorte, specialmente se alcune aree o periodi di tempo non sono adeguatamente rappresentati.

i dati incompleti possono eventualmente essere completati tramite stime per includerli nel monitoraggio

- **Adeguatezza:** Infine, l'adeguatezza si riferisce alla risoluzione spaziale e temporale dei dati, che deve essere sufficiente a catturare tutte le variabili importanti. Dati con una risoluzione inadeguata potrebbero non essere in grado di rilevare cambiamenti significativi o variazioni locali che sono cruciali per una gestione efficace dello spazio marittimo.

Per rappresentare sinteticamente in forma grafica l'esito di questo processo di idoneità del dato tra i miei contributi al piano MSP italiano nel capitolo 7 di Fase 5 ([MIT, 2024](#)) c'è l'utilizzo di un diagramma che riassume le dimensioni richieste nella forma di un quadrato diviso in quattro quadranti, secondo le categorie di estensione e risoluzione, sia nel tempo che nello spazio. L'utilizzo di questo diagramma è visibile nella figura 48, estratta dai documenti di piano.

Il principio di rappresentazione è molto simile al grafico radar in cui un poligono viene disegnato allineando i punteggi di diverse proprietà lungo i raggi di un cerchio.

Questi quattro quadranti possono avere dimensioni differenti che rappresentano la domanda informativa dell'indicatore: a seconda dell'obiettivo richiesto potremmo avere l'esigenza di avere lunghe serie temporali, aree di interesse più o meno estese, risoluzione e frequenza temporale particolarmente elevate o meno definite.

L'obiettivo invece è rappresentato da un punto che si può posizionare ovunque nel diagramma: i dati analizzati per uno specifico indicatore sono rappresentati da un poligono più o meno regolare.

- la coerenza dei dati è rappresentata da quanto il poligono dati è centrato sul punto che rappresenta l'obiettivo;
- la completezza dei dati è rappresentata da quanto il poligono dati copre i quadranti relativi all'area e al periodo nella colonna estensione
- la adeguatezza dei dati è rappresentata da quanto il poligono dati copre i quadranti

relativi alla scala e

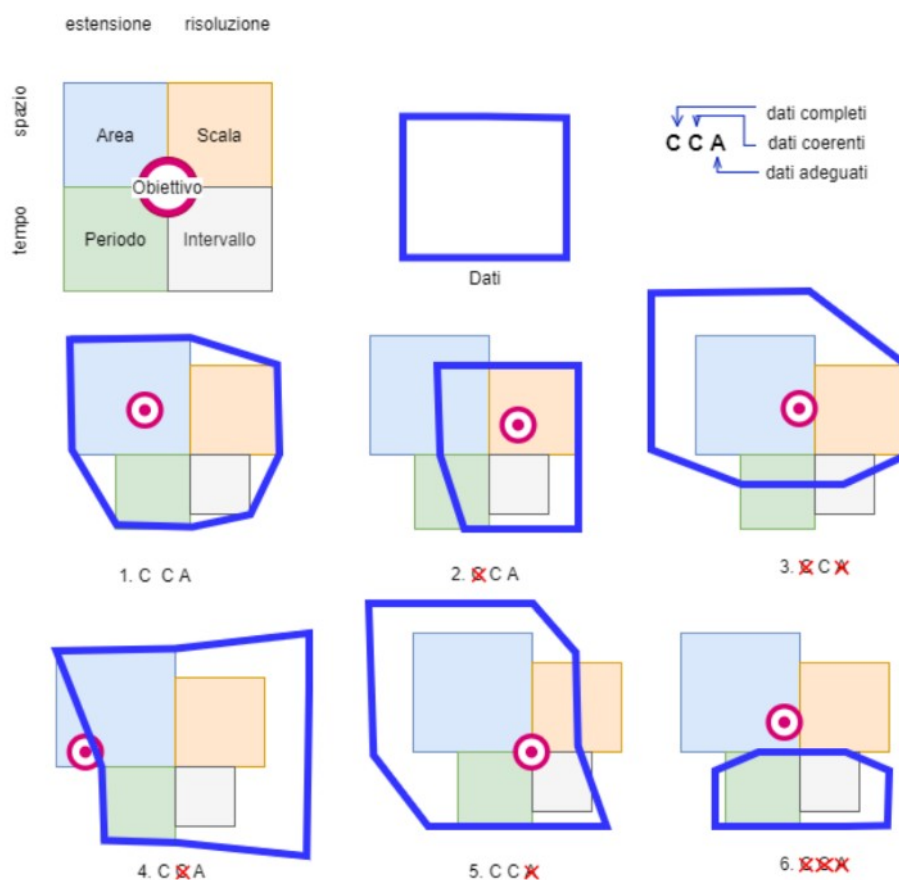


Fig. 48: esempio diagramma di sintesi per visualizzare l'idoneità dei dati
(dal Piano dello Spazio Marittimo Adriatico Cap 7 fase 5 p. 11 MIT 2024)

4.5.4 Flussi esistenti e da attivare

Un'altra tematica centrale del capitolo sul monitoraggio riguarda la distinzione tra flussi di dati esistenti e flussi di dati da attivare. Questa distinzione è fondamentale per comprendere le attuali capacità di monitoraggio e per pianificare eventuali ampliamenti o miglioramenti del sistema di monitoraggio.

- **Flussi di Dati Esistenti:** I flussi di dati esistenti includono tutte le fonti di dati che sono già attive e che forniscono informazioni utili per il monitoraggio del PSM. Questi flussi possono provenire da vari programmi di monitoraggio ambientale già in corso, da sensori installati in mare, da rilevazioni satellitari, e da altre fonti istituzionali. Questi dati, essendo già disponibili, rappresentano una risorsa preziosa, ma è

fondamentale valutare se soddisfano pienamente i criteri di qualità richiesti.

- **Flussi di Dati da Attivare:** D'altra parte, i flussi di dati da attivare rappresentano nuove fonti di dati che potrebbero essere necessarie per colmare le lacune identificate nei flussi esistenti. Questi flussi potrebbero includere nuovi sensori, programmi di monitoraggio specifici per determinate aree o periodi, o l'integrazione di dati provenienti da fonti non tradizionali, come dati raccolti dalla comunità o tramite tecnologie emergenti come i droni. Attivare nuovi flussi di dati richiede non solo risorse tecniche e finanziarie, ma anche una pianificazione accurata per garantire che i nuovi dati siano integrabili con quelli esistenti e che rispettino gli stessi standard di qualità.

Nel piano sono prefigurate anche le potenziali sinergie tra flussi di dati esistenti e da attivare. L'integrazione di nuovi flussi con quelli esistenti può migliorare significativamente la capacità di monitoraggio, fornendo una copertura più completa e dati di migliore qualità. Tuttavia, questa integrazione comporta sfide, come la necessità di garantire la compatibilità dei dati, evitare la duplicazione degli sforzi e assicurare che i nuovi dati siano altrettanto affidabili e validi quanto quelli esistenti.

Discussione e conclusioni

In questa ricerca ho presentato il nuovo modello concettuale di Structured Data Flow, mirato a rendere il processo MSP più rapido ed efficace. In particolare rendendo più efficiente e dinamica la raccolta e l'aggiornamento delle informazioni necessarie a supportare i processi di piano.

L'ipotesi di un continuo flusso informativo risponde alla definizione di piano-processo come definita a suo tempo da Faludi (1973). Considerando l'esperienza del piano MSP italiano e le osservazioni raccolte nella fase di consultazione pubblica potremmo forse dedurre che alcuni portatori di interesse e decisori politici faticano ad entrare in una logica di un piano sovraordinato che si limita a fornire degli indirizzi strategici e avvia un processo e si aspettavano delle indicazioni più rigide e conformative (divieti e obblighi spazialmente definiti).

Una volta definite le proprietà di base del flusso di dati (vedi cap. 3.2), l'integrazione di una procedura formale di analisi step-by-step permette di automatizzare e rendere proattivo l'aggiornamento del quadro conoscitivo a supporto del processo di pianificazione. Questo approccio consente di monitorare e aggiornare le proprietà del flusso in modo continuo, fornendo informazioni tempestive per il miglioramento del piano.

La natura incrementale e ciclica del processo di pianificazione rimane invariata; tuttavia, grazie al sistema di notifiche proattive (Proactive Notification System), il piano può essere costantemente alimentato dalle informazioni provenienti dai flussi SDF, compresa la parte predittiva del flusso. Questo permette di attivare automaticamente l'attenzione e l'urgenza su alcune misure specifiche senza dover riavviare l'intero processo o coinvolgere tutti gli attori.

Sulla necessità di un nuovo modello per la raccolta dati

Nel corso del primo capitolo abbiamo illustrato in cosa consiste la MSP, l'evoluzione storica, le fonti normative e le esperienze di MSP in corso e realizzate con particolare attenzione alla gestione dati. Nonostante le variazioni nazionali, legate soprattutto alla relazione con altri piani e alla diversa integrazione dei settori e degli usi del mare, è emerso chiaramente che esiste una metodologia ben definita, fondata su approcci scientifici come l'approccio ecosistemico, la gestione adattiva delle aree protette e le tecniche di costruzione degli

scenari.

Il modello concettuale del MSP Data Framework, e gli altri approcci attualmente utilizzati in ambito MSP e illustrati nel Capitolo 1, si sono rivelati più che sufficienti per descrivere e rappresentare in maniera completa lo stato iniziale di un piano multisettoriale. Ci si potrebbe quindi chiedere se fosse davvero necessario proporre un nuovo modello concettuale, come quello da me presentato.

La risposta è negativa guardando alla situazione attuale e positiva guardando al futuro. Sebbene il mio modello non sia strettamente indispensabile per la realizzazione della MSP, esso risponde all'esigenza di far evolvere e migliorare questo approccio, soprattutto in vista degli avanzamenti tecnologici e delle spinte a livello europeo e internazionale. Un esempio rilevante è rappresentato dai Digital Twins of the Ocean, un'iniziativa che si basa in gran parte su flussi di dati e standard di interoperabilità, e che ha il potenziale di diventare una tecnologia rivoluzionaria. Questi gemelli digitali consentono la modellazione dinamica degli ecosistemi marini in tempo reale, aprendo nuove prospettive per una gestione più precisa e adattiva delle risorse marine. In questo contesto, il mio modello mira a preparare la MSP a sfruttare pienamente queste tecnologie, integrando meglio i flussi di dati e garantendo l'interoperabilità che sarà cruciale per il successo delle future politiche marittime.

Infatti, la MSP è una disciplina nata di recente, resa possibile dalle tecnologie avanzate per il rilievo e la gestione dei dati, e non può rimanere statica di fronte all'evoluzione tecnologica e ai cambiamenti dei numerosi ambiti oggetto della pianificazione.

Utilizzabilità del modello SDF

Il modello concettuale del flusso dati è stato sviluppato come evoluzione naturale del concetto di quadro conoscitivo, con l'obiettivo di migliorare la pianificazione adattiva. In questa prospettiva, le attività di monitoraggio dovrebbero integrarsi con quelle di rilievo iniziale, permettendo una verifica semplificata delle azioni pianificate attraverso l'uso reiterato dello stesso flusso dati utilizzato per descrivere lo stato di partenza.

Ora che il modello SDF è stato definito, possiamo chiederci se sia immediatamente applicabile nella pianificazione. La risposta dipende dal settore considerato e dalla tipologia di dati disponibili. Alcuni ambiti sono già maturi per adottare un approccio a flusso continuo

secondo il modello SDF. Un esempio evidente è la mappa del traffico, citata nel paragrafo 1.3 a EMODnet, che può già essere utilizzata come indicatore di riferimento grazie agli strumenti attualmente esistenti.

Anche i dati provenienti da sensori inseriti in infrastrutture che li rendono disponibili in formati standard e leggibili da macchine sono facilmente integrabili in un flusso, a patto che siano definiti i metadati necessari. I dati satellitari offrono una copertura geografica significativa per i piani MSP, mentre i dati in situ, essendo generalmente localizzati in punti specifici, potrebbero risultare meno rilevanti per piani a scala di bacino o area marittima e pur essendo adatti alla creazione di flussi continui al momento la loro gestione può essere più onerosa.

I dati relativi alle attività umane, invece, sono generalmente più complessi e non sempre disponibili con aggiornamenti regolari o tramite raccolta automatica: questo avviene per i dati di traffico provenienti dal sistema AIS, che si basano su sensori. Questo flusso dati può essere utile per stimare l'attività di pesca, ma non la descrive adeguatamente poiché mancano informazioni sull'attrezzo utilizzato, sulle ore effettive di pesca rispetto alle ore di navigazione e sulla quantità di pesce sbarcato.

Un discorso analogo si può fare per il turismo, dove le indagini statistiche a livello comunale sono largamente insufficienti a descriverne tutte le dinamiche. Ancora più difficile è raccogliere i dati relativi all'impatto delle attività umane nei confronti del paesaggio.

Spesso, l'unico modo per ottenere questi dati è attraverso indagini statistiche, che si basano su dichiarazioni o questionari compilati dagli operatori coinvolti, il che introduce un bias di selezione. Per trasformare questi dati in flussi SDF sono necessari alcuni passaggi preliminari: da un lato, bisogna sviluppare ulteriori metodi per la pulizia e l'armonizzazione dei dati; dall'altro, servono strumenti software in grado di estrarre informazioni in modo automatico dai dati raccolti utilizzando ad esempio tecniche di *machine learning* e *natural language processing*.

Punti di forza del modello SDF

Questo approccio offre una visione sistemica e multistrato dei flussi di dati, facilitando analisi approfondite che considerano variabili sia statiche che dinamiche, favorendo una

comprensione più completa dei fenomeni. Lo SDF rappresenta un metodo innovativo nella gestione dei dati, dove i dati stessi assumono un ruolo attivo e dinamico nel supportare i processi di pianificazione.

In un certo senso, tale modello vuole superare i concetti tradizionali di raccolta dati di input e di monitoraggio come due momenti distinti e complementari. Se la raccolta dati iniziale viene fatta con lo scopo di descrivere la situazione di partenza e il monitoraggio viene attuato solo sulle azioni di piano c'è il rischio di trovarsi con due distinti insiemi di dataset che sono incompatibili. In occasione del secondo ciclo di pianificazione si dovrebbe quindi organizzare una nuova raccolta o un aggiornamento dei dati di input tralasciando quanto raccolto nel monitoraggio.

Con un approccio maggiormente orientato ai dati il modello SDF si propone di attivare un flusso per ogni dataset, e di procedere man mano integrando flussi di dati in tempo reale che possono influenzare e informare tempestivamente le decisioni di pianificazione. Il flusso dati che costituisce il monitoraggio andrà a costituire anche i dati di input del secondo ciclo di pianificazione e i cicli successivi.

Invece di essere il piano a determinare l'attivazione del flusso di raccolta dati, è il flusso di dati stesso, insieme agli indicatori di attenzione e di rischio, ad attivare, informare il processo di pianificazione. Questo ribaltamento consente una risposta più rapida e mirata ai cambiamenti, rendendo il processo di pianificazione più reattivo e proattivo.

In particolare, lo Structured Data Flow si distingue dai metodi tradizionali di monitoraggio perché può essere applicato a dati che non rappresentano necessariamente un'indicazione diretta dello stato dell'ambiente o del sistema socio-economico. Ad esempio, i dati sulla presenza di nuovi usi in una UP possono rappresentare degli indicatori di attenzione per il processo di pianificazione. Questo approccio permette di identificare e reagire prontamente a cambiamenti significativi, migliorando l'adattività e l'efficacia dei processi di pianificazione.

Sviluppi futuri: sfide e opportunità

La definizione del modello SDF dal punto di vista concettuale rappresenta solo il primo passo di un processo più ampio, che ha il potenziale per rendere il processo MSP più rapido ed efficace. Il prossimo passo cruciale sarà applicare questo modello ai vari ambiti

informativi della MSP, con particolare riferimento alla suddivisione e categorizzazione proposta dall'MSPdF. Questa fase presenta già delle sfide significative, poiché i dati utilizzati nella MSP provengono da fonti molto diverse, spesso generate da enti istituzionali sui quali il processo MSP non ha controllo diretto. Di conseguenza, il lavoro di armonizzazione e integrazione dei flussi di dati deve essere condotto successivamente alla produzione dei dati stessi.

Una volta verificato che le diverse componenti informative della MSP possono essere trasformate in flussi SDF, sarà possibile comporre un sistema che, analogamente al concetto di quadro conoscitivo, potremmo chiamare finestra conoscitiva, poiché fornisce una visione chiara e delimitata dei fenomeni all'interno dell'area di interesse. A questo punto, è essenziale rendere questo sistema informativo accessibile agli utenti finali attraverso strumenti adeguati di visualizzazione e gestione dei dati (.

Fortunatamente, questo non richiede uno sviluppo ex novo, poiché esistono già tecnologie software adatte per rappresentare dati spaziali in movimento, ampiamente utilizzate nel web e nella comunicazione. Inoltre, i data server che gestiscono serie temporali in near real-time sono consolidati, specialmente per i dati in situ, e si possono trarre spunti dalle piattaforme commerciali che pubblicano sia dati meteorologici sia economici. Questa fase rappresenta un'opportunità per estendere le attuali infrastrutture dati, integrando anche la gestione di dati dinamici e in movimento.

Applicabilità / adattabilità in altri contesti

Come è stato ricordato nel capitolo 1.3 non è solo il piano MSP ad essere affamato di dati ma la necessità di ricevere aggiornamenti costanti per affinare le indicazioni di piano è naturale nella logica del piano processo. Il modello SDF può sicuramente essere applicato in altri contesti con i necessari adattamenti.

Lo SDF può dare un contributo importante nella pianificazione ambientale e la conservazione della biodiversità dove già si sono affermati i principi dell'*adaptive management*. In questi contesti c'è la necessità di interagire con i cambiamenti dell'ambiente naturale e con le pressioni esercitate dalle attività umane e ci sono delle similitudini con il processo MSP (Pressey et al., 2007).

Nel contesto della pianificazione territoriale di area vasta in teoria la visione strategica

dovrebbe essere applicata man mano secondo le informazioni più recenti disponibili, ma la pratica non sembra premiare l'utilizzo delle decisioni *data driven* e poiché si tratta di trasformazioni del territorio permanenti e irreversibili non ci sono molte possibilità di adattamento. Lo stesso vale per le grandi infrastrutture di trasporto.

Nel campo dell'urbanistica il modello SDF potrebbe essere implementato solo dove si ricorre a spazi ed edifici che possono mutare destinazione in breve tempo. Sarebbe utile nelle grandi operazioni di rigenerazione urbana che sempre più spesso prevedono la realizzazione di spazi multiuso: stante la lunghezza di questi processi può accadere che il quadro socioeconomico cambi completamente e avere un flusso informativo continuo potrebbe aiutare a correggere il tiro, nei limiti di quanto sia possibile, per convertire ad esempio uno studentato in una casa di riposo o un supermercato in una biblioteca di quartiere.

Un contesto in cui già oggi si rende necessario un monitoraggio continuo è quello delle reti di distribuzione della energia elettrica o del gas, che in più operano in maniera bidirezionale. Lo SDF potrebbe fornire informazioni non solo sulla domanda e sull'offerta di energia ma integrare queste informazioni con i dati meteo (come probabilmente già accade) e con informazioni riguardo la produzione industriale, il traffico, il benessere delle persone.

Bibliografia

- Abramic, A., Norton, D., Sarretta, A., Menegon, S., Katsika, M., Gekas, V., Rybka, K., & Fernández-Palacios, Y. (2023). *Maritime Spatial Planning Data Framework (MSPdF). How to structure input data for MSP process, monitoring & evaluation*. Produced Technical Expert Group (TEG) on Data for MSP. Supported by CINEA and DG MARE (EC). <https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/media/document/14854>
- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of applied systems analysis*, 16(1), 3–9.
- AGID. (2021). *Linee Guida sulla formazione, gestione e conservazione dei documenti informatici*. https://www.agid.gov.it/sites/default/files/repository_files/linee_guida_sul_documento_informatico.pdf
- ARPAV. (2025^a). *Bollettino livelli di allerta PM10*. <https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/bollettini/aria/bollettino-livelli-di-allerta-pm10>
- ARPAV. (2025^b). *Previsione Polveri PM10*. Previsione Polveri PM10. <https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/bollettini/aria/previsione-polveri-pm10>
- Bahurel, P., Brönnner, U., Buttigieg, P.-L., Chai, F., Chassignet, E., Fanjul, E. A., Hill, K., Kim, S. Y., Kollert, J., Li, J., Millar, D., Muelbert, M. M. C., Pearlman, J., Rolls, L., Siddorn, J., Steenbeek, J., Tanhua, T., Wright, D., Zinkann, C., & Visbeck, M. (2023). *DITTO Programme White Paper*. https://ditto-oceandecade.org/wp-content/uploads/2023/07/DITTO-Whitepaper_FINAL-July-2023.pdf
- Bailey, H., Fossette, S., Bograd, S. J., Shillinger, G. L., Swithenbank, A. M., Georges, J.-Y., Gaspar, P., Strömberg, K. H. P., Paladino, F. V., Spotila, J. R., Block, B. A., & Hays, G. C. (2012). Movement Patterns for a Critically Endangered Species, the Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*), Linked to Foraging Success and Population Status. *PLOS ONE*, 7(5), e36401. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036401>
- Barale, V. (2018). A supporting marine information system for maritime spatial planning: The European Atlas of the Seas. *Ocean & Coastal Management, Maritime Spatial Planning, Ecosystem Approach and Supporting Information Systems (MapSIS 2017)*, 166, 2–8. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.03.026>
- Barale, V., Assouline, M., Dusart, J., & Gaffuri, J. (2015). The European Atlas of the Seas: Relating Natural and Socio-Economic Elements of Coastal and Marine Environments in the European Union. *Marine Geodesy*, 38(1), 79–88. <https://doi.org/10.1080/01490419.2014.909373>

- Barbanti, A., Campostrini, P., Musco, F., Sarretta, A., & Gissi, E. (2015). *Conclusioni e raccomandazioni del Progetto ADRIPLAN: Un manuale breve per la Pianificazione dello Spazio Marittimo nella Regione Adriatico-Ionica*. Zenodo.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.1186493>
- Barbanti, A., Sarretta, A., Venier, C., Bellacicco, S., Depellegrin, D., Farella, G., Menegon, S., Lorito, S., Grati, F., Bolognini, L., & Perini, L. (2017). *Sviluppo ed analisi di proposte di ICZM-MSP in aree specifiche: Costa emiliano-romagnola. Volume 1: Quadro conoscitivo di riferimento e sua analisi ai fini della pianificazione dello spazio marittimo/ICM-MSP nella Regione Adriatico Ionica*. Zenodo.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.1160726>
- Bedriñana-Romano, L., Huckle-Gaete, R., Viddi, F. A., Johnson, D., Zerbini, A. N., Morales, J., Mate, B., & Palacios, D. M. (2021). Defining priority areas for blue whale conservation and investigating overlap with vessel traffic in Chilean Patagonia, using a fast-fitting movement model. *Scientific Reports*, 11(1), Articolo 1.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-82220-5>
- Bergamasco, A., Benetazzo, A., Carniel, S., Falcieri, F. M., Minuzzo, T., Signell, R. P., & Sclavo, M. (2012). Knowledge discovery in large model datasets in the marine environment: The THREDDS Data Server example. *Advances in Oceanography and Limnology*, 3(1), 41–50. <https://doi.org/10.1080/19475721.2012.669637>
- Berners-Lee, T. (1990). *Information Management: A Proposal*.
<https://cds.cern.ch/record/369245/files/dd-89-001.pdf>
- Bonizzoni, S., Furey, N. B., Santostasi, N. L., Eddy, L., Valavanis, V. D., & Bearzi, G. (2019). Modelling dolphin distribution within an Important Marine Mammal Area in Greece to support spatial management planning. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(10), 1665–1680. <https://doi.org/10.1002/aqc.3148>
- Borga, G. (2006, novembre 27). *Idee per il sistema informativo urbano due casi studio*. III Giornata di Studi «L'urbanistica digitale» promossa da INU Campania.
<http://www.ricercasit.it/Public/Download/Idee%20per%20il%20sistema%20informativ%20urbano%20-%20due%20casi%20studio.pdf>
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K.-H., Ekvall, T., & Finnveden, G. (2006). Scenario types and techniques: Towards a user's guide. *Futures*, 38(7), 723–739.
<https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.12.002>
- Brennan, J., Fitzsimmons, C., Gray, T., & Raggatt, L. (2014). EU marine strategy framework directive (MSFD) and marine spatial planning (MSP): Which is the more dominant and practicable contributor to maritime policy in the UK? *Marine Policy*, 43, 359–366.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.07.011>

- BSH, B. für S. und H. (2021). *BSH - Maritime-Spatial-Plan-2021*.
https://www.bsh.de/EN/TOPICS/Offshore/Maritime_spatial_planning/Maritime_Spatial_Plan_2021/maritime-spatial-plan-2021_node.html
- Carlini, E., de Lira, V. M., Soares, A., Etemad, M., Brandoli, B., & Matwin, S. (2022). Understanding evolution of maritime networks from automatic identification system data. *Geoinformatica*, 26(3), 479–503. <https://doi.org/10.1007/s10707-021-00451-0>
- Cassese, M. L., & Pesarino, V. (2022, maggio 25). *La caratterizzazione della Linea di Costa Ispra 2020: Descrizione degli elementi e degli attributi che la compongono*.
https://www.isprambiente.gov.it/files2022/eventi/linea-costa/02-ppt_geodb_2020_24_05_2022_iii.pdf
- CEDEX. (2024). *Infomar.miteco.es – INFOMAR*. <https://infomar.miteco.es/>
- Chen, G., Yang, J., Huang, B., Ma, C., Tian, F., Ge, L., Xia, L., & Li, J. (2023). Toward digital twin of the ocean: From digitalization to cloning. *Intelligent Marine Technology and Systems*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s44295-023-00003-2>
- Christoforou Livani, C., Cervera-Núñez, C., & Smanis, T. (2024). *Maritime spatial planning through the years – Insights of a decade of EMFF and EMFAF funded projects*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/doi/10.2926/69197>
- CMEMS. (2025). *CMEMS Copernicus Marine Environment Monitoring Service*.
<https://marine.copernicus.eu/>
- CNR-ISMAR. (2024). *ISSOS Forecast system*. <https://issos.ve.ismar.cnr.it/>
- Coastline—INSPIRE registry. (2015, agosto 18).
<https://inspire.ec.europa.eu/featureconcept/Coastline>
- Colombo, G., Pagano, F., Rossetti, M., & Vitillo, P. (2013). *Manuale di urbanistica: Strumenti urbanistici, tecnica, legislazione, procedure e giurisprudenza* (15. ed.). Gruppo 24ore.
- COM 185 Final - REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL Outlining the Progress Made in Implementing Directive 2014/89/EU Establishing a Framework for Maritime Spatial Planning (2022).
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022DC0185>
- COM 575 final - An Integrated Maritime Policy for the European Union (2007). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0575:FIN:EN:PDF>
- Communication from the Commission - Roadmap for Maritime Spatial Planning: Achieving Common Principles in the EU (2008).
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52008DC0791>

- Dahlet, L. I., Selim, S. A., & van Putten, I. (2023). A review of how we study coastal and marine conflicts: Is social science taking a broad enough view? *Maritime Studies*, 22(3), 29. <https://doi.org/10.1007/s40152-023-00319-z>
- Danish Maritime authority, & Danish Business Authority. (2019). *LEGALLY BINDING DIGITAL MAPS Recommendations for establishing an infrastructure for digital publication of the geography of legal rules*. <https://maritime-spatial-planning.test.ec.europa.eu/sites/default/files/brochure-on-legally-binding-digital-maps.pdf>
- Danovaro, R., Carugati, L., Berzano, M., Cahill, A. E., Carvalho, S., Chenuil, A., Corinaldesi, C., Cristina, S., David, R., Dell'Anno, A., Dzhenbekova, N., Garcés, E., Gasol, J. M., Goela, P., Féral, J.-P., Ferrera, I., Forster, R. M., Kurekin, A. A., Rastelli, E., ... Borja, A. (2016). Implementing and Innovating Marine Monitoring Approaches for Assessing Marine Environmental Status. *Frontiers in Marine Science*, 3. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00213>
- D'Ascola, F. (2022, maggio 25). *La «linea di costa» di ISPRA*. <https://www.isprambiente.gov.it/files2022/eventi/linea-costa/01-convegno-lc20-lc-isp-ra-v7.pdf>
- Day, J. C., Kenchington, R. A., Tanzer, J. M., & Cameron, D. S. (2019). Marine zoning revisited: How decades of zoning the Great Barrier Reef has evolved as an effective spatial planning approach for marine ecosystem-based management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(S2), 9–32. <https://doi.org/10.1002/aqc.3115>
- DECC - Ireland. (2024). *Marineplan.ie*. <https://marineplan.ie/>
- Delacroix, S. (2023). *Sustainable Data Rivers?* (SSRN Scholarly Paper No. 4388928). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4388928>
- Depellegrin, D., Farella, G., Menegon, S., Venier, C., & Sarretta, A. (2018). *Experiences Of Data Management And Analysis Supporting Msp... Starting From Adriplan*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1193264>
- Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Marine Environmental Policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA Relevance), OJ L (2008). <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/56/oj/eng>
- Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 Establishing a Framework for Maritime Spatial Planning, OJ L (2014). <http://data.europa.eu/eli/dir/2014/89/oj/eng>

- Direttiva 92/43/CEE del Consiglio, del 21 maggio 1992, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche, OJ L (1992). <http://data.europa.eu/eli/dir/1992/43/oj/ita>
- Direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 marzo 2007 , che istituisce un'Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (Inspire), OJ L (2007). <http://data.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj/ita>
- Direttiva 2009/147/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 novembre 2009 , concernente la conservazione degli uccelli selvatici (versione codificata), OJ L (2009). <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/147/oj/ita>
- DITTO. (2023, aprile 11). *Digital twins—Ditto*. <https://ditto-oceandecade.org/digital-twins/>, <https://ditto-oceandecade.org/digital-twins/>
- DM 10/11/2011 Allegato 1 - Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici. - Allegato 1 (2011). https://www.mase.gov.it/portale/documents/d/guest/allegato_1_decreto_db_geotopo_grafici-pdf
- Dosso, P. (2010). Lo sviluppo del Paradigma dell'immagine. *IUAV *giornale D'Istituto*. N. 87, (87). <https://www-archive.iuav.it/Ateneo1/chi-siamo/pubblicazi1/Catalogo-G/pdf-giorna/Giornale-luav-87.pdf>
- Douvere, F. (2008). The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. *Marine Policy, The Role of Marine Spatial Planning in Implementing Ecosystem-based, Sea Use Management*, 32(5), 762–771. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.021>
- DPCM 1/12/2017 Approvazione delle linee guida contenenti gli indirizzi e i criteri per la predisposizione dei piani di gestione dello spazio marittimo. (2018). https://www.mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/normativa/2019-07/DPCM%201_12_2017%20Linee%20guida%20indirizzi%20e%20criteri%20Pianificazione%20spazio%20marittimo.pdf
- Dror, Y. (1963). The Planning Process: A Facet Design. *International Review of Administrative Sciences*, 29(1), 46–58. <https://doi.org/10.1177/002085236302900108>
- Duan, J.-L., Lin, B., Cai, L. X., Liu, Y.-X., & Wu, Y. (2020). Node Deployment of Marine Monitoring Networks: A Multiobjective Optimization Scheme. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(16), 4480. <https://doi.org/10.3390/s20164480>
- Ecoaqua. (2025). *Registro local INSPIRE Ecoaqua*. <https://geoportal.ulpgc.es/registro/plannedLandUse/HilucsExt/index.html>

- EEA. (2015). *Spatial analysis of marine protected area networks in Europe's seas* (J. Reker, A c. Di). Publications Office. <https://doi.org/10.2800/406625>
- Ehler, C. (2017). *World-wide Status and Trends of Marine/Maritime Spatial Planning. Keynote Address at the (15 – 17 March 2017)*. 4–5.
<https://iwlearn.net/documents/28618>
- Ehler, C., & Douvere, F. (2009). *Marine Spatial Planning: A Step-by-Step Approach Toward Ecosystem-Based Management*. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6. Paris: UNESCO. 2009. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000186559>
- Ehler, C., Zaucha, J., & Gee, K. (2019). Maritime/Marine Spatial Planning at the Interface of Research and Practice. In J. Zaucha & K. Gee (A c. Di), *Maritime Spatial Planning: Past, present, future* (pp. 1–21). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_1
- EMODnet. (2021). *Guide for the EMODnet Marine Spatial Planning data model Working Paper*. https://emodnet.ec.europa.eu/sites/emodnet.ec.europa.eu/files/public/emodnet_data_model_guide_for_msp_wkpaper_08_02_21.pdf
- EMODnet—European Marine Observation and Data Network. (2025).
<https://emodnet.ec.europa.eu/en>
- EMSA. (2019). *Traffic density maps*. <https://www.emsa.europa.eu/traffic-density-maps.html>
- ESIP. (2015). *Attribute Convention for Data Discovery 1-3*. Earth Science Information Partners (ESIP).
https://wiki.esipfed.org/Attribute_Convention_for_Data_Discovery_1-3
- ESRI inc. (1998). *ESRI Shapefile Technical Description*.
<https://www.esri.com/content/dam/esrisites/sitecore-archive/Files/Pdfs/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>
- European Commission. (2016). *MSP data study. Technical Study under the Assistance Mechanism for the Implementation of Maritime Spatial Planning, 2016*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2826/25289>
- European Commission: European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency, Banfi, Paola, Pazos, Andrea, Zamparutti, Tony, & Alonso, Irene. (2026). *Study on the implementation by EU Member States of Directive 2014/89/EU on Maritime Spatial Planning*. Publications Office of the European Union.
<https://data.europa.eu/doi/10.2926/3559392>

- Faludi, A. (1973). The blueprint versus the process mode planning. In *Planning theory* (1st ed., pp. 131–149). Pergamon Press.
<https://archive.org/details/planningtheory0000falud/>
- Ferrarin, C., Fadini, A., Menegon, S., Bajo, M., De Pascalis, F., Umgiesser, G., & Ghezzi, M. (2019, giugno 30). *Final version of Transnational Multi-model Ensemble System Deliverable T2 2.4 I-STORMS*.
- Finnish Ministry of Environment. (2024). *Finnish MSP plan*.
<https://mspfinland.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=97f9d24e2771487995a7cc41fdca11c4>
- Fortuna, C. M., Cañadas, A., Holcer, D., Brecciaroli, B., Donovan, G. P., Lazar, B., Mo, G., Tunesi, L., & Mackelworth, P. C. (2018). The Coherence of the European Union Marine Natura 2000 Network for Wide-Ranging Charismatic Species: A Mediterranean Case Study. *Frontiers in Marine Science*, 5.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00356>
- Frazão Santos, C., Ehler, C. N., Agardy, T., Andrade, F., Orbach, M. K., & Crowder, L. B. (2019). Chapter 30—Marine Spatial Planning. In C. Sheppard (A c. Di), *World Seas: An Environmental Evaluation (Second Edition)* (Second Edition, pp. 571–592). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00033-4>
- Garcia, J., Fox, P., West, P., & Zednik, S. (2009). Developing service-oriented applications in a grid environment. *Earth Science Informatics*, 2(1), 133–139.
<https://doi.org/10.1007/s12145-008-0017-0>
- Gaiimo, C. (2024). Urbanistica Open science. Il piano come infrastruttura democratica e sostenibile. *Urbanistica Informazioni*, 317. <https://doi.org/10.62661/ui317-2024-004>
- Gimpel, A., Stelzenmüller, V., Grote, B., Buck, B. H., Floeter, J., Núñez-Riboni, I., Pogoda, B., & Temming, A. (2015). A GIS modelling framework to evaluate marine spatial planning scenarios: Co-location of offshore wind farms and aquaculture in the German EEZ. *Marine Policy*, 55, 102–115.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.01.012>
- Gissi, E., Menegon, S., Sarretta, A., Appiotti, F., Maragno, D., Vianello, A., Depellegrin, D., Venier, C., & Barbanti, A. (2017). Addressing uncertainty in modelling cumulative impacts within maritime spatial planning in the Adriatic and Ionian region. *PLOS ONE*, 12(7), e0180501. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180501>
- GOOS. (2024). *Essential Ocean Variables – Global Ocean Observing System*.
<https://goosocean.org/what-we-do/framework/essential-ocean-variables/>
- Grip, K., & Blomqvist, S. (2021). Marine spatial planning: Coordinating divergent marine interests. *Ambio*, 50(6), 1172–1183. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01471-0>

- Groschupf, Stefan: *Big Data & Brews: Don't Call it a Data Lake, its a Data River. Here's Why*. (2014, aprile 25). [Film]. <https://www.youtube.com/watch?v=FwT3R6juDYI>
- HDF Group. (2024). *HDF5: HDF5 Data Model and File Structure*.
https://support.hdfgroup.org/releases/hdf5/v1_14/v1_14_5/documentation/doxygen/h5_d_m_u_g.html
- Hjørland, B., & Albrechtsen, H. (1995). Toward a new horizon in information science: Domain-analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 46(6), 400–425. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(199507\)46:6%3C400::AID-ASI2%3E3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199507)46:6%3C400::AID-ASI2%3E3.0.CO;2-Y)
- I.I.M., I. I. della M. (2017). *Il 3178 LINEE GUIDA PER LO STUDIO E LA DESCRIZIONE AI FINI CARTOGRAFICI DELLA ZONA COSTIERA*. https://www.marina.difesa.it/noi-siamo-la-marina/pilastro-logistico/scientifici/idrografico/Documents/pubblicazioni_2018/Il%203178_%20Linee%20Guida%20per%20lo%20Studio%20della%20Zona%20Costiera%20Web.pdf
- IOC-UNESCO. (2021^a). *MSPglobal: International guide on marine/maritime spatial planning —UNESCO Digital Library*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379196>
- IOC-UNESCO. (2021b). *Western Mediterranean Roadmap on Marine Spatial Planning and Sustainable Blue Economy*.
https://www.mspglobal2030.org/wp-content/uploads/2021/10/MSPglobal_WestMED_RegionalRoadmap_EN.pdf
- ISPRA. (2022, maggio 25). *Il monitoraggio della fascia costiera: Presentazione della Linea di Costa Italiana 2020*. ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. <https://www.isprambiente.gov.it/it/archivio/eventi/2022/05/il-monitoraggio-della-fascia-costiera-presentazione-della-linea-di-costa-italiana-2020>
- ISPRA. (2024). *Dati | Coste*.
<https://sinacloud.isprambiente.it/portal/apps/sites/#/coste/pages/dati>
- ISTAT. (2022). *Classificazione dei Comuni in base alla densità turistica come indicato dalla Legge 17 luglio 2020, n. 77, art. 182*.
<https://www.istat.it/classificazione/classificazione-dei-comuni-in-base-alla-densita-turistica/>
- I-STORMS. (2020). *Integrated Sea sTORM Management Strategies – I-STORMS*.
<https://istorms.adrioninterreg.eu/>
- Jagers, B., Signell, R., Fernandes, F., & Barker, C. (2016). *Sgrid/sgrid* [CSS]. sgrid.
<https://github.com/sgrid/sgrid> (Opera originale pubblicata 2015)

- Jagers, B., Stuebe, D., Gross, T., Barker, C., Zelenke, B., Signell, R., Oehmke, B., Crosby, A., Schuchardt, K., Ham, D., Blanton, B., Forbes, C., Seaton, C., Forrest, D., Howe, B., Cowles, G., & Elson, P. (2013). *Ugrid-conventions/ugrid-conventions* [Software]. UGRID. <https://github.com/ugrid-conventions/ugrid-conventions> (Opera originale pubblicata 2013)
- Jay, S., Ellis, G., & Kidd, S. (2012). Marine Spatial Planning: A New Frontier? *Journal of Environmental Policy & Planning*, 14(1), 1–5. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2012.664327>
- Jay, S., & Jones, H. (2019). Towards a framework for higher education for marine spatial planning. *Marine Policy*, 99, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.10.039>
- Jay, S., Klenke, T., Ahlhorn, F., & Ritchie, H. (2012). Early European Experience in Marine Spatial Planning: Planning the German Exclusive Economic Zone. *European Planning Studies*, 20(12), 2013–2031. <https://doi.org/10.1080/09654313.2012.722915>
- Kenchington, R. A., & Day, J. C. (2011). Zoning, a fundamental cornerstone of effective Marine Spatial Planning: Lessons learnt from the Great Barrier Reef, Australia. *Journal of Coastal Conservation*, 15(2), 271–278. <https://doi.org/10.1007/s11852-011-0147-2>
- Kitchin, R., & Lauriault, T. P. (2015). Small data in the era of big data. *GeoJournal*, 80(4), 463–475. <https://doi.org/10.1007/s10708-014-9601-7>
- LEGGE 2 febbraio 1960, n. 68 - Normattiva (1960). <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1960-02-02:68!vig=>
- Leoni, A. (2012). *Il Quadro Conoscitivo degli Enti Territoriali e Locali per il Governo del Territorio ed il Codice dell'Amministrazione Digitale* [Università IUAV di Venezia]. http://www.ricercasit.it/public/documenti/Dottorato/Tesi/Ciclo%20XXV/Tesi_Dottorato_%20Alberto_Leoni.pdf
- Liordos, V. (2024). Conservation, Sustainability, Conflict and Coexistence: Key Themes in Wildlife Management. *Sustainability*, 16(8), Articolo 8. <https://doi.org/10.3390/su16083271>
- Liu, O. R., & Molina, R. (2021). The Persistent Transboundary Problem in Marine Natural Resource Management. *Frontiers in Marine Science*, 8, 656023. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.656023>
- Lutra Consulting. (2018). *Mesh Data Abstraction Library (MDAL)*—Lutra Consulting. <https://www.lutraconsulting.co.uk/blog/2018/10/18/mdal/>

- Martín Míguez, B., Novellino, A., Vinci, M., Claus, S., Calewaert, J.-B., Vallius, H., Schmitt, T., Pititto, A., Giorgetti, A., Askew, N., Iona, S., Schaap, D., Pinardi, N., Harpham, Q., Kater, B. J., Populus, J., She, J., Palazov, A. V., McMeel, O., ... Hernandez, F. (2019). The European Marine Observation and Data Network (EMODnet): Visions and Roles of the Gateway to Marine Data in Europe. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00313>
- Menegon, S. (2013). *Wise Lagoon. Nuove tecnologie, scienza e ambiente: Percorsi e sfide verso un quadro di conoscenza condivisa* [Università IUAV di Venezia Tesi di Dottorato]. http://www.ricercasit.it/public/documenti/Dottorato/Tesi/Ciclo%20XXV/stefano_menegon-nuove_tecnologie.pdf
- Menegon, S., Depellegrin, D., Farella, G., Sarretta, A., Venier, C., & Barbanti, A. (2018). Addressing cumulative effects, maritime conflicts and ecosystem services threats through MSP-oriented geospatial webtools. *Ocean & Coastal Management*, 163, 417–436. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.07.009>
- Menegon, S., Fadini, A., Perini, L., Sarretta, A., Depellegrin, D., De Maio, E., Farella, G., Landini, M., Fava, C., Ferrarin, C., Ghezzi, M., Manea, E., Porporato, E. M. D., Pastres, R., Sedioli, O., Politikos, D. V., Maina, I., Kavadas, S., Matarrese, R., & Barbanti, A. (2023). A geoportal of data and tools for supporting Maritime Spatial Planning in the Adriatic-Ionian Region. *Environmental Modelling & Software*, 160, 105585. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105585>
- Mercator Ocean International. (2024^a). C3S2_312b_MOI Essential Ocean Variable products for climate derived from satellite observations | Copernicus. <https://climate.copernicus.eu/essential-ocean-variable-products-climate-derived-satellite-observations>
- Mercator Ocean International. (2024b). *European Digital Twin Ocean*. EDITO. <https://www.edito.eu/>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2003). *Ecosystems and human well-being: A framework for assessment*. <https://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html>
- Miloslavich, P., Bax, N. J., Simmons, S. E., Klein, E., Appeltans, W., Aburto-Oropeza, O., Andersen Garcia, M., Batten, S. D., Benedetti-Cecchi, L., Checkley Jr., D. M., Chiba, S., Duffy, J. E., Dunn, D. C., Fischer, A., Gunn, J., Kudela, R., Marsac, F., Muller-Karger, F. E., Obura, D., & Shin, Y.-J. (2018). Essential ocean variables for global sustained observations of biodiversity and ecosystem changes. *Global Change Biology*, 24(6), 2416–2433. <https://doi.org/10.1111/gcb.14108>
- MIT. (2024, giugno). *Piani dello Spazio Marittimo italiani*. Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. <https://www.sid.mit.gov.it/>

- Moore, L. J. (2000). Shoreline Mapping Techniques. *Journal of Coastal Research*, 16(No. 1 (Winter, 2000)), 111.124. <https://www.jstor.org/stable/4300016>
- MSP-MED. (2022). *D55 A common planning framework in the Mediterranean Sea. Outcomes of the MSP-MED project*.
<https://mspmed.eu/wp-content/uploads/2023/03/D55.pdf>
- OECS Other effective area-based conservation measures. (2025).
<https://biodiversity.europa.eu/europes-biodiversity/protected-areas-archived/other-effective-area-based-conservation-measures>
- OGC. (2024^a). OGC SensorThings API. *Open Geospatial Consortium*.
<https://www.ogc.org/standard/sensorthings/>
- OGC. (2024b, febbraio 6). GeoPackage Encoding Standard. *Open Geospatial Consortium*.
<https://www.ogc.org/standard/geopackage/>
- O’Keeffe, E., & Lillis, H. (2019). *Generating Essential Ocean Variables*.
https://emodnet.ec.europa.eu/sites/emodnet.ec.europa.eu/files/public/c20190514_generating_eovs.pdf
- Omero. (VIII-VI sec. a.C.). *Odissea di Omero pag340* (I. Pindemonte, Trad.).
[https://it.wikisource.org/wiki/Pagina:Odissea_\(Pindemonte\).djvu/340](https://it.wikisource.org/wiki/Pagina:Odissea_(Pindemonte).djvu/340)
- Pedreschi, R. (2019, aprile 16). Swimming in the Data River or: How We Got to Streaming Analytics. *Imply*. <https://imply.io/blog/how-we-got-to-streaming-analytics/>
- Pressey, R. L., Cabeza, M., Watts, M. E., Cowling, R. M., & Wilson, K. A. (2007). Conservation planning in a changing world. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(11), 583–592. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.001>
- Progetto Coste—Geoportale MASE -. (2017). Geoportale MASE.
<https://gn.mase.gov.it/portale/coste>
- QGIS Development Team. (2024). *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association. <https://www.qgis.org>
- Rafael, T., Cabral, H., Mourato, J., & Ferrão, J. (2024). Marine spatial planning: A systematic literature review on its concepts, approaches, and tools (2004–2020). *Maritime Studies*, 23(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s40152-023-00349-7>
- Ramieri, E., Bocci, M., Brigolin, D., Campostrini, P., Carella, F., Fadini, A., Farella, G., Gissi, E., Madeddu, F., Menegon, S., Monaco, M. R., Musco, F., Soffietti, F., Barberi, L., & Barbanti, A. (2024). Designing and implementing a multi-scalar approach to Maritime Spatial Planning: The case study of Italy. *Marine Policy*, 159, 105911.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105911>

Regione del Veneto Legge regionale 23 aprile 2004, n. 11 (BUR n. 45/2004) NORME PER IL GOVERNO DEL TERRITORIO E IN MATERIA DI PAESAGGIO (2004).

<https://www.consiglioveneto.it/crvportal/leggi/2004/04lr0011.html?numLegge=11&annoLegge=2004&tipoLegge=Alr>

Regione del Veneto. (2024). *Quadro conoscitivo—Regione del Veneto*.

<https://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/quadro-conoscitivo>

Regione del Veneto DDR 124S del 6//12/2018 Allegato A - Aggiornamento delle «Specifiche tecniche per la formazione e l'aggiornamento delle banche dati per la redazione degli strumenti urbanistici generali su carta tecnica regionale e per l'aggiornamento della relativa base cartografica da parte dei Comuni». Articolo. 50, comma 1, e articolo 18, comma 5 bis della L.R. 11/2004. DGR n. 3811 del 9 dicembre 2009., Legislazione No. Decreto Direttore Regionale 124S (2018).

<https://bur.regione.veneto.it/BurVServices/pubblica/DettaglioDecreto.aspx?id=383786>

Regione del Veneto DGR 836/2017 (2017).

<https://bur.regione.veneto.it/BurVServices/Pubblica/DettaglioDgr.aspx?id=347278>

Regione Emilia-Romagna. LEGGE REGIONALE 21 dicembre 2017, n. 24 DISCIPLINA REGIONALE SULLA TUTELA E L'USO DEL TERRITORIO (2017).

<https://demetra.regione.emilia-romagna.it/al/articolo?urn=er:assemblealegislativa:legge:2017;24>

Regione Lombardia LEGGE REGIONALE 11 marzo 2005 , N. 12 (2005).

https://normelombardia.consiglio.regione.lombardia.it/NormeLombardia/Accessibile/main.aspx?exp_coll=lr002005031100012&view=showdoc&iddoc=lr002005031100012&selnode=lr002005031100012

Regione Toscana Legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 Norme per il governo del territorio. Bollettino Ufficiale n. 53, parte prima, del 12 novembre 2014 (2014).

<https://raccoltanormativa.consiglio.regione.toscana.it/articolo?urndoc=urn:nir:regione.toscana:legge:2014-11-10;>

Rew, R., & Davis, G. (1990). NetCDF: An interface for scientific data access. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 10(4), 76–82. IEEE Computer Graphics and Applications. <https://doi.org/10.1109/38.56302>

Rew, R., Davis, G., ,Emmerson, S., Davies, H., Hartnett, E., Heimbigner, D., & Fisher, W. (2024). *NetCDF: Introduction and Overview*. UCAR UNIDATA.

<https://docs.unidata.ucar.edu/netcdf-c/current/index.html>

Rilov, G., Frascchetti, S., Gissi, E., Pipitone, C., Badalamenti, F., Tamburello, L., Menini, E., Goriup, P., Mazaris, A. D., Garrabou, J., Benedetti-Cecchi, L., Danovaro, R.,

- Loiseau, C., Claudet, J., & Katsanevakis, S. (2020). A fast-moving target: Achieving marine conservation goals under shifting climate and policies. *Ecological Applications*, 30(1), e02009. <https://doi.org/10.1002/eap.2009>
- Rilov, G., Mazaris, A. D., Stelzenmüller, V., Helmuth, B., Wahl, M., Guy-Haim, T., Mieszkowska, N., Ledoux, J.-B., & Katsanevakis, S. (2019). Adaptive marine conservation planning in the face of climate change: What can we learn from physiological, ecological and genetic studies? *Global Ecology and Conservation*, 17, e00566. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00566>
- Ritter, N., & Ruth, M. (1997). The GeoTiff data interchange standard for raster geographic images. *International Journal of Remote Sensing*. (world). <https://doi.org/10.1080/014311697218340>
- Rocchini, D., & Neteler, M. (2012). Let the four freedoms paradigm apply to ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(6), 310–311. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.03.009>
- Rolle, F., Penneccchi, F. R., Durbiano, F., Pavarelli, S., Musacchio, C., Coppa, G., Merlone, A., & Sega, M. (2023). Essential Ocean Variables for Marine Environment Monitoring: Metrological Case Studies. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(8), Articolo 8. <https://doi.org/10.3390/jmse11081605>
- Roversi Monaco, M. (2018). La pianificazione marittima in Italia: Un percorso in atto. *n. 19, da pag. 1, a pag. 24, n. pag: 24, in: FEDERALISMI.IT*, (19/2018), 24. <https://hdl.handle.net/11578/274954>
- Saccon, L. (2003). *Alti paesaggi: Il senso della natura nel paesaggio dell'alta Marca trevigiana / Leopoldo Saccon*. Antilia.
- Santoro, M., Nativi, S., Mazzetti, P., & Manzella, G. (2009). CDI/THREDDS interoperability in the SeaDataNet framework. *Advances in Geosciences*, 11, 3430. <https://doi.org/10.5194/adgeo-28-17-2010>
- Saunders, F., Gilek, M., Ikauniece, A., Tafon, R. V., Gee, K., & Zaucha, J. (2020). Theorizing Social Sustainability and Justice in Marine Spatial Planning: Democracy, Diversity, and Equity. *Sustainability*, 12(6), Articolo 6. <https://doi.org/10.3390/su12062560>
- Schaap, D. M. A., & Lowry, R. K. (2010). SeaDataNet – Pan-European infrastructure for marine and ocean data management: Unified access to distributed data sets. *International Journal of Digital Earth*. (world). <https://doi.org/10.1080/17538941003660974>
- SeaDataNet Pan-European infrastructure for ocean & marine data management*. (2025, agosto 27). SeaDataNet. <https://www.seadatanet.org/>
- Segal, Ben. (2014, aprile 9). Internet prehistory at CERN. *CERN*. <https://archive.is/uvquM>

- Shucksmith, R. J., & Kelly, C. (2014). Data collection and mapping – Principles, processes and application in marine spatial planning. *Marine Policy*, 50, 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.05.006>
- Smiraglia, R. P. (2015). Domain Analysis of Domain Analysis for Knowledge Organization: Observations on an Emergent Methodological Cluster. *KO KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 42(8), 602–614. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2015-8-602>
- Socib. (2019). *Socib/Leaflet.TimeDimension* [JavaScript]. SOCIB public code. <https://github.com/socib/Leaflet.TimeDimension> (Opera originale pubblicata 2014)
- Socib Apps Server. (2021). <https://apps.socib.es/>
- Stoa, R. (2019). The Coastline Paradox. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3445756>
- TEG on MSP data. (2021). *Proposal for making harmonized MSP plan data available across Europe: Results of the work of the Technical Expert Group (TEG) on MSP data*. European Commission. European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency. <https://data.europa.eu/doi/10.2926/029516>
- Tonegato, G., & Bersan, M. (2005). Il Sistema Informativo Territoriale nel comune di Creazzo: L'esperienza reale del GIS. *GEOMedia*, 9(4). <https://mediageo.it/ojs/index.php/GEOMedia/article/view/732>
- Tools4MSP Geoplatform. (2025). [Geoportale]. tools4msp.eu. <https://geoplatform.tools4msp.eu/>
- Tzachor, A., Hendel, O., & Richards, C. E. (2023). Digital twins: A stepping stone to achieve ocean sustainability? *Npj Ocean Sustainability*, 2(1), 16. <https://doi.org/10.1038/s44183-023-00023-9>
- Umgiesser, G. (2020). The impact of operating the mobile barriers in Venice (MOSE) under climate change. *Journal for Nature Conservation*, 54, 125783. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2019.125783>
- Umgiesser, G., Canu, D. M., Cucco, A., & Solidoro, C. (2004). A finite element model for the Venice Lagoon. Development, set up, calibration and validation. *Journal of Marine Systems, Lagoon of Venice. Circulation, Water Exchange and Ecosystem Functioning*, 51(1), 123–145. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2004.05.009>
- Umgiesser, G., & Matticchio, B. (2006). Simulating the mobile barrier (MOSE) operation in the Venice Lagoon, Italy: Global sea level rise and its implication for navigation. *Ocean Dynamics*, 56(3), 320–332. <https://doi.org/10.1007/s10236-006-0071-4>

- UNIDATA. (2024). *THREDDS Data Server version 5.4* [Application/java-archive]. UCAR/NCAR - Unidata. <https://doi.org/10.5065/D6N014KG>
- United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) (1982). <https://www.unclos.org/>
- Vaitis, M., Kopsachilis, V., Tataris, G., Michalakakis, V.-I., & Pavlogeorgatos, G. (2022). The development of a spatial data infrastructure to support marine spatial planning in Greece. *Ocean & Coastal Management*, 218, 106025. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106025>
- Van, M. H. J. (2020). Revising the DIKW pyramid and the real relationship between data, information, knowledge, and wisdom. *Law, Technology and Humans*, 2(2), 69–80. <https://doi.org/10.3316/informit.563498335416936>
- VASAB. (2001). *VASAB | Vision and Strategies Around the Baltic Sea*. <https://vasab.org/home/about/ministerial-conferences/wismar-2001/>
- VASAB. (2024). *10 years of MSP directive*. <https://vasab.org/10years-of-msp-directive/>
- Villani, A. (2006). Utopia E Piano-Processo. Un Dibattito Sul Metodo Nella Pianificazione Urbanistica. *Rivista Internazionale di Scienze Sociali*, 114(1/2), 365–386. <https://www.jstor.org/iuav.idm.oclc.org/stable/41624821>
- von Thenen, M., Armoškaitė, A., Cordero-Penín, V., García-Morales, S., Gottschalk, J. B., Gutierrez, D., Ripken, M., Thoya, P., & Schiele, K. S. (2021). The Future of Marine Spatial Planning—Perspectives from Early Career Researchers. *Sustainability*, 13(24), Articolo 24. <https://doi.org/10.3390/su132413879>
- Walker, W. E., Harremoes, P., Rotmans, J., Sluijs, J. P. van der, Asselt, M. B. A. van, Janssen, P., & Krauss, M. P. K. von. (2003). Defining Uncertainty: A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support. *Integrated Assessment Journal*, 4(1), Articolo 1. <https://journals.lib.sfu.ca/index.php/iaj/article/view/2671>
- Werner, J., Beisswanger, P., Schürger, C., Klaiber, M., & Theissler, A. (2023). From Data to Wisdom: A Review of Applications and Data Value in the context of Small Data. *Procedia Computer Science, 27th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES 2023)*, 225, 1251–1260. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.113>
- Wessel, P., & Smith, W. H. F. (1996). GSHHG - A Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database. *J. Geophys. Res.*, 101, 8741–8743. https://www.soest.hawaii.edu/pwessel/gshhg/Wessel+Smith_1996_JGR.pdf

- Wild, D. W. (2024). *Leaflet Velocity* (Versione 2.1.2) [Software].
<https://github.com/onaci/leaflet-velocity>
- Wilson, C., Robinson, D., & Simons, R. A. (2020). Erddap: Providing Easy Access to Remote Sensing Data for Scientists and Students. *IGARSS 2020 - 2020 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 3207–3210.
<https://doi.org/10.1109/IGARSS39084.2020.9323962>
- WMO. (2016, novembre). *GRIB Edition 3*.
<https://community.wmo.int/en/activity-areas/wis/grib3>
- Wolff, C., Vafeidis, A. T., Muis, S., Lincke, D., Satta, A., Lionello, P., Jimenez, J. A., Conte, D., & Hinkel, J. (2018). A Mediterranean coastal database for assessing the impacts of sea-level rise and associated hazards. *Scientific Data*, 5(1), 180044.
<https://doi.org/10.1038/sdata.2018.44>
- Zagan, E., & Danubianu, M. (2021). Cloud DATA LAKE: The new trend of data storage. *2021 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*, 1–4.
<https://doi.org/10.1109/HORA52670.2021.9461293>
- Zaucha, J. (2019). Can Classical Location Theory Apply to Sea Space? In J. Zaucha & K. Gee (A c. Di), *Maritime Spatial Planning: Past, present, future* (pp. 97–119). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_5

Allegati

Prodotti del periodo di dottorato

Nel periodo di dottorato mi sono dedicato soprattutto alla soluzione di problemi concreti, che hanno richiesto la realizzazione di strumenti software che ho ritenuto opportuno illustrare in questo allegato. Questi strumenti verranno ulteriormente sviluppati e affinati sia per quanto riguarda il design concettuale che per quanto riguarda il codice e la correzione degli errori. Codice e documentazione resteranno a disposizione su repository pubblici

Allegato 1 COGETRA Coastal Geometry translator

(Rif. cap 2.1.1 Quale Coastline per MSP)

Come accennato nel capitolo 2.1.1 gli strumenti GIS ci consentono di visualizzare e gestire contemporaneamente differenti *layer* che rappresentano la linea di costa, rendendo possibile quindi elaborare un piano completo senza la necessità di definire un livello *ufficiale* di riferimento ma potendo utilizzare una pluralità di fonti la cui sintesi può essere lasciato all'utente nei casi più semplici, come il caso illustrato in figura A1.1 dove la linea di costa del PPR si presta a descrivere meglio l'amito MSP rispetto alla linea di costa ISPRA.

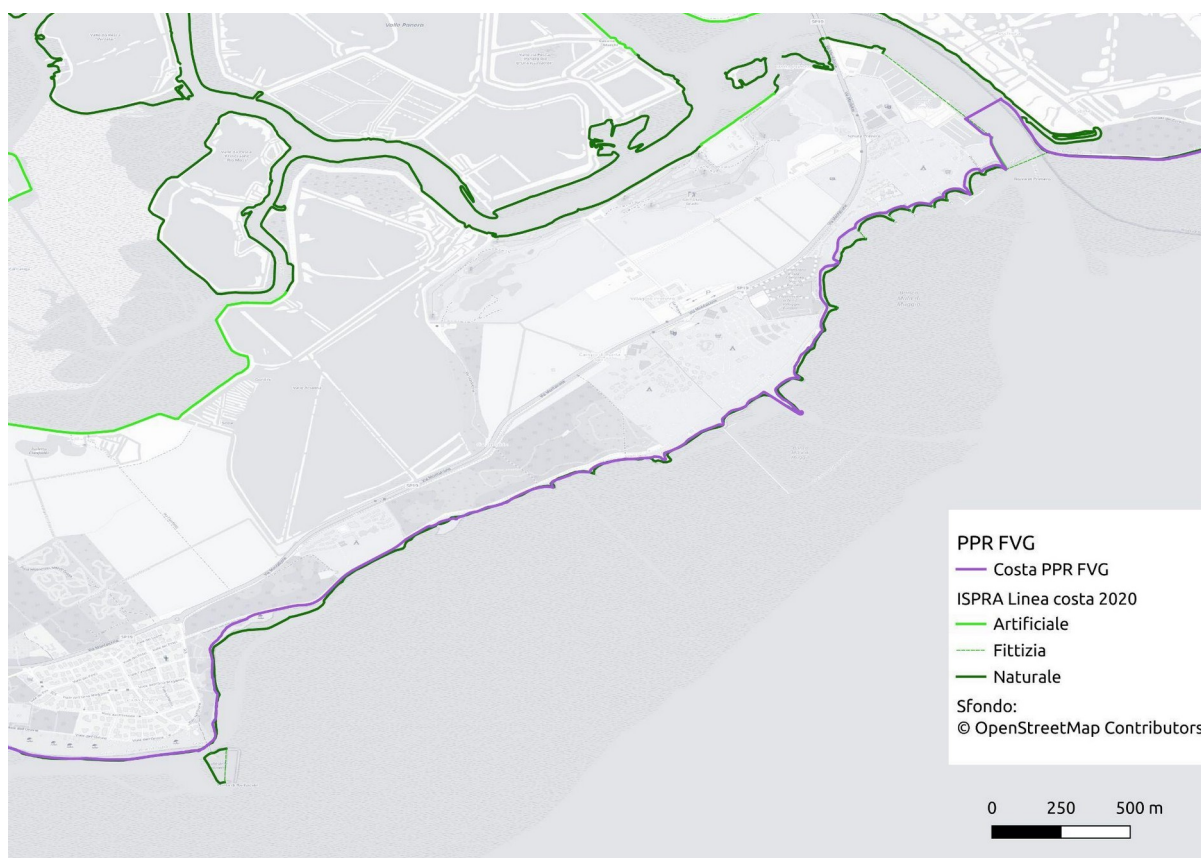


Fig. A1.1 confronto tra la linea di costa del piano paesaggistico del Friuli Venezia Giulia (viola) e la linea di costa rilasciata da ISPRA versione 2020 (verde)

Ovviamente la gestione contemporanea di più *layer* che descrivono lo stesso elemento con differenti geometrie diventa problematica se occorre effettuare delle analisi quantitative in ambiente GIS. Ad esempio l'area di un poligono a mare (come è il caso delle UP del piano MSP italiano) sarà differente a seconda della forma della linea di costa che delimita questo poligono verso terra. Più in dettaglio diventa praticamente impossibile (perché il software in genere si blocca) rispondere ad una domanda del tipo: quali sono le percentuali di litorale di ciascuna regione in cui una zona attrezzata per il turismo balneare è adiacente ad una unità di pianificazione marittima con destinazione *natura e protezione ambientale*?

Ad una scala nominale maggiore (= denominatore più piccolo) avremo una linea di costa più dettagliata, con molti vertici e un profilo frastagliato, il che comporta un aumento dell'area calcolata

della UP costiera, mentre l'utilizzo di una linea di costa semplificata pensata per scale più piccole in genere porta al computo di un'area minore. Per quanto questo scostamento possa essere contenuto, risulta evidente che è difficile confrontare piani diversi con geometrie differenti che rappresentano l'area marittima in esame.

Dal momento che i software GIS gestiscono le geometrie vettoriali senza problemi di scala può sembrare conveniente utilizzare dati vettoriali al massimo livello di dettaglio. Dal punto di vista computazionale occorre tenere presente che un dato costiero molto dettagliato richiede più risorse per esser gestito e visualizzato in un software GIS e non di rado comporta la creazione di piccoli errori topologici nel perimetro del poligono che potrebbero non essere gestibili in tutti i software o formati creando delle geometrie invalide che impediscono di effettuare le operazioni di analisi.

Per questo nel corso del mio dottorato ho messo a punto una metodologia che consente di passare da un dato costiero di riferimento ad un altro e intendo portare avanti questo lavoro per rilasciare uno strumento software utilizzabile da tutti per convertire un layer che rappresenta un'area marittima con riferimento ad una data linea di costa in un layer coerente con un'altra linea di costa: un vero e proprio dizionario che consente di tradurre i dati della pianificazione ad esempio da un riferimento cartografico nazionale a uno europeo.

Metodologia

A titolo di esempio si pensi all'obiettivo di calcolare la percentuale di costa urbanizzata adiacente ad un'area marittima: i dati in ingresso sulla copertura del suolo sono disponibili dalle iniziative *Corine land cover* già in formato vettoriale (## coastal zone) e anche il poligono dell'area marittima sarà in formato vettoriale, per ristabilire una relazione di perfetta adiacenza però è necessario ricondurre entrambi alla stessa linea di costa di riferimento i passaggi da fare sono i seguenti:

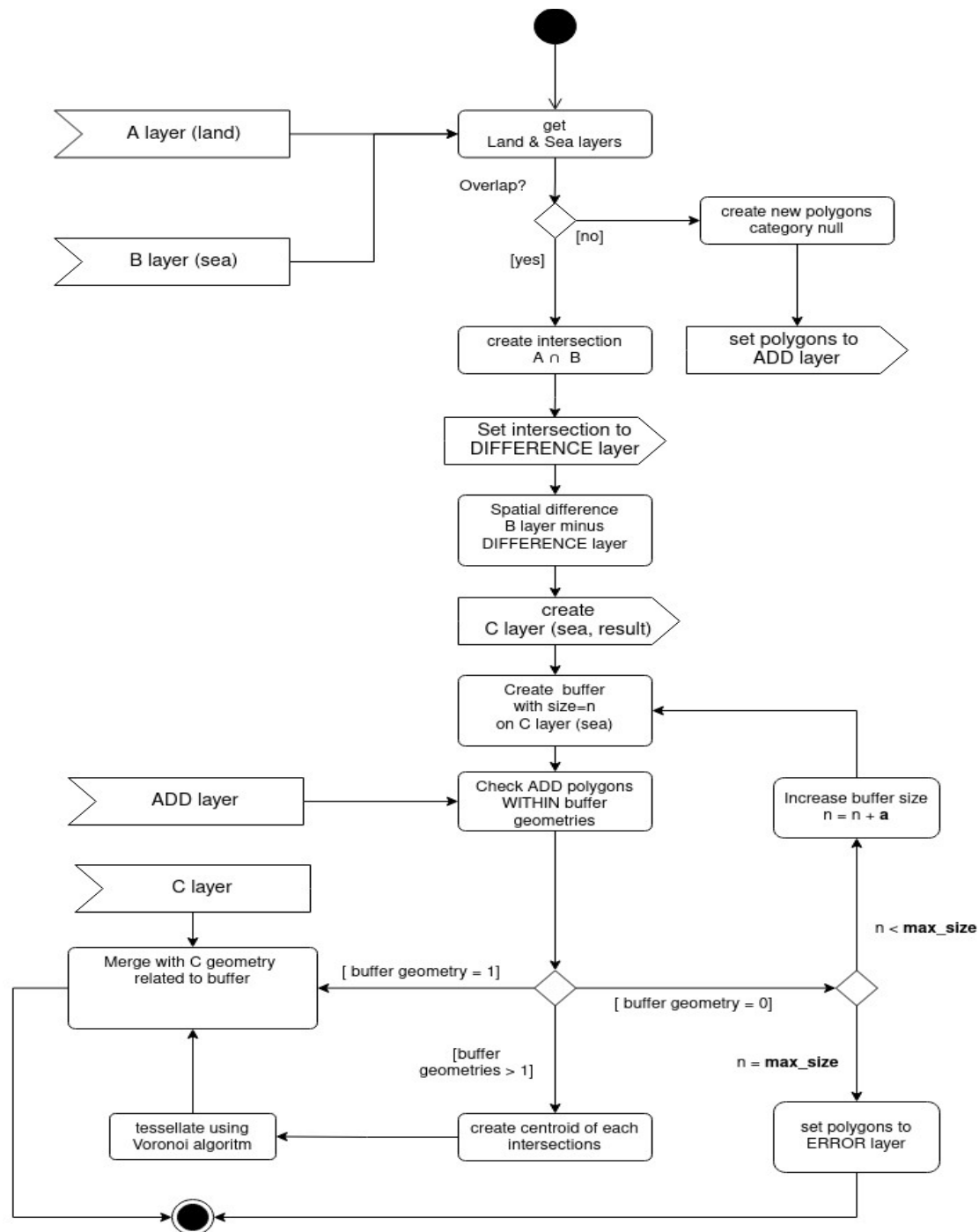
1. operazione di ritaglio *spatial difference* per eliminare le porzioni che si sovrappongono tra area costiera e area marittima (riducendo il poligono dell'area marittima)
2. creazione di nuovi poligoni nelle aree che non intersecano nessuno dei poligoni e fusione (*merge*) di questi sfridi con l'area marittima a cui appartengono (aumentando il poligono dell'area marittima)

In entrambi i passaggi si possono generare degli errori a causa di geometrie invalide (ad es. poligoni di area nulla) per cui è opportuno operare questi geoprocessi in un software che integri il controllo topologico nel formato dati utilizzato (ad esempio GRASS GIS).

Quando si tratta di allineare non solo una singola geometria ma un intero layer vettoriale le cose si fanno più complesse: nessuna modifica per il passaggio 1) quello di *spatial difference* dove ogni singola geometria delle aree marittime (ad esempio le UP) viene ritagliata sul nuovo limite, la fase 2) che prevede il *merge* invece molto spesso richiede di suddividere degli sfridi lunghi e stretti fra più poligoni marittimi adiacenti e per questo occorre pensare ad un algoritmo più complesso.

Diagramma di flusso

Le operazioni e l'algoritmo sottostante sono rappresentate nel seguente diagramma di flusso:



Codice

Una prima implementazione è data dal seguente codice che è direttamente eseguibile come script in GRASS GIS:

```
#!/bin/bash
# Check if sufficient arguments are provided
if [ "$#" -ne 4 ]; then
    echo "Usage: $0 <grassdata_path> <location_name> <layer_A>
<layer_B>"
    exit 1
fi

# Define variables
GRASSDATA=$1
LOCATION=$2
A_LAND=$3
B_SEA=$4
OUTPUT_LAYER="merged_layer"

# Start GRASS GIS in batch mode
grass "$GRASSDATA/$LOCATION/PERMANENT" --exec <<EOF

# Set region to data extent
g.region vector=${A_LAND},${B_SEA}

# Create intersection and save to use it as DIFFERENCE
v.overlay ainput=${A_LAND} binput=${B_SEA} operator=and
output=AB_overlap --overwrite

# Remove overlapping part of B_SEA over A_LAND using v.overlay
operator
v.overlay --overwrite ainput=${B_SEA} binput=AB_overlap
operator=not output=B_trimmed snap=0.001

# Merge layers A and B using v.patch
v.patch input=${A_LAND},B_trimmed output=patched_layer --overwrite

# Seed merge_id from each feature's own cat
```

```
v.db.addcolumn map=patched_layer columns="merge_id int"
db.execute sql="UPDATE patched_layer SET merge_id = cat"

# Build Voronoi zones from B_SEA polygons to spatially assign gap
slivers by proximity
v.voronoi -a input=${B_SEA} output=B_voronoi --overwrite

# Intersect patched layer with Voronoi zones so each gap sliver
inherits a zone
v.overlay ainput=patched_layer binput=B_voronoi operator=and
output=gaps_assigned --overwrite

# Overwrite merge_id on gap slivers (cat=0) with the cat of the
nearest B_SEA polygon
v.distance from=gaps_assigned to=${B_SEA} upload=cat
column=merge_id --overwrite

# Dissolve gap slivers into their assigned B_SEA polygon
v.dissolve input=gaps_assigned column=merge_id output=${
{OUTPUT_LAYER}} --overwrite

# Exit GRASS GIS
EOF

echo "Operation completed. Resulting layer saved as final_layer."
```

Spiegazione del Funzionamento dello Script

- **Unione dei Layer:** Lo script unisce i due layer vettoriali A e B utilizzando v.patch.
- **Attribuzione di un ID Comune:** Crea una nuova colonna merge_id e utilizza v.distance per popolare questa colonna per i poligoni adiacenti a un singolo poligono del layer A.

- **Dissoluzione dei Poligoni:** I poligoni con lo stesso `merge_id` vengono fusi usando `v.dissolve`.
- **Gestione dei Poligoni Adiacenti a Più Poligoni di A:** Se un poligono del layer B è adiacente a più poligoni di A, lo script utilizza `v.voronoi` per dividere il poligono del layer B e `v.overlay` per sovrapporre e dividere correttamente i poligoni, seguiti da una dissoluzione finale.

Risorse

Il metodo adottato ha l'obiettivo costituire una banca dati delle linee di Costa maggiormente utilizzate nell'ambito italiano ed europeo che potremmo definire standard di riferimento (come ad esempio quelle elencate nella tabella del paragrafo 2.1.1. Serve l'accortezza di memorizzare questi dati in formato multipoligonale e topologicamente valido: ad esempio un unico database Postgresql/Postgis con estensione topologica. Nello stesso database possono essere memorizzati già pronti i layer di passaggio da uno standard all'altro sotto forma dei due layer poligonali DIFFERENCE e ADD. Ovviamente questi layer sono complementari: il layer DIFFERENCE nel passaggio dal riferimento A al riferimento B diventa il layer ADD nel passaggio dallo standard B allo standard A.

.

Allegato 2 Script di gestione del modello dati dal piano italiano

(capitolo 3.4 il modello dati del piano)

Per la gestione in QGIS dei dati di output del piano italiano sono stati realizzati degli script in python che consentissero di verificare ad ogni modifica delle planning units la coerenza della banca dati e la correttezza e univocità dei codici utilizzati

Script di generazione geometrie e relazioni

Come abbiamo visto nel paragrafo 3.4 il più delle volte la vocazione di ogni PU viene inizialmente definita da un testo descrittivo, che è presente in una tabella del documento di piano per ciascuna subarea, dove ad ogni riga corrisponde una PU, che comprende anche una lista di usi principali e una lista di altri usi.

Tabella 38 Unità di pianificazione e attribuzione tipologica per la sub-area MQ/7

UP	Usi Generici (G), Prioritari (P), Limitati (L) e Riservati (R)	Motivazioni per l'attribuzione tipologica	Altri usi	Particolari considerazioni sugli altri usi	Elementi rilevanti per l'ambiente, il paesaggio ed il patrimonio culturale
MO/7_01	L (n) Uso Limitato (L) -Protezione ambiente e risorse naturali (n)	L'UP coincide con il perimetro dell'Area Marina Protetta di Capo Caccia, istituita con DM 20 Settembre 2002. L'area comprende al suo interno il SIC/ZSC e ZPS Capo Caccia (con le Isole Foradada e Piana) e Punta del Giglio (ITB010042 e ITB013044).	Altri usi compatibili con l'uso limitato. Gli altri usi sono ammessi nei limiti ed alle condizioni previsti negli atti regolatori e pianificatori del gestore.	Area di protezione ambientale con vocazione al turismo subacqueo, naturalistico, alla ricerca, all'energia rinnovabile da moto ondoso ed all'ittiturismo, secondo quanto disposto dall'organo gestore della riserva stessa. Navigazione da diporto, ormeggio ed ancoraggio regolati dalle misure previste per la AMP e il SIC presenti.	All'interno dell'UP Misure di conservazione vigenti nel sito Nat2000 ai sensi della Direttiva 92/43/CE. L'UP ricade all'interno del Santuario dei mammiferi marini Pelagos L'UP ricade all'interno dell'EBSA "North Western Mediterranean". Area Marina Ecologicamente e Biologicamente sensibile in accordo con la Convention on Biological Diversity.
MO/7_02	P (ppc,t) Uso Prioritario (P) - Paesaggio e patrimonio culturale (ppc)	Area costiera ad alta valenza turistica, paesaggistica e naturalistica. Presenza di aree ad alto valore naturale (SIC-ZPS) a terra e/o a mare.	Protezione ambiente e risorse naturali Pesca Ricerca e Innovazione Difesa costiera Energia	Energie rinnovabili: area vocata per lo sviluppo di energia da moto ondoso (vedi Studio 2011 ENEA/MISE/Università La Sapienza <i>Valutazione del potenziale energetico del moto ondoso lungo le coste Italiane</i>)	Misure di conservazione vigenti nelle aree interessate da siti Nat2000 ai sensi della Direttiva 92/43/CE.

Fig A2.1 esempio di tabella descrittiva, nella prima colonna la tipologia e gli usi principali e nella terza gli altri usi

Il legame tra gli usi elencati e la PU aveva diversi significati di cui era opportuno tenere traccia, ad esempio se un uso esistente o un uso futuro, per alcuni settori c'era una ulteriore differenziazione come ad esempio la pesca artigianale che è permessa in alcune PU che coincidono con aree marine protette mentre la pesca professionale è vietata.

Per modellare questa relazione ho scelto di utilizzare una geometria fittizia di natura puntuale che veniva posta all'interno della PU, questa è stata fatta manualmente in una prima fase utilizzando lo strumento relazioni di QGIS, per cui direttamente dal form di modifica della geometria della PU era possibile aggiungere alcuni punti che definivano gli usi principali e altri punti per gli altri usi.

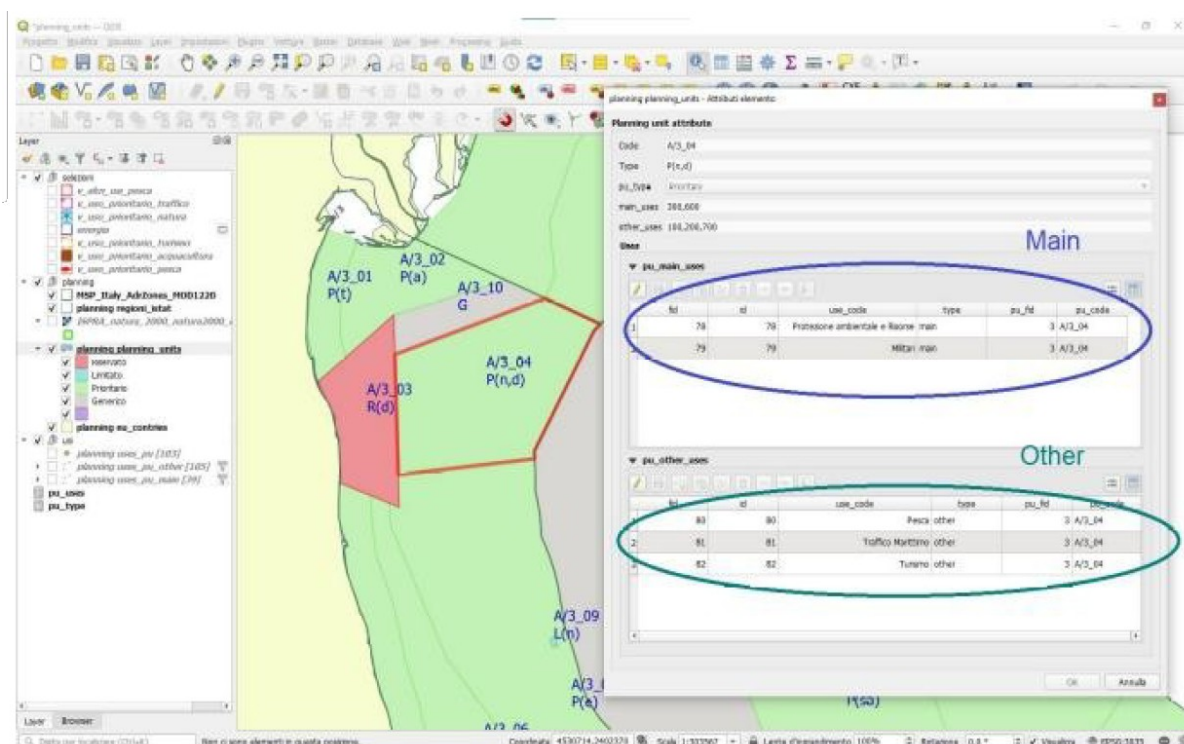
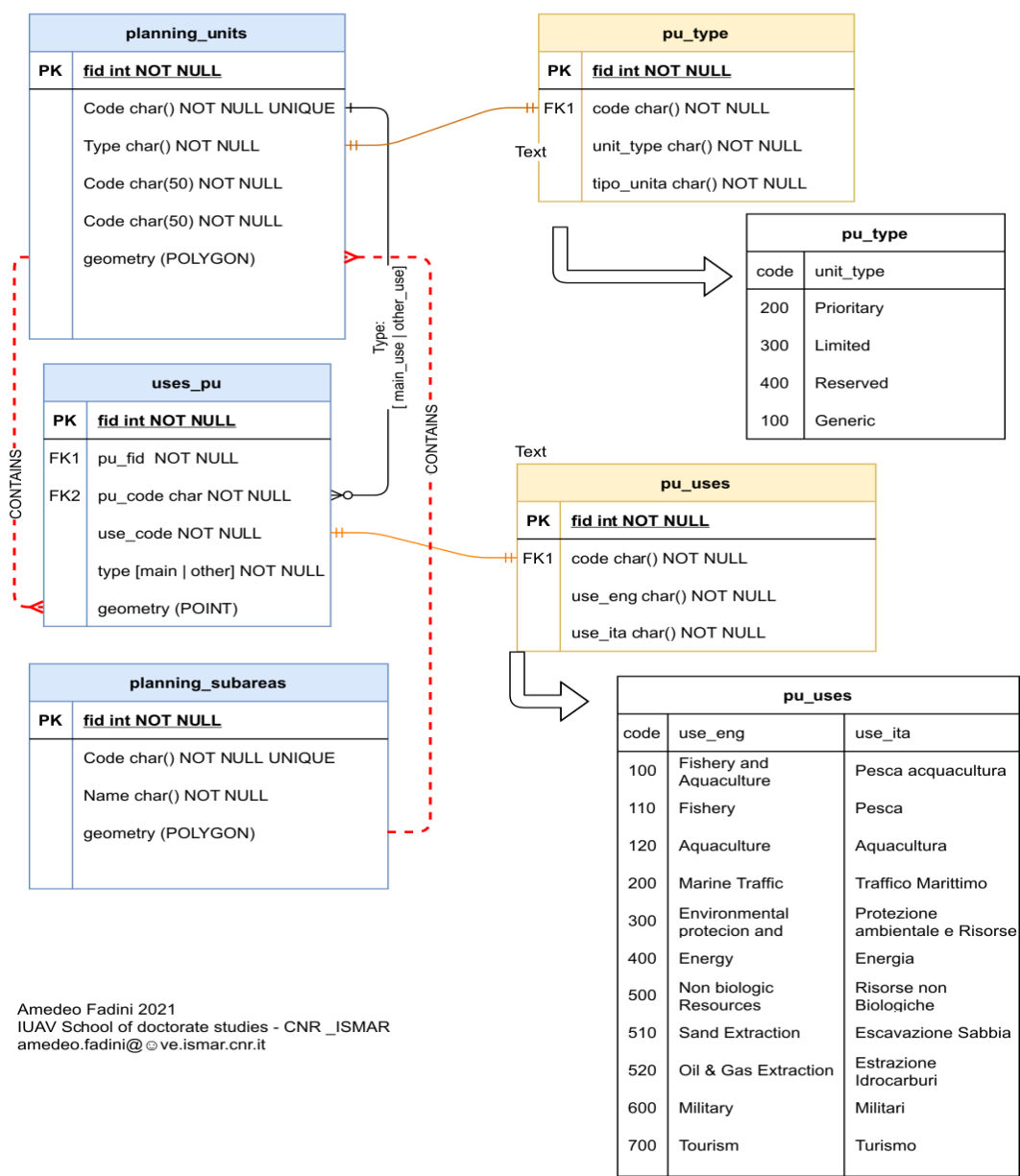


Fig A2.2 il form personalizzato con lo strumento “relazioni” di QGIS che consente l’inserimento degli usi per ogni PU

Il database sottostante è stato realizzato in geopackage ma può ovviamente essere implementato con qualunque RDBMS che gestisce le relazioni spaziali. L'interfaccia di QGIS consente di collegare l'id della geometria fittizia che rappresenta l'uso con la planning unit corrispondente qualificando la relazione con l'attributo (main_use, other_use, compatible_use....) e un campo note.

In figura A2.3 lo schema logico della banca dati: l'oggetto **uses_pu** contiene una geometria fittizia che in seguito può essere sostituita dalla geometria che effettivamente rappresenta l'uso del mare codificato nel campo **use_code** abilitando così l'alimentazione continua del modello e attivando il sistema di notifiche previsto dal modello SDF.

MSP Italian Plans - Planning units Data Model



Amedeo Fadini 2021
IUAV School of doctorate studies - CNR_ISMAR
amedeo.fadini@ve.ismar.cnr.it

Figura A2.3 schema logico del database che implementa il modello dati MSP

planning planning_units - Feature Attributes

fid	1069
id	86
Code	A/2_01
Type	P(p,t,ppc,a)
pu_type	Prioritary
lbl_x	NULL
lbl_y	NULL
pu_types	Prioritary
label	A/2_01 P(p,t,ppc,a)
main_uses	0100,0700,1000,1500
other_uses	0200,0300,0400,0500,0600,0900,1100,1200,1300,1400
num_rel	NULL
location	acque terr
area_km	598,94
subarea	A/2
note	Altri usi citati nel piano: Difesa costiera;

Cancel OK

Fig. A2.3 attributi del livello Planning Units

planning uses_pu — Features Total: 4642, Filtered: 4640, Selected: 0

	fid	id	use_code	type	pu_fid	pu_code	use_code_s	notes
77	5856	NULL	100	main	NULL	A/2_01	Pesca	NULL
78	6244	NULL	200	compatible	NULL	A/2_01	Trasporto mar. portualità	NULL
79	11346	NULL	300	compatible	NULL	A/2_01	Protez. ambiente e ris.naturali	script generated
80	7624	NULL	400	compatible	NULL	A/2_01	Energia	script generated
81	7625	NULL	500	compatible	NULL	A/2_01	Sabbie	script generated
82	8938	NULL	600	compatible	NULL	A/2_01	Difesa	script generated
83	6246	NULL	900	compatible	NULL	A/2_01	Telecom.	NULL
84	7626	NULL	1000	main	NULL	A/2_01	Paesaggio e Patrimonio Cult.	script generated
85	7628	NULL	1100	compatible	NULL	A/2_01	Imm. sedimenti dragati	script generated
86	6243	NULL	1200	other	NULL	A/2_01	Difesa costiera	NULL
87	7627	NULL	1300	compatible	NULL	A/2_01	Sicurezza marittima	script generated
88	6245	NULL	1400	compatible	NULL	A/2_01	Ricerca sc. e innovaz.	NULL
89	6006	NULL	1500	main	NULL	A/2_01	Acquacoltura	NULL
90	5843	NULL	700	main	(61)	A/2_01	Turismo	NULL

Show All Features

Fig A2.4 attributi del livello uses_pu con le geometrie fittizie

Una volta inseriti gli usi la compilazione dei due attributi con la lista degli usi principali e la lista degli altri usi avviene automaticamente grazie alla applicazione di una funzione personalizzata di QGIS che aggrega in un singolo array tutti i codici degli usi prioritari, limitati, riservati, le UP di tipo generico che invece non hanno usi ricevevano un codice 0000 per evitare di avere il campo NULL

Un primo scoglio da superare riguardava gli usi che non venivano nominati nel piano: se si fosse deciso di non inserirli tra gli attributi dei dati pubblicati ciò avrebbe certamente dato l'impressione che gli usi non elencati non fossero permessi: per questo nelle tabelle descrittive dei piani si è aggiunta ovunque la locuzione "altri usi compatibili con gli usi prioritari"

Per poter aggiungere questi usi alla lista occorre prima generare le corrispondenti geometrie fittizie tramite uno script in python che generasse solo i punti da assegnare agli usi non inseriti esplicitamente., Questo consentiva anche di tenere traccia della modalità con cui l'uso era stato inserito: se per gli usi citati nel piano ho scelto di valorizzare l'attributo "tipo" con il valore "altro" per gli usi inseriti automaticamente l'attributo assume valore "compatibile"

Di seguito il codice dello script:

```
# add dummy geometries for compatible use
# 2021 Amedeo Fadini CNR-ISMAR amedeo.fadini@ve.ismar.cnr.it
# define variables
uselayer = QgsProject.instance().mapLayersByName("pu_uses")[0]
pu_layer = QgsProject.instance().mapLayersByName("planning
planning_units")[0]
uses_pu = QgsProject.instance().mapLayersByName("planning
uses_pu")[0]

# create empty memory layer for new uses
mem_layer = QgsVectorLayer("Point?crs=epsg:6875",
"compatible_uses", "memory")

attr = uses_pu.dataProvider().fields().toList()
mem_layer_data = mem_layer.dataProvider()
mem_layer_data.addAttributes(attr)
mem_layer.updateFields()

if pu_layer.selectedFeatureCount()>0:
    planning_units = pu_layer.selectedFeatures()
else:
    print("no selection")
    planning_units = None
    #planning_units = pu_layer.getFeatures()

to_check = []
for pu in planning_units:
    # if pu["Code"][0:2]=='MO':
    #     break
    print(str(pu.id()) + ' ' +pu["label"])
    #print(attr)
    if pu["pu_type"] > 500:
        print('Limited and Reserved PU must be checked by a
human')
        to_check.append(pu["Code"])
        continue
    pu_main_uses = pu["main_uses"]
    pu_other_uses = pu["other_uses"]
    all_uses = []
    if pu_main_uses != '' and pu_main_uses != NULL:
        for mu in pu_main_uses.split(','):
            all_uses.append(mu)
    if pu_other_uses != '' and pu_other_uses != NULL:
        for ou in pu_other_uses.split(','):
            all_uses.append(ou)
    uses = uselayer.getFeatures()
    cufeatlist = []
    for u in uses:
        cu = u['code']
```

```
if cu in all_uses:
    print(cu + ' presente!')
else:

    feat = QgsFeature(uses_pu.dataProvider().fields())
    cun = len(cufeatlist) + 1
    cupoint = pu.geometry().pointOnSurface()
    cupoint.translate(cun*150,-500)
    feat.setGeometry(cupoint)
    feat['use_code_s'] = cu
    feat['pu_code'] = pu["Code"]
    feat['use_code'] = int(cu)
    feat['type'] = 'compatible'
    feat['notes'] = 'script generated'
    cufeatlist.append(feat)
    print(cun)
    mem_layer_data.addFeatures(cufeatlist)
# log in console uses to be checked manually by operator
print(to_check)
QgsProject.instance().addMapLayer(mem_layer)
```

per compilare il campo con la lista degli usi e il campo di sintesi che indica il tipo di più e le sigle degli usi prioritari (che viene utilizzato come etichetta effettuare le opportune verifiche degli attributi sono state messe a punto delle funzioni personalizzate in QGIS che utilizzano le funzioni di aggregazione lungo le relazioni

Allegato 3 Stima dell'indice dinamico di paesaggio

(rif. cap 4.5 monitoraggio)

Come abbiamo visto nel paragrafo 3.5 dedicato alla attività di monitoraggio del piano, gli indicatori riguardanti il paesaggio sono di difficile definizione, non ci sono al momento metodologie condivise e ripetibili che attribuiscono un valore qualitativo e misurabile a porzioni di paesaggio costiero analizzando la parte antropizzata.

A ciò si aggiunge il fatto che nonostante la fascia costiera sia vincolata ex lege (Art. 142 del Dlgs 22 gennaio 2004 n. 42) molti elementi detrattori del paesaggio hanno un carattere precario e temporaneo, oppure derivano da e quindi potrebbero non essere sottoposti ad un autorizzazione paesaggistica in cui le soprintendenze possono intervenire.

Nel corso della redazione del piano MSP italiano, con contributi dei vari soggetti coinvolti è emersa inoltre una certa idea di tutela del paesaggio come mantenimento dello status esistente, espressa anche nella consultazione pubblica da alcune osservazioni pervenute, ad esempio con la preoccupazione che gli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili fossero visibili dalla costa.

La convenzione europea del paesaggio¹ definisce il paesaggio una *porzione di territorio così come è percepita dalle popolazioni*, pertanto nel definire il valore di una veduta occorre entra anche la percezione di chi lo abita, e visto che il carattere del paesaggio è dato anche da elementi antropici che interagiscono con quelli naturali ho sempre pensato che servirebbe quanto meno una indagine demoscopica per stabilire quali elementi sono da considerare detrattori per il paesaggio costiero e quali invece possono essere portatori di valore.

Il molo VII a Trieste, La terrazza mare di Lignano Sabbiadoro, la piattaforma Angelina a Ravenna, i Trabocchi a Vasto, la cattedrale di Trani sono tutti elementi antropici che hanno un forte impatto sul paesaggio costiero ma non significa che siano tutti da eliminare.

A partire da queste considerazioni e tenendo presente le iniziative di VGI ho cercato di progettare una procedura informatica che con l'aiuto della tecnologia di intelligenza artificiale e di object detection oggi largamente disponibile possa fornire un indica di qualità del paesaggio costiero tenendo conto anche degli elementi transitori e in movimento.

L'attività si compone di 4 passaggi:

- Costituzione di un database di immagini di paesaggio costiero (reali, modificate o generate artificialmente)
- classificazione degli oggetti presenti in ciascuna scena

1 Council of Europe. (2000, October 20). *Council of Europe Landscape Convention (ETS No. 176)*. <https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list?module=treaty-detail&treaty-num=176>

- indagine demoscopica e assegnazione di un valore alle immagini
- estrazione di parametri di qualità dalla combinazione scena + elementi antropici
- applicazione dei parametri a nuove immagini o a un flusso continuo

Ho progettato le varie componenti del sistema e testato con successo le tecnologie necessarie anche se per ora non è possibile arrivare ad un prototipo a causa della mancanza di una banca dati pronta all'uso che rifletta le esigenze di questa attività.

Banca dati fotografica

Il primo passaggio è essenziale è riguarda la costituzione di una banca dati significativa dei paesaggi costieri italiani. Sono già disponibili nell'ambito della computer vision banche dati (*datasets*) orientate alla classificazione di oggetti marini (*object detection*) e alcuni modelli di reti neurali sono stati personalizzati per l'utilizzo con queste banca dati ma si tratta perlopiù fotografie di differenti imbarcazioni scattate a pelo d'acqua² perché la richiesta del mercato è orientata ad applicazioni di *computer vision* per il supporto alla navigazione o per la navigazione di veicoli autonomi (*Unmanned surface vessel*) oppure al contrario ci si orienta per il riconoscimento di animali e piante sul fondo marino³ particolarmente sfidante anche per i fenomeni di mimetismo.

Questa banca dati dovrebbe essere molto estesa per poter essere utilizzata nel passaggio successivo di Indagine demoscopica e dovrebbe essere rappresentativa del paesaggio costiero o vista del mare (*seascape*) di tutta Italia.

Possibili fonti:

1. webcam che riprendono le spiagge italiane (anche panoramiche 360)
2. immagini google streetview, mapillary e simili
3. immagini generate dagli utenti postate su social network
4. immagini di fotografi professionali che si occupano specificamente di seascape

2 Council of Europe. (2000, October 20). *Council of Europe Landscape Convention (ETS No. 176)*. <https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list?module=treaty-detail&treaty-num=176>

Wang, N., Wang, Y., Wei, Y., Han, B., & Feng, Y. (2024). Marine vessel detection dataset and benchmark for unmanned surface vehicles. *Applied Ocean Research*, 142, 103835. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2023.103835>

Yang, D., Solihin, M. I., Zhao, Y., Yao, B., Chen, C., Cai, B., & Machmudah, A. (2024). A review of intelligent ship marine object detection based on RGB camera. *IET Image Processing*, 18(2), 281–297. <https://doi.org/10.1049/ipr2.12959>

3 Haixin, L., Ziqiang, Z., Zeyu, M., & Yeung, S.-K. (2023). *MarineDet: Towards Open-Marine Object Detection* (arXiv:2310.01931). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2310.01931>

photography (più di un milione di foto con tag #seascape su Instagram)

5. immagini generate da intelligenza artificiale



Fig A31.1 immagine generata da dall-e con vari prompt incrementali che richiedevano la foto di una spiaggia con un piccolo bar, un molo e due yacht

Classificazione degli oggetti e affinamento del modello

Una volta costituita la banca dati sarà necessario effettuare un affinamento *training* di un modello di riconoscimento di oggetti per individuare le categorie specifiche del paesaggio costiero. Al momento nel database COCO⁴ che ho utilizzato per il test è presente una sola categoria per le navi (*boat*) e ci si orienta di più su oggetti di uso comune, persone e animali mancano del tutto nei dataset disponibili liberamente categorie relative alle opere portuali e di difesa costiera. Per il training ovviamente si potrebbe utilizzare una parte della banca dati raccolta, fino ad ottenere buoni risultati in cui tutte le immagini ricevono una serie di etichette che identificano tutti gli oggetti. In figura A3.2 si può vedere il risultato utilizzando le librerie Detectron2 e il modello COCO. Il codice utilizzato è il seguente:

4 Lin, T.-Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., Dollár, P., & Zitnick, C. L. (2014). Microsoft COCO: Common Objects in Context. In D. Fleet, T. Pajdla, B. Schiele, & T. Tuytelaars (Eds.), *Computer Vision – ECCV 2014* (pp. 740–755). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10602-1_48

```
import detectron2
#from detectron2.utils.logger import setup_logger
#setup_logger()
# import common libraries
import numpy as np
import os, json, cv2, random
#from google.colab.patches import cv2_imshow
# import some common detectron2 utilities
from detectron2 import model_zoo
from detectron2.engine import DefaultPredictor
from detectron2.config import get_cfg
from detectron2.utils.visualizer import Visualizer
from detectron2.data import MetadataCatalog, DatasetCatalog

im =cv2.imread("dall-e01.webp")
cv2_imshow(im)

cfg = get_cfg()
# add project-specific config (e.g., TensorMask) here if you're not running
a model in detectron2's core library
cfg.merge_from_file(model_zoo.get_config_file("COCO-InstanceSegmentation/
mask_rcnn_R_50_FPN_3x.yaml"))
cfg.MODEL.ROI_HEADS.SCORE_THRESH_TEST = 0.4 # set threshold for this model
# Find a model from detectron2's model zoo. You can use the
https://dl.fbaipublicfiles... url as well
cfg.MODEL.WEIGHTS = model_zoo.get_checkpoint_url("COCO-
InstanceSegmentation/mask_rcnn_R_50_FPN_3x.yaml")
predictor = DefaultPredictor(cfg)
outputs = predictor(im)
```

Ed è pubblicato su github alla url

<https://gist.github.com/amefad/309b4c22da7f6dd04cbac1d55a5d0231>

Fig. 49:

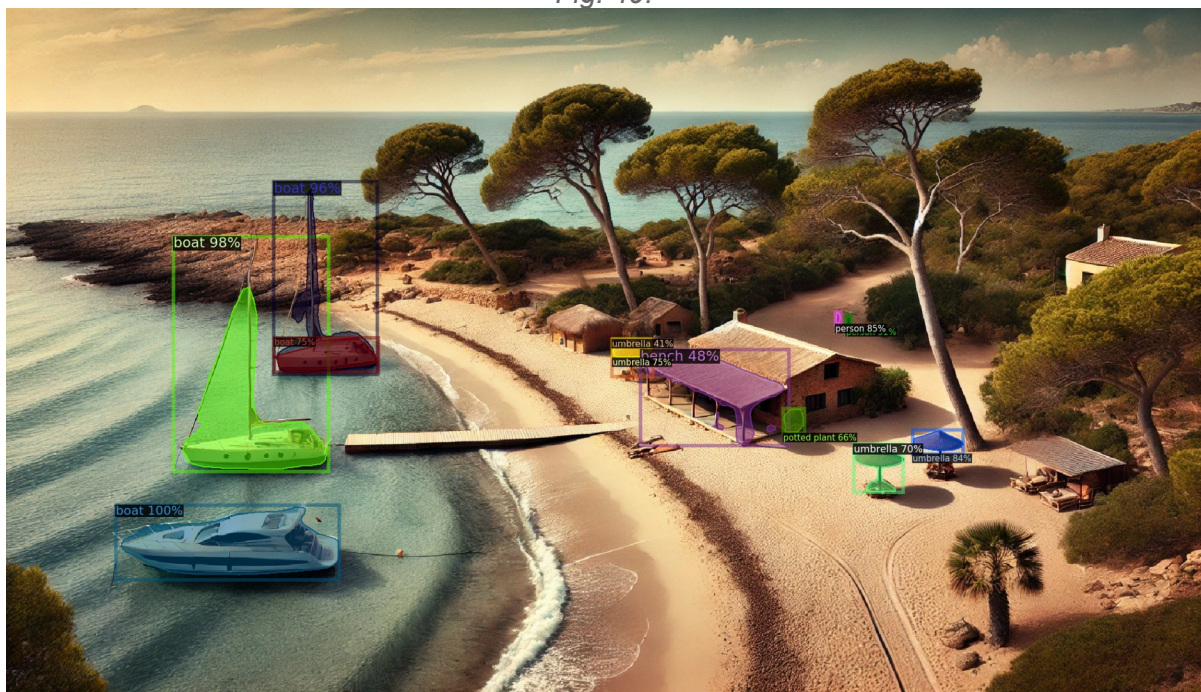


Fig A3.2 immagine con visualizzazione degli oggetti identificati dalla applicazione dell'algoritmo di classificazione detectron2

Questo passaggio porta ad associare a ciascuna immagine della banca dati la qualità e il numero di elementi antropici (ed eventualmente anche naturali come alberi, sabbie etc..) che la caratterizzano. Questo è utile anche per predisporre delle versioni alternative delle immagini presenti in banca dati eliminando uno a più elementi che caratterizzano la visuale. Naturalmente occorre tener traccia delle immagini che descrivono la stessa scena e si distinguono solo per il tipo o il numero di oggetti in esse rappresentato. Il modello della concettuale della banca dati dovrebbe essere in grado di gestire adeguatamente le somiglianze tra le immagini. Ad esempio si può pensare ad una classe scena che avrà come attributi alcune macro categorie ad esempio costa rocciosa, sabbiosa, artificiale, spiaggia libera stabilimento balneare eccetera eccetera. Ad ogni scena saranno associate più immagini, e a ciascuna immagine saranno associate il tipo è il numero di oggetti presenti in essa (2 pescherecci, 1 molo, tre edifici piccoli...). in figura A3.1 lo schema concettuale della banca dati di fase 2

Fig. 50:

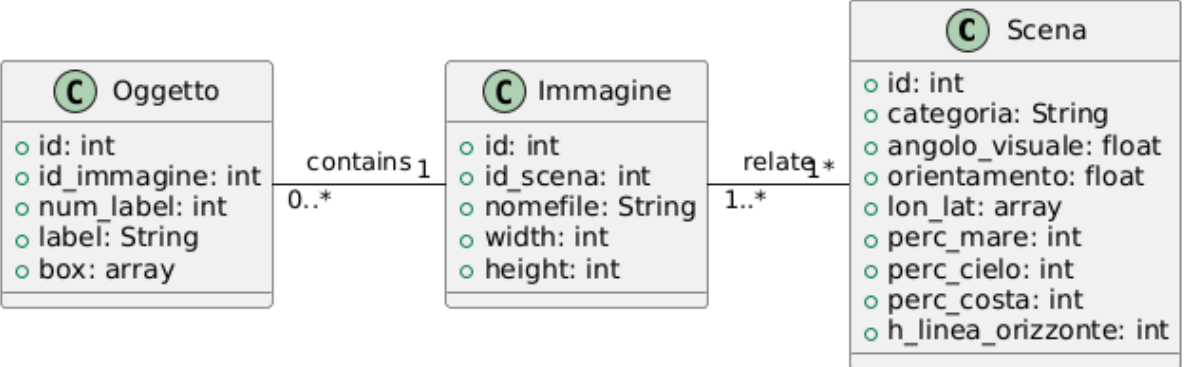


Fig A3.3 modello concettuale banca dati delle immagini con classificazione degli oggetti

Oltre alla creazione di immagini artificiali e all'aggiunta di elementi antropici alle immagini esistenti è opportuno prevedere anche l'operazione inversa, ovvero la rimozione di elementi artificiali da immagini di paesaggio costiero attuale, anche se è prevedibile che nella maggior parte dei casi questi vengano percepiti come veri e propri *landmark* che identificano un luogo (fig A3.4).



Fig A3.4 modifica della veduta della spiaggia di Lignano Sabbiadoro con la rimozione della Terrazza Mare (hotpot.ai e GIMP)

Indagine demoscopica

Per avere una valutazione oggettiva e attendibile della qualità del paesaggio raffigurato nelle immagini della banca dati che abbiamo costituito occorre sottoporre le immagini al giudizio di un campione rappresentativo della popolazione interessata. Il mio pensiero è quello di realizzare un webapp che consenta di esporre una serie di immagine estratte a caso e far assegnare all'utente un giudizio di qualità ad esempio da +5 a -5, cercando di raccogliere anche una indicazione su quali oggetti rendono bello o brutto quel paesaggio.

Naturalmente non è facile raccogliere la collaborazione di un gran numero di persone e occorre pensare ad un meccanismo premiale all'interno di una attività che può durare un'intera stagione in accordo con la promozione turistica di uno o più territori. Il campione andrebbe anche profilato per livellare alcune inevitabili differenze nella percezione: ad esempio la presenza di numerose barche in una rada può essere un elemento di disturbo per l'appassionato di snorkeling mentre può essere un elemento di ulteriore attrazione per un diportista.

Utilizzando più versioni della stessa costa e associando l'indice di qualità assegnato dagli utenti al numero e alla qualità degli oggetti esposti sarà possibile identificare alcuni elementi che nell'opinione dei rispondenti "rovinano il paesaggio" e altri invece che lo valorizzano. Anche la quantità degli elementi è tracciata e potrebbe avere un ruolo anche se dubito che sia possibile elaborare una soglia precisa oltre cui gli elementi tipici (come ad esempio gli ombrelloni sulla spiaggia o i pennelli frangiflutti) diventano un disturbo.



Fig A3.5 tre versioni della stessa veduta con più o meno elementi antropici (dall-e)

Sarà importante proporre agli utenti anche delle vedute di diverse stagioni poiché il nostro scopo è proprio quello di misurare l'impatto sulla qualità del paesaggio degli elementi che non sono permanenti: non solo le strutture rimovibili e stagionali come gli ombrelloni, i pattini, e tutte le attrezzature da spiaggia, ma anche gli elementi specificatamente mobili come i mezzi navali, specialmente quelli che hanno una dimensione ragguardevole.

a questo punto nello schema della nostra banca dati è necessario integrare anche gli elementi

riguardo gli utenti e la loro profilazione (in forma anonimizzata) e la categoria di appartenenza (espressa dall'utente in fase di registrazione)

Fig. 51:

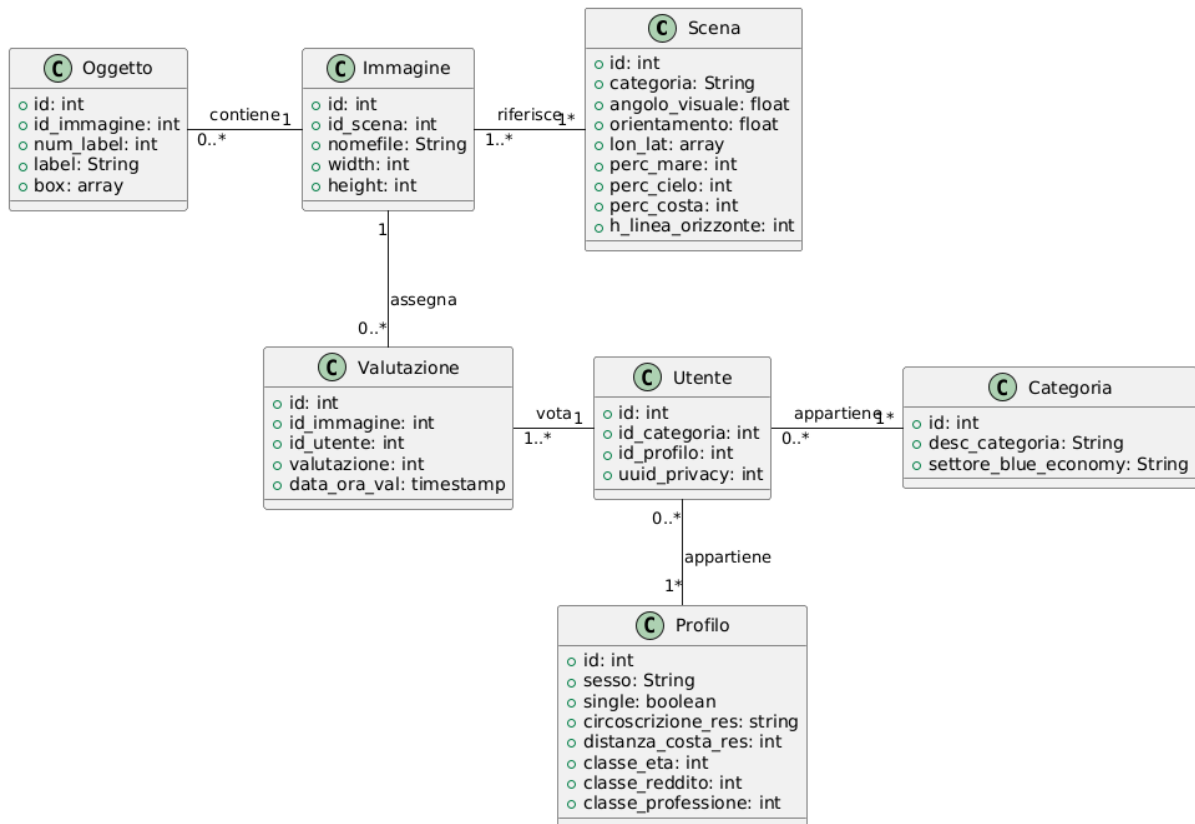


Fig A3.6 Banca dati Fase 3

Estrazione dei parametri di qualità della scena

Una volta effettuata l'indagine demoscopica avremo associato all'interno del database un indice di qualità per ogni immagine, assegnato da un utente (ad esempio da -5 a +5), da cui sarà possibile estrarre media per ogni categoria di utenti e i relativi percentili. Confrontando in particolare le immagini associate alla stessa scena e confrontando il valore ottenuto a seconda degli oggetti presenti in essa sarà possibile associare ad ogni oggetto un valore positivo o negativo. Il valore positivo o negativo andrà associato anche al numero di istanze dell'oggetto perché è prevedibile che in alcune scene la presenza ad esempio di imbarcazioni diventi un elemento percepito negativamente solo oltre una certa soglia numerica. Quindi confrontando due immagini simili Qi+o (immagine con oggetti) e Qi-o (immagine senza oggetto) che avranno un valore da +5 a -4,999 la formula

$$\bullet \quad V_o = \left(\frac{5 + Q_{i+o}}{5 + Q_{i-o}} - 1 \right) \frac{1}{N_o}$$

La qualità di una immagine pertanto sarà data da una formula

$$\bullet \quad Q_{tot} = Q_s + \sum_{i=1}^n (V_{oi} \times N_{oi} \pm S_{oi})$$

Dove Q_s è il valore assegnato alla scena priva di oggetti (o dove sono stati cancellati) V_{oi} è il valore della categoria di oggetto i-esima presente nella scena (es nave passeggeri) N_{oi} il numero di oggetti della categoria i-esima presenti e S_{oi} l'eventuale soglia (positiva o negativa secondo il valore di V_o) entro cui tali oggetti non hanno influenza sulla scena.

Se per ciascuna scena sarà noto l'angolo di visuale si può inserire un ulteriore peso oltre al numero che rappresenti il totale dello spazio visuale occupato sul piano dell'orizzonte, espresso in gradi. Visto che i box degli oggetti si sovrappongono e lasciano vuoti questo va calcolato sommando i pixel orizzontali occupati da box adiacenti

Non appare possibile modellare il caso in cui *pochi* oggetti nella scena aggiungono valore mentre *molti* oggetti tolgono valore, anche perché in questo caso è probabile che la soglia dovrebbe essere legata alla scena

Questa formula può essere riapplicata alle immagini della banca dati per mettere a punto i valori degli oggetti riconosciuti fino ad ottenere risultati coerenti con l'indagine demoscopica

Applicazione dei parametri a un flusso continuo di immagini

Una volta ricavato l'indice di qualità di una scena scomposta nelle sue componenti fondamentali è possibile utilizzare algoritmi di object detection con il modello personalizzato per il paesaggio costiero per analizzare ad esempio le immagini in timelapse di una webcam posizionata in luoghi di particolare valore dal punto di vista paesaggistico. Dal momento che noi ci concentriamo sugli oggetti temporanei per misurarne l'impatto sul paesaggio andrà introdotto il fattore tempo.

Analizzando ad esempio un'immagine scattata ogni ora per un anno (8760 foto della stessa scena) possiamo assegnare un peso agli elementi stagionali e un peso agli elementi mobili come le grandi navi passeggeri o cargo conteggiando il numero di foto in cui sono visibili e la porzione di orizzonte (angolo in gradi) occupato.

Questo aiuta anche a ridimensionare l'impatto paesaggistico di elementi distanti all'orizzonte come le navi alla fonda che sono visibili solo con il tempo più limpido e comunque occupano meno porzione dell'orizzonte.

Per convertire le coordinate del bounding box degli oggetti della stessa classe nella percentuale di panorama occupato rispetto all'immagine è possibile utilizzare questo codice:

```
class_mask = outputs["instances"].pred_classes == 8
boxes = outputs["instances"].pred_boxes[class_mask]
boxes_tensor = boxes.tensor

# Initialize total overlap to 0
total_overlap_width = 0.0

# Extract the x1 and x2 coordinates
x1 = boxes_tensor[:, 0]
x2 = boxes_tensor[:, 2]
print (x2)
# Identify overlapping pairs and calculate overlap for each pair
for i in range(len(x1)):
    for j in range(i + 1, len(x1)):
        # Calculate overlap between box i and box j
        overlap_start = torch.max(x1[i], x1[j])
        overlap_end = torch.min(x2[i], x2[j])
        overlap_width = overlap_end - overlap_start

        # Only add if there is a positive overlap
        if overlap_width > 0:
            total_overlap_width += overlap_width.item()

width = im.shape[1]
percent = round(total_overlap_width / width * 100)

print(f"Total horizontal overlapping pixels along the x-axis:
{total_overlap_width}")
print(f"percentage of image covered by object {percent}%")
```

Allegato 4 Maschera Google sheet per l'applicazione del MSPdF ad un piano

Nel corso del mio dottorato ho avuto la possibilità di partecipare alle attività del Technical Expert Group on MSP data e di applicare i concetti che il TEG ha definito. In particolare durante il periodo passato all'estero presso l'università di Las Palmas di Gran Canaria sotto la supervisione di Andrej Abramič mi sono occupato anche della applicazione pratica del del quadro concettuale definito dal TEG MSP data Framework MSPdF.⁵

Nel tentare una prima applicazione al piano italiano, abbiamo cercato di utilizzare uno strumento software semplice e facilmente accessibile per rendere replicabile la applicazione che doveva avere la caratteristica di una checklist. Dopo alcune considerazioni riguardo possibili web app come quella che avevo già realizzato per il decision support tool del progetto Pharos4mpas⁶ si è pensato di utilizzare invece le possibilità di personalizzazione della suite Google documents.

	A	B	C
1	CLUSTER NR. AND NAME	Structure (selected frameworks)	Potential topics / parameters incorporated
2	1. Marine and coastal environment	- MSFD	1. Biological Diversity
3	1. Marine and coastal environment	- MSFD	2. Non-indigenous Species
4	1. Marine and coastal environment	- MSFD	3. Commercial species
5	1. Marine and coastal environment	- MSFD	4. Marine Food Webs
6	1. Marine and coastal environment	- MSFD	5. Eutrophication
7	1. Marine and coastal environment	- MSFD	6. Sea Floor Integrity
8	1. Marine and coastal environment	- MSFD	7. Alteration of Hydrographical Conditions
9	1. Marine and coastal environment	- MSFD	8. Contaminants
10	1. Marine and coastal environment	- MSFD	9. Contaminants in Fish and Seafood
11	1. Marine and coastal environment	- MSFD	10. Marine Litter

Fig A4.1 la struttura della MSPdF nel foglio di lavoro Google sheet

5 Abramic, A., Norton, D., Sarretta, A., Menegon, S., Katsika, M., Gekas, V., Rybka, K., & Fernández-Palacios, Y. (2023). *Maritime Spatial Planning Data Framework (MSPdF). How to structure input data for MSP process, monitoring & evaluation*. Produced Technical Expert Group (TEG) on Data for MSP. Supported by CINEA and DG MARE (EC).

<https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/media/document/14854>

6 Fadini, Amedeo. (2019). *Decision Support Tool for Blue economy in Mediterranean Marine Protected areas* [Django python]. https://github.com/CNR-ISMAR/dss_pharos

Si è provveduto a realizzare un foglio di lavoro Google sheet in cui sono state inserite tutte le voci del MSPdF suddivise per cluster. Altri fogli sono stati utilizzati per i framework di dettaglio (es. HILUCS-MSP)

Nel secondo foglio sono state predisposte le righe per inserire tutti i layer utilizzati dal piano italiano secondo la suddivisione nelle mappe essenziali e assegnare a ciascun layer, tramite una casella a discesa, il cluster di appartenenza del MSPdF o altri livelli più specifici.

Ogni colonna corrisponde a un intervallo dati denominato che può essere poi letto dal codice in base al nome.

	A	B	C	G	H	I	J	K
1	Map (IT)	Map (EN)	Layername (IT)		Data source	Matainer	Cluster	Topic
2	01 Regime giuridico	01 Legal status	Acque Interne		IIM		7. Governance information	Level of administration
3	01 Regime giuridico	01 Legal status	Acque Territoriali		IIM		7. Governance information	International conventions and legisla...
4	01 Regime giuridico	01 Legal status	Zona di Protezione Ecologica		IIM		7. Governance information	International conventions and legisla...
5	01 Regime giuridico	01 Legal status	Piattaforma Continentale		IIM		7. Governance information	International conventions and legisla...
6	01 Regime giuridico	01 Legal status	Compartimenti Marittimi		SID		7. Governance information	Level of administration
7	01 Regime giuridico	01 Legal status	Confini Marittimi Confini		IIM		7. Governance information	International conventions and legisla...
8	02 Trasporti Marittimi	02 Maritime Tran	Intensità traffico Petroli		CGCCP	EMSA	1. Marine and coastal envi...	- Extended HILUCS code list for mar...
9	02 Trasporti Marittimi	02 Maritime Tran	Intensità traffico Pesca		CGCCP	EMSA	5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
10	02 Trasporti Marittimi	02 Maritime Tran	Intensità traffico Passaggio		CGCCP	EMSA	5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
11	02 Trasporti Marittimi	02 Maritime Tran	Intensità traffico Mercantile		CGCCP	EMSA	5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
12	02 Trasporti Marittimi	02 Maritime Tran	Intensità traffico Turistico		CGCCP	EMSA	5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
13	02 Trasporti Marittimi	02 Maritime Tran	Intensità traffico Altro		CGCCP	EMSA	5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
14	02 Trasporti Marittimi	02 Maritime Tran	Porti distinti per categoria		MIMS	Tools4msp	4. Coastal land use & Pla...	- Extended HILUCS code list for mar...
15	03 Energia	03 Energy	MISE Piattaforme		MITE		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
16	03 Energia	03 Energy	MISE Zone Marine		MITE		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
17	03 Energia	03 Energy	Elettrodotti		CGCCP		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
18	03 Energia	03 Energy	MISE Concessioni		MITE		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
19	03 Energia	03 Energy	MISE Permessi		MITE		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
20	03 Energia	03 Energy	Parchi eolici autorizzati		MITE		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
21	04 Acquacoltura	04 Acquacoltura	Impianti di acquacoltura		MIPAAF		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
22	05 Pesca	05 Fishery	Sforzo di pesca medio		MIPAAF		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
23	05 Pesca	05 Fishery	Pesca aree ZTB		MIPAAF		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
24	05 Pesca	05 Fishery	Pesca aree Mediterraneo		MIPAAF		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
25	05 Pesca	05 Fishery	Pesca aree Adriatico		MIPAAF		5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
26	06 Rischio Costiero e aggregati	06 Coastal Defen	Aggregati marini - de...				5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
27	06 Rischio Costiero e aggregati	06 Coastal Defen	Variazioni Linea di Costa				3. Oceanographic charact...	• Coastline
28	07 Turismo Costiero e Marittimo	07 Coastal and M	Porti Turistici: numero				5. Operative maritime acti...	- Extended HILUCS code list for mar...
29	07 Turismo Costiero e Marittimo	07 Coastal and M	Indice di pressione turistica				6. Socioeconomic informat...	• Coastal & Maritime sectors jobs & i...
30	08 Aree Protette	08 Protected are	Aree Natura 2000				2. Marine and coastal con...	- Natura 2000 sites: SAC, SCIs and ...
31	08 Aree Protette	08 Protected are	Aree Natura 2000 protette				2. Marine and coastal con...	- Natura 2000 sites: SAC, SCIs and ...
32	08 Aree Protette	08 Protected are	Aree Natura 2000 protette				2. Marine and coastal con...	- Natura 2000 sites: SAC, SCIs and ...
33	08 Aree Protette	08 Protected are	Aree Natura 2000 protette				2. Marine and coastal con...	- Natura 2000 sites: SAC, SCIs and ...
34	08 Aree Protette	08 Protected are	Aree Natura 2000 protette				2. Marine and coastal con...	- Natura 2000 sites: SAC, SCIs and ...

Fig A4.2 corrispondenza tra mappe e layer

Ho creato poi un app script nel linguaggio specifico di Google che mi ha permesso di visualizzare il sankey diagram che lega i cluster del MSP data framework ai livelli utilizzati nel piano italiano e visualizza sotto forma di relazioni che aggregano i layer in due distinti gruppi: da un lato le mappe del piano italiano, e dall'altro i cluster del MSPdF.

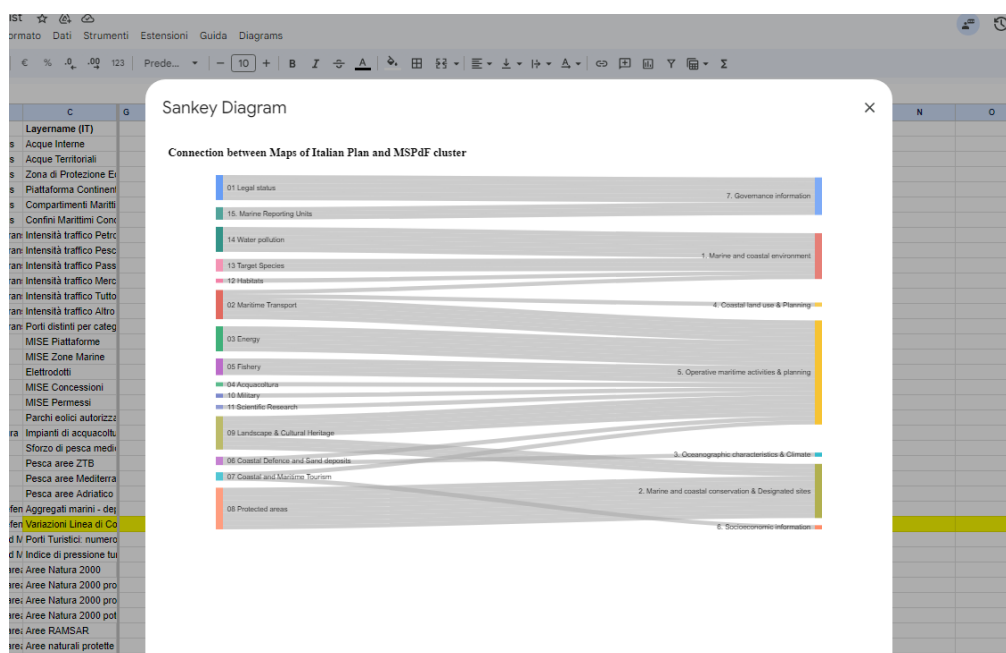


Fig. A4.3 il diagramma con le corrispondenze tra maps e cluster

Il codice è suddiviso in una parte di codice gscript che serve per aggiungere nuove funzionalità al google sheet, e in una parte di codice HTML e javascript che serve per visualizzare in una finestra modale il diagramma vero e proprio.

Codice.gs

```
// add custom menu for sankey diagram
function onOpen() {
  var ui = SpreadsheetApp.getUi();
  // Or DocumentApp or FormApp.
  ui.createMenu('Diagrams')
    .addItem('Sankey maps - clusters', 'openDialog')
    .addToUi();
}

// original function to get data from spreadsheet (all data)
function getSpreadsheetData() {
  var sheet = SpreadsheetApp.getActiveSheet();
  var data = sheet.getDataRange().getValues();
  for (var i = 0; i < data.length; i++) {
    Logger.log('first column ' + data[i][0]);
    Logger.log('second column: ' + data[i][1]);
    Logger.log('second column: ' + data[i][2]);
  }
  return data;
}

// function to get data just from named intervals
function getNamedData(namelist) {

  var namedranges = SpreadsheetApp.getActiveSheet().getNamedRanges();
  Logger.log(namedranges.length);
}
```

```

// get first source column
for (let i = 0; i < namedranges.length; i++){
  var n = namedranges[i].getName();
  // get first column as source
  if (n == namelist[0]){
    Logger.log(n + ' source');
    var sourcecolumn = namedranges[i].getRange().getValues();
  }
  // get second column as destination
  if (n == namelist[1]){
    Logger.log(n + ' destination');
    var destinationcolumn = namedranges[i].getRange().getValues();
  }
}
//add second or third column
}
data = new Array;
for (let i = 0; i < sourcecolumn.length; i++){
  data[i] = [sourcecolumn[i][0], destinationcolumn[i][0]];
  Logger.log(typeof(data[i][0]));
  Logger.log(typeof(data[i][1]));
}
return data;
}

```

```

// open modal dialog with sankey
function openDialog() {
  var html = HtmlService.createHtmlOutputFromFile('index')
    .setHeight(800)
    .setWidth(1000);
  SpreadsheetApp.getUi() // Or DocumentApp or FormApp.
    .showModalDialog(html, 'Sankey Diagram');
}

```

index. html

```

<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <base target="_top">
    <script src="https://www.google.com/jsapi"></script>
  </head>
  <body>
    <h4>Connection between Maps of Italian Plan and MSPdF cluster</h4>
    <div id="settings" style="display: none;">
      <select name="column1" id="col1">
        <option value="maps">maps</option>
        <option value="cluster">cluster</option>
        <option value="sources">sources</option>
      </select>
      <select name="column2" id="col2">
        <option value="maps">maps</option>

```

```

        <option value="cluster">cluster</option>
        <option value="sources">sources</option>
    </select>
</div>
<div id="main"></div>
<script type="text/javascript">
    google.load('visualization', '1', {
        packages: ['corechart', 'sankey']
    });
    google.setOnLoadCallback(initialize);

    function initialize() {
        // get data with named intervals

google.script.run.withSuccessHandler(drawChart2).getNamedData(['maps', 'cluster']
);

    }

    function drawChart2(rows) {
        console.log(rows);
        var data = new google.visualization.DataTable();
        data.addColumn('string', 'From');
        data.addColumn('string', 'To');
        data.addColumn('number', 'Weight');
        for (let i=0; i<rows.length; i++) {
            singlerow = [rows[i][0], rows[i][1], 40]
            console.log(singlerow)
            data.addRow(singlerow)
        }
        var chart = new
google.visualization.Sankey(document.getElementById('main'));
        chart.draw(data, {width: 850, height: 500, sankey: {iterations:
64}});
    }
</script>
</body>
</html>

```