

CO	31/10/08	Emissione per approvazione	DV	DL	YE
REVISIONE	DESCRIZIONE			EL.	CON. APP.

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

**NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA
DI VENEZIA**

LEGGE N. 798 DEL 29-11-1984
CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04-10-1991
ATTO ATTUATIVO REP. 8249 DEL 28-12-2007 (PROGETTAZIONE)

**INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA
REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA**

CUP: D51B02000050001

PROGETTO ESECUTIVO

WBS: LN.L1.50

**BOCCA DI LIDO: SAN NICOLO' – TREPORTI
IMPIANTI
MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI
ANALISI DI OPERATIVITA'**

ELABORATO D. Varisco	CONTROLLATO D. Lesina	APPROVATO Y. Eprim
N. ELABORATO MV146P-PE-GNR-2004-C0	CODICE FILE MV146P-PE-GNR-2004-C0.doc	DATA 31 Ottobre 2008

CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"

<p>COORDINAMENTO PROGETTAZIONE</p> <p>VERIFICATO: S. Pastore</p> <p>CONTROLLATO: M.T. Broto</p> <p> CONSORZIO VENEZIA NUOVA</p>	<p>PROGETTAZIONE</p> <p>DOTT. ING. ALBERTO SCOTTI</p> <p>Settori: a) Ambiente e ambientale, b) Industrie</p> <p>IL RESPONSABILE Ing. A. SCOTTI n° A 9782</p> <p>PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</p> <p> MILANO</p> <p> TECON</p>
---	---

	Rev. C0	Data: 31/10/08	El. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 2
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

INDICE

1.	OGGETTO E SCOPO	3
2.	INTRODUZIONE	4
	2.1. Inquadramento generale	4
	2.2. Configurazione del mezzo	5
	2.3. Caratteristiche principali del mezzo	7
	2.4. Operatività dei mezzi	8
3.	SOMMARIO E CONCLUSIONI	9
4.	RIFERIMENTI	10
	4.1. Elaborati del Progetto Esecutivo	10
5.	FREQUENZA E MODALITA' DI INTERVENTO	11
6.	CONDIZIONAMENTI AMBIENTALI	12
	6.1. Fattori limitanti	12
	6.1.1. I parametri di riferimento	12
	6.1.2. Limiti operativi	13
7.	LIVELLI DI OPERATIVITA'	15
	7.1. Approccio metodologico	15
	7.2. Vento	16
	7.3. Onde	19
	7.4. Corrente	22
	7.5. Considerazioni conclusive	23
8.	DISPONIBILITA' DEI MEZZI	25
	8.1. Principi generali	25
	8.2. Manutenzione	25
	8.3. Guasti e avarie	26
9.	DURATA DELLE OPERAZIONI	27
	9.1. Mobilitazione mezzo	27
	9.2. Trasferimento in sito (o ritorno)	27
	9.3. Rimozione dei sedimenti	28

 	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 3
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

1. OGGETTO E SCOPO

Il documento analizza le problematiche relative alla operatività dei mezzi per la rimozione dei sedimenti, con particolare riferimento ai seguenti aspetti:

- condizionamenti ambientali (limiti operativi derivanti da avverse condizioni ambientali);
- disponibilità dei mezzi in relazione alle esigenze di manutenzione;
- tempi di approntamento e di lavoro.

Le analisi sono finalizzate a verificare la capacità dei mezzi di soddisfare i requisiti di intervento e l'adeguatezza delle rispettive prestazioni.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 4
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

2. INTRODUZIONE

2.1. Inquadramento generale

Il sistema di regolazione dei flussi di marea in laguna di Venezia si compone di 4 barriere (Malamocco, Chioggia, Lido San Nicolò e Lido-Treporti), ciascuna costituita da una schiera di circa 20 paratoie metalliche, incernierate al fondo a cassoni in c.a. interrati a livello del fondale. Le paratoie, vengono sollevate in posizione subverticale durante le fasi di esercizio (chiusura della barriere per contrastare l'alta marea) mentre rimangono adagiate in posizione orizzontale entro appositi ricettacoli durante le fasi di non operatività del sistema.

Il progetto delle opere ha stabilito la necessità di sottoporre le paratoie ad un ciclo di manutenzione periodica, che ne richiede la rimozione dalla sede di funzionamento e la sostituzione con altra paratoia di rispetto. L'operazione, da effettuarsi più volte all'anno a rotazione sulle diverse paratoie di ciascuna barriera, verrà effettuata da due mezzi speciali dedicati (jack-up); il primo rimuoverà la paratoia incrostata mentre il secondo installerà la paratoia nuova.

Il progetto prevede inoltre di realizzare, all'interno della finestra temporale tra le operazioni dei due jack-up, la pulizia dei recessi dei cassoni di soglia al di sotto delle paratoie dai sedimenti che vi si saranno accumulati nel tempo con mezzi capaci di operare su tutte le barriere e di consentire la rimozione dei sedimenti con la precisione imposta dalle ristrette tolleranze geometriche del sistema.

Il mezzo più idoneo ad effettuare queste operazioni è stato pertanto individuato in un natante di tipo supply-vessel che, per mezzo di un braccio meccanico (e relativa cassa di aspirazione) installato in coperta sia capace di rimuovere i sedimenti, stocarli al proprio interno in apposite casse anche al fine di una eventuale caratterizzazione degli stessi, trasportarli al punto di consegna finale e qui scaricarli.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 5
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

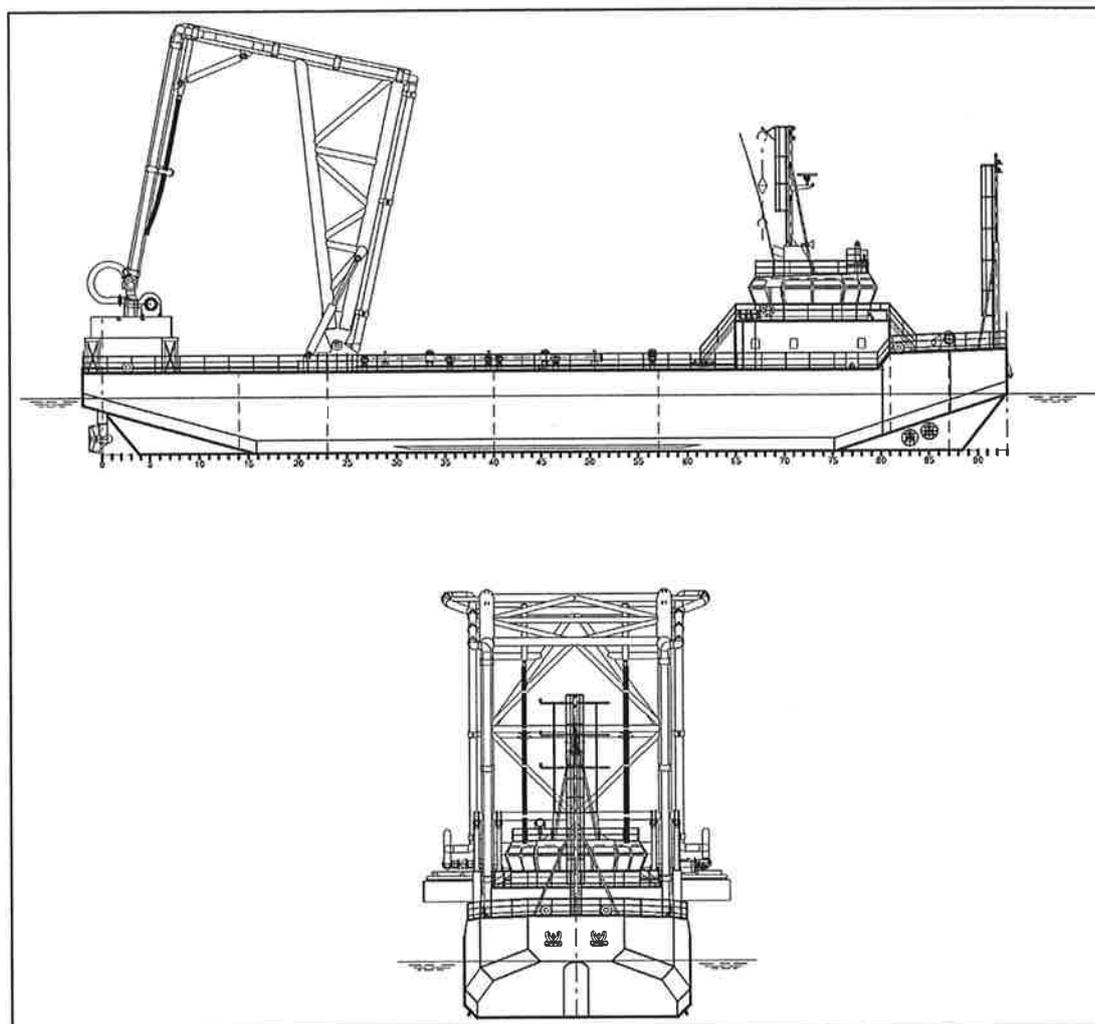


FIG. 2.1 - VISTE LATERALE E FRONTALE DEL MEZZO

2.2. Configurazione del mezzo

Il mezzo è del tipo a propulsione diesel-elettrica, con locale generatori a prua:

Il Ponte Coperto è continuo per circa il 90% della lunghezza nave, con uno scalino a prua rialzato di 1.0 m, orizzontale e con bolzone trapezoidale, costante per tutta la sua estensione, esclusa la parte rialzata di prua che non ha bolzone, ma insellatura di circa 2°.

Lo scafo è suddiviso da paratie stagne (piane e corrugate) nei seguenti compartimenti principali, a partire da poppa:

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 6
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

- Locare propulsori azimutali e pompa incendio emergenza
- Locale pompe del carico/Deposito
- N. 3 coppie di casse raccolta e trasporto materiali/acqua dragaggio (casse del carico)
- Locale macchine e quadri elettrici
- Locale eliche di manovra
- Gavone di prua

La zona del carico è isolata dal fasciame esterno da doppio fondo e doppi fianchi, entro i quali sono ricavate casse zavorra. Il fondo delle casse del carico è inclinato trasversalmente verso il centro delle casse per agevolare il deflusso del contenuto durante le operazioni di scarico.

Una galleria tubi centrale, nel doppio fondo, si estende per tutta la lunghezza della zona del carico, tra il locale gruppi elettrogeni e il locale pompe del carico con uscita sul Ponte Coperta.

Il locale gruppi elettrogeni ha doppio fondo, piano per la maggior parte della sua estensione.

Nella parte poppiera del locale gruppi elettrogeni sono sistemati depositi combustibile, isolati dal fasciame esterno da doppio fondo e intercapedine al fianco. All'interno del locale gruppi elettrogeni è sistemata una cassa acqua dolce.

Nel doppio fondo del locale gruppi elettrogeni sono sistemate le seguenti casse:

- Olio lubrificante
- Sentina
- Morchie
- Liquami

I ponti della sovrastruttura, sistemata a prua, sono senza bolzone e senza insellatura.

La sovrastruttura, in due ordini, racchiude i seguenti locali:

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 8
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

- Larghezza massima fuori ossatura 14.00 m
- Altezza di costruzione 5.00 m
- Immersione di dimensionamenti (da L.C.) 3.50 m
- Immersione di progetto (da L.C.) 3.25 m
- Portata lorda all'immersione di progetto ca. 1090 t
- Numero massimo persone a bordo 10
- Capacità totale casse e depositi:
 - Carico ca. 800 m³
 - Zavorra ca. 700 m³
 - Combustibile ca. 52 m³
 - Olio lubrificante ca. 13 m³
 - Sentina ca. 8 m³
 - Acqua dolce ca. 18 m³
 - Liquami ca. 19 m³
 - Morchie ca. 8 m³

2.4. Operatività dei mezzi

Gli interventi di manutenzione cui i mezzi sono chiamati devono coprire sia le esigenze di manutenzione ordinaria (programmata) delle paratoie che gli interventi di manutenzione straordinaria, a fronte di eventi accidentali.

La capacità complessiva del sistema di soddisfare i requisiti operativi risiede nella disponibilità complessiva dei natanti e nella rispettiva capacità di operare nelle condizioni ambientali tipiche delle bocche di porto. Essa è quindi determinata dai limiti operativi entro cui i mezzi sono in grado di svolgere i propri compiti e dalla frequenza di guasti o malfunzionamento dei mezzi che li mettano temporaneamente fuori uso.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	El. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 9
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

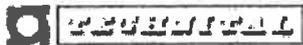
3. SOMMARIO E CONCLUSIONI

Il rapporto analizza la disponibilità e operatività dei mezzi con riferimento ai limiti ambientali, alle condizioni di fuori servizio per manutenzione e/o avarie, ai tempi di esercizio.

Per quanto riguarda le capacità operative dei mezzi in relazione ai condizionamenti ambientali, i risultati delle analisi dimostrano che l'unico parametro che ha una certa influenza sulla regolarità dei piani di intervento è rappresentato dal moto ondoso. La frequenza di condizioni meteomarine superiori ai limiti consentiti per l'esercizio dei mezzi è limitata a pochi eventi per anno, mentre si registrano un congruo numero di finestre operative favorevoli allo svolgimento delle operazioni. In particolare si sono determinati tempi di stand-by o attesa dell'ordine massimo di qualche giorno all'anno, mentre risulta sempre possibile programmare le operazioni all'interno di finestre di tempo buono di durata almeno pari a 24 – 48 ore.

Gli interventi di manutenzione e di indisponibilità di un mezzo per cause accidentali hanno un limitato impatto sulla regolarità degli interventi, in quanto la maggior parte degli interventi può essere programmata durante la stagione invernale, durante le fasi di inattività dei mezzi. I tempi complessivi di fuori servizio, pari a circa 1 settimana per anno, non sono tali da condizionare le attività di rimozione dei sedimenti, potendosi comunque contare, in caso di necessità, sulla disponibilità di almeno uno dei due mezzi per eseguire l'operazione. Le avarie e i guasti di entità tale da impedire la prosecuzione o il completamento delle operazioni sono attese avere una frequenza molto bassa, in relazione alle modalità di utilizzo e manutenzione del mezzo che ne consentono un costante controllo.

Infine l'analisi dei tempi operativi dimostra che è possibile eseguire il ciclo di rimozione dei sedimenti in circa 1-1,5 ore, computate dal momento in cui il mezzo si avvicina alla barriera a quello in cui il mezzo ha lasciato l'area di lavoro. L'allestimento e preparazione dei mezzi può sempre essere completata in poche ore dall'allerta, con l'unica eccezione del periodo invernale in cui il mezzo, se messo in condizione di rimessaggio prolungato potrebbe richiedere circa 2 giorni per essere messo in condizioni di operare.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 10
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

4. RIFERIMENTI

4.1. Elaborati del Progetto Esecutivo

CODICE	TITOLO
RELAZIONI	
MV146P-PE-GNR-2003	MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI - RELAZIONE DESCRITTIVA GENERALE
MV146P-PE-GBR-2001	MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI - PREMESSE DI PROGETTO - CONDIZIONI METEOMARINE
MV146P-PE-GNR-2010	MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI - LINEE GUIDA DEL MANUALE OPERATIVO

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 11
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

5. FREQUENZA E MODALITA' DI INTERVENTO

Il mezzo è principalmente destinato ad operare per coprire due diverse esigenze:

- pulizia durante la manutenzione ordinaria delle paratoie, prevista nel periodo estivo (indicativamente da aprile a settembre), secondo un calendario programmato con una successione di interventi alternati sulle varie barriere;
- pulizia durante la manutenzione straordinaria, a seguito di guasti ed avarie di una paratoia, da eseguire in qualsiasi periodo dell'anno, anche se più probabile nei periodi invernali, in concomitanza con il più frequente impiego delle barriere.

La frequenza di utilizzo è pertanto così determinata:

manutenzione ordinaria:

n. 4 paratoie per barriera per anno

totale 16 interventi/anno

periodo degli interventi: aprile – settembre (circa 1 intervento a settimana)

manutenzione straordinaria (stima)

n. 1 paratoia per anno

periodo degli interventi: tutto l'anno (più probabili in inverno)

Il mezzo è comunque progettato per essere in grado, in casi particolari, di rimuovere i sedimenti con la paratoia presente ed alzata alla sua massima inclinazione (circa 70°).

In tutti i casi si prevede che le operazioni alle barriere siano svolte sotto condizioni ambientali favorevoli (onda, vento e corrente sotto predeterminate soglie, marea nei limiti della normalità): per tale motivo l'utilizzo dei mezzi potrà essere sempre programmato con anticipo ma dovrà essere subordinato ad una verifica delle condizioni locali e delle relative previsioni a breve termine, da effettuarsi immediatamente prima dell'inizio della missione.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 12
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

6. CONDIZIONAMENTI AMBIENTALI

6.1. Fattori limitanti

6.1.1. I parametri di riferimento

I mezzi sono stati sviluppati assumendo che il loro utilizzo avvenga solamente in presenza di condizioni meteorologiche favorevoli.

I principali condizionamenti ambientali che possono ostacolare l'esercizio dei mezzi e l'esecuzione degli interventi alle bocche sono rappresentati da:

- previsioni di marea sostenuta: tale evenienza può richiedere infatti la necessità di operare le barriere;
- condizioni di vento e moto ondoso tale da rendere difficoltosa la navigazione del mezzo e il posizionamento del mezzo o da indurre azioni dinamiche eccessive sulle paratoie durante la movimentazione;
- limitata visibilità dovuta a nebbia o al buio.

Ciascuna delle predette condizioni influenza la scelta e la frequenza di finestre operative. In particolare la necessità di evitare i periodi di alta marea, unitamente alla maggiore frequenza di condizioni meteomarine favorevoli e alla maggiore durata dei periodi di luce hanno fatto sì che gli interventi di manutenzione ordinaria siano programmati durante la stagione primaverile - estiva (da aprile a settembre). Si prevede che solamente indifferibili interventi di manutenzione straordinaria, conseguenti a danneggiamenti, guasti o rotture delle paratoie che ne pregiudichino il funzionamento, siano svolti durante la stagione invernale.

Inoltre si prevede che la fase cruciale delle operazioni (rimozione dei sedimenti) siano svolte preferibilmente durante le ore diurne, compatibilmente con le disposizioni della Capitaneria di Porto.

Per quanto riguarda i limiti meteomarini per l'esecuzione delle operazioni, essi sono stati preliminarmente identificati sulla base di una serie di considerazioni di tipo operativo e di valutazioni in merito al loro impatto sulla configurazione dei mezzi.

In particolare la corrente influenza la resistenza idrodinamica offerta dal mezzo e di conseguenza la potenza richiesta ai propulsori sia nella fase di avvicinamento alla

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 13
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

barriera che nella fase di posizionamento sopra i cassoni di barriera.

Il moto ondoso influenza invece più direttamente i moti di rollio e beccheggio del natante e di conseguenza i movimenti del braccio di estrazione una volta che la cassa sia stato posato sul fondo. Questo parametro ha quindi un impatto importante sulla definizione delle caratteristiche del braccio e sulle sollecitazioni indotte sul braccio stesso.

Infine il vento ha una influenza, seppure secondaria rispetto alla corrente, sulla resistenza all'avanzamento del mezzo e sulla capacità di mantenere la posizione, condizionando anch'esso il dimensionamento del sistema di propulsione.

Sulla base di considerazioni e di analisi preliminari, sono stati quindi selezionati dei limiti operativi compatibili con le caratteristiche del mezzo e in linea di principio non eccessivamente limitative per l'operatività dei mezzi.

Tali limiti hanno costituito il riferimento per lo sviluppo del mezzo e costituiscono la base per il presente studio di operatività del sistema.

6.1.2. Limiti operativi

La durata complessiva delle operazioni alle barriere, comprensiva di rimozione di una paratoia e sostituzione di quella di rispetto, è dell'ordine di 16 ore

Il mezzo di rimozione sedimenti opera alla barriera per un tempo massimo pari circa a 1,5 ore, calcolate dal momento del suo arrivo nella zona di operazioni a quella dell'allontanamento dal sito.

In casi eccezionali (avarie durante la fase di lavoro) il mezzo potrà risultare esposto agli agenti meteo per un tempo superiore.

Tutte le operazioni dovranno essere pertanto pianificate a fronte di previsioni meteorologiche favorevoli per una durata superiore all'effettivo tempo di lavoro: si fa pertanto riferimento a finestre minime di almeno 24 ore, estese a 48 ore per tener conto di eventuali situazioni di emergenza.

Questa durata rientra nei limiti di attendibilità delle previsioni meteo, che attualmente possono essere predette con buona precisione fino a 48-72 ore.

I limiti operativi per le operazioni alle barriere sono stati così stabiliti:

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 14
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

Operazioni in sito (posizionamento e rimozione sedimenti) (su previsione)

Onda	Hmax	1 m
	Periodo	3 – 6 s
Vento		15 m/s
Corrente	valore medio sul profilo verticale	1.5 m/s
	valore massimo superficiale	1.84 m/s

Note: La velocità di corrente è da intendersi come valore medio sul profilo verticale.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	El. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 15
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

7. LIVELLI DI OPERATIVITA'

7.1. Approccio metodologico

Il presente capitolo presenta i risultati dello studio finalizzato a definire il livello di operatività del sistema, inteso come definizione del numero e durata delle finestre temporali favorevoli all'impiego del mezzo e dei periodi di inattività legati a condizioni di maltempo.

La valutazione dell'operatività del sistema si basa quindi sullo studio della probabilità di occorrenza dei diversi agenti meteomarini in combinazione con la frequenza e durata di esposizione dei mezzi.

In termini rigorosi, l'analisi dovrebbe prendere in considerazione la probabilità congiunta di occorrenza dei diversi agenti meteomarini (onda, vento e corrente): tuttavia in assenza di informazioni di dettaglio in merito alla loro combinazione statistica, il presente studio ha preso in esame separatamente i diversi parametri e ne ha sommato gli effetti, con risultati leggermente conservativi.

L'approccio si basa sull'elaborazione di diversi parametri: la frequenza di superamento delle soglie limite di ciascun agente meteomarino, la frequenza e persistenza di finestre di tempo favorevole o avverso, la distribuzione stagionale dei predetti eventi. In particolare il primo dei parametri indicati permette di definire, mediante lo studio di combinazioni probabilistiche, la frequenza di rinvio o interruzione di una operazione a seguito del verificarsi di condizioni superiori alle soglie limite. Lo studio delle persistenze di calme e tempeste permette invece di identificare tempi di attesa e disponibilità di finestre operative, entro cui portare a compimento in sicurezza un intervento.

In relazione alla distribuzione temporale degli interventi di sostituzione, l'analisi è stata condotta separatamente per la stagione primavera-estate (nella quale è concentrata la maggior parte degli interventi) e la stagione invernale, nella quale sono attesi solamente occasionali interventi di emergenza.

Parimenti, ove ritenuto significativo, si sono analizzate in modo separate le condizioni delle varie bocche.

Le valutazioni quantitative si basano sull'assunzione conservativa che i singoli eventi meteomarini (intervalli di tempo di 3 ore, nel corso dei quali si può assumere che le condizioni rimangano stazionarie) siano statisticamente indipendenti, cioè che non vi sia correlazione tra ciascun evento ed i precedenti o i successivi. La

	Rev. C0	Data: 31/10/08	El. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 16
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

metodologia determina risultati conservativi, specie in caso di operazioni effettuate sotto copertura di previsioni meteomarine, ma offre ulteriori garanzie di sicurezza.

7.2. Vento

Per quanto riguarda il vento non si ritiene necessario fare distinzioni tra le varie bocche, in quanto esse risultano esposte in maniera sostanzialmente simile. Le informazioni più complete sono riferite alla piattaforma Acqua Alta e sono pertanto considerate rappresentative di una situazione generica del litorale.

Ulteriori dati registrati alla bocca di San Nicolò mostrano solamente una lieve diminuzione dell'intensità, a parità di frequenza di occorrenza.

I venti più frequenti provengono dal primo quadrante (settore di bora).

Per le analisi sono state quindi utilizzate le frequenze registrate a San Nicolò, integrate dai dati sulla persistenza disponibili solamente per la piattaforma, che determinano risultati parzialmente conservativi.

La frequenza di venti superiori a 10 m/s e a 15 m/s risulta per la stazione di San Nicolò rispettivamente pari al 4.0% degli eventi (pari a 350 ore) e allo 0.37% degli eventi (pari a 32 ore).

Le frequenze sopra indicate, riferite alla media annua, possono essere considerate all'incirca dimezzate nei mesi estivi e raddoppiate in inverno.

Di conseguenza si possono assumere i seguenti valori di probabilità di superamento alle bocche (Qx):

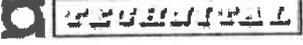
	soglia 10 m/s	soglia 15 m/s
estate	2.0%	0.20%
inverno	8.0%	0.75%

Sulla base dell'ipotesi di indipendenza statistica dei singoli eventi (definiti come condizioni di durata standard 3 ore) e assunta una durata di ciascun intervento alla barriera "I" di 12 ore, si calcola la probabilità QI che nel corso di un singolo intervento si verificano condizioni superiori a 15 m/s come:

$$Q_{Ie} = 1 - P_x^n = 1 - (1 - 0.20/100)^4 = 0.008 \text{ (in estate)}$$

$$Q_{Ii} = 1 - P_x^n = 1 - (1 - 0.75/100)^4 = 0.03 \text{ (in inverno)}$$

$$Q_{It} = (Q_{Ie} * I_e + Q_{Ii} * I_i) / 20 = 0.012 \text{ (valore medio annuo)}$$

	Rev. C0	Data: 31/10/08	El. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 17
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

posto:

$P_x = (1 - Q_x)$ = probabilità che il singolo evento meteomarinò sia inferiore alla soglia

N = numero di eventi meteomarini in ciascun intervento = $12/3 = 4$

I_e = numero di interventi in estate = 16

I_i = numero di interventi in inverno = 4

Ne risulta ancora che la probabilità che in un anno almeno un intervento sia esposto a condizioni superiori alla soglia è complessivamente di:

$$Q_t = 1 - (1 - Q_{It})^{20} = 0.21$$

Ciò, tradotto in termini medi, significa che un intervento ogni 5 anni su tutte le barriere può essere condizionato dal verificarsi di condizioni eccedenti il limite operativo.

Questo dato, già di per sé trascurabile ai fini dell'operatività del sistema, non tiene conto della concatenazione degli eventi meteorologici (nella realtà le condizioni di ciascuna finestra di 3 ore sono influenzate da quanto verificatosi nella finestra precedente) e del fatto che ogni intervento ha inizio solamente in presenza di previsioni favorevoli: ambedue le condizioni rendono la probabilità di eccedenza delle condizioni limite significativamente più basse di quanto calcolato.

Ai fini dello studio delle modalità e sequenze operative, risulta pertanto più significativo valutare la frequenza di superamento delle condizioni limite al momento di iniziare l'intervento e la durata statistica delle finestre di tempo favorevole (inferiori cioè alla soglia limite).

In analogia a quanto calcolato in precedenza, la probabilità Q_1 che almeno 1 intervento in ciascuna stagione debba essere rinviato per il superamento delle condizioni limite al momento del suo inizio risulta pari a:

$$Q_{1e} = 1 - P_x^n = 1 - (1 - 0.20/100)^{16} = 0.031 \text{ (in estate)}$$

$$Q_{1i} = 1 - P_x^n = 1 - (1 - 0.75/100)^4 = 0.029 \text{ (in inverno)}$$

$$Q_t = Q_e + Q_i = 0.06 \text{ (in tutto l'anno)}$$

Ciò equivale in media a considerare che un intervento ogni 16 anni dovrà essere rinviato (il valore non tiene naturalmente conto dell'evoluzione del tempo nelle 12

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 18
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

ore successive).

La valutazione della frequenza di calme e tempeste (basato su dati misurati alla piattaforma Acqua Alta e pertanto da ritenersi conservativi) fornisce le seguenti indicazioni per due soglie di riferimento (10 m/s e 15 m/s).

		Numero tempeste	Durata media	Durata massima
		Per anno	(ore)	(ore)
> 10 m/s	Estate	12	12	36
> 15 m/s		2	6	12
> 10 m/s	Inverno	20	18	60
> 15 m/s		6	12	36

I valori confermano che specie durante la stagione estiva il numero di eventi sfavorevoli è molto basso (2 eventi in media per stagione) ma soprattutto che la durata è tale da comportare solamente un rinvio delle operazioni di qualche ora o, nei casi più sfavorevoli, di una giornata.

Al contrario la frequenza e durata di finestre favorevoli (con velocità inferiori a 10 m/s) è distribuita in modo sostanzialmente omogenea su tutto l'arco dell'anno. Il numero di finestre di tempo con velocità inferiori a quella di soglia risulta complessivamente pari a 87 eventi per anno, così ripartiti:

n. eventi	durata (ore)	
	min	max
24	0	12
12	12	24
13	24	48
14	48	96
12	4 gg	8 gg
12	> 8 giorni	

Valori ancora più favorevoli sono attesi per la soglia di 15 m/s.

Non vi è quindi nessuna difficoltà ad individuare un congruo numero di finestre favorevoli, tra quelle di durata minima compresa tra 12 e 24 ore (pari a circa 43 per anno), all'interno delle quali portare a compimento gli interventi di sostituzione.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 19
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

I risultati indicano che il vento gioca un ruolo trascurabile nel condizionare l'esecuzione delle operazioni, sia in termini di attese e ritardi prima dell'avvio delle operazioni, sia di rischio di superamento delle condizioni limite nel corso dello stesso intervento.

7.3. Onde

Un approccio analogo a quanto seguito per il vento può essere adottato per quanto riguarda il moto ondoso. In questo caso si verificano tuttavia alcune differenze tra le varie barriere, che meritano pertanto trattazione separata.

E' stata inoltre analizzata anche la situazione al largo, in riferimento alla navigazione del mezzo per raggiungere la barriera di Chioggia.

I limiti di riferimento (riferiti ad altezza significativa) sono:

- $H_s = 0.55$ alle barriere (pari a $H_{max} = 1$ m)
- $H_s = 1$ m al largo (corrispondente ad $H_{max} = 1.9$ m)

Poiché il rapporto meteomarino fa riferimento a classi di altezza d'onda leggermente diverse, laddove necessario si sono interpolati linearmente i dati forniti.

Probabilità di eccedenza dei limiti Q_x (valori percentuali):

	Estate	Inverno
Al largo	6.4	15.3
Malamocco	15.0	18.0
Chioggia	8.4	14.2
San Nicolò	4.2	9.4
Treporti ($H = 1$ m)	3.2	6.6
($H = 0.6$ m)	18.0	20.5

Applicando a tali dati e per ciascuna barriera le stesse relazioni utilizzate per il vento, e riferendosi anche in questo caso alla probabilità che le condizioni limite siano superate al momento dell'avvio delle operazioni si ottiene la seguente probabilità annua Q_1 (valori assoluti):

	Estate
Malamocco	0.58
Chioggia	0.40
San Nicolò	0.23
Treporti (H= 1)	0.18
Treporti (H= 0.6)	0.63
In mare aperto	0.35

Su base media si può quindi ipotizzare che in media una volta ogni 2 anni si verifichi su una barriera un rinvio delle operazioni per eccedenza dei limiti (la frequenza minima è attesa a San Nicolò, dove la frequenza media scende a 1 volta ogni 4 anni). La condizione in mare aperto risulta meno penalizzante rispetto a quanto si verifica all'interno della barriera di Chioggia e può pertanto essere trascurata.

Poiché i valori calcolati sono relativamente elevati, risulta di particolare importanza esaminare la distribuzione e la durata di calme e tempeste.

Limitando l'analisi alle situazioni di durata superiore a 6 ore e con riferimento ad eventi di altezza significativa superiore o inferiore a $H_s = 0.5$ (per la quale si dispone delle necessarie informazioni statistiche – i risultati sono pertanto da considerare cautelativi) si ottengono i seguenti risultati:

		Numero tempeste	Durata media	Durata massima
		Per anno	(ore)	(ore)
Estate	Malamocco	42	13	72
	Chioggia	24	12	36
	San Nicolò	4	16	36
	Treporti	6	17	48
Inverno	Malamocco	44	18	72
	Chioggia	38	16	72
	San Nicolò	17	21	72
	Treporti	14	24	72

La durata più probabile è tuttavia di circa 12 ore per tutte le stagioni e le barriere.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 21
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

Ne deriva che i tempi di attesa complessivi (riferiti a due eventi per anno, come probabilità totale sulle 4 barriere) sono attesi dell'ordine di 24-48 ore per anno con punte massime di 3-4 giorni complessivamente.

La distribuzione delle calme fornisce invece importanti indicazioni in merito al numero e durata delle finestre potenzialmente utilizzabili per gli interventi.

I valori sono da intendersi come media annua e sono applicabili in modo proporzionale sia all'estate che all'inverno.

Distribuzione complessiva delle calme (valori per anno):

	Ore Totali	Numero eventi	Durata media (ore)
Malamocco	7.276	240	30
Chioggia	7.708	275	28
San Nicolò	8.121	161	50
Treporti	8.324	116	70

La durata massima è superiore a 10 giorni per tutte le barriere.

Numero di finestre di durata superiore a 24 o 48 ore:

	>24 ore	>48 ore
Malamocco	76	39
Chioggia	79	40
San Nicolò	74	50
Treporti	58	35

Considerando che le condizioni di calma sono sostanzialmente corrispondenti sulle varie barriere, si può ipotizzare di avere a disposizione per ogni stagione (6 mesi estivi) circa 40 finestre favorevoli di durata superiore a 24 ore e circa 20 finestre di durata superiore a 48 ore.

Ciò consente di effettuare le operazioni in sicurezza, potendo contare su un numero di finestre almeno doppio rispetto a quanto teoricamente necessario (16 interventi per stagione estiva), e lasciando un ampio margine di copertura anche in caso di un occasionale prolungamento delle operazioni oltre le 24 ore (quale ad esempio il caso di intervento con un solo mezzo).

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 22
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

L'impiego di un solo mezzo per compiere l'intero ciclo di sostituzione di una paratoia deve essere quindi considerato solamente una condizione occasionale e limitato ad un numero minimo di interventi.

E' altresì evidente che il piano di manutenzione dovrà essere organizzato in modo da poter sfruttare tempestivamente ogni finestra favorevole di lunga durata (superiore a 48 ore), così da aumentare i margini di sicurezza contro qualsiasi potenziale evento accidentale.

I dati indicano comunque che è prevedibile avere a disposizione in estate almeno una finestra di 48 ore per settimana, frequenza che può essere presa a riferimento preliminare come scansione temporale per la pianificazione degli interventi.

7.4. Corrente

Per quanto riguarda la corrente i dati meteomarini indicano che la situazione più critica si verifica sulla bocca di Malamocco.

La probabilità "Qx" che in un ciclo di marea, della durata di 12 ore, venga superato il valore di riferimento di 1.5 m/s è riportata nella successiva tabella assieme al corrispondente periodo di ritorno.

Il periodo di ritorno in anni è definito come:

$$\text{Trit.} = 1 / n_{\text{ecc}}$$

Con $n_{\text{ecc}} = n$. annuo di cicli che eccedono la soglia limite, computato sulla base di una durata del singolo ciclo di 12 ore e quindi pari a:

$$365 \text{ giorni} \times 24 \text{ ore/giorno} / 12 \text{ ore/ciclo} \times Qx$$

	Q(x) (%)	Periodo di ritorno (anni)
Malamocco	5.00	0.03 (10 giorni)
Chioggia	0.0045	30
San Nicolò	0.13	1
Treporti	0.0035	40

Come si nota, il limite operativo adottato per la corrente è significato solo alla barriera di Malamocco, in quanto per le altre barriere rappresenta un evento con frequenza di occorrenza del tutto trascurabile.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 23
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

Per quanto riguarda la bocca di Malamocco la probabilità che nell'anno si verificano in corso di intervento condizioni superiori a quelle limite (considerato per l'evento mareale una durata di 6 ore in flusso o in riflusso e assumendo uguale probabilità dei picchi di corrente nei due versi) risulta pari a 0.6, che significa il verificarsi di una condizione superiore a quella limite in media una volta ogni due anni.

I valori indicati si riferiscono peraltro alla sezione centrale della bocca e rappresentano una condizione di picco (della durata massima di 1 ora): ne deriva che il rischio effettivo di superamento dei limiti è molto più basso (approssimativamente la metà) e che gli eventuali tempi di attesa, da scontare anche in sito prima o durante l'esecuzione delle operazioni più critiche (posizionamento del mezzo e sollevamento della paratoia), sono dell'ordine massimo di 2 ore.

7.5. Considerazioni conclusive

L'onda rappresenta il più significativo parametro limitante per l'esecuzione delle operazioni.

Mentre infatti i limiti considerati per il vento e la corrente hanno una frequenza di occorrenza trascurabile (alcune ore all'anno), onde superiori ai valori limiti operativi si verificano con una apprezzabile frequenza.

Ne consegue che da questo parametro deriva l'unico rischio significativo di rinvio delle operazioni, con tempi di attesa complessivi dell'ordine di 1-2 giorni per anno. L'analisi ha anche evidenziato che esiste un congruo numero di finestre favorevoli per l'esecuzione in sicurezza delle operazioni, il cui sfruttamento implica peraltro una rigorosa pianificazione degli interventi e la piena disponibilità dei mezzi, specie nel corso della stagione estiva, durante la quale è concentrata la maggioranza degli interventi.

L'organizzazione dovrà anche includere la disponibilità di un servizio di previsione meteorologica locale, in grado di fornire informazioni sulle condizioni istantanee e una buona previsione dell'evoluzione a breve termine: la combinazione di previsioni affidabili e organizzazione operativa può consentire di minimizzare il numero di interventi interrotti o rinviati, aumentando i margini di sicurezza.

I tempi di attesa, stimati in un massimo di 2 giorni, non sono comunque tali da pregiudicare la regolarità complessiva della manutenzione programmata, potendosi in media contare su almeno due finestre per settimana di tempo favorevole.

 	Rev. C0	Data: 31/10/08	El. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 24
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

L'analisi assicura inoltre che esistono adeguati margini di sicurezza anche rispetto a possibili eventi accidentali che prolunghino le operazioni in sito, in quanto la durata delle finestre favorevoli è sufficientemente lunga da coprire anche interventi di manutenzione in sito.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 25
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

8. DISPONIBILITA' DEI MEZZI

8.1. Principi generali

Le linee guida del manuale di manutenzione identificano i principali requisiti di intervento sui mezzi, atti a garantirne l'affidabilità in esercizio e la pronta disponibilità. Molte delle attività programmate rientrano nei requisiti normativi e fanno riferimento alle operazioni di manutenzione richieste dal Registro di Classifica nell'ambito della normale prassi (ispezioni e visite ispettive) per il mantenimento delle notazioni di classe.

8.2. Manutenzione

La manutenzione ordinaria del mezzo si compone essenzialmente di interventi a tre livelli:

- controlli e revisioni annuali, che possono essere svolti preferibilmente durante la stagione invernale e comunque in modo frazionato, nella pause tra interventi successivi, così da non determinare una significativa interruzione nella disponibilità del mezzo, essendo limitati nel tempo e nell'estensione;
- controlli periodici quinquennali, che richiedono una temporanea sospensione della disponibilità del mezzo, della durata complessiva di qualche settimana, frazionabile in intervalli più brevi. Comprendono la revisione di tutto il macchinario e la sostituzione di parti soggette ad usura. Alcuni richiedono qualche giorno di tempo, altri possono essere condotti in alcune ore, purché siano resi disponibili pacchetti di ricambio. Anche questi interventi possono essere programmati nella stagione invernale così da minimizzare gli effetti della indisponibilità del mezzo;
- interventi straordinari di manutenzione di componenti che richiedono un importante impegno di smontaggio e rimontaggio o che prevedono il rimessaggio dello scafo in bacino di carenaggio. Questi interventi, peraltro con cadenza molto bassa (indicativamente uno ogni 5-10 anni) possono comportare l'indisponibilità di un mezzo per più giorni.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	El. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 26
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

8.3. Guasti e avarie

Lo sviluppo del mezzo è stato condotto in modo da minimizzare dal punto di vista progettuale il rischio di rotture ed avarie, soprattutto al fine di scongiurare il verificarsi di situazioni accidentali in corso di intervento. Ciò è perseguito mediante un dimensionamento con criteri restrittivi dei principali organi meccanici e dall'utilizzo di materiali e componenti di provata affidabilità, nonché dalle ridondanze previste nell'impianto.

L'affidabilità sarà inoltre garantita in fase di realizzazione dalla scelta di fornitori qualificati e di componenti certificati.

Infine i mezzi saranno assoggettati a prove di funzionamento periodiche (come illustrato nelle linee guida del manuale operativo) e a cicli di manutenzione preventiva, che sono in grado di abbassare ulteriormente i ratei di guasto e ad identificare tempestivamente eventuali disfunzioni.

Ne consegue, come peraltro confermato anche dai risultati dell'analisi di rischio, che la probabilità di rottura di componenti critici è da ritenersi molto bassa, tale quindi da non influire in modo apprezzabile sulla disponibilità del mezzo.

Inoltre l'utilizzo intermittente del mezzo consente di intervenire per eventuali interventi di riparazione all'interno dei tempi di attesa tra due missioni successive.

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 27
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

9. DURATA DELLE OPERAZIONI

9.1. Mobilitazione mezzo

Si fa riferimento alle operazioni necessarie a rendere il mezzo pronto ad operare a partire dalla condizione di rimessaggio.

A questo riguardo si identificano due possibili condizioni di riferimento:

- mezzo in condizioni di rimessaggio temporaneo (estivo) in assetto di galleggiamento, con il macchinario spento ma in condizioni di immediata accensione;
- mezzo in condizioni di rimessaggio invernale, in assetto di galleggiamento, con le apparecchiature ed il macchinario smobilizzati.

In entrambi i casi il mezzo sarà ormeggiato in banchina, in condizioni non presidiate.

Rimarranno attive solamente luci di emergenza, alimentate direttamente da terra.

I tempi di approntamento del mezzo, con esclusione dei tempi di allertamento dell'equipaggio, sono così definiti:

Rimessaggio estivo

Avviamento macchinari	1,5 ore
Test e controlli	1,5 ore
Totale	3,0 ore

Rimessaggio invernale

Ricondizionamento macchinario e allestimento apparecchiature secondarie	24 ore
Avvio macchinari	4 ore
Test, controlli e prove di funzionalità	4 ore
Verifica e aggiustamento assetto	2 ore
Totale	34 ore

9.2. Trasferimento in sito (o ritorno)

Operazioni di disormeggio, manovra e uscita dal cantiere	1 ora
Navigazione min.	1 ora
max.	3 ore
Totale (min.-max.)	2-5 ore

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2004-C0	Pag. n. 28
	Rev.	Data:	ANALISI DI OPERATIVITA'	

9.3. Rimozione dei sedimenti

1. Arrivo e Posizionamento sul recesso della paratoia in manutenzione	30 min.
2. Manovra braccio e posizionamento cassa di aspirazione	10 min.
3. Azionamento pompe e pulizia di una striscia di 5 m	5 min.
4. Recupero cassa di aspirazione e spostamento sulla successiva striscia o trasferimento a bordo	2.5 min.
5. Allontanamento dalla barriera	30 min.

I tempi fanno riferimento ad un equipaggio ben addestrato e familiare con tutte le procedure e presuppongono che i mezzi possano operare senza limitazioni (traffico marittimo) durante tutta la finestra di lavoro.