



Le opere di protezione delle foci fluviali: l'approccio allo studio e progettazione delle opere di sbocco in mare

SEMINARIO

Opere di protezione delle foci fluviali Problematiche inerenti la realizzazione e la successiva manutenzione

Ing. Alessandro NUNZIATI

Presidente della Commissione «Difesa delle Coste e Costruzioni Marittime»

*Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma*

*Roma, 10 luglio 2025
Ore 15:00*



INDICE DEGLI ARGOMENTI

1. CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI
2. ESIGENZA DI PROTEZIONE DELLE FOCI
3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE
4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA
 - Realizzativi
 - Manutentivi
5. CONCLUSIONI



INDICE DEGLI ARGOMENTI

1. **CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI**
2. **ESIGENZA DI PROTEZIONE DELLE FOCI**
3. **DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE**
4. **ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA**
 - **Realizzativi**
 - **Manutentivi**
5. **CONCLUSIONI**

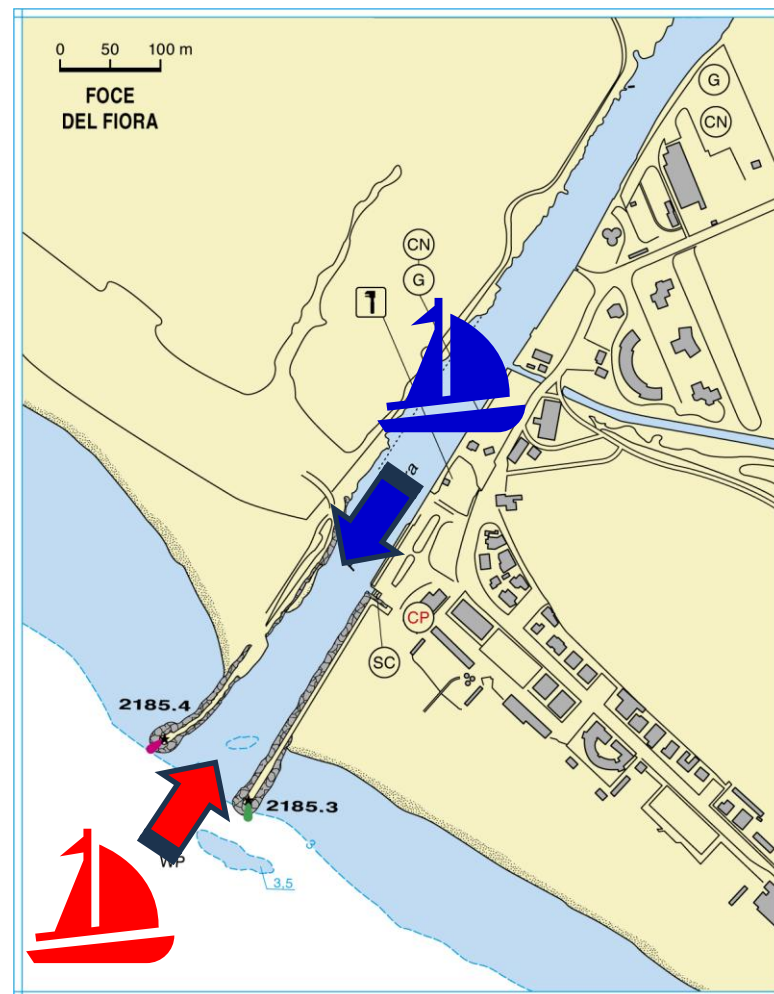
1. CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI

«FOCE» : Deriva dal latino «*fauces*» = "gola", "passaggio stretto" o "bocca".

1. ACCEZIONE ORIGINARIA : «RESTRINGIMENTO»



2. ACCEZIONE SUCCESSIVA : ALLARGAMENTO



1. CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI

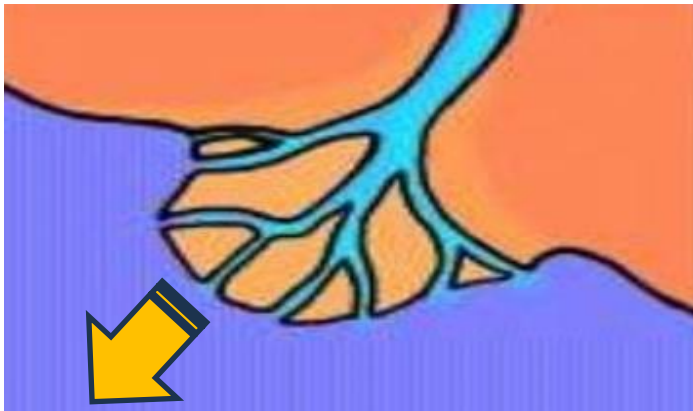
■ PRINCIPALI FATTORI CARATTERIZZANTI

1. Entità del Trasporto solido fluviale
2. Potenza idraulica del corso d'acqua
3. Potenza delle forzanti meteomarine
(moto ondoso, correnti, maree, ecc..)



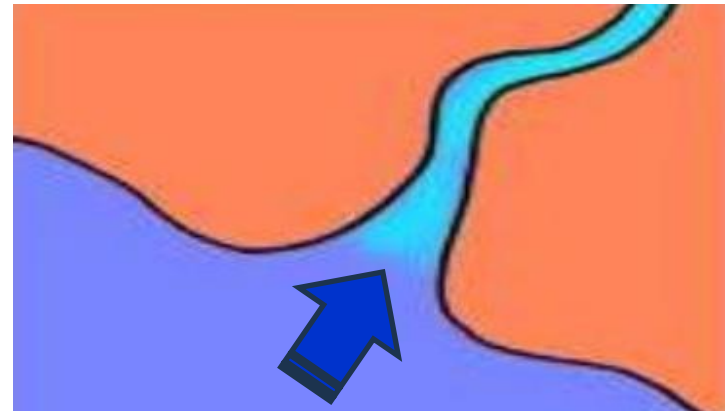
■ Foci a DELTA

1. Deposizione prevalente
2. «Energia fluviale» prevalente
3. Frammentazione dell'alveo in molteplici rami distributari



■ Foci a ESTUARIO

1. Erosione prevalente
2. «Energia marina» prevalente
3. Sbocco a singolo ampio canale





1. CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI

ESEMPI DI FOCI FLUVIALI TIPICHE

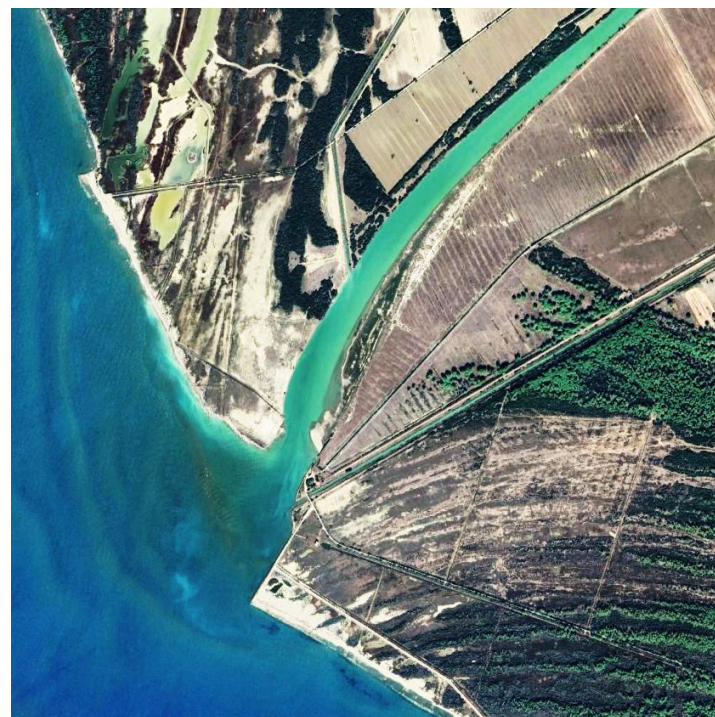
FOCE A DELTA :

Delta del Fiume Po



FOCE AD ESTUARIO :

Fiume Ombrone



1. CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI

- FOCI FLUVIALI DI TIPO MISTO O INDEFINITO : Foci ad Estuario Strozzato

Fiume Mignone



2015



2017



2019



2022



2023



05/2005



06/2005



2019



2022



2023

Fiume Marta



INDICE DEGLI ARGOMENTI

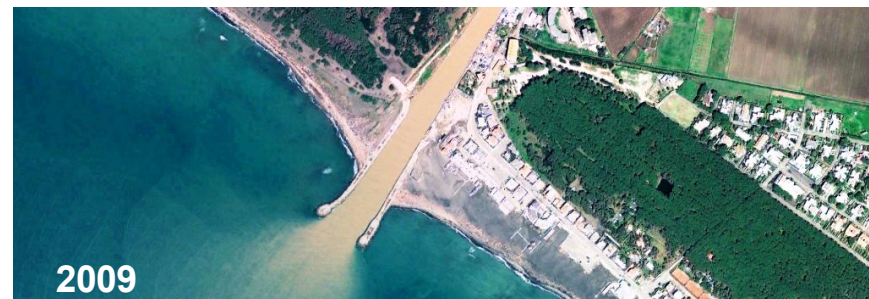
1. CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI
- 2. ESIGENZA DI PROTEZIONE DELLE FOCI**
3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE
4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA
 - Realizzativi
 - Manutentivi
5. CONCLUSIONI

2. ESIGENZA DI PROTEZIONE DELLE FOCI

FOCE = FULCRO DI SISTEMI DINAMICI E MULTIFUNZIONALI



2. ESIGENZA DI PROTEZIONE DELLE FOCI



FINALITA' DELLE OPERE DI DIFESA DELLE FOCI FLUVIALI

SICUREZZA IDRAULICA

Protezione dalle inondazioni

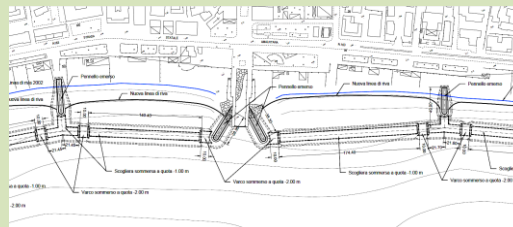


Miglioramento della Navigabilità



TUTELA AMBIENTALE

Opere di difesa integrate
Progetto ripascimento Maiori



Foci dei Fiumi Brenta e Adige



SVILUPPO ECONOMICO

Turismo e attività
ricreative



Pesca
e Acquacoltura



Commercio e
Industria



Trasporto e
Logistica





INDICE DEGLI ARGOMENTI

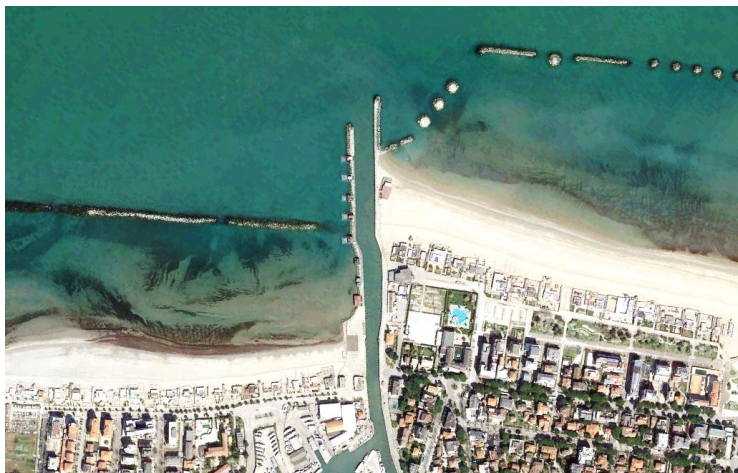
1. CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI
2. ESIGENZA DI PROTEZIONE DELLE FOCI
- 3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE**
4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA
 - Realizzativi
 - Manutentivi
5. CONCLUSIONI

3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

OPERE DI PROTEZIONE DAL MOTO ONDO SO



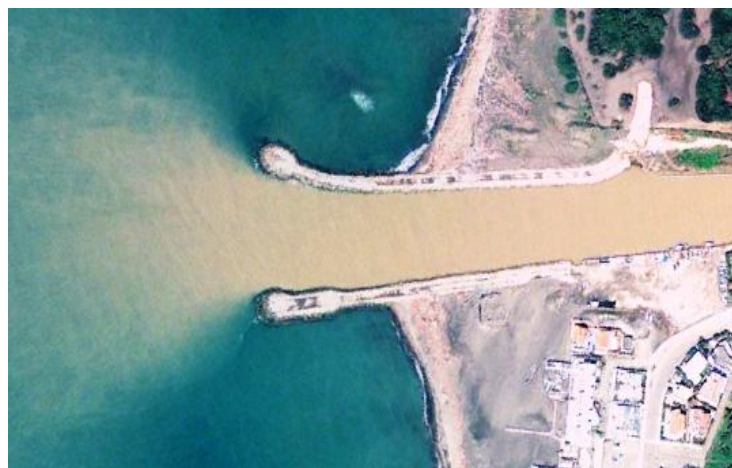
OPERE DI PROTEZIONE DAL TRASPORTO SOLIDO LITORANEO



OPERE DI PROTEZIONE DAL RISCHIO INONDAZIONE



OPERE DI PROTEZIONE DAL TRASPORTO SOLIDO FLUVIALE

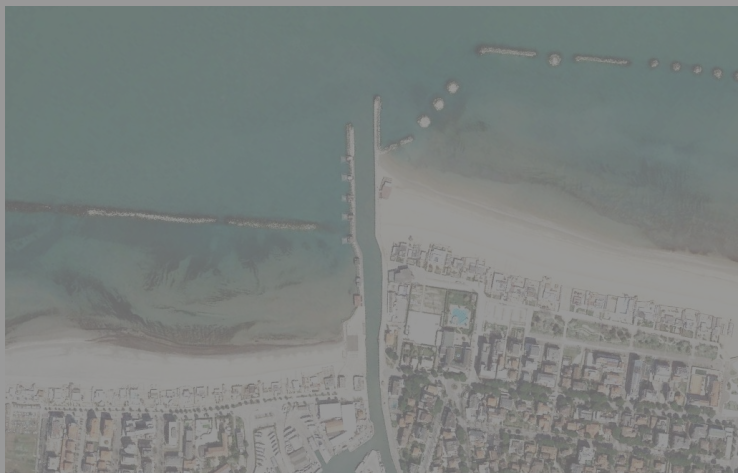


3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

OPERE DI PROTEZIONE DAL MOTO ONDOSO



OPERE DI PROTEZIONE DAL TRASPORTO SOLIDO LITORANEO



OPERE DI PROTEZIONE DAL RISCHIO INONDAZIONE



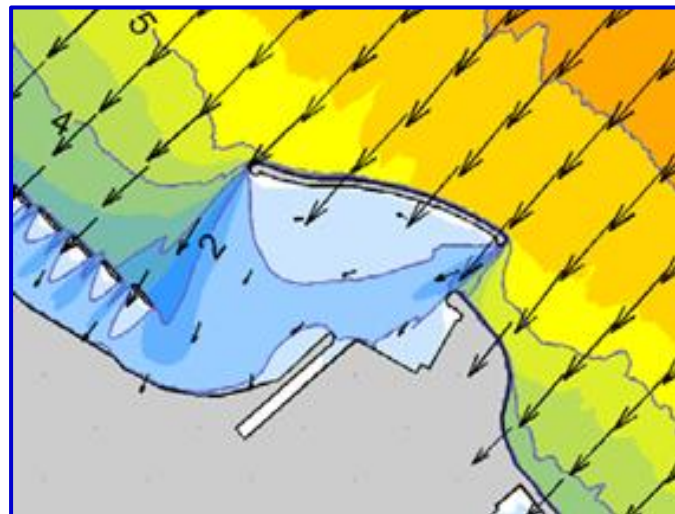
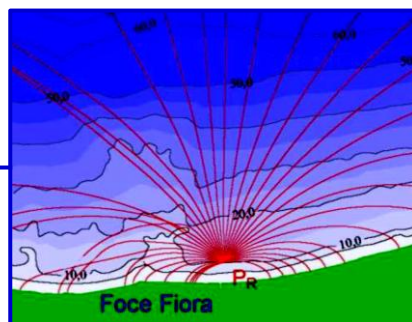
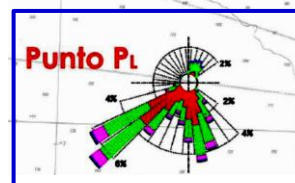
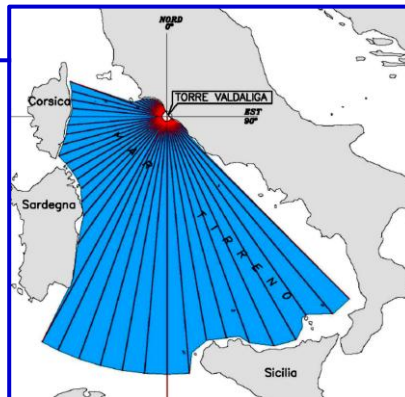
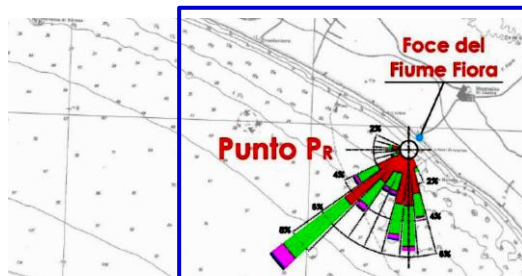
OPERE DI PROTEZIONE DAL TRASPORTO SOLIDO FLUVIALE



3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

OPERE DI PROTEZIONE DAL MOTO ONDO SO

1. Esposizione del paraggio



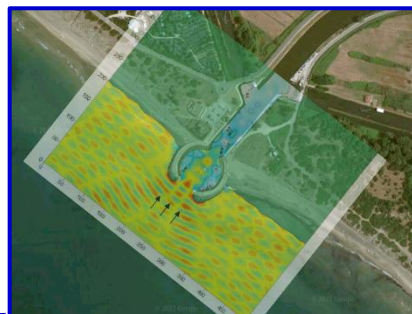
2. Regime del moto

ondoso al largo

3. Regime del moto

ondoso sottocosta

4. Penetrazione ondosa

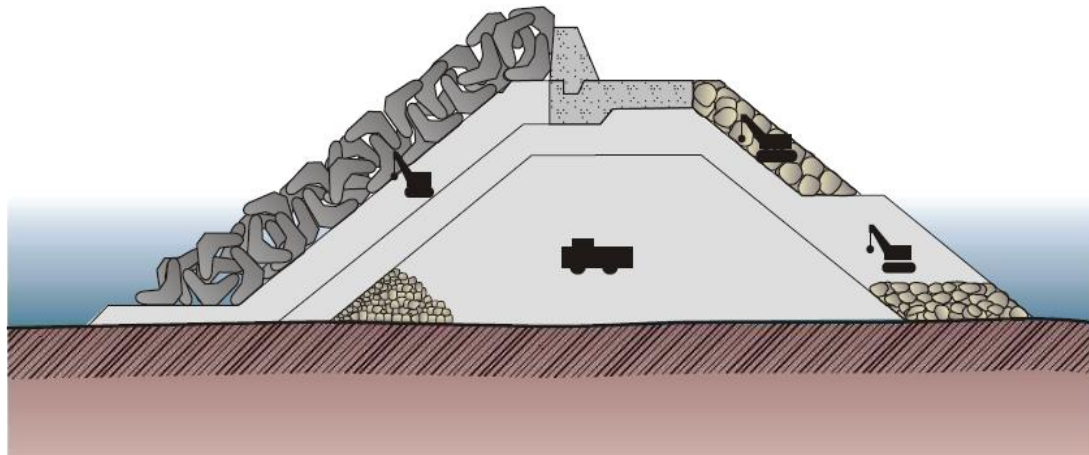


Diga foranea a protezione del porto canale di Pescara

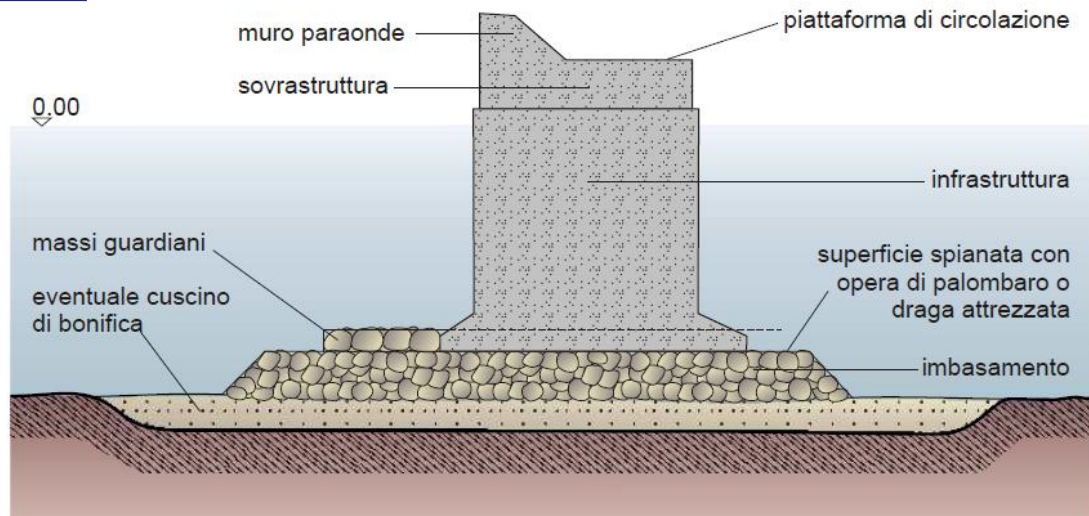
3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

OPERE DI PROTEZIONE DAL MOTO ONDO SO

Opere a scogliera



Opere a parete verticale

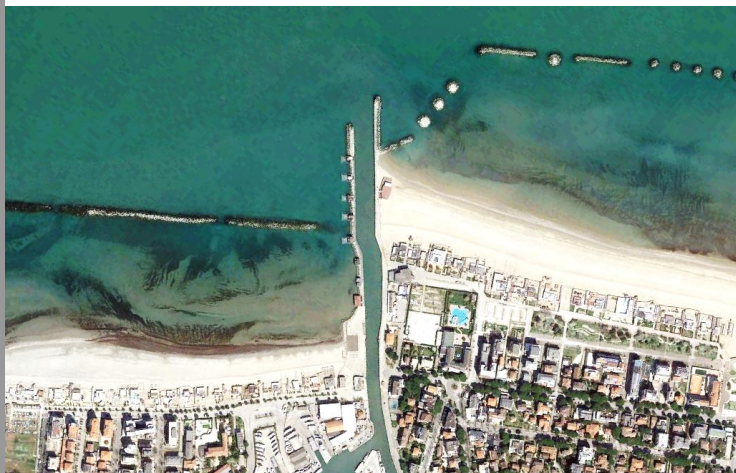


3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

OPERE DI PROTEZIONE
DAL MOTO ONDOSO



OPERE DI PROTEZIONE DAL
TRASPORTO SOLIDO LITORANEO



OPERE DI PROTEZIONE
DAL RISCHIO INONDAZIONE



OPERE DI PROTEZIONE DAL
TRASPORTO SOLIDO FLUVIALE



3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

OPERE DI PROTEZIONE DAL TRASPORTO SOLIDO LITORANEO

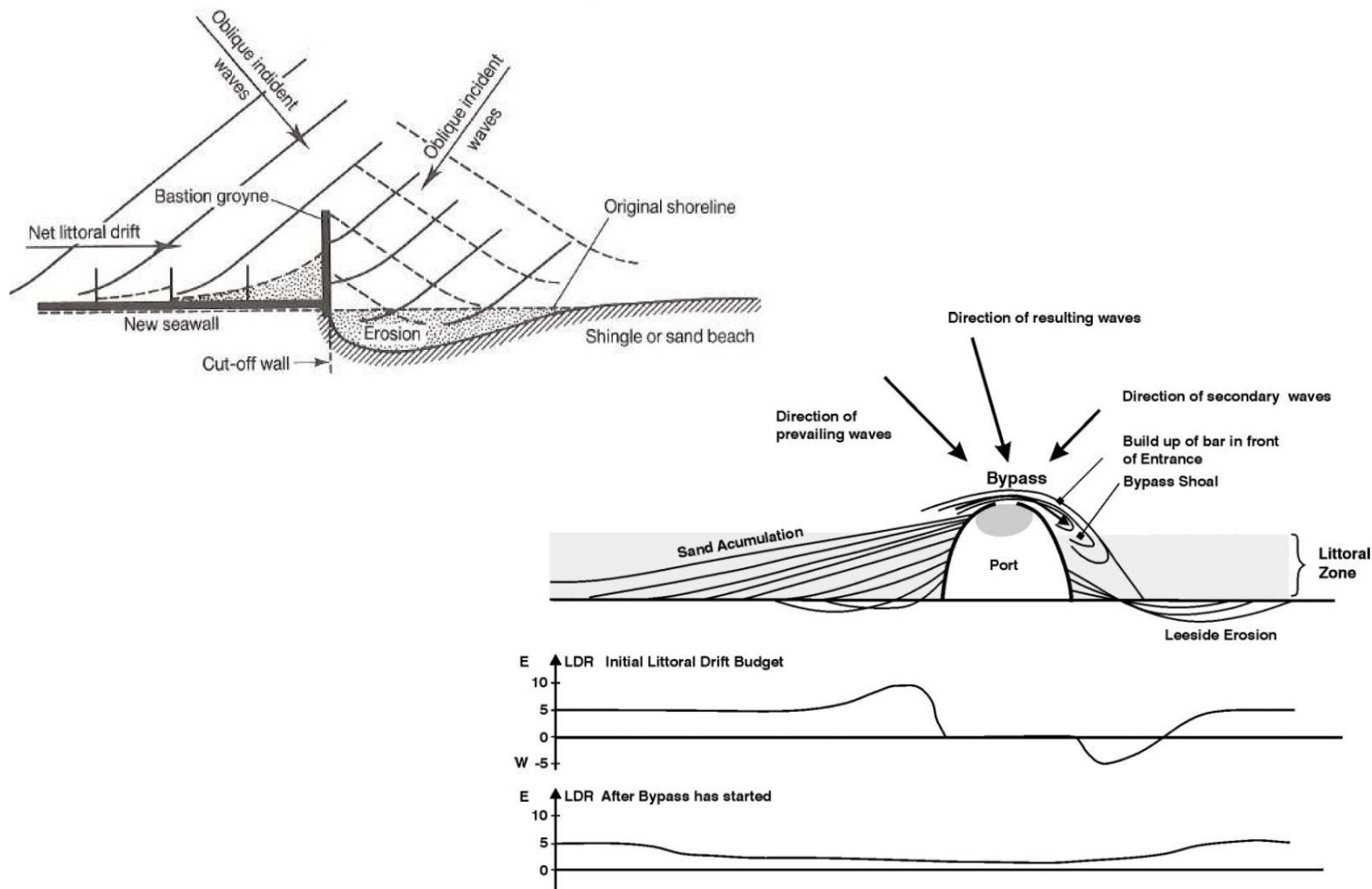


Figure 14.5: Schematic shoreline development, morphological development and net littoral drift budget for a port at a coastline with slightly oblique wave attack

3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

OPERE DI PROTEZIONE DAL TRASPORTO SOLIDO LITORANEO

- BY-PASS meccanico

- Con impianto fisso
- Mediante dragaggio
- Con trappola sedimentaria

- Modifica dei moli

- Con deviazione dell'orientamento
- Con prolungamento oltre fascia attiva
- Con aggiunta di pennelli deflettori

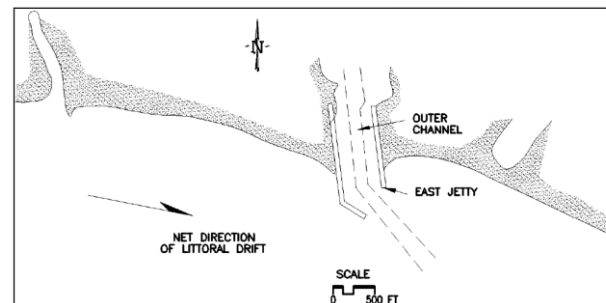
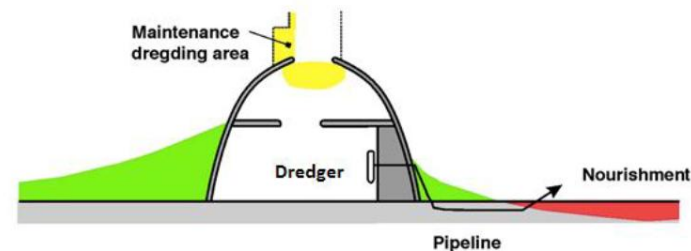
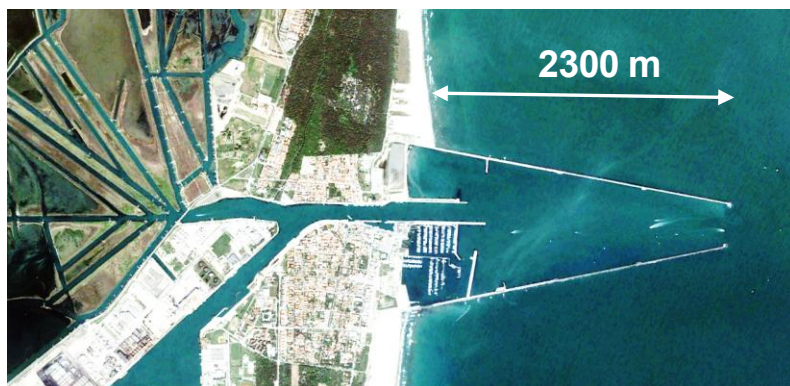
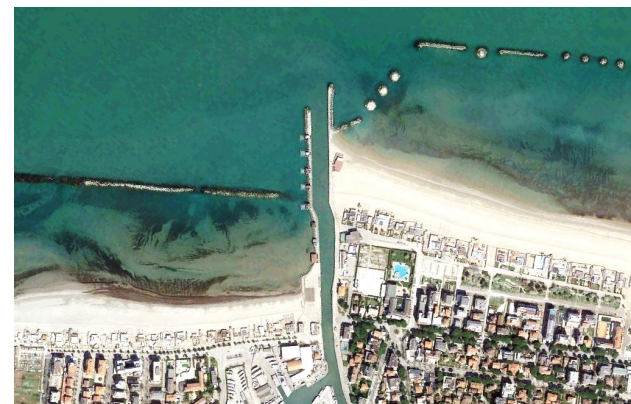


Figure V-6-78. Santa Cruz, California



*Digue foranee a protezione del porto
canale di Ravenna*





3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

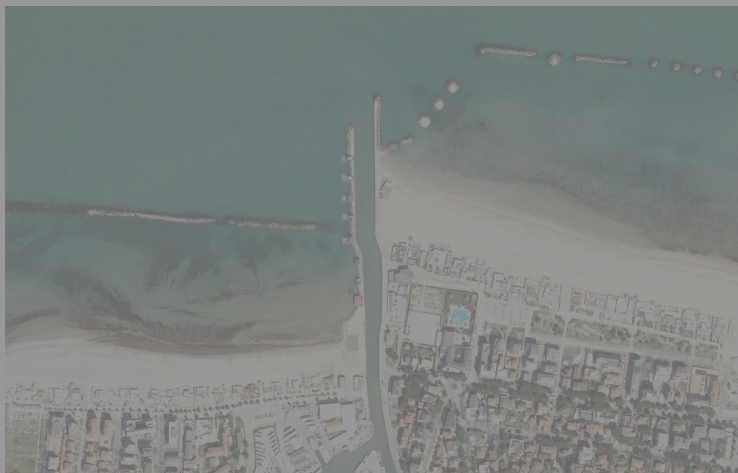
OPERE DI PROTEZIONE
DAL MOTO ONDOSO



OPERE DI PROTEZIONE
DAL RISCHIO INONDAZIONE



OPERE DI PROTEZIONE DAL
TRASPORTO SOLIDO LITORANEO



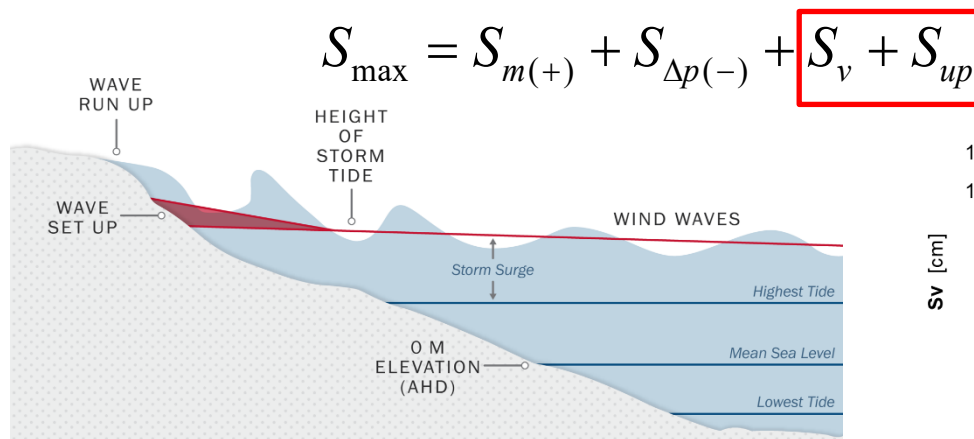
OPERE DI PROTEZIONE DAL
TRASPORTO SOLIDO FLUVIALE



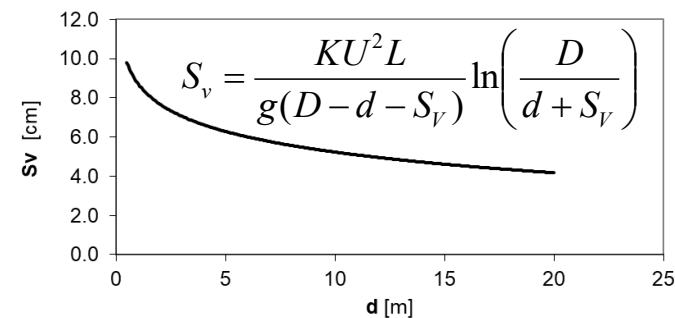
3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

OPERE DI PROTEZIONE DAL RISCHIO DI INONDAZIONE

- Aumento dei fondali all'imboccatura per la riduzione dei sovralti

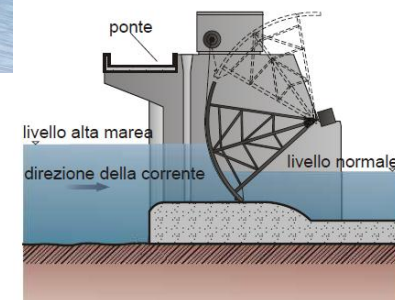
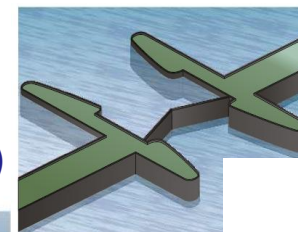
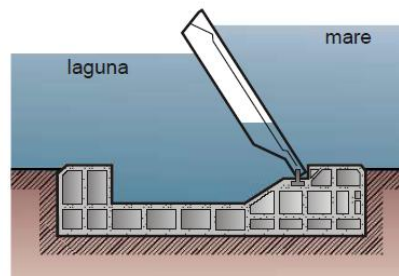


$$S_{up} = 0,15 h_b + \frac{0.536 H_b^{(3/2)}}{g^{1/2} T}$$



- Disconnessione della foce mediante sistemi meccanici di paratoie mobili

- Barriere radiali
 - Ad asse verticale (porte vinciane)
 - Ad asse orizzontale (paratoie a ventola)
- Paratoie mobili (MOSE)



3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

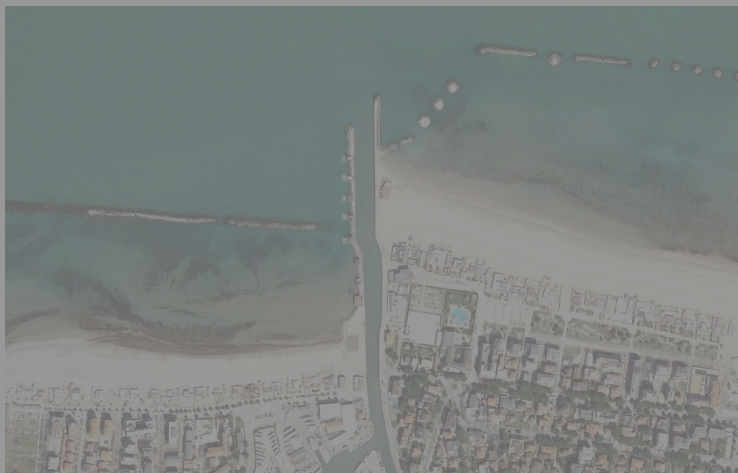
OPERE DI PROTEZIONE DAL MOTO ONDOSO



OPERE DI PROTEZIONE DAL RISCHIO INONDAZIONE



OPERE DI PROTEZIONE DAL TRASPORTO SOLIDO LITORANEO



OPERE DI PROTEZIONE DAL TRASPORTO SOLIDO FLUVIALE



3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

OPERE DI PROTEZIONE DAL TRASPORTO SOLIDO FLUVIALE

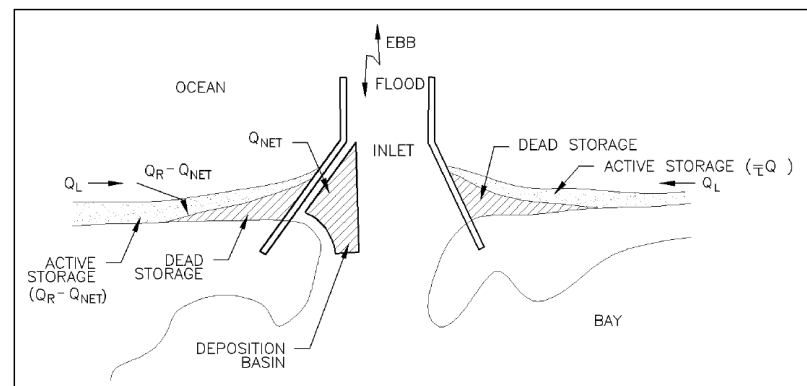
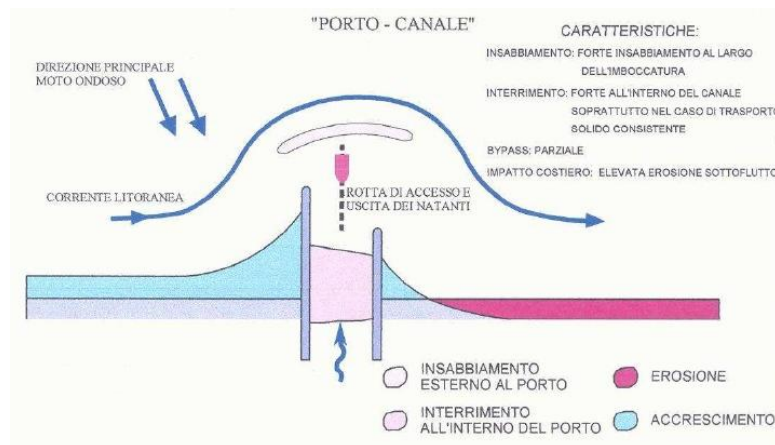
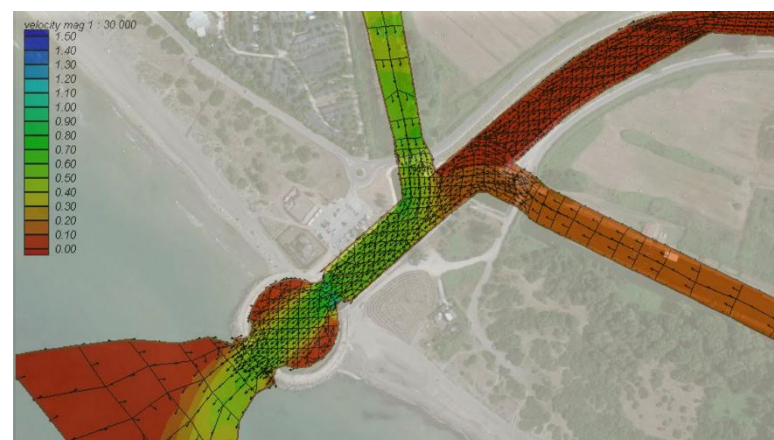


Figure V-6-74. Active and dead sediment storage on a beach adjacent to a weir jetty system (adapted from Weggel 1981)



Foce canale di bonifica in destra Reno



Modello idrodinamico canale Rio Martino



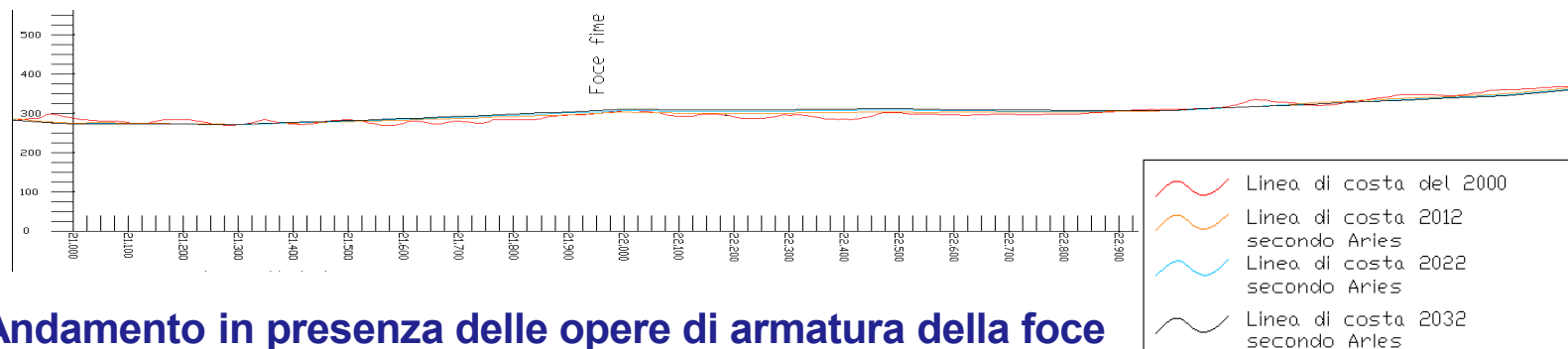
INDICE DEGLI ARGOMENTI

1. CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI
2. ESIGENZA DI PROTEZIONE DELLE FOCI
3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE
- 4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA**
 - **Realizzativi**
 - **Manutentivi**
5. CONCLUSIONI

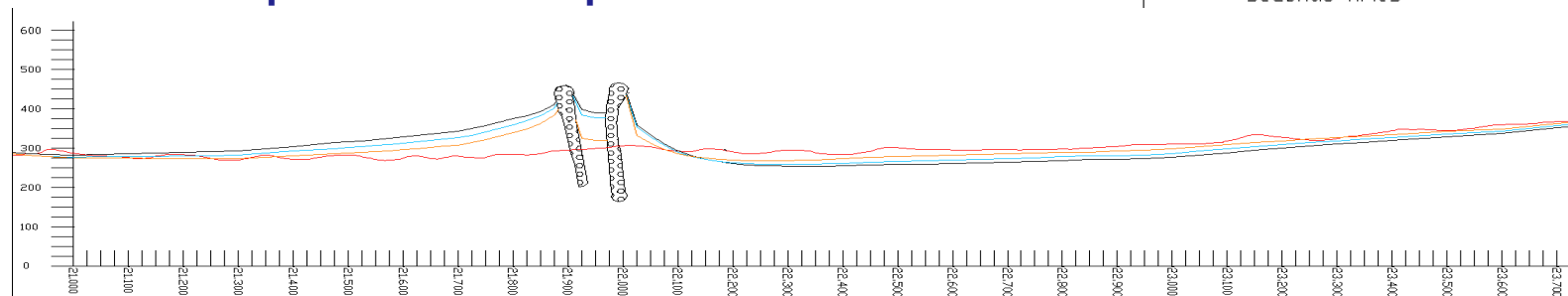
4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA

STUDIO DI MORFODINAMICA EVOLUTIVA DEL LITORALE

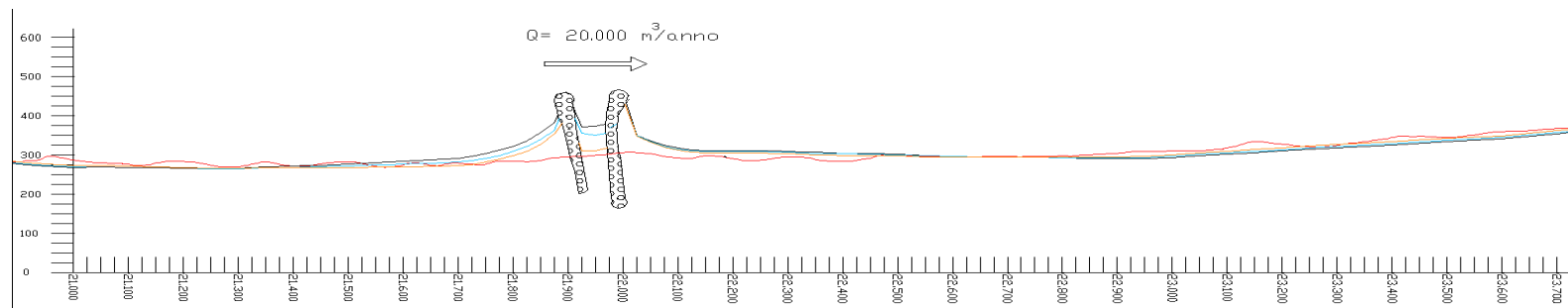
Andamento delle linee di riva in assenza delle opere di armatura della foce



Andamento in presenza delle opere di armatura della foce



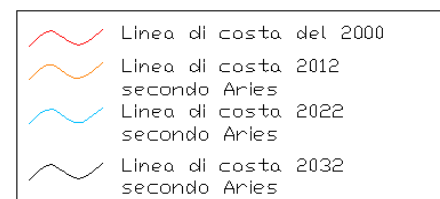
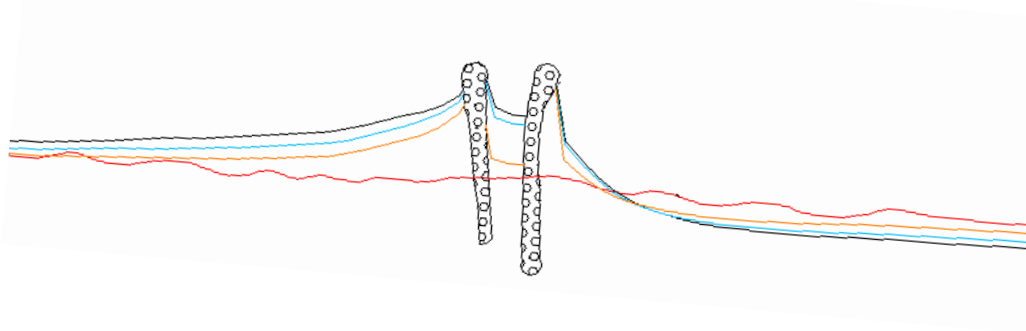
Andamento con opere di armatura della foce + By-Pass 20'000 mc/anno



4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA

EVOLUZIONE DELLA LINEA DI RIVA 1988÷2012 REALE

E DESUNTA DALLE SIMULAZIONI DEL MODELLO AD UNA LINEA



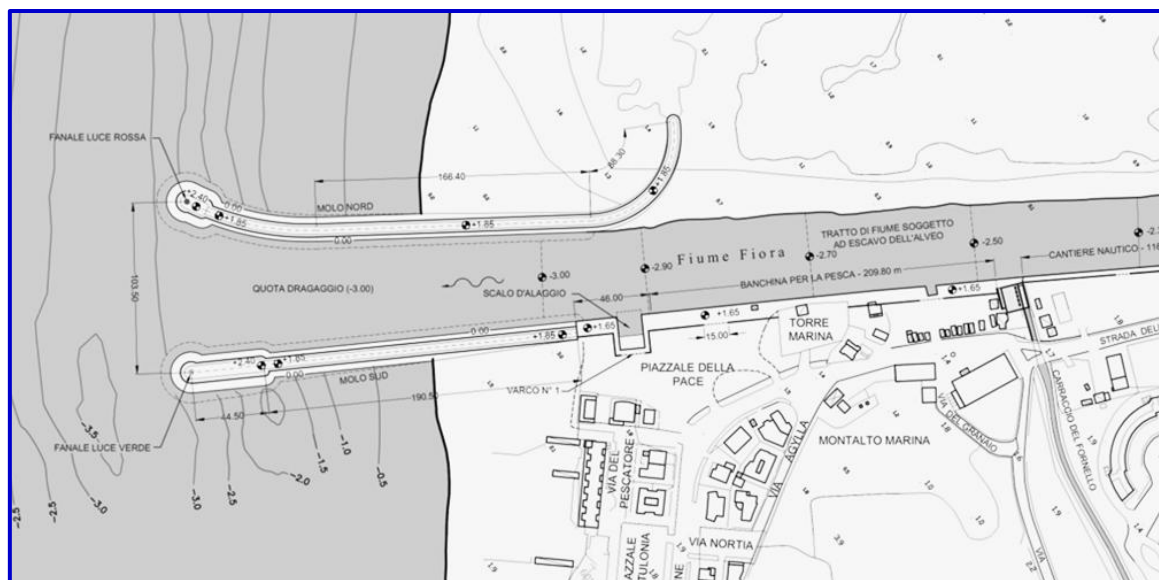
☒ Ortofoto bianco/nero 1988
☒ Ortofoto colore 2012

4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA

**CONFIGURAZIONE
PRECEDENTE
ALLA
REALIZZAZIONE
DELLE OPERE**



**CONFIGURAZIONE
FINALE DELLA
SISTEMAZIONE DI
FOCE CON
SCOGLIERE**





M3

Diagram illustrating the cross-section of a coastal structure (M3) showing various layers and materials. The structure is built on a seabed with a depth of -3.00 (scuola dragaggio).

Key Components and Dimensions:

- Top Deck:**
 - Left side: 6.00 m width.
 - Central core (NUCLEO SCOGIERA): 7.95 m width.
 - Right side: 5.00 m width.
- Core Structure:**
 - Central core (NUCLEO SCOGIERA): 7.95 m width.
 - Core width at base: 7.00 m.
- Materials and Layers:**
 - MASSE NATURALI 3 - 7 t:** Large natural stones forming the main structure.
 - MASSE NATURALI 0.2 - 0.5 t:** Smaller natural stones used in the core and base.
 - GEOTESSUTO A TRAMA E ORDITO:** Geotextile fabric used for reinforcement.
 - STRATO DI PIETRISCO PER REGOLARIZZARE LA ZONA DA INTASARE CON PIETRE:** Layer of small stones used for regularization.
 - LASTRE DI CLS PREFABBRICATE (1.00x1.00x0.50 m):** Prefabricated concrete slabs used in the core.
- Elevations and Slopes:**
 - Top surface: +2.90, +2.40, +2.50.
 - Base level: -2.50.
 - Water level: 0.00 (1 m.m.).
 - Slopes: 1:2, 1:3, 1:5.
- Other Labels:**
 - ASSE SCOGIERA:** Core axis.
 - CANALE DI ACCESSO:** Access channel.
 - LATO MARE:** Sea side.

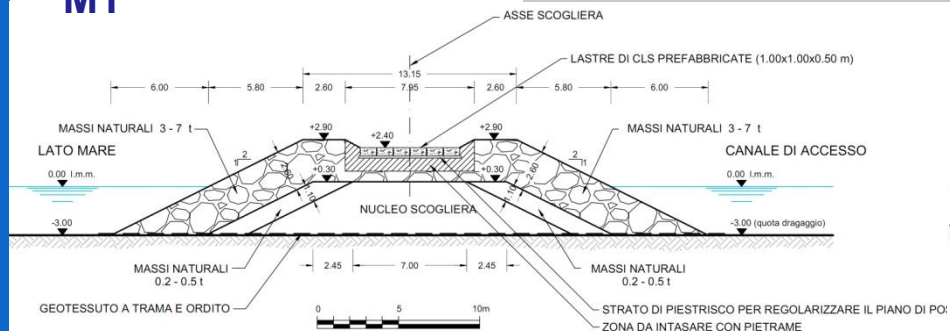


Diagram illustrating the cross-section of a coastal defense structure (scogliera) with various layers and dimensions:

- Top Layer:** LASTRE DI CLS PREFABBRICATE (1.00x1.00x0.15)
- Core:** NUCLEO SCOGLIERA
- Internal Layers:**
 - MASSI NATURALI 3 - 7 t (outer slopes)
 - MASSI NATURALI 0.2 - 0.5 t (inner core)
 - MASSI NATURALI 0.5 - 2 t (inner core)
- Geotextiles:**
 - GEOTESSUTO A TRAMA E ORDITO (between natural mass layers)
 - STRATO DI PIESTRISCO PER REGOLARIZZARE (at the base)
- Dimensions and Levels:**
 - Top width: 12.15
 - Core width: 7.95
 - Base width: 2.45 + 9.52 + 1.50 = 13.47
 - Water level: 0.00 l.m.m.
 - Base level: -3.00 (quota dragaggio)
 - Internal elevations: +2.90, +2.40, +0.30
 - Vertical dimensions: 5.00, 5.80, 2.60, 1.60, 4.35, 4.50
 - Internal vertical dimensions: 2.45, 9.52, 1.50

4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA

**FOTOGRAFIA AEREA
DEL MOLO SUD IN FASE
DI COSTRUZIONE**

Anno 2008



**FOTOGRAFIA AEREA
CON I MOLI FORANEI
COMPLETATI**

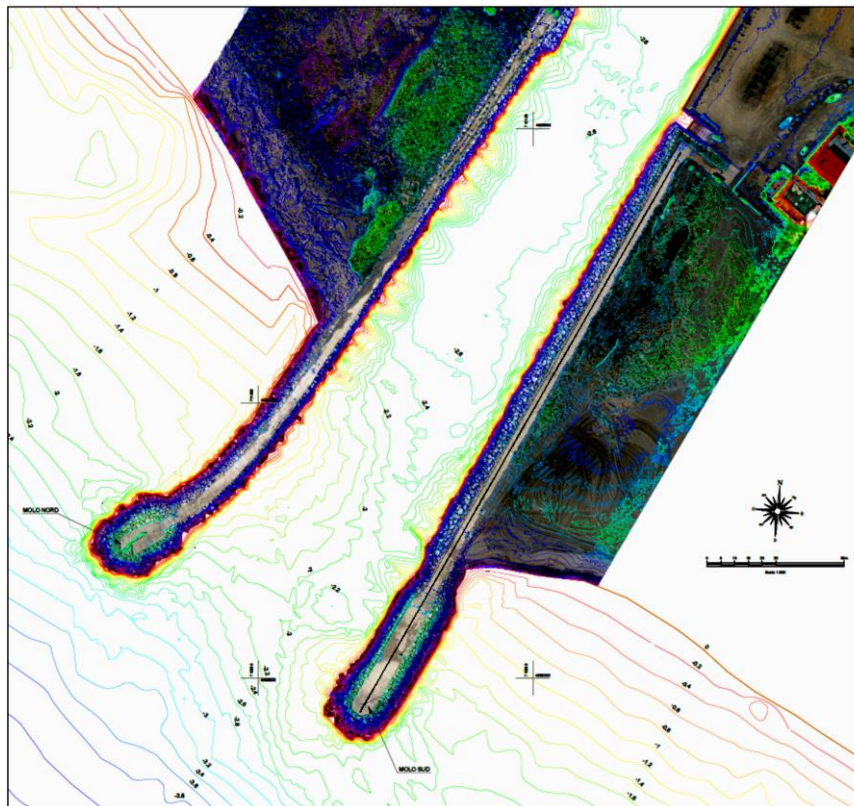
4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA

FIUME FIORA: EVENTO DI PIENA DEL 2 APRILE 2009

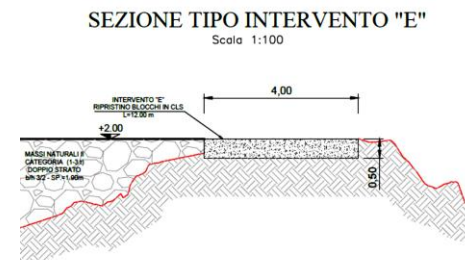
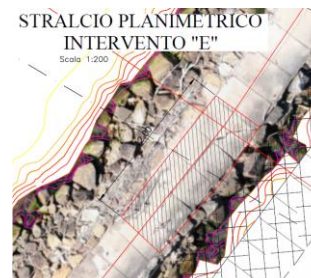
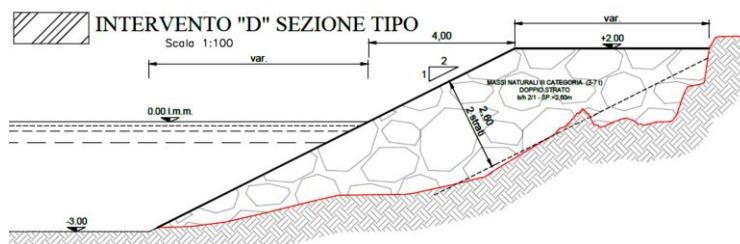
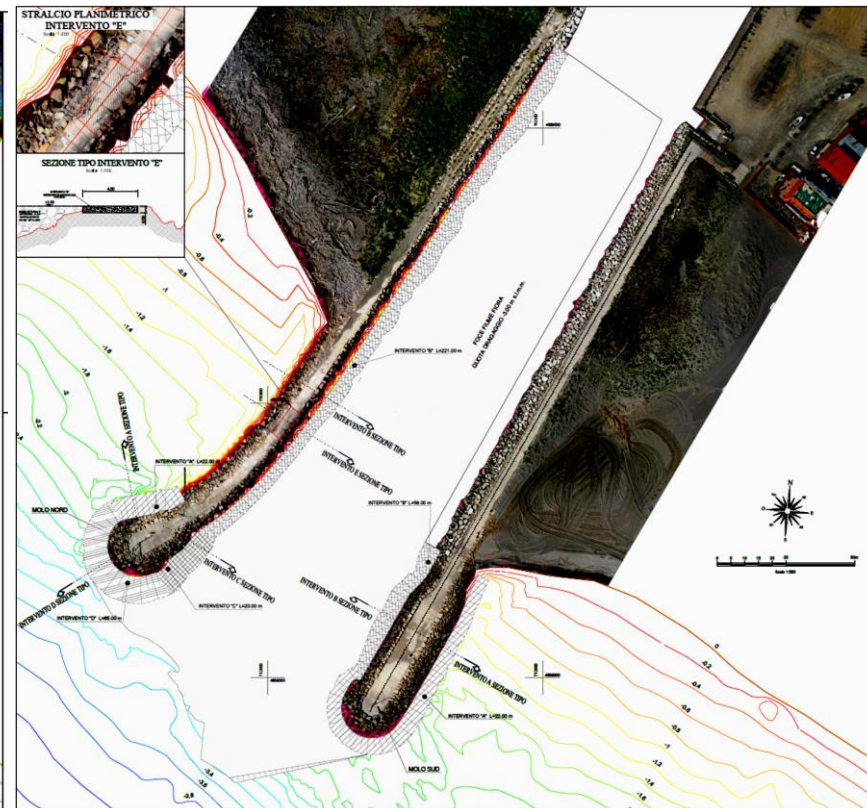


4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA

STATO ATTUALE



INTERVENTI DI PROGETTO





INDICE DEGLI ARGOMENTI

1. CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI
2. ESIGENZA DI PROTEZIONE DELLE FOCI
3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE
4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA
 - Realizzativi
 - Manutentivi
- 5. CONCLUSIONI**



5. CONCLUSIONI

1. CLASSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FOCI FLUVIALI

- In natura esistono due tipologie principali di foci fluviali
- La perdita di apporti solidi fluviali sta alterando pesantemente il delicato equilibrio morfologico dei sistemi di foce, causando lo smantellamento delle stesse

2. ESIGENZA DI PROTEZIONE DELLE FOCI

- L'alto valore funzionale, economico ed ambientale delle foci fluviali rende indispensabile l'attuazione di interventi di mantenimento e salvaguardia di tali ambiti e delle strutture poste a difesa delle stesse

3. DIFFERENTI TIPOLOGIE DI OPERE DI PROTEZIONE

- In corrispondenza delle foci fluviali si concentra una moltitudine di fenomeni differenti, la cui gestione richiede misure specifiche, interdisciplinari e pluri-connesse (forzanti meteomarine, eventi di piena anche a carattere alluvionale, interferenze con la dinamica litoranea, problemi di occlusione per deposito, aspetti di qualità delle acque, salvaguardia di habitat faunistici, zone umide, ecc.)

4. ASPETTI PECULIARI DELLA FOCE DEL FIUME FIORA

- Il caso studio ha consentito di testimoniare buona parte delle tematiche sopra esposte



GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Ing. Alessandro NUNZIATI

Presidente Commissione Difesa delle Coste e Costruzioni Marittime

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

alexnunziati@gmail.com