

**Zeitschrift:** Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

**Band:** - (2001)

**Heft:** 1

**Artikel:** Per un approccio all'analisi idrodinamica necessaria alla progettazione di un porto galleggiante

**Autor:** Galfetti, Giorgio

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-132177>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Per un approccio all'analisi idrodinamica necessaria alla progettazione di un porto galleggiante

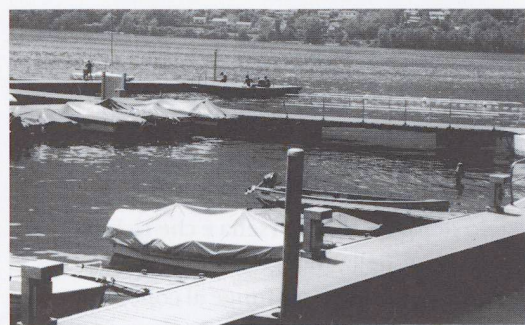
Giorgio Galfetti

Il recente collaudo delle strutture galleggianti approntate per il nuovo porto di Morcote-Vedo (fig.1), ci offre lo spunto per evidenziare i concetti generali che legano lo studio di fattibilità preliminare per una installazione da diporto, alla conseguente analisi idrodinamica approfondita, basata sull'orografia e le plausibili condizioni ambientali estreme del sito.

L'operabilità progettuale su un piano d'acqua scaturisce, per analogia con il piano di sicurezza e di utilizzazione secondo SIA 160, in una «analisi delle imposizioni intrinseche del sito», vincolante l'intera progettazione successiva:

*Queste condizioni inderogabili soggiacciono prevalentemente:*

- a) Alla situazione territoriale dell'insenatura.
- b) Alla geologia e geotecnica dei fondali lacustri e delle rive.
- c) Ai settori di esposizione soggetti ai venti dominanti e regnanti, e di riflesso ai moti ondosi estremi indotti.
- d) Alla morfologia stessa dell'insenatura e dei fondali, nonché alla possibilità e/o necessità di dover ricorrere a un bacino essenzialmente protetto (diga frangiflutto o a dissipatore d'energia).
- e) Alle esplicite condizioni di viabilità del piano d'acqua e alla conseguente necessaria segnaletica diurna e notturna.
- f) All'analisi particolareggiata dei moti ondosi estremi e significativo-determinanti, per la progettazione delle opere di ancoraggio e stabilizzazione subacquea e per le verifiche strutturali dell'orditura portante dei pontili galleggianti impiegati.
- g) Alle condizioni estreme di utilizzo, caratterizzanti il limite d'impostazione per un bacino non protetto, per rapporto, invece, alla necessità d'impiego di un molo frangionde adeguato ed efficace.



1.

In molti casi, la mancanza di uno studio preliminare, porta ad installazioni ibride, molto più vicine alla realizzazione di un «posteggio sull'acqua» (per analogia con quelli di terraferma), che non a un porto vero e proprio.

Non di rado, infatti, si notano barche ormeggiate con le fiancate sottovento, amplificanti, di per se stesse, e in modo rilevante, gli sforzi generati sui pontili e sugli elementi di stabilizzazione subacquea. Ciò a scapito evidentemente della durata di vita plausibile delle installazioni in acqua e dei natanti ormeggiati.

I recentissimi studi di A. Uhlmann - 1997, dimostrano in effetti, come una disposizione errata dell'orientamento dei natanti, dovuta evidentemente ad un'impostazione morfologica carente dei pontili galleggianti, può dare origine a sforzi persino raddoppiati! (fig.2,3)

È quindi opportuno, prima di procedere ad un'analisi idrodinamica approfondita dei pontili standard, impiegabili, e alla verifica della necessità o meno di assicurare la protezione cautelativa del bacino portuale, determinare le condizioni esistenti di operabilità, vincolanti le scelte progettuali all'interno dell'insenatura prevista per l'insediamento.



Ciò comporta una serie di approfondite indagini e precisamente:

1. *L'analisi del regime dei venti, dei loro moti ondosi significativi, indotti, delle correnti di superficie e di conseguenza pure degli sforzi di trascinamento e deriva generati.*

- Pertanto la valutazione dei settori di traversia principale e secondaria, determina l'orientamento, per così dire, ottimale delle calate dei pontili. (fig.4)

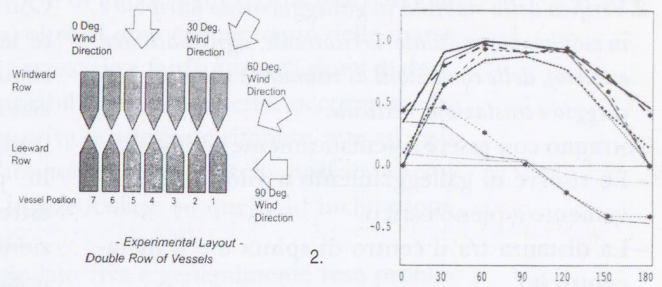
- La verifica dei dati eolici esistenti, è indispensabile alla determinazione approssimata dello spettro energetico d'onda, sia per i regimi ricorrenti, sia per quelli significativo/determinanti, e/o al limite per quelli estremi (anche se improbabili). (Teoria di K. Hasselman & All., 1973)

(fig. 5, 6)

- La presenza di correnti di superficie a ciclo periodico (secche) incrementa inoltre le possibilità di agitazione all'interno dell'insenatura e non deve pertanto essere sottovalutata.

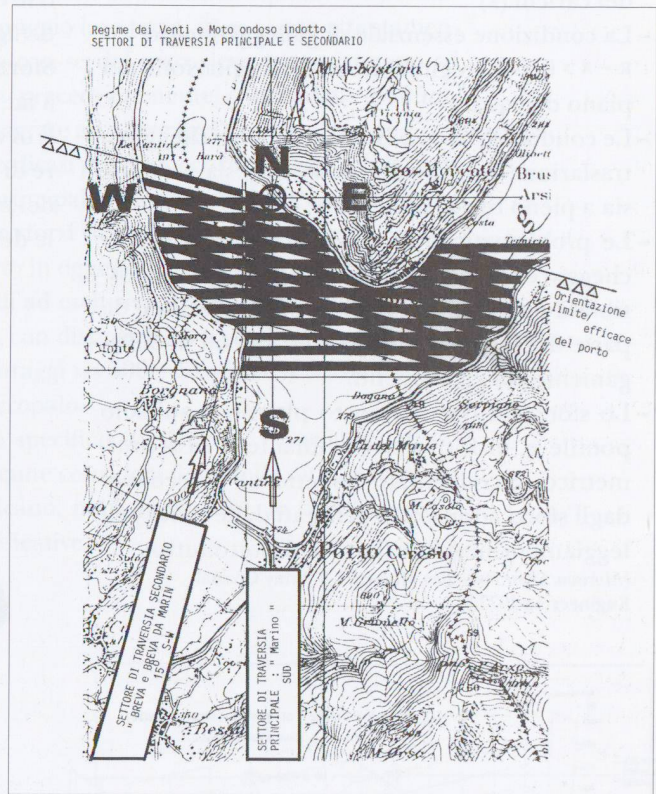
- Le condizioni idrodinamiche preliminari, permettono di ricavare gli sforzi che sollecitano i pontili galleggianti (e di riflesso le catenarie e i blocchi di ancoraggio e stabilizzazione subacquea). (fig.7)

- Con queste basi fondamentali è possibile la determinazione delle caratteristiche necessarie all'elaborazione di un capitolato d'onori, per i pontili galleggianti di produzione standard, impiegabili e soprattutto adatti alle caratteristiche morfologiche dell'insenatura scelta.



2.

3.



4.

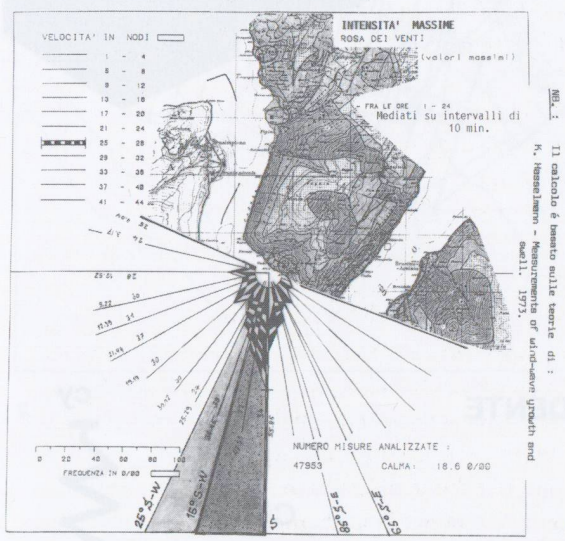
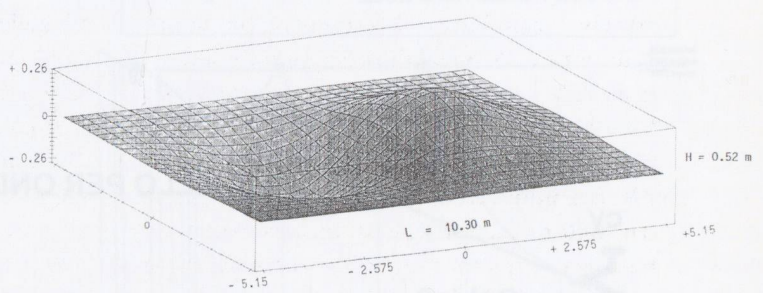


FIG. 5. Il grafico è basato sulle tabelle di: M. Hasselman - Memorandum of advanced research model, 1973.

5.

Morcote - Località Vedo : ONDA MASSIMA SIGNIFICATIVA DETERMINANTE SUD - 15° S-U  
 Grado di Beaufort : Forza 6 - 7;  
 Altezza d'onda : H = 0.52 m; Lunghezza d'onda : L = 10.30 m  
 Periodo : T = 2.5 sec ; Celerità : C = 4.0 m/sec



6.

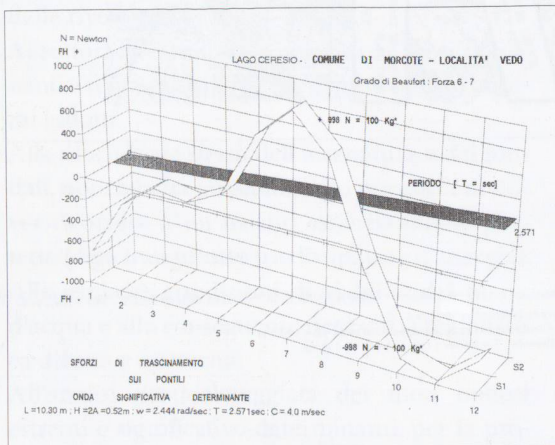


2. Verifica della stabilità in galleggiamento (a riposo e in movimento ondulatorio ricorrente, significativo ed estremo), delle condizioni di risonanza in rollio, beccheggio e traslazione verticale.

Potranno così essere sistematicamente verificate:

- Le riserve di galleggiamento a vuoto, rispettivamente a pieno carico.
- La distanza tra il centro di spinta e e il metacentro (R)
- La distanza tra il centro di spinta e il baricentro dei carichi (A)
- La condizione essenziale di galleggiamento:  $R - A > 0$  per i regimi plausibili di agitazione del piano d'acqua.
- Le condizioni di stabilità in rollio, beccheggio e traslazione verticale (*pilonnement*), sia a vuoto, sia a pieno carico d'esercizio.
- Le problematiche di risonanza in rollio, beccheggio e traslazione verticale, comprese le possibilità di ammortizzamento e attenuazione da parte del liquido stesso, sia dai vincoli di collegamento fra gli elementi.
- Lo sforzo di trascinamento plausibile sul solo pontile e, in forma determinante il caso antisimmetrico, incrementato rispetto al precedente dagli sforzi addizionali generati dalle unità galleggianti ormeggiate (barche di sottoflutto).

(Morison: Shore Protection Manual, US Army Coastal Engineering 1977)



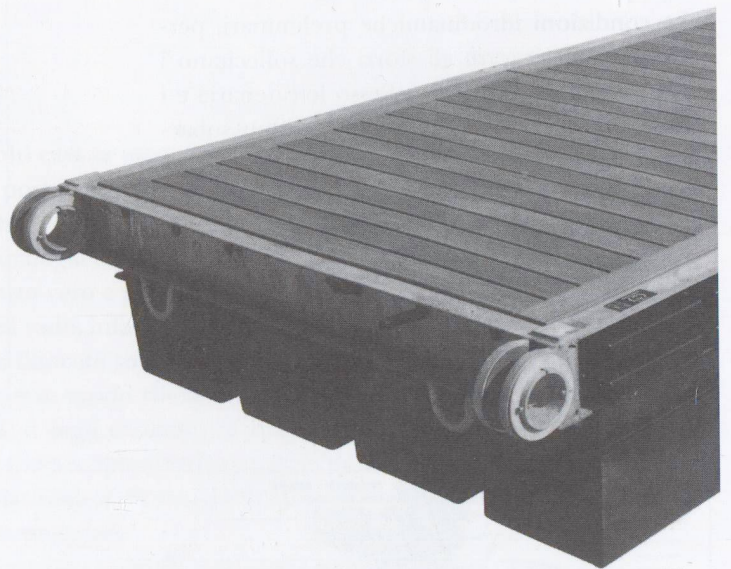
9.

Con queste valutazioni è quindi possibile verificare le condizioni di sicurezza strutturale e di efficienza funzionale dei telai principali metallici (acciaio, acciaio inossidabile, alluminio), costituenti l'orditura dei pontili.

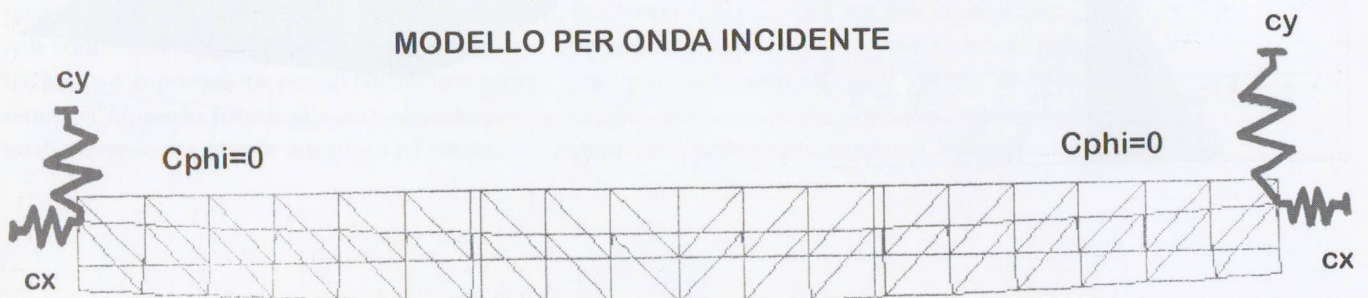
In particolare simulando un comportamento estremo della risposta delle catenarie di stabilizzazione (con reazioni in defasaggio tra l'ormeggio di testata rispetto a quelli centrali, applicati a più pontili), si ottengono gli sforzi massimi sollecitanti le componenti strutturali delle unità galleggianti. (fig.8)

Sforzi a cui dette unità galleggianti sono chiamate a far fronte, per la loro intera durata d'esercizio.

È ovvio che questa analisi strutturale permette pure di individuare le zone soggette a maggior fatica dei materiali, e quindi la comparazione strutturale dei prodotti in commercio.



MODELLO PER ONDA INCIDENTE



8.



### 3. Dimensionamento essenziale degli ancoraggi e degli elementi di stabilizzazione sub acqua.

*Dimensionamento delle ritenute a terra, degli ormeggi d'ancoraggio a terra e dei blocchi di appoggio delle passerelle di accesso ai pontili.*

Infine l'analisi idrodinamica, fornisce il dimensionamento essenziale delle catenarie di stabilizzazione, delle zavorre e dei blocchi di ancoraggio subacqueo. Quest'ultime verifiche devono essere integrate dalla necessità di «immergere» o meno i pontili, per il tramite di contrappesi o maggiorazione del diametro delle catene, atti al medesimo scopo, proprio per affinare galleggiabilità e stabilità delle calate accessibili al pubblico (confort di utilizzazione). (fig.9,10)

In effetti, le problematiche attinenti il sistema di ancoraggio per un impianto di pontili galleggianti richiede una attenta valutazione di parametri oggettivi, quali:

- Livelli dello specchio acqueo (valori estremi eccezionali al fine di garantire la sicurezza delle strutture, ma anche per assicurare una fruibilità ottimale per l'utenza)
- Batimetria dei fondali
- Conoscenza dei moti ondosi
- Riflessione e rifrazione d'onda (piano delle creste)

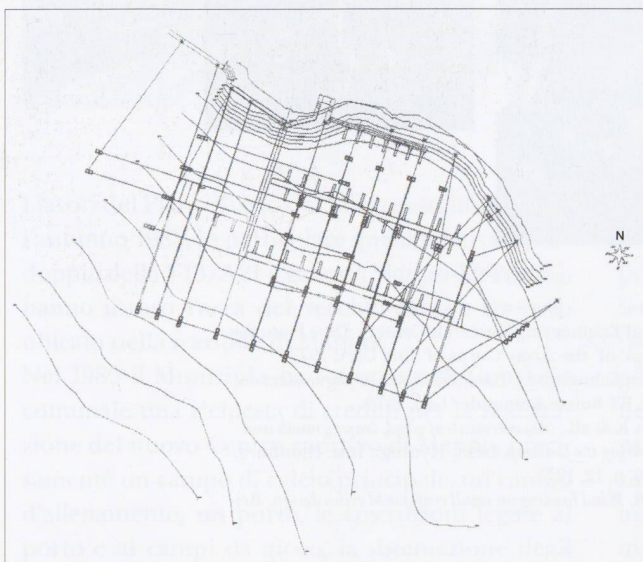
Per le zavorre di ancoraggio, (corpi morti in calcestruzzo) oltre al dimensionamento delle masse in acqua necessarie a far fronte agli sforzi di deriva, accoppiabili in più elementi, occorre predisporre lato riva le adeguate ritenute, atte ad assicurare l'immobilità dei blocchi posizionati sul fondale, in particolare su quelli ad inclinazione accentuata.

L'ormeggio lato riva è generalmente reso problematico dalla configurazione dei fondali, per lo più prossimi alla loro pendenza di equilibrio e pertanto l'ancoraggio lato terra, deve essere attentamente valutato e, se del caso, deve poter far capo ad una riva precedentemente consolidata (palificazioni integrate ad ancoraggi).

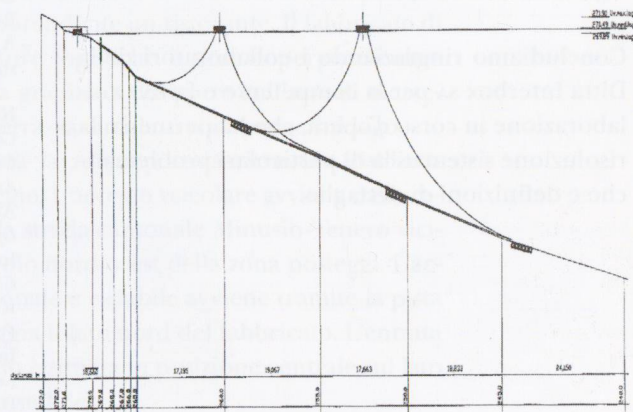
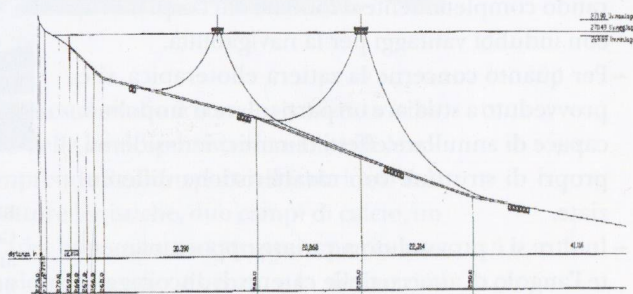
Lo stesso dicasi per il blocco di appoggio delle passerelle principali di accesso, il quale è chiamato ad incassare sforzi tutt'altro che indifferenti.

(Nel porto in oggetto la riva è consolidata a mezzo micropali ad esclusiva rotazione DN 200 mm - l = 12.00 m, con disposizione a «zig-zag» ogni 3.00 m, con ancoraggi MS 500 - Stahlton SA - 200 KN, per ogni micropalo.

Nel caso specifico di Morcote, riportiamo, di seguito, alcune considerazioni della ditta esecutrice, che indicano, nella fattispecie, le problematiche più significative.



9.

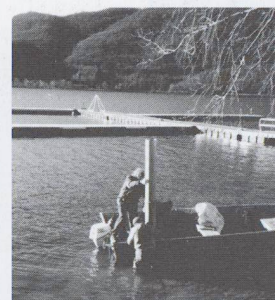
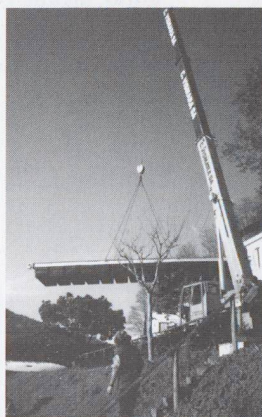


10.



- L'ottimizzazione dell'intero sistema di ancoraggio, è stata facilitata dalla disponibilità di dati cognitivi dettagliati, contenuti nel capitolato d'oneri e nella documentazione allegata al capitolato di appalto.
- Una attenta e sistematica collaborazione con il progettista e direttore dei lavori, ha consentito la risoluzione dei numerosi problemi di dettaglio, che puntualmente, come per ogni impianto, si sono via via evidenziati.
- In particolare si è presentata la necessità di dover operare con vincoli quali la prossimità di un'area naturalistica protetta e la presenza di cavidotti sommersi.
- Queste situazioni, unitamente all'andamento del fondale hanno costretto il posizionamento dei punti fissi di ancoraggio a profondità differenti, anche per catene adiacenti.
- Tutto ciò premesso, le soluzioni scelte sono risultate le seguenti:
  - Protezione anticorrosiva di tutte le catene con zincatura a fuoco.
  - Diametro delle medesime fino a 20 mm!
  - Ancoraggio diretto (quando possibile) alla banchina
  - Catenarie di ritenuta
  - Applicazione di catenarie di stabilizzazione
- Il pontile piccolo adiacente alla riva è stato ormeggiato con pali, stante l'impossibilità di utilizzare catene di ancoraggio verso terra.
- Laddove possibile i punti fissi per le catene interne sono stati realizzati sulla banchina, liberando completamente il fondale dai corpi morti, con indubbi vantaggi per la navigabilità.
- Per quanto concerne la zattera elioterapica, si è provveduto a studiare un particolare trampolino, capace di annullare effetti dinamici indesiderati, propri di strutture con caratteristiche differenziate.
- Inoltre si è provveduto a variare opportunamente l'angolo di attacco delle catene di ancoraggio, al fine di scongiurare contatti accidentali ai bagnanti.

Concludiamo ringraziando i collaboratori della Ditta Interbox SA per la competente e fattiva collaborazione in corso d'opera, che ha permesso la risoluzione sistematica di particolari problematiche e definizioni di dettaglio.



#### Bibliografia

- Cerc (Coastal Engineering Research Center), *Shore Protection Manual*, Dept. of the Army Corps of Eng USA, 1977
- Bruschin J. et Schneiter L., *Caractéristiques des vagues dans les lacs profonds*, BT Suisse Romande (1-9), 1978
- Hasselmann K & all., *Measurements of wind, wave growth and swell decay during the Jonswap*, Deut. Hydrogr. Inst. Hamburg, Reihe A (80), n. 12, 1973
- A. Uhlmann, *Wind loading on small craft for Marina design*, Brisbane 1997

#### Nuovo porto comunale di Morcote

Committente

Comune di Morcote

Architetto

Antonio & Luca Antorini, Massagno

Opere strutturali e idrodinamiche

Ing. Giorgio Galfetti, Riva San Vitale-Lugano

Consulenza geotecnica

ICG, Ing. Martinenghi, Lugano

Pontili galleggianti

Interbox SA, Grancia

Lavori subacquei

D.C.A. Subwork SA, Chiasso