



**AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE
DEL MAR TIRRENO CENTRALE**
NAPOLI · SALERNO · CASTELLAMMARE DI STABIA



PROCESSO DI
FORMAZIONE DEL

**DOCUMENTO DI
PIANIFICAZIONE
ENERGETICA
DI SISTEMA
PORTUALE**

DOCUMENTO
PRELIMINARE
DICEMBRE 2019





AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE
DEL MAR TIRRENO CENTRALE
NAPOLI · SALERNO · CASTELLAMMARE DI STABIA

DOCUMENTO DI PIANIFICAZIONE ENERGETICO AMBIENTALE DEL SISTEMA
PORTUALE DEL MAR TIRRENO CENTRALE (DEASP-MTC)

DOCUMENTO PRELIMINARE

GRUPPO DI LAVORO



- Ing. Francesco Messineo – Segretario Generale;
- Dott. Gennaro Cammino;
- Ing. Gianluigi Lalicata;
- Ing. Alberto Bracci Laudiero.



- Ing. Michele Macaluso;
- Ing. Mauro Simeone;
- Sig. Aniello Poerio;
- Dott. Ing. Domenico Cirone;
- Dott. Ing. Mario Loffredo;
- Ing. Assunta Positano.



- Prof. Ing. Massimo Dentice d'Accadia;
- Prof. Ing. Franco Quaranta.



- Prof. Ing. Furio Cascetta;
- Prof. Ing. Armando Carteni;
- Prof. Ing. Daniele Gallo;
- Prof. Ing. Mario Luiso.

Sommario

PARTE I. INTRODUZIONE	7
SEZIONE I.1. Il quadro normativo e di contesto	8
SEZIONE I.2. Contenuti generali del DEASP-MTC.....	9
I.2.1. Linee guida	9
I.2.2. Obiettivi del DEASP-MTC	10
SEZIONE I.3. Il processo di formazione del DEASP-MTC	11
SEZIONE I.4. Struttura del DEASP-MTC	11
PARTE II. QUADRO CONOSCITIVO	13
SEZIONE II.1. Il porto di Napoli	13
SEZIONE II.2. Il porto di Salerno	14
SEZIONE II.3. Il porto di Castellammare di Stabia	15
SEZIONE II.4. Consumi energetici ed emissioni	17
SEZIONE II.5. Traffico Passeggeri e Merci	20
PARTE III. SVILUPPO DEL “COLD IRONING (ELETTRIFICAZIONE DELLE BANCHINE)”	22
SEZIONE III.1. Interventi per la riduzione delle emissioni	22
SEZIONE III.2 COLD IRONING	22
SEZIONE III.3 Sistemi per l’alimentazione elettrica delle navi in porto	40
III.3.1 Rete elettrica a bordo nave, Identificazione del Carico Elettrico	40
III.3.2 Impianti a bordo nave: Normativa Applicabile	42
III.3.3 Impianti di interconnessione: normativa applicabile	44
III.3.4 Retrofitting delle navi	45
SEZIONE III.4 Ipotesi di soluzioni di “Cold Ironing” praticabili per l’Autorità di Sistema Portuale.....	47
III.4.1 Il caso studio di Salerno	47

PARTE IV. REALIZZAZIONE DI DEPOSITI COSTIERI DI GNL	56
Sezione IV.1 Scenario.....	56
Sezione IV.2 Le principali caratteristiche del GNL	58
IV.2.1 Il ciclo produttivo del GNL	58
IV.2.2 Vantaggi ecologici ed ambientali della filiera del GNL	61
Sezione IV.3 Deposito costiero di GNL	67
IV.3.1 Tipologie di rifornimento	67
IV.3.2 Quadro di riferimento tecnico normativo sulla sicurezza dello stoccaggio e della distribuzione di GNL	70
Sezione IV.4 Ipotesi di soluzioni di “depositi costieri di GNL” praticabili per l’Autorità di Sistema Portuale	74
IV.4.1 Il caso studio di Napoli	74
IV.4.1.1 Cartografia e Rilievi del Sito	75
IV.4.2 I Vincoli del progetto	77
IV.4.3 Ipotesi preliminari di fattibilità del deposito GNL	81
IV.4.4 Serbatoio di GNL galleggiante (Floating Storage Unit)	87
IV.4.5 Ubicazione della baia di carico	89
IV.4.6 Dislocazione dell’ormeggio permanente della FSU	90
PARTE V. ANALISI DELLE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI ED APPLICAZIONE AL CASO DELL’AUTORITA’ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE TIRRENO CENTRALE.....	96
SEZIONE V.1. Solare per la generazione di energia elettrica.....	96
V.1.1 Descrizione interventi pianificati per sfruttamento delle energie rinnovabili	96
V.1.2 Osservazioni Conferenza dei servizi e parere Sovrintendenza	103
SEZIONE V.2. Cenni sulla normativa vigente in tema di energie rinnovabili	104
V.2.1 Gli impianti ammessi agli incentivi del D.M. 04/07/2019	104
V.2.2 Come accedere agli incentivi	104
V.2.3 Meccanismi, valore e durata degli incentivi	105
PARTE VI. EFFICIENTAMENTO ENERGETICO	107
SEZIONE VI.1 Ottimizzazione dell’illuminazione artificiale del sedime portuale	107
VI.1.1 Attuale sistema di illuminazione artificiale del sedime dell’area portuale di Napoli	107
VI.1.2. La tecnologia LED per gli impianti di pubblica illuminazione	119
VI.1.3 Esempi di applicazioni in aree portuali e stima dei costi	125

VI.1.4 Considerazioni finali sugli interventi per l'ottimizzazione dell'illuminazione artificiale del sedime portuale 127

PARTE VII. SISTEMA DI MONITORAGGIO E AGGIORNAMENTO DEL DOCUMENTO DI PIANIFICAZIONE.....	128
PARTE VIII. CONCLUSIONI.....	129
BIBLIOGRAFIA.....	130
SITOGRAFIA	130

PARTE I. INTRODUZIONE

L'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale (nel seguito ADSP-MTC) è un organismo dotato di personalità giuridica di diritto pubblico e di autonomia amministrativa che ha funzioni finanziarie, di bilancio e amministrative.

Secondo il Decreto Legislativo n. 169 del 2016, l'ADSP-MTC ha il compito di riorganizzazione, razionalizzazione e semplificazione della disciplina concernente le Autorità portuali di cui alla legge 28 gennaio 1994, n. 84, in attuazione dell'articolo 8, comma 1, lettera f), della legge 7 agosto 2015, n. 124. (16G00182); l'ADSP-MTC è investita dei seguenti compiti:

- indirizzo, programmazione, coordinamento, promozione e controllo delle operazioni portuali (quali il carico, lo scarico, il trasbordo, il deposito, il movimento in genere delle merci e di ogni altro materiale), nonché delle altre attività commerciali e industriali esercitate nei porti;
- manutenzione ordinaria e straordinaria delle parti comuni nell'ambito portuale, ivi compresa quella per il mantenimento dei fondali;
- affidamento e controllo delle attività dirette alla fornitura a titolo oneroso agli utenti portuali di servizi di interesse generale.

In quest'ottica si colloca il procedimento per la formazione del Documento di Pianificazione Energetica e Ambientale (nel seguito DEASP-MTC), affidando all'Agenzia Napoletana per Energia e Ambiente (nel seguito ANEA) l'incarico inerente lo svolgimento delle prestazioni propedeutiche alla redazione di tale documento relativo al Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale. L'attività è svolta dal gruppo di lavoro composto da tecnici di ANEA, esperti dell'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli e dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, d'intesa con il personale di ADSP-MTC.

I principali contenuti del presente documento, funzionali alla pianificazione energetica del Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale, sono volti a definire:

- A. il quadro di riferimento relativo al traffico portuale, ai consumi energetici dell'Autorità;
- B. l'evoluzione del quadro regolamentare inerente all'impiego delle fonti energetiche rinnovabili per la produzione di energia nel caso dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare Tirreno Centrale;
- C. gli scenari di pianificazione energetica in una logica di riduzione delle emissioni climalteranti, attraverso una pluralità di interventi e misure.

Nel rispetto delle linee guida per la redazione dei DEASP-MTC, predisposte dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), d'intesa con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti (MIT), il presente documento ha un carattere preliminare utile al processo di formazione e definizione della metodologia di lavoro.

SEZIONE I.1. Il quadro normativo e di contesto

Il D.lgs. 4 agosto 2016, n. 169 “Riorganizzazione, razionalizzazione e semplificazione della disciplina concernente le Autorità portuali di cui alla legge 28 gennaio 1994, n. 84, in attuazione dell'articolo 8, comma 1, lettera f), della legge 7 agosto 2015, n. 124” (modificato dal D. DLgs 13 dicembre 2017, n.232) prevede che le Autorità di Sistema Portuale promuovano la redazione del DEASP-MTC, sulla base delle linee guida adottate dal MATTM, di concerto con il MIT.

In particolare, l'art. 5 introduce l'articolo 4-bis alla legge 28 gennaio 1994, n. 843:

<<Art. 4-bis (Sostenibilità energetica).

1. La pianificazione del sistema portuale deve essere rispettosa dei criteri di sostenibilità energetica e ambientale, in coerenza con le politiche promosse dalle vigenti direttive europee in materia.

2. A tale scopo, le Autorità di sistema portuale promuovono la redazione del documento di pianificazione energetica e ambientale del sistema portuale con il fine di perseguire adeguati obiettivi, con particolare riferimento alla riduzione delle emissioni di anidride carbonica (CO₂).

3. Il documento di cui al comma 2, redatto sulla base delle linee guida adottate dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, di concerto con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, definisce indirizzi strategici per l'implementazione di specifiche misure al fine di migliorare l'efficienza energetica e di promuovere l'uso delle energie rinnovabili in ambito portuale.

A tal fine, il documento di pianificazione energetica e ambientale del sistema portuale individua:

- a. all'interno di una prefissata cornice temporale, gli interventi e le misure da attuare per il perseguimento dei traguardati obiettivi, dando conto per ciascuno di essi della preventiva valutazione di fattibilità tecnico economica, anche mediante analisi costi-benefici;
- b. le modalità di coordinamento tra gli interventi e le misure ambientali con la programmazione degli interventi infrastrutturali nel sistema portuale ;
- c. adeguate misure di monitoraggio energetico ed ambientale degli interventi realizzati, al fine di consentire una valutazione della loro efficacia.

Oltre agli aspetti normativi appena citati, sono da considerare anche alcuni altri elementi essenziali che hanno connotato il contesto strategico nel quale si è evoluta la normativa stessa relativa alla pianificazione energetico ambientale dei porti:

❖ “Green Guide. Towards excellence in port environmental management and sustainability” pubblicata a Ottobre 2012 dall'European Sea Ports Organisation (ESPO) che, pur nel rispetto delle differenze tra i porti:

- definisce una visione comune del settore portuale relativamente alla sostenibilità ambientale;
- promuove gli sforzi delle Autorità portuali europee nel campo della gestione ambientale;
- fornisce una guida ai porti per creare e sviluppare ulteriormente i loro programmi di gestione ambientale;

- mette in evidenza le principali sfide ambientali che affrontano i porti e mostra opzioni di risposta;
 - sviluppa un approccio comune verso l'azione responsabile, nel rispetto della diversità dei porti, delle loro competenze e delle loro capacità;
- ❖ Piano Strategico Nazionale della Portualità e della Logistica (PSNPL) approvato dal Consiglio dei Ministri il 3 Luglio 2015 ed adottato il 6 Agosto 2015 con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri al fine di migliorare la competitività del sistema portuale e logistico, di agevolare la crescita dei traffici delle merci e delle persone e la promozione dell'intermodalità nel traffico merci, anche in relazione alla razionalizzazione, al riassetto e all'accorpamento delle Autorità portuali esistenti. In particolare l'obiettivo 7, rubricato "Sostenibilità", del suddetto Piano strategico, prevede di ridurre l'impatto dei porti sull'ambiente in termini globali (gas serra) e locali, promuovendo l'utilizzo intelligente dell'energia attraverso l'adozione di misure orientate a risparmio ed efficienza energetica, integrate alle tecnologie di produzione e sfruttamento delle fonti rinnovabili, incentivando iniziative volte alla minimizzazione dell'impatto ambientale dei sistemi portuali nel loro complesso;
- ❖ Decreto legislativo 16 dicembre 2016, n. 2574 "Disciplina di attuazione della direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi" (c.d. Direttiva DAFI – Deployment of alternative fuels infrastructure), che prevede la valutazione della necessità di installare nei porti punti di rifornimento per il gas naturale liquefatto (Gnl) e opere per la fornitura di elettricità alle infrastrutture di ormeggio.

SEZIONE I.2. Contenuti generali del DEASP-MTC

I.2.1. Linee guida

Con decreto n. 408 del 17 dicembre 2018 del Direttore generale per il clima e l'energia del MATTM, di concerto con il Direttore generale per la vigilanza sulle autorità portuali, le infrastrutture portuali ed il trasporto marittimo e per vie d'acqua interne del MIT, sono state approvate le «Linee guida per la redazione dei documenti di pianificazione energetico-ambientale dei sistemi portuali» - ai sensi dell'art. 4-bis della legge 28 gennaio 1994, n. 84 - che forniscono gli indirizzi utili alla redazione dei documenti di pianificazione energetico ambientale dei sistemi portuali, con l'obiettivo di ridurre i consumi di combustibili fossili e, quindi, le emissioni di CO₂, allo scopo, conseguentemente, di migliorare la qualità ambientale dei porti e delle aree limitrofe, di salvaguardare la salute e il benessere dei lavoratori e della popolazione, nonché di aumentare la competitività dei sistemi portuali.

Le Linee Guida rappresentano il primo atto per orientare e favorire le politiche infrastrutturali e gli stessi investimenti verso la riconversione alla sostenibilità di un settore tradizionalmente ad alto impatto ambientale.

Va sottolineato che il DEASP-MTC è formalmente indipendente dalla pianificazione generale del Sistema Portuale, e viene adottato ed approvato direttamente dall'Autorità di Sistema Portuale, senza necessità di approvazione da enti collegati o sovraordinati: come sopra richiamato il comma 2 dell'art. 4 bis del D.lgs. n. 169/2016, infatti, recita: "le Autorità di Sistema Portuale promuovono la redazione del documento di pianificazione energetica e ambientale del sistema portuale".

Tale elaborato, quindi, non è un Piano, ma bensì un supporto tecnico che l’Autorità di Sistema Portuale promuove anche indipendentemente dal sistema della Pianificazione Portuale, pur rispettandone i principi, e prevedendone l’adozione autonomamente da parte degli organi della stessa Autorità. Nel rapporto tra DEASP-MTC e il Piano Regolatore di Sistema Portuale (PRdSP) va sottolineato che il primo si riferisce maggiormente alla situazione reale del porto, mentre il secondo ne prevede lo sviluppo futuro, modificando anche la destinazione d’uso di aree ed immobili. Resta inteso che, qualora l’attuazione delle previsioni di piano portuale modificasse sostanzialmente l’assetto studiato dal DEASP-MTC, quest’ultimo dovrà essere conseguentemente adeguato.

1.2.2. Obiettivi del DEASP-MTC

Come indicato al comma 3 del nuovo art. 4bis della legge n. 84/1994, il DEASP-MTC: “Definisce indirizzi strategici per l’implementazione di specifiche misure al fine di migliorare l’efficienza energetica e di promuovere l’uso di energie rinnovabili in ambito portuale”.

Ne consegue che il suo ambito di riferimento si limita al settore energetico, avendo “il fine di perseguire adeguati obiettivi, con particolare riferimento alla riduzione delle emissioni di CO₂”, pur dovendo considerare che, di riflesso, dovranno essere positivamente coinvolti tutti i parametri ambientali che possano essere migliorati dall’efficienza energetica e dall’uso delle energie rinnovabili, quali, ad esempio, la riduzione dell’inquinamento atmosferico e/o di quello acustico. Il già citato comma 3 specifica i contenuti/obiettivi che deve avere il DEASP-MTC, così riassumibili:

- Individuazione degli obiettivi di sostenibilità energetico-ambientale del porto;
- Individuazione degli interventi e delle misure da attuare per il raggiungimento degli obiettivi;
- Preventiva valutazione di fattibilità tecnico-economica, anche mediante analisi costi-benefici;
- Programmazione degli interventi, anche parziali, in un arco temporale prefissato, individuando gli obiettivi da raggiungere.

Le Linee Guida suggeriscono che la attività di pianificazione degli obiettivi e lo stesso monitoraggio dei risultati degli interventi realizzati, venga accompagnata da una preventiva messa a punto di uno strumento di verifica, in modo tale da:

- effettuare una fotografia della situazione esistente ed individuarne le criticità;
- assumere gli obiettivi energetico-ambientali confrontando questa situazione con le esigenze del territorio e con le migliori pratiche, individuando eventuali obiettivi parziali in un arco di tempo prefissato;
- monitorare i risultati raggiunti.

Viene, altresì, proposto che tale verifica sia basata su una metodologia riconosciuta e standardizzata, così da favorire la omogeneità delle strategie tra i diversi Sistemi Portuali: a tale scopo viene individuata la misura della cosiddetta “Carbon Footprint”, così come definita dalle norme UNI EN ISO 14064, come la più idonea per il caso in esame, riguardo in particolare ai seguenti aspetti in relazione:

- all’obiettivo energetico-ambientale (nella norma 14064 la quantificazione delle emissioni di CO₂ si basa sui consumi energetici);
- alla valutazione dell’efficacia degli interventi.

SEZIONE I.3. Il processo di formazione del DEASP-MTC

Le Linee Guida affrontano, in modo generale, la metodologia di formazione dei contenuti del DEASP-MTC. Punto di partenza è la fotografia della situazione esistente, in termini di consumi energetici e di emissioni di CO₂, attraverso la valutazione della “Carbon Footprint” del Sistema Portuale, secondo quanto previsto dalla norma UNI 14064, appena richiamata.

Tale fotografia andrà letta alla luce degli indirizzi di pianificazione portuale in essere, relativamente al tema delle emissioni di CO₂, consentendo così l’individuazione di un quadro di obiettivi integrati generali, evidenziazione le eventuali priorità. Tali obiettivi e priorità saranno forniti dall’Autorità del Sistema Portuale, in modo da indirizzare adeguatamente le fasi di redazione successive.

Dovranno essere individuate, quindi, le misure e gli interventi utili a raggiungere gli obiettivi assegnati, anche attraverso la valutazione della loro fattibilità, prendendo in esame gli elementi più strettamente connessi all’obiettivo energetico-ambientale prioritario previsto.

Per quanto riguarda l’estensione temporale del DEASP-MTC, gli interventi e le misure possibili per la riduzione delle emissioni necessitano di un tempo adeguato sia per le autorizzazioni degli eventuali investimenti da realizzare, che per la valutazione dei conseguenti effetti, considerando che si sta operando in un settore con una rapidissima evoluzione tecnologica ed una significativa evoluzione dei costi.

Da ciò deriva che il DEASP-MTC, strumento operativo, non soggetto ad approvazioni sovraordinate, dovrà essere valutato ed eventualmente aggiornato almeno ogni tre anni, con la possibilità di adeguamenti intermedi se necessari. L’approfondimento di tale aggiornamento dipenderà dall’entità dei cambiamenti intervenuti nel triennio, fino all’effettuazione di una nuova valutazione della “Carbon Footprint”, nel caso siano stati realizzate azioni significative.

Ciò viene indicato analogamente a quanto previsto per le stesse Linee Guida, che, proprio perché fortemente condizionate dall’evoluzione tecnologica e normativa, saranno vagliate ed eventualmente aggiornate ogni tre anni dalla loro emanazione.

SEZIONE I.4. Struttura del DEASP-MTC

In un contesto globale che vede crescere la sensibilità dell’opinione pubblica e dei vari stakeholder verso i temi della sostenibilità, analoga attenzione viene posta negli ultimi anni sempre di più verso il miglioramento della situazione energetico-ambientale delle infrastrutture portuali: da qui viene la stessa attenzione che il legislatore italiano ha inteso porre su questo tema, nell’ambito della complessiva riforma del sistema portuale.

La relazione generale del DEASP-MTC contiene l’individuazione dei seguenti scopi primari:

- descrivere sinteticamente lo stato di fatto delle infrastrutture in esame, sia sotto il profilo fisico

morfologico/funzionale (naturale, ambientale, infrastrutturale, funzionale, ecc.), che programmatico (soggetti, proprietà, concessioni, vincoli preordinati, stato della pianificazione e attuazione...), con riferimento alle distinte aree portuali del sistema;

- descrivere i contenuti del DEASP-MTC (interventi e misure previsti), con riferimento all'intero sistema portuale;
- indicare le fasi attuative degli interventi e delle misure previste e la stima di massima dei relativi costi.

La redazione del DEASP-MTC deve prevedere una fotografia delle emissioni di CO₂ dell'insieme dei porti facenti parte del Sistema Portuale, secondo la metodologia della "Carbon Footprint", che fa riferimento alla norma UNI ISO 14064 e ai relativi protocolli attuativi specifici.

Il DEASP-MTC potrà contenere anche una scheda sintetica di aggiornamento annuale, che descriverà eventuali interventi o misure attuati nell'anno, indicandone gli elementi necessari per una valutazione della riduzione delle emissioni di CO₂ e dell'efficacia in termini di analisi Costi Benefici.

Tra gli obiettivi delle Linee Guida vi è quello di offrire una metodologia per la valutazione dinamica del fabbisogno energetico dell'area portuale e quello di proporre una serie di soluzioni tecnologiche che consentano di ridurre l'impiego di energia primaria a parità di servizi offerti, privilegiando le tecnologie maggiormente rispettose dell'ambiente.

Tali soluzioni possono essere suddivise in due tipologie:

- gli interventi che prevedono opere, impianti, strutture, lavori, come risultato d'investimenti effettuati con il fine di migliorare l'efficienza energetica e produrre energia da fonti rinnovabili;
- le misure che mirano a ottenere gli stessi risultati attraverso regole, priorità, agevolazioni, ad esempio, tramite accesso a bandi, ridefinizione delle condizioni contrattuali con concessionari e fornitori, etc.

PARTE II. QUADRO CONOSCITIVO

L'ADSP-MTC è l'ente di governo del territorio portuale. Fanno parte del sistema portuale campano i porti di Napoli, Salerno e Castellammare di Stabia.

La gestione patrimoniale e finanziaria dell'Autorità di Sistema Portuale è disciplinata da un regolamento di contabilità approvato dal Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti e della Navigazione, di concerto con il Ministro del Tesoro.

Il conto consuntivo delle Autorità di Sistema Portuali è allegato allo stato di previsione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per l'esercizio successivo a quello nel quale il medesimo è approvato. Il rendiconto della gestione finanziaria dell'Autorità di Sistema Portuale è soggetto al controllo della Corte dei Conti.

Il principale strumento di programmazione dell'ADSP-MTC del Mar Tirreno Centrale è il Piano Operativo Triennale.

SEZIONE II.1. Il porto di Napoli

Il Porto di Napoli, posto al centro del Mar Mediterraneo, lungo la rotta ideale tra Suez e Gibilterra, è tra i principali scali nei traffici commerciali e registra aumenti costanti nel traffico passeggeri.

Dall'area turistica dello scalo, situata nel centro antico di Napoli, partono i collegamenti con mezzi veloci e traghetti verso le isole del Golfo e la penisola sorrentina; anche i principali siti archeologici di Pompei, Ercolano e dei Campi Flegrei sono facilmente raggiungibili dal Porto.

Nel settore del cabotaggio il Porto di Napoli è leader, rappresentando il 50% del traffico italiano. Rappresenta inoltre uno snodo fondamentale per il trasporto merci e passeggeri per le isole maggiori (Sicilia e Sardegna).

La cantieristica e le riparazioni navali rappresentano un importante comparto industriale per le attività dello scalo partenopeo, che continua ad investire per assicurare capacità ed elevati standard di qualità nelle lavorazioni.



Figura 1 - Vista del porto di Napoli

Esso si estende per 12 km dal centro della città verso la sua parte orientale e la zona portuale occupa un'area superiore ai 200.000 mq. Nel 2015 si è attestato al 12esimo posto tra i porti europei più trafficati per numero di passeggeri.

L'area portuale è ad uso multifunzionale (passeggeri, al cabotaggio, alla cantieristica, all'attività commerciale nelle sue componenti di traffico merci, petrolifero, container, traffico crocieristico, industria delle riparazioni navali, traffico commerciale e diportismo) per un totale di 13 moli (Molo S. Vincenzo, Molo Angioino Lato Sud, Molo Angioino Testata, Molo Angioino Lato Nord, Molo Carlo Pisacane Lato Ponente, Molo Carlo Pisacane Testata, Molo Carlo Pisacane Lato Levante, Molo Carmine lato ponente, Molo Carmine lato levante, Molo Bausan Lato Ponente, Molo Bausan Testata, Molo Bausan Lato Levante, Molo Progresso).

SEZIONE II.2. Il porto di Salerno

Il Porto commerciale di Salerno è iscritto nella I classe della II categoria dei porti marittimi nazionali. Il Porto è protetto ad Est dal Molo foraneo lungo 350 metri e a Sud dal Molo di Levante lungo 1.550 metri e a Sud-Ovest dal Molo di Ponente lungo 1.180 metri. L'area commerciale si estende dal confine con il Comune di Vietri sul Mare fino alla radice del Molo 3 Gennaio. I varchi aperti al transito veicolare sono quelli del Molo di Ponente e del Molo Trapezio. Il varco stradale d'accesso al Molo Manfredi è situato al termine dell'omonima strada.

Il Porto di Salerno è collegato con le principali aree del mondo, garantendo servizi multifunzionali e veloci. Grazie all'elevato rapporto esistente tra merci movimentate e spazi disponibili, Salerno è uno dei porti più efficienti e dinamici in Europa e rappresenta un importante snodo delle Autostrade del Mare. Si colloca tra i primi centri per la movimentazione di container e per le

autovetture nuove. I traffici di merci e passeggeri sono in costante crescita grazie all'attivazione di nuove linee regolari e ai lavori di modernizzazione delle infrastrutture portuali.

Il nuovo Terminal Passeggeri, con la Stazione Marittima progettata dall'architetto Zaha Hadid, è a pochi passi dal centro della città, in un comprensorio turistico di altissimo valore paesaggistico, storico, culturale e archeologico.



Figura 2 – Vista del porto di Salerno

Il Porto di Salerno ha una superficie complessiva di 1,7 milioni di mq. dei quali 500.000 mq costituiti da aree a terra destinati per 250.000 mq al deposito e movimentazione, e per 250.000 mq a strade di circolazione e ad aree di servizio. La cubatura dei magazzini presenti nel porto è di mc 90.500.

Il Porto Commerciale di Salerno è dotato di infrastrutture quali:

- **Canale d'ingresso:** larghezza m 280, profondità dei fondali m 13
- **Bacino di evoluzione:** diametro m 550, profondità dei fondali m 12
- **Darsene:** profondità dei fondali m 11,50
- **Banchine:** n. 9, lunghezza fronte banchine m 2.950, profondità dei fondali m 11,80
- **Ormeggi:** n. 16 su n. 5 moli
- **Superficie complessiva dei piazzali:** 500.000 mq
- **Superficie aree coperte magazzini:** 22.000 mq.

SEZIONE II.3. Il porto di Castellammare di Stabia

Il Porto di Castellammare di Stabia incentra le sue attività principalmente nel settore della nautica da diporto e in quello della cantieristica, grazie alla storica presenza dello stabilimento "Fincantieri".

Infatti la zona commerciale del porto di Castellammare di Stabia è quella che occupa la superficie maggiore ed è composta da una banchina lungo la costa, più due moli sul mare, quali: banchina Fontana, banchina ex MM.GG. molo sottoflutto, mare morto.

Data la grande importanza commerciale che il porto aveva un tempo, al suo interno venne costruita anche una stazione marittima, Castellammare Marittima, collegata alla linea ferroviaria Torre Annunziata - Gragnano, tramite un raccordo.

L'area dedicata alla nautica da diporto (mega e giga yacht) si è in questi ultimi anni sviluppata grazie anche alla vicinanza del porto alla costiera sorrentina e ai siti archeologici di Ercolano e Pompei, che attraggono ogni anno milioni di turisti. Al 2019, è l'unico porto italiano attrezzato per accogliere i giga-yacht, di lunghezza variabile da 50 metri a 100 metri.

L'attività industriale rappresenta un comparto di grande valore economico e occupazionale per la città e si sta orientando, in tempi recenti, verso la produzione di parti di navi militari e nella costruzione di traghetti.



Figura 3 - Vista del porto di Castellammare di Stabia

SEZIONE II.4. Consumi energetici ed emissioni

Il primo passo per predisporre la fotografia energetico-ambientale del sistema portuale è la ricostruzione dei dati di consumo energetico e di emissioni di CO₂ con l'individuazione del campo di indagine che richiede il coinvolgimento non solo della stessa Autorità (edifici di proprietà e parti comuni) ma anche delle altre componenti ed enti che operano nelle tre aree portuali. Secondo quanto indicato dalle linee guida del MATTM, il campo di indagine può essere dettagliato secondo la seguente classificazione:

<i>Funzioni da considerare</i>	<i>Funzioni facoltative</i>	<i>Funzioni da non considerare</i>
Edifici dell'Autorità di Sistema portuale e di altre autorità ed enti pubblici		
Gestione e manutenzione di parti comuni in ambito portuale		
Terminali marittimi passeggeri	Banchine dedicate a porto turistico	Progetti delle navi
Terminali marittimi industriali e commerciali: <ul style="list-style-type: none"> • Terminal rinfuse liquide; • Terminal rinfuse solide; • Terminal gasieri; • Terminal Ro Ro; • Terminal container; • Altri terminal commerciali. 	Banchine dedicate alla pesca	Natanti commerciali e di servizio in fase di navigazione al di fuori dell'ambito portuale
Altri edifici portuali privati diversi da quelli presenti nei terminali		Traffico passeggeri privato al di fuori dell'ambito portuale
Mobilità stradale di servizio interna al porto	Traffico passeggeri privato in ambito portuale (terminal Ro Ro)	Costruzione di nuove opere e infrastrutture, inclusa la manutenzione straordinaria delle infrastrutture per la mobilità esistenti
Natanti commerciali e di servizio, in fase di ormeggio (in banchina o a mare)	Attività di manutenzione ordinaria di infrastrutture gestite in regime di concessione	Attività industriali ricadenti fuori dell'ambito portuale
Terminal intermodali strada/rotaia e interporti stradali ricadenti in ambito portuale	Trasporto merci stradale e ferroviario di collegamento col porto (dentro e fuori il porto)	Interporti ferroviari e stradali al di fuori dell'ambito portuale
Natanti commerciali e di servizio in fase di manovra e navigazione nel porto		

Vengono pertanto prese in considerazione solo i consumi e le emissioni derivanti da attività specifiche dei porti, escludendo quelle che non siano in relazione con il trasporto marittimo, anche se localizzate all'interno dei tre porti.

Per quanto concerne la fotografia delle emissioni di CO₂ dell'insieme dei porti facenti parte del Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale, come anticipato, viene utilizzata la metodologia della "Carbon Footprint", che fa riferimento alla norma UNI ISO 14064 costituita dalle seguenti tre parti:

- ISO 14064-1_requisiti di progettazione e sviluppo degli Inventari dei gas serra delle organizzazioni;
- ISO 14064-2_requisiti per quantificazione, rendicontazione e monitoraggio dei gas serra delle organizzazioni;
- ISO 14064-3_requisiti e linee guida per condurre convalide e verifiche delle informazioni sui gas serra (da parte degli Enti di certificazione).

A tale scopo, oltre a definire il campo di indagine con tutte le componenti oggetto di analisi, sarà necessario individuare l'anno base, la metodologia di raccolta delle informazioni e dei dati per i consumi energetici e le emissioni con relativo aggiornamento periodico e le informazioni indispensabili per la verifica/certificazione dei risultati da parte terza indipendente.

Nelle more che si completi la raccolta dati di tutti i numerosi operatori delle tre aree portuali che fanno parte dell'ADSP-MTC, sono disponibili, al momento, quelli di energia elettrica degli uffici e delle parti comuni della stessa Autorità per l'annualità 2018 e, quindi, una prima stima delle emissioni di CO₂ ad essi collegati.

Tabella 1 Consumi energia elettrica Porto di Napoli (fonte: ADSP-MTC)

CONSUMI ENERGIA ELETTRICA ANNO 2018 PORTO DI NAPOLI								
n.	NUMERO CLIENTE	POD	Tensione di fornitura	Potenza disponibile	Località		Destinazione d'uso	Consumi anno 2018 (KWH)
1	609.285.908	IT001E80532803	220V .BT	1,7 KW	MOLOSIGLIO	Ple Molosiglio Staz SNC	Pubblica Illuminazione	1.300
2	609.286.904	IT001E80411295	380V BT - I.P.	30 KW	VITTORIO EMANUELE	Via Vitt Emanuele SNC	Pubblica Illuminazione	32.210
3	609.286.068	IT001E80550050	220V BT - I.P.	6,6 KW	MOLO CARMINE	Molo Carmine SNC	Pubblica Illuminazione	4.991
4	609.279.992	IT001E80972756	380V BT - I.P.	3,3 kw	VIA CARACCILO	Via Caracciolo Fr SNC	Pubblica Illuminazione	8.398
6	609.287.463	IT001E80302361	380V BT	50 KW	MOLO BEVERELLO	Molo Beverello SNC	P.I. e carelli luminosi	60.011
7	609.280.281	IT001E80622744	220V BT - I.P.	1,7 KW	VITTORIO EMANUELE	Via Vitt Emanuele SNC	Pubblica Illuminazione	4.201
8	609.287.340	IT001E80364999	380V BT - I.P.	11 KW	VIA ACTON	Via Acton F. SNC	Pubblica Illuminazione	0
9	609.287.668	IT001E80238106	380V BT	40 KW	VIA ACTON	Via Acton F. SNC	Pubblica Illuminazione	28.276
11	609.278.839	IT001E80576358	220V BT - I.P.	1,7 KW	P.LE IMMACOLATELLA NUOVA	Ple Immacolatella Nuov SNC	Sbarre - casotti	6.508
12	609.279.509	IT001E81100494	380V BT	50 KW	MOLO CARMINE	Molo Carmine SNC	Pubblica Illuminazione	91.821
13	609.279.916	IT001E81092463	380V BT	37,5 KW	CALATA VILLA DEL POPOLO	Calata Villa Del Popolo SNC	Uffici	384
14	609.280.396	IT001E80566840	220V BT	3,3 KW	P.LE IMMACOLATELLA NUOVA	Ple Immacolatella Nuov SNC	Sbarre - casotti	1.350
15	609.288.044	IT001E81444404	380V BT - I.P.	20 KW	VIA NISIDA	Via Nisida SNC	Pubblica Illuminazione	70.046
16	609.287.749	IT001E80211182	380V BT - I.P.	40 KW	CALATA PILIERO	Calata Piliero SNC	Pubblica Illuminazione	134.483
17	609.287.099	IT001E80365003	380V BT - I.P.	21 KW	MOLO BEVERELLO	Molo Beverello SNC	P.I. e sbarre	39.949
18	609.280.477	IT001E80560416	220V BT	1,7 KW	MOLOSIGLIO	Ple Molosiglio Staz SNC	Pubblica Illuminazione	0
20	609.279.789	IT001E81095710	380V BT - I.P.	25 KW	MOLO BEVERELLO	Ple Molo Beverello III SNC	Pubblica Illuminazione	69.993
21	609.279.657	IT001E81095773	220V BT	3,3 KW	MOLOSIGLIO	Ple Molosiglio SNC	Pubblica Illuminazione	2.602
23	609.287.978	IT001E00220883	9000V MT	210 KW	VARCO S. ERASMO	Via Varco S. Erasmo De SNC	Pubblica Illuminazione	212.709
24	609.287.862	IT001E00227013	9000V MT	306 KW	MOLO PISACANE	Molo Pisacane SNC	P.I. e Uffici	796.838
25	609.286.726	IT001E80505927	220V BT - I.P.	6,6 KW	VIA CARACCILO	Via Caracciolo Fr SNC	Pubblica Illuminazione	1.019
26	609.288.282	IT001E86838059	380V BT - I.P.	27,5 KW	V.BONITO CASTELLAMARE ST.	Via Bonito P6 SNC	Pubblica Illuminazione	55.488
27	609.286.408	IT001E80029280	380V BT -	50 KW	MOLO VIGLIENA	Molo Vigliena SNC	Pubblica Illuminazione	135.178
28	609.279.002	IT001E81689193	220V BT	3,3 KW	MOLO PISACANE	Molo Carlo Pisacane SNC	Sbarre - casotti	2.440
29	609.279.185	IT001E81101780	220V BT	6,6 KW	MOLO ANGIOINO - PRESIDENTE	Ple Piazzale Moto Silvio 0	Alloggi	2.158
30	609.279.363	IT001E81783150	380V BT -	16,5 KW	VIA CARACCILO M. LUISE	Via Caracciolo Molo Luise SN	Pubblica Illuminazione	2.465
TOTALE								1.764.818

Secondo dati ISPRA le emissioni di CO₂ per kWh di energia elettrica consumata possono variare da un minimo di 0,466 kg/kWh a un massimo di 0,708 kg/kWh. Ipotizzando la condizione peggiore di emissioni (0,708 kg/kWh) possiamo arrivare ad un veloce calcolo dei chilogrammi totali di CO₂:

$$\text{emissioni CO}_2 = 0,70 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} * 1.709.330 \text{ kWh} = 1.196.531 \text{ kg CO}_2$$

Tabella 2 Consumi energia elettrica del Porto di Castellamare di Stabia (fonte: ADSP-MTC)

POD	Tensione di fornitura	Potenza disponibile	Località		Destinazione d'uso	Consumi anno 2018 (KWH)
IT001E86838059	380V BT - I.P.	27,5 KW	V.BONITO CASTELLAMARE ST.	Via Bonito P6 SNC	Pubblica Illuminazione	55.488

$$\text{emissioni CO}_2 = 0,70 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} * 55.488 \text{ kWh} = 38.842 \text{ kg CO}_2$$

Tabella 3 Consumi energia elettrica Porto di Salerno (fonte: ADSP-MTC)

CONSUMI ENERGIA ELETTRICA ANNO 2018 PORTO DI SALERNO						
n.	POD	Tensione di fornitura	Potenza disponibile	Località	Destinazione d'uso	Consumi anno 2018 (KWH)
1	IT001E00224901	10000	350	Ligea - Porto Commerciale - Radice Molo Trapezio	Illuminazione Pubblica	900.000
2	IT001E80048615	10000	150	Ligea - Porto Commerciale - Radice Molo Ponente	Illuminazione Pubblica	400.000
3	IT001E80035925	10000	150	Porto - Porto Commerciale - Radice Molo 3 Gennaio	Illuminazione Pubblica	600.000
4	IT001E85753114	380	11	Porto - Porto Commerciale - Varco Guaimario	Illuminazione Pubblica	100
6	IT001E80181783	380	16,5	Ligea - Porto Commerciale - Radice Molo di Ponente - PMP	Uso Diverso dall'Abitativo	30.000
7	IT001E85754305	380	22	Molo Manfredi - Porto Commerciale - Molo Manfredi - Illum. TF2 e pali	Illuminazione Pubblica	45.000
8	IT001E80487909	380	35	Molo Manfredi - Porto Commerciale - Molo Manfredi - Illum. TF2 e pratic.esterno	Illuminazione Pubblica	60.000
9	IT001E80257574	220	6,6	Porto - Porto Commerciale - Molo Manfredi - Punto Mare	Uso Diverso dall'Abitativo	6.000
11	IT001E80485356	380	11	della Concordia - Porto Turistico Masuccio Salernitano - Punto Mare	Uso Diverso dall'Abitativo	16.000
12	IT001E80405237	380	27,5	della Concordia - Porto Turistico Masuccio Salernitano - Illuminazione Portuale	Illuminazione Pubblica	40.000
13	IT001E85753115	220	6,6	Porto - Porto Commerciale - Varco Guaimario - Ufficio Port&Security	Uso Diverso dall'Abitativo	16.000
14	IT001E84407193	380	6,6	Ligea - Porto Commerciale - Banchina Ligea	Uso Diverso dall'Abitativo	500
TOTALE						2.113.600

$$\text{emissioni CO}_2 = 0,70 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} * 2.113.600 \text{ kWh} = 1.479.520 \text{ kg CO}_2$$

Tali valori naturalmente non sono rappresentativi dell'interno universo dei consumi energetici e delle emissioni dei tre porti, ma sono utili per il processo di definizione della metodologia di raccolta delle informazioni e per l'elaborazione del calcolo della carbon footprint.

SEZIONE II.5. Traffico Passeggeri e Merci

In merito al traffico passeggeri vengono riportati di seguito i dati pervenuti relativi all'annualità 2017-2018 per i porti di Napoli, Castellammare di Stabia e Salerno.

Tabella 4 - Traffico passeggeri porto Napoli 2017-2018 (fonte: ADSP-MTC)

MODELLO ESPO		Gennaio - Dicembre 2017			Gennaio - Dicembre 2018			2017/2018	
		IN	OUT	TOTALE	IN	OUT	TOTALE	Differenza	
B2	Numero di passeggeri locali e traghetti (B21+B22)	3.350.993	3.333.779	6.684.772	3.390.633	3.376.506	6.767.139	82.367	1,23%
	di cui:								
B21	Passeggeri locali (viaggi < 20 miglia)	2.921.673	2.905.582	5.827.255	2.968.530	2.947.855	5.916.385	89.130	1,53%
B22	Passeggeri traghetti	429.320	428.197	857.517	422.103	428.651	850.754	6.763	-0,79%

Tabella 5 - Traffico passeggeri porto Salerno 2017-2018 (fonte: ADSP-MTC)

MODELLO ESPO SALERNO		Gennaio - Dicembre 2017			Gennaio - Dicembre 2018			2017/2018	
		IN	OUT	TOTALE	IN	OUT	TOTALE	Differenza	
B2	Numero di passeggeri locali e traghetti (B21+B22)	366.294	314.378	680.672	416.008	355.023	771.031	90.359	13,27%
	di cui:								
B21	Passeggeri locali (viaggi < 20 miglia)	305.059	253.244	558.303	314.566	267.886	582.452	24.149	4,33%
B22	Passeggeri traghetti	61.235	61.134	122.369	101.442	87.137	188.579	66.210	54,11%

Tabella 6- Traffico passeggeri porto Castellammare di Stabia 2017-2018 (fonte: ADSP-MTC)

MODELLO ESPO		Gennaio - Dicembre 2017			Gennaio - Dicembre 2018			2017/2018	
		IN	OUT	TOTALE	IN	OUT	TOTALE	Differenza	
B2	Numero di passeggeri locali e traghetti (B21+B22)	58.052	83.124	141.176	72.524	89.407	161.931	20.755	14,70%
	di cui:								
B21	Passeggeri locali (viaggi < 20 miglia)	58.052	83.124	141.176	72.524	89.407	161.931	20.755	14,70%
B22	Passeggeri traghetti								

Come si evince dalle tre tabelle precedenti il trend dal 2017 al 2018 è in crescita dal punto di vista del traffico passeggeri. In particolare nei porti di Castellammare di Stabia e Salerno si registra una variazione significativa rispetto al porto di Napoli.

Relativamente al traffico merci vengono riportati i dati della stessa annualità relativi ai soli porti di Napoli e Salerno:

Tabella 7 - Traffico merci porti Napoli e Salerno 2017-2018 (fonte: ADSP-MTC)

Porto di NAPOLI	12 MESI 2017	12 MESI 2018	Differenze	
Tot. IN/OUT	509.876	583.361	73.485	14,41%
Tot. Container in ingresso	262.803	296.840	34.037	12,95%
Tot. Container in uscita	247.073	286.521	39.448	15,97%
Tot. Container Pieni	405.650	432.989	27.339	6,74%
Tot. Container Vuoti	104.226	150.372	46.146	44,27%
Tot. Container Hinterland	482.860	562.968	80.108	16,59%
Tot. Container Transshipped	27.016	20.393	6.623	-24,52%

Porto di SALERNO	12 mesi 2017	12 mesi 2018	Differenze	
Tot. IN/OUT	470.163	453.187	16.976	-3,61%
Tot. Container in ingresso	231.904	240.077	8.173	3,52%
Tot. Container in uscita	238.259	213.110	25.149	-10,56%
Tot. Container Pieni	356.010	348.384	7.626	-2,14%
Tot. Container Vuoti	114.153	104.803	9.350	-8,19%
Tot. Container Hinterland	454.686	437.313	17.373	-3,82%
Tot. Container Transshipped	15.477	15.874	397	2,57%

In questo caso possiamo riscontrare una differenza sostanziale per il traffico merci dei due porti. In particolare, sebbene nel porto di Napoli le merci transitate sono aumentate, a Salerno queste ultime hanno subito un calo.

PARTE III. SVILUPPO DEL “COLD IRONING (ELETTTRIFICAZIONE DELLE BANCHINE)”

SEZIONE III.1. Interventi per la riduzione delle emissioni

Sulla scorta degli impegni assunti in sede europea e della sempre maggiore attenzione alla sostenibilità delle attività economiche, la riforma del Sistema Portuale Italiano, che ha l’obiettivo primario di migliorare la competitività, sta indirizzando il settore verso la ricerca di soluzioni che rendano meno impattanti le attività nelle aree portuali, individuando nel miglioramento ambientale uno dei fattori di competitività dei porti.

Questi interventi e soluzioni possono riferirsi:

- ai consumi di energia elettrica;
- ai consumi di energia proveniente da altra fonte, includendo in questo ambito anche gli interventi miranti ad una conversione degli stessi verso il vettore elettrico, conversione che spesso offre vantaggi non solo in termini di efficienza energetica e contenimento delle emissioni di CO₂, ma anche in termini ambientali più generali, in particolare per gli effetti localizzati nelle aree portuali.

Gli obiettivi specifici da perseguire per migliorare la sostenibilità energetica del Sistema Portuale, possono essere così sintetizzati:

- “miglioramento dell’efficienza energetica degli edifici, delle strutture e degli impianti, favorendo l’abbandono di combustibili particolarmente inquinanti;
- adozione di misure di incentivazione a sostegno degli operatori portuali ed in particolare terminalisti che investano in impianti/attrezzature meno energivori e/o a fonti energetiche rinnovabili, ovvero con l’inserimento di criteri tecnico-economici di consumo e di efficienza energetica e buone pratiche operative nei processi di selezione dei concessionari e nei processi di acquisto;
- conversione dei consumi verso il vettore elettrico, se validata dall’analisi costi-benefici;

In particolare la riduzione delle emissioni di CO₂ nei Sistemi Portuali può essere ottenuta attraverso la realizzazione di interventi ed opere, quali:

- L’efficientamento degli edifici, sia per quanto riguarda gli involucri, che per gli impianti di climatizzazione e l’illuminazione;
- Il cambio del vettore energetico sia per le navi in banchina, che per gli apparati e i veicoli di servizio, andando nella direzione dell’eletttrificazione dei consumi, ovvero dell’uso del GNL in luogo di combustibili maggiormente inquinanti;
- L’efficientamento dei sistemi di movimentazione delle merci e delle persone;
- La realizzazione di impianti per la cogenerazione e la produzione di energia da fonti rinnovabili.

SEZIONE III.2 COLD IRONING

Cold Ironing potrebbe tradursi dal termine anglosassone con "naviglio freddo": un’imbarcazione di ferro (*ironing*) che staziona in porto a motori spenti (da qui *cold*, freddo) e si fa alimentare da terra. In Italia è chiamata eletttrificazione delle banchine ed è una tecnica utile per non utilizzare il

diesel delle navi ma l'elettricità del porto per mantenere la nave funzionante quando sosta in banchina (fonte: www.informazionimarittime.com).

La tecnologia chiamata *Cold Ironing* (Elettrificazione delle banchine) nasce a seguito dei problemi che si generano a causa della permanenza delle navi alle banchine dei porti che, pur non avendo più esigenze legate alla propulsione, necessitano comunque di alcuni servizi, dipendenti dalla tipologia di nave, che utilizzano energia elettrica. Senza una valida alternativa, infatti, per garantire i servizi, bisogna mantenere in funzione dei generatori ausiliari che possano permettere una continuità della fornitura elettrica anche per permanenze che possono essere di lungo periodo, ciò causa numerosi problemi soprattutto nei porti soggetti a un notevole traffico marittimo e di dimensioni considerevoli.

Tale tecnologia consente di spegnere gradualmente i generatori ausiliari permettendo l'alimentazione dell'impianto elettrico di bordo navale da parte della rete terrestre.

Il Cold Ironing trova quindi la sua ragion d'essere in virtù di particolari aspetti di tipo economico, ambientale e sociali.

Conosciuto anche con gli acronimi *AMP (Alternative Maritime Power)*, *S2SP (shore to ship power)*, *HVSC (High-Voltage Shore Connection)*, sfrutta in realtà un concetto molto semplice: invece di utilizzare i generatori elettrici di bordo, le navi possono decidere di sfruttare la potenza elettrica proveniente da apposite strutture poste in prossimità dell'ormeggio.

La domanda elettrica cambia in funzione della tipologia di nave attraccata:

- I Traghetti e imbarcazioni di 'piccole' dimensioni hanno bisogno di qualche megawatt (MW);
- Le *Navi da crociera* possono arrivare fino a picchi di domanda elettrica di 15 MW.

La modernizzazione della infrastruttura elettrica locale del porto, con l'eventuale realizzazione Ex-Novo di una sottostazione in alta o media tensione, può essere necessaria considerando il notevole fabbisogno di energia elettrica che può pervenire dalle navi ormeggiate. Poiché lo spazio dell'area della banchina è il più delle volte ridotto, può essere necessario costruire delle sottostazioni anche a una distanza di 10 km.

I componenti elettrici utilizzati in tale tecnologia possono essere ospitati in container o strutture mobili e possono essere individuati in: trasformatori per la commutazione dei livelli di tensione, interruttori per la protezione dei componenti elettrici, convertitori di frequenza per consentire l'erogazione di energia alle navi dalle banchine di diversi paesi e, da installare sulle imbarcazioni esistenti, cavo MT corredato del relativo sistema di avvolgimento e dei vari elementi del quadro elettrico (interruttori, relè, prese per i cavi, ecc).

Attualmente numerosi armatori integrano nei loro progetti la tecnologia S2SP o ne prevedono la predisposizione per l'aggiunta in un secondo momento. Il passaggio all'alimentazione terrestre di una nave equipaggiata con tecnologia S2SP che arriva al porto avviene in meno di venti minuti.

Per tutto il tempo che una nave permane all'interno del porto, escludendo il tempo necessario per le operazioni immediatamente a ridosso dell'arrivo o della partenza, l'usura dei componenti legati alla generazione ausiliaria è nulla. La vita dei generatori ausiliari aumenta diminuendo la necessità di manutenzione anche alle parti collegate. Oltretutto le componenti che si occupano di fare e gestire il parallelo tra nave e terra sono componenti di tipo elettronico, dove l'usura non entra in maniera preponderante in gioco.

È ovvio che ciò non vuol dire che non abbiano bisogno di manutenzione, in quanto i componenti elettronici sono passibili di guasti che potrebbero, in caso di mala progettazione, comportare la sospensione immediata della fornitura di potenza.

I vantaggi ambientali sono molteplici. Secondo *World Port Climate Initiative* (WPCI), una nave che utilizza l'alimentazione da terra al posto dei motori diesel a bordo genera il 50% di CO₂ in meno, tenendo conto del mix di carburanti dello standard europeo impiegato per la produzione di energia elettrica. Certo, anche l'energia prodotta da impianti alimentati a carbone comporterebbe una riduzione del 30% delle emissioni di CO₂ ma l'erogazione di energia prodotta interamente da fonti rinnovabili le abbatterebbe quasi completamente.

La tipologia di carburante utilizzato dai generatori ausiliari della nave determina i vantaggi in termini di emissioni di ossidi di zolfo (gas/composti associati alle piogge acide), tuttavia, indipendentemente dal tipo di carburante utilizzato a bordo, l'utilizzo della tecnologia S2SP consente una notevole riduzione delle emissioni di ossidi di azoto e, di conseguenza, di smog. Considerando la tipologia media del combustibile miscela EU-25 comunemente impiegata per la produzione di energia elettrica nei 25 paesi della Comunità Europea, un'imbarcazione alimentata da terra rilascerà appena il 3% delle emissioni di ossido di azoto normalmente prodotte utilizzando i generatori a bordo con combustibile convenzionale.

Il primo sistema S2SP al mondo è stato installato da ABB presso il porto svedese di Gothenburg nel 2000. Da allora questa tecnologia è stata estesa anche a numerosi porti lungo la costa pacifica del Nord America, così come in Germania, Svezia, Finlandia e Olanda. Le normative adottate in Europa e Nord America hanno reso l'alimentazione shore-to-ship power un'opzione più praticabile, se non un autentico requisito per le compagnie marittime. Ciò ha contribuito a determinare lo sviluppo odierno di S2SP.

Esempi classici che hanno adottato tale tecnologia sono i porti di Los Angeles e di Long Beach in California, dove l'alta incidenza delle strutture portuali sull'inquinamento della zona è stata verificata attraverso analisi governative che hanno avuto un'ampia accoglienza da parte dell'opinione pubblica.

I sindaci e assessori di Long Beach e Los Angeles, insieme ai dirigenti della US South Coast Air Quality Management District, hanno insistito e deciso affinché il sistema di alimentazione elettrica a terra delle navi diventasse una delle priorità per ridurre l’impatto delle attività portuali sulla salute pubblica.

La legislazione Californiana attualmente in vigore impone quelli che sono dei veri e propri limiti sui tempi in cui è ammissibile per le navi avere in banchina i motori ausiliari diesel che vanno dalle 3 alle 5 ore, oltre le quali deve essere utilizzata l’energia elettrica da terra (legge 2299.3).

Categoria	NOx (TPD)	PM (TPD)	HC (TPD)	SOx (TPD)
Container	10.8	0.18	0.34	0.19
Bulk	1.4	0.02	0.04	0.04
Passeggeri	1.7	0.04	0.05	0.03
Refrigeranti	1.4	0.1	0.04	0.21
Product Tanker	0.7	0.02	0.02	0.05
Vehicle Carrier	0.5	0.01	0.01	0.01
Crude-Oil Tanker	0.6	0.01	0.01	0.01
Total	17.1	0.38	0.51	0.54

Tabella 8 - Riduzione emissioni per categorie di nave del porto di Los Angeles dovuto all'utilizzo del Cold Ironing (fonte: Del Carlo,2010)

La valutazione economica mira a trovare un gruppo di navi, individuato per mezzo di alcuni parametri (quali tipologia della nave, consumo della stessa in termini di combustibile e di energia, tempo di permanenza in banchina, ect.) sul quale si renda possibile uno studio di prefattibilità. L’economicità della soluzione varia fortemente in base al fatto che ci siano o meno delle navi con predisposizione al collegamento per Cold Ironing.

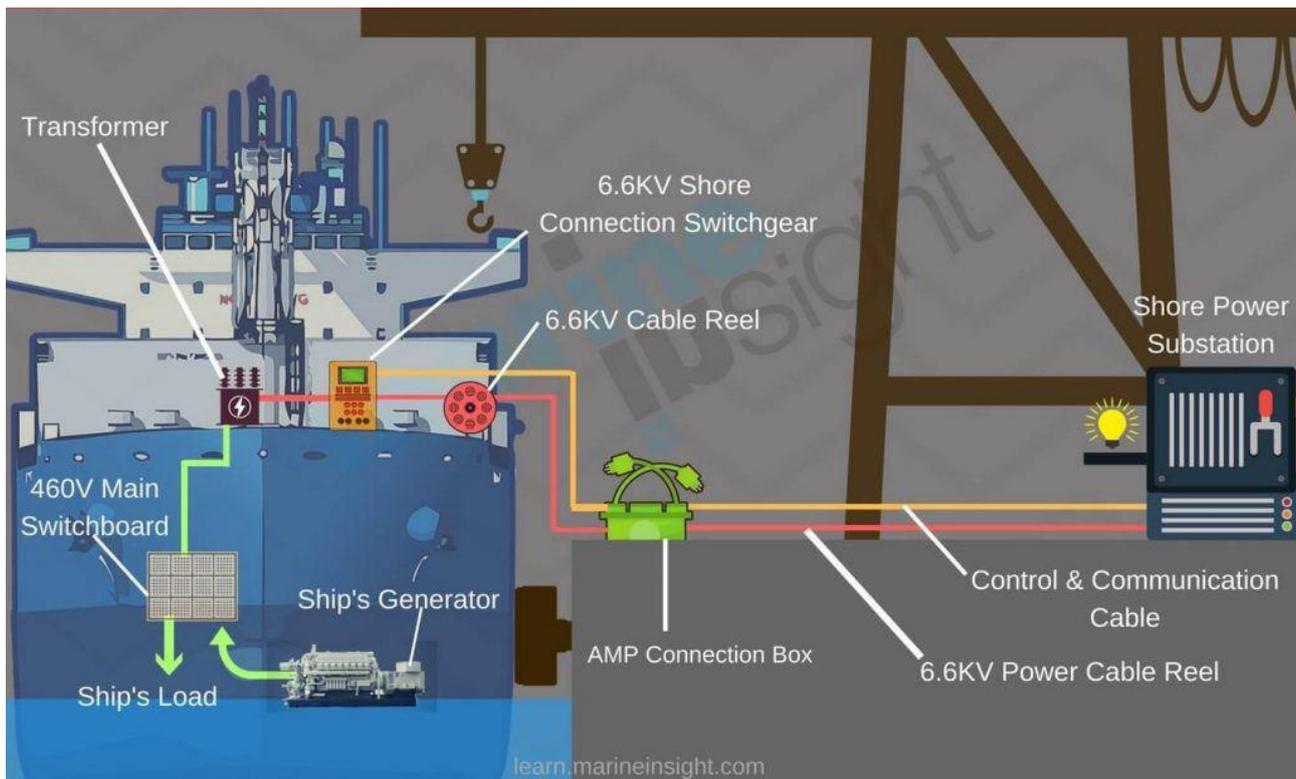


Figura 4 – Schema di Dettaglio S2SP (fonte: www.marineinsight.com)

In caso di assenza della disposizione per il collegamento ‘ a terra ’, il porto dovrà necessariamente coinvolgere gli armatori all’interno del progetto al fine di non vanificare. Tale progetto dovrà coinvolgere dunque anche i diretti utilizzatori, eventualmente mettendoli a conoscenza della possibilità di un montaggio “after-market” sulle proprie imbarcazioni.

Poiché tali soggetti dovranno sostenere dei costi maggiori ammortizzabili in un determinato tempo, l’autorità portuale di competenza potrebbe garantire loro, nei tempi di rientro, delle condizioni agevolate tariffarie, premiando dunque chi si presta alla svolta green del porto. Per questi e altri motivi, alcuni legati anche alla logistica portuale, le navi adatte a questa trasformazione si riducono sensibilmente.

Sarebbe consigliato includere nella casistica economica anche eventuali costi sostenuti dalla comunità ospitante il porto, siano essi costi di tipo sanitario o di tipo politico.

Ai fini della stima economica e quindi di quella di un progetto preliminare sono necessarie **due informazioni basilari**:

- la potenza assorbita dai motori ausiliari delle navi
- ***l’impiego annuo della banchina***, espresso in ore, affinché la nave espliciti le sue operazioni di manovra, carico/scarico e stazionamento (*hotelling*).

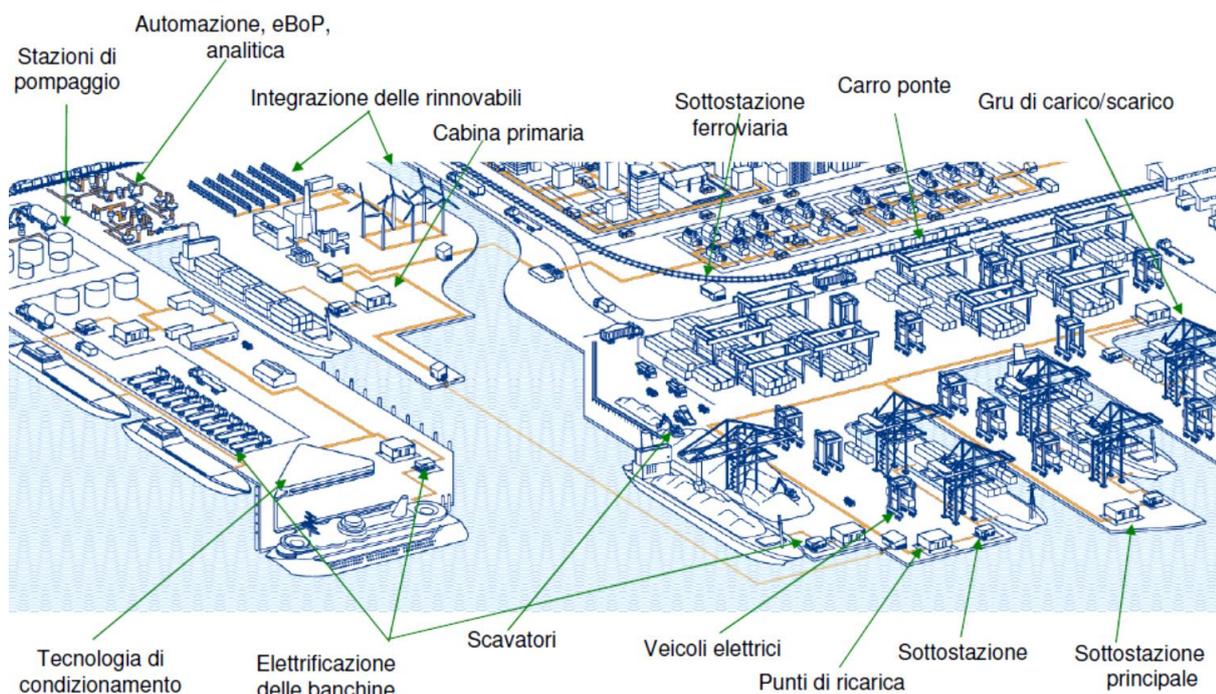


Figura 5 - Layout tipo di un'area portuale dotata delle migliori tecnologie atte alla salvaguardia delle emissioni in atmosfera.

Facendo riferimento a dati di letteratura provenienti da studi della Comunità Europea e di altri porti Italiani ed Europei, sono stati utilizzati i soli dati necessari ad identificare una stima del costo finale.

Tralasciando i dati relativi all'impiego annuo della banchina, si analizzano di seguito i dati riguardo la potenza assorbita a bordo, il sistema di voltaggio e quello di frequenza, per le tipologie di navi più diffuse: CONTAINER – RO/RO –CROCIERISTICA al fine di mappare un insieme di parametri per ogni categoria.

NAVI CONTAINER

La maggior parte delle navi portacontainer sono costruite con un singolo scafo creato appositamente per l'alloggio dei containers sia al suo interno che in coperta. Sono disegnati per non sprecare nessuno spazio utile. La capacità di carico di una nave porta container è misurata in TEU (Twenty-foot Equivalent Unit) e indica il numero di containers standard che una nave può trasportare. Le dimensioni più comuni per un container da 20-foot (6,1 m) sono: 6,1 m di lunghezza, 2.4 m di larghezza e 2.6 m di altezza, per un volume complessivo di circa 39 m³. Oggi è molto diffuso anche il container da 40-foot (12 metri). Alcune navi che superano una certa taglia (tipo la M\V Emma Maresk 15200 TEU, la più grande al mondo) non sono in grado di provvedere da sole, con le proprie gru di bordo, allo scarico e carico merci e per tale motivo sono costrette ad attraccare solo in porti che posseggono la movimentazione opportuna e fruibile per la nave stessa. Questo problema non si presenta invece per le piccole navi che hanno generalmente capacità di 2900 TEU.

Nel 2006 il porto di Rotterdam condusse uno studio su 53 navi container al fine di equipaggiarsi di un sistema di alimentazione elettrico in banchina a servizio delle utenze navali. Le navi vennero così divise in due famiglie quella denominata ‘feeder sea’ e quella ‘deep sea’. Alla feeder sea furono associate le navi che transitavano di porto in porto nello stesso continente senza mai attraversare il mare aperto. Tali navi avevano inoltre in comune la lunghezza che non superava i 140 metri.

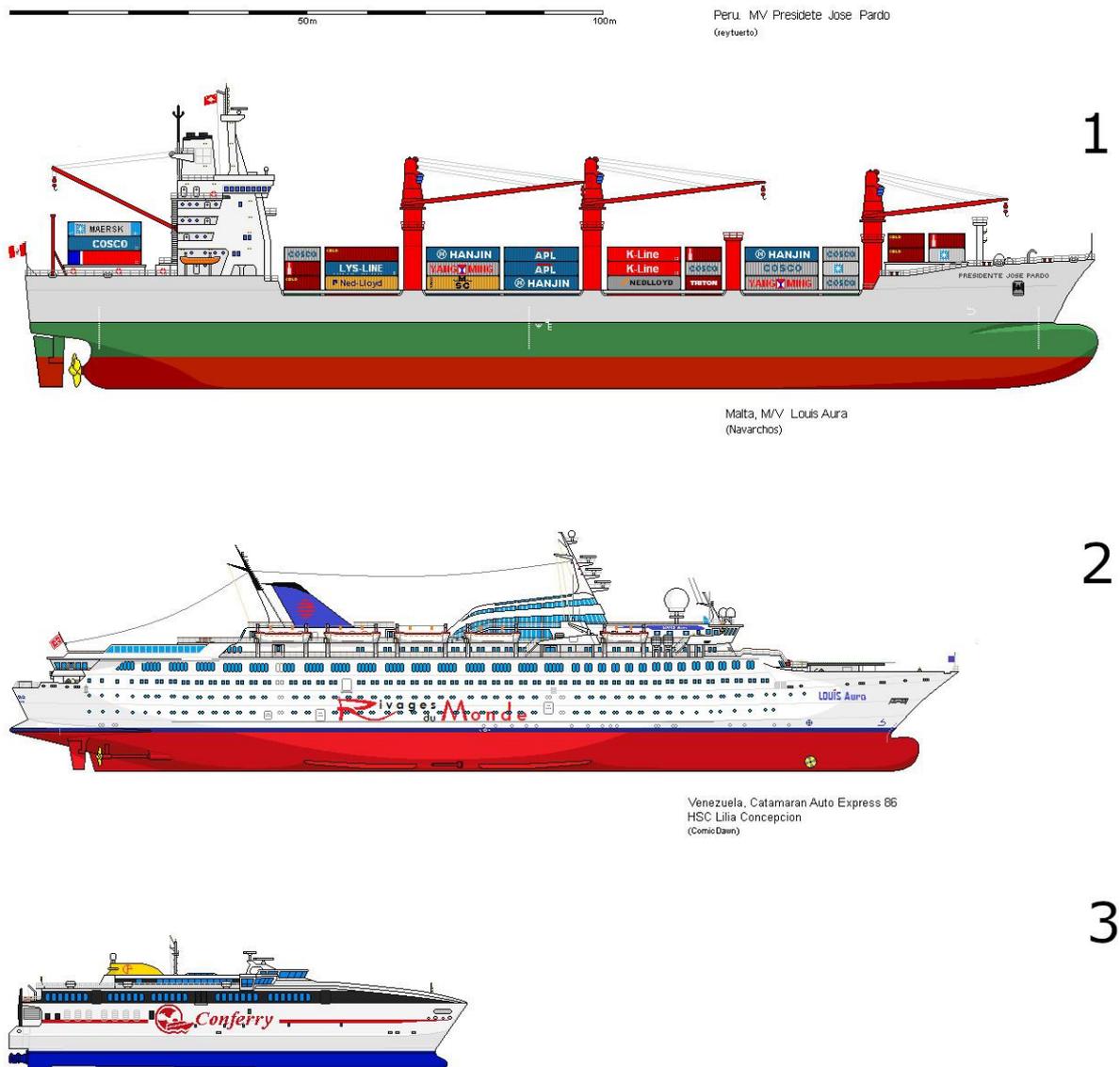


Figura 6 - Raffigurazione delle principali categorie di imbarcazioni più diffuse:

1) Container Ship, 2) Cruiser Ship, 3) Ro-Ro/Vehicle Ship. (fonte: elaborazione da www.shipbucket.com)

La deep-sea invece accoglieva quelle navi usate per il trasporto di merce tra un continente e l'altro (Europa, Asia e America) e che quindi attraversano il mare aperto (navi da altura), tali navi superavano inoltre i 140m di lunghezza. Lo studio dimostrò come il range di voltaggio oscillasse a

bordo nave tra i 380V e i 6.6kV, anche se la maggior parte delle imbarcazioni risultò usare i 440V. La frequenza invece fu fissata su due valori: 50 Hz o 60Hz.

Riguardo la domanda di potenza elettrica, nella Figura 7 vengono mostrati i valori della media e della massima potenza assorbita dalle navi feeder-sea durante la sosta in banchina. Sull'asse delle x è rappresentata la lunghezza in metri delle navi e sull'asse y è rappresentato il consumo elettrico. Come dimostra il grafico per questo tipo di navi che vanno dai 100 ai 140 m non vi sono grossi picchi di richiesta la quale non supera 1MW con una media di 170 kW.

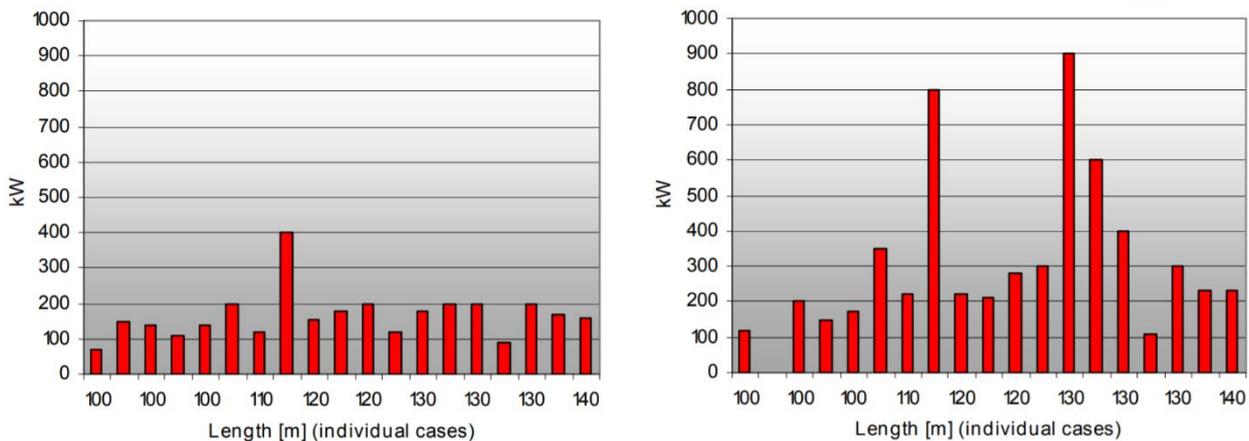


Figura 7 - Consumo Energetico Medio (a Sinistra) e Massimo (a Destra) per navi feeder-sea durante la sosta in banchina

(fonte: Ericsson, 2008)

In Figura 8 e Figura 9 vengono invece mostrati i dati relativi alle navi deep-sea sempre durante la fase di stazionamento in banchina. In questo caso la domanda è alta e il picco arriva a 8MW mentre la media è di 2 MW.

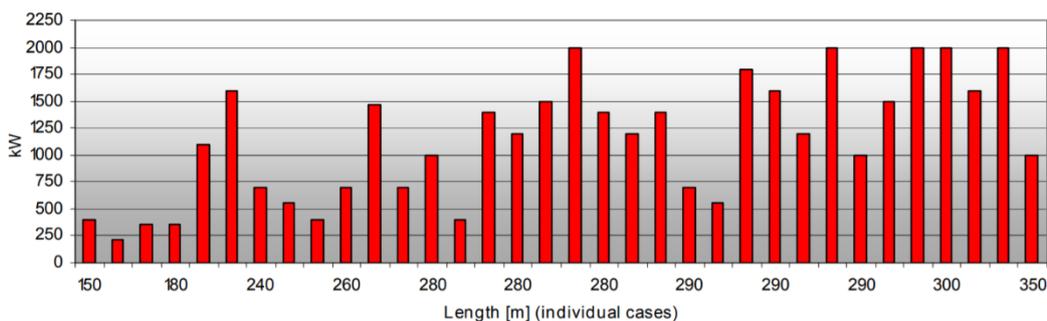


Figura 8 - Consumo Energetico Medio per navi deep-sea durante la sosta in banchina (fonte: Ericsson, 2008)

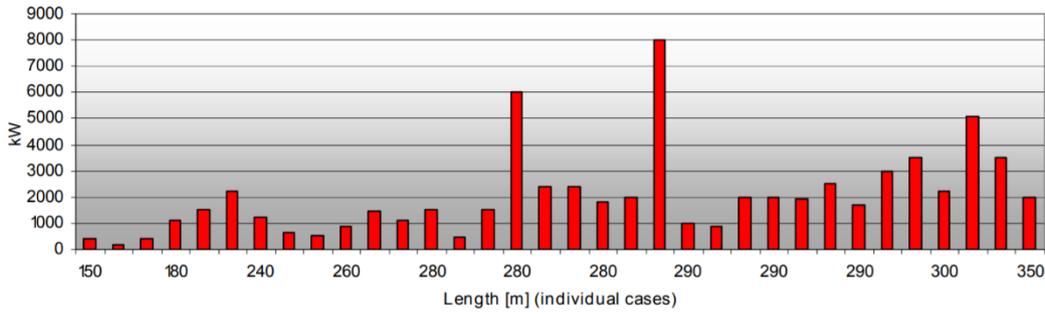


Figura 9 - Consumo Energetico Massimo per navi deep-sea durante la sosta in banchina (fonte: Ericsson, 2008)

Il sistema di voltaggio è ben raffigurato dai grafici seguenti, è possibile notare come la maggior parte delle navi portacontainer usi un basso voltaggio. In particolare, tutte le feeder-sea e l'88% delle deep-sea utilizzano il basso voltaggio, solo il rimanente 12% delle deep-sea utilizza l'alto voltaggio a 6.6kV.



Figura 10 - Sistema di voltaggio utilizzato per navi feeder-sea (a Sinistra) e deep-sea (a Destra) (fonte: Ericsson, 2008)

Lo studio dimostrò inoltre come il sistema di frequenza cambi notevolmente tra la deep e la feeder sea. Il 63% delle navi feeder-sea operano a una frequenza di 50 Hz, mentre il 94% delle navi deep-sea utilizza una frequenza a 60Hz.

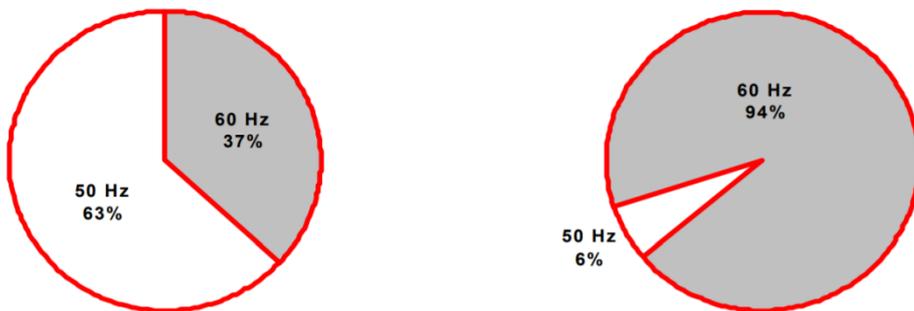


Figura 11 - Sistema di frequenza utilizzato per navi feeder-sea (a Sinistra) e deep-sea (a Destra) (fonte: Ericsson, 2008)

NAVI RO/RO E VEICOLI

Sono navi progettate per ospitare diverse categorie di veicoli. Contrariamente alle portacontainer non hanno bisogno di gru, sono infatti predisposte per lo scarico e il carico di facili e ampie rampe di accesso diretto. È possibile perfino trovare navi RO/RO che per facilitare tali operazioni possiedono rampe di accesso sia a prua che a poppa.

Riguardo tale tipologia di nave non vi sono stati dei veri studi di fattibilità, pertanto non è possibile utilizzare tali casi come linee guida. Se abbiamo ad oggi dati reali su cui poter ragionare è grazie al Lloyd Register of Ship che ha effettuato per suo conto uno studio scegliendo a caso 30 navi che trafficano tra i porti europei. Le navi sono state scelte tra quelle aventi una lunghezza tra i 100 e 250 m, che rappresentano la più piccola e la più grande imbarcazione della tipologia.

Tale studio però è stato condotto in maniera diversa rispetto a quello visto a Rotterdam che ha coinvolto rendendo partecipi i diretti armatori di ogni singola nave carpandone ogni informazione utile. Qui infatti il calcolo della domanda di potenza elettrica a bordo viene condotto seguendo il principio ugualmente valido e testato del coefficiente di carico variabile in funzione del tipo di nave e di operazione.

Come il coefficiente di carico per i motori ausiliari vari in funzione della tipo di operazione e dal tipo di nave è possibile vederlo in Tabella 9. Con la conoscenza della totalità della potenza erogata da tutti i motori ausiliari, il coefficiente di carico può essere utilizzato per stimare la potenza necessaria durante la fase di sosta (fase oggetto dello studio). Il coefficiente di carico corrisponde a 1 quando tutti i generatori ausiliari sono in funzione ed erogano quindi la massima potenza. Questo coefficiente è usato per calcolare la potenza necessaria alla banchina quando i dati relativi alla potenza assorbita non sono fruibili. Questo fattore è stato determinato dalla STARCREST, attraverso esperienza diretta condotta intervistando capitani di vascello, capi ingegneri motoristici e piloti durante la manovra di attracco.

Vessel Type	Cruise	Manoeuvre	Hotel
Container vessels	0.13	0.50	0.17
Ro/Ro vessels	0.15	0.45	0.30
Oil and product tankers	0.13	0.45	0.67
Cruise-/Passenger vessels	0.80	0.80	0.64

Tabella 9- Coefficiente di carico in funzione della tipo di operazione e dal tipo di nave (fonte: Ericsson, 2008)

Dunque, in Figura 2.8 è rappresentata prima la massima potenza generata a bordo. Questo valore rappresenta la potenza totale dei generatori ausiliari a bordo. In Figura 13 invece vi è la potenza di cui si ha bisogno durante la fase di sosta, calcolata in accordo con la Tabella 9.

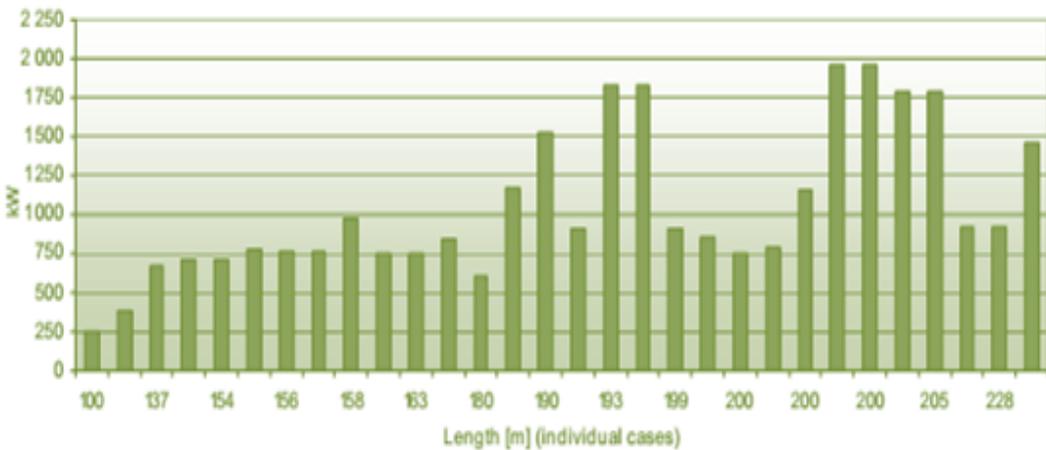
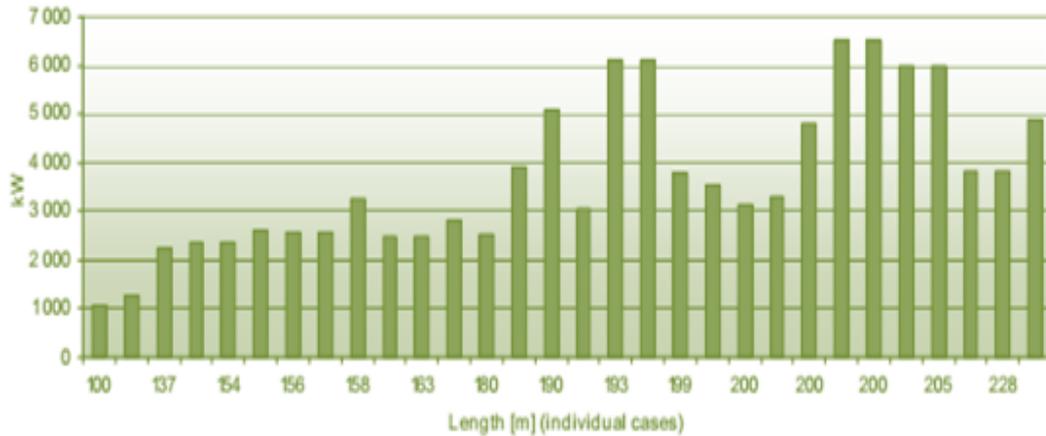


Figura 12 - Potenza totale installata a bordo (fonte: Ericsson, 2008)

In sintesi, le navi RO/RO hanno una richiesta di energia media inferiore dei 2 MW durante lo stazionamento in banchina e come, rappresentato dal diagramma di Figura 13, il sistema di voltaggio utilizzato è basso voltaggio variabile tra i 400 e i 460 V.

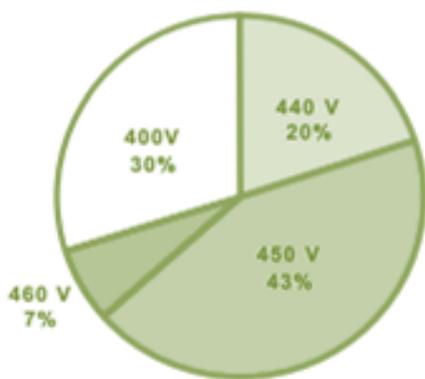


Figura 13 - Consumo energetico medio in banchina (fonte: Ericsson, 2008)

La frequenza utilizzata da tali imbarcazioni invece è sintetizzata dal grafico a torta di Figura 14

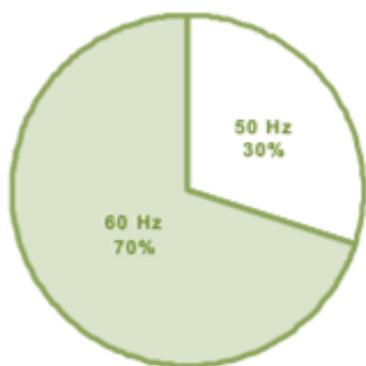


Figura 14 - Principali valori delle frequenze utilizzate (fonte: Ericsson, 2008)

NAVI CROCIERISTICHE

È la nave per passeggeri per eccellenza, costituiscono una parte notevole del turismo mondiale. Le navi da crociera hanno la particolarità di fare sempre ritorno al porto da cui sono partite, il che può ritenersi un vantaggio per un porto intenzionato a sperimentare l'elettificazione di un terminal crocieristico in quanto si troverebbe sicuramente a gestire grossomodo le stesse navi.

Il tempo medio di una sosta di una nave crocieristica in banchina è di circa 10 ore. Come già accennato in precedenza queste navi utilizzano motori diesel elettrici che assorbono le più alte potenze elettriche tra il comparto navale. Alcuni dettagli riguardo la domanda di energia richiesta sono stati raccolti in uno studio del ENVIRON. Tale studio comprende un totale di 40 imbarcazioni. Altre 47 sono state coinvolte per il solo studio relativo a frequenza e voltaggio.

In Figura 15 è dunque possibile leggere le potenze medie assorbite in funzione della lunghezza della nave calcolate come da Tabella 9; risulta una media di picco approssimativa di 11MW con una media di 7MW.

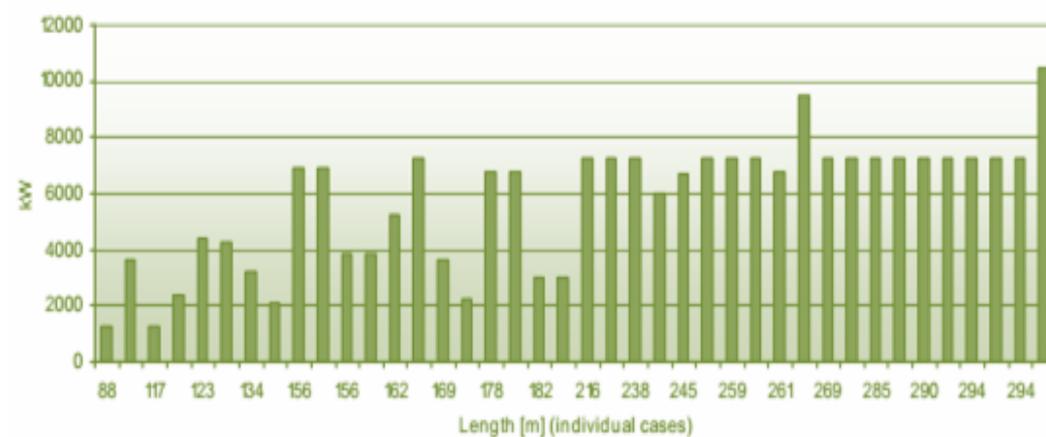


Figura 15 - Consumo energetico medio in banchina (fonte: Ericsson, 2008)

Nella Figura 16 riportiamo invece il voltaggio utilizzato a bordo in funzione della lunghezza delle navi.

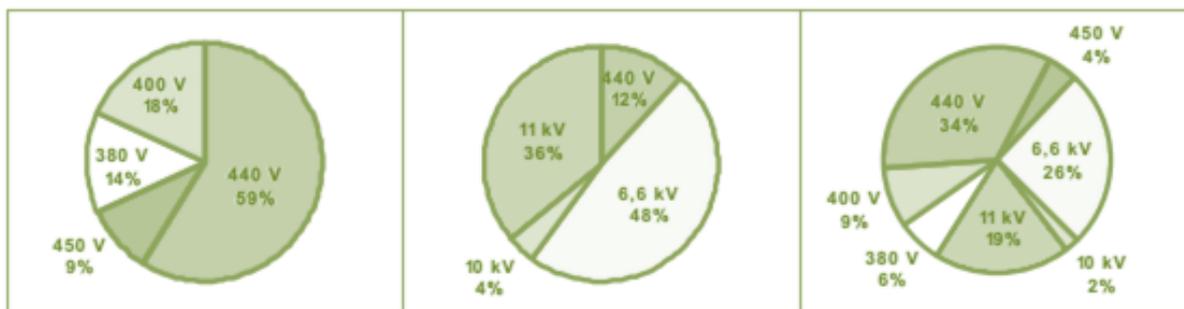


Figura 16 - Da sinistra a destra i sistemi di voltaggio utilizzati a bordo per navi <200 m, >200 m, e un grafico riassuntivo

(fonte: Ericsson, 2008)

Come è possibile notare le navi che superano i 200 m cominciano a usare prevalentemente un alto voltaggio compreso tra i 6.6 e 11 kV, mentre per le frequenze di bordo utilizzate ci affidiamo ai grafici a torta riassuntivi di Figura 17.

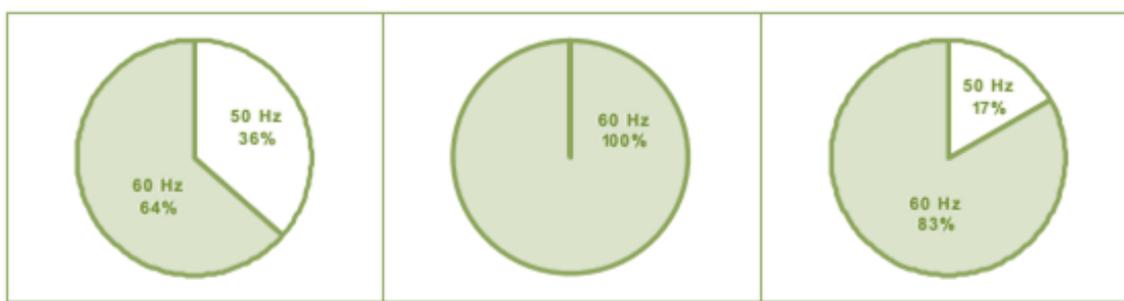


Figura 17 - Da sinistra a destra le frequenze di bordo utilizzate a bordo per navi <200 m, >200 m, e un grafico riassuntivo

(fonte: Ericsson, 2008)

Sintetizzando tutti i grafici visti fin ora in tabelle riassuntive avremo:

	Richiesta energetica media [kW]	Richiesta energetica di picco [kW]	Richiesta energetica di picco per il 95% delle imbarcazioni [kW]
Container feeder-sea	170	1000	800
Container deep-sea	2000	8000	5000
RO/RO - Veicoli	1500	2000	1800
Crociéristiche <200m	4100	7300	6700
Crociéristiche >200m	7500	11000	9500

Tabella 10 - Richiesta energetica in fase di ormeggio in banchina (fonte: Ericsson, 2008)

	380 V	400 V	440 V	450 V	460 V	6.6 kV	10 kV	11kV
--	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------	------

Container feeder-sea	42%	16%	42%	-	-	-	-	-
Container deep-sea	6%	79%	-	3%	-	12%	-	-
RO/RO - Veicoli	-	30%	20%	43%	7%	-	-	-
Crocieristiche <200m	14%	18%	59%	9%	-	-	-	-
Crocieristiche >200m	-	-	12%	-	-	48%	4%	36%

Tabella 11 - Sistemi di voltaggio utilizzati a bordo nave (fonte: Ericsson, 2008)

	50 Hz	60 Hz
Container feeder-sea	63%	37%
Container deep-sea	6%	94%
RO/RO - Veicoli	30%	70%
Crocieristiche <200m	36%	64%
Crocieristiche >200m	-	100%

Tabella 12 - Frequenze di bordo utilizzate (fonte: Ericsson, 2008)

Ora che abbiamo identificato le domande energetiche richieste in banchina, i voltaggi e le frequenze, si andrà ad ipotizzare il dimensionamento di un impianto di elettrificazione.

Dopo alcuni raffronti con Autorità Portuale Di Salerno però si è chiarito, con qualche dettaglio maggiore, la situazione attuale del porto salernitano. Di fatti l'intento per una futura progettazione spinge verso l'elettrificazione di due banchine di cui una appartenente al Molo Trapezio e l'altra al Molo di Ponente dove vengono accolte rispettivamente navi Containers e navi RO-RO.

Il porto disporrà a breve di una rete in media tensione a 20kVA per la quale deve essere già prevista anche la realizzazione di una sottostazione atta allo smistamento dei cavi a media tensione all'interno dell'area portuale.

L'autorità portuale, se non lo farà all'atto dell'up-grade, dovrà comunque predisporre un collegamento diretto tra la sottostazione a 20kV e la linea elettrica nazionale ad alta tensione come richiesto dalla normativa attualmente in vigore, in quanto verrà chiesta una fornitura elettrica che supera i 10 MVA. Quindi il passo 2 dell'elenco di cui sopra non è del tutto bypassabile.

La soluzione tecnica individuata atta al collegamento AT/MT, per continuità e affidabilità del servizio ed economicità, prevede un inserimento a stazione in antenna (con linea ad utente). Tale scelta risulta tecnicamente preferibile in quanto si realizzerebbe una naturale separazione tra le funzioni di trasmissione e le altre funzioni (produzione, distribuzione, utilizzazione, etc.) favorendo lo smistamento delle potenze in stazione e non alterando significativamente la funzionalità della rete preesistente.

Ovviamente, il percorso che collega lo snodo AT con la sottostazione principale all'interno del porto dovrà obbligatoriamente seguire le arterie stradali, compatibilmente con eventuali vincoli architettonici o urbanistici. Dato che la richiesta di potenza sarà inferiore a 100 MVA, la connessione in antenna è realizzata con un'unica linea, il che comporta un abbattimento notevole dei costi utilizzando un cavo unipolare (tensione nominale è pari a 120÷150 kV e la portata nominale è pari a 200 MVA).

Ai fini di una prefattibilità è stato ritenuto utile riportare solo tre topologie principali di layout per la connessione alla rete elettrica nazionale, ma soprattutto per lo smistamento della rete interna. Qualcosa che tutte le tipologie hanno in comune è che ognuno di esse ha i trasformatori localizzati in banchina. Ci sono diverse ragioni per cui tutte convergono su tale scelta, la principale è un fatto di sicurezza infatti con l'aiuto di un trasformatore aggiuntivo come ultimo collegamento tra la rete elettrica di terra e il sistema elettrico a bordo nave si raggiunge una separazione galvanica tra le griglie. Inoltre, si riduce la possibilità di indurre la corrente di guasto a terra, evitando il potenziale guasto a bordo di una nave vicina quindi impedisce la propagazione del guasto stesso che può risultare fatale per le apparecchiature di bordo.

Allo stato attuale la configurazione 'madre' è suggerita dall'Unione Europea nella raccomandazione contenuta nel 2006/339 / CE e s.m. (Raccomandazione 2006/339/CE della Commissione, dell'8 maggio 2006, finalizzata a promuovere l'utilizzo di elettricità erogata da reti elettriche terrestri per le navi ormeggiate nei porti comunitari (GU L 125 del 12.5.2006, pag. 38). La configurazione espressa nella raccomandazione europea è una tipologia decentrata dove il convertitore di frequenza è posto in prossimità dell'ormeggio. La configurazione manca però di una protezione galvanica soddisfacente tra la banchina e il sistema elettrico navale.

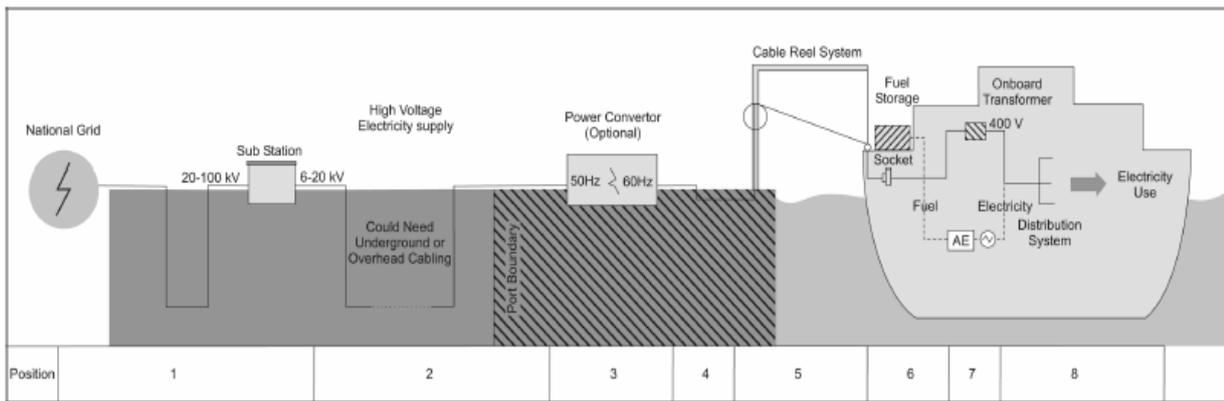


Figura 18 - Schema di connessione rete elettrica nazionale e nave secondo le norme UE (fonte: Ericsson, 2008)

Un ulteriore problema da menzionare è la disposizione di connessione troppo vicina alla banchina che può essere compatibile per alcune tipologie di imbarcazioni, ma non sarà funzionale per le navi che utilizzano le gru per le operazioni di carico e scarico (tipo quelle per cui il porto di Salerno ha intenzione di agire). C'è infatti la possibilità che il sistema avvolgicavo possa ostacolare l'accessibilità alla nave e creare problematiche per la sicurezza.

La prima tipologia delle tre configurazioni possibili è simile a quella raccomandata dall'Unione Europea, di cui sopra. È dunque un sistema decentrato dove autonomi convertitori di frequenza sono posti su ogni ancoraggio. Questi sono radialmente alimentati da una sottostazione comune. In questa configurazione però viene utilizzato un ulteriore trasformatore in banchina per assicurare una stabilizzazione della curva sinusoidale della corrente.

Questa configurazione si basa praticamente su un sistema autoportante ad ogni ancoraggio, che può essere visto come un vantaggio, se infatti un guasto avviene in uno dei convertitori di frequenza, allora questo ancoraggio può essere scollegato senza alcuna influenza sugli altri posti. Anche i lavori di manutenzione ordinaria sono facilitati dall'aver un sistema separato.

Uno svantaggio però con questa configurazione è che ci vuole una grande quantità di spazio in ogni ancoraggio, cosa che può diventare un grosso problema, per esempio in un terminal container dove sia le gru che i carrelli hanno bisogno di facile accessibilità e manovrabilità, e dove lo spazio per accumulare container risulta generalmente già limitato.

Lo spazio necessario per il convertitore di frequenza, due trasformatori e quadri con attrezzature varie di terra e di switch on-off, è di circa 200 m².

La seconda tipologia si basa su un impianto per la conversione di frequenza posizionato centralmente con corrispondenti interruttori a doppie sbarre. Nella posizione centrale è possibile installare un convertitore di frequenza, o più convertitori di frequenza collegato in parallelo a seconda della potenza richiesta al porto specifico, accoppiato ad una delle sbarre attraverso uno step-down e un trasformatore step-up. Per consentire il collegamento simultaneo alle navi 50 Hz e 60 Hz agli ancoraggi, la seconda sbarra supplementare integrata è direttamente collegata alla rete

elettrica nazionale passando da un trasformatore. Ogni ancoraggio che è collegato dalla struttura disposta centralmente è alimentato tramite un interruttore e un commutatore. Il commutatore permette di scegliere volta per volta all'ormeggio quale sbarra deve essere collegata.

Come da Annesso D della normativa IEC/ISO/IEEE 8005-1:2012 "Additional requirements of container ship" che regola la configurazione delle navi container, prevede 2 cavi paralleli con 3 conduttori piloti ognuno dei quali deve essere usato per il collegamento HVSC con una potenza massima richiesta di 7,5 MVA. Ma i risultati degli studi fin ora riportati indicano una richiesta di potenza inferiore per questi tipi di imbarcazioni e con questa configurazione è possibile dimensionare il convertitore di frequenza in funzione della effettiva richiesta di potenza al terminale. Mentre i trasformatori e le altre apparecchiature di connessione shore-side possono essere dimensionati in base alla potenza massima indicata nello standard 7.5 MVA. Questa possibilità di dimensionamento del convertitore risulta meno onerosa della configurazione di tipo 1 ove tutti i convertitori di banchina devono essere dimensionati alla potenza massima per evitare 'colli di bottiglia' nella erogazione di energia. Un ulteriore vantaggio di questa configurazione è che occupa il minor spazio possibile ad ogni ancoraggio. La maggior parte dell'apparecchiatura è infatti posta centralmente, e può essere posizionato lontano dalle banchine, dove c'è più spazio disponibile. Lo svantaggio è invece la vulnerabilità del sistema. Ad esempio, se si verifica un guasto al convertitore di frequenza, c'è il rischio che la maggioranza dei ancoraggi non riuscirà ad asservire le navi a 60Hz, ma la sbarra 50 Hz può ancora essere utilizzata. Un ulteriore svantaggio è il prezzo sicuramente superiore dell'apparecchiatura quadro, poiché è utilizzato un doppio sistema di sbarre con interruttori e commutatori per consentire la distribuzione di due frequenze. Tuttavia, tale configurazione sembra in una prima analisi quella più conforme al porto di Salerno.

La terza tipologia di configurazione è completamente diversa rispetto alle due precedenti. Questa configurazione prevede un raddrizzatore posizionato centralmente che converte la tensione AC a tensione DC. La corrente in DC viene poi distribuita ai diversi ancoraggi attraverso una sbarra dove dei raddrizzatori sono accoppiati ai diversi ancoraggi.

È possibile installare e collegare alla sbarra in banchina i convertitori di frequenza, dove il vantaggio di questo tipo di configurazione è legato a una forte riduzione delle perdite di carico nel cavo.

Lo spazio utilizzato da questa configurazione ad ogni ancoraggio è un po' maggiore rispetto alla tipologia 2, poiché si aggiunge un raddrizzatore, ma è più piccola che nella tipologia 1.

	Vantaggi	Svantaggi
Tipologia 1: Convertitore/i di frequenza dislocati in banchina.	Un guasto a un convertitore di frequenza non influenzerà il corretto funzionamento degli altri ancoraggi.	<ul style="list-style-type: none"> • Grandi spazi per il posizionamento delle apparecchiature in prossimità di ogni ormeggio. • Il convertitore di

		<p>frequenza deve essere dimensionato in funzione della potenza massima richiesta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il convertitore di frequenza è acceso anche se al molo vi è una nave da 50 Hz collegata. • Maggiore quantità di trasformatori: trasformatori step-down e step-up per ogni convertitore di frequenza
<p>Tipologia 2: Convertitore/i di frequenza situato in posizione centrale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Minore impronta necessaria su ogni singola banchina. • Convertitore di frequenza viene utilizzato solo per la conversione 50 Hz a 60 Hz, con conseguente maggiore efficienza. • Il convertitore di frequenza può essere dimensionato in funzione della potenza richiesta in banchina effettiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Più vulnerabile. Se si verifica un guasto in un convertitore di frequenza tutto l'ancoraggio collegato non riuscirà a servire i 60 Hz. • L'uso di interruttori e commutatori su doppia sbarra invece dei quadri standard farà aumentare il prezzo.
<p>Tipologia 3: Distribuzione AC/DC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Piccolo ingombro necessario sia se il convertitore di frequenza venga posizionato in banchina sia per il posizionamento centrale; • Più facile la messa in opera del cavo di collegamento fino alle banchine essendo unico cavo; • Basse perdite di carico nel cavo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Non ci sono prodotti disponibili performanti e affidabili ad oggi da applicare per questa gamma di potenze. Più ricerca e sviluppo sono necessari. • Se si verifica un guasto al posto centrale nessun ormeggio sarà in grado di servire una nave.

Tabella 13 - Sintesi dei principali vantaggi e svantaggi delle tre tipologie di layout (fonte: Ericsson, 2008)

SEZIONE III.3 Sistemi per l'alimentazione elettrica delle navi in porto

III.3.1 Rete elettrica a bordo nave, Identificazione del Carico Elettrico

L'identificazione del carico elettrico necessario al corretto funzionamento dei servizi di bordo rappresenta un compito non semplice a causa dell'aleatorietà dovuta alla determinazione della tipologia di nave che andranno ad usufruire del Cold Ironing. Oltretutto, pur conoscendo le tipologie di navi che andranno ad attraccare ad un molo, non si hanno a disposizione schemi elettrici accurati che consentano la determinazione accurata dell'assorbimento di potenza da parte della rete elettrica di bordo. L'assorbimento è inoltre funzione dei tempi e dei tipi di carichi in funzione: un esempio può essere rappresentato dalle navi da crociera, dove l'assorbimento elettrico degli impianti di condizionamento può variare sensibilmente in relazione alle condizioni atmosferiche esterne.

Per cercare di ovviare l'estrema variabilità del carico, una soluzione può essere quella di dimensionare i convertitori (rappresentanti "il collo di bottiglia" di tutta la catena di alimentazione della nave) su delle navi da crociera, che tipicamente rappresentano la fonte maggiore di assorbimento di potenza tra tutte le tipologie di nave. Altra sfida costruttiva per questa tipologia di nave, che il progettista di impianti di cold-ironing deve affrontare, è dovuta al fatto che i carichi di bordo di una nave da crociera sono visti come dei carichi pregiati e per questo non interrompibili, quindi non è possibile staccare l'alimentazione agli impianti di bordo da parte dei generatori per fornirla successivamente con i convertitori statici terrestri. Questo implica la necessità di effettuare un corretto parallelo prima di poter staccare i generatori di bordo.

Per chiarire il concetto, si utilizza a titolo di esempio il modello di carico della nave Costa Pacifica (Hull 6148) della Costa Crociere di cui è stato reperito il dettaglio degli schemi elettrici.

Costa Pacifica (Hull 6148), Costa Crociere, 2007	
Lunghezza (metri):	290
Potenza motori (MVA):	20 * 2 assi
Numero Passeggeri:	3780
Velocità(nodi):	21,5 / max 23
Stazza(tonnellate)	114500

Tabella 14- Dettaglio degli schemi elettrici Costa Pacifica (fonte: Del Carlo,2010)

La nave è caratterizzata da due sbarre a 11 kV, collegate da un congiuntore con relative protezioni, e 3 generatori da 14 MVA (generatori di bordo) su ognuna di esse. Sulle sbarre di 11 kV si va ad innestare il connettore dell'impianto di cold-ironing, che fornirà potenza in maniera alternativa ai motori sopra menzionati.

Alle sbarre sono collegati tutti i carichi, in maniera diretta o attraverso trasformatori a 2 o 3 avvolgimenti. In questo modo si riescono ad alimentare, fornendo semplicemente una tensione di 11 kV, una moltitudine di carichi funzionanti ai più svariati voltaggi, dai 470 V fino agli 11 kV, passando per i 235 V e i 1.500 V.

Il sistema è predisposto per poter accogliere anche navi ad alimentazioni di 6,6 kV, attraverso un trasformatore già incluso nella cabina di trasformazione che può essere messo in servizio tramite la manovra di alcuni sezionatori dotati di interblocco, ovviamente preceduti dalla manovra di un interruttore.

Sulle sbarre di distribuzione sono collegati i filtri di armoniche, presenti in coppia, e i vari motori destinati alla manovra e alla compressione dell'aria. Questi motori possono assorbire correnti sensibilmente più alte che, se non opportunamente prendesse in considerazione, potrebbero mettere in ginocchio l'intero sistema di alimentazione, sono quindi una caratteristica fondamentale nel calcolo di load-flow.

Per l'eventuale realizzazione di questo tipo di impianto si dovranno tenere in considerazione alcuni punti:

- ***Economicità***

Attualmente la difficile congiuntura economica rende necessario, ove possibile, il risparmio di risorse economiche, soprattutto quando questo risparmio sia raggiungibile attraverso soluzioni che non vanno ad inficiare il livello di sicurezza. Una di queste soluzioni può essere l'adozione di particolari taglie di potenza per quanto riguarda i trasformatori AT/MT. Infatti, si sceglie, generalmente per questi casi, la taglia da 63 MVA in quanto essa rappresenta lo standard dei trasformatori di distribuzione presenti nelle Cabine Primarie di Enel. Questo garantisce un'ampia disponibilità di pezzi di ricambio, ma soprattutto ad un prezzo veramente ridotto, assicurato dall'economia di scala che l'ampia richiesta di questi trasformatori assicura. Per lo stesso motivo si dovrebbe utilizzare, come quadri di distribuzione, dei quadri con corrente di corto-circuito di 16 kA, che rappresentano anche essi lo standard attualmente utilizzato nelle cabine Enel.

- ***Manutenibilità***

L'ampia disponibilità di tutti i pezzi di ricambio, possano essi essere i trasformatori di distribuzione, i quadri di distribuzione o i trasformatori voltmetrici o amperometrici porta a ridurre al minimo ogni eventuale tempistica di fermo impianto dovuta a guasti sui succitati componenti. Oltretutto la presenza di connessioni il più possibile standardizzate, ove possibile, porta anche a minori tempi di montaggio nella sostituzione degli elementi, rendendo ancor più semplice la gestione dell'impianto.

- **Scalabilità**

La scalabilità progettuale può essere assicurata dalla futura messa in servizio di un secondo trasformatore 132/20 kV, che permetterà di poter seguire le crescite dei traffici che utilizzeranno il sistema di cold-ironing. In questo modo si avrà la possibilità di non sovraccaricare i trasformatori di alimentazione del sistema, aumentandone la vita presunta e riducendo al minimo ogni possibile fonte di surriscaldamenti. Altro fattore a favore della scalabilità potrebbe essere l'installazione di un secondo cavo sulla sbarra a 132 kV, che porterà ad una sottostazione, permettendo in questo modo sia di aumentare la disponibilità della rete a fronte di disconnessioni dovute a guasti, sia di seguire le richieste di Terna.

III.3.2 Impianti a bordo nave: Normativa Applicabile

La normativa utilizzata per gli impianti di fornitura di energia elettrica alle navi in banchina, alle procedure di parallelo e a tutti i problemi discendenti da questa configurazione, è la IEC/IEEE 80005-1: *Utility connections in port - Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems - General requirements* (ex IEC/PAS 60092-510 /2009).

Essa descrive le connessioni HVSC (high-voltage shore connection) a bordo delle navi e sulla banchina, per fornire energia durante il periodo di permanenza in porto provando dunque a fornire quelle che possono essere identificate come *best-practice*.

L' IEC/IEEE 80005-1 è inoltre applicabile alla progettazione, installazioni e messa in servizio di sistemi HVSC e contempla:

- I sistemi HVSC;
- La connessione nave-banchina;
- Trasformatori o reattori;
- Convertitori a semiconduttori o convertitori rotanti;
- Sistema di distribuzione sulla nave;
- Controllo, monitoraggio e interblocco e sistema di power-management.

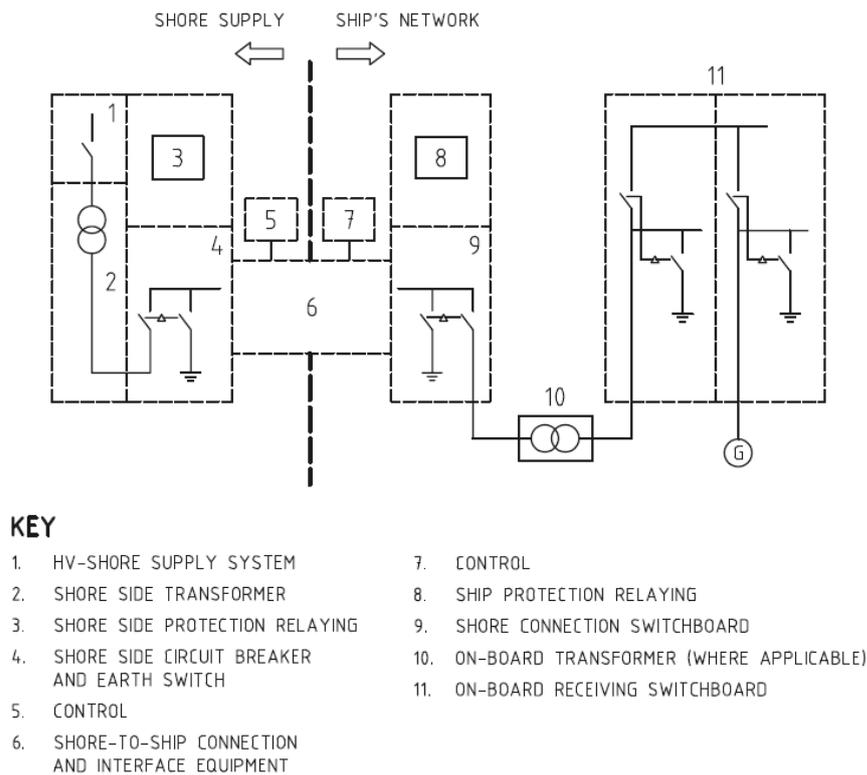


Figura 19 - Schema elettrico tipo di una connessione S2SP

I sistemi tipici di distribuzione sulle navi sono descritti nella norma IEC 61936-1.

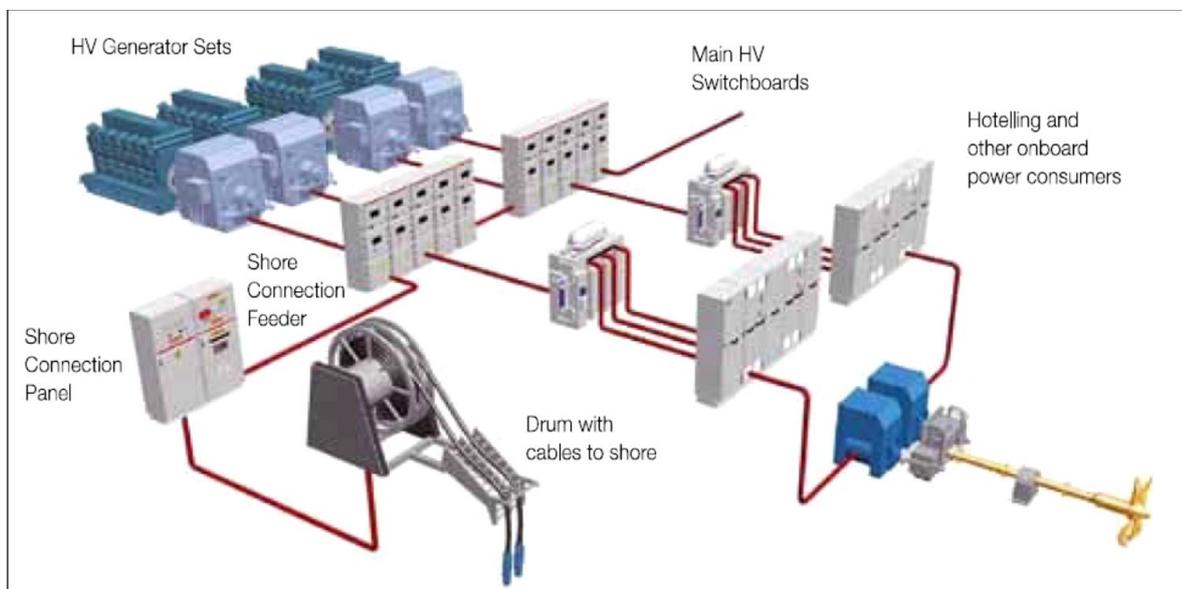


Figura 20 – Configurazione predisposta all'alimentazione da terra con avvolgicavo per connettersi direttamente alla presa presente in banchina. (fonte: ABB Oy, 2011)

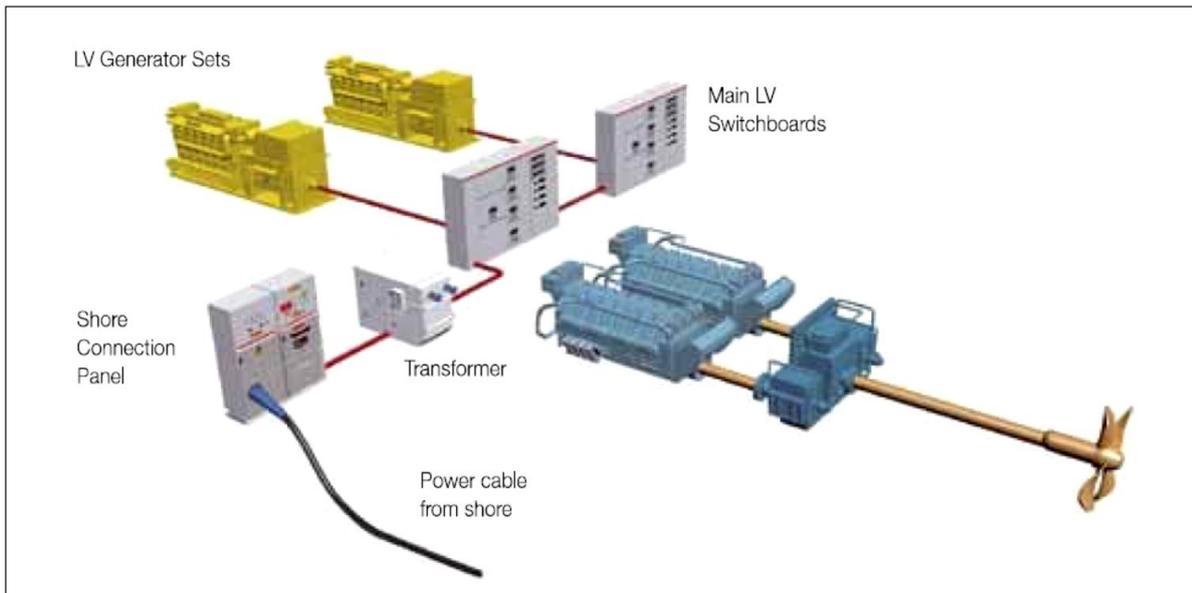


Figura 21 - Configurazione predisposta all'alimentazione da terra con presa diretta per connettersi direttamente alla presa presente in banchina. (fonte: ABB Oy, 2011)

È necessario garantire un sistema di arresto immediato in condizioni di emergenza per poter assicurare anche la sicurezza del personale impiegato sulla nave.

L'interruzione di emergenza, quando attivata, comporta l'apertura immediata di ogni interruttore sul collegamento nave-banchina.

Oltretutto la connessione dovrà sia possedere la messa a terra, per garantire la sicurezza nel maneggiare i cavi di collegamento, sia essere costituita in modo da poter evitare che il personale di manovra possa toccare cavi in tensione, mantenendo dunque adeguate distanze durante le normali operazioni.

Mentre la IEC/IEEE 80005-1 stabilisce il sistema tipico di distribuzione lato porto, il sistema di distribuzione usato per il comparto nave è stabilito dalla IEC 60092-503, il massimo voltaggio fornibile attraverso un collegamento HVSC è stato limitato a 15kV.

La normativa impone inoltre ben determinati limiti sulle variazioni di frequenza e di tensione.

III.3.3 Impianti di interconnessione: normativa applicabile

La sottosezione 7 della norma IEC/IEEE 80005-1 regola l'intero sistema di interconnessione (meccanico ed elettrico). La connessione nave-banchina deve permettere un'adeguata movimentazione della nave durante lo stazionamento e le fasi di carico scarico, per tale motivo una accurata progettazione va fatta sul posizionamento del cavo elettrico di connessione.

La connessione lato banchina deve essere costituita da una presa, la cui conformazione deve essere progettata in modo da essere protetta e da proteggere in caso di contatti accidentali. Per il lato nave, il cavo di connessione può: essere dotato di un connettore alla sua estremità Figura 20, se a bordo è stata utilizzata una presa in grado di riceverlo, oppure essere permanentemente collegato Figura 21, se la nave è dotata di adeguate terminazioni. Non è permessa l'estensione del cavo dopo l'installazione e la relativa progettazione.

Il sistema di gestione del cavo deve:

- Essere in grado di seguire il movimento del cavo, permettendo a quest'ultimo di effettuare un collegamento 'fluidò' tra un punto in banchina e un punto sulla nave;
- Essere capace di evitare un'eccessiva tensione del cavo;
- Essere equipaggiato con sistemi di protezioni indipendenti dal sistema di controllo per monitorare la massima estensione del cavo;
- Prevenire i rischi connessi all' accidentale immersione del cavo;
- Essere posizionato in modo da prevenire interferenze con le manovre di attacco della nave o con le manovre di altre navi nelle immediate vicinanze;
- Assicurare che il cavo abbia un raggio di curvatura corrispondente alle specifiche tecniche;
- Essere capace di supportare il cavo per tutta la durata della permanenza in porto e per la completa estensione possibile.

III.3.4 Retrofitting delle navi

Attualmente, l'alimentazione elettrica da banchina è utilizzata dalla maggior parte delle navi in servizio per un lungo periodo di stazionamento. Durante questo periodo, sono richiesti solo i carichi per la gestione di eventuali apparecchiature di movimentazione merci e per i servizi a bordo inclusi quelli per garantire la sicurezza del personale e dell'equipaggio.

Esso però utilizza una capacità abbastanza limitata che non ha nulla in comune in termini di potenza con l'impianto di propulsione.

Nella Tabella 15 –, sono analizzati diversi tipi di taglie e tipologie di navi considerando la configurazione della piattaforma e il tipo di operazioni che si svolgono a bordo della nave.

Le imbarcazioni 'tipo' sono state selezionate sulla base della potenza richiesta come comunicata dagli armatori. In caso la potenza non sia determinabile con la collaborazione dell'armatore, i carichi di corrente possono essere stimati sulla base di paragoni con vascelli simili.

A questo punto, dopo aver progettato in maniera concettuale un design per implementare il cold-ironing, è possibile determinare il costo per fornire e installare le necessarie apparecchiature.



Figura 22 - Sistema di collegamento a terra (fonte: ABB Oy, 2011)

I costi analizzati sono di massima e non hanno alcuna presunzione di precisione se non quella di rappresentare una stima grossolana. Per una stima più precisa bisogna effettuare una ricognizione a bordo della nave per verificare le supposizioni e stabilire la miglior strategia implementativa per arrivare al risultato desiderato.

Questa valutazione deve includere la conferma dei:

- Requisiti di potenza elettrica necessaria;
- Localizzazione delle cabine di alimentazione sulla banchina;
- Progettazione del sistema di gestione del cavo tra la cabina di alimentazione e il quadro interruttori principale;
- Valutazione della progettazione del quadro principale e studio di fattibilità della modifica del quadro, in modo da poter ricevere una grande quantità di potenza dalla banchina;
- Identificazione delle modifiche alle specifiche strutturali associate con l'installazione dei connettori di banchina, modificazione di cavi e quadri elettrici;

- Requisiti del “Classification Society” per la nave.

Attualmente in letteratura sono state oggetto del calcolo 12 navi, utilizzando gli standard della United States Coast Guard (US Coast Guard) e dell’American Bureau of Shipping (ABS).

I risultati sono riportati in tabella:

Vascello	KW	Volt	Ampere	Costo (in \$)
Victoria Bridge	700	450	1120	296000
Hanjin Paris	4800	450	7700	1106000
Lihue	1700	450	2800	452000
OOCL California	5200	450	8300	977000
Chiquita Joy	3500	450	5600	751000
Ecstasy	7000	6600	765	574000
Alaskan Frontier	7800	6600	850	457000
Chevron Washington	2300	4160	400	380000
Groton	300	450	480	202000
Ansac Harmony	600	450	960	296000
Pyxis	1500	450	2420	414000
Thorseggen	600	450	960	236000

Tabella 15 – Carichi di corrente e costo di Massima per tipologia di nave (fonte: Del Carlo, 2010)

SEZIONE III.4 Ipotesi di soluzioni di “Cold Ironing” praticabili per l’Autorità di Sistema Portuale

III.4.1 Il caso studio di Salerno

Dopo aver analizzato le diverse tipologie enunciate in precedenza, in fase preliminare è stata scelta per il caso specifico la **tipologia 2** di connessione. Essa presenta i seguenti vantaggi:

- Una minore impronta necessaria su ogni singola banchina.
- Convertitore di frequenza utilizzato solo per la conversione da 50 Hz a 60 Hz, con, di conseguenza, una maggiore efficienza.
- Il convertitore di frequenza può essere dimensionato in funzione della potenza effettiva richiesta in banchina.

In virtù di alcuni studi e di una approfondita lettura dei dati ad essi annessi risulta che per quanto riguarda le tipologie di nave prese in considerazione, navi porta container e RO/RO, risulta che il 95% delle navi (deep sea e feeder sea) ha una domanda energetica di picco in banchina pari a 4000 kW, con una media della domanda pari a 800 kW mentre per quanto riguarda le RO/RO siamo intorno ai 1800kW con una media 1500 kW.

Di seguito verranno illustrati alcuni studi del 2015 intitolati "SMART GREEN PORT". Per il dimensionamento è stata utilizzata la potenza massima per ciascuna banchina del terminal-RO/RO e di quello per container consapevolmente sovradimensionate (7.5 MVA) rispetto alla potenza media installata degli ausiliari di bordo: ciò allo scopo di coprire eventuali picchi di carico delle navi (i picchi dei container possono arrivare anche a 8MVA) e per fornire al porto una possibilità di un ampliamento futuro eventualmente asservendo più ormeggi abbassando i costi di investimento.

In via preliminare, concordato con l'Autorità del Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale, si è deciso di realizzare un solo ormeggio per banchina, dunque si avrà $7.5 \text{ MVA} \times 2 = 15 \text{ MVA}$. Da qui l'esigenza come già spiegato in precedenza di connettersi direttamente a una cabina AT.

Area Portuale: Elementi strutturali

- 1) Connessione cablata tra la rete elettrica nazionale e la cabina di trasformatore primaria
- 2) Cabina primaria di trasformazione per la riduzione della tensione in ingresso da 100-150 kV (AT) ad una tensione di uscita di 20 kV (MT) e la conversione della frequenza (da 50Hz rete terrestre a 60Hz della rete di bordo);
- 3) Connessione cablata (rete interrata in MT 20 kV) tra la cabina primaria e le cabine secondarie di trasformazione (per il salto 20 kV / 6.6 kV);
- 4) Sistema di canalizzazione sotterranea per la connessione tra la cabina secondaria di trasformazione e la *shore-box* di banchina (attracco e alimentazione nave);
- 5) Struttura per la movimentazione dei cavi sulla banchina per facilitare le operazioni di connessione con la nave (impianto elettrico di bordo).

IMBARCAZIONE: Elementi strutturali

- 1) Presa elettrica per la connessione dei cavi;
- 2) Trasformatore di tensione (l'utenza elettrica della nave lavora a 400 o 6600 V);
- 3) Sistema di distribuzione della corrente all'interno della nave.

DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE E LAY-OUT DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE

Passo 1 – Individuazione della Potenza Totale Richiesta

- individuazione del numero di banchine da elettrificare
- individuazione delle potenze impiegate su ogni singola banchina (in funzione del numero di ormeggi possibili o voluti da elettrificare)

Passo 2 – Rete di Distribuzione

- Connessione alla rete elettrica nazionale
- Sottostazione primaria di trasformazione (incluso convertitore di frequenza) e collegamento alla rete di distribuzione interna portuale

Elemento che consente la connessione alla rete nazionale è la ***cabina di trasformazione primaria***, la quale converte la corrente in ingresso in AT da 150 kV a 20 kV.

Il costo unitario della connessione alla rete nazionale e della cabina di trasformazione varia in funzione di grandezze locali come la distanza tra il punto di presa della rete elettrica nazionale e la posizione della cabina di trasformazione primaria o se si tratta di collegare terminali nuovi o di effettuare un retro-fitting di essi.

Altro elemento cardine che può essere o meno inglobato nella cabina di trasformazione primaria (in base alle esigenze e agli spazi a disposizione) è la cabina contenente un convertitore da 50/60 Hz. Avendo deciso di optare per la sottostazione principale con il convertitore di frequenza bisogna considerare che generalmente una cabina tipo ha un'impronta pari a 18 x 15 m (270 m²).

Passo 3 – Rete di Distribuzione Interna Portuale

- Collegamento tra sottostazione primaria e cabina secondaria di trasformazione
- Cabina secondaria di trasformazione e disposizione degli shore-boxes (prese) – studio planimetrico e di manovra accosto navi

La rete di distribuzione interna è tipicamente composta da ***cavi da 20 kV***, prevista dall'up-grade del porto salernitano, (ricordiamo che vi è possibilità di crearlo anche a 10kV con degli opportuni accorgimenti) tali cavi verranno posti in opera in opportune ***canalizzazioni*** da effettuarsi ex novo o sfruttando, ove possibili, quelle esistenti. La rete verrà corredata da ***apparecchiature di misura e monitoraggio***.

I cavi da 20 kV uscenti dalla cabina di trasformazione primaria saranno collegati alle opportune ***cabine secondarie di trasformazione*** (Figura 24), contenenti ***trasformatori*** che permetteranno alla corrente in uscita di viaggiare verso gli ***shore box*** (Figura 23) previsti a ***6.6 kV***.



Figura 23 - Shore-Box per un cavo di connessione (Sinistra) e per due cavi di connessione (Destra) (fonte: Ericsson, 2008)

Tali strutture sono per lo più prefabbricati di dimensione variabile in funzione delle apparecchiature da contenere, nel caso specifico si ipotizza un ingombro di circa 40 m².

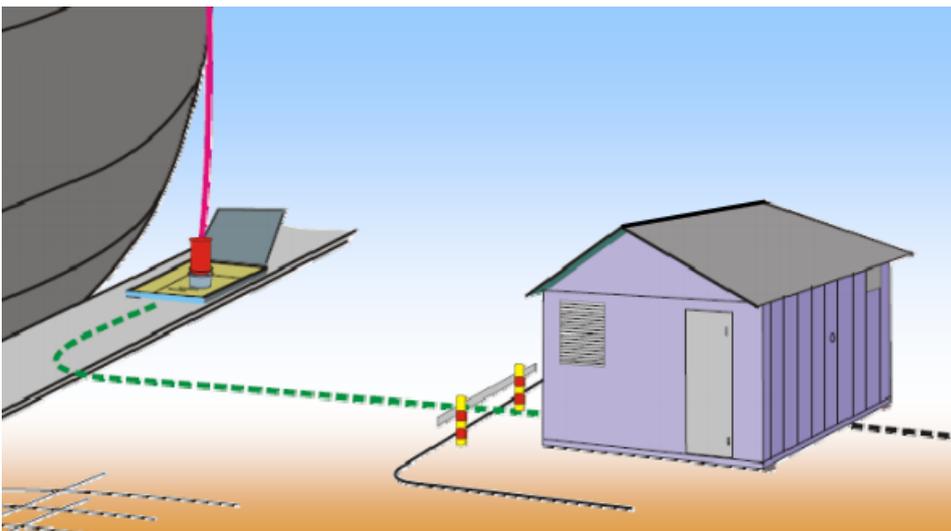


Figura 24 - Cabina di trasformazione secondaria e disposizione del sistema di connessione (fonte: Ericsson, 2008)

Passo 4 – Movimentazione e Connessione dei cavi con la nave

- Individuazione del miglior sistema di connessione che si adatti alla tipologia di banchina su cui verrà installato e quindi alla tipologia di nave che ad essa approderà
- Modifiche tecniche da apportare alle imbarcazioni

Attualmente esistono strutture di movimentazione che sono già dotati di cold-ironing: **le gru a cavalletto, gli avvolgicavi motorizzati elettrici e le chiatte mobili** poste sulle banchine o direttamente in acqua per le sole chiatte.

Nel caso particolare della banchina container è preferibile l'installazione di opportune gru direttamente sulla imbarcazione. In tal caso va modificata strutturalmente una parte della fiancata dell'imbarcazione, ma si riducono i problemi di sicurezza dovuti al possibile intralcio delle operazioni nel caso di installazione a terra, soprattutto si riducono i tempi di collegamento alla rete in quanto una soluzione adottata in questi casi può prevedere anche una stazione mobile composta da un container contenente l'apparecchiatura. Quest'ultima soluzione però oltre ad avere tempi lunghi di connessione, dovuti allo spostamento tramite tir ad ogni accosto, risulta anche dispendiosa economicamente.

I sistemi di movimentazione "on-board" a cui si fa riferimento sono due, entrambi visualizzabili nella Figura 25 e Figura 26.

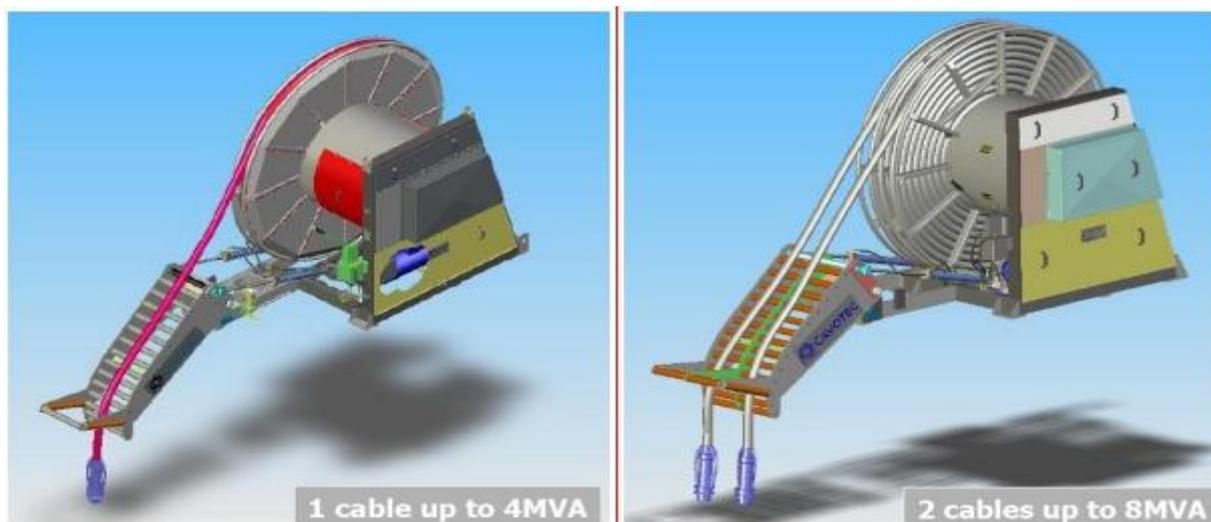


Figura 25 - Avvolgicavo da posizionare sulla nave a vista (fonte: Ericsson, 2008)

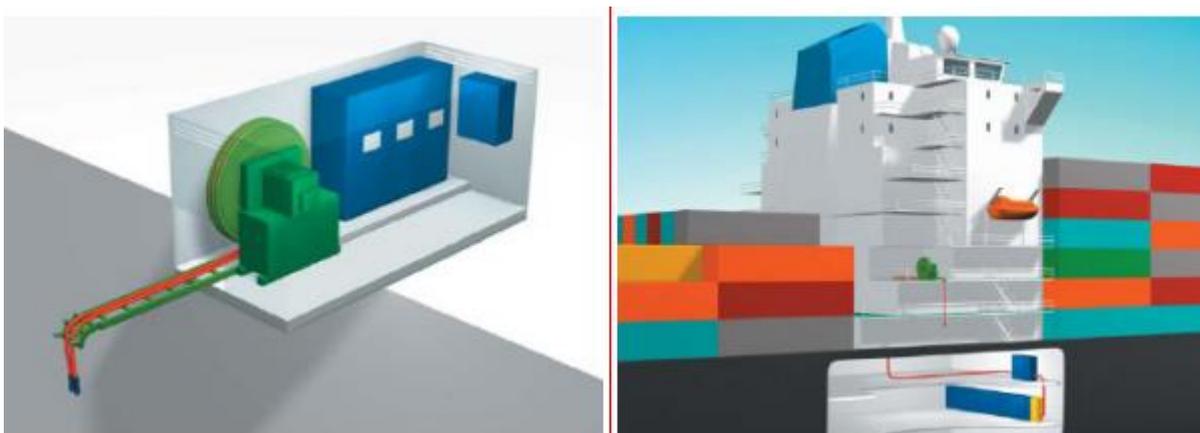


Figura 26 - Avvolgicavo da posizionare sulla nave nascosto internamente in un container (fonte: Ericsson, 2008)

ANALISI ECONOMICA

Passo 5 – Impianto di Connessione alla Rete Elettrica Nazionale

- Stallo di antenna (individuazione e calcolo della lunghezza cavo di collegamento)

(cavo 120/150 kV circa 430 euro/km)

- Linea in antenna

(opere di canalizzazione circa 125euro/m)

- Sottostazione di trasformazione primaria

(installazione+costo apparecchiatura 127.500 – 532.000 euro)

- Convertitore 50/60 Hz

(installazione+costo apparecchiatura 262.000 – 438.000 euro)

Passo 6 – Rete di Distribuzione Interna per ogni banchina

- Costo linea 20kV (individuazione della tipologia di cavo e della sua lunghezza per il collegamento alla cabina primaria)

(cavo 20 kV circa 50 euro/m)

- Costo trasformatori secondari (individuazione del numero di cabine di trasformazione in funzione del numero di shore-box necessari)

(circa 70.000 euro)

- Costo linea 6.6kV (individuazione numero di shore-box e dei relativi interruttori)

(cavo 6.6kV circa 40 euro/m ;shore-box circa 40.000 euro cad.;interruttori circa 20.000 euro cad.)

- Costo strutture di movimentazione (sistemi di movimentazione cavi)

(150.000 – 182.000 euro cad. per avvolgicavo motorizzato e/o gru a cavalletto)

In ultima analisi c'è da aggiungere il costo della progettazione, installazioni e costruzioni varie (circa 50.000 – 190.000 euro) e quello delle apparecchiature di misura e monitoraggio (circa 10.000 – 15.000 euro).

I valori riportati sono puramente indicativi e rappresentano un «valore medio»: per ogni voce, a seconda della tecnologia e dello specifico modello prescelto, ci sono oscillazioni valutabili nel $\pm 30\%$. Analogamente, la **stima economica può oscillare sensibilmente** rinunciando ad alcune soluzioni o adottando configurazioni più semplici (semplificazione del lay-out).

Le voci di prezzo utilizzate andranno quindi, in fase di progetto di fattibilità, ad essere analizzate e approfondite in modo da calzare perfettamente al caso studio in oggetto.

Passo 7 – Conclusioni (dopo aver elaborato i dati reali del caso studio)

- Confronto con lo studio effettuato dalla Comunità Europea per constatare se si è in linea con la metodologia di progettazione
- Confronto con i costi sostenuti da altri porti

Attualmente abbiamo la sola possibilità di ipotizzare i costi relativi alla messa in opera delle cabine di trasformazione secondaria e i collegamenti tra queste e le shore box disposte in banchina non avendo indicazioni più dettagliate riguardo il posizionamento della cabina AT/MT.

Nella Figura 27 è stato realizzato un possibile layout della rete: si è ritenuto opportuno posizionare le due cabine di trasformazione secondaria, contenenti le apparecchiature elettriche, e i trasformatori in un unico prefabbricato così da localizzare i lavori e gli spazi occupati, nonché per un risparmio economico dovuto alla realizzazione di un unico manufatto.

La cabina occuperà in totale circa 80 m^2 ($40 \text{ m}^2 * 2$).

Per l'installazione degli shore-boxes non è stato possibile seguire il ragionamento di una soluzione localizzata in un unico punto. Per evidenti motivi di ordine logistico, risulta più complicato stabilire un punto fisso d'attracco, in quanto le shore-boxes sono soggette ad operazioni di carico e scarico attraverso le gru poste sul bordo della banchina. Per ovviare il problema, sono state utilizzate 6 cassette di connessione, 3 per banchina, distanziate di 80 metri l'una dall'altra. In questo modo, si riesce a coprire una distanza di circa 180 m di accosto a disposizione per soddisfare tutte le condizioni di attracco. Ovviamente, può essere collegata solamente un'imbarcazione alla volta per ogni banchina, nonostante le cassette di connessione siano più di una. Nel caso si volessero realizzare due ormeggi, uno per ogni banchina, bisognerebbe focalizzare l'attenzione sulla possibilità di integrare un ulteriore ormeggio sul lato della banchina del molo Trapezio. In tal caso le principali spese da affrontare riguarderebbero la sola integrazione di potenza richiesta in banchina, il trasformatore ad-hoc per l'ormeggio extra, altre 2 shore-box e la posa in opera dei cavi, questo però consentirebbe di andare a spalmare i costi fissi di allaccio AT/MT e del convertitore di frequenza su 3 e non più 2 ormeggi.



Figura 27 - Lay-out della rete in MT

Ai fini di nuovi calcoli preliminari attenendosi all'ADSP-MTC Mar Tirreno Centrale si cercherà di dare nella tabella di seguito una stima di prezzo soggetto alle variabili di cui sopra, ma che coinvolge solo una parte della rete interna.

Attrezzature	Stime di prezzo	Unità	Quantità	Totale
Cavo 6.6 kV	40	euro/m	940	37.600
Opere di canalizzazione	125	euro/m	940	117.500
Apparecchiature di misura e monitoraggio	9.200	euro	1	9.200
Trasformatore	70.000	euro	2	140.000
Box-Shore	40.000	euro	6	240.000

Interruttore box	20.000	euro	6	120.000
			totale	664.300

Tabella 16 Prezzo attrezzature

PARTE IV. REALIZZAZIONE DI DEPOSITI COSTIERI DI GNL

Sezione IV.1 Scenario

Il Gas Naturale Liquefatto (GNL) nasce, dopo trattamenti di liquefazione al fine di garantire stoccaggio e trasporto agevole, dal Gas Naturale (GN); quest'ultimo è una miscela complessa di idrocarburi, composta principalmente da metano e, seppur in quantità minori, da etano, propano, idrocarburi superiori e alcuni altri gas non combustibili come ad esempio azoto e anidride carbonica.

	<i>Concentrazione (% in volume)</i>	<i>Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Note</i>
CO ₂	<100.10 ⁻⁶		
H ₂ S	<4.10 ⁻⁶		
H ₂ O	<1.10 ⁻⁶		consigliata
Hg		<0.01	a 1013 mbar e 0°C

Tabella 17 - Concentrazioni per eventuali composti presenti nel GNL (fonte: Norma UNI-EN 1473)

Il GNL è purificato dai gas acidi (CO₂ e H₂S) e dagli idrocarburi pesanti (C₅₊ e superiori), nonché da una buona parte di etano, propano e butani: la loro presenza deve essere fortemente limitata in tale prodotto, così come quella di H₂O, Hg e zolfo per ragioni tecniche (es. corrosione, rischi di solidificazione durante il raffreddamento).

Caratteristiche al punto di ebollizione alla pressione normale	GNL		
	Esempio 1	Esempio 2	Esempio 3
Concentrazione Molare (%)			
N ₂	0.5	1.79	0.36
CH ₄	97.5	93.9	87.20
C ₂ H ₆	1.8	3.26	8.61
C ₃ H ₈	0.2	0.69	2.74
i C ₄ H ₁₀	-	0.12	0.42
n C ₄ H ₁₀	-	0.15	0.65
C ₅ H ₁₂	-	0.09	0.02
Temperatura del punto di ebollizione (°C)	-162.6	-165.3	-161.3
Massa molare (kg/kmol)	16.41	17.07	18.52
Massa volumica (kg/m ³)	431.6	448.8	468.7
Volume di gas misurato			
a 0 °C e 101325 Pa/volume di liquido (m ³ /m ³)	590	590	568
a 0 °C e 101325 Pa/massa di liquido (m ³ /103kg)	1367	1314	1211

Tabella 18 - Tipici esempi di GNL (fonte: elaborazione dalla norma UNI-EN 1160)

Il gas naturale purificato viene liquefatto per sola refrigerazione ad una temperatura di circa -162°C. In questo modo si ottiene il GNL che, occupando un volume circa 600 volte inferiore alla condizione gassosa di partenza, può essere agevolmente stoccato e trasportato.

Il GNL si presenta come un liquido criogenico incolore, inodore, atossico e non corrosivo. Esso viene trasportato e stoccato a temperatura criogenica e presenta un contenuto di metano che varia dall'85 al 96 % in volume (il contenuto minimo in metano in riferimento alla norma tecnica UNI EN 1160 "Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto - Caratteristiche generali del gas naturale liquefatto", deve essere superiore al 75%). Il GNL, dopo il processo di vaporizzazione, torna ad essere, nei pertinenti limiti di infiammabilità, un gas infiammabile.

Il gas naturale è il carburante più pulito attualmente disponibile nel settore dei trasporti di media e lunga percorrenza, assicurando una riduzione del 10-15% di CO₂ rispetto alle alimentazioni tradizionali. La riduzione può crescere ulteriormente nel caso di utilizzo esclusivo del bio-metano prodotto a partire da FORSU (Frazione Organica del Rifiuto Solido Urbano) e residui: ciò implica che, in termini di emissioni di gas serra, i veicoli GNC (Gas Naturale Compresso) possono essere considerati "puliti" come quelli a trazione elettrica, su base "well-to-wheel" (ossia dal punto d'estrazione a quello di utilizzo) se si considera il potenziale contributo del bio-metano.

In termini di inquinanti locali, le tabelle seguenti, relative alle emissioni rilasciate dagli autoveicoli, rispettivamente in ambito urbano e totale, mostrano come si riscontrano riduzioni di emissioni sia in termini di PM (Particulate Matter) che di NOx (biossido di azoto), la cui entità è rilevante soprattutto rispetto al diesel.

Settore	PM_exhaust g/km	PM2.5 g/km	PM10 g/km	NOx g/km
Autovetture Benzina	0,001758	0,012889	0,022956	0,290725
Autovetture Diesel	0,043343	0,054474	0,064541	0,859305
Autovetture GPL	0,001488	0,012619	0,022686	0,186492
Autovetture Gas Naturale	0,001448	0,012579	0,022646	0,092054
Bus Diesel	0,235755	0,271363	0,309750	10,804344
Bus Gas Naturale	0,010593	0,045039	0,082928	5,141336
riduzione Gas Naturale/benzina	18%	2%	1%	68%
riduzione Gas Naturale/diesel	97%	77%	65%	89%
riduzione bus metano/bus diesel	96%	83%	73%	52%

Tabella 19 - Banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia: ambito di riferimento: urbano (fonte: Ispra)

Considerata una delle fonti di energia il cui utilizzo cresce più velocemente, la domanda globale del GNL dovrebbe raggiungere all'incirca i 500 milioni di tonnellate l'anno entro il 2030, con un incremento del 200% rispetto al 2005. Malgrado esso rappresenti attualmente circa il 25% del mercato internazionale di gas, in Italia, incide solo per il 5% sul totale delle importazioni.

La prospettiva di rendere disponibile il GN anche in aree geografiche non servite dalla rete infrastrutturale esistente consentirebbe l'impiego indiretto del GNL: fornendo a tali aree uno stoccaggio criogenico di GNL e consentendo all'impianto di vaporizzare il prodotto, avremo la possibilità di generale Gas Naturale Compresso (GNC) disponibile per l'immissione in tubature ad uso dei sottoservizi urbani / industriali.

Settore	PM_{exhaust} g/km	PM_{2.5} g/km	PM₁₀ g/km	NOx g/km
Autovetture Benzina	0,001335	0,009394	0,015961	0,186220
Autovetture Diesel	0,029212	0,036924	0,043092	0,682366
Autovetture GPL	0,001203	0,009147	0,015579	0,121540
Autovetture Gas Naturale	0,001179	0,009123	0,015554	0,070021
Bus Diesel	0,129833	0,150644	0,170047	6,467469
Bus Gas Naturale	0,010249	0,043822	0,080588	5,002739
riduzione Gas Naturale/benzina	12%	3%	3%	62%
riduzione Gas Naturale/diesel	96%	75%	64%	90%
riduzione bus metano/bus diesel	92%	71%	53%	23%

Tabella 20 - Banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia: ambito di riferimento: totale (fonte: Ispra)

Un settore fortemente interessato alla diffusione del GNL è quello dei trasporti, sia come combustibile alternativo al diesel, sia a livello di distribuzione sotto forma di stazioni di rifornimento sul territorio.

Il riferimento normativo di contesto su cui sviluppare un piano economico finalizzato a diffondere in modo significativo le stazioni GNC-GNL è rappresentato dalla Direttiva 2014/94/UE che comporterebbe un impiego programmato di risorse private e pubbliche relativamente contenuto, stimato in circa 58 milioni di euro.

In particolare, il GNL avrebbe un utilizzo immediato nel settore del trasporto pesante (terrestre e marittimo) come eco-carburante, mentre per il trasporto leggero verrebbe utilizzato sotto forma di GNC.

Sezione IV.2 Le principali caratteristiche del GNL

IV.2.1 Il ciclo produttivo del GNL

Le fasi principali che costituiscono la filiera del GNL sono sintetizzabili nelle seguenti:

1. Estrazione del gas naturale

2. Liquefazione
3. Trasporto del GNL
4. Rigassificazione

1) ESTRAZIONE

Il Gas Naturale si estrae spesso dagli stessi giacimenti di petrolio, non vi è quindi una ricerca di gas naturale distinta, ma un'unica attività di ricerca degli idrocarburi: solo dopo la perforazione di pozzi esplorativi è possibile accertare la natura del deposito. Estrarre il gas naturale dal sottosuolo è abbastanza facile. Date le grandi pressioni, non appena si finisce di trivellare il gas fuoriesce da solo e occorre canalizzarlo in un tubo indirizzandolo verso le sue destinazioni finali o nei centri di stoccaggio. Questi ultimi non dei giacimenti naturali esauriti dove un tempo c'era gas naturale, olio o acqua e che vengono oggi riutilizzati come veri e propri "magazzini" per il gas. Tra i vari giacimenti collocati in diverse parti del mondo, quello del North Field, ubicato nell'area Nord Orientale della costa del Qatar, è il maggior giacimento al mondo di gas non associato a petrolio, con riserve recuperabili stimate nell'ordine di 25.000 miliardi di metri cubi: circa il 10% di tutte le riserve mondiali conosciute. Ciò rende il Qatar il terzo paese al mondo per riserve di gas, preceduto solo da Russia e Iran.

2) LIQUEFAZIONE

Il trasporto del GN in grandi volumi è possibile solo attraverso il processo di liquefazione. Esso, dopo essere stato trattato per rimuoverne le impurità, è raffreddato a -162°C per la conversione allo stato liquido. Gli impianti di liquefazione funzionano come degli enormi impianti di refrigerazione e sono organizzati come unità di lavorazione in parallelo, chiamate treni, ognuna delle quali sottopone a un trattamento preliminare una porzione di gas per liquefarlo. Alla fine del processo di liquefazione è possibile passare al trasporto mediante metaniera: il volume originale del gas si riduce di circa 600 volte. Una metaniera trasporta mediamente 130.000 metri cubi di metano liquefatto corrispondenti a 78 milioni di metri cubi allo stato gassoso. I costi di trasporto in questo caso sono più elevati per la necessità di effettuare diversi trasbordi.

3) TRASPORTO

Il gas naturale liquefatto caricato su speciali navi metaniere (LNG Carrier), sono dotate di serbatoi isolati termicamente e di sofisticati sistemi di sicurezza e protezione ambientale. L'industria del GNL ha permesso di collegare alcuni dei più grandi giacimenti di gas al mondo a paesi che necessitano di nuove fonti di approvvigionamento. Il trasporto marittimo rende disponibili queste risorse energetiche in parti del mondo che sarebbero altrimenti difficili da raggiungere. Arrivato a destinazione il GNL viene scaricato nel terminale di importazione, dove è riportato allo stato gassoso, riscaldandolo, e immesso, dopo aver raggiunto un adeguato livello di pressione, nella rete dei metanodotti (fonte: www.eniscuola.net).

4) RIGASSIFICAZIONE (nel caso di utilizzo come GNC)

La rigassificazione è un'operazione che consiste nel riscaldare il GNL finché non ritorni allo stato gassoso. L'elemento chiave di questa fase è il terminale di rigassificazione. Quando le metaniere giungono al terminale portuale del Paese richiedente, il gas naturale liquefatto viene scaricato dalle navi e stoccato in appositi serbatoi criogenici. Viene poi inviato all'impianto di rigassificazione dove, tramite un processo di riscaldamento controllato, viene riconvertito allo stato gassoso.

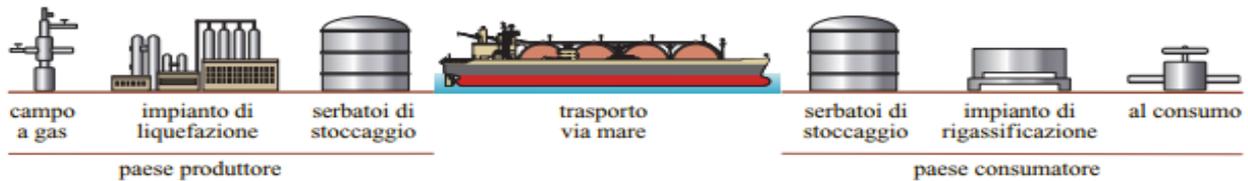


Figura 28 - Ciclo di produzione e trasporto GNL (fonte: www.treccani.it)

Le navi LNG Carrier si possono dividere in funzione ai sistemi dei serbatoi criogenici integrati. I più comuni sono quello sviluppato dalla Technigaz e dalla Gaztransport, società acquisite dal gruppo Eni:

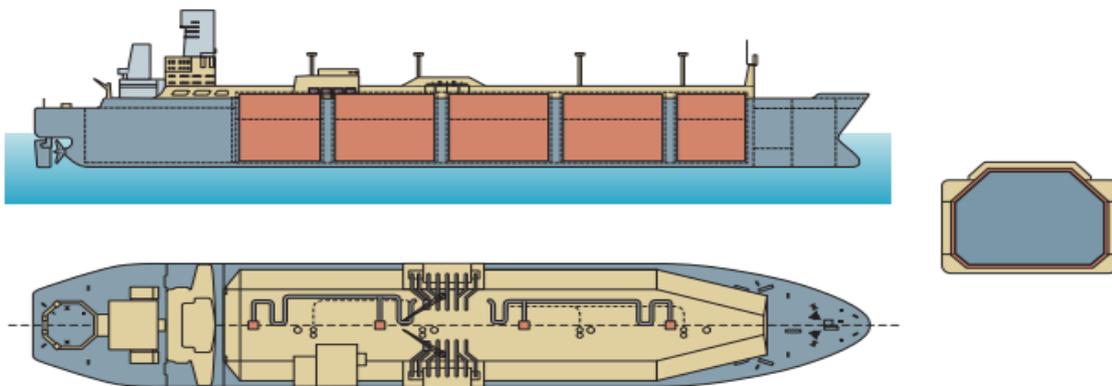


Figura 29 - Metaniera con serbatoio integrato con sistema a membrana (Rojey et al., 1994).

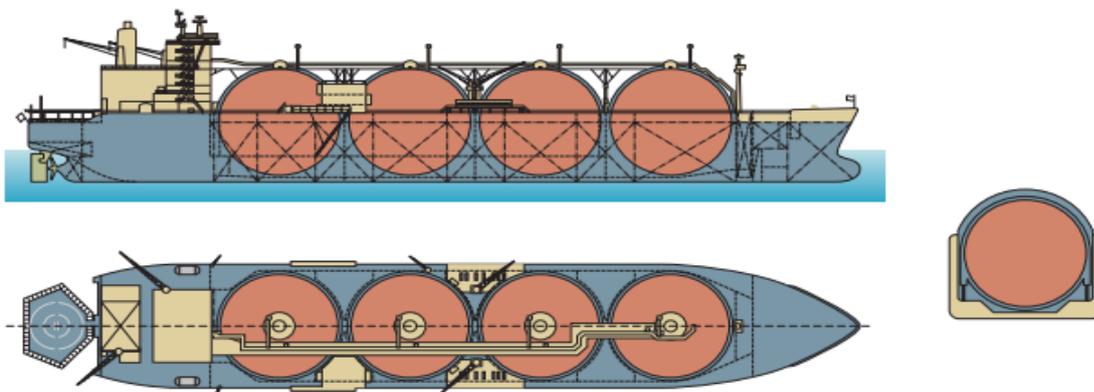


Figura 30 - Metaniera con serbatoio autoportanti di concezione Moss Rosenberg (fonte: Rojey et al., 1994).

IV.2.2 Vantaggi ecologici ed ambientali della filiera del GNL

Come riportato nel “Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL (2015)”, lo sviluppo del GNL rappresenta l'occasione di accelerare il cammino verso la decarbonizzazione, richiesta dagli obiettivi Comunitari, e di incrementare la diversificazione delle fonti energetiche. Quest'ultima è in linea con quanto indicato dalle recenti Comunicazioni della CE nel pacchetto “Energy Union”, che abbraccia tutte le problematiche del settore energetico e gli obiettivi previsti affinché l'Unione Europea possa mettersi a passo con le altre potenze mondiali.

La riduzione dell'impatto ambientale nel settore dei trasporti marittimi può essere consentita attraverso l'utilizzo di GNL al fine di raggiungere gli obiettivi di riduzione dello zolfo (SOx) nei carburanti, in linea con gli obiettivi posti dalla direttiva europea 2012/33/UE recepita in Italia con il D.Lgs.112/2014. Il GNL rappresenta, inoltre, un importante strumento per il miglioramento della qualità dell'aria, riducendo l'impatto delle navi e delle attività nei porti delle città di mare. Gli obblighi previsti dalla direttiva 2014/94/EU (DAFI) relativamente alla realizzazione di una infrastruttura di distribuzione di questo carburante prevedono di rendere disponibile, ad un numero sempre maggiore di mezzi di trasporto pesanti, il GNL lungo le principali direttrici internazionali che collegano il nostro Paese ai mercati globali europei, con un sensibile impatto sulle emissioni delle flotte e consistenti benefici ambientali.

L'utilizzo del GNL consente, inoltre, di contenere gli impatti ambientali in termini di CO₂, polveri sottili e degli altri inquinanti, favorendo il raggiungimento dei difficili obiettivi imposti a livello comunitario.

PROPRIETÀ	GNL	GPL	BENZINA	GASOLIO
Punto di flash (°C)	-152	-69	-10	60
Punto di ebollizione (°C)	-124	-6,7	32	204
Intervallo di infiammabilità in aria (%)	5-15	2,1-9,5	1,3-6	N/A
Temperatura di autoaccensione (°C)	540	454-510	257	Circa 315
Pressione di stoccaggio	Atmosferica	Pressurizzato (atmosferica se refrigerato)	Atmosferica	Atmosferica
Comportamento nel caso di versamento	Evapora, forma una nuvola visibile. Parti della nuvola possono essere infiammabili o esplosive in certe condizioni	Evapora, forma una nuvola visibile. Parti della nuvola possono essere infiammabili o esplosive in certe condizioni	Evapora, forma una pozza infiammabile; è necessario un intervento di bonifica ambientale	Evapora, forma una pozza infiammabile; è necessario un intervento di bonifica ambientale
Altri rischi	Nessuno	Nessuno	Irrita gli occhi, narcosi, nausea, altri	Irrita gli occhi, narcosi, nausea, altri

Tabella 21 - Principali caratteristiche del GNL confrontate con quelle di altri prodotti petroliferi liquidi (fonte: Lewis et al., 2003)

Le analisi svolte evidenziano che l'impiego del GNL in alternativa ai combustibili attuali consente l'azzeramento della SOx prodotta, la drastica riduzione degli NOx (circa il 50% rispetto ai motori

diesel), una moderata riduzione della CO₂ ed un elevatissimo contenimento del particolato (fino al 90%). Tali vantaggi saranno tanto più rilevanti per il sistema Paese quanto maggiore sarà la diffusione del GNL come carburante e combustibile e rappresenteranno un utile contributo al miglioramento delle qualità ambientali già intrapreso con l'impiego di alcune fonti energetiche rinnovabili.

L'installazione di un serbatoio criogenico di GNL, oltre ai vantaggi descritti fino ad ora, consentirebbe uno sviluppo consistente del tessuto socioeconomico ed industriale del territorio. Considerando le principali filiere attivabili come conseguenza alla presenza di uno stoccaggio di GNL in Figura 31, sono intuibili le potenzialità che da esso scaturiscono in termini di implementazione delle infrastrutture con risvolti occupazionali.

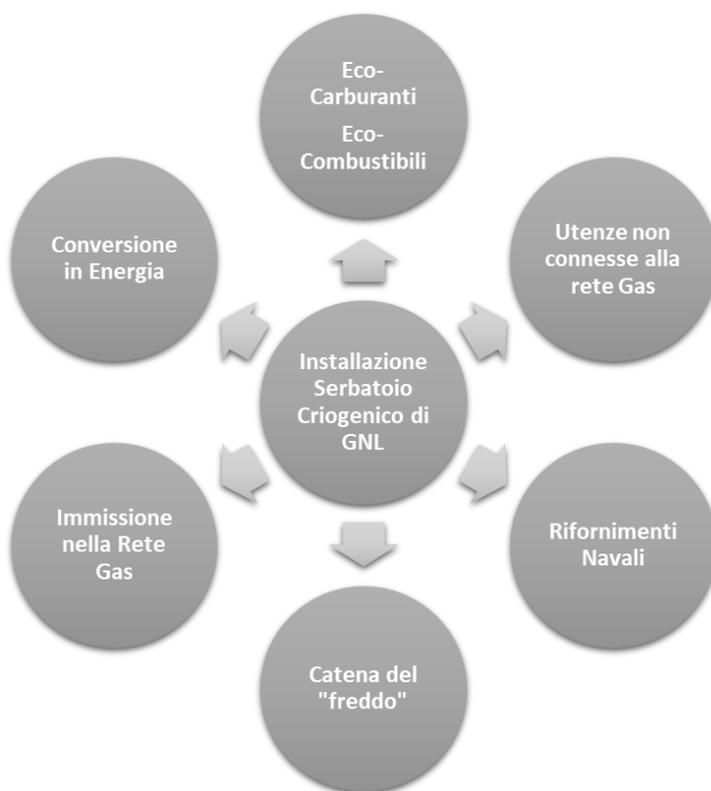


Figura 31 - Principali filiere attivabili come conseguenza alla presenza di uno stoccaggio di GNL

L'utilizzo dell'Eco-Carburante / Eco-Combustibile può essere sintetizzato nei seguenti punti:

- Alimentazione mezzi di movimentazione pesanti, medi e leggeri con trazione a GNL o GNC (dopo rigassificazione) nel sedime portuale;
- Rifornimento di distributori (*colonnine GNL – GNC*) dislocati sul territorio regionale / nazionale tramite il trasporto su gomma con autobotti/cisterne criogeniche;

- Rifornimento di distributori (*colonnine GNL – GNC*) dislocati sul territorio regionale / nazionale tramite il trasporto su ferro (tank criogenici su rotaia), ove sarà previsto il ‘*last mile*’ su gomma (ad esempio tra interporti verso stazioni di rifornimento autostradali);

Un esempio che vede il GNL come solida alternativa ai combustibili tradizionali sono i ‘*Blue Corridors*’: un progetto, nato nel 2013 e concluso il 2018, che prevede su larga scala la diffusione della tecnologia GNL nei trasporti pesanti su lunghe tratte, creando un’infrastruttura iniziale che ha dimostrato la validità della soluzione. Gli obiettivi iniziali sono stati:

- la creazione di 4 corridoi internazionali;
- la messa su strada di 100 veicoli Heavy Duty a GNL
- 14 nuove stazioni di servizio
- 14 M€ di investimenti complessivi
- 4 anni di lavori



Figura 32 - Mappa dei Blue Corridors all'inizio del progetto (fonte: lngbc.eu)

Dopo solo 4 anni, il progetto LNG Blue Corridors aveva raggiunto e superato gli obiettivi prefissati. I 100 camion definiti nel progetto erano stati superati e avevano superato 150 mezzi pesanti circolanti per le strade Europee



Figura 33 - Hardstaff Mercedes Benz Actros-Tecnologia a due carburanti (Sinistra) e Serbatoio di GNL (Destra). (fonte: Ingbc.eu)

La roadmap di NGVA Europe ha identificato un potenziale significativo per i trasporti nell'uso del gas naturale. Inoltre, l'impiego di questo carburante alternativo per i lunghi tragitti e per le flotte (GNL e bio-GNL) è un fattore chiave per il raggiungimento degli obiettivi europei di decarbonizzazione del settore dei trasporti ovvero di riduzione del 30% delle emissioni entro il 2030 e del 60% entro il 2050.

Il gas naturale può contribuire in modo significativo alla decarbonizzazione del trasporto pubblico offrendo uno scenario di 400.000 HDV (Heavy Duty Vehicle) alimentati a gas entro il 2030. Questo numero potrebbe rappresentare il 6% del mercato per questo segmento in grado di ridurre significativamente le emissioni di CO₂ complessive. Grazie al progetto Blue Corridors GNL, è ora possibile circolare dal sud della penisola iberica al nord della Germania rifornendosi unicamente di GNL. Oltre alle 13 stazioni che sono state costruite in Europa all'interno del progetto, ce ne sono altre costruite per realizzare ulteriori corridoi e altre ancora saranno costruite. Questo dimostra l'importanza del progetto e di quanto sia stato promotore di un cambiamento della mobilità.



Figura 34 - Mappa dei Blue Corridors, Dicembre 2019 (fonte: Ingbc.eu)

L'utilizzo del GNL per il rifornimento navale è sintetizzato in quanto segue:

- Per l'alimentazione delle navi di grandi dimensioni (es. crocieristiche, porta-container) che, tramite generatori elettrici di bordo mossi da motori termici alimentati a GNL, sfruttano la propulsione elettrica;
- Per invogliare la conversione a GNL dei motori a combustione interna (MCI) alimentati con *Marine Diesel Oil* (MDO) delle navi di stazza medio-piccola (es. RO-Pax, RO/RO, traghetti, ecc.) che ad oggi sfruttano la propulsione meccanica;
- Per incentivare la creazione di stazioni mobili di bunkeraggio (bettoline) per le navi con pescaggio profondo o per alimentazioni di navi attraccate in altri porti regionali;



Per le UtENZE civili e industriali:

- Rifornimento, tramite trasporto su gomma (autocisterne), di serbatoi di stoccaggio di GNL dislocati sul territorio regionale / nazionale a servizio delle aree P.I.P. e A.S.I. . Dal serbatoio 'x' partirà una rete di distribuzione localizzata a servizio delle utenze interessate;
- Rifornimento, tramite trasporto su gomma (autocisterne), di serbatoi di stoccaggio di GNL dislocati sul territorio regionale / nazionale a servizio di zone urbanizzate a scopo abitativo civile. Dal serbatoio 'x' partirà una rete di distribuzione localizzata a servizio delle utenze interessate;

Per la conversione in energia, il GNL è utilizzato come eco-combustibile per avviare il processo di co-generazione / tri-generazione per ricavare energia elettrica, calore e freddo.

In particolare, la creazione in loco di energia elettrica sarebbe destinata:

- all'autoconsumo, pensando di distaccarsi completamente dalla rete nazionale elettrica;
- alla vendita ad utilizzatori privati interni all'area portuale (provider);
- cold ironing, invogliando le navi a spegnere i motori e approvvigionarsi dell'energia elettrica necessaria per espletare le esigenze di bordo direttamente dalla banchina.

La Catena del freddo prevede lo sfruttamento di un sistema di scambiatori interni al serbatoio di stoccaggio criogenico per ricavare un fluido, a basse temperature, atto al rinfrescamento/condizionamento di utenze attigue (uffici, magazzini di stoccaggio alimentari)

Sezione IV.3 Deposito costiero di GNL

IV.3.1 Tipologie di rifornimento

In base a fattori quali, ad esempio, il numero e il tipo di navi da servire, la disponibilità locale di GNL e le dimensioni del porto, il *Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL* indica i pro e i contro delle quattro opzioni di bunkeraggio attraverso il trasferimento da:

- a) autobotte a nave (Truck- To – Ship)
- b) impianto a terra a nave (Shore – Pipeline -To- Ship)
- c) da nave a nave (Ship – To – Ship)
- d) da cisterne mobili o ISO Container criogenici

a) Truck-to-Ship (TTS): è il trasferimento di GNL dal serbatoio di un'autobotte a una nave ormeggiata al molo o al pontile. In genere, questa operazione è intrapresa collegando un tubo flessibile criogenico progettato per il servizio GNL. Un'autobotte di tale tipo può trasportare 40-50 mc e trasferire un carico completo in circa un'ora. Questa modalità di trasferimento offre una grande flessibilità geografica ed è particolarmente interessante in fase di start-up per i bassi investimenti, di contro possono essere trasferite solo piccole quantità di prodotto. Questo tipo di operazione è possibile per mezzi navali con piccoli serbatoi come ad esempio rimorchiatori, pescherecci ecc. ma difficilmente praticabile per navi di maggiori dimensioni come traghetti che hanno serbatoi da 400 mc. Una prima esperienza si è avuta nel porto di Civitavecchia per un carico parziale di un rimorchiatore a maggio 2014.



Figura 35 - Truck – To – Ship (TTS) (fonte: www.shippingherald.com)

b) Shore / Pipeline-to-Ship (PTS): il GNL viene trasferito da un serbatoio di stoccaggio fisso a terra attraverso una linea criogenica con bracci di carico (nel caso di un serbatoio di stoccaggio di un terminale di rigassificazione), con una estremità flessibile o il tubo di una nave ormeggiata ad una banchina o molo nelle vicinanze. La vicinanza è consigliata dai costi di installazione e gestione di una pipeline criogenica. Il serbatoio a terra può essere di stoccaggio intermedio, presso un Terminale GNL o un deposito costiero. Può essere un piccolo serbatoio in pressione a sua volta alimentato via autobotte, via treno, via bettolina (shuttle vessel) o tramite un mini-impianto di liquefazione. In alternativa può essere usato un serbatoio di grande dimensione a pressione ambiente (in particolare nel caso di presenza di un impianto di rigassificazione nelle vicinanze). La soluzione PTS garantisce velocità di flusso più elevate, adeguate a rifornire navi di grandi dimensioni, rispetto alla soluzione TTS.



Figura 36 - Shore/Pipeline – To – Ship (PTS) (fonte: industryresearchworld.com)

Da citare in tale opzione la soluzione tecnica che prevede la costruzione di banchine per l'ormeggio contenenti serbatoi per lo stoccaggio del GNL funzionali a rifornire navi passeggeri (figura A.3). Tale soluzione infatti consente di ovviare alle restrizioni operative di tali tipologie di navi (e ai connessi problemi di sicurezza e altri rischi legati alle attività svolte) e alla loro necessità di effettuare le operazioni di "bunkeraggio" contemporaneamente a quelle "commerciali" (imbarco / sbarco dei passeggeri e auto) a causa alle restrizioni sugli orari. Ovviamente tale soluzione deve essere valutata in funzione delle specificità e peculiarità del porto in cui è necessario realizzare l'infrastruttura.



Figura 37 - Banchine per ormeggio con serbatoi per stoccaggio GNL (fonte: www.ship2shore.it)

c) Ship-to-Ship (STS): é il trasferimento di GNL da una nave o chiatta, con GNL come carico, ad un'altra nave per l'utilizzo come combustibile. STS offre una vasta gamma di applicazioni e le operazioni di bunkeraggio possono essere effettuate al porto o, in alternativa, in mare.



Figura 38 - Ship-to-Ship Operazione di trasferimento di GNL in mare (fonte: www.unifeeder.com)

Tra i principali vantaggi di questo tipo di trasferimento vi è la possibilità di operare in mare anche senza dover entrare in porto se le condizioni metereologiche e del moto ondoso lo consentono, oltre alla possibilità di movimentare ingenti volumi di prodotto in tempi veloci.

d) Cisterne mobili o ISO-container criogenici: Possono essere utilizzate come deposito di carburante movimentabile e la quantità di prodotto trasferita è flessibile in quanto dipende dal numero di cisterne. Tra le cisterne mobili, si segnala la possibilità di utilizzare gli ISO container, che sono cisterne criogeniche mobili di dimensioni standard, pari a quelle di un container ISO (1 twenty-foot equivalent unit (TEU)) o un container doppio (2 twenty-foot equivalent unit TEU). Sono utilizzate come deposito di carburante portatile e la quantità di prodotto trasferita è flessibile in quanto dipende dal numero di cisterne. Possono essere caricate su una nave con le gru dedicate ai containers o possono essere caricate su autotreno in modalità Ro Ro (Roll-on/Roll-off). Sono intermodali come tutti i container ISO, possono quindi viaggiare tramite autotreno, treno o nave. Il serbatoio è in pressione e può avere capacità approssimativa 20 e 45 mc.

Ovviamente non esiste una modalità di bunkeraggio in grado di soddisfare tutte le esigenze degli stakeholders portuali, ma sintetizzando si può concludere dicendo che la modalità:

- TTS è più adatta per rifornire le navi con serbatoi piccoli (ad esempio, rimorchiatori) e, come soluzione temporanea, per garantire il bunkering in assenza dell'infrastruttura dedicata
- PTS è più adatta a soddisfare le esigenze di rifornimento di serbatoi di grandi dimensioni attraverso partnership con operatori di navi.

IV.3.2 Quadro di riferimento tecnico normativo sulla sicurezza dello stoccaggio e della distribuzione di GNL

Gli aspetti di sicurezza legati al GNL sono strettamente correlati alle sue caratteristiche chimico-fisiche tenendo presente che il GNL deriva da appositi trattamenti del Gas Naturale (GN), che è un gas infiammabile nel pertinente intervallo di infiammabilità e che a sua volta il Gas Naturale diventa GNL dopo trattamenti di purificazione e liquefazione per raffreddamento. Da ciò discende che gli aspetti di sicurezza legati al GNL sono quelli riconducibili ad un liquido criogenico e quelli riconducibili al gas naturale (es. potenziali rischi di incendio e/o esplosione, etc.) e sono intrinsecamente correlati alle caratteristiche chimico-fisiche del GNL e del GN e alle modalità di “conservazione” che permettono al GNL di essere stoccato allo stato liquido per essere utilizzato in un secondo tempo o tal quale (GNL) oppure, dopo rigassificazione, come GN.

Sebbene il principale costituente di GNL sia il metano, nel valutarne il comportamento in caso di pericolo, va considerato che il GNL non è metano puro e che quindi le sue proprietà variano in funzione della composizione del GNL stesso. L'infiammabilità in aria del GNL, ad esempio, varia durante l'evaporazione in funzione della composizione del prodotto di partenza (GN) e della differente velocità di evaporazione dei restanti componenti che lo costituiscono. Dunque, la composizione del GNL varierà in funzione della composizione del GN da cui ha tratto origine e dai successivi processi di purificazione e liquefazione ricordando che la composizione del GN di partenza varia in funzione della sua provenienza (area geografica di estrazione).

La Norma UNI EN 1160, la cui edizione vigente risale al 1998 (recepimento italiano dell'omologa norma EN del 1996, confermata nel 2011 dal CEN TC 282), riporta per il metano i tradizionali limiti di infiammabilità in aria pari al 5% per il limite inferiore e al 15% per il limite superiore.

Nella Norma UNI EN 1160 viene fatta menzione di tre particolari specifici fenomeni fisici, con differenti probabilità di accadimento, che possono essere ricondotti al GNL:

- **Rollover:** fenomeno per il quale grandi quantità di gas possono essere prodotte in un serbatoio di GNL in breve tempo. Il fenomeno è dovuto al formarsi nel serbatoio di due strati di GNL a densità diversa e ai relativi moti convettivi che si innescano tra detti strati. Tali moti causano una evaporazione del GNL e quindi un incremento della pressione nel serbatoio stesso che va tenuta in debita considerazione in fase di progetto del serbatoio.
- **RPT (Rapida Transizione di Fase):** “quando due liquidi a temperatura differente vengono a contatto, possono generarsi reazioni esplosive in determinate circostanze. Questo fenomeno, chiamato rapida transizione di fase (RTP) può verificarsi quando vengono a contatto il GNL e l'acqua”.
- **Bleve:** “qualsiasi liquido al suo punto di ebollizione o ad esso prossimo e al di sopra di una certa pressione, evapora in modo estremamente rapido se rilasciato improvvisamente”. Il fenomeno va considerato a livello di progetto delle valvole di sicurezza e del confinamento della perdita.

Occorre tuttavia sottolineare che la corretta applicazione delle vigenti disposizioni legislative e delle norme tecniche di specie minimizzano la probabilità di accadimento di detti fenomeni sino a renderli pressoché trascurabili. Le basse temperature a cui viene conservato il GNL rappresentano uno degli elementi fondamentali per la definizione delle attività connesse con il suo impiego, poiché a tale natura corrisponde il pericolo di danni causati da un eccessivo raffreddamento, sia dei tessuti umani accidentalmente venuti a contatto con il prodotto, sia dei materiali impiegati per le apparecchiature connesse all'uso del GNL.

Va sottolineato che il settore criogenico è molto sviluppato in Italia dove sono presenti esperienze consistenti sia nell'ambito della costruzione delle apparecchiature per lo stoccaggio e per la distribuzione, sia nell'ambito della gestione di impianti di distribuzione e di alimentazione di utenze. Tuttavia, il GNL, pur rientrando nel settore della criogenia per le basse temperature alle quali è conservato, una volta tornato allo stato gassoso (GN) ritorna ad essere infiammabile nel pertinente campo di infiammabilità: nella scelta dei materiali da utilizzare occorre tenere quindi conto contemporaneamente di queste due caratteristiche (criogenia e infiammabilità) associabili alla particolare evoluzione dinamica del comportamento del GNL.

Per quanto riguarda la progettazione è inoltre importante segnalare che la maggior parte delle norme UNI EN, UNI ISO applicabili al settore criogenico, escludono il GNL dal proprio campo di applicazione; quindi tali norme non possono essere applicate in similarità quando il fluido criogenico è il GNL, ma sono necessari ulteriori approfondimenti e aggiornamenti normativi. Esistono comunque molte norme tecniche dedicate specificamente al GNL che approfondiscono molti degli aspetti costruttivi e di sicurezza.

Uno degli aspetti tecnico/costruttivi particolarmente importante ai fini della sicurezza è la scelta dei materiali da utilizzare: nella Norma UNI EN 1160 viene dedicato un intero paragrafo ai materiali utilizzabili (vengono riportati degli elenchi non esaustivi) nell'industria del GNL in quanto "la maggior parte dei comuni materiali da costruzione si rompono, con frattura fragile, quando vengono esposti a bassissime temperature. In particolare, la tenacità a frattura dell'acciaio al carbonio è molto bassa alla temperatura tipica del GNL (-160 °C). Per i materiali utilizzati che sono a contatto con il GNL deve essere verificata la resistenza alla "frattura fragile".

È stato inoltre riattivato il Comitato Tecnico CEN TC 326 "Gas supply for Natural Gas Vehicles" mentre il Comitato Tecnico CEN TC 282 "Installation and Equipment for LNG" ha attivato il Vienna Agreement collegandosi all'ISO/TC 67/SC9 "Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries" che coprono le principali attività normative internazionali ed europee d'interesse per il GNL. Considerato che è in discussione il mandato della Commissione Europea al CEN (European Committee for Standardization) riguardante la normazione tecnica riferita alla Direttiva 2014/94/UE relativa alla realizzazione di un'infrastruttura riguardante i Combustibili Alternativi è probabile che il mandato venga accettato nei prossimi mesi e ciò consentirà, con i dovuti tempi, l'individuazione e l'elaborazione di ulteriori norme necessarie al settore. A valle di ciò, appena la situazione europea si sarà consolidata, bisognerà fare una verifica e un'analisi sulle necessità nazionali.

Il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco ha diramato a tutti i Comandi Provinciali ed alle Direzioni Regionali le Guide tecniche ed atti di indirizzo per gli stoccaggi di GNL con capacità non superiore a 50t. Le guide tecniche rappresentano uno strumento di riferimento per la realizzazione di impianti di distribuzione del GNL sia ad uso autotrazione, comprendendo l'erogazione di GNL e GNC da stoccaggi di GNL, sia di impianti adibiti all'alimentazione di utenze industriali e civili. La realizzazione delle guide tecniche evidenzia la sensibilità del Corpo allo sviluppo della distribuzione del GNL in Italia e definisce un riferimento univoco su tutto il territorio nazionale per la realizzazione degli impianti di stoccaggio, distribuzione ed utilizzazione. In ogni caso gli stoccaggi superiori a 50 t o più ricadono nel campo di applicazione della **Direttiva Seveso**.

Con la **Circolare 18/5/2015 i VVF** forniscono le nuove regole tecniche:

1- Guida tecnica ed atti di indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi ad impianti di alimentazione di gas naturale liquefatto (gnl) con serbatoio criogenico fisso a servizio di impianti di utilizzazione diversi dall'autotrazione.

2- Guida tecnica ed atti di indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi ad impianti di distribuzione di tipo 1-gnl, 1-gnc e 1-gnc/gnl per autotrazione.

Le regole si applicano agli impianti di nuova realizzazione e a quelli oggetto di modifiche che comportino un aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza antincendio e hanno lo scopo di:

- minimizzare le cause di rilascio accidentale di gas nonché di incendio e di esplosione
- limitare, in caso di evento incidentale, danni alle persone
- limitare, in caso di evento incidentale, danni ad edifici o a locali contigui all'impianto
- ridurre per quanto possibile la frequenza delle operazioni di riempimento dei serbatoi fissi
- permettere ai soccorritori di operare in condizioni di sicurezza

La prima guida si applica agli impianti con serbatoi fissi di capacità complessiva non superiore a 50t delle seguenti tipologie:

- a. impianti di distribuzione di gas naturale compresso (GNC), alimentati da serbatoi fissi di gas naturale liquefatto (GNL), definiti anche come "impianti L-GNC"
- b. impianti di distribuzione di gas naturale liquefatto (GNL), alimentati da serbatoi fissi di GNL, definiti anche come "impianti L-GNL"
- c. impianti di distribuzione di GNL e di GNC, alimentati da serbatoi fissi di GNL, definiti anche come "impianti L-GNC/GNL";

La seconda guida tecnica si applica ai depositi di GNL in serbatoi fissi con capacità complessiva non superiore a 50 t, per tutti gli usi, con la sola esclusione delle stazioni di rifornimento di gas naturale per autotrazione.

Sezione IV.4 Ipotesi di soluzioni di “depositi costieri di GNL” praticabili per l’Autorità di Sistema Portuale

IV.4.1 Il caso studio di Napoli

Il primo problema su cui è stato necessario investigare, è stato quello riguardante la locazione degli impianti. Inizialmente è stato posizionato all’interno del porto di Napoli, precisamente nei confini della Darsena Petroli. Dati gli spazi limitati e i vincoli strutturali ad esso annessi, si è scelto di spostare tale ubicazione a favore di aree limitrofe.

La **Darsena Petroli** fa parte dell’**Ambito Area Orientale** il quale comprende l’estremità orientale del porto di Napoli ed è costituito dalla nuova darsena o **darsena di Levante**, dal **pontile Vigliena**, dal **molo del Progresso** e dal **molo di levante** e da aree, fino al confine dell’ambito del porto commerciale.

Esso include i seguenti sottoambiti:

- Banchina di levante – lato ponente;
- Banchina di levante – lato levante;
- Area ex stabilimenti industriali;
- Area industriale.

Le funzioni portuali e le attività ad esse connesse sono così individuate:

- a. funzione commerciale;
- b. funzione cantieristica navale;
- c. funzione industriale;
- d. funzione mista;
- e. funzione passeggeri (crociere, unità navali veloci per trasporto passeggeri);
- f. funzione passeggeri e merci (crociere, unità navali veloci, Ro-Pax e Ro-Ro);
- g. servizi portuali generali.

IV.4.1.1 Cartografia e Rilievi del Sito

Le informazioni Cartografiche delle aree destinate ad ospitare ipoteticamente il futuro impianto, sono state raccolte presso gli uffici tecnici dell'ADSP-MTC. I rilievi aero-fotogrammetrici utilizzati provengono da Google Maps.

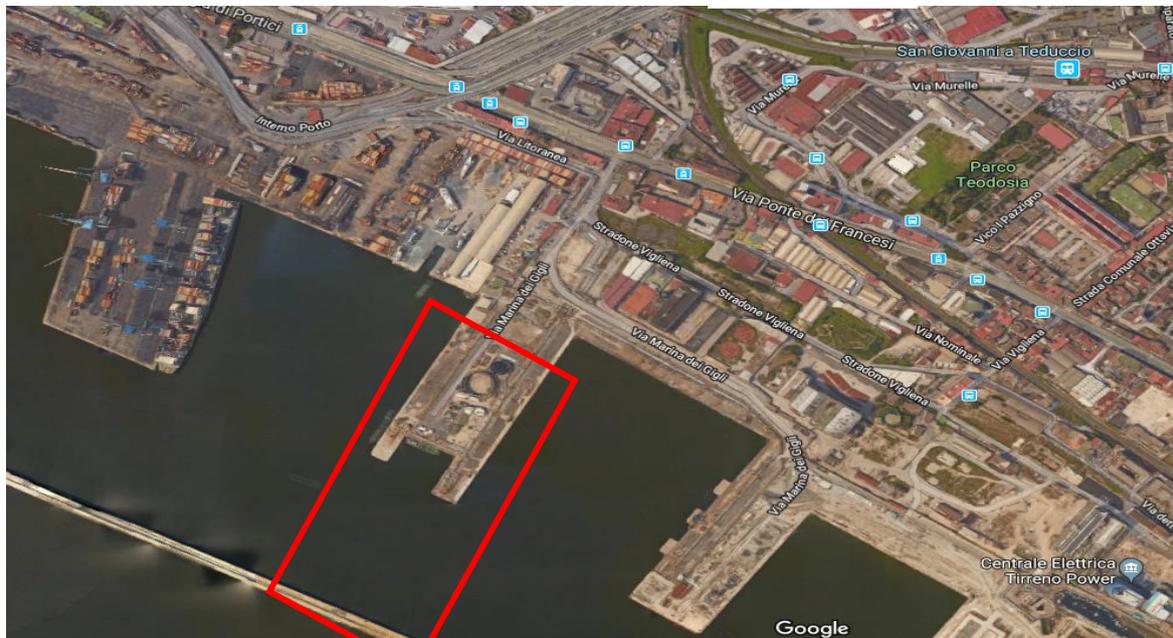


Figura 39 - Visualizzazione delle aree di interesse a mare

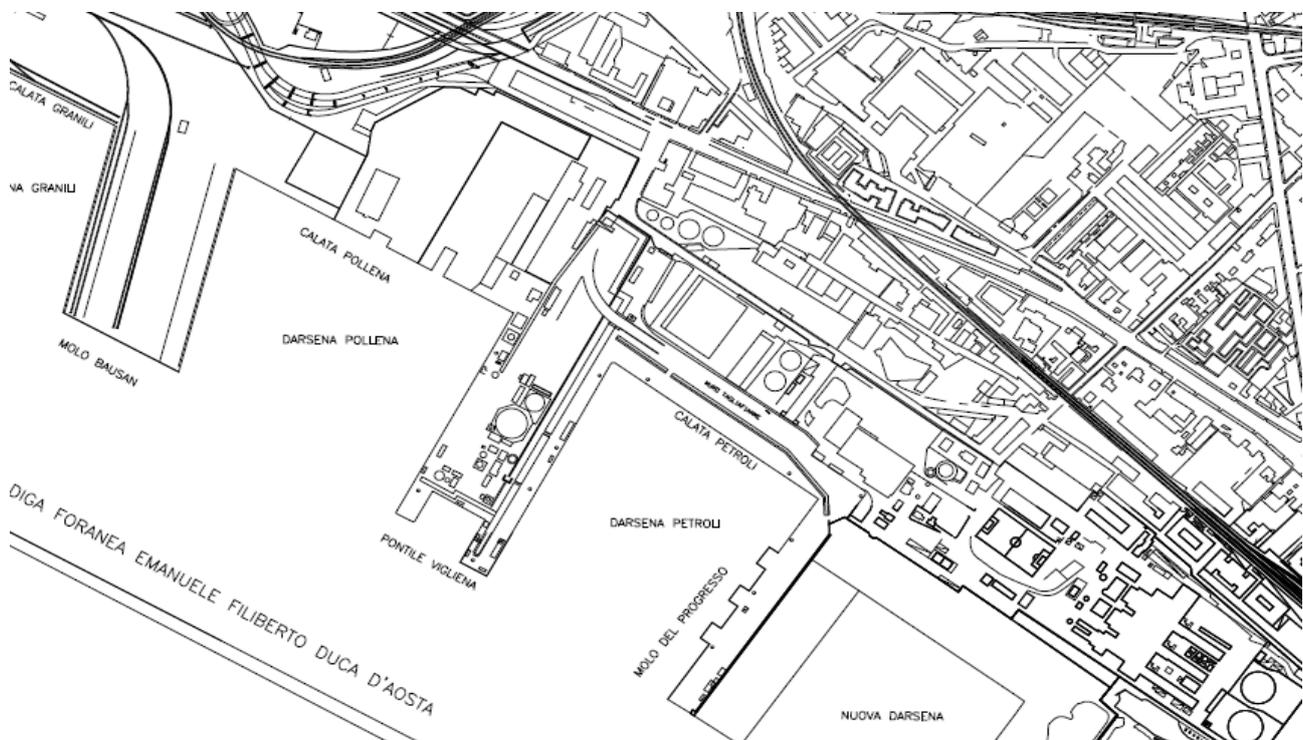


Figura 40 - Individuazione planimetrica della Darsena Petrolri

I rilievi batimetrici (Figura 41) hanno evidenziato la presenza di un fondale vicino alla costa con profondità comprese tra i -5.00 e -18.00 m rispetto al livello medio del mare.

In prossimità di alcuni moli, queste profondità sono già sufficienti a garantire il pescaggio massimo delle navi gasiere di piccola taglia. La parte più penalizzata dai bassi fondali vicino la costa è la Calata Pollena e il Pontile Vigliena, ma c'è da tener presente che l'ADSP-MTC ha già in progetto lo sbancamento di parte dei fondali di tutto il porto di Napoli (parte già in corso di lavori), a beneficiarne sarà anche tutta la Darsena Pollena, dando un grosso vantaggio a possibili scenari di sviluppo futuri.

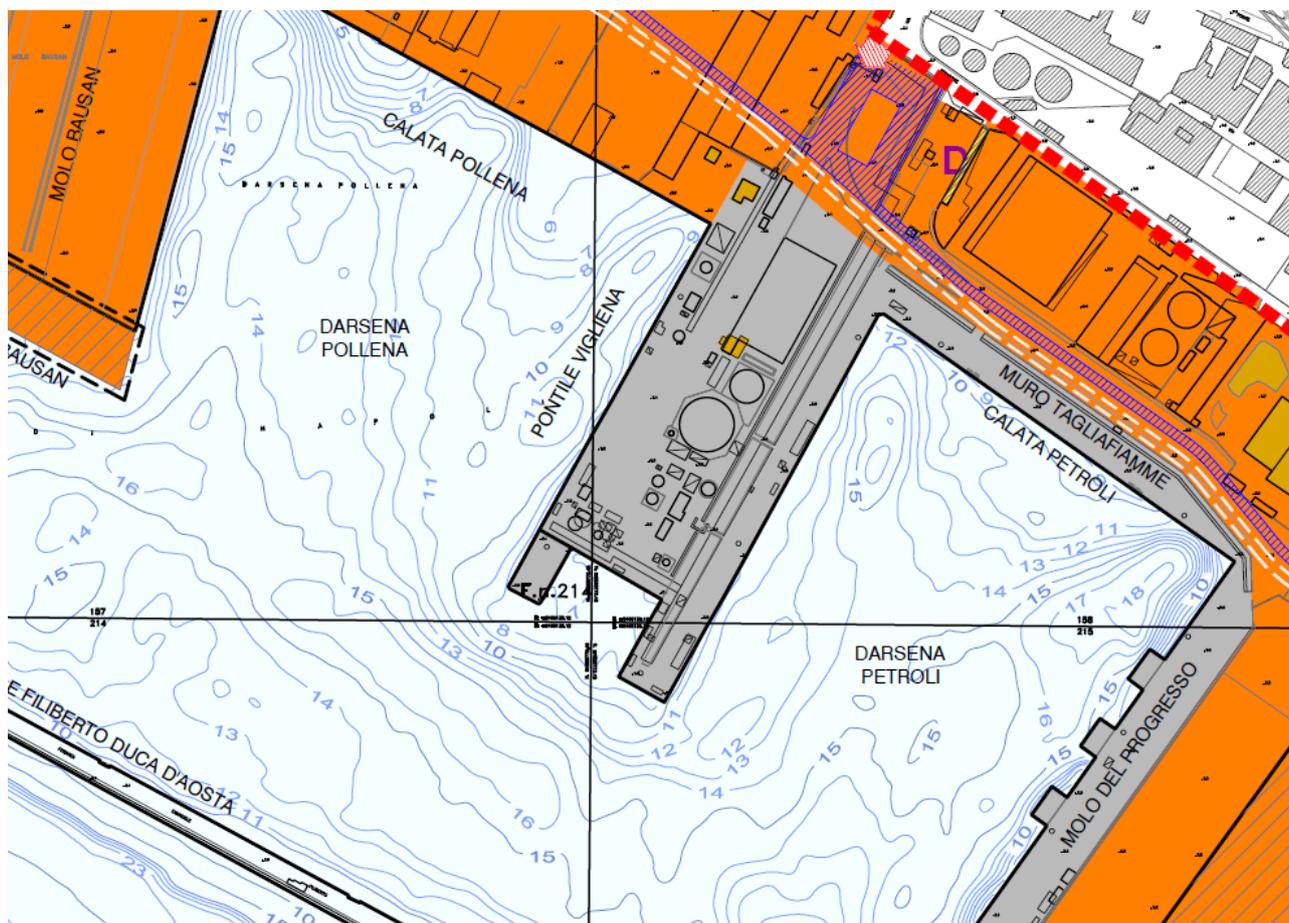


Figura 41 - Batimetriche dell'area di intervento a mare e delle zone limitrofe (EI_03_PR_P 2002.pdf)

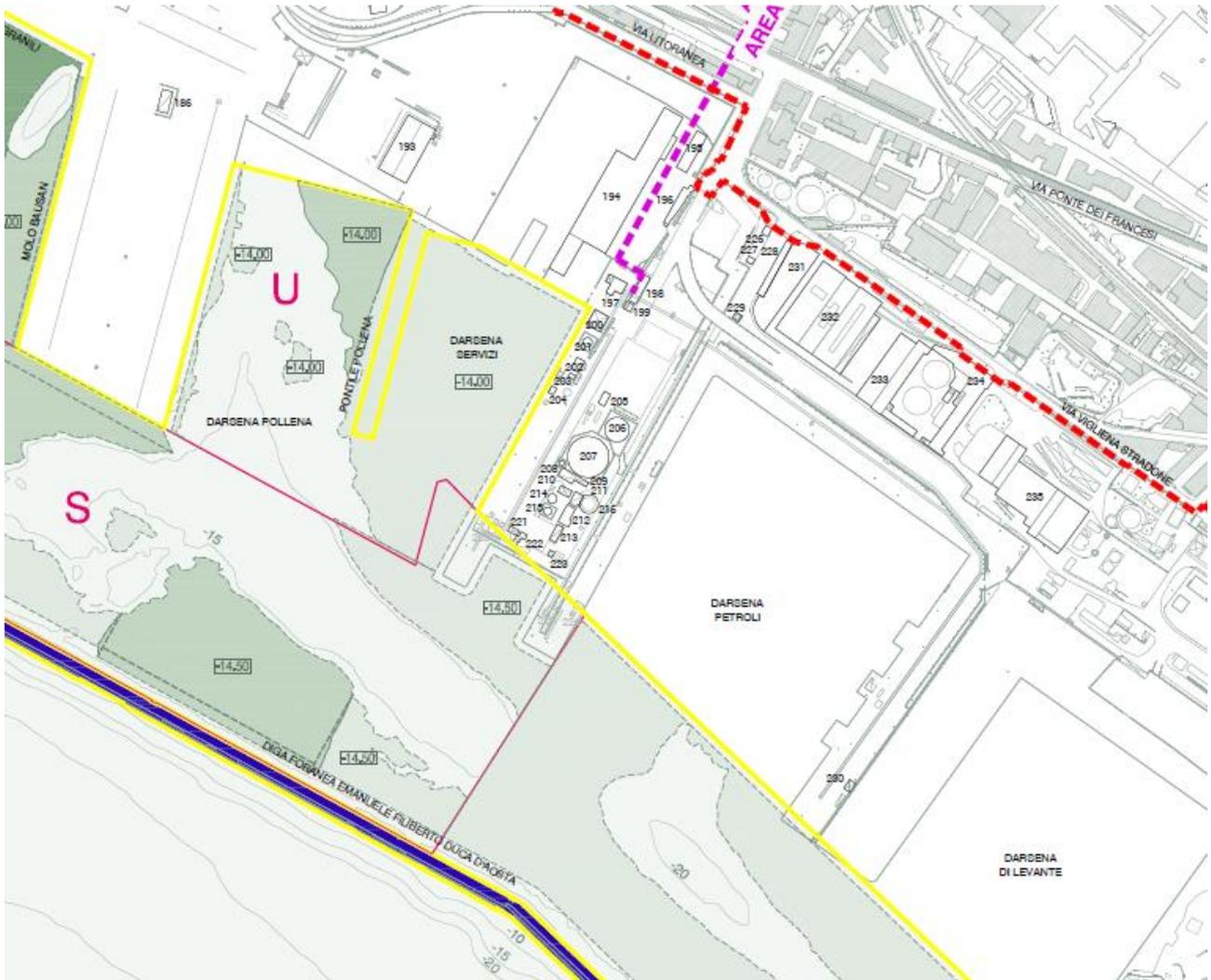


Figura 42 - Batimetriche dell'area di intervento a mare e delle zone limitrofe dopo l'intervento di escavo (EG_04_Escavo fondali portuali.pdf)

IV.4.2 I Vincoli del progetto

I dati raccolti in letteratura, riferendoci, ad esempio, alle proposte progettuali presentate in Italia, per impianti di stoccaggio e distribuzione di GNL, ci forniscono alcuni punti cardine su cui fondare l'ipotesi progettuale del caso studio:

- l'estensione dell'area necessaria alla realizzazione dell'impianto e delle sue opere accessorie (baia di carico compresa);
- la necessità di installare l'impianto (soprattutto il serbatoio) quanto più vicino alla linea di costa, così da limitare i costi legati alle tubazioni criogeniche, influenzati dalla lunghezza di quest'ultima (da letteratura lunghezza media 1000 m);

- limitare l'interazione con il contesto cittadino in caso di porti innestati vicino ad agglomerati urbani;
- la coesistenza dell'impianto con altre filiere produttive presenti e con progettazioni future già avviate.

Per quanto riguarda il rapporto estensione/capacità di stoccaggio è interessante notare infatti come per impianti che vanno dai 10.000 m³ ai circa 20.000 m³ l'impronta occupata è compresa tra un minimo di 16.000 m² (Oristano -Porto Industriale) e un massimo di 78.000 m² (Porto di Cagliari).

La diversità tra le metrature occupate da tali impianti è caratterizzata principalmente da tre fattori:

- l'effettiva capacità di stoccaggio
- la naturale conformazione planimetrica dell'area dettata dai confini catastali
- la tipologia di serbatoi che si intende utilizzare.

Per quanto riguarda l'ultimo punto è utile ricordare che i **serbatoi criogenici per GNL** sono contenitori ad asse verticale o orizzontale, termicamente isolati, e solitamente disposti a gruppi di due o più serbatoi. Tali serbatoi possono essere installati fuori terra, totalmente o parzialmente interrati, purché il punto più alto del serbatoio, dove vengono raccolti i Boil Off Gas (BOG) non sia posto al di sotto di tale livello.



Figura 43 - Esempio di Serbatoio Criogenico ad asse orizzontale (fonte: www.teknoring.com)



Figura 44 - Esempio di un Serbatoio criogenico ad asse verticale

Le categorie di serbatoi contemplate dalla norma UNI EN 1473 (Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto (GNL) - Progettazione delle installazioni di terra) sono le seguenti:

- serbatoio cilindrico metallico a contenimento singolo;

- serbatoio cilindrico a doppio contenimento, contenitore primario metallico e contenitore secondario metallico o di calcestruzzo;
- serbatoio cilindrico a contenimento totale, contenitore primario metallico e contenitore secondario metallico o di calcestruzzo;
- serbatoio cilindrico di calcestruzzo criogenico, contenitore primario di calcestruzzo e contenitore secondario di calcestruzzo precompresso;
- serbatoio sferico.

La tipologia a contenimento totale offre le migliori garanzie di sicurezza, in quanto tale tipo di serbatoio è progettato e costruito in modo che sia il contenitore primario autoportante che il contenitore secondario siano in grado di contenere in modo indipendente il liquido refrigerato immagazzinato. La norma richiede che il contenitore secondario sia in grado non solo di contenere il liquido ma anche di controllare lo sfiato del vapore prodotto da una perdita conseguente ad una rottura del contenimento primario.

In accordo a quanto richiesto dalla norma, l'immissione del prodotto in fase liquida avviene nella parte alta del serbatoio ad altezze diverse in funzione della diversa densità e non sono presenti penetrazioni delle pareti e della base del serbatoio. Questo implica l'utilizzo di pompe sommerse per il prelievo del prodotto in fase liquida. Sono inoltre presenti dispositivi per la protezione dalle sovrappressioni sia del serbatoio interno che di quello esterno, i cui sfiati sono convogliati in torcia.

È anche evidenziato l'isolamento criogenico, che può essere ottenuto mediante la realizzazione del vuoto nell'interspazio tra i due serbatoi o mediante l'utilizzo di perlite espansa criogenica interposta in detto spazio. La perlite espansa può essere a granulometria fine, media o grossa, con dimensioni variabili tra 0.1 mm e 1 mm per la granulometria fine, fino a dimensioni tra 2 mm e 5 mm per granulometria grossolana.

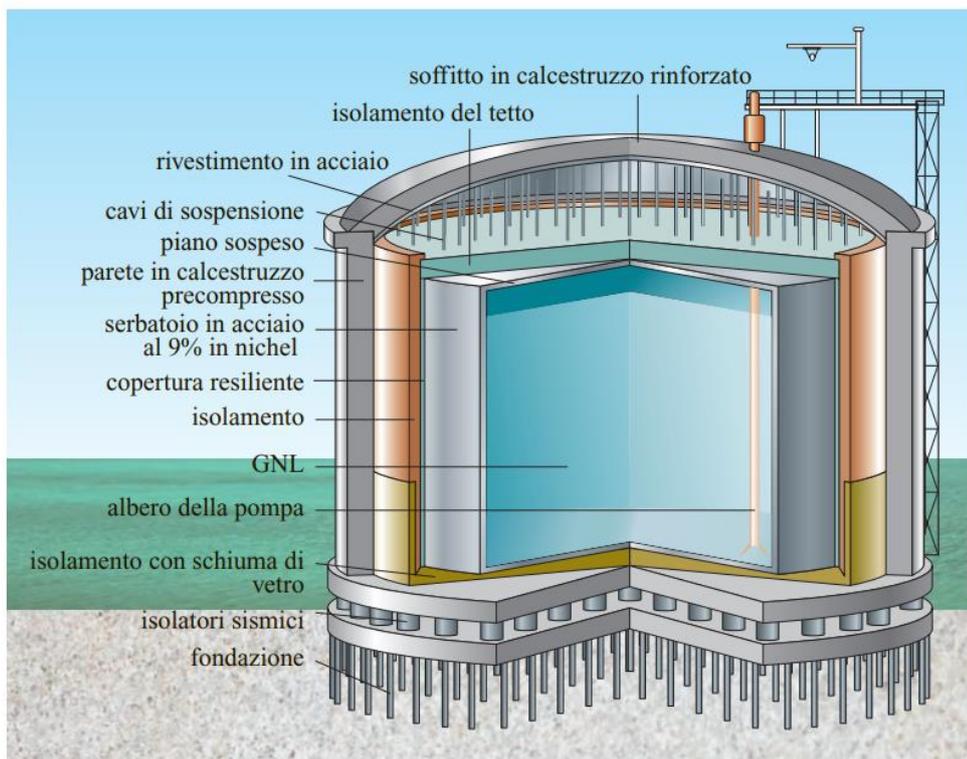


Figura 45 - Sezione dei materiali che compongono un serbatoio criogenico di GNL

Un aspetto critico, legato allo stoccaggio del GNL, è la necessità di garantire il mantenimento della temperatura al di sotto della sua temperatura di ebollizione al fine di ridurre al minimo il regime di evaporazione. Le apparecchiature destinate allo stoccaggio e alla movimentazione del GNL sono pertanto dotate di coibentazione, che consente di mantenere sotto controllo lo scambio termico con l'ambiente esterno. Si rende inoltre necessario l'utilizzo di materiali criogenici idonei al funzionamento a basse temperature, per i quali deve essere verificata la resistenza alla frattura fragile nonché al regime di sollecitazioni imposto dai fenomeni di contrazione e dilatazione dovuti alle variazioni di temperatura. Poiché l'acciaio al carbonio a temperature molto basse perde le sue caratteristiche duttili e si infragolisce, vengono generalmente utilizzati acciaio inossidabile ed acciaio con il 9% di nichel. I principali materiali utilizzabili a contatto diretto con il GNL sono indicati nella norma UNI EN 1160:1998.

IV.4.3 Ipotesi preliminari di fattibilità del deposito GNL

Di seguito sono state analizzate diverse ipotesi progettuali, andando ad analizzare le principali caratteristiche e vantaggi che esse possano apportare, prima di scegliere la più adatta.

Nel caso del Porto di Napoli, in una prima ipotesi preliminare, è stato adottato un serbatoio criogenico ad asse verticale con capacità di 10.000 m³. L'approvvigionamento di GNL al terminale sarà garantito da navi gasiere di piccola taglia (mini-LNG Carriers) aventi capacità comprese tra i 7.500 e i 15.600 m³, mentre la distribuzione sarà affidata a bettoline aventi caratteristiche analoghe a quelle di navi di piccola taglia da circa 1.000 m³.

Le navi che ormeggeranno presso la banchina dedicata, potranno trasferire il GNL attraverso bracci di carico opportunamente dimensionati: una volta assicurato l'ormeggio della nave e stabilite le comunicazioni, potranno iniziare le procedure di scarico del GNL con la connessione dei bracci di carico e le prove di tenuta. Le linee di trasferimento della nave e i bracci di carico saranno raffreddati mediante l'uso delle pompe della nave.

Nella fase iniziale si eseguirà il collegamento delle linee del GNL e del BOG in modo da equilibrare le pressioni tra i serbatoi lato mare e lato impianto, mantenendo una sovrappressione positiva nei serbatoi a terra che permetta al BOG di fluire verso la metaniera ed evitare l'evaporazione flash nei serbatoi a terra.

I bracci saranno capaci di lavorare in ambe le direzioni di flusso rispettivamente per lo scarico e il carico. Nel primo caso permetteranno lo scarico delle metaniere assicurando una capacità di trasferimento massima fino a 1000 m³/h, mentre per le fasi di carico bettoline è prevista una portata massima dell'ordine dei 250 m³/h.

I bracci di carico saranno completi di un sistema idraulico comune per la connessione/disconnessione rapida, la movimentazione dei bracci stessi, il monitoraggio della posizione di ciascun braccio e di un sistema di sganciamento di emergenza (PERC - Powered Emergency release coupling).

Dai bracci di scarico il GNL sarà inviato allo stoccaggio tramite una tubazione che verrà raffreddata per evitare che, nella fase iniziale dello scarico, si generi una quantità eccessiva di BOG.

All'inizio delle operazioni di scarico nave i bracci di carico verranno raffreddati con il GNL.

Quando la temperatura sarà vicina a quella del GNL nel serbatoio, circa 30 minuti, la portata di GNL verrà incrementata.

La durata prevista per le operazioni di scarica e ormeggio è circa 15 ore complessive, considerando il tempo per il trasferimento del prodotto e il tempo per l'esecuzione delle operazioni di espletamento delle procedure di connessione, verifiche di sicurezza, inertizzazione e cool down.

Il terminale per essere competitivo e per garantire un rientro in tempi plausibili dell'investimento garantirà oltre lo stoccaggio:

- Operazioni di carico autocisterne;
- Operazioni di carico bettoline per un successivo trasferimento di GNL *ship to ship*;

In ogni caso la tipologia di navi/bettoline compatibili con il deposito sarà definita in fase di più avanzata, in quella di progettazione.

L'intero impianto sarà costituito dalle seguenti sezioni principali di processo:

- Ricezione e trasferimento GNL;
- Unità di stoccaggio GNL (serbatoio);
- Baie di carico autocisterne;
- Pompe di trasferimento bettoline e di ricircolo GNL;
- Sistemi di gestione del BOG (motori a combustione interna e re-liquefazione);
- Sistema di rilascio gas in torcia

Le baie di carico, utilizzate per il trasferimento del GNL alle autocisterne, sono sostanzialmente delle corsie di sosta per le singole autocisterne. Le corsie sono separate tra loro da pareti di calcestruzzo in modo tale da evitare qualsiasi trasferimento di eventuale sversamento di GNL da una corsia all'altra. La pavimentazione in calcestruzzo delle baie avrà pendenza idonea a smaltire eventuali fuoriuscite/sversamenti di GNL verso una rete di raccolta dedicata. Nel caso in esame si è ipotizzato una baia di carico costituita da un numero di corsia variabile tra 4 e 6, considerando che le pompe installate nel serbatoio di stoccaggio consentirà di caricare una autobotte in circa 1,2 ore (cool down escluso):

- a. Identificazione, pesata fiscale in ingresso, posizionamento e collegamento a terra dell'automezzo (5 minuti);
- b. Collegamento delle manichette di trasferimento e esecuzione delle procedure di sicurezza e verifica delle operazioni (5 minuti);
- c. Fase di carico, comprendente rampa di avvio, fase a regime e rampa di fine carico (45-50 minuti);
- d. Manovre di chiusura valvole, drenaggio e inertizzazione manichette e successiva disconnessione (10-15 minuti);
- e. Rilascio pensilina di carico e pesata fiscale in uscita.

Durante le fasi di stoccaggio e trasferimento una quantità di GNL evapora per effetto di vari fattori.

I serbatoi non possono gestire un accumulo eccessivo di gas, pertanto l'obiettivo del sistema di gestione del BOG è smaltire la quantità di gas generato mediante **motori a combustione interna alimentati dal BOG** stesso e dedicati alla produzione di energia elettrica per soddisfare il fabbisogno dell'impianto.

Inoltre, un **sistema di re-liquefazione** permette il recupero del BOG, che non viene bruciato nei motori a combustione interna, rendendolo nuovamente liquido e pertanto stoccabile nei serbatoi.

Il sistema di re-liquefazione prevede la compressione del gas naturale e la sua condensazione con un opportuno ciclo di refrigerazione ad azoto ed acqua.

Il sistema della torcia a combustione invece, verrà utilizzata esclusivamente per smaltire i BOG durante condizioni di funzionamento anomale e di emergenza, e/o per la preparazione a interventi di manutenzione, con combustione del gas rilasciato in atmosfera al fine di minimizzare le emissioni di inquinanti.

Oltre alle unità principali sopra elencate, in un layout progettuale generico si deve tener conto di una serie di fabbricati, manufatti e sistemi di servizio necessari alla corretta gestione e funzionalità dell'impianto che concorreranno all'aumentare delle aree sgombre necessarie alla realizzazione del progetto:

- Manufatto di ricezione e collegamento a rete elettrica del Gestore Rete Nazionale
- Locale Magazzino
- Locale di ricovero mezzi
- Cabina elettrica di trasformazione e distribuzione energia elettrica
- Sistema di generazione ausiliario di emergenza a gasolio
- Sistema di produzione aria compressa per strumenti e servizi
- Sistema di stoccaggio e distribuzione dell'azoto
- Impianto antincendio con relativo fabbricato per alloggiamento pompe
- Vasca di accumulo e rete di distribuzione delle acque industriali
- Impianto di captazione, trattamento, accumulo e scarico delle acque reflue
- Impianto distribuzione di acqua potabile
- Impianto elettrico e strumentale a servizio dell'impianto
- Impianto di terra e di protezione dalle scariche atmosferiche
- Sistemi di controllo e sicurezza (controllo accessi, antintrusione e video sorveglianza)
- Sala di controllo in corrispondenza della banchina operativa, per il controllo visivo delle operazioni di trasferimento del GNL dalle navi.

In virtù della complessità dell'impianto e delle sue opere e servizi accessori è stata elaborata una prima ipotesi che sfruttasse al meglio gli spazi della Darsena Petroli del porto di Napoli, inizialmente messa a disposizione da ADSP-MTC, riservandosi un ulteriore approfondimento sull'utilizzo attuale degli spazi e sull'eventuale demolizione di alcuni manufatti su essi presenti.

Gli spazi potenzialmente utili sono stati suddivisi in 4 sotto aree per un totale di circa 11.000 m², mentre la banchina utile all'attracco delle navi LNG Carrier ha una lunghezza di 320 m:

- la parte evidenziata in **giallo** è attualmente un'area dedicata alla parte di check-in alla Darsena - circa 1300 m²;
- la parte evidenziata in **blu** è dedicata allo stoccaggio di inerti da parte di ADSP-MTC - circa 1800 m² ;
- quella in **rossa** è l'unica area già sgombra con qualche manufatto già in disuso - circa 3.400 m² ;
- l'area **verde** è quella che fin dai primi incontri con i tecnici di ADSP-MTC è sembrata avere più incertezze legate alla sua disponibilità, data la presenza di alcuni manufatti in uso - circa 4200 m².



Figura 46 - Prima ipotesi di utilizzo degli spazi messi a disposizione dalla ADSP-MTC della Darsena Petrolí.

Nell'ottimistica ipotesi che il totale delle aree fosse stato disponibile, si è impostato un primo layout impiantistico, che ha però evidenziato la scarsità degli spazi disponibili. Per tale motivo, in questa prima ipotesi, la baia di carico è stata delocalizzata in un'altra area ricadente all'interno del Molo Progresso.



Figura 47 - Render del layout impiantistico con serbatoio criogenico da 10.000 m3 di GNL - Serbatoio e opere accessorie



Figura 48 - Render del layout impiantistico con serbatoio criogenico da 10.000 m3 di GNL - Baia di carico semplificata

IV.4.4 Serbatoio di GNL galleggiante (Floating Storage Unit)

Nei tavoli tecnici successivi, con gli attori principali che avessero diritti sulle aree interessate, è stata esposta la prima elaborazione di layout con diverse problematiche:

1. L'area all'interno della Darsena Petroli è insufficiente per la realizzazione dell'intero impianto, inoltre alcune aree sono coinvolte già in un'opera infrastrutturale del 'Grande Progetto' del Porto di Napoli, in particolare l'area verde e quella gialla;
2. il Molo Progresso non ha spazi a disposizione da dedicare alla baia di carico di GNL a causa del coinvolgimento nel 'G.P.', ed essendo un'area strategica per la riuscita di quest'ultimo;
3. L'area verde non è disponibile in quanto presenta degli impianti non demolibili in uso dalla Q8;
4. Le interazioni tra gli elementi impiantistici del GNL e quelli dei combustibili liquidi e gassosi già presenti nella Darsena creano problemi della sicurezza comune: fattore di rischio elevato;
5. la banchina presenta degli attracchi in cui vi è già un intenso traffico navale non compatibile in prima analisi con il traffico generato dal rifornimento del serbatoio da parte delle LNG Carrier e delle future navi a GNL da parte delle bettoline.

Si è quindi presa in considerazione la possibilità di concepire per il Porto di Napoli una soluzione innovativa: un deposito galleggiante tramite "barge" (FSU).

La **Floating Unit Storage (FSU)**, è un'unità galleggiante di stoccaggio GNL progettata in maniera tale da dislocare tutto l'impianto e i servizi associati direttamente in mare. Questa nuova configurazione dell'impianto ha aperto nuove possibili ipotesi progettuali.

Sulle FSU trovano collocazione i serbatoi che vengono ancorati sul fondo del mare in caso essa venga dislocata in mare aperto e/o ad ormeggi sulla banchina in caso di vicinanza alla costa. Oltre ai serbatoi criogenici la struttura è completa di ogni servizio accessorio previsto per il corretto funzionamento delle operazioni di carico e scarico del GNL. Tali unità galleggianti possono essere sia vecchie gasiere in disarmo che vengono ristrutturare e riadattate al nuovo uso oppure essere progettate ex novo con la possibilità in questo modo di realizzare un'unità ad hoc in termini di capacità di stoccaggio e dimensioni.

Con tale soluzione si ha di fatto la possibilità di avere a disposizione una maggiore capacità di stoccaggio di GNL in spazi che restano comunque ridotti rispetto ad un impianto a terra. Inoltre, la soluzione di ormeggiare una FSU all'interno del porto, dotata di un motore di propulsione, favorirebbe le procedure di sicurezza in caso di mal funzionamenti dell'impianto facendo diminuire il livello del fattore di rischio in termini di sicurezza.

Tale soluzione presenta quindi i seguenti vantaggi per l'installazione in oggetto:

- possibilità di accumulo in prossimità degli approdi e quindi in prossimità della nave metaniera di rifornimento periodico (LNG Carrier Ship);
- riduzione delle superfici necessarie a terra per le rimanenti installazioni (baia di carico);
- possibilità di spostare temporaneamente il deposito galleggiante in caso di necessità;
- buona flessibilità in caso di sviluppo del mercato (*upsizing* del volume di stoccaggio).

Tale soluzione, al momento ancora non utilizzata in Italia, viene già utilizzata all'estero, considerando il deposito galleggiante come una risorsa alternativa interessante nei casi di depositi costieri *small scale*, soprattutto in quei porti caratterizzati da elevati traffici e da una conformazione del sedime portuale piuttosto ristretta, confinata in una fascia costiera delimitata dal mare e dalla Città.

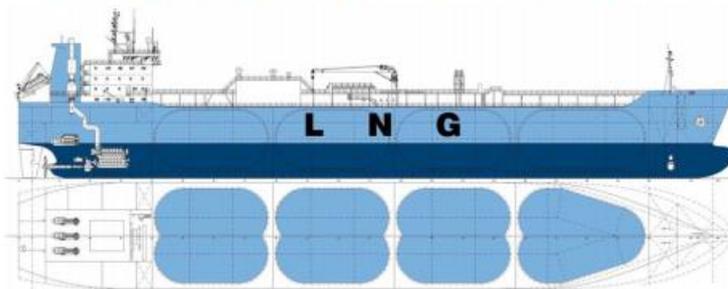


Figura 49 - The Toscana, un floating Unit storage di Malta. Photo: Darrin Zammit Lupi (fonte: timesofmalta.com)

Sfruttando tale versatilità si è decisi di ipotizzare per il porto di Napoli una FSU avente capacità di stoccaggio pari a 30.000 m³. Di conseguenza a tale scelta, anche la capacità e la tipologia di LNG Carrier per il rifornimento dei serbatoi del nuovo impianto è stata variata.

L'unità galleggiante erogherà gas naturale liquefatto alla baia di carico delle autocisterne e alle bettoline tramite tubazioni criogeniche e bracci di carico/scarico criogenici, allo stesso modo la FSU sarà ricaricata dalle LNG Carrier che approderanno in banchina.

30,000 m³ LNG Carrier with IMO Type C Tanks



Principal particulars:	
Length o. a.:	184.60 m
Length b. p.:	175.20 m
Breadth moulded:	27.60 m
Depth moulded:	18.50 m
Draught/Dead weight:	
Design draught:	8.80 m
Corresponding dead weight:	approx. 17,600 t

Figura 50 – Esempio di LNG Carrier in commercio che potrebbe essere adatto alle esigenze di carico della FSU nel porto di Napoli

(fonte: www.tge-marine.com)

IV.4.5 Ubicazione della baia di carico

Per l'individuazione dell'ubicazione di quello che sarà un deposito galleggiante di GNL, anche in questo caso, sono stati necessari diversi confronti in appositi tavoli tecnici orientati, al momento, alla semplice disponibilità degli attracchi, degli spazi di manovra e alla diminuzione del fattore di rischio sulla sicurezza emerso nella prima ipotesi di impianto 'su terra ferma'.

Per quanto riguarda la dislocazione della baia di carico a terra, non avendo aree disponibili e adeguate all'interno della Darsena Petroli, si è ricercato con gli uffici tecnici dell'ADSP-MTC una o più aree che potessero essere utili per ipotizzare una filiera completa del GNL.

Sono così state individuati 3 spazi potenzialmente utili, tra cui è stata eletta un'area compatibile:

- **Ipotesi A:** è un'area di circa 4.000 m² su cui attualmente sorge un manufatto in parte coperta (1.000 m²) e in parte no (2960 m²) adibito ad officina meccanica navale.
- **Ipotesi B:** è un'area poco più grande della precedente, circa 5.600 m². Tale area in scadenza di concessione alla Tirreno Power sarebbe la più difficile da liberare dai manufatti presenti in tempi compatibili con quelli progettuali del GNL.
- **Ipotesi C:** è l'area attualmente con meno vincoli burocratici legati alla sua proprietà e sulla quale è possibile avanzare con opere di demolizione essendo occupata da manufatti inutilizzati, inoltre la maggior parte dell'area risulta già libera. È anch' essa di circa 4.000 m² ed è quella che è **stata identificata come area utilizzabile e disponibile per la costruzione delle pensiline di carico.**

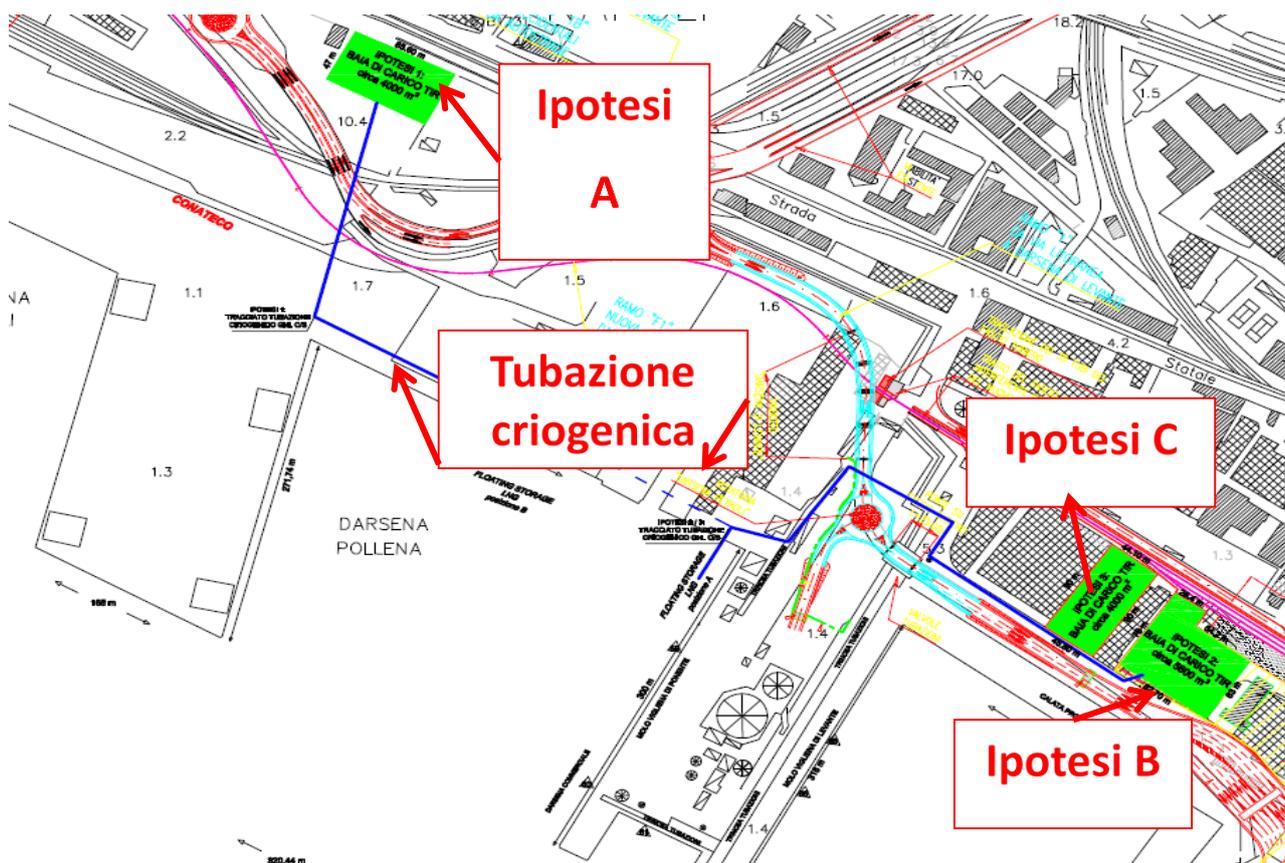


Figura 51 - Individuazione delle aree inerenti alle n°3 ipotesi (A, B, C) della baia di carico per autocisterne

IV.4.6 Dislocazione dell'ormeggio permanente della FSU

Di seguito saranno elencate in maniera schematica le ipotesi impiantistiche principali che hanno permesso di collimare verso la soluzione che allo stato attuale (ipotesi 4) sembra la più concretizzabile.

IPOSTESI 1:

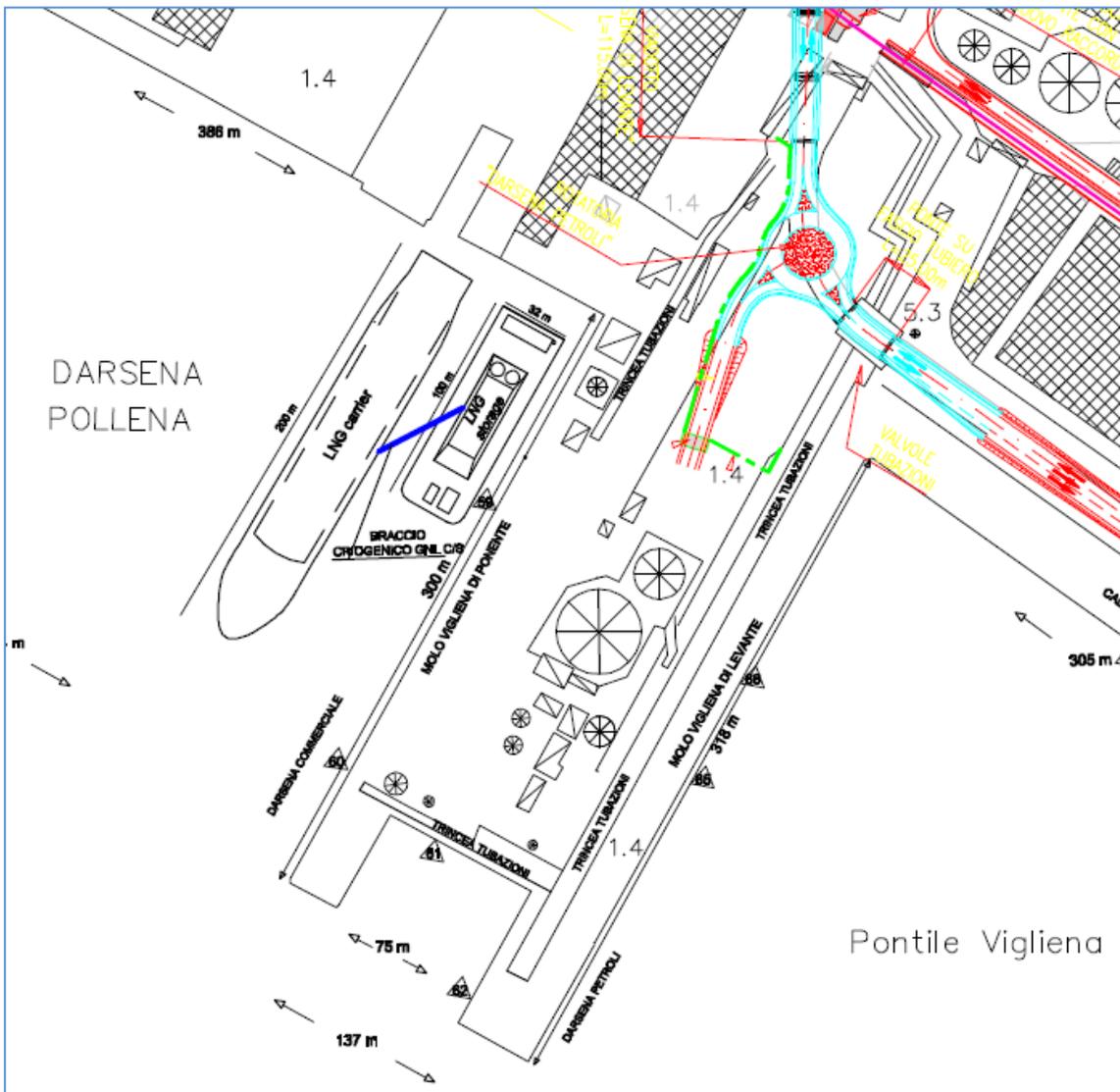


Figura 52 - Posizionamento FSU e LNG - Ipotesi 1

- **Posizionamento:** la FSU potrebbe occupare l'attracco n°59 del molo Vigliena di ponente, la LNG Carrier si accosterebbe ad essa e potrebbero così cominciare le fasi di carico del GNL tramite bracci criogenici flessibili.
- **Osservazioni principali:** la LNG Carrier occuperebbe la luce della discesa a mare del cantiere navale 'La Nuova Meccanica Navale', impedendo le quotidiane manovre in ingresso e uscita delle imbarcazioni. Nonostante la presenza della LNG Carrier non sia quotidiana, resterebbe l'interferenza delle bettoline di carico/scarico con le attività del cantiere difficilmente coniugabili.

IPOTESI 2:

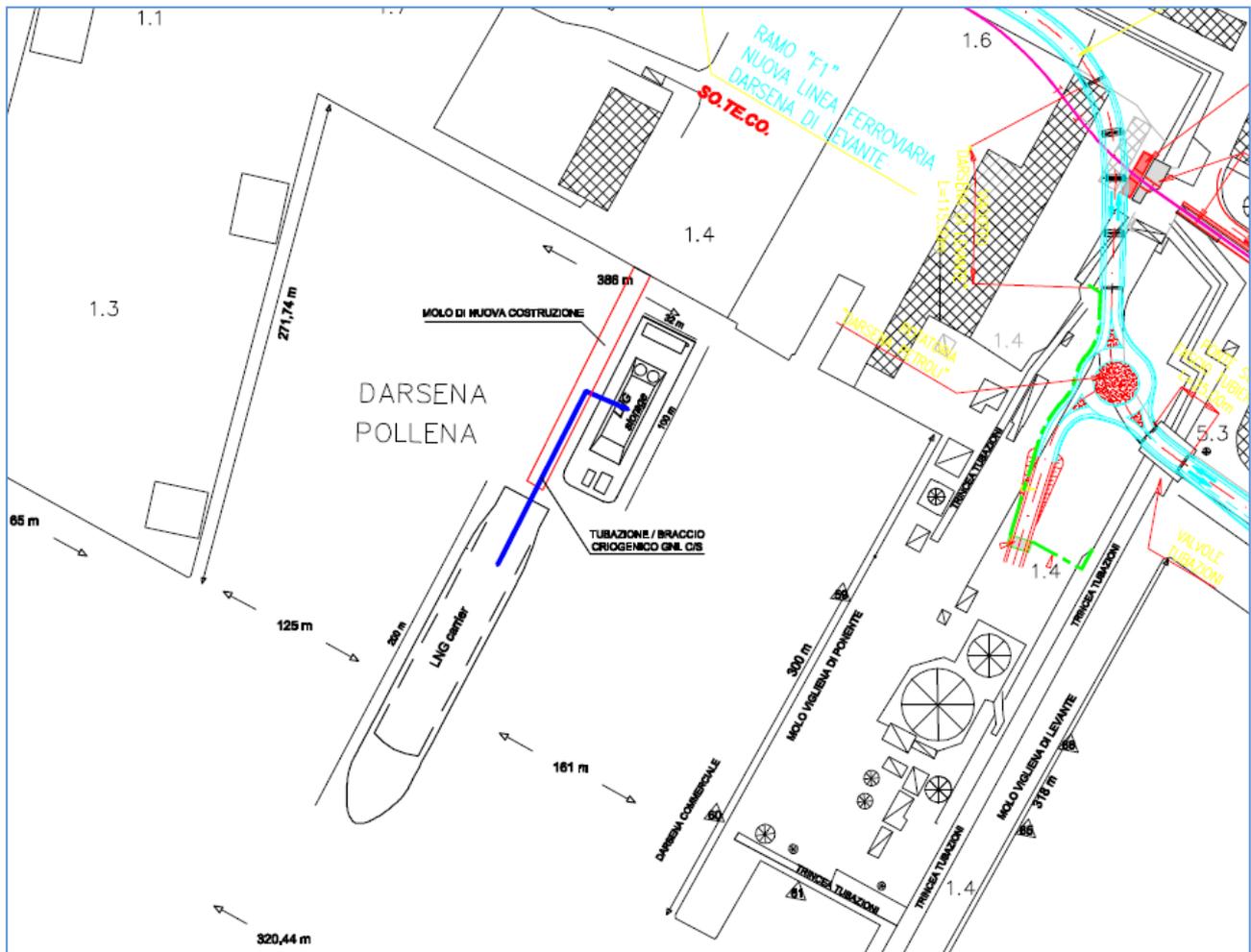


Figura 53 - Posizionamento FSU e LNG - Ipotesi 2

- **Posizionamento:** in tale ipotesi si è ipotizzata un nuovo molo costruito di larghezza e lunghezza ad hoc per l'attracco sia della FSU che della LNG Carrier. Anche in questo caso potrebbero così cominciare le fasi di carico del GNL tramite bracci criogenici flessibili.
- **Osservazioni principali:** la costruzione di un molo andrebbe a creare una grossa difficoltà in termini di manovra dei rimorchiatori già operanti nello specchio d'acqua della Darsena Pollena: l'aggiunta di una FSU fissa e delle navi che ad essa andrebbero ad accostarsi (LNG Carrier e bettoline) non fa che complicare la situazione. Con tale motivazione i piloti dei rimorchiatori e lo staff tecnico del porto si è espresso in maniera del tutto sfavorevole in tal senso.

IPOTESI 4:

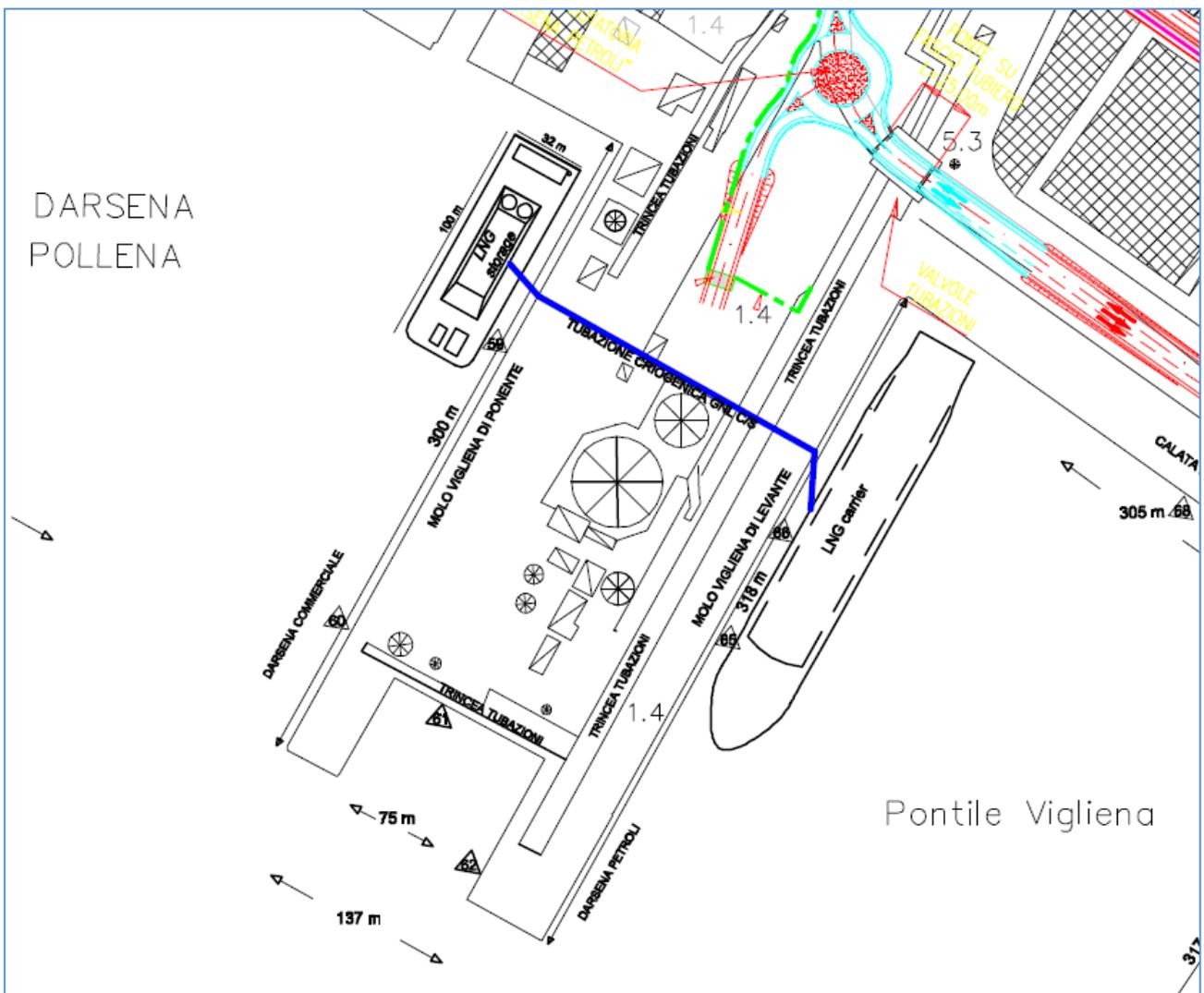


Figura 55 - Posizionamento FSU e LNG - Ipotesi 4

- **Posizionamento:** la FSU avrebbe un ormeggio fisso sul molo Vigliena di ponente all'approdo n°59, mentre le operazioni di carico e scarico con LNG Carrier e bettoline occuperebbero temporaneamente (in giorni e tempi stabiliti e concordati) l'ormeggio n°66 .
- **Osservazioni principali:** è la soluzione ritenuta ottimale, la tubazione criogenica che attraverserà la darsena Petroli va adeguatamente progettata e messa in opera, ma non vi sono altri impedimenti importanti a tale soluzione.

IV.4.7 l'Ipotesi preliminare di prefattibilità

In definitiva, con riferimento alle ipotesi finali relative alla **collocazione della baia di carico (IPOTESI C)** e quella relativa all' **ormeggio della FSU (IPOTESI 4)**, riportandole in una stessa tavola progettuale si otterrà quella che potremmo definire come **l'Ipotesi preliminare di prefattibilità di un layout impiantistico di GNL del porto di Napoli**.

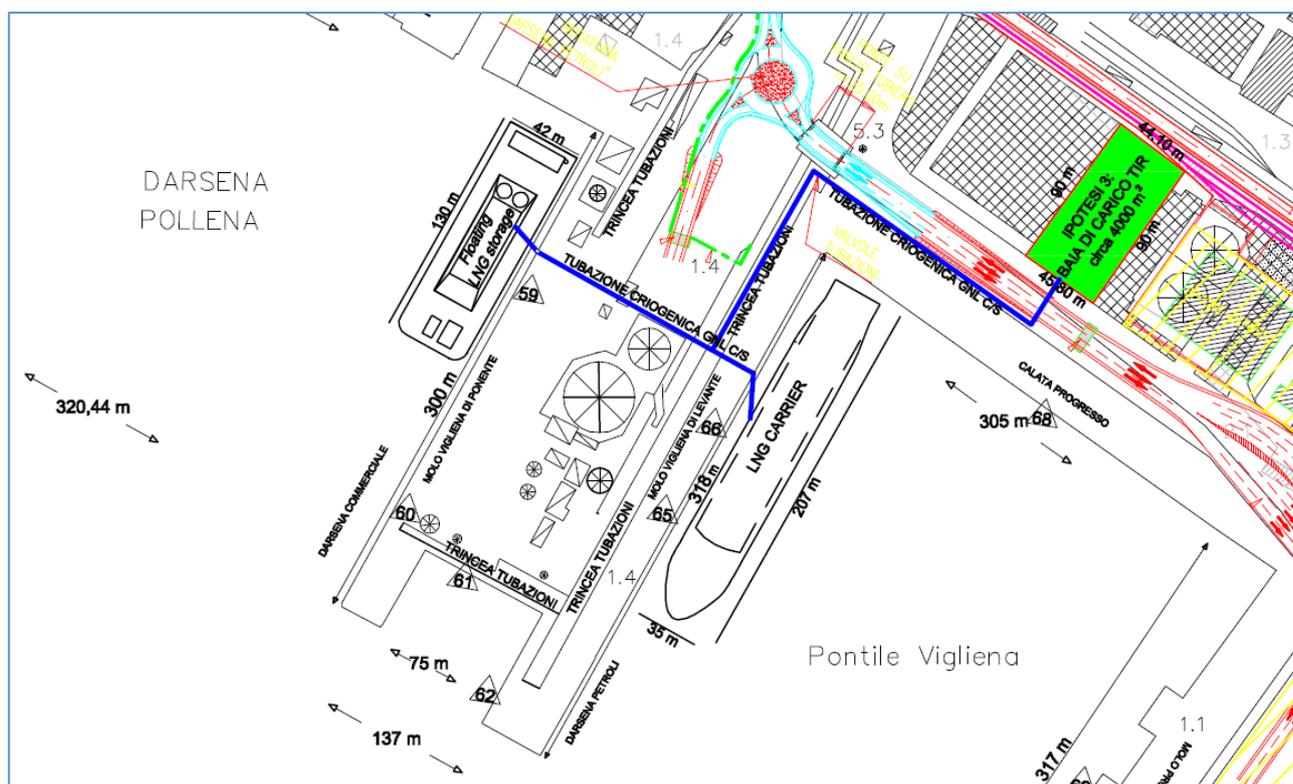


Figura 56 - Tavola Completa-Ipotesi preliminare di prefattibilità di un layout impiantistico di GNL del porto di Napoli.

Ovviamente vanno valutate attentamente le interferenze delle linee criogeniche di trasferimento del prodotto GNL con le tubazioni (pipeline) degli altri prodotti combustibili (GPL, benzine, gasoli, oli combustibili, ecc.). Analoga attenzione va posta per il coordinamento dei transiti e degli ormeggi temporanei nella Darsena Petroli (molo Vigliena di Levante) delle varie tipologie di navi cisterne che approdano per scaricare i vari tipi di prodotti.

Infine, occorre perfezionare il lay-out della baia di carico, incluso il piano della viabilità di superficie per l'accesso e l'uscita delle autocisterne criogeniche dalla baia stessa.

Concludendo, si segnala la necessità (qualora tale pre-localizzazione venga ritenuta fattibile) di avviare un tavolo di lavoro con le autorità competenti in materia di sicurezza, al fine di razionalizzare ed armonizzare i vari profili di rischio delle linee di prodotto presenti e co-esistenti, sia singolarmente che nel loro complesso.

PARTE V. ANALISI DELLE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI ED APPLICAZIONE AL CASO DELL'AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE TIRRENO CENTRALE

SEZIONE V.1. Solare per la generazione di energia elettrica

L'attività in oggetto ha riguardato la rivisitazione e l'attualizzazione dello studio preliminare di un progetto denominato "Progetto di efficientamento energetico del porto di Napoli con utilizzo delle superfici di copertura degli edifici demaniali" che è stato fornito per le vie brevi.

V.1.1 Descrizione interventi pianificati per sfruttamento delle energie rinnovabili

Scopo dell'intervento era quello ridurre, ricorrendo a fonti di energia rinnovabile, il peso complessivo dei consumi energetici dello scalo anche per favorire l'utilizzo di energia elettrica a servizio delle navi in ormeggio, conseguendo così un notevole beneficio ambientale per la riduzione degli scarichi provenienti dai motori a scoppio dei generatori massicciamente utilizzati, tenuto conto che il porto di Napoli è posto a ridosso del centro abitato e ne costituisce una importante fonte di inquinamento, di tipo acustico e, soprattutto, derivante dalle emissioni in atmosfera di sostanze inquinanti.

In particolare, l'obiettivo che si intendeva raggiungere era la produzione di circa il 50÷60 % dell'energia elettrica utilizzata allora dall'Autorità Portuale di Napoli (per l'illuminazione pubblica delle aree portuali e dei servizi pubblici), stimata in circa 3.000 MWh/anno.

In tal modo sarebbe stato possibile destinare l'equivalente parte di energia fornita dalla rete alla futura elettrificazione delle banchine, in modo da consentire l'alimentazione da terra delle navi durante l'ormeggio (cold ironing). Sarebbero stati così garantiti notevoli benefici ambientali per l'area portuale e per le aree urbane ad esse adiacenti. Tali benefici ambientali sarebbero stati sia di tipo diretto, derivanti cioè dalla produzione dell'energia elettrica da fonte rinnovabile (a basso impatto), sia di tipo indiretto, derivanti dal futuro minore inquinamento indotto dai motori delle navi durante il loro ormeggio.

In dettaglio, il progetto riguardava la realizzazione di impianti fotovoltaici sulle superfici di copertura di alcuni edifici demaniali presenti nell'area portuale. Gli impianti avrebbero dovuto essere realizzati, principalmente, mediante l'utilizzo di pannelli fotovoltaici, e in minima parte (limitatamente ad alcune superfici di copertura curve) da guaina fotovoltaica, ed avrebbero occupato complessivamente una superficie di copertura degli edifici demaniali stimate in circa 21.000 mq. Nell'ipotesi che la superficie netta occupata dai pannelli e dalle guaine fotovoltaiche fosse pari al 50% della superficie lorda delle coperture e che la potenza specifica media di picco tra pannello e guaina fotovoltaica fosse di 120 Wp/mq, per l'impianto in argomento era stata stimata complessivamente una potenza installata pari a 1.260 kWp e la produzione annuale di energia pari a 1.500 MWh. Il progetto prevedeva, inoltre, la realizzazione degli allacci dell'impianto

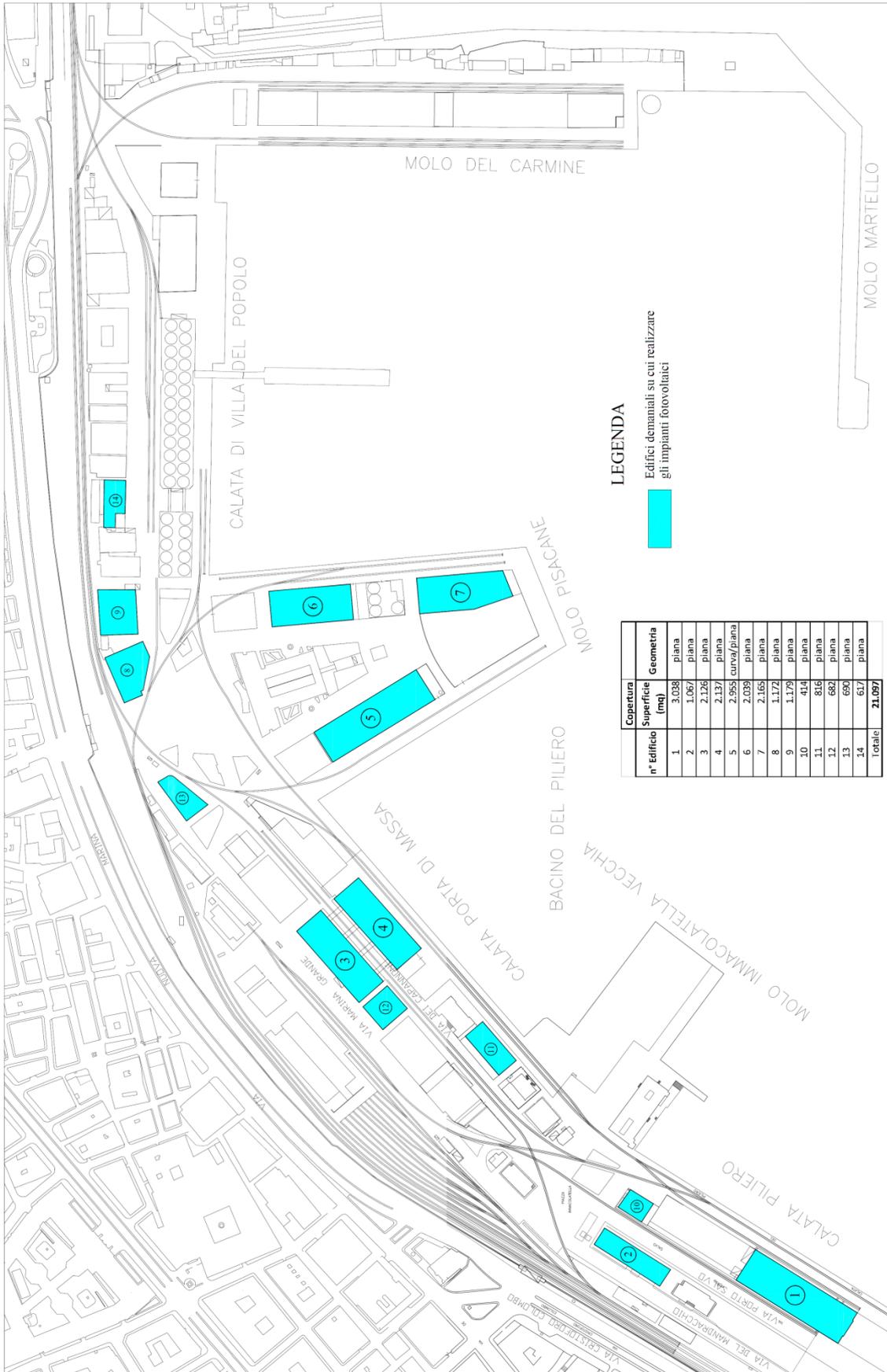


Figura 58 Superfici individuate complessive



Figura 59 – Superfici individuate tra calata Piliero e calata porto di massa



Figura 59 Superfici individuate nei pressi del molo Pisacane

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione era stata verificata utilizzando i dati “Enea” relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell’intervento, ovvero il comune di NAPOLI (NA) avente latitudine 40°.8539 N, longitudine 14°.2506 E, i valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale considerati sono stati pari a:

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1.92	2.67	3.92	5.03	6.08	6.64	6.58	5.81	4.50	3.28	2.17	1.69

Tabella 22 Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m²] – Fonte dati: ENEA



Figura 60 Irradiazione giornaliera media mensile [kWh/m²] (fonte:Enea)

Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a 1 532.64 kWh/m² (Fonte dati: Enea).

Il principio progettuale proposto per l’impianto fotovoltaico è stato quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile: i pannelli fotovoltaici dovevano essere esposti alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l’orientamento a Sud ed evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati.

Perdite d’energia dovute a tali fenomeni incidono sul costo del kWh prodotto e sul tempo di ritorno dell’investimento.

Dal punto di vista dell’inserimento architettonico era previsto che, nel caso di applicazioni su coperture a falda, la scelta dell’orientazione e dell’inclinazione andava effettuata tenendo conto che è generalmente opportuno mantenere il piano dei moduli parallelo o addirittura complanare a

quello della falda stessa. Ciò in modo da non alterare la sagoma dell'edificio e non aumentare l'azione del vento sui moduli stessi. In tali ipotesi, una prima stima di massima della potenza dell'intero impianto era stata: di 1.260 kWp come potenza di picco con una produzione di energia annua 1.500 MWh.

L'importo complessivo dei lavori ed attività tecniche era stimato in circa 7,6 milioni di euro più 2,3 milioni di euro a disposizione di APN per altri costi. Il meccanismo valorizzazione dell'energia elettrica prodotta previsto era quello dello Scambio sul Posto (SSP).

ed num	m ²	geometria	num pannelli	kWp	E annua kWh
1	3038	p	972	156	185
2	1067	p	384	61	73
3	2126	p	765	122	146
4	2136	p	769	123	147
5	1477,5	p	532	85	101
5	1477,5	c	1478	103	123
6	2039	p	734	117	140
7	2165	p	866	139	165
8	1172	p	166	26	32
9	1179	p	277	44	53
10	414	p	310	50	59
11	816	p	259	41	49
12	682	p	410	66	78
13	690	p	501	80	96
14	617	p	278	44	53
	21.096			1.259	1.500

Tabella 23 Dettaglio produzione annua stimata

V.1.2 Osservazioni Conferenza dei servizi e parere Sovrintendenza

In considerazione a quanto emerso nel corso della Conferenza dei Servizi tenuta in data 13/11/2014 ed in data 19/12/2014, dei relativi pareri acquisiti e di quanto appreso nel corso della riunione svoltasi in data 29/12/2014 presso la Direzione Generale per l'Ambiente e l'Ecosistema della Regione Campania è necessario un aggiornamento del progetto in considerazione.

In particolare, sarebbe opportuno effettuare la suddivisione in due impianti fotovoltaici destinati allo scambio sul posto ciascuno collegato alle cabine elettriche esistenti nell'area interessata (Molo Piliero e Pisacane).

Inoltre, il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo con nota del 24/12/2014 n.31665 ha espresso parere favorevole all'intervento ma con delle prescrizioni per cui il progetto definitivo dovrà prevedere l'impiego di pannelli radenti le coperture con colori adeguati e ove possibile adottare guaine con membrane fotovoltaiche.

SEZIONE V.2. Cenni sulla normativa vigente in tema di energie rinnovabili

Dalla redazione del progetto preliminare sono intervenute importanti modifiche della normativa in tema di energie rinnovabili. In particolare, il 04/07/2019 è stato emanato un Decreto Ministeriale, noto anche come "Decreto FER1", di cui di seguito verranno descritti gli elementi principali.

V.2.1 Gli impianti ammessi agli incentivi del D.M. 04/07/2019

Il D.M. 04/07/2019 suddivide gli impianti che possono accedere agli incentivi in quattro gruppi in base alla tipologia, alla fonte energetica rinnovabile e alla categoria di intervento:

- Gruppo A: comprende gli impianti:
 - eolici "on-shore" di nuova costruzione, integrale ricostruzione, riattivazione o potenziamento
 - fotovoltaici di nuova costruzione
- Gruppo A-2: comprende gli impianti fotovoltaici di nuova costruzione, i cui moduli sono installati in sostituzione di coperture di edifici e fabbricati rurali su cui è operata la completa rimozione dell'eternit o dell'amianto
- Gruppo B: comprende gli impianti:
 - idroelettrici di nuova costruzione, integrale ricostruzione (esclusi gli impianti su acquedotto), riattivazione o potenziamento
 - a gas residuati dei processi di depurazione di nuova costruzione, riattivazione o potenziamento
- Gruppo C: comprende gli impianti oggetto di rifacimento totale o parziale:
 - eolici "on-shore"
 - idroelettrici
 - a gas residuati dei processi di depurazione

V.2.2 Come accedere agli incentivi

Sono previste due diverse modalità di accesso agli incentivi a seconda della potenza dell'impianto e del gruppo di appartenenza:

- Iscrizione ai Registri
Gli impianti di potenza superiore a 1 kW (20 kW per i fotovoltaici) e inferiore a 1 MW che appartengono ai Gruppi A, A-2, B e C devono essere iscritti ai Registri, attraverso i quali è assegnato il contingente di potenza disponibile sulla base di specifici criteri di priorità
- Partecipazione a Procedure d'Asta

Gli impianti di potenza superiore o uguale a 1 MW che appartengono ai Gruppi A, B e C devono partecipare alle Aste, attraverso le quali è assegnato il contingente di potenza disponibile, in funzione del maggior ribasso offerto sul livello incentivato e, a pari ribasso, applicando ulteriori criteri di priorità

In caso di interventi di potenziamento, per tutte le tipologie di fonte, per determinare la modalità di accesso agli incentivi la potenza da considerare corrisponde all'incremento di potenza a seguito dell'intervento.

Gli impianti rientrati in posizione utile nel rispettivo contingente possono accedere agli incentivi dopo essere entrati in esercizio e aver presentato l'apposita domanda di accesso al GSE.

V.2.3 Meccanismi, valore e durata degli incentivi

Gli incentivi sono riconosciuti all'energia elettrica prodotta netta immessa in rete dall'impianto, calcolata come minor valore tra la produzione netta (a sua volta pari alla produzione lorda ridotta dei consumi dei servizi ausiliari, delle perdite di linea e di trasformazione) e l'energia elettrica effettivamente immessa in rete, misurata con il contatore di scambio.

Il D.M. 04/07/2019 prevede tre diverse definizioni di tariffa:

- la Tariffa di Riferimento è determinata, in funzione della fonte e tipologia dell'impianto e della potenza, applicando:
 - le tariffe e le eventuali riduzioni previste dal D.M. 23/6/2016, per gli impianti non fotovoltaici iscritti in posizione utile nei Registri, che entrano in esercizio entro un anno dall'entrata in vigore del D.M. 04/07/2019 e che non hanno beneficiato di specifici criteri di priorità previsti da quest'ultimo
 - le tariffe di cui all'Allegato 1 al D.M. 04/07/2019 per tutti gli altri impianti
- la Tariffa Offerta è calcolata applicando alla tariffa di riferimento le eventuali riduzioni richieste dal Soggetto Responsabile in fase di iscrizione ai Registri o alle Aste, al fine di beneficiare dei relativi criteri di priorità.
- la Tariffa Spettante è calcolata applicando alla tariffa offerta le ulteriori riduzioni previste dal D.M. 04/07/2019 per gli impianti risultati in posizione utile nelle graduatorie dei Registri e delle Aste e successivamente ammessi agli incentivi.

Sono previsti due differenti meccanismi incentivanti, in funzione della potenza dell'impianto:

- la Tariffa Onnicomprensiva (TO) costituita da una tariffa unica, corrispondente alla tariffa spettante, che remunera anche l'energia elettrica ritirata dal GSE;

- un Incentivo (I), calcolato come differenza tra la tariffa spettante e il prezzo zonale orario dell'energia, poiché l'energia prodotta resta nella disponibilità dell'operatore.

Per gli impianti di potenza fino a 250 kW è possibile scegliere una delle due modalità, con la possibilità di passare da una modalità all'altra non più di due volte nel corso dell'intero periodo di incentivazione.

Gli impianti di potenza superiore a 250 kW possono invece accedere al solo Incentivo.

Tariffe Onnicomprensive e Incentivo sono erogati dal GSE a partire dalla data di entrata in esercizio commerciale, per un periodo specifico per ciascuna tipologia di impianto pari alla vita utile dell'impianto stesso. La data di entrata in esercizio commerciale può essere scelta dall'operatore, purché compresa nei 18 mesi successivi all'entrata in esercizio dell'impianto.

Sono inoltre previsti due premi, rispettivamente per gli impianti fotovoltaici di cui al gruppo A-2, erogato su tutta l'energia prodotta e un premio per gli impianti di potenza fino a 100 kW su edifici, sulla quota di produzione netta consumata in sito.

PARTE VI. EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

SEZIONE VI.1 Ottimizzazione dell'illuminazione artificiale del sedime portuale

VI.1.1 Attuale sistema di illuminazione artificiale del sedime dell'area portuale di Napoli

Come visto nella sezione II.1, circa il 67% dell'energia elettrica consumata all'anno dall'area portuale di Napoli è destinata all'illuminazione pubblica per un totale di circa 1.6 GWh all'anno a cui corrisponde una spesa di circa 425 k€ all'anno, ricordando che parte dei costi sono stornati dalla ADSP-MTC ai concessionari. Con riferimento agli impianti di illuminazione pubblica, ADSP-MTC ha fornito la seguente documentazione relative all'area portuale di Napoli:

- A. N° 6 file word contenenti il riepilogo generale, risalente al 2012, dei corpi illuminanti delle cd. cabine denominare "Carmine", "Duchessa d'Austa", "Piliero", "Pisacane" e "S. Erasmo";
- B. N° 6 tavole in formato dwg in cui sono riportati i circuiti degli impianti di illuminazione pubblica relativi alle suddette cabine e risalenti al 2013;
- C. Caratteristiche tecniche dei corpi illuminanti attualmente installati.

Con riferimento all'ultimo punto C., il 90-95% dei corpi illuminanti utilizza la tecnologia a vapori di sodio (S.A.P.) ad alta pressione, a bulbo tubolare, attacco E40, con accenditore separato con potenze variabili da 250 W a 1000 W, lumen da 27.000 a 125.000.

<ul style="list-style-type: none">• <i>Caratteristiche lampade 250W</i>• Attacco: E40• Potenza: 250W• Flusso luminoso: 28000 lm• Indice di resa cromatica: >25Ra• Durata di vita: 20.000 ore• Dimmerabile: SI• Temperatura colore: 2000K	<ul style="list-style-type: none">• <i>Caratteristiche lampade 400W</i>• Potenza lampada nominale 400W• Indice resa cromatica 25• Attacco E40• Temperatura di colore 2000°K• Flusso luminoso alim. Cu-Fe 52000• Vita media al 50% 28000• <i>Caratteristiche lampade 1000W</i>• Attacco: E40• Potenza: 1000W• Flusso luminoso: 125000 lm• Indice di resa cromatica: >25Ra• Durata di vita: 22.000 ore• Temperatura colore: circa 2000K
--	---

Tabella 24 Caratteristiche corpi illuminanti

Le armature stradali installate montano due tipi di proiettori:

- 1) Proiettore orientabile tipo professionale con corpo in poliestere rinforzato, ottica asimmetrica in alluminio martellato, vetro frontale temperato, staffa di montaggio in

acciaio, cablato, completo di lampada ed accessori elettrici per lampada a vapori di sodio ad alta pressione 250 W/400 W;

- 2) Proiettore asimmetrico professionale mod. AREAFLOOD 25/40 della Thorn o similare , IP 65 costituito da corpo in poliestere rinforzato con fibre di vetro, schermo frontale temperato con telaio in poliestere rinforzato fissato tramite 4 viti impermeabili in acciaio inox, ottica asimmetrica in alluminio semi-speculare con particolari sfaccettature che consentono un preciso controllo del flusso luminoso, alimentazione incorporata in apposito vano, montaggio sia testa palo che a staffa, CL2; 200 V. 50 Hz; rifasamento in parallelo; rendimento compreso tra 0.80 e 0.86% cablato compreso di lampada SAP fino a 400 W., di Box di alimentazione classe 2.

Con riferimento allo status quo del sistema di illuminazione pubblica dell'area portuale, nel corso degli anni successivi al 2013 sono stati effettuati diversi interventi di sostituzione/integrazione di corpi illuminanti non censiti, in particolare nella zona antistante la sede della ADSP-MTC dove sono state sostituite le lampade delle torri faro con lampade a tecnologia LED e nel viale che va da Via Marina Grande fino al Piazzale Porta Massa.

Ciononostante, si è ritenuto utile fare una verifica delle informazioni riportate nelle tavole dwg del 2013 con l'obiettivo di stimare i presunti consumi annui e per poter poi fare delle proiezioni sui possibili benefici in termini di risparmio energetico che si potrebbero conseguire utilizzando moderne tecnologie a LED.

Dall'analisi delle tavole dwg risultano installate 16 tipologie diverse di corpi illuminanti come si può osservare dalla Tab. 23 dove sono riportate, oltre al simbolo grafico utilizzato, anche delle sintetiche descrizioni che consentono di stimare la potenza installata per ogni cd. "cabina".

Successivamente, per ogni tavola sono state contate le lampade suddividendole per circuito e per tipologia come riportato nelle Tab. 24-27.

Per poter stimare i consumi annui di energia elettrica è stato necessario fare un'ipotesi sui cicli di accensione/spegnimento dei circuiti di illuminazione. A seguito di un incontro con i tecnici della ADSP-MTC è emerso che i tempi di accensione sono regolati o da interruttori crepuscolari (per la maggior parte delle cabine esistenti) o da timer preposti che vengono regolati volta per volta dalle maestranze della ditta di manutenzione almeno 2 volte all'anno in occasione dei cambi di stagione.

Si è stabilito quindi di optare per cicli standard di accensione e cioè 10 ore nelle stagioni primavera/estate e 15 ore in autunno/inverno ottenendo una media giornaliera di 12.5 h al giorno di accensione.

Le Tab.28-32, riportano per ciascuna cabina, la tipologia di corpo illuminante e la corrispondente potenza unitaria, il numero di corpi illuminanti, la potenza installata complessiva e l'energia annua stimata (MWh).

Dall'analisi dei risultati ottenuti è stato possibile compilare la seguente tabella che contiene il confronto tra la suddetta energia annua stimata e quella fatturata

Cabina	Carmine	Duchessa D'Aosta (*)	Piliero	S. Erasmo	Pisacane
Energia annua stimata (MWh)	180	54	177	326	323
Energia annua fatturata (MWh)	115	55	198	341	315

Tabella 25 Energia stimata e fatturata

(*) Per il calcolo dell'energia fatturata si è assunto a riferimento l'utenza denominata Vittorio Emanuele che risulta essere la più vicina alla cd. cabina Duchessa D'Aosta.

È possibile osservare che, ad eccezione della cabina Carmine, la stima effettuata è abbastanza prossima ai consumi effettivi, nonostante tutte le ipotesi semplificative fatte.

I consumi della cabina Pisacane risultano di poco superiori perché non si è portato in conto l'intervento di retrofit effettuato sulle torri faro antistanti la sede della ADSP-MTC.

Quanto alla cabina Carmine, la grande differenza è da ricercarsi nelle incongruenze riscontrate nella corrispondente tavola dwg tra i circuiti disegnati e la legenda che riporta un dato riassuntivo diverso da quello che può evincersi dall'ispezione delle tavole stesse.

Ad ogni modo, dall'analisi appena descritto è possibile concludere quanto segue:

- il numero e la potenza dei corpi illuminanti riportati nelle tavole dwg possono consentire di stimare, con un buon margine di approssimazione, i risparmi conseguibili da eventuali interventi di sostituzione/retrofit dei corpi illuminanti con corpi a tecnologia LED;
- è necessario e urgente provvedere all'aggiornamento delle tavole dwg esistenti ed alla realizzazione di nuove tavole per i circuiti non ancora censiti (ad esempio la zona del molo Beverello);
- è necessario e urgente far realizzare gli *has built* dei circuiti a servizio degli impianti di illuminazione pubblica.

L1		Armatura a parete con lampada da 250W
----	---	---------------------------------------

L2		Armatura su palo h=10m con lampada da 250 W ed alimentazione via terra
L3		Armatura su palo h=10m con lampada da 250 W ed alimentazione via aerea
L4		N° 6 armature su palo h=16m con lampade da 400W
L5		Doppia armatura su palo h=10m con lampade da 250 W ed alimentazione via terra
L6		N° 6 armature su palo h=20m con lampade da 400W
L7		Armatura su palo tipo vela iGuzzini
L8		Fila di plafoniere con lampade fluorescenti
L9		N° 4 proiettori su palo con lampade da 250W (Illuminazione sottopasso autostrada)
L10		N° 2 proiettori su palo con lampade da 250W (sottopasso autostrada)
L11		Armatura su braccio a parete con lampada da 250W
L12		Proiettore a parete con lampada da 400W (solo cabina Pisacane)
L13		Proiettore a parete con lampada da 250W (solo cabina Pisacane)
L14		Torre con 6 proiettori da 1kW e 1 da 2kW
L15		Torre con 12 proiettori da 2x400W e 1 2kW - 400V
L16		Torre con 6 proiettori da 1kW

Tabella 26 *Legenda corpi illuminanti come da tavole dwg*

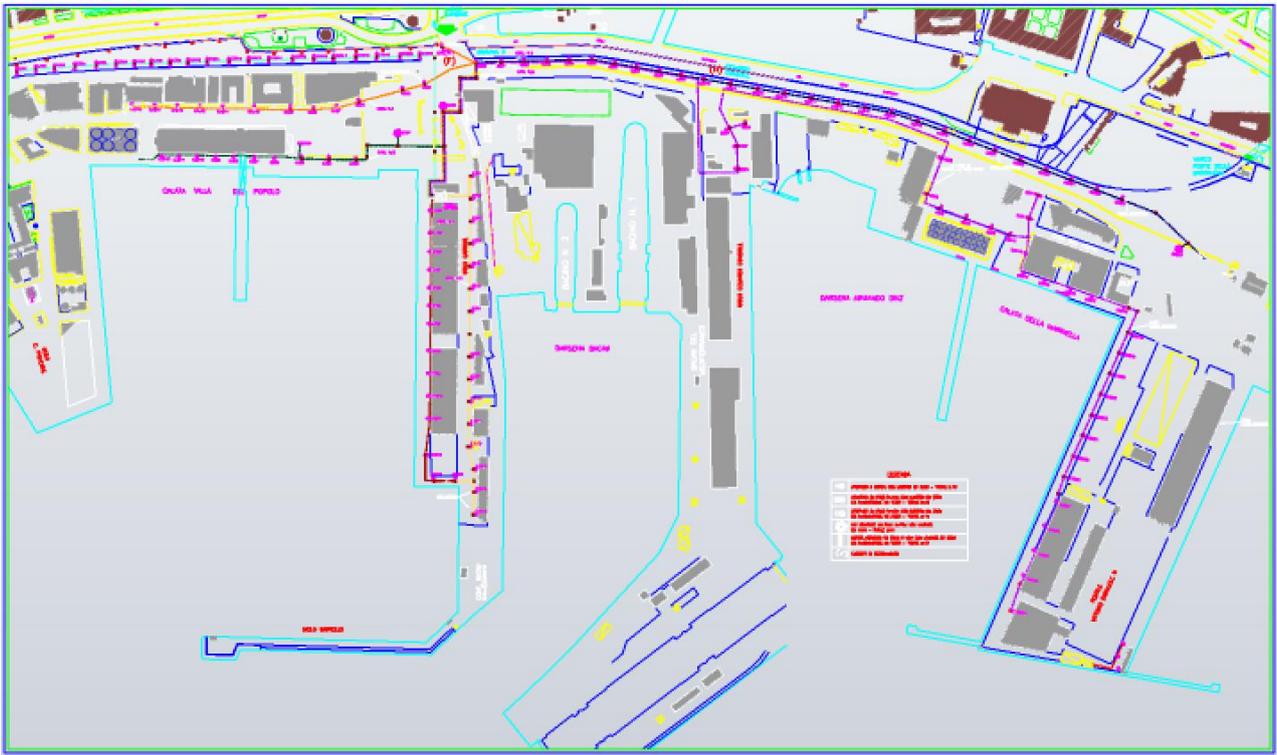


Figura 61 Cabina Carmine: Tavola dwg

Tip. di corpo illum.	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
# Corpi ill. Circuito 1	13															
# Corpi ill. Circuito 2		16														
# Corpi ill. Circuito 3		12	1													
# Corpi ill. Circuito 4		15	1													
# Corpi ill. Circuito 5		26	1													
# Corpi ill. Circuito 6		5														
# Corpi ill. Circuito 7					21											

Figura 62 Cabina Carmine: Numerosità dei corpi illuminanti per tipologia e per circuito

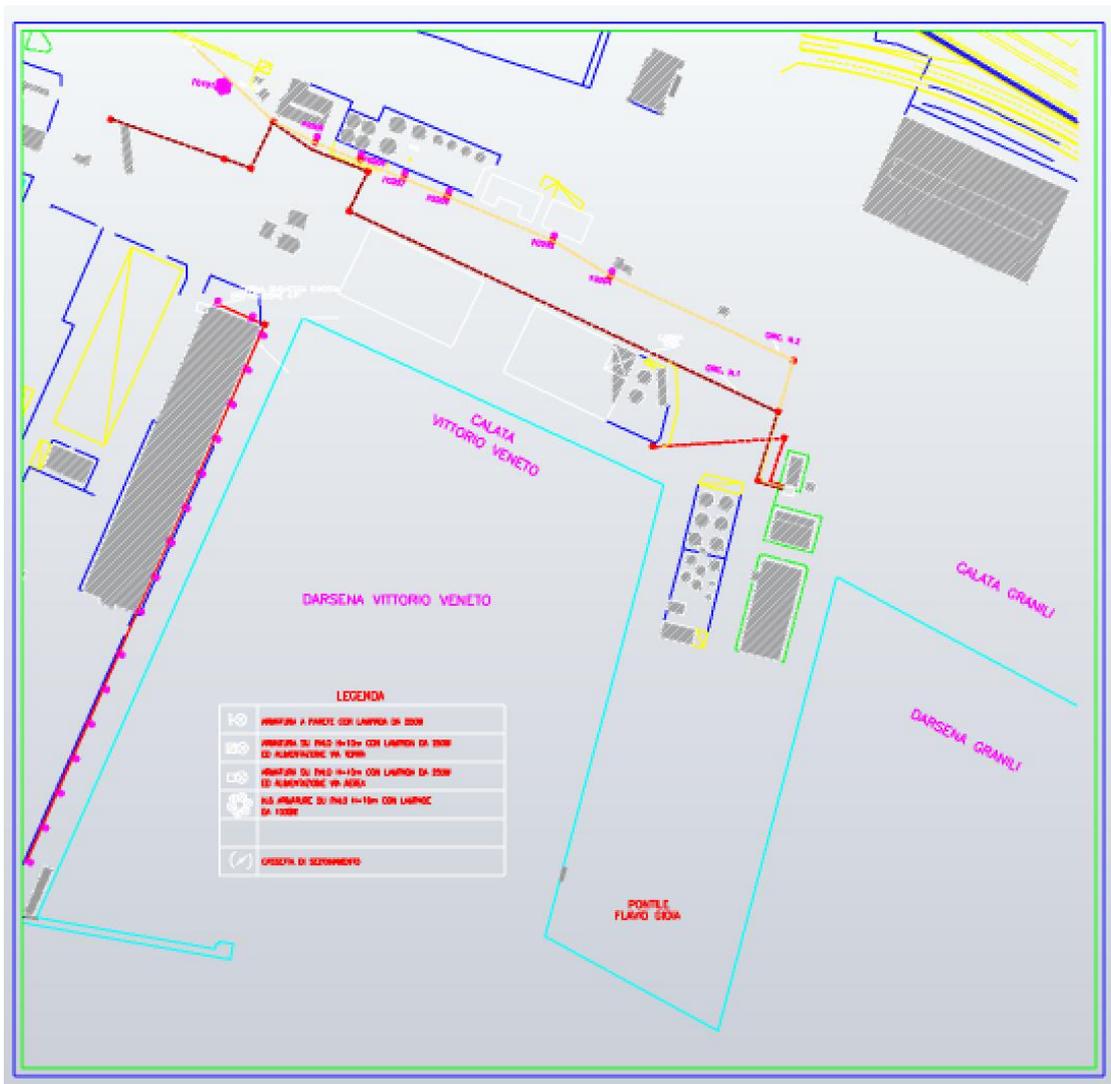


Figura 63 Cabina Duchessa D'Aosta: Tavola dwg

Duchessa D'Aosta																
Tip. di corpo illum.	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
# Corpi ill. Circuito 1					6 (*)											
# Corpi ill. Circuito 2		6		1												
# Corpi ill. Circuito 3		2														
# Corpi ill. Circuito 4	18															

Tabella 27 Cabina Duchessa D'Aosta: Numerosità dei corpi illuminanti per tipologia e per circuito

(*) In rosso sono riportati il numero di corpi illuminanti i cui costi sono stornati ai concessionari.

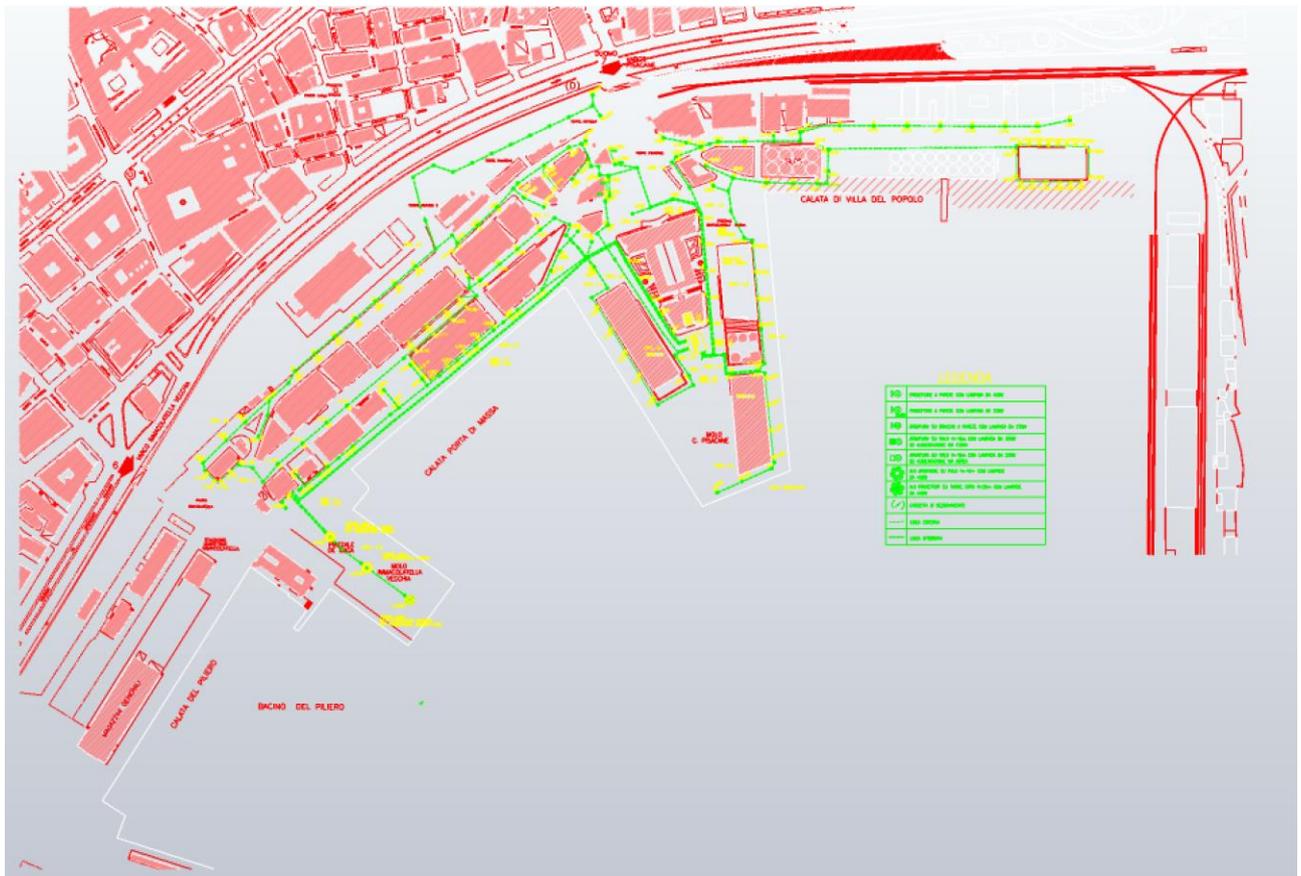


Figura 65 Cabina Pisacane: Tavola dwg

Tip. di corpo illum.	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
# Corpi ill. Circuito 1		1									5					
# Corpi ill. Circuito 2		5										4				
# Corpi ill. Circuito 3		20														
# Corpi ill. Circuito 4		1														
# Corpi ill. Circuito 5		10		1							16	5				
# Corpi ill. Circuito 6		18		1	8							3	2			
# Corpi ill. Circuito 7		1														
# Corpi ill. Circuito 8		11			7							14				
# Corpi ill. Circuito 9																
# Corpi ill. Circuito 10														1	1	1

Tabella 29 Cabina Pisacane: Numerosità dei corpi illuminanti per tipologia e per circuito

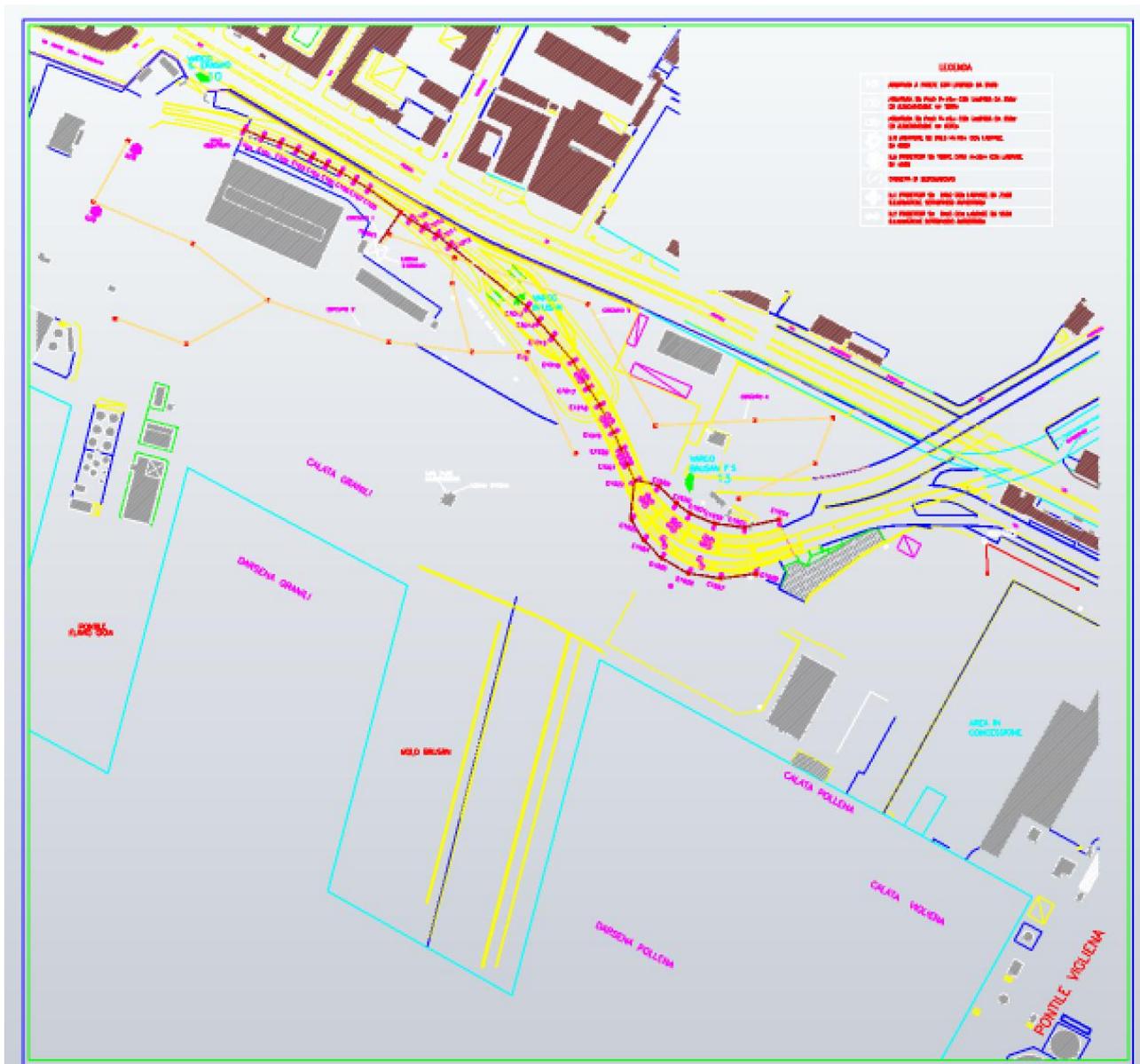


Figura 66 Cabina S. Erasmo: Tavola dwg

Tip. di corpo illum.	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
# Corpi ill.. Circuito 1		12			22											
# Corpi ill. Circuito 2						2										
# Corpi ill. Circuito 3																
# Corpi ill. Circuito 4																
# Corpi ill. Circuito 5						19			6	2						

Tabella 30 Cabina S. Erasmo: Numerosità dei corpi illuminanti per tipologia e per circuito

Cabina Carmine																
Tipologia di corpo illuminante	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
Potenza unitaria (kW)	0.25	0.25	0.25	2.40	0.50	2.40	1.00	0.10	1.00	0.50	0.25	0.40	0.25	8.00	11.60	6.00
Numero corpi illuminanti	13	74	0	3	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potenza complessiva (kW)	3.25	18.5	0	7.2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia annua stimata (MWh)	15	84	0	33	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 31 Cabina Carmine: Stima della potenza complessiva installata e dell'energia annua consumata

Cabina Duchessa d'Aosta																
Tipologia di corpo illuminante	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
Potenza unitaria (kW)	0.25	0.25	0.25	2.40	0.50	2.40	1.00	0.10	1.00	0.50	0.25	0.40	0.25	8.00	11.60	6.00
Numero corpi illuminanti	18	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potenza complessiva (kW)	4.5	2.25	0	2.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia annua stimata (MWh)	21	10	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 32 Cabina Duchessa D'Aosta: Stima della potenza complessiva installata e dell'energia annua consumata

Cabina Piliero																
Tipologia di corpo illuminante	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16

Potenza unitaria (kW)	0.25	0.25	0.25	2.40	0.50	2.40	1.00	0.10	1.00	0.50	0.25	0.40	0.25	8.00	11.60	6.00
Numero corpi illuminanti	13	23	0	7	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potenza complessiva (kW)	3.25	5.75	0	16.8	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia annua stimata (MWh)	15	26	0	77	0	0	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 33 Cabina Piliero: Stima della potenza complessiva installata e dell'energia annua consumata

Cabina S. Erasmo																
Tipologia di corpo illuminante	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
Potenza unitaria (kW)	0.25	0.25	0.25	2.40	0.50	2.40	1.00	0.10	1.00	0.50	0.25	0.40	0.25	8.00	11.60	6.00
Numero corpi illuminanti	0	12	0	0	22	21	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0
Potenza complessiva (kW)	0	3	0	0	11	50	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0
Energia annua stimata (MWh)	0	14	0	0	50	230	0	0	27	5	0	0	0	0	0	0

Tabella 34 Cabina S. Erasmo: Stima della potenza complessiva installata e dell'energia annua consumata

Cabina Pisacane																
Tipologia di corpo illuminante	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
Potenza unitaria (kW)	0.25	0.25	0.25	2.40	0.50	2.40	1.00	0.10	1.00	0.50	0.25	0.40	0.25	8.00	11.60	6.00
Numero corpi illuminanti	0	67	0	2	15	0	0	0	0	0	21	26	2	1	1	1
Potenza complessiva (kW)	0	16.8	0	4.8	7.5	0	0	0	0	0	5.3	10	0.5	8	11.6	6

Energia annua stimata (MWh)	0	76	0	22	34	0	0	0	0	0	24	47	2	37	53	27
-----------------------------	---	----	---	----	----	---	---	---	---	---	----	----	---	----	----	----

Tabella 35 Cabina Pisacane: Stima della potenza complessiva installata e dell'energia annua consumata

VI.1.2. La tecnologia LED per gli impianti di pubblica illuminazione

La tecnologia LED rappresenta una vera e propria rivoluzione nel campo dell'illuminazione, specie pubblica, grazie alle sue caratteristiche peculiari di efficienza energetica e luminosa, grande controllabilità e vita attesa più lunga rispetto ad altre tecnologie. Queste caratteristiche si prestano sia a soluzioni che prevedono la sostituzione integrale sia al cosiddetto retrofitting.

Quando ci si riferisce alla tecnologia LED si parla di "killing technology" nell'accezione di una tecnologia in grado di "distruggere" il mercato delle tecnologie concorrenziali, si pensi ad esempio a ciò che è accaduto nel campo dei monitor nel passaggio dalla tecnologia a tubi catodici alla tecnologia LCD.

Nella figura che segue è possibile osservare la stima il trend di crescita delle vendite mondiali di tecnologie per l'illuminazione a LED nell'arco temporale 2013-2020 dalla quale è possibile osservare la triplicazione del volume di mercato in soli sette anni.

Nella figura successiva è riportato un quadro di insieme del mercato italiano dell'Efficient and Smart Lightning diviso per settori quali quello residenziale, industriale, terziario (commerciale e residenziale) e di illuminazione pubblica. È interessante osservare come nel settore dell'illuminazione pubblica la percentuale di penetrazione della tecnologia LED ricopra solo l'8% del mercato per un giro di affari annuo di circa 235 M€.

Chart 1.1 *Networked Lighting Controls Revenue by Segment, World Markets: 2013-2020*

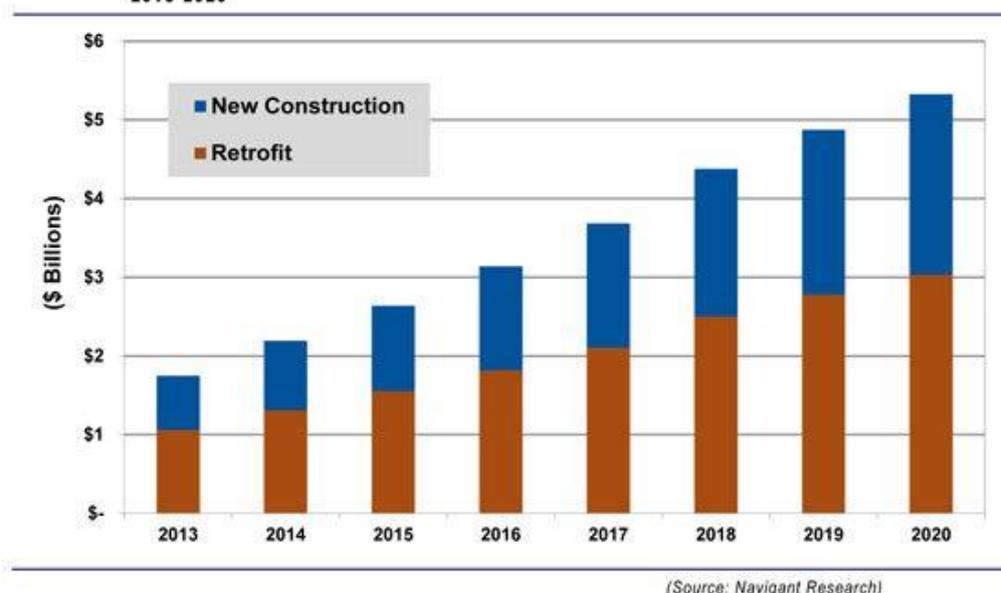


Figura 67 *Trend di crescita delle vendite mondiali di tecnologie per l'illuminazione nell'arco temporale 2013-2020.*

Il mercato italiano dell'Efficient & Smart Lighting: il quadro d'assieme

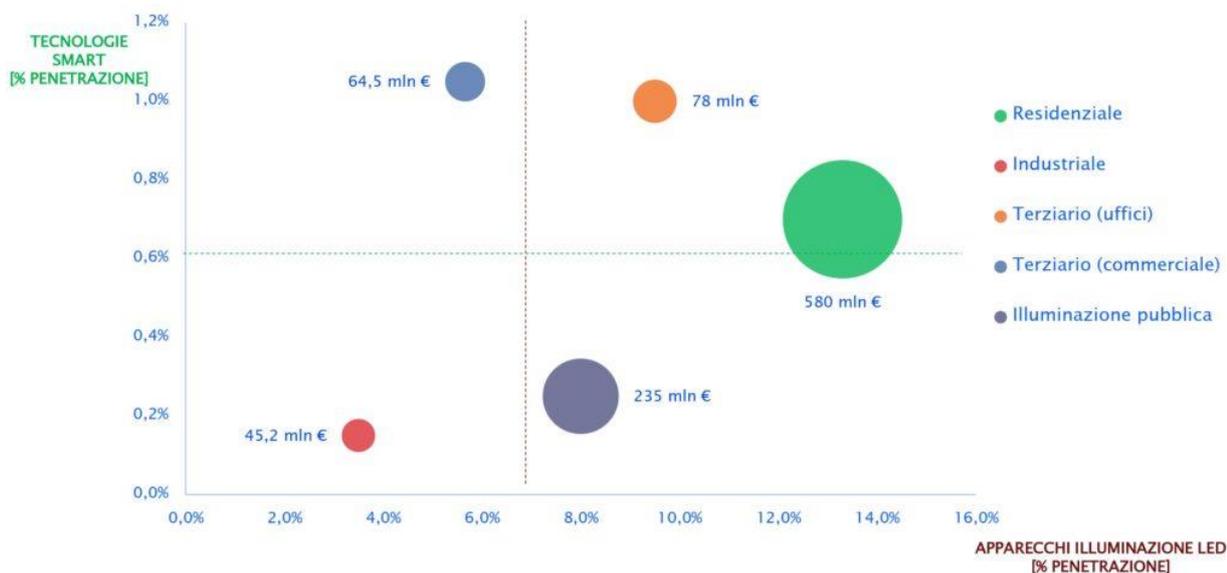


Figura 68 Trend di crescita delle vendite mondiali di tecnologie per l'illuminazione nell'arco temporale 2013-2020.

I LED stanno riscuotendo successo, poiché essendo sorgenti molto flessibili dal punto di vista progettuale (possibilità di regolazione del flusso e del colore, assenza di emissioni UV e IR), si prestano ottimamente per le più svariate applicazioni in campo illuminotecnico. Nella figura successiva sono riportati alcuni esempi di apparecchi per esterni che montano sorgenti LED.



Figura 69 Esempi di apparecchi per esterni a LED

Anche le ottiche degli apparecchi di illuminazione svolgono un ruolo fondamentale in termini di risparmio energetico in particolare per le sorgenti a LED essendo queste ultime di natura puntiforme (si veda la figura successiva).



Figura 70 Esempi di alcune tipologie di ottiche per corpi illuminanti al LED

Il controllo da remoto di sistemi di illuminazione pubblica basati su tecnologia LED - controllo possibile a costi contenuti grazie alla natura tecnologica stessa dei LED - rappresenta un ulteriore vantaggio competitivo sia per il contenimento dei consumi sia per migliorare le condizioni di sicurezza delle zone illuminate. E' possibile infatti implementare variazioni degli illuminamenti sul piano stradale in relazione all'utilizzo e agli orari attraverso sistemi di telegestione come mostrato in figura.

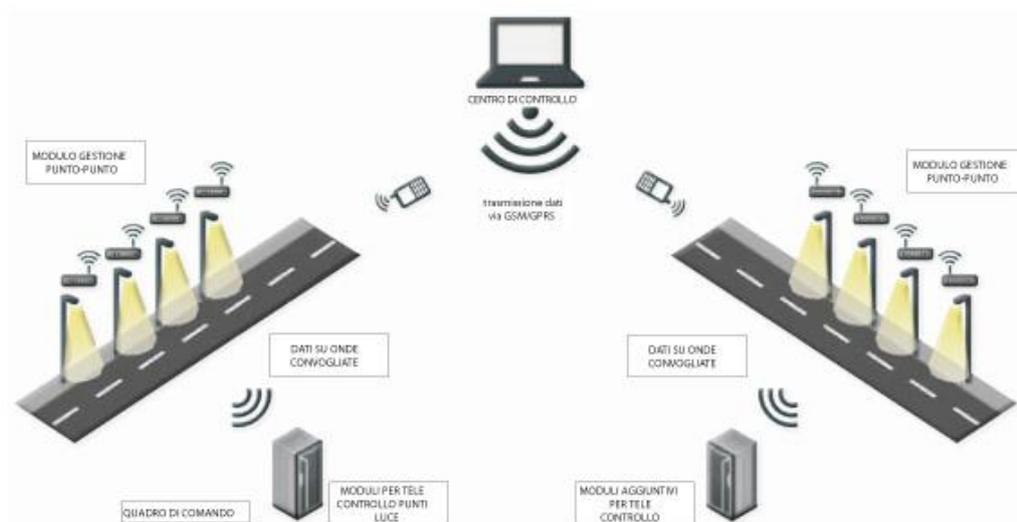


Figura 71 Esempio di un sistema di telegestione

Il principio di funzionamento di questi sistemi si basa sull'accensione, la regolazione e lo spegnimento dei corpi luminosi in città, in altri termini in funzione della destinazione d'uso della zona da illuminare, che sia una strada o un'area pedonale: in alcuni orari sicuramente non sarà necessario infatti avere le sorgenti con il massimo del flusso luminoso in emissione, perché spesso è sufficiente garantire i livelli di illuminamento minimi richiesti, per rispondere ai parametri sulla sicurezza e sulla fruibilità; allo stesso modo, dato lo scarso utilizzo in alcune ore specifiche, si possono ottenere notevoli risparmi dal punto di vista energetico, grazie all'impiego di temporizzatori installati a monte dell'impianto in grado di abbattere il flusso luminoso delle sorgenti.

Altro aspetto fondamentale e vincente è legato alla semplicità nell'implementazione di strategie di manutenzione preventiva e su guasto che, grazie ai sistemi di controllo da remoto rendono semplice una programmazione degli interventi di manutenzione mediante segnalazioni immediate dei guasti o della diminuzione dell'efficienza luminosa grazie a reti di sensori installate sul campo. Da non trascurare l'ulteriore diminuzione in termini di produzione annua di rifiuti speciali.

Rispetto alle sorgenti tradizionali, i LED sono capaci di assicurare una buona resa cromatica, con possibilità di ridurre i consumi fino al 70% se telecomandati. I LED esistono in diversi colori e combinati tra loro: attraverso sistemi RGB (Red, Green, Blue), è possibile ottenere tutte le sfumature di colore possibili, con risultati straordinari su facciate e piazze. In commercio esistono anche sistemi AWB (Amber, White, Blue) che consentono di variare la temperatura di colore del bianco da un colore più caldo, bianco ambra, al bianco neutro e infine al bianco più freddo.

Un altro notevole vantaggio dei LED per le applicazioni urbane riguarda la loro durata elevata, con riduzione al minimo degli interventi di manutenzione.

I LED si stanno quindi pian piano affermando come sorgenti per un'illuminazione sostenibile, in grado di garantire consumi energetici ridotti e trascurabili problemi di smaltimento, poiché non contengono mercurio o altri elementi chimici inquinanti, e sono completamente smontabili e riciclabili.

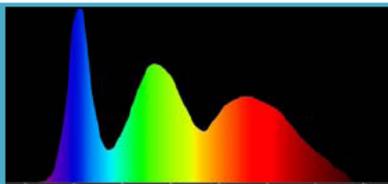
Non è un caso che i grandi produttori hanno dichiarato di voler investire gran parte dei loro capitali nello sviluppo delle apparecchiature a LED.

I vantaggi della tecnologia LED possono essere così riassunti:

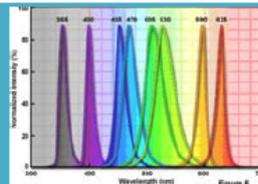
- grande efficienza energetica e luminosa;
- grande controllabilità che consente in modo semplice, e quindi a costi ridotti, la telegestione degli impianti da remoto;
- grande flessibilità nella scelta della temperatura di colore e della resa cromatica;
- semplicità nell'approvvigionamento, stoccaggio e trasporto dei materiali e nella produzione industriale;
- un ridotto contenuto di sostanze tossiche o nocive che unite alla semplicità nel disassemblaggio rendono le parti componenti dei LED facilmente disaggregabili, smaltibili e riciclabili;
- una ridotta emissione di raggi UV ed IR;
- una lunga durata della vita media.

Nella tabella riportata nella pagina successiva è possibile vedere le principali caratteristiche delle sorgenti Power LED, le sorgenti ad alta resa luminosa impiegate per l'illuminazione pubblica di esterni, i dati riportati sono puramente indicativi, variabili a seconda della tipologia e del tipo di applicazione.

SORGENTI POWER LED



esempio di spettro di emissione (LED bianco)



esempio di spettro di emissione (LED colorati)

CARATTERISTICHE		NOTE
POTENZA	Da 60 a 100 W	Secondo la tipologia, i valori riportati si riferiscono alla potenza media data dalla sommatoria delle singole sorgenti montate su un singolo apparecchio tipo
FLUSSO LUMINOSO	Variabile secondo la tipologia	
DURATA	da 30000 fino a 100000 ore	Secondo il tipo di applicazione
RESA CROMATICA	Ra = da 70 a 90	Secondo il tipo di applicazione e la tipologia
TEMPERATURA DI COLORE	Da 3000-4000 K a 6000-7000 K	Secondo la tipologia
TEMPO DI ACCENSIONE	immediato	
TEMPO DI RIACCENSIONE	immediato	
APPARECCHIATURE AUSILIARIE	Alimentatore driver	
DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO	20% - 30 %	Dopo circa 50000 ore di funzionamento
POSIZIONE DI FUNZIONAMENTO	qualsiasi	

Figura 72 Sorgenti power LED

VI.1.3 Esempi di applicazioni in aree portuali e stima dei costi

L'utilizzo della tecnologia LED per l'illuminazione delle aree di sedime portuale rappresenta una soluzione sempre più diffusa sia a livello italiano sia a livello europeo anche grazie alle indicazioni dell'Unione Europea volte a limitare l'impatto delle attività sulla città, con particolare riguardo anche all'illuminazione da proiezione esterna.

Di seguito si riportano alcuni esempi di interventi di efficientamento energetico realizzati in Italia nel recente passato.

Nell'autunno 2010 l'Autorità Portuale di Venezia ha adottato la tecnologia a LED per l'illuminazione del porto passeggeri ottenendo un risparmio energetico di oltre il 70% rispetto ai sistemi convenzionali. Da agosto 2015 è attivo il nuovo sistema di illuminazione del canale Malamocco-Marghera che ha visto la sostituzione dei corpi illuminanti lungo i 15 chilometri che dalla bocca di porto portano le navi fino all'area industriale e portuale di Marghera. Giacché la vecchia tecnologia usata (lampade a vapori di sodio alimentate da rete) comportava la dipendenza dell'erogazione di energia e dispendi economici, non solo per i consumi energetici, ma anche per la manutenzione ordinaria e straordinaria necessaria per garantire la funzionalità del sistema, l'Autorità Portuale di Venezia, nell'ambito degli interventi finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica e all'impiego di energie rinnovabili, ha sostituito il sistema precedente con uno alimentato a pannelli solari e integrato con lampade a tecnologia LED a basso consumo.

L'Autorità portuale di Genova, nell'ambito di un progetto Europeo denominato "Illuminate" finalizzato a promuovere interventi di illuminazione "smart" in aree urbane di pregio, nel corso degli anni 2012 e 2013 ha ottenuto i seguenti risultati:

- introduzione del sistema di illuminazione a LED lungo il molo dei Magazzini del Cotone;
- utilizzo dei dispositivi di cambio colore per l'illuminazione della gru storica e all'interno delle cabine;
- illuminazione della facciata dei Magazzini del Cotone con luce bianca regolabile;
- illuminazione con luce bianca regolabile delle strade pedonali e della strada principale.

La soluzione prescelta ha consentito di ridurre di circa il 70% i consumi di elettricità, ha aumentato la qualità dell'illuminazione con effetti diretti sulla percezione di sicurezza degli utenti enfatizzando i particolari architettonici delle strutture. In più, l'intensità e, in alcuni casi, il colore sono regolabili in maniera smart con un moderno sistema di controllo. In questo contesto si inserisce anche la realizzazione in area di un polo della mobilità sostenibile attraverso una stazione di ricarica per veicoli elettrici, un chiosco dedicato al noleggio di scooter elettrici oltre a biciclette a pedalata assistita. Quest'ultimo servizio ha agevolato l'arrivo in Porto Antico di un'altra iniziativa smart che prevede itinerari turistici a bordo di segway elettrici.

I lavori di ripristino dell'impianto di illuminazione portuale dei Oristano sono stati commissionati all'inizio del 2015. Particolare attenzione è stata posta, inoltre, nei confronti dell'ambiente e del

risparmio energetico durante l'esecuzione dei lavori; i vecchi corpi illuminanti, infatti, sono stati totalmente sostituiti con più moderne lampade a LED, riuscendo così ad ottenere maggiore efficienza energetica e maggior risparmio di energia elettrica. Non vanno trascurati benefici che tale ripristino comporta per tutti i lavoratori del porto e in particolar modo per le imprese portuali che potranno così riprendere a lavorare anche durante le ore notturne, con un forte abbattimento dei tempi di permanenza delle navi in banchina in attesa di essere scaricate o caricate. A questi si aggiungono i benefici in termini di sicurezza delle operazioni portuali e della stessa viabilità portuale, in attesa che vengano completati anche i lavori di ripristino dell'illuminazione delle boe di segnalazione per l'accesso al porto, ultimati i quali sarà consentito l'ingresso e l'uscita delle navi anche durante le ore notturne. Il costo dell'intervento è stato stimato a circa 10 k€ per corpo kW installato.

Nel mese di luglio 2017 è stata completata l'illuminazione nella passeggiata storica del porto turistico di Alghero. Ultimato il posizionamento dei nuovi lampioni nella zona compresa tra Porto Salve e lo Scalo Tarantiello, alternati nell'allineamento rispetto a quelli lato mare risolvendo così il problema dell'eccessivo buio dell'intera area, tra le più frequentate soprattutto nel periodo estivo da cittadini e turisti. L'intervento ha riguardato la completa sostituzione dei primi 1000 punti luce pubblici con nuove lampade dalla tecnologia LED ed è previsto il proseguiranno fino ad arrivare alla completa sostituzione di tutti i 5000 punti luce pubblici esistenti.

Infine, si ritiene utile citare l'esempio dell'amministrazione dell'Autorità Portuale di Messina che, sulla base di una Convenzione Consip, ha deliberato di affidare ad una società leader nel mercato la gestione globale degli impianti di illuminazione di competenza dell'Ente, compresa la fornitura di energia elettrica, per 5 anni. Il contratto comprende anche servizi tecnici e gestionali particolarmente innovativi e in grado di porre l'Autorità Portuale di Messina all'avanguardia nel settore dell'illuminazione con l'utilizzo di apparecchi "LED" di ultima generazione, l'installazione di diverse tipologie di sorgenti luminose in funzione all'area di utilizzo grazie ad una progettazione su misura con l'obiettivo di raggiungere un abbattimento dei consumi del 70% attraverso la riqualificazione del 100% del parco apparecchi illuminanti a totale carico dell'impresa per un ammontare di circa 160.000,00 euro. Nel giro di pochissimo tempo (circa 6 mesi dall'avvio dei lavori), l'Autorità Portuale di Messina potrà disporre di un impianto rinnovato a costo zero e al termine del contratto potrà fruire direttamente dei vantaggi economici derivanti dall'abbassamento dei consumi: circa 1.440.000 kWh in 5 anni, equivalenti a ben 633 tonnellate di CO₂ non immesse in atmosfera. Il sistema di telecontrollo, tecnologia proprietaria protetta da brevetto, consentirà, istante per istante e tramite un'infrastruttura GPRS ad hoc, un controllo costante al fine di poter intervenire tempestivamente in presenza di anomalie e di regolare accensioni e spegnimenti senza ulteriori oneri per le casse dell'Ente che avrà sempre disponibile un call center con numero verde dedicato al quale si potrà fare riferimento per segnalare eventuali guasti o anomalie.

VI.1.4 Considerazioni finali sugli interventi per l'ottimizzazione dell'illuminazione artificiale del sedime portuale

Alla luce delle ricerche effettuate è possibile ottenere una stima dei costi cautelativa pari a circa 6 - 10 k€ per kW installato, dato che sarà utilizzato per la stima dei costi degli interventi che saranno suggeriti al punto successivo.

Assumendo cautelativamente un risparmio del 50%, ottenibile con la sostituzione totale dei corpi illuminanti con tecnologia LED, si potrebbe arrivare a risparmiare circa 160-200 k€ all'anno.

Dall'analisi dei consumi risultano circa 350 kW medi installati che a fronte di una riduzione del 50 % dei consumi comporterebbe l'esigenza di installare circa 180 kW, che assumendo cautelativamente un costo di 10 k€ per kW installato, potrebbe comportare una spesa di circa 2 M€ a cui aggiungere il 25-30 % di altri costi.

PARTE VII. SISTEMA DI MONITORAGGIO E AGGIORNAMENTO DEL DOCUMENTO DI PIANIFICAZIONE

Il documento energetico ambientale del sistema portuale, come è prassi per gli elaborati di carattere pianificatori, deve essere uno strumento dinamico da aggiornare periodicamente, per verificare nel tempo sia l'andamento delle emissioni di CO₂ che lo stato di attuazione degli interventi.

Secondo il DLgs 169/2016, art.4 bis, comma 3, il raggiungimento degli obiettivi energetico-ambientali, richiedono la messa a punto di *"adeguate misure di monitoraggio energetico ed ambientale degli interventi realizzati, al fine di consentire una valutazione della loro efficacia"*.

Il gruppo di lavoro del DEASP_MTC sta, quindi, operando per mettere a disposizione dell'Autorità portuale sia la fotografia iniziale dei consumi e delle azioni in corso che uno strumento metodologico composto da schede sintetiche da aggiornare annuale per comprendere lo stato di avanzamento delle interventi o misure attuati nell'anno, al fine di ridurre le emissioni di CO₂ e valutarne l'efficacia in termini di Analisi Costi Benefici.

Il DEASP-MTC, nella sua versione finale, dovrà poi essere vagliato ed eventualmente aggiornato almeno ogni tre anni con la possibilità di adeguamenti intermedi se necessari. L'approfondimento di tale aggiornamento dipenderà dall'entità dei cambiamenti intervenuti nel triennio, fino all'effettuazione di una nuova valutazione della Carbon Footprint, nel caso siano stati attuati misure e interventi significativi.

PARTE VIII. CONCLUSIONI

Attraverso i porti della ADSP_MTC transitano merci e passeggeri con un beneficio economico e sociale rilevante ma, al contempo, anche con un impatto ambientale significativo. Per la realizzazione delle attività si fa, infatti, un grande uso di energia, prevalentemente di origine fossile, necessaria per gli edifici, i mezzi navali, i mezzi terrestri e le parti comuni che hanno effetti climalteranti e contribuiscono al fenomeno dell'effetto serra.

L'ADSP-MTC ha inteso recepire quanto indicato dalla normativa vigente, in materia di riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂, promuovendo la redazione del DEASP-MTC di cui il presente documento è la prima edizione; l'attività svolta ha permesso di mettere a punto la raccolta dati, la metodologia di elaborazione degli stessi per valutare, in prospettiva, la "carbon footprint" dell'intero sistema portuale che è il metodo di analisi riconosciuto per determinare, nel tempo, l'efficacia delle misure e degli interventi attuati.

Il processo avviato con la redazione della prima edizione del DEASP-MTC costituisce un impegno ambizioso dell'Autorità portuale per la complessità della base dati necessaria per svilupparne i contenuti e per l'ampio coinvolgimento dei numerosi soggetti che operano nelle tre aree portuali di Napoli, Salerno e Castellammare di Stabia che, insieme, contribuiscono ai consumi di energia e alle emissioni dei gas climalteranti.

Il coinvolgimento della comunità portuale, secondo le esperienze consolidate al livello nazionale ed europeo, è un elemento determinante non solo per la raccolta dei dati ma anche l'attuazione degli interventi, che deve essere realizzato attraverso una modalità partecipata dei diversi portatori di interesse. L'effettiva attuazione delle azioni del DEASP-MTC non può prescindere da una condivisione degli obiettivi di miglioramento energetico-ambientale con la comunità portuale, soprattutto per quanto riguarda le fonti emissive relative a navi e terminalisti, non direttamente controllabili dall'Autorità portuale. Nelle varie fasi del processo di sviluppo degli studi dovranno essere previsti momenti di informazione, promozione delle finalità, ascolto delle esigenze e condivisione degli obiettivi con l'utenza portuale.

L'emergenza ambientale legata ai cambiamenti climatici richiede, in particolare, l'impegno di coloro che sono responsabili di elevati consumi energetici e, in tale ottica, il DEASP-MTC rappresenta uno strumento operativo di supporto alla pianificazione e programmazione del sistema portuale che deve essere sempre più «formulata e sviluppata in maniera rispettosa dei criteri di sostenibilità energetica e ambientale, in coerenza con le politiche promosse dalle vigenti direttive europee in materia».

BIBLIOGRAFIA

Linee Guida per la redazione dei Documenti di Pianificazione Energetico Ambientale dei Sistemi Portuali DEASP-MTC 17 dicembre 2018

Del Carlo, D. (2010). Cold-Ironing. Alimentazione elettrica delle navi in porto con modalità eco-compatibili.

Ericsson, P. (2008). Shore-side power supply-a feasibility study and a technical solution for an on-shore electrical infrastructure to supply vessels with electrical power while in port.

ABB Oy, Marine (2011). System Project Guide For Passenger Vessels.

Rojey A. et al. (1994) Le gaz naturel. Production, traitement, transport, Paris, Technip.

Lewis W.W. et al. (2003) LNG facilities. The real risk, New Orleans (LA), American Institute of Chemical Engineers.

SITOGRAFIA

<https://ADSP-MTCtirrenocentrale.it/>

<https://www.marineinsight.com/marine-electrical/what-is-alternate-marine-power-amp-or-cold-ironing/>

<https://www.informazionimarittime.com/post/come-funziona-il-cold-ironing-di-venezia>

<http://www.shipbucket.com/drawings/414>

<http://www.shipbucket.com/drawings/1009>

<http://www.shipbucket.com/drawings/7924>

http://www.eniscuola.net/wp-content/uploads/2013/11/migrazione/assets/7175/pdf_gas_2.pdf

http://www.treccani.it/enciclopedia/liquefazione_%28Dizionario-di-Economia-e-Finanza%29/

<http://www.shippingherald.com/lng-bunkering-set-to-witness-steady-growth-despite-odds-platts/>

<http://industryresearchworld.com/press-release/global-lng-bunkering-market-2019-segmented-market-growth-till-2023/>

http://www.ship2shore.it/it/energia/eastproject-mira-a-metanizzare-la-sardegna_58120.htm

<https://www.unifeeder.com/all-news/corporate/first-ship-to-ship-lng-bunker-operation>

<https://www.teknoring.com/news/energie-rinnovabili/attivato-un-impianto-industriale-di-gas-naturale-liquefatto/>

<https://timesofmalta.com/articles/view/The-case-for-floating-gas-storage.506829>