- Fiume Arno e Costa Pisana: un difficile equilibrio -

- di Giorgio Gentilini -

Premessa:

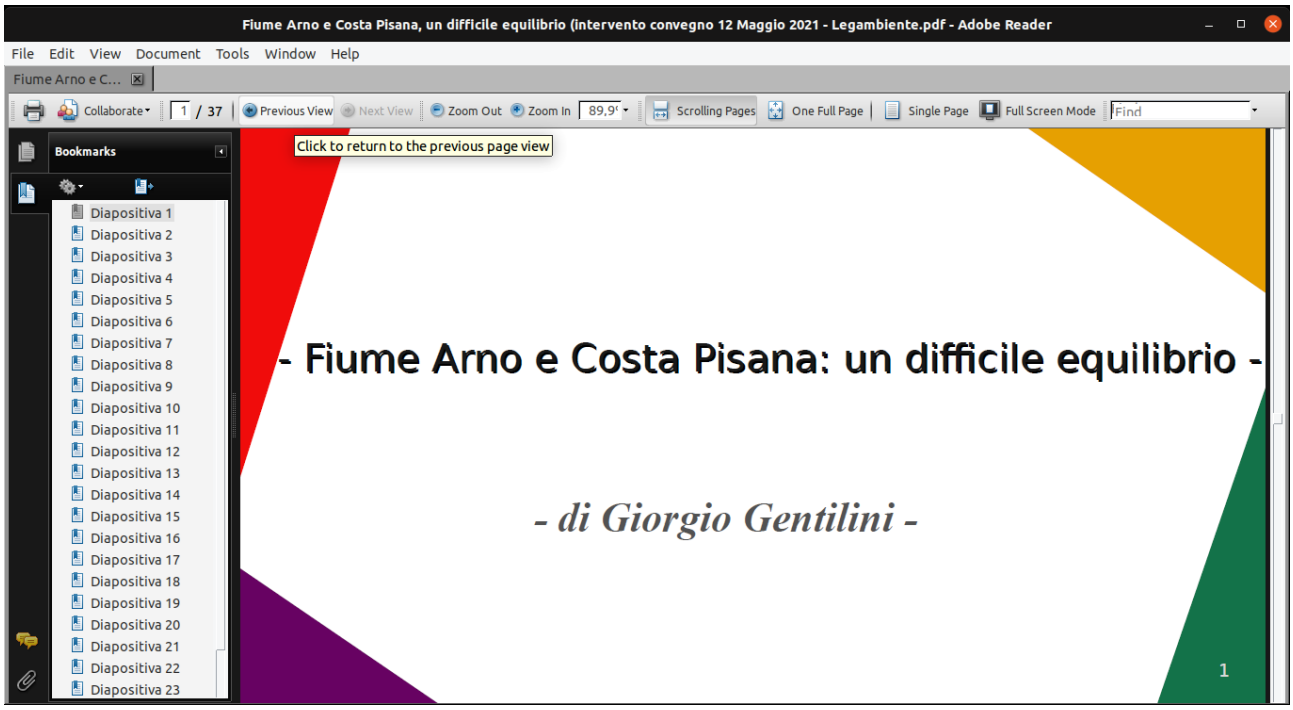
Per visualizzare al meglio, in Adobe Acrobat Reader, questa presentazione (che da estensione odp è esportata in pdf), si consiglia di posizionare sulla barra dei comandi questi due pulsanti:

- Previous View (vista precedente) - [in alternativa, premere: Alt+Freccia sinistra].

- Next View (Vista successiva) - [in alternativa, premere: Alt+Freccia destra].

Il modo corretto di visualizzarli sulla barra di comando è il seguente: si posizionano, cliccando con il tasto destro del mouse sulla barra dei comandi di Adobe Acrobat Reader, in "More Tools", quindi spuntando le relative caselle di questi due comandi. Infine, visualizzando alternativamente la descrizione, con la relativa diapositiva a cui si riferisce.

L'immagine successiva mostra in evidenza i segnalibri da visualizzare per poter leggere senza alcuna difficoltà questa presentazione.



Questa presentazione deriva dal mio intervento nel convegno promosso da Legambiente-Pisa il giorno 12 Maggio 2021, dal titolo: *Costa Pisana, equilibri e criticità*.

Intervento, che in questa studio ho accresciuto con ulteriori spiegazioni, che per il tempo limitato di esposizione (solo 15 minuti) non ho potuto evidenziare. Ho infine aggiunto alcune foto che avevo preparato per questo convegno sull'erosione costiera.

Le trasformazioni sul Fiume Arno nel corso dei secoli, soprattutto gli ultimi, sono state notevoli in funzione degli interventi operati dall'uomo. Interventi, che hanno infine prodotto nel corso del tempo, soprattutto nel secolo XIX, le premesse che hanno portato all'erosione costiera pisana.

Analizzando quello che avviene in un territorio naturale, si comprendono le cause che hanno portato alla comparsa dell'erosione costiera. La formazione di una pianura alluvionale viene generata dai sedimenti dei vari corsi d'acqua depositati nel corso del tempo nelle ricorrenti esondazioni sul territorio che attraversano, in funzione dei ricorrenti eventi meteorici.

La pianura pisana è una pianura alluvionale, che è stata formata nel corso dei millenni dai sedimenti fluviali dell'Arno e del Fiume Serchio. Altri numerosi sedimenti fluviali, nei secoli trascorsi, venivano infine gettati nelle paludi costiere ai margini della foce di questi fiumi.

In sostanza, nei secoli trascorsi, i sedimenti fluviali che raggiungevano il mare erano in quantità ridotta. Vi giungevano però trasportati da una corrente fluviale moderata dalle esondazioni che i corsi d'acqua avevano nei territori interni. Ovvero, era limitato l'apporto sedimentario che nei secoli trascorsi, i vari corsi d'acqua riuscivano a trascinare in mare.

Nonostante questo minimo apporto sedimentario trascinato dai fiumi in mare, l'erosione costiera non si manifestava in quei secoli ma anzi, vi era espansione della spiaggia, seppur con lenta progressione. Quanto asserisco, si evidenzia dalla forma delle lame interne, lontane dalla costa. Questi antichi cordoni litoranei, presenti nei territori naturali, sono praticamente rettilinei, paralleli alla costa, segno evidente che era lenta in quei tempi, la progressione della costa.

Le bonifiche sul territorio di pertinenza fluviale dell'Arno, attuate negli ultimi secoli, hanno accentuato progressivamente la corrente fluviale nelle sue ricorrenti piene e quelle dei suoi affluenti, spostando sempre più sedimenti alla foce del fiume, accrescendo in questo modo, il territorio posto in vicinanza della foce dell'Arno.

Quanto espongo si evidenzia bene dalla curvatura delle cosiddette *lame costiere*. Per il progressivo avanzamento della costa, in prossimità della foce naturale del Fiume Arno, queste lame d'acqua comprese tra i vari tomboli che rappresentano antichi cordoni litoranei, hanno disegnato sul territorio delle curvature sempre più accentuate, come evidenzia la planimetria della pagina seguente.

Ovvero, con le bonifiche progressive sul territorio di pertinenza fluviale dell'Arno, all'interno del suo bacino idrografico, la corrente nelle torbide del fiume ha incrementato lentamente, ma progressivamente in senso esponenziale, il suo valore fino all'eccesso, influendo a far perdere la naturalità al fiume, producendo per questa ragione, l'allontanamento dalla costa dei sedimenti fluviali trasportati e contemporaneamente, iniziando ad effettuare la corrosione progressiva dei fondali litoranei, partendo dalla stessa foce dell'Arno.

La diapositiva n. **2** (Mazzanti), evidenzia la curvatura accentuata delle lame costiere e mostra l'incremento del territorio litoraneo sempre più marcato verso la foce del fiume. Questo procedere della Natura è stato reso possibile dall'incremento progressivo della corrente fluviale dell'Arno, dovuta ai tagli dei meandri, le anse del fiume ed alle bonifiche di vasti territori di pertinenza fluviale attuati negli ultimi secoli nel suo bacino idrografico.

Le lame lontane dalla costa si vedono quasi lineari, hanno minima curvatura, questo significa che il territorio in quei tempi, nei secoli più lontani, si espandeva sul mare con lentezza, per la corrente moderata alla foce del fiume, dovuta alle esondazioni sul territorio durante le piene fluviali.

In pratica, il fiume Arno, snaturato prima dai vari tagli delle anse fluviali, i meandri (numerosi negli ultimi secoli), ed infine dalle bonifiche effettuate all'interno del suo bacino idrografico, invece di effettuare la naturale espansione della costa, quindi l'ampliamento della pianura alluvionale, inizia a sviluppare l'erosione litoranea, quindi a demolire la costa progressivamente, partendo dalla foce dell'Arno.

Sul litorale pisano l'espansione della spiaggia è avvenuta regolarmente fino a poco prima la fine degli anni Settanta del secolo XIX. L'erosione costiera è iniziata nel 1878, come dai rilievi del Regio I.G.M. di Firenze, mentre solo alcuni anni prima, il geologo Carlo De Stefani, accertava che la spiaggia di Boccadarno avanzava con una media storica di 5 metri ogni anno.

Però in quegli anni vi era pure una notevole espansione del litorale alla foce del fiume, con un anomalo incremento della spiaggia, espandendosi ogni anno, da otto, fino a ben quindici metri. Ma con le mareggiate, il mare si riprendeva buona parte della spiaggia che si era formata per le piene del fiume. Quindi incremento solo temporaneo, poiché la corrente fluviale eccessiva alla foce del fiume, iniziando a corrodere i fondali litoranei, ha dato l'inizio all'erosione costiera.

Un fenomeno erosivo che si è presentato improvviso ed infine non si è più arrestato per l'incremento dell'intensità della corrente fluviale alla foce del fiume. Anzi, ai giorni nostri, diventa sempre più grave, nonostante i lavori di contrasto all'erosione litoranea effettuati negli ultimi secoli.

Nel periodo temporale antecedente al secolo XIX, in montagna era presente un certo disordine idraulico durante le piogge, che favoriva il dilavamento del terreno e le frane, incrementando i sedimenti fluviali. Questo fatto ha convinto gli studiosi che la messa in sicurezza delle vaste aree montuose con la cosiddetta "bonifica montana" abbia inciso sfavorevolmente sulla carenza di sedimenti nel fiume, causando la conseguente erosione costiera.

Occorre però evidenziare che anche in pianura, soprattutto nelle aree litoranee, era presente un evidente disordine idraulico, durante le piene dei corsi d'acqua, in quei tempi poco arginati.

In Italia, la maggior parte delle zone costiere, erano aree paludose, dove i fiumi ed i torrenti scarsamente arginati, dilagavano sul territorio nelle piene ricorrenti, laminando l'onda di piena, diminuendo la loro portata idraulica e con questo, la loro corrente fluviale.

Infine, trascinavano i loro sedimenti fluviali nelle loro piene, che però giunti nella pianura prossima al mare, finivano in gran parte, anche nelle paludi litoranee adiacenti alle foci dei vari corsi d'acqua.

Negli ultimi secoli, i vari interventi effettuati dall'uomo sui corsi d'acqua, ha prodotto la perdita di estesi territori di pertinenza fluviale per riconvertirli all'agricoltura. Il rinforzo ed il sovralzo degli

argini dei fiumi e dei loro affluenti, ha prodotto un incremento di portata idraulica nei vari corsi d'acqua, durante i ricorrenti eventi meteorologici.

Con l'incremento della portata idraulica è aumentata anche la corrente fluviale nelle piene e questo alle loro foci, ha prodotto l'allontanamento dalla costa dei sedimenti trasportati, nonché la corrosione dei fondali litoranei. In pratica, vi è stato uno stravolgimento dell'opera della Natura sul territorio.

Per queste cause ha avuto inizio l'erosione costiera, secondo le mie ricerche ed i miei studi.
I geologi e gli altri studiosi che si interessano al fenomeno erosivo, individuano le cause dell'erosione costiera nella diminuzione dell'apporto sedimentario dei vari corsi d'acqua. Elaborano il calcolo del bilancio sedimentario, ma si dimenticano della realtà storica che ho appena illustrato.

In realtà, sono state le bonifiche attuate negli ultimi secoli ad incrementare la corrente fluviale (che ha corroso pure gli alvei dei fiumi) e quest'ultima, giunta alle loro foci ha allontanato dalla costa i sedimenti trasportati. Iniziando pure a corrodere i fondali marini litoranei, partendo dalla foce del fiume.

Questo è avvenuto in particolar modo sulla costa pisana. Per comprendere l'erosione costiera occorre analizzare l'idraulica fluviale, che ha leggi fisiche ben determinate. In particolare, la legge che regola la corrente fluviale V (m/sec) in funzione dell'incremento della portata idraulica nelle piene Q (m^3/sec), in una determinata sezione di deflusso S (m^2), ovvero V=Q/S.

Ai giorni nostri la sezione di deflusso nelle piene è limitata, contenuta dagli argini del corso d'acqua. Ovvero, più aumenta la portata idraulica più incrementa la corrente fluviale.

Nei secoli trascorsi, la portata idraulica veniva diminuita dalle esondazioni dei fiumi sul territorio. In conseguenza di queste esondazioni, la sezione di deflusso aumentava. Questo procedere naturale faceva diminuire conseguentemente la corrente fluviale nell'asta terminale del fiume. Inoltre, l'alveo dei corsi d'acqua, con questo procedere naturale, non veniva eccessivamente corroso e quindi il fiume era poco profondo. Con la corrente fluviale elevata, l'alveo dei fiumi viene corroso.

Le acque ristagnavano per settimane od addirittura mesi sui terreni coltivati, facendo marcire le coltivazioni. L'urbanizzazione del suolo era pressoché inesistente, come illustrano le antiche mappe geografiche, tra cui la Carta Antoniacci, relativa al territorio pisano nel 1610.

Nell'ampio territorio naturale di pianura, il deflusso delle acque nel fiume era lento, di conseguenza era moderata la corrente fluviale, fino alla foce del corso d'acqua, dove come ho spiegato in precedenza erano presenti anche le paludi litoranee, che raccoglievano una parte delle torbide dei fiumi e dei torrenti che sfociavano in mare. Questa moderazione della corrente nelle torbide consentiva ai sedimenti fluviali, in quei tempi, la formazione di una barra di foce emersa e di depositarsi in prossimità della costa, espandendo la spiaggia e con questa, il territorio.

Con i vari interventi di bonifica sul territorio del suo bacino idrografico, l'Arno ha perso infine, la sua naturalità. Inoltre, a peggiorare la situazione, la foce del fiume è stata modificata negli anni Venti del secolo scorso, con la realizzazione delle dighe di massi, i pennelli, che impediscono le modifiche necessarie alla stessa foce, in funzione delle piene e delle mareggiate, onde ottenere la migliore sedimentazione dei fondali litoranei e quindi la possibilità di espansione della costa.

Con una foce naturale, sarebbero migliori le possibilità di sedimentazione dei fondali litoranei. La Natura, alla foce di un fiume, utilizza tutte le opportunità che si presentano, in funzione della corrente fluviale e delle mareggiate, per accrescere la sedimentazione dei fondali marini, come ha fatto da sempre nei secoli trascorsi.

Come ambientalista, nei miei studi effettuati nel corso degli anni, ho analizzato vari interventi effettuati sul Fiume Arno cercando di comprendere il fenomeno erosivo del litorale nel suo sviluppo, avendo un comportamento idrogeologico estremamente complesso. Ho infine scritto un libro, Litoralis pubblicato a Pisa nel 2001 che mette in discussione gli studi precedenti sulle cause dell'erosione costiera. Una pubblicazione che evidenzia le vere cause dell'erosione costiera pisana, ed in cui riferisco anche alcuni studi precedenti sulle cause di questo dannoso fenomeno idrogeologico.

Ad iniziare dagli studi di Antonio Renato Toniolo del 1910, che ritengo fondamentali per la comprensione degli effetti causati dall'incremento della corrente fluviale dell'Arno al suo sbocco in mare, dovuta alle numerose opere di bonifica sul territorio del bacino idrografico, le aree di pertinenza fluviale. Uno studio che riporta una accurata descrizione di quanto avveniva sul litorale, durante la sua progressiva distruzione per opera delle mareggiate, che non è stato compreso dagli studiosi di erosione costiera.

Su incarico del Comune di Pisa, gli studi della Commissione del 1948, presieduta dal prof. ing. Corrado Ruggiero, mettono in evidenza la necessità di modificare la foce del fiume per consentire la progressiva sedimentazione dei fondali litoranei pisani. Questa scelta deriva dalla curvatura accentuata dell'antica cuspide deltizia del Fiume Arno, che è piuttosto esposta sul mare.

Lo studio si basa sulla consapevolezza che le dighe frangiflutti posizionate sulla costa di Marina di Pisa, sono opere di protezione passiva: difendono il litorale dalle intense mareggiate ma non contribuiscono alla sedimentazione dei fondali litoranei, che quindi si approfondiscono negli anni.

Anche la spiaggia di ghiaia posizionata nei primi anni del Duemila, sul litorale di Marina di Pisa, è un'opera di protezione passiva, seppur assorbente del moto ondoso, poiché non contribuisce alla sedimentazione dei fondali marini litoranei. Inoltre, poiché le mareggiate spostano le ghiaie, ci sarà bisogno di intervenire periodicamente per ripristinare queste difese, con spese continue. Mentre i fondali litoranei con il tempo, vengono lentamente approfonditi per la corrosione operata dalle varie correnti marine che si presentano, sia nelle piene del fiume, sia a causa dei venti marini dominanti.

Questo intervento di difesa costiera è stato messo messo in atto per la convinzione diffusa negli studiosi di erosione costiera, che siano scarsi i sedimenti che trascina il Fiume Arno in mare. Causa individuata negli interventi della cosiddetta bonifica montana e nella presenza delle due dighe idroelettriche di vecchia progettazione, che sbarrano il fiume in territorio aretino, accumulando nei loro invasi milioni di tonnellate di sedimenti fluviali.

La soluzione proposta da questa Commissione, presieduta dal prof. ing. Corrado Ruggiero, nel 1948, fu quella di modificare la foce del fiume, secondo quanto avveniva nel secolo precedente, dove la barra di foce dell'Arno, indirizzava nelle piene (in quegli tempi moderate) i sedimenti fluviali in mare, lungo la costa, producendo in questo modo l'espansione della spiaggia.

Gli studi di Livio Borghi, pur errando nella convinzione che la causa dell'erosione costiera pisana sia stata la costruzione delle dighe della Vegliaia e quella Curvilinea, al Porto di Livorno (opere che avrebbero modificato le correnti litoranee), individuano anch'essi nella modifica della foce dell'Arno, l'unico metodo adatto al ripascimento dei fondali litoranei ed alla conseguente progressiva scomparsa dell'erosione costiera.

E' evidente, secondo i miei studi, che queste modifiche della foce del fiume individuate da questi studiosi, senza una moderazione della corrente fluviale nelle piene dell'Arno, invece di ottenere l'effetto voluto, avrebbero prodotto la corrosione dei fondali litoranei, come già accadde negli anni Venti del secolo scorso, quando si formò a Boccadarno, una enorme barra di foce emersa che indirizzava verso la costa le torbide fluviali.

Questi studi (compreso quelli contenuti nel mio libro e gli altri presenti nelle successive pubblicazioni che ho scritto) sono stati completamente ignorati dalla politica pisana, che negli anni Duemila era rivolta a far costruire il Porto di Boccadarno, senza cercare altre alternative, che invece erano necessarie.

Ho scritto Litoralis, per individuare le cause dell'erosione costiera pisana e far comprendere a chi di dovere, in particolare all'Amministrazione Comunale, che il porto turistico in progettazione alla foce del Fiume Arno, avrebbe ipotecato le future opere che sarebbero state necessarie mettere in atto per ridurre la corrosione dei fondali litoranei (con la progressiva diminuzione, se non la scomparsa, dell'erosione costiera). La politica in quegli anni, aveva l'unica volontà di far costruire questo porto turistico, senza valutare altre possibilità di utilizzo di questa ex zona industriale, lasciata degradare.

Per limitare o sconfiggere l'erosione costiera pisana occorre che i fondali marini prossimi a Boccadarno abbiano profondità limitata (come avveniva nei secoli trascorsi), in particolare per la curvatura accentuata della cuspide deltizia su cui è stata edificata Marina di Pisa, in questo modo particolarmente esposta in mare, rispetto all'arco costiero che da Livorno raggiunge la foce del Fiume Magra.

Questo punto fondamentale è stato ignorato o sottovalutato dai tecnici che hanno dato il parere favorevole alla realizzazione di questo porto turistico. Il Porto di Boccadarno, ha invece necessità per il suo esercizio, di fondali profondi, per non rischiare di far incagliare le imbarcazioni che vi transitano, in particolare le barche a vela dotate di deriva profonda.

Ovvero questo progetto portuale, non rispetta quello che in questa zona avveniva precedentemente in Natura, quando non non era presente l'erosione costiera, ed ipoteca in modo incisivo la possibilità di ottenere la sedimentazione dei fondali litoranei come avveniva nei secoli precedenti.

In sostanza, ritengo sia stato un errore aver favorito da parte della politica, la realizzazione di questo progetto portuale a Boccadarno. Litoralis, l'ho consegnato in omaggio a varie personalità politiche, che potevano intervenire e fare la differenza, contrastando questo progetto del porto in foce d'Arno, ma non conosco neppure se l'hanno letto o compreso.

La prima copia di Litoralis l'ho consegnata in omaggio al Ministro dell'Ambiente, in visita a Pisa nel 2001. Ad altri personaggi politici nazionali che erano nel collegio elettorale pisano, ho consegnato oltre Litoralis, anche l'altra mia pubblicazione (il CD di Omnia Mundi 2003 e pure

l’edizione del 2004), pubblicazione presente dal 2002 anche se in edizione ridotta, sul sito web di Legambiente-Pisa (http://web.tiscali.it/legambientepisa/).

Ho sempre sostenuto la necessità di sostituire questa proposta del porto con un altro progetto sostenibile, appropriato a quel delicato contesto ambientale.

Recentemente, si è svolto un dibattito sulla difesa tradizionale in essere sulla costa pisana, visibile su Youtube, svoltosi ultimamente al circolo il “Fortino di Boccadarno”, dal titolo “Marina da salvare”: https://www.youtube.com/watch?v=QQ8AUcMcvD8&feature=youtu.be ,

Avevo lasciato anche un commento (che è rimasto attivo per qualche giorno, poi è stato cancellato), in cui avevo evidenziato la soluzione del canale presente nei miei studi fin dall’edizione del 2003 di Omnia Mundi, per ripristinare le condizioni favorevoli al ripascimento dei fondali litoranei pisani.

Da tempo, leggo vari interventi di opposizione alla costruzione della Darsena Europa, al porto di Livorno, per la convinzione che quest’opera faraonica incida profondamente sull’erosione costiera pisana.

Questa convinzione, che le dighe del porto di Livorno siano la causa dell’erosione costiera pisana, è un errore madornale commesso da Livio Borghi, nei suoi studi sulle correnti litoranee. Purtroppo, questo errore, ha influenzato il pensiero di numerosi cittadini. Soprattutto, gli abitanti del litorale pisano sono convinti che queste dighe portuali siano la causa dell’erosione costiera pisana.

Se vi sarà erosione costiera, nella zona del Calambrone, in seguito alla costruzione della Darsena Europa, sarà solo temporanea. Al pari di quello che è avvenuto con la realizzazione della vasca di colmata delle sabbie scavate nei fondali interni, nei primi anni del Duemila, al Porto di Livorno, poiché l’erosione costiera pisana è iniziata e si è espansa simmetricamente negli anni, partendo dalla foce del Fiume Arno, ed è negli interventi di bonifica idraulica del fiume che si individuano le effettive cause erosive del litorale pisano.

Le sabbie e gli altri sedimenti che hanno costruito nei secoli il litorale pisano sono stati rilasciati in mare, dal Fiume Arno. I fondali marini oltre il Porto di Livorno, verso sud, sprofondano in mare e da questi fondali profondi non arrivano le sabbie che vanno a ripascere il litorale pisano. Inoltre, l’erosione costiera pisana è peggiorata quando la foce del Fiume Arno è stata modificata con la realizzazione delle dighe di massi che impediscono le modifiche necessarie alla stessa foce, in funzione delle piene e delle mareggiate.

Secondo i miei studi è di fondamentale importanza, considerare le leggi dell’idraulica fluviale, nello studio delle cause erosive della costa. Nello studio dell’ing. Ettore Sighieri, che evidenzio nella diapositiva successiva, si può vedere il livello dell’alveo dell’Arno nel 1844 e quello invece corroso del 1920, corrispondenti a due piene del fiume. Il Fiume Arno aveva in quegli anni la foce naturale.

Corrosione dovuta alle bonifiche del territorio, che ha incrementato la portata idraulica del fiume. E’ convinzione negli studiosi delle cause dell’erosione costiera, che quest’ultima sia dovuta al mancato apporto sedimentario dei fiumi e dei torrenti che sfociano in mare. Il grafico elaborato dall’ing. Ettore Sighieri, presente nella diapositiva n. **3**, è fondamentale per evidenziare l’opera corrosiva dell’incremento della corrente fluviale sull’alveo del fiume, causato dalle bonifiche effettuate sul territorio di pertinenza fluviale dell’Arno.

In questo grafico, è visibile il livello di piena del 3 novembre 1844 (segnato tratteggiato) ed il corrispondente livello dell'alveo del fiume a quella data (anch'esso disegnato con linea tratteggiata).

Analizzando nella città di Pisa, la profondità del Fiume Arno tra il Ponte della Fortezza e poco oltre il Ponte Solferino, si nota che l'alveo si approfondisce poco, nonostante che dall'Unità d'Italia, fosse stata messa in opera la cosiddetta "bonifica montana", tramite il posizionamento di numerose briglie sui torrenti (sbarramenti artificiali atti a rallentare la corrente fluviale nelle piene). Ovvero, la bonifica montana incide poco sul livello di corrosione dell'alveo.

Se analizziamo invece, la piena del 7 gennaio 1920, che invece è rappresentata a linea continua, notiamo che il livello della piena è superiore, mentre il livello dell'alveo si abbassa notevolmente, fino a sprofondare in corrispondenza del vecchio Ponte di Mezzo, a tre arcate, dove la sezione di deflusso era minima. L'incremento della portata idraulica è derivata dalle bonifiche sul territorio.

La corrosione dell'alveo è dovuta alla corrente fluviale. Quest'ultima, aumentando il suo valore (secondo la legge della fisica che lega la portata idraulica alla sezione di deflusso), ha corroso l'alveo del fiume, ed in specifico, questa sua sezione particolarmente ristretta, del corso dell'Arno.

Quindi è la corrente fluviale intensa la causa principale della corrosione fluviale. Il rinforzo ed il sovralzo degli argini dei fiumi e dei loro affluenti fa in modo che negli eventi meteorici, l'acqua piovana sia incanalata rapidamente nel corso fluviale, incrementando la sua portata idraulica, aumentando di conseguenza, la corrente fluviale.

Alla foce del fiume, la carenza dei sedimenti che pervengono dai monti, viene compensata dai sedimenti che il corso d'acqua, corrodendo il suo alveo, trascina in mare. Questo è il procedere naturale che ha il fiume che quindi, non fa scarseggiare i sedimenti alla sua foce.

Sempre in questo grafico, si possono notare le cuspidi verso la parte terminale del fiume, ovvero nel tratto della pianura poco declive (dove la barra di foce ostacola il deflusso verso il mare), che rappresentano orientativamente i banchi di sabbie e argille che trasporta il fiume con le piene, fino alla sua foce, in mare.

Sono questi banchi di sabbia, che poi giunti in mare, trascinati dalle piene fluviali, determinano la sedimentazione dei fondali litoranei. Come si comprende, questi banchi di sabbia ostacolano la navigazione, ma un fiume ha queste caratteristiche naturali, non è un canale. La politica attuale dovrebbe comprendere che un fiume ha un suo procedere naturale, che va rispettato.

L'Arno è un fiume che ha perso la sua naturalità da tempo e l'erosione costiera è lì a dimostrarlo da ben oltre un secolo, dovuta ad uno sviluppo eccessivo, da parte dell'uomo, che ha stravolto gran parte del territorio presente nel suo bacino idrografico. Le diapositive n. **4**, n. **5**, n. **6**, mostrano gli antichi ponti che erano presenti in questo percorso fluviale cittadino.

La diapositiva dello studio elaborato dall'ing. Ettore Sighieri (il grafico è riprodotto in forma parziale), mostra due profili di media piena a confronto, per far comprendere che dopo gli interventi di bonifica sul territorio in quegli anni (la pubblicazione è del 1934), è aumentata la portata idraulica, quindi la corrente dell'Arno e che quest'ultima, diventata intensa, ha corroso l'alveo dell'Arno, poiché il fiume è stato privato della possibilità di esondare sul territorio.

La diapositiva n. 7 rappresenta una carta topografica del 1844 del territorio litoraneo pisano, fino a Livorno, e mostra l'avanzamento della costa pisana in quegli anni, (si nota la presenza di insabbiamenti sul litorale a poca distanza dalla riva del mare). In quei tempi, la progressione della costa era dovuta alla corrente moderata dell'Arno che permetteva la stabilizzazione del proprio alveo fluviale, senza corroderlo in profondità, ed alla presenza della grande barra di foce che si evidenzia nella carta Mirandoli del 1850.

La barra di foce indirizzava lungo la costa i sedimenti trasportati, favorendone la costante espansione. Ai nostri tempi, la foce dell'Arno è completamente diversa, innaturale e rigida, che quindi, non può modificarsi, come invece avviene in una foce naturale.

La stessa commissione del 1948, presieduta dal prof. ing. Corrado Ruggiero, comprese che occorreva modificare la forma della foce del Fiume Arno, per sconfiggere l'erosione costiera, secondo quanto avveniva in precedenza.

Nella rappresentazione che ho elaborato vent'anni fa, relativa alle correnti litoranee alla foce dell'Arno, si può vedere il pennello acqueo del fiume in piena che allontana al largo i sedimenti trasportati. Nei secoli trascorsi, il pennello acqueo non si formava (per la corrente moderata che giungeva alla foce e che veniva indirizzata verso la costa dalla ampia barra di foce emersa).

Nel seguente mio studio (soprattutto la pagina 24, quello che appare scritto nell'immagine 27 è fondamentale) mostra che i sedimenti pervengono in abbondanza alla foce dell'Arno, riuscendo a realizzare pure una nuova barra di foce, ma la corrente intensa allo sbocco del fiume in mare corrode i fondali litoranei e si presenta erosione costiera sulla spiaggia di Marina di Pisa e su quella del litorale di San Rossore.

Fu per questo motivo che fu costruita la diga sinistra alla foce dell'Arno, il pennello armato, per allontanare l'intensa corrente fluviale che corrodeva i fondali litoranei:
https://app.box.com/s/y13pkryk3yabem0q99k7t9mrqpzjztmt

Ad oggi, con una foce innaturale dell'Arno, neppure una piena moderata del fiume riesce ad effettuare la sedimentazione dei fondali litoranei:

https://app.box.com/s/yf8e3816hlr7byvkeu0b2tspsab985hw/file/756164075702

Per quanto riguarda il futuro progetto di dragaggio del Fiume Arno al fine di migliorare la navigazione fluviale, consiglio di leggere quello che ho scritto a pag. 2 e 3 del primo studio evidenziato. L'erosione costiera pisana è stata causata dalla perdita di naturalità del Fiume Arno.

Per avere una comprensione ulteriore delle mie ricerche sul tema dell'erosione costiera, consiglio di visualizzare la presentazione pubblicata da L'Arno.it, scaricando lo studio allegato contenuto in questa pubblicazione. Una presentazione che avevo preparato per una conferenza promossa dagli "Amici di Pisa", che per ragioni di cambio del presidente di questo sodalizio ed infine per il Covid, è stata annullata:

https://larno.ilgiornale.it/2020/07/24/erosione-costiera-pisana-ecco-come-si-puo-contrastare-in-modo-efficace/

Il progetto di navigazione dell'Arno promosso recentemente dalla politica, dove pare sia previsto il dragaggio delle sabbie del Fiume Arno per facilitare la navigazione fluviale, a parer mio non

migliora la situazione già compromessa dell'erosione costiera. Conseguentemente, per favorire la navigazione fluviale, suppongo debba essere attuato anche lo sbancamento della barra di foce sommersa a Boccadarno, che tanto ostacola la navigazione verso il mare, trasformando di fatto, il Fiume Arno in un canale di navigazione, ovvero, snaturando ulteriormente l'Arno.

Da rimarcare che nei secoli precedenti, era la presenza della barra di foce emersa che indirizzava i sedimenti fluviali verso la costa, con una corrente moderata nelle piene ricorrenti.
Senza la presenza della barra di foce, in caso di piena straordinaria dell'Arno, si favorirà il deflusso delle acque torbide in mare, dato che quest'ultima è un ostacolo al deflusso nelle piene fluviali.

Le piene straordinarie del Fiume Arno, in genere si presentano con dei tempi di ritorno lunghi. Ma con il cambio climatico in essere (dove le precipitazioni meteorologiche possono avere intensità notevole in tempi ristretti), è difficile prevedere quando si presenterà la prossima piena straordinaria del fiume e soprattutto, che intensità avrà la portata idraulica.

Nell'ultima piena straordinaria del 4 Novembre 1966, in alcune sezioni del fiume, la portata idraulica dell'Arno ha avuto dei valori veramente impressionanti: 4.000 m^3/sec. Nella piena straordinaria, con l'incremento della corrente fluviale, la corrosione dell'alveo del fiume verrà accentuata, come avvenne con la seconda onda di piena dell'Arno nel 1966, facendo collassare il lungarno Pacinotti e crollare il ponte Solferino, il 13 novembre del 1966, dopo che la piena intensa del 4 novembre aveva già corroso ed approfondito l'alveo dell'Arno.

Per comprendere meglio il concetto, consiglio di vedere l'analoga corrosione dell'alveo dell'Arno nel grafico dell'ing. Ettore Sighieri, in corrispondenza dell'antico Ponte di Mezzo a tre arcate, costruito in modo analogo al ponte Solferino.

Tutto questo senza produrre nel novembre 1966, durante la piena straordinaria dell'Arno, la sedimentazione dei fondali litoranei. Dove nonostante il fiume abbia trasportato migliaia di tonnellate di sedimenti alla sua foce (forse addirittura, qualche milione) si è avuta invece, la corrosione dei fondali litoranei, con lo sprofondamento delle dighe di Boccadarno.

Ritengo di fondamentale importanza individuare e riconoscere le vere cause dell'erosione costiera pisana, poiché le soluzioni da applicare per sconfiggerla sono differenti a seconda se questa è riconosciuta nella mancanza di sedimenti oppure, come ritengo da anni sia dovuta all'intensità eccessiva della corrente fluviale nelle piene ed inoltre, dalla presenza della sua foce innaturale.

Riporto le parole che ho scritto nella e-mail del 21 dicembre scorso al Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino settentrionale: *capisco bene che la gestione delle foci fluviali è un tema estremamente complesso e la comprensione dei fenomeni in gioco è ancora un campo scientificamente attivo, ma se non vengono analizzate e riconosciute le vere cause che producono l'erosione costiera, la difesa efficace del litorale non potrà mai essere attuata negli anni futuri.*

Il rischio è quello di spendere enormi capitali economici con investimenti notevoli in questo settore, ottenendo solamente scarsi risultati, se non addirittura dei danni.

La diapositiva n. **8** evidenzia l'elevato costo degli interventi di protezione dei litorali erosi ed i deludenti risultati ottenuti.

Presento di seguito alcune immagini storiche che fanno comprendere come era il territorio toscano attraversato dall'Arno nel suo tratto terminale, nei secoli trascorsi.

Le diapositive n. **9** e n. **10** mostrano come era il territorio toscano nel corso terminale del Fiume Arno, nel Cinquecento (Leonardo da Vinci). Si evidenziano i numerosi meandri che aveva l'Arno, che rallentavano la corrente fluviale nelle piene, a sua volta limitata dalle esondazioni sull'ampio territorio naturale, moderando in definitiva la corrente nelle torbide fluviali dell'Arno.

La diapositiva n. **11** mostra la Carta Antoniacci del 1610, relativa all'ampio territorio naturale della Piana Pisana, una pianura poco declive verso il mare, che quindi veniva frequentemente inondata dalle torbide durante le piene dei due fiumi che l'attraversano (l'Arno ed il Serchio).
Questo procedere naturale favoriva la moderazione della corrente fluviale dei corsi d'acqua con la conseguente sedimentazione dei fondali litoranei. La costa si espandeva.
Poiché questa è la procedura seguita dalla Natura, ovvero si comporta in questo modo per formare la pianura alluvionale, mediante le esondazioni nelle piene dei corsi d'acqua che l'attraversano.

Nei secoli successivi le bonifiche sul territorio hanno accentuato la corrente fluviale, ed è comparsa l'erosione della costa. Ai giorni nostri con la presenza dell'erosione costiera, le opere che sono utilizzate per contrastarla sulla costa pisana, non producono la sedimentazione dei fondali marini litoranei. Quindi, anche per l'azione del mare, il litorale viene eroso, ovvero retrocede la linea di costa.

La diapositiva n. **12** evidenzia i limiti degli interventi effettuati per difendere la costa dalle mareggiate.

La diapositiva n. **13**, è una cartolina d'epoca che mostra la cuspide deltizia del Fiume Arno.

La diapositiva n. **14** è riferita alla presentazione sulle cause erosive della costa pisana, pubblicata su: L'Arno.it - Questa immagine mostra le criticità che si evidenziano sulla costa abitata prossima a Boccadarno, in funzione della curvatura accentuata della cuspide deltizia del Fiume Arno.

Sarà difficile trovare la soluzione che riuscirà a proteggere la parte più vicina della costa alla foce dell'Arno, per la presenza delle intense correnti fluviali che qui si presentano in occasioni di piene intense del fiume con inoltre, la presenza di intense correnti marine litoranee, per l'esposizione nel mare della cuspide deltizia del fiume, rispetto alla linea di costa che va da Livorno alla foce del Fiume Magra.

La diapositiva n. **15** evidenzia la premessa dello studio della Commissione comunale del 1948, con i nominativi degli studiosi che hanno partecipato al progetto.

La diapositiva n. **16** mostra le criticità della costa presente alla foce dell'Arno, molto esposta sul mare essendo posizionata sull'antica cuspide deltizia del Fiume Arno.
Ho evidenziato al margine, quello che scrive questa Commissione sulla necessità della sedimentazione dei fondali litoranei, per fermare l'erosione costiera.

La diapositiva n. **17** mostra la modifica della foce del Fiume Arno con lo sbarramento a mare (in modo da deviare verso la costa le torbide fluviali, al fine di consentire la sedimentazione dei fondali litoranei e la progressiva scomparsa dell'erosione costiera), nel progetto della Commissione del 1948, nominata dal Comune di Pisa e presieduta dal prof. ing. Corrado Ruggiero, della Facoltà di ingegneria, corso di idraulica.

La diapositiva n. **18** evidenzia il progetto per sconfiggere l'erosione costiera del litorale pisano, nello studio di Livio Borghi.

Questo sbarramento artificiale (di sabbie ed argille) è analogo alla barra di foce che si formò in modo naturale all'inizio degli anni Venti del secolo scorso, di cui si trova la descrizione in una pubblicazione dell'ing. Ettore Sighieri sulle bonifiche del territorio di pertinenza fluviale all'interno del suo bacino idrografico.

La corrente intensa nelle piene fluviali che investiva il litorale, invece di produrre la loro sedimentazione, purtroppo ne causava la loro corrosione, come evidenzio nella pagina seguente.

La diapositiva n. **19** mostra la carta Mirandoli del 1850, con la barra di foce emersa, posizionata a Boccadarno (riproduzione parziale). La presenza di questa barra indica che la corrente alla foce è moderata.
La diapositiva n. **20** evidenzia la barra di foce a Boccadarno negli anni Venti del secolo scorso. Quanto descritto in questa immagine, fa comprendere che se in quegli anni, fosse stata nuovamente messa in esercizio la Colmata d'Arnino, diminuendo la portata idraulica del fiume in piena, questo fenomeno corrosivo dei fondali litoranei si sarebbe fermato. Dunque sarebbe stato possibile sconfiggere l'erosione litoranea in questo semplice modo, ritornando ben presto ad espandere la spiaggia.

Invece, nessuno degli studiosi comprese le cause di questo fenomeno erosivo e quindi venne realizzata a metà degli anni Venti la diga sinistra in foce d'Arno, che ha contribuito ad allontanare nel mare profondo i sedimenti fluviali trascinati dal fiume, peggiorando la situazione.

La diapositiva n. **21** rappresenta l'immagine presente nello studio del 1948, elaborato dalla Commissione presieduta dal prof. Ing. Corrado Ruggiero e mostra la progressiva corrosione dei fondali litoranei, dovuta alle correnti intense delle piene fluviali ed inoltre, a quelle marine litoranee. L'isobata -5 mt, si avvicina verso la costa, al trascorrere degli anni.

I fondali marini litoranei che alla fine degli anni Settanta del secolo XIX avevano profondità limitata, si stanno invece approfondendo al trascorrere del tempo, aggravando le cause dell'erosione costiera. La costa viene erosa, ad iniziare dalla foce del fiume, espandendosi l'erosione in modo simmetrico dallo sbocco in mare, sempre più in lontananza. Mettendo a rischio l'esistenza dell'abitato e demolendo con le mareggiate la costa naturale non protetta a destra di Boccadarno, il litorale di San Rossore.

La diapositiva n. **22** mostra i lavori di spianamento delle ghiaie deposte negli anni scorsi per tentare di limitare l'erosione costiera.
Lavori sulla battigia, da ripetere nel corso del tempo per spianare le ghiaie ammassate sulla costa dalle mareggiate. Le spiagge di ghiaia sono un intervento di difesa costiera di tipo passivo, ovvero non contribuiscono alla sedimentazione dei fondali litoranei, che invece sarebbe necessario ottenere per sconfiggere l'erosione costiera.

La diapositiva n. **23** mostra uno studio sulle correnti marine esposto venti anni fa. Evidenzia la direzione delle correnti litoranee che con la presenza del vento di Libeccio, corrodono il fondale spostando le sabbie verso il pennello acqueo formato dalla piena del fiume. L'Arno con la sua corrente eccessiva, allontana i sedimenti fluviali dalla costa e corrode pure il fondale marino. In pratica, gran parte dei sedimenti, vengono allontanati dalla costa. Il pennello acqueo del fiume in piena avanza nel mare profondo.

Questo è il motivo dell'approfondimento dei fondali marini e conseguentemente, le isobate aumentano il loro valore spostandosi verso la costa. L'erosione costiera si evidenzia nelle mareggiate, che asportano la sabbia della costa per livellare il fondale. Quest'ultimo, tende però ad essere corroso negli anni, ciclicamente, in funzione di quello che ho evidenziato.

Questo significa che se non viene moderata la corrente fluviale nelle torbide, come lo era nei secoli precedenti dove non si formava il pennello acqueo del fiume in piena, i fondali litoranei non potranno avere la possibilità di sedimentare, quindi di diminuire la loro profondità.

Questa necessità di sedimentazione dei fondali litoranei, contrasta invece con la necessità di accesso al Porto turistico di Boccadarno, dove vi è l'esigenza di fondali profondi, per consentire l'accesso e l'uscita dal porto delle imbarcazioni (soprattutto per le barche a vela dotate di bulbo profondo). Questa è la necessità prioritaria del porto: la profondità dei fondali litoranei per il suo esercizio, che è contraria all'esigenza dell'espansione della costa, con la sconfitta dell'erosione costiera.

Se non vengono ridotte di valore le batimetrie, le isobate, ovvero diminuite le profondità davanti alla costa, l'erosione litoranea non potrà mai essere sconfitta, ed anzi, si aggraverà negli anni. Un rischio futuro, che si prospetta concretamente con il cambio climatico, dove gli eventi meteo sono intensi e repentini, è purtroppo quello di dover abbandonare la costa, poiché non più difendibile, sia per ragioni tecniche e soprattutto economiche. Gli interventi di difesa dei litorali sono costosi, anche perché il mare tende nel tempo a danneggiarli.

La diapositiva n. **24** mostra il progetto che propongo da vent'anni: la costruzione di un nuovo canale che diminuendo la portata idraulica del fiume Arno in piena, modera la corrente fluviale, consentendo insieme ad una modifica delle dighe di massi alla foce del fiume, la possibilità di sedimentazione dei fondali litoranei e la progressiva scomparsa dell'erosione costiera.

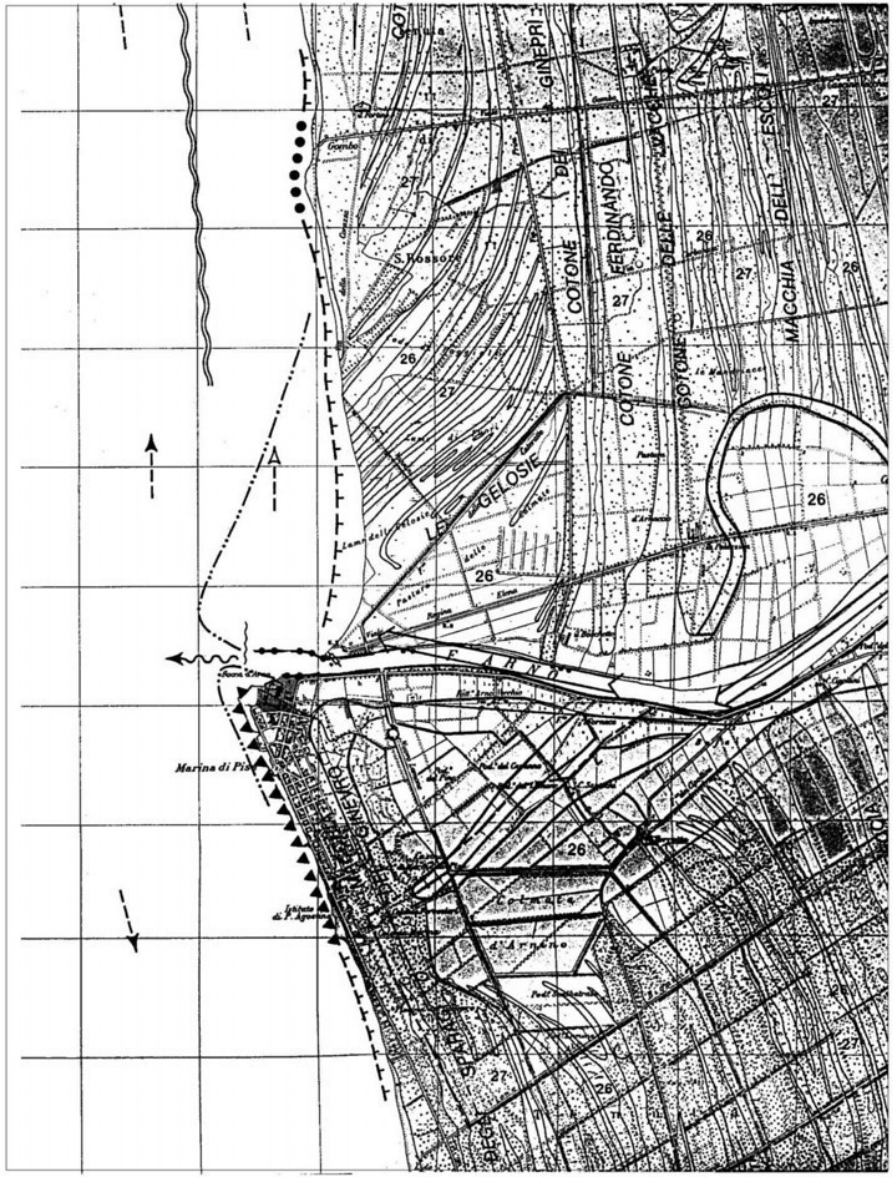
Per ottenere la sedimentazione dei fondali litoranei e la progressiva scomparsa dell'erosione costiera, occorre gestire la piena dell'Arno al suo sbocco in mare, in modo differente da quanto è stato fatto fino ad oggi. L'alternativa, potrebbe essere quella di dover abbandonare la costa, per l'impossibilità di difenderla dalle future mareggiate. Purtroppo, è una ipotesi concreta.

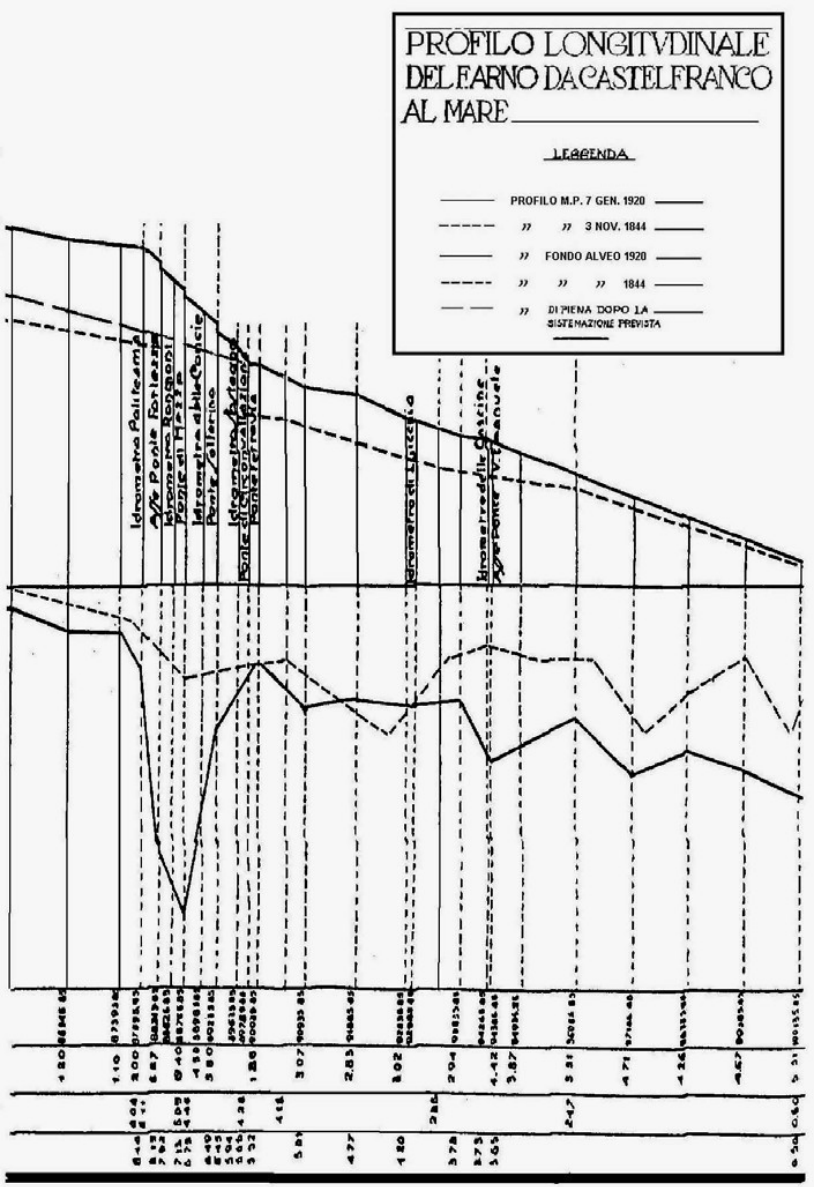
Finché non si interverrà in questa direzione, l'erosione costiera del litorale pisano sarà difficile che possa essere fermata. La costa pisana rischia di essere abbandonata nel prossimo futuro, poiché i costi di interventi di protezione aumenteranno, fino ad essere insostenibili economicamente.

Lajatico, 21 Maggio 2021

- Fiume Arno e Costa Pisana: un difficile equilibrio -

- di Giorgio Gentilini -


GINEPRI
COTONE
FERDINANDO
COTONE
MACCHIA
LE GELOSIE
Marina di Pisa
d'Arnino


PROFILO LONGITVDINALE
DEL FARNO DA CASTELFRANCO
AL MARE
LEGENDA
PROFILO M.P. 7 GEN. 1920
" " 3 NOV. 1844
" FONDO ALVEO 1920
" " " 1844
" DI PIENA DOPO LA SISTEMAZIONE PREVISTA

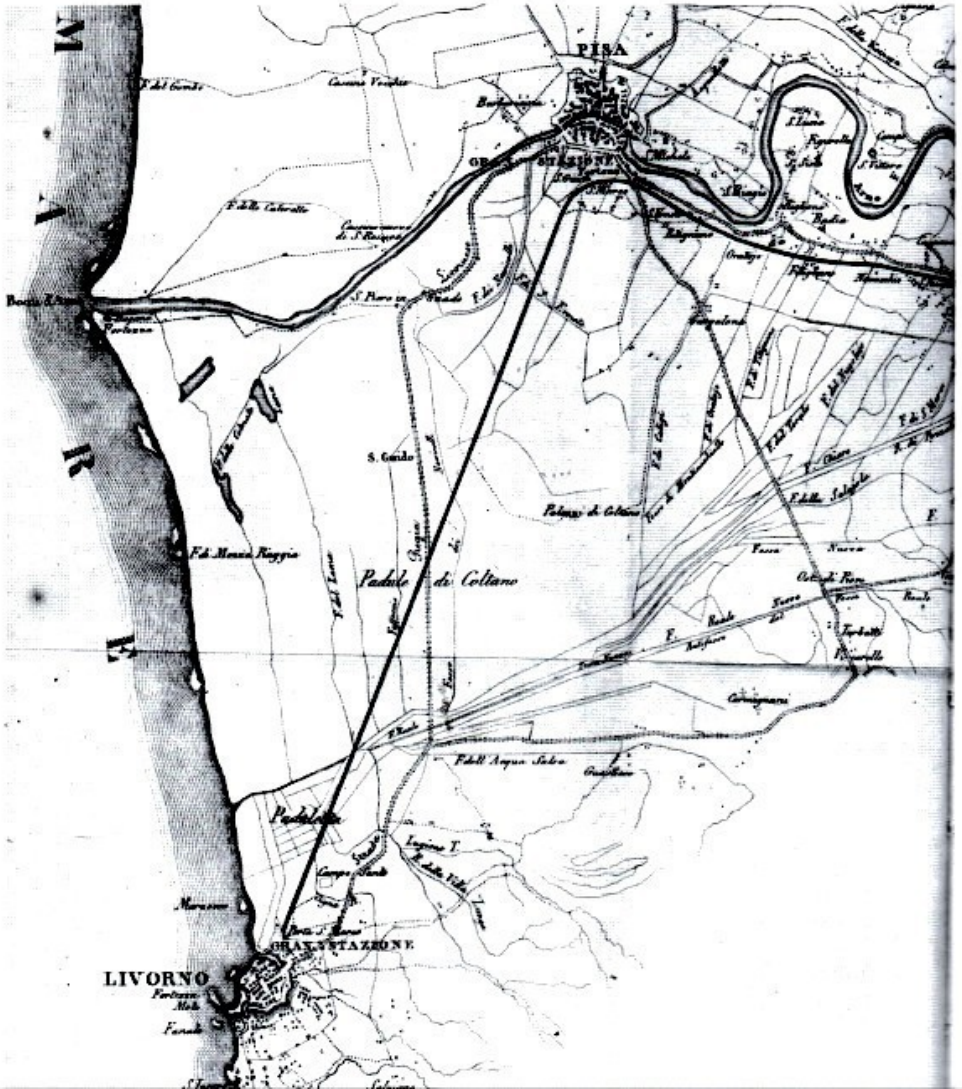
Pisa - Ponte di mezzo con veduta dei Lungarni.

Pisa - Ponte di Mezzo

Ponte Solferino

diano e Co. - Milano 6333

G. Piccioli-B. Giarré, Carta topografica della Strada Ferrata Leopolda.
Tipografia Verico, 1844: particolare del tratto Livorno-Pisa.



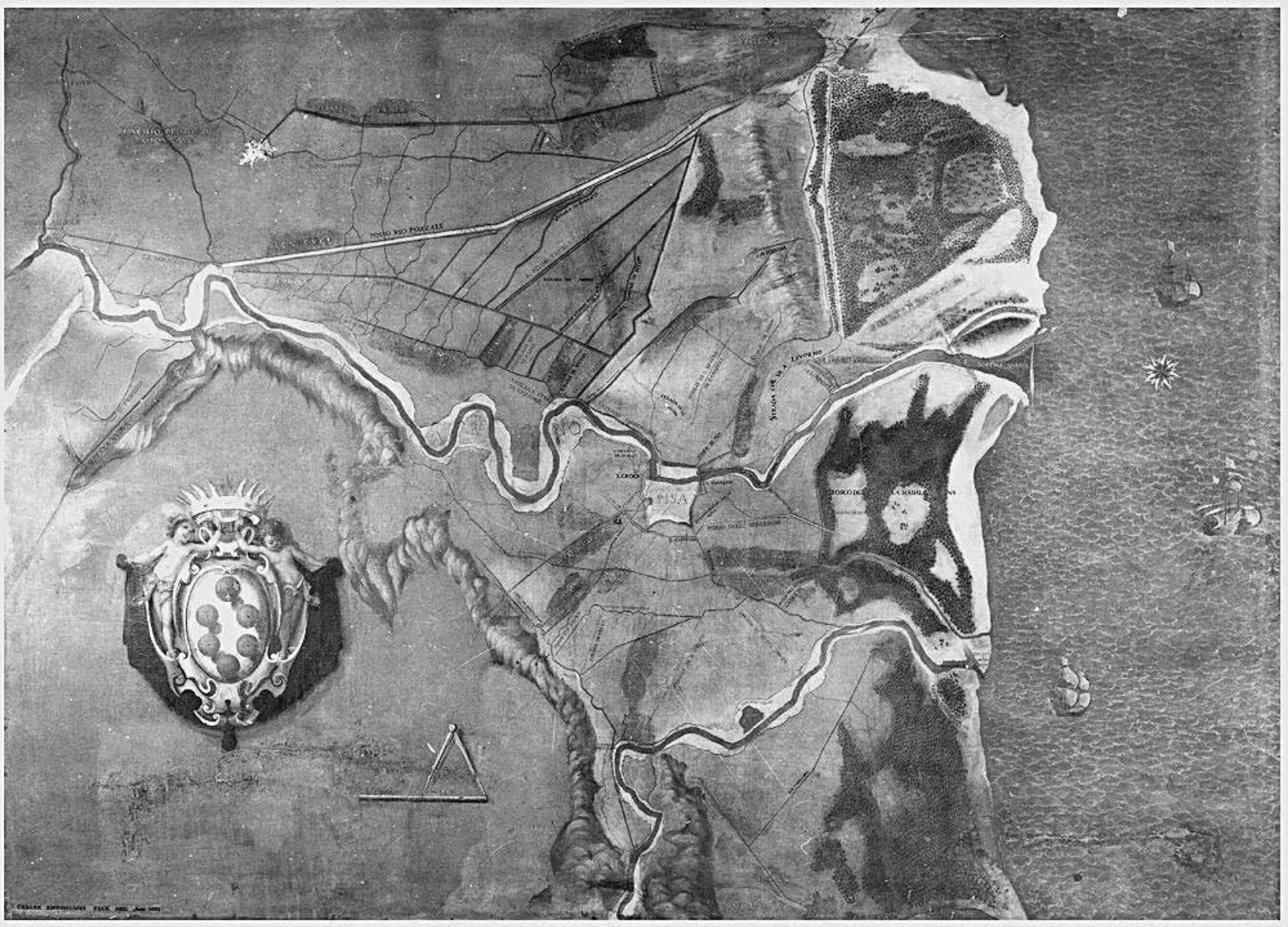
R.it Ambiente

L'avanzata del mare. Spesi 4,5 miliardi di euro in 50 anni: ma l'erosione cresce

Allarme dei geologi: usate tecniche sbagliate, anzi dannose. Così i chilometri di costa a rischio sono passati da 800 a 1300

di ANTONIO CIANCIULLO

03 settembre 201


NUOVO RIO POSTICCIO
PISA
LIVORNO

Le dighe frangiflutti (sia le attigue a terra, sia quelle poste in mare), sono state posizionate, nel corso di vari decenni, dal Genio Opere Marittime a protezione del litorale eroso di Marina di Pisa.
Sono opere molto costose che debbono essere rinforzate periodicamente negli anni. Proteggono il litorale abitato dalle violente e ricorrenti mareggiate che si infrangono sulla costa. Sono però opere di protezione passiva, quindi non intervengono sulle cause che generano la corrosione dei fondali litoranei e la conseguente erosione costiera. Le spiagge di ghiaia, che in anni recenti sono state posizionate su alcuni tratti del litorale eroso, sono assorbenti del moto ondoso, quindi anche questa operazione di difesa costiera, non interviene sulle cause che producono la corrosione dei fondali litoranei.
Nessuna di queste soluzioni risolve le cause che portano alla permanenza dell’erosione costiera.

Indice
Diapositiva 159 177
Diapositiva 160 178
Diapositiva 161 179
Diapositiva 162 180
Diapositiva 163 181
Diapositiva 164 182
Diapositiva 165 183
Diapositiva 166 184
Diapositiva 167 185
Diapositiva 168 186
Diapositiva 169 187
Diapositiva 170 188
Diapositiva 171 189
Diapositiva 172 190
Diapositiva 173 191
Diapositiva 174 192
Diapositiva 175 193
Diapositiva 176 194
Diapositiva 177 195
Diapositiva 178 196
Diapositiva 179 197
Diapositiva 180 198
Diapositiva 181 199
Diapositiva 182 200
Diapositiva 183 201
Diapositiva 184 202
Diapositiva 185 203
Diapositiva 186 204
Diapositiva 187 205

La foto mostra la spiaggia di ghiaia posizionata a Marina di Pisa. Le periodiche mareggiate prodotte dai venti marini dominanti, spostano le ghiaie verso la strada, formando delle dune, mentre altre ghiaie vengono disperse in mare.

Un intervento di difesa costiera che risente della curvatura prominente della cuspide deltizia dove è situata la cittadina balneare pisana.

Quale intervento di difesa costiera tradizionale sarà mai in grado di assicurare il litorale vicino alla foce, dove i fondali costieri sono profondi e la curvatura ancor più accentuata?

In quest'area marina prossima alla foce del fiume, le correnti fluviali nelle piene allo sbocco e quelle litoranee sono intense. Sono queste correnti, le responsabili dell'approfondimento marcato dei fondali litoranei, che si aggrava negli anni.

Premessa

Nell'aprile 1947 l'On. Sindaco di Pisa nominava una Commissione col compito di studiare l'erosione del litorale di Marina e proporre le opere necessarie per il graduale ritorno dell'arenile. La commissione composta dai Proff. C. Ruggiero, S. Bonatti e L. Trevisan dell'Università di Pisa, dagli ingg. Pampana e Poggetti, dal geom. Maggini e dall'ing. Capo del Comune V. Tonelli, nominò a suo Presidente il Prof. Ruggiero e a Segretario l'ing. Capo Tonelli. Nel presentare al Sindaco, a nome della Commissione, i risultati degli studi compiuti, che richiesero tra l'altro la costruzione di un apposito modello, apprestato nel Laboratorio di Idraulica della Facoltà di Ingegneria, e un lungo periodo di ricerche, sento il dovere di ringraziare i Membri della Commissione per l'opera prestata.

Ringrazio pure per la loro collaborazione, il personale dell'Istituto di Idraulica e i miei Assistenti Prof. Paderi e ing. Celestre.

La stampa della presente Memoria è effettuata a cura del Comune di Pisa.

Pisa, marzo 1948

Prof. ing. Corrado Ruggiero

***

Relazione generale - (sintesi) -

L'arretramento della spiaggia di Marina di Pisa data da lungo tempo. Il fenomeno si è però fortemente aggravato dopo il 1899. L'andamento delle variazioni negative di spiaggia è evidente e in particolare il successivo accostamento delle isobate. Dopo il 1930, epoca a cui si riferisce il rapporto dell'ing. Pala, l'e-

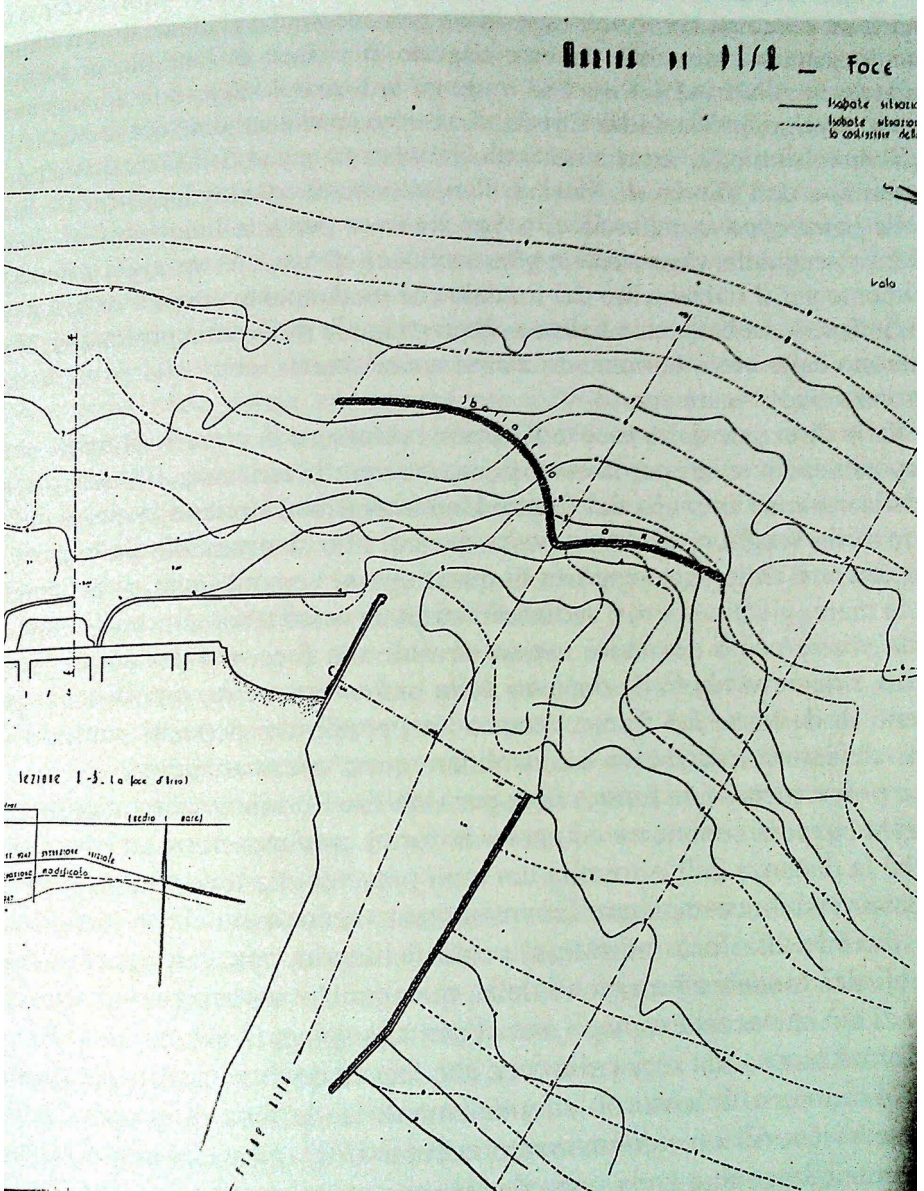
deposito di materiali a tergo dei pennelli.

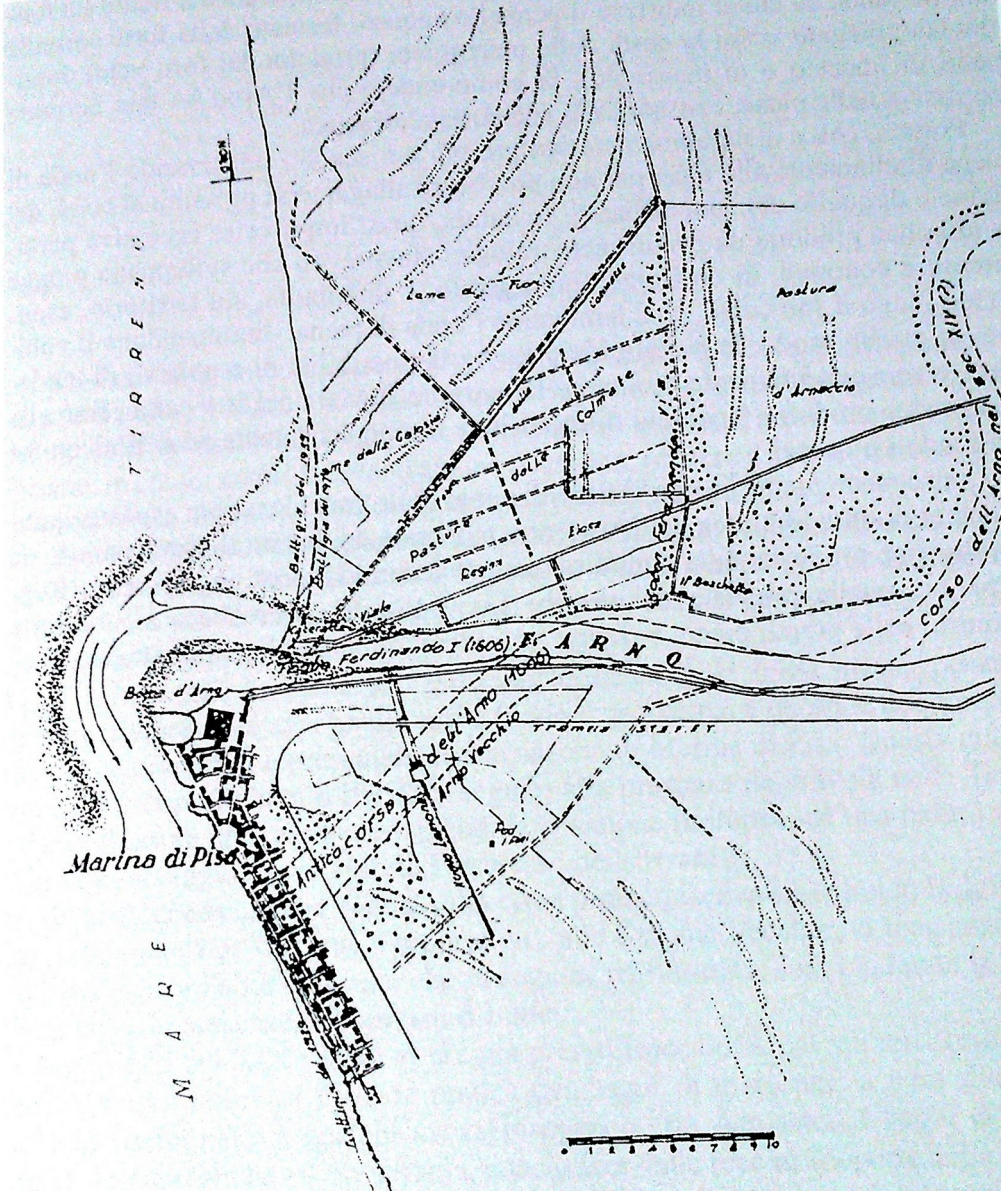
I moli a foce d'Arno poi hanno prodotto, come si è detto, l'effetto contrario a quello previsto. Quanto alle opere di difesa aderenti, esse sono sottoposte all'impeto delle onde di libeccio (vento dominante); comunque esse non possono costituire che una difesa passiva, non certo un'opera atta a produrre il ripascimento della spiaggia. L'abitato di Marina, costruito nel secolo scorso sul delta, in sinistra d'Arno, si trova in una posizione disgraziata, essendo disposto al di là della linea di equilibrio della costa, costituita dal grande arco costiero tra Livorno e la foce del Magra.

Se l'Arno con le torbide trascinate dalle sue piene, per una ragione qualsiasi non rifornisce la spiaggia, la battigia tende a livellarsi sull'arco suddetto.

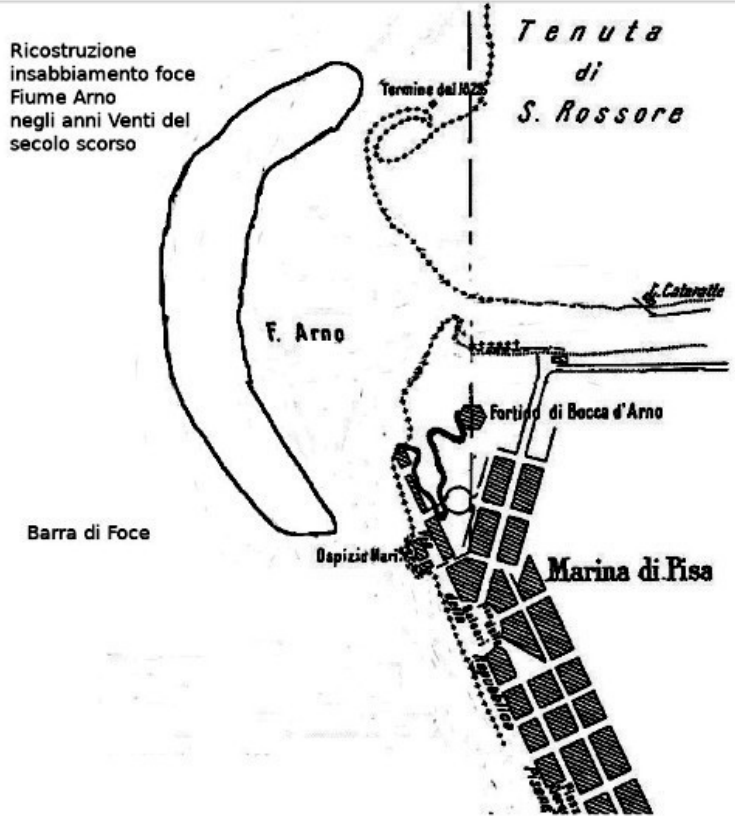
Ciò è quanto in effetti è avvenuto nell'ultimo cinquantennio; tale situazione tenderà sempre a peggiorare qualora non si trovi il modo di riportare le torbide dell'Arno dove giungevano in passato. Non è facile dare una spiegazione del tutto soddisfacente al fenomeno, data la complessità delle cause che possono avervi concorso, malgrado gli studi effettuati dal Toniolo, Pala, D'Arrigo, Sighieri ed altri. Una spiegazione plausibile è la seguente:

Come viene dettagliatamente dimostrato nella allegata Relazione idraulica le piene dell'Arno hanno luogo, nella grande maggioranza dei casi, in corrispon-


Foce


TIRRENO
MARE
Marina di Pisa
Antico corso
Ferdinando I (1606)
F. ARNO
Arno vecchio
Tramvia
Pastura
Colmate
Elata
Regina
Pod. Pian
Pastura
d'Armaccio
Corso dell'Arno
sec. XIV (?)
Bocca d'Arno
Viale
Lame di Fiera
Colmate
Prima
Colmate
dalle
Pastura
Elata
Regina
Il Boschetto
Viale
Ferdinando I (1606)
Arno vecchio
Pod. Pian
Antico corso
Bocca d'Arno
Marina di Pisa

Le Dune
Dune
Dune



L'immagine a fianco mostra la diapositiva n. 50 della presentazione, dal titolo: "Erosione costiera pisana: cause e rimedi", pubblicata il 24 luglio scorso da L'Arno.it

Come ho accennato in precedenza, secondo numerosi studiosi, l'erosione costiera sarebbe dovuta alla carenza dei sedimenti trascinati dal fiume in mare. Ma in realtà, questa immagine chiarisce bene che l'erosione costiera non è stata studiata dai vari ricercatori, in modo esaustivo.

Le cause che i vari studiosi individuano come prioritarie, nel generare l'immenso danno ambientale che colpisce il litorale, sono in realtà altre, ovvero: nelle grandi piene, l'eccessiva corrente fluviale che raggiunge la foce del fiume.

Questa immagine pone in evidenza che nonostante l'apporto sedimentario del fiume alla foce sia cospicuo, tanto da costruire una enorme barra di foce emersa (compattata dai sedimenti argillosi trasportati nelle torbide), il fiume produce nelle piene anche corrosione dei fondali sabbiosi litoranei, con la conseguente erosione costiera a Marina di Pisa e sul litorale attiguo di San Rossore.

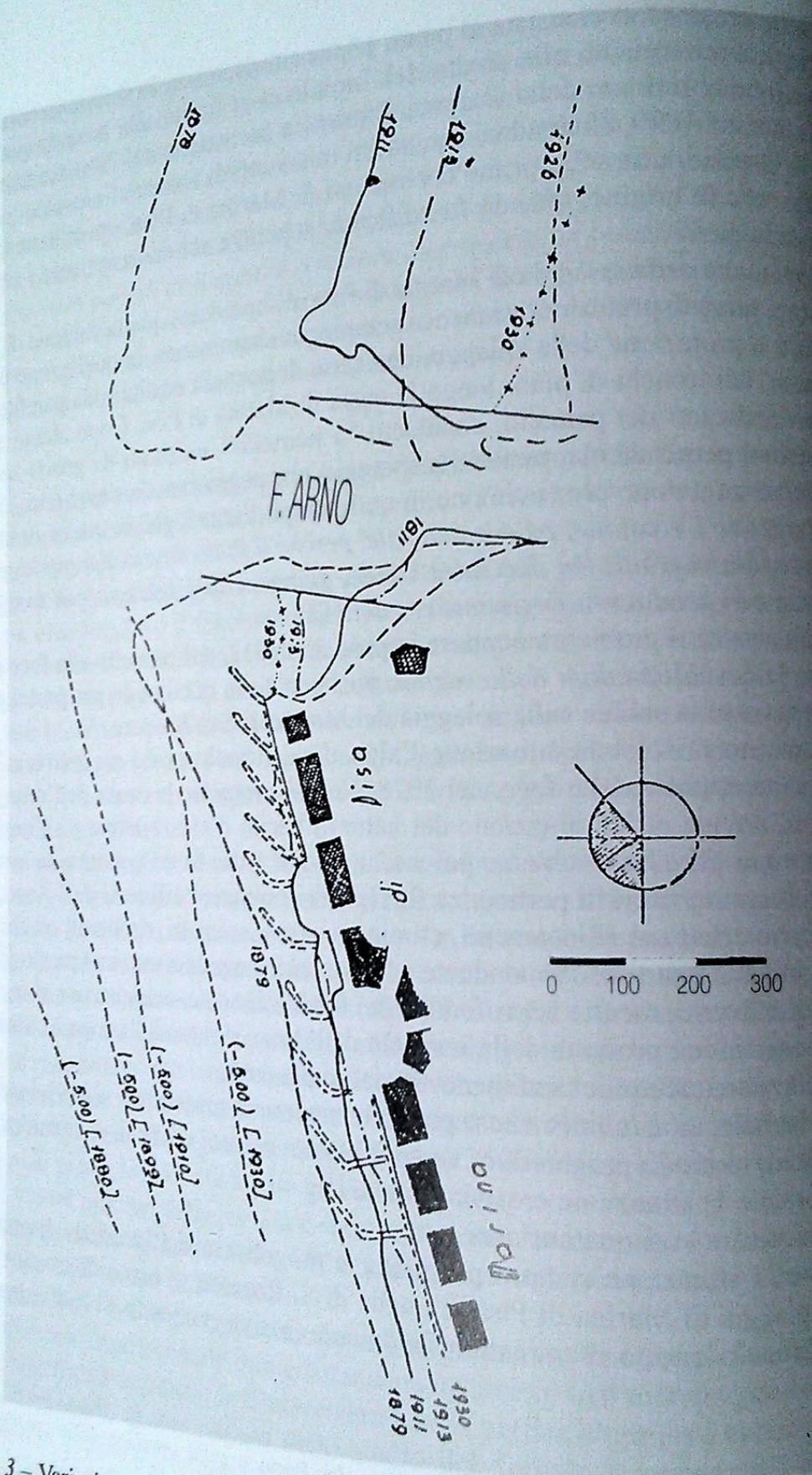
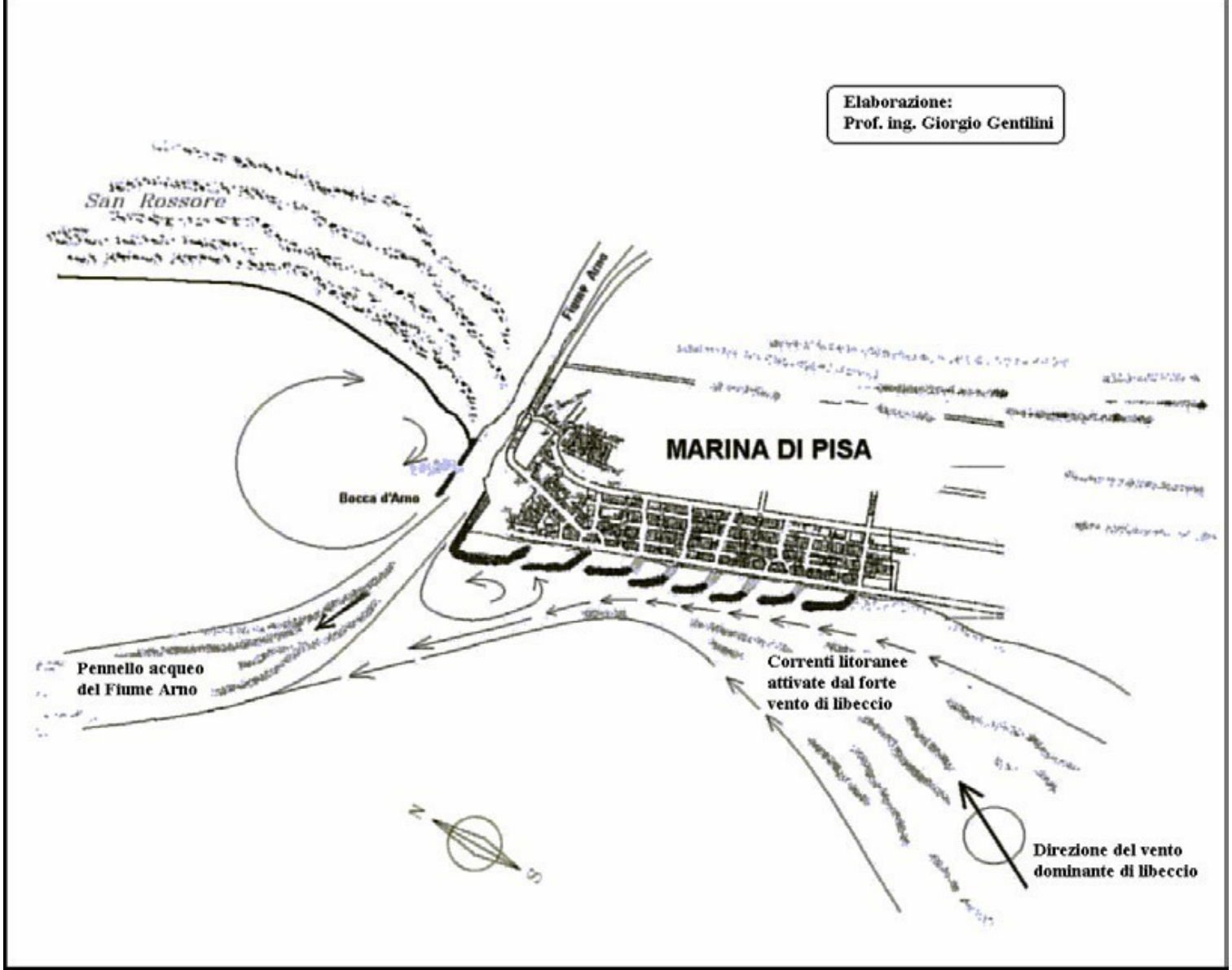


Fig. 3 – Variazione delle isobate alla foce dell'Arno, dal 1880 al 1930 (C. Ruggiero, 1948). Si nota l'approfondimento progressivo, negli anni, dei fondali litoranei.

BOCCADARNO.IT


Elaborazione:
Prof. ing. Giorgio Gentilini
San Rossore
Fiume Arno
MARINA DI PISA
Bocca d'Arno
Pennello acqueo
del Fiume Arno
Correnti litoranee
attivate dal forte
vento di libeccio
Direzione del vento
dominante di libeccio
N
S

foce dell'Arno, dove sboccava prima del 1606.

Il tracciato proposto del nuovo canale, sul vecchio percorso dell'Arnovecchio.