



Studi preliminari per l'elettificazione delle banchine traghetti della Darsena di Ponente nel Porto di Bari

Prof. Ing. Michele Trovato - Dott. Ing. Giuseppe Forte
DEI – Politecnico di Bari

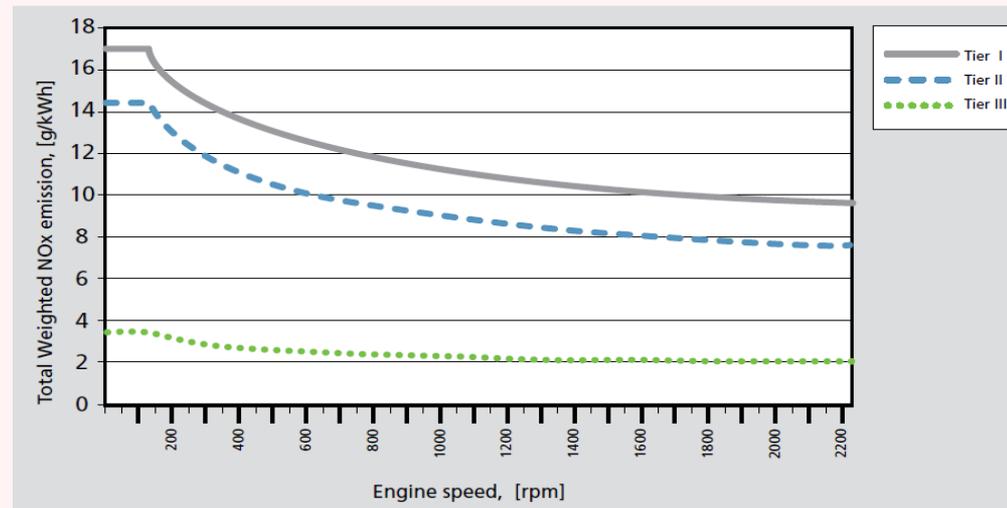
SESSIONE «GREEN PORTS», 2 Dicembre 2013, Bari

Riduzione degli impatti ambientali delle attività marittime e portuali

- Tipologie di impatto:
 - Inquinamento atmosferico globale;
 - Inquinamento atmosferico e marino locale;
 - Inquinamento acustico e vibrazionale.
- Soluzione per la riduzione degli impatti ambientali delle attività delle navi:
 - Utilizzo di combustibili diesel meno inquinanti
 - Utilizzo di gas o di LNG
 - Utilizzo dell'alimentazione elettrica da terra (**cold ironing**)

Riduzione degli impatti ambientali delle attività marittime e portuali

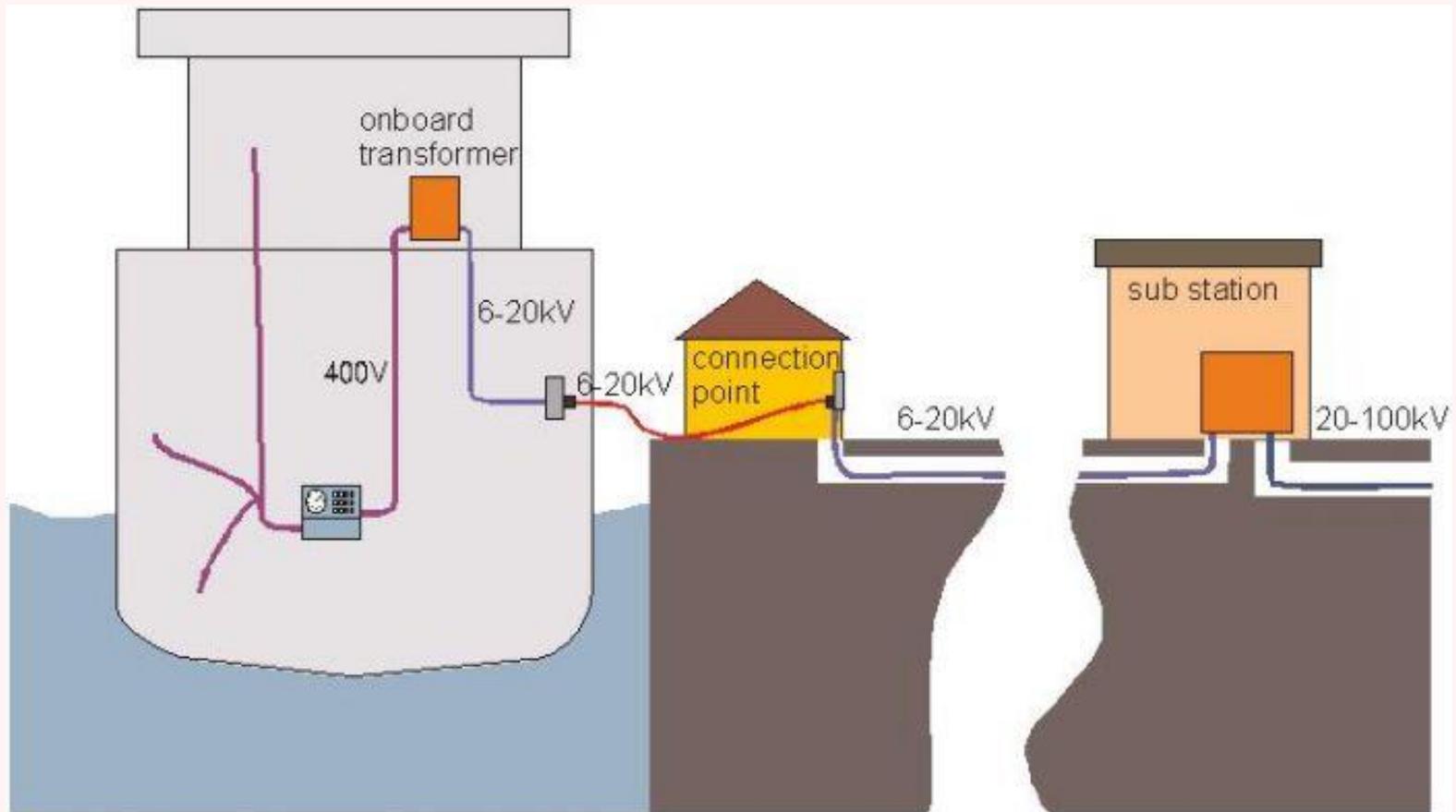
- Provvedimenti legislativi
 - Convenzione MARPOL – Allegato VI (riduzione tenore di NOx ed SOx nei combustibili utilizzati dalle navi in acque territoriali, con specifici vincoli per le zone di osservazione speciali ed i porti)



Riduzione degli impatti ambientali delle attività marittime e portuali

- Provvedimenti legislativi
 - Direttive 2005/33/CE e 2012/33/UE (tenore di zolfo dei combustibili);
 - Direttiva 2009/123/CE (reati per inquinamento causato dalle navi);
 - Direttiva 2009/16/CE (sicurezza e prevenzione dell'inquinamento dalle navi).
 - [Raccomandazione della Commissione Europea 08/05/06.](#)
Promuove l'utilizzo di elettricità erogata da reti elettriche terrestri per le navi ormeggiate nei porti comunitari.

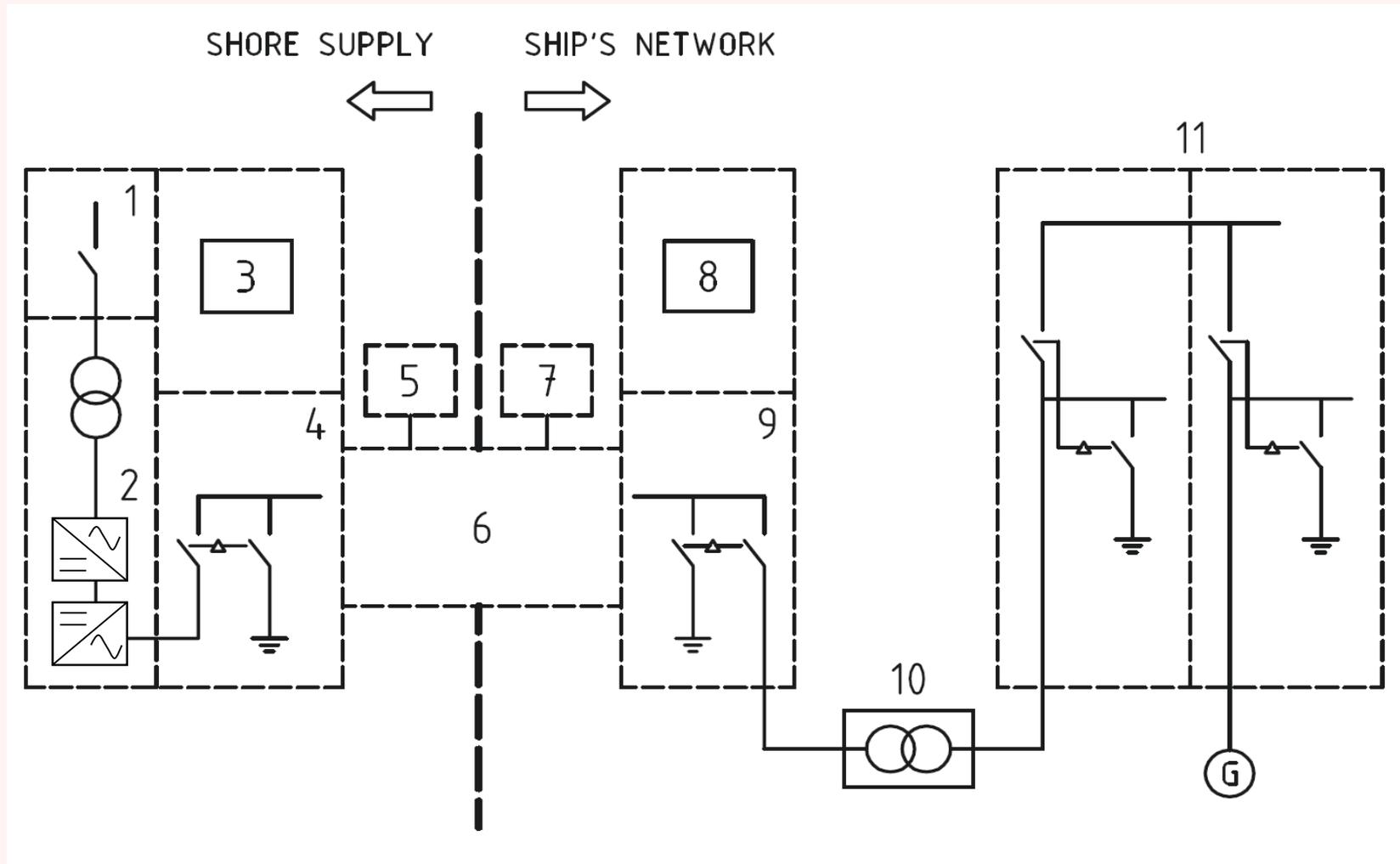
Schema generale cold ironing



Normativa tecnica cold ironing

- STANDARD IEEE/ISO/IEC 80005-1. “Utility Connection in port – High Voltage Shore Connection (HVSC) System – Requisiti generali”.
 - Sistemi con tensioni nominali di 6,6 kV o 11 kV, a bordo alle navi e sulle banchine, per fornire alle navi l’energia necessaria dalla banchina.
 - Connessione: prima contatto di terra, poi contatto di fase, poi contatto pilota (al contrario in caso di disconnessione).
 - Dispositivi di spegnimento di emergenza che si attivino in caso di disconnessione della spina, elevata tensione meccanica del cavo di connessione (sistemi di monitoraggio per avvolgicavo), perdita di equipotenzialità.
 - È riportato lo schema generale dei sistemi Cold Ironing

Normativa tecnica cold ironing (Schema IEC 80005 – 1)



Normativa tecnica cold ironing (Schema IEC 80005 – 1)

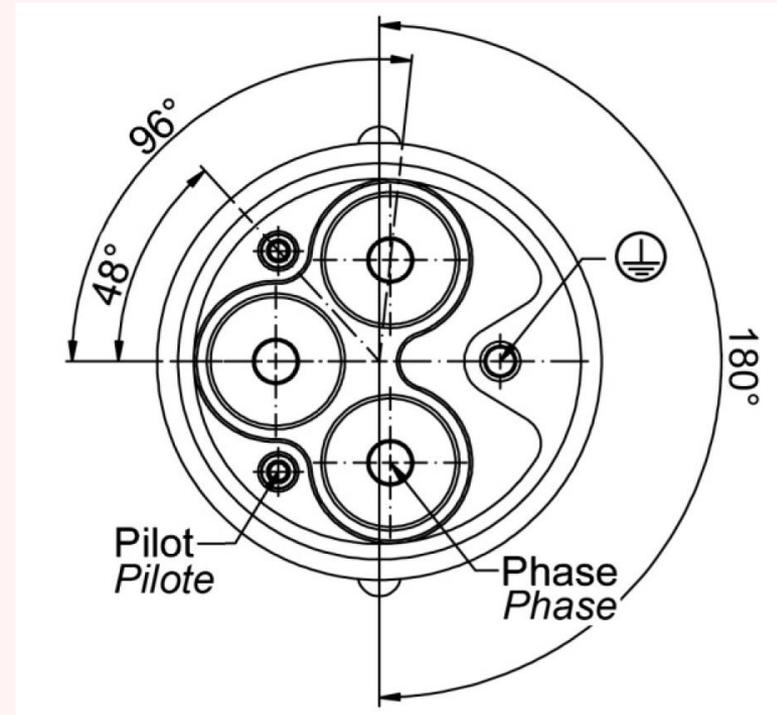
- 1) interruttore generale dell'impianto, a livello AT o MT
- 2) dispositivi di condizionamento della potenza (trasformatori e convertitori di frequenza).
- 3) dispositivi di protezione
- 4) dispositivi di interruzione e messa a terra
- 5) apparati di controllo lato terra
- 6) componente di collegamento ed interfaccia
- 7) apparati di controllo a bordo nave
- 8-9) dispositivi di protezione
- 10) trasformatore a bordo nave (eventuale)
- 11) quadro elettrico principale di bordo

Normativa tecnica cold ironing

- STANDARD IEC 60092 “Installazioni elettriche su navi” - Parte 201 “Progettazione generale”
 - Opportuno terminale per la ricezione del cavo flessibile, cavi fissi per la connessione al quadro principale, e di un terminale di terra.
 - Indicazione di energizzazione del cavo di connessione e strumenti di controllo della sequenza delle fasi.
 - Sul terminale di connessione indicati tensione nominale e frequenza del sistema della nave, evitando stress meccanici al cavo e, ove vi sia la necessità di trasformatori, non utilizzando autotrasformatori.

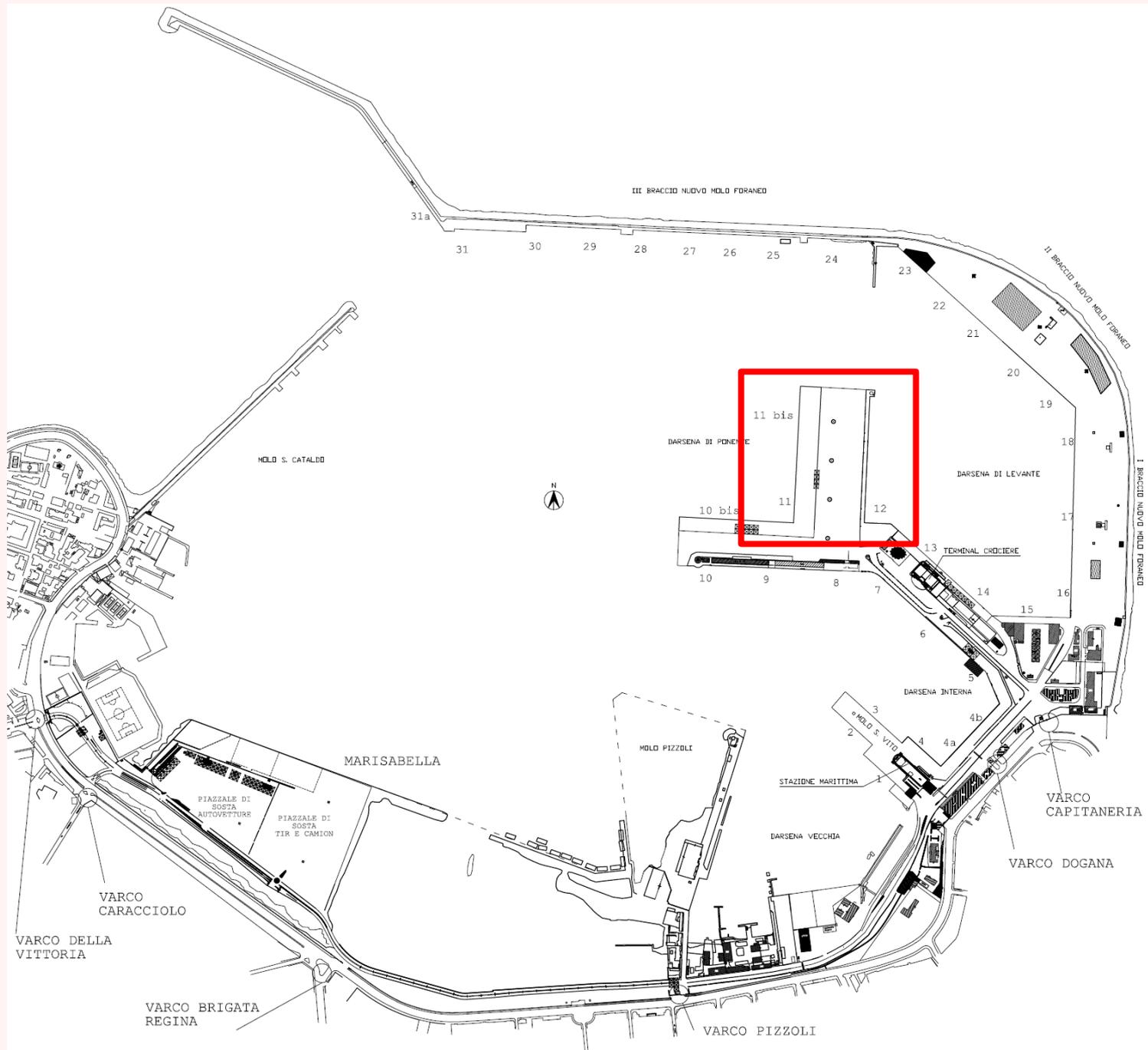
Normativa tecnica cold ironing

- STANDARD IEC 62613: spine, prese di uscita e accoppiatori per navi per sistemi di alimentazione elettrica da terra (HVSC systems).
 - Valori di riferimento per correnti nominali e tensioni di isolamento;
 - Trifase 7,2 kV, 350 A,
 - Trifase 12 kV, 350 A,
 - Trifase 12 kV, 500 A,
 - Monofase 7,2 kV, 250 A
 - Dimensioni e disposizioni conduttori di prese e spine (es. 12 kV 500 A).



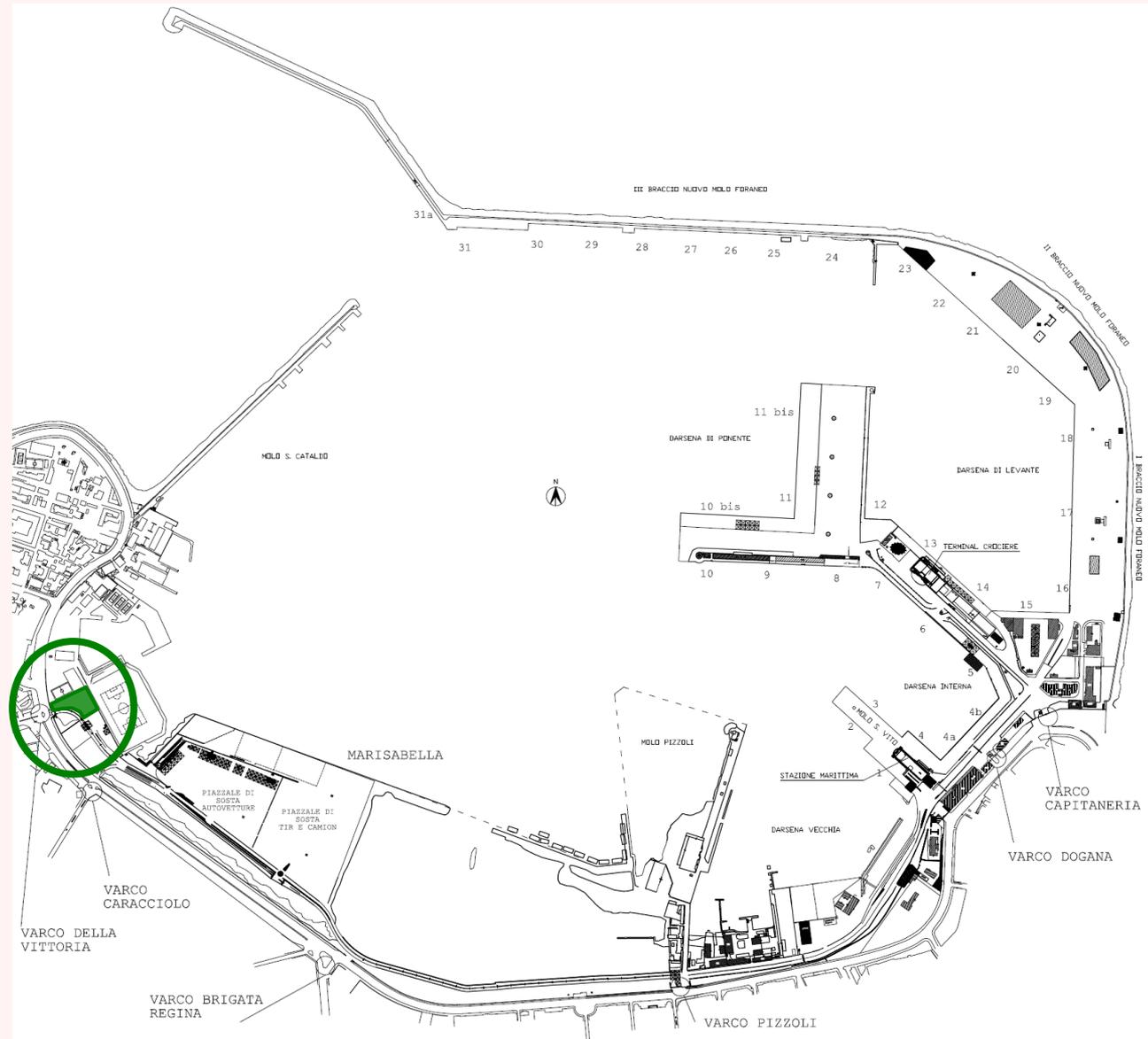
Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Zona interessata: Darsena di Ponente e di Levante del Porto
- Attracco Traghetti e navi da crociera
- Accesso alle banchine 11,11 bis, 12



Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Progetto Enel Distribuzione di una CP 150/20 kV in zona Varco della Vittoria (in realizzazione)



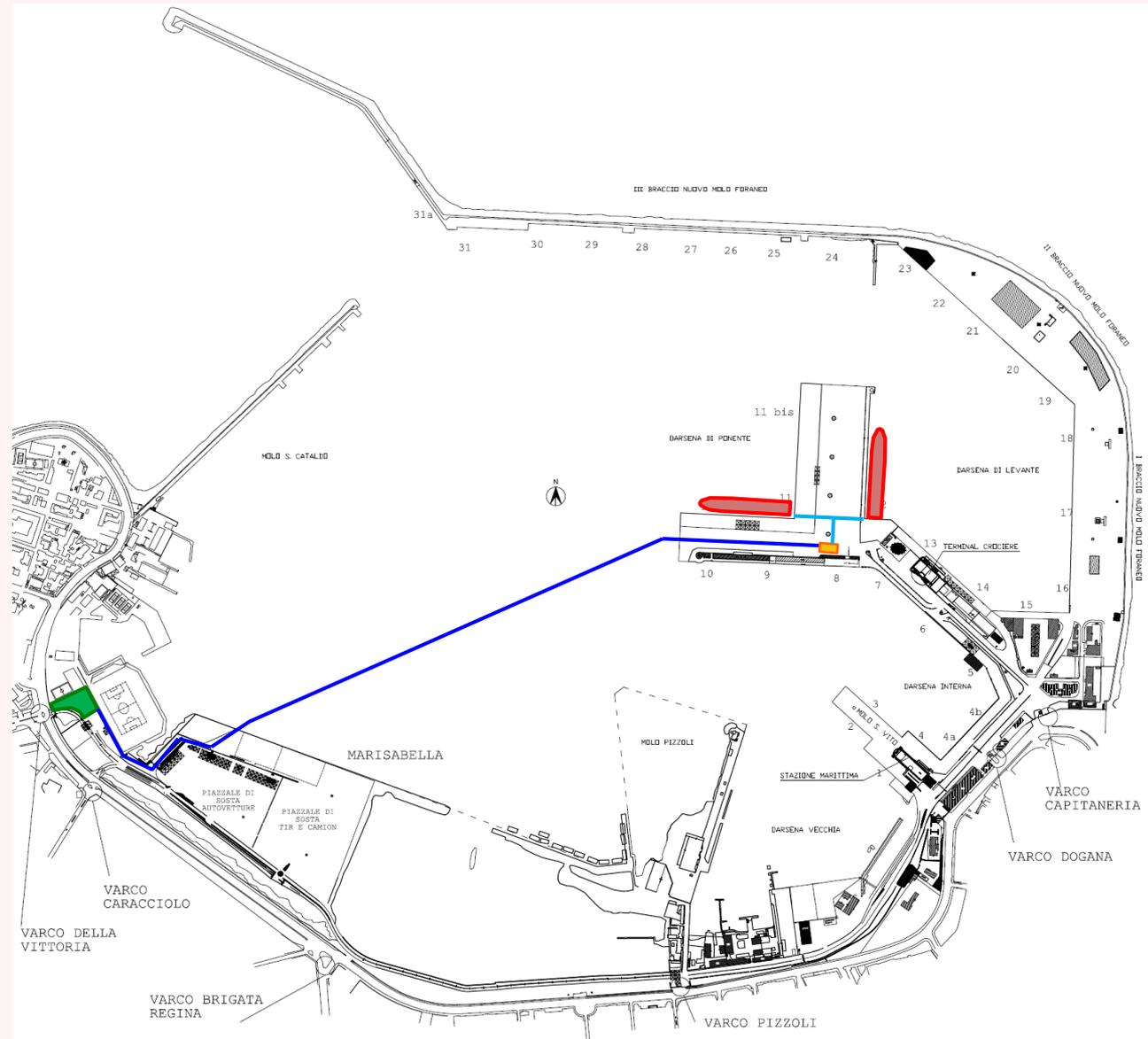
Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Accordo con SUPERFAST per l'alimentazione da terra di traghetti passeggeri di collegamento con la Grecia, ormeggiati mediamente per circa 12 ore ogni giorno (all'incirca dalle 8 alle 20).
- Le navi **Superfast I e II** sono di recente costruzione, ma necessitano di integrazioni al sistema elettrico interno.
- Potenza media richiesta pari a **1,45 MW** (più alta in estate, fino a 1,8 MW circa, per impianti di condizionamento).
- Predisposizione iniziale per 2 connessioni alle banchine, nelle sole posizioni occupate dalle navi Superfast con ormeggio laterale, per motivi di sicurezza.



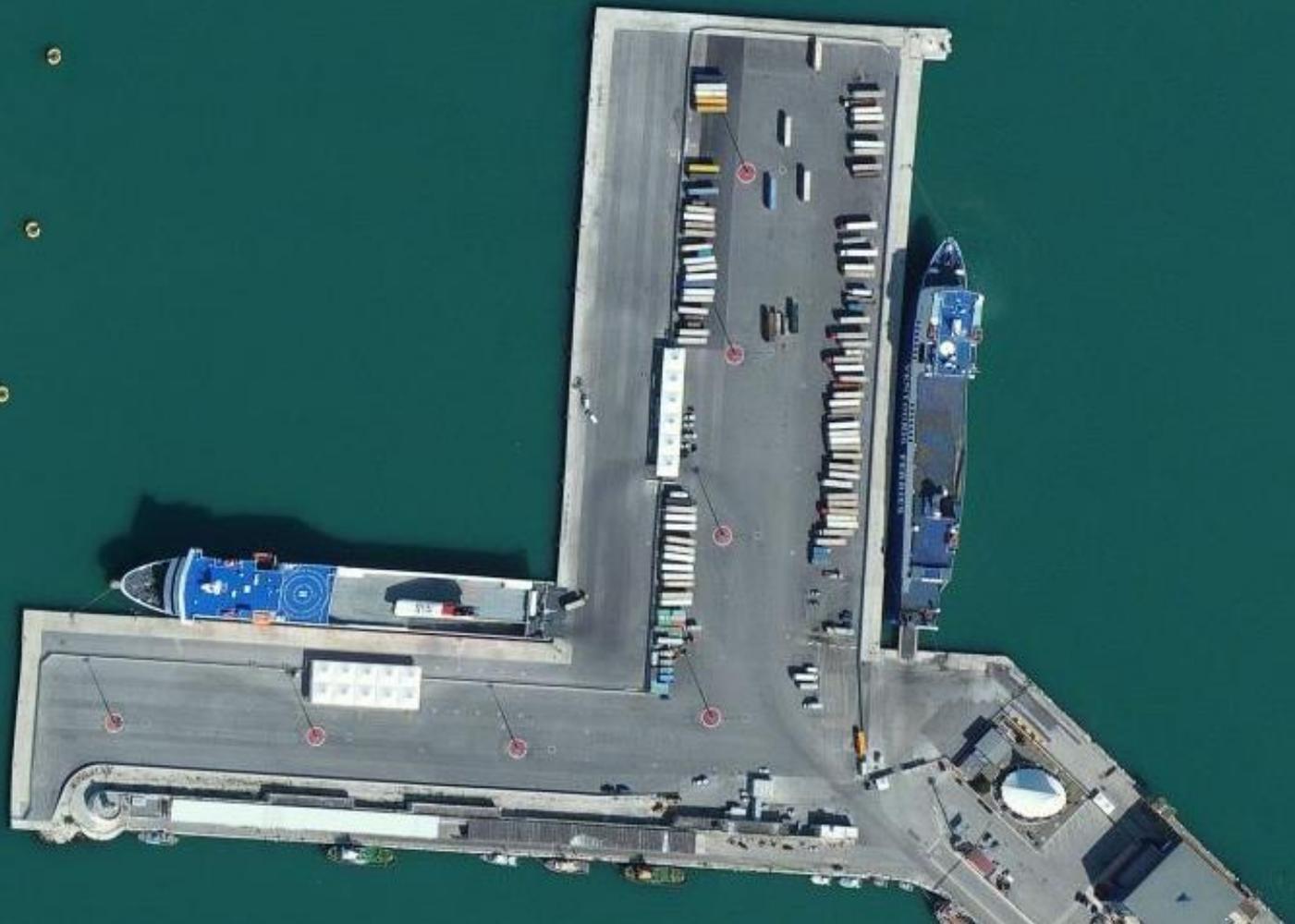
Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Connessione tra CP e darsena con banchine elettrificate
- Cavo sottomarino a 20 kV (circa 2 km con 900 m interrato)
- Cabina conversione 20/11 kV e 50/60 Hz
- Cavi interrati a 11 kV e sistemi avvolgicavo



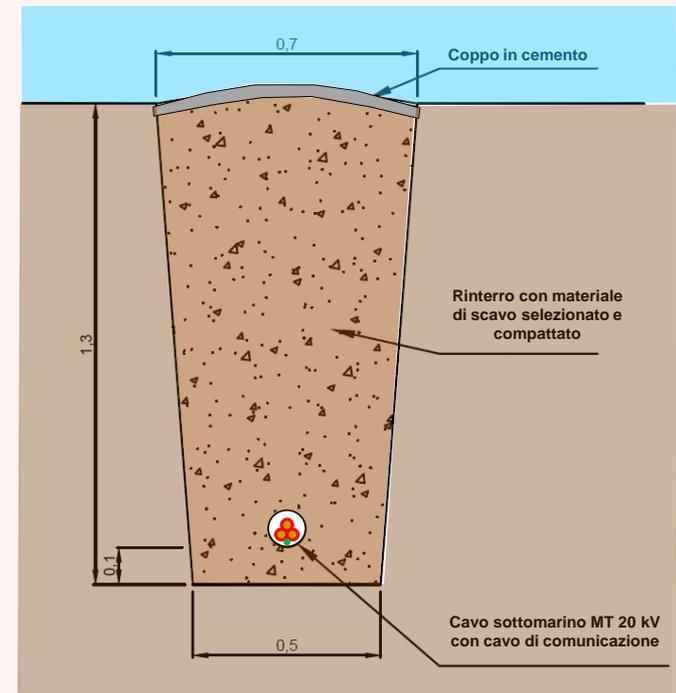
Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Darsena di Ponente e di Levante con posizioni 2 ormeggi



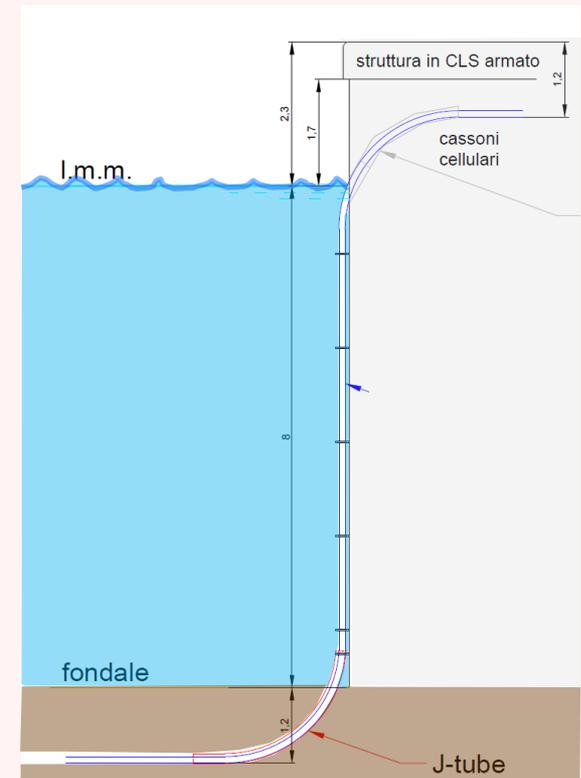
Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Posa del cavo sottomarino a circa 1,2 metri di profondità dal fondo, protetto da danni meccanici (ev. ancoraggi di emergenza) mediante coppo in cemento.
- Attraversamento di fondali con profondità tra 4 e 12 metri, di composizione rocciosa e sedimentaria, in zone di cui è già previsto il dragaggio (maggiore semplicità e minore impatto dello scavo).



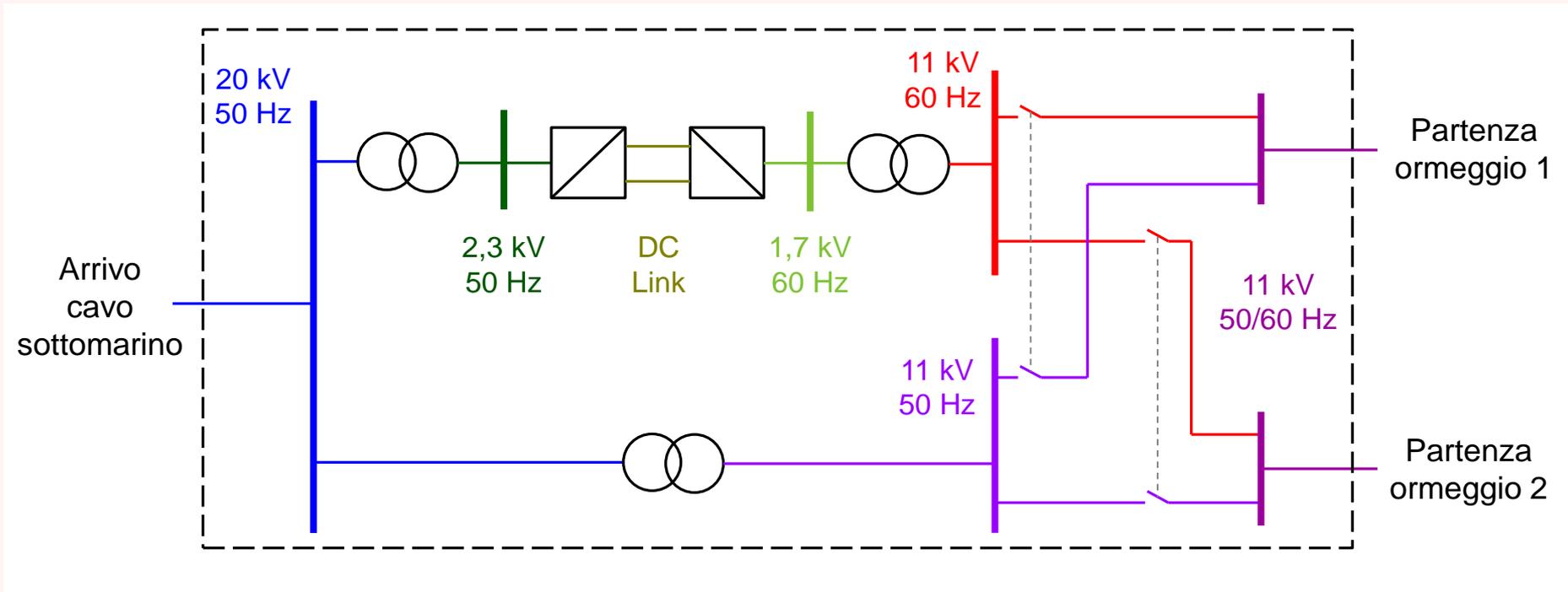
Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Ancoraggio al bordo del molo di risalita (punta occidentale del molo che delimita a sud la Darsena di Ponente).
 - La curvatura del cavo, dal fondale verso la risalita, è supportata da un tubo ricurvo (J-tube).
 - Il tubo e la parte verticale del cavo sono fissati alla parete del molo, per evitare di creare pericolo per la navigazione
 - Nei cassoni del molo, condotto rigido con griglie per evitare una massiccia risalita di acqua e altro materiale.



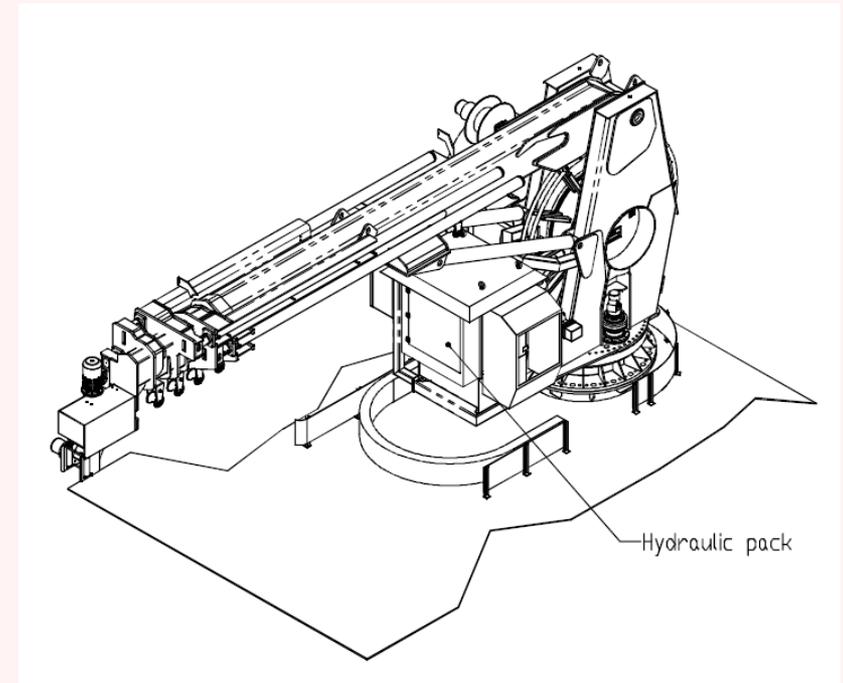
Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Sistemi da utilizzare:
 - Cabina di conversione di frequenza 50/60 Hz 6,25 MVA (circa 230 m²) con estensione anche per navi a 50 Hz.
 - Possibilità di selezione indipendente della frequenza con due sistemi di sbarre e opportuni interblocchi.



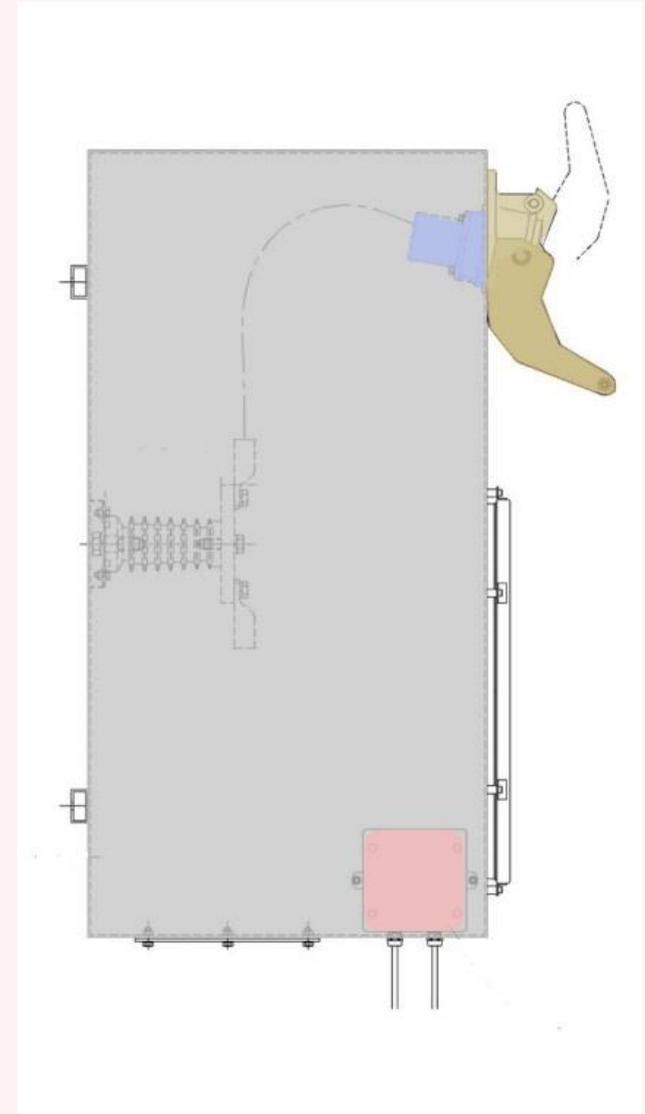
Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Sistemi da utilizzare:
 - Sistemi avvolgicavo con braccio telescopico, per il collegamento al sistema elettrico della nave.
 - Ingombro non elevato a riposo e flessibilità anche per navi di diversa conformazione (braccio fino a 30 m).



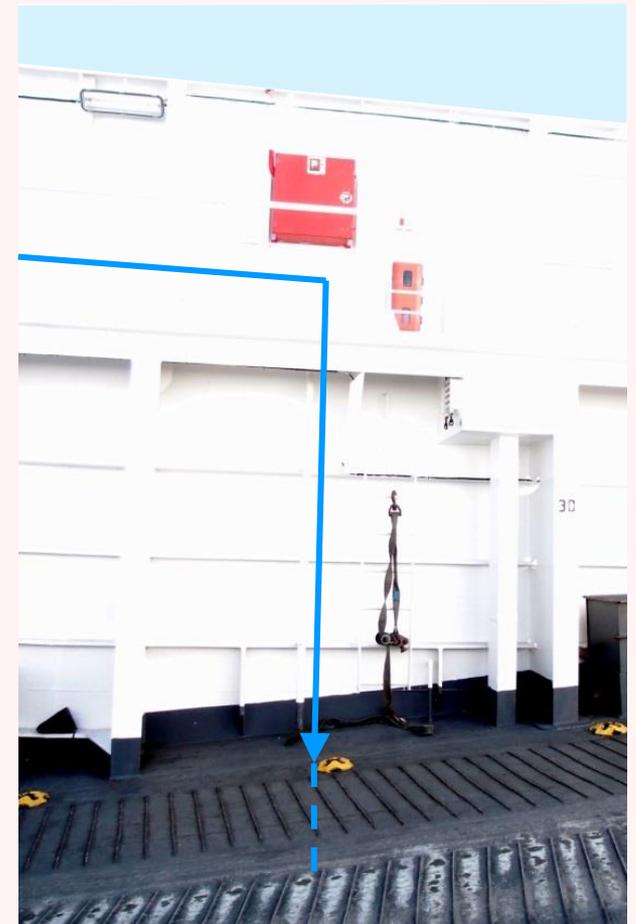
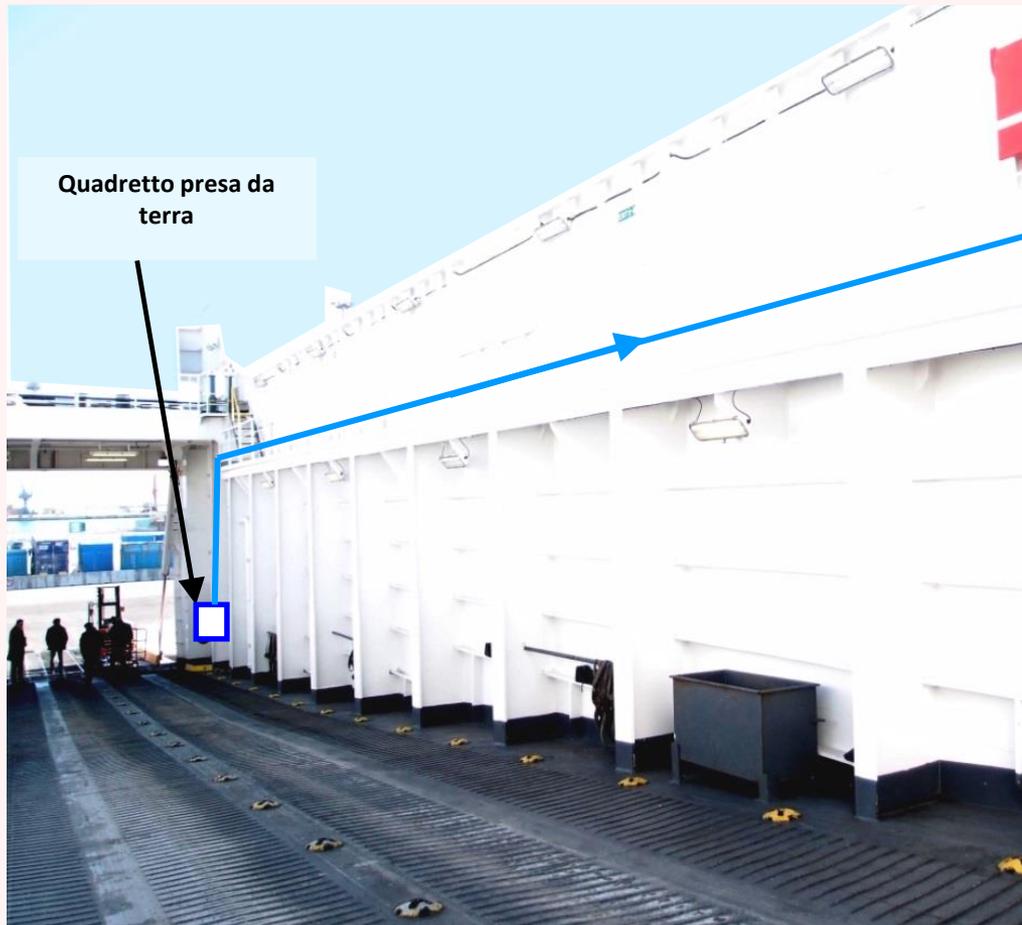
Sistema elettrico a bordo nave

- Quadretto presa da terra con presa standard (prevista molla di disconnessione di emergenza per elevata tensione meccanica).



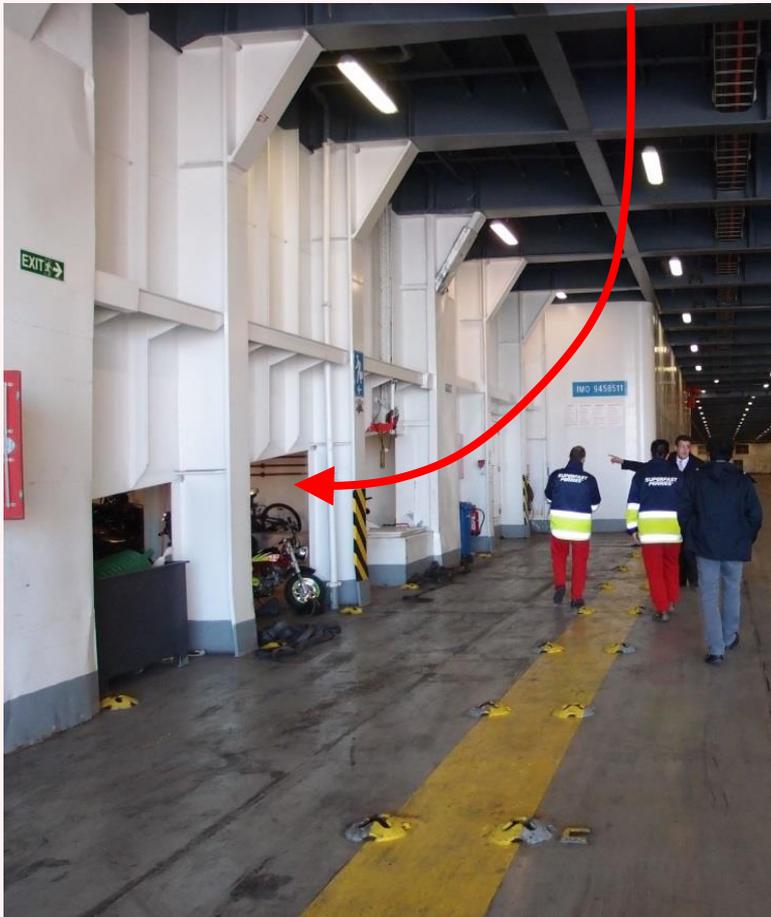
Sistema elettrico a bordo nave

- Cavo a 11 kV in posa fissa (30 m circa)



Sistema elettrico a bordo nave

- Trasformatore 11/0,69 kV in locale separato.
- Condotto blindato a 690 V (30 m circa)



- Nuovo interruttore in QG con sistema di sincronizzazione



Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Procedura di connessione:
 - Arrivo della nave in porto, richiesta di connessione al sistema elettrico della banchina.
 - Ad ormeggio avvenuto, connessione in sicurezza del cavo (messo a terra) alla nave.
 - Selezione della frequenza da associare all'ormeggio.
 - Chiusura degli interruttori a 11 kV e avvio della ricerca del sincronismo tra rete e generatori a bordo nave.
 - Sincronizzazione avvenuta, chiusura dell'interruttore a 690 V e progressivo spegnimento dei motori di bordo.

La stessa procedura in senso inverso si effettua alla partenza della nave.

Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Quantificazione investimento.
 - Investimento complessivo per le attrezzature a terra pari a circa **4,2 M€**.
 - Altri fattori che influenzano la fattibilità economica sono:
 - Il costo di produzione del kWh con i sistemi di generazione di bordo (combustibile e tecnologia);
 - Il prezzo di acquisto dell'energia dalla rete di distribuzione a MT (**0,173 €/kWh**, prezzo medio zona Sud ore di picco 2013 comprensivo di oneri di rete)
 - Gli accordi economici per la cessione alla nave.

Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Provvedimenti auspicabili per l'incentivo alla diffusione di sistemi cold ironing
 - **Decreti ad hoc per la defiscalizzazione** (raccomandati anche dalla Commissione Europea).
- Benefici ambientali.
 - Riduzione del rumore e delle vibrazioni dovute all'utilizzo dei motori diesel.
 - Variazione delle emissioni.

Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Emissioni evitate
 - Combustibile utilizzato in porto: diesel a basso tenore di zolfo (circa 0,2%), elevata efficienza delle navi analizzate (circa 6-7 GWh/anno di consumo in porto).
 - Emissioni specifiche confrontate con emissioni tipiche del mix energetico del sistema elettrico (dati IEA – EEA, ISPRA, Entec).

Fonte energetica	CO ₂ [g/kWh]	SO ₂ [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]
Generatori Navi Superfast	422,83	0,259	9,741	0,143
Energia elettrica prodotta in Italia (2011)	393,10	0,066	0,112	0,003
VARIAZIONI CON COLD IRONING	-7,03%	-74,50%	-98,85%	-98,17%

Il progetto preliminare per il Porto di Bari

- Emissioni evitate.
 - Per le navi Superfast, che necessitano mediamente di 1,45 MW e sono ormeggiate per 12 ore al giorno per tutto l'anno, si ha:
 - Emissioni evitate $\text{CO}_2 = 195,33$ t/anno
 - Emissioni evitate $\text{SO}_2 = 1,27$ t/anno
 - Emissioni evitate $\text{NO}_x = 63,27$ t/anno
 - Emissioni evitate $\text{PM} = 0,92$ t/anno