



MAREMED Project

MARitime REgions cooperation for the MEDiterranean

ATLANTE della Dinamica Costiera



L'Atlante è stato redatto dalla Direzione Regionale Infrastrutture, Ambiente e Politiche Abitative della Regione Lazio con il co-finanziamento del progetto Europeo MAREMED del programma Spazio MED.

Comitato di Redazione:

Ing. Paolo Lupino (testi e coordinamento generale)
Geom. Alessandro Bratti (elaborazioni dati ed analisi GIS)
Dott.ssa Manuela Di Cosimo (composizione grafica)

Collaboratori del Centro di Monitoraggio GIZC¹:

Geom. Fabio Fabbri
Dott.ssa Silvia Bellacicco
Ing. Piergiorgio Scalonì
Dott.ssa Selene Pedetta Peccia

I rilievi della linea di costa del 2011 con GPS e la loro restituzione vettoriale è stata realizzata a cura del personale dell'Area difesa del Suolo (Dirigente : Ing. Dante Novello) distaccata presso il Consorzio di Bonifica Tevere Agro Romano:

Antonio Alessandrini
Gabriele Di Salvatore
Sabatino Fabiano

¹ Il Centro di Monitoraggio GIZC è un gruppo operativo in seno alla Direzione Ambiente istituito con Det. Dir. n°B0477 del 18/02/2008 con la quale è stata approvata la convenzione con il Consorzio di Bonifica Tevere e Agro Romano per la messa a disposizione di una struttura logistica, presso l'immobile demaniale sito in Ostia Antica, Via del Fosso di Dragoncello n. 172 e la gestione delle attività specialistiche inerenti sistemi di informazione geografica (GIS) e monitoraggio delle dinamiche costiere laziali tramite personale consortile appositamente demandato allo svolgimento di tali attività. Il Programma di Lavoro del CM-GIZC è stato approvato con Det.Dir. n°B3354 del 29/09/2008. Tutta l'attività del Centro è riportata nei bollettini già pubblicati e consultabili presso il sito www.cmgizc.info dove può essere consultata tutta la documentazione tecnica ed amministrativa nonché il sito sperimentale GIS della costa laziale.

ATLANTE della Dinamica Costiera Laziale (2005-2011)

Prefazione

L'edizione dell'“Atlante della Dinamica Costiera Laziale 2005-2011”, assieme ad altre pubblicazioni come il “Catalogo delle Opere di difesa delle coste laziali”, rientra nel programma dell'Assessorato Infrastrutture, Politiche Abitative e Ambiente volto a mettere a sistema il patrimonio di conoscenze già disponibili e fino ad ora disperso, al fine di avviare un percorso di riorganizzazione della materia che, attraverso la stesura e il necessario aggiornamento delle “Linee Guida per il Piano di Difesa delle Coste” del 2001, conduca alla stesura del Piano Integrato di Difesa delle Coste laziali.

L'azione di coordinamento della Regione Lazio per una corretta e funzionale costruzione del Piano è quanto mai fondamentale in relazione sia alla complessità dei rapporti istituzionali (sono coinvolte cinque Autorità di Bacino appartenenti a ben tre Distretti Idrografici), sia alla necessaria integrazione con le altre politiche settoriali di competenza regionale che interessano le fasce costiere (turismo, portualità, infrastrutture, agricoltura, pesca, ecc.). L'avvio di specifici Tavoli Tecnici con le realtà dei 24 comuni costieri ed insulari rappresenta un primo passo in questa direzione.

L'obiettivo di un Piano Integrato di Difesa delle Coste che risponda ad una logica di Gestione Integrata necessita tuttavia di una “visione di sviluppo” più ampia alla quale la Giunta del Presidente Zingaretti sta dando risposte concrete mediante l'istituzione di una specifica delega all'Economia del Mare, con l'intento di promuovere le enormi potenzialità di questo patrimonio naturale in settori strategici quali il turismo, la pesca, i trasporti marittimi nel quadro di uno sviluppo sostenibile e coordinato.

L'evidente interconnessione tra importanti settori produttivi e la tutela di un delicato equilibrio morfologico e naturalistico costituito dalle zone costiere richiede, innanzitutto, un'attività continuativa di studi e di monitoraggi che consenta la raccolta di dati riguardo i mutamenti dei fondali marini e dei litorali.

Sulla base di queste attività sarà possibile sviluppare una pianificazione sostenibile ed efficace delle infrastrutture costiere necessarie per lo sviluppo del turismo e della portualità, in grado di conciliare il desiderio imprenditoriale con la tutela ambientale e la difesa dei litorali dell'erosione costiera.

Fabio Regrigeri

(Assessore Infrastrutture, Politiche Abitative e Ambiente della Regione Lazio)

Roma, maggio 2013.

INDICE

1	Il progetto Europeo MAREMED	7
1.1	Obiettivi generali	8
1.2	Risultati Attesi sulla Tematica Adattamento ai CC.....	9
2	Criteri generali per la redazione dell’Atlante	11
3	La climatologia costiera	15
4	Valutazioni globali sul bilancio sedimentario	17
4.1	L’impatto economico delle spiagge	17
4.2	Le stime globali delle variazioni morfologiche	18
5	Conclusioni.....	24
6	ANNESSE 1 - ANALISI DELLA FASCIA COSTIERA CON DATI SATELLITARI AD ALTA RISOLUZIONE QUICKBIRD (Conv. Telespazio 2005) – Estratto Relazione Conclusiva	27
7	ANNESSE 2 - LE ANALISI DIACRONICHE DELLA COSTA LAZIALE	31
8	ANNESSE 3 - DETERMINAZIONE DEL CLIMA METEO-MARINO A LARGO DELLA COSTA DEL LAZIO E DEL CLIMA METEO-MARINO LOCALE IN CORRISPONDENZA DEI LITORALI DI INTERESSE (CNR-ISMAR) – Estratto Rapporto.....	35
8.1	Descrizione dello Studio	35
8.2	Estrazione serie temporali nei punti di interesse.....	38
8.3	Calibrazione serie temporali	40
8.4	Moto ondoso alla batimetria - 100.....	40
8.5	Caratterizzazione del clima ondoso alla batimetria -100 (attività1.5)	42
8.6	Grafici della distribuzione cumulata di energia del clima ondoso alla -100 (periodo analizzato 1992-2008).....	43
9	ANNESSE 4 - Interventi di ripascimento lungo la costa laziale 2005-2011.....	47
	TAVOLE Atlante Dinamica Costiera Laziale (2005-2011).....	49

1 Il progetto Europeo MAREMED

Il progetto MAREMED è un esempio di attuazione dello strumento di cooperazione territoriale transnazionale – area Mediterraneo (Programma MED), approvato in occasione del secondo appello del programma. L'obiettivo generale di questo progetto è rafforzare il coordinamento sia tra le stesse politiche marittime regionali che quelle attuate a livello nazionale, europeo e mediterraneo. Il progetto è focalizzato sui capitoli della politica marittima a forte dimensione transnazionale quali:

- la Gestione integrata delle zone costiere,
- l'Inquinamento (incluse le forme di inquinamento costiero accidentali da debole a media entità)
- l'Adattamento al cambiamento climatico nella zona costiera,
- la Pesca,
- la Gestione dei dati litorali e marittimi,
- la Governance.



Sotto l'azione coordinatrice della Regione Provence-Alpes-Côte d'Azur, capofila del progetto, quattordici partner regionali delle Regioni Francia, Italia, Spagna, Grecia e Cipro, e la Conferenza delle Regioni Periferiche e Marittime (CRPM) faranno il punto sulla situazione delle politiche attuate e della loro gestione, identificheranno alcune zone litorali pilota di gestione transnazionale e definiranno una serie di strumenti operativi comuni di aiuto alla decisione. I risultati ottenuti verranno diffusi su supporti documentali al fine di favorire una gestione marittima integrata e lo sviluppo sostenibile delle zone costiere ai vari livelli di governo del litorale. La Regione Lazio partecipa in qualità di coordinatrice della tematica "Adattamento al cambiamento climatico nella zona costiera". I lavori di MAREMED verranno condotti in modo da sfruttare i risultati ottenuti nell'ambito della preparazione del prossimo periodo di programmazione finanziario 2014-2020.

1.1 Obiettivi generali

Le tematiche trattate in MAREMED vertono sulla governance delle politiche marittime, la gestione integrata delle zone litorali e marittime, la pesca, l'adattamento al cambiamento climatico nella zona costiera, la lotta all'inquinamento, la gestione dei dati.

Queste tematiche rispondono a degli obiettivi strategici e politici:

- dell'Unione europea: piano d'azione del libro Blu per una politica marittima europea, Raccomandazione sulla GIZC, Direttiva quadro sull'acqua, Strategia marina, Comunicazione per migliori prassi in materia di governance marittima integrata, la strategia per una programmazione della attività marittime, delle regolamentazioni sulla pesca (FEP, Regolamento 1967/2006), la Direttiva REACH, della Direttiva INSPIRE e della rete EMODNET.
- del Piano d'azione per il Mediterraneo (PAM) firmato 30 anni fa da tutti gli Stati del Mediterraneo, e dei suoi Centri d'azione regionali come il REMPEC, il Plan Bleu, il PAP/RAC, ecc...
- del processo di Barcellona Unione per il Mediterraneo che considera prioritario il disinquinamento del Mediterraneo, realizzabile solo attraverso una visione globale delle problematiche litorali ad un livello transnazionale e l'attuazione di metodi di governance innovativi.

Obiettivo generale del progetto è fornire degli strumenti per ottimizzare e mettere in sinergia le politiche regionali, europee e mediterranee su queste 6 problematiche strategiche.

1.2 Risultati Attesi sulla Tematica Adattamento ai CC

La Regione Lazio è chiamata a sviluppare tre prodotti specifici:

1. Il primo Rapporto riguarderà “la Coerenza tra le mappe di vulnerabilità costiera” e l’Atlante della Dinamica Costiera Laziale è un evidente risultato applicativo. Il Rapporto si soffermerà in particolare sull’attuale rispondenza degli strumenti rappresentativi rispetto a quanto richiesto per ottemperare alla Direttiva 2007/60/CE sulle inondazioni, recepita in Italia con il D.Lgs 49/2010.



2. Il secondo Rapporto riguarda “Strumenti condivisi per la previsione e la gestione degli effetti dei CC lungo le coste”. Rifacendosi allo studio “PESETA” sviluppato dal JRC-EU di Siviglia, l’obiettivo è quello di trasferire i risultati a scala europea di tale studio a quella mediterranea.
3. Il terzo Rapporto verte sulla “Implementazione di una rete di osservatori costieri del bacino Mediterraneo”. Tale obiettivo, già delineato nel progetto europeo Beachmed-e, viene ulteriormente approfondito seguendo un percorso di graduale collegamento tra le strutture pubbliche delle amministrazioni costiere mediterranee, al fine di realizzare una rete in grado di condividere dati, metodologie e campagne di monitoraggio.

La fine del progetto è prevista per Giugno 2013.

L’Atlante della dinamica costiera è un prodotto del progetto MAREMED, ovvero strumento di supporto alla pianificazione della costa che fornisce una descrizione analitica dei fenomeni erosivi lungo tutta la costa e degli interventi di difesa. Queste informazioni vengono rappresentate secondo

gli standard europei fra i più avanzati come quello adottato dal Rijkswaterstaat (Autorità per le acque del governo olandese) che possiede oltre 50 anni di esperienza continuativa di monitoraggio costiero.

L'Atlante costituisce un elaborato organico in grado di passare da valutazioni di natura qualitativa (alta, media, bassa erosione) a stime di natura quantitativa, basate su osservazioni ad intervalli temporali adeguati e comunque confermate da trend storici consolidati e documentati. Esso propone la presentazione delle differenze areali tra le superfici di spiaggia, cumulate per tratti discreti, e rappresentate su cartografia adeguata alla pianificazione costiera (es. 1:50.000), supportate da istogrammi proporzionali.

La valutazione quantitativa del fenomeno erosivo consente una effettiva capacità pianificatoria da parte delle Regioni ed in particolare consente l'avvio delle procedure richieste dalla Direttiva Europea 60/2007 "Rischio Inondazione" che, oltre ad interessare i corsi d'acqua, investe anche le fasce costiere.

2 Criteri generali per la redazione dell'Atlante

La scelta di una metodologia univoca per la rappresentazione delle dinamiche litoranee ha richiesto l'analisi di diversi esempi nell'ambito del panorama europeo. Grazie all'opportunità offerta dal progetto europeo MAREMED (www.maremed.eu) del programma MED, la Regione Lazio (in quanto coordinatrice della tematica "adattamento costiero ai Cambiamenti Climatici") ha svolto una serie di verifiche con una serie di rappresentazioni grafiche che per la maggior parte tuttavia si limitavano alla valutazione qualitativa della dinamica. La costa laziale si sviluppa per circa 314,50 km (isole escluse) e presenta una natura particolarmente complessa sia per le diverse morfologie naturali esistenti che per i numerosi interventi antropici. Una statistica circa l'eterogeneità della costa laziale è riportata nella

Tipologia costa	Km	%	Morfologia	Km	%
Naturale	213,45	68%	Alta	32,20	10%
Protetta	52,85	17%	Bassa	233,80	74%
Artificiale	48,05	15%	Foci fiumi	0,30	0%
Fittizia	0,15		Foci armate	4,45	1%
			Opere portuali	18,15	6%
			Opere rigide	25,60	8%
	314,50	100%		314,50	1,00

tabella sopra.

La scelta della "Carta della Linea di Costa (Kustlijnkaart-2011)" del governo olandese, sviluppata dal servizio nazionale Rijkswaterstaat, quale esempio di riferimento, è stata motivata da una serie di ragioni tra cui senz'altro è da annoverare l'indiscussa esperienza di tale istituzione che da 60 anni opera nel campo della difesa costiera. Le motivazioni tecniche specifiche possono essere così elencate :

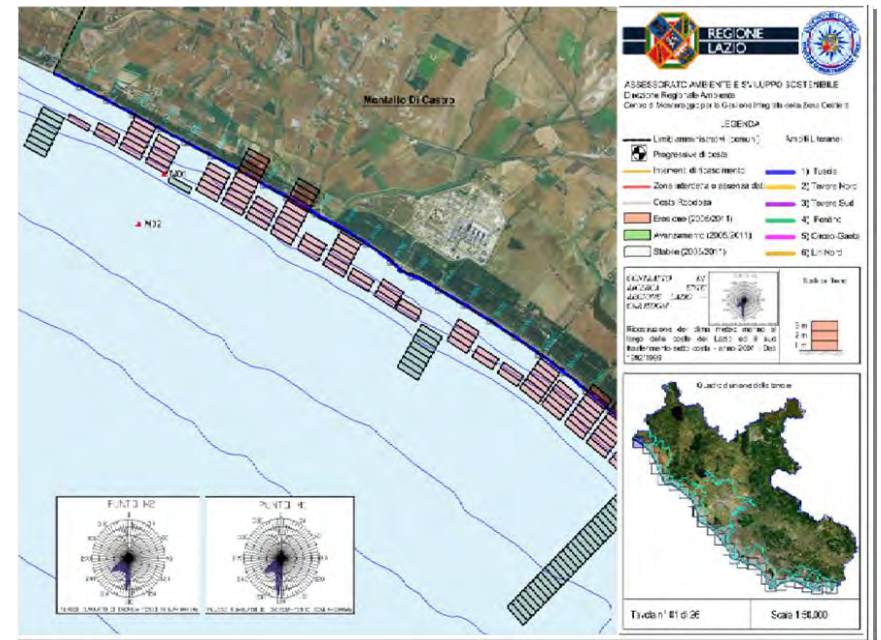
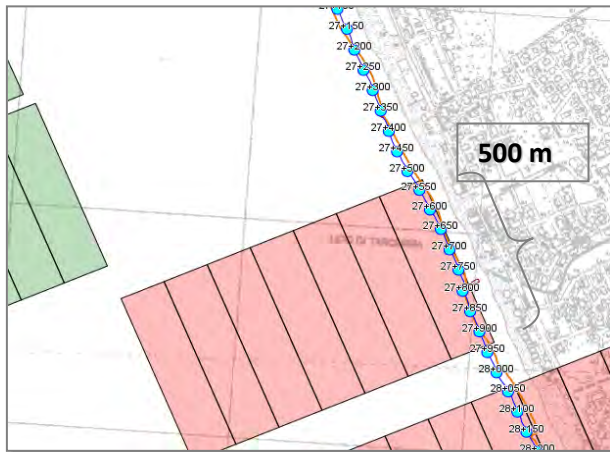
- **L'adozione della scala di rappresentazione 1:50.000.** Considerato che le coste olandesi (lato mare aperto) si sviluppano per circa 400 Km, l'analogia con quelle laziali (314,5 Km) dal punto di vista dell'estensione ha consentito di adottare la stessa scala e di dimensionare quindi gli elementi rappresentativi con simili grafie.



- **Rappresentazione di ogni singola rilevazione graficizzata con un passo di 500 m** (le rilevazioni di base sono riportate su progressive ogni 50 m). La carta olandese riporta le dinamiche costiere con un passo di 250 m. In questa prima versione dell'atlante si è preferito raddoppiare il passo per motivi di rappresentazione grafica essendo la nostra costa spesso molto più irregolare che pone dei problemi nella rappresentazione a passo troppo stretto. Inoltre, considerato che il Rijkswaterstaat effettua i rilievi con sezioni ogni 250 m mentre la nostra rilevazione è stata effettuata su base fotografica (2005) e con rilievo lineare GPS planimetrico (2011) e quindi con una maggiore, ancorché puntuale, densità di rilievi. Si è preferito mediare il dato su tratti più ampi per compensare eventuali picchi pur avendo considerato nella media del tratto di 500 m la reale situazione all'interno di ognuno di esso, verificata con passo 50 m.
- **Rappresentazione della dinamica locale con istogrammi proporzionali alla dinamica riscontrata.** Nella Kustlijnkaart si è adottata una scala continua in m di avanzamento o arretramento proporzionale ai valori riscontrati (mediati su un passo di 250 m). Nell'Atlante si è scelto di discretizzare la scala con moduli di 1 m (mediati su un passo di 500) per rendere più agevole la lettura degli istogrammi e rendere altresì evidente che discretizzazioni inferiori non avrebbero alcuna validità numerica. Tuttavia, come anticipato

nell'introduzione, si è scelta una rappresentazione di natura quantitativa e si è definitivamente

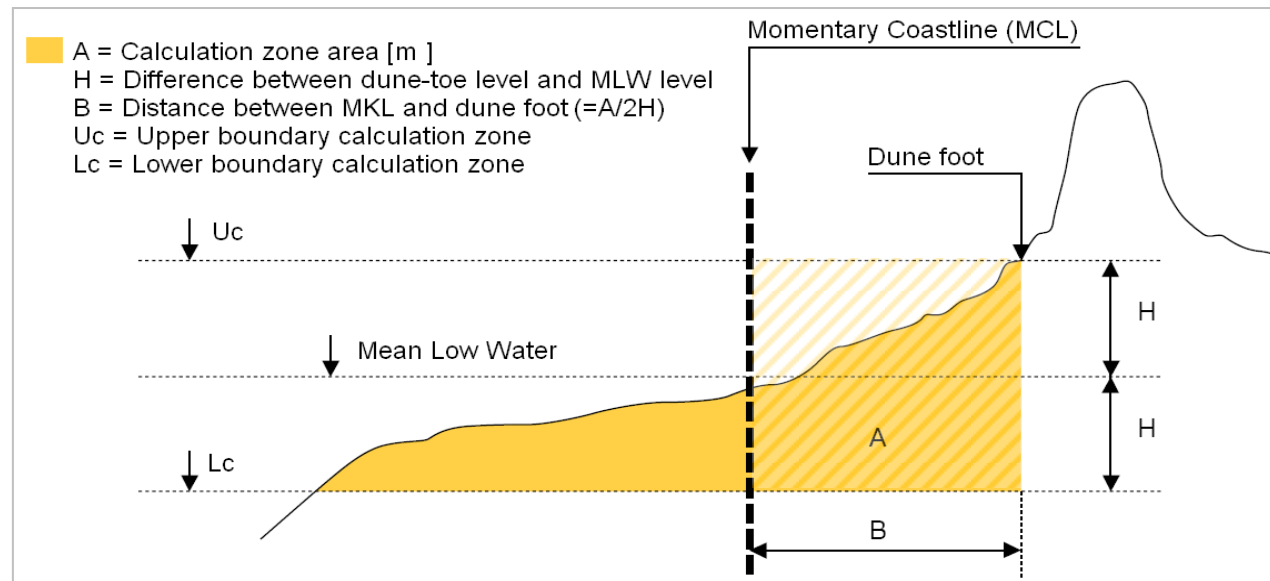
abbandonata la rappresentazione qualitativa in quanto insufficiente per un qualsiasi uso efficace. In questa prima versione dell'Atlante si è rappresentato l'effettivo spostamento medio (in metri) della linea di riva rilevato nei 6 anni trascorsi tra il 2005 ed il 2011. Nella prossima versione dell'Atlante si prevede di rappresentare il trend in termini di m/anno per rendere più omogenea la rappresentazione e più agevole il confronto tra i diversi periodi di osservazione.



Una differenza sostanziale tra la Kustlijnkaart e l'Atlante deriva dal sistema di rilevamento della morfologia costiera.

La Kustlijnkaart deriva da rilievi morfologici 3D (topografici e batimetrici) che, una volta rappresentati sottoforma di sezioni ogni 250 m, hanno consentito la determinazione di una linea fittizia (**Linea di costa momentanea MCL**) intesa come la distanza lato mare (B) da un elemento morfologico significativo (piede della duna) tale da racchiudere il volume di sabbia compreso tra la quota del piede della duna (H) e la batimetrica $-H$. Convenzionalmente è stato posto $H=3m$ sopra il l.m.m.

Questo sistema di calcolo della linea di costa è molto significativo in quanto si rende di fatto indipendente dalle oscillazioni planimetriche



periodiche o accidentali della linea di riva (profilo invernale - profilo estivo, maree, barometriche, ecc.) in quanto quest'ultima è direttamente riferita al volume della spiaggia emersa e sommersa intercettata dalla fascia $+H/-H$.

Tale approccio non si è potuto seguire in quanto le due linee di costa tracciate per l'Atlante derivano da rilievi planimetrici ed in particolare dalla foto satellitare QUICKBIRD (vedi Annesso 1) e da rilievi planimetrici eseguiti con GPS sul campo. La differenza tra le due linee di costa per la valutazione delle

variazioni, è stato calcolato con una procedura sviluppata dal Centro di Monitoraggio mediante le analisi delle diacroniche (vedi Annesso 2)

Altro elemento che non si è potuto derivare dalla Kusterlijnkaart è la valutazione del rapporto tra linea di riva (MCL) e **linea di base**. Quest'ultima viene definita una linea ideale sulla fascia costiera oltre la quale si è valutato che possa sussistere una criticità (pericolo per infrastrutture, insufficienza di spiaggia per gli usi previsti, ecc.). L'obiettivo è quindi non permettere agli arretramenti della linea di costa di superare verso terra la posizione della linea di base.

Tale confronto, evidenziato nella Kusterlijnkaart con istogrammi rossi (rosso pieno = arretramento oltre la linea di base, rosso reticolo = avanzamento ma con linea di riva momentanea MCL ancora dietro la linea di base) inserisce un nuovo significativo elemento di valutazione molto prossimo a quello che viene definito “rischio”. In effetti alla graficizzazione del “pericolo” (dimensione degli istogrammi di erosione) non corrisponde necessariamente un rischio per i beni esposti in quanto la linea di riva momentanea (MCL) potrebbe essere ancora ben distante dalla linea di base ovvero dai beni di interesse che risultano quindi ancora in sicurezza.

Tutti gli istogrammi in rosso evidenziano la sussistenza di un “rischio” (anche se viene rilevato un avanzamento) in quanto la linea di base si trova lato mare rispetto alla linea MCL e quindi i beni risultano esposti. Una graficizzazione di questo tipo aiuta ad evidenziare immediatamente le zone prioritarie di intervento.

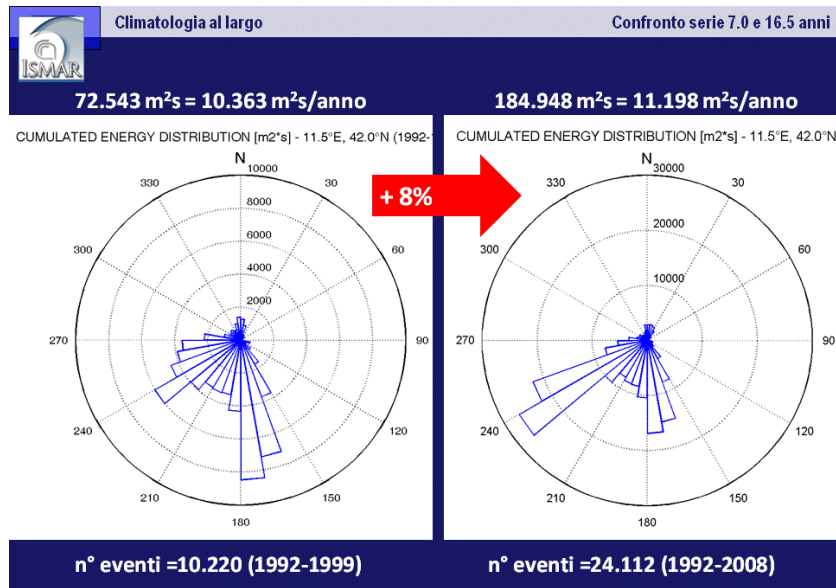
Per le coste della regione Lazio ancora non si è provveduto al tracciamento della Linea di Base che, rappresentando una linea di particolare importanza per le politiche di intervento, richiede una complessa concertazione in relazione ad una oggettiva complessità della costa laziale rispetto ad esempio a quella olandese.

3 La climatologia costiera

La climatologia costiera rappresenta un elemento fondamentale per la comprensione dei bilanci sedimentari litoranei in quanto “motore” della dinamica costiera dei sedimenti. La Regione Lazio dal 2001 ha voluto affrontare la definizione delle caratteristiche climatiche della costa laziale in modo omogeneo e sistematico, abbandonando la pratica di molteplici e differenti modellazioni predisposte ad hoc in occasione di ogni singola progettazione. Tale pratica non ha consentito una visione completa di questo aspetto che ha assunto nell’ultimo decennio un’importanza ancora più rilevante in ordine al monitoraggio dei cambiamenti climatici. Questi ultimi possono essere rilevati a scala regionale solo sulla base di lunghi periodi di osservazione, eseguiti con metodi omogenei che garantiscano una reale confrontabilità e capacità di apprezzamento delle modificazioni intervenute.

Con la prima Convenzione del 2001, l’istituto CNR- ISMAR (già ISGDM) determinò il clima meteomarinò al largo, sulla base di 7 anni di clima ondoso ricostruito (1992-1997) su 12 punti rappresentativi scelti sulla batimetrica –200 ed il clima sottocosta (sino ai limiti della fascia attiva litoranea) trasferito mediante un modello spettrale di generazione e propagazione del moto ondoso (SWAN), appositamente sviluppato per la propagazione in acque basse. Gli “eventi esaminati” corrispondono alle caratteristiche ondometriche esaorarie calcolate per i 7 anni ricostruiti ($4 \times 365 \times 7 = 10.220$). Gli elementi di base per il calcolo ed i grafici sono riportati nell’Annesso 3.

Successivamente è stata avviata con lo stesso Istituto la Convenzione del 2009 di aggiornamento ed integrazione dal titolo “*Climatologia delle Coste del Lazio per la Determinazione delle Correlazioni tra Clima Marino e presenza di Posidonia Oceanica mediante simulazioni da Modello, ricerca dei budget sedimentari e stime a grande scala delle dinamiche del Trasporto Solido Litoraneo*”. I risultati di questa seconda Convenzione sono ancora in fase di elaborazione. In questo caso è stato determinato il clima meteomarinò al largo, sulla base di 12 punti della rete del Centro Meteorologico Europeo (ECMWF) che vengono utilizzati per il modello di calcolo del moto ondoso (WAM) operativo dal 1992. Il clima ondoso così determinato è stato trasferito sulla batimetrica –100 in corrispondenza di 14 punti. Gli “eventi esaminati” in questo caso corrispondono alle caratteristiche ondometriche esaorarie calcolate per circa 17 anni ricostruiti (24112). Tale estensione della base dei dati ha consentito di rilevare apprezzabili modificazioni sulle condizioni climatiche medie che potranno essere meglio interpretate con il proseguimento delle osservazioni e, nel caso, attribuite a degli effettivi cambiamenti climatici.



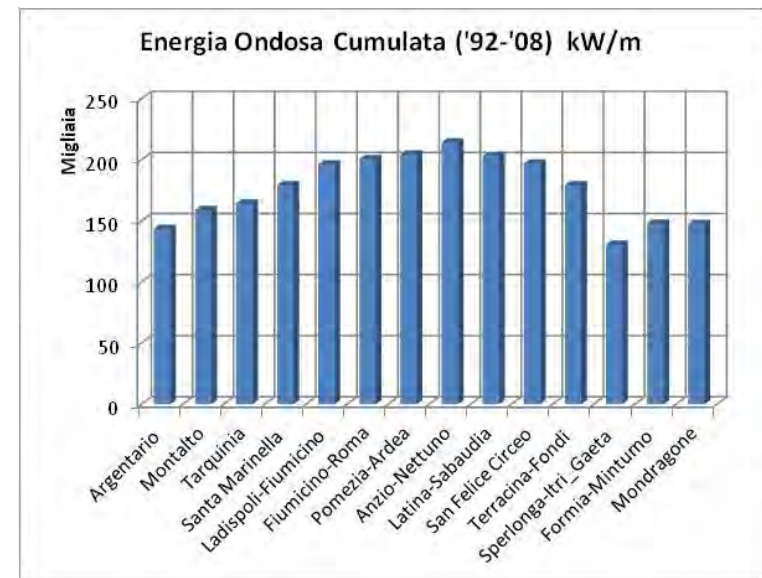
Ad esempio, dal confronto tra le due successive analisi storiche, risulta particolarmente significativo non solo l'incremento di energia ondosa incidente (+8%) ma anche la netta variazione dei settori di maggiore intensità con prevalenza di ondate da W-SW (Ponente-Libeccio) rispetto a S-SE (Scirocco).

Solo abbandonando definitivamente l'uso di "climatologie ad hoc" per ogni singolo progetto e sviluppando confronti tra differenti metodologie ed altre Regioni del mediterraneo e rendendo costante l'osservazione della climatologia costiera, si potrà raggiungere una consapevolezza circa la reale ed apprezzabile influenza dei cambiamenti climatici.

Altro elemento importante che è possibile derivare solo da sistemi organici di valutazione del clima ondoso su ambiti regionali è la confrontabilità tra le energie effettivamente incidenti sulle diverse zone costiere. Questa analisi aiuta a comprendere le

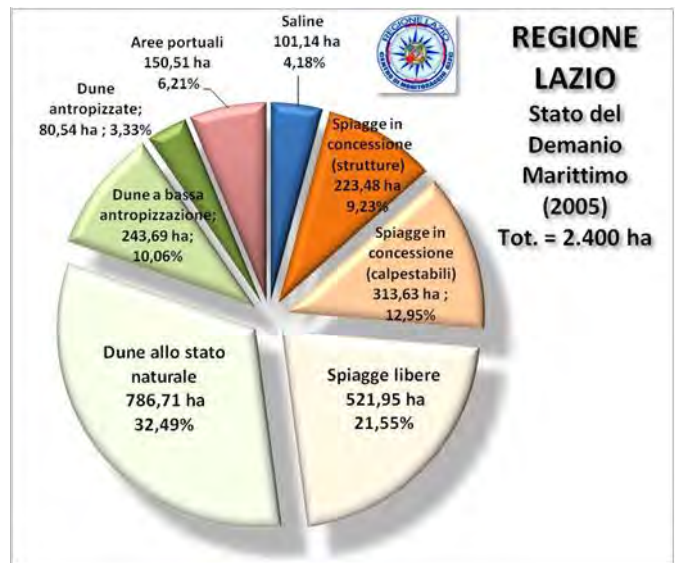
dinamiche morfologiche come ad esempio mostra il grafico sottostante, dove è evidente, a parità di altre condizioni, un maggiore impatto energetico sulle coste centrali del Lazio.

Tali elementi di conoscenza nel loro insieme sono indispensabili per rispondere efficacemente a quanto richiesto dalla Direttiva Comunitaria 2007/60/CE "Valutazione e Gestione dei Rischi di Alluvioni", convertita nel D.Lgs. n. 49/2010, che richiede la rappresentazione del pericolo di inondazione anche sulle zone costiere su scenari di breve, medio e lungo periodo.



4 Valutazioni globali sul bilancio sedimentario

4.1 L'impatto economico delle spiagge



La finalità di una valutazione affidabile e periodica delle variazioni morfologiche delle fasce litoranee è legata a numerosi obiettivi istituzionali tra cui la conservazione del patrimonio naturale e paesaggistico. Tuttavia è importante delineare anche quello che è l'impatto economico diretto delle variazioni morfologiche litoranee in quanto tale strumento di valutazione risulta molto spesso di più immediata percezione e quindi di maggiore efficacia nelle scelte di governance di questa fascia territoriale.

Il patrimonio di spiaggia emersa e dune della Regione Lazio è di circa 2.200 ettari, distinto come risulta dal grafico a torta riportato (2005) e distribuito sui circa 220 Km di costa sabbiosa cui può essere attribuita quindi una larghezza media teorica di approssimativamente 100 m. Le spiagge "fruibili" dal punto di vista turistico (ad esclusione quindi delle dune) si estendono per circa 1.000 ha e quindi la larghezza media si riduce a poco più di 40 m.

"Il turismo balneare è il secondo prodotto turistico per consumi turistici dopo quello delle città d'arte con un impatto economico stimabile intorno ai 17 miliardi e 574 milioni di euro²" di cui la Regione Lazio assorbe il 2,8% con un indotto di circa 490 milioni di euro all'anno (dati 2008). Tale indotto economico corrisponde a circa lo 0,3% dell'intero PIL-Lazio ed all'1,3% del PIL del settore commerciale. L'insieme dei **litorali laziali rappresenta un bene in grado quindi di produrre circa 48 €/m²** e di costituire quindi un bene economico diretto del valore capitale specifico di circa 1.600 €/m² (al

² Unioncamere "Il Turismo Balneare" ISNART Ottobre 2009

tasso di interesse del 3%). Questi dati sono confermati da studi condotti nell’ambito dei progetti europei BEACHMED (Rapporti Tecnici - Quaderno Tecnico C - 2004, www.beachmed.eu) e BEACHMED-e (Sottoprogetto ICZM - Phase B Report – 2006, www.beachme.eu).

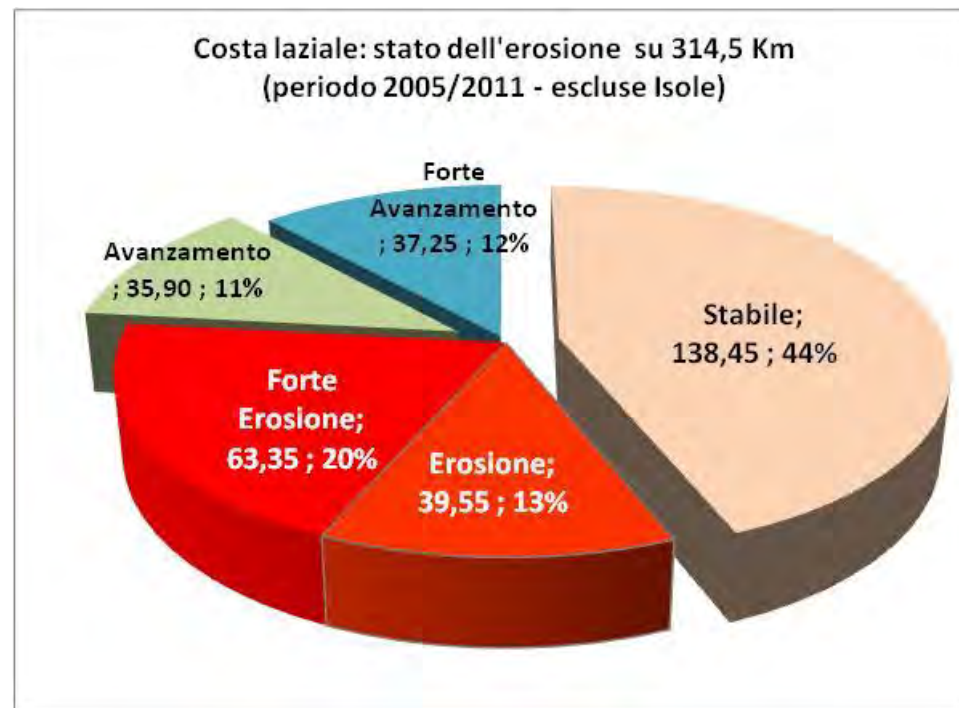
4.2 Le stime globali delle variazioni morfologiche

Sulla base dei dati raccolti in corrispondenza di ciascuna progressiva della linea di costa 2005 (estesa per 314,5 km escluse isole), sono state effettuate numerose elaborazioni.

Una prima stima della dinamica costiera laziale può essere desunta dalle percentuali dei tratti in condizione di stabilità, in erosione o forte erosione (>10 m³/anno per metro di costa), avanzamento o forte avanzamento (>10 m³/anno per metro di costa). La soglia dei 10 m³/anno è stata adottata perché rappresenta un valore indicativo della “cronicità” del dinamica. Valori di soglia adottati ad esempio dalla Regione Emilia Romagna di 5 m³/anno (modello ASPE) risultano troppo esigui per le nostre coste e, se adottato, porterebbe ad un’assoluta prevalenza di Forte Erosione su Erosione a discapito di una efficace distinzione delle diverse intensità del fenomeno.

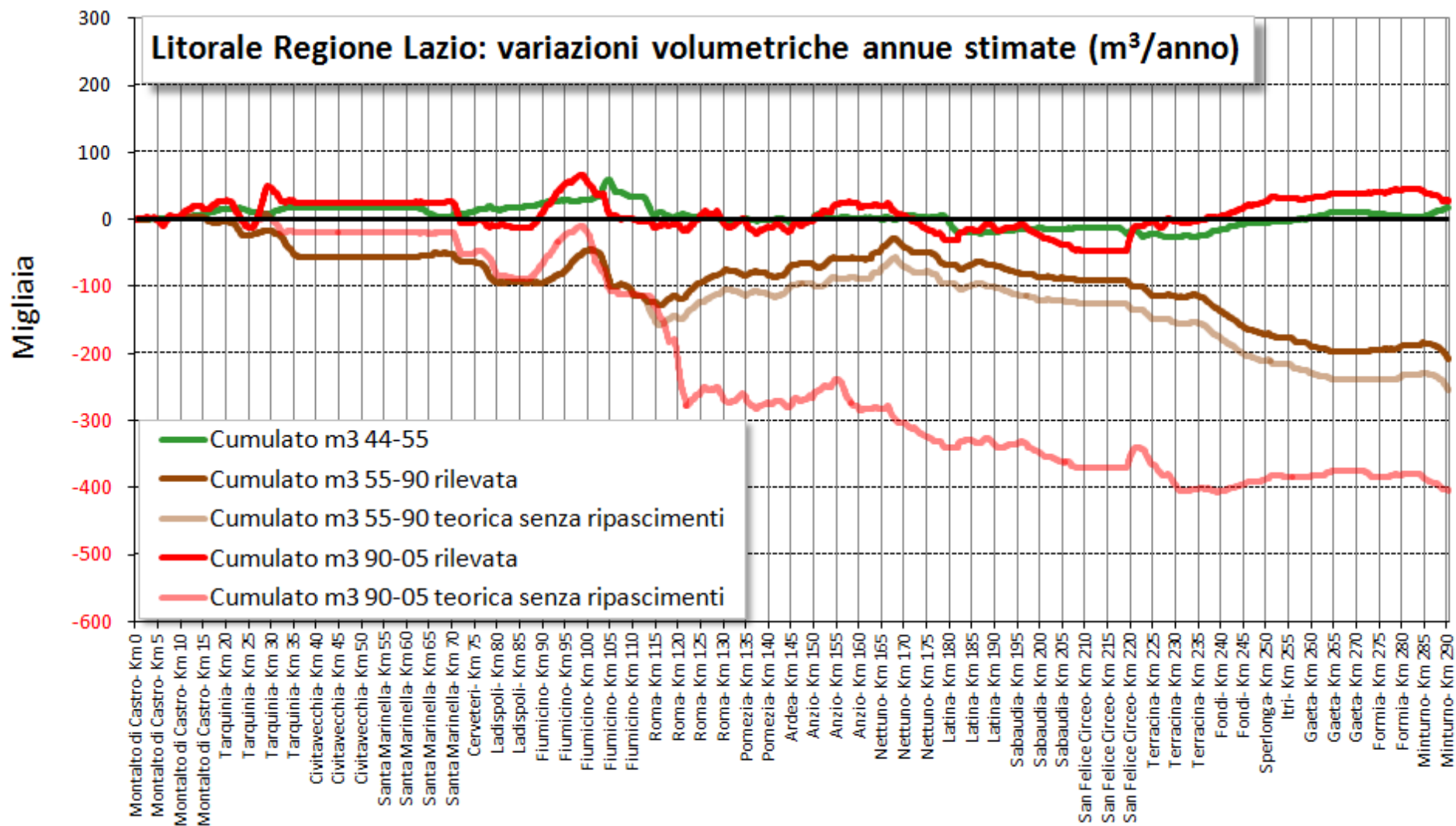
Di particolare aiuto per comprendere come le dinamiche globali si distribuiscono lungo i diversi tratti di costa è lo studio delle curve cumulate delle variazioni areali tra linee di costa. A tale scopo sono state costruite le curve che illustrano in forma cumulata, le variazioni in avanzamento (tratti ascendenti) ed in arretramento (tratti discendenti) delle coste laziali.

Alla fine dei grafici risulta il bilancio globale delle variazioni morfologiche litoranee che sono state rappresentate in termini volumetrici moltiplicando le variazioni areali per il fattore 7,5 che è stato assunto quale altezza in metri della spiaggia attiva (berma + profondità di chiusura).



Nel primo grafico nella pagina successiva si rappresentano le variazioni volumetriche di tre periodi “storici” di diversa durata (rispettivamente 11, 35 e 15 anni) resi tuttavia confrontabili in quanto i valori sono stati espressi come trend annui:

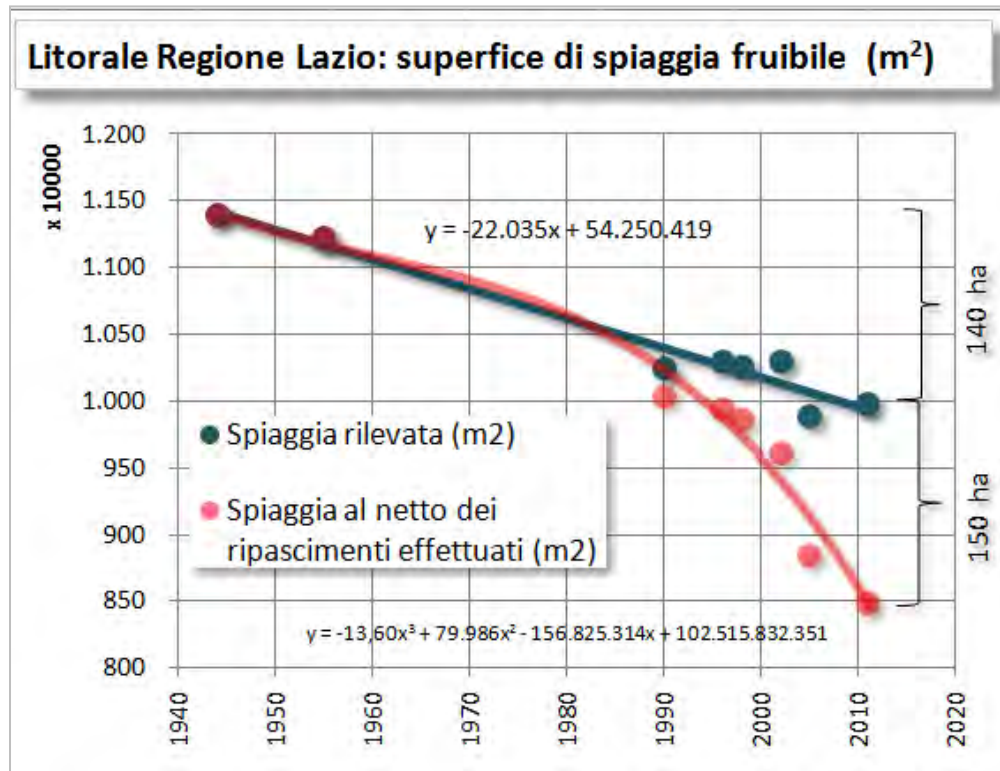
- 1944-1955 (linea verde): le variazioni in questo periodo post-bellico sono limitate ed il bilancio finale è positivo con circa 18.000 m³/anno di apporto che negli 11 anni trascorsi equivalgono a circa 200.000 m³ di apporto e ad un avanzamento della spiaggia stimabile in circa 2,6 ettari (sugli oltre 1.100 ha esistenti nel 1944). Questi valori così contenuti possono essere interpretati più correttamente come un sostanziale equilibrio.
- 1955-1990 (linea bruna): è evidente l’inizio di un deficit di sedimento particolarmente marcato in corrispondenza della foce del Tevere (Fiumicino-Roma) che inizia a “smontarsi” per effetto di quanto già avvenuto nell’entroterra negli anni della ricostruzione (prelievo inerti per la fase di ricostruzione, realizzazione della diga di Corbara, ecc.). Il deficit globale risulta di circa 200.000 m³/anno. Tuttavia è stata riprodotta anche la linea cumulata teorica (linea bruna chiara) dedotta sottraendo i volumi dei primi ripascimenti effettuati in questo arco temporale (Ostia del Min. LL.PP., Latina, Sabaudia, Terracina e Formia della Regione Lazio). Dall’esame di questa curva, il deficit globale risulta di 250.000 m³/anno che nei 35 anni trascorsi equivalgono a 8,75 milioni m³ di perdita e ad un arretramento della spiaggia stimabile in circa 117 ettari (sugli oltre 1.100 ha esistenti nel 1944). In linea di massima si può quindi affermare che circa il 10% del patrimonio di spiagge laziali fu perso in questo periodo. I primi interventi di ripascimento effettuati tra il 1985 ed il 1990 (per circa 1,5 milioni di m³) testimoniano il livello di allarme raggiunto.
- 1990-2005 (linea rossa): dal confronto di queste due annualità appare un bilancio positivo di circa 25.000 m³/anno che, nei 15 anni trascorsi, equivalgono a circa 375.000 m³ di apporto e ad un avanzamento della spiaggia stimabile in circa 5,0 ettari. La spiegazione di tale apparente inversione di tendenza è legata al massiccio intervento di ripascimenti messo in opera in questi anni (circa 6,5 milioni di m³) grazie all’uso, a partire dal 1999, di cave marine a basso costo, basso impatto ambientale e veloce esecuzione (dragaggio e ripascimento via mare). In effetti sottraendo i volumi artificialmente apportati, si ottiene la linea cumulata teorica (linea rossa chiara) che evidenzia un molto più verosimile trend negativo di oltre 400.000 m³/anno che nei 15 anni trascorsi equivalgono a 6,0 milioni m³ di perdita e ad una potenziale erosione della spiaggia stimabile in circa 80 ettari. In sostanza i ripascimenti realizzati hanno consentito non solo di tamponare un fenomeno erosivo che avrebbe compromesso un altro 8% del patrimonio di spiagge laziali, ma anche un parziale recupero. Ovviamente tali valori globali devono essere poi rapportati alle singole situazioni dove tali statistiche non possono essere semplicemente “spalmate” uniformemente. In particolare si evidenzia che la “forchetta” più ampia tra linea rilevata e linea teorica si manifesta in corrispondenza del Tevere, dove tra il 1999 ed il 2005 sono stati apportati circa 100.000 m³/anno.



Nel secondo grafico della pagina seguente, si riportano analoghe linee cumulate ma calcolate per l'ultimo periodo di osservazione 2005-2011.

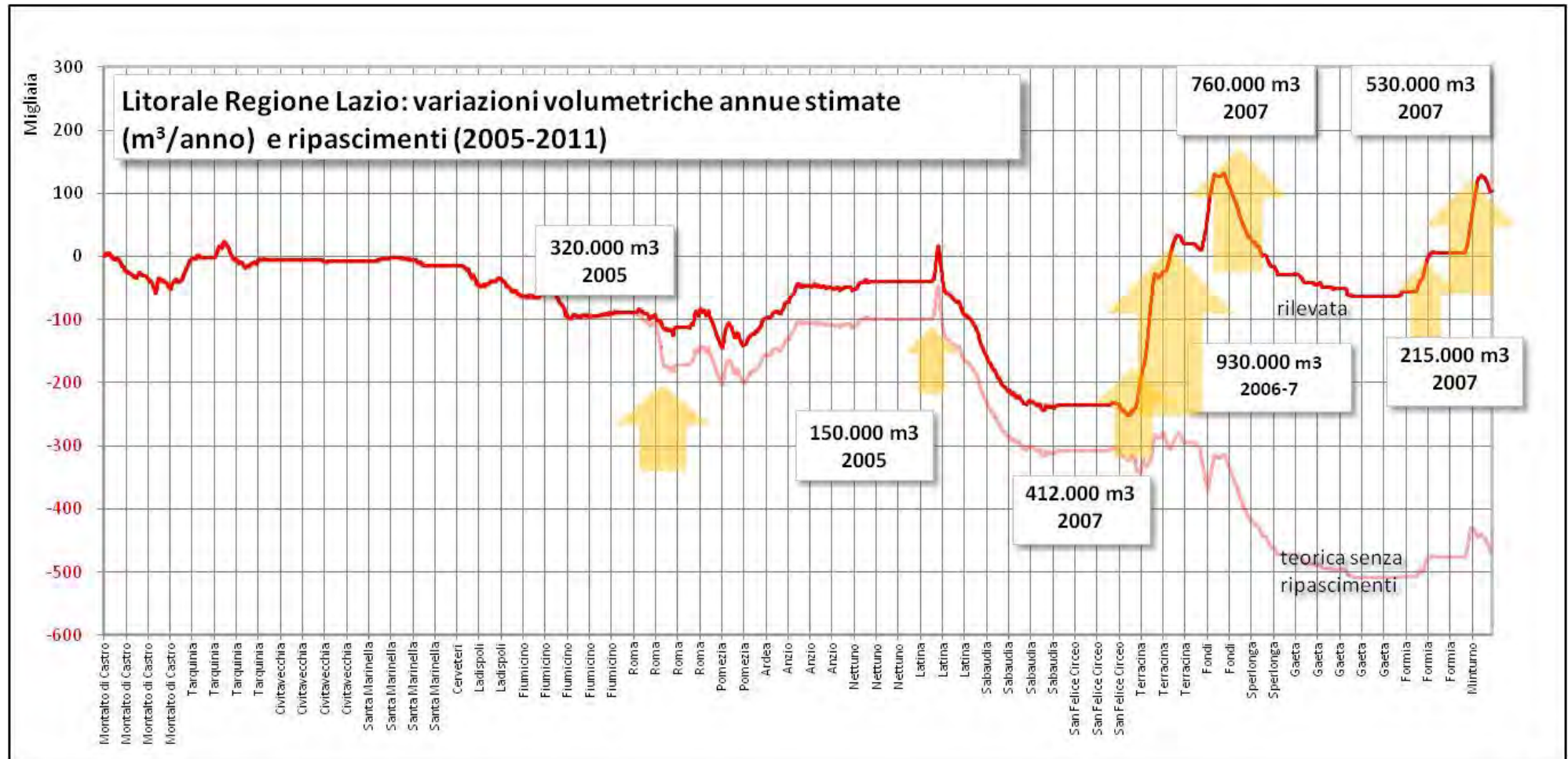
In questo periodo la linea rilevata (rossa) evidenzia un bilancio finale con un trend ancora più positivo di circa 100.000 m³/anno pari ad un apporto apparente complessivo di 600.000 m³ equivalente a circa 8 ha di spiaggia in più. Questi incrementi di superficie sono particolarmente rilevabili nel pontino (Terracina, Fondi, Formia, Minturno) dove tra il 2006 ed il 2007 furono in effetti realizzati importanti interventi di ripascimento, come evidenziato nel grafico.

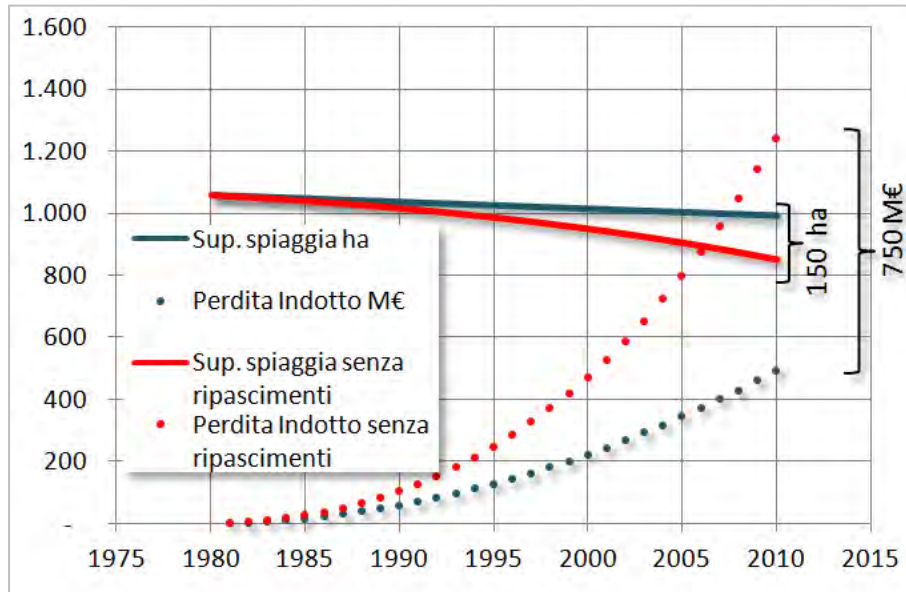
Sottraendo i volumi di ripascimento alla linea rilevata, si ottiene la linea teorica (rosso chiaro) che rappresenta una realtà ben più critica con un trend negativo globale di circa 465.000 m³/anno pari a un deficit globale di 2,8 milioni di m³ che avrebbe corrisposto ad un'ulteriore perdita di 37 ha di spiaggia.



Questi risultati, rappresentati nel loro complesso in termini di superficie di spiaggia erosa, mettono in evidenza questi punti:

- Dal 1944 sono stati persi circa 140 ettari di spiaggia che equivalgono a circa il 13% del patrimonio di spiaggia esistente.
- Il trend di perdita di superficie di spiaggia rilevato tra il 1944 ed il 2011 appare lineare e pari a 2,5 ha/anno (187.500 m³/anno).
- Tuttavia sottraendo le superfici di spiaggia generate con i ripascimenti effettuati, si ottiene una stima dell'erosione teorica netta con un trend più accentuato negli ultimi 30 anni. Tale andamento appare molto più verosimile rispetto alle condizioni riscontrate ed a come si sono sviluppati i fattori che concorrono a questo fenomeno. L'attuale trend teorico netto (2005-2011), peraltro del tutto simile a quello registrato nel periodo 1990-2005 a conferma della stabilità dei risultati, è di circa 6 ha/anno (450.000 m³/anno).





In termini pratici, i ripascimenti effettuati dagli anni '80 in poi (circa 11 milioni di m³) hanno contrastato l'erosione ripristinando ad oggi circa 150 ha di spiagge che altrimenti sarebbero andate perse. **L'indotto economico cumulato in 30 anni derivato da una tale superficie di spiaggia, salvaguardata nel tempo attraverso i ripascimenti, è stimabile in ca. 750 milioni di euro** sulla base di un'analisi dei flussi di cassa.

Tale beneficio complessivo è da confrontare con il costo complessivo degli interventi che, attualizzato al 2012, risulta dell'ordine di 112 milioni di €.

Il rapporto costi/benefici tra quanto speso in 30 anni e quanto prodotto in termini di indotto economico risulta quindi pari a 0,15.

A tale obiettivo beneficio economico, andato in gran parte a vantaggio dei concessionari balneari, non è purtroppo corrisposta quella partecipazione

contributiva da parte di quest'ultimi che, ai sensi dell'art. 33 della LR 53/98, avrebbero dovuto garantire, assieme ai Comuni, alla manutenzione dei ripascimenti nel corso di questi anni.

5 Conclusioni

Questa prima versione dell'Atlante della Dinamica Costiera è destinata ad una serie di integrazioni sia per quel che riguarda il sistema di rappresentazione che la tipologia di elaborazioni svolte che verranno implementate nelle successive edizioni. Si è peraltro deciso di arrivare alla pubblicazione di questi dati per presentare nuove forme di rappresentazione delle dinamiche costiere e per avviare quanto prima un processo di verifica e confronto .

La consapevolezza delle condizioni dinamiche dei diversi tratti di costa (ora disponibili anche sul Web-Gis del sito www.cmgizc.info) consentono a tutti gli operatori, pubblici e privati, di riconoscersi nel proprio territorio e di valutare più attentamente quanto in corso di trasformazione.

I bilanci globali che si sono potuti sviluppare tramite la costante osservazione delle foto aeree e delle foto satellitari, integrate dalle rilevazioni GPS a terra, hanno consentito quella visione d'insieme in termini territoriali e storici che è indispensabile per una reale consapevolezza dei fenomeni e per le conseguenti fasi decisionali. Le "Linee Guida per la Difesa della Costa Laziale" che dovranno essere predisposte nell'immediato futuro, possono partire da delle basi solide e documentate e da un'esperienza di interventi sul territorio che è unica rispetto a tutte le coste italiane soprattutto per quel che riguarda gli interventi di ripascimento. Un primo contributo di carattere che l'Atlante è già in grado di dare alla prossima stesura delle Linee Guida, può essere espresso dalla seguenti osservazioni scaturite dal testo dei paragrafi precedenti:

- **definizione dei criteri per il tracciamento della Linea di Base quale strumento indispensabile e di indubbia efficacia per la pianificazione.**
- **adozione di un sistema organico per la rilevazione della climatologia costiera basato sulla sistematicità a lungo periodo, il confronto scientifico ed il confronto regionale in ambito Mediterraneo al fine di rispondere adeguatamente alla pianificazione delle zone costiere .**
- **perfezionamento ed adozione come standard di verifica delle analisi tecnico-economiche a scala regionale, con approfondimenti su singoli ambiti dove potranno essere messe in evidenza le singolarità locali e le relative effettive convenienze tra i diversi tipi di intervento.**

La quantità di informazioni raccolte dal Centro di Monitoraggio per la Gestione Integrata delle Zone Costiere della Regione Lazio è considerevole e la lettura di tale Atlante potrà essere a breve efficacemente integrata con il Catalogo delle Opere Costiere del Lazio che aiuterà ulteriormente la comprensione di quanto avvenuto lungo le coste.

Strumento indispensabile di comunicazione rimane tuttavia il sito www.cmgizc.info su cui possono essere consultati tutti gli studi citati dal presente Atlante e dove è possibile tenersi aggiornati circa le attività in corso da parte del Centro.



ATLANTE della Dinamica Costiera

ANNESI

6 ANNESSO 1 - ANALISI DELLA FASCIA COSTIERA CON DATI SATELLITARI AD ALTA RISOLUZIONE QUICKBIRD (Conv. Telespazio 2005) – Estratto Relazione Conclusiva

Nell'ambito del Progetto di Monitoraggio delle coste laziali sono state acquisite immagini Quickbird II relative all'intero tratto di costa, per un'estensione di 2.5 km dalla linea di riva sia in direzione del mare che verso l'entroterra. Le immagini sono state acquisite dalla Regione Lazio tramite Telespazio dalla Digital Globe, istituto che gestisce il satellite Quickbird II. Le immagini QuickBird sono, fra quelle satellitari ad alta risoluzione ad oggi disponibili sul mercato, quelle che presentano la migliore risoluzione geometrica (0,61 m) e le maggiori dimensioni per singola frame di acquisizione simultanea, sia per il pancromatico che per il multispettrale (16,5x16,5 Km al nadir). DigitalGlobe, la società proprietaria del satellite, distribuisce prodotti diversificati, in funzione delle finalità applicative del dato satellitare.

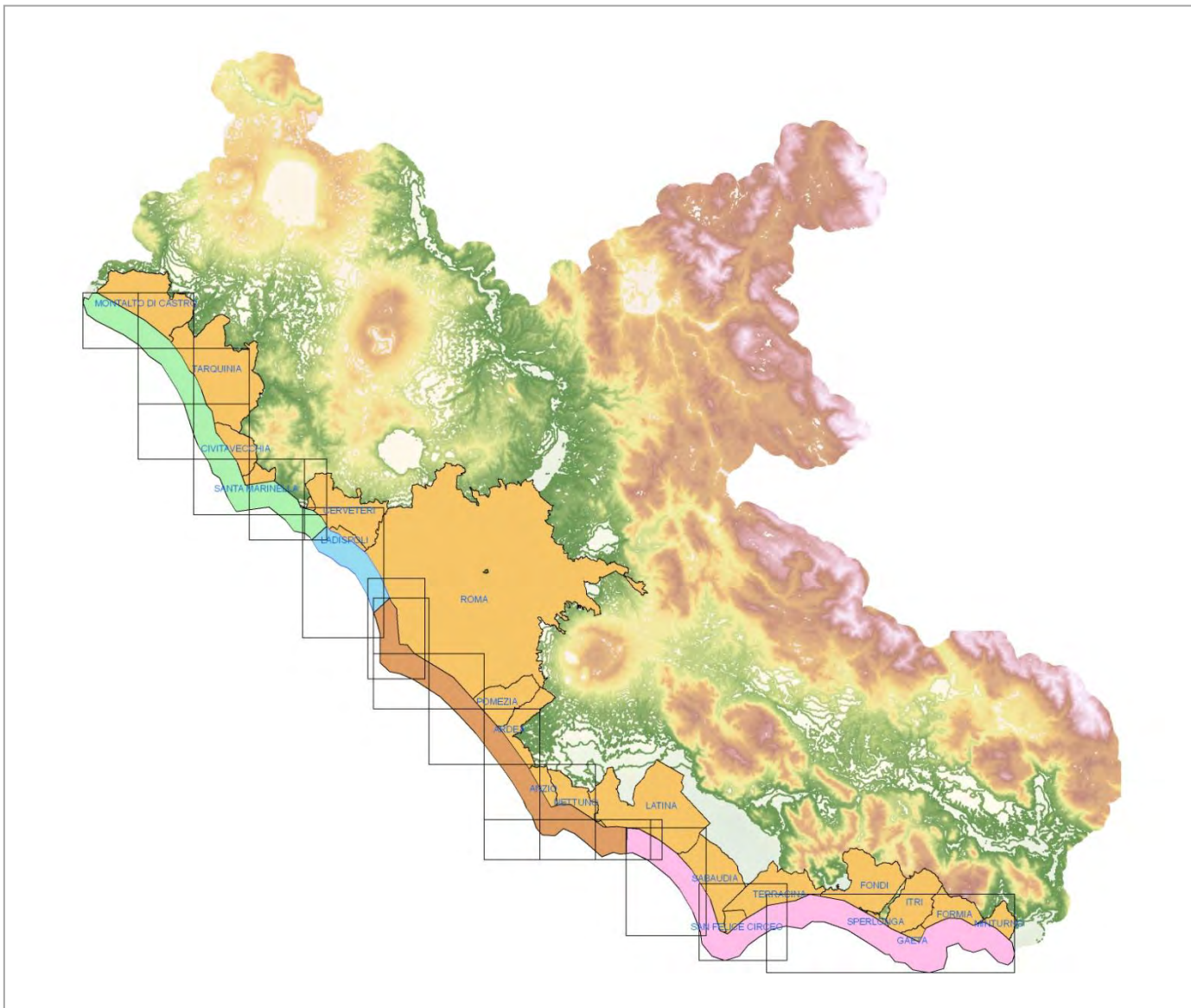
Per la fornitura adeguata alle necessità della Regione Lazio (Area Difesa del Suolo – Osservatorio Regionale dei Litorali) si è ritenuto opportuno acquisire e generare le ortoimmagini QuickBird a partire dai livelli di prodotto "Standard Ortho Ready".

Le nuove acquisizioni in questa modalità consentono di attivare aree con superficie minima poligonale di 64 kmq per ogni frame, scartando le zone al di fuori della fascia costiera di interesse.

Il prodotto Standard Ortho Ready subisce correzioni radiometriche e di sensore, ed è stato pre-processato geometricamente senza però impiegare un DEM; una volta acquisita tutta la copertura le singole frame sono state processate geometricamente con approccio basato sugli RPCs (Rational Polynomial Coefficients).

Le modalità geometrico-spettrali che il Dipartimento Difesa Suolo potrà selezionare per le proprie attività sono:

- pancromatico, una banda 0.6 m di risoluzione (16bit)
- multispettrale, 4 bande 2.4 m di risoluzione (16bit)
- data fusion 3B, 3 bande, colori naturali 0.6 m di risoluzione (8bit) tagliata su CTR
- data fusion 4B, 4 bande, naturali e falso colore, 0.6 m di risoluzione (16 bit)
- bundle, pacchetto costituito sia dal pancromatico che dal multispettrale sopra descritti che consente la massima variabilità delle opzioni applicative (pan, multispettrale "in purezza", in fusione colori naturali, in fusione falsi colori)



Le acquisizioni sono state realizzate privilegiando angoli di ripresa rispetto alla verticale compresi tra 0 e 15 gradi, in modo da porsi il più possibile in condizioni tali da garantire i migliori risultati di accuratezza nella successiva fase di ortorettificazione.

Il prodotto finale è quindi una base dati costituita da immagini riprese dal satellite QuickBird, a colori naturali, in fusione con risoluzione 0.6 m, ortorettificate, a copertura delle aree di maggiore significato e interesse del Dipartimento Difesa Suolo e cioè dove l'aggiornamento appare più necessario e funzionale alle politiche regionali di monitoraggio costiero.

IMMAGINE	DATA	COMUNI	ANTEPRIMA
ORTHO 120 ORTHO 130 ORTHO 140 ORTHO 150 ORTHO 160	26/06/05	MONTALTO DI CASTRO TARQUINIA SANTA MARINELLA CERVETERI	
ORTHO 100 ORTHO 110 ORTHO 040 ORTHO 050	03/06/05	CERVETERI LADISPOLI ROMA	
ORTHO 060 ORTHO 070 ORTHO 080 ORTHO 090	22/07/2005	ROMA POMEZIA ARDEA ANZIO NETTUNO LATINA	
ORTHO 170 ORTHO 180 ORTHO 030 ORTHO 020 ORTHO 010	11/06/05	SABAUDIA SAN FELICE CIRCEO TERRACINA SPERLONGA ITRI GAETA FORMIA	

7 ANNESSO 2 - LE ANALISI DIACRONICHE DELLA COSTA LAZIALE

Nei documenti elaborati nel passato dalla Regione Lazio, l'analisi dello stato delle coste era stato fatto in riferimento all'*Atlante delle Spiagge Italiane* del CNR datato 1981 e sulla base dei dati estrapolati da singoli studi eseguiti lungo il litorale.

E' apparso subito evidente che per una pianificazione degli interventi, oltre ad una valutazione qualitativa degli arretramenti dei litorali, era necessario uno strumento conoscitivo più avanzato con le seguenti caratteristiche minime:

1. aggiornabilità
2. stima numerica degli arretramenti
3. valenza generale ed uniforme per tutto l'arco costiero laziale

Il sistema adottato è quello delle analisi diacroniche delle linee di costa individuate da foto aeree/satellitari o rilievi sul campo con GPS eseguiti con specifiche campagne. Attualmente le basi utilizzate per il tracciamento delle linee di riva sull'intero arco di litorale sono le seguenti:

- a) Foto aeree volo RAF 1943-44
- b) Foto aeree volo SARA 1955
- c) Foto aeree studio RILTER 1992
- d) Foto aeree regionali 1994
- e) Foto aeree AIMA 1996
- f) Foto CGR Regione Lazio 1998
- g) Foto aeree AGEA 2002
- h) Foto da satellite ad alta risoluzione QuickBird 2005
- i) Rilievo GPS 2011

Una volta verificata la congruità delle basi mediante opportuna ortorettificazione e georeferenziazione, si è proceduto al tracciamento delle linee di costa ed alla individuazione di punti progressivi (ogni 50 m) sulla linea di costa QuickBird 2005 considerata come riferimento.

La determinazione degli scostamenti delle linee di riva estrapolate dalle basi sopra indicate rispetto alla linea individuata di riferimento è stata effettuata con un algoritmo di calcolo elaborato internamente. Per tener conto delle irregolarità della linea di riva si è preferito non utilizzare i sistemi basati sulle perpendicolari alla linea di riferimento (che talvolta diventano eccessivamente oblique rispetto alle linee di confronto) ma bensì calcolare lo scostamento basato sul raggio del cerchio con centro sul punto progressivo e tangente alla linea analizzata. Il tracciamento delle linee

di costa è stato effettuato con l'inserimento anche delle sagome delle infrastrutture esistenti (porti, pontili, ecc.) e questo per stabilire uno standard ed evitare interpretazioni soggettive nei tracciamenti successivi.



Montaggio della linea di costa



Calcolo dei discostamenti

I limiti del sistema sono legati alle distorsioni delle basi impiegate, all'approssimazione del tracciamento delle linee ed all'algoritmo di calcolo degli scostamenti (metodo del cerchio tangente).

Peraltro i dati ottenuti sono stati verificati con altre fonti con esiti confermati dalla realtà territoriale e sono stati verificati anche con i ripascimenti effettuati nel periodo di interesse.

Per garantire l'aggiornabilità del sistema di analisi è inoltre prevista, nel piano delle attività di studio, l'acquisizione periodica di ulteriori immagini satellitari ad alta risoluzione e l'adozione di programmi automatici per il calcolo degli scostamenti.

Sperimentazioni in questo senso sono state condotte nell'ambito di diversi progetti europei (BEACHMED, BEACHMED-e) ma con esiti non del tutto soddisfacenti in quanto la verifica "a mano" ed il controllo diretto della linea di riva acquisita rappresenta un passaggio indispensabile e da eseguire con una tale accuratezza da ridurre fortemente l'utilità di una procedura automatica.

Un altro campo di sviluppo promettente è il rilievo topo-batimetrico con tecniche LIDAR. Attualmente (2009) la Regione Lazio ha stipulato una convenzione con l'ISPRA per la verifica di questo tipo di rilievo realizzato in forma sperimentale per circa 90 Km della costa laziale e sono ancora in corso valutazioni a riguardo (consultabili sui bollettini pubblicati su www.cmgizc.info).

8 ANNESSO 3 - DETERMINAZIONE DEL CLIMA METEO-MARINO A LARGO DELLA COSTA DEL LAZIO E DEL CLIMA METEO-MARINO LOCALE IN CORRISPONDENZA DEI LITORALI DI INTERESSE (CNR-ISMAR) – Estratto Rapporto

(Il rapporto completo è scaricabile dal sito www.cmgizc.info)

8.1 Descrizione dello Studio

Obiettivo dello studio è stato ricostruzione del clima meteomarinico al largo delle coste del Lazio ed il suo trasferimento sottocosta in corrispondenza di siti di interesse individuati dall' Ente Regione Lazio.

Per una corretta analisi della dinamica dei sedimenti costieri e per una efficiente programmazione di eventuali interventi per la sua gestione, è di fondamentale importanza la conoscenza del clima meteomarinico del paraggio, dal quale inferire le forzanti del trasporto solido litoraneo.

Il presente rapporto descrive le attività completate, relative alla raccolta dei dati di clima marino necessari allo sviluppo delle successive fasi di studio. Salvo i tradizionali rapporti visivi, esistono attualmente tre fonti di dati di moto ondoso: le misure effettuate in loco, le rilevazioni mediante strumenti satellitari ed i risultati dei modelli numerici che operano presso i maggiori centri meteo-oceanografici.

Le caratteristiche di questi strumenti, e quindi dei dati ottenuti, sono fra loro complementari. I modelli sono di gran lunga la sorgente più abbondante e completa, fornendo, ad intervalli regolari e con una grande densità spaziale, una grossa mole di informazioni. Possono tuttavia avere problemi di accuratezza, particolarmente in alcune zone. La soluzione è allora data dalla loro verifica ed eventuale taratura tramite i dati da satellite.

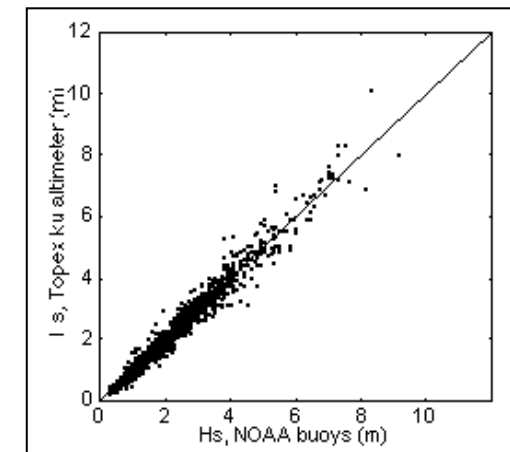


Figura 1. Confronto delle altezze significative ottenute dal Topex e le boe NOAA per 1,365 eventi concomitanti (da Krogstad and Barstow, 1999).

Questi offrono una copertura spaziale altrettanto estesa, anche se non con la stessa densità e frequenza, limitazione compensata dalla loro accuratezza. Le boe ondometriche sono la sorgente più precisa, ma hanno il difetto della loro scarsità, e, salvo poche eccezioni, di una frequente limitazione temporale. L'ottimizzazione del complesso di informazioni si può ottenere usando i dati delle boe per validare i dati da satellite, ed usando poi questi ultimi per il controllo e l'eventuale taratura dei dati da modello.

La Figura 1 riporta il confronto tra dati da satellite e dati da boe, mostrando come oggi i dati da satellite abbiano raggiunto una accuratezza paragonabile a quella delle boe. La Figura 2 mostra come il modello di generazione e propagazione di moto ondoso WAM, operativo al Centro Europeo per le Previsioni a Medio Termine di Reading (UK), riproduce dati del satellite TOPEX.

Per lo scopo del presente studio il punto fondamentale è che l'insieme di queste tre sorgenti di dati porta all'informazione più completa possibile oggi disponibile. La sorgente base per i dati di modello è stato il Centro

Meteorologico Europeo (ECMWF), dove un sofisticato modello per il calcolo del moto ondoso (WAM) è operativo dal 1992 (Janssen, 1994). Il modello è stato implementato su scala Mediterranea. La risoluzione del modello è stata progressivamente aumentata nel tempo.

Il database scelto come punto di partenza per il presente studio è fornito dall'ECMWF su una serie di punti uniformemente distribuiti con un intervallo di 0.5 gradi geografici (55 km in latitudine; in longitudine l'intervallo dipende dalla posizione geografica). Un esempio della distribuzione dei punti è fornito dalla Figura 3, che mostra la loro distribuzione per il Mediterraneo Occidentale.

Prima di essere trasferite ai punti prescelti, le

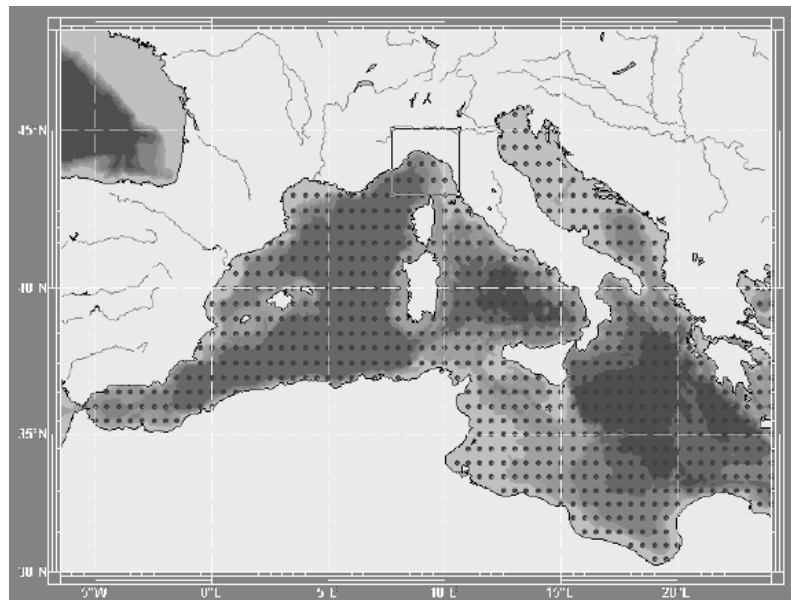


Figura 3 – Mediterraneo Occidentale. Distribuzione dei punti WAM. Il loro intervallo è 0.5 gradi geografici.

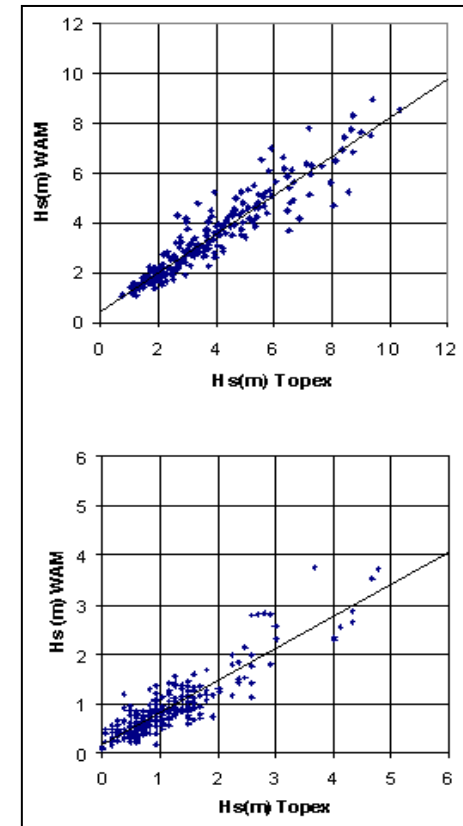


Figura 2. Confronto tra le altezze significative calcolate dal modello WAM (y) e i dati del satellite TOPEX (x) : in alto la costa ovest dell'Irlanda e in basso un punto del Mediterraneo al largo della Libia (da Mørk and Barstow, 1998a e 1998b).

serie temporali esaorarie derivate dal modello WAM sono state raffrontate con dati di boe e calibrate mediante dati da satellite.

Gli unici dati di boe disponibili con una copertura temporale paragonabile al periodo di indagine sono quelli della Rete Ondametrica Nazionale. I Servizi Tecnici Nazionali (STN), mantengono una rete di 8 (ora 10) boe direzionali distribuite lungo le coste italiane. Nelle 8 località di seguito specificate (assieme alla profondità del fondale), le misure partono dal 1989.

ALGHERO	40'32.9 N	08'06.4 E	80 m
CATANIA	37'26.4 N	15'08.8 E	80 m
CROTONE	39'01.4 N	17'13.2 E	80 m
MAZARA	37'31.5 N	12'32.0 E	80 m
MONOPOLI	40'58.5 N	17'22.6 E	80 m
PESCARA	42'28.2 N	14'28.2 E	80 m
PONZA	40'52.0 N	12'57.0 E	100 m
LA SPEZIA	43'55.7 N	09'49.6 E	80 m

Altre boe, direzionali e non, sono state, nel corso dell'ultimo decennio, utilizzate dall'ENEL per campagne mirate di durata in genere limitata.

I dati da satellite, in ambito oceanografico, sono diventati via via più importanti negli ultimi venti anni. I radar a microonde installati

sui satelliti riescono a restituire misure di onde accurate lungo una traccia a terra dal nadir. Attualmente lo strumento più utile montato su satelliti è l'altimetro. Questo strumento misura, da un'orbita di 1000km, l'altezza significativa delle onde con una accuratezza paragonabile a quella delle boe.

In questa fase sono state considerate, nella regione interessata, le tracce da satellite TOPEX/POSEIDON; si è poi proceduto alla co-localizzazione spazio-temporale dei dati da satellite e da modello ed alla calibrazione di questi ultimi. La calibrazione è stata effettuata sulla base delle altezze significative ed il periodo è stato conseguentemente modificato in modo da mantenere la ripidità dell'onda.

La parte meteo marina dello Studio prevede quindi l'aggiornamento, ricalibrazione e determinazione del clima ondoso al largo, basato sulla ricostruzione, a cadenza esaoraria, di 16 anni (1992-2008) di eventi ondosi dal largo alla batimetria -100 in corrispondenza dei punti rappresentativi.

Più in particolare:

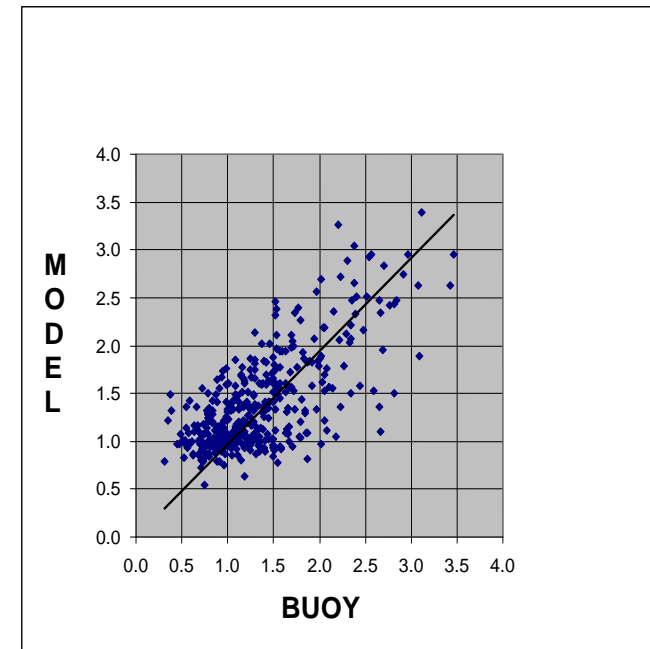


Figura 4 - Confronto tra le Hs (in m) misurate dalla boa ENEL di Torre Valdaliga ed i dati di output del modello SWAN, per il periodo: aprile 1997 – novembre 1998.

1. Estrazione serie temporali modello WAM.
2. Calibrazione serie temporali mediante dati satellitari.
3. Caratterizzazione del clima ondoso al largo.
4. Trasferimento del clima ondoso dal largo alla batimetrica -100.
5. Caratterizzazione del clima ondoso alla batimetrica -100.

8.2 Estrazione serie temporali nei punti di interesse

Come descritto precedentemente la sorgente base per i dati di modello è stata il Centro Meteorologico Europeo (ECMWF), dove un sofisticato modello per il calcolo del moto ondoso (WAM) è operativo dal 1992.

Il database di partenza è stato ricavato dall'archivio dell'ECMWF. L'informazione è disponibile su una serie di punti uniformemente distribuiti con un intervallo di 0.5 gradi geografici (55 km in latitudine; in longitudine l'intervallo dipende dalla latitudine ed è di circa 40 km di fronte alla costa del Lazio).

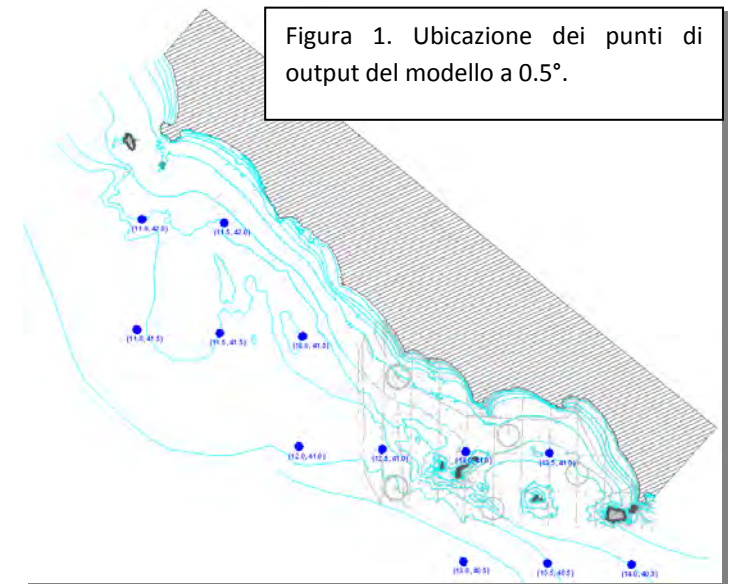


Figura 1. Ubicazione dei punti di output del modello a 0.5°.

11.0 E 41.5 N	91
11.0 E 42.0 N	58
11.5 E 41.5 N	71
11.5 E 42.0 N	26
12.0 E 41.0 N	72
12.0 E 41.5 N	35
12.5 E 41.0 N	55
13.0 E 40.5 N	98
13.0 E 41.0 N	25
13.5 E 40.5 N	37
13.5 E 41.0 N	33
14.0 E 40.5 N	44

I campi di output presenti nell'archivio dell'ECMWF sono disponibili in forma spettrale, cioè come serie bidimensionali di Fourier. Sono state prese in considerazione le serie temporali relative a punti antistanti il litorale laziale e disposti su una griglia di passo 0.5° sia in latitudine che in longitudine. Il posizionamento dei punti considerati è riportato in Figura 1.

La tabella riporta le coordinate dei punti considerati e la loro distanza indicativa da costa, in km.

Le informazioni sono state organizzate in serie temporali comprendenti altezza significativa H_s , periodi medio e di picco T_m , T_p , direzione media D_m . In origine era stato previsto di coprire con i dati il periodo luglio 1992 -febbraio 2006, ad intervalli di sei ore. In corso d'opera si è deciso di estendere l'intervallo al dicembre 2008, per poter contare su serie temporali più lunghe e, di conseguenza, statisticamente più significative.

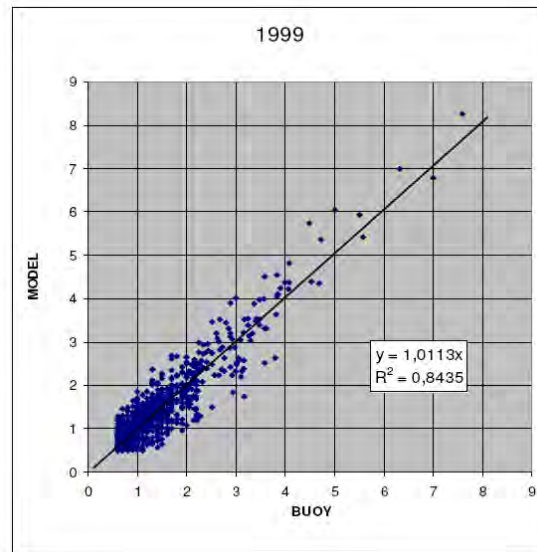
Le attività di estensione delle serie temporali sono comprese in un Atto Aggiuntivo alla Convenzione siglato tra ISMAR ed Ente Regione Lazio e sono state svolte contestualmente alla Attività 1.1. Di conseguenza, il periodo considerato in tutte le successive attività è quello dal luglio 1992 al dicembre 2008 compresi.

La seguente Tabella 2 riporta l'evoluzione, nel tempo, della risoluzione delle versioni del modello WAM operativo presso ECMWF. La tabella evidenzia il progressivo miglioramento della risoluzione spaziale del modello, riflesso dalla corrispettiva diminuzione del coefficiente di taratura (uno dei 12 valori utilizzati è riportato nella terza colonna). La tabella evidenzia inoltre come il data base utilizzato sia notevolmente (quasi due volte e mezzo) più esteso di quello utilizzato nello studio precedente.

La penultima colonna, a titolo di esempio, riporta il coefficiente di taratura utilizzato per il punto (42.0N;11.5E). L'ultima colonna riporta il progressivo degli eventi corrispondenti (considerati con cadenza esaoraria).

data	versione	risoluzione (km)	coeff. Hs 42.0N;11.5E	n° evento
1992 07 01 00	start T213	94	1.49	1
1998 10 31 18	end T213		.	9256
1998 11 31 00	start T319	62	1.35	9257
1999 06 30 18	studio 2001		.	10220
2000 11 21 12	end T319		.	12263
2000 11 21 18	start T511	39	1.23	12264
2006 01 31 18	end T511		.	19852
2006 02 01 00	start T799	25	1.14	19853
2008 12 31 18	end T799		.	24112

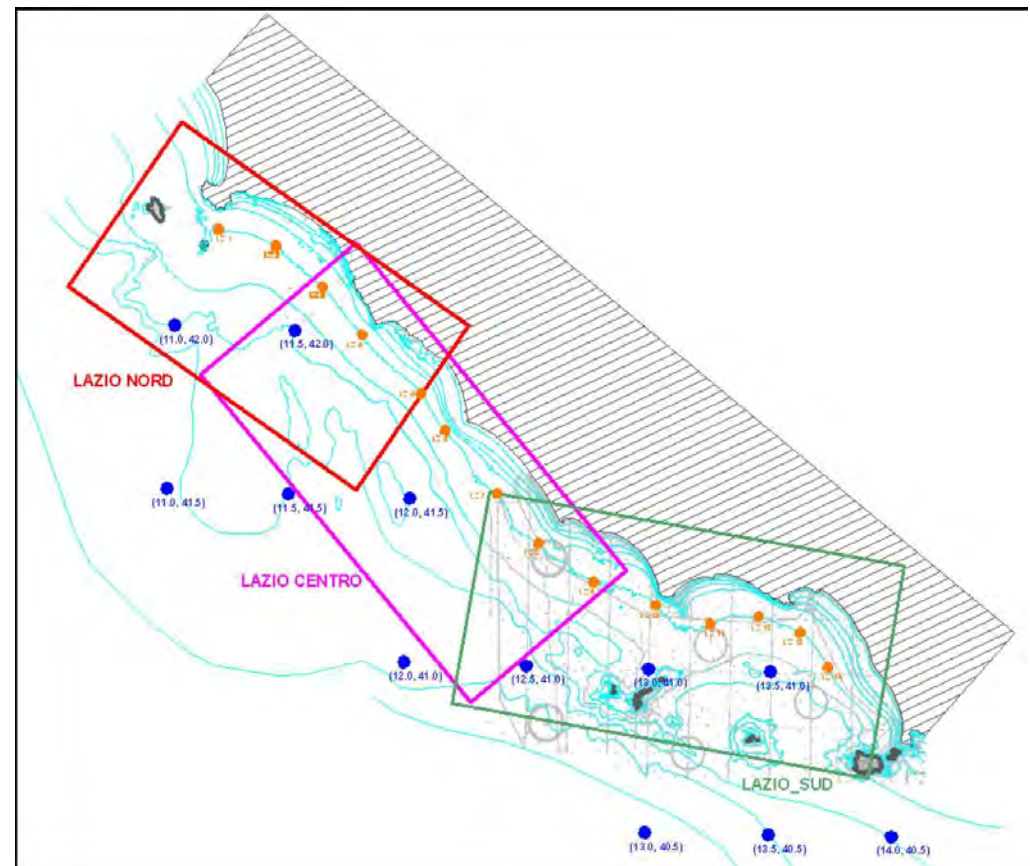
8.3 Calibrazione serie temporali



Prima di essere elaborate, le serie temporali esaoarie derivate dal modello sono state calibrate mediante dati da satellite e raffrontate con dati di boe, con la procedura descritta nella Relazione Metodologica. A scopo illustrativo, la figura a lato riporta il confronto tra una serie temporale calibrata, riferita al punto 13.0 E, 41.0 N e dati misurati a Ponza. Poiché Ponza non compare nella batimetria utilizzata dal modello WAM, la posizione del punto di output e dell'ondametro di Ponza risultano assimilabili.

8.4 Moto ondoso alla batimetrica - 100

Questa attività ha previsto il trasferimento del clima al largo dalla griglia passo 0.5° a siti sulla batimetrica -100, situati tra i suddetti punti di griglia e la costa. Il trasferimento è stato eseguito su 14 punti scelti in modo da essere funzionali alla attività successive. Il trasferimento è stato effettuato con il modello spettrale SWAN (con input costituito da uno spettro Jonswap ricostruito a partire da altezza, periodo e direzione dell'evento ondoso), tenendo conto della batimetria dell'area e delle condizioni di vento locali stimate a



partire dalle caratteristiche dei singoli eventi ondosi. L'ubicazione dei punti di output selezionati in corrispondenza della batimetrica -100 è riportata in figura. La stessa figura riporta il posizionamento delle griglie di calcolo utilizzate. Per l'approntamento delle griglie di calcolo si sono usati dati batimetrici ricavati da carte nautiche, complementati da dati forniti da Ente Regione Lazio. Come condizioni al contorno è stato usato il clima marino relativo ai punti al largo ritenuti più rappresentativi delle condizioni al bordo. I parametri ondosi al largo (altezza significativa, periodo medio e direzione media) sono stati trasformati in uno spettro Jonswap discretizzato in 36 direzioni e 25 frequenze (con $f_1=0.05$ Hz, $f_{n+1} = 1.1 f_n$). I coefficienti di picco e di *spreading* dello spettro sono stati inferiti a partire dai parametri al largo.

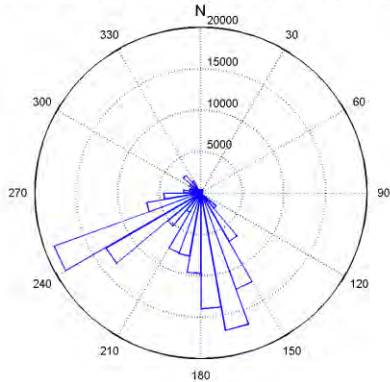
8.5 Caratterizzazione del clima ondoso alla batimetrica -100 (attività1.5)

Questa attività ha permesso la caratterizzazione del clima ondoso alla batimetrica -100 mediante statistiche uni-e bi-variate. Nel seguito vengono riportate le coordinate, le altezze significative (m) dell'onda di durata 7 giorni ed 1 giorno, il valore di altezza significativa con tempo di ritorno di 50 e 100 anni (m) per tutti i 14 punti alla batimetrica -100.

PUNTO	SITO	X (m)	Y (m)	Hs7d	Hs1d	HsT050	HsT100
LZ 1	Argentario	183889	4690235	2,85	4,22	8.68	8.17
LZ 2	Montalto	203590	4684374	2,88	4,33	8.43	8.96
LZ 3	Tarquinoa	219645	4670691	2,9	4,44	8.66	9.21
LZ 4	Santa Marinella	233283	4654427	2,96	4,54	8.70	9.22
LZ 5	Ladispoli-Fiumicino	253361	4634367	3,34	4,94	9.12	9.68
LZ 6	Fiumicino-Roma	261854	4621912	3,37	4,98	9.17	9.73
LZ 7	Pomezia-Ardea	279852	4600462	3,39	5,01	9.19	9.75
LZ 8	Anzio-Nettuno	293993	4583610	3,39	5,02	9.43	10.00
LZ 9	Latina-Sabaudia	312891	4570345	3,33	4,93	9.60	10.02
LZ 10	San Felice Circeo	334355	4562498	3,29	4,95	9.62	10.20
LZ 11	Terracina-Fondi	353038	4556158	3,15	4,64	8.95	9.51
LZ 12	Sperlonga-Itri_Gaeta	369750	4558796	2,82	4,15	8.14	8.65
LZ 13	Formia-Minturno	384001	4553237	2,87	4,49	8.73	9.28
LZ 14	Mondragone	393590	4541392	2,87	4,42	8.80	9.37

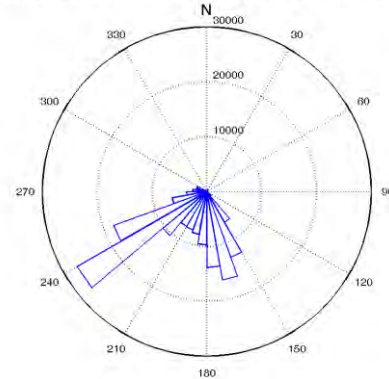
8.6 Grafici della distribuzione cumulata di energia del clima ondoso alla -100 (periodo analizzato 1992-2008)

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #1 - N1&N2



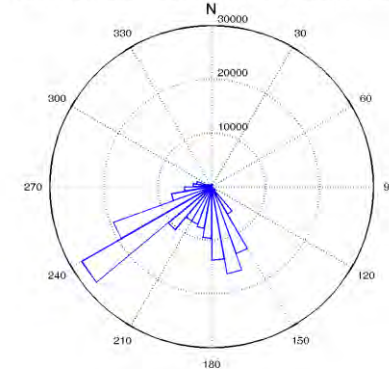
Argentario

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #2 - N1&N2



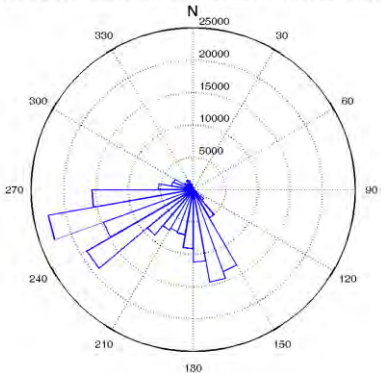
Montalto di Castro

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #3 - N1&N2



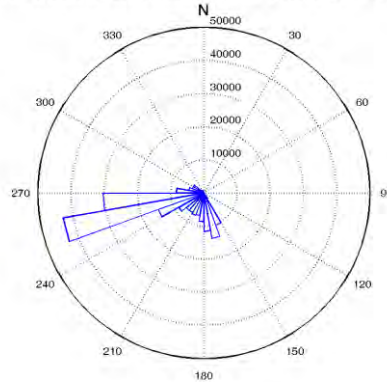
Tarquinia

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #4 - N1&C2



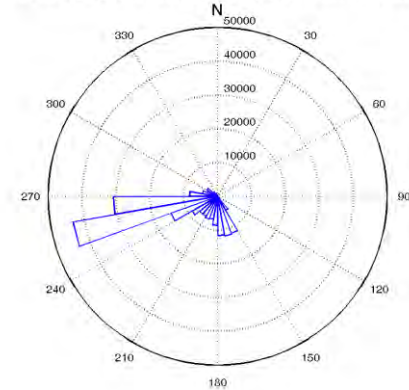
Santa Marinella

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #5 - C1&C2



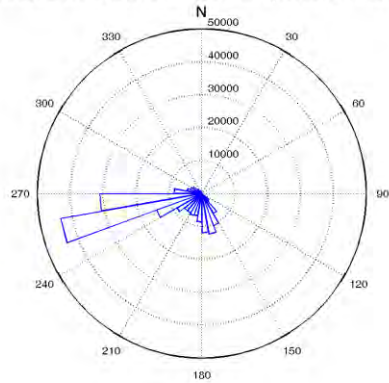
Ladispoli-Fiumicino

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #6 - C1&C2



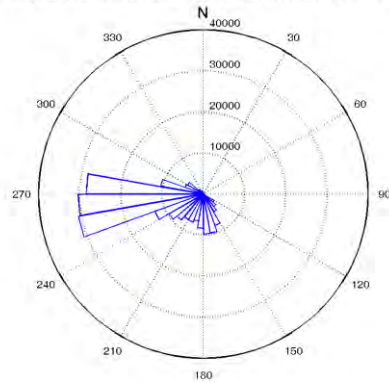
Fiumicino-Roma

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #7 - C1&C2



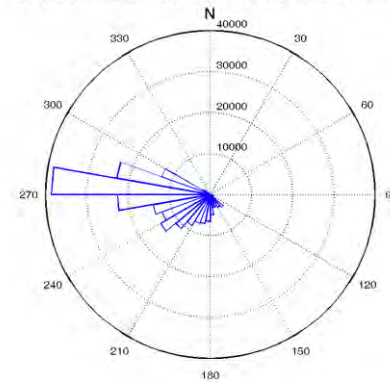
Pomezia-Ardea

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #8 - C1&S2



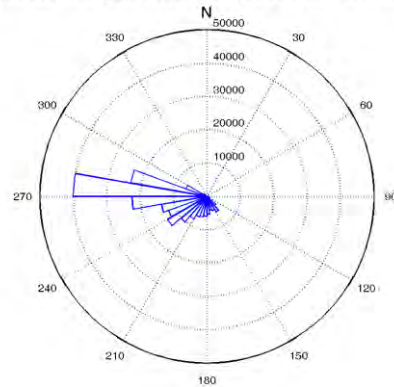
Anzio-Nettuno

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #9 - S1&S2



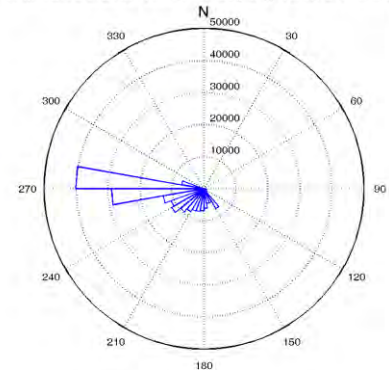
Latina-Sabaudia

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #10 - S1&S2



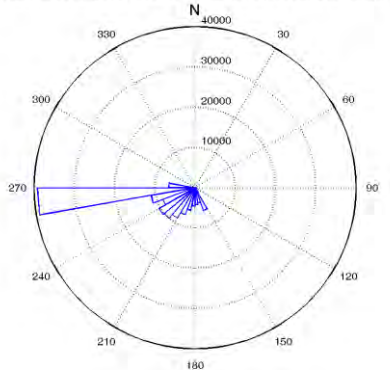
San Felice Circeo

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #11 - S1&S2



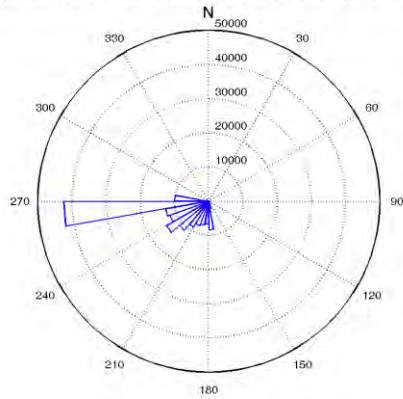
Terracina-Fondi

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #12 - S1&S2



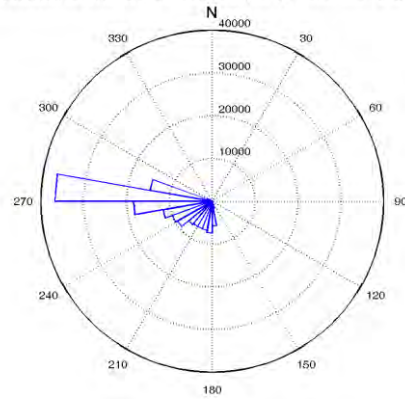
Sperlonga-Gaeta

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #13 - S1&S2



Formia-Minturno

CUMULATED ENERGY DISTRIBUTION [m²s] - POINT #14 - S1&S2



Mondragone

9 ANNESSO 4 - Interventi di ripascimento lungo la costa laziale 2005-2011.

Comune	Località	Titolo Progetto	Impresa Esecutrice	Progettazione	Anno fine lavori	Tipologia intervento	Volumi versati (m3)
Fondi	Foce Canneto - Settebello	Lavori di Difesa e Ricostruzione del Litorale Pontino	SIDRA (Roma)	Area Difesa Suolo Regione Lazio	2007	Ripascimento con sabbia proveniente da cave marine protetto con pennelli in massi naturali semi-soffolti	763.000
Formia	Crocella-Acquatraversa	Lavori di Difesa e Ricostruzione del Litorale Pontino	SIDRA (Roma)	Area Difesa Suolo Regione Lazio	2007	Ripascimento con sabbia proveniente da cave marine (protetto da pennello in massi naturali preesistente)	215.000
Minturno	Scauri	Lavori di Difesa e Ricostruzione del Litorale Pontino	SIDRA (Roma)	Area Difesa Suolo Regione Lazio	2007	Ripascimento con sabbia proveniente da cave marine protetto con pennelli in massi naturali semi-soffolti	528.500
Terracina	DX Foce Sisto	Lavori di Difesa e Ricostruzione del Litorale Pontino	SIDRA (Roma)	Area Difesa Suolo Regione Lazio	2007	Ripascimento con sabbia proveniente da cave marine protetto con pennelli in massi naturali semi-soffolti	412.400
Terracina	SX Foce Sisto	Lavori di Difesa e Ricostruzione del Litorale Pontino	SIDRA (Roma)	Area Difesa Suolo Regione Lazio	2007	Ripascimento con sabbia proveniente da cave marine protetto con pennelli in massi naturali semi-soffolti	649.100
Terracina	SX Pto Badino	Lavori di Difesa e Ricostruzione del Litorale Pontino	SIDRA (Roma)	Area Difesa Suolo Regione Lazio	2006	Ripascimento morbido con sabbia proveniente da cave marine (protetto con pennelli in sacchi di tessuto poliammidico pre-esistenti)	345.800

Latina	Foce Verde	Opere di difesa costiera nel comune di Latina tratto fosso Mascarello – Capo Portiere, III lotto funzionale	SIDRA (Roma)	Ing.Landolfi, Ing. P. Contini	2005	Ripascimento con sabbia proveniente da cave marine protetto da barriera soffolta in massi naturali e pennelli semi-soffolti (realizzati con separato appalto)	70.000
Montalto di Castro	Punta Morelle	Somma urgenza	Cicinelli	Uff. OO.MM. Regione Lazio	2005	Ripascimento con sabbie escavo porto canale Fiora	10.000
Roma	Ostia Lido	Manutenzione straordinaria del litorale di Ponente del lido di Ostia	SIDRA (Roma)	Area Difesa Suolo Regione Lazio	2005	Ripascimento con sabbia da cave marine protetto da barriera soffolta e pennelli soffolti in massi naturali (realizzati dal Min. LL.PP. Ufficio OO.MM.)	60.000
Roma	Ostia Lido	Manutenzione straordinaria del litorale di Levante del lido di Ostia	SIDRA (Roma)	Area Difesa Suolo Regione Lazio	2005	Ripascimento morbido con sabbia da cave marine	270.000
totale							3.323.800