
	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6 SUOLO E SOTTOSUOLO

C6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area della Toscana Marittima settentrionale in esame comprende:

- verso la costa, parte della piana versiliese, dalla foce del Torrente Parmignola a nord fino alla foce del Torrente Frigido a sud;
- verso l'interno, i primi contrafforti apuani fino alle dorsali del Monte Bastione (698 m s.l.m.) e del Monte Brugiana (975 m s.l.m.).



Tali massicci montuosi rappresentano un tratto della "Dorsale Medio Toscana", che attraversa la Regione da NW (Alpi Apuane) a SE (Montagnola Senese), costituito da un segmento di orogene a falde di età alpina: le Toscanidi e le Liguridi.

La presenza di diverse successioni sedimentarie, accavallate ai terreni autoctoni a causa di movimenti traslativi da SW verso NE, rende complesso il quadro stratigrafico e tettonico dell'area apuana.

Sono state infatti riconosciute varie successioni stratigrafiche indipendenti relative a quattro Unità tettoniche principali sovrapposte; dal basso verso l'alto queste sono:

- 1) *Unità Toscana metamorfica*, non affiorante nell'area indagata; denominata *Unità di Massa*. Questa Unità viene considerata autoctona e costituisce il cosiddetto *Nucleo Metamorfico Apuano*, le cui formazioni hanno avuto origine in un bacino triassico noto in letteratura come "Dominio Toscano".
- 2) *Unità delle Scaglie parautoctone metamorfiche*, non affioranti nell'area indagata. I terreni presenti, caratterizzati da vari gradi di metamorfismo, appartengono ad una successione che dal Verrucano prevalentemente triassico va fino allo "pseudomacigno" terziario passando per i marmi liassici.
- 3) *Unità Toscana non metamorfica*. Questa Unità denominata anche *Falda Toscana* presenta dei chiari indizi di alloctonia, mentre i depositi che la costituiscono sono sempre riferibili al Dominio Toscano.
- 4) *Unità Ligure s.l. o Complesso Alloctono Ligure*. Questa Unità è suddivisibile in varie sotto-unità, rappresentate nel settore dal *Gruppo dell'Alberese*, dal *Flysch Cretacico* e dalla *Serie della Val di Vara*.

Considerando la geosinclinale appenninica come costituita da un dominio ligure interno e un dominio toscano esterno, al dominio esterno appartengono quindi le due successioni "toscano":



	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

quella del Nucleo Metamorfico Apuano e la Falda Toscana. Tra il Nucleo Metamorfico e la Falda Toscana sovrascorsa si trovano i complessi di scaglie tettoniche con caratteri intermedi. Sovrapposte tettonicamente alla Falda Toscana si rinvengono i complessi alloctoni liguri: il Complesso dell'Alberese, del Flysch Cretacico e la "Serie di Val di Vara". Seguono stratigraficamente i terreni neautoctoni neogenici (non affioranti nell'area in esame) e quaternari; questi ultimi sono costituiti da depositi subaerei di duna, di spiaggia e alluvionali.

Formazioni di Tipo Toscano

Al di sopra delle unità metamorfiche autoctone e delle scaglie parautoctone si estende la successione di formazioni di tipo toscano nota come "Falda Toscana". Nel settore di indagine affiorano:

- *Calcari cavernosi e brecce poligeniche (Tcv)*. Calcari più o meno dolomitici, cavernosi, con struttura a cellette; dolomie cariate. Lo spessore della formazione risulta molto variabile e il suo valore massimo si aggira intorno a 1.500 m. Il suo ambiente di formazione iniziale è tipico di una laguna evaporitica e la sua età viene attribuita al Norico.
- *Calcari neri e marne grigie a Rhaetavicula contorta (Tc)*. Insieme di banchi e/o strati centimetrici di calcari, calcari marnosi neri e interstrati di marne zonate grigio – scure. Lo spessore della formazione, caratteristica di un ambiente di laguna costiera, passa da 100 a 450 metri; l'età è ascrivibile al Retico.
- *Rosso ammonitico (Gc)*. Si tratta di calcari nodulari costituiti sostanzialmente da strati decimetrici per uno spessore complessivo che varia da 10 a 25 m attribuiti al Lias sulla base di faune a Crinoidi ed Ammoniti. Questa formazione rappresenterebbe un ambiente sedimentario di scarpata di piattaforma carbonatica dovuta all'inizio di instabilità del fondo marino per l'innescio della tettonica sinsedimentaria mesozoica.
- *"Scaglia Toscana" o Argille fissili policrome (sp)*. Argilliti pelagiche rosse, grigie e verdastre, talvolta marnose. Lo spessore della formazione (max 400 metri) risulta molto variabile sia per cause tettoniche sia per lacune con caratteri diastemici; l'ambiente di deposizione è di bacino pelagico che, nella sua porzione superiore inizia ad essere interessato da torbiditi calcaree. L'età della formazione è compresa tra il Cretaceo medio e l'Oligocene inferiore.
- *Macigno (mg)*. Arenarie quarzoso-feldspatiche alternate a marne siltose e argille. La formazione ha spessori variabili da 700 a 1000 metri, la porzione superiore della formazione è stata probabilmente laminata durante la sovrapposizione tettonica dei complessi liguri. L'età del Macigno passa dall'Oligocene superiore alla Miocene inferiore.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Unità Ligure



I terreni dell'Unità Ligure, di età compresa tra il Giurassico superiore e l'Eocene, costituiscono parte di più sotto-unità alloctone indipendenti, giacenti al di sopra del Macigno toscano.

- *Gruppo dell'Alberese*, unità liguride che poggia direttamente sul Macigno Toscano. La messa in posto di questi terreni appare dovuta a una tettonica di scivolamento gravitativo preceduta da olistostromi che si rinvergono nella porzione superiore del Macigno. Il Gruppo dell'Alberese è rappresentato nell'area dalla porzione basale dell'unità alloctona costituita da un complesso eterogeneo e caotico di *Argille siltose, marne, calcari, calcari marnosi, calcareniti, calcari silicei, breccie sedimentarie poligeniche ed elementi calcarei ofiolitici (Alb)*. L'ambiente di formazione di questi terreni è stato attribuito a quello di una scarpata di piattaforma sottomarina. L'età della formazione, determinata su microfossili, ricopre l'intervallo Cretaceo superiore-Eocene.
- *Gruppo del Flysch Cretacico*, unità liguride tettonicamente sovrapposta al Gruppo dell'Alberese, rappresentato nell'area da *Calcari, calcari marnosi e marne (mcC)*. Tali litotipi si presentano in sequenze ritmiche tipiche delle torbiditi, con classazione verticale dei granuli, impronte basali e altre strutture sedimentarie. L'età della formazione è attribuibile al Cretaceo superiore.
- *Serie della Val di Vara*, costituita da *Argille fissili, siltiti policrome, marne siltose con calcari e arenarie (Csp)* e da *Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche micacee con intercalazioni di siltiti scure fissili (Car)*.

Depositi quaternari

Le coperture quaternarie dell'entroterra di Marina di Carrara sono costituite essenzialmente da facies di spiaggia e fluviali. In particolare si rinvergono:

- *Conglomerati e detriti di falda (ct)*. Si intende con questa denominazione i depositi ciottolosi grossolani di diversa genesi (fluviale e gravitativa) che si rinvergono allo sbocco delle strette vallate apuane a lungo i versanti delle dorsali montuose (Pleistocene – Attuale).
- *Depositi alluvionali terrazzati (at)*. Alluvioni prevalentemente ciottolose, talvolta debolmente cementate, con intercalazioni sabbiose. Formano parte dei coni di deiezione e delle conoidi alluvionali formati soprattutto nelle fasi climatiche piovose dell'ultima fase glaciale perciò ascrivibili a partire dalla glaciazione Würm.
- *Depositi di duna (d2)*. Sono costituiti da sabbie a media granulometria disposte in cordoni di dune e lidi litoranei sostanzialmente paralleli alla linea di costa, la loro formazione comincia a partire dal medio Olocene.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

- *Sabbie di spiaggia attuale (s)*. Sabbie che caratterizzano le coste poste a nord e a sud del porto. Entrambe le spiagge sono caratterizzate prevalentemente da sabbie con granuli quarzoso-silicei, carbonatico-terrigeni, e derivanti dalla frantumazione di "rocce verdi". (Attuale).
- *Depositi alluvionali recenti e attuali (a)*. Alluvioni prevalentemente limoso-argillose, subordinatamente ciottolose e sabbiose (a2), delle aree pianiziali della fascia litoranea versiliese e/o dei tratti medi delle aste fluviali. (Attuale).

Tettonica



L'entità dello sprofondamento tettonico del Bacino pisano-versiliese è rilevante: a nord di Viareggio il substrato profondo si trova a circa 2000 m di profondità e, visto che le vicine Apuane si innalzano di circa 2000 m s.l.m., il rigetto che le rocce più antiche del Miocene sup. marciano su una distanza trasversale e orizzontale di circa 5 km non dovrebbe essere inferiore a 4000 m. Secondo dati desunti da varie prospezioni geosismiche, i depositi neogenici e quaternari che hanno colmato questa fossa tettonica raggiungono lo spessore di circa 2000 m in prossimità della costa pisano-versiliese.

La Versilia ha subito fenomeni di epirogenesi per tutto il Plio - Quaternario. In particolare, il settore apuano è stato interessato da movimenti positivi con fasi più intense prima del Pleistocene superiore, soprattutto nel Pleistocene inferiore e medio, ma proseguite fino all'inizio dell'ultima glaciazione. La Pianura versiliese ha continuato ad essere interessata, specie dal Pleistocene medio all'attuale, da movimenti negativi.

La quantificazione del tasso di subsidenza della Pianura versiliese risulta difficoltosa ma, per analogia con la contigua Pianura di Pisa, plausibilmente valutabile in circa 1 mm/anno a partire dal limite Pliocene - Quaternario.

Nella Pianura, contemporaneamente alla subsidenza tettonica, avrebbe agito comunque anche una notevole componente di subsidenza diagenetica dovuta alla compattazione del grande spessore di depositi sciolti quaternari presenti nel sottosuolo.

Nel corso degli ultimi 100 anni cospicui fenomeni di subsidenza antropica sono registrati localmente in vaste aree della piana versiliese (causati soprattutto da emungimenti idrici dalle falde della fascia litorale); nel settore sottoposto ad analisi questi risultano però negligenziabili.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.2 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI PROGETTO

C6.2.1 Inquadramento generale

Dal punto di vista geomorfologico, il sito di progetto si inserisce, a livello di area vasta, all'interno di quella che comunemente viene indicata come "Pianura Versiliese".

In realtà, la Pianura versiliese propriamente detta si estenderebbe lungo la fascia costiera della Toscana settentrionale tra la foce del torrente Cinquale e quella del Fosso Motrone (comprendendo gli abitati di Pietrasanta, Forte dei Marmi e Marina di Pietrasanta) ma è ormai consuetudine comune, vista la continuità fisiografica sia con la Piana della Lunigiana a nord che con la Pianura di Pisa a sud, denominare come Piana della Versilia l'intera fascia litoranea che va dalla foce del Fiume Serchio fino a quella del Magra.

La piana presenta una forma pressoché rettangolare essendo delimitata ad ovest dal Mare Tirreno e ad est dal piede delle Alpi Apuane e dei Monti d'Oltre Serchio.



La prima vera e propria dorsale delle Alpi Apuane dista in media appena 10 km dal mare e pertanto in questo settore, caratterizzato da un elevato gradiente pluviometrico medio annuo, oltre a fenomeni meteorologici a scala regionale sono frequentissime le precipitazioni, improvvise e molto intense, dovute alla presenza di tale dorsale in vicinanza della costa.

A causa dell'entità delle precipitazioni, che raggiungono in media i 1600 mm/anno e della forte energia di rilievo dei singoli bacini imbriferi, caratterizzati da tempi di corrivazione molto brevi, la Pianura versiliese è generalmente esposta a elevati rischi idraulici benché il reticolo idrografico che afferisce alla piana drena un'area estesa solo per qualche centinaio di km².

A parte il torrente Frigido, sono pochi i corsi d'acqua ad avere una portata liquida e un carico solido apprezzabile e che non risentano eccessivamente delle variazioni pluviometriche stagionali; questi attraversano la piana quasi in linea retta dopo aver raccolto le acque che giungono dai solchi vallivi principali delle Alpi Apuane, paralleli tra loro e diretti generalmente NE-SW. Numerosi sono invece i canali e i fossi che drenano le zone più depresse del settore: l'intensità e il verso del flusso di questi canali, interamente arginati e rettificati, sono regolati da un complesso sistema di chiuse e scolmatori.

Nel complesso, la Pianura versiliese si presenta omogenea e, a partire dalla costa, si possono individuare quattro diverse fasce fisiografiche fra loro parallele:

- una *spiaggia sabbiosa continua* dal promontorio roccioso di Ameglia fino alla foce del fiume Serchio, la cui falcatura presenta una graduale variazione di orientamento, da circa NW – SE presso Marina di Massa a circa N – S in corrispondenza del Fosso della Bufalina (Comune di

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



Pisa). Le correnti di deriva che agiscono sul litorale causano un drift costiero diretto da nord verso sud fra il fiume Magra e il Torrente Cinquale, da sud a nord tra l'Arno e Viareggio. La spiaggia sommersa continua quella emersa per vari chilometri con una pendenza media dello 0,5% circa, ma fino all'isobata dei 6 m (500 m dalla riva) il fondale è irregolare per la presenza di barre e cordoni sabbiosi di pochi metri di altezza.

- una serie di *cordoni dunari* che si riscontrano lungo tutta la fascia litoranea della pianura; paralleli alla linea di riva e attestati su quote medie di 2 m (con punte massime di circa 4 m), sono in parte ricoperti da estese selve mesofile costiere a *Quercus robur* e pinete a *Pinus pinea*. L'estensione trasversale di questi cordoni, oggi in parte smantellati dall'intensa urbanizzazione della zona, passa da 2 km circa presso Torre del Lago a poche decine di metri oltre il torrente Frigido.
- una *fascia depressa* caratterizzata da quote comprese tra 1 e -3 m, discontinua e poco estesa nel settore settentrionale della piana (Palude di Porta), uniforme e larga circa 1 km da Viareggio fino al Bacino di Massaciuccoli. L'attuale situazione fisico-morfologica delle aree più depresse del litorale deriva dagli interventi di bonifica attuati per facilitare gli insediamenti umani e l'esercizio dell'agricoltura. L'epoca delle bonifiche, iniziata verso la metà del 1700 con il prosciugamento di oltre mille ettari di terreni paludosi, ha avuto il suo massimo impulso intorno al 1920.
- *la fascia più interna della Pianura versiliese*, larga circa 1 km in prossimità del torrente Frigido e via via più rastremata verso sud raggiunge quote medie di circa 6 m. Questa zona, caratterizzata da intensa urbanizzazione o sfruttamento agricolo, si raccorda ai bruschi rilievi apuani tramite falde di detrito o con le conoidi alluvionali e di deiezione sopracitate.

C6.2.2 Caratteristiche geomorfologiche del sito di progetto

Il sito di progetto risulta ricompreso all'interno della Piana costiera, estesa trasversalmente al litorale toscano in media per circa 3,5 km e longitudinalmente per circa 7 km, e inclinata verso il mare dello 0,5% circa. Nell'area di indagine l'elemento paesaggistico di maggior rilievo è costituito dall'elevato grado di antropizzazione del territorio caratterizzato dagli abitati di Marina di Carrara e Marina di Massa, oramai estesi, praticamente senza soluzione di continuità, fino agli antichi nuclei pedemontani di Massa e Carrara.

Anche la spiaggia risente fortemente dell'influenza antropica, del momento che lungo la sua estensione longitudinale sono presenti non solo le estreme propaggini residenziali dei suddetti abitati, ma anche molteplici stabilimenti balneari e infrastrutture turistiche.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Oltre alla spiaggia attuale, il settore è composto da altre tre differenti fasce longitudinali:

- una *zona interna*, al piede dei monti, formata dai coni alluvionali dei corsi d'acqua discendenti dalle Alpi Apuane (tra questi i principali sono il conoide di Parmignola, Carrione e Frigido); tale fascia è larga in media circa 1,5 km;
- una *zona esterna*, litoranea, formata da sabbie debolmente rialzate in cordoni di dune, larga in media circa 1 km;
- una *zona intermedia*, bassa e per lo più alluvionata e/o sede in passato di ambienti paludosi o lacustri oggi bonificati, trasversalmente ampia per non più di 1,3 km.

Le estese conoidi alluvionali pedemontane afferenti alla piana, declinanti assai regolarmente verso la costa con inclinazioni medie dell'1,8%, risultano a luoghi fortemente incise dai corsi d'acqua attuali; tali forme di accumulo sono in soluzione di continuità ad E con i depositi fluviali dei fondovalle apuani intorno alla quota massima di 60 m s.l.m. (Massa), mentre le loro unghie si raccordano verso W alla porzione alluvionale della piana intorno alla quota di 3 m s.l.m.

Le porzioni media e terminale delle conoidi risultano spesso coalescenti tra loro e interessate da netti terrazzamenti (indicativi di un susseguirsi di molteplici cicli erosivo-deposizionali). L'età delle conoidi varia tra il Pleistocene superiore e l'attuale.



Il modellamento fluviale del settore di piana costiera è testimoniato dalla presenza di alcuni paleoalvei abbandonati; in particolare, si rilevano due paleoalvei principali posti in corrispondenza del conoide ubicato allo sbocco della valle del Torrente Parmignola, che testimoniano le fasi di divagazione delle varie aste fluviali succedutesi nell'azione erosivo-deposizionale che ha modellato tale corpo sedimentario.

Un elemento geomorfologico particolarmente significativo è costituito senz'altro dalla paleolinea di massima ingressione olocenica, rappresentata da un'antica ripa di erosione osservata a circa 2 km dalla costa di Marina di Carrara, alta circa 7 m, posta mediamente tra 3 e 10 m s.l.m., che incide l'unghia dell'esteso conoide alluvionale del Torrente Frigido per circa 2,5 km.

Questo lineamento morfologico dovrebbe rappresentare la porzione superiore di una paleofalesia al cui piede dovrebbe essere posta l'effettiva linea di riva della massima ingressione del mare olocenico succeduta ad una fase di massima espansione delle alluvioni ciottolose.

Sono inoltre evidenti, nel settore settentrionale e meridionale del tratto di litorale in oggetto, due tratti di una paleolinea di riva lagunare:

- verso nord questa si segue, per una lunghezza di circa 1 km, a circa 600 m ad E del cordone sabbioso più interno (intorno alla quota di 2-3 m s.l.m.). Queste due evidenze morfologiche indicherebbero che il sistema lagunare individuato doveva comprendere la zona di minima

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

elevazione sul livello del mare dell'area (circa 0,5-1 m s.l.m), ubicata subito a E della frazione di Marinella.

- verso sud la linea di riva lagunare presenta un andamento più articolato; la si individua tra il basso corso del Torrente Codupino e quello del Frigido da 200 a 1200 m dalla costa; a conferma della sua natura di riva lagunare, anche questo lineamento morfologico racchiude un'area caratterizzata da coperture alluvionali argillose (più depressa) circondata dagli allineamenti dei cordoni dunari litoranei (più rilevati).



Lungo tutto il litorale pisano-versiliese risulta evidente il limite fra la porzione di pianura costruita direttamente dalle alluvioni dei corsi d'acqua e quella formatasi per accrescimento di cordoni sabbiosi che, nell'area di studio, si estende dalla spiaggia attuale a circa 1,5 km nell'entroterra e risulta attualmente fortemente obliterata dagli insediamenti umani.

I caratteri fisiografici presenti consentono comunque di ipotizzare l'esistenza di una stretta successione di cordoni dunari, lidi e paleostagni interdunari ormai completamente prosciugati.

Il cordone maggiore (si contano un massimo di 3 o 4 cordoni principali) appare quello che passa a circa 1,2 km dalla spiaggia attuale e che racchiude la paleolinea di riva lagunare olocenica. Gli allineamenti delle paleodune si allungano, in genere, parallelamente al litorale incurvandosi verso ovest in prossimità della foce del Magra. Questa curvatura è particolarmente evidente nell'area di Marinella.

In definitiva, appare evidente che l'attuale assetto morfologico dell'area pianiziale in esame sia dovuto alla sovrapposizione di dinamiche fluviali e marine occorse a partire dal superamento dell'ultimo acme glaciale (circa 18.000 anni B.P. o 22.000 anni cal. B.P.).

La risalita del livello marino dovuto alla trasgressione versiliana avrebbe infatti causato, soprattutto all'inizio dell'Olocene, un fitto succedersi di domini marini (caratterizzati da golfi e lagune), di domini continentali e di domini lacustri. Nel tardo Olocene, quando la velocità della risalita eustatica sembra subire un notevole decremento, la pianura sembra aver subito sempre meno la diretta influenza delle acque del mare a causa dell'emersione permanente del cordone sabbioso litoraneo più interno. Le tappe della successiva evoluzione paleogeografica vedono prima l'impostarsi di una laguna retro-dunare, successivamente di specchi d'acqua lacustre in piccoli bacini isolati, e infine di paludi e stagni (che sopravvivono fino ai tempi della bonifica). Da questo momento, e almeno fino al I secolo a.C., il litorale sembra essere stato caratterizzato da una sostanziale stabilità (Mazzanti, 1994); successivamente l'azione combinata del rallentamento della risalita eustatica e della spinta alla progradazione della piana, impressa dai carichi sedimentari dei corsi d'acqua, ha causato l'avanzata della linea di riva tramite il giustapporsi di tomboli e cordoni dunari, con la formazione di lidi secondo la falcatura di equilibrio indirizzata dalla dinamica costiera.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.3 EVOLUZIONE MORFODINAMICA DEL LITORALE

I processi di evoluzione nell'area di studio sono stati oggetto, nel corso degli ultimi cinquant'anni, di numerose ricerche grazie alle quali è oggi possibile possedere un quadro assolutamente completo ed omogeneo delle principali tendenze evolutive del litorale.

Questo tratto di costa, nella sua attuale configurazione, rappresenta la conseguenza di un'evoluzione, lunga e graduale, che, dal Pliocene al Postglaciale, ha definito il profilo morfologico attuale mediante una progressiva deposizione della sedimentazione litoranea a velocità variabile successiva alla trasgressione versiliana o fiandriana.



Il più vistoso sviluppo derivato dal predetto processo si è sviluppato dal secolo XI alla metà di quello scorso mentre, a partire dall'Ottocento, l'evoluzione del litorale risulta strettamente influenzata e determinata non solo da cause naturali, ma anche da interventi antropici riassumibili principalmente nel diverso utilizzo del territorio del bacino idrografico del fiume Magra, nella realizzazione del porto commerciale di Marina di Carrara, nelle massicce escavazioni di inerti praticate nell'alveo del Magra, nell'eccessivo processo di occupazione edilizia del litorale e nella costruzione di opere marittime di difesa costiera dimostrate col tempo inadeguate.

C6.3.1 Evoluzione di lungo periodo della costa (dal II secolo a.C. al XIX secolo)

Per conoscere i cambiamenti avvenuti nei tempi passati si può ricorrere a fonti di informazione di natura assai differente, anche se nessuna sembra essere esaustiva se analizzata isolatamente. L'unica fonte importante è, senza dubbio, costituita dalla cartografia storica, tuttavia, di essa non si conoscono esemplari relativi all'area compresa fra il Magra e il torrente Carrione anteriori alla fine del XVI secolo.

Vari tipi di notizie scritte, lasciate da storici e letterati o contenute nei libri e nei documenti amministrativi del passato, possono comunque permettere di risalire a tempi remoti che, nel caso in esame, sono rappresentati dal Medioevo e dall'Età Romana: si tratta generalmente di informazioni isolate e spesso occasionali che hanno sempre necessitato di attente verifiche al fine di garantirne l'attendibilità. Un ruolo chiave, in quest'ottica, ha svolto l'archeologia (spesso affiancata dalla geologia e dalle discipline naturalistiche) che, attraverso l'analisi delle fonti dirette, ha permesso alcune interessanti ricostruzioni dei cambiamenti subiti negli ultimi millenni dal tratto di costa oggetto di studio.

Un primo dato certo riguarda il livello medio del mare che, a partire dall'ultima glaciazione datata attorno ai trentamila anni fa (durante la quale la quota del mare era di oltre cento metri inferiore a quella attuale), è stato in continua risalita. Non trattandosi, però, di un fenomeno lineare, appare importante l'aver stabilito (Schmiedt, 1972) che tale livello era in Età Romana un

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

metro circa più in basso di quello presente (a tale conclusione si è pervenuti attraverso misure effettuate a Luni, centro archeologico oggi nell'entroterra ligure, all'epoca affacciato al mare col suo famoso porto romano). Molti dati topografici di natura archeologica e geomorfologica indicano l'antica linea di costa (sulla quale sono state segnate sia l'ubicazione del porto di Luni sia la presenza di una scarpata di riva rilevata tra Avenza e il fiume Frigido) in una posizione arretrata, rispetto a quella attuale, di circa due chilometri, con un massimo di sei chilometri alla foce dell'Arno (Mazzanti e Pasquinucci, 1983).

Ciò significa che, nonostante il livello del mare fosse un po' più basso, la pianura costiera era assai più ridotta e che, quindi, la maggior parte dei materiali che la formano sono stati depositati dopo l'Età Romana. Il graduale avanzamento della linea di costa durante il Medioevo e l'Età Moderna (

Figura C54) è documentato, a Sud del fiume Frigido, da una serie di testimonianze archeologiche datate tra il XII e il XVIII secolo.

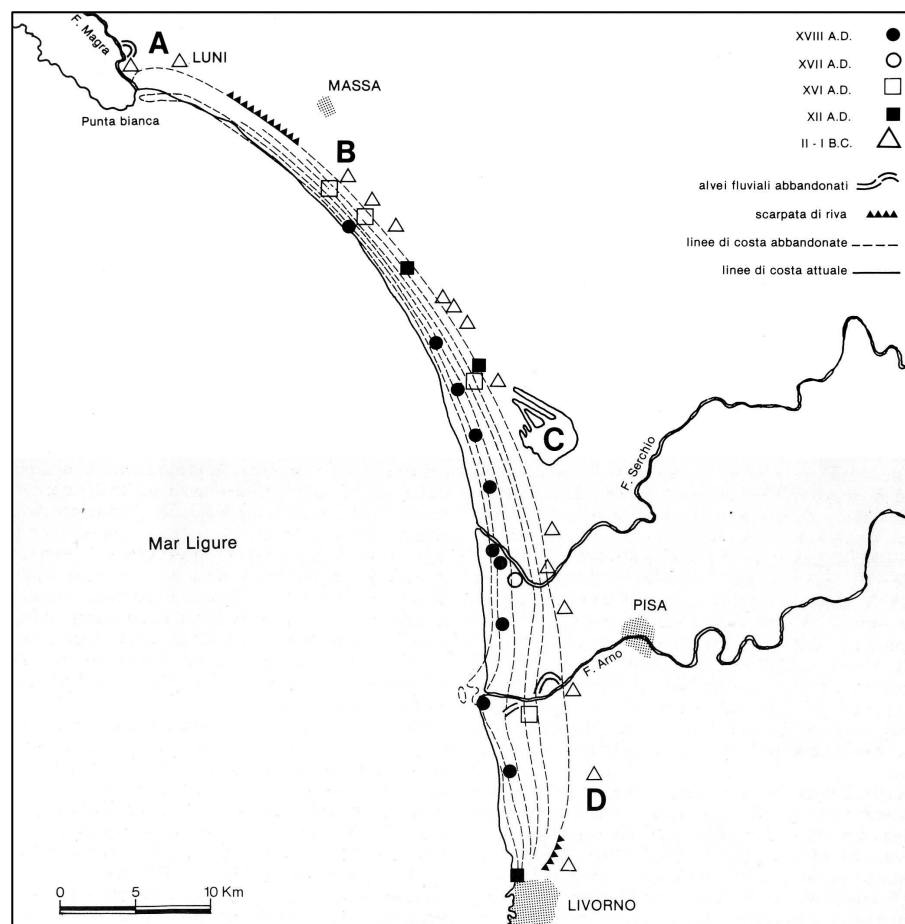




Figura C54– Evoluzione della linea di costa tra Punta Bianca e Livorno dal II secolo a.C. al XIX secolo. Residui lagunari: A = Seccagna, B = lago di Porta; C = lago di Massaciuccoli; D = Stagno (da Mazzanti e Pasquinucci, 1983).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Ricerche più dettagliate hanno evidenziato che la colonia romana di Luni fu fondata nel 177 a. C. su di un terrazzo compreso in gran parte tra i 3 e i 6 metri di quota e costituito da ciottoli molto arrotondati di arenaria cementati da argilla gialla (Delano Smith, 1980 e Mills, 1981). Secondo tale ricostruzione, una barra di sabbia d'estuario si estendeva, forse già in Età Preromana, dal terrazzo sporgente sul quale è stata fondata Luni per più di un chilometro verso ponente. Una barra analoga, ma più breve, si staccava, in corrispondenza della prima, dalla sponda destra dell'estuario fino al Piano di Ameglia (Figura C55).

Questo piano, durante il Medioevo e comunque non dopo il XVI secolo, doveva quindi essere collegato alla sponda destra del Magra. Le acque del Magra probabilmente sboccarono in mare tra le due barre di sabbia, in corrispondenza dell'attuale abitato di Fiumaretta, dove le argille grigie di estuario raggiungono nei carotaggi lo spessore massimo di 3 metri.

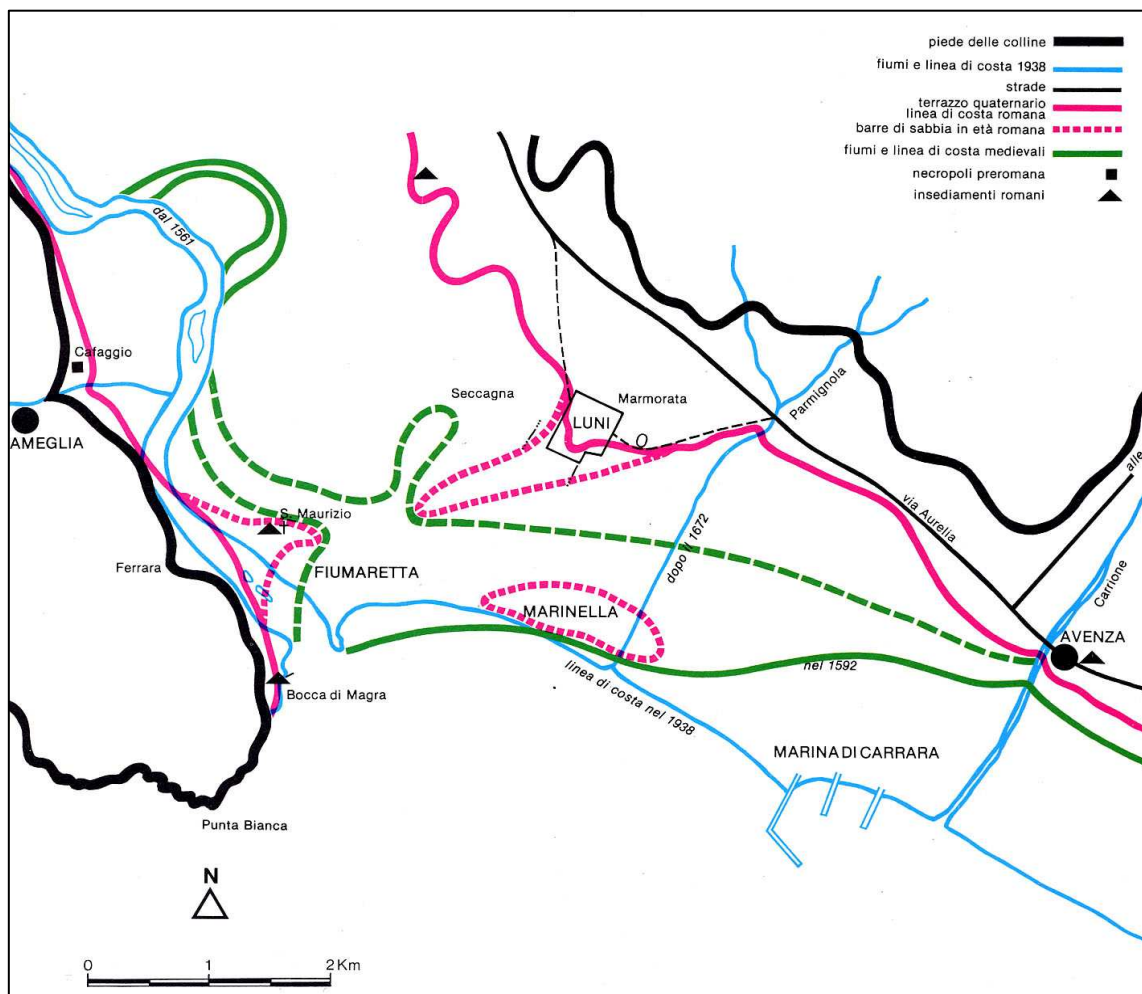




Figura C55 – Schema delle trasformazioni ambientali avvenute nell'area compresa tra Punta Bianca e il torrente Carrione (da Delano Smith 1980, rielaborato).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

All'interno di tale bocca di estuario esisteva sulla sponda sinistra, a nord-ovest di Luni, un'ampia insenatura indicata dalle carte dei secoli XVII e XVIII come Seccagna. All'esterno dell'antica foce del Magra, le sabbie di estuario morivano verso ponente contro il capo roccioso di Punta Bianca; verso levante, invece, esisteva, in corrispondenza dell'attuale abitato di Marinella, un'isola di barra lunga un chilometro e mezzo circa e larga cinquecento metri. Tale isola era costituita da sabbia portata dal Magra ma elaborata dall'azione marina assai più di quella delle corrispondenti spiagge attuali.



Tra l'isola (o forse le isole) di Marinella e l'antica linea di costa, costituita davanti a Luni dalla già menzionata barra di sabbia di estuario, e più a levante dal margine del terrazzo quaternario, si estendeva in Età Romana una laguna, in seguito evolutasi ad acquitrino. Si può concludere, quindi, che l'antica città di Luni era circondata da un complesso sistema di terre ed acque .

L'interramento della laguna sembra sia stato già in atto nell'alto Medioevo e la saldatura dell'isola di Marinella alla costa produsse quei bacini di acque stagnanti malsane che contribuirono a determinare l'abbandono definitivo di Luni. Intorno alla metà del Cinquecento il sito di Marinella, più antico, divenne parte integrante del corpo peninsulare mediante opere di bonifica che resero salubre ciò che le acque del Magra e dei torrenti vicini avevano trasportato, colmando di detriti il tratto di mare che lo separava dalla terraferma.

Nella cartografia, Marinella è rappresentata a partire dal secolo XVI: la prima carta risale al 1592, ad opera di Ercole Spina, e rappresenta sia Luni, con la barra sabbiosa protesa verso Ameglia, che il territorio circostante, indicando i successivi interramenti del porto romano.

La presenza dello stagno e dei terreni paludosi è ancora efficacemente documentata nella carta del 1626 dell'Archivio di Stato di Genova ("Territorio tra Sarzana e Avenza", 1626 in Archivio di Stato di Genova, B. 17, 936). Altri rilievi vennero effettuati nella prima metà del secolo XVII e nel 1724 il cartografo Francesco Maria Accinelli, tracciando il territorio dell'estremo levante ligure, riprese la carta dello Spina con le indicazioni relative agli spostamenti della linea di costa e indicò sulla riva del mare le case delle Guardie della Sanità (poste dalla comunità di Sarzana per controllare gli approdi marini, sono raffigurate anche in un disegno di Del Rossi risalente all'inizio del XVIII secolo).

Nel 1753 Matteo Vinzoni rilevò la tenuta di Marinella già bonificata ed alcuni anni più tardi rielaborò la carta per inserirla nell'Atlante "Dominio della Repubblica de Genova in terraferma" del 1773. Nel 1777 Panfilo Vinzoni, figlio di Matteo e perito del governo genovese, elaborò una nuova mappa della Bassa Val di Magra.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

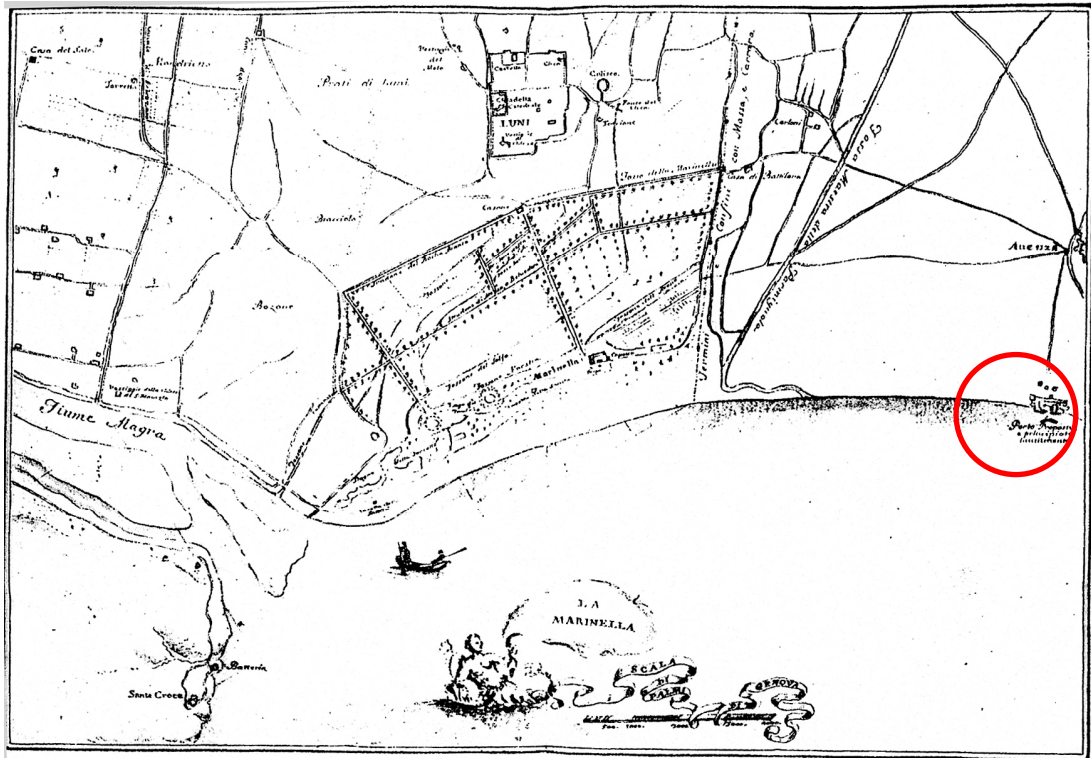




Figura C56 – Disegno acquerellato di Matteo Vinzoni, 1773.

Sebbene tutte le carte menzionate siano disegnate manualmente ed ottenute mediante osservazioni visive e scarsi rilevamenti tecnici, esse evidenziano, tuttavia, una accentuata dinamica della conformazione fociva del Magra (ricca di barre focive) e testimoniano, almeno qualitativamente, per il periodo compreso fra il Seicento e l'Ottocento, un marcato e costante avanzamento della costa (Cortemiglia ipotizza un tasso medio annuo di avanzamento della linea di riva di 1.99 *m/anno*, nel periodo compreso fra il 1538 e il 1838, e di 1.55 *m/anno* fra il 1838 e il 1858; vedi Cortemiglia, 1981)

Il fenomeno più importante che caratterizzò il periodo fu, quindi, la protrazione della spiaggia e proprio questa determinò l'immediato interrimento delle primissime opere portuali realizzate sulla spiaggia di Avenza (limitrofa a Marinella), intorno al 1750, dall'ingegnere francese Milet de Mureau, su incarico del duca Francesco Maria d'Este e di M.Teresa Cybo Malaspina, duchessa di Massa e principessa di Carrara.

Le enormi difficoltà incontrate sia in fase progettuale che in corso d'opera complicarono, da un lato, il lavoro dei vari ingegneri via via incaricati del lavoro ma, dall'altro, indussero gli studiosi del tempo ad un approfondimento tecnico sull'intero tratto di costa in esame, fino allora mai raggiunto.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

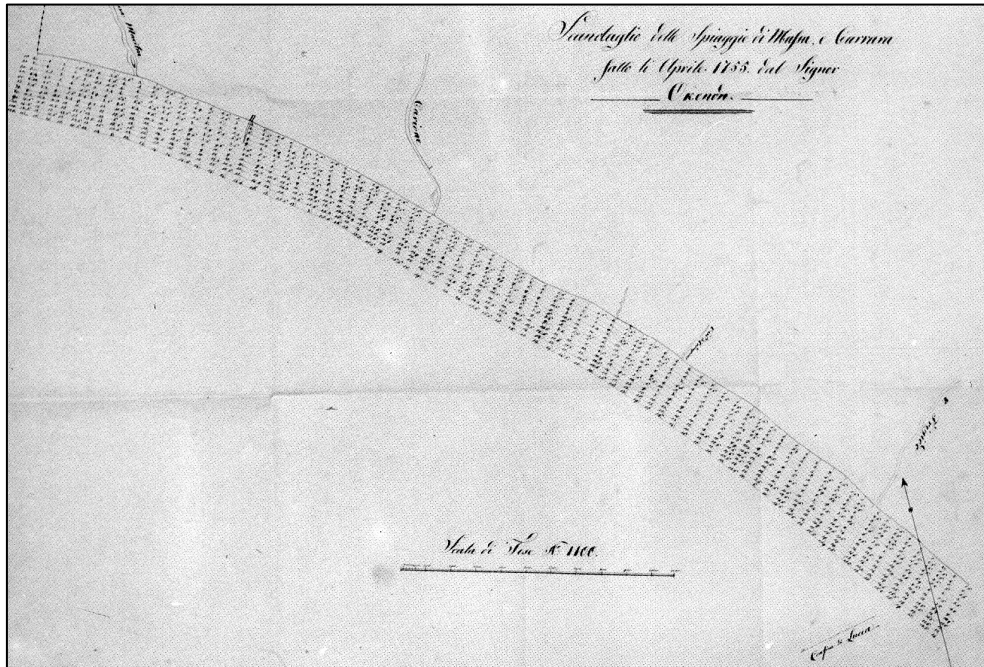




Figura C57 – Scandaglio della spiaggia di Massa e Carrara, rilevato dall’ingegner O’Kenden (Modena, Archivio di Stato).

Nei primi anni dell’Ottocento la cartografia divenne abbondante e relativamente più precisa (anche grazie ai nuovi progressi tecnologici e alle nuove conoscenze acquisite dalla geologia e dalla geografia fisica) e le ricerche si indirizzarono all’analisi della storia della spiaggia, agli arretramenti e agli avanzamenti della battigia e all’andamento dei fondali.

Fu così individuata e rilevata in mare la presenza di banchi di sabbia (al tempo denominati “cavalli”) talmente elevati da rendere difficoltoso e pericoloso l’approdo dei natanti e che testimoniano direttamente l’abbondanza di sedimenti trasportati dal Fiume Magra e la dinamica di accrescimento dei fondali che caratterizzò la costa fino allora.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.3.2 Evoluzione di breve periodo della costa (periodo 1878-1938)



La ricostruzione della dinamica geomorfologica e delle tendenze evolutive del litorale compreso fra Bocca di Magra e Livorno, per il periodo intercorso fra la metà dell'Ottocento e la fine del Novecento può essere considerata, a pieno titolo, assai precisa ed accurata grazie all'abbondanza di studi condotti e di rilevamenti topografici (precisi e dettagliati a partire dagli anni del secondo conflitto mondiale) che permettono di delineare un quadro completo, omogeneo e esaustivo dei fenomeni che si sono susseguiti e delle cause o concause che li hanno generati o amplificati.

L'intera unità fisiografica, ed in particolar modo le coste apuo-versiliese e pisana, sono state studiate, negli anni, da numerosi Autori (vedi ad es. Aiello et al., 1976; Albani, 1940; Aminti et al., 1999; Bartolini et al., 1975; Cortemiglia, 1978 e 1998; Gandolfi e Paganelli, 1976; Fanucci et al., 1976; Mallandrino e Napolitano, 1998; Pranzini, 1989 e 1990) e sono state oggetto di discussione nel Convegno di "Studi per il riequilibrio della costa fra il Fiume Magra e Marina di Massa" (Massa, 1977: si confrontarono numerosi specialisti fra i quali Benassai, Berriolo, Fanucci, Siritto e molti altri) e nel recente Workshop Internazionale "Strategie per la ricostruzione e la stabilizzazione di spiagge turistiche: il caso Apuo-Versiliese" (Forte dei Marmi, 2001: si sono confrontati tecnici stranieri quali Goudas, Griggs, Jimenez Quintana, Kunz, Van der Weide e specialisti italiani fra i quali Aminti, Chiocci, La Monica, Mazzanti, Pranzini).

Nella presente ricostruzione qualitativa e quantitativa dei fenomeni morfodinamici che hanno caratterizzato la zona si è fatto ricorso ai dati prodotti dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze nell'ambito dello studio delle tendenze evolutive del litorale dell'intera unità fisiografica effettuato su incarico dell'Agenzia Regionale per l'Ambiente della Toscana (ARPAT) e alla digitalizzazione delle Tavole I.G.M. in scala 1:25.000 del 1878 e del 1928, aggiornati con l'ultima documentazione disponibile consistente nei rilievi effettuati dal Comune di Carrara e dalla Provincia di Massa Carrara (2004). La tipologia di questi dati ben si presta ad un'analisi dettagliata delle oscillazioni della linea di riva e ad elaborazioni numeriche.

I primi dati disponibili dotati di una relativa accuratezza sono quelli riportati nella cartografia dell'Ottocento: essi paiono confermare pienamente il fenomeno di progradazione della linea di riva che già aveva caratterizzato il litorale nei due secoli precedenti.

Ancora nel 1825 il Fiume Magra continuava, con una velocità non stimabile quantitativamente anche se presumibilmente inferiore rispetto al passato, ad ampliare la sua pianura costiera e, sia l'apparato deltizio sommerso sia la presenza di una barra semiaffiorante ritratti in alcune carte nautiche di fine secolo (Figura C58), confermano l'importanza del trasporto solido del fiume e denotano un delta fortemente alimentato (la vicinanza di Monte Marcello rendeva impossibile, tuttavia, la formazione di un vero e proprio delta).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

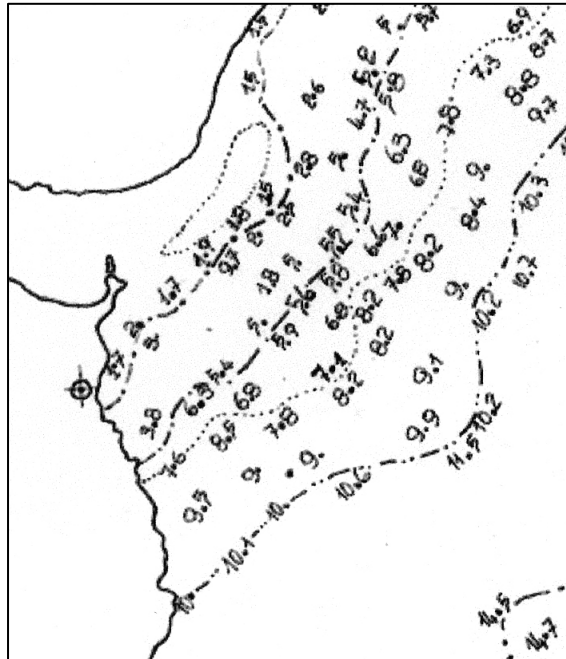




Figura C58– Parte del grafico di scandagliamento, eseguito dall’Istituto Idrografico della Marina nel 1881, relativo alla foce del Magra.

L’equilibrio naturale dell’arenile era essenzialmente dinamico, specialmente nelle adiacenze della foce dove la linea di spiaggia era soggetta a sensibili oscillazioni dovute a fasi alterne di intenso trasporto da parte del fiume e di periodi di magra.

Nelle vicinanze di Marina di Carrara (allora Marina di Avenza), essendo i fronti d’onda meno inclinati rispetto alla spiaggia, l’equilibrio risultava più stabile, ma ancora caratterizzato da un intenso trasporto longitudinale verso Sud.

A partire dalla metà dell’Ottocento, tuttavia, l’evoluzione morfodinamica della costa vide una netta inversione di tendenza e la spiaggia limitrofa alla foce del Magra (posta immediatamente ad est) fu colpita, per la prima volta nella sua storia, da una accentuata erosione che provocò un forte arretramento della linea di riva (Albani, 1940). Finì in tal modo quel processo di espansione naturale delle spiagge determinato, oltre che da fattori geologici, dall’intenso disboscamento avvenuto nel corso dei secoli nel bacino idrografico del Magra (principale alimentatore del litorale), ed il successivo abbandono delle campagne, accompagnato dalle prime opere idrauliche in alveo, determinò una marcata riduzione della portata solida del fiume ed innescò quel deficit sedimentario che si fece sentire soprattutto in prossimità della sua foce (Pranzini, 1989).

Negli anni seguenti, il processo erosivo descritto proseguì e si rafforzò e, sebbene non ci sia una cartografia di dettaglio tale da consentire un’analisi accurata dell’evoluzione della linea di riva, le

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



variazioni sono talmente evidenti che anche il confronto fra le carte in scala 1:25.000 prodotte dall'Istituto Geografico Militare (documenti fra loro omogenei) consentono di apprezzare sensibilmente il fenomeno. Dall'edizione del 1878 della cartografia I.G.M. (prima rilevazione completa del territorio nazionale) e dai rilievi fotografici del tempo si può, inoltre, notare come la zona alla foce del Magra risultasse, analogamente alle altre foci dei fiumi toscani, molto ricca di sedimenti con spiagge profonde e barre di foce protese verso mare (vedi ad es. Figura C59) che, invece, nell'edizione del 1928 e nelle immagini di allora, non compaiono se non di modestissima entità (vedi ad es. Figura C60 e Figura C61).



Figura C59– La foce del Magra, vista da Monte Marcello, come appariva alla fine dell'Ottocento.



Figura C60– La foce del Magra, vista da sopra Bocca di Magra, come appariva ai primi del Novecento.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

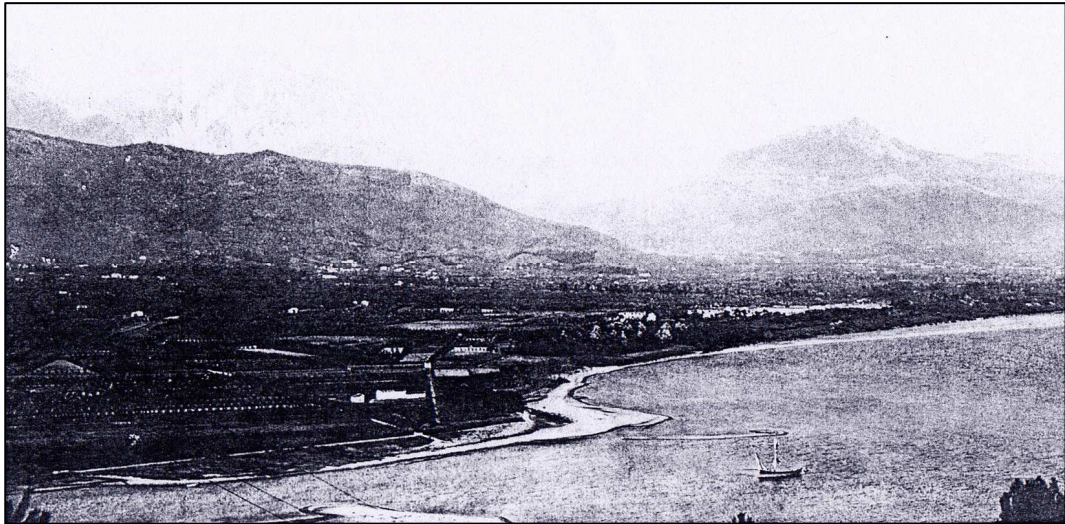




Figura C61– La foce del Magra, vista da Monte Marcello, come appariva negli anni Trenta.

Le spiagge più lontane dalla foce risentirono in ritardo di questa riduzione di input sedimentario ed inizialmente continuarono ad essere alimentate dai materiali asportati più a nord: fu così che mentre i lidi delle attuali frazioni di Fiumaretta e Marinella furono colpiti da una forte erosione, quelli posti più a sud (in corrispondenza dell'attuale centro turistico di Marina di Carrara) continuarono, invece, ad espandersi.

Nel frattempo, intanto, dopo i fallimentari tentativi estensi di costruzione di un porto, l'industriale inglese William Walton ottenne dal Ducato di Modena l'autorizzazione a costruire, sulla spiaggia dell'allora Marina di Avenza, un pontile caricatore in legno, percorso da un doppio binario a scartamento normale, al quale avrebbero potuto attraccare i piccoli navigli a vela per imbarcare i carichi di marmo.

I lavori si protrassero dal 1851 al 1855 e, viste le immediate ripercussioni positive nel settore economico-sociale, l'iniziativa fu successivamente ripresa da altri gruppi industriali attraverso la costruzione di due nuovi pontili lunghi circa 300 m e poggiati su palizzate in cemento infisse nella sabbia: uno a levante (ad una distanza di circa 400 m) ed uno a ponente del pontile Walton, il primo (pontile Binelli) realizzato nel 1871 e il secondo (pontile Thomas Pate) nei primi anni del secolo successivo.

Le strutture dei pontili caricatori interagirono ben presto con la dinamica sedimentaria e con la recente tendenza erosiva già innescata dalla cospicua diminuzione di apporto solido da parte del Magra e, favorendo la sedimentazione sul loro lato sopraflutto, determinarono o, senza dubbio, incrementarono, l'accrescimento della spiaggia di quella che, da allora, prese il nome di Marina di Carrara (Dip. di Scienze della Terra, 2001).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Un'attenta analisi della linea di riva riportata sulla carta I.G.M. del 1878 (vedi ad es. la successiva Figura C65) evidenzia, infatti, una forma leggermente convessa di tale spiaggia proprio in corrispondenza dei pontili, spiegabile essenzialmente con un'interferenza (seppur non paragonabile con quella riscontrata negli anni successivi) di queste strutture con il moto ondoso: i nuovi pontili, realizzati in pali di grosso diametro e poco spazati fra loro (

Figura C62 e Figura C63), pur restando strutture "permeabili", esercitavano presumibilmente un'influenza nei confronti delle ondatazioni che si avvicinavano a riva con angolo prossimo alla normale tale da ridurre l'energia, per diffrazione, e favorire la sedimentazione delle sabbie in transito, provenienti da nord.

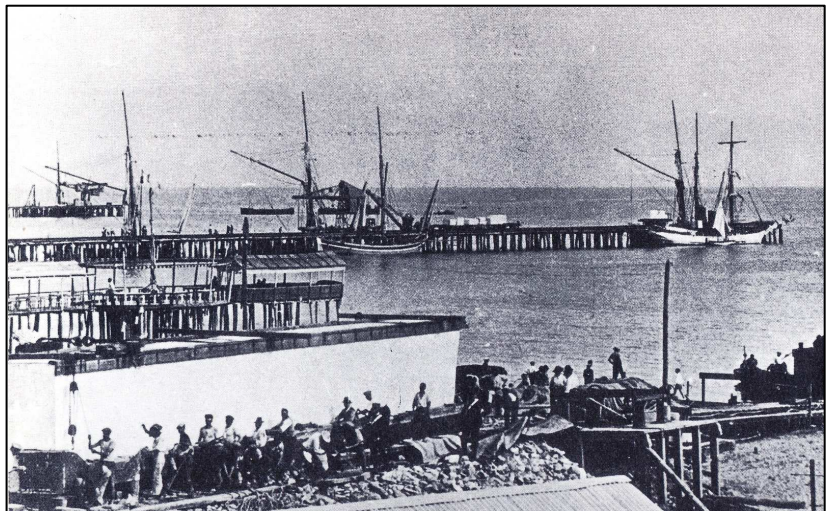




Figura C62 (a sinistra) – Infissione di uno dei pali che sorreggono il Pontile Walton (anni 1851-1855).

Figura C63 (a destra) – I pontili di caricamento per il marmo e alcuni "navicelli" attraccati in attesa di caricare (primi anni del Novecento).

L'avanzamento della spiaggia fu così marcato che il pontile Walton, dal 1855 fino al 1909, dovette essere allungato di ben 90 m per evitare che i velieri minori si arenassero quando erano carichi (indicativo di un tasso di avanzamento di 1.33 m/anno).

Col passare degli anni, però, la necessità di munire di opere di difesa i pontili caricatori aggettanti in mare aperto e la volontà collettiva di disporre di una struttura più moderna ed efficace, spinse la popolazione a richiedere la costruzione di un vero e proprio porto ed il Governo a

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

promuovere interventi difensivi, in un primo tempo, e successivamente a stanziare fondi per una nuova opera portuale.

Terminata la prima guerra mondiale, nel febbraio del 1922 iniziarono i lavori (durati più di 5 anni) per la realizzazione della diga di ponente, ad occidente dell'ultimo pontile (il Thomas Pate), prevista lunga 590 m e normale alla spiaggia che già allora era larga, sabbiosa e con frequentatissimi stabilimenti balneari.



Successivamente venne eliminato il pontile Pate, troppo vicino alla diga, ed iniziarono i lavori per la diga foranea frangiflutti, prevista lunga 740 m e con una base più ampia rispetto al molo di ponente per meglio reggere l'impatto delle mareggiate invernali.

Dopo due anni di lavori (circa nel 1929) furono costruiti i primi 200 m della diga foranea e, contemporaneamente, si iniziò e si portò avanti per oltre 500 m la gettata dei massi della diga di levante: alla fine degli anni Trenta, il porto comprendeva il molo di ponente (diviso in due bracci, con inclinazioni diverse, lunghi 680 m e 420 m), il molo di levante (lungo 620 m) e, al loro interno, i pontile Walton e Binelli, lunghi 200 m (vedi ad es. Figura C64).



Figura C64– Porto di Marina di Carrara, fine anni Trenta: particolare della banchina di Ponente.

Nella seguente Figura C66 compaiono le linee di riva ottenute attraverso la digitalizzazione delle edizioni del 1878, del 1928 e del 1938 (data della prima ripresa aerea disponibile) della cartografia I.G.M.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

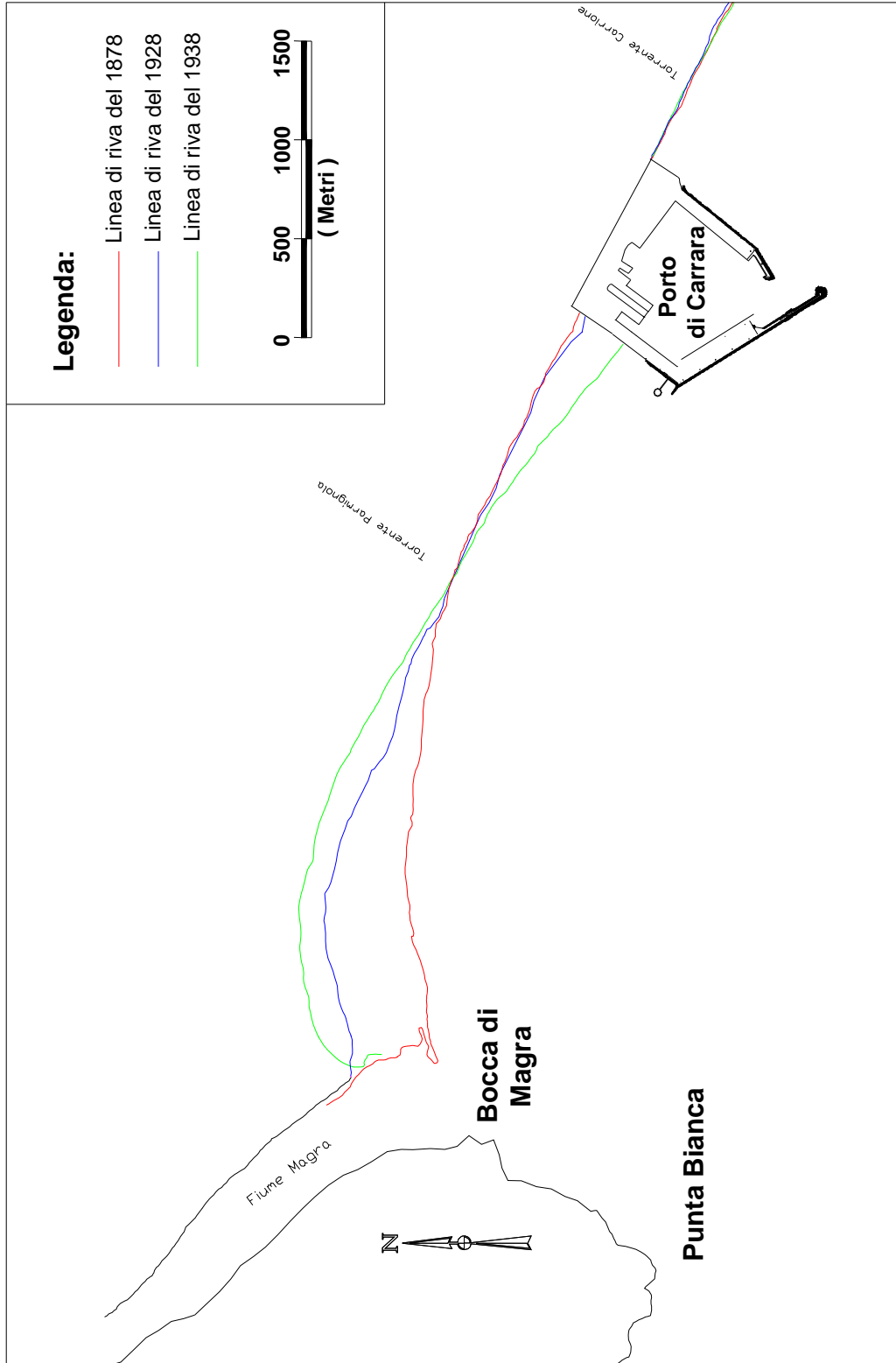


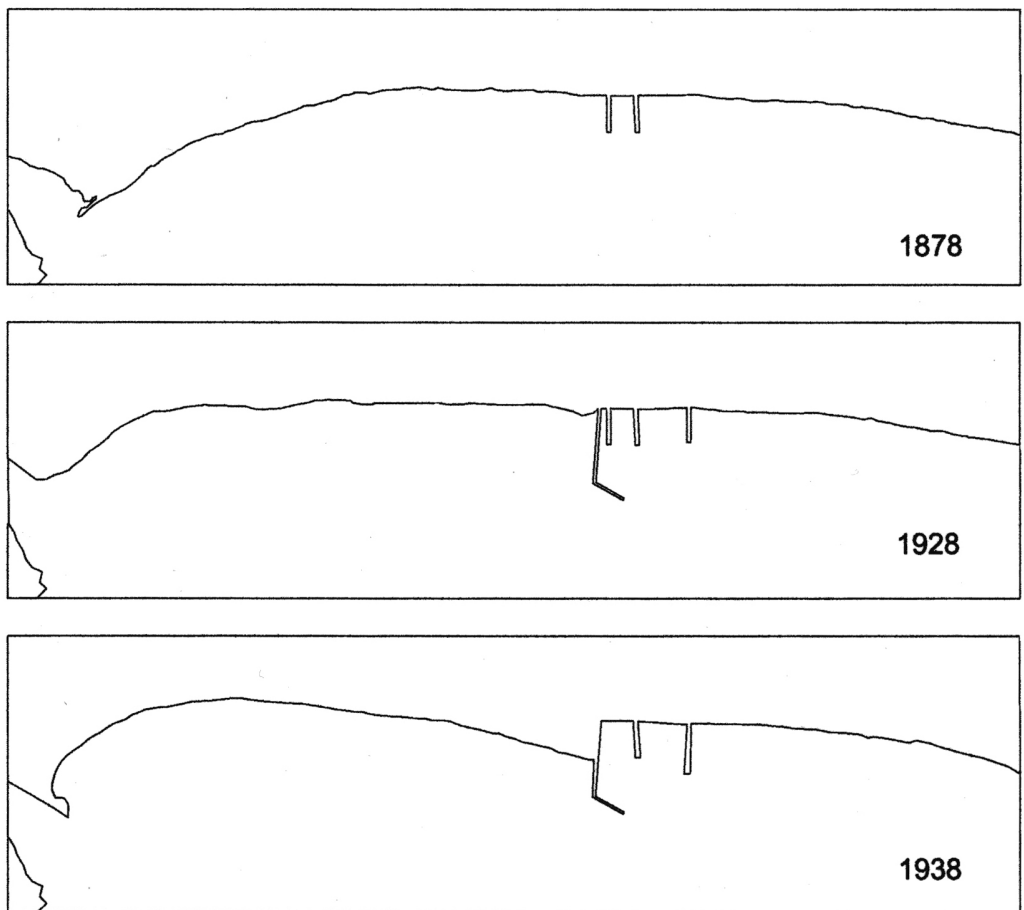


Figura C65 - Evoluzione della linea di riva nel tratto di costa compreso fra Bocca di Magra e Marina di Massa fra il 1878 e il 1938

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	





NOTA:

Nel 1878 la foce del Magra risulta molto ricca di sedimenti e le uniche strutture aggettanti in mare risultano il pontile Walton (a ponente, costruito negli anni 1851-1855) ed il pontile Binelli (a levante, costruito nel 1871). Nel 1928 le spiagge limitrofe alla foce del Magra risultano colpite da forte erosione e le opere marittime presenti a Marina di Carrara sono, partendo da ponente: il molo di ponente e parte della diga foranea frangiflutti, il pontile Pate, il pontile Walton ed il pontile Binelli. Si nota, inoltre, la forma convessa del litorale in corrispondenza del lato sopraflutto della diga di ponente. Nel 1938 risulta ancora presente l'erosione delle spiagge settentrionali e appare sensibilmente incrementato l'accumulo di sedimenti in prossimità del porto di Marina di Carrara, avente una conformazione quasi definitiva e dotato anche della diga di levante.

Figura C66 - Configurazione della costa e del porto di Marina di Carrara quale risulta sulla cartografia I.G.M. degli anni 1878, 1928 e 1938.

Il confronto fra le carte evidenzia la forte erosione che interessò le spiagge di Fiumaretta e di Marinella di Sarzana e l'espansione, in un primo tempo (1878-1928) più contenuta e successivamente (1928-1938) più accentuata, della spiaggia posta immediatamente a nord del

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

porto di Marina di Carrara (come constatò anche Albani, 1940). L'evoluzione subita dai fondali a qualche centinaia di metri dalla spiaggia davanti a Marina di Carrara, relativa al periodo compreso fra la fine dell'Ottocento e gli inizi del Novecento, già rilevata negli anni 1910-1913 dall'ingegner Ignazio Inglese (all'epoca ispettore superiore del Genio Civile e delegato per la progettazione del porto) e confermata successivamente da riscontri cartografici, sembra però indicare che la spiaggia di sopraflutto al molo di ponente mostrasse un'incipiente tendenza all'erosione, senza dubbio contrastata ed invertita dalla successiva costruzione della diga portuale.

La costruzione dei pontili caricatori e del vero e proprio porto avvenne, quindi, in un periodo assai critico per la storia del litorale oggetto di studio che, già colpito da forte erosione nella sua propaggine settentrionale, sarebbe stato ben presto interessato da erosione anche nella sua parte meridionale, se non fosse intervenuta la realizzazione del porto (Consorzio Pisa Ricerche, 2001): anche Albani, infatti, sottolinea che il tasso di crescita della spiaggia si stava, in quegli anni, riducendo (analogamente a quanto stava accadendo per la vicina spiaggia di Marina di Massa).

Per quantificare le variazioni che interessarono la linea di riva nel periodo di tempo considerato (1878-1938), si è proceduto ad una suddivisione del litorale in settori. Per ogni settore, rappresentato in

Figura C67, e per ciascun intervallo di tempo compreso fra due diverse edizioni della cartografia I.G.M. opportunamente digitalizzate, sono stati calcolati lo spostamento medio (m) ed il tasso di spostamento annuale ($m/anno$) della linea di riva, riportati nelle Tabella C49 e Tabella C50.





	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



Figura C67– Delimitazione dei settori nei quali è stato suddiviso il litorale per l’analisi quantitativa dell’evoluzione della linea di riva.

I limiti dei settori 1, 2, 3 e 4 sono stati spostati per tener conto della rotazione della linea di riva, ottenendo lunghezze variabili fra i periodi 1878-1928 e 1928-1938.

Settore	1878 - 1928		1928 - 1938	
	lunghezza (m)	spostamento medio (m)	lunghezza (m)	spostamento medio (m)
1	146	- 416.52	176	- 41.47
2	323	- 453.27	404	- 201.99
3	329	- 433.20	436	- 129.52
4	525	- 334.37	560	- 143.38
5	500	- 154.94	500	- 129.22
6	531	- 58.95	531	- 32.64
7	489	+ 8.16	489	+ 13.62
8	500	+ 8.76	500	+ 87.65
9	613	+ 19.77	613	+ 204.08

Tabella C49 – Spostamento medio della linea di riva nel periodo 1878-1938: valori negativi indicano erosione, valori positivi accumulo.

Settore	1878 - 1928		1928 - 1938	
	lunghezza (m)	Tasso di spostamento medio (m/anno)	lunghezza (m)	Tasso di spostamento medio (m/anno)
1	146	- 8.33	176	- 4.15
2	323	- 9.07	404	- 20.20
3	329	- 8.66	436	- 12.95
4	525	- 6.69	560	- 14.34
5	500	- 3.10	500	- 12.92
6	531	- 1.18	531	- 3.26
7	489	+ 0.16	489	+ 1.36
8	500	+ 0.18	500	+ 8.77
9	613	+ 0.40	613	+ 20.41

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

**Tabella C50 – Tasso di spostamento medio (m/anno) della linea di riva nel periodo 1878-1938:
valori negativi indicano erosione, valori positivi accumulo.**

Nei cinquant'anni compresi fra il 1878 e il 1928, l'arretramento della linea di riva ha raggiunto localmente i 500 m a Fiumaretta, con tassi di erosione prossimi a 10 m/anno, mentre andava attenuandosi verso sud fino a ridursi completamente in corrispondenza del Torrente Parmignola, dove si aveva una situazione di sostanziale equilibrio (Dipartimento di Scienze della Terra, 2001).

Il materiale eroso dalle spiagge settentrionali fluiva verso sud e, nel periodo antecedente alla costruzione della diga di ponente del porto, non determinava una consistente crescita della spiaggia di Marina di Carrara (sebbene, come si è detto, vi fosse una certa interazione fra i pontili caricatori e la dinamica sedimentaria).



Ad una perdita di 634.759 m² di spiaggia emersa nei 2.8 km di costa posti a nord della foce del Parmignola fece riscontro, infatti, una modesta espansione di soli 20.226 m² sugli 1.5 km meridionali.

Nei dieci anni compresi fra il 1928 e il 1938 l'erosione delle spiagge poste nelle vicinanze della foce del Magra proseguì con un ritmo analogo a quello registrato in precedenza, con un valore di arretramento medio di 114 m e con valori estremi che superarono i 200 m nel settore n° 2, mentre, a partire dalla foce del Torrente Parmignola, iniziò un processo di forte accrescimento che provocò un cospicuo avanzamento del litorale posto sopraflutto al porto, caratterizzato da uno spostamento medio della linea di riva di 114 m.

Prima della costruzione del molo, i sedimenti che, provenienti da nord, giungevano sulla spiaggia di Marina di Carrara, proseguivano prevalentemente verso sud (essendo, infatti, il flusso netto dei sedimenti diretto in quella direzione, vedi Cortemiglia, 1978), anche se una parte poteva, occasionalmente, ritornare verso Bocca di Magra spinta dalle ondate provenienti da Sud e da Sud-Est, determinando localmente un trasporto litoraneo in direzione opposta a quella dominante.

La costruzione del porto ridusse questo flusso di ritorno, aumentò il valore del flusso netto verso sud, ne determinò un blocco, almeno nella sua componente grossolana, e favorì l'espansione della spiaggia di Marina di Carrara, aumentando il deficit sedimentario della spiaggia di Marinella (Consorzio Pisa Ricerche, 2001). Questo processo causò una rotazione del litorale, avente il suo fulcro nella foce del Torrente Parmignola, che non comportò un equilibrio fra aree in erosione ed aree in sedimentazione: fra il 1928 e il 1938 furono persi ben 291.587 m² di spiaggia nel tratto settentrionale, con un aumento di 172.156 m² su quella meridionale.

La rotazione, di circa 20° nel tratto meridionale, ha portato la spiaggia, originariamente con un azimut di 290° N, ad assumere una direzione 311° N: in tal modo, la risultante del flusso di energia

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

del moto ondoso (circa 240° N) si è avvicinata alla normale alla spiaggia, incrementando le componenti *off-shore* del flusso sedimentario a scapito di quelle *long-shore* e favorendo la stabilità delle spiagge settentrionali (Consorzio Pisa Ricerche, 2001; Cipriani et al., 2001). Alla fine degli anni Trenta, quindi, il litorale posto a nord del porto di Marina di Carrara si configura secondo un nuovo assetto che, grosso modo, rimane simile a quello attuale.



La dinamica dei litorali posti a sud del porto di Marina di Carrara risulta nel tempo fortemente correlata all'evoluzione del litorale posto sopraflutto al porto stesso ed agli effetti indotti dalle opere eseguite. Questo tratto di litorale, in lenta progradazione negli ultimi secoli, risentì, fra la fine dell'Ottocento e i primi anni del Novecento, della sensibile riduzione degli apporti solidi trasportati dal Magra e, pur mantenendosi sempre in accrescimento, i tassi di avanzamento della linea di riva risultano in netto e progressivo abbassamento (3,5 m/anno fra il 1825 e il 1843; 2,2 m/anno fra il 1843 e il 1878 e 0,2 m/anno fra il 1878 e il 1913) tanto da lasciare supporre che l'erosione l'avrebbe colpita (probabilmente solo con intensità minore) anche se non fosse stato costruito il Porto di Marina di Carrara.

Il ritardo col quale si innescarono tali processi erosivi dipende esclusivamente dalla maggior distanza degli arenili dalla foce del Magra, loro principale (e unico) alimentatore. A sud di M. di Massa, invece, gli arenili si mantennero in costante progradazione.

Immediatamente dopo l'avvio delle infrastrutture portuali di Marina di Carrara, le spiagge meridionali poste in sua adiacenza vennero colpite da gravissimi processi erosivi (arretramenti dell'ordine di 15-30 metri) tanto che, nel 1930, per salvaguardare il litorale e le infrastrutture viarie presenti sul lungomare, si rese necessaria la costruzione di barriere aderenti che, di fatto, comportando la scomparsa della spiaggia da quasi tutto il tratto, ne bloccarono la dinamica evolutiva. Tali barriere vennero eseguite per uno sviluppo lineare di circa 450 m, a nord del torrente Carrione, e per ulteriori 700 m circa nel tratto compreso fra il torrente Carrione e il fosso Lavello.

C6.3.3 Evoluzione di breve periodo della costa (periodo 1938-1998)

Per lo studio dell'evoluzione della linea di riva nel periodo compreso fra gli anni 1938 e 1998 sono state digitalizzate, presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, le linee degli anni 1938, 1954, 1967, 1978 e 1985 presenti sulla cartografia "Coste Toscane" in scala 1:5000 realizzata dallo stesso Dipartimento per conto della Regione Toscana (Bartolini et al., 1989), alle quali è stata aggiunta la linea di riva ottenuta tramite il rilievo topografico con stazione

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

totale effettuato dalla società Nuova Idrocart s.r.l. di Genova, per conto dell’Autorità Portuale del porto di Marina di Carrara, nel 1998.

Nonostante la qualità dei documenti analizzati, tuttavia, non si possono escludere alcuni errori dovuti all’iniziale fotorestituzione (Bartolini et al., 1989) ed alla successiva digitalizzazione.

Il quadro sinottico ad alta risoluzione spaziale che si è ottenuto ha permesso di mettere in evidenza i processi sedimentologici e morfologici in atto, riconoscendo cause naturali ed antropiche che hanno operato sia a scala regionale, sia a scala locale.

Vista l’elevata disponibilità e l’accuratezza dei dati, anche per il tratto di litorale posto a sud del porto di Marina di Carrara si è proceduto all’identificazione di settori in corrispondenza dei quali calcolare le variazioni della linea di riva e quantificare i fenomeni erosivi e/o accrescitivi in atto.

La rappresentazione grafica della suddivisione del litorale in settori è riportata nella seguente Figura C68.

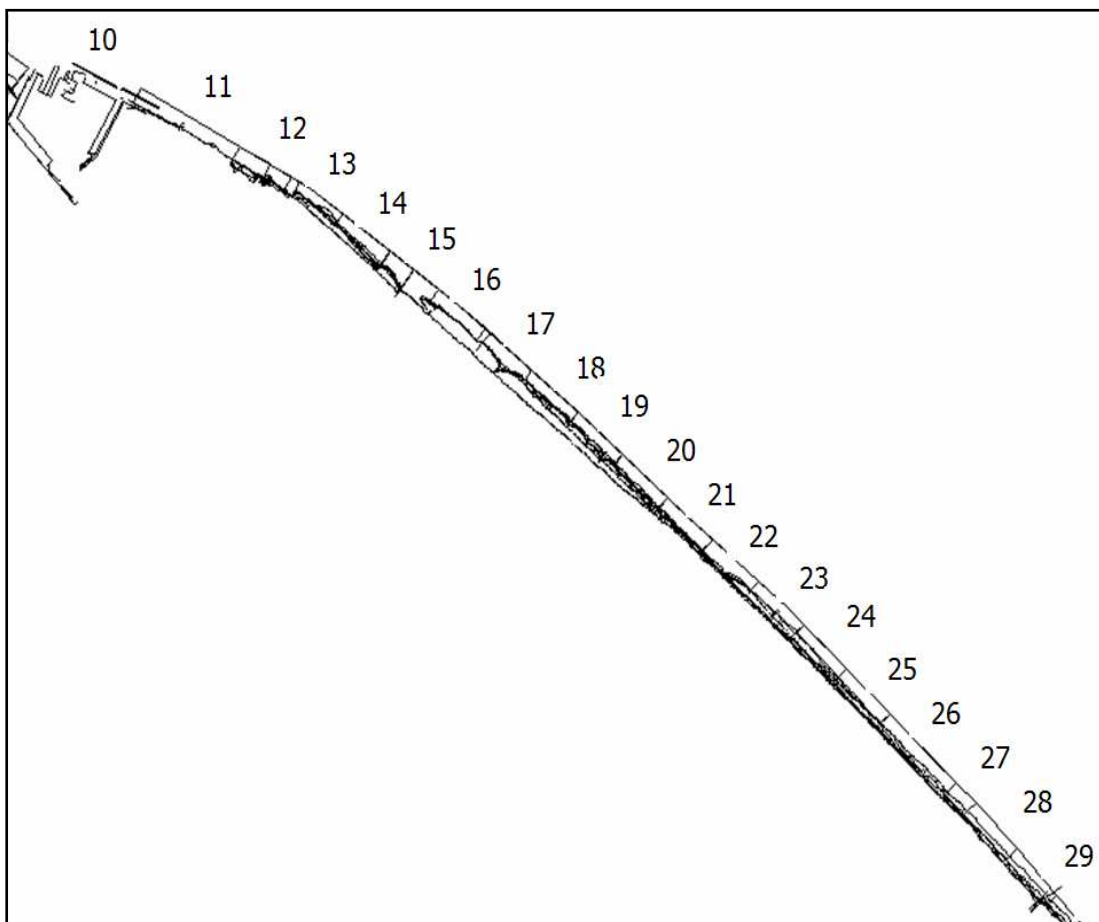




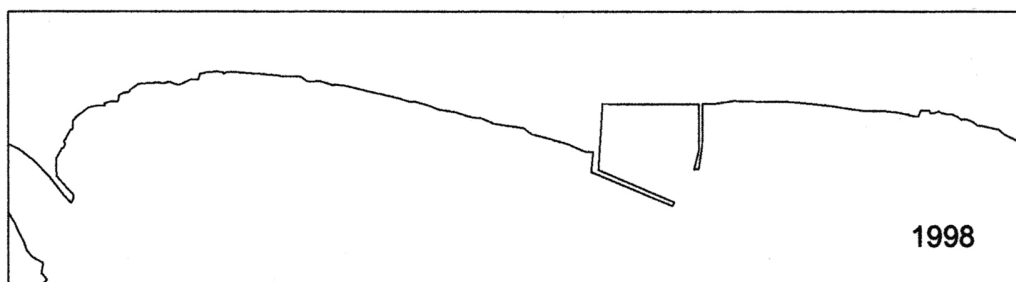
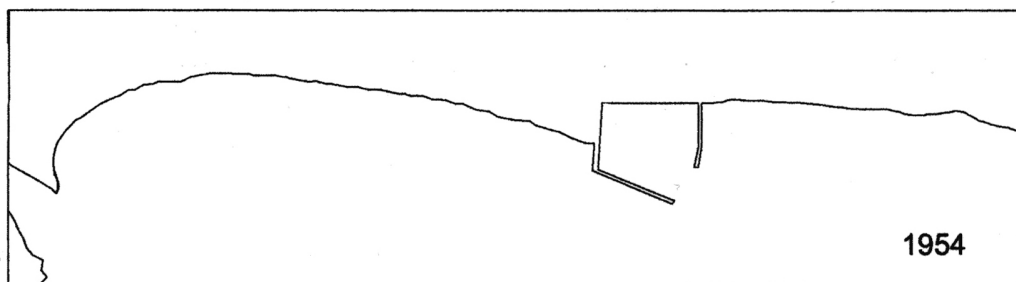
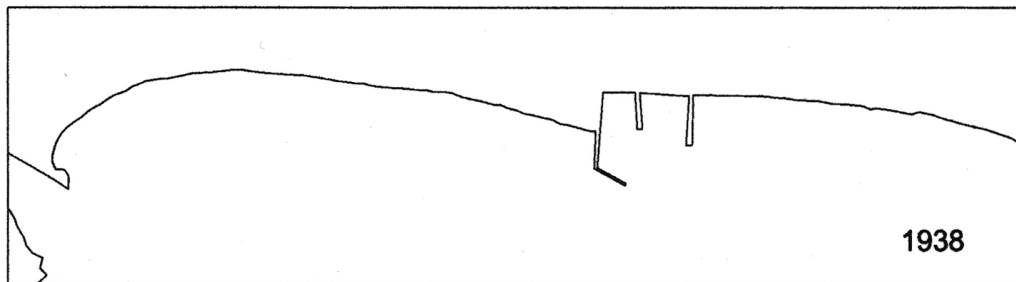
Figura C68 – Suddivisione in settori del litorale posto sottoflutto al porto

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Nel 1940 l'Italia entrò in guerra e l'occupazione tedesca della regione apuana (iniziata nel settembre 1943) determinò ingentissimi danni alle strutture del porto di Marina di Carrara: il 23 settembre 1944 vennero fatte brillare numerose mine che portarono alla distruzione, quasi totale, di ampi tratti del primo e del secondo braccio del molo di ponente e colpirono gravemente anche il molo di levante e i due pontili interni, rendendoli inutilizzabili.

Nel 1946 ebbe inizio la ricostruzione ed in pochi anni i lavori terminarono ed il porto arrivò ad assumere le sue dimensioni caratteristiche attuali; parallelamente al ripristino delle scogliere e delle banchine, iniziarono anche i lavori di dragaggio dei fondali che risentirono molto della presenza della sabbia entrata nel bacino attraverso le brecce causate dalle mine tedesche.

Anche il litorale, dopo il 1938, continuò ad evolversi (Figura C69 e Figura C70), sebbene con un ritmo alquanto inferiore a quello che aveva contraddistinto tutto il periodo precedente: le spiagge comprese fra Bocca di Magra ed il Torrente Parmignola continuarono ad erodersi, in netta contrapposizione con l'accumulo, ancora ingente, che caratterizzò il lido di Marina di Carrara.







	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Figura C69– Configurazione della costa e del porto di Marina di Carrara quale risulta sulla cartografia I.G.M. degli anni 1938 e 1954 e sul rilievo topografico del 1998.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

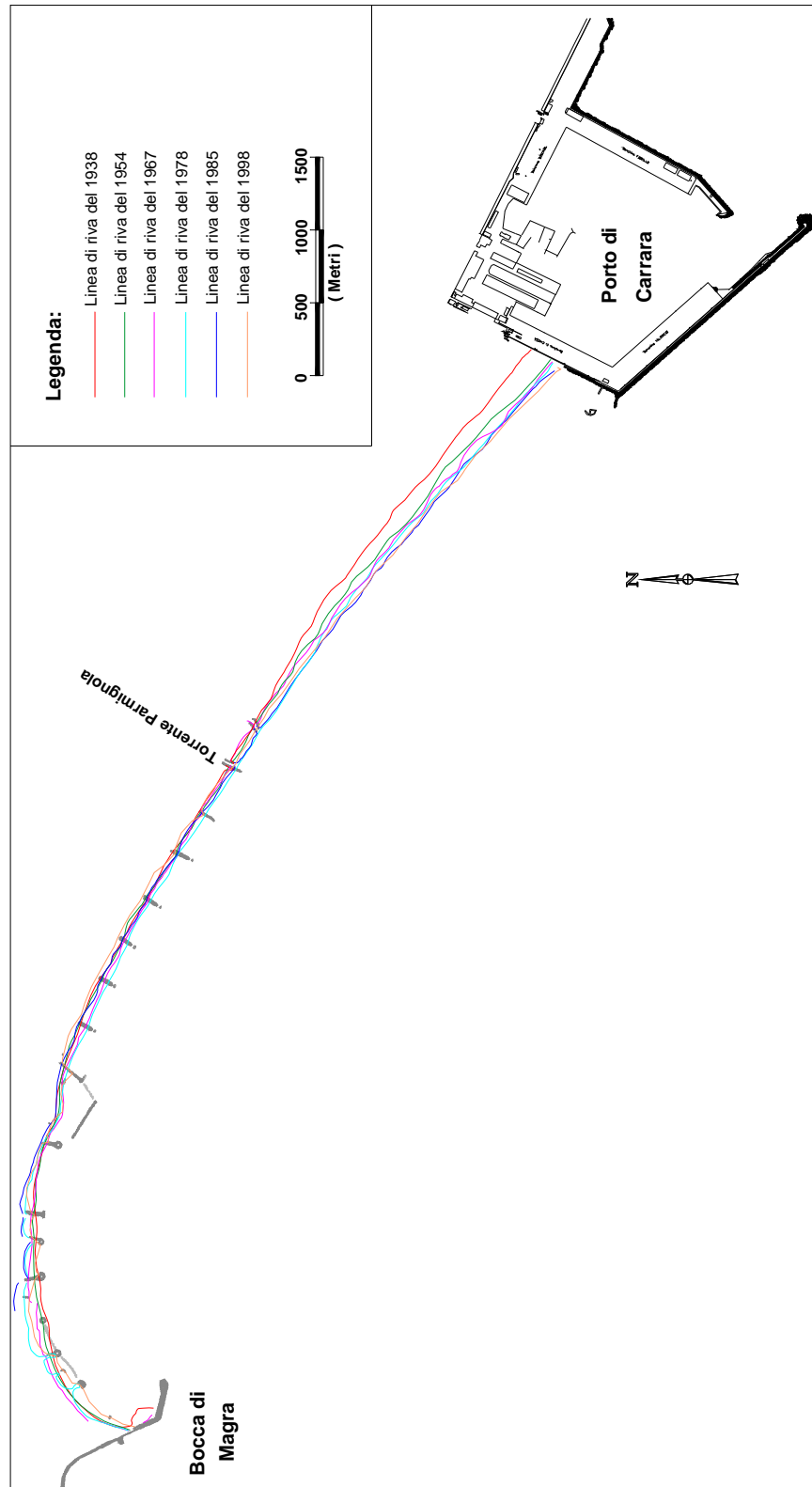




Figura C70 – Evoluzione della linea di riva nel tratto di costa compreso fra Bocca di Magra e Marina di Massa fra il 1838 e il 1998.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Il confronto fra le linee di riva del 1938 e del 1954 mette in evidenza che il processo di erosione nella spiaggia di Fiumaretta si era attenuato (arretramento massimo di 9.85 m pari a 0.62 m/anno nel settore n°2), a seguito dell'assunzione di una configurazione prossima ad una spirale logaritmica (Silvester e Hsu, 1993), mentre l'espansione della spiaggia posta a nord del porto era ancora cospicua, con un avanzamento della linea di riva di 53.09 m (3.32 m/anno) nel settore 9 e valori simili (44.32 m; 2.77 m/anno) nel vicino settore 8 (Cipriani et al., 2001).

In realtà, a ridosso del molo di ponente del porto, l'accrescimento raggiunse anche valori più elevati (circa 70 m), mediati poi in considerazione dell'intera lunghezza del settore, mentre va segnalata, sulla spiaggia di Fiumaretta, la costruzione di alcuni piccoli pennelli.



Il sostanziale squilibrio fra l'erosione e la sedimentazione registrate in questo intervallo temporale nel tratto di litorale posto a nord del porto può essere imputato al fatto che, molto probabilmente, mentre l'erosione colpì l'intero profilo della spiaggia emersa e sommersa, l'accumulo, invece, interessò quasi esclusivamente la parte più prossimale della spiaggia (Dipartimento di Scienze della Terra, 2001).

Immediatamente a sud del porto, le opere di protezione aderente realizzate intorno al 1930 a protezione dell'abitato e della via litoranea comportarono la scomparsa della spiaggia un tempo antistante a quasi tutto il tratto per cui tale settore risulta da allora quasi interamente privo di dinamica.

La forte riflessività di tali opere contribuì, inoltre, ad aumentare l'entità dei fenomeni erosivi nelle spiagge poste sottoflutto (Zona Partaccia-Colonie), tanto che, intorno al 1941, si iniziò la progettazione delle barriere parallele emerse distaccate da riva ancora oggi presenti. La serie di barriere parallele venne realizzata e completata nei primi anni Cinquanta per cui, nel periodo compreso fra il 1938 e il 1954 tutti i settori posti a sud del porto fino al torrente Brugiano fecero segnare tassi di arretramento medi annui compresi fra -4 e -6 m/anno (con arretramenti lineari dell'ordine di 60-100 m).

I settori maggiormente colpiti furono quelli posti nel tratto terminale della località Partaccia (n° 15, 16 e 17), mentre in corrispondenza dei settori n° 20 e 21 si registrò un sostanziale equilibrio, immediatamente seguito, a sud, da fenomeni di sostanziale accumulo che comportarono, in tutti i settori compresi fra il n° 22 e il n° 28, tassi medi di spostamento annuo pari a 1 - 3 m/anno.

In Figura C71 è rappresentato lo spostamento medio relativo al periodo 1938-1954.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

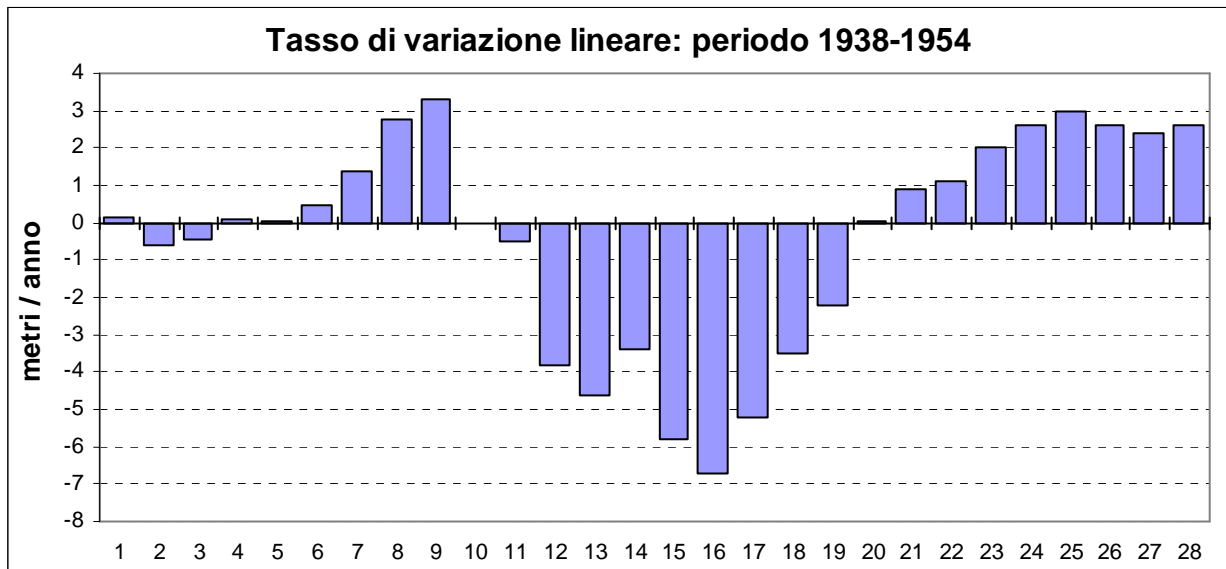


Figura C71– Tasso di spostamento medio annuo della linea di riva nel litorale compreso fra Fiumaretta (a sinistra) e il Cinquale (a destra), nel periodo 1938-1954.



Nel successivo periodo compreso fra il 1954 e il 1967, il litorale continuò ad evolversi seguendo la tendenza che già aveva contraddistinto gli anni precedenti, ma con variazioni quantitativamente inferiori nel tratto posto a nord del porto.

Nel tratto settentrionale, l'accumulo sopraflutto al porto risulta sensibilmente inferiore rispetto a quanto avvenuto in passato (tassi di espansione media dimezzati nei settori n° 8 e 9) e non si scorgono evidenti effetti erosivi legati alle avverse condizioni meteomarine dell'autunno 1966 (effetti che, invece, produssero ingenti danni e forti arretramenti della spiaggia in molte zone della costa toscana).

In alcuni settori, al contrario, si segnala una cospicua crescita della spiaggia, talvolta correlabile alla costruzione di opere di difesa costiera, quali ad esempio la barriera parallela emersa realizzata alla fine degli anni Cinquanta nel settore n° 4.

Nel frattempo, però, furono effettuate opere di sistemazione del bacino e di arginamento del Fiume Magra che, inevitabilmente, influirono negativamente sulla portata solida trasportata verso la foce.

Alla situazione già critica si aggiunsero, inoltre, dapprima in sordina, ma con una gradualità crescente che raggiunse punte impressionanti, le estrazioni di ghiaia dall'alveo del fiume che, nel tronco pre-foce, vennero attivate con impianti fissi ad estrazione meccanica o con sorbona

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

(grossa pompa che estraeva il materiale dal fondo e collegata direttamente agli impianti di grigliatura per mezzo di tubazioni galleggianti).

L'attività estrattiva, condotta a livello artigianale sino agli anni Cinquanta, assunse ora, in concomitanza con il boom edilizio ed autostradale, dimensione industriale. In occasione della costruzione dell'Autostrada Sestri Levante-Livorno, del raddoppio della linea ferroviaria Genova-La Spezia, della realizzazione della centrale termoelettrica di Vallegrande e di altre grandi costruzioni, il Genio Civile di La Spezia e di Massa-Carrara rilasciarono regolari concessioni per l'estrazione di inerti dal fiume.



Nel quindicennio 1958-1973, il volume globale di inerti per i quali venne concessa l'estrazione dal Magra e dal Vara ammonta a 5.375.784 mc nella provincia di La Spezia, a circa 500.000 mc in quella di Massa-Carrara e a 1.599.484 mc nel tronco pre-fociale del Magra. (Cavazza, Marlissena e Piaggi, 1977).

Come ben noto, le quantità concesse non sono state assolutamente osservate (anche a causa dell'impossibilità pratica e delle connaturali difficoltà di esercitare un intenso controllo) e diverse ricerche (Cavazza, Marlissena e Piaggi, 1977; ELC, 1970 ed altri) stimano in circa 23.000.000 mc la quantità di inerti effettivamente estratta dal Vara e dal Magra nel periodo 1958-1973 (pari a circa 1.500.000 mc/anno) e in circa 6.600.000 mc (pari a circa 440.000 mc/anno) quella prelevata dal tronco pre-fociale.

Se si pongono in relazione, infine, i dati riportati con la stima della portata solida per trascinarsi del fiume (in sabbia e ghiaia) indicata dalla Sezione Idrografica del Genio Civile in 300.000 ÷ 400.000 mc/anno, si ha il quadro esatto dell'incidenza che il fatto può avere avuto sul fenomeno del trasporto litoraneo sulle spiagge.

Agli inizi degli anni Sessanta, la situazione delle spiagge poste sottoflutto al porto di Marina di Carrara divenne ancor più complessa: la riduzione del trasporto solido del Magra, le selvagge escavazioni in alveo, l'ostacolo rappresentato dai moli portuali e la realizzazione delle opere di protezione costiera finalizzate più ad arginare locali situazioni di emergenza che non a ricreare un complessivo riequilibrio del litorale innescarono, infatti, enormi fenomeni erosivi in corrispondenza dell'abitato di Marina di Massa (e, quindi, a sud degli interventi realizzati nel periodo precedente in località Partaccia).

Fra il 1954 e il 1967, lungo il litorale posto a sud del porto vennero realizzate diverse opere di difesa costiera, consistenti sinteticamente in barriere aderenti (nei tratti prospiciente la Colonia Parmense e la Colonia Torino) e nelle ultime barriere parallele (nel tratto compreso fra il torrente Ricortola e la Colonia Motta) spesso collegate a terra mediante strutture multiple.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Le strutture realizzate nel periodo precedente erano riuscite, infatti, a tamponare e talvolta ad invertire il trend erosivo nel tratto protetto, ma ebbero l'immediata conseguenza di spostare sottoflutto l'erosione: il sostanziale equilibrio che nel periodo precedente aveva contraddistinto i settori n° 20 e 21 si tramutò in erosione (con tassi medi di arretramento pari a circa 1.5 - 2.0 m/anno) e, contestualmente, diminuirono fortemente (nell'ordine dell'80%) i processi di accumulo nei settori compresi fra i settori n° 22 e n° 28 che si portarono al limite delle condizioni di equilibrio.

Il Genio Civile OO.MM. di Genova progettò e realizzò, inoltre, con lo scopo di tamponare l'erosione presente mediante ripascimento artificiale, un impianto costituito da una draga aspirante fissa e da una pipe-line in grado di refluire sabbia dalla radice del molo foraneo del porto alle spiagge meridionali (Figura C72).

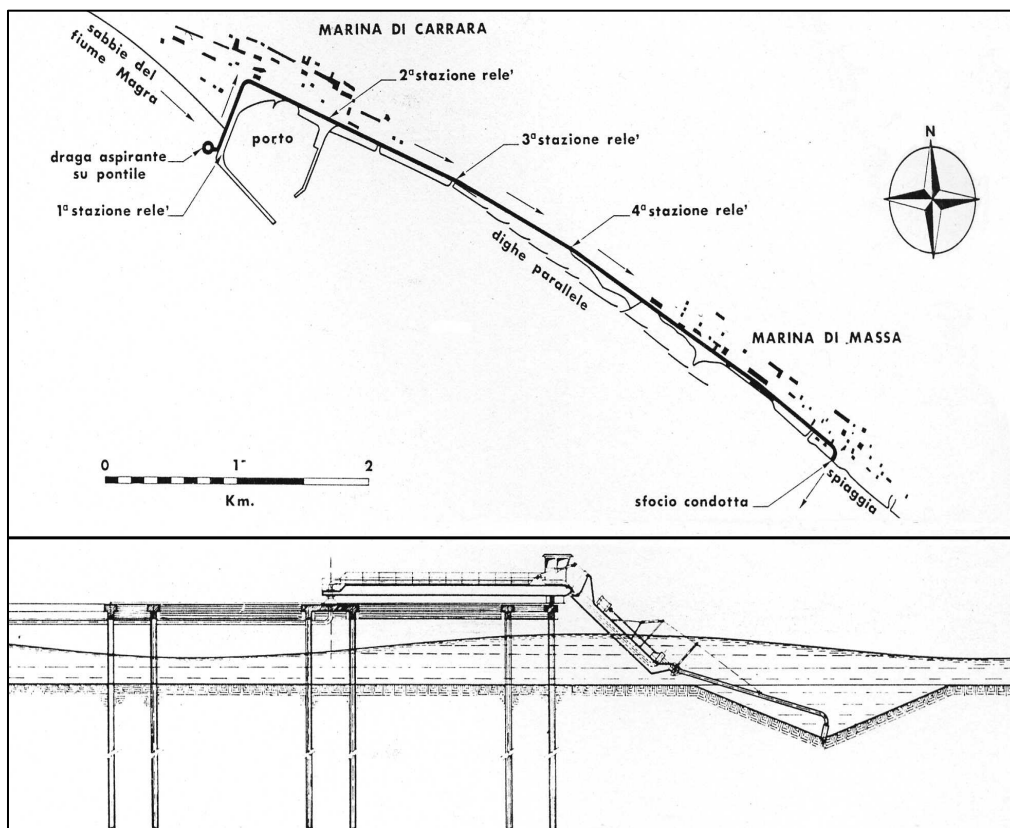




Figura C72- L'impianto di reflimento delle sabbie realizzato dal Genio Civile Opere Marittime di Genova, con una condotta di 6 km, by-passa il porto di Marina di Carrara, scaricando sulla spiaggia di Marina di Massa le sabbie dragate sopraflutto al porto.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

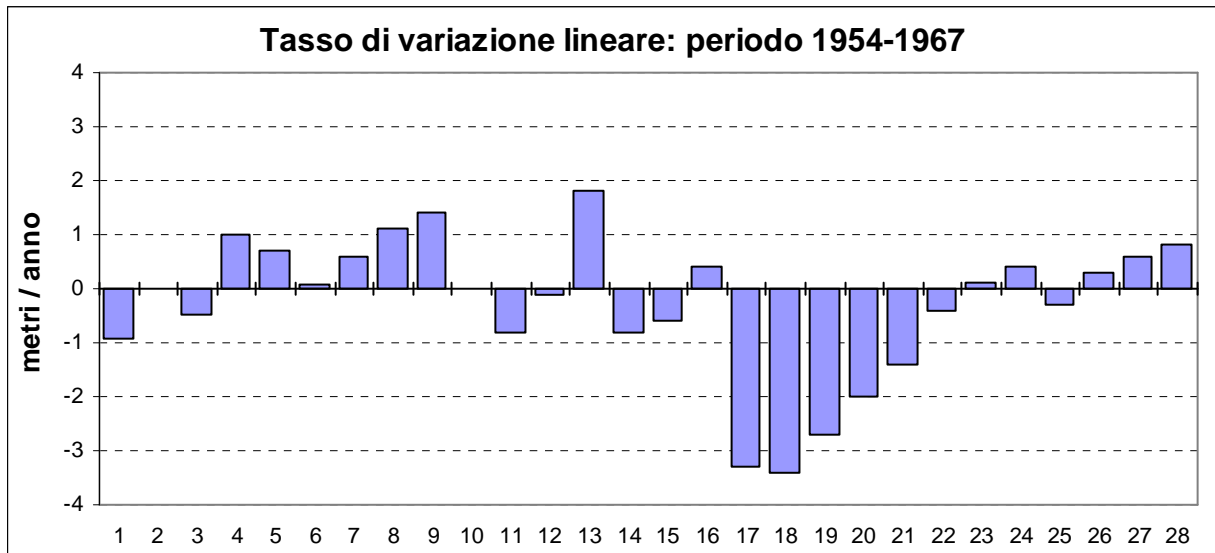




Figura C 73– Tasso di spostamento medio della linea di riva nel litorale compreso fra Fiumaretta (a sinistra) e il Cinquale (a destra), nel periodo 1954-1967.

Fra il 1967 e il 1978, probabilmente a causa del minor apporto solido del Magra (in seguito alle escavazioni di cui sopra) e della messa in funzione dell'impianto di by-pass per la sabbia, l'accrescimento della spiaggia a ridosso del porto risulta ancora minore rispetto al passato, quando l'effetto di ostacolo al trasporto litoraneo rappresentato dalla diga foranea era ancora notevole.

Ciò è spiegabile considerando che, col passare del tempo, la linea di riva si portò pian piano su posizioni più avanzate e, quando la spiaggia arrivò ad essere disposta parallelamente alle onde dominanti, la crescita si fece meno rapida e venne favorita l'uscita dei sedimenti (soprattutto nella loro frazione fine e su alti fondali) verso il largo. Nel tratto di costa posto a nord del porto, la spiaggia immediatamente sopraflutto al porto (settore n° 9) si espanse di 9.02 m, con un tasso medio di avanzamento di 0.82 m/anno; il settore in maggior accrescimento risulta, però, essere il n° 7, ad una distanza compresa fra i 500 m e i 1500 m dal porto (avanzamento di 20.46 m, con un tasso di avanzamento medio di 1.86 m/anno) mentre il settore interessato da maggior erosione è il n° 2, caratterizzato da un arretramento di 28.83 m, corrispondente a 2.62 m/anno.

In realtà, la forte diminuzione (se non, quasi, la totale scomparsa) di portata solida del Magra determinò, nel tratto settentrionale del litorale, fenomeni di erosione localizzata ben più marcati che, tuttavia, non possono essere rilevati mediante la semplice analisi delle variazioni della linea di riva degli anni 1967 e 1978, in quanto tempestivamente smorzati mediante la costruzione di nuove opere di protezione.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Fra il 1970 e il 1971, infatti, il Genio Civile per le Opere Marittime di Genova posizionò, davanti alla spiaggia erosa, 7 piattaforme-isola. Tali opere, al tempo ancora in fase sperimentale, presentarono, tuttavia, notevoli inconvenienti e non svolsero, se non a scala eccessivamente locale, la loro prevista azione.

Fu così che, a solo un anno dal completamento dell'ultima piattaforma-isola, nel 1972, tali opere vennero radicalmente modificate collegandole a terra mediante la posa di massi e trasformandole, nel loro schema funzionale, in ricci di testata di veri e propri pennelli ortogonali.

Per quanto concerne il tratto di litorale posto a sud del porto, fra il 1967 e il 1978 i settori afferenti alla località Partaccia, manifestarono una condizione di generale equilibrio (naturalmente mediando locali situazioni di erosione e accumulo), mentre i settori compresi fra il n° 17 e il n° 20 (area colonie e abitato Marina di Massa) risentirono positivamente degli interventi realizzati in precedenza che contribuirono ad una marcata inversione del trend evolutivo. I fenomeni erosivi si intensificarono in corrispondenza dei settori n° 21 e 22 (con tassi di arretramento pari a 2-4 m/anno) e traslarono ancora una volta verso sud, interessando anche i settori n° 23, 24, 25 che fino ad allora si mantenevano in situazione di equilibrio. Fenomeni di sensibile accrescimento (dell'ordine di 1,5-2,1 m/anno) caratterizzarono i settori più meridionali (area Poveruomo-Cinquale) che, con molta probabilità, usufruirono della disponibilità di sedimenti dovuta all'erosione dei settori più settentrionali. In quel periodo si intervenne nella zona posta fra la Partaccia e le colonie, protetta con barriere parallele, realizzando nuove strutture multiple (realizzazione di radicamenti a terra tramite setti ortogonali, collegamenti fra barriere, ecc.) e vennero realizzate opere aderenti e opere distaccate da riva nella zona della Colonia Torino.

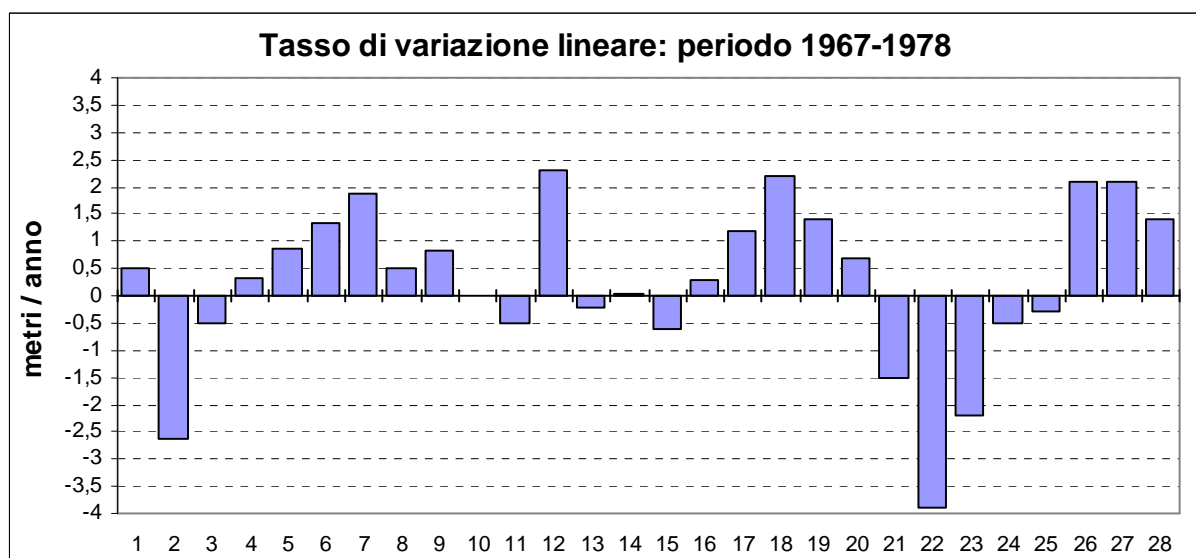


Figura C74– Tasso di spostamento medio della linea di riva nel litorale compreso fra Fiumaretta (a sinistra) e il Cinquale (a destra), nel periodo 1967-1978.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Fra il 1978 e il 1985, il tratto di litorale posto a nord del porto di Marina di Carrara fu caratterizzato da intensi processi erosivi nella parte già protetta (comprendente parte del settore n° 3 e gli interi settori n° 4, 5 e 6), con arretramenti di 30 m (4.3 m/anno) nel settore n° 3, di 20 m (2.9 m/anno) nel settore n° 4, di 17 m (2.4 m/anno) nel settore n° 5 e di 8 m (1.1 m/anno) nel settore n° 6, non colpiti da erosione nei quarant'anni precedenti ma, anzi, leggermente in accrescimento.

Ancora in accrescimento risultano, invece, i settori n° 7, 8 e 9, corrispondenti alla spiaggia di Marina di Carrara (avanzamento di 16.77 m con tasso di spostamento di 2.40 m/anno nel settore 8); non si hanno, invece, informazioni numeriche sui settori 1 e 2, da allora non coperti da voli aerofotogrammetrici della Regione Toscana, che risultano, tuttavia in fase di arretramento.

Fra il 1978 e il 1980 vennero realizzate due barriere sommerse posizionate in corrispondenza delle strutture ad isola, per realizzare un unico collegamento fra la prima e la quarta isola.

Intorno al 1980, inoltre, venne praticato un varco, ampio circa 20 m, lungo il molo guardiano del Fiume Magra per consentire ai sedimenti trasportati dal fiume di raggiungere le spiagge di Fiumaretta senza essere indirizzati verso il largo dalla struttura.



Essa, infatti, impediva (e, probabilmente, impedisce tuttora) ad una cospicua parte dei materiali detritici, convogliabili con le torbide del fiume, di raggiungere le spiagge poste a Sud-Est della foce, spingendoli verso gli alti fondali, da dove le azioni esercitate dal vettore idraulico marittimo generato dal moto ondoso non erano più in grado di rimuoverli.

Il varco aperto sul frangiflutti fociale non ottenne, però, i risultati sperati e la forte corrente che si creò innescò l'erosione non solo nel tratto di spiaggia a ridosso dell'opera (settore n° 1), ma anche sulle spiagge poste più a sud (settori n° 2 e 3).

Il tratto di litorale posto a sud del porto risentì positivamente degli interventi effettuati nel periodo precedente in corrispondenza dell'area delle Colonie e delle prime propaggini di Marina di Massa (settori compresi fra il n° 17 e il n° 20), ma divennero drammatici i fenomeni erosivi in corrispondenza dell'abitato di Marina di Massa (settori n° 21, 22, 23 e 24).

Fu così che, fra il 1980 e il 1981, vennero realizzati diversi pennelli ortogonali a riva, spesso collegati fra loro, in testata, mediante barriere parallele sommerse. Il litorale assunse in tal modo la classica configurazione "a celle".

I suddetti interventi contribuirono, da un lato, a contrastare l'erosione di alcuni settori, ma d'altro contribuirono a traslare tale fenomeno verso sud: nonostante la realizzazione delle suddette opere, i settori n° 21, 22 e 23 furono caratterizzati da arretramenti di circa 2-6 m/anno, mentre

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

per la prima volta entrarono in erosione anche i settori n° 26 e 27, anche se con modesti arretramenti (0.1-0.3 m/anno).

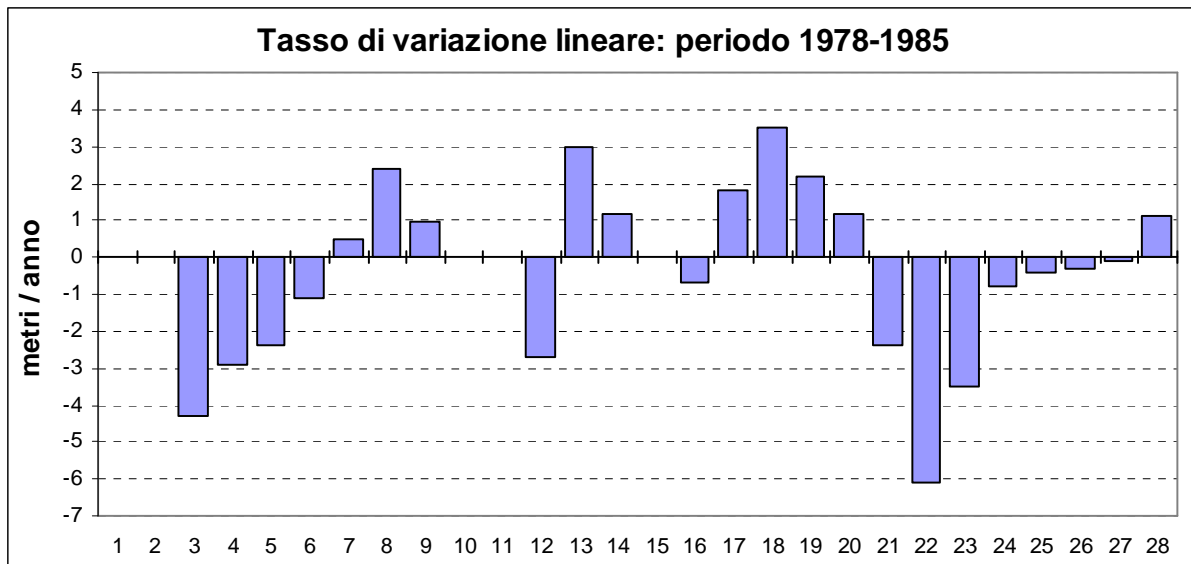




Figura C75– Tasso di spostamento medio della linea di riva nel litorale compreso fra Fiumaretta (a sinistra) e il Cinquale (a destra), nel periodo 1978-1985.

Nel successivo periodo (1985-1998), i dati riferiti al tratto posto a nord del porto, se da un lato mostrano un forte avanzamento della spiaggia nel settore n° 3 (46.95 m; 3.61 m/anno) e un certo recupero del settore n° 4 (9.21 m; 0.71 m/anno), dall'altro, tuttavia, evidenziano il permanere dell'erosione nei settori n° 5 e 6 (entrati in crisi nel periodo precedente) e, soprattutto, l'innescarsi di nuovi fenomeni erosivi anche nei successivi settori n° 7 (arretramento di 9.36 m, con un tasso medio di spostamento di 0.74 m/anno) e n° 8 (- 2.60 m; - 0.20 m/anno), mai interessati da deficit sedimentario prima di allora.

Con l'intenzione di tamponare l'erosione presente sulla spiaggia di Marinella, si intervenne massicciamente sulla costa: nel 1989 vennero costruiti due pennelli trasversali laterali alla barriera presente nel settore n° 4; poco dopo, mediante il congiungimento ottenuto tramite una barriera soffolta, si formò una vera e propria cella, del tutto analoga alle molte presenti sul litorale di Marina di Massa e, nel 1995, furono costruiti due pennelli nel settore n° 6.

Nello stesso periodo, lungo il litorale posto a sud del porto si assiste ad una situazione di sostanziale equilibrio nella zona della Partaccia (fino al settore n° 17), a fenomeni di lieve accrescimento nel tratto compreso fra le Colonie e il Fiume Frigido (tassi di avanzamento medio pari a 0.2-1.8 m/anno), e a ingenti fenomeni erosivi nella zona compresa fra le ultime celle di

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Marina di Massa e la località Ronchi-Poveromo. I settori n° 22, 23, 24, 25 e 26 fecero registrare tassi medi di arretramento dell'ordine di 2.5-4.5 m/anno; il settore n° 27 incrementò lievemente il proprio tasso erosivo rispetto al periodo precedente (da 0.1 a 0.3 m/anno) mentre il settore n° 28 diminuì il proprio tasso di avanzamento (da 1.1 a 0.6 m/anno).

In questo periodo lungo il litorale massese vennero completate le barriere parallele sommerse che determinarono la formazione di tutte le celle attualmente ancora presenti e furono realizzati gli ultimi due pennelli posti sopraflutto al fosso Magliano.

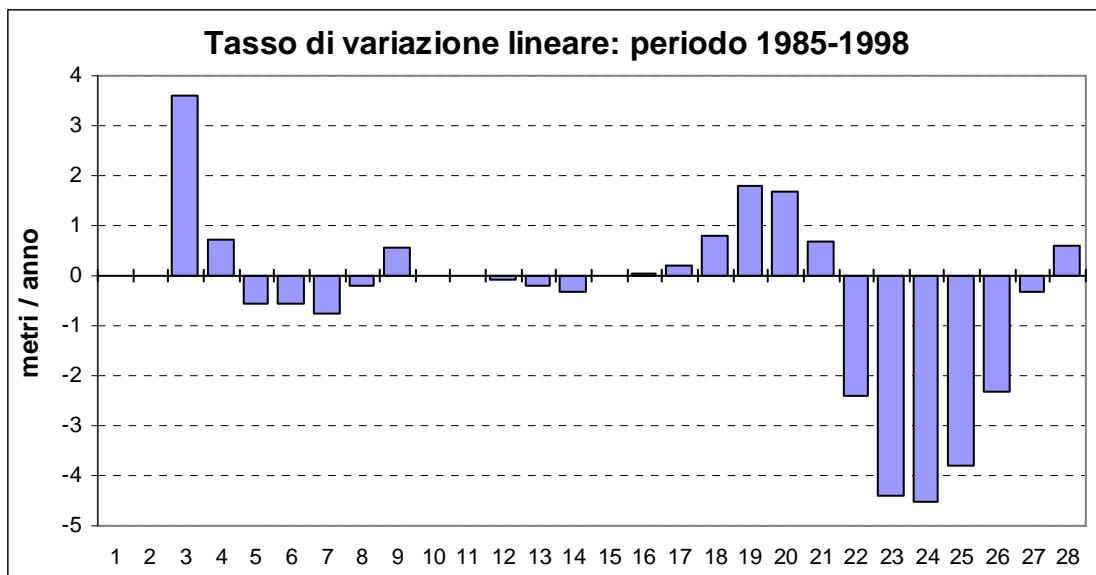




Figura C76 – Tasso di spostamento medio della linea di riva nel periodo 1958-1998.



Si riportano di seguito, per tutti i settori considerati, le quantificazioni dello spostamento medio (m) e il tasso di spostamento annuale (m/anno) della linea di riva (sono mancanti alcuni dati relativi ai settori 1, 2 e 11, non rilevati a partire dal 1978).

Settore	1938 1954	1954 1967	1967 1978	1978 1985	1985 1997/98
1	+ 1.98	- 11.91	+ 5.52	□	□
2	- 9.85	- 0.12	- 28.83	□	□
3	- 7.00	- 6.34	- 5.72	- 30.06	+ 46.95
4	+ 1.44	+ 12.85	+ 3.60	- 20.41	+ 9.21
5	+ 0.74	+ 9.03	+ 9.57	- 16.55	- 7.14
6	+ 7.88	+ 1.01	+ 14.85	- 7.58	- 7.00
7	+ 22.15	+ 7.57	+ 20.46	+ 3.38	- 9.63

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



Settore	1938 1954	1954 1967	1967 1978	1978 1985	1985 1997/98
8	+ 44.32	+ 14.60	+ 5.54	+ 16.77	- 2.60
9	+ 53.09	+ 18.27	+ 9.02	+ 6.77	+ 7.59
10	-	-	-	-	-
11	- 8.7	- 9.8	- 5.9	-	-
12	- 60.6	- 1.5	+ 24.8	- 18.8	- 1.5
13	- 73.2	+ 22.9	- 2.7	+ 21.2	- 2.8
14	- 55.1	- 10.2	+ 0.4	+ 8.2	- 4.4
15	- 92.9	- 7.5	- 6.4	-	-
16	- 106.7	+ 5.1	+ 3.4	- 5.0	+ 0.5
17	- 83.4	- 42.6	+ 12.9	+ 12.9	+ 2.8
18	- 56.3	- 44.3	+ 18.5	+ 24.6	+ 10.4
19	- 35.0	- 34.8	+ 21.9	+ 15.6	+ 23.9
20	+ 0.2	- 26.0	+ 16.2	+ 8.1	+ 22.2
21	+ 13.7	- 18.8	- 6.6	- 16.8	+ 9.7
22	+ 17.8	- 4.9	- 4.3	- 42.6	- 31.7
23	+ 31.7	+ 1.5	- 2.7	- 24.4	- 57.7
24	+ 41.2	+ 5.9	-2.0	- 5.6	- 58.3
25	+ 47.3	- 3.9	- 19.3	- 2.8	- 49.1
26	+ 41.2	+ 3.5	+ 22.9	- 1.9	- 30.5
27	+ 38.0	+ 7.6	+ 23.3	- 0.8	- 4.1
28	+ 41.0	+ 10.7	+ 15.2	+ 7.6	+ 7.32

Tabella C51 – Spostamento medio (m) della linea di riva nei 9 settori in cui è stato diviso il litorale.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Settore	1938 1954	1954 1967	1967 1978	1978 1985	1985 1997/98
1	+ 0.1	- 0.9	+ 0.5	□	□
2	- 0.6	- 0.01	- 2.6	□	□
3	- 0.4	- 0.5	- 0.5	- 4.3	+ 3.6
4	+ 0.1	+ 1.0	+ 0.3	- 2.9	+ 0.7
5	+ 0.05	+ 0.7	+ 0.9	- 2.4	- 0.6
6	+ 0.5	+ 0.1	+ 1.3	- 1.1	- 0.5
7	+ 1.4	+ 0.6	+ 1.9	+ 0.5	- 0.7
8	+ 2.8	+ 1.1	+ 0.5	+ 2.4	- 0.2
9	+ 3.3	+ 1.4	+ 0.8	+ 0.9	+ 0.6
10	-	-	-	-	-
11	- 0.5	- 0.8	- 0.5	-	-
12	- 3.8	- 0.1	+ 2.3	- 2.7	- 0.1
13	- 4.6	+ 1.8	- 0.2	+ 3.0	- 0.2
14	- 3.4	- 0.8	+ 0.03	+ 1.2	- 0.3
15	- 5.8	- 0.6	- 0.6	-	-
16	- 6.7	+ 0.4	+ 0.3	- 0.7	+ 0.04
17	- 5.2	- 3.3	+ 1.2	+ 1.8	+ 0.2
18	- 3.5	- 3.4	+ 2.2	+ 3.5	+ 0.8
19	- 2.2	- 2.7	+ 1.4	+ 2.2	+ 1.8
20	+ 0.01	- 2.0	+ 0.7	+ 1.2	+ 1.7
21	+ 0.9	- 1.4	- 1.5	- 2.4	+ 0.7
22	+ 1.1	- 0.4	- 3.9	- 6.1	- 2.4
23	+ 2.0	+ 0.1	- 2.2	- 3.5	- 4.4
24	+ 2.6	+ 0.4	-0.5	- 0.8	- 4.5
25	+ 3.0	- 0.3	- 0.3	- 0.4	- 3.8
26	+ 2.6	+ 0.3	+ 2.1	- 0.3	- 2.3
27	+ 2.4	+ 0.6	+ 2.1	- 0.1	- 0.3
28	+ 2.6	+ 0.8	+ 1.4	+ 1.1	+ 0.6

Tabella C52– Tasso medio di spostamento (m/anno) della linea di riva nei 9 settori in cui è stato diviso il litorale: valori negativi indicano erosione, valori positivi accumulo.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.3.4 Evoluzione di brevissimo periodo della costa (periodo 1998-2004)

Dopo l'ottobre del 1998 (rilievo effettuato nell'ambito dello studio della Regione Toscana), sulla spiaggia di Marina di Carrara sono state effettuate quattro campagne di rilievi topografici e batimetrici, le prime tre per conto dell'Autorità di Bacino del Fiume Magra per il monitoraggio degli interventi di difesa realizzati sul litorale di Marinella di Sarzana (Maggio 2000, Giugno 2001 e Luglio 2002) e l'ultima per conto del Comune di Carrara, come base per la progettazione dell'intervento di riequilibrio previsto dal Piano Regionale di Gestione Integrata della Costa (Giugno 2004). Per una più chiara lettura dei dati si fa ricorso, comunque, ad una scansione biennale, non utilizzando quindi il rilievo del 2001.



Nel tratto posto a sud del porto, dopo il rilievo del febbraio 1997, effettuato per lo studio promosso dalla Regione Toscana, sul tratto di litorale che si estende tra la foce del Torrente Carrione e la foce del Fosso Magliano è stata effettuata una sola campagna completa di rilievi, nel Giugno 2004, commissionata dalla Provincia di Massa Carrara nell'ambito degli studi finalizzati alla progettazione delle nuove opere di difesa.

Fra l'autunno del 1998 e la primavera del 1999 lungo il litorale di Marinella di Sarzana (SP) furono realizzati 4 nuovi pennelli ortogonali a riva e il prolungamento di un pennello esistente. Le opere, aventi sviluppo lineare di circa 100 m, oltre alla normale funzione di intercettazione del trasporto solido litoraneo avevano anche la funzione di contenere e stabilizzare il materiale di granulometria mista (sabbia e ghiaia proveniente dal dragaggio del Fiume Magra) utilizzato per il rinascimento delle spiagge.

Per quanto concerne il litorale posto a sud del porto, a partire dal 1999 è stato avviato un progetto sperimentale che ha previsto la realizzazione, lungo il tratto di costa compreso fra il Fosso Magliano e il Fosso Poveromo, di 4 setti sommersi in sacchi riempiti con sabbia e ghiaietto (il primo nel 1999, due nel 2000 ed uno nel 2001) e di un ripascimento con materiali di dimensioni maggiori rispetto alla sabbia presente sul litorale.

I due suddetti interventi sono stati sottoposti a specifici programmi di monitoraggio pluriennale.

Per meglio valutare i processi in atto lungo la costa, per l'analisi di questo ultimo periodo si fa riferimento ad una differente suddivisione del litorale in settori: in particolare, il tratto a nord del porto compreso fra il Torrente Parmignola e il molo di ponente è stato suddiviso in 7 settori (numerati progressivamente dal n° 1 al n° 7), mentre il tratto posto a sud del molo di levante, fino al Fosso Magliano, risulta suddiviso in 32 settori (numerati progressivamente dal n° 9 al n° 40), anche se i primi tre (n° 9, 10 e 11 risultano ormai del tutto privi di dinamica in virtù delle opere portuali e/o di difesa costiera presenti). La suddivisione del litorale in settori è riportata di seguito.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

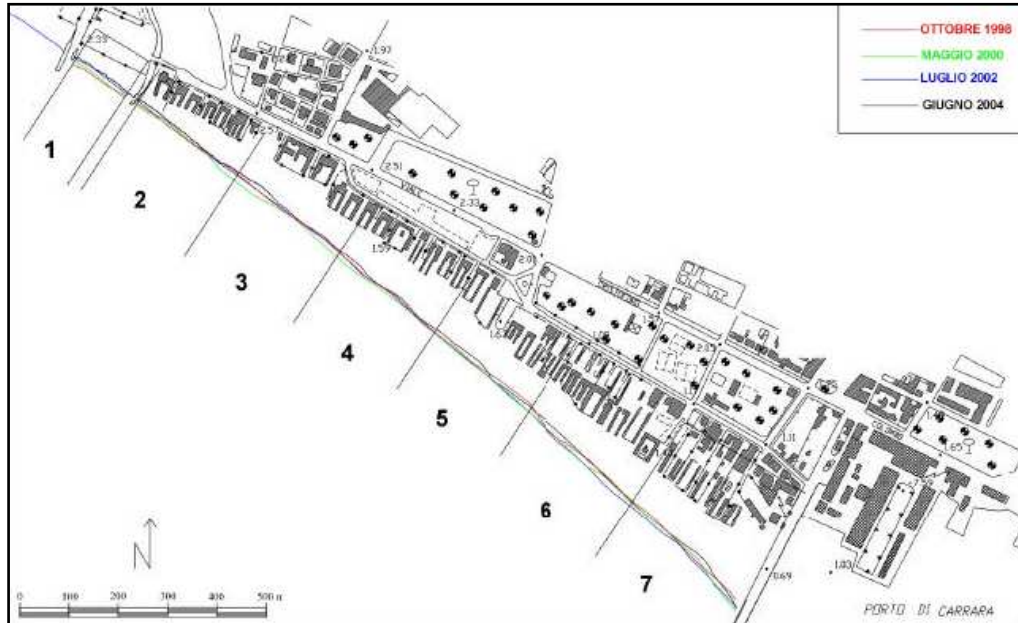


Figura C77 – Evoluzione della linea di riva e delimitazione in settori della spiaggia di Marina di Carrara

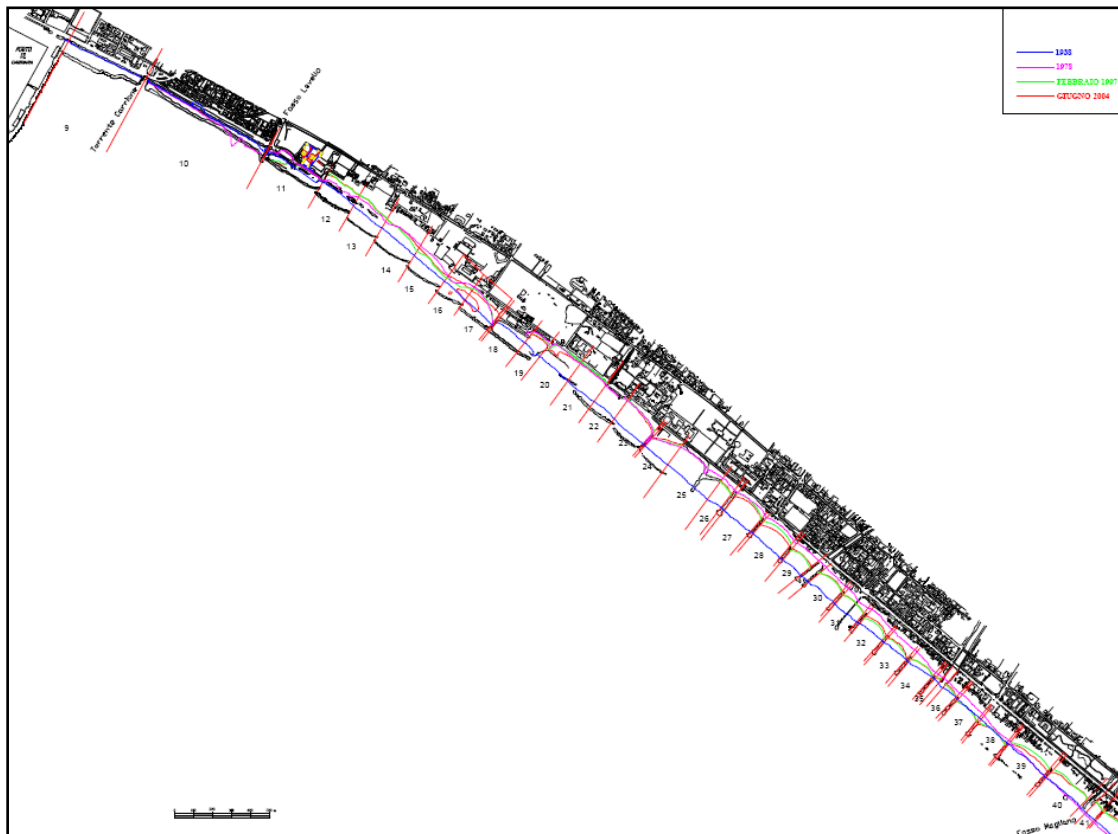




Figura C78 – Settori nei quali è stato suddiviso il litorale compreso fra il porto e il Fosso Magliano

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



Si riportano di seguito i dati numerici relativi alle variazioni della linea di riva nel settore posto a nord del porto di Marina di Carrara.

Settore N°	10/1998 05/2000	05/2000 07/2002	07/2002 06/2004	10/1998 06/2004
1	- 2.9	- 7.6	- 3.6	- 14.2
2	5.4	- 3.5	- 6.0	- 4.1
3	7.0	- 7.1	- 5.1	- 5.2
4	4.8	- 4.6	- 4.7	- 4.5
5	5.9	1.0	- 8.3	- 1.4
6	4.3	5.1	- 12.9	- 3.4
7	3.8	4.0	- 9.8	- 1.9

Tabella C53 – Tratto di litorale posto a nord del porto. Spostamento medio (m) della linea di riva in ciascun settore nei vari intervalli di tempo

Settore N°	10/1998 05/2000	05/2000 07/2002	07/2002 06/2004	10/1998 06/2004
1	- 2.0	- 3.5	- 1.8	- 2.5
2	3.8	- 1.6	- 3.0	- 0.7
3	4.9	- 3.3	- 2.6	- 0.9
4	3.4	- 2.1	- 2.3	- 0.8
5	4.1	0.5	- 4.1	- 0.2
6	3.0	2.4	- 6.4	- 0.6
7	2.7	1.9	- 4.9	- 0.3

Tabella C54 – Tratto di litorale posto a nord del porto. Tasso di spostamento medio (m/anno) della linea di riva in ciascun settore nei vari intervalli di tempo

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

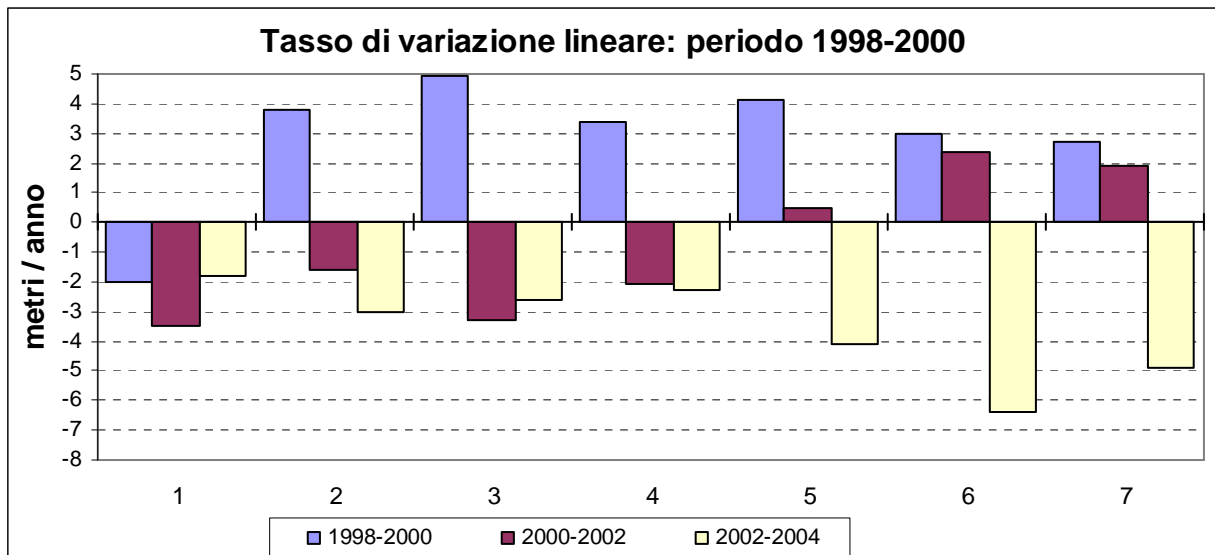




Figura C79– Tratto di litorale posto a nord del porto. Tasso di spostamento medio (m/anno) della linea di riva tra il 1998 e il 2004

Analizzando i suddetti dati si nota come già nel periodo 1998-2000 il Settore 1 fosse in erosione (-2.9 m; -2.0 m/anno), mentre nello stesso periodo gli altri settori risultavano essere in progradazione da 3.8 a 7.0 m (fra +2.7 e +4.9 m/anno).

Nel biennio successivo (2000-2002) l'erosione si estende ai primi quattro settori con valori compresi fra 3.5 e 4.6 m; in corrispondenza del settore 5 si registra una netta diminuzione del tasso di avanzamento che passa dai 4.1 m/anno (1998-2000) a meno di 0,5 m/anno; nei settori 6 e 7 si continua a registrare un accrescimento di circa 2 m/anno. Nell'ultimo biennio (2002-2004) l'erosione si estende a tutti e sette i settori, con un picco di 12.9 m (-6 m/anno) in corrispondenza del settore 6.

Inquadrandolo l'evoluzione subita da questo tratto di litorale negli ultimi anni nel quadro generale risultante dall'analisi dei dati dal 1938 al 1998, appare evidente come si sia verificata una inversione di tendenza, in realtà anticipata negli studi precedenti. Questo tratto di litorale, che risultava in erosione al momento della costruzione del porto (anni '20) per il ridotto input sedimentario del Fiume Magra, aveva potuto accrescersi per effetto dello sbarramento creato dalla diga di sopraffutto.

La crescita dalla spiaggia a ridosso della scogliera ha favorito un graduale flusso dei sedimenti verso sud portando ad una relativa stabilità, ma dal momento in cui il deficit sedimentario del litorale settentrionale si è aggravato, non giungono qui neppure i materiali sufficienti per tenere in equilibrio la spiaggia di Marina di Carrara. Ciò è il risultato, non solo della mancanza di apporti da

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



parte del Magra, ma anche della stabilizzazione delle spiagge settentrionali, la cui erosione metteva in circolazione una quota significativa dei sedimenti che giungevano in prossimità del porto.

Per quanto riguarda l'evoluzione dei fondali antistanti, sono stati confrontati i profili rilevati nelle quattro campagne lungo otto sezioni numerate da 1 a 8 partendo dalla foce del Torrente Parmignola. L'analisi del sistema di barre che caratterizza la spiaggia sommersa evidenzia come queste siano di dimensioni minori e più vicine a costa nel tratto settentrionale, mentre in prossimità del porto, dove lo stock sedimentario è maggiore, esse siano più sviluppate ed occupino una fascia di costa più ampia. Immediatamente a ridosso del molo di ponente, la barra esterna si sviluppa fra i 300 ed i 350 m da riva, quindi oltre l'aggetto della diga Nord, tanto che è possibile affermare che, in questa configurazione morfologica, il porto, almeno nella sua parte settentrionale, non ostacola il flusso sedimentario.

Per quanto riguarda il litorale posto a sud del porto, si riportano di seguito i dati numerici relativi alle variazioni della linea di riva.

Settore N°	02/1997 - 06/2004		Settore N°	02/1997 - 06/2004	
	[m]	[m/anno]		[m]	[m/anno]
12	- 0.34	- 0.05	28	21.03	3.00
13	1.02	0.15	29	- 3.92	- 0.56
14	- 8.90	- 1.27	30	- 4.11	- 0.59
15	- 8.27	- 1.18	31	- 2.30	- 0.33
16	0.18	0.03	32	- 11.69	- 1.67
19	17.38	2.48	33	- 5.82	- 0.83
20	6.31	0.90	34	0.30	0.04
21	19.95	2.85	35	6.08	0.87
23	7.01	1.00	36	- 5.49	- 0.78
24	6.70	0.96	37	- 0.24	- 0.03
25	- 8.59	- 1.23	38	1.57	0.22
26	- 4.31	- 0.62	39	17.65	2.52
27	10.19	1.46	40	6.34	0.91

Tabella C55 – Tratto di litorale posto a sud del porto. Spostamento medio (m) della linea di riva in ciascun settore nei vari intervalli di tempo

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

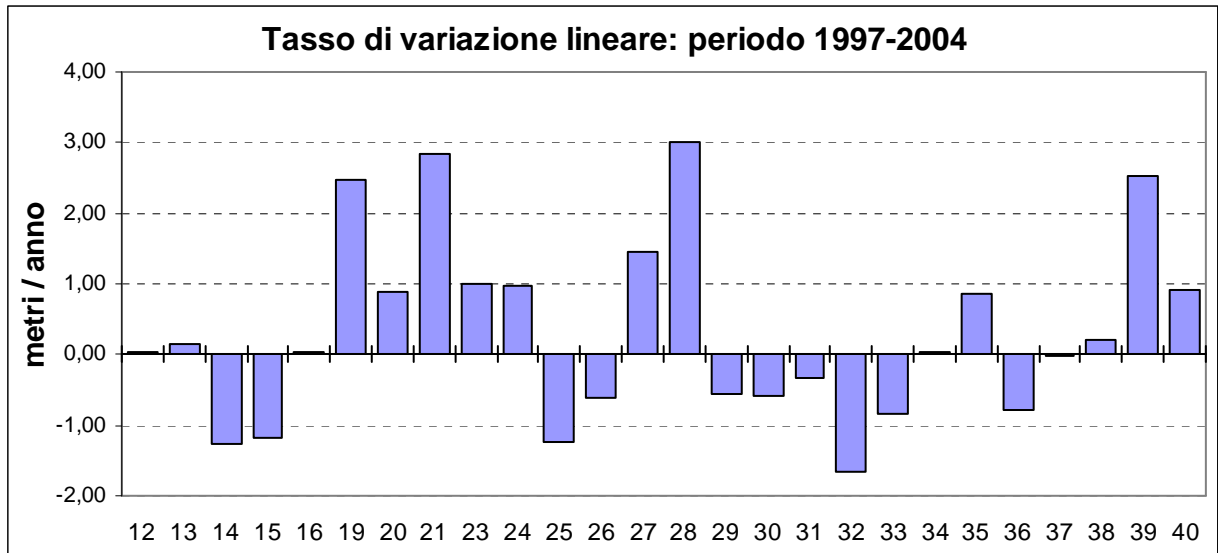




Figura C80 – Tratto di litorale posto a sud del porto. Tasso di spostamento medio (m/anno) della linea di riva tra il 1997 e il 2004

Negli ultimi anni nel tratto di litorale posto sottoflutto al porto si registra una nuova tendenza all'erosione nei settori 14 e 15 della Partaccia, con tassi erosivi superiori al metro/anno, contemporaneamente il Settore 17 mostra un netto avanzamento (+2.5 m/anno) che può essere collegato ai lavori di sistemazione del pennello presente tra i Settori 17 e 18 e della scogliera parallela emersa ad esso collegata.

Una variazione consistente la si registra nel Settore 19, quale risposta allo spostamento dell'apertura presente nella scogliera obliqua meridionale e al versamento di circa 4000 m³ di materiale misto ghiaioso di dimensioni variabili da 3 a 120 mm; tutto ciò si traduce in un incremento della spiaggia emersa di 6.31 m e in una forte rotazione della linea di riva.

Anche il Settore n. 20 subisce una forte variazione nell'ultimo periodo (+19.95 m) a seguito del ripascimento effettuato nel 2002 con circa 30.000 m³ di materiale grossolano prelevato dal bacino del Magra. Questo ripascimento aveva lo scopo di immettere nel sistema costiero i sedimenti disponibili, caratterizzati da una granulometria estremamente variabile, andando dai ciottoli alle sabbie fini. Sebbene il tratto in cui venne effettuato il primo, ed unico, versamento non fosse il più idoneo per questo processo, di fatto l'operazione consentì la formazione di una spiaggia ciottolosa laddove una spiaggia non esisteva e la messa in circolazione di materiali più fini che hanno alimentato con ghiaia il primo tratto e con sabbia quelli successivi.

Il Settore n. 21 registra così un'espansione della spiaggia di 7.01 m e il settore n. 23, sottoflutto ad una scogliera aderente (Settore 22), aumenta in media di 6.70 m.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

I Settori n. 24 e 26 (il 25 è interessato da una scogliera aderente), posti all'altezza della Colonia Torino, arretrano di 8.59 e 4.31 m rispettivamente, a causa della consistente perdita di sedimenti dovuta alla configurazione delle opere di difesa. Queste sono state modificate nella primavera del 2004 ma il rilievo del Giugno dello stesso anno non evidenzia quella risposta positiva della spiaggia che si è verificata successivamente.



Nel tratto compreso tra i Settori 27 e 38 (quello definito "delle vasche" di Marina di Massa), che fra il 1978 e il 1997 aveva risposto positivamente alla nuova configurazione delle difese, si torna a registrare un leggero arretramento, che colpisce tutti i settori fatta eccezione per i numeri 27, 28 e 35. I primi due sono stati, infatti, oggetto di interventi di ripascimento con materiale ghiaioso e sabbioso (Bagni Asciutti e Bagni Tassi). Contemporaneamente tornano ad aumentare le spiagge nei Settori 39 e 40, prossimi alla foce del fosso Magliano, dove nella primavera del 1997 sono state costruite le ultime scogliere.

Il confronto fra i profili batimetrici disponibili si presenta assai problematico data la loro non perfetta sovrapposizione.

Nel tratto di costa protetto prevalentemente da scogliere parallele, talvolta doppie o connesse a riva da pennelli, i profili risultano estremamente diversi l'uno dall'altro, quale è la risposta della spiaggia alla diversa morfologia delle opere. Nella porzione settentrionale della località Partaccia i profili presentano profondi solchi antistanti la scogliera parallela ed una barra in posizione offshore. In questa zona l'approfondimento dei fondali è localmente incentivato dalle correnti di ritorno dell'acqua che riesce a tracimare sopra alla parallele ed esce concentrata attraverso i varchi.

Nel tratto successivo il profilo della spiaggia, pur in presenza delle scogliere parallele, si modifica: fra la linea di riva e le strutture si hanno dei fondali minori e talvolta una vera e propria spiaggia. Le variazioni intervenute fra il 1997 e il 2004 sono sia positive che negative, con una prevalenza di quest'ultime. Il fondale esterno tende ad approfondirsi, ma non si hanno in genere profondi solchi davanti alle scogliere. In corrispondenza del tratto di costa in cui, nel 2002, è stato effettuato un ripascimento con materiale grossolano proveniente dall'alveo del Fiume Vara, è evidente il riempimento di tutto il tratto di mare compreso fra la vecchia linea di riva e la scogliera parallela. Successivamente, a seguito dello spostamento verso sud dei materiali più fini, la cella si è parzialmente svuotata e nel tratto più riparato è rimasta una spiaggia ciottolosa.



In corrispondenza della zona delle Colonie il litorale risulta estremamente articolato con difese di diverso tipo: anche in quest'area prevale una tendenza all'approfondimento dei fondali, ma per valori generalmente modesti (salvo particolari casi locali) che non portano alla formazione di canali davanti alle scogliere esterne.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Un raccordo dolce fra la spiaggia esterna e le difese costiere si ha anche in corrispondenza della zona in cui è stato effettuato il ripascimento in ghiaia (Bagno Tassi e Bagno Asciutti). E' comunque opportuno ricordare che nel 2004 la scogliera interna è stata demolita.

In corrispondenza del sistema delle "vasche" (pennelli collegati all'estremità da una scogliera parallela a bassa sommergenza) in cui è frammentata la spiaggia di Marina di Massa tutti i profili mostrano un approfondimento nella parte distale, in genere contenuto entro un paio di decimetri. Nella zona protetta si hanno forti variazioni, molto spesso correlabili allo spostamento dei sedimenti all'interno delle celle, ma che nell'insieme sembrano portare ad una riduzione del volume della sabbia presente, cosa che trova conferma nella riduzione dell'ampiezza della spiaggia emersa misurata in modo più diretto.

In relazione al tratto di litorale posto a sud del Fosso Magliano, tra il 1997 e il 2003, dopo la costruzione dei 4 setti sommersi e il ripascimento artificiale per un totale di circa 35.000 m³, tutta la zona torna a far registrare tassi di avanzamento: tra i settori 44 e 51 si evidenzia la maggiore progredazione della spiaggia, con tassi superiori ai +2 m/anno.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.4 CONTENUTI DEL TERZO RAPPORTO REDATTO DA WL|DELFT HYDRAULICS: "STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELLA LINEA DI RIVA" – LUGLIO 2006



Forniti tutti i dati disponibili relativi all'evoluzione di lungo, breve e brevissimo periodo della linea di riva dell'area di interesse ed esposte tutte le necessarie considerazioni circa cause, concause e modalità di sviluppo dei processi erosivi che, a partire dalla seconda metà dell'Ottocento, hanno caratterizzato tratti sempre più estesi del litorale in oggetto, si ritiene ora necessario integrare il presente Studio di Impatto Ambientale con le risultanze del recente studio effettuato da WL|Delft Hydraulics incaricato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di condurre una approfondita analisi del litorale lungo il quale trova collocazione il porto di Marina di Carrara nell'ambito del Tavolo Tecnico sul Porto di Marina di Carrara (TTMC) istituito presso la Direzione Generale per la Qualità della Vita del Ministero stesso.

Si ritiene, infatti, assai prezioso il contributo fornito dall'Istituto olandese Delft poiché la documentazione da questi predisposta non si limita, diversamente da tutti gli studi sviluppati in passato, ad una caratterizzazione della storica evoluzione morfodinamica del litorale, ma si spinge fino ad una valutazione dei singoli effetti su tale dinamica, correlabili sia alla riduzione dell'apporto solido da parte del Fiume Magra che alla costruzione del porto di Marina di Carrara. Le considerazioni avanzate dall'Istituto Delft Hydraulics costituiscono, quindi, un valido presupposto in vista della successiva fase di individuazione e valutazione dei potenziali impatti che l'intervento in esame potrebbe generare sulla dinamica evolutiva del litorale.

In estrema sintesi, Delft conferma i risultati dei precedenti studi effettuati, soprattutto per quanto riguarda la necessità e la relativa raccomandazione di eseguire ripascimenti (pagina 6-5 e pagina 7-3 del Volume 3). In relazione all'evoluzione passata della linea di riva, il Volume 3 dello studio in fase di svolgimento da parte del Delft Hydraulics considera i seguenti scenari:

- Scenario 1: apporto fluviale costante (non ridotto), in assenza del porto;
- Scenario 2: apporto fluviale costante (non ridotto), in presenza del porto;
- Scenario 3: apporto fluviale ridotto, in assenza del porto;
- Scenario 4: apporto fluviale ridotto, in presenza del porto.

Per tutti gli scenari considerati è stata presa in considerazione, come linea di riva iniziale, quella del 1878 ed un periodo di simulazione pari a 127 anni, ovvero fino al 2005 (talvolta l'analisi è stata condotta considerando in maniera distinta i periodi 1878-1938 e 1938-2005). L'effetto del ridotto apporto sedimentario da parte del Fiume Magra (scenari 3 e 4) è stato valutato attraverso differenti ipotesi di riduzione. Per quanto concerne le strategie di difesa costiera, sono stati presi in esame due distinti scenari: l'uno caratterizzato dalla totale assenza di opere di protezione costiera e l'altro dalla presenza (approssimata) delle opere di protezione realmente realizzate lungo il

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

litorale. Per i 2 km posti a sud della foce del Magra è stato assunto che la linea di riva sia stata protetta dopo un arretramento di 500 m in riferimento al rilievo del 1878; nell'area posta sottoflutto al porto è stato assunto che la linea di riva sia stata protetta dopo un arretramento di 30 m rispetto al rilievo del 1878.

C6.4.1 Scenario 1: apporto fluviale costante (non ridotto), senza porto

Questo scenario mostra l'andamento che avrebbe seguito la linea di riva nel caso in cui l'apporto sedimentario del fiume Magra fosse rimasto costante, ad un livello simile al trasporto netto lungo costa (costa stabile vicino alla bocca del fiume). Poiché dal 1878 il trasporto netto lungo costa è stato calcolato essere circa 200.000- 300.000 m³/anno, l'apporto costante del fiume Magra è stato fissato in 250.000 m³/anno.

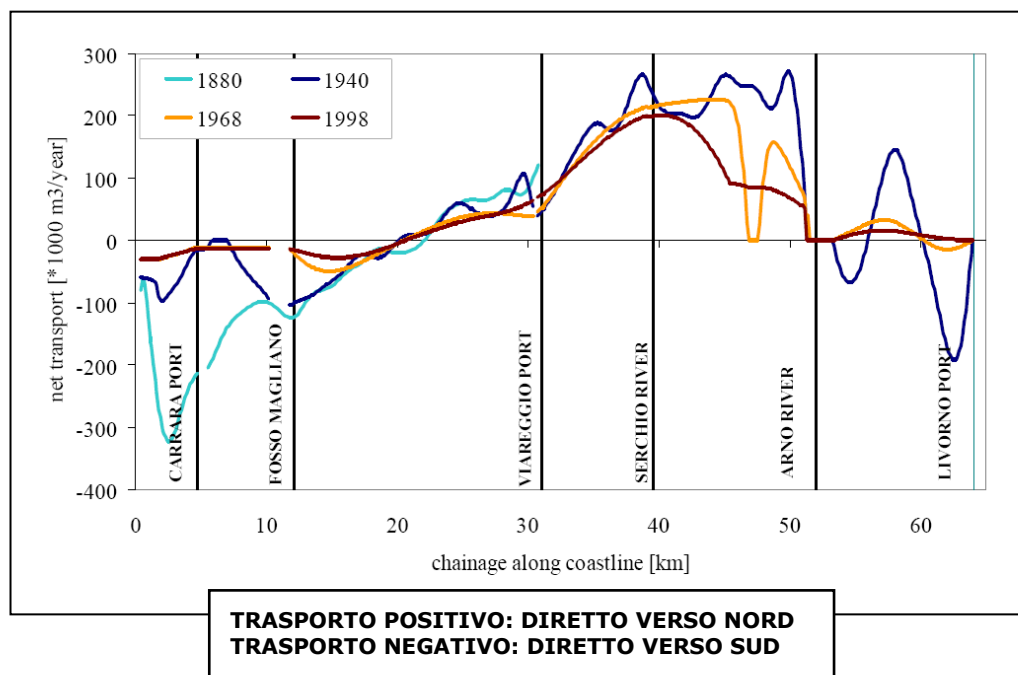




Figura C81 – Modello calibrato di trasporto solido

È stato assunto che il porto di Carrara non fosse stato costruito. In Figura C82 si riporta la raffigurazione del calcolo del tasso medio (m/anno) di spostamento della linea per lo Scenario 1 (linea blu). L'intero tratto di costa sarebbe risultato in considerevole aumento (1-2 m/anno), con maggiori progressioni nel tratto Marina di Carrara – Marina di Massa e nel periodo 1878-1938 (tassi di avanzamento dell'ordine di 2-3 m/anno). A sud è stato considerato che un certo quantitativo di sedimenti riuscisse ad oltrepassare il porto di Viareggio, diretto verso nord. Nel periodo 1878-1938,

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

l'area prossima alla foce del Magra sarebbe comunque risultata in erosione, anche se gli avanzamenti previsti nel successivo periodo 1938-2005 avrebbero riequilibrato la situazione.

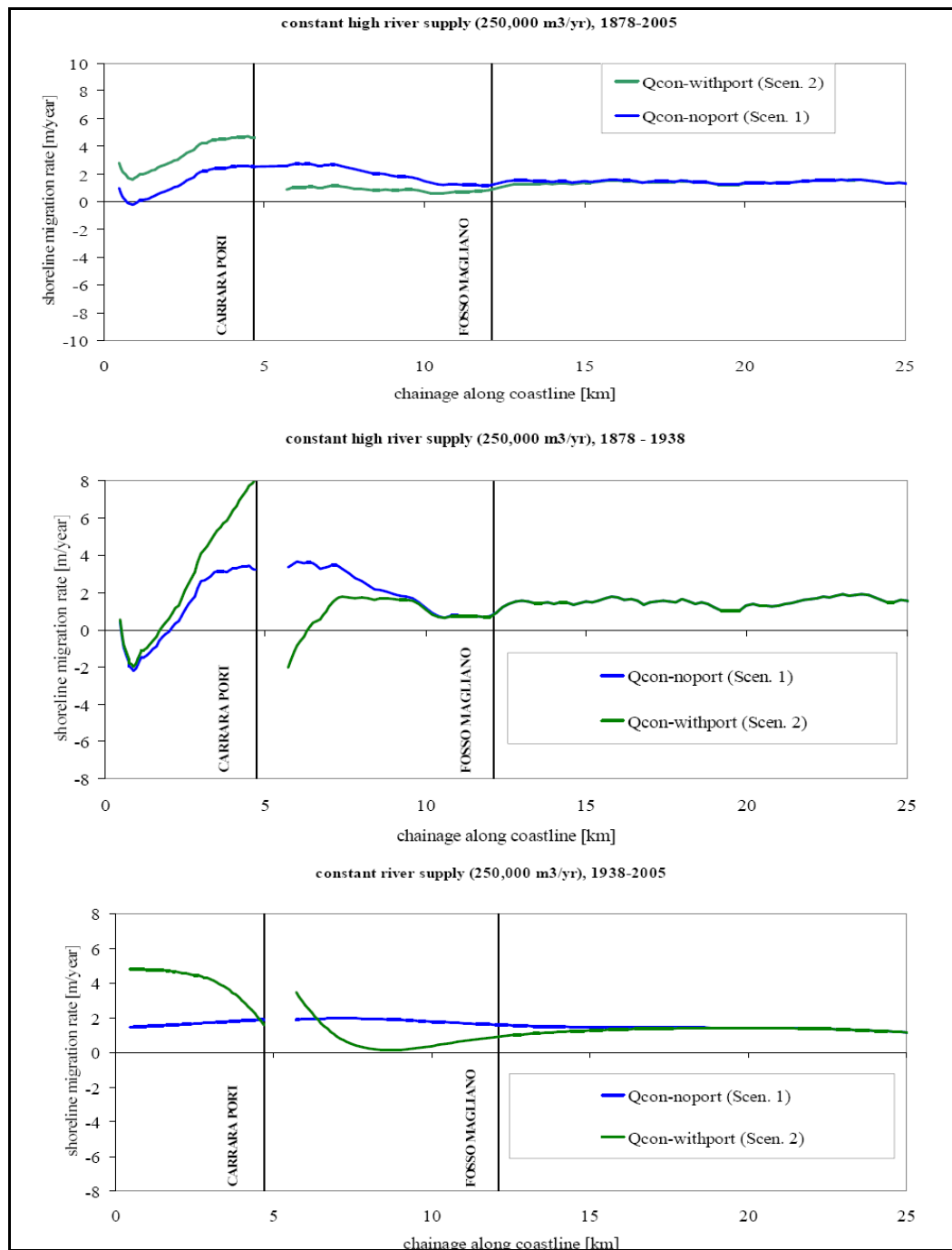




Figura C82 – Scenari 1 e 2: tassi medi di spostamento della linea di riva. Apporto solido dal Fiume Magra assunto costante

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



C6.4.2 Scenario 2: apporto fluviale costante (non ridotto), con porto

Per lo scenario 2 è stato considerato lo stesso costante apporto sedimentario dello scenario 1 ma, dal 1921 in poi, nel modello dello scenario 2 è stato incluso il porto di Carrara. La raffigurazione del tasso medio di spostamento della linea di riva è riportato al paragrafo precedente (rappresentato con il tratto verde).

Rispetto a quanto evidenziato per lo Scenario 1, la simulazione condotta ha evidenziato tassi di avanzamento superiori nel tratto sopraflutto al porto (valori prossimi a 2-4 m/anno) ed inferiori sottoflutto (minori di 1 m/anno). Ad ogni modo, il modello indica che, con un costante apporto sedimentario, la presenza dell'infrastruttura portuale non avrebbe innescato processi erosivi sottoflutto, dove le spiagge, almeno per 20 km, sarebbero risultate in accrescimento. E' da notare, comunque, che all'interno dello scenario 2 si è ipotizzato che tutta la sabbia dragata per la manutenzione dell'entrata al porto sia stata riportata sottocosta a sud del porto. Questa è un'ipotesi importante poiché risulta che, con il tempo, la sabbia che bypssa il porto aumenta a causa di un notevole spostamento complessivo verso il largo della linea di riva a nord del porto.

I grafici riportati al centro e in basso nella Figura C75 mostrano, comunque, una sensibile differenza fra le tendenze evolutive relative ai due sotto-periodi 1878-1938 e 1938-2005: sensibile accumulo sopraflutto ed erosione sottoflutto, nel primo intervallo; minore accumulo sopraflutto ed accumulo anche sottoflutto, nel secondo intervallo. Si deve, tuttavia, tenere in considerazione che l'accrescimento globale avvenuto fra il 1878 e il 1921 ha, in parte, compensato l'erosione a sud del porto, avvenuta successivamente al 1921.

In conclusione, le simulazioni effettuate nelle condizioni di cui allo Scenario 2 evidenziano come l'effetto negativo correlabile alla costruzione del porto (consistente nell'intercettazione del drift litoraneo), a lungo termine e in presenza di apporto sedimentario costante, sarebbe ampiamente limitato (e contrastato) dall'instaurarsi di un considerevole bypass di sabbia lungo il porto (flusso di sedimenti in grado di oltrepassare le infrastrutture portuali). Il modello, in particolare, indica che, grazie a tale flusso sedimentario di bypass, il bilancio sedimentario nelle spiagge poste sottoflutto sarebbe stato ristabilito in maniera così efficace da comportare avanzamenti tali da neutralizzare, ad oggi, i processi erosivi.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.4.3 Scenario 3: ridotto apporto fluviale, senza porto

La progressiva riduzione dell'apporto sedimentario è stata simulata attraverso la definizione di 4 ulteriori sotto-scenari, così individuati:

- a) Scenario 3-base: gli apporti considerati sono quelli riportati graficamente in Figura C83 e le simulazioni effettuate contemplano sia la totale assenza di interventi di protezione costiera sia la configurazione delle difese costiere rappresentativa di quella realmente realizzata.

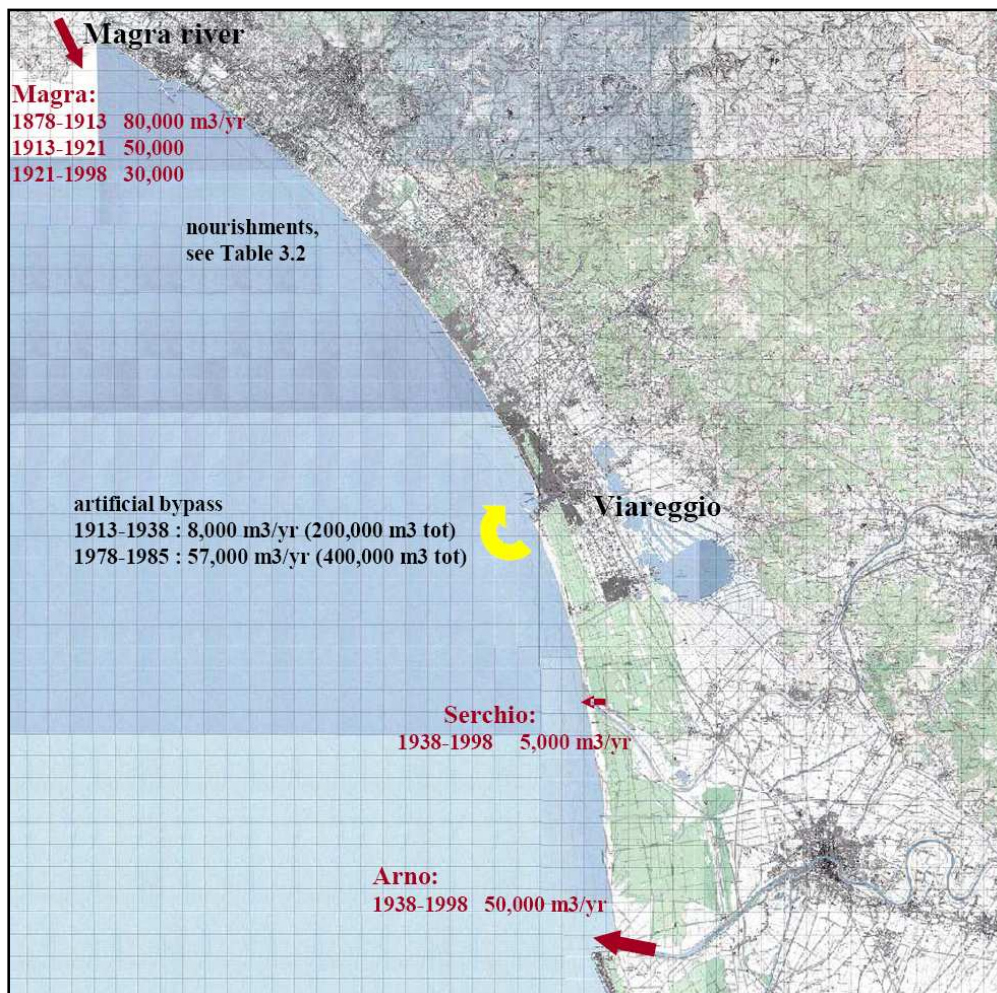




Figura C83 – Schema degli apporti solidi considerati per lo Scenario 3-base

- b) Scenario 3-doppio: è stato applicato il fattore moltiplicativo 2 all'apporto solido del Fiume Magra considerato nel precedente Scenario 3-base. La simulazione è stata condotta per il solo caso di presenza di opere di difesa costiera.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

- c) Scenario 3-dimezzato: è stato applicato il fattore moltiplicativo 0,5 all'apporto solido del Fiume Magra considerato nel precedente Scenario 3-base. La simulazione è stata condotta per il solo caso di presenza di opere di difesa costiera.
- d) Scenario 3-zero: sono stati considerati nulli gli apporti sedimentari del Fiume Magra . La simulazione è stata condotta per il solo caso di presenza di opere di difesa costiera.

Scenario 3-base

La Figura C77 (grafico superiore) mostra i valori del tasso di spostamento medio (m/anno) ricavato per il periodo 1878-2005 (linea blu). Da quanto riportato si può concludere che il ridotto apporto solido fluviale influenza negativamente l'evoluzione della linea di riva fino approssimativamente a 13 km di distanza.



L'attuale erosione rispetto alla posizione della linea di riva del 1878 dovuta alla riduzione dell'apporto sedimentario del Magra può essere attesa approssimativamente fino alla progressiva 5 km.

Per il caso di assenza di opere di difesa costiera, ci si dovrebbe aspettare che l'area di erosione raggiunga il sito dell'attuale porto di Carrara.

Nel caso di presenza di opere di difesa costiera, i tassi medi di erosione risultano inferiori poiché la linea di riva non può arretrare oltre la linea di posizionamento di dette opere. Ad ogni modo, le opere di difesa realizzate nel tempo hanno comportato una continua traslazione sottoflutto dei processi erosivi tanto da influenzare in maniera negativa un tratto maggiore di litorale.

Il modello ritiene plausibile una condizione di erosione fino a circa 7-8 km a sud della foce del Magra.

In conclusione, a causa di una considerevole riduzione di apporto di sedimenti fluviali, si sarebbe verificata una situazione di erosione lungo un tratto significativo della costa in esame. L'esatta lunghezza dell'area interessata risulta strettamente dipendente dalla strategia messa in atto per la protezione della costa ma, nel caso della strategia realmente messa a punto sulla costa, gli effetti della diminuzione di apporto solido fluviale (con conseguente innesco di processi erosivi) raggiungerebbero l'area compresa tra il porto e il Fosso Magliano.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

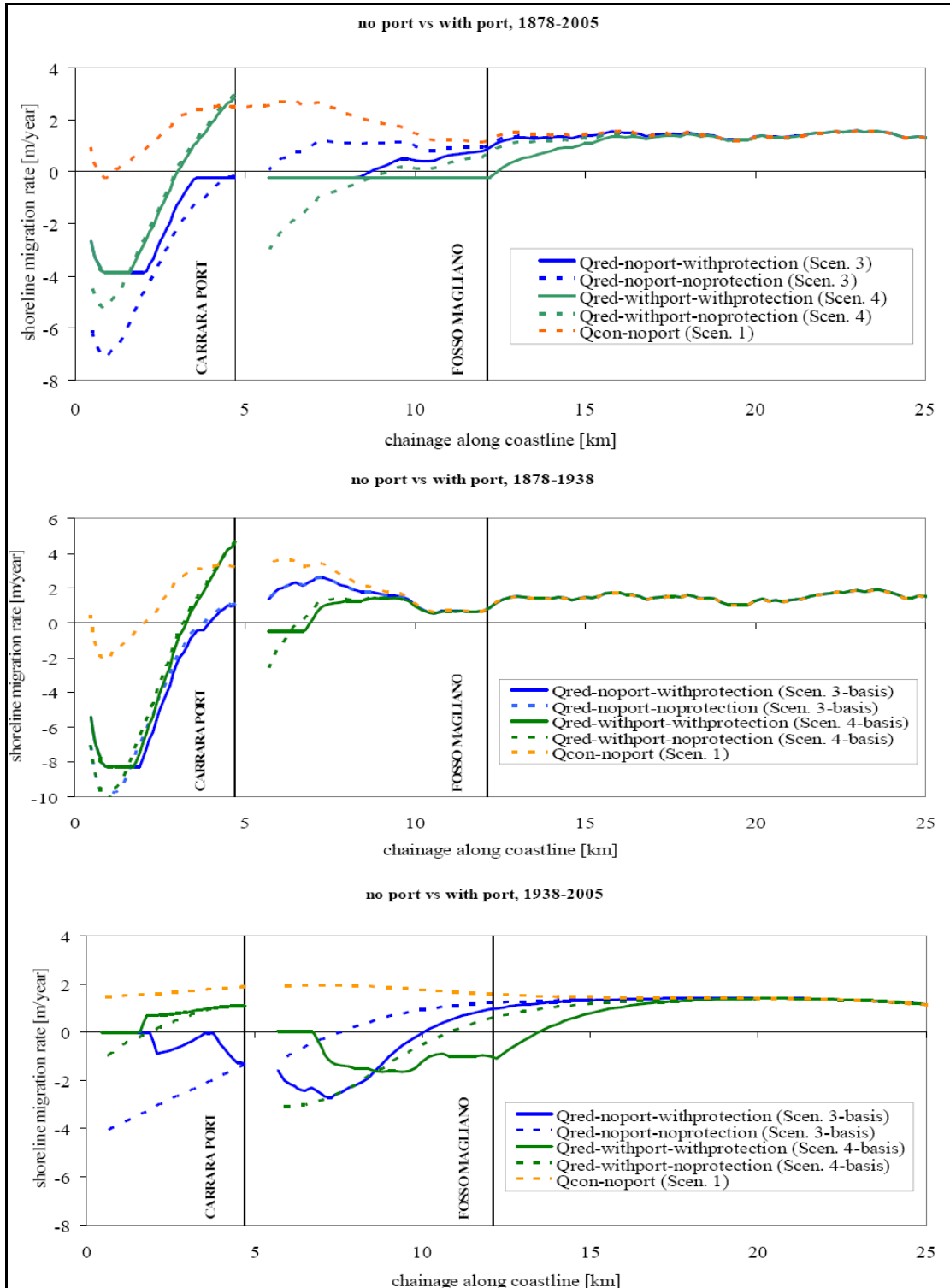




Figura C84 – Tassi medi di spostamento della riva di riva. Scenari 3-base e 4-base.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

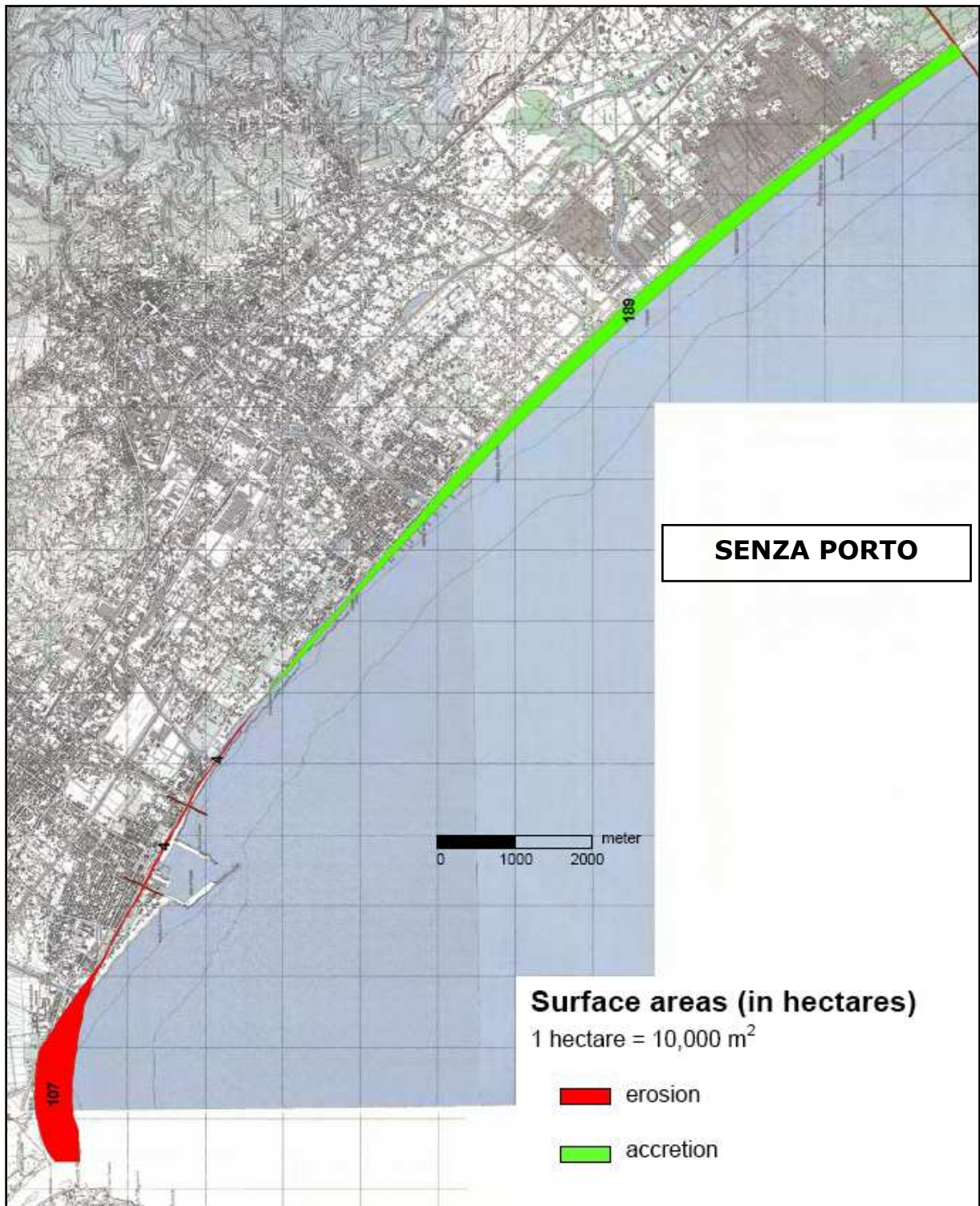




Figura C85 – Stima delle superfici di accumulo/erosione. Scenario 3-base (1878-2005).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Scenario 3-doppio

Rispetto allo Scenario 3-base, la superficie complessivamente erosa risulterebbe minore mentre aumenterebbe quella in accrescimento. L'estensione della costa soggetta a fenomeni erosivi diminuirebbe.

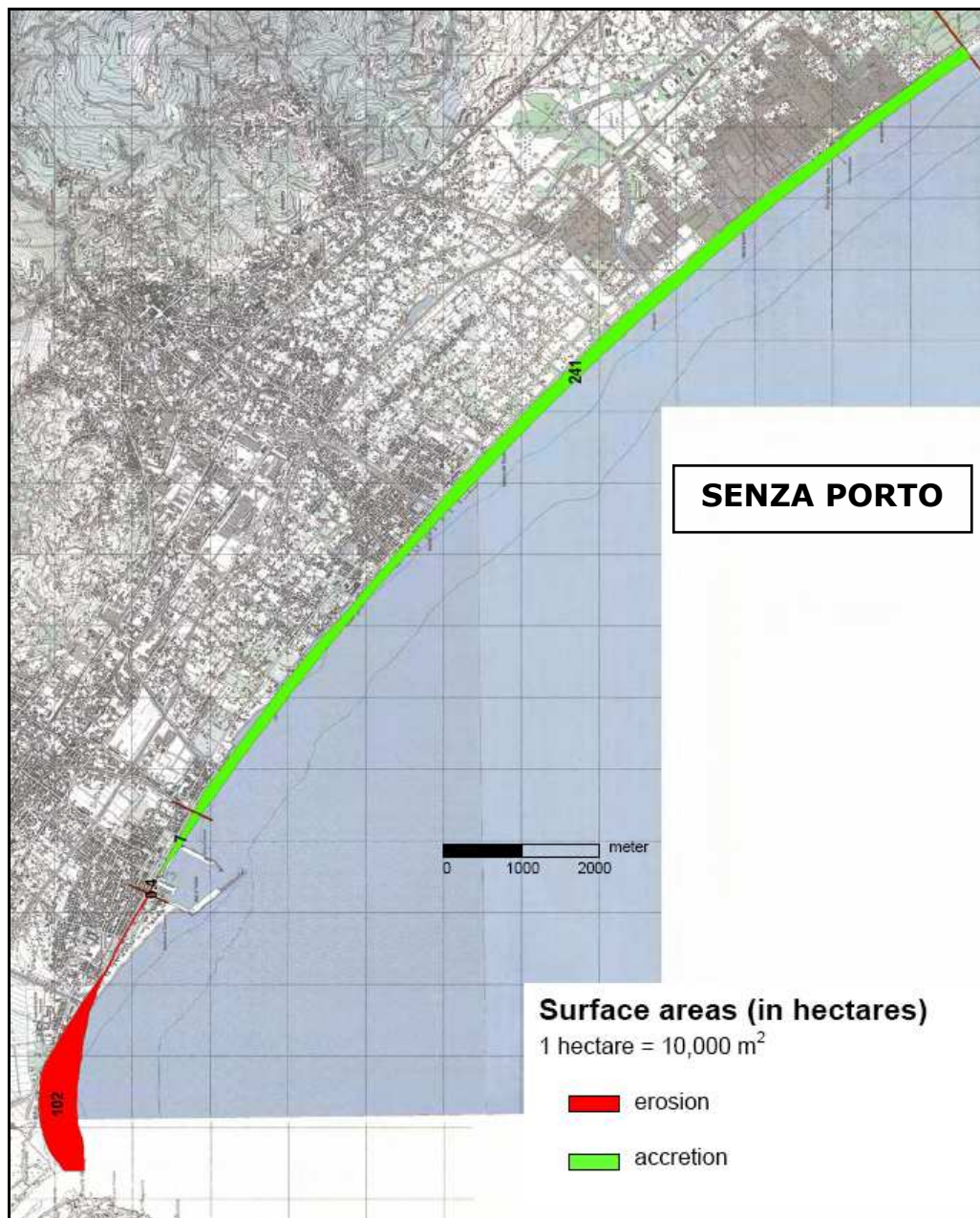




Figura C86 – Stima delle superfici di accumulo/erosione. Scenario 3-doppio (1878-2005).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Scenario 3-dimezzato

Rispetto allo Scenario 3-base, la superficie complessivamente erosa aumenterebbe, mentre diminuirebbe quella in accrescimento. L'estensione della costa soggetta a fenomeni erosivi aumenterebbe.

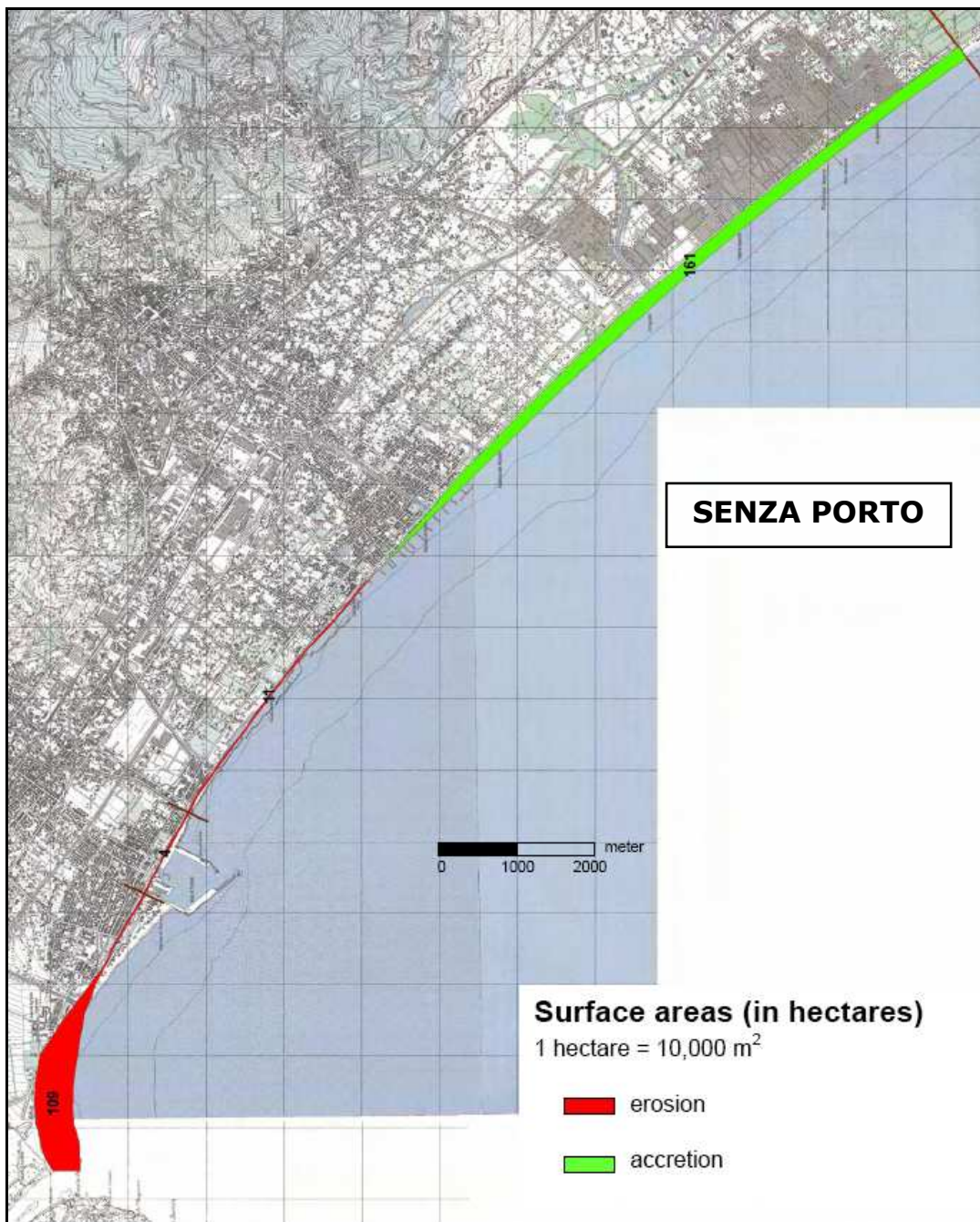




Figura C87 – Stima delle superfici di accumulo/erosione. Scenario 3-dimezzato (1878-2005).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Scenario 3-zero

Rispetto allo Scenario 3-base, la superficie complessivamente erosa aumenterebbe, mentre diminuirebbe quella in accrescimento. L'estensione della costa soggetta a fenomeni erosivi aumenterebbe considerevolmente.

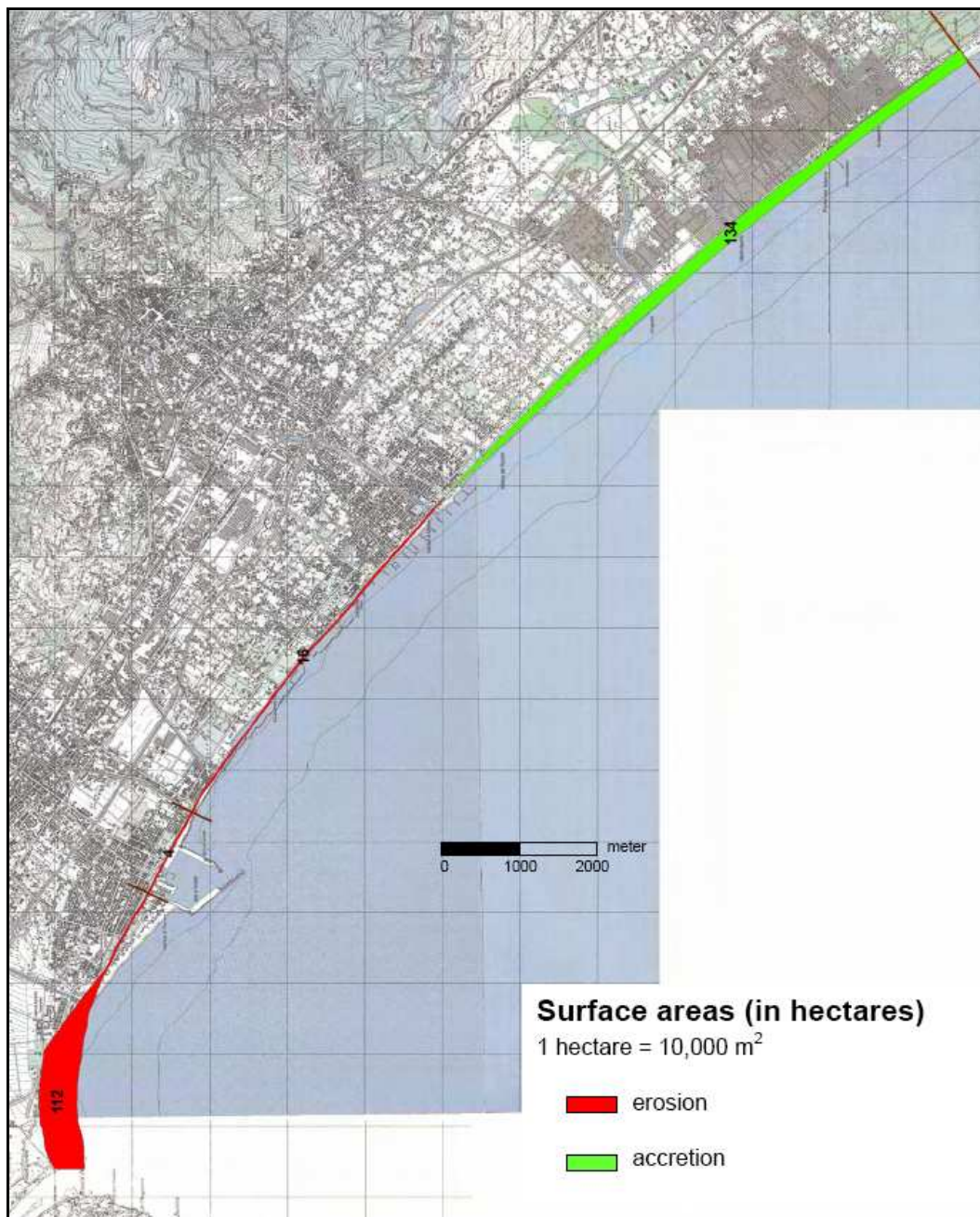




Figura C88 – Stima delle superfici di accumulo/erosione. Scenario 3-zero (1878-2005).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.4.4 Scenario 4: ridotto apporto fluviale, con porto

La progressiva riduzione dell'apporto sedimentario è stata simulata attraverso la definizione di 4 ulteriori sotto-scenari identici a quelli ipotizzati per lo Scenario 3. Parallelamente, il porto di Marina di Carrara è stato inserito nel modello a partire dal 1921.

Scenario 4-base



Lo scenario è simile alla situazione attuale. Il calcolo dell'entità annuale di spostamento medio della linea di riva è presentato in Figura C89 (linee verdi). Per la situazione in presenza di protezione della costa, la tendenza nell'insieme è simile a quella osservata attualmente, con processi erosivi presenti fino approssimativamente al Fosso Magliano. In assenza di opere di protezione costiera risulterebbe soggetto ad erosione un tratto meno esteso di litorale, ma lì i fenomeni risulterebbero più gravi.

Il confronto dei risultati relativi allo Scenario 4-base e allo Scenario 1 (apporto sedimentario del Magra pari a 250.000 mc/anno e assenza del porto) evidenzia che con il ridotto apporto sedimentario e con la contestuale presenza del porto gli effetti negativi coinvolgerebbero un tratto di litorale esteso fino alla progressiva dei 16 km (3 km in più rispetto a quanto fatto rilevare, in assenza di porto, dallo Scenario 3-base); anche l'area soggetta ad erosione risulterebbe più estesa.

Gli effetti imputabili alla sola presenza portuale, all'interno del medesimo contesto di apporto sedimentario, sono da ricercarsi nel confronto fra le Figure C85 (Scenario 3-base) e C90 (Scenario 4-base).

Si rileva che, per l'intera area compresa fra il Fiume Magra e il punto d'inversione del trasporto netto, il bilancio superficiale complessivo (espresso come superficie di accumulo meno superficie in erosione) risulta del tutto simile fra gli Scenari 4-base e 3-base (cioè in assenza e in presenza del porto): ciò è dovuto al fatto che l'input sedimentario al contorno settentrionale e meridionale dell'area indagata non risente e non dipende dal porto. All'interno dell'area di indagine, quindi, si differenzia esclusivamente la distribuzione delle aree in accumulo e in erosione.

Per il caso di assenza di opere di difesa costiera, la superficie dell'area erosa a ridosso della foce del Fiume Magra risulterebbe più ampia rispetto al caso (reale) di presenza di tali opere e una situazione simile si presenterebbe anche sottoflutto al porto, anche se, in termini di sviluppo lineare, le opere di protezione costiera inducono una maggiore lunghezza del litorale soggetto a processi erosivi.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

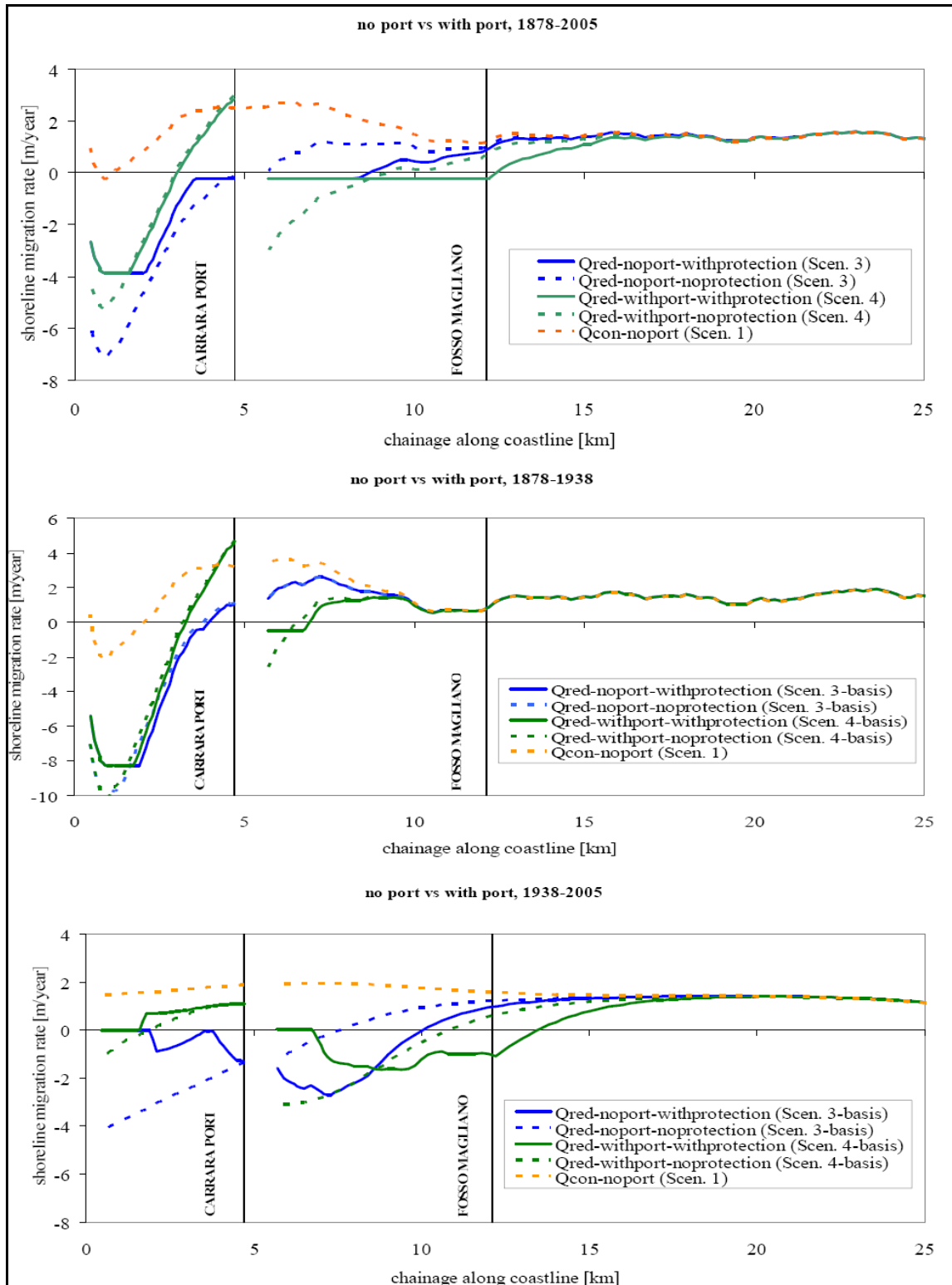




Figura C89 – Tassi medi di spostamento della riva di riva. Scenari 3-base e 4-base

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

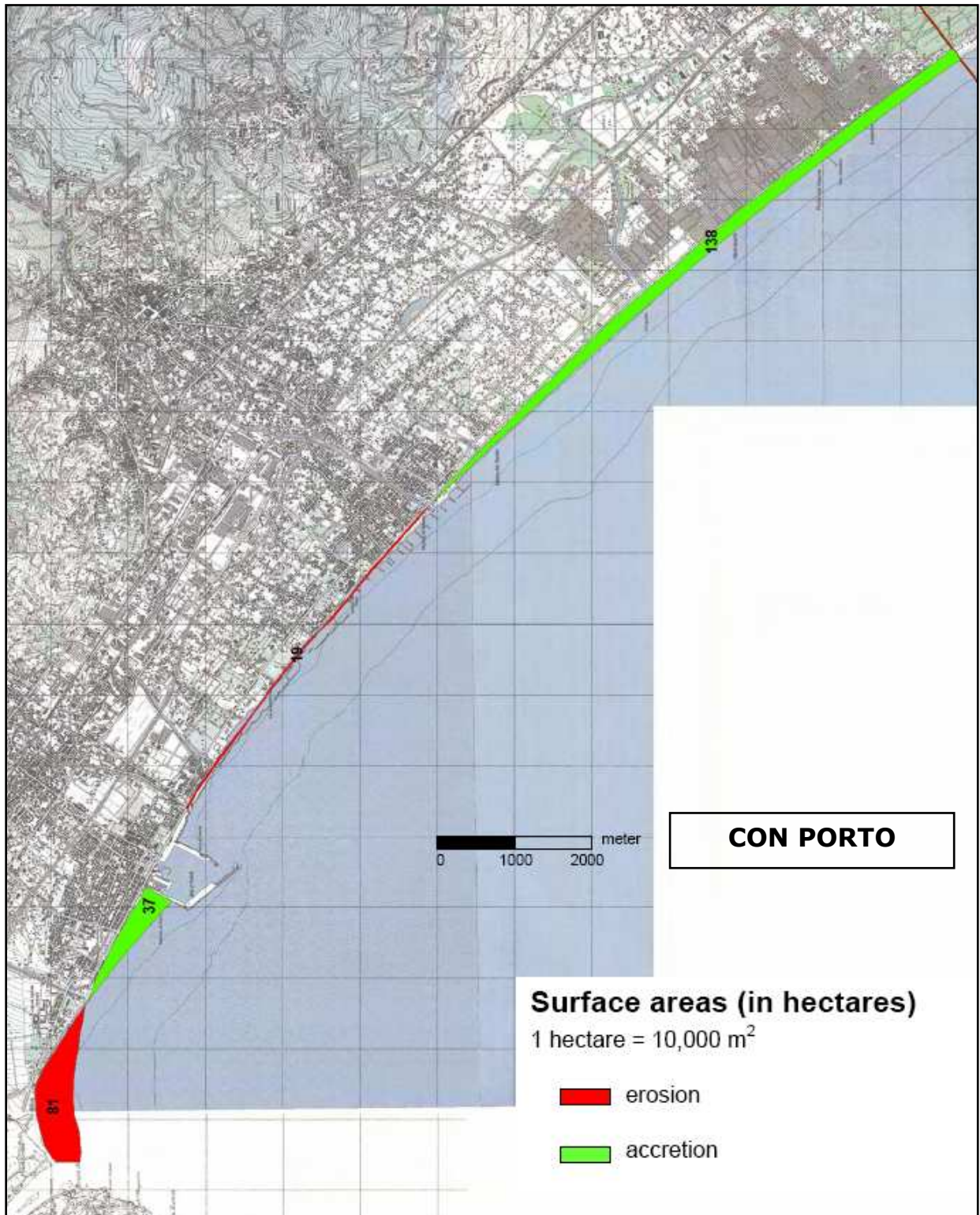


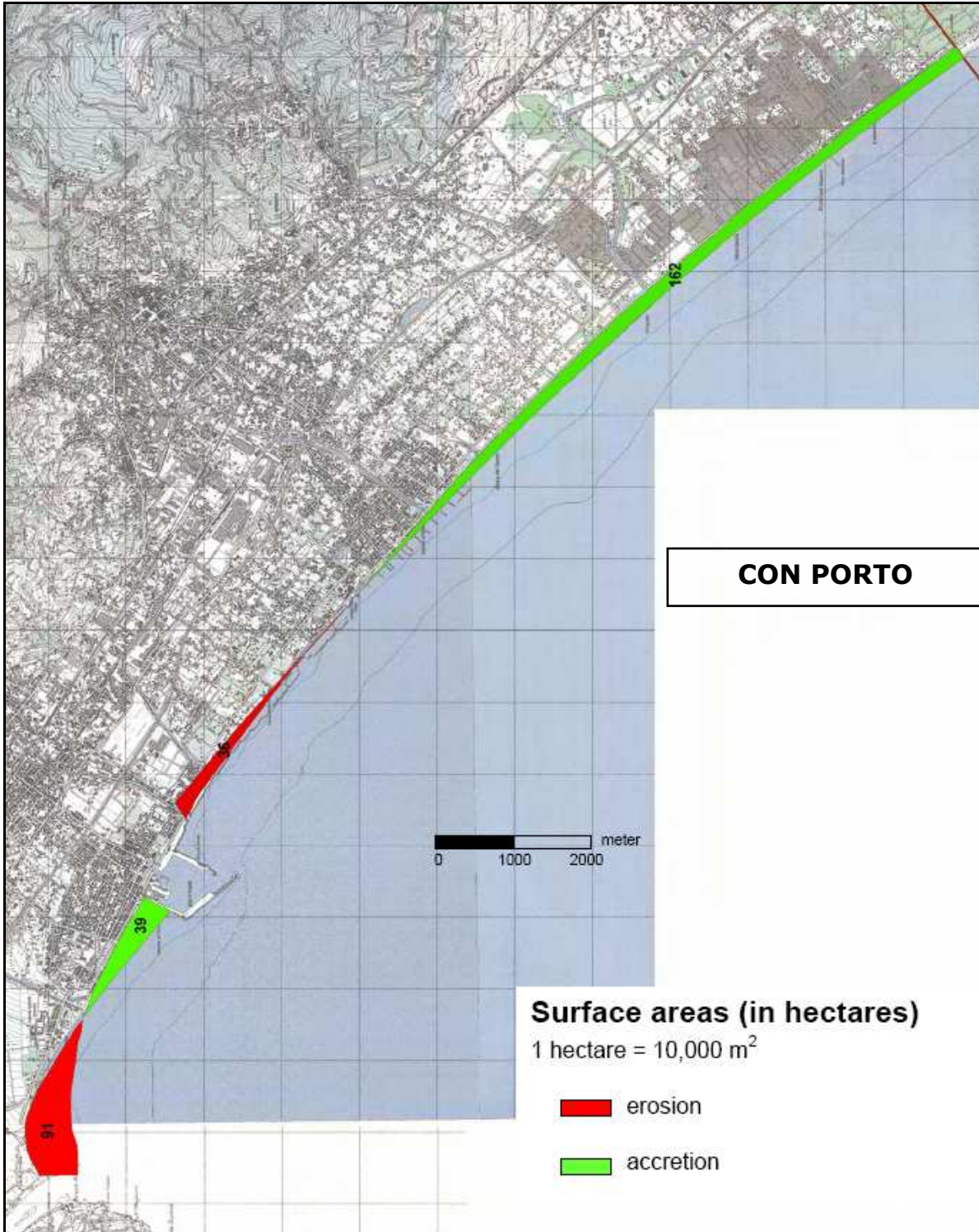




Figura C90 – Stima delle superfici di accumulo/erosione. Scenario 4-base (1878-2005).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



**Figura C91 – Stima delle superfici di accumulo/erosione. Scenario 4-base (1878-2005).
Assenza di opere di protezione costiera.**

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Scenario 4-doppio

Rispetto allo scenario base, il presente scenario mostra, nel tratto posto a nord del porto, una minore (20% ca.) superficie soggetta ad erosione e un maggior accumulo (25% ca.) a ridosso del porto, con traslazione verso nord del relativo punto di equilibrio, mentre a sud del porto risulta notevolmente (60% ca.) diminuita, in superficie ed estensione lineare, l'area di erosione e aumentata (25% ca.) l'area di accumulo, con traslazione verso nord del relativo punto di equilibrio.

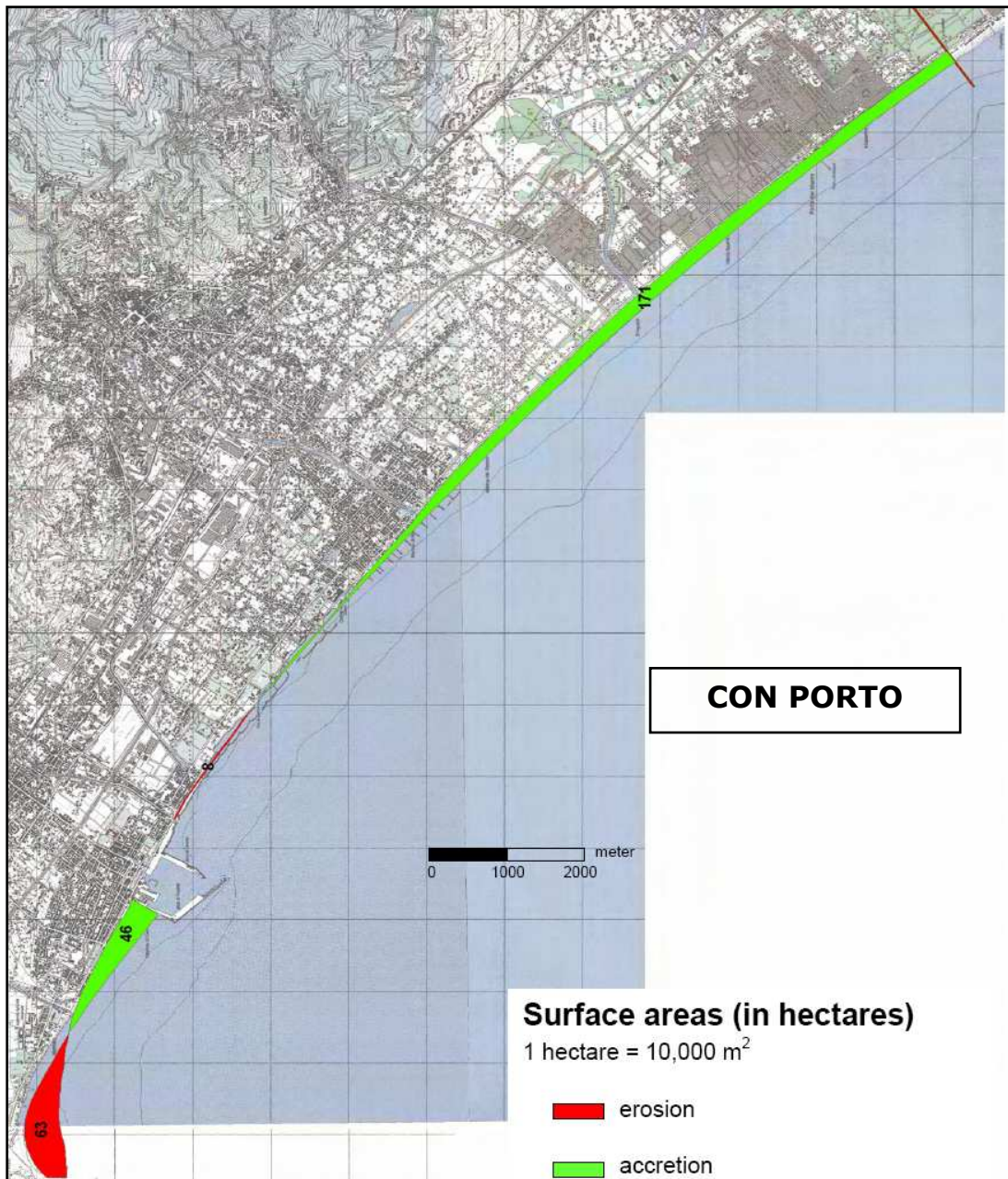




Figura C92 – Stima delle superfici di accumulo/erosione. Scenario 4-doppio (1878-2005).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Scenario 4-dimezzato

Rispetto allo scenario base, il presente scenario mostra, nel tratto posto a nord del porto, una maggiore (15% ca.) superficie soggetta ad erosione e un minore accumulo (35% ca.) a ridosso del porto, con traslazione verso nord del relativo punto di equilibrio, mentre a sud del porto risultano pressochè inalterate (variazioni dell'ordine del 5%) le aree di erosione ed accumulo.

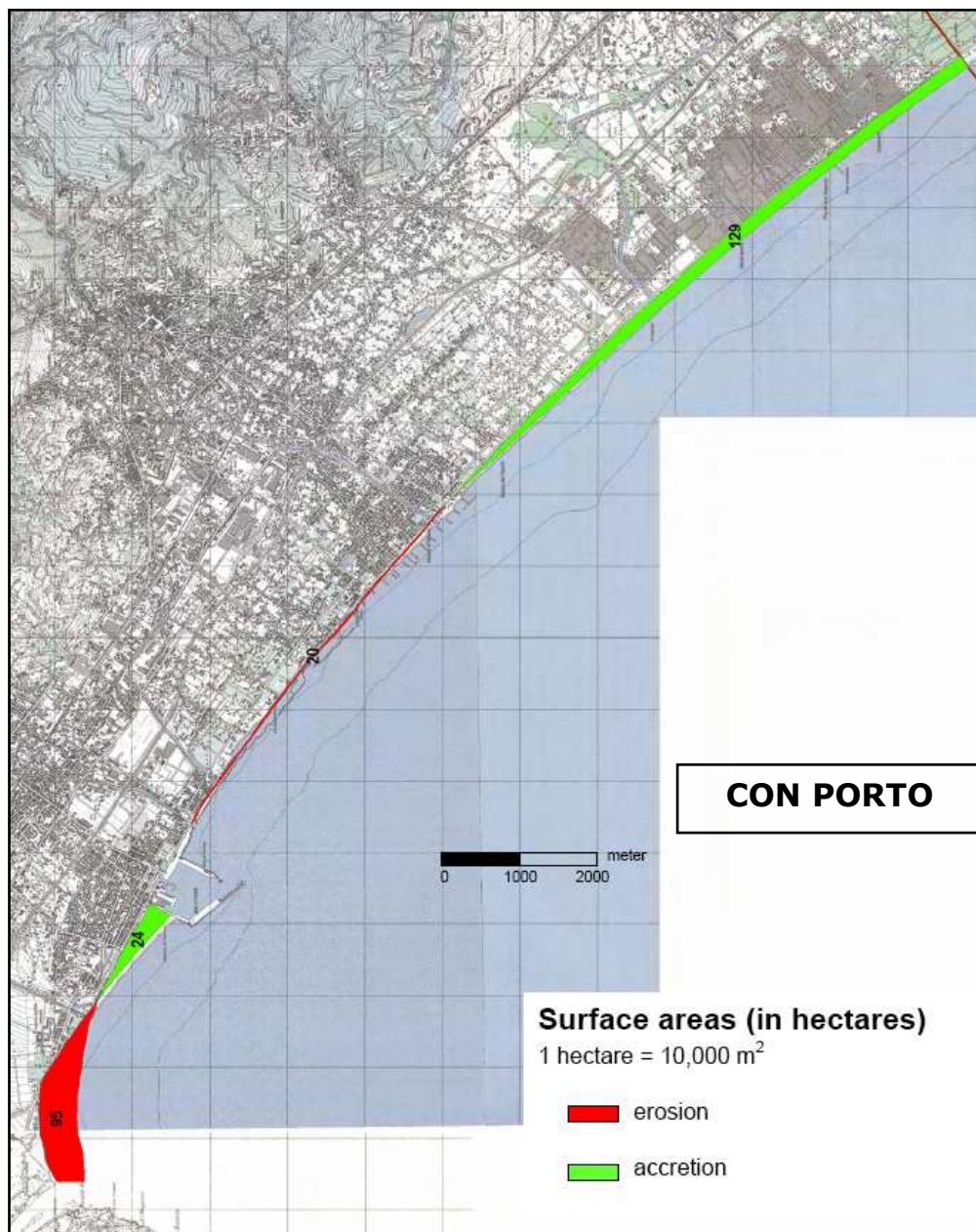




Figura C93 – Stima delle superfici di accumulo/erosione. Scenario 4-dimezzato (1878-2005).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Scenario 4-zero

Rispetto allo scenario base, il presente scenario mostra, nel tratto posto a nord del porto, una maggiore (35% ca.) superficie soggetta ad erosione e un minor accumulo (85% ca.) a ridosso del porto, con traslazione verso sud del relativo punto di equilibrio, mentre a sud del porto risulta sostanzialmente inalterata l'area di erosione, ma diminuita (10% ca.) l'area di accumulo.

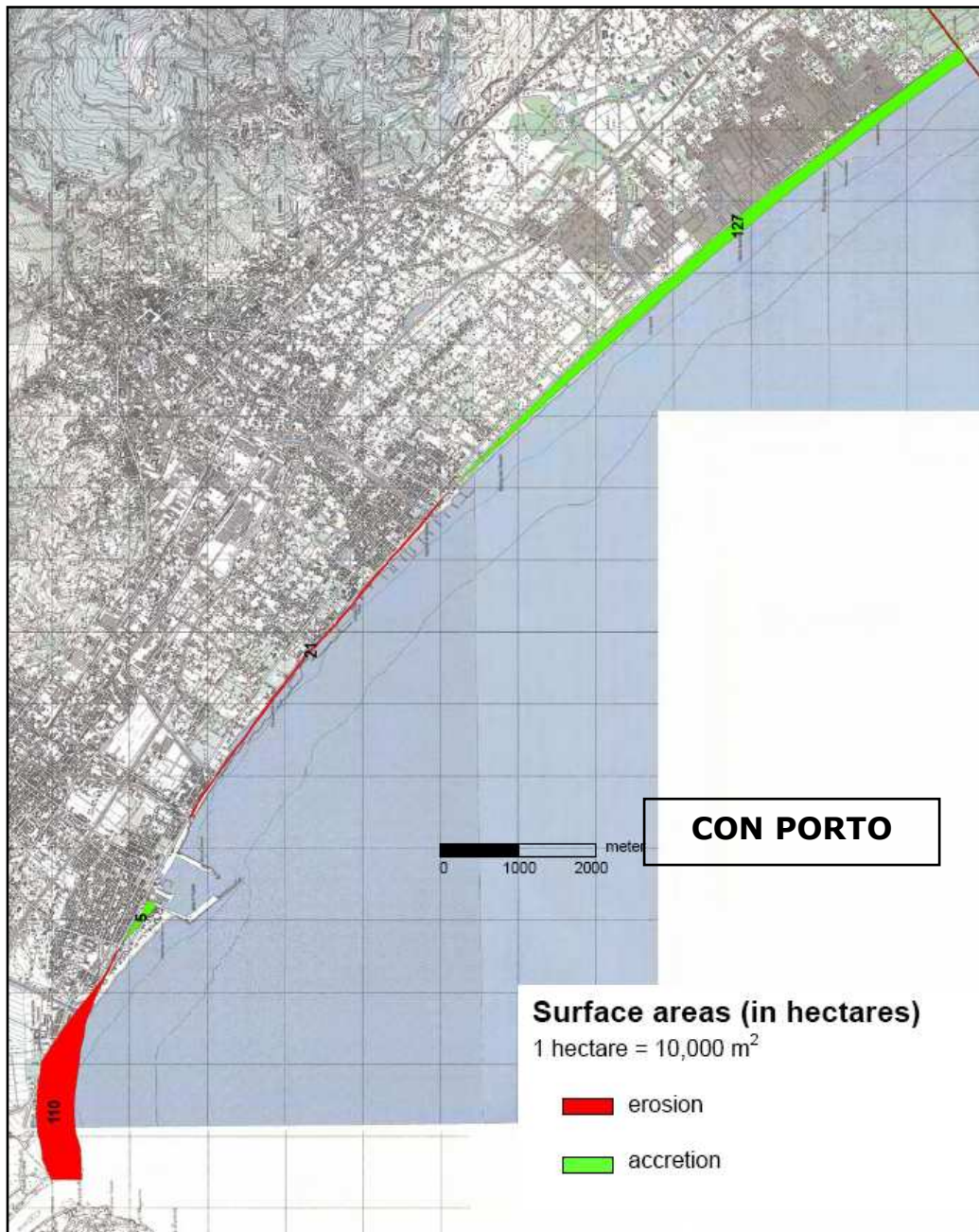




Figura C94 – Stima delle superfici di accumulo/erosione. Scenario 4-zero (1878-2005).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.4.5 Analisi dei risultati delle simulazioni

Gli scenari considerati coprono un'ampia gamma di variazione dell'input sedimentario da parte del fiume Magra. E' stato trovato che, per tutti gli scenari considerati con un apporto di sedimenti fluviali ridotto (stima di base, doppia, dimezzata e nulla), si verifica erosione lungo alcuni chilometri di costa. Nel periodo considerato (1878-2005), gli effetti negativi correlabili al ridotto apporto sedimentario risultano significativi lungo un tratto di litorale esteso oltre 10-15 km.

In questo contesto, la presenza del porto ha determinato solamente una semplice traslazione di tali effetti negativi per alcuni chilometri più lontano lungo la costa. D'altro canto, la stessa presenza del porto ha determinato, in un tratto esteso sopraflutto per circa 2 km, una netta inversione di tendenza dei processi evolutivi in atto, con un conseguente considerevole avanzamento della linea di riva (accrescimento della spiaggia).

Parimenti, le opere di difesa costiera realizzate nel tempo a protezione di locali e limitate porzioni di litorale hanno comportato, via via, un'estensione di alcuni chilometri delle zone soggette a processi erosivi. Si riportano di seguito alcuni grafici e diagrammi esplicativi.

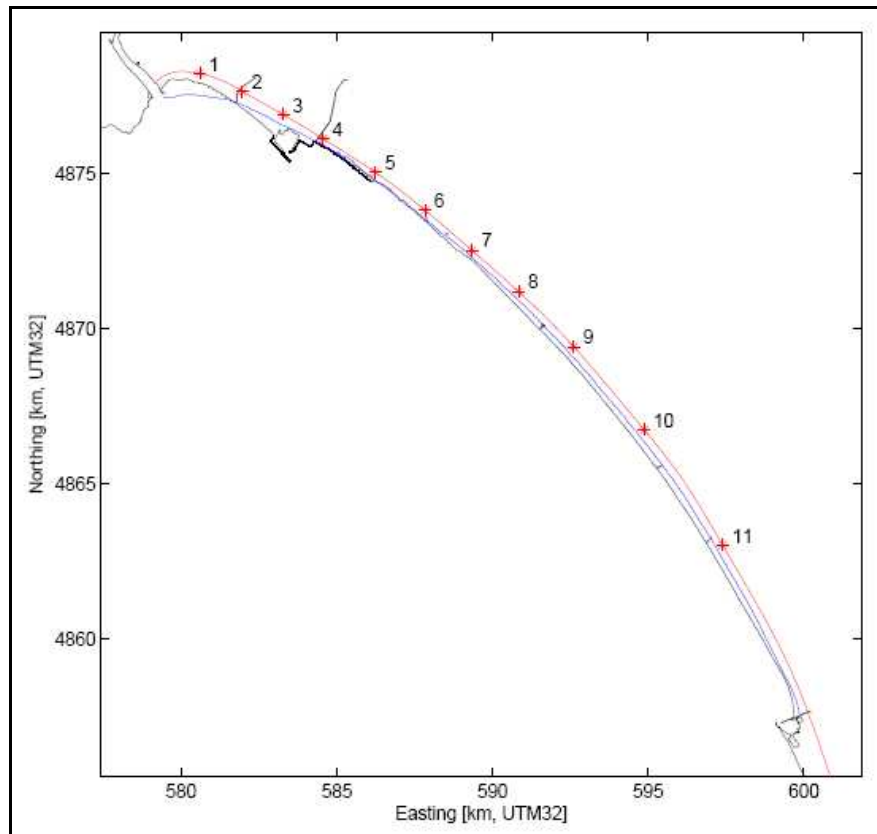




Figura C95 – Ubicazioni dei punti utilizzati per le stime quantitative

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

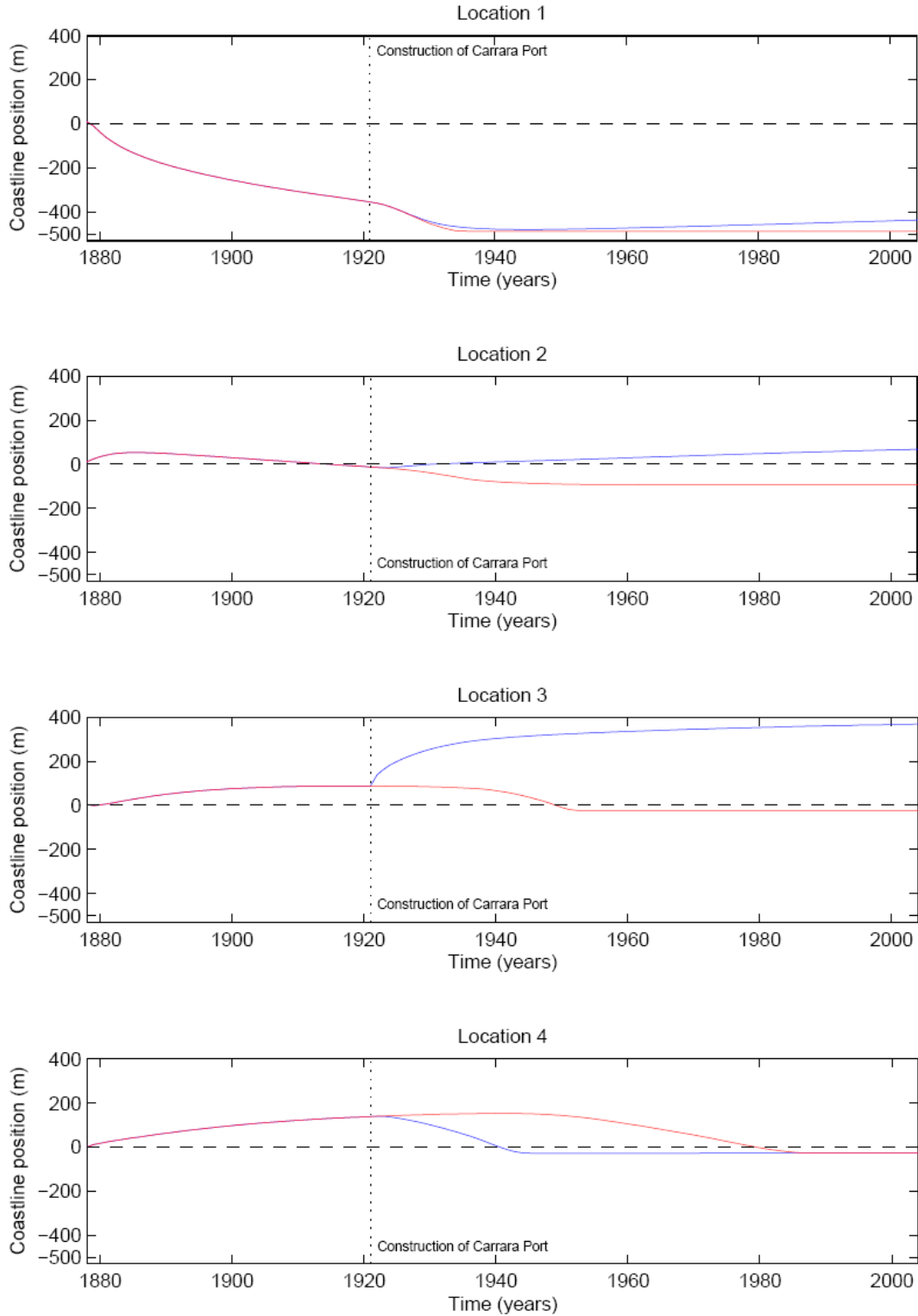




Figura C96 – Evoluzione della linea di riva. In blu: Scenario 4-base (con porto); in rosso: Scenario 3-base (senza porto). Punti 1-4.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

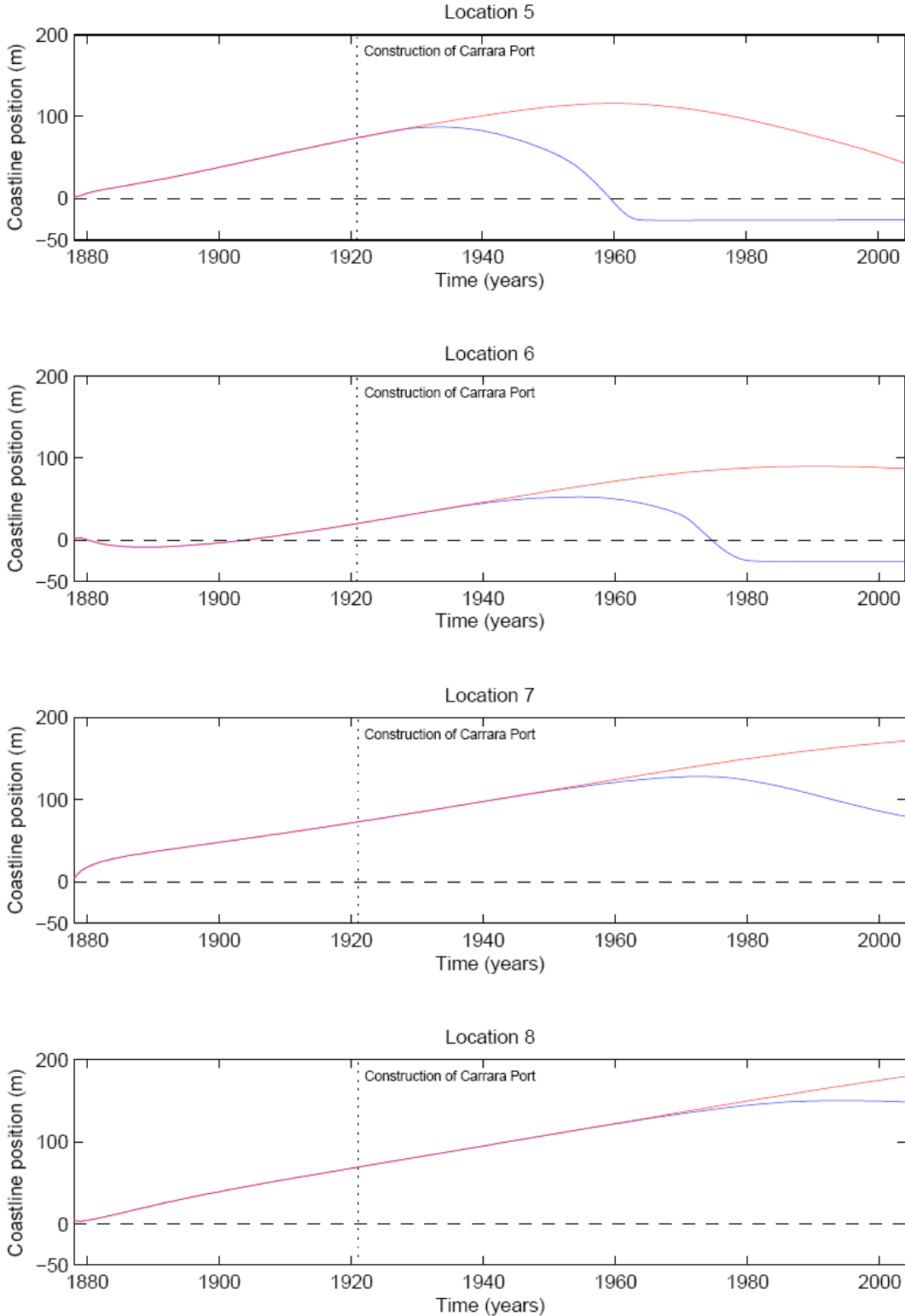




Figura C97 – Evoluzione della linea di riva. In blu: Scenario 4-base (con porto); in rosso: Scenario 3-base (senza porto). Punti 5-8.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

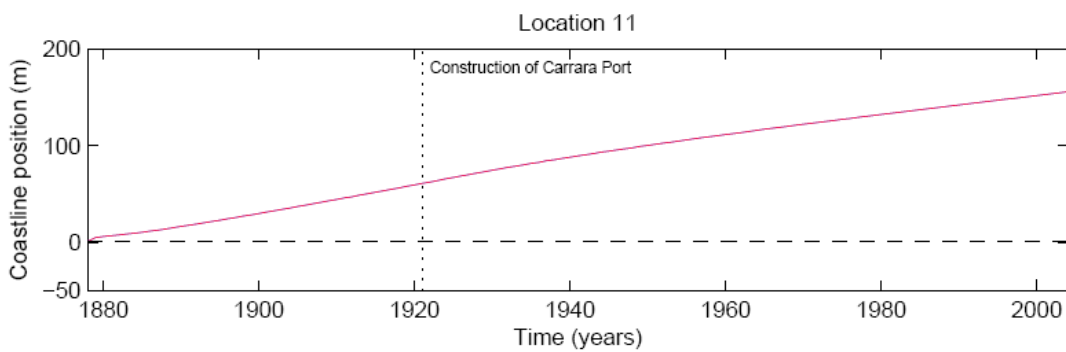
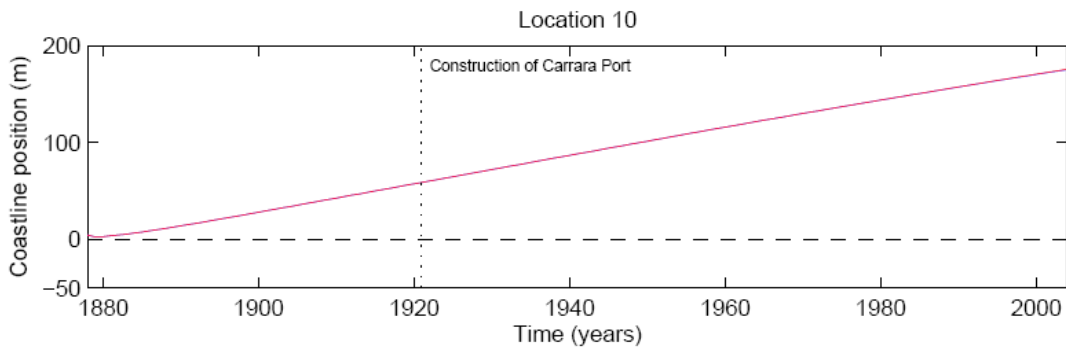
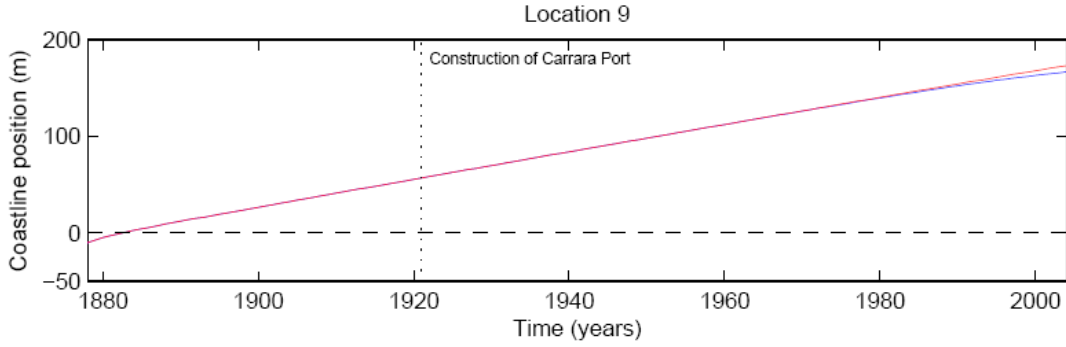




Figura C98 – Evoluzione della linea di riva. In blu: Scenario 4-base (con porto); in rosso: Scenario 3-base (senza porto). Punti 9-11.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

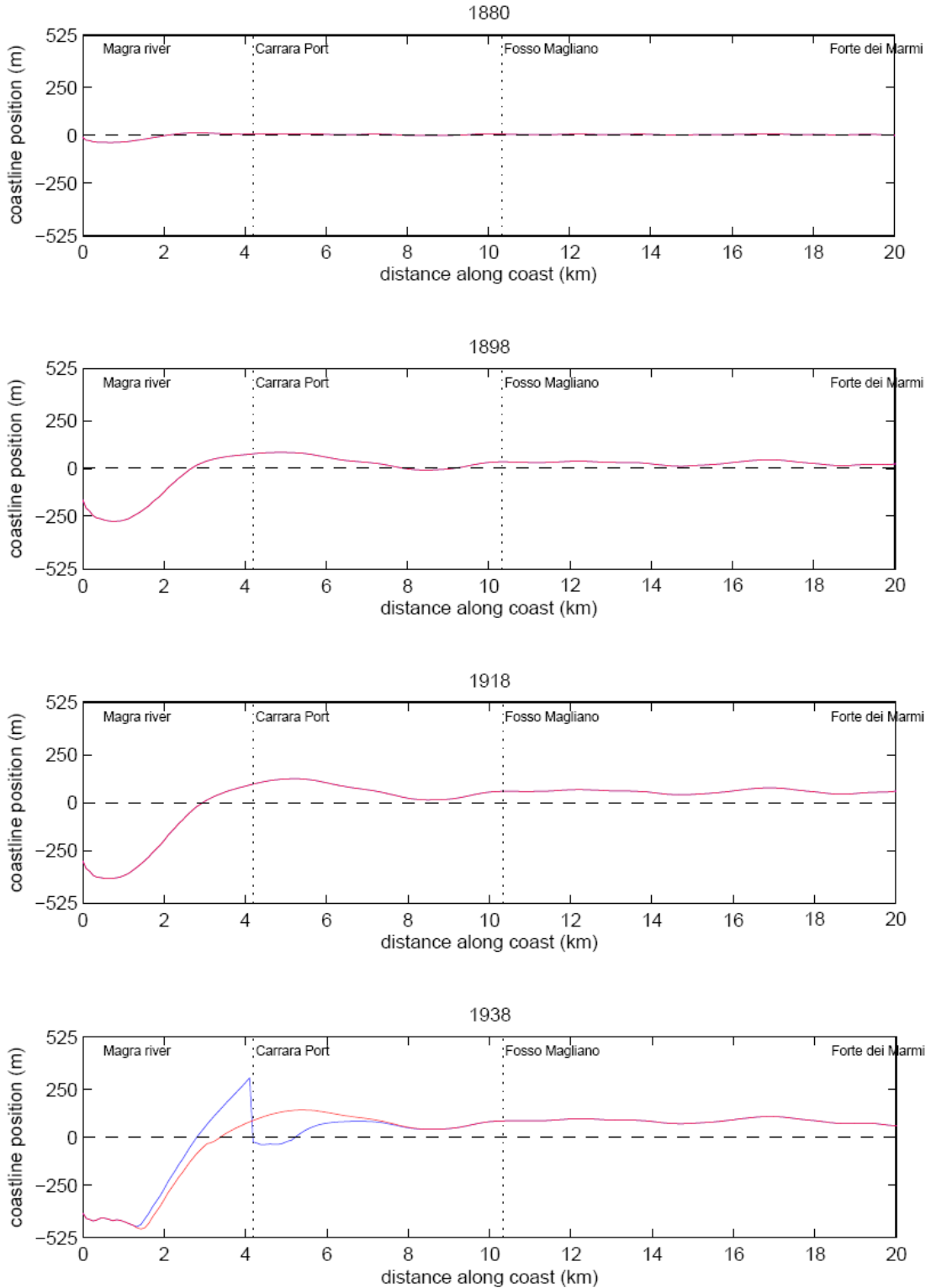




Figura C99 – Posizione della linea di riva lungo la costa. In blu: Scenario 4-base (con porto); in rosso: Scenario 3-base (senza porto). Intervallo: 1880-1938.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

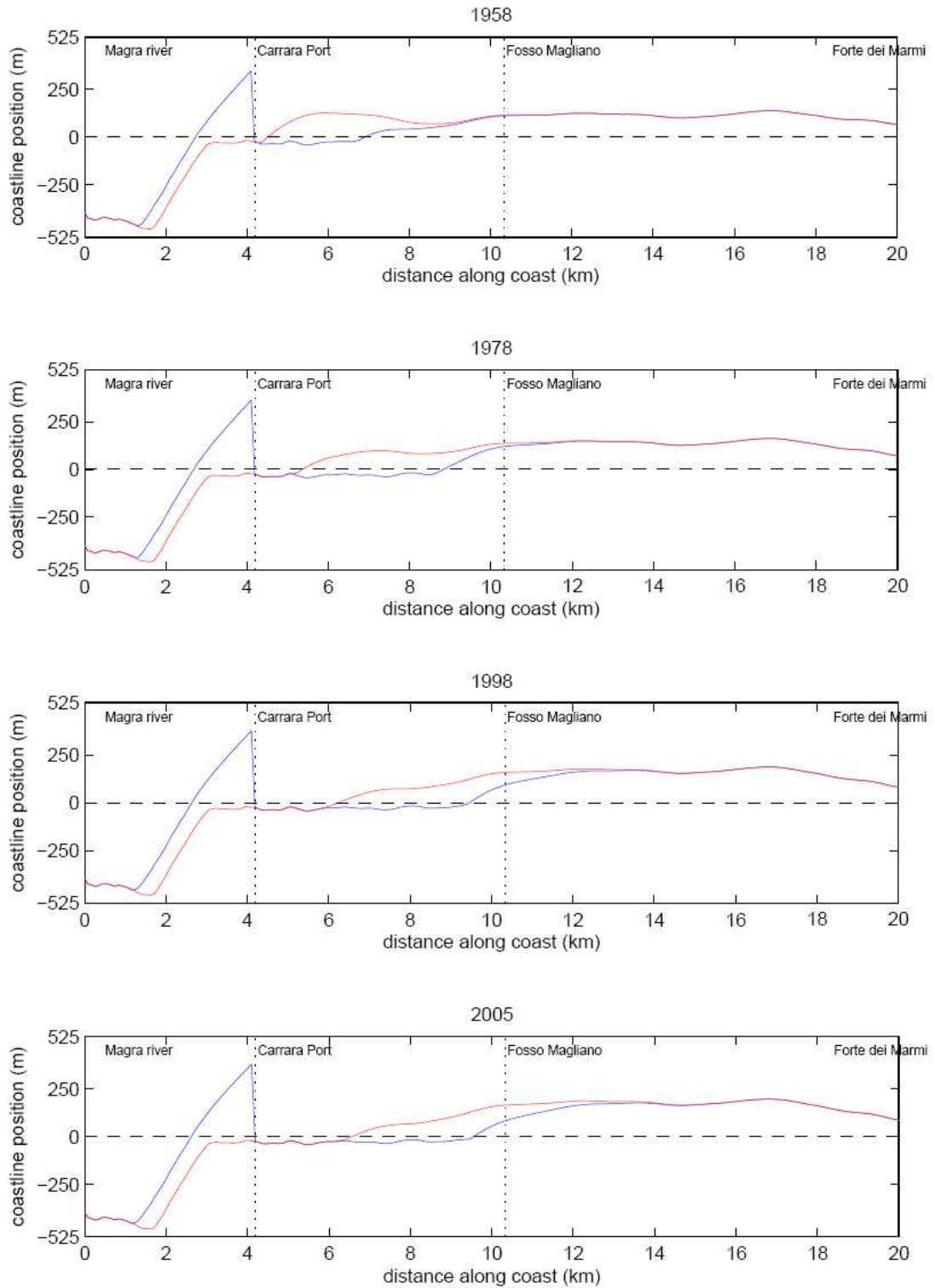




Figura C100 – Posizione della linea di riva lungo la costa. In blu: Scenario 4-base (con porto); in rosso: Scenario 3-base (senza porto). Intervallo: 1958-2005.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.5 RILIEVI BATIMETRICI DELL'AREA DI PROGETTO

L'Autorità Portuale ha provveduto, negli ultimi anni, a far eseguire svariate campagne di rilievo batimetrico e dispone oggi di numerosi dati relativi ai fondali dell'area circostante ed interna al porto di Marina di Carrara.

In ordine cronologico, gli ultimi rilievi disponibili risalgono al dicembre 2002, al giugno 2003, al febbraio 2005 e al giugno 2006. In particolare, il rilievo batimetrico del giugno 2006 è stato eseguito mediante sistema integrato di batimetria swath interferometrica con opzione side-scan.

Ai suddetti rilievi si aggiungono, inoltre, quelli eseguiti nel maggio 2000, giugno 2001 e luglio 2002 per conto dell'Autorità di Bacino del Fiume Magra per il monitoraggio degli interventi di difesa costiera realizzati a Marinella nel 1999 e quello del giugno 2004 per conto del Comune di Carrara come base per la progettazione dell'intervento realizzato nel 2005-2006.

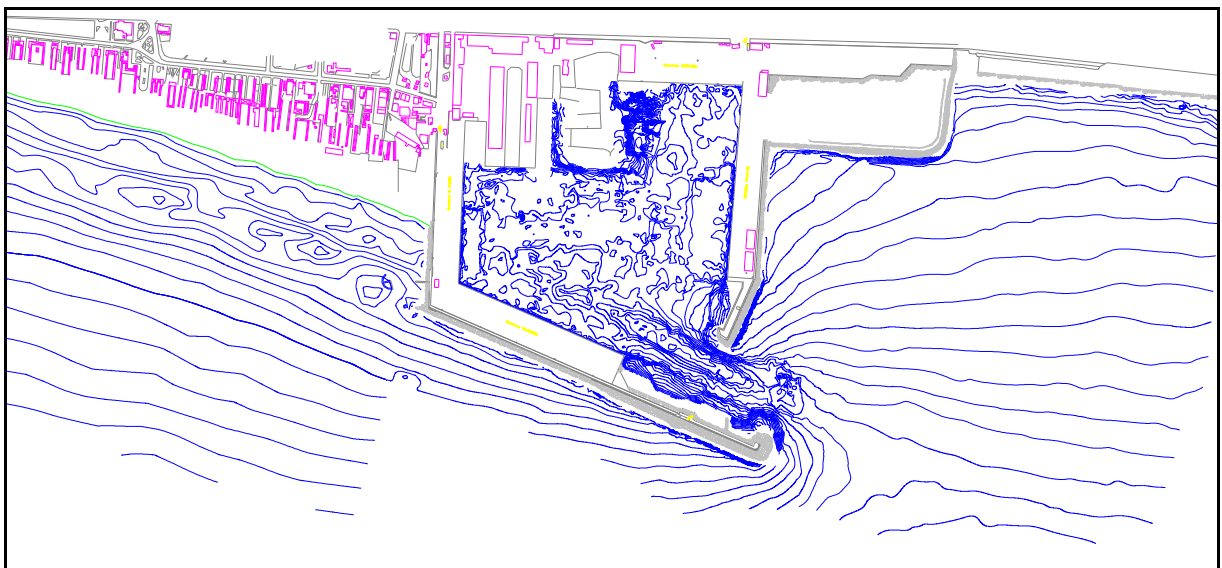




Figura C101 – Rilievo batimetrico del dicembre 2002.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

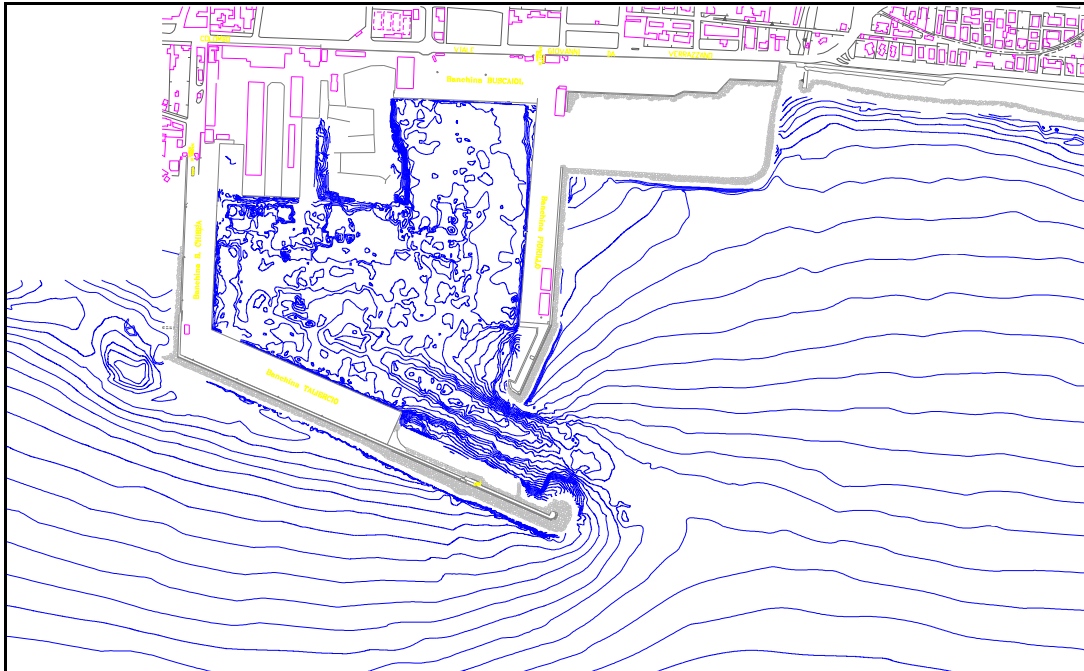


Figura C102 - Rilievo batimetrico del giugno 2003

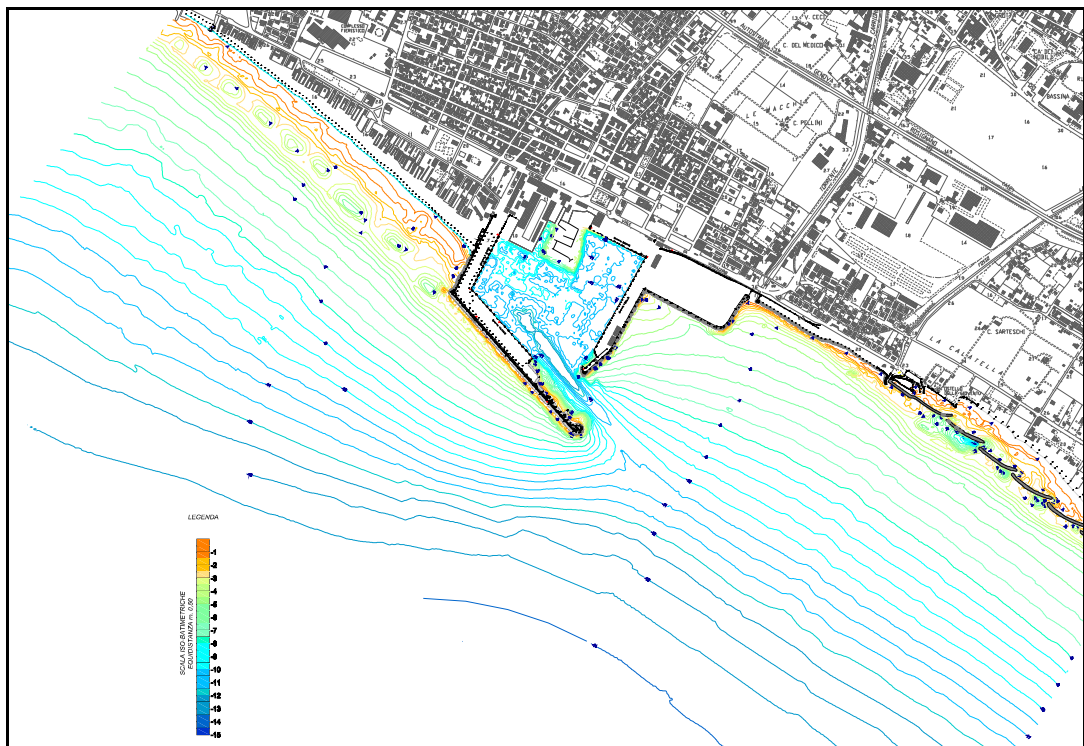




Figura C103 - Rilievo batimetrico del febbraio 2005

	<p>PORTO DI MARINA DI CARRARA</p>	
	<p>LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE</p>	
	<p>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE</p>	

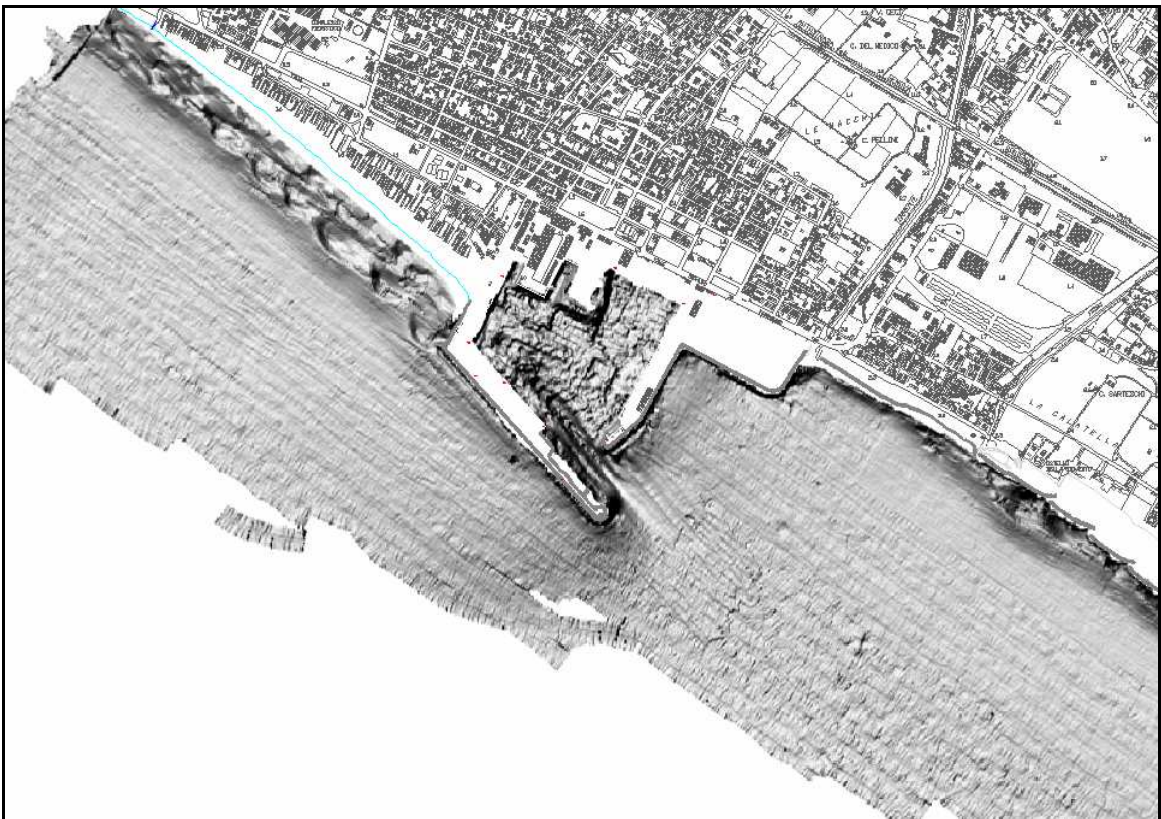
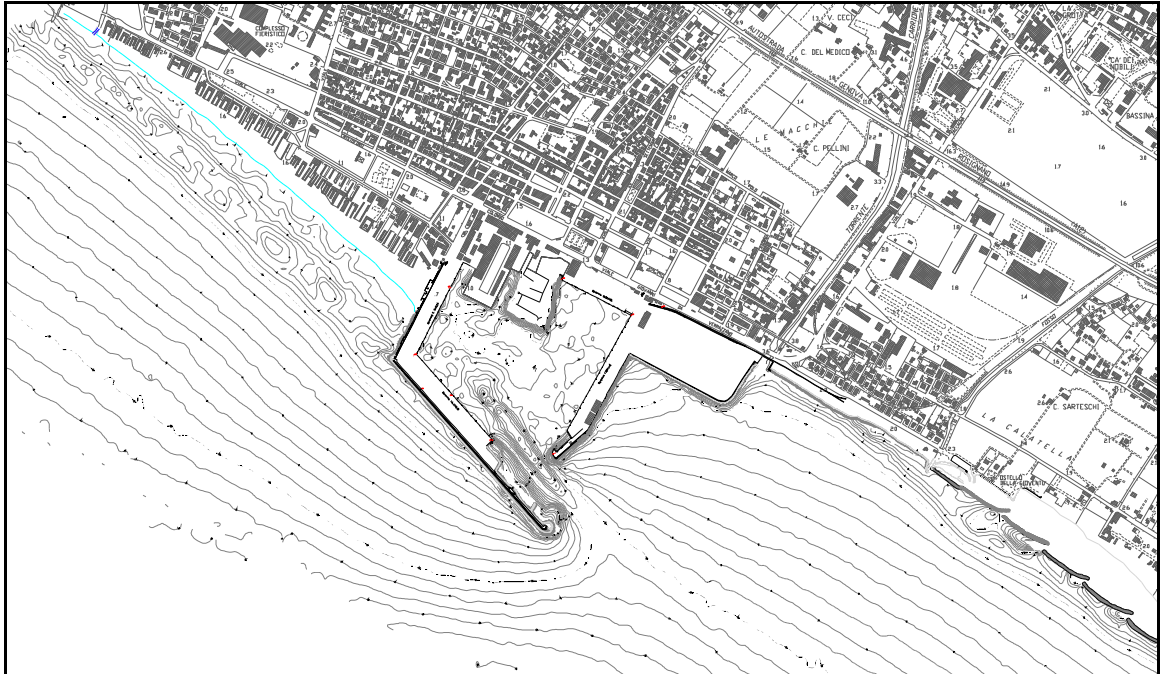




Figura C104 - Rilievo batimetrico del giugno 2006

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

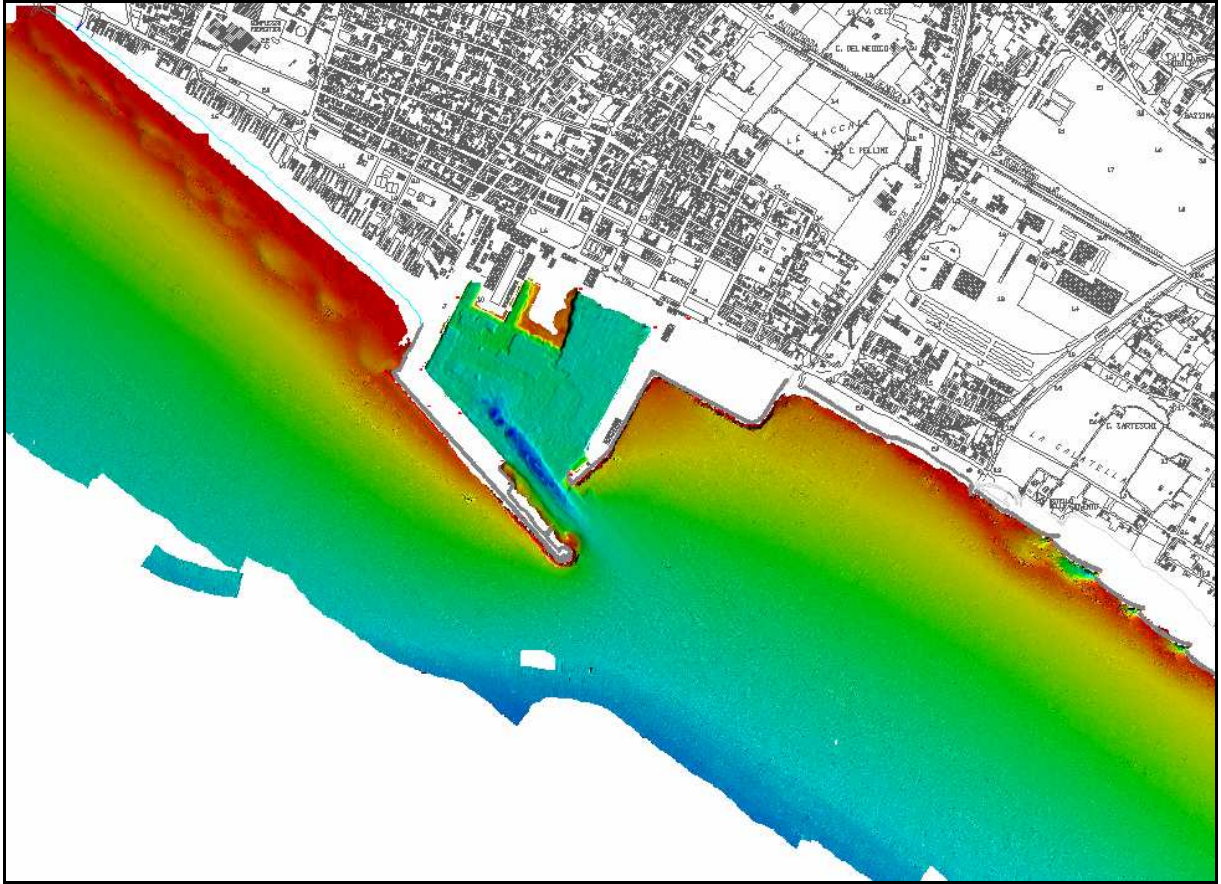




Figura C105 – Particolari del rilievo batimetrico del giugno 2006

I suddetti rilievi evidenziano, di comune accordo, una configurazione morfologica che, nell'intervallo di tempo compreso fra il 2002 e il 2006 si è mantenuta pressoché stabile.



Detta configurazione è caratterizzata da:

- il tratto di litorale posto sopraflutto al porto presenta evidenti variabilità morfologiche fino alla batimetria dei -5 m; fra i -5 m e i -8 m non si rilevano variazioni significative. La spiaggia sommersa è caratterizzata da un sistema di barre che, avvicinandosi al molo di ponente, diventa più sviluppato e più esteso (nel senso che occupa una fascia di costa più ampia). In corrispondenza del molo di ponente, secondo l'ultimo rilievo disponibile (giugno 2006) la barra esterna si sviluppa fra i 300 e i 350 m da riva, quindi oltre l'oggetto della diga stessa.
- il tratto di litorale antistante la diga foranea è caratterizzato, per il primo tratto prossimo all'intersezione con il molo di ponente, da profili piuttosto regolari e degradanti a partire dalla

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

batimetria dei -3 m con pendenze dell'ordine dello 0,01-0,015%, mentre in corrispondenza del tratto terminale della diga i fondali presentano pendenze dell'ordine dello 0,1-0,2%.

- il tratto di litorale compreso fra il molo di levante e la foce del torrente Carrione risulta caratterizzato da una doppia pendenza, rivolta in parte da riva verso il largo e in parte dal molo verso l'area di foce del torrente. In quest'ultima direzione, le pendenze risultano dell'ordine dello 0,008% nell'area prossimale al Piazzale Città di Massa e dell'ordine dello 0,02-0,1% nella zona antistante il tratto terminale del molo. Nella direzione riva-largo, le pendenze risultano dell'ordine dello 0,01% in corrispondenza dell'area di progetto e lievemente inferiori in corrispondenza del tratto terminale della scogliera di contenimento del Piazzale Città di Massa.
- il tratto di litorale posto sottoflutto al porto e compreso fra le foci dei torrenti Carrione e Lavello, antistante la scogliera aderente, è caratterizzato dalla totale assenza di barre e da profili relativamente ripidi nelle aree prossimali all'opera di protezione dovuti a fenomeni di riflessione del moto ondoso.
- il tratto di litorale posto sottoflutto al porto e antistante al settore settentrionale della località Partaccia presenta profondi solchi (profondità dell'ordine dei 6-8 m) a ridosso delle barriere parallele distaccate da riva ed una barra in posizione offshore.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.6 DRAGAGGI ESEGUITI IN AREA PORTUALE

L'attuale lay-out del porto di Marina di Carrara ricalca la configurazione del tipo "a bacino" ed è contraddistinta dalla presenza di una barra sommersa di sabbia che tende a sovrappassare il molo di sopraflutto ostruendo il canale di accesso solo nella zona più esterna al porto posta verso il mare. La frazione più fine dei sedimenti tende invece a "divagare" verso la darsena interna.



La stima del volume di sedimenti marini movimentato nell'intorno del porto di Marina di Carrara nell'ambito delle attività di dragaggio portuale nel periodo 1993-2004 è riportata nei documenti TTMC-DP-01.05 (Novembre 2006) e TTMC-DP-02.06 (Gennaio 2006), sviluppati nell'ambito delle attività del Tavolo Tecnico sul porto di Marina di Carrara istituito presso la Direzione Generale per la Qualità della Vita del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, e nelle relative note integrative presentate dall'Autorità Portuale nel Dicembre 2005 e nel Febbraio 2006 (queste ultime sottoscritte anche dalla Provincia di Massa Carrara e dai Comuni di Carrara e di Massa).

L'approccio metodologico utilizzato ha consentito di determinare, con un discreto dettaglio, il volume di sedimenti teoricamente sottoponibile ad operazioni di dragaggio (volumi autorizzati), e il volume di sedimenti effettivamente dragati (talvolta inferiori a quelli autorizzati)

Per la stima di tali volumetrie è stata effettuata dai tecnici dell'ICRAM un'accurata ricerca presso l'archivio delle direzioni Protezione Natura e Qualità della Vita del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Lo scopo di tale ricerca è stato la catalogazione e l'esame dei decreti autorizzativi al dragaggio e al successivo sversamento di sedimenti nell'area portuale di Marina di Carrara.

La metodologia seguita dai Tecnici dell'ICRAM per la stima dei volumi di materiale dragato dal porto di Carrara si basa esclusivamente sulla "lettura" dei decreti autorizzativi all'escavazione nell'area portuale di Marina di Carrara. Tenuto conto che i suddetti decreti indicano i quantitativi massimi di materiale di cui si autorizza il dragaggio e nel contempo localizzano e quantificano le superfici e le profondità massime oggetto delle operazioni di escavazione, nonché le aree ove si deve conferire il materiale dragato, per l'interpretazione dei dati numerici riportati di seguito bisogna tenere conto che:

- a) i quantitativi indicati nei decreti autorizzativi vanno assunti come valori massimi assoluti del materiale che lo stesso Ministero riteneva accettabile dragare dal porto e destinare ai siti di conferimento;
- b) gli effettivi quantitativi di materiale dragato possono essere computati correttamente solo sulla base dei rilievi di prima e di seconda pianta inerenti ciascun intervento di dragaggio, qualora disponibili;



	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

- c) possono considerarsi sottratti al bilancio solido litoraneo solo i volumi di sedimenti relativi agli interventi di dragaggio del canale di accesso e dell'imboccatura portuale il cui materiale, ai sensi del decreto ministeriale, è stato conferito oltre la "profondità di chiusura";
- d) i quantitativi di materiale provenienti dalle operazioni di dragaggio della darsena portuale finalizzate all'approfondimento dei fondali devono considerarsi come contributo positivo al bilancio solido sedimentario ogni qual volta vengano conferiti lungo i litorali limitrofi a profondità inferiori alla profondità di chiusura;
- e) nella definizione della quota di materiale dragato che può essere proficuamente destinato ad interventi di ripascimento dei litorali non si può semplicisticamente considerare la soglia di 0,063 mm (limite fra le sabbie e i limi) ma si deve fare riferimento al diametro medio e agli altri parametri statistici (deviazione standard, skewness) della spiaggia nativa. In pratica il materiale proveniente dalle operazioni di dragaggio, classificabile come sabbie con limi e/o sabbia limosa, se può presentare discrete caratteristiche geotecniche per la formazione di colmate e terrapieni di fatto non può essere destinato ad interventi di ripascimento salvo sottoporlo ad opportune lavorazioni di vagliatura e selezione al fine di scongiurare indesiderati effetti collaterali (ad es. torbidità eccessive e/o depositi di fanghi).

In totale sono stati trovati dieci decreti (riportanti, solitamente, il volume del materiale da dragare, la localizzazione delle aree di escavo e di deposito e la relativa destinazione d'uso) relativi al periodo che va dal 1993 fino al 2004, di seguito elencati secondo l'ordine cronologico:

- 780/ARS/DI/AC/DR del 02.07.1993;
- 2151/ARS/DI/AC/DR del 01.03.1995;
- 5334/ARS/DI/AC/DR del 17.01.1997;
- 5519/ARS/DI/AC/DR del 27.02.1997;
- 11491/ARS/DI/AC/DR del 17.05.1999;
- 12208/ARS/DI/AC/DR del 13.12.1999;
- 12800/RIBO/ DI/AC/DR del 25.05.2000;
- DEC 47/02 del 10.04.2001;
- DEC/340/3/02 del 12.09.2002;
- DEC/DPN/1719 del 24.09.2004.

Su indicazione delle osservazioni inviate dall'Autorità Portuale sono stati presi in considerazione anche i seguenti documenti, che hanno permesso di determinare il quantitativo di sedimento effettivamente movimentato in relazione ai decreti 780 e 2151 e di identificare l'area di scarico del materiale relativo al decreto 1719:

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

- Stato Finale dei lavori di dragaggio del bacino portuale di Marina di Carrara 2° e ultimo lotto, a tutto il 28.08.1995 (perizia n. 3050/MS del 19.07.1986);
- Atto unico di Collaudo dei lavori di dragaggio del bacino portuale di Marina di Carrara 2° e ultimo lotto del 26.05.1996.
- Determinazione della Provincia di Massa Carrara n. DD/8685/2004 del 27.09.2004;

In relazione agli altri interventi non è stata rintracciata alcuna documentazione contabile o attestante lo stato finale dei lavori e, pertanto, i valori riportati nei decreti sono stati assunti quali valori di calcolo.

Nel calcolo effettuato, inoltre, gli autori del documento TTMC-DP-02.06 hanno tenuto in considerazione che il volume dei sedimenti dragati dal bacino portuale ed utilizzati per il riempimento del Piazzale "Città di Massa", è pari a circa 190.000 m³ dei 250.000 m³ previsti dal progetto originale dell'opera.

Si riportano di seguito gli elementi significativi ricavati dall'analisi dei documenti consultati e raccolti secondo l'ordine cronologico.



- **1993**

Il decreto 780/ARS/DI/AC/DR del 02.07.1993 autorizza il Genio Civile per le Opere Marittime di Genova allo scarico in mare dei materiali derivanti dalle operazioni di dragaggio dei fondali del porto di Marina di Carrara. Il quantitativo autorizzato è pari a 780.000 m³ di sedimenti e l'autorizzazione ha validità di 22 mesi decorrenti dalla data di inizio delle operazioni di escavo. La zona di deposito è un'area circolare di raggio pari a 1.000 m, il cui centro è individuato dalle seguenti coordinate geografiche: lat. 43°53' N – long. 09°44' E Greenwich. Tale area si trova a circa 29 Km di distanza in direzione ortogonale alla costa.

Dallo Stato Finale dei Lavori a tutto il 28.08.1995 (perizia n. 3050/MS del 19.07.1986) dell'Ufficio del Genio Civile per le Opere Marittime di Genova risulta che il volume di sedimento dragato e depositato secondo le direttive del presente decreto è pari a 305.321 m³.

- **1995**

Il decreto 2151/ARS/DI/AC/DR del 01.03.1995 autorizza il Genio Civile per le Opere Marittime di Genova al dragaggio e successivo sversamento dei materiali di escavo del porto di Marina di Carrara. Vengono identificate due aree di escavo alle quali corrispondono due diverse aree di sversamento. I sedimenti scavati nelle zone adiacenti alle banchine portuali sono destinati ad essere scaricati nella zona di mare al largo (già autorizzata con il decreto 780/ARS/DI/AC/DR). I sedimenti scavati nelle aree centrali del porto, al fine di consentire il ripascimento tramite

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

ondazione, sono destinati ad essere sversati nell'area antistante l'arenile di Marina di Massa tra le profondità -5 e -7 m, individuata dalle seguenti coordinate:

VERTICI LATITUDINE LONGITUDINE

punto A 44°01'00" N 10°04'42" E

punto B 43°59'42" N 10°06'42" E

punto C 43°59'24" N 10°06'24" E

punto D 43°00'54" N 10°04'30" E.

Dallo Stato Finale dei Lavori a tutto il 28.08.1995 (perizia n. 3050/MS del 19.07.1986) dell'Ufficio del Genio Civile per le Opere Marittime di Genova risulta che il quantitativo di materiale effettivamente dragato dal bacino portuale è pari a 85.956 m³ e che è stato interamente depositato nell'area antistante l'arenile di Marina di Massa.

- **1997**

Il decreto 5334/ARS/DI/AC/DR del 17.01.1997 autorizza il Genio Civile per le Opere Marittime di Genova al dragaggio per fini di ripascimento di 100.000 m³ di materiale prelevato da quella che è indicata in modo generico come "area portuale". L'area di deposito dei sedimenti viene localizzata nella zona antistante l'arenile di Marina di Massa, tra le batimetriche -5 e -7 m. Tale intervento viene poi riconfermato dal decreto 5519/ARS/DI/AC/DR del 27.02.1997.

- **1999**

Tra il 1999 e il 2000 è stato dragato, in fasi successive, un totale di 113.500 m³, dei quali è stato autorizzato lo scarico sotto costa. Il decreto n. 11491/ARS/DI/AC/DR del 17.05.1999 autorizza l'Autorità Portuale di Marina di Carrara alla movimentazione di 66.500 m³ di sedimenti. L'area di scarico è individuata tra il torrente Frigido e Marina di Ronchi, ed ha le seguenti coordinate geografiche:

VERTICI LATITUDINE LONGITUDINE



punto A 44°00'06" N 10°06'12" E

punto B 43°59'48" N 10°05'48" E

punto C 43°59'06" N 10°06'55" E

punto D 43°59'18" N 10°07'20" E.

Il decreto n. 12208/ARS/DI/AC/DR del 13.12.1999 autorizza l'Autorità Portuale di Marina di Carrara al dragaggio di 35.000 m³ di sedimenti. La zona di scarico è la stessa del decreto precedente.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

- **2000**

Il decreto n. 12800/RIBO/ DI/AC/DR del 25.05.2000 autorizza l’Autorità Portuale di Marina di Carrara, con procedura regolare, al dragaggio di 12.000 m³ di materiale. Questi sono destinati sia ad essere depositati nella stessa area dei due decreti precedenti che ad essere utilizzati per il riempimento della banchina Buscaioli, nella zona N-E del bacino portuale.

- **2001**

Il decreto 47/02 del 10.04.2001 autorizza la Nuovi Cantieri Apuania S.p.A. al dragaggio e il successivo scarico di 2.000 m³ di sedimenti, prelevati dallo specchio acqueo di sua competenza, ai fini del varo di una nave. Il materiale è destinato ad essere depositato nell’area prospiciente la banchina Buscaioli, per essere, in una seconda fase, conferito nel terrapieno di riempimento del piazzale “Città di Massa”.

- **2002**

Il decreto 340/3/02 del 12.09.2002 autorizza l’Autorità Portuale di Marina di Carrara allo scarico in mare di 10.000 m³ di sedimenti, con procedura di urgenza. I materiali vengono prelevati presso l’area individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

VERTICI LATITUDINE LONGITUDINE

punto A 44°01,94' N 10°02,75' E

punto B 44°01,92' N 10°02,81' E

punto C 44°01,85' N 10°02,80' E

punto D 44°01,88' N 10°02,72' E

e destinati ad essere scaricati in un’area, sita tra 20-100 m dalla linea di riva, compresa tra le foci dei torrenti Carrione e Lavello, di cui vengono fornite le coordinate riportate nella tabella seguente:

VERTICI LATITUDINE LONGITUDINE

punto A 44°1,97' N 10°3,18' E



punto B 44°1,77' N 10°3,65' E

punto C 44°1,73' N 10°3,62' E

punto D 44°1,94' N 10°3,14' E

- **2004**

Il decreto DEC/DPN/1719 del 24.09.2004, autorizza l’Autorità Portuale di Marina di Carrara allo scarico in mare, con procedura di urgenza, di 10.000 m³ di sedimenti provenienti dall’escavo del

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



passo di accesso del porto, prelevati per uno spessore non superiore a 40 cm. Questi erano destinati ad essere scaricati ad una profondità di 16,5 m in un'area di forma circolare. Il raggio di tale area è pari a 0,3 NM e le coordinate del centro sono: LAT 43°58,5' N, LONG 10°1,5' E.

Con autorizzazione da parte della Provincia di Massa Carrara (determinazione n. DD/8685/2004 del 27.09.2004) è stata autorizzata una diversa zona di deposito del materiale: il materiale dragato è stato infatti scaricato, ai fini del ripascimento morbido dell'arenile di Marina di Massa, nella stessa area del decreto DEC/340/3/02 del 12.09.2002.

Tutto ciò premesso, relativamente alle attività di dragaggio attuate nel passato si evidenzia che, a prescindere dai lavori di ricostruzione post-bellica che hanno riguardato anche dragaggi dei fondali portuali dal 1946 al 1952 relativamente al materiale prevalentemente sabbioso entrato nel bacino portuale a causa delle brecce aperte nei moli dalle mine (fonte: "La ricostruzione dei porti marittimi nazionali", Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, settembre 1953), i successivi interventi di dragaggio della darsena per l'approfondimento dei fondali originari sono quelli progettati dal Genio Civile per le Opere Marittime e completati nel 1995 a seguito dei decreti autorizzativi del 1993 e 1995.



I sedimenti dragati dal 1952 al 2004 sono riconducibili ad interventi finalizzati in parte al mantenimento dei fondali del canale e dell'imboccatura e, in misura più cospicua, all'adeguamento dei fondali della darsena interna. Pertanto, volendo calcolare il tasso di materiale "movimentato" annualmente in questo periodo di attività del porto di Marina di Carrara è necessario rapportare il volume totale degli interventi di dragaggio a 52 anni. Sulla base dei valori raccolti dai Tecnici dell'ICRAM e sintetizzati nella tabella e schema seguenti si ricava che:

- 1) complessivamente, dal 1993 al 2004, sono stati dragati quantitativi compresi da un minimo di circa 580.000 m³ (sulla base dei soli documenti di contabilità) ad un massimo di 815.000 m³ (considerando i quantitativi massimi autorizzati in assenza di una contabilità dei lavori) dei quali oltre l'88% riguarda le aree interne del porto per lavori di approfondimento dei fondali originari; il rateo annuo complessivo dei sedimenti movimentati dalle aree portuali in 52 anni è compreso tra 11.000 e 16.000 m³/anno;
- 2) a fronte di un quantitativo massimo di circa 96.000 m³ di materiale dragato (in almeno 12 anni) dalle aree limitrofe all'imboccatura portuale (corrispondente complessivamente ad un rateo massimo di 8.000 m³/anno), complessivamente sono stati posti a ripascimento circa 320.000 m³ di materiale (corrispondente a circa il 39% di tutto il materiale dragato); il contributo dei volumi di materiale proveniente dagli approfondimenti dei fondali della darsena interna posto a ripascimento è superiore al 70%; complessivamente il rateo annuo dei

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

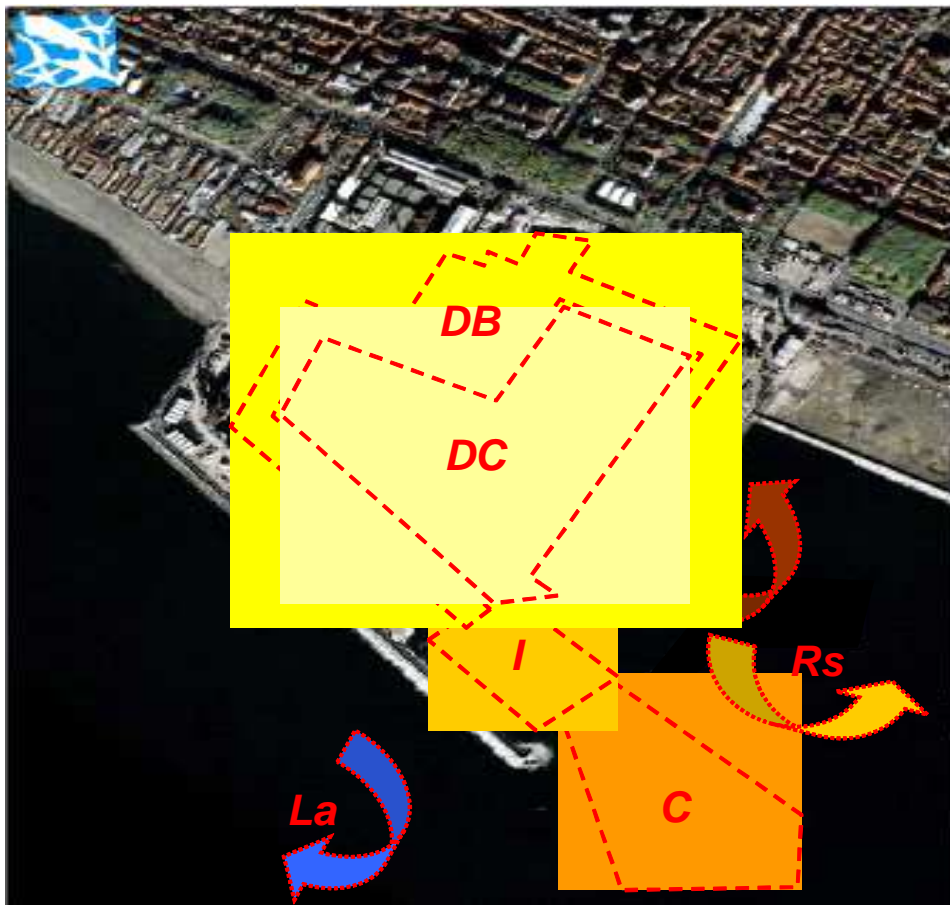
sedimenti dragati e posti a ripascimento (anche se contraddistinti da sabbie fini e solitamente rilasciati a profondità superiori ai 5,0 m) in questi ultimi 12 anni è pari ad oltre 26.000 m³/anno;

- 3) dal 1993 al 2004 solo 4 dei 9 interventi di dragaggio hanno riguardato le aree limitrofe all'imboccatura portuale; considerando i quantitativi desumibili dai decreti autorizzativi e quindi in assenza di un riscontro oggettivo (ad es. con rilievi di prima e seconda pianta) sugli effettivi volumi dragati, si può cautelativamente stimare un rateo annuo di materiale dragato dall'imboccatura portuale compreso da un minimo di 5.000 m³/anno ad un massimo di 25.000 m³/anno con un valore medio di circa 13.000 m³/anno;
- 4) il quantitativo massimo di materiale dragato e scaricato al largo ai sensi dei decreti autorizzativi è pari a circa 305.000 m³ mentre quello dragato e riutilizzato nell'ambito dei lavori di riqualificazione e ampliamento del Piazzale "Città di Massa" assommano a 190.000 m³.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



Anno di riferimento	Decreti Autorizzativi e/o Progetti Dragaggi					Volumi effettivamente dragati (m ³)					
	numero decreto	Data	Ambiti Dragaggi	Volumi Aut. (m ³)	Ambiti di Destinaz.	Criterio di computo	Imboccat. e Darsena	Canale di accesso	TOTALI	Ratei annui	
1993	780/ARS/DI/AC/DR	02/07/1993	I - DB - DC	780.000	La	LC	305.321		305.321		
1995	2151/ARS/DI/AC/DR	01/03/1995	I - DB - DC		Rs	LC	85.956		85.956		
1997	5334/ARS/DI/AC/DR	17/01/1997	C - I - DC	100.000	Rs	ST	50.000	50.000	100.000	25.000	
	5519/ARS/DI/AC/DR	27/02/1997			Rs						
1999	11491/ARS/DI/AC/DR	17/05/1999	C - DB - DC	66.500	Rs	ST	40.864	25.636	66.500	12.818	
	12208/ARS/DI/AC/DR	13/12/1999	DC	35.000	Rs	ST	35.000		35.000		
2000	12800/RIBO/ DI/AC/DR	25/05/2000	DB	12.000	Rs	ST	12.000		12.000		
	Piazzale Città di Massa. Prog. Def.		DB - DC	250.000	Co	LC	188.000		188.000		
2001	47/02	10/04/2001	DB	2.000	Co	ST	2.000		2.000		
2002	340/3/02	12/09/2002	C	10.000	Rs	ST		10.000	10.000	10.000	
2004	DEC/DPN/1719	24/09/2004	C	10.000	Rs	ST		10.000	10.000	5.000	
TOTALI							719.141	95.636	814.777		
Percentuali							88,26%	11,74%			

VOLUMI TOTALI (m ³) RIFERITI AL PERIODO 1993-2004	Volumi autorizzati		Ambiti di destinazione		
	Volumi autorizzati	Volumi dragati	La	Rs	Co
	1.265.500	814.777	305.321	319.456	190.000
			37,47%	39,21%	23,32%



LEGENDA DI RIFERIMENTO
"Ambiti Dragaggi" - Distinzione delle aree portuali dragate: C = Canale di accesso I = Imboccatura DC = Darsena zona centrale DB = Darsena fasce di banchina
"Ambiti di Destinazione" del materiale dragato dal Porto: La = Largo Rs = Ripascimento Sommerso Co = Colmata
"Criteri di Computo" dei volumi dragati: LC = Dai libri/documenti contabili e/o rilievi di prima e seconda pianta ST = Stima sulla base dei volumi autorizzati
I Ratei Anni del materiale dragato dal canale, da confrontare con i ratei annui del bilancio solido litoraneo, sono calcolati riferendosi all'intervallo temporale intercorso rispetto al precedente intervento di dragaggio. Globalmente si è fatto riferimento a 52 anni (1952-2004).

Figura C106 – Sintesi esplicitiva dei dragaggi effettuati dal 1993 al 2004

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



C6.7 CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI DELL'AREA DI PROGETTO

I terreni costituenti i fondali antistanti il Molo di Levante interessati dall'intervento in esame ricadono all'interno del Sito di Interesse Nazionale (SIN) di Massa e Carrara (Legge 426/98, Decreto di perimetrazione 21 dicembre 1999 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio). L'area marina perimetrata, ampia 1902 ha, è delimitata a nord dall'abitato di Marina di Carrara, a sud da quello di Marina di Massa fino ad una distanza di circa 600 m oltre la foce del fiume Frigido, si spinge al largo per 3 km e include l'area marina antistante la zona industriale e il porto di Marina di Carrara.

Nell'ambito del Programma Nazionale di Bonifica e di Ripristino Ambientale, con Decreto Ministeriale 18 settembre 2001, n.468, l'ICRAM è stato incaricato della redazione dei piani di caratterizzazione delle aree marino-costiere e salmastre incluse nelle perimetrazioni dei siti di interesse nazionale.

A tal riguardo l'ICRAM ha predisposto il "Piano di caratterizzazione ambientale dell'area marino costiera prospiciente il sito di interesse nazionale di Massa e Carrara" (documento ICRAM#CII-Pr-TO-MC-02.05 - Ottobre 2004) che, oltre a sostituire il precedente "Progetto preliminare di caratterizzazione ambientale dell'area marino costiera prospiciente il sito di interesse nazionale di Massa e Carrara" (documento ICRAM#CII-Pr-TO-MC-01.03 - Febbraio 2002), risulta aggiornato con le strategie di caratterizzazione adottate negli altri siti di interesse nazionale e, infine, ottempera alle prescrizioni della conferenza dei servizi "decisoria" del 23.12.2002.

Il suddetto piano di caratterizzazione dell'ICRAM è stato approvato nella conferenza di servizi "decisoria" del 09.11.2004.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

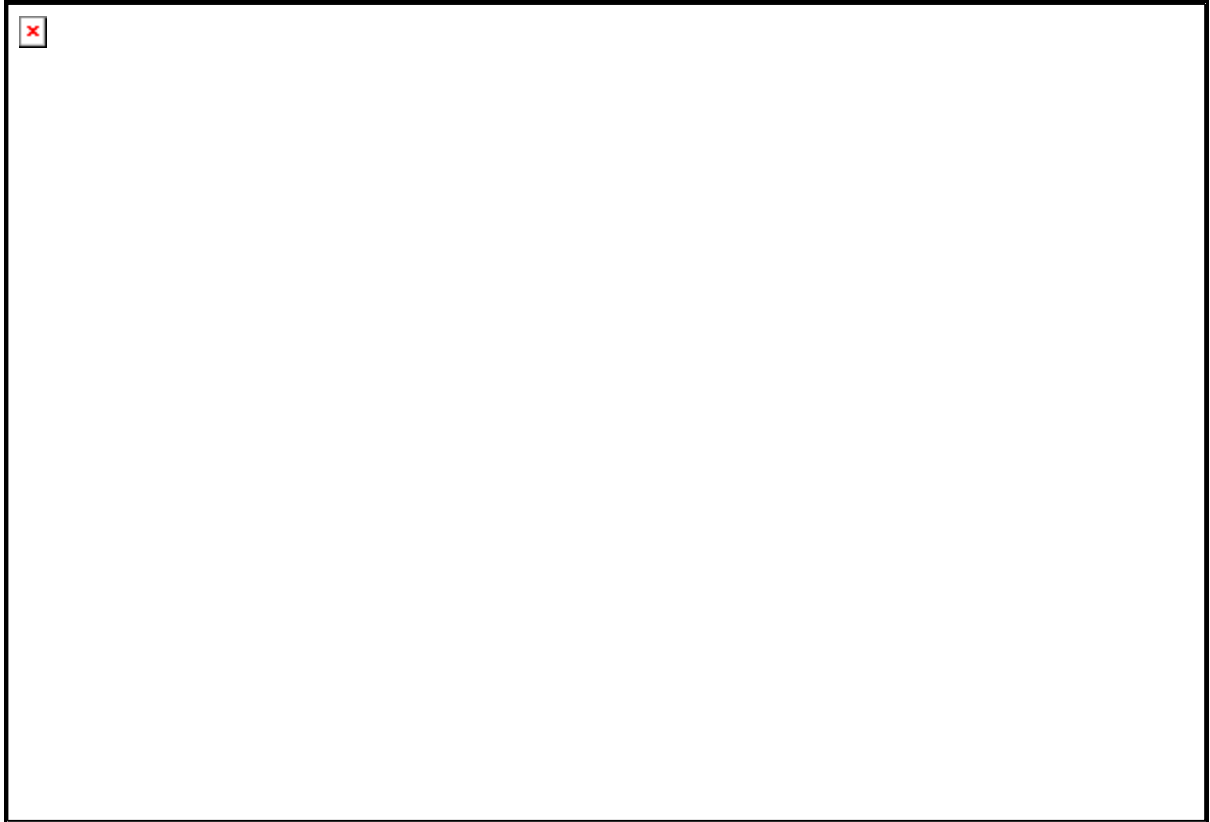




Figura C107 – Schema del piano di campionamento per la caratterizzazione ambientale dell’area marina perimetrata (Fase I e II). Fonte: ICRAM

In base a tale piano, l’area marina è stata suddivisa in maglie regolari (150 m x 150 m), all’interno di ciascuna delle quali è stata predisposta una stazione di campionamento per il prelievo di carote.

All’interno del bacino portuale sono state individuate 18 maglie 150x150 m, per un totale di n. 18 carote di lunghezza pari a due metri.

Bacino portuale di Marina di Carrara	
Spaziatura maglia	150 x 150 m
N. totale carote	18

Nella zona costiera perimetrata per uno sviluppo lineare di costa di circa 6,2 km (che si estende dal porto di Marina di Carrara fino a circa 600 m a sud della foce del fiume Frigido), è stato previsto

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

un campionamento con maglie 150x150 m, fino ad un'estensione in mare di 600 m dalla costa, per un numero totale di maglie pari a 164.

Fascia costiera entro i 600 m	
Spaziatura maglia	150 x 150 m
N. totale carote	164
<i>di cui all'interno delle opere di difesa</i>	29
<i>di cui all'esterno delle opere di difesa</i>	135



Nel documento CII-Pr-TO-MC-01.03, in considerazione del notevole impegno di risorse finanziarie e di una programmazione dell'attività piuttosto complessa, era stato proposto di eseguire in via preliminare le analisi prescelte solo su una percentuale ridotta (il 30%) dello schema a suo tempo indicato, per un totale di 420 campioni.

Si è quindi provveduto ad individuare le stazioni di campionamento dei sedimenti marini corrispondenti alla percentuale prescelta per la prima fase di caratterizzazione, stazioni distribuite con maggiore densità nelle aree considerate "critiche" dal punto di vista ambientale, tra cui quelle indicate dalla Conferenza di Servizi "decisoria" del 23.12.2002.

Tra la linea di costa e le opere di difesa parallele ad essa sono state individuate 29 maglie 150x150 m, per un totale di carote pari a 29. All'interno della fascia costiera compresa tra le opere di difesa e il limite dei 600 m dalla linea di costa, sono state individuate, in prossimità delle foci dei corsi d'acqua, n. 43 stazioni di campionamento (comprese in un sistema di maglie 150x150 m) allineate lungo direttrici perpendicolari ed oblique alla linea di costa.

Fascia costiera entro i 600 m	
Spaziatura maglia	150 x 150 m
N. totale carote	72
<i>di cui all'interno delle opere di difesa</i>	29
<i>di cui all'esterno delle opere di difesa</i>	43

Con l'intento di definire un quadro generale della situazione iniziale relativamente alle caratteristiche fisiche, chimiche ed ecotossicologiche dei terreni costituenti i fondali interessati dall'intervento di adeguamento tecnico - funzionale del Molo di Levante, l'Autorità Portuale di Marina di Carrara ha incaricato il CIBM (Consorzio per il Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata "Guido Bacci" di Livorno) per l'esecuzione di una campagna di

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

campionamento e analisi condotta nel marzo 2003. Il criterio e le modalità di campionamento, la conservazione dei sedimenti, nonché le metodiche analitiche e i parametri indagati risultano conformi a quanto riportato nel "Progetto preliminare di caratterizzazione ambientale dell'area marino costiera prospiciente il sito di interesse nazionale di Massa e Carrara" (documento ICRAM #CII-Pr-TO-MC-01.03 – Febbraio 2002).



I risultati ottenuti a seguito della prima caratterizzazione del marzo 2003 sono i seguenti:

- le analisi granulometriche hanno evidenziato che i sedimenti dell'area indagata sono costituiti prevalentemente da sabbia ed in particolare da sabbia fine;
- alcuni campioni (3 su 12) mostrano un elevato rapporto C/N, indicando una probabile origine terrestre della sostanza organica;
- i cianuri sono risultati inferiori al limite di rilevabilità della metodica impiegata;
- gli idrocarburi totali sono costituiti esclusivamente da idrocarburi pesanti che sono risultati, in tutti i campioni, superiori alla concentrazione riportata nella colonna A ma inferiori a quella riportata nella colonna B della tabella 1 del D.M. 471/99;
- la concentrazione dei PCB non supera i limiti del D.M. 471/99, ad eccezione di un solo campione, prelevato a quota 10-30 cm, che oltrepassa la colonna A ma non la B della tabella 1 del DM 471/99;
- i pesticidi sono risultati inferiori al limite di rilevabilità della metodica;
- tutti i campioni analizzati presentano una leggera ma diffusa contaminazione da Zn, Cr, Ni e, per alcuni campioni, anche di Cd. Nessun metallo comunque supera i limiti riportati nella tab. 1 del D.M. 471/99 (allegato 1);
- le concentrazioni di Idrocarburi aromatici, Clorobenzeni, Clorofenoli, Acido 2,4 Diclorofenossiacetico sono risultate tutte inferiori al limite di rilevabilità della metodica impiegata;
- la concentrazione dei TBT risulta abbastanza elevata (supera il Livello Chimico Limite) in un solo campione superficiale (quota 0-10 cm) ed accettabile negli altri campioni;
- si osserva una lieve contaminazione microbiologica; microorganismi patogeni del genere Salmonella sono risultati assenti;
- la concentrazione di diossine e furani è risultata inferiore al limite di rilevabilità.

Complessivamente, dai risultati delle predette analisi si evince che tutti i sedimenti oggetto di analisi mostrano delle concentrazioni dei parametri indagati inferiori ai limiti tabellari riportati nella colonna B della tabella 1 del DM 471/99.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

L'Autorità Portuale di Marina di Carrara, durante la conferenza di servizi "istruttoria" del 12.10.2004, ha consegnato il documento "Caratterizzazione dell'area marina di competenza dell'Autorità Portuale di Marina di Carrara" come stralcio del Piano di caratterizzazione dell'ICRAM riguardante l'intera area marino costiera del sito di interesse nazionale di Massa e Carrara. Il documento presentato prevede un infittimento della maglia a 50 x 50 m nella zona interessata dall'intervento oggetto del presente Studio e per il resto risulta completamente in linea con il Piano di caratterizzazione dell'ICRAM (documento ICRAM#CII-Pr-TO-MC-02.05 -Ottobre 2004).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

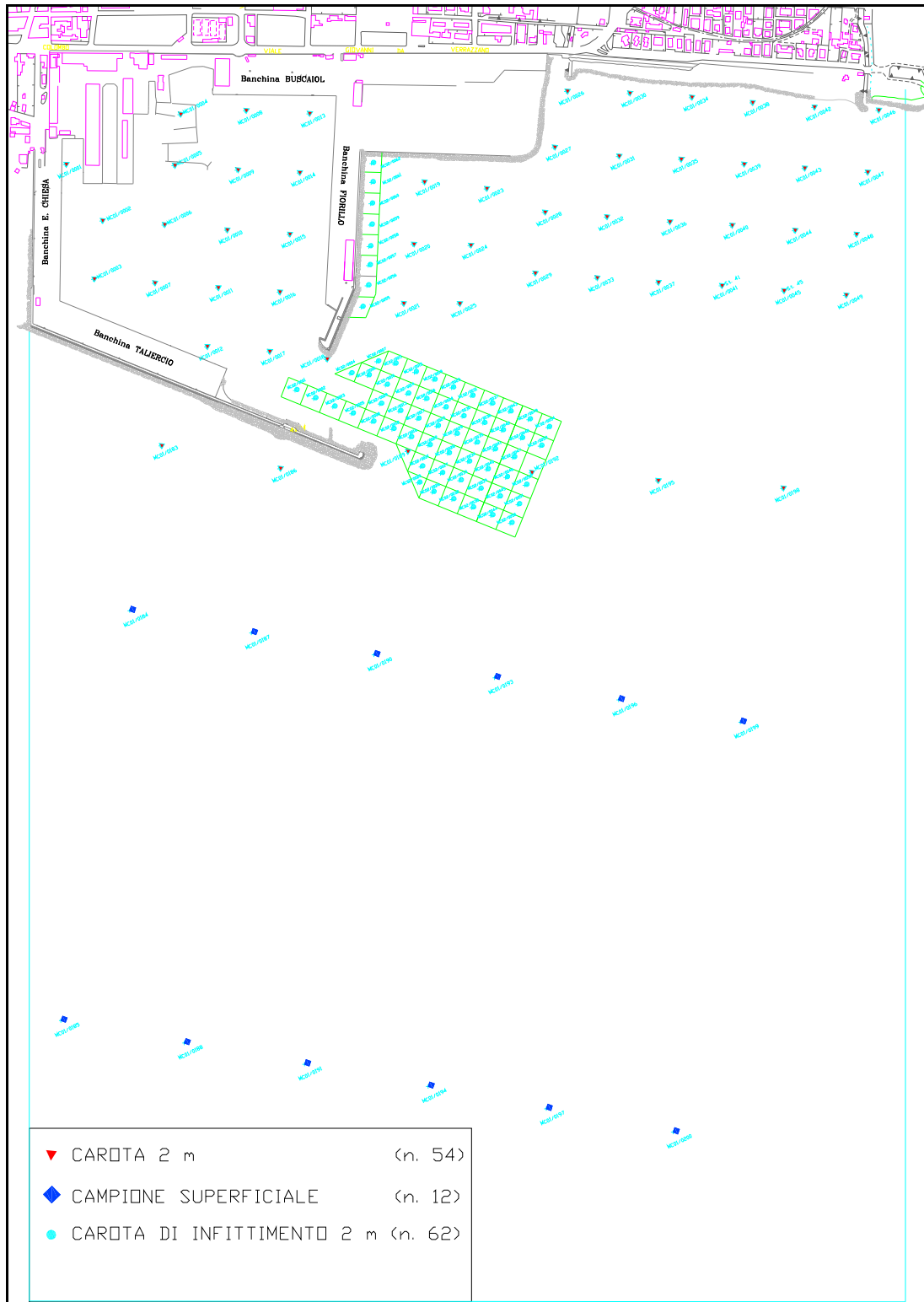


Figura C108 – Stralcio planimetrico del piano di campionamento seguito dall’Autorità Portuale





	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



Figura C109 – Particolare del piano di campionamento (maglia 50 x 50 m) seguito dall’Autorità Portuale



Le risultanze di detta caratterizzazione (il cui Piano di Caratterizzazione era stato approvato dalla Conferenza di Servizi “decisoria” del 09.11.2004) sono state trasmesse dall’Autorità Portuale in data 23.11.2005 e sono state acquisite dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio in data 28.11.2005.

Come emerso dalla Conferenza di Servizi del 30 marzo 2006, il confronto dei risultati analitici ottenuti con i Valori di intervento predisposti da ICRAM evidenzia:

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

- a) nella zona A, su un totale di 187 campioni, superamenti per quanto riguarda le concentrazioni di Mercurio (30 campioni), Nichel (15 campioni), Piombo (6 campioni), Rame (2 campioni), Naftalene (2 campioni), Pesticidi clorurati (4 campioni);
- b) nella zona B (quella interessata dall'intervento in oggetto), su un totale di 24 campioni, superamenti per quanto riguarda le concentrazioni di Mercurio (2 campioni), Nichel (1 campione), Pesticidi clorurati (1 campione).

La successiva Conferenza dei Servizi del 26 giugno 2007 ha, infine, confermato, in corrispondenza dell'area di intervento, la suddetta contaminazione, constatando comunque che, in ogni caso, alcun tipo di contaminazione (riscontrata all'interno del bacino portuale, ovvero in corrispondenza dell'imboccatura, ovvero in adiacenza al Molo di levante, ovvero nell'area antistante il Piazzale "Città di Massa" ovvero nelle aree antistanti le foci dei torrenti Carrione e Lavello) si estende oltre una distanza di 1.000 m circa dalla costa (con l'unica eccezione relativa all'arsenico).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.8 Uso DEL SUOLO

L'area di studio è caratterizzata, dal punto di vista geomorfologico, da terreni pianeggianti posti a quote che vanno dal livello del mare fino a circa 17 m nelle aree più interne. Essa si inserisce nell'ambito della pianura costiera, in un territorio un tempo occupato da terreni palustri e soggetti a frequenti alluvioni. In tempi storici, ed in particolare a partire dal 1700 la zona è stata oggetto di opere di bonifica con la realizzazione di una fitta rete di scolo delle acque. Attualmente il reticolo idrografico che attraversa l'area è costituito da canali prevalentemente utilizzati a scopo irriguo e tra i principali corsi d'acqua presenti si individuano il Torrente Carrione ed il Fosso Lavello.



La morfologia pianeggiante e l'eccezionale fertilità dei suoli hanno determinato nel passato un intenso sfruttamento agricolo del territorio. A partire dagli anni cinquanta, il tradizionale uso dei suoli è entrato però in conflitto con la progressiva espansione delle aree urbane e degli insediamenti industriali, che oggi risultano assai diffusi. Questi sono stati in particolare favoriti dalla presenza del porto che ha costituito un polo di attrazione per l'industria del marmo.

Le forme insediative più prossime all'area portuale comprendono il centro abitato di Marina di Carrara che si sviluppa lungo la costa nel tratto compreso tra la Fossa Maestra e il fosso Lavello. Oltre il fosso Lavello il tessuto edilizio risulta più rado e costituito da ville e fabbricati agricoli con terreni di pertinenza in gran parte coltivati.

Altre aree edificate, funzionalmente collegate alle aree residenziali, sono costituite da servizi pubblici quali gli impianti sportivi ed il complesso fieristico situato nella porzione occidentale dell'area edificata di Marina di Carrara. In funzione delle risorse turistico-balneari dell'area si rileva inoltre la presenza di aree ricettive principalmente distribuite lungo la costa, come ad esempio i centri per le colonie estive situate ad est del fosso Lavello in posizione adiacente all'arenile.

Le aree industriali piuttosto diffuse nell'area sono in gran parte legate al settore della lavorazione e commercializzazione del marmo. In alcuni casi, esse sono localizzate in posizione limitrofa ai nuclei urbanizzati, mentre aree più ampie si sono sviluppate in prossimità delle infrastrutture di trasporto, come quella situata ad est del Torrente Carrione nell'intorno della linea ferroviaria Genova- Pisa. Sono inoltre presenti impianti di depurazione localizzati lungo il corso del Lavello e del Torrente Parmignola.

Ulteriori infrastrutture di origine antropica sono costituite dagli stabilimenti balneari ed i campeggi. I primi sono distribuiti prevalentemente nella fascia di arenile posta sopraflutto al porto (Marina di Carrara), mentre sono decisamente più ridotti sottoflutto (presenti solo a partire dalla località Partaccia, dato che le difese aderenti realizzate immediatamente sottoflutto al Molo di Levante hanno di fatto privato la costa di spiagge sfruttabili ad uso balneare).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



I campeggi sono invece prevalentemente localizzati in un'area ampia situata a sud del Fosso Lavello, inframmezzati da pinete o da nuclei residenziali.

Per quanto riguarda le infrastrutture di trasporto, oltre all'impianto portuale, che si colloca, nell'area di studio in una posizione quasi baricentrica e che risulta fortemente connesso con il tessuto urbano e con l'asse di traffico litoraneo, e' presente una rete di collegamenti su ferro e su gomma relativamente complessa. Per quanto riguarda il trasporto su rotaia il territorio è interessato dalla linea ferroviaria Genova-Pisa che si sviluppa parallelamente alla linea di costa e da cui si distaccano alcuni rami che connettono la linea principale alle aree industriali poste immediatamente a sud.

Relativamente al trasporto su gomma l'area vasta è attraversata da due importanti vie di comunicazione che si sviluppano parallelamente alla costa: l'autostrada Genova - Livorno e la strada statale Aurelia, che delimita a nord l'area di studio. Sono inoltre presenti una serie di vie di comunicazione secondarie che si sviluppano sia parallelamente che perpendicolarmente alla costa. Esse connettono rispettivamente Marina di Carrara ai nuclei abitati che si sviluppano lungo la costa ed alla città di Carrara situata nell'entroterra.

Per quanto riguarda, infine, gli elementi di tipo naturale, essi sono scarsamente rappresentati e presentano una distribuzione alquanto localizzata. L'elemento maggiormente diffuso è rappresentato dalle pinete, formazioni di derivazione antropica, ma che costituiscono un elemento tipico del paesaggio costiero toscano. Esse sono prevalentemente distribuite nella zona retrostante l'arenile e raggiungono l'estensione più elevata nella zona immediatamente ad est del fosso Lavello.

Si rinvengono inoltre ridotti lembi boscati in cui sono ancora presenti elementi propri della flora originaria, dei quali il più esteso è localizzato ad ovest del T. Carrione (nei dintorni di villa Ceci). Altre formazioni vegetali di tipo seminaturale sono costituite dalle superfici incolte in genere di dimensioni contenute e prevalentemente distribuite in aree intercluse. L'unica area di una certa estensione è localizzata nell'area compresa tra i fossi Carrione e Lavello ed è costituita da un'area industriale dismessa. Tale area, come altre presenti nel territorio indagato, è in fase di ricolonizzazione da parte di formazioni vegetali costituite per lo più da specie infestanti o ruderali.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA-LITOLOGICA DELL'AREA DI PROGETTO

Per l'analisi delle caratteristiche dei terreni di fondazione si è fatto riferimento ai numerosi studi geoterritoriali e prospezioni geotecniche (sondaggi meccanici a carotaggio continuo, prove penetrometriche, tipo SPT, prove pressiometriche, prove di laboratorio) eseguiti in passato nelle aree di pertinenza dell'Autorità Portuale di Marina di Carrara.

In particolare si è fatto riferimento ai seguenti sondaggi meccanici a carotaggio continuo relativi a due distinte campagne di prospezioni geotecniche:



- sondaggio n.3 relativo alla campagna di indagini geognostiche (Epta-Consult, settembre 1999) inerenti i lavori di ampliamento del piazzale "Città di Massa"; sono state eseguite n.2 prove pressiometriche; sono stati prelevati campioni indisturbati che successivamente sono stati sottoposti a prove di laboratorio (prove di classificazione, prove edometriche, prove di taglio diretto di tipo sia U.U. che C.D.);
- sondaggio meccanico a carotaggio continuo condotto (settembre 2001), sempre dalla Epta-Consult lungo il molo di levante nell'ambito del progetto di adeguamento tecnico-funzionale della banchina "Capitano Fiorillo".

La localizzazione di tutti i sondaggi eseguiti in passato e dei quali l'Ufficio Tecnico dell'Autorità Portuale dispone di relazioni geologiche-geotecniche è riportata in Figura C110.

Anche questi sondaggi più recenti hanno confermato quanto già rilevato dalle campagne geognostiche condotte in passato.

Per i terreni di fondazione dell'area di interesse si può fare riferimento alla seguente successione stratigrafica:

- dalla quota piazzale del molo sino a profondità tra -3.8 e -5.0 m s.l.m., variabili con le originarie quote del fondale, si hanno terreni di riporto eterogenei prevalentemente ghiaiosi e ciottolosi;
- inferiormente sino a profondità di -13.0 ÷ -16.5 m s.l.m. si hanno sabbie anche limose e limi con rara ghiaia mediamente addensati;
- al di sotto di questo orizzonte stratigrafico e sino alla profondità di circa 25 m dal l.m.m., si hanno un'alternanza di orizzonti sabbioso limosi debolmente argillosi, nettamente prevalenti su orizzonti sabbiosi con abbondanti gusci di lamellibranchi e gasteropodi marini;
- per profondità superiori le preesistenti prospezioni geotecniche indicano la presenza di sabbia medio-grossolana con inclusioni di ciottoli e ghiaie in accordo con quanto individuato anche con l'ultimo sondaggio spinto sino alla quota di circa 28 m s.l.m..

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

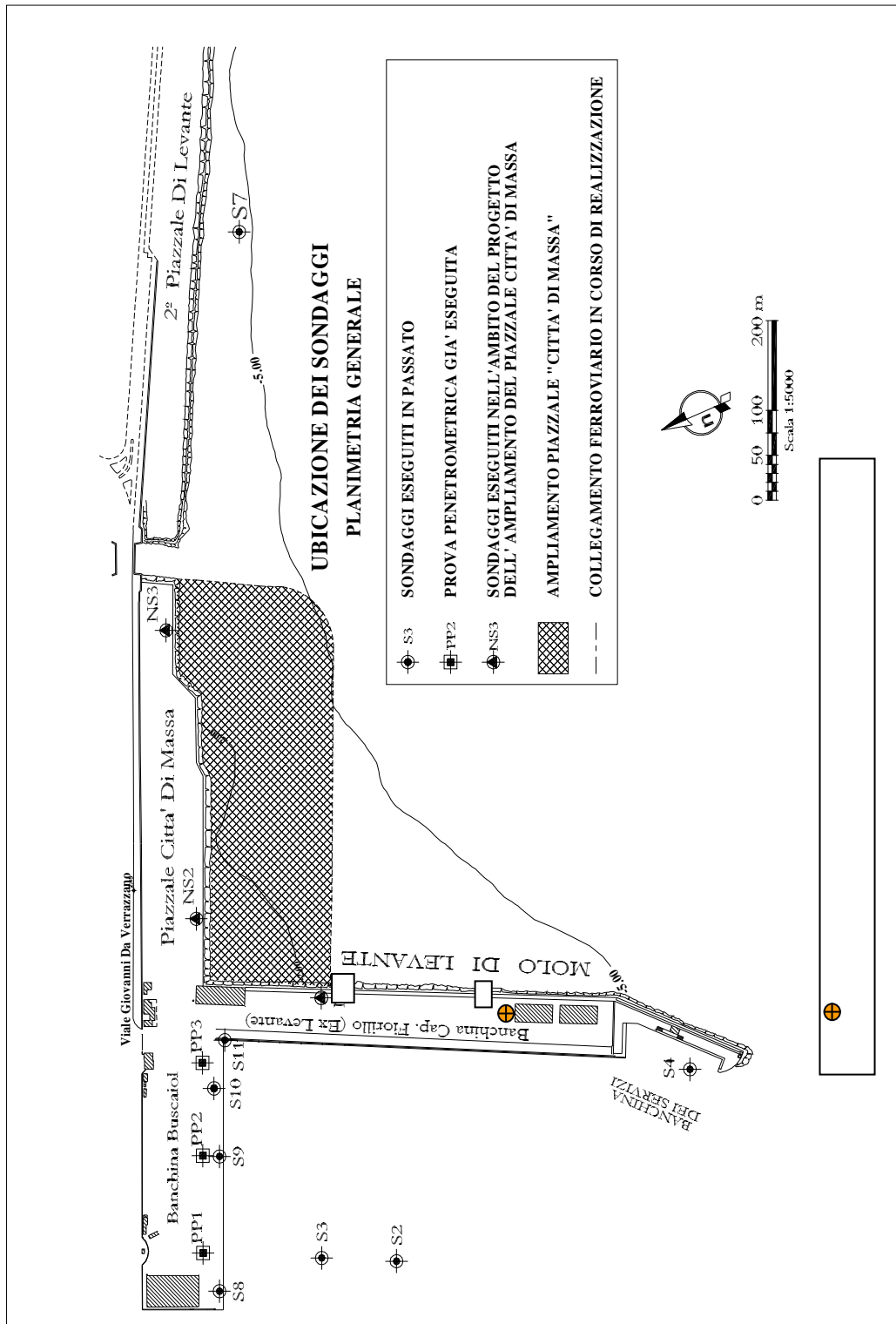






Figura C110 – Ubicazione dei sondaggi per la caratterizzazione geotecnica

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Pertanto le caratteristiche fisico meccaniche progettuali di riferimento della successione stratigrafica risultante sulla base delle indagini e delle prove di laboratorio svolte è la seguente:

- dalla quota del fondale (mediamente -4.0 m s.l.m.) sino a -15.00 m s.l.m.
prevalenza di sabbie limose debolmente argillose poco addensate:
 - peso di volume materiale saturo: $\gamma_s = 19.0 \text{ kN/m}^3$
 - angolo di attrito interno: $\Phi' = 32^\circ$
 - coesione: $c' = 0$
 - modulo di compressibilità: $E' = 10 \text{ Mpa}$
- dalla quota -15.00 m s.l.m. sino a -22.00 m s.l.m.
sabbie anche limose e limi con rara ghiaia mediamente addensati:
 - peso di volume materiale saturo: $\gamma_s = 20.0 \text{ kN/m}^3$
 - angolo di attrito interno: $\Phi' = 33^\circ$
 - coesione: $c' = 0$
 - modulo di compressibilità: $E' = 12 \text{ Mpa}$
- al disotto della quota -22.00 m s.m.
livello di base costituito da sabbia medio-grossolana di colore ocreo, con inclusi di ghiaia media con clasti di forma arrotondata:
 - peso di volume materiale saturo: $\gamma_s = 19.0 \text{ kN/m}^3$
 - angolo di attrito interno: $\Phi' = 35^\circ$
 - coesione: $c' = 0$
 - modulo di compressibilità: $E' = 20 \text{ Mpa}$

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.10 CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEI SEDIMENTI NEL PARAGGIO PORTUALE

Lo studio delle caratteristiche granulometriche dei materiali che costituiscono la spiaggia emersa e sommersa nel paraggio portuale si basa sui dati prodotti nell'indagine condotta nel 1998 dalla Regione Toscana. In quell'occasione, nel tratto circostante il porto di Marina di Carrara furono prelevati 68 campioni su 15 profili perpendicolari a costa.

I campioni sono stati sottoposti ad analisi granulometrica (istogrammi di frequenza e curve cumulative in scala probabilistica) presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze e successivamente sono stati determinati i parametri statistici di Folk e Ward (1957): Media, Classazione e Asimmetria. Si è registrato anche il valore del Primo percentile e la percentuale di frazione fine, intesa come quella avente dimensioni inferiori a 0.063 mm o 4 phi, e sono stati tracciati i diagrammi bivariati delle combinazioni Media/Profondità, Media/Classazione, Media/Asimmetria, Classazione/Asimmetria.



C6.10.1 Dimensioni medie (M_z) dei sedimenti

I sedimenti presenti nell'area di studio mostrano una notevole varietà dimensionale, passando dai granuli alla sabbia molto fine, secondo la classificazione di Krumbein (1934).

Dal punto di vista areale i sedimenti delle classi maggiori si ritrovano però esclusivamente nel tratto di litorale posto a nord del porto, ed in particolare intorno alla profondità di 4 metri dove costituiscono una barra.

Ciò è messo bene in evidenza dal grafico M_z /Profondità (Figura C111), dove si può apprezzare una discreta correlazione fra queste due variabili, anche se proprio i materiali della barra ne riducono la significatività.

Una buona correlazione è presente solo nei sedimenti antistanti la diga foranea, mentre le dimensioni dei materiali sono quasi indipendenti dalla profondità nel tratto di litorale posto a sud del porto (Figura C111).

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

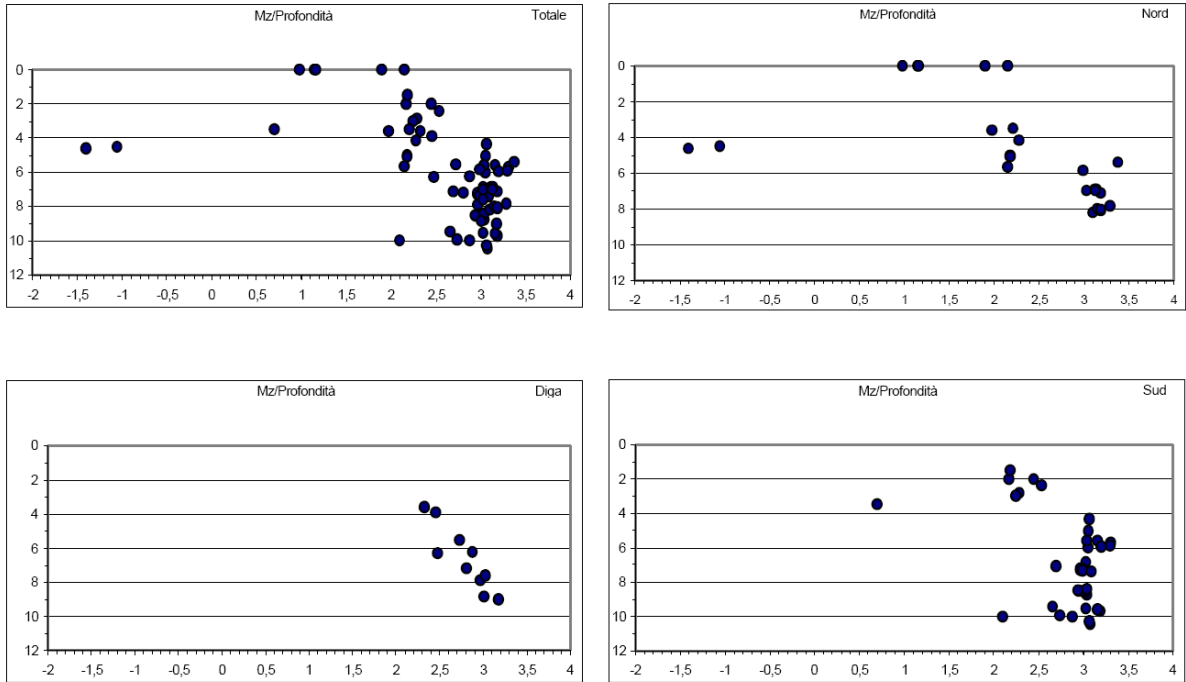




Figura C111 – Diagrammi Media (Mz) / profondità

La carta della distribuzione della Media (Figura C112) mostra chiaramente come i due tratti di litorale posti a nord e a sud del porto siano caratterizzati da condizioni sedimentologiche completamente diverse. A nord si hanno sedimenti più grossolani ed una notevole variabilità longitudinale e trasversale, mentre a sud sono presenti sedimenti fini estremamente omogenei.



Figura C112 – Rappresentazione grafica delle dimensioni medie dei sedimenti nell'intorno del porto

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

La distanza da riva dell'isolinea dei 2.5 phi è mediamente pari a circa 300 metri a nord, mentre corre quasi ai piedi della scogliera aderente a sud .

La presenza di sedimenti così fini ai piedi della scogliera, dove, a causa della riflessione del moto ondoso, si generano elevate energie, dimostra che le frazioni a granulometria maggiore non riescono a raggiungere questo tratto del litorale, dove, altrimenti, dovrebbero depositarsi.

In realtà queste condizioni di elevata energia dovrebbero essere presenti solo in prossimità della scogliera, poiché altre considerazioni sedimentologiche indicano che quest'area riceve una notevole protezione da parte della diga foranea.



C6.10.2 Dimensioni del Primo percentile

Le dimensioni del Primo percentile di un sedimento, quello più grossolano, sono da mettere in relazione all'energia dell'ambiente di sedimentazione, in particolare se associate a determinati valori di Classazione.

Come accade per le dimensioni medie, anche le dimensioni del primo percentile tendono a ridursi con la profondità, con l'eccezione dei campioni provenienti dalla barra.

La correlazione è comunque scarsa per i campioni posti a sud del porto, dove i granuli maggiori potrebbero essere in parte considerati residuali.

La carta della distribuzione dei valori del Primo percentile ripresenta la dicotomia esistente fra i due settori delimitati dal porto, sia per quanto riguarda i materiali più prossimi a costa che quelli più esterni.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

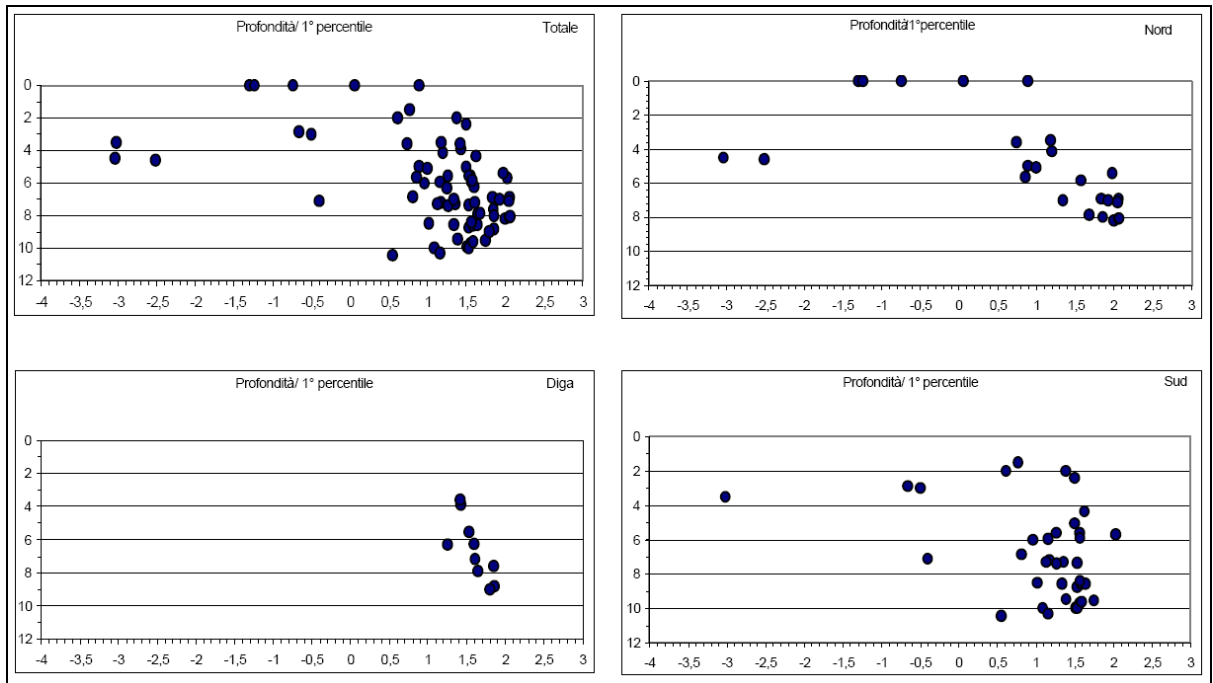




Figura C113 – Diagrammi Primo percentile / profondità



Figura C114 – Rappresentazione grafica delle dimensioni del primo percentile dei sedimenti nell'intorno del porto

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.10.3 Percentuale di frazione fine (<0.063 mm)

I granuli di dimensioni inferiori a 0.063 mm (argille e limi) generalmente non si trovano in ambienti ad elevata energia poiché sono da questa rapidamente asportati.

Nelle spiagge raramente raggiungono percentuali apprezzabili in prossimità della battigia e tendono ad accumularsi sui fondali maggiori.

Nel settore settentrionale si hanno valori elevati solo lontano da riva, fatta eccezione per un punto posto dietro la barra. Valori bassi si hanno anche davanti alla diga foranea, dove questo materiale non è certamente in equilibrio.

Al contrario la carta di questo parametro (Figura C116) mostra una lingua di materiale fine che dall'estremità del molo foraneo si avvicina a costa verso sud, per correre poi parallelamente ad essa.

Si ritiene che questa possa essere la traccia dei materiali trasportati prevalentemente in sospensione, che superano il porto di Marina di Carrara e si depositano poi nella zona protetta dalla struttura portuale, dove si troverebbero condizioni di più bassa energia.

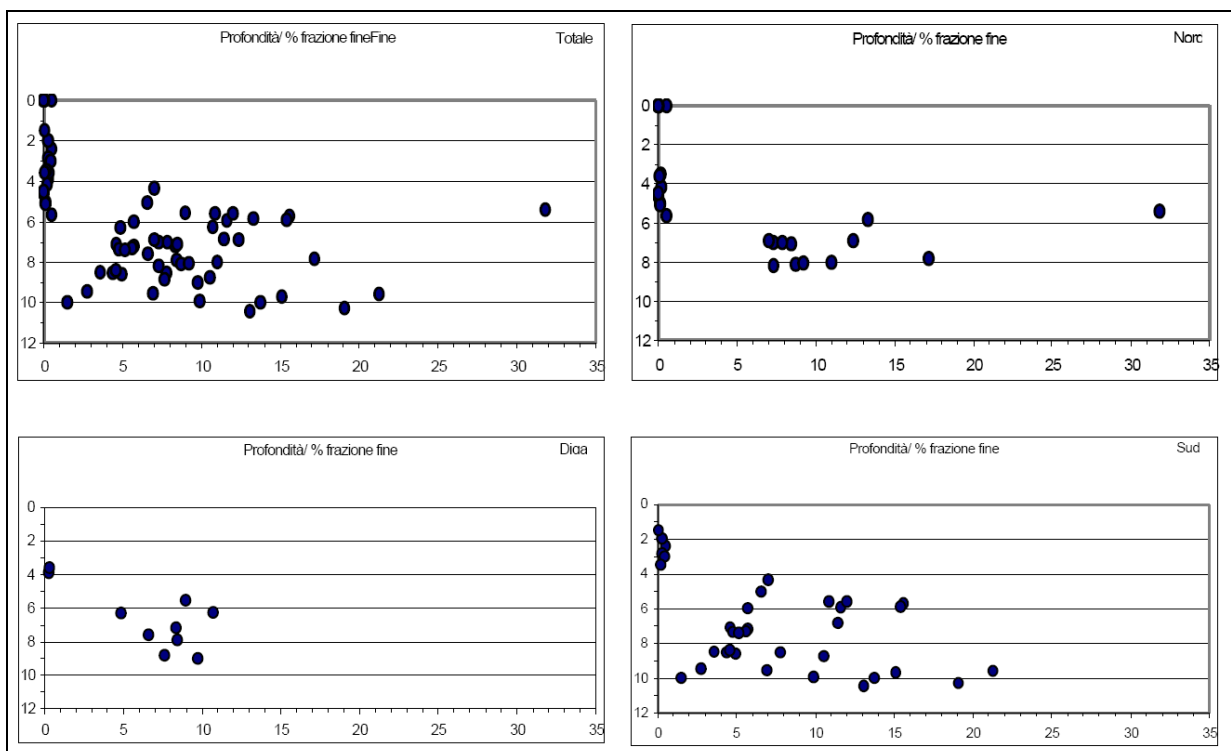




Figura C115 – Diagrammi percentuale di frazione fine / profondità

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

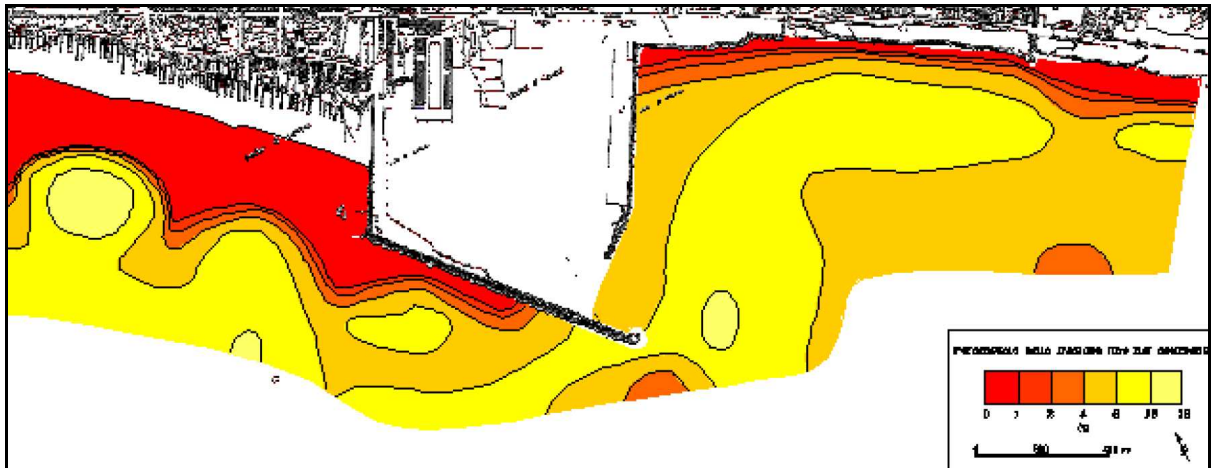


Figura C116 – Rappresentazione grafica delle percentuali di frazione fine dei sedimenti nell’intorno del porto



C6.10.4 Classazione dei sedimenti (sI)

Anche la Classazione dei sedimenti è stata messa in diretta relazione con l’energia dell’ambiente di sedimentazione, ma purtroppo questo parametro, in natura, è strettamente influenzato anche dalle dimensioni medie e quindi una sua interpretazione in termini energetici è assai più complessa.

La Classazione è generalmente buona per le sabbie fini, cosa che nel nostro caso risulta evidente anche dai diagrammi di Figura C117.

In essi si nota anche l’estrema somiglianza fra i materiali presenti a sud del porto e quelli posti sui fondali antistanti la diga foranea.

Una piccola nuvola di materiali simili per Media e Classazione è presente anche nel tratto settentrionale. E’ questo probabilmente il materiale che riesce a superare il porto ed ad alimentare il tratto meridionale.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

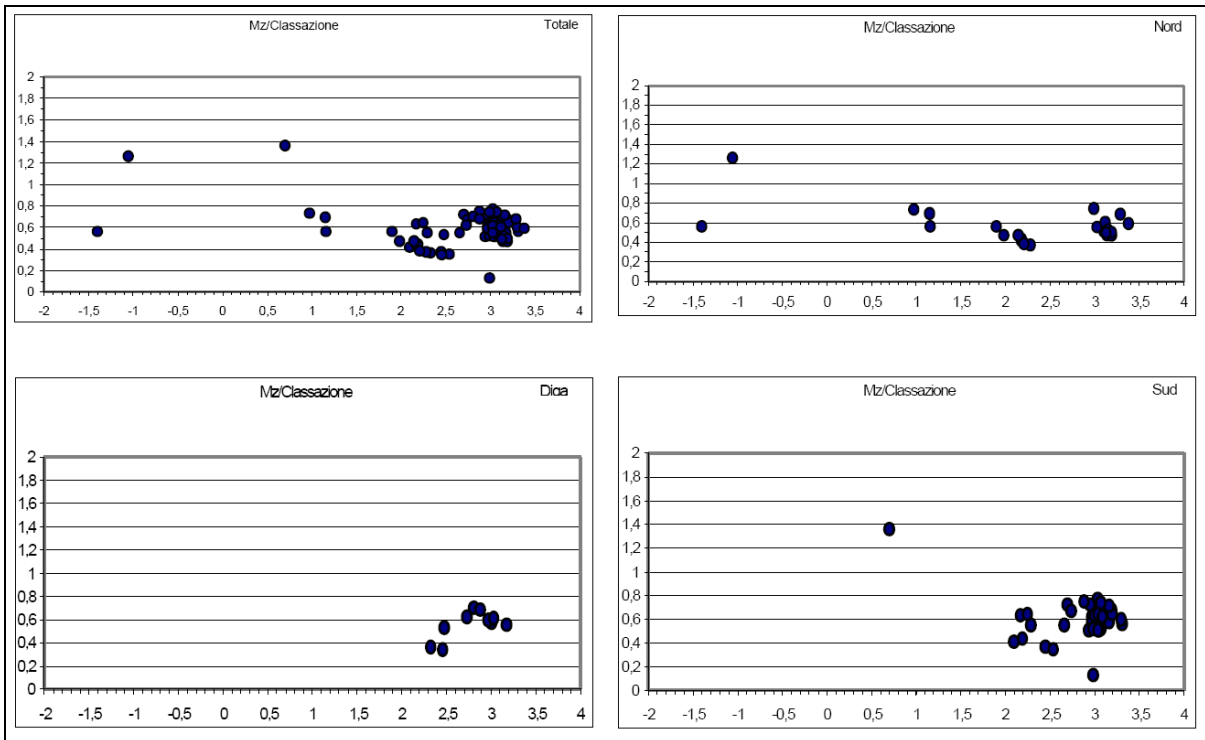


Figura C117 – Diagrammi Media / Classazione

La carta della Classazione (Figura C118) indica la presenza di sedimenti molto ben classati e ben classati (secondo la classificazione di Flok e Ward, 1957) ai piedi della diga foranea e nell'angolo posto sottoflutto al porto, dove probabilmente le onde riflesse determinano un livello di agitazione maggiore. In questa zona, non arrivandovi materiali grossolani, l'energia delle onde può solo esercitare un'azione di selezione sui materiali fini presenti.

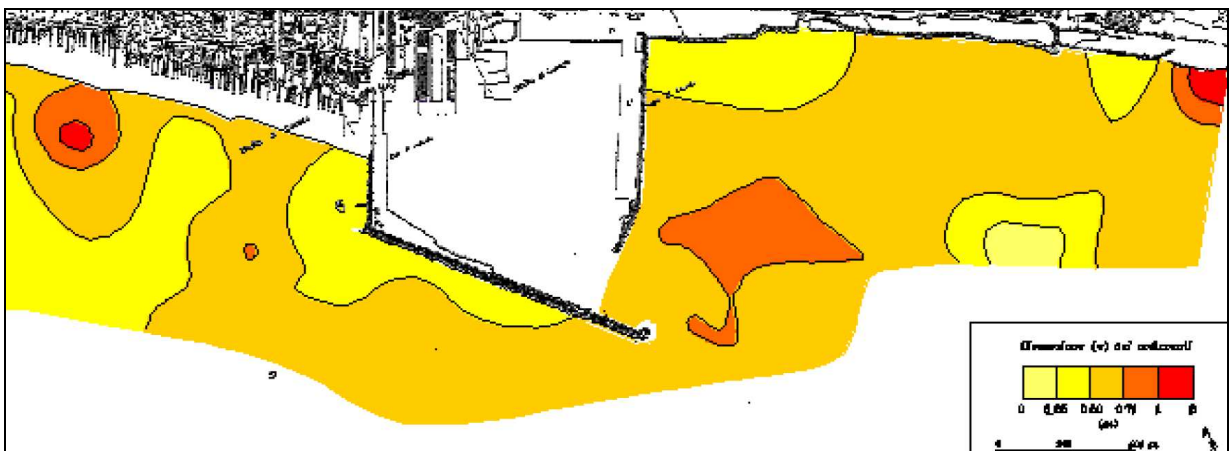




Figura C118 – Rappresentazione grafica della classazione dei sedimenti nell'intorno del porto

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Tutte le suddette considerazioni circa l'effettiva possibilità di by-pass delle sabbie più fini trovano infine una oggettiva giustificazione nella presenza della barra esterna che, nel 2004, è stata rilevata ad una distanza di circa 300-350 m da riva a ridosso del molo di ponente. È infatti ragionevole ipotizzare che, nella configurazione attuale, il porto (almeno nella sua parte settentrionale) non ostacola il flusso sedimentario.

Dagli ultimi dati ottenuti a seguito delle attività di caratterizzazione dei sedimenti effettuata dall'Autorità Portuale nel marzo 2005, è possibile constatare che il contenuto in sabbia (diametro compreso tra 0.063mm e 2mm) dei sedimenti superficiali nei pressi dell'area portuale varia da un minimo di 40% ad un massimo di 90%, ma mediamente pari al 70%.

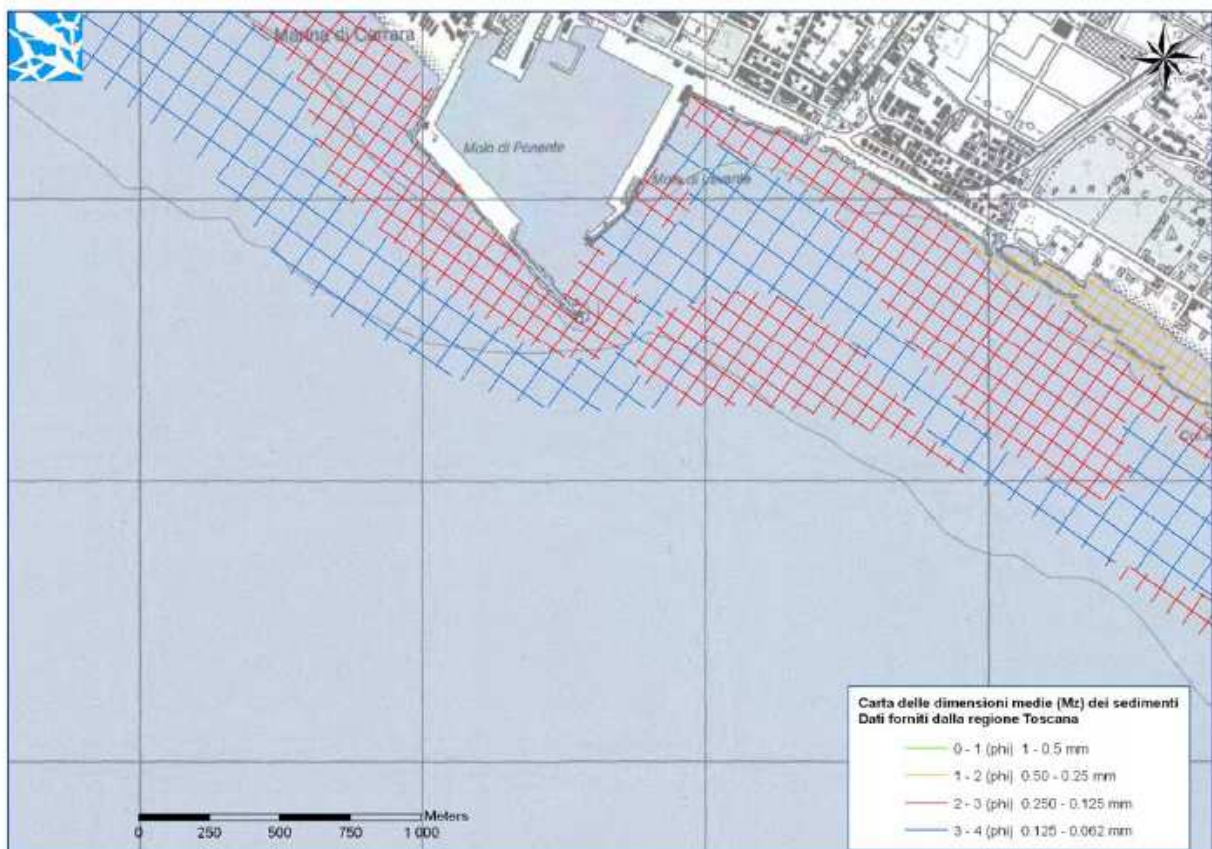




Figura C119 - Caratteristiche granulometriche dei sedimenti superficiali presenti nell'intorno del porto di Marina di Carrara elaborate dai dati delle campagne del 1997-1998.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

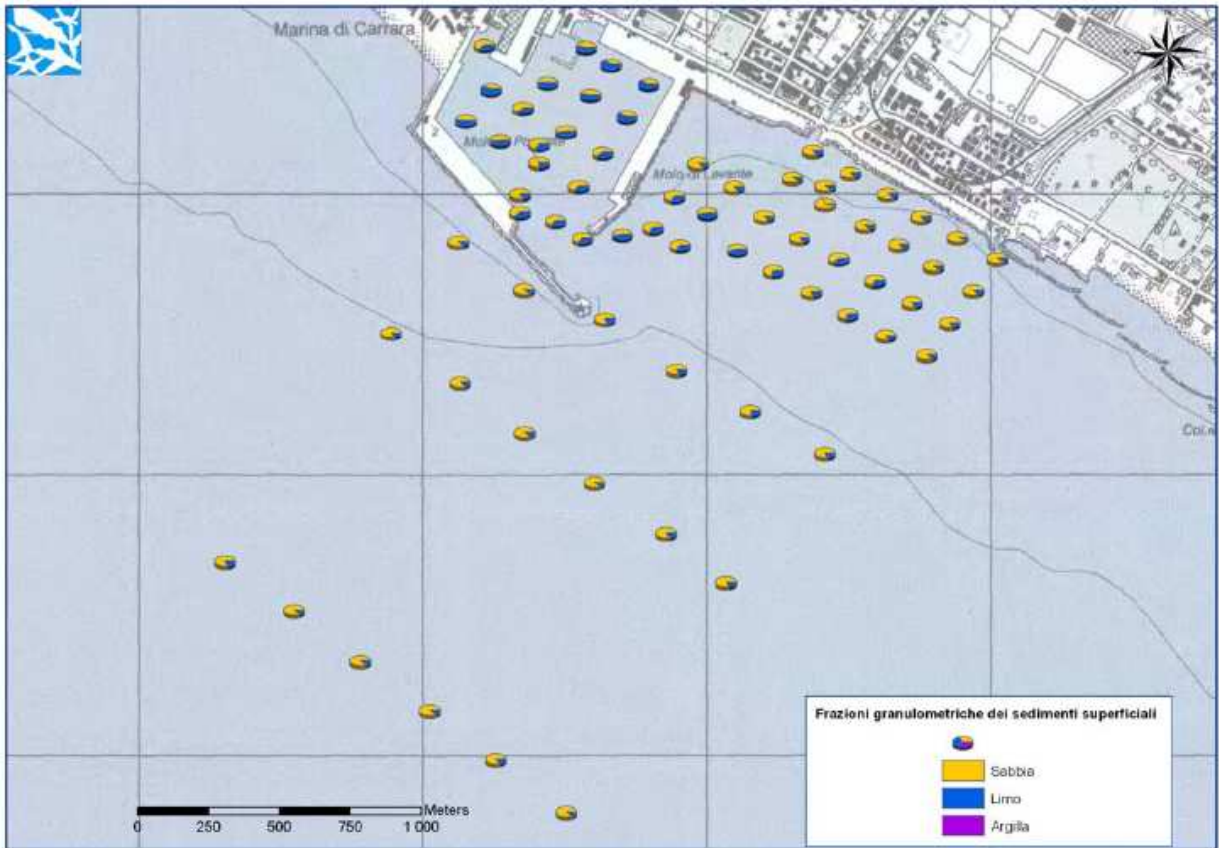




Figura C120 - Caratteristiche granulometriche dei sedimenti superficiali nelle stazioni di campionamento del Piano di Caratterizzazione ICRAM eseguito dall'Autorità Portuale di Marina di Carrara nel marzo 2005.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.10.5 Caratteri idrogeologici dell'area di progetto

Permeabilità dei terreni e assetto idrogeologico

Come riportato ai precedenti paragrafi, l'area pianeggiante in cui si inserisce il sito di progetto è costituita principalmente da materiale alluvionale depositato, in ambiente subsidente, dai diversi corsi d'acqua che lo attraversano. Sono presenti vari ordini di terrazzi fluviali che indicano diverse fasi di assestamento e variazioni climatiche di epoche passate.



Si rinvencono sedimenti di origine lacustre e palustre dovuti alla esistenza nell'antichità di stagni costieri separati dal mare da cordoni dunari e dune marine. Queste ultime si dispongono attualmente, al massimo, a due chilometri dalla costa e si assottigliano, fino a scomparire, verso la foce del Fiume Magra; la fascia retrostante collinare presenta un profilo dolce e altitudini poco elevate nell'area compresa tra Carrara e Massa, per poi inasprirsi verso Montignoso.

Nella zona di passaggio tra le colline e la costa troviamo grandi coni di deiezione, costituiti da depositi alluvionali ghiaiosi lasciati nel tempo dai corsi d'acqua che sfociano nella pianura.

Nell'area di interesse si incontrano i depositi di conoide del T. Carrione assieme a sedimenti colluviali derivati dai vicini rilievi e a materiali fluviali più o meno classati.

Per la ricostruzione della struttura idrogeologica, ai depositi che riempiono la pianura sono stati attribuiti i seguenti intervalli di permeabilità:

Terreno	Coefficiente permeabilità [m/sec]
Argilla, argilla limosa, limo e argilla	$<10^{-9}$
Limo e limo argilloso	$10^{-9}-10^{-8}$
Sabbie limose con ghiaie, ghiaie limose impastate con argilla	$<10^{-5}$
Limi argillosi e debolmente sabbiosi con ghiaie, sabbie fini e medie	$10^{-4}-10^{-2}$
Conglomerati, ghiaie più o meno cementate, alternanze di ghiaie e conglomerati, ghiaie e ciottoli	$10^{-3}-10^{-2}$
Ghiaie e ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice limo-argillosa	$<10^{-4}$
Ghiaie di varie dimensioni	$<10^{-2}$
Ghiaia e sabbia, ghiaia sabbiosa, sabbia e ciottoli	$10^{-3}-1$

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Per omogeneizzare il dato si fa poi ricorso ad una comune suddivisione ridotta, che accorpa i diversi depositi in tre classi di permeabilità:

- permeabile;
- semipermeabile;
- impermeabile.

Si evidenzia pertanto la presenza di un acquifero multistrato di notevole complessità, con variazioni anche marcate degli spessori dei vari livelli sia in direzione parallela che trasversale alla linea costiera.

In particolare, la prima sezione ad andamento NE-SW, che approssimativamente fiancheggia il corso del Torrente Carrione, mostra verso i rilievi la presenza di 3 acquiferi confinati protetti da livelli argillosi anche di spessore considerevole: verso il mare invece si passa a 2 acquiferi confinati con riduzione dei livelli impermeabili e affioramento di quello superiore.

La seconda sezione, orientata NW-SE all'incirca ortogonalmente alla precedente, evidenzia verso il Fosso Lavello un incremento di complessità dell'acquifero multistrato con un'alternanza di livelli permeabili e impermeabili che schematicamente danno origine a 4 falde confinate sovrapposte. Ciò può essere posto in relazione al passaggio da depositi di conoide (Torrente Carrione) a depositi alluvionali di pianura.



Da ultimo, spostandosi verso la linea attuale di costa ai margini dell'area considerata, a causa del diverso ambiente di sedimentazione (spiaggia, dune costiere, ecc.) i livelli impermeabili si riducono in spessore ed estensione areale fino a scomparire quasi del tutto, per cui si passa ad un unico acquifero freatico.

Rapporti tra acqua dolce ed acqua di mare e cenni sulla qualità delle acque sotterranee

Lungo le fasce costiere, all'interno dei terreni acquiferi, esiste un fenomeno di galleggiamento dell'acqua di falda su quella marina ("cuneo salino"), che risulta essere relativamente più densa.

L'interfaccia che suddivide i due liquidi assume forme ed inclinazioni che dipendono da numerosi fattori quali la pressione idrostatica dei diversi punti, la densità dell'acqua marina, l'altezza del livello piezometrico sul livello medio marino, la densità dell'acqua dolce ed il deflusso della falda.

L'interfaccia è molto complessa in quanto l'eterogeneità e l'anisotropia dell'acquifero comportano l'esistenza di diverse velocità di deflusso che provocano irregolarità anche considerevoli del suo andamento geometrico. Oltretutto il passaggio tra i due liquidi avviene

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

gradualmente attraverso una zona di diffusione (o di transizione) a salinità decrescente dal basso verso l'alto.



Altro fenomeno che condiziona l'andamento dell'interfaccia è il fenomeno della dispersione, che si esplica mediante lo spostamento di acqua gravifica, a causa delle oscillazioni del livello marino generate dalle maree e del livello di falda per effetto delle acque di infiltrazione meteorica, delle variazioni di pressione atmosferica e a causa degli emungimenti effettuati da pozzi o altre opere idriche.

La zona di transizione, la cui geometria è strettamente dipendente dal coefficiente di diffusione molecolare e dal coefficiente di viscosità, assume spessori che aumentano allontanandosi dalla linea di costa.

I rapporti tra acqua dolce ed acqua salata rappresentano, quindi, un equilibrio naturale che può essere facilmente turbato da utilizzazioni intensive ed irrazionali della falda tramite l'emungimento, da parte di pozzi, di volumi d'acqua superiori alla potenzialità idrogeologica, determinando una depressione permanente e progressiva della superficie piezometrica. In questi casi il carico idraulico diminuisce e l'interfaccia tende ad avvicinarsi alla piezometrica con la conseguente progressiva invasione dell'entroterra da parte dell'acqua di mare ("intrusione o ingressione marina").

Questo problema interessa anche la Riviera Apuana, che negli ultimi anni è stata interessata da problemi di approvvigionamento idrico nel periodo estivo di massima richiesta idropotabile, nonostante la vicinanza delle Alpi Apuane, che sono sede di un'importante risorsa idrica sia per l'elevata piovosità sia per la presenza di acquiferi carbonatici di notevole potenza. Infatti lo sfruttamento crescente delle acque sotterranee ha generato un certo allarmismo, nell'opinione pubblica e presso gli enti interessati, riguardo il degrado qualitativo della falda idrica della pianura; ciò sia per la salinizzazione delle acque sotterranee che per l'inquinamento di origine antropica.

In alcune aree sono ancora in corso interventi di bonifica delle falde inquinate dai reflui industriali. Nel mese di aprile 1999 è stato effettuato un censimento dei punti di controllo; alla fine dello stesso mese (28 aprile-4 maggio 1999) è stata effettuata la prima campagna di misura del livello freatico (su 113 pozzi) e il campionamento delle acque di quei pozzi (40 su 73 controllati) che hanno mostrato conducibilità elettrica superiore a 700 mS/cm. Inoltre sono stati misurati i livelli dei corsi d'acqua, in 35 punti, per risalire al rapporto falda-acque superficiali. Nel mese di settembre (30 agosto-3 settembre 1999), è stata effettuata la seconda campagna di misura (112 pozzi sia per il livello sia per la conducibilità); 102 pozzi sono stati campionati.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	



E' stato osservato che la superficie freatica ha subito fra la primavera e l'estate 1999 un abbassamento medio piuttosto contenuto, in genere entro 1.5 m con punte massime di 3 m nella zona industriale fra Massa e Carrara.

Questa variazione è da considerarsi fisiologica, dato che per motivi turistici (seconde case, alberghi, stabilimenti balneari) il maggior sfruttamento della falda si ha nel periodo estivo di minor alimentazione. Rispetto agli anni precedenti la superficie freatica risulta in abbassamento, anche se sono presenti zone in rialzo piezometrico. L'abbassamento però è meno marcato di quanto ci si poteva aspettare in relazione al maggior sfruttamento della falda e ad una diminuzione delle precipitazioni (circa il 25% in meno della media annuale calcolata su 40 anni). Non essendoci inoltre zone con importanti depressioni piezometriche possiamo ritenere che attualmente non ci sia un sovrasfruttamento dell'acquifero.

I dati di conducibilità hanno dato informazioni sulla salinità dell'acqua sotterranea. La conducibilità fra aprile e settembre 1999 è aumentata in media di 300 mS/cm, non solo nella zona costiera ma anche nell'interno. Per risalire alle cause di tale fenomeno sono state effettuate analisi chimiche volte a determinare il contenuto in cloruri dei 104 campioni raccolti in settembre. Solo nella fascia costiera si deve attribuire la salinità dell'acqua all'ingresso marina. Gli aumenti di conducibilità della zona interna sono da collegarsi all'emungimento di acque più profonde e all'inquinamento. Inquinamento dovuto principalmente ai composti azotati che derivano dall'immissione in falda delle acque reflue urbane ed industriali (come rilevato nelle analisi complete effettuate su 12 campioni).

In conclusione si può affermare che negli ultimi 10-15 anni la falda non ha subito uno sfruttamento superiore alla ricarica, in parte grazie alla nuova politica di gestione delle acque sotterranee, che ha condotto al risparmio e al riuso delle stesse. Si è rilevato invece un certo peggioramento qualitativo, non tanto per la salinizzazione della falda quanto per l'inquinamento antropico (composti azotati in particolare).

Dato che le opere di progetto si estendono, per la quasi totalità, a partire dall'attuale linea di battigia verso il mare, non sono prevedibili modifiche dell'attuale geometria del cuneo salino.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

C6.10.6 Analisi dei potenziali fattori di interferenza con la matrice ambientale suolo-sottosuolo

Si riporta di seguito la descrizione di tutti i potenziali fattori di impatto (“eventi possibili”) sulla matrice ambientale suolo e sottosuolo correlabili alle “azioni” potenzialmente generatrici.

Tali “azioni” non vanno interpretate necessariamente quali manifestazioni di una specifica attività esercitata, ad esempio, nel corso della realizzazione dell’opera, ma come fenomeni di alterazione o modificazione dello stato attuale indotti dalla presenza dell’opera nella situazione post operam.

Seguiranno poi specifiche considerazioni circa la reale possibilità che tali fattori di interferenza si manifestino e che assumano le caratteristiche di veri e propri impatti ambientali.

La tipologia delle opere in progetto, unitamente alle informazioni geologiche ricavate, hanno comunque già consentito di individuare i particolari settori maggiormente interessati da potenziali modifiche, quasi esclusivamente dal punto di vista morfologico, nei confronti dell’opera.

Infatti, come deducibile dalle analisi condotte, non sono prevedibili interazioni tra l’opera portuale e l’ambiente idrogeologico in quanto l’intervento si sviluppa esclusivamente in mare.

Infine si può affermare che le principali potenziali interazioni “opera – suolo e sottosuolo” sono essenzialmente riconducibili ai possibili rapporti tra le strutture a mare e le tendenze evolutive della linea di costa.



Possibili alterazioni ed intrusione del cuneo salino

Le azioni di progetto si concentreranno dall’attuale area della Banchina Fiorillo verso il mare, lungo l’attuale Molo di Levante, ed escludono a priori la possibilità di alterazione della falda dolce sotterranea in quanto rilevabile, anche se a breve profondità, solo nella zona emersa.

Non sono previste, inoltre, captazioni idriche per il rifornimento del cantiere, per cui si esclude la nuova terebrazione di pozzi idrici che possano compromettere l’attuale situazione di equilibrio.

Per quanto concerne le lavorazioni da eseguire nella parte emersa (consistenti essenzialmente nella preparazione dei componenti pre-fabbricati del muro paraonde) si escludono scavi e interferenze con la falda dolce sotterranea. Non sono previsti approfondimenti dei fondali.

Gli interventi, inoltre, prevedono esclusivamente la colmata di una porzione assai limitata di area sottratta al mare e, pertanto, non sussistono pericoli di alterazione del cuneo salino correlabili,

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

al contrario, ad azioni volte alla realizzazione di nuovi specchi acquei al posto di zone terrigene emerse.

Possibili alterazioni delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee

Come evidenziato nei precedenti paragrafi, nella fascia costiera in cui trova collocazione l'attuale infrastruttura portuale, a causa della presenza di depositi sabbiosi di vario ambiente di sedimentazione (spiaggia, dune costiere, ecc.) in cui i livelli limoso-argillosi sono quasi del tutto assenti, si rileva la presenza di un unico acquifero freatico.

Le caratteristiche di permeabilità, particolarmente elevata, dei depositi costieri e la presenza di una falda freatica a breve profondità dal piano campagna, attribuiscono all'acquifero una rilevante vulnerabilità idrogeologica.



Nonostante le suddette condizioni non possano che costituire un elemento di fragilità ambientale del territorio costiero e non si possa non considerare tale contesto idrogeologico particolarmente sensibile, si evidenzia la totale mancanza di azioni di progetto sull'ambiente terrestre e la conseguente esclusione di qualsivoglia fattore di interferenza.

Al contrario, si ricorda che l'Autorità Portuale sta provvedendo alla predisposizione di un nuovo progetto volto al completamento e all'ottimizzazione del sistema fognario dell'intero ambito portuale che, fra l'altro, prevede specifici sistemi di trattamento delle acque di prima pioggia preliminarmente al loro scarico (le acque di prima pioggia potranno essere scaricate a mare solo dopo un opportuno periodo di decantazione).

Ad ogni modo, nel caso in cui dovesse riscontrarsi la mancata congruenza temporale fra l'intervento in esame e quello relativo all'adeguamento del sistema fognario portuale, si provvederà all'installazione, direttamente presso il Molo di Levante, di apposito sistema di separazione acque di prima/seconda pioggia e del relativo dispositivo di trattamento delle sole acque di prima pioggia preliminarmente al loro scarico a mare (tale sistema di depurazione garantirà la separazione di fanghi e olii esausti).

Modifica del deflusso idrico sotterraneo

In linea generale detto effetto può essere determinato da tutte quelle azioni di progetto, relative soprattutto alla fase di costruzione, che interessano in una certa misura il sottosuolo. Tra queste si citano, in particolare, le escavazioni e la realizzazione di opere di fondazione.

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

Nel caso in esame l'intervento progettuale interessa esclusivamente un'area marina e non contempla l'esecuzione di escavazioni né la realizzazione di fondazioni, poiché l'unico elemento che risulterà a diretto contatto con il fondale è costituito da un geotessile non tessuto in filo continuo agugliato.

Si ritiene, pertanto, che le opere in progetto non comporteranno alcun impatto e/o modifica del deflusso idrico sotterraneo.

Effetti indotti sul litorale

L'effetto è generalmente riconducibile all'introduzione di opere in aggetto rispetto all'attuale linea di riva naturale e/o artificializzata mediante elementi di protezione esistenti e a tutte quelle opere che possano in qualche modo alterare il dinamismo di apporto solido di sedimenti dal fiume e trasporto di essi per azione del moto ondoso lungo la linea di riva.



Nel caso in esame si rileva che l'intervento progettuale non consiste nella vera e propria realizzazione di nuovi moli e/o dighe foranee aventi differenti aggetti rispetto allo stato attuale ma si configura esclusivamente quale adeguamento tecnico-funzionale di un molo attualmente esistente per il quale è previsto un ampliamento della banchina per circa 40 m.

Le Sezioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che, nel 2003, hanno esaminato il progetto hanno, infatti, ritenuto che *"le modifiche introdotte possano essere classificate come "non sostanziali", non incidendo sulle scelte di base e sugli indirizzi del vigente Piano. Le modifiche planimetriche introdotte risultano, infatti, di modesta entità in una visione d'insieme del porto di Marina di Carrara e tendono sostanzialmente ad ampliare gli attuali piazzali del molo di levante per soddisfare le necessità di maggiori spazi a terra per lo stoccaggio e la movimentazione delle merci."*

Per quanto attiene, nello specifico, alla possibilità che le opere in progetto inducano effetti negativi sulla morfologia della costa e sui processi idrodinamici in atto, si ritiene che tale evenienza non costituisca un reale fattore di impatto ma che si limiti esclusivamente alla definizione di un fattore di interferenza potenziale.

A tali conclusione perviene, infatti, già lo studio di "Caratterizzazione morfodinamica del litorale" che, al suo interno, contiene diverse simulazioni numeriche relative a differenti scenari progettuali effettuate con l'ausilio del modello MIKE21 (prodotto dal Danish Hydraulic Institute).

Le simulazioni effettuate sul campo idrodinamico e del bilancio del trasporto solido costiero relative all'ipotesi di ampliamento del molo di levante e del piazzale Città di Massa evidenziano *"la pressoché trascurabile modificazione della dinamica costiera valutata rispetto alla attuale"*

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

configurazione del Molo di Levante e a quella conseguente ad un suo possibile ampliamento congiuntamente all'ampliamento del limitrofo piazzale Città di Massa".

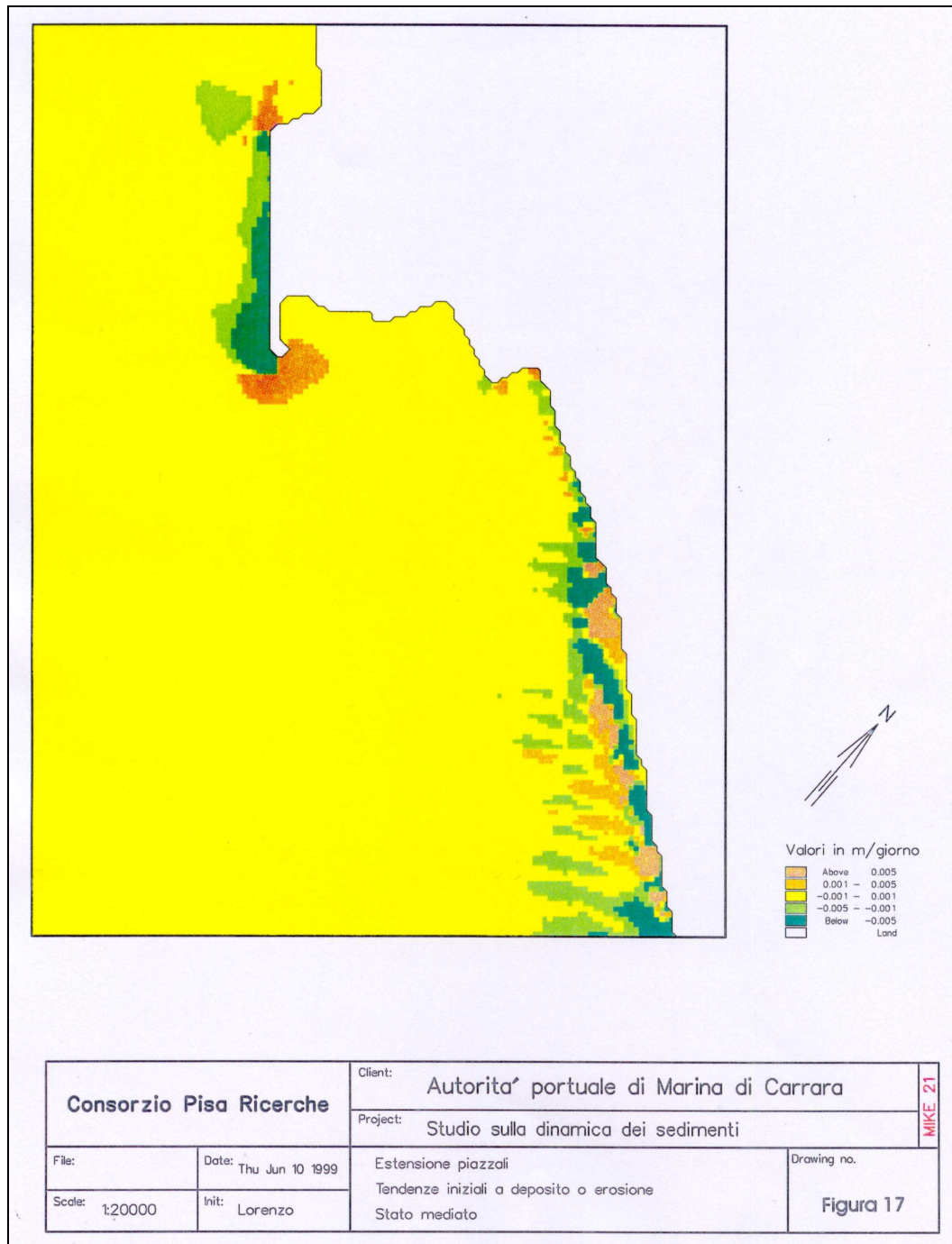




Figura C121 – Simulazione relativa allo scenario di ampliamento del molo di levante e del piazzale Città di Massa

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

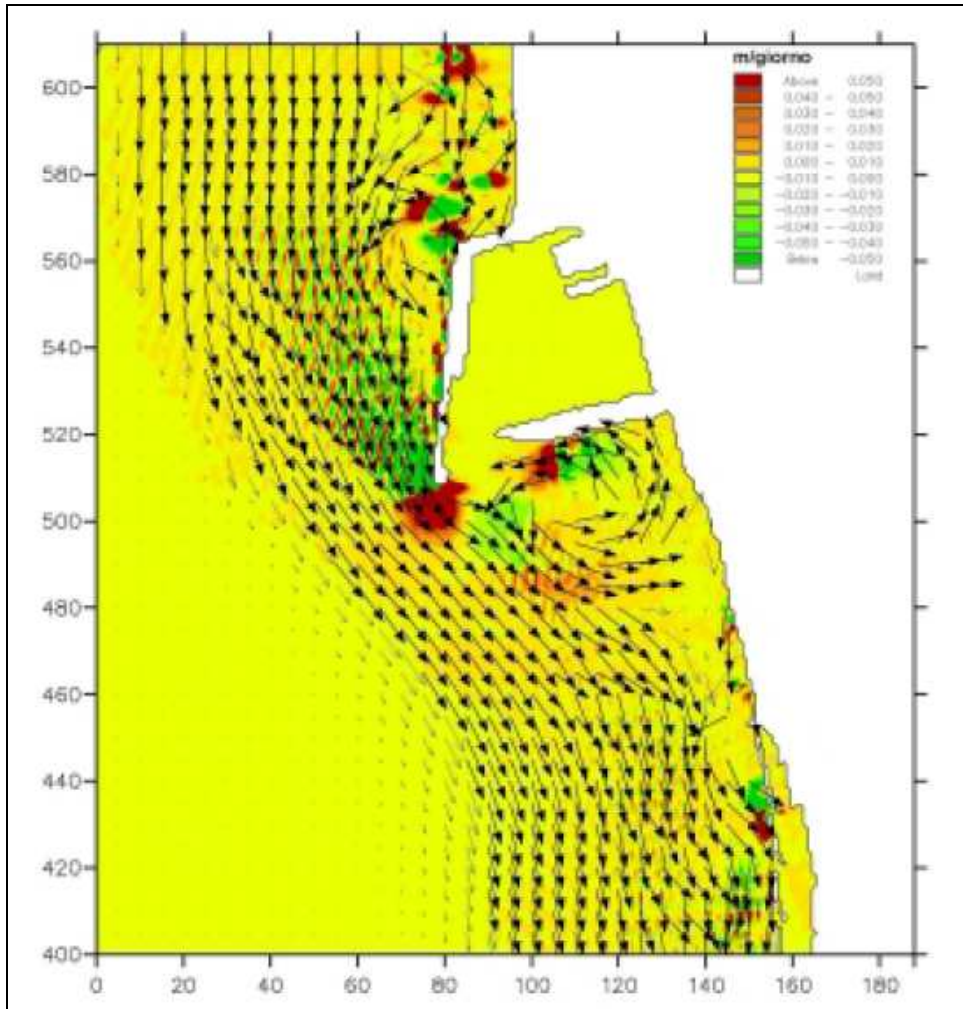




Figura C122 – Campo di corrente e innalzamento/abbassamento dei fondali

Da ultimo, si rileva che anche lo studio di Delft Hydraulics contiene al suo interno vari elementi che, al momento, appaiono pienamente congruenti con quanto sopra riportato.

In particolare, nel documento del marzo 2006 elaborato in risposta al quesito formulato dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio circa l’eventuale sussistenza di potenziali effetti del Piazzale Città di Massa sulla foce del Torrente Carrione, è riportato che *“l’effetto del piazzale sarà nullo in quanto è ampiamente collocato nella zona d’ombra del porto”*.

Ciò conferma, ancora una volta, come l’intera area compresa fra l’attuale molo di levante e la foce del Torrente Carrione possa a ragione considerarsi “protetta” dalla diga foranea e completamente inserita nella “zona d’ombra” del porto (a maggior ragione dette caratteristiche

	PORTO DI MARINA DI CARRARA	
	LAVORI DI ADEGUAMENTO TECNICO-FUNZIONALE DEL MOLO DI LEVANTE	
	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	

sono attribuibili all'area di intervento, limitata a pochi metri oltre il molo di levante, ben distante dalla foce del torrente), e come la realizzazione del semplice intervento di adeguamento tecnico-funzionale in tale area non comporti significative alterazioni ai processi morfodinamici della costa.

Specificatamente, si esclude la possibilità di variazioni del trasporto solido poiché il progetto non prevede né prolungamenti della diga foranea, né nuovi aggetti a mare del molo di levante (che manterrà inalterato il proprio aggetto a mare).