



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

**CANALE MALAMOCCO MARGHERA: STUDIO PROPEDEUTICO ALLA PROGETTAZIONE PER LA DEFINIZIONE DI SOLUZIONI OPERATIVE E INFRASTRUTTURALI PER MASSIMIZZARE LA SOSTENIBILITÀ DELLA NAVIGAZIONE – cofinanziato a valere sul progetto CEF “Channeling the Green deal for Venice”, Action no: 2019-IT-TM-0096-S.**

**CUP F72E18000190005**

**CIG 8524154269 - ID SINTEL 131481756**

**CAPITOLATO TECNICO**

Il servizio del presente procedimento di gara è finalizzato alla valutazione dell’impatto idrodinamico sul Canale Malamocco-Marghera e sulle fasce limitrofe, innescato dal transito di navi lungo il canale stesso. Si considererà il traffico esistente e la sua evoluzione in termini di frequenze e caratteristiche del naviglio.

Lo studio è finalizzato alla determinazione degli interventi da realizzarsi all’interno del canale e delle zone limitrofe al fine di limitare i processi erosivi e/o di deposizione, ovvero all’identificazione delle soluzioni gestionali atte a massimizzare la sostenibilità della navigazione. Il presente studio dovrà trattare tutti gli effetti interni ed esterni al canale stesso, relativi all’impatto idrodinamico causato dalla navigazione.

Nell’individuazione delle soluzioni, particolare attenzione dovrà essere posta alle tematiche di sospensione, e trasporto dei sedimenti, erosione dell’ambiente lagunare ed in generale all’ottimizzazione dell’infrastruttura di accesso al porto e della sua manutenzione ordinaria e straordinaria.

Nell’ambito del presente studio l’appaltatore dovrà:

1. **Sviluppare una caratterizzazione climatica e idrogeologica della Laguna di Venezia**, sulla base delle banche dati proprietarie, fornite da terzi, e/o da Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Settentrionale, (di seguito ADSP), finalizzata alla:

- i. definizione delle condizioni meteo-marine di maggiore frequenza statistica e intensità,
- ii. caratterizzazione idro-geologica e determinazione dei parametri geotecnici inerenti ai fondali per le regioni e profondità di interesse.



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

Lo studio dovrà considerare i principali fenomeni meteorologici quali marea, corrente, agitazione ondosa e vento, tenendo conto della presenza degli affluenti alla Laguna (superficiali e/o sotterranei) e degli eventuali effetti idrodinamici da essi originati (variazioni di salinità, densità, temperatura, flusso e apporto solido).

Particolare attenzione dovrà essere dedicata alla determinazione della matrice degli eventi correlati statisticamente più frequenti al fine di stabilire gli scenari climatici di progetto. Le configurazioni individuate dovranno essere le più possibili rappresentative del clima caratterizzante il sito in esame in modo da determinare le forzanti e le condizioni al contorno da utilizzare per le modellazioni inerenti alla navigabilità, all'idrodinamica e all'evoluzione morfologica della laguna in relazione all'intervento di ripristino del canale Malamocco-Marghera.

Gli scenari individuati dovranno quantomeno vagliare la contemporaneità di:

- a. onde ordinarie di marea ( $\pm 0.35$  m s.m.m.) e corrente;
- b. condizioni anemometriche a elevata frequenza di apparizione, ovvero caratterizzate da velocità massime (direzione  $30^\circ$ - $60^\circ$  e  $120^\circ$ - $150^\circ$ , per intervalli di 5 m/s);
- c. agitazione ondosa, distinguendo i casi attribuibili a processi generativi esterni/interni alla laguna. Ove ritenuto opportuno, per la regione lagunare sarà necessario dettagliare lo studio rispetto alle direzioni caratterizzate da maggiore fetch geografico ( $90^\circ$  e  $270^\circ$ ).

L'analisi del clima meteomarinò andrà in generale orientata alla determinazione degli eventi caratterizzati da maggiore frequenza statistica, tenendo conto dei fenomeni che maggiormente possano influenzare le operazioni di manovra delle navi lungo il percorso del canale Malamocco Marghera. Andranno inoltre analizzati, nell'ambito della stabilità morfologica post intervento del sito e della laguna, i fenomeni estremi caratterizzati da maggiore persistenza temporale, ponendo particolare attenzione agli eventi di marea.

La caratterizzazione idrogeologica dovrà essere realizzata sulla base dei dati forniti da ADSP, ovvero in ragione di database proprietari e/o appartenenti a soggetti terzi. L'analisi dovrà limitarsi alle fasce più superficiali del fondale eventualmente soggette a processi erosivi (0-3m), determinando le proprietà geotecniche di maggior rilievo ai fini delle modellazioni idrodinamiche. Le analisi dovranno dunque dettagliare:



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

- a. Le curve granulometriche per i sedimenti campionati a maggiore dimensioni (Setacciatura -  $D > 0.075\text{mm}$ ), ovvero per la componente fine (Sedimentazione);
- b. I parametri geotecnici di resistenza, ponendo particolare attenzione alla definizione dei termini che s'intende utilizzare durante la successiva modellazione idrodinamica per la caratterizzazione del comportamento coesivo dei fondali;
- c. I parametri geotecnici inerenti al trasporto solido (tensione critica e velocità di sedimentazione);
- d. I parametri di scabrezza dei fondali.

Gli studi dovranno inoltre permettere di valutare l'eventuale influenza sulle condizioni di salinità e densità attribuibili alla presenza di corpi acquiferi interferenti con lo scavo del canale di Malamocco Marghera.

La caratterizzazione morfologica del sito, infine, dovrà essere realizzata con l'obiettivo di regionalizzare i valori di cui ai punti a b c d, ponendo specifica attenzione all'influenza generata dalla componente vegetativa esistente.

2. **Delineare il dominio di studio** da associarsi alle modellazioni discernendo, ove necessario, l'estensione e la risoluzione dello stesso in riferimento alla realizzazione di simulazioni idrodinamiche preliminari (finalizzate alla definizione delle condizioni climatiche da adoperarsi all'interno dei modelli di simulazione di navigazione), ovvero per la realizzazione di analisi di dettaglio del sito (finalizzate alla determinazione delle sollecitazioni idrodinamiche agenti all'interno della laguna).

L'appaltatore dovrà in tale fase determinare l'estensione d'interesse del dominio di calcolo, distinguendo in ragione del carattere preliminare dell'analisi (finalizzato allo studio della navigazione), ovvero definitivo (finalizzato alla definizione degli interventi di protezione dai processi erosivi). L'area di studio dovrà almeno dettagliare la regione del canale Malamocco-Marghera, le fasce litoranee (naturali e antropizzate) in zona Fusina, le barene, velme, casse di colmata, i canali naturali limitrofi e gli elementi infrastrutturali esistenti (porti, banchine, ponti), ovvero i progetti approvati e/o in fase di sviluppo che possano comportare una variazione dell'assetto attuale della laguna.

Il dominio dovrà contemplare l'uso di mesh di calcolo 3D, strutturate e non strutturate, con dimensioni medie variabili in ragione del grado di dettaglio richiesto alla precisa descrizione morfologica del sito. Nello specifico, le maglie di analisi dovranno avere dimensioni in piano non superiori ai 150-100m per le porzioni di mare aperto antistante la Laguna di Venezia, non superiori ai 20-30m per lo spazio lagunare subito fuori il canale di Malamocco, per la





AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

zona a sud di Venezia e per le due bocche limitrofe (Bocca di Chioggia e di Lido), aree potenzialmente suscettibili alle sollecitazioni indotte dal passaggio delle navi. Infine la griglia all'interno della regione del canale (fino a 300m dalla sponda laterale) dovrà avere dimensioni non superiori ai 4m di lato, così come tutte le porzioni di fondale caratterizzate dalla presenza di eventuali elementi puntuali (paratoie mobili Mose, pile ponte della Libertà, ecc.). Nel rispetto di quanto appena esposto, al fine di garantire la riproduzione fedele delle batimetrie, l'appaltatore potrà selezionare la dimensione delle maglie di calcolo e stabilire opportuni gradi di annidamento per le regioni oggetto di indagine.

Le mesh di calcolo verticali saranno realizzate mediante accoppiamento di griglie a spessore costante e maglie a morfologia adattativa al fondale, in numero non inferiore a 20 livelli per le porzioni di batimetrie inerenti al canale in esame (fino a -12m msl). Per le regioni caratterizzate da acque basse limitrofe al canale (fino a -3m msl), ritenute maggiormente sensibili rispetto ai fenomeni di evoluzione morfologica innescati dal passaggio delle navi, si ritiene sufficiente un numero di mesh verticali non inferiore a 10. Per le eventuali singolarità batimetriche caratterizzate da profondità inferiori ai 12m msl (Bocca di Malamocco – Curva di San Lorenzo), l'appaltatore dovrà provvedere alla definizione di mesh di calcolo (numero livelli e spessori) tali da permettere lo sviluppo delle analisi idrodinamiche per le sole profondità di interesse correlato al passaggio delle navi.

La definizione delle batimetriche di calcolo sarà determinata in ragione dei dati forniti da ADSP, ovvero in funzione di database proprietari e/o di terzi. Particolare attenzione in tale ambito è richiesta per la definizione della geometria del canale Malamocco-Marghera. L'appaltatore nell'ambito dell'analisi delle informazioni fornite/reperate dovrà identificare la scala gerarchica di rilevanza del dato in ragione della datazione, della risoluzione e dell'errore associato alla misurazione, in modo da ricostruire il fondale del sito di indagine con la maggiore accuratezza possibile. Nella costruzione del modello del fondale assumerà rilievo la definizione delle linee cartografiche di vincolo, rappresentative delle sponde del canale, delle strutture antropiche interferenti e degli elementi morfologici naturali esistenti in laguna (velme, barene, canali).

In tale sede è infine richiesta la verifica preliminare delle regioni del canale Malamocco Marghera da sottoporre a ripristino batimetrico secondo progetto originale (profondità media -12 m msl, cunetta 60-100). È altresì richiesta una prima preliminare valutazione degli interventi eventuali da realizzarsi al fine di permettere la navigazione delle navi di maggiori dimensioni forniti



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

da ADSP, in ragione delle indicazioni presenti in letteratura e/o linee guida di riferimento (a titolo di esempio: Pianc: Harbor Approach Channel Guidelines – 2014 e/o aggiornamenti). Nel dettaglio andrà verificata:

- i. L'adeguatezza della profondità del canale di Malamocco Marghera rispetto al pescaggio della nave;
- ii. L'adeguatezza della larghezza del canale rispetto alle dimensioni della nave;
- iii. L'adeguatezza dello sviluppo planimetrico in rettilineo del canale rispetto alle dimensioni della nave;
- iv. L'adeguatezza della distanza tra murata della nave di maggiori dimensioni e sponda del canale;
- v. L'adeguatezza del tracciato planimetrico rispetto ai raggi di curvatura minimi necessari per le manovre delle navi di maggiori dimensioni.
- vi. L'adeguatezza dei bacini di evoluzione presenti lungo il percorso del canale di navigazione (al minimo Bacino di Evoluzione 3).

Ove ritenuto necessario, l'appaltatore potrà procedere a ulteriori forme di approfondimento preliminare finalizzate alle verifiche di idoneità geometrica del canale Malamocco Marghera.

3. **Sviluppare un modello idrodinamico preliminare** finalizzato all'avvio delle analisi inerenti alla navigabilità del canale Malamocco-Marghera, ovvero a procedere con la calibrazione dei parametri di simulazione.

L'appaltatore dovrà predisporre una modellazione idrodinamica in grado di riprodurre lo stato di mare, le correnti e le maree, all'interno del dominio di calcolo così come definito al punto 2, in ragione delle forzanti al contorno già definite al punto 1. Lo studio dovrà prestare particolare attenzione ai fenomeni innescati dall'interazione tra onde e fondale (shoaling, rifrazione, frangimento) e strutture esistenti (diffrazione).

Al fine di permettere una corretta valutazione dei parametri di resistenza associati alla tipologia di sedimento di fondo presente in laguna, ovvero in ragione della flora marina esistente, è richiesta una calibrazione preliminare finalizzata alla determinazione di:

- i. Tasso erosione dei sedimenti
- ii. Sforzo critico per la sedimentazione
- iii. Sforzo critico per l'erosione
- iv. Velocità di sedimentazione
- v. Scabrezza di fondo



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

La caratterizzazione di cui ai punti precedenti dovrà tenere conto delle attuali strutture morfologiche presenti all'interno dell'ambito lagunare (velme, barene, casse di colmata) e della distribuzione della vegetazione marina rilevata. In tale ambito l'appaltatore potrà operare in ragione degli studi pregressi forniti da ADSP, ovvero in riferimento a dati di base proprietari e/o appartenenti a terzi. Particolare attenzione andrà riservata alla caratterizzazione dell'inerzia al trasporto solido attribuibile al comportamento coesivo dei terreni presi in esame.

L'analisi di calibrazione sarà realizzata in ragione delle misurazioni attribuibili agli eventi climatici di riferimento quali maree, stati di mare, correnti, condizioni anemometriche, determinando la rispondenza dei risultati ottenuti preliminarmente dai modelli rispetto ai punti di misurazione diffusi all'interno della laguna di Venezia. L'analisi della rispondenza delle variabili inerenti al trasporto solido sarà altresì sviluppata in ragione della pregressa e certificata evoluzione morfologica della regione di studio, ovvero secondo alternative metodologiche equipollenti o migliorative eventualmente proposte dall'appaltatore.

Al termine del presente punto sarà desunta una matrice che redistribuisca gli scenari di cui al punto 1 all'interno del canale di Malamocco Marghera ai fini delle verifiche delle condizioni di manovrabilità della nave di cui al successivo paragrafo 4.

4. **Sviluppare un modello finalizzato alla verifica della navigabilità** del canale Malamocco-Marghera in ragione delle tipologie di navi selezionati da ADSP, della geometria plano-altimetrica del canale e delle condizioni climatiche investigate ai precedenti punti 1-3. Le analisi andranno condotte mediante simulatori "fast-time" e "real time full bridge" secondo modalità e procedure proposte dall'appaltatore in fase di gara.

Gli studi di cui al presente punto saranno realizzati in riferimento al parco navi proposto da ADSP. Al solo scopo di fornire numero, tipologia e la classe, delle navi da utilizzare nelle simulazioni, si riporta nella tabella sottostante un primo esempio indicativo:

Nave di riferimento	tipologia	LOA	Largh	Pescaggio Max
CMA CGM Rigoletto	Portacontainer	349	42,8	14,50
CMA CGM Cendrillon	Portacontainer	334	42,8	14,50
RDO CONCORD	Portacontainer	304	40	14,50
ANDREA PALLADIO	Rinfuse secche	235	43	13,50
MSC MAGNIFICA	Crociera	294	32	8,00



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

QUANTUM OF THE SEA	Crociera	348	42	8,80
PHOENIX HOPE	Rinfuse liquide	244	42	15,00
CRUISE OLYMPIA	Traghetto	225	30	7,15

Ove necessario, l'appaltatore dovrà predisporre gli approfondimenti necessari all'esaurivo sviluppo delle simulazioni complessivamente da eseguirsi. E' a carico dell'appaltatore il reperimento dei modelli geometrici da utilizzare nelle simulazioni. Pertanto sarà possibile eventualmente utilizzare navi analoghe qualora disponibili nelle proprie librerie.

Tutte le analisi andranno condotte valutando i valori di velocità di navigazione associabili a ciascuna tipologia di naviglio, in ragione degli stati di mare, delle correnti e dei campi anemometrici di maggiore frequenza statistica. Le simulazioni dovranno tener conto del quadro Normativo di riferimento per la navigazione all'interno della Laguna di Venezia (Ordinanza 175/2009 – Aggiornamento del 2016) e degli Standard Internazionali vigenti (International Maritime Organization recommendation and standards). Con particolare riferimento all'Ordinanza 175/2009 - Aggiornamento del 2016 e ai limiti di velocità di navigazione attualmente in essere, l'appaltatore potrà proporre eventuali variazioni alla soglia indicata in ragione dei risultati ottenuti dagli approfondimenti del presente bando. Le proposte dovranno essere supportate da studi dettagliati che permettano di vagliare i margini di sostenibilità degli interventi previsti per proteggere l'ambiente lagunare.

Lo sviluppo del modello della singola nave sarà realizzato sulla base delle informazioni geometriche e tecnologiche fornite da ADSP, ovvero in ragione di dati desunti da Database proprietari e/o terzi. L'analisi dovrà contemplare diverse condizioni di carico, al fine di stabilire la risposta del naviglio in termini di manovrabilità.

Gli studi andranno condotti per l'intera estensione del canale di Malamocco Marghera, riservando particolare attenzione alle sezioni ritenute maggiormente critiche per ridotti raggi di curvatura, strizione della larghezza, orientamento sfavorevole rispetto alle condizioni anemometriche (60-90° per la tratta parallela alla costa della zona Fusina; 120-150° per la tratta in prossimità della Bocca di Malamocco) o d'onda esistenti. Andranno altresì attenzionate le porzioni limitrofe di laguna caratterizzate da parziale e/o completa assenza di opere soffolte a protezione dei fondali (a titolo di esempio tratto di canale compreso tra Bocca di Malamocco e Porto San Leonardo), ovvero



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

le regioni (fondali/costa) soggette a comprovati fenomeni di erosione. Il modello dovrà inoltre verificare l'adeguatezza dei bacini di evoluzione esistenti rispetto alle navi selezionate (almeno Bacino di Evoluzione 3).

Gli scenari iniziali di simulazione andranno raccolti all'interno di una matrice che correli la frequenza statistica combinata inerente agli aspetti climatici, già descritti al punto 1, con la tipologia di naviglio selezionato (numero di transiti esistenti/previsti nel canale, geometria della nave, carico e campi di velocità ammessi).

Preliminarmente agli studi di manovrabilità è richiesta un'analisi deterministica finalizzata al calcolo dei valori di UKC (Under Keel Clearance) che tenga conto della tipologia di naviglio da analizzare (geometria e coefficiente di finezza), dei campi previsti di velocità di transito, degli effetti attribuibili alle maree, ai cambi di salinità e alla risposta in termini di variabili libere di moto della nave. L'approccio in precedenza introdotto è finalizzato alla riduzione del numero complessivo di scenari da modellarsi per singola nave sottoposta a indagine.

Al fine di garantire un sufficiente livello di approfondimento delle analisi di navigabilità, è richiesto un approccio combinato di modellazioni realizzate mediante auto-pilota ("fast-time simulations") ovvero mediante l'ausilio di personale specializzato ("real-time simulations").

Gli scenari modellati mediante simulatori "fast-time" dovranno essere ripetuti per un numero di volte non inferiore alle 10 unità (indicazioni Pianc: Harbor Approach Channel Guidelines – 2014 e/o eventuali aggiornamenti) al fine di tener conto della variabilità in termini di performance dell'operatore medio designato alla navigazione. Le simulazioni in "fast-time" o equivalenti dovranno permettere la successiva semplificazione degli scenari ammissibili per singola nave, con la delimitazione delle casistiche da sottoporre a definitivo approfondimento.

La matrice navi-scenari climatici determinata ai punti precedenti dovrà essere sottoposta a definitivo affinamento mediante l'adozione di simulatori "real-time full bridge" che permettano di verificare i risultati numerici ottenuti mediante ausilio di personale specializzato (capitano con certificazione IMO STCW). In tale ambito l'appaltatore, oltre a validare i risultati ottenuti attraverso simulazioni "fast time", dovrà fornire un'analisi di dettaglio rispetto a fenomeni fisici locali d'interesse quali, a titolo di esempio, la manovrabilità della nave in condizioni di ridotto franco sotto chiglia in presenza di fondali fangosi.





AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

L'analisi realizzata dovrà permettere di identificare:

- a. La validità delle assunzioni di natura geometrica realizzate al punto 2 e inerenti al ripristino del canale di Malamocco Marghera secondo sezione di progetto, ovvero i suggerimenti di variazioni locali all'infrastruttura finalizzate al passaggio delle navi selezionate da ADSP.
- b. Gli scenari operativi attribuibili a ciascuna nave in termini di:
  - i. Intervalli di velocità e relativa frequenza statistica per assegnata regione omogenea del canale di Malamocco Marghera;
  - ii. Intervalli di velocità di transito e relativa frequenza statistica per assegnata regione omogenea del canale di Malamocco Marghera nei casi di navigazione assistita da rimorchiatore;
  - iii. Frequenza statistica di interdizione al transito, per condizioni climatiche avverse, all'interno del canale di Malamocco Marghera per assegnata nave;
  - iv. Intervalli di massima velocità teorica di transito nell'ipotesi di non ottemperanza ai limiti prescrittivi di Normativa per assegnata regione omogenea del canale di Malamocco Marghera.
- c. Per ciascuna nave sarà necessario stimare la probabilità di eccedenza del valore limite dell'UKC, ovvero verificare che siano rispettati i limiti di:
  - i. Probabilità che si verifichi un incidente per impatto della chiglia con il fondo del canale, in condizioni di massimo minor danneggiamento (nave ancora manovrabile e non di ostacolo al traffico del canale), in 25 anni – soglia al 10% (Pianc: Harbor Approach Channel Guidelines – 2014 e/o eventuali aggiornamenti);
  - ii. Probabilità di lungo periodo che si verifichi un incidente per impatto della chiglia con il fondo del canale;
  - iii. Stima del rischio associato alle probabilità di cui ai punti precedenti.

Al termine della presente fase di analisi sarà necessario definire l'insieme di scenari (incidenza statistica correlata: tipo di nave – velocità di transito - clima meteomarinico) da sottoporre a successivo approfondimento per la determinazione dell'evoluzione morfologica della regione, ovvero degli interventi progettuali a protezione della stessa.



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

5. **Sviluppare un modello idrodinamico** finalizzato alla simulazione del passaggio, all'interno del canale di Malamocco Marghera, delle navi selezionate da ADSP in ragione della matrice di frequenza correlata inerente all'operatività del mezzo, ai campi di velocità per assegnata regione del canale e condizioni climatiche come da precedente punto 4.

In tale fase, l'appaltatore dovrà preliminarmente procedere con la generazione e validazione dell'onda indotta dal passaggio della nave (Bernoulli/Kelvin Wake), in ragione dei risultati sperimentali già ottenuti all'interno della Laguna di Venezia forniti da ADSP, ovvero in riferimento a metodologie affini e/o database proprietari e/o appartenenti a terzi.

In tale ambito particolare attenzione andrà riservata alle navi selezionate che attualmente sono escluse dal transito all'interno del canale di Malamocco Marghera, ovvero ai casi di nuove tipologie di navi per le quali è richiesto uno specifico approccio metodologico che permetta di ovviare all'assenza di misurazioni di campo.

L'analisi realizzata per la generazione dell'onda di progetto, oltre a dover tener conto della geometria dello scafo e dell'influenza eventualmente attribuibile alle porzioni di prua e poppa, dovrà valutare gli effetti associabili alla presenza delle eliche.

In tal senso l'appaltatore potrà operare mediante rappresentazioni numeriche sintetiche del flusso generato dalle eliche per la movimentazione della nave, ovvero, laddove si evidenziasse la necessità di un approccio di maggior dettaglio (sezioni caratterizzate da minori dimensioni trasversali, navi di maggiori dimensioni), a mezzo di simulazioni CFD (Computational Fluid Dynamics). Gli studi dovranno considerare:

- i. Le velocità variabili di navigazione delle navi rispetto ai massimi stabiliti al punto 4, ovvero valori correlati di potenza del rotore;
- ii. I valori di efficienza dell'elica rispetto alla geometria dello scafo e relativa al rotore medesimo (geometria elica e trasmissione albero).

L'appaltatore, infine, dovrà tenere in considerazione le eventuali caratteristiche geometriche del canale Malamocco Marghera che possano addurre a variazioni di rilievo dei parametri che influenzano la generazione dell'onda di pressione.



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

La validazione delle onde sintetiche numericamente generate andrà realizzata secondo modalità e procedure dichiarate dall'appaltatore in fase di gara.

Le modellazioni andranno realizzate mediante simulatori numerici basati su teorie che contemplino le condizioni generali di ridotta profondità dei fondali lagunari, ovvero la repentina variazione di pendenza trasversale/profondità della porzione di canale Malamocco Marghera lungo le sponde e in prossimità dei punti di attacco tra sponda-fondo canale e sponda-bassi fondali.

Le simulazioni dovranno essere condotte mediante modelli non lineari basati sulle equazioni di Navier-Stokes integrate sulla profondità (RANSe – Reynolds Averaged Navier Stokes equations), al fine simulare correttamente tutti i fenomeni non lineari dovuti all'interazione onda-onda e onda-fondale. In tale ambito sono da preferirsi modelli non-idrostatici che contemplino interamente o parzialmente la dinamica lungo l'asse verticale, fornendo in automatico le componenti non idrostatiche della pressione e permettano una descrizione accurata dei principali effetti indotti dalle repentine variazioni di profondità (porzione di dominio compresa tra fondo canale-sponda-bassi fondali lagunari).

Saranno considerati validi approcci mediante modelli basati su equazioni alla Boussinesq (grado di accuratezza definito in ragione del livello di troncamento), ovvero Non Linear Shallow Water. Nel primo caso sarà necessario proporre un'analisi che tenga conto della necessaria discretizzazione verticale dei valori di pressione. Le simulazioni, infine, dovranno tener conto dei processi di trasporto solido innescati dal frangimento ondoso in prossimità delle regioni caratterizzate dalla presenza di bassi fondali, ovvero strutture naturali e/o artificiali soffolte.

Per eventuali regioni del canale di Malamocco Marghera e/o specifici scenari operativi individuati, l'appaltatore dovrà approfondire i temi idrodinamici di cui al presente punto mediante la realizzazione di modelli CFD (Computational Fluid Dynamics) che permettano di descrivere meglio i fenomeni di interazione tra corpo della nave e pareti del canale.

Tutte le analisi morfologiche del canale Malamocco Marghera dovranno essere operate in ragione delle frequenze statistiche attribuibili agli scenari di cui al punto 4, approfondendo inoltre condizioni di dettaglio eventualmente generate dal passaggio successivo e temporalmente ravvicinato di più navi di progetto. In tale ambito è richiesta l'identificazione delle combinazioni di maggiore impatto in termini di sollecitazione idrodinamica al sito.





AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

Gli studi andranno sviluppati anche in ragione delle ipotesi eventuali di intervento che prevedano la realizzazione di sistemi terzi, attualmente non esistenti, dedicati alla protezione della laguna dai processi idrodinamici generati dal passaggio delle navi (barriere soffolte disposte a margine del canale Malamocco Marghera).

Si dovranno inoltre realizzare gli approfondimenti necessari al fine di valutare la risposta evolutiva della laguna della configurazione di progetto rispetto a eventi climatici statisticamente estremi, preferendo in tal senso i fenomeni caratterizzati da maggiore persistenza.

Le analisi di natura morfologica, inoltre, andranno estese per un intervallo temporale minimo pluriennale, ovvero per una durata sufficiente a stimare i fenomeni erosivi e di deposizione indotti dalla sovrapposizione tra eventi climatici e navigazione. Ove necessario l'appaltatore potrà ricorrere a metodologie che permettano di "scalare" temporalmente le modellazioni inerenti all'evoluzione morfologica indotta all'interno della Laguna dal passaggio delle navi.

L'analisi realizzata dovrà permettere di:

- a. Descrivere gli scenari di cui al punto 4 in termini di altezza d'onda, velocità delle correnti generate e tensioni tangenziali agenti, identificando la casistica che maggiormente appaia impattante in termini di evoluzione morfologica del canale;
- b. In ragione di quanto al punto a, identificare le eventuali porzioni del canale caratterizzate da interrimento/riduzione delle profondità, ovvero da erosione/instabilità spondale;
- c. Valutare la risposta in termini idrodinamici delle soluzioni strutturali da adottarsi al fine di preservare l'infrastruttura progettata, ovvero ridurre al minimo gli interventi di dragaggio e/o ripristino necessari al mantenimento dell'operatività portuale del canale Malamocco Marghera. A tal proposito, l'appaltatore dovrà indicare la frequenza minima delle attività manutentive di dragaggio necessarie a garantire la piena operatività del Canale Malamocco-Marghera. Andrà altresì indagato l'effetto in fase di adeguamento ed esercizio del canale rispetto al parametro di torbidità delle acque;
- d. Ove presenti, identificare le eventuali regioni, esterne al canale e ai presidi di protezione da progettarsi, soggette a maggiore impatto morfologico in ragione del transito delle navi di progetto. Oltre alle analisi inerenti ai processi erosivi e di deposizione, indagare in tale ambito le variazioni attribuibili ai livelli di concentrazioni di solidi sospesi presenti





AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

lungo le aree limitrofe al canale di Malamocco Marghera. Riservare particolare attenzione infine ai processi d'interramento/erosione delle infrastrutture portuali limitrofe, degli attraversamenti maggiori (Ponte della Libertà), dei canali lagunari, delle fasce focali degli affluenti della laguna (Naviglio del Brenta), ovvero le opere approvate e/o in fase di costruzione all'interno dell'ambito lagunare;

- e. Valutare il margine di sostenibilità dell'intervento rispetto alla navigazione del canale per valori di velocità superiori a quanto fissato da Normativa, in ragione dei risultati ottenuti dalle modellazioni di navigazioni di cui al punto precedente;
- f. Identificare l'influenza, in termini di operatività (navigazione, ormeggio, container handling, comfort) sulle strutture portuali esistenti rispetto alla navigazione delle navi di progetto;
- g. Fornire indicazioni dell'eventuale influenza sulla falda (sovrappressioni e flusso) attribuibile al passaggio delle navi di progetto, con particolare attenzione alle evoluzioni cui il sistema attuale potrebbe incorrere in ragione del naviglio di maggiori dimensioni. Indagare in tale ambito le eventuali conseguenze rispetto ai fenomeni di subsidenza già presente in laguna;
- h. Proporre un'analisi di raffronto tra l'equilibrio idrodinamico attuale e quello attribuibile agli interventi di ripristino, alle variazioni e alla differente frequenza e/o tipologia di navi in transito attraverso il canale di Malamocco Marghera. Particolare attenzione a tal proposito andrà posta alle valutazioni inerenti ai livelli e velocità di propagazione delle maree e delle correnti.

I risultati delle simulazioni idrodinamiche andranno rappresentati attraverso planimetrie, profili, sezioni e grafici che dettagliano i valori dei principali parametri di riferimento (velocità della corrente, tensione tangenziale, aree soggette a trasporto solido, altezza d'onda indotta dalla nave) e i cambiamenti attribuibili al passaggio da stato di fatto a stato di progetto. L'appaltatore dovrà inoltre riprodurre delle forme sintetiche dei parametri di cui sopra, inclusive della variabilità spaziale e temporale dei risultati.

6. **Sviluppare un sistema coordinato di soluzioni progettuali e operative** che permettano di salvaguardare la stabilità morfologica del canale di Malamocco Marghera, riducendo gli eventuali interventi di ripristino/manutenzione e garantendo i livelli di capacità di transito richiesti all'infrastruttura.



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

La progettazione degli interventi strutturali di riferimento dovrà essere quanto più possibile orientata a soluzioni strutturali compatibili con la specificità ambientale della laguna. Saranno da preferirsi soluzioni che permettano il mantenimento della continuità idraulica esistente, favorendo l'invarianza degli equilibri raggiunti in termini di concentrazioni dei sedimenti sospesi.

L'analisi dovrà proporre un numero sufficiente di soluzioni, costituite da interventi strutturali lungo il canale e le regioni subito limitrofe, e procedure operative per il traffico delle navi (velocità, punti di scambio, etc), al fine di identificare le proposte tecnico-economiche meglio rispondenti alle esigenze portuali.

Nel dettaglio ciascuna soluzione dovrà:

- i. Vagliare l'insieme degli interventi strutturali da realizzarsi al fine di contenere i fenomeni di evoluzione morfologica del canale di Malamocco Marghera e delle aree limitrofe;
- ii. Proporre specifiche di dettaglio inerenti al transito delle navi all'interno della Laguna, in ottemperanza ai requisiti inerenti ai volumi medi di traffico da assicurarsi;
- iii. Valutare i costi per la realizzazione degli interventi strutturali, ovvero per gli interventi eventualmente necessari alla manutenzione del sistema.

**7. Validare i risultati inerenti alle simulazioni idrodinamiche e alla progettazione** dei presidi attivi a difesa dell'ambiente lagunare mediante un'analisi delle condizioni di navigabilità post intervento.

L'appaltatore dovrà sviluppare dei modelli di navigazione di dettaglio al fine di validare i sistemi di confinamento che intende adottare per la difesa del canale e della laguna rispetto ai fenomeni addotti dal trasporto solido.

Le analisi andranno condotte per i soli scenari staticamente rilevanti per frequenza di accadimento e persistenza (nel caso di eventi estremi), considerando tutte le navi di progetto indicate da ADSP e operando secondo una procedura iterativa di validazione del modello idrodinamico e della progettazione che permetta la risoluzione delle eventuali problematiche e l'ottimizzazione dei risultati ottenuti.

Il presente studio dovrà:





AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

- i. Validare i risultati ottenuti dalla modellazione idrodinamica e dalla progettazione delle opere di protezione attiva, ovvero fornire gli strumenti di analisi necessari a permettere ove possibile la risoluzione delle problematiche emerse;
- ii. Validare i risultati inerenti alle velocità di navigazione per il Canale Malamocco Marghera secondo le modalità già richieste ai punti 4.b.i-ii-iii-iv;
- iii. Validare i risultati inerenti alla UKC (Under Keel Clearance) secondo le modalità già richieste ai punti 4.c.i-ii-iii.

#### LINGUA

La lingua di lavoro potrà essere l'italiano o l'inglese

#### SERVIZI COMPLEMENTARI

1. **Realizzazione di un video** in *motion graphics* di qualità HD suddiviso nelle seguenti macro attività:
  - studio dei materiali tecnici forniti dalla Stazione Appaltante e dell'idea progettuale al fine di scegliere, in accordo con Adsp, i messaggi chiave da comunicare ad un pubblico generale e ad un pubblico specialistico;
  - creazione di uno *storyboard* e scrittura del messaggio (*copy*), sia in lingua italiana che in lingua inglese;
  - creazione di un video della durata massima di 2 minuti e 30 secondi in *motion graphics* in HD con voice over e base musicale adeguata;
  - revisione del pacchetto video fino alla approvazione della bozza da parte della Stazione Appaltante;
  - realizzazione vera e propria del video e consegna dell'elaborato in lingua italiana e in lingua inglese;
2. **Articolo Scientifico** in lingua inglese che descriva il lavoro svolto e i principali risultati conseguiti. Potrà comporsi di abstract, descrizione della metodologia adottata, descrizione dei principali risultati conseguiti.

#### MODALITA' DI SVOLGIMENTO, INCONTRI E VIAGGI

Il servizio dovrà essere svolto in stretto coordinamento con la committente anche tramite incontri nei quali concordare le soluzioni tecniche e/o progettuali più idonee da adottare e definendo di volta in volta la linea da seguire nel proseguo del lavoro. Gli incontri previsti avranno cadenza almeno mensile. Tali incontri si svolgeranno in modo alternato, presso la sede del com-



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

mittente e dell'aggiudicatario. Nel caso di incontri presso la sede dell'aggiudicatario le spese di viaggio dei rappresentanti del committente restano a loro carico del committente.

Oltre a quanto espressamente richiesto in precedenza, sono da considerarsi parte integrante dell'incarico le seguenti attività complementari:

- disponibilità ad organizzare presso la propria sede ulteriori incontri/workshop (le spese di viaggio dei rappresentanti del committente restano a loro carico);
- partecipare ad almeno 3 incontri in località indicata dal Committente (e comunque in Europa), per illustrare i risultati ottenuti in occasione di incontro o conferenza organizzata dalla Committente.

Eventuali ulteriori trasferte che si rendessero necessarie, saranno a carico della Committente. Rimane inteso che dette trasferte andranno preventivamente concordate e autorizzate in forma scritta dalla Committente.

All'appaltatore potrebbe essere, inoltre, richiesta la disponibilità ad ospitare presso la propria sede, per brevi periodi, da concordare di volta in volta in base alle esigenze, personale della Stazione Appaltante.

L'appaltatore inoltre fornirà supporto alla Stazione Appaltante nella strategia comunicativa, in particolare:

- i. Nella realizzazione di documenti in forma di relazioni illustrative e/o articoli per testate giornalistiche specializzate e/o generaliste;
- ii. Nella realizzazione di materiale informativo quale brochure, dépliant;
- iii. Fornendo materiale digitale a supporto del sito web istituzionale (mappe interattive, documentazione fotografica, articoli, video rendering delle modellazioni CFD, navigazione, idrodinamiche e morfologiche);

L'appaltatore dovrà in ogni caso avvisare tempestivamente il Committente riguardo ad ogni eventuale criticità che dovesse emergere nell'implementazione delle attività oggetto dell'incarico.

#### **MODALITA' DI CONSEGNA E PRODUZIONE DEI RISULTATI**

Le relazioni metodologiche e tecniche possono essere prodotte in italiano o in inglese. Le relazioni illustrative in italiano e in inglese.





AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

1. Cronoprogramma e programma delle attività in ottemperanza della scadenza generale del servizio definita da ADSP. La consegna del documento è fissata entro e non oltre i 30 giorni naturali e consecutivi a partire dalla data di consegna del servizio;
2. Relazione tecnica metodologica finalizzata alla definizione dell'iter procedurale per lo sviluppo del servizio;
3. Relazione tecnica di caratterizzazione climatica e idrogeologica del sito;
4. Relazione tecnica di caratterizzazione geotecnica del sito;
5. Relazione tecnica preliminare per la calibrazione dei parametri di simulazione idrodinamica;
6. Relazione illustrativa di sintesi dei risultati di caratterizzazione climatica, idrogeologica, geotecnica del sito, di calibrazione preliminare;
7. Relazione tecnica per la definizione della tipologia di simulazioni di navigazione in riferimento agli scenari clima – canale – nave;
8. Relazione tecnica dei risultati delle simulazioni preliminari della navigazione;
9. Relazione tecnica dei risultati delle simulazioni di navigazione realizzate mediante auto-pilota (“fast time simulations”);
10. Relazione tecnica dei risultati delle simulazioni di navigazione in “real time full bridge”;
11. Relazione illustrativa di sintesi dei risultati ottenuti dalle modellazioni di navigabilità e di definizione degli scenari clima – canale – nave da sottoporre a modellazione idrodinamica;
12. Elaborati grafici di sintesi per la rappresentazione dei risultati dei modelli di navigazione;
13. Relazione tecnica degli scenari clima – canale – nave da sottoporre a indagine mediante simulazioni idrodinamiche;
14. Relazione tecnica delle simulazioni idrodinamiche finalizzate allo studio degli scenari clima – canale – nave;
15. Relazione illustrativa dei risultati ottenuti dalle modellazioni idrodinamiche;
16. Elaborati grafici di sintesi per la rappresentazione dei risultati dei modelli idrodinamici;
17. Relazione tecnica inerente alla progettazione delle opere di difesa proposte, con relativi elaborati grafici;
18. Relazione tecnica inerente alla progettazione delle soluzioni gestionali;
19. Relazione tecnica economica inerente alle soluzioni selezionate;
20. Relazione illustrativa di sintesi delle soluzioni progettuali e gestionali sottese ai risultati delle simulazioni di navigazione e idrodinamiche;





**AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA**

21. Relazione tecnica dei modelli di navigazione finalizzati alla validazione delle soluzioni progettuali e dei modelli idrodinamici finalizzati alla validazione delle soluzioni progettuali;
22. Relazione illustrativa sulla procedura di validazione delle soluzioni identificate;
23. Relazione complessiva.

Unitamente alle relazioni e agli elaborati grafici, l'appaltatore dovrà fornire l'insieme complessivo dei modelli di navigazione, ovvero le simulazioni idrodinamiche realizzate per la definizione degli effetti morfologici indotti allo stato attuale e di progetto. Le informazioni saranno fornite in formato editabile al fine di permettere la riproduzione e la verifica delle analisi numeriche realizzate. A tale scopo, l'appaltatore dovrà condividere:

1. I modelli realizzati per la riproduzione della batimetria del dominio di analisi;
2. I modelli realizzati per la caratterizzazione idrogeologica e geotecnica del dominio di analisi;
3. I modelli realizzati per la riproduzione del clima all'interno del dominio di analisi;
4. I modelli realizzati per le simulazioni di navigazione delle navi di progetto a condizioni Ante e Post Operam;
5. I modelli realizzati per le simulazioni dei fenomeni idrodinamici e di evoluzione morfologica a condizioni Ante e Post Operam;
6. I risultati numerici delle simulazioni realizzate in formato editabile.

L'appaltatore provvederà a garantire le condizioni di interoperabilità informatica dei modelli numerici e dei risultati ottenuti.

**DATI E STUDI A DISPOSIZIONE**

Nell'ambito dello sviluppo del presente studio, all'appaltatore verranno forniti:

Dati Territoriali:

1. I dati batimetrici del Canale di Malamocco – Marghera e della laguna di Venezia. Risoluzione media sull'intera estensione: 5x5m; Risoluzione media per la ragione del canale Malamocco – Marghera: 1x1m; Formato dato raster: \*xyz e \*GeoTiff;
2. Il rilievo lidar della fascia costiera. Risoluzione media 2x2m o 4x4m; Formato dato raster: \*xyz e \*GeoTiff;
3. I dati vettoriali della geometria di costa;



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE  
DEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE  
PORTI DI VENEZIA E CHIOGGIA

4. Ortofoto della costa;

Dati Climatici:

5. I dati d'onda (altezza significativa, periodo di picco, periodo medio, MWD);
6. I dati di marea (rapporto h - t);
7. I dati di corrente (velocità, direzione);
8. I dati marini di salinità, densità, pressione atmosferica, radiazione solare;
9. Dati idrologici dei principali affluenti della laguna;

Studi pregressi:

10. Aggiornamento del piano per il recupero morfologico e ambientale della laguna di Venezia (2016).
11. Valutazione ambientale e strategica dell'aggiornamento del piano per il recupero morfologico e ambientale della laguna di Venezia (2016).
12. Carta degli interventi prioritari.
13. Carta degli interventi subordinati.
14. Mappa attuale della granulometria dei sedimenti (0-20cm) nei bassifondi della laguna di Venezia (2002).
15. Canale Tresse Est – Relazione idro-stratigrafica.

Venezia, 19 novembre 2020

**IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO**

**Ing. Paolo Menegazzo**