Interreg
MARITTIMO–IT FR–MARITIME
Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

IMPATTI·NO

[Data]

Impatti No

Servizio di individuazione di un natante per attività di laboratorio analisi e trattamento rifiuti Progetto ImpattiNo – Interreg It-Fr Marittino 1420

Numero Trattativa 1738424 Affidamento diretto (art. 36, c. 2, lett. A, D.Lgs.Tipologia di trattativa 50/2016)
CIG Z5032177D3 CUP F51G17000080006

Doc. No. 2021-402/R – 12 Novembre 2021

Rev.	1
Descrizione	Rapporto finale
Preparato da	F. Macci, G. Puppo
Controllato da	F. Cirilli
Approvato da	R. Sorci
Data	12 Novembre 2021

Servizio di individuazione di un natante per attività di laboratorio analisi e trattamento rifiuti Progetto ImpattiNo – Interreg It-Fr Marittino 1420

Numero Trattativa 1738424 Affidamento diretto (art. 36, c. 2, lett. A, D.Lgs.Tipologia di trattativa 50/2016) CIG Z5032177D3 CUP F51G17000080006

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0		F. Macci, G. Puppo	F. Cirilli	R. Sorci	12 Novembre 2021

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting - Centro Sviluppo Materiali S.p.A.

INDICE

Sommario

INDICE 3
Executive summary 4
1. NOTA INTRODUTTIVA 5
1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO 6
2. DEFINIZIONE DI MASSIMA DEL NATANTE 6
3. INDICAZIONE DEL LAYOUT DEL NATANTE CON L'INDICAZIONEDEGLI IMPIANTI 9
4. STIMA DEL COSTO DI COSTRUZIONE 13
5. STIMA DEL COSTO DI ESERCIZIO DEL NATANTE 13
6. CONCLUSIONI 16
7. ALLEGATO - IMPIANTO ELETTROLIZZATORE 17

Executive summary

Nell'attività svolta precedentemente a supporto dell'Università di Cagliari, si è proposto un impianto per lo smaltimento delle plastiche con un'istallazione terrestre.

Qui si è studiato l'ipotesi di installare lo stesso impianto a bordo di una nave che raccolga il materiale dai vari porti e lo tratti a bordo della stessa, prescindendo dalla normativa esistente **MARPOL, che allo stato della legislazione attuale nega un'applicazione del genere.**

In particolare, si sono confrontati due casi con propulsione della nave indipendente con un normale motore a Marine diesel (opzione 1); la seconda ipotesi formulata è quella di una nave che sfrutti parte dell'energia prodotta per la propulsione (opzione 2) e sempre un motore quando l'energia non è disponibile.

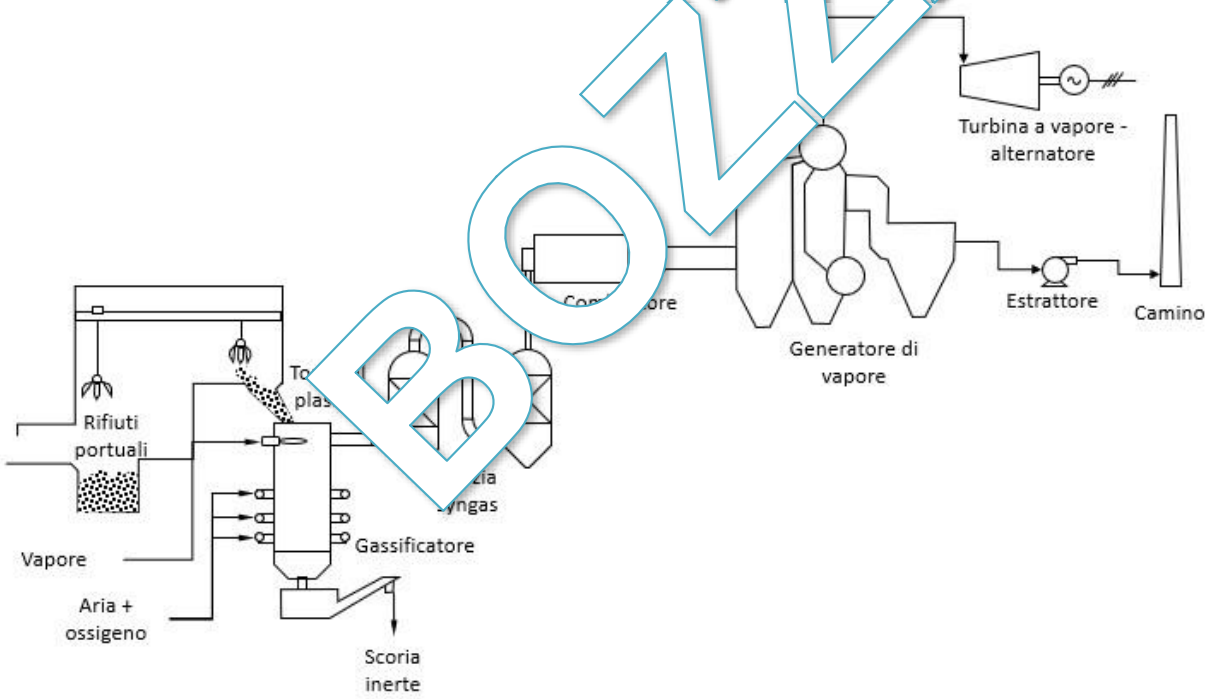
Per entrambe le soluzioni, il surplus di energia elettrica disponibile è stato ipotizzato l'utilizzo per la produzione di idrogeno tramite elettrolizzatore.

Il sistema impianto a bordo della nave è sempre in bilancio economico sostanzialmente con la stessa tariffa di ingresso della plastica trattata. L'unica condizione è che si garantisca un trattamento di plastiche di almeno 500 tonnellate/settimana.

1. NOTA INTRODUTTIVA

Il progetto “Impatti-NO” finanziato nel *II avviso del Programma Interreg Italia Francia Marittimo 2014-2020*, realizza piani d'azione comuni per la prevenzione, riduzione e smistamento di rifiuti e acque reflue nei porti. In questo ambito, lo scopo è di individuare le migliori tecnologie di trattamento di rifiuti e reflui nelle aree portuali. Partendo dalla caratterizzazione dei rifiuti e reflui presenti nei porti coinvolti, “Impatti-NO” realizza una serie di campagne sperimentali su impianti pilota versatili, per il trattamento di rifiuti e reflui appartenenti alle tipologie indicate dai porti test, al fine di individuare le migliori tecnologie da applicare a ciascuno in considerazione dei costi del trattamento e del valore economico finale del prodotto realizzato.

In particolare, il Rina Consulting – Centro Sviluppo Materiali S.p.A. (in seguito definito semplicemente Rina) ha già svolto un’attività di caratterizzazione delle diverse tipologie di rifiuti dal punto vista chimico – fisico ed una attività di sperimentazione volta alla “gassificazione assistita con torcia a plasma” di tali rifiuti. Questo nell’ottica della valorizzazione [illegible]tesso (*Waste to Energy → WtE)* e di zero “waste”. Il rapporto Rina Doc. No. 2021-109/R – 3[illegible] descrive tutte le attività svolte riguardo questa tematica. In particolare, nella fig[illegible]ra 14 [illegible] è riportato lo schema di impianto proposto per il trattamento dei rifiuti, [illegible] per co[illegible]tà del lettore vieni qui riportato in figura 1



BOZZA

Figura 1 - Schema di impianto con macchina motrice con turbina a vapore (TV)

Nel paragrafo 5.2 del rapporto sono descritti in dettaglio i componenti principali dell’impianto adatto al trattamento di 250- 500 t/sett. di materiale. Tale impianto è in grado di mettere a disposizione una potenza utilizzabile per altri scopi di circa 550 kW per l’impianto da 250 t; mentre un impianto con capacità di trattamento doppia (500 t) grazie a delle ottimizzazioni di scala di stima che la potenza disponibile diventi addirittura 1200 kW.

Successivamente, l’Università di Cagliari ha richiesto al Rina il servizio di individuazione di un natante per attività di laboratorio analisi e trattamento rifiuti che ospitasse l’impianto di trattamento dimensionato per trattare da 250 a 500 tonn/sett. di rifiuto, dovrebbe essere affiancato da un serbatoio per il syngas che viene rilasciato nei porti.

La richiesta inoltre comprendeva i seguenti punti:Definizione delle specifiche funzionali del natante in termini di tipologia, dimensioni fuori tutto, pescaggio, capacità delle stive, ecc.

- Indicazione attraverso un lay-out di massima del posizionamento a bordo degli impianti, i sistemi di caricamento/aspirazione del materiale da trattare dai depositi in banchina dei porti, il deposito a bordo del materiale triturato, l'eventuale allocazione in linea di un impianto di triturazione, ecc;

- Stima del costo di costruzione di un natante avente tali caratteristiche, compreso l'eventuale sovra costo dell'impianto stesso rispetto a quanto stimato nel report finale relativo alla sperimentazione per la soluzione dell'impianto a terra;

- Definizione dei costi di esercizio del natante per ciò che concerne consumi, manutenzioni e personale escluso quello dell'impianto che risulta già dimensionato. In particolare, per ciò che concerne i consumi sarebbe per noi molto utile l'indicazione nell'eventuale impiego di turbine a gas per la trazione del natante; se esse cioè fossero vantaggiose date le specifiche condizioni operative di disponibilità già a bordo del gas per la trazione.

Il presente rapporto è mirato a soddisfare tale richiesta.

1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO

L'obiettivo dell'attività del CSM è di supportare l'Università di Cagliari nell'individuazione del natante per ospitare l'impianto di trattamento rifiuti materie plastiche, definire le specifiche funzionali del natante, un layout di massima del posizionamento degli impianti, una stima di costi di costruzione, la definizione dei costi di esercizio del natante.

2. DEFINIZIONE DI MASSIMA DEL NATANTE

Dall'esame dello schema di impianto proposto per il trattamento di 500 t/settimana delle materie plastiche si ricava che le dimensioni del ponte per ospitare i componenti debbano essere di circa 500 m². Questo valore comprende tutti i componenti di impianto, con esclusione dell'area di ricevimento delle materie plastiche, immagazzinamento di una scorta di materiale, stoccaggio delle ceneri inertizzate, pacchi bombole vuote per l'immagazzinamento del gas prodotto parte dei servizi ausiliari.

Nel successivo paragrafo 3 sono riportati i layout concettuali dei vari ponti del natante e l'ubicazione di alcuni servizi ausiliari.

Per quanto riguardo il natante, questo è del tipo a scafo dislocante a carena tonda in maniera da avere la maggiore superficie di lavoro possibile per i vari ponti anche sottocoperta.

Le dimensioni della nave sono di circa 60 m di lunghezza per una larghezza di circa 14 m.

Il natante ha tre ponti di lavoro a tutta superficie (740 m²), oltre a tre ponti a superficie ridotta (140 m²) per l'alloggio dell'equipaggio e del personale addetto al funzionamento degli impianti e la sala comando.

L'altezza dei ponti in fase concettuale è rispettivamente

ponte 1: 5,5 m;

ponte 2 altezza: 8 m,

ponte 3: è il piano di coperta, escluso la parte riservata alla torre ponti 4, 5 e 6 per gli equipaggi di che sono 2,4 m per ciascuno di essi.

Con questi dati si calcola che il ponte 1, che contiene i motori di propulsione, i serbatoi del carburante, dell'acqua potabile e di quella dissalata, l'officina e il magazzino con le parti di ricambio,

ed altri servizi ha un volume di stivaggio lordo di 4000 m³.Il ponte 2, il cui piano si trova all'altezza della banchina portuale, ed è dedicato al ricevimento delle materie plastiche, compattazione, stivaggio delle balle di plastiche, ceneri inertizzate, stivaggio delle bombole vuote. Durante le operazioni portuali si effettua lo scarico dei pacchi bombole di gas riempite e si provvede al carico di quelle vuote. Questo ponte ha un volume lordo di 5920 m³.

Il ponte 3 di coperta ospita l'impianto di trattamento rifiuti dalla gassificazione alla produzione dell'energia elettrica e l'impianto elettrolizzatore per la produzione di idrogeno e ossigeno. L'ossigeno è utilizzato nel processo di trasformazione dei rifiuti; mentre l'idrogeno è imbombolato per lo scarico nei porti di attracco. Affianco all'elettrolizzatore è previsto l'impianto di compressione da quell'elettrolizzatore (30 bar) a quello di imbombolamento (300 Bar). Le bombole di idrogeno sono stoccate su questo ponte e vengono portate al ponte 2 solo in prossimità dei porti per le operazioni di carico/scarico.

Il pescaggio della nave è 4.1 m relativo al dislocamento massimo. Questo si riduce di 0.135 m ogni 100 tonnellate di carico in meno

Il dislocamento è del natante è 3000 t. Di cui circa 1200 t è il peso proprio del natante compreso il carburante, oli lubrificanti e le attrezzature per la navigazione; sono però esclusi i componenti dell'impianto di trattamento e gli ausiliari di questo, stimati in circa 250 t.

Il carico delle plastiche stivabili è massimo di 350 tonnellate.

I pacchi bombole per l'immagazzinamento dell'idrogeno sono massimo 125 per un totale di 2000 bombole da 50 litri ciascuna a 300 bar. La capacità di immagazzinamento dell'idrogeno è 1.33 kg/bombola pari a 15 Nm³ ciascuna. Complessivamente a bordo della nave è previsto l'immagazzinamento massimo di 2670 kg di idrogeno pari a 30 000 Nm³. Se le bombole sono presenti tutte contemporaneamente danno un carico di circa 230 tonnellate.

La propulsione è realizzata con due motori di tipo diesel da 700 kW (950 CV). Questi possono essere anche essere accoppiati a generatori elettrici con le eliche con motori elettrici.

I consumi della nave alle diverse velocità sono forniti in tabella 1. Ad esempio, alla velocità di crociera di 10 nodi (16 km/h) è richiesta una potenza di 350 kW ed il consumo è di 80 litri di gasolio l'ora, con la necessità di riempire il serbatoio con almeno 30 m³ per assicurare due settimane di navigazione (inclusa la maggiorazione di sicurezza del 30%). Come si vede dalla tabella 1, aumentando la velocità di crociera a 14 nodi, la potenza richiesta triplica così come i consumi di gasolio.

Tabella 1 - Consumi per la propulsione della nave alle diverse velocità di navigazione

Velocità di navigazione	RTS	Potenza richiesta	Consumo Gasolio	Capacità serbatoi per 2 settimane di navigazione
kn	[kN]	[kW]	l/h	m³
5	23	60	10	3.7
6	30	90	20	7.5
7	**38**	**140**	**30**	**11.2**
8	47	190	40	15
9	57	260	60	22.5
10	**68**	**350**	**80**	**30**
11	80	450	100	37.4
12	93	570	130	48.7
13	117	790	180	67.4
14	**154**	**1110**	**250**	**93.6**

Ai consumi per la propulsione vanno aggiunti i consumi elettrici per tutti servizi di bordo, questi possono essere stimati in circa 200 kW, che richiedono circa 40 litri di gasolio/ora aggiuntivi. Tali

consumi possono essere ridotti di circa il 10% dotando la nave di un sistema di produzione ad energia rinnovabile fotovoltaico più eolico. L'impianto fotovoltaico posto sulla copertura del ponte di comando di 140 m² permette l'installazione di circa 24 kWp, con capacità produttiva di 31200 kWh/anno. In aggiunta, si possono installare sempre sulla copertura del ponte di comando fino a 5 aerogeneratori ad asse verticale[1] da 5kW di potenza in grado di produrre fino a 110000 kWh l'anno di energia elettrica.

Fra i servizi di produzione di energia elettrica, va considerato inoltre, il sistema per l'avvio dell'impianto di trattamento dei rifiuti plastici, con potenza di picco di circa 1.5 MW con funzionamento limitato a 30 ÷60 minuti per ciascun avvio. Al limite si può pensare all'utilizzo dei motori di propulsione principali se questi fossero del tipo generatore elettrico. In questo caso la nave rimane ferma per il periodo di avvio del processo, poiché la potenza è assorbita quasi integralmente per le esigenze di produzione dell'impianto di trattamento plastiche. Infatti, all'atto dell'avvio il gassificatore alimentato dalle plastiche deve essere riscaldato normalmente con bruciatori, mentre i gas prodotti dal gassificatore, prodotti in misura ridotta rispetto alla marcia normale, devono essere trattati per purificarli con il sistema delle torce al plasma a vapore. In questa fase di avvio, non vi è ancora nessuna produzione di energia dal gruppo turbina a vapore-alternatore. È necessario che almeno un terzo di queste torce venga alimentato elettricamente assorbendo all'incirca 1,3 MW. Successivamente, man mano che l'impianto si avvia e va verso la marcia normale a regime, con l'alimentazione di 3500 kg/h di plastiche, si produce energia elettrica in misura di circa 6 ÷ 6.5 $MW_{elettrici}$. Tale potenza elettrica, per circa il 75% cioè circa 4.5÷5 MW viene auto consumata dall'impianto di trattamento (per le torce al plasma, l'inertizzazione delle ceneri e gli altri assorbimenti dell'impianto compresi i servizi), la parte restante della potenza elettrica fra 1÷1.5 MW restano disponibili per altri usi.

Riguardo questa potenza elettrica disponibile è possibile un doppio scenario di utilizzo. Ovviamente con tutte le soluzioni intermedie.

1) Si utilizza completamente la potenza elettrica per la produzione di idrogeno tramite un elettrolizzatore con tecnologia PEM ed occorre ricorrere al consumo di gasolio per la propulsione indicato in tabella 1.
2) Si utilizza la potenza elettrica per l'autosufficienza: quindi per le esigenze di propulsione della nave e le altre necessità energetiche, valutate in circa 700 - 900 kW durante la navigazione e 200÷300 kW con nave ferma in porto, la parte rimanente della potenza prodotta è comunque utilizzabile per la produzione di idrogeno seppure in misura ridotta rispetto al caso 1.

Si confrontano brevemente i pro e i contro di ciascuna di queste due soluzioni.

La soluzione 1 che prevede l'integrale utilizzo della potenza elettrica per l'elettrolizzatore, richiede un consumo di costante e continuativo di gasolio per la propulsione e gli altri servizi e le necessità di bordo con conseguente pagamento delle accise sul gasolio acquistato (120 l/h) e si hanno livelli di emissioni di CO_2 non trascurabili valutati in circa 310 kg/h (per una velocità di 10 kN e 200 kW per il generatore elettrico dei servizi vari di bordo). La produzione di idrogeno è massima e stimabile in circa 18-25 kg/h. Non è strettamente necessario che la propulsione all'elica sia realizzata con sistemi elettrici, ma è possibile un collegamento con albero meccanico fra motori di propulsione ed eliche, ed in questo caso si deve aggiungere un generatore elettrico di 1.5÷2 MW per l'avvio dell'impianto di trattamento plastiche. In ogni caso la spesa oraria per il carburante, a prezzi correnti 1.5 €/l, è dell'ordine di 180 €/h. L'ossigeno prodotto dall'elettrolizzatore è 162÷225 kg/h pari a 115÷160 Nm³/h, in questo caso non è necessario una produzione extra di ossigeno[2].

Con la soluzione 2, che prevede durante la navigazione con l'impianto di trattamento plastiche a regime l'autosostentamento dei fabbisogni energetici della nave, sia per quel che riguarda la

*****

[1] La società WINDUP commercializza turbine eoliche ad asse verticali con diametro esterno di 4.4 m altezza 5 m in lega di alluminio www.windup.eu

[2] Nel rapporto RINA-CSM si era indicato un fabbisogno di ossigeno di 300 Nm³/h di ossigeno per l'impianto da 250 t/sett. Tale valore raddoppia per l'impianto da 500 t/sett. Però per un impianto a bordo di una nave, si può optare per una soluzione ibrida aria + ossigeno, la cosiddetta aria arricchita. Ciò viene detto per limitare il fabbisogno di ossigeno con le relative necessità di produrlo e i relativi costi. Si può ad esempio farlo funzionare soltanto con l'ossigeno prodotto dall'elettrolizzatore.

propulsione e sia i servizi di bordo, è necessario che la propulsione all'elica sia realizzata con motori elettrici. I motori diesel con alternatori sarebbero utilizzati per le movimentazioni con impianto di trattamento non produttivo e l'avvio dell'impianto di trattamento plastiche. La produzione di idrogeno è minima e probabilmente intorno a 5÷10 kg/h, si risparmia sul costo di acquisto dei carburanti ed in particolare sul costo delle accise, ma si rinuncia ai ricavi della vendita dell'idrogeno stimato in 7 €/kg. Il minor ricavo dalla vendita di idrogeno è stimabile in 65÷105 €/h, però si risparmiano 180 €/h per l'acquisto del gasolio, dunque si ha un vantaggio economico di 75÷115 €/h. Su una base annua di 5000 h di funzionamento in navigazione si traduce in un risparmio di circa 325000÷575000 €/anno.

Ulteriori vantaggi di questa soluzione è che avendo meno energia elettrica a disposizione bisogna produrre meno idrogeno, e dunque minori carichi da manipolare.

In questo secondo caso, l'impianto elettrolizzatore è più piccolo e meno costoso del caso 1. Si fa notare che l'ossigeno prodotto, con questa soluzione dell'ordine di 45÷90 kg/h cioè 32÷65 Nm³/h che è una frazione modesta di quello indicato nel rapporto RINA-CSM per l'impianto da 500 kg/sett (vedi nota 2). Dunque, o esso va prodotto con un impianto aggiuntivo, oppure occorre lavorare in gassificazione con un impianto ad aria con arricchimento moderato rispetto a quanto indicato nell'opzione precedente.

Occorre precisare che questi discorsi sono validi per il trattamento di 500 tonnellate a settimana, mentre per il caso di trattamento di 250 tonnellate a settimana, l'energia elettrica disponibile essendo meno della metà non ce la farebbe ad autosostentare la nave. Infatti, seppur di dimensioni un po' inferiori, e conseguentemente anche il dislocamento minore le esigenze di propulsione non si dimezzano affatto e dunque questa seconda ipotesi non sarebbe energeticamente sostenibile.

3. INDICAZIONE DEL LAYOUT DEL NATANTE CON L'INDICAZIONEDEGLI IMPIANTI

Nelle figure 2 e 3 sono riportati i layout di massima dei ponti di lavoro 1, 2 e 3 e poi di quelli degli alloggi (ponti 4 e 5) e della sala comando (ponte 6), già descritti nel precedente paragrafo 2.

Alcuni servizi sono stati previsti nel ponte 1, altri servizi accessori sono stati omessi come: il servizio antincendio, i sistemi di ancoraggio della nave, le scialuppe di salvataggio, gli impianti di movimentazione di livello di ponte di coperta, carriponte e rovescia container (ponte 2), gru a braccio per carico e scarico laterale, cabina di gestione degli impianti al ponte 3, barriere di sicurezza. Inoltre, non sono riportati i carrelli di sollevamento e trasporto (muletti) sui tre ponti.

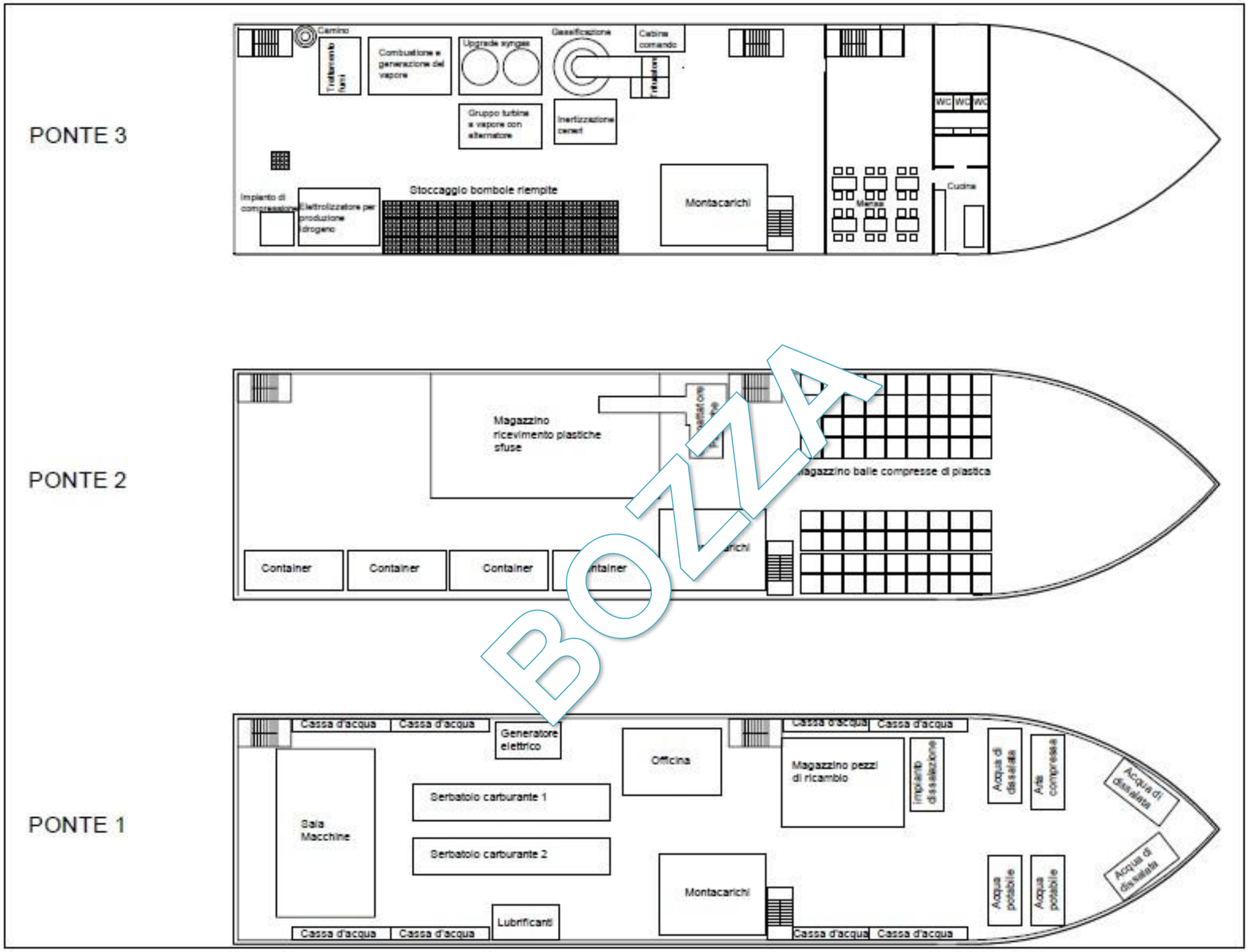
Rispetto alla descrizione dell'impianto di trattamento dei rifiuti plastici del precedente rapporto è stato aggiunto un impianto elettrolizzatore che sfrutta l'energia elettrica prodotta per produrre idrogeno con un impianto elettrolizzatore con tecnologia PEM. Sul mercato sono disponibili apparecchiature per la produzione di idrogeno per via elettrolitica. Ad esempio: quella della MCphy[3][1] che produce elettrolizzatori di classe "large" con una porta nominale fra 100 e 800 Nm³/h con potenza impegnata da 0.5 a 4 MW con una pressione di 30 bar. Quello adatto per l'applicazione sul natante con capacità di trattamento di 250 t/sett. è quello di taglia minore da 0.5 MW di potenza assorbita in grado di produrre 100 Nm³/h di idrogeno, adatto anche nel caso di nave con impianto per trattamento di 500 tonnellate /settimana, ma con l'opzione 2. Mentre nel caso l'impianto da 500 t/sett. ed opzione 1) si può utilizzare quello di taglia 1 MW e capacità di produzione di 200 Nm³/h di idrogeno. Questi sono in grado di produrre anche l'ossigeno necessario per il processo di gassificazione senza necessità di avere un altro impianto per la produzione dell'ossigeno, tuttavia lavorando in condizioni di aria arricchita con ossigeno nella misura di quello prodotto a bordo con l'elettrolizzatore.

L'idrogeno prodotto deve essere compresso da 30 bar a 300 bar per l'imbombolamento. Quindi in 24 ore si è in grado di produrre 4800 Nm³/h di idrogeno paria circa 427 kg (opzione 1 del paragrafo precedente riguardo il metodo di propulsione). Questo può essere immagazzinato in 320 bombole standard da 50 litri a 300 bar e corrisponde a quelle stivabili in un carro bombolaio di idrogeno. C'è quindi la necessità di scaricarle 1 volta ogni 3 ÷6 giorni, per non avere troppe bombole sulla nave.

La produzione di idrogeno si riduce nel caso si adotti l'opzione 2 con nave in autosostentamento

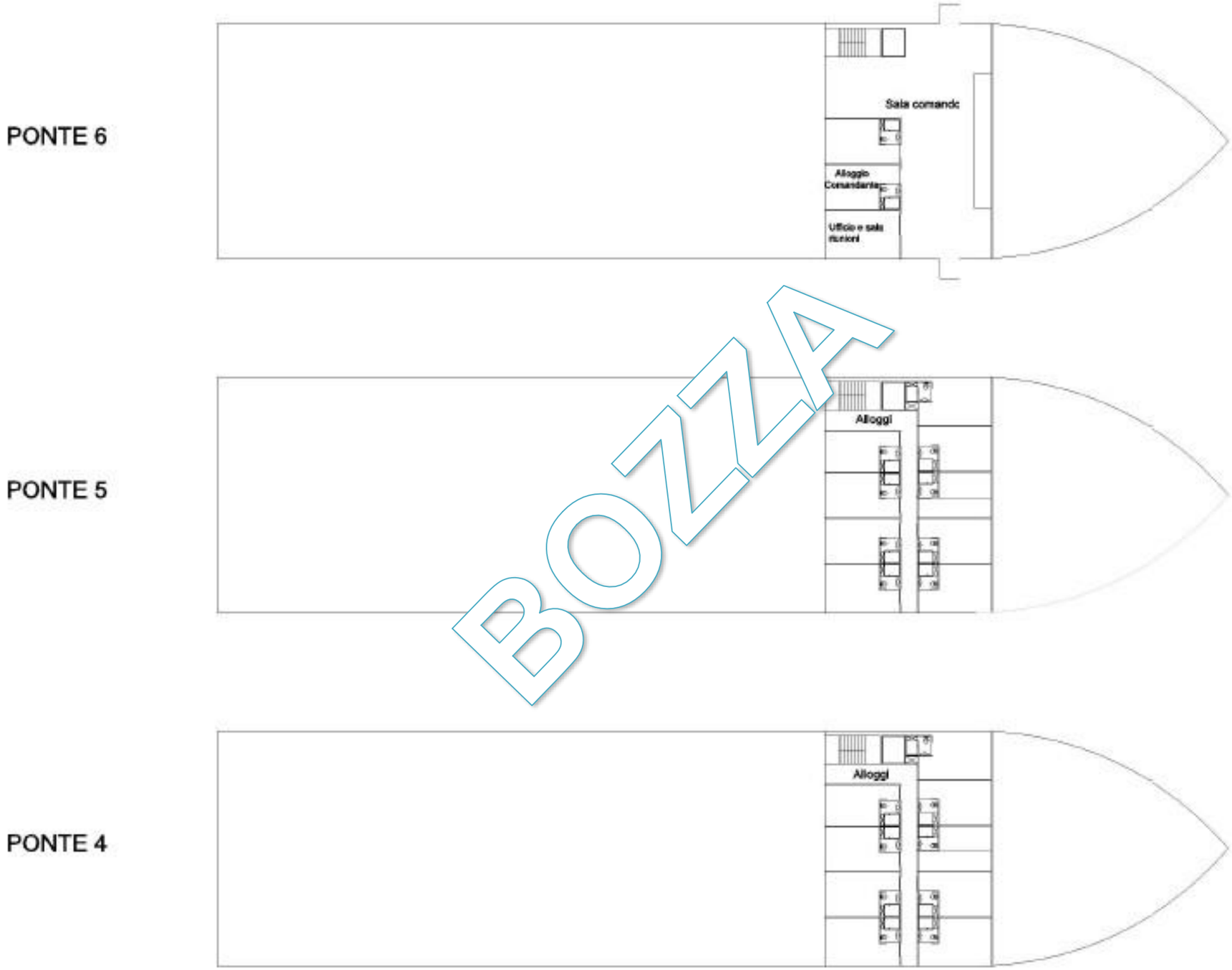
[1] https://mcphy.com/it/apparecchiature-e-servizi/elettrolizzatori/large/ - vedi allegato 1

energetico precedente descritta.



BOZZA

Figura 2 - Ponti di lavoro 1, 2 e 3 della nave. Altezza ponte 1: 5.5 m; altezza ponte 2: 8 m, altezza ponte 3: ponte di coperta, altezza locale mensa e ricreativo 2.4 m - Superficie ponti 1 e 2 740 m², ponte 460 m² + 130 m² + 140 m² (area mensa)



BOZZA

Figura 3 - Ponti alloggi 1, 2 e ponte 3 per sala comando e controllo della nave. Altezza ponti 1, 2 e 3: 2.4 m – Superficie ponti : 140 m²

4. STIMA DEL COSTO DI COSTRUZIONE

Il costo di costruzione del natante può essere valutato in maniera budgettaria in **15 milioni di euro** escluso i costi della parte di smaltimento delle plastiche. Però includendo tutti i servizi e gli equipaggiamenti necessari per la navigazione. Questo è riferito ad una nave per ospitare l'impianto di trattamento di 500 tonnellate a settimana. Per il trattamento di 250 tonnellate a settimana il costo diminuisce di costruzione diminuisce al più di 2 milioni di euro.

Una nave del genere può essere governata con un personale navigante di 10 persone per entrambi i casi di impianti di trattamento plastiche da 250 e 500 tonnellate a settimana. Questo numero **NON** include il personale per il funzionamento dell'impianto di trattamento plastiche.

5. STIMA DEL COSTO DI ESERCIZIO DEL NATANTE

I costi operativi della nave si compongono delle seguenti voci principali:

ammortamento ed oneri finanziari; manutenzione della parte nave; costo della "marine operation" (costi per l'attracco in porto ed altri servizi); costi assicurativi; personale navigante; costi del carburante

La stima dei costi è riportata nella tabella 2, calcolata con l'ipotesi di opzione 1 del paragrafo 2 (sistema di propulsione a gasolio), mentre i costi dell''impianto di trattamento rifiuti è in tabella 3.

Tabella 2 - Opex nave (opzione 1)

	OPEX			
1	costi operativi natante			
2	costo assicuraz. natante			100 000 €
3	personale navigante	70 000 €	10	700 000 €
4	ammortamento ed oneri finanziari	15 000 000 €	5.80%	870 000 €
5	manutenzioni	15 000 000 €	1.50%	225 000 €
6	costi carburanti	320 000 €	1.4	448 000 €
7	costo marine operation	200 000 €	1	200 000 €
	Totale			2 543 000 €

Tabella 3 - Opex Impianto trattamenti rifiuti (opzione 1)

OPEX Impianto trattamento rifiuti		
8	Costi operativi Impianto trattamento	
10	Personale	390 000 €
11	Manutenzione	345 000 €
12	Materiali di consumo	150 000 €
13	Spese generali	120 000 €
14	Ammortamento Elettrolizzatore	40 000 €
15	Ammortamento	90 000 €
	Totale	1 135 000 €

Complessivamente i costi operativi ammontano a **4 464 000 €/anno**.

In questo caso il bilancio si realizza con una tariffa di ingresso del materiale di 127.10 €/tonnellata ed un prezzo di vendita dell'idrogeno di 7 €/kg. Se si volesse diminuire la tariffa di vendita dell'idrogeno occorrerebbe far salire un pochino la tariffa di ingresso del materiale da trattare. La Tabella 4 illustra i ricavi del sistema.

RICAVI			
1	materiale in ingresso	500	t/sett
2	tariffa d'ingresso materiale	127.40	€/t
3	materiale in ingresso annuo	26 000	t/a
4	energia prodotta annua	2 310 000	kWh
5	H2 producibile annuo	525 000	Nm^3/a
6	H2 producibile annuo	46 725	kg/a
7	Prezzo di vendita H2	7	€/kg
8	Prezzo di vendita ceneri inertizzate	10	€/t
9	Ceneri prodotte	3 900	t
10	Ricavo dal conferimento in ingresso	3 312 400 €	
11	Ricavo dalla vendita di H2	327 075 €	
12	vendita ceneri inertizzate	39 000 €	
	Totale Ricavi	**3 678 475 €**	

Tabella 4 - Ricavi opzione 1

Nel caso che si adotti la seconda opzione relativa alla propulsione della nave, utilizzando l'energia elettrica per la navigazione per almeno in 5000 ore l'anno. La voce 6 degli opex della nave scenderebbero a 320 000 €/anno, ed insieme diminuirebbe di circa 30 000 € la voce 14 (ammortamento elettrolizzatore) e gli opex totali diventerebbero **3 678 000 €/anno.** Poiché diminuirebbe la produzione di idrogeno in maniera considerevole, il sistema sarebbe ancora sostanzialmente in equilibrio di bilancio con la stessa tariffa di ingresso come presentato dalle seguenti due tabelle 5 e 6.

Tabella 5 - Opex con opzione 2

OPEX				
1	costi operativi natante			
2	costo assicurazione natante			100 000 €
3	personale navigante	70 000 €	10	700 000 €
4	ammortamento ed oneri finanziari	15 000 000 €	5.80%	870 000 €
5	manutenzioni	15 000 000 €	1.50%	225 000 €
6	costi carburanti	320 000 €	1.4	448 000 €
7	costo marine operation	200 000 €	1	200 000 €
8	Totale costi operativi natante			2 543 000 €

OPEX Impianto trattamento rifiuti		
10	Personale	390 000 €
11	Manutenzione	345 000 €
12	Materiali di consumo	150 000 €
13	Spese generali	120 000 €
14	Ammortamento Elettrolizzatore	40 000 €
15	Ammortamento	90 000 €
16	Totale costi Impianto trattamento rifiuti	1 135 000 €
	Totale OPEX (voce 8 + voce 16)	**3 678 000 €**

RICAVI			
1	materiale in ingresso	500	t/sett
2	tariffa d'ingresso materiale	127.40 €	€/kg
3	materiale in ingresso annuo	26 000	t/a
4	energia prodotta annua	2310 000	kWh
5	H2 producibile annuo	525 000	Nm^3/a
6	H2 producibile annuo	46 725	kg/a
7	Prezzo di vendita H2	7	€/kg
8	Prezzo di vendita ceneri inertizzate	10	€/t
9	Ceneri prodotte	3 900	t
10	Ricavo dal conferimento in ingresso	3 312 000 €	
11	Ricavo dalla vendita di H2	3 27 000 €	
12	vendita ceneri inertizzate	39 000 €	
	Totale Ricavi	**3 678 000 €**	

6. CONCLUSIONI

Nell'attività svolta precedentemente a supporto dell'Università di Cagliari, si è proposto un impianto per lo smaltimento delle plastiche con un'istallazione terrestre.

Qui si è studiato l'ipotesi di installare lo stesso impianto a bordo di una nave che raccolga il materiale dai vari porti e lo tratti a bordo della stessa, prescindendo dalla normativa esistente MARPOL, che allo stato della legislazione attuale nega un'applicazione del genere.

In particolare, si sono confrontati due casi con propulsione della nave indipendente con un normale motore a marine gasolio (opzione 1); la seconda ipotesi formulata è quella di una nave che sfrutti parte dell'energia prodotta per la propulsione (opzione 2) e sempre un motore quando l'energia non è disponibile.

Per entrambe le soluzioni, il surplus di energia elettrica disponibile è stato ipotizzato l'utilizzo per la produzione di idrogeno tramite elettrolizzatore.

Il sistema impianto a bordo della nave è sempre in bilancio economico sostanzialmente con la stessa tariffa di ingresso della plastica trattata. L'unica condizione è che si garantisca un trattamento di plastiche di almeno 500 tonnellate/settimana.

7. ALLEGATO - IMPIANTO ELETTROLIZZATORE

Elettrolizzatore MCphy

Capacità produttiva di un elettrolizzatore PEM (MCphy)

Modelli	Pressione (barg)	Portata nominale H2 (Nm3/h)	Classe di potenza	Consum. spec. DC a portata nominale (kWh/Nm3)
McLyzer 100-30	30	100	0,5 MW	4,5
McLyzer 200-30	30	200	1 MW	4,5
McLyzer 400-30	30	400	2 MW	4,5
McLyzer 800-30 (core-module Augmented McLyzer)	30	800	4 MW	4,5

Le nostre apparecchiature sono certificate CE, sono conformi alle direttive dell'Unione Europea [macchine, bassa tensione, compatibilità elettromagnetica, direttiva attrezzature a pressione]. Progettazione secondo la norma ISO 22734-1: 2008.

RINA Consulting - Centro Sviluppo Materiali S.p.A.
Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA Consulting S.p.A.
Via di Castel Romano, 100 - 00128 Roma | P. +39 06 50551 | rinaconsulting@rinaconsulting.org | www.rinaconsulting.org
C.F. / R.I. Roma N. 00477510580 | P. IVA 00903541001 | Cap. Soc. € 1.050.000,00 i.v..